

トンネルと地下 **1**

vol. 42
no. 1
2011

Tunnels and Underground

ラチスガードー支保工ほか新技術・新工法を試みる
住宅密集地における先行シールドを活用した開削工事の土砂搬出
ボルトレスセグメントでの性能照査型設計適用と施工実績
レーダー方式検査車(CLIC)で覆工内部状態を高効率・高精度に評価

日本トンネル技術協会誌



信頼の品質

技術提案に好適!! デンカの特種混和材

デンカの液体急結剤
初期強度発現がバツグン
《デンカクリアショット》

NETIS:KT-080020

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**

- ・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

- ・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

着工コンクリート
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
コンクリート補強用合成繊維
STRUX 85/50L

- ・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

- ・デンカPFモルタル、PFモルタルTYPE-K・・・小断面・TBM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CG-1000、CG-2000・・・可塑性モルタル用混和材

DENKA

電気化学工業株式会社

セメント・特混事業部 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

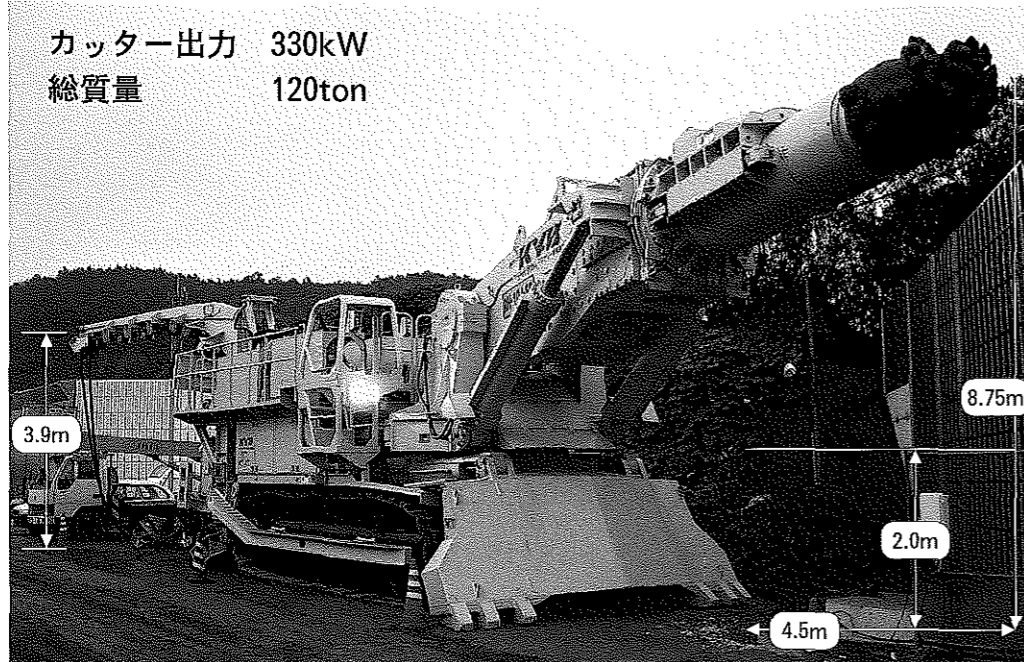


4910066190118
01500

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(ケーブルハスガを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピッケル消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業
カスタマーサービス 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444

中部支店 〒514-0396 三重県津市雲出長常町 1129 番地 11 TEL 059-234-4139

西部支店 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多 TEL 092-411-4998

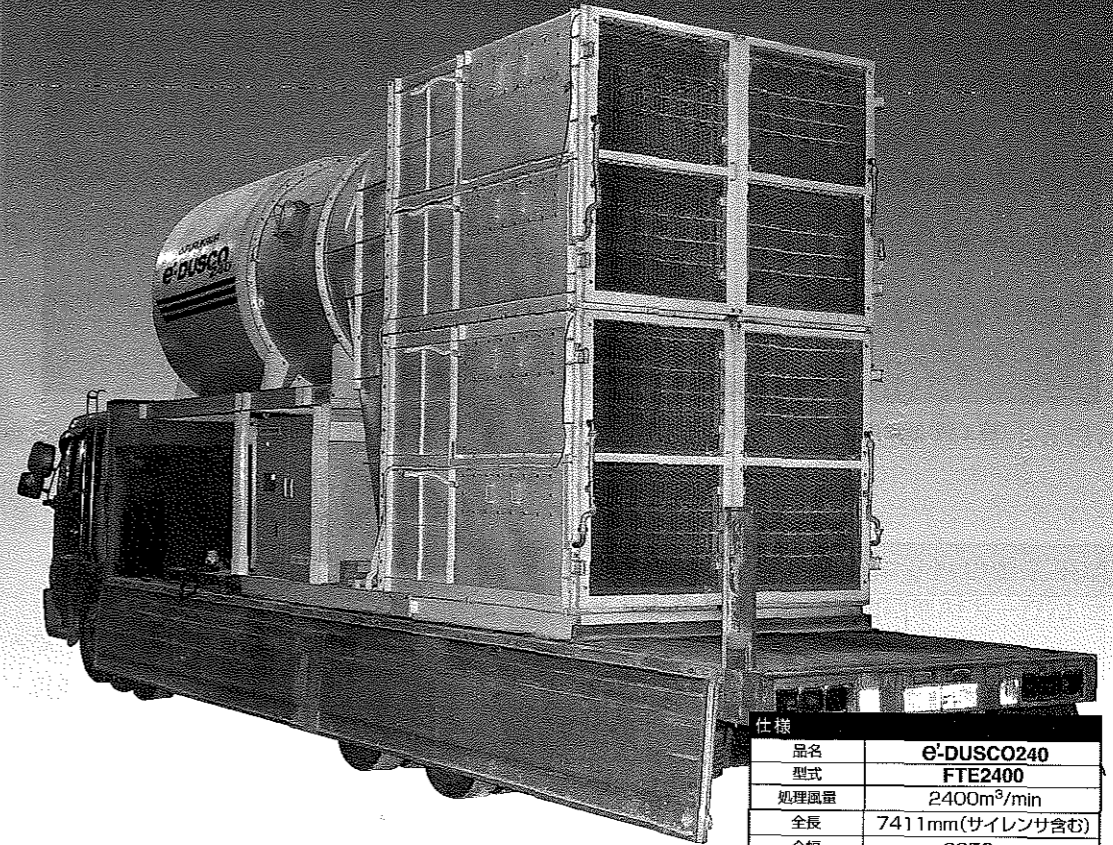
三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出長常町 1129 番地 11 TEL 059-234-4111

高性能「電気式」集じん器

e-DUSCO

イーダスコ・ニーヨンマル 240

大風量2,400m³/minでも ファン動力はわずか30kW



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削減を実現する工口製品です。

仕様	
品名	e-DUSCO240
型式	FTE2400
処理風量	2400m ³ /min
全長	7411mm(サイレンサ含む)
全幅	2350mm
全高*1	3700mm
本体重量	10 t
電源仕様	3相3線400V 58 kVA
ファン動力	30kW
消費電力	33kW
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 B808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

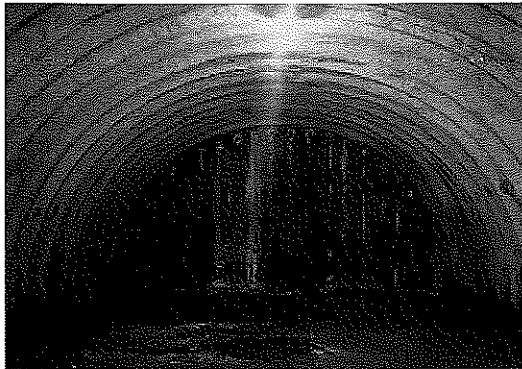
URL: <http://www.furukawa-sanki.co.jp/>

本社
〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
営業第3グループ ☎03-3212-6575

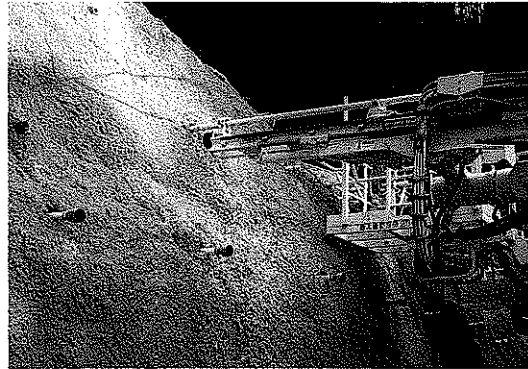
大阪支店 ☎06-6344-2532 名古屋支店 ☎052-561-4580 札幌支店 ☎011-736-1179
東北支店 ☎022-221-3532 九州支店 ☎092-741-5193 小山工場 ☎0285-23-8662

日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

当社は「AGF工法のパイオニア」として、数多くの実績を築いてきました。この豊富な施工実績を基にした技術対応力で、バックアップ体制をとっています。さらに、豊富なビットシステムと多様な注入システムを保有しているため、「AGF工法～小口径二重管削孔システム」まで、地山条件や施工条件など目的に応じたご提案ができます。



(施工例)断面内からの無拡幅AGF工法



(施工例)鏡面への小口径二重管削孔システム

AGF工法のバリエーション

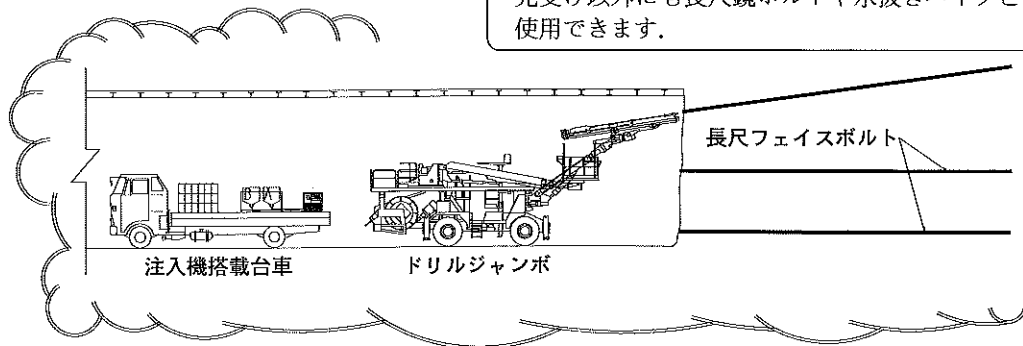
プロットタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

小口径二重管削孔システム

鋼管径φ89.1mm～60.5mmまで対応ができ、鋼管・スリット管・特殊樹脂管が選べます。

↓↓
先受け以外にも長尺鏡ボルトや水抜きパイプとして使用できます。

施工性や経済性を追及して、注入式フォアポーリングとAGF工法の間を埋める工法！



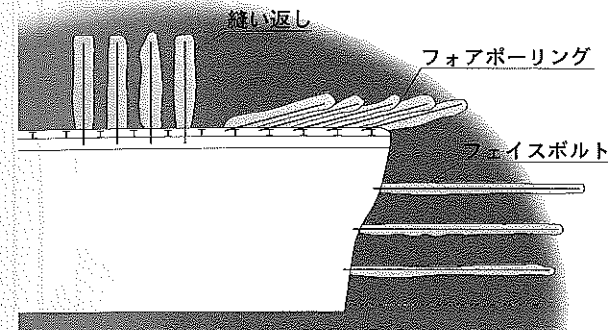
注入材のバリエーション

- シリカレジン注入材
 - ・スーパーSRF(標準タイプ)
 - ・スーパーSRF(Sタイプ)
 - ・スーパーSRF(低粘度タイプ)
- ウレタン注入材
 - ・ガンバンスーパーS
- 無機系注入材
 - ・シリカセーフ



(施工例)固結状況

注入ボルトのバリエーション



注入式フォアポーリングや鏡ボルト等に使用する注入ボルトとして、

- ・PUボルト
 - ・KATアンカー
 - ・GPRマルチタイプロックボルト
- 等があり、地山条件や使用目的に応じて選択できます。

主要営業品目

- ・スーパーシート(防水シート)
- ・ツイストロックボルト
- ・異形ロックボルト
- ・KAT自穿孔ロックボルト
- ・GRPマルチタイプロックボルト
- ・各種注入材
- ・アルカリフリー型液体急結剤AFK-777J
- ・各種AGF工法
- ・Small-P工法/パノラマ工法
- ・注入式フォアポーリング
- ・濁水処理設備
- ・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.co.jp/>

技術営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164
東京支店
TEL)03-3260-8321 FAX)03-3266-1648
九州営業所
TEL)092-574-0856 FAX)092-574-0846

中部営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164
関西営業所
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237
北海道地区(株エイチ・アール・オー)
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

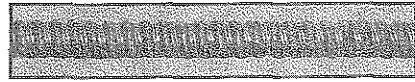
— NATMを支える —

技術と信頼!

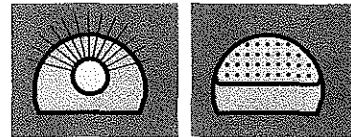
ケー・エフ・シーの ロックボルト

全ネジFRP ロックボルト

CG22S



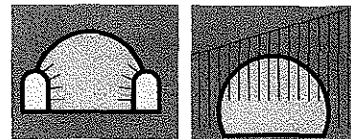
(中実タイプ)



CGR32

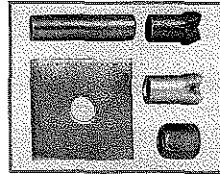
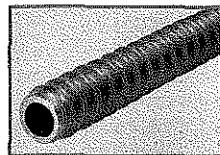
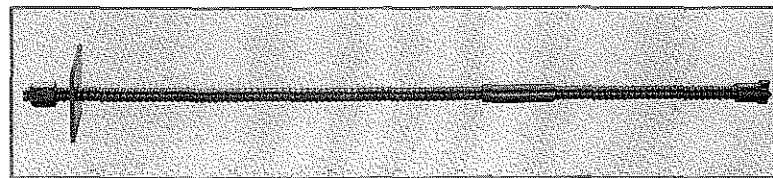


(中空タイプ)



FRP ボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、カプラー接続が簡単にできます。

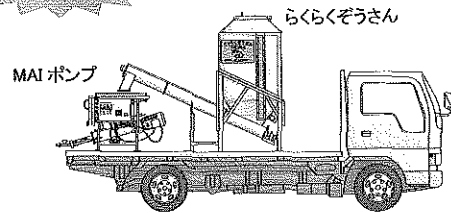
自穿孔 IBO アンカー



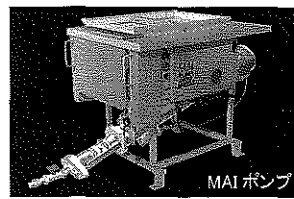
現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

MAI ポンプ&らくらくぞうさん(モルタル投入システム)

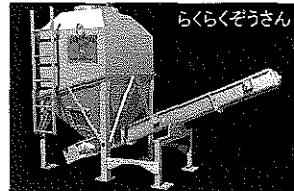
ECO システム!



現場ゼロエミッションに貢献します。



MAI ポンプ



らくらくぞうさん

特許第 3256532 号
(らくらくぞうさん)



環境にやさしいパッケージ
「ふたたびくん」

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

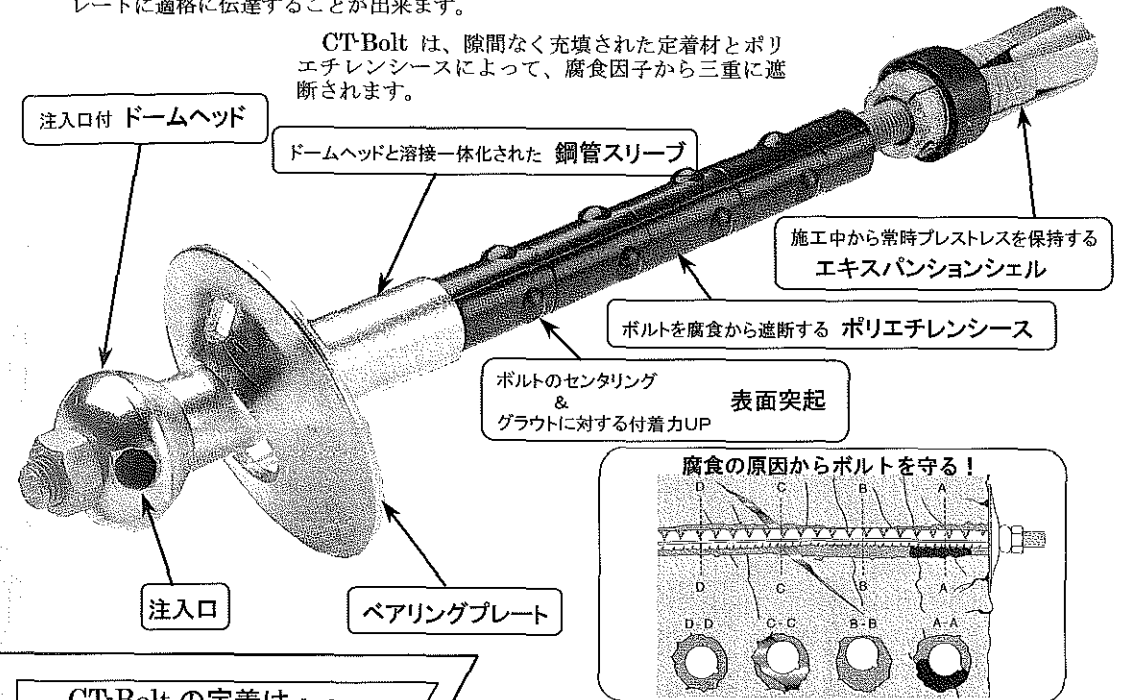
CT-Bolt



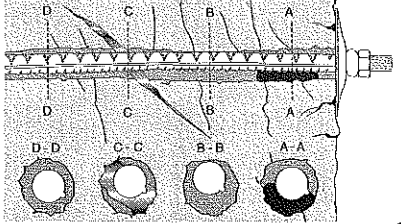
通常施工により超長期支保

CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンスリーブによって、腐食因子から三重に遮断されます。

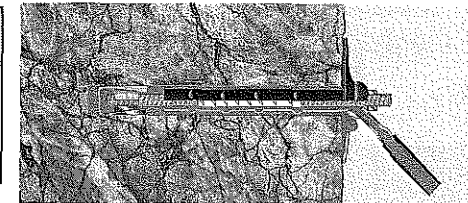


腐食の原因からボルトを守る!



CT-Bolt の定着は・・・

即時に支保効果をもたらす先端定着と、時期を選んで行える全面定着グラウト充填のコンビネーションです。施工直後から施工後長期にわたって、ボルト支保効果を最大限に活用することが可能です。ポリエチレンスリーブがボルトを覆う構造により、仮に空洞や偏芯、或いは湧水によって部分的にグラウトが逸失している場合にも、腐食促進成分がボルトと接触しません。



用途:

- 山岳トンネル・海底トンネルに立坑・地下空洞支保に
- 石油備蓄基地等地下施設建設に
- 斜面安定・補強土工に
- その他 腐食対策の必要な地盤に

完全充填

CT-Bolt は、広い範囲の粘度のグラウト注入が可能です。グラウトはポリエチレンスリーブ内に充填された後、先端部から孔壁とスリーブの間を充填して戻り、リターンによって全面定着が確認出来ます。

総発売元 Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒135-8073 東京都江東区青海2丁目45番タイム24ビル

お問い合わせ先 TEL: 03-3570-5182
技術部 FAX: 03-3570-5191

時代は吸引捕集方式へ

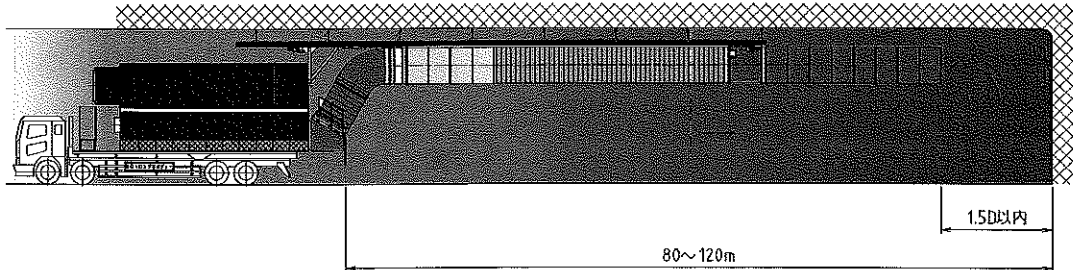
換気・環境技術は進化しています



軽量吸引ダクトシステム
SUPER LIGHT
オーバーハング

拡散希釈方式は業界では限界に近づきつつあり、
省エネ・CO₂削減を合わせ持った新しい換気方式
が求められています

集塵機 吸引ダクトシステム
集塵機 レール送り 固定ダクト 伸縮ダクト 駆動部 オーバーハングノズル



最適環境を創造する

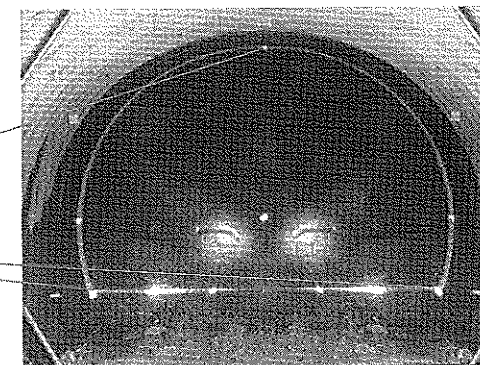
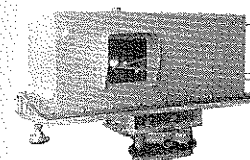
株式会社 **流機** エンジニアリング

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

レーザーマーキングシステム

国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用
の連続高速照射を実現

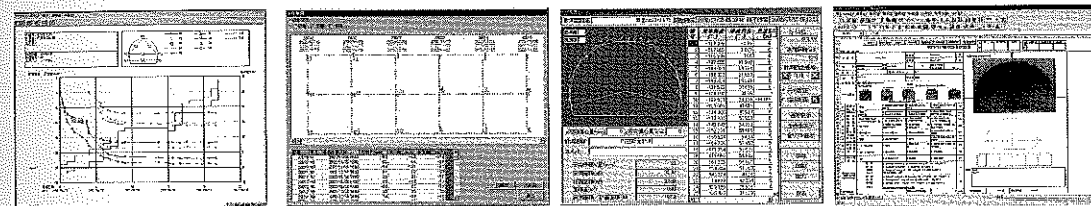


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

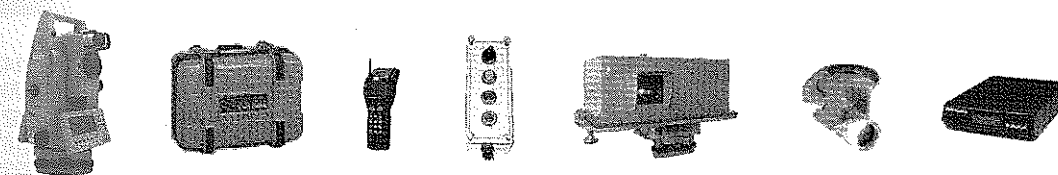


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



A計測データ処理 支保工立込精度、変形量 内空、巻厚検査 切羽観察、etc



豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

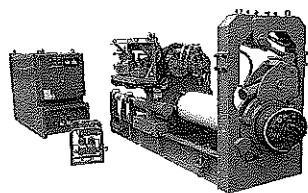
MAC マック株式会社

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

〔販売元〕

古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社 レント

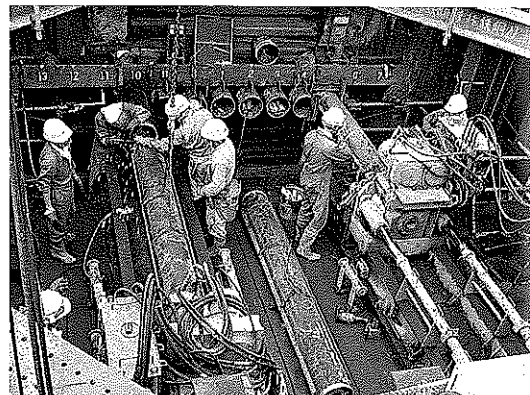
THパイプルーフ工法



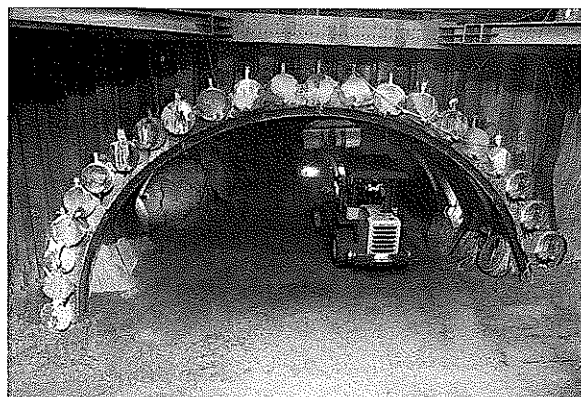
空間を確実に確保
高精度・全地盤型 水平鋼管圧入システム

★特徴★

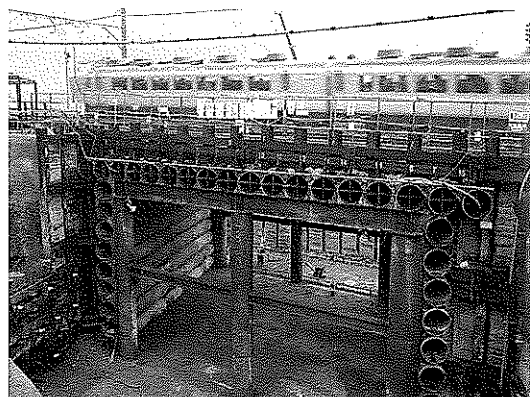
- ・本体掘削時の沈下抑制補助工法です
- ・常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用(精度が良いため支保作業が容易)
- ・オーガ中掘り掘削、地山との空隙に同時注入も可能
- ・推進途中でのビットの交換が可能で地層変化に対応
- ・適応管径は、φ200A～φ1200A
- ・最大推進長は、約70～100m
- ・推進機は、推力1000kN(100t)2000kN(200t)3000kN(300t)



パイプルーフ施工状況(立坑内)



パイプルーフ完了後の掘削状況



パイプビーム工法

〔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
 九州グラウト(株) 福岡県 TEL 092-583-3232
 札幌黒澤工業(株) 北海道 TEL 011-215-7500
 (順不同)

<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

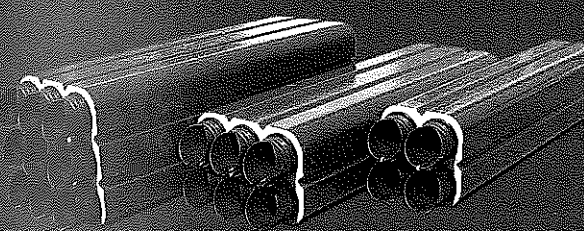


トンネル内専用として セラダクトA^{エース} ネオ neo

長年の多くの実績から得た豊富なノウハウという「宝物」を新しい技術に、
 いらなくなった物で必要な物を作り出す。それが私たちの技術です。
 トンネル、電線共同溝、空港、工場地内、ありとあらゆるニーズにお答え出来ます。
 資源循環型リサイクル製品「セラダクトA」。



熊本県 熊本3号トンネル
 西日本高速道路 第一号神奈川トンネル
 名四国道事務所 足助ハイパス 足助トンネル
 高山国道事務所 中部縦貫道 前原1号トンネル

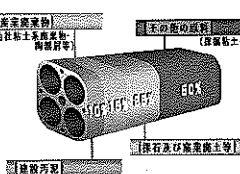


－特長－

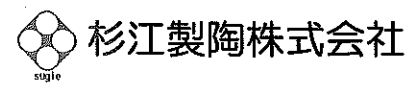
- 標準管の長さは65cmの新規格
※従来のセラダクトAは60cm。
- 接続はカップリング方式で簡単
スピーディー
※従来のセラダクトAはパッキン介在ボルト締め



セラダクトAシリーズは「エコマーク認定基準」に適合し、財団法人 日本環境協会から「エコマーク商品」として認定されました。



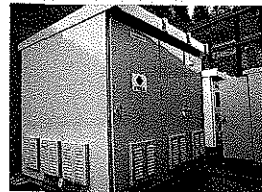
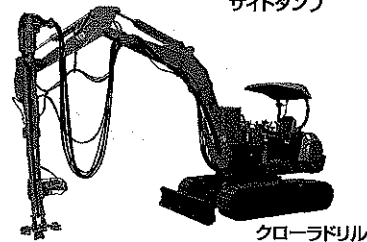
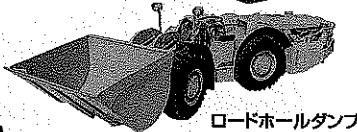
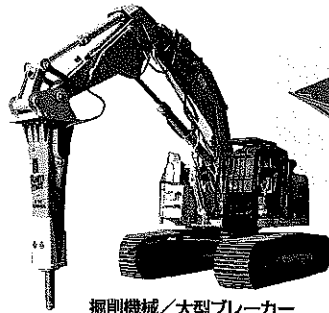
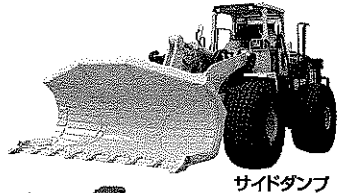
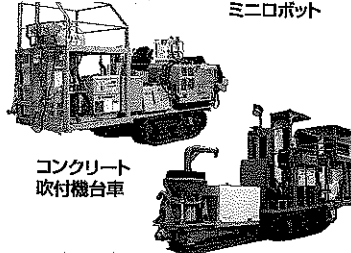
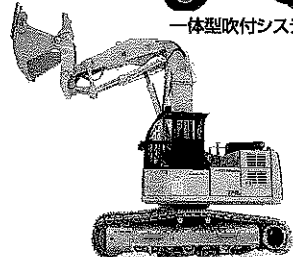
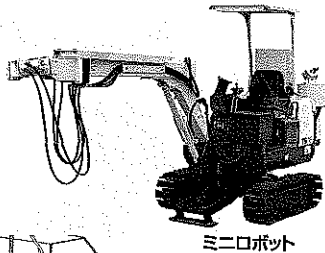
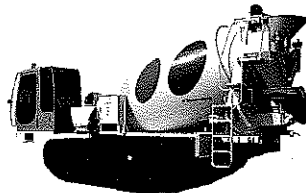
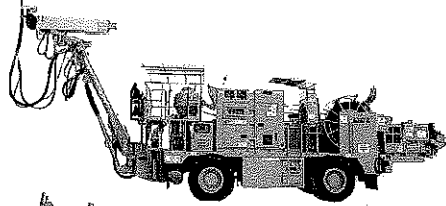
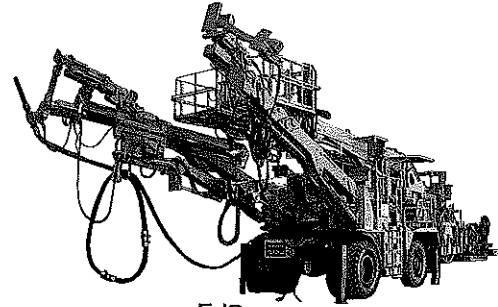
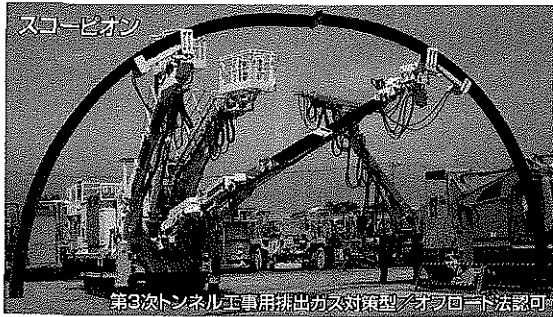
ISO 9001:2000取得



本社・工場 愛知県知多郡武豊町上山一丁目76番地 〒470-2387
 TEL(0569)35-2360内 FAX(0569)35-4087
 東京支店 東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル 〒150-0013
 TEL(03)3442-6181 FAX(03)3442-1691
 大阪支店 大阪府都島区御幸町1丁目3番1号 〒534-0012
 TEL(06)6922-6991 FAX(06)6922-2498

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

山岳トンネル施工機械、鉱山・採石機械の総合レンタル企業



T&M ニシオ ティー アンド エム 株式会社

Tunnel & Mining

<http://www.nishio-tm.co.jp/>

■ 本社管理本部・技術開発本部 〒567-0853 大阪府茨木市宮島3-2-18 TEL 072-634-3939
 ■ 営業推進本部 〒141-0022 東京都品川区東五反田4-5-3サコスビル7F TEL 03-3280-3661

■ 北海道支店 〒061-3241 北海道石狩市新港西3-737-16 TEL 0133-72-3715
 ■ 関東支店 〒389-0506 長野県東御市祢津字元会下1080-9 TEL 0268-62-1426
 ■ 大阪支店 〒569-0836 大阪府高槻市唐崎西2-26-1 TEL 072-677-2101
 ■ 九州支店 〒882-0024 宮崎県延岡市大武町779-1 TEL 0982-26-2111

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〉

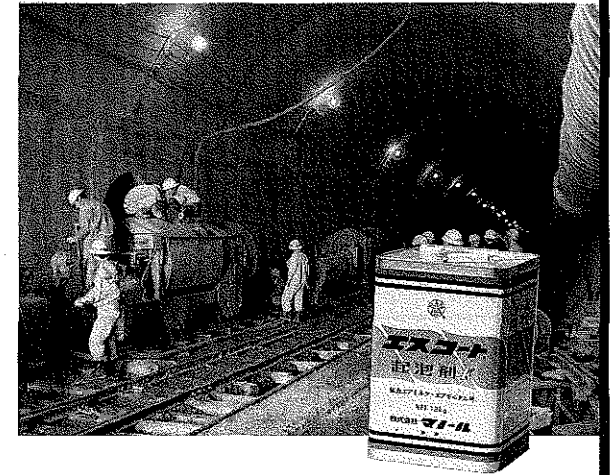
プレミックス急硬モルタルと
特殊ラテックスの
複合材で
短時間で実用強度が得られる
即日補修工法です。

- 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 ◆

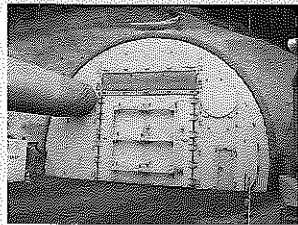


株式会社 マイル

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

快適な作業環境を提供する騒音対策システム

～25年の実績が最大級の安心をご提供いたします～



【防音扉】

- HFS型 マークII
- HFS型 ロック式
- HFS型 マークII 10c
- HFS型 マークII 15c



防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音扉マークII』の音響性能

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

『防音扉ロック式』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)	17 dB
2基設置	28 dB(A)	26 dB

『防音扉マークII 10c』の音響性能

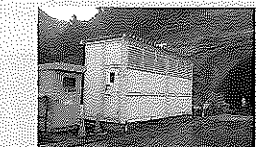
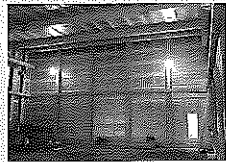
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	20 dB
2基設置	29 dB(A)	33 dB

『防音扉マークII 15c』の音響性能

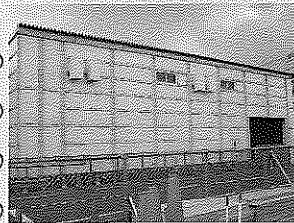
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	21 dB(A)	23 dB
2基設置	30 dB(A)	36 dB



【防音壁】
【防音ハウス】
【防音シェルター】
【防音ボックス】



- Sタイプ(スタンダードタイプ)
- Dタイプ(デラックスタイプ)
- Hタイプ(ハイデラックスタイプ)
- SUタイプ(ステンレスタイプ)



『防音パネルSタイプ』の音響性能

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

『防音パネルDタイプ』の音響性能

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

『防音パネルHタイプ』の音響性能

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

『防音パネルSUタイプ』の音響性能

項目	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失【dB】	20	28	44	54	59	64
吸音率【%】	61	100	100	100	100	100

【建設騒音対策協会】

株式会社 牛尾商店
株式会社 カテックス
株式会社 ティーエムシー
株式会社 野佐和商会
株式会社 ビーエスアイ
古河ロックドリル 株式会社
日豊 株式会社
E-mail : souon@fuse-ind.co.jp

- ◆ISO9001取得 ～ 防音設備の設計、製造、施工、リース
- ◆建設業登録 東京都知事 許可 般-20 第130153号
土木工事業、とび・土工工事業、鋼構造物工事業

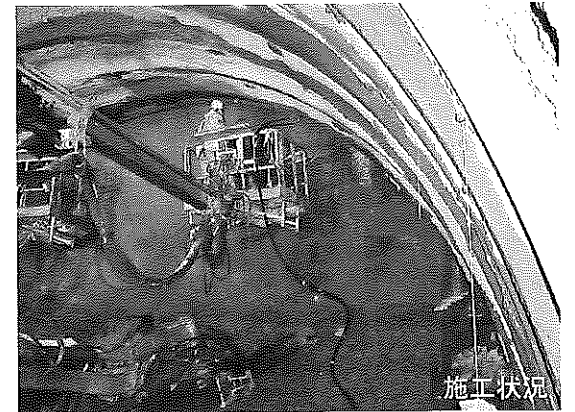
株式会社 ヒューズ

日本 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 ショーレイビル TEL. 06-6359-2611 FAX. 06-6359-2288
E-mail : info@fuse-ind.co.jp http://www.fuse-ind.co.jp

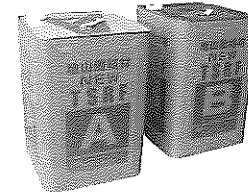
補助工法・注入材のことならティーエムシー

AGF-OFP工法

当社が提案するAGF-OFP工法(注入式長尺先受工法)は、長尺の先受を鋼管打設と注入により構築するもので、現場で通常使用されているドリルジャンボで施工できる、汎用性の高い長尺先受工法です。鋼管・削孔資材から注入材まで、全部まとめてお任せください。



- 各種注入材
- NEW-TSRF (シリカレジン)
- NEW-TBU (ウレタン)

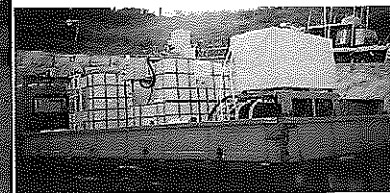


※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧ください。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム



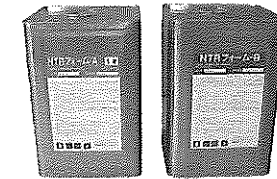
◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景 当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。



トンネル補修もティーエムシーにお任せください

これからますます需要増加が見込まれるトンネル補修工事。当社では、補修工事で使用される空洞充填材も取り扱っております。

- NTRフォーム12(12倍発泡)
- NTRフォーム30(30倍発泡)
- NTRフォーム40(40倍発泡)
- ※強度等詳細は当社ホームページにてご確認ください。



上記の各種注入材の他、ドリルジャンボ、集塵機をはじめ各種機械も取り扱っております。お気軽にお問い合わせください。

TMC 株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>
お問合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

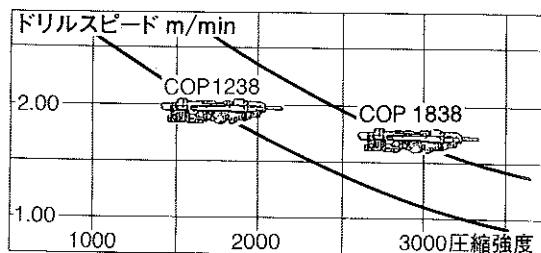
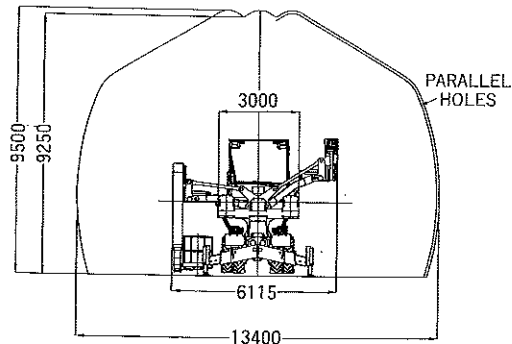
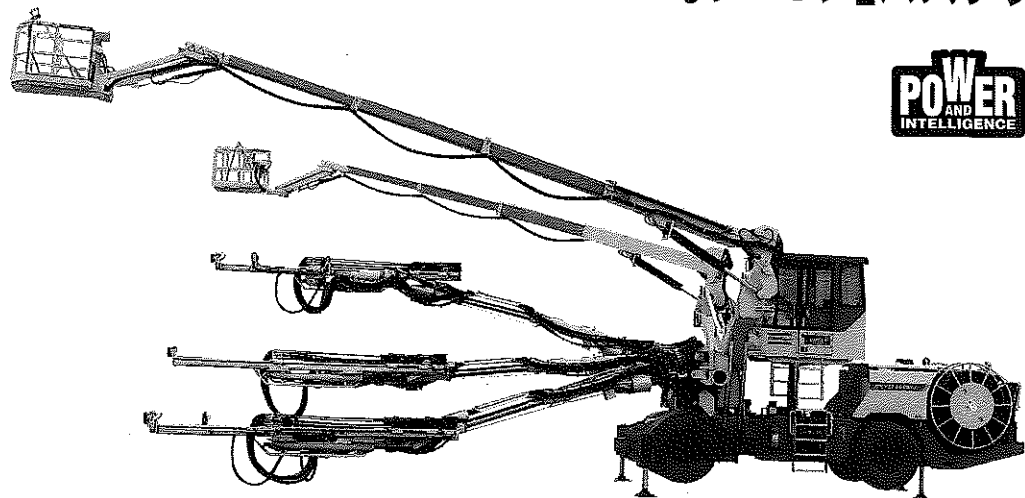
本社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-23-3 冠第二ビル5F	TEL : 03-3891-8211
仙台支店	〒984-0826 宮城県仙台市若林区若林2-5-5 SKビル3F	TEL : 022-286-5111
名古屋支店	〒486-0844 愛知県春日井市鳥居松町4-165 春日井中央ビル4F	TEL : 0568-56-4288
大阪支店	〒578-0903 大阪府東大阪市今米1-2-1 中辻第3ビル3F	TEL : 072-966-6280
富山営業所	〒933-0806 富山県高岡市赤祖父707 古川ビル2F	TEL : 0766-28-8355
九州営業所	〒839-0809 福岡県久留米市東合川3-12-40 747リニュー・ジョンビル1F	TEL : 0942-40-8151

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



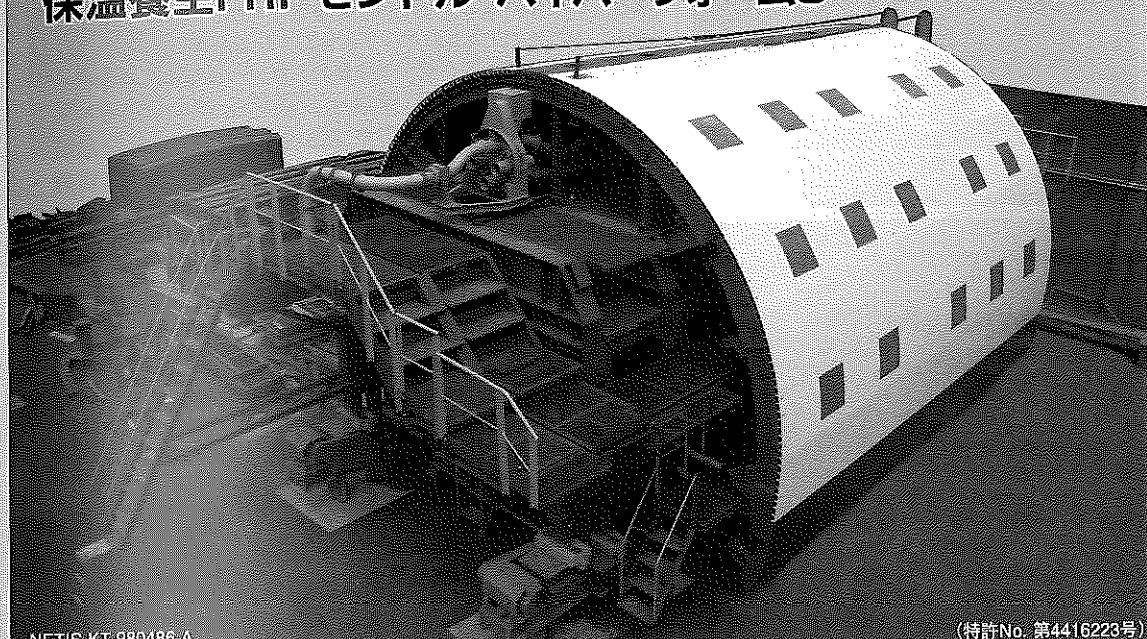
ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

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

高品質・高耐久 覆工コンクリートを目指して

保温養生FRPセントル ハイパーフォームG

[実績17件]

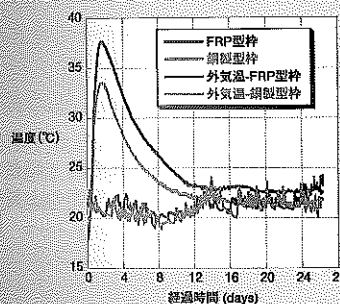


NETIS-KT-980486-A

(特許No. 第4416223号)

■覆工コンクリート温度の経時変化

【宮崎大学との共同研究により、鋼フジタ 古江トンネルにて測定】



◎3-4℃の保温効果により、コンクリート強度が15-20%向上

■鋼製型枠との比較

項目	単位	ハイパーフォームG	鋼製型枠
基準サイズ	mm	900×10500×55	300×1500×55
重量	N/m ²	145.1	405
比重		1.8	7.8
曲げ強度	MN/m ²	294.2	333.4
剛性E-I	N·m	3.66×10 ⁴	5.39×10 ⁴
熱伝導率	W/(m·k)	0.30	46.5
線膨張率	1/°C	1.0×10 ⁻⁵	1.1×10 ⁻⁵
光線透過率	%	2.2	0

特徴

- 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)
- 外気の温度変化に対する影響が少なく、寒冷地に最適
- 剥離性がよく、ケレン作業が低減

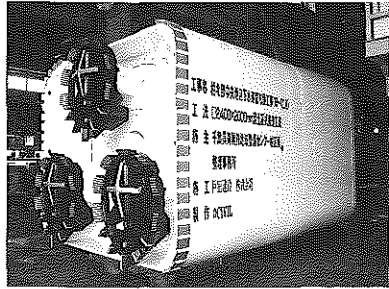
M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

■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 〒812-0038 福岡市博多区祇園1-23 アルテハイム祇園905号 TEL:092-263-0125
 ■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

超流バランスセミシールド工法

ボックスカルバート推進工法

施工場所：千葉県柏市若葉地内



多軸自転・公転掘進機(内空寸法□2400×2000)

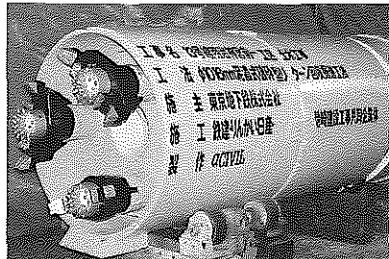
本工法は、有効断面を最大限に確保し、低土被り、長距離、急曲線の安全で迅速かつスムーズな密閉型矩形推進工法を確立しました。

先行工事としての角鋼管水平土留工やボックスカルバートの密閉型推進工法に活用可能です。

- ◆低土被りが推進可能(H=1.5m程度まで可能)
- ◆PC・RCボックスカルバート函体および角鋼管にて対応可能
- ◆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
- ◆完全密閉型式多軸方式の高トルク掘進機のため、多様な土質に適用可能で迅速な施工を実現可能

リターン回収掘進工法

施工場所：東京都渋谷区神宮前



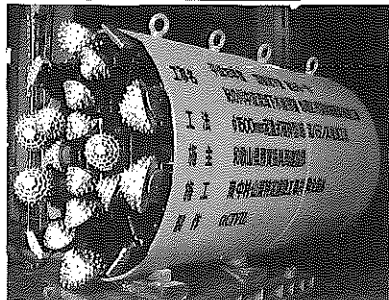
φ1016mm長距離パイプルーフ掘進機(リターン回収型)

本工法は、掘進機を発進基地に迅速に引き戻せる機構としたことで、到達立坑が不要となり、大幅なコスト削減が可能となりました。

特に長距離、曲線パイプルーフ施工として有効なため、工期短縮およびコスト削減が図れる画期的な工法です。

- ◆長距離・曲線パイプルーフとして適用可能
- ◆通常のJIS鋼管にて対応可能(鋼管φ812~φ1219mm)
- ◆継ぎ手付鋼管においても先行継ぎ手カッターにてスムーズな掘進が可能
- ◆到達回収立坑が不要(発進側へ掘進機内部装置を回収可能)
- ◆密閉型掘進機構ゆえに無水層~滞水層まで対応可能

巨礫・岩盤破碎型掘進工法

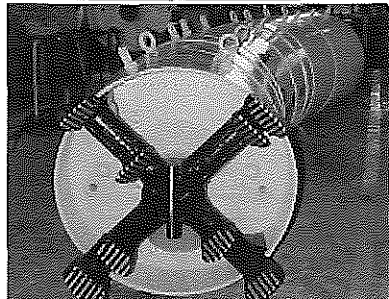


φ1500mm破碎型掘進機

本工法は泥濃式の取込方式の長所を生かしながら、破碎方式を兼ね備え、取込径以下の不要な破碎を行わないため、ビットの耐磨耗延長を従来の2倍以上とし、巨礫に対応しながら長距離推進を可能としました。

- ◆破碎型掘進機：呼び径φ600~φ1650に対応が可能
- ◆岩盤層実績 26件、延べ延長L=10.0km
- ◆巨礫層実績 47件、延べ延長L=15.6km
- ◆破碎型急曲線実績 R=15m(φ800、巨礫層)
- ◆破碎型長距離実績 L=619m(φ1000、巨礫層)

長距離・急曲線推進工法



φ800mm超急曲線掘進機(R=9.3m対応機)

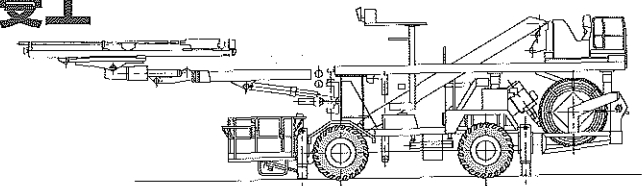
本工法は泥濃式の中でも特に高トルク、超急曲線機能・超長距離安定機能の開発を進め、玉石砂礫層~軟弱層の広範囲の土質に対応できる画期的な掘進機を開発してきました。

- ◆呼び径φ600~φ2400に対応が可能
- ◆排土口径が大きいため、取込型掘進機でも管呼び径の40%程度の玉石等の摘出が可能
- ◆通常の泥濃式の送泥水注入と固結型滑材注入に加え掘進機外周からテールボイド安定材の注入、さらにテールボイド拡幅装置(TRS)を装着することで切羽の安定と良好なテールボイドの構築が可能
- ◆超急曲線掘進機は多段中折れ機構により管呼び径の40~15倍程度まで曲線施工が可能

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO AGF System

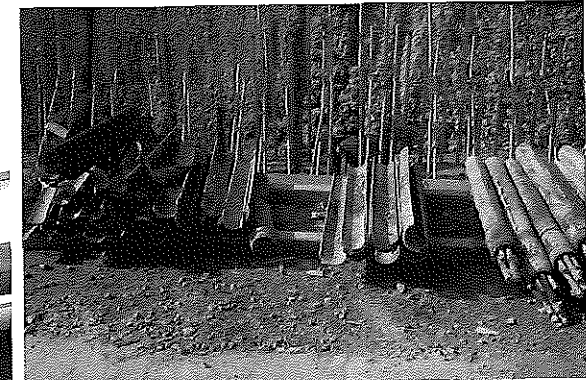
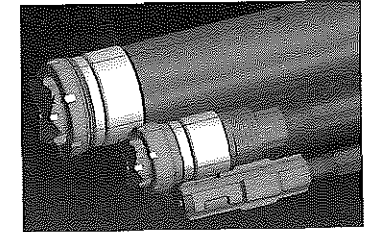
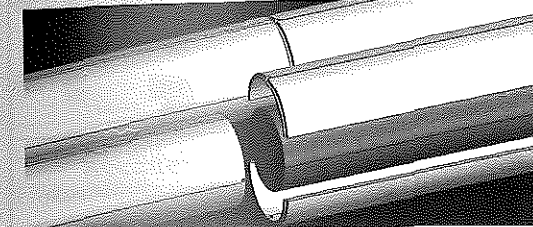
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Filling Method



AGF-Me工法

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

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



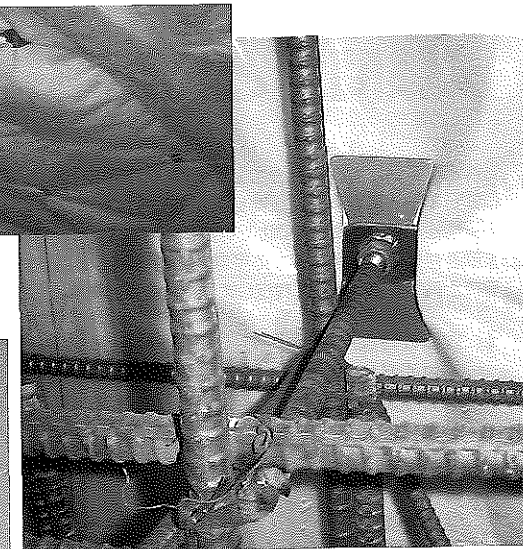
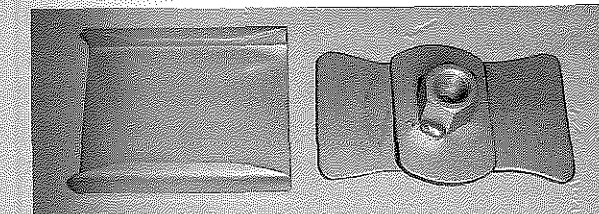
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6 F
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)

認証取得
ISO 9001
ISO 14001

株式会社アルファシビルエンジニアリング(超流セミシールド協会)

〒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18第8677号
測量登録番号：登録第(1)-30507号
建設許可番号：国土交通大臣許可(特-18)第19193号

月刊推進技術

定期購読のご案内



定期購読料金 **12,000円** (@1,000円/月×12ヶ月 税・送料込)

わが国の管渠整備事業においては、社会的ニーズや現場の施工条件等の要因により、推進工法の採用が必要不可欠とされています。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います。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間購読料金 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。

月刊推進技術 編集室

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

〒135-0046 東京都江東区社丹2-2-3-105 株式会社LSプランニング内
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail akasaka@lsweb.co.jp

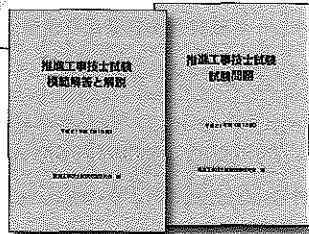
推進工事技士試験 過去8年間(平成14~21年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

推進工事技士試験は、推進工法に係わる技術、技能を適正に認定することを目的に(財)日本下水道管渠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じて、この程、推進工事技士試験過去問題集を刊行しました。受験対策書としてご利用いただければ幸いです。



平成22年度版は、
2月上旬の発売予定

1. 内容と特長

- 過去8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)の出版箇所を明記

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。

株式会社LSプランニング

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

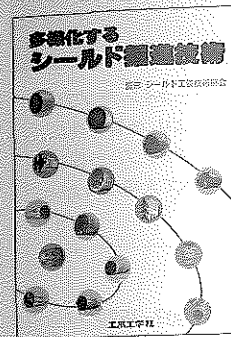
〒135-0046 東京都江東区社丹2-2-3-105
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail oda@lsweb.co.jp

好評発売中

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円



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

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

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

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

〔掲載工法〕

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

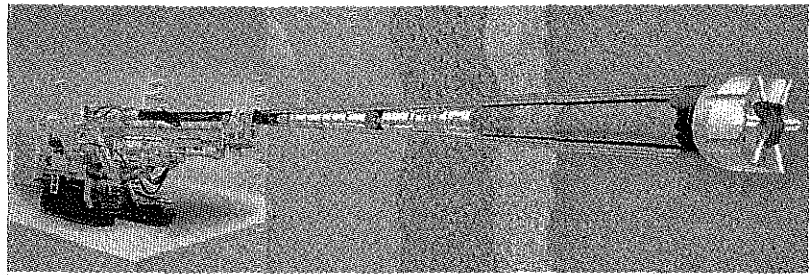
申し込み先

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

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

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



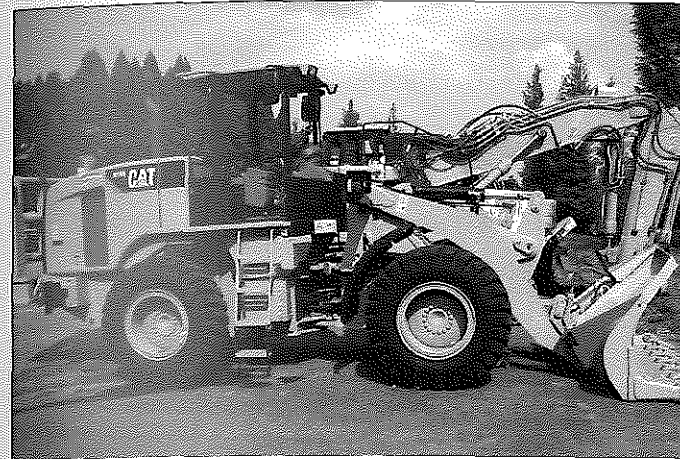
■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をともし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。



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

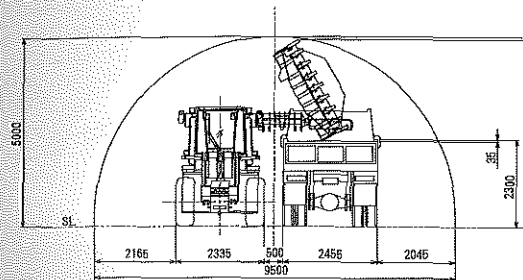
お問い合わせ先： 工事営業本部
TEL (03)6907-7512 FAX (03)6907-7522
<http://www.koken-boring.co.jp>



サイドダンプ

CAT 924H

1.5m³



klea 株式会社 ケイリー

仙 台：TEL.022-359-5331
東 京：TEL.03-3661-5651
大 阪：TEL.06-6838-1372
尾 道：TEL.0848-56-1124
機材センター：TEL.022-359-4951

URL <http://klea.catrent.com>

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ



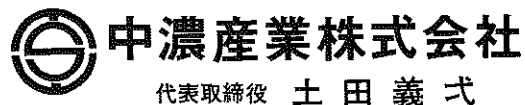
特許第1610830号

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

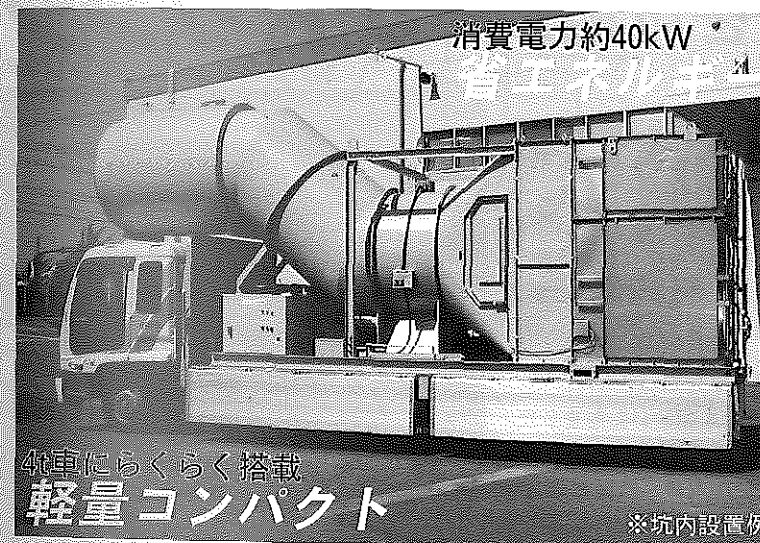
0~20 (約2年) 20~30 (1年6か月)
30~40 (約1年) 40~50 (6か月)

【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)



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



National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)



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)

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

道路,トンネル設計 (本体工,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)
 福岡支店長 朽 網 新

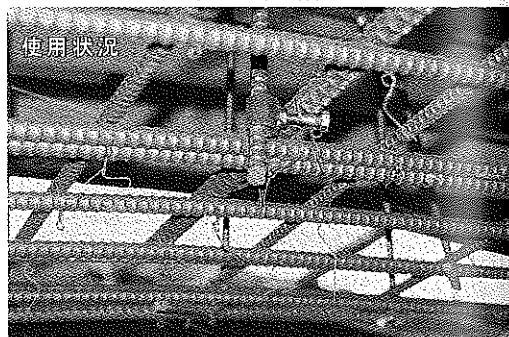
本 社 : 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話(03)3891-0711
 大阪支店 : 〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話(072)691-0711
 福岡支店 : 〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前4丁目25番14号 電話(092)436-1588
 沖縄営業所 : 〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話(098)870-6411

コストダウンを可能にする Kリング

特許出願中 (特願2001-309314号)

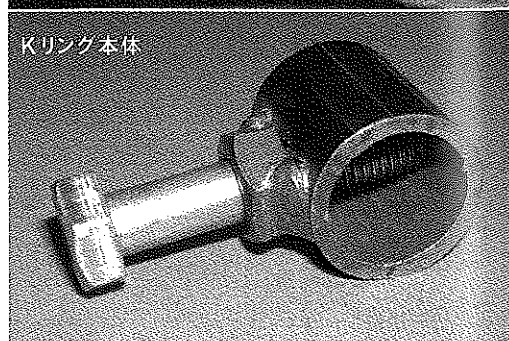
①アーチ鉄筋組立金物

トンネル施工時の覆工工事における、鉄筋補強工事は、坑内上部・壁部にアンカーを打ち、そのアンカー筋に段取り筋を溶着し、それにアーチ筋を取付けていましたが、“防水シートを焦がす”、“塵肺作業である”、“作業効率が悪い”等問題点が指摘されていました。当社開発のKリングを使用することにより、スピードアップ、コストダウンを可能にすると同時に諸問題をすべて解決することができました。



②鉄筋加工業務

「トンネル」「セグメント」の請負業務を開始いたしました。“正確な加工”、“鉄筋の品質管理”、“Kリングとの同時搬入”で皆様から幅広いご支援をいただき県内はもとより県外からも鉄筋加工のご用命を頂いております。どんな鉄筋加工のご相談にもお応えいたしますのでご一報ください。



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
 E-mail: ktk@r5.dion.ne.jp
 URL : http://www.h7.dion.ne.jp/~ktk

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できます。自由に延滞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-TM、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.oricaminingservices.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

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、地下水の水文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

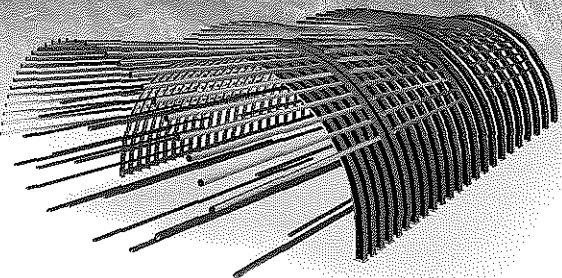
第III巻 地下水と地質
 3,689円+税 B5判

■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

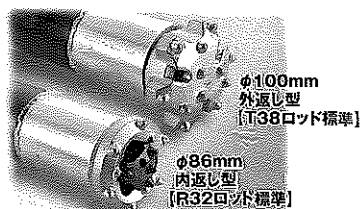
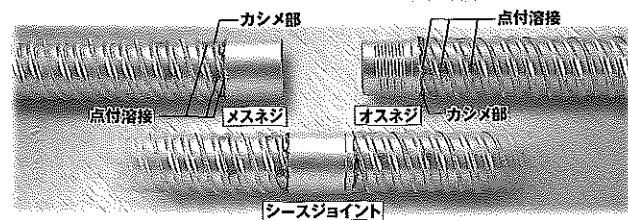
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
 TEL: 03 3267 2888 FAX: 03 3267 2807 http://www.tunnel.ne.jp

ユニークな発想と高品質・自信の価格



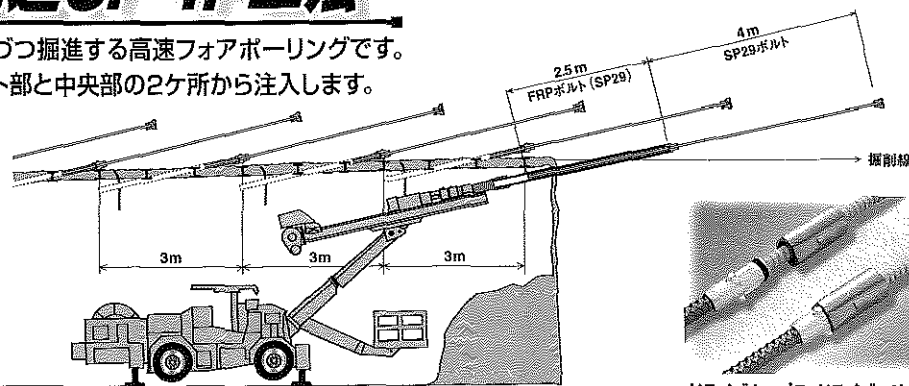
FIXチューブ工法

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

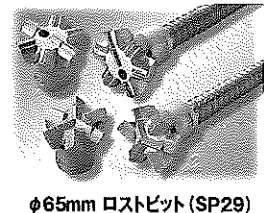
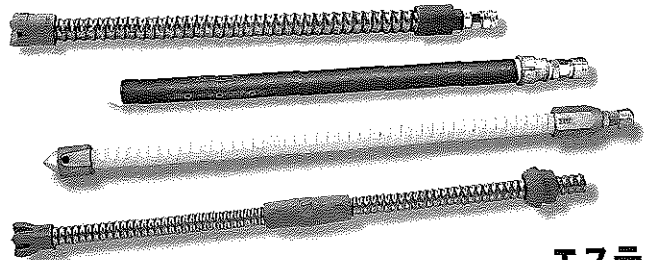


高速SP-IF工法

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



自穿孔ボルト&注入管



エステーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL:0729-90-0250 FAX:0729-90-0251

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

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

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0 m³/Hr 濁水処理設備



複格式フィルタープレス

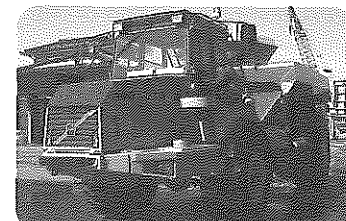
【TWS型濁水処理装置の特徴】

1. シックナーを大型化し、沈降面積を増やし槽内流速を抑えています
2. 複格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



4.5 m³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

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻頭言

新年を迎えて

佐藤 信彦.....5

■研究

レーダー方式検査車(CLIC)で覆工内部状態を高効率・高精度に評価

小野 桂寿・鈴木 尊.....45

■施工

ラチスガーダー支保工ほか新技術・新工法を試みる

—米子自動車道 二川トンネルほか—

金尾 剣一・領家 邦泰・今中 晶紹・板垣 賢.....7

住宅密集地における先行シールドを活用した開削工事の土砂搬出

—小田急小田原線連続立体・複々線化工事—

門石 崇・富岡 和隆.....17

ボルトレスセグメントでの性能照査型設計適用と施工実績

—275kV地中送電線新設(管路)工事—

大野 弘城・笠井 靖浩・鶴田 睦雄・原田 尚幸.....33

ヤマモト (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3丁目2番3号富士ビル ☎ (03) 3201-0701(代)

工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎ (08477) 2-2137(代)

仙台営業所 (022) 262-4531(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (0888) 22-1367(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■連載講座

ずり処理入門(最終回)

—発生土の有効活用事例—

「ずり処理入門」連載講座小委員会.....53

トンネル保守管理における記録とその活用(7)

—変状展開図作成の自動化・デジタル化の取り組み(3)—

JTA保守管理小委員会.....63

■現場だより

「甌島列島をひとつに結ぶ夢の道」薩摩川内市甌島より

大石 政彦.....32

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

山の神から学んだこと

齋藤 武夫.....25

■資料

土木情報

編集部.....52

工法・技術・製品ニュース

編集部.....62

トンネルジャーナル

編集部.....61

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会.....74

■会報

会報

日本トンネル技術協会.....76

【表紙説明】

ラチスガーダー支保工ほか新技術・新工法を試みる
—米子自動車道 二川トンネルほか—

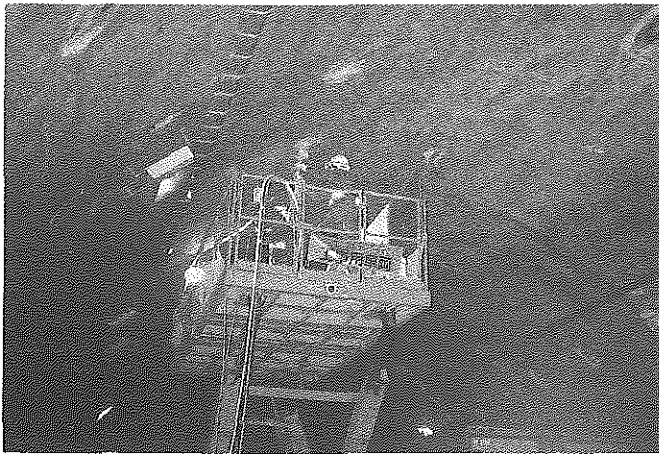


本工事は、米子自動車道久世IC～上野PA間のうち、二川トンネル(延長253m)、米来トンネル(延長161m)、大内原トンネル(延長206m)の3本のトンネルを含む工事である。当該工事ではトンネル工事における新技術・新工法の検討を行うことを目的に各種の試験施工を実施した。写真は、ラチスガーダー建て込み状況である。

【写真提供：西日本高速道路(株)】(本文7頁参照)

硬質発泡ウレタン セットフォーム工法

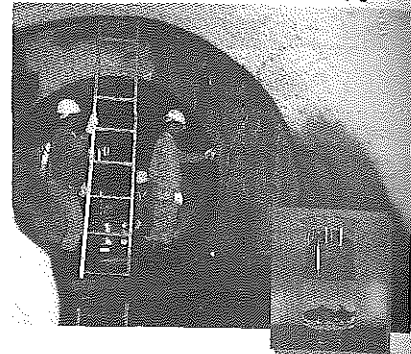
急結性・高性能空隙充填材



- 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ニアリング株式会社	〒135-0047 東京都江東区富岡 1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3-6-2 小津本館ビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共和	〒462-0832 名古屋市北区生駒町 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
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
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 オーバ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

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 3-6-2 小津本館ビル
MC山三ポリマーズ(株)内 TEL 03-3662-0253

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

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

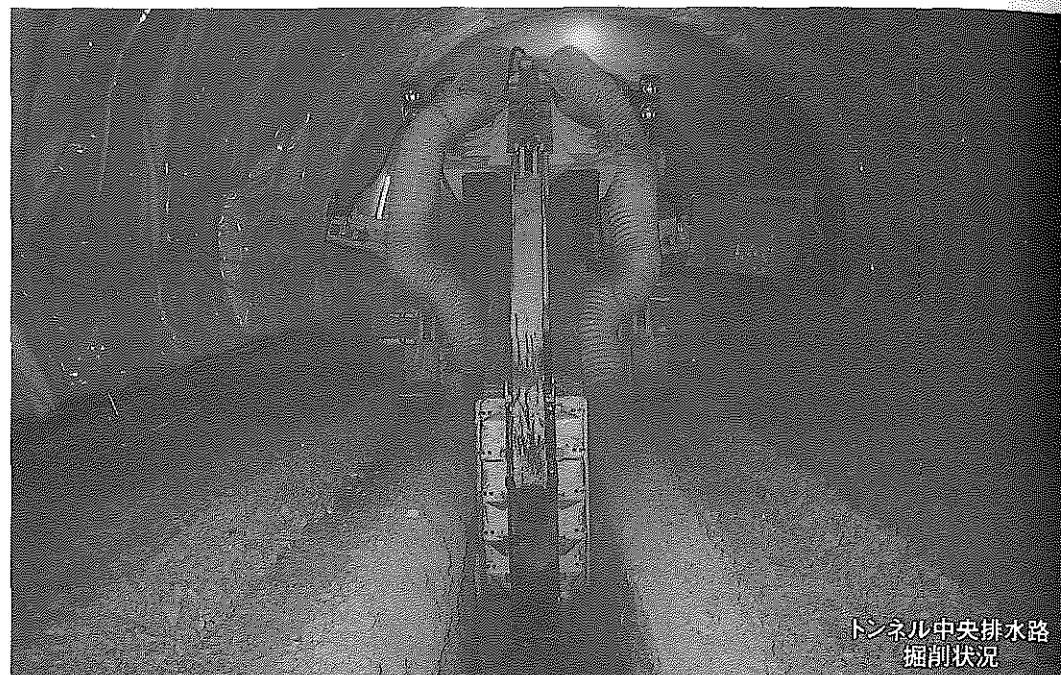
大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

居相 好信 株式会社大林組東京本社生産技術本部 トンネル技術部部长	千葉 隆 清水建設株式会社土木事業本部工事監理部 上席エンジニア
池田 豊人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	濱 建介 株式会社ANET取締役
大石 敬司 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課課長	福家 佳則 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 トンネルグループ長
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 飛鳥建設株式会社土木事業本部土木技術部 トンネル技術グループ部長
城間 博通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員
高瀬 昭雄 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長	領家 邦泰 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室参与

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/D7	40/30	60/35
メーカー名	テスメック	テスメック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅(最小)cm	45	75	70	70
掘削幅(最大)cm	60	100	110	110
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm ²	700kg/cm ²	700kg/cm ²	1000kg/cm ²
重量 t	36	53	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 上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田 徹
東京都立大学名誉教授
高橋 良文
東京都下水道サービス(株)管路部長
橋本 定雄
(元)東京都公営企業管理者下水道局長

濱 建介
株式会社ANET取締役
三浦 克
株式会社竹中土木常務執行役員

〔委員〕

葛城 真治
東京電力株式会社電力流通本部工務部
地中送電グループ課長
亀山 勝
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
計画担当課長
木谷 日出男
財団法人鉄道総合技術研究所
企画室長
清水 満
JR東日本研究開発センター
フロンティアサービス研究所次長
城間 博通
株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長

新谷 康之
東京都下水道局建設部設計調整課長
中本 忠道
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐
藤村 和彦
東京都水道局建設部工務課長
真下 英人
独立行政法人土木研究所
道路技術研究グループ長
両角 幸範
東京都交通局建設工務部計画改良課長

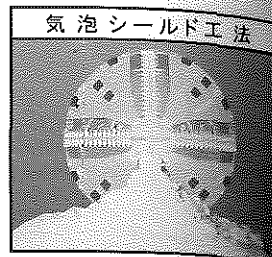
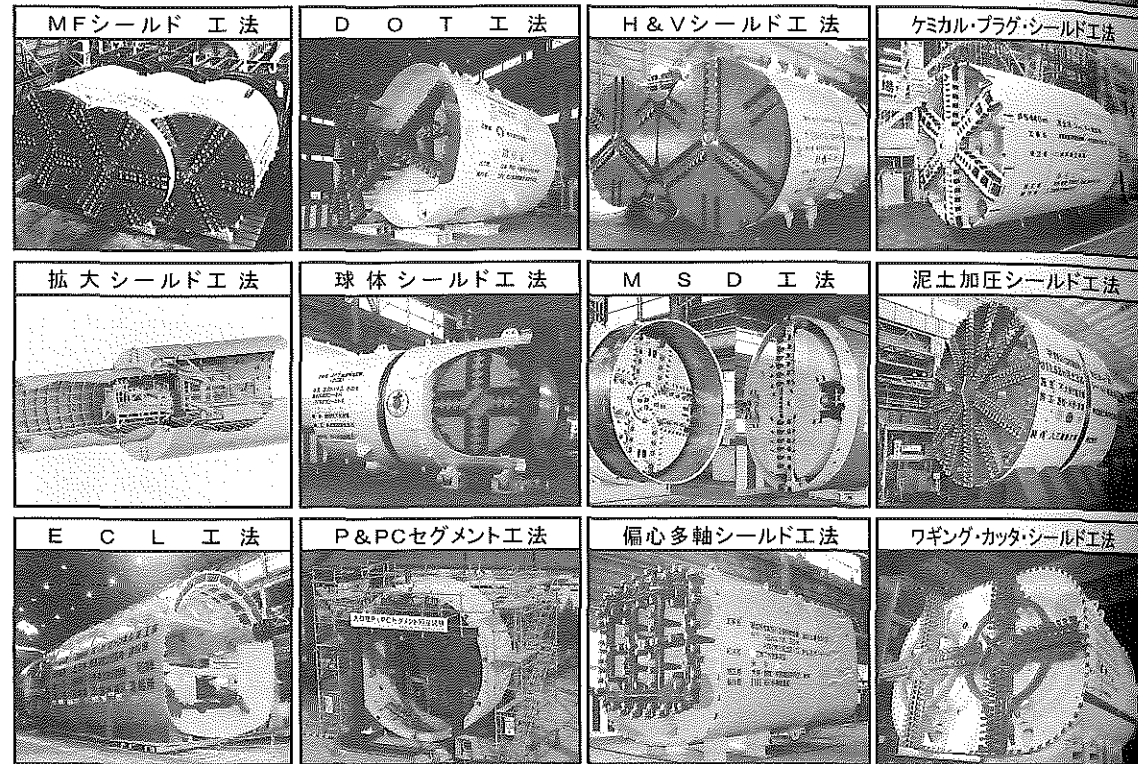


ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484
☎(026) 282-3671(代) FAX(026) 282-5803
<http://www.wkk.co.jp/>

地下の空間を創る

近年、都市部の基礎整備には地下の利用が不可欠です。シールド工法は、地下空間を創造する方法として一段と重要さを増しています。ここに集まった13のシールド工法は、実績があり信頼できる最先端技術です。



STA シールド工法技術協会

正会員

アイサワ工業(株)
青木あすなろ建設(株)
浅沼組(株)
安藤建設(株)
岩田地崎建設(株)
大林組(株)
大本組(株)
奥村組(株)
オリエンタル白石(株)
鹿島建設(株)
熊谷組(株)
鴻池組(株)
五洋建設(株)

佐藤工業(株)
清水建設(株)
西武建設(株)
銭高組(株)
大成建設(株)
大日本土木(株)
大豊建設(株)
大和小田急建設(株)
竹中土木(株)
鉄建建設(株)
東亜建設工業(株)
東急建設(株)
東洋建設(株)
戸田建設(株)
飛島建設(株)

西松建設(株)
日本国土開発(株)
間組(株)
ピーエス三菱(株)
フジタ(株)
不動テトラ(株)
本間組(株)
前田建設工業(株)
三井住友建設(株)
村本建設(株)
名工建設(株)
森本組(株)
りんかい日産建設(株)
若築建設(株)

川崎重工業(株)
小松製作所(株)
ジャパソネカシステム(株)
日立造船(株)
三菱重メカロシステム(株)
石川島建機工業(株)
SMCコンクリート(株)
新日本製鐵(株)
JFE建材(株)
ジオスター(株)
都築コンクリート工業(株)
日本コンクリート工業(株)
フジミ工研(株)

賛助会員

伊藤組土建(株)
植木組(株)
奥村組土木興業(株)
坂田建設(株)
福田組(株)
アクティオ(株)
ガママトロエンジニアリング(株)
成和ニューアルワークス(株)
太平洋ソイル(株)
日立花マテリアル(株)
タック(株)
中央工業(株)

(株)テルナイト
東洋工業(株)

事務局 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11
鹿島建設(株) 土木管理本部 土木工務部内
TEL 03-3348-6322 FAX 03-3348-7125
URL: <http://www.shield-method.gr.jp> e-mail: sta@shield-method.gr.jp

トンネルと地下 VOL.42 No.1 掲載概要

掲載頁
7

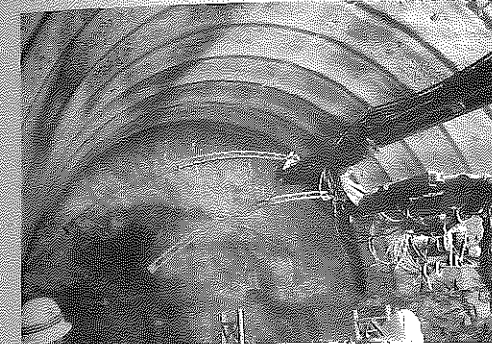
ラチスガーダー支保工ほか新技術・新工法を試みる —米子自動車道 二川トンネルほか—

西日本高速道路(株) 金尾 剣一

米子自動車道二川トンネル工事は4車線化工事を実施中である米子自動車道久世IC～上野PA間のうち、二川トンネル(延長253m)、米来トンネル(延長161m)、大内原トンネル(延長206m)の3本のトンネルを含む工事であり、平成22年6月に完了した。当該工事ではトンネル工事における新技術、新工法の検討を行うことを目的に各種の試験施工を計画し、実施した。本稿は新技術・新工法として実施した検討項目について概要を述べ、その中のひとつであるラチスガーダーを用いた支保パターン試験施工について詳述する。

Lattice Girder Supports and Other New Tunneling Technologies—Yonago Expressway Futagawa Tunnel, etc.—

By Kenichi Kanao, West Nippon Expressway Company Limited



写真はラチスガーダー建て込み状況

The 4-lane road widening project progresses on the Yonago Expressway between Kuse I.C. and Ueno P.A. Under this project Futagawa Tunnel (253m), Miki Tunnel (161m) and Ouchihara Tunnel (206m) were completed in June, 2010. Various kinds of trial construction was planned and implemented with the aim of investigating new tunnelling technologies during building works of these tunnels. This report gives an outline of items investigated that were implemented as new tunnelling technologies and in particular gives details of trial construction of tunnel support system using lattice girders.

掲載頁
17

住宅密集地における先行シールドを活用した開削工事の土砂搬出 —小田急小田原線連続立体・複々線化工事—

小田急電鉄(株) 門石 崇

小田急小田原線、連続立体交差事業ならびに複々線化事業は、代々木上原駅～梅ヶ丘駅間の約2.2kmにおいて、道路と鉄道を連続立体交差化するとともに、踏切での慢性的な交通渋滞の解消と輸送サービスの向上を目的とし、東北沢駅付近から梅ヶ丘駅付近までの約1.6kmにおいて、鉄道の複々線化を行うものである。

当工事の中心に位置する下北沢地区においては密集した市街地であり、工事車両の搬出入には十分な安全対策や周辺環境の保全対策が必須条件となっている。

本稿は、当事業において道路、作業ヤードがもっとも狭隘な箇所である下北沢地区における建設発生土の搬出計画および現時点での実施状況について紹介するものである。

Leveraging Shield Tunnel under Construction for Mucking of Station Works in congested urban area—Odakyu Odawara Line Grade Separation/Track Quadrupling Project—

By Takashi Kadoishi, Odakyu Electric Railway Co., Ltd.



写真は地上部垂直ベルトコンベヤ

On the Odakyu Odawara Line the grade separation project between Yoyogi Uehara and Umegaoka Stations (2.2km) and the track quadrupling project between Higashi Kitazawa and Umegaoka Station (1.6km) are implemented with the aim of relieving chronic traffic jams at railway crossings and improving transport services.

The Shimo-Kitazawa district which is positioned in the centre of these projects is a congested urban area and satisfactory safety measures against traffic of construction vehicles and conservation measures for the surrounding environment are prerequisites.

This report gives information on mucking plans in the Shimo-Kitazawa district which is a place with the narrowest roads and construction yards as well as the current status of implementation.

東京電力では地中送電用シールドトンネルの信頼度向上および合理化を図ることを目的に、社内設計手引を制定し、実務設計にいち早く性能照査型設計法の導入を図ってきた。すでに同設計法を適用した事例が2件あるが、いずれも当社研究により継手性能評価手法を確立した通常のボルトBOXタイプ継手セグメントである。今回、施工者からの技術提案によりボルトレスセグメント(スライドコッター継手・サンクイック継手)を採用した。同セグメントを対象に性能照査型設計を行ったが、その過程で同セグメントを性能照査型設計する際の留意点など新しい知見が得られたことから、設計ならびに施工実績を報告する。

Performance Based Design and Assembly Result of Boltless Joint Segments—New 275kV Underground Power Transmission Line Tunnel Project—

By Hiroki Ono, Tokyo Electric Power Company

Tokyo Electric Power Company has formulated in-house design manual for shield tunnels and introduced performance based design methods to practical designs with the aim of improving reliability and the streamlining of construction for underground power transmission tunnel. There are already two cases to which this design method has been applied but both of tunnels were lined by ordinary segments with bolt box which joint performance evaluation method were established through in-house research. This time, boltless segments (Slide Cotter joint/Sun Quick joint) were employed through technical proposal from constructors. Performance based design was conducted on this segment and new discoveries such as precautions in the process of performance based design for the segment. This report contains information on design and construction results.



写真はボルトレスセグメント(シール材2段の施工)

新幹線トンネルの特別検査は、これまで至近距離からの目視検査とハンマーによる打音検査により実施してきた。しかし、膨大な延長のトンネルにおいて実施するには多大な労力を必要とし、また健全度の評価に個人差が生じやすいという課題がある。

JR東日本では、上記課題の解決策のひとつとして、覆工コンクリート内部の状況を立体的に把握可能なマルチパス方式レーダーを搭載したトンネル覆工検査車を2004年に開発した。

現在は3両体制でトンネルの覆工検査に使用しており、特別検査の効率化とトンネル覆工検査の精度向上を図る取り組みを行っている。

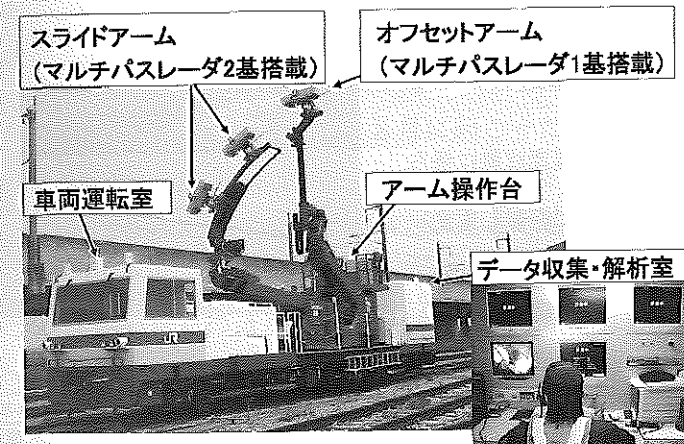
High-efficiency/High-accuracy Evaluation of Lining Internal Condition with Radar Inspection Car (CLIC)
By Keiji Ono, East Japan Railway Company

Special inspections of Shinkansen tunnels up until now have been implemented through visual inspection at close range and hammering inspections. However, implementing this along extremely long tunnels requires a great amount of labour and further, there is the issue that individual differences in evaluation of soundness occur easily.

JR-East a tunnel lining inspection car installed with multi path array radar system in 2004 that makes it possible to grasp the condition of the interior of lining concrete stereoscopically as one of the solutions for the above issues.

At the present time, the three cars are used for tunnel lining inspection and the promotion of streamlining special inspections and initiatives to improve tunnel lining inspection accuracy are being conducted.

This report gives information on the development and outline of the tunnel lining inspection car and verification results for actual tunnel inspection data.

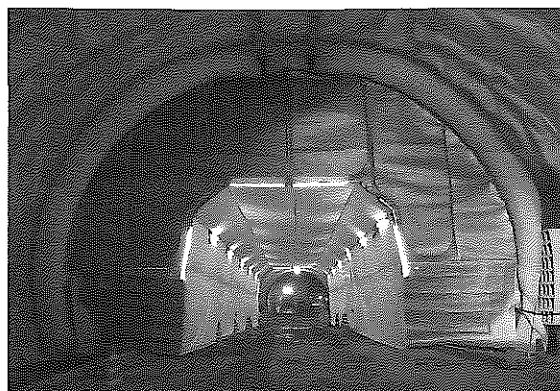


写真はトンネル覆工検査車(CLIC)全体像

トンネルバルーン覆工コンクリート トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な 覆工コンクリート施工を実現します！

NETIS登録
(No.HR-040005)



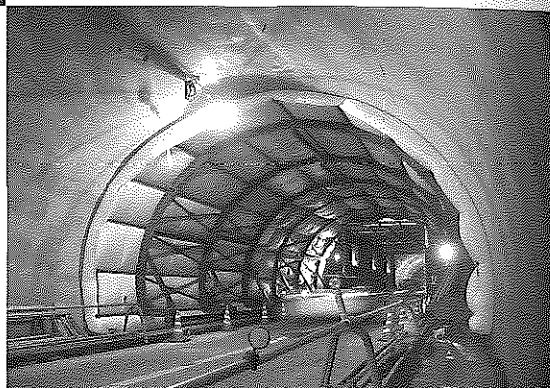
特許出願中

セントル温度養生バルーン

打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

【特徴】

1. 若材齢時に温度管理をすることで初期強度が向上します。
2. 高品質コンクリートの確保が可能です。
(脱型時コンクリートの付着が減少します)
3. サイクルタイムの短縮が可能です。
4. 洗いが水が車両通行部に落ちません。



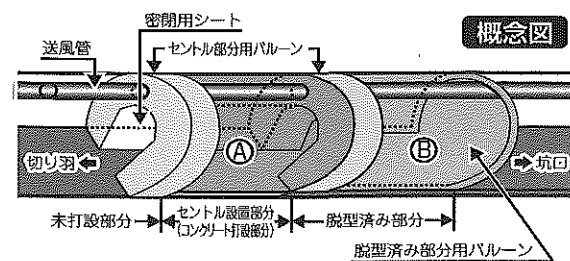
特許3811478号

覆工養生バルーン

脱型後の覆工コンクリートを覆います。

【特徴】

1. 長期材齢の強度アップ
2. 覆工コンクリートの表面を湿潤状態に保ちます。
(乾燥収縮クラックの低減に貢献します)
3. 断熱効果が期待できます。
(内部と表面の温度差が少ない⇒
温度応力の低減)



① セントル(コンクリート型枠)を両サイドのバルーンと密閉用シートではさんで空気層をつくり保護・保温する
② 打設後のコンクリートに薄い薄状のバルーンを密着させ保護・保温する

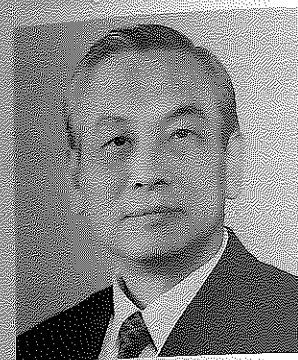
2005年『日経BP技術賞 建設部門』受賞

岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.

本社・工場 岐阜県本巣市十四条144番地
Tel. 058(323)2000(代) Fax 058(323)1176
東京支店 Tel. 03(5836)0531 Fax 03(5836)0532
仙台営業所 Tel. 022(259)2239 Fax 022(259)3664
九州営業所 Tel. 092(713)5265 Fax 092(714)3028
URL <http://www.gifukogyo.co.jp/>

TOUKOU 株式会社 東 宏

本社 北海道札幌市東区北20条東5丁目1番7号
Tel. 011(742)3331 Fax 011(742)3333
東京支店 Tel. 03(3683)8011 Fax 03(3683)8028
道東営業所 Tel. 0155(34)6311 Fax 0155(34)8494
URL <http://www.k-toukou.jp/>



新年を迎えて

(社)日本トンネル技術協会会長

佐藤信彦

年頭にあたり、新年のお祝いを申し上げます。また、皆様方には、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ご指導ご鞭撻を賜りますようお願いいたします。

昨年来の円高傾向による輸出や生産の減速から、政府の景気基調判断も「自律的回復に向けた動き」から「持ち直し」「足踏み状態」「踊り場入り」となかなか定まらない状況の中、外交案件も激しく変動している状況で、激動の年が明けた感があります。

昨年は、先の見えにくい年ではありましたが、トンネル技術に少しは関連する、ちょっと心温まるニュースもありました。それは、8月に起こったチリ鉱山の落盤事故です。33名の鉱山作業員が落盤により地下700メートルに取り残され、17日後に生存が確認されたあとの、全員の救出劇は、まれに見る快挙といえるでしょう。この件は、新聞やテレビで連日報道されたこともあり、ほとんどの方がご存じだと思いますが、その中で強いリーダーシップを印象づけたのはチリの大統領であり、坑内に残された作業員を統率された方などです。一方で、裏方として今回の早期救出に強いリーダーシップを果たした人もいます。

当初の計画では700メートルの地下に閉じ込められた作業員を救出するための縦穴を掘り、クリスマスまでに救出するとの計画が出されました。救出作戦プランとして最大の問題は、いかに安全に閉じ込められた作業員のいる場所まで救出坑を掘削するかということで、海外を含め多くの企業や団体からの提案技術・提供物資を検討した結果、3本の縦穴が掘られることとなり、それぞれプランA、プランB、プランCとよばれ、実施されることとなったようです。

それぞれのプランで掘削機の種類が異なり、製造国も異なったようで、さながら縦穴掘削の現地コンペの様相を呈していました。プランAでは鉱山用掘削機、プランBでは井戸掘り用掘削機、プランCでは油田掘削機が用いられました。最終的にプランBが驚

異的な速さで作業を終了し、喝采を浴びたのですが、その活躍で一躍有名になったのが、アメリカのドリル開発や掘削を請け負う中小企業の社長でした。中日新聞の電話取材でその裏側の一部が紹介されていますが、彼はチリ政府が縦穴掘削による救出計画を発表した直後から、現場の状況と機材調達の情報集めに走り、自信を持ってチリ担当者に連絡を取りました。具体的な状況はわかりませんが、従業員70名、創業2年のアメリカの中小企業の社長が「うちの技術ならそんなにかからない。やらせてくれ」との熱意と過去に類似鉱山事故で救出作業に参加した実績でチリ政府を動かしたのは、技術の裏付けもさることながら、人の心を動かすリーダーシップがあったものと思われます。

一方、国際的な協力体制を見れば、地下の作業員がサッカーの試合を楽しめたのはドイツ提供の光ファイバー、特別な携帯電話は韓国から、カプセルを引き上げるときに大寫しになったクレーンは中国、上海三一集団が設計生産した「神州第一号クレーン」、カプセル構造の設計はNASAのアドバイス、サングラスはアメリカオークレー社などと報道されていますが、わが国は何をしたか。ワシントンポスト(10月15日)には上記国以外に日本とイギリスの投資家が上記プランBに用いたアメリカ製掘削リグとドリル用ビットの費用を負担したとあります。

日本はトンネル掘削技術では、間違いなく世界トップクラスの技術力を有していると思います。世界最長の青函トンネルや第2位の英仏海峡トンネルなど、世界の主要な海底トンネル掘削には日本が参加しており、また、山岳地帯の多い日本では自ずと掘削技術は発展しています。もちろんトンネル事故も対処方法も経験しており、当協会(JTA)として昨年3月には、安全環境小委員会でトンネルに関する安全と環境問題について多くの問題に対応し、「トンネル工事の推移と災害発生状況」をまとめ会員に広報してきたところです。

今回のようなときにも、技術的に優位にあるはずのわが国のトンネル技術が、世界から頼られるような下地、広報戦略なども検討して、それぞれがリーダーシップを発揮するときだと思えます。

最後に、自然を相手にするトンネル技術は、経験やノウハウといった実体験で伝承すべき技術が多くあります。これらをどのようにして伝えていけばよいか、JTAとして研修会、発表会、見学会などを企画していきますので、積極的に活用していただきたい。

いずれにしても厳しい経済・社会情勢の中ではありますが、われわれも一歩進めた考え方で対処していこうではありませんか。

施工

ラチスガーダー支保工ほか新技術・新工法を試みる

—米子自動車道 二川トンネルほか—

西日本高速道路(株)中国支社津山高速道路事務所真庭工事長 金 尾 剣 一

大成建設(株)土木本部土木技術部トンネル技術室参与 領 家 邦 泰

大成建設(株)中国支店萩・三隅道路青海第1トンネル工事作業所所長 今 中 晶 紹

大成建設(株)土木本部土木設計部トンネル地下設計室主任 板 垣 賢

1 はじめに

米子自動車道は、太平洋・瀬戸内海・日本海の三海をつなぐ幹線道路として、中国自動車道の落合JCT(岡山県真庭市)から分岐し、中国山脈を越えて鳥取県米子市に至る延長66.5kmの高速道路である。平成4年12月18日に暫定2車線で全線供用した。落合JCT～蒜山IC間については、平成13年以降、順次4車線化が完成し、蒜山IC～落合JCTの最後の区間である久世IC～上野PA間の4車線化工事を行っている。

2 工事および検討概要

米子自動車道二川トンネル工事は米子自動車道4車線化の最後の区間である久世IC～上野PA間の工事であり、3本のトンネルと1橋梁の下部工工事が含まれる。工事延長は約2,375mで、土工延長約1,550m、トンネル延長約620m(3本合計)、橋梁延長約205mである。3本のトンネル(二川トンネル、米来トンネル、大内原トンネル)はいずれも供用線との近接施工となり、とくに二川トンネルについては南坑口に破砕帯が存在し、また北坑口では用水路トンネルが近接していることから、

それらの影響について検討し、供用線トンネルおよび用水路トンネルに悪影響を与えることなく完了する必要があった。このようなことから本工事においては、関連分野の学識経験者ならびに専門技術者からなる委員会を組織し、近接施工による影響検討および対策工の検討を行うこととした。

またそれと併せて、同委員会においては、トンネル工事における新技術・新工法の検討を行うことを目的に3本のトンネルにおいて各種の試験施工を計画し、実施した。

本報告では新技術・新工法として実施した検討項目について概要を述べ、その中のひとつであるラチスガーダーを用いた支保パターンの試験施工について詳述する。表-1に各トンネルで実施した新技術・新工法試験施工の実施項目を示す。

表-1 新技術・新工法の検討実施項目

実施項目	実施箇所
・坑内変位計測による切羽前方地山予測	二川トンネル破砕帯区間
・高規格支保パターン試験施工	二川トンネル
・中流動覆工コンクリート試験施工	米来トンネル 大内原トンネル
・ラチスガーダー支保パターン試験施工	大内原トンネル

3 新技術・新工法の試験施工

3-1 切羽前方地山予測手法の検討(二川トンネル)¹⁾

山岳トンネル工事における内空変位や天端沈下などの計測には一般的にトータルステーションを使用するため、三次元の変位が得られる。国内では、主に計測断面内の二次元的な変形挙動に着目してきた。一方、オーストリアでは、トンネル軸方向の変位に着目し切羽前方の地山状況を予測することが試みられている²⁾。

この方法を二川トンネルの南側坑口部近傍の破碎帯区間に試験的に適用し、その適用性について検証した³⁾。図-1は、岩盤の堅硬層と軟弱層が順にトンネルに出現する場合について三次元解析を実施した結果である³⁾。グラフの横軸は計測断面位置で、その位置から1D切羽が進んだ時点のトンネル軸方向変位Lと天端沈下Sの比L/Sをプロットした。これによると、堅硬層から軟弱層へ掘進する場合、地層境界手前でL/Sが増加し、逆に、軟弱層から堅硬層へ掘進する場合には地層境界手前でL/Sが減少する挙動を示すことがわかる。このように、距離程に沿うL/Sの変化を監視することにより、切羽前方の地山の硬軟を予測する手法である。

図-2に、この手法を二川トンネルにおける破碎

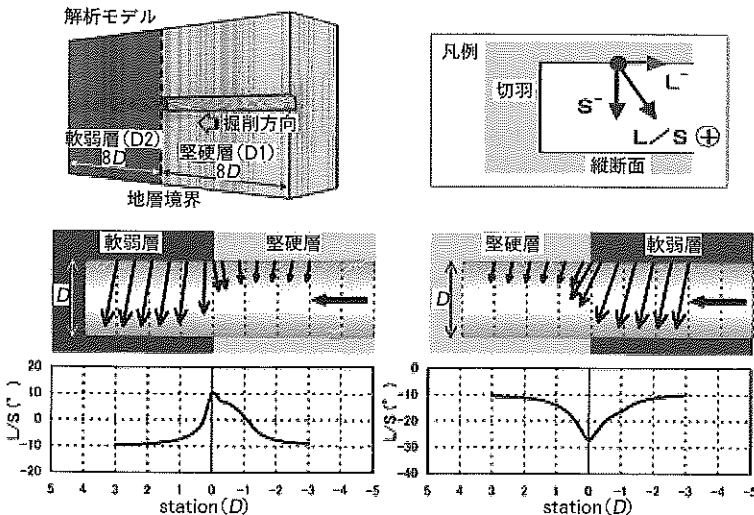


図-1 数値解析による切羽離れ1D時のL/S比の変化

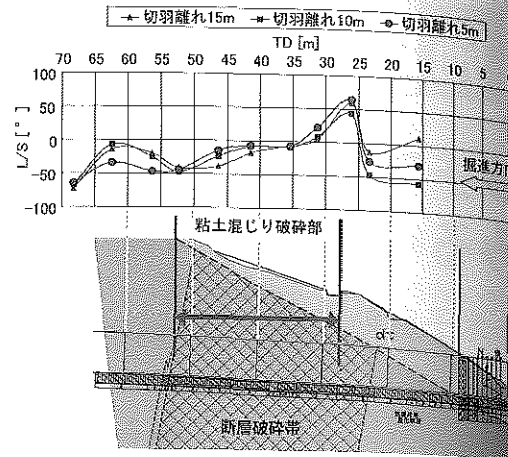


図-2 二川トンネル破碎帯区間におけるL/Sの分布

帯区間前後の天端沈下計測に適用した結果を示す。堅硬層から破碎帯区間への掘進時に、破碎帯の粘土混じり破碎区間に入る手前においてL/Sが増加する挙動が現れた。また、さらに掘進し破碎帯区間から堅硬層へ入る部分ではL/Sが減少する傾向が見られた。以上より、本手法による切羽前方の地山状況を予測する可能性を確認することができた。

3-2 高規格支保試験施工(二川トンネル)⁴⁾

高規格支保は第二東名・名神高速道路の大断面トンネルに使用した高規格支保材料について、二車線トンネルへの適用を図り支保軽減を期待したものであり、現在では平成21年7月のNEXCO東・

中・西日本設計要領の改訂により高速道路二車線トンネルの標準支保パターンとなっている。

二川トンネルにおいては標準支保パターン改訂以前に試験施工として、高規格支保材料を用いた試験施工をDIパターン、CIIパターンにおいて実施した。試験施工においては施工性の評価のほか、従来パターン、高規格支保パターンそれぞれの代表断面において計測工を実施し、切羽評価や周辺地山変位、支保部材の発生応力について比較・

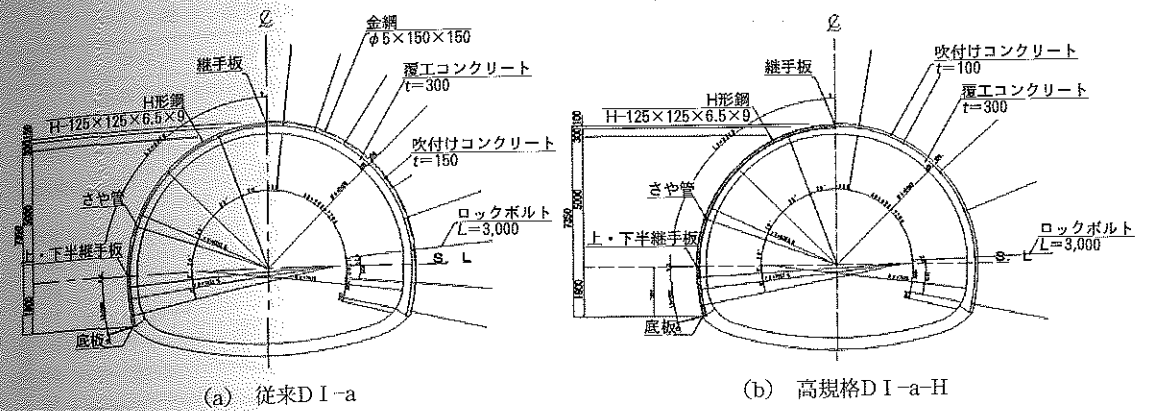


図-3 DI区間支保パターン図

DI-a-K(従来) 鋼アーチ支保工応力分布

位置	応力 (N/mm ²)											
	-440	-400	-360	-320	-280	-240	-200	-160	-120	-80	-40	0
下半左in												-19.5
下半左out												-12.3
左肩in												-31.3
左肩out												-51.1
天端in												-21.0
天端out												-21.8
右肩in												-62.6
右肩out												-54.6
下半右in												-14.1
下半右out												-17.1

(1) 従来

DI-a-H(高規格) 鋼アーチ支保工応力分布

位置	応力 (N/mm ²)											
	-440	-400	-360	-320	-280	-240	-200	-160	-120	-80	-40	0
下半左in												-15.8
下半左out												-28.2
左肩in												-26.4
左肩out												-20.3
天端in												-50.6
天端out												-60.1
右肩in												-24.9
右肩out												-19.0
下半右in												-28.1
下半右out												-48.5

(2) 高規格

図-4 鋼アーチ支保工応力計測結果⁴⁾

分析を実施した。図-3にDIの従来と高規格化後の標準パターンの比較を示す。

計測工の結果、各支保部材の応力はすべて降伏値内に収まっており、従来パターンと高規格支保パターンの発生応力はほぼ同等であった(図-4)。

以上の試験施工結果より、高規格支保パターンについて施工性や支保の安定性が確認された。

またNEXCOでは他のトンネル(4トンネル)における試験施工結果も併せて高規格支保パターンを標準支保パターンとする上記の改訂に至っている。

3-3 中流動覆工コンクリートの試験施工(米来トンネル・大内原トンネル)

中流動コンクリートは、スランプ15~18cmの普通コンクリートとスランプフロー65cm程度の高流動コンクリートの中間的な性状を有するコンクリートであり、覆工コンクリートの吹上げ打設を型枠パイプレータの振動だけで行えるという特徴を有するものである。そのため、コンクリートの流動性・充填性が向上し、充填不足や背面空洞発生の可能性が低減でき、緻密なコンクリートとなり、高品質なトンネル覆工の構築が期待できる。しかし一方で、流動性が向上するため、コンクリート側圧の増加が懸念される。そこで本工

事においては、米来トンネルおよび大内原トンネルの坑口有筋区間(全16スパン)において中流動覆工コンクリートの試験施工を行い、締固め方法や打設時の側圧、硬化後の密実性について検証を行った。

3-3-1 中流動覆工コンクリートの配合

中流動覆工コンクリートは高性能AE減水剤などにより流動性を向上させ、その流動性の向上とともに材料分離に対する抵抗性を増すため、石炭灰(フライアッシュ、FA)または石粉(LS)を混和材として用いる。西日本高速道路(株)管内におい

表-2 中流動覆工コンクリート配合

水セメント比 (W/C)	細骨材率 (s/a)	単 位 量 (kg/m ³)						
		水(W)	セメント(C)	石粉(LS)	細骨材(S)	粗骨材(G)	高性能AE減水剤	繊維(F)
64.1%	55.0%	173	270	120	928	800	4.290	2.73

て、これまで石炭灰での試験施工による品質確認をした事例はあるが、石粉を使用した実績がない。そこで、本試験施工においては混和材として石粉(LS)を用い、試験練りによって流動性や材料分離抵抗性、強度を確認して配合を決定した。配合表を表-2に示す。

3-3-2 中流動覆工コンクリートの締固め方法

中流動覆工コンクリートの締固めは、型枠バイブレータをトンネル周方向7台×トンネル軸方向5台、計35台をセトルに設置し、最初のスパンは型枠バイブレータのみで行った。その結果、そのR形状から締固めが難しい側壁部において空気泡跡が表面に多数発生する結果となったことから、次スパン以降は側壁部の打設においては棒状バイブレータを使用することとした。

その結果、側壁部コンクリート表面の空気泡跡の発生は減少した。

3-3-3 コンクリート側圧測定結果

中流動覆工コンクリートの打設時に型枠に作用する側圧を把握するため、セトルに圧力計を2か所設置(SLの上1.5m, SLの下0.2m)し、型枠バイブレータの振動時間と打設速度をパラメータとしたケーススタディーを実施した。

結果の一部を図-5に示す。

図-5にはセトルの設計側圧(中流動覆工コンクリートに対して0.065MPa、従来覆工コンクリートに対して0.048MPa)を点線にて示したが、測定結果はこれらの設計側圧を上回る結果となり、打設時にはセトルの変形(内空側への押し出し)も見られた。この対策として、設計側圧を超過した場合は打設を一時中断し、側圧の低下を待ってその後打設速度を遅くして打設を行う方法をとった。また、セトル脚部に支保工を設置し変形の抑制を図った。

全スパンの側圧測定結果より、打設速度については側圧との明確な相関関係は見られなかったが、

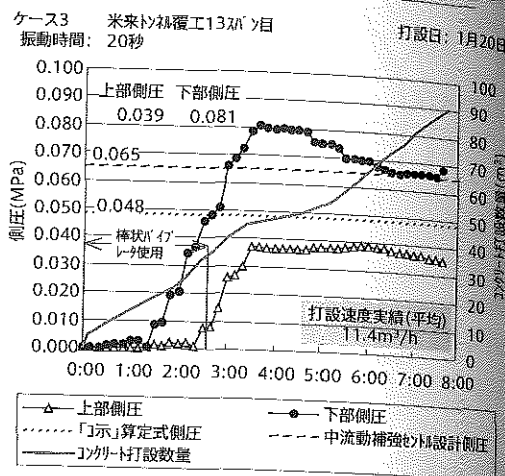


図-5 中流動覆工コンクリート側圧測定結果の一例

型枠バイブレータの振動時間、およびコンクリート温度に起因する側圧の増加が見られた。この要因として、振動時間に関しては、型枠バイブレータを使用した場合の問題点として、締固め箇所だけでなく、セトルを伝ってそれまでに打ち込んだコンクリート全体に振動を与えることが挙げられる。これにより打ち込んで時間が経過したコンクリートに対しても再振動を与えることになり、液性が長時間保持され、側圧の増加が生じることになると考えられる。

コンクリート温度に関しては、中流動覆工コンクリートの配合が初期の硬化・強度発現に影響を与え、それにより側圧が増加すると考えられる。通常、中流動覆工コンクリートの配合は流動性を保つために従来配合と比較して多量の混和剤(高性能AE減水剤など)を使用する。このため中流動覆工コンクリートは遅延性が生じやすく、さらに温度が低くなることにより長時間液性を保持した状態となって側圧が増加するものと考えられる。

3-3-4 硬化後の密実性の評価

中流動覆工コンクリートの密実性を評価するため、原位置試験として材齢28日経過後に透気試験を実施した。その結果、従来コンクリートと比較

表-3 透気試験結果

配合	箇所	透気係数K _v (×10 ⁻¹⁶ m ²)			
		1.1	1.0	1.0	平均
T3-1 (従来配合)	側壁	1.1	1.0	1.0	平均 1.0
	肩部	0.077	0.041	0.091	平均 0.070
	天端	0.090	0.055	0.048	平均 0.064
T3-1(LS) (中流動)	側壁	0.33	0.46	0.15	平均 0.31
	肩部	0.083	0.027	0.019	平均 0.043
	天端	0.098	0.037	0.042	平均 0.059

して透気係数は小さく密実性が増していることが確認された(表-3)。

4 ラチスガーダー支保パターン⁷⁾の試験施工(大内原トンネル)

ラチスガーダーは鉄筋を用いた鋼製支保工であり、H形鋼と比較して鋼材量を低減でき、また吹付けコンクリートとの密着性が高いなど支保部材として構造的な利点がある。海外(とくにヨーロッパ)では日本におけるH形鋼の代替として標準的に使用されるが、日本での適用事例はごく少ない。そこで日本におけるラチスガーダーを用いた支保パターン採用の可能性を探るため、大内原トンネルにおいてラチスガーダーを用いた支保仕様を考案し、試験施工を行った。

試験施工は地山等級CⅡ区間(延長99.6m)のうち、10.8m(全9基)でラチスガーダー支保パター

ンを採用するものとし、従来の標準パターンとの比較を行うために間に緩衝区間を設けて同延長の標準パターン試験施工区間を設定した。図-6に試験施工実施位置を示す。

4-1 ラチスガーダーの構造

ラチスガーダーはメインフレームとなる鉄筋を細径の組立て筋により固定し、所定の断面性能を確保する構造である。本試験施工におけるメインフレームの本数は3本とした。組立て筋は異形棒鋼D10を格子状に曲げ加工し、溶接によりメインフレームの固定を行った。また、底板および継手板はL形の鋼材をメインフレームに溶接固定する構造とした(写真-1)。

本試験施工におけるラチスガーダーの仕様(メインフレームの径、断面寸法)は、標準パターンと同等の耐力を確保できるように決定した。

ラチスガーダーの内空側2本のメインフレーム(表-4中の記号S₁)をD25、地山側1本のメインフレーム(表-4中の記号S₂)をD35とし、断面高を130mmとした。

表-4に決定したラチスガーダーの仕様と、標準パターンにおけるH形鋼との比較を示す。また、図-7にはラチスガーダーおよびH形鋼を鉄筋換算して吹付けコンクリートとのRC部材としたときの耐力カーブの比較を示す。

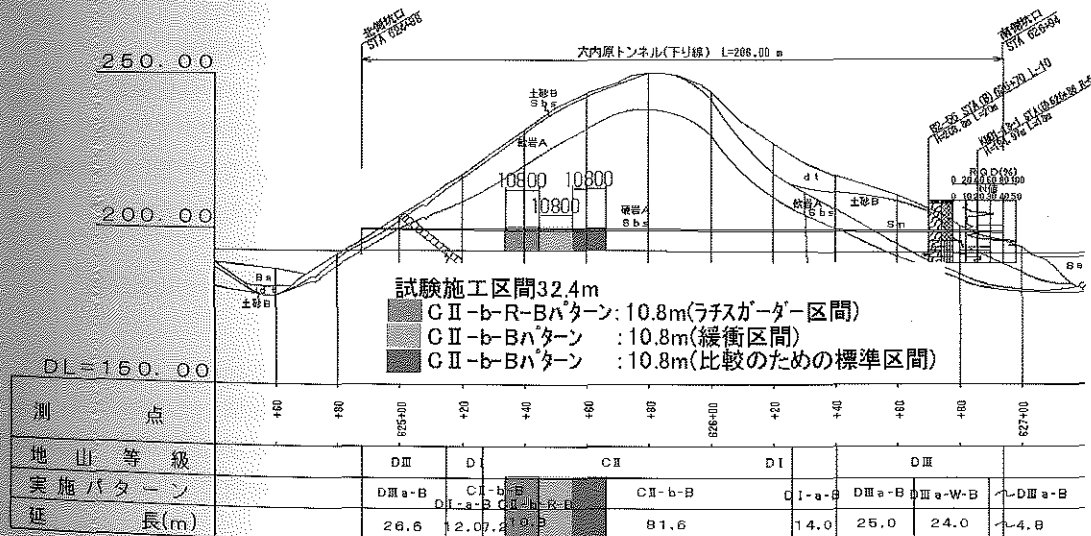


図-6 ラチスガーダー試験施工実施位置

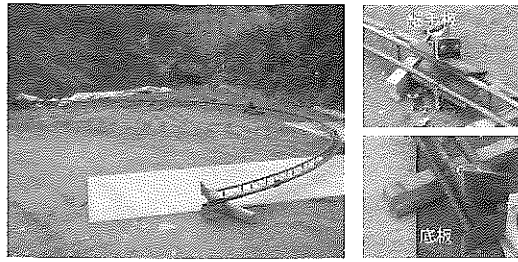


写真-1 ラチスガーダー

表-4 ラチスガーダーの仕様とH形鋼との比較

	H形鋼	ラチスガーダー
仕様	H-125	70/25/35
鋼材種類	SS400	SD345
支保工間隔(m)	1.2	1.2
断面高H(mm)	125	130
断面幅B(mm)	125	140
鉄筋径S ₁ (mm)	—	25
鉄筋径S ₂ (mm)	—	35
断面積A(mm ²)	3,000	1,970
断面二次モーメントI(mm ⁴)	839 × 10 ⁴	492 × 10 ⁴
重量(kg/基)	418	318

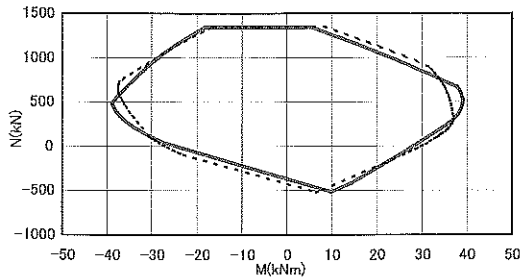
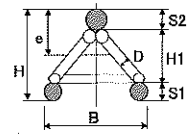


図-7 標準パターンとの耐力比較

これにより標準パターンと同等の曲げ耐力を確保しながらH形鋼と比較して1基あたり100kgの軽量化を可能とした。

4-2 初期高強度吹付けの採用

以上に示したように本試験施工におけるラチスガーダーの仕様は標準パターンと同等の耐力を確保するように設定した。しかし表-4に示すようにH形鋼と比較してラチスガーダーの剛性は小さくなるため、鋼製支保工の機能として期待されて

表-5 各種吹付けコンクリートの目標強度

材齢	目標強度(N/mm ²)		
	従来の吹付け	高強度吹付け	初期高強度吹付け
10分	—	—	3
3時間	—	2	4
1日	5	10	15
28日	18	36	36

いる吹付けコンクリート強度発現までの間の外力(掘削解放力、ゆるみ荷重など)に対する抵抗に関してはH形鋼と比較して劣ることとなる。そこでこの剛性差を補うため、本試験施工においては初期高強度吹付けコンクリートを採用した。初期高強度吹付けコンクリートは吹付け後10分程度で3N/mm²の強度を発現し、掘削後早期の段階で支保効果を発揮できる吹付けコンクリートである(表-5)。

各支保部材の支保剛性を以下の式⁹⁾により算出した。

$$K_c = \frac{E_c(\pi^2 - r_a^2)}{(1 + \nu)((1 - 2\nu)\pi^2 + r_a^2)}$$

$$K_s = \frac{E_s A_s}{S_s \pi}$$

$$K_b = \frac{E_b}{S_c S_c} \frac{\pi d_b^2}{4} l_n \left(\frac{\pi + l}{\pi} \right)$$

- K_c: 吹付けコンクリートの支保剛性
- K_s: 鋼製支保工の支保剛性
- K_b: ロックボルトの支保剛性
- E_c: 吹付けコンクリートの弾性係数
- ν: 吹付けコンクリートのポアソン比(=0.2)
- r₁: トンネル掘削面までの半径(=5,400mm)
- r_a: 吹付けコンクリートの内側の半径(=5,300mm)
- S_s: 鋼製支保工の縦断方向の設置間隔(=1,200mm)
- E_s: 鋼製支保工の弾性係数(=2.0×10⁵N/mm²)
- A_s: 鋼製支保工の断面積(=3,000mm²)
- S_c: ロックボルトの周方向設置間隔(=1,500mm)
- S_b: ロックボルトの縦断方向設置間隔(=1,200mm)
- E_b: ロックボルトの弾性係数(=2.0×10⁵N/mm²)

d_b: ロックボルトの直径(=24~25mm)

l: ロックボルトの長さ(=3,000mm)

表-6に吹付け材齢3時間における支保剛性の算出結果を示す。算出条件として吹付けコンクリートの材齢3時間における弾性係数E_cは、既往の研究結果より、E_c=1.65×10³σ_c(σ_c:一軸圧縮強度)により算出した。材齢3時間における一軸圧縮強度は、従来の吹付けは1.5N/mm²(既往の実験結果を参考に仮定)、初期高強度吹付けは4.0N/mm²(表-5)とした。

これによると鋼製支保工単体では従来の標準パターンと比べて劣るものの、初期高強度吹付けコンクリートを採用することにより、吹付け材齢3時間で支保全体では従来の標準パターンを上回る初期剛性が得られる。

4-3 試験施工結果

試験施工区間における切羽評価点分布状況を図-8に示す。ラチスガーダー支保パターン区間の切羽においては切羽評価点が標準パターン区間と比較して低くなり、ラチスガーダー試験施工区間内においては相対的に不良地山となった。

ラチスガーダー試験施工状況を写真-2に示す。ラチスガーダーはH形鋼と比較して剛性が小さいため、建て込み時に天端が20mm程度下がる現象が

表-6 吹付け材齢3時間における支保剛性の算出

	標準パターン (従来の吹付け)	ラチスガーダー 支保パターン (初期高強度吹付け)
吹付けコンクリート	48.4	129.1
鋼製支保工	92.6	60.8
ロックボルト	24.1	22.2
合計	165.1	212.1
比率	1.00	1.28

単位: N/mm²

見られた。

表-7にラチスガーダーの建て込み時間を示す。標準サイクルの支保工建て込み時間は30分であるが、本試験施工におけるラチスガーダーの支保工建て込み時間は平均で97分である。この要因として、ラチスガーダーはH形鋼と比較して剛性が小さく上げ越し量の調整に時間を要したこと、H形鋼と異なり吹付け前に鞘管の穴塞ぎ養生を行わなければならないこと、作業員がラチスガーダーの取り扱いに不慣れなこと、などが挙げられる。

また、ラチスガーダーに対する吹付けコンクリートの施工性としては、ラチスガーダー施工数量が9基のみである今回の試験施工ではノズル操作などの施工方法に慣れることができず、ラチスガーダー内部へのコンクリートの充填に時間を要したほか、吹付け完了後の鋼材表面凹凸修正のためのケレンは鉄筋が損傷しないようにH形鋼よりも慎重に行う必要があることなどの意見が挙げられた。

4-4 計測結果の評価

図-9、10に切羽離れ1.2m時点における標準支保パターンとラチスガーダー支保パターンの鋼製支保工応力分布を示す。これは掘削直後の段階であるので、地山のゆるみの進展などによる影響は少

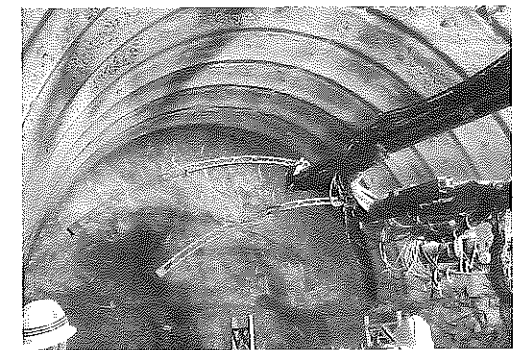


写真-2 ラチスガーダー建て込み状況



図-8 試験施工区間の切羽評価点分布状況

間の短縮が挙げられる。また本検討においては従来の標準パターンとの耐力比較によりラチスガーダーの仕様を決定したが、今後はより合理的な仕様決定方法を考案し、さらに吹付けコンクリートについても今回用いた初期高強度吹付けではなく、標準パターンとなった高強度吹付けを使用するなど、支保部材全体で最適なパターンとなるように各部材の仕様を検討する必要がある。

5 おわりに

米子自動車道二川トンネル工事では、トンネル工事における新技術・新工法の導入を目的に各種の試験施工を実施した。本報告においてはとくにラチスガーダー支保パターンの試験施工について詳述したが、その他の切羽前方地山予測手法や高規格支保(本試験施工ほかをもって要領改訂済)、中流動覆工コンクリートについても、今後の同技術の導入・展開において参考となるようなデータが得られたと考える。

最後になりますが、今回の新技術・新工法の検討にあたりまして米子自動車道二川トンネル施工技术検討会の櫻井春輔委員長をはじめとする各委員ならびに関係各位よりご指導、ご助言をいただきましたことに深く感謝する次第であります。

参考文献

- 1) 青木智幸・今中晶紹・板垣賢・領家邦泰・金尾剣一・櫻井春輔：トンネル坑内変位計測による切羽前方地山予測，第39回岩盤力学に関するシンポジウム，土木学会，pp.387-392，2010.
- 2) Schubert, W. and Budil, A.: The importance of Longitudinal Deformation in Tunnel Excavation. Proc. of 8th Int. Congress on Rock Mechanics (ISRM), Tokyo, 3, pp.1411-1414, 1995.
- 3) 坂井一雄・青木智幸・清水賀之・北澤翔平・山中誠一：坑内変位を用いた切羽前方地山予測に関する数値解析，土木学会第65回年次学術講演会，Ⅲ-426，pp.851-852，2010.
- 4) 中野清人・小川澄・清水雅之：二車線トンネルへの高規格支保材料の適用，トンネルと地下，Vol.41，No.7，pp.45-56，2010.7.
- 5) 西日本高速道路(株)：トンネル施工管理要領(中流動覆工コンクリート編)，2008.
- 6) (社)土木学会：コンクリート標準示方書 [設計編]，2007.
- 7) 板垣賢・櫻井春輔・金尾剣一・領家邦泰・今中晶紹：道路トンネルにおけるラチスガーダーを用いた支保パターンの試験施工，土木学会第65回年次学術講演会，Ⅵ-052，pp.103-104，2010.
- 8) E.フック・E.T.ブラウン共著，小野寺透・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆共訳：岩盤地下空洞の設計と施工，土木工学社，1985.

E. フック・E. T. ブラウン共著
岩盤地下空洞の設計と施工

理学博士 小野寺透・工学博士 吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳
B5判・442頁・上製本 本体価格 9,800円 (〒450円)



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

施工

住宅密集地における先行シールドを活用した開削工事の土砂搬出

—小田急小田原線連続立体・複々線化工事—

小田急電鉄(株)複々線建設部下北沢工事事務所副所長 門石 崇
小田急電鉄(株)複々線建設部下北沢工事事務所主任 富岡 和隆

1 はじめに

小田急電鉄は、小田原線の東北沢～和泉多摩川間の約10.4kmにおいて、輸送サービスの向上を目的とした複々線化事業を行っている。また、これとともに、代々木上原～梅ヶ丘間約2.2kmの区間(図-1)において、踏切での慢性的な交通渋滞解消を目的とした道路との連続立体事業を一体的に進めている。

これにより、9か所のボトルネック踏切が廃止され、鉄道、道路それぞれの安全性向上、鉄道で分断されていた市街地の一体化が図られるといっ

た効果が期待される。

当事業は、世田谷区(人口約84万人)の広域生活拠点である下北沢が中心となっており、商店や住宅が密集した地域である。工事の条件として線路に隣接した道路や作業ヤードの用地がなく、駅周辺では古くからの商店が多数ある非常に込み入った街のため、資機材や土砂の搬出入には狭隘な道路を使用しなければならない。このような環境の中で工食用車両を運行するにあたり、歩行者の安全や地元商店街などの交通流動阻害を考慮する必要があった。

本稿では、当事業において道路、作業ヤードが

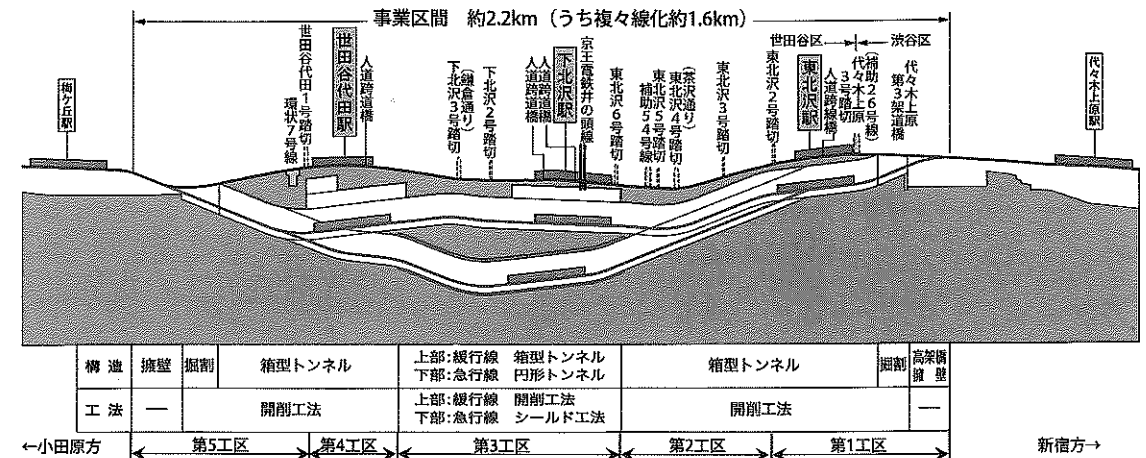


図-1 工事縦断面図

もっとも狭隘な箇所である下北沢地区における建設発生土の搬出計画および現時点での実施状況について報告する。

2 工事概要

本工事は、全長2.2kmの区間を5工区に分割して進めており、このうち、当下北沢地区は図-1のとおり第3工区にあたる。この第3工区は、東北沢～世田谷代田間において、急行線にあたる地下3階部をシールド工法、上部緩行線を開削工法にて2線2層式の複々線構造物を2期に分けて構築する。

1期施工では、まずシールド工法で急行線を構築した後、在来線の下北沢駅部約180mを工事桁にて仮受けし、完成したシールドトンネル上に開削工法にて駅部躯体を構築する。2期施工では、下北沢駅部以外の緩行線区間を開削工法で構築する。

1期施工と2期施工を合わせた発生土量は約17万m³となり、2010年度施工分では約3万5千m³の土を搬出する。当年の土砂搬出と資機材運搬車を含めた1日あたりの最大車両台数は70台の予定(計画)である。

3 搬出方法の検討

3-1 隣接道路概要

本工事区間は、世田谷区を中心に、渋谷区に跨がる住宅と商店が密集した地域である(図-2)。

全体の工事区間は、環状7号線、茶沢通りおよび都道420号鮫洲大山線の3つの幹線道路と交差しているものの、本第3工区範囲にはこのような幹線道路がない。そのため、商店街に面した狭隘な鎌倉通りを使用し、都内主要道路まで接続しな

ければならない。また、この鎌倉通りは自動車交通量が比較的多いにもかかわらず幅員が狭く、自動車同士のすれ違いが困難なことや歩行者も多いため安全確保など交通上の課題を多く抱えている(表-1、写真-1)。

鎌倉通りの特徴を以下に示す。

- ① 下北沢地区の主要生活道路で踏切を挟んだ南北方向の交通処理など道路ネットワークとして重要な役割を担っている。
- ② 駅周辺では商業地域が形成されており、昼時には店舗への荷卸しなどの駐車車両が多く自動車の通行に支障を来している。
- ③ 商店街に隣接して住宅地が密集しているため、通勤通学時間帯には通常時の3～5割増

表-1 自動車交通量状況

通り名	種別	車線	断面交通量(台/日)			大型車混入率(%)
			小型車	大型車	合計	
鮫洲大山線	都道	2	4,079	447	4,526	9.9
茶沢通り	区道	2	6,169	360	6,529	5.5
鎌倉通り	区道	2	3,191	275	3,466	7.9
環状7号線	都道	6	54,784	15,930	70,714	22.5

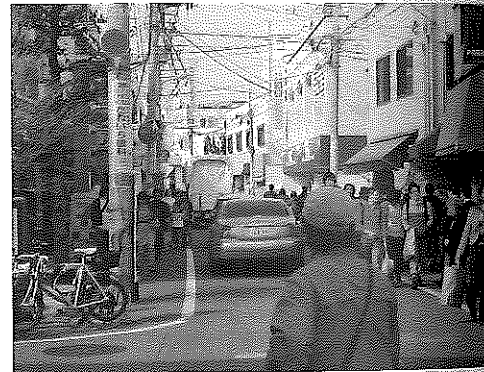


写真-1 鎌倉通り状況

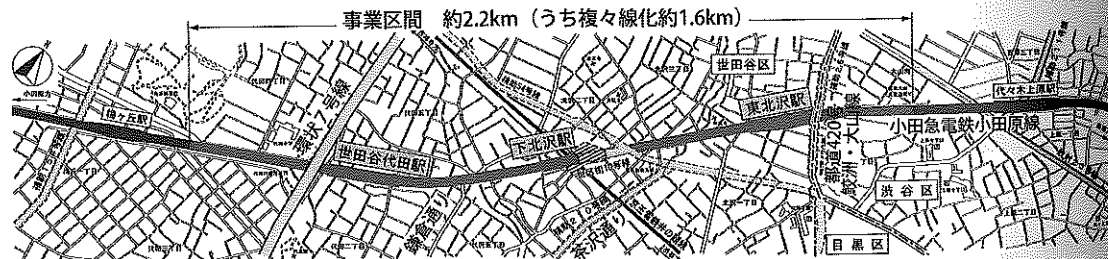


図-2 周辺道路平面図

の歩行者が利用し、混雑が発生している。また、休日についても街を訪れる利用者で混雑している。

- ④ 近隣には幼稚園や小中学校があり、通園、通学路として使用されている。
- ⑤ 幅員は5～7mであるが、そのほとんどが6m以下で、物理的に大型車の離合可能箇所が少ない(大型車の規制はない)。
- ⑥ ラッシュ時に、付近の京王井の頭線の踏切による渋滞が発生する。とくに休日においては、最大200mの渋滞が頻繁に発生する。

3-2 検討内容

鎌倉通りの特徴を踏まえた検討を行った結果、工事用車両の走行を原則9～17時までとし、1日あたり最大70台に制限した。また、幅員からなる物理上の制約から車両同士の離合は禁止とした。この計画にもとづき試験運用を行ったが、半月間で3件の苦情があり、運搬計画の再検討を行った。これら一連の検討の結果、鎌倉通りのみでは工事搬出入台数に限度があるため、複数のルートを設定し、工事車両の分散化を図ることとした。

3-3 各ルート概要

車両の分散化を図った各ルート平面図を以下に示す(図-3)。

(1) Aルート

鎌倉通りを使用したルートで、平日の搬出入台数を50台、休日を20台と制限し、後述するBルートと併用する場合は往路のみ通行するよう制限をした。

(2) Bルート

世田谷代田駅の施工を行う隣接工区のヤード内を通過するルートである。ここにはシールドの発進立坑があるため、開口部の処理が課題であった。立坑部は掘削をするために工事桁を架設しており、仮線切替えのステップにおいて桁から桁への線路移設を行っている。そのため、使用していない桁が発生しており、この桁を利用して環状7号線へ抜ける搬出路を確保した。

なお、このルートは、隣接工区の施工と競合するため、日々事前調整を実施し通行している。

(3) Cルート

完成した急行線用のシールドトンネル上部に鋼

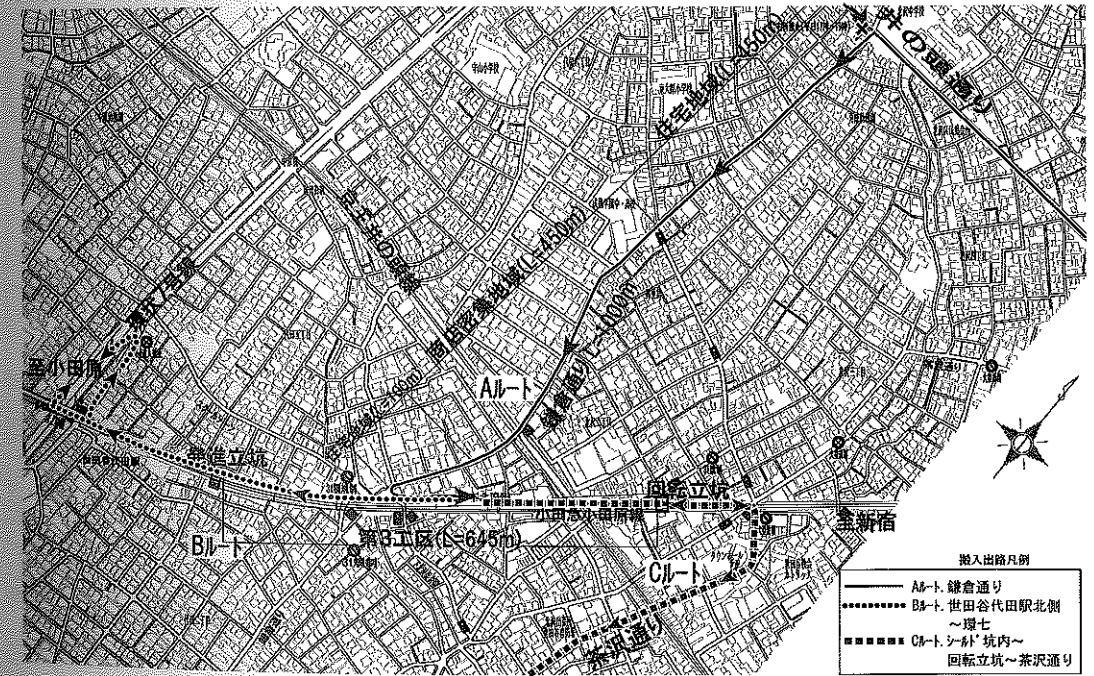


図-3 各ルート平面位置図

管を用いた開口を設け、トンネル内に土砂を取り込み、東北沢側の施工を行う隣接工区の回転立坑から作業ヤードを通過し搬出用立坑に至るルートを確認した。計画搬出土量は作業ヤードに跨る踏切遮断時間の影響を考慮する必要がある。

なお、各ルートを合わせた計画最大搬出上量は、250m³/日となる。

4 Cルート土砂搬出設備について

次に、今回採用したシールドトンネル内を搬送するCルートの設定について、詳しく説明する。

4-1 土砂搬出設備の選定および設計

4-1-1 設計条件の検討

土砂搬出設備の計画にあたり、以下の条件を考慮した。

- ・土砂投入口は、工事桁支持杭などの重要仮設物に支障しないよう配置する。
- ・並行して行われるシールド坑内での駅部切り掘り作業を阻害しない。

表-2 搬送対象土質

地層区分	東京層	東京隣層	上総層群
土質	砂質土主体	砂礫 礫混じり土	細粒砂
地質記号	Tos	Tog	Kzsf
特徴	細砂、砂質シルトが主 少量の礫混入	最大礫径100mm程度	少量の小礫混入 部分的に固結
N値	4~50以上	36~50以上	50以上
掘削土量	1,397m ³	694m ³	17,117m ³
割合	7%	4%	89%

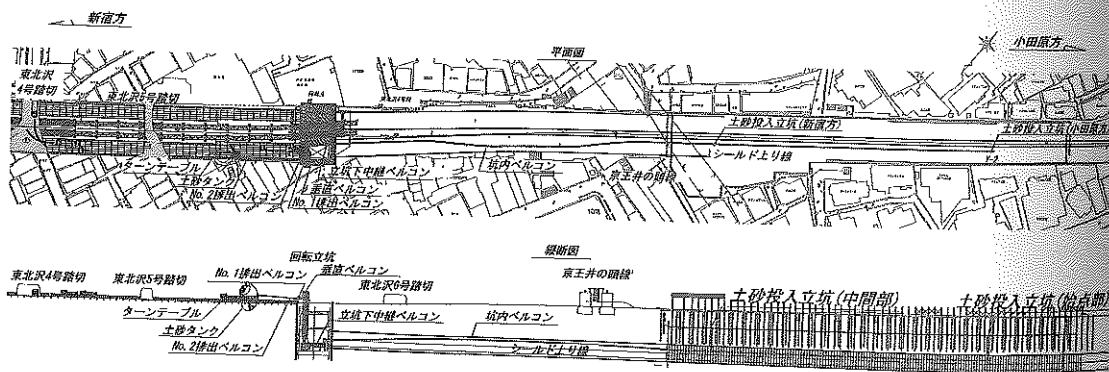


図-5 Cルート概要図

- ・地上部での粉塵や騒音などの発生を最小限にし、近隣住民に与える影響を抑制する。
- ・89%を占めるN値50以上の砂質土に適合させる(表-2)。なお、掘削の進捗に伴い、シールドの浮き上がり対策としてディープウェルによる地下水位低下を行っているため含水量は少ない。

4-2 土砂搬送設備概要

図-4に土砂搬送設備フロー図を示す。

搬出経路は、開削部の掘削土を上り線シールドトンネル上に設置した立坑内に投入し、トンネル内に設けた坑内ベルトコンベヤ、回転立坑下の中継ベルトコンベヤ、回転立坑内の垂直ベルトコン

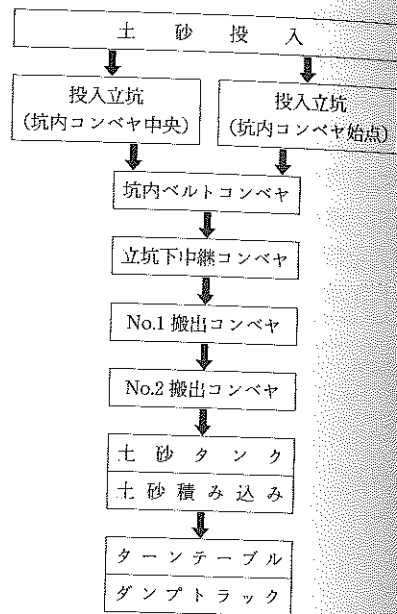


図-4 土砂搬出フロー図

ベヤ、地上部排出ベルトコンベヤを経て地上部土砂タンクに至る(図-5)。

以下に各設備の検討結果および仕様を説明する。

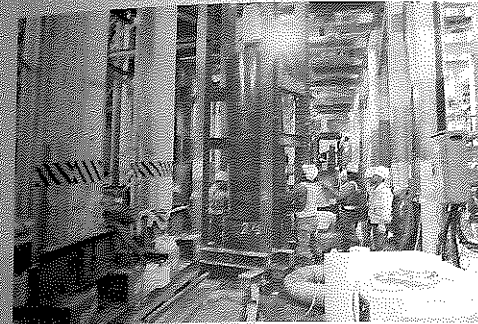


写真-2 鋼管建て込み状況



写真-3 土砂投入状況

4-3 各設備の概要

4-3-1 土砂投入口設備(写真-2, 3)

土砂投入口の配置については、駅部掘削箇所が工事桁支持杭や構台支持杭などにより狭隘であるため、設置箇所を2か所とした(図-6, 表-3)。また、下り線側のシールド坑内では、駅部切り掘り工事で作業帯を広く使用することから上り線に配置した。

投入口の鋼管径は、工事桁支持杭へ影響を与えない離隔の確保やシールド部との接続作業が容易に行えることを考慮しφ1,016mmとした。鋼管の設置については、工事桁と作業床の空頭制限からTBH工法を採用した。

また、投入部には、土砂投入時の衝撃を最小限に抑えるため、□150のスリットを設置し投入土砂の寸法制限を行った。なお、投入作業は、路下が多数の支持杭で狭隘であることから、0.1m³バックホウを使用する。

4-3-2 ベルトコンベヤ

地下トンネル内に投入された掘削土砂は、4種類のベルトコンベヤを乗り継ぎ、回転立坑地上部の土砂タンクへと搬送される。

ベルトコンベヤの能力は、投入箇所が2か所であることや使用バックホウの容量、掘削効率、投入サイクルタイム、設備余裕などを考慮し80m³/hとした(表-4)。

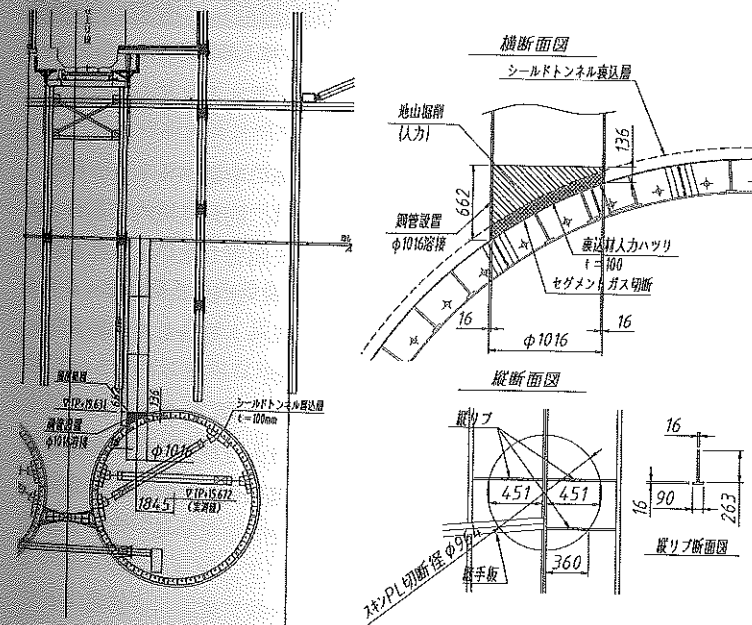


図-6 シールド接続図面

表-3 土砂投入口仕様

項目		規格寸法など	
投入口	設置数	2か所	
	寸法	内径	φ984mm
		鋼管板厚	16mm
		深度	中央部投入口 9.5m 始点部投入口 10.5m
鋼管設置	工法	TBH工法	
	使用機械	KRS-25	
	削孔径	φ1,200mm	
	背面充填	1:3モルタル	
接続工	掘削・溶接	人力施工	

表-4 ベルトコンベヤ能力算定表

項目	数量・能力
投入箇所	2か所
バケット山積み	0.15m³/回
掘削効率	0.9
投入サイクルタイム	15scc/回
投入量	64.8m³/h
設備余裕	1.2
ベルトコンベヤ必要能力	77.8m³/h

表-5 ベルトコンベヤ仕様一覧

項目	坑内コンベヤ	中継コンベヤ	排出コンベヤ		垂直コンベヤ
			No.1	No.2	
水平距離	320m	9.13m	6.20m	21.9m	9.75m
揚程	4.12m	0.0m	1.50m	1.50m	24.3m
ベルト速度	120m/min	60m/min	70m/min	70m/min	90m/min
ベルト幅	600mm	600mm	600mm	600mm	—
ベルト張力	800kN/m	250kN/m	160kN/m	160kN/m	—
駆動モータ	30kW	2.2kW	2.2kW	5.5kW	—
Fベルト	幅(有効幅)	—	—	—	750(400)mm
	栈高さ	—	—	—	160mm
	ベルト張力	—	—	—	1,000kN/m
	駆動モータ	—	—	—	30kW
平ベルト	幅	—	—	—	750mm
	ベルト張力	—	—	—	500kN/m
	駆動モータ	—	—	—	22kW
搬送能力	80m³/h	80m³/h	80m³/h	80m³/h	80m³/h

なお、搬送設備は連続した一連の設備であるため、全設備の搬送能力についても同等としている(表-5)。

以下に、4種の各ベルトコンベヤについて説明する。

(1) 坑内ベルトコンベヤ(写真-4)

シールド坑内は、投入口から回転立坑までの約320mを1本のベルトコンベヤで搬送する。シールド内ホーム部では、セグメント変形防止用の水平材を避けた直上に配置し、他の作業と重複する区間については、R=100mのS字カーブが入ったカーブコンベヤを採用し、ベルトの蛇行修正装置や蛇行検出装置を各所に配置した。また、投入口部では、高所からの土砂落下衝撃対策として、荷受け部のシュート部を溶接で補強し、ベルト下部

にはインパクトバーを配置するなど、破損を未然に防ぐ仕様とした。

(2) シールド立坑下部の中継ベルトコンベヤ

中継ベルトコンベヤは、回転立坑内における揚重や横引きなどの作業を阻害しないよう作業床の下に配置することとした。土砂は、坑内ベルトコンベヤ終点部にあるシュートを介して作業床下の中継コンベヤへ乗り継ぐ。

(3) 垂直ベルトコンベヤ(写真-5,6)

垂直ベルトコンベヤは、立坑地上部の隣接する住宅に配慮した低騒音低振動型であり、作業床下で荷受けが行える高さを有しているベルト式構造とした。

以下に、特徴を示す。

- ・平ベルトとフレスクベルトにより土砂を挟み

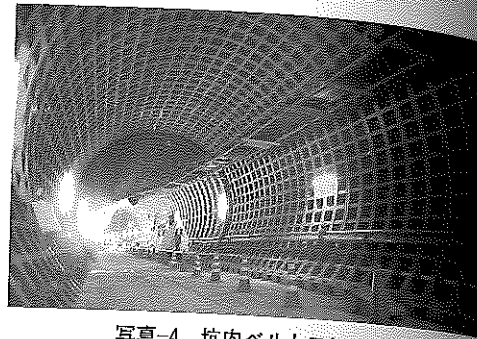


写真-4 坑内ベルトコンベヤ

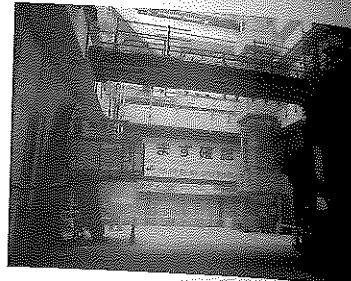


写真-5 立坑下部垂直ベルトコンベヤ



写真-6 地上部垂直ベルトコンベヤ

表-6 積み込み設備仕様

名称	項目	数量・能力
土砂タンク	有効容積	30m³
	寸法	H2.8m×W2.7m×L5.6m
積み込み機械	バックホウ	後方小旋回型 4.6m³
	架台	H1.0m×W2.6m×L4.0m
ターンテーブル	積載重量	30t
	操作方式	無線式

表-7 土砂搬出稼働実績

項目	数量
稼働日数	23日
ダンプトラック台数	445台
搬出土量	2,450m³
搬出土量日平均	106.5m³/日
設備稼働時間	85.1h
投入口	1か所
時間あたり投入土量	27.6m³/h
設備稼働率	97.6%

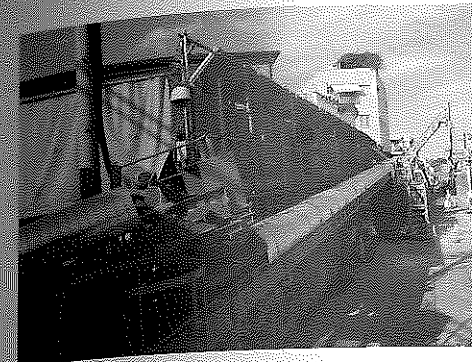


写真-7 排出ベルトコンベヤ



写真-8 積み込み設備

込み垂直方向へ搬送する。

- ・水平方向に突出した平ベルト上で荷受けおよび搬出を行う。
- ・ベルト駆動であるため騒音振動が小さい。
- ・土砂のこぼれが少なく、詰まりによるトラブルが減少する。

(4) 排出ベルトコンベヤ(写真-7)

垂直ベルトコンベヤで地上に搬出された土砂は、2台の排出ベルトコンベヤを乗り継ぎ、土砂タンクへと搬送される。

4-3-3 土砂積み込み設備(写真-8)

地上部のヤードは、民家と線路にはさまれた、幅5.8mと非常に狭い場所である。当該箇所は、土砂搬出とシールド坑内の駅切り掘削工事の資材搬入と作業が競合するため、調整の結果、ヤード片側を土砂積み込みに使用することとなった。

ヤード内では車両の回転スペースがないことや2か所の踏切に近接していることからターンテーブルを設置し、安全で効率的な車両通行を可能とした(表-6)。

4-4 土砂搬出設備の運行管理システム

運行管理システムは、多数の設備を1か所で集中管理し、起動や非常停止を自動制御する機能を有している。このシステムは、運転中に発生するベルトの破損やシュート部の詰まりなどを即時に検出し、各設備のインターロックを介して非常停止させる。また、同時に、土砂投入口や土砂積み込み場所などに設置した回転灯と鳴動灯を作動させ、視覚的・聴覚的に確認できる仕様となっている。

4-5 環境保全

地上のベルトコンベヤ設置にあたり、隣接する住宅に配慮した環境対策を施した。排出ベルトコンベヤ荷受け部には集塵機と防塵フードなどの粉塵対策を、土砂積み込み設備周辺には防音パネルや防音シートにて騒音対策を行っている。

4-6 Cルート土砂搬出実績

これら設備の設置後1か月間の土砂搬出稼働実績は表-7のとおりである。

当初のCルート計画搬出土量は、作業ヤードに跨る踏切遮断時間の影響を加味し80m³/日としていたが、ターンテーブルの設置や土砂搬出車両

間の連絡調整強化などで作業効率の向上を図った結果、平均搬出土量は約110m³/日に改善した。これにより鎌倉通りを通過する工事車両をさらに減少させることができた。

5 隣接道路に対する安全対策

本格的な掘削工事を迎えるにあたり、今年度から採った鎌倉通りにおける事故防止対策を以下に示す。

- ① 各学校を訪問し、通学路の危険箇所についてヒアリングし、その結果にもとづいた誘導員の配置(約1kmで12人配置)。
- ② 運転手および誘導員の意識高揚を図るため、施工業者とともに巡回を行い、幅員の狭い箇所や混雑する箇所などの危険箇所を抽出したリスクマップを作成。
- ③ 緊急車両の走行阻害を防ぐため、緊急時の離合箇所を事前に調査し誘導員へ周知。
- ④ 人の滞留が多い京王井の頭線踏切部に、歩行者専任の誘導員を配置。
- ⑤ 近隣工事や道路の状況変化に迅速に対応するため、本社事務員による沿道のパトロールを定期的実施し、工事関係者以外の目線でリスク抽出。
- ⑥ 歩行者や一般車両が多いラッシュ時間帯を考慮し、搬出入時間を限定。
- ⑦ 休日において、商店街の混雑状況を加味した搬出入計画を実施。

6 まとめ

本工事は、2004年9月に着工し、6年の歳月が経過した。その間、小田急電鉄は地域住民からのご理解を得るため、本稿にある発生土運搬の対策ばかりでなく次のような環境負荷の低減に積極的に取り組んできた。

- ① 周辺環境に応じて防音パネル・シートの設置。
- ② 工事桁ウェブ箇所に制振材を貼付。
- ③ 工事桁下面を足場板および防音シートにて閉塞。
- ④ 工事桁部にポリエステル吸音材設置。
- ⑤ 電動バックホウを使用し駆動音の低減およびCO₂排出量の削減。
- ⑥ 電動クラムシェルを新規に製作し導入。

今回の密集住宅や鉄道に近接した厳しい条件下での土砂搬出作業は、これまで述べた設備改善を図った結果、当初計画を上回る搬出土量を確保している。また、さまざまな安全対策を講じた結果第三者災害や大きな交通流動阻害を発生させず進捗している。これは、事前に地元住民と安全対策や環境保全について十分協議し、ご理解を得た結果である。

引き続き、地元住民との良好な関係を築くため騒音や振動などの低減に積極的に取り組み、無事故・無災害で一日も早い複々線化事業の完成を目指す所存である。

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

- 1. 原稿は弊社ホームページ(<http://www.tunnel.ne.jp>)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます。
 - 2. 原稿のボリュームは、原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)。
 - 3. 原稿掲載の採否は、本誌編集委員会で審査のうえ決定します。
 - 4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお支払いいたします。
 - 5. 原稿は、原則として返却いたしません。
(注:「現場だより」の投稿は受け付けておりません)
- 送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー 神楽坂
電話 (03) 3267-2888(代)

山の神から学んだこと

齋藤 武夫
(元)佐藤工業(株)

第十三回
語り継ぎ
言ひ継ぎ
行かむ



「技術の伝承」とは?

標題を書くにあたり、「技術」とは何ぞやと思い広辞苑を引いてみました。それには「科学を実地に応用して自然の事物を改変・加工して人間生活に利用するわざ」と述べられています。

私の経験したトンネル技術が継承するに値するかは別にして、仕事に対する取り組み方、問題・課題への対処方法、検討方法について、思いの丈をつづってみようと思います。

トンネルとの出会い

東京生まれの私は、戦時中、長野県の南佐久に疎開し、小学校1年生で終戦を迎えました。そんな関係で疎開先に友達も多く、東京に戻ってからも夏休みなどよく出掛けました。その折、中央本線の笹子トンネル通過の際の煤煙とスには悩まされたことが思い出されます。

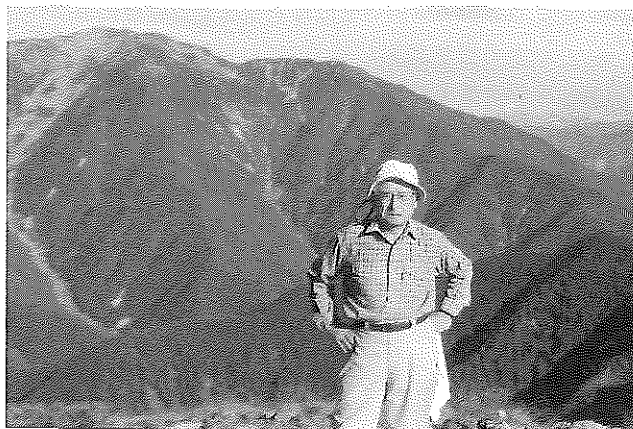
大学3年生のとき、国鉄の宿泊

所に泊まり、工事区の方の案内で北陸トンネルの本坑と立坑の現場見学をさせてもらいました。そのときは自分が一生の仕事としてトンネル工事にかかわるとは思ってもいませんでした。

初めてのトンネル工事で得たもの

昭和36年春、大学を卒業後佐藤工業(株)に入社し東京での1週間の新人教育を経て、富山支店に配属になりました。当時は東海道新幹線、東名高速道路、都内の地下鉄工事などが昭和39年の東京オリンピックの開催を目指し、急ピッチで建設されていました。

初めての現場は、高山線猪谷駅から分岐して神通川上流の高原川に沿って神岡鉱山がある岐阜県神岡町に至る延長約28kmの国鉄岐阜工務局発注の神岡線の建設工事でした。神岡鉄道は神岡鉱山からの亜鉛、鉛の精錬時に産出される硫酸輸送を主に行ってきた鉄道で、路線は高原川沿いの急峻な山間を



著者近影，南アルプス北岳肩小屋にて(仙丈岳をバックに)，2010.9.

走るため，全線の64%がトンネルまたは橋梁という山岳路線でした。私が初めて担当したのは茂住トンネル(L=3,310m鉄道単線)の出口方400mほどの，松丸太を支保工に使用した旧工法の底設導坑先進工法の地質が悪いトンネルでした。

昭和37年4月からは，新たに分割発注された割石トンネル(L=2,600m，鉄道単線26m²)を担当することになりました。地質は大部分が飛驒片麻岩類で岩石自体は硬質ですが10~20cmの節理が発達し所々に断層粘土を挟み，有支保工区間が60%程度を全断面で掘削する計画でした。

計画立案にあたって，削孔方法として黒部第4工事の施工実績からドリフター工法が社内的に推奨されていましたが，新しい削孔工法へ挑戦する目的でレッグ工法との経済比較を検討することにしました。施工中の国鉄直轄工事，隣接工区の進行実績を調査し，仮設備費，機械損料，余掘り・余巻き，労務費，動力費について経済比較を行い，ドリフター工法による経済性の向上はさほど期待できない



神岡線割石トンネル土捨て場にて，1962冬。

と判断してレッグ工法を採用することにしました。

検討の良否は別にして，複数案で検討した結果，将来の仕事の取り組み方を勉強する良い経験となりました。また，この現場では仮設備計画を先輩に教わり，資材運搬路が高原川右岸側の国道41号であり，トンネル坑口は左岸に位置するため，資材運搬用ケーブルクレーン，人道の吊橋，ずり出し設備，骨材生産設備，バッチャープラントなどの必要設備を朝早く起きては現場に行き，設備の配置場所を

著者略歴

昭和36年3月	早稲田大学理工学部土木工学科卒業
同年4月	佐藤工業(株)入社 富山支店神岡線茂住トンネル工事
昭和37年4月	神岡線割石トンネル工事
昭和41年4月	北陸本線名立トンネル工事
昭和44年5月	東海道本線猪久保トンネル工事
昭和47年2月~ 昭和58年5月	上越新幹線中山トンネル四方木工事
昭和58年6月	本社土木本部技術部
平成3年4月	四国支店長
平成7年4月	常務取締役土木営業本部長
平成10年2月	代表取締役副社長土木総括本部長
平成14年3月	退社

検討しました。仕事は段取り八分とよく言われますが，仮設備の良否は工事の成否を分ける重要な仕事であることを痛切に感じ，良い勉強になりました。

支保工は国鉄より払下げの37kgの古レールを用い現場で作成しました。セメントは支給品であり荷卸しの人員不足のときはトラックに乗り50kg/袋のセメントを元気よく積み下ろし，心身ともに鍛えられた毎日でした。

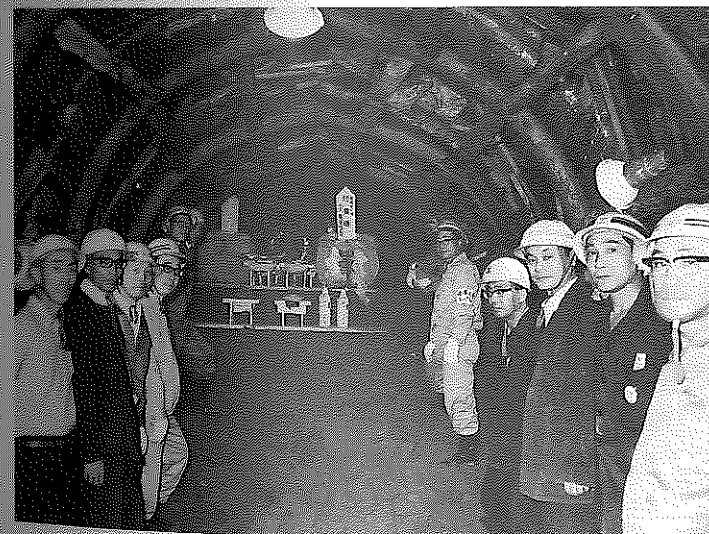
この現場で学んだことは，トンネルのFLは水が出ると上がる傾

向になり，突込み勾配のトンネルの場合この傾向が顕著となり，盤下げには大変な手間隙がかかる，山が良く進行が出すぎると覆工作業で手戻りが出る(支保工の建て込み誤差が大，無支保区間では当たり前，余掘り，余巻きが大となる)，小間割り仕事ははかどるが仕事の与え方に工夫が必要，仮設備は現地をよく見て，よく考えてシンプルな設備にする必要があるなどでした。

昭和37年のこの時期は，松丸太を使用していた旧工法から鋼製支保工を使用する工法への移行時期であり，初めての貫通式で発注者，施工業者，作業員と飲んだ樽酒は木の香りが漂い，飲むほどに混沌として何とも旨い酒でした。

下半掘削に一工夫

北陸本線糸魚川・直江津間の線増工事に昭和41年4月から昭和44年4月まで従事しました。この工事は，住民，旅人，鉄道輸送事業



北陸本線名立トンネル導坑貫通式(お世話になった先輩の方と，坑奥左側が著者)，1967.

に従事していた方が苦勞されていた，「地滑り」「積雪」「波浪」の自然条件に翻弄されてきた生活を一変させる偉大なトンネル工事でした。

私が担当したのは名立トンネルの延長3,601mのうち第2工区L=1,829mの鉄道複線トンネルでした。地質は第三紀鮮新世の泥岩で構成され，坑口付近には段丘堆積物，砂岩，泥岩の崩壊堆積物が堆積していました。当初，メタンガス突出の可能性があり防爆型の機械類を準備しましたが，施工途中でその懸念がなくなり通常の機械で施工しました。

入社5年目，仮設備計画を任せられました。計画上の問題点は，仮設ヤードが狭い，坑口および作業ヤードが現在線に隣接している，工事用道路として現在線直下にボックスカルバートを新設しなければ

ならないことでした。ずり出し設備は，10,000m³/月の進行を可能にするため，2連の

ロータリーチッパーを設置しました。工事は順調に進捗し，導坑掘削で最大315m/月，上半掘削では最大222m/月の実績となりました。

しかし，底設導坑先進上半断面工法では下半掘削(土平)をいかに効率よく施工するかが最大の課題で掘削は大半人力により行われ，坑奥作業と錯綜し非効率な工種でした。そこで，名立トンネルでは掘削箇所まで届く油圧アタッチメントを装備したバックホーを上半盤に上げて掘削し，大背掘削を実施し効率よく下半掘削を実施することができました。

しかし，砂混じり泥岩で降雨による浸透水の影響を受けた箇所アーチコンクリートが42mにわたり，最大約2.6m沈下し復旧には多大の時間を要しました。「勝って兜の緒を締めよ」の格言を身をもって体験し，荷の確実な受け方，地山と率直に取り組み心構えこそが大切であると反省しました。

都市トンネル
猪久保トンネル施工

昭和44年5月，東京支店へ転勤となり，東海道本線の貨物輸送の増強を目的とした線増工事，保土ヶ谷~東戸塚間の猪久保トンネル工事に従事しました。

作業立坑の坑口付近には民家が密集し，坑口から東戸塚方には1日あたりの通行量が8~10万台である横浜新道があり，交差部の中間部に今井川が流れ，このボックスカルバートの下版が上半頂部となる大変厳しい施工条件でした。

トンネルはこの横浜新道の盛土区間を土かぶり7mで交差部90~100mを含むL=1,300mを在来の山岳トンネル方式で施工するもので、現在では都市NATMの範疇に入るトンネル工事でした。

ソニー中央研究所、民家への騒音・振動の影響を低減するため底設導坑掘削に三井三池製のロードヘッダーを導入し、横浜新道との交差部の施工では、補助工法としてφ116mmのパイプルーフ工を掘削に先立ち施工しました。また、今井川ボックスカルバートの補強は冬場の湧水期を利用し、φ200mmの鋼管をボックス内より打設してアンダーピニングしました。道路盛土部はCB、LWの低圧注入により地盤改良を実施しました。

道路交差部の動態観測は現在ほど計器類が進歩しておらず、路面、路肩、のり面に多数の水管式の沈下計を配置し、工事および道路交通の安全を期しました。

掘削に着手して、3か月ほどは職員ができる限り切羽を離れない施工体制をとり、朝夕のミーティ

ングでは下請けの職長、世話役、直接作業する坑夫さんたちに、現在、地表の状況がどのようなものかを現場で図面で直接説明し、山を抜かしたときの災害の重大さを理解してもらい、たえず情報を共有し慎重な施工に努めました。私も、この時期は毎朝4時ごろには現場に入り、安全施工に腐心したため、この工事が完了したときの充実感は非常に大きなものでした。

上越新幹線中山トンネル工事

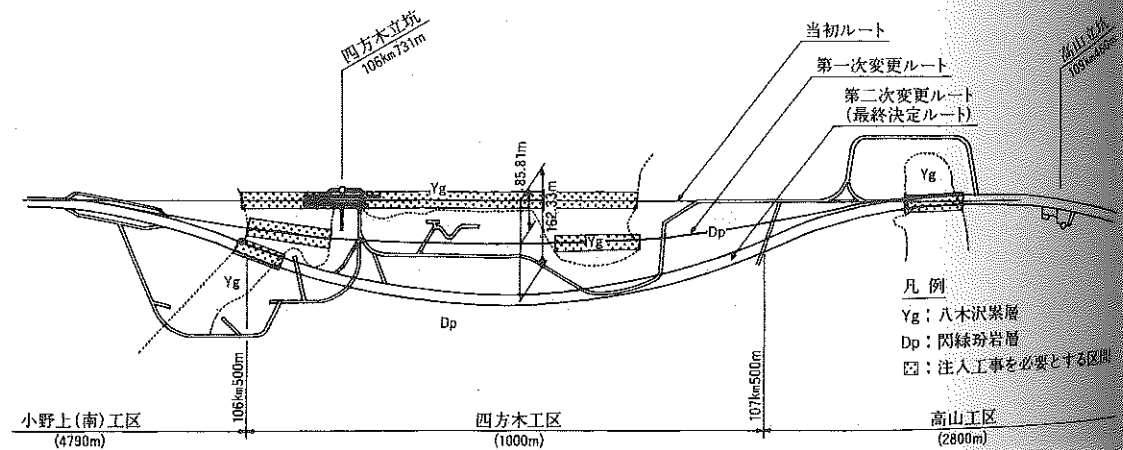
上越新幹線に大宮駅から乗車すると、北へ2つ目のトンネルに入り、しばらくすると車内放送で「ご乗車の皆様へ、手摺りにおつかまり下さい」と二度のアナンスがあります。これはルート変更のためR=1,500mの区間に入り時速160km/hに減速運転しているためです。このトンネルが鉄道公団のトンネル技術者に「青函より難しい」と言わしめた中山トンネルでした。

昭和46年7月頃より、今後発注予定である青函トンネル、上越新

幹線中山トンネルに向けて、立坑斜坑の作業坑勉強会を立ち上げていました。北海道の炭鉱現場を参学し、立坑の特殊性を勉強していた矢先、年明けの昭和47年2月に上越新幹線中山トンネル四方木工区が発注され当社が施工することになりました。工事概要については、深さ372m、仕上がり内径6mの立坑を作業坑とし、ルート変更後本坑L=1,070mでした。

時はあたかも、日中国交正常化が実現し、テレビでは田中角栄総理大臣が周恩来総理に迎えられ、北京空港に降り立った映像が賑やかに映し出されていました。

このトンネル工事は、高圧多量の湧水を含んだ第三紀の未固結な火山礫凝灰岩である八木沢層に掘り込まれ、工事は難渋を極め、工事が完成したときには11年が過ぎていました。この原因は、路線選定にあたって地質調査がほとんどなされていなかったこと、立坑は井戸を掘るようなもので水が抜けば作業効率が大幅に低下し進行が極端に落ちること、湧水対策として



トンネルルート変更と地質(出典: 上越新幹線工事誌)

の注入工法、水抜き工法などの補助工法が十分確立されていなかったことなどです。「戦であれば、敵を知り、己を知って戦略・戦術を立てる」のが基本ですが、これが抜けていたように思います。その結果、立坑工事と坑底設備工事に約5年、迂回坑、水抜き坑、本坑その他に8年、その間2度の水没事故に遭遇しました。

昭和54年3月18日、大宮方起点107k086m右側の注入基地切羽付近より最大約80t/分の異常出水が発生し、立坑揚水能力30t/分を上回り立坑、本坑、迂回坑が水没する事故が発生しました。当日、この出水対策に私を含めて51名の佐藤工業職員、作業員が入坑していました。この水没に際しては、坑内変電所の水没により電気回路のトラブルが発生し、停電時自動起動するはずの自家発電機が動かず、エレベータの復旧作業が思うようにはいかず、首まで水がきたとき、エレベータがふぁーと上がり始め、危機一発で全員無事退避できました。

坑内にいたわれわれよりも、坑外で待っていた人々の方がどれほどあせったことだろうと思いました。このようなときでも慌てず行動ができたのは、定期的に立坑水没を想定して避難訓練を実施していたことが幸いしたのでしょう。

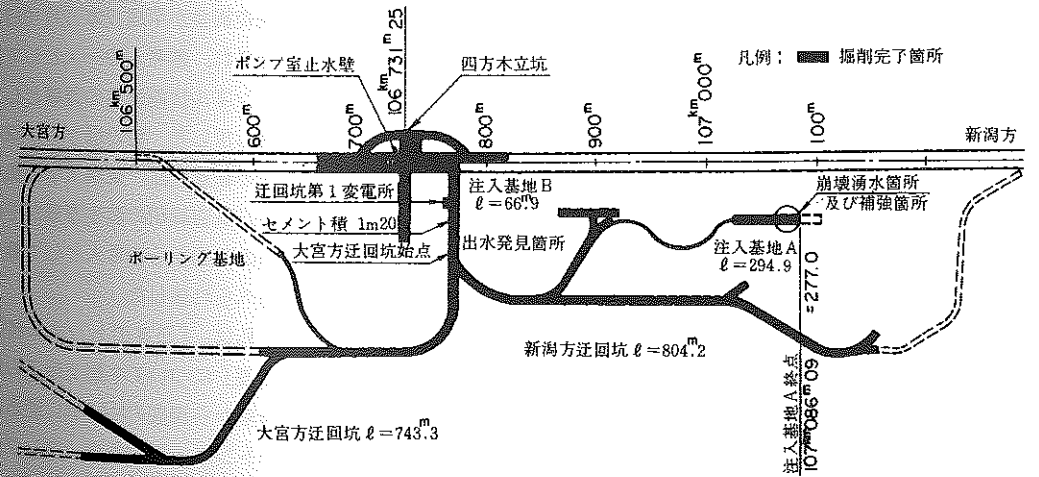
また、われわれの工事安全に関する日頃の高い意識と行動があったからこそ、「山の神は見捨てなかった」ように感じました。以上の経過については、日本鉄道建設公団北川修三氏の『上越新幹線物語1979』(交通新聞社新書)にある「トンネル水没と奇跡の生還」の章に詳述されております。

この現場で勉強させられたことは、技術屋は他人の意見を謙虚に聞くことの大切さです。課題解決のために本社の役員、職員、研究所、安全担当が現場に毎月集まり、各自の目で現場を見てもらい、現場が考えている複数の施工方案を検討してこれから1か月の施工方法を決定する方法をとりましたが、これにより、施工方針は統一され現場としては間違いのない方向で

工事を進めることができました。ここで大事なことは、課題解決にあたって検討資料は複数案作成しますが、現場がその中でベストと思う考え方をしっかり持っていることです。

本社の人間が言うから、研究所の人間が言うからということではなく、現場は四六時中現場に張り付いて現場を見ているわけですから、現場の考え方をしっかり持ち、それに足りない点を外部の方に補ってもらふ姿勢が大切であると思います。「布地は縦糸、横糸の組み合わせでできている」。企業の組織もそうあるべきだと思います。

過酷な条件下で11年間も同じ現場で勤務してノイローゼにならなかったのは、さまざまな課題に対して結果的には必ずしも模範解答ではありませんでしたが、検討時点では作業所全員で知恵を出し合い、自分が納得した最良と思った方法で施工し、結果が悪い場合もありましたが、それを踏み台にして次のステップに移れたこと、「何としてでも中山トンネルを完



四方木工区異常出水時坑内平面図(出典: 上越新幹線工事誌)



中山トンネル四方木立坑にて(前から2列目、左から3人目が著者)

成させる」という皆の意気込みに助けられたからと思われま。チャレンジ精神が枯渇しなかったことが最大の勝因でした。

水没事故という最悪の事態にかかわらず犠牲者が一人もでなかったことで、工事再開にすぐに着手でき、2度のルート変更を発注者が決断し中山トンネルの完成へ向けて大きく踏み出すことができました。

トンネル屋として大切なこと

中山トンネルを完成させ、昭和58年5月より7年間は本社土木本部に勤務し、施工中のトラブルが予想される現場を主体に技術アドバイザーとして、また各支店がばらばらで実施していた施工計画書の作成を、先輩たちが残した実績、経験を基本に標準化することに尽力しました。

「トンネル屋として大切なこと」について一言、私の経験からすると、トンネルの施工の成否を左右

するのは地質と水に対する取組み方であり、調査ボーリング1本省いて山を落したり、突発湧水に遭遇したり、これまで随分失敗も経験しました。この原因を振り返ると、地山に対する取組みの甘さの一言につきると思います。トンネル工事のスタート時の地質調査が不十分なケースがほとんどであり、とくに、坑奥に入っの断層破砕帯の位置、幅などは想定の外を出ません。施工中に知りたいのは、切羽前方の地山状況を含めた線の情報です。医者がさまざまな診断をするのと同様に、われわれトンネル屋の地山診断は、調査ボーリングによる方法が最適であると考えています。必要によりそのつど発注者と交渉して必要な調査ボーリングを実施するのが、トンネル技術者のもっとも重要なことの一つであると思います。そして、この調査データをもとに掘削工法、支保と地山状況の因果関係を分析して施工に生かしていく姿

勢が必要だと思えます。

衆議院運輸委員会にて

平成11年6～11月にかけて、鉄道トンネルの二次覆工コンクリート剥落事故が5件続きました。とくに、山陽新幹線の剥落事故については、マスコミにも大きく取り上げられ、トンネル、高架橋の安全性について国民の不安感が高まりました。

それを受けて、標題の衆議院運輸委員会が平成12年12月10日に開催され、参考人の一人として日本トンネル技術協会の理事として出席しました。私のほかに、京都大学の朝倉先生、東京大学の魚本先生、鉄道総研の若生理事がそれぞれの立場から参考人として意見を述べられました。

私は、「日本のトンネル技術の変遷」について木製支保工の施工時期から現在のNATMに至るまでのトンネル掘削方法、コンクリートの打設方法について述べました

おわりに

最近の「コンクリートから人へ」のキャッチフレーズで公共工事が袋叩きにされている現状に戸惑っているのは私一人ではないと思いますが、人々の価値観の変化と多様化、少子高齢化、地球環境の変化、経済不況などの要因により、インフラ整備の一環として土木事業のありかたが問われているのも事実でしょう。

これからの公共工事は、景気対策の道具でなく将来にわたって本当に必要な社会資本の整備は何なのかを見極め、メリハリのある計画的な公共投資が行われることを望みます。

新興国でのインフラ整備はこれから海外工事のチャンスが飛躍的に増加すると思います。若いトンネル技術者が卓越した日本のトンネル技術を持って積極的に海外工事に取り組んでいただきたいと思ひます。

とくに、アーチコンクリートの剥落事故発生時のアーチコンクリートと側壁コンクリートの打継ぎ目の弱点などについて10分間程度の時間で説明しました。

与党の議員から、「これだけの剥落事故が発生し、全く負傷者が出ていないことは奇跡だ」とか「国民はセンセーショナルな報道のせい、高度成長期に作られたトンネル、高架橋などの構造物は、どんどん崩れるのではないかと心配している」などの発言がありました。当時は高度成長期であり、資材不足、労務不足に加えて、工期を迫られ、海砂の使用もあり、不良構造物が多いのではないかと懸念をもった質問が多く出されました。

衆議院運輸委員会での各委員の質疑に対して、対応しましたが、この委員会に招かれて感じたことは、われわれトンネル技術者は施工時の苦労話はよくしますが、発注者へ引き渡してからの維持・管

理状況については相手任せであり、施工時の情報を含めたデータベース化による維持管理が是非必要であると感じました。

年が明けて、使用者からゼネコン十数社に対して、剥落事故の対策費の負担請求がありました。使用者いわく、「施工方法に問題があり、施工不良が生じた。契約上の責任は問えないが、不法行為の時効については、経過していないと判断し、法的、社会性妥当性により賠償金を負担されたい」。当時のマスコミの論調、使用者側の立場からすれば致し方ない対応であったかもしれませんが、施工者としては意図的に不法行為をしたことはありません。

われわれトンネル技術者はその時代のニーズに従い、その時代での機械などを含めて最適な工法を採用して施工してきましたが、エラーは発生します。完成された工法に向けてさらなる技術開発を続ける必要があろうかと思ひます。



「甌島列島をひとつに結ぶ夢の道」薩摩川内市甌島より

大石 政彦

鹿児島県の県道鹿島上甌島線は、下甌島と中甌島および上甌島を結ぶ甌島縦貫道路の一部である。上甌島と中甌島は、平成5年の甌大明神橋、鹿の子大橋の開通に伴い、ひとつに結ばれた。下甌島と中甌島は下甌島側の1号トンネル(L=497m:完了)、蘭牟田瀬戸架橋(L=1,533m:未着工)、2号トンネル(L=587m:未着工)、3号トンネル(L=1,674m:当工区)の完成によりひとつに結ばれる。

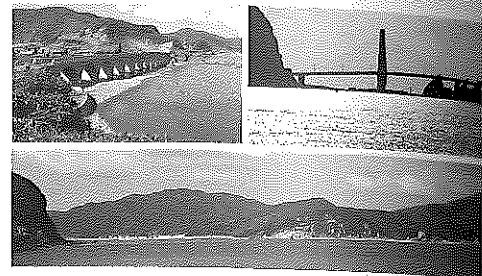
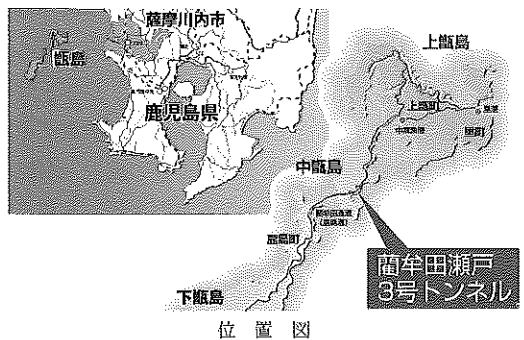
当社JVが担当する工区は、最長の蘭牟田瀬戸3号トンネルで、工事では「環境保全」「無災害」を目標に施工を行っている。

環境については、自然豊かな漁場を持つ海への濁土流出対策として、当初計画の処理能力30m³/h級の濁水処理設備を処理能力60m³/hに変更し、突発的な湧水などに備えている。

災害対策では、工事施設ヤードが狭く、県道をはさむ立地条件のため、第三者への迷惑・事故を起こさないように、安全設備の設置、作業関係者への教育を徹底して行い、事故防止などに努めている。

甌島は、3島がつながることにより、各島間が車で自由に行き来ができるようになり、医療体制・災害発生時の体制の充実を図ることが可能になる。また、島全体を車で周遊できるようになり、現在以上の観光客の増加が期待されている。

工事関係者の仕事の疲れ・ストレス発散は主に、釣りである。休日のもとより、仕事帰り・昼休みに釣りを楽しんでいる。イカ、タイ、メバル、アジなどいろんな種類の魚が釣れる。豊かな漁場に恵まれた甌島は、



鹿の子大橋(左上)、甌大明神橋(右上)、平良港からの眺め(下) 釣り客には有名である。

景色もとてもきれいで、中甌島と中島の「沖の串」と呼ばれる部分を結ぶ「鹿の子大橋」は連続アーチ橋で、橋を支えるアーチ橋脚の姿は、まるで絵ハガキのような美しさである。橋の名前は甌島を代表する花で、鹿の子ゆりに因んでいる。またこの一帯は、「こしき夕焼けシルエットライン」の愛称で呼ばれ、夕陽見物の人気スポットでもある。

中島の北端と上甌島の最南端部「ヘタの串」に架けられたのが、斜張橋「甌大明神橋」である。この名前は、ヘタの串にある、「甌(=せいのこと)」の形をした大岩をご神体とする「甌大明神」に因む。この橋の美しさも格別で、中心部の塔から放射状に吊るされたケーブルが陽光を受けてハープの弦のように輝き、わずかに弧線を描く橋が空間に浮かぶ姿を海上から見ると、橋全体が海と周辺の地形と一体になって、まるで柔らかな中間色で描かれた印象派の絵画を見るような深い味わいがある。

甌島の象徴という趣のある甌大明神橋の完成と風光明媚なこしき夕焼けシルエットライン(中甌~平良)の開通を記念して、マラソン大会が始められた。爽やかな潮風を受けて、全国各地から脚に自慢のランナーたちが参加してくる。今後、下甌と中甌がつながると、さらに活気ある祭りなどが企画・開催されるのではと期待している。

この自然豊かで、きれいな海・島を汚さないように関係者一同無災害でがんばります。(佐藤・南生・第一・塩田特定建設工事共同企業体工事課長)

あけましておめでとうございます

平成23年 元旦

- | | | |
|-----------------|-------------------|--|
| 青木あすなる建設株式会社 | 西松建設株式会社 | 株式会社小松製作所 |
| 岩田地崎建設株式会社 | 日本基礎技術株式会社 | サンドビック マイニング
アンド コンストラクション
ジャパン 株式会社 |
| 株式会社大林組 | 株式会社間組 | 株式会社小松製作所 |
| 株式会社奥村組 | 前田建設工業株式会社 | 杉江製陶株式会社 |
| 鹿島建設株式会社 | 吉岡建設株式会社 | 株式会社スターロイ |
| 株式会社キハラコーポレーション | | 大栄工機株式会社 |
| 木部建設株式会社 | 株式会社演算工房 | 電気化学工業株式会社 |
| 株式会社熊谷組 | 国際航業株式会社 | 日豊株式会社 |
| 佐藤工業株式会社 | パシフィックコンサルタンツ株式会社 | 株式会社フジテックス |
| 清水建設株式会社 | メトロ開発株式会社 | 古河ロックドリル株式会社 |
| 新日本開発株式会社 | 株式会社ロード・エンジニアリング | 北陸鋼産株式会社 |
| 大成建設株式会社 | | 株式会社マシノ |
| 大豊建設株式会社 | アトラスコプロ株式会社 | 株式会社三井三池製作所 |
| 株式会社竹中土木 | カヤク・ジャパン株式会社 | 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 | カヤシステムマシナリー株式会社 | 三菱マテリアル株式会社 |
| 飛島建設株式会社 | 株式会社ケー・エフ・シー | ヤマモトロックマシン株式会社 |

(掲載順)



青木あすなる建設

AsunaroAoki

代表取締役社長 市木 良次

〒105-0014 東京都港区芝二丁目14番5号 Tel (03)5419-1011



IWATA CHIZAKI

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・九州
営業所 旭川・函館・帯広・釧路・苫小牧・横浜・千葉・新潟・神戸・四国・台湾
URL <http://www.iwata-gr.co.jp/>



地上発進・地上到達！シールド工法が変わる。

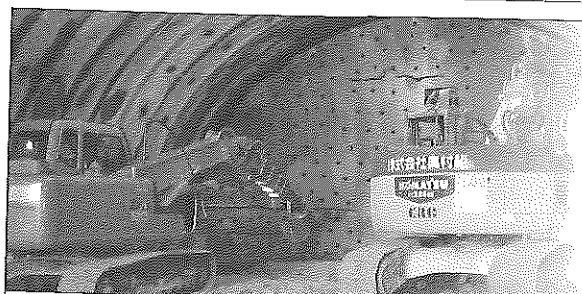
地球に笑顔を  大林組

URUP発進！

- ・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
- ・さがみ経貫川原トンネル工事
- ・田原第2幹線三河湾横断シールド工事

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>



人と自然を、技術でむすぶ。 奥村組

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 www.okumuragumi.co.jp

100年をつくる会社。

鹿島

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/>



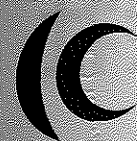
株式会社キハラコーポレーション

KIHARA CORPORATION SINCE 1899



代表取締役社長 塚谷 秀男

《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》東京都港区芝大門2-6-7木原ビル TEL.03-3436-4900 (代表)
《URL》<http://www.kihara-corp.co.jp/>



木部建設株式会社

代表取締役社長 木部 信敏

〒180-0005 東京都武蔵野市御殿山1丁目6番10号
TEL 0422-48-7221 FAX 0422-47-6967

人と地球の未来を考える



熊谷組

取締役社長 大田 弘

〒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>

お渡しするのは「建設品質。」です。



佐藤工業

代表取締役社長 山田 秀之

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

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

〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3(シーバンス館) TEL (03) 5441-1111

謹 賀 新 年

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

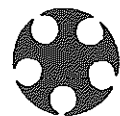


大成建設株式会社

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

信頼に応える確かな技術



大豊建設株式会社

代表取締役 水 島 久 尾

〒104-8289 東京都中央区新川1丁目24番4号
電話 東京 03(3297)7000



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 井 上 舜 三

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 篠 部 正 博

本社/〒102-8332 東京都千代田区三番町2番地 Tel.03-5214-7297 URL <http://www.tobishima.co.jp>



西松建設

代表取締役 近 藤 晴 貞

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



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

本 社
東京本社

〒530-0037 大阪市北区松ヶ枝町6番22号 TEL 06(6351)5621 FAX 06(6355)2077

〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町15番17号 TEL 03(3476)5701 FAX 03(5489)7821

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

Hazama

代表取締役社長 小 野 俊 雄

〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5 Tel. 03(3588)5700



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

Worldwide leading company

ENZAN KOUBOU CO., LTD.

provide the surprising and impressive solution

Visit Our Web Site : www.enzan-k.com/

国際航業株式会社

「地球とずっと。」語り合い、「地球とずっと。」生きる。

代表取締役社長 中原 修

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

総合建設コンサルタント

パシフィック コンサルタンツ株式会社

代表取締役社長 長谷川 伸一

本社 〒206-8550 東京都多摩市関戸1丁目7番地5 TEL 0423(72)0111



メトロ開発株式会社

代表取締役社長 矢萩 秀一

都市トンネルに関する 土木・建築・設備の設計・施工管理 近接施工の設計・計測管理 流動化処理土の製造販売 構築補修土木工事 建設資機材の販売・リース

〒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(5347)7800

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	〒981-0962	仙台市青葉区水の森2丁目8番23号	TEL 022(727)9591	FAX 022(727)9590
新潟営業所	〒951-8062	新潟市中央区西堀通3丁目719番1号4F	TEL 025(201)8143	FAX 025(201)8144
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

取扱製品: トンネルジャンボ, 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

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、ダイナマイト
耐静電気雷管、EDD®、導火管付き雷管、CCR®、黒色火薬

カヤク・ジャパン株式会社

東京都墨田区横綱1-6-1 TEL. 03-5637-0901
北海道営業部: 0125-55-2323 函館担当: 0138-54-0790 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

KYB 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 羽生田 信良

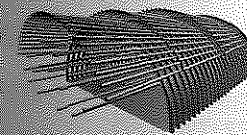
〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL (03) 5733-9441

【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

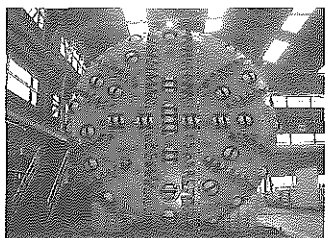
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

土木資材事業部



〒135-0064 東京都江東区青海2丁目4-32 TEL03-3570-5223 FAX03-3570-5233
〒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/>

地下空間を開拓するコマツのトンネル機械



国内販売本部地下建機営業部
〒107-8414東京都港区赤坂2-3-6
TEL03(5561)2725
FAX03(5561)2905

KOMATSU

SANDVIK

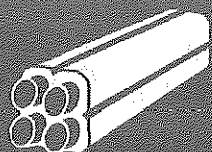
サンドビック マイニング アンド
コンストラクション ジャパン株式会社

〒222-0033 横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6F
TEL.045-478-0662 FAX.045-478-0661

取扱製品: トンネルジャンボ, クローラドリル, プレーカ, ローダ, ロードヘッダ, ツインヘッダ, ロッドピット ほか

トンネル内専用
地中埋設ケーブル保護管

特長
標準管の長さは65cmの新規格
接続はカフリング方式で簡単スピーディー



セラダクトA neo

「安全と安心」多孔陶管・セラダクトA



杉江製陶株式会社

http://www.sugie.co.jp/

本社・工場 TEL(0569)35-2360 大阪支店 TEL(06)6922-6991
東京支店 TEL(03)3442-6181 札幌連絡所 TEL(011)763-8907
沖縄代理店 TEL(098)956-2072

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
TEL 0867-28-4511 FAX 0867-28-4512
HP/http://www.starloy.com/ E-mail/starloy@starloy.com



大栄工機株式会社

代表取締役 古儀 信幸

http://www.daieikouki.co.jp/

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

仙台営業所
〒981-1104 宮城県仙台市太白区中田5丁目16-8-313号
TEL 022-796-4510 FAX 022-796-4505



DENKA **電気化学工業株式会社**

代表取締役社長 川端 世輝
本社セメント・特混事業部特殊混和材部長 辻 均

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

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 2-12-12 三貴ビル 3F TEL03(3409)8041
西日本事業部 / 〒841-0026 佐賀県鳥栖市本鳥栖町 615-6 アーバンコート 2F TEL0942(82)1703

スリ出しから
濁水処理装置まで
トータルにフォロー
アップいたします

濁水処理
装置
コンパクトながら
大きな処理能力

VOLVO
ダンプトラック
A25CTS, A25CTR
A20UTS, A30CT

散水車
ミキサー車
10tダンプトラック
その他 汎用車輛
全般

詳細資料請求,
お問い合わせは



株式会社 **フジテックス**

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

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。

FRD 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/

トンネル建設機械 設計・製造・販売



北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社佐賀)

取締役社長 中川 一勝

針水工場 〒834-0056 富山県射水市寺塚原720番1 TEL 0766-82-1500 FAX 0766-82-1501
清川工場 〒936-0808 富山県滑川市追分3545番地5 TEL 076-476-0333 FAX 076-475-9121
東北営業所・工場 〒989-2301 宮城県亶理郡亶理町遠原中泉字八幡41 TEL 0223-32-2420 FAX 0223-32-2423
東京事務所 〒101-0024 東京都千代田区神田和泉町1番地6-1-5F TEL 03-3851-1016 FAX 03-6908-6789

URL http://www.hokuriku-kenko.co.jp E-mail:info@hokuriku-kosan.co.jp

トンネル補修工事・鋼アーチ支保工・ロックボルト



株式会社 マシノ

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

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



株式会社 三井三池製作所

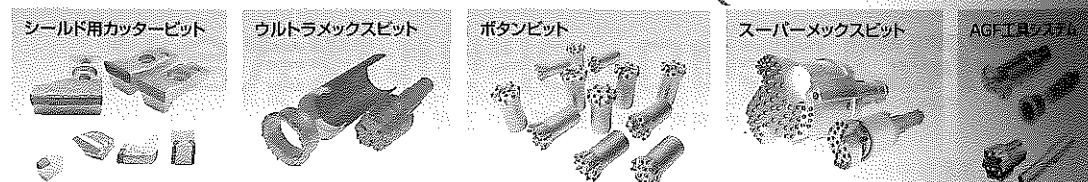
本店：〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
 産業機械営業部 TEL. 03-3270-2005 FAX. 03-3245-0203 E-mail: sanki@mitsumilike.co.jp

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

MITSUBISHI
DIABIT

三菱マテリアルの建設工具
MEET YOUR REQUEST!!



東京支店 03-5819-5263 大阪支店 06-6355-1053 九州営業所 092-573-7372 海外グループ 0584-27-5011

HCD-101・301・401 油圧クローラードリル YTB-1120 トンネルビッガー ヤマモトロックマシン株式会社

代表取締役 山本 勝俊

東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル713区

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

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

施工

ボルトレスセグメントでの性能照査型設計適用 と施工実績

—275kV地中送電線新設(管路)工事—

東京電力(株)埼玉支店埼玉工事センター管路グループチームリーダー 大野 弘 城
 東京電力(株)工務部送変電建設センター土木グループグループマネージャー 笠井 靖 浩
 銭高・大林・東亜共同企業体主任技術者 鶴田 睦 雄
 (株)銭高組技術本部技術研究所主席研究員 原田 尚 幸

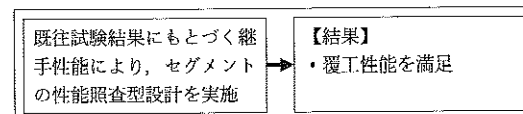
はじめに

近年、シールドトンネルのセグメントの設計は、施工時や地震時の損傷に対する安全性の保証や供用期間中の維持管理費用の削減といった観点から、従来の仕様規定から性能照査型設計へと移行する方向にある。

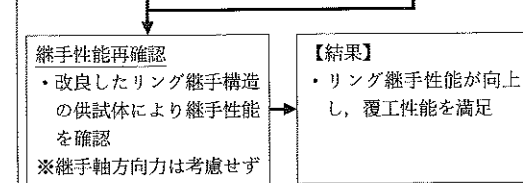
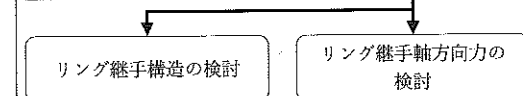
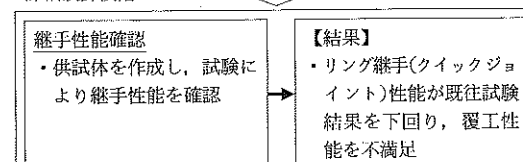
シールドトンネルの性能照査型設計は、トンネル機能の確保のために種々の性能を満足することを照査し、必要最小限のトンネル構造を設計するもので、従来の仕様規定で照査された耐荷性能に加えてトンネルの内空変位、目違いおよび目開きといった変形性能や耐久性能を算定し照査する設計法である。

今回、セグメント継手にスライドコッター継手(タイプCS)、リング継手にサンクイック継手(タイプQS)を採用したセグメント(以下、「CQセグメント」と称す)に対して「はりばねモデル計算法」を用い性能照査型設計を行った。このため、セグメントの継手特性を踏まえた「ばね値」の設定が非常に重要となった。とくに、CQセグメントについては、性能照査型設計に用いる継手のばね定数が未知であったことから、基本設計の段階

基本設計段階



詳細設計段階



施工段階

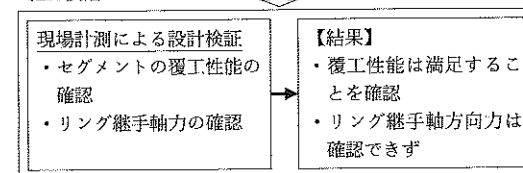


図-1 セグメント設計検討フロー

表-1 シールドトンネルの覆工性能マトリックス

照査区分	常時	施工時(ジャッキ推力)	施工時(テールシール圧)	地震時(レベル1)	地震時(レベル2)	異常時
目標性能						
機能健全レベル	○	○	○	○		
継続使用可能レベル						○
構造体系維持レベル					○	

表-2 照査に用いる応答値と限界値(常時)

性能	部位	応答値	限界値
耐荷性能	セグメント本体部	コンクリートの圧縮応力度	応力度の制限値
		主鉄筋の応力度	
	セグメント継手部	せん断力	せん断ひび割れ耐力
		コンクリートの圧縮応力度	応力度の制限値
リング継手部	ボルトの応力度		
	せん断力	ボルトのせん断耐力の90%	
変形性能	リング全体	リング変形量	許容変形量
	継手部	目開き量	許容目開き量
		目違い量	許容目違い量
	セグメント本体部	ひび割れ幅	限界ひび割れ幅

では既往の試験結果にもとづいて継手ばね定数を算定し、その後の詳細設計の段階で別途供試体を作成して、試験結果により継手ばね定数の確認を行った。

本稿では、リング間継手のせん断ばね定数を確認するにあたり重要な要因と考えられた「残留ジャッキ推力(トンネル軸方向力)」の計測結果を報告するとともに、それらの計測結果を踏まえたせん断ばね定数の非線形性の評価、さらにはCQセグメントの性能照査型設計への適用性について考察を加えるものである。今回のセグメント設計検討フローを図-1に、シールドトンネルの覆工性能マトリックスを表-1に、照査に用いる応答値と限界値(常時の場合)との関係を表-2に示す。

2 工事概要

当工事は、275kV発電所と当社既設送電系統を連係する地中送電用シールド洞道新設工事である。

工事概要を以下に示す。

工事場所：神奈川地区

工期：平成18年～平成21年

工事内容：

泥水式シールド工法

(内径2.25m, 延長2,218m)

線形：平面200mR×2か所

縦断0.2%単一勾配

地質条件：洪積粘性土、沖積粘性土

土かぶり：陸域20.6～30.0m, 海域10m

最大水圧：0.27MPa

3 セグメントの構造および止水性・耐久性

3-1 CQセグメントの概要

当工事で適用したCQセグメントの諸元は、外径 $D_0=2,600\text{mm}$ 、桁高 $h=175\text{mm}$ 、幅 $B=1,100\text{mm}$ 、分割数 $n=5$ である。

CQセグメントを図-2に、セグメント継手のスライドコッター継手、リング継手のサンクイック継手の機構を写真-1, 2に示す。各々の継手の特徴を下記に示す。

- ① セグメント間に使用するスライドコッター継手は、C型金物にT型金物を挿入する楔式構造で、継手面の断面欠損が小さく2.0mmまでの目開きに対して反力材に支持された楔片が動くことで締結力を一定にできる。
- ② リング間に使用するサンクイック継手は、トンネル軸方向に挿入して締結する構造であり、継手構造の特徴として、ジャッキ推力により目開きを0.5mm以下にでき、緩衝材(ゴム)のクッション効果によりセグメント組立て時の干渉による影響の低減が図れる。セグメントの組立てイメージを図-3に示す。

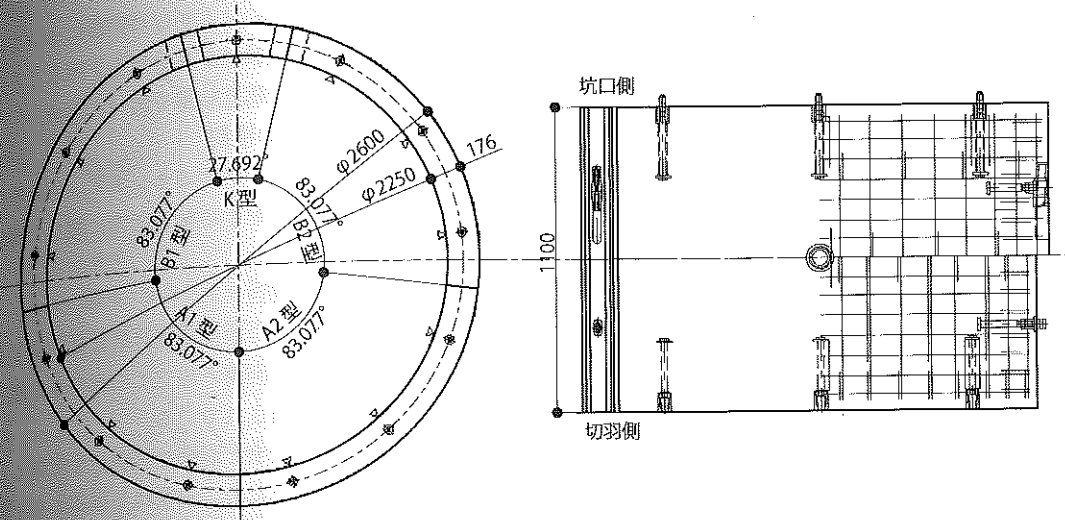


図-2 CQセグメント(セグメント外径2,600mm)

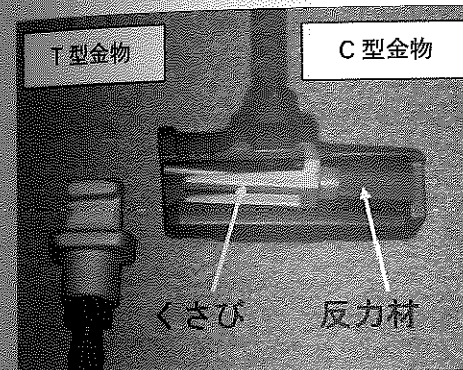


写真-1 スライドコッター継手(タイプCS)

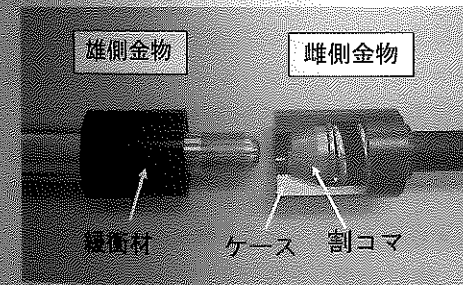


写真-2 サンクイック継手(タイプQS)

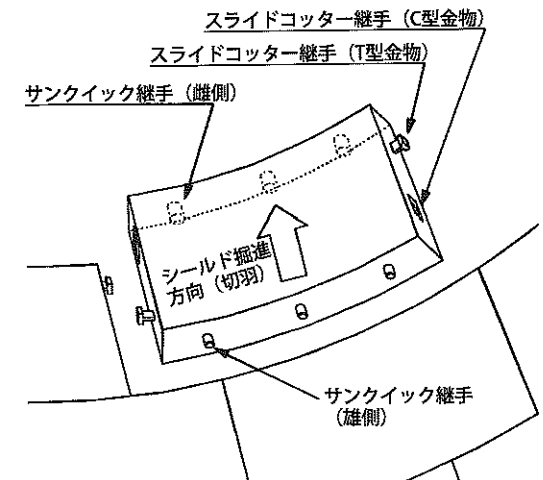


図-3 セグメントの組立て(イメージ)



写真-3 シール材2段の施工

3-2 CQセグメントの止水性および耐久性

セグメントの止水性確保については、3倍水膨張性クロロプレンゴムのシール材を2段配置とし、シール材の不測の損傷に対するバックアップ機能を持たせるとともに、セグメントがシールドジャッキスプレッダーから受ける力を緩衝させ、セグメ

ントの欠け防止機能を持たせた(写真-3参照)。

セグメントの耐久性の確保については、コンクリートの骨材として高炉スラグを混入し、継手については防錆処理を施した。さらに、鉄筋については腐食性環境で許容ひび割れ幅以下になるかぶりを確保した。

4 継手試験によるばね定数の確認

4-1 継手試験

CQセグメントについては、桁高175mmでの継手試験の既往実績がなく、基本設計の段階での継手ばね定数は今回と桁高の異なる既往試験結果からの算定値を採用した。詳細設計段階では、試験供試体を作成して継手試験を行い継手ばね定数の確認を行った。その結果、セグメント間のスライドコッター継手については試験値が基本設計段階の算定値と同等以上であったのに対して、リング間

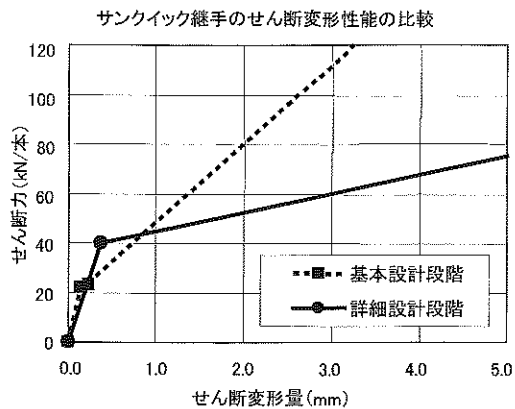
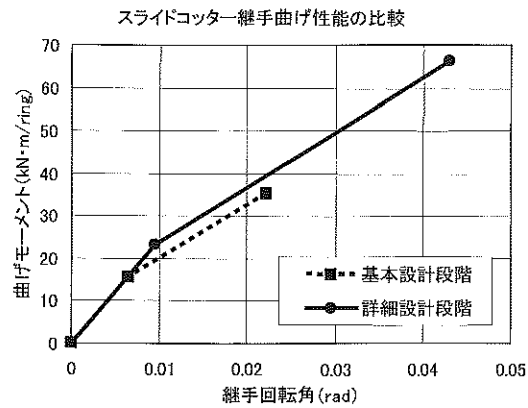


図-4 継手性能確認試験結果(スライドコッター継手, サクイック継手)

のサクイック継手のせん断ばね定数については変形量が大きく、試験値が算定値を下回ることを判明した。継手性能確認結果を図-4に示す。

4-2 リング継手の検討

試験結果から、リング間のサクイック継手については継手構造と継手の軸方向力に関して検討を加える必要があった。

(1) 継手構造の検討

サクイック継手の雄側金物外周には、施工上のセグメント干渉の回避と組立ての容易さを図るために緩衝材が配置されている。

当該試験では実工事と同様に緩衝材を配置した状態で試験を行ったため、緩衝材を配置しない既往の試験値よりも小さな値となった。また、変形量についても「緩衝材の厚み」が大きな要因となることが判明した。

(2) 継手軸方向力の検討

従来のボルトBOXタイプ継手では、既往の研究結果より、ボルトの締結により導入されるボルト軸力を「継手軸方向力」としてせん断ばね定数の算定に考慮している。

サクイック継手の既往の継手せん断試験について調べたところ、継手軸方向力を導入した試験が基本であり、継手ばね定数の算定においても、その試験結果にもとづいている事例がほとんどであることを確認した。一方、継手軸方向力(トンネル軸方向力)について文献調査を行ったところ、トンネル軸方向力はシールドジャッキ推力の反力として残留するという計測事例¹²⁾もあったが、地盤条件や施工条件、セグメント構造により異なるものと考えられ、当工事でトンネル軸方向力が残留するという確証は得られなかった。

4-3 検討結果

上記の検討の結果を踏まえて、リング継手については下記の設計方針とした。

4-3-1 継手構造について

変形量の増加は、実工事における漏水や耐荷性能の低減につながるため、施工性を確保しつつ継手性能の向上、変形性能の改善を目的として緩衝材の厚さを5.5mmから3.5mmに改良した。

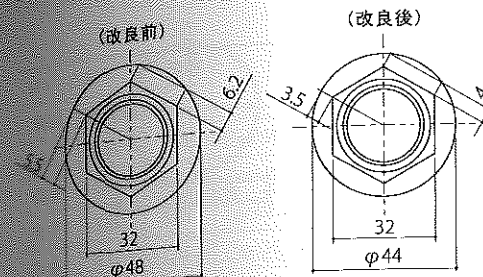


図-5 サクイック継手の改良

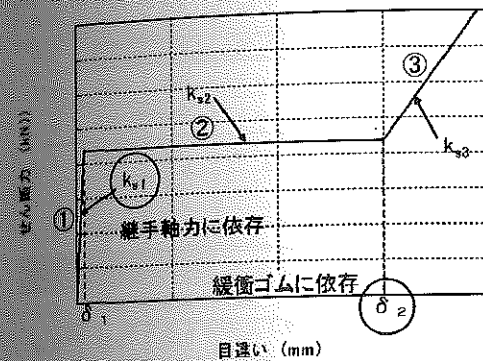


図-6 リング継手せん断変形性能の概念図

改良効果を再試験により確認した。雄側金物の改良前と改良後の構造比較を図-5に示す。

4-3-2 継手軸方向力について

リング継手の軸方向力を考慮できれば、さらなる合理的設計が可能になるが、確認できていない荷重を設計に見込むことは危険である。そのため、当工事でリング継手のせん断変形性能を検討するうえで、図-6に示す下記の①~③の荷重段階のうち、継手軸力に依存する①について考慮しない方針とした。

- ① リング継手面の静止摩擦力が働く荷重段階
 - ② サクイック継手とケースとのクリアランスおよび緩衝材厚さがずれる段階
 - ③ サクイック継手からケースおよびコンクリートにせん断力が伝わる段階
- ただし、今後の設計の合理化を目的として、リング継手の軸方向力(残留ジャッキ推力)を現場にて計測することとした。

4-4 再試験結果

改良したサクイック継手性能の再試験結果を図-7に示す。

せん断ばね値は、改良前とほぼ同様な値であっ

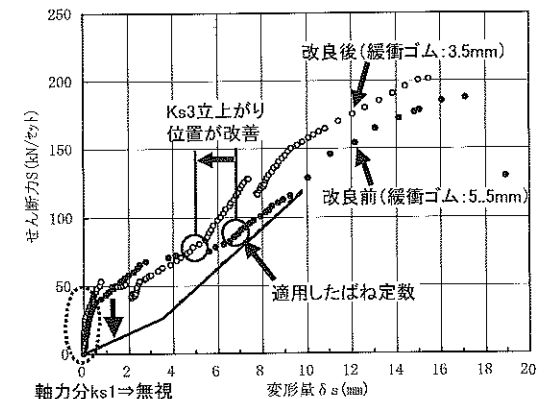


図-7 サクイック継手の性能確認試験結果(改良前, 改良後)

表-3 サクイック継手の性能確認試験結果(当初, 改良前, 改良後)

せん断ばね定数	基本設計時(当初)	詳細設計時(改良前)	詳細設計時(改良後)
k_{s1} (kN/m/本)	158,000	110,723	—
k_{s2} (kN/m/本)	10,800	7,589	7,389
k_{s3} (kN/m/本)	32,300	12,895	14,993
第1変曲点 s_1 (kN/本)	22.0	40.0	36.5
第2変曲点 s_2 (kN/本)	23.0	92.7	61.8
耐力 ボルト (kN/本)	142.4	187.2	200.9

たが、変形量については抑制されていることが確認できた。そこで、最終設計では、リング継手の軸方向力を考慮せずに、緩衝材ゴム厚3.5mmのサクイック継手のせん断ばね定数を適用した。すなわち、第1勾配(①の段階)を考慮しない表-3に示す値(網掛け部)を適用した。

5 性能照査型設計の覆工性能

上記の継手試験結果を用いて、はり-ばねモデル計算法によって限界状態設計法で応力度照査を行った。照査は、残留ジャッキ推力を継手軸方向力として考慮しない(0%)ことを前提に耐荷性能、変形性能、耐久性能について照査した。

軸方向力を0%とした場合の照査結果は、軸方向力を考慮した場合と比較して応答値の変形量が大きくなるものの、常時およびL1, L2地震時、異常時のすべての照査結果において、耐荷性能お

表-4 常時の照査結果

性能	部位	照査項目	残留ジャッキ能力 (%)				
			応答値	限界値	照査		
耐荷性能	主断面	曲げモーメント・軸力	コンクリート圧縮縁曲げ応力度 [N/mm ²]	12.7	21.6	0.58	
			引張側主鉄筋曲げ応力度 [N/mm ²]	115.4	345.0	0.33	
		最大せん断力(負) [kN/Ring]	83.8	232.7	0.36		
	セグメント継手	曲げモーメント・軸力	正曲げ	コンクリート圧縮縁曲げ応力度 [N/mm ²]	10.1	21.6	0.47
			T型金物の曲げ引張応力度 [N/mm ²]	1.5	940.0	0.09	
			負曲げ	コンクリート圧縮縁曲げ応力度 [N/mm ²]	5.7	21.6	0.26
			T型金物の曲げ引張応力度 [N/mm ²]	0.0	940.0	0.00	
	リング継手	せん断力	(合力) [kN/セット]	10.0	148.0	0.07	
			(半径方向) [kN/セット]	10.0	99.9	0.11	
	変形性能	リング全体	内空変位量(内空側：正) [mm]	6.4	15.0	0.43	
セグメント継手		圧縮側シール材位置での目開き量	正曲げ [mm]	0.1	0.5	0.14	
			負曲げ [mm]	0.0	0.5	0.02	
リング継手	目違い量(継手位置) [mm]	1.35	2.0	0.68			
耐久性能	主断面	ひび割れ	内空側 [mm]	0.08	0.15	0.53	
		地山側 [mm]	0.08	0.21	0.40		

表-5 L1地震時の照査結果

性能	部位	照査項目	残留ジャッキ能力 (%)				
			応答値	限界値	照査		
耐荷性能	主断面	曲げモーメント・軸力	コンクリート圧縮縁曲げ応力度 [N/mm ²]	15.9	45.3	0.35	
			引張側主鉄筋曲げ応力度 [N/mm ²]	177.2	345.0	0.51	
		最大せん断力(負) [kN/Ring]	97.6	232.7	0.42		
	セグメント継手	曲げモーメント・軸力	正曲げ	コンクリート圧縮縁曲げ応力度 [N/mm ²]	11.1	45.3	0.25
			T型金物の曲げ引張応力度 [N/mm ²]	1.5	940.0	0.00	
			負曲げ	コンクリート圧縮縁曲げ応力度 [N/mm ²]	6.4	45.3	0.14
			T型金物の曲げ引張応力度 [N/mm ²]	0.0	940.0	0.00	
	リング継手	せん断力	(合力) [kN/セット]	10.3	164.4	0.06	
			(半径方向) [kN/セット]	10.2	102.7	0.10	
	変形性能	リング全体	内空変位量(内空側：正) [mm]	6.5	15.0	0.43	
セグメント継手		圧縮側シール材位置での目開き量	正曲げ [mm]	0.1	0.5	0.14	
			負曲げ [mm]	0.0	0.5	0.02	
リング継手	目違い量(継手位置) [mm]	1.32	2.0	0.66			

よび変形性能ともに限界値以内に収まることが確認できた。常時およびL1地震時の照査結果を表-4, 5に示す。

6 施工結果

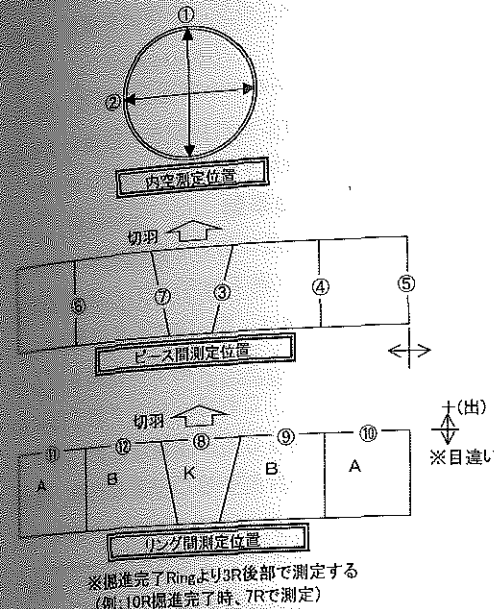
6-1 セグメントの組立て精度

トンネル内空変位およびセグメント間の目開き・

目違い、リング間の目開き・目違いの測定位置を図-8に示す。

6-1-1 真円度

真円度の社内品質管理値は $\pm D_i/150$ (D_i : トンネル内径、トンネル内径変形量では内径 ± 15 mm)である。図-9に全2,003Ringのトンネル内空変形量の分布を示す。同図から、トンネルは若干の



※掘進完了Ringより3R後部で測定する(例:10R掘進完了時、7Rで測定)

図-8 セグメント組立て精度の測定箇所

つぶれの傾向を示しているが、最大変位量は6mmであり、管理値を満足する結果であった。

6-1-2 目開き

セグメント間の目開きの社内品質管理値は2.0

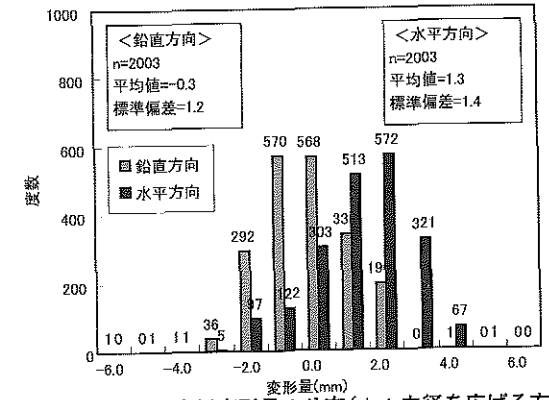


図-9 トンネル内径変形量の分布(+：内径を広げる方向、-：内径を縮める方向)

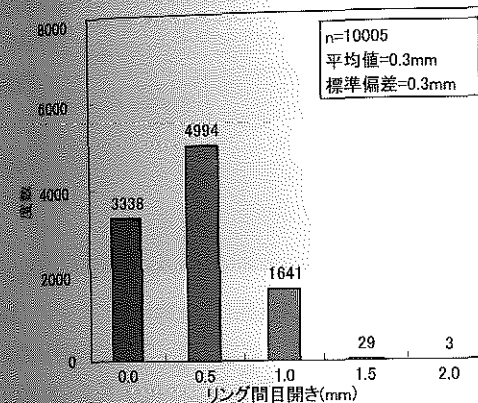


図-10 目開き量の分布

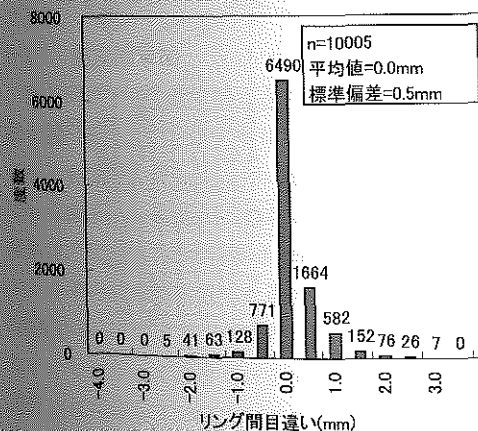
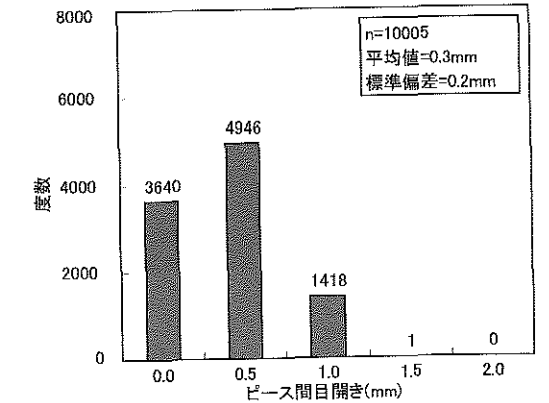
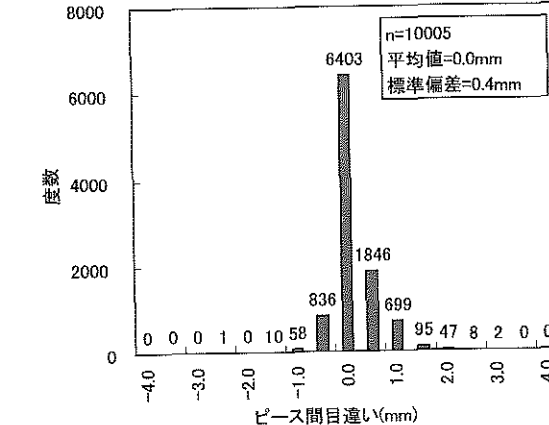


図-11 目違い量の分布



mm以内である。図-10に全2,003Ringの目開き量の分布を示す。なお、測定ピッチは1 Ringピッチである。同図から、目開き量は測定箇所によらずほぼ0.3mmであり、管理値を満足する結果であった。

6-1-3 目違い

セグメント間の目違いの社内品質管理値は3.0 mm以内である。図-11に全2,003Ringの目違い量の分布を示す。なお、測定箇所、測定ピッチは目開き量と同じである。同図から、目違い量は測定箇

地質時代	地層名	土質名	記号	地質時代	地層名	土質名	記号
現世	埋土層	砂質土	Fs	更新世	相模層群	砂質土	Ds1
		粘性土	Fc			粘性土	Ds2
		礫質土	Fg			礫質土	Dg1
完新世	沖積層	砂質土	As1			砂質土	Ds2
		粘性土	Ac1			粘性土	Dc2
		砂質土	As2			礫質土	Dg2
		粘性土	Ac2	砂質土	Ds3		
		礫質土	Ag2	粘性土	Dc3		

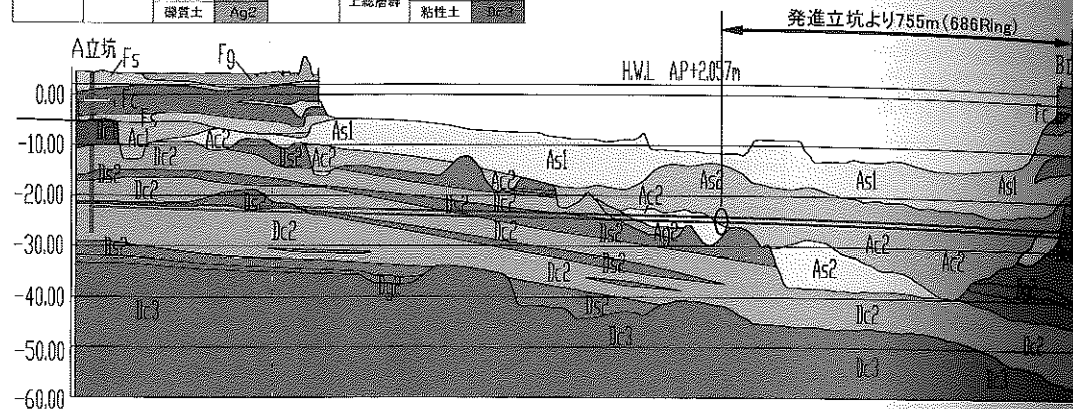


図-12 計測位置断面図

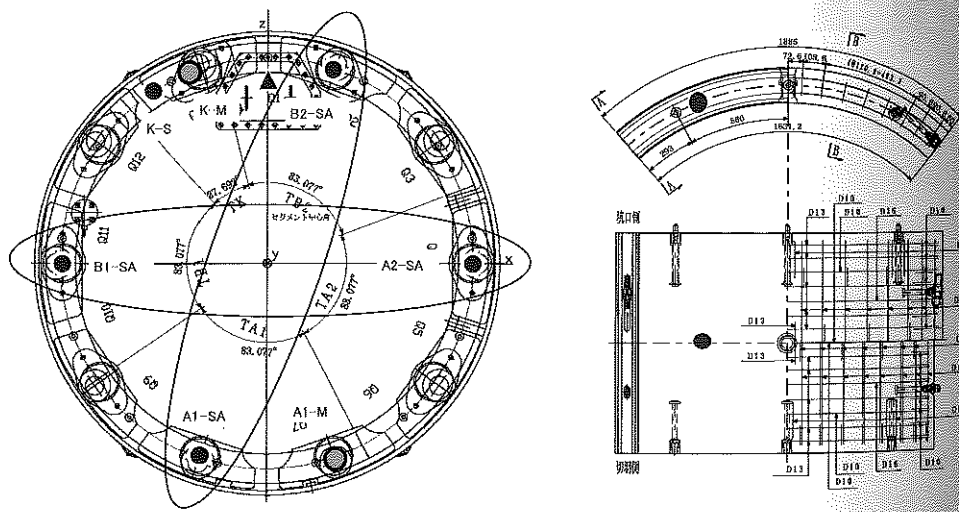


図-13 計測機器の配置(スプレッダーと位置関係)

所によらずほぼ0 mmであり、管理値を満足する結果であった。

以上より、CQセグメントは組立て精度が高く、施工時および供用時ともに目開き、目違いによる漏水はなく止水性を満足することを確認した。

6-2 セグメントの挙動

セグメント設計段階において課題となったトンネル軸方向力(リング継手軸方向力)の残留確認を目的とした現場計測は、図-12に示す位置で、トンネル軸方向ひずみとリング継手の目開きならびに温度を対象とした。これは、リング継手に作用する軸力を直接測ることが困難なため、セグメント本体のひずみを計測することとしたが、本

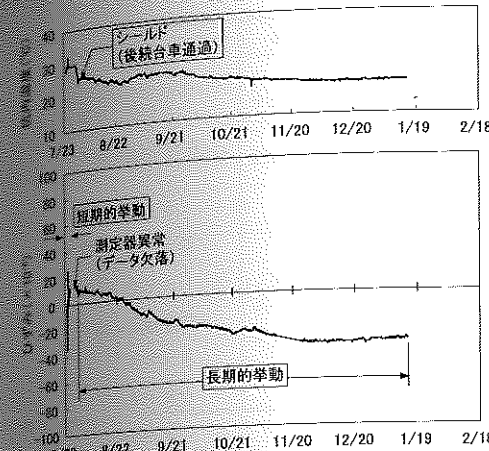


図-14 坑内温度およびセグメント軸方向ひずみの挙動

計測ひずみの挙動(温度補正済)を図-14に示す。計測ひずみは、30Ringまでの短期において引張側に残留し、長期的には圧縮側に増加している。ここで、トンネル軸方向ひずみは、測定7か所の平均値とした。また、トンネル坑内の温度・湿度は、シールド(後続台車)通過にともない、35℃、85%RHから20℃、55%RHへと低下した。

なお、7月下旬の測定器異常はデータロガーのメモリー機能不調によりデータ欠落となったものである。

6-2-1 短期的挙動

軸方向ひずみ(温度補正済)の30Ringまでの挙動を図-15に示す。ひずみは、シールド掘進時のジャッキ推力の押し圧、押し圧解放の影響を受けているが十分に累積していない。また、ひずみの挙動は、図-16に示す目開き挙動と連動しており、シールド内から地山に出た後も、セグメント外周(地盤から)の拘束力が弱く圧縮力を保持できていない。したがって、セグメント内部にトンネル軸方向力は残留しているといえず、リング間の継手軸方向力も同様に残留していないと考えられる。

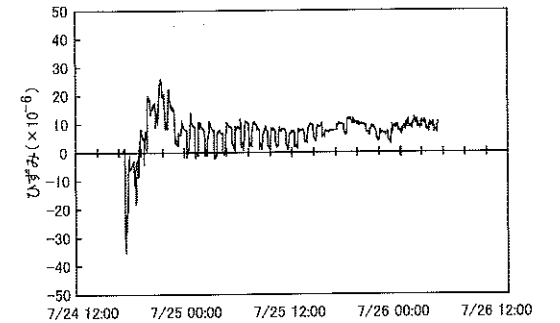


図-15 軸方向ひずみの短期的挙動

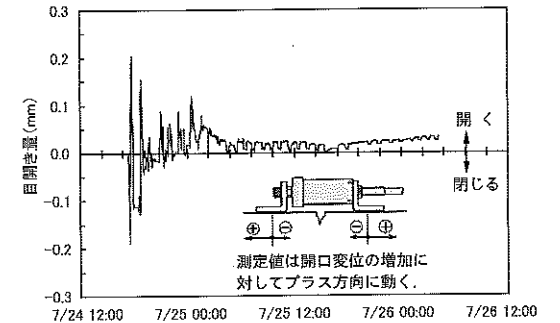


図-16 リング間目開きの短期的挙動

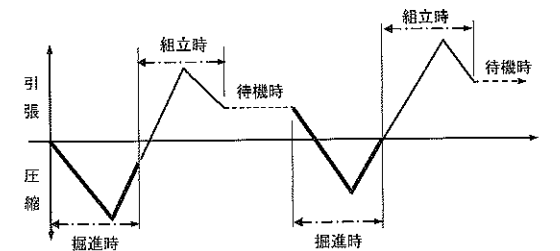


図-17 セグメント軸方向ひずみの挙動モデル

ここで、トンネル軸方向のひずみが引張側に移行している現象について、弾性FEM解析を用いてシミュレーションを行った。解析は、図-17に示す挙動を想定しモデル化した。セグメント外周面(図中上下面)は、裏込め注入の硬化前の地盤拘束力がない状態を模擬して拘束なしとした。掘進時(ジャッキ押し圧)は片端(図中左端)を固定としたセグメントにジャッキ推力(等分布荷重)を载荷し、組立て時(ジャッキ解放)は片端中央(図中左端中央)を点固定とし、目開き量を上下二段配置したシールド材の反発変位として与え、セグメント中央部の軸ひずみ量を算出した。解析結果を表-6に示す。この解析結果より、セグメント内部(計

表-6 FEM解析結果

	解析モデル	荷重方法	セグメント軸ひずみ量
掘削時 (ジャッキ推進時)		片端を固定したセグメントにジャッキ推力(等分布荷重)を載荷	(圧縮)54.5×10 ⁻⁶
組立て時 (ジャッキ解放時)		片端中央を固定し、目開き量をシール材の反発変位として載荷	(引張)90.9×10 ⁻⁶

測位置)のひずみは、地盤(外周)からの拘束がない場合、掘削時には圧縮ひずみ、次リング組立て時には引張ひずみとなることがわかった。この解析結果から、組立て完了後に引張ひずみがわずかでも残留すると、くり返し載荷によりセグメント内部の引張側ひずみが累積し、計測結果のような挙動が起きうることを確認できた。

6-2-2 長期的挙動

トンネル軸方向ひずみ(温度補正済)を図-18に、リング間目開き挙動を図-19に示す。

長期的にひずみは引張側(伸びる)から圧縮側(縮む)に移行しているが、リング間目開きはこれと連動するかたちで開いている。この挙動は外部荷重に起因するものではなく、セグメントの乾燥収縮によるものと考え、過去の乾燥収縮の計測事例(事例-1~3)と比較を行った。ちなみに、RCセグメントの乾燥収縮量は鉄筋の拘束や供試体形状の相違により、JSCE(土木学会)の予測式で計算した結果より小さくなることが知られている^{3),4)}。過去の計測事例との比較の結果、図-18、表-7に示すようにひずみ量は事例-1,3と類似していることがわかった。乾燥以外にひずみ量が増加する他の要因がないことから、今回の計測ひずみの長期的挙動は、ジャッキ推力の影響ではなく、セグメント自身の乾燥収縮によるものと考えられる。

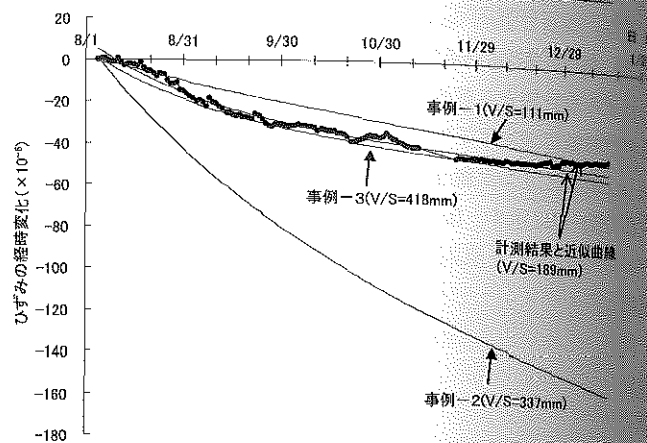


図-18 軸方向ひずみの長期的挙動

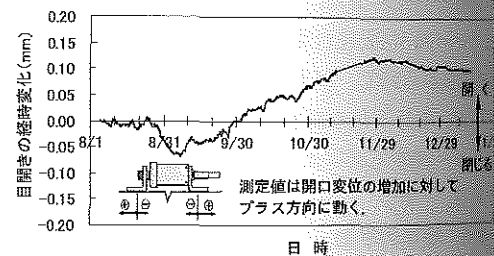


図-19 リング間目開きの長期的挙動

7 考 察

7-1 計測結果の考察

計測結果より、トンネル軸方向の挙動は、地盤からの拘束力とセグメント自身の乾燥収縮による影響とが現れたものと考えられ、ジャッキ推力が残留しているとの評価はできない。したがって、サンクイック継手のせん断ばね定数の算定においては、継手軸方向力は考慮できないと考えられる。

表-7 RCセグメントの乾燥収縮特性

項目		単位	事例-1	事例-2	事例-3	計測 (R-686)	備考		
セグメント種類と配合	トンネル概要	外径φ	7.3	6.6	9.8	2.6			
		セグメント種類	普通ボルトランドセメント	普通ボルトランドセメント	普通ボルトランドセメント	高炉セメント	高炉スラグ微粉末の混合率:50%		
		単位セグメント量	kg/m³	424	390	390	380		
		単位水量	kg/m³	143	142	140	133		
		水セメント比	%	33.7	36.4	35.9	35.0		
		圧縮強度	N/mm²	62.0	68.7	66.7	66.8		
養生条件		スランブ	cm	3.0±1.5	3.0±1.5	3.0±1.5	3.0±1.5		
		水中養生	日	4	4	7	8	乾燥開始材齢	
		坑内搬入	日	27	53	53	26	水中養生終了からの日数	
		セグメント体積(V)	m³	1.6	1.7	2.6	1.5		
		セグメント表面積(S)	m²	14.1	5	6.2	7.8		
		部材体積表面積比(V/S)	mm	111	337	418	189		
セグメント		セグメント桁高	mm	300	320	400	175		
		主鉄筋かぶり	mm	60	65	65	42		
		鉄筋比	%	-	1.3	0.9	1.4		
	環境条件		測定時期	-	03.01~03.05	04.02~04.06	03.10~03.11	08.08~09.01	
			測定期間	月	5か月	5か月	2か月	6か月	
			坑内温度	°C	12~18	9~21	18~25	20~25	
		相対湿度	%RH	90	70	80	85		
乾燥収縮ひずみ(10年経過)		計測結果(回帰式)	×10 ⁻⁶	-159	-429	-175	-154	坑内搬入までに80×10 ⁻⁶ 収縮したと仮定	
		土木学会予測式	×10 ⁻⁶	-236	-576	-404	-346		

7-2 ジャッキ推力の残留に関する考察

ジャッキ推力が残らなかった要因として下記のことが推察できる。

- ① スライドコッター継手、サンクイック継手はボルトBOXタイプ継手と比較して拘束力が小さく、ジャッキ推力が軸力として残留しにくい。
 - ② 裏込め注入が施工されるまでにセグメント軸力の変動がある。
- とくに、今回適用したセグメント間のスライドコッター継手は、リング間の2mmまでの目開き量に対して反力材に支持された楔片が動き、締結力を一定にする構造であることが、ジャッキ推力が残らない要因であると考えられる。

また、サンクイック継手そのものも目開き量を0~0.5mmで許容する構造であるため、継手の自由度が高くセグメント組立て時および掘進時の構造クラックの発生制御などには効果的であるが、変形要素が大きく、ジャッキ推力伝達の観点からはトンネル軸方向力が残留しにくい構造であると推察できる。

8 ま と め

各要素のまとめとして下記のことがいえる。

8-1 計測結果について

- ① 計測結果によると、シールド掘進時のジャッキ推力の影響を受ける短期計測時に、ひずみが十分に累積していないため、トンネル軸方

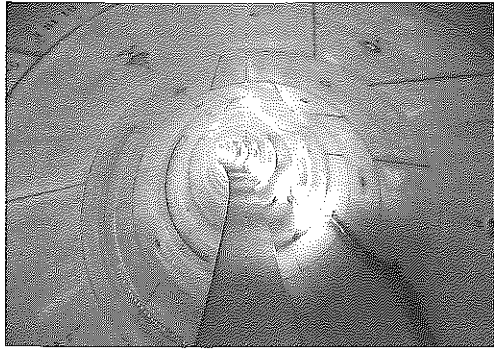


写真-4 完成時のトンネル坑内

向力がセグメント内部に残留しているとはいいがたい。

- ② トンネル軸方向の圧縮ひずみの長期的な増加は、乾燥収縮に起因するもので継手面の軸方向力は増加していない。
- ③ 上記①、②の結果を踏まえてサンクイック継手のせん断ばね定数の設定において、継手軸力を考慮することは難しい。

8-2 セグメントの設計結果について

- ① セグメント間のスライドコッター継手については、試験値が事前の基本設計段階の算定値と同等以上であった。また、リング間のサンクイック継手については、性能照査型設計では変形要素が大きく、緩衝材ゴム厚3.5mmのサンクイック継手を適用して日違い量に対する応答値を限界値以下とした。
- ② 今回のCQセグメントの計測結果では、リング間継手軸方向力は期待できないことが判明した。このため、当該継手については今後の性能照査型設計時におけるせん断ばね定数の算定で、リング間継手軸方向力を考慮した(リング継手面の静止摩擦力が働く荷重段階)せん断ばね定数の設定は難しい。

8-3 セグメントの施工結果について

- ① サンクイック継手の緩衝材ゴム厚を5.5mm

から3.5mmに変更したが、施工性および精度に及ぼす悪影響はなかった。

- ② CQセグメントは、従来のボルトBOXタイプ継手より継手の変形が大きい構造であるが、施工要因を加味した目開きおよび目違いはすべて社内品質管理値ならびにシールド設計条件にもとづく施工管理値をもとに満足良好なトンネル出来型を確保できた。

9 おわりに

採用したCQセグメントは、軸力を考慮するという点で一部性能をこれまで過大に評価されていたが、今回の性能確認試験や現場計測の結果からその性能の適正な評価が可能になった。

今回の検討では、ボルトレスセグメントのうちスライドコッター継手・サンクイック継手を対象としたが、今後は他のボルトレスセグメントについても、同様なアプローチによって適正な評価を行い、その検証として現場計測および出来型確認を行うことが望ましい。今後、さらなるデータの蓄積を行いシールドトンネルの性能照査型設計への移行に対応していきたい。

参考文献

- 1) 齋藤・中島・竹林・白井：東京湾海底七号地層におけるセグメントの荷重計測結果について、土木学会第60回年次学術講演会論文集，2005.9.
- 2) 吉田・永田・山中：コッタークイックジョイントセグメント(その2)計測，土木学会第49回年次学術講演会論文集，1994.9.
- 3) 西田・勝尾・藤井・奥尾・新井：実物RCセグメントによる実験データのシールドトンネルの土圧計測の際の乾燥収縮ひずみの影響について，土木学会第59回年次講演会論文集，2004.9.
- 4) 沼澤・藤木・奥尾：シールド工用コンクリートセグメントの収縮ひずみ特性，土木学会第62回年次学術講演会論文集，2007.9.

研究

レーダー方式検査車(CLIC)で覆工内部状態を高能率・高精度に評価

東日本旅客鉄道(株)エネルギー管理センター水利土木課副課長 小野 桂 寿
東日本旅客鉄道(株)設備部検査管理グループ主席 鈴木 尊

1 はじめに

新幹線トンネルの特別検査における覆工コンクリートの詳細な検査は、これまで至近距離からの目視検査とハンマーによる打音検査により実施してきた(写真-1)。しかし、この方法は膨大な延長のトンネルにおいて実施するには多大な労力を必要とし、また健全度の評価に個人差が生じやすいという課題がある。

JR東日本では、上記課題の解決策の一つとして、覆工コンクリート内部の状況を立体的に把握可能なマルチバス方式レーダを搭載したトンネル覆工検査車を2004年に開発した¹⁾。

現在は3面体制でトンネルの覆工検査に使用しており、トンネル覆工表面撮影車²⁾(2000年導入)の計測データと組み合わせた覆工コンクリート検査手法を導入することで、特別検査の効率化とトンネル覆工検査の精度向上を図る取り組みを行っている。

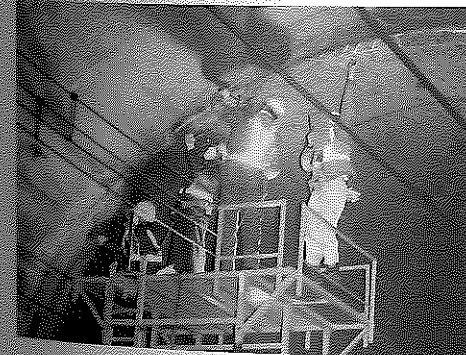


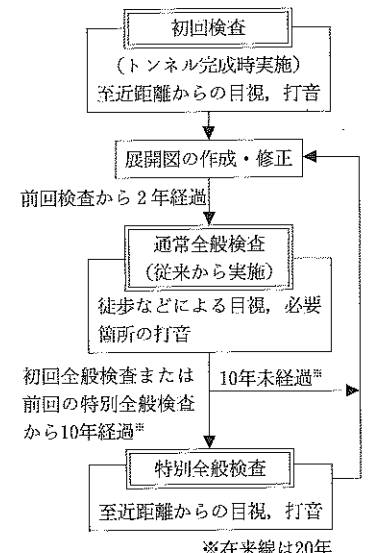
写真-1 ハンマーによる打音検査

ている。

本稿ではトンネル覆工検査車の開発の経緯や概要、実際のトンネルの検測データの検証結果について報告する。

2 トンネルの検査体系

現在のトンネルの検査体系は、『トンネル保守管理マニュアル』³⁾(2000.2.28)の制定以降、従来からの通常全般検査(2年ごと)に、初回検査および特別全般検査(新幹線は10年を越えないごと、在来線は20年を越えないごと)を加えた体系となっている(図-1)。これは、初回検査により建設時における初期の状態を詳細に把握し、以降2年周期



※在来線は20年

図-1 現行の全般検査体系(不定期検査は除く)

の通常全般検査と10~20年周期の詳細な特別全般検査を定期的に実施することにより、変状を未然に発見することを目的としている。

初回検査、特別全般検査の導入により、従来の徒歩による検査に加えて、高所作業車などの作業床を使った至近距離からの目視検査と打音検査を実施している。

また、構造体としての機能を評価する健全度判定にあわせて、剝離・剝落の危険性を評価する判定も実施し、検査結果を変状展開図に記録し管理している。現在は、これらの検査を社内の専門の検査係員により実施している。

3 マルチパス方式を用いた覆工内部の検査手法の開発

3-1 トンネルの覆工検査の現状

現在、特別全般検査における覆工コンクリートの検査は、至近距離からの目視と、点検ハンマーによる打音検査が主体である。これらの検査手法は検査係員の負担が多く、一人一人の判断力に依存しているのが実状である。これまでも覆工コンクリート内部を詳細に調査する機器として、さまざまな原理によるものが開発、実用化されているが、個別検査に相当する検査を用途としているものが多い。

3-2 マルチパス方式レーダによる覆工内部の検査

特別全般検査の現状をふまえて、点検ハンマーによる打音作業に代わる検査手法の開発を目的として研究開発を行った。開発の着目点として、移動しながら計測可能で、かつコンクリート内部の状況を立体的に把握することが可能となる方式を検討した。

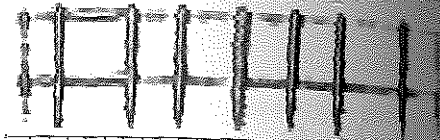
その結果、マルチパス方式レーダ技術を用いて、覆工コンクリートの内部を検査する手法を検討することとした。

マルチパス方式レーダは、検査対象物の内部の電気的特性(誘電率)が変化する境界部分において、対象物の内部から反射した電磁波を受信し、送受信時間を演算することによって、検知箇所、形状

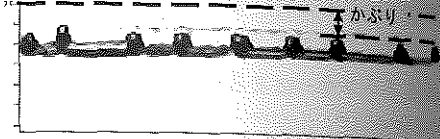
を特定する技術である。コンクリートであれば内部に発生しているひび割れ面やジャンカ、空洞などで反射が起きるため、内部の変状箇所を検知することが可能である。

今回採用したマルチパス方式レーダは、16個の送信アンテナと16個の受信アンテナの組み合わせにより得られる256(16×16)通りのデータを統合的に解析することが可能となる(図-2, 3)。

<平面図>



<側面図>



<鳥瞰図>

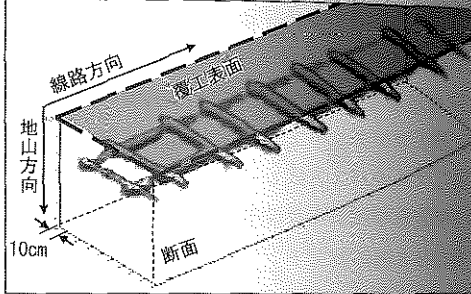


図-2 マルチパス方式レーダによる3次元画像例(鉄筋コンクリート製のトンネル覆工)

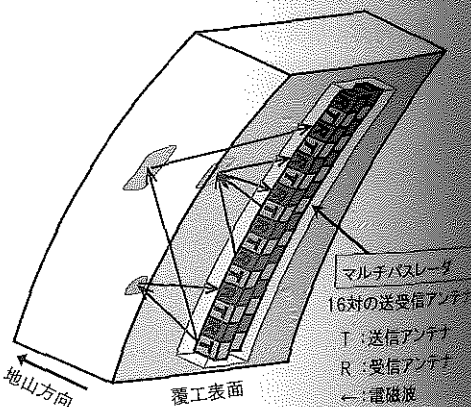


図-3 マルチパス方式レーダの基本原理

4 トンネル覆工検査車の導入

マルチパス方式レーダによる検査装置を試作し、コンクリートの覆工内部の検測を実施したところ、検測に十分な性能があることが確認できた。そこで、マルチパス方式レーダを搭載したトンネル覆工検査車(CLIC: Concrete Lining Inspection Car)を製作し、2004年7月から新幹線トンネルに導入した。

トンネル覆工検査車は2005年7月に2号機、2010年3月に3号機を導入して、現在は3機体制で新幹線のトンネル検査にて運用している。

トンネル覆工検査車は、レーダ計測を行う検査車両と、計測データから異常箇所を抽出する解析装置から構成されており、検査車両と解析装置をまとめて、一つのトンネル覆工の検査システムとしている。

以下にその概要を示す。

4-1 トンネル覆工検査車の概要

トンネル覆工検査車の全体像を写真-2、仕様を表-1に示す。検査車両は、新幹線用保守用車タイプとし、計測時は油圧駆動による定低速走行が可能である。搭載されたマルチパス方式レーダは、1基あたり1mの計測幅で、可能探査深度は覆工表面から40cm程度である。計測はトンネル断面を4分割し(図-4)、トンネル覆工面を3基のレーダにより最高3.5km/hで計測する。

トンネル内には、さまざまな設備(架線、下げ束、信号ケーブルなど)が設置されている。これらの設備を回避しながら連続的に効率よく計測す

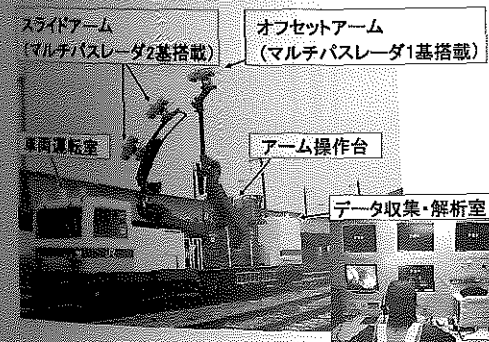


写真-2 トンネル覆工検査車(CLIC)全体像

表-1 トンネル覆工検査車仕様

車両タイプ	・新幹線用保守用車(白走式) 回送時:ディーゼル走行 計測時:油圧走行(定低速走行)
車両諸元	・全長:15.0m, 全幅3.3m, 全高4.0m ・重量:33.0t
レーダ装置	・マルチパスレーダアレイレーダ3基 ・計測幅:1.0m/基 ・コンクリート覆工内部欠陥(空洞など)の検出 ・データの3次元画像化により詳細な診断が可能
レーダ支持装置	・2アーム方式 オフセットアーム(レーダ1基搭載) スライドアーム(レーダ2基搭載) ・計測方向に応じて旋回可能 ・計測時の車両運転台装備(油圧走行のみ)
計測仕様	・計測速度 最大3.5km/h(油圧定低速走行) ・レーダ3基同時計測 ・計測/解析システム搭載

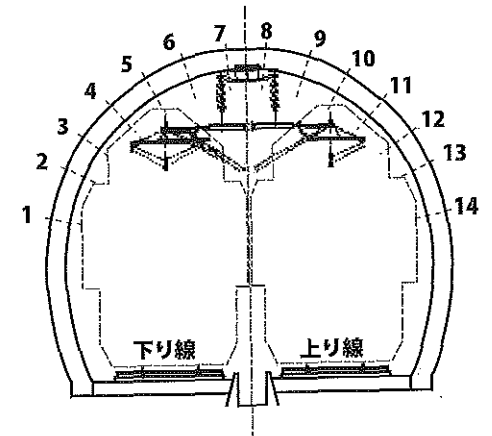


図-4 覆工測定時の側線番号

るため、レーダを支持するアームについては、下げ束を回避しながらアーチクラウン付近を計測するオフセットアームと、下げ束側方を通過しながら計測するスライドアームの2本構成としている(写真-2)。

なお、現在の計測対象トンネルは新幹線の複線断面トンネルとしており、3往復で片線断面を計測することとしている。

4-2 レーダ解析装置

検査車両により計測されたデータは、解析装置の専用プログラムにより解析される。専用プログラムは、覆工内部の異常候補箇所の自動抽出機能と、覆工内部状況の3次元画像表示機能を搭載し

ており、膨大な計測データを迅速に処理するとともに、3次元画像による詳細な診断が可能となる(図-5)。

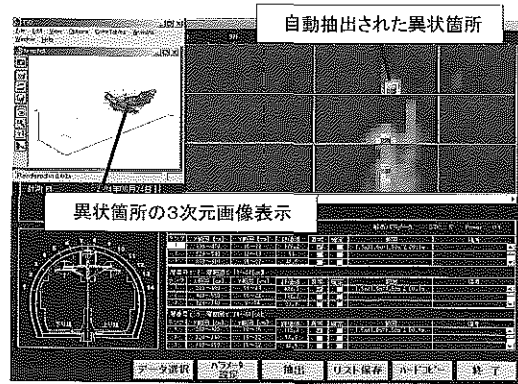


図-5 解析専用プログラム画面

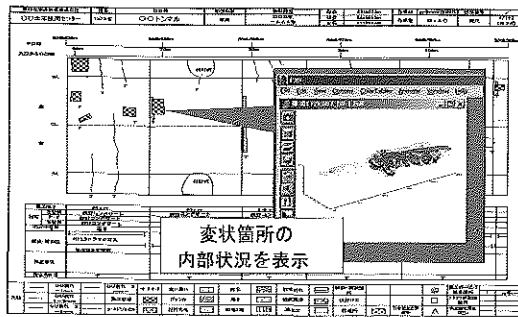


図-6 レーダ計測データを追加した電子展開図

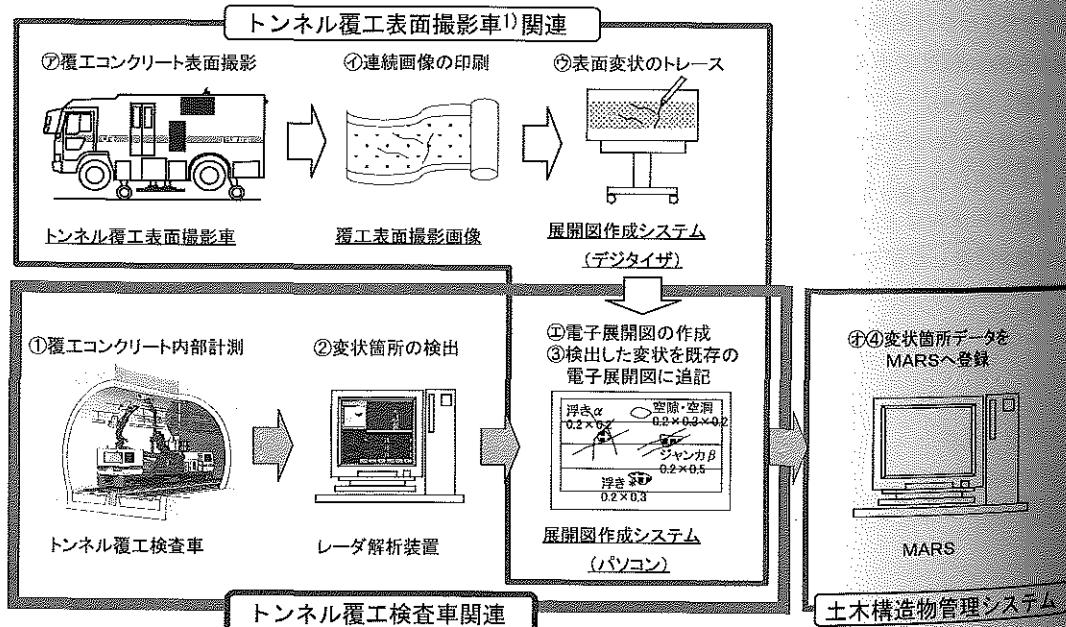
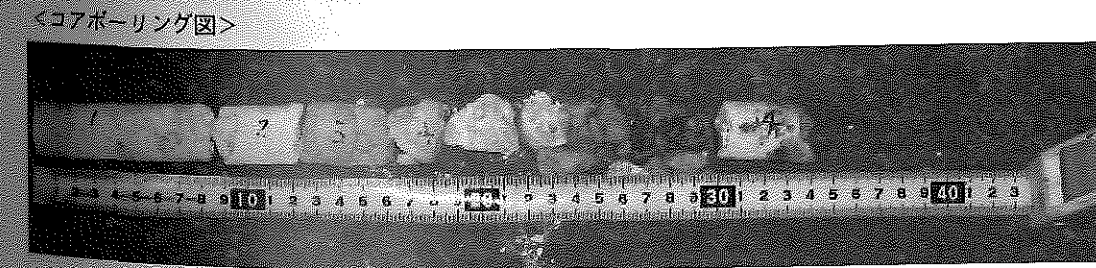
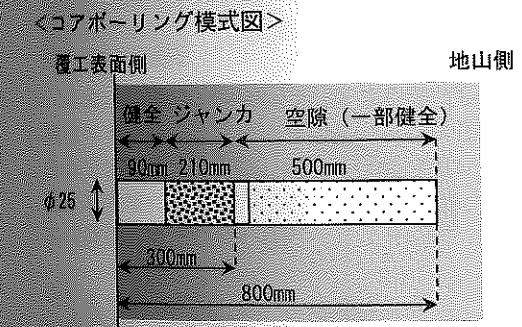
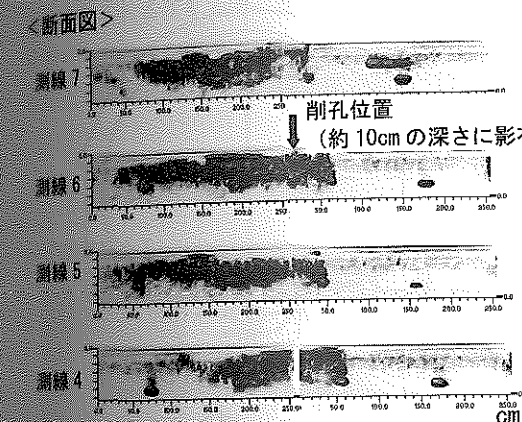
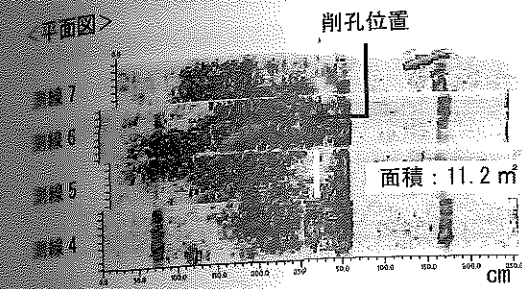


図-7 トンネル覆工コンクリート検査システム

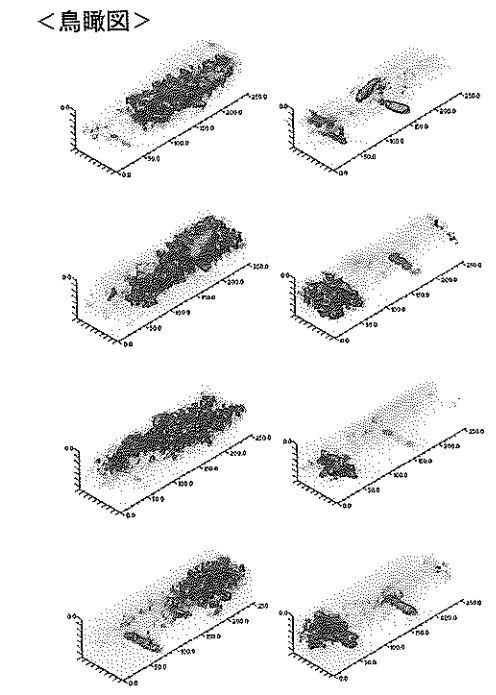
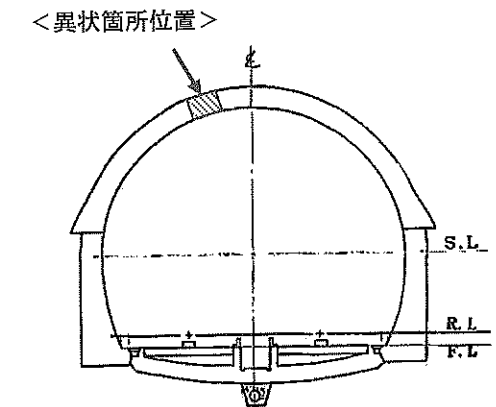
調査を実施した。なお、今回の対象トンネルは、既設トンネルにレーダー方式で建設されたトンネルである。

5-1 事例1(図-8)
事例1のトンネルでは、トンネル覆工検査車で



計測し解析の結果、大規模な影(異常箇所と想定される)が出現したため、コアボーリングによる調査を実施した。

レーダ計測の結果は、覆工面からの深さ約10



<コアボーリング図>

図-8 事例1

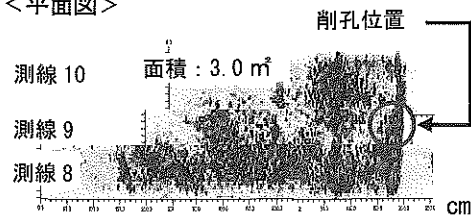
cm付近に影が出ており、影の範囲の面積は約11.2m²であった。

コアボーリング調査の結果、覆工面からの深さ90mmまでは健全なコンクリートであった。深さ90～300mmまではジャンカとなっている。深さ300mmより深い箇所では、一部健全なコンクリートはあるものの、厚さ500mm程度の空隙が存在していた。

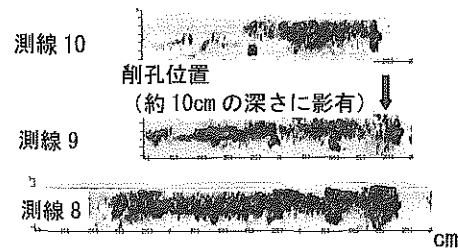
5-1-2 事例2(図-9)

事例2のトンネルのレーダ検査の結果、覆工面からの深さ約10cm付近に影が出ており、影の面積は約3.0m²であった。

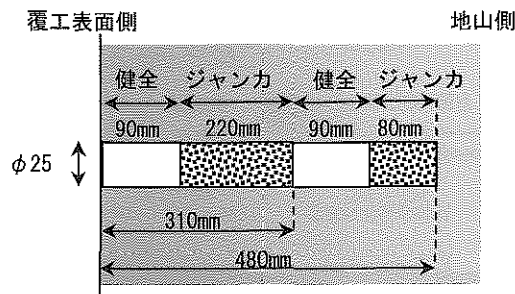
<平面図>



<断面図>



<コアボーリング模式図>



<コアボーリング図>



図-9 事例2

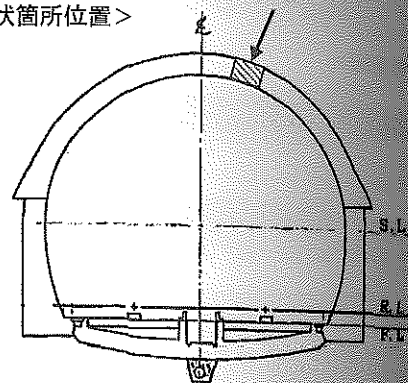
影が発生している付近のコアボーリング調査の結果、覆工面からの深さ90mmまでは健全なコンクリートであった。

これより以深90～310mmまではジャンカとなっていた。310mm以深では、一部健全なコンクリート(90mm)を挟んで、深さ400mmより厚さ80mmのジャンカが存在していた。

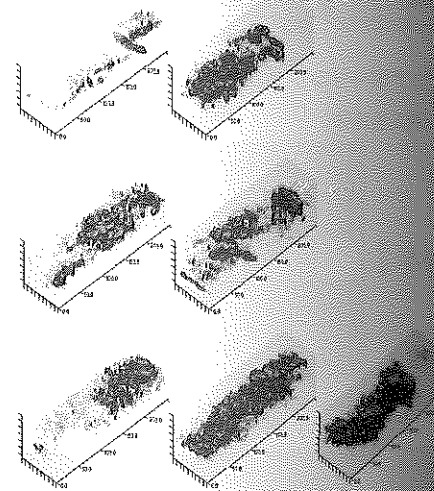
5-2 マルチパス方式レーダによる覆工内部の測定結果の検証

以上の検証結果より、マルチパス方式レーダを用いることで、覆工内部の異状箇所を検出できる

<異状箇所位置>



<鳥瞰図>



ことがわかった。つまり、マルチパス方式のレーダを活用することで、トンネル覆工の内部状況を直感的に判読することができる。よって、覆工内部の深い位置に発生している異状箇所や、検査員の個人差などにより検出ができなかった異状箇所についても検出が可能である。

今回の異状箇所の対策について、今後詳細な調査を実施し、変状規模に応じた対策を早急に検討実施していく。

6 おわりに

現在、JR東日本では、トンネル覆工表面撮影車から得られる覆工表面の状態と、トンネル覆工検査車から得られる覆工内部の異状箇所とを組み合わせて、トンネル覆工の健全度の総合判定を実

施している。健全度の総合判定後、異状箇所と判断した箇所については、現地の再確認を実施し、適切な対策工を実施することとしている。

現在、トンネル覆工検査車は、新幹線トンネルの特別全般検査に活用しており、異状箇所の検証データを多く取ることで、より検出精度を高め、鉄道の安全運行の確保に努めていく所存である。

参考文献

- 1) 秋山保行・田村隆志・森島啓行：トンネル覆工検査車の開発，土木学会年次学術講演会講演概要集 第5部，Vol.58，2003.9.
- 2) 鈴木延彰：トンネル覆工表面撮影車の導入，日本鉄道施設協会誌，pp.41-43，2000.8.
- 3) 運輸省：トンネル保守管理マニュアル，2000.2.

【図書紹介】



土木遺産 III—世紀を越えて生きる叡智の結晶 日本編—

(社)建設コンサルタンツ協会『Consultant』編集部 編 ダイアモンド社
A 5判 216頁 本体1,980円 2010年11月刊

本書は、建設コンサルタント協会誌『Consultant』に掲載された日本の土木遺産の記事を、一般読者にもわかりやすいように再構成したものである。対象施設近隣の土木施設、構造・形式や成り立ちが類似する土木施設、同じ設計者が携わった土木施設を併せて紹介し、知的好奇心や学習意欲の旺盛な読者層にも満足できる内容となっている。現地を訪れて土木遺産に触れる旅のガイドブックとしての機能も考慮している。

消えた土木遺産 江戸市民の命の水

パート1 北海道・東北・関東

北防波堤ドーム 大湊第一水源地堰堤 箱根登山鉄道

パート2 北陸・中部・近畿

信濃川大河津分水路 兼六園 牛伏川フランス式階段工 琵琶湖疎水 安治川トンネル

パート3 中国・四国

錦帯橋 男木島灯台 豊稔池ダム 長浜大橋

パート4 九州

関門鉄道トンネル 柳川 長崎眼鏡橋 白水ダム

巻末資料

土木情報 No.451

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	請負単価 百万円
中国四国農政局	高瀬農地保全事業D4号排水T建設	戸田建設	356.8
北海道開発局	R229号余市町梅川T	前田建設工業	1,005.23
"	深川留明自動車道留明市幌糠T	竹中土木	895
関東地整	H22新笹子T補修	日特建設	158.7
"	日本橋地下歩道(その2)	清水建設	867
近畿地整	神出BP北地区他函渠設置	池田建設	155.4
九州地整	大分57号大野竹田道路板井迫椋ノ木地区函渠設置	菅組	172.2
水資源機構	豊川用水二期西部幹線水路長山サイホン改築	佐藤工業	360
福島県	松原3号T	高橋・東栄JV	1,203.5
山梨県	主地甲府韮崎線道路(一部債務)(0014)	早野・長田JV	432.8
都・財務局	下水道管布設(22埋-1)	松崎建設	202.55
"	" (22埋-2)	松鶴建設	174.99
都・都市整備局	" (22埋-3)	坂東土木	111.50
都・下水道局	第二谷田川幹線その3	奥村組	1,077.22
"	世田谷区給田一丁目近枝線	福田組	166.98
神奈川県	藤沢市葛原～用田地区内配水管布設第1回	浅岡建設	114.01
三重県	北勢沿岸流域下水道(北部処理区)菰野幹線(第4工区)管渠	西出・マルカンJV	371.7
"	" (") " (第5工区) "	西出・真光JV	381.15
鳩ヶ谷市	桜町排水区浸水対策貯留管導水工	浅沼組	124.29
横浜市	菅田線口径1100mm配水管更新(その3)	須藤工業	476.85
"	港北処理区美しが丘地区下水道整備(その59)	白崎建設	248.17
"	都筑処理区恩田地区下水道整備(その25)	宮内建設	104.4
川崎市	登戸1号雨水幹線その5	西松・鴻池JV	259.38
新潟市	秋下34号新津西部排水区幹線南22-8～幹線57下水道	木間組	174.6
名古屋市	玉船第2雨水調整池築造(その2)	東急・世紀東急・日本電話施設JV	706.3
西宮市	公下新設(建石町雨水渠整備)	大喜・戸崎JV	369
和歌山市	" 湊南2号雨水幹線その3	鹿島・福興JV	1,143.95

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

副産物の有効活用

ずり処理入門(最終回)

発生土の有効活用事例—

「ずり処理入門」連載講座小委員会

1 有効活用の事例

1-1 道路拡幅工事での有効活用計画—活用場所選定手法—

1-1-1 はじめに

本事例は、平成11～13年にかけて高速道路の4車線化拡幅工事(Ⅱ期線工事)に伴う当該区間のトンネル発生土の有効活用を、路線全体で地域との共同で計画したものである。当区間は、Ⅰ期線工事において既に完成断面(4車線)で土工が仕上げられていたことから、ほぼすべての掘削土が本線外活用となり、そのため活用場所の選定作業を効率的に展開し早期に決定する必要があった。

当該区間には、4,000m級のトンネル2本を含む大小7本のトンネルがあり、約110万m³の掘削土が発生した。

1-1-2 方針と具体化

(1) 方針

発生土の有効活用にあたっては、その情報提供から活用事業者との詳細協議を経て、活用場所の決定に至るまで、「より広く」「より早く」「より安く」を基本方針に以下のとおり具体化に取り組んだ。図-1に発生土有効活用までのフローを示す。

「より広く」: 公共事業、民間事業を問わない広範囲の事業者に公平に発生土の情報を提供し、より多くの受け入れ情報を得た。関係機関により「副産物再利用等連絡協議会」を組織し、その情報交換の場とした。

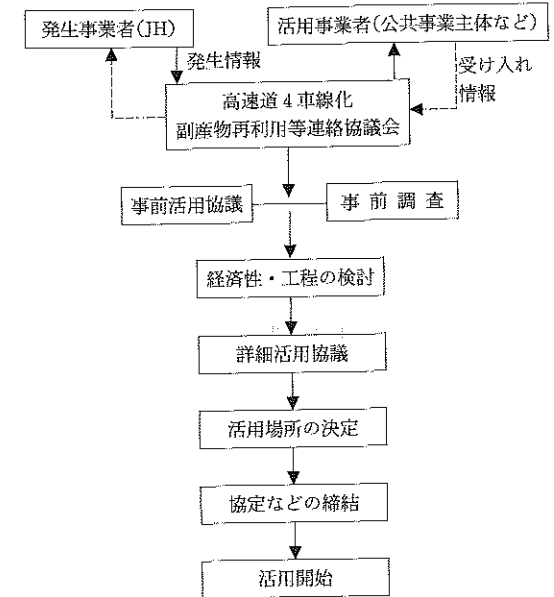


図-1 発生土有効活用までのフロー

「より早く」: 「副産物再利用等連絡協議会」で情報を一斉に得ることで、個別に各事業者と協議する場合に比べ選定作業時間を短縮でき、迅速に活用場所を決定することができる。また、多くの情報の中からタイミングにあった事業を選定できるため早期からの活用ができる。

「より安く」: 受け入れ(活用)側事業とタイアップすることで、これまで「本線外盛土場」で実施していた整地(敷き均し、転圧)や擁壁、工事用道路、水路など付帯工の負担を軽減できる。受け入れ側事業も活用土砂の確保や事業の進捗を図ることができ、双方にメリットが大きい。

(2) 副産物再利用等連絡協議会の設立

4車線化事業の円滑な推進を図る目的で地元の県と調整し「高速道路4車線化副産物再利用等連絡協議会」(以下「連絡協議会」という)を設立した。参集機関は、旧建設省河川・国道事務所、県建設事務所・土木振興局、市町村の公共事業担当機関あるいはJA、砂利採取販売協同組合など公共性の高い活動を行っている機関をおおむね網羅した。

※なお、現在は平成15年10月「建設発生土等の有効利用に関する行動計画」で各地方建設副産物対策連絡会議が組織されるようになっている(本講座(9)2-2参照)。

(3) 事前活用協議と調査

協議会でエントリーされた活用事業について更に具体的内容を事業者からヒアリングした。ヒアリング内容は、以下のとおりである。

- ・事業内容、予算確保、活用場所・時期・予定量
- ・法的手続きの有無とその状況・予定、都市計画決定、開発行為、農業振興地域外、農地転用、保安林解除など
- ・用地買収の有無とその状況・予定
- ・地元協議状況
- ・事業者の費用負担範囲

また、ヒアリング内容を確認するため、あるいは運搬経路の基礎資料とするため事前現地調査を行った。

(4) 経済性・工程の検討

事前の活用協議・調査をもとに経済性の検討を行った。活用場所ごとに、運搬費、敷き均し・転圧費、附帯工負担などの必要工費を確認した。活用場所ごとの投資限度額を把握することで、活用事業者とより精度の高い詳細協議が可能となった。ここで、単位コストが極端に高いと思われる場所は対象から除外された。

(5) 詳細協議

詳細協議では、活用事業の詳細設計内容、手続きの進捗状況と見通し、事前調査で得られた付帯工の必要性、事前協議時に提示した費用負担区分(案)に対する意見などに対して最終確認した。

詳細協議では、次の項目についてとくに入念な確認を行っている。

1) 費用負担区分

発生事業者側：原則として活用場所までの土運搬

活用事業者：土運搬以外(活用場所での整地クラッシング、付替え道路・水路など付帯工、交通整理員、落とし装置の設置・管理)

2) 工程調整

- ・活用場所の諸手続きを掘削土砂発生時期に合わせて早く迅速に行う
- ・掘削土砂発生時期までに受け入れ態勢が整わない場合には自らの負担による活用も検討する

3) 活用材料の確認

- ・活用事業者は活用に先立ち、活用上の粒径、品質など活用材としての適正を発生場所にて確認する

(6) 活用場所の決定

連絡協議会にエントリーされた事業や別途行政と調整を重ねていた事業も含めて、経済性、工程の検討および活用事業者との費用負担などの協議を経て、総合的に活用場所を決定した。エントリー事業の中には、諸手続きが難航しているもの、事業費が多めで断念したもの、費用負担区分の合意ができなかったものなど各段階で対象から外れていった事業もあったが、活用決定までに至ったものは相当数あった。表-1に事業種別活用量を示す。

表-1 事業種別活用量

事業種	箇所	活用量(m ³)	(%)
道路事業	7	304,300	(25.7)
河川事業	2	18,500	(1.6)
区画整理事業	1	260,000	(21.9)
宅地等造成	7	107,200	(9.0)
公園整備事業	2	135,000	(11.4)
砂利採取跡埋立て	2	117,600	(9.9)
農地等復旧	2	199,900	(16.9)
その他	4	42,900	(3.6)
合計	27	1,185,400	(100.0)

1-2 トンネルずりの砕石化—4車線化工事

Aトンネル L=1,129m—

1-2-1 はじめに

本事例は、4車線化拡幅工事で発生するトンネルずりを破碎し再資源化により有効活用したものである。既供用線(I期線)の工事では、トンネルずりを本線盛土材として用いていたが、拡幅工事では下部路体以下の盛土が完成しており、トンネルずりを盛土できる箇所がほとんどない状況であった。

新たな盛土可能な場合でも運搬距離が約30kmと遠く、建設副産物のリサイクルという観点から経済性の検討と併せてトンネルずりの砕石化が計画された。

1-2-2 トンネル概要

Aトンネルは延長1,129mの2車線道路トンネルであり、岩質は深成岩である花崗閃緑岩(通称御影石)で形成され、山の芯部は亀裂も比較的少ない新鮮で非常に硬い岩(一軸圧縮強度100N/mm²)で、掘削量は約80,000m³であった。表-2に岩盤分類(支保パターン)の結果を示す。

1-2-3 クラッシング計画

一般的花崗岩の特性を調査するとともにI期線の掘削岩を用いて材料試験を行った。また、周辺の採石場へのヒアリングを行った。

(1) 花崗岩の性質(概要)

- ・石英を多く含んでいるため火力に対して不安定である
- ・クラッシャーによる破碎では結晶間結合力を弱め潜在クラックも助長させ、原石として半破壊状態の強度を有する碎石を製造していることとなり、この傾向はすり減り減量試験において典型的に認められる
- ・碎石としての定量的な目安は、弾性波速度3.5km/sec以上、RQD50%以上、圧縮強度70N/mm²以上が望ましい

表-2 支保パターン

支保パターン	D-I, DIIIa	CI, CII	B
掘削延長(m)	219	810	100
弾性波目安(km/sec)	0.5~2.3	4.6~5.1	5.1~

表-3 クラッシング材の試験結果

項目	結果	セメント安定処理路盤規格ほか	
		下層路盤	上層路盤
すりへり減量試験	33.1%	50%以下	40%以下
安定性試験	2.69%	—	20%以下
CBR試験(修正CBR)	94.9	—	60以上
I期線時の地山材料試験におけるX線解析		石英含有	

(2) 採石場へのヒアリング結果

- ・風化花崗岩は強度的に弱く、路盤材として使用不可の場合もあり試験による確認が必要である
- ・I期線のトンネルずりを見た状況では強度は十分で路盤材としての使用は可能である
- ・花崗岩であるので熱を加えるのは不可である

(3) 材料試験結果

I期線のずりを用いて、破碎した花崗閃緑岩の骨材としての適否試験を実施するとともに、移動式クラッシング機械を用いて破碎試験を実施した(表-3)。

- ・クラッシング材の品質試験結果は十分であるが、生産される碎石は多少扁平率が高い
- ・下層路盤材としての使用は可能

(4) 路盤材としての評価

試験とヒアリングの結果より、トンネルずりのクラッシング材は上層路盤までの規格を満足するが、花崗閃緑岩の性質から熱による変成が想定されるためAS安定処理を行う上層路盤への使用を不可とし下層路盤まで使用可能と判断した。

1-2-4 クラッシングの実施

(1) クラッシングおよびストックヤード

I期線施工時に本線脇にレベルバンク施工された約1.5万m²の土地を借地し、クラッシングおよびストックヤードとした。

(2) 使用機械

クラッシング設備については比較検討の結果、トンネル掘削量にあわせて移動式を2台を使用した(写真-1)。また、下層路盤材の規定から最大粒径40mmを順守するために振動ふるいを併用した(表-4)。

1-2-5 経済性

クラッシング材の主な用途先は表-5のとおりであった。トンネルずりのクラッシング費用と購入碎石+ずり処理工の費用を比較すると、ずり処理場までの運搬距離が5km程度では、若干碎石を購入したほうが安くなる傾向にあるが、当現場は運搬距離として30kmが想定されたことから、ク

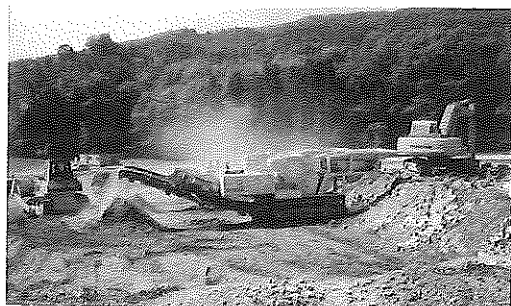


写真-1 碎石状況

表-4 使用機械

機械の種類	台数	作業内容
移動式クラッシング機械 ガラパゴスBR350JG	2	トンネルずりのクラッシング
0.7m ³ バックホウ	1	ずり投入
1,300kg級 ブレーカー	1	投入のためのずり整形, 小割り
15t ブルドーザ	1	碎石の集積, 仮置き整形
ベルトコンベヤ	2	ふるい〜クラッシング機接続
振動ふるい	2	Top40mmふるい

表-5 主な用途先(計画)

項目	概算数量(m ³)	備考
舗装工事路盤材	21,000	セメント安定処理路盤
上部路床材	5,000	
基礎材など	12,000	基礎材, ブロック積み裏込めなど
計	38,000	

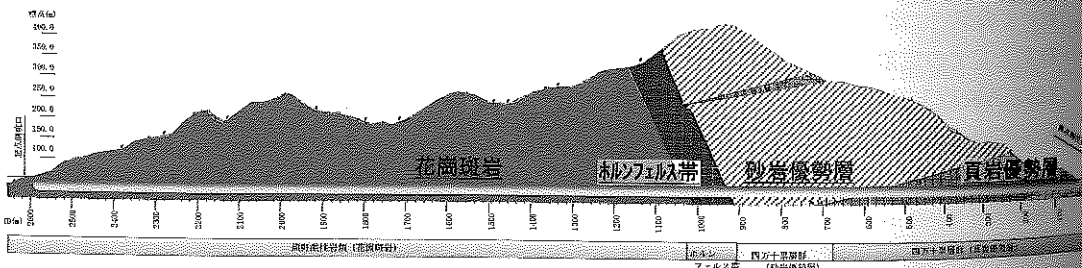


図-2 地質縦断面

ラッシング材を使用することでコストダウンできた。

1-3 トンネル掘削ずりのコンクリート骨材への有効利用¹⁾—近畿自動車道紀勢線高丸山トンネル L=2,607m—

1-3-1 はじめに

本事例は、トンネル工事で発生する掘削ずりを骨材として吹付けコンクリートおよび覆工コンクリートに用いて有効活用したものである。

1-3-2 トンネル概要

本トンネルは太平洋に面した標高500~1,000mの中起伏な紀伊山地南東部に位置し、地質は、中生代白亜紀の四万十累層群と新生代第三紀の熊野酸性岩類が分布している。

四万十累層群の岩層は主に砂岩・頁岩からなり、チャートや緑色岩をわずかに伴う。また、四万十累層群は接触変成作用によりホルンフェルス化している箇所が見受けられる。一方、熊野酸性岩類は、花崗斑岩を主体としている。図-2に地質縦断面図を示す。

トンネルは発破により掘削し、掘削ずりはタイヤ方式で運搬した。

1-3-3 トンネル掘削ずりの有効利用

(1) ずりの有効利用計画

掘削ずりは主にコンクリート用骨材(細骨材, 粗骨材)として再利用した(これ以外に地下排水工のフィルター材にも使用した)。有効利用量は、トンネル工事全体で使用するコンクリート25,725m³の94%に相当する24,168m³であった。表-6に内訳を示す。

(2) 骨材としての適否確認方法

トンネル掘削による発生ずりの骨材としての適

否は図-3のフローに従って確認し、利用可能と判定した場合に骨材製造段階に移行した。

(3) 骨材製造

骨材製造設備は、トンネルの仮設ヤードから約

4km離れた位置にあった既設の骨材製造プラントを一部流用し、隣接地に自走式簡易骨材製造機、骨材洗浄機、濁水処理設備、骨材貯蔵ビンを新たに増設した。

また、品質変動や不純物の混入に留意して以下の工夫で要求品質を確保した。

- ① 骨材製造の品質安定と効率化のため、自走式破碎設備による一次破碎(写真-2)。
- ② 掘削ずりに含まれる泥質分、不純物除去のために一次破碎後の骨材製造前段階での洗浄設備の設置(写真-3)。
- ③ 骨材洗浄による濁水の処理設備(60m³/h)の設置と処理水の洗浄水への循環利用(写真-4)。

表-6 ずりの有効利用量(コンクリート量で換算)

工種	構造物	有効利用量(m ³)	設計数量(m ³)	利用率(%)
吹付け工	吹付けコンクリート	4,901	6,198	79.1
覆工コンクリート工	覆工コンクリート	17,617	17,617	100
インパート本体工	インパートコンクリート	1,402	1,627	86.2
坑門本体工	起点側坑門コンクリート	80	80	100
	起点側インパートコンクリート	4	4	100
	終点側坑門コンクリート	68	68	100
	終点側インパートコンクリート	0	4	0
明かり巻き工	起点側吹付けコンクリート	21	21	100
	起点側覆工コンクリート	65	65	100
	起点側インパートコンクリート	10	10	100
	終点側吹付けコンクリート	0	21	0
	終点側インパートコンクリート	0	10	0
	合計		24,168	25,725

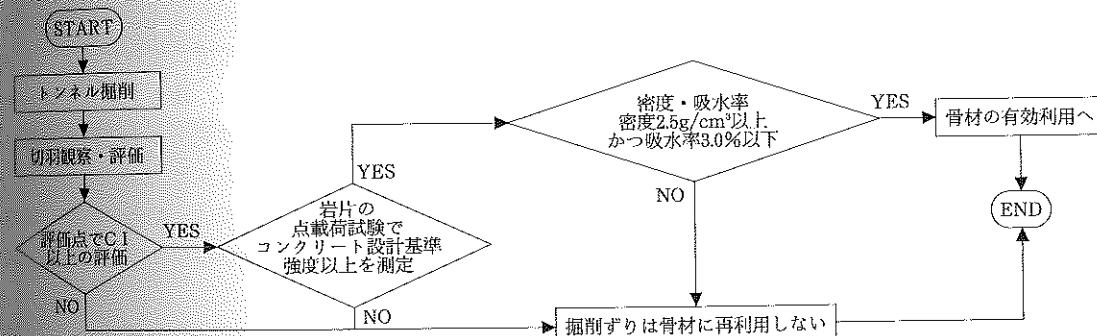


図-3 骨材としての適否確認フロー



写真-2 自走式一次破碎設備

※自走式の破碎設備を用いることにより、限られたストックヤードを有効に利用した。

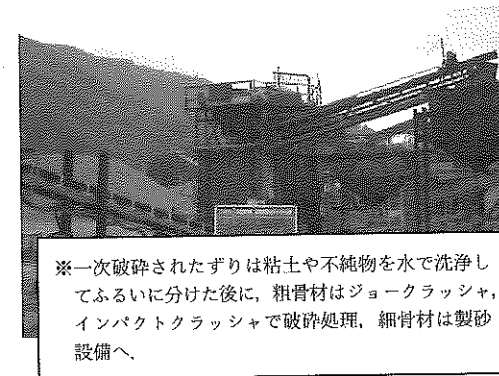
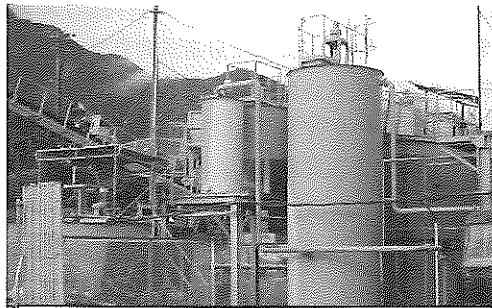


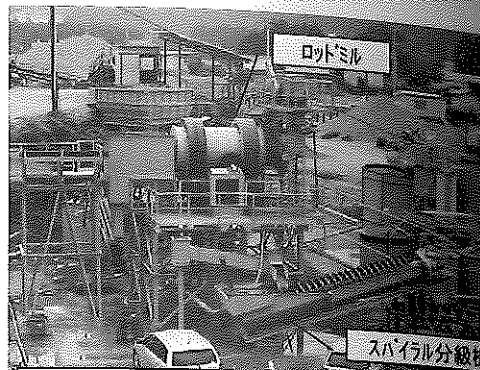
写真-3 水洗式ふるい分け設備

※一次破碎されたずりは粘土や不純物を水で洗浄してふるいに分けた後に、粗骨材はジョークラッシャ、インパクトクラッシャで破碎処理、細骨材は製砂設備へ。



※骨材洗浄水は濁水処理設備で処理し、再度洗浄水に再利用する。骨材プラントは河川横に位置するため、骨材製造過程で発生する濁水は全て処理した。

写真-4 濁水処理設備 (60m³/h)



※ロッドミルで製砂後にスパイラル分級機を通して粒度分布を調整した砂に整える。

写真-5 製砂設備

表-7 高丸山トンネルでの製造骨材の規格

項目	砂利	砂	JIS A 5308	JIS A 5005
絶対密度(g/cm³)	2.5以上	2.5以上	○	○
吸水率(%)	3.0以下	3.5以下	○	—
粘土塊量(%)	0.25以下	1.0以下	○	—
微粒分量(%)	1.0以下	5.0以下	○	—
有機不純物	—	標準色液または見本の色より淡い	○	—
石炭・亜炭などで密度1.95g/cm³以上の液体に浮くもの(%)	0.5以下	0.5以下	○	—
安定性(%)	12以下	10以下	○	○
すりへり減量(%)	40以下	—	—	○

※ほかにアルカリ骨材反応性試験を実施。JIS欄の「○」は適用したJIS規格値。

④ 吹付けコンクリートにも使用することから製砂設備にロッドミルとスパイラル分級機の使用(写真-5)

また、骨材の品質規格は表-7を設定した。

1-3-4 施工実績と問題点

掘削ずりによる骨材製造は、地質が当初想定に近い分布であったことからほぼ計画どおりに推移し、製造骨材を用いたコンクリートも設計基準強度を確保できた。

しかし、掘削ずりの岩質が当初想定とやや異なる区間では製造骨材の粒度分布、形状が変化し以下の現象が発生した。

① 掘削ずりが節理間隔の小さい層状岩であった場合、製造された骨材が葉片状に細くなり

粒度の粗い骨材になり、フレッシュ性状は保水性・流動性が悪く材料分離を生じやすい状態であった。

② 当初想定以上の硬質な頁岩・砂岩が出現した場合、破碎設備に負荷がかかり規格範囲内ではあるが粒度の整わない粗い砂が製造され、練り上がったコンクリートは荒々しく流動性が悪い状態であった。

対策としては、配合の調整、適切な混和材の選定など数十回に及ぶ試験練りを実施して見直した。

1-4 地域と連携したトンネル発生土有効利用

1-4-1 公有地の造成—北陸自動車道 上越・朝日間 I 期工事(昭和60年ごろ)—

(1) 概要

北陸自動車道上越～朝日間73.1kmには35本のトンネルがあり390万m³のトンネルずりが発生した。このうち約190万m³は本線盛土に活用できたが、約200万m³が本線外盛土場へ運び出す必要があった。地元協議により本線外盛土場を探したものの、当該区間は日本海に近接した急峻・狭小な地形で、かつ地すべり地形が多い地域のため、まとまった盛土場の確保が非常に難しく、本線外盛



写真-6 マリンドリーム能生全景



写真-7 マリンドーム能生の賑わい



写真-8 マリンドーム能生芝公園

土場は、六十数箇所に及ぶ中小に分散を余儀なくされた。その中で、地元(新潟県、旧能生町、旧青海町)と高速道路事業者(当時は日本道路公団)が連携した公有水面埋立事業により数箇所の公有地が生み出された。

このうち、「マリンドリーム能生」および「親不知ピアパーク1988」は現在「道の駅」として地域の観光拠点となって賑わいを見せている(写真-6~8)。

② おわりに

今回は、トンネル掘削発生ずりの有効活用について述べてきた。発生土を有効に活用することにより、盛土では新しい土地の造成、圃場整備などではより使いやすい圃場や公園、あるいは砂利採取跡地の整備など「ずり」「残土」と言われていたものが有用物として地域や社会に生きてくる。最後に紹介した道の駅などは地域に貢献した良い事例となっている。

また、硬質で条件の良い岩ずりでは砕石化することにより残土の排出量を減じることができる。

コンクリートを多く利用するコンクリートダム工事などでは盛んに行われているようである。トンネル掘削ずりのコンクリート骨材用砕石化については、どのような条件で適用できるかを検討した福井らの論文²⁾が参考になる。

その他、公園や圃場整備などでの有効活用事例も多くあると思われるが、「ずり処理」に関する報文などの文献は意外と少ないのが実情であった。良い事例は今後の参考に残していただきたいと思う。また、今回事例が道路関係に偏ったことにご了承いただきたい。

(文責：城間博通/(株)高速道路総合技術研究所)

表-8 公有水面埋立て規模と活用状況

項目	マリンドリーム能生	親不知ピアパーク1988
護岸延長	約680m	約280m
造成面積	約61,000m²	約12,000m²
捨土量	約460,000m³	約69,000m³
用途	プール、多目的ホール、公園施設、ゲートボール場、水産物直売所など	無料休憩所、水産物直売所、壁画、大きな海がめなど

③ 連載を終わるにあたって

昨年(2010年)の1月号から始まった当講座も今回で終了することになった。トンネルのずり処理に関する連載講座は、過去2回行われており、1回目は1972年に「ずり処理入門」と題し3回シリーズで、2回目は2004年に「山岳トンネルの工所用機械の

選定」と題する26回シリーズのうち「ずり出し」というタイトルで4回の連載を行っている。いずれも、当時の時代を反映した「ずり処理」の技術が述べられているが、3回目となる今回の連載では、過去2回の連載で取り扱わなかった「トンネル坑外の一次仮置き場から盛土場に至るまで」「自然由来含有ずりの処理」「ずりの有効活用」の3項目を新たに加えた内容とした。従来と重複するトンネル切羽からトンネル坑外の一次仮置き場までの運搬については、土木の視点に立ったずり処理機械の選定に力点を置いた記述とした。

本講座の第1回は、『概説』であり、上記に述べたように、過去の連載との差異や特徴を中心に記述した。

第2回の『掘削ずりの処理』では、掘削ずりの発生土量の予測と積み込み方法について記述した。

第3回の『発生土の運搬方法・レール方式』では、小断面トンネルへの適用が有利であることや、レール方式の積み込み機械、運搬機械の特徴を記述した。また、現在ずり処理方法のほとんどがタイヤ方式であることから、レール方式の経験者が少ないので、工法選定の際には考慮が必要であるとしている。

第4回の『発生土の運搬方法・タイヤ方式(1)』では、切羽からトンネル坑外の一次仮置き場までのタイヤ方式によるずり処理について、積み込み機械と運搬機械、距離を考慮した組み合わせなど、選定の際の配慮について考え方を記述した。

第5回の『発生土の運搬方法・タイヤ方式(2)』では、タイヤ方式の具体的な事例について、小断面から大断面まで、機械掘削も含め5事例を紹介し、掘削断面、掘削延長とずり運搬機械の適用範囲例について整理した。

第6回の『発生土の運搬方法・連続ベルトコンベヤ方式』では、TBMで一般的になっているベルトコンベヤ方式のNATMへの適用について、発破掘削方式と機械掘削方式について、適用事例を3事例紹介した。

第7回の『発生土の運搬方式・その他の運搬方

式』では、特殊事例として、運搬方式として比較的採用事例の少ない空気カプセル、流体輸送、ケーブルによるずり運搬、垂直ベルトコンベヤによるずり運搬、スキップによるずり運搬(インクライン方式)の6事例を紹介した。

第8回の『坑外仮置き場』では、切羽で発生した最初の運搬先となる坑外仮置き場について、計画の留意点、環境への配慮、重金属を含む場合の取り扱い方法などについて記述した。

第9回の『掘削ずりの活用と処理・一般発生土』では、発生土の有効活用の概要および発生土の坑外仮置き場からの運搬について記述した。

第10～12回の『掘削ずりの活用と処理・重金属(1)～(3)』では、平成22年4月に施行された改正土壌汚染対策法に準拠したトンネル工事における周辺環境や人・動植物への環境リスクを防止するための掘削ずりの処理と活用方法について、5事例を交えて記述した。

最終回の『発生土の有効活用事例』では、有効活用について4事例を記述している。有効活用については、今回紹介できなかった漁礁や河床への利用などまだまだあると思うが、それはまたの機会にしたい。

最後に、事例などの施工情報を提供していただいた各機関・各社に感謝申し上げます。また、忙しい中執筆していただきました小委員会各委員に御礼申し上げます。当連載講座がトンネルに従事する技術者の参考になれば幸いです。

参考文献

- 1) 前田和也・土居原雄二・井出光司・柳森豊：トンネル掘削ずりのコンクリート骨材への有効利用、第64回(山岳)施工体験発表会、2009.10.
- 2) 福井勝則・大久保誠介・吉野隆之・小崎一郎：トンネル掘削で発生するずりのコンクリート骨材への有効利用、資源と素材、Vol.120, No.6, 7, pp.380-387, 2004.
- 3) マリンドリーム能生：ホームページ(<http://www.marine-dream.net/>)

トンネルジャーナル

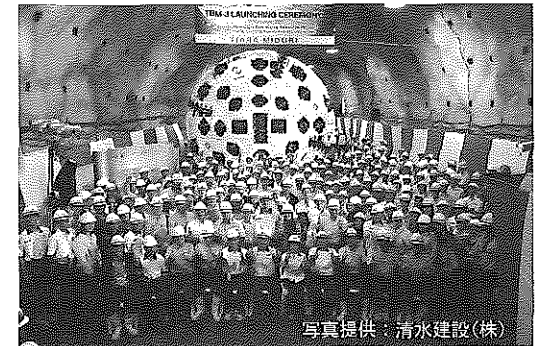
マレーシアの長距離導水トンネルプロジェクトでTBMが発進

清水建設・西松建設・UEMB・IJM共同企業体がマレーシアで施工する長距離導水トンネル工事において、11月10日、TBMによるトンネル掘削が開始された。これに先立ち現地では、エネルギー・環境技術・水資源省のピーター・チン大臣ら約300名が出席して発進式が執り行われた。

同工事は日本政府の円借款事業で、同国パハン州とセラングール州を結ぶ総延長44.6km、直径5.2mの導水トンネルを建設するもの。完成するとクアラランパールおよびセラングール州に日量189万m³の生活・工業用水を供給する。2009年6月に着工し、これまで総長15.9kmのアクセス道路や4工区2.5kmの仮設トンネルなどの準備工事に進めてきた。トンネル本体の施工にあたっては、工期短縮を図るため44.6kmのトンネルを8工区に分け、うち3工区34.4kmをTBM、4工区9.3kmをNATM、1工区0.9km

を開削工法により施工する。

このたび発進したTBMはTBM-3工区用で、1、2工区でも引き続き発進する。硬岩地山における高速掘進を実現するため、通常のTBMに比べ3割増の推進力を備えており、TBM掘削のアジア記録、月進1,000mの樹立を目指している。



写真提供：清水建設(株)

土木学会選奨土木遺産が決定

土木学会は2010年度土木学会選奨土木遺産を発表した。これは同学会が選考委員会(委員長：小西純一・信州大学教授)を設け、社会や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幕末～昭和20年代に造られた近代土木遺産を対象として、2000年度から認定を行っているもの。

今回は、全27件が認定され、そのうちトンネルおよび地下施設は次の4件が選ばれた。

- ・仙台市煉瓦下水道(宮城県仙台市青葉区)：全国初の多くの先端的取り組みを実施し、大地震に耐え、映画撮影などに利活用されるなど、完成後110年経てもなお現役の貴重な煉瓦下水道施設群である(卵形レンガ下水道(1900年)、馬蹄形レンガ下水道および矩形レンガ下水道(1900年))。
- ・権現堂川用水樋管群(埼玉県幸手市)：権現堂川用

水新^{しんり}^{いり}は煉瓦造り樋管で保存状態が良い。巡礼樋管は高欄に装飾が施されており取り付く堤防は桜の名所である(権現堂川用水新^{しんり}^{いり} (1905年)、巡礼樋管(1933年)、同取付堤防(1933年))。

- ・鐘ヶ坂隧道(兵庫県丹波市)：鐘ヶ坂峠にあるわが国最古のレンガ積み道路トンネルであり、地元の人々の寄付をもとに築造され地域振興に役立てられた(1883年)。

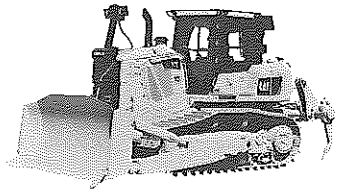
- ・川原隧道と石畳(大分県日田町)：江戸後期の日田往還道として掘られ、掘削の内部空間は、工夫された石積み構造で防護されている(1854年)。

記載は順に、対象構造物(所在地)：土木学会による授賞理由(構造物の竣工年)。写真は左から、仙台市煉瓦下水道、権現堂川用水樋管群、鐘ヶ坂隧道、川原隧道と石畳。すべて(社)土木学会の提供。



工法・技術・製品ニュース

製品 世界初電動リックドライブ搭載のブルドーザ



キャタピラー・ジャパンは、ブルドーザとしては世界で初めて電動リックドライブを採用したCAT D7E電動リックブルドーザ(運転質量28t/乾地車)の発売を開始した。

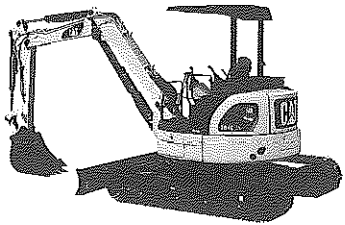
同機はディーゼルエンジンで発電機を駆動し、稼働に必要な電力を供給する「電動リックドライブ」を採用、発電した電気をパワーインバータなどで制御して走行モータに供給し駆動させる。このため、従来のパワートレインのようにトルクコ

ンバータやトランスミッションが存在しない構造となることから、パワロスの少ない高効率な駆動が可能。例えば、トランスミッションなどの可動部品の減少にともなうメンテナンスコスト削減などの利点がある。

そのほか、すぐれた環境性能をはじめ、高い生産性を確保し、運転・保有経費の抑制を実現したほか、オペレータ環境の向上や、メンテナンスサイクルの長期化など利用者にとっての利点を実現している。

キャタピラー・ジャパン(株)広報課
TEL : 03-3717-1122
http://japan.cat.com/

製品 4tクラスのミニ油圧ショベル後方超小旋回機の性能を一新



キャタピラー・ジャパンは、道路、上下水道工事などの現場で、掘削・積込み・吊り作業などに優れた能力を発揮するミニ油圧ショベル、CAT 304C CR (バケット容量0.14m³、機械質量4.8t)を発売した。

同機は、油圧システムの変更やレバー位置の変更などにより、各種操作性を大幅に改善した。微操作域のストローク延長および油圧上昇をより緩やかにすることで微操作性を改善したほか、日本人の体格に合わせ

た操作レバーの位置および操作力にすることで、オペレータの疲労軽減を図っている。

また、高いダンブクリアランス(1,810mm)を確保しており、一般的な4tダンブトラックなどへの積込みにおいて、バケットがダンブトラックのベッセルと接触することなく、スムーズかつ効率的に作業を行えるなど、作業全般の操作性を大幅に向上したほか、高い掘削力により優れた生産性を実現した。

キャタピラー・ジャパン(株)広報課
TEL : 03-3717-1122
http://japan.cat.com/

製品 幅広い用紙に印刷できるA4モノクロオフィリオプリンター



LP-S310

エプソンインフォメーションセンター
TEL : 050-3155-8055
http://offirio.jp

エプソンは、A4モノクロページプリンターLP-S310、LP-S310NとLP-S210の販売を開始した。

LP-S310は、35枚/分の高速印刷とコンパクトサイズを両立し、オフィスのデスクサイドでの使用に向けた製品。標準装備の用紙カセットとMPトレイでの給紙に加え、オプションの増設カセットを2段まで追加可能で、最大800枚の用紙をセットでき、用紙補充の手間を省くことができる。A6用紙や220g/m²紙までの

厚紙への印刷に加え、両面印刷にも標準で対応しており、幅広い環境での使用が可能となっている。LP-S310Nにはネットワークインターフェイスを標準装備した。

LP-S210は、30枚/分の高速印刷を低コストで導入できるモデルで、コンパクトながらも、オプションの増設カセットを使えば最大650枚の用紙がセットでき、A6用紙や220g/m²紙までの厚紙への印刷も可能となっている。

トンネル保守管理

トンネル保守管理における記録とその活用(7)

変状展開図作成の自動化・デジタル化の取り組み(3)

JTA保守管理小委員会

⑤ 診断のシステム化の取り組み

前章まで述べてきたように、多くの事業者の検査データがデータベースとして電子化され蓄積されてきている。今後はこれらの蓄積された検査データを用いて健全度判定を行うことが求められる。

さらに、データベースから自動的に健全度を診断できるシステムができれば、判定作業が容易にかつ適切になると考えられる。ここでは、実用化されている2種類の健全度診断システムについて述べる。

5-1 鉄道トンネルの健全度診断システム (鉄道総研)

5-1-1 開発の背景と目的

検査結果のデータベース化が進み、電子化された変状展開図が蓄積されれば、わざわざ現場に行かなくても机上で健全度判定の作業を行うことが可能になる。しかし、膨大なデータを見て逐一判定を下してゆくことは根気のいる作業であり、判定者が変わると結果にバラツキが生じることも避けられない。

データベースから自動的に健全度を診断できるシステムができれば、判定作業が容易かつ適切になるであろう。3-1項で紹介した「構造物管理支援システム」では、判定作業の参考になるように健全度の目安を提示する機能が加えられており、実務に用いられている。

一方、これまでトンネルの変状に関する研究成

果が蓄積され、『鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)トンネル』(2007年1月)⁹⁾(以下「維持管理標準」という)において鉄道トンネルの健全度判定の考え方が整理された。そこで鉄道総研では、これらの知見をもとに、山岳トンネルを対象として、ひび割れなどの変状データ、地形・地質データ、トンネル構造データなどから、健全度の診断、変状原因の推定、対策工の選定案の提示までを自動的に行うことのできる「トンネル健全度診断システム」を開発した^{20,21)}。

5-1-2 システムの概要

開発した診断システムは、鉄道山岳トンネルの無筋コンクリート覆工を対象としており、健全度診断、変状原因推定、対策工選定の大部分を自動的に行うことができるシステムである。健全度診断については、「維持管理標準」に示される、①トンネル構造の安定性、②建築限界と覆工との離隔、③路盤部の安定性、④はく落に対する安全性、⑤漏水・凍結に対する安全性の5項目ごとに行うことができる。

システムの全体構成を図-19に示す。トンネル諸元などの基本情報を入力後、全般検査の目視や覆工表面撮影で得られたひび割れ情報が入力された電子変状展開図をもとに、打音調査が必要な箇所を提示し、その後実施される打音調査結果を追加入力して、上記④のはく落に対する健全度判定(α , β , γ)を行う。

上記①, ②, ③, ⑤の項目に対する健全度判定

(A, B, C, S)は、①や⑤の一部のように電子変状展開図により判定できるものは自動で行い、それ以外の②, ③, ⑤については判定結果を手動で入力する。

その後、健全度Aと判定されたものについては、個別検査で得られるトンネル内空変位速度や、土かぶり、地形、地山強度、覆工構造などの詳細な調査データをもとに、変状原因の推定、さらに詳細な健全度判定、対策工の提案を行う流れとなっている。

その他の機能として、検査結果および措置の履

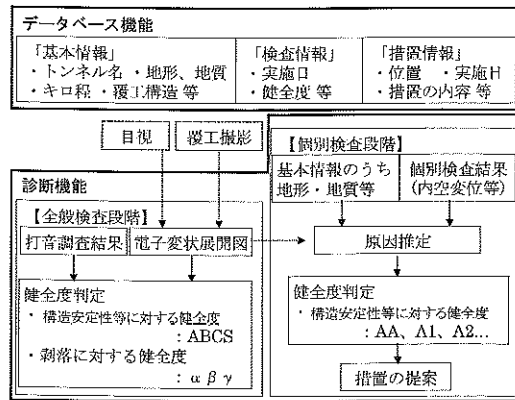


図-19 トンネル健全度診断システム全体構成

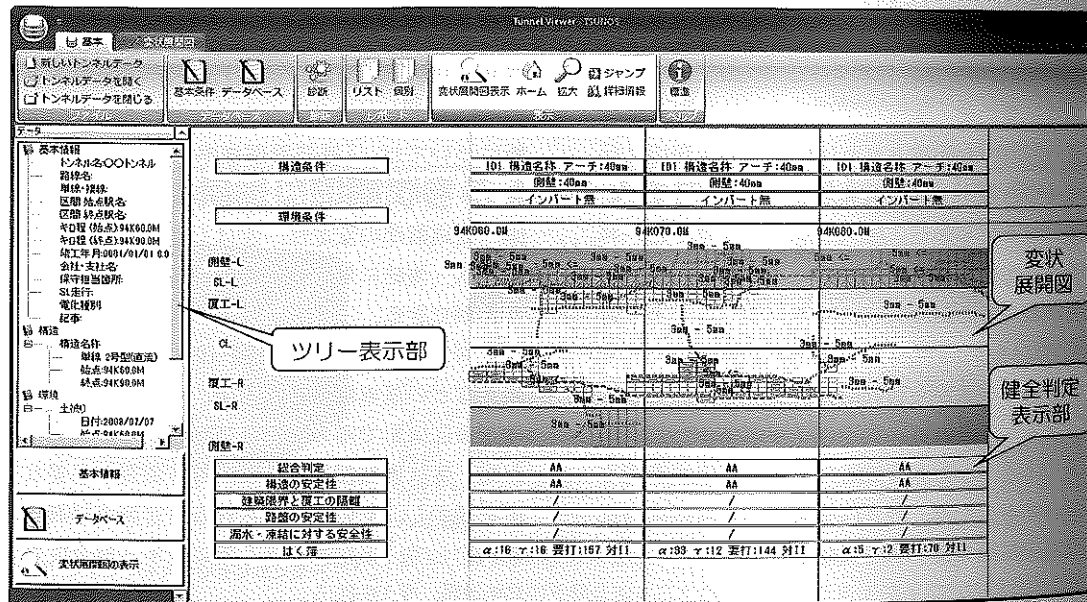


図-20 トンネル健全度診断システム標準画面(イメージ)

歴や統計管理、変状写真、管理図面などをシステムに取り込むこともできるため、健全度診断システムとしてだけでなく、台帳管理システムとしての活用も可能である。

システムの動作環境としては、Windows上での作動を条件として作成した。また、電子変状展開図上の変状情報については、CADシステムとの互換性、タブレットによるタッチペン入力、既に作成済みの電子変状展開図の活用などが可能である。

標準画面を図-20に示す。電子変状展開図の下に健全度診断結果が性能項目ごとに表示される。

5-1-3 診断アルゴリズム

(1) 健全度診断

健全度診断については、全般検査、個別検査の両者の大部分について自動的に行うことができる。診断項目は先に示した5項目であり、診断アルゴリズムは「維持管理標準」¹⁾に示された健全度判定基準に従っている。

なお、健全度判定基準は定性的な表現(例えば「安定性が脅かされるおそれがある」といった表現)が多いので、既往の研究成果²⁾をもとにしてできるだけ具体的な閾値を定め、診断アルゴリズム

を作成した。以下、はく落とトンネル構造の安全性の場合について例示する。

1) はく落の診断³⁾
はく落の診断については、電子変状展開図のひび割れ情報から、閉合・交差・放射状などのパターンを自動認識し、展開図に入力された打音(清音、濁音)と漏水の情報を加味して、自動診断(α , β , γ に区分)する。診断アルゴリズムの例を図-21に示す。

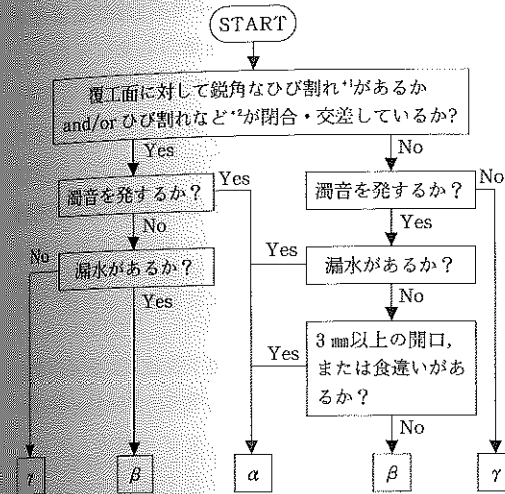


図-21 はく落に対する安全性の自動診断アルゴリズムの例

表-5 トンネル構造の安定性の自動診断アルゴリズムの例

変状の程度	ひび割れ	ひび割れ
進行性	<ul style="list-style-type: none"> $L < 5m$かつ$W \geq 5mm$ $5m \leq L < 10m$かつ$W \geq 3mm$ $L \geq 10m$かつ$3mm \leq W < 5mm$ 	<ul style="list-style-type: none"> $L < 5m$かつ$3mm \leq W < 5mm$
内空変位	<ul style="list-style-type: none"> $L < 3m$ 	
10mm/年以上	AA	AA
2mm/月以上	AA	AA
3mm/年以上	A1	A1
10mm/年未満	A1	A1
1mm/年以上	A1	A2
3mm/年未満	A1	A2
進行性なし	A1	A2

なお、診断は、トンネル周方向に32分割、軸方向に1mごとに分割したメッシュ上で行う。

2) トンネル構造の安定性の診断

トンネル構造の安定性については、電子変状展開図におけるひび割れの種類(圧ざや開口ひび割れなど)、幅、長さなどにより自動診断(A, B, C, Sに区分)する。

なお、診断は区間(例:一打設スパン)ごとに行う。

健全度Aの区間については、個別検査で得られる内空変位速度や覆工厚さなどを更に入力することにより、詳細な自動診断(AA, A1, A2に区分)を行うことができる。診断アルゴリズムの例を表-5に示す。

(2) 変状原因の推定

変状原因の推定にあたっては、変状データに加えて地形・地質、構造条件のデータも必要になるので、個別検査段階で提示することにした。外力による主な変状原因である偏圧、塑性圧、緩みによる鉛直圧、凍上圧の4ケースを対象としている。

推定方法は、あらかじめ作成したひび割れパターン(図-22)と展開図のひび割れ情報を照合したうえで、地形・地質データ(土かぶり、斜面地形、地質種別、強度など)で調整することにより原因を推定するものである。

(3) 対策工の提案

対策工の提案は、現在のところ、上述の土圧に対する各種対策工の提案に対応させており、(2)

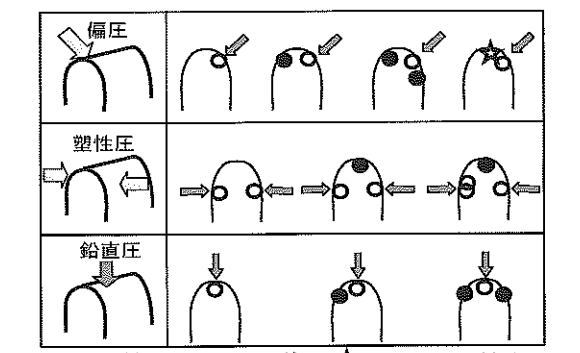


図-22 偏圧、塑性圧、鉛直圧の「ひび割れパターン」例

に示した変状原因ごとに標準設計を自動的に示すことにしている。すなわち、『変状トンネル対策工設計マニュアル』⁹⁾に示されている補強ランクとこれに対応する標準設計パターンを提案するも

TUNOS 診断 詳細判定

トンネル名称 A TUNNEL
線名
判定位置
個別検査
健全度

トンネル構造の安定性 健全度：A1	建築限界と覆工との離隔 健全度：A2
進行中の変状等が有り、性能低下も進行。早急に措置が必要	性能低下の恐れがある変状があり、必要な時期に措置が必要

変状原因推定

地滑り・偏圧判定 「地圧による変状」の可能性無し	塑性圧の判定 「塑性圧による変状」の可能性あり
地山の緩みの判定 「地山の緩みによる変状」の可能性無し	凍上圧判定 「凍上圧による変状」の可能性あり

※変状原因に対するコメント
「塑性圧による変状」
地山強度比が5未満でかつ土被りが40m以上あり、「塑性圧による変状」の可能性がある。右側壁にトンネル軸方向のひび割れがあるため、外力によるトンネル軸方向のひび割れが発生している。

塑性圧に対する対策工案

補強ランク	I
アーチ部の変状状況 内空変位速度	圧ざ 3mm/年未満
対策工案	裏込注入

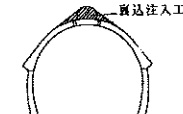


図-23 診断スパンごとの詳細出力の例

のである。

なお、漏水・凍結対策とはく落対策については、『トンネル補修・補強マニュアル』⁹⁾の關係箇所から抜粋して画面上にメニュー表示することに留めている。

5-1-4 診断結果の出力

診断結果の出力については、診断スパンごとに詳細な結果を出力する機能(図-23)や、全スパン一括出力する機能(図-24)を設けた。前者については変状箇所の詳細なカルテとして、後者についてはトンネル全体の健全度を一括管理するような台帳的なものとして活用できる。

(文責：小島芳之/(財)鉄道総合技術研究所)

参考文献

- 1) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)トンネル，2007.1.
- 2) 津野究・小島芳之：トンネル健全度を自動判定できる診断システムの開発，日本鉄道施設協会誌，Vol.43, No.8, pp.37-39, 2005.8.
- 3) 岡野法之・小島芳之・津野究：鉄道トンネルの健全度診断システム，トンネルと地下，Vol.41, No.2, pp.29-36, 2010.8.
- 4) (財)鉄道総合技術研究所：変状トンネル対策工設計マニュアル，1998.2.
- 5) (財)鉄道総合技術研究所：トンネル補修・補強マニュアル，2007.1.

「TEST」トンネル 検査結果一覧

トンネル基本データ 線名：東武線 構造：複線新幹線断面 駅間：国立～研究所 始点：40,000 延長：2,195m 竣工：2009年1月 主たるアーチ覆工：コンクリート、30cm

トンネル名	線名	駅間	診断スパン(キロ程)	検査区分	調査日	トンネル構造の安定性	建築限界と覆工との離隔	検査結果 健全度判定			はく落に対する安全性(箇所)			総合判定	個別検査による変状原因
								踏盤部の安定性	漏水・結氷に対する安全性	α	β	γ	α		
TEST	実験線	国立	40,000	40,010	通常全般	2008/3/31	B	C	C	C	0	1	2	B	B
TEST	実験線	国立	40,010	40,020	通常全般	2008/3/31	C	C	C	C	1	2	3	C	C
TEST	実験線	国立	40,020	40,030	通常全般	2008/3/31	B	C	B	C	2	2	2	B	B
TEST	実験線	国立	40,030	40,040	通常全般	2008/3/31	C	C	C	C	3	3	5	C	C
TEST	実験線	国立	42,110	42,120	通常全般	2008/3/31	B	C	C	C	0	0	4	B	B
TEST	実験線	国立	42,120	42,130	個別	2008/5/1	A1	C	A1	C	2	7	3	A1	A2
TEST	実験線	国立	42,130	42,140	個別	2008/5/1	AA	B	A1	B	3	8	2	AA	A1
TEST	実験線	国立	42,140	42,150	個別	2008/5/1	A2	C	B	C	3	6	4	A2	B
TEST	実験線	国立	42,150	42,160	通常全般	2008/3/31	B	B	C	C	1	2	5	B	C
TEST	実験線	国立	42,160	42,170	通常全般	2008/3/31	C	C	B	C	3	0	3	B	C
TEST	実験線	国立	42,170	42,180	通常全般	2008/3/31	C	B	B	B	0	2	4	B	B
TEST	実験線	国立	42,180	42,195	通常全般	2008/3/31	C	C	C	C	1	1	2	C	C

合計数	トンネル構造	建築限界	踏盤部	漏水・結氷	はく落	α	β	γ	今回総合判定	前回総合判定
AA	1	0	0	0	α	β	γ	1	0	
A1	1	0	2	0				1	1	
A2	1	0	0	0				1	1	
B	4	3	4	2	19	34	39	4	5	
C	5	9	6	10				3	5	
S	0	0	0	0				0	0	

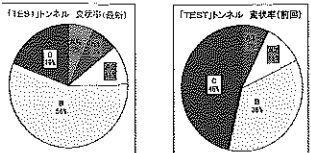


図-24 全スパンの一括出力の例

5-2 水路トンネル管理支援システム

東京電力(株)が用いている、水路トンネル管理支援システムは、水路トンネルにかかわる既往の調査データ、設備諸元、改修履歴などの各種データを管理する「水路データベースシステム」と、水路トンネルの健全度を評価し、その結果をもとに変状原因の推定と対策工の選定を行う「診断システム」から構成されている(図-25)。

ここでは、水路トンネル管理支援システムのうち、「診断システム」の概要について述べる。

5-2-1 診断システムの概要

水路トンネルの変状に対する健全度診断では、クラックが発生して構造上問題がある区間に対応する「補強対策の要否判定」と、コンクリートの摩耗などの劣化区間に対応する「補修対策の要否判定」に分類して行っている。ここでは、「補強対策の要否判定」について述べる。要否判定の流れは図-26に示すとおりである。

(1) STEP 1：対策工要検討区間の抽出

STEP1では、実際のクラックパターンと実験や解析によって分類したクラックパターンとのマッチング、水路トンネルに対する荷重増大要因の有無などから対策工要検討区間を判定している。

水路トンネル内の覆工コンクリートに発生するクラックは、構造的な条件、土圧や水圧などの作用条件や大きさにより、クラックの種類、発生位

置、進行状況が異なる。本システムでは、作用荷重などの条件によりクラックの発生パターンが異なることに着目し、クラックの発生から破壊に至るまでのクラックの進行図と構造的な安定性を関連づけ、実際のクラックパターンと、分類したクラックパターン(クラックパターン進行図)のマッチングを行い、水路の構造的な安定性を判定している(図-27)。また、水路トンネルに作用する荷重の増大の要因については、覆工背面の空洞・覆工巻き厚・覆工の材質不良などの内的要因、断層・破砕帯・土かぶりなどの外的要因、崩壊地・地下水位・近接施工などの誘因を評価対象としている。

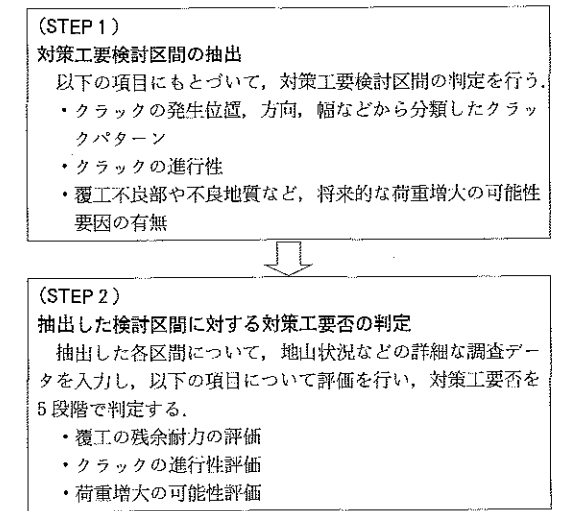


図-26 補強対策の要否判定

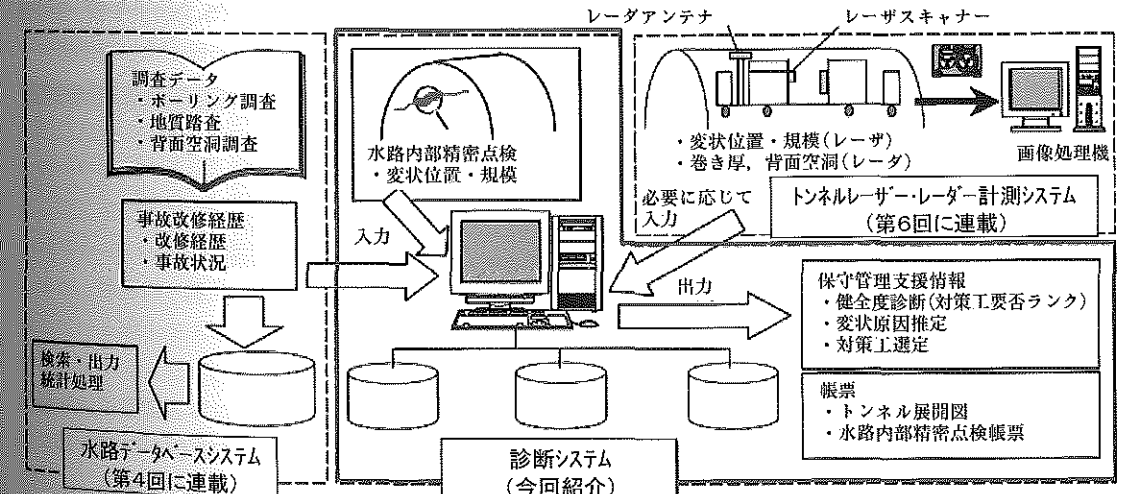


図-25 水路トンネル管理支援システム全体概要

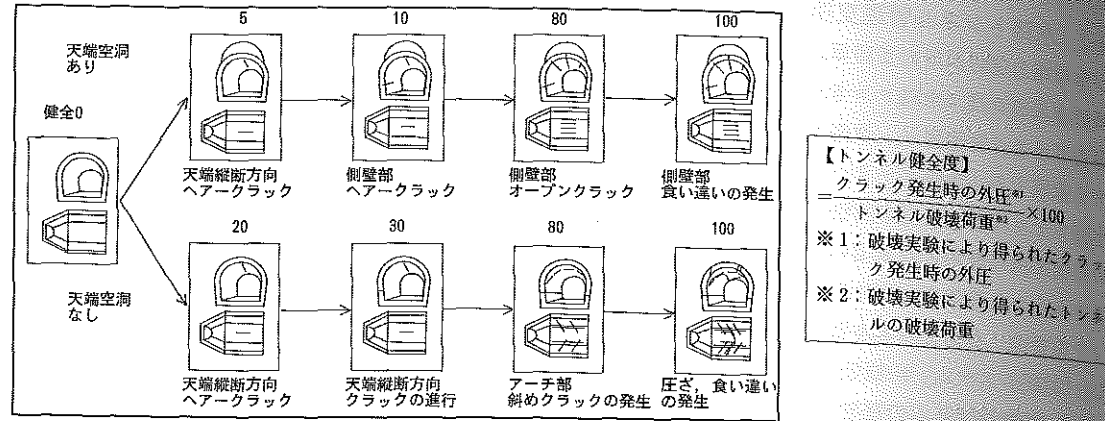


図-27 クラックパターン進行図の一例

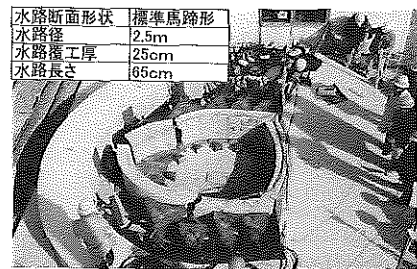


写真-11 実物大破壊実験の状況

(2) STEP 2: 対策工の要否判定

STEP 2では、クラック発生後における覆工の残余耐力評価、クラックの進行性評価、荷重増大の可能性評価から対策工要否を判定している。

覆工の残余耐力評価では、水路実物大の破壊実験(写真-11)や二次元FEM解析などの実施結果にもとづくクラックパターンと残余耐力の関係から評価しており、トンネルが破壊した荷重レベルでのクラックを100とし、破壊に至るまでの各荷重を比例配分することにより各荷重での発生クラックでトンネル健全度を評価している。

クラックの進行性評価は、クラックの長さおよび幅の組み合わせにより3段階に分類している。

水路トンネルに対する荷重増大の可能性評価は、東京電力の水路トンネルで発生した変状事例から、水路上部陥没、地すべり、押し出し地山、未固結地山、風化・破碎帯・極軟岩、空洞内落盤の6モ

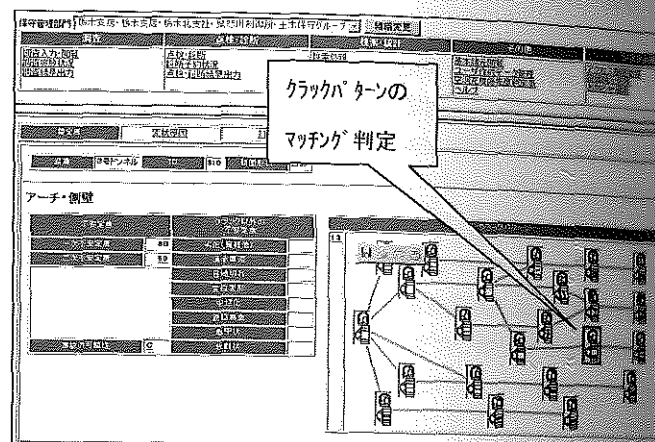


図-28 健全度診断結果の一例

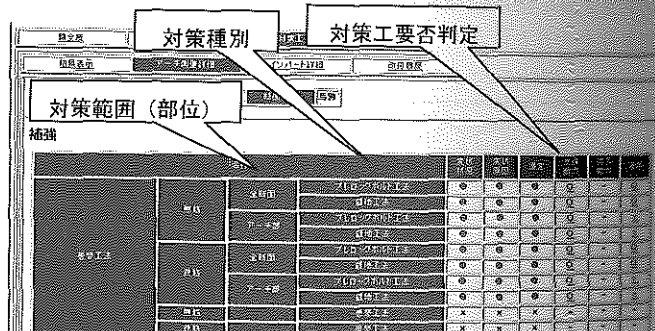


図-29 対策工要否判定の一例

デルに分類して評価している。

(3) 健全度診断結果

本システムによる水路トンネル健全度診断結果の一例を図-28に、対策工の判定結果を図-29に示す。

(文責：岡田和明/東京電力(株))

データベース化・電子化などの効果と活用

これまで述べてきたように、各事業者では検査データのデータベース化・電子化に積極的に取り組んできた。取り組みの結果、電子化したデータベースをどのように活用しているか、そして今後の課題は何かを、ここでは述べる。

6-1 東京メトロ

6-1-1 データベース化・電子化の活用

構造物(トンネル)の維持管理は、検査に始まり、場合によっては個別検査・調査を行い、対策を実施してきている。変状発生に対し、的確な対策を講じなければ、劣化により変状の進行につながることもある。

また、少子高齢化により鉄道を利用するお客様が減少し運輸収入も減る中で、構造物の劣化が進行することから、その対策費用とその割合は増加することとなる。それに加え、団塊世代の退職だけでなく、経験知識のある技術者が減少し、結果的にスキルの低下を招く懸念もある。

このような環境の変化に対応するためにも、前号「4-2-4 情報の一元化」(Vol.41, No.12)で記述したように、施設情報、検査データの整理・更新・蓄積を一元的な管理を行うことで、情報の有効な活用と省力化を図っている。

6-1-2 電子化による新たな課題

可視画像による展開図作成では、トンネル壁面の開口部やシールドトンネルのセグメントのように凹凸がある箇所、また曲線部を直線に置き換えた箇所において、撮影した動画を静止画に貼り付ける際に生じる微細なずれなど、今後解決しなければならない課題を残している。

また、情報の一元化を目的にデータベースを構築している途上であるが、紙媒体のデータが多数存在していることや、既存のシステムとの整合性を図り、再整備しなければならないことにも苦慮しているところである。

しかしながら、今後の輸送の安全・安定に寄与するためにも、検査手法の改善や情報の一元化を

図り、東京メトロならではの効率の良いメンテナンス方式を構築することを目指している。

(文責：菅野崇/東京地下鉄(株))

6-2 東京都交通局

6-2-1 データベース化・電子化の効果

平成20年度から徐々にではあるが、構造物管理支援システムを活用し、構造物の一元的な管理に向けて動き始めた。そのため、現段階では検査時や検査結果の入力段階において、目に見える効果としては現れていないのが実状である。今後データの蓄積が進むにつれ、効率的に検査が行え、また、過去の変状や補修履歴などが迅速かつ正確に検索できるようになると確信している。しかし、システムの機能を十分に生かしていくには、いくつかの課題がある。

6-2-2 システムを活用していくための課題

現段階における課題は以下のとおりである。

- ・トンネル内という暗い環境において、携帯端末機を使用しながら検査を行うには、検査方法もしくは携帯端末機の改良が必要である。なお、現在は検査用紙を現場に持参し、後日検査結果をシステムに入力している。
- ・システムが導入されて間もないことから、システムを熟知している職員が少ない。そのため、現在は入力作業を委託して行っている。今後、2年周期の通常検査を職員で行うためには、操作研修などを行い熟知する必要がある。

また、上述のとおり、導入されて間もないことから、システムを使用していくにつれ、今後新たな課題も出てくることが予想される。

(文責：谷内雅之/東京都交通局)

6-3 JR東日本

6-3-1 データベース化・電子化の効果

JR東日本では、土木構造物管理システムMARS(以下「MARS」)を用いた検査を実施することにより、すべての検査記録が電子化されている。これにより検査記録の統計処理が容易になり、管内の構造物がおかれている状況を統計的に“容易に”把握できる。健全度ランクの分布や経年分

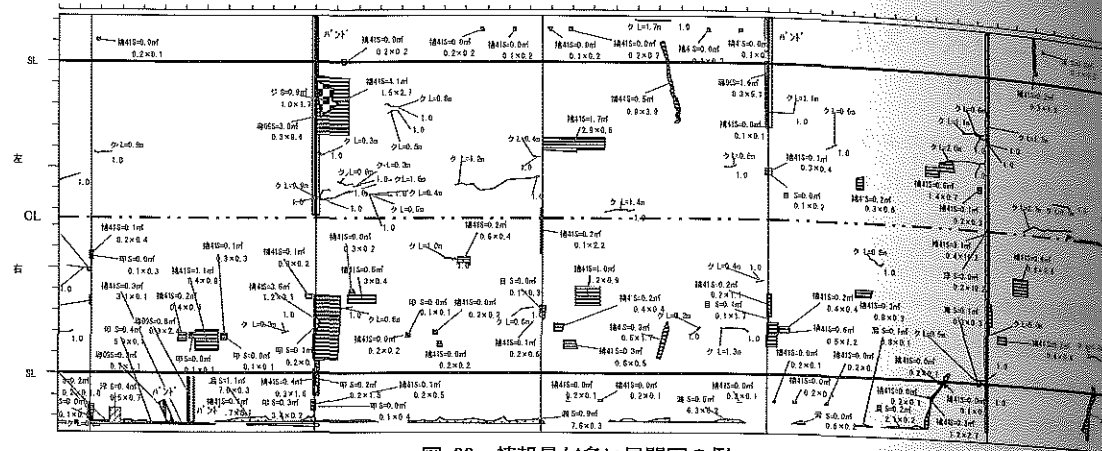


図-30 情報量が多い展開図の例

布、構造別の変状発生割合など、さまざまな角度からの分析が可能である。

また、検査時には前回検査記録が表示されるため、変状箇所の特定制や進行程度の確認が容易となった。展開図においては、現地に行かずとも変状状況が確認でき、また撮影回数を重ねることで、変状の進行状況も把握することが可能である。

6-3-2 システムを活用していくための課題

電子化されたことにより、統計処理は容易となった。しかし情報量が増えた(図-30)ことで、データ整理に時間を割かれる状況が目立つようになってきた。電子化された大量のデータをどのように扱うかが、今後の大きな課題である。

将来的には、電子化の強みをいかし、変状の定量的な把握と定量的な診断ができるようにし、メリハリをつけた検査の支援ができるようにしていきたい。

(文責：鈴木尊/東日本旅客鉄道(株))

6-4 国土交通省

6-4-1 データベース化・電子化の効果

道路管理データベースシステム(以下、「DBS」)は、道路管理を迅速かつ効率的に行うために、道路などに関する情報を、国土交通省全体として全国で統一した考え方のもとで構築したデータベースシステムである。道路管理DBSのサブシステムに位置づけられているトンネル管理DBSは、点検から対策までの一連のトンネル維持管理にお

いて、必要な情報を保管し、合理的かつ確実なトンネル維持管理を推進することを目的に開発されたシステムである。

本システムの開発により、必要なデータのすみやかな検索・抽出や、国道事務所ごとや路線ごとに点検・調査結果の判定区分などのトンネルの状況の把握が可能となった。また、本システムは地方整備局内のサーバに整備されることから、LANで接続されている国道事務所・出張所内でも使用でき、国道事務所と地方整備局間などでのデータ共有や、災害時における迅速な対応などが可能となった。さらに本システムを活用することにより、効率的な点検や調査、補修・補強計画の策定が可能となった。

6-4-2 システムを活用していくための課題

DBSが今後も継続的に活用されるためには、点検や調査、補修・補強を実施した後、速やかにデータを更新し、システムを常に最新の状態しておく必要がある。現在データの更新などは、現場での点検作業などが終了した後、地方整備局などにおいて実施されているが、今後は携帯端末などによりオンサイトで実施できるようにすることが課題となる。また、トンネル管理DBSに保管されている情報を、道路の日常点検や巡回などにおいていかに有効に活用していくかも今後の課題と考えられる。

(文責：角湯克典/(独)土木研究所)

6-5 NEXCO東日本

高速道路では、古いトンネルを対象としてレーザー光線や3CCDデジタルビデオカメラを搭載した計測車両による調査が徐々に行われ、健全度評価結果やひび割れなどのデータの蓄積が始まってきている。現段階ではシステムを導入したばかりの状況であり、記録の蓄積や活用についてはまだ道半ばである。しかし、今後データの蓄積が進んでいけば、効率的に活用されてくるものと考えている。

(文責：小山内貴司/東日本高速道路(株))

6-6 首都高

保全情報管理システムMEMTIS(以下「MEMTIS」という)のデータは、点検・補修業務支援、保全業務計画策定、資産の把握、橋梁やトンネルなどの構造物管理用ツールとして活用されている(図-31参照)。

点検・補修業務支援では、点検結果から要補修箇所の抽出と路線別、損傷ランク別などにより集計し、年度別補修計画の策定および概算費用を算出することが可能である。また、MEMTIS台帳をもとにして資産台帳を作成し、資産の取得、除却情報を把握・管理している。

構造物の経年変化、損傷の発生状況や傾向を分析することにより構造的対応策の検討を実施したり、供用年数別損傷発生率の算定、劣化の進行状況などから予防保全的取替計画などを策定したり、補修設計業務支援を可能としている。さらに構造物管理活用ツールとして、橋梁やトンネル構造を

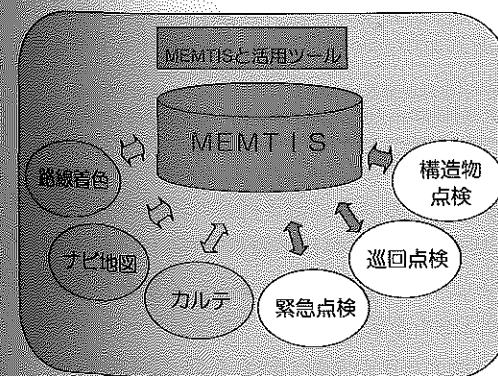


図-31 MEMTISと活用ツール

単位としたカルテ形式のデータ表示システムによりカルテを作成し、構造物データ、点検データ、補修データの総合的な判断を可能としている。また、設備台帳、点検台帳、補修履歴からデータを取り込み、道路施設管理支援地図システムを活用し、設備データの一覧表示および地図にその位置を表示したり、補修候補箇所の抽出に、路線図着色システムを活用して結果を出力したりしている。

(文責：土橋浩/首都高速道路(株))

6-7 東京電力

6-7-1 データベース化・電子化などの効果

東京電力(株)が保有する水力発電所は、明治から昭和初期にかけて大量に建設されており、水路トンネルの延長は680kmにわたる。

老朽化の進む水路設備を安全に、効率的に使用し続けていくためには、設備健全性評価にかかわる点検・調査などの各種データを記録し続けていくことが必要であり、また、このような設備の健全性を適切な論理にもとづいて評価し、適宜、補修・改修などを進める必要がある。

東京電力(株)では、各種データの一元管理、設備健全性評価の支援システムとして、水路トンネル管理支援システムを利用しており、保守管理上の要管理区間や中長期的な改修区間を全社統一した判定基準にもとづいて抽出しており、保守業務の効率化や迅速化、維持管理費の削減を図っている。

なお、水路トンネルに発生する変状は、水路の内要因や誘因が複雑に関連して発生していること、健全性評価に供するデータ量が少なく不確定要素が多いことなどを踏まえ、当社では、最終的な設備健全度評価や改修要否、改修工法の選定を当社の土木技術者が実施している。

6-7-2 システム活用における課題

前述のとおり、本システムは、ひび割れパターンのマッチングから判定を進めるシステム構成であるため、変状の特徴を正しくシステム入力することが前提である。

システムによる評価・判定の確度を上げるため

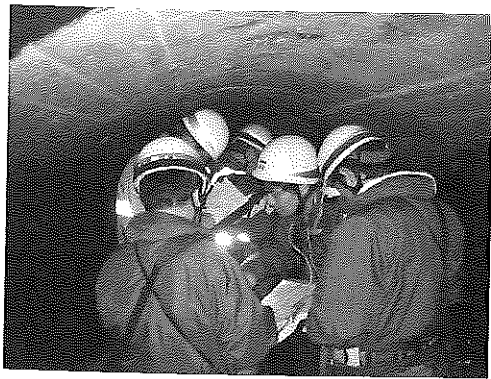


写真-12 専門技術チームの活動風景

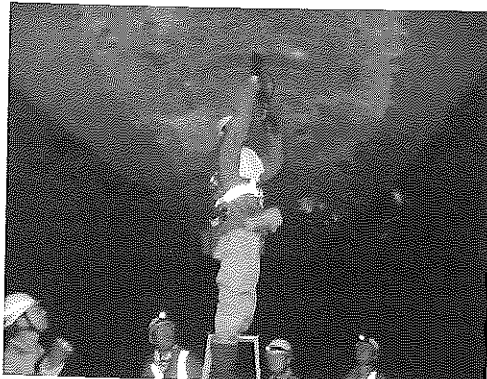


写真-13 専門技術チームの活動風景

には、入力するデータの質や量を高めていく必要があるが、入力データのうち最も重要となるのは、水路トンネル内部に発生する変状の特徴(種別、規模、方向性など)を正しく読み取る技術(診断力)である。

東京電力(株)では、水路トンネルの設備診断にかかわる技術・技能を維持、強化する目的として、水路設備に特化した専門技術チームを設置し、直営による設備診断・解析評価・対策工要否判定・地表踏査など、設備保全にかかわる一連の業務を付与し、専門技術者育成に力を入れている。

(文責：岡田和明/東京電力(株))

6-8 東京都下水道局

新たな管路調査手法として「ミラー方式テレビカメラシステム」「管路内面展開図化システム」「管路検査診断支援システム」を導入している。

これらのシステムの導入効果は以下のとおりである。

- ① ミラー方式テレビカメラシステムでは、現場での1日あたり施工量が現行アナログカメラの2倍となっている。
- ② 管路内面展開図化システムおよび管路検査診断支援システムにより管路内の現況を事務所内で診断することが可能となり、最終的に画像と診断結果はデータベース化することができる。
- ③ 展開図帳票より管路の全体像を一目で把握することができ、総合的な判断が可能である。
- ④ 管路検査診断支援システムにより管路内の異状部分の発見時間を短縮できる。
- ⑤ データベース化することにより管路情報の検索が非常に簡便化し、検索に要する時間は従来の約1/6となる。さらに、ビデオテープと報告書の保存スペースを大幅に減少させることが可能である。
- ⑥ これらの新システムを用いても調査からデータベース化する一連の作業は、従来の手法と同程度のコストで実施できる。

さらに、下水道台帳情報システム(SEMIS)とリンクさせたことで、台帳情報システム内で管渠情報(管渠の属性(管種・管径))、管渠調査結果(管渠のたるみ・蛇行など)、管渠診断結果(判定基準)、展開図の各データを重ねることにより、迅速かつ正確に管渠内情報を把握できるようになった。

管路内調査は、下水道の建設・維持管理に欠かすことのできない重要な基本データである。これらの3システムを有効活用することで、今後の下水道事業の効率化に大いに貢献できるものと考えている。

(文責：木藤利男/東京都下水道局)

6-9 NTT

NTTでは、「とう道データベースシステム」をトンネル保守における設備維持のためのDBシステムとして全国展開しており、点検や補修時のたびにDBを更新している。

点検データの登録の流れを図-32に示す。

このシステムを用いることでデータを一元的に

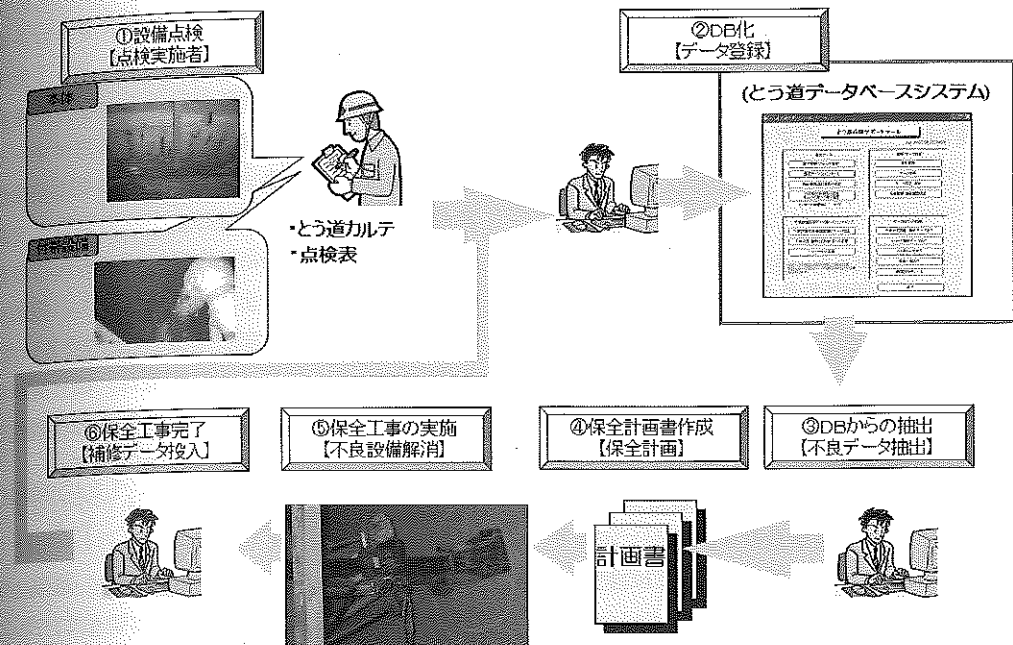


図-32 点検データの登録の流れ

例：補修が必要なとう道の優先順位付けイメージ

データベースシステム集計データ

補修要箇所数(E+F)により優先順位付け

優先順位	とう道基本情報				劣化ランク(箇所数)							合計	E+F	
	県	市町村	とう道名	とう道形状	延長(m)	建年	A	B	C	D	E			F
1	東京	PC	a	開閉	1,000	1960	50	40	20	30	30	0	187	30
2	大阪	PC	b	開閉	500	1960	70	25	40	4	31	0	170	31
3	徳島	PC	c	開閉	1,200	1970	80	42	70	26	27	0	245	27
4	徳島	PC	d	開閉	400	1970	40	16	35	6	25	0	122	25
5	群馬	PC	e	開閉	300	1977	45	11	22	6	21	0	105	21
6	東京	PC	f	開閉	900	1967	100	29	27	11	19	0	166	19
7	東京	PC	g	開閉	1,400	1980	200	190	90	94	18	0	522	18
8	東京	PC	h	開閉	500	1950	200	20	20	13	16	0	277	16
9	千葉	PC	i	開閉	500	1970	47	27	19	7	16	0	107	16
10	東京	PC	j	開閉	500	1970	22	1	10	2	16	0	51	16
11	九州	PC	k	開閉	600	1977	30	30	20	0	12	0	92	12
12	徳島	PC	l	開閉	600	1977	30	30	20	0	12	0	92	12
13	北海道	PC	m	開閉	300	1976	3	0	1	3	12	0	19	12
14	東京	PC	n	開閉	500	1962	25	9	9	7	10	0	60	10
15	東京	PC	o	開閉	300	1962	27	4	20	2	8	0	61	8
16	東京	PC	p	開閉	800	1950	47	4	4	6	6	0	67	6
17	広島	PC	q	開閉	80	1968	12	0	11	3	0	0	26	0
18	石川	PC	r	開閉	30	1984	1	0	1	0	0	0	2	0

劣化判定と結果への対応方法

劣化判定	劣化状況
F	・鉄筋露出の更なる進行、耐力低下 ・目開き増加、地表への影響
E	・コンクリートはく離、鉄筋露出 ・目開き増加、土砂引込み
D	・有害ひび割れ ・目開きから連続的漏水、細粒引込み
C	・ひび割れから鉄筋 ・目開きから滴下程度の漏水
B	・ひび割れから漏水 ・目開きから多量程度の漏水
A	・ひび割れあり(漏水無し) ・目開きあり(漏水無し)

危険 ↑

安全 ↓

これまでは劣化箇所に対してだけの対症療法的補修(止水、断面修復等)を繰り返してきたが、H17年度以降はLCCを考慮した計画性(劣化予測により将来露筋する箇所も同時補修)な補修(再生)対策を順次展開、拡大中

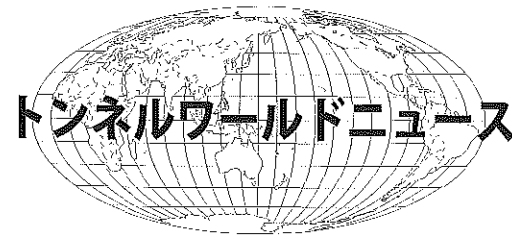
図-33 データ活用例

管理し、データ集計や資料作成、過去の履歴の参照などが簡易にでき、計画的な補修・補強などが図られている。

図-33にデータ活用の一例を示す。

このようにDBを活用して劣化ランクなどにより補修が必要なトンネルの優先順位を付けることもでき、事業計画の策定などにも活用している。

(文責：酒井悟/日本電信電話(株))



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ニューヨーク市地下鉄の4本の トンネルが完成

ニューヨーク市では、先月、マンハッタンのグランドセントラル駅下で、2台のTBMのうち最初の1台目が、短い延長を含む4本のトンネルを貫通させ、ニューヨークで有名な“出口の見えないトンネル”の1部は、完成に1歩近づいた。

Dragados, Judlau 2社の共同企業体は、Robbins社製オープン型TBMを使用した。掘進機は、2007年の発進以来、5.2kmを掘削し、最終月に平均日進量16mを達成した。

東側連絡路工事は、1970年代、資金不足により行き詰まったが、今回のトンネル完成により、重要な節目を迎えた。

2台目となる複胴シールド型TBMは、4本あるトンネルの3本目着手の準備をしている。TBM掘進による4本目の短い延長のトンネルは、最終的に、現在工事中の2つの主要な駅に設けた上下

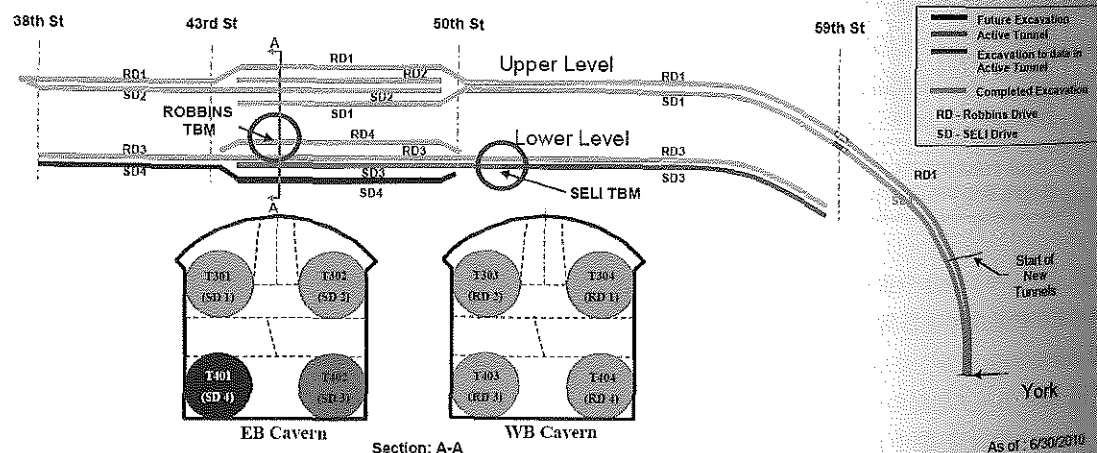


図-1 路線図

段の発進部および到達部のプラットフォームを結ぶ。

TBMは、既設の鋼製支保工とロックボルトを盛り換えた後、油圧で摺動するルーフサポート、サイドサポートによって、トンネル切羽終端部から引き戻された。Robbins社の現場監督であるKerry Clark氏は、「5分割でボルト接合のカッタヘッドは、複数のトンネルを掘削し、鋼製支保工の中を引き戻すには、最良の設計であった。」と述べている。油圧式可縮装置は、組立解体が可能なカッタヘッド部品を一体化し、掘進機外径を6.7mから6.0mに縮小することができる。

作業員は、困難な工事条件にもかかわらず、良好な進捗率を維持した。その悪条件の一つとして、TBMが平行して掘進する区間では、隔離となる支持岩盤の厚さがわずか1.5mとなった。そこで、TBMのグリッパー反力と推進力を全体の45%から50%程度に制御する必要が生じた。また、掘進

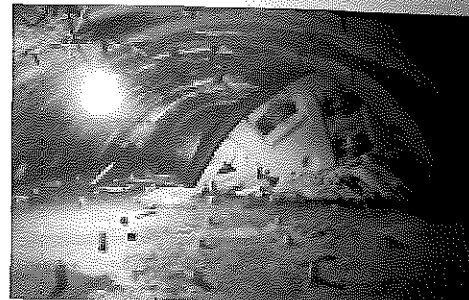


写真-1 TBM貫通

の多くは、供用中の地下鉄下方1.5mの土かぶりでの施工となった。ニューヨーク州都市交通局東側連絡路工事は、イーストリバーを横断して、マンハッタン区とクイーンズ区を結び、1日に16万人の利用客を見込む事業となる。

新たな路線は、地表の道路から数千台の自動車を排除し、通勤時間を30分から40分程度短縮する。軟弱地盤中のトンネル工事は、今年以降の着手が期待され、完成した東側連絡路線は、2016年に開通する。

(WT '10.7 担当：西川和良・三井住友建設(株))

PallisadesトンネルでRobbins社製の メインビームTBMを採用

Shiavone社、Shea社、Skanska社のJV会社であるPTP建設は、Pallisadeトンネルを掘削するため、Robbins社製のTBMを採用した。Pallisadeトンネルは、New JerseyとManhattanを結ぶARC(Access to the Region's Core)プロジェクトのNew Jersey側にあたる。

直径8.38mのメインビームTBMは、Pallisadeの硬岩中に位置する延長1.6kmの双設トンネルをHobokenのアクセス立坑に向けて掘削する。

Robbins社の広報によると、地山は主に砂岩とソルト岩を幾分含む一軸圧縮強度125~300MPa

の粗粒玄武岩からなる。

当該TBMは、より少ない交換回数で、より速く硬岩を掘削できるように設計された直径19インチ(483mm)のカッタビットに加え、New YorkのEast Side Accessプロジェクトと同じように回収可能な設計となっている。

油圧式のルーフサポートとサイドサポートに加え、鏡ボルトを設置した1次支保のおかげで、トンネルからマシンを確実に回収できる。

Robbins社のOhio州Solon工場での製作に引き続き、TBMは2011年7月初旬までに船で現場に輸送され、2011年秋にNorth Bergenに位置する全長90mの坑道より発進する。

ARCは、100年の間にHudson川の下をトンネルで抜けた鉄道路線で最古のものである。NJ Transitの延長5.8kmのARCトンネルは、アメリカで施工中の全交通インフラ事業の中で最大のプロジェクトであるが、完成時にはManhattanのPenn Station近くに到着する。

硬岩部の掘削とManhattanの地下空洞構築と同様に、Hudson川の下で軟弱地盤を掘削するという別の契約が入札段階である。

870万米ドルのトンネルは2020年に供用予定である。

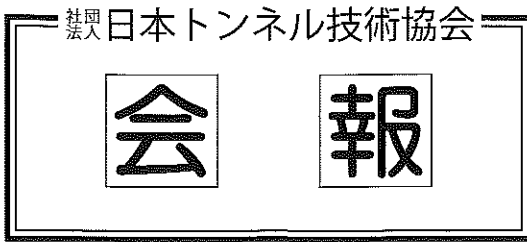
(WT '10.9 担当：石岡賢治・大成建設(株))

研究論文募集のお知らせ

弊誌「トンネルと地下」では、研究論文(実験、技術開発など)を募集いたします。大学や技術研究所などからの貴重な研究成果を多数お待ちしておりますので奮ってご応募下さい。とくに若手トンネル技術者の技術向上を主眼としておりますので、平易・簡潔にまとめていただくようご配慮のほどお願い致します。なお、応募方法の詳細につきましては24頁に掲載の『投稿原稿応募のご案内』を参照のうえ、ご応募下さい。

問い合わせ先 株式会社 土木工学社 編集部

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



1. 会員の現状

	11月30日現在
正 会 員	1,749名
団体会員	371名
個人会員	1,378名

2. 第201回理事会, 第70回顧問・評議員会

日 時：平成22年11月17日(水)12:00~13:00
 場 所：東京商工会議所8階「東商スカイルーム」
 出席者：理事24名, 監事2名, 顧問2名, 評議員19名,
 計47名

議 事:

①入退会

入会22名(団体会員13名, 個人会員9名)と退会50名(団体会員11名, 個人会員39名)を承認

②理事, 評議員の交替を承認

<理 事>

旧	新	所 属 役 職
中村 守	岸本 良孝	本州四国連絡高速道路(株) 常務取締役
吉原 一彦	廣木 良治	東京都交通局建設工務部長
齋藤 義信	水口 宇市	西松建設(株) 専務執行役員土木施工本部長
山田 和男	長谷 康生	前田建設工業(株) 代表取締役常務執行役員

<監 事>

旧	新	所 属 役 職
西村 高明	野焼 計史	東京地下鉄(株) 鉄道本部改良建設部長

<評議員>

旧	新	所 属 役 職
安藤 憲一	石井 信隆	首都高速道路(株)建設事業部長
中島 義成	神山 守	日本下水道事業団 東日本設計センター長
宇田川孝之	松浦 将行	東京都下水道局計画調整部長
熊本 義寛	栗田 敏寿	東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所長
鈴木 行雄	松尾 正臣	東亜建設工業(株)代表取締役社長
高橋 昭夫	竹原 友二	(株)不動テトラ代表取締役社長

③第37回通常総会開催日を平成23年5月18日(水)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

広報小委員会誌WG(11/10)

大島洋志主査ほか8名, 12月号の会誌と3か月計画を検討

総務委員会(11/10)

日月俊昭委員長ほか6名, 収支見直しおよび新公益法人移行を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会海外ニュースWG(11/19)

早坂治敏主査ほか6名, 海外ニュースを翻訳計3回開催 23名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

保守管理小委員会(11/17)

伊藤泰司委員長ほか11名, 保守管理困難事例をヒヤリング

都市トンネル小委員会格言編集WG(11/30)

栗原謙一郎主査ほか6名, 格言内容を検討

◎受託研究特別委員会

八甲田トンネル技術委員会(11/1, 2)

須田瀧委員長ほか16名, 現地視察および計測データの検討

北海道新幹線(本州方)トンネル施工技術委員会(11/4, 5)

足立紀尚委員長ほか41名, 現地視察および施工法の検討

九州新幹線(西九州)トンネル検討委員会(11/8, 9)

江崎哲郎委員長ほか44名, 現地視察および施工法の検討

効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(11/12)

鈴木雅行主査ほか6名, 試験計画およびアンケート調査項目を検討

効率的掘削工法特別委員会高速施工WG(11/16)

領家邦泰主査ほか6名, 試験計画を検討

計 7回開催 137名出席

合計 10回開催 160名出席

4. 国際会議の開催予定

会 議 名	開 催 日	場 所	主 催 者 等
第37回ITA総会およびコンgres* 「Underground spaces in the Service of a Sustainable Society」	2011. 5. 21~25	ヘルシンキ (フィンランド)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Finish Association of Civil Engineers RIL (フィンランド土木学会) http://www.wtc11.org/
第38回ITA総会およびコンgres 「Tunnelling and Underground Space for a Global Society」	2012. 5. 18~24	バンコク(タイ)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Thailand Underground & Tunnelling Group http://www.wtc2012.com/
第39回ITA総会およびコンgres 「Underground - the way to future -」	2013. 5. 10~17	ジュネーブ (スイス)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Swiss Tunnelling Society

*論文募集に関する詳細は事務局(担当:関)までお問い合わせください。(社)日本トンネル技術協会 TEL:03-3553-6174

5. 平成22年度催物開催現況

催 物 名	開 催 日	人数	場 所	CPD取得単位
(見学会)				
北海道新幹線本州方津軽蓬田トンネル現場研修会	2010. 6. 4	38	青森県	2.0
調布駅付近連続立体交差現場研修会	2010. 6.18	28	東京都	2.0
京極発電所工事現場研修会	2010. 7.23	25	北海道	4.0
中央環状品川線トンネル工事現場研修会	2010. 7.30	38	東京都	3.3
東九州自動車道トンネル工事現場研修会	2010. 9.29	27	福岡・大分県	3.5
(13号直相)渋谷駅建設工事現場研修会	2010.10. 7	26	東京都	2.5
高瀬トンネル建設工事現場研修会	2010.10.22	21	栃木県	2.0
横浜市下水道工事現場研修会	2010.12. 3	27	神奈川県	2.3
(施工体験発表会)				
第66回(山岳)「山岳トンネルにおける創意工夫事例」	2010.11. 1	159	東京都	5.9
第67回(都市)「厳しい施工条件下における都市トンネル工事」	2010.11. 2	119	東京都	5.9
(講演, 講習会)				
第13回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2010.11.11,12	22	愛知県	9.0
第12回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2010.11.18,19	22	東京都	17.3

催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますので閲覧くださいますようお願いいたします。一般検索サイトで「トンネル技術協会 国内催物」あるいは下記URL入力でたどりつけます。
http://www.japan-tunnel.org/event_japan

施工体験発表会審査結果報告および最優秀賞論文の紹介

第66回(山岳)ならびに第67回(都市)施工体験発表会にかかわる発表者の表彰について審査した結果、下記のとおりとなりましたので報告します。また、両発表会の最優秀賞を受賞した論文をここに掲載・紹介いたします。

第66回(山岳)施工体験発表

<最優秀賞>

覆工コンクリートのひび割れゼロを目指す

前田建設工業(株) 鈴木 淳一

<優秀賞>

既設道路と近接交差するトンネル施工

西松建設(株) 亀谷 英樹

山岳トンネル覆工コンクリートのひび割れ防止対策

(株)奥村組 倉田 桂政

第67回(都市)施工体験発表会

<最優秀賞>

P&PCセグメントの長距離施工と幹線道路直下での異質地中接合

三井住友建設(株) 津嘉山 淳

<優秀賞>

大断面かつ急曲線シールドによる下水道トンネル工事

前田建設工業(株) 増田 昌昭

営業線軌道直下における大規模掘削工事の施工実績

鹿島建設(株) 渋谷 厚介

第66回(山岳)施工体験発表会最優秀賞

覆工コンクリートのひび割れゼロを目指す

—前田覆工マルチ工法—

前田建設工業(株)九州支店土木部SE 原 秀 利

前田建設工業(株)九州支店土木部土木営業Gリーダー 坂 口 伸 也

前田建設工業(株)技術研究所技術開発土木Gグループ長 渡 部 正

前田建設工業(株)本店土木事業本部トンネルGリーダー 鈴 木 淳 一

キーワード：覆工マルチ工法、高品質覆工、耐久性の向上、ひび割れ発生率、出来栄

1. はじめに

一般に、トンネルの覆工コンクリートには力学的機能ではなく、その供用性が要求されてきたこともあり「化粧巻き」と称される時期もあった。このためコストの側面から、十分な締固めが難しい鉄筋区間やクラウン部コンクリートに、やむを得ずコンクリートを流動させて打ち込むことを容認してきた。しかし、平成11年に山陽新幹線福岡トンネルの覆工コンクリート塊が落下して、走行中の列車を直撃するという衝撃的な事故の発生をきっかけに、トンネルの安全性に対する社会的な懸念が増大しており、その対応は急務を要する。

このような背景の中、当社では「覆工コンクリートの品質は、その構造的・機能的な観点から本来、より重要視されるべきである」という認識を持っており、上記はく落事故以前から覆工コンクリートの品質および耐久性の向上を実現すべく技術開発に取り組んできた。

ここ数年、総合評価技術提案評価項目として「覆工コンクリートの耐久性の向上(長寿命化)」が要求されており、現在においても“ひび割れ・空洞・出来栄”の課題を抱えていることにより、コンクリートの打込みから締固め・養生までの一連の作業をシステム化し、8つの開発技術を組み合わせることで覆工コンクリート施工品質の向上を図る。“前田覆工マルチ工法”の確立までの経緯を報告する。

2. 適用トンネルの概要

工事名：東九州道(蒲江～県境)浦之迫トンネル北新設工事

発注者：国土交通省九州地方整備局

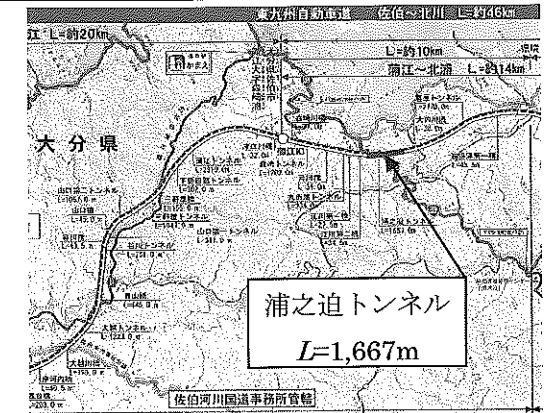


図-1 トンネル計画位置図

施工者：前田建設工業(株)九州支店
工事場所：大分県佐伯市蒲江大字丸尾浦地先
工期：2008(平成20)年2月21日～2010(平成22)年3月30日 768日間
延長など：1,667mのうち北側坑口から819m
仕上がり内空断面積90.7m²(標準部)
地質概要：四万十層群の八戸層(砂岩優勢層)と槇峰層(泥質岩優勢層)

現在延岡市から宮崎市まで移動時間に2時間を要するなど、西九州側と比較して東九州道側の整備が遅れている。東九州道は、東九州の産業・経済の発展に重要な役割を果たすほか、九州道、大分道および宮崎道とともに広域的なネットワークを形成し、九州の一体的浮揚に大きな期待を担っている。

本工事は、大分県佐伯市蒲江～宮崎県境間10.0kmのうち浦之迫トンネル(延長=1,667m)の新設を行うものである(図-1)。

3. 前田覆工マルチ工法の概要

3.1 前田覆工マルチ工法を構成する技術

「前田覆工マルチ工法」は以下の8つの開発技術にて構成される。

- ① 高品質トンネル覆工天端部締固めシステム【締固め】
- ② 浮き(センサー付き)バイブレーターシステム【締固め】
- ③ クラウン部水平圧入打設工法【打込み】
- ④ コンクリート充填圧管理システム【充填圧】
- ⑤ パラソル30(さんまる)ミスト工法【養生】
- ⑥ 隔壁バルーンによる養生システム【養生】
- ⑦ 省力化・省人化システム【打込み】
- ⑧ マゴノテ工法【締固め】

3.2 各技術の概要

(1) 高品質トンネル覆工天端部締固めシステム

同システムは、あらかじめクラウン部にバイブレーターを設置して、コンクリート打設完了後に引き抜きながら締固める工法である。これまで締固めが困難とされてきた鉄筋区間や施工継目部およびトンネルクラウン部の均

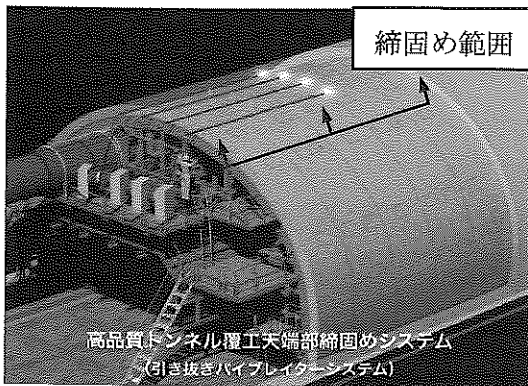


図-2 天端締固めシステム

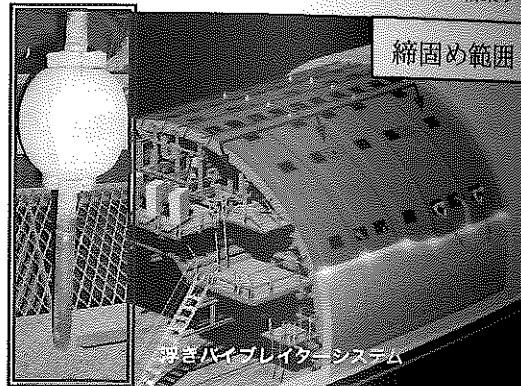


図-3 浮きバイブレーターシステム

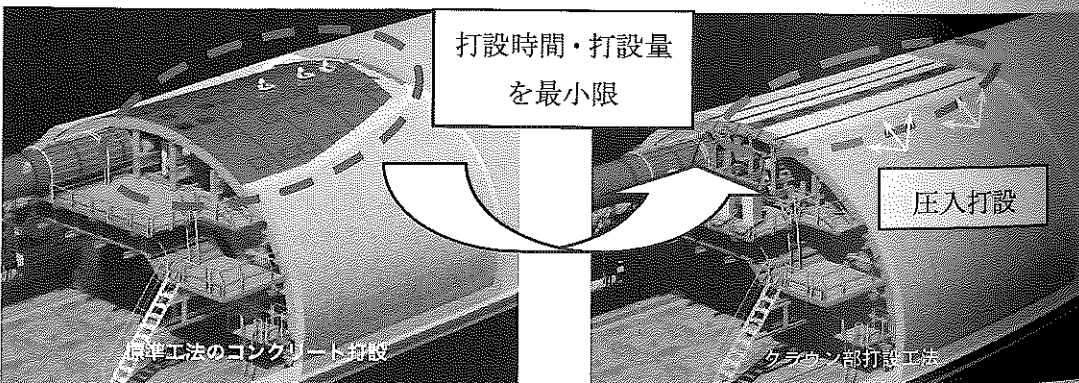


図-4 標準工法とクラウン部水平打設工法のクラウン部打設量比較図

一な締固めが可能となり、品質を向上させることができる(図-2)。

(2) 浮きバイブレーターシステム

同システムは、棒状バイブレーター頂部に浮き子を取り付けたもので、側壁コンクリート打込み面上の上昇に追従しながら所定の深さでのコンクリートを締固める工法である。また、このバイブレーターには上昇したバイブレーターホースを巻き取るゼンマイ式巻き取りリールと間欠運転制御装置が組み合わされており、締固め作業を自動化している(図-3)。

(3) クラウン部水平圧入打設工法

同工法は、アーチ肩部に油圧式開閉バルブ付の打設孔を4か所増設することで、妻側・ラップ側左右交互に打ち込む工法である。打設孔より下側のコンクリートは、自然流下によって打ち込み、打設孔より上側は、圧入充填によってコンクリートを打ち込むことでクラウン部を水平に打設できるのが大きな特徴である。

本工法により、クラウン部打設孔(天端部吹上口)からのコンクリート打設数量、打設時間を標準工法と比べて約半分と最小限にすることで、より確実な充填が実現し、空洞のない耐久性に優れた覆工コンクリートを構築する

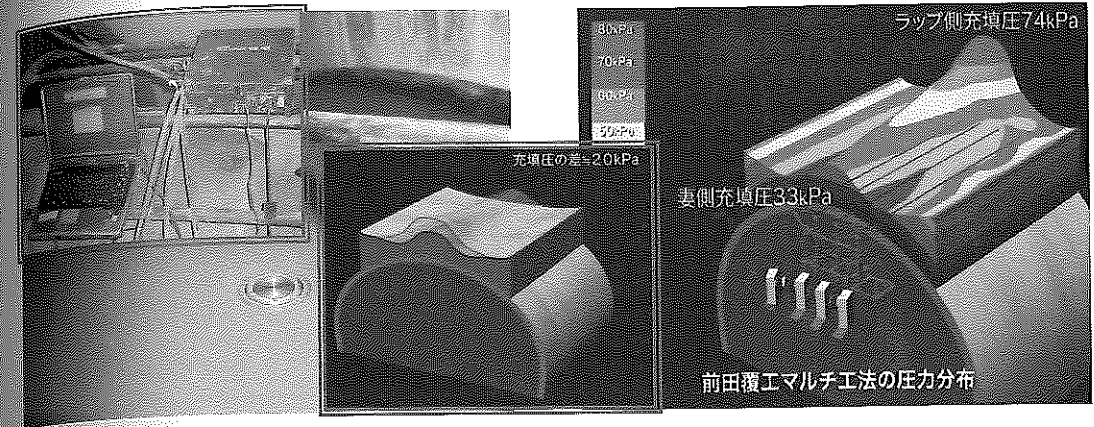


図-5 圧力センサーとデータロガー

図-6 本工法の充填圧力分布

ことができる(図-4)。

(4) コンクリート充填圧管理システム

同システムは、セントルクラウン部に圧力センサー(5か所)を設置し、パソコン画面でコンクリートの充填圧をリアルタイムに確認しながら打設を行う打設管理システムである。型枠の設計強度を考慮しながら最大限の充填圧で打設することが可能となり、空洞のない密実なコンクリートを構築することができる。また、充填圧を保持した状態で打設を終えることで、コンクリート強度も増大することが確認された。

(5) パラソル30ミスト工法

同工法は、軽量パイプの骨組みを覆工天端に懸架し、その骨組みをシートで密閉した移動式パラソル内に5ミクロンのミストを高圧噴射してミストを充填させ、十分な湿潤養生を可能とする工法である。設備の延長は31.5mあり、設備によるトンネル内の空間損失や視界不良を発生させることなく、コンクリート標準示方書で定められている1週間の湿潤養生が可能である(写真-1)。

(6) 隔壁バルーンによる養生システム

同システムは、トンネル貫通後の通風を遮断して、乾燥収縮ひび割れを抑制することを目的に、トンネル中央部にバルーンを設置するものである。これにより、トンネル貫通後も坑内湿度70%以上を保持することが可能となる。バルーンには2台の送風機で常時空気を送っている(写真-2)。

(7) 省力化・省人化システム

同システムは、カメラ2台、モニター4台でコンクリートポンプ車、自動配管切替装置(4P)を遠隔操作して省人化を図るものである。また、アーチ肩部の打設孔の開閉には4連マルチバルブをセントル中央に集約し、さらに側壁部からアーチ部打設に切り替えるための配管切替装置(2P×4か所)を設置して省力化を図った。コンクリートの締固めには、上記(2)工法と補助バイブレー

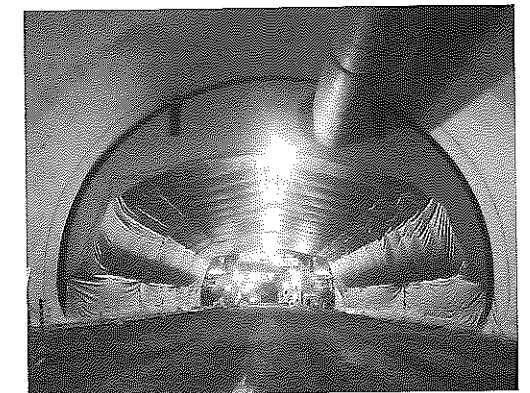


写真-1 パラソルミストによる養生

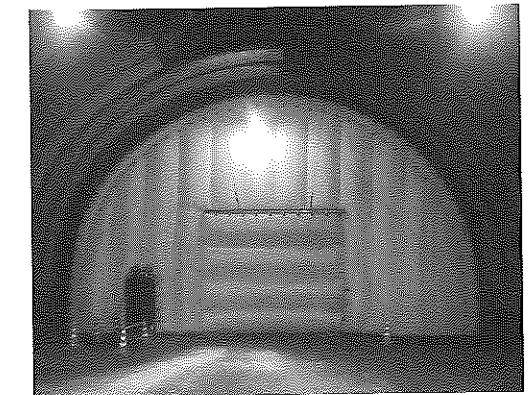


写真-2 隔壁バルーンによる養生

ター4台を併用することで、品質を確保しながらの省人化を実現することができる。

(8) マゴノテ工法

同工法は、クラウン部の検査窓にバイブレーター挿入孔(φ100mm)を設け、コンクリート打設完了と同時に棒状バイブレーターを数m挿入することで、その周辺を締固める工法である。

本工法により、工区境、両ラップ区間など上記(1)工法(天端引抜きパイプレーター)では締固めすることができなかった箇所の締固めが可能となり、品質・出来栄を向上させることができる。



写真-3 無線使用による無人化

3.3 システム全体

本工法を採用することで、覆工コンクリート打設時の少人化が可能となるため、防水工との同時施工(多能工)により、防水作業台車との離隔を保ったまま進行する。



写真-5 締固め状況

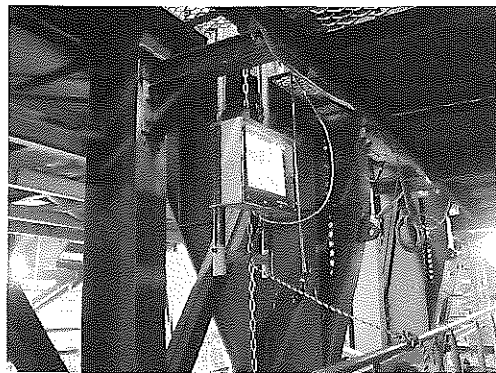


写真-4 セントル内移動式モニター



写真-6 仕上がり状況

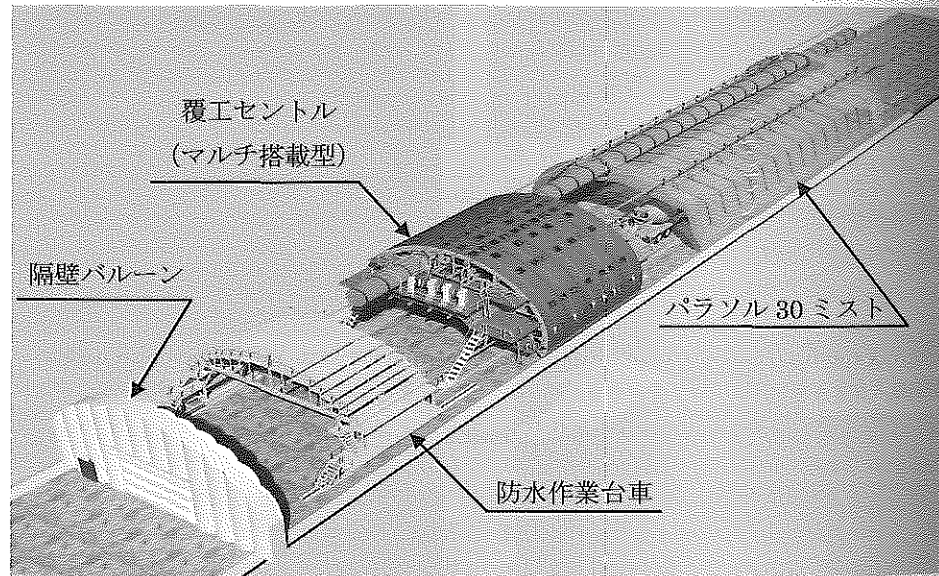


図-7 マルチ工法システム全体図

4. 技術開発の経緯

「前田覆工マルチ工法」は、平成12年から取り組んできた実証実験の集大成であり、平成21年に確立された工法である。約10年にわたる開発の経緯と実証実験の目的・有効性の実証実験結果の取りまとめを表-1に示す。

4.1 実証実験④「コンクリート流動性低下に対する締固めの有効性について」

空隙のない覆工コンクリートを打設するために、もっとも空隙ができやすいと考えられるアーチ肩部について、図-8に示すようなモデル型枠を作成し、所定の経過時間によりモデル型枠に圧送充填し、充填状況の比較を行っ

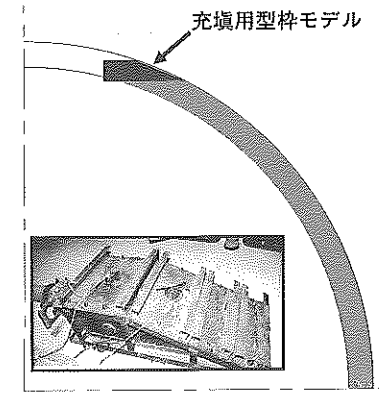


図-8 モデル型枠

表-1 本工法の開発における実証実験の経緯

実験名	実験の目的	実験結果
①センサー付きパイプレーターシステムの開発(H14)	1) 複鉄筋区間の品質向上 2) 省力化・省人化	1) 複鉄筋区間締固め可能 2) 自動締固め可能(省人化)
②長尺パイプレーター引抜き試験(H14)	1) クラウン部締固め技術開発 2) 締固め有無による強度	1) 張力3kNで引抜き可能(12m) 2) 一軸圧縮強度約8%向上
③密充填入されたコンクリート特性に関する試験(H14)	1) 仮想巻き厚の仮説検証	1) 2~4%容量増 2) 仮想巻き厚形成確認
④コンクリート流動性低下に対する締固めの有効性について(H14)	1) 空隙発生メカニズム解明 2) 流動性の経時変化	1) 60分以内で充填可能 3) 100分で空隙発生
⑤コンクリートコアによる一軸圧縮強度試験(H14)	1) 締固めの有無による強度 2) 締固めの優位性を検証	1) 締固めたコンクリートの一軸圧縮強度5%向上確認
⑥覆工コンクリートの充填圧力測定(H14)	1) 沈下による空隙確認 2) 締固めによる充填圧力変動	1) 沈下による空隙なし 2) 1~85kPaで完全充填確認
⑦締固めの有無による耐久性に及ぼす影響(H15)	1) 促進中性化試験により耐久性の違いを検証	1) 締固めにより中性化促進の20%低減を確認
⑧実物大モデルによる仮想巻き厚の検証(H18)	1) 充填圧下での締固め検証 2) 仮想巻き厚の再検証	1) 30~40kPaの充填圧保持 2) 仮想巻き厚形成確認
⑨実物大モデルによる引抜きパイプレーター試験(H18)	1) 無筋区間の設置方法 2) 打ち重ね層の一体化確認	1) 充填圧下で張力1.5kN 2) スライスによる一体化確認
⑩実物大モデルによる充填圧力管理の検証(H18)	1) 型枠と最大圧力 2) 土圧計センサーとデータロガー	1) 土圧計作動状況良好 2) 充填システムの有効性
⑪充填有無によるコンクリート特性に関する試験(H20)	1) 充填有無による強度 2) 空隙の有無による強度特性	1) 一軸圧縮強度28%向上 2) 空隙により3倍の強度相違

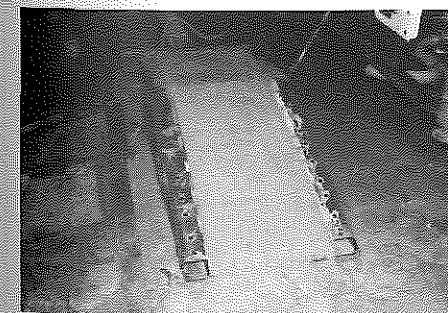


写真-7 経過60分

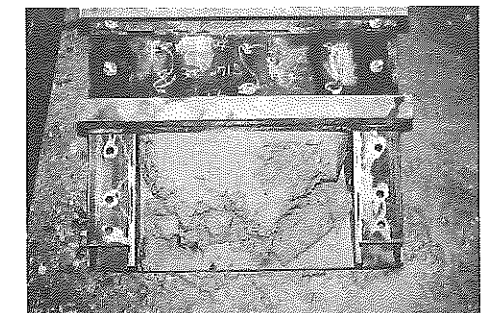


写真-8 経過100分

た。
 実験の結果、経過時間が40~60分以内であれば完全に充填可能であるが(写真-7)、経過時間が100分を越えると充填が困難であることが明確となった(写真-9)。しかしながら、経過時間100分でも再締固めを行うことによ

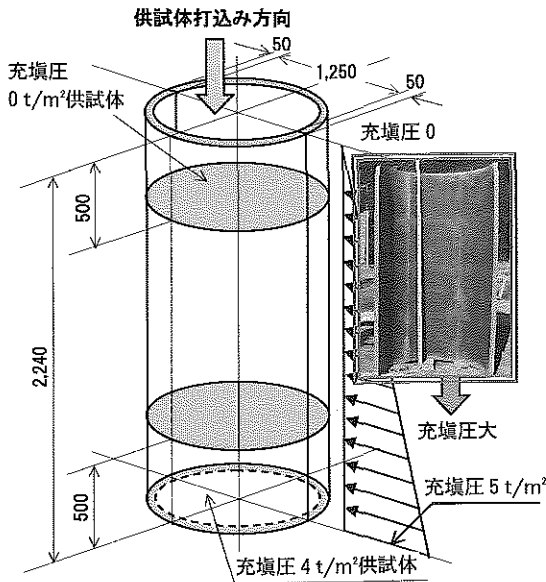


図-9 供試体モデル

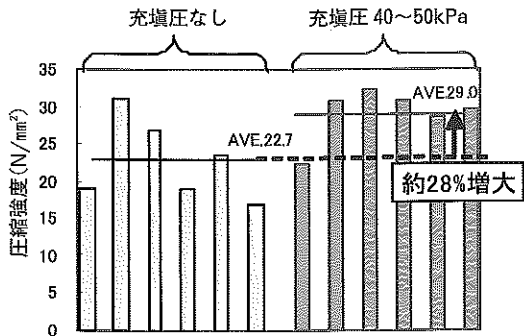


図-10 実験結果グラフ

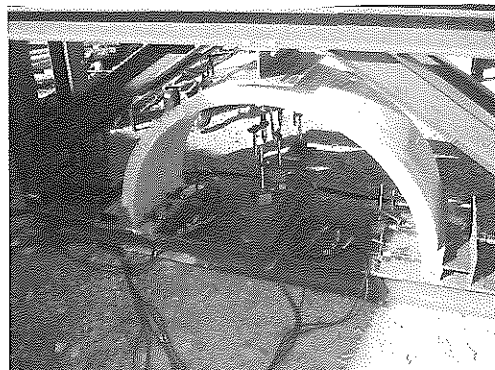


写真-9 比較試験実施状況

て、再度流動することも確認でき、クラウン部吹上げ口からの打設時間を最小限とし(クラウン部水平圧入打設工法)、再締固めを実施することが(高品質トンネル覆工天端締固めシステム)空隙をなくすために非常に有効であることが確認された。

4.2 実証実験①「充填圧有無によるコンクリート特性に関する試験」

充填圧による圧縮強度の増大と、天端空隙の有無による構造的強度の相違を定量的に明確にするために、図-9のようなトンネル縮小模型を作成し、充填圧の有無による小径コア圧縮強度比較試験と、天端の空隙の有無による構造的強度の比較試験を実施した。

実験の結果、①充填圧を40kPa程度与えたコンクリートの圧縮強度は、与えないものより約28%増大することが確認された。②天端に空隙がなく全充填された覆工コンクリートは、空隙があるものに対して、3倍程度の構造的強度を有することが確認された。

5. 開発技術の効果検証

5.1 空洞・空隙

クラウン部4側線において、トンネル全線に空洞・空隙がないことを確認した。



写真-10 レーダー探査状況

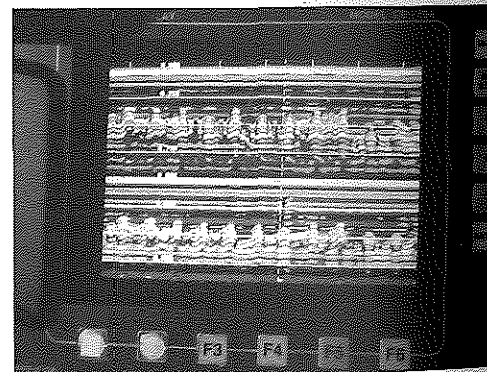


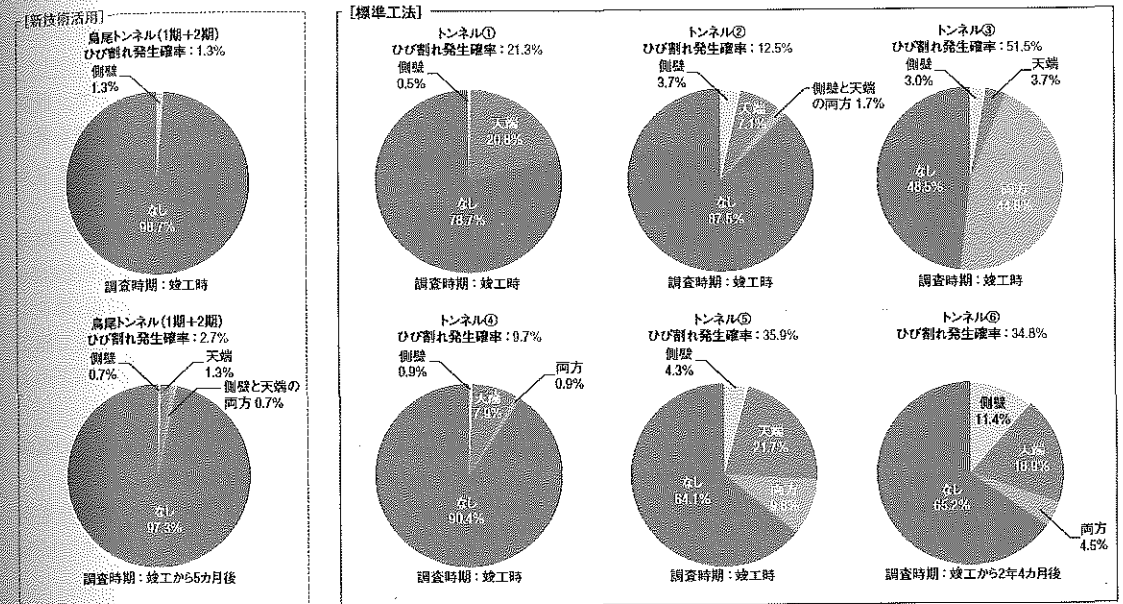
写真-11 レーダー探査モニター



写真-12 標準工法(竹割縞模様)



写真-13 本工法(縞模様なし)



ひび割れ発生確率：約2.7% ひび割れ発生確率：27.6%

図-11 ひび割れ発生確率比較グラフ

5.2 出来栄

写真-12, 13に示すように標準工法と比較してトンネル特有の竹割り縞模様がなく、出来栄が向上した。

5.3 ひび割れ発生状況

ひび割れ発生確率(発生スパン数/全スパン数)は、図-11に示すように標準工法による27.6%(当社6現場の平均)から2.7%(本工法採用6現場の平均)と1/10程度まで抑制できることを確認した。また、幅0.3mm以上のひび割れは3現場すべてにおいて発生しなかった。

6. おわりに

今後、当社トンネル工事において本工法を標準的な工法として、全国水平展開していく予定である。また、施

工後データの収集を進めていくことで、さらに効果的な施工方法を追求し、「世界をリードする高品質で耐久性のあるトンネル覆工コンクリート」を構築していきたいと考えている。

参考文献

- 坂口伸也・今田一典・原秀利・松下博通：トンネル覆工コンクリートの耐久性向上に向けた施工技術の開発、コンクリート工学, Vol.47, No.6, pp.52-58, 2009.6.
- 佐川康貴・濱田秀則・今田一典・原秀利・坂口伸也：トンネル覆工コンクリートにおけるひび割れ抑制効果の評価に関する一考察、土木学会・歴代構造物品質評価/品質検査制度研究小委員会(216委員会)シンポジウム講演概要集、コンクリート技術シリーズ, No.87, pp.85-90.

P&PCセグメントの長距離施工と幹線道路直下での異径地中接合

—寝屋川流域下水道 大東門真増補幹線—

三井住友建設(株)大阪支店土木部作業所長 津嘉山 淳

キーワード：P&PCセグメント、異径地中接合、高速掘進、凍結地盤改良機内施工

1. はじめに

大阪府は東部流域下水道事務所管内において、淀川流域と寝屋川流域の下水道事業を展開している。

寝屋川における増補幹線事業は、当初計画時の予想を上回る都市化による流出量の増大や、近年の局地的集中

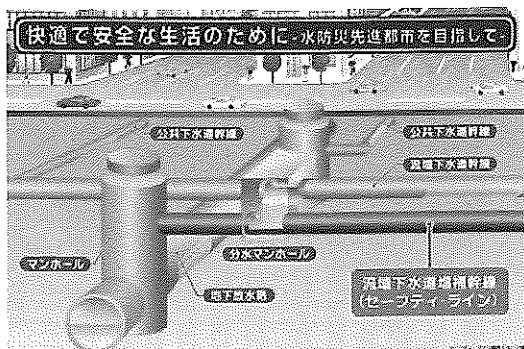


図-1 増補幹線イメージ図

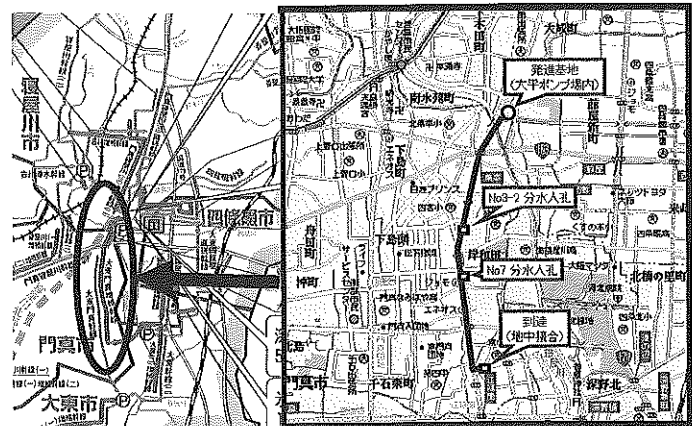


図-2 工事位置図

豪雨による浸水被害対策として計画されたもので、既設幹線からの分水および施工済み増補幹線から接続を受け、寝屋川北部地下河川へ放流するための重要な幹線となる(図-1)。

本工事は大東門真増補幹線工事のうち、寝屋川市讃良西町から門真市大字岸和田までに至る、延長約2,422m(仕上がり内径φ5,500mm)の「大東門真増補幹線(第2工区)下水管渠築造工事」を、泥水式シールド工法で施工するものである(図-2)。本工事の施工条件は、以下のような要求事項が含まれていた。

- ・発進立坑が大阪府ポンプ場内で、隣接工区との協議や地域への騒音・振動に留意が必要。
- ・シールド対象土質は、洪積層の粘性土・砂礫土を中心とした最大土かぶり26m、最大地下水圧0.31MPaであり、複合土層での掘進対策が必要。
- ・可燃性ガス濃度が到達付近で55Vol%を計測し防爆対策が必要。

・到達は先行シールドに地中接合するが、幹線道路直下での中心接合となり安全対策や施工手順の検討が必要。これらの都市部における厳しい条件を、高速施工による工期厳守などの要求事項を克服し、良好に工事を完成させたので、その概要について報告する。

2. 工事概要

本工事は、大阪府寝屋川流域浸水被害対策として展開されている大東門真増補幹線事業において、下水道貯留管渠を泥水式シールド工法により築造するものである。

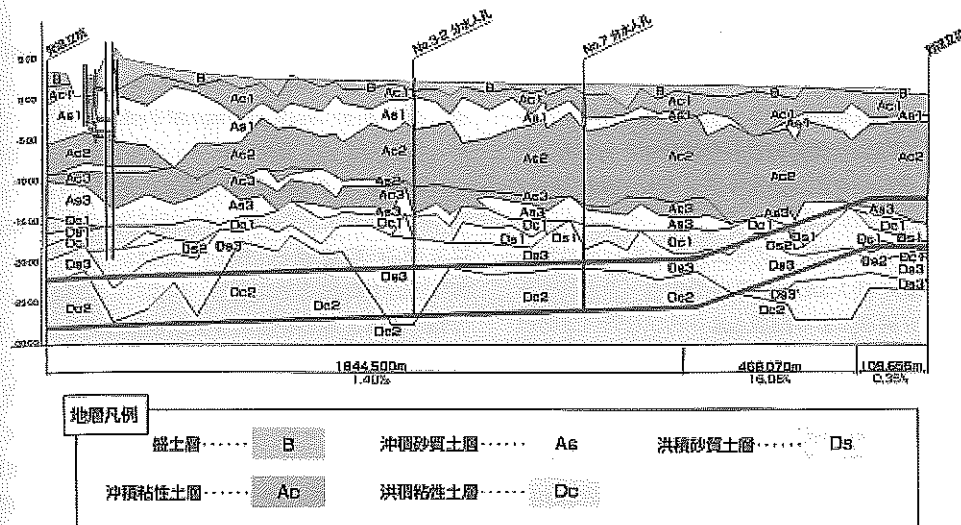


図-3 地質縦断面図

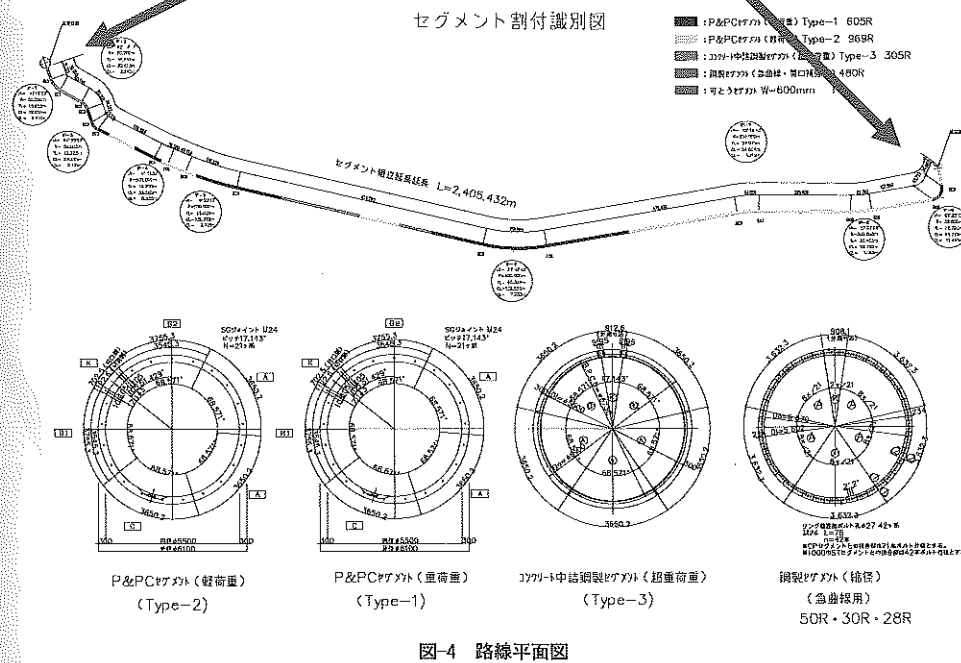
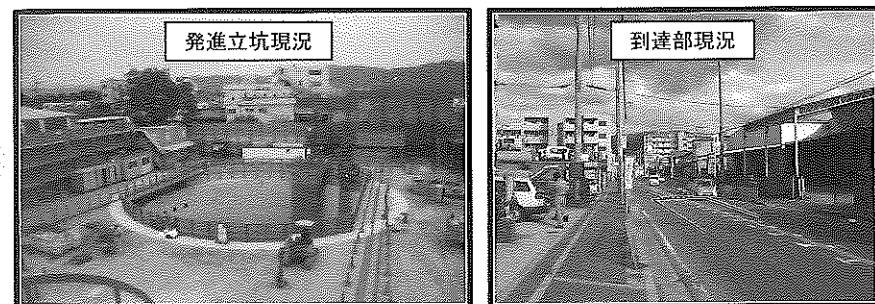


図-4 路線平面図

工事概要は以下のとおりである。

工 事 名：大東門真増補幹線(第2工区)下水管渠築造
工 事

発 注 者：大阪府東部流域下水道事務所

工 期：平成18年10月24日～平成22年2月26日

工事場所：寝屋川市讃良西町～門真市大字岸和田

工事内容：

泥水式シールド工法

工 事 延 長 2,422.2m

一次覆工延長 L=2,411.5m

仕上がり内径 φ5,500mm

縦断勾配(上り) 0.35～16.08‰

土 か ぶり 13.0～28.2m

平 面 線 形 (直線) 1,852.4m

(R=800～300m) 5 か所, 433.8m

(R=50～28m) 4 か所, 125.3m

セグメント

コンクリート(二次覆工省略型)

外径φ6,100, W=1,200, 1,574リング

コンクリート中詰鋼製(SSPC)

外径φ6,100, W=1,200(超重荷重型), 305リング

スチール

外径φ6,100～6,070, W=1,000～300(開口補強・袋付き), 481リング

可とう 外径φ6100, W=600, 1リング

残土処分 87,731m³

内部配管工 布設延長 2,331m

(ダクタイル鋳鉄管φ250×3条)

発進部地盤改良工 一式

到達地中接合部凍結工 一式

以下, 本工事の特徴的な工法を説明する。

3. 内面平滑二次覆工省略型セグメント(P&PCセグメント)

シールド延長2,422mの長距離掘進かつ掘削外径φ6,250mmの大口径シールドと, 4か所の急曲線(曲率R=28～50m)を持つ線形, およびシールド覆工セグメントに二次覆工省略型, を設計条件とするため, コストダウン・省力化・高品質を安定した工程のもとに構築することが要求されていた。

これについて, 管渠に適用する二次覆工省略型セグメントにおいては, 「PC鋼より線」によりボルト締結を不

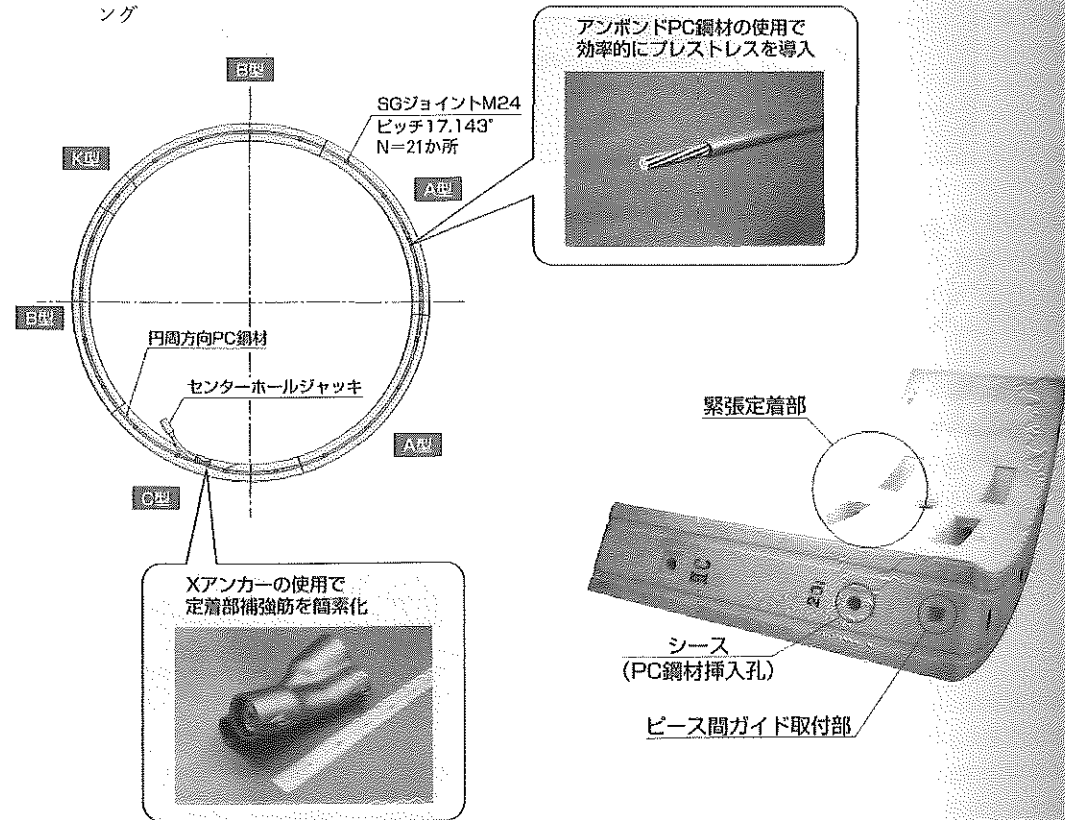


図-5 P&PCセグメント概要図

要とした「P&PCセグメント」を導入した。今回は, 当社における長距離かつ大口径シールドの本格的施工とし, 安定した工程を確保するための各種シールドを中心とした対策(カット面板強化や流体システムの高規格化), 急曲線対策(袋付きセグメントおよび補足クレーショック工法)を実施したうえ, 順調に掘進させた。

P&PCセグメント工法は, コンクリート製のセグメントを1リング組立てた後, PC鋼より線を挿入し, 緊張定着することによって, トンネルの円周方向や縦断方向にプレストレスを導入することを特徴としている(図-5)。摩擦ロスの少ないアンボンドPC鋼より線を使用するため, 1周あたり1か所の緊張で十分なプレストレスを導入し, 緊張側と固定側の定着体が一体となった, 鋳鉄製一体型定着体(Xアンカー)をセグメントに埋め込んで使用することにより, セグメントの配筋が簡素化でき, 作業性も向上できた(写真-1, 2, 図-6)。

P&PCセグメントの緊張作業には, 自動緊張管理シ

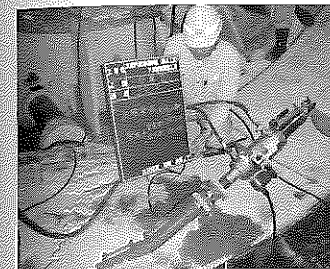


写真-1 P&PC試験緊張状況

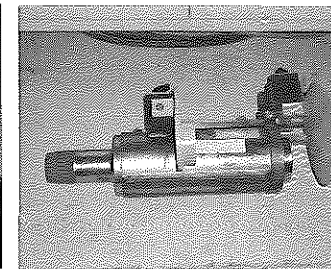


写真-2 500kN緊張ジャッキ

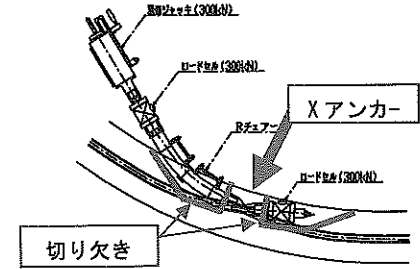


図-6 P&PC緊張図

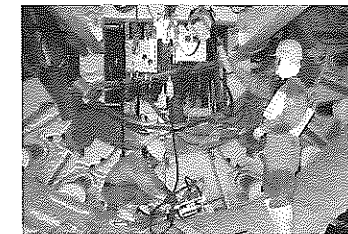
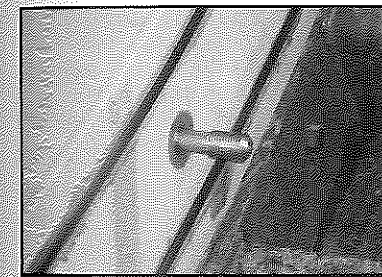


写真-3 自動緊張システム(左: 坑内 右: モニター)

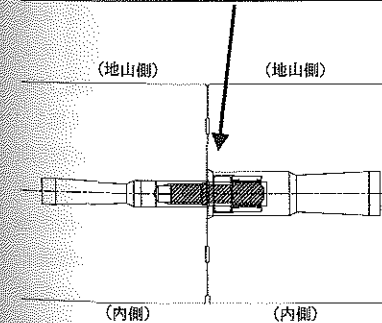


図-7 SGジョイント図

テムを採用した。本システムは, ペンダントスイッチの操作で仮緊張～ジャッキ戻し～本緊張・定着～カット運転の一連の操作を自動制御で行える。同時に, 油圧ジャッキにマグネットでセットした超音波距離センサと油圧配管にセットした油圧センサにより, 緊張ポンプの油圧とジャッキストロークを計測・記録するとともに, 切羽にデジタル表示する。ピース間をPC緊張する一方, リング間にはピン構造の差込み式で締結力を持つSGジョイントで高速化・省力化を図った(図-7)。これらにより組立時間は約20分であった。緊張管理値については, 試験緊張結果より油圧を68MPa, 計算伸び量を99mmとした。組立完了後のPC鋼より線の挿入から緊張までの作業時間は, 2本あたり5分程度であった。P&PCセグメントは緊張管理に留意しながら実施した結果, 目標とする緊張力と伸びの関係を規格値以内に抑えることができた。これらのセグメント組立てによるサイクルの短縮が功を奏し12か月で掘進作業を完了した(写真-3, 図-8～10)。

PC鋼材緊張管理表 7月1日実施日

シフト番号	セグメント種別	PC鋼材種別	PC鋼より線	緊張力(500kN)	緊張長さ(500kN)	実際の伸び(mm)	計算伸び(mm)	①差(%)	管理値(伸び)	備考
628	P&PC-S	G1	CG7605-032	23	121	98	98	-1	99	良
		G2	CG7605-054	28	119	91	99	-8	99	良
630	P&PC-T	G1	CG7605-045	27	124	98	98	-1	99	良
		G2	CG7605-018	31	122	94	98	-4	99	良
640	P&PC-S	G1	CG7605-047	27	125	99	99	-1	99	良
		G2	CG7605-046	26	121	98	99	-1	99	良
641	P&PC-S	G1	CG7605-049	29	120	97	99	-2	99	良
		G2	CG7605-020	39	125	105	99	-6	99	良
642	P&PC-S	G1	CG7605-051	28	120	100	99	1	99	良
		G2	CG7605-052	31	130	99	99	0	99	良
643	P&PC-T	G1	CG7604-015	18	121	102	99	3	99	良
		G2	CG7604-016	24	131	97	99	-2	99	良
644	P&PC-S	G1	CG7604-017	11	116	104	99	5	99	良
		G2	CG7604-019	22	134	108	99	7	99	良
645	P&PC-T	G1	CG7604-018	20	125	105	99	6	99	良
		G2	CG7604-021	27	134	107	99	6	99	良
646	P&PC-S	G1	CG7604-020	19	117	98	99	-1	99	良
		G2	CG7604-022	24	127	103	99	4	99	良
647	P&PC-T	G1	CG7604-023	24	120	98	98	-3	99	良
		G2	CG7604-024	23	126	103	98	4	99	良
G1: 成口側 G2: 閉閉側				許容誤差±10%		平均±32%				

図-8 P&PC緊張管理図(日単位グラフ)

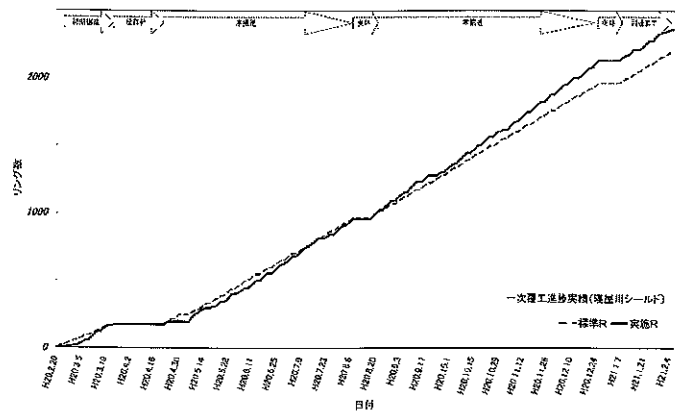


図-9 一次覆工進捗グラフ

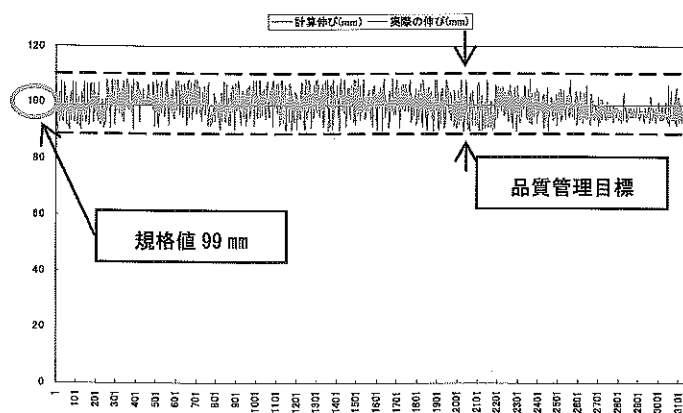


図-10 P&PC緊張管理総括グラフ

4. 泥水式シールド関係(土質対策・防爆設備・急曲線対策)

大阪府道八尾枚方線の道路直下であり、寝屋川、国道163号交差点、府営水道埋設管・門真市下水道埋設管などとの近接施工のため、シールド通過に伴う地盤変状を与えないような各種工法と施工管理を要求されていた。

これについて、洪積粘性土層、砂礫層を中心とした複合地盤に対応するため泥水式シールド工法を採用し、裏込め同時注入設備、シールド掘進管理システムによる安定施工・測量管理・異常監視体制を構築することで近接構造物、地下埋設物、周辺地盤への変状や影響を回避した。

当工区におけるシールドの特徴は以下のとおりである(写真-4、図-11)。

- ① 洪積粘土層および砂礫層に対応可能な多段式強化型先行ビットの採用
- ② 高水圧対応のためカット面板外周部に強化肉盛りの実施
- ③ 耐久性向上のため、駆動系の自動給脂および自動テールグリースの採用

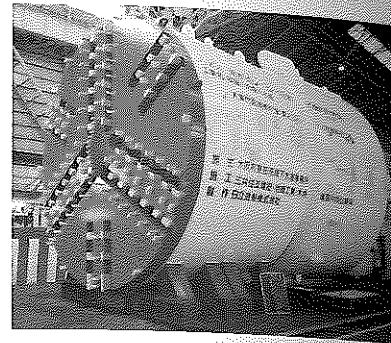


写真-4 泥水式シールド

- ④ 地盤沈下抑制のための同時裏込め注入設備の採用
- ⑤ セグメント組立自動化設備の採用(坑内搬送、エレクター機構、形状保持機構)
- ⑥ 急曲線部の補助工法設備として前胴部に補足注入管設備(クレーショック設備)を設置
- ⑦ シールド前面における障害物など、緊急時地盤確認用のチャンバマンロックを設置
- ⑧ シールド前胴・後胴の急曲線対応最大中折9.5°、最大コピー量200mmの採用

掘進時の推力やカットトルクについて

は、洪積粘土層の区間を掘進することが主体となり安定し、掘進速度は機械設計30mm/min.を、50mm/min.に引上げ常時高速で掘進したことが、掘進サイクルの向上と工程消化に寄与した。

発進立坑は、内径23mの既設ケーソン立坑を引継いだため、門型クレーンは大スパンが必要であった。一方で、府のポンプ場施設内という制約がある発進基地は、比較的狭小であったため、泥水処理設備などのプラントは階層構造とし配管なども最短ルートを探索し有効利用を図った。大掛かりな泥水設備を一元管理し、メンテナンスなどの効率化を図るため、中央制御における流体システムを導入した。泥水処理設備の高度化(ポンプ設備能力向上、一次処理、二次処理、各システムの導入)を実施し、中央制御におけるシステムの自動連動化・遠隔操作化により少人数で対応可能とした(写真-5)。

シールド路線の磁気探査で地中障害物が確認されたため、縦断線形を変更した。これにより発進坑口は坑底まで9.3m深度を下げ、ケーソン躯体をコアボーリングで削孔して発進させた。流体設備は、設計変更による土かぶりの増加により、設備の高耐圧化が必要となるととも

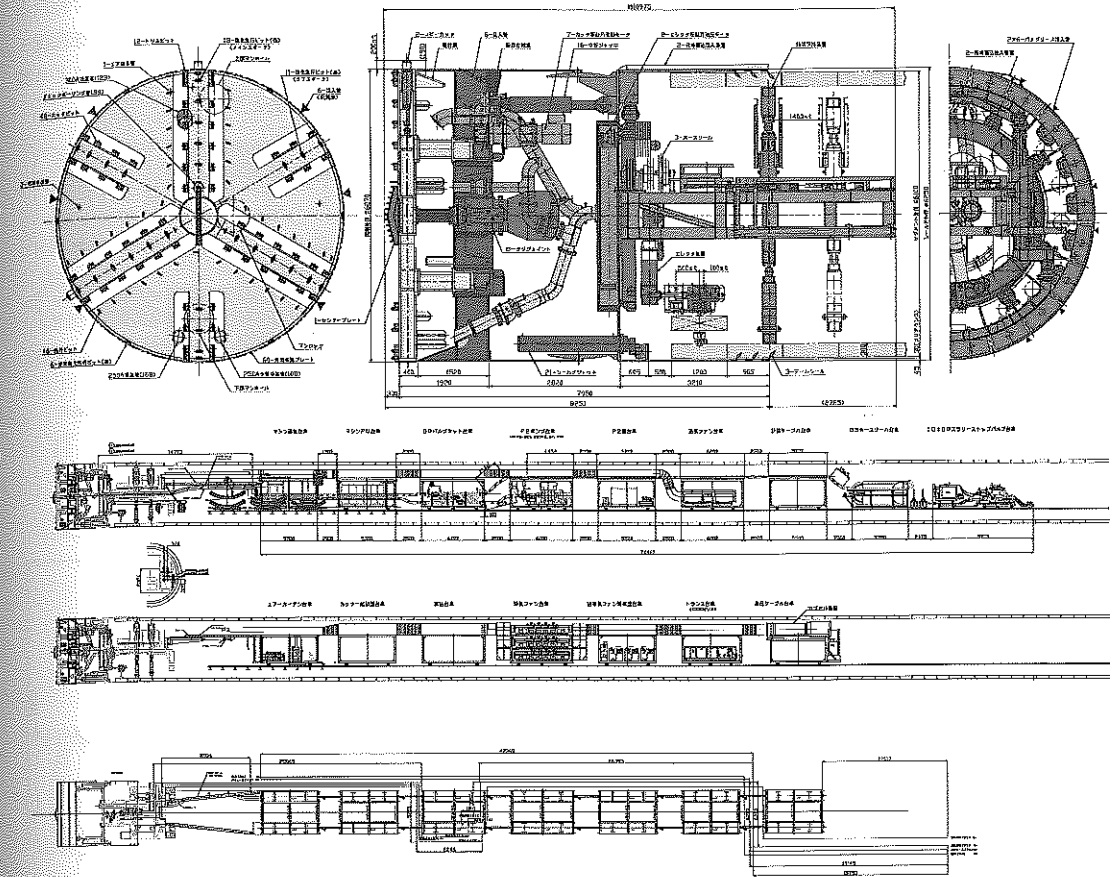


図-11 シールドおよび後方設備図

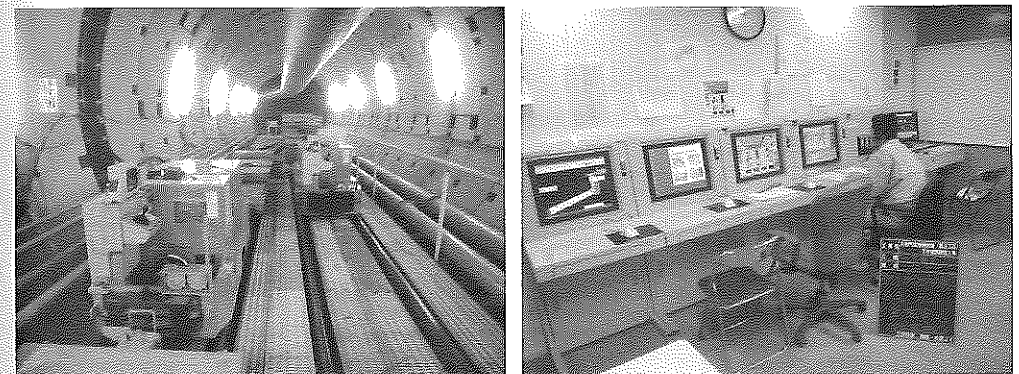


写真-5 左：坑内軌条複雑化 右：掘進システム省力化

に、長距離掘進による磨耗などでのメンテナンスのロス を低減するため、排泥管の肉厚化とポンプシール材の高耐久化を図った。

本掘進においては、掘進速度の向上とセグメント組立時間の短縮により、サイクルを好転させて1日あたり最高14リング(16.8m)の進捗を維持できた。実際には、サイクル上はさらに1日あたり2~4リング程度の進捗の

上積みは可能な状況であったが、発生土処理が昼のみという制約により、設計土砂ピットの容量をタンクの増設で補ったうえでもクリティカルとなったため、メンテナンスなどに余裕時間をまわし機械トラブルの回避に努めた。

シールド掘進が1kmの中間点を越えた時点での、各所における機器、流体設備の故障や不良箇所の早期発見

および対応により、停止期間を最小限にとどめることや、設計基準および限界値について現場の実条件が合致しているか洗い出しが必要である。今回は、縦断線形変更により、結果として、設備の高規格化で進捗を低下させることなく施工を完了できた。シールドのビット摩耗量については、洪積粘土層が卓越しており、ビットの摩耗量に影響を与える砂礫層が、比較的少なかったため、15mmの予測に対して、2mm程度で収まった。また、掘進途中の急曲線部でのシールドの2.7°のローリングなどが発生したが、修正を早期に実施したため、以後影響を回避した。

5. 先行シールドへの到達地中接合

シールド地中到達では、道路直下に地中停止されている先行シールド(外径φ4,740mm)に到達させ、地中鏡切

りによって貫通し管接合させる際、図-12に示す制約条件(道路占用許可・土質・先行シールド・埋設物状況・土中メタンガス発生危険性)のため、設計変更により凍地中接合防護工を凍結工法とする理由

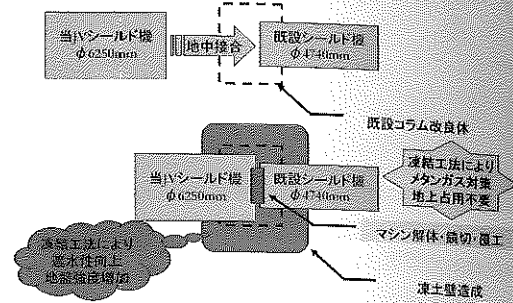


図-12 凍結工法概要図

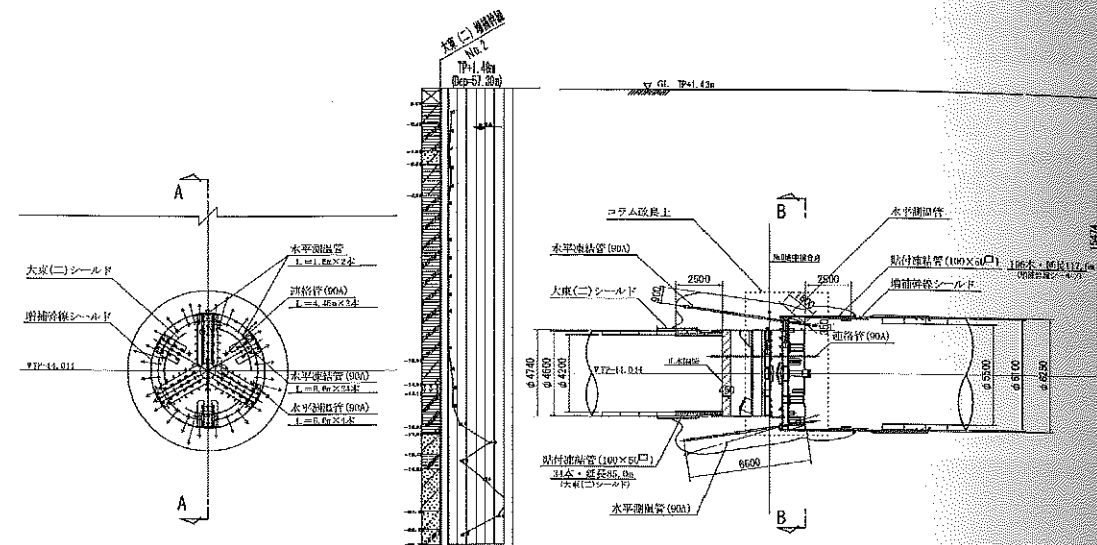


図-13 到達地盤改良凍結工施工図

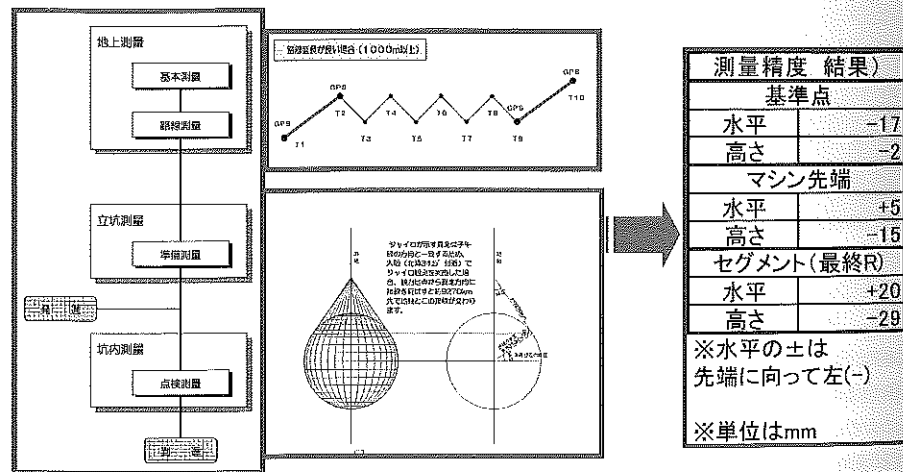


図-14 到達測量精度向上説明図および測量結果

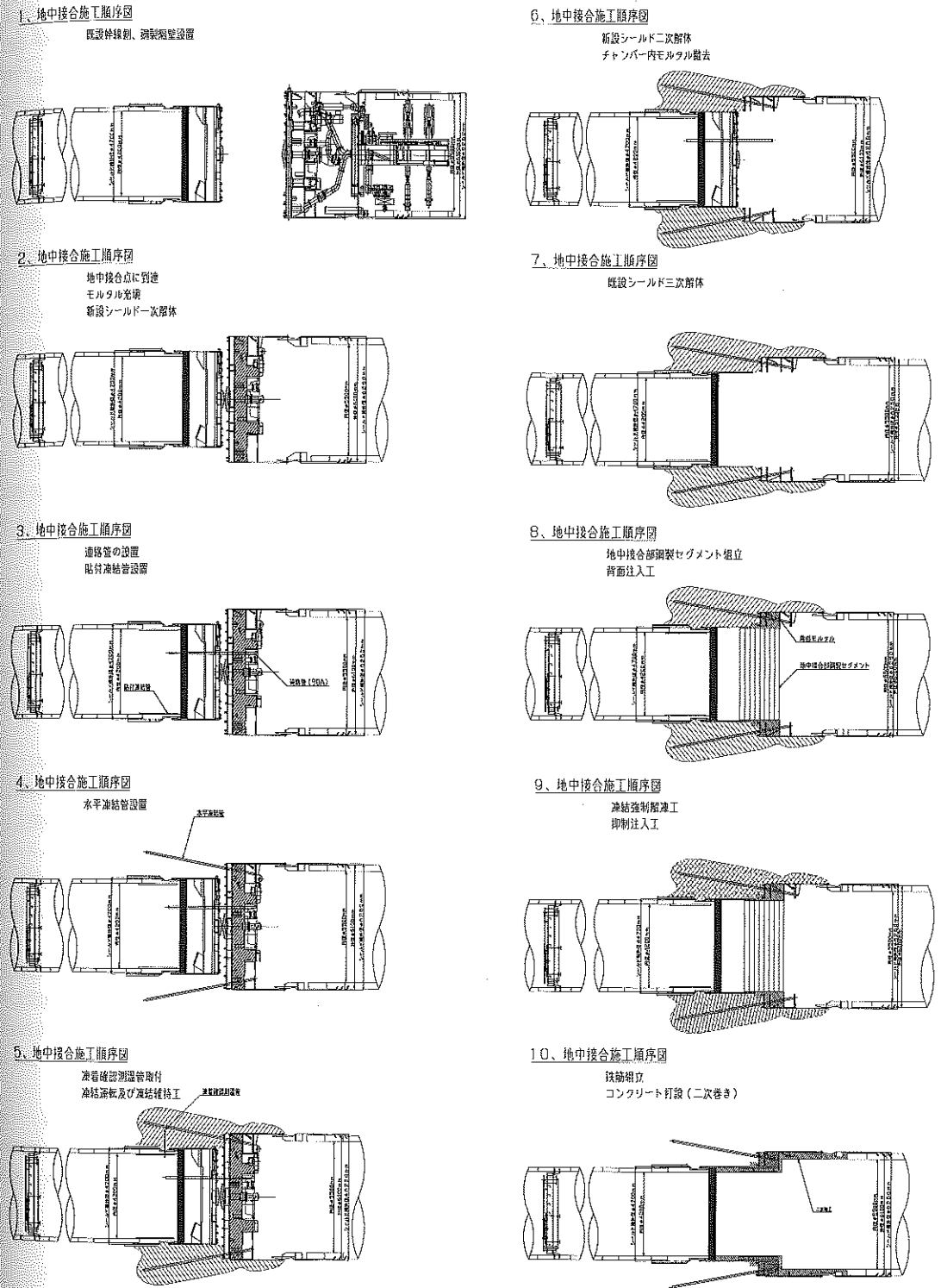


図-15 到達地中接合手順図

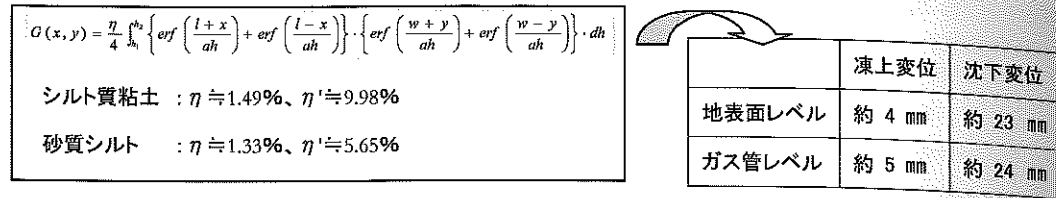


図-16 凍上・沈下推定式および凍上沈下量解析結果(補足注入なし)

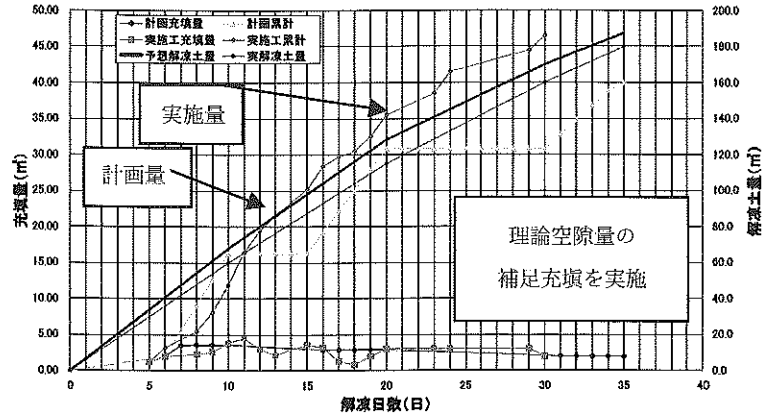


図-17 凍結地盤変状対策重点実績

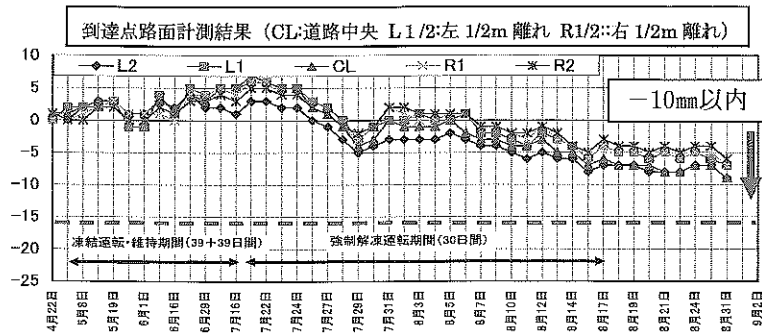


図-18 到達部地盤変状監視記録

結工法を採用した(図-13)。

凍結工法に際し、課題となったのは、①埋設された先行シールド(外径φ4,740mm)に対し地中で中心同士を正対接させるためGPSを含めた高度測量により坑内ダボや基準点のチェックを入念に行うこと、②土中のメタンガス対策および地上道路占用作業の省略化を実現するため凍結地盤改良工法を含めた地中到達から鏡切までの一連の工事をシールド内から一切行う施工方法を考案すること、であった。

これらの課題に対して以下のような対策を講じた。

(1) 到達測量精度向上

坑内測量基準点やダボ点の点検は、測量誤差が1秒である高精度のジャイロ機器によりGPSにより導入した確定座標に入線し、工事の進捗に合わせ、全線において

造成を行う。

水平凍結管は、施工性から口元ピッチ0.7m、設計角度約8度で24本(先端ピッチは0.95mとなる)を埋設したときの平均ピッチは0.9mとなり、管列の片側に0.9mの凍土を造成することで、熱的安定性を確保するとともに必要凍土厚も満足した。

なお、造成した凍土と増補幹線、大東(二)の両シールド躯体との凍着を強化するために、各シールド躯体内面には貼付凍結管を設置し、プラント機材はシールド後方設備を中心とし坑内にレイアウトを行った。

地盤改良の凍結出来形も良好で、土中温度を0℃以下で保持、造成から49日をかけて順調に形成された。

凍結工法では、土中の水分の体積変化による凍上、沈下が起こりやすい、今回はとくに、図-16による関係式

により、推定値として地表面に最大23mm程度影響をうける解析結果がでたので、変状の原因となる理論空隙量(図-17)にセメントベントナイトによる薬液補足注入を機内から実施し周辺への影響は図-18のように最大10mm程度に収束した。

シールド一次覆工が完了した平成21年2月以降は到達鏡切りのための地盤改良工事に着手し、所定の計画日数で各工程を消化し、平成21年8月に一連の到達工事を完了させた。また、地盤改良の凍結出来形も良好で、周辺への影響も予測以下に収束した。

実施し、距離補正や期待値補正によって到達直前まで確認作業を8回実施、基準点の精度向上に努めた。

その結果、シールドの地中到達においても表記の精度を確保できた(図-14)。

(2) 到達地盤改良凍結工法を完全機内施工で計画

機内施工を計画するにあたり、シールド到達後のシールド設備の解体工事、鋼殻内覆工を含めた貫通手順を作成した。

(1)で述べた測量精度の向上のほか、既設シールドの停止措置現況(カッタが存置されチャンバをRC隔壁までモルタル閉塞)を考慮して、図-15にある一連の作業手順を策定した。

凍結管配列と造成凍土厚については、凍土厚を確保するために、施工上の条件や施工性を考慮し、増補幹線シールド内よりバルクヘッドからカッタフェイスを貫通させる放射状の水平凍結管により凍土

6. おわりに

シールド掘進は順調に推移し、後工程作業も無事完了、技術的に困難な要素を多く含みながら、課題を克服した。また、平成21年11月には、発注者を含めた関係者の家族見学会も掘進工程中に実施しコミュニケーションの構築を図ることができた。大型シールド工事において、P&PCセグメントにより6m超の口径で長距離延長施工を実現できたことは、意義深いと考え、関係各位のご支援・ご協力に感謝の意を表したい。

2月号予告[2月1日発売予定]

- 地質不良区間の山岳トンネルの地震被害と対策工の効果
- 東北中央自動車道 大笹生トンネル
- 京王電鉄調布駅付近連続立体交差事業
- 東京都下水道 東大島幹線および南大島幹線【連載講座】
- トンネル保守管理における記録とその活用(最終回)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

新年あけましておめでとうございます。

昨年末は日本の国境の問題がゆれました。もともと脳がつくりだした仮想の境界のことですので、力によらずとも人智をつくした解決がなされることを期待します。

国の境界の問題はさておき、個人的に気になる境界問題があります。クマの人間の生活域への侵入とそれともなう捕殺です。今年度は目撃、人身被害が多く、捕殺は10月末で2千7百頭にのぼります。ちなみに、生息数はヒグマとツキノワグマをあわせて約1万5千頭とされているので、生息数の1/5ていどが捕殺された計算です。山とまちの境で発見された場合は、山へ追い返すこともできるそうですが、人里に下りてしまったクマはやむなく殺されることが多いそうです。

近年クマの人里への出没は増加傾向にあり、要因のひとつとして狩猟者の減少があげられています。かつては狩猟民により、自然=野生と、私たちの住むカルチベイトされた空間との境界がまもられることで、自然=野生の文明域への野放図な侵入を防いでいたということなのでしょう。

昨今、自然の保護が叫ばれますが、そのためには野生の文明域への侵入を防ぐことが必要なのだと気づかされます。この境界をまもる仕事には、堤防、ダムをはじめ、土木が担っているものが多くあります。今年度の「仕分け」でもスーパー堤防など自然の脅威を軽視し、短期的な成果を重んじる評価がありました。ひとりのクマ好きとしては、自然と共存するためこそ、自然を恐れ/畏れるとともに、境界をしっかりとまもっていくことがたいせつなのではと思う次第です。

(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。

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

トンネルと地下

第42巻 第1号 (通巻485号)

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成22年12月20日 印刷

平成23年1月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

<http://www.japan-tunnel.org>

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

<http://www.tunnel.ne.jp>

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)
(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

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

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

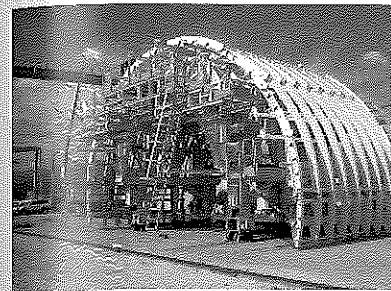
トンネル 二次覆工用型枠 総合メーカー

一步前進!

~限りない未来への挑戦~



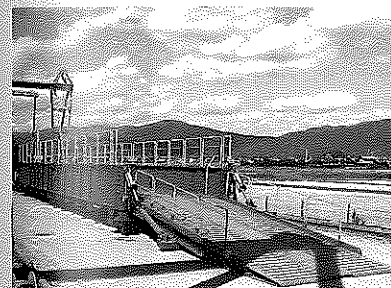
大栄工機株式会社



スライドセントル



作業台車



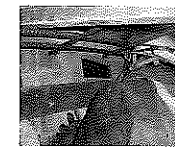
移動栈橋



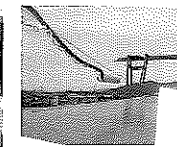
NETIS登録番号 CB-090003-A
EPSパネル養生



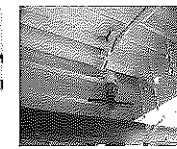
スチールフォーム(中流動コンクリート対応型)



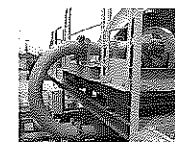
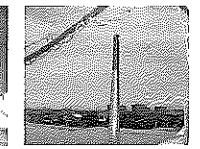
MC矢板



天端引抜パイププレート



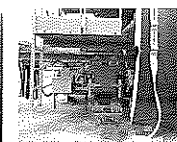
エアークラスメタル



配管切替装置



剥離材塗布装置付自動ケレン機



クラック防止センサー

ご用命は下記まで

〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地

TEL: 0749-64-0246 FAX: 0749-63-6765

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

E-mail: daiei-co@minos.ocn.ne.jp

※詳しくは、弊社ホームページをご覧ください

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。



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500円+税 B5判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円+税 A5判

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



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200円+税 A5判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500円+税 B5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757円+税 B5判

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573円+税 B5判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判

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



推進工法の理論と実際

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

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660円+税 B5判

シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範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。



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円+税 A5判

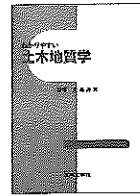
海洋の石油・天然ガス・石炭などのエネルギー資源と、マンガンノジュールの鉱物資源、また、海洋エネルギーなどの開発と利用についてまとめた。



わかりやすい土质地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

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



地下水の科学 I～III(全3巻)

R.A.ドミニコ・R.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

岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円+税 A5判

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



セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000円+税 B5判

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



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

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。

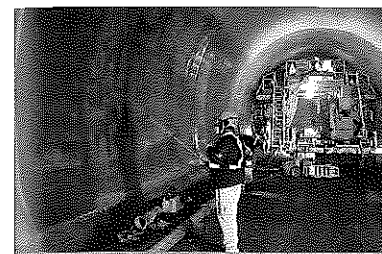
《主要目次》

- 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



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

コンクリート打設前設・耐アルカリ性ガラス繊維ネット
ハイパーネット60

NETIS登録番号 SK-080003-A

コンクリート混入・コンクリート用膨張材
ハイパーエクспан

NETIS登録番号 QS-020033-V

コンクリート収縮抑制

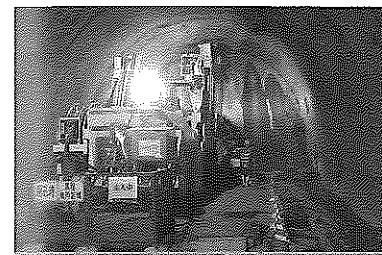
補強効果によるひび割れ幅低減

養生効果

硬化後塗布・塗布型高性能収縮低減剤

クラックセイバー

NETIS登録番号 SK-080001-A



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 高機能建材営業部

〒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