

覆工背面を平滑化した新工法を高速道路に適用
 地下鉄に近接した分岐立坑を上向きシールドで施工
 ローザを用いた覆工コンクリート剝離検知装置の開発
 在来線用高速覆工検査車の開発
 曲面切羽と全断面早期閉合の適用性に関する実証的研究

日本トンネル技術協会誌



技術提案に好適!! デンカの特種混和材

信頼の品質

デンカの液体急結剤 《デンカクリアショット》

NETIS:KT-080020A

液体急結剤 **デンカナトミックLSA**

粉体助剤 **デンカナトミックUSS**
(Fc=18N/mm²)

デンカナトミックHSS
(Fc=36N/mm²)

- ・脅威の低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない
- ・粉体急結剤と同様の吹付け性状
- ・湧水、低温にも強い

優れた低粉じん吹付け

《デンカスラリーショット》

デンカナトミックUS-32

デンカナトミックUS-50

《粉じん低減剤》

デンカクリアップ2 & 3

- ・安定した低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

実績の粉体急結剤

一般吹付け・高品質吹付け

デンカナトミックTYPE-5

高強度吹付け

デンカナトミックTYPE-10

瞬結吹付け・初期高強度吹付け

デンカナトミックTYPE-10S

デンカΣショットSH & S

- ・安定した初期強度・長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

覆工コンクリート
ひび割れ抑制・耐久性向上

コンクリート用膨張材

デンカパワーCSA

有機無機複合型被膜養生剤

デンカクラッコフ

ポリプロピレン短繊維

GRACE Microfiber

- ・高品質な覆工コンクリートが得られます

◆トンネル関連製品

- ・PFモルタルTYPE-K・・・小断面、TBM・シールド工専用吹付けモルタル
- ・デンカライフセッター・・・吹付けコンクリート用凝結調整剤
- ・FTN-30・・・吹付けコンクリート用高性能減水剤
- ・デンカES/ES-L・・・無公害なセメント系土質安定用急硬材
- ・デンカコロイダルセメント/コロイダルスーパー・・・微粒子、超微粒子セメント
- ・デンカPモル・・・注入式ロックボルト定着材
- ・デンカクリーニングラウト・・・非エア系可塑性モルタル

DENKA

電気化学工業株式会社

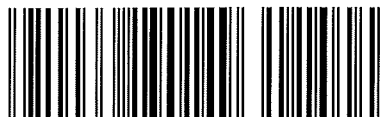
特殊混和材部

東京都中央区日本橋室町2-1-1

電話 03-5290-5558

定価 1,575円
本体価格1,500円

雑誌06619-1



4910066190149
01500

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

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

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 〒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 〒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
 相模事業所 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
 西部支店 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多 TEL 092-411-4998
 三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11 TEL 059-234-4111

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO

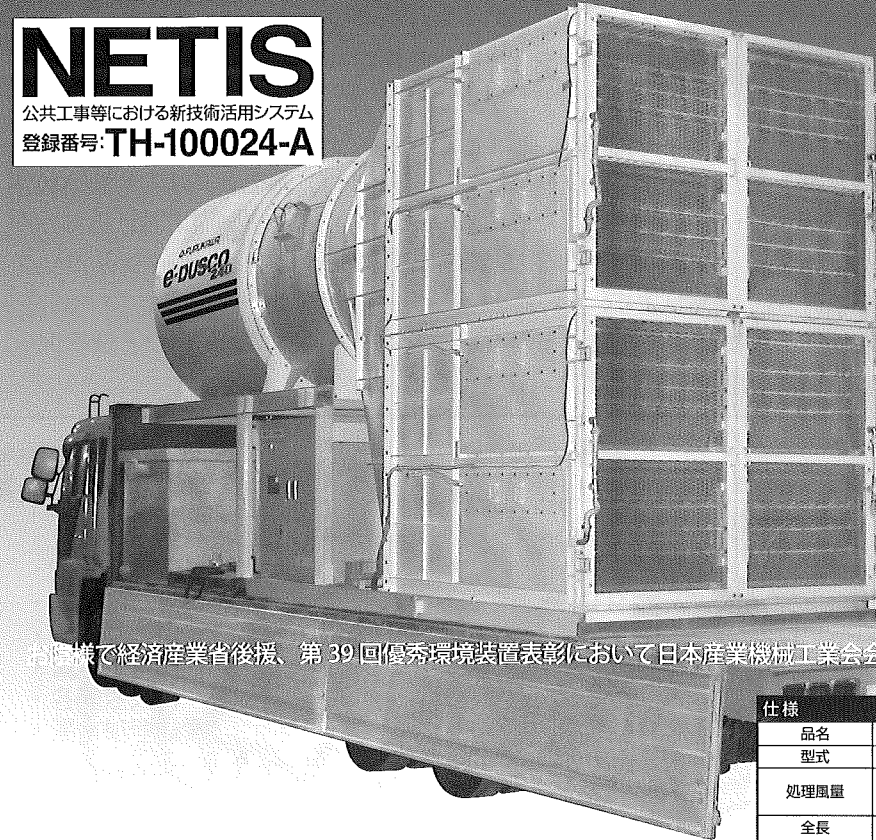
イーダスコ・ニオンマル

究極の省エネ

70%も節電

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-A



当機は経済産業省後援、第39回優秀環境装置表彰において日本産業機械工業会会長賞を受賞しました。

クラス最高の集じん効率95%
従来の電気式では達成できなかった95%以上の高集じん率を確保。

微細粉じんも逃さない電気式
電気式だから人体に有害な微細粉じん(0.2~5μm)も捕集できます。

現場メンテナンスは手間いらず
放電電極は丈夫で長持ちするブレード式により断線故障無く安心して御使用頂けます。捕集した粉じんもラクラク処理。

大風量と省エネを同時に実現
処理風量は20%増えたのにいっそう省エネ。安定した処理風量でCO₂削減を実現するエコ製品です。

仕様	
品名	e-DUSCO240
型式	FTE2400
処理風量	1800・2100・2400m ³ /min、任意設定の4モード
全長	7411mm(サイレンサ含む)
全幅	2350mm
全高 ^{※1}	3700mm
本体重量	10t
電源仕様	3相3線400V58kVA
ファン動力	30kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意
洗浄水	2.4m ³ /回
捕集ダストの処理	湿式
集じん効率 ^{※2}	95%以上

※1 車両高さは含まれていません。
 ※2 JIS Z 8808により測定した値です。

△ 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
 第二営業部 ☎03-3212-7804

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

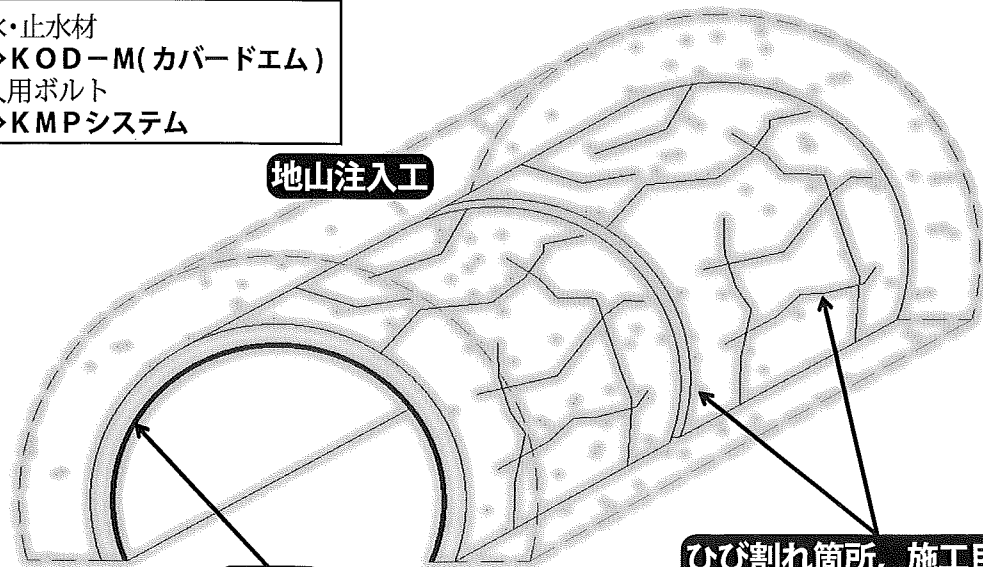
当社は、注入式フォアポーリングや長尺フォアパイリング、長尺鏡ボルトなど山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系の注入材のパイオニアとして、数多くの実績を築いてきました。一方、老朽化してきている既設トンネルにおいては、適正に維持管理をし延命化するための補修、補強工事が行われています。これらに対応して、当社の樹脂系注入材の豊富なノウハウと技術力を活用して、既設トンネル補修、補強工事に適する樹脂系材料「Kシリーズ」を開発しました。

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 60MPa 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。

減水・止水材
⇒KOD-M(カバードエム)
注入用ボルト
⇒KMPシステム

地山注入工



防水工

防水シート
⇒スーパーシート
⇒EMBOシート

ひび割れ箇所、施工目地部への漏水対策工

減水・止水材
⇒KOD-M(カバードエム)

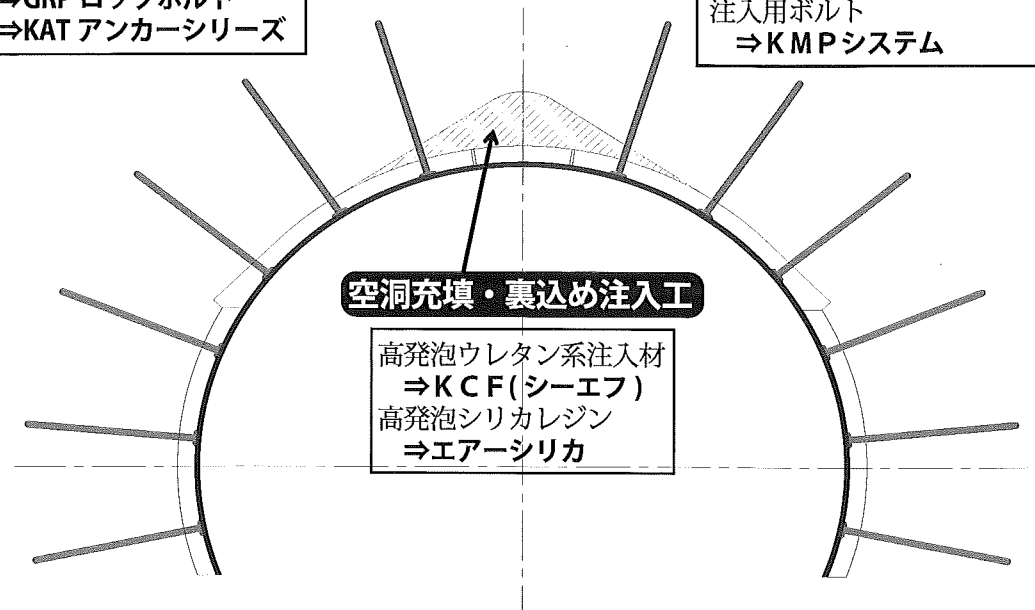
ロックボルト工

ロックボルト材
⇒ツイストボルト
⇒異形棒鋼ロックボルト
⇒GRPロックボルト
⇒KATアンカーシリーズ

ウレタン系ロックボルト定着材
⇒KUF(クフ)
⇒高強度シリカレジン(SRC)

背面注入工

背面注入材(減水止水材)
⇒KOD-M(カバードエム)
注入用ボルト
⇒KMPシステム



空洞充填・裏込め注入工

高発泡ウレタン系注入材
⇒KCF(シーエフ)
高発泡シリカレジン
⇒エアースリカ

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
- ・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

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

東京支店

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

西日本統括(関西営業所)

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

中部営業部

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

東京支店(仙台事務所)

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

西日本統括(九州営業所)

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

R²C(スキュアール)工法研究会 事務局(株)カテックス 内 TEL) 052-331-8821

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

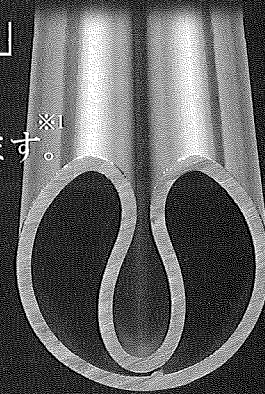
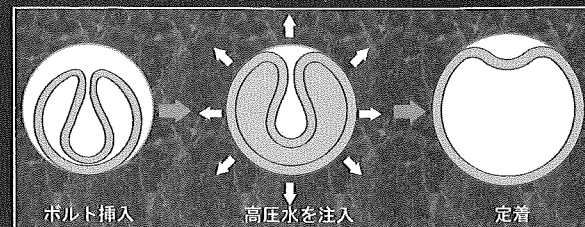
RPE ROCKBOLT

RUST PROOFING EXPANSIVE

RPE ロックボルト

「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。*



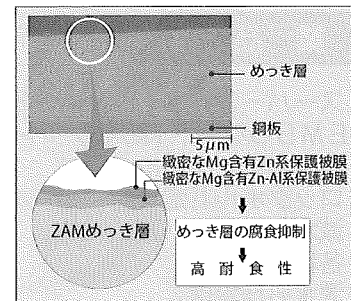
*1 地山条件によってめっき層の寿命は大きく変動します。

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」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。

◎ZAMの耐食機構

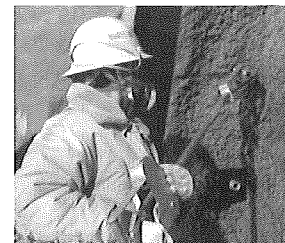


② 「RPE ロックボルト」の仕様

■ 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)

KEC 株式会社 ケー・エフ・シー

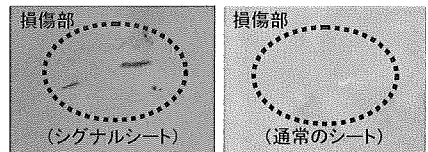
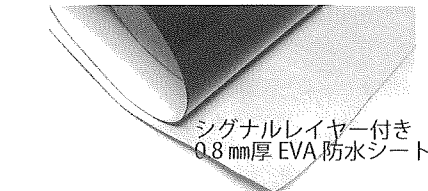
東京土木営業部: 東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 Tel. 03-6402-8251
大阪土木営業部: 大阪市北区西天満 3 丁目 2-17 Tel. 06-6363-1884
技術部: 東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 Tel. 03-6402-8256

損傷を目視で確認できる防水シート

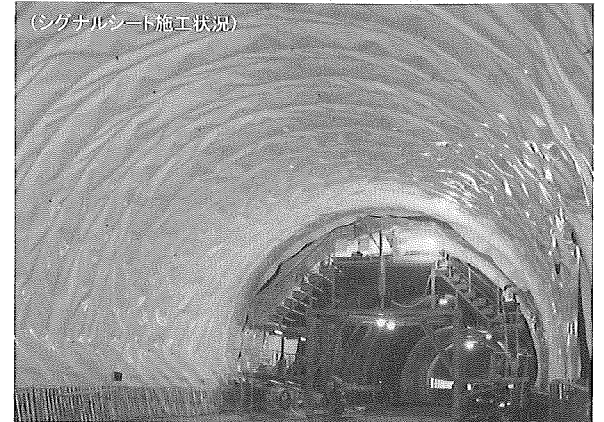
シグナルシート

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。



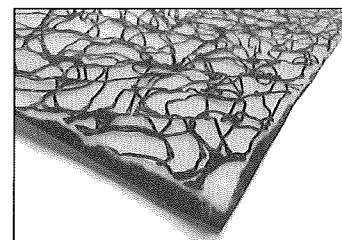
通常のシートと比較し、通常の明かりにおいて目視でたやすく損傷が確認できます。



「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。

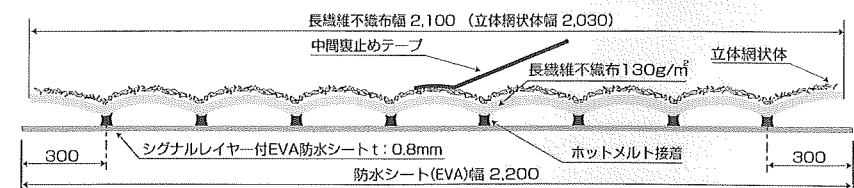


「立体網状体付き長繊維不織布」は通常の厚さ3mmの不織布に比較して約40倍の排水性能を有します。

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



KEC 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

流機エンジニアリングだから出来ること お客様の「できたらいいな」を実現します

吸引ダクト SUPERLIGHT
〔重量 1/2+オーバーハングノズル 新型〕



超低騒音ファンEZ-Qシリーズ
EZ-3000Q : (3000 m³/min 220kW) Coming soon!
EZ-2000Q : (2000 m³/min 150kW)

7.4 dB
省エネ
CO₂削減

正圧用(ビニール)
ノンリークダクト

除染事業対応装置のご提案
『除染作業を大幅に省力化できます』



集塵・換気設備 (10 m³/min ~ 3000 m³/min)
パキュームシステム
エジェクターユニット (コンプレッサーエアによる移送装置)

最適環境を創造する
株式会社流機エンジニアリング

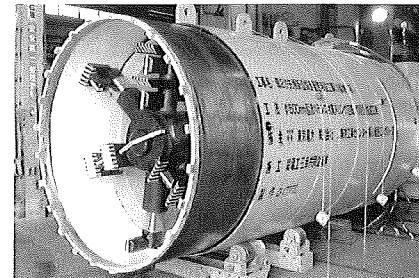
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 いちご聖坂ビル
TEL: 03-3452-7400
URL: <http://www.ryuki.com/>
E-mail: eigyobu@ryuki.com



超流バランスセミシールド工法

超流セミシールド協会

貫入リング押し回転切削型接合法



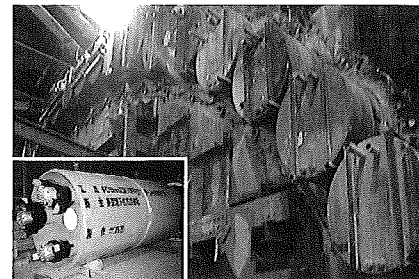
φ1500mm 貫入リング回転切削型掘進機 (接合切削時)

- 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

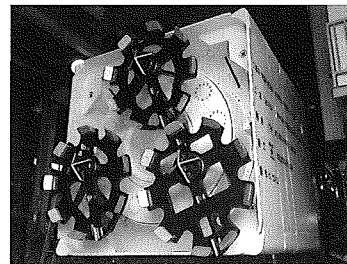
密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

- 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

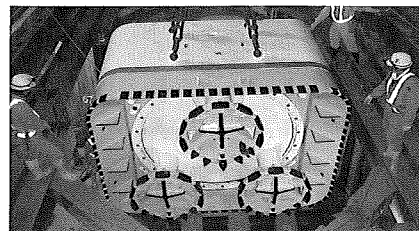
ボックス推進工法

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)



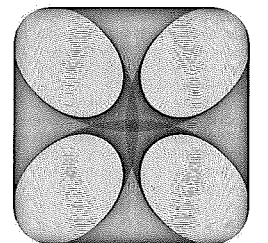
多軸自転・公転掘進機(内空寸法□2800×1800)



- 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

- 電力回路や通信回路の構築
- 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、多様な土質に適用可能
- 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

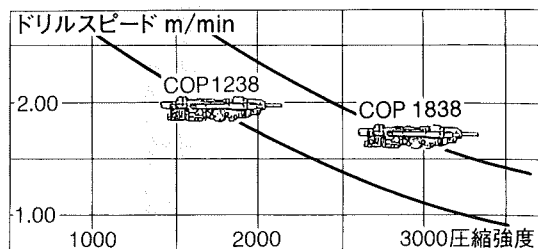
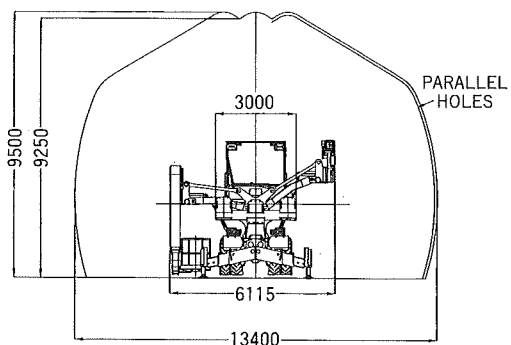
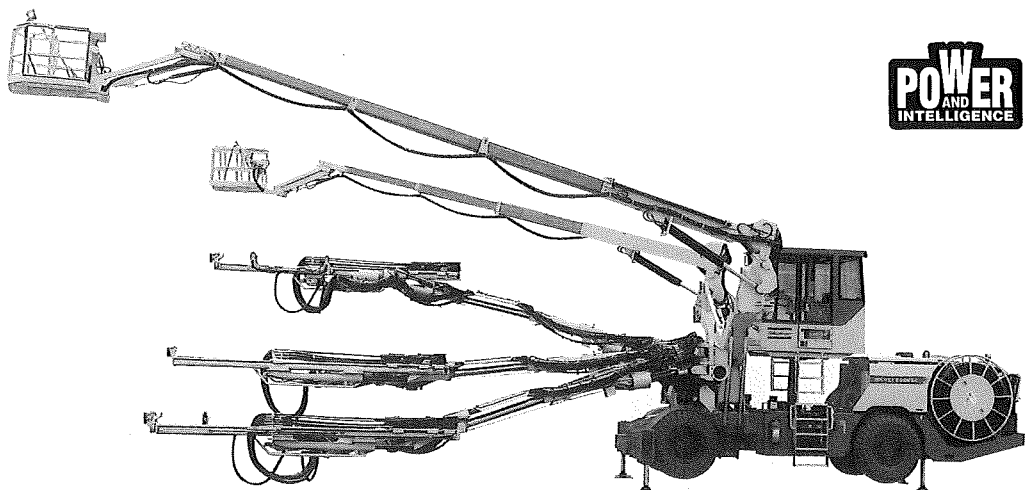
※各工法協会会員名簿については、ホームページをご参照下さい。

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

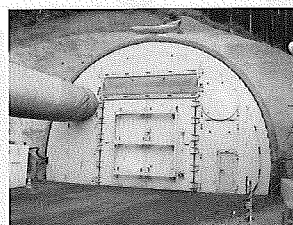


ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 6-16-8 桂ビル5階
 TEL (03) 3806-3377 番 FAX (03) 3806-8461 番
 関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町 5-8-4
 TEL (078) 802-5551 番 FAX (078) 802-5528 番
 九州支店 〒839-0841 福岡県久留米市御井旗崎 1-6-14
 TEL (0942) 43-5315 番 FAX (0942) 43-5832 番
 広島出張所 〒739-2613 広島県東広島市黒瀬町榎原 1336-1
 TEL (0823) 36-7787 番 FAX (0823) 36-7791 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

快適な作業環境を提供する騒音対策システム

～25年の実績が最大級の安心をご提供いたします～



【防音扉】

『防音扉マークII』の音響性能

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

『防音扉マークII 10s』の音響性能

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

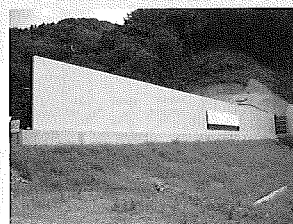
『防音扉マークII 10c』の音響性能

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

『防音扉マークII 15c』の音響性能

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

防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。



【防音壁】
【防音ハウス】
【防音シェルター】
【防音ボックス】

『防音パネルSタイプ』の音響性能

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

『防音パネルDタイプ』の音響性能

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

『防音パネルHタイプ』の音響性能

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

Sタイプ(スタンダードタイプ)

Dタイプ(デラックスタイプ)

Hタイプ(ハイデラックスタイプ)

防音設備の設計、製造、施工、リース

株式会社フューズ

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

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

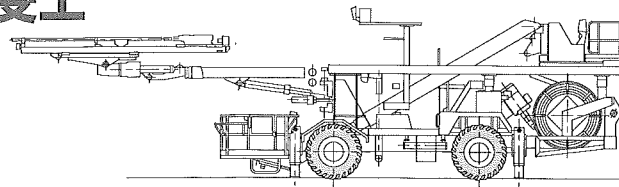
建設業登録：東京都知事許可(般-25)第130153号

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

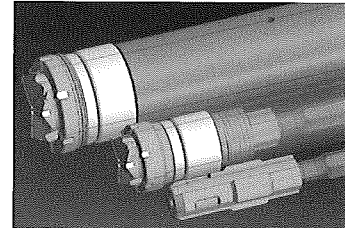
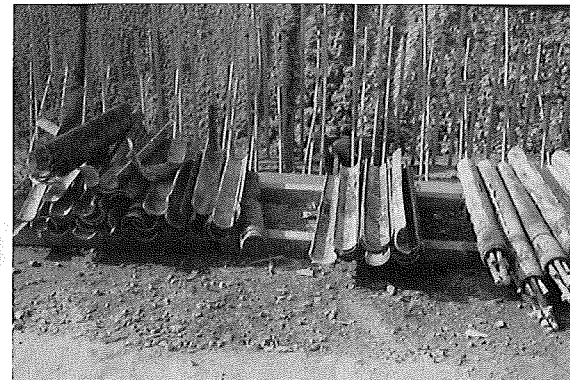
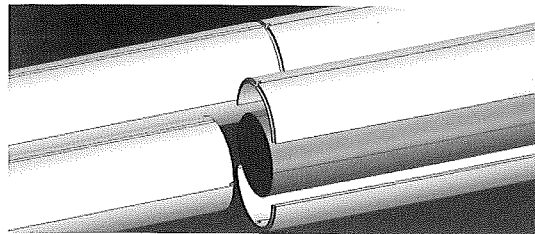
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Piling Method



AGF-Me工法

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

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



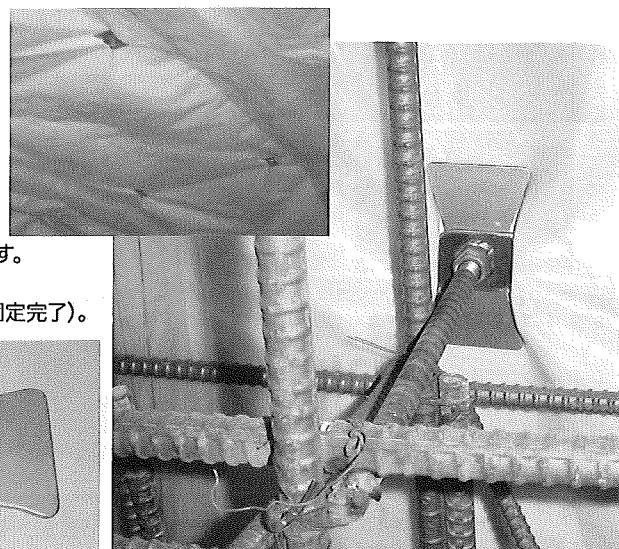
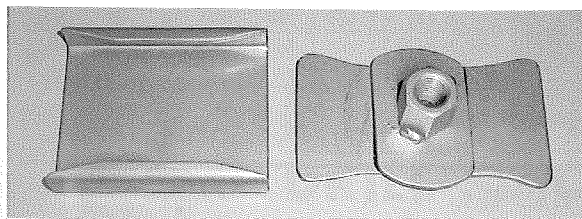
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

- 支保工へ溶接したグリッパーに防水シートを当てます。
- 回転プレートを押し込みます。
- ナットを回し、止め位置まで90度右回転します(固定完了)。



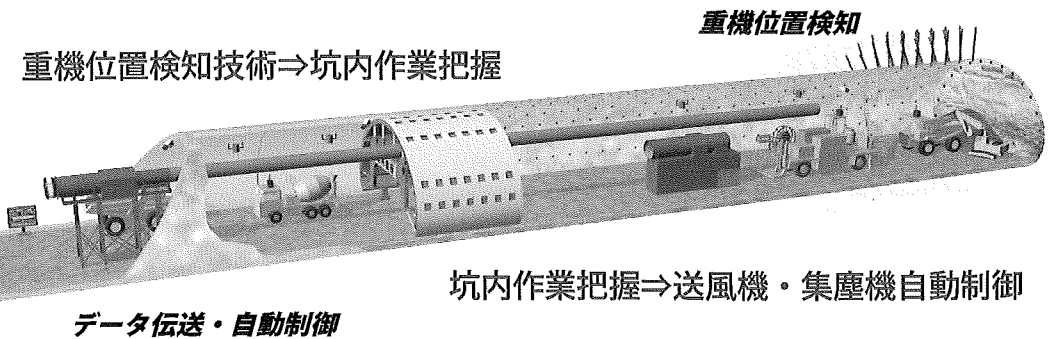
東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD
〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6F
Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

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

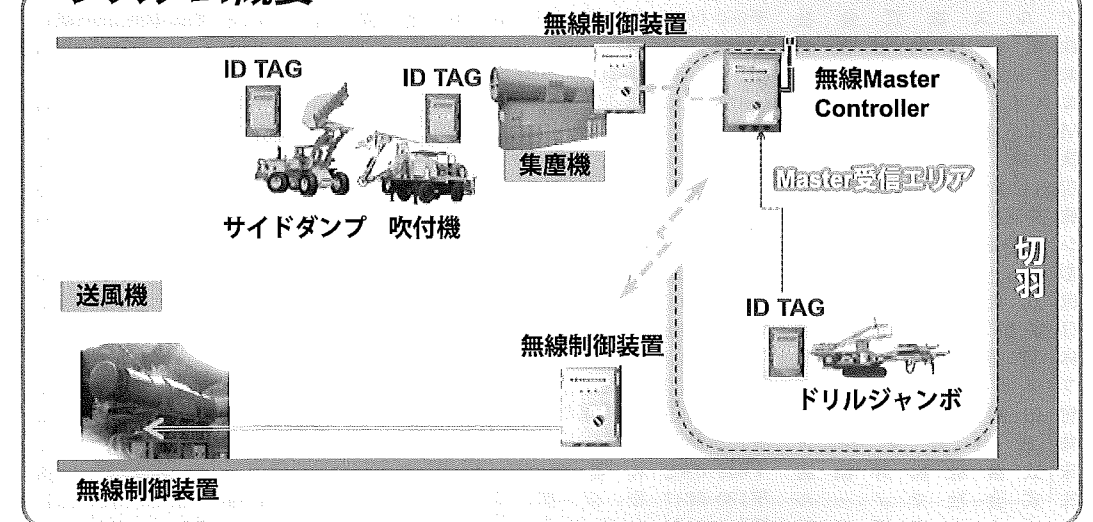
This May Debut
TAG Navi-V (換気自動制御)
Automatic Ventilation Control System

CYBER NATM

TAG Navi - V (換気自動制御)は坑内作業(削孔作業・ずり出し作業・吹付作業等)を切羽付近で自動検知し、作業データを坑外に設置しているコントラファンに無線伝送し、自動的にインバーター制御を行い、電気量とCO2排出削減を目標とする新しい省エネルギー換気システムです



システム概要



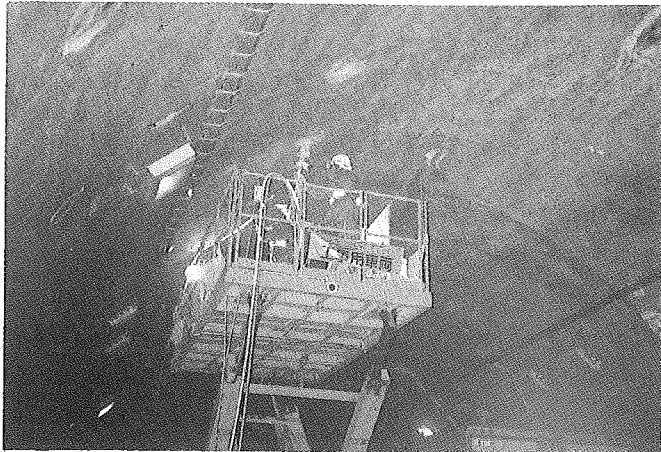
株式会社 流機エンジニアリング

enzan
株式会社

株式会社 演算工房 **ENZANKOUBOU CO., LTD.**
■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

硬質発泡ウレタン セツフォーム工法

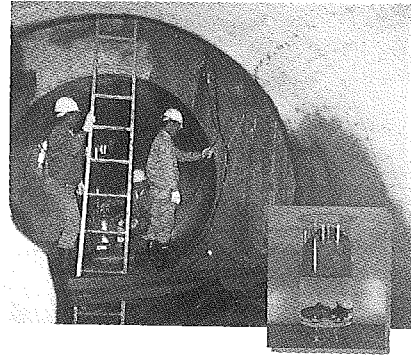
急結性・高性能空隙充填材



- シールドにおける滞水層、軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入(即時地盤反力の効果)
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め(止水,裏込め後の即時掘削可能)

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

アルス株式会社	〒950-0944	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	〒462-0832	名古屋市中北区生駒町 7-148-1	TEL 052-911-3984
四国リニューアル株式会社	〒780-0815	高知市二葉町 3-5	TEL 088-878-0050
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
成和リニューアルワークス株式会社	〒163-0610	東京都新宿区西新宿 1-8-1	TEL 03-5326-0720
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
日本総合防水株式会社	〒171-0022	東京都豊島区南池袋 3-11-10 ベリエ池袋	TEL 03-5950-8211
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
フジモリ産業株式会社	〒141-0022	東京都品川区東五反田 2-17-1 オールコート大崎マークウエスト	TEL 03-5789-2206
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
株式会社マシノ	〒733-0822	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	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

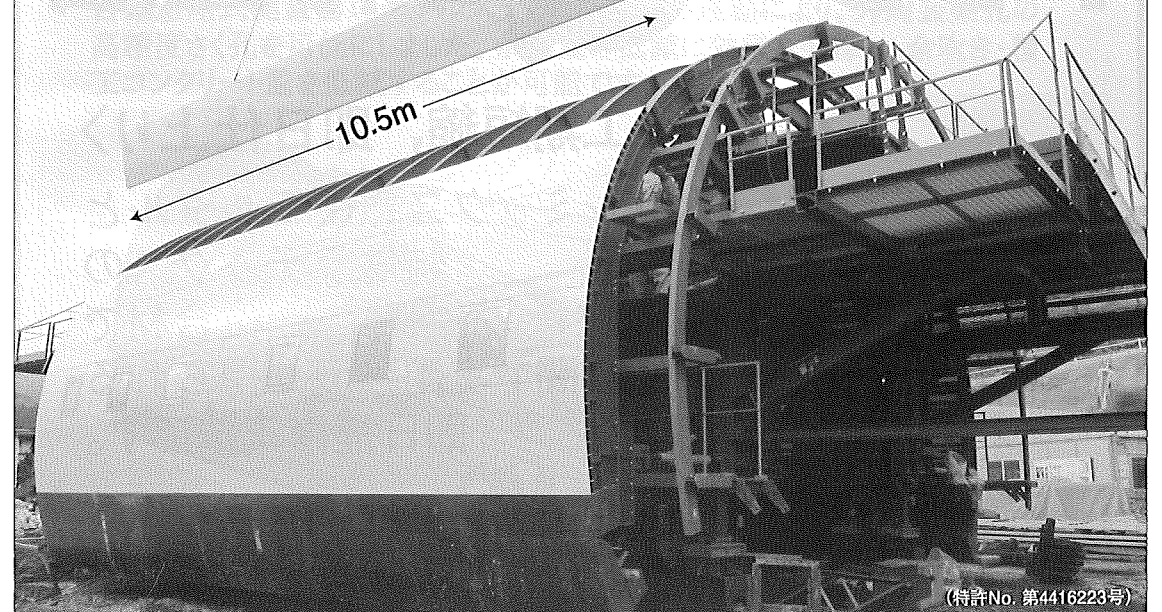
協会事務局

〒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

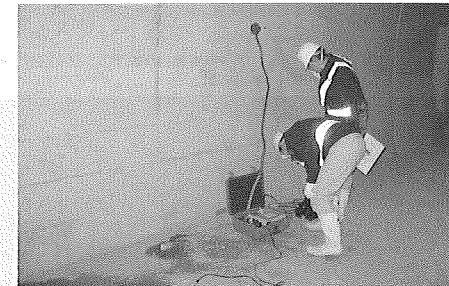
新着ニュース FRPセントルによる 覆工コンクリートの密実性を検証

初期養生FRPセントル ハイパーフォームG



(特許No. 第4416223号)

透気試験状況



国土交通省東北地方整備局楢這トンネル(例)フジタ施工

国土交通省東北地方整備局が発注した東北中央自動車道(相馬~福島)の楢這トンネル工事(全長1,492.8m)において、トンネル全線(非常駐車帯部を除く)で採用したFRP製セントルと非常駐車帯部で使用した鋼製セントルで施工された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する事が実証された。

特徴

1. すぐれた断熱効果により、保温養生を実現(鋼製型枠に対し熱伝導率1/150以下)
2. 外気の温度変化に対する影響が少なく、寒冷地に最適
3. 剥離性がよく、ケレン作業が低減

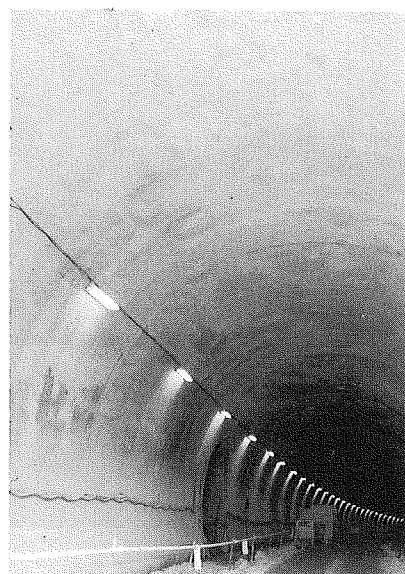
M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

■ 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

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



◆土木資材の総合プランナー◆



株式会社

MAIL

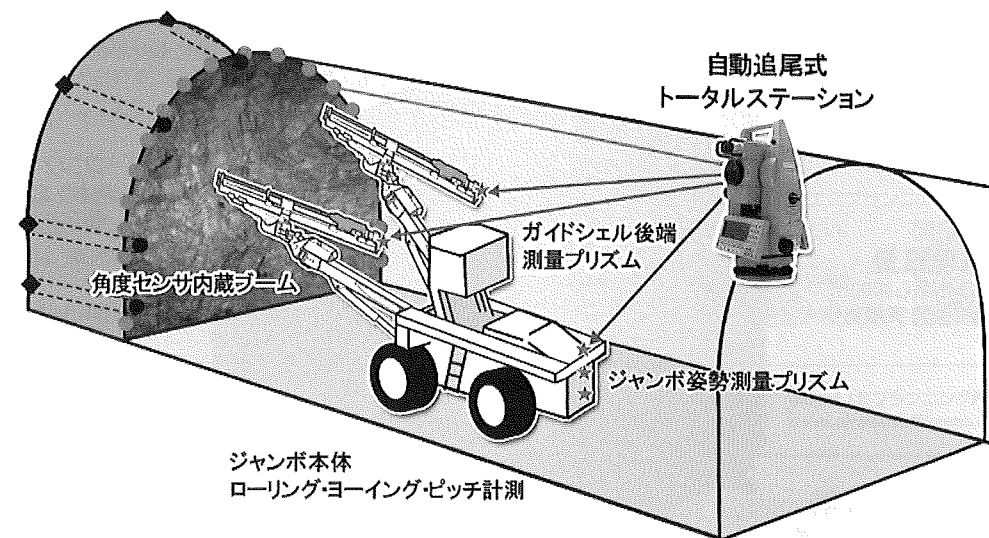
〒120-0047 東京都足立区宮城 2-4-16
TEL 03(3927)1331(代)

NETIS登録番号:KK-100049-A

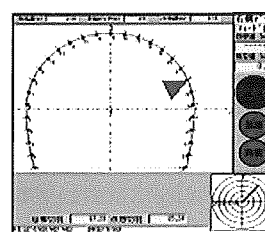
自動追尾式余掘り低減システム

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、外周装葉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. ガイドシエ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 千葉県市川市曾谷8-16-3

TEL:047-371-3191 FAX:047-371-3190

FRD 古河機械金属グループ
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

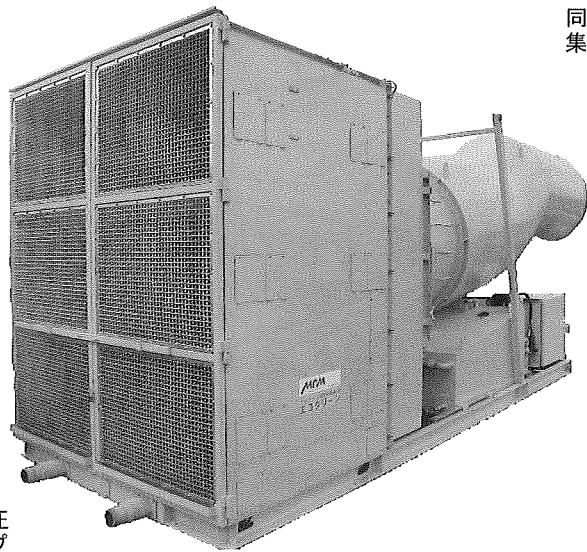
最新型・電気集じん機 エコクリーンX

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およそ1/4



処理風量
750m³/minから3000m³/minまで製作実績あり

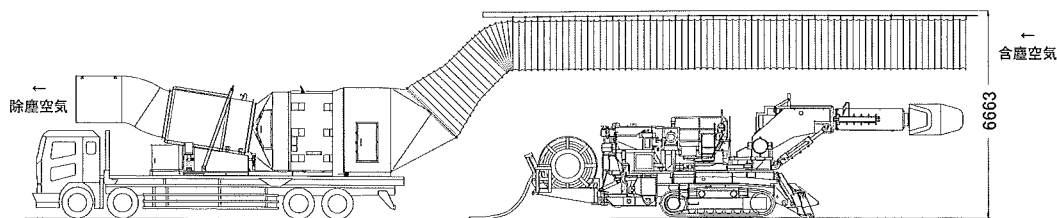
コンパクト
同クラス集じん機の中で最小

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。



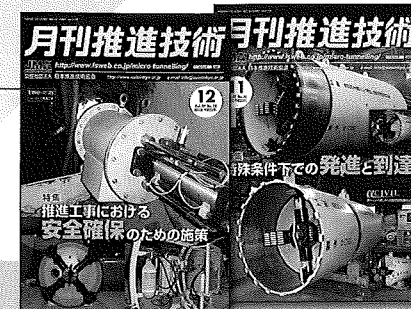
株式会社エムシーエム

<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

月刊推進技術

定期購読のご案内



定期購読料金 **12,000円** (①1,000円/月×12ヶ月 税・送料込)

わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO₂排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説をしております。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、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっております。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間購読料金12,000円(毎月1冊×12ヶ月 税・送料込)をお支払いください。詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。

<http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/> 月刊推進技術

検索

定期購読のお申し込み
右のQRコード
または本誌ホームページから



お問い合わせ先

月刊推進技術 編集室

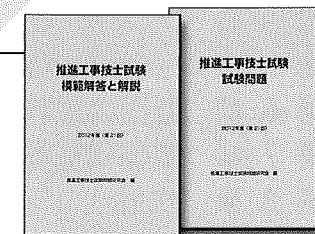
<http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/>

〒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@lswb.co.jp

推進工事技士試験 過去11年間(平成14~24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



2013年度版は
2月上旬発売予定

推進工事技士試験は、推進工法に係る技術、技能を適正に認定することを目的に(社)日本下水道管渠推進技術協会(現(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。

1. 内容と特長

- 過去11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

各年度単体に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

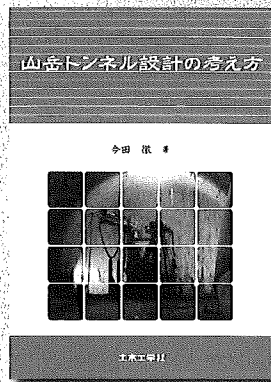
お問い合わせ先

株式会社 LSプランニング
http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/

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

好評発売中

山岳トンネル設計の考え方



東京都立大学名誉教授

今田 徹 著



B5判 183頁 上製本 定価3200円+税

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携書である。

《主要目次》

- 第1章 山岳トンネル技術の要素と変遷
- 第2章 トンネル掘削による周辺地山の挙動
- 第3章 岩石の特性
- 第4章 トンネルと地質
- 第5章 トンネルの線形
- 第6章 断面の設計
- 第7章 支保構造物
- 第8章 吹付けコンクリート
- 第9章 ロックボルト
- 第10章 鋼アーチ支保工
- 第11章 覆工
- 第12章 切羽の安定
- 第13章 掘削工法・掘削方式の選定
- 第14章 併設トンネルの設計
- 第15章 特殊地山
- 第16章 坑口の設計
- 第17章 環境対策

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

VOLVO 建設機械

TMS Techni-Métal Systèmes

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



ボルボ事業部 担当：浅野
TEL0538-66-1215 FAX0538-66-6162

多目的運搬台車
4次オフロード法取得 レールからの解放



TMS 社 日本正規代理店
担当：渡邊



山崎マシーナリー株式会社

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

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

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


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

中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 式

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

道路,トンネル設計 (本體工,換気,防災,照明,施工管理他)

トンネル現場診断



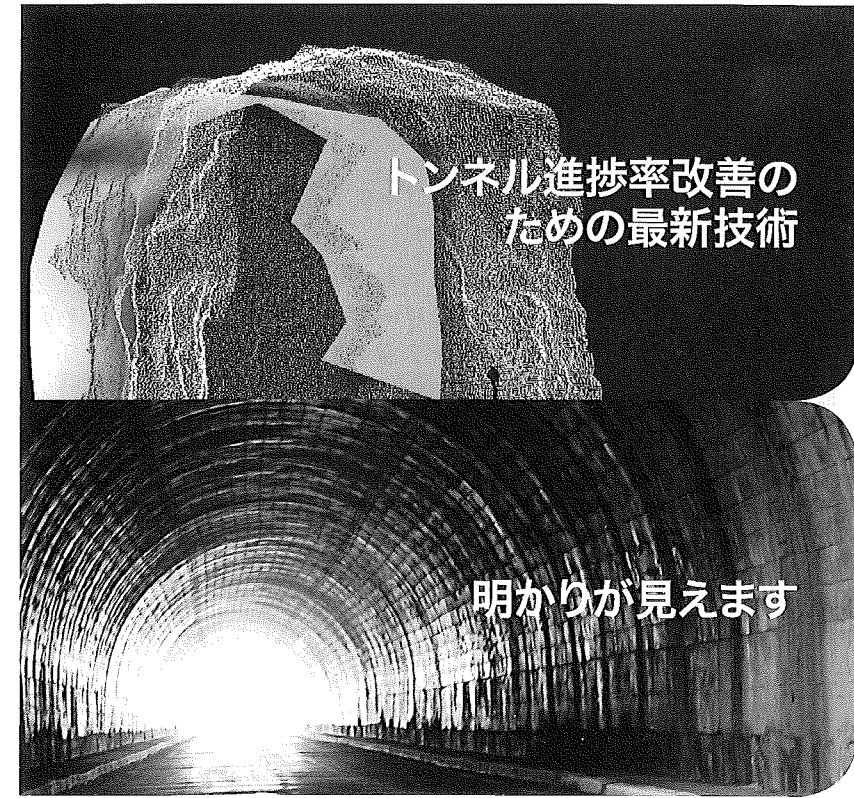
(社) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会 長 田 島 利 男 代表取締役社長 清 水 洋 (技術士)
(技術士・土木学会フェロー会員)

常 務 取 締 役 堀 内 浩 三 郎 (工学博士) 大阪支店長 亀 甲 谷 義 高 (技術士)

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



トンネル進捗率改善のための最新技術

明かりが見えます

トンネルが貫通するまでの長い道のりの中で、工事完了までの間に大いなる違いを生む原動力となるのは、トンネル進捗率における日々改良の積み重ねです。もちろん、発破のたびに進捗度を上げたいとご希望されることでしょう。

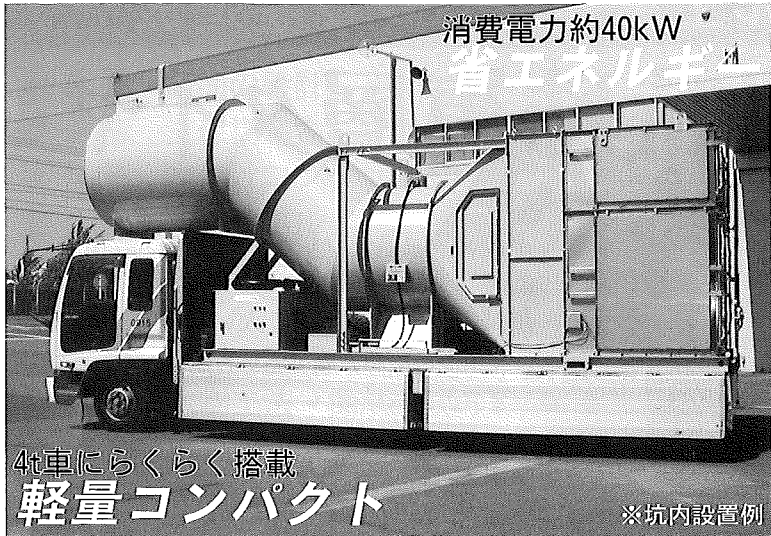
オリカ社は、今まで積み重ねてきた研究開発と技術力を駆使して、お客様が毎日直面する課題の解決策をご提供することが出来ます。自由に延時設定可能なトンネル専用電子雷管eDev、トンネル発破デザインソフト New SHOTPlus-T™、高エネルギーエマルジョン爆薬の結果をご覧になることができます。これらはすべて、お客様のご要望に沿って全てのプロジェクトに最適な技術サービスとサポートをご提供した結果です。

これこそがオリカ社が提案する「Power of Partnership (パートナーシップの力)」です。

www.oricamining.com にアクセスして頂ければ、トンネル現場の最新技術をご覧になることができます。

ORICA MINING SERVICES

消費電力約40kW
省エネルギー



4車にらくらく搭載
軽量コンパクト

※坑内設置例

RENT
取扱レンタル商品

- フリッカー対策器
- 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

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-12-9 NIビル8階 TEL: 03-5642-6750 FAX: 03-3249-0415
 URL: http://www.rent.co.jp E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

**トンネル掘さくの安全施工に
アロードリル前方探査システム**

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



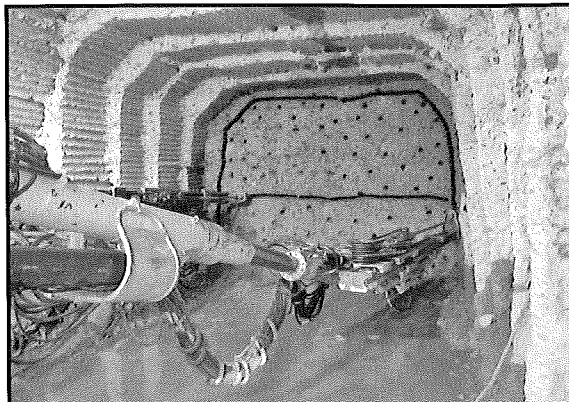
■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をとまらぬ難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

KOKEN 鉞研工業株式会社

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

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



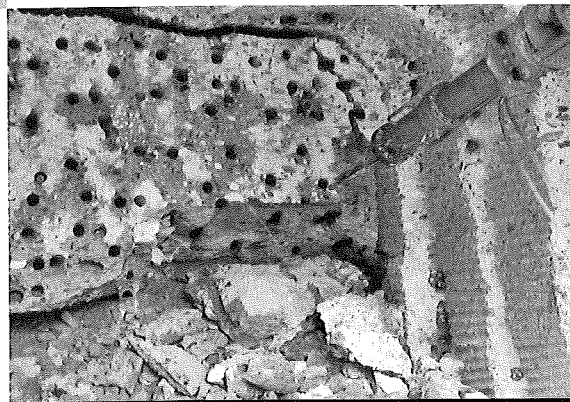
コンクリートを 静かに掘る！

荒瀬ダム本体等撤去工事（熊本県企業局発注）において、FONDリル工法を用いた割岩掘削により、コンクリートダム堤体を傷めずに仮排水トンネルを構築しました。

FON工法協会 (NETIS: KT-980302-A)

住所：東京都武蔵野市吉祥寺東町2-17-1
TEL：0422-21-3177
HP：http://www.fon-drill.jp/index.html

正会員：(株)フジタ、(株)大本組、藤友工業(株)、
日本ロックエンジニアリング(株)、(株)福田組
賛助会員：ヤマモトロックマシン(株)、
ドリルマシン(株)、カヤク・ジャパン(株)



コストダウンを可能にする Kリング・Kプレート

施工方法等詳細については下記までご連絡ください

製造・販売元 **静岡スチール**

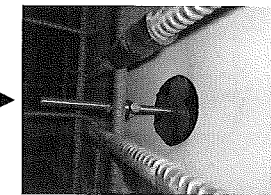
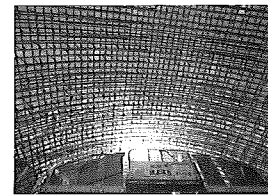
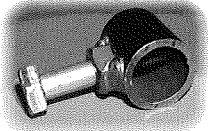
〒436-0342 静岡県掛川市上西郷 765-1
TEL：0537-24-3886 FAX：0537-24-3859
Mail：ktk@r5.dion.ne.jp

①アーチ鉄筋組立金物 (Kリング) 特許出願中 (特願 2001-309314 号)

トンネル覆工工事におけるアーチ鉄筋組立金物。
コストダウン、安全、工期、品質の向上を可能にします。

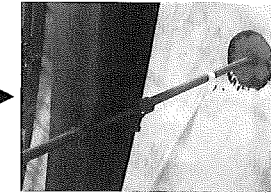
②トンネル覆工鉄筋防水シート接着ジベル筋組立 (Kプレート)

円型プレートを直接支保工下地防水シートに接着して使用します。Kリングと併用します。



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

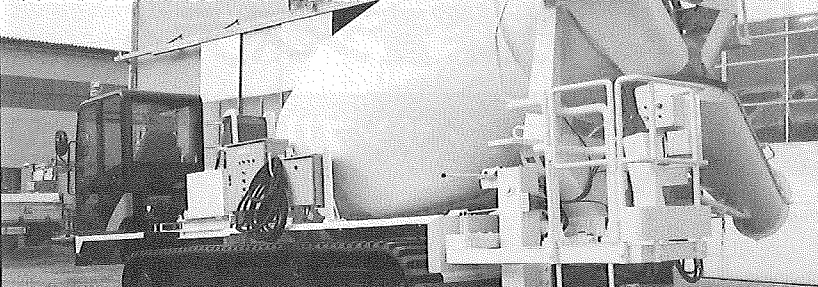
鋼製支保工を設置した場合もKプレートを 사용할ことが可能です。



Kプレートで鋼製支保工を固定。架台の鋼製支保工の固定にも使用できます。

ゴムクロ・ミキサー車

国土交通省排ガス2次トンネル工事用指定



クローラーだから小旋回
斜路、軟弱路盤等悪路に強い!!
後部運転席付。小断面でも前後進が可能!!

【仕様】	ゴムクローラ式ミキサー車 TGM-MR45T 上部ミキサー：カヤバ製(混合容量4.5m³)	
全長	7,500mm	タンブラ中心間距離 3,870mm
全幅	2,690mm	クローラ全長 9,800mm
全高	3,620mm	クローラ幅 700mm
最低地上高	530mm	(100ピンチ×98ピンチ)
空車質量	11,000kg	セメント積載時質量 22,000kg
形一式	三菱6D-11E2B	定格出力 165kw/2,700min
排気量	7,545cc	最大トルク 700N・m/1,300min
速度1段	最大 7.6km/h	
速度2段	最大 20.0km/h	
空車時接地圧	20kpa	積載時接地圧 40kpa

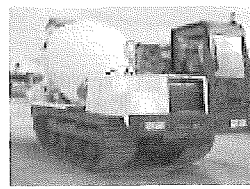
【TGM-MR45T II 仕様】

- ・ドラム回転電動式(オプション)
- ・生コン荷下時使用後部アウトリガー
- ・ドラム回転&アイドルアップ機構
- ・オフロード法少数特例承認機(承認番号) NS-641



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

- 北海道営業所
tel: 0133-72-3715
fax: 0133-72-3716
- 東北営業所
tel: 0198-26-0240
fax: 0198-26-0241
- 関東支店
tel: 0268-62-1426
fax: 0268-62-1999
- 大阪支店
tel: 072-677-2101
fax: 072-677-2109
- 九州支店
tel: 0982-26-2111
fax: 0982-26-2290



【好評発売中】

わかりやすい 土木地質学

大島洋志 監修

B5判 209頁 本体価格2,500円 予340円

主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

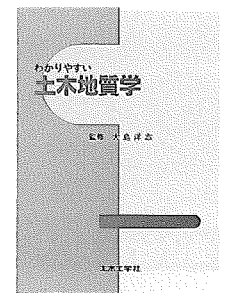
第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

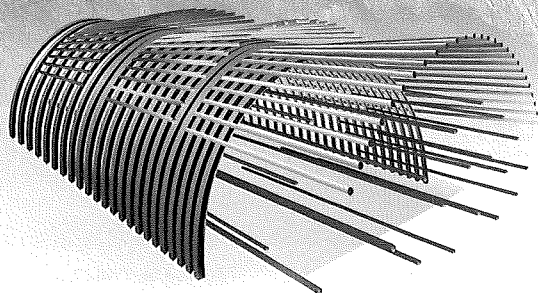
お申し込みは、当社へFAXまたはお近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ、お申し込みください。

株式会社 **土木工学社**

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

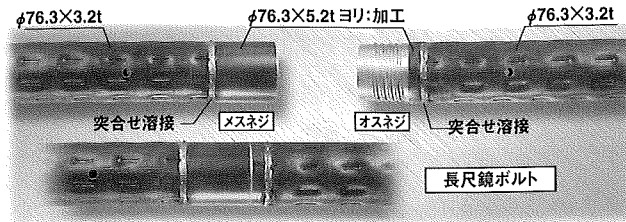


ユニークな発想でVEを提案



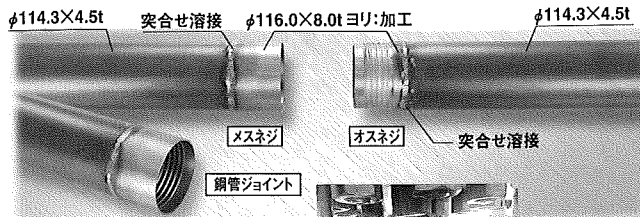
ストロング FIXチューブ(S型)

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

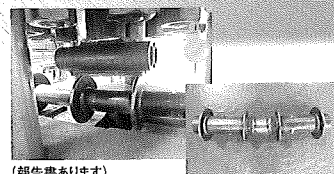


AGF-STD工法

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

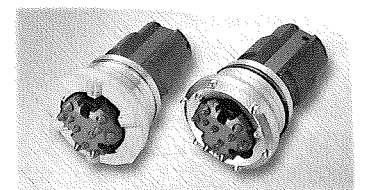
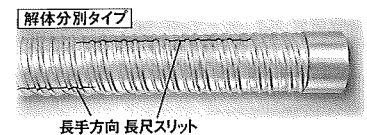
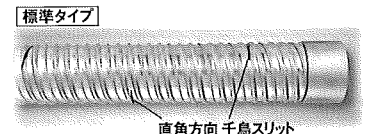


曲げ耐力30%UP!!



(報告書あります) 接続部の抗折力試験

撤去管の選択



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

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



【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

《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 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

■巻頭言

年頭のご挨拶

佐藤 信彦.....5

■研究

レーザを用いた覆工コンクリート剝離検知装置の開発

御崎 哲一・篠田 昌弘・島田 義則・朝倉 俊弘33

在来線用高速覆工検査車の開発

浅田 章一・内藤 孝和・鈴木 尊41

曲面切羽と全断面早期閉合の適用性に関する実証的研究

佐藤 淳・田丸 浩行・楠本 太・西村 和夫49

■施工

覆工背面を平滑化した新工法を高速道路に適用

—東九州自動車道 落鹿トンネル—

横尾 和彦・立川 一彦・濱梶 方希・赤木 英治.....7

地下鉄に近接した分岐立坑を上向きシールドで施工

—国道25号 御堂筋共同溝—

市場 弘美・井上 信一・井櫻 潤示・小森 敏生15

■連載講座

トンネルにおける地下水対策(6)

—地下構造物が地下水から受ける影響—

「地下水対策」連載講座小委員会.....61

■現場だより

「土木遺産“余部鉄橋”のまち」但馬・香美町より

市橋 勝行31

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

直径2mから17.5mまで

—シールド技術 日本と海外の橋渡し—

萩原 英樹23

■資料

土木情報

編集部32

工法・技術・製品ニュース

編集部71

トンネルジャーナル

編集部60

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会72

■会報

会報

日本トンネル技術協会73

【表紙説明】

地下鉄に近接した分岐立坑を上向きシールドで施工

—国道25号 御堂筋共同溝—



御堂筋共同溝事業は、国道25号の路線延長4,019mの区間に計画している水道管および電力ケーブルを布設するための共同溝を構築するものである。同共同溝は本体トンネル部と分岐立坑で構成されている。分岐立坑は、交通量の多い国道25号内分離帯の中に位置しており、近傍には大阪市営地下鉄御堂筋線が通っていることから、周辺地盤への影響を最小限に抑えるため、上向きシールド工法を採用した。写真はシャフト部全景である。
〔写真提供：国土交通省〕(本文15頁参照)

ヤマモト **らくがんき**

無騒音 無振動 静かな破碎
超大型油圧破碎機
YTB 1120
トンネルビッカー

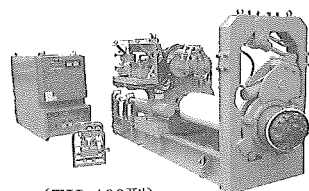
ヤマモトロックマシン株式会社
本社 東京都千代田区丸の内2丁目4番1号 丸の内ビル 903区 ☎ (03) 3201-0701(代)

工場 広島県庄原市東城町川西424-1 ☎ (08477) 2-2137(代)

仙台営業所 (022) 792-4534(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (088) 892-4048(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

THパイプルーフ工法

NETIS 登録 No.KT-120020-A

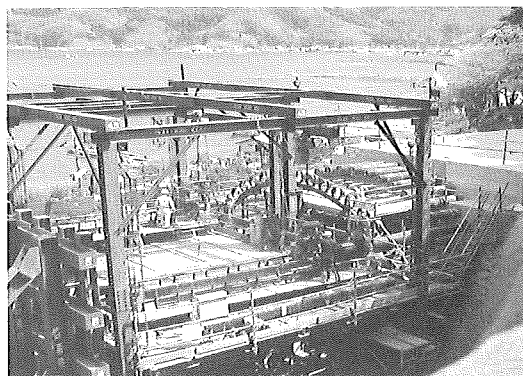


(TH-100型)

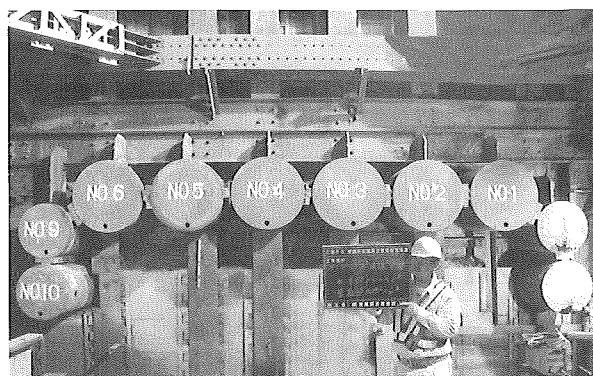
確実な空間確保 高精度・全地盤型 水平鋼管圧入システム

★特徴★

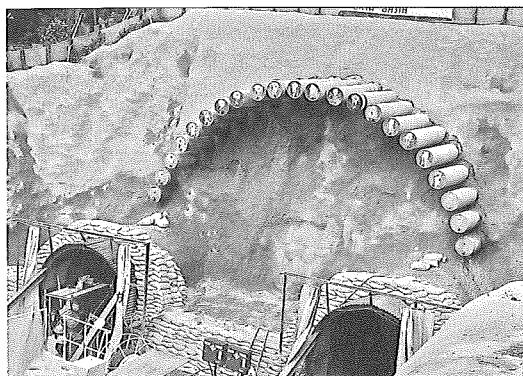
- ・本体掘削時の沈下抑制補助工法です
- ・常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用(精度が良いため支保作業が容易)
- ・オーガ中掘り掘削、地山との空隙に同時注入も可能
- ・推進途中でのビットの交換が可能で地層変化に対応
- ・適応管径は、φ200A～φ1200A
- ・最大推進長は、約70～100m
- ・推進機は、推力1000kN(100t)2000kN(200t)3000kN(300t)



パイプルーフ施工状況



都市型地下道トンネル掘削に伴う防護



山岳トンネル坑口防護

[会員] ※会員募集中(お問い合わせは下記事務局へ)

(株)小宮山土木 長野県 TEL 0267-56-1299
東洋地工(株) 福井県 TEL 0776-53-5335
日特建設(株) 東京都 TEL 03-3542-9299
ケミカルグラウト(株) 東京都 TEL 03-5575-0511
(株)最上機工 山形県 TEL 0233-23-1555
サン開発工事(株) 大阪府 TEL 072-641-4951

東邦地下工機(株) 東京都 TEL 03-3474-3143
日本基礎技術(株) 東京都 TEL 03-3476-5701
(株)大阪防水建設社 大阪府 TEL 06-6762-5621
多田建設(株) 福島県 TEL 024-535-6161
札幌黒澤工業(株) 北海道 TEL 011-215-7500
(順不同)

総務委員会広報小委員会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

[主 査]

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術開発センター最高技術顧問
首都大学東京客員教授

[幹 事]

居相 好信 株式会社大林組生産技術本部統括部長	志 岐 寛 清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部 部長
岩田 美幸 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土木工務部 トンネルグループ長
大津 敏郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル専門主幹	長谷川 雅彦 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
荻野 竹敏 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課長	藤井 義文 株式会社竹中土木執行役員
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	松原 利之 飛鳥建設株式会社建設事業本部 エンジニアリング事業推進部長
小松 敏彦 前田建設工業株式会社土木事業本部土木部 トンネルグループ長	吉富 幸雄 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室室長

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



THパイプルーフ技術協会

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

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	40/30	60/30
メーカー名	テスメック	テスメック	マステンブルク	マステンブルク
掘削幅 cm	60	75	70	70
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm ²	700kg/cm ²	700kg/cm ²	1000kg/cm ²
重量 t	36	40	50	59
長さ m	13.0	10.8	14.0	15.4
幅 m	2.5	3.2	2.95	2.98
高さ m	3.30	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力 PS	300	402	450	600

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術開発センター最高技術顧問
首都大学東京客員教授

〔編集参与〕

木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術開発センター 地盤研究室長	高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社専務取締役
小山 幸則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授	濱 建介 株式会社ANET取締役
今田 徹 東京都立大学名誉教授	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員

〔委員〕

大津 敏郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル専門主幹	高橋 晃 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー 工務部流通土木グループマネージャー
亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部鉄道統括部 移動円滑化設備推進担当課長	谷内 雅之 東京都交通局建設工務部計画改良課長
佐原 圭介 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐	真下 英人 独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社建設工事部兼設備部 構造技術センター次長	焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員
高田 武 東京都水道局建設部工務課長	柳 雄 東京都下水道局建設部設計調整課長



●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484

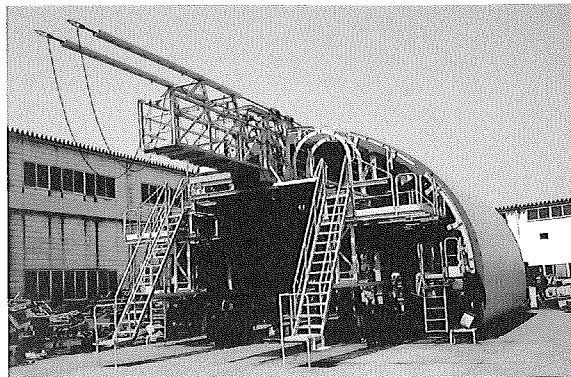
☎(026)213-7024(代) FAX(026)282-5803 <http://www.wkk.co.jp/>

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V

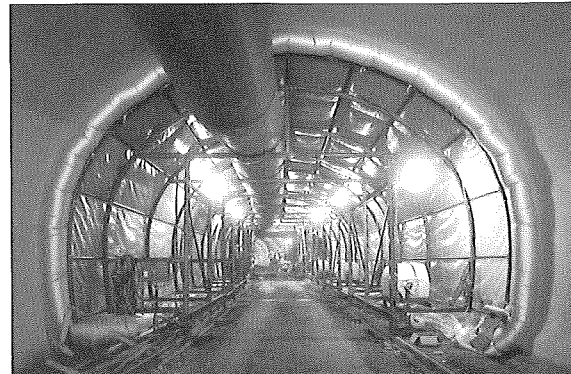


期待される効果・特徴

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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-A (製造:株式会社マシノ)



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

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

射水工場：〒934-0056 富山県射水市寺塚原 720 番 1 TEL0766(82)1500 FAX0766(82)1501

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

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

掲載頁
7

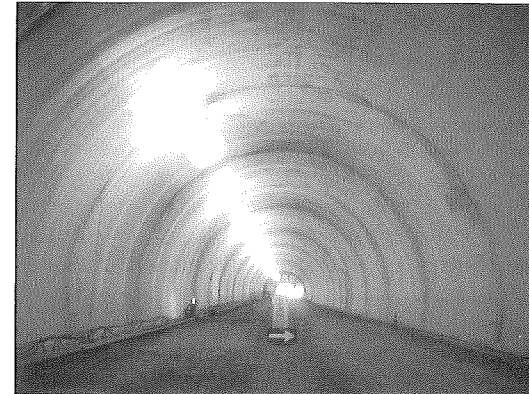
覆工背面を平滑化した新工法を高速道路に適用
—東九州自動車道 落鹿トンネル—

西日本高速道路(株) 横尾 和彦

吹付けコンクリート面と防水シートとの間に充填材を注入することで、トンネル掘削後の吹付けコンクリートや鋼アーチ支保工、ロックボルトなどの凹凸表面形状に影響されることなく、覆工背面の凹凸をなくし密実な覆工を構築することができる。背面を平滑化したトンネル覆工工法を、東九州自動車道落鹿トンネルにおいて採用した。

今回の施工結果から、平滑な防水シート面の構築と、円滑な覆工コンクリートの打設により、吹付けコンクリート、防水シートおよび覆工コンクリートにおいて空洞がなく連続する構造が得られた。

本稿では、本施工方法の施工概要および有効性について報告する。



写真は防水工全景

Smoothed Backface of Lining Concrete to Expressway Tunnel—Higashi-Kyushu Expressway Otoshi Tunnel—
By Kazuhiko Yoko-o, West Nippon Expressway Company Limited

By injecting grout between shotcrete wall and waterproof sheeting, it is possible to construct solid tunnel lining with smooth lining back unaffected by uneven faces such as shotcrete, steel supports or rock bolts after tunnel excavation. This technique was adopted in the Otoshi Tunnel on the Higashi-Kyushu Expressway. The result of this construction shows that it could make shotcrete wall, waterproof sheeting and lining concrete solid and smooth.

This report contains an outline of this construction technique and its effectiveness.

掲載頁
15

地下鉄に近接した分岐立坑を上向きシールドで施工
—国道25号 御堂筋共同溝—

国土交通省 市場 弘美

御堂筋共同溝事業は、国道25号の路線延長4,019mの区間に計画している水道管および電力ケーブルを布設するための共同溝を構築するものである。御堂筋共同溝は本体トンネル部と分岐立坑で構成されており、分岐立坑は交通量の多い国道25号内分離帯の中に位置している。また、近傍には大阪市営地下鉄御堂筋線が通る。分岐立坑構築時には軌道に關係する周辺地盤への影響を最小限に抑える必要があることから、その施工には上向きシールド工法を採用した。

本稿では、7か所の上向きシールド工法によるシャフト部のすでに施工が完了している5か所(EB3, EB4, EB5, EB6, WB1)のうち、2か所(EB3, EB6)の上向きシールド工法によるシャフト部の施工実績について報告する。

Build Branch Shafts with Upward Shield Shaft Boring Machine Close to Subway Lines—National Route 25 Midosuji Utility Tunnel

By Hiromi Ichiba, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

The Midosuji utility tunnel Project is to construct a 4,019 meter-long tunnel for installing water pipes and power cables in it under the National route 25. The tunnel is composed of a main tube and branch shafts. The shafts are located in the central reservation on the busy route 25 and the Osaka Municipal Subway Midosuji Line is operated nearby. Therefore it was necessary to keep the effects on the surrounding ground connected to the tracks to a minimum during constructing the branch shafts, we selected the upward shield TBM to build them.

This report contains construction results for two: EB3, EB6 of completed shafts out of a total of seven shafts that were planned to use the upward shield TBM.



写真は上向きシールド発進部

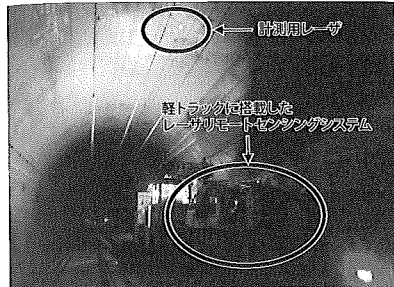
コンクリート表面の一般的な検査法として打音法が用いられている。打音法は簡易であるものの、技術者間で検査結果が異なることや、多大な検査時間を要するなどの課題がある。そこで、本研究では、レーザによる加振と遠隔探傷が可能なコンクリート表面の非破壊検査法(レーザリモートセンシング法)を開発した。

開発した装置を用いて室内試験を実施して、基本性能を確認したのち、新幹線トンネルの覆工に適用した。その結果、保守用車や発電機の振動や騒音などが計測精度に悪影響を及ぼすことが判明した。そこで、保守用車や発電機の振動や騒音などのノイズを低減させるため、除振台および防音室を、レーザリモートセンシング法を用いたコンクリート剝離検知装置に設置したところ、ノイズを低減させることに成功し、その有効性を確認した。

Development of Laser-based Remote Sensing System for Detecting Inner-Defect of Lining Concrete

By Norikazu Misaki, West Japan Railway Company

The general method of inspecting concrete is the impact acoustic method. Despite the fact that this is a simple method, there are issues such as differences of inspection results depending on the engineer and the fact that inspections take a long time. Consequently, we developed a non-destructive inspection: Laser-based Remote Sensing System in which laser can vibrate and remote-sense concrete surfaces.



写真は試作1号機による新幹線トンネルでの検証試験

After Lab tests were carried out using the developed device to check basic performance, we execute site tests of tunnel lining concrete in a Shinkansen tunnel. The result showed that the vibrations and noise of maintenance cars and power generators have an adverse effect on measurement accuracy. Therefore, when we installed an anti-vibration table and a soundproof room to the sensing device in the Laser-based Remote Sensing System in order to reduce such noise, we succeeded in a reduction and were able to confirm the effectiveness of the system.

在来線トンネルの特別全般検査は、至近距離からの目視および必要に応じて打音検査により実施される。そのうち点検ハンマーを用いた打音検査は膨大な範囲が対象であり、負担が大きく判定も検査者の判断力に依存しているのが実態である。

新幹線トンネルでは電磁波レーダを用いたトンネル覆工検査車により打音検査の軽減を進めているが、在来線トンネルでは、覆工の材質やトンネル形状の違いや、添架物などの障害物が多いことに加え、総延長も長いことから、検査車の導入にあたっては障害物回避性能の向上、計測速度の向上などの課題を解決する必要があった。今回これらの課題を解決し、在来線トンネル覆工検査車(在来線CLIC)を導入したので、これまでの開発内容と導入車両の概要について述べる。

Development of High-speed Tunnel Lining Inspection Car for JR Conventional Railway Lines

By Shoichi Asada, East Japan Railway Company

Special whole inspections of tunnels on conventional railway lines are carried out with either close-in visual inspections or impact acoustic inspections as necessary. The impact acoustic inspection using an inspection hammer has to cover a wide range of inspections. It presses inspectors and its results depend on the judgment of inspectors.



写真は在来線CLIC外観(軌陸車タイプ)

The acoustic inspections in Shinkansen tunnels have been reduced as introduction of tunnel lining inspection cars using electromagnetic wave but in tunnels on conventional railway lines, it was essential to solve issues such as the improvement of obstacle avoidance performance and measurement speed before introduction of inspection cars, because the tunnel have differences in the lining materials or cross-sectional shape, many installations on tunnel lining and the much total length.

These issues were solved and the Conventional Railway Line Tunnel Concrete Lining Inspection Car (Conventional Railway Line CLIC) was introduced so this report contains an outline of the development up until now and the introduced car.

中部横断自動車道八之尻トンネルは、トンネル延長2,469mの2車線トンネルである。トンネル中央付近の強風化泥岩は、地山強度比が1を下まわる押し出し性地山である。このため、地山強度比から吹付けコンクリート作用土圧を推定し、必要支保耐荷力を算定、これを参考にして高耐力トンネルを設計した。トンネル施工は、安定形状の曲面切羽と330kW軟岩トンネル掘進機による全断面早期閉合を採用した。

その結果、トンネルの力学的安定が確保でき、施工を確実にでき、この方法の有効性が実証され、早期閉合トンネルの力学挙動特性が明らかになった。また、新たな技術課題が顕在化した。

Empirical Research of Curved Tunnel-face and Early Invert Installing

By Jun Sato, Central Nippon Expressway Company Limited

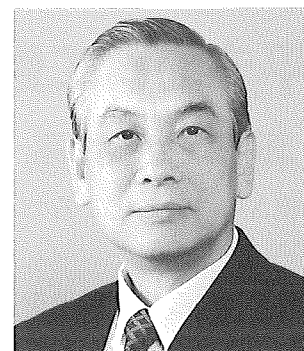
The Hachinoshiri Tunnel on the Chubu Odan Expressway is a two lane tunnel of 2,469 metres in length. The strongly weathered mudstone in the middle of the tunnel is squeezing ground that has a competence factor for excavated ground of less than one. For this reason, we estimated the earth pressure that acts on the shotcrete support from the competence factor for excavated ground, calculated the required support strength and used them to design a high strength tunnel. The tunnel was built based on stable curved tunnel face and early tunnel invert installing using a 330 kW roadheader.

As a result, it was possible to ensure the dynamic stability of the tunnel and reliably complete the construction. The effectiveness of these techniques was verified and the dynamic behaviour of an early invert installing was clarified. And new technical challenges were found.



写真は全断面早期閉合状況

年頭のご挨拶



(社)日本トンネル技術協会会長

佐藤信彦

新年あけましておめでとうございます。皆さんには、よいお年をお迎えのこととお慶び申し上げます。昨年は日本トンネル技術協会(JTA)の諸活動について、格段のご支援、ご協力をいただきまして、ありがとうございます。本年も引き続きよろしくお願い申し上げます。

わが国の経済動向は一昨年を底に回復傾向が見られ、またアベノミックスのプラス効果も実体経済に徐々に波及してきており、日銀の「量的・質的金融緩和」の採用によりその効果も期待できるところであります。

政府の公共投資が昨年度の景気を集中的に押し上げ、震災からの復旧・復興に向けた動きに加えて、被災地以外でも建設出来高は増加しています。今後も景気押し上げ要因として作用するものと考えられます。一方、昨年の緊急経済対策での財政支出10.3兆円のうち、真水(4.6兆円)によるGDP押し上げ効果は+0.8%ポイントと試算されており、その効果は本年前半までは続くと思われ、企業活動は今後さらに回復に向かうと思われます。

そういった中、一昨年の年末に中央自動車道笹子トンネル内で天井板落下事故が発生したことを契機として、昨年は社会資本全体の維持管理に関する検討が加速されました。国土交通省からは、中央道笹子トンネル事故などを踏まえ、国民生活や経済の基盤であるインフラが的確に維持されるよう、平成25年を「社会資本メンテナンス元年」として、今後3か年にわたる当面講ずべき措置をとりまとめた「社会資本の維持管理・更新に関し当面講ずべき措置」(平成25年3月)が出されました。さらに「大規模な災害の発生の可能性及び道路の老朽化を踏まえた道路の適正な管理を図るため」として道路法の一部が改正されました。

道路トンネルに目を向けると、社会資本ストックの増加により十分な維持管理が実施されずに老朽化が進行し、第三者被害の発生も見られています。限られた予算や管理体制のもとで、効率的・効果的に道路トンネルの維持管理を実施し、既存のトンネルを安

管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.0B-120032-A

コンクリートトータル養生システム

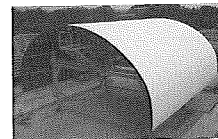
セントル型枠

加温しながら初期強度を上げる
加温養生(型枠)



第二養生

加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



第三養生

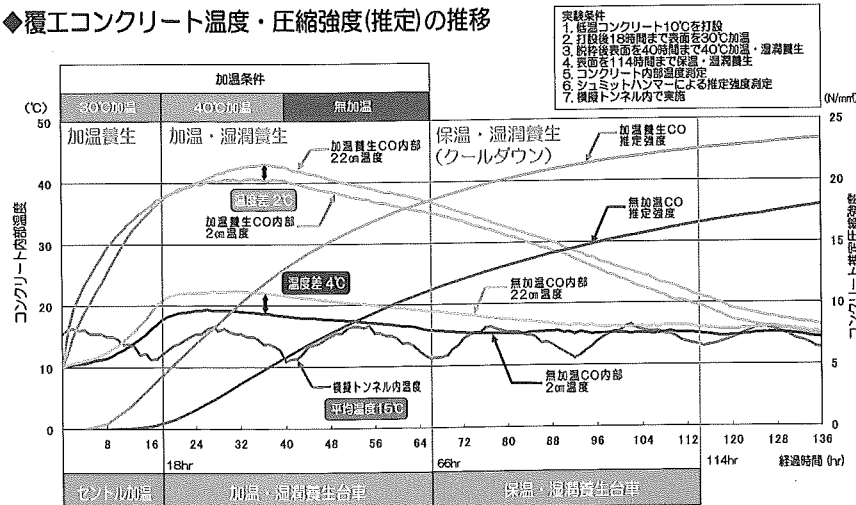
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

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

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

本社 岐阜県本巣市十四条 144 番地
TEL 058-323-2001 FAX 058-323-1176
URL <http://www.gifukogyo.co.jp/>

東京支店 TEL 03-5836-0531
仙台営業所 TEL 022-259-2239
九州営業所 TEL 092-918-3880

【製作・販売協力】

TECHNO
テクノプロ株式会社

TOUPO
株式会社 東 宏

全な状態で道路利用者に提供することが要求されています。このため現在『総点検実施要領(案)【道路トンネル編】』(平成25年2月)に従って総点検が実施されているところで

す。
このような点検、それに伴う維持管理・更新情報はデータベース化し、今後の活用を図っていくことが求められています。

また最近の技術動向としては、ITなどの先端技術を適用した情報化施工や、さらに進展した3次元データをもとに設計・施工管理を行うCIM(Construction Information Modeling)の導入などがあります。すでに設計・施工管理に導入・実施している当協会会員企業もありますが、まだ緒に就いたばかりですので、暖かく見守る必要があると思います。この手法は防災を含めた維持管理にも大いに役立つものですので、今後の進展に期待するところです。

上記の動向はほとんどが直轄の中で行われていますが、自治体の道路トンネル点検は維持管理予算や人材などの確保に難しいところもあり、効率的・効果的な点検を行うための検討がなされているところです。前述の「当面講ずべき措置」の中でも“現場を支える制度的な対策”として地方公共団体への財政的・体制的支援が求められているところですので、地方を含めて今後大いに進展することが期待されます。

昨年10月には、安倍総理大臣が出席して行われた、トルコのイスタンブールでアジアと欧州を結ぶマルマライ・トンネルの開通式がありました。この新トンネルは、日本の建設会社を中心とした日本とトルコのコンソーシアムが建設を担当し、資金は日本の国際協力機構(JICA)が提供しました。

このように日本のトンネル技術は国際的にもその優秀性が認められていますが、当協会の委員会活動としても、国際委員会ではITA(国際トンネル協会)の総会、コンgres、シンポジウムに参加協力するなど、国際技術交流を実施しています。

技術委員会には現在5つの小委員会があり、各委員会では新規テーマを掲げ検討を行い、あるいは地震対策などの継続検討など、幅広く調査研究を行っており、図書資料の頒布や会報『トンネルと地下』誌への掲載、維持管理に関する講習などの継続などを通してトンネル技術者の育成を目指しているところです。

活動内容はホームページを利用して積極的に広報するなど、技術の普及に努めていきたいと考えておりますので会員各位のご協力をお願いいたします。

施工

覆工背面を平滑化した新工法を高速道路に適用

—東九州自動車道 落鹿トンネル—

西日本高速道路(株)東京事務所総務企画課課長代理 横尾和彦
西日本高速道路(株)九州支社延岡高速道路事務所都農工事区 立川一彦
西日本高速道路(株)関西支社建設事業部技術計画課 濱梶方希
前田建設工業(株)九州支店落鹿トンネル作業所課長 赤木英治

1 はじめに

東九州自動車道^{おとし}落鹿トンネルでは、吹付けコンクリート面と防水シートとの間に充填材を注入することで、トンネル掘削後の吹付けコンクリートや鋼アーチ支保工、ロックボルトの凹凸表面形状に影響されることなく、覆工背面の凹凸をなくし、密実な覆工を構築することができる背面を平滑化したトンネル覆工施工法をNEXCO3社の高速道路で初めて採用した。

平滑な防水シートを構築することにより、覆工コンクリートの円滑な打設の一助となり、かつ吹付けコンクリート、防水シートおよび覆工コンクリートにおいて空洞がなく連続するような構造が得られ、トンネル覆工の品質・施工性の向上が期待できる。

本稿は、背面を平滑化したトンネル覆工施工法の施工概要および有効性について報告するものである。

2 工事概要

2-1 落鹿トンネルの概要

東九州自動車道は、北九州市を起点として、福岡、大分、宮崎、鹿児島各県を結び、鹿児島市に至る全長436kmの高速自動車国道である。

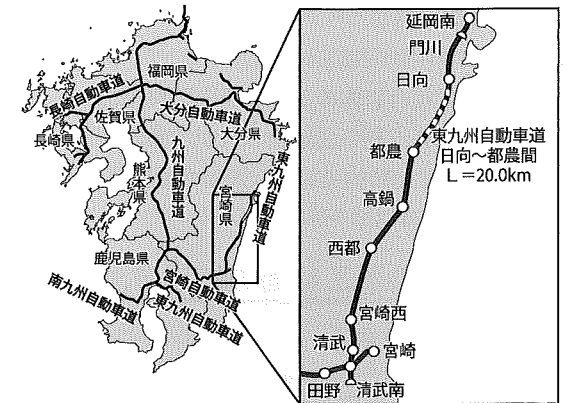


図-1 現場位置図

表-1 工事概要

工事名称	東九州自動車道落鹿トンネル工事
工事場所	宮崎県日向市美々津町～東郷町
発注者	西日本高速道路(株)九州支社
施工者	前田建設工業(株)
工期	平成22年12月～平成26年1月
トンネル概要	延長：767m、掘削断面積：75.2m ²

落鹿トンネルは、西日本高速道路(株)(NEXCO西日本)延岡高速道路事務所が建設を進める日向～都農間(L=20.0km)の落鹿トンネル工事で施工したL=767mの2車線トンネルであり、平成23(2011)年8月にトンネル掘削を開始し、平成24(2012)年5月に貫通した(図-1、表-1)。



写真-1 切羽地質状況

2-2 地形・地質の概要

落鹿トンネルは標高70~170mの丘陵地に位置し、坑口部については河川による浸食が進行し、急崖を形成する。

地質は新生代新第三紀中新世に形成された尾鈴山火山深成複合岩体の美々津花崗閃緑斑岩であり、本トンネル終点側に強風化の区間はあるが、全体的にCⅠ級の比較的良好な状況が連続するトンネルである(写真-1)。

3 従来の覆工背面の処理方法

3-1 防水工の目的

現在、山岳トンネル施工で広く普及しているいわゆるNATMでは、覆工コンクリートの施工に先立ち、吹付けコンクリート表面に直接防水シートを設置する防水工(以下、「従来工法」という)が一般的である。この防水工は漏水防止のほか、吹付けコンクリートと覆工コンクリート間の縁切りを行うことで覆工コンクリートの背面拘束を低減し、有害ひび割れ発生の抑制を目的として設置するものである。

3-2 従来工法の課題

吹付けコンクリートは掘削作業完了後、ただちに地山に密着するように施工し、トンネル掘削面を被覆することによって、早期にトンネルの安定を得ようとするものであり、地山形状に沿って施工されるため、仕上り面には掘削後の地山と同様に凹凸が生じる。このため、吹付けコンクリート

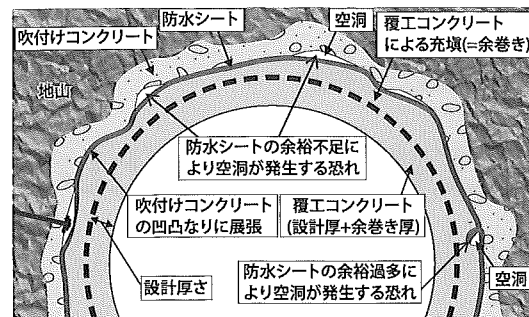


図-2 従来工法の施工概念図

面に設置する防水シートはこの凹凸への追従性を考慮し、凹凸量に見合った適切な余裕をもって設置する必要がある。しかし、防水シートの余裕過多や余裕不足は、防水シートによじれや引張りを発生させ、防水シートそのものの破損の要因となるばかりか、覆工コンクリートの充填不足による空洞発生の要因となる。また、覆工コンクリート背面の凹凸はコンクリートの収縮挙動を拘束し、有害ひび割れ発生の要因となる。さらに、従来工法での防水シート施工は、現場作業員の手により吹付けコンクリート面の凹凸に合わせて行われるため、作業員の技量がトンネル覆工の品質を左右することとなる(図-2)。

4 背面を平滑化したトンネル覆工施工法

4-1 工法の概要

背面を平滑化したトンネル覆工施工法(以下、「本工法」という)は、覆工コンクリート施工用の移動式型枠(セントル)とは別に防水シートを施工するための専用型枠(以下、「シート型枠」という)上に防水シートを展張し、吹付けコンクリートと防水シート間に、吹付けコンクリートプラントにて現場練りしたモルタルなどを充填材として注入することで、防水シート面を平滑な形状として背面に凹凸のない覆工コンクリートを構築する工法である。本工法の施工にはシート型枠および充填材注入ポンプが別途必要であるが、それ以外は従来工法の機材および設備で施工が可能であり、特殊な技術が必要とせずトンネル覆工の品質を向

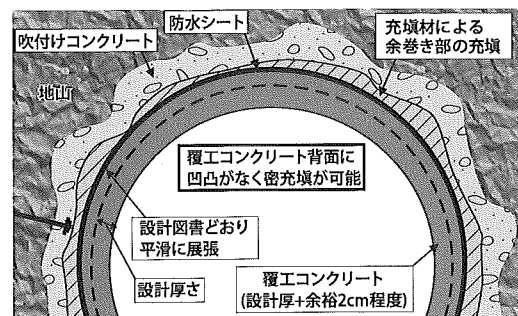


図-3 本工法の施工概念図

上させることができる(図-3)。

4-2 工法の特徴

4-2-1 品質面

本工法を採用することにより、平滑な防水シート面の構築が実現し、不具合の原因となる覆工背面の空洞や覆工背面の拘束などの問題を解決することが可能となる。また、幅広の防水シートを使用することによって、不安定な作業環境での現場溶着箇所数を減少させることが可能となる。さらに、覆工コンクリート背面の不陸を修正することによって防水シートへのコンクリート側圧による負担を大幅に減少でき、止水性の高い防水構造が実現できる。これにより覆工コンクリートの充填不足、有害ひび割れおよび漏水の発生を抑制し、覆工の品質および耐久性の向上が可能となる。

4-2-2 施工面

防水シートの展張が機械化されることになり、吹付けコンクリート面に対しシートを上向きに押し当てながら釘で固定するという人力作業から解放される。

また、6.3mのロングスパンシートの採用により現場での溶着箇所が1/3に減少するとともに、隣り合うシートの張り具合が機械化により均一になるため、溶着作業効率が大幅に向上し、溶着の確実性が向上する。覆工コンクリートの打設作業においては、防水シート面が平滑であり妻型枠の取付けおよび締固めの作業性が向上する。

4-2-3 コスト面

本工法の採用にあたっては、シート型枠および充填材注入ポンプにかかる設備面でのコスト増が見込まれる。しかしながら、余巻き部を覆工コン

クリートよりも安価な現場練りモルタルで充填し、かつ防水シートの余裕不要によるロスの減少により、施工延長などの条件が合えば全体コストを縮減することが可能である。

4-3 使用材料

4-3-1 防水シート

本工法で用いる防水シートは、従来工法で一般的に用いられている、シート本体(厚さ0.8mm)と裏面緩衝材(厚さ3mm)から構成される防水シートと同仕様である。本工法では防水シートをシート型枠上にウインチを用いて展張するため、シート型枠の寸法に合わせたロングスパンシートを使用することが可能となった。本工事で採用したロングスパンシートは従来工法の2.2mの防水シートを工場幅6.3mに溶着加工したもので、紙製の芯材にロールしたものを作業箇所へ搬入した。ロングスパンシートの加工実績は他工事において9mまでがある。

4-3-2 充填材

充填材の配合は表-2に示すとおりとし、充填材

表-2 充填材の配合

普通セメント C(kg)	水 W(kg)	砕砂 S(kg)	W/C (%)	S/C
563	366	1,190	65	2.11

表-3 充填材の必要性能

項目	必要性能
管理材齢強度 (材齢28日)	18N/mm ² 以上
充填性	モルタルフロー値: 150~200mm(打撃なし)

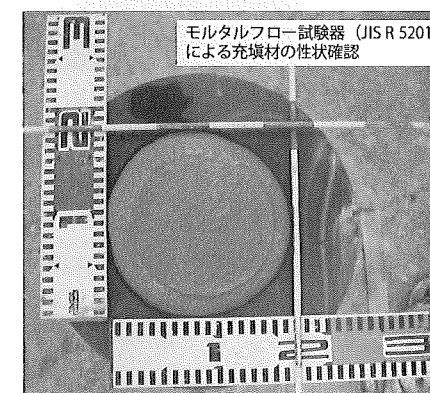


写真-2 充填材

の必要性能として、圧縮強度は覆工コンクリートに準じて $\sigma_{28}=18\text{N/mm}^2$ とし、充填性については本工法のこれまでの施工実績を踏まえ、自然流下で充填できるフロー値150~200mm(打撃なし)を定め、試験練りにより決定した(表-3、写真-2)。

4-4 施工手順

本工法の施工は、

- ① 防水シートのシート型枠上への展張
- ② シート型枠のセット
- ③ シート型枠端部の閉塞
- ④ 充填材の注入
- ⑤ 養生後脱型・移動

の手順で行った。以下に詳細な施工内容を示す。

- ① あらかじめ芯材にロールした防水シート(写真-3)をシート引張金具とウインチを用いて、シート型枠上を滑らせるように引張り上げることにより防水シートをシート型枠上に展張する(図-4、写真-4)。

- ② 天端部の吹付けコンクリート面の凹部分に充填確認用のエア抜きパイプ($\phi 20\text{mm}$ 耐圧ホース)を設置する。その後、シート型枠を所定の位置にセットする。吹付けコンクリート面から湧水がある部分については、薄型($t=6\text{mm}$)のポリエチレン製湧水処理材を従来工法と同様に設置して処理した(図-5)。本トンネルの湧水状況は、吹付けコンクリート面から滴水発生箇所が続いたものの、湧水量としてはトンネル全体で80L/分程度であり、おおむね一般的な量であった。

- ③ シート型枠端部はエアバルクに空気を入れて吹付けコンクリート面に密着させ、閉塞する(写真-5)。

防災箱抜き部は周囲をエアバルクで囲うことで充填材の流入を遮断し、脱型後に従来工法により仕上げを行った(写真-6)。

- ④ シート型枠に設けた注入孔(ラップ側端部に7か所)から2台の充填材注入ポンプ(7.5kWスクイズポンプ)を用いて両側壁の下方より順次注入を行う(写真-7,8)。充填材の注入が進み、天端部に設置したエア抜きパイ

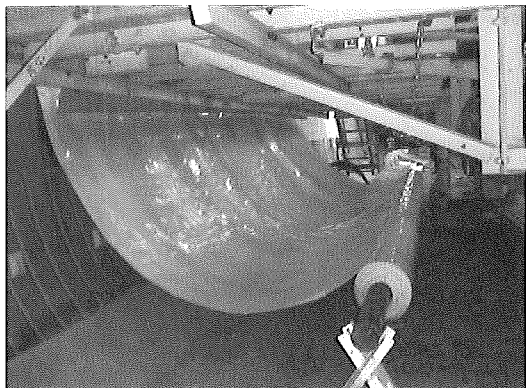


写真-3 芯材にロールした防水シート

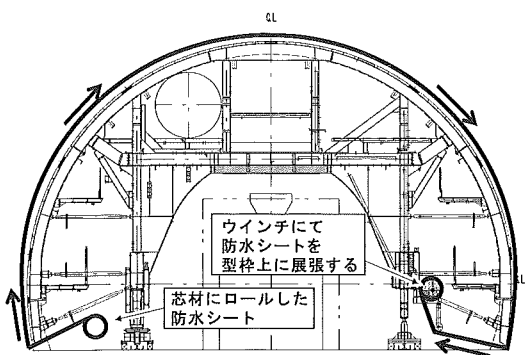


図-4 防水シートの展張方法



写真-4 展張状況

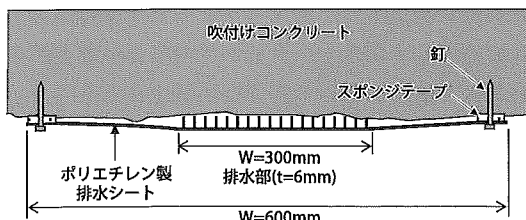


図-5 湧水処理材断面図

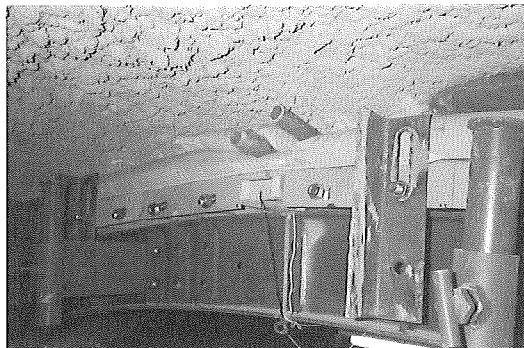


写真-5 端部の閉塞

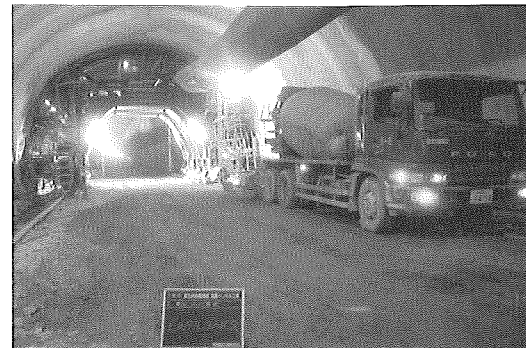


写真-8 注入作業

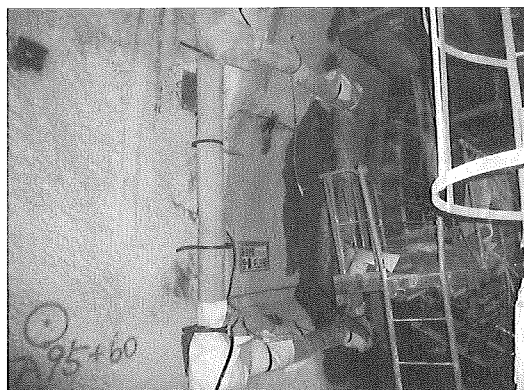


写真-6 防災箱抜き部

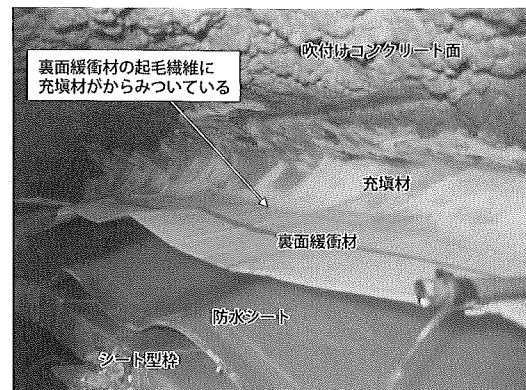


写真-9 脱型

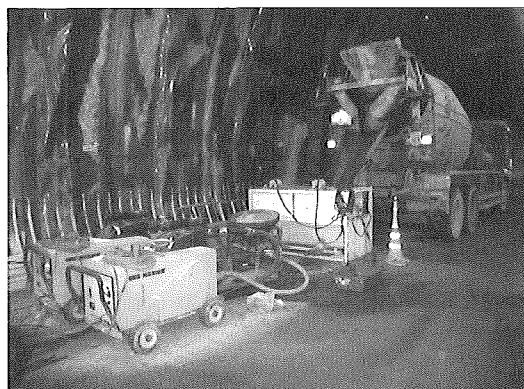


写真-7 注入ポンプ

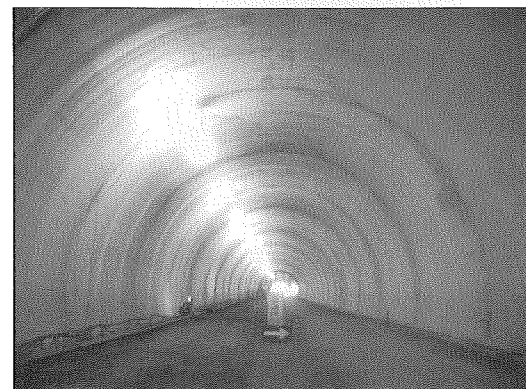


写真-10 防水工全景

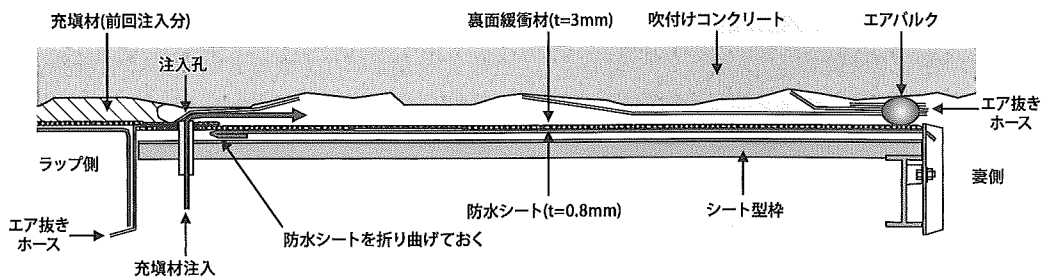


図-6 シート型枠設置断面図

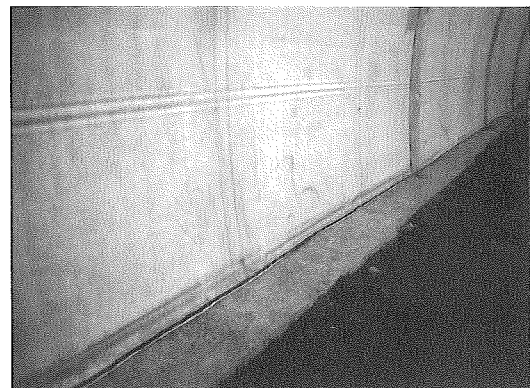


写真-11 下端部の仕上げ

ブからエアの排出終了に続き、充填材のリターンを確認した段階で注入完了となる(図-6)。
 ⑤ シート型枠の脱型は、充填材が自重を保持できる強度に達したあとに行う。脱型可能強度は施工実績より覆工コンクリートの一般的な脱型可能強度である1.5N/mm²とし、脱型可能時間は供試体による強度の確認より15時間養生後とした(写真-9~11)。

5 施工結果

5-1 作業サイクル

本工事においては防水工の1スパン長を6mとして施工をした。

基本的な作業サイクルは、脱型~移動~注入準備~注入~片付けを日中で行い、夜間は充填材の養生時間とした(表-4)。

1スパンあたりの平均注入量は29.6m³、平均注入速度は5.8m³/h、平均注入時間は約5時間であった。

防災箱抜きがあるスパンについては、作業の進行状況を見て注入作業を翌日にするなど調整を行ったが、一般部では1スパン/日の進行となった。

5-2 裏面緩衝材の透水性

裏面緩衝材の目的は、防水シートと吹付けコンクリートとの接触を緩衝し、防水シートの破損を抑制することであるが、防水シート背面にある程度の透水層を形成することも期待されるため、充填材により透水性を失うことが懸念された。

これについては、裏面緩衝材に充填材を加圧し

表-4 作業サイクル

時間帯	作業内容
8:00~9:00	シート型枠脱型・移動
9:00~10:00	シート展張, シート型枠セット
10:00~11:00	妻型枠設置
11:00~16:00	充填材注入
16:00~17:00	片付け

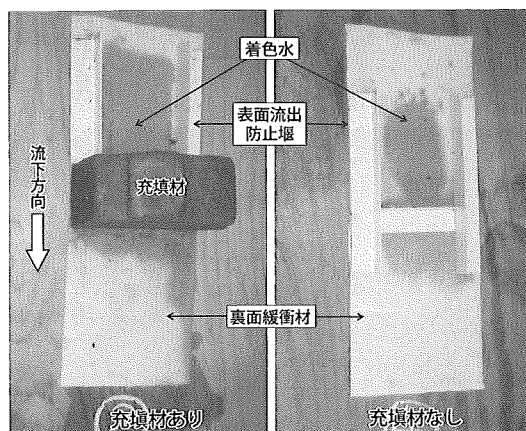


写真-12 裏面緩衝材の透水性確認

た状態で硬化させた試験片を作成し、傾斜(15°)させた台の上に載せ、着色した水が充填部分を浸透することを確認した(写真-12)。

実施工においても、防水シート表面の観察結果では、裏面緩衝材への充填材の染み出しは見られなかった。

5-3 覆工コンクリートの打設

覆工コンクリートの打設については、防水シート面が平滑であるため、コンクリートの流動が阻害されることなく型枠内に行き渡る様子を確認することができ、締固め作業における確実性および施工性が向上した。本工法と従来工法の打設時の状況を写真-13, 14に示す。

また、余巻き部の多量な覆工コンクリートを打設する必要がなくなったため、1スパンあたり2.5時間の打設時間短縮となった。どのスパンでも打設量がほぼ一定であることから、追加コンクリート待ちによる配管の閉塞やコールドジョイント発生を未然に防止することができた。

残コンクリート量についても平均1.0m³となり、従来工法に対して半減させることができた。

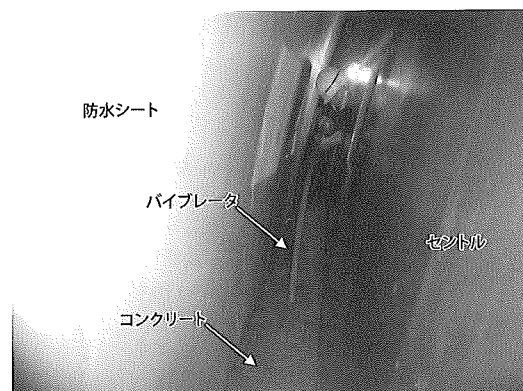


写真-13 覆工コンクリート打設(本工法)

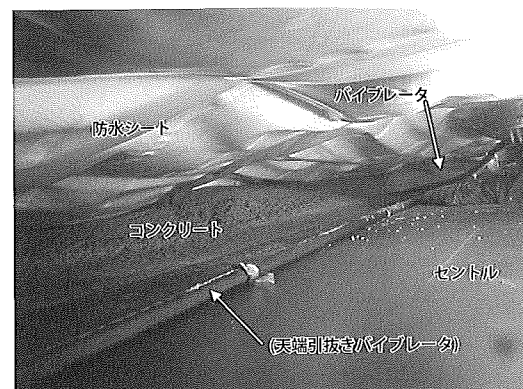


写真-14 覆工コンクリート打設(従来工法)

5-4 覆工コンクリートの脱型時強度

覆工コンクリートは骨組解析により定めた脱型可能強度に達したあとに脱型するが、基本的に2日に1回のコンクリート打設サイクルであり、打設時間の短縮分は翌朝までの養生時間の延長分となる。

本工事においては、本工法により翌日の脱型までの養生時間が16.5時間となり、仮に従来工法で施工した場合は14時間程度と想定されることから、積算温度と圧縮強度の関係により覆工本体の強度を推定すると、2.3N/mm²(14時間養生)が3.2N/mm²(16.5時間養生)に増加することとなる(図-7)。新工法による打設時間の短縮は、コンクリート構造物において重要となる初期強度の発現に対しても効果的であると言える。

5-5 覆工コンクリートの出来形

覆工コンクリートの厚さについては300~345mmとなり、ばらつきの少ない均一な覆工を構築する

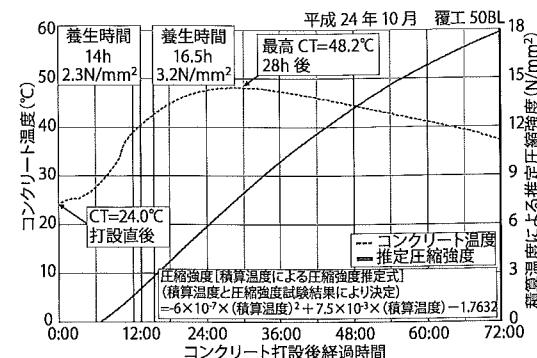


図-7 覆工本体の強度発現

表-5 覆工コンクリートの厚さ

	覆工コンクリート	充填材
設計厚さ	300mm	-
実測平均厚さ	315mm	226mm
標準偏差	9mm	135mm

※実測平均厚さは、毎スパン端部において7か所を測定した結果より算出した。



写真-15 均一な覆工形状

ことができた(表-5, 写真-15)。

また、覆工背面が平滑であるため、打設前の型枠空間検測においても容易に出来形確認をすることができた。

5-6 不具合箇所の確認

施工中に器具の接触などにより防水シートを損傷させることがあるが、本工法では防水シート面が平滑であり、他の坑内作業時に誤って防水シートを破損する確率が改善され、不良箇所の発見も容易であった。

溶着箇所の加圧試験とともに、防水シート面の損傷箇所の目視確認を行い、不具合の見逃しを防止した。

6 おわりに

吹付けコンクリートの凹凸部と防水シートとの空隙に充填材を注入して密実な構造とする本工法は、山岳トンネルの防水性を向上させて、高品質の覆工コンクリートの施工を実現し、山岳トンネルの長寿命化に対して従来工法が抱える構造上の課題の改善に有効な工法であると考えられる。

また現在、覆工表面に漏水およびひび割れは発生していないが、経過観察を継続し、本工法の効果の確認と改善点の検証を行っていく。

今後は維持管理・補修の軽減などライフサイクルコストの観点から、本工法の採用が検討されることを期待する。

参考文献

- 1) 木村宏・本堂亮・小松敏彦・櫻井孝臣：地下水位下の成田層での止水壁併用NATMと新防水工法，つくばエクスプレス 南流山トンネル(西平井工区)，トンネルと地下，Vol.37, No.2, pp.25-35, 2006.2.
- 2) 前田建設工業：背面平滑型トンネルライニング工法技術資料(案)，2012.11.
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書 施工編，2012.

図書案内

地下水の科学 — 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

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

第Ⅱ巻 地下水環境学
4,272円+税 B5判

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

第Ⅲ巻 地下水と地質
3,689円+税 B5判

■水資源 ■堆積盆水循環における地下水 ■地殻における地下水 ■地下水流動における熱輸送

株式会社 土木工学社

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

施工

地下鉄に近接した分岐立坑を上向きシールドで施工

— 国道25号 御堂筋共同溝 —

国土交通省近畿地方整備局大阪国道事務所工務課専門官 市場 弘美
国土交通省近畿地方整備局大阪国道事務所西大阪建設監督官詰所建設監督官 井上 信一
大成・五洋特定建設工事共同企業体御堂筋上向きシールド作業所現場代理人 井 櫻 潤 示
大成・五洋特定建設工事共同企業体御堂筋上向きシールド作業所監理技術者 小 森 敏 生

1 はじめに

御堂筋共同溝事業は，国土交通省近畿地方整備局が進めている幹線共同溝のうち，国道25号(御堂筋)の浪速区難波中1丁目から北区曾根崎2丁目の路線延長4,019mの区間に計画している大阪市水道局の水道管(φ1,500mm)および関西電力のケーブルを布設するための共同溝を構築するものである(図-1)。

御堂筋共同溝は本体トンネル部と分岐立坑で構成されており，本体トンネル部は平成23(2011)年度に完成し，国道25号御堂筋共同溝立坑工事にて分岐立坑を施工中である。

分岐立坑は，電力ケーブルの分岐立坑(EB1～6)，水道管の分岐立坑(WB1)および水道管と電力ケーブルの分岐立坑(EB7 WB2)の計8立坑からなっている。

そのうち，7か所の分岐立坑(EB1～6，WB1)については，地上付近に構築するボックスカルバート構造の分岐室(高さ約5m，延長約15m)と本体トンネル部をつなぐシャフト部と呼ばれる約30mの立坑を，上向きシールド工法にて本体トンネルより施工する(図-2)。

本稿では，平成25(2013)年9月時点で完了している5か所の分岐立坑(EB3，EB4，EB5，EB6，WB1)のうち，EB3，EB6分岐立坑における上向きシールド工法によるシャフト部の施工について報告する。

2 上向きシールド工法概要

分岐立坑は，交通量の多い国道25号内分離帯の中に位置しているため，道路規制の必要な工事は夜間に制限される。また，大阪市営地下鉄御堂筋線が近接しており，分岐立坑構築時には軌道に関係する周辺地盤への影響を最小限に抑える必要がある。そのため，本工事では深度約30mのシャフト部の構築に上向きシールド工法を採用した。

上向きシールド工法は，既設の本体トンネル内部から地上に向けて上向きにシールドトンネルを構築していく工法である。そのため，材料の運搬・供給ともに地下のトンネル坑内から行うことができるため，シャフト部施工中の地上作業は，シールド回収作業のみとなる。地上より掘り上げる在来工法と比較すると，地上設備の大幅な軽減および地上での道路占用作業を最小限にすることができる(図-3)。

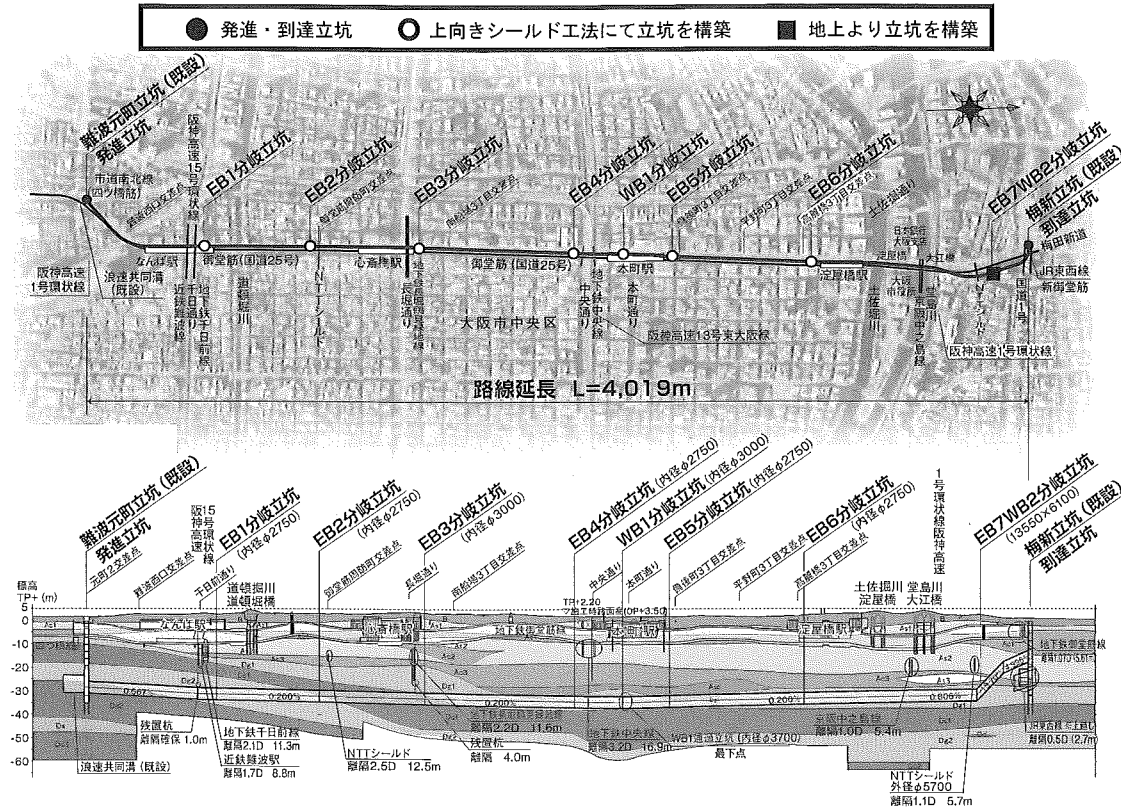


図-1 全体平面図・断面図

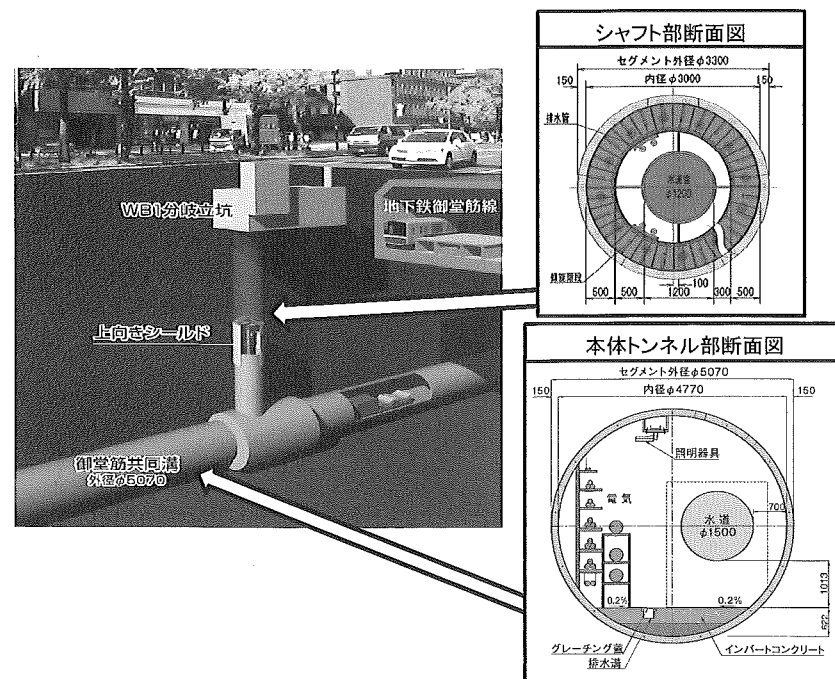


図-2 分岐立坑構造概要図(WB1分岐立坑)

シールドにより立坑を構築するため、開削工法と比較して周辺地盤への影響を抑えることができる。また、本体トンネルとの分岐箇所地盤改良(凍結工法)が不要となり、本工事では1台のシールドを転用して計7本の分岐立坑を構築するため、工事費を削減することができる。

2-1 シールド概要

本工事で採用したシールドは、外径3,450mmで800kNのシールドジャッキ12本を搭載した総推力9,600kNの泥土圧シールドである(図-4)。

7か所のシャフト部は、内径φ3,000mmの2か所

と内径φ2,750mmの5か所と2種類の大きさがあるが、シールドは内径φ3,000mm用のもの(外径3,450mm)を内径φ2,750mm用のもの(外径3,150mm)に改造して1台のシールドで7か所の施工を行うことを可能とした。カッタの外周部はブラケット構造にして、容易に切断して縮小できる構造とし、シールド前胴部は、外径3,150mmのシールド外周部に150mmの鋼殻を取付けて外径3,450mmとし、内径φ3,000mmの2か所の施工が完了後、外周鋼殻を取外せば外径3,150mmに縮径できる構造とした(図-5)。

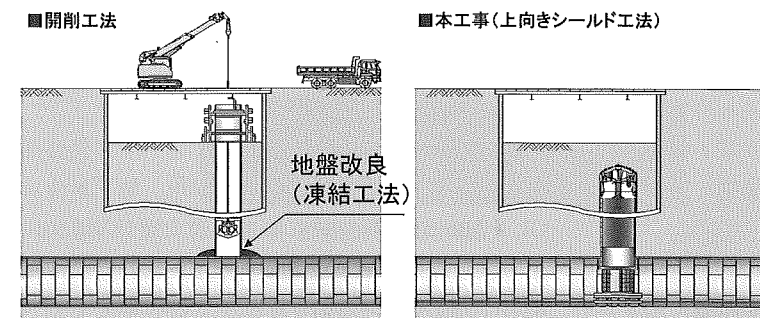


図-3 分岐立坑構築工法の比較

テール部からの地下水や土砂の機内への侵入防止のため、テールブラシを2段配置し、テールグリス自動給脂装置を装備した。土圧計はカッタチャンバ内に固定型を2台装備した。

上向きシールド発進部は、あらかじめ本体トンネルに設けた開口用セグメントを直接切削して発進させる構造となっている。

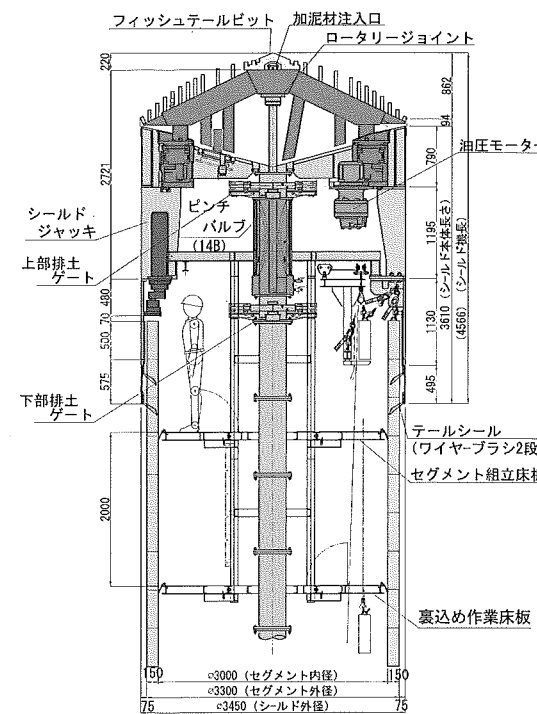


図-4 上向きシールド構造図

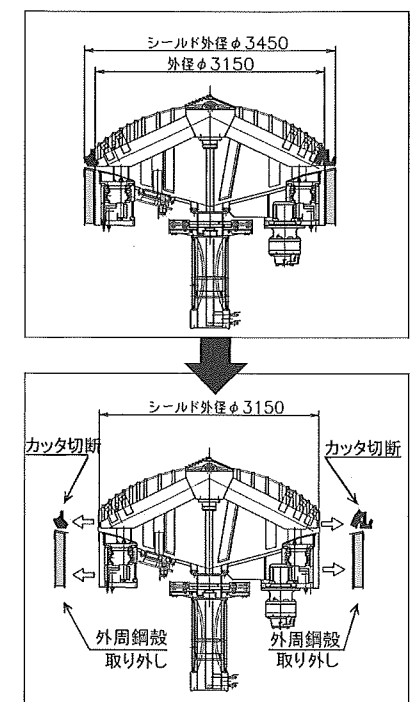


図-5 シールド改造概要図

発進時、開口用セグメントが大割れし、シールドの排土管を閉塞させるおそれがある。そのため、カッタを本体トンネルの内面に合わせた曲率のドーム形状とし、さらにシールドジャッキについても微速制御装置を搭載し、カッタトルクの上昇を抑えながらセグメントを細かく切削できるようにした。

セグメント組立て作業は、経済性を考慮して、エレクトラを採用せず、人力による組立て方式としている。これはセグメント組立て足場上での作業員の安全確保にもつながっている。

シールドは坑内運搬、組立て作業を考慮して3分割(カッタ部+ボディ部+テール部)とした。

バルクヘッドは、上向きに掘進するため、中心に向かってすり鉢状にし、土砂を取込みやすくしている。排土機構としてはピンチバルブ1個およびその上、下部に排土ゲート2基を装備している。ピンチバルブについては後述する。

2-2 施工フロー

上向きシールド工法の施工フローを以下に示す(写真-1)。

- ① シールド前胴部を発進立坑より投入し、所定の位置に坑内運搬する。
- ② 反力架台上に据付け、シールド前胴部のみ

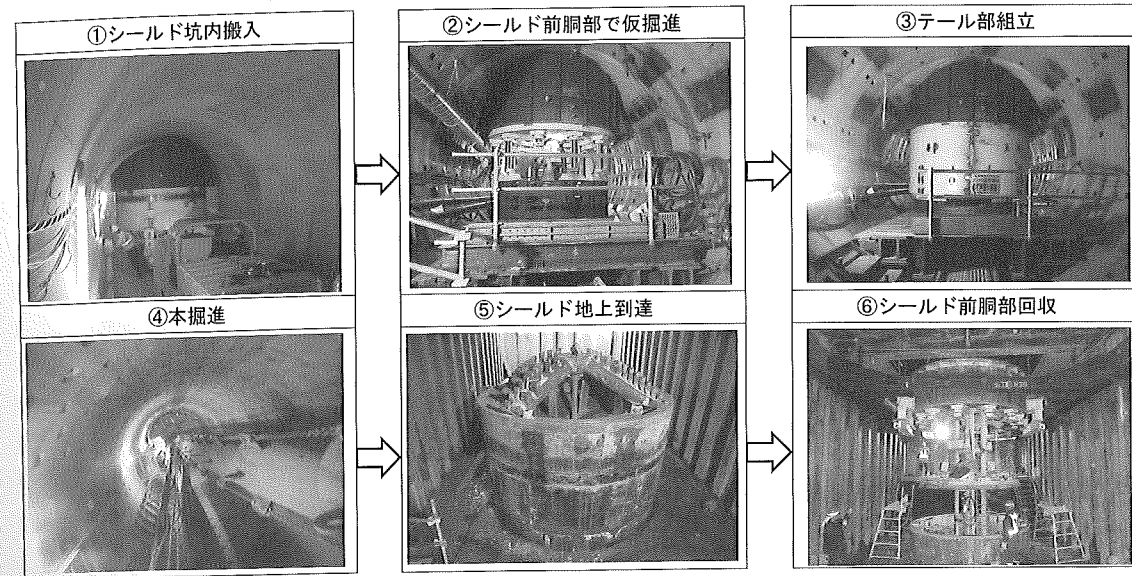


写真-1 上向きシールド工法施工フロー

を推進し、仮組セグメントを組立て、開口用セグメントを切削する。

- ③ 所定の位置まで掘進完了後、テール部を坑内に搬入し前胴部と接続し、組立てる。
- ④ テール組立て完了後、本掘進を行う。
- ⑤ 掘削深度や地層変化に合わせて、切羽土圧を管理しながら地上到達まで掘進する。
- ⑥ 掘進完了後、シールド前胴部をテールから切離し、クレーンにより回収し、発進立坑へ運搬する。

上記①～⑥をくり返し、1台のシールドを転用して7か所の立坑の施工を行う。

3 土層構成

EB6分岐立坑断面図を図-6に示す。

EB6分岐立坑における上向きシールド発進部から地上上部までの土かぶり厚は34.6m、地下水位はGL-3.8mである。シールド通過土層はN値50以上の洪積礫質土層(Dg1)、N値1～10程度の沖積粘性土層(Ac1～Ac3)とシルトを主体としたN値10～40程度の沖積砂質土層(As2)の互層である。上向きシールドを施工する7か所の立坑の発進部から地上上部までの土かぶり厚は30m以上となっており、沖積層から洪積層の粘土・砂・砂礫層が

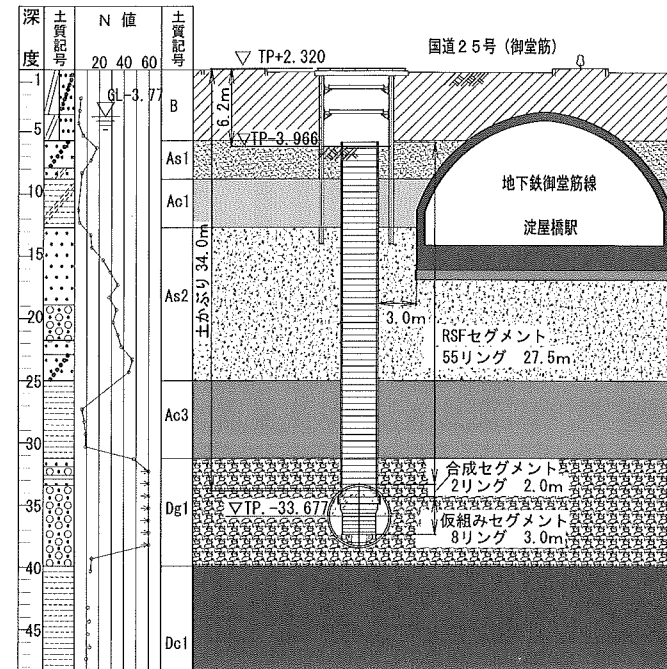


図-6 EB6分岐立坑断面図

存在する。

本工事における上向きシールドでの掘進は、図-6に示すような土層を掘削していくため数m単位で掘削土の性状が変化していく。そのような掘削土の急激な変化に短時間で対応できる掘進および排土管理を行う必要があった。

4 施工実績

4-1 セグメント

4-1-1 立坑セグメント

本工事では、上向きシールド工法として初めてコンクリート系セグメントを採用し、2次覆工を省略した。セグメントの厚さは内径φ3,000mmで150mm、内径φ2,750mmで125mmとなっており、幅はいずれも500mmである。1ピース重量は、最大約350kgとなるため、切羽にはリング形状のトロリによるセグメント搬送装置を設置し、重量のあるセグメントの人力組立てを可能とした。

厚さの小さいセグメントにおいても高い断面性能を確保し、かつ施工時の割れ欠けを防止するために、RCセグメントに鋼繊維を添加したRSFセグメントを採用した(写真-2)。

また、本体トンネルとの接続部では、荷重が不均一となること、および本体トンネルとの接合を考慮して、高い剛性を有するコンクリート一体型鋼製セグメント(合成セグメント)を採用した。4-1-2 FFUセグメント(上向きシールド発進部)

上向きシールド発進部には、開口用セグメントとしてカッタで直接切削可能なFFU(Fiber Formed Urethane)部材からなるセグメントを使用した(写真-3)。FFUセグメントは硬質発泡ウレタンをガラス長繊維で強化した合成木材を曲率をつけて接着してセグメント形状としている。

FFUセグメントを使用することにより、地盤改良などの補助工法を用いた鏡切り工と比較して工期短縮、工事費削減および安全性向上を図ることができる。

4-2 排土設備(ピンチバルブ)

上向きシールドでは、排土管内部にピンチバルブと呼ばれるゴムスリーブを内蔵している(図-7)。

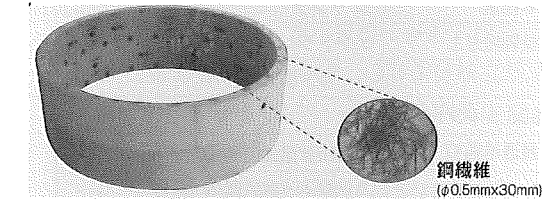


写真-2 RSFセグメント



写真-3 上向きシールド発進部

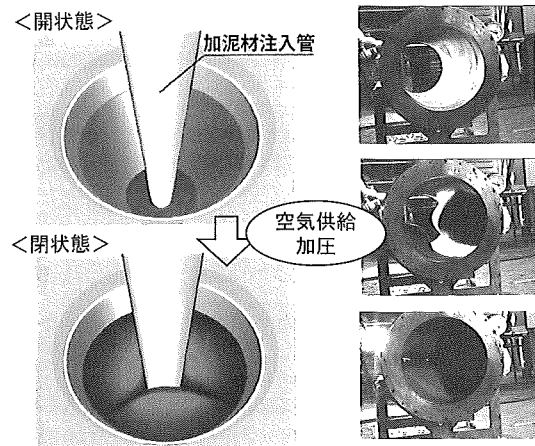


図-7 ピンチバルブ構造図

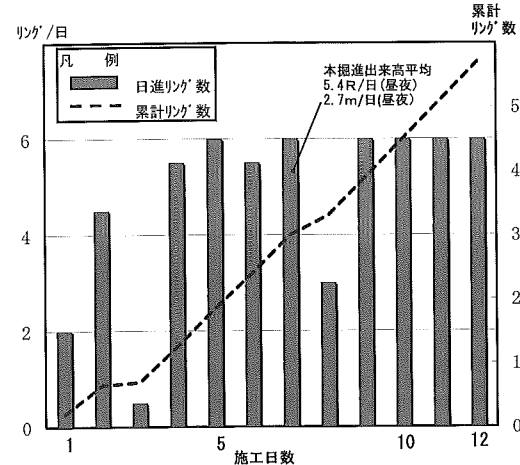


図-9 シャフト部1次覆工実績工程(EB 6分岐立坑)

工種	施工日数	1	10	20	30	40
EB6 シャフト部構築工						
発進準備工	シールド設備設置		■			
	エントランス設置		■			
シールド組立て工	シールド組立て	■				
	テール部組立て		■			
	立坑投入・坑内搬送	■				
	シールド地上回収				■	
初期掘進	仮セグメント 8リング		■			
本掘進	57リング			■		
設備撤去工	エントランス処理				■	
	シールド設備撤去				■	
EB5 シャフト部構築工						
発進準備工	シールド設備設置					■
シールド組立て工	立坑投入・坑内搬送					■

図-8 シャフト部実績工程(EB 6分岐立坑)

このゴムスリーブに空気を供給し、加圧、膨らませることで、切羽土圧や排土量の調整を適切に行うことができる。

4-3 加泥材

前述のように数m単位で掘削土の性状が変化していく。通常の泥土圧シールド工法は地層ごとに加泥材の種類を変えて対応するが、実績や現位置土での試験結果を踏まえ、同一の添加材で濃度調整するだけですべての土層に対応可能な加泥材を採用した。そのような加泥材により掘削土の急激な変化に短時間で対応できるようにした。

4-4 掘進工程実績

EB 6分岐立坑シャフト部の施工実績工程を図-8, 9に示す。

シールドを発進立坑に投入し、シャフト部の施工が終わり、次の立坑掘削のためシールドを再度発進立坑に投入するまでを1立坑のサイクルとすると、1立坑あたり約45日(1.5か月)で施工をすることができた。1次覆工は、本掘進で昼夜日平均5.4リング/日(2.7m/日)の進捗となり、約30mのシャフト部のシールド掘進期間は2週間弱であった。

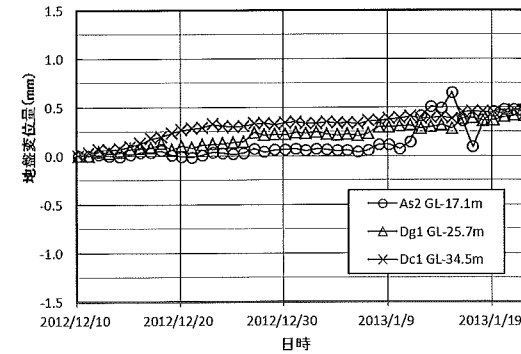


図-10 鉛直変位計測結果(EB 3分岐立坑)

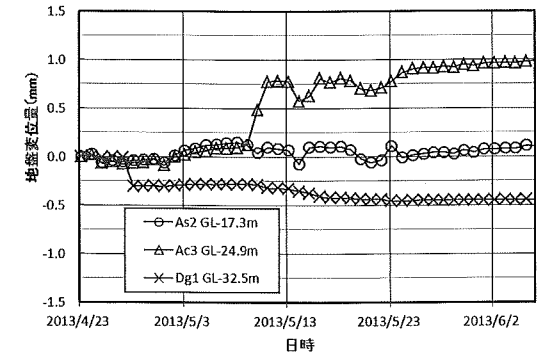


図-11 鉛直変位計測結果(EB 6分岐立坑)

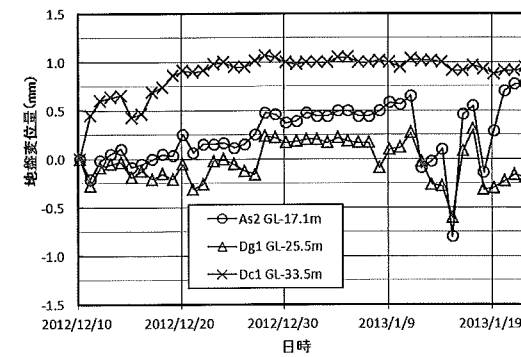


図-12 水平変位計測結果(EB 3分岐立坑)

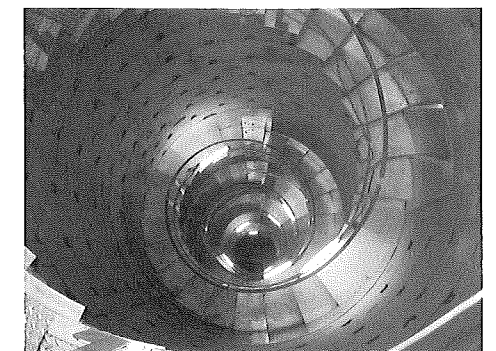


写真-4 シャフト部全景(WB 1分岐立坑)

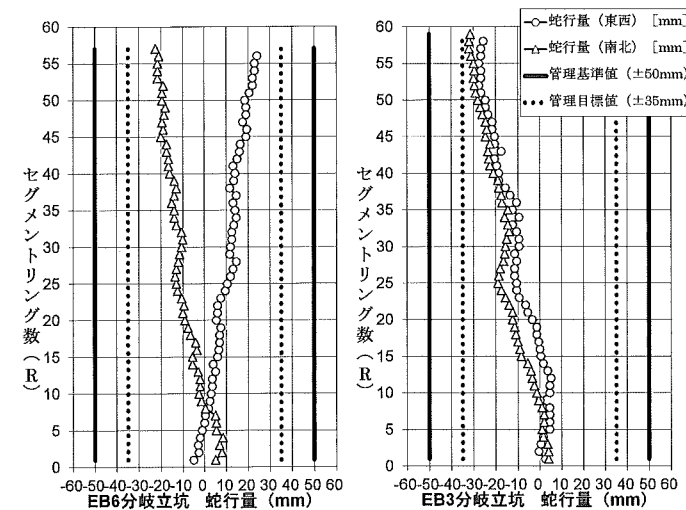


図-13 シャフト部蛇行量測定結果

設定した管理土圧の妥当性は、掘進中に計測した地盤内変位(鉛直変位：層別沈下計、水平変位：多段式傾斜計)より検証を行った。EB 3分岐立坑とEB 6分岐立坑シャフト部構築中での鉛直変位計測結果(図-10, 11)とEB 3分岐立坑の水平変位計測結果を図-12に示す。図より、上向きシールド掘進中での各地層の鉛直変位量は1mm以内であり、水平変位量も最大で1mm程度に収まっている。上向きシールド掘進が地盤内に大きな影響を与えることなく、設定管理土圧が適切であったと判断できる。

4-5 施工管理

4-5-1 掘進管理

上向きシールド工法での立坑施工は、地下水圧と土の緩み範囲を想定してリングごと(50cm)に管理土圧を設定した。

4-5-2 施工精度

本工事での上向きシールドによるシャフト部蛇行量は、規格値±50mmに対して管理目標値を±35mmと定めて測量と線形管理を行った。

シールドに東西・南北方向の2台の傾斜計を装

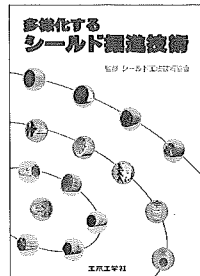
備し、シールドジャッキストロークと連動させ掘進中リアルタイムにシールド位置を把握しシールドの姿勢制御に反映した。その結果、最大蛇行量は、EB 6分岐立坑で最大25mm、EB 3分岐立坑で最大34mmと管理目標値以内に抑えることができた(図-13)。

5 おわりに

本稿執筆中の2013年9月現在、5か所目の上向

きシールドの掘進が完了している。これまでの上向きシールドの施工では周辺地盤・構造物への影響も少なく安全に施工完了することができた。残り2か所の施工となったが、現在までに得られた知見を活かして、上向きシールドの掘進で更なる技術検証および実施検証を重ねていく所存である。

最後に、本工事の計画・施工にあたり、ご指導・ご協力をしていただいた関係各位に感謝の意を申し上げます。



多様化するシールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会
B5判 141頁 本体価格2,500円

本書は、「トンネルと地下」に約1年間にわたり連載した『多様化するシールド掘進技術』をベースとして、掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度同名の図書としてシールド工法技術協会が監修を行ったものである。

【掲載工法】

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

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

第四十九回 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

シールド技術 日本と海外の橋渡し

直径2mから17.5mまで

萩原 英樹
(元)清水建設(株)

はじめに

シールド工法は、1820年代にブルネイがテムズ川下を地下鉄建設のために施工したのが初めてのこととされています。文献によれば河床を落とし川の水が坑内に流入して、20人以上の犠牲者を出すなど難工事であったようです。

わが国においては、1939年に関門海峡横断隧道にシールド工法が用いられましたが、しばらく空白期間があり、シールド工法が華ひらいたのは1965年ごろからです。1980年代後期～1990年代前期には年間約350台のシールドが製造されるに至っています。

その後、大都市において下水道・地下鉄が完備されるに従ってその数は減少し、中国をはじめとする海外に技術や人材が展開していきました。シールドの直径も2mから始まり、世界最大径の直径17.5mの土圧シールドが現在シアトルで掘進中です。

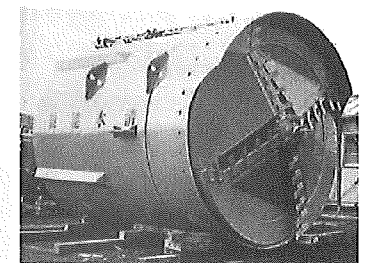
私はまさにその時代とともに働

いてまいりました。国内の主要なシールド工事や開発業務を担当し、韓国、中国のシールド工事を指導しました。記憶をたどりながらこんなことがあった、と書いてみたいと思います。

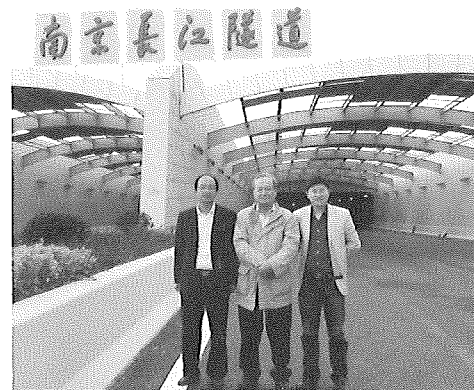
開放型シールド

清水建設においては1965年に相模原の機械工場敷地内で、開放型機械掘りシールドの掘進実験を行いました。直径3.05mの面盤が回転し、掘削した土砂は、当時、土工事で使用されていたベルコンを利用して排土する簡単なものでした。

当時はまだ土木工事自体が機械化施工されておらず、私も新入社



1965年当時の実験機



完成した南京長江隧道前にて(2010年、中央が筆者)

著者略歴

1965年	早稲田大学第一理工学部卒業
1965年	清水建設(株)入社、田園都市線高架橋新設工事(二子橋梁)
1976年	都・下水道上井草シールド工事(DK、φ3.5m)
1981年	海外土木支店(マレーシア、インドネシア、主に造成工事)
1984年	シンガポール地下鉄(107a工区、半機械掘り、φ6.1m)
1986年	本社土木技術部(TTB、大津放水路、今井川地下調節池、岡南ECL、シンガポール地下鉄などの現場指導、NMセグメント、NOMST、H&V、F-NAVIなどの技術開発担当)
2000年	清水建設(株)退社、(株)S.T.D入社(釜山地下鉄：現場所長)
2002~2007年	日立造船(株)
2008年	南京長江隧道技術アドバイザー

員の仕事として明日の作業は7tクレーンか8tにすべきか、何時間くらい必要か、なんてことをやっていた(当時は機械が少なく、時間単位のリース)。

実験機を計画された先輩は、カットモーターが1台でいけるか、2台とすべきか悩まれたそうです。ローム層の切削であれば1台でいけたそうです。

清水建設では、同年に初のシールドの実工事に結び付いたわけですが、そこでもっとも苦労したのが裏込めでした。天然の豆砂利をテルボイドに充填してモルタルを充填する方式でしたが、豆砂利がボイドに行きわたらず、軟弱層であったため地表面沈下を引き起こしたようです。

余談ですが当時は裏込め材とするほど天然の豆砂利が豊富だったのです。粒ぞろいのたいへんきれいだったこと、もったいないなあ、と感じたことが印象として残っています。

開放型シールドでは切羽の安定をいかに保つかが最大の課題ですが、意外と見落とす点は後方からの引き水です。切羽からの湧水は

少量でも、後方の掘削したトンネルの表面積は大きく、そこからの湧水量はセグメントを伝って切羽に廻ってきます。裏込め注入で止めようとしても、なかなか止まりません。注入圧でセグメントのスキンプレートがはらみ、大きく変形させたこともあります。また、砂層ではシールドの外側部の崩壊にも要注意です。いずれにせよ、早めの対応と細やかな対応が必要でしょう。

土圧シールド

1970年代の前半になっても開放型がまだ多かったですが、切羽の安定に弱点があり、また補助工法としての圧気工法の影響など課題がありました。土圧シールドも砂地盤ではチャンバ閉塞に悩まされていました。その課題を解決したのが泥土加圧工法(DK)や気泡シールド工法と言えますが、それでもなお、さまざまなチャンバ内閉塞事例がありました。

チャンバ内閉塞は、掘削した土砂の塑性流動化がなし得なかったことにより起こります。その原因は、作泥剤の量が不適切であった

り、マシントラブルであったり、地山自体が不向きだったり、いろいろでしょう。

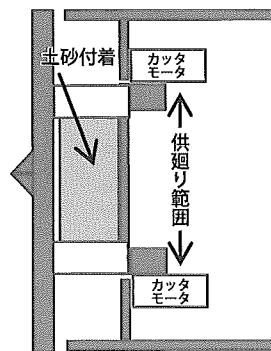
枝葉の部分かも知れませんが私の印象に残る事例を紹介します。

■シールドの設計に起因する事例

まだ攪拌効果に対する認識がなく、面盤を支持する支柱の内円部の隔壁を支柱と供廻りする構造とした例です(下図参照)。当然、チャンバ内土砂がカット・隔壁と供廻りしてチャンバ内の土砂流れを阻害し閉塞を起こしました。結局、機械改造は無理なため、添加剤を多くし流動化させて対処せざるを得ませんでした。

■カットビットに起因する事例

スポークタイプ土圧シールドで硬い粘性土層で閉塞した事例で



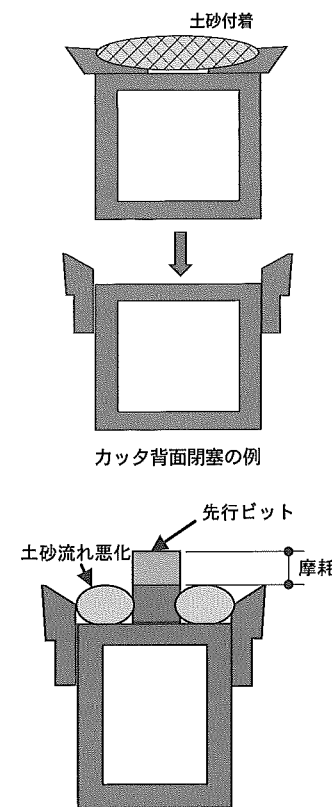
供廻りの例

す(下図(上)参照)。ビット背面の土砂流れが悪く、左右のビット間に土砂が固結してスポーク前面が閉塞状況になり、結果としてビットの貫入がなされず掘進不能となりました。この原因にたどり着くまでに四苦八苦した思い出があります。

対策は、地盤改良後、切羽面に出て図のようにビット構造を変更しました。

■先行ビットに起因する事例

閉塞ではありませんが同じような状況に陥った事例です。地盤が硬い洪積層のため、カットビットの摩耗低減の目的で先行ビットを下図(下)のように配備しました。先行ビットが摩耗しカットビット



先行ビット閉塞の例

と同じ高さになったとき、先行ビット体がつっかえ棒のような作用をし、土砂流れを妨げ、掘進速度が著しく低下してしまいました。切羽面に出て先行ビットを撤去し、掘進を再開しました。

■セメント系で地盤改良をしたことに起因する事例

発進防護などでセメントを大量に使用して地盤改良された区間を掘進する際、改良土がチャンバ内で再固結し閉塞を起こしました。ひどい事例では、コールピックハンマーを持ってチャンバ内に入って固結土の除去作業をした事例もあります。

近年の地盤改良では、噴射攪拌工法などセメント使用の設計が多くなっています。再固結の事例は多く耳にし、シールドを放棄した例もあります。細心の注意が必要でしょう。

現場指導と技術開発

海外勤務を経て、1986年から本社技術部で現場指導と技術開発を担当しました。これも参考になる

と思いますので、印象に残る例を紹介します。

■岡南共同溝のECL工法

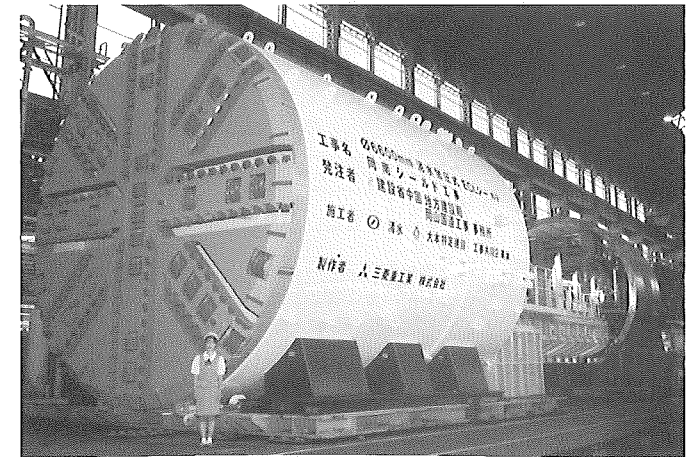
1993年に建設省から岡南シールド工事を受注しました。当時はまだ開放型のECLしか実績がないなか、泥水式のECL工事でした。しかも、ECL覆工に初めてスチールファイバを混入させる難工事でした。

泥水掘削はなんとかなりますが、スチールファイバ覆工はどうするのか見当もつかない状態でした。

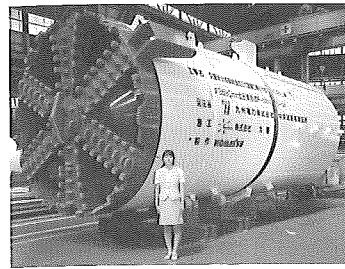
さっそく技研のコンクリート専門家に相談し試験配合を計画しました。配合実験を300種行い、やっと配合を決定しました。また、現場条件として、プラントから立坑まで地上配管でこれを圧送する必要がありました。夏と冬では温度が大きく異なるため、配合を夏用、冬用と用意した記憶があります。

■同時掘進のF-NAVI工法

1990年からコマツと共同で【F-NAVIシールド】を開発しました。当初は、首振り機構による新しい方向制御シールドのつもりでしたが、掘進・組立ての同時施工に



岡南のシールド



F-NAVIシールド

用可能と気づき、これを売りに試験工事を行いました。

次は実工事と意気込みでしたが、官工事では設計の日進量を大きく上回ると説明できないとの壁をなかなか越せませんでした。ウジウジしているときに、救いの神が現れました。

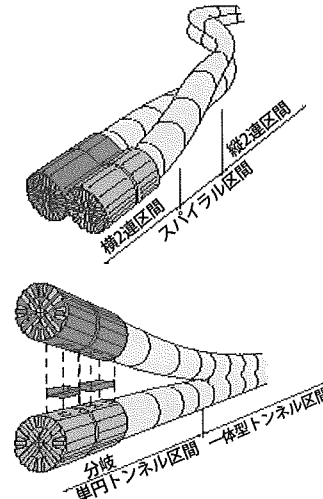
東京ガス(株)から「早く掘れるシールドはないか」との要望があり、さっそく説明、即採用となりました。月進500m以上を実現し、これをもとに十数件の実績となりました。

コンセプトが説明しやすいのも幸いし、1999年に土木学会技術開発賞、2004年に国土技術開発賞の最優秀賞をいただくなど、シミズのヒット商品に発展しています。

■複円型のH&V工法

MFやDOTシールドが開発されたあと、新しい複円型シールドを模索しH&Vシールドを開発しました。一体型セグメントの製作や線形管理に工夫をし、実現に向けて頭を捻ったのを思い出します。

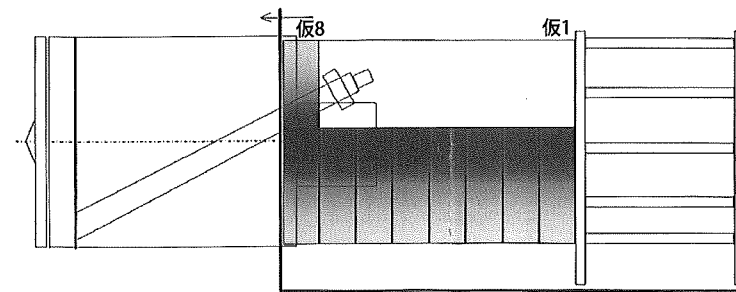
1991年にはハザマの技研内で実験機を使った実験工事を行い、構想どおりの動きを確認し実工事につなげました。都営12号線(大江戸線)の六本木駅工事での適用は皆さんご存知だと思います。



H&V構想

中国の地下鉄工事事情

私が初めて中国とかかわったのは、清水建設に在籍中の1997年に、広州地下鉄の入札に参加する現地業者のお手伝いをしたときです。そのときは大惨敗で、落札した業者の価格はトンネル1mあたり30万円程度でした。たいへんな安価で、日本のゼネコンが出て行っても商売にならないとの印象を受けました。中国の地下鉄は、セグメント外径が6mに統一されていて、シールドを2度、3度と転用を考慮できることやセグメントが非常に安価な点に特徴があります。清水建設退職後、日立造船にお世話



仮セグメント倒れの例

になり、北京地下鉄5号線、7号線の建設にかかわることができ、合理的な思考が強い中国人のやり方にいろいろ接しました。

その1例とそれに伴う失敗例を以下に述べます。

シールドが発進する際、仮セグメントを組んでシールドを進めます。われわれは通常、仮セグメントを、材料搬入に不便ではあるが真円に組み立てて所定の位置に到達させ、仮セグメント上部を解体し補強して再発進します。この事例では下図のように仮セグメントの上部を組立てず下半のセグメントにジャッキ反力を取って進めました。

しかし、仮8を組立てて掘進を始めてまもなく問題が起き、仮8のセグメント上部が掘進方向に倒れてクラックが発生しました。

原因は何か？原因は上部テールシールド部が進行に伴ってセグメントを引張ったためです。今、反省点として思うことは、合理性に感心し肝心な外力の作用を忘れたことです。予測さえあれば対処法はごく簡単なことです。トラブルを未然に防ぐには、予測し兆候が現れればすぐに対応することにあります。

南京長江隧道での経験

2007年12月、縁あって標記プロジェクトに技術アドバイザーとして参加しました。作業基地は南京市内を抜けて長江(揚子江)をわたり車で20分ほど行ったところで、周りは林と田園の広がる人家もない広陵とした場所でした。現在は工場地帯に変貌しつつあります。施工業者はシールドの経験は全くないとのことで、いきなり東京湾横断道路を上回る直径の、しかも地形的(長江河床下土かぶり12~16m)にも土質的(均等係数の小さい細砂・礫まじり)にも難しい部類に入る仕事をやってのける大胆さに驚きました。経験がないゆえに、私の話を素直によく聞いてくれたと思います。

私が着任したときは、仮セグメント・シールドが組立て完了し、1週間後には発進しようという状況でした。仮セグメントには、テーパセグメント使用のため、あちこちに目開きがあり、エントランスパッキンは下半の倒れ防止の処理がなされていないなど問題がありました。これを改善してもらい、さっそくに仕事ができたといい、責任を果たせたという気持ちになりました。以下に工事の内容などをご紹介します。

■工事概要

工事名称：長江南京上游段江通道 行程

発注者：南京長江隧道有限責任 公司(国(鉄道総局)が80%南京市などが20%出資の法人)

設計者：鉄道第四勘察设计院
施工業者：中鉄一四局集団
工期：2005年9月
~2010年5月
工事金額：約21億元(約315億円)
主要工事：取付道路730m+477m、
料金収集所広場300m、
左線隧道3,022m、
右線隧道3,015m

■地質条件

トンネルは約2,600mが長江の河下での施工となります。最大水深は28.8m、川面からシールド下端まで約60mになります。土質は発進斜路部に粘性土があったものの、大半は中程度の密度の細砂で礫が混じり、礫はまれに200mmを超えるものも出てきます。下図に代表的な土質断面図を示します。

■トンネル構造

トンネルは上下線2本で片側トンネル内3車線の道路トンネルです。セグメント内径13.3mでインバート上に道路中央部のプレキャスト製の函体をセットします。両袖の道路面は場所打ちコンクリー

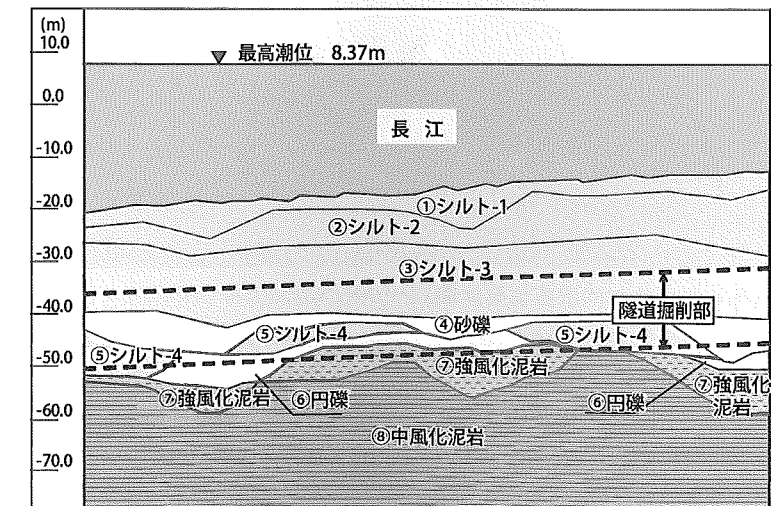
トです。したがって材料搬入は、すべてできあがった道路面を使ってトラックあるいはトレーラーでのストックヤードからの直接輸送方式でした。東京湾横断道路の施工での枕木レールを使用したバッテリーカーによる輸送方式とは異なっています。

■シールドの概要と特徴

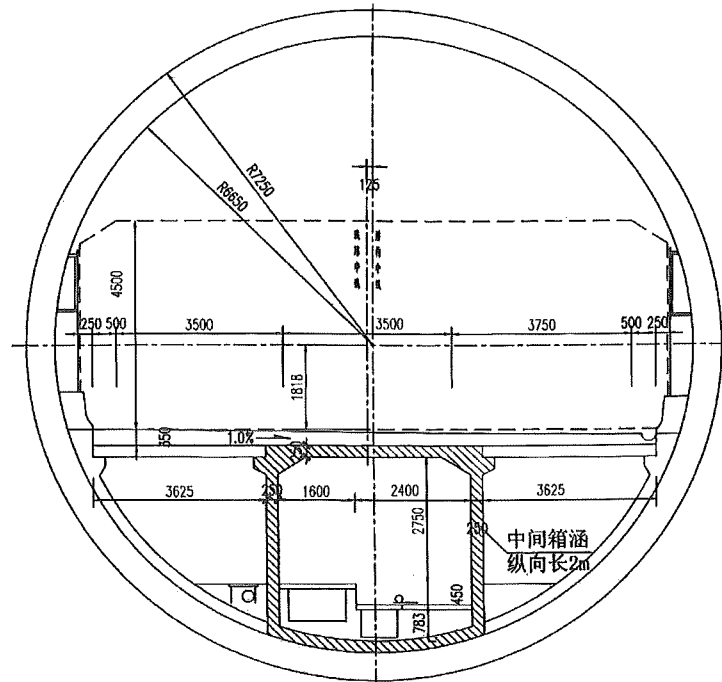
シールドおよび後続システムはすべてHERRENKNECHT社製でした。掘削外径はφ14.93mで、施工当時は上海瀘崇蘇隧道のφ15.44mに次ぐ世界第2位の大きさでした。

特徴を以下に述べます。

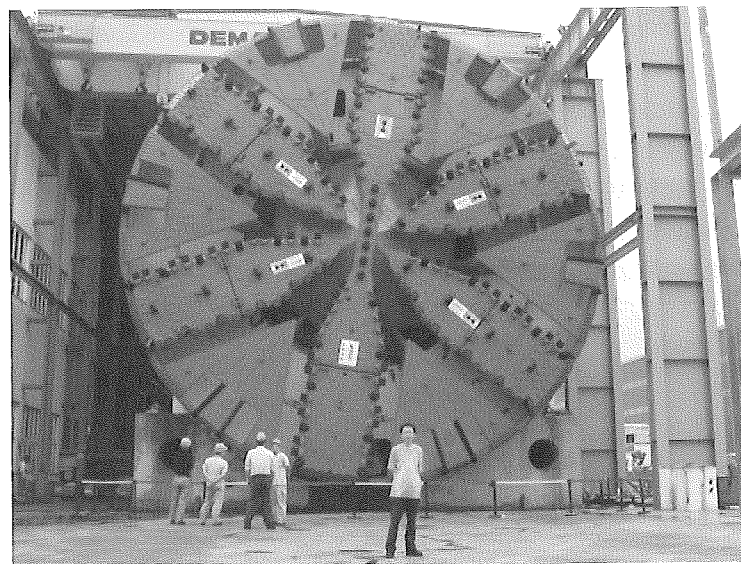
- ① カッタスポークは6本で、カッタビットの1/3はカッタスポークの内部から交換可能で、このビットで全断面を1パスではあるがカバーできます。残りのビットはカッタ前面からの交換が可能です。スポーク間の開口にはスクレーパービットが配置されています。ビット幅は220mmです。



土質断面図



トンネル標準断面図



長江シールド

- ② バルクヘッドの泥水取込み用開口部には遮断ゲートが設置され、その後方には礫径1.2mに対応できるクラッシャーが装備されています。
- ③ バルクヘッドは二重構造と

なっていて、後方室は下半が泥水、上半は空気溜まりとなっていて、泥水圧の急激な変化からの送排泥ラインの保護を担っています。

- ④ セグメントのエレクタまで

の移送用に1リング分のセグメントフィーダを装備しています。

- ⑤ セグメントの把持はバキュームによる方式でした。ゴムパットの接着性に配慮していました。
- ⑥ 裏込め注入は1液注入方式で、注入管はスキンプレート内蔵でした。

■セグメント

セグメントは敷地内で生産・養生・ストックまで行う完結型でした。特徴はテーパセグメント1種類のみで施工されたことです。ジャッキストロークの管理によりコンピューターがセグメントの組立てパターンを算出し線形に乗せます。1度だけセグメントとスキンプレートとのせりが起こりましたが、あとは大過なく施工できています。

■セグメントの仕様

- セグメント外径：14.5m
- セグメント内径：13.3m
- セグメント幅：
 - 最大幅 2,024mm
 - 最小幅 1,976mm
 - テーパ量 48mm
- セグメント厚さ：600mm
- 分割数：10分割Kセグメントは軸方向挿入型
- シールド材：
 - ゴムパッキン1段(外周側)+緩衝材

■泥水処理

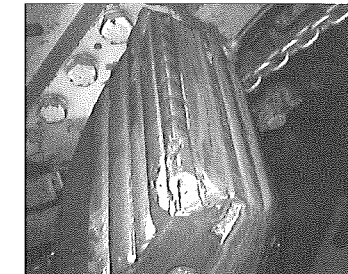
泥水処理設備としては、フィルタープレスを全く使用せず余剰泥水は沈殿池に放出する計画でしたが、あまり余剰泥水は発生しませ

長江とTTBとの掘進時シールド負荷比較表

	長江横断隧道	東京湾横断隧道 (清水建設施工実績より)
掘削土層	粘性土・砂・礫	粘性土
泥水圧	0.57MPa	0.48~0.52MPa
掘進速度	30~40mm/min	25~30mm/min
シールド外径	14.93m	14.14m
面盤断面積	175m ²	157m ²
装備推力	185MN	240MN
装備トルク最大	39MNm	37.2MNm
装備トルク常用	34MNm	31.5MNm
実績値推力	120~140MN	80~120MN
実績値推力(断面積あたり)	686~800kN/m ²	510~764kN/m ²
実績値トルク	28MNm	9~27MNm
トルク係数k	8.4	3.2~9.5



摩耗した外周ビット



健全な内周ビット

んでした。1次処理、2次処理ともに振動篩6基を使用して行っていました。

■施工状況

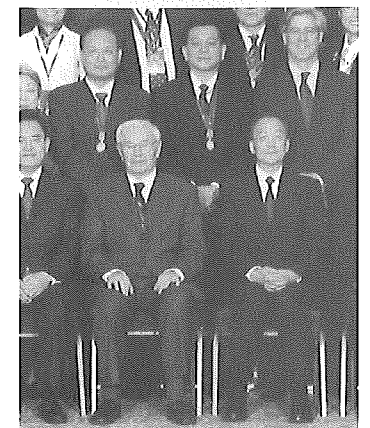
長江横断隧道と東京湾横断隧道の比較を次表に示します。

■カッタビットの摩耗

シールド発進して約7か月、655リング(坑口から1,320m付近)を掘削途中、掘進速度が2~7mm/分と極端に低下しました。同時にカッタトルクは12MNmから17MNmへと上昇しました。原因は障害物が大きい礫の出現かが想定できないまま、なんとか2リングを掘進しましたが改善せず、ビットの確認を行いました。結果は最



特殊潜水夫



友誼賞授賞式(温家宝首相と記念撮影)

外周の角ビットの摩耗が確認できました(写真参照)。内周部のビットは写真のとおりまだ健全でした。外周ビットの摩耗状況からスポーク本体への損傷が予測され、万一、穴が開けばスポーク内に泥水が入り込み、以降のビット交換ができなくなることが懸念されました。

対処法としては、摩耗ビットの交換は無論のこと、面盤補強、先行ビットの取付け、外周部固定ビットの交換を行い再掘進しました。この作業は欧州からそのような作業経験があり、装備を持った特殊潜水夫チームを要請して行い、約2か月を要しました。

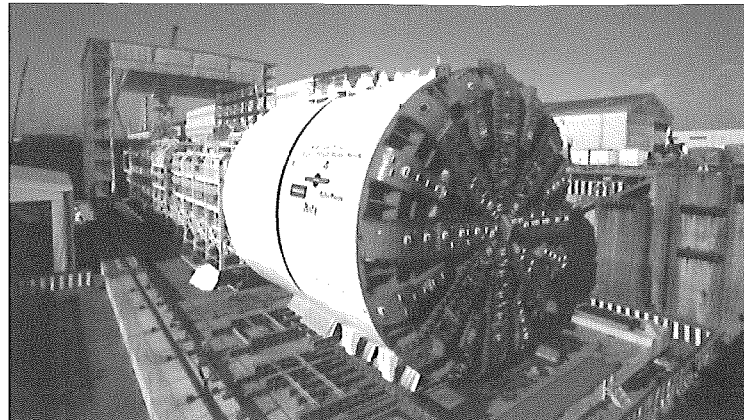
長江隧道は2010年5月に無事開

通しました。筆者紹介の写真は完成した隧道の入口で中国の技術者と撮影した写真です。また、中国への技術移転に貢献したとして、「友誼賞とメダル」を中国政府よりいただきました。

おわりに

私が先端建設技術センターの委員となっていたとき、当時まだ東京湾横断道路向けのシールドφ14.14mの製作も始まっていないころ、新東名の東京都心へのアプローチ道路として、φ24mのシールドによる施工の可能性を検討したことがあります。

シールドの製作について、メー



φ17.5mシールド

カー側の回答は「製作可能」とのことでした。当時の自分には夢のような規模で、分割ブロックが巨大となり輸送や動力源のことなど、本当にできるのだろうかとの疑念すらありました。

その後、φ14.14mを経験し、現在では日本のメーカーの製作で

φ17.5mの土圧シールドがシアトルで稼働中です。本体は、42分割され最大ピース重量は900tfとのこと。このφ17.5mが実現されたことで、夢のφ24mに一步近づいたとの思いが強くなりました。

私が諸外国を廻り感じたことは、プロジェクトが技術や技術者を育

てるということです。φ24mのシールドプロジェクトが動き出す日がきっと来るでしょう。そこに経験に裏打ちされた技術がもととなり、新しい技術が活かされ実現の駆動力となることでしょう。

私は入社以来、国内・海外とシールド工事に携わってきました。今後の後輩諸君に望むべくは、一度海外での仕事に従事し海外の人々の考え方の洗礼を受けてください。日本のシールドは、ややもするとガラパゴス化している部分があるのではないのでしょうか。シールドの再利用への積極性、セグメントの構造や継手などなど。

私の経験や失敗をくださいと紹介しましたが、これが今後のシールド工事やこれを志す若者に参考となれば幸いです。



「土木遺産“余部鉄橋”のまち」但馬・香美町より

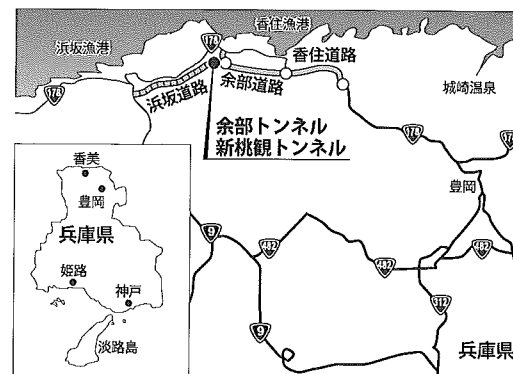
市橋 勝行

当地は、日本海を望む兵庫県但馬北部の美方郡香美町余部に位置する。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。昭和61(1986)年に発生した列車転落事故を機に新橋への架替えが行われたが、旧鉄橋の橋脚が一部現地保存され、新たな観光資源として今も活躍している。

周辺には海岸、漁港、温泉が数多く、豊かな自然が広がっている。海の幸、山の幸も豊富で、最高級牛肉として有名な但馬牛、そして冬は何と言ってもズワイガニ(松葉ガニ)である。この原稿を執筆中にちょうどズワイガニ漁が解禁になり、カニを求める人たちが香住漁港、浜坂漁港は連日大賑わいだ。JR西日本の臨時特急「かにカニはまかぜ」は、漁港でカニを堪能し、真っ赤な顔をした乗客を大勢乗せて3月まで運行する。

余部の西側にある浜坂。ここはカニの水揚げ量が多いことでも有名だが、新田次郎作『孤高の人』の主人公 加藤文太郎の出身地としても名高い。自らの結婚式のため、勤務先の神戸から故郷浜坂まで、加藤は登山をしながら帰ったという。この小説を読んだ若かりしころ、浜坂の近傍で自分がトンネル工事をすると夢にも思わなかったが、但馬の山々を見ているととても不思議な気持ちになる。

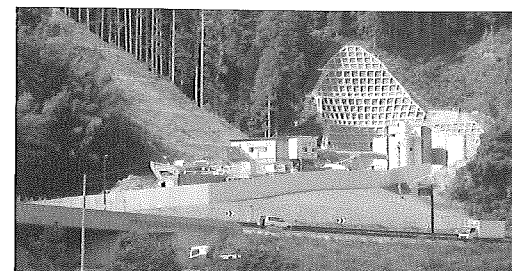
余部の東側にある城崎温泉。ここは、大正時代の小説家・志賀直哉がけがの療養で滞在したさい、小説『城の崎にて』を執筆したことで知られている。2013年は志賀の城崎温泉来訪100年を記念する年で、さま



位置図



現在の余部鉄橋



坑口付近の状況(手前が供用中の余部道路)

ざまなイベントが開かれている。兵庫県出身の小説家・村上春樹氏も、ここで作品を執筆・発表すればこの但馬もいっそう盛り上がりかと思えるのは私だけだろうか？

さて、当地を起点に事業中の浜坂道路は、地域高規格道路 鳥取豊岡宮津自動車道のほぼ中央に位置する。この自動車道は、鳥取県・兵庫県・京都府の日本海側約120kmを結ぶ広域的な道路ネットワークとして早期完成が期待されている。当企業体が施工するのは、余部トンネル(L=1,255m)と新桃観トンネル東工区(L=388m)である。余部トンネルの起点側坑口は、インバートを含めると約245m²の大断面で設計されており、過日この上下半掘削が完了した。土木遺産である「余部鉄橋」のように、後世に誇れる構造物を早期に完成できるように力を尽くす所存である。(大成建設・竹中土木・窪田工業・ソネック特別共同企業体余部・新桃観(東)トンネル作業所所長)

土木情報 No.487

今月の主な入札結果
(11月10日~12月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
北海道開発局	R5小樽市忍路T	佐藤・山田JV	3,390
東北地整	R45磯の沢地区T	奥村組	1,237
〃	R45山田第2T	熊谷・アイサワ・株木JV	6,242
〃	R45宇部T	大日本土木	1,507
〃	R45豊間根T	東急建設	2,705
〃	R49上荒川地区T	竹中土木	1,731
〃	R115玉野T	西松建設	2,286
関東地整	中部横断帯金第1T	銭高組	2,092.3
近畿地整	名塩道路東之町地区函渠	大喜建設	238
日本下水道事業団	市川市市川南7号幹線	飛島・大城JV	1,844.9
中日本高速道路	東海北陸道軽岡T他1トンネル	大林組	5,556
〃	〃 白鳥T	熊谷組	1,641.8
〃	〃 上野第2T他1トンネル	大成建設	2,265.2
西日本高速道路	山陽道高山T(上り線)覆工補修	成和リニューアルワークス	170
阪神高速道路	新神戸T天井板撤去その他(25-神管)	奥村組	3,770
千葉県	江戸川左岸流域下水道管渠(松戸幹線501-1工区)	福田・岡本JV	1,152
都・水道局	東大和市桜が丘三丁目地内送水管(2000mm)用立坑	東急建設	335.77
都・下水道局	中央区勝どき五丁目付近管渠	新井組	285.5
愛知県	第2犬山幹線第5工区(その2)送水管	フジタ・市川・東海JV	1,370
滋賀県	琵琶湖流域下水道東北部湖東幹線僧坊工区管渠	明豊建設	295.5
〃	〃 愛東幹線下岸本工区管渠	大山建設	216
大阪府	寝屋川流域下水道大東四條畷増補幹線(第1工区)下水管渠	国営・利晃JV	881.5
〃	〃 中央北増補幹線外(第1工区)下水管渠	大成・村本・中林JV	6,059
兵庫県	R178浜坂道路久谷第1T	戸田・岩田地崎・阿比野・広築JV	2,148
奈良県	R168地域連携推進事業(国道改築)	竹中・木村JV	1,140.30
和歌山県	白浜温泉線(仮称権現平T)道路改良	三友・三谷JV	743
水戸市	国補公下渡里第1雨水幹線(1工区)	秋山・上水戸関JV	120
〃	〃 (2工区)	東洋・大山JV	130.5
さいたま市	日進櫛引排水区下水道(北建-25-74)	とだか建設	197.77
野田市	南部4号幹線管渠(その7)	坂斉建設	139.4
横浜市	西部処理区大門第二雨水幹線下水道(その8)	新光建設	105.25
〃	〃 (その10)	加藤組	109.25
〃	入之谷第1隧道ほか6か所補修	テクノジャパン	100
藤沢市	不動前排水区雨水管渠(その2)	大日本・森山JV	553.85
名古屋市	西古渡雨水幹線下水道	青木あすなる建設	240
広島市	狩留家地区下水道25の18号	銭高・鴻治JV	1,087.95
福岡市	南区大池2丁目~中央区平尾4丁目地内φ1000mm外配水管	戸田・青木あすなる・飯田JV	1,288.41
〃	中部2号幹線(2)	清水・熊谷・大豊・松本・西光JV	2,480
〃	福岡市地下鉄七隈線博多駅(仮称)工区	大成・佐藤・森本・三軌・西光JV	10,760
東京地下鉄	東西線木場駅改良土木	鹿島・鉄建・銭高JV	4,772

あけまして おめでとうございます

平成26年 元旦

青木あすなる建設株式会社	西松建設株式会社	アトラスコプロ株式会社
株式会社安藤・間	日本基礎技術株式会社	カヤク・ジャパン株式会社
岩田地崎建設株式会社	前田建設工業株式会社	カヤバシステムマシナリー株式会社
株式会社大林組	吉岡建設株式会社	株式会社ケー・エフ・シー
株式会社奥村組	若築建設株式会社	株式会社ジャボックス
鹿島建設株式会社		株式会社スターロイ
株式会社キハラコーポレーション	アンダーパス技術協会	大栄工機株式会社
木部建設株式会社	NEW TULIP 工法研究会	電気化学工業株式会社
株式会社熊谷組	U R T 協会	東洋電機工業株式会社
佐藤工業株式会社		日豊株式会社
清水建設株式会社	株式会社演算工房	古河ロックドリル株式会社
新日本開発株式会社	国際航業株式会社	株式会社マシノ
大成建設株式会社	株式会社ドーコン	株式会社三井三池製作所
株式会社竹中土木	メトロ開発株式会社	三菱重工メカトロシステムズ株式会社
戸田建設株式会社	株式会社ロード・エンジニアリング	明電セラミックス株式会社
飛鳥建設株式会社		ヤマモトロックマシン株式会社

(掲載順)

謹 賀 新 年



青木あすなる建設

AsunaroAoki

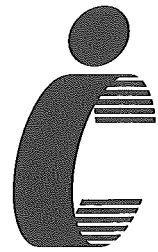
代表取締役社長 上野 康信

〒108-0014 東京都港区芝四丁目8番2号 Tel (03) 5419-1011



代表取締役社長 野村 俊明

〒107-8658 東京都港区赤坂6-1-20 TEL 03-6234-3600



岩田地崎建設株式会社

代表取締役社長 岩田 圭剛

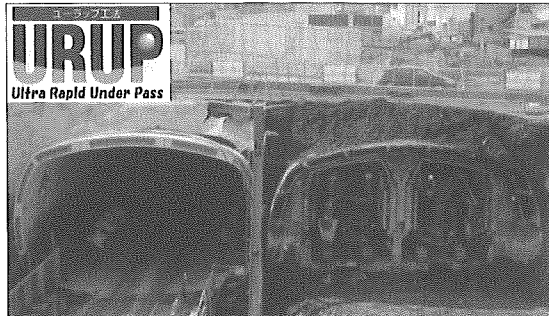
本社 札幌市中央区北2条東17丁目2番地 TEL (011) 221-2221

支店 東北・東京・名古屋・大阪・広島・四国・九州・海外

営業所 旭川・函館・帯広・釧路・岩手・横浜・千葉・新潟・神戸・台湾

URL <http://www.iwata-gr.co.jp/>

IWATA CHIZAKI



地上発進・地上到達！シールド工法が変わる！

- さがみ縦貫川尻トンネル工事
- 中央環状品川線大井地区トンネル工事
- 東関東自動車道 谷津船橋インターチェンジ工事
- 田原第2幹線三河湾横断シールド工事



地球に笑顔を

代表取締役社長 白石 達

〒108-8502

東京都港区港南2-15-2

TEL.03-5769-1111

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

大林組



人と自然を、技術でむすぶ。

OKUMURA CORPORATION

代表取締役社長 奥村 太加典

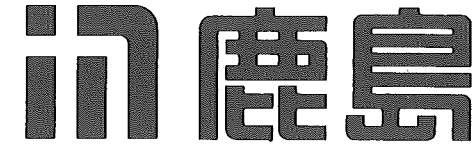
本社:大阪市阿倍野区松崎町2-2-2 TEL. 06(6621)1101

東京本社:東京都港区芝5-6-1 TEL. 03(3454)8111

<http://www.okumuragumi.co.jp>

謹 賀 新 年

100年をつくる会社。



代表取締役社長 中村 満義

本社 東京都港区元赤坂1丁目3番1号

電話 東京 03 (5544) 1111 (代)

<http://www.kajima.co.jp/>



株式会社 キハラコーポレーション
KIHARA CORPORATION SINCE 1899



代表取締役社長 小高 直基

《本社》 福井県越前市大虫町第7号2番地 TEL.0778-24-2200 (大代)

《東京支店》 東京都港区西新橋三丁目4番1号 TEL.03-3436-4900 (代表)

《URL》 <http://www.kihara-corp.co.jp/>



代表取締役社長 木部 哲実

〒180-0005 東京都武蔵野市御殿山1丁目6番10号

URL <http://www.kibekensetsu.com> TEL 0422-48-7221

人と地球の未来を考える



熊谷組

取締役社長 樋口 靖

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2番1号 TEL:03-3260-2111

<http://www.kumagaigumi.co.jp>

今と未来を技術でつなぐ。



代表取締役社長 山田 秀之

〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4丁目12番19号 TEL (03) 3661-0502

謹 賀 新 年

子どもたちに誇れるしごとを。

清水建設

取締役社長 宮本 洋一

〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 TEL (03)3561-1111

新しい技術とコストの提案/次世代への挑戦



新日本開発株式会社



新日本エンジニア株式会社

グループ代表 箕井 伸

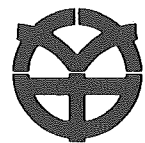
大阪本社 〒550-0012 大阪市西区立売堀 2-4-19 代表Tel06-6543-1175
(営業所/出張所)和歌山・兵庫・東京・沖縄 (工場/倉庫)大阪・沖縄



大成建設株式会社

代表取締役社長 山内 隆司

〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 電話 (03) 3348-1111



人と地球の架け橋に

株式会社 竹中土木

取締役社長 竹中 康一

〒136-8570 東京都江東区新砂1-1-1 TEL.03(6810)6200
<http://www.takenaka-doboku.co.jp/>

人がつくる。人でつくる。



戸田建設株式会社

代表取締役社長 今井 雅則

本社/〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 Tel: (03)3535-1354 <http://www.toda.co.jp/>

謹 賀 新 年

防災のトビシマ

建ててから始まる真のお付き合い

飛島建設株式会社

代表取締役社長 伊藤 寛治

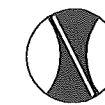
本社/〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 Tel.044-829-6750 URL <http://www.tobishima.co.jp>



西松建設

代表取締役 近藤 晴貞

〒105-8401 東京都港区虎ノ門1丁目20番10号 TEL 03(3502)7648



日本基礎技術株式会社

JAPAN FOUNDATION ENGINEERING CO.,LTD.

代表取締役社長 中原 巖

東京本社 〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町15番17号 TEL 03(3476)5701 FAX 03(3476)4551
本社 〒530-0037 大阪市北区松ヶ枝町 6 番22号 TEL 06(6351)5621 FAX 06(6355)2077
URL : <http://www.jafec.co.jp>



前田建設工業株式会社

代表取締役社長 小原 好一

本社/東京都千代田区猿楽町 2-8-8 猿楽町ビル ☎ 03 (3265) 5551 (大代)



吉岡建設株式会社

代表取締役社長 吉岡 隆一

〒569-1136 大阪府高槻市郡家新町41番2号
TEL 072(681)1861(代) FAX 072(681)1866

謹 賀 新 年



豊富な未来へ 技術のメッセージ 若築建設

代表取締役社長 菅野幸裕

〒153-0064 東京都目黒区下目黒二丁目23番18号 Tel.03(3492)0271

謹 賀 新 年

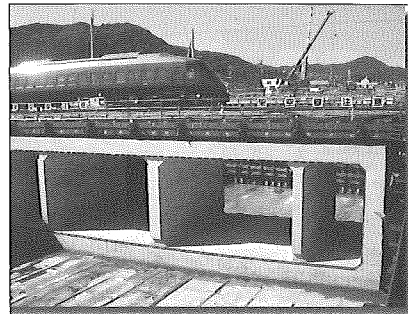


国際航業株式会社

空間情報技術のフロントランナーとして「グリーン・コミュニティ」を先導。

代表取締役社長 土方 聡

本 社 〒102-0085 東京都千代田区六番町2番地 TEL 03-3262-6221(代)



アンダーパス技術協会

<http://www3.ocn.ne.jp/~randc/>

事務局 〒185-0032 東京都国分寺市日吉町2-30-7 植村技研工業(株)内
TEL 042-574-1180

分 室 〒108-8381 東京都港区芝5-6-1 (株)奥村組内
TEL 03-5439-5412

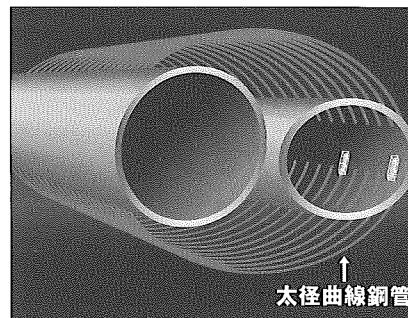
総合建設コンサルタント



株式会社ドーコン

代表取締役社長 平野 道夫

本 社 〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号 TEL.011-801-1500 FAX.011-801-1600
<http://www.docon.jp>



NEW TULIP 工法

地下空間の画期的な構築方法

NEW TULIP 工法研究会

〒101-8366 東京都千代田区三崎町2-5-3 鉄建建設株式会社
TEL.03-3221-2104 FAX.03-3239-1685

↑
太径曲線鋼管

詳しくは当研究会のホームページをご覧ください <http://www.new-tulip.com/>



Metro Kaihatsu

メトロ開発株式会社

代表取締役社長 矢萩 秀一

都市トンネル 土木・建築・設備の 海外都市鉄道の 近接施工の 土木工事
に関する 設計・施工 監理 コンサルタント業務 設計・計測管理 構築 補修

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11番9号日本橋小伝馬町ビル 電話03(5847)7800

URT 協会

協会長 飯田 廣臣

URT 協会は、URT 工法 (Under Railway / Road Tunnelling Method) と、PCR 工法 (Prestressed Concrete Roof Method) をもって、安心・安全・確かな技術で交通を遮ることなく鉄道・道路等の直下を横断する、さまざまなトンネルを構築する工法の研究開発・普及に取り組んでおります。

問い合わせ先：事務局
〒130-0026
東京都墨田区両国 2-10-14
両国シティコア
(石川島建材工業(株)内)
Tel : 03-3633-6280
Fax : 03-6271-7298
URL <http://www.urt.jp>



URT工法

URT工法は、鉄道または道路を挟んで発進立坑および到達立坑を設け、必要なトンネル断面を箱型中空の鋼製エレメントで取り囲み覆工する工法です。



PCR工法

PCR工法は、路盤下横断構造物を上部路面を供用しながら、方形断面のPCR桁を地中に並列推進し、これにプレストレスを導入して、非開削で本体構造物を構築する工法です。

Happy New Year Simple work at site and office

enzanju

provide the surprising and impressive solution
Visit Our Web Site : www.enzanju.com

トンネル本體工設計・設備設計、トンネル点検・補修設計、トンネル現場診断 株式会社 ロード・エンジニアリング

本 社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号	TEL 03(3891)0711	FAX 03(3891)0701
大 阪 支 店	〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号	TEL 072(691)0711	FAX 072(691)0711
福 岡 支 店	〒812-0011 福岡市博多区博多駅前4丁目25番14号	TEL 092(436)1588	FAX 092(436)1589
仙 台 営 業 所	〒981-1106 仙台市太白区柳生5丁目2番11号	TEL 022(306)3470	FAX 022(306)3471
新 潟 営 業 所	〒950-0003 新潟市東区下山2丁目485番14号	TEL 025(278)8282	FAX 025(278)8278
横 濱 営 業 所	〒226-0002 横浜市緑区東本郷6丁目13番16号	TEL 045(478)5230	FAX 045(478)5231
大 分 営 業 所	〒879-5506 由布市狭間町狭間376番地2号	TEL 097(586)3200	FAX 097(586)3210
沖 縄 営 業 所	〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号	TEL 098(870)6411	FAX 098(870)6412



アトラスコプコ株式会社 土木鉱山機械事業部

取扱商品：トンネルジャンボ、ファン、ヘグローダー、シャトルカー、ディーゼルロコ、坑内用トラック、ロードホールダンプ、クローラドリル、ロッドビット、ロックボルト、油圧ブレーカ

〒105-0014 東京都港区芝2-13-4 住友不動産芝ビル4号館11F ☎(03)5765-7890

謹 賀 新 年

産業用火薬類の製造・販売

アルテックス、ランデックス、ANFO爆薬、耐静電気雷管
EDD、導火管付き雷管、黒色火薬、NRC（非火薬破砕剤）

 **カヤク・ジャパン株式会社** 東京都墨田区横網 1-6-1 TEL. 03-5637-0901

北海道営業部: 0125-55-2323 東北営業部: 022-265-0203 東日本営業部: 03-5637-0903
名古屋担当: 052-586-1373 西日本営業部: 06-4863-7821 九州営業部: 092-526-2112

 **カヤバシステムマシナリー株式会社**
KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

代表取締役社長 廣門 茂喜

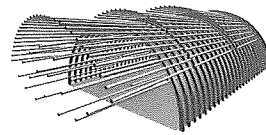
〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL (03)5733-9441

【取扱製品】 ブームヘッダー型トンネル掘削機、ミゼットマイナー型トンネル掘削機、
ブームカッターシールド掘進機、シャフトヘッダー(立坑掘削機)、HEP

ロックボルト FIT工法 Me工法 防水シート

 **株式会社 ケー・エフ・シー**

土木資材事業部



〒105-0011 東京都港区芝公園2丁目4-1 TEL03-6402-8251 FAX03-6402-8255
〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目2-17 TEL06-6363-1884 FAX06-6313-0755
<http://www.kfc-net.co.jp/>

 **株式会社ジャペックス**

URL: <http://www.highjex.jp>

お問い合わせメールアドレス: japex-staff@highjex.jp

【本社】 北海道営業部 TEL. 011-241-6411 中部営業部 TEL. 0569-73-7962
〒105-0003 東京都港区西新橋1-11-5 新橋中央ビル4F 東北営業部 TEL. 022-215-9001 関西営業部 TEL. 06-6454-6561
TEL. 03-3506-9061 FAX. 03-3580-8244 東京営業部 TEL. 03-3506-9061 九州営業部 TEL. 092-735-2977

 **STARLOY**

シールド・TBM用カッタビット・ローラカッタ

株式会社 スターロイ

営業本部 〒545-0053 大阪市阿倍野区松崎町2-10-22
TEL 06-6621-1734 FAX 06-6621-1867
本社・工場 〒709-3612 岡山県久米郡久米南町上弓削1317-1(久米南工業団地)
TEL 0867-28-4511 FAX 0867-28-4512
HP/<http://www.starloy.com/> E-mail/starloy@starloy.com

謹 賀 新 年

一步前進~限りない未来への挑戦~

 **大栄工機株式会社**

代表取締役 古儀 信幸

〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地
TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765
E-mail: daiei-co@minos.ocn.ne.jp <http://www.daieikouki.co.jp>

営業品目

- ・二次覆工用型枠, 作業台車, 移動機橋
- ・型枠用各種 OP 装置, 表面処理
- ・二次覆工コンクリート養生 (EPS, トンネルミスト)

 **電気化学工業株式会社**

代表取締役社長 吉高 紳介
インフラ・無機材料部門特殊混和材部長 辻 均

〒103-8338 東京都中央区日本橋室町2-1-1 電話(03)5290-5358

電気・通信

総合電設業

空調・消防

お応えできる技術とサービス

設計・施工・管理


 **東洋電機工業株式会社**

本社/〒946-0031 新潟県魚沼市原虫野 385 TEL (025)792-2171

支店・営業所/東京・新潟・南魚沼・上越

ISO 9001:2008
ISO 14001:2004
OHSAS 18001:2007
— 認証取得 —

トンネル用機械販売・リース, 土木資材販売

 **日豊株式会社**

代表取締役社長 野崎 正和

本社/〒150-0002 東京都渋谷区渋谷 1-20-24 渋谷スカイレジタル206号 TEL 03(3409)8041
西日本営業部/〒841-0026 佐賀県鳥栖市本鳥栖町615-6 アーバンコート 2F TEL 0942(82)1703

未来への確かな技術

次世代型ホイール式ドリルジャンボ・コンクリート吹付け機・トンネルワークステーションなど、様々なトンネル工事に挑戦し実績を積み重ねてきたトンネル各種製品。全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

 **古河ロックドリル株式会社**

代表取締役社長 猿橋 三郎

〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号
特機部 TEL.03-3231-6966 FAX.03-3231-6993

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

トンネル補修工事・鋼アーチ支保工・トンネルミスト



代表取締役社長 増野 裕人

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

ロードヘッド, ツインヘッド, トンネル換気設備 <http://www.mitsuimiike.co.jp>



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

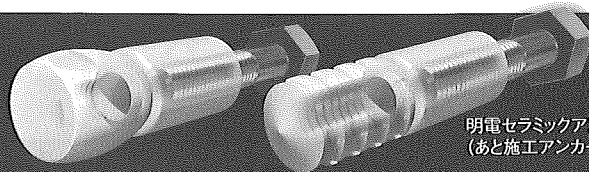
ジオフロントに技術と実績で迫る 三菱トンネル掘削機(シールド, TBM)

三菱重工メカトロシステムズ株式会社
都市開発部

兵庫県神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 〒652-0863 TEL. 078(672)2873
東京都港区港南二丁目16番5号 〒108-8215 TEL. 03(6716)4092 三菱重工メカトロシステムズ株式会社

絶縁性 **耐食性** **耐火性** に優れた
高純度アルミナ系セラミックス製 **セラミックインサート・アンカー**

明電セラミックインサート
(先付けアンカー)
NETIS登録番号
KT-000144-V



明電セラミックアンカー
(あと施工アンカー)

無料
サンプル進呈中
明電セラミックス 検索
www.m-cera.com

明電セラミックス株式会社 〒410-0052 静岡県沼津市沢田字今大縄146-4 TEL: (055) 929-4990 FAX: (055) 929-5975

HCD-101・301・401 油圧ロックボルトせん孔機 YTB-1120トンネルビッガー



代表取締役 山本 勝俊

東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 丸の内ビルディング 903 区

TEL (03) 3201-0701 FAX (03) 3201-5702

URL <http://www.yrm.co.jp> E-mail: tokyo@yrm.co.jp

研究

レーザを用いた覆工コンクリート剝離検知装置の開発

西日本旅客鉄道(株)鉄道本部技術部主席 御崎 哲一

(公財)鉄道総合技術研究所構造物技術研究部基礎・土構造主任研究員 篠田 昌弘

(公財)レーザー技術総合研究所レーザー計測研究チームチームリーダー主任研究員 島田 義則

京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻教授 朝倉 俊弘

1 はじめに

現在の社会の礎を築いているコンクリート構造物において、コンクリートの劣化による剝落事故が発生している。とくに1999年、山陽新幹線福岡トンネル(写真-1)などにおいて発生したコンクリート塊剝落事故¹⁾は、コンクリート構造物の検査の重要性を再認識させた。

鉄道土木構造物の維持管理における検査では、定期的実施する定期検査(以下、「全般検査」という)と地震や風水害後に必要に応じて実施する不定期な検査(以下、「随時検査」という)に大別できる²⁾。定期的実施する全般検査では、基本的には目視によって構造物の健全度を評価する。鉄道土木構造物の全般検査や随時検査において、変状の種類、程度および進行性などに関する調査

結果にもとづき、総合的に健全度の判定を行い、判定結果によっては、詳細な検査(以下、「個別検査」という)を実施する。個別検査などで健全度がAAと判定されれば、使用制限などの措置を講ずることとなる。

コンクリート表面の浮きや欠陥を検査する手法としては、超音波探傷法、赤外線検出法、打音法などがある。その長所と短所を表-1にまとめた。いずれも一長一短があり、高い精度で迅速に検査を実施できる手法ではない。

現在の主たる検査手法である打音法は、検査対象となるコンクリート表面までの距離が手の届かない位置にある場合、高所作業車を使用し接近しなければならない。とくにトンネルは、検査対象となるコンクリート表面が地上より高い箇所であり、かつ、検査箇所数が膨大になるため、検査技術者の負担は著しく大きく、多大な検査時間を要する。

赤外線検出法は打音法を適用する前のスクリーニング手法として注目されている。赤外線検出法は、非接触・遠隔探傷が長所として挙げられる。トンネル内に赤外線検出法を適用する場合には、熱を強制的に与える必要があるが、トンネル覆工全体を検査する場合には、機材が大がかりになることや、高精度の計測が難しいといった欠点がある。

超音波探傷法は、小型装置であるがトンネル覆工曲面への密着に課題があり、検査者による高所

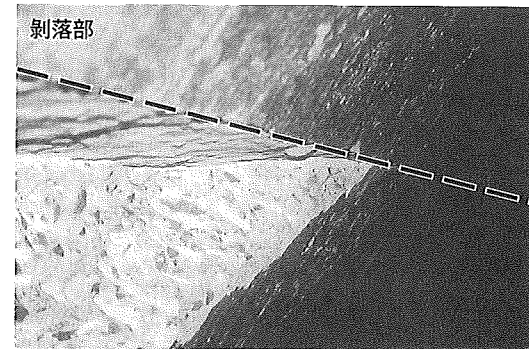


写真-1 福岡トンネルコンクリート塊剝落事故部

表-1 コンクリート部材の主要な非破壊検査法と提案手法の比較

手法	レーザーリモートセンシング法	超音波探傷法	赤外線検出法	打音法
概要				
長所	<ul style="list-style-type: none"> 非接触・遠隔探傷 高速探傷(検査員3人で100m/h) 高い計測精度 曲面の計測が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 小型装置 高い計測精度 	<ul style="list-style-type: none"> 欠陥形状の把握 非接触・遠隔探傷 	<ul style="list-style-type: none"> 簡易 その場でたたき落とし可能
短所	<ul style="list-style-type: none"> 外乱による検出効率低下 大型装置 	<ul style="list-style-type: none"> 検査時間がかかる 曲面への密着が困難 	<ul style="list-style-type: none"> 検査精度が低い コンクリート表面を熱する必要があり機材が大がかり 	<ul style="list-style-type: none"> 人工と検査時間がかかる(検査員10人で50m/h)

作業となるうえ、検査時間を要するといった欠点がある。また、鉄道トンネル覆工検査の制約として、鉄道運行時間帯に検査ができないこと、線路走行可能な高所作業車を現地まで運行し手配しなければならないこと、また鉄道運行用電力の停電措置を講じるといった時間が無視できないことが挙げられる。こうした実情に鑑み、筆者らは打音法適用前のスクリーニング手法として、数m以上離れた箇所から検査できる、レーザーリモートセンシング法によるコンクリート剝離検出法(以下、「本手法」という)を開発した^{3),4)}。

本手法を用いて、騒音や振動といった、レーザー計測におけるノイズ要因(以下、「外乱」という)が少ない環境条件下で検証試験を実施した結果、打音法で得られた検査結果とレーザーシステムで得られた検査結果が一致し、妥当性を確認できた。次に、実際の新幹線トンネル内で適用した結果、保守用車や発電機の振動、騒音などの外乱により、計測困難な状態となった。そこで、保守用車や発電機の振動を低減させるため、新たに除振台を開発、防音室を設置し、レーザーシステムに具備したところ、レーザー照射口を開けた状態であっても計測可能な状態まで外乱を抑えることができた。以下、本手法を開発するにあたっての課題とその解決策について述べる。

2 レーザリモートセンシング法の原理

開発したレーザーリモートセンシング法について簡単に説明する。詳細は文献3)~5)に詳しい。打音法とレーザーリモートセンシング法は、コンクリート表面を加振し、表面振動を把握するという点で、欠陥検知の考え方は同一(図-1)である。そのためレーザーリモートセンシング法は、打音法に代替できる可能性を秘めている。

レーザーリモートセンシング法の構成を図-2に示す。コンクリート表面加振のための加振用レーザーには、高出力のパルスレーザーを用いる。そのレーザーを検査するコンクリート表面に高い光強度で集光することにより、コンクリート表面成分(セメントなど)をプラズマ化する。そのプラズマ粒子が弾き飛ばされる(アブレーションという)反動により、コンクリート表面の振動が励起される。

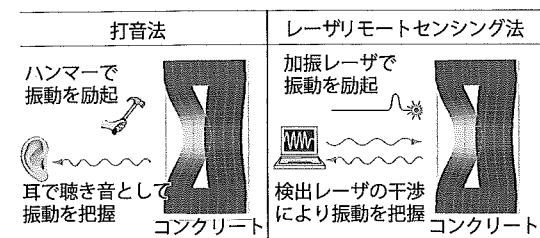


図-1 打音検査法とレーザーリモートセンシング法の比較

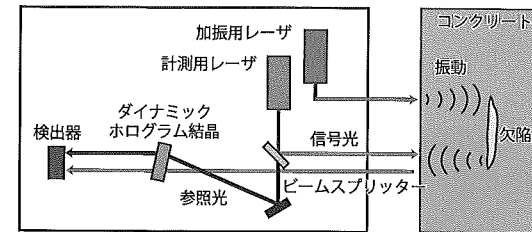


図-2 レーザリモートセンシング法の構成

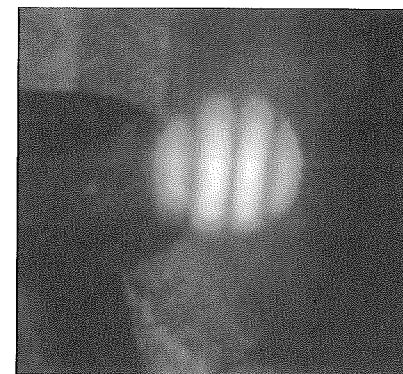


写真-2 干渉縞

計測用レーザーには、連続発振のレーザーを用いる。そのレーザーは、ビームスプリッター(分光器)により、信号光と参照光に分けられる。信号光はコンクリートの表面で反射されコンクリート表面形状の情報を持ってダイナミックホログラム結晶に入射する。一方で、参照光も同じダイナミックホログラム結晶に入射し、信号光と参照光がその中で干渉し合うことで、コンクリート表面形状の情報が含まれた干渉縞(写真-2)がダイナミックホログラム結晶中に形成される。

この干渉縞により、ダイナミックホログラム結晶内部に屈折率の粗密領域が生成され、参照光を回折させる。参照光は、信号光と同じ光軸を進み検出器に向かう。コンクリート表面が振動すると検出器に入射する信号光と参照光との位相差が変化し、この変化は検出器では光の強弱となってあらわれるため、これを検出することによりコンクリート表面の振動を検出する。

3 欠陥検出アルゴリズムの提案

レーザーリモートセンシング法を実用化するためには、健全度の判定が可能な欠陥検出アルゴリズム

の開発が必要である。一方で、レーザーリモートセンシング法と打音法は、共にコンクリート表面の加速度波形を計測していることは2章に述べた。打音法においては検査員が、 α (剝落危険性の高い変状)、 β (当面剝落危険性はないが、将来 α ランクになる恐れのある変状)、 γ (安全を脅かす剝落を生じる恐れがない変状)、健全といった判定をしている。

打音法における検査者の定性的判断を、定量化するため行った過去の研究^{4),5)}で、コンクリート表面の健全性は、コンクリート表面の加速度波形のフーリエ振幅スペクトルで評価できることがわかっている。

レーザーリモートセンシング法で取得されたデータはほとんどない一方で、定量化された判断アルゴリズムは、現場における運用において必須であった。そこで、コンクリート表面の加速度波形を用いたコンクリート部材の欠陥検出アルゴリズムを開発した^{4),5)}。

以下に、欠陥検出アルゴリズムについて説明する。

図-3,4に健全箇所とコンクリート剝離箇所のフーリエ振幅スペクトルの形状を示す。健全なコンクリート部材は、衝撃荷重を与えた際の残留振動のフーリエ振幅スペクトル上で相対的に高い周波数

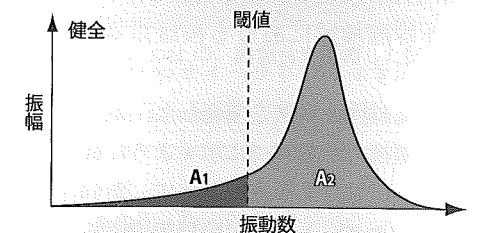


図-3 健全箇所のフーリエ振幅スペクトルのイメージ

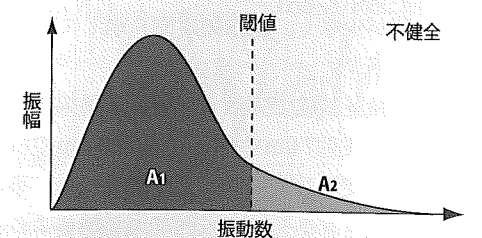


図-4 不健全箇所のフーリエ振幅スペクトルのイメージ

成分が卓越するが、剝離しつつあるコンクリート部材では、フーリエ振幅スペクトル上で相対的に低い周波数成分が卓越する。

そこで、衝撃荷重を与えた際のコンクリート部材の揺れやすさを評価するために、フーリエ振幅スペクトル上で、ある閾値を境にした面積比を用いた欠陥検出アルゴリズムを提案した。すなわち、式(1)に示すような指標を提案した。

$$R_s = A_1 / (A_1 + A_2) \quad (1)$$

ここで、 A_1 はコンクリート表面の加速度波形から算出されたフーリエ振幅スペクトルのうち、ある閾値より低い周波数成分におけるフーリエ振幅スペクトルの面積、 A_2 はコンクリート表面の加速度波形から算出されたフーリエ振幅スペクトルのうち、ある閾値より高い周波数成分におけるフーリエ振幅スペクトルの面積、 R_s はフーリエ振幅スペクトルの面積比であり、スペクトルスコアと呼ぶ。

実際の適用にあたっては、図-3, 4に示す閾値の設定が重要となる。そこで、閾値の感度解析を実施し、打音検査結果と整合する閾値を検討した結果、適切な閾値は2,000Hzであることが過去の研究例などからわかっている。なお、閾値の設定にあたっては、文献3)~5)を参照されたい。

4 現場試験機器の開発、振動対策

4-1 新幹線橋梁における検証試験

図-2に示すレーザーリモートセンシングシステムを搭載した試作1号機を開発した。試作1号機は可搬性を重視し、写真-3に示すように軽トラックに搭載した。試作1号機を用いて、新幹線橋梁に対してコンクリート表面欠陥探傷試験を実施した。なお、当該橋梁の環境条件としては、騒音や振動などの外乱が少なく、微振動計測に適している場所である。

写真-4に検証試験で実施した新幹線橋梁を示す。この橋梁は、支間7.0mのRC桁を高さ7.5mの杭基礎形式橋台で支持している。この試験では、事前に打音検査やコンクリート表面加振試験によりコンクリート剝離箇所を特定し、振動成分を把握し

た後、試作1号機による結果と比較した。

ここで、コンクリート表面加振試験とは、打音ハンマーを用いて調査箇所であるコンクリート表面を打撃し、その際のコンクリート表面の残留振動を計測する試験である。

一方、過去の検討^{9), 10)}から、コンクリート表面を打撃した際に発する「音」のスペクトルと、コンクリート表面振動を加速度計で計測した「加速度」のスペクトルについて、比較し知見を得ている。すなわち、打撃したときの発生音をマイクロフォンで録音し周波数解析した音のスペクトルと、同一箇所のコンクリート表面を打撃したときの加



写真-3 レーザリモートセンシング法による試作1号機

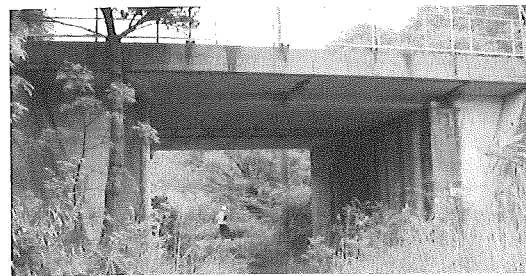


写真-4 検証試験で実施した新幹線橋梁

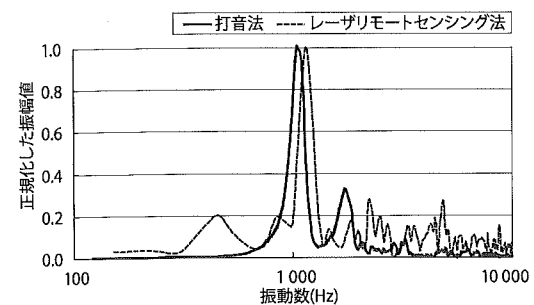


図-5 コンクリート剝離箇所のフーリエ振幅スペクトル

振度を周波数解析したスペクトルに、高い相関性が得られた。通常の打音検査時は人間が「音」を聞いて判断しているが、その音をマイクロフォンで収集するのは難しい。そこで、打音試験のデータ収集方法として、加速度計を用いることとした。

図-5に打音法とレーザーリモートセンシング法によるコンクリート剝離箇所のフーリエ振幅スペクトルを示す。比較した結果、両者のフーリエ振幅スペクトルの形状はほぼ一致していることがわかる。しかしながら、レーザーリモートセンシング法では、高振動数領域でも比較的大きな振幅値を示しており、なんらかの計測ノイズが混入している可能性を示唆した。

4-2 新幹線トンネルにおける検証試験

試作1号機を用いて、夜間に実際の新幹線トンネル内で検証試験を実施した(写真-5)。検証試験では、写真-3に示した試作1号機を軌道用運搬台車(以下、「トロ」という)上に固定し、軌道上のトロを牽引するディーゼル機関車(以下、「保守用車」という)に接続して実施した。現在の保守用車の運用ではエンジンを停止できないため、エンジンを駆動させた状態で、レーザーシステムにおける計測を試みた。

その結果、レーザーリモートセンシング法による計測が困難であった。この原因として、保守用車の振動などによりノイズが混入すると推定された。そこで、計測に影響するような振動などを抑制するため除振台を設置し、計測性能を評価することとした。

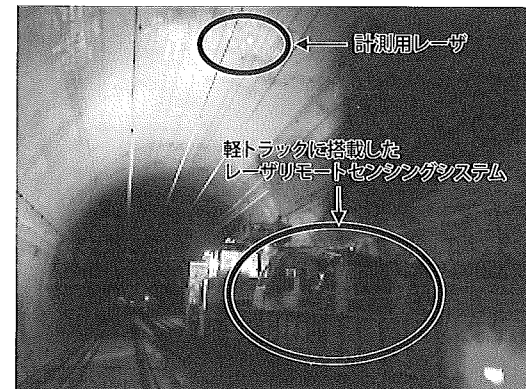


写真-5 試作1号機による新幹線トンネルでの検証試験

4-3 スイープ加振による除振台の性能確認試験

保守用車などの振動の影響を、除振台で低減させる効果を確認するために、実際の運用を想定して、箱型トロ上に除振台・光学定盤、レーザー光学系を搭載した試作2号機(写真-6)を開発し、加振器による試験を実施した。

加振器試験では、環境騒音レベルが65dBの状態(研究室の暗騒音レベル程度)を設定し、スイープ加振(振動数別に均一に加振する方法)を実施した。除振性能を確認した周波数帯域は、コンクリート欠陥を検知する周波数帯である4,000Hz以下とした。図-6に除振台の除振効果を示す。

図-6より、データを取得した周波数領域(100~4,000Hz)においては、振動加速度を1/10~1/100程度に抑制できた。

そこで、試作2号機に搭載した除振台を用いて、保守基地ボックスカルバート内(写真-7)および新

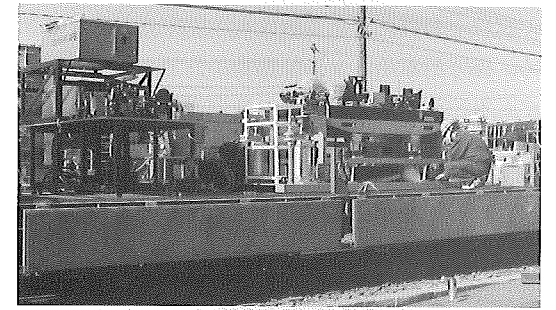


写真-6 箱型トロ上の、除振台を搭載した試作2号機

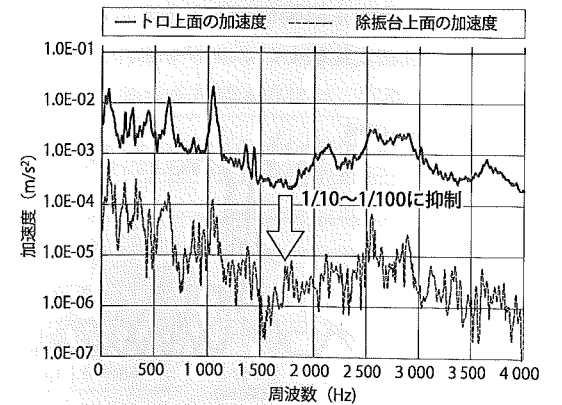


図-6 環境騒音レベルが65dBの状態における除振台の除振効果

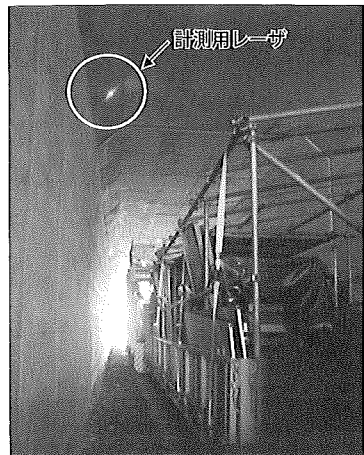


写真-7 保守基地ボックスカルバート内における試作2号機による検証試験

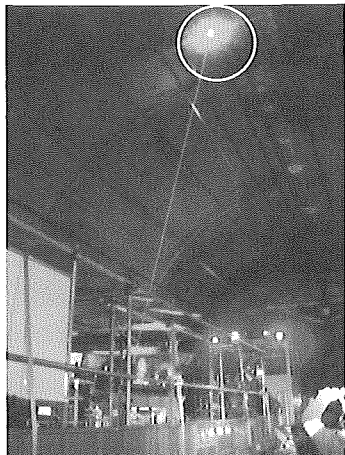


写真-8 山陽新幹線神戸トンネル内における試作2号機による検証試験

幹線トンネル内(写真-8)でレーザ計測試験を実施し、性能を評価することとした。

4-4 保守基地ボックスカルバート内における除振台の性能確認試験

試作2号機における除振台の効果を確かめるため、保守用車のエンジン振動の有無によるレーザデータ、および打音データを取得するため、保守基地ボックスカルバート内(写真-7)において試験を実施した。その結果を図-7に示す。

打音計測のピーク周波数が1,000Hz程度であるのに対し、レーザ計測のピーク周波数が1,200Hz程度を示している。この理由としては、レーザ照射箇所と打音検査箇所を全く同一にすることができなかったことが主原因であると考えられる。

また、打音法と比較し、エンジン動作させた場

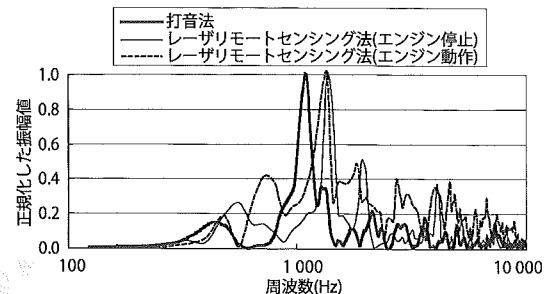


図-7 保守基地ボックスカルバート内における打音計測・レーザ計測の周波数解析データ

合のレーザリモートセンシング法のスペクトルには、2,000Hzを超えたあたりから振幅が見られ、振動や騒音の影響と推察している。

以上より、レーザリモートセンシング法と打音法は、検出する周波数ピークにおいてはほぼ同じ結果になったと判断した。

4-5 新幹線トンネル内における除振台の性能確認試験

上記から、レーザリモートセンシング法を用いたコンクリート欠陥検出の可能性を確認するため、新幹線トンネル内(写真-8)において、保守用車を用いて試作2号機を搬入し、

試験を実施した。しかしながら、保守基地ボックスカルバート内と異なり、レーザ計測できる安定した状況にほとんどならなかった。この理由として、トンネル内で保守用車のエンジン音が反響し、レーザ計測系が振動したと推定した。

本試験で取得できた唯一の計測結果を図-8に示す。保守基地の試験同様、エンジンが動作している状態でレーザ計測を実施しているため、高周波成分が増加する。

また、打音とレーザのデータを比較すると、600Hzのピークはほぼ捉えているが、打音では300Hz付近、レーザでは1,200Hz付近の異なるピークも検出された。

4-6 振動低減機構としての除振台の評価

以上の検討結果より、除振台性能および計測困難要因について、次のように評価した。

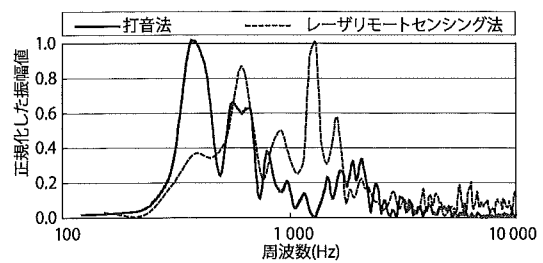


図-8 山陽新幹線神戸トンネル内における打音計測・レーザ計測の周波数解析データ

- ・トロ上の振動加速度と光学定盤上の振動加速度の結果比較より、1/10~1/100の除振効果がある
- ・保守用車エンジンを動作させた場合、除振台では安定した計測環境を維持できない
- ・その要因は保守用車の「エンジン騒音」で、対策が必要である

5 現場試験機器の改良、騒音対策

5-1 防音室を持った試験機器の試作

騒音環境にあるレーザシステムにおいて、コンクリート表面振動を検出する機構を安定した状態に維持するには、物理的に騒音を減らす必要があった。騒音元である保守用車エンジン音を抑えることが困難な状況であったので、試作2号機の周囲を防音板で囲んだ、試作3号機を構築した。

5-2 新幹線トンネル内における計測試験

図-9に新幹線トンネル内における、試作3号機を搭載した試験用保守用車の編成を示す。

左側編成の「保守用車-トロ3台-箱型トロ1台」がレーザリモートセンシング法による計測用の編成である。レーザ試験装置は、レーザ照射部分を除き、箱型トロ上に吸音板で防音室を構築することで、保守用車からのエンジン騒音対策とした。右側編成の「トロ2台(ズームリフト)-保守用車」がトンネル覆工に近接し、打音法による調査用の編成である。この編成を用いてレーザ計測とほぼ同一箇所の打音検査加速度データを収集した。

本編成は、現場までは連結し1編成として到着した後、到着箇所まで2編成に分離し、レーザ計測と打音検査を並行して実施するように設定したも

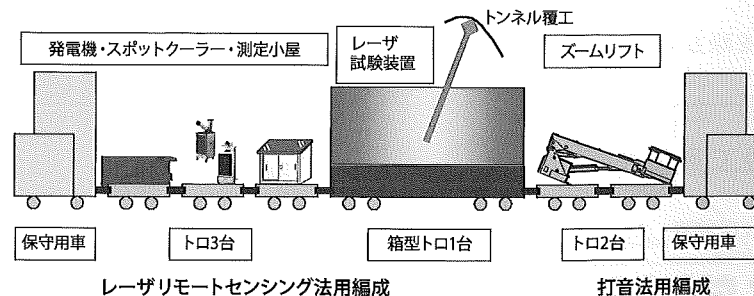


図-9 新幹線トンネル内における試験用保守用車編成

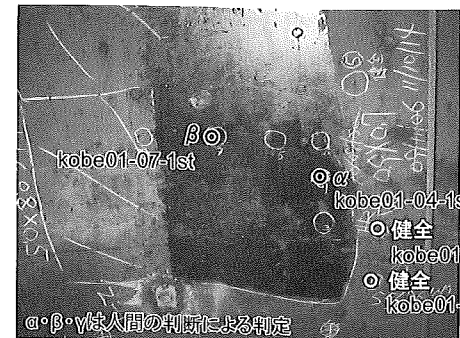


写真-9 神戸トンネル554k619mにおける計測結果の例

のである。そのときに計測した一例を写真-9に示す。場所は、新幹線トンネル覆工の変状箇所に補修材を塗布した箇所である。

また、トンネル覆工面に書かれている判定ランクαは検査者によるものであるが、「補修材の音」による判定ランクと思われる、叩き落していない箇所である。

5-3 計測結果

計測結果の例として、上記新幹線トンネル覆工の変状箇所に補修材を塗布した箇所のデータを示す。ここでは、先ほど提案したスペクトルスコアで評価した。図-10はレーザと打音のスペクトルスコアの相関を、表-2はレーザと打音のスペクトルスコアおよび人間の判断による判定ランクを示す。

評価したのは4点と少ないが、この結果から、スペクトルスコアが大きく出ると不健全であるという傾向が見られ、レーザと打音、および人間の判定ランクには関係があると推察される。

レーザリモートセンシング法によりコンクリート剝落危険性を判断するには、取得したデータから、

α, β, γ, 健全といった判定が必要である。まだレーザシステムで取得したデータは少ないため、今後試験を積み重ね、数多くのデータから判定基準を分析し、レーザリモートセンシング法と打音法の違いを考慮しながらもその各々の判定を可能にしたいと考えている。

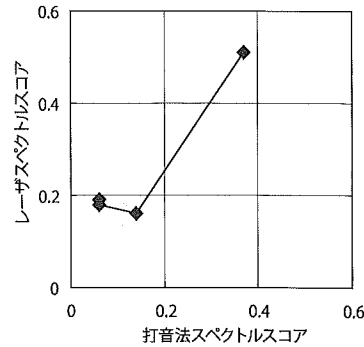


図-10 レーザと打音のスペクトルスコアの相関

表-2 レーザと打音のスペクトルスコアおよび人間の判定ランクの関係

計測点	打音法	レーザーリモートセンシング法	判定ランク
kobe01-02-1st	0.06	0.19	健全
kobe01-01-1st	0.06	0.18	健全
kobe01-07-1st	0.14	0.16	β
kobe01-04-1st	0.37	0.51	α

6 まとめ

本研究では打音法に代わる検査法として、レーザーリモートセンシング法によるコンクリート部材の欠陥検出システムを開発した。以下に成果を述べる。

- ① 現場の振動・騒音環境において使用に耐えうる、レーザーリモートセンシング法を用いたコンクリート部材の欠陥検出システムを開発した。
- ② 保守用車などからの振動成分を除去するため、除振台を開発した。性能確認試験の結果、開発した除振台は高振動数成分の入力を大幅に低減できた。
- ③ 保守用車などからの騒音成分を除去するた

め、吸音板で防音室を構築した。その結果、保守用車の動作状態においても、レーザー計測可能な環境を実現できた。

今後の検討課題として、以下の3点を挙げる。

- ① 実用を考慮した測定システム(装置)の構築
- ② 打音法とレーザーリモートセンシング法の違いを考慮した、レーザーによる判定基準の構築
- ③ 導入した場合の費用対効果

本研究は、関係者の方々に多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 例えば、國島正彦・石原行博：JR西日本新幹線トンネルにおけるコンクリート剥落、失敗百選、失敗知識データベース、1999.
- 2) 国土交通省鉄道局監修・鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)、トンネル、丸善、2007.
- 3) 島田義則：レーザー超音波リモートセンシング技術の産業応用、検査技術、Vol.11, No.9, pp.8-14, 2006.
- 4) 篠田昌弘・大村寛和・御崎哲一・島田義則・内田成明：レーザー加振によるコンクリート部材の非破壊検査法の開発、鉄道総研報告、Vol.23, No.12, pp.29-34, 2009.
- 5) 大村寛和・島田義則：レーザー超音波リモートセンシング装置を用いたコンクリート内部欠陥探傷、(2)ハンマー打撃によって発生する実構造物の表面振動・打音解析結果と欠陥検出アルゴリズム、土木学会学術年次講演会、2008.
- 6) 榎本秀明：トンネルの全般検査段階における健全度判断システムの開発、総研式打音検査装置の精度向上と判定基準の提案、鉄道総研報告、No.W434012Q-4, 2004.
- 7) 篠田昌弘・大村寛和・阿部慶太・田中祐二・坂本寛章・神田政幸：レーザーによるコンクリート欠陥検知・健全度判定アルゴリズムの開発、鉄道総研報告、No.W433073Q, 2011.

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著 A5判 326頁 本体定価 4,300円(〒340円)



株式会社 **土木工学社**

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

研究

在来線用高速覆工検査車の開発

東日本旅客鉄道(株)研究開発センターテクニカルセンター研究員 浅田 章一
東日本旅客鉄道(株)新潟土木技術センター長岡派出施設技術主務 内藤 孝和
東日本旅客鉄道(株)設備部検査管理G副課長 鈴木 尊

1 はじめに

在来線トンネルの特別全般検査は、至近距離からの目視および必要に応じて打音検査により実施しているが、点検ハンマーを用いた打音検査は、膨大な範囲が対象であり負担が多く、判定も検査者の判断力に依存しているのが実態である。

そのような状況から、新幹線トンネルではマルチパスリアレイレーダ(以下、「MPAレーダ」)を用いたトンネル覆工検査車(Concrete Lining Inspection Car:以下、「CLIC」)により打音検査の軽減を進めている(写真-1)。しかし在来線トンネルでは、覆工の材質やトンネル形状の違い、添架物などの障害物が多く、高い回避性能が求められ、CLICの導入にあたってはこれらの課題を解決する必要があった。

今回これらの課題を解決し、在来線トンネル覆



写真-1 新幹線トンネル覆工検査車

工検査車(在来線CLIC)を導入したので、これまでの開発内容と導入車両の概要について以下に述べる。

2 MPAレーダの測定原理

トンネル覆工内部の空洞などの欠陥を検出するため、新幹線CLICで使用されているMPAレーダは、送信アンテナ16個、受信アンテナ16個を用いた16×16=256とおりの電磁波を送受信し解析することで、トンネル覆工内部の空洞やジャンカなどの欠陥を3次元の画像データとして出力するこ

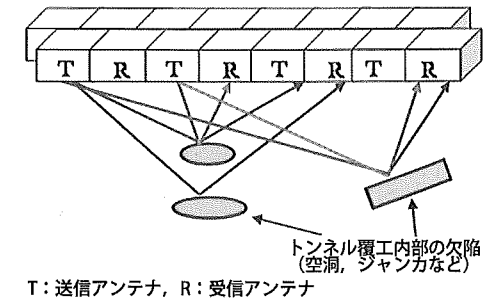


図-1 MPAレーダの測定原理

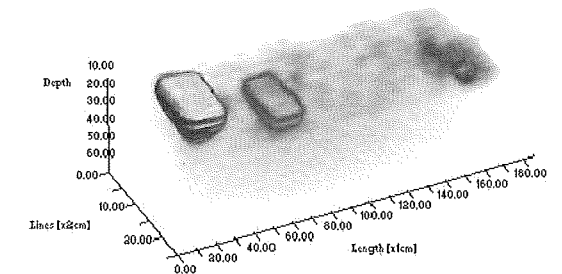


図-2 MPAレーダの探査画像例

とができる(図-1,2)。電磁波は、トンネル覆工内部の電気的特性(誘電率)の異なる境界部分で反射するため、送受信時間を演算することで、反射箇所や反射形状を特定することができる。新幹線CLICのMPAレーダは、トンネル覆工内部40cmの深さに位置する投影面積10cm×10cm以上の空洞やジャンカなどを検知できる性能を有している。今回在来線に導入するCLICも、このMPAレーダ仕様と同等のものとする事とした。

3 在来線CLICの開発に向けた主な課題

新幹線CLICで用いられた技術を在来線CLICに適用するにあたり、新たに開発が必要な事柄を整理した。

3-1 計測速度について

CLICは、打音検査に替えることを想定しているため、将来的には特別全般検査の周期で運用することを考えている。JR東日本管内にある在来線トンネルは全部で1,071トンネル(約580km)あり、在来線トンネルの特別全般検査周期は20年と省令で定められていることから試算すると、計測速度は現行の新幹線CLICの最大計測速度3.5km/hの2倍の7km/h以上の計測速度が必要となった。

3-2 障害物乗越え性能について

MPAレーダは覆工面を可能なかぎり接近させて測定しなければ、所要の性能を確保することができない。そのため、MPAレーダを的確に覆工

表-1 在来線トンネルにおける対策工

対策工法	トンネル覆工面からの高さの目安	対策工の詳細
繊維シート工法	0.2cm	AAA工法
防水工法	2cm	ポリカーボネート樹脂波板
ネット工法	2cm	トリカルネット
断熱工法	4cm	PG板
当て板工法	5cm	L形鋼
導水樋	5cm	ステンレス、塩ビ
内巻きコンクリート	10cm以上	—
セントル工法	15cm	鋼製支保工

面を走査させるためには、覆工に添架された補修工などの障害物をスムーズに乗越える能力が必要となる。新幹線トンネルでは約30mmの段差まで乗越えることが可能であったが、在来線トンネルに設置されている補修工は多岐にわたることから(表-1)、より大きな段差を乗越える性能が必要であると考えた。内巻きコンクリートやH形鋼セントルなどの、まれに設置されている大きな補修工は、視認性が高く目視で回避することが容易である。しかし、多数設置されている当て板や漏水樋などの補修工は、回避する手間や時間を考えた場合、計測効率が著しく落ちることが想定された。そこで、覆工面に設置された各種補修工の諸元から、より多数設置された補修工を選定し、それらに乗越える性能が必要と考えた。その結果、5cm程度の高さまでの補修工などを乗越えることが必要となった。なお、内巻きコンクリートやH形鋼セントルなどの大きな補修工の目安として、10cm以上の障害物については目視で回避させることとし、5~10cmの間に位置する障害物については自動で回避させる装置が必要となった。

3-3 その他の課題

大きな開発が必要な課題は以上の2つであったが、その他の課題として特筆すべき事象を2件述べる。

3-3-1 MPAレーダ曲率について

在来線トンネルの断面形状は時代とともに変化しており、その曲率も多岐にわたる。そのため、在来線トンネル用のMPAレーダを実用化するにはあたっては、多種のトンネル曲率に適用できるアンテナが必要になる。一方で、在来線トンネルの覆工表面を的確に走査させるためには、レーダと覆工表面の間には適切な離隔を確保する必要がある。トンネル形状ごとにMPAレーダを製作することは現実的とは言えず、最適なMPAレーダの形状を検討する必要があった。

そのため、新幹線CLICのMPAレーダを用いて、覆工面とレーダの離隔を拡大した場合の性能確認試験を実施し、新幹線CLICと同等の探査性能が得られる限界離隔距離を検証した。その結果、10

mm以上の離隔では性能が劣化することが確認された。

ここで、単線トンネルに適用する場合を想定し、MPAレーダ両端部および中央部とトンネル覆工表面の間のできる離隔を各種断面において検証した。その結果、レーダ曲率2,400mを採用することにより、単線トンネルの主な曲率範囲内(2,200~2,800mm)においてMPAレーダ両端部および中央部の離隔距離差が10mm以内で収まることが確認された。なお、複線トンネルは主に4,270~4,350mmの曲率内に収まっており、MPAレーダ曲率を、中間の4,310mmに設定した場合の離隔差は、両端部および中央部においても数mm以内に収まり、単線トンネルほど離隔差を懸念する必要がないことが確認された。

3-3-2 覆工材質に対する検証について

在来線トンネルは覆工の材質がレンガ、コンクリートブロック、そして場所打ちコンクリートと多種にわたるため、材質や設置方法の違いによる探査性能の差異を検証した。検証には、レンガ造、コンクリートブロック造およびコンクリート造の供試体内部空洞モデルを用いた。試験の結果、材質による探査性能に差異はなかったものの、ブロック積み覆工(レンガ、コンクリートブロック)では目地部で反応が検知されるため、覆工の異状か目地かを判断することが難しいことが確認された。

また、レンガ造、コンクリートブロック造トンネルは、施工手順を考えると、空洞やジャンカなどの内部欠陥ができる可能性がきわめて低いことから、在来線CLICの対象は場所打ちコンクリート造トンネルとした。

4 要素技術開発

4-1 計測速度向上基礎技術

在来線CLICの目標計測速度である7km/hまで速度を向上させた場合に、新幹線CLICと同等の探査性能が満足できるかを確認するため、供試体を使用した基礎試験を実施した。

4-1-1 試験の概要

新幹線CLICのMPAレーダの性能は、覆工表面

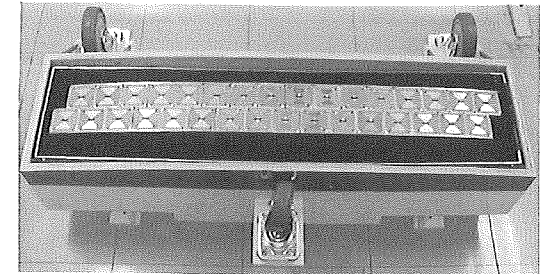


写真-2 MPAレーダ(曲率2,400mm)

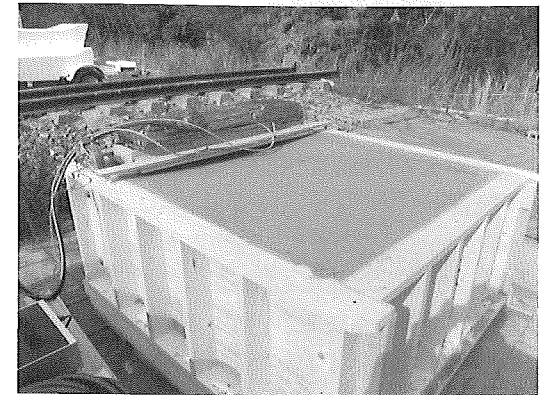


写真-3 土槽モデル外観

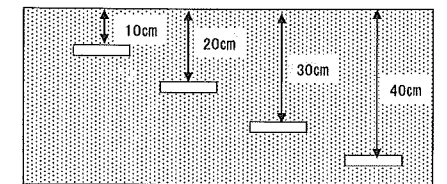


図-3 供試体空洞モデル埋設状況

から40cmの位置において投影面積10×10cmの空洞などを検知できるものである。この性能を検証できるように、空洞モデルを土槽内に埋設してレーダ探査試験を実施した。今回の試験に使用したMPAレーダと土槽供試体を写真-2、3と図-3に示す。

現在、計測速度3.5km/hにおいては、MPAレーダの測定間隔は走査1cmごとに実施している。これを2cmごとにする事で、データ処理速度を向上させて計測速度を7km/hにすることが可能となる。ただしこの場合、取得データの解像度が半分になるため、探査性能が悪化する恐れがある。そのため、測定間隔を2cmに拡大した場合、どの程度の探査能力が確保できるのかを検証した。

4-1-2 試験結果

試験の結果を図-4に示す。もっとも深く探査が難しい深さ40cmの供試体においても、空洞の形状が不明確になるものの、検知する性能は十分にあることが確認された。比較として測定間隔を3cm, 4cmとした場合も図-4に示す。

この試験により、7km/hでの計測速度においても、MPAレーダの性能面では新幹線CLICと同等の性能を維持できることが確認された。

4-2 障害物乗越え性能向上基礎技術

MPAレーダを安全に走査するためには、覆工面に存在する補修工などの障害物に遭遇した際に、それを乗越える能力が求められる。そのため、MPAレーダの支持装置の性能が重要である。そこで、新幹線CLICの支持装置の課題を整理したうえで、在来線の支持装置の開発に取り組んだ。

4-2-1 新幹線CLICの支持装置

新幹線CLICの支持装置(図-5)は、次のようなメカニズムで作動する。

- ① 空気圧により、MPAレーダをレーダに設置された車輪を介し、トンネル覆工面へ接地させて保持する
- ② 平行リンク式と呼ばれる支持装置により、MPAレーダは走行中に上下移動してトンネル覆工面の凹凸に追従する
- ③ 覆工面に高さ3cm以下の補修工などがある場合、MPAレーダ外周に固定されたソリにより、リンク式指示装置を用いてスムーズにレーダを下方に移動させながら、補修工などの段差を乗越えていく
- ④ 覆工面に高さ3cm以上の補修工などがある場合、接触型の障害物回避センサが作動して空気圧をただちに抜き、MPAレーダを下降させて障害物を回避する

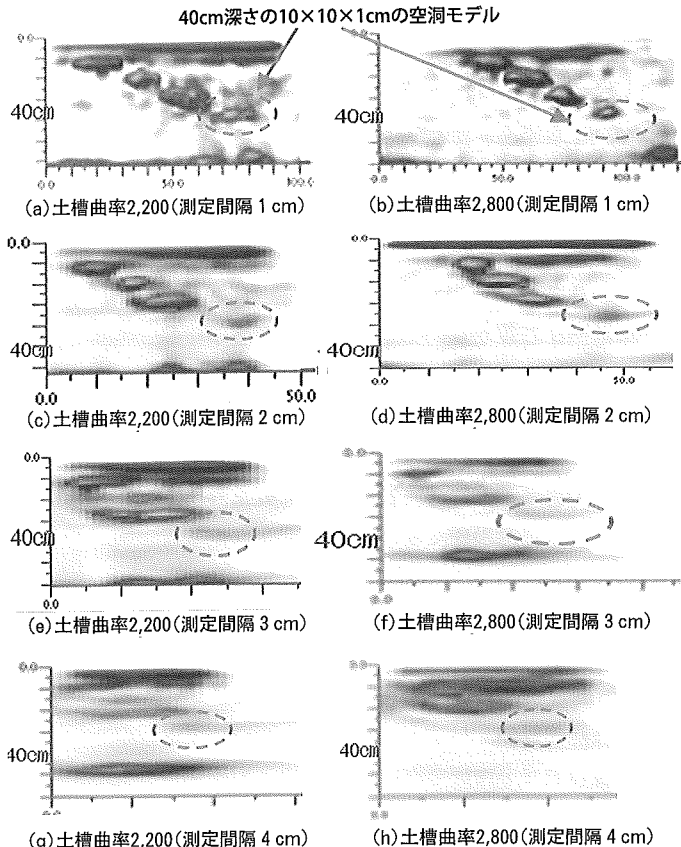


図-4 速度向上基礎試験結果(測定画像)

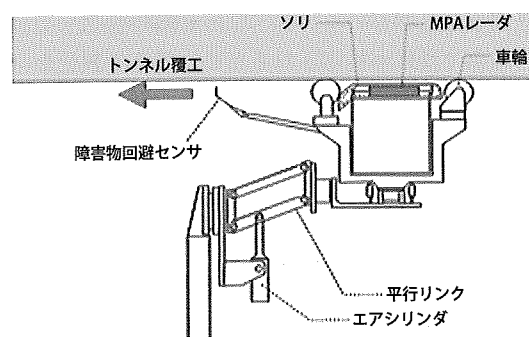


図-5 新幹線CLICの支持装置

4-2-2 支持装置の課題

平行リンク式はアームからレーダ部分までの支持間隔が長く、MPAレーダをトンネル覆工面に保持するために0.8MPaの大きな空気圧が必要である。この大きな空気圧のため柔軟性が小さく、7km/hに速度向上した場合はトンネル覆工への凹凸追従性が悪くなることが想定された。そのた

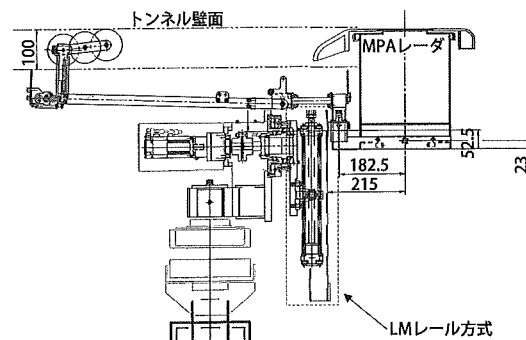


図-6 在来線CLIC支持装置

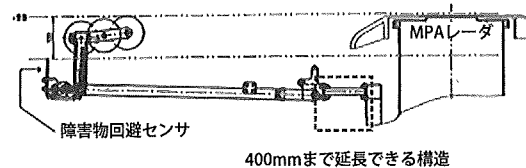


図-7 障害物回避センサ

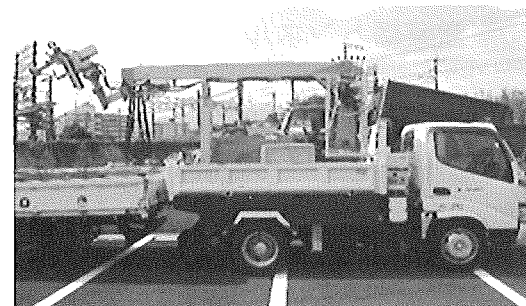


写真-4 軌陸ダンプに搭載した状態

め、より小さい空気圧で保持でき、動きに自由度がある支持装置の開発が必要となった。

また、接触型の障害物回避センサは、レーダ前方に設置したセンサ部分で障害物を検知してからMPAレーダを下降させて回避するため、余裕長が必要である。現行の回避センサとMPAレーダ間の距離は3.5km/hの計測速度を前提としているため、7km/hに向上させた場合は、より長くなる必要がある。

4-2-3 在来線CLIC用の支持装置試作

新幹線CLICの支持装置から考えられた課題を解決するために、在来線CLIC用に新たにMPAレーダ支持装置を開発した。

開発した支持装置は、平行リンク式からLMレール方式と呼ばれる方式に変更したことで、空気圧

を0.8MPaから0.6MPaに下げてMPAレーダを保持できるようになった。

また、エアシリンダの数を2個から1個に減らしたことにより30%の軽量化が図られた。MPAレーダ外周に固定されるソリは、障害物と直接接触する先端部の形状を改良し、50mm以上を乗越えるためにソリの傾斜高さを50mmから73mmに高くした。

障害物回避センサは新幹線CLICで用いているものと同等のものを使用し、試験用に最大400mmまで延長できる構造とした。図-6,7に試作した支持装置を示す。開発した支持装置は、3t軌陸ダンプの車両荷台に設置した油圧式ブーム装置の先端部に取付けた(写真-4)。

5 廃線トンネルでの実証試験

要素技術の開発ができたことから、試験車両を用いて廃線トンネル内において走行試験を実施した。

5-1 試験の目的

廃線トンネルにおける試験では、障害物乗越え性能について確認することを目的とした。具体的には、計測速度を7km/hに向上させた場合の①MPAレーダの覆工面追従性、②ソリの障害物乗越え能力、および、③障害物回避センサの回避能力を確認した。

5-2 試験概要

試験は、廃線トンネル内に全長約35mの仮設レールを敷設し、試験車両を載線させて実施した。①の覆工面の追従性については、エアシリンダの動きをレーダ式測距センサで計測して、速度による応答変化を確認し、覆工形状と比較することで検証した。②の障害物乗越え能力については、覆工面に障害物モデルを仮設して、MPAレーダを接触させて乗越えが可能であるか確認した。障害物モデルは高さ1~8cmのものを用意した。③の障害物回避センサについては、②と同様に覆工面に障害物モデルを仮設して、MPAレーダが回避可能か確認した。この場合の障害物モデルは、高さ10~15cmとした。

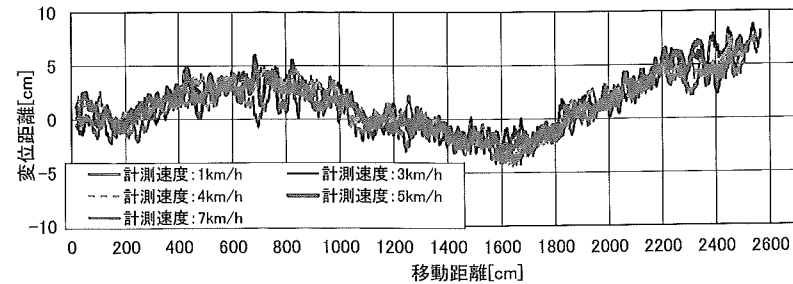


図-8 覆工面追従性試験結果

5-3 試験結果

5-3-1 トンネル覆工面追従性

MPAレーダのトンネル覆工面追従性を測定した結果を図-8に示す。

速度を変えて計測したが、いずれの速度であっても値が大きく変動している。これはトンネルの縦断方向の曲率が影響していると考えられた。そのため、レーダとトンネル覆工面の離隔変化のみを評価するために、1 km/hで測定した結果からそれぞれの計測速度の結果を差し引いて離隔変化を求めた。また、今回の試験では仮設レールのつなぎ目で継ぎ目落ちが顕著であったため、その特異な挙動が影響を及ぼさないように移動平均で評価し、その標準偏差を求めた(表-2)。これより、標準偏差は7 km/hであっても3 km/hと比較して5 mmしか変わらず、追従性には問題がないことが確認された。

5-3-2 障害物乗越え性能

障害物乗越え性能については、乗越え速度を1 km/h、3 km/h、5 km/h、7 km/hの4段階とし、障害物モデルは1 cm刻みで確認した。試験では、障害物モデルが高くなるにつれて、乗越え時の振動・衝撃が激しくなった。とくに顕著に現れたのが高さ7 cmからであり、7 cmでは速度が7 km/hのときに障害物モデルを破損し、高さ8 cmでは速度5 km/hでは乗越えたものの激しい振動・衝撃があったため、危険と判断して、7 km/hの試験は中止とした。その結果、今回開発したLMレール方式を採用した支持装置であれば、7 km/hの速度で高さ6 cmの障害物まで安全に乗越えることが確認できた。

表-2 覆工面追従性試験結果の標準偏差

測定速度	標準偏差
3 km/h	0.82cm
4 km/h	0.80cm
5 km/h	0.85cm
6 km/h	0.87cm

5-3-3 障害物回避性能

障害物回避性能については、乗越え性能と同様にモデルと速度を変化させて試験を実施した。その結果、速度が7 km/hでは高さ13 cmの障害物モデルを回避できず衝突してしまったが、目標とした高さ10 cmについては、十分に回避することができた。

6 営業線トンネルでの実証試験

廃線トンネル試験により、計測速度を7 km/hとしても安全に走行できることが確認できたことから、試験車両を用いて営業線のトンネルで測定試験を行った。

6-1 試験の目的

営業線トンネルで実施する試験は、計測速度7 km/hでの探査性能を確認することを目的とした。なお、今回の対象トンネルでは鋼製支保工を巻き込んだ内巻きコンクリート区間が存在することから、それらがレーダ画像にどのように捉えられるかも確認することとした。

6-2 試験概要

試験は計測速度の検証のため、新幹線CLICと同様の計測速度である3.5 km/hと、今回向上した7 km/hの2とおりで実施し比較することとした。

6-3 試験結果

計測は、覆工面の凹凸に追従し、7 km/hであっても問題なくスムーズに実施することが可能であった。計測データとしても欠測することなく取得することができた。計測後、後日実施した解析により、いくつかの反応が捕捉された。代表的なものを次に示す。

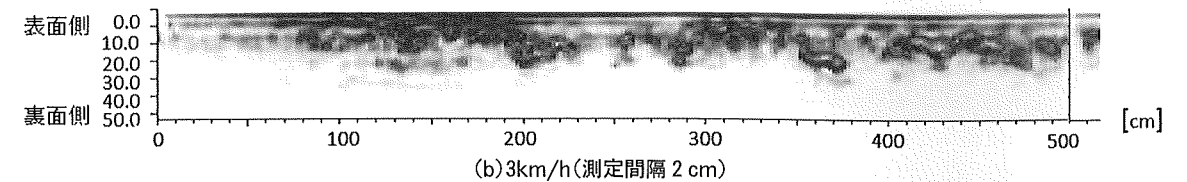
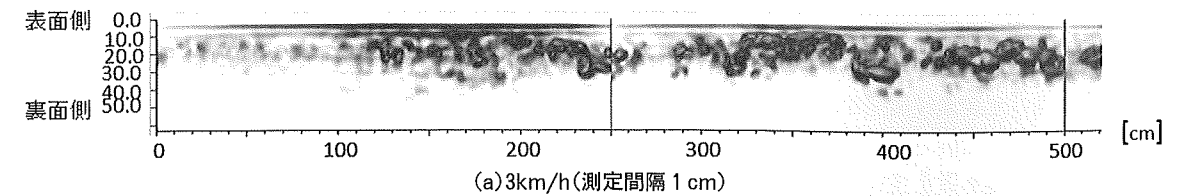


図-9 営業線トンネルでの計測結果(A箇所)

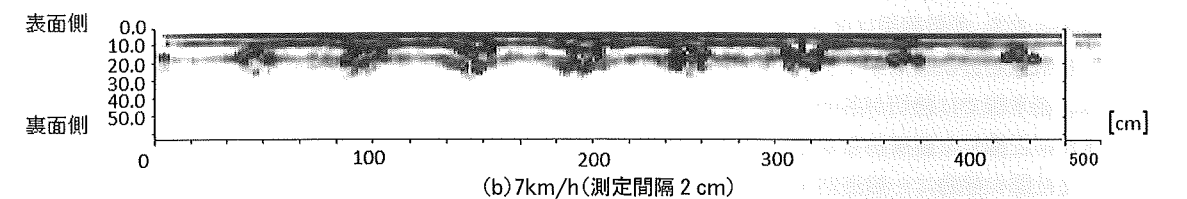
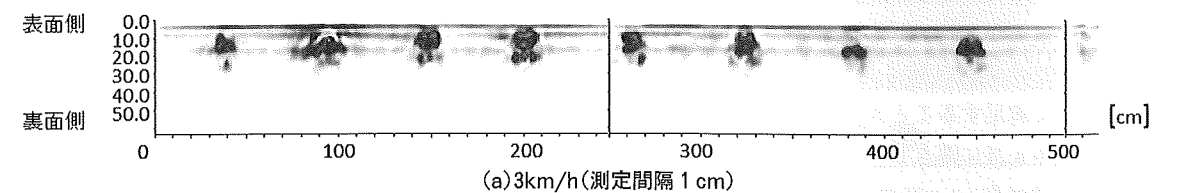


図-10 営業線トンネルでの計測結果(B箇所)

6-3-1 A箇所(クラウン付近)

図-9に示すように、10~40 cmの深さに明瞭な反応を補足しており、覆工内部のジャンカあるいは空洞の可能性が高いと思われる。

6-3-2 B箇所(クラウン付近)

この区間には鋼製支保工を巻き込んだ内巻きコンクリートが施工されており、内部の鋼製支保工がどのように反応するのか検証した。図-10に示すように、計測速度が7 km/hの反応は、3 km/hの反応と比べると反応形状が多少不明瞭になった。しかし探査性能の差異はほとんどなく、覆工表面から約30 cmに位置する鋼製支保工の反射は確実に捕捉できていることが確認できた。

6-4 反応箇所への対応

今回のMPAレーダの探査結果の検証のため、A箇所で検出された反応箇所に対して、ファイバー

スコープを用いた覆工内部調査を実施した。なお、比較のために反応箇所と無反応箇所の2か所について調査を実施した。

6-4-1 反応箇所調査

反応が認められた箇所を細径のドリルにより削孔調査した結果、覆工表面から10 cmの位置に空洞と木片が確認された。この変状などは、反応位置と一致していた。これにより、MPAレーダによる探査精度の高さが確認できた。なお、当該箇所については覆工に小規模な空洞が存在していることから、剝落防止工を計画的に施工することとした。

6-4-2 無反応箇所調査

反応がなかった箇所に対して削孔調査を実施した結果、覆工内部は健全であり、MPAレーダの測定画像と合致することを確認した。

6-5 まとめ

在来線CLICの開発に向けて課題を設定し、その解決に向けて要素技術開発、廃線トンネル試験、営業線トンネル試験での実証試験を終え、課題として挙げていた2点について、問題ないことが確認できた。

計測速度7 km/hと3 km/hとを比較評価すると、一部ではレーダ反射の形状が不明確になるが、変状の有無や位置などの検知性能は同等であることを確認した。

7 在来線CLICの導入

基礎試験から廃線トンネル試験、そして実トンネルにおける実証試験を通して、在来線CLICの開発目標を満足することができたため、車両を製作、2013年4月に導入した。導入した車両の概要を以下に述べる。

車両タイプは、新幹線用は保守用車タイプであったが、在来線用は軌陸車タイプとした(写真-5)。

これは、在来線では踏切が各所にあり、計測対象トンネルに近接した箇所からの搬入が可能であること、支社間の移動に一般道路を使用でき機動性が高いことから選定した。軌道走行時の走行装置は、定低速走行が可能な油圧駆動とし、最高速度は、回送時は30 km/h、計測時は7 km/hとした。

MPAレーダは2基搭載し、1機あたりの計測幅は1 mで、探査深度は新幹線CLICと同様に覆工表面から約40 cmである。計測測線数は、トンネル覆工面を単線は8分割(複線は新幹線と同様に14分割)とした。計測作業は1方向で実施するため、2基のレーダで8測線を計測するために4往復(複線は4往復×上下線=8往復)することとした。測線あたりの計測速度は最大で7 km/hであるが、全測線を計測するためには、単線トンネルでは4往復すること、また下げ束などの電気設備や支障物を回避する時間が必要なことから、トンネル延長あたりの計測速度は、単線断面で80 m/hを目標としている。

計測システムは新幹線CLICと同様であるが、軌陸車であり計測室を設けることができないため、



写真-5 在来線CLIC外観(軌陸車タイプ)

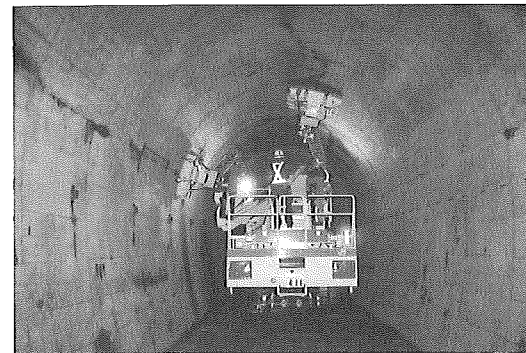


写真-6 在来線CLIC計測状況

助手席にノートPCを持ち込み、計測操作を実施することとした。

2013年9月末時点で、12トンネルの計測を実施しており、順調に計測作業を進めている(写真-6)。一方で、取得データの解析作業を鋭意進めているところである。

8 おわりに

今回開発した在来線CLICは、新幹線CLICの技術を最大限活用し、在来線トンネルの計測に必要な新たな技術を取り込んだ。

2013年4月に導入した在来線CLICは、営業線での計測を始め、トンネル延長あたり約90 m/hで計測することができ、設計上の速度である80 m/hを満足することができた。

今後は解析結果を用いて、より精度の高いトンネルの健全性診断を行い安全性を高めていくとともに、在来線トンネル特別検査における打音作業などの軽減に寄与させていく。

研究

曲面切羽と全断面早期閉合の適用性に関する実証的研究

中日本高速道路(株)東京支社南アルプス工事事務所副所長 佐藤 淳
 中日本高速道路(株)東京支社南アルプス工事事務所工事長 田丸 浩行
 清水建設(株)土木技術本部地下空間統括部担当部長 楠本 太
 首都大学東京大学院都市環境学部教授 西村 和夫

1 はじめに

地山強度比が1を下まわる低強度地山や押し出し性地山では、補助工法を併用する標準施工は過大変位が発生しやすく、縫返しを余儀なくされるなどトンネルの力学的安定確保は困難な場合が多い。このような地山では、上半切羽から1D(D:掘削幅)以内で早期閉合して、これの内圧力 P_i (耐荷力)で土圧 P_o を保持する全断面早期閉合は、もっとも有効な安定化方法と考えられている¹⁾。

本稿は、地山強度比が0.1を下まわる強風化泥岩が確認されている押し出し性地山のトンネル施工において、曲面切羽による全断面早期閉合を計画、実施して、この方法の有効性と力学的挙動特性を確認し、また新たな課題が顕在化したので、その知見を報告する。

2 工事の特徴

中部横断自動車道八之尻トンネルは、増穂ICと六郷IC間に位置し、トンネル延長2,469 mの2車線トンネルである。トンネル掘削は、下り線を北側坑口から南側に向けて、330 kW軟岩トンネル掘進機による全断面機械掘削で施工中である。トンネル中央付近の測点STA.438+88.6から以奥に、地山強度比が1.0を下まわる脆弱な強風化泥岩が出現し、全断面早期閉合を余儀なくされている。

トンネル中央付近の強風化泥岩の一軸圧縮強度は $q_u=0.26 \text{ N/mm}^2$ 、単位体積重量は $\gamma=21.6 \text{ kN/m}^3$ である。

ここでの土かぶり高は $h=155 \text{ m}$ であり、地山強度比が0.1を下まわる押し出し性地山である。

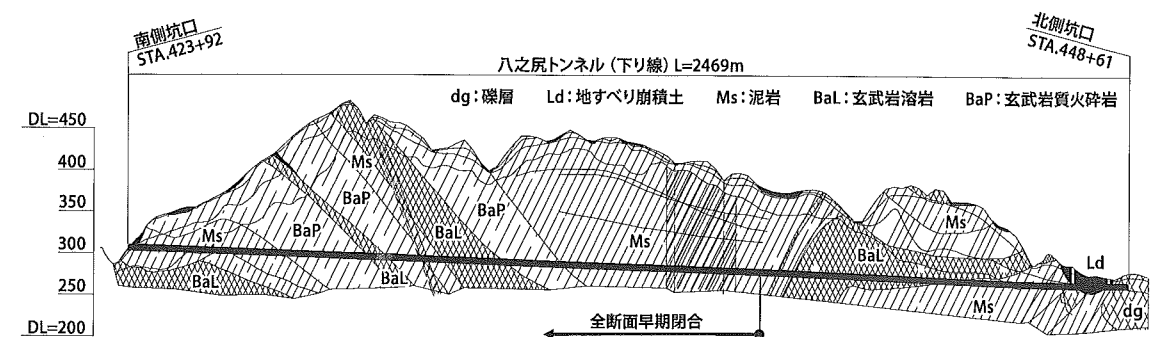


図-1 地質縦断面図

3 トンネルの設計・施工方針

押し出し性地山を考慮し、以下の設計・施工方針とした。

- 地山強度比 $c_t (=q_a/\gamma h)$ から吹付けコンクリート作用土圧 P_a を推定し、厚肉円筒理論を用いて必要支保耐荷力の内圧力 P_i を算定、これを参考にして早期閉合トンネルを設計する。
- 施工は330kW軟岩トンネル掘削機による全断面早期閉合とする。
- 早期閉合距離は $L_i = 6$ m を基本とし、初期変位速度 ($d\delta/dt$) に応じて $L_i = 3$ m や切羽閉合を選択する。
- 安定形状の曲面切羽を採用し、必要に応じて鏡ボルトを検討する。肌落ち、剥落に対する切羽作業の安全確保から、 $t = 5$ cm の鏡吹付けを採用する。
- 掘削補助工は、岩盤固結の注入式長尺先受け工を基本とする。
- 初期変位速度、吹付けコンクリート応力 (σ_{ck}) と鋼アーチ支保工応力などをトンネル安定性評価の指標とし、次施工を判断する。

4 早期閉合トンネル設計

4-1 作用土圧の想定

強風化泥岩の地山強度比は、岩石試験値などを参考にして、地山等級DIIは0.5~1.0、地山等級Eは0.1~0.3を想定した。この地山強度比に対する吹付けコンクリート作用土圧 P_a (N/mm^2) の土かぶり相当高 H (m) は、既往の研究²⁾で示されている早期閉合トンネル施工事例における地山強度比と換算土圧の土かぶり相当高の関係(図-2)から、地山等級DIIは地山強度比=0.5として $H=40$ m 相当、地山等級Eは地山強度比=0.3~0.1として $H=60$ ~ 80 m 相当の土圧を想定した。

4-2 必要支保耐荷力

吹付けコンクリート作用土圧の土かぶり相当高を $H=40, 60, 80$ m として、支保厚(吹付け厚 t) と吹付けコンクリートに発生する軸応力(設計基準強度 f'_{ck}) の関係を厚肉円筒理論³⁾を用いて求める

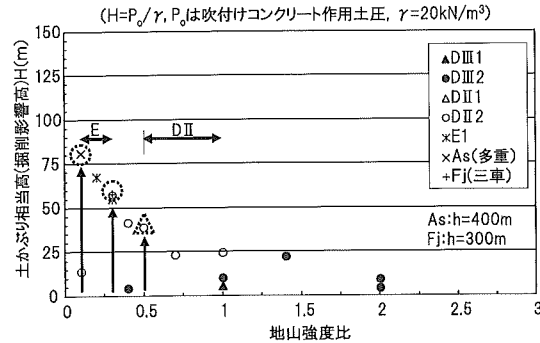


図-2 地山強度比と土かぶり相当高 H

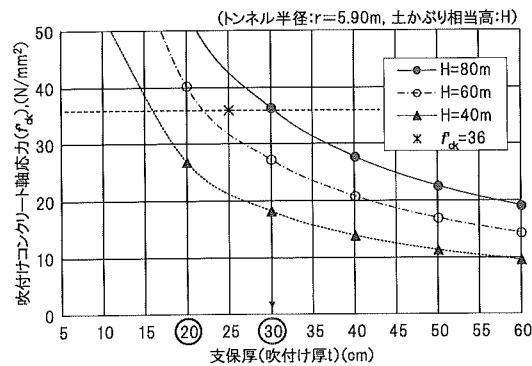


図-3 支保厚と吹付けコンクリート軸応力

と、図-3のようになる。

$f'_{ck}=36N/mm^2$ とする吹付けコンクリートを採用すると、土かぶり高 $H=60$ m 相当の土圧を保持するのに、吹付けコンクリート厚は $t=25$ cm 以上が必要となる。 $H=40$ m 相当の土圧では $t=20$ cm 以上となる。

4-3 早期閉合トンネル構造仕様

軸力部材の吹付けコンクリート仕様は、必要支保耐荷力を参考にして定める。曲げ部材の鋼アーチ支保工は、吹付けコンクリートによるリング構造が形成できるまでの間の再配分土圧の保持に有効に機能するので、吹付けコンクリート厚との組合せで定める(表-1、図-4)。

早期閉合構造部材はトンネル支保構造部材仕様と同様とする。変形余裕量は、初期変位速度との対応で早期閉合距離 L_i を短縮させ、トンネルの力学的安定を確保し、過大变位の発生を抑制する計画であるので、地山等級DIIは0 cm、地山等級Eは10cmとした。

表-1 早期閉合トンネル構造諸元

早期閉合パターン	DIIc1	DIIc2	Ec1	
最大土かぶり高 h (m)	145	100	155	
想定地山強度比 c_t	0.5~1.0	1.0~2.0	0.1~0.3	
土圧の土かぶり相当高 H (m)	40	20	80~60	
一掘進長 (m)	1.00	1.00	1.00	
変形余裕量 (cm)	0	0	10	
支保構造	吹付け厚 (cm)	20	15	30
	圧縮強度 (28日)	36N/mm ²		
	鋼アーチ支保工サイズ	NH-150	NH-125	NH-200
	ロックボルト	$L=4$ m, 170kN (16本, 8本)		
早期閉合構造	早期閉合部材	上・下半と同様		
	構造半径比 (r_3/r_1)	2.0	2.0	1.5
早期閉合距離 L_i	6 m			
覆工厚	30cm			

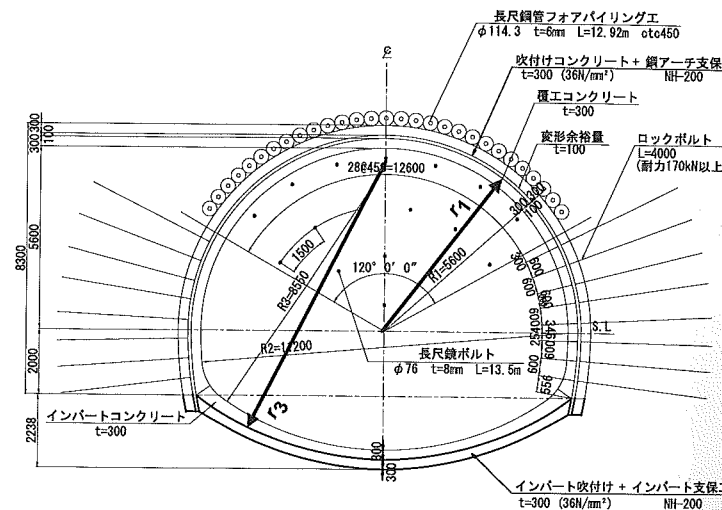


図-4 早期閉合トンネル概要 (Ec1)

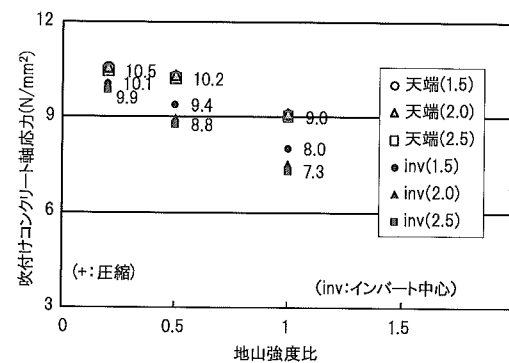


図-5 吹付けコンクリート軸応力(解析値)

4-4 早期閉合構造半径 r_3

2次元弾塑性FEMトンネル掘削解析により、早期閉合構造部材に発生する吹付けコンクリート軸応力と鋼アーチ支保工縁応力を予測した⁴⁾。全断面早期閉合のトンネル掘削解析とし、吹付けコンクリートは軸力部材、鋼アーチ支保工は曲げ部材としてモデル化した。

早期閉合構造半径比の r_3/r_1 (r_1 : トンネル支保構造半径) = 2.5, 2.0, 1.5 と地山強度比 $c_t = 0.2, 0.5, 1.0, 2.0$ をパラメータとする12ケースの数値シミュレーションを実施した。この解析結果から、以下のことが推察された。

- 吹付けコンクリート軸応力は、地山強度比が小さくなるにつれ大きくなる。地山強度比が0.2では、 r_3/r_1 の違いによる有意な差はない(図-5)。

- 鋼インバート支保工縁応力は、地山強度比が小さくなると、地山側(in)と内空側(out)の縁応力差は大きくなり、曲げ応力が卓越する曲げ構造になる(図-6)。

これらから、 $c_t=0.2$ は鋼インバート支保工縁応力差が小さく、軸力部材として機能することが見込める $r_3/r_1=1.5$ を、同様の考え方で $c_t > 0.5$ は $r_3/r_1=2.0$ を採用し、早期閉合構造を軸力構造に近づけることとした。

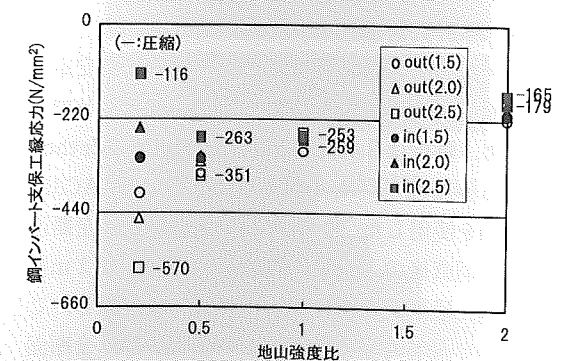


図-6 鋼インバート支保工縁応力(解析値)

5 早期閉合トンネルの施工方法

5-1 全断面早期閉合

全断面早期閉合⁹⁾は、全断面掘削と早期閉合の3m進行ごとの交互施工である(図-7, 写真-1)。早期閉合距離は $L_f = 6m$ を基本とする。早期閉合施工単位は、施工性と施工速度を考慮し、 $L_c = 3m$ とする。早期閉合の施工ステップは、1掘進長を1.0mとして、全断面で①, ②, ③の3mを施工する。その後、インバート④, ⑤, ⑥を1度に3m掘削・整形、鋼インバート支保工3基設置、吹付けコンクリートで3間の3m吹付け、掘削ずりでインバート部3mの仮埋戻しを行い、全断面早期閉合の1サイクルを終える。

5-2 曲面切羽

切羽は、不安定で剥落しやすい岩塊、岩盤ブロックなどは取り除き、曲面形状に仕上げ、鏡の自立性を高めた安定形状の曲面切羽⁹⁾を採用することとした。

この曲面切羽は、曲面と直平面で形成され、鏡の前面は直平面とする(図-7)。鏡掘込み長 L_s の目標は、1掘進長 L の2倍に支保工建込み余裕の0.3mを加えた $L_s = 2L$ を基本とした。

曲面形状の円中心は、トンネル中心縦断において、主働崩壊線と直平面の交点位置を通り、下半盤に平行する直線上に設けている。

5-3 解析的評価

$L_f = 6m$ とする早期閉合パターンEc1の安定性と曲面切羽の安定性を数値シミュレーションで予測した。解析は3次元Finite Difference Methodによる弾塑性トンネル掘削解析とし、FLAC3D-ver.3.0を使用した。トンネル支保部材は、全断面掘削切羽直後の1m間に考慮し、全断面で1m掘削する。早期閉合部材は $L_c = 3m$ 間に考慮し、この状態で掘削荷重を載荷している(図-8)。全断面掘削と早期閉合は3m進行ごとの交互施工とし、

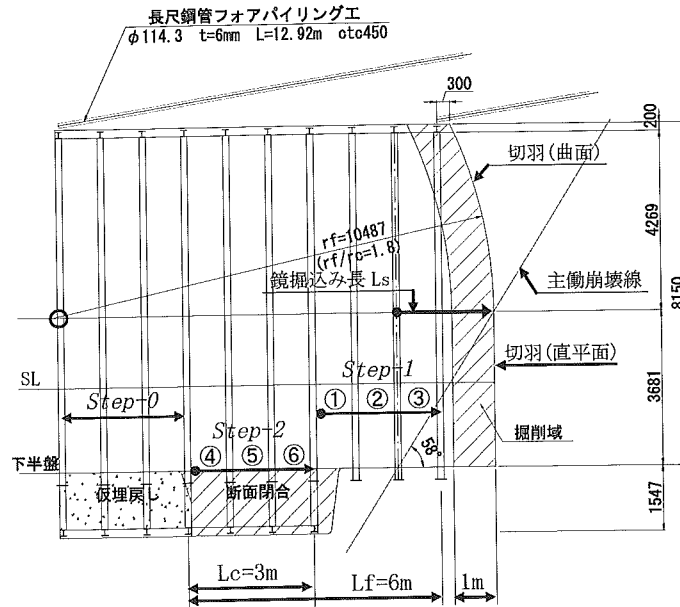


図-7 早期閉合ステップと曲面切羽形状

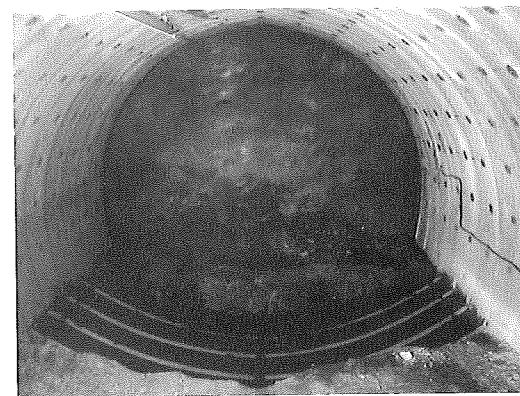


写真-1 全断面早期閉合状況(DIIc1, $L_f = 6m$, $L_c = 3m$)

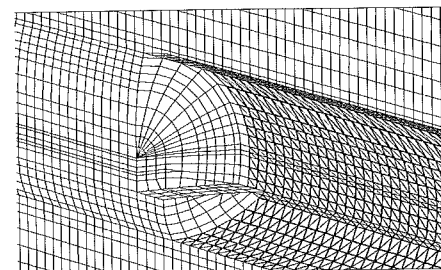


図-8 早期閉合ステップ($L_f = 6m$)

これを33回くり返し、進行方向100mを掘削する解析である。

5-3-1 曲面切羽の安定性

$L_f = 9m$ とし、全断面掘削の直平面切羽と曲面

切羽、補助ベンチ付き全断面掘削の3ケースの比較解析である⁹⁾。解析結果から以下のことが予想される。

- 天端沈下は、曲面切羽がもっとも小さい。補助ベンチ付きと直平面切羽は同程度である(図-9)。
- 一掘進時の切羽鏡面トンネル中心縦断のトンネル軸方向変位増分 $\Delta\delta_y$ は、直平面切羽がもっとも大きい。曲面切羽と補助ベンチ付きのSL+2mより上側の $\Delta\delta_y$ は、同等レベルである。この下側は、補助ベンチ付きでは補助ベンチの切羽鏡の押さえ効果が現れている(図-10)。
- SLレベルの切羽前方7~11m間に、最大主応力値が $3.5 \sim 4.0N/mm^2$ の圧縮ゾーンが形成されている(図-11)。
- 切羽鏡面の前方2mの範囲内には、全断面掘削は $0.5 \sim 1.0N/mm^2$ の明確な球形状の最大主応力場を形成する。地山の一軸圧縮強度が $0.5N/mm^2$ を下まわる低強度地山では、このゾーン

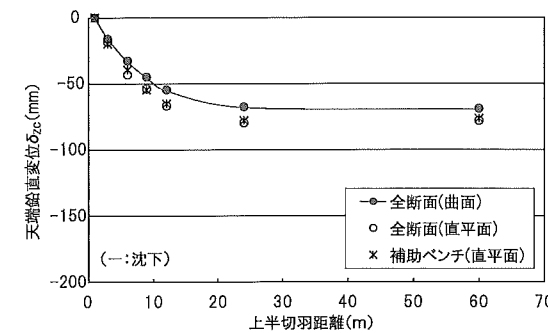


図-9 天端変位

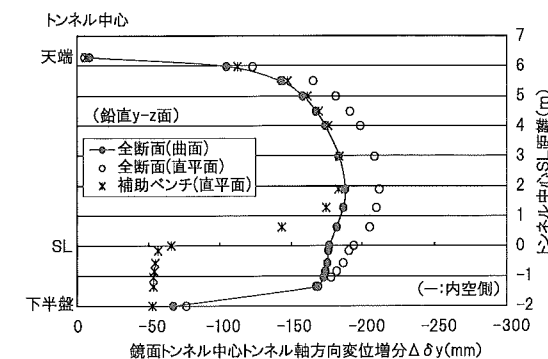


図-10 一掘進時トンネル軸方向変位増分 $\Delta\delta_y$

は不安定になりやすく、剥落しやすい(図-11)。曲面切羽は、既施工支保工の下半盤位置から切羽前方上向き60度の主働崩壊線の上側に、15~17.5%の最大せん断ひずみが分布し、剥落しやすい。直平面切羽では、これが鏡全面に現れ、鏡の安定性は曲面切羽より劣っている(図-12)。

5-3-2 早期閉合距離 L_f の短縮効果

曲面切羽を併用する全断面早期閉合のトンネル掘削解析で、早期閉合施工単位は $L_c = 3m$ 、早期閉合距離を $L_f = 6m$ と $9m$ とする2ケースの比較解析である⁹⁾。解析結果から、以下のことが予想される。

- 地山変位は、早期閉合距離 L_f を短くすると抑

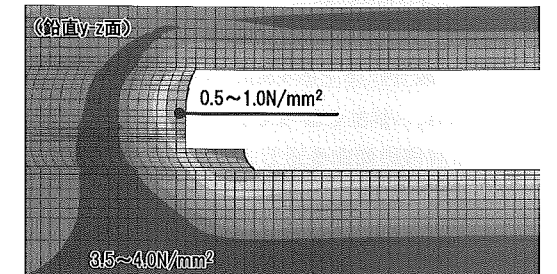


図-11 最大主応力分布(曲面切羽)

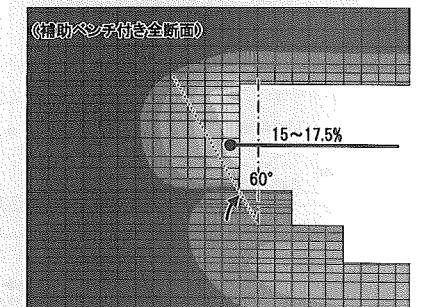
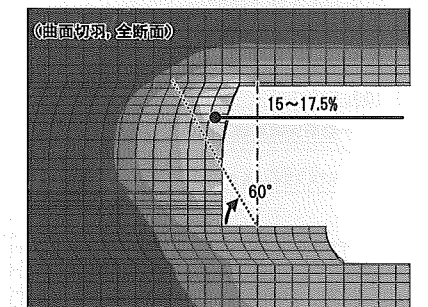


図-12 最大せん断ひずみ分布

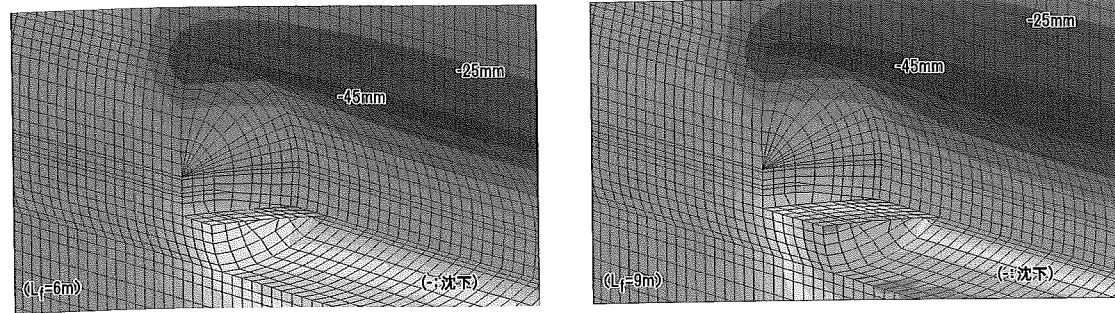


図-13 切羽周辺地山の鉛直方向変位

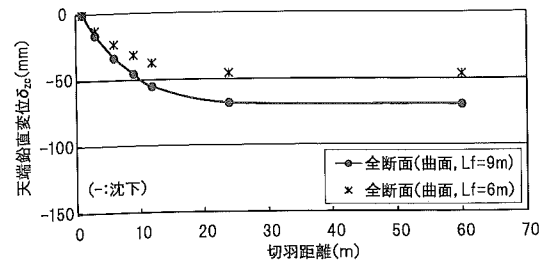


図-14 トンネル変位(天端沈下)

制され、小さくなっている(図-13)。天端沈下も同様の傾向を示し、トンネルの安定性は高まる(図-14)。

トンネル中心における一掘進時切羽鏡面トンネル軸方向変位増分 $\Delta\delta_y$ の変形モードは、早期閉合距離の違いによる有意な差はない。L_f=6mの $\Delta\delta_y$ は、SL+2m上方位置でL_f=9mの約80%に抑制され、鏡の安定性は高まる(図-15)。

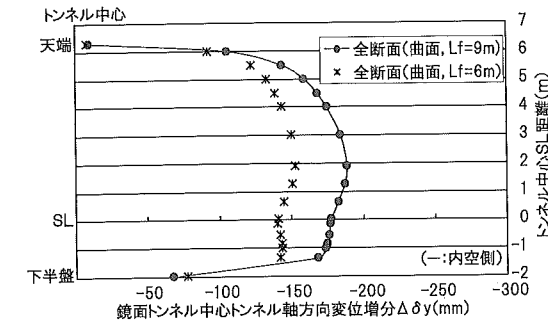


図-15 一掘進時トンネル軸方向変位増分 $\Delta\delta_y$

6 計測工概要

2013年10月現在、トンネル中央付近の強風化泥岩を施工中であるが、本稿では、早期閉合パターンDIIcとEc1の延長約340mを分析対象としている(図-16)。測定データは、切羽位置をSTA.434+82(Ec1 終端から約70m前方)とする時点のものである。

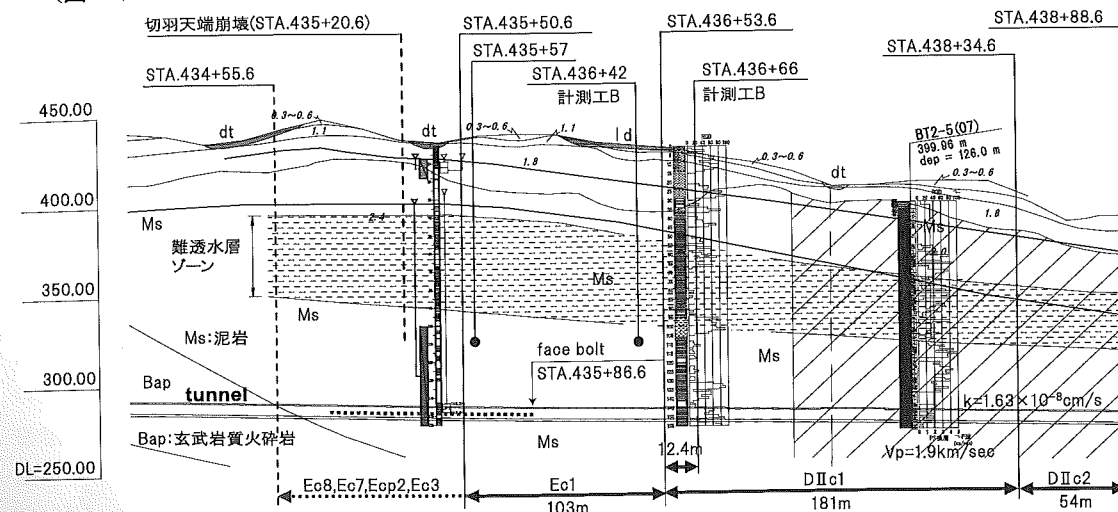


図-16 早期閉合パターン実施状況と計測工B断面位置

計測工A断面は、トンネル進行方向10m間隔に設けている。トンネル変位は、3次元自動測量計測システムを用いて、6~12時間ごとに自動測定している(図-17)。早期閉合パターンDIIc1の計

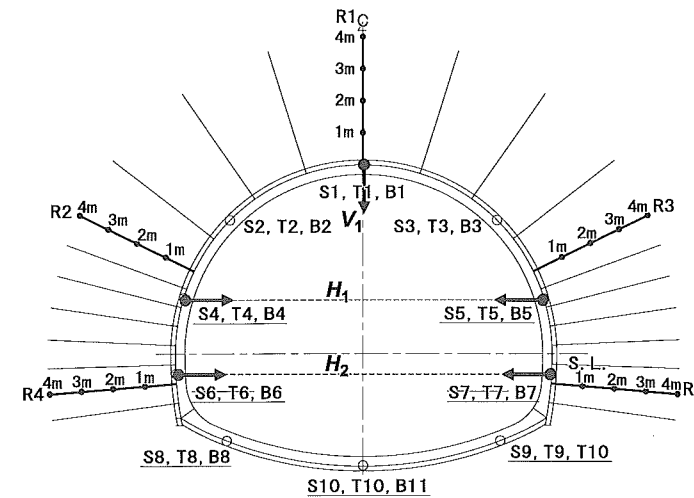
測工B断面はSTA.436+66に設け、Ec1の鏡ボルトなしはSTA.436+42、鏡ボルトありはSTA.435+57に設け、1時間ごとの自動測定を行った。

7 早期閉合トンネル変形挙動

7-1 トンネル変位

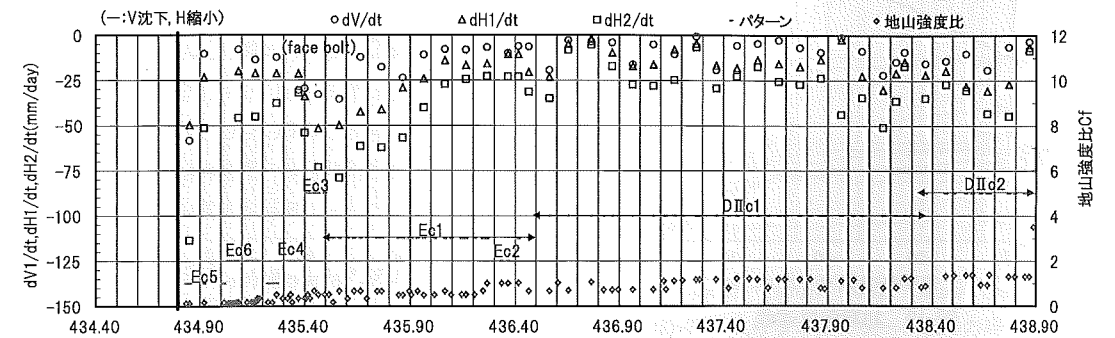
計測断面におけるトンネル変位(天端沈下V₁、上半内空変位H₁と下半H₂)と初期変位速度(初期天端沈下速度dV₁/dt、初期上半内空変位速度dH₁/dtと下半dH₂/dt)を、支保工変状箇所、地山強度比、切羽評価点とともに、図-18に示す。図中のハッチ部は、曲面切羽に鏡ボルトを併用したEc鏡ボルトあり区間である。

DIIc区間の地山強度比は0.7~1.2、Ec1区間は0.2~0.5となっている。地山物性分布状況から、同一地山等級内

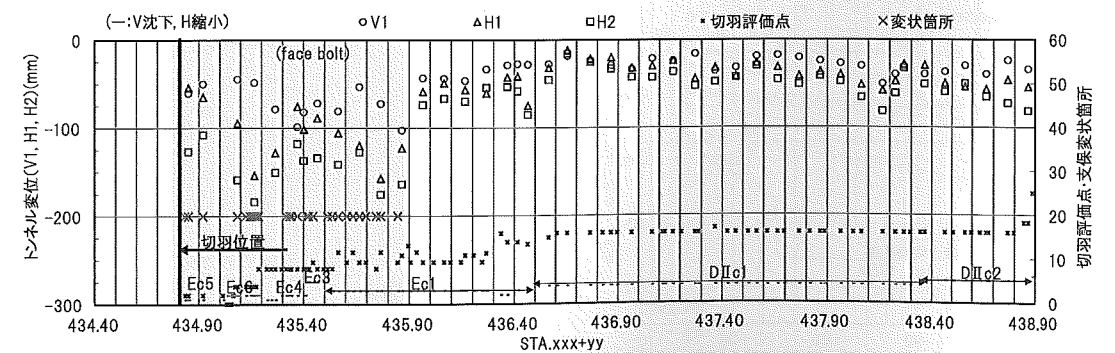


V:天端沈下, H1:上半内空変位, H2:下半内空変位 (矢印方向が負)
S:鋼アーチ支保工応力, T:吹付けコンクリート応力, R:ロックボルト軸力, B:背面土圧

図-17 計測工測点配置



(1) 初期変位速度



(2) 天端沈下と内空変位

図-18 トンネル変位

の地山性状はばらつくが、同様のものが継続すると推察された。Ec1鏡ボルトあり区間の初期変位速度とトンネル変位は、未収束ではあるが、Ec1鏡ボルトなし区間に比べて、顕著な増加傾向にあることが判明した。

7-2 DIIc, Ec1鏡ボルトなし区間挙動特性
計測工Aデータから、以下のことがわかる。

- DIIc1の初期天端沈下速度 dV_1/dt は -25mm/day 以下、初期下半内空変位速度 dH_2/dt は -50mm/day 以下で、比例関係にある(図-19)。DIIc1の天端沈下 V_1 は、初期天端沈下速度 dV_1/dt の約3倍以下である。下半内空変位 H_2 は初期変位速度 dH_2/dt の約2倍以下である(図-19, 図-20)。
- Ec1の鏡ボルトなし dV_1/dt は -10mm/day 以下、

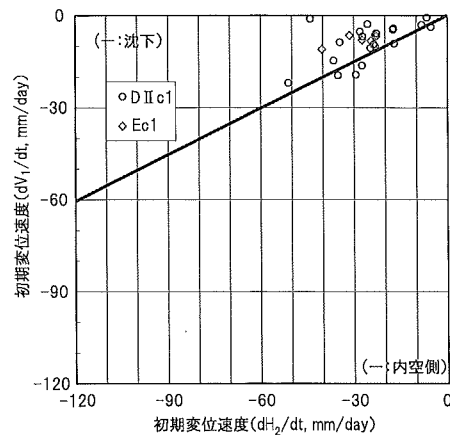


図-19 初期変位速度

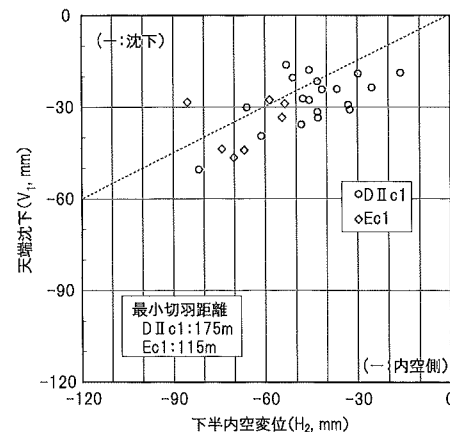


図-20 トンネル変位

dH_2/dt は -40mm/day 以下に抑制され、明確な比例関係はない。下半内空変 H_2 は初期変位速度 dH_2/dt の約2倍以下であり、DIIc1と同様である(図-19, 20)。

以上から、早期閉合距離を $L_i=6\text{m}$ とするDIIc1, Ec1鏡ボルトなし早期閉合トンネルの下半内空変位 H_2 は、初期変位速度 dH_2/dt の約2倍以下となり、初期変位速度からトンネル変位が推定できることが示された。

7-3 Ec1鏡ボルト影響

Ec1区間の計測工Aデータから、以下のことがわかる。

- Ec1鏡ボルトあり初期天端沈下速度 dV_1/dt は -10mm/day を超える。 dH_2/dt は -55mm/day を超え、比例関係を有する(図-21)。

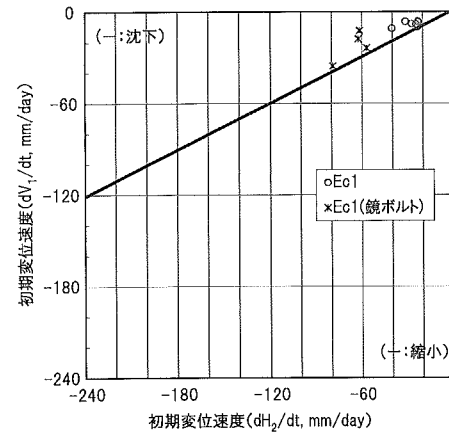


図-21 初期変位速度(Ec1)

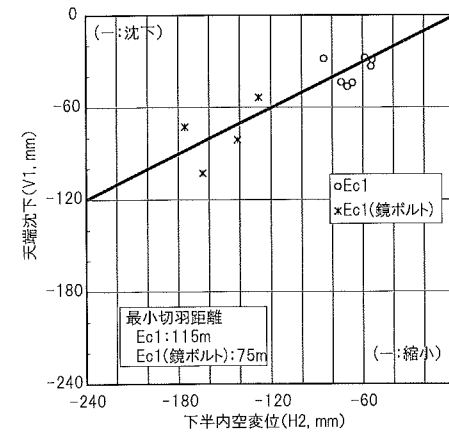


図-22 トンネル変位(Ec1)

- Ec1鏡ボルトあり天端沈下 V_1 、下半内空変位 H_2 は、鏡ボルトなしの約2倍以上多く発生し、支保部材は変状するようになり、地山性状は大差ないのに鏡ボルトの併用によりトンネルの安定性は大きく低下した(図-18, 22)。

以上から、Ec1鏡ボルトありの $L_i=6\text{m}$ とする全断面早期閉合では、 dH_2/dt が -55mm/day を超え、吹付けコンクリートが損傷を受けるようになり、これによるリング構造形成は困難であることが判明した。

7-4 早期閉合トンネルの変形余裕

$L_i=6\text{m}$ のDIIc1はトンネルの安定が確保できた。 $L_i=6\text{m}$ のEc1鏡ボルトなしは、天端沈下 V_1 は -50mm 以下、下半内空変位 H_2 は -90mm 以下でリング構造が形成され、変形余裕量の範囲内でトンネルの安定が確保できた(図-20)。 $L_i=6\text{m}$ のEc1鏡ボルトあり区間では、天端沈下 V_1 は -50mm 、下半内空変位 H_2 は -120mm を超えるようになり、支保構造部材に変状が発生、早期閉合トンネルは不安定となった(図-22)。

これらのことから、押し出し性地山における健全なリング構造形成には、初期変位速度の dV_1/dt が -20mm/day 以下、 dH_2/dt が -50mm/day 以下に抑制できるよう L_i の短縮、切羽閉合や高剛性支保工の選択などの必要性が示唆された(図-19)。

8 早期閉合トンネルの安定性

8-1 曲面切羽の安定性

地山等級DIIでは、鏡掘込み長を $L_s=2L$ とす



写真-2 曲面切羽鏡面崩落(鏡ボルトなし)

る目標どおりの曲面切羽による施工が可能であった。地山等級Eでは、解析で予測された主働崩壊線の上側の低強度部で、切羽前方に最大2mの崩落が生じた(写真-2)。このため、STA.435+86.6以奥は切羽作業の安全確保から、鏡吹付けに鏡ボルトを併用した。

8-2 DIIcパターンの安定性

計測工Bデータから、以下のことがわかる。

- 吹付けコンクリート軸応力の最大値は天端部に発生し、圧縮強度の55%の 20N/mm^2 の圧縮である(図-23)。
- 鋼アーチ支保工縁応力は、降伏強度の 245N/mm^2 を超え、切羽が5D進行しても増加傾向にある。しかしながら、鋼アーチ支保工の変形は、吹付けコンクリートで拘束されているので変状はなく、支保構造部材の安定性は保た

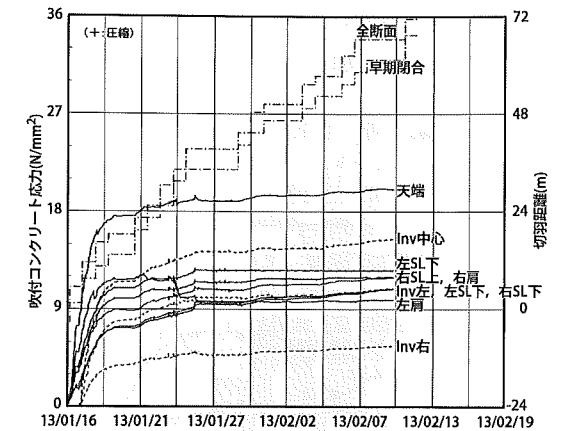


図-23 吹付けコンクリート軸応力経時変化

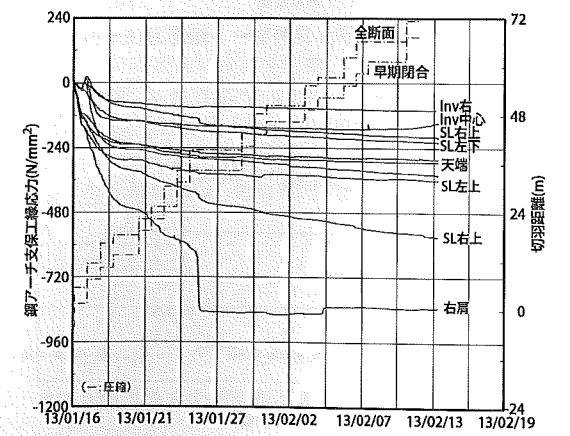


図-24 鋼アーチ支保工縁応力(内空側)経時変化

れている(図-24)。

- 吹付けコンクリート作用土圧の土かぶり相当高 H は、吹付けコンクリート1mあたり断面積を $A_c(m^2)$ 、吹付けコンクリート軸応力を $\sigma_c(kN/m^2)$ とすると、 $H=A_c\sigma_c/r_1/\gamma=0.2 \times 20,000/5.9/20=34m$ となり、想定土かぶり相当高の $H=40m$ と同等レベルである。地山強度比から吹付けコンクリート作用土圧を推定する方法の有効性が示された(図-2)。

8-3 Ec1パターンの安定性

Ec1鏡ボルトなしの計測工B断面はSTA.436+42で、切羽距離は160.4mである。Ec1鏡ボルトありはSTA.435+57mで、切羽距離は約76mで未収束である。計測工Bデータから、以下のことがわかる。

- 吹付けコンクリート軸応力の最大値は、鏡ボルトなし区間の天端部に発生し、 $25N/mm^2$ の圧縮である。鏡ボルトあり区間では、吹付け

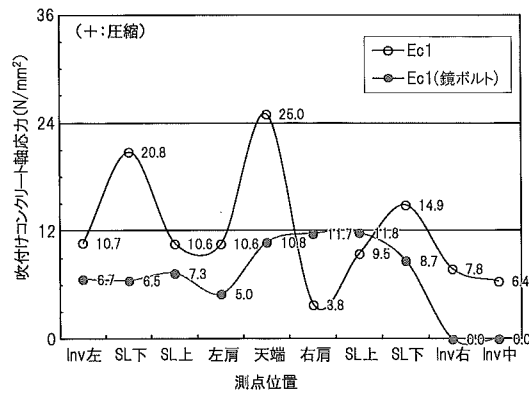


図-25 吹付けコンクリート軸応力(Ec1)

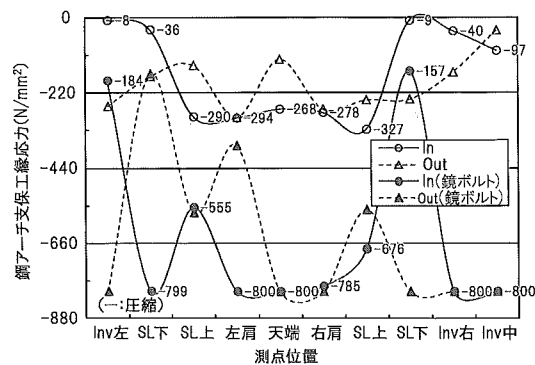


図-26 鋼アーチ支保工縁応力(Ec1)

コンクリートは損傷を受けており、 $12N/mm^2$ の圧縮である(図-18(2), 図-25)。

- 鏡ボルトなし区間の鋼アーチ支保工縁応力は、降伏強度レベルの曲げ圧縮が発生し、トンネルの安定は保たれている。鏡ボルトあり区間では、鋼アーチ支保工は曲げ応力が卓越し、支配的である(図-26)。

以上から、鏡ボルトなし区間では、吹付けコンクリートによる健全なリング構造が形成され、トンネルの安定は確保できている。吹付けコンクリート作用土圧の土かぶり相当高は、 $H=A_c\sigma_c/r_1/\gamma=0.3 \times 25,000/5.9/20=64m$ となり、想定土かぶり相当高の $H=60\sim 80m$ と同等レベルである。地山強度比から吹付けコンクリート作用土圧を推定する方法の有効性が示された(図-2)。一方、鏡ボルトあり区間では、吹付けコンクリートにクラックが発生した。これにより、健全なリング構造形成は困難となった。土かぶり30m相当の耐力であった(図-25)。

9 まとめ

地山強度比をパラメータとする早期閉合トンネルを設計し、安定形状の曲面切羽による $L_s=6m$ とする全断面早期閉合で施工した。この方法の採用により、施工性、作業安全性が向上し、計画どおりのトンネルの力学的安定が確保でき、施工を確実にできた。これにより得られた知見は、以下のとおりである。

- 地山等級DIIの地山強度比は0.7~1.2で分布し、初期変位速度の dV_1/dt は $-25mm/day$ 以下、 dH_2/dt は $-50mm/day$ 以下に抑制できた。地山等級Ec1の地山強度比は0.2~0.5で分布し、Ec1鏡ボルトなし区間の dV_1/dt は $-10mm/day$ 以下、 dH_2/dt は $-40mm/day$ 以下に抑制できた。 $L_r=6m$ とする早期閉合は変形余裕量の範囲内でトンネルの安定が確保できた。 H_2 は dH_2/dt の約2倍以下となり、初期変位速度からトンネル変位が推定できることが示された。
- Ec1鏡ボルトあり区間の $L_s=6m$ とする早

10 おわりに

現在、強風化泥岩の掘削を数十m残し、早期閉合距離を $L_r=3m$ とする曲面切羽による高耐力高剛性支保パターンを全断面早期閉合で施工中である。また、掘削補助工の鏡ボルトを併用したEc区間において縫返しを余儀なくされており、その結果などは別の機会に報告する予定である。

最後に、曲面切羽による全断面早期閉合の計画、実施にあたり、今田徹先生をはじめ関係各位にご指導、ご助言をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 中野清人・小川澄・楠本太・樽井稔：早期閉合トンネルの現状と挙動特性，トンネル工学報告集，Vol. 20，pp.151-162，2010。
- 西村和夫・城間博通・楠本太：早期閉合トンネル力学パラメータに関する考察，第66回土木学会年次学術講演会，VI部門，2011。
- 楠本太・恩田雅也・上岡真也：押し出し性地山における大断面トンネルの力学パラメータに関する考察，第60回土木学会年次学術講演会，第III部門，2005。
- 佐藤淳・東楽・楠本太：早期閉合トンネル周辺地山の挙動特性に関する考察，第67回土木学会年次学術講演会，第VI部門，2012。
- 佐藤淳・楠本太・西村和夫：切羽形状と掘削工法がトンネルの安定性に及ぼす影響，第13回岩の力学国内シンポジウム，2013。
- 佐藤淳・細野泰生・楠本太：DII地山における切羽の安定形状，第67回土木学会年次学術講演会，第VI部門，2012。
- 佐藤淳・細野泰生・楠本太：切羽形状が早期閉合トンネルの安定性に及ぼす影響，第67回土木学会年次学術講演会，第VI部門，2012。
- 佐藤淳・兼松健治・楠本太：早期閉合距離が早期閉合トンネルの変形挙動に及ぼす影響，第68回土木学会年次学術講演会，第VI部門，2013。

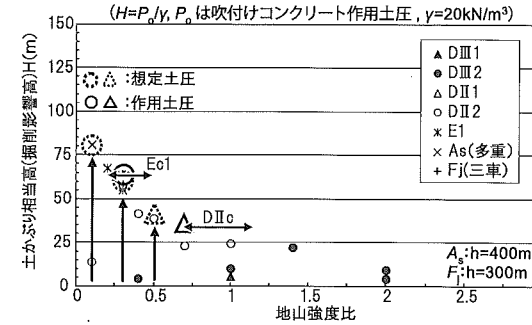


図-27 想定土圧と作用土圧

期閉合は、吹付けコンクリートによるリング構造形成は困難であり、トンネルの安定性は大きく低下し、過大変位が発生した。

- 健全なリング構造形成には、初期変位速度の dV_1/dt が $-20mm/day$ 以下、 dH_2/dt が $-50mm/day$ 以下に抑制できるよう L_r の短縮や切羽閉合の実施、高剛性支保工の採用などをおこなう必要性が示唆された。
- 3次元トンネル掘削解析から、早期閉合距離 L_s を短縮すると、トンネルの安定性は高まり、トンネル変位は抑制される結果であった。
- 鏡掘込み長 $L_s=2L$ を目標とする鏡ボルトなしEc1の曲面切羽は、解析で予測された主働崩壊線の上側の低強度部で、最大2mの崩落が発生した。これについて、切羽の自立性に応じて $L_s=3L$ の採用、鏡吹付け厚の増厚などを選択し、切羽の安定性を高める工夫が必要である。
- 吹付けコンクリート作用土圧の土かぶり相当高はDIIcで $H=34m$ 、Ec1鏡ボルトなしは $H=64m$ となり、想定土かぶり相当高の $H=40m$ 、 $H=60\sim 80m$ と同等レベルである(図-27)。これから、地山強度比から早期閉合トンネル作用土圧を推定する方法の有効性が実証された。

トンネルジャーナル

土木学会 2013年度選奨土木遺産

土木学会は2013年度の選奨土木遺産を発表した。同学会の選奨土木遺産選考委員会が、社会へのアピール、土木技術者へのアピール、まちづくりへの活用などを促すことを目的に近代土木遺産(幕末～昭和20年代)を対象として認定している。

今年度、選定した土木構造物は21件で、おもな選奨遺産と授賞理由は以下のとおり(構造物名、所在地、竣工年、「授賞理由」の順に記載。いずれも土木学会による)。

覆蓋付緩速ろ過池(春光合配水池)、北海道旭川市、1913、「建設当時は日本最北の浄水施設であり、美しい煉瓦積アーチの覆蓋を設けたろ過池は、極寒地の水道施設の礎となった貴重な土木遺産であります。」

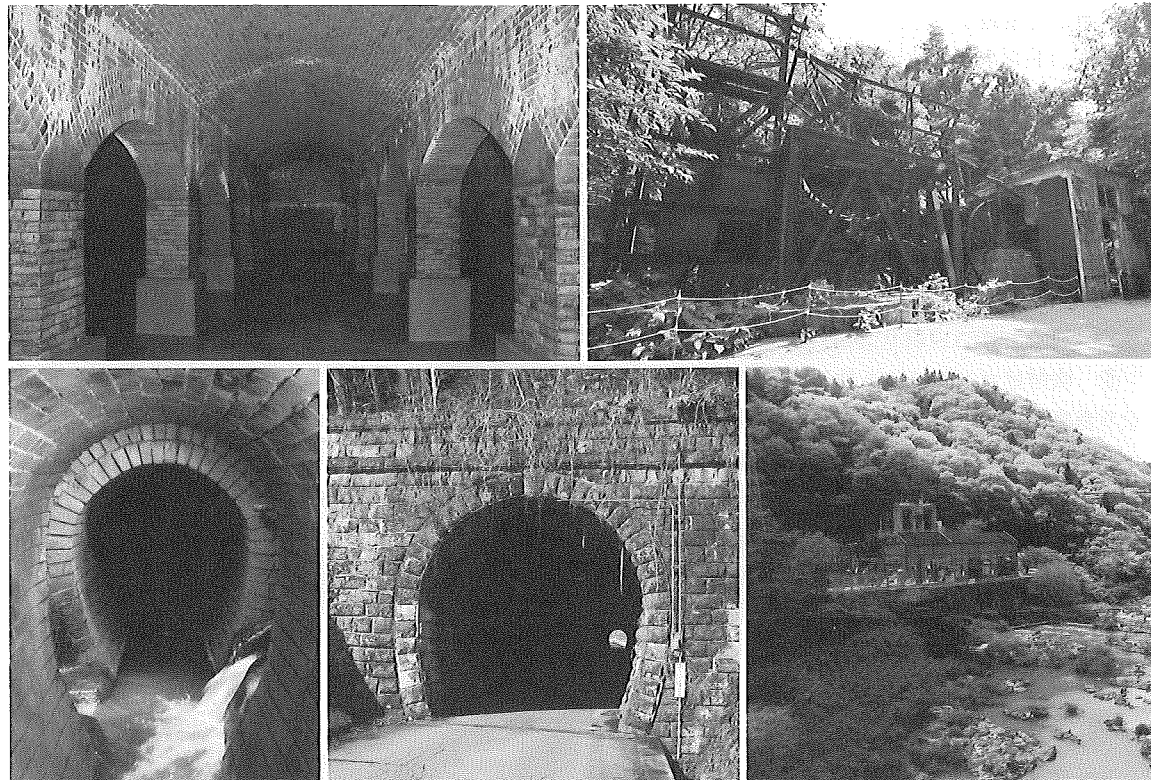
旧北炭幾春別炭鉱・錦坑の炭鉱施設群、北海道三笠市、1920、「北海道内現存最古の立坑櫓を含む立坑や坑口等、北海道開拓の原点である石炭産業を土

木技術が支えたことを示す貴重な遺構群であります。」

神田下水、東京都千代田区、1885、「レンガ積みで明治17年から18年に建設され、現在も一部が機能を果たしているわが国初の近代下水道であります。」

信越本線トンネル群(大廻隧道、戸草隧道、坂口新田隧道)、大廻隧道：長野県上水内郡飯綱町-信濃町、戸草隧道：長野県上水内群信濃町、坂口新田隧道：新潟県妙高市坂口新田、1881、「明治期に信越本線長野関山間に建設された大廻、戸草、坂口新田の3つのトンネルで、煉瓦と切石で組まれた大変貴重な土木遺産であります。」

大河原発電所と大河原取水堰、京都府相楽郡南山城村、1919、「木津川の蛇行を利用した水路式(流込み式)水力発電施設で、堤高最大の発電用坊主堰堤、隧道等が一体となって当初の姿を残す施設であります。」



(左上) 覆蓋付緩速ろ過池、(右上) 旧北炭幾春別炭鉱錦立坑
(下左) 神田下水、(下中) 信越本線戸草隧道、(下右) 大河原発電所
いずれの写真も土木学会提供

連載講座

トンネルにおける地下水対策(6)

— 地下構造物が地下水から受ける影響 —

「地下水対策」連載講座小委員会

① はじめに

わが国における最初の地下水の利用は、弥生時代の稲作農耕文化への生活様式の転換による井戸(不圧地下水)の活用と言われ、このレベルでの地下水利用が長い間続いた。地下深くに存在し自噴する被圧地下水を意図的に利用するようになるのは江戸時代中期、江戸で竹筒の掘り抜き工法が開発されてからである。

近代になって欧米から機械掘削機が輸入されポンプも導入されて、地下水開発は深い被圧地下水を対象として急激に進んだ。それとともに湧水の涸渇、地下水位の低下や地盤沈下といった障害が発生してきた。図-1¹⁾は1900～2000年の間に地盤沈下が発生したわが国の代表的地域での累積沈下量の変化を表したものである。図から大都市圏から地方に波及する地盤沈下の様子、法的な規制により沈下が収まっていく変化が読み取れる。

東京都心部における被圧地下水の変動を図-2²⁾に示す。この被圧地下水の変動については、東京都および国土地理院で調査が継続されており、これによると、工業用水および建築用地下水の採取に対する規制強化が実施される前の1971年頃までは深層地下水位は大きく低下しており、規制強化を境にその後1983年まで急激に上昇している。この規制の効果を揚水量の変化で見ると、東京都心部における揚水量は、1964年には日量870,000m³であったものが10年後の1974年には

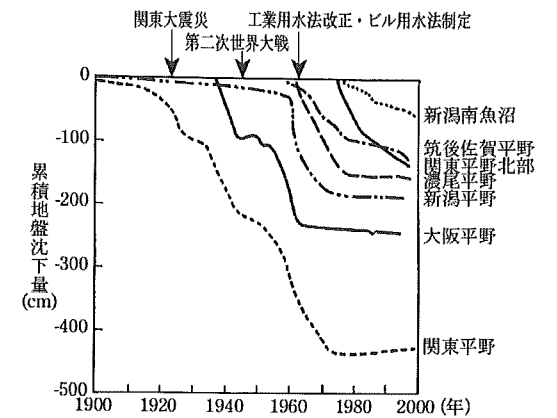


図-1 代表的地域の累積地盤沈下の経年変化¹⁾

273,000m³、2004年には44,000m³と規制の強化により急減しており、これらの揚水規制が地下水位の上昇に一致していることがわかる。急激に上昇した地下水位は1983年以降の上昇傾向はやや頭打ちになっているものの、緩やかな上昇を続けているようでもあり、現在の江東地区の地下水位は観測を開始した1955年頃の地下水位より高くなるまで上昇している。

ここでは、地下水位の上昇によりさまざまな支障が発生した東日本旅客鉄道(株)(以下、「JR東日本」)が所有する構造物の事例について述べる。

② 地下水位の変動が地下構造物に与える影響

1991年10月11日23時15分頃、武蔵野台地に掘削形式で構築されていた武蔵野線新小平駅のU形擁

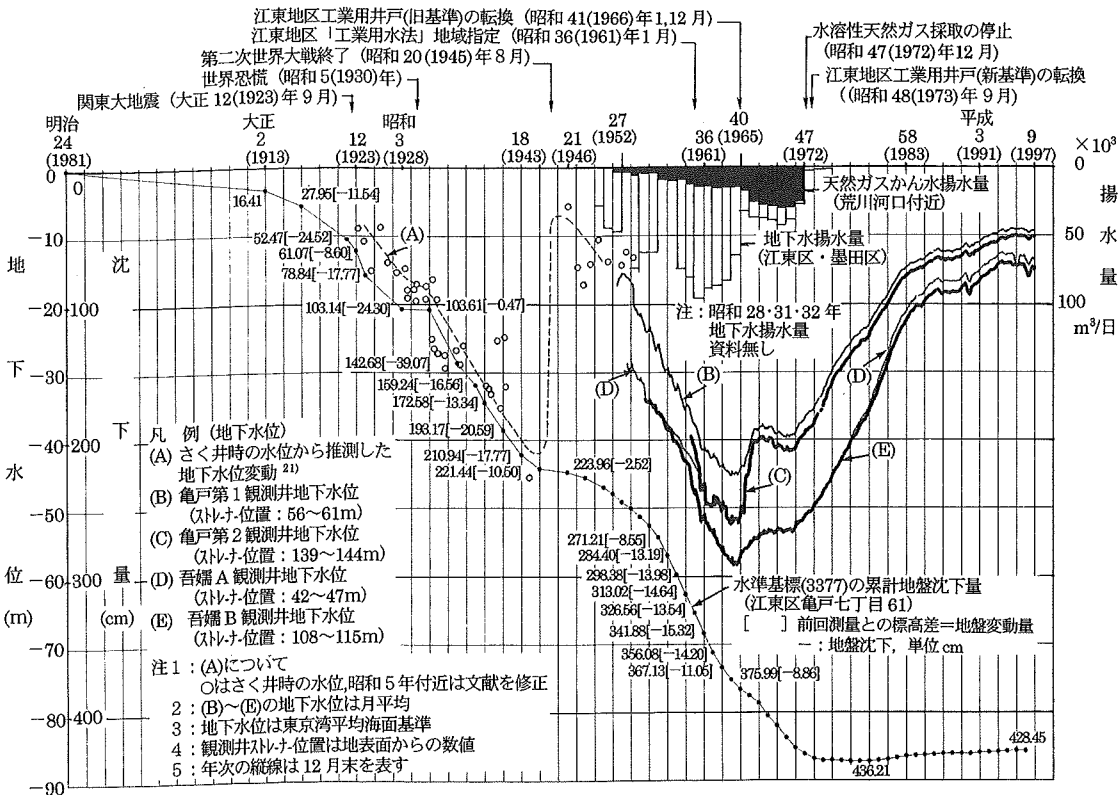


図-2 東京都心部の地下水位変動²⁾

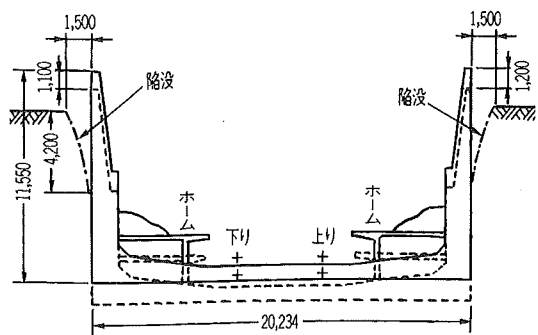


図-3 新小平駅断面図³⁾

壁(幅20.2m, 高さ11.6m)が、地下水の揚圧力により突如延長120mにわたり最大1.3m隆起し、U形擁壁のブロック目地が最大70cm開口した(図-3、写真-1)。なお、このときの降雨は10月6日に降り始め、東京都心部において11日までに連続降雨量227mmとなっていた。

この隆起に伴い、擁壁背面の土砂と大量の地下水が流入し、武蔵野線(西国分寺~新秋津)は、災害復旧が完了するまでの2か月間にわたり長期不

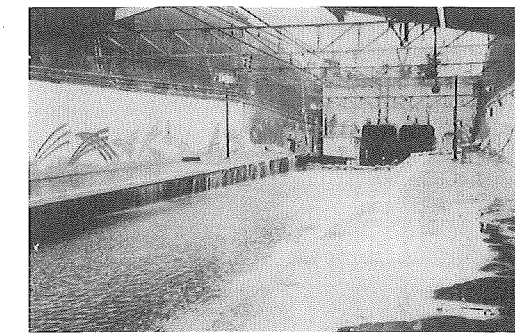


写真-1 隆起し土砂が流入した新小平駅

通となり、旅客および貨物輸送に多大な支障を与えることとなった。

U形擁壁の底面は、表層の関東ローム層(層厚3~5m)の下に位置する武蔵野礫層(層厚12~13m)の中ほどに位置しており、この礫層は透水性の高い層(透水係数 1×10^{-3} m/s程度)であった。この武蔵野礫層の地下水は主にロームを浸透する降雨により涵養されており、とくに新小平駅周辺地域は降雨による地下水位上昇が生じやすい地点であ

ることが確認された。

この武蔵野砂礫層の地下水位の変動を、新小平駅東方約1kmの地点で1968年以降継続して観測していた記録があり、これによるとこの年の8月以降、災害発生までの間に地下水位が9m急上昇し、GL-2.5mまで達していたことが判明した。災害発生時の地下水による揚圧力は、1,610kN/mで擁壁の自重と摩擦抵抗力の1,248kN/mを上回るものであった。

災害復旧は、長期的な地下水位の変動を考慮して対策を行うこととし、地表面まで地下水位が上昇しても再変状しない設計とした。このため復旧工事は将来的な軌道部分の再構築と永久グラウンドアンカー(1,350kN/本、120m区間に150本を施工)で行っている。

③ 地下水位上昇の影響が危惧された地下構造物

武蔵野線新小平駅の隆起事故を契機にJR東日本では都市部に建設された地下構造物の確認を行うようになった。JR東日本の所有する地下施設は高度経済成長期に建設されたものが多く、この時期は被圧地下水が大きく低下していた時期とも一致している。路線のうち1950~1980年代初期までに建設された路線としては、1972年に開業した総武快速線(東京~錦糸町)、1976年開業の横須賀線(東京~品川)、1973年開業の東海道貨物別線(東京貨物ターミナル~川崎貨物ターミナル)、1985年開業の東北新幹線(上野~大宮)がある。このように被圧地下水位が大きく低下していた時期

に建設された地下構造物においては、近年の地下水位の上昇により漏水による部材や構造物内設備の劣化の問題が生じ、とくにターミナルとなる地下駅など深さに対して横幅が長い構造物においては、構造物自体の浮き上がり問題が発生してきている。

④ 地下駅の浮き上がり対策

4-1 東北新幹線上野地下駅

東北新幹線上野地下駅は、洪積台地(上野公園)の崖下に位置する在来線(東北・常磐線)と区道80号の直下に構築されており、駅中央部断面は、高さ27m, 最大幅48m, 全延長840mの4層の地下駅であり、構築下床版までの最大深さは約30mである。地下駅の構造は、軌道階である地下4階が鋼とRCの合成構造で、それより上の地下1~3階は鋼構造となっており、RC構造と比べ軽い構造となっている。地下駅周辺の土質は、地表面より約-16m(地下3階付近)までは東京層の砂層で、この層は自由水と考えられる地下水を有しており上部帯水層となっている。この下位には厚さ約10mの東京層のシルト層が堆積しており、この層は平均N値15程度の締まった層である。この層は上部帯水層と下部帯水層を隔てる難透水層となっている。このシルト層の下部には、東京礫層と江戸川層が堆積しており、両者とも豊富な地下水を有していることから、上位のシルト層により被圧状態にある下部帯水層となっている。駅躯体に影響を及ぼしているのは東京礫層および江戸川層砂層に存在する被圧地下水である(図-4)。

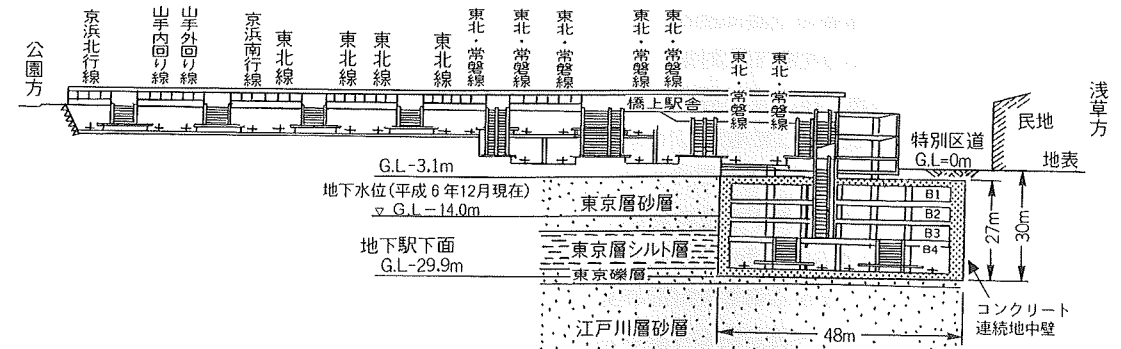


図-4 東北新幹線上野地下駅断面図⁴⁾

上野地下駅は、1978年に建設工事に着手し、1985年3月に供用を開始している。地下駅部の東京礫層および江戸川砂層の被圧地下水位は、建設開始時点ではGL-38m程度であったが、開業時ではGL-18mまで急上昇し、1994年時点ではGL-14m程度まで上昇していた(図-5)。このため、被圧地下水の上昇が駅躯体に与える影響を検討したところ、地下水位がGL-13mで地下駅躯体の下床版が揚圧力により損傷を受け、GL-11.5mで駅躯体の浮き上がりの問題が発生する可能性があることが判明した。このため、1994年の調査時に直ちに対策工を検討することになった。地下水位上昇に対する対策として、①補強スラブの増設による下床版の補強、②グラウンドアンカーによる下床版の固定、③カウンターウェイトの载荷の3案を検討したが、①案は列車運行への影響が大きいこと、②案は被圧地下水下でのグラウンドアンカーの施工性に問題があることなどから、③案のカウンターウェイトの载荷により対策工を実施することとした。カウンターウェイトとして、鉄塊(インゴット)と鉄粒コンクリートをホーム下の下床版の空間に設置することとし、1995~1997年にかけて第1次対策として約3.7万tの载荷工を実施した。この対策により、地下水位がGL-11mまで上昇しても対応できる構造に補強を行った。

その後、1次対策完了以降も地下水位の変動を観測してきたが、2003年にGL-12m近くまでの水位の上昇が確認されたことから第2次対策の検討を進め、対策効果・施工性・経済性を考慮して、永久グラウンドアンカー(約600本)による第2次

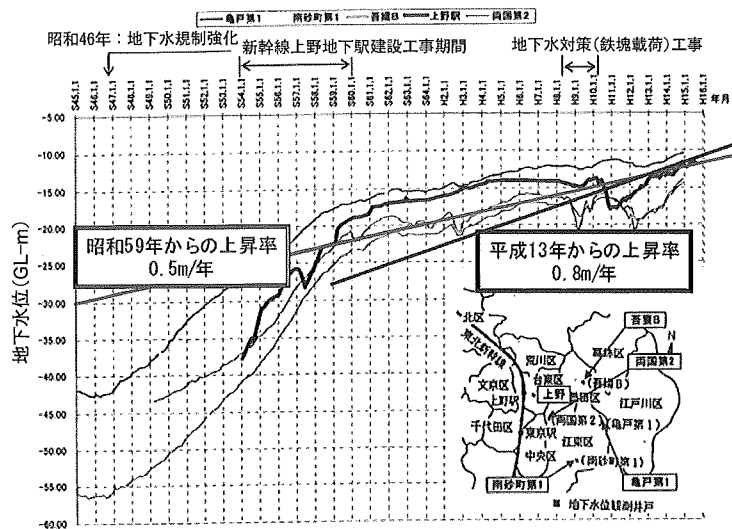


図-5 上野駅付近の地下水位変動⁴⁾

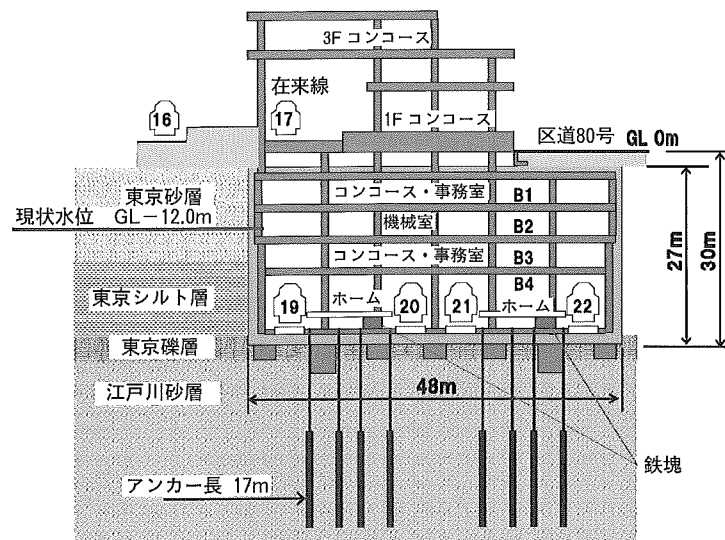


図-6 上野地下駅地下水対策断面図⁴⁾

対策を行うこととなった。第2次対策ではGL-7.5mまでの水位上昇にまで耐える対策とした(図-6)。

対策工の設計は2次元の骨組み解析を基本とした検討を行った。解析モデルを図-7に示す。検討では地下水位の上昇に伴う増加水圧に対して下床版および側壁部材が終局状態に至らないこと、躯体が浮き上がらないことを確認することとしてアンカーの配置および本数を決定した。グラウンドアンカーの施工においては、アンカーを設置する

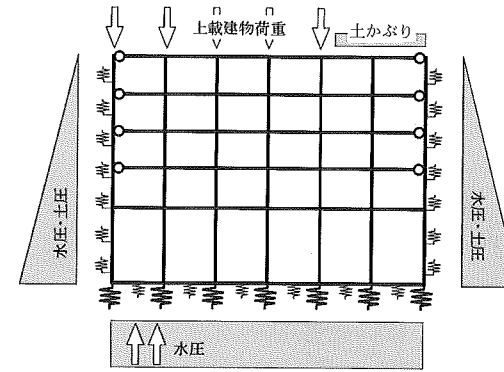


図-7 上野地下駅の解析モデル⁴⁾

下床版は被圧地下水面下であることから、グラウンドアンカーの所定の機能を確保するため設置孔からの地下水の噴出を防ぎながら施工しなければならない。このため、止水ボックス、口元パッカー、マウスパッカー、特殊パッカーなどの止水機構(図-8、写真-2)を設け止水性を考慮した施工を実施した。2次対策の施工期間は2004年6月~2005年10月である。

これら対策検討においてもっとも困難な課題は、将来の地下水位の想定である。過去には地下水が自噴していたなどの話もあり、また周辺ビルの存在など周辺環境の変化による水位上昇への影響も考えられ、将来どこまで水位が上昇するかが想定困難である。上野地下駅の検討においては、東京都などの観測データを参考にGL-5.0mを一応の最終的な地下水位と仮定し、対策を地下水位の変動に応じて段階的に施工することで最終水位に対応可能な全体補強計画を策定している。

また、緊急的な地下水位の急上昇に対処できるように、地下駅山側に揚水井戸7本を設置しており、不測の事態にはこれらの井戸から揚水を行い、地下水位を低下できる体制を備えることとしている。

なお、上野地下駅ではその後も地下水位の上昇がみられたため、2010年9月~2012年5月にかけて3次対策を実施し、GL-5.0mまでの対策を終

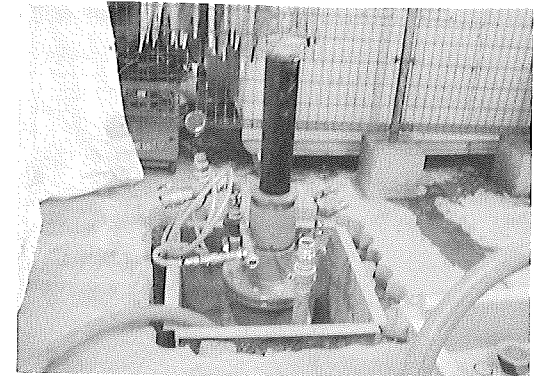


写真-2 止水ボックス設置状況

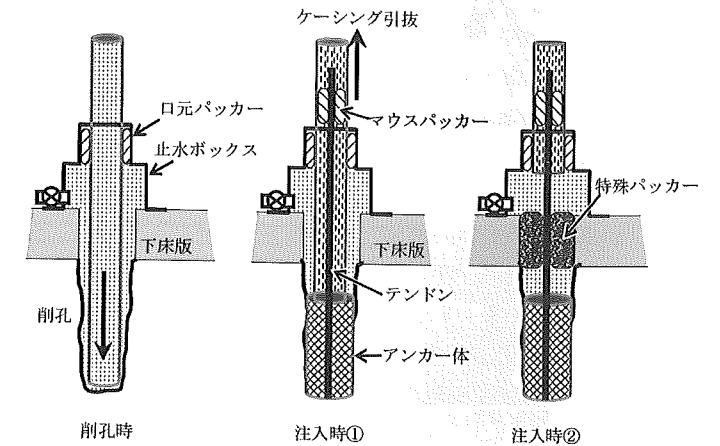


図-8 高被圧水下のアンカー止水システム⁴⁾

えた。施工したグラウンドアンカーの本数は約380本であった。また、2013年7月時点の地下水位は、GL-8.0mである。

4-2 総武快速線東京地下駅

総武快速線東京地下駅は、東北新幹線上野地下駅より以前の1972年に供用開始している。地下駅は、東京駅の丸の内広場下に位置しており、地下駅中央部断面は、高さ25.5m、最大幅44m、全延長743mの5層6径間の地下駅であり、構築下床版までの最大深さは27mであり、上野地下駅と比べ3mほど浅い位置に構築されている。なお、地下駅中央部の構造は鉄骨構造となっており、前後のRC部に比べ軽い構造となっている。地下駅周辺の土質は、上部から東京層のシルト層と砂層の互層(層厚約20m、N値1~40)で、この下部に東京礫層、江戸川層砂層(いずれもN値50以上)があり、地下駅底盤面は江戸川層砂層に位置している

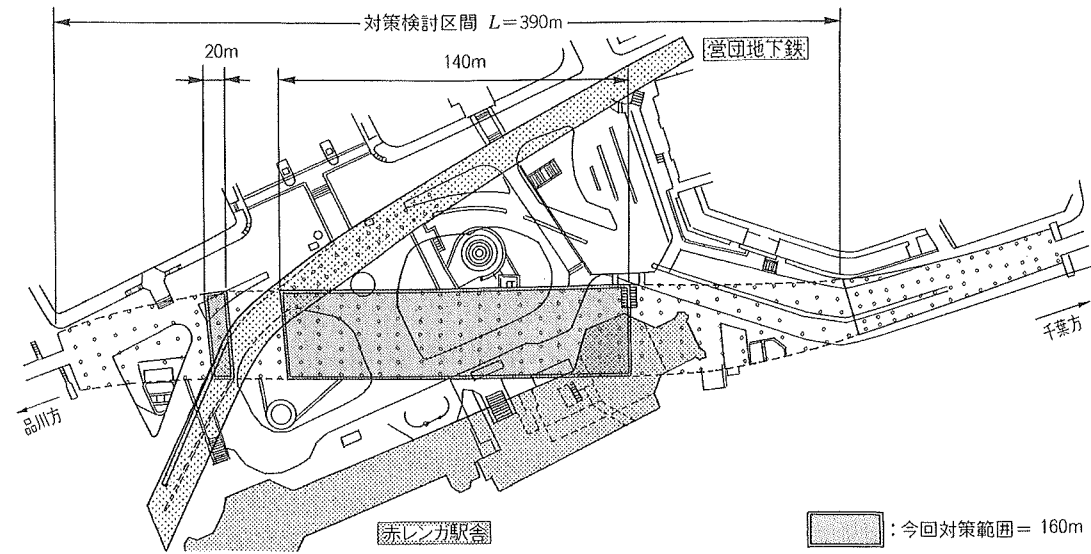


図-9 総武快速線東京地下駅平面図⁹⁾

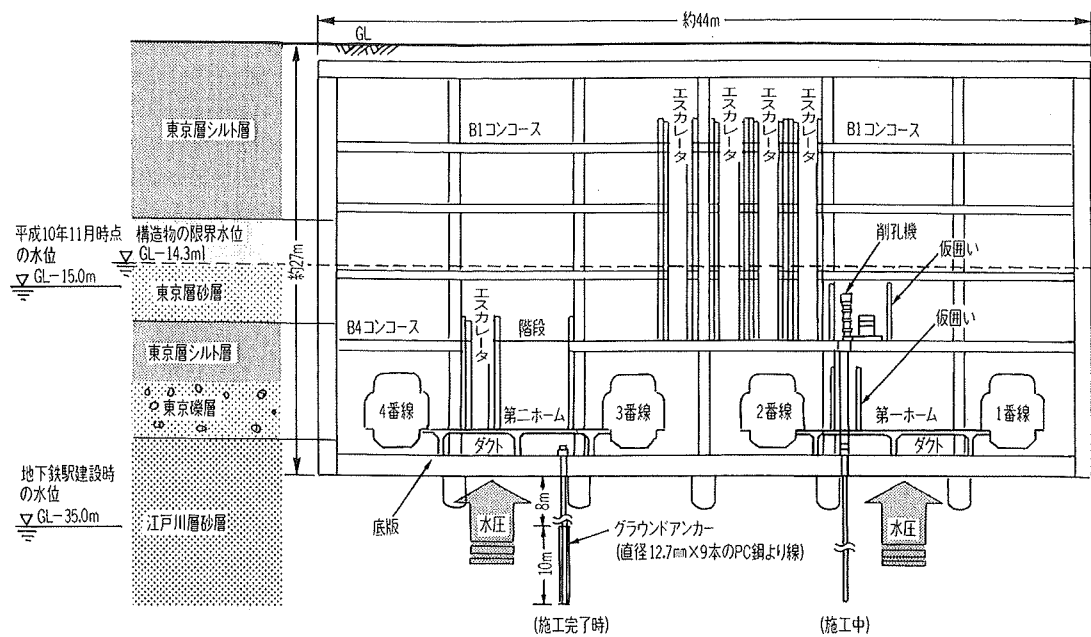


図-10 総武快速線東京地下駅断面図⁹⁾

(図-9, 10).

東京地下駅においても上野地下駅と同様に深層地下水位の上昇が認められており、地下駅設計時の1965年頃はGL-35mであった地下水位が、1998年にはGL-15m付近まで上昇していた。東京地下駅も上野地下駅と同様な検討を行った結果、駅躯体の浮き上がりよりも地下水の揚圧力による下

床版の損傷がクリティカルであることが判明し、駅中央部の70m区間がもっとも厳しく、その平衡水位はGL-14.3mであった。このため、下床版の補強と地下駅の浮き上がり対策を直ちに実施することとした。

東京地下駅における対策工は、上野地下駅の一次対策と同様な鉄塊などの敷設による方法も検討

したが、施工性、経済性に優れた永久グラウンドアンカーによる対策を実施することとした。なお、グラウンドアンカーの施工においては被圧水下における施工法の確立が必要となるが、上野地下駅の鉄塊による対策期間中に高被圧水下での永久グラウンドアンカーの施工技術の開発を行っており、この成果を東京地下駅において実施することとした。

永久グラウンドアンカーの施工は、地下駅の必要対策延長160m区間を設定し、グラウンドアンカー70本を1999~2000年にかけて施工した。

この対策による効果は、平衡水位に対し1.5mの上昇に対する対策であり、GL-12.8mまでの水位上昇には対応できる。このため現在も地下駅周辺に観測井戸を設置し地下水位の変動を監視しており、水位上昇に対応した2次対策工を進めていく予定となっている。

⑤ シールドトンネルの漏水対策

5-1 総武トンネルの漏水対策

総武トンネル(室町トンネル, 新日本橋トンネル, 小伝馬トンネル, 馬喰町トンネル, 柳橋トンネルの総称)は、東京地下駅と錦糸町駅間をつなぐ総延長3,199mの並列単線トンネルであり、1965~1972年に建設され1973年に供用を開始した。セグメントは、外径φ7,060mmのRCおよび合成セグメントが使用されている。建設時の地下水位は

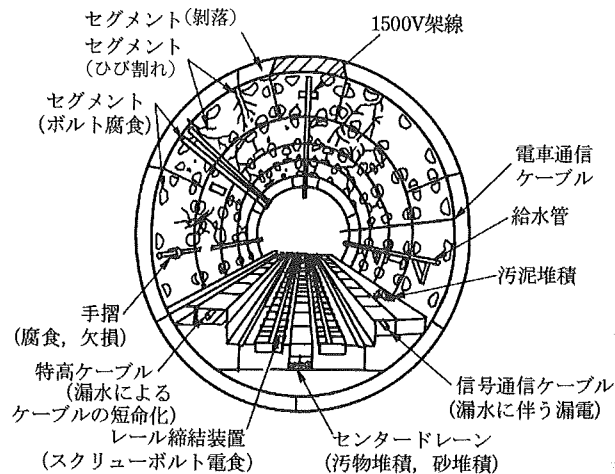


図-11 漏水によるトンネル変状⁹⁾

トンネルより下方に位置しており、二次覆工コンクリートを省略して供用が開始された。

供用開始後、地下水の汲み上げ規制が強化されたため、トンネル天端上方まで被圧地下水位が回復し、1970年代後半からトンネル内への漏水、レール腐食、鉄筋腐食などが発生し始めた(図-11)。このため、注入による止水工や集水樋などの設置による対策が行われたが、漏水による湿気と列車走行による新鮮な空気の供給により、セグメントの継手金物など鋼材部分の腐食の進行を抑えることは困難であった。

これらの変状対策として二次覆工コンクリートが施工されている。以下に総武トンネルにおける二次覆工コンクリートの施工法について述べる。

5-1-1 場所打ちコンクリートによる施工

1985~1986年にかけては、試験施工として場所打ちコンクリートによる二次覆工を実施した(写真-3)。これは支保工部材(H-150)に型枠を組んで施工するものである。支保工間隔は900mm、覆工厚は150mmである。しかし、支保工のフランジ部分が露出し鋼材の防錆処理が必要となることや、ほとんどが人力施工であったため、型枠の設置や撤去に多くの人員、および時間を要するなどの課題があった。

5-1-2 プレキャスト板による施工

1989年からは、施工効率向上のため機械化施工を考慮して鉄筋コンクリート製プレキャスト板(以下「PCW板」)を使用した。PCW板は、幅1,800mm×高さ900mm×厚さ75mm、重量約400kg/枚

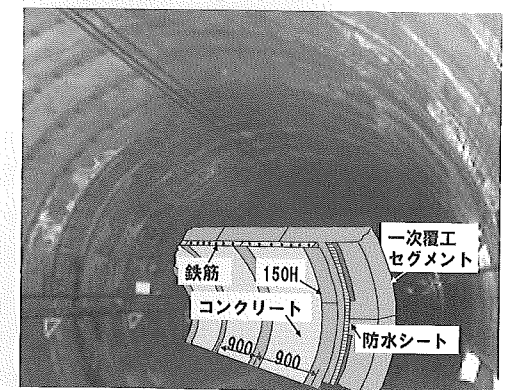


写真-3 場所打ちコンクリート工法

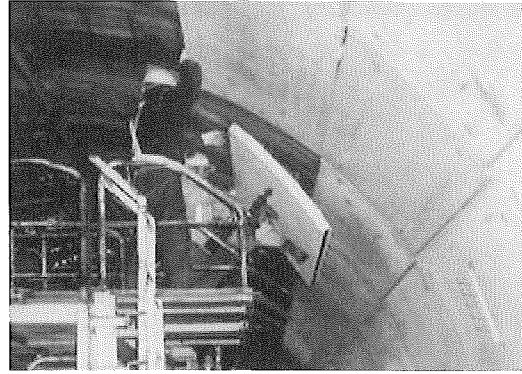


写真-4 RC製プレキャスト板(PCW)

とした。

支保工はH-125を1,800mm間隔で設置し、覆工厚を200mmとして二次覆工を施工した(写真-4)。

本施工方法では、支保工を組んだ後、専用の施工機械であるエレクタ台車を使用して、PCW板を支保工に取り付け、セグメントとPCW板との間にモルタルを打設した。PCW板が埋設型枠となるため、H形鋼支保工などの鋼材の露出もなく、また型枠の撤去を必要としない。そのため、場所打ちコンクリート工法では、100m/年程度の施工速度であったのに対し、PCW工法では、200m/年の施工と大幅に施工効率が向上した。

5-2 東京トンネルの漏水対策

横須賀線東京、品川間に位置する東京トンネルは、1976年10月に開業した、総延長12.4km(うち、約2kmは駅部で開削工法)の単線並列型のシールドトンネルである。当トンネルは1973年に開業した総武快速線東京、錦糸町間に位置する総武トンネルに接続し、京浜、京葉地区を結ぶ路線である。

東京トンネル(有楽町トンネル、汐留トンネル、浜松町トンネル、芝浦第1トンネル、芝浦第2トンネルなどの総称)は、地下約30mと深い位置に建設されており、建設当初、被圧地下水位はトンネルより下面にあったが、1971年に東京都の地下水汲み上げ規制が施行されたことから、被圧地下水位は急激に上昇し、トンネルは地下水位以下に水没することとなった。このため一次覆工のみの区間で漏水が発生し、トンネル内にはさまざまな

変状が発生した。

5-2-1 トンネルに発生した主な変状

当時のトンネル内の漏水量は約4,000~5,000m³/日であった。また、漏水中には塩化物イオンが含まれており、その濃度はもっとも高い箇所では約4,100mg/Lであり、海水の20~30%程度の塩分を含んでいた。このためトンネル内の鋼材腐食の進行が著しいものと考えられた。

一次覆工には、設計上載荷重の違いにより中子型、コンポジット型などの5種類のセグメントが使用されている。なお、建設途中よりトンネル内への漏水が多く発生した箇所(新橋、品川間約6.2km:全体の約59%)については、建設時に二次覆工が施工されていた。

変状としては、継手ボルト、コンポジットセグメントの鋼板部分、レールなどに腐食が発生していた(写真-5,6)。また、路盤の湿潤により、軌道回路の短絡など、信号設備にも影響を及ぼし、輸送障害を発生させていた。当該箇所のレールの軌道材料の交換頻度は、一般区間の3倍以上であった。

中子型セグメントの区間においては、キーセグメントを下から挿入するかたちで、継手ボルトにより固定されている。このため継手ボルトが腐食し、ボルトが切れることで、キーセグメントの落

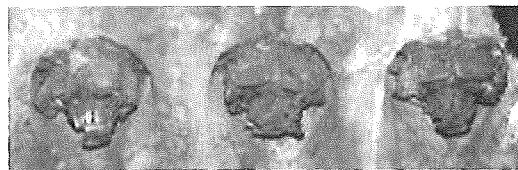


写真-5 中子型セグメント継手ボルトの腐食

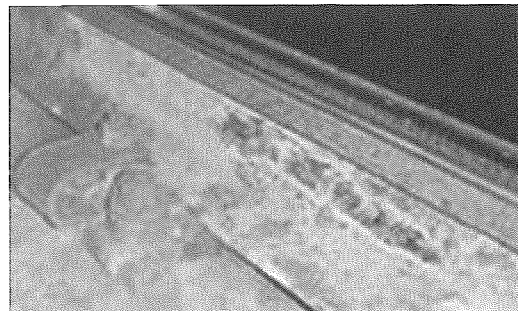


写真-6 レールに発生した腐食

下の可能性も考えられた。

一方、漏水とともにトンネル周辺の土砂がトンネル内へ流入しており、これに伴う周辺地盤の緩みおよび地上構造物の沈下などの影響が懸念された。さらに、土砂がそのままトンネル内の排水溝や各排水所の沈砂槽などに堆積するため、定期的な浚渫が必要であった。また、漏水中の塩分濃度が比較的高いことから、鉄筋のかぶり小さいセグメント内部の鉄筋が腐食、膨張することでコンクリートの剝離、剝落が発生し、点検時の叩き落しが必要となっていた。

5-2-2 二次覆工対策工事

漏水対策は、一次覆工のみのシールドトンネル内側に、厚さ約110mmの二次覆工を施工している。まず第I期工事として、ピン継手型セグメント、および中子型セグメント区間約2,750mを2003年8月に着手し2008年3月に完了した。第II期工事としてコンポジットセグメント区間約1,500mについて、2008年5月に着手し、2012年3月に完了した。

トンネル内の施工は、すべて軌道モーターカー、作業足場台車などの保守用車により実施している。これらの保守用車は、上り線は両国基地(施工箇所まで約7.8km)から、下り線は品川基地(施工箇所まで約6.1km)から入線させて作業を行っている。そのため施工箇所までの移動の時間ロスがあり、列車の運行がない夜間の線路閉鎖間合い、および停電作業間合いであるため、実作業時間がおおむね午前1時00分~3時30分までの、2時間30分という作業条件となっている。

東京トンネルにおいては、二次覆工施工計画の総延長が約4,300mあり、総武トンネルと同様のPCW工法で施工した場合、施工期間が約20年を要すると試算された。そこで、施工速度の向上とコスト削減を目的とした二次覆工施工法を開発することにした。

総武トンネルで施工したPCW工法は、機械化施工により作業効率が向上したが、鉄筋コンクリート製プレキャスト板の重量が約400kg/枚であるため、人力のみの施工は不可能で、エレクタ台車

を用いて施工していた。施工速度はエレクタ台車の施工能力(一晩でパネル14枚程度)に制約され、専用の機械を必要とすることから、施工の編成数を増やすことが難しかった。そこで、二次覆工に使用するパネル重量の軽量化を図ることで、施工速度を向上させることとし、工期短縮による施工コスト削減を図ることとした。

一次覆工は地下水圧の作用を考慮していないため、二次覆工に要求される機能を以下のとおり整理した。

- ・トンネル内への漏水および背面土砂の流入防止
- ・一次覆工セグメント鋼材の腐食抑制
- ・一次覆工キーセグメントの落下防止
- ・所定の耐火性を有すること

基本構造については、誤差や曲線部に対する施工の自由度、将来的な補強などのしやすさを考慮し、支保工鋼材に型枠兼用の軽量パネルを取り付け、裏込めモルタルを打設する構造とした。また、漏水対策に対しては、完全に止水するのではなく、二次覆工背面に防水シートを設置し、中央排水路に導水する構造とした。

軽量パネルの材質は、強度、耐久性などの面から、PVA(ポリビニルアルコール)繊維を用いた繊維補強セメントパネルを選定した(写真-7)。本

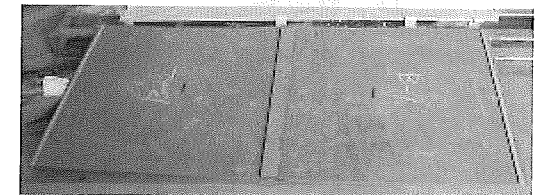


写真-7 繊維補強セメントパネル

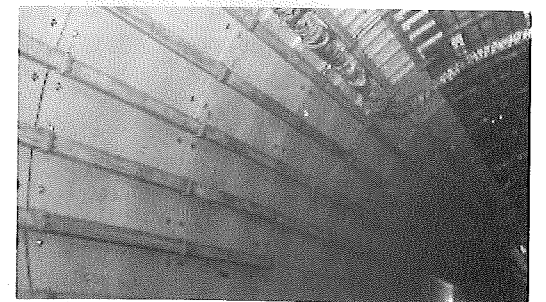


写真-8 繊維補強セメントパネル(仮設梁間隔450mm)

表-1 二次覆工の変遷

	場所打ちコンクリート (1985~1986年)	鉄筋コンクリート製プレキャスト板(PCW板) (1989~2003年)	軽量パネル板 (改良版)
材 料	鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート	繊維補強セメント板
サ イ ズ		1,800×900×75	1,800×900×13
重 量		400kg/枚	42kg/枚
支 保 工 設 置 間 隔	H-150 ctc 900	H-125 ctc 1,800	H-100 ctc 1,800
覆 工 圧	150mm	200mm	110mm
施 工 速 度	100m/年	200m/年	350m/年

パネルはPCW板で用いていた鉄筋コンクリート板と比較して、引張強度およびじん性が高く、パネルを薄くすることが可能であるため大幅な軽量化を図ることができ、総武トンネルで1枚400kgであったものが42kgとすることができた。

ただし軽量パネルを用いた場合、裏込めモルタル打設時に側圧よりパネルの変形(たわみ)が大きくなることから、モルタル打設時には仮設梁(角型鋼管)を併用した(写真-8)。また、組立てには専用のエレクタを必要とせず、一般的な保守用車を使用できるため、上下線同時の施工が可能となり、工期を大幅に短縮できることとなった。

以上の改良により、年間施工量は従来300m/年に対して、350m/年と施工速度を向上させることができた。ここで表-1に二次覆工の変遷を示す。

⑥ おわりに

地下構造物は大都市圏に集中しており、その多くは高度経済成長の時期、被圧地下水が大きく低下していた時期に建設されたものである。このため、地下水汲み上げ規制後の地下水位の回復とともに多くの地下構造物が影響を受けることとなった。この地下水位の上昇は現在も緩やかではあるが継続しており、地下構造物を有する事業者はこの上昇に引き続き注意を払っていく必要がある。

一方、地下水の上昇は、地下構造物の漏水の処理についても大きな問題となっている。現在、漏水はその清濁にかかわらず、原則として下水道に放流しなければならないことになっている。このため、構造物の所有者は構造物の劣化対策に加

えて下水道処理にかかわる費用までも負担しなければならない。

しかし、前述の総武トンネルにおいては、この漏水を水質が悪化していた立会川の水質改善に活用することになり、東京都、品川区、JR東日本が協力して2002年より漏水を立会川へ放流している。

地下水は都市における貴重な資源であるともいえる。この地下水を適切な公的コントロールのもと、有効に利用して行くことも重要と考える

(文責：清水 満・東日本旅客鉄道(株))

参 考 文 献

- 1) 辻和毅：日本の地下水法制と地下水盆管理，四万十・流域圏学会誌，Vol.4，No.2，pp.3-10，2005。
- 2) 遠藤毅・川島眞一・川合将文：東京下町低地における“ゼロメートル地帯”展開と沈静化の歴史，応用地質，Vol.42，No.2，pp.72-87，2001。
- 3) 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所：武蔵野線新小平駅災害復旧工事誌，1992。
- 4) 清水満・鈴木尊：地下水の上昇に対する地下駅の対策工事，土と基礎，Vol.53，No.10，pp.29-31，2005。
- 5) 倉澤徳男・宮園達郎：東京地下駅の地下水対策，トンネルと地下，Vol.31，No.10，pp.7-16，2000.10。
- 6) 土木学会：トンネルの維持管理，トンネルライブラリー，第14号，2005。
- 7) 小野桂寿・森山智明・小泉秀之・狩屋守・伊藤祐二：軽量パネルを用いたシールドトンネルの漏水対策工事，土木学会トンネル工学報告集，Vol.18，pp.229-234，2008。
- 8) 奥石逸樹・相沢文也：都心部の地下水変動による鉄道トンネルへの影響，トンネルと地下，Vol.35，No.4 pp.41-48，2004.4。

工法・技術・製品ニュース

製品 日立建機からオフロード法2011年基準対応ホイールローダ

ZW180₆₆

日立建機は、新型ホイールローダ「ZW-5 シリーズ」として、ZW180₆₆を発売した。

同機は、標準バケット容量3.0m³、運転質量14.2tのホイールローダで、排出ガス規制のオフロード法2011年基準に適合したものの。同社とKCMが共同開発を行い両社の技術を結集させたモデルとなった。

同機は、機械の動きを瞬時に判断し、エンジン回転数を制御する「アクティブエンジンコントロールシステム」を採用し、これにより、作業中の無駄なアクセルの踏みすぎを補正し、従来機比10%の燃費低減を実現した。また、排出ガス規制についても、日本のオフロード法2011年基準のほかに、欧州：Stage III B、北米：Interim Tier 4に対応している。排出ガスの後処理装置は「酸化触媒」

のみで、PM(粒子状物質)を捕集するセラミックフィルタが不要なクリーンエンジンを搭載したほか、最適な燃焼を促す可変ターボチャージャーを搭載するなど、時代にマッチした環境性能を追求した。

そのほか、車体の揺れによる荷こぼれ抑制、オペレータの疲労低減のため、「ライドコントロールシステム」「新型クラッチカットオフ制御」「メカニカルサスペンションシート」を採用したほか、楽なメンテナンス性能を実現するため、ラジエータ清掃の手間を軽減する自動逆転圧駆動ファンを標準装備し、モニタに、次回オイル/フィルタ交換までの時間を表示する。また、セラミックフィルタがないことにより、一定時間ごとのフィルタの清掃・交換も不要となっている。

日立建機(株)経営管理本部広報戦略室
広報グループ
Tel 03-3830-8065
http://www.fujita.co.jp/

製品 CAT®オフロード法2011年基準適合の中型ブルドーザを発売

Cat RD6K₂

キャタピラージャパンは、Cat D6K₂ブルドーザを発売した。

同機はCat D6Kブルドーザのフルモデルチェンジ機。乾地車の運転質量が13,100kg、湿地車の質量は13,750kg。

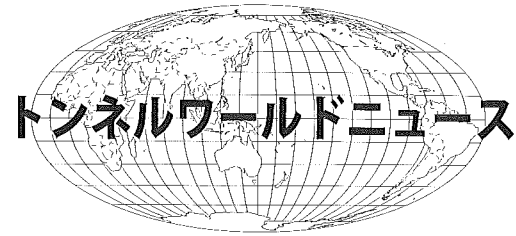
今回のモデルチェンジでは、クリーンな排出ガスと燃料消費量低減を両立した新エンジンCat C6.6ディーゼルエンジンを搭載し、オフロード法2011年基準に適合させた。また、ディーゼル酸化触媒とディーゼルパーティキュレートフィルタを用いた二重構造により段階的に排出ガスをクリーンにするCatクリーンエミッションモジュールを搭載し、環境性能を大きく向上させた。

燃費の低減に向けては、アイドリング時の燃費を低減するオートデセル機能を搭載。自動的にエンジン回

転数を下げ、騒音やCO₂排出量を抑えると同時に燃料消費量を低減させたほか、新たにオートアイドルストップ機能を搭載し、一定時間アイドル状態が続くと、自動的にエンジンが停止することにより、燃料消費量やCO₂排出量を低減させる機能を搭載し、これを実現した。

そのほか、作業性能および作業効率を向上させるため、ブレード幅の増加(乾地車：3,195mm、湿地車：3,680mm)、スピンプレートを追加し、これにより作業量を最大8%向上させたほか、ブレードに角度センサを設置し、車体の浮き沈みに応じて、ブレードを上下に連動させる簡易式平均装置を搭載。ブレードの位置を自動で水平に保つことで、作業性能の向上およびオペレータの負担軽減を実現している。

キャタピラージャパン(株)
コーポレートパブリックアフェアーズ・
ジャパン
Tel 03-5717-1122
E-mail: cjl-public@cat.com



(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

完成が迫るトルコ最大の 灌漑用トンネル

トルコ国家水利庁(DSI)が先月発表したところによると、トルコ南東部のSuruçトンネル建設事業において、施工業者ILCI Insaat Sanayi Ve Ticaret社が、全長17.2kmのうち約14,508mの掘削を完了した。

このトンネルは同国最大規模の灌漑用トンネルとして計画されているもので、完成後は、同国最大のAtatürkダムからトルコ南東部のSuruç Valley地方へ、毎秒90tの水で約95,000ヘクタールの乾燥地帯を灌漑する。トンネルは2年前から建設されている。

「われわれは、トルコ共和国宣言記念日である10月29日までにトンネルからの導水を開始したい

と考えている」と、DSIの第15地方局長Gündüz氏は述べる。

トンネルはSeli社製のダブルシールド(直径7.83m)により全区間の掘削が行われ、平均勾配は0.48%である。地下水は全体にわたって一定深度に存在し、始新世から漸新世の間に造られたGazientep層を透水している。この地層は、石灰質とカルストによる層(Teog), 石灰質と粘土質による層(Teogt), 泥灰土の混じる石灰質と粘土質による層(Teogm)から構成される。トンネルには300mm厚のハニカムセグメントが取り付けられる。

現在、Suruç Valley地方での農産物の生産高は非常に小さく、わずかにドライファーマーミング(降雨依存農業)を行っている状態である。「トンネルが完成すれば、8,000人以上の農業従事者が収益性の高い農産物を生産することができる。収益性の低いレンズ豆や小麦に替え、綿やトウモロコシの生産が可能となる」と、Gündüz氏は言う。

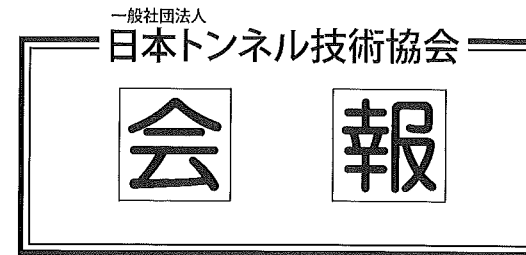
トンネル計画は、Suruç Valley事業の最重要段階を構成するものであり、1990年に事業が開始されたが、これまで何年も完成には至っていなかった。

(T&T '13.7 担当:玉田 誠・東京都交通局)

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888(代)



1. 会員の現状

	11月30日現在
個人会員	875名
団体会員	203名
推薦会員	212名
特別会員	14名
名誉会員	0名
賛助会員	126名
合計	1,430名

2. 平成25年度第3回理事会・第2回顧問、評議員会

日時:平成25年11月20日(水) 12:00~13:00

場所:東京商工会議所8F「東商スカイルーム」

出席者:理事11名, 監事2名, 評議員25名, 計38名

議事:

①理事, 評議員の交替

(理事)

旧	新	所属役職
中井 雅彦	藤森 伸一	東日本旅客鉄道(株) 執行役員建設工務部長
黒住 光浩	渡辺志津男	東京都下水道局計画調整部長

(評議員)

旧	新	所属役職
山本 稔	—	逝去により退任
早川 和利	酒井 和広	西日本高速道路(株) 代表取締役専務執行役員
松田 一郎	山口 修	(一社)日本建設業連合会専務理事
山本 喜裕	林 伊佐雄	日本国土開発(株)執行役員 土木本部長

②諸規程等の改訂

一般社団法人への移行に伴う諸規程等のうち、「旅費規程(案)」「事務局組織に関する内規(案)」「会長決裁事項に関する内規(案)」「公印管理に関する内規(案)」「役員退職手当支給規程(案)」「職員退職金支給規程(案)」の6件の規程, 内規の改訂案を承認した。

③平成26年度定時総会の開催日を平成26年5月30日(金)とした。

3. 委員会の開催状況(11月1日~30日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

総務委員会(11/15)

小島治雄委員長ほか8名, 組織の見直し, 名誉会員のあり方および理事会資料を検討

企画運営幹事会(11/7)

木村宏幹事長ほか7名, 名誉会員, 顧問の推薦事項を検討

広報小委員会誌WG(11/6)

大島洋志主査ほか9名, 12月号の会誌と3か月計画を検討

◎設立40周年記念事業実行委員会

設立40周年記念事業実行委員会(11/7)

木村宏委員長ほか17名, 統一テーマおよび実施内容を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会海外ニュースWG(11/28)

清水健志主査ほか8名, 英文原稿を査読

◎事業委員会

事業委員会打合せ会(11/25)

久多羅木吉治主査ほか4名, 施工体験発表会(都市)テーマの検討

計 5回開催 59名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

安全環境小委員会シールドトラブル事例調査WG(11/5)

石村利明主査ほか9名, 報告書(案)を検討

保守管理小委員会(11/8)

藤森伸一委員長ほか12名, 地震への取組みについて情報交換

都市トンネル小委員会打合せ会(11/25)

五十嵐明委員ほか11名, シールド変遷史の編集方針を検討

◎受託研究特別委員会

長期耐久性特別委員会打合せ会(11/1)

松岡茂幹事長ほか7名, 作業方針を検討

地下鉄トンネル塩化物対策検討委員会(11/12)

大即信明委員長ほか24名, 補修材の選定他を検討

北海道新幹線, 新函館(仮称)札幌間トンネル施工技術委員会(11/19, 20)

三上隆委員長ほか45名, 施工上の課題を検討

計 6回開催 114名出席

合計 11回開催 173名出席

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第40回ITA総会およびコンgres 「Tunnels for a better living」	2014. 5. 9~15	イグアス (ブラジル)	COMITE BRASILEIRO DE TUNEIS ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc2014.com.br/
第41回ITA総会およびコンgres 「Promoting Tunnelling in South East European (SEE) Region」	2015. 5. 22~28	ドヴロヴニク (クロアチア)	Croatian Tunnelling Association ITA(国際トンネル協会) http://wtc15.com/
第42回ITA総会およびコンgres 「Uniting Our Industry」	2016. 6. 12~15	サンフランシスコ (アメリカ)	Underground Construction Association of SME ITA(国際トンネル協会)

* 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25年度催物開催現況

(平成25年12月現在)

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(現場研修会)				
横浜市下水道トンネル工事現場研修会 —中部処理区本牧第二幹線—	2013. 5.16	20	神奈川県	2.5
東北道路トンネル現場研修会 —国道106号新川目トンネル—	2013. 5.27	25	青森県	2.0
中部地区道路トンネル現場研修会 —県道牛川トンネル(仮称), 新東名乗本トンネル—	2013. 6. 7	27	愛知県	3.5
中国地区道路トンネル現場研修会 —東広島・呉道路金剛山トンネル—	2013. 7.18	16	広島県	1.8
北海道道路トンネル現場研修会 —道道西野真駒内清田線(こばやし峠)トンネル—	2013. 8. 1	14	北海道	1.8
相鉄・JR直通線西谷トンネル現場研修会 —西谷トンネル—	2013. 9. 3	30	神奈川県	2.5
五反田川放水路トンネル現場研修会	2013.10.11	28	神奈川県	2.0
中央環状品川線大橋連絡路工事現場研修会 —EF連絡路トンネル工事トンネル—	2013.11.14	25	東京都	1.4
関東地区道路トンネル現場研修会 —下塩原第二トンネル—	2013.11.28	14	栃木県	2.0
(施工体験発表会)				
第72回(山岳)「課題克服に取り組んだ工事—周辺環境への配慮, 創意工夫, 効率化—」	2013. 6.25	155	東京都	4.6
第73回(都市)「都市における創意工夫・新技術による地下構造物 の施工事例」	2013. 6.26	93	東京都	5.3
(講演・講習会)				
第15回ステップアップ研修会(シールド部門)	2013.10. 2, 3	26	東京都	13.0
第16回ステップアップ研修会(山岳部門)	2013.12. 5, 6	24	東京都	9.9

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

計報記事掲載のお知らせ

本会では、会報欄に計報の記事を掲載することといたしましたので、お知らせいたします。掲載条件は下記のとおりです(TEL:03-3524-1755〔会員担当〕)。

(計報の掲載条件)

1. 計報を掲載する対象者は、本会の会員(個人会員, 団体会員, 推薦会員, 特別会員, 名誉会員, 賛助会員)であることを原則とする。なお、団体会員, 賛助会員の場合は登録代表者とする。

2. 遺族からの退会の連絡等を受けた場合、遺族に掲載の可否を確認したうえで、下記の掲載様式により掲載する。

(計報の掲載様式(案))

1. 掲載様式は以下を原則とし、掲載場所は会報欄とする。

タイトル「会員の計報」のもと、一人1行程度で「会員区分」「氏名」「逝去の日と(年齢)」「喪主名」とする。

2. 故人の協会活動、トンネル技術に関する貢献度が著しい場合であって、故人の関係者から故人を偲ぶ投稿があった場合には、会誌の編集委員会に諮ったうえで1頁程度(写真入り可とする)を会誌の本文内に掲載することができる。掲載にあたっての詳細は、(株)土木工学社と協議する。

協会発行図書閲覧(会員限定)

会員の技術の習得教材として、下記資料を閲覧できます。協会内での閲覧ですので、ご希望の方は、あらかじめ事務局にご連絡のうえ、ご来協議いたします(TEL:03-3524-1755〔会員担当〕)。

図書番号:200908

図書名:インバート設置に関する検討報告書

発刊日:平成22年3月

目次構成:はじめに、委員会の構成、第1章 インバート設置基準、第2章 インバートに係わる変状対策事例調査と分析、第3章 早期閉合インバートの問題点と対策、第4章 インバート設計の留意事項、参2-1 事例調査一覧、参2-2 事例調査所在地分布図、(別冊)変状対策事例集

特 徴:事例は、インバートがないことに起因する変状事例、インバートが変状した事例、インバートの設置により覆工が変状した事例、インバートを省略した事例、その他の理由によるインバート設置事例、その他の事例の6ケース計39件(うち矢板工法5件)を掲載したものである(『トンネルと地下』2011年2~4月号に概要掲載)。

図書番号:200705

図書名:山岳トンネルの大規模変状事例集

発刊日:平成20年3月

目次構成:はじめに、委員会の構成、大規模変状事例集

特 徴:得られた事例29件について、工事概要、変状等概要、事前地質状況、施工経緯、対策工、得られた知見等について記述し、変状の要因別に分け整理したものである。

図書番号:2012526

図書名:アンケート結果に基づくトンネル支保工の現場における問題点・課題に関する検討報告書

発刊日:平成24年8月

目次構成:1. 目的・概要、2. アンケート概要、3. アンケートの結果

特 徴:示方書や設計図書に記載されている内容や理論・定説などと、実際の現場でできることとの間の“乖離”について、質問項目を掘削5、支保工12、計測3、補助工法3、その他の23問として会員にアンケート調査を実施、338名からの回答を解析したものである(『トンネルと地下』2013年6、7月に概要掲載)。

2月号予告[2月1日発売予定]

- JR豊肥本線 坂の上トンネル
- さがみ縦貫道路 葉山島トンネル
- 東京外かく環状道路 都営地下鉄新宿線交差部
- 東京都下水道 勝島ポンプ所流入管渠
- 自然由来の重金属を含む不処理対策に関する文献調査
- 【連載講座】
- トンネルにおける地下水対策(最終回)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

あけましておめでとうございます。

本年もよろしくお願いたします。

◆2014年はサッカーのワールドカップがブラジルで開催されます。日本も5大会連続5回目の出場を手に入れ、予選リーグは、コロンビア、ギリシャ、コートジボワールらとともにC組となりました。12月初頭のFIFAランキングによると、コロンビア4位、ギリシャ12位、コートジボワール17位、日本48位と圧倒的に劣勢に見えます。いろいろなメディアでさかんに試合の予想などを行っていますが、サッカーに詳しくない私としては、その日が来て、テレビの前で応援することを待ちわびる次第です。

◆そこで気になるのは放送時間です。前回の南アフリカ大会は、おおむね深夜の放送となりました。日中業務を行っている私の生活時間からすれば、睡眠不足さえ覚悟すれば、リアルタイムでの視聴が可能になるタイムスケジュールでした。いっぽうのブラジル大会は、予選の開始時間がAM10:00～、7:00～、5:00～となっており、生中継をフルタイムで観戦するのは難しそうです。しかし本戦はAM1:00～または5:00～と、こちらはまだ視聴可能な時間帯です。代表チームには予選を軽く突破していただいて、決勝トーナメントでひとつでも多くのゲームを楽しめるよう期待しています。

(K.K)

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

★(一社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(一社)日本トンネル技術協会へご連絡ください。

トンネルと地下

第45巻 第1号 [通巻521号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成25年12月20日 印刷

平成26年1月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

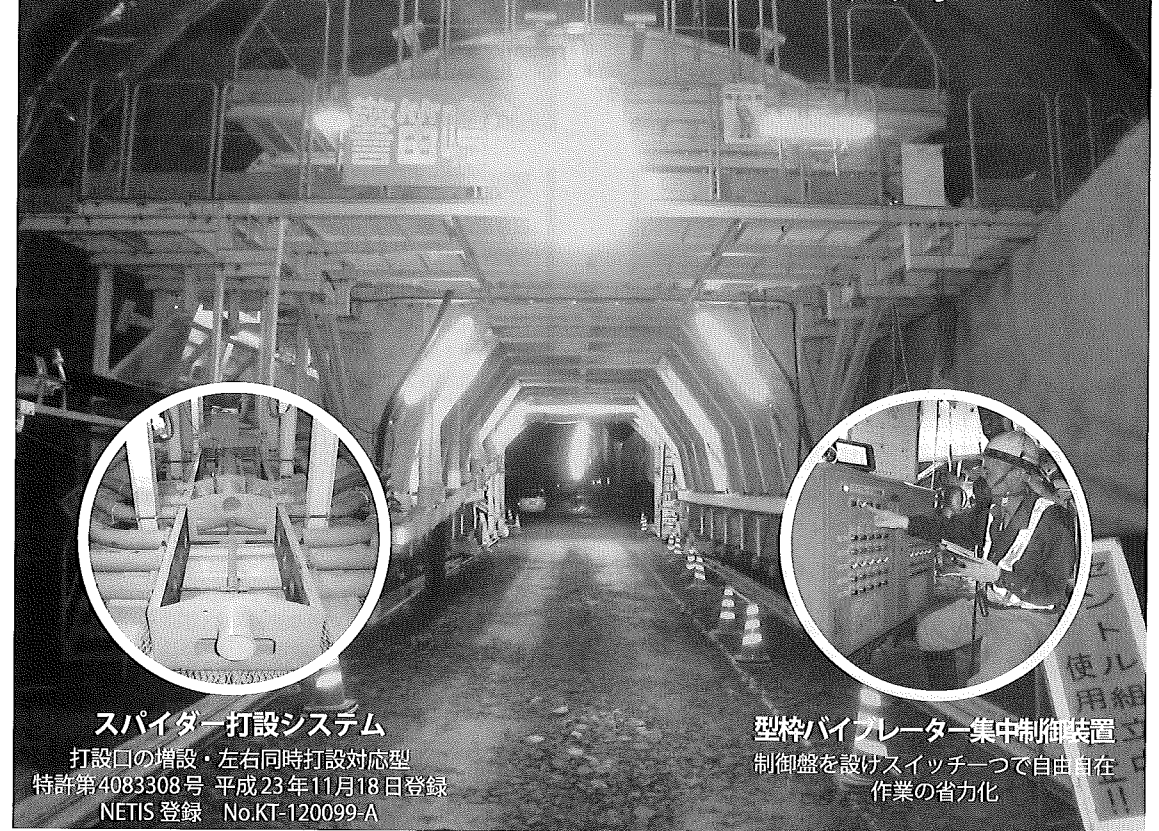
本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

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

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

二次覆工中流動コンクリート対応型スチールフォーム



スパイダー打設システム

打設口の増設・左右同時打設対応型
特許第4083308号 平成23年11月18日登録
NETIS登録 No.KT-120099-A

型枠バイブレーター集中制御装置

制御盤を設けスイッチ一つで自由自在
作業の省力化

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム

EPSパネル養生工法



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	24	1
NEXCO	6	1
地方自治体	14	0
鉄道・運輸機構	1	0

平成25年6月30日 現在

実施権許諾第 10396号

NETIS登録 (No.CB-090003-A)

一歩前進! ~限らない未来への挑戦~

 **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/

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

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200円+税 B5判

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



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・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。



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500円+税 B5判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円+税 A5判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500円+税 B5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757円+税 B5判

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



推進工法の理論と実際

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

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



シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会 編
4,660円+税 B5判

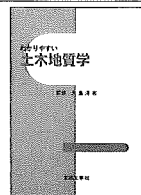
シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範囲にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

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



地下水の科学 I～III(全3巻)

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

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

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各々の特徴を整理して掲載した。



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825円+税 B5判

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



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。



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200円+税 A5判

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



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門(都市トンネル編)

橋本定雄・松本義崇・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円+税 A5判

海洋の石油・天然ガス・石炭などのエネルギー資源と、マンガン・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

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

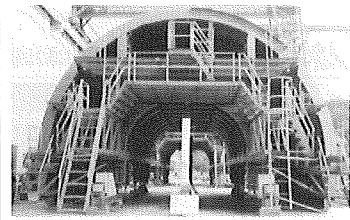


東和機電工業株式会社 かいた 瀬田工場

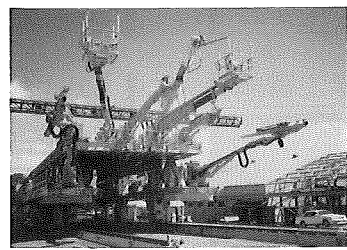
〒820-1111 福岡県飯塚市勢田^{せいた}2594番地の18
 電話：(09496)2-3500(代表)
 F A X：(09496)2-6310
 E-mail：info@towakiden.co.jp
 ホームページ http://www.towakiden.co.jp

道路・鉄道・水路トンネル用コンクリート型枠はもとより、
 各種鋼構造物の設計・製造をおこなっております。

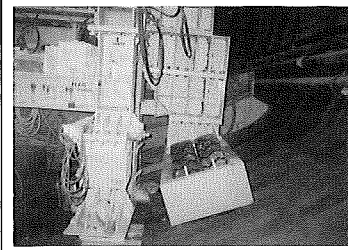
高流動コンクリート対応型
 全断面ステンレスフォーム



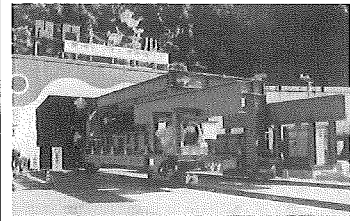
ワークステーション架台



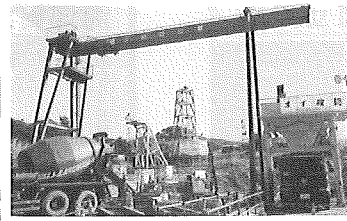
全輪タイヤ式インバート橋



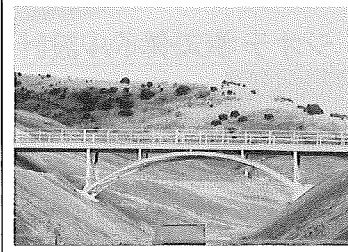
勾配対応全輪駆動式
 トンネル床版撤去架台



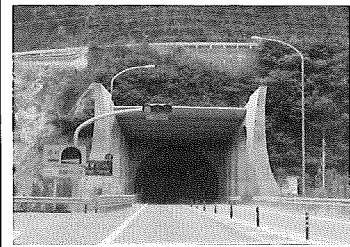
立坑ズリ出し設備
 (4.5t×60m)



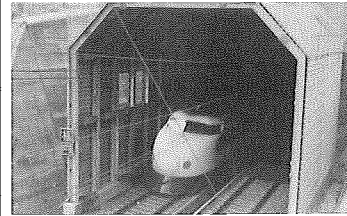
林道橋



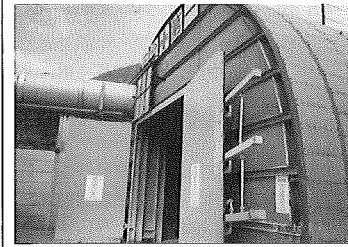
トンネル坑口修景ルーバー



新幹線微気圧伝播緩衝工
 (鋼製、総溶融亜鉛メッキ)

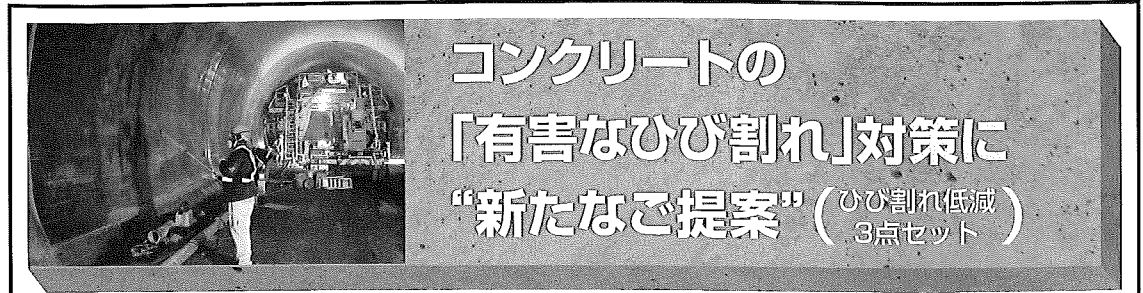


防音シェルター

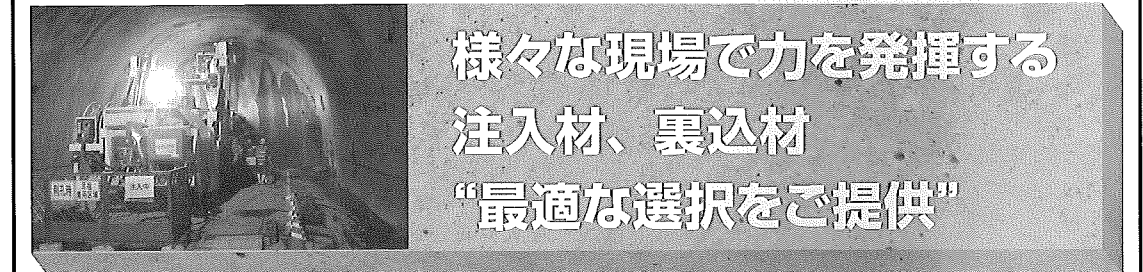


離島を含む九州一円中国四国圏内におきましては、
 地の利を生かした営業・打合せ・納品・対応を行ってまいります。

連続ベルコンを通過させるセントルにおいて、ベルコン側の懐を拡げるためにガントリーを偏芯させ高強度化することは、弊社の特許です。



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)



様々な現場で力を発揮する
 注入材、裏込材
 “最適な選択をご提供”

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

太平洋マテリアル株式会社 営業本部
 〒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
 TEL.03-5500-7510 FAX.03-5500-7542