

トンネルと地下 5

vol. 42
no. 5
2011

Tunnels and Underground

河床下5mを山岳工法で通過
地下鉄函体の直上70cmに道路トンネルを開削で施工
六叉路交差点直下の地下鉄下にPC-ボックス通路を建設
伊勢湾13.3kmを平均月進600m以上で掘進し地中接合
大断面シールドと分岐・合流部の各種切開き工法の概要
小土かぶり未固結地山における事前地山改良工の有効性と課題

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
初期強度発現がハッゲン
《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

覆工コンクリート
ひび割れ抑制・耐久性向上
コンクリート用膨張材
デンカパワーCSA
有機無機複合型被膜養生剤
デンカクラッコフ
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06619-5



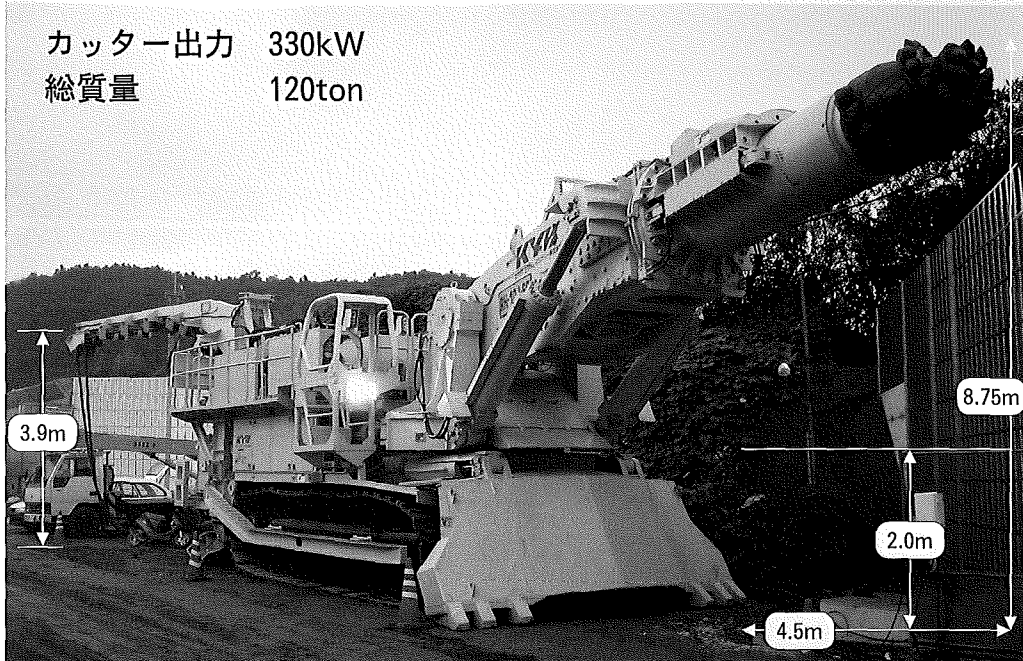
4910066190514
01500



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16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

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

大阪支店 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号TEK第二ビル TEL 06-6387-3371

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

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

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO 240

イーダスコ・ニーヨンマル

大風量2,400m³/minでも
ファン動力はわずか30kW

NETIS

公共工事等における新技術活用システム
登録番号: TH-100024-A



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。

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。

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。

大風量と省エネを同時に実現

処理風量は20%増えたのにっそう省エネ。
安定した処理風量でCO₂削減を実現する
エコ製品です。

仕様	e-DUSCO240
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	10t
電源仕様	3相3線400V58kVA
ファン動力	30kW
消費電力	33kW
洗浄水	2.4m ³ /回
捕集タストの処理	湿式
集じん効率※2	95%以上

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

古河機械金属グループ
古河産機システムズ株式会社

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

本社
〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
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

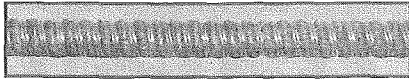
— NATM を支える —

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



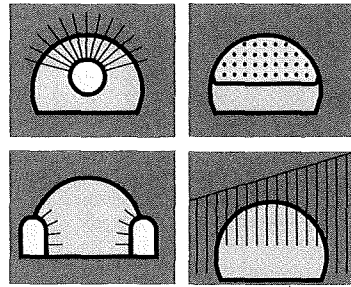
(中実タイプ)

CGR32

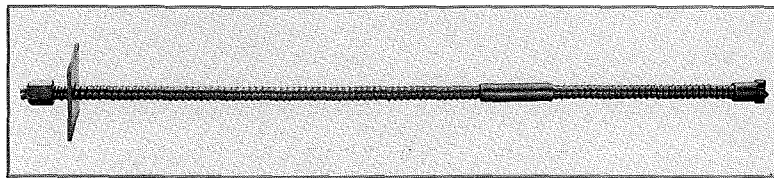


(中空タイプ)

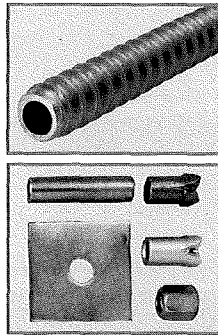
FRP ボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、カプラー接続が簡単にできます。



自穿孔 IBO アンカー

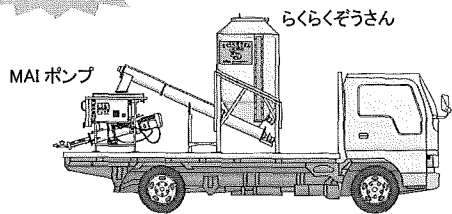


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

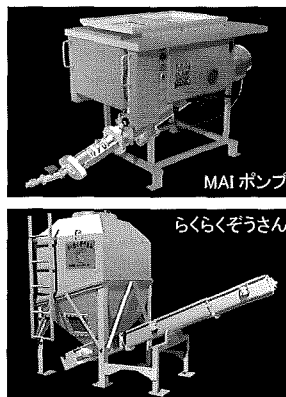


MAI ポンプ & らくらくぞうさん (モルタル投入システム)

ECO システム!



現場ゼロエミッションに貢献します。



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

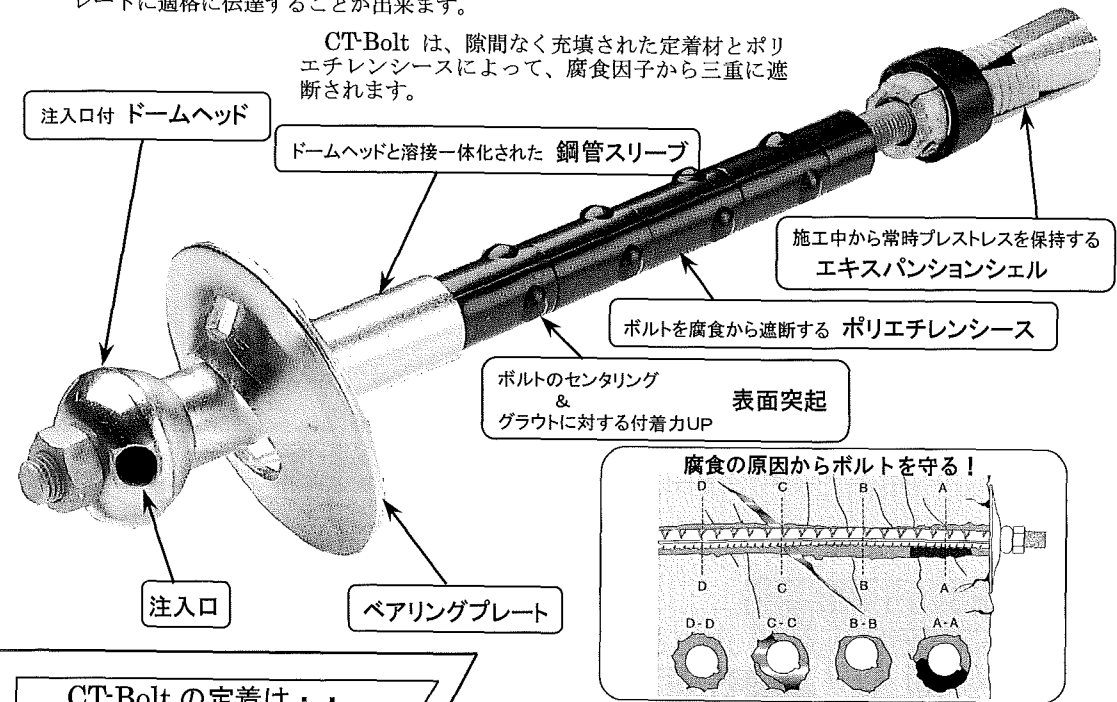
CT-Bolt

Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

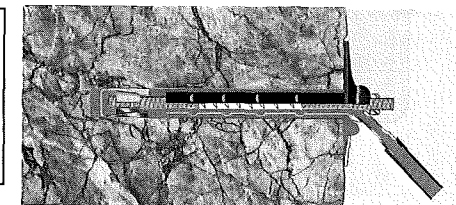
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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



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

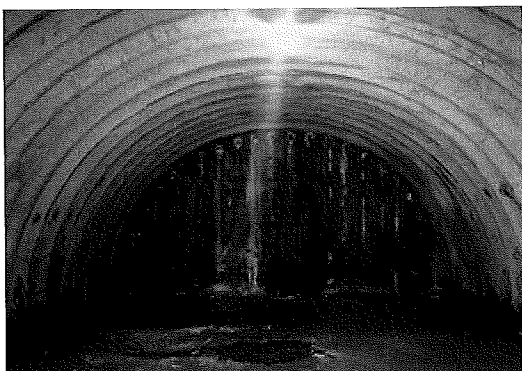
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒135-8073 東京都江東区青海2丁目4番32号タイム24ビル

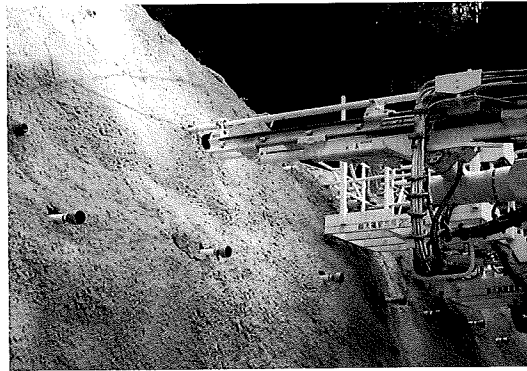
お問い合わせ先 TEL: 03-3570-5182
技術部 FAX: 03-3570-5191

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

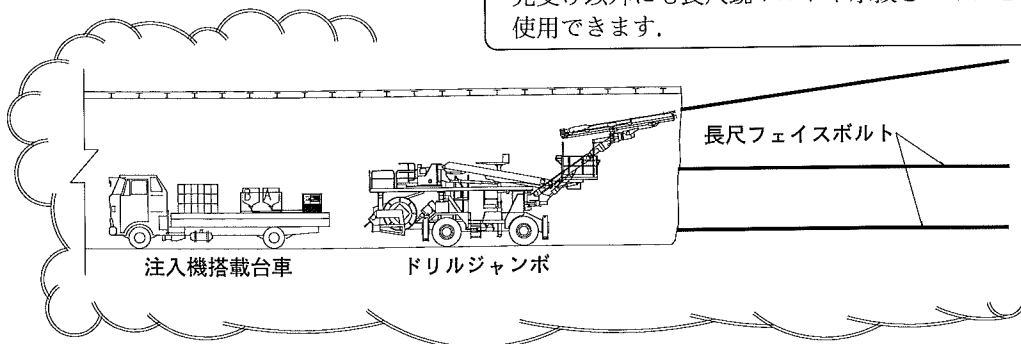
プロトタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

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！

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。



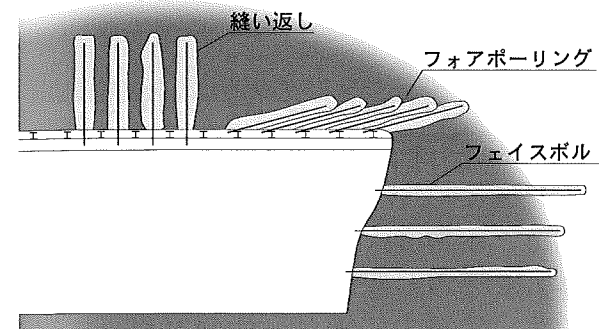
注入材のバリエーション

- 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

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 ◆

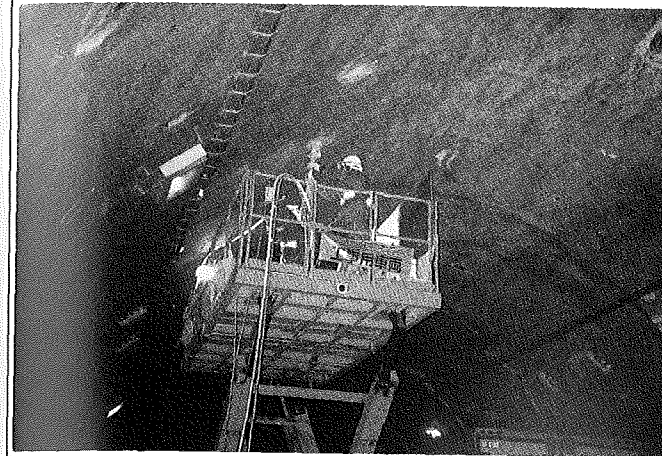


株式会社 **マニール**

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

硬質発泡ウレタン セツフォーム工法

急結性・高性能空隙充填材

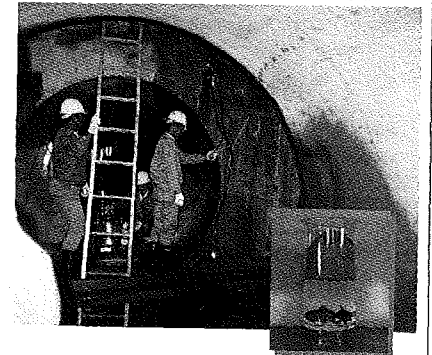


- シールドにおける滞水層, 軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入(即時地盤反力の効果)
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め(止水, 裏込め後の即時掘削可能)

漏水を瞬時にストップ!

SF-A工法

長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



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

ケミカルフォーム協会会員

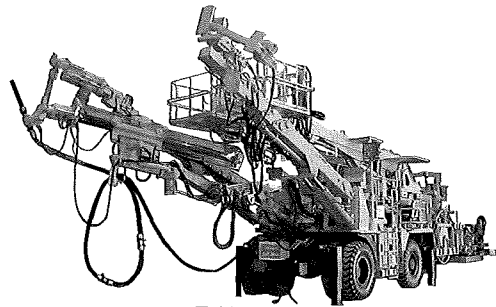
アルス株式会社	〒950-0944 新潟市中央区愛宕 1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032 埼玉県川口市中青木 2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジニアリング株式会社	〒135-0047 東京都江東区富岡 1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3-6-2 小津本館ビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共和	〒462-0832 名古屋市北区生駒町 7-148-1	TEL 052-911-3984
四国リニューアル株式会社	〒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 ペリエ池袋	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

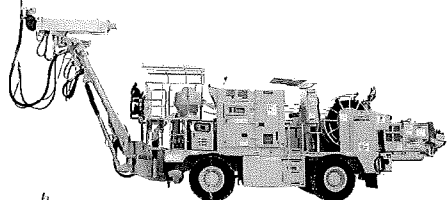
〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 3-6-2 小津本館ビル
MC山三ポリマーズ(株)内 TEL 03-3662-0253

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

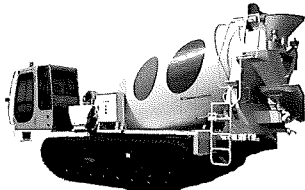
山岳トンネル施工機械、鉱山・採石機械の総合レンタル企業



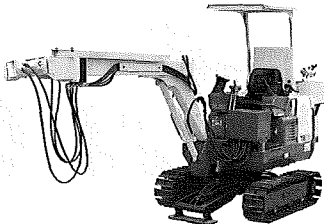
EJS
第3次トンネル工事用排出ガス対策型



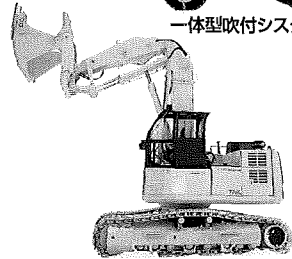
一体型吹付システム



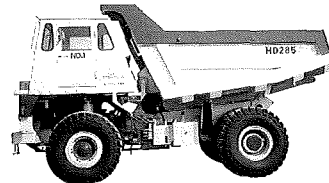
ゴムクローラ式ミキサー車



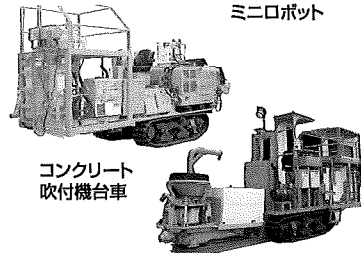
ミニロボット



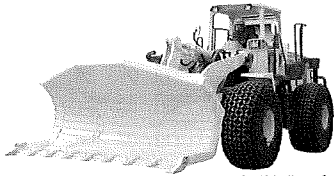
油圧ローディングショベル



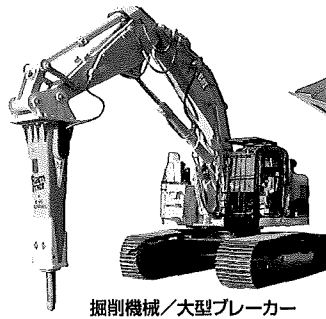
ダンプトラック



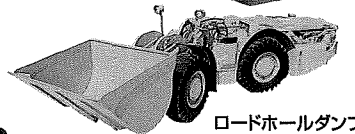
コンクリート吹付機台車



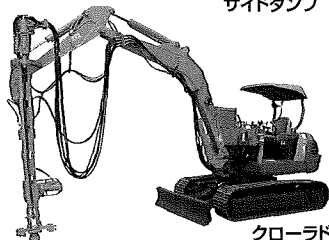
サイドダンプ



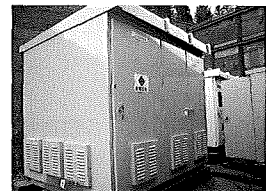
掘削機械 / 大型ブレイカー



ロードホールダンプ



クローラドリル



フリッカ対策機 (インバータ方式:SVG)

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/>

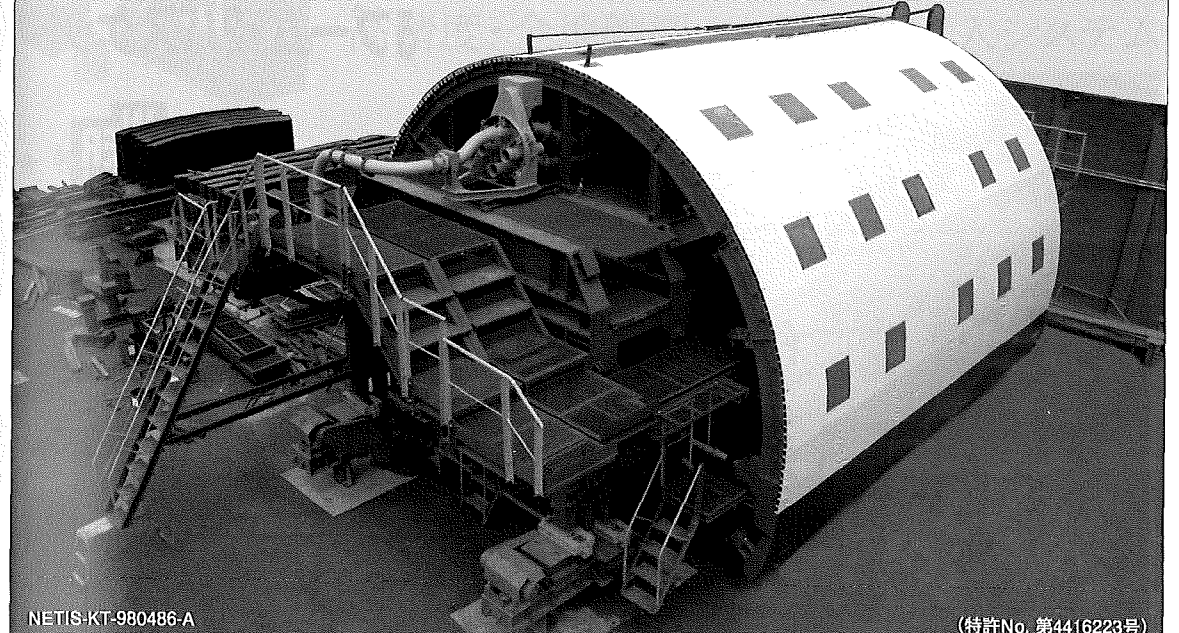
■ 本社管理本部・技術開発本部 〒567-0853 大阪府茨木市宮島3-2-18 TEL 072-634-3939
 ■ 営業推進本部 〒141-0022 東京都品川区東五反田4-5-3サコスビル7F TEL 03-3280-3661

■ 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 長野県東御市称津字元会下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

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]

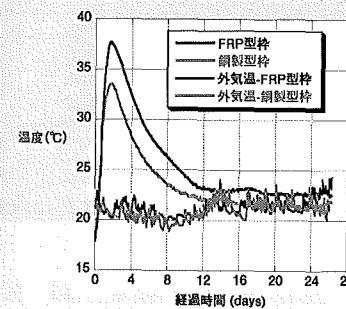


NETIS-KT-980486-A

(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、駒ヶ丘 古江トンネル南にて測定]



◎3~4℃の保温効果により、コンクリート強度が15~20%向上

■ 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 ²	3.66×10 ⁴	5.39×10 ⁴
熱伝導率	W/(m・k)	0.30	46.5
線膨張率	1/℃	1.0×10 ⁻⁵	1.1×10 ⁻⁵
光線透過率	%	2.2	0

特徴

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

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

※九州営業所は下記の住所に移転しました。

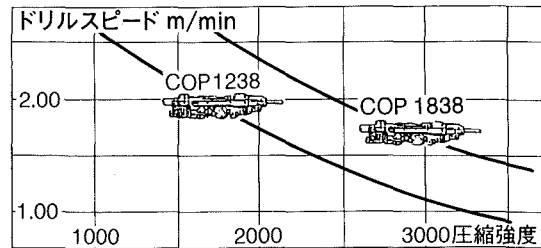
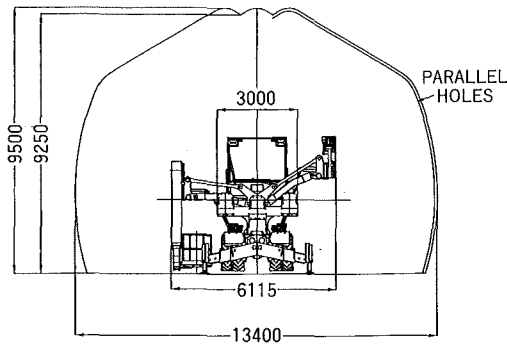
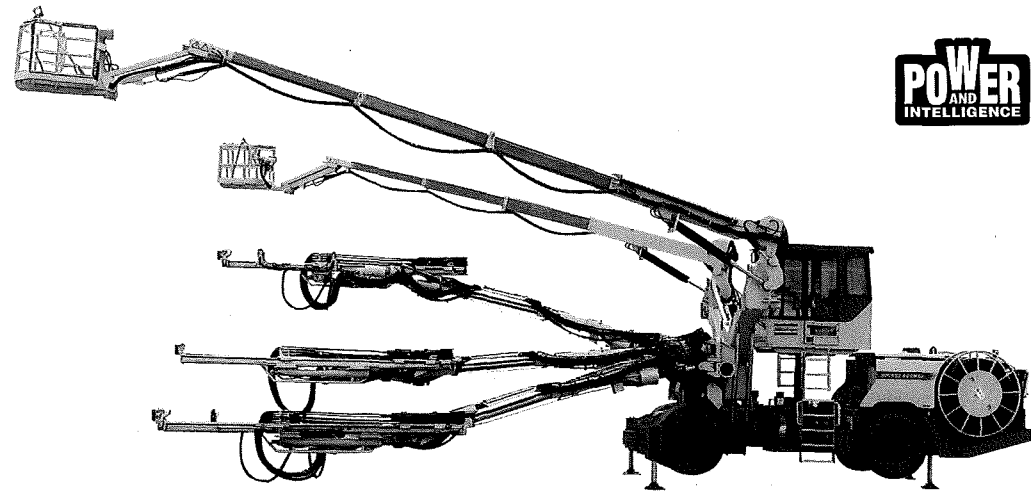
■ 本社 〒553-0006 大阪市福島区吉野1-20-30 阪神野田駅前ビル TEL:06-6443-7060
 ■ 九州営業所 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前2丁目20番1号 TEL:092-409-8008
 ■ 指定工場 〒919-0441 福井県坂井市春江町定重(森本工業) TEL:0776-51-2410

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

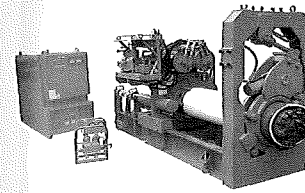


ドリルマシン株式会社

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植原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

THパイプルーフ工法

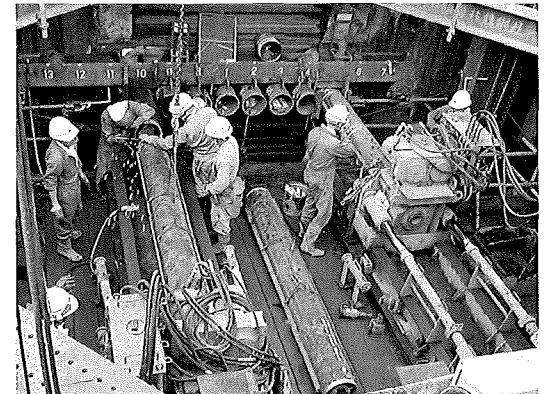


空間を確実に確保

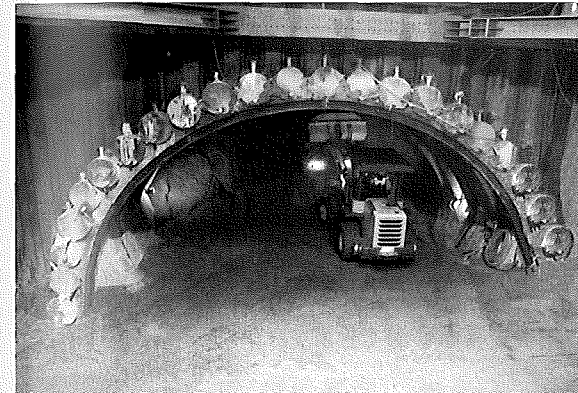
高精度・全地盤型 水平鋼管圧入システム

★特徴★

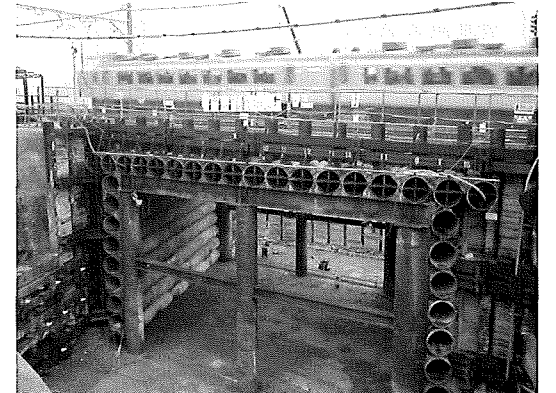
- ・本体掘削時の沈下抑制補助工法です
- ・常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用 (精度が良いため支保作業が容易)
- ・オーガ中掘り掘削、地山との空隙に同時注入も可能
- ・推進途中でのビットの交換が可能で地層変化に対応
- ・適応管径は、φ200A~φ1200A
- ・最大推進長は、約70~100m
- ・推進機は、推力 1000kN(100t) 2000kN(200t) 3000kN(300t)



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
 (株) 東洋地工 福井県 TEL 0776-53-5335
 (株) 日特建設 東京都 TEL 03-3542-9299
 (株) ケミカルグラウト 東京都 TEL 03-5575-0511
 (株) 最上機工 山形県 TEL 0233-23-1555
 (株) サン開発工事 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

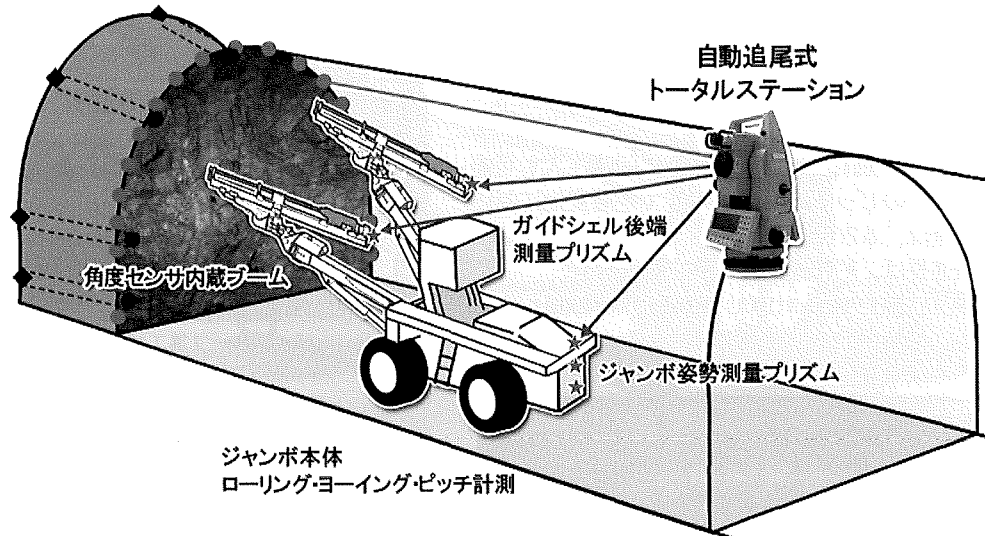


NETIS登録番号:KK-10049-A

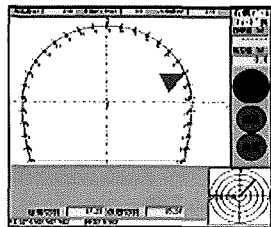
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

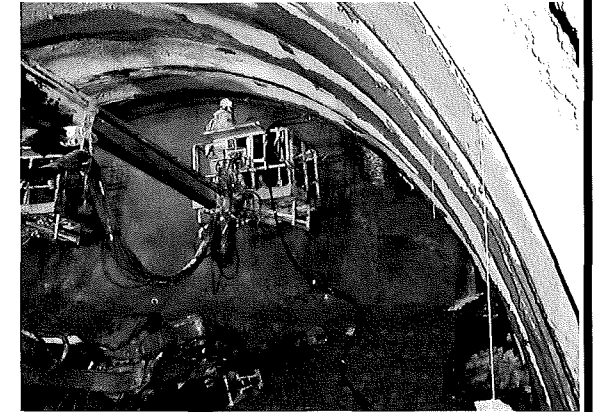
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

TEL:03-3231-6966 FAX:03-3231-6993

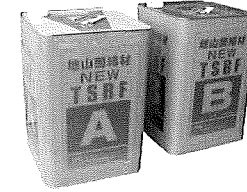
補助工法・注入材のことならティーエムシー

■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。



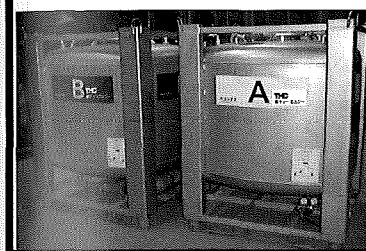
- ### ■各種注入材
- NEW-TSRF (シリカレジン)
 - NEW-TBU (ウレタン)



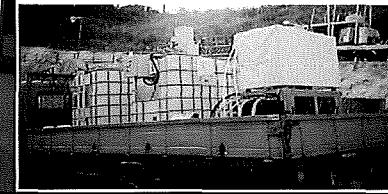
※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧ください。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム

NETIS登録番号 : KK-10048-A (2011/1登録)



◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景

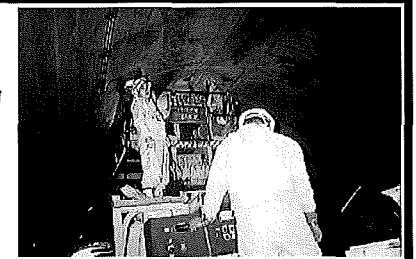
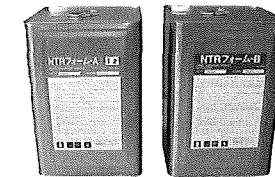


当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

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)
- ※その他の倍率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
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
名古屋営業所	〒486-0844 愛知県小牧市大字下末1648-10	TEL:0568-65-7745
九州営業所	〒839-0809 福岡県久留米市東合川3-12-40 アイ・ソリューションビル1F	TEL:0942-40-8151
小牧物流センター	〒485-0825 愛知県小牧市大字下末1636-9	TEL:0568-44-7786

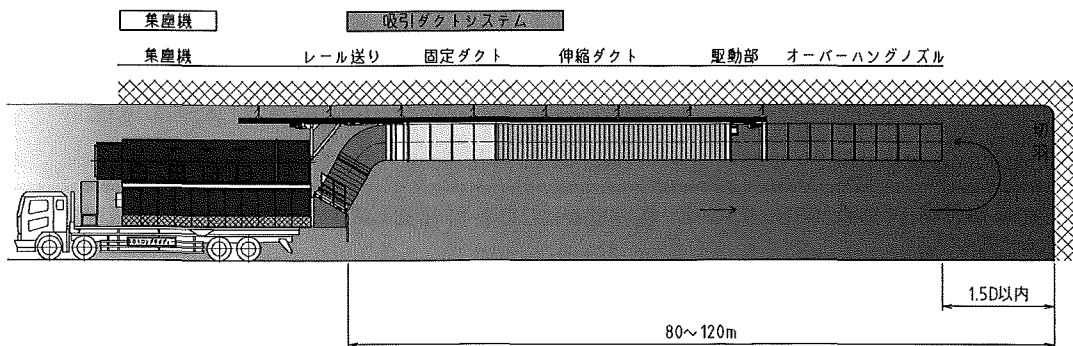
時代は吸引捕集方式へ

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



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

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おります。

申込方法

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

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

無料お試し購読キャンペーン
実施中!! (4月20日迄)

この機会にぜひ、「月刊推進技術」をお手に
とってください。お申し込みは右の
QRコードまたは本誌ホームページから



月刊推進技術 編集室

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

〒135-0046 東京都江東区牡丹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@lswb.co.jp

推進工事技士試験 過去9年間(平成14~22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(社)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年度版発売中!!

1. 内容の特長

- 過去9年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

2. 価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

ご購入ご希望の方は、郵便局備え付けの払込取扱票に①「通信欄」に購入したい年度と冊数②「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社(団体)名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。

これらのことをインターネットでご案内しています。

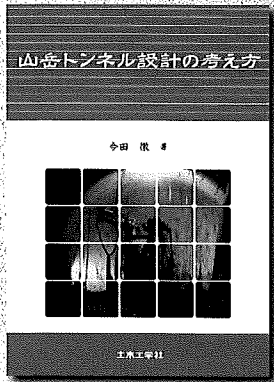
株式会社 LSプランニング

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

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

新刊案内

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

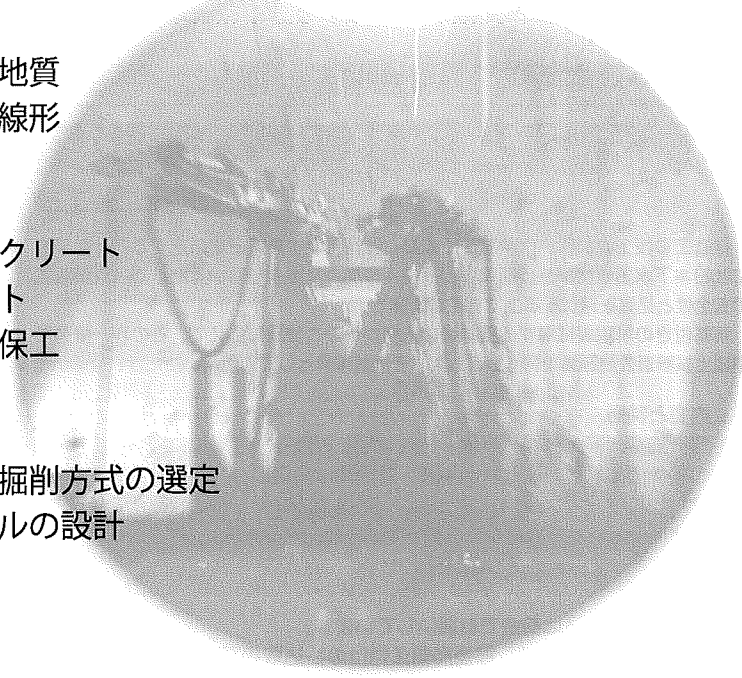


B5判 183頁 上製本 定価3200円+税

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関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

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで!
振動や騒音の環境問題を詳述!!

山岳トンネルといえば、何を思い出すであろうか。「貫通発破」を思い出す方が多いのでは。発破の響きとともに岩が壊れ、外の光が差し込み、風が流れる。この感動は昔も今もトンネル関係者にとって普遍である。しかし、意外にも発破技術について詳しい人は少ないのが現状である。近年、機械の性能の向上に伴い、TBMを含めた機械掘削は増加の傾向にあるが、硬岩掘削は効率の良さから従来と変わらず発破が多用されており、発破技術はトンネル技術者にとって基本事項である。また、発破も時代とともに進歩しており、火薬類はダイナマイトから含水爆薬が主流となり、電気雷管も耐静電気性のもとなり安全性は格段に向上している。また、起爆を高精度に制御できるIC雷管も登場し、振動の軽減を図るための制御発破技術も一段と進歩している。さらに、近年のトンネル作業の効率向上と安全環境の確保の面から、発破の機械化、自動化が進められている。削岩機においては、自動的に位置を決めて穿孔するコンピュータジャンボも開発されている。また、2004年3月には火薬取締法施行規則の改正により、含水爆薬に関して移動式製造設備で火薬類を製造しながら装薬ができるようになり、爆薬の機械装填についても準拠できる基準が示された。これにより、含水爆薬の自動装填技術の取り組みも積極的になされている。

本書は、「トンネルと地下」に連載した「発破技術の現状」に若干の加筆、整理をして書籍化したものである。本書は、若いトンネル技術者にも発破技術が理解できるように、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るとともに、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説明している。これだけまとまった発破技術の書籍が少ないため、ぜひ、多くの技術者に参考書として手元において愛読していただきたい。

〈主要目次〉

- 第1章 現状と展望, 第2章 火薬類の基礎知識, 第3章 発破技術の基本,
- 第4章 新しい発破技術, 第5章 発破と環境問題, 資料

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

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地下莖シールド工法、⑧T-BOSS工法、⑨球体シールド工法、⑩上向きシールド工法、⑪MMST工法、⑫拡大シールド工法、⑬偏心多軸(DPLEX)シールド工法、⑭ワギング・カット・シールド工法、⑮自由断面シールド工法、⑯OHM工法、⑰H&Vシールド工法、⑱単円～三連型駅シールド工法、⑲MFシールド工法、⑳DOT工法、㉑MSD工法、㉒親子シールド工法、㉓拡径シールド工法、㉔DSR工法、㉕泥土加圧シールド工法、㉖ケミカル・プラグ・シールド工法、㉗気泡シールド工法、㉘コンパクトシールド工法、㉙既設シールド撤去工法

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

【好評発売中】

セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 送料 290円

いわゆるバブルがはじけたここ数年、コスト削減はすべてに優先する至上命題となっており、シールド工事もその例外ではない。シールド工事の直接費に占めるセグメント費の割合は約4割程度と言われているが、シールド工事費の削減のためにはセグメントの製造コストの削減は避けて通ることのできない課題の一つとなってきている。

このような状況を受けてここ10年ほどの間に、急激にいろいろなセグメントが提案され実用化された。

これらのセグメントのうちにはよく似たものも多く、名称もバラエティに富み、その特徴や適用範囲などが明確でないため混乱が起きている例もある。

このため「トンネルと地下」の編集委員会では過去10年間に開発され、実用化されたセグメントを中心に開発中のものも含めてアンケート調査を実施し、また、土木学会の年次学術講演会における発表状況も参考にして34件のセグメントを抽出し、「セグメントの新技术」の連載講座を設けてこれらのセグメントを順次紹介した。セグメントの名称、特徴、開発目的、適用範囲などは同じフォーマットで掲載され、また、最終回では、そこで紹介されたセグメントを整理分類し、新しいセグメントの開発の動向や今後の展望を総括した。

本書はこの連載講座をもとに新たに「セグメントの新技术」編纂委員会を作り、個々のセグメントに加筆、修正を加え、より充実した内容にまとめたものである。

〈セグメントの新技术〉

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. 薄型化・高強度セグメント | 18. シンプロセグメント |
| 2. サンドイッチ型合成セグメント | 19. WBセグメント |
| 3. 矩形トンネル用合成セグメント | 20. リングロックセグメント |
| 4. NMセグメント | 21. KLセグメント |
| 5. 二次覆工省略型ダクトイルセグメント | 22. コーンコネクターセグメント |
| 6. リングシールド工法用セグメント | 23. FRP-Key継手 |
| 7. コンクリート中詰め鋼製セグメント | 24. ほぞ付きセグメント |
| 8. DNAシールド | 25. HOTセグメント |
| 9. ガイドロックセグメント | 26. インサート継手(その1:アーチ形) |
| 10. ウイングセグメント | 27. インサート継手(その2:NF型) |
| 11. ハニカムセグメント | 28. CPIセグメント |
| 12. CONEX-SYSTEM | 29. PPCセグメント |
| 13. スパイラルセグメント | 30. FBRセグメント |
| 14. コッター・クイックジョイントセグメント | 31. NRTセグメント |
| 15. ワンパスセグメント | 32. タイドアーチセグメント |
| 16. ASセグメント | 33. 遠心力締めRCセグメント |
| 17. マルチブレード式継手セグメント | 34. 高流動コンクリートセグメント |

株式会社 土木工学社

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

きりーとーりー線

《ご注文票》

セグメントの新技术 _____ 冊 申込みます。

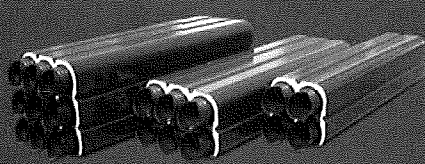
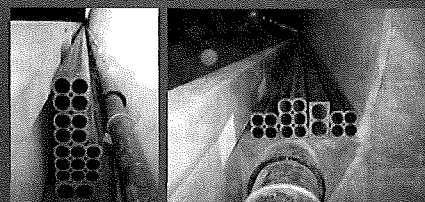
所在地 〒 ()

事業所名 _____

部 課 名 _____

申込者名 _____

⑧



— 特長 —

標準管の長さは65cmの新規格
接続はカップリング方式で
簡単スピーディー

セラダクトA^{エース}ネオ
『不燃材』
neo

万が一のトンネル火災でも
セラダクトAネオは燃える
ことはありません。
「安全・安心」な道路建設に
トンネル内地中埋設管路

 杉江製陶株式会社
<http://www.sugie.co.jp/>

本社・工場 愛知県知多郡武豊町字上山一丁目76番地 TEL(0569)35-2360(代) FAX(0569)35-4087 〒470-2387
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 TEL(03)3442-6181 FAX(03)3442-1691 〒150-0013
大阪支店 大阪府都島区御幸町1丁目3番1号 TEL(06)6922-6991 FAX(06)6922-2498 〒534-0012

トンネル工事からパンクを追放 坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

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

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

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

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

 中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 弌

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)

3月11日「東日本大震災」で犠牲になられた方々にご遺族に対し謹んでお悔やみ申し上げます。被災された皆様が、一日も早く復興出来ます様、心よりお祈り申し上げます。当社の本拠地宮城県も甚大な被害となりましたが、皆様からのあたたかいご支援によって、一步一步前進しているところです。仙台大郷工場はおかげさまで順調に稼働しております。東京・大阪・千歳・尾道各拠点同様、今後ともよろしくお願ひ申し上げます。

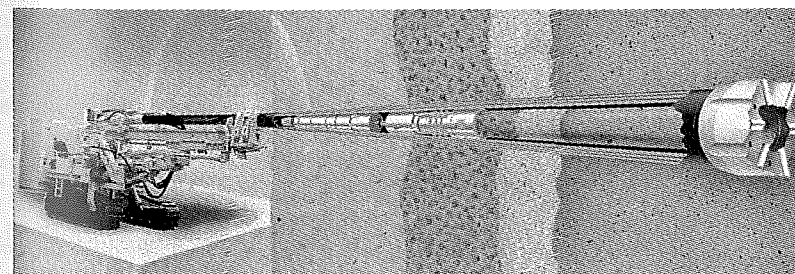


 株式会社 ケイ・リー
<http://klea.catrent.com>

仙台: TEL. 022-359-5331
東京: TEL. 03-3661-5651
大阪: TEL. 06-6838-1372
千歳: TEL. 0123-23-2833
尾道: TEL. 0848-56-1124

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

② 2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

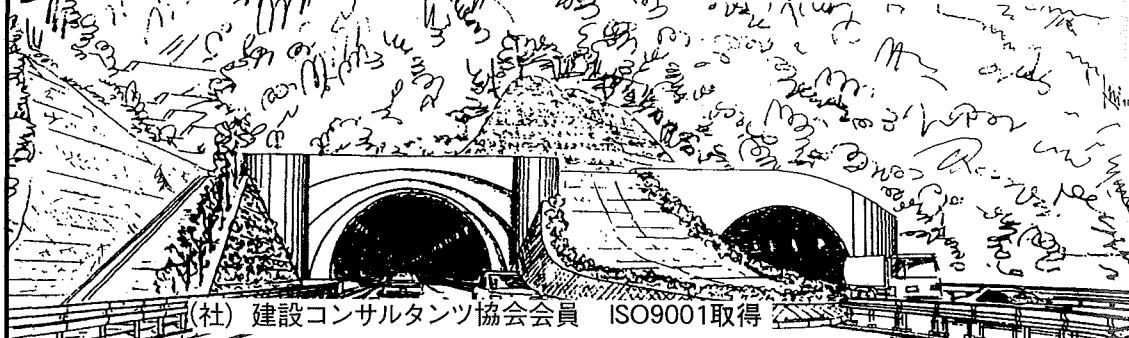
 KOKEN 鉦研五業株式会社

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

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

道路,トンネル設計 (本体外工,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 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・Kプレート

施工方法等詳細については下記までご連絡ください

製造・販売元 静岡スチール

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

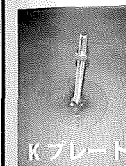
①アーチ鉄筋組立金物 (Kリング) 特許出願中 (特願 2001-309314 号)

トンネル施工時の覆工工事におけるアンカー筋に段取り筋を設置する際のコスト、安全、工期、品質の向上を可能にすることができます。

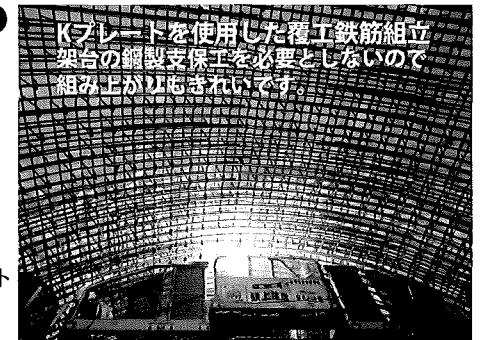


②防水シート接着ジベル筋 (Kプレート) 組立

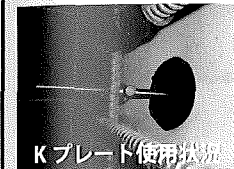
ウォータータイト(全周止水)トンネルにおいて覆工コンクリートの鉄筋を自立させることによって、鉄筋受け架台の鋼製支保工コストの大幅削減を可能にすることができます。



コンパクトサイズ
 Kプレートは分割方式により現場での組立が可能です。ナット付きのプレートと全ネジ棒

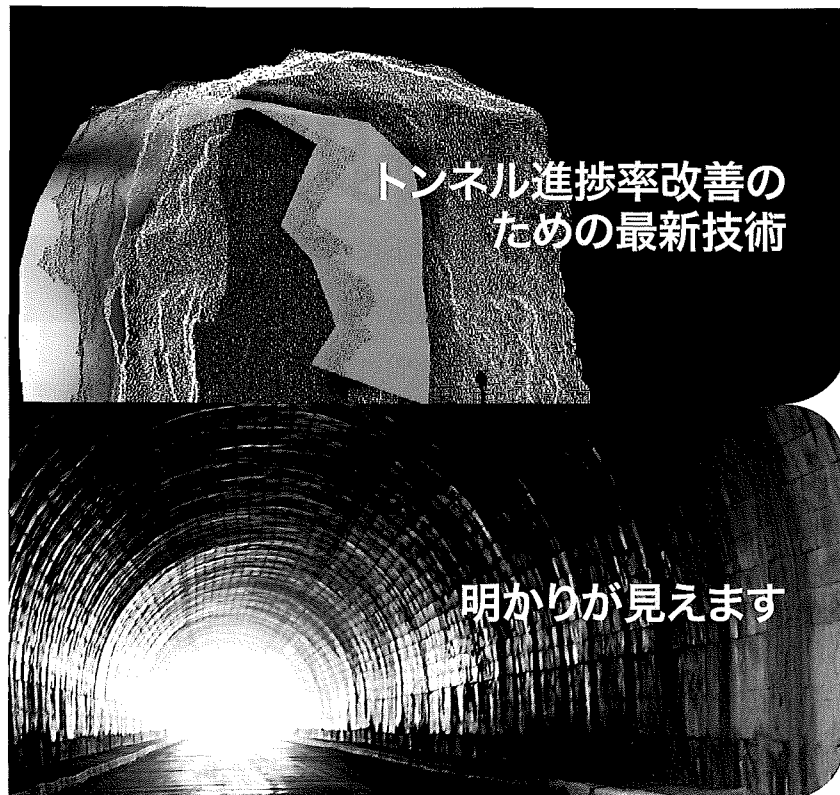


Kプレートを使用した覆工鉄筋組立架台の鋼製支保工を必要としないので組み上がりもきれいです。



設置は簡単

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



トンネル進捗率改善のための最新技術

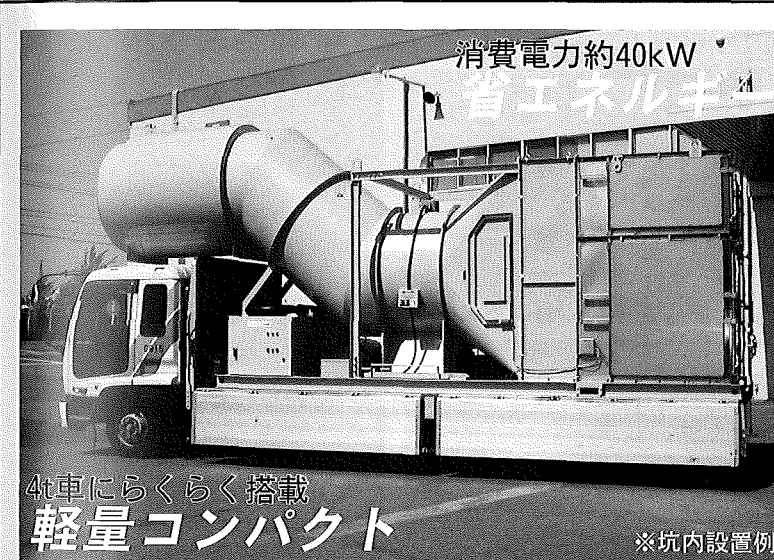
明かりが見えます

トンネルが貫通するまでの長い道のりの中で、工事完了までの間に大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。自由に延時設定可能なトンネル専用電子雷管eDev、トンネル発破デザインソフト New SHOTPlus-TTM、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。



消費電力約40kW

省エネルギー

4t車にらくらく搭載
軽量コンパクト

※坑内設置例

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)

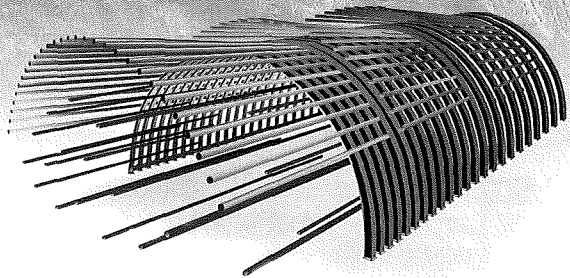
株式会社 レント

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

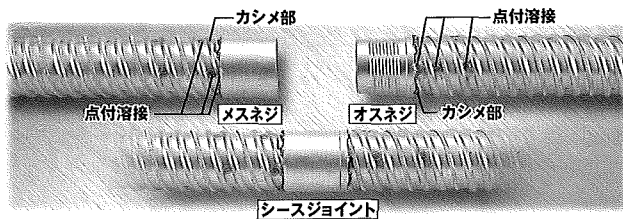
URL: http://www.rent.co.jp E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

ユニークな発想と高品質・自信の価格



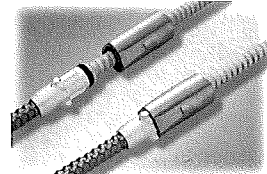
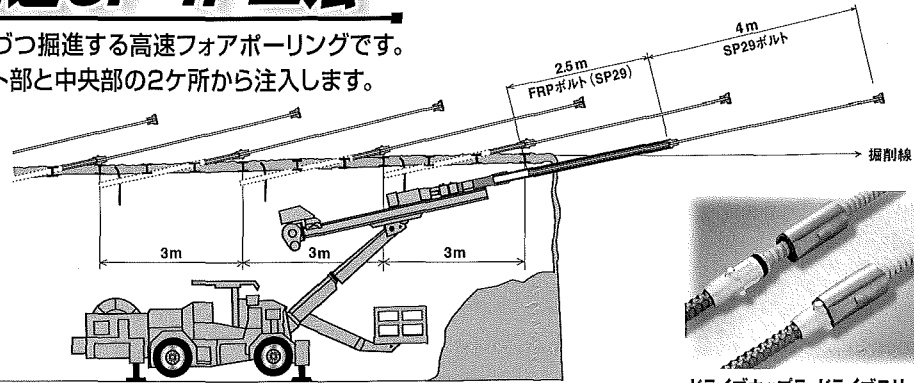
FIXチューブ工法

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

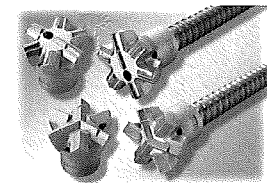


高速SP-IF工法

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

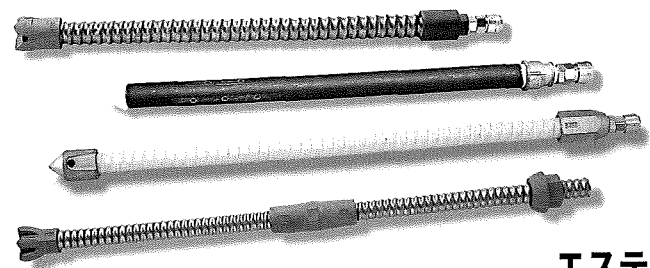


ドライブカップラ、ドライブスリーブ



φ65mm ロストビット (SP29)

自穿孔ボルト&注入管



※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。



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

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

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ 小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0m³/Hr 濁水処理設備

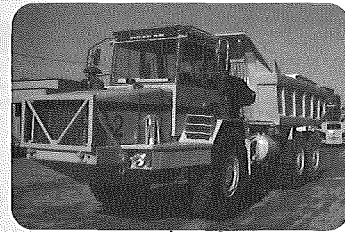


複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5m³パレット搭載ダンプ



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

将来を見据えて取り組んでいく

小川 健一.....5

■研究

小土かぶり未固結地山における事前地山改良工の有効性と課題

野々村政一・井浦 智実・岡嶋 正樹・岸田 潔.....57

■計画

大断面シールドと分岐・合流部の各種切開き工法の概要

—首都高速道路 中央環状品川線—

松崎 久倫・牛越 裕幸・飯島 悠介.....49

■施工

河床下5mを山岳工法で通過

—九州新幹線西九州ルート 鈴田トンネル—

加瀬 正樹・谷口 俊太・高田 民夫・五十嵐昭生.....7

地下鉄函体の直上70cmに道路トンネルを開削で施工

—阪神高速神戸山手線 新湊川第2工区—

大嶋 昇・宮田 亮・花山 和信・中桐 秀雄.....15

六叉路交差点直下の地下鉄下にPC-ボックス通路を建設

—東京メトロ丸ノ内線 新大塚駅—

高橋 直樹・郡山 剛・永野 愛・浜川 耕治.....25

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

伊勢湾13.3kmを平均月進600m以上で掘進し地中接合

—伊勢湾横断ガスパイプラインシールドトンネル—

林 文晴・井村 正則・澤 利明・辻井 孝.....37

■連載講座

山岳トンネルのインバート(最終回)

—早期閉合インバートの問題点と対策—

JTA山岳工法小委員会支保ワーキング.....69

■現場だより

「野馬追いの里」相馬より

藤多 真也.....24

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

木普請からNATMへ、多断面から全断面へ

—懐かしきかな松矢板のかほり—

野崎 弘義.....33

■資料

土木情報

編集部.....32

工法・技術・製品ニュース

編集部.....68

トンネルジャーナル

編集部.....56

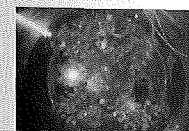
■会報

会報

日本トンネル技術協会.....78

【表紙説明】

伊勢湾13.3kmを平均月進600m以上で掘進し地中接合
—伊勢湾横断ガスパイプラインシールドトンネル—



伊勢湾横断ガスパイプラインI工区は、延長約13.3kmのトンネルをシールド工法により構築するものである。工事は、その全線で0.4MPaを越える高水圧下での施工で、川越、知多の両岸の発進立坑から掘進し、伊勢湾中央部の海底で地中接合する。さらに、工期の関係上、月進600m以上の高速施工が求められた。写真は、地中接合地点における川越側シールドの面板の状況である。

[写真提供：中部電力(株)](本文37頁参照)

ヤマモト 破りがんき

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)

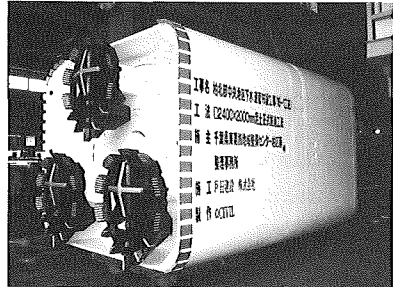
工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎(08477) 2-2137(代)

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)

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：千葉県柏市若柴地内



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、大幅なコスト縮減が可能となりました。
特に長距離、曲線パイプルフ施工として有効なため、工期短縮およびコスト縮減が図れる画期的な工法です。

- ◆長距離・曲線パイプルフとして適用可能
- ◆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

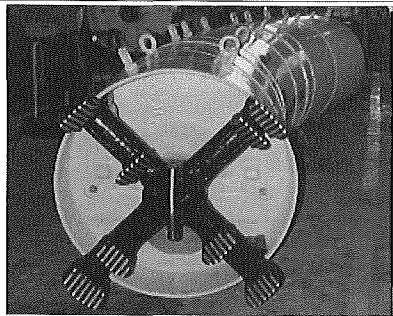


φ1500mm破碎型掘進機

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

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

池 田 豊 人

国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

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

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

志 岐 寛

清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部
部長

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

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

濱 建 介

株式会社ANET取締役

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

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

三 浦 克

株式会社竹中土木常務執行役員

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



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

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〕

木谷 日出男
国際航業株式会社技術センター
地盤研究室長
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式会社管路部長

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
坂口 淳一
東京都交通局建設工務部計画改良課長
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
中川 宏
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
焼田 真司
公益財団法人鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員



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/

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

天端引抜バイブレータ装置

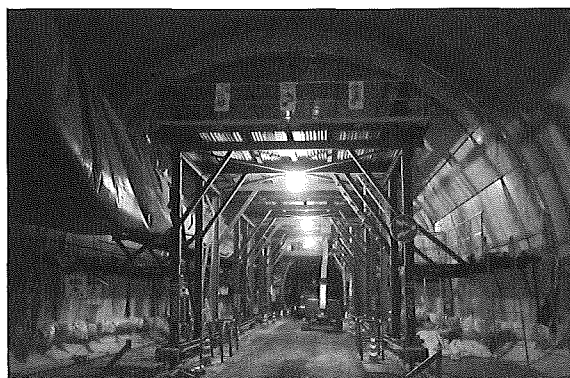
NETIS 登録 No.HR-080001-A



人力での締固め作業が充分とはいえなかった覆工天端部に、油圧式天端バイブレータを採用して締固めと密充填を行います。打設中のコンクリート内に棒状バイブレータを妻側から挿入し、油圧装置を用いて押し・引き動作を与えて使用します。天端部断面方向に2～4箇所設置することにより、天端部の締固めが容易に行え、合わせてブリージング水を排水し、覆工表面の縞模様を防止します。

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.HR-080002-A



打設直後のセントルとセントル連結式養生台車で脱型直後の覆工コンクリートを連続してシートで覆い坑内通気を遮断、保温・加湿養生を行うことで覆工コンクリートの初期強度を向上させるとともに、乾燥収縮によるクラックを防止します。更にこの後方に養生台車を2台連結することにより、コンクリート打設後7日間の連続養生が可能となります。

北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

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

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

滑川工場：TEL076(476)0333 FAX076(475)9121 東北工場：TEL0223(32)2420 FAX0223(32)2423

東京営業所：TEL03(3851)1016 FAX03(6908)6789

掲載頁
7

河床下5mを山岳工法で通過

—九州新幹線西九州ルート 鈴田トンネル—

鉄道・運輸機構 加瀬 正樹

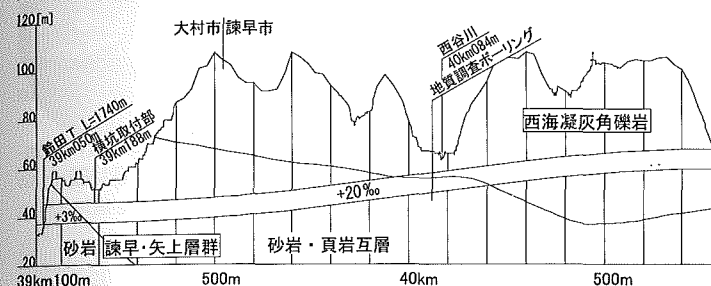
鈴田トンネルは、長崎県大村市と諫早市をまたぐ全長1,740mの山岳トンネルである。本トンネル工事は、中間部に位置する一級河川本明川水系である西谷川の直下を土かぶり5m未満で掘削する厳しい施工条件である。そのため、安全性を確保し、周辺環境への影響を最小限に抑えるための施工計画および計測管理を含む施工管理体制の確立が必要であった。

本稿は、西谷川横断部を含む、小土かぶり区間での地質調査、電気探査およびFEM解析による事前検討を踏まえた補助工法の採用経緯ならびに計測管理による補助工法の妥当性を評価・報告するものである。

Passing Five Meters Under a River—Suzuta Tunnel, Kyushu Shinkansen West Kyushu Route—
By Masaki Kase, Japan Railway, Construction, Transport, and Technology Agency

The Suzuta tunnel is a mountain tunnel of 1,740 m in length connecting two cities, Omura and Isahaya in Nagasaki Prefecture. The tunnel passes under the Nishitani River with a small cover of less than 5 m in the middle. In such difficult conditions, suitable planning and establishment of site control methods including those required to keep the site safe and minimize the effects on the surrounding environment were conducted.

This report presents the planning of auxiliary methods considering the results of geological investigation, electrical prospecting and FEM analysis, and the adequacy of the methods with measurement management for the above small cover section.



図は地質縦断面

掲載頁
15

地下鉄函体の直上70cmに道路トンネルを開削で施工

—阪神高速神戸山手線 新湊川第2工区—

阪神高速道路(株) 大嶋 昇

地下鉄営業線トンネル(ボックスカルバート)直上を開削工法により掘削・構築するトンネル工事において、掘削に伴う地盤のリバウンドによる地下鉄営業線トンネルへの影響が懸念された。当該工事においては、予測変位値をもとにした各施工ステップにおける施工管理値を設定したのち、計測変位値をもとにして、適宜、対策工を見直す観測施工を実施した。さらに、土留め壁欠損部に実施した地盤改良工施工時に地下鉄営業線トンネルへ与える影響を極力小さくするため、慎重な施工管理を行った。

本稿は、当該工事における観測施工および施工管理手法について報告するものである。

Building Road Tunnel 70 cm above Subway Box—Hanshin Expressway Kobe Yamate Line Shin-Minatogawa 2nd Section—

By Noboru Oshima, Hanshin Expressway Company Limited



写真は掘削箇所への上載荷重に大型土嚢を載荷した状況

There was concern about the effects of ground rebound resulting from excavation in tunnel works to build with the cut-and-cover method directly above an operating subway line tunnel (RC box). After establishing construction control limit for each work step based on predicted deformation, observational construction that reviewed countermeasure works accordingly based on measured deformation was conducted. Furthermore, construction management was conducted carefully in order to minimize as much as possible the effects on the existing tunnel during soil improvement works on openings in retaining walls.

This report gives information on observational construction and construction management techniques during these works.

六叉路交差点直下の地下鉄下にPC-ボックス通路を建設

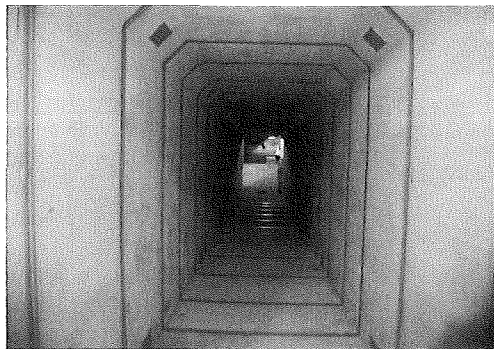
—東京メトロ丸ノ内線 新大塚駅—

東京地下鉄(株) 高橋 直樹

東京メトロ丸ノ内線は、池袋駅～荻窪間を営業路線とし、新大塚駅は1951年4月に開業しており60年経過している。本工事は、平成15年2月に発生した韓国テグ市での地下鉄火災を踏まえて改正された「地下鉄道の火災対策新基準」に伴い、火災発生時の2方向目の避難通路を確保するため、上下線のホームを接続する地下連絡通路新設工事である。本稿では、少しでも早期に2方向目の通路を確保することと、路上への影響を最小限に抑えるため、工程短縮を検討した連絡通路の掘削・躯体構築工事について報告するものである。

A PC Box Corridor beneath Subway Station Under a 6-way Intersection—Tokyo Metro Marunouchi Line Shin-Otsuka Station—

By Naoki Takahashi, Tokyo Metro Co., Ltd



写真は通路完成状況

The Tokyo Metro Marunouchi Line connects Ikebukuro and Ogikubo Stations. Sixty years have passed since Shin-Otsuka Station on this line opened in April, 1951.

Installation of a new underground passageway that connects the inbound and outbound platforms was conducted in order to establish a second escape route in the event of a fire disaster, in accordance with the New Standards for Underground Railway Fire Countermeasures revised after the subway fire disaster in Daegu City in Korea in February, 2003.

This report gives information on passageway construction based on review of time reduction in order to complete as soon as possible and to minimize the effects on the road.

伊勢湾13.3kmを平均月進600m以上で掘進し地中接合

—伊勢湾横断ガスパイプラインシールドトンネル—

中部電力(株) 林 文晴

中部電力(株)では、発電電力量の約4割をLNG火力が占めており、近年のLNG市場のグローバル化に伴って、LNG関連設備の燃料インフラ整備を進めている。このインフラ整備のうち、伊勢湾横断ガスパイプラインは、中部電力(株)川越火力発電所および東邦ガス(株)四日市工場から両社が共同運用する知多地区LNG基地間を結ぶもので、このガスパイプラインを敷設するためのトンネルをシールド工法により構築した。なお、本工事は両社の共同事業であり、中部電力(株)はガス導管700Aを川越火力発電所から知多LNG基地まで、東邦ガス(株)はガス導管600Aを四日市工場から知多LNG基地まで敷設する。

本稿では、中部電力(株)が所管したI工区(川越立坑～知多立坑)の概要について報告する。

Undersea Shield Docking After High Speed Excavating, 600 m/month—Ise Bay Transversal Gas Pipeline Shield Tunnel—

By Fumiharu Hayashi, Chubu Electric Power Co., Inc.



写真は川越側シールド面板(地中接合点)

LNG-fired thermal power accounts for approximately 40% of total power energy of Chubu Electric Power Co., Inc (CEP). We promote improvement of LNG-related fuel infrastructure. The Ise Bay Transversal Gas Pipeline tunnel connects from Kawagoe Power Station of CEP and Yokkaichi Factory of Toho Gas Co., Ltd. to the Chita LNG Base that is jointly operated by both companies. CEP and Toho gas jointly constructed a shield tunnel and installed LNG pipelines in it. CEP built a 700A gas pipeline from Kawagoe thermal power station to Chita LNG Base and Toho Gas built a 600A gas pipeline from Yokkaichi Factory to Chita LNG Base.

This report gives information on Section 1, Kawagoe shaft - Chita shaft, managed by CEP.

大断面シールドと分岐・合流部の各種切開き工法の概要

—首都高速道路 中央環状品川線—

首都高速道路(株) 松崎 久倫

首都高速中央環状品川線は、首都圏3環状のもっとも内側である中央環状線の南側に位置し、主に目黒川と環状6号線の地下を通る。主な工事は、延長約8km、直径12.3mの大断面シールドトンネル工事、五反田出入口のトンネル・半地下・土構造工事、4か所の換気所工事、3号線に接続する大橋JCTのトンネル・半地下工事、湾岸線に接続する大井JCTの土構造・擁壁・高架橋工事、トンネル内装工事および防災施設工事である。

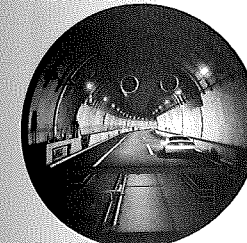
本稿では、中央環状品川線の本線シールドトンネル、五反田出入口および大橋JCTの工事概要、シールド工法を用いた道路トンネル構築上の技術的課題である大橋JCT付近における3タイプの切開き工法の概要を述べる。

Building Large Shield Tunnel and Cutting Holes in Tunnel Wall for Junction—Metropolitan Expressway Central Circular Route Shinagawa Line—

By Hisamichi Matsuzaki, Metropolitan Expressway Co., Ltd.

The Metropolitan Expressway Central Circular Route Shinagawa Line is located on the south of the ring that

is the most inside route of the three circular routes in capital region and mainly passes under the Meguro River and the Yamate doori. Main works are: large shield tunnel of approximately 8 km in length and 12.3 m in diameter, Gotanda turnoff of tunnel / retaining walls / embankment, four ventilation shaft, Ohashi Junction that connects to the No. 3 Line of tunnel / retaining walls, Oi Junction that connects to the Bay Shore Route of embankment / retaining walls / viaduct, tunnel interior and fire prevention facilities. This report gives an outline of works of main road shield tunnel, Gotanda turnoff and Ohashi Junction and summary of cutting hole works in shield tunnel wall near Ohashi JCT which poses a technical challenge of building underground junctions.



図は標準断面図

小土かぶり未固結地山における事前地山改良工の有効性と課題

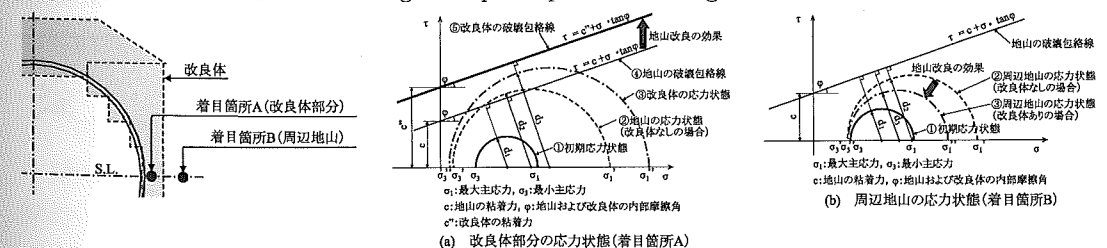
(株)レールウェイエンジニアリング 野々村政一

近年、補助工法の施工技術開発により、小土かぶりトンネルの掘削にも経済的に有利となる山岳工法を採用する事例が増加している。小土かぶりトンネルが連続する東北新幹線八戸・七戸間のトンネル群では、通常の支保に加え、先受け工など数々の補助工法を取り入れた施工が行われている。これら補助工法のうち、事前地山改良工は、土かぶり2～10m程度の未固結地山における有効な対策工として多くの採用実績がある。しかしながら、その設計手法は十分に確立されておらず、主に経験的な判断にもとづいた個別の対応がなされているのが現状である。本稿では、事前地山改良工に着目し、掘削時に観測したトンネル周辺地盤の挙動分析や解析的検討を通して、本工法の有効性について考察する。また、事前地山改良工の設計手法確立のための課題を示す。

Effectiveness and Issues of Pre-Improvement of Unconsolidated Ground for Shallow Tunnel Construction

By Masaichi Nonomura, Railway Engineering Co., Ltd.

In recent years, there has been an increase in the number of cases of adopting the shotcrete tunneling for shallow tunnels in the interest of economy. This is due to technical developments in the auxiliary methods on tunnelling. In the group of tunnels between Hachinohe and Shichinohe on the Tohoku Shinkansen Line that includes a number of shallow tunnels, a lot of them were constructed using auxiliary methods such as forepoling incorporated in normal supports. Among these auxiliary methods, ground pre-improvement works have various merits for adoption such as being an effective countermeasure in unconsolidated ground with cover of between 2 and 10 m. However, its design code is not well established and they are empirically designed as it stands. This report considers the effectiveness of ground pre-improvement through behavioural analysis and analytical investigation of surrounding ground of the tunnel observed at the time of excavation. In addition, it demonstrates the issues for ground pre-improvement design.

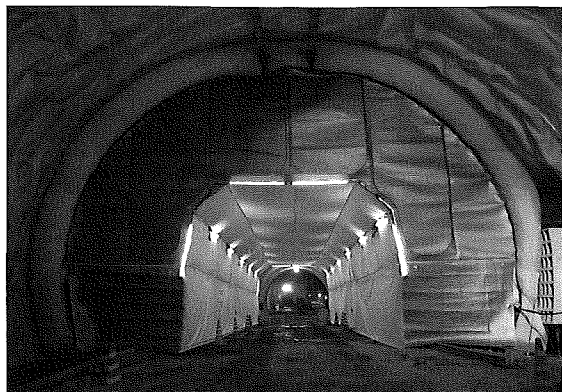


図はトンネル掘削に伴う応力状態変化

トンネルバルーン覆エコンクリート
トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な
覆エ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

覆エ養生バルーン

脱型後の覆エコンクリートを覆います。

【特徴】

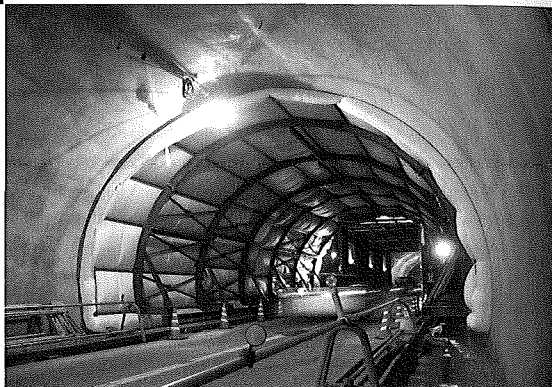
1. 長期材齢の強度アップ
2. 覆エコンクリートの表面を湿潤状態に保ちます。
(乾燥収縮クラックの低減に貢献します)
3. 断熱効果が期待できます。
(内部と表面の温度差が少ない⇒
温度応力の低減)

セントル温度養生バルーン

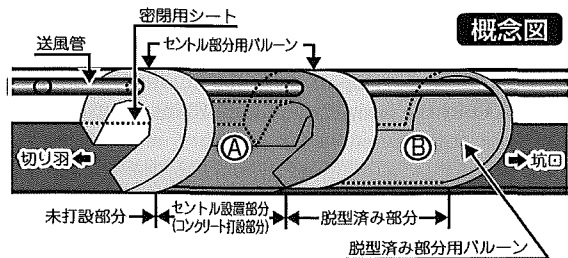
打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

【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. 洗いが車両通行部に落ちません。



特許3811478号



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温・保湿する
② 打設後のコンクリートに薄い形状のバルーンを密着させ保温・保湿する

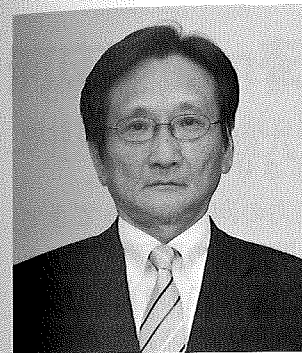
2005年『日経BP技術賞 建設部門』受賞

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/>

東 宏 株式会社

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/>



将来を見据えて取り組んでいく

東京都下水道局技監(本協会理事)

川 健一

日本トンネル技術協会および会員の皆さま、本誌読者の皆さまにおかれましては、東京都の下水道事業にご理解、ご協力賜わり、誠にありがとうございます。

昨今の経済状況や、社会状況を見ると、一寸先は闇とまでは申しませんが、ますます先行きが不透明となり、数箇月先でさえ見渡すのが困難となってきています。本原稿の執筆時点では平成23年度の予算成立も危ぶまれており、その責任を有する政府の体制も危ぶまれているという状況であり、本誌発刊時に向けては全く予断を許さない状況です。また、4月には統一地方選挙が行われ、東京都を含め地方における新体制が明らかとなっていることでしょう。

こうした状況において、東京都の下水道事業を預かる立場としてなすべきは、下水道事業がおかれている現在の状況をしっかりと把握し、抱える課題を的確に解決していくとともに、将来を見据えて方向性を示し、その目標に向け関係者が一体となって取り組んでいくことです。

東京都では、「10年後の東京」を公表し、「東京が倒れれば日本が倒れる」との危機感を踏まえて、東京だからこそできる先進的施策により、東京の未来の絵姿を描いています。

下水道事業においては昨年2月に、下水道事業の全体像である「経営計画2010」を策定するとともに、地球温暖化対策の新たな計画である「アースプラン2010」を策定しています。さらに、本年2月には下水道局における技術開発の進むべき道ともいえる「技術開発推進計画2010」を公表しました。

「経営計画2010」では、まず、施設の再構築や浸水対策など主要施策の各々について、東京下水道の将来を見据え、中長期的な目標を掲げています。そのうえで、平成22年度からの3か年の事業方針や具体的対策を示すとともに、区部の建設事業を前の経営計画と比較し、3か年の事業費として400億円増額し、合計で4,150億円の建設事業費を計上し、各主要施策を加速させていくこととしています。

具体的には、施設の再構築として、明治から戦前にかけて整備した下水道管の老朽化が進行していることから、老朽化した施設の更新に併せて、雨水の排除能力や耐震性の

向上など機能の向上を図る再構築を計画的・効率的に進めていきます。とくに、都心4処理区16,300haの枝線の再構築は、これまでの整備ペースを大幅に増加させ、経営計画の3か年で1,200haの再構築を実施し、およそ3割まで整備を完了させる予定です。

浸水対策については、これまでも再構築などと併せ雨水排除能力の向上を図ってきておりますが、とくに、浸水の危険性の高い地区を重点化し、1時間50mmの降雨に対応する下水道幹線やポンプ所などの基幹施設や、雨水を一時的に貯留する施設の整備を進めていきます。とりわけ、近年、局所的な集中豪雨が多発し、大きな被害を及ぼしていることから、「緊急豪雨対策」として大規模地下街や神田川などの流域において、貯留管の前倒し整備などの対策に取り組んでいきます。

良好な水環境の創造を目指し、河川や海などの公共用水域の水質をより一層改善するため、合流式下水道の特性を活かしつつ、雨天時に河川などに放流されている下水の汚濁負荷量を削減する貯留施設の整備を進めていきます。

さらに、地球温暖化対策について、早くから取り組み、大量の下水を処理する過程で温室効果ガスを大量に排出している事業者の責務として、2009年度までに1990年度比で6%削減という目標を大きく上回って16%の排出削減を達成しています。引き続き、快適な地球環境を次世代に継承していくことを目指し、昨年策定した「アースプラン2010」では、2020年度までに2000年度比で25%以上の温室効果ガスの削減という大きな目標に取り組んでいます。具体的には、省エネルギー型機器の積極的な導入を進めるほか、二酸化炭素の310倍の温室効果を持つ一酸化二窒素(N₂O)の排出量を削減していくため、新型の焼却炉の整備などを進めていきます。

経営計画2010やアースプラン2010の事業を着実に進め、将来にわたって高水準の下水道サービスを提供していくためには、先駆的な技術開発により新たな課題を解決していく必要があります。そこで、本年2月には「技術開発推進計画2010」を公表しました。東京の下水道が直面している技術的な課題を徹底的に洗い出すことにより技術開発のニーズを発信し、民間企業からのさまざまな提案を受けていくこととしています。さらに、民間企業がより積極的に新たな技術の開発に取り組めるよう、開発技術の採用・導入を前提とした共同研究の仕組みづくりにも取り組んでいきます。

先行きが不透明な時代であるからこそ、将来のあるべき姿を見失うことなく、自分の持てる技術力を養い、今抱える課題解決を図るとともに、目標に向かって着実に進んでいくことが大切です。さらには、関係者が課題や目標を相互に共有したうえで、適切な役割分担を行い、協力、連携していくことで、無駄のない効率的、効果的な事業の推進が可能となり、描いた将来がより確かなものになると考えます。

関係者の皆さまのより一層のご理解と、ご協力をお願い申し上げます。

施工

河床下5mを山岳工法で通過

—九州新幹線西九州ルート 鈴田トンネル—

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局大村鉄道建設所長 加瀬 正 樹

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局大村鉄道建設所 谷口 俊 太

大林・西武・三基特定建設工事共同企業体鈴田トンネルJV現場代理人 高田 民 夫

大林・西武・三基特定建設工事共同企業体鈴田トンネルJV監理技術者 五十嵐 昭 生

1 はじめに

鈴田トンネルは、九州新幹線西九州ルート(武雄温泉・諫早間)¹⁾の長崎県内で最初に着工したトンネルである。位置図を図-1に、平面図を図-2に示す。

鈴田トンネルは大村市と諫早市を跨ぐ延長1,740mの山岳トンネルであり、平成21年9月に横坑(作業坑)の掘削を開始し、同年11月に本坑掘削に着手した。平成23年1月に中間部に位置する一級河川本明川水系である西谷川の自然深床直下を横断し、3月初旬現在、本坑掘削延長は1,000mを超えたところである。

本稿は河床との土かぶり高が5m未満で通過した西谷川交差部のトンネル掘削について報告する。



図-1 位置図



図-2 平面図

2 地形・地質条件

本トンネルは多良岳(標高983m)の南西麓付近の鈴田峠を最頂とした小丘陵地に位置している。鈴田峠は大村湾に注ぐ鈴田川と有明海に注ぐ本明川の分水嶺になっている。本トンネルの土かぶりはおおむね20~60mであるが、中間部に位置する西谷川直下との交差は河床との離隔が5m未満という厳しい施工条件となっている。

掘削の対象となる地質は図-3に示すように、第三紀漸新世の諫早・矢上層群の砂岩あるいは砂岩・頁岩互層、その上位に覆っている第四紀更新世の

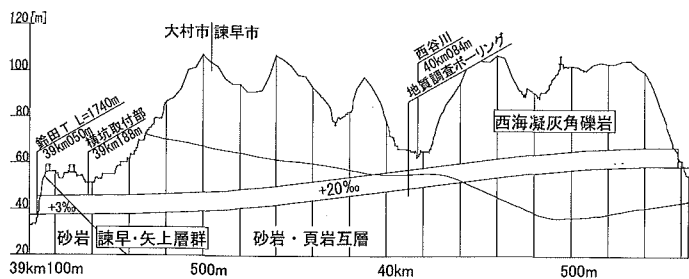


図-3 地質縦断面

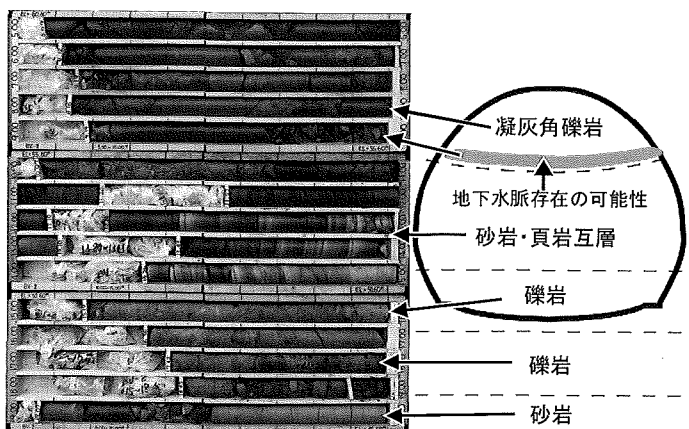


図-4 地質調査ボーリング結果

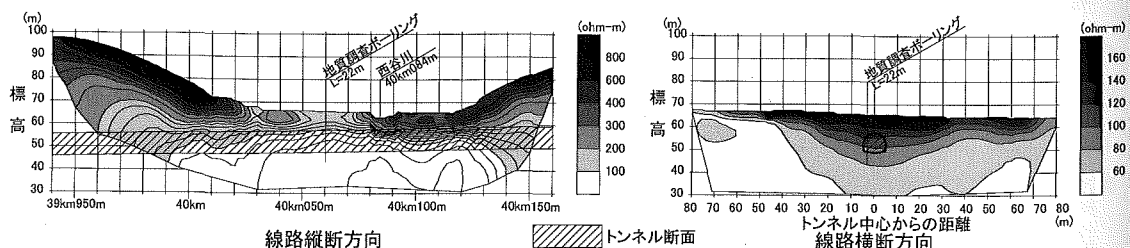


図-5 電気探査結果

西海凝灰角礫岩である。

西谷川付近で実施した地質調査ボーリングの結果を図-4に、比抵抗二次元電気探査の結果を図-5に示し、調査結果からの考察を以下にまとめる。

- ① 小土かぶり区間においては、切羽上部に凝灰角礫岩、その下に砂岩・頁岩互層が存在する。
- ② 凝灰角礫岩は基質部と礫部の境界が剝離しやすく、凝灰質基質部は風化が著しく、湧水により軟弱化しやすい。また、角礫部の安山岩は10~50cm程度で非常に堅硬である。
- ③ 地下水位はトンネル天端より高く、西谷川河床高さ付近にある。
- ④ 凝灰角礫岩層、砂岩・頁岩互層の透水係数は 1.56×10^{-4} cm/s, 1.98×10^{-5} cm/s であり、調査ボーリング時に地質境界部で逸水が起きたことから、その部分に水みちが存在する可能性がある。また、電気探査結果(線路横断方向)より、トンネルが盆状構造底部に位置すると想定され、伏流水がトンネル方向へ集まる可能性がある。

3 西谷川管理者協議

地質調査結果をもとに、西谷川交差部におけるトンネル掘削時の安全性の確保および周辺環境の保全を考慮した施工方法を検討し、河川管理者と協議を行った。掘削に関する基本的な方針は以下のとおりとした。

・掘削時期は周辺の水田が西谷川の

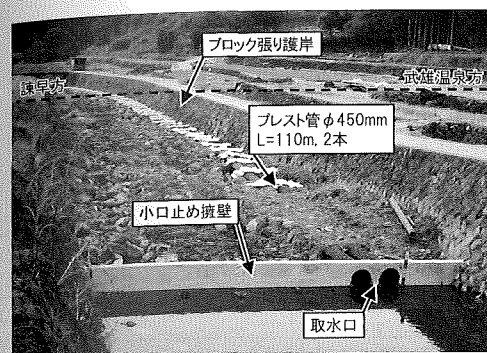


写真-1 西谷川プレスト管設置状況

水を利用しない農閑期とし、河川水を上流で堰止め、プレスト管内に集水し下流まで迂回し、トンネル坑内に引き込む水の量を抑制する(写真-1)。

西谷川の自然渓床およびブロック張り護岸に変状を起こさないよう河川管理者と協議し、河川構造物の変位量の許容値は『地中構造物の建設に伴う近接施工指針』(日本トンネル技術協会)の「護岸」を参考に20mmとした。

4 施工法の検討

4-1 西谷川交差部管理基準値

小土かぶり区間の掘削時には、地山のグラウンドアーチが形成されず、天端沈下、内空変位および地表面沈下量が増大することが想定される。そこで、トンネル上部の全上載荷重をトンネル支保構造に作用させて、鈴田トンネルの掘削実績から条件を設定してFEM解析を行い、西谷川交差部の地表面および天端沈下量を予測した(図-6, 表-1)。解析による地表面沈下と天端沈下の変位量比を

もとに、河川構造物の変位量の許容値20mmから天端沈下量の管理基準値を25mmに設定した。また、鈴田トンネルの掘削実績から管理レベルを管理基準値の75%, 40%に決め、表-2とした。

4-2 掘削計画

地山の緩みを抑制するため、土かぶりが2D以下となったところで、発破掘削、補助ベンチ付き全断面工法を自由断面掘削機および油圧ブレーカを使用した機械掘削、ショートベンチカット工法に変更する計画とした。

掘削支保パターンおよび補助工法は、小土かぶり区間を以下の3区間に分け、天端安定対策、鏡面安定対策および湧水対策を検討した。

- A区間：土かぶり 1D~2D
- B区間：土かぶり 1D以下
- C区間：土かぶり 1D以下のうち西谷川交差部

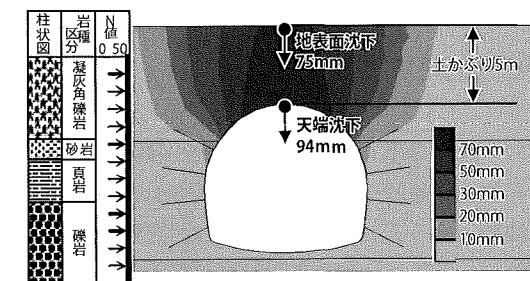


図-6 変位予測解析結果

表-2 西谷川交差部管理基準値

管理レベル	天端沈下管理基準値 実測沈下量	実施内容
I	10mm	観測, 計測強化
II	19mm	追加補助工法検討
III	25mm	他対策検討, 施工中止

表-1 FEM解析条件表

名称	変形係数E (MN/m ²)	ポアソン比ν	単位体積重量γ (MN/m ³)	粘着力C (MN/m ²)	内部摩擦角φ (°)
GL ~- 7.3m	7.3	0.3	0.022	0.02	14
- 7.3m~-14.8m	136.8	0.3	0.018	100	30
-14.8m~-15.8m	46.5	0.3	0.018	100	30
-15.8m~	500	0.3	0.022	100	35
鋼製支保工125H+吹付けコンクリート最小厚20cm (等価剛性)	7,532	0.15	2.339E-04	—	—
ロックボルト(6本)	210,000	3.871E-04	—	—	—

注)：変形係数は、横坑交差部施工時の実績による逆解析より算出。

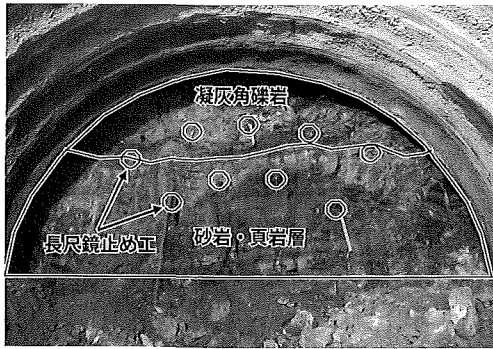


写真-3 切羽状況(40km029m)

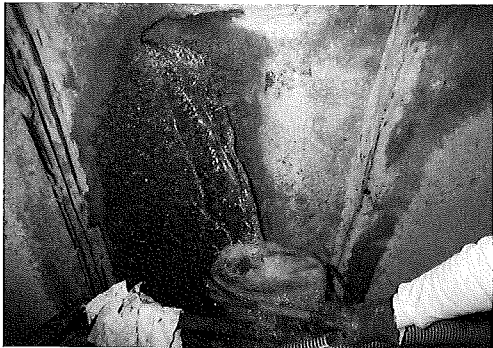


写真-4 水抜きボーリングからの湧水状況(40km065m)

安定対策は、引き続き長尺鏡止め工を行い、掘削を進めた。水抜きボーリングからの湧水は200 l/分程度まで増加し、地層境界部からの湧水は最大300 l/分まで増加した(写真-4)。そのため切羽は不安定な状態が続いていたが、鋼管の地山補強効果と注入による地山改良効果によって掘削時の天端からの剥落はほとんど発生しなかった。長尺鏡止め工を施工し始めてからは、鏡面の崩落は非常に少なくなり、作業の安全性が向上した。さらに、状況に応じて核残し長を大きくするなどの対応をとり、無事にB区間の掘削を終えることができた。

6 施工実績にもとづくC区間補助工法の検証

西谷川交差部の施工に入る前にA、B区間の施工実績から、掘削支保パターンおよび補助工法が妥当であるかを検証した。

6-1 2倍時変位法による天端沈下量予測

上半掘削時の初期変位速度から上半収束値を予測し、収束値は2倍時変位法を用いて式(1)によ

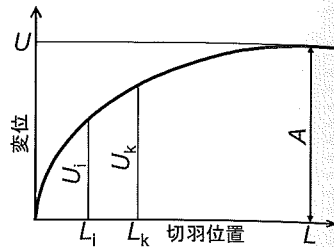


図-11 2倍時変位法

表-4 変位予測値と実測値の比較

区間	キロ程	天端沈下量(mm)			
		FEM予測値	2倍時変位法予測値 A ₁	実測値 A ₂	A ₂ /A ₁
A	40km000m	24	10.0	8.8	0.88
	40km005m		14.9	15.0	1.01
	40km010m		18.5	17.9	0.97
	40km015m		26.8	22.0	0.82
	40km020m		23.4	21.3	0.91
	40km025m		20.8	20.0	0.96
B	40km030m	24	18.2	18.5	1.02
	40km035m		24.3	22.5	0.93
	40km040m		23.7	20.0	0.84
	40km045m		19.8	19.4	0.98
	40km050m		21.0	19.0	0.90
	40km055m		13.2	13.6	1.03
	40km060m		22.8	16.7	0.73
	40km065m		18.0	18.6	1.03
	40km070m		10.2	9.5	0.93

り予測した(図-11)。

$$A = U_i^2 / (2U_i - U_k) \quad (1)$$

A: 収束値

U_i: 任意の切羽距離L_iにおける実測値

U_k: L_k=2L_iにおける実測値

2倍時変位法による予測値は、FEM解析予測値24mm以内におおむね収まっていた(表-4)。

6-2 2倍時変位法予測値と実測値

さらに、収束時に上半掘削時天端沈下量の2倍時変位法による予測値(A₁)と実測値(A₂)の比較を行い、計測管理方法の妥当性も確認した。

A₂/A₁は0.73~1.03(平均値0.93)と少しばらつきはあるが、大きな差異はなく、実測値が予測値よりもやや小さくなる傾向がみられた。また、実測

値は、FEM解析による予測値24mm以内にすべて収まっていた。

6-3 検証結果

FEM解析予測値(図-9上半掘削時天端沈下量)を満たすことにより安全に掘削を進め、変位予測によって補助工法要否の判断を行いながら施工することができた。よって、当初計画および計測管理方法は妥当であったと言える。

これらの西谷川交差部手前の検証結果から、西谷川直下を通過するにあたって、長尺先受け工(打設シフト長6m)を施工することによって、管理基準値を満足しながら掘削できると考えた。

7 西谷川直下での施工結果

掘削がB区間からC区間に入ると、切羽の大部分を凝灰角礫岩層が占めるようになった。また、凝灰角礫岩基質部はこれまでより軟弱化し、天端部の隙は最大で1m程度と大きなものが目立つようになった(写真-5)。そのような地山状況ではあ

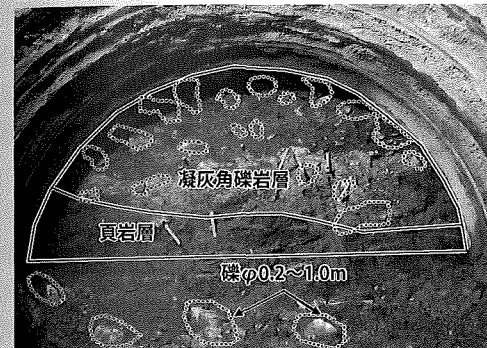


写真-5 切羽状況(40km080m)

たが、水抜きボーリングの効果が次第に現れ、切羽からの湧水はC区間に入ったところから減少し50 l/分程度になり、天端部の抜落ち、鏡面の滑りは発生しなかった。変位量についても、天端沈下量は管理基準値以内、地表面沈下量は河川構造物許容値の20mm以内に抑えることができた。

小土かぶり手前から西谷川交差部通過後までの上下半掘削時の内空変位、天端および地表面沈下量を図-12に示す。

C区間では、B区間と比較して天端および地表面沈下量ともに10mm程度小さい値となった。C区間の鏡安定対策、湧水対策はB区間と同様なので、沈下量の違いは長尺先受け工の打設シフトを9mから6mに変更したことによる効果と考えられる。

長尺鏡止め工の変位、沈下抑制効果については計測結果から判断することはできないが、鏡面の安定性を確保し、地山の緩みをできるかぎり発生させないように掘削を行うことにより、変位、沈下量を最低限に抑える効果はあったと思われる。

現在、掘削は西谷川以後のB区間終点まで到達しており、河川構造物は全く異状なく、西谷川交差部の掘削を完了することができた。

8 おわりに

河川直下を小土かぶり5m未満で交差するという施工事例の少ない工事であったが、交差部の手前の区間において実施した計測にもとづく補助工法の評価を活用し、適切な施工管理により、無事通過することができた。

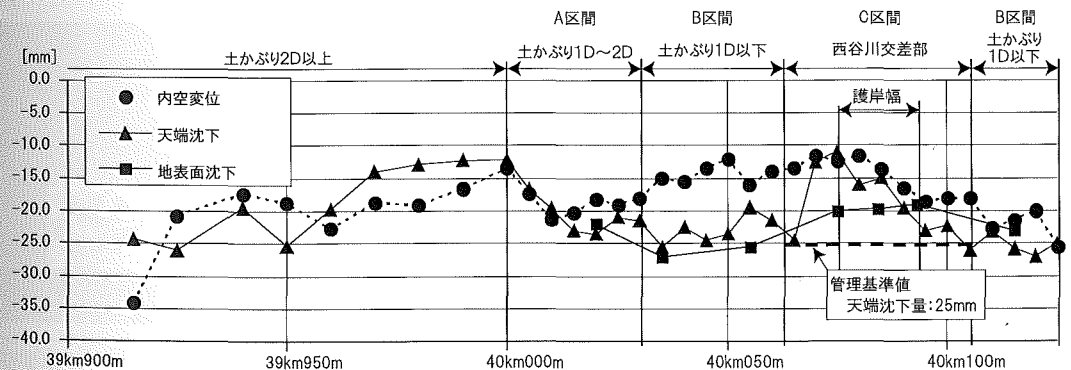


図-12 計測結果

本稿では計画段階から西谷川交差部掘削までの施工報告となったが、西谷川交差部以降の小土かぶり区間の施工についても、それまでの施工実績を活かし安全かつ経済的に進めていきたい。

参考文献

1) 須澤浩之・山口修司：九州新幹線西九州ルート(武

雄温泉・諫早間)のトンネル, トンネルと地下, Vol. 41, No.3, pp.41-48, 2010.3.

2) 日本トンネル技術協会：地中構造物の建設に伴う近接施工指針, 1999.2.

3) 近藤達敏：NATM工法によるトンネル掘削における変位予測, 応用地質調査事務所年報, No.1, p.234, 1979.

図書案内

地下水の科学 全3巻

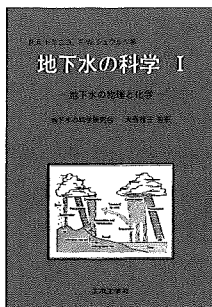
P. A. ドミニコ・F. W. シュワルツ 共著
地下水の科学研究会・大西有三 監訳

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

第I巻
地下水の物理と化学

4,078円+税 B5判

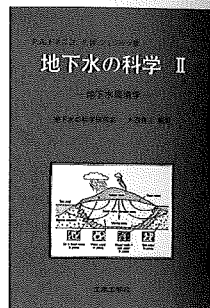
水理地質学を学ぶうえでの基礎的な事項を記載した。水理地質学の理論と人間の社会活動における水理地質学の適用範囲を理解することができる。理論に立脚した水理地質学の使い方を、計算例を用いながら効率よく学ぶことができる。



第II巻
地下水環境学

4,272円+税 B5判

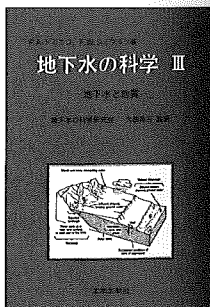
第II巻では、さまざまな地質環境の中での汚染物質の地下水による輸送に関する問題を取り扱っている。水理地質学が環境問題とどのような関連性を持っているか、また利用可能かを知ることができる。



第III巻
地下水と地質

3,689円+税 B5判

第III巻は、地下水の地質学的側面について、工学的に取扱うための事項について記述している。さまざまな土木工事で重要な検討事項となる地下水圧の問題や、地層処分における地下水による熱輸送の問題などについて理解できる。



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

施工

地下鉄函体の直上70cmに道路トンネルを開削で施工

—阪神高速神戸山手線 新湊川第2工区—

阪神高速道路(株)建設事業本部塚建設部工事企画課 大嶋 昇
阪神高速道路(株)建設事業本部建設技術課(大阪設計担当) 宮田 亮
西松建設(株)関西支店土木工事部 花山 和信
西松建設(株)土木設計部設計課 中桐 秀雄

1 はじめに

阪神高速神戸山手線は、7号北神戸線(白川JCT)と3号神戸線(湊川JCT)を南北方向に結ぶ延長9.5kmの自動車専用道路である(図-1)。大規模住宅団地や産業団地の開発が進む神戸市西部エリアと神戸都心とのアクセスを強化することにより、慢性的な渋滞が発生している一般道路の混雑緩和を目的として計画された。平成15年には白川JCTから神戸長田出入路までの7.3kmが「31号神戸山手線」として開通した。今回、3号神戸線と

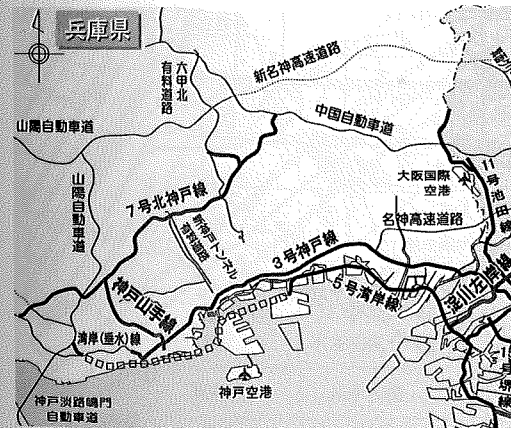


図-1 神戸山手線位置図

接続する湊川JCTまでの1.8km区間(南伸部)が平成22年12月18日に開通した(図-2)。

本路線(南伸部)は、新湊川右岸沿いに位置し、密集市街地を通過することを考慮して全線が地下構造となっている。そのため、営業中の鉄道(神

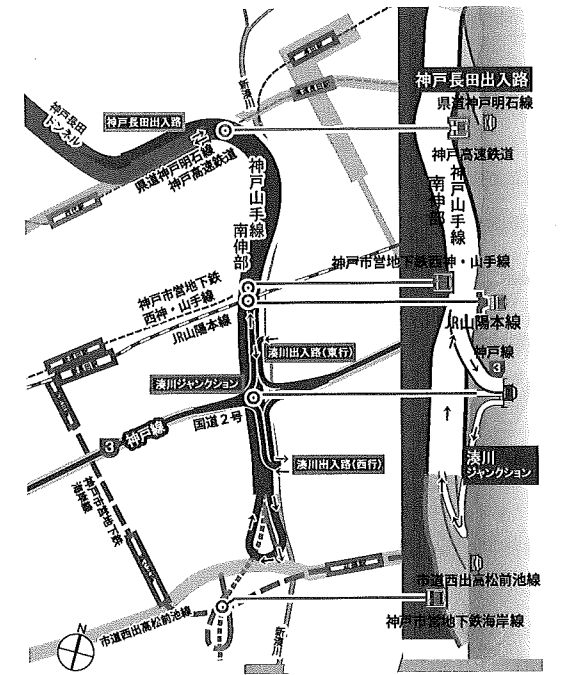


図-2 神戸山手線(南伸部)路線概要図

戸高速鉄道，神戸市営地下鉄，JR山陽本線），国道2号，県道神戸明石線の主要幹線道路，NTTとう道，雨水幹線などの重要構造物，複数の電気，ガス，水道などの地下埋設物と交差，近接するなど厳しい施工条件のもと本線部分を開削トンネルで構築した。3号神戸線とのジャンクション部は開削トンネル，U形擁壁，土工(擁壁)ならびに橋梁で建設した。また，本線トンネル上部については，公園などの整備が予定されている。

以下，鉄道交差部のうち神戸市営地下鉄交差部について述べる。

2 神戸市営地下鉄(西神・山手線)交差部概要

本工事は，神戸山手線(南伸部)のうち，延長154.3mのボックスカルバート(以後，「新設躯体」と称す)を開削工法により築造するものである。工事箇所には神戸市営地下鉄トンネル(以後，「既設営業線躯体」と称す)が床付けレベルより約70cm直下に交差しており，掘削に伴う既設営業線躯体への影響が懸念された。

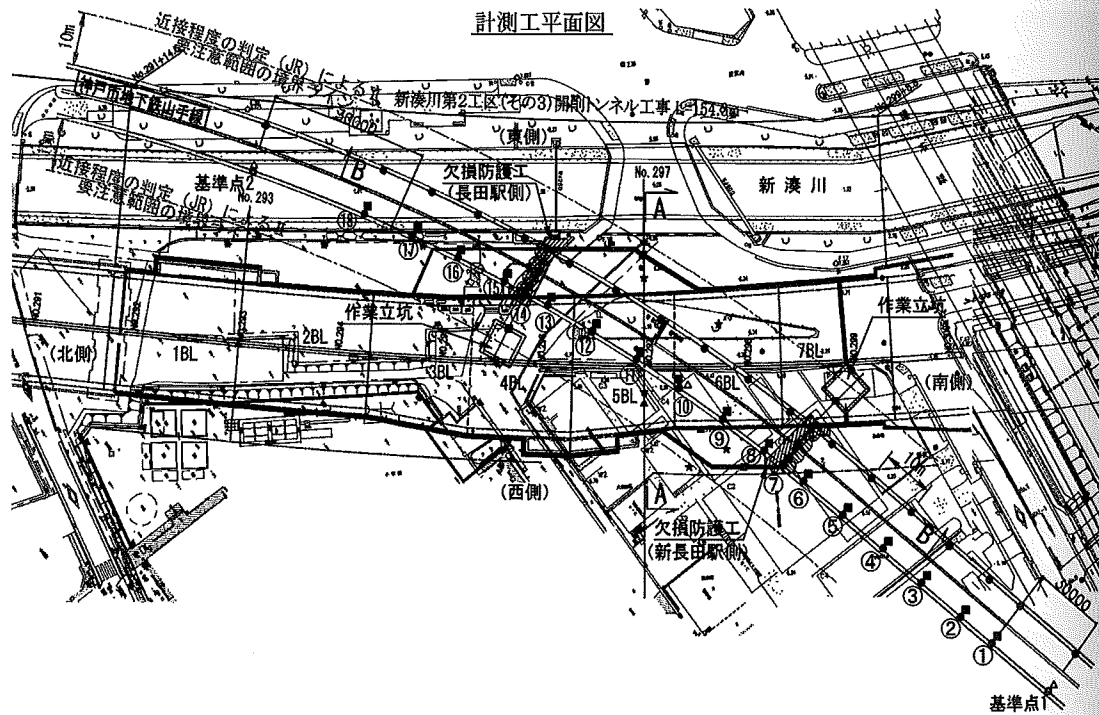


図-3 計測工平面図

対策工として，施工基盤面の盤下げ，土留め壁締切り内部の地下水位低下，欠損防護工(地盤改良工)の施工順序を設定するとともに，部分掘削・構築の実施および上載荷重の部分載荷などを行い，施工に伴う既設営業線躯体への影響を低減させた。また，既設営業線躯体内には計測機器を設置し，変状計測を行いながら施工を進めた。

3 工事概要

3-1 工事概要

工事内容を以下に示す。

工事名：新湊川第2工区(その3)開削トンネル工事

工事場所：神戸市長田区神楽町付近

工期：平成17年10月1日～

平成22年4月30日

施工延長：154.3m

3-2 地形・地質概要

当該工事箇所の東側には，新設躯体と平行して新湊川が流れており，護岸および橋台が近接している。地質としては，沖積粘性土Acが介在して

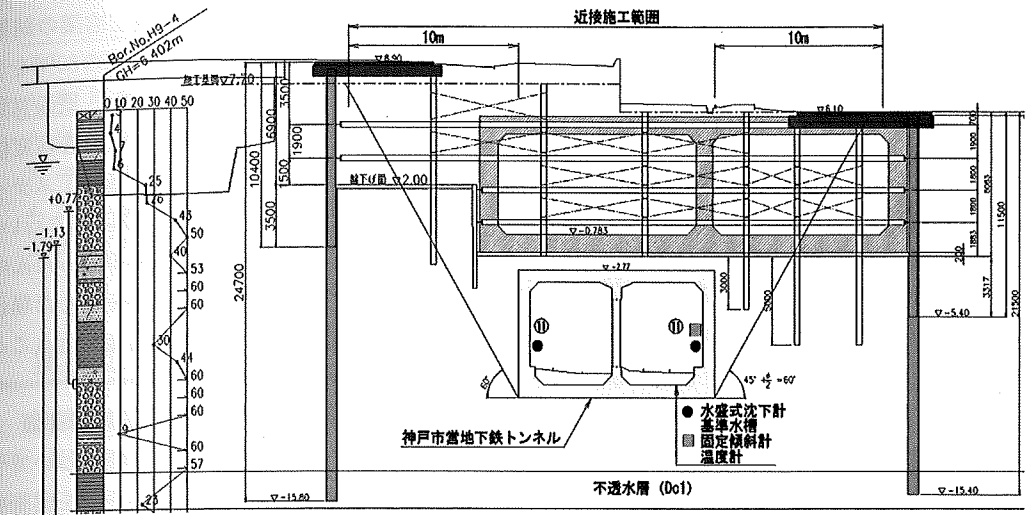


図-4 A-A断面図(近接施工範囲)

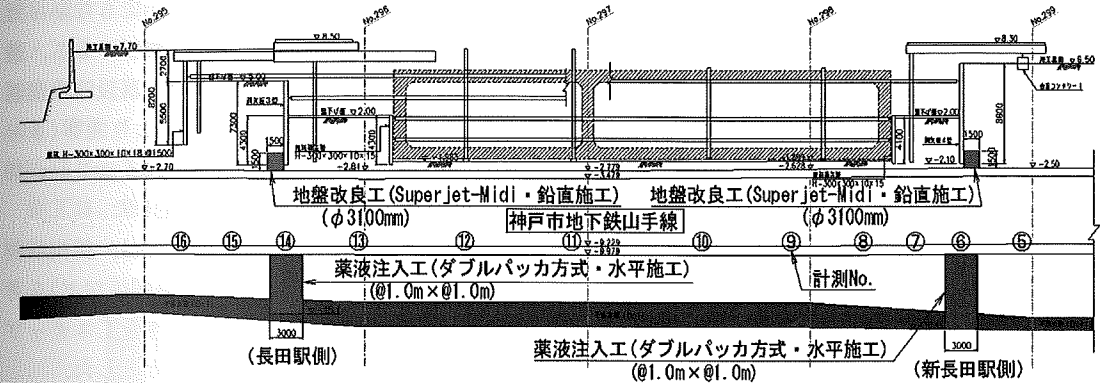


図-5 B-B縦断面図

表-1 計測機器一覧表

対象	計測項目	計測器	記号	計測器配置	個数
土留め打設(No.293)	掘削地盤	変位計	▲	1か所3深度	3
	鉛直変位				
土留め打設(No.297)	壁体水平変位	多段式傾斜計	■	深度方向に2mピッチ	8
	掘削地盤鉛直変位	変位計	▲		4
	掘削地盤被圧水位	水圧計	★		3
	周辺地盤被圧水位	水圧計	★		1
土留め打設(No.298付近)	壁体水平変位	多段式傾斜計	■	深度方向に2mピッチ	7
	掘削地盤被圧水位	水圧計	★		3
	周辺地盤被圧水位	水圧計	★		1
北側立坑	壁体水平変位	挿入式傾斜計	■	1か所	1
	南側立坑	壁体水平変位	挿入式傾斜計	■	1か所
地下鉄構造物	沈下	水盛式沈下計	●	上下線10mピッチに配置	36 (18×2)
	基準点	基準水槽	◎	施工影響範囲外に設置	4 (2+2)
	傾斜	固定傾斜計	■	10mピッチに配置	18
	温度	温度計	△	基準点および中央	3

いるが，GL-21m付近までは洪積砂礫Dg(N値30～50)が主体であり，GL-21m以深に連続した洪積粘性土Dc1(層厚2.0m)が存在している。地下水位はGL-4.1m程度であり，掘削に伴う盤ぶくれ対策として，土留め壁先端をDc1に根入れさせている。

3-3 計測概要

計測工については既設営業線躯体への影響把握のため，下記のとおり既設営業線躯体および躯体以外について実施した(図-3～5，表-1)。

4 施工上の課題および事前対策¹⁾

4-1 施工順序

4-1-1 施工区分

新設躯体は7ブロックに分割されており、新設躯体直下に既設営業線躯体が存在しているため、一般部(1~3BL)と近接施工部(4~7BL)に区分して施工協議などを行っている。

4-1-2 施工順序

施工箇所中央付近には神戸市道が交差しており、その交通を確保しながらの施工となるため、迂回路を切り回しながら、土留め壁工(ECW工法ほか)、中間杭工、地盤改良工の施工を行う必要があった。工程、重機の配置などを考慮して、北側ヤードに路面覆工を設置した後、迂回路を北側に切替えて、南側ヤードの土留め壁工、中間杭工、地盤改良工の施工を行った。なお、掘削・土留め支保工に関しては、土留め壁の欠損防護工が完了した時点で施工を行った。

4-1-3 欠損防護工の施工順序

欠損防護工は2か所(長田駅側、新長田駅側)存在しており、長田駅側から施工を行った。施工順序として、既設営業線躯体上部および側部は、地上から鉛直施工により地盤改良を行い、既設営業線躯体下部は、近接近傍に作業立坑を設けて、作業立坑内から水平施工により地盤改良を行った。

4-2 課題

施工協議において、下記事項を考慮した各施工ステップにおける施工管理値を設定する必要があった。

- ・既設営業線躯体の継手構造を「剛結合」と評価
- ・欠損防護工(地盤改良工)が既設営業線躯体へ与える影響

4-3 事前対策

4-3-1 各施工ステップにおける施工管理値

各施工ステップにおける既設営業線躯体の許容変位量を

FEM逐次解析より算出した。施工協議の結果、長期許容変位量を3次管理値、同値の80%を2次管理値、50%を1次管理値に設定し、既設営業線躯体RC構造の降伏時から算出される許容変位量の80%を限界管理値に設定した。各施工ステップにおける施工管理値は2次管理値以内で行い、2次管理値を超えた場合は関連工事のいったん中止、対応策の実施を行う。3次管理値を超えた場合は関連工事の中止、抜本的対策の実施を行うこととなった。

4-3-2 欠損防護工(地盤改良工)の影響評価

当該工事では、欠損防護工の影響について予測することが困難であり、また試験注入を実施することが可能な躯体が存在しないため、注入圧と躯体変位の相関関係を把握することができなかった。

そこで、2か所存在する欠損防護工のうち、最初に施工する長田駅側に関しては、既設営業線躯体の縦断方向の長期許容曲げ耐力より曲率($\phi = M_y/E \cdot D$)を推定し許容相対変位量($\delta_a = 2.4\text{mm}/10\text{m}$)を算出して、施工管理値を設定した。

後日施工する新長田駅側に関しては、長田駅側での施工実績(注入圧と躯体変位の関係など)を考慮して、FEM逐次解析を行い、各施工ステップにおける施工管理値を設定することとした。

4-3-3 事前対策

既設営業線躯体の変状(リバウンド)対策は、①施工基面の盤下げ、②土留め壁締切り内部の地下水位低下を基本思想とした。図-6に長田駅側の施工実績をフィードバックしたFEM逐次解析の結果、表-2に当該工事における新長田側施工時からの各

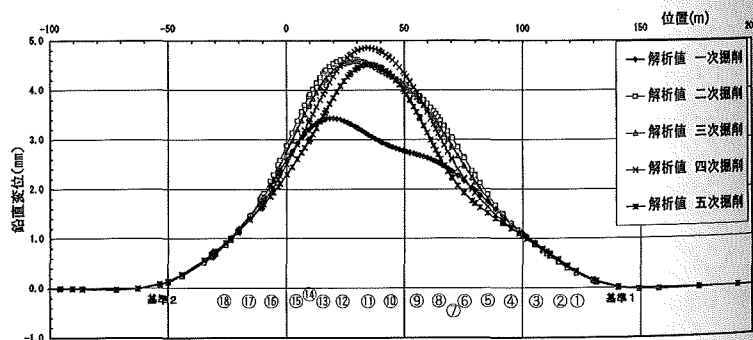


図-6 FEM逐次解析結果(長田駅側の薬注施工実績をフィードバック)

表-2 施工管理値

施工ステップ	1次管理	2次管理	3次管理
1次掘削	2.9	4.6	5.7
2次掘削	3.2	5	6.3
3次掘削	3.7	5.9	7.4
4次掘削	3.6	5.8	7.2
掘削完了時	3.1	4.9	6.1

施工ステップにおける施工管理値を以下に示す。

5 実施工におけるリバウンド対策

5-1 欠損防護工施工時における対策¹⁾

5-1-1 長田駅側

(1) 施工順序・時期

図-7に示すように、既設営業線躯体上部を高圧噴射攪拌工法(SJM工法)で施工し、側部を薬液注入工法(二重管ダブルパッカー方式)で地上から鉛直方向に施工した。その後、下部を薬液注入工法(二重管ダブルパッカー方式)で作業立坑から水平方向に施工した。

施工は、施工箇所が既設営業線躯体周りとなる

ため、き電停止後の夜間施工で行った。

(2) 計測管理・立会い

既設営業線躯体の変状をリアルタイムで確認するため、現場注入プラント内にパソコンを配置し、変状を確認しながら注意深く施工を行った。施工時は、各関係機関およびJV担当者が、既設営業線躯体内部に立入り、躯体内部への薬液の流入や内部構造の異常の有無を確認した。

(3) 既設営業線躯体の変状

1) 上部地盤改良(SJM工法)施工時

止水目的から、上部地盤改良は、既設営業線躯体頂版に接した未改良部分のない改良体を造成する必要があったため、斜めの噴射ノズル(図-8)を使用して、頂版に接した改良体を造成する施工計画とした。また、図面上において頂版防水層に保護コンクリートがあることを確認していたが、防水層を損傷しないように留意して施工管理を行った。なお、改良体造成時には計測値に異常はなく、躯体内部への削孔水、セメントスラリーの流入はなかった。

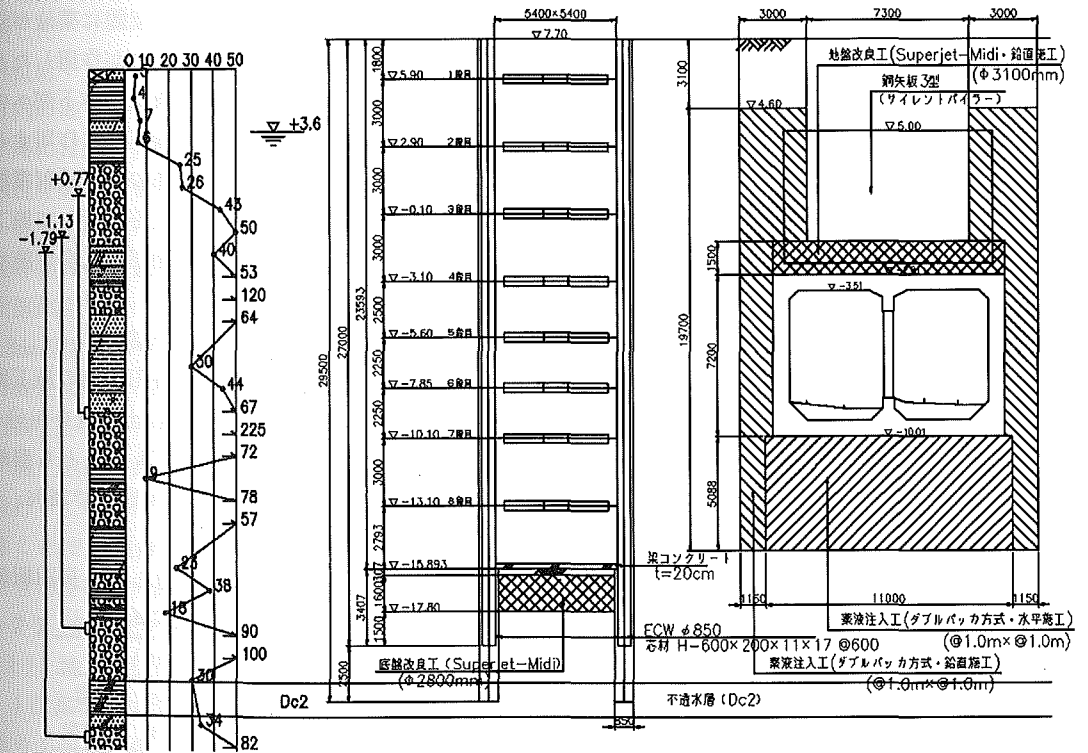


図-7 欠損防護工断面と作業立坑

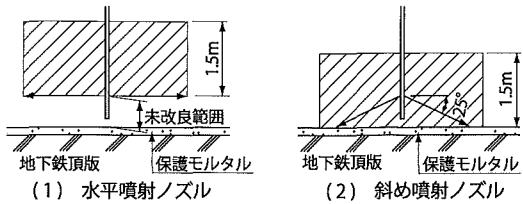


図-8 改良体造成のための噴射ノズルの検討

2) 側部地盤改良(薬液注入工法)施工時

注入範囲下端から既設営業線躯体の底板下端付近まで、吐出量を毎分8ℓで施工したところ、既設営業線躯体が1.2mm隆起した。底板下端以深の側部施工に関しては注入圧を低減させるため、吐出量を毎分6ℓに下げて施工を行い、2セットで行っている注入作業が底板下端以深に集中しないように、施工順序を調整した。施工管理においては定量管理を原則としたが、注入圧については、1次注入では1.5MPa、2次注入では0.7MPaを上限として、注入圧管理を併用し、注入圧の高い状態が続いた場合、同時施工のセット数をいったん減らし、注入圧および計測値を監視しながら施工した。その結果、既設営業線躯体の隆起量は1.2mmで収まった。

3) 下部地盤改良(薬液注入工法)施工時

側部における薬液施工実績を踏まえ、下部も吐出量を毎分6ℓで施工を行った(2セット)。注入順序としては、既設営業線躯体に近い孔から順番に横方向へ施工した。

1次注入が7割程度完了した時点で、既設営業線躯体の隆起量が一時的に3.1mmとなったため、施工を一時中断し、注入仕様などの見直しを行った。以下に記述する対策工を実施した結果、地盤改良工の施工が完了した時点における既設営業線躯体の隆起量は最終的に2.4mmで収まった。

(4) 対策工

1) 使用材料の変更

既設営業線躯体の変位を抑えるため、残りの1次注入材料を標準のCBから2次材と同じ溶液型に変更した。本来、ダブルパッカー工法における1次材(CB)の目的は、弱部の粗詰めによる確実な止水性と強度確保にある。しかし、下部地盤改良

の範囲は、新設躯体の掘削床付け以深であり、大きな強度特性を必要としない。したがって、全量2次材(溶液型)であっても問題ないと判断した。

2) 注入率の見直し

薬液注入工の実施工前に、地下鉄影響範囲外で、注入率設定のための試験注入を実施しており、現場透水試験より、注入率28%(当初36%)においても最低限の遮水性能(透水係数 $k=1.0 \times 10^{-4}$ cm/sec以上)を確保できることを確認していた。そこで、1次管理値を超過し、今後、2次管理値を超過すれば工事をいったん中断する必要があることから、全量2次材のうち1次施工として注入率28%の注入量を注入し、全孔の注入が終了した時点で、既設営業線躯体の変位量が管理値以内であれば、2次施工として、残りの注入率8%の注入量を注入することとした。

5-1-2 新長田駅側

(1) 欠損防護工の施工順序の変更

長田駅側では側部注入施工時においても、既設営業線躯体の隆起が見られた。この原因として、既設営業線躯体下部の砂礫地盤の空隙に薬液が浸透し、既設営業線躯体に上向きの力が作用したためと判断した。そこで、既設営業線躯体下部への薬液の浸透を低減し、既設営業線躯体に作用する上向きの力を抑制するため、上部の高圧噴射攪拌工法の施工の後、下部の水平注入を先行して施工し、下部の空隙を充填した後、側部注入を実施することとした。

(2) 下部注入仕様・注入順序の見直し

下部の薬液注入においては、長田駅側の施工実績を踏まえて、注入開始当初から吐出量を毎分6ℓ、2セットとし、1次、2次注入材料とも溶液型で注入を実施し、注入率も1次施工で28%、2次施工で8%と設定した(表-3)。

また、注入順序についても見直した。長田駅側

表-3 薬液注入仕様変更

	吐出量	セット数	注入材料	
			1次	2次
当初	8ℓ/分	4	CB	溶液型
変更	6ℓ/分	2	溶液型	溶液型

では既設営業線躯体に近い孔から横へ順次注入を行ったが、新長田駅側では縦に1列ずつ完了していくように注入順序を変更した。さらに、地下水の流動が北側から南側へ向いていることから、注入順序も北側から南側へ設定した。

(3) 側部注入仕様

側部の薬液注入においては、注入開始当初から既設営業線躯体底板下端以深では吐出量を毎分6ℓで注入を行った。なお、側部に関しては、新設躯体の掘削範囲であり、強度を必要とするため、当初計画と同様に1次注入材をCB、2次注入材を溶液型で施工した。

(4) 既設営業線躯体の変状

地盤改良工の施工が完了した時点における既設営業線躯体の隆起量は予測値3.4mmに対し、実測値3.8mmであり、2次管理値4.6mm以内で施工することができた。

5-2 掘削時における対策工¹⁾

5-2-1 掘削時の変状

地盤改良工施工完了後、本格的に本線掘削を開始した。リバウンド対策として採用している地下水位低下工法は、掘削段階ごとに土留め壁締め切り内の地下水位を低下させる方法であり、掘削完了時には既設営業線躯体の底板下端付近まで地下水位を低下させる計画であった。

実施工においては、掘削が進むにつれて既設営業線躯体の隆起量が予測値よりも大きくなり、2次掘削完了時において既設営業線躯体の隆起量は4.8mm程度となり、2次管理値に近づいたため、各計測点における計測値を吟味しながらリバウンド対策工を実施する必要があった。

施工協議の結果、当初は2次管理値で施工管理を行っていたが、下記に記述する対策工を実施することで、掘削完了時は3次管理値(6.1mm)で施工管理を行う承諾を得ることができた。

5-2-2 対策工の実施

(1) 地下水位低下工法の早期実施

1次掘削途中から、地下水位低下量を計画水位よりも早期に低下させ、既設営業線躯体に作用する揚圧力を低減することで、既設営業線躯体の隆

表-4 地下水位低下工法の実施

施工ステップ	計画水位(m)	実際の水位(m)
1次掘削	TP+3.6	TP+0 ~ -3.0
2次掘削	TP+2.5	TP-3.0 ~ -4.0
3次掘削	TP-1.5	TP-4.0 ~ -8.0
4次掘削	TP-6.0	TP-8.0 ~ -8.2
掘削完了時	TP-9.6	TP-8.2 ~ -9.6



写真-1 大型土嚢載荷状況写真

表-5 施工管理値と計測値

施工ステップ	施工管理値		計測値
	2次	3次	
1次掘削	4.6	5.7	3.9
2次掘削	5	6.3	4.8
3次掘削	5.9	7.4	5.8
4次掘削	5.8	7.2	5.8
掘削完了時	4.9	6.1	5.5

起を抑制した(表-4)。

(2) 掘削箇所への上載荷重の部分載荷(写真-1)

既設営業線躯体直上の近接施工部付近においては、掘削に伴う除荷荷重によるリバウンドを抑制するため、掘削箇所へ大型土嚢(324t:20kN/m²)および鉄板(168t:20kN/m²)を載荷した。なお、既設営業線躯体へ上載荷重を載荷させる場合は、偏土圧による既設営業線躯体横断方向の構造検討を行い、その安全性を検証した。

(3) 部分掘削・構築の実施

既設営業線躯体直上の近接施工部付近は、7BL→6BL→5BLと順次掘削する計画であったが、既設営業線躯体への影響を考慮して施工順序を変更した。既設営業線躯体直上である6BLの掘削を2次掘削で一時中断し、隣接している7

BLと5BLを先行して床付けした(隆起量は5.8mm).
その後、7BLと5BLの底版を構築した結果、既設営業線躯体の隆起量は4.9mmとなり、底版構築に伴い1mm程度の沈下が見られた。

(4) 掘削完了時における隆起量

分割施工を実施したことで、6BLの掘削が完了した時点での地下鉄函体の隆起量は5.5mmとなり、3次管理値以内で施工管理を行うことが可能となった(表-5)。

5-3 復水、埋戻しにおける対策工²⁾

5-3-1 復水時の管理値の設定

(1) 基本方針

床付け完了時までの各施工ステップにおける管理値は、FEM逐次解析から算出した変位量より設定した。床付け完了時以降のステップにおいては、躯体自重および埋戻し土などの下向き荷重が支配的となるため、基本的には床付け完了時の施工管理値を採用すれば問題ない。しかし、当該工事においては地下鉄函体のリバウンド対策として土留め壁締め切り内の地下水位を低下させており、リリーフウェル撤去後の復水に伴い、既設営業線躯体

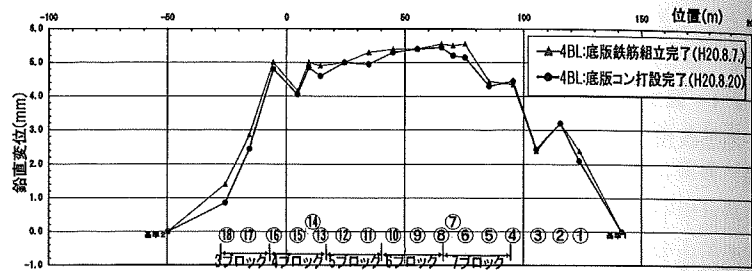


図-10 地下鉄函体の計測変位

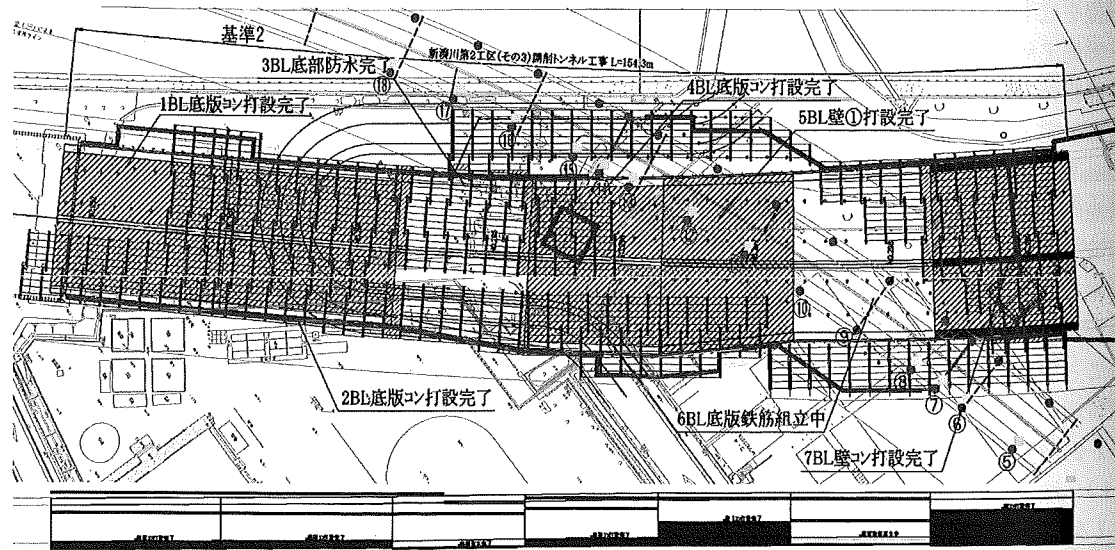


図-9 施工状況図(平成20年8月20日)

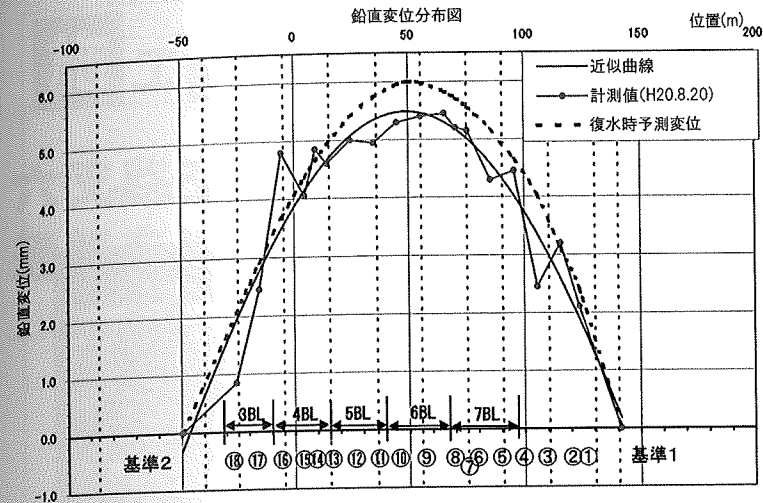


図-11 底版構築時の計測値と復水時の予測変位図

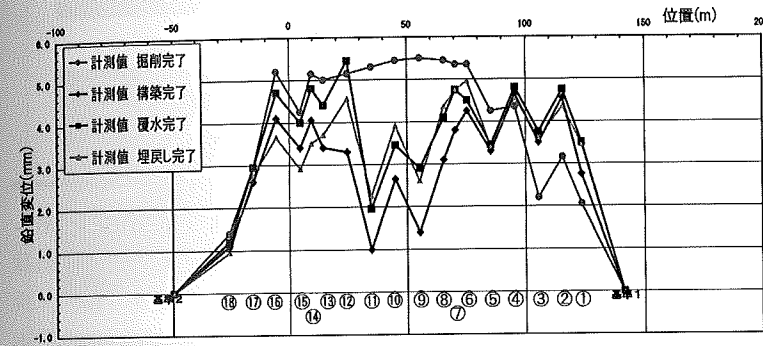


図-12 施工ステップごとの鉛直変位計測結果

5-3-2 実施工における計測結果(図-12)

床付け完了時における最大変位量は5.5mm、躯体構築完了時における最大変位量は5.2mmであり、躯体構築に伴う弾性沈下量は0.3mm程度であった。躯体構築完了後、地下水位低下工を停止した結果、土留め壁締め切り内の地下水位は8.2m上昇し(T.P-1.5m)、約15日ではほぼ平衡状態となった。地下水位の上昇に伴い、地下鉄函体は最大で2.7mmも上昇した箇所もあり、最大変位は5.8mmとなり、

神戸市交通局をはじめ、関係各署の方々の協力によるものであり、ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 宮田亮・水谷年希・中桐秀雄・谷和博：地下鉄営業線直上における開削トンネル工事に関する報告，土木学会第64回年次学術講演会，2009.9.
- 2) 宮田亮・鳥取一雄・中桐秀雄・大西和行：地下鉄営業線直上における開削トンネル工事に関する報告(その2)，土木学会第65回年次学術講演会，2010.9.

復水開始前の予測変位量(6.0mm)と同程度となった。復水完了後、既設営業線躯体の近接施工範囲である4~7BLにおいて開削トンネル構築上の埋戻しを実施し、最大1.7mm沈下した箇所もあったが、最大累積変位量は5.8mmであり、管理値以下で施工を完了することができた。

6 おわりに

本工事は地下鉄営業線に近接した開削トンネル工事であり、地盤のリバウンドにより既設営業線躯体そのものに大きな影響を与える懸念があった。しかし、計測管理・施工管理を十分行い、リバウンド対策工として地下水位低下、盤下げ、載荷、分割施工を実施することにより、無事掘削を完了し、躯体構築を実施することができた。

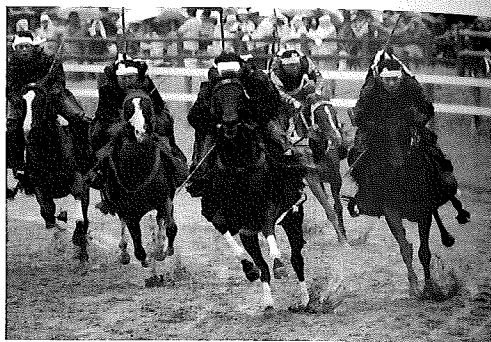
最後に、本工事を遂行するにあたっては、ご指導いただいた



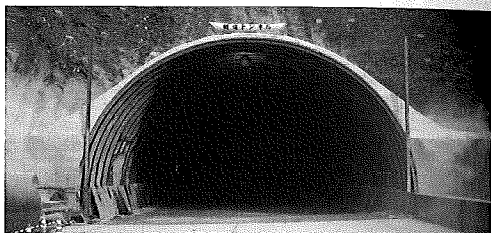
「野馬追いの里」相馬より

藤多真也

相馬市は福島県の海沿いである浜通り北部に位置している。阿武隈山地の海側であることから、比較的雪が少なく気候の穏やかな地域である。相馬といえば「相馬野馬追」が有名で原町市を中心に相馬、双葉両郡にわたる、旧相馬藩領(2市6町1村)挙げて開催される国の重要無形民俗文化財である。今をさかのぼること一千有余年の昔、相馬家の始祖「平小次郎将門」が相馬御厨の官職にあったころ、新しい軍勢力として馬の活用を考え、下総国葛飾郡小金ヶ原(現在の千葉県流山市付近)の牧に野馬を放牧し、関八州(北関東八か国)の兵を集め、野馬を敵兵に見立て野馬を追い、馬を捕らえる軍事訓練として、また、捕らえた馬を神前に奉じ妙見の祭礼として行ったのに始まるといわれる。毎年7月に開催される祭りの「お行列」は先祖伝来の甲冑に身を固めた600余騎の騎馬武者が居並ぶ。威風堂々にして豪華絢爛な戦国絵巻は圧巻であり、ハイライトの「甲冑競馬」や「神旗争奪戦」は勇壮果敢な騎馬武者に感動必至のまさに戦国時代さながらである。これに因んで、当作業所のバッチャープラント裏にモグラのキャラクターが野馬掛けとトンネルを掘っているマンガの横断幕を設置して道路建設のPRに努めている。



相馬野馬追

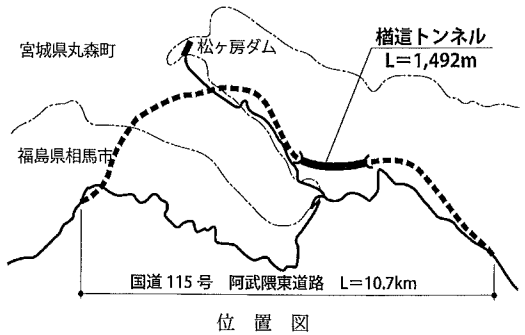


楢道トンネル終点側坑口



楢道トンネルバッチャープラント裏

阿武隈東道路は相馬市から福島市を經由して猪苗代町に抜ける国道115号の阿武隈高地を横断する部分10.7km区間の改築事業である。これは相馬市と福島市間の医療・災害の緊急時輸送経路の確保と流通および広域交流(レジャー観光)の活性化を目的としている。現在は関連事業としてトンネル・橋脚・土工事の14工



事が稼働中である。楢道トンネル工事は延長1,492mと事業4トンネル中でもっとも長く、設計支保パターンB・C Iが1,190mと全体の80%を占めている。岩質は花崗閃緑岩が主体で3か所の断層帯が調査により推定されている。現在トンネル掘進370mであるが地山はクラッキーでCIIパターン主体の掘削となっている。間もなく覆工コンクリートに着手するが無事故で高品質なトンネルをつくるよう作業所一丸となつてがんばりたいと思う。
((株)フジタ楢道トンネル作業所副所長)

施工

六叉路交差点直下の地下鉄下にPC-ボックス通路を建設

—東京メトロ丸ノ内線 新大塚駅—

東京地下鉄(株)改良建設部第二工事事務所技術課長 高橋直樹
東京地下鉄(株)改良建設部設計課統括事務係 郡山剛
(株)鴻池組新大塚駅火災対策工事事務所所長 永野愛
(株)鴻池組新大塚駅火災対策工事事務所監理技術者 浜川耕治

1 はじめに

東京メトロでは現在、9路線179駅195.1kmの総延長を有した鉄道路線を営業している。このうち、丸ノ内線は池袋駅～荻窪間27.4km(中野坂上～方南町含む)を営業路線としているが、新大塚駅については、1951年4月に開業しており60年経過している駅である。

本工事は、平成15年2月に発生した韓国テグ市での地下鉄火災を踏まえて改正された「地下鉄道

の火災対策新基準」に伴い、火災発生時の2方向目の避難通路を確保するため、上下線のホームを接続する地下連絡通路新設工事である。当駅は、国道254号線(春日通り)の直下に位置する相対式の駅であり、交通量が多く、国道・区道の六叉路交差点にある(図-1)。

本稿では、少しでも早期に2方向目の通路を確保することと、路上への影響を最小限に抑えるため、工程短縮を検討した連絡通路の掘削・躯体構築工事について報告する。



図-1 施工位置図

2 工事概要

工事概要を以下に示す。

工事名：丸ノ内線新大塚駅火災対策設備設置

新設土木工事

工事場所：東京都文京区大塚4丁目地先

工期：平成21年1月22日～

平成23年5月15日

企業者：東京地下鉄(株)

施工者：(株)鴻池組

構造形式：鉄筋コンクリート構造

(階段部)

幅2.5m, 高さ8.8m, 延長17.2m

(階段部)

幅6.6m, 高さ8.3m, 延長11.3m

(通路部)

幅2.5m, 高さ3.1m, 延長18.2m

主要工事数量は以下のとおりである。

土留め工：鋼杭540m, 鋼矢板150m

掘削工：掘削1,209m³, 路面覆工184m²

薬液注入工：二重管複相式 860kl

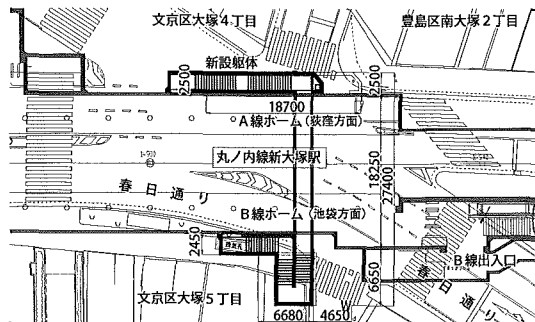
図-2に施工計画図を示す。

3 工法検討

3-1 地質概要

本工事場所の丸ノ内線「新大塚駅」付近は、東京低地の武蔵野面にあたり、標高は20m程度である。この付近の地層構成は、表部から関東ローム層・本郷層・東京層・江戸川層となる。

今回工事の掘削対象層は関東ローム層・本郷層



平面図

であり、とくに既設駅舎下部は本郷層とよばれる礫混じり砂質土で含水量の多いルーズな層である。

地下水位はGL-3~4mと高く、掘削時の補助工法として、薬液注入による地盤改良が必要である。とくに駅舎下部では営業中軌道直下箇所であるため、計測管理を実施しながらの確実かつ慎重な施工法が必要となる。図-3に土質柱状図および新設躯体断面図を示す。

3-2 通路構築工法の選定

本工事においては既設駅舎下部を横断する通路部の掘削・躯体構築方法がとくに重要なポイントとなる。

施工条件は以下のとおりである。

- ・地上部は、非常に交通量の多い国道・区道の六叉路交差点であり、移設不可能な地下埋設物や架空線が多い。また、工事は夜間に限定される。
- ・既設駅舎は、1951年に比較的土かぶりの小さ

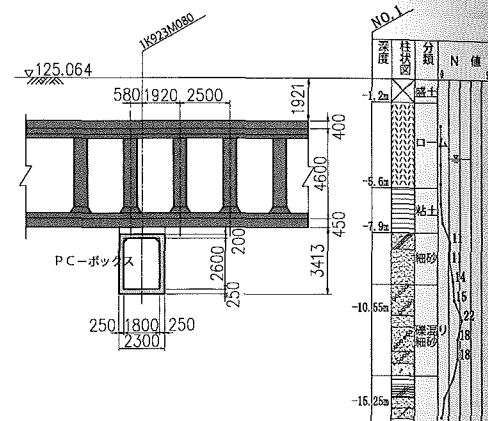
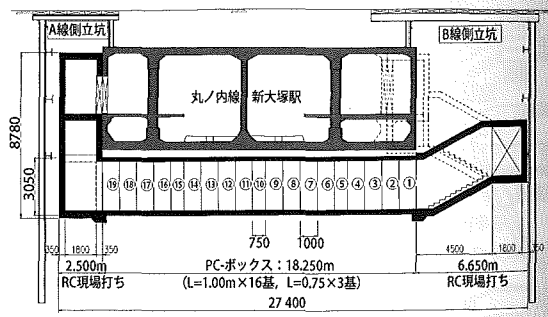


図-3 土質柱状図



縦断面図

図-2 施工計画図

表-1 工法比較検討表

	①掘削(開削)+現場打ちコンクリート	②掘削(開削)+BCCS工法	③函体推進工法
工法概要	・鋼製支柱と木矢板にて支保しながら掘削し、その後基礎コンクリートを打設し、鉄筋・型枠・防水施工を行い、通路を構築する。	・鋼製支柱と木矢板にて支保しながら掘削し、その後BCCS工法用基礎コンクリートを打設し、レールを敷設してから運搬台車を使用し、PC-ボックスを順次運搬・据付けて、通路を構築する。	・函体(工場製作品)に刃口を設置し、反力のとれる支圧壁を設置し、推進ジャッキを使用して函体内部を掘削しながら函体を推進して通路を構築する。
施工性	・狭隘な場所での鉄筋・型枠・コンクリート打設・防水作業となる。 ・コンクリートの養生などで施工日数がかかる。	・工場で作られた製品のため、現場打ちコンクリートに比較して高品質である。 ・現場打ちコンクリート構築に比較して工期短縮効果大きい。	・発進立坑に推進設備(支圧壁、発進架台など)を設置するスペースの確保が困難である。 ・現場打ちコンクリート構築に比較して工期短縮効果大きい。
経済性	・もっとも安価な工法である。	・函体推進工法に比べて安価である。	・架台や刃口製作などにコストがかかりもっとも高価な工法である。
総合評価	○	◎	×

表-2 躯体比較表

項目	当初計画	変更計画
コンクリート設計基準強度	24N/mm ²	40N/mm ²
コンクリート体積	67.5m ³	43.4m ³
鉄筋	SD345 : D13・D16	SD295A : D10 SD345 : D13・D16
PC鋼棒	—	SBPR1080/1230 : 頂版 SBPR1080/1230 : 底版 SBPR 930/1080 : 縦締
鉄筋量	118kg/m ³	102kg/m ³ (PC鋼棒含む)
施工方法	現場打ち鉄筋コンクリート	プレキャスト
施工日数	40日	10日(製作日数含まず)

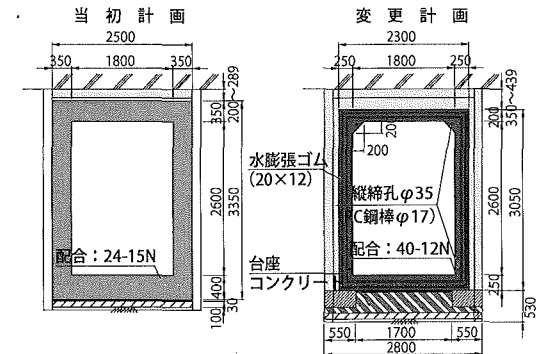


図-4 躯体断面図

い位置に開削工法で構築されており、その下部地山は施工時に乱されルーズな状態となっている可能性が高い。

- ・A線(荻窪方面)B線(池袋方面)立坑ともに狭隘なことから工法が限定される。
- ・当初計画の現場打ちコンクリート工法に比較して、工程を短縮する必要がある。

以下の3工法について比較検討を行い、②の工法を選定した。

- ① 開削+現場打ちコンクリート工法(当初計画工法)
 - ② 開削+BCCS工法
 - ③ 函体推進工法
- 表-1に比較検討結果を示す。

- ・開削掘削工法は、山岳トンネル在来工法に類似した工法で鋼製支保工+木矢板側面の土留めを行う(掘削は、上下半断面に分割したベンチカット掘削工法とし、上下半断面足元にそれぞれストラット部材を設置する)。
- ・躯体構築は、PC-ボックス(工場製作品)を台車に積載して設置するBCCS工法を採用する。

表-2に現場打ちコンクリートとPC-ボックスの比較表を、図-4に断面図を示す。

3-3 BCCS工法の概要

BCCS(ボックスカルバートキャリッジシステム)工法とは、自走式台車を使用して、ボックスカルバートを発進ヤードから移動運搬し敷設する工法である。構造物の直下やクレーンが近寄れない施工上制限がある場所においても作業が行え、上下調整機構と横方向のスライド機構により高い据付け精度を確保できる。

4 施 工

4-1 施工順序

図-5に施工順序フローを示す。

4-2 施工概要

4-2-1 駅舎下部薬液注入

通路部の地盤は、前述のとおり含水量の多いルーズな礫混じり砂質土層である。掘削に伴う周辺地盤および営業中軌道の変位を抑制する目的と掘削補助のため、薬液注入により地盤強化と止水性向上を図った。直上には、既設駅舎躯体があり地下鉄構内作業を減らすために、A線側階段部立坑からの水平注入で施工した。注入仕様については、以下のとおりである。

- ① 注入方式：二重管ストレナー工法(複相式)
- ② 注入材量：水ガラス系注入材(溶液型有機系)
- ③ 注入率：砂質土40.5%

営業中の軌道直下での施工であるため、軌道への影響が予想される注入作業は、最終電車通過後から始発までの3時間とし、削孔作業は、影響が小さいと考えられることから電車運行中も行うこととした。施工中計測管理は駅ホーム内から水準測量にて駅舎側壁・中柱・レール上に設けた測点

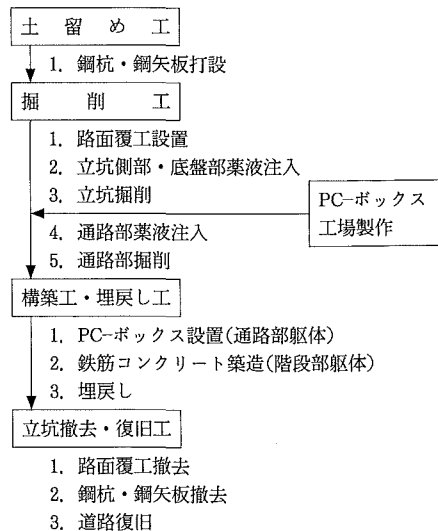


図-5 施工順序フロー

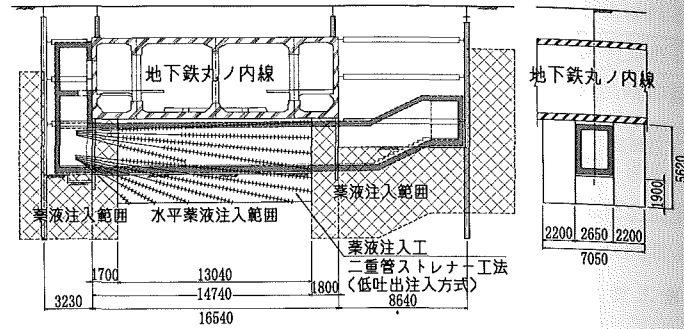


図-6 水平注入計画図

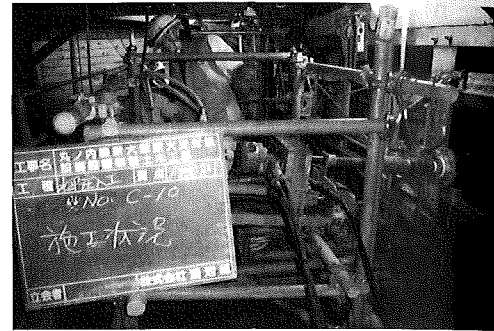


写真-1 注入状況

を変位計測した。管理値は、注入時(電車が運行しない時間帯)の一次管理値を3.5mm、二次管理値を5.0mmと設定し、電車走行中の管理値を2.0mmと設定した。以下に述べる対策を講じた。

- ① 吐出量を $Q=8\text{ l/min}$ と最低レベル吐出量で行った。
- ② 2台の注入機械が干渉しないように施工順序を工夫した。
- ③ 計測値が急激に変化した場合は、管理値を超えなくてもただちに注入を中断し、注入圧を放散させ、変位が低下したことを確認後、再注入を行った。施工した結果、計測値は一次管理値を超えることなく1.5mmの変位(隆起)で完了した。

図-6に水平注入計画図を、写真-1に状況を示す。

4-2-2 駅舎下部掘削

駅舎下部の掘削は、在来トンネル工法に類似した以下の順序で行った。施工断面図を図-7に、施工状況を写真-2に示す。

- ① 高さ $H=4\text{ m}$ の断面を2分割して上半と下半とし、上半掘削を1m分先進させる。

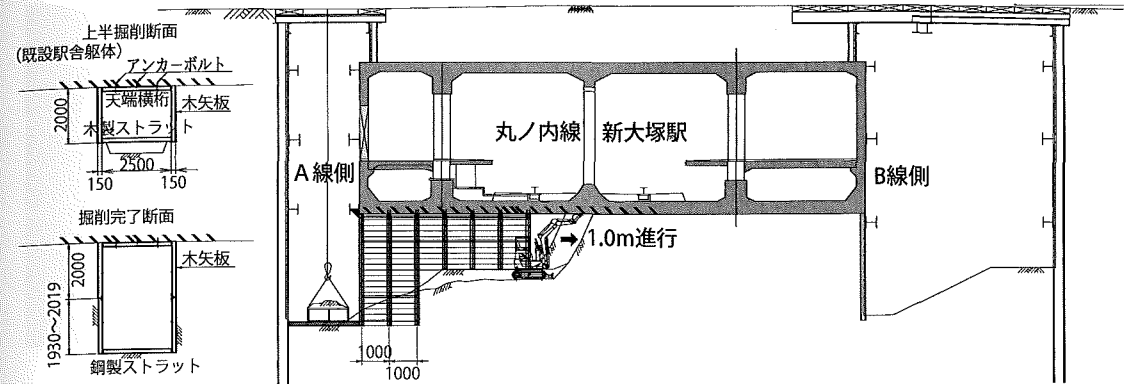


図-7 施工断面図

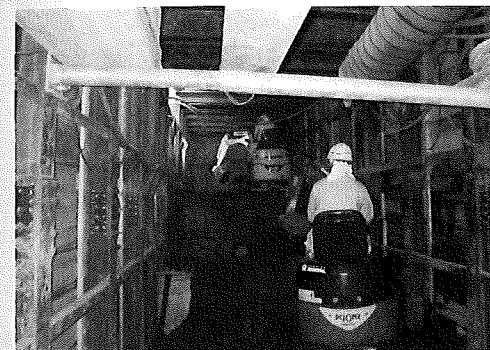


写真-2 通路掘削状況

- ② 上半部で鋼製天端横桁+鋼製側部支柱(上半部 全長 $\times 1/2$)を1mピッチで建て込み、木矢板にて土留めを行う。天端横桁は、上部既設駅舎躯体にアンカーを設置して固定する。上半部足元には、木製梁をストラットとして設置する
- ③ 下半部掘削ののち、側部支柱(全長 $\times 1/2$)をボルトにて上半支柱と連結して建て込み後、足元に鋼製ストラットを設置するとともに、下半部の木矢板土留めを行う。
- ④ 以後①~③の作業をくり返す。上半と下半のベンチ長は常に5m程度に維持する。
- ⑤ 1日の作業終了時には上半切羽は、木矢板で土留めを行う。

4-2-3 PC-ボックスの据付け

PC-ボックスの据付けは、施工幅(施工スペース 左右各100mm)に制限があるため凸型の台座を設置し据え付ける工法を採用した。施工写真を写真-3~10に示す。

(1) 準備工

基礎敷きコンクリート完了後、台座コンクリートを設置し、据付け台車用レールを設置し走行試験を実施した。

(2) 据付け工(BCCS工法)

PC-ボックスは外寸で幅2.30m、高さ3.05m、1ブロックの長さ1.00m(重量6.0t)と0.75m(重量4.5m)の2種類とした。搬入してきたPC-ボックスを、ラフタークレーンにて開口部から立坑内に投入し、据付け台車上に直接降ろす。

据付け台車を操作し所定の位置に横引きし設置する。上下方向の調整は、あらかじめ台座コンクリートに調整プレート設置し、隙間を敷きモルタルで調整した。横方向の調整は、据付け台車のスライド機構により高い施工精度が確保できた。

3ブロック設置ごとに躯体間をPC鋼棒 $\phi 17 \times 4$ 本で縦締め緊張連結し、連結面は水膨張タイプの止水ゴムを2列施した。全ブロック設置緊張完了後縦締め用シーズ孔にグラウトを充填しPC鋼棒との空隙をなくし、躯体間の内面ジョイントにシーリング材を用いて目地工を行った。

(3) 充填工

PC-ボックスと基礎敷きコンクリートの隙間は、上部の荷重を考慮し1:3モルタルを、ボックス底版に1.0mごとに設けたグラウト孔から注入した。側部・上部は、充填不良による空隙を考慮し、流動性が高く収縮のない無収縮グラウトをボックス側部・頂部に設けたグラウト孔から注入し充填した。

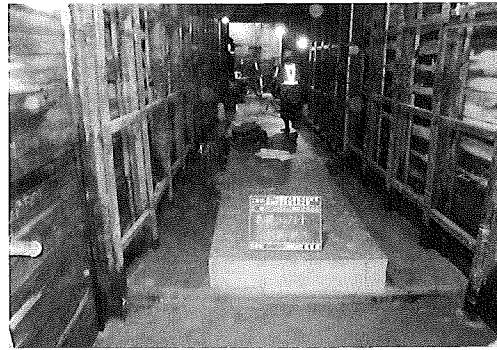


写真-3 台座コンクリート

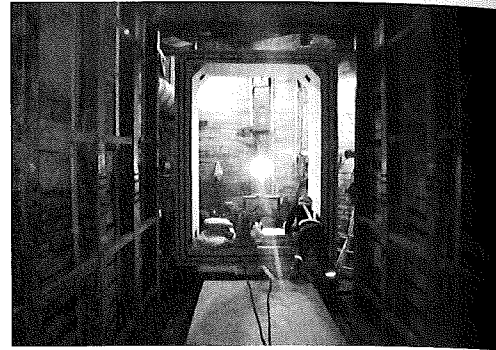


写真-7 台車運搬状況

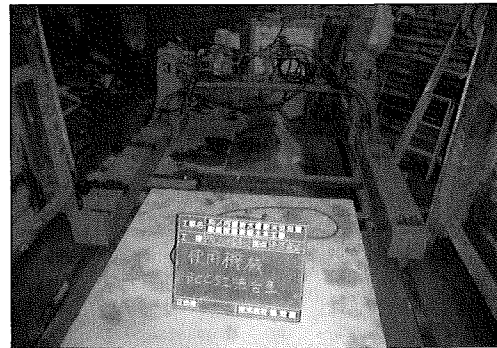


写真-4 BCCS 工法運搬据付け用台車

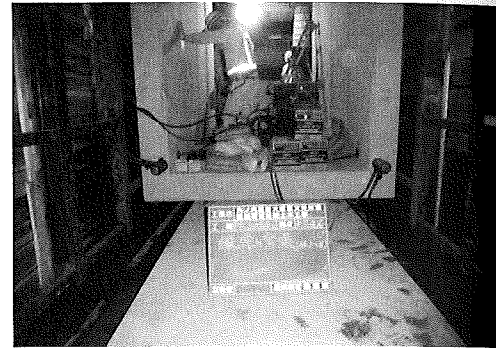


写真-8 PC 鋼棒縦締め状況



写真-5 搬入状況



写真-9 充填状況

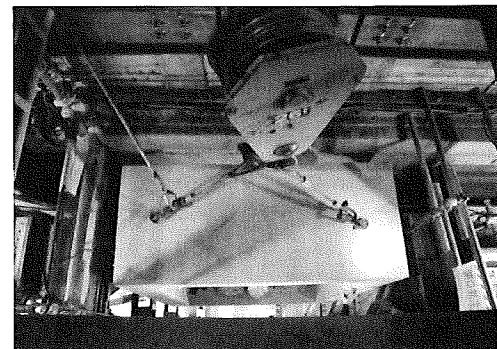


写真-6 立坑内投入状況

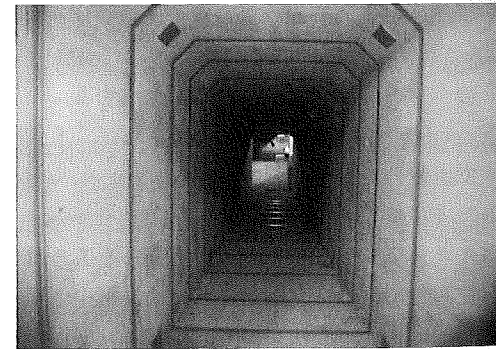


写真-10 通路完成写真

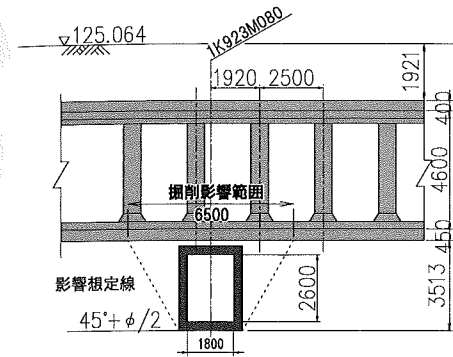


図-8 解析モデルと解析結果沈下量

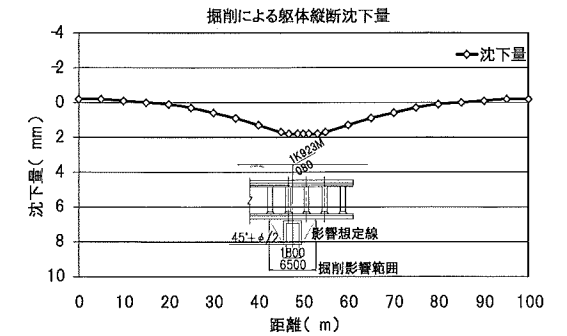


表-3 実施工程表

工種	年月日	平成22年																								
		5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月			
		10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	
薬液注入工	駅舎下部																									
掘削工	駅舎下部																									
構築工	駅舎下部																									
	駅舎側部																									

※PC-ボックス施工
※現場打ち施工時

(30日間短縮)

4-3 施工結果

4-3-1 駅舎下部掘削の影響

直上の地下鉄駅舎への掘削の影響および安全性については、設計時に解析・検討を実施している。検討は、既設躯体(駅舎)および地盤をモデル化した平面骨組解析により、発生沈下量および応力度を算定している。図-8に検討モデル図および掘削に伴う躯体縦断沈下量を示す。解析結果から、躯体に発生する応力度は許容値以下となり、掘削中心断面における沈下量は1.8mmと、管理値±3.5mm(10mにつき)以下である。

掘削時の躯体沈下量は最大2.0mmとほぼ解析結果と同程度で管理値以下であり、計測管理を行いながら慎重な施工を実施し、無事完了することができた。

4-3-2 実施工程

PC-ボックスの据付けは充填工を含めて10日間であった。当初計画の現場打ち鉄筋コンクリート

施工(下床:1回/側壁・上床:4分割施工)と比較して30日間の工程を短縮することができた。表-3に実施工程表を示す。

5 おわりに

本工事は、施工条件が非常に厳しく、地上部が交通量の多い国道・区道の六叉路交差点の狭隘な場所で、地下水位も高くルーズな礫混じり砂質土の掘削、躯体構築工事であった。

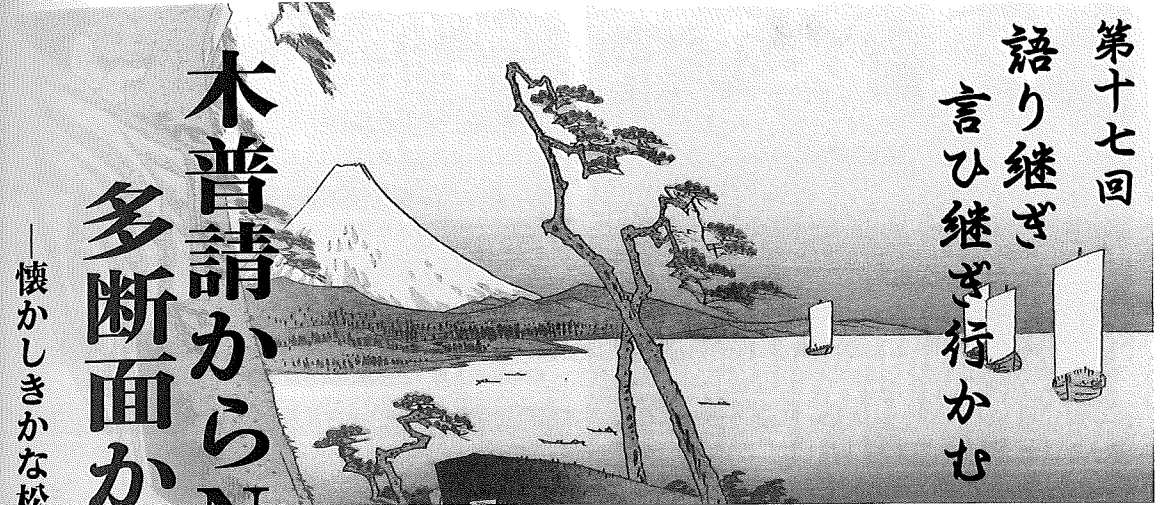
平成23年1月現在躯体構築は完了し、建築・電気工事を実施しており、3月末に営業開始となる予定である。本工事では、狭所でのPC-ボックス搬入・据付けにより、高品質の構造物を安全に無事故で施工することができた。今後は、躯体埋戻し・路面復旧・舗装復旧工事が予定されており、引続き無事故・無災害での竣工を目指している。

本稿が狭隘な場所での躯体構築の類似工事の参考になれば幸いである。

土木情報 No.455

今月の主な入札結果
(3月10日～4月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単位 百万円
北海道開発局	美蔓農業水利事業取水導水路建設	宮坂建設工業	1,005
北陸農政局	佐渡農業水利事業外山ダム仮排水路閉塞他建設	清水建設	240
〃	九頭竜川下流(二期)農業水利事業春江北部用水路その5	東急建設	278.5
〃	〃	その8 真柄建設	106.5
〃	〃	その9 東急建設	298.2
東北地整	R45是川T	前田建設工業	1,871.3
〃	R45尾肝要T北工区	ハザマ	1,931.7
〃	〃 南工区	ハザマ	1,679.5
関東地整	H22双葉函渠設置その3	昭和建設	108
〃	H22小諸横断地下道設置	木下組	135
〃	上北沢立坑構築	本間組	222.4
北陸地整	H22砂防軌道新鬼ヶ城T	新栄建設	110
近畿地整	R25御堂筋共同溝立坑	大成・五洋JV	2,250
〃	京都第二外環状道路北春日T	大成建設	4,975.5
〃	近畿自動車道紀勢線野田地区函渠	田中組	262
鉄道・運輸機構	北海道新幹線、津軽蓬田T他2	鹿島・鉄建・梅林・田中JV	6,500
首都高速道路	(高負)YK13工区(2)～YK23工区(1)下部・半地下・トンネル・土工・街路築造	清水・前田JV	6500
〃	(高負)横浜環状北線馬場出入口・馬場換気所及び大田神奈川線街路築造	清水・東急JV	13,200
埼玉県	中川流域中央西幹線管渠築造3工区2号	初雁興業	101
都・下水道局	王子第二ポンプ所建設	清水・大日本JV	1329.8
〃	中央区日本橋小網町、日本橋蛸殻町一丁目付近再構築	佐藤工業	711.5
〃	港区虎ノ門二丁目付近再構築	東洋建設	433.09
〃	新宿区市谷加賀町一、二丁目付近再構築	あおみ建設	428
〃	練馬区豊玉上二丁目、豊玉中一丁目付近枝線	大本組	1,260.69
神奈川県	県営かんがい排水事業相模川右岸2期地区戸室隧道工区	日鉄パイプライン	120.44
新潟県	緊地国改11-2-1号R352萱峠バイパス萱峠T覆工	福田組	218.2
山梨県	1号調整池築造工事	中村・坂本JV	117
さいたま市	芝川第8処理分区下水道工事	中央建設協組・でんでんJV	316.92
相模原市	公下西大沼地区雨水幹線整備(2工区)	アコック	133.65
京都市	大手筋北幹線(その1)公下	古瀬・増田・今井JV	780



第十七回
語り継ぎ
言ひ継ぎ行かむ

木普請からNATMへ、 多断面から全断面へ

懐かしきかな松矢板のかほり

野崎 弘義
(元)成豊建設(株)

生まれながらにしてトンネル屋

私は、大正13年に大分県南海部郡上浦町浅海井に生まれました。私が生を受けた上浦町(現在は佐伯市)をはじめ、大分県南部(佐伯市近郊)の土木工事に従事する出稼ぎ者は、その称として「豊後土工」と呼ばれていました。その「豊後土工」をインターネットで検索しますと、

「豊後土工とは、トンネル工事に優れた腕とプライドを持ち、危険をかえりみない突貫精神と行動力、純朴な人柄、仕事をいとわない働き振りが、共通した特徴であると言われている。出稼ぎ者は親方を頂点とし、世話役、斧指、坑夫、手元(=助手)にいたる階級組織に組み込まれている。親方は大手建設企業の直轄下請負人、同時に手配師、現場責任者でもある。出稼ぎ者の多くは職業安定所を通さず、血縁、地縁で親方の勧誘に応じてきた。その技術と勇気が大手

企業に評価され、古くから日本国内各地、中国東北部、東南アジア諸国の土木工事に従事してきた。」

とあり、

「その生い立ちは大正時代の日豊線建設工事からと言われており、多くの出稼ぎ者がそのトンネル掘りに動員された。それを組織した中心人物として浅海井出身の親方「松田菅蔵」がいる。彼は日豊線トンネル工事で名をあげ、その後大井川の発電所工事、大井川線鉄道工事をはじめ、全国各地でその優れた技術を発揮し、後輩たちの指導育成に努めた。」

とありました。

その「豊後土工」と呼ばれた人たちは私たちの先人であり、「松田菅蔵」は私の祖父にあたります。まさしく血縁、地縁で父親がトンネル屋となり、急逝した父の跡を引き継ぐかたちで昭和22年に長崎県大島炭鉱に22歳で三代目のトンネル屋として赴任しました。



昭和33年畑薙第二発電所(右が著者)

これが私のトンネル屋としての人生の始まりです。

トンネル屋としての経歴

大島炭鉱では主に石炭を搬出する導坑や換気立坑を掘削し、長野県の上松で初めて発電所工事を経験し、佐賀県の多久炭鉱では再び500mの換気立坑を掘削しました。その後は奥只見発電所、黒部第四発電所、畑薙第二発電所と移り、昭和38年2月に神奈川県小田原で新幹線の小峰隧道に従事しました。そのころ、松田菅蔵系列の親方が20名ほど集まり、個人企業から法人企業への脱皮の必要性を感じ、成豊建設(株)を設立しました。その後も、三重県加太隧道、愛知県多米隧道、神奈川県小田原厚木道路風祭隧道に従事し、昭和42年に、20年間の現場でのトンネル屋としての第一線を退き、その後65歳に成豊建設を退社するまで、43年間トンネル一筋に生きてきました。

次項でトンネル屋としての数少

ない経験の一部を、皆様に伝えたいと思います。

木普請からNATMへ、小断面から大断面へ

私が現場に配属された初期のトンネル支保工は、木普請であり、松矢板を使つての「掛け矢板」「送り矢板」「縫い地矢板」と山の良し悪しによって掛け方は変わってはきますが、木製支保工がH形鋼型支保工に取って代わられても、多量の木材を使用しながら、人力にてトンネルを支保し掘削してきました。

時は流れ昭和が平成になり私が退職するころには、トンネルの内部は、右を向いても左を見ても、上を向いても下を見ても無機質のセメントばかりになってしまいました。

トンネル入ったとき、ツンと鼻をつくあの独特な感じの懐かしい松矢板の香りはもうどこにもなくなってしまったのでしょうか。

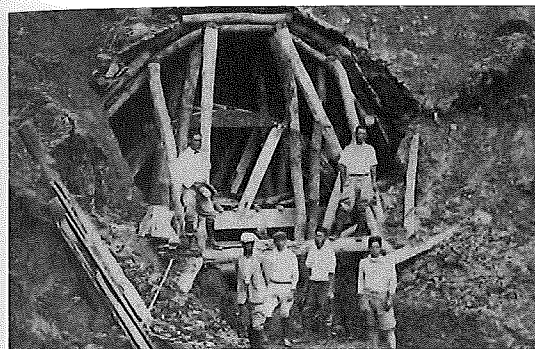
当時の矢板工法であれば、世話

著者略歴

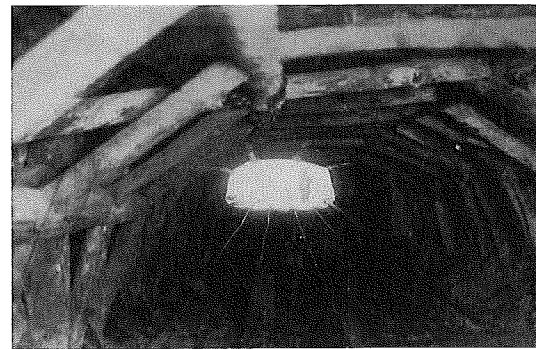
- 昭和21年10月 日本大学理工学部土木学科を卒業
- 昭和22年 9月 長崎大島炭鉱へ名義人として赴任
- 昭和24年 4月 長野県上松発電所工事
- 昭和27年 5月 佐賀県多久炭鉱換気立坑工事
- 昭和30年 5月 新潟県奥只見発電所工事
- 昭和32年 4月 富山県黒部第四発電所工事
- 昭和33年 6月 静岡県畑薙第二発電所工事
- 昭和36年 9月 神奈川県小田原新幹線小峰隧道工事
- 昭和38年 2月 成豊建設(株)の設立に参加し取締役となる
- 昭和39年 6月 三重県加太隧道工事
- 昭和40年 3月 愛知県多米隧道工事
- 昭和41年 8月 神奈川県小田原厚木道路風祭隧道工事
- 昭和61年 6月 代表取締役副会長に就任
- 平成2年 2月 成豊建設(株)を退社

役が坑内に入っていくときに、後荷の来そうなところの矢板にパッキン(キャンパー)を手で軽く押し込み、出てくるときに手で差し込んだパッキンが取れなくなっていたら荷が来ている、というように、山の良し悪しを簡単に把握する方法がありました。山が鳴いたり(矢板が押されて音がする)、ネズミが走ったり(矢板の裏を崩れた石が音を立てて転がる)と山の悪い状態をすぐに感じる事ができたものでした。

小断面の導坑をいくつも掘って、それをつなげて最終のトンネル断面を構築していく多断面工法から、トンネル断面全体を一気に掘っていく全断面工法に変化してきています。多少断面を小さくして掘るといっても、上半先進ベンチカット工法(ショートベンチ、ミニベンチなど)といった程度です。昔のような頂設導坑や底設導坑、側壁導坑などの先進導坑はまったく影をひそめて過去のものとなってしまいました。



後光普請



合掌普請



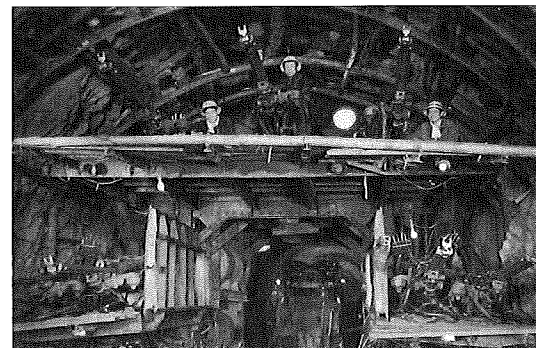
昭和10年代の削岩機(丸太がサポーター代わり)

さらにトンネル掘削機械の進歩と大型化には目を見張るものがあります。昭和36年ごろ小田原の新幹線トンネル掘削は、ピックを使つての手掘りだったものが、昭和41年小田原・厚木道路の風祭トンネル工事ではオーガー削孔による発破工法になり、昭和50年の風祭トンネル二期線工事では自由断面掘削機(ロードヘッダー)での掘削となりました。

削岩機においても、昔はハンドドリル式が主流でありました。レグドリル(ハンドドリル+サポーター)が出現する以前は、ハンドドリルを肩で担いだり、丸太や矢板をサポーター代わりにしたりして穿孔をしていました。それが空圧ジャンボ式となりドリフターの台数が7連装だ11連装だとなった

ときには驚きましたが、いまでは油圧ジャンボ式となって、ドリフターの台数も2台か3台でトンネルの全断面を掘削するに事足りてしまうという、「豊後土工」時代の人たちがそれを見聞きすると、ショックを受けてしまうような大型機械化時代となりました。

今では山が悪くても、ありとあらゆる補助工法を駆使すれば、多くのトンネルにおいて、大きな断面のまま掘り進むことができます。しかし、いったん切羽が湧水などにより崩落すると、全断面掘削では導坑掘削とは違い大崩落を招く危険性をもっていることは否めません。それをいかに事前に察知し、どのような対策を採るかが、「トンネル屋」と呼ばれる皆様の知恵の出し所だと思います。



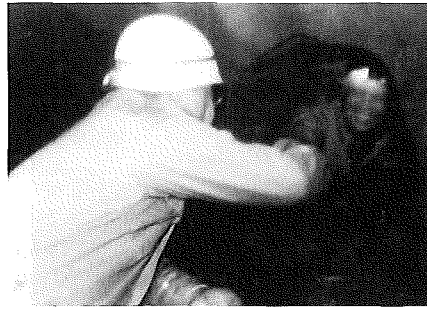
空圧ジャンボ(5連)

トンネル屋の喜び

昭和40年代中頃までは日本中の大半がそうだったと思いますが、トンネル工事に従事しているわれわれの休暇は、1年でたったの1日、それも正月の1月1日だけでした。1月2日には年初めの発破を打って酒を飲んだものです。そんなわれわれ「トンネル屋」にもお祝い事が三つあります。

「口つけ(坑口付け)」「初打設(コンクリート)」「貫通」の三つです。

口つけは、よしこれからトンネルを掘るぞ、という気合いを入れるお祝いであり、初打設は構造物仕上がりのお祝いであり、貫通は山を貫いた喜びのお祝いです。



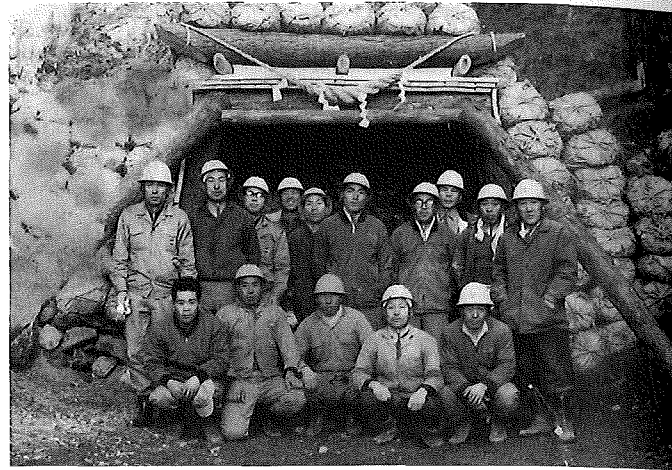
貫通点(正面が著者)

われわれ「トンネル屋」と呼ばれるトンネル掘りを職業とする集団は、モグラさながら土の中を、ただひたすら前に前に、太陽の光が届かない暗い未知の世界を黙々と掘り続け、地下構造物を作って、人が住みやすくなるような環境づくりのお手伝いをさせていただいています。

この「トンネル屋」の唯一の喜びと楽しみは、貫通した瞬間に流れ込む「光」と「風」を体いっばいに感じることであり、測量担当者と一緒に茶碗酒を酌み交わし無事貫通を喜び合うことであります。全作業員の泥だらけの顔がニコッと笑ったときの感激は、今でも忘れることはありません。

みんなで掘ったトンネル、みんなで造ったトンネルであるから、友達意識は別としても、仲間意識、家族意識は自然に生まれてきます。仲間や家族であればケガをさせない、まして絶対悲しい思いをさせない、という気持ちが強く生まれてきます。

みんな現場で共同生活をし、家族持ちは長屋(家族宿舎)に住み、女房たちは宿舎の炊事やアンコ(火薬の充填材)作りなどもしていました。今の時代は、このコミュ



昭和39年三重県加太隧道坑口付け(後列左から4番目が著者)

ニケーション不足がおおいに懸念されます。機械も大型化し、ほとんどの処理をコンピュータがおこなっていくなか、人間の五感六感さえもやがて数値や図表に置き換えられ、自然を相手にするトンネル工事といえども、人間の立ち入る範囲は少なくなってきているように思われます。

それでも、いつの時代になっても、現場を動かしているのは人間であることに変わりはありません。ものづくりはみんなで作ってみんなで喜ぶということを味わってほしいものです。

おわりに

20~30年くらい前までのトンネル現場というと、坑夫に手元が付き、手元が坑夫の技術を見て盗み、技術を覚えてきました。今は、少数精鋭で余分な人員を付けることもできず、今いる坑夫が坑夫として働いているだけで、歴史の伝承や技術の継承がなされず、後に続く優秀な人材が今後かなり不足してくると思われています。

われわれ下請けだけでなく、元請けの方たちも少ない人数で現場をきりもりし、提出書類作成に多くの時間を割き、現場を見ることも不足気味となってきています。このままですと本当にトンネルのことを理解してトンネルを掘り、トンネルを造っていくという、実経験に裏づけされた技術者が少なくなってくるのではないのでしょうか。

少子化の問題もあるでしょうが、技術力不足、労働力不足はずっと先のことではなく、つい3年、5年先のことが心配になってきます。もう50年以上も前に鬼籍となった松田管蔵がこの現状を見たら、何と言うのでしょうか。

最近のトンネル技術やトンネル機械は、昔を引き合いに出すまでもなく、はるかに進歩しています。あとは若い人たちが、現場で知恵を出し、汗をかき、知識と経験をしっかりと身につけ、新しいトンネル造りに生かしていただきたいと思います。

施工

伊勢湾13.3kmを平均月進600m以上で掘進し 地中接合

—伊勢湾横断ガスパイプラインシールドトンネル—

中部電力(株)川越LNG設備建設所土木工事課課長 林 文 晴
 中部電力(株)川越LNG設備建設所土木工事課副長 井 村 正 則
 中部電力(株)川越LNG設備建設所土木工事課主任 澤 利 明
 鹿島・清水共同企業体伊勢湾横断シールド統括所長 辻 井 孝

1 はじめに

中部電力(株)では、発電電力量の約4割をLNG火力が占めており、近年のLNG市場のグローバル化に伴って、LNG関連設備の燃料インフラ整備を進めている。

このインフラ整備のうち、伊勢湾横断ガスパイプラインは、中部電力(株)川越火力発電所および東邦ガス(株)四日市工場から両社が共同運用する知多地区LNG基地間を結ぶもので、このガスパイプラインを敷設するためのトンネルをシールド工法により構築した。

なお、本工事は中部電力(株)と東邦ガス(株)との共同事業であり、中部電力(株)はガス導管700Aを川越火力発電所から知多LNG基地まで、東邦ガス(株)はガス導管600Aを四日市工場から知多LNG基地まで敷設する。

本稿では、中部電力(株)が所管したI工区(川越立坑~知多立坑)の概要について報告する。

2 I工区シールドトンネルの計画概要

シールドトンネル平面線形図を図-1に、トンネ

ル断面図を図-2に示す。

I工区は、内径 ϕ 3,000mm、延長13.3kmのトンネルを川越、知多の両岸の発進立坑から掘進し、伊勢湾中央部の海底で地中接合する。掘進延長は川越側6.5km、知多側6.8kmといずれも6kmを

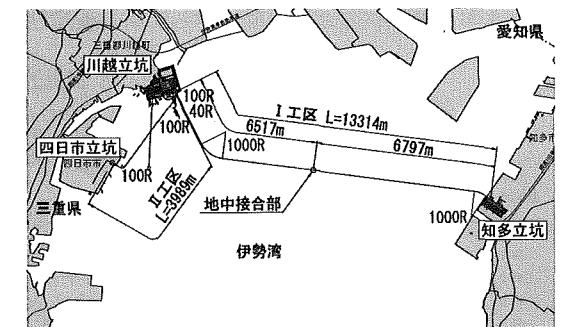


図-1 シールドトンネル平面線形図

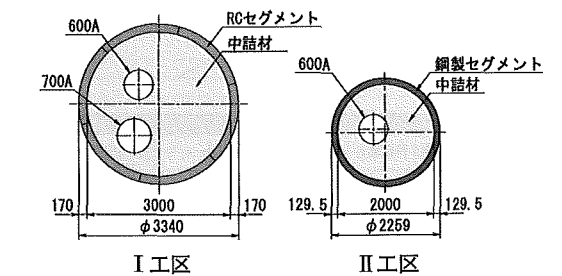


図-2 シールドトンネル断面図

そのほぼ全線で0.4MPaを超える高水圧下での施工となる。さらに、平成20年4月から平成23年1月までの34か月間で立坑およびシールド工事を完了するために、平均月進量が600mを上回る高速で施工する計画とした。

3 地盤条件

伊勢湾海域部の想定地質縦断面図^{1),2)}を図-3に示す。川越-知多間の海底部にはおおむね、完新世の南陽層(N値0~4の粘性土層, N値0~18の砂質土層)が25~40m堆積しており, その下には更新世の濃尾層や第一礫層, 熱田層が堆積している。また, 知多側にはN値50以上の東海層群(固結シルト・礫・砂地盤の互層)が陸から海に向かって急激に傾斜するかたちで分布している。

4 設計概要

4-1 設計の基本的な考え方

シールドトンネル構造は, 設備をメンテナンスフリーとする考えから, 導管敷設後にトンネル内を中詰め材で充填し, 埋戻すこととした。

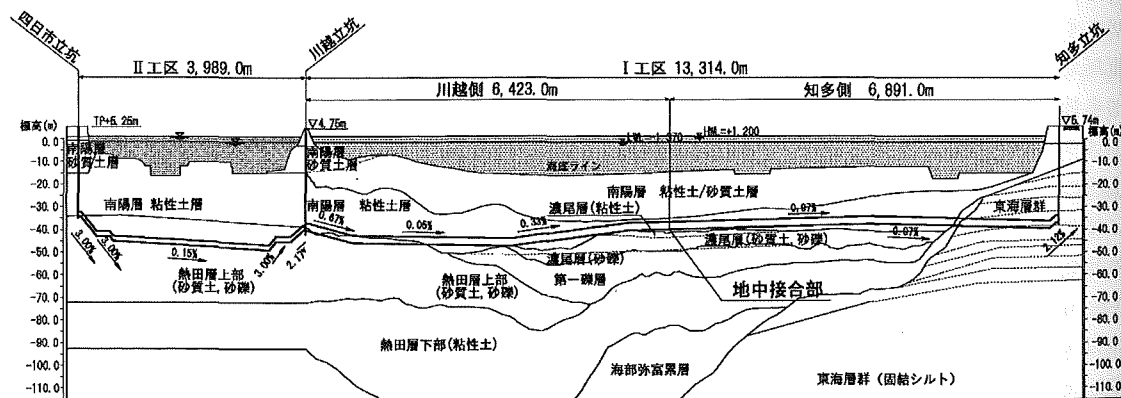
シールドセグメントは本設備として設計し, レベル1およびレベル2地震動に対して構造安定性を確保することとした。また, 立坑は仮設備として設計しながらも, 工事期間を考慮して, レベル1地震動に対して構造安全性を確保した。ここで, レベル1地震動は『下水道施設の耐震対策指針と解説』³⁾に準拠し, レベル2地震動も同解説³⁾相当の地震動として, 『コンクリート標準示方書 [耐震性能照査編]』⁴⁾で規定されるプレート境界型(海洋型)①の地震動波形および当該地点で想定される中央防災会議での東海・東南海・南海地震⁵⁾の3連動地震動波形を用いて照査した。

を確保することとした。また, 立坑は仮設備として設計しながらも, 工事期間を考慮して, レベル1地震動に対して構造安全性を確保した。ここで, レベル1地震動は『下水道施設の耐震対策指針と解説』³⁾に準拠し, レベル2地震動も同解説³⁾相当の地震動として, 『コンクリート標準示方書 [耐震性能照査編]』⁴⁾で規定されるプレート境界型(海洋型)①の地震動波形および当該地点で想定される中央防災会議での東海・東南海・南海地震⁵⁾の3連動地震動波形を用いて照査した。

4-2 シールドトンネル

シールドトンネル平面線形は, 図-1に示すとおり, 曲率半径R=1,000mの曲線を2か所設定し, これ以外は全線直線とした。トンネル縦断線形の設定にあたっては, 海域部の環境に影響を与えず, 導管の施工性や長期の構造安全性を考慮して, 次の条件を満足することとした。

- ・近接構造物との離隔は1.5D以上, 最大勾配5%
- ・最小土かぶりを陸上部5m, 海域部10m
- ・将来の航路整備水深や泊地での投錨を考慮
- ・地震時の浮き上がりに対する安全を確保
- ・立坑とその接合部は圧密沈下影響のない深度



凡例

年代	地層名	土質名		N値	地層名	土質名		N値				
		完新世	沖積層			更新世	第四紀		更新世	第三紀		
新生代	完新世	南陽層	砂質土層	砂質土	0~18	第四紀	段丘堆積物	第二礫層	砂礫	30~50以上		
		南陽層	粘性土層	粘性土	0~4			海部・弥富累層	粘性土			
	更新世	濃尾層	粘性土	粘性土	0~23		更新世	東海層群	東海層群		固結シルト・砂質土	50以上
		第一礫層	砂礫	砂質土・砂礫	20~50以上							
		熱田層(上部)	砂質土	砂質土	10~30							
		熱田層(下部)	砂礫	砂質土	16~50以上							

図-3 想定地質縦断面図

を確保
シールドトンネル通過土層は, 設計条件を満たしつつ, 極力, 礫層掘進を避けるよう計画し, 川越側は熱田層上部(砂質土, 砂礫, N値10~30)から南陽層粘性土層(N値0~4), 知多側は東海層群から南陽層粘性土層とした。

トンネル縦断線形を図-3の想定地質縦断面図に示す。

4-3 立坑

立坑構造図を図-4に, 立坑仕様諸元を表-1に示す。

立坑は導管敷設のための仮設構造とした。両発進立坑の内径はガス導管工事の施工条件から内径φ11,400mmとし, 深さは立坑と接続するトンネルが近接構造物と適切な離隔を十分確保する深度とした。とくに, 川越側立坑では南陽層(軟弱粘性土層)の圧密沈下の影響を受けない深度とした。また, 立坑天端レベルは, 高潮対策として既往最高潮位以上の高さを確保した。なお, 川越側立坑とトンネル接合部には耐震対策として, 可撓セグメント1基(許容値: 押し引き±50mm, せん断19mm)を設置した。

4-4 トンネルセグメント

トンネルセグメントは, 経済性, 施工性, 品質, 耐久性などの検討を経て, 内径φ3,000mm程度の中口径シールドトンネルでは実績が豊富なRCセグメ

ントを採用した。
セグメント仕様は, 6等分割・幅広セグメント(幅1,350mm, セグメント厚さ170mm)とし, 図-5に

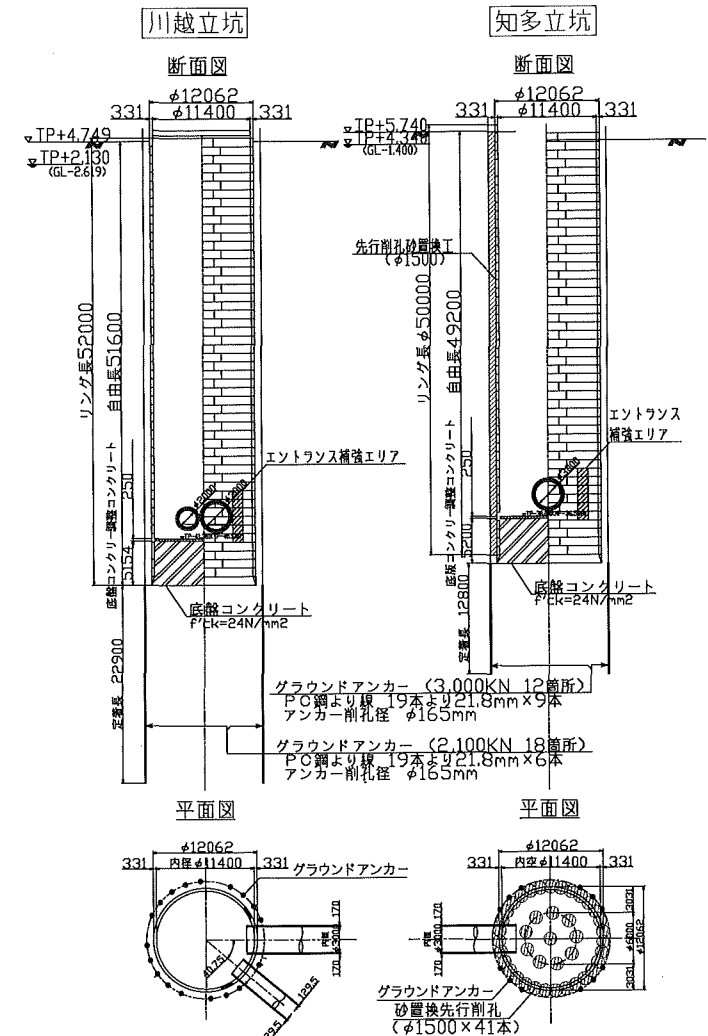


図-4 立坑構造図

表-1 立坑仕様諸元

	川越立坑	知多立坑
立坑内径	φ11,400mm	φ11,400mm
立坑外径	φ12,062mm	φ12,062mm
立坑覆工	鋼製セグメント51リング(幅1m, 11分割/リング)	鋼製セグメント49リング(幅1m, 11分割/リング)
補助工法	なし	砂置換先行削孔(φ1,500×41本)
グラウンドアンカー	76.0m×18本(2,100kN/本)	63.5m×12本(3,000kN/本)
	PC鋼より線19本より21.8mm×6本	PC鋼より線19本より21.8mm×9本
	アンカー削孔径φ165mm	アンカー削孔径φ165mm

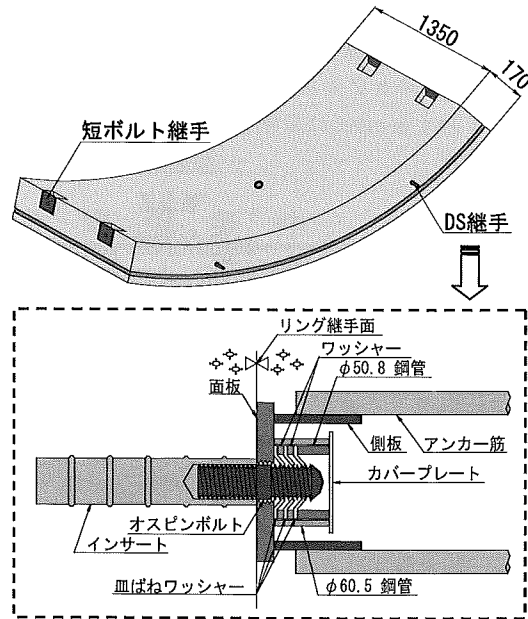


図-5 セグメント概要図

表-2 セグメント諸元

名	称	DSセグメント
材	質	鉄筋コンクリート
内 径 / 外 径		3,000mm/3,340mm
分	割	6等分割
K	セグメント	軸方向挿入式
セグメント幅/セグメント厚		1,350mm/170mm
継手(セグメント間/リング間)		短ボルト継手/DS継手
セメント種類		高炉セメントB種
設計基準強度		54N/mm ²

示すように、トンネル軸方向にエレクトで押し込むだけで組立てできるピン式継手 [DS(locked Disk Spring)継手] を採用した。なお、表-2にセグメント諸元を示す。

5 施工計画

5-1 立坑工事

立坑構築には、アーバンリング工法を採用した。同工法は、幅1.0m(11分割)の鋼製セグメントリング(アーバンリング)を立坑最上部で組立てた後に、立坑外周に設置したグラウンドアンカーを反力として圧入し、その後クラムシェルで水中掘削するという手順をくり返して所定の深度まで立坑

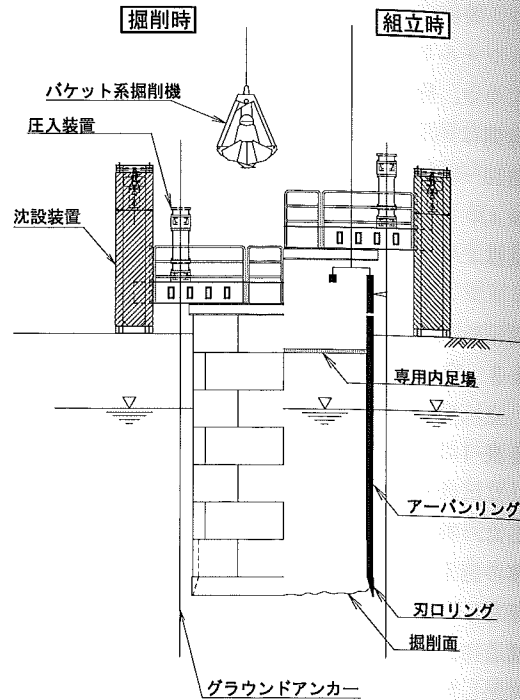


図-6 アーバンリング工法概念図

躯体を沈設する工法である(図-6参照)。

同工法は、1リング(1m)ごとのアーバンリング組立て・水中掘削の後に速やかに沈設できることから、周辺環境への影響が小さく連続施工が可能であり、掘削・沈設時にケーソン工法のように圧気された坑内に入る必要もないため、比較的安全性の高い工法である。なお、鋼製セグメントの継手には、高水圧に対応するため、シールド材とコーキング材を併用した。

知多側立坑では、*N*値50以上の東海層群(固結シルト、礫、砂の互層)での圧入になることから、圧入力低減対策として、φ1,500mm×41本の先行削孔・砂置換を実施した。川越側立坑では南陽層(軟弱粘性土層)での圧入であったことから、圧入力低減対策は実施しなかった。

立坑は、アーバンリングを所定の深度まで沈設した後、1次スライム処理・坑壁測定・坑壁洗浄・2次スライム処理を経て、底盤に水中コンクリートを打設し、コンクリート強度が確保された後にドライアップして完成となる。底盤コンクリートには高い止水性と揚水圧に対する強度および打設

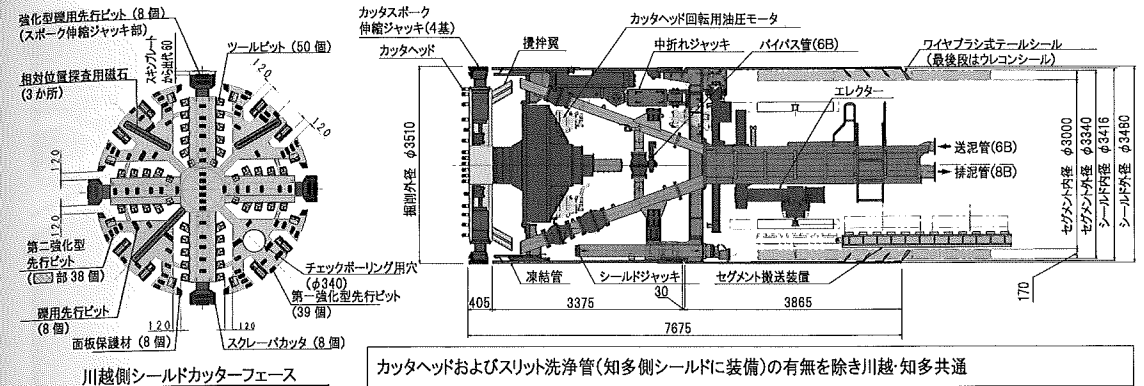


図-7 シールド構造図(川越側)

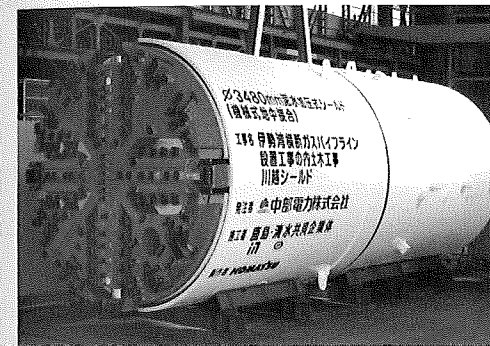


写真-1 川越側シールド

面の平滑度が要求されるため、材料の分離抵抗性が高く、流動性が高い水中不分離性コンクリートを採用した。また、コンクリート打設は、トレミー管10B×3系統で連続打設することとした。

5-2 シールドトンネル工事

シールドトンネル工事に際しては、6km超の長距離施工、平均月進量600m以上の高速施工、0.4MPa高水圧下での地中接合を可能とする泥水式シールドを選定した。シールド構造などを図-7および写真-1に示す。

5-2-1 長距離施工への対応(耐久性の確保)

シールドは長距離施工に対応するため、ビット交換なしで全線を掘進できるように仕様を決定した。カッタービットには、先行ビット2段+ツールビット1段の計3段の段差ビットを配置し、超硬チップ材質には耐衝撃性、耐摩耗性を兼ね備えたE-5種を採用した。テールシールドにはワイヤブラシ式テールシールドを4段装備し(前3段は腐食防止のためSUS材を採用)、最後段にはウレコンシー

ルを採用した。そのほか、ロータリージョイント駆動部には耐摩耗性に優れたスリッパシールを採用し、機内送・排泥管には厚肉鋼管を用いた。

5-2-2 高速施工への対応

川越側計画月進650mおよび知多側計画月進600mを確保するため、昼夜2交代制を採用するとともに、必要サイクルタイム(掘進+セグメント組立て:36~41分)以内になるように、シールドジャッキ速度を最大100mm/min(従来の同クラスでは50mm/min)とした。

また、セグメント組立て時には、複数ジャッキを抜くさい、従来は油圧回路の関係で縮み速度が低下していたが、これを改善するため、5本同時の縮み操作で全ストローク1,900mmの作動時間を1分以内とする早戻し油圧回路を装備することとした。

なお、カッターヘッドの回転速度は、常用で最大3.0min⁻¹(従来同クラス2.0min⁻¹)に、エレクター高速回転速度は1.8min⁻¹(従来同クラス1.0~1.5min⁻¹)とした。荷役設備は、立坑下への荷下ろしのために、地上部にスパン18m、定格荷重7.5tの橋形クレーン(巻上げ速度19.2m/min)を設置(写真-2)し、坑口切羽間は6t自走式バッテリーロコ(最大2編成/片側、最大速度10km/hr)で運搬させ、離合箇所を坑口部、坑口から2,800m地点の2か所に設置した。

さらに、切羽部にセグメントセッター台車(写真-3)を配置し、2リング分のセグメントを一括で荷下ろしできるようにするとともに、セグメント供給効率化のため、スライドテーブル式のセグ



写真-2 橋形クレーンによるセグメント荷下ろし状況 (川越側)

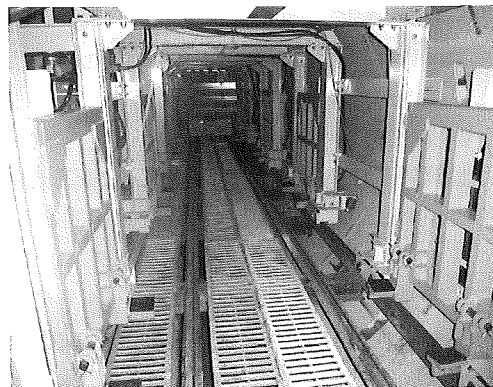


写真-3 セグメントセッター台車

メント供給装置(写真-4)を装備した。

5-2-3 泥水処理設備

泥水式シールド工法における掘削後の排泥水は、地上の泥水処理設備(写真-5)のうち、1次処理で砂礫分は振動篩・サイクロンにより分離し、2次処理で泥水中に溶け込んでいる粘性土分を脱水装置であるフィルタープレスにより分離した。

本工事では、泥水の比重低下処理と産業廃棄物となる脱水ケーキの減容化を図るため、1次処理後の泥水を含水率の低い土砂と処理水に分離するマッドセパマシン(遠心分離機、写真-6)を装備するとともに、その処理水の脱水処理(2次処理)を行うため圧搾式フィルタープレスを装備した。

5-2-4 流体輸送設備

砂礫層の掘削中でも100mm/minの掘進速度を確保するため、排泥流量3.4m³/minに設定し、送泥管8B×1、排泥管6B×1とした。また、ポンプ設置作業、メンテナンス手間を軽減するため、排

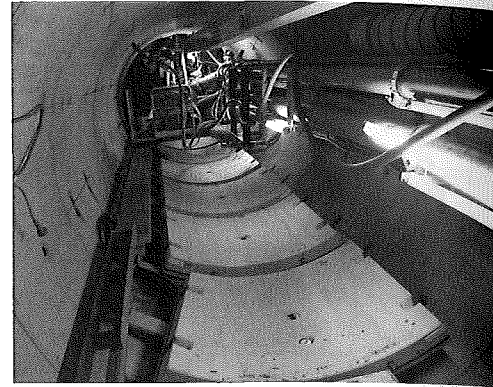


写真-4 セグメント供給状況

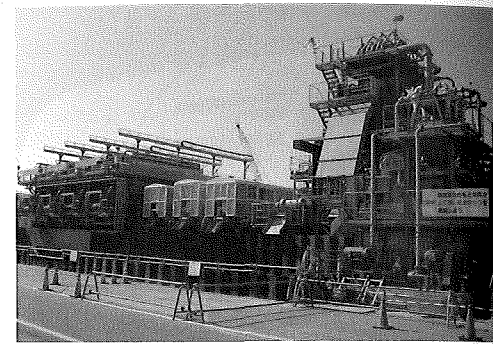


写真-5 泥水処理設備全景(川越側)



写真-6 マッドセパマシン(川越側)

泥ポンプは高揚程型を使用し、台数を従来型採用時の約半分にした。また、配管延長の回数を減らすため、ホースリール台車を2台配置し1回の追加延長を12mとし、配管延長中も泥水循環運転が行えるように、中間バイパスバルブセットを設置した。

5-2-5 地中接合

地中接合方式は、川越側、知多側で進捗が異なる場合への対応策として、どちらのシールドが先着しても受入れ貫入が可能となるメカニカルドッキング方式を採用した。施工手順を図-8に示す。

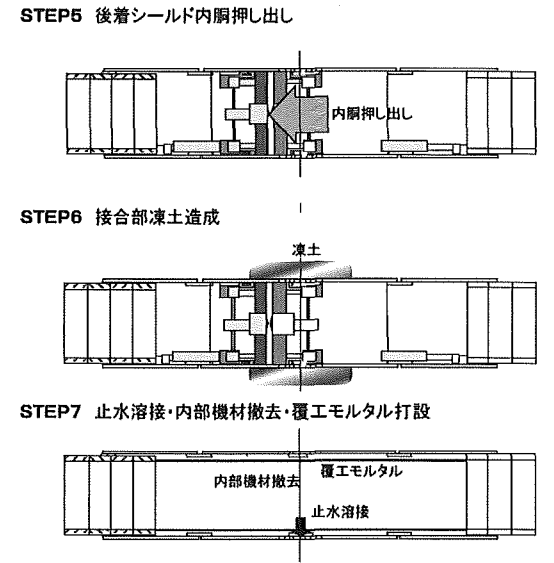
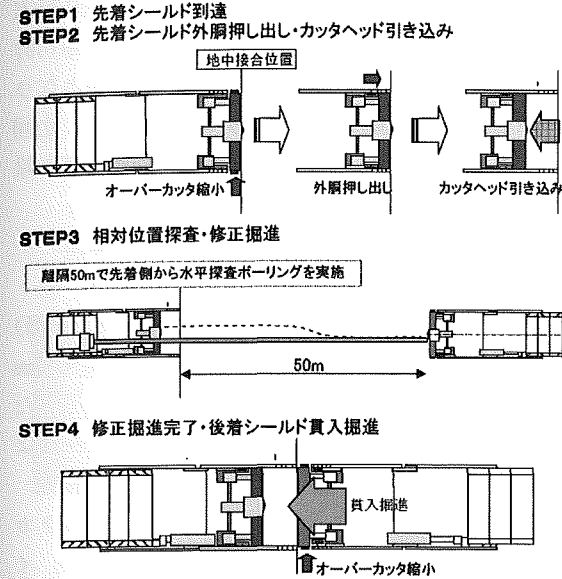


図-8 地中接合施工手順

表-3 相対位置探査方法

名称	精度	探査方法	相対位置探査機器	
			発信	受信
磁気探査	±100mm	カッタを回転させたときの磁気波形を読みとることで水平ボーリング位置を把握する。	シールドカッタフェースに埋め込まれた磁石(3か所)	水平ボーリングマシン外周部に埋め込まれた磁気センサー(6か所)
RI探査	±1mm	RI線源を感知することで水平ボーリングマシン(RIセンシングロッド先端)位置を把握する。	水平ボーリングマシン(RIセンシングロッド先端)に設置されたRI線源	シールド・バルクヘッド・マンホール部のRI線感知センサー

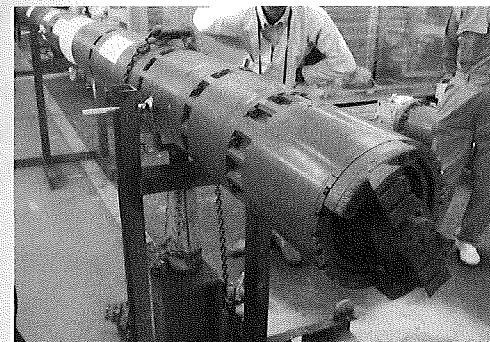


写真-7 水平ボーリングマシン(φ280mm)

長距離施工後の地中接合を確実にを行うため、STEP3に示すように、先着シールドから相対位置探査用の水平ボーリング(φ280mm)を実施することとした。水平ボーリングマシンには姿勢制御のために中折れ機構と姿勢確認用のターゲット(2個)およびプリズムミラーを装備することとした。

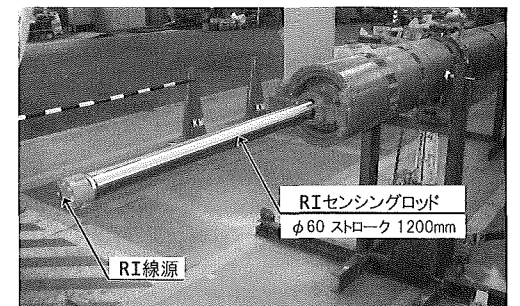


写真-8 水平ボーリングマシン(φ60RIセンシングロッド)

両シールドの相対位置探査法には地中接合で実績のある磁気探査とRI(Radio Isotope)探査を併用した。

磁気探査とRI探査の概要について表-3および写真-7,8に示す。

STEP4,5におけるシールド貫入時の接合許容誤差を50mmに設定し、高水圧下での接合への対応

策として接合時の内胴・外胴摺動部シールには耐圧1.0MPaの山形シール2段を装備した。止水にはSTEP 6に示すように、凍結工法を採用し、前胴先端部に貼り付け凍結管を装備した。

6 施工実績

6-1 立坑施工実績

アーバンリング工法の採用により、川越側4か月、知多側3.5か月(いずれも昼夜施工)と短期間で立坑を構築することができた。

底盤コンクリートの打設では、トレミー管かぶりを確実に確保しつつ、計画した打設スケジュールにもとづいて打設速度を細かく管理し、3系統で連続打設を行った結果、ドライアップ後の漏水もきわめて少なく、十分な品質が確保できた。写真-9に底盤コンクリート打設状況を示す。

6-2 掘進実績

図-9に掘進実績を示す。

川越側からの掘進実績は、本掘進開始からの平



写真-9 底盤コンクリート打設状況(川越立坑)

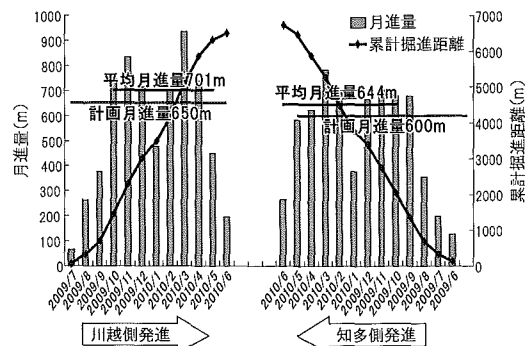


図-9 掘進実績

均月進量が701mとなり当初計画の650m/月を大きく上回った。知多側からの掘進実績は、当初計画の600m/月に対して平均月進量が644mとなり川越側からの掘進と同様に当初計画を大きく上回る実績をあげた。なお、掘進実績は修正掘進を除く。

6-2-1 川越側での掘進トラブル防止対策

表-4に川越側の掘削残土搬出実績を示す。

川越側では、想定以上に長い熱田層(砂・礫層)の掘進を強いられるため、振動篩にはφ20~40mmの玉石がかかるようになり、掘進400mを過ぎたあたりから流体輸送設備と泥水処理設備に次のようなトラブルが生じた。

- ① 排泥側のポンプフロントカバーやバックカバーにピンポイントで穴が開いた。また、インペラーの摩耗によりポンプ能力が低下した。
- ② 振動篩の網・パンチングメタルも砂・礫の打撃により損傷を受け、振動篩最下部のサイクロンポンプに穴が開いた。
- ③ 排泥管の曲がり配管部に穴が開いた。

これら①~③の摩耗現象は、知多側では発生せず、砂・礫層の掘進距離が長い川越側で頻繁に生じた。写真-10にポンプフロントカバーの摩耗状況、写真-11にポンプインペラーの摩耗状況、写真-12に振動篩網の損傷状況を示す。

設備の摩耗の原因は、高速掘進と地盤条件によるところが大きく、中でも石英の含有量が42%(1次処理土の分析結果)と多かったことが影響していると考えられる。

この対策として、

表-4 掘削残土搬出実績表(川越側)

土層	分類		合計
	1次 75 μm以上	2次 75 μm未満	
熱田層	27,551 63%	2,671 6%	13,800 31%
南陽層	2,695 15%	1,838 10%	13,384 75%
計	30,246	4,509	27,184

えとあわせて実施することで、稼働率の低下を防止した。

- ④ 川越側・知多側が共同して交換部品の在庫管理を行った。

6-2-2 知多側での掘進トラブル防止対策

知多側は約1,950mまで東海層群(固結シルト・礫の互層)、以降は南陽層粘性土層であり、ほぼ想定どおりの地盤を掘進した。表-5に知多側の掘削残土搬出実績を示す。

この南陽層粘性土はシルト分が多い軟弱粘性土であり、2次処理設備の圧搾式フィルタープレスの高稼働状態を維持するため、濾布の洗浄や設備のメンテナンスは掘進停止時に適宜実施した。

6-2-3 セグメント

セグメントは幅と厚さの比で7.94(幅1,350mm/厚さ170mm)という幅広薄型であったが、川越側、知多側ともに施工時の割れ欠けや漏水もほとんどなく、トンネル真円度も良好であった。

セグメントの平均組立て時間は17分(計画18分)であった。写真-13にトンネル坑内の状況を示す。

表-5 掘削残土搬出実績表(知多側)

土層	分類			合計
	1次 75 μm以上	1.5次	2次 75 μm未満	
東海層群	10,413 57%	1,286 7%	6,452 36%	18,151 100%
南陽層	1,081 2%	7,762 17%	37,250 81%	46,093 100%
計	11,494	9,048	43,702	64,244

- ① 送泥配管は肉厚管に変更、曲がり管はプレートを溶接し補強したものに交換して交換頻度を減らした。
- ② 定期的に配管やポンプの超音波板厚測定を行うことにより、摩耗速度を把握し、これをもとに部品の交換時期を計画し、損傷前に交換することとした。
- ③ 損傷前の部品交換は、進捗に伴う段取り替

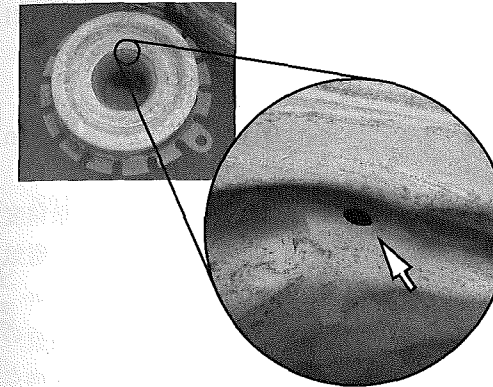


写真-10 ポンプフロントカバーの摩耗

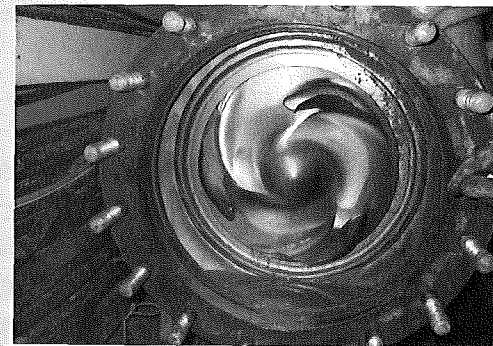


写真-11 ポンプインペラーの摩耗

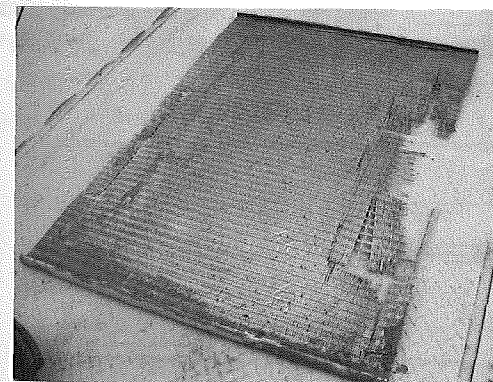


写真-12 振動篩網(0.8mm)の損傷



写真-13 トンネル坑内状況(川越側3,500m地点)

6-3 地中接合実績

6-3-1 シールド1次解体(STEP 1, 2)

先着した川越側シールドは、掘進完了後にエレクタ・ジャッキなどの不要機材を撤去したのち、①スポーク伸縮カッタ全縮、②中折れ部溶接固定、③スキンプレート(外胴)押し出し、④カッタヘッド(内胴)引込みを実施した。④の引込み時は、泥水を補充し、バルクヘッド内の水圧は水圧計で監視しつつ施工した。また、引込み作業では摺動面を傷つけずに中折れブラケットなどの不要材を溶断・撤去する必要があったため、1次解体に10日間を要した。

6-3-2 相対位置探査・修正掘進(STEP 3~5)

シールド掘進完了後、両シールドの離隔50mで、先着していた川越側シールドから水平ボーリングを行った。写真-14に水平ボーリングマシンの据

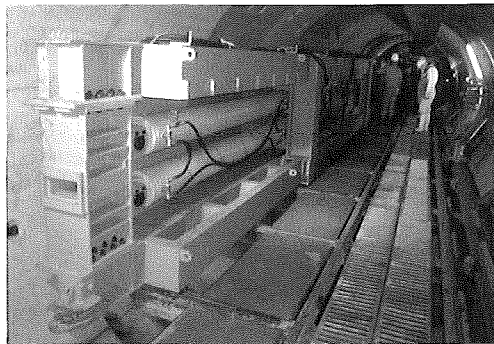


写真-14 水平ボーリングマシン据付け状況(川越側)

表-6 相対位置探査結果(RI 探査結果)

フィッシュテール間距離 [m]	50.0	43.0	35.0	25.0	17.0	8.0	2.0	0.8
水平方向誤差 [mm]	+57	+6	-6	-2	-3	+3	+10	-9
鉛直方向誤差 [mm]	-33	-21	-17	-37	-35	-18	-21	+1

付け状況を示す。

当初計画では、シールド離隔50~20mでは磁気探査(精度±100mm)でおおむねの相対位置確認を行い、離隔20mとなった段階でRI探査(精度±1mm)を併用する計画であったが、離隔50mで行った第1回磁気探査でRI探査が可能なほど水平ボーリングと知多側シールドのカッタフェースボーリング用孔の相対位置精度が良好であったため、結果的に、知多側からの掘進は修正掘進なしでRI探査を実施できた。

表-6に相対位置探査結果を示す。

RI探査結果が示すように、シールド離隔50mでの相対誤差は水平+57mm、鉛直-33mmであり、シールド掘進完了までに行っていた基線測量精度の高さが確認された。以降の修正掘進では、磁気探査は実施せず、RI探査のみ実施した。

計8回のRI探査を実施したが、最終接合時のシールド相対変位は、水平-9mm、鉛直+1mmという高精度であった。水平ボーリングは、川越側から実施し、50m先の知多側シールドまで±10mmで姿勢を制御できた。

6-3-3 凍結工およびシールド2次解体(STEP 6, 7)

両シールドスキンプレート(外胴)に埋め込んであるブライン配管に-45℃のブラインを循環して接合部に長さ2.3m×厚さ50cmの凍土を造成し、

止水した。図-10に凍結工実施状況図を示す。また、写真-15に凍結時シールド内の状態(川越側)を示す。

凍結機(100PS×2台)などの設備は

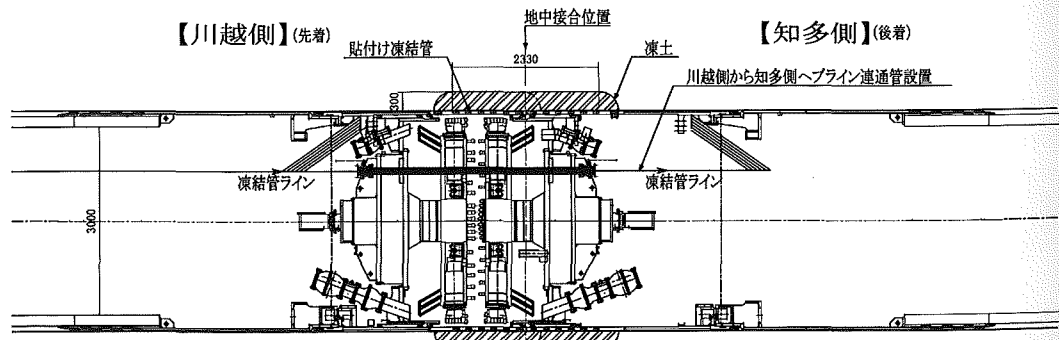


図-10 凍結工実施状況図



写真-15 凍結時シールド内の状態(川越側)

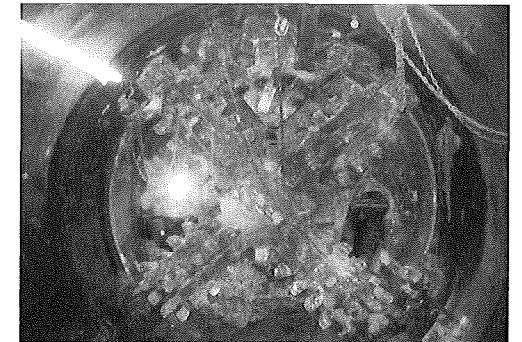


写真-16 川越側シールド面板(地中接合点)

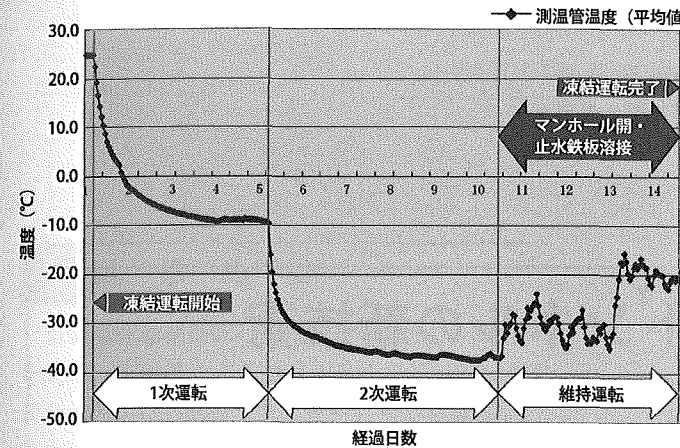


図-11 測温管温度の経時変化

川越側に配置した。

1次凍結として、川越側シールドのみブラインを循環して凍結を行い、その後、川越側から知多側へ凍結連絡管を貫通して両シールドにブラインを循環させる2次凍結を実施した。

接合部の止水鉄板は、凍結による止水効果を確認後に知多側シールドのマンホールからチャンバ内に入り、溶接を行った。凍結運転日数は昼夜で15日間であった。図-11に測温管温度経時変化を示す。

凍結工では、主に次のような施工管理を行った。

- ① 凍土管理温度を-10℃以下とし、知多側シールド先端に取付けた測温管の温度を常時監視した。
- ② バルクヘッド圧力計を確認し、チャンバ内湧水確認後に連通管を施工した。
- ③ 2次凍結運転後、チャンバ内湧水確認を行

い、長時間の作業中断時はマンホールを閉鎖した。

④ 止水鉄板溶接部のエアチェックを行い、止水効果が確認されたから凍結運転を解除した。

また、2次解体では、①カッタモータ駆動部、②バルクヘッド部、③カッタヘッド部の順に解体した。写真-16に、知多側シールドのバルクヘッド・カッタヘッドを解体し、川越側シールドの面板を確認した状況を示す。

シールドのガーター、リブなどは内空φ3,000mmを侵さないよう溶断し、

最終的にシールドのスキンプレート内側に高強度モルタル(設計基準強度54N/mm²)を打設した。

7 おわりに

本工事は長距離高速施工が課題であったが、本稿で紹介した種々の技術を採用し、計画を上回る掘進速度を達成することができた。また、長距離掘進・修正掘進後のシールド相対誤差は小さく、凍結、解体に関しても順調に施工でき、地中接合を無事成し遂げることができた。

今後、工事はガス導管工事へと続いてゆくため、引き続き安全に十分注意しながら施工を進めていく所存である。

最後に、本工事の計画にご協力いただいた共同事業者である東邦ガス(株)の関係者の皆様および計画・施工にご協力いただいた知多エル・エヌ・ジー(株)の関係者の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 海上保安庁水路部：水路部研究報告，No.36，2000.3.
- 2) 建設省計画局・愛知県・三重県：伊勢湾北部臨海地帯の地盤，都市地盤調査報告書，Vol.1，1962.8.
- 3) 日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説，2006.
- 4) 土木学会編：コンクリート標準示方書〔耐震性能照査編〕，2002.
- 5) 中央防災会議 東南海，南海地震等に関する専門調

査会：http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/index_nankai.html.

- 6) 富所達哉・高橋聡・米沢実・京屋宜正：長距離掘進後の高水圧下における機械式地中接合，特集 東京湾横断のガス導管用シールド工事，トンネルと地下，No.37，No.7，pp.53-60，2006.7.
- 7) 杉戸孝・井村正則・澤利明：伊勢湾横断ガスパイプライン シールドトンネル工事の設計・施工報告，研究・報告，電力土木，No.348，pp.42-46，2010.7.

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 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円 円340円

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

〔目次〕第一章 概説 1. シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性○シールド工法の歴史○シールド工法誕生以前のトンネル工法○シールド工法の登場 2. わが国におけるシールド工法の歴史○シールド工法の導入と発展の経緯○シールド工法の現況 3. 今後の技術開発の方向性 第二章 調査・計画編 1. シールド工法の調査技術 2. 断面および線形計画 3. シールド機種の種類と選定 4. 新しいシールド工法 第三章 設計・施工編 1. 覆工○一次覆工の設計○二次覆工の設計と施工○シールドトンネルの防水技術 2. 立坑の設計と施工設備○立坑の設計と施工○シールド機の構造と装備○仮設備の計画○シールド工事による自動化 3. 掘進と施工管理○シールド掘進と施工管理○シールド発進と到達○裏込め注入工法と注入効果○曲線施工と地中接合○補助工法の種類と選定 4. 近接施工と環境対策○近接施工と対策○アンダーピニングおよび支障物対策○シールド工事と環境対策○新工法の現状と将来展望○ECL工法 5. 切羽の安定と地盤変位防止○切羽安定の理論と実際○泥水式シールド工法の切羽安定○土圧シールド工法の切羽安定 6. 地盤変位の理論と実際 付録 1. セグメントの設計例 2. 地盤変位予測解析手法の例 3. シールド工事の施工計画

株式会社 土木工学社

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

計画

大断面シールドと分岐・合流部の各種切開き工法の概要

—首都高速道路 中央環状品川線—

首都高速道路(株)東京建設局設計グループ課長代理 松崎久倫
首都高速道路(株)東京建設局設計グループ課長代理 牛越裕幸
首都高速道路(株)東京建設局設計グループ 飯島悠介

1 はじめに

首都高速道路は都心環状線を中心とし，東名，中央道，常磐道などと接続する3号渋谷線，4号新宿線，6号三郷線などの放射方向の整備を先行して進めてきた。一方，高速自動車国道は東京を中心として大阪，名古屋，仙台という都市間を結ぶ基幹路線として整備されてきた。このことから，首都圏の高速道路ネットワークは，放射方向に比べて環状道路の整備が諸外国と比較して遅れている。そこで，現在，首都高速中央環状線，東京外かく環状道路および首都圏中央連絡自動車道の首都圏3環状道路の整備が進められている。

首都圏の自動車交通は放射方向から都心部への流入出があり，都心部では交通量の多くが通過交通となり，都心環状線を起点とする交通集中による慢性的な渋滞が発生している。この渋滞を解消するために，通過交通を適切に迂回，分散させる環状道路の整備が急がれている。中央環状線は首都圏3環状道路のもっとも内側のリングとして整備が進められている非常に重要な路線である(図-1)。

中央環状線のうち，東側と北側部分の約26kmは高架構造を主体としており，2002年度までに開通した。西側部分の5号池袋線から湾岸線までは，

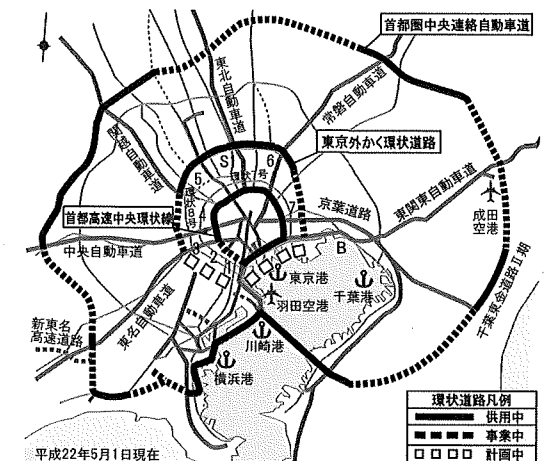


図-1 首都圏3環状と中央環状線概要図

ほぼ全線がトンネル構造であり，5号池袋線～4号新宿線間(6.7km)は2007年12月に，4号新宿線～3号渋谷線間(4.3km)は2010年3月にそれぞれ開通した。そして，3号渋谷線～高速湾岸線間(9.4km)を中央環状品川線といい，本路線の整備により中央環状線が完成する。中央環状品川線は2013年度の完成を目指し，現在，東京都と首都高速道路(株)による合併施行方式によって整備されている。

本稿では，中央環状品川線のうち首都高速道路(株)の施行範囲を中心に路線や工事の概要について述べる。

2 路線概要

中央環状品川線は全長約47kmの中央環状線の南側に位置する自動車専用道路であり、起点の品川区八潮3丁目から高速湾岸線から分岐したのち、

表-1 中央環状品川線路線概要

路線名	都市高速道路中央環状品川線
起点	東京都品川区八潮3丁目
終点	東京都目黒区青葉台4丁目
延長	約9.4km
道路の区分	第2種第2級(自動車専用道路)
車線数	往復4車線
設計速度	60km/h(ジャンクションおよび出入口は40km/h)
出入口数	1か所(五反田)
換気所数	4か所(中目黒・五反田・品川・大井北)
道路構造	トンネル構造 約8.4km 高架構造 約0.6km 擁壁構造 約0.4km
事業者	東京都 首都高速道路(株)

目黒川および都道環状第6号線の地下を北上し、目黒区青葉台4丁目まで現在供用している高速3号渋谷線と中央環状新宿線(山手トンネル)に接続する延長約9.4kmの路線である(表-1)。

中央環状品川線の本線トンネルは延長約8kmであり、内回りと外回りの2本のトンネルを、外径12.3mの2台のシールドによって構築する(図-3)。

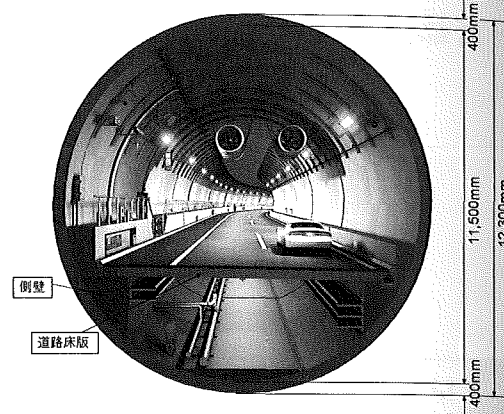


図-3 中央環状品川線標準断面図

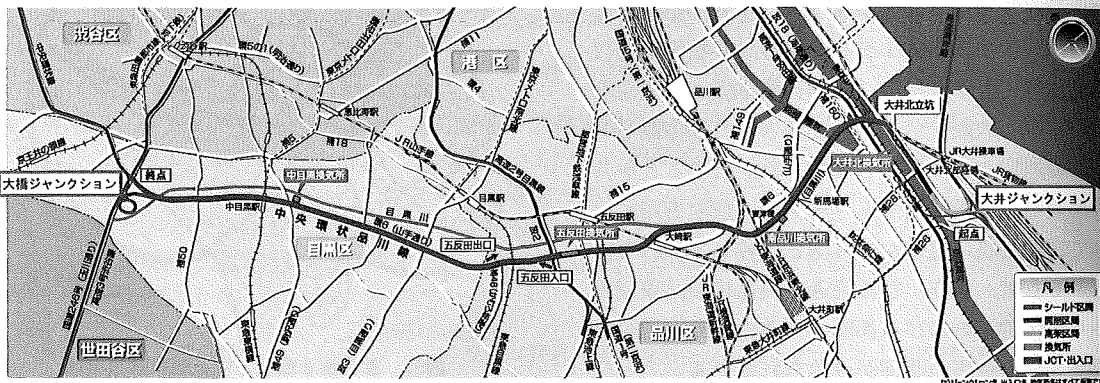
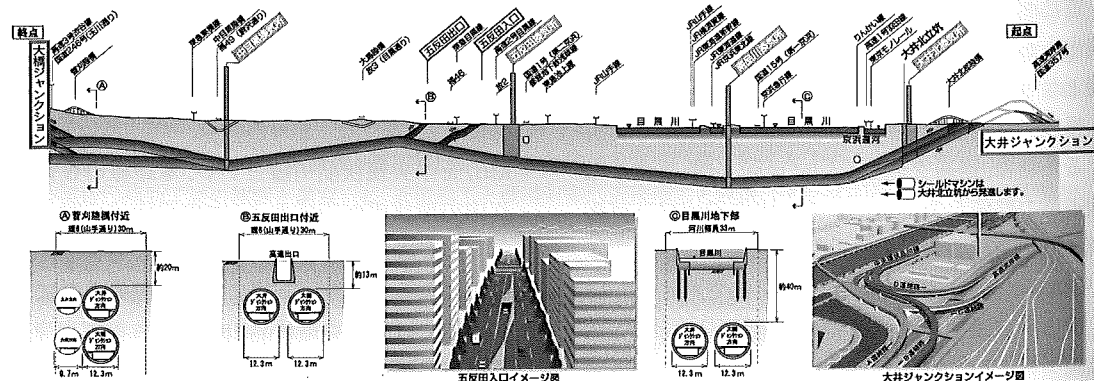


図-2 中央環状品川線概要図



2). 長距離の片押し掘進となることから、工期短縮にも配慮して、シールド掘進と並行して、床版を支える側壁、床版、排水施設を構築している(図-3)。

また、本線トンネルと五反田出入口および大橋連絡路との接続部分は、シールド工法で施工した本線トンネルを拡幅して分合流部を構築する計画としている。

3 本線シールド工事

中央環状品川線は大都市の地下に建設されるため、近接する地下埋設物や交差する構造物への影響を減らす必要がある。

計画地の地盤は、上層から有楽町層、東京層(粘性土、砂質土)、東京礫層、江戸川層、上総層で構成され、本線トンネルを構築する地層は、主にN値50を超える硬質な上総層群泥岩(土丹層)である(図-4)。

都市部における周辺環境への影響軽減の目的と、良質な地盤条件から、全体延長の大部分にシールド工法を採用している。

トンネル覆工構造は、耐火機能を備えた内面平滑型の二次覆工・耐火被覆省略型のRCセグメントを標準とした(図-5)。また、五反田出入口や大

凡例(土質)

F	盛土
AL	有楽町層
ALC	沖積層 粘土~砂
ALD	沖積層 砂礫
ALe	東京層 粘土~砂
ALf	東京層 粘土
ALg	東京礫層
ALh	江戸川層 砂
ALi	江戸川層 礫
ALj	上総層 粘土
ALk	上総層 砂

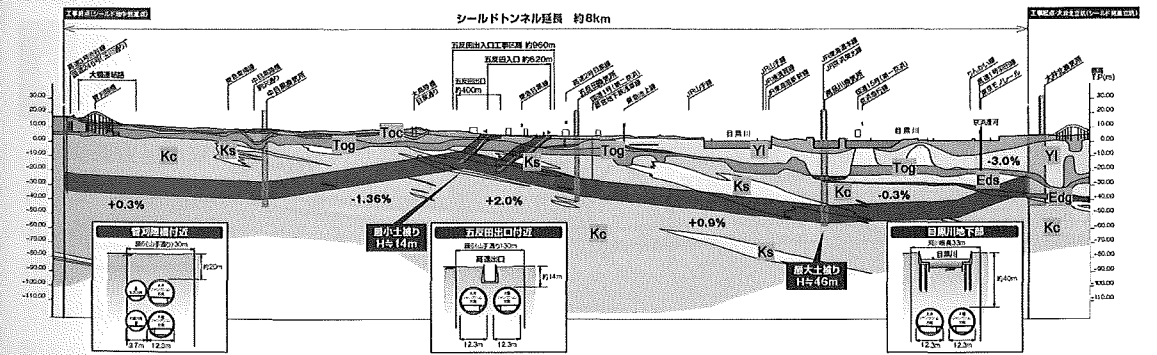


図-4 中央環状品川線地質縦断面図

橋連絡路などのシールドを切開く箇所に鋼製セグメントを、偏荷重および重荷重が作用する箇所に鋼RC合成セグメントをそれぞれ用いている。

道路の曲線半径が600m以上の箇所はセグメント幅を2mと長くし、セグメント1リングあたりの分割数を9分割とし、さらにワンタッチ締結式ボルトレス継手を採用することによって、施工の高速化を図っている。

道路トンネルでは、万が一のトンネル内の車両火災に備え、構造物の耐火性に配慮する必要がある。中央環状品川線では、RCセグメントや鋼-

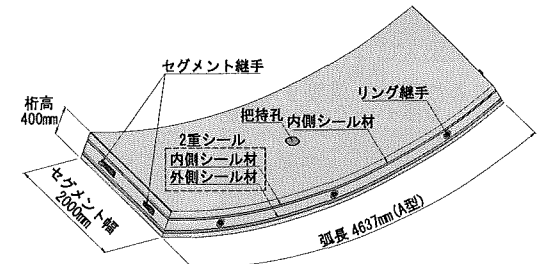


図-5 RCセグメント構造イメージ



写真-1 シールド掘進後方での床版・側壁の構築状況

RC合成セグメントについて、コンクリートにポリプロピレン繊維を混合してコンクリートの爆裂を防止して、セグメント自体に耐火性を持たせ、施工を合理化している。RCセグメントや鋼-RC合成セグメントの厚さは400mm、鋼製セグメントの桁高は一部を除き400~650mmである。

トンネル内の床版には、鋼-RC合成床版を用いて、床版を支える側壁や床版の構築をシールド掘進と並行して施工できるようにシールドの後方台車を工夫して、工期の短縮を図っている(写真-1)。

4 五反田出入口工事

五反田出入口は、本線シールド通過後に切開き工法により躯体を構築する。切開き工法とはシー

ルドトンネル構築後に、トンネル周辺の地盤を開削または非開削で掘削し、RC躯体をシールドトンネル躯体と一体化させて構築した後、シールドトンネル躯体を切開いてセグメントの一部を撤去する工法である。

本線との分合流部は、都道環状6号線の幅員内(約30m)に構築する必要があったため、出口と入口を道路軸方向に分離して計画した。そのため、横併設シールド間で一体化するRC躯体がコの字形となり、構造断面として左右非対称の特殊構造となっている(図-6)。

五反田出入口構築箇所の地盤は、床付け付近に粘土質の上総層があり、砂質の上総層、東京礫層、東京層(粘性土、砂質土)が堆積している。切開き

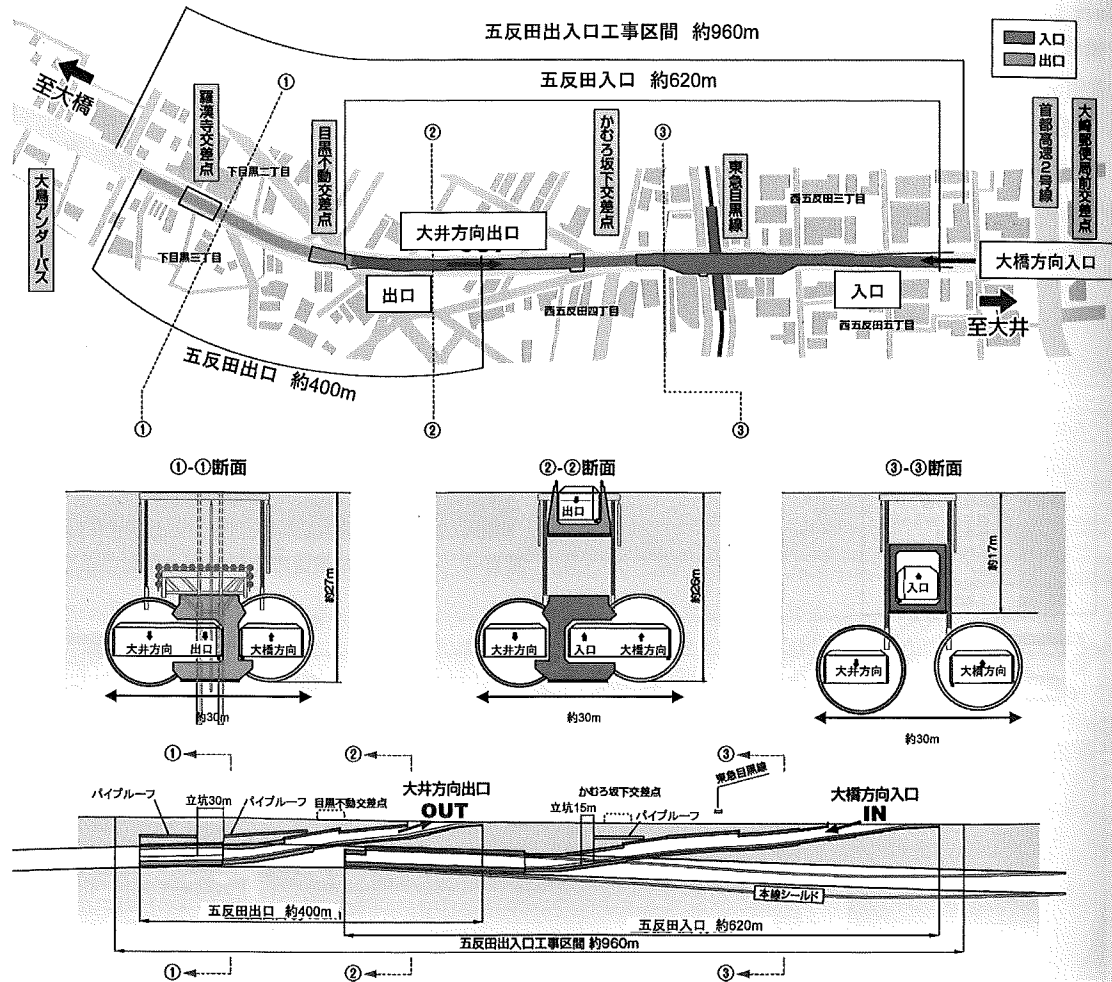


図-6 五反田出入口概要図

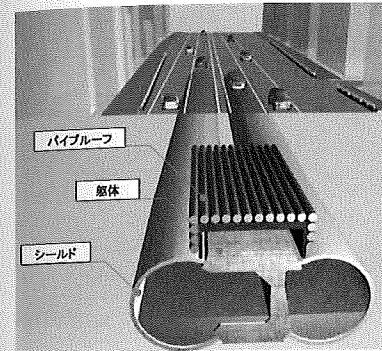


図-7 五反田出入口パイプルーフ工法イメージ

構造の設計は、シールド単体構築時、シールド切開き施工時、躯体完成時の各ステップの発生断面力を用いて設計している。切開き部の躯体形状は左右非対称となることから、当該区間の鋼製セグメントには施工時および完成時に大きな断面力が作用する。そこで、トンネル切開き部の躯体を十分な剛性を確保したRC構造とし、鋼製セグメントの一部をシアコネクタとして一体化することで、必要な強度とトンネル内空を確保している。

切開き工法は主に地表面を掘り下げて、躯体を構築する開削工法を基本としているが、交差点部などでは交通への影響を考慮し、パイプルーフを用いた非開削工法を採用している(図-7)。

5 供用路線との接続工事

中央環状品川線は大橋JCT付近において、供用している3号渋谷線や中央環状線(山手トンネル)と接続される。山手トンネルとの接続については、3か所においてシールドの切開きが必要であり、各切開きの構造および施工の概要を説明する(図-8)。

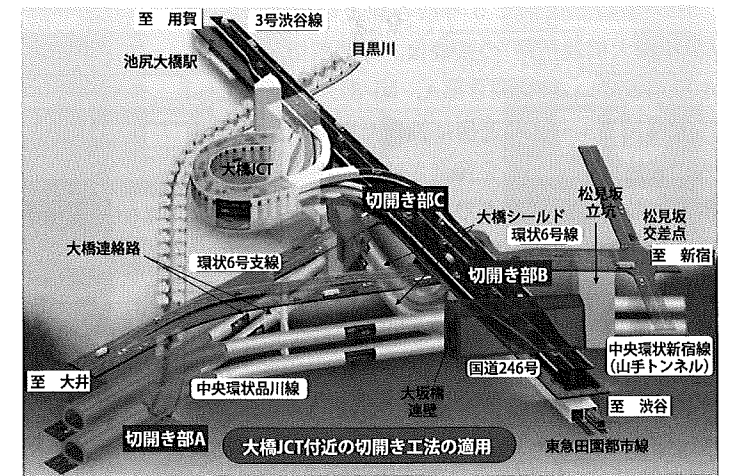


図-8 大橋JCT付近の切開き工法の適用

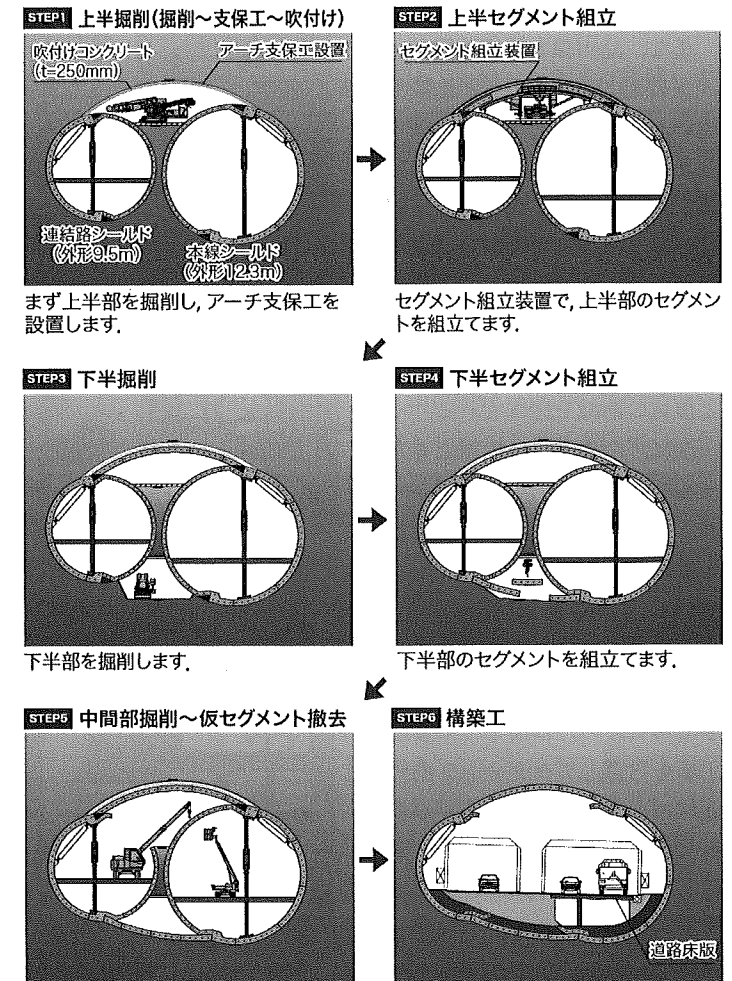


図-9 切開き部A施工ステップ

中央環状品川線と3号渋谷線との接続分岐線(品川線大橋連結路)の接続は、非開削切開き工法を採用している(切開き部A, 図-8)。

大橋JCTループ部近傍に設けた立坑から品川線大橋連結路シールドを発進させ、品川線本線に近接して並走した位置まで掘進して停止する。その後、シールド内部の設備を解体して、残置したマシン外殻を起点とし、本線と連結路シールドの間上方、下方それぞれをNATMによってアーチ状に掘削する。本線と連結路シールドの間にアーチ状の鋼製セグメントを設置した後、一部のセグメントを撤去する(図-9)。当該箇所鋼製セグメントは、アーチ状セグメントとボルト接合する手当てを施しておく。

また、品川線大橋連結路シールドは延長が約500mと比較的短いトンネルを上下2本構築するため、シールドを外洞と内洞の二重構造にし、先行する下層シールド到達後に内洞部のみを発進立坑まで引き戻し、上層トンネル用の新たな外洞を装着して転用するDSR工法を採用し、工事費の削減を図っている。

次に、中央環状新宿線と3号渋谷線との接続分岐線(大橋シールド)の接続は、開削と非開削を併用した切開き工法を採用している(切開き部B, 図-8)。

大橋シールドでの切開きは、山手トンネルの一部として供用中であるため、供用下での接続工事を考慮してセグメント内外面にスキムプレートを用いた特殊な鋼製セグメントを用いて構築している(図-10)。このセグメントは、外面スキムプレートを外せば、RC躯体の鉄筋を直接シールド躯体に接続できるように主桁に鉄筋接続用の手当て

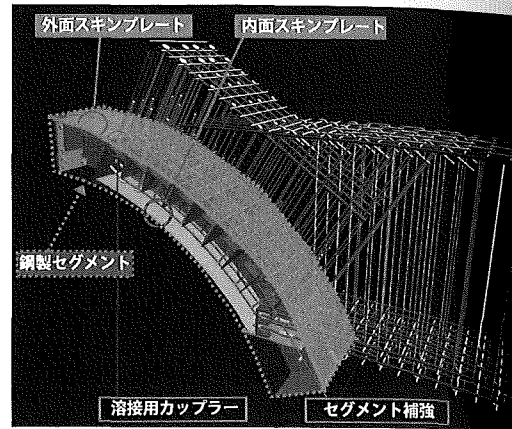


図-10 内外面にスキムプレートを有する鋼製セグメントイメージ

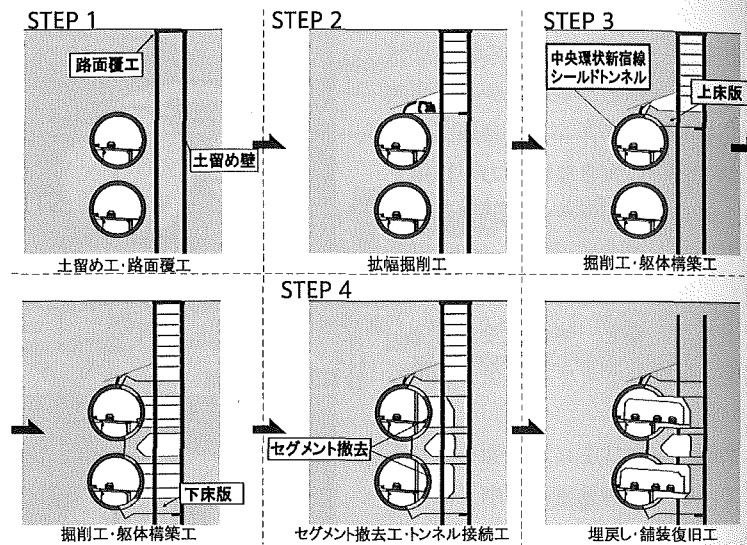


図-11 切開き部B施工ステップ

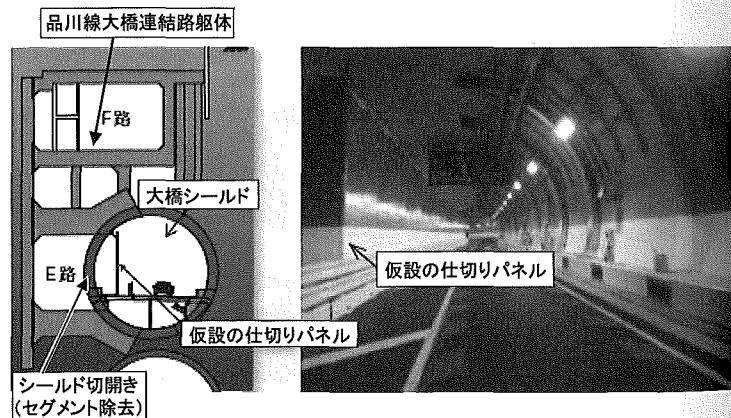


図-12 仮設の仕切りパネル(切開き部C)

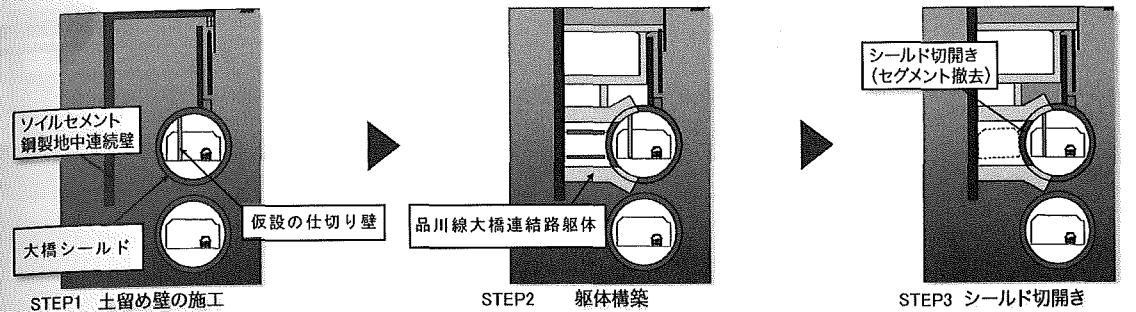


図-13 切開き部C施工ステップ

をあらかじめ施されている。

新宿線と大橋シールドの切開き区間は、松見坂立坑から大坂橋連壁までであり、周辺環境の保全に配慮して都道環状6号線について常時片側2車線を確保するため、施工は、大橋シールドに沿って、幅約5m、延長約200m、深さ約60mと非常に細長い形状の特殊な立坑を構築し(STEP 1, 図-11), 当該立坑から大橋シールド側へパイプルーを併用したNATMによる拡幅掘削を行うこととしている(STEP 2, 図-11)。

RC躯体は、切り開きによるシールドの変形を最小限にするために支保工を兼ねる上床版から逆巻き工法で構築する(STEP 3, 図-11)。RC躯体の構築後、大橋シールドの鋼製セグメントの一部を撤去して分合流部を完成させる(STEP 4, 図-11)。

本線シールドと立坑の接続については、大坂橋連壁からシールド到達部に薬液注入などを行い、連壁の一部や本線シールドなどを撤去しながら施工する。供用中の山手トンネルに近接した工事であるため、高速道路利用者の走行性・安全性を確保するために、鋼製セグメントの切開き前に仮設の仕切りパネルを設置し、本体構造となる分合流部の柱や壁を山手トンネル開通前に施工しておいた。

最後に、大橋JCTループ部の近傍における品川線大橋連結路と大橋シールドの接続は、開削の切開き工法で施工する(切開き部C, 図-8)。

品川線と新宿線は本接続部で合流し、大橋JCTループ部へ入り、ループを2周して3号渋谷線の上り方向と下り方向へ分岐する。大橋シールドの

供用下での接続工事となることから、セグメント内外面にスキムプレートを有する鋼製セグメントを用いている。また、切開き工事箇所と供用路線を分離する仮設の仕切りパネルを設置し、工事を行う際の高速道路利用者の走行性・安全性を確保している(図-12)。

当該箇所の切開きは、大橋シールドに隣接して施工する側壁の一部を鋼製連壁とし、開削工法によって、鋼製セグメントと一体化してRC躯体を構築する(STEP 1, 2, 図-13)。RC躯体の構築後、大橋シールドの鋼製セグメントの一部を撤去して合流部を完成させる(STEP 3, 図-13)。

6 おわりに

2011年2月現在、中央環状品川線の建設については、本線シールドトンネル工事が本格化し、五反田出入口や大橋連結路の切開き工事の本格化に向けて、鋭意準進工事が進められているところである。本線シールド掘進は大井北立坑から約3kmの五反田周辺まで掘進が完了しており、五反田出入口は本線シールド通過後に本格化する出入口躯体の構築のための土留めを施工中である。また、大橋連結路は下層トンネルのシールド掘削を開始したところである。

本稿で紹介した大断面シールドトンネルにおける切開き施工技術は中央環状新宿線の施工で培った技術的経験を活かし、さらに発展させることも視野に入れながら、各切開き工事箇所の土質性状などを十分に考慮して慎重に施工することが重要である。

トンネルジャーナル

札幌駅～大通公園～すすきのが地下街で直通

札幌市の地下鉄さっぽろ駅から大通駅までをつなぐ、全長約520m、幅員20mの空間をもつ地下通路が3月12日開通した。

同事業は、札幌駅前地下歩行空間整備事業として、平成17年度に工事着手し、このたび開通したものの、国と札幌市が計画段階から協力し、市民1,000人ワークショップを開くなど、市民の意見を取り入れながら計画をすすめる。国道区間を北海道開発局が、市道区間を札幌市が施工した。総事業費は開発局と札幌市を合わせて約252億円。

標準的な区間では、親杭横矢板方式の開削工法により幅員22.4m、高さ7.7mの函体を約2mの土かぶりの下に構築した。周辺ビルの変位対策が必要な区間では、親杭間隔を0.6mに縮小し、H300からH350にランクアップして剛性を高めたほか、より条件が



写真提供：札幌市

厳しい箇所については、背面土に地盤改良を施すなどの処置も行った。

札幌では古くから栄えてきた大通公園とすすきのを結ぶ「さっぽろ地下街」がすでに整備されており、この開通により近年発展が進む札幌駅周辺と四季を通じて「歩行空間」で結ばれることで、都心部の魅力と活力の向上に資することが期待されている。

平成22年度地盤工学会賞受賞者が発表

地盤工学会は、平成22年度地盤工学会賞受賞者を発表した。6月10日の通常総会で授与される。

東京空港整備事務所ほか：浚渫土を用いたリサイクル材による人工島の大量・急速施工

山本肇ほか：地球シミュレータを用いた二酸化炭素地下貯留の大規模シミュレーションシステムの開発と実用化

東京空港整備事務所ほか：東京国際空港D滑走路建設外工事「軟弱地盤上における大きな盛土荷重下における埋立人工島の情報化施工」

鉄道・運輸機構：九州新幹線熊本総合車両基地造成事業

豊平川ダム統合管理事務所ほか：ダム堤体近傍における急崖斜面の予防保全—先端技術による危険岩体の安定性評価と環境に調和した斜面対策—

高畑陽ほか：汚染帯水層を対象とした揚水循環併用バイオスパーキング工法(注水バイオスパーキング工法)の開発

安田進：災害調査をもとにした地震時の地盤および構造物の挙動に関する研究

向後雄二：不飽和土質力学の地盤工学への適用

小高猛司ほか：河川堤防砂礫の変形・強度特性の評価手法に関する考察

小高猛司：圧縮ベントナイト緩衝材のせん断破壊時の性能評価

河井正ほか：剛な構造物近傍の埋戻し地盤の地震時沈下挙動に関する遠心力模型実験とその数値シミュレーション

藤澤和謙ほか：Numerical Analysis Of The Erosion And The Transport Of Fine Particles Within Soils Leading To The Piping Phenomenon

日比義彦ほか：Estimation Of The Air Permeability Coefficient And The Radius Of Vacuum Influence For Contaminated Soil And Ground-water Remediation

佐々真志ほか：Liqsedflow: Role Of Two-Phase Physics In Subaqueous Sediment Gravity Flows

菊本統：土粒子の破碎現象とそれに伴う粒度変化の影響を考慮した地盤材料の構成モデルの開発

Ramin Motamed：液状化した地盤の側方流動と群杭基礎との相互作用に関する模型実験研究

竹内秀克：Co-Seismic And Post-Seismic Behavior Of An Alternately Layered Sand-Clay Ground And Embankment System Accompanied By Soil Disturbance

研究

小土かぶり未固結地山における事前地山改良工の有効性と課題

(株)レールウェイエンジニアリング常務取締役 野々村 政一
 鉄道・運輸機構設計技術部設計技術第二課担当係長 井浦 智実
 パシフィックコンサルタンツ(株)トンネル部課長 岡嶋 正樹
 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻准教授 岸田 潔

1 はじめに

小土かぶりトンネルの掘削は、従来、開削工法により行われてきているが、近年、山岳トンネルにおける補助工法の施工技術開発により、経済的に有利となる山岳工法を採用する事例が多くなりつつある。実際に、小土かぶりのトンネルが連続する東北新幹線八戸・七戸間のトンネル群では、通常の支保に加え、先受け工など数々の補助工法を取り入れた施工が行われている^{1)~3)}など。これら補助工法のうち、事前地山改良工は、土かぶり2~10m程度の小土かぶり未固結地山における有効な対策工として多くの採用実績がある^{4)~6)}。しかしながら、その設計手法は十分に確立されておらず、主に経験的な判断にもとづいた個別の対応がなされているのが現状である。

本稿では、事前地山改良工に着目し、掘削時に観測したトンネル周辺地盤の挙動分析や解析的検討をとおして、本工法の有効性について考察する。また、事前地山改良工の設計手法確立のための課題を示す。

2 地質および事前地山改良工の概要

検討対象は、東北新幹線八戸・七戸間の土かぶりの小さい牛鍵トンネル、赤平トンネル、上北ト

ンネルとした。

トンネルの地質は、新第三紀鮮新世後期から第四紀更新世中期の野辺地層の上位地盤をトンネル基盤としている。野辺地層は、未固結~半固結状の粘性土(Noc)と中位~密実な締まりの砂質土(Nos)に区分される。その上部には第四紀更新世後期の段丘堆積物(粘性土(tc)、砂質土(ts))、さらに、十和田および八甲田火山群の降下火山灰の噴出物(ローム(ta))がのっている。これらのトンネル位置は、野辺地層の粘性土から火山灰層の間の未固結地山にあたる。

事前地山改良工の概要は、次のとおりである。まず、トンネル天端部分まで開削を行い、トンネル側壁部は現地盤にセメントなどの固化材を添加、混合攪拌し、浅層あるいは深層混合処理によって改良体を造成する。次に、トンネル天端部は、掘削土とセメントを事前混合処理したものを敷均し、転圧を行うことで改良体を構築する。その後、地表面まで埋戻しを行い、山岳工法によりトンネルを掘削するものである。改良範囲については、トンネル上半部のみや側壁下部まで改良したものなどさまざまである。

図-1⁹⁾は事前地山改良工の形状、改良強度などの概要を示したものである。

施工法は、牛鍵トンネルでは事前地山改良工(上半部、目標強度： $q_u=1.0\text{N/mm}^2$ (天端部)、 q_u

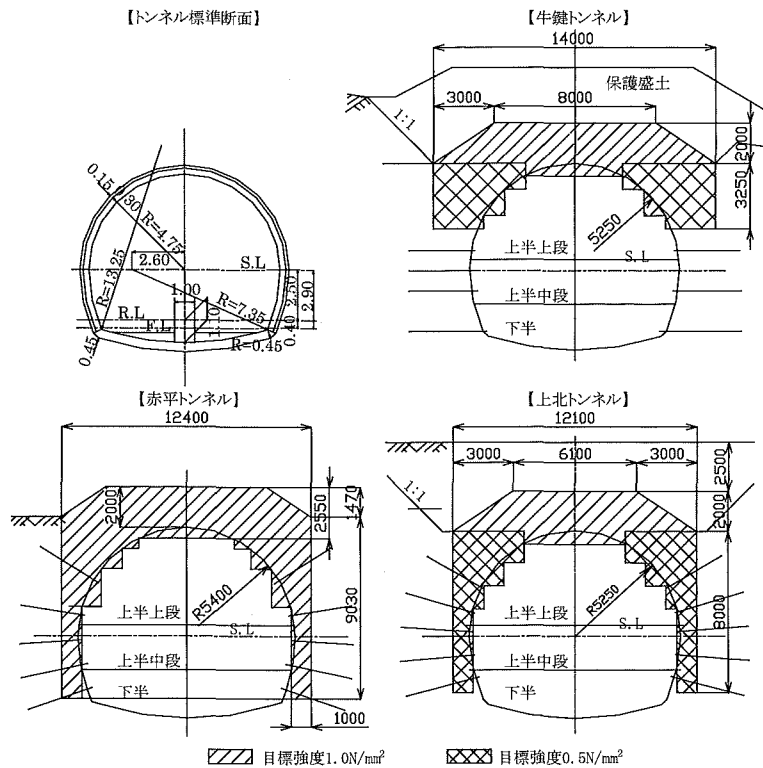


図-1 トンネル標準断面と各トンネルの事前地山改良工の形状と改良強度⁹⁾

表-1 地盤および改良体の諸元

トンネル名	地質記号	単位体積重量 (kN/m ³)	変形係数 (kN/m ²)	ポアソン比	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 φ (°)	記事
牛鍵トンネル	ta	14	3.5×10 ³	0.35	36	0	トンネル位置
	ts	18	2.0×10 ⁴	0.35	20	30	トンネル位置
赤平トンネル	Ts	15	5.0×10 ³	0.40	13	0	
	ta	15	1.25×10 ⁴	0.40	30	0	トンネル位置
	ts	17	1.75×10 ⁴	0.35	0	31	トンネル位置
	tc	15	1.0×10 ⁴	0.40	57	0	トンネル位置
	ts	18	3.0×10 ⁴	0.35	0	31	トンネル位置
	Noc	17	1.25×10 ⁴	0.40	31	0	トンネル位置
上北トンネル	Nos1	20	1.25×10 ³	0.30	0	38	
	Ts	14	5.0×10 ³	0.40	13	0	
	ts	17	6.0×10 ³	0.35	0	39	
	tc	15	1.5×10 ⁴	0.40	114	0	トンネル位置
改良体	Noc	14	1.0×10 ⁴	0.40	110	0	トンネル位置
	Nos1	17	2.5×10 ⁴	0.35	0	30	
		19	1.0×10 ⁵		288	30	目標強度 $q_u=1.0N/mm^2$
			5.0×10 ⁴		144	30	目標強度 $q_u=0.5N/mm^2$

【地質記号 凡例】 Ts, ta: 高館火山灰層 Noc: 野辺地層(粘性土) ts: 高館段丘構成層(砂質土) Nos1: 野辺地層(砂質土) tc: 高館段丘構成層(粘性土)

=0.5N/mm²(肩部), サイドパイル, 地下水位低下工法(ディープウェル), 多段ベンチカット工法の組み合わせ, 赤平トンネルでは事前地山改良工(側壁下部まで, 目標強度: $q_u=1.0N/mm^2$), 多段ベンチカット工法の組み合わせ, 上北トンネルでは事前地山改良工(側壁下部まで, 目標強度: $q_u=1.0N/mm^2$ (天端部), $q_u=0.5N/mm^2$ (側壁部)), 多段ベンチカット工法の組み合わせとなっている(ただし, q_u : 一軸圧縮強さ)。

表-1は検討トンネルの地盤および改良体の諸元を示したものである。

各物性値は, 地質調査結果あるいは, 一般値および推定式から決定されたものである。

3 掘削時の挙動

3-1 計測変位

3-1-1 天端沈下, 脚部沈下, 内空変位
図-2⁹⁾は事前地山改良工を採用したトンネルのほか, 事前地山改良工に変え鋼管鋼矢板圧入打撃工法^{10), 11)}をトンネル坑内からの先受け工として採用したトンネルでの土かぶりりと天端沈下量を示したものである。また, 図-3⁹⁾は同様に脚部沈下量を示したものである。

全体的に土かぶりが増加するにつれ, 天端沈下, 脚部沈下ともに増大する傾向を示している。また, 天端沈下と脚部沈下は, ほぼ同様の分布を示していることから, いわゆるとも下がり現象(天端沈下量=脚部沈下量)が生じていることが示唆される。

牛鍵トンネルにおいて, 事前地山改良工を上半部に実施したケースでは, 土かぶり5~8mにおいて20~90mm程度の天端沈下量となっている。また, 土かぶり8m程度を超える場合に坑内からの補助工法として鋼管鋼矢板を採用したケースでは, 30~80mm程度の天端沈下量となっている。いずれのケースでも, 多段ベンチカット工法や地下水位低下工法による切羽の安定性向上, サイドパイルの設置による脚部補強などの対策を実施しており, 未固結地山においてもそれらの効果が有効に発揮されたものと考えられる。

一方, 赤平トンネルおよび上北トンネルにおいて事前地山改良工を下半の側壁下部まで実施したケースでは, 土かぶり2m程度の赤平トンネルで約20mm以下の土かぶり6m以下の上北トンネルで約50mm以下の天端沈下量となっている。このように, グラウンドアーチが形成されにくく地耐力が劣る小土かぶり未固結地山であっても, 事前地山改良工を下半部まで実施した場合には, 大きな沈下抑制効果が確認されている。

図-4⁹⁾は土かぶりりと天端沈下量-脚部沈下量の

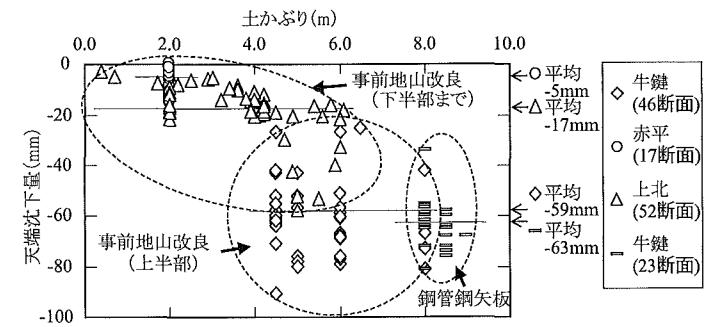


図-2 土かぶりりと天端沈下量⁹⁾を加算

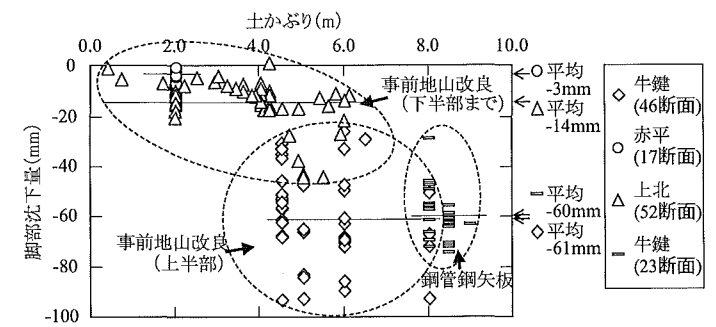


図-3 土かぶりりと脚部沈下量⁹⁾を加算

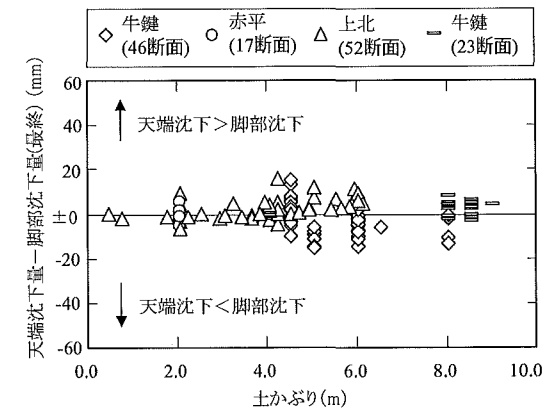
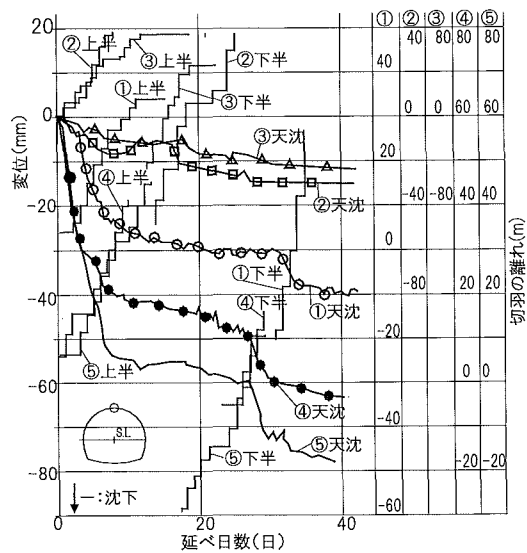


図-4 土かぶりりと(天端沈下量-脚部沈下量)の関係⁹⁾ 関係を示したものである。側壁下部まで改良した上北・赤平トンネルでは天端沈下量が脚部沈下量に比べて大きくなっているが, 上半部改良の牛鍵トンネルでは脚部沈下量が大きくなっている。天端沈下量と脚部沈下量の差はいずれのトンネルでも小さく, とも下がり現象に近い関係を示している。

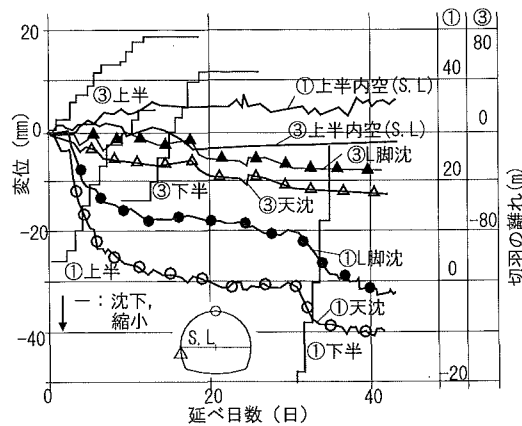
図-5^{9), 12), 13)}は施工時の天端沈下量の経時変化を示したものである。側壁下部まで改良した断面②, ③の天端沈下量は, 上半部改良のみの断面①, ④



断面①:牛鑿T(623km295m)土かぶり4.5m(上半部改良, サイドパイル)
 断面②:赤平T(625km422m)土かぶり2.0m(側壁下部まで改良)
 断面③:北上T(624km730m)土かぶり5.6m(側壁下部まで改良)
 断面④:牛鑿T(623km022m)土かぶり6.0m(上半部改良, サイドパイル)
 断面⑤:牛鑿T(623km012m)土かぶり7.0m(改良なし)

【凡例】天沈:天端沈下量 上半:上半掘削
 下半:下半掘削

図-5 天端沈下量の経時変化^{(9),(12),(13)}をもとに作成



断面①:牛鑿T(623km295m)土かぶり4.5m(上半部改良, サイドパイル)
 断面③:北上T(624km730m)土かぶり5.6m(側壁下部まで改良)
 【凡例】天沈:天端沈下量 上半:上半掘削
 L脚沈:上半左側脚部沈下量 下半:下半掘削

図-6 天端沈下量, 脚部沈下量, 内空変位量の経時変化^{(9),(12),(13)}をもとに作成

に比べて沈下量は小さく, かつ下半掘削時の沈下も小さい。また, 改良なしの断面⑤と上半部改良のみの断面①, ④を比較すると, 改良によって沈下が抑制されていることが確認できる。

図-6^{(9),(12),(13)}は土かぶりが同程度の断面①と断面

③の天端沈下, 脚部沈下, 内空変位を示したものである。上半掘削時および下半掘削時ともに, 断面①では断面③と比較して大きな沈下傾向が確認できる。また, いずれの断面においても下半掘削時の脚部沈下量は天端沈下量と同程度となっており, とも下がり現象が確認できる。一方, 内空変位については, 断面③では, 上半掘削の場合は拡大方向となり, 下半掘削により縮小に転じている。一方, 断面①では, 下半掘削でも拡大のままとなっている。

側壁下部まで改良した場合は, 上半掘削時に改良体に作用する荷重を下半部の改良体でも支持することで脚部沈下が抑制されるため, 結果的に天端沈下も小さくなると思われる。さらに, 下半掘削時には側壁部の水平方向作用力が増加するため内空変位が縮小し, 鉛直方向荷重は改良体下端の未改良部で支持されるため全体的に沈下すると考えられる。

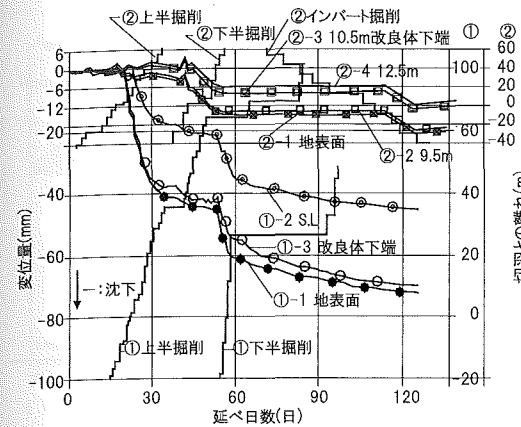
一方, 上半部のみ改良した場合には, 上半掘削時に荷重が集中する脚部が未改良であるため脚部沈下が大きく, 結果的に天端沈下も大きくなるものと考えられる。また, 下半掘削時には, 上半掘削時の支持状態のまま, 下半掘削による沈下の影響を受け上半部が全体的に沈下しているものと考えられる。

3-1-2 地中変位および周辺地山の区間ひずみ

断面①と断面②各々のトンネル側部(トンネルセンターからの離隔6m)における地中鉛直変位の経時変化を図-7⁽⁹⁾に示す。

断面①では, 上半切羽が10m(1D)程度に近づいた時点から沈下が発生している。下半掘削時も, 下半切羽が計測地点の20m(2D)程度手前から沈下し, 掘削の影響が生じている。すなわち, 掘削に伴う荷重再配分が発生し, 切羽前方に荷重が分担されることになる。さらに, 地山改良体がトンネル掘削軸方向に存在するため, 改良体が梁の役割をし, 荷重を切羽前方に効率よく伝えていることが考えられる。

地表面沈下量は改良体下端の沈下量とほぼ同等であるため, 改良体とその上部地山は一体となっ



断面①:牛鑿T(623km295m)土かぶり4.5m(上半部改良, サイドパイル)
 断面②:赤平T(625km422m)土かぶり2.0m(側壁下部まで改良)

図-7 地中鉛直変位の経時変化⁽⁹⁾をもとに作成

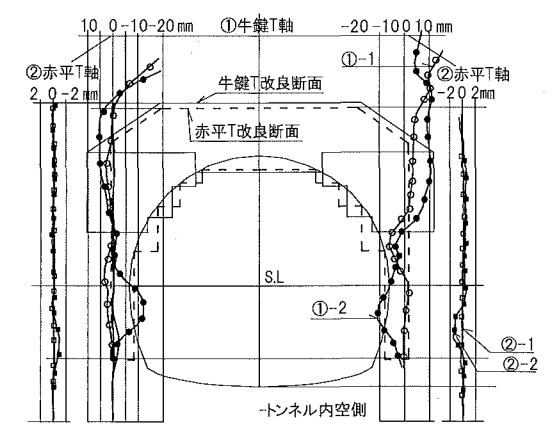
て沈下を生じていることがわかる。これは, とも下がり現象の傾向であり, 改良体の下端の地質が沈下量に大きく影響を及ぼしているものと考えられる。S.L部分の沈下量は上半掘削時から比較的大きい値を示しているが, 絶対量は改良体下端の沈下に比べ小さい。上半掘削では, 側壁未改良区間の地山からS.L付近も沈下して脚部沈下が大きくなっている。下半掘削時も脚部沈下の影響でさらに沈下が増加している。上半掘削時の変位比率は44~63%と大きい。

断面②では, 上半掘削時の沈下量はほとんどなく, 下半掘削により全体の沈下が発生している。これは改良体下端の未改良部の地盤の沈下に伴うものと考えられる。

図-8^{(9),(13)}は地中の水平変位を示したものである。

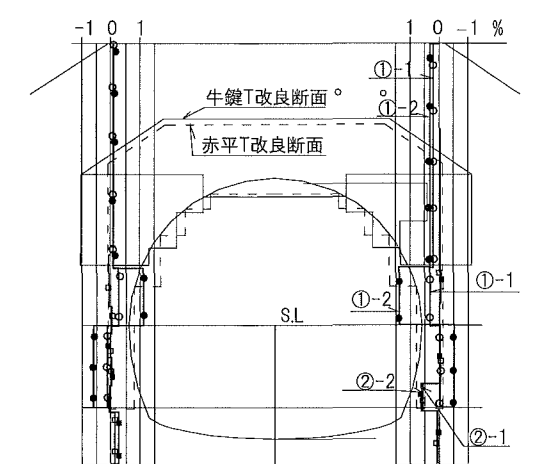
断面①での水平変位分布は, 上半切羽到達時に未改良区間がトンネル内空側に変位するが, 切羽進行に伴って反対方向の地山側に変位する。下半掘削時は下半側壁地山が内空側に大きく最大10mm程度変位し, 上半は地山側へ変位する。

断面②では, 上半掘削時にはほとんど側方変位は発生していない。下半掘削により下半側壁~底盤でトンネル内空側に変位が大きくなる。この位置は, 坑内変位や地中沈下測定で沈下の大きい脚部と一致しており, 沈下とともにトンネル方向への側方変位も発生していることが確認できる。地中側方変位は左側で最終0.9mm, 右側で最終1.6mm



凡例
 ①牛鑿T623km295m土かぶり4.5m
 ②赤平T625km422m30土かぶり2m
 ○①-1上半到達時
 □②-1下半支持
 ●①-2下半支持
 ▲②-2インバート

図-8 地中水平変位の経時変化^{(12),(13)}



凡例
 ①牛鑿T623km295m土かぶり4.5m
 ②赤平T625km422m30土かぶり2m
 ○①-1上半到達時
 □②-1下半支持
 ●①-2下半支持
 ▲②-2インバート

図-9 周辺地山の区間ひずみ^{(12),(13)}

と小さく改良体が補強工として有効に作用し, 変位や緩みの抑制に大きく寄与しているものと考えられる。

図-9^{(12),(13)}に施工段階の区間ひずみ(各測点間の変位差/区間長)の分布図を示す。断面①では, 側壁部の未改良区間の区間ひずみが最大約1.5%となっている。高館段丘堆積層(ts)の変形係数は $E=2.0 \times 10^4 \text{ kN/m}^2$ 程度であり, 限界ひずみと変形係数の関係⁽¹⁴⁾に従えば, ほぼ不安定領域のひずみに近いと考えられる。肩部の区間ひずみは大きい

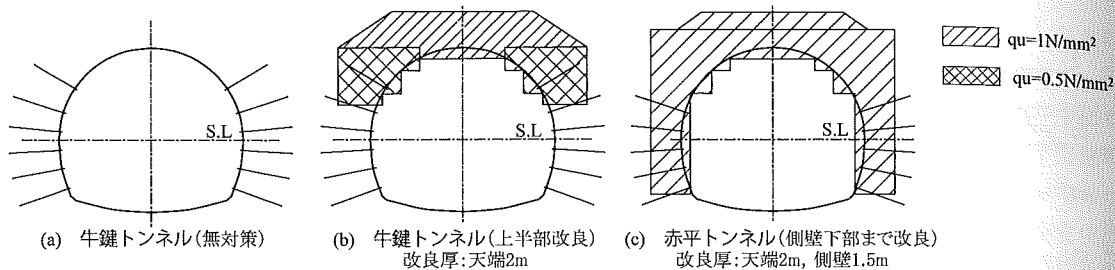


図-10 解析対象ケース

掘削時の周辺地山の安定性はとりあえず確保されているものと考えられる。

断面②では、上半掘削時のS.Lより上部の区間ひずみが0.05%以下(変位差1mm以下)、S.Lより下部の区間ひずみが0.1~0.2%程度

(変位差1~2mm)である。これに対して、下半掘削時は、改良体支持底盤(未改良部)周辺では、左脚部の区間ひずみ0.2%、右脚部の区間ひずみは0.6%と増加している。このことから、上半掘削時は、改良体荷重による沈下を下半部の改良体で支持することになり、底盤(未改良部)に大きな変形を生じていない。下半掘削時には、改良体脚部に作用する荷重が大きくなり底盤(未改良部)の沈下も大きくなり、改良体下端のひずみが増加したものと考えられる。

3-2 改良形状の影響

施工中の計測結果から、改良範囲がトンネルおよび周辺地盤の挙動に影響を及ぼすことが確認できた。そこで、改良形状の影響を検証するため、図-10に示す3ケースに対して数値解析を実施した^{19)~17)}。牛鍵トンネルは無対策と上半部改良のケース、赤平トンネルは側壁下部までを改良のケースとし、解析領域については、牛鍵トンネルは土かぶり7m、下方20m、左右40mの範囲とし、赤平トンネルは土かぶり2m、下方11m、左右40mとしている。地盤の物性値を表-1、支保などの入力物性値を表-2に示す。

数値解析は、二次元有限要素法(FEM)による線形弾性モデルで実施した。解析ステップは、表-3に示すように実際の施工ステップを考慮するこ

表-2 支保の物性値

項目	仕様	変形係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	断面積 A (m ²)	断面二次モーメント I (m ⁴)
吹付けコンクリート	t=20cm	3.4×10 ⁸	0.2	—	—
鋼製支保工	H-150	2.1×10 ⁸	0.3	3.965×10 ⁻³	1.62×10 ⁻⁵
ロックボルト	φ22mm, L=3m	2.1×10 ⁸	—	3.801×10 ⁻⁴	—

表-3 解析ステップ

解析ステップ	施工状態
ステップ1	初期応力解析
ステップ2	浅層混合処理工法
ステップ3	保護盛土(赤平トンネルのみ)
ステップ4	上半掘削(応力解放率40%)
ステップ5	上半支保(応力解放率60%)
ステップ6	下半掘削(応力解放率40%)
ステップ7	下半支保(応力解放率60%)

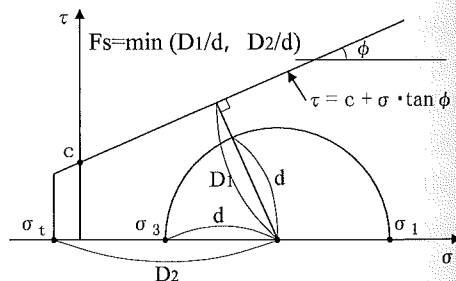


図-11 安全率 F_s の定義

ととした。

安全率(F_s)は、モール・クーロンの破壊理論にもとづき図-11のように定義した。改良体および地山の安定性は、この安全率(F_s)と発生する最大せん断ひずみにより評価するものとした。

図-12¹⁹⁾は牛鍵トンネルの掘削完了時の安全率を示したものである。無対策の場合、肩部から斜

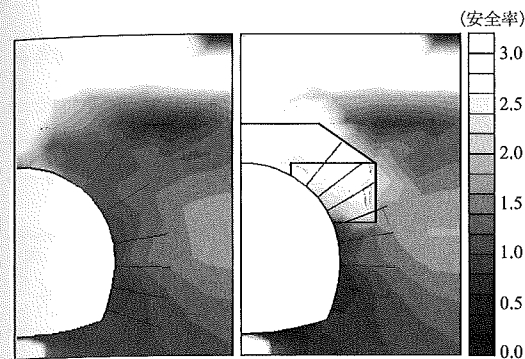


図-12 地山の安全率分布(牛鍵トンネル)¹⁹⁾

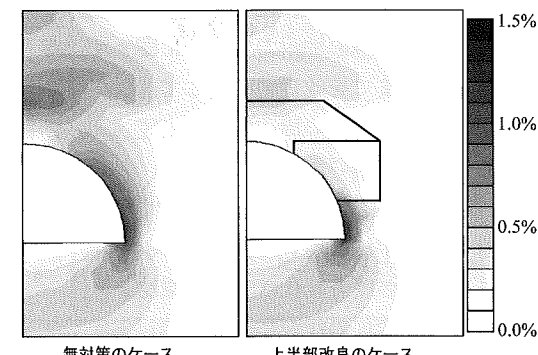
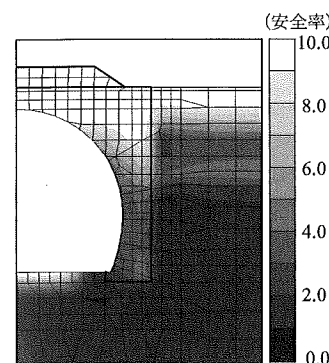


図-14 地山の最大せん断ひずみ(牛鍵トンネル)¹⁹⁾



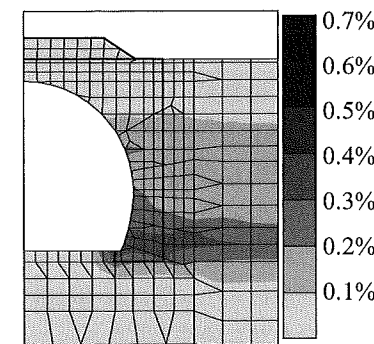
側壁下部まで改良のケース

図-13 地山の安全率分布(赤平トンネル)¹⁷⁾

め45度方向に安全率が低く、かつ側壁肩部から下端にかけても不安定となる範囲が多い。安全率は $F_s=1.0\sim 1.2$ 程度で、部分的に $F_s=1.0$ を下回るところがある。上半部改良の場合は改良体下端部の安全率が低下し $F_s=1.2\sim 2.4$ となっている。未改良部の地山は改良体下端部で安全率は低下し $F_s=1.0$ 程度となり、下半部では $F_s=1.0$ を下回る部分もある。改良体とその周辺の地山の安全率は $F_s=1.0$ 以上と大きく、事前地山改良の効果がみられる。

図-13¹⁷⁾は赤平トンネルの掘削完了時の安全率を示したものである。改良範囲が側壁下部までの場合は、改良体とその周辺の地山の安全率は $F_s=3.0$ 以上確保でき、掘削時の安定性が高くなっている。

図-14¹⁹⁾は牛鍵トンネルの上半掘削時の最大せん断ひずみを示したものである。無対策の場合は、肩部から側壁部で最大せん断ひずみが1.0%を超



側壁下部まで改良のケース

図-15 地山の最大せん断ひずみ(赤平トンネル)¹⁷⁾

えている。上半部改良の場合は、改良体の最大せん断ひずみは0.5%以下であり改良の効果が確認できるが、改良体脚部付近の地山の最大せん断ひずみは1.0~1.2%と大きくなっている。これは、上部の作用荷重が改良体下端の未改良地盤で支持されることになり、この影響によって最大せん断ひずみが無対策の場合と比べて大きくなるものと考えられる。

図-15¹⁷⁾は赤平トンネルの掘削時の最大せん断ひずみを示したものである。改良範囲が側壁下部までの場合は、肩部から側壁上部の最大せん断ひずみは0.1~0.3%である。側壁脚部では、上部の作用荷重が改良体の脚部に伝達することになり、最大せん断ひずみが増加し0.4%程度となっている。このように改良範囲を側壁下部までとすることにより、掘削時の最大せん断ひずみを抑制できることがわかる。

解析結果で示した掘削時の地山の安全率および

最大せん断ひずみの分布状況から判断し、トンネル脚部の地耐力が十分に確保できる深度までを改良範囲として計画することが掘削時の周辺地山の安定性から望ましいといえる。

3-3 側壁の改良厚さなどの影響

同様の解析手法を用いて、側壁の改良厚さと改良強度を変化させ、天端沈下および内空変位の状況について検討を行った。解析モデルは土かぶり1D(ただし、 $D=10m$)、下方向を2D、水平方向に5Dとした。側壁の改良厚さは0.5m, 1.0m, 1.5mとした。改良強度は、 $q_u=1.0N/mm^2$ (変形係数 $E=100 \times 10^3 kN/m^2$)と $q_u=0.5N/mm^2$ (変形係数 $E=50 \times 10^3 kN/m^2$)の2種類とした。解析に使用した地山の入力物性値を表-4に示す。また、支保は表-5に示すとおり、吹付けコンクリートと鋼製支保工の合成断面としてモデル化している。解析ステップは表-3に示すように実際の施工に合わせた条件とした。

3-3-1 側壁の改良厚さと改良強度の関係

図-16は、側壁の改良厚さを0.5mから1.5mに変化させた場合の天端沈下量を施工ステップごとに示したものである。地山の变形係数は $10 \times 10^3 kN/m^2$ とした。側壁の改良厚さを大きくするほど天端沈下量は小さくなること、改良体の強度を大きくするほど天端沈下量は小さくなることわかる。また、側部改良厚さの増加よりも、改良体強度(変形係数)の増加の方が沈下抑制に寄与していることがわかる。なお、最大沈下の発生は上半支保完了時であり、それ以降の施工ステップで沈下は減少する傾向を示している。これは下半部における除荷時のリバウンドに起因しているものと考えられる。

これは、一般に有限要素法による掘削解析では避けられない事象とされており^{18),19)}など、各種の対応方法が考えられてはいるが、ここでは改良厚さと改良強度の影響の相対的な評価を行うことを目的としていることから、リバウンドの影響については特段考慮しないこととした。

表-4 地盤条件と物性値

地盤条件	単位体積重量 γ (kN/m ³)	変形係数 E_s (kN/m ²)	ポアソン比 ν	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
1	20	5×10^3	0.33	10	30
2	20	10×10^3	0.33	10	30

表-5 支保の物性値

項目	仕様	変形係数 E_s (kN/m ²)	ポアソン比 ν	断面積 A (m ²)	断面二次モーメント I (m ⁴)
吹付けコンクリート	$t=20cm$	3.4×10^6	0.2	0.2	-
鋼製支保工	H-200	2.1×10^6	0.3	6.353×10^{-3}	4.72×10^{-5}
合成断面		2.1×10^6	0.3	9.59×10^{-3}	4.72×10^{-5}

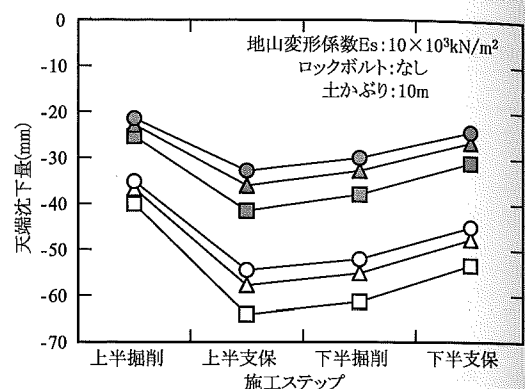


図-16 天端沈下量の経時変化

図-17は、改良体および地山の強度(変形係数)をパラメータとした場合の側壁の改良厚さによる天端沈下量と内空変位の変化を示したものである。側壁の改良厚さを大きくすると沈下量と内空変位は小さくなるが、いずれの場合も側壁改良厚さが1mを超えると沈下量の抑制効果が小さくなっている。また、内空変位は小さく地山側への変位となっている。

東北新幹線での施工実績では、地山の变形係数 $E=10 \times 10^3 \sim 20 \times 10^3 kN/m^2$ 程度の条件において、側壁下部までの範囲を $q_u=0.5N/mm^2$ の改良範囲とした場合の天端沈下量は60mm程度であった。この

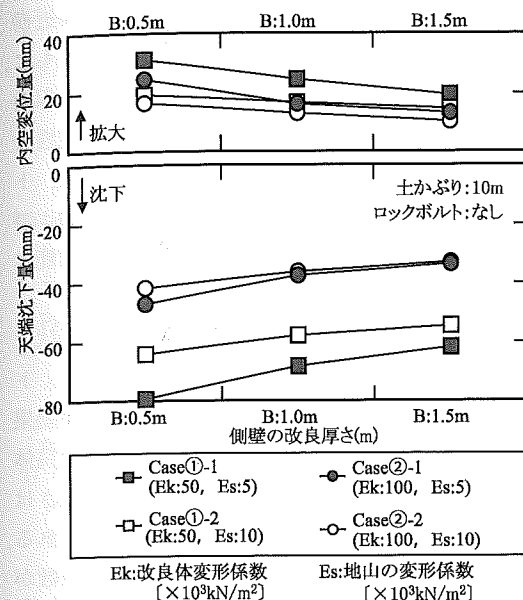


図-17 改良厚さによる最大変位量の変化

ことより、変形係数が $E=10 \times 10^3 kN/m^2$ 程度の地山で、改良強度を $q_u=0.5N/mm^2$ とした場合には、側部の改良厚さを1m程度とすれば施工実績と同等の変位抑制効果が期待できると考えられる。

また、限界ひずみから地山の安定性を評価すると、地山の变形係数 $E=10 \times 10^3 kN/m^2$ の場合、「やや不安定」となる限界ひずみは約0.9%であり、限界ひずみにもとづく算定式²⁰⁾によれば、壁面変位量はトンネル半径($5,250mm$) $\times 0.9\% \approx 50mm$ となり、上記の施工実績における掘削時の天端沈下量と近似した値となることがわかる。

3-3-2 側壁のロックボルトの効果

図-18は、土かぶり10mと2mの場合の施工ステップごとの内空変位の変化を示したものである。ここでは、 $L=3m$ のロックボルトをトンネル側部に片側4本設置した場合と、ロックボルトがない場合の内空変位について比較を行った。

上半支保設置段階において、土かぶりおよび側壁の改良厚さの差異による変形モードの違いがみられるが、下半掘削段階以降は全ケースで内空変位の縮小傾向が確認できる。ロックボルトの効果に着目すると、下半支保設置段階において内空変位の抑制効果が認められる。また、側壁の改良厚

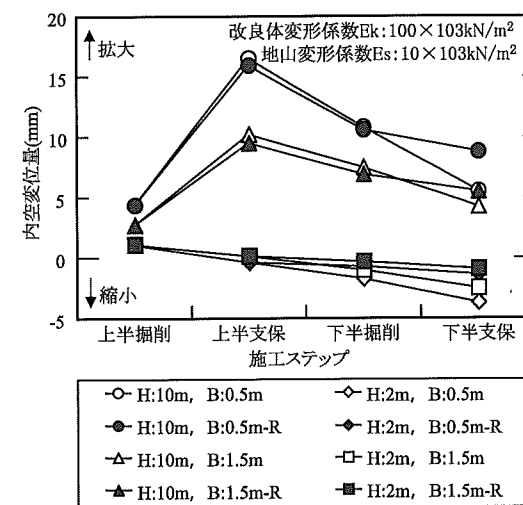


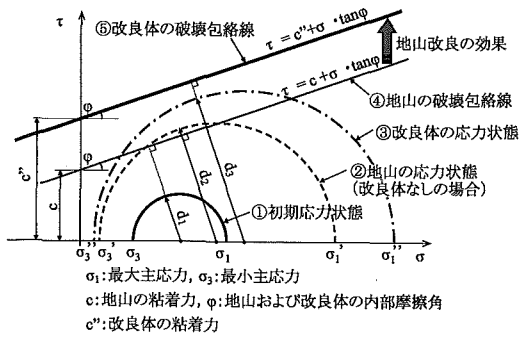
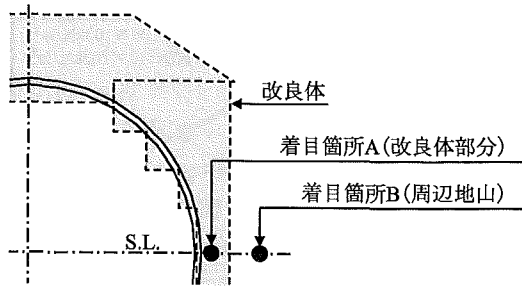
図-18 土かぶりの差異およびロックボルトの有無による内空変位量の経時変化

さが小さい方が、ロックボルトの変形抑制効果が高い傾向を示している。しかしながら、全体的に内空変位量が小さいため、その変形抑制量もわずかとなっている。

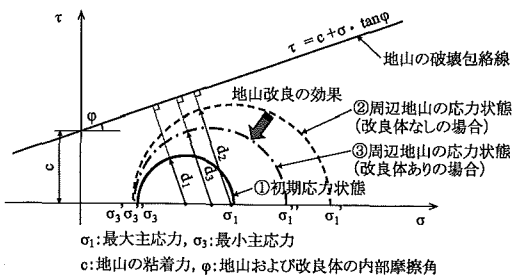
4 事前地山改良工の有効性と課題

ここで、側壁下部までを改良するケースを対象として、トンネル掘削に伴う改良体および周辺地山の応力状態の変化に着目し、事前地山改良工の有効性について考察を行う。図-19にトンネル掘削に伴う応力状態変化を模式的に示す。図中に示すように、トンネル側部の改良体部分およびその周辺地山に着目し、改良体の有無による応力状態の変化について考える。

まず、トンネル近傍の改良体部分の応力状態について図-19(a)に示す。改良体なしの場合は、掘削に伴う応力解放の影響で、地山の主応力差が増加していくことによって破壊状態に達する。トンネル近傍の地山に損傷が生じた場合は、周辺地山への緩み範囲の拡大、せん断帯の発達に伴う地表面沈下の増大などが懸念される。一方、改良体ありの場合は、周辺地山と比較し改良体の剛性が高く、掘削に伴う解放荷重を負担しやすくなるため最大主応力が増加するものの、事前地山改良の



(a) 改良体部分の応力状態(着目箇所A)



(b) 周辺地山の応力状態(着目箇所B)

図-19 トンネル掘削に伴う応力状態変化

効果によって改良体自身の破壊包絡線が向上しているため、改良体は破壊に達することなく効果的に荷重を支持し、地山の変形を抑制するものと考えられる。

次に、改良体外側の周辺地山の応力状態を図-19(b)に示す。改良体なしの場合であっても、トンネル掘削面からある程度離れた箇所では、地山が破壊状態にまで達することはない。しかしながら、トンネル掘削に伴う影響により、少なからず主応力差が生じ地山の不安定化が進行すると考えられる。一方、改良体ありの場合は、改良体によって周辺地山に対して内圧が付与され、その拘束効果によって周辺地山がより安定した三軸状態を保持することとなる。

このように、事前地山改良工は、トンネル近傍に剛性の高い安定した改良体を形成するとともに、周辺地山に内圧を付与し効果的に三軸状態を保持することで、トンネルおよび周辺地山の安定性を向上させるという効果を発揮する。その結果、トンネル掘削に伴う影響を緩和し、周辺地山およびトンネルの変形を効果的に抑制することが可能になるものと考えられる。

事前地山改良工における有効な改良体の形状としては、より高い変形抑制効果を得るために、トンネル側壁下部まで改良体を形成することが効果的であるといえる。また、トンネル天端は改良体の厚さを2m程度とし、改良体の一軸圧縮強さは $q_u=1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 程度とすることが妥当と考えられる。

側壁の改良厚さについては、地山の变形係数が $E=10 \times 10^3 \text{kN}/\text{m}^2$ 程度の条件において、1m程度とすることが効果的で、その改良強度は $q_u=0.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上とするのが望ましいと考えられる。なお、より厳しい地山条件、あるいは周辺地山の变形を大幅に抑制する必要がある場合などでは、側壁の改良厚さを大きくするよりも改良体の变形係数を増加させる方が効果的であり、改良強度を $q_u=1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 程度に増加するなどの対応が望ましい。いずれにせよ、事前地山改良工については、施工時の改良の均一性なども設計要件として考慮することが適当であり、最低でも一軸圧縮強さ $q_u=0.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上とすることが妥当である。

ロックボルトについては、事前地山改良工と併用した場合にもある程度の変形抑制効果が確認されたものの、未固結な低強度地山におけるロックボルトの支保機能や変形抑制効果については、今後も継続的な議論が必要であると考えられる。

以上、事前地山改良工についての有効性や効果的と考えられる仕様について示したが、今後の課題について述べる。側壁下部までを改良範囲とする場合、事前地山改良工を実施する場合の地下水対策工の要否やその施工方法について十分に検討を行う必要がある。また、側壁下部まで改良体が形成される場合には、地震時のトンネル挙動に対して有利に作用し、変形を抑制することで覆工コ

ンクリートへの影響を緩和するなどの効果が期待されるため、今後の継続的な研究開発が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 田村栄二郎・松長剛：小土かぶり・帯水土砂地山トンネルの各種補助工法(その1)，東北新幹線 八戸・七戸間トンネル群，トンネルと地下，Vol.39，No.10，pp.7-16，2008.10.
- 2) 登坂敏雄・玉井達毅：小土かぶり・帯水土砂地山トンネルの各種補助工法(その2)，東北新幹線 八戸・七戸間トンネル群，トンネルと地下，Vol.39，No.12，pp.7-13，2008.12.
- 3) 中村純治・田野彰一：小土かぶり・帯水土砂地山トンネルの各種補助工法(その3)，東北新幹線 八戸・七戸間トンネル群，トンネルと地下，Vol.40，No.1，pp.15-24，2009.1.
- 4) 蓼沼慶正・磯谷篤実・小西真治・西山達也・奥津一俊：地山改良工を併用した低土被りトンネルの施工，トンネル工学報告集，Vol.13，pp.207-212，2003.11.
- 5) 北川隆・飯田廣臣・蓼沼慶正・奥津一俊・玉井靖広：低土被り土砂地山における地山改良工法の検討，構造工学論文集 I，Vol.50A，pp.45-52，2004.3.
- 6) 北川隆・磯谷篤実・奥津一俊・川口隆徳：地山改良とサイドパイルで小土かぶり土砂地山を掘削，東北新幹線 牛鍵トンネル，トンネルと地下，Vol.35，No.4，pp.7-14，2004.4.
- 7) Konishi, S., Nishiyama, T., Iida, H., Miyabayashi, H., Tadenuma, Y. and Okutsu, K.: Face Stabilizing Method for Shallow Tunnels in the Loose Sandy Ground, Proceedings of the ITA-AITES 2004 World Tunnel Congress & 30th ITA General Assembly, Singapore, H11, 2004.5.
- 8) Kitagawa, T., Iida, H., Tadenuma, Y., Konishi, S., Kawashima, Y. and Okutsu, K.: Tunneling method for shallow tunnel with ground stabilizing, Proceedings of the ISRM International

Symposium 3rd ARMS, Kyoto, Vol.1, pp.611-616, 2004.12.

- 9) 日本トンネル技術協会：東北新幹線における未固結小土被りトンネルの設計施工対策評価書(別冊)，2008.3.
- 10) 北川隆・佐原圭介・後藤光理・小西真治・奥津一俊：低土被り・土砂トンネルにおける軽鋼矢板付き鋼管先受け工の切羽安定効果の研究，トンネル工学論文集，Vol.14，pp.61-70，2004.11.
- 11) 佐伯則幸・後藤光理・井浦智実：未固結地山における小土かぶりトンネル群の施工，東北新幹線 六戸・三本木原・牛鍵トンネル，トンネルと地下，Vol.37，No.4，pp.7-15，2006.4.
- 12) 日本鉄道建設公団盛岡支社：東北幹，牛鍵T他1地山改良施工区間 計測結果・解析結果中間報告書，2003.
- 13) 日本鉄道建設公団盛岡支社：東北幹，上北T他 赤平トンネル計測結果のまとめ，2007.
- 14) 土木学会関西支部都市トンネルへのNATMの適用に関する委員会：都市トンネルへのNATMの適用に関する研究，土木学会関西支部，1987.6.
- 15) 日本鉄道建設公団盛岡支社：東北幹，牛鍵T他1掘削対策工法検討資料，2002.
- 16) 斎藤荘英・石山民一・田野彰一・芳賀宏：側壁脚部に軟弱層を伴う地山を地表より改良，東北新幹線 上北トンネル，赤平トンネル，トンネルと地下，Vol.39，No.6，pp.7-14，2008.6.
- 17) 日本鉄道建設公団盛岡支社：東北幹，上北T他 赤平トンネル解析報告書，2008.
- 18) 久武勝保・山崎康裕：トンネル沈下のFEM結果に及ぼす解析領域の影響，トンネルと地下，Vol.32，No.11，pp.45-50，2001.11.
- 19) 田村武・足立紀尚：トンネル掘削解析における領域設定について，土木学会論文集，No.701/III-58，pp.231-242，2002.3.
- 20) 櫻井春輔：NATMにおける現場計測と管理基準値，土と基礎，Vol.34，No.2，pp.5-10，1986.2.

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)

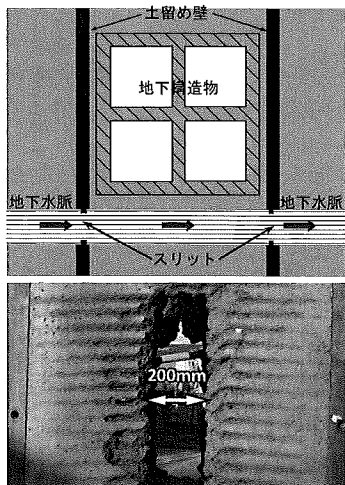


株式会社 土木工学社

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

工法・技術・製品ニュース

工法 土留め壁や地下構造物による地下水流の阻害を防止



工法概要(上)と通水スリットの貫通状況(サンプル実験)(下)

清水建設(株)広報部
TEL: 03-5441-1111(大代表)
http://www.shimz.co.jp

清水建設と三信建設工業は共同で、土留め壁や地下構造物による地下水流の阻害防止を目的に、簡易な手法で水流を復旧させることができる通水工法「アプレシブ・ウォールカット工法」を開発した。

同工法は、土留め壁のうち、地下水層に接している部分のみを研磨材入りのウォータージェットによりスリット状に削孔するもので、研磨材の量、ジェットの強さ、ノズルの移動速度などを、土留め壁の強度やスリットの深さによって決定する。

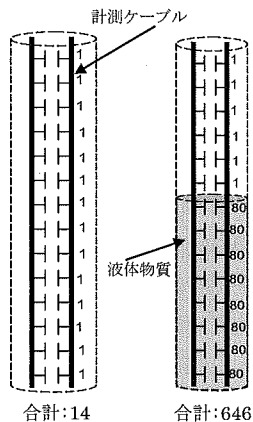
施工は、土留め壁の構築時にガイド管となる直径10cm程度の塩ビ管をあらかじめ壁の中に埋め込み、土留めが強度を発現したのち、ガイド管にウォータージェット用ノズル付き鋼管を挿入、これを用いて所定位

置付近の壁体にジェットを噴射することでスリット状の通水孔を施工する。スリット幅は20~30cm程度に拡幅でき、貫通孔には珪砂を充填しフィルター材とする。

帯水層が浅く地下構造物自体が地下水流を阻害する場合は、上流側と下流側のスリットを通水管で連結して、サイホン効果によって通水する。このとき、通水管は地下構造物の外周部を這わせる。

在来工法に比べて工費を20%程度低減でき、また、小型重機のみを使う低騒音・低振動工法であること、地下構造物と同時施工できることなどの利点があるとしている。通水性能については、小田急世田谷代田地下化工事の同社工区で実施した試験施工で確認をしている。

工法 静電容量の変化からコンクリートの充填状況を検知



液体が入っていない円筒では静電容量の合計は14、液体を充填すると静電容量は646になる。液体の充填高さや静電容量の関係を調べておくことで静電容量から充填高さを検出できる。

(株)フジタ広報室
TEL: 03-3402-1911
http://www.fujita.co.jp

フジタとセイコーエプソンは共同で、型枠内に打ち込まれるコンクリートの充填に伴う静電容量の変化を連続的に検知しビジュアル化することにより管理する手法(愛称「コンクリート充填ウォッチャー」)を開発した。

同工法は、コンクリート打設時に充填状況を目視確認することが困難で、しかも鉄筋量が多くコンクリートが充填されにくい構造物の施工に適用する工法で、センサーと計測ケーブルがセットになった計測機器をコンクリート充填部位に取り付けるもの。フレッシュコンクリートの静電容量が空気のそれと比較して約80倍となる性質を利用しており、今までは点でしか把握することができなかった充填状況を、連続的にビジュアル化が可能となっている。

コンクリート構造物の品質向上のためには、まだ軟らかいフレッシュコンクリートを隅々に充填させ均一に締固めることが重要だが、コンクリートの充填状況の目視確認が困難な箇所も多く、このような部位には圧力センサーや温度センサーを補助的に設置することでコンクリートの充填状況の確認を行ってきたが、これらのセンサーは設置した位置の情報しか得られず、充填状況を連続的に把握できるものではなかった。

同工法は、おもに既設橋脚の耐震補強巻立てコンクリート施工に用いられているが、あらゆるコンクリート打設に適用が可能であることから、今後は、山岳トンネルの覆工コンクリート打設を含め、適用物件を増やすとともにNETISなどへの登録を行いたいとしている。

山岳トンネルのインバート

山岳トンネルのインバート(最終回)

—早期閉合インバートの問題点と対策—

JTA山岳工法小委員会支保ワーキング

第3回目(最終回)では主に変位抑制対策として採用される早期インバートに関して、その特徴や問題点、対策案について解説する。

① インバートの効果

インバートは、覆工とともに内空断面を保持する機能を有する本設構造物として施工されるだけでなく、支保工の補強としても施工され、以下に挙げるような力学的な効果が得られる。

(1) 長期安定性確保のための断面閉合

支保・覆工が一体となり、リング状の構造体を形成することで、耐荷能力を付加してトンネルの構造的な安定性を向上させる。

(2) 変形増大抑制のための(早期)断面閉合

掘削後の変位・変位速度が大きい場合に、コンクリート、吹付けコンクリート、あるいは鋼製のストラットによるインバートを設置し、トンネルの変形増大を早期に抑制する。

(3) 支持面積拡大

底盤の接地面積を「支保工底面積と覆工底面積の和」から「インバート投影面積(トンネル幅)」に拡大することで、支持力不足によるトンネルの脚部の沈下や塑性地圧などの作用による側壁部の内空への押し出しを防止する。

(4) 底盤地山劣化防止

底盤地山に対して半径方向に拘束力を付加することで、施工時ならびに完成後の荷重などによる地山の破壊を防止する。

② 早期閉合インバート

2-1 早期閉合インバートの対応レベル

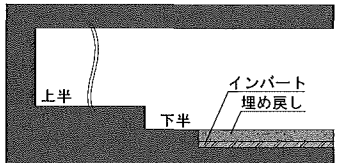
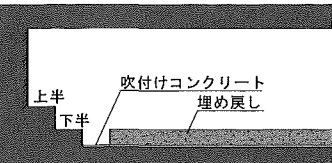
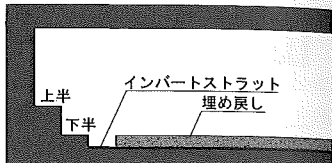
通常の場合、坑口部を除き、インバートは長期的な安定性を考慮して設置され、特段早期に力学的効果が必要とされることはない。しかし、トンネルの変形が長期間にわたって継続するような場合、インバートによる断面閉合によりトンネルの剛性向上を図り、早期に変形を収束させる場合がある。また、掘削直後から大きな変形を生じる場合や過大な土圧が発生し支保構造が破壊するような事態となる場合には、切羽近傍で早期に断面を閉合し変形を助長させないことが重要である。

ここではインバートに期待される効果のうち、早期断面閉合(ここでは、「早期閉合インバート」と呼ぶ)に着目して、それが必要とされる時期と程度(剛性)を3つのレベルに区分して、その概要および各対応レベルの長所・短所を表-1に示す。

2-2 対応レベルごとの剛性および耐力の試算例

これらの対応レベルによる断面閉合は部材の剛性により変形抑制を図るものであり、使用した部材には相当の断面力が発生する。したがって、断面閉合後に予想される変形(作用土圧)に適した剛性と耐力を有する対応レベルを選定することが重要である。そこで、インバートの力学的な効果として奥行き1mあたりの剛性および強度(耐力)を定量的に表現することを試みた。部材のうち吹付け

表-1 早期閉合インバート対応レベル

	対応レベルⅠ	対応レベルⅡ	対応レベルⅢ
概要	<p>下半切羽後方での本設インバートによる閉合</p>  <p>計測結果にもとづき、本設インバートの実施範囲、施工時期を検討し、通常より早期にインバートを施工する。</p>	<p>下半掘削直後の吹付けインバートによる早期閉合</p>  <p>下半掘削後、切羽近傍で吹付けコンクリートをインバート素掘り面に吹付け、早期に閉合効果を得る。</p>	<p>下半掘削直後のインバートストラット+吹付けインバートによる早期閉合</p>  <p>下半掘削後、切羽近傍でインバートストラットと吹付けコンクリートを施工し、早期に閉合効果を得る。</p>
長所	汎用資機材で可能であり、断面閉合時間に余裕がある場合、もっとも経済的な対応となる。	下半掘削と併行して行うことができるので早い時点で閉合が可能となる。吹付けコンクリート強度発現まで時間がかかる。	下半掘削と併行して行うことができるので早い時点で閉合が可能となる。吹付けコンクリート強度発現を要しないのでストラット設置後短時間で効果が発揮できる。
短所	本設インバートの1施工長が長い場合、断面閉合は、下半切羽からある程度離れた位置となる。施工時間およびコンクリート強度発現まで数日かかる。	無筋なので過大な荷重に弱い。本設とする場合インバートコンクリートとの一体化に留意が必要となる。	新たな材料調達に時間を要するため、あらかじめ準備が必要となる。

コンクリートとインバートコンクリートは無筋構造であり、基本的に曲げ剛性を期待せず主に軸剛性が求められるが、参考として曲げ剛性も併せて算定した。

2-2-1 物性値

試算に用いた物性値(奥行き1mあたり)を表-2に示す。

(1) 強度

- 鋼製支保工：SS400を想定しその強度を240N/mm²(降伏値)とした。
- 吹付けコンクリート：設計強度を $\sigma_{28}=18\text{N/mm}^2$ と設定した。 σ_{iday} は管理強度の設定値を目安に5N/mm²とした。 $\sigma_{1\text{h}}$ は0.2N/mm²と仮定した(根拠は、例えばオーストリアの吹付けコンクリートの初期強度区分J1の設定下限値)。
- インバートコンクリート：設計強度を $\sigma_{28}=18\text{N/mm}^2$ と設定した。 σ_{iday} は、セメント種別を高炉セメントB種と想定し、コンクリート標準示方書(2002)掲載の下記圧縮強度算定式より、2.9N/mm²とした。 $\sigma_{1\text{h}}$ は0N/mm²と仮定した。

$$f'_c(t) = (t \div (a + b \times t)) \times d(i) \times f'_{ck}$$

表-2 試算に用いた物性値一覧

材料物性値	支保部材	鋼製支保工		
		H-200	吹付けコンクリート $t=200$	インバートコンクリート $t=500$
A: 断面積(cm ² /m)		63.53	2,000	5,000
I: 断面二次モーメント(cm ⁴ /m)		4,720	66,670	1,041,670
σ : 圧縮強度(N/mm ²)	1時間	240	0.2	0
	1日	240	5	2.9
	28日	240	18	18
E: 弾性係数(kN/mm ²)	1時間	200	1.5	0.0
	1日	200	7.7	5.8
	28日	200	20	20

(2) 弾性係数

- 鋼製支保工：コンクリート標準示方書(2007)より、200kN/mm²とした。
- 吹付けコンクリート：コンクリート標準示方書(2002)掲載の下記推定式より、材齢1時間、1日、および28日における設定値をそれぞれ1.5kN/mm²、7.7kN/mm²、20kN/mm²とした。
 $E(t) = \phi(t) \times 4.7 \times 10^3 \times (f'_c(t))^{1/2}$
- インバートコンクリート：同推定式より、材齢1時間、1日、および28日における設定値をそれぞれ0kN/mm²、5.8kN/mm²、20kN/mm²とした。

表-3 剛性および耐力の算定結果一覧

剛性および耐力	支保部材	鋼製支保工			
		吹付けコンクリート (対応レベルⅡ)	鋼製支保工+吹付けコンクリート (対応レベルⅢ)	インバートコンクリート (対応レベルⅠ)	
軸剛性(MN)	1時間	1,270	300	1,570	0
	1日	1,270	1,540	2,810	2,900
	28日	1,270	4,000	5,270	10,000
曲げ剛性(MN/m ²)	1時間	9.44	1.00	10.4	0
	1日	9.44	5.13	14.6	60.4
	28日	9.44	13.3	22.8	208
軸耐力(kN)	1時間	1,525	40	1,565	0
	1日	1,525	1,000	2,525	1,450
	28日	1,525	3,600	5,125	9,000

2-2-2 剛性および耐力の試算結果

表-2の物性値を用いて、軸剛性(EA)、曲げ剛性(EI)、および軸耐力(σA)を算出した。その結果を表-3と図-1にまとめて示す。

- 施工後1時間における軸剛性および軸耐力は、
(鋼製支保工+吹付け) = 鋼製支保工
≫ 吹付け > インバート

である。

- 施工後1日における軸剛性は、
インバート = (鋼製支保工+吹付け)
> 吹付け > 鋼製支保工

軸耐力は、

- (鋼製支保工+吹付け) > 鋼製支保工
> インバート > 吹付け

である。

- 施工後28日における軸剛性および軸耐力は、
インバート > (鋼製支保工+吹付け)
> 吹付け > 鋼製支保工

である。

変位速度の大きい地山で断面閉合による変形抑制を図る場合、早期に剛性や耐力を発揮することが望ましい。その意味では対応レベルⅢ(インバートストラット)が最適と言える。また、最終的な剛性や耐力はインバートコンクリート(対応レベルⅠ)がもっとも大きい。しかし、対応レベルⅡ、Ⅲでも最終的にその内側に例えば厚み30cmのインバートを構築するのが一般的であるため、最終状態の議論はあまり意味をなさない。むしろ、対

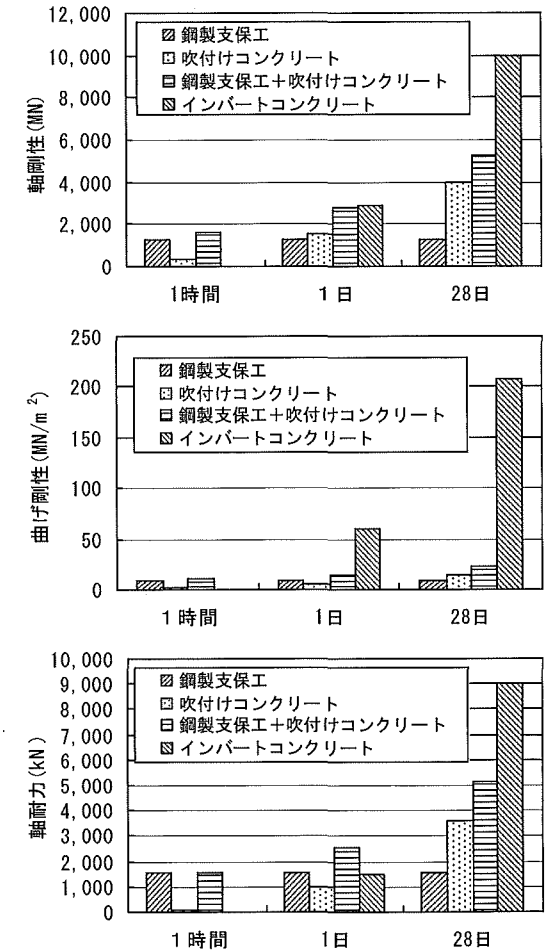


図-1 試算結果

対応レベルⅠの場合、本設のインバートに大きな断面力が発生した状態で供用する可能性があることに留意すべきである。

表-4 早期閉合インバート設置方法分類

	対応レベルⅠ； 本設インバート閉合	一次インバート早期閉合			
		対応レベルⅡ；吹付けインバート早期閉合		対応レベルⅢ；インバートストラット早期閉合	
概要図					
変位抑制効果	<ul style="list-style-type: none"> 強度発現までの間は変位抑制効果が期待できない。 初期変位速度の大きい地山には適用できない。 最終的には剛性の高いインバートコンクリートにより高い変位抑制効果が期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 支持面積拡大による沈下対策や底盤劣化防止には効果的であり、変位抑制効果が期待できる。 無筋なので過大な荷重に弱い（割れやすい）ため、荷重の大きな地山には適用できない。 	<ul style="list-style-type: none"> 支持面積拡大による沈下対策や底盤劣化防止には効果的であり、変位抑制効果が期待できる。 無筋なので過大な荷重に弱い（割れやすい）ため、荷重の大きな地山には適用できない。 	<ul style="list-style-type: none"> ストラットの剛性により、吹付けコンクリートのみと比べて変位抑制効果は高い。 設置直後から、吹付けコンクリートの強度発現を待たずに、ある程度の変位抑制効果が期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ストラットの剛性により、吹付けコンクリートのみと比べて変位抑制効果は高い。 設置直後から、吹付けコンクリートの強度発現を待たずに、ある程度の変位抑制効果が期待できる。
インバート耐力	<ul style="list-style-type: none"> インバートを左右一体で施工することにより、センターの施工雑き目を省略できる。 変位を抑制する分、インバートコンクリートに内部応力が発生している。 	<ul style="list-style-type: none"> 無筋なのである程度の荷重が作用すると、本設インバート打設前にインバート吹付けが破断する可能性がある。 インバート設計厚内に応力が発生している吹付けコンクリートを含むので、吹付けコンクリートとインバートの一体化に留意が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 設計厚分の本設インバートを一体で新規構築でき、長期的なインバート耐力が別途確保できる。 下半支保工からの長期的な応力伝達を考えると、吹付けコンクリートとインバートの一体化に留意が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> インバート設計厚内に応力が発生している吹付けコンクリート等を含むので、インバートの一体化に留意が必要。 下半支保工とストラットを接続することで、応力伝達が円滑になる。 	<ul style="list-style-type: none"> 設計厚分の本設インバートを一体で新規構築でき、長期的なインバート耐力が別途確保できる。
経済性(新規調達、追加掘削)	<ul style="list-style-type: none"> 新規調達や、追加掘削がない。 掘進速度の低下は避けられない。 	<ul style="list-style-type: none"> 新規調達や、追加掘削がない。 	<ul style="list-style-type: none"> 追加の掘削が必要。 下半支保工の延長が必要な場合もある。 	<ul style="list-style-type: none"> 新規調達（ストラット）が必要。 追加の掘削がない。 	<ul style="list-style-type: none"> 新規調達（ストラット）が必要。 追加の掘削が必要。
対応し易さ	<ul style="list-style-type: none"> 特別な資材機材は不要だが、掘削・インバート工の段取り替えが必要となる。 コンクリート硬化まで時間を要する。 	<ul style="list-style-type: none"> 新たな調達の必要がなく、早急に実施できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 応急対策として用いる場合は、下半支保工を継ぎ足す、または下半支保工所で吹付けインバートの一部を施工して支保工を上に乗せる等の工夫が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 新たな調達に時間を要するため、採用が想定される場合には事前に資材を準備しておく必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 新たな調達に時間を要するため、採用が想定される場合には事前に資材を準備しておく必要がある。
その他留意点	<ul style="list-style-type: none"> 実施事例も多く採用されやすいが、初期変位速度が大きい地山には不向きであるので地山の見極めが必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 新規調達や追加掘削がないので、採用されやすいが、応急的な沈下抑制対策に向いていることを認識する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> インバート下部に中央排水を設置する場合、縦断勾配に留意が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 特に変位速度が大きい地山に適用されるがインバートの増厚分は設計厚に含まれるので、過大な荷重が作用する場合は長期耐力に問題を残すこととなる。 	<ul style="list-style-type: none"> インバート下部に中央排水を設置する場合、縦断勾配に留意が必要。 変位速度が大きく、過大な荷重が作用する地山に効果的である。

注) 接続イメージ図は、一次インバート（吹付けコンクリート、インバートストラット）断面内または断面外に接続する場合の例を示したものであり、接続方法を限定するものではない。実際の接続方法は、以降の対策案を念めて検討する必要がある。
ここでは鋼材のストラットと吹付けコンクリートを合わせたものを「インバートストラット」と称す

表-5 早期閉合インバートの対応レベルと設置時の問題点

概要図	概要	インバートの問題点		
		(A) インバート自体の耐力の問題	(B) 支保工とインバートの軸力伝達の問題	(C) インバート掘削時の施工上の問題
通常Dパターン(早期閉合無し)	通常の変形レベルであれば、上記A~Cは特に深刻な問題とはならない。	インバートの半径が大きいため、蓋ぶくれ等の抵抗力が小さい	支保工とインバートが法線方向で接続されておらず折れ点となっており、軸力が円滑に伝達されない ※脚部沈下モードで発生する(側圧卓越モードでは問題とならない)	インバート掘削時に支保工下面を掘削するため支保工全体の沈下が懸念される
対応レベルⅠ Dパターン + 本設インバート閉合	変形が大きく、収束しない場合に、本設のインバートを通常より早く施工する。	地山の変形量や押し出し圧の大きさによっては、インバートが破断する場合もある。	支保工・インバート間で軸力が円滑に伝達されないため、地山の変形量や押し出し圧の大きさによっては、支保工下部のインバートが破断する可能性がある。	支保工に大きな軸力が発生している可能性が高く、インバート掘削時の支保工全体の沈下が懸念される。
対応レベルⅡ Dパターン + 吹付けインバート早期閉合	特に初期変位速度が大きい場合に、切羽近傍で早期に吹付けインバートにより閉合(吹付け+鋼)により閉合。なお、インバートストラットは本設インバートの下部に設ける場合が多いため、今回はこれに関する特徴や問題点を記載した。	地山の変形量や押し出し圧の大きさによっては、吹付けインバートが破断する場合もある(特に切羽近傍で早期閉合するため、大きな荷重を受け持つことになる)。	支保工・インバート間で軸力が円滑に伝達されないため、地山の変形量や押し出し圧の大きさによっては、支保工下部の吹付けインバートが破断する可能性がある。また、吹付け硬化前に過大な荷重が作用して吹付けインバートが破断する可能性もある。	支保工に大きな軸力が発生している可能性が高く、インバート掘削時の支保工全体の沈下が懸念される。
対応レベルⅢ Dパターン + インバートストラット早期閉合	初期変位速度が極めて大きい場合に、切羽近傍で早期にインバートストラット(吹付け+鋼)により閉合。なお、インバートストラットは本設インバートの下部に設ける場合が多いため、今回はこれに関する特徴や問題点を記載した。	鋼製支保工と吹付けコンクリートを確実に閉合するので、抵抗力が大きい。ただし、地山の変形量や押し出し圧の大きさによっては、インバートストラットの耐力・形状が不適切で座屈する場合もある。	支保工・インバート間で軸力が円滑に伝達されないため、地山の変形量や押し出し圧の大きさによっては、下半支保工とインバートストラットとの接続ボルトが破断する場合がある。	あらかじめインバートストラット設置位置まで掘削することで、支保工下部を掘削することがないため、支保工全体の沈下の懸念は小さい。

2-3 早期閉合インバートの分類

早期閉合インバートの具体的な方法の選定にあたっては、施工時期と程度(剛性)に加えて、対応のしやすさ(応急・緊急対策としての適応性)、経済性(新規調達、追加掘削の有無など)も重要な検討要因であり、これらを併せて検討する必要がある。また、吹付けインバートやインバートストラットを設置する場合、それを設計断面内に設置するか断面外に設置するかが問題になることがある。そこで、これらの特徴を整理して表-4に示す。

③ 早期閉合インバート設置時の問題点と対策

3-1 早期閉合インバート設置時の問題点

早期閉合インバートについて、変位量あるいは変位速度が大きくなった場合には形状、接続、および施工上で以下のような問題点がある。表-5に、これらの問題点を早期閉合インバートのレベルごと((A)~(C))に整理して示す。

(A)：形状に起因するインバート自体の耐力にかかわる問題点

インバートの半径はアーチ部よりも大きく、盤ぶくれ荷重に対して抵抗力が小さい。また、インバートの設計は、トンネルの長期安定性を考慮してコンクリート厚さ、断面形状が経験的に設定されているので、断面力を上回る軸力や曲げが作用し、インバートに変状が発生する恐れがある。

(B)：インバートと支保工との接続にかかわる軸力伝達上の問題点

インバートが支保工と法線方向で接続されてお

らず軸力が円滑に伝達されないため、この部分が弱点となりやすい。また、インバート端部の損傷から閉合の効果が失われる場合もある。

(C)：インバート掘削時の施工上の問題点

切羽近くで吹付けコンクリートにより施工される仮インバートを除き、本設のインバート施工では支保工下面を1スパンまとめて掘削することが多く、支保工全体の沈下が懸念される。

3-2 早期閉合インバート設置時の問題点への対策

3-1 節において分類した3つの問題点の対策を、①インバート自体の強度・剛性の向上、②インバート部の追加補強、③荷重軽減、④形状変更、⑤脚部補強、⑥その他(地耐力対策、支保補強)の6種類に大別し、各問題点および対応レベルⅠ~Ⅲへの適用を表-6にまとめた。対策の考え方は各対応レベルでほぼ同じで、対応レベルに合わせて対策の程度が変化する。

表-6の(A)~(C)に対する主な対策案と留意点について以下に記載する。

(A)：インバート自体の耐力の問題への対策

(1) インバート自体の強度・剛性の向上

- 1) 本設インバート自体の強度・剛性の向上
 - ・コンクリートの高強度化(設計強度を上げる、早強コンクリートを使用し初期強度を上げる)
 - ・金網・繊維・鉄筋などによるコンクリートの補強

なお、インバートコンクリートの高強度化は強度発現が遅く変位の抑制効果が小さいため、早急に変位を抑制する場合には、吹付けコンクリート

表-6 早期閉合インバート設置時の問題点への対策の適用表

対策問題 (対応レベル)	(A) インバート自体の耐力の問題			(B) 支保工とインバートの軸力伝達の問題			(C) インバート掘削時の施工上の問題		
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
①インバート自体の強度・剛性の向上	○	○	○	○	○	○			
②インバート部の追加補強	○	○	○	○	○	○	○	○	
③荷重軽減	○	○	○	○	○	○	○	○	○
④形状変更	○	○	○	○	○	○	○	○	○
⑤脚部補強				○	○	○	○	○	○
⑥その他(地耐力対策、支保補強)				○	○	○	○	○	○

による一次インバート早期閉合の対応に移行することが妥当な場合も多い。

2) 一次インバート自体の強度・剛性の向上

- ・インバート吹付けの高強度化、増厚
- ・インバートストラットのサイズアップ、高規格化

なお、切羽近傍でのインバート吹付けについては、本設インバート早期施工よりも荷重条件は厳しいにもかかわらず、厚みが薄い。したがって、高強度化、金網・繊維・鉄筋による吹付けコンクリート補強、およびインバートストラットの採用などを当初から想定しておいた方がよい。また、初期高強度吹付けコンクリートの採用には、プラント設備の変更(計量器、サイロの増設など)が必要となる場合もある。

(2) インバート部の追加補強

- ・インバート下部に下向きの補強ロックボルトを施工

(3) 荷重低減

- ・支保工に作用する土圧を低減させるために、インバート下部やアーチ地山部の改良を実施(図-2)

・水抜きボーリングなどの排水工を実施
地山改良や排水により周辺地山の安定性を改善する方法については、実施に多大な費用や工期を要するので地山条件・施工条件を勘案して十分な検討が必要である。

(4) 形状変更

- ・インバート厚が厚くなるように形状を変更

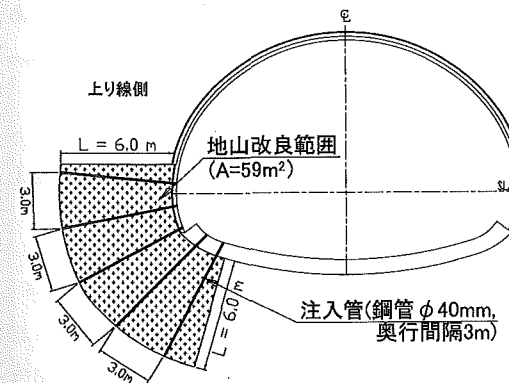


図-2 インバート隅角部の地盤改良事例²⁾

・インバート半径の縮小

インバート形状変更(インバート半径の縮小)については、本体構造物の変更となることや掘削量の大幅な変更を伴い、中央排水勾配変更の問題も発生する。よって、採用にあたっては、効果、経済性、施工性を考慮した検討が必要となる。

(B)：支保工とインバートの軸力伝達の問題への対策

(1) 本設、一次インバート自体の強度・剛性の向上

- ・破壊や伝達不良を防止するため伝達材(インバートストラット)をインバート内に設置
- ・支保工脚部の押し抜き対策としてインバート端部にせん断補強筋を設置(図-3)

(2) インバート部の追加補強

- ・ストラット接合部を増し吹きして補強(図-4)
比較的簡単に実施できる対策であるが、図-7のせん断補強筋の設計には、作用荷重の設定が不可欠であり、図-8の増し吹きでは、本設インバートの巻き厚確保の方法などをあらかじめ協議する必要がある。

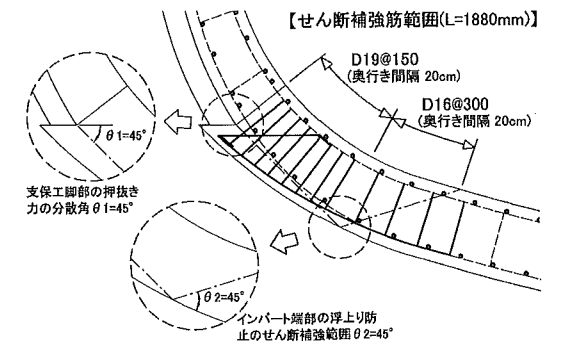


図-3 インバート端部にせん断補強筋を配置した事例²⁾

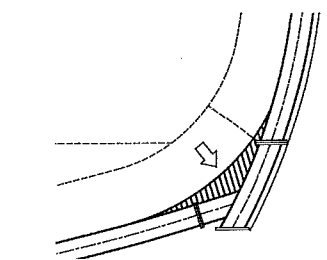


図-4 ストラット接合部の増し吹き

(3) 荷重低減

- ・支保工に作用する緩み土圧を低減するために、アーチ地山部の改良や補強を実施

(4) 形状変更

- ・軸力を伝達しやすくするため、支保工下部のインバートを滑らかな形状に変更(図-5, 6)
- ・下半とインバートを同時施工し、下半とインバートストラットが一体化した支保工を建て込み(図-7)

下半とインバートの接続方法は、トンネルの施工性に大きく影響するので、採用する掘削工法、閉合距離を勘案して施工事例などを検討し選定する必要がある。

(5) 脚部補強

- ・脚部補強ボルトやレッグパイルを施工

(6) その他

- ・軸力を伝達させる鋼製支保工補助ピースを設置

図-8、写真-1は、強大な支保工荷重を支えるため補強ピースでインバートに荷重を負担させた事例である。トンネルの安定化のためには必要な対応であるが、完成後のインバートには既に大きな応力が発生しているので、

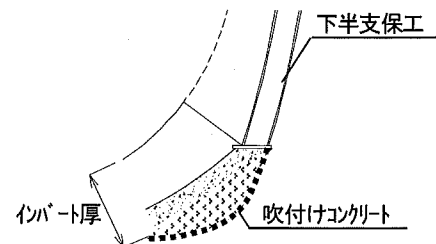


図-5 支保工下部形状を滑らかに変更

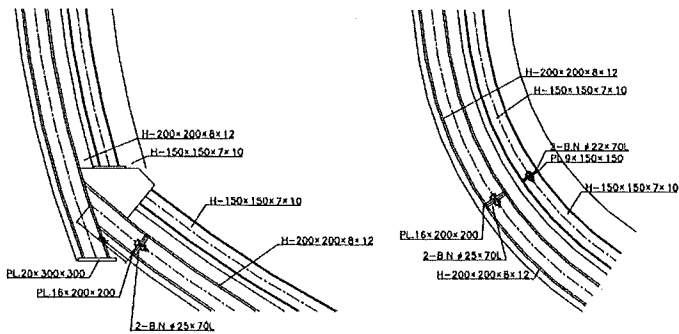


図-6 インバートストラット接続方法の事例

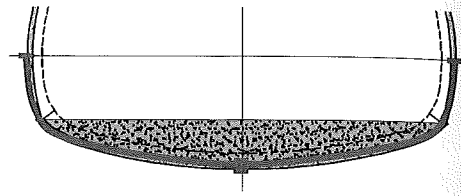


図-7 下半とインバートストラットを一体化させた事例

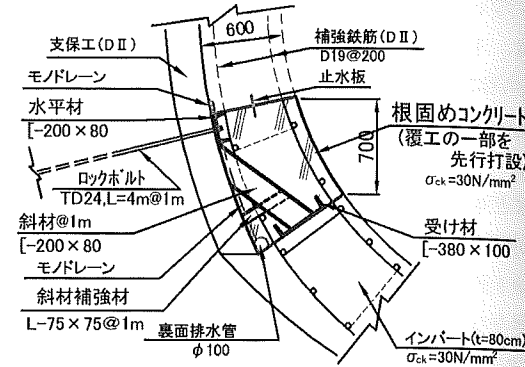


図-8 鋼製支保工補助ピースの事例²⁾

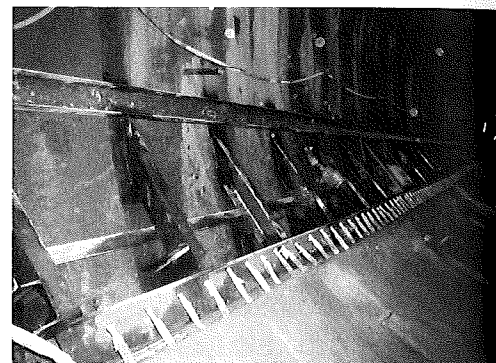


写真-1 鋼製補助ピース設置事例²⁾

長期耐久性の観点からの検討が不可欠となる。(C)：インバート掘削時の施工上の問題への対策

これはインバートの施工法に起因する問題であり、対策としては以下が挙げられる。

- (1) インバートの追加補強
 - ・掘削時に段階的にインバートストラット、インバート吹付けを施工
 - (2) 荷重低減
 - ・一施工延長を短縮
 - ・片側ずつインバート掘削を施工
- インバートの施工方法による対策で、通常に実施され効果が期待されるが、インバートを片側ずつ

④ ま と め

早期閉合インバートには、長期安定性確保のための本設構造物としての機能に加え、変位抑制のためのアーチ支保工の補強、トンネル底盤の支保工としての機能が要求されている。そのため、インバート自体の耐力の問題や支保工とインバートの軸力伝達の問題、およびインバート掘削時の施工上の問題が顕在化してきた。ここでは、これらの問題に対し解析的考察と事例による対策方法の紹介を行った。

このたび、3回にわたってインバートに関する設計の考え方や、施工事例、早期インバート施工に関する問題点や課題およびその対応策などについて解説した。これらが読者の参考となれば幸いです。

参 考 文 献

- 1) 高橋俊長・向井隆・井上孝俊・垣見康介：高耐力支保による早期閉合で押し出し性地山に挑む、北海道横断自動車道 穂別トンネル東工事、トンネルと地下、Vol.41, No.1, pp.15-25, 2010.1.
- 2) 大川了・板垣克利・金丸信一・亀谷英樹：付加体地山における先行トンネルへの掘削影響と対策工、新東名高速道路 島田第一トンネル下り線、トンネルと地下、Vol.41, No.5, pp.19-30, 2010.5.
- 3) 川村俊一・島豊・河田孝志・金岡幹：大規模地すべり脆弱部を2重支保で突破、道道夕張新得線 赤岩トンネル、トンネルと地下、Vol.37, No.12, pp.7-15, 2006.12.

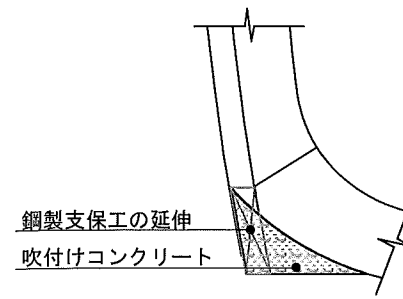


図-9 下半鋼製支保工を延長し増し吹きする事例

施工する場合、打ち継ぎ部が弱点にならないように、吹付けの弱部を確実に取り除き、吹付けコンクリートを打ち継ぐなどの留意が必要である。

(3) 形状変更

- ・下半鋼製支保工を延長し、延長部に吹付けコンクリートを施工(図-9)
- ・吹付けコンクリートのみインバート掘削面まで延長

下半支保工を延長する場合、余掘りが発生すること、本設インバートに支保工の軸力を伝達させるために吹付けの一部を取り除いてインバートと接続するなどの対応が必要となることなどに留意が必要である。

(4) 脚部補強

(B)と同じとする。

(5) その他

- ・ウイングリブ支保工を採用
- ・鋼製支保工を鋼材でSL部を縦断方向に連結

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

社団法人日本トンネル技術協会

会報

東日本大地震に被災された皆様に心からお見舞い申し上げます。早期の復興をお祈りいたします。

1. 会員の現状

	3月31日現在
正会員	1,659名
団体会員	371名
個人会員	1,288名

2. 委員会の開催状況(3月1日~31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会誌WG(3/2)

大島洋志主査ほか10名, 4月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会海外ニュースWG(3/29)

3. 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

早坂治敏主査ほか9名, 海外ニュースを翻訳

計 2回開催 21名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

都市トンネル小委員会(3/4)

猪八重勇委員長ほか15名, 平成22年度活動報告および平成23年度以降の計画を検討

◎受託研究特別委員会

北海道新幹線(本州方)トンネル特別委員会機械化WG(3/1)

小山幸則座長ほか35名, 施工法を検討ほか

青函トンネル計測検討委員会(3/9)

足立紀尚委員長ほか30名, 計測データを検討

相鉄・JR・東急直通線検討委員会(3/24)

小山幸則委員長ほか50名, 施工法を検討

効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(3/28)

鈴木雅行主査ほか7名, 掘削能力データの整理分析方針を検討

計 5回開催 142名出席

合計 7回開催 163名出席

4. 平成22年度催物開催結果

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(見学会)				
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
津軽蓬田トンネル現場研修会その2	2011. 1.27	30	青森県	2.0
小田急・下北沢地区複々線化工事現場研修会	2011. 2. 3	22	東京都	2.0
(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	東京都	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	愛知県	17.3
2011トンネル技術研究発表会	2011. 2.18	180	北海道	5.5

催物の案内は逐次協会のホームページ(http://www.japan-tunnel.org/event_japan)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URL入力でたどりつけます。

第37回通常総会のお知らせ

第37回通常総会を下記のとおり開催いたしますので、お知らせいたします。

日時:平成23年5月18日(水) 16:00~17:00

場所:東京商工会議所(東商ビル)7階「国際会議場」

進行:第1号議案 平成22年度事業報告について

第2号議案 平成22年度事業収支決算について

第3号議案 平成23年度事業計画について

第4号議案 平成23年度事業収支予算について

第5号議案 役員を選任について(任期満了による改選)

※総会開催にあたってのお願い

- ・総会は会員組織である本会の最高議決機関であります。会員の皆様には総会への出席をお願いいたします。
- ・総会に出席いただけない場合は、必ず4月中旬に発送の総会開催通知書の委任状に署名・押印のうえ、ご提出をお願いいたします。
- ・通常総会終了後、懇親会を行う予定ですが、変更がある場合は、協会ホームページで紹介いたします。

震災の影響により協会からの郵便・配送物に大幅な遅れが生じる可能性があります。皆さまにはご迷惑おかけしますが、ご了解の程何卒よろしくお祈り申し上げます。

6月号予告[6月1日発売予定]

- 鉄道トンネルにおける覆工コンクリートの劣化と維持管理
- 北関東自動車道 北郷トンネル
- 阪神高速淀川左岸線
- 相鉄・JR直通線 西谷トンネル
- 東京都下水道 港区麻布永坂町,東麻布三丁目付近管渠整備
- 【連載講座】
- 最新推進工法技術(1)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆東日本大震災で被災された皆様へ心よりお見舞い申し上げます。また、東北地方を中心に4月号の送付が遅れましたことをこの場を借りてお詫び申し上げます。4月中旬時点で、岩手県、宮城県、福島県の太平洋沿岸の地域、および、原発の避難地域には未だに郵便物を配送できない状況です。これらの地域は送付が可能になり次第、速やかにお送りいたしますのでしばらくお待ちください。

◆震災の影響は発送以外では、印刷用紙にありました。当社の協力会社の倉庫は東京の有明というところにあります。地震により荷崩れになったり、液状化で倉庫がかなりのダメージとなったりで一時出荷停止となっていました。東京はあまり大きな記事にはなっておりませんが、平時なら大きな記事で取り扱われる状態だったようです。また、ニュースでも紙不足が伝えられておりますが、八戸や石巻の大きな製紙工場は津波で大きな被害にあい、そちらはまだ再開のめどが立っていない状況です。

◆情報では、トンネルにつきましてはそれほど大きな被害がなかったと聞いております。地震に強いトンネルなどの地下構造物が今後地震災害を防ぐ一助にならないかと望むところです。

◆この編集後記を書いているころの4月7日の深夜にも追い討ちをかけるように大きな地震がありました。早く収束してくれることを祈るばかりです。

(I.Y)

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

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

トンネルと地下

第42巻 第5号 [通巻489号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成23年4月20日 印刷

平成23年5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、本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本社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。
TEL : 03-3267-2888

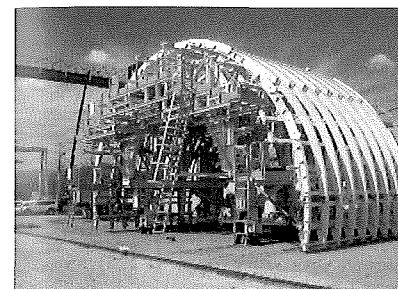
本誌掲載記事を無断で複写(コピー)および転載することは、著作権上での例外を除き、禁じられております。本誌から複写または転載を希望される方は、本社(03-3267-2888)までご連絡ください。

トンネル 二次覆工用型枠 総合メーカー

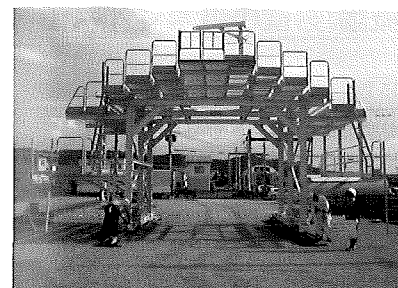
一步前進!

~限りない未来への挑戦~

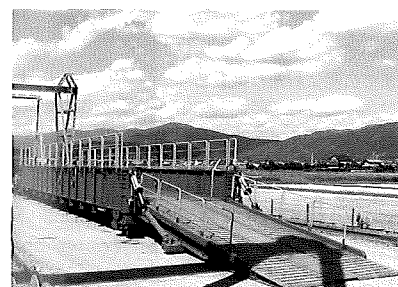
 大栄工機株式会社



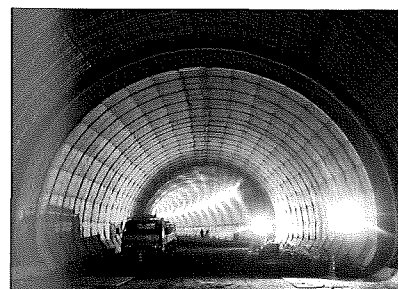
スライドセントル



作業台車



移動栈橋



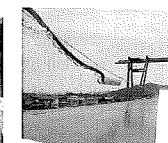
NETIS登録番号 CB-090003-A
EPSパネル養生



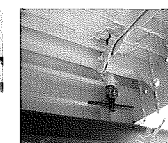
スチールフォーム(中流動コンクリート対応型)



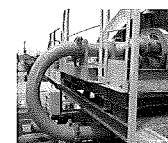
MC矢板



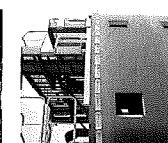
天端引抜パイプレーク



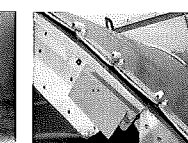
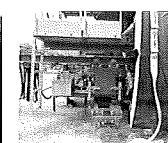
エア抜き金具



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。



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500円+税 B5判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500円+税 B5判

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



推進工法の理論と実際

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

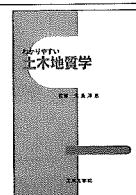
推進工法の理論を、多くの挿図を用い解説した。日本の現在の推進工法の基本となった原著を斯界の権威が翻訳・監修。



わかりやすい土质地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

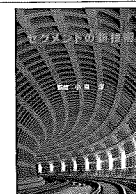
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



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。



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200円+税 新書判

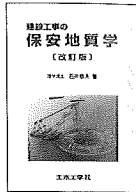
温泉開発における一般論から探査技術についてまとめ、今後の温泉開発の考え方を、外国の事例も交えながらわかりやすくまとめた。



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円+税 A5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757円+税 B5判

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660円+税 B5判

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



地下水の科学 I ~ III (全3巻)

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

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



第I巻 地下水の物理と化学
4,078円+税 B5判

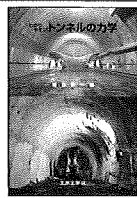
第II巻 地下水環境学
4,272円+税 B5判

第III巻 地下水と地質
3,689円+税 B5判

わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825円+税 B5判

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



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573円+税 B5判

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



ジオテキスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200円+税 A5判

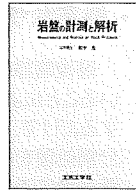
トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について、医学分野の知見から職業性疾病や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円+税 A5判

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



トンネルと地下

1,500円+税 B5判 月刊(毎月1日発売)

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



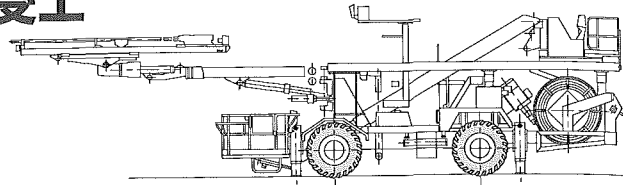
書籍のお申し込み

ご注文は当社へFAXまたは、書店にてお申し込みください。FAXでご注文の際は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ下記までお送りください。
(株)土木工学社
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888 Fax: 03 3267 2807

環境対応型長尺鋼管先受工

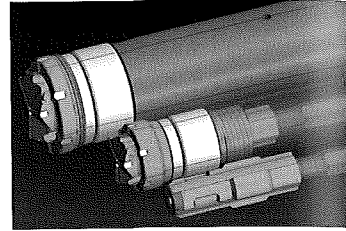
TOHO **AGF** System

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

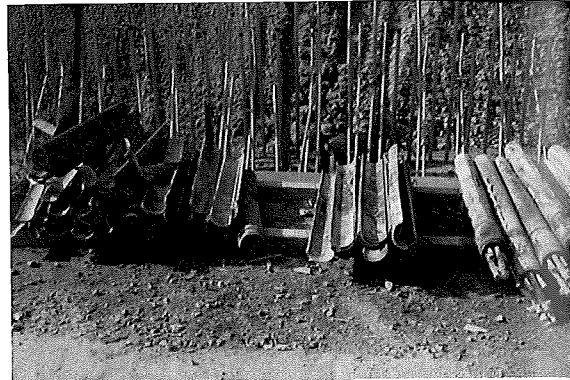
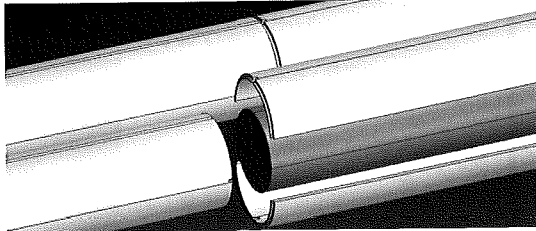


AGF-Me工法

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



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



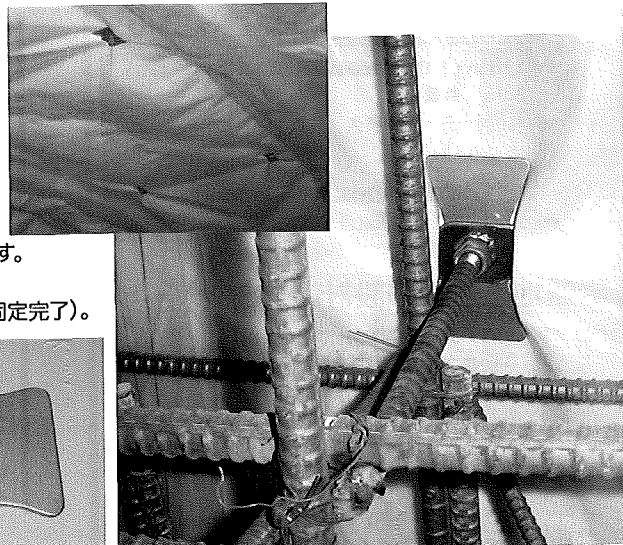
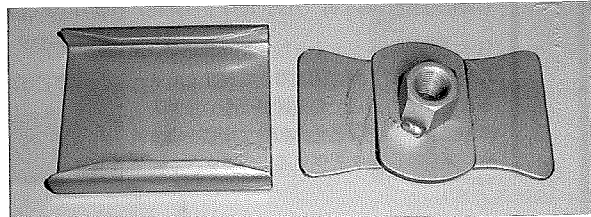
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6F
Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキンオール

〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel: **044-333-0012** Fax: **044-333-0321**
(お問い合わせ先)

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

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

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-V

様々な現場で力を発揮する
注入材、裏込材
“最適な選択をご提供”

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

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