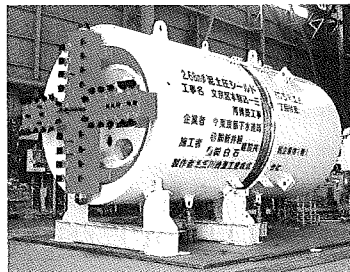
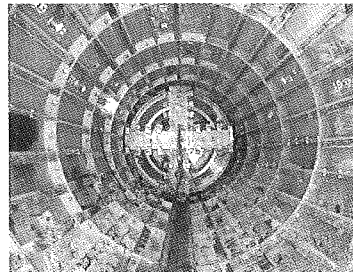


祝 到達(DSR工法シールド機)

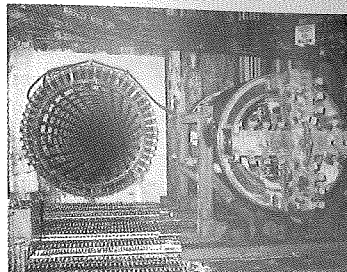
DSR (Draw a Shield for Recycle system)



①シールドマシン全景



③内胴引抜状況(到達側より)



④内胴引抜・回転完了

先行掘進工区
(内胴回収工区)

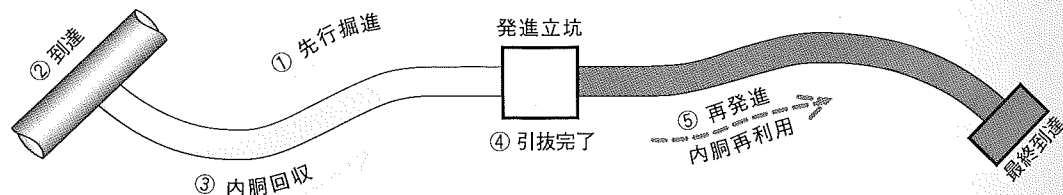
立坑

再発進工区
(内胴再利用工区)

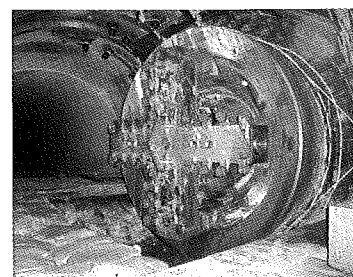
掘進可能距離は通常のシールド工法に準じます。経済性を考慮する必要がありますが、引戻可能距離に制限はありません。最小曲線半径は15Rです。

発進立坑および発進基地は、路線内で自由に選定可能です。

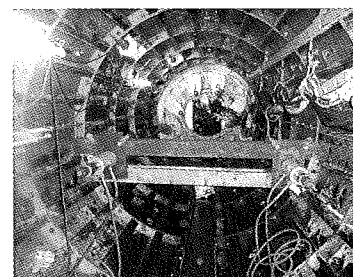
掘進可能距離は通常のシールド工法に準じます。最小曲線半径は15Rです。



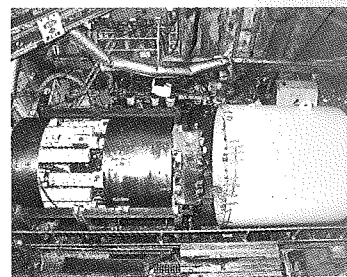
②先行掘進到達



③内胴引抜状況(発進立坑より)



⑤再発進・新規外胴取付状況



DSR工法研究会

web. <http://www.dsr.gr.jp/>
E-mail. jimukyoku@dsr.gr.jp

川崎重工

プラント・環境・鉄構カンパニー プラント営業本部

東京本社：東京都港区浜松町2-4-1(世界貿易センタービル)

〒105-6116 (03)3435-2387~9

関西支社：大阪市北区堂島浜2-1-29(古河大阪ビル)

〒530-0004 (06)6348-8255

トンネルと地下 11

vol. 33
no. 11
2002

連続ベルトコンベヤシステムを土砂地山に採用

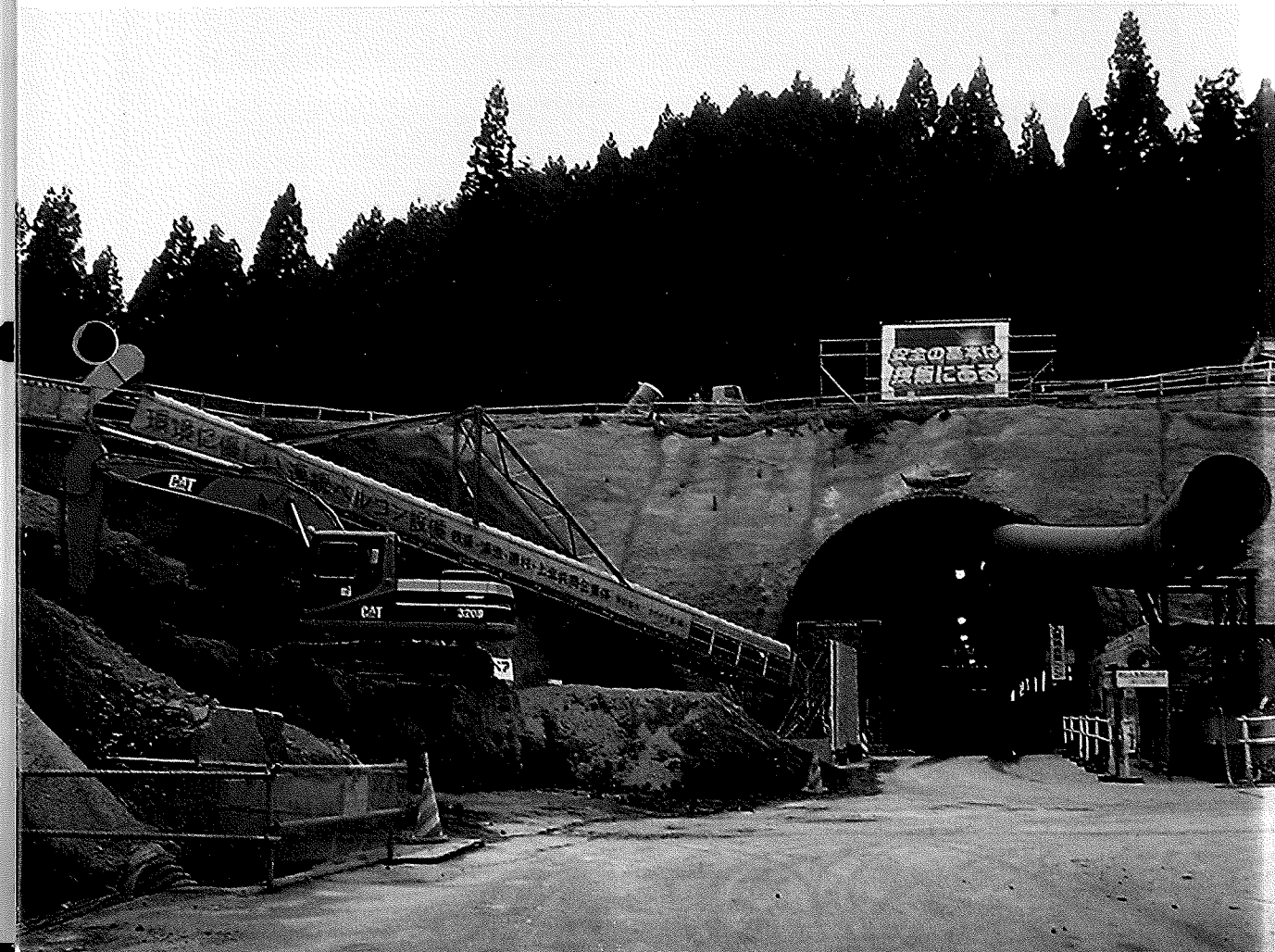
バルクエマルジョン爆薬を用いた坑道掘進

大江戸線と浅草線とを結ぶ

BMの平均月進日本記録を更新

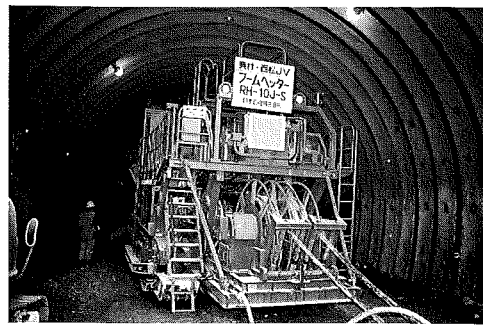
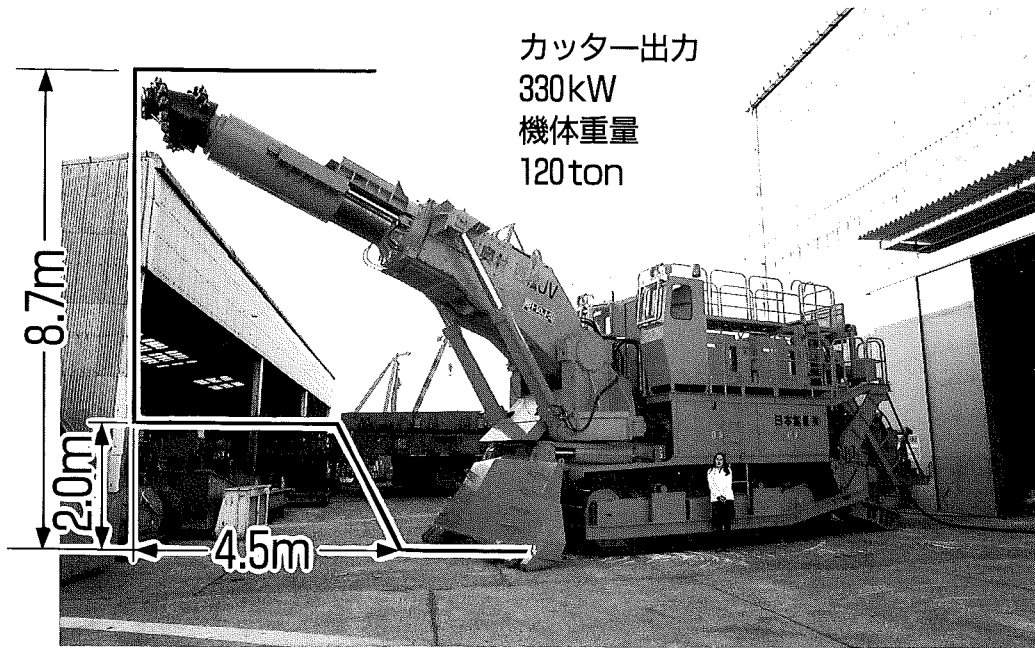
砂質土地山の切羽安定性に関するパラメータ解析

日本トンネル技術協会誌



RH-10J-S ミニベンチ機械掘削工法 ブームヘッダー

カッター出力
330kW
機体重量
120ton



RH-10J-S型は

- ① 積込機、NATM関連機器等、従来機との組合せでミニベンチ工法が出来ます。
- ② トップデッキを外すことにより、ショートベンチ工法の上半にも使えます。

油圧カヤバの建機部門

日本鉱機株式会社 建機部

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

本社 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目11番1号(富士ビル) 電話(03)3431-9331(代)
福岡支店 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号(安川産業ビル9階) 電話(092)411-4998
工場 〒514-0301 三重県津市雲出鋼管町(カヤバ工業(株)三重工場) 電話(0592)34-4111

Furukawa
ROCK DRILL

JTH3RS-190EX

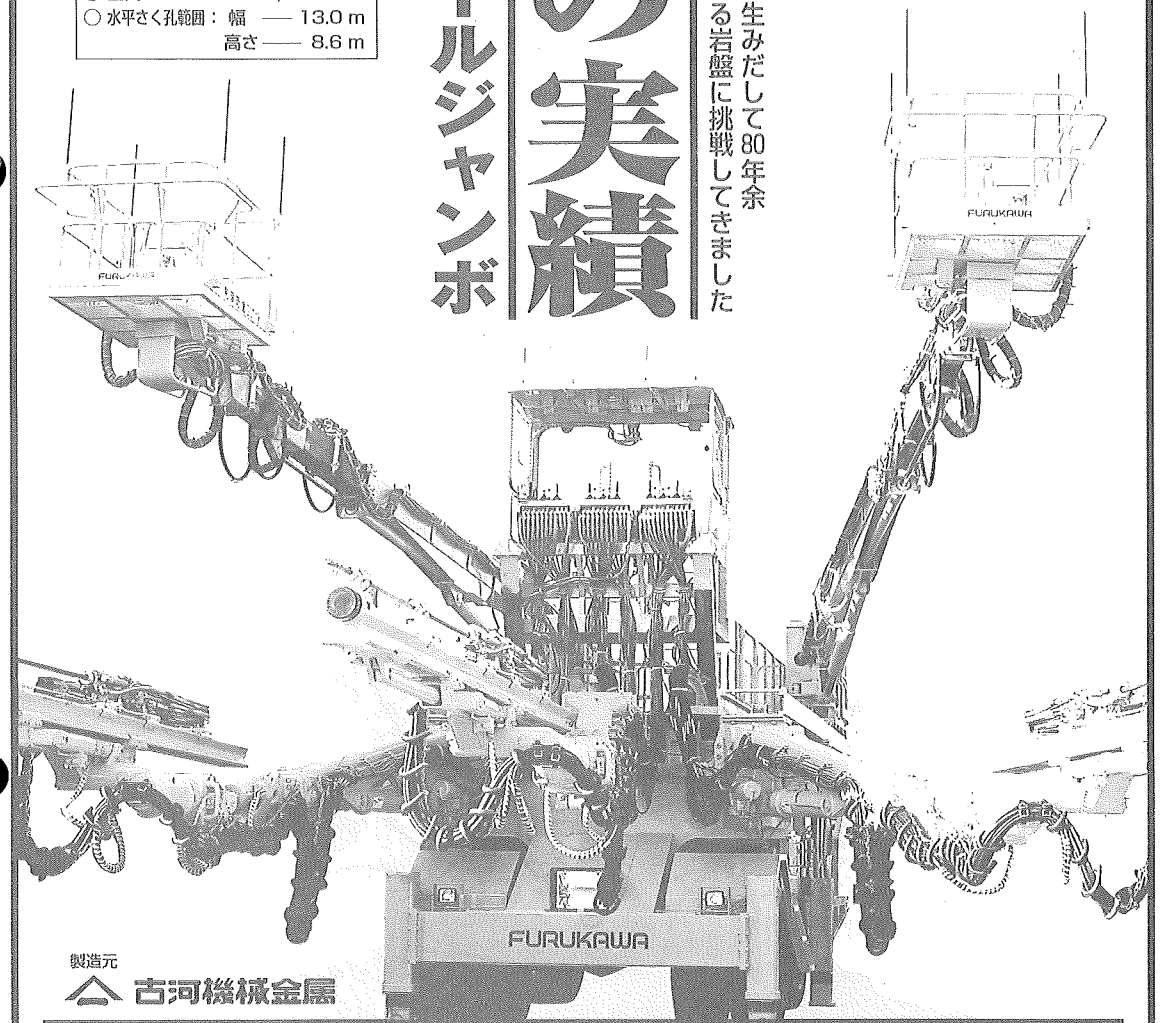
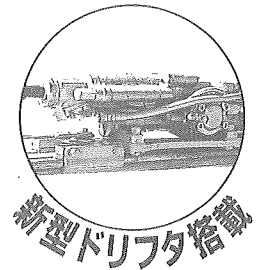
◆主な仕様

- 全長 14,350 mm
- 全幅 3,100 mm
- 全高 4,200 mm
- 水平さく孔範囲：幅 13.0 m
高さ 8.6 m

信頼の実績 油圧式ホイールジャンボ

古河さく岩機は国産第一号を生みだして80年余
様々なトンネル工事であらゆる岩盤に挑戦してきました

FIDSにより最高の動力効率
柔軟で知能的なドリフト制御を実現



製造元

古河機械金属

(新幹線・道路・水路等の全断面及びマイクロベンチ工法のトンネルさく孔)

総販売元

古河機械販売株式会社

(旧社名：古河さく岩機販売株式会社)

本社：東京都千代田区内神田2-15-9(古河千代田ビル) 電話 03(3252)2542
札幌営業所 011(864)1251 東北営業所 022(304)1301 高崎営業所 027(328)9611
東京営業所 0424(72)2821 名古屋営業所 0568(76)7755 大阪営業所 06(6475)8251
広島営業所 082(232)7729 高松営業所 087(862)4077 九州営業所 092(948)1809
大館出張所 0186(42)1786 鹿児島出張所 099(282)3050

販売代理店 全国に張り巡らされたサービス網

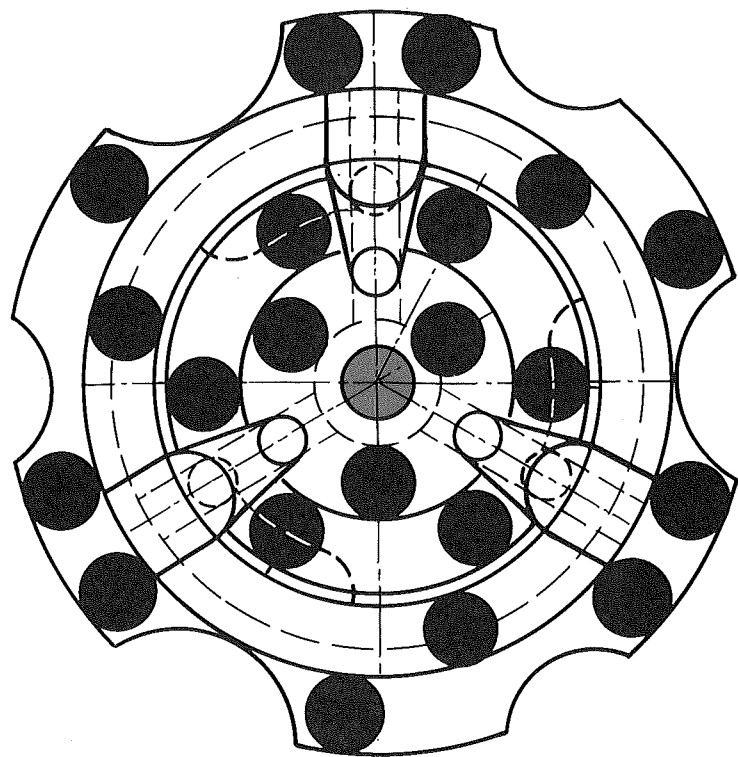
FDT 古河ドリルテック株式会社

本社：東京都千代田区内神田2-15-9(古河千代田ビル) 電話 03(3252)6551

関東営業所 027(322)5953 札幌営業所 011(861)3261 仙台営業所 022(356)5771
名古屋営業所 0568(77)7700 大阪営業所 06(6475)8221 広島営業所 082(231)5821
福岡営業所 092(948)2010 静岡出張所 054(620)1641 高松出張所 087(833)4833

長尺先受工法 KAT SYSTEM による安全かつ合理的施工

KAT-革命



KAT(カット)とは...

Katecs、オーストリアの提携会社Alwag社、Techmo社のパートナー・イニシャルです。

NATMトンネル防水

カテックス スーパーシート

KATECS

吹付けコンクリート用液体アルカリフリー急結剤

MAPEI AFK777J

KATECS

吹付けコンクリート用高性能減水剤

MAPEI X504・X404 シリーズ

KATECS

無拡幅長尺先受工法

AGF-PI法

KATECS

切羽対策工法

Small-PI法

KATECS

ロックボルト孔壁自立工法

ホールキーパー

KATECS

カタログ等お問い合わせは ◆

日本で生まれ、世界へ広がる。 **NATMの補助工法**

株式会社 カテックス 建設資材事業部

本社 ESグループ 〒460-8331 名古屋市中区上前津1丁目3番3号
中部営業部 TEL 052-331-8821 FAX 052-332-0164

東京支店	〒112-0014 東京都文京区関口1丁目15番3号	九州営業所	〒816-0932 福岡県大野城市瓦田4-15-26
	TEL 03-3260-8321		TEL 092-574-0856
	FAX 03-3266-1648		FAX 092-574-0846
関西営業部	〒550-0005 大阪市西区西本町1丁目6番6号	北海道地区	〒003-0011 札幌市白石区中央1条5丁目8番2号
	TEL 06-6578-3235	株H・R・O	TEL 011-821-5868
	FAX 06-6578-3237		FAX 011-821-6644

degussa.

Construction Chemicals

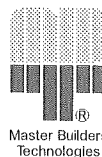


粉じん及びリバウンドを減少させ、かつ耐久性に富む高品質の吹付けコンクリートを實現。

コンクリートの品質向上と材料の安全対策が強く求められる吹付け工事。「メイコSA160シリーズ」はアルカリフリーで、しかも先進の吹付けコンクリート用液状急結剤です。アルカリ分を全く含まないため、作業員に対する安全性が高く、作業環境を飛躍的に改善します。また、単位水量を大幅に低減する湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤「NT-1000シリーズ」を併用することにより、さらに付着性と急結性及強度に優れ、はね返りや粉塵量の少ない、品質の安定した吹付けコンクリートの施工を可能にします。

アルカリフリー液状急結剤
メイコ® SA160シリーズ
 湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤
NT-1000シリーズ

- 高強度化・施工性の改善をするシリカフューム「メイコMS610」
- 湿式吹付けコンクリートの練り置き時間を1~16時間までコントロールする「デルポクリート」



株式会社 エヌエムピー
 株式会社 ポゾリス物産

●本社/東京都港区六本木3-16-26 TEL.03-3582-8814(直) FAX.03-3583-3800
 ●支店/東京、大阪 ●営業所/札幌、仙台、宇都宮、千葉、横浜、上越、松本、静岡、名古屋、高松、広島、福岡、鹿児島
 資料進呈/詳しくは、本社UGC営業部または、最寄りの事業所にお問い合わせください。 URL/ <http://www.nmb-pbk.co.jp>



●(株)エヌエムピーは中央研究所と茅ヶ崎工場において、ISO9001およびISO14001の審査登録をしています。

ROBOTICS JAPAN

IT-Construction 数値化・情報化施工の實現

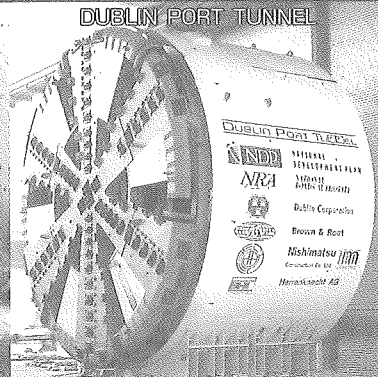
納入実績

- 第二東名高速道路 (NATM, TBM)
- 第二京神高速道路 (NATM, TBM)
- 東北新幹線 (NATM)
- 北陸新幹線 (NATM)
- 九州新幹線 (NATM)
- 東京湾横断道路 (シールド)
- 東京都営地下鉄 (シールド)
- 環状八号線地下河川 (シールド)
- シンガポール地下鉄 (シールド)
- バンコク地下鉄 (シールド)
- ロンドン地下鉄 (シールド)

第二東名富士川圏トンネル



DUBLIN PORT TUNNEL



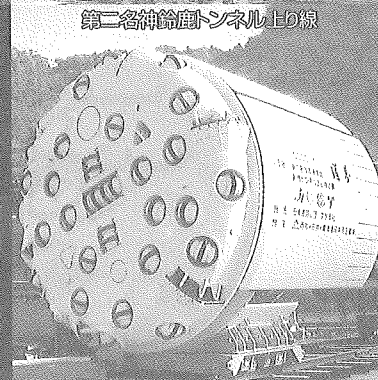
Hong Kong MTR 630 Project



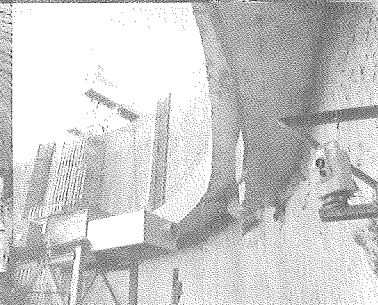
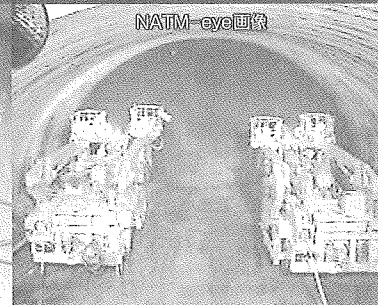
業務内容

- トンネル情報化施工システム開発
- トンネル自動化施工システム開発
- 建設ロボットシステム開発
- 建設系計測制御システム開発
- 海洋土木計測システム開発
- 大規模土工計測システム開発
- 新規技術案件受託開発

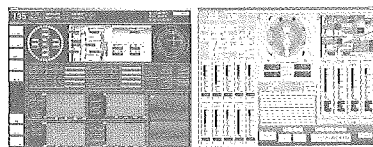
第二京神静岡トンネル上り線



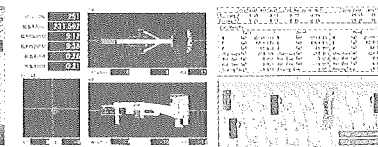
NATM-eye画像



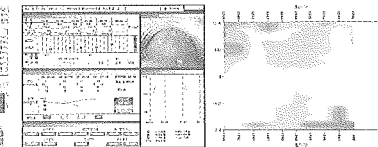
シールド工法管理システム (ARIGATAYA V3.0)



自動測量システム (ROBOTEC SURVEY SYSTEM)



山岳トンネル管理システム (Super NATM)



Visit our Website ~ www.engan-k.com

株式会社 演算工房

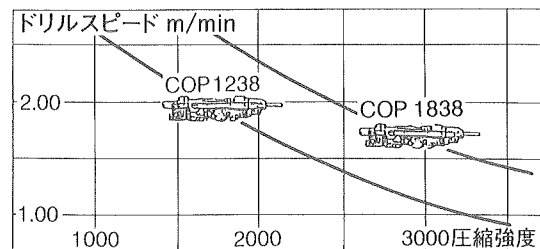
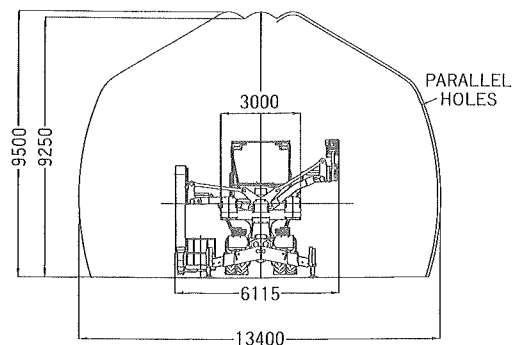
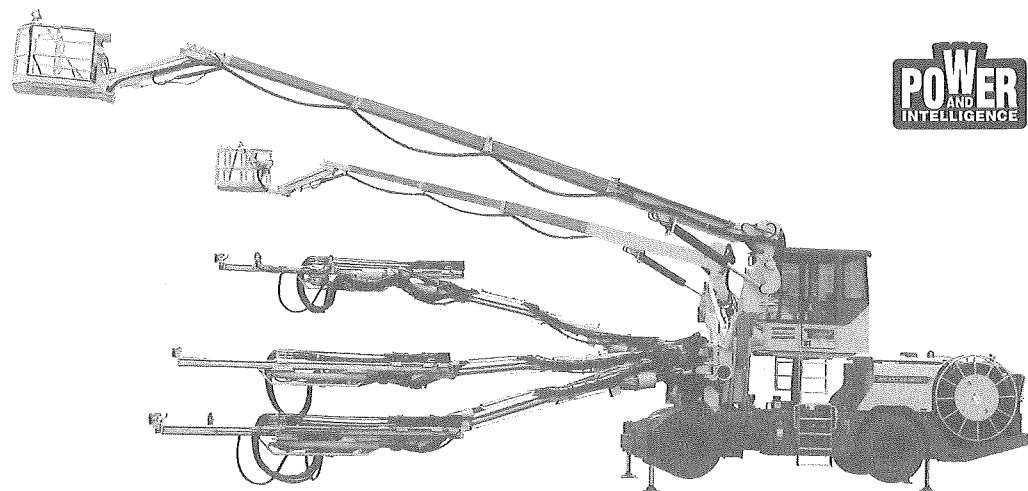
本社 office: 〒604-8156 京都市中京区室町通錦雲錦下ル山伏山町539番地 TEL: 075-213-7200 FAX: 075-213-7201
 南青山 office: 〒107-0062 東京都港区南青山3丁目1番28号 EBIYA BLDG 7階 TEL: 03-5785-2486 FAX: 03-5785-2487

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 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里2-23-11
 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
 飛騨高山営業所 〒506-0021 岐阜県高山市名田町4-3 ハイム楓2-2
 TEL (0577) 33-8466 番 FAX (0577) 32-3634 番
 焼津営業所 〒425-0072 静岡県焼津市大住638-1
 TEL (054) 620-7301 番 FAX (054) 620-7303 番
 兵庫工場 〒679-1332 兵庫県多可郡加美町大袋川端454-3
 TEL (0795) 36-0461 番 FAX (0795) 36-0467 番

ユニークな発想と高品質・自信の価格

AGF-SP工法

- 高速、省力、経済的
- 削孔ロッドを回収せず
独自技術の注入方式
- 支保効果の向上

自穿孔式SPアンカー&注入管



種類	形状		降伏耐力 (tonf)	破断荷重 (tonf)	在庫定尺	
	外形形状	内径				
SPアンカー	自穿孔ロックボルト & 自穿孔式注入管	R29	φ13	20	>26	3m, 4m
		R32	φ17	20	>26	3m, 4m
		R38	φ16	40	>50	4m
		R51	φ29	61	>76	※
		R73	φ50	98	>122	※
鋼管式注入管		φ27.2	φ15	16	>22	3m, 4m

※は受注生産

その他、新製品の紹介

- SPマイクロパイル(φ114, φ135, φ159, φ185)
- SPルートパイル(φ90, φ115, φ135)
- SPソイルネイル(φ65)
- 高速PU-IF(SP-IF)
- トンネル内装磁質タイル

*各種カタログを用意しております。



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

〒581-0869 大阪府八尾市桜ヶ丘3丁目101番地
TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251

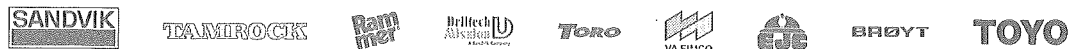
E-mail: steng@kawachi.zaq.ne.jp

新たな気持ちを加えて、
これからをつくる。



「TOYO」ブランドを加えて、9ブランド。
信頼と実績をより高く、
サンドビクトーヨー株式会社 誕生!

平成14年11月1日よりサンドビクトーヨー(株)は、
マツダアステック(株)「TOYO」ブランド油圧ブレーカ・空圧機器などの
販売、サービスを行うこととなりました。
これからは全9ブランドで、より作業効率高い商品を提供できるよう、
皆様の期待に応えていきます。



サンドビクトーヨー株式会社 〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 Benex S1 10F
TEL.045-476-4111 (代) FAX.045-476-5531 URL <http://www.SMC.sandvik.com>

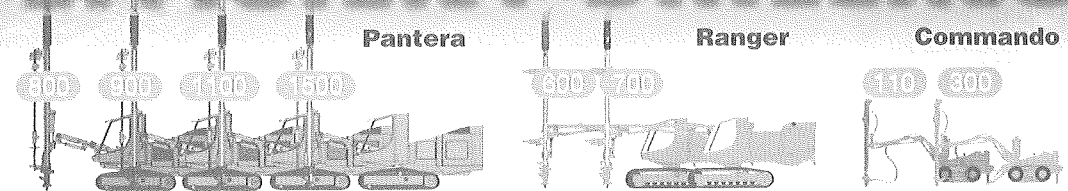
TOYO

SANDVIK

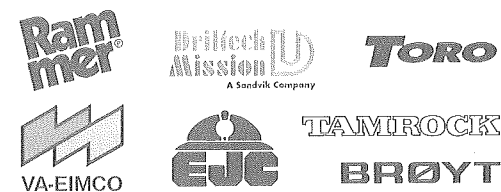
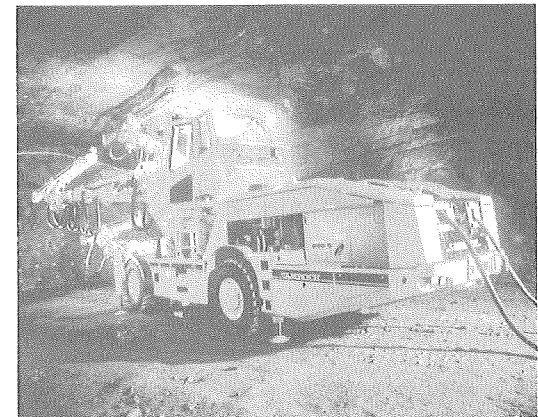
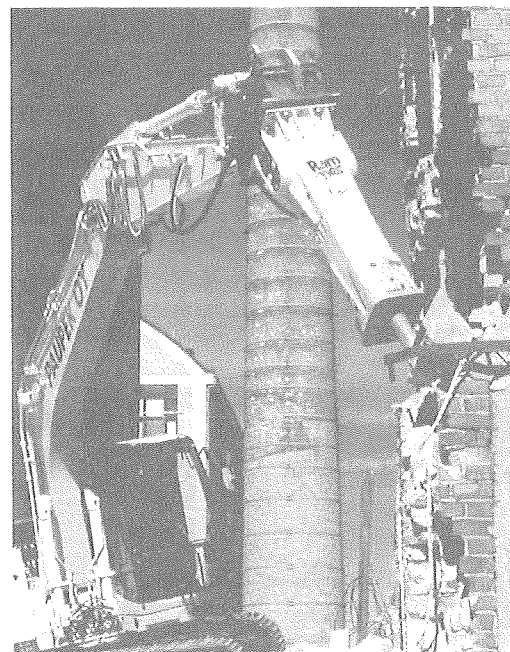


信頼と実績のサンドビク

EFFICIENT DRILLING



より効率的な「資源探査」「鉱山開発」「探鉱」を提供すべく、トンネル、土木作業現場、
砕石場、鉱山、リース会社等に、円滑な部品供給、メンテナンス、アフターサービスを行
っております。



サンドビクトーヨー 株式会社 TEL.045-476-4111 (代) FAX.045-476-5531
〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20 Benex S1 10F URL <http://www.SMC.sandvik.com>

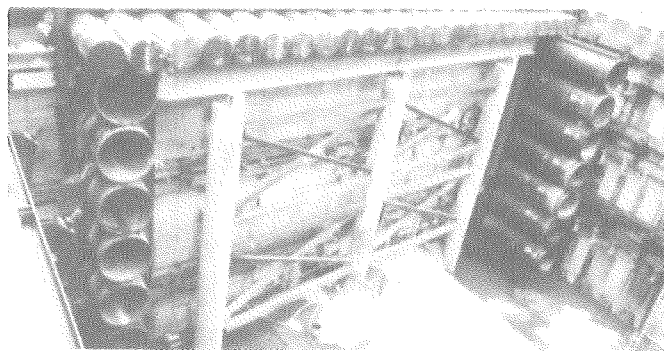


TH式パイプループ工法

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(精度が良い為支保作業が容易です。)
- ・オーガ中掘り掘削。地山との空隙に同時注入も可能です。
- ・適応管径は、φ200~φ1,200mmです。
- ・最大推進長は、約70~100mです。
- ・推進機は推力100t、200t、300tがあります。



軌道下パイプビーム工法

正会員(50音順)

暁新日本建設(株) 京都府 075-622-5038
 浅川建設工業(株) 長野県 0265-79-2218
 勸和工業(株) 福井県 0776-22-4643
 九州基礎(株) 福岡県 0946-22-7445
 協同建設(株) 神奈川県 044-588-6922
 ケミカルグラウト(株) 東京都 03-3475-0201
 (株)小宮山土木 長野県 0267-56-1299
 サン開発工事(株) 大阪府 0726-41-4951
 昭和基礎開発(株) 東京都 03-5269-1280
 第一技研工業(株) 福岡県 093-761-3623
 東興建設(株) 東京都 03-5730-6311
 東邦地下工機(株) 東京都 03-3591-8301

東洋地工(株) 福井県 0776-53-5335
 二幸削進工業(株) 東京都 03-3672-3911
 (株)日さく 東京都 03-3281-3911
 日特建設(株) 東京都 03-3542-9298
 日本基礎技術(株) 東京都 03-3476-5701
 日本綜合建設(株) 長野県 026-226-0381
 北條基礎(株) 大阪府 0726-26-1002
 北海鋼機(株) 北海道 011-382-3361
 (株)増渕組 栃木県 028-633-7377
 (株)最上機工 山形県 0233-23-1555
 (株)山昌 兵庫県 0727-59-9568

賛助会員(50音順)

(株)辰巳商会 長野県 0263-48-1711 電気化学工業(株) 東京都 03-3507-5360 (株)東商 山形県 023-641-6562

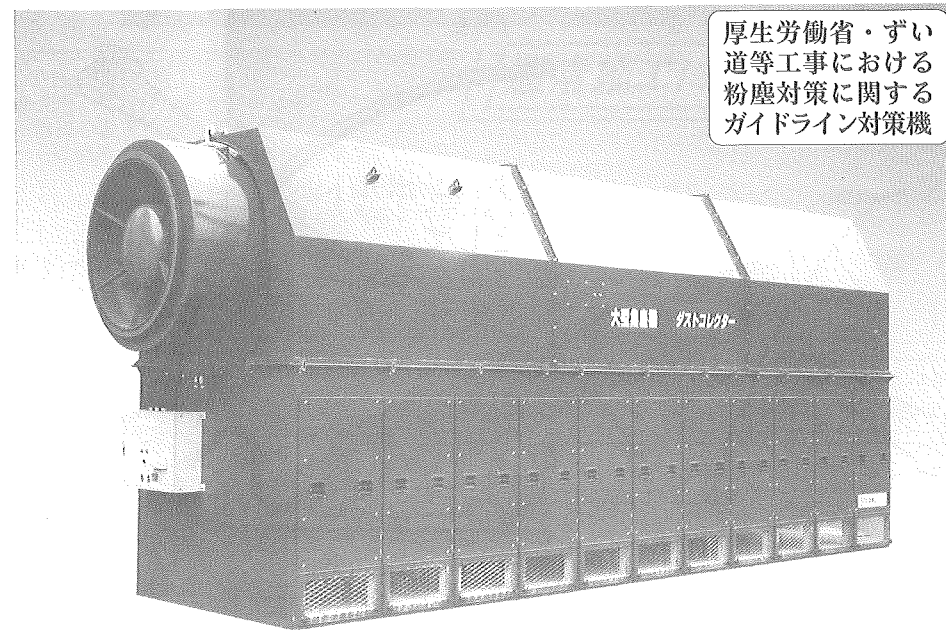
THパイプループ技術協会

事務局

〒140-0002 東京都品川区東品川4丁目4番7号
 東邦地下工機株式会社内
 TEL 03(3474)3143 FAX 03(3474)3163

大断面用トンネル集塵機Pシリーズ

納入実績No.1! 最良の清浄空間をお約束します



厚生労働省・ずい道等工事における粉塵対策に関するガイドライン対策機

RE-2000P2

- 送風量より大きい集塵風量で100%捕集・リフレッシュするため、モヤモヤが一気に解消
- 外気と同じ0.1mg/m³以下に清浄化
- 送風量が少なくすむため大幅な省エネ・コスト低減(電気料金が半分)
- フィルターの自動クリーニングにより30000H(実績)のメンテナンスフリー
- 機側75dB(A)at 5mの超低騒音
- 10t車マウントで移動・盛替が簡単

先端集塵換気システム) バイバック, レンタルで提供します。

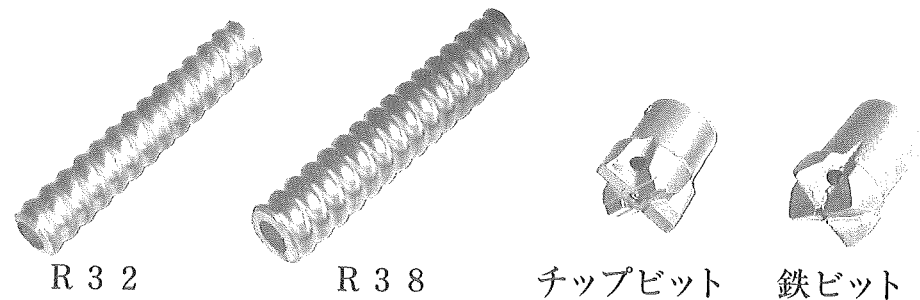
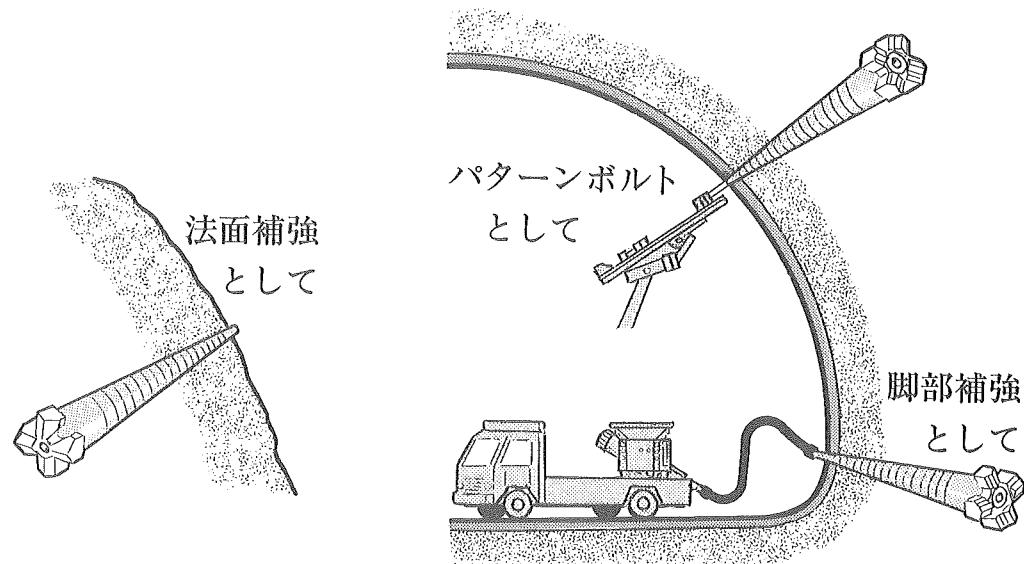
機種	処理風量(最大)	適用参考断面
RE-1000P	1200m ³ /min(1300)	65m ²
RE-1500P	1800m ³ /min(2000)	100m ²
RE-2000P	2400m ³ /min(2650)	130m ²
RE-3000P	3000m ³ /min(3500)	170m ²

TBM, 小断面用TD シリーズもあります。

株式会社流機エンジニアリング

本社 〒108-0014 東京都港区芝5-16-7(芝ビル)
 ☎(03)3452-7400代表 FAX.(03)3452-5370
 つくば 〒308-0114 茨城県真壁郡関城町大字花田字西山84-6
 リースセンター ☎(0296)37-7680 FAX(0296)37-7681

日本の不良地山を克服する IBO自穿孔ロックボルト



	R32	R38
耐力	20 ton	40 ton
外径・内径	31・19	38・17

中空部（内径）が大きく、注入がスムーズに出来ます。

KPC 株式会社 ケー・エフ・シー 土木営業統括部

〒105-0014 東京都港区芝2丁目5-10 ☎(03)3798-8511 FAX(03)3798-8516
 〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目2-17 ☎(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755
 〒460-0002 名古屋市中区丸の内3丁目14-32 ☎(052)223-1050 FAX(052)223-1059
 〒065-0834 札幌市東区北34条東9-1-1 ☎(011)751-4681 FAX(011)751-4682

1本1本が大切！だから
次世代 防食 ロックボルト

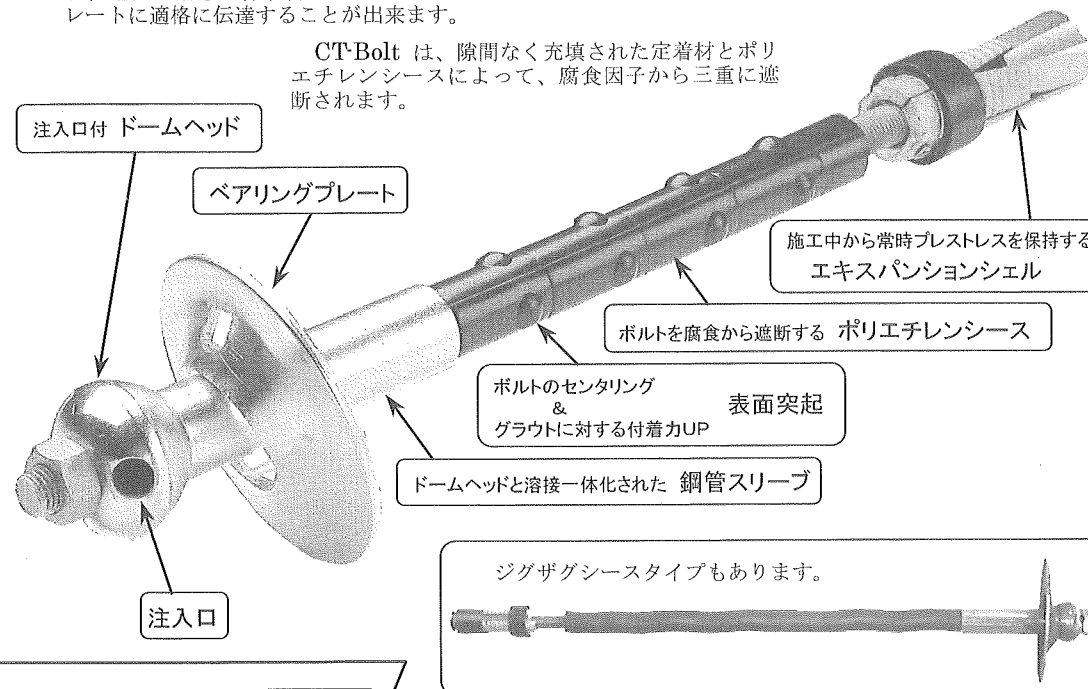
CT-Bolt



通常施工により超長期支保

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

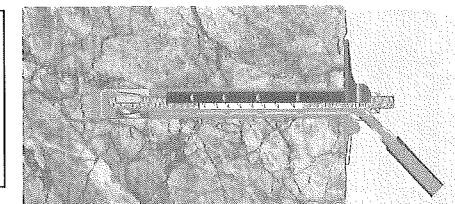
CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンシースによって、腐食因子から三重に遮断されます。



ジグザグシースタイプもあります。

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

KPC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒105-0014 東京都港区芝2-5-10
 お問い合わせ先 TEL: 03-3798-8517
 技術部 FAX: 03-3798-8850

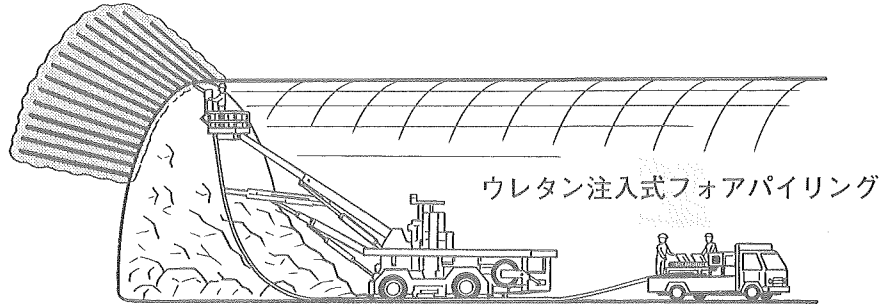
BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に
迅速な対応・信頼の
ブランド

ブリヂストンのトンネル資材

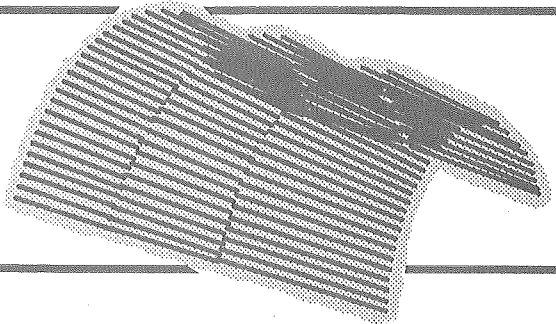
切羽の安定化対策用補助工法

エバーライトGK工法 ウレタン注入式岩盤固結工法

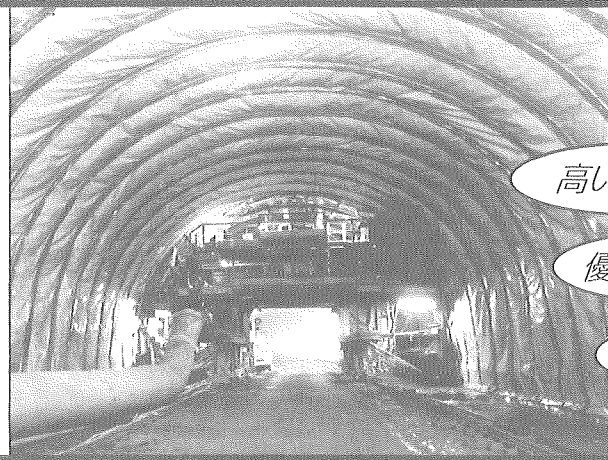


ウレタン注入式フォアパイリング

注入式長尺先受工法
(AGF工法)



ナトミックシート トンネル用防水シート



高い防水性

優れた耐久性

容易な施工性

株式会社ブリヂストン

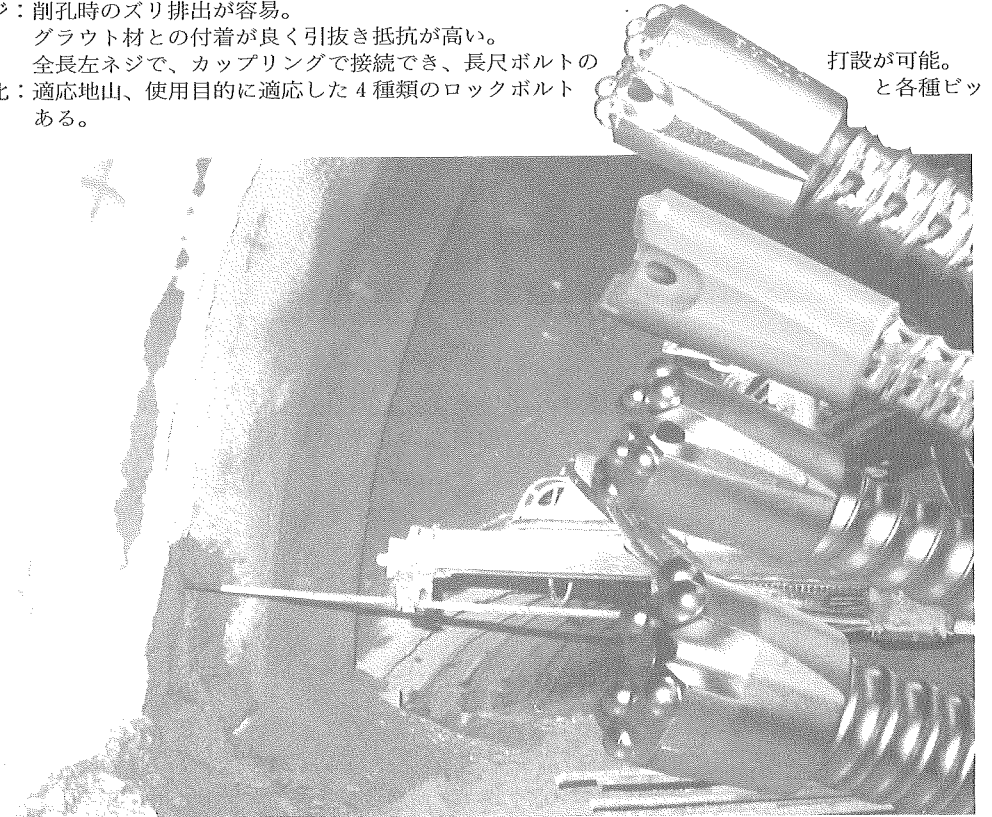
土木・海洋商品販売部
東京都中央区京橋1丁目10番1号 〒104-0031
電話 東京(03)5202-6873

自削孔 NTロックボルト PAT.P

特 徴

- 自削孔：削孔時には、ビットとロッドの役割をなし、削孔後には、中空ロッド内からグラウト材を充填し、完了するもので、中空ロッド自体がロックボルトの役割をなす。
- 施工性：スイベルスリーブを使用し、グラウト材をフラッシングとして、削孔すれば、削孔完了が注入完了となり、施工性が大幅に上昇する。
- 左ネジ：削孔時のズリ排出が容易。
グラウト材との付着が良く引抜き抵抗が高い。
全長左ネジで、カップリングで接続でき、長尺ボルトの
多様化：適応地山、使用目的に適應した4種類のロックボルト
ある。

打設が可能。
と各種ビットが



NTロックボルト本体仕様

種 類	RB-30	RR-32	RA-40	FP-73
材質及び形状	特殊鋼、台形ネジ	特殊鋼、ローブネジ	特殊鋼、台形ネジ	特殊鋼、台形ネジ
寸 法	28.5D*11d(P13.0)	31.0D*16d(P12.7)	39.6D*18d(P13.0)	72.0D*54d(P8.0)
重 量	3.5kg	3.5kg	6.6kg	12.5kg
耐 力	≥19tf	≥19tf	≥35tf	≥60tf
破 断 荷 重	≥25tf	≥25tf	≥50tf	≥80tf

製造元



日東鐵工株式会社

本 社 〒142-0043 東京都品川区二葉4-1-20 MC中延ビル
TEL 03-5702-0161(代表)
FAX 03-5702-0165
中国営業所 〒700-0824 岡山県岡山市内山下1-5-11 YAF内山下ビル
TEL 086-234-4800
FAX 086-234-4400
相模原工場 〒229-1112 神奈川県相模原市宮下1-1-38
TEL 042-773-4111(代表)
FAX 042-774-0939

アーストンネル掘削工法に最適 SS式メッセル



30年の実績（工法指導致します）

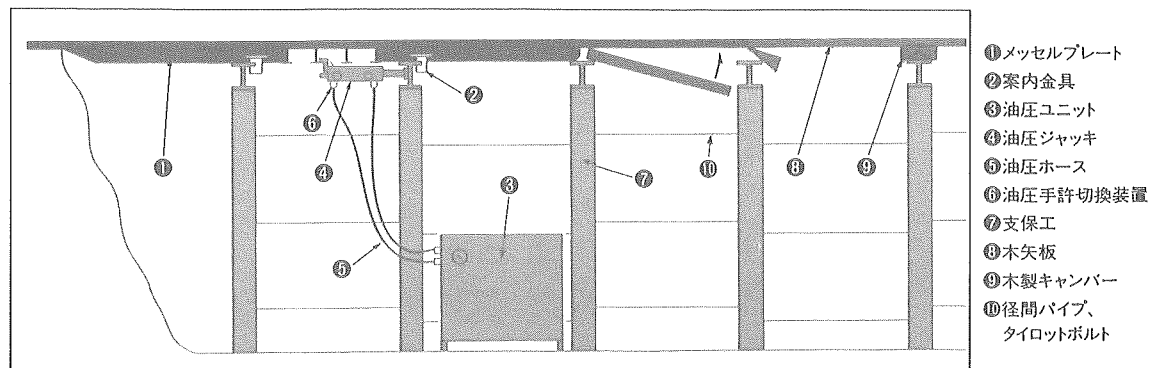
■特長

- メッセルプレートにより内部が保護されているので、地山の肌落ちがなく安全です。
- 余堀が非常に少なく、地山の弛みもなく、地表面の沈下がない。
- メッセルプレートと特殊な案内金具との組合せにより、メッセルの離脱及びノーズダウンを防止する構造になっている。直線・曲線掘進に適応します。

■実績

- メッセル工法に使用される断面は、支保工の形状に従って、円形・角形・アーチ形・馬蹄形、のいずれでも自由に選べます。
- 実績では、JR等線路直下横断工事、トンネル（鉄道・道路・下水道・共同溝）などに多数の実績をもっています。

メッセル工法概略図



 **SHINOHARA CO., LTD.**
URL <http://www.10.ocn.ne.jp/~messer/>

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4丁目4番5号（ポンピアンビル） TEL (03)3263-7457 FAX (03)3262-0915 本社営業部

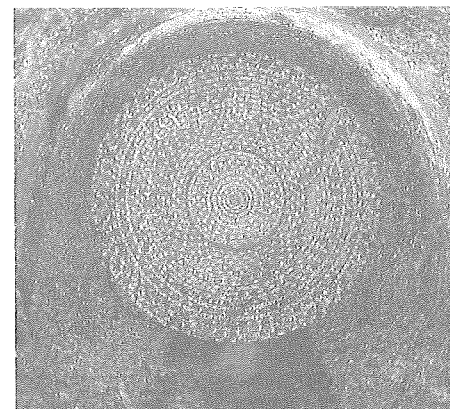
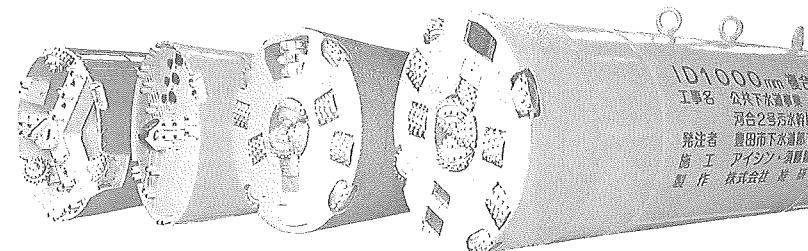
岩盤推進を創めて20年

軟弱土から硬岩まで!!

複合推進工法（C.M.T工法）

- 800mm～1650mmまで対応
- 機内よりビット交換が可能です。
- 岩盤と普通土との互層土質も施工可能です。
- 長距離曲線推進も可能です。

■CMT工法で使用される様々なカッターヘッドの一例



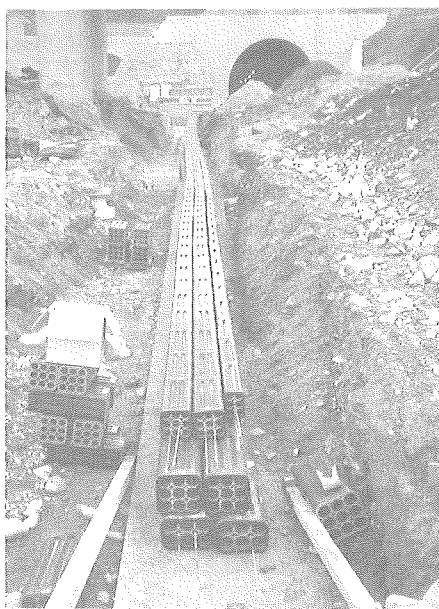
C.M.T工法協会

 株式会社 **推研**

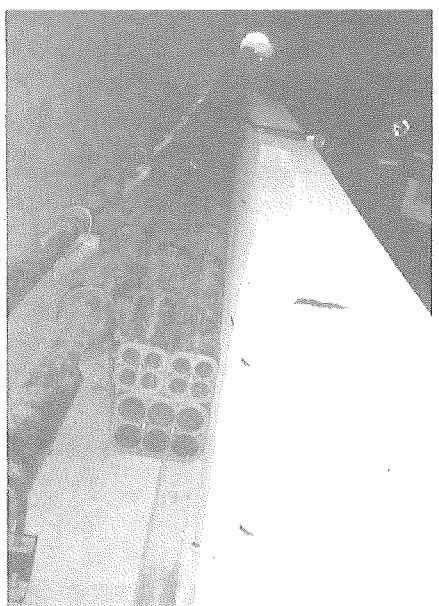
本社 〒547-0002 大阪市平野区加美東4-3-48
TEL 06-4303-6026
FAX 06-4303-6029

研究所 〒569-1044 大阪府高槻市上土室3-29-7
TEL 0726-94-6164
FAX 0726-92-0186

永久施設に永久管路



▲ 宇治トンネル (日本道路公団)



▲ 関南トンネル (日本道路公団)

地下ケーブルの保護に
杉江の多孔陶管

セラダクト

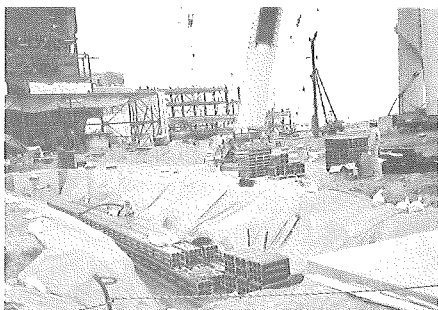
燃えない

錆びない

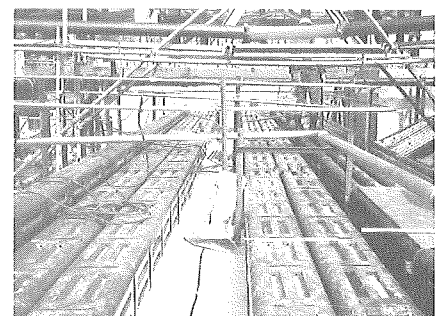
壊れない

地中配線管路材 (JIS C 3653)

トンネル内の狭い空間の
多条数のケーブル布設に
最適な管路です



▲ 川越火力発電所 (中部電力株)



▲ 広野火力発電所 (東京電力株)

狭い空間(トンネルetc)での制約された条件下でも施工が簡単、迅速に行える、杉江の“多孔陶管”は多条数ケーブル布設に最適です。予備孔も安価に設けられる等、管路省力化工事に是非お役立て下さい。



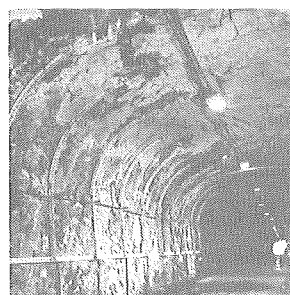
杉江製陶株式会社

本社・工場	愛知県知多郡武豊町上山1-76	☎470-2387	☎(0569) 35-2360(代)	FAX (0569) 35-4087
東京支店	東京都渋谷区恵比寿1-21-8	☎150-0013	☎(03) 3442-6181(代)	FAX (03) 3442-1691
大阪支店	大阪府都島区御幸町1-3-1	☎534-0012	☎(06) 6922-6991(代)	FAX (06) 6922-2498
札幌連絡所	札幌市北区新川2条10丁目575-28	☎001-0922	☎(011) 763-8907(代)	FAX (011) 763-8790

SHO-BOND

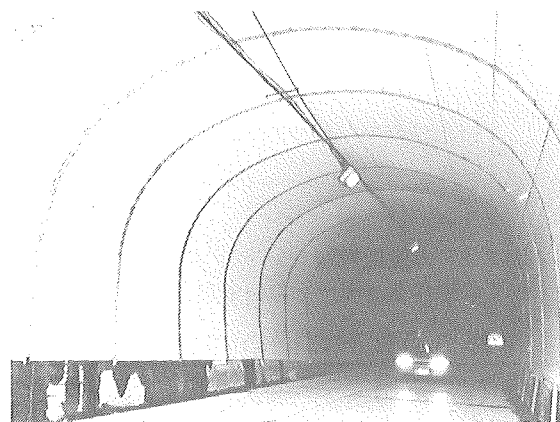
大切にしたい、社会財産。

素掘りのトンネルも、新しく生まれ変わります。しかし、SIボードの第①の特長は、「面導水工法」だということです。トンネル内に漏れ出る水を通行人や車両の支障にならないよう、SIボードで導水することです。



また、第②の特長は、断熱性が大変高いということです。冬期における凍結や、つららの発生などからトンネル内の交通を守ります。「漏水は、導びくにしかず」のショーボンド思想から生まれたこの工法を、ぜひご検討下さい。

SIボード



残念ながら、3番目にいい材料です。

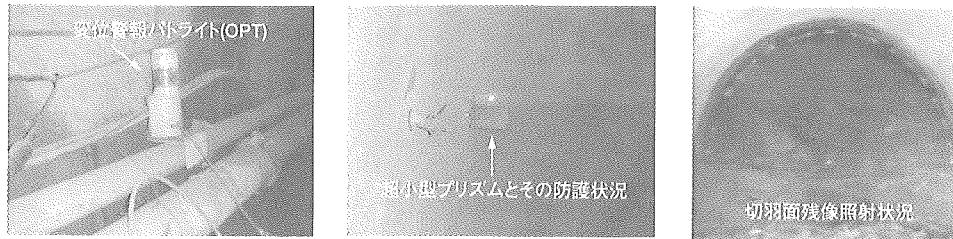
生まれ変わる。

●コンクリート構造物の総合メンテナンス企業 **ショーボンド建設株式会社** 本社/東京都千代田区神田錦町三丁目10番地 TEL.03(3292)8101

東京・大阪をはじめ、全国を網羅する営業ネットワークで高品質な製品・工法を提供しております。

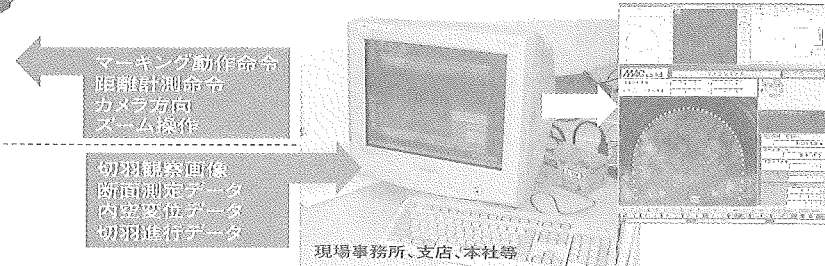
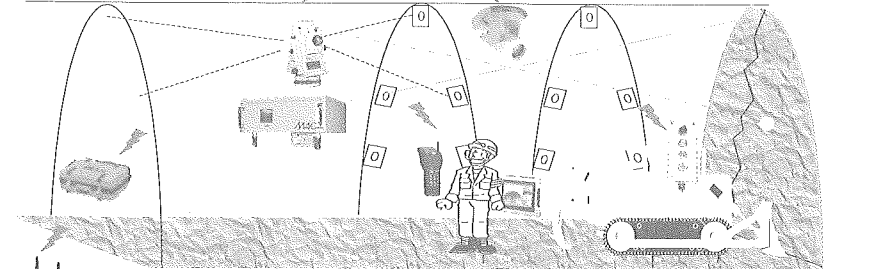
マックのトンネル計測システム

最高の性能と操作性



この業界のトップブランドだから可能な技術とサービスを
お客様のニーズに合わせてご提供致します。

ノンプリズム断面測定 切羽観察画像 自動内空変位 自動切羽距離測定マーキング(残像)



- ◆高速レーザー照射による残像照射機能
- ◆ノンプリズム測距機能
- ◆全自動内空変位測定機能
- ◆すべての操作をリモートコントロール可能

シールド、TBMの自動測量も多数の実績を持つ当社へお問い合わせください。

MAC マック株式会社
〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

〔販売元〕
古河ドリルテック株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

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。

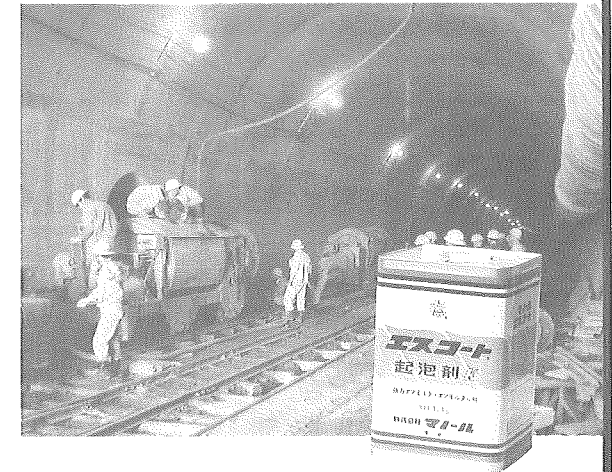


- 短時間で高強度、即日仕上り
- 強力な接着力と収縮、ヒビ割れ防止
- 防水性、防錆力に優れ、中性化防止
- 既調合品で現場管理が簡単

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
- ノープリージング
- 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 マーイル

〒142-0043 東京都品川区二葉1丁目18番8号
TEL 03 (3787) 1131 (代)

トンネル工事のコストダウンにご利用ください

高効率・低粉じん

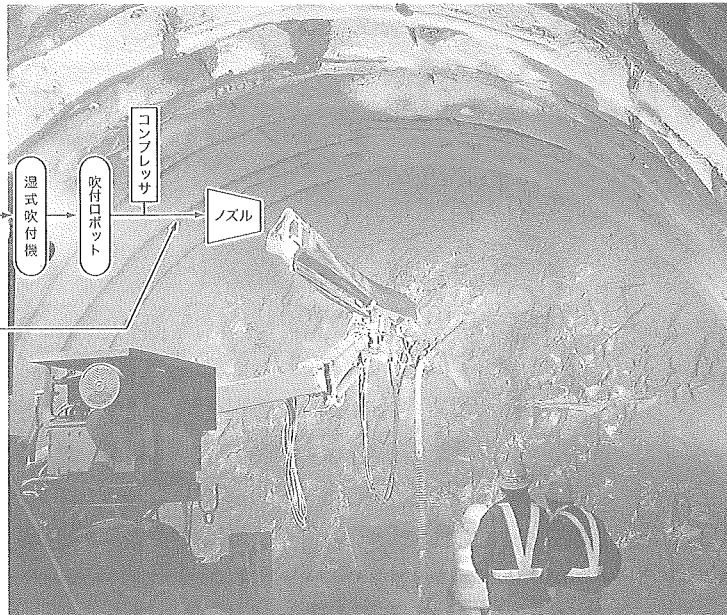
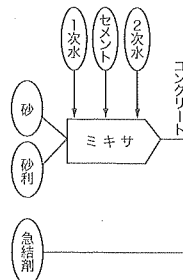
SEC吹付けコンクリート

技術審査証明(平成10年土木研究センター技審証第1009号)

【性能向上のために分割練りをした吹付けコンクリート】

- はね返り率、粉じん発生量は、一括練りに対して10%以上低減
- 材齢28日コア強度は、一括練りに対して10%以上強度増

SEC対応
パッチャープラント



実績

- 湿式吹付け(一般)
: 120トンネル
- 高品質吹付け(JRCC)
: 90トンネル
- 高強度吹付け(JH)
: 3トンネル

SEC® (Sand Enveloped with Cement) は、練混ぜ水を分割投入することにより、低水セメント比のセメントペーストを骨材表面に付着させるコンクリートです。

吹付けコンクリートにとって必要なコンクリートとは、フレッシュコンクリートの条件下で過酷な衝撃(ポンプ圧送圧, 空気圧, 壁面への衝突圧)に対して材料分離が少なく、適度の粘性を有するコンクリートです。

これを経済的に製造することにより吹付けコンクリートの施工性(はね返り, 粉じん, 吹付け量, 最適急結剤量)が向上します。

SECコンクリート機械協会がお手伝いさせていただきます。

SECコンクリート機械協会

正会員	リブコンエンジニアリング(株)	石川島建材工業(株)	(株)東洋製作所	(株)北川鉄工所
	光洋機械産業(株)	成和機工(株)	石川島建機(株)	(株)ジーエスケー
	日工(株)	名岐機器(株)	丸友機械(株)	
特別会員	大成建設(株)	(株)大林組	清水建設(株)	(株)熊谷組
賛助会員	ユアサ商事(株)	(株)ティーエムシー	東友エンジニアリング(株)	T C M (株)
	ケービーシーマシナリー(株)	グレースケミカルズ(株)	(株)ボゾリス物産	伊藤忠建機(株)
	(株)イゲタブロテック	新和商事(株)	(株)サンフローパリック	村上工業(株)
	日産機(株)	電気化学工業(株)		

事務局 〒104-0031 東京都中央区京橋2丁目2-15 登亭京橋ビル リブコンエンジニアリング(株)内
電話 03 (3275) 8011(代) FAX03 (3275) 8015 協会 <http://www5.ocn.ne.jp/~seckikai/index.htm>

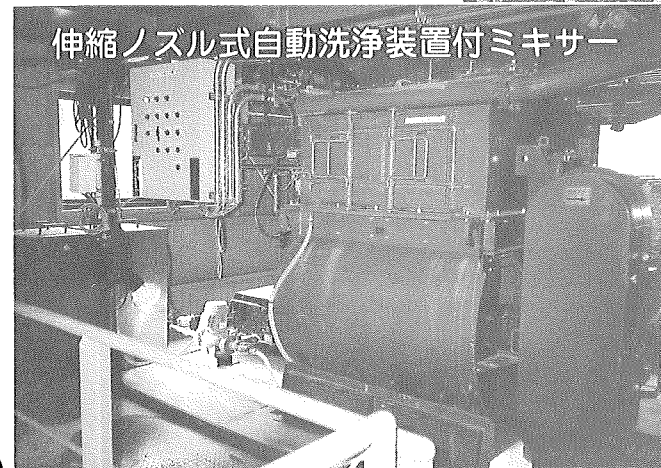
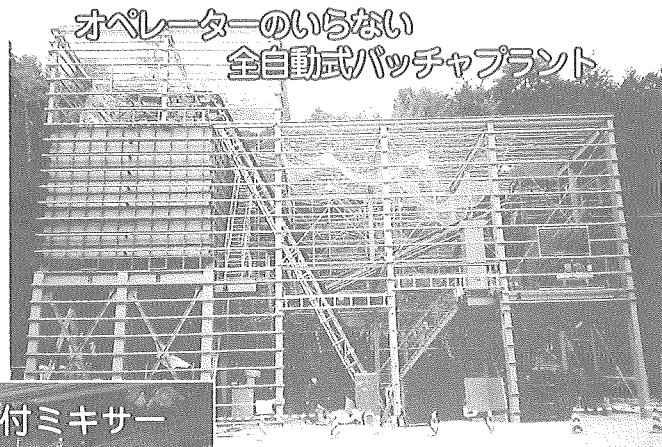
高品質・SEC・高強度対応型 吹付プラント

全自動式 パッチャープラント

吹付コンクリート用

自動スランプ調整装置

パッチャープラントの水分補正は
名岐の自動スランプに
おまかせ下さい。



■ MKS-500KBE-TME型

生コン洗浄水処理装置

- ◆ スチールファイバー供給設備
- ◆ 濁水処理プラント(能力10T/H~100T/H)ユニットタイプ
- ◆ 砕石プラント・産廃プラント・ベルトコンベアー 設計・製作
- ◆ 油圧バケット、特殊クレーン設計・製作
- ◆ ターンテーブル(30^{ton}・重タンク用・40^{ton}通過)

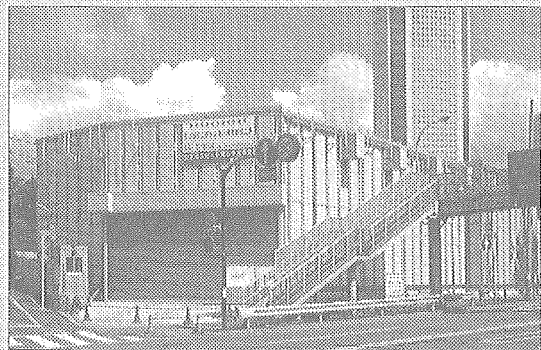
名岐機器株式会社

本社 岐阜県養老郡養老町有尾600-100 TEL (0584) 35-3735(代)
〒503-1277 FAX (0584) 35-3736
本巢工場 岐阜県本巣郡本巣町神海
〒503-1235 TEL (0581) 32-5066
FAX (0581) 32-5565

長工期
トンネルに適し
人件費の
大幅削減!

ミキサー洗浄水
トラミキ洗浄水
リサイクル

大丸の防音システム



サイレントハウス(Bタイプ)

- 工期の早い標準型
- 音源対策から大型プラントまで

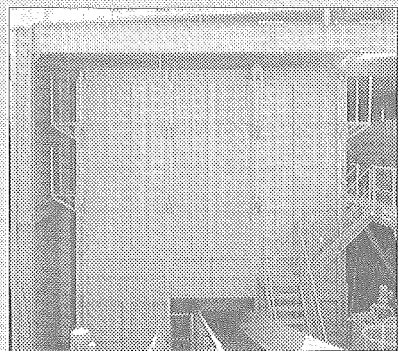
コスモス(Cタイプ)

- 防音効果が最大
- 環境問題の解決に



VLFシステム

- 超低周波音対策に
- 16Hzで-26dB(実績)



設計・施工 東京都知事許可(般-13)第76001号 銅構造物工事業
建設コンサルタント登録 建13第5745号

DMR
Daimaru

大丸防音株式会社

本社 〒104-0042 東京都中央区入船1-3-9 長崎ビル2F
TEL.03-3537-6700 (代表) FAX.03-3537-6701
営業所 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3-28-16 オーベクスビル
TEL.06-6821-6151 FAX.06-6821-6477

路面計測が変わります。



交通規制の要らない新・計測システム

Roadman

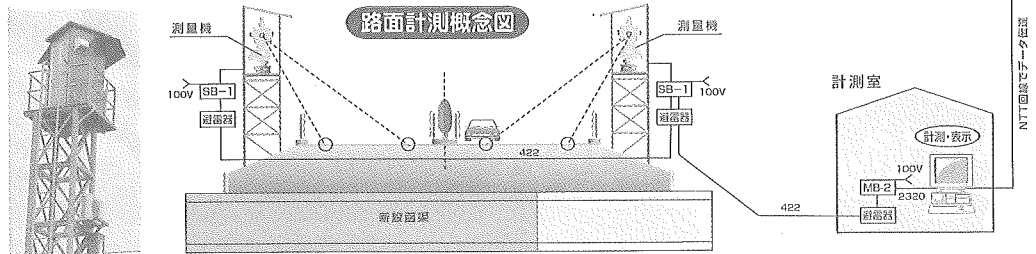
特許公開中 特開2001-73316

Roadmanの特徴

- 特別なターゲットが不要で、車の走行面そのものの直接計測ができる。
- 計測点の配置が自由であり、計測時間が短いので「面」として管理ができる。
- 自動化により24時間の常時監視ができる
- 計測精度が良い。

本システムは高速道路等、供用中の道路の路面沈下を、プリズム等の特別なターゲットを使用せず、かつ交通規制も行わずに自動計測するシステムです。

計測にはノンプリズム・モーター駆動トータルステーションを使用します。このトータルステーションを計測ポイントの見通しが利く箇所(通常は計測機設置塔)に設置し、計測室にあるコンピュータで常時監視を行います。トータルステーションの設置台数は、計測範囲・計測間隔等に応じて配置します。計測したデータはコンピュータで解析すると共に通信システム(NTT回線等)で転送を行うことで遠隔地での監視が可能になります。



■販売元 株式会社 ソーキ

〒550-0025 大阪市西区九条南4-2-4 TEL.06-6586-1707 FAX.06-6586-1277
http://www.sooki.co.jp

■開発元 株式会社 エス・ジー・エス

〒550-0026 大阪市西区安治川2-1-8 TEL.06-6586-5430 FAX.06-6586-5431
http://www.df-sgs.co.jp

MITSUBISHI

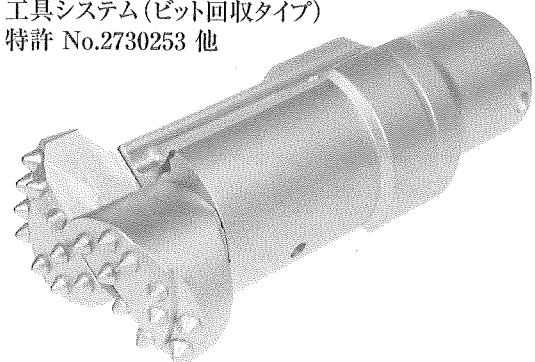
DIABIT

地山の維持・補修用工具システム

☆玉石・軽石混じり砂礫層掘削に威力を発揮!! ☆掘削しながら同時にケーシングが挿入できる!!

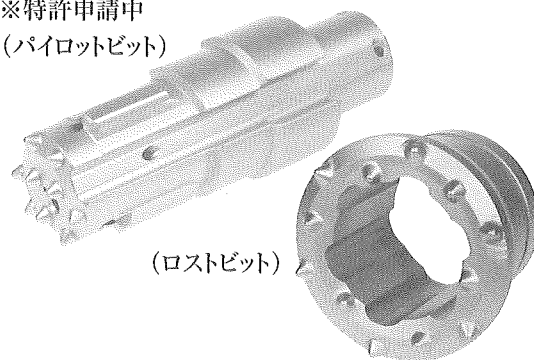
スーパーメックスビット

工具システム(ビット回収タイプ)
特許 No.2730253 他



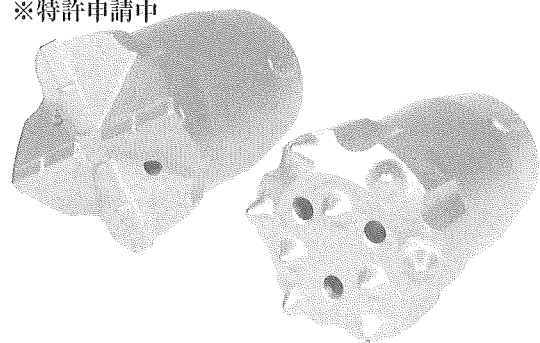
ウルトラメックスビット

工具システム(アウタービットロストタイプ)
※特許申請中
(パイロットビット)



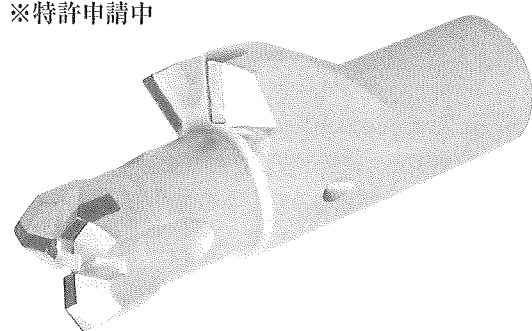
スモールP用ビット

工具システム(ロストビットタイプ)
※特許申請中



かん太郎ビット

工具システム(ビット回収タイプ)
※特許申請中



主な用途

- トンネル..... 鋼管先受け工
水抜きボーリング
- 法面..... アンカー
水抜きボーリング
鏡ボルト
鏡補強
- 基礎..... 地盤改良
- 調査..... ボーリング

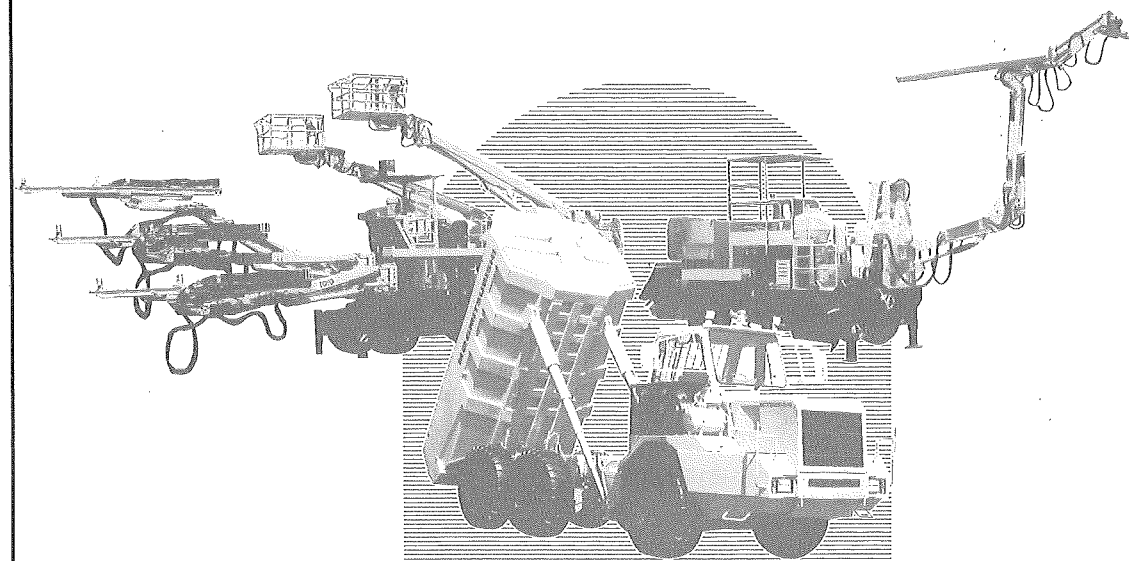


注入式長尺先受工法 (AGF工法)

三菱マテリアル

東北支店 ☎022-295-1260 東京支店 ☎03-5819-5263 岐阜駐在 ☎0584-27-5082
大阪支社 ☎06-6538-5146 九州営業所 ☎092-504-0032 海外グループ ☎0584-27-5011

「我々は行動します。」



SRM RENTAL・トンネルのレンタルは
『サービスマン付一括レンタルシステム』で
皆様にお役に立つ様努力致します。

トンネル機械の総合レンタル

三興レンタル株式会社

高槻事務所 / 〒569-0886 高槻市唐崎西2-26-1
TEL0726-77-2101(代) FAX0726-77-2109
茨木事務所 / 〒567-0853 大阪府茨木市宮島3-2-18
TEL0726-34-3939 FAX0726-34-3937

関連会社

株トンネルのレンタル

〒389-0514
長野県小県郡東部町大字加沢字大谷地286-1
TEL0268-62-1426
FAX0268-62-1999

新しい吹付けシステムの提案

低粉じん・低リバウンドの吹付けが、コンパクトなシステムで実現します

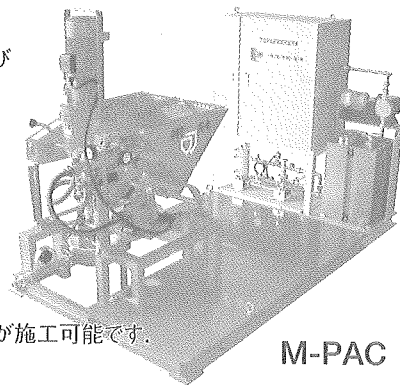
用途

- ☆小断面トンネルの吹付け
- ☆未固結地山の一次吹付け補強
- ☆既設トンネルの補修・拡幅工事
- ☆シールド機の鏡面吹付け補強
- ☆深礎杭の壁面吹付け
- ☆TBM掘削後方吹付け



特徴

- 低粉じん・低リバウンド
デンカPFモルタルと液体急結剤の相乗効果により、低粉じん・低リバウンド(通常の吹付けコンクリートの1/10程度)を実現します。
- 高強度
デンカPF(プレミックスファイバー)モルタルは、圧縮強度および曲げ強度が高く、靱性も向上します。付着力が良く、湧水部においても吹付け施工が可能です。
- 簡単操作
スイッチひとつで自動吹付け、操作・清掃が簡便です。
- コンパクト
コンパクトなM-PAC(吹付けシステム)のみで施工可能です。
- プレミックス
プレミックスモルタルのため短時間で現場の必要時に必要量が施工可能です。



M-PAC

使用機材

名称	仕様	備考
デンカPFモルタル	特殊混和材・高品質繊維を配合したファイバー入プレミックスモルタル	1,770kg/m ³ , 25kg/袋
デンカサブショットL	アルカリ性の液体急結剤で強い急結性を示します	44kg/m ³ , 25kg缶
デンカサブショットAF	アルカリフリーの液体急結剤で、優れた長期耐久性を示します	88kg/m ³ , 25kgキュービックコンテナ
M-PAC	H1600×W1400×L2500, 装備動力10kw	重量650kg, 急結剤添加装置, 自動盤搭載
モルタルミキシングポンプ	連続練り吐出量 2.2m ³ /hr (MAX)	圧送 30m (MAX), 1インチホース使用時

●お問い合わせ、カタログ・資料請求は下記までご連絡ください

電気化学工業株式会社 本社特殊混和材事業部 HP: www.denka.co.jp
 東京都千代田区有楽町1-4-1 日比谷三信ビル TEL. (03)3507-5365 FAX. (03)3507-5085

株式会社 エムシーエム 北陸センター E-mail: mcm@theia.ocn.ne.jp
 富山県高岡市木津南星町1452-4 TEL. (0766)27-0570 FAX. (0766)27-0566

その先まで光が届く。 一台ですべてこなせる高機能。

ノンプリズム測距200m



簡単操作の自動視準機能*1
 モーター駆動で遠隔操作*1
 世界最軽量 6.1kg*2

*1:TCRAタイプ*2:モーター駆動タイプとして、2001年4月現在。

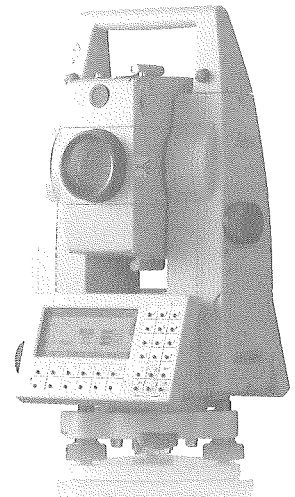


写真:GUS74搭載モデル

トンネル内の全測量業務をこなせる高機能に加え、 測距200mを達成したノンプリズム機能を搭載。

トンネル施工時や近接施工管理として実施される内空変位計測・内空断面測定を、計測から出力まですべて自動化。トンネル内での測量業務がすべて自動で行えます。さらに、長いトンネル内でも測量作業を素早く進められるよう、ノンプリズムの測定範囲を200mまで拡大しました(XRangeオプション)。作業のスピード化や効率化はもちろん、機材経費および人件費の節減に大きな効果をもたらします。

簡単操作の自動視準機能

望遠鏡の視野にターゲットを入れ、ボタンを押すだけで精密自動視準。(TCRAタイプ)

作業ストレスが減少

天端沈下・内空変位において、計測したいところに反射テープを設置し自動視準。マニュアル視準に比べ、作業スピードの大幅アップでストレスは減少。

レーザーガイド GUS74(オプション)

到達距離の長い高出力レーザーで照準線を可視化します。マーキングやモニタリングに最適で、トンネル作業の高度なニーズに対応する計測システムが構築できます。

国土地理院認定2級A-クラスステーション
 自動視準・自動追尾ノンプリズムトータルステーション
TCRA1103XR
 ¥3,100,000

◎価格は、本体および標準装備品のみの金額です。また消費税は含まれておりません。

ライカ ジオシステムズ株式会社

本社 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート Tel.03-5940-3020 Fax.03-5940-3056
 テクニカルセンター 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコートB1F Tel.03-5940-3035 Fax.03-5940-3059
 大阪支店 Tel.06-6910-3871 / 福岡営業所 Tel.092-432-8201 / 札幌出張所 Tel.011-669-1101

Leica
Geosystems

美しさと合理性をもつ多分割式アーチシステム

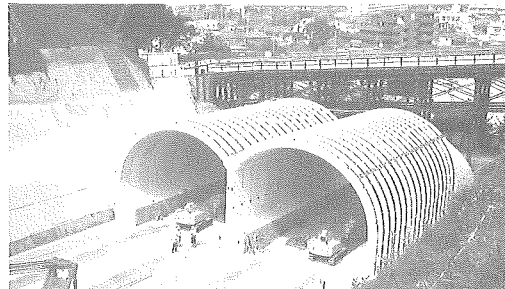
モジュラーチ[®]

「モジュラーチ」(MODULARCH)は、フランスのマティエール社 (Matiere[®]) が開発した新製品を日本に技術導入した、大型の鉄筋コンクリート二次製品です。アーチ特有の形状-美しさと合理性をもつ多分割式アーチ形構造物です。モジュラーチの特長の主なものは次の通りです。

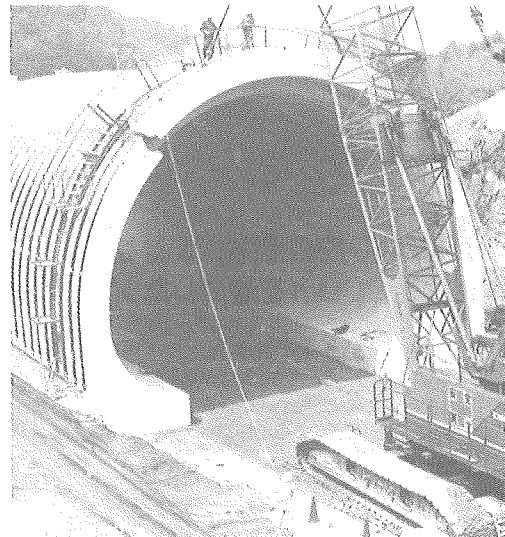
- (1) 多分割式のため大断面の構造物が構築できます。
- (2) アーチ型構造物に加わる荷重によるモーメントが、最も小さい箇所を分割する合理的な分割方式です。
- (3) 頂版部と側壁部の継手はヒンジ構造となっており、耐震性に優れた構造です。
(財)土木研究センターによる「モジュラーチ工法の耐震性向上に関する研究委員会」において、地震時に対する安全性について実験を行い、部材、継手とも安全上まったく問題ないことが確認されています。
- (4) 側壁部材が自立する構造になっており、安全性、施工性に優れています。

モジュラーチには次のものがあります。

- (1) シングルアーチ
4分割1組を単体としたもの
- (2) マルチアーチ
4分割で中間側壁をもつ2連以上のもの



マルチアーチ



シングルアーチ



モジュラーチ工法協会

本部・事務局 〒101-0032 千代田区岩本町1-10-5 T.M.Mビル
日本ゼニスパイプ(株)内 TEL 03(3865)2618 FAX 03(3865)2625

会員会社 日本ゼニスパイプ(株) TEL(03)3865-2611 FAX(03)3865-2630
ジオスター(株) TEL(03)5232-1400 FAX(03)5232-2651
日本ヒューム(株) TEL(03)3433-4114 FAX(03)3436-3275
オリエンタル建設(株) TEL(03)3261-1174 FAX(03)3234-1949
日本コンクリート工業(株) TEL(03)5462-1051 FAX(03)5462-1042

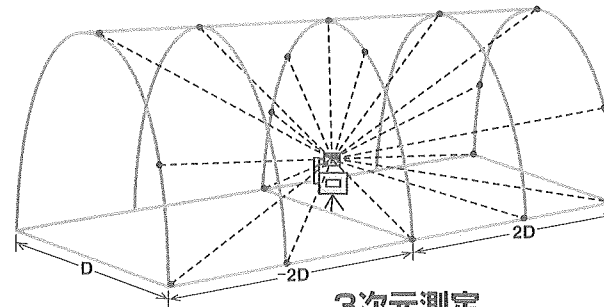
新製品

トンネル3次元形状管理

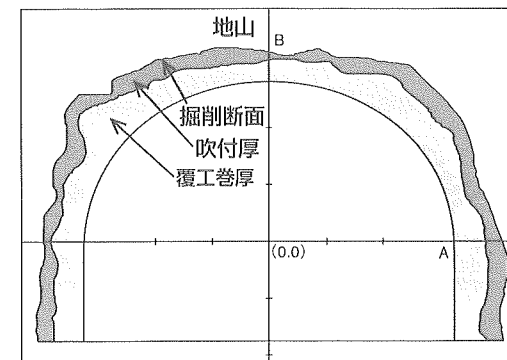
本機は、トンネルコンサルタントとして世界的に有名なアンベルグ社(スイス国)のグループが開発した画期的なトンネル3次元断面測定専用機です。

A. MT. プロファイラー4000トンネル断面測定機

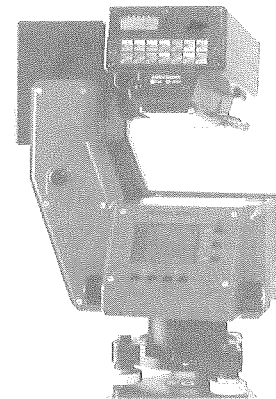
(Patent P.)



3次元測定



測定断面図



(プロファイラー 4000本体)

- トンネル建設における掘削断面・吹付厚・覆工巻厚の管理に最適です。
- 1ヶ所の測定位置で、広範囲(上図 $-2D \sim 2D$)を高密度、高精度($\pm 3\text{mm}$)しかも、独特の機構により測定ポイントに死角がなく測定でき、切羽の様な危険な場所での測定作業が回避できます。
- 3次元測定は、指定した距離程ごとに自動で断面に沿って測定出来るため、巻厚評価のような同一断面での重ね合わせが正確に出来ます。
- 測定から評価まで、日本のトンネル施工管理に合わせて作られた専用ソフトを使用しています。(Windows 対応日本語版)

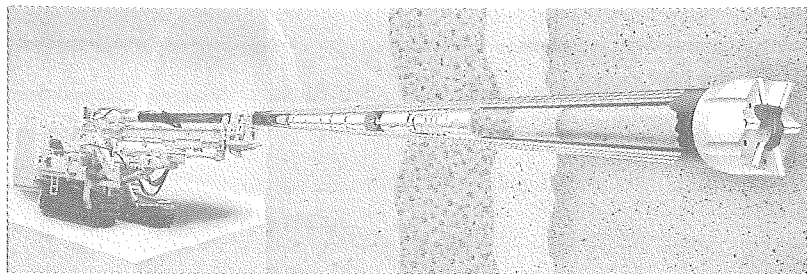
総代理店

FBK 富士物産株式会社

〒103-0026 東京都中央区日本橋兜町21番7号兜町ユニ・スクエア
TEL 03(5649)7121 (代)
FAX 03(5649)7125
E-mail: sales@fuji-bussan.co.jp

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーラインサンプリング工法



■特長

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



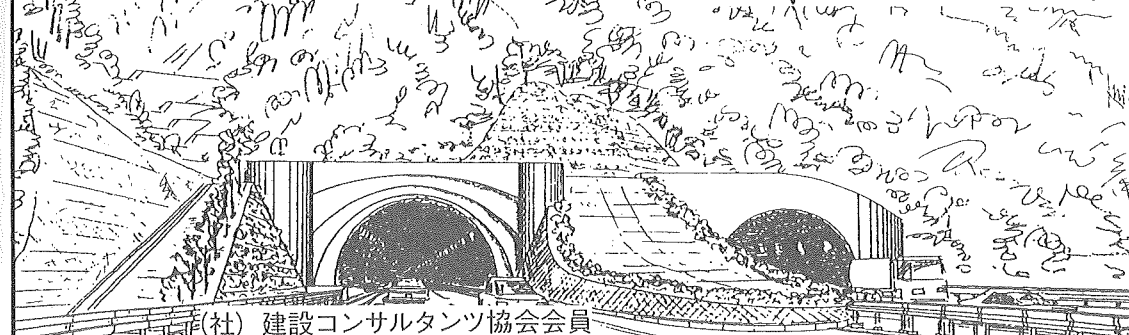
KOKEN 鉦研工業株式会社

本社 〒164-8650 東京都中野区中央1-29-15
TEL (03)3366-3111(大代表) FAX (03)3366-3341

お問い合わせ先：エンジニアリンググループ
TEL (03)3366-3123 FAX (03)3366-3365
<http://www.koken-boring.co.jp/>

道路、トンネル設計 (本土工、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

株式会社 ロード・エンジニアリング

代表取締役社長 田島利男 (技術士) 本誌編集顧問
専務取締役 清水洋 (技術士)
常務取締役 朽網新 福岡支店長
常務取締役 山田憲夫

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
福岡支店：〒812-0016 福岡県博多区博多駅南1丁目15番22号 電話(092)436-1588
沖縄事務所：〒901-2122 沖縄県浦添市字勢理客555-2 電話(098)870-6411

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。

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

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

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



中濃産業株式会社

代表取締役 土田義式

本社 〒501-1534 岐阜県本巣郡根尾村神所362-1
TEL(0581)38-2241(代) FAX(0581)38-3383
営業所 〒501-1203 岐阜県本巣郡本巣町文珠64-387
TEL(0581)34-3990(代)

コンパクトで計量精度は抜群...

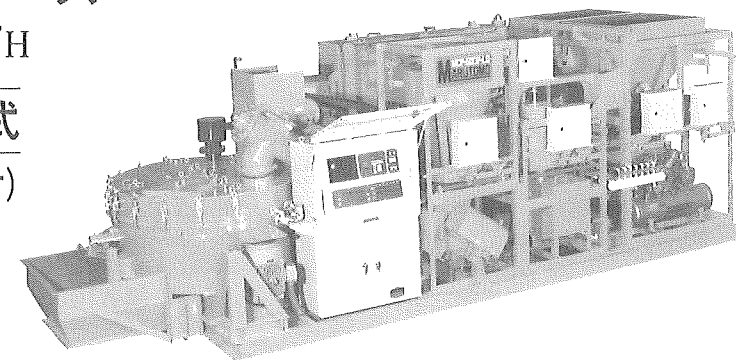
丸友の移動式コンクリートプラント

製造・販売・リース

生産量 10~90m³/H

電子制御自動式

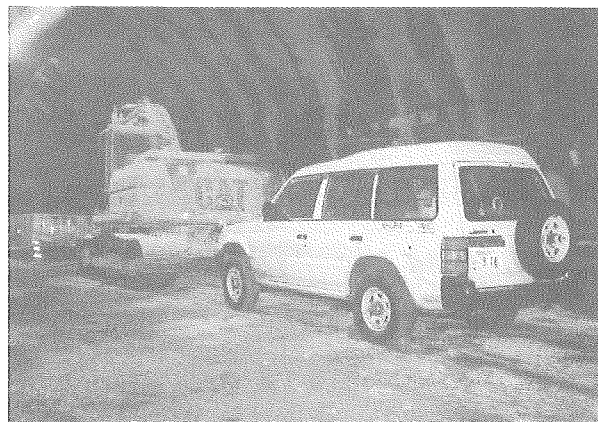
(印字自動記録装置付)



丸友機械株式会社

本社 名古屋市東区泉一丁目19番12号
〒461-0001 電話(052)(951)5381(代)
東京営業所 東京都千代田区神田和泉町1の5
〒101-0024 ミツバビル 電話(03)(3861)9461(代)
恵那工場 岐阜県恵那市武並町藤字相戸2284番地
〒509-7121 電話(0573)(28)2080(代)

《現場が現場ですから・・・》



点検のため、巡回訪問のインスペクター・カー

休車は避けられません。
それでも高い稼働率は、CAT製品に共通する特長です。その上、プロダクト・サポートが下支えしています。
全国、津々浦々CATファミリーのサービスネットワークが待機しています。

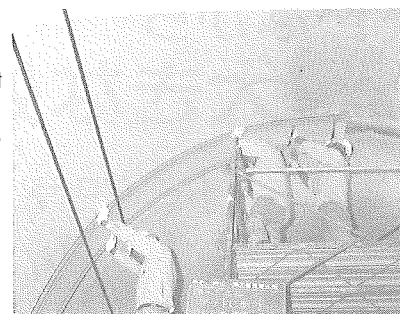
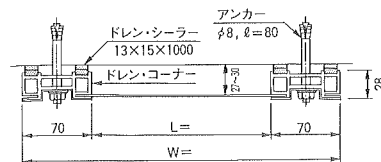
株式会社 ケイリー

仙台：TEL.022-359-5331
東京：TEL.03-3661-5651
大阪：TEL.06-6838-1372

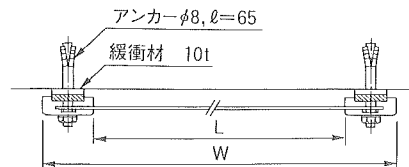
CATERPILLAR (キャタピラー) 及びCATはCaterpillar Inc.の登録商標です。

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に アーチ・ドレン導水樋

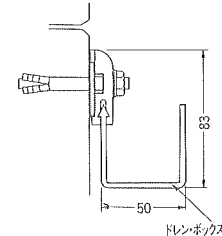
- 特徴
- ・漏水幅に応導水幅の選択が可能
 - ・導水プレートはアクリル変性P.V.C強化樹脂で驚異的な耐衝撃性有り
 - ・寒冷地型、Boxカルバート用勾配型、etc有。



コンクリート剥落対策に アーチ・パネル



水平導水樋に サイド・ドレン



- 特徴
- ・スプリングライン等の水平方向からの漏水対策に最適
 - ・ドレン・ボックスは必要に応じサイズの変更が可能

ニホン・ドレン工業株式会社

福井市小路町4-12-1 ☎0776(41)3725
FAX 0776(41)3455

数々の技術・豊富な実績が 明日を築く東急の濁水処理設備



北陸新幹線碓氷峠トンネル(東)濁水処理設備

◆営業品目◆

トンネル工事濁水処理設備
都市土木工事
P.Hコントロール設備
炭酸ガス中和設備
水処理各種計器器材
上記 設計、施工、管理



東建産業株式会社

(旧 東急設備㈱)

本社 東京都渋谷区渋谷1-16-14
〒150-0002 TEL 03(5466)9511
関西事務所 大阪市北区豊崎3-19-3
〒531-0072 TEL 06(6371)6447

21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書

ブロック理論と岩盤工学への応用

R.E.グッドマン, G.H.シー著 / 吉中龍之進・大西有三 訳
A5判 360頁 本体4,855円 送料380円

建設工事の保安地質学【改訂版】

石井康夫 著
A5判 474頁 本体6,000円 送料380円

建設工事の地質診断と処方

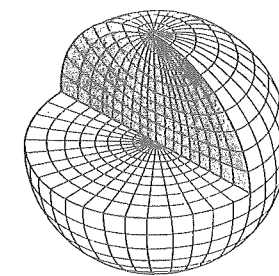
石井康夫・矢嶋壯吉 共著
A5判 324頁 本体4,300円 送料380円

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
B5判 444頁 上製本 本体9,800円 送料450円

山岳トンネルの新技術

ジェオフロント研究会 編纂
B5判 500頁 本体14,573円 送料450円



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
B5判 286頁 本体5,825円 送料380円

岩盤の計測と解析

工学博士 鈴木光 著
A5判 244頁 本体4,200円 送料380円

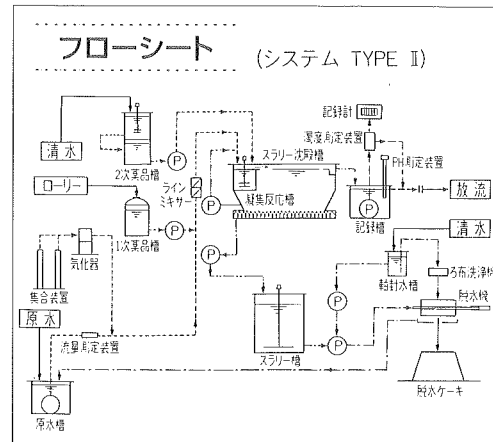
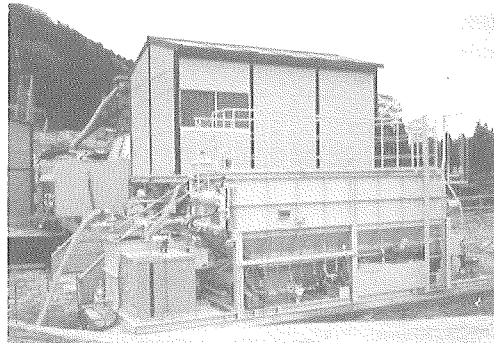
地質工学概論

菊地宏吉 著
B5判 276頁 本体4,757円 送料380円

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

TOWAハイクリーンII

コンパクトながら 大きな処理能力



特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙布型の脱水機を採用していることから汙布等の消費費が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。
3. シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。

脱水機は、全自動無人化タイプを採用している。処理水の水质監視装置及び記録を自動化しており、運転状況の確認が容易である。

5. 多種多様な原水に対応出来る。
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。

6. 豊富なオプション装置
高分子凝集剤の自動溶解装置
処理水返送装置 (異状警報装置と連動)
炭酸ガス後中和処理装置
鉄分除去処理装置 (エアレーション装置等)
スラリー再濃縮装置
脱水助材添加装置
自動汙布洗浄装置

シックナー5機種、脱水機4機種を標準化し、処理量に応じた自由な組み合わせが可能です。あなたの現場にピッタリフィットのシステムを御検討下さい。

詳細資料請求、お問い合わせは

東和工業株式会社総販売店
株式会社フジテックス
本社 〒930-0821 富山市飯野12-1
TEL (0764) 52-1616(代)
FAX (0764) 52-1617

東和工業株式会社
〒930-0834 富山市問屋町2-3-5
TEL (0764) 51-3981(代)
(0764) 51-3768 (直通)
FAX (0764) 51-0964

Towa:Waste Water Treatment System

■巻頭言	東京湾アクアライン……………東京湾横断道路(株) 小林 俊介… 5
■研究	砂質土地山の切羽安定性に関するパラメータ解析 ……(財)鉄道総合技術研究所 木谷日出男…49
■施工	連続ベルトコンベヤシステムを土砂地山に採用 ……日本鉄道建設公団 木村 裕俊… 7
	東北新幹線 細越トンネル …… 三浦 剛
	鉄建・鴻池・勝村・上北共同企業体 山崎 幹彦
	バルクエマルジョン爆薬を用いた坑道掘進 ……佐藤工業(株) 今村 仁悟…17
	馬場真一郎
	河野 興
	山口大学 中川 浩二
	大江戸線と浅草線とを結ぶ ……東京都 三木 克彦…25
	都営大江戸線汐留連絡線 東新橋工区 …… 中村 茂之
	平山 義貴
	大成・住友・白石共同企業体 岩本 史生
	TBMの平均月進日本記録を更新 ……東星興業(株) 佐々木千好…37
	新小荒発電所導水路工事 …… 木村 英昭
	清水建設(株) 村田 盛雄
	木村 厚之
■連載講座	山岳トンネル工事の環境保全(5) ……「山岳トンネル工事の環境保全」連載講座小委員会…57
	シールド掘進に伴う地盤変状入門(1) ……東京都 高橋 良文…67
	講座をはじめるにあたり
■現場だより	『誰かが働き、誰かが眠り、誰かが呑んでいた』鉄の街 釜石より…フジタ・平野組共同企業体 板倉 薫…16
	「石割桜と南部鉄器」盛岡市より ……銭高組・豊島建設共同企業体 長谷川隆男…36
	栗東八景 ……鴻池・日産・佐田共同企業体 村上 孝男…71
■資料	土木情報 ……編集部…72
	トンネルジャーナル…編集部…73
	海外文献速報 ……JTA研究開発委員会…74
	トンネルワールドニュース ……JTA国際委員会国内広報ワーキング…79
	工法・技術・製品ニュース ……編集部…80
	文献紹介 ……編集部…82
■会報	会報 ……日本トンネル技術協会…84
■グラフィ	眼で見るトンネル工事 ……編集部…1

表紙説明 連続ベルトコンベヤシステムを土砂地山に採用・東北新幹線 細越トンネル

当トンネルは、延長3,010mで固結度の比較的低い丘陵地のすそ野を貫くため、土かぶりは平均30m程度と小さい。地質は柔らかく土砂地山に分類され、火山灰質の砂、砂礫層が主体で湧水によりすぐに泥ねい化することから、当初からずり出し時における路盤維持管理が大きな問題点としてあげられ検討を行った結果、連続ベルトコンベヤシステムを最良と判断し採用した。写真は坑口全景。
〔写真提供：日本鉄道建設公団〕(本文7頁参照)

ヤマモト (やまもと)

無騒音 無振動 静かな破砕
超大型油圧破砕機
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 広島県比婆郡東城町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)

電力・通信ケーブル用多条保護管

カナパイプPV型

Kanaflex

ISO9001
認証取得

トンネル内埋設工事を 省力化・効率化

用途

- トンネル・道路・橋梁
- レジャール施設
- 電線共同溝 (C.C.BOX)
- 大規模プラント

難燃ポリエチレン製の多条ユニット(定尺5m)
ワンタッチで管路接続、作業性抜群です。
配管間隔が狭い省スペース施工に威力を
発揮します。

カナフレックスコーポレーション 株式会社

東京本社 〒107-6024 東京都港区赤坂 1-12-32 アーク森ビル 24F TEL(03)3584-5111 FAX(03)3584-5220
大阪本社 〒530-6017 大阪府北区天満橋 1-8-30 OAPタワー 17F TEL(06)6881-0776 FAX(06)6881-0760
札幌営業所 TEL(011)271-8770 仙台営業所 TEL(022)792-3055 横浜営業所 TEL(045)241-7511 新潟営業所 TEL(025)226-5111
静岡営業所 TEL(054)275-2258 金沢営業所 TEL(076)234-5660 名古屋営業所 TEL(052)955-1511 神戸営業所 TEL(078)360-6173
広島営業所 TEL(082)240-0609 高松営業所 TEL(087)861-4600 福岡営業所 TEL(092)474-2630 鹿児島営業所 TEL(099)224-8404

直営工場 北海道工場 仙台工場 栃木工場 千葉工場 滋賀工場
愛東工場 広島工場 四国工場 九州工場



トンネル

C.C.BOX

Tunnels and Underground

CONTENTS

Vol. 33, No. 11 November

Adoption of Continuous Belt Conveyor System to Soft Ground Excavation—Hosogoe Tunnel on Tohoku Shin-kansen Railway Line(pp.7)

By Hirotoshi Kimura, Japan Railway Construction Corporation

The tunnel is of 3,010 m length. Because it is to break through the skirts of the hill in a relatively low solid state, its earth cover is no more than 30m at average.

This paper mentions about the background story of why the continuous belt conveyor system was adopted for tunnel excavation, what were improved from the existing facilities and their present conditions, operating conditions and case study on troubles experienced and their betterment, along with future prospect of the continuous belt conveyor system.

Tunnel Excavation Driving with Bulk Emulsion Blasting Powder(pp.17)

By Jingo Imamura, Sato Kogyo Co. Ltd.

In recent years of Japan, the blasting system being used for tunnel excavation is mainly a combination of detonator with safety fuse and ANFO blasting agent. However, it may pose some problems such as restriction on the blasting system itself and worsening of the working environment in the tunnel due to airborne flue gas after explosion. It is for this reason that attention was focused upon both workability and effect of the blasting system using Bulk Emulsion Blasting Powder, then followed by its demonstration and verification. Eventually, the study result was obtained to ensure achievement of the safe and economic driving effect in tunnel excavation, together with improvement of the in-tunnel working environment. This is to mention the tunnel excavation toward acceptance of the said blasting system during construction.

Linkage between Subway New and Old Lines—Oedo and Asakusa Lines—Higashi-shinbashi Section of Shiodome Junction Line, Tokyo Metro Oedo-Line(pp.25)

By Katsuhiko Miki, Transport Bureau of Tokyo Metropolitan Government Office

This project work is planned to construct, by cut and cover tunneling method, the junction side track line of 450 m length for induction of out-of-service cars.

To proceed with the work, an opening is to be provided on the side wall of the existing subway track line in service, thus being connected with the new junction line. At the designing stage, survey was conducted to check the load bearing strength of the existing structures and experimental study was made to demonstrate the reinforcing rod splicing method at the junction.

Furthermore, after comparative study on 2-dimensional frame analysis and 3-dimensional analysis, the optimum structural construction was selected. As the result, the applicable reinforcing

methods were adopted, for instance, with reduced width of the opening, erection of the beams in longitudinal way over the junction section, installation of steel angle supports, anchorage of reinforcing rods to be fixed and additional bottom slab placing for existing structures.

This paper refers to design consideration of the junction section and construction work planning.

New Record Making by TBM on Monthly Average Advancement in Japan—Shin-Koara Power Station Headrace Tunneling Construction(pp.37)

By Chiyoshi Sasaki, Tousei Kougyo Co. Ltd.

This construction project is intended to excavate the headrace tunnel (of 3,520 mm in excavated diameter, 4,493m length and 1/1,000 in gradient). The site geology is composed mainly of granite, being likely to have lots of joints but of hard quality.

In view of the aforementioned conditions, the open-type TBM was adopted for tunnel excavation, combined with fiber mortar spraying. The continuous belt conveyor was used for mucking so as to shorten the construction time. As the result, the new domestic record was accomplished by achievement of 62.9 m for daily maximum driving and 802.7m for monthly maximum respectively. This paper refers to specifications, general outline and operating records on the open-type TBM in particular.

Parameter Analysis on Excavated Face Stability of Sandy-soil Ground(pp.49)

By Hideo Kiya, General Technology Research Institute of Railway

One of the ground conditions posing a problem in tunneling excavation process is certainly less-consolidated sandy-soil, clayey soil and their stratified sandy-soil ground formation. This kind of natural ground may often be accompanied by a high level of ground water. This would then become a serious factor to cause washing-out of excavated faces and thereby difficulty in continuing further excavations, depending on how those ground conditions would be combined together.

With this fact in mind, a series of experimental studies were conducted mainly on the object of sandy soil. Through those studies, the assessment test method on self-supportability of the excavated face was proposed and its mechanism, together with behaviors accompanying variations of physical changes to the peripheral ground, were observed by model regeneration of washed out earth face in a soil tank.

In this text, in order to assess peripheral behaviors of the tunnel and excavated face stability in the sandy ground by digital analysis, an attempt was made to regenerate the experimental test result by the fluidity flow and dynamics coupled analysis approach, on the theoretical basis of finite deformation. The paper mentions the result of parameter analysis as obtained from assumption of the real image of the tunnel in the sandy ground.

Supervision

Japan Tunnelling Association
Shinko Dai-ichi Bldg., 14-7,
2 chome, shintomi, Chuo-ku,
Tokyo, 104-0042, Japan.

Publisher

Doboku Kogakusha Co., Ltd.
Major Kagurazaka, 16 Banchi,
Iwatocho, Shinjyuku-ku,
Tokyo, 162-0832, Japan.

Tunnels and Underground

One copy : US \$ 15 (Seamail)
Subscription Rate
One year : US \$ 180 (Seamail)

土木工学社の地質学書

〔新刊図書〕

わかりやすい**土木地質学**

大島洋志 監修 平成12年11月 発行

B5判 209頁 価格2,500円(税別) 円340円



主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

〔既刊図書〕

建設工事の保安地質学〔改訂版〕 石井康夫 著 A5判 475頁 価格6,000円(税別) 円380円

建設工事の地質診断と処方 石井康夫・矢嶋壯吉 共著 A5判 324頁 価格4,300円(税別) 円380円

地下水の科学 P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ 共著 大西有三 監訳

第I巻 地下水の物理と化学 B5判 235頁 価格4,078円(税別) 円380円

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 価格4,272円(税別) 円380円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 価格3,689円(税別) 円340円

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

B5判 444頁 価格9,800円(税別) 円450円

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

A5判 360頁 価格4,855円(税別) 円380円

岩盤の計測と解析 鈴木光 著 A5判 244頁 価格4,200円(税別) 円380円

地質工学概論 菊地宏吉 著 B5判 276頁 価格4,757円(税別) 円380円

続きみの庭にも温泉が出る 石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217頁 価格1,200円(税別) 円240円

きみも金鉱を発見できる 石井康夫 新書判 200頁 価格980円(税別) 円240円

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

株式会社 **土木工学社**

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

会誌委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔委員長〕

橋本定雄 不動建設株式会社特別顧問
(元)東京都下水道局長

〔委員〕

伊藤 範行 鹿島建設株式会社建設総事業本部土木技術本部 工務部担当部長	田川 弘義 株式会社竹中土木顧問
猪俣 正 飛鳥建設株式会社土木本部副本部長	端 則夫 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室室長
岩崎 辰郎 日本道路公団技術部調査役	濱 建介 株式会社アオバ取締役会長
北川 隆 日本鉄道建設公団計画部計画課長	深沢 淳志 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官
栗田 幸男 帝都高速度交通営団建設本部設計部 設計第一課課長	三浦 正彦 株式会社大林組土木技術本部技術第二部部长
古賀 雄三 清水建設株式会社土木事業本部技術第二部部长	

編集顧問の構成 (五十音順・敬称略)

伊吹山 四郎 攻玉社工科短期大学名誉学長	林 博 西松建設株式会社専務取締役
島田 隆夫 鉄建建設株式会社社友	松本 崇義 (元)東京都理事
高橋 彦治 伸光エンジニアリング株式会社技師長	丸安 隆和 東京理科大学教授
田島 利男 株式会社ロードエンジニアリング代表取締役	宮川 房夫 株式会社熊谷組常務取締役
長友 成樹 株式会社構造技術センター顧問	吉川 新吉 東京発電株式会社常任監査役
西松 裕一 東京大学名誉教授	吉村 恒 吉村とんねる・らぼ

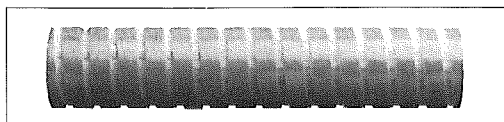
トンネル工事をサポート グラスファイバー チューブ & ロックボルト



安全性と施工能率を高めるグラスファイバー製品群

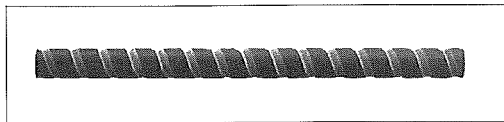
○大口径FRPチューブ

外径60mm/76mm



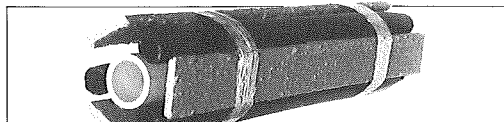
○FRPロックボルト

外径10mm~40mm



○SICSチューブ

FRPフラットバー(40×7mm)×3枚



お問い合わせ、カタログのご請求は、下記までご連絡下さい。

輸入総代理店

ソイルメックジャパン株式会社

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町1-4-3

第2 TKビル4F

TEL.03(3273)8476 FAX.03(3273)8428

<http://www.soilmec-j.com/>

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

橋本定雄 不動建設株式会社特別顧問

(元)東京都下水道局長

〔編集参与〕

伊藤良行 株式会社復建エンジニアリング
第一技術部部长

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

今田 徹 東京都立大学名誉教授

定塚正行 株式会社コンテック代表取締役社長

鈴木章 NTT都市開発株式会社常務取締役

濱建介 株式会社アオバ取締役会長

水谷敏則 (財)先端建設技術センター
先端建設技術研究所長

〔委員〕

岩崎辰郎 日本道路公団技術部調査役

樫尾恒次 東京都交通局建設工務部保線課長

木谷日出男 財団法人鉄道総合技術研究所
防災技術研究部地質研究室長

佐藤正人 日本鉄道建設公団工務部工務第一課
総括補佐

篠原修 東京都水道局建設部工務課長

高橋良文 東京都下水道局計画調整部事業調整課長

竹内信次 東京電力株式会社送変電建設部
地中送変電建設センター
広域調査グループマネージャー

中島誠三 帝都高速度交通営団建設本部設計部
設計第二課課長

真下英人 独立行政法人土木研究所
基礎道路技術研究グループ
上席研究員(トンネル担当)

増田達 東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所
工事管理室長

トレンチャー

硬質地盤の溝堀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	20/18	1175/D7	40/30	60/35
メーカー名	マステンブルグ	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	70	75	70	70
掘削幅(最大) cm	110	100	110	110
掘削岩の硬さ(最大)	300kg/cm ²	700kg/cm ²	700kg/cm ²	1000kg/cm ²
重量 t	25	53	50	59
長さ m	11.1	10.8	14.0	15.4
幅 m	2.5	3.2	2.95	2.98
高さ m	3.00	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力 PS	250	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。



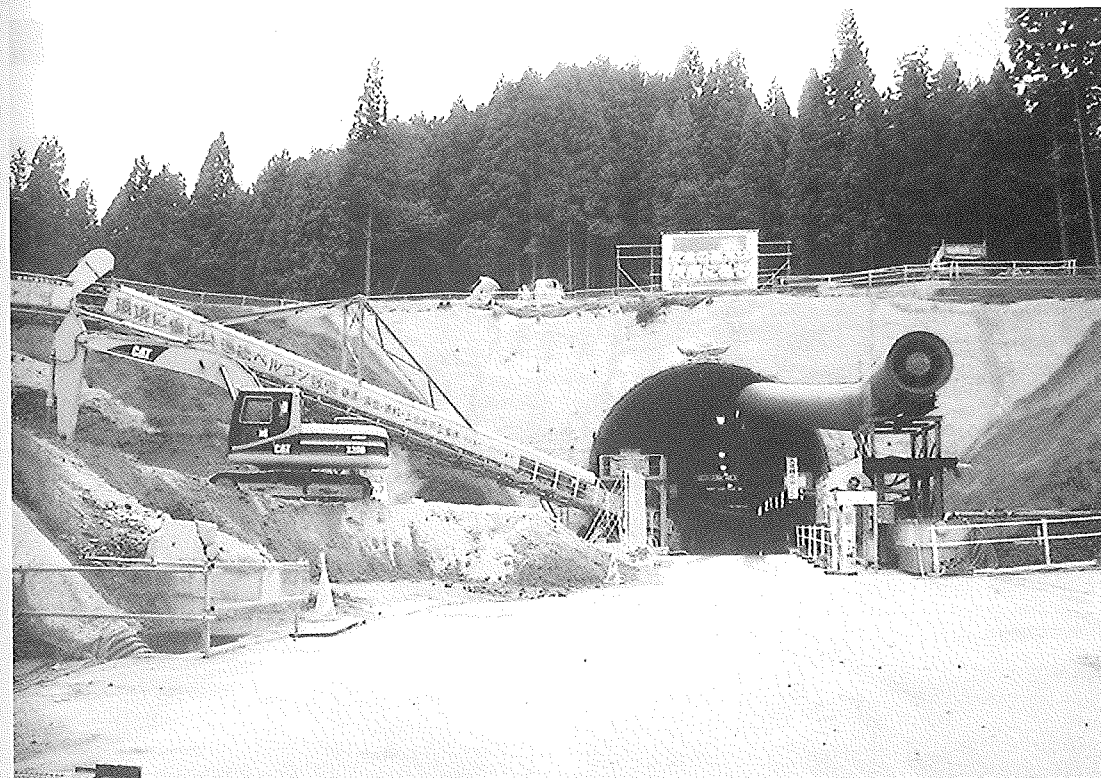
ワールド開発工業株式会社

●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/>

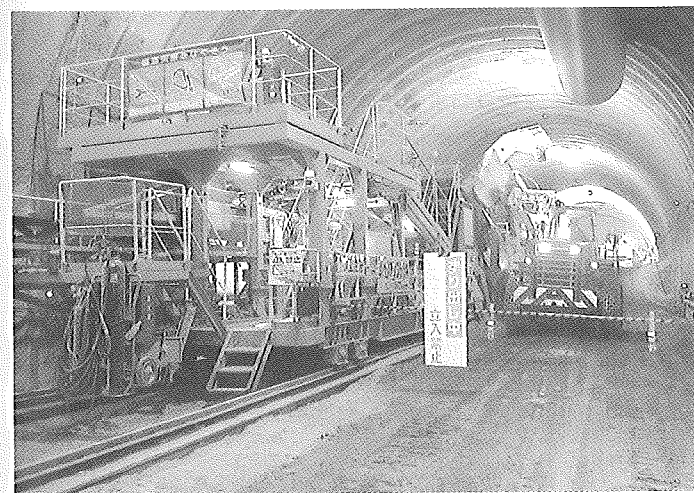
眼で見るトンネル工事

連続ベルトコンベヤシステムを採用

東北新幹線 細越トンネル



中間開削部坑口全景(左側はスイングベルトコンベヤ)

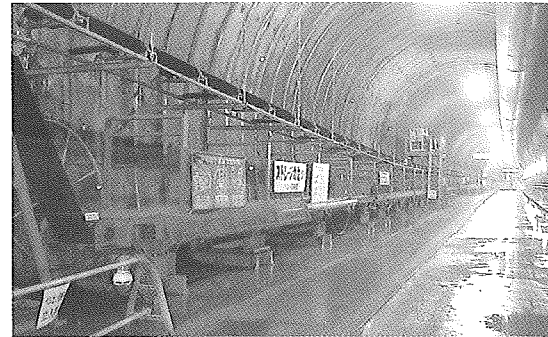


ざり積込み状況

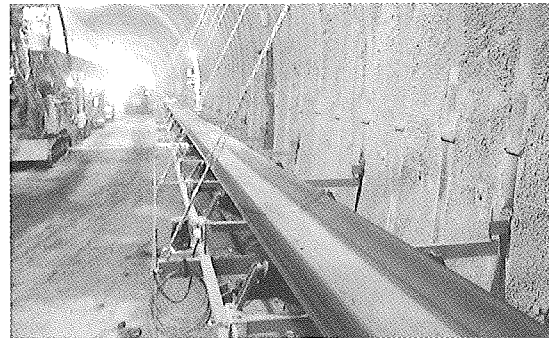
連続ベルトコンベヤ設備



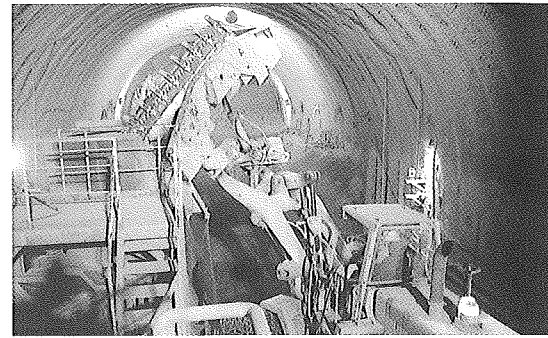
ベルト駆動部(メインドライブ)



ストレージカセット(ベルト引込み部)

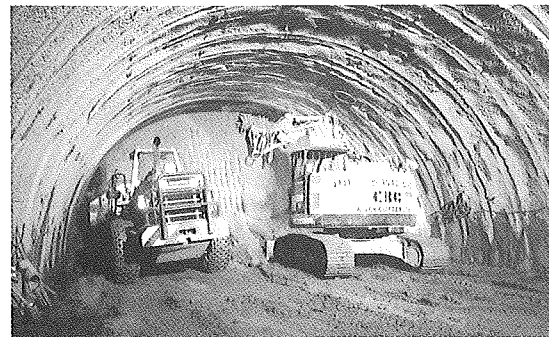


ベルトコンベヤ中間部分



バックアップデッキ積み込み状況

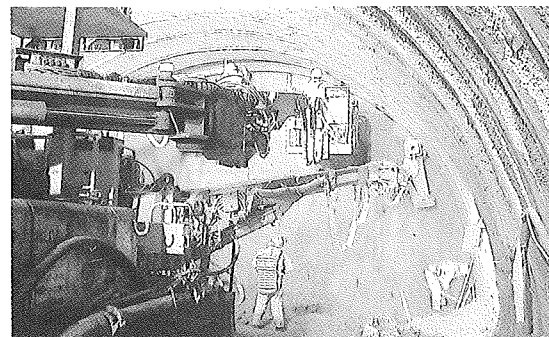
本坑掘削



掘削状況(ツインヘッドとサイドダンプ)



吹付けロボット一体エレクタ台車



一次吹付け後の支保工建込み状況

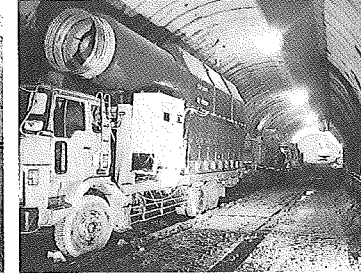


二次吹付け状況

坑内環境対策



デッキずり積み箇所散水設備



大型集じん機(1,500m³)

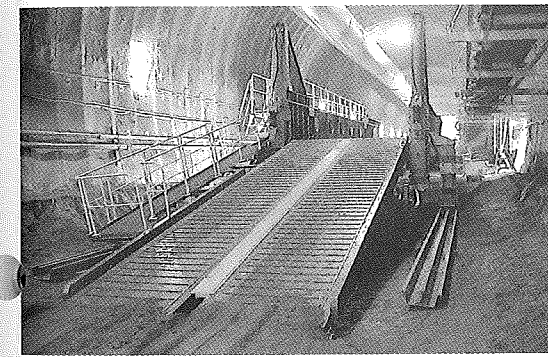


坑内タイヤ洗浄設備

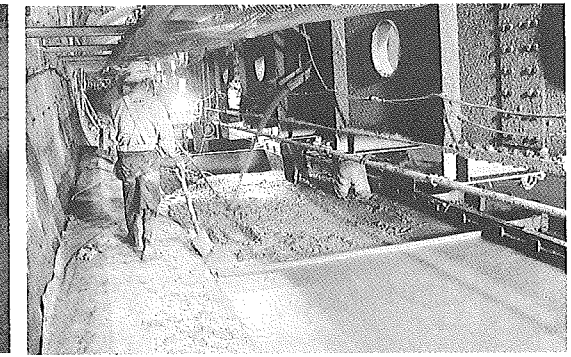
インバート および覆工コンクリート



インバート積み込み機(インバルくん)の組立て状況



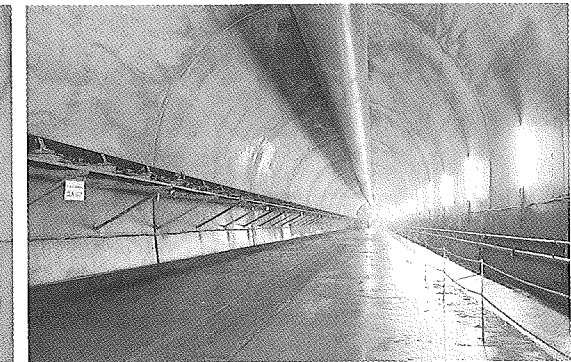
インバート栈橋



インバートコンクリート打設状況



覆工セントルセット状況



覆工コンクリート完了状況

巻頭言

(題字 萩原 浩会長)



東京湾アクアライン

小林俊介

平成9年12月に開通した東京湾アクアラインは、今年で開業5周年を迎える。

昨今の公共事業や経営体制と採算性などさまざまな議論については、荷が重く他に譲る
として、当道路のメンテナンスに携っている者として、雑感、近況を取り混ぜて述べてみ
たい。

遠い歴史上にも、東京湾を巡る交通網にかかわるエピソードがいくつか残されている。

古の東海道は、足柄峠から鎌倉の海沿いに三浦半島に入り、東京湾を渡って房総半島か
ら常陸の国に抜けていたという。この道を使い、日本武尊ヤマトタケルノミコトが東征途中、東京湾走水にて遭
難、妻の弟橘媛入水の悲劇は伝説として有名である。アクアラインの房総側取り付け部の
木更津、袖ヶ浦、君津の地名はいずれもこの故事にちなんで名づけられたと紹介されている。

また、平安時代、木更津、袖ヶ浦の北に隣接する市原市付近に、当時の県庁である上総
国府が在ったといわれている。菅原孝標女の上総からの旅立ちに始まる生涯が更級日記と
して伝えられて、作者が市原付近から湾岸沿いに設けられた官道を伝い、武蔵(東京都)、
相模(神奈川県)から足柄峠を越えて京に向かう様子が記録されている。

その百年程後には、伊豆に流されていた源頼朝が神奈川県真鶴半島近くの石橋山に旗揚
げ、破れて海路、房総半島に逃れ、下総(今の千葉県北部)に関東各地の板東武者を集結、
武蔵の国を通り、まさに東京湾を陸海路により一周して相模の国鎌倉に入ることにより、
初の武家政権を成立させている。

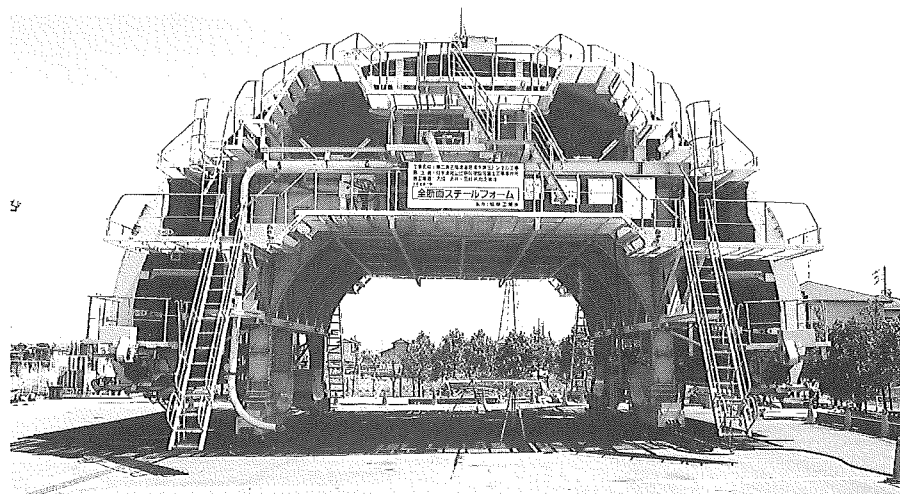
このように、東京湾岸の陸路と、湾口の海峡を海路でつないで形成される周回路は、遠
い昔の歴史の断片に現れて、地域とともに歩み、地域の発展を支えてきている。これに対
して、東京湾アクアラインは、京浜中心部と房総南部を直結する地域道路機能と、東京湾
岸各地域を結ぶ交通や東京を迂回する交通のためのネットワークを形成する広域幹線道路
機能を併せ持って計画され、建設された。アクアラインの地域道路機能として、過密な京
浜地域中心部と、房総南部を直結している。これにより、神奈川県の大面積に匹敵する房

2002年(平成14年)11月

— 5 —

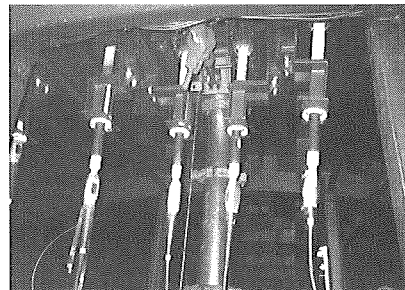
トンネル掘削の未来を創造する

(NTL技術・二次覆工の省力化自動化システム)
第二東名高速道路工用大断面スチールフォーム
(全幅16.9m・全高9.3m・スパン10.5m)

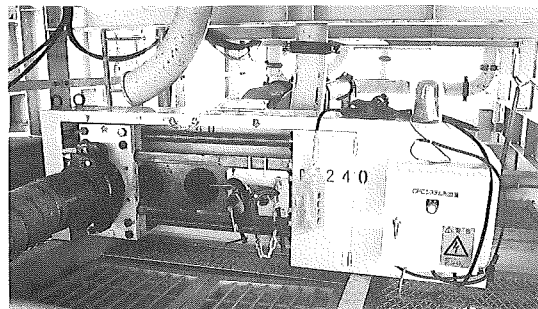


* 装備システム *

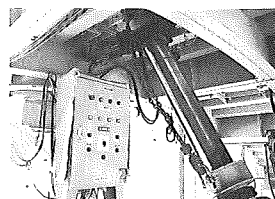
- * 油圧セット妻板
- * コンクリート感知センサー
- * 圧力感知センサー
- * ベルト式ケレン装置 (剥離剤塗布装置付)
- * CPCシステム
- * 洗浄ポンプシステム
- * 油圧式伸縮打設孔
- * 全油圧セットシステム
- * ロック式棒ジャッキシステム
- * 伸縮式パイプレータシステム



★伸縮式パイプレータシステム

★ベルト式ケレン装置
(剥離剤塗布装置付)
特許製品

★CPCシステム 特許製品



★伸縮打設孔(油圧式)特許製品

 **岐阜工業株式会社**
GIFU KOGYO CO., LTD.

本社 〒501-0464 岐阜県本巣郡真正町十四条144番地
本社工場 TEL(058)323-2000(代) FAX(058)323-1176

東京支店 (03)3262-1285(代)
仙台営業所 (022)259-2239
九州営業所 (092)713-5265

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

南部の広さ、観光地などさまざまな資源が、首都圏に対しての新しい役割を果たそうとしている。一方、湾岸地域と後背地を結ぶ圏央道などの広域幹線道路網は、未完成であることから、これらの一日も早い実現により、アクアラインは、東京の南回り迂回路、広域幹線道路として大きな役割を果たすことが期待されている。

アクアライン開業当初、さまざまな論議を呼んだ通行料金(乗用車4千円)については、平成12年7月から約30%の値下げ(同3千円)が行われ、さらに本年7月から、ETC利用車については、社会実験としての割引(同2千円相当)も実施された。この結果、ETC車では利用料金が開業当初の約半分にまで下げられている。

昨年度、東京湾アクアラインは、1日平均1万3千台の交通量であり、未だ十分にその持っている機能を働かしているとはいえない。しかし、今年の夏には昨年比12%増の平均1万8千台の車両が通行し、昨今の経済の低迷による各地の高速交通量の伸び悩む中で着実な伸びを記録している。また、アクアラインの途中海上に設置された人工島「海ほたる」PAには、開通当初の熱気は冷めたものの、今でも年間約5百万人の人が東京湾の新鮮な景観を楽しんでいる。

京浜地域と房総南部各地を直結するアクアライン経由の路線バス交通は、開業当初は1日43便であったが、房総各地からの直行バス便の設定が相次ぎ、今では1日200便を越え、利用客約8千人と急増して房総地域の人々の通勤通学圏拡大などに大きな役割を果たしている。このように、アクアラインは房総南部と首都圏を結ぶ新たな交通路として、ゆっくりではあるが着実に地域の新しい足として役立っている。

建設当時、20世紀最後の巨大プロジェクトとして、当時世界最大(外径:14.14m)のシールドにより掘削された延長約10kmの東京湾アクアトンネルは、漏水もほとんど見られず、幾度かの台風などを経験し、順調に機能している。

これからは、さらに経済的、合理的なメンテナンスの技術が求められていくことは、時代の要請であろう。トンネル、橋梁部など本体構造物の点検、補修はもとより、約2万点に及ぶ交通安全・防災などの諸設備機器類の点検整備交換など、日々の積み重ねが、長期の安全性を支えることとなる。これからも各種の新しい検査点検機器や技術を開発導入していく中で、トンネル本体、アクアラインの機能を常に十分に発揮できるよう保全していくためには、データと経験を蓄積し、活用していくことが、もっとも肝要であろうと考えている。

本協会理事

東京湾横断道路株式会社常務取締役



施工 連続ベルトコンベヤシステムを土砂地山に採用 東北新幹線 細越トンネル

木村裕俊* 三浦剛**
山崎幹彦*** 桑田充****

1. はじめに

東北新幹線は、盛岡・八戸間の開業が本年12月にせまり、八戸・新青森間についても平成10年度を皮切りに着工されている。細越トンネルは、東北新幹線八戸・新青森間のうち、青森市大字細越から縄文遺跡で有名な三内丸山に至る延長3,010mのトンネルである(図-1)。トンネルは固結度の比較的低い丘陵地のすそ野を貫く形で掘り進めるため、土かぶり小さく、平均30m程度の土かぶりとなっている。

工事は平成12年4月に着手し、抗口付けを10月に行い現在に至っている。



写真-1 坑口全景

本稿では、細越トンネルにおける連続ベルトコンベヤを使用した掘削設備について報告するものである(写真-1)。

2. 地質概要

2-1 地質概要

当トンネルの地質は第四紀洪積世および新第三紀鮮新世で構成されている。下記にトンネルに出現する地質の概要を述べる(図-2)。

- (1) 1m: 火山灰質粘土層(第四紀洪積世)
到達側天端付近に出現し、層厚は3~8.6m。
- (2) 1t: 火山礫火山灰・火山灰質砂層(第四紀洪積世)
層厚は5~20mであり、石英安山岩質の火山礫混じり粗粒火山灰、塊状無層理で灰~黄灰色を呈する。平均φ2cm程度の安山岩、凝灰岩の亜円礫~亜角礫を含む。水がつくと泥ねい化する。
- (3) Oc_g: 岡町層、礫層(第四紀洪積世)
層厚は3~6mで、礫はφ2~40mmの円礫を多く含む。礫種は安山岩および凝灰岩。基質部は粗粒砂である。
- (4) UT: 鶴ヶ坂層上部(新第三紀鮮新世)
火山礫凝灰岩礫はφ5~30mmで、基質は中~粗粒砂で火山ガラスを多く含む。軽石を所々に混入し、水によって崩壊しやすい。一軸圧縮強度は、500~922kN/m²(5.1~9.4kgf/cm²)と見込まれる。

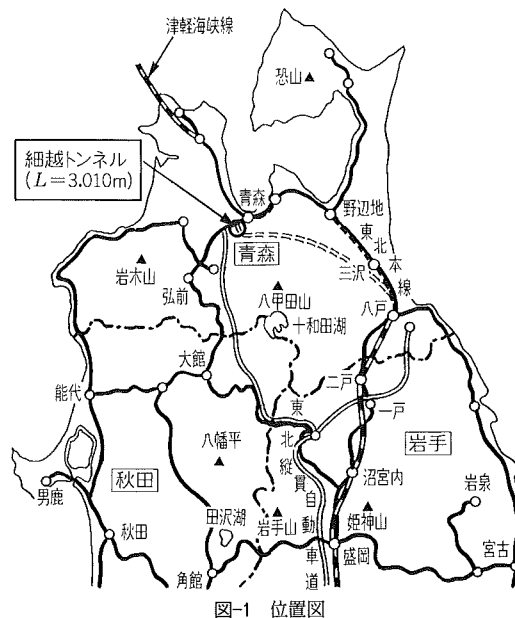


図-1 位置図

* 日本鉄道建設公団盛岡支社青森鉄道建設所所長
** " " " " 担当副所長
*** 鉄建・鴻池・勝村・上北東北幹、細越T他特定建設工事共同企業体所長
**** " " " " 監理技術者

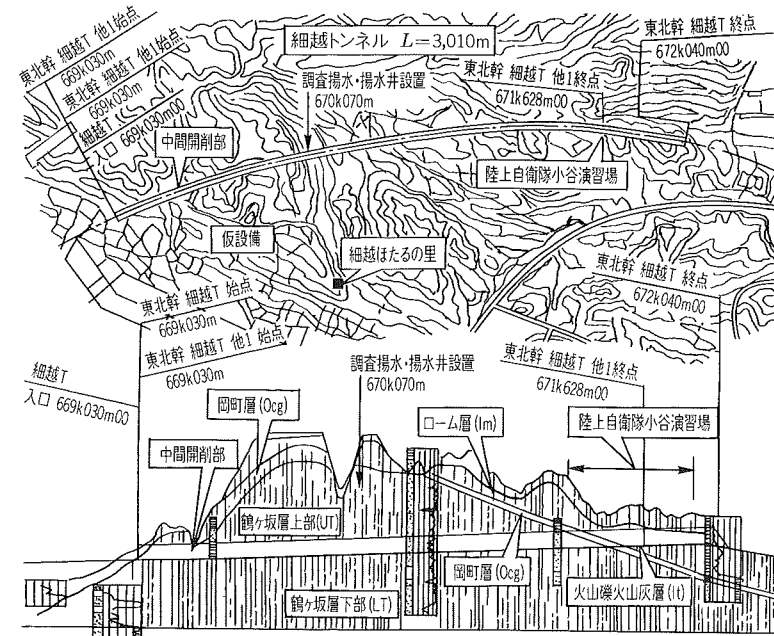


図-2 細越トンネル地質縦断平面図

(5) LT: 鶴ヶ坂層下部(新第三紀鮮新世)

礫岩, 砂岩, 泥岩. 泥岩は固結度良好だが, 礫岩は固結度不良である. 礫径は10~60mmである.

3. 工事概要

工事件名: 東北幹, 細越T他1

工事場所: 青森県青森市大字細越地内

契約: 平成12年3月22日

着手: 平成12年3月23日

竣工予定: 平成16年3月22日(他1分 工期49か月)

工事内容: 工区延長 $L = 3,010\text{m}$

トンネル延長 $L1 = 175\text{m}$

$L2 = 2,683\text{m}$

掘削断面積: 約70~76 m^2

掘削工法: NATMショートベンチ工法

掘削方式: 機械掘削方式

平面線形: $R = 4,000 \sim 3,500\text{m}$

縦断勾配: 3/1,000~5/1,000(上り), 20/1,000(下り)

4. 施工概要

地質概要で述べたように, 当工区のはほぼ全長にわたって, 第三紀~第四紀の火山性堆積物からなる丘陵地を5~65m程度の比較的低位土かぶりで縦断することから, 掘削において, 以下の点に配慮した.

- ① 土砂地山であることによる安全対策.
- ② 低位土かぶりや道路などを横断する箇所対策.

③ 地山の事前把握.

④ 掘削中の路盤維持対策.

その結果, 掘削方式はショートベンチ工法による機械掘削とし, 掘削機械にツインヘッドを採用して地山の急変にあっても柔軟に対応できる設備とした. また, 掘削後, 早期に支保を行えるよう, エレクタ機能付き吹付けロボットを採用した. これにより切羽において機械を入れ替えることなく一次吹付け→鋼製支保工建て込み→二次吹付けの作業サイクルを確立し, 切羽における肌落ち災害・重機災害の防止を徹底することとした.

地山の事前把握については, 当初計画ルートが三内丸山遺跡の出現により多少変更になっていることもあり, 土かぶりが小さい箇所では可能な限り地上部からボーリ

ング調査を行い地質の確認を行った. また, 坑内においては, 100mごとにパーカッションボーリングを $L = 100\text{m}$ 側壁前方に向けて実施し, 前方の湧水の有無の確認とともに, スライムの採取検討により, 簡易な前方地山予測も継続的に行うこととした.

掘削中の路盤維持対策については, インバートの早期施工により, 後方では問題ないと考えられたが, 切羽付近, およびインバート掘削箇所までは, 少量の恒常的湧水により路盤が泥ねい化し, 維持に多大な費用を要し, 工程にも影響することが懸念された. このため, 連続ベルトコンベヤシステムの導入を計画した.

5. 工事現況

細越トンネルは, 平成12年10月より, 入口から300m程度入った中間開削部から掘削を開始し, 平成13年4月に170m掘削した時点で坑内に連続ベルトコンベヤシステムを設備した. その後, 上下半交互並進で掘削を行っており, 平成14年7月末においては, 本坑掘削延長 $L = 1,550\text{m}$ となっている.

6. 連続ベルトコンベヤシステム

6-1 採用にあたって

地山は比較的柔らかく, 土砂地山に分類され, 火山灰質の砂, 砂礫層が主体で湧水によってすぐに泥ねい化する地質であることから, 当初からずり出し時における路盤維持管理が大きな問題点として挙げられ, 当初計画で

はずり出し方法として, レール工法も一つの選択肢として考えられていた.

また, 長大トンネルにおけるダンプトラックの排気ガスなどの換気対策も大きな問題点であった.

施工計画の段階で, 連続ベルトコンベヤシステムの導入の可否について, ダンプトラックによるタイヤシステムとのずり出し方法の比較について, 以下の事項について検討を行った.

- ① サイクルタイムとずり出し能力
- ② ランニングコスト(電気代, 修理費など)
- ③ 環境問題(粉じん, 排気など)
- ④ 路盤維持管理
- ⑤ 全体コスト

検討の結果, サイクルタイムにおいてはダンプトラックの入れ替えがない分連続ベルトコンベヤシステムが有利となるが, 当トンネルが機械掘削方式であるため, ずり出し作業と掘削作業とある程度ラップできる部分があり, 実際にはほとんど差が生じないと考えられた.

コスト面においては, 電気代, 路盤維持管理費などを加味したとしてもダンプトラックシステムに軍配が上がる結果が得られた. しかし, ① CO_2 の発生抑制に貢献でき環境に優しい工法であること, ②路盤維持管理のために要する労力がどの程度のものになるか, それが全体工程にどのように影響を及ぼすか把握できかねること, ③タイヤシステムの場合, 努力したとしても, 換気状況, 路盤状況などの作業環境の面で連続ベルトコンベヤシステムにかなわないと考えられたこと, ④坑内交通量が極端に少なくなるため安全であること, ⑤インバート, 覆工コンクリートの作業も阻害されず効率的で安全であること, などの理由が考えられ, 連続ベルトコンベヤシステムには, コスト面を凌ぐ付加価値があるものと判断された.

さらに, 開削部の工事において, ダンプトラックのトラフィックビリティーの調査を行い, 採用の可否の最終判断をすることとした. その結果, 路盤が乾いた状態の場合比較的安定しているものの, ひとたび雨が降り路面が濡れると, 泥ねい化してトラフィックビリティーに大きく影響を及ぼす. 一旦泥ねい化すると元の状態に戻らず鉄板敷設が不可欠となった. 鉄板を敷設しても, 鉄板で路面がたたかれることによってヘッドが浮き上がり, 鉄板が滑り出しトラフィックビリティーに影響を及ぼす. それを解決するためには鉄板の下部にかなりの厚みで栗石を敷設する必要がある.

これらの状況を鑑み, 当トンネルのずり出し方式は連続ベルトコンベヤシステムが最良であると判断し採用に至った(図-3).

6-2 採用時の検討課題

連続ベルトコンベヤシステムは, 発破掘削工法, 機械掘削工法の場合でも基本的には大きな相違がない. そこで, 設備の計画にあたって, 既施工箇所の問題点の洗い出しから着手した. そこで判明した問題点は以下のとおりである.

(1) クラッシャ設備

均質の岩石の場合問題は少ないのだが, 硬質の岩と軟質の岩が入り混じったり, 粘性土が多く混入したりした場合, 閉塞のトラブルが多発している.

発破掘削工法の場合, クラッシャ設備は必要不可欠であるが, 機械掘削工法の場合, 採用の可否は悩ましいところである. 機械掘削工法でも切羽に転石が多く出現したり, 掘削の仕方によっては, ずりは大塊となる. その場合にはクラッシャ設備が必要となる.

当トンネルでは, ほとんどが固結度の低い土砂地山であることから, グリズリフィーダの目開きより大きい土塊は, その振動で処理できると考えた. 仮に, 堅い地山が出現したとして, グリズリフィーダからはねられ外部に落下した土塊については, 別途, ブレーカで小割りして処理しても全体の掘削サイクルに大きな影響は与えないという判断から, クラッシャ設備は設けないという結論に達した.

(2) バックアップデッキ

従来のバックアップデッキは大きいため, ずり投入口が高い位置となっている. このため, 作業性が悪く, また, ずり出し機械のサイドダンプのアームに大きな負担がかかる. さらに, 機械の入れ替え時, 接触の危険性が大きい. 機械の入れ替え作業に時間がかかる. バックアップデッキの移動に時間を要するなどの問題点があった.

これについてはメーカー側と協議を重ねバックアップデッキのコンパクト化を図るとともに, ずり投入口は可能な限り低い位置とした. その結果, 従来のものより重量で20%軽量化させ, 投入口の高さは30cm低く抑えた(写真-2).

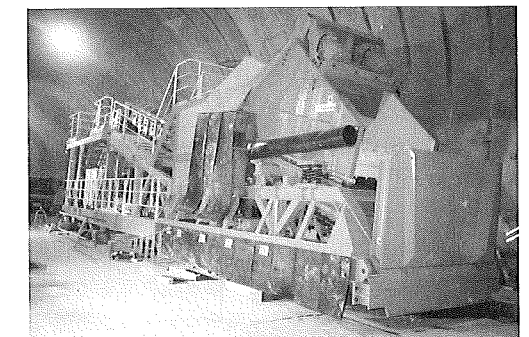


写真-2 バックアップデッキずり投入口詳細

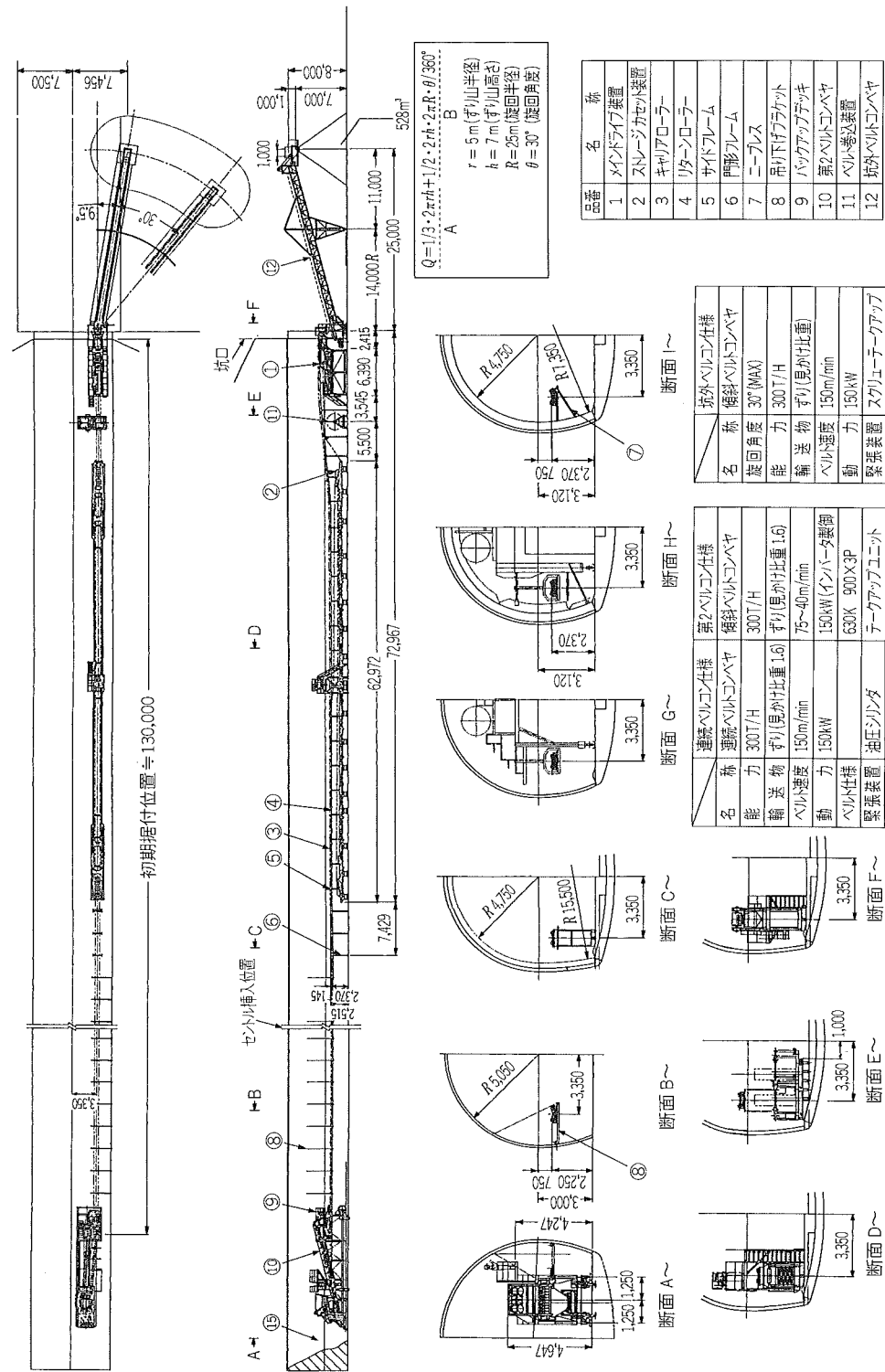


図-3 連続ベルトコンベヤ設備

(3) インバート掘削

インバートの掘削は、通常インバート栈橋を用いて掘削する。インバート栈橋の種別には一般的に栈橋を横移動させながら順次掘削するものと、栈橋の前方の斜路を跳ね上げて掘削を行うタイプがある。連続ベルトコンベヤを設置すると、横移動に支障をきたすので、細越トンネルでは斜路跳ね上げ方式のインバート栈橋を採用した。連続ベルトコンベヤシステムを採用している既施工箇所においては、インバート掘削のずりは、ダンプにて切羽のバックアップデッキまで搬出するか、あるいはダンプにて坑外まで搬出している。

細越トンネルにおいては、切羽まで掘削ずりをダンプで運搬すると路盤の泥ねい化を招き、路盤維持管理に大きな負担を強いられること。また、坑外までダンプ運搬すると、連続ベルトコンベヤシステムの利点が半減することを考慮し、なんとか連続ベルトコンベヤの中間ベルトへ掘削ずりを直接積み込みできないかと考えた。問題点は2点考えられた。

1点目は、中間ベルトへの投入方法である。これについては、中間ベルト上部にホッパーを組み立て、そのホッパーにバックホウなどで直接投入する方式と、ベルトコンベヤ方式で中間ベルトへ積み込む方式について検討した。ホッパー方式の場合、ホッパーの移動方法と、中間ベルトに積み込む場合、大塊を積み込むとトラブルの原因となるが、この大塊を選別する方法について難があり不採用とした。ベルトコンベヤ方式では、中間ベルトへの投入時の角度、高さ調整が必要となるが、この問題を解決するために高所作業車を改良して、ずり積み込みベルトコンベヤ車を考案した(愛称:インバル君)。これによって、ずり積み込みベルトコンベヤ車を任意の位置にセットしてから、そのベルトコンベヤを微調整して連続ベルトコンベヤの中間ベルトへセットするという手順を踏んでずりを処理できるようにした(写真-3, 4)。

2点目は掘削ずりの大塊の処理である。インバート掘削は軟岩地山の場合、一般的にジャイアントブレイカを使用するので、掘削ずりは大塊となりやすい。当トンネルは土砂地山ということもあり、大塊ができていく状況ではあるが、たまにできる大塊については、バックアップデッキと同様、ずり投入口にスクリーンを設け、振動させて外に落ちるようにした。落下した大塊はさらに小割りして再びずり積み込みベルトコンベヤ車に投入して処理した。

(4) ベルトの軌道狂い

既施工箇所では、ベルトの軌道が狂うことで、ベルトが蛇行しずりがこぼれるトラブルも報告されている。従来、覆工コンクリート施工区間と未施工区間では、連続



写真-3 「インバル君」全景

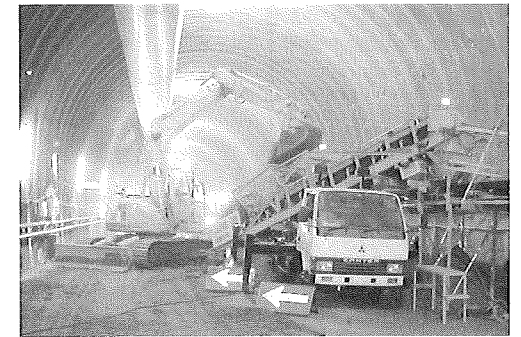


写真-4 インバートずり処理状況

ベルトコンベヤのベルト軌道が600mm程度ずれている。通常この軌道のずれを調整するために、自動調芯ローラーを設置して対処する。

当トンネルでは、覆工コンクリート施工区間と未施工区間で軌道の中心線を同一とした。これによって、自動調芯ローラーで軌道修正する必要がなくなり、ベルトの軌道狂いによるずりのこぼれが減少した。しかし、当トンネルはほとんど全線曲線(R=4,000~3,500m)区間であるので、自動調芯ローラーを60~100mピッチに設置している。

(5) 各ホッパー部での閉塞

当トンネルの場合、ホッパーは最初のずり投入口、バックアップデッキから中間ベルトへの投入口、中間ベルトから坑外ベルコンへの投入口と3個存在する。既施工箇所ではこのホッパーでの閉塞トラブルが報告されている。

最初のずり投入口では、ずりが一気に落ちることによって生じるトラブルがある。これを解決するため、ずりが直接投入される底盤は、少し角度を付けて鉄板で覆い、そこから振動フィーダーによって、少しずつ滑りながらホッパーへ投入される構造とした。

それ以外のホッパーでは、粘性の高い土が付着して閉塞するトラブルがある。これを解決するため、付着しやすい箇所にパイプレーターとノッカーを取り付けた。しかし、実施工では、パイプレーターとノッカーを稼働さ

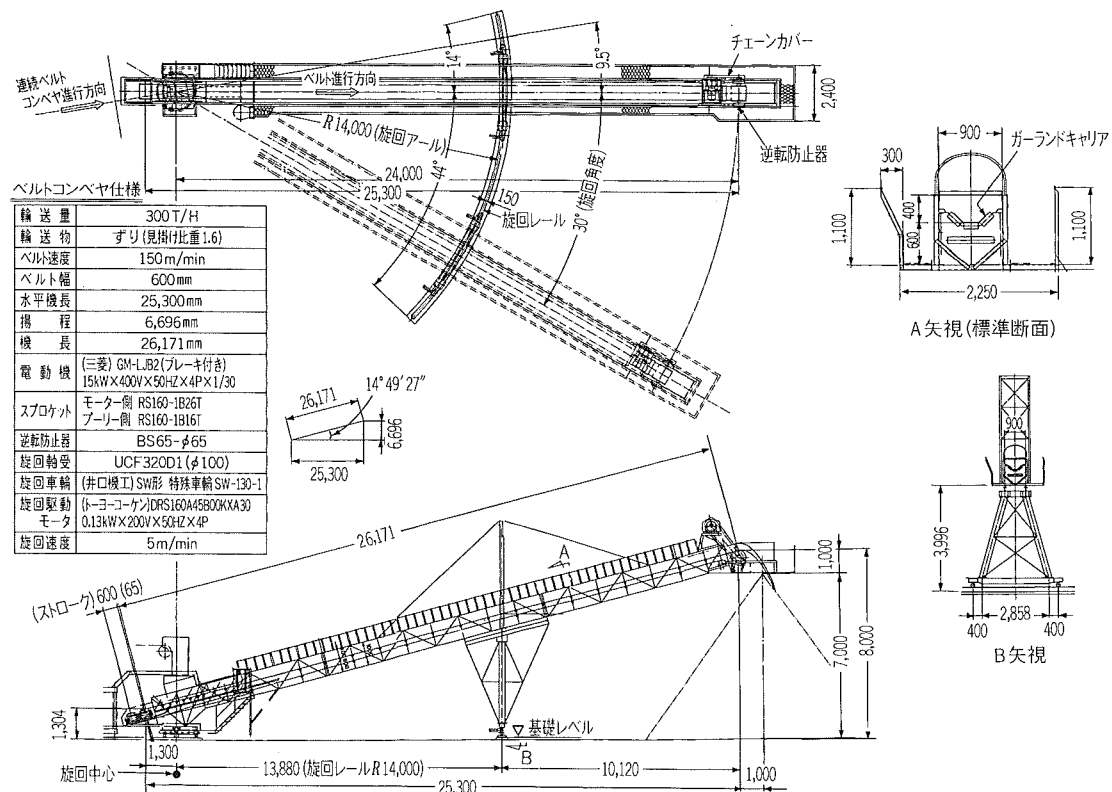


図4 坑外ベルトコンベヤ設置図

せても付着するケースがたびたび生じた。その場合、先端からエアが吹き出すケレン棒を製作して、定期的な人力にて付着土塊を清掃することで解決された。

(6) 狭隘な坑口部

当トンネルは、トンネルの中間部を開削し、両側に坑口を設けている。そのため坑口部は42mの延長しかなく、ずりのストックヤードの確保が困難な状況となっていた。そこで、ずりを少しでも多くストックできるよう、坑外ベルトコンベヤをスウィング式とした(図-4)。

6-3 計画概要

ベルトコンベヤの能力については、掘削サイクルなどを考慮し、以下のように定めた。また、ずりの搬出フローは図-5に示す考え方で計画した。ベルトの延伸については施工サイクルなどを考慮し、図-6に示すストレージカセットにベルトを蓄積し、130m分まではカセット内のベルトで延伸に対応できるようにした。カセット内のベルトを使い切ると、ロール状のベルトを熱加硫によって接続し、カセット内に収納することとした。

(1) 連続ベルトコンベヤ

延伸	長	2,700m
ストレージカセットベルト収納量	150m延伸分	
ベルト	1ロール長	260m

延伸(予定)長	2,700m
運搬能力	300t/h
ベルト幅	600mm
ベルト速度	150m/min
出力	150kW

(2) 坑外ベルトコンベヤ

坑外ストックヤード集積量 528m³
スウィング式傾斜ベルトコンベヤ

ベルト長	25m
運搬能力	300t/h
ベルト幅	600mm
ベルト速度	150m/min
出力	15kW

6-4 稼働状況

平成14年7月時点で、16か月間ベルトコンベヤによりずり出しを行っている。切羽においては、掘削ずりをサイドダンプ式ホイールローダーにて積み込みを行っているが、鏡面とバックアップデッキ積み込み部までの往復距離が、ずり搬出サイクルに影響していると考え、切羽～バックアップデッキの距離とずり搬出量を調べた。

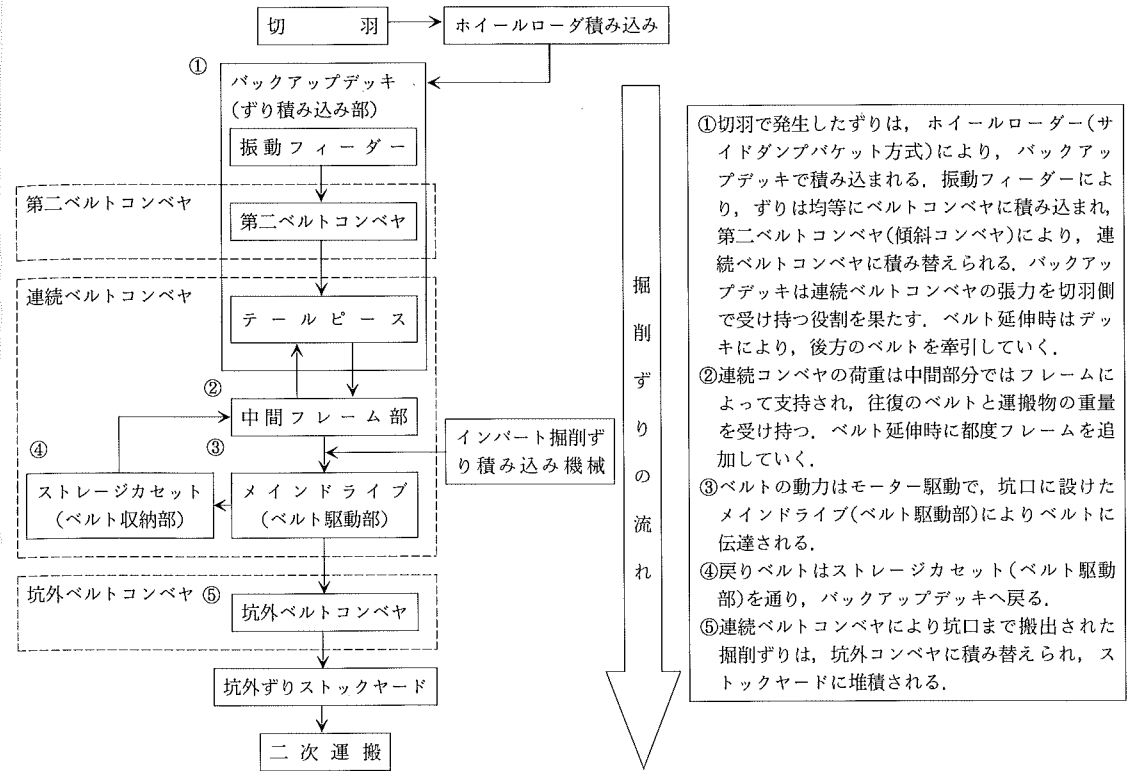


図5 連続ベルトコンベヤ設備フロー図

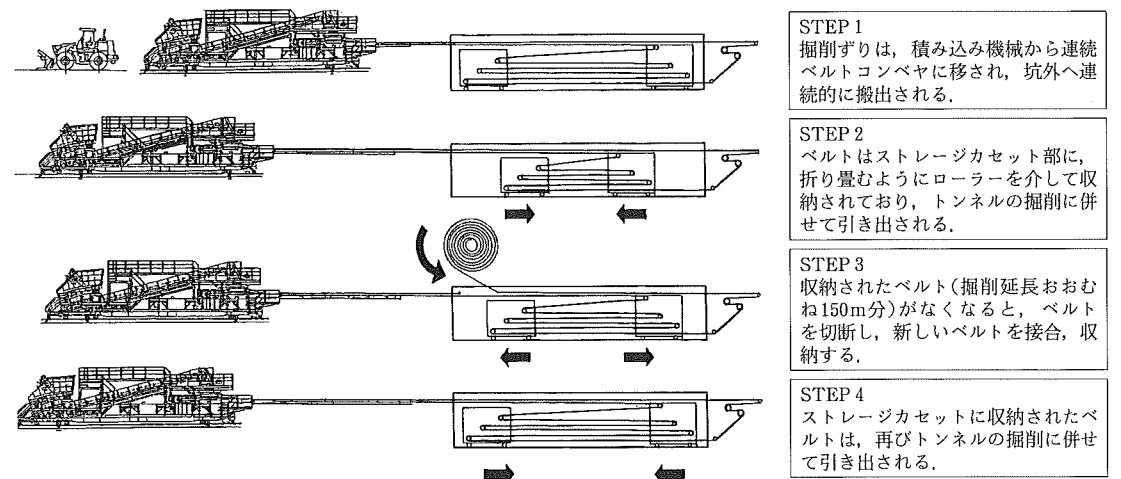


図6 連続ベルトコンベヤシステムベルト延伸方法

その結果、距離が60mを越えると搬出量が半分程度になってしまうことから、ショートベンチ施工であることを考慮し、切羽とバックアップデッキとの距離が60mになった時点で下半掘削に移行し、その後、バックアップデッキを移動して、再び上半掘削を施工するサイクルを確立した(図-7)。路盤の維持についても、月3~4回発生するバックアップデッキ(ずり積み込み部)の移動時に、30

～40mの路盤を敷砂利、敷鉄板で整備する程度でよく、インバート掘削時まで改めて路盤整備をする必要がなくなった。

時間あたりのずり搬出量実績は、使用する地質条件にもよるが、切羽掘削ずりとインバート掘削ずりの搬出が重なった場合、最大で190t/hで、能力に対して6割程度の稼働実績となっている。駆動電流値については、現状

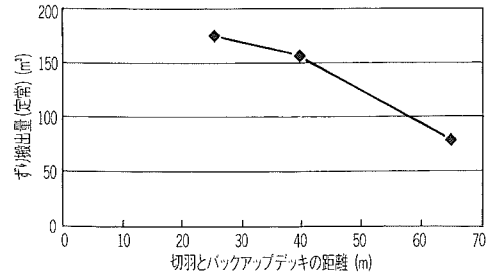


図-7 切羽～バックアップデッキの距離とずり搬出量

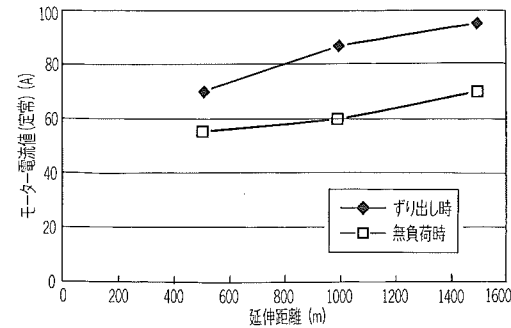


図-8 ベルト延伸距離と駆動電流値

では95A程度となっている(図-8)。

ずり出し時の粉じん計測結果においても、ベルトコンベヤ設置前は5mg/m³前後あったものが、設置後は2mg/m³前後と、好結果を得ている。

また、民家が仮設備ヤードに非常に接近しているが、坑外ストックヤードでのダンプ荷揚げ時のエンジン音やずりの落下音などは全くなり、騒音に対する苦情も発生していない。

6-5 トラブルと改善事例

ベルトコンベヤの現時点でのトラブルは以下のとおりである。

- ① プーリーへの異物かみ込みによるベルト切断があり、非常停止スイッチが作動して停止したが、切断部が60m程度離れた。ベルト切断部をウインチで近づけ、ボルトで固定し、切断部が坑口にくるよう運転した後、熱加硫で接続した。
- ② ホッパー乗り継ぎ部における閉塞が発生し、モーター過負荷でベルトが停止した。非常停止措置後、手作業で詰まった土砂を排出した。

6-6 安全対策

安全設備については、安全衛生法二十条の一ならびに第一章の第二節コンベヤ、およびコンベヤの安全基準に関する技術上の指針に則り、設備を設けているが、さらに、要所に網を張りコンベヤ稼働中は手を入れられないようにしている。

また、200mごとに回転灯を設備し、ベルトコンベヤ

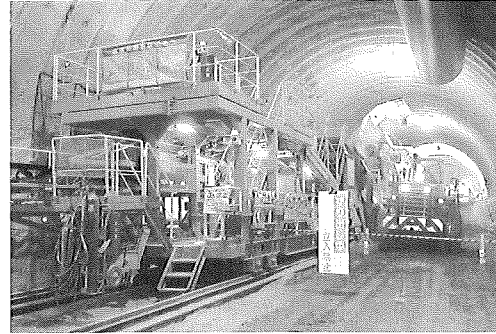


写真-5 ずり積み込み状況

稼働前に点灯して注意を促すとともに、同位置に点検時の注意事項を掲示し、点検はコンベヤの停止状態を確認してから行うよう徹底している。また、ずり出し時はバックアップデッキ前方を立入禁止とし安全を確保している(写真-5)。

6-7 今後の展望

われわれトンネル技術者がずり出し方式について検討する場合、トンネルの延長、地山状況、掘削工法、その他特殊事情を考慮し、連続ベルトコンベヤシステム、タイヤシステム(ダンプトラック方式、コンテナ方式)、レーンシステム、あるいはカプセルシステムにするか、おおむねコスト面を重視して決定する。コストを比較する場合、すべてトンネルを掘削する側からみた比較となっていて、トンネルを安く効率よく掘削するためにはどの工法がいいかという論理になる。しかし、最近のリサイクル社会においては、トンネル掘削ずりも、土捨てという考えから有効利用する材料として考える必要がある。当トンネルの掘削ずりは、将来新幹線の車両基地ができる箇所へ運搬され盛土材として流用されている。盛土材として流用されると、最大粒径、最適含水比が問題となる。

トンネル掘削が発破掘削工法、機械掘削工法の場合であっても、ずり出しに連続ベルトコンベヤシステムを採用すると、ずりをベルトコンベヤで運べるかたまりにしなければならぬ。これはとりもなおさず盛土材に適した状態にするということである。連続ベルトコンベヤシステムを採用しない場合、盛土工事側では、大塊ずりを小割したり、タイヤの走行でこね回したドロ混じりの土砂をばっ気したりして、工事を行う。コスト比較をする場合、トンネル掘削側だけでなく、盛土工事側で生じる費用もカウントしたとしたら、連続ベルトコンベヤシステムは、かなり短いトンネルでも採用できるのではないだろうか。

7. おわりに

本工事において、連続ベルトコンベヤシステムを採用

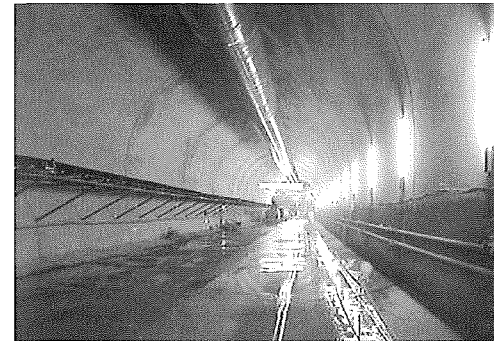


写真-6 覆工部連続ベルトコンベヤ設置状況

して見て、従来のタイヤ方式とは違う、さまざまな利点を実感できた。

まず第1に作業環境が大幅に改善されたこと。第2に安全性が向上した。トンネル掘削では、ずり出しのとき一番作業環境が悪く、危険も多いが、連続ベルトコンベヤシステムの場合、ずり出しのとき、一番作業環境が良く、安全であるといえる。

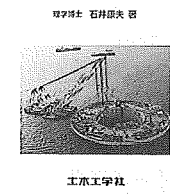
当トンネルは、今後、地上に自衛隊演習地をひかえ、土かぶりが2D未満の区間を400m以上含む1,000m以上の掘削を残している。地質もさらに軟弱となり、連続ベルトコンベヤシステムにとって悪い状況に変化していくものと予想される。今後ともデータを蓄積し、改良を重ね無災害で無事貫通を迎えられるよう努めたい。

最後に、本稿をまとめるにあたっては、多くの関係者の方々に協力頂きました。ここに謝意を表します。

【図書のご案内】

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!

建設工事の
保安地質学
(改訂版)



建設工事の

保安地質学

(改訂版)

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 本体価格6,000円 円380円

本書は、以前より発行されていた「建設工事の保安地質学」を改訂・補充し、改訂版としてまとめたもので、筆者の多年にわたる土木・鉱山技術の体験をもとに、地質にもっとも関係の深い災害をとりあげ、実践に即した独特の手法で災害の発生原因・対策・処置法について解説している。

構成は、一般地質編と保安地質編の2編からなる。一般地質編では、建設技術者に必要な地質・岩石・岩盤の基礎知識を、保安地質編では、自然発生的災害とある種の発破災害について述べ、安全に関して筆者の発明・考案による各種の装置や工法を紹介している。

筆者の意とするところは、多くの人々が『地質の知識を通して、安全を守る』という点の理解を深めることにあり、本書が仕事の余暇の伴友となり、安全教育の資料、あるいは災害時に直接役立つように各種のエピソードや適用法規まで加えている。内容的には読者に親しみやすく、飽きさせまいとする筆者の意欲が各所ににじみでており、他の技術専門書とは異なったタイプのユニークな地質専門書である。

★主要目次★

第1章 一般地質編	7. 地震	12. 有害ガス
1. 宇宙とわれわれの地球	8. 地下水と温泉	13. ガス爆発
2. 地球の構造	9. 重要な地形と地質構造	14. 落盤と肌落ち
3. 地殻の変遷	10. 地質調査法	15. トンネルと湧水
4. 日本列島の地質		16. 地盤沈下と地盤陥没
5. 岩石	第2章 保安地質編	17. 斜面とのり面の崩壊
6. 鉱床	11. 酸素欠乏症など	18. 発破

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



『誰かが働き、誰かが眠り、誰かが呑んでいた』鉄の街 釜石より

板倉 薫

秋田県北秋田郡森吉山で熊鍋を味わいながら熊さん達とお別れし、岩手県釜石市の大骨峠に赴任早々、釜石全市を網羅した防災放送から、『熊が出ました！ご注意ください。』

二日酔いの眠い目をこすりながら時計を見ると早朝6時、まだ酔っているのか、ここは森吉山かと我が耳を疑った(元々、津波や高波の警戒・避難を呼びかける防災放送だから)。

以後、週に2~3度、熊出没放送。最近は『また、出ましたか。』といったって平然。ところが最近、トンネル仮設用地に熊の足跡を発見、発破や重機の音に慣れた都会育ちの熊達に夜勤者も過剰反応。熊避け拡声機と懐中電池は必需品となっている。

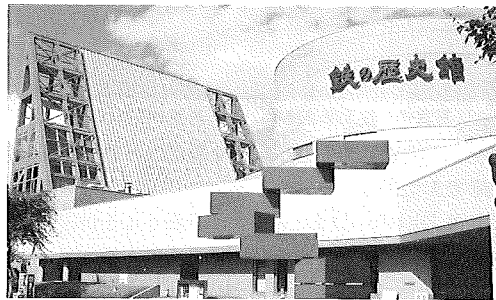
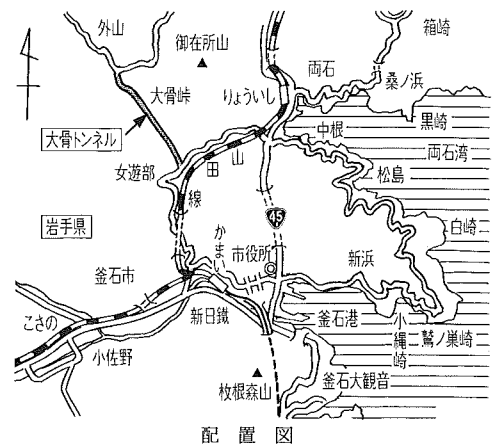
ここ岩手県釜石市周辺は、良質の磁鉄鉱・木炭となる樹木、豊富な水に恵まれた町。

恵まれた自然条件と大島高任の功績により、近代日本の鉄産業界をリードした鉄の街・釜石が発展した。

(以下、鉄の歴史館で取材)

大島高任は、文政9(1826)年5月11日、南部藩の侍医・周意の嫡子として盛岡に生まれ、17歳から江戸や長崎にでて蘭学を修めるとともに西洋の兵法・砲術の体得、採鉱・冶金術などの技術を修得した。

1856年、水戸藩徳川斉昭のもとで那珂湊に反射炉を築造し大砲製造に成功した大島高任は、翌年南部藩の許可を得てここ釜石に洋式高炉(大橋高炉)を築造し、



鉄の歴史館

日本で初めて鉄鉱石製錬による出鉄操業に成功した。以後、大橋高炉(3座)・橋野(3座)・佐比内(2座:遠野市)・栗林(1座)・砂子渡(1座)総数10座の高炉を大島高任の指導で築き、盛業のときは年間約25万貫(約938トン)の鉄銹を生産した。

釜石製鉄所が鉄鉱石採掘のために掘削した坑道が、安政年間から平成5年に採掘を中止するまでの130年余で150kmと聞いて、今更ながら日本のトンネル技術の歴史に驚かされる。

明治維新以後、新政府の官営製鉄所から民間に移り、1970年に富士製鉄と八幡製鉄が合併して新日本製鉄株式会社となり世界最大の鉄鋼メーカーとなった。

最盛期、釜石市は常に『誰かが働き、誰かが眠り、誰かが呑んでいる。』眠らない街だったと釜石市の人達は当時を懐かしく話す(鉄の生産は三交替制)。

さて、現在施工中の林道大骨線は、岩手県釜石地方振興局における『ふるさと林道緊急整備事業』の一環として、釜石市鶴住居町と両石町を結ぶ全長5,437mの新設林道工事で林業の利便性と国道45号の緊急時バイパス路線として早期開通が期待されている。

大骨トンネルはL=361m、完成道路幅員5.0mの道路トンネルで岩質は古生代の粘板岩・砂岩の互層となっている。

平成14年7月に掘削を開始し、平成15年2月インバート工終了まで熊対策を含め企業体一丸となって無災害での竣工を目指している。

((株)フジタ・(株)平野組特定共同企業体大骨トンネル作業所長)



施工 バルクエマルジョン爆薬を用いた坑道掘進

今村 仁悟* 馬場 真一郎**
河野 興*** 中川 浩二****

1. はじめに

近年、トンネル掘進において削孔機械、積み込み・運搬機械の大型化が進み高性能化され、急速な施工を望まれる中で、装薬作業の短縮および発破効果の良否が占めるウェイトが大きくなってきている。また、一発破進行長を延伸しようという検討もしばしば行われており、長孔発破への期待も広がってきている。

筆者らは、ANFO爆薬(顆粒状爆薬)を用いた長孔発破を実施し発破システムの改良や急速施工の実操業化を実現してきたが、ANFO爆薬が耐水性に欠けることや後ガスの発生量が多いことから、その使用について制限を受ける場合がしばしばあった¹⁾。

このような問題に対し効果的な掘進発破を行うための爆薬として、数年前より諸外国では現場混合のバルクエマルジョン爆薬が実用化²⁾されてきている。しかしながら、わが国の取り扱い規制³⁾に準ずると、諸外国のバルクエマルジョン爆薬およびそれを用いた発破システムの導入は難しく、わが国の法規に準じた爆薬および発破システムの開発が望まれる。

本稿では、わが国の法規に準じて開発したバルクエマルジョン爆薬を用いた過去2回の検証実験を踏まえ⁴⁾、本爆薬を用いた実操業化に向けた坑道掘進について述べる。

2. 工事概要

2-1 工事概要

工事名称: 長崎自動車道現川トンネル工事
工事場所: 長崎県長崎市田中町~平間町
工期: 平成11年7月~平成13年12月
発注者: 日本道路公団九州支社

* 佐藤工業(株)現川トンネル作業所所長
** " " " " 工事課長
*** " " " " 土木本部技術部門部長
**** 山口大学工学部社会建設工学科教授

2-2 工事内容

施工総延長: 975.4m
トンネル延長: 927.3m
土工延長: 48.1m
トンネル内空断面: 80.8~107.2m²

2-3 地形・地質

2-3-1 地形

起点側は地すべり地形が多く見られる比較的起伏のある緩斜面で、終点側は急峻な直線状の斜面をなしており、トンネル区間全体を見ると傾動地塊の状態を示す。また、多くの地すべり・崩壊地形やリニアメントが通過しており、地形・地質的にみて複雑な状態にある。

2-3-2 地質概要

トンネル周辺に分布する主な地質は、新生代第三紀中新世に形成された時津火山岩類のプロピライト、プロピライト質凝灰角礫岩で、トンネル区間ではプロピライト質凝灰角礫岩およびこれに貫入するひん岩から構成され、ひん岩の貫入に伴う変質帯の分布で特徴付けされる。ひん岩および粘土化した変質帯は、連続性のよい状態でトンネルにほぼ直交する状態で分布する。プロピライト質凝灰角礫岩の物性値は、起点側と終点側とで異なっている(図-1)。

一軸圧縮強度は起点側で $qu=60\text{MPa}$ 、終点側で $qu=50\text{MPa}$ を示す。コアの超音波伝播速度は起点側で $V_{pc}=4.20\text{km/s}$ 、終点側で $V_{pc}=3.66\text{km/s}$ を示す。これは、地質構造、とくにひん岩の貫入による影響がでているものと考えられる。各岩石には、膨張性粘土鉱物であるスメクタイト群が含有している。

岩石グループはプロピライト質凝灰角礫岩では“M塊状”に、ひん岩では“H塊状”に区分され、地山の基盤速度が $V_{df}=3.60\sim 3.80\text{km/s}$ を示すことから新鮮な地山状況の区間では、地山等級は“CII等級”に区分される。

トンネル掘削に伴う恒常湧水量は少ないものと考えられるが、粘土化した変質帯を通過するとき、突発湧水が発生する可能性がある。

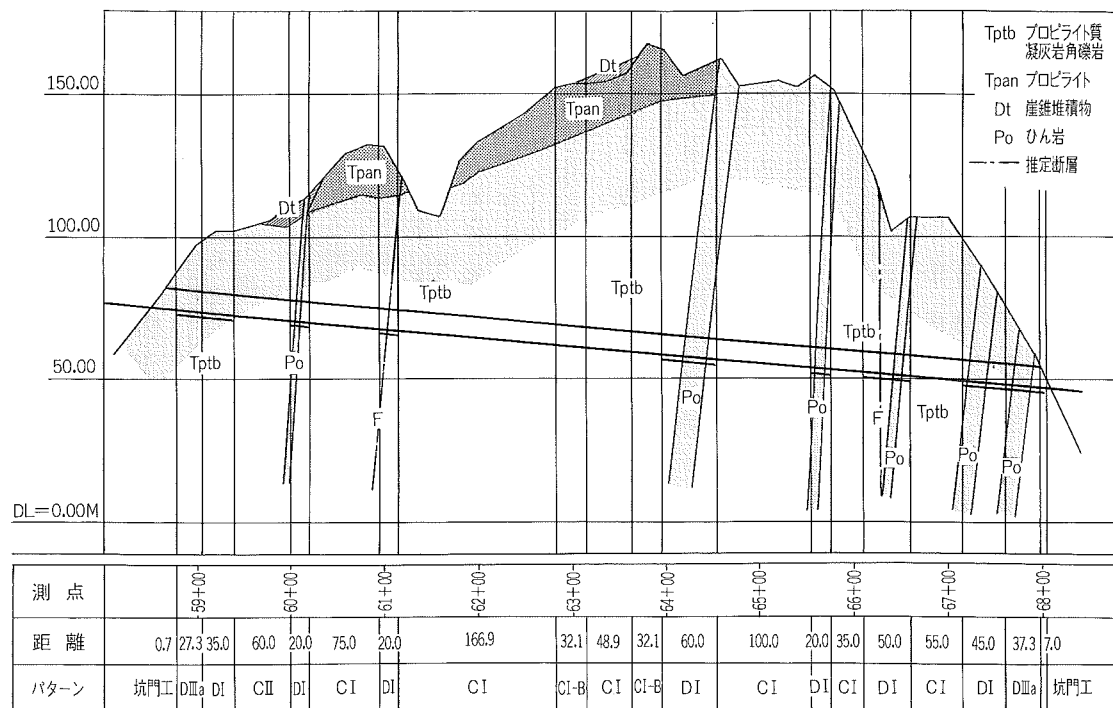


図-1 地質縦断面図

3. バルクエマルジョン開発の経緯と現状の問題点

現在、わが国の土木坑道掘削で採用されている代表的な爆薬を例に挙げ、現状の問題点とバルクエマルジョン爆薬の開発経緯を以下に述べる。

3-1 膠質状爆薬を使用した発破

3-1-1 発破システム

膠質状爆薬は、取り扱いが便利な包装タイプが多く、削孔径・削孔長に適した薬径、薬長を選択できる。1本あたりの重量は、100gもしくは200gが多く、長さは12~26cm程度で、爆薬径は、装薬作業を考慮して削孔径の1/2.3~1/1.5倍が用意されている。

起爆方法は、親ダイを装薬孔の孔奥に置く逆起爆方式と口元に置く正起爆方式があり、膠質状爆薬の場合はどちらの方式でもとくに問題は少ないが、起爆効果が良くまたカットオフの恐れが少ない逆起爆方式が採用されることが多い。膠質状爆薬は、後ガス量が少なく坑道掘削に適している。

3-1-2 問題点

スムーズプラスティングの理論より、削孔径と爆薬径の比として表すデカップリング指数が大きい場合、発破孔内壁に発生する接線方向の応力が消失するとされている⁸⁾。このことから、硬岩の発破において発破効果を発揮させるためには装薬孔壁に隙間を作らない装薬をしない

なければならないことがわかる。しかし、膠質状爆薬を人力により装薬した場合、爆薬の圧縮がほとんどないために現状のデカップリング指数は受け入れざるを得ない状況にある。

この対策として、数年前、圧縮空気を用いて膠質状爆薬および詰め物を装填する機械が開発されたが⁹⁾煩雑さのため実用に至っていない。

3-2 顆粒状爆薬(ANFO爆薬)を使用した発破

3-2-1 発破システム

顆粒状爆薬(以後、ANFO爆薬という)は、顆粒状であるため重袋もしくは円柱状のビニール袋に入れて市販されている。重袋に入った顆粒状のANFO爆薬は圧縮空気による機械装薬が可能であることから、孔内の装薬密度を大きくした密装薬ができる。しかし、ANFO爆薬は耐水性に乏しく、湧水が多い坑道や削孔水が残っている踏まえ孔などに適さない。このような場合、円柱状のビニール袋に入ったANFO爆薬を使用することがあるが、この場合、密装薬は期待できない。

また、圧縮空気による装薬では装薬の際に発生する静電気のため、電気雷管を用いた場合、法規上正起爆方式が義務づけられている。ただし、導火管付き雷管が導入されて以来、この雷管を使用した逆起爆方式が可能となった。

3-2-2 問題点

ANFO爆薬は性質上、耐水性に欠けるため使用が制

限される一方、発破後の後ガス量は、含水爆薬の10~15倍⁷⁾と多く、また支保に用いる吹付け材の主成分セメントとの接触によりアンモニアガスを発生させるなど⁸⁾、使用する場所など条件が限定される。使用にあたっては対策・工夫が必要である。

3-3 諸外国の爆薬情勢

数年前より諸外国では、全岩種対応および坑内作業環境、安全性と経済性の向上と合理的な発破作業を目指した爆薬が開発・実操業化された。現地製造できる爆薬で、バルクエマルジョン爆薬(bulk:ばら物)と呼ばれている。

本爆薬は性能・性状から耐水性に優れ、後ガスも少なく、機械・自動装薬が可能である。また、装薬システムは密装薬および切羽の部位に即した装薬量を装薬できる機構を有している。しかし、わが国の現規制下では、現場での爆薬の製造が禁止事項に該当するため、この現地爆薬製造システムは導入できない。

以上のことから、わが国の法規制に準じて、現在抱える問題などを補う爆薬が期待され、開発に至った⁹⁾。

4. バルクエマルジョン爆薬の特性

4-1 爆薬の性質・性能比較表

開発されたバルクエマルジョンと代表的な爆薬の性質・性能を表-1に、性状を写真-1に示す。

4-1-1 爆薬の特性

(1) 粘度

常温でポンプ装薬できる程度の粘度を持ち、上向き装薬孔内での緩みを少ない粘度とした。

(2) 爆轟速度

威力については、装薬孔内に密装薬することができるため、通常の威力でも強すぎることになり、岩石が焼結を起こす恐れがある。したがって、膠質状エマルジョン爆薬より爆速を小さくした。

(3) 殉爆度

ポンプで取り扱うため実用範囲内でできるだけ鈍感とする必要がある。組成内に水を含む含水爆薬は鈍感であるが、非雷管起爆性となる程度に更に鈍感化し、取り扱い安全上望ましい状態にした。

4-1-2 後ガス性能一覧

火薬工場にある37m³の密閉爆発坑道において、バルクエマルジョン爆薬ならびに比較として包装膠質状エマルジョン爆薬およびANFO爆薬を装薬し、ドレーゲル検知管にてCO₂、CO、NO_xおよびNH₃の後ガス濃度を測定した。計測結果を表-2に示す。

バルクエマルジョン爆薬と雷管起爆性膠質状エマルジョン爆薬を比べるとNO₂は同程度であるが、バルクエマ

表-1 爆薬の性質・性能表

爆薬項目	バルクエマルジョン爆薬	膠質状エマルジョン爆薬	ANFO爆薬
比重(g/cc)	1.19	1.20	0.85
粘度(Pa・s)	792	膠質状 >2,000*	—
爆轟速度(m/s)	5,220	5,900	2,800
弾動振子(mm)	71**	81	—
殉爆度			
①砂上	1	3	—
②鋼管中	2.5	>30***	—

*: 装置測定限界
 **: プースター10g+サンプル90gの値
 ***: 物理的に測定限界

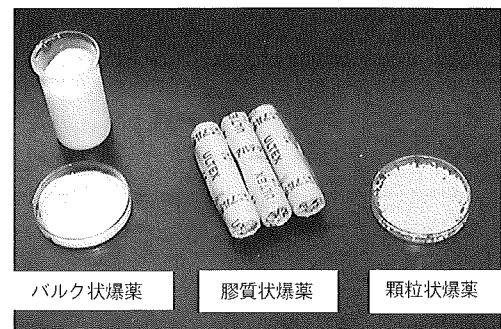


写真-1 各種爆薬

表-2 後ガス性能一覧表 (単位: ℓ/kg)

爆薬項目	バルクエマルジョン爆薬	膠質状エマルジョン爆薬	ANFO爆薬
CO ₂	97.7 91.7	76.8 83.9	113.1 124.1
CO	1.92 2.14	5.01 4.70	9.90 9.55
NO _x	2.09 2.27	2.24 2.45	4.24 5.25
NH ₃	検出されず	検出されず	0.08 0.11

ルジョン爆薬の場合COの生成が低下している。

4-1-3 経時安定性

現在12か月までの性能で、比重は1.19~1.23の間にあり、爆速が5,000±300m/sの範囲にあり大きな問題がないことが認められた(図-2)。

4-1-4 実操業上の問題点

(1) 緩み状況試験

内面が円滑で透明な塩ビ管(φ43mm、長さ940mm)にバ

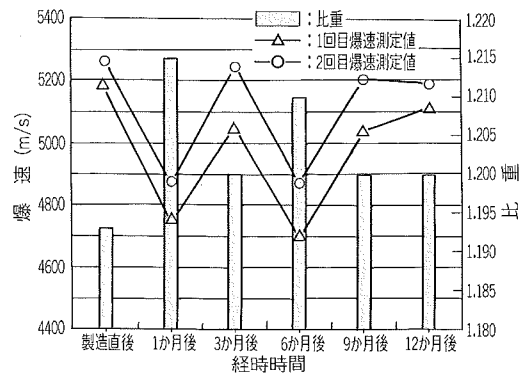


図-2 経時安定性測定

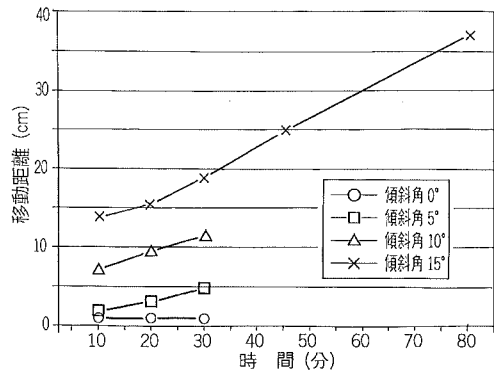


図-3 装薬緩み経時変化

バルクエマルジョン爆薬を870g(500mm)密装し、時間経過に伴いバルクエマルジョン爆薬が動く距離を測定した。緩み測定結果を図-3に示す。

外周孔の上向き削孔角度が最大3~5°程度および装薬孔内壁の粗度は塩ビ管内壁の粗度とくらべ、著しく大きいことから移動距離は大きくなく実用可能な粘度と考えられる。

(2) 装薬ポンプ特性

装薬ポンプは、ポンプ圧力0.2MPa以下で30kg/min程度の操作が可能で、これは削孔径45mmの場合、単位mあたり約4秒で装薬できる実用可能な値と考えられた。

5. 実作業に向けての実証と検討

5-1 実作業に向けての目的

今回の実作業化試験目的を以下のように定めた。

- ① 爆薬特性の確認：爆速、後ガス
- ② 長期間操作の問題点の検証：機械、粘度、感度
- ③ 実操業者などによる装薬・管理の是非：操作性、爆薬管理
- ④ 爆薬の特性を生かした発破パターンの確立
- ⑤ 長孔発破への展開：爆轟

以上の目的達成のため、まず1か月半の長期操作を行

い、その間に得られたデータをもとに、爆薬・装薬機器の改良・改善を行った。

その後、改良・改善された爆薬および装薬機器を用いて2回実験を行った。

5-2 発破パターンの検討

岩石破砕には多くの因子があり、その条件も現場ごとに異なるため、岩石破砕理論や発破パターン作成のための数式が実際の発破パターン作成条件にあてはめることが容易ではない。ここでは、ランゲフォースの実験式を基本に考えた¹⁰⁾。

5-2-1 抵抗線

発破パターンを作成するとき、図-4に示すように大きく①心抜き、②払い(横, 下, 上向き)、③壁、④踏まえ、⑤天端の5つの部位に分けることがよいとされている¹¹⁾。これは、部位の持つ特性を生かし、有効な発破パターンを作成することができる理由からでトンネル発破では基本的に心抜きが完了すれば残りは、ベンチ発破の応用が採用できる。

ベンチ発破の抵抗線の算出式はランゲフォースの式を基本としたPer-Anders Persson などの経験式より各部位の抵抗線を求めた¹²⁾。実際の抵抗線は口付け誤差・偏心誤差および部位によっては、とくに側壁、踏まえ孔はルックアウトを考慮し、抵抗線は必ず孔尻での間隔と認識する必要がある。したがって、切羽面での実抵抗線値は計算値より小さい数値となる(表-3)。当該トンネルの発破パターンを図-5に記す。

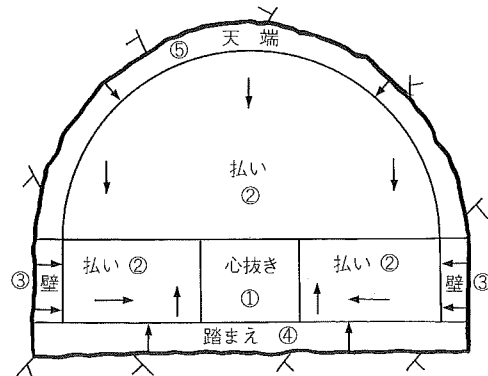


図-4 発破部位の名称

表-3 抵抗線および孔間隔 (単位: m)

	抵抗線 (B)	孔間隔 (S)	孔間隔・抵抗線比 S/B
踏まえ	1.16(1.43)	1.16(1.43)	1.00
払い横	1.45(1.52)	1.45(1.52)	1.00
払い下向き	1.60(1.67)	2.00(2.08)	1.25

* : ()内数値は計算値

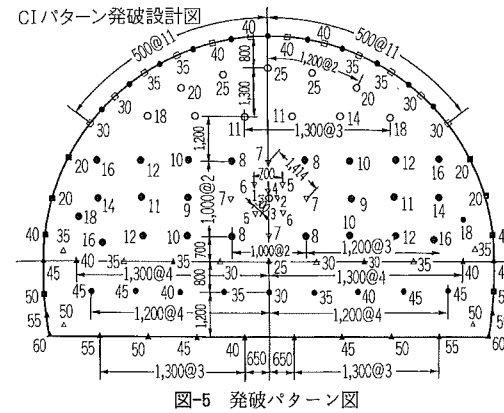


図-5 発破パターン図

5-2-2 装薬量

抵抗線に比べ削孔長が大きいとき、通常、筆者らの経験では装薬長を1.3×B(抵抗線)とするが、抵抗線に比べ削孔長の短い発破パターンでは、削孔長<装薬長の関係が発生する。そのため、削孔長が2Bより小さい場合は、抵抗線を短くし装薬長を減らす必要がある¹³⁾。ここでは、削孔長の50~60%の装薬長¹⁴⁾を基本とした。

5-3 火薬類諸元

- 親ダイ：包装タイプ膠質状エマルジョン系含水爆薬、φ30mm×100g
- 増しダイ：バルクエマルジョン爆薬(写真-2)
- 雷管：導火管付き雷管

5-4 装薬機械(写真-3)

装薬口2系列の装薬機器の概要を以下に示す。



写真-2 バルクエマルジョン荷姿

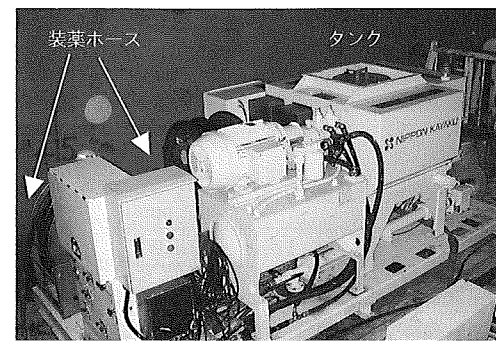


写真-3 装薬ポンプ

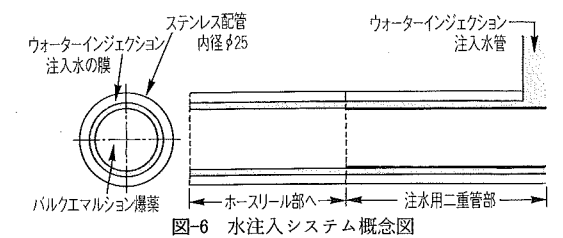


図-6 水注入システム概念図

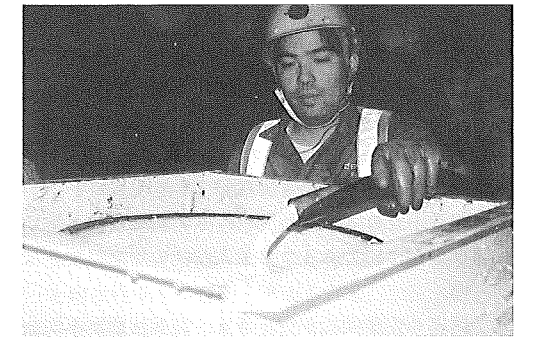


写真-4 バルクエマルジョン吐出状況

- ① 駆動装置：400Vまたは200V電源にて油圧ユニット駆動、油圧にてポンプ駆動、バルブの開閉を制御
- ② エマルジョンタンク：0.60m³
- ③ エマルジョンポンプ(2系列)：モノポンプ、最大吐出量25kg/分
- ④ ホースリール(2系列)：油圧によりホースを巻き取る。最大10m/分、ホース2本
- ⑤ 水注入システム(2系列)：ウォーターインジェクションシステム(図-6)、本システムにより、爆薬の粘性による摩擦を低減させる。
- ⑥ 破裂板：250psi(17.6kg/cm²)以上の圧力を受けると破裂する。
- ⑦ コントロール装置：予め供給量(装薬量)を入力しておき、設定量が装填されると停止する。各供給量は自動的に積算表示される。
- ⑧ システム寸法：架台3.5m×1.5mに組み込まれ、4tトラックに積載可能(総重量2.5t)。バルクエマルジョン吐出状況を写真-4に示す。

5-5 実績

今回の実証実験では、最初に長期間の操作を行い、この期間で得られたデータをもとに改善された爆薬・装薬機器などについて、その後2回の操作で確認した。

第一回：平成12年7~8月

爆薬・装薬機器の確認

第二回：平成12年10月

装薬機器の操作性確認(装薬口2系列へ)

第三回：平成13年4月

爆薬の低比重化(1.19→1.16~1.17g/cc)

5-5-1 削孔数・装薬量

バルクエマルジョン爆薬とANFO爆薬を用いたときの削孔数、装薬量、爆薬原単位などを表-4に示す。また、以下のことが認められた。

(1) 平成12年7~10月間の操業では(バルクエマルジョンおよびANFO使用)

- ① 1発破あたりの削孔数は、ANFO爆薬時より少ない。
- ② 1発破あたりの削孔長は地質、地形、環境対策の理由からANFO爆薬を用いた場合が大きい。このことから、
 - ・ANFO爆薬の1m³あたりの削孔数が少ない
 - ・爆薬原単位の差は少ない
- ③ 1孔あたりの装薬時間は、人力装薬に比べ短いが装薬口が1口であるため装薬時間の短縮はできなかった。
- ④ 爆薬の定量供給が安定せず、装薬状態が不均一であった。安全を考慮し設定した装薬圧力の初期設定圧が低過ぎたことが起因していた。
- ⑤ 長期休暇後、装薬機器に不具合が生じた。機器内に残った少量の爆薬が起因したものと考えられた。

(2) バルクエマルジョン装薬機器・爆薬改良後の平成12年10月~平成13年4月の操業では、

- ① 削孔数が増えた。
- ② 削孔長が大きくなった。
- ③ 低比重化により爆薬原単位は低下した。
- ④ 装薬口が2系列となり装薬時間が短縮された。

(3) 平成12年11~12月間の操業では(ANFO爆薬使用)

- ① 1発破あたりの削孔数は減少した。
- ② 爆薬原単位は小さくなった。

表-4 削孔数・爆薬量

項目	年月	平成12年	平成12年	平成12年10月
		7~10月	11~12月	平成13年4月
発破回数	B	30	-	3
	A	60	100	-
孔/発破	B	87	-	98
	A	93	85	-
孔/m ³	B	1.09	-	0.58
	A	0.73	0.61	0.77
kg/m ³	B	1.71	-	2.03
	A	1.73	1.26	1.63

*A: ANFO爆薬 *B: バルクエマルジョン爆薬

5-5-2 装薬状況と装薬経時変化

爆薬の経時形状変化(緩み)の確認は、装薬された爆薬の端末と装薬孔口元との距離を装薬直後と結線完了後(装薬から約30分後)に計測した。その結果、差異は±1.5~2.5cm(±26.3~43.8g)であった。

とくに、天端部に近い上向き(傾き約2%)削孔の装薬孔で重点的に行ったがスケールによる測定に有意な変化はみられなかった。

一方、下半の水孔への装薬は、とくに問題なく装薬できた(写真-5)。

5-5-3 爆速

光ファイバー法による爆速試験結果は、5,200m/sおよび5,600m/sであった(以前の実験では5,050m/s)。これは図-2に示した経時安定測定の中位の値を示している。低比重化を図った改良爆薬の爆速試験は、行わなかった。

5-5-4 装薬時間

立った姿勢での装薬孔1孔あたりの装薬時間は、装薬孔間の移動を含めて当初は約50秒前後であったが、作業の慣れに伴い短縮され、約30秒/孔程度になった。作業架台あるいは低い姿勢での装薬作業などを含めた90孔の装薬・結線時間は約45分であった。

5-5-5 後ガス

起爆3分後の後ガスの発生量を表-5に示す。起爆直後のCO計測値は環境基準値¹⁹⁾より高いが、NO_xは基準値以内にある。

5-5-6 込め物

装薬孔口元への込め物に粘土を用いることを試みたが、込め物が爆薬の中へ入りこむ現象が観察され、込め物の



写真-5 下半装薬状況

表-5 後ガス発生計測値 (単位: ppm)

	1回目	2回目
CO	120	100
NO _x	25	20

ただし、起爆3分後の計測値

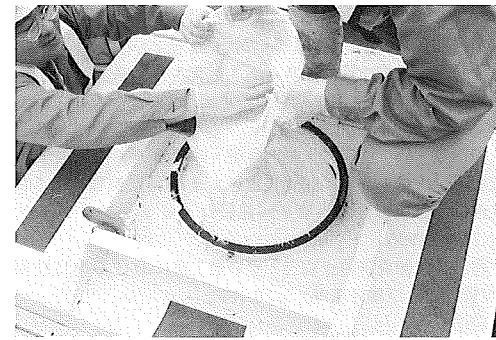


写真-6 爆薬投入状況

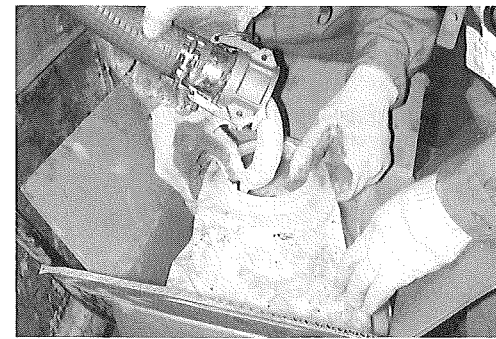


写真-7 爆薬回収状況

効果が見込まれないと判断し、込め物は行わなかった。

このことから、込め物がない状態での完爆確認のため、ガスマを用いた完爆確認試験を行った。ガスマの直径は50mm、管長4.0m、装薬長3.5mで、試験後に残った管長は0.4mであった。込め物がない状態でも装薬の長さは完爆することがわかった。

5-5-7 装薬機器の取り扱い

装薬機器の取扱いは、次の作業手順となる。

- ① 取り扱い所にてバルクエマルジョンを装薬タンクへ人力で投入し、消費箇所(切羽)へ移動する(写真-6)。
- ② 制御盤に設計装薬量を入力する。
- ③ キャリブレーションを行い、吐出量、排出の安定性を確認する。
- ④ 装薬担当者もつ操作機器を用いて装薬。
- ⑤ 装薬完了後、タンク、装薬ホース内に残った爆薬、回収、計量する(写真-7)。

6. 考 察

バルクエマルジョン爆薬は、発破効果を十分満たすと同時に、①後ガス発生量の削減と有毒ガスの発生抑制により坑内環境の向上を図り、②耐水性の性能により変化に富む地質への対応を可能とする、また、③機械装薬による作業の高速化とその安全性、機械装薬で可能となった密装薬による発破効果の向上は、削孔数や装薬量の削減

を可能にするなど、当初の目的を満たしたと考える。

6-1 爆 薬

- ① 粘度は、機械による装薬と十分な密装薬が得られ実用的に問題ないと考える。
- ② 動的威力は、膠質状エマルジョン爆薬とANFO爆薬の間に位置し、感度はANFO爆薬と同程度である。
- ③ 後ガスは、包装爆薬やANFO爆薬より優れ、耐水性もよく感度も低いことから、膠質状エマルジョン爆薬とANFO爆薬の間に位置する非雷管起爆性爆薬と考えられる。

6-2 発破効果・操作性

- ① 上向きの装薬における緩みは少なく、また削孔水やたまり水が多い踏まえ孔での装薬において分離することもなく安定した装薬が確保され、適正な粘度と耐水性をもつ爆薬と考えられる。
- ② 粘度と安全性から機械装薬の可能なことが示された。
- ③ 後ガスの発生量は、ANFO爆薬および膠質状エマルジョン爆薬より少ないことが示された。
- ④ バルクエマルジョン爆薬の性能と密装薬により、計画で求められる抵抗線は、従来の膠質状エマルジョン爆薬、ANFO爆薬に比べて大きい。したがって、ある寸法以上の形状をもつ断面において1発破の削孔数をさらに削減できると考えられる。しかしこの場合1孔あたりの装薬量は多い。
- ⑤ 爆薬の性能を生かした削孔長は、抵抗線と装薬長の関係より約2.6m程度が合理的な下限値である。このことから、長孔発破にも適した爆薬と考えられる。
- ⑥ 操作性は、ANFO爆薬と比べ大きな差はないが、制御盤に人員を配置する必要がある。
- ⑦ 各孔で削孔長が異なる場合、削孔長に比例した装薬量の操作を簡易にする必要がある。
- ⑧ 低比重化を図った爆薬の破砕効果は、破砕粒度などから向上したように感じられた。
- ⑨ 装薬時間の短縮により切羽直下での作業時間が削減され、1サイクル時間の短縮による経済効果および安全性の向上が図れる。
- ⑩ ANFO装薬機器に比べバルクエマルジョン爆薬装薬機器は複雑なため、機器のシステム・取り扱いに関する知識を要する。
- ⑪ 装薬孔内における雷管の脚線と装薬ホースの摩擦を考慮すると安全性の観点から、導火管付き雷管の使用が推奨される。
- ⑫ 安全かつ合理的な取り扱いに関し、爆薬の梱包荷

姿、数量管理など法制上の改善が必要と考える。

7. おわりに

現段階で本爆薬はある水準までの評価を得られたが、今後は、長期的な実作業に向けて爆薬性能の向上、装薬機械の改良、スムーズプラスティングへの対応および安全かつ合理的な取り扱いに関する法制上の改善を進めることにより、劣悪な環境下での坑内作業の環境改善と安全で経済的な坑道掘進を実現化できると考える。

最後に、本実験についてご理解・ご支援いただいた長崎県総務部消防防災課、日本道路公団九州支社長崎工事事務所、日本化薬(株)の皆様にも厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 河野興：非電気式雷管(NONEL)+ANFOを使用したトンネル掘削、火薬と保安、Vol.23, No.2, pp.30-40, 1991.
2) Dyno Nobel SSE System: Technical information, 1998.
3) 火薬工業会：火薬類取締法令集, 2000.
4) 河野興・森沢敏雄・中川浩二：日本におけるパルクエマル

ジョン爆薬の特性とそれを用いたトンネル発破システム、土木学会論文集, No.700/VI-54, pp.95-109, 2002. 3.

- 5) 伊藤一郎・佐々宏一：スムーズプラスティングにおける破壊機構の一考察、第2回岩の力学国内シンポジウム, pp.97-102, 1967.
6) 岡田喬・御手洗良夫・垣内幸雄・畔高伸一・佐藤俊一・星野義郎：山岳トンネル爆薬装填システム(遠隔操作による装薬孔清掃と爆薬の装填)、第6回建設ロボットシンポジウム, pp.79-86, 1996.
7) 建設業労働災害防止協会：ずい道工事における換気技術指針(管理および保守基準), p.20, 1991.
8) 前述1).
9) 前述4).
10) U. Langefors and B. Kihlstrom: The Modern Technique of Rock Blasting, Almqvist & Wiksell Forlag AB, 1978.
11) Stig O Olofsson: Applied Explosive Tecnology, p.133, Nora Boktryckeri AB, 1990.
12) Persson and Holmberg and Lee: Rock Blasting and Explosives Engineering, CRC Press, 1994, pp.218-231.
13) 前述10), pp.64-65, Diagram 2.2, 2.3.
14) 前述11), p.130.
15) 前述7).

「トンネルと地下」バックナンバー在庫状況 (2002年11月1日現在)

Table with 12 columns (numbered 1-12) and 12 rows (numbered 1-12). Each cell contains a sequence of symbols (circles and triangles) representing inventory status for each issue.

注) ○印：在庫あり、△印：在庫なしですが、コピーは可能です(実費+送料+消費税)。

なお、本誌の創刊号から300号までの総目次が下記の2冊に掲載されております。

- ・1987年(第18巻)4月号：創刊号(1970年9月)~200号(1987年4月)
・1995年(第26巻)8月号：201号(1987年5月)~300号(1995年8月)
・なお、毎年1年間の総目次は、その年の12月号に掲載されております。



施工 大江戸線と浅草線とを結ぶ

都営大江戸線汐留連絡線 東新橋工区

三木克彦* 中村茂之**
平山義貴*** 岩本史生****

1. はじめに

汐留連絡線は、大江戸線車両の法定検査を浅草線馬込車両工場で行うため浅草線への車両回送用の連絡側線を築造する工事である。

大江戸線の沿線は既成市街地であり、広大な面積を必要とする車庫および車両工場の用地を確保することは困難であった。

このため、車両工場は新設される「浅草線馬込車両工場」を活用することとし、大江戸線と浅草線が接近する汐留付近に連絡側線を設置し、大江戸線車両を馬込車両工場に回送して、各種検査(重要部・全般検査、更新修繕など)を行うこととした。

汐留連絡線の平面図を図-1に示す。

ルートは、大江戸線汐留駅から分岐しS字状に環状2号線(道路予定地)に入りJR高架下を横断通過し、国道15号線下を浅草線と約200m併走し連結する延長約450m

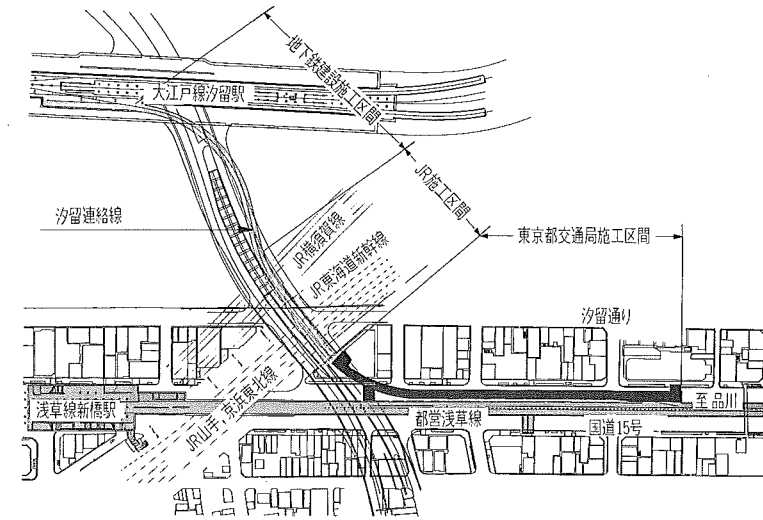


図-1 汐留連絡線平面図

* 東京都交通局工務事務所所長
** " " 工事第一係長

*** 東京都交通局工務事務所主任
**** 大成・住友・白石共同企業体所長

の区間である。全線の事業主体は東京都地下鉄建設(株)(以下、地下鉄建設と略す)であるが、このうち大江戸線汐留駅分岐部からJR交差部までを地下鉄建設、JR交差部を東日本旅客鉄道(株)(JR東日本)および東海旅客鉄道(株)(JR東海)、国道下の浅草線接続部までを東京都交通局がそれぞれ分担して施工を行うこととなった。

本稿は、浅草線を開口し連絡線と結合する東京都交通局施工部の設計検討および施工計画について報告するものである。

2. 工事概要

2-1 工事内容

本工事は汐留連絡線のJR高架脇の区道を含んだ民地部(道路予定地)から国道15号線下に入り浅草線に接続する延長約240mの区間で単線箱型トンネルを開削工法で施工する。工事は一般部と連結部に分けられ図-2に平面図を、図-3に一般部断面図を、図-4に連結部断面図を示す。

民地部を含む一般部は掘削幅6m、深さ14mを鋼矢板土留めにより掘削する。延長は200mで、既設浅草線との離隔は約1.5mとなっている。

連結部は、約40mの区間で新設側に鋼矢板を打設し、浅草線をまたぐ形で親杭横矢板による土留めを設置し浅草線上部まで幅20mで掘削する。その後残置されている浅草線築造時の鋼矢板を撤去し、既設構築側壁を土留めとして利用しながら深さ12mまで掘削を進める。連絡線構築はコの字形のRC躯体で構築後既設浅草線側壁を撤

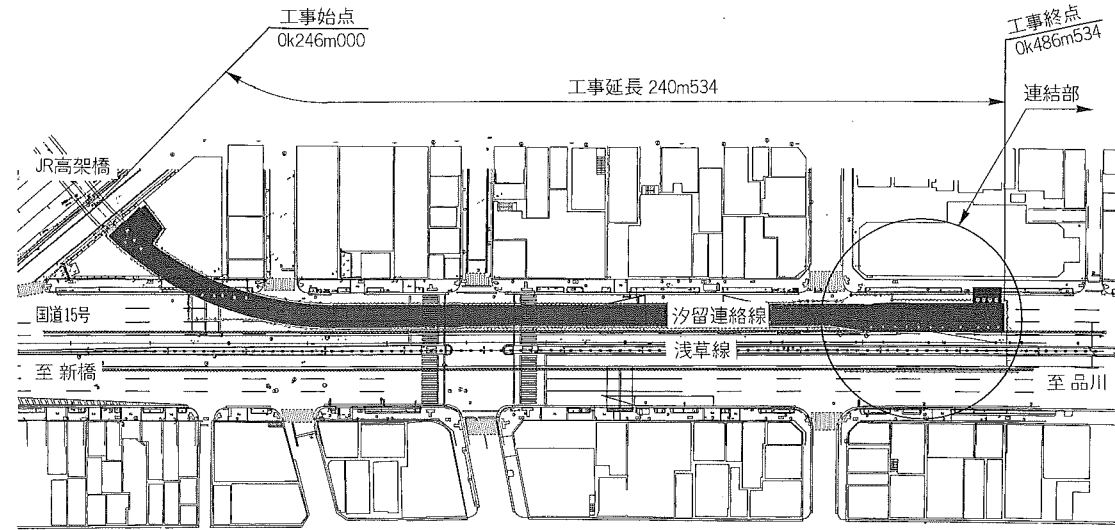


図-2 平面図

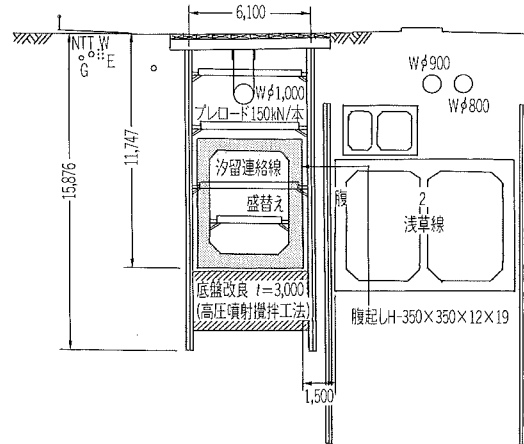


図-3 一般図断面図

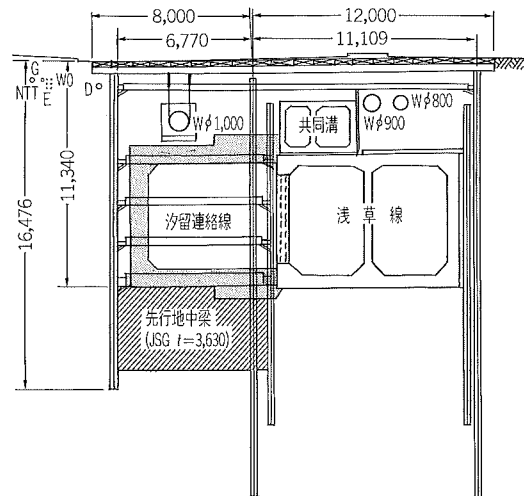


図-4 連結部断面図

表-1 工事概要および工事数量

工事名称	大江戸線汐留連絡線東新橋工区		
工事場所	東京都港区東新橋二丁目1番地先～6番地先		
工期	自：平成14年6月17日～至：平成17年3月31日		
発注者	東京都交通局		
施工者	大成・住友・白石建設共同企業体		

工種	単位	数量	工種	単位	数量
土留め穿孔工	m	2,427	路面覆工	m ²	2,548
土留め鋼矢板工	m	10,619	土工(掘削)	m ³	21,557
薬液注入工(単相)	kℓ	605	構築工	m ³	3,816
高圧噴射攪拌工	m ³	3,568	計測工式		1

去し連結する。なお、既設浅草線への影響を抑えるため縦断方向に分割して施工することとする。

一般部・連結部とも山留めの変形を抑制するため掘削底盤以下を先行地中梁として地盤改良を行う。また埋設物が輻射し山留め鋼矢板が歯抜けとなる部分については両端を親杭とし背面を地盤改良して掘削し土留め壁鉄筋コンクリートを打設しながら掘削する。

構築完了後は流動化処理土による埋め戻しを行い復旧することとする。

工事概要および工事数量を表-1に示す。

2-2 地質概要

当工区の地質縦断図を図-5に示す。

上部2mは埋土(Ts)でN値は5程度であり、細砂主体であるが異物混入も見られる。

2～5mまでは上部有楽町層の砂質土層(Yus)で、粒子均一な細砂よりなり少量のシルトを混入する。N値は4程度である。

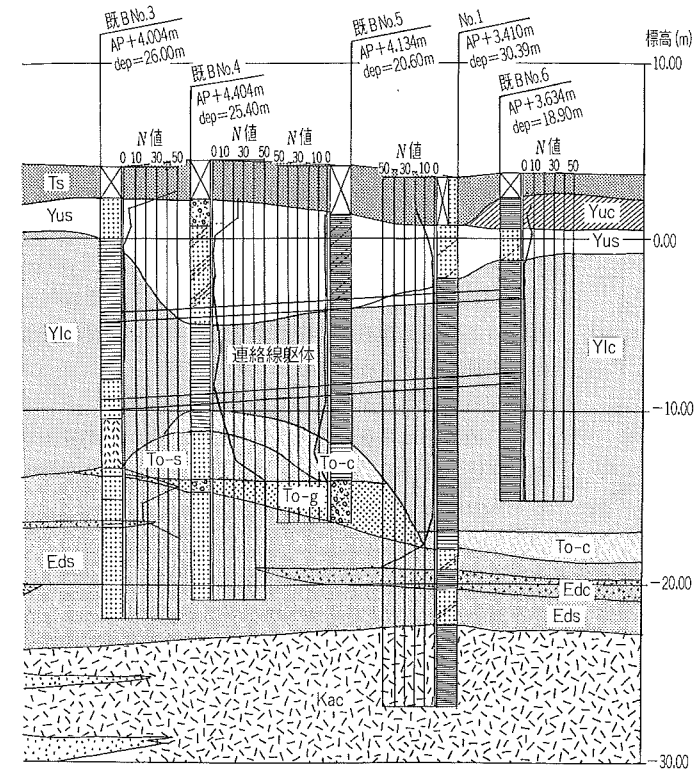


図-5 地質縦断図

5～18mまでは下部有楽町層の粘性土層(Ylc)で、ほぼ均一なシルトよりなり不規則に貝殻片・細砂が混入し一部ではφ5～15mmの礫やφ70mm程度の貝殻片が密集しておりやや不均一となる。N値は0であり非常に軟弱な地層といえる。

以下、東京層砂質土層(To-s)、東京層砂礫層(To-g)となり、N値11程度から20m以下で50以上となる。

今回の掘削深さは12～14mであり、対象となる下部有楽町層の粘性土層(Ylc)はとくに軟弱な地盤である。過去の浅草線掘削時においても山留めの変形が発生した経緯もあり、細心の注意が必要となる。

3. 連結部構造検討

3-1 検討委員会

浅草線との連結部は構造や施工についてさまざまな課題が提起されていたため、事業主体である地下鉄建設(社)日本トンネル技術協会に連結部の技術検討を委託した。

委員会は松本嘉司教授(東京理科大学)を委員長とし学識経験者からなる委員によって構成された。平成13年8月に技術検討報告書を受け詳細設計に反映した。

3-1-1 設計および施工上の課題

設計および施工上の課題を以下に示す。

- (1) 連結部を6番片開き分岐で渡る際、25mの開口が必要となるが構造形式をいかにするか。
- (2) 既設線と新設線の結合についてどのような構造や施工方法で一体化できるか。
- (3) 国土交通省の共同溝が浅草線上に載っており、移設困難な状態での施工方法。
- (4) 営業線に影響を与えない施工方法。

以上の条件の中で、

- ・設計条件の設定
- ・構造形式
- ・構造設計
- ・仮設物設計

などについて検討を行った。

3-2 設計条件

3-2-1 浅草線の健全度

浅草線の躯体は築造から30数年を経過しており、コンクリートの強度を確認するため、シュミットハンマーによる強度試験、コアサンプリングの圧縮試験および中性化深さの測定を実施した。

3-2-2 躯体の応力照査

応力照査は限界状態設計法(使用限界状態)で行い、曲げモーメントひび割れ値から定まる制限値(許容値)を求めてコンクリートは $\sigma_{ca}=7.4N/mm^2$ 、鉄筋は浅草線で $\sigma_{sa}=140N/mm^2$ 、新設部で $\sigma_{sa}=180N/mm^2$ で設計を行った。

3-2-3 検討モデルの構造解析

連結部の検討モデルの解析は、施工の進捗に伴って構造系が変化するため、3つのモデルにより施工中のそれぞれの発生応力を計算し、これを合成(応力足し合わせ)して照査した。

また、補強桁を考慮した3次元立体解析を行い2次元フレーム解析結果との比較を行い常時および地震時に発生する断面力の検証を行った。

3-3 連結部の構造

連結部の構造案を以下に示す。

(1) 廻し桁案

渡り線部の縦桁を約25mのスパンで、桁高上床2.5m、下床3.0m、桁幅1.5mとし桁全体を額縁形とし補強する(図-6参照)。

(2) コの字形断面案

縦断縦桁を設けず、高剛性の上下床と側壁により浅草線のせん断荷重を支える構造で、埋め戻し後のたわみを抑えるため新旧構造物の接合部に「引きプレストレス」

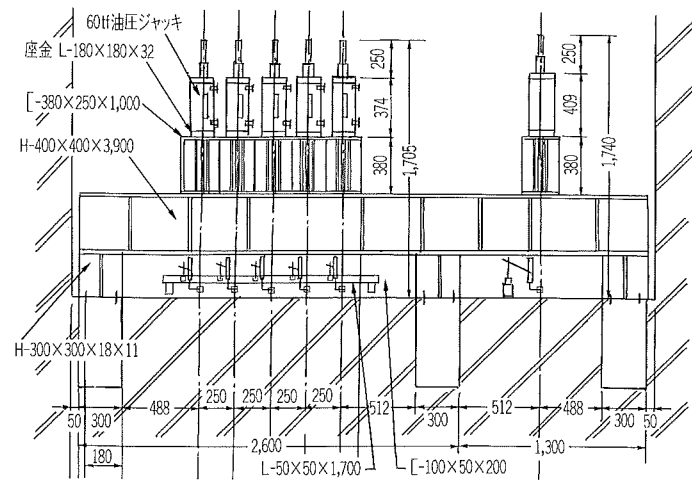


図-10 アンカー原位置試験

表-3 原位置試験内容

試験箇所	2か所 単独アンカー(L=960mm), 5本群アンカー(L=550mm)
最大実施荷重	単アンカー 27tf, 群アンカー 24tf
載荷重	油圧ジャッキ(60N), 電動ポンプ
試験方法	急速多サイクル法
荷重測定計器	圧力変換器, ロードセル
変位測定計器	高感度変位計

有効であると言える。

以上の結果から今回は、(3)のあと施工アンカー方式を採用することとした。

3-5 3次元立体解析

連結部は、実開口スパン5mと大きく、構造上弱点となると考えられるため、開口補強桁をトンネル方向および横方向に設けている。そのため構造が複雑となり、作用荷重は開口補強桁および開口先端に設ける鋼角支柱を通じて立体的に分散すると考えられる。

今回の検討では、3次元立体解析(FEM)と設計に用いる2次元フレーム解析との比較を行い、常時および地震時に発生する断面力の検証を行った。

さらに開口補強桁の構造として、横桁の必要性も検討した。検討手順を図-11に示す。

3-5-1 常時に発生する断面力の検討

構造上弱点となると考えられる開口部中央断面において、連絡線および浅草線に過度な応力集中箇所がないかを確認した。立体解析は一括施工条件で行い、2次元フレーム解析と断面力を比較した。立体解析の評価は立体解析値を2次元フレーム解析値で除した比率で表し、

立体解析値>フレーム解析値(危険側)

立体解析値<フレーム解析値(安全側)

とした。

図-12に立体解析と2次元フレームの比較図を示す。この場合、開口中央断面において立体解析とフレーム解析の比率はおおむね80~90%となった。これは、立体解析は荷重が奥行き方向にも伝達され分散しているためである。

また、連絡線および浅草線上床版(付け根部)の一部で比率が115%となったが、現行配筋で許容応力度内であり安全である。

開口補強桁付近での断面力は、フレーム解析と大きく異なるが、2次元フレームは鋼角支柱を支点として開口補強桁のたわみ量から桁中心にバネ支点を設定しているため支点付近で大きな断面力が発生するが、立体解析では開口補強桁により連絡線と浅草線が一体化となり躯体全体で荷重を受け持つため縦断方向に荷重が分散され断面力は小さくなる結果となっている。

3-5-2 連結区間の応力集中度合いの検討

連結部は開口補強桁を配置することにより、連結区間でアンバランスな応力状態となることが想定されることから、連結区間内および連結区間前後にどの程度の影響を与えるかを躯体(下床版)に発生する反力の集中度合いを比率で評価検討した。図-13に立体解析モデル図を示す。

連結区間については発生するアンバランスな応力が縦断方向に伝達され、開口部中央断面における反力、変位ともフレーム解析値より小さくなり設計上の問題はない。

ただし、連結区間前後については、連結区間内で発生するアンバランスな応力が縦断方向に伝達されることにより応力増加が発生する。このことから下床版応力(反力)は5%の増加となり、鉄筋応力度が許容値を2%越える結果となった。

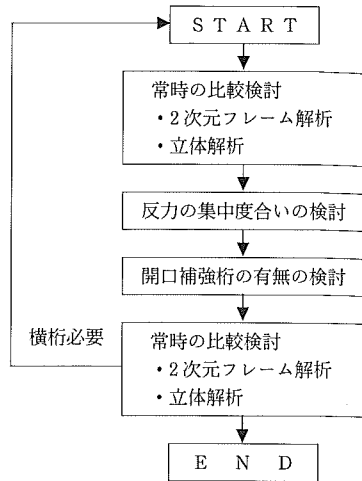


図-11 検討手順

- 検討断面: 連絡線開口中央(断面4)
 - 立体解析値: 括弧()なし
 - 2次元フレーム値: 括弧()あり
 - 2次元フレーム値を1とする場合の立体解析値(立体解析値/フレーム値): 四角枠内値
- 注) 立体解析値は各メッシュの中心で評価している。

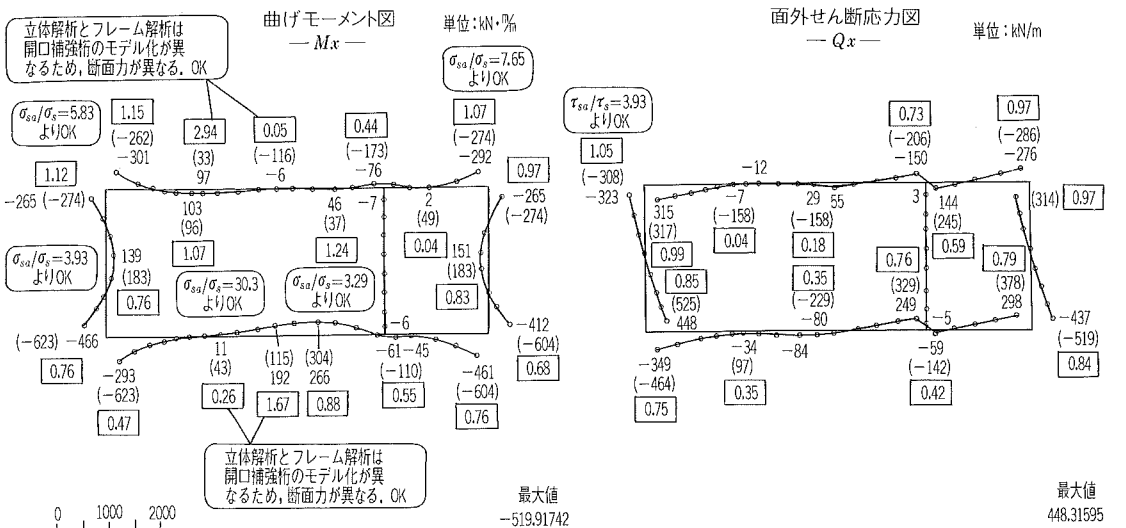


図-12 立体解析と2次元フレームの比較図(常時)

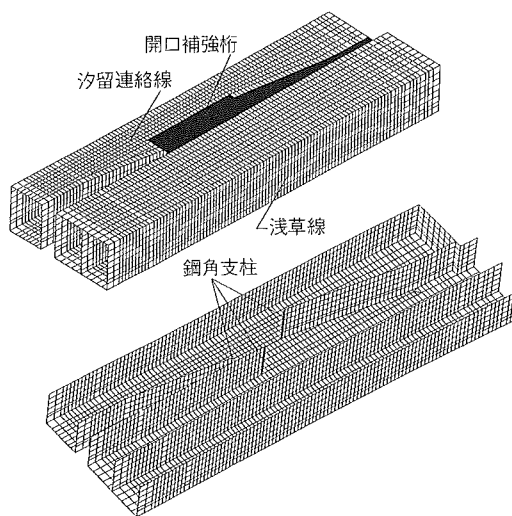


図-13 立体解析モデル図

なお、この点は既設構築の下床版を合成床版として補強を行うことで許容範囲内に収まることとなった。

3-5-3 開口補強横桁の必要性

開口補強横桁がないことにより、どの程度浅草線の断面力が増加するかを確認するため、立体解析により横桁有無の比較検討を行った。図-14に検討平面形状を、検討結果を表-4に示す。

開口3~5の各断面では最大9%程度の断面抵抗力増加であり、この程度であれば鉄筋の増強で対応できることから横桁の必要性はないと判断した。

表-4 開口部補強横桁検討結果

検討断面	断面力増加率	断面力増加箇所
浅草線鋼角支柱面(断面3)	M: 6~9%	側壁(鋼角支柱付近)
	S: 2~5%	側壁(鋼角支柱付近)および中柱
開口中央断面(断面4)	M: 1~8%	中柱および上下床版(縦桁付近)
	S: 1%	中柱
連絡線鋼角支柱面(断面5)	M: 1~3%	中柱および上下床版(縦桁付近)
	S: 1%	中柱

3-5-4 地震時に発生する断面力の検討

常時と同様に地震時においても過度な応力集中箇所がないかを検討した。地震動はL2とし、応答変位法により構造物の応答値を算出した。

立体解析は部材の曲げ変形による非線形性の影響を考慮した等価線形解析を行い、静的非線形解析である2次元フレーム解析と断面力を比較した。立体解析の評価は立体解析値を2次元フレーム値で除した比率で表す。

図-15に立体解析と2次元フレームの比較図を示す。

連絡線の上下床版(付け根)において、せん断力は2次元フレーム値を大きく越えているが、現設計におけるせん断耐力内であり問題はない。また、常時と同様に開口補強桁付近の断面力はフレーム解析と大きく異なる。地震の作用方向が逆の場合であっても同傾向の挙動を示す

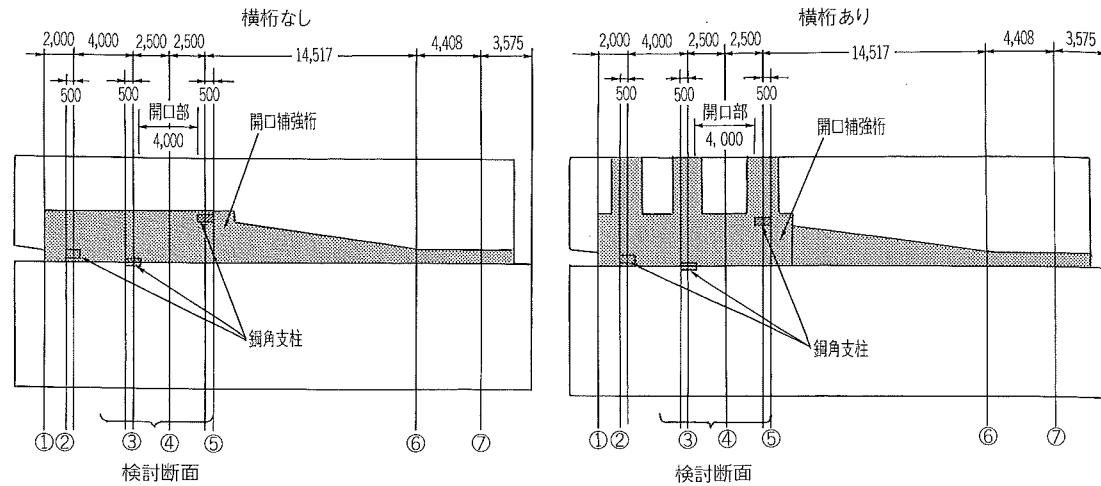


図-14 開口補強横桁検討平面形状

- ・検討断面: 連絡線開口中央(断面4)
- ・立体解析値: 括弧()なし
- ・2次元フレーム値: 括弧()あり
- ・2次元フレーム値を1とする場合の立体解析値(立体解析値/フレーム値): 四角枠内値
- ・地震動: L2
- ・2次元フレーム: 非線形解析
- ・立体解析: 等価線形解析(等価剛性=0.1E_s)
- 注) 立体解析値は各メッシュの中心で評価している。

L2地震動に対して2次元フレーム解析による構造物の変形角は約1/50より、立体解析に用いる等価剛性は0.1E_sとした。

- 値>1→立体解析値>フレーム解析値(危険側)
- 値<1→フレーム解析値>立体解析値(安全側)

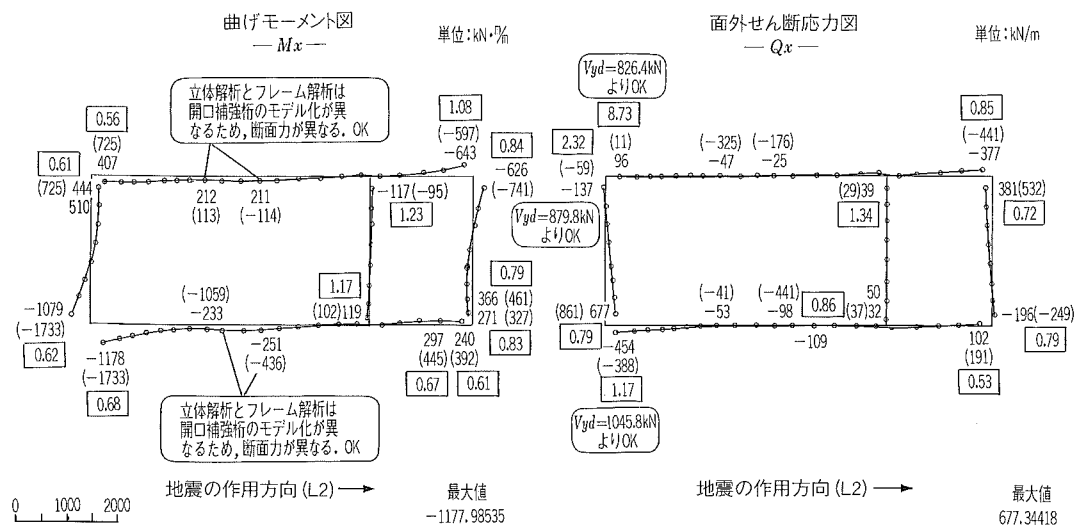


図-15 立体解析と2次元フレームの比較図(地震時)

と考えられ、断面力の大きな箇所は異なるが設計上の問題は無いと考えられる。

ただし、浅草線については現耐震基準で設計されていないため照査は行わないこととした。

以上により、開口中央断面に発生する断面力に設計上の問題は無いものと判断した。

4. 連結部施工計画

4-1 施工順序および施工方法

連結部の施工順序図を図-16に示す。

STEP 1

工事に先立ち道路上作業帯確保のため中央分離帯の撤去を行い試掘、布掘り後、土留め杭および中間杭の打設を行う。

STEP 2

道路上作業帯にて路面覆工を架設し共同溝上部に親杭と鋼矢板間で一段山留め支保工を架設する。

STEP 3

浅草線頂面までの掘削を行う。このとき露出する埋設物については吊り防護もしくは受け防護を施す。

また、共同溝山側については掘削後鋼矢板建て込みと流動化処理土による置換埋め戻しを行い土圧低減を図る。埋め戻し後は浅草線上部の埋設物防護は撤去し復旧することとする。下部掘削前に路上および坑内から高圧噴射工による地盤改良を行い先行地中梁および盤ぶくれ対策とする。また、浅草線下部については底版掘削時の地盤補強として同じく高圧噴射による地盤改良を施工する。

STEP 4

露出する既設鋼矢板を撤去しながら下部掘削を行い既設浅草線躯体と鋼矢板間で山留め支保工を架設する。

STEP 5

底版部掘削後鉄筋に支障する山留め支保工を撤去し、

新設構築工(下床)を築造する。このとき既設構築との接合は、あと施工アンカーを使用する。その後新設構築工(側壁)を築造する。

なお、底版部掘削から側壁構築までは浅草線変状を抑制するため延長方向に8分割し50%ずつの施工とする。同時に補強用の鋼角支柱も設置しておく。

STEP 6

側壁背面を埋め戻し後、浅草線側壁と新設構築側壁間に盛替え梁を設置し二段支保工を撤去後、構築工(上床)および縦桁を築造する。

既設構築との接合は下床と同様に、あと施工アンカーを使用する。

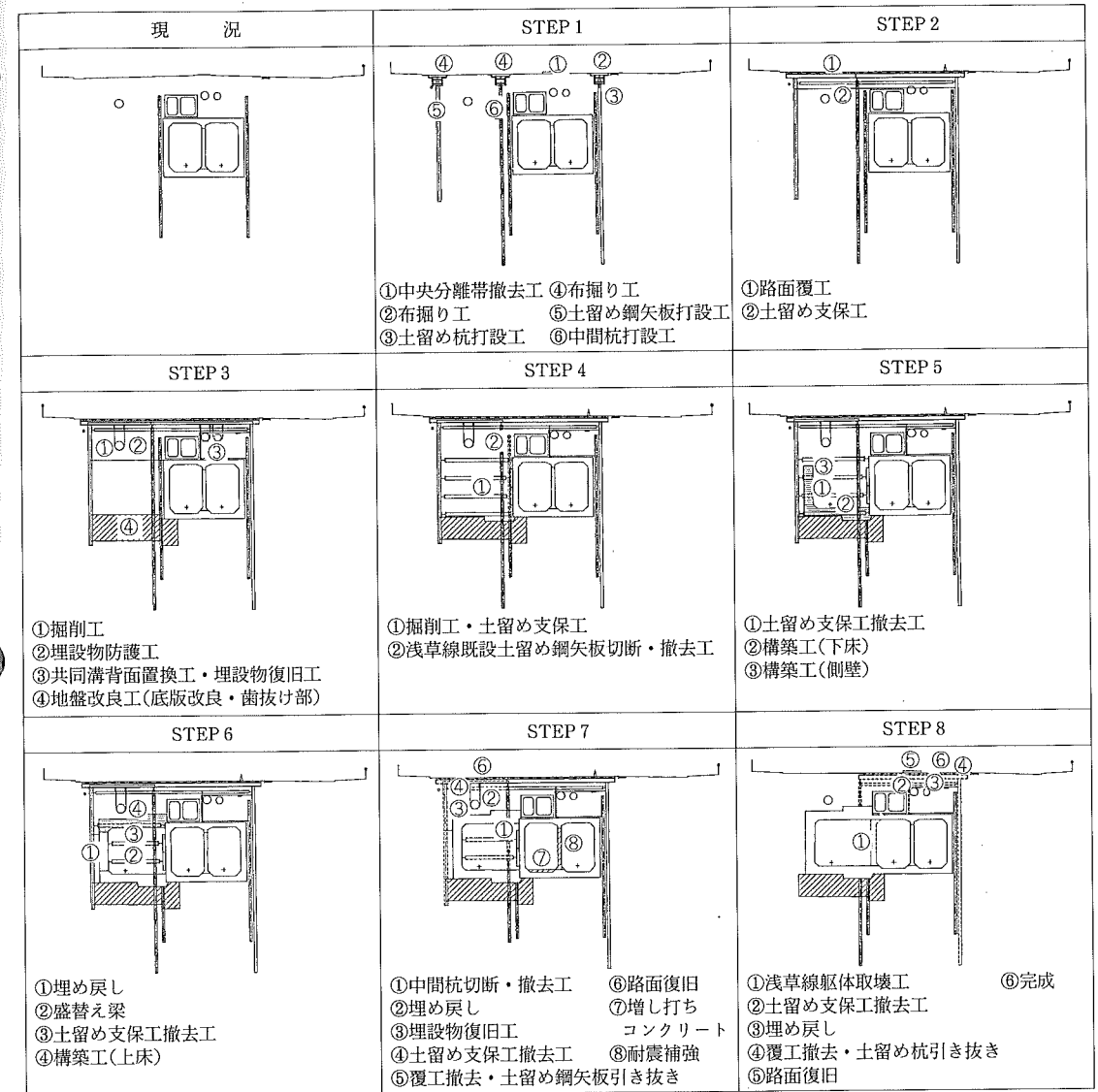


図-16 施工順序図



「石割桜と南部鉄器」盛岡市より

長谷川 隆 男

盛岡市は、岩手県のほぼ中央に位置し、秀峰と詠われる岩手山のふところにあり、市内を北上川、中津川、雫石川が流れる杜と水の街である。

街の中心街、県庁隣の盛岡地方裁判所前にある石割桜は、変わった桜日本一である。かつて南部藩主南部家の家老の屋敷で、花崗岩の庭石の割れ目に桜の種が飛んできて芽を出し、成長とともに石の割れ目を押し広げていったものと言われている。石の割れ目は、30cm程度なのに石の上の幹は直径が1.35mもあり、根元と幹のバランスが合わない過酷な条件の中で、毎年風雨に耐え、きれいな花を咲かせている。樹齢約350年のエドヒガンザクラで、幹の周囲4.6m、幹高10.6m、枝の張りが17.0mという見事な大木で、大正12年に国の天然記念物に指定された。石割桜の開花は市内では一番早いと言われ、石の温かさが開花を早めているのではとされている。

盛岡は南部鉄器の本場としても有名である。南部鉄器は、風格ある茶の湯釜、鉄瓶、モダンな鍋から風鈴などの小物類まで、種類、用途が多様な岩手を代表す



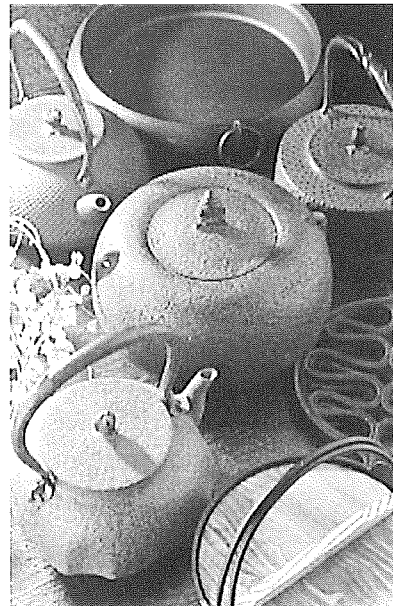
石 割 桜

る伝統工芸品である。盛岡周辺は、古くから砂鉄、岩鉄、川砂、粘土、漆、木炭の原料が豊富にあり、鋳物生産には最適だったこと、南部藩主が甲州や京都から鋳物師や金師を召し抱え、茶の湯釜や武具、梵鐘などをつくらせたことが南部鉄器の始まりといわれている。明治以降は海外でも高い評価を受け、昭和50年、伝統工芸品として全国第1号の指定を受けている。

さて、私たちの工事は盛岡市街地から東に約12kmの築川上流に、岩手県により建設される築川ダム(ダム高86m、ダム堤頂長308m、総貯水量2,200万³mの重力式コンクリートダム)に関連する、盛岡市と三陸海岸の宮古市を結ぶ国道付け替え工事である。現場はダム建設地から約2.5km上流に位置し、延長410mのトンネルをNATMの発破工法で施工する。工事箇所はクマカカ営巣地に近く、河川とも隣接しており、自然環境保全に配慮した計画で施工している。9月末現在、坑口のパイプルームが完了し、これから坑口を付けて本格的なトンネル掘削に着手するところである。

ちなみに築川の呼称の由来は、前九年の役に源頼義が安倍貞任を討った際、両軍がこの川を隔てて対陣、烈しい戦いの際に落ちた矢がたくさん川を流れ下ったので矢流川と言ったが、のちに築川と呼ぶようになったと伝えられている。

自然と共存した築川ダムの完成は、平成20年中頃に予定されている。
(銭高組・豊島建設特定共同企業体築川3号トンネル作業所現場代理人)



南 部 鉄 器



施 工 TBMの平均月進日本記録を更新 新小荒発電所導水路工事

佐々木 千好* 大村 英昭**
村田 盛雄*** 木村 厚之****

1. はじめに

新下平・新小荒発電所は、新潟県東蒲原郡鹿瀬町に位置し、阿賀野川水系実川に建設を進めている流れ込み式発電所である(図-1)。

実川は、飯豊山(新潟県・山形県)を水源とした水量の豊富な河川であり、流域には実川発電所、下平発電所および小荒発電所の3発電所が稼働中である。新下平・新小荒発電所は、下平発電所および小荒発電所を廃止し、

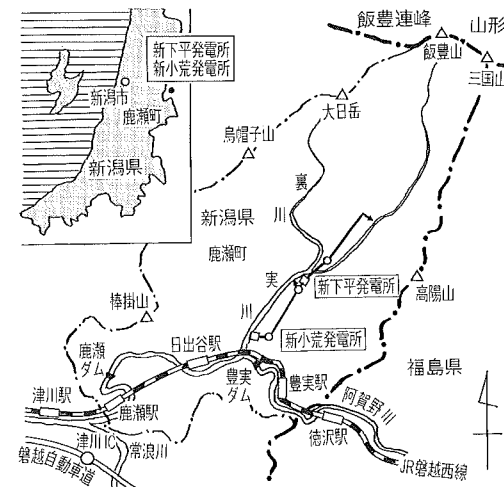


図-1 新下平・新小荒発電所の位置

既設設備を最大限に利用しての新設発電所である。

新下平・新小荒発電所の概略図を図-2に示す。新下平発電所では、既設導水路の拡幅、水圧管路および発電所の新設により、最大出力が3,830kWから17,300kWに拡大される。新下平発電所を経た流水は、新小荒発電所の新設導水路に直接放流され、新設の水圧管路および発電所を経て発電する。拡大後の新小荒発電所の最大出力は、3,700kWから11,000kWとなる。

土木工事は、1~4工区に分割され、そのうちの第3工区は、新小荒発電所上流側の合流槽から水槽(ヘッドタンク)に至る導水路トンネル(掘削径φ3,520mm、延長L=4,493m、勾配1/1,000)を掘削するものである。この掘削工事は、写真-1のTBM(愛称:こあらくん)を使用して

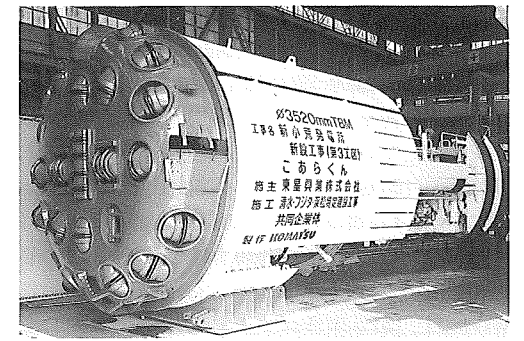


写真-1 TBM(こあらくん)の外観

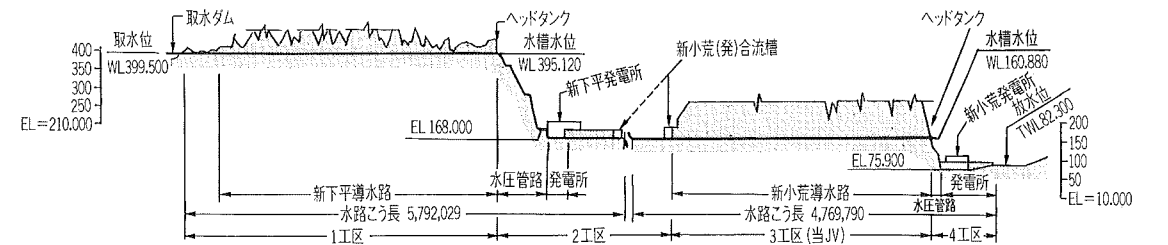


図-2 新下平・新小荒発電所の概略

* 東星興業(株)新下平・新小荒発電所建設土木建築課長
** " " " " 土木建築課

*** 清水建設(株)新小荒発電所導水路トンネル作業所所長
**** " " " " 工事主任

行われた。

本稿では、平均月進日本記録を更新したオープン型TBMの仕様および概要、施工実績について報告する。

2. 工事概要

工事名：新下平・新小荒発電所新設工事(第3工区)
 工事場所：新潟県東蒲原郡鹿瀬町大字豊実地内
 発注者：東星興業(株)
 工期：平成11年4月1日～平成15年9月30日
 工事内容：TBM掘削工(掘削φ3,520) 4,413m
 発進坑(在来工法) 80m
 明かり工事 37,000㎡
 工事用道路(上り勾配15%) 560m

工事は、平成11年4月に着手し、平成12年6月からは工事用道路の造成を開始した。9月からはTBM掘進の準備工である発進坑を掘削し、11月にTBMの組み立てを行った。同年12月中に初期掘進(120m)を完了し、その後年末から年始にかけての連続ベルトコンベアの組み立てを経て、平成13年1月19日より本掘進を開始した。同年9月24日には平均月進449m(初期掘進含む)の高速施工で無事貫通できた。

3. 地形・地質概要

3-1 地形概要

新小荒発電所導水路トンネルは、新潟・山形県境に位置する飯豊山(2,105m)の南麓に位置している。この地域は標高1,000～2,000m級の越後山地中央部にあたり、急峻な地形の間を1級河川阿賀野川の支流実川が、深い溪谷を形成している。

導水路の計画地点は、実川と阿賀野川との合流点から上流に、約5km間の実川左岸に位置している。実川左岸の地形は、標高500～700mの急峻な山地と、この間を

流下して実川に合流する支沢から形成されている。支沢の中では、カクレ沢とハツ目沢が比較的大きな支沢で、沢床の幅は5～10m程度である。

山地斜面は傾斜がおおむね40～50°の急斜面であり、斜面下方から河床にかけては、岩盤が露呈している所が多い。

3-2 地質概要

本工事の地質縦断図を図-3に示す。基盤岩は白亜紀～古第三紀の花崗岩類(花崗閃緑岩)からなり、トンネル基面での掘削対象岩盤となる。

また、第三紀の貫入岩類がわずかに分布し、基盤岩を覆って局部的に段丘堆積物、崖錐堆積物が見られる。

計画区域の基盤を広く構成する花崗岩類(花崗閃緑岩)はやや節理が多いものの、硬質岩から構成され、河床部や沢部では節理がよく密着している。尾根部や斜面上部では風化が進んでいるが、風化深度はそれほど深いものではないと推定される。また、トンネル全長にわたり幅10～20m程度の断層が7か所推定されている。

4. TBM工法の設備

4-1 TBM工法の選定

トンネル延長が約4.5kmと長い小断面導水路トンネルであり、地質状況もほぼ全線にわたって強固なCM～CH級地山である。

このことから施工速度が速く工期短縮が図れ、最小断面積での掘削が可能なTBM工法を採用した。

TBM型式の選定にあたっては、上記のような条件を加味し、「切羽近くで早期の支保(ファイバーモルタル吹付け)が可能」、「ルーフ内で安全かつ確実に支保工の組み立てが可能」なオープン型TBMを採用することとした。

4-2 TBMの仕様

4-2-1 TBM本体

表-1にTBMの仕様を、図-4にTBMおよび後続台車の

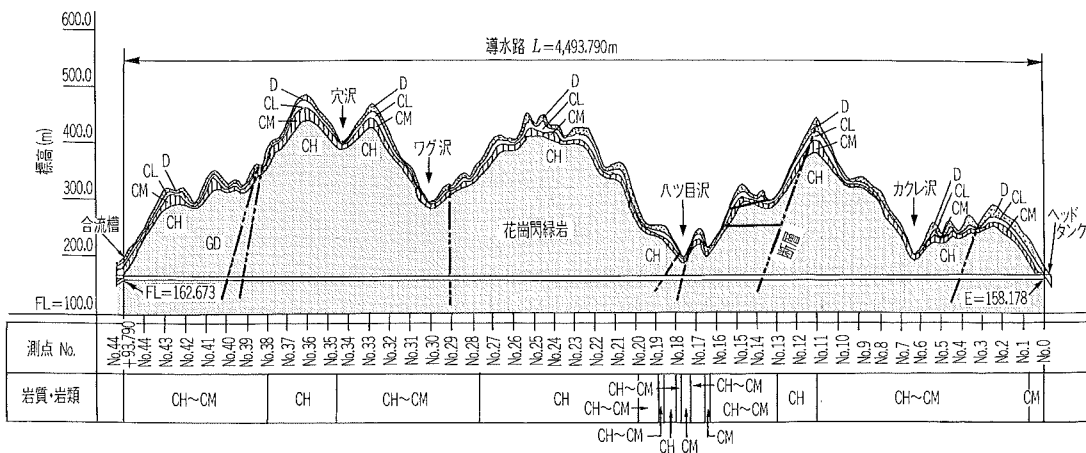


図-3 地質縦断図

表-1 TBMの仕様

形式	全断面トンネル掘削機
掘削径	φ3,520mm
機長	11,600mm
全長	89,000mm
総重量	約170t(本体:115t 台車:55t)
総出力	約800kW
電源	AC440V, 3φ, 50Hz
カッタ	
カッタ径	φ394mm(15.5インチ)
材質	SNCM鋼/ダイス鋼
カッタ数	26個
カッタ駆動装置	
カッタ用電動機出力	600kW(150kW×4台)
カッタヘッドトルク	872kN・m(89tf・m 4.6rpm)
カッタ回転速度	1.3rpm～11.4rpm(5段変速)
スラスト装置	
総推力	5,880kN(600tf)
スラストジャッキ	2,940kN(300tf)×2本
推進ストローク	1,500mm
伸長速度	最大6.0m/h(10cm/min)
グリッパ装置	
形式・シューの数	水平対向式・2基
総押し付け力	12,544kN(1,280tf)
シューストローク	左右各+150～-250mm
シューの大きさ	900mm×2,000mm
シューの面圧	3.5MPa(35.6kgf/cm²)
プロテクタ装置	
ルーフサポート	油圧平行リンク式×1基
サイドサポート	油圧平行リンク式×2基
パーチカルサポート	固定式×1基
後続台車	8台
ベルトコンベヤ	
ベルト幅×容量	500mm×143m³/h
台数	3条
集塵装置	湿式150m³/min×1台
削岩機	
打撃圧	150kg/cm²
フィード長	4,040mm
ロータリ角	150°
ガイドチルト角	上8°～下0°
ガイドスイング角	左15°～右15°
ガイドスライド長	800mm
油圧バック電動機出力	55kW

表-2 後続台車の構成

No.1	モルタル吹付け設備
No.2	オペレータキャビン、運転操作盤
No.3	インバータ制御盤
No.4	水タンク、水ポンプ、コンプレッサ
No.5	集塵機(本体)、スラッジポンプ
No.6	集塵機(ファン)
No.7	高圧トランス、風管カプセル
No.8	ケーブル置場
No.9	バックアップデッキ(パワーユニット搭載)
No.10	バックアップデッキ(テークアップキャリヤ搭載)

- ⑥ 削孔の位置決めを容易にするため、ルーフサポート内側に、削孔用スリットを設けた。
 - ⑦ 起動電流を抑え、低回転域における高トルク運転、高回転域における低トルク運転を可能にするため、カッタモータ駆動にインバータ制御を用いた。
- これらの特徴のうち、①～③は作業効率の向上すなわち高速掘進の確保、④～⑦は弱層部対策である。

4-2-2 後続台車

TBM本体の進行とともに牽引される後続台車は10両編成となっている。各台車の構成は表-2のとおりである。

主な特徴は、すべての電磁弁(支保工エレクタを除く)を、No.2台車のバルブスタンド内に収めていることである。これにより、湧水などによる電磁弁の漏電を最小限に抑えることができる。No.8台車の高圧ケーブル置場は、60mm²は約500m分を、38mm²は約700m分が収納可能な空間を確保している。これにより高圧ケーブルの延伸回数を減らし、作業時間のロスを抑えた。

4-3 ずり搬出設備

坑内から坑外へのずり搬出は、連続ベルトコンベヤで行った。掘削速度が速い場合、シャトルカーなどの鋼車では、サイクルタイムが稼げないためである。

連続ベルトコンベヤの仕様と連続ベルトコンベヤの全体図は、それぞれ表-3と図-5に示す。

全体図を示す。

当工事で使用したTBMは、以下のような特徴を備えている。

- ① カッタ交換の頻度を減らすため、ディスクカッタの材質を標準のSNCM鋼からダイス鋼へ変更した。
- ② 支保工組み立て作業の効率化を図るため、支保工組み立て用旋回式エレクタを用いた。
- ③ 上部の作業空間に余裕を持たせるため、メインビーム位置を下げた。
- ④ グリッパシューの押し付け力は、切り換えスイッチ方式とし弱層部での坑壁の傷みを最小限に抑えた。
- ⑤ 切羽前方地山探査および水抜きを行うため、ガータ上に油圧削岩機を設置した。

カッタヘッド内に取り込まれたずりは、TBMのNo.1～No.3ベルトコンベヤによって後方へ運搬される。ずりは後続台車最後部で連続ベルトコンベヤに積み替えられ、坑外へと搬出される。

ベルト延長が長くなると、メインドライブ1台のみでは動力が不足したり、ベルトに許容値以上の荷重が作用することになる。このため導水路全長のほぼ中間地点(約2,250m地点)にブーストドライブを設置した。

ストレージセットの容量は最大400m(掘削距離にすると200m)とした。このことにより、月進距離が400m強となった場合、ベルト延伸の頻度が2週間に1回程度となり、ベルト延伸による掘削時間のロスを抑えることができる。

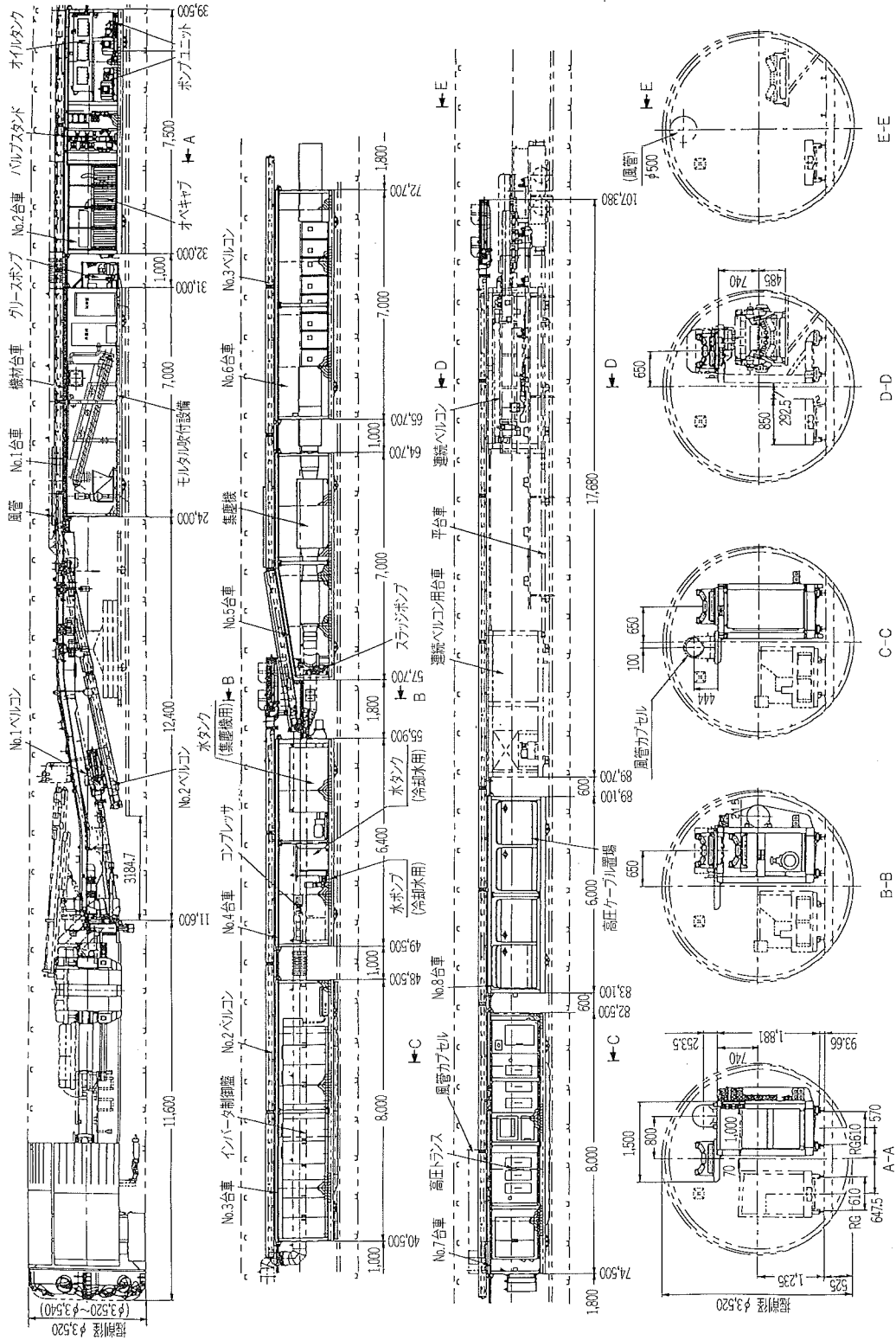


図4 TBMおよび後続台車の全体図

表-3 連続ベルトコンベヤの仕様

システム全長	約4,401.14m (ヘッド～テールプーリ)
搬送容量	293m³/h(469t/h)
装備能力	96m³/h(154t/h)
想定実運搬量	
ベルト幅	610mm
ベルト速度	90~150m/min(3段変速)
メインドライブ	駆動形式・数量 電動機出力・起動方式
ブースタドライブ	駆動形式・数量 電動機出力・起動方式 設置位置
キャリヤローラ	径×トラフ角×ピッチ
リターンローラ	径×ピッチ
ストレイジカセット	テンションジャッキ テンションジャッキ ストローク
格納ベルト容量	幅610mm×長さ400m
延伸ベルト長	300m
使用電源	AC440V 3φ 50Hz

連続ベルトコンベヤを運転する中でもっとも大きな課題は、ベルトの片寄りである。ベルトが片寄ると、ベルト端部がサイドフレームに接触し、張力の増大、負荷電流の上昇、ベルトの傷みが発生する。とくに曲線区間(R=750m)では、曲線の内側へベルトが寄ろうとする傾向が著しい。また、ベルトの片寄り状況は刻一刻と変化するうえ、連続ベルトコンベヤの全長が4,400mにも及ぶため、片寄りの修正作業を作業員が行うには限界がある。

これらに対して、サイドローラの付きのキャリヤローラの使用、リターン側に押さえローラ、自動調芯ローラなどを使用した。

4-4 坑内設備

坑内および坑外設備の一覧を表-4に、坑内設備の配置を図-6に示す。

資材の運搬は、2tバッテリーロコ2台を使用した。坑内の軌条は単線で勾配は1%、レールは22kgレール、

表-4 坑内および坑外設備一覧

軌条設備	2tバッテリーロコ 22kgレール RG=610mm
換気設備	55kW 140m³/h×1,500mmAq 風管径 φ500mm
荷役設備	タワークレーン 2t×30m
モルタル吹付け設備	モルタルサイロ 30t
濁水処理設備	150m³/h 前中和方式フィルタープレス
入荷車設備	2tバッテリーロコ、平台車2台、 10人乗り人車

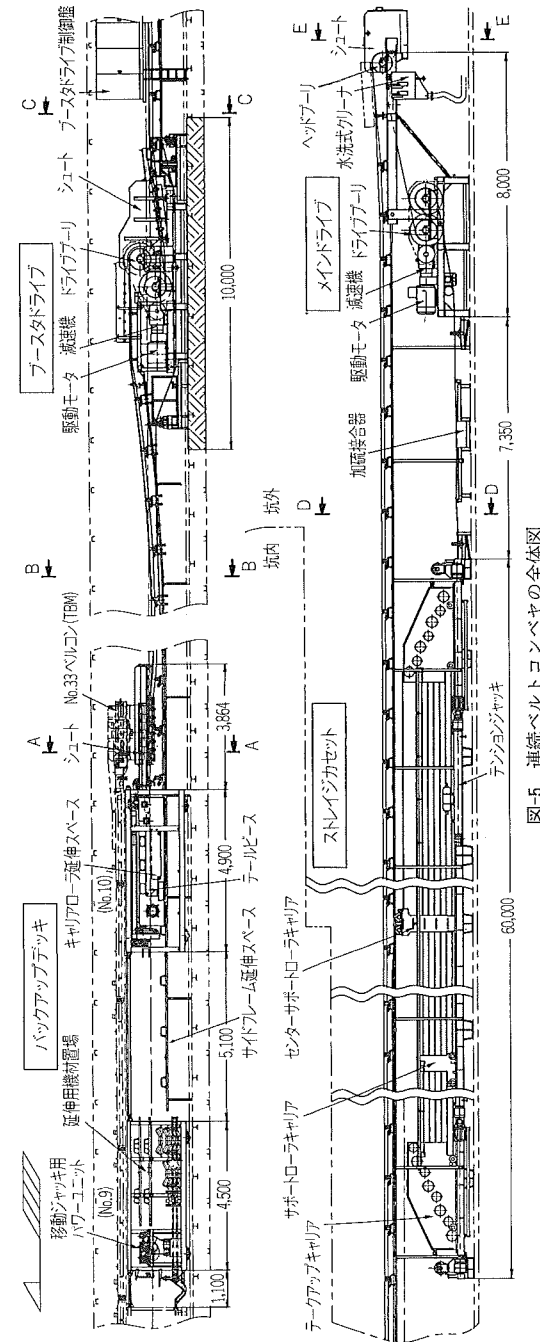


図5 連続ベルトコンベヤの全体図

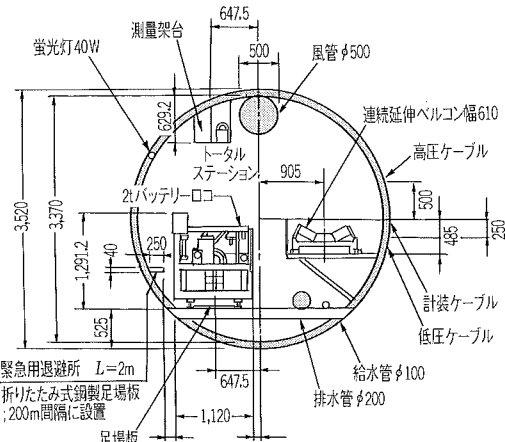


図-6 坑内設備の配置

レールゲージは610mmを採用した。

坑内換気設備は、坑口に設置した出力55kWのターボブロワを採用し、風管はφ500mmのビニール風管を使用した。No.7台車には風管を100m収納することができるカプセルを設置した。風管カプセルは3台用意し、坑外で予め風管をカプセルに収め、100mごとのカプセル交換作業を最小限の時間でできるようにした。

4-5 坑外設備

4-5-1 坑外ベルトコンベヤ

場内の工事用道路は急勾配(上り15%)であるうえ、冬季の積雪は2mに及ぶ。運搬の際の安全性を考慮し、工事用道路入口付近にずり仮置場を設け、坑口から仮置場までを坑外ベルトコンベヤで運搬した(図-7および表-5)。

4-5-2 その他坑外設備

発進基地にはタワークレーン、換気設備、モルタルサイロ、修理工場、資材倉庫、変電設備の仮設備を配置し、それ以外のスペースは資材置場とした。

坑内からの排水は、150m³/hの処理能力を持つ濁水処理設備で、SSおよびpH調整を行った。

作業所周辺は、山深く自然が多く残る一帯であるうえ、クマタカの繁殖地域となっていることから、営巣活動へ配慮し、すべての坑外設備は環境にやさしい保護色(こ

表-5 坑外ベルトコンベヤの仕様

輸送能力	250t/h
ベルト速度	90m/min
ベルト幅	
BC-1~BC-3	600mm
BC-4	750mm
ブリーク距離	
BC-1/BC-2/BC-3/BC-4	19.5m/53.4m/42.5m/55.0m
電動機出力	
BC-1	7.5kW
BC-2/BC-3/BC-4	11kW/11kW/11kW (ブレーキモータ付き)
使用電源	AC220V 3φ 50Hz

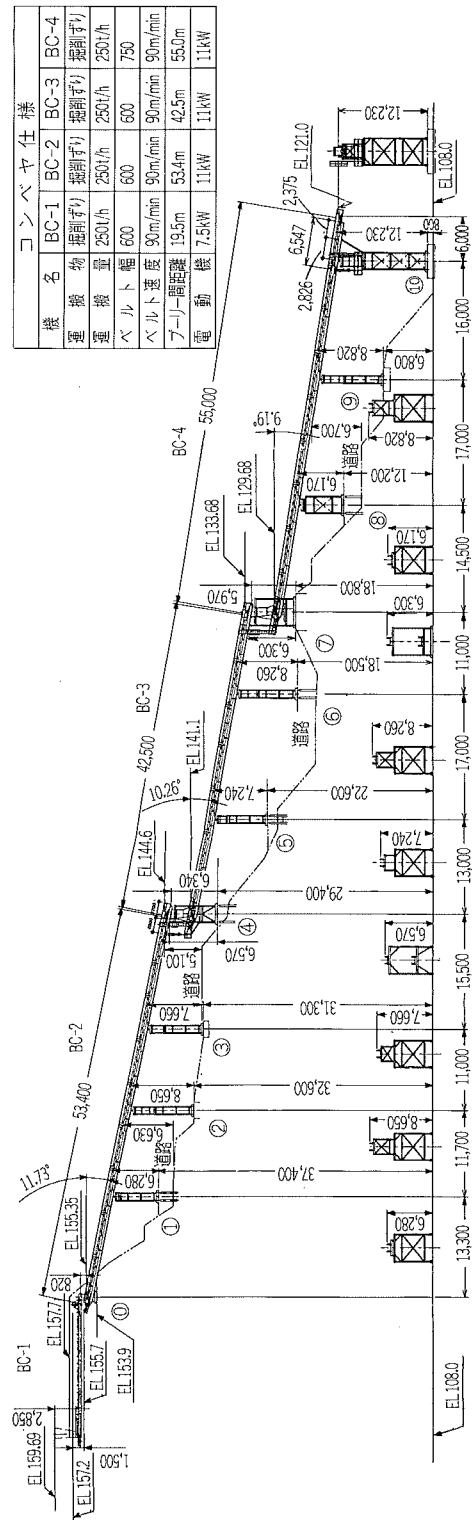


図-7 坑外ベルトコンベヤの全体図

コンベヤ仕様		BC-1	BC-2	BC-3	BC-4
運搬物	掘削ずり	掘削ずり	掘削ずり	掘削ずり	掘削ずり
運搬量	250t/h	250t/h	250t/h	250t/h	250t/h
ベルト幅	600	600	600	750	750
ベルト速度	90m/min	90m/min	90m/min	90m/min	90m/min
ブリーク距離	19.5m	53.4m	42.5m	55.0m	55.0m
電動機	7.5kW	11kW	11kW	11kW	11kW

げ茶色)の塗装を施した。

5. TBMの施工

5-1 支保パターン

施工の安全性確認と崩落防止のため、掘削直後に支保を行った。この標準パターンと地山等級は表-6に示すとおりである。

1次支保は、地質性状に応じて4種類とし、その判定は剝離・剝落の規模を基本とした。

A種は無普請、B種およびC種はファイバー入りモルタル吹付けをそれぞれ120°、180°の範囲とした。D種は270°のファイバー入りモルタル吹付けと溝形鋼のリング支保工を併用した。

当初計画では、A種、B種が全体の約95%と想定されていたが、実績では約75%となった。また、当初懸念されていたD種区間断層破砕帯での大規模崩落や、沢部直下での大量出水はなく、TBMが地山拘束を受けて長期間にわたって停止するようなことはなかった。

5-2 TBM掘削

5-2-1 掘削の進行実績

図-8は計画と実績の進行をグラフで比較したものである。工事着手前の地質調査の結果によると、ほぼ全線にわたって一軸圧縮強度が100N/mm²程度で亀裂・断層が

少ない花崗閃緑岩と予想され、TBM掘削に非常に適した地質であるとの判断から、目標平均月進は409mと設定した。

平成13年1月の本掘進開始時から2月中旬までは、機械トラブルが頻発したために進行が滞り、目標には程遠い状況であった。

しかし、各問題点が解消されるにつれて稼働率が伸び、順調に掘削が進み、当初予定より約1.5か月の工期短縮となった。

このなかで、3月8~9日にかけては最大日進62.9m、3月5~4月4日にかけては最大月進802.7m(暦日31日)、初期掘進開始時から貫通までの平均月進は449m(本掘進のみでは523m)の進行となった。

図-9は、月別の進行を支保パターン別に積み上げたものである。

5-2-2 トラブル

トラブルで掘削が停止した時間を、発生部位ごとに分類すると図-10のようになる。

TBM本体に関するトラブルは、約62%を占めている。これ以外では連続ベルトコンベヤ、坑外ベルトコンベヤがともに約10%となっている。

「その他」には、自動測量システムや吹付け設備のトラブルが含まれている。

表-6 地山等級と1次支保パターン

支保パターン	A種	B種	C種	D種
岩等級	CH以上	CH~CM	CM	CM~CL
一軸圧縮強度(N/mm ²)	$q \geq 80$	$80 > q \geq 50$	$50 > q \geq 20$	$20 > q$
掘削面の性状	長期的に安定する岩盤	長期的に肌落ちの恐れのある岩盤	掘削時に肌落ちがあり、長期的に崩落の恐れのある岩盤	掘削時に肌落ち、崩落の恐れがある岩盤
剝離・崩落の規模	5cm以下	5~15cm	15~25cm	25cm以上
割れ目の性状	割れ目は密着しており、風化生成物・粘土は挟まない	割れ目はおおむね密着(開口しても0.5mm以下)しているが、割れ目に沿って変色している場合が多く、所々薄い粘土が付着する	割れ目は開口し、粘土物質を挟在することがある	割れ目は著しく開口し、粘土物質を挟在する
割れ目の間隔	50cm以上	50~20cm	20~10cm	10cm以下
湧水	にじむ程度	滴水程度	集中湧水	全面湧水
標準パターン図				

1 掘進長	1.5m			
計画延長	1,310.00m	2,911.79m	152.00m	40.00m
施工延長	1,417.00m	1,876.79m	888.00m	232.00m

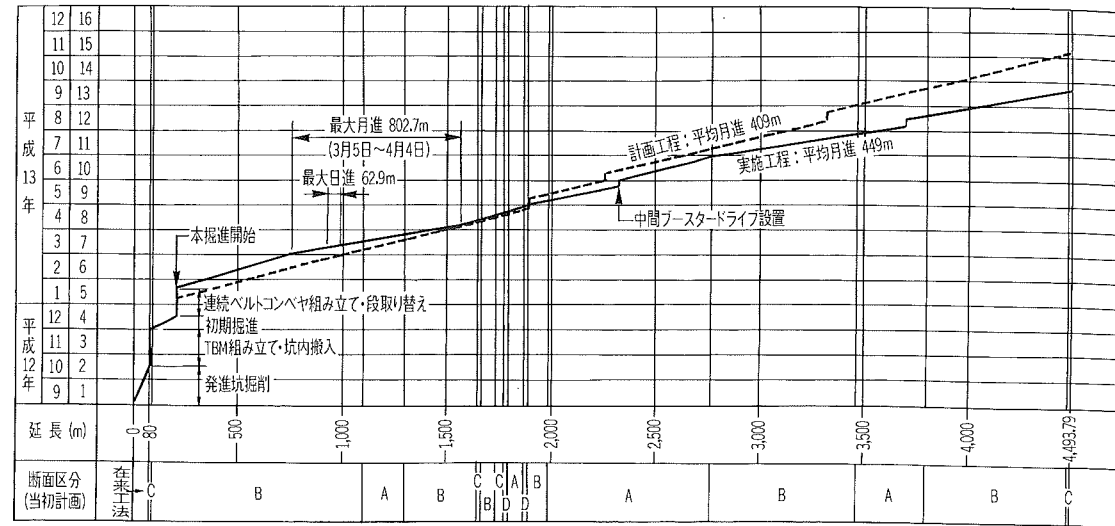


図-8 計画・実績工程

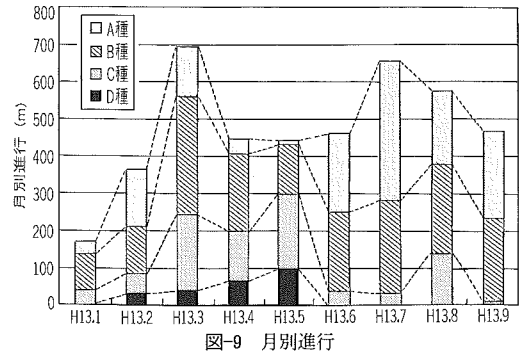


図-9 月別進行

坑外ベルトコンベヤのトラブルは、冬季に集中していた。これは、坑外ベルトコンベヤが屋外に設置されており、積雪や凍結による影響を受けやすかったためである。対策として、乗継部や駆動部の保温養生を徹底するとともに、運転時の巡回点検を頻繁に実施することで、大きなトラブルを未然に防ぎ、トラブルによる掘削時間のロスを減少させることができた。

図-11はTBMのトラブルを発生部位ごとに分類したものである。この中では、No.1ベルトコンベヤのトラブルがもっとも多かった。これは以下の理由によるものと思われる。

- ① No.1ベルトコンベヤは切羽に一番近いため、取り込みずりや湧水の影響を受けやすい。
- ② No.1ベルトコンベヤはメインビーム内に収められており、頻繁な点検が困難である。

作業開始前や段取り替えの際に、点検と清掃の実施を徹底することでトラブルは大幅に減少した。また、日常点検を綿密に実施することで、トラブルにつながる予兆を確実に把握するよう心掛けた。この結果、大きなトラ

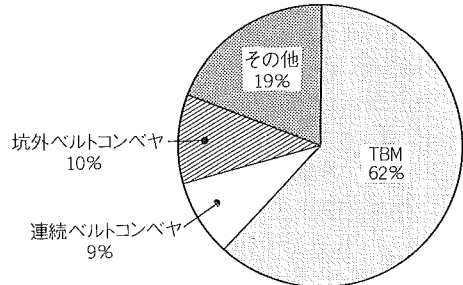


図-10 トラブルによる掘削停止時間の内訳

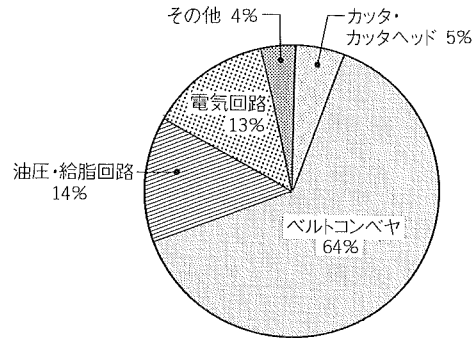


図-11 TBMトラブルによる掘削停止時間の内訳

ブルに発展する前の処置が可能になり、掘削後半には週間サイクルの中に定期点検日を設けたことにより、さらに安定した進行につながった。

5-3 サイクルタイム

図-12は、計画と実績のサイクルタイムを、支保パターンごとに比較したものである。

いずれの支保パターンにおいても、1ストローク(1.5m)あたりのサイクルタイムは、計画値より短縮することができ、稼働率は46~53%となっている。計画時のサ

イクルタイムの中には、トラブルによる掘削停止時間が含まれていないことを考えると、非常に高い値である。

このサイクルタイムの短縮は、段取り替えおよびカッタ交換時間の短縮とともに、以下のような理由による結果であろう。

- ・カッタ交換と他の段取り替え(連続ベルトコンベヤのベルト延伸、高圧ケーブル延伸、トランス設置など)をできるだけ同日に実施した。
- ・材質の変更や点検の徹底によりカッタの消費量を削減した。

5-4 カッタ消費量

掘削開始時は、SNCM鋼のディスクカッタを使用していた。しかし、地山が固いためカッタの磨耗が早く進み、カッタの交換回数が増え、進行を妨げることが予想された。そのため、カッタ交換時間が多くかかる箇所のカッタは、材質をSNCM鋼より耐摩耗性が高いダイス鋼に変更した(No.9~13のフェースカッタ内周部を除く)。

材質変更の前後で転動距離がどのように変わったかを表-7に、これらのデータをグラフで表したものを図-13に示す。

寿命比率は、1.43倍から1.81倍と開きはあるものの、材質を変更したことで転動距離が大幅に伸び、カッタの交換頻度が減少した。このことは、前述のサイクルタイムの短縮に大きく寄与している。

作業開始の前後には、カッタの磨耗量と磨耗状況の点検を実施した。偏磨耗の兆候があるカッタは、磨耗量の

管理値(ゲージ10mm、フェース15mm)以下でも交換した。その結果、カッタハブ(軸受け部)の損傷はほとんど見られなかった。

表-7 材質によるカッタの寿命比較

カッタ分類	平均転動距離 (m)		倍率 (B/A)
	SNCM鋼(A)	ダイス鋼(B)	
A(No. 1~8)	412,493	745,264	1.81
B(No. 9~13)	768,833		
C(No.14~23)	738,598	1,079,367	1.46
D(No.24~26)	524,015	748,432	1.43

注)A: センタカッタ
B: フェースカッタ(内周部)
C: フェースカッタ(外周部)
D: ゲージカッタ(最外周部)

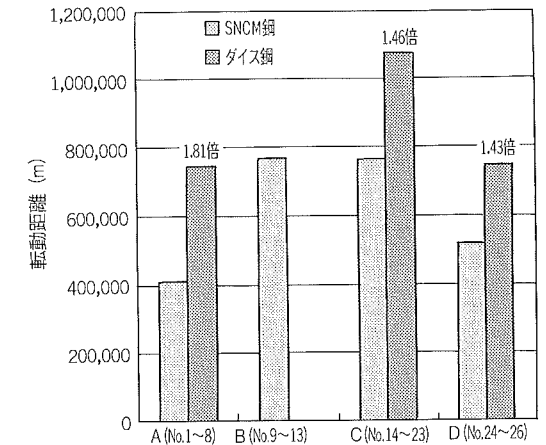
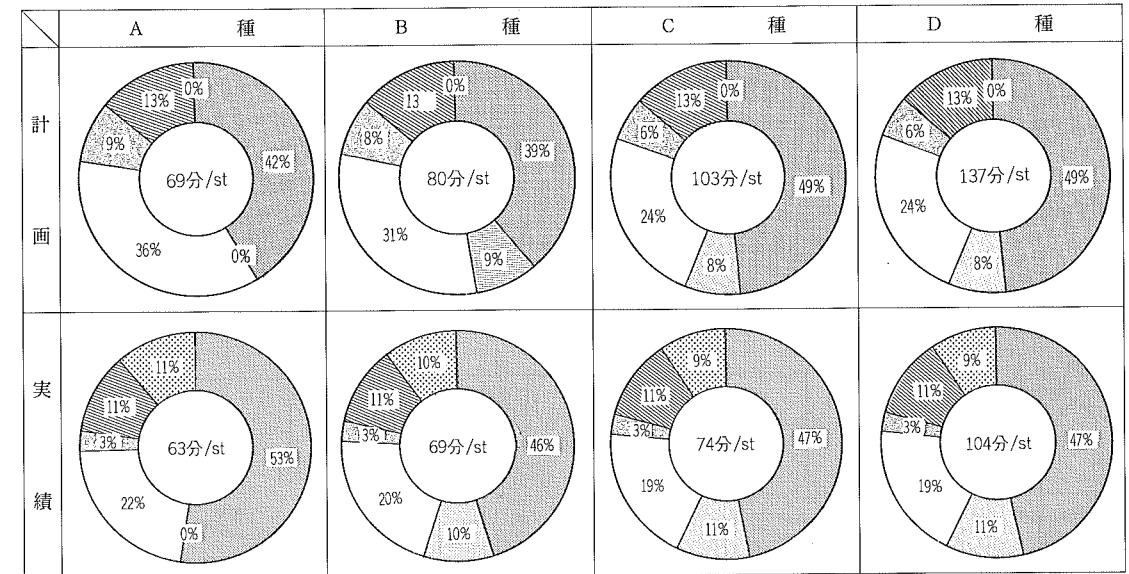


図-13 材質によるカッタの寿命比較



掘削・盛替え 段取り替え・カッタ交換 入退坑その他
支保・吹付けなど 定期点検・整備 トラブル

図-12 サイクルタイム

注: 1ストローク=1.5m

6. TBMの掘進管理

TBM工法は、NATM工法や在来工法に比べて、切羽直近での支保設置は難しく、切羽の観察は掘削径から約1.5~2D後方になる(D:掘削径)。このこととTBMの高速掘進性を活かすには、「切羽および切羽前方の地質状況を早期に正確に把握し、これにより合理的な支保を選定する」、「不良地山対応時間を短縮し、TBM掘進の経済性および安全・品質を確保する」ことが大切である。

このため、坑内観察調査に加えてリアルタイムなTBM機械データを用いることにより、地山等級評価や支保パターン選定評価のための数値化を試みた。

6-1 支保パターンの選定

本工事で採用したオープン型TBMの切羽観察調査と支保施工位置は、カッターヘッドが位置する切羽面から5m後方(ルーフサポートおよび4サイドサポート後端)となる。

支保パターンの選定は、1ストローク掘進終了後に、

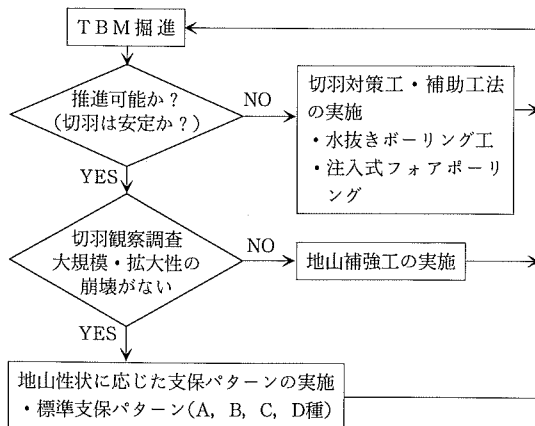


図-14 支保選定フロー

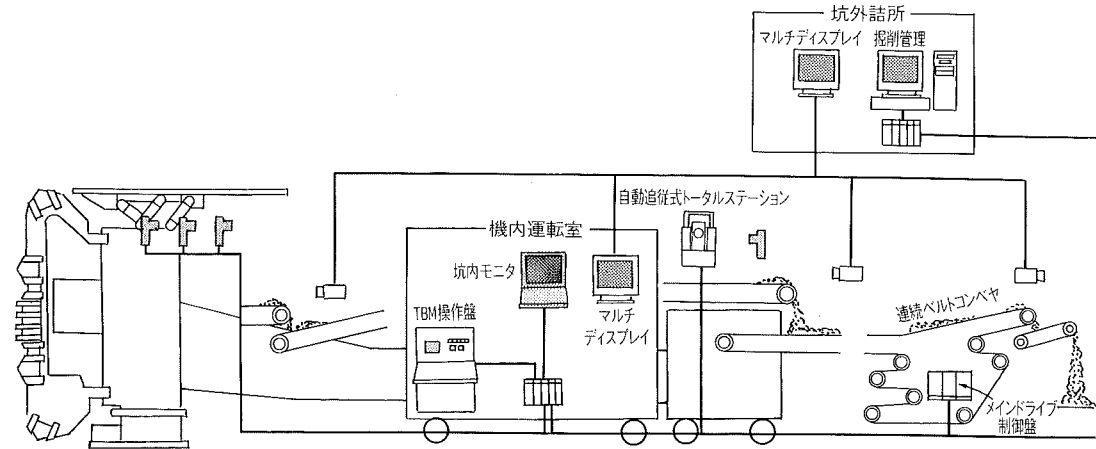


図-15 掘削管理システムの概要

この位置で切羽観察調査を実施し、地山性状に応じた標準支保パターンを決定する(表-6および図-14)。切羽の自立不足や連続した大規模・拡大性の崩壊が認められた場合は、切羽対策工、地山補強工を実施する。このことから、TBMの掘進速度やトンネル品質は、この位置での地山性状に支配される。

6-2 TBM掘削管理システム

6-2-1 システム概要

掘削管理システムは、①掘削データ監視システム、②坑内外監視システム、③自動測量システムから構成される。図-15は掘削管理システムの概要図である。

掘削データ監視システムは、掘削中の各種機械データをリアルタイムに取り込み、坑外の現場事務所に設置したホストコンピュータに保存するものである。保存されたデータは、任意のデータ項目について分析が可能である。

坑内外監視システムは、坑内外各所に設置された4台のカメラの画像を、TBMのオペレータキャビンおよび現場事務所のモニターで監視できるものである。カメラは以下の4か所に設置した。

- No.1~No.2ベルトコンベヤ乗継点
- No.3~連続ベルトコンベヤ乗継点
- 連続ベルトコンベヤ~坑外ベルトコンベヤ乗継点
- 発進基地

No.1~No.2ベルトコンベヤ乗継点のカメラは、掘削ずりの形状や性状を、もっとも切羽に近い位置で把握できるように設置した。その他の乗継点のカメラは、ずりによるホッパーのつまりや、ベルトコンベヤの稼働状況を監視する目的で設置した。

自動測量システムは、自動追尾式のトータルステーション、TBM機内に取り付けられた3個のターゲット、および後方のターゲットから構成される。各ターゲットをトータルステーションで自動追尾し、2cm間隔でTBM

先端の座標とTBMの姿勢を計算する。これらの値も掘削データ監視システムにリアルタイムで取り込み、機械データとともにオペレータキャビンと現場事務所のディスプレイに表示する。

6-2-2 機械データの評価

TBM掘削では、切羽はTBM本体に隠れており、切羽観察は難しいので、ルーフサポートおよびサイドサポート後端から徐々に現れてくる地山面が地山等級評価の対象となる。

ルーフおよびサイドサポート後端での切羽観察に先行して、TBMの機械データから地山等級を予測することができれば、適切な支保パターンの選択ができるようになる。

当トンネルでは、TBM機械データの一部を用いて、1ストロークごとに掘削エネルギー値として数値化した。掘削エネルギー式は次式とした。

$$Et = \{F \times 1000 + 2\pi(N \times T \times 1000 \times 1000) / V\} / A$$

Et: 掘削エネルギー (N・mm/mm²)

F: スラスト推力 (kN)

N: カッター回転数 (rpm)

T: カッタートルク (kN・m)

V: 掘進速度 (mm/min)

A: 掘削断面積 (mm²)

全ストロークの掘削エネルギー値とその平均値を実施支保パターン別にプロットしたものを図-16に示す。

坑口より2,100mから2,400mにかけては、地山状況の変化が激しく、実施した支保パターンも目まぐるしく変わった。この区間での実施支保パターンと掘進速度、カッターヘッドトルク、スラスト推力、および掘削エネルギー値をプロットしたものを図-17に示す。これから、掘削エネルギー値から推定した支保パターンと実施支保パターンとの間には、類似した傾向が見られる。

また、支保パターンは、目視による地山性状の観察や、崩落の有無などにもとづいて決定するが、掘削エネルギー値とその変化より、地山等級の推定が可能であることが示唆された。

6-2-3 自動測量システム

自動測量システムによって記録されたTBM先端位置の垂直方向および水平方向の偏差量を図-18に示す。

偏差の管理基準値は上限および下限と

もに100mmであったが、実際の掘削においては80mmの偏差値を目標として管理した。トンネル全線にわたって管

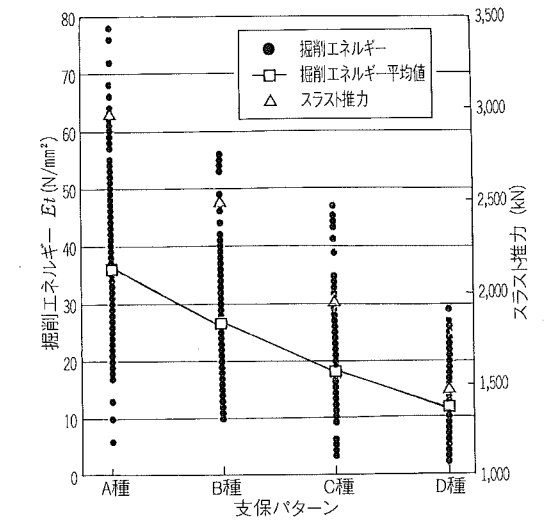


図-16 支保パターンと掘削エネルギー・スラスト推力の関係

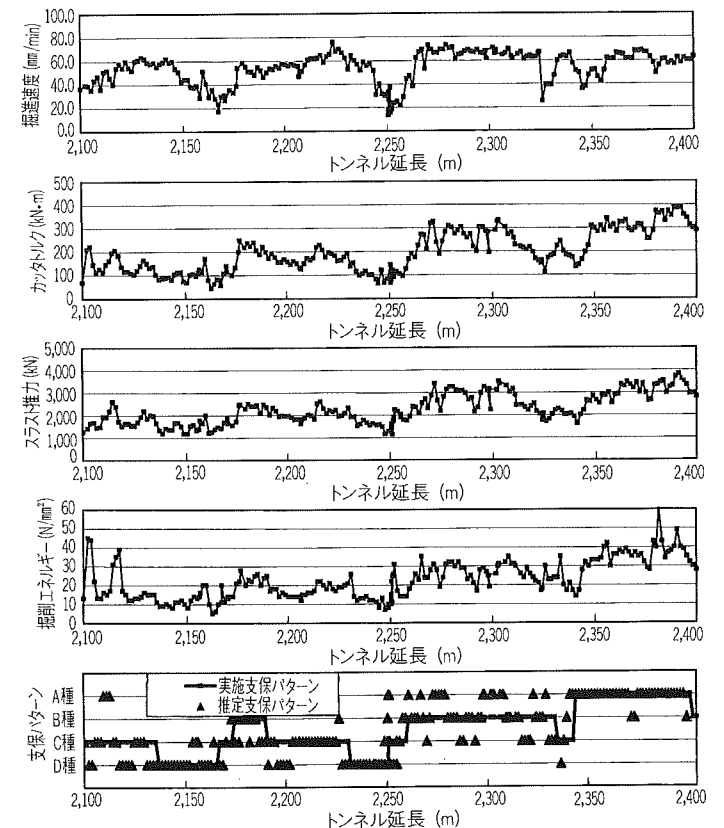


図-17 掘削エネルギーによる支保パターンの分類

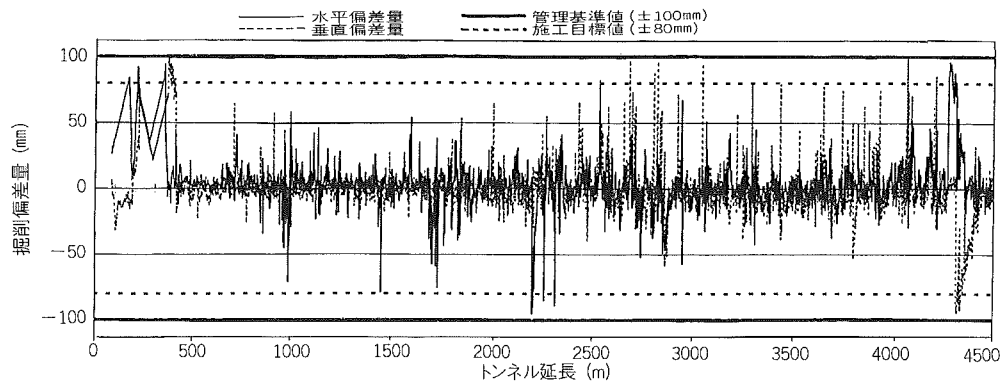


図-18 TBM先端の偏差量

理基準値を超えることはなく、到達点における偏差量は、水平方向では-7mm、垂直方向では+4mmであった。このように高い掘削精度が確保できたのは、自動追尾式トータルステーションの測量精度の高さによるところが大きい。

この方法は、従来のジャイロコンパスとレベルセンサの併用による計測に比較して、以下のような利点がある。

- ① TBMに設置したミラーターゲットを使用して、直接測量するため精度が高い。
- ② 2cmごとという短い間隔で位置が把握できるため、掘削中の精度管理が容易である。
- ③ 自動追尾式トータルステーションの盛替え間隔が200mであるため、昼夜作業間の日常のチェック測量が不要である。

7. おわりに

長い小断面導水路トンネルの掘削にTBM工法を採用し、高速施工を計画した。平成12年12月の初期掘進開始から平成13年9月の貫通までの間、比較的順調にTBM

掘進ができ、計画工程より約1.5か月早く貫通した。この理由として以下のようなことが挙げられる。

- ・大規模な破砕帯などはなく、ほぼ全線にわたり中硬岩～硬岩の堅固な岩盤であり、地山条件に恵まれたこと。
- ・トラブル対応を早期・迅速に実施し、稼働率向上を心がけたこと。
- ・カッタの交換頻度を低減し、段取り替え時間を削減したこと。

以上に述べたように、TBMが備えている高速掘進性能を可能な限り発揮させるには、地山性状に応じた支保パターンの選定と、TBM機械能力上限に近い性能でのマシンオペレーションおよびTBM稼働率の向上のため日頃の努力などが重要であることが再確認された。

現在は、坑内作業をすべて完了し、平成14年8月無事故・無災害で工事を竣工し、平成15年1月の発電開始を待つのみとなっている。

最後に、当工事の施工に際し、多大なるご指導とご支援を頂いた関係各位に心から感謝する次第である。

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は当社所定の投稿規定により執筆して頂きます。投稿規定は、本年1月号(Vol.33, No.1)巻末に掲載されています。また、ご請求があり次第お送りします。
 2. 原稿のボリュームは、原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)。
 3. 原稿掲載の採否は、本誌編集委員会で審査のうえ決定します。
 4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお送りします。
 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)



研究

砂質土地山の切羽安定性に関するパラメータ解析

木谷日出男* 太田岳洋**

1. はじめに

トンネル掘削上の問題となる地山条件の一つに固結程度の低い砂質土、粘性土およびそれらが成層した土砂地山がある。この地山は高い地下水位を伴うことが多く、これらの条件の組み合わせによっては切羽の自立性の低下により切羽流出の発生など、掘削を困難とする重大な要因となる。筆者らはこれらの地山条件のうち、主に砂質土を対象とした一連の実験的検討を行い、切羽自立性に関する評価試験法の提案¹⁾や、土槽を用いて切羽流出の発生を再現することによりそのメカニズムや周辺地盤の物性変化を伴う挙動について考察した²⁾。

本論では、さらに砂質地山におけるトンネル周辺の挙動と切羽の安定性を数値解析により評価するために、大変形理論にもとづいた流体流動-力学連成解析手法により土槽実験結果²⁾の再現を試みるとともに、砂質土地山における突トンネルを想定したパラメータ解析を行った結果を述べる。

2. 解析手法の基本原則

未固結砂質土は非線形性の強い材料であり、かつ解析上の重要な条件として地盤中の地下水位および流動を考慮した変形挙動を検討する必要がある。このため、大変形理論の数値解析に適用性が高いこと、地下水問題との連成解析が可能なこと、などを考慮し以下の解析では陽解法にもとづく有限差分解析法(解析コードFLAC^{3D)}を採用することとした³⁾。

FLAC^{3D)}の力学計算の基本方程式には、(1)式のCauchyの運動方程式が適用される。

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_i} + \rho g_i = \rho \frac{\partial u_i}{\partial t} \quad (1)$$

ここに、 σ_{ij} は応力テンソル、 ρ は単位体積重量、 g_i は重力加速度、 u_i は速度である。

* (財)鉄道総合技術研究所防災技術研究部地質研究室長
** " " " " 主任研究員

また、物質中の流体流動は(2)式の質量平衡式を基本方程式とし、地下水流動に関するもっとも基本的な法則であるダルシー則を伝達則とする。流体構成式は間隙水圧、体積ひずみに対応し、さらに間隙水圧の影響が力学構成則の増分式で示されることにより、流体流動-力学を連成させることが可能となる。

$$-\frac{\partial q_i}{\partial x_i} + q_v = \frac{\partial \zeta}{\partial t} \quad (2)$$

ここに、 q_i は流動ベクトル、 q_v は流体供給の体積強度、 ζ は単位体積あたりの流体含有量変化である。

3. 土槽実験のシミュレーション

3-1 実験方法²⁾

実験に用いた装置の概略図を図-1に示す。装置は、模擬地盤を作製する土槽部と、土槽部に模擬地下水を供給する水槽部からなる。土槽部前面はアクリル板とし、図-1に示した位置に直径10cmの穴を開け、そこに鉄製円筒を挿入して模擬トンネルとした。

また、実験中の模擬地盤内の底面水頭分布を観測するために、土槽部底面のトンネル軸上の7か所にマノメータを設置した。実験に用いた砂質土は稲城砂および佐原砂の2種類の砂質土試料で、粒度分布から稲城砂は「細粒分まじり砂(S-F)」に、佐原砂は「粒度のわるい砂(SP)」に分類される。

実験は、模擬地盤を作成後に模擬トンネルを掘削し、水槽水位の調整により地盤に水圧を負荷する条件で行った。

模擬地盤の密度は、模擬地盤作成時の転圧回数により管理し、作成時に定位置で、密度測定を行った。また、水槽水位は水頭分布および地盤状態が見かけ上安定するまで保持し、その後水位を上げることにより模擬地盤に作用する負荷水圧を段階的に上昇させる方法により、模擬トンネルの切羽が下記の流出状態となるまで行った。実験では、切羽で発生する現象を次のように定義し、以降の検討での比較基準とした。

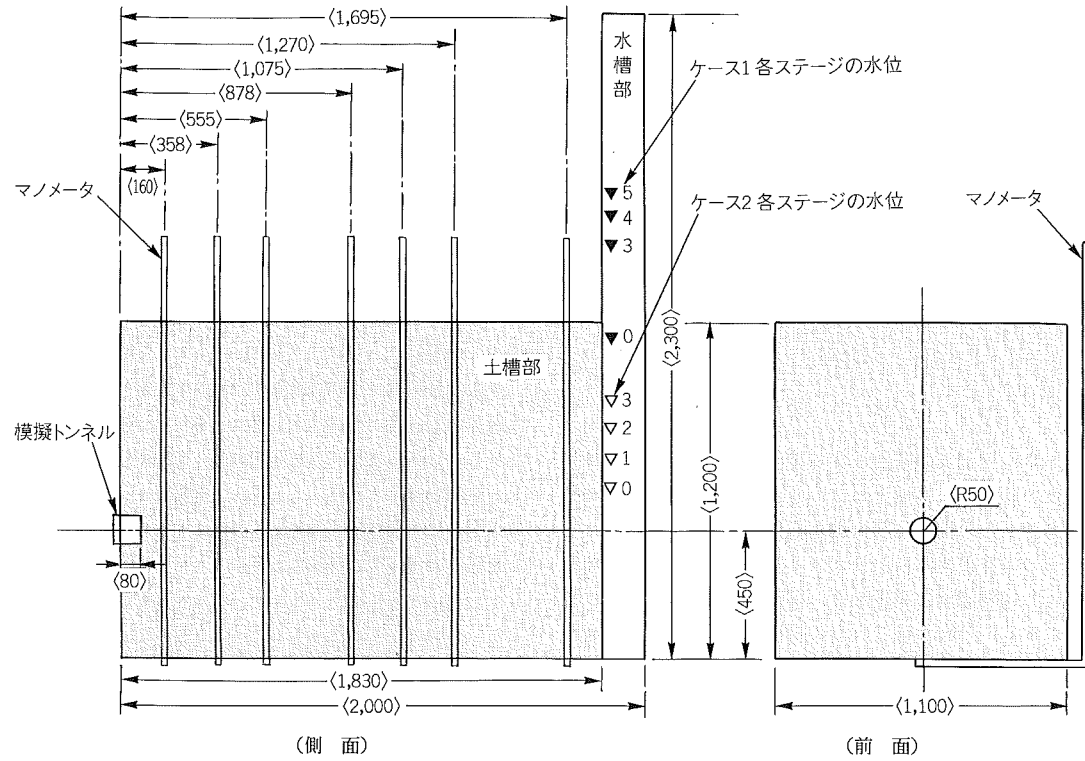


図-1 実験土槽概略図

- ① 表層崩壊：切羽の一部の浅部をすべり面とする崩壊。
- ② 深部崩壊：表層崩壊よりも明らかに深いすべり面での崩壊。
- ③ 流出：砂質土の模擬地盤の断続的な崩壊と定常的な運搬、あるいは大規模な土砂流出。

3-2 実験ケースと結果²⁾

均質地盤、層状地盤など8ケースで行った実験²⁾のうち、本論では稲城砂の均質模擬地盤(ケース1)、佐原砂の均質模擬地盤(ケース2)について検討する。両実験ケースの設定水槽水位条件と、そのときの切羽に発生した現象を表-1に示す。いずれのケースも、深部崩壊に至るま

表-1 水槽水位と切羽での現象

水槽水位条件	ケース1		ケース2	
	水位 (mm)	切羽状態	水位 (mm)	切羽状態
設定初期状態	485	—	308	—
ステージ0 (開始)	1,132	—	602	—
ステージ1	1,352	安定	706	安定
ステージ2	1,400	安定	807	表層崩壊～深部崩壊
ステージ3	1,463	表層崩壊	909	流出
ステージ4	1,574	深部崩壊		
ステージ5	1,653	流出		

では切羽周辺のゆるみに伴う小規模なすべりの発生、また流出の段階では切羽前方あるいは周辺の地盤が大きく流動状態に移ることで特徴づけられる。ただし、切羽周辺における砂質土の流出状況と最終的な空洞の発達形態²⁾から、ケース1ではトンネルの延長部の砂質土が水圧により押し出された形態であるのに対し、ケース2ではトンネルの延長部だけでなく側方側からも広範囲に地下水流による浸食と砂粒子の流動が主に発生したと考えられる形態を示す。

3-3 土槽実験結果のシミュレーション

3-3-1 解析に用いた砂質土の物性条件

模擬地盤をMohr-Coulomb弾塑性体として解析を行った。また、解析を行った両ケースの入力物性条件を表-2

表-2 土槽実験シミュレーション解析の入力物性値

実験ケース	ケース1		ケース2	
	ケース1	ケース2	ケース1	ケース2
弾性係数 (MPa)	5.79	44.7		
ポアソン比	0.3	0.3		
乾燥密度 (kg/m ³)	1,520	1,500		
粘着力 (MPa)	0.000	0.003		
内部摩擦角 (°)	32	36		
ダイレイション角 (°)	15	15		
引張強度 (MPa)	0.0	0.0		
透水係数 (10 ⁻⁶ m/s)	30	100		
間隙率	0.52	0.46		

に示す。弾性係数、内部摩擦角、粘着力および間隙率は、ケース1については相対密度90%、ケース2については相対密度60%における三軸試験結果を用いた。乾燥密度はそれぞれ実験開始前に測定した。透水係数は非定常飽和・不飽和2次元浸透流解析法を用いて実験の測定結果をフィッティングさせることにより求めた。その他の入力物性値は砂質土として推定される適切な値を与えた。

3-3-2 解析における水圧条件

間隙水圧分布の初期条件は、ステージ0に設定した時点の水槽部水位(表-1)および土槽部のマンメータ値を底面間隙水圧に換算して設定し、計算時の間隙水圧分布の初期条件とした。各ステージの水槽水位に対応する土槽部の底面間隙水圧は、同様に表-1に示した水位から換算して設定した。また、ステージ1以降の間隙水圧分布の初期条件は、前ステージ計算終了時の間隙水圧分布とした。

3-3-3 計算手法

計算手順は、次のとおりである。

- ① ステージ0における間隙水圧の初期条件と境界条件下で2000ステップの計算を実行する。なお、計算ステップ数は試算などの検討結果から決定した。
- ② 計算結果の土槽部間隙水圧分布と実験の圧力水頭分布とを比較する。
- ③ 両者の分布がほぼ近似するまで、①、②をくり返す。
- ④ ステージ1以降については、地盤中は前ステージの最終計算結果の間隙水圧分布を、また、水槽部はそれぞれのステージの水槽水位に相当する間隙水圧を初期条件とし、同様に2000ステップの計算を実行する。
- ⑤ 計算の間隙水圧分布が実験の圧力水頭分布に近似するまで、2000ステップの計算をくり返し実行する。
- ⑥ ④～⑤を実験において流出状態となったステージまでくり返し行う。

3-3-4 解析結果

シミュレーション結果のうち、切羽における最大変位量、切羽周辺の最大流速ベクトルの大きさ、間隙水圧分布の形態の特徴の概略および最大主応力値を表-3に示す。

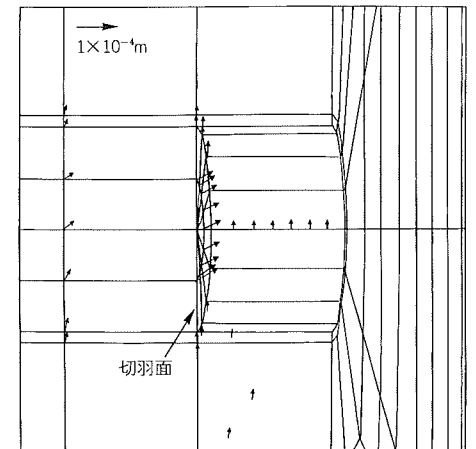
(1) 稲城砂を用いたケース1

1) 切羽における最大変位量

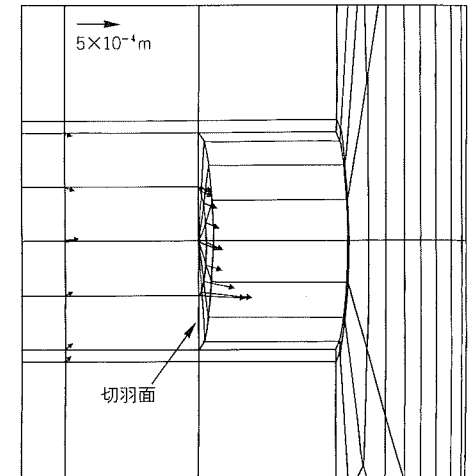
切羽における最大変位量はステージ4～5にかけて1桁大きくなる。これは、実験時のステージ4では比較的ゆるやかな変形が生じ、ステージ5では急激な変形が生じたことと調和的である。図-2にステージ4および5の切

表-3 シミュレーション結果の概要

実験ケース	ステップ	切羽の最大変位量 (10 ⁻⁴ m)	最大流速ベクトル (10 ⁻⁴ m/s)	間隙水圧分布の特徴	最大主応力値 (10 ⁴ Pa)
1	0	0.463	0.164	滑らかな曲線状	2.077
	3	0.622	0.186	滑らかな曲線状	2.538
	4	0.682	0.183	滑らかな曲線状	2.693
	5	7.463	1.725	切羽前方に負の間隙水圧領域の出現	4.586
2	0	0.040	0.199	直線的傾斜分布	1.719
	1	0.043	0.249	直線的傾斜分布	1.793
	2	0.047	0.280	滑らかな曲線状	1.889
	3	0.051	0.302	滑らかな曲線状	1.994



ステージ4：切羽崩壊前(比較的均等な微小変形)



ステージ5：切羽崩壊時(切羽下部で大きな変位の発生、回転を伴う変形モードが変位速度ベクトル図により確認される)

図-2 崩壊発生前後の切羽変位量解析結果(ケース1)

羽周辺における変位ベクトル図を示す。ステージ4では、切羽中心付近に均一で微小な押し出し変形が生じている。

一方、ステージ5では切羽下部でステージ4までに比べて大きな変位が生じ、変位速度などから見ても切羽前方にすべり面が生じたと考えられる。

2) 間隙水圧分布と地下水流動

ステージ4までの間隙水圧分布は、トンネル軸方向には水槽部から切羽までの模擬地盤中で滑らかな曲線状の分布形状を呈し(表-3)、地盤内の間隙水圧は安定した分布を示す。また、地下水は模擬地盤内全域で供給源の水槽から土槽前面への水平方向のベクトルが卓越する状態と見なされ、模擬地盤内を層流状に流動していると考えられる。

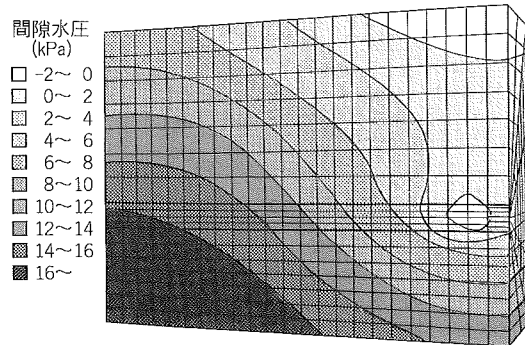
一方、ステージ5では切羽の前方約40~20cmのトンネル延長部に間隙水圧分布曲線の急勾配域、さらに切羽から前方約16cmの区間に間隙水圧が負となる領域が現れる(図-3)。流速ベクトルはこの負の間隙水圧領域へ向かう流動を示し、最大流速ベクトルも顕著に増大し、地下水の流れが急激に速くなる。

3) 主応力分布

ステージ4までは、切羽周辺でもほぼ深度に応じた鉛直方向と水平方向の圧縮主応力が発生する。これに対し、ステージ5では切羽近傍にごく小さな引っ張り主応力が発生し、その周辺部に切羽を中心とした放射状方向の圧縮応力が発生する。また、主応力の最大値はステージ5で急増する(表-3)。

(2) 佐原砂を用いたケース2

実験ではステージ2で表層崩壊から深部崩壊に至り、ステージ3で流出現象が生じたが、解析ではステージ3の条件に至っても切羽の最大変位量、最大流速ベクトル、間隙水圧分布形状に大きな変化は認められず、切羽の最大変位量は、 $5.094 \times 10^{-6} \text{m}$ と非常に小さな値となった(表-3)。ステージ3でも、切羽中心部にごく微小な押し出し変形が見られる程度である。主応力は各ステージで土槽の深度に応じた分布を呈し、水平成分に比べ鉛直成



切羽前方に負の間隙水圧領域、大きな動水勾配を示す急勾配域が特徴的に発生する。
図-3 切羽崩壊時の間隙水圧分布(ケース1, ステージ5)

分の圧縮応力が卓越する。間隙水圧分布はステージ3までゆるやかな層流状の流れと考えられる。

3-3-5 切羽崩壊現象の再現性

稲城砂を用いた土槽実験(ケース1)のステージ5に相当するシミュレーションでは、ステージ4までに比べて切羽での変位量や変形形態が異なり(図-2)、切羽周辺での応力状態や間隙水圧分布(図-3)なども急激な変化を示した。このことは、実験においてステージ4からステージ5にかけて切羽状態が急激に変化し、流出に至ったことと一致する。しかしながら、解析結果における流出時の切羽最大変位量は小さく、さらに表層崩壊、深部崩壊発生時の切羽の不安定化も再現されていない。次に、ケース2のシミュレーションでは切羽での変形は流出段階(ステージ3)の条件に至っても微小であり、実験結果は再現できなかった。

この原因として、両実験結果の現象的な相違点と解析的結果について次のような関係が考えられる。前述のように、ケース1とケース2の変形、崩壊形態は、前者が間隙水圧の発生により押し出された形態であるのに対し、後者は地下水による浸食と土粒子の流動で特徴づけられる。一方、FLAC^{3D}による連成解析では前述の3-1に示したように流体の流れに伴う間隙水圧の変化が応力の変化に反映される³⁾。このため、本解析手法により間隙水圧の変化に伴う急激な状態変化を生じたケース1の流出段階は現象と解析結果が一致したのに対し、ケース2で見られた現象は再現できなかった可能性がある。

上記の考察結果は、連続体解析手法であるFLAC^{3D}では、粒状土の特性に関わる挙動が再現できないことを示す。この点で、解析手法の適用性の問題を残す結果と考えられる。一方、粒状土の集合体である未固結砂層でもケース1の流出段階のように有意な間隙水圧の勾配に伴う変形量などの急激な変化が再現された。よって、地下水による地盤内部の浸食や土粒子の流動の影響が少ないと仮定できる場合は、本解析手法は砂質土地山のトンネルの切羽安定性を検討するうえで地下水の浸透力による影響を評価できると考えられる。この場合、解析的に再現される急激な状態変化として次のような特徴が切羽面ないしその近傍で認められる(図-2, 3)。

- ① 切羽面の回転成分を伴う変形挙動
- ② 圧縮応力の減少ないし引っ張り応力の発生
- ③ 切羽近傍で間隙水圧分布に急勾配域の発生
- ④ 切羽近傍で負の間隙水圧領域の発生

4. 砂質土地盤の切羽安定性パラメータ解析

標準的な均質砂質土地盤中に掘削されるトンネル切羽をモデル化し、その状態変化に関わる地盤条件と地下水

条件をパラメータとして、流体流動-力学連成解析を行った。

4-1 解析モデル

地盤モデルの解析領域はトンネル軸方向での左右軸対称性からトンネルを含む半断面モデルとし、80m×80m×80mとした。解析領域上面部は地表面に相当する。トンネルは、深さ40m(解析領域の中心)の位置に、半径5m(うち覆工厚0.2m)、掘削長20mとしてモデル化した(図-4)。

なお、トンネルの掘削および支保は目的とする切羽前方の挙動のみを検討するため、覆工をステンレス製の模擬トンネル覆工に相当する剛性の高いリングとしてモデル化した。

4-2 物性条件

解析を行う地盤モデルは均質砂質土地盤とし、Mohr-Coulomb弾塑性体として解析を行った。また、解析には地盤材料の力学条件および流体流動に関わる各物性値を設定する必要がある³⁾。

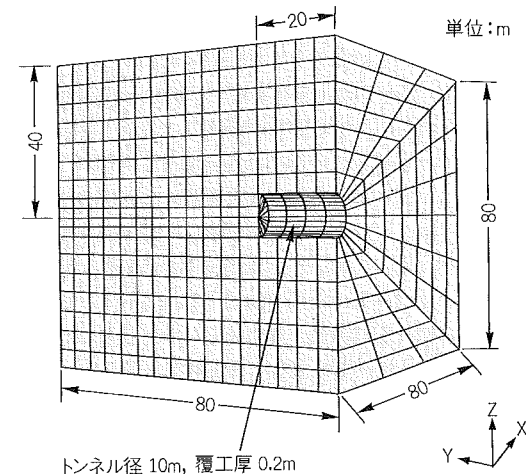


図-4 解析モデル(パラメータ解析)

表-4 パラメータ解析の標準砂質土地盤モデルの設定物性値

相 対 密 度	Dr (%)	標準N値	弾性係数 E (MPa)	ポアソン比 ν	内部摩擦角 φ (°)	密 度 ρ (t/m ³)
緩 い	0~40	0~10	29	0.4	29	1.63
中 位 の	40~50	10~20	50	0.35	32	1.84
やや密 な	50~60	20~30	110	0.35	34	1.84
密 な	60~80	30~50	210	0.3	38	2.04
かなり密 な*	80±	50±	320	0.3	41	2.04
十分密 な*	80~100	50~	430	0.3	42	2.04
非常に密 な	100<	50<<	850	0.3	45	2.04

注1) 網掛け部は本解析条件として設定した物性値である。
注2) 網掛け部以外は主に文献4)~8)による。

まず、必要な各種力学物性値については未固結砂質土の強度特性を表すのに広く用いられるN値や、これまでの研究で重要とした相対密度^{1), 2)}との対応を考慮し、既往資料^{4)~8)}を参考として、表-4に示す7種類の地盤条件(強度物性パラメータ)を設定し、入力物性値とした。

このうち、表中で網掛け部として示す2つの条件は、N値-弾性係数、および相対密度-弾性係数の各関係がそれぞれ指数関数で回帰される線形関係にあることから補間して求めたものである。なお、これらの回帰式から、N値と相対密度の間には(3)式に示す一次回帰される関係が導かれる。

$$N = 0.83 \cdot Dr - 17.5 \quad (3)$$

ここに、N: N値, Dr: 相対密度(%)である。

4-3 地下水条件

次に、地下水については初期水頭を地盤モデル中で定水位に設定し、トンネル掘削後はY方向(図-4)の地盤奥側の水位固定、トンネル切羽面のみで流出する条件で解析を行った。具体的には、前述の表-4に示す解析入力値による7種類の地盤条件ごとに、地下水のない状態(水位0m、モデル地盤の底面に相当)、トンネル施工基面(水位35m、トンネル底面高さ)、後は5m間隔で水位80m(地表高さに相当)まで11パターンを条件とし、全77ケースの解析を行った。

4-4 解析手順

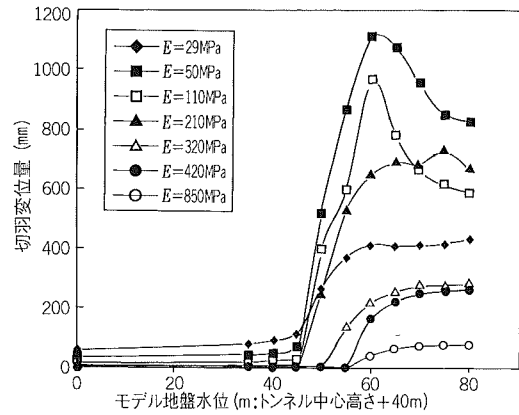
解析ケースごとに与えた各地盤の物性値と設定初期水頭の条件で初期応力状態の収束計算を行う。次に、20mのトンネルを掘削し、変位が収束するまで解析ステップをくり返した。また、この解析の過程で予め設定した節点位置での各解析ステップでの変位量、間隙水圧の解析ヒストリー(解析上の初期状態から収束するまでの計算ステップごとの時系列変化)をとり、解析結果の検討資料とした。

4-5 解析結果

前述した土槽実験のシミュレーション結果から、3-3-5に示した①~④の特徴は、解析上の切羽崩壊発生の認定条件と考えられる。以降に示す各パラメータ分析結果については、これを前提として検討を行った。

4-5-1 切羽変位量に関する解析結果

各パラメータ解析結果は計算上の収束時の切羽最大変位量および事前に設定した節点位置の変位量として得られる。ここで、本解析法では回転成分をもった大変形の発生などに



注1) Eは地盤の弾性係数である。
 注2) モデル地盤水位は図-4の解析モデルで底面を0m、地表を80mとするz方向の高さである。
 注3) 切羽変位量は、計算収束時の最大変位量である。

図-5 地盤種別ごとの初期水頭と最大変位量の関係
 より、最大変位発生位置はケースごとに異なる。このため、各解析ケースごとの比較を行う目的から、計算収束時の切羽面上の最大変位量を求め、解析条件とした地盤種別ごとに初期水頭との関係から整理して図-5に示す。なお、各地盤条件は、その弾性係数で表示する。

この図から次の特徴が認められる。
 (1) 設定した地盤種別ごとの最大変位量は低水位条件では弾性係数が低いほど大きな変形量を生じさせる。この関係は高い水位条件でも、 $E=29\text{MPa}$ の地盤条件を除けば同様である。

(2) 本解析で用いた弾性係数の範囲では、 $E=29\text{MPa}$ を除けば、発生する変位量は $E=210\text{MPa}$ と 320MPa の地盤条件の間で有意な差を示し、その形態や量が大きく異なる。なお、 $E=29\text{MPa}$ の地盤での変位発生の特徴については後述する。

(3) 初期水頭の条件から見ると、弾性係数が $E=210\text{MPa}$ 以下の範囲ではトンネルの天端高さにあたる+45mを越えると変位量が急増する共通の特徴がある。これに対し、 $E=320\text{MPa}$ 以上では+55ないし60mから比較的緩やかな増加を生じ、解析上の最大水位+80mまで変位量は大きく増加しない。

4-5-2 地下水に関する解析結果

解析条件とした初期水頭については、物性の異なる各地盤ごとに明らかな変位の急増する圧力水頭が認められる(図-5)。詳細は省略するが、この急増部の前後、および地盤条件別の解析上の特徴を地盤中の間隙水圧分布に着目してその結果のみ以下に整理する。

(1) 解析モデル地盤中の切羽からの離隔距離5mの節点位置での間隙水圧の計算値のヒストリを比較すると、初期の計算ステップでは初期水頭の高さに応じ、高い間

隙水圧状態に始まり、低下することで安定する。ただし、初期水頭が変位急増部より低い条件ではその変化は緩慢であるのに対し、それ以上では急激な変化となり、その後、収束するまでの間も変動が大きい。

(2) 計算収束時の切羽近傍の間隙水圧勾配をとると、変位急増部より低い初期水頭条件では切羽近傍から地盤深部まで小さな水圧勾配をとるのに対し、高い場合は切羽近傍10mないし20m区間に大きい圧力勾配が形成される。なお、地盤強度の低い条件ほどより地盤深部側に大きい圧力勾配が形成される傾向がある。

4-6 結果の考察

4-6-1 切羽の変形の発生に関する考察

前述の解析結果から、地盤条件ごとの変位の急増する以降の初期水頭条件では4-5-1(2)に示した解析上の特徴が見られ、とくに弾性係数の低い地盤条件で顕著である。すなわち、この急増部は同一の地盤条件における切羽の安定と不安定化の境界条件を示すと考えられる。この解析上の共通点から、以降では本パラメータ解析の変位が急増する初期水頭を崩壊初期圧力水頭と定義し、考察を行う。なお、図-5より各モデル地盤の崩壊初期圧力水頭は弾性係数 $E=29\sim 210\text{MPa}$ の地盤で+50m、 $E=320\text{MPa}$ の地盤で+55m、 $E=850\text{MPa}$ の地盤で+60mである。

ところで、本解析での初期水頭はトンネル掘削により突発的に帯水層に遭遇した状況に相当する。この場合、遭遇直後のトンネル近傍には初期水頭として設定した水圧がかかり、さらに地下水の流動により高い動水勾配を形成する。連成解析の結果を前述の解析ヒストリで見ると、解析初期に変位量の急増が見られる。これは、前述のように間隙水圧が解析初期に急激に低下することに伴い、その変化率が応力の増分として作用することによる。このため、初期圧力水頭が高いほど切羽にかかる水圧は高く、動水勾配も大きいために解析上の切羽安定性は地盤の物性値とともにこの初期水頭が強く関与することとなる。

次に、モデル地盤の弾性係数については、前述のように $E=29\text{MPa}$ を除けば、図-5の変形量や形態の違いから大きく2区分される。なお、 $E=29\text{MPa}$ の地盤については初期の変位速度がもっとも高いことを特徴とすることから、低強度であるために初期に大きく塑性変形し、早期に収束するために変位量が全体の傾向より小さくなったと推定される。

また、この関係は $E=50, 110\text{MPa}$ のモデル地盤に見られるピーク以降の初期水頭での変位量の低下についても同様に考えられる。

4-6-2 切羽安定性の境界条件に関する考察

以上の考察から、本パラメータ解析の結果から抽出さ

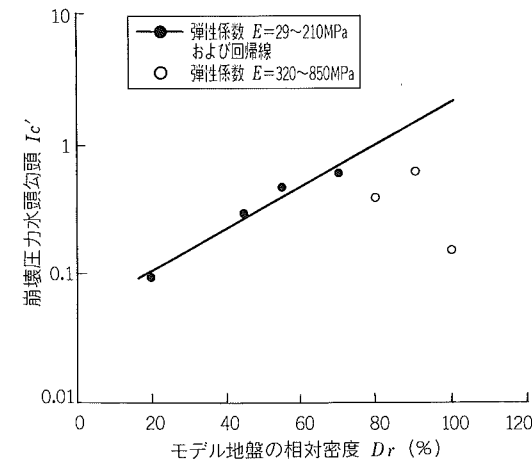


図-6 モデル地盤ごとの解析結果にもとづく切羽崩壊時の圧力水頭

れる切羽の安定性に関する指標として、モデル地盤の弾性係数および崩壊初期圧力水頭があげられる。

まず、弾性係数は切羽の変形挙動にもとづき $E=320\text{MPa}$ 以上が比較の変形量の小さい安定な砂質土地盤と考えられ、トンネル切羽の安定性の目安として得られた。この弾性係数は表-4より相対密度 $Dr=80\%$ 以上、 N 値50以上に相当する。これらの砂質土地盤の強度を示す物性はそれぞれが線形の関係にあり(3)式ほか)、その強度が高いほど崩壊初期圧力水頭も高い。

次に、崩壊初期圧力水頭については、地盤の物性値との相互関係で評価する必要があるが、 $E=320\text{MPa}$ の地盤では+55m(トンネル中心+15m)、それより弾性係数の小さい地盤では+50m(トンネル中心+10m)で不安定、ないし切羽の崩壊が発生する可能性があることが解析結果から読み取れる。ここで、これまでに進めた一連の研究結果から、切羽崩壊の発生に関わる境界条件として限界動水勾配があげられる。限界動水勾配は地下水浸透力による切羽崩壊時の圧力勾配を意味し、一連のモデル実験の成果として、相対密度と指数関数で回帰される線形関係にあることがわかっている。この回帰曲線を浸透崩壊特性曲線と呼んでいる^{1), 2)}。

本パラメータ解析結果でも前述のように切羽崩壊時に間隙水圧分布に特徴的な急勾配域が発生する。そこで、各地盤種別ごとの崩壊初期圧力水頭時の最大となる動水勾配を崩壊圧力水頭勾配(I_c')と定義し、切羽近傍の節点位置での間隙水圧から換算した圧力水頭差を各2点の離隔距離で除した値として求めた。これと、前述の地盤ごとの相対密度との関係を図-6に示す。

ここに、浸透崩壊特性曲線と同様の図化により $E=29\sim 210\text{MPa}$ の弾性係数のモデル地盤グループは前述の実験結果と同様に回帰される関係が推定される。この結果

の類似性は、このグループの崩壊圧力水頭勾配が実験的に求めた限界動水勾配に相当する境界条件であることを示唆する。これに対し、比較的安定なグループとした $E=320\sim 850\text{MPa}$ は、回帰式より低い崩壊圧力水頭勾配をとる関係にある。これは、図-5に示した切羽変位量の発生状況から、上記の低強度地盤における切羽の崩壊発生とは不安定化のレベルを異にする、言い換えれば、崩壊に至る途中の段階にある状態を示している可能性がある。

5. まとめ

本論では、未固結砂質土のトンネル切羽の自立性評価として、土槽実験結果のシミュレーション、および標準的な砂質土地盤の物性条件と地下水条件の組み合わせによるパラメータ解析に大変形理論にもとづく有限差分解析手法を適用した検討結果を述べた。結果は以下のように要約される。

5-1 土槽実験シミュレーションの結果

(1) 2種類の砂質土による土槽実験結果のシミュレーションを行った。その結果は以下のとおりである。

- ① 粒度の良い稲城砂では浸透崩壊を示す切羽近傍の急激な状態変化が土槽実験での圧力水頭条件により再現されることを確認した。
- ② 粒度の悪い佐原砂は実験で流出が発生した圧力水頭条件でも解析的に崩壊は再現できなかった。なお、実験中の観察から、両試料での崩壊形態には違いがあり、佐原砂の場合は地下水流による粒子の流れ出しが卓越する特徴が確認されている。

(2) 急激な状態変化が再現された解析ケースでは、解析結果の特徴として次の特徴が認められる。

- ① 切羽面の回転成分を伴う変形挙動
- ② 圧縮応力の減少ないし引っ張り応力の発生
- ③ 切羽近傍で間隙水圧分布に急勾配域の発生
- ④ 切羽近傍で負の間隙水圧領域の発生

(3) 以上の結果から、連続体解析手法であるFLAC^{3D}では、主に間隙水圧による押し出しで特徴づけられる砂質土の場合、その物性条件に対応した地下水浸透力の境界条件に関する評価が可能である。

5-2 砂質土地盤の切羽安定性パラメータ解析の結果

(1) 標準的な砂質土の地盤物性値の組み合わせを設定し、さらに初期水頭を変えたパラメータ解析を行った。その結果、以下の結果を得た。

- ① 切羽面の変形特性から弾性係数が小さいほど、また初期水頭が高いほど変位量は大きい。
- ② 初期圧力水頭が高いほど切羽近傍での間隙水圧の変化は大きく、その結果として大きな動水勾配を形成する。

- (2) 上記の結果から次のことが考察された。
- ① 同一地盤条件で、切羽変位が急増する際の初期水頭を崩壊初期圧力水頭と定義すると、弾性係数 $E=210\text{MPa}$ 以下では $+50\text{m}$ 、 $E=320\text{MPa}$ 以上では $+55\sim 60\text{m}$ である。
 - ② 前者のグループでは変位量の急増傾向が顕著で、後者では小さく安定した状態にある。
 - ③ 相対密度と崩壊発生時の圧力水頭勾配の関係は、実験的に得られる浸透崩壊特性曲線¹⁾の関係と類似する。

6. おわりに

本論に述べた検討結果は、筆者らが既に報告した一連の実験的な検討結果を解析的に検証したものである。その結果は、これまでの実験的な検討で得た切羽不安定化の発生に関わる地山条件とおおむね一致する入力パラメータで、解析的にも切羽の崩壊、流動の発生が再現あるいは予測されるとともに、地下水条件との関係も明らかとなった。これらの成果にもとづき、本研究の最終的な目的である砂質土での地山分類基準の設定については別に報告する予定である。

また、ここで用いた解析手法については、さらに個別のトンネル工事での問題解決に適用することで実用的な

モデル化の方法やその利用法を検討したいと考えている。本検討にあたり、九州大学工学部江崎哲郎教授、長崎大学工学部蔭宇静助教授には解析手法をはじめとする研究全般についてご指導をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 木谷日出男：砂質土の切羽自立性評価試験法の提案、トンネルと地下、Vol.32, No.3, pp.49-63, 2001.3.
- 2) 木谷日出男・太田岳洋・八戸昭一・中島英明：モデル地盤中のトンネル切羽流出に関する考察、トンネルと地下、Vol.32, No.4, pp.49-59, 2001.4.
- 3) Itasca Consulting Group, Inc. : FLAC^{3D}—Fast Lagrangian Analysis of Continua in 3 Dimensions Version 2.0 User's manuals, Itasca Consulting Group, Inc., 1997.
- 4) 土木学会：トンネル標準示方書[開削工法編]・同解説、土木学会、p.266, 1996.
- 5) Terzaghi, K. : Der Grundbruch an Stauwerken und seine Verhütung, From theory to Practice in Soilmechanics, 1922.
- 6) Terzaghi, K., Peck, R.B. : Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons, New York, 1948.
- 7) Meyerhof, G. G. : Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesionless Soils, Proc. of the ASCE, Jour. SMF Div., Vol.82, SM.1, Proc. Paper 866, pp.1-19, 1956.
- 8) 土質工学会編：土質調査法(第2回改定版)、土質工学会、1982.

R. E. グッドマン, G. H. シー著

ブロック理論と岩盤工学への応用

A5判 上製本 360頁 本体価格 4,855円 円 380円

吉中龍之進 大西有三訳

ブロック理論とは、岩盤内に分布する不連続面と自由面をなす岩盤表面、あるいは掘削面との間の三次元の幾何学的関係から岩盤の安定に影響を与える岩塊を見出す新しい手法である。

自由面と不連続面をなす不安定岩塊をキーブロックと呼び、そのブロックを安定させ岩盤全体の安定化をはかることがブロック理論の体系である。

したがって、トンネル・地下空洞・岩盤斜面などの築造に際しては、同理論の適切な活用によって安定した岩塊を確保し、支保や安全対策工の合理化・省力化をはかることができる。

〔目次〕 序説/ベクトル解析を用いたブロックの形状と安定性の記載/図解法(ステレオ投影法)/ブロックの移動可能性/ジョイント・ブロック/地表の岩盤掘削へのブロック理論の応用/地下空洞へのブロック理論の適用/トンネルと立坑についてのブロック理論/移動可能ブロックの力学安定解析



株式 土木工学社

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

連載講座

山岳トンネル工事の環境保全(5)

「山岳トンネル工事の環境保全」
連載講座小委員会

4. 水質汚濁

4-1 水質汚濁の発生とその影響

4-1-1 濁水の発生源とその性状

トンネル掘削に伴って発生する坑内湧水は、削孔、ずり積み、ずり運搬による細粒土の混入やコンクリート打設、薬液注入によるセメント、注入剤の混入あるいは、各種の坑内作業用機械類から漏出する油分の混入などにより、濁水となって排出されることが多い。

一般的に、トンネル工事濁水において環境保全上、問題となるのは、浮遊物質(Suspended Solid: 以下、SSという)、pHおよび油分であり、その他の成分が問題となることはまれである。

濁水の性状は、地山の状況(地質、湧水の水質と湧水量)、掘削方法、ずり出し方式(タイヤ方式、レール方式)、排水方法(自然流下、ポンプアップによる方法)、薬液注入の有無、コンクリート打設状況などによって大きく異なるが、これらの諸要因が濁水の性状に与える影響を定量的に関係づけるまでには今のところ至っていない。

濁水中の成分とそれに影響する諸要因を表-1に示す。

(1) SS

SSは、水に不溶性の浮遊物質であり、濁水中のSSの大部分は微細な土粒子(シルト、粘土、コロイド)である。SSの単位は、 mg/ℓ (またはppm)で表す。

表-1 濁水中の成分とそれに影響する諸要因

諸 要 因	排 水 中 の 成 分				
	SS	pH	油分	重金属	その他
地山状況	○	○		○	
湧水	○	○		○	
掘削方法	○				
	○		○		
ずり出し工法	○		○		
	○		○		
薬液注入	○	○			○

トンネル工事に伴って発生する坑内湧水それ自体は一般に透明で無害な水質であるが、岩石の種類とその性状によっては岩石が細粒化しやすく、掘削、ずり搬出などによりSS濃度は200~30,000ppmとなる。濁水性状を決める諸要因について、SSについては次のことが一般的にいわれている。

- ① 地山状況：湧水量が多くなるにつれて、相対的にSSは小さくなる。
- ② ずり出し方式：タイヤ方式の方がレール方式の場合よりSSは大きくなる。
- ③ 排水方法：自然流下よりポンプアップによる場合の方がSSが大きくなる。

湧水量と、トンネル坑口における濁水のSS濃度との関係の実測例を図-1, 2に示す。

(2) pH

トンネル工事に伴って発生する湧水のpHは一般に6.5~7.5程度であり、pHの中和処理を必要としないが、コンクリート打設、薬液注入などによってpHが9~13となる場合には中和処理が必要となる。ときには地山の岩質、土質によって湧水自体が強酸性、強アルカリ性を示す場合がある。

(3) 油分

トンネル掘削用機械(削岩機、掘削機、機関車、レール、ずり運搬車)などから漏出する油脂が湧水中に混入すると、その濃度は10~15ppmになるケースがある。

油分が問題となるのは、主として鉱油類による異臭の発生、魚介類への着臭で、定量検出限界(検水10ℓの場合0.5ppm)以下の0.01ppmという低濃度でも着臭する場合があるとされているため、極力除去することを考えねばならない。

4-1-2 濁水の環境への影響

濁水を、河川、湖沼、用水路その他公共用水域に排出した場合には、水産物、農作物に対するいろいろな影響が考えられる。

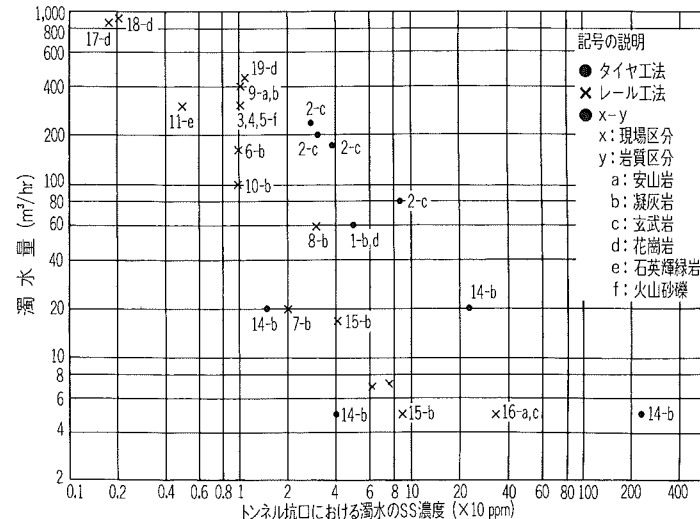


図-1 濁水量とトンネル坑口における濁水のSS濃度との関係¹⁾

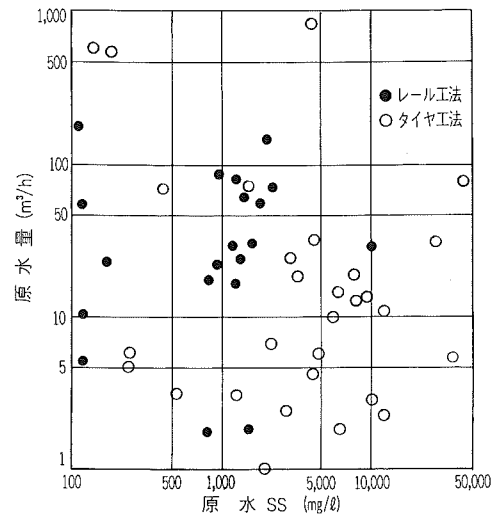


図-2 原水量と原水SS(タイヤ式, レール式)¹⁾

(1) SS

SSが長期間河川に流入すると、魚のえらを傷つけたり、えらの弁膜につまりへい死させたりする原因となる。また、川底の水生生物にとどく太陽光線を妨げ、かつ、河床に沈積し、藻類の繁殖を妨げるので魚類のえさが欠乏し、魚類が棲息できなくなる。

生活環境の保全に関する環境基準(4-2-2参照)では、河川の利用目的の適応性について、清流を好むヤマメ、イワナ、サケ、アユの棲息水域では25mg/l以下、コイ、フナ等の棲息水域では50mg/l以下としている。

また、農作物への影響は、SSが水田に蓄積することによる水稲の根ぐされなどの現象があり、農林省(現農林水産省)が水稲を対象に定めた維持することが望ましい農業(水稲)用水基準では、SSは100mg/l以下として

いる。 (2) pH 一般に河川、湖沼の水のpHは6~8で、海域では7.8~8.3程度である。 pHは農作物、水産物に対して重要な影響因子である。 河川・湖沼の水産物の適応性について環境基準では、pH6.5以上8.5以下としている。 また、水稲の用水について農業(水稲)用水基準ではpH6.0以上7.5以下としている。

2) 薬液注入

建設省(現国土交通省)は、昭和49年7月10日付で、薬液注入法による建設工事の施工に関する暫定指針を出し、安全性重視の観点に立って、その性質が明らかになるまで使用できる薬品として、水ガラス系の薬液で劇物またはふっ素を含まないものに限った。

また、この中で地下水などの水質の監視を義務づけており、有機物を含まないものについてはpH、有機物を含むものについてはpHおよびCODの水質検査を行うこととなっている。

4-2 濁水に関する法規制

4-2-1 概要

水質汚濁に係る法規制をまとめたものを表-2に示す。これらの多くは、工事排水に対して直接的に適用されるものではないが、行政上の指導あるいは放流先水域の利水状況(農・漁業、水道水源など)などから、ここに

表-2 水質汚濁に係る法体系

環境基本法	水質汚濁に係る環境基準について
	地下水の水質汚濁に係る環境基準
	水質汚濁防止法
	海洋汚染および海上災害防止に関する法律
その他の関連法規	瀬戸内海環境保全特別措置法
	廃棄物の処理および清掃に関する法律
その他の関連法規	河川法
	下水道法
	水産資源保護法

示す諸法規が定める各種基準値を処理の参考とすることが多く、工事計画にあたっては事前に当該放流水域の基準値などを調査しておく必要がある。

4-2-2 環境基準

環境基準は、河川、湖沼、海域の水質について達成し維持することが望ましい基準を定めたもので、いわば行政上の目標値であり後述する排水基準のような規制基準とは異なる。

水質汚濁に係る環境基準には、人の健康に関するものと生活環境に関するものがある。

(1) 人の健康に関するもの

健康項目という。全国一律にすべての公共用水域に適用されており表-3に基準値を示す。

表-3 人の健康の保護に関する環境基準

項目	基準値	項目	基準値
カドミウム	0.01mg/l以下	1,1,1-トリクロロエタン	1mg/l以下
全シアン	検出されないこと	1,1,2-トリクロロエタン	0.006mg/l以下
鉛	0.01mg/l以下	トリクロロエチレン	0.03mg/l以下
六価クロム	0.05mg/l以下	テトラクロロエチレン	0.01mg/l以下
砒素	0.01mg/l以下	1,3-ジクロロプロペン	0.002mg/l以下
総水銀	0.0005mg/l以下	チウラム	0.006mg/l以下
アルキル水銀	検出されないこと	シマジン	0.003mg/l以下
PCB	検出されないこと	チオベンカルブ	0.02mg/l以下
ジクロロメタン	0.02mg/l以下	ベンゼン	0.01mg/l以下
四塩化炭素	0.002mg/l以下	セレン	0.01mg/l以下
1,2-ジクロロエタン	0.004mg/l以下	硝酸性窒素および亜硝酸性窒素	10mg/l以下
1,1-ジクロロエタン	0.02mg/l以下	ふっ素	0.8mg/l以下
シス-1,2-トリクロロエタン	0.04mg/l以下	ほう素	1mg/l以下

備考 1)基準値は年間平均値とする。ただし、全シアンに係る基準値については、最高値とする。 2)「検出されないこと」とは、定められた測定方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。

表-4 生活環境の保全に関する環境基準

a. 河川

類型	利用目的の適用性	基準値				
		水素イオン濃度 (pH)	生物学的酸素要求量 (BOD)	浮遊物質量 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌数
AA	水道1級, 自然環境保全およびA以下の欄に掲げるもの	6.5以上8.5以下	1mg/l以下	25mg/l以下	7.5mg/l以上	50MPN/100ml以下
A	水道2級, 水産1級, 水浴およびB以下の欄に掲げるもの	6.5以上8.5以下	2mg/l以下	25mg/l以下	7.5mg/l以上	1,000MPN/100ml以下
B	水道3級, 水産2級およびC以下の欄に掲げるもの	6.5以上8.5以下	3mg/l以下	25mg/l以下	5mg/l以上	5,000MPN/100ml以下
C	水産3級, 工業用水1級およびD以下の欄に掲げるもの	6.5以上8.5以下	5mg/l以下	50mg/l以下	5mg/l以上	-
D	工業用水2級, 農業用水およびEの欄に掲げるもの	6.0以上8.5以下	8mg/l以下	100mg/l以下	2mg/l以上	-
E	工業用水3級, 環境保全	6.0以上8.5以下	10mg/l以下	ごみなどの浮遊が認められないこと	2mg/l以上	-

備考 1)基準値は、日間平均値とする(海域もこれに準ずる)。以下省略

b. 湖 沼(天然湖沼および貯水量1,000万m³以上の人工湖)

類型	利用目的の適用性	基準 値				
		水素イオン濃度 (pH)	生物化学的酸素要求量 (BOD)	浮遊物質 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌数
AA	水道1級, 水産1級, 自然環境保全およびA以下の欄に掲げるもの	6.5以上8.5以下	1mg/l以下	1mg/l以下	7.5mg/l以上	50MPN/100m ^l 以下
A	水道2, 3級, 水産2級, 水浴およびB以下の欄に掲げるもの	6.5以上8.5以下	3mg/l以下	5mg/l以下	7.5mg/l以上	1,000MPN/100m ^l 以下
B	水産3級, 工業用水1級, 農業用水およびC以下の欄に掲げるもの	6.5以上8.5以下	5mg/l以下	15mg/l以下	5mg/l以上	-
C	工業用水2級, 環境保全	6.0以上8.5以下	8mg/l以下	ごみなどの浮遊が認められないこと	2mg/l以上	-

類型	利用目的の適用性	基準 値	
		全窒素	全リン
I	自然環境保全およびII以下の欄に掲げるもの	0.1mg/l以下	0.005mg/l以下
II	水道1,2,3級(特殊なものを除く), 水産1種, 水浴およびIII以下の欄に掲げるもの	0.2mg/l以下	0.01mg/l以下
III	水道3級(特殊なもの)およびIV以下の欄に掲げるもの	0.4mg/l以下	0.03mg/l以下
IV	水産2種およびVの欄に掲げるもの	0.6mg/l以下	0.05mg/l以下
V	水産3種, 工業用水, 農業用水, 環境保全	1mg/l以下	0.1mg/l以下

備考 1 農業用水については, 全磷の項目の基準値は適用しない。以下省略

c. 海 域

類型	利用目的の適用性	基準 値				
		水素イオン濃度 (pH)	化学的酸素要求量 (COD)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌数	n-ヘキサン抽出物質 (油分等)
A	水産1級, 水浴, 自然環境保全およびB以下に掲げるもの	7.8以上8.3以下	2mg/l以下	7.5mg/l以上	1,000MPN/100m ^l 以下	検出されないこと
B	水産2級, 工業用水およびC以下に掲げるもの	7.8以上8.3以下	3mg/l以下	5mg/l以上	-	検出されないこと
C	環境保全	7.0以上8.3以下	8mg/l以下	2mg/l以上	-	-

類型	利用目的の適用性	基準 値	
		全窒素	全リン
I	自然環境保全およびII以下の欄に掲げるもの(水産2種および3種を除く)	0.2mg/l以下	0.02mg/l以下
II	水産1種, 水浴およびIII以下の欄に掲げるもの(水産2種および3種を除く)	0.3mg/l以下	0.03mg/l以下
III	水産2種およびIVの欄に掲げるもの(水産3種を除く)	0.6mg/l以下	0.05mg/l以下
IV	水産3種, 工業用水, 生物生息環境保全	1mg/l以下	0.09mg/l以下

この中に土木事業は含まれていないが, 土木工事と関連深いものとして, 次のものが指定されている。

- 1) 生コンクリート製造業の用に供するパッチャープラント
- 2) 砕石業の用に供する施設であって, 次に掲げるもの
 - ① 水洗式破碎施設

- ② 水洗式分別施設
- 3) 砂利採取業の用に供する水洗式分別施設
- 4) 産業廃棄物処理施設(汚泥の脱水施設)

トンネル工事排水の場合, 上記施設に係わる排水基準を準用することが多い。

なお, 自治体によっては, 水質汚濁防止法に定める特

表-5 各都道府県の上乗せ排水基準の例 (平成14年現在)

項 目	総理府令 排水基準	青 森 県 条 例	栃 木 県 条 例	長 野 県 条 例	兵 庫 県 条 例
		・トンネル掘削の排水施設 ・生コン製造業	・生コン製造業 ・砕石業 ・砂利採取業	・砕石業 ・砂利採取業	・生コン製造業 ・砕石業 ・砂利採取業
水素イオン濃度 {河川・湖沼 海 域	5.8~8.6 5~9	-	-	-	-
生物化学的酸素要求量(BOD)	160(120)	60(50)	25(20)	30(20)	20(10)
化学的酸素要求量(COD)	160(120)	60(50)	25(20)	30(20)	20(10)
浮遊物質(SS)	200(150)	80(60)	50(40)	50(30)	30(20)
ノルマヘキサン抽出物質 {鉱油類 動植物 油脂類	最大 5 最大 30	- 10	- 10	-	1 5

(注) ()内は日間平均値を示す。一印は総理府排水基準が適用されることを示す。(単位: mg/l (ppm))

表-6 一律排水基準

a. 有害物質に関する一律基準		b. 生活環境項目に関する一律基準	
有害物質の種類	許 容 限 度	項 目	許 容 限 度
カドミウムおよびその化合物	0.1mg/l	水素イオン濃度	海域以外 5.8~8.6 海 域 5.0~9.0
シアン化合物	1.0mg/l	生物化学的酸素要求量	160mg/l (日間平均120mg/l)
有機リン化合物(パラチオン, メチルパラチオン, メチルジメトンおよびEPNに限る)	1.0mg/l	化学的酸素要求量	160mg/l (日間平均120mg/l)
鉛およびその化合物	0.1mg/l	浮遊物質	200mg/l (日間平均150mg/l)
六価クロム化合物	0.5mg/l	ノルマルキサン抽出物質含有量(鉱油類含有量)	5mg/l
砒素およびその化合物	0.1mg/l	ノルマルキサン抽出物質含有量(動植物油脂類含有量)	30mg/l
水銀およびアルキル水銀 その他の水銀化合物	0.005mg/l	フェノール類含有量	5mg/l
アルキル水銀化合物	検出されないこと	銅含有量	3mg/l
ポリ塩化ビフェニル	0.003mg/l	亜鉛含有量	5mg/l
トリクロロエチレン	0.3mg/l	溶解性鉄含有量	10mg/l
テトラクロロエチレン	0.1mg/l	溶解性マンガン含有量	10mg/l
ジクロロメタン	0.2mg/l	クロム含有量	2mg/l
四塩化炭素	0.02mg/l	大腸菌数	日間平均3,000個/cm ²
1,2-ジクロロエタン	0.04mg/l	窒素含有量	120mg/l (日間平均60mg/l)
1,1-ジクロロエタン	0.2mg/l	リン含有量	16mg/l (日間平均 8mg/l)
シス-1,2-ジクロロエタン	0.4mg/l		
1,1,1-トリクロロエタン	3.0mg/l		
1,1,2-トリクロロエタン	0.06mg/l		
1,3-ジクロロプロペン	0.02mg/l		
チウラム	0.06mg/l		
シマジン	0.03mg/l		
チオベンカルブ	0.2mg/l		
ベンゼン	0.1mg/l		
セレンおよびその化合物	0.1mg/l		
ほう素およびその化合物	海域以外 10mg/l 海 域 230mg/l		
ふっ素およびその化合物	海域以外 8mg/l 海 域 15mg/l		
アンモニア, アンモニウム化合物, 亜硝酸化合物, 亜硝酸化合物, および硝酸化合物	アンモニア性窒素に0.4を乗じたもの, 亜硝酸性窒素および硝酸性窒素の合計量 100mg/l		

備考: 省略

定施設以外の施設を規制の対象としているところもあるので注意を要する(例: 青森県公害防止条例「トンネル

律」に定める産業廃棄物である「汚泥」と見なされ、その処理にあたっては同法に定める基準に従わなければならない。

また、汚泥の脱水施設は、産業廃棄物処理施設として設置届義務があるなど処理に関して法的規制を受ける。汚泥の処理にあたっての具体的指導は、都道府県の環境・衛生部門が行っており、工事計画に際し、多量の汚泥の発生が予想される場合は、工事の実施に先立って十分関係部門と打ち合わせをしておく必要がある。廃棄物の処理および清掃に関する法律の内容については、第7章を参照されたい。

4-2-5 利水上の基準

自然水域の水質をそこなわず、水族保護のための環境の水質基準として(社)日本水産資源保護協会が表-7に示すような水産用水基準(改訂版)を設けている。

4-2-6 その他の関係法令

濁水に関するその他の法規制には、河川法、下水道法、自然環境保全法、自然公園法などがあり、規制内容については表-8に示すとおりである。

4-3 濁水処理の基礎

4-3-1 SSの沈降

トンネル工事中の排水に含まれている土粒子の粒度組成は岩石の種類とその性状、ずり出し方式、排水方法などによって大きく異なるが、図-3にみられるように、シルト・粘土の微細な粒子の占める割合が高い。

単一粒子の沈降速度を求める式としては、次のような式があり、懸濁粒子の沈降の場合は、通常ストークスの式が適用される。

$$R_e < 1 \quad v_i = \left\{ \frac{(\rho_s - \rho)g}{18\mu} \right\} \cdot D^2 \quad (\text{ストークスの式})$$

$$1 \leq R_e \leq 500 \quad v_i = \left\{ \frac{4}{225} \cdot \frac{(\rho_s - \rho)^2 g^2}{\rho_s} \right\}^{1/3} \cdot D \quad (\text{アレンの式})$$

$$500 < R_e \quad v_i = \left\{ \frac{3(\rho_s - \rho)gD}{\rho} \right\}^{1/2} \quad (\text{ニュートンの式})$$

ただし、 R_e : レイノルズ数

ρ_s : 粒子の密度(g/cm³)

v_i : 粒子の終末速度(cm/s)

μ : 液体の粘性係数(g/cm・s)

ρ : 液体の密度(g/cm³)

g : 重力の加速度(cm/s²)

D : 粒子径(cm)(表-9参照)

表-7 水産用水基準(改訂版)抜粋

		河川		湖沼		海域
		一般	サケ・マス・アユ	一般	サケ・マス・アユ	
BOD (mg/l)	自然繁殖条件	3以下	3以下	—	—	—
	生育の条件	5以下	2以下	—	—	—
COD (mg/l)	自然繁殖条件	—	—	4以下	2以下	1以下
	生育の条件	—	—	5以下	3以下	のり養殖場(2以下)
pH		6.7~7.5		6.7~7.5		7.8~8.4
SS(mg/l)		25以下 人為的に加えられるもの5以下		3.0以下	1.4以下	2以下
着色		1)光合成に必要な光の透過が妨げられないこと。 2)忌避行動の原因とならないこと。				

表-8 濁水関係の法規制

法律名	規制内容
河川法	河川に1日につき50m ³ 以上の汚水を排出しようとする者は、排出しようとする汚水の量、水質などの事項を河川管理者に届けなければならない。
下水道法	公共下水道または流域下水道を使用する場合は、一定の基準に適合しない下水を流してはならないとしており、SS・pHについては次のとおり。 SS : 600mg/l以下, pH : 5~9
自然環境保全法 自然公園法	環境省の指定する自然環境保全区域および自然公園のなかで汚水または排水を排出する場合は、許可を受けるよう規定している。

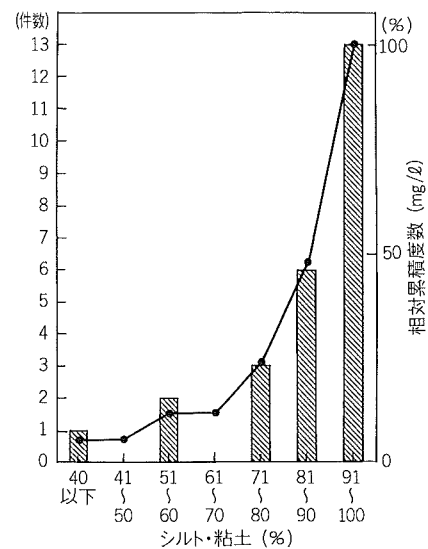


図-3 原水中の土質成分と原水SS⁹⁾

表-9 粒径による土の分類

粒径による分類	粒子の直径
礫	2.0mm以上
粗砂	2.0~0.42mm
細砂	0.42~0.074mm
シルト	0.074~0.005mm
粘土	0.005mm以下
コロイド	0.001mm以下

表-10 土粒子の直径と沈降速度

直径 (mm)	沈降速度 (m/s)	直径 (mm)	沈降速度 (m/s)	直径 (mm)	沈降速度 (m/s)
0.10	6.9	0.03	0.62	0.006	0.025
0.09	5.6	0.02	0.28	0.005	0.017
0.08	4.4	0.015	0.155	0.004	0.011
0.07	3.4	0.010	0.069	0.003	0.0062
0.06	2.5	0.009	0.056	0.002	0.0028
0.05	1.7	0.008	0.044	0.0015	0.00155
0.04	1.1	0.007	0.034	0.001	0.00069

注: 1)土粒子の比重2.65 2) $\mu = 0.0131 \text{g/cm} \cdot \text{s} (10^6 \text{C})$

粒径と沈降速度の関係は、ストークスの式によれば、概略表-10のとおりである。この表から、シルト・粘土質の微細な土粒子の場合は、沈殿に非常な長時間を要することがわかる。

4-3-2 凝集沈降

(1) 凝集作用

シルト・粘土・コロイドなどの微粒子は、沈降速度が非常に小さく長い時間水中に浮遊するため、自然沈降ではその処理が困難である。このため、通常これらの粒子に対しては、物理的・化学的処理を加えて粒子を集合させてフロクを形成し沈降を早める方法がとられる。

このように微粒子をフロク化することが凝集で、この目的のために凝集剤が用いられる。凝集の機構は、大変複雑な現象であるが模式化すると次のようになる。

一般に、懸濁微細粒子は水中で電氣的に荷電しており、相互の粒子間の反発によって中々相互に接着しようとしませんが、これに反対の電荷の電解質を添加すると、電氣的に中和されて粒子の結合(いわゆる凝集)が起こる。微細粒子は一般にその表面が負に荷電しているため、正のイオンを持った無機系の凝集剤を加えて表面荷電を除去することにより凝集沈降させることができる。

無機系の凝集剤単独では凝集物の沈降速度は小さいが、表面荷電の低下と粗粒子の架橋吸着作用を持つ高分子凝集剤をさらに加えることにより沈降速度をより大きくすることができる(図-4参照)。

(2) 凝集剤の種類と特性

凝集剤は、その構造により無機凝集剤と有機高分子凝集剤(一般に高分子凝集剤という)に分けられる。

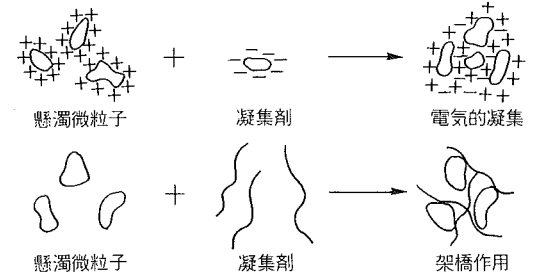


図-4 凝集作用の図解

表-11 無機凝集剤の分類

分類	細別	薬品名	略号
無機高分子系	アルミニウム塩	ポリ塩化アルミニウム	PAC
		ポリ硫酸アルミニウム	PAS
	鉄塩	ポリ塩化第2鉄	PFC
		ポリ硫酸第2鉄	PFS
無機低分子系	アルミニウム塩	硫酸アルミニウム	AS
		塩化アルミニウム	AC
		含鉄硫酸アルミニウム	MIC
		アンモニウムミョウバン	AA
		カリウムミョウバン	KA
	鉄塩	硫酸第1鉄	FS
硫酸第2鉄 塩化第2鉄 塩化コッパラス		FC	
亜鉛塩	塩化亜鉛	ZC	
	硫酸亜鉛	ZS	
マグネシウム塩	酸化マグネシウム		
	炭酸マグネシウム		
金属電解生成物	その他	電解水酸化アルミニウム 電解水酸化鉄	

1) 無機凝集剤

無機凝集剤の主なものを表-11に示す。トンネル工事の濁水処理で主に使用されているものは、PACと硫酸アルミニウム(硫酸バンドともいう)である。それぞれの特性および取り扱い上の注意事項を表-12に示す。

2) 高分子凝集剤

高分子凝集剤は、イオン性からアニオン性、ノニオン性、カチオン性の3種類に大別され、濁水の種類、処理目的などに応じて使い分けられる。

高分子凝集剤は、多くのメーカーが独自の商品名で販売しており、製品の種類はかなりの数にのぼっている。現在、トンネル工事の濁水処理に主として使われているのは、アニオン性のものが多い。

高分子凝集剤については、JIS基準は制定されていない。このため、業界では高分子凝集剤懇話会を設け、規制対象法規としては水道法の規制値を基準として製品製

表-12 PACと硫酸アルミニウム(AS)の特性

	PAC	硫酸アルミニウム(AS)
凝集性能	優れる	PACに比べて劣る
品質規格	JIS K 1475	JIS K 1423
貯留上の注意	①容器は、ポリエチレンなどの対腐食性のものを使用する。 ②漏れた場合は、消石灰・炭酸ソーダなどのアルカリで中和する。	固形の場合は、出荷容器のまま保存するものとし、液体の場合は、PACと同様である。
危険性	不燃性であり、爆発性・引火性はない。	
腐食性	アルミニウム・鉛・亜鉛・鉄・銅およびこれらの合金は、徐々に腐食されるが、合成繊維・塩化ビニール・ポリエチレンなどの合成樹脂・ゴムなどはほとんど侵されない。	
取り扱い上の注意	皮膚についた場合は、速やかに、石けんで洗う。目に入った場合は、直ちに水洗いし、専門医にみせる。付着した場合は、よく水洗いする。	

表-13 高分子凝集剤基準

品質上の規制値		使用上の規制値
アクリルアミドの含有量	0.05%以下	スラッジ処理に限定、暫定的基準、排水中のアクリルアミド濃度 0.01 ppm 以下になるような使用濃度とする。
カドミウム	0.05ppm以下	
鉛	0.05ppm以下	
水銀	0.05ppm以下	

作・管理を行っている。

なお、現在使用されている高分子凝集剤の大部分が、アクリルアミド系の有機合成品であるために、その安全性が問題となる。今のところ、一般の排水処理に対する使用規制はないが、浄水場の使用について、浄水処理工程での使用は禁止しておりスラッジ処理に限定し使用を認め基準を示している(表-13参照)。

(3) 凝集剤の選定と試験

凝集剤の効果は、処理すべき濁水の性状によって異なる。このため、実際に使用する凝集剤の種類、添加量は、ジャーテストやシリンドラテスト(図-5参照)などの凝集テストを行い、フロックの状態、沈降速度、上水の清澄度、沈殿スラッジ量などから決定することになる。

凝集剤は、無機、高分子単独で使用することもあるが、相乗効果を期待して併用使用することが多い。トンネル工事濁水処理の場合は、無機凝集剤50~500ppm、高分子凝集剤1~10ppmとしているところが多い。

4-3-3 pH調整

トンネル工事排水は、セメントあるいは水ガラスなどの混入によってアルカリ性となることが多く、公共用水域に排水する場合には、排水基準値の範囲にまでpH調

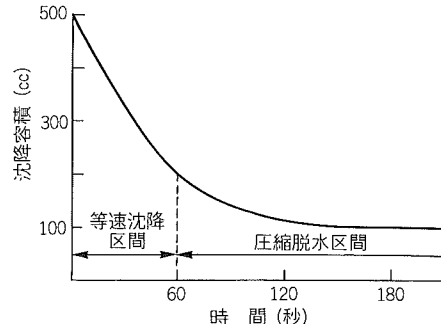
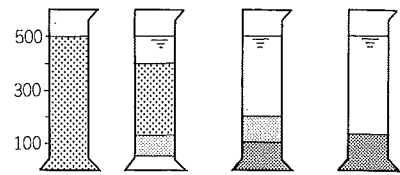


図-5 シリンドラテスト

整しなければならぬ。

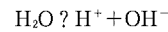
pH調整は、沈降分離の前に行う場合(前中和)と、後に行う場合(後中和)とがあり、いずれも実施されている。前中和は、後段の凝集処理が最適pH範囲で行えること、炭酸ガス中和の場合に設備が簡略化されることなどから最近多く採用されている。ただし、濁水中には中和反応を阻害する物質が多く混入しており、これらのもつ緩衝作用により後中和に比べて中和剤使用量が大きくなる点に留意する必要がある。

(1) pH

pHとは、水素イオン濃度 [H⁺] の逆数を常用対数表示したもので、水素イオン濃度指数と呼ぶ。

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log [H^+]$$

純粋な水の分子の一部は、次のように電離して水素イオン(H⁺)と水酸イオン(OH⁻)を生ずる。



このときの[H⁺]と[OH⁻]の積は、温度が一定ならば一定である。

$$[H^+][OH^-] = K_w$$

とくと25℃において $K_w = 10^{-14} (\text{mol}/\ell)^2$ である。

これから水素イオン濃度は

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{[OH^-]}$$

中性においては [H⁺] = [OH⁻] = 10⁻⁷ となる。

pH < 7.0 が酸性、pH > 7.0 がアルカリ性である。

(2) 中和剤

中和とは、酸とアルカリを反応させて中性にすることで、厳密には、常温において水素イオン濃度を 10⁻⁷ mol/ℓ にすること、すなわち pH = 7.0 にすることである。しかし、

表-14 中和剤

対象	種類	特徴	備考
アルカリ性排水	硫酸 (H ₂ SO ₄)	1. 過剰に供給した場合、酸性となる。 2. 皮膚などを侵すので取り扱いに注意を要する。 3. SSが多いときなどpHの戻り現象がある。 4. 中和生成塩(CaSO ₄)を多量に生じたときは白濁する。	・濃硫酸(比重1.82以上)は危険物取扱者が必要(200kg以上) ・特定化学物質に該当するので資格者などの対処が必要。
	炭酸ガス (CO ₂)	1. 過剰に供給してもpH5.5~6以下にならない。 2. 反応速度が大きいので小型の反応槽でよい。 3. 通常、溶存酸素の低下は問題とならないが配慮の必要はある。 4. pHが高い場合、量が不足するときなどは白濁する。	・反応槽などに生成した炭酸カルシウムの除去が必要。 ・貯蔵設備の許可などを必要とすることもある(高圧ガス取締法・労働安全衛生法)。
酸性排水	消石灰 (Ca(OH) ₂)	1. 溶解度が小さくスラリー状で供給するので装置が複雑となる。 2. 反応生成物の脱水性は良い。	・脱水促進のための凝集剤としても使用されている。
	苛性ソーダ (NaOH)	1. 溶解度、反応速度ともに大。 2. 強アルカリ性 3. 皮膚などを侵すので取り扱いに注意を要す。	
	ソーダ灰 (Na ₂ CO ₃)	1. 溶解度、反応速度ともに大。 2. 皮膚などを侵すので取り扱いに注意を要す。	

濁水処理における中和は、必ずしもpH=7.0にすることではなく、規制値などで中性と決められている範囲のpHにすることを意味している。

工事排水処理に使用されている中和剤の種類とその特性を表-14に示す。アルカリ性排水に対しては、希硫酸あるいは炭酸ガスが一般的に用いられている。

なお、地質条件によっては排水が酸性を示すことがあり、この場合には消石灰あるいは苛性ソーダなどでpH調整する必要がある。

また、通常のpH調整においても希硫酸などの過剰添加によるオーバードロップのトラブル発生に対して、消石灰などを用意しておくことも必要であろう。

(3) 中和剤の理論添加量

中和剤には、表-14に示すような種類があるが、その理論添加量の求め方を次に示す。ただし、実際のpH調整においては排水が持つ緩衝作用により、pH値から求めた理論添加量の数倍の使用量となることが通例であり、理論添加量で処理計画を行うことは危険である。

1) pHから算定する方法

濁水のpHを n とすれば $[H^+] = 10^{-n}$ である。

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} (25^\circ\text{C}) \text{ であるので}$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-n}} = 10^{-(14-n)}$$

中和するには、濁水中の [OH⁻] = 10⁻⁽¹⁴⁻ⁿ⁾ グラム当量に対応する [H⁺] の量が必要である。

セメントアルカリの主体は、水酸化カルシウムであるのでこの中和を考える。

① 水酸化カルシウムを硫酸で中和する場合、



硫酸の1グラム当量は、

$$H_2SO_4 = \frac{1 \times 2 + 32 + 16 \times 4}{2} = 49 (\text{g})$$

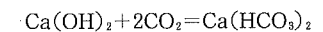
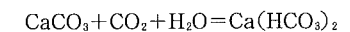
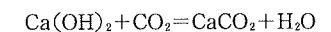
$x\%$ の硫酸で、pH= n 、水量 $Q \text{ m}^3/\text{h}$ の濁水を中和するのに必要な硫酸の量(kg/h)は、

$$X_1 = Q \times 10^{-(14-n)} \times 49 \times \frac{100}{x} (\text{kg/h}) \quad (1)$$

容積(ℓ/h)で求める場合、硫酸の比重を G とすれば、

$$X_2 = Q \times 10^{-(14-n)} \times 49 \times \frac{100}{x} \times \frac{1}{G} (\ell/h) \quad (2)$$

② 水酸化カルシウムを炭酸ガスで中和する場合



(CO₂はCO₂+H₂O→H₂CO₃として作用)

炭酸ガスの1グラム当量は、CO₂=(12+2×16)/2=22(g)であり、2段階に反応するので22×2=44(g)必要となる。

pH= n 、水量 $Q \text{ m}^3/\text{h}$ の濁水を中和するのに必要なCO₂の量(kg/h)は、

$$X = Q \times 10^{-(14-n)} \times 44 (\text{kg/h}) \quad (3)$$

2) アルカリ度から算定する場合

Pアルカリ度により算定するものとする。

Pアルカリ度 $\text{mm} \cdot \text{g}/\text{m}^3$ の炭酸カルシウム量を水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)量に換算すると、

$$m \times \frac{\{\text{Ca(OH)}_2 \text{ の分子量}(=74)\}}{\{\text{CaCO}_3 \text{ の分子量}(=100)\}}$$

① 水酸化カルシウムを硫酸で中和する場合

H₂SO₄とCa(OH)₂は1:1で中和するので $x\%$ の硫酸で、Pアルカリ度 $\text{mm} \cdot \text{g}/\text{m}^3$ 、水量 $Q \text{ m}^3/\text{h}$ の濁水

を中和するのに必要な硫酸量は、

$$m \times \frac{74}{100} \times \frac{\{H_2SO_4 \text{ の分子量}(= 98)\}}{\{Ca(OH)_2 \text{ の分子量}(= 74)\}} \times \frac{100}{x} \times Q(g/h) \quad (4)$$

② 水酸化カルシウムを炭酸ガスで中和する場合
中和反応が、炭酸水素カルシウムCa(HCO₃)₂まで進むためには、CO₂はCa(OH)₂に対し2倍必要である。

Pアルカリ度m・g/m³、水量Qm³/hの濁水を中和するのに必要なCO₂量は、

$$m \times \frac{74}{100} \times \frac{2 \times \{CO_2 \text{ の分子量}(= 44)\}}{\{Ca(OH)_2 \text{ の分子量}(= 74)\}} \times Q(g/h) \quad (5)$$

4-3-4 脱水

凝集沈降汚泥の含水率は、通常70~80%以上で、このままでは運搬、埋め立て処分に適さない。このため、汚泥発生量が少量でタンク車などで運搬する場合を除き、通常は脱水処理して含水率を下げた運搬・処分することになる。

脱水の方法としては、自然乾燥および機械脱水があるが、凝集沈降汚泥は親水性に富み、天日による自然脱水には長期間を要する。このため一般的には機械脱水設備を設けている。機械脱水には、加圧濾過、真空濾過、遠心分離などの方法があるが、トンネル工事の場合は加圧濾過が一般的に用いられている。

4-3-5 物質収支

濁水処理における凝集沈降汚泥および脱水ケーキの発生量は次により求められる。今、濁水の処理条件を次のように仮定する。

- 原水量：(m³/h)
- 原水SS：(mg/l)
- 凝集沈降汚泥の含水率：(%)
- 脱水ケーキの含水率：(%)
- SSの密度：(t/m³)
- 沈砂池などの前処理により除去される砂分量：(t/h)

水の密度=1とする。

(1) 凝集沈降汚泥発生量

$$W_s = S \times 10^{-6} \times Q - W_1$$

$$V_s = W_s \times \left(\frac{w_1}{100 - w_1} + \frac{1}{\rho} \right)$$

$$W'_s = W_s \times \frac{100}{100 - w_1}$$

ただし、W_s：凝集沈降汚泥の乾燥質量(t/h)

V_s：凝集沈降汚泥の容積(m³/h)

W'_s：集沈降汚泥の湿潤質量(t/h)

(2) 脱水ケーキ発生量

$$W_c = S \times 10^{-6} \times Q - W_2$$

$$V_c = W_c \times \left(\frac{w_2}{100 - w_2} + \frac{1}{\rho} \right)$$

$$W'_c = W_c \times \frac{100}{100 - w_2}$$

(文責：清水雅之/清水建設(株)土木事業本部技術第二部)

参考文献

- 1) (社)日本トンネル技術協会：トンネル工事濁水処理方法に関する調査研究報告書，1976.2.
- 2) (社)日本トンネル技術協会：トンネル湧水調査法に関する調査研究報告書，1979.2.
- 3) (社)日本トンネル技術協会：山岳トンネル工事における濁水処理設備計画の手引き，2002.1.
- 4) 石井政次・佐久間文彦：トンネル湧水の地形・地質的分類，財)鉄道総合技術研究所報告，No.1041，1977.3.
- 5) (社)日本建設機械化協会：建設工事に伴う濁水対策ハンドブック。
- 6) (社)日本水産資源保護協会：水産用水基準(1995年版)，1995.12.
- 7) 大成建設：建設公害対策シリーズ，コミュニケーション，大成建設資料。
- 8) (株)P.A.C技術士事務所・日本道路公団：トンネル汚水処理技術に関する調査研究報告書，1975.3.
- 9) 尾藤五郎監修：建設工事における濁水・泥水の処理工法，鹿島出版会。
- 10) 片岡志・高橋美知男：排泥水のpHコントロール建設の機械化，1977.4.
- 11) (社)計量管理協会：公害計測技術指導書。

(土木工学社図書案内)

岩盤の計測と解析

工博 鈴木 光著

A5判 箱入 260ページ 本体4,200円 (〒380円)

最近では、有限要素法を利用し、地盤や構築物の変形や応力分布に関する予想解析が行われるようになりつつある。そのために入力などに信頼度の高い各種計測値が要求されるようになってきた。

このような理由から、建設工事では、従来にも増して計測や解析が重要となりつつある。本書は、応用範囲も広く重要と思われる岩盤の計測と解析法の紹介と解説を試みた実務書である。

連載講座

シールド掘進に伴う地盤変状入門(1)

講座をはじめるとあたり

高橋 良文*

『シールド掘進に伴う地盤変状入門』連載講座小委員会

委員長	高橋 良文	東京都下水道局計画調整部 事業調整課長
委員	五十嵐寛昌	鹿島建設(株)技術研究所 土木技術研究部主管研究員
〃	田中 弘	日本工営(株)中央研究所 総合技術開発部長
〃	中島 誠三	帝都高速度営団建設本部設計部 設計第二課課長
〃	山崎 剛	東京電力(株)配電部配電環境技術グループ マネージャー

1. オーダーを一桁変える技術

オーダーが一桁変わるほどの変化をもたらす技術開発成果は世界的にも一目置かれる技術と言えるだろう。例えば、第二期科学技術基本計画(2002~2005年)の重点テーマとして取り上げられている情報通信やナノテクノロジー・材料分野の話題¹⁾から拾ってみると、半導体分野のこれまでの集積度は3年で4倍のペースで向上してきたと言われる。すなわち、5年でオーダーが一桁変わっていることになる。日米欧台韓の国際協力で作成した半導体デバイスに関する開発ロードマップによると、半導体メモリーの加工線幅(テクノロジー・ノード)技術は、2001年からの約10年間で130nmから約30ないし40nmになると予想している。本誌読者の方々が身近に実感できる例として、パーソナル・コンピュータに内蔵されているハードディスク(HDD)の高密度化技術が挙げられる。図-1に示すように1998年頃からの面記録密度の増加率は年率80~100%である。これも4,5年でオーダーが一桁変わる技術開発である。

本誌の対象読者が携わっているトンネル技術とは異分野の話題から紹介したが、実は、トンネル技術の中にもオーダーを一桁変えた実績を示す成果がある。その一つ

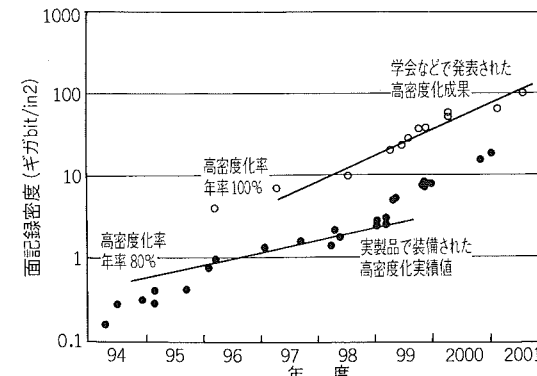


図-1 HDDの高密度化の推移^{1)加藤研}

*東京都下水道局計画調整部事業調整課長

が、今回連載講座として取りあげる「シールド掘進に伴う地盤変状」である。

フランス人技師M. I. Brunelの特許出願から遅れること約100年の1920年にわが国に導入されたシールド工法は、わが国ならではの掘進地盤の特性や施工制約条件を克服するため、表-1に示すようなシールド自体の改良、シールド施工法と管理技術の改善、また、周辺環境対策技術の向上といった社会ニーズに応える技術開発の継続を余儀なくされた。その結果、とくに1960年代以降からの数多くの施工事例より育んだ開発技術と飽くなきシールド工法関係者のチャレンジ精神の成果として、わが国

表-1 シールド工法関連技術の技術開発

シールド自体の改良	<ul style="list-style-type: none"> ・開放型シールドから密閉型シールド移行による切羽安定化 ・円形断面から非円形断面シールドへの多様化、ほか
シールド施工法と管理技術の改善	<ul style="list-style-type: none"> ・自動化施工による施工の効率化 ・施工モニタリングによる掘削精度制御技術の向上、ほか
周辺環境対策技術の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・補助工法を介さない地盤変状や近接施工課題の克服 ・長距離・急速化施工技術、省面積立坑などによる影響の削減化、ほか
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・コスト削減化 ・施機材リサイクル技術、ほか

のシールド工法関連技術は、自他共に「世界一」と呼べる土木技術の一つとなったことは周知が認めるところである²⁾。

このシールド工法関連技術のうち、シールド掘進に伴う地盤変状について言えば、地上構造物に与える影響が少ない非開削工法でありながら、都市部のシールド工事が急増し始めた1970年代のシールド掘進に伴う地表面沈下量は概略2~6 cm³⁾というセンチメートルのオーダーであることが多かった。例えば、東京都下水道局では1975年前後にシールド掘進に伴う地盤沈下による家屋被害の件数および補償費が莫大なものとなり、一時期は補償費が工事費の20%前後を越える事例も発生するなど看過できない時代があった。当時のこうした状況が、シールド掘進に伴う地盤変状に関する現場発信型のニーズ・オリエンテッド(needs oriented)⁴⁾となり、1980年前後から各企業体による地盤変状予測解析技術の研究につながっている。一方では、シールドメーカー、施工業者による技術開発も同時に進行した。その結果、現在のシールド掘進に伴う地表面沈下量は数mm程度の事例報告がほとんどであり、ミリメートルオーダーに一桁減少した。当然、1960~70年代の都市部シールド工事は沖積地盤を掘進するケースが多く、その後、洪積地盤での掘進や大深度での洪積砂礫、硬質粘性土(例えば、土丹)地盤の施工に移行するなど、上述したシールド掘進に伴う地盤変状の実態は、施工条件(掘進地盤、土かぶり、補助工法の有無など)の違いの影響もあり一律には断言できない。しかしながら、最近の近接施工管理データを参考にする限り、かつてセンチメートルオーダーであったシールド掘進に伴う地盤変状量のオーダーを一桁減らして施工できるまでにわが国のシールド工法関連技術が進歩していることは疑いの余地が少ない事実である。

2. 「入門講座」として意図—技術継承—

今月から新たな連載講座として、「シールド掘進に伴う地盤変状入門」をはじめることになった。1998(平成8)年頃をピークに、わが国のシールド工事量は右肩下がりである⁵⁾。しかも、上述したように、シールド掘進に伴う地盤変状に係る各種の研究結果が既に発表されている今日、今さら地盤変状をテーマにして何故「入門」なのかと疑問を持つ読者の方も多におもわれるが、本連載講座小委員会では、今後を背負う技術者をターゲットに「わが国で育成発達した世界に誇れるシールド技術」をこれからも保持発展させるために不可欠な『技術継承』のためと考えたからである。

20世紀に展開されたシールドプロジェクト事業において、わが国のシールド工法を世界一の技術に育て上げた

往年の先達シールドマンらは間もなく第一線から退いたり、シールド工事量の減少とともに、中には技術移転(Transfer of knowledge)のために活躍の場を海外に移したりしているようである。したがって、明らかにシールド工法熟練技術者はわが国から減少しつつある。一方、一部企業体のシールド工事量が減ったとは言え、今後は、より吟味された社会資本整備の構築のために必要とされるシールド工事の仕様は、これまで以上に高品質および経済性の追求、ならびに地球環境への配慮などの施工制約条件が厳しくなるはずである。

これからのシールド工事や事業において、こうした命題に直面するであろう、最前線で活躍される中堅・若手技術者を読者ターゲットとし、これまでの先達の技術開発成果を継承できるような入門シリーズとして表-2に示すような内容構成の本講座を企画した。すなわち、かつ

表-2 シールド掘進に伴う地盤変状入門講座の内容

回数	講座内容 (注:場合により内容・構成の変更あり)	掲載予定号
1	講座をはじめるとのあたり	2002/No.11
2	シールド掘進に伴う地盤変状概論 (シールド地盤変状実態の変遷、評価解析手法総論)	2002/No.12
3	変状評価のための地盤調査と現場計測の方法	2003/No.1
4	地盤変状の実態と評価解析手法(1) (沖積地盤での変状実態と変状予測評価)	2003/No.2
5	地盤変状の実態と評価解析手法(2) (洪積地盤での変状実態と変状予測評価)	2003/No.3
6	地盤変状の実態と評価解析手法(3) (応力解放率や掘削相当力など、各種手法の適用範囲)	2003/No.4
7	特殊シールドでの地盤変状と評価解析手法(1) (非円形断面シールド施工での地盤変状の実態)	2003/No.5
8	特殊シールドでの地盤変状と評価解析手法(2) (模倣実験から評価された地盤変状、HVシールドほか)	2003/No.6
9	変状対策と効果の評価(1) (家屋被害からみた対策の基本方針)	2003/No.7
10	変状対策と効果の評価(2) (併設トンネル施工および特殊施工条件を含む対策)	2003/No.8
11	情報化施工 (動態計測管理、実施例)	2003/No.9
12	シールド新時代に向けて	2003/No.10
13	講座を終了するにあたり	

でのシールド工事全盛時代と比較すると現場経験が豊富とは言えない今後を背負う技術者が、文献情報や技術者仲間からの聞き伝えなどによりこれまでも無意識のうちに活用している地盤変状や近接施工対応技術に関する知識・知見に関して、その「真の意味する内容」、「正確な適用範囲」、「正しい理解」などについて、成立経緯や歴史的背景の紹介(擬似経験)を挿入しながら技術伝承となる講座内容を計画した。

今年(2002年)9月にヨハネスブルグで開催された「持続可能な開発に関する世界首脳会議(環境開発サミット)」での首相の演説ではないが、本講座が、若手シールド技術者の「人材育成」に貢献できる内容を示すことができ、技術者各人の技術力向上・継続教育の刺激になれば当小委員会の目的は半分ほど達成されたことになる。残りの半分は本人の自己啓発努力に期待する。

3. 各号のコンテンツと技術継承予告

表-2に示したような約1年にわたる各号のコンテンツ(Contents)と、それぞれの各論の中での技術継承項目の概要について紹介する。

次回に予定している「概論」では、シールド掘進に伴う地盤変状に関する導入の位置付けで、わが国の建設需要に係わるどのような過去の背景からシールド掘進に伴う地盤変状が問題視され解決すべき技術的課題として取りあげられてきたのかを紹介する。具体的には、実務作業の中で現在活用している先達シールドマンらが究明・開発したシールド掘進に伴う地盤変状解析手法や対策工技術の現場発信型のニーズ・オリエンテッド(needs oriented)の原点を振り返り、現場ニーズの期待に応える成果がどのように現れてきたか、1980(昭和55)年代頃から近年に至るシールド施工技術の向上と地盤変状形態の劇的な改善変化の実態について概観する。すなわち、単なる基礎学問的な興味からではなく、シールド工法をわが国の都市トンネル技術として育てていくためには地盤変状問題の解決が必要不可欠であったことについて解説する。同時に、その間に実務技術者をはじめ学問の研究者らにより研究・提案された代表的な地盤変状解析手法について概観するとともに、その中から、調査・設計の実務において今でも使われている、おそらく本誌読者のシールド技術者の方も何度か使われたことがあろうと思われる代表的な解析手法について取りあげ、これらの手法が長年実務分野で既成技術として認知され使われてきた理由について考える。

また、以降各論での理解が容易となるように、シールド掘進に伴う地盤変状を考える際に用いられる基礎的概念について説明しておくとともに、地盤変状メカニズム

を正しく理解し、各現場条件に整合した的確な地盤変状解析手法を用いた挙動予測と対策検討技術が、施工制約条件がますます厳しくなるであろうこれからのシールド工事における近接施工対応の際に重要であることを示すこととする。

以後、第3~10回までの各論は、シールド掘進に伴う地盤変状問題に係わる過去に得られた有益な知見に関する技術継承の詳述となる。

まず、第3回の「変状評価のための地盤調査と現場計測の方法」では、当時の先達がシールド掘進時の地盤変状調査においてどのような工夫と知恵を施して地盤変状の実態把握に挑んだか、地盤調査および地盤変状計測方法のトピックスについて紹介する。電気式センサーとパソコンを組み合わせたリアルモニタリング計測技術を駆使する現代の計測システムと比較すると、当時は確かに原始的な計測方法を用いていたと思ってしまう話題も数多く含まれるが、計器が感知した動態を目視で確認でき、そのためシールド掘進に伴って反応する地盤の挙動を直に肌で感じ取れた当時の計測手法より得られた迫力のある現場計測データも同時に紹介しようと考えている。計測システムというブラックボックスを介してパソコンモニター画面に瞬時に表示される計測データをバーチャルに監視する形態が主流になるであろうこれからの時代の技術者に対して、当時のデータ事例を紹介することは、常にデータの信憑性についての思考を巡らす素養を育む体験資料になるものと考えている。

第4~6回までの3回は、シールド掘進に伴う地盤変状の実態調査結果にもとづき、実務レベルでの適用技術として成果が得られた地盤変状解析手法の詳細について紹介する。東京都下水道局が取り組んだ沖積地盤における調査結果⁶⁾からはじまり、その後、洪積地盤のシールド掘進事例が追加され、東京電力⁷⁾、営団地下鉄⁸⁾で取り組んだ地盤変状解析手法と、その開発経緯の模様を、極力当時の苦勞を知る方々に執筆をお願いして紹介する予定である。ここでは、地盤変状量が大きく現れる軟弱地盤での実態調査で解明された地盤変状メカニズムが、地盤変状量がわずかしか生じない硬質な洪積地盤でも同様にあてはまることが理解できるデータを紹介する予定である。また、ここで紹介する3機関が提案した地盤変状解析手法は、実用的な長所を有しているために現在のシールド工事の調査・設計においても使用頻度が高く、シールド技術者の間では既に完成された解析手法として使いこなしている場合も見受けられるが、今一度、当時の開発経緯を理解することで、「応力解放率」や似たような使い方をする「補正係数」、あるいは「テールボイド量を考慮した強制変位」などの各手法に応じて正確に

使い分ける必要がある微妙な相違点や適用範囲についての正しい理解が得られるものと期待できる。

今後の都市部のトンネル工事の需要としては、非円形断面などの各種特殊シールド工法の適用が増加するものと推察される。そこで、第6, 7回は、いわゆる通常のシールド工法ではない特殊シールド工法について紹介する。特殊シールド工法であるために事例は多くないが、そうした中でも比較的体系的に地盤変状の実態について調査している縦横連続シールド工法などの事例資料や、模型実験研究より得られたHVシールドなどの知見について解説し、特殊シールド工法の場合でも単円形断面シールド施工の場合と同様に解釈できる地盤変状メカニズムと、特殊シールド工法ならではの留意せねばならない新たな変状メカニズムなどの考察に役立つ資料を準備している。

第9, 10回は、シールド掘進に伴う地盤変状が既設構造物に与える影響の実態と、それを防止・低減する対策工の考え方を正しく理解するために役立つ資料と知見について紹介する。通常、重要建築物を対象とする場合には近接施工問題に対して十分な検討と対策を行う。ところが、シールド掘進に伴う地盤変状に対してもっとも簡単に影響を受けやすい構造物は、実は、通常の民家レベルの木造家屋である。木造家屋は地盤変状に素直に追従するため、近接施工の影響検討の際には鉄骨・鉄筋コンクリート造りの重要構造物と同等以上に留意する必要がある。第9回では影響を受けやすい家屋被害の実態調査から得られた対策に関する知見について解説する。次の第10回では、既設構造物がとくに錯綜している都市部での特殊条件下での地盤変状に起因する近接施工影響の防止・低減対策について、また、上下複線を建設する必要のある鉄道併設トンネルの場合の地盤変状の特徴とそれに配慮した変状対策と効果の評価についてこれまでに得られた知見についてとりまとめて紹介する。

本講座の各論としては最後の2回となる第11, 12回で

は、シールド掘進に伴う地盤変状に対する視点を過去の技術継承から将来への技術発展に向けた話題で構成する計画である。一つは、今後ますます導入されていくであろう情報化施工について取り上げ、参考となる既往事例を紹介するとともに、情報としての押さえどころは何か、計測と解析のハイブリッド技術や対策技術として活用・反映させるべき計測データのフィードバックについて検討する際に役立つ話題を提供する予定である。各論最後の第12回では、シールド工事量の減少により施工現場体験が少なくなるであろうこれからのシールド技術者に対して、シールド工法の新時代を担っていくために身につけておくべき技術的素養と基礎知識などについて考え、わが国で蓄積した世界一のシールド工法に関する多くの貴重な知見に関する技術継承ならびに共有技術化のためのデータベースストックのあり方について考えてみたい。

参考文献

- 1) 日経産業消費研究所：日経先端技術 ナノテク要覧, pp.20, 22, 43, 2001.11.
- 2) 今田 徹：20世紀ニッポン土木のオリジナリティ考 シールド工法, 土木学会誌, JSCE Vol.85 Oct, pp.51-55, 2000.
- 3) 會田好雄・佐藤紀司・伊藤圭一・池谷正・田中弘：シールド工事における地盤変状の施工年代変化と地盤変状解析の課題, トンネル工学研究論文・報告集第7巻, pp.423-428, 1997.11.
- 4) 藤田昌一：巻頭言「内部技術」と「外部技術」, トンネルと地下, Vol.32, No.11, pp.5-6, 2001.11.
- 5) (社)日本トンネル技術協会：トンネル年報2000, 土木工学社, p.10.
- 6) 神戸義雄・高橋良文・尾登辰也・杉山仁實・吉田保・山田孝治：有限要素法によるシールド掘削に伴う地盤沈下解析(テールポイド及びセグメントの剛性を考慮した解析), 第14回土質工学研究発表会, E-2, 205, pp.817-820, 1979.6.
- 7) 古山・吉井・上野・小山：シールド工事における地盤変状測定, 第15回土質工学研究発表会, 1980.6.
- 8) 中山・中村・中島：泥水式シールド掘進に伴う硬質地盤の変形解析について, 土木学会論文集, No.397/VI-9, 1988.9.

研究論文募集のお知らせ

弊誌「トンネルと地下」では、研究論文(実験, 技術開発など)を募集いたします。大学や技術研究所などからの貴重な研究成果を多数お待ちしておりますので奮ってご応募下さい。とくに若手トンネル技術者の技術向上を主眼としておりますので、平易・簡潔にまとめていただくようご配慮のほどお願い致します。なお、応募方法の詳細につきましては48頁に掲載の『投稿原稿応募のご案内』を参照のうえ、ご応募下さい。

問い合わせ先 株式会社 土木工学社 編集部
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂 電話(03)3267-2888(代)

栗東八景

村上孝男



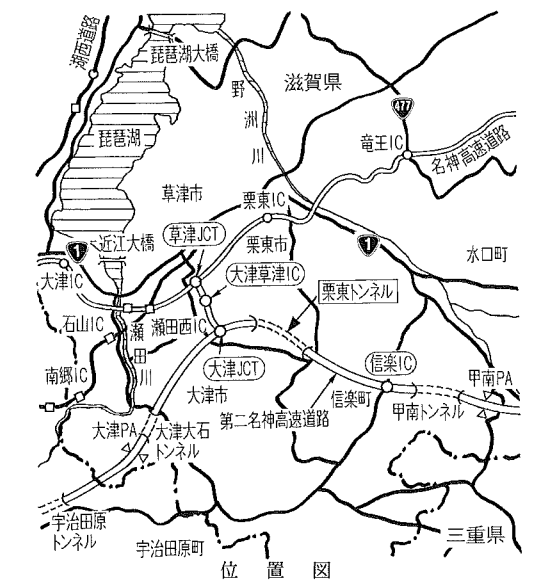
平成13年10月1日、滋賀県栗太郡栗東町は、滋賀県栗東市になった。栗東市は、古くから街道が発達し、今も名神高速道路や国道1号・8号線が分岐する交通の要衝の町である。

また、一方では南部の金勝山系が全国森林浴の百選に選ばれるなど、自然に恵まれ和中散や狛坂磨崖仏など史跡の見どころもいっぱいである。

ところで最近栗東市で、過去から未来へ楽しみながら歴史を実感できる身近な風景「栗東八景」がクローズアップされている。

栗東八景とは、大宝神社～青麦の薫風～、東方山安養寺～泉面の雪花～、JRA栗東トレーニングセンター～弘暁の駒音～、金勝寺～夏清の幽玄～、新善光寺～彼岸の繁華～、旧和中散本舗～積日の海道と城跡～、栗東自然観察の森～飛翔の羽音～、金勝山県民の森～陽春の風光～である。

今回はこの中から代表的な3景について紹介する。
・JRA栗東トレーニングセンター
約2,000頭のサラブレッドを東京ドームの広さをもつ牧場で調整する日本中央競馬界のトレーニング



三瓶山

グ施設。雄大な自然の中、明日のG1馬を目指して訓練に励んでいる。

- ・旧和中散本舗
江戸時代、旅人のために道中薬を売る店が数軒あり、大角家は、その中で和中散という薬を売る「ぜさいや」の本舗として栄えた。贅を尽くした玄関や欄間などは当時のまま保存されており、そのほとんどが国指定の重要文化財である。
- ・金勝寺
奈良時代に良弁が開基、参道を登りつめると仁王門、そして一段高く正面に本堂、その手前に二月堂が建っている。その古びた姿がかえって心の安らぎを覚えさせてくれる。

さて、第二名神高速道路栗東トンネルは、琵琶湖の南、湖南アルプスと呼ばれ、奈良時代より信仰深い金勝山を仰ぎ見る三上、田上、信楽、県立公園内に位置する。

全長約3.8kmの上り線、下り線の2本のトンネルで両トンネルともに西側約2.6kmはTBM($\phi=5,000$)によって先進導坑掘削し、その後上半先進NATMによる本坑断面($A=180m^2$)への切り上げが行われている。また、東側の約1.0kmについては上り線、下り線ともに作業坑から上半先進のNATMにより本坑工事を行っている。

平成10年6月より開始したトンネル掘削も平成14年11月には終了予定である。
(鴻池・日産・佐田共同企業体栗東トンネル東工事事務所長)

土木情報 No.353

今月の主な入札結果

(9月3日～9月20日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
九州農政	筑後川下流佐賀西部導水路白石線下大戸ケ里	大成建設	450
〃	〃	上大戸ケ里	230
室蘭開建	230号虹田町青葉T	鹿島・三井・北興JV	778
北陸地整	新潟港(西港)道路T右岸擁壁	竹中土・戸田・大本JV	1,266
中部地整	東海環状兼山T	銭高組	1,100
近畿地整	大阪港夢洲T咲洲側アプローチ11	西松・戸田・不動JV	1,580
四国地整	嵐坂歩道T	さとうベネック	357
道公・中部	東海環状道笠原T北	梅林・ケイコンJV	1,623
下水事	東広島市西条八本松汚水幹線22	白石・武田JV	945
〃	泉佐野市鶴原北雨水幹線・湊新町雨水幹線	みらい・南海JV	1,030
〃	海津町汚水7号	日東・伊藤JV	250
釧路土現	知床公園羅白線羅白町改良T	村井・三井道JV	234
秋田県	秋田中央道整備SA20-10	大成・前田・奥村・住友・大本・菅与・北日本・沢木JV	22,880
都・財務局	戸吹T2	前田・清水JV	620
都・水道局	拝島増圧ポンプ場および送水管	住友・勝村JV	1,438
〃	八王子市丹木町2～滝山町1地先間配水本管	大成・イワキJV	1,290
〃	港区三田3～高輪1地先間配水本管	安藤建設	598
都・下水道局	日本堤幹線	奥村・村本・クボタJV	1,859
〃	北区神谷2,3付近再構築2	浅沼組	970
〃	馬込東2号幹線3および馬込西2号幹線	五洋・西松・白石JV	1,043.7
〃	港区北青山3, 南青山6付近再構築2	アイサワ・南海JV	794.85
〃	千代田区三崎町2, 神田神保町2付近再構築2	飛島・鹿島・鉄建JV	850.5
〃	多摩川上流雨水幹線5-2	五洋・西松・竹中土JV	1,879.5
神奈川県	酒匂川流下左岸汚泥管渠	前田・松尾JV	633
山梨県	河口湖上九一色線新寺崎T	大森・芙蓉・富士JV	810
〃	琴川ダム4号工用雄岩T	昭和建設	162.5
兵庫県	朝来町道釣坂線あすなろT	大林・宮本・松本JV	1,500
愛知県	東浦幹線5-1配水管	大豊建設	196
岡山県	城下駐車場改修	アイサワ工業	165
山口県	県道萩川上線道改良添山T	松村建設	368.3
徳島県	旧吉野川流下鳴門松茂幹線鳴門中央	飛島・井上・近藤・大進JV	1,277
〃	〃 旧吉野川幹線北島中央	ハザマ・北岡・北島JV	920
愛媛県	国道197号八西T	大成・鉄建・西田JV	3,860
〃	県道宇和島下波津線新辰野T	ハザマ・一若JV	1,363
〃	国道379号吉野川T	不動・浅田JV	955
沖縄県	西系列幹線名護導水1	熊谷・武国・久高JV	2,060
小山市	喜沢第2雨水幹線	西松・板橋・鈴木JV	1,250
船橋市	三田地区幹線管渠32	クボタ建設	105
八千代市	公下八千代2号幹線	竹中土木	106
東金市	東金処理区汚水管165	東鉄・庄司JV	107.9
名古屋市	春日井送水幹線1	大林・奥村・鉄建JV	1,505
〃	山崎川改修(下水)	清水建設	305
長崎市	本河内町送・配水管布設	西松・水土JV	172
石狩東部広水企	千歳市泉沢送水管2	伊藤土・藤山	163
君津富津公下組合	君津汚水4号幹線	五洋建設	133.5
東大阪市	公下3工区	飛島建設	2,455

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL

第2黒部トンネル起工

日本鉄道建設公団北陸新幹線第2建設局が建設を進めている北陸新幹線新黒部駅・富山駅間で最初の工事となる第2黒部トンネルが8月10日

起工した。同トンネルは延長2,314m。施工は、吹付け一体型の上半先進ショートベンチNATMを採用。27ブームのホイールジャンボ、0.4m³の大型油圧ショベルと30t積みトラック、ブレーカなどで構成、これに一体型吹付け機と12mのスライドセントル、ポンプ車などが続く機械化掘削を展開する。

下水道普及率は63.5%

下水道の整備状況を表す「処理人口普及率」が、昨年度末時点で63.5%になったことが国土交通省の調査でわかった。前年度末の実績に比べ1.7ポイントの上昇。処理人口は、約8,032万人となり、昨年度1年間で約229万人が新たに下水道を利用できるようになった。

しかし、下水道の普及率は欧米に比べ依然として低く、国内の大都市と中小市町村では大きな格差が生じている。とくに人口5万人未満の市町村の普及率は29.5%にとどまっているのが現状。

処理人口普及率を都道府県別に見ると、東京都の97.3%がもっとも高く、続いて神奈川県(92.3%)、大阪府(84.4%)、北海道(83.7%)、兵庫県(83.4%)の順になっている。普及率がもっとも低いのは徳島県(10.5%)で、和歌山県(10.9%)が並び、他の都道府県に比べ極端に普及率が低い。

玖珠～九重東坑口間が4車線化

日本道路公団が建設を進めている大分自動車道の玖珠ICから九重IC

間の一部(玖珠～岩室トンネル東坑口付近、延長1.9km)の4車線化が完成し、9月25日供用を開始した。

大分自動車道は、九州横断自動車道長崎大分線(延長約257km)の一部を形成し、佐賀県鳥栖市から大分市に至る延長138kmの道路で、96年11月に全線開通している。

このうち、玖珠ICから湯布院IC間(延長21.8km)について現在4車線化事業が進められている。

新永春隧道異常出水を克服

中華民国交通部が建設を進めている線増工の新永春隧道(4,450m)が8月28日貫通した。

同トンネルは、台湾東海岸の宜蘭県蘇澳～東澳に位置する。工事は三井建設が技術面で参加、96年4月に南北両坑口から工事を開始した。北側は千枚岩化し、破碎された頁岩と砂岩が互層を成し、頁岩部には地下水があり切羽が流され、膨張性の地圧が随所に発生したが、月進6～45mで進行した。南側は当初、比較的安定した地山で全断面掘削で月進80～100mで進行していたが1,810m付近で大量出水に遭遇、最大湧水量約80t/minを記録した。流出土砂は約2万m³達し、約300m区間の全断面が土砂に埋没した。その結果、本線ルートを東に約70m振り、水抜きボーリングにより水圧を5～10kgf/cm²に低下、旧ルート側に水抜き導坑を先進、6ヶ月後に収束した。

川関トンネル貫通

近畿地方整備局紀南工事事務所が建設を進めている国道42号那智勝浦道路の川関トンネル(1,652m)が9月6日貫通した。

同道路は新宮市三輪崎から那智勝浦町川関に至る延長8.9kmの自動車専用道路。川関トンネルは、標高約

300mの山岳部およびゴルフ場直下を貫く、同道路で計画されている5つのトンネルでは最長となる。

工事の特徴としては、坑口部に、江戸時代に活動した形跡のある地すべりブロックもあり、わずかな荷重に対しても変形しやく、その他のブロックもクリーブ状態であることから、掘削でも変形が予想された。このため、対策として明かり部の深礎杭を6mピッチで12本、20.5～23mの深さまで施工。トンネル部では3～11mの小土かぶりでの施工となるため、垂直縫土工を採用、沈下を抑制した。

中村宿毛道森沢～平田開通

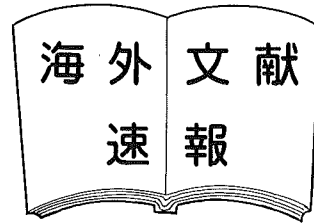
四国地方整備局が建設を進めている国道56号中村宿毛道路の高知県中村市森沢～宿毛市平田間10.5kmが9月13日、幡多地域初の自動車専用道路として開通した。

国道56号は高知市と松山市を結ぶ四国西南地域の主要幹線道路。その一部の中村宿毛道路は、23.2km。四国横断自動車道と接続し、高速交通ネットワークを形成する自動車専用道路部と、中村市街地の交通混雑を緩和する一般道路部からなり、中村市から宿毛市間の円滑な交通確保と道路冠水などによる交通遮断の解消などを目的としている。

都農～高鍋12.9km着工

日本道路公団九州支社が建設を進めている東九州自動車道都農～高鍋間12.9kmが9月28日着工した。

宮崎県内の同道路(北九州市～鹿児島市間約436km)ではすでに26.9kmが開通しており、西都からの延伸区間にあたる都農～高鍋間のうち川南町内で初の本線工事(東九州自動車道銀座工事)着手に先駆けて行われる。



(社) 日本トンネル技術協会
研究開発委員会

永久覆工としての吹付けコンクリート : ITA
作業部会報告/Sprayed concrete for final
linings : ITA working group report

By Tomas Franzen, K. F. Garshol, N. Tomi-
sawa : Tunnelling and Underground Space
Technology, Vol.16, No.4, 2001, pp.295-309

吹付けコンクリートに関するITA作業部会では、近年、
吹付けコンクリートを永久覆工に適用することを目的に
吹付けコンクリートの耐久性について検討を行ってきた。
作業部会では2つの報告書を作成した。

これは、「耐久性データへの処理に関するガイドライン」と11か国の150件の事例をまとめた「永久覆工として
適用された吹付けコンクリート」である。この2つにつ
いて報告する。

目次
序論

1. 永久覆工のための吹付けコンクリートPART 1 : 耐
久性データへの処理に関するガイドライン
 - 1.1 耐久性評価の問題点
 - 1.2 覆工の現状
 - 1.3 提言
 - 1.4 耐久性に関するデータの明細
2. 永久覆工のための吹付けコンクリートPART 2 : 吹
付けコンクリートによる永久覆工の資料まとめ

(文責 : 岩田充功・鹿島建設(株))

硫酸腐食環境からの非金属地下施設保護のため
のポリマーコンクリートコーティングの評価/
Evaluating a polymer concrete coating for protecting non-metallic underground
facilities from sulfuric acid attack

By Jie Liu, C. Vipulanandan : Tunneling and
Underground Space Technology Vol.16, No.4,
October, 2001, pp.311-321

近年、微生物によるコンクリート下水道管などの非金

属製地下施設の急速な構造劣化が問題となっている。劣
化の進むコンクリートや煉瓦による地下構造物の補修に
は、腐食防止としてのコーティングが使用されているが、
この工法の下水処理施設の補修に対する効果に対しては
未だ疑問がある。

そこで、ある期間内におけるコーティング性能を評価
するための試験方法を開発する必要がある。

本研究においては、乾燥および湿潤状態のコンクリ
ートや煉瓦の表面へのポリマーコーティング(ポリエステル
主体 : 1.75g/cm³, バークル硬度38~45, 厚さ3.2mm)
の適用に対して、以下に示す機能を評価することを目的
とし、実物大および供試体レベルの試験を行った。

- (1) 乾燥および湿潤状態でのコンクリート表面にお
けるコーティングの適用性
- (2) コーティングとコーティングされたコンクリートお
よび煉瓦の薬品抵抗性
- (3) コンクリートおよび煉瓦に対する供用期間にわた
るコーティング材料の付着強度

1) 実物大試験

乾燥および湿潤状態におけるコーティング構造物の実
物大の静水圧試験は、コンクリート構造物の背面に静水
圧を作用させるため、図-1に示すような両側をコンクリ
ートの棲板で塞いだ直径900mmの供試体パイプと1,600mmの
水圧保持用パイプからなる試験装置を用いて実施された。
コーティング表面の測定は24か月間目視により行われ、
コーティングの膨れ上がり、剥落、変色およびクラック
は写真にて記録された。

静水圧試験の最後に行われた原位置付着強度試験は、
修正ASTM D4541に従い行われた。また、コーティ
ングの付着力に影響を与えることが報告されているコーティ
ングコンクリートパイプの水分蒸発量は、ASTM E1907
に従い計測された。

2) 室内試験

コーティングの薬品試験は、ASTM, 1998aに従い、
コーティング供試体を30%および3%の硫酸溶液中に浸
し、純水中で養生した場合との比較を行った。コーティ
ングの薬品抵抗性試験は、欠陥を模擬する穴付きのコー
ティングされた供試体を使用するためにASTM G20を
修正し、図-2に示すように供試体の半分を試験液に浸し

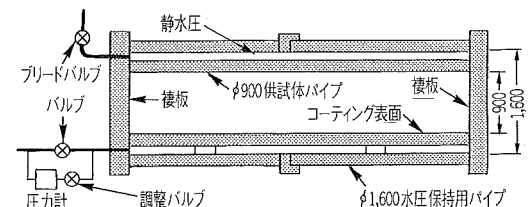


図-1 静水圧試験模式図

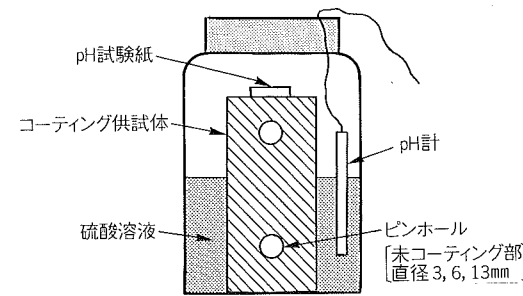


図-2 コーティングの薬品試験
荷重荷重方向

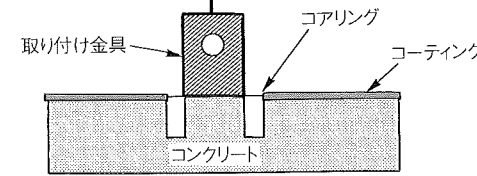


図-3 付着力試験(修正ASTM D4541)

て行われた。また、コーティングとコンクリートおよび
煉瓦との付着強度試験は、修正したASTM D4541に従
い図-3に示す方法で、約3年の期間にわたり実施された。
3) 試験結果とまとめ

上記の試験により、以下の結論が得られた。

- ① ポリマーコンクリートコーティングは103kPaの
静水圧下での乾燥および湿潤状態のコンクリート表
面に対して良好な機能を保持している。24か月後
においても、コーティング表面は滑らかで、水ぶくれ
やひび割れは確認されなかった。変色による染みが
湿潤状態でのコーティングで確認されたが、全体的
な仕上がりは良好であった。
- ② 酸性およびアルカリ溶液中のコーティング供試体
は、純水中供試体に比べて供試体の増加重量が4~1
2倍程度であった。
- ③ 3%の硫酸溶液中で養生された欠陥有/無の乾燥
状態でコーティングを施したコンクリート供試体で
は、400日で大きなコーティングの膨れおよびクラ
ックが発生し、その機能性の低下が確認された。これ
に対して、湿潤状態でコーティングを施したすべての
コンクリート供試体は、乾燥状態コーティングと
同様に重量増が観測されたものの、同期間において
破壊は確認されなかった。
いずれにしても、コーティング欠陥のあるコーティ
ングコンクリートの試験が実際の適用状況を表現し
ているものと考えられる。
- ④ 乾燥状態のコンクリート表面へのポリマーコン
クリートコーティングより湿潤状態のコンクリート表

面との付着性が高い。

- ⑤ 3年間に及ぶ試験結果より、煉瓦の乾燥および湿
潤表面へのポリマーコンクリートコーティングは良
好な付着強度を有している。
- ⑥ ポリマーコンクリートコーティングは、乾燥状態
のコンクリート表面より湿潤表面に対してより有効
である。

(文責 : 酒井邦登・亀廻井寿明/東急建設(株))

トゥーロン横断道路トンネルにおける切羽ボルト
の現場試験/LA TRAVERSEE SOUTE-
RRAINNE DE TOULON BOULONNAGE
DE FRONT ETUDE EXPERIMENTALE

By Gerard Mazzoleni (CETU), Pascal
Dubois (MISOA), Bernard Hodoc DEHA-COM :
TUNNELS ET OUVRAGES SOUTERRAINS
NOVEMBRE/DECEMBRE 2001

1. 工事概要

本稿は、トゥーロン横断道路トンネルにおいて試験施
工された切羽ボルトの地山支保効果の報告である。同ト
ンネルはA50号線とA57号線を結ぶ道路の一環として施
工され、都市部の軟岩下に位置するため、沈下の抑制、
地上構造物に対する影響の極小化が要求された。

トゥーロン横断道路トンネルは、延長1,852m、掘削
断面積100m²、土かぶり20~35mで、掘削対象地山は石
英質千枚岩が主流であった。

2. 施工方法

一般に、先受け工法に用いられるロックボルトには次
の2タイプがある。

- ① 鏡止めボルト(切羽ボルト) : 切羽の押し出しを防
止するため、切羽よりトンネル軸方向に打設される。
材料はグラスファイバ、ポリエステル樹脂などが用
いられる。
- ② 斜め打ちボルト(先受けボルト) : ロックボルトに
よる内圧効果により、地山を一様に変形させ、地山
にアーチ効果を形成する。必要に応じて、注入工法
を併用することも可能である。

当工区においては、覆工の支保構造は、1.5mピッチ
の鋼製支保工(HEB180)、厚さ20cmの吹付けコンクリ
ート、インバートコンクリートからなり、切羽の安定のため
に、トンネル上半部に水平方向(トンネル軸方向)に対
して6~12°の角度を有する切羽ボルトが採用された。また、
掘削方法としては、ショベルなどによる機械掘削が
行われた。

ここで、切羽ボルトの支保効果の解析には軸対称解析
モデルCESARが使用された。

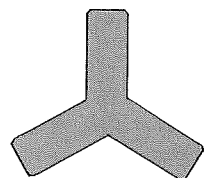


図-4 ロックボルトの断面形状

3. ロックボルトの特性

当該トンネルにおいては、グラスファイバを主材料とする商標名SIREGのロックボルトが使用された。その断面はY字型の三刃構造をしている(図-4参照)。表-1にロックボルトの材料特性を示す。

また、定着材としては、ポリエチレン樹脂、流動化剤を添加した普通モルタル、流動化剤を添加した膨張モルタルが使用され、地山条件、地下水の存在の有無などにより適宜選択した。

すなわち、地山条件ごとのロックボルトの引き抜き試験を行うと、砂岩中ではモルタル系の定着剤を用いた場合も樹脂系の定着剤を用いた場合も引き抜き力は100kNであったが、粘土質の岩盤中では、モルタル系の定着剤を用いた場合の引き抜き力が40kNであるのに対し、樹脂系の定着剤を用いた場合の引き抜き力は100kNと改善効果が得られ、これらの試験結果にもとづき定着剤を選択した。

4. 試験施工

CETUの要望に従い東西の切羽が貫通する位置の近傍で計測試験が行われた。試験順序は以下のとおりである

表-1 ロックボルトの材料特性

単位体積重量	1.9g/cm ³
ガラス含有率	70%
引張強度	1,000MPa
弾性係数	40,000MPa
破壊時伸び率	3%以上
せん断強度	200MPa

(図-5参照)。

- ① 延長12mおよび3mの光ファイバ変位計2本を西切羽よりトンネル軸方向に打設する。
- ② 西切羽よりトンネル軸方向に打設された延長15mの2本のロックボルトにひずみゲージを切羽側から3, 6, 9, 12mの位置に設置する。
- ③ 西切羽の掘削を停止し、東切羽からのみ1.5m/日の掘削を行い、両切羽間の距離が減少することに伴う地山の緩み、ロックボルトに作用する外力などを計測する(インバートの掘削は試験後に行う)。

5. 結論

(1) ロックボルトの最大引張力はロックボルト先端と東切羽の間隔が6mに達した際に生じ、その値は100kNであった。

この値に達した後は、地山とロックボルトの付着が切れ、ひずみ計と切羽の距離が4mとなると引張力は急激に0となった。

(2) 西切羽より12mに設置された光ファイバ変位計による計測において、両切羽の間隔が17.5m、すなわち、変位計と東切羽間の距離が5.5mとなるまでは、2mm/日であったが、これより両者の間隔が小となると10mm/日となった。(1)の結果も含めて、当該試験工区で使用されたロックボルトは4~6m以上でないとその効果はない。

(3) ロックボルトに設置したひずみ計の最大値は $4,000 \times 10^{-6}$ で、36mmの伸び量に相当する。これは、光ファイバ変位計の計測値40mmに近似している。ロックボルトの剛性を考慮すれば光ファイバ変位計が高精度の計測値を提供したことが証明された。

(文責：高野佳博・(株)千代田コンサルタント)

地下構造物の防水工指針—フランストンネル協会第9作業部会 / ETANCHEITE DES OUVRAGES SOUTERRAINS INFORMATION-RECOMMANDATION

1. 適用範囲

本指針で扱う防水シートの材料は、NF-P 84-500に規定されているフランス品質協会が保証する合成防水シート、瀝青防水シートなどを対象とする。

2. 防水工の設計

2.1 防水工用の防護シートの強度に関わる設計

- 2.1.1 現行規準における注意事項
- 2.1.2 碎石による埋め戻し部への適用について
- 2.2 トンネルの防水を目的としたシートの設計

3. 水膨潤シールを用いたセグメント覆工の防水工指針(フランストンネル協会)の修正事項

TOS1999年1/2月号に出版された「水膨潤シールを

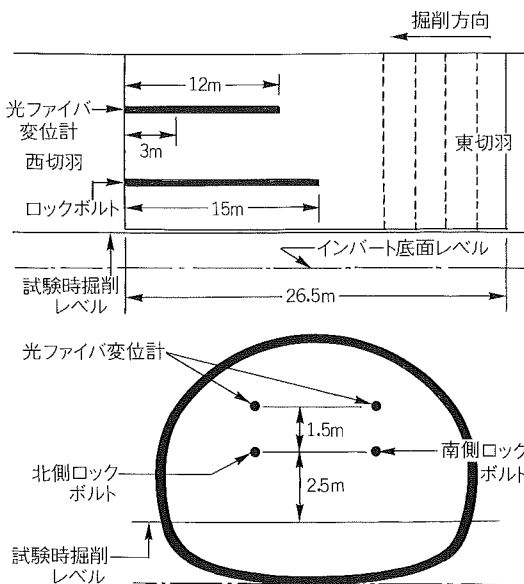


図-5 試験計測区間

用いたセグメント覆工の防水工指針」の防水材の耐久性を考慮した修正事項を述べている。

(文責：高野佳博・(株)千代田コンサルタント)

トンネル支保に対する新しい確率論的設計手法/A new probabilistic design approach for tunnel supports

By P. P. Oreste(イタリア・トリノ工科大学) : Gallerie No.63, pp.75-81, pp.66-74

1. まえがき

岩盤の地質構造特性は、たとえそれが均質であっても、掘削方法と支保システムにより大きく変化する。岩盤の物理的性質は未知の法則により検討区間で次から次へと変化するが、データが十分ならば、この種の問題を確率論的方法で論じることができるし、確率分布を特性指標に関連付けることができる。

この方法により、予め設定した安全率を下回る形で表されるある最小確率を有する構造物として支保工を設計できる。

そして、ある支保タイプを選定すべき確率がいくらかの評価でき、さらにトンネル全区間について支保工コストの確率分布を得ることができる。

また、適切な特徴づけが可能な確率手法を利用する必要がある。この設計手法により、ピニアウスキーの岩盤分類やNATM掘削等級にもとづくトンネルの地山分類がより効率的となる。

不確定条件下での構造物設計は工学科学の多くの分野に特有ではあるが、トンネル分野では基本的に構造物と岩盤との相互作用の問題が複雑で、適切かつ効果的な計算手法が欠けているため特殊ケースとして残っている。したがって、トンネル支保は基本的に確定論的手法により設計されているのが現状である。

岩盤、支保工の構成材料、計算手法に関する本質的な不確実性をすべて非常に単純化して「安全率」という一言に包めている。

しかしながら、一般的に破壊確率が異なっても安全率は同じとなり得るため、確定論的手法ではトンネル支保構造を正しく分析するのに適さない。

本論は、当初のトンネル支保挙動に影響を及ぼす岩盤の地質構造特性を定義した後、検討したトンネル区間における岩盤特性指標の不確実性と支保材料の力学特性の不確実性に留意した確率論にもとづく支保設計に対する新しい手法を展開している。

2. 岩盤特性の不確実性の評価

岩盤露頭、導坑、トンネル深さでの試掘での計測、および室内/原位置試験からRMR値を構成する5つのパラ

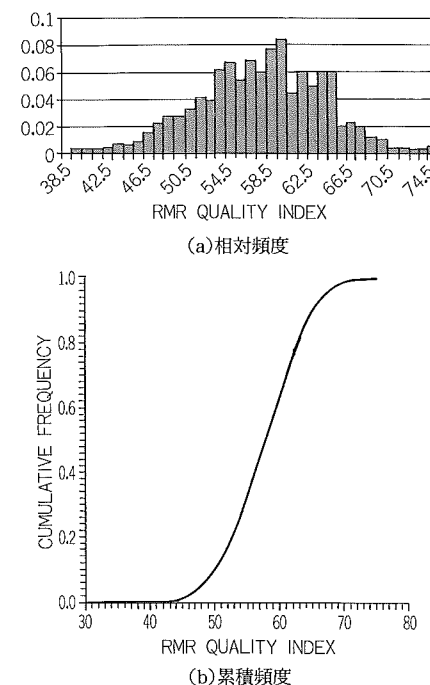


図-6 岩盤RMR値の確率頻度分布(第7節の道路トンネルの事例)メーターの確率分布を得ることは可能である。これらの確率分布から、例えばモンテカルロ法によりRMR値の確率分布(図-6)が得られる。

3. 岩盤との相互作用解析による支保構造の設計

支保システムの挙動解析では支保内部の応力状態の進展が重要なため、支保自体と岩盤との相互作用を考慮する必要がある。

単純かつ効果的な方法は、岩盤—構造物の相対変位に線形比例する力を発現するウィングラーの法線バネとせん断バネを仮定することである。

4. 支保挙動に影響を及ぼすパラメータの定義

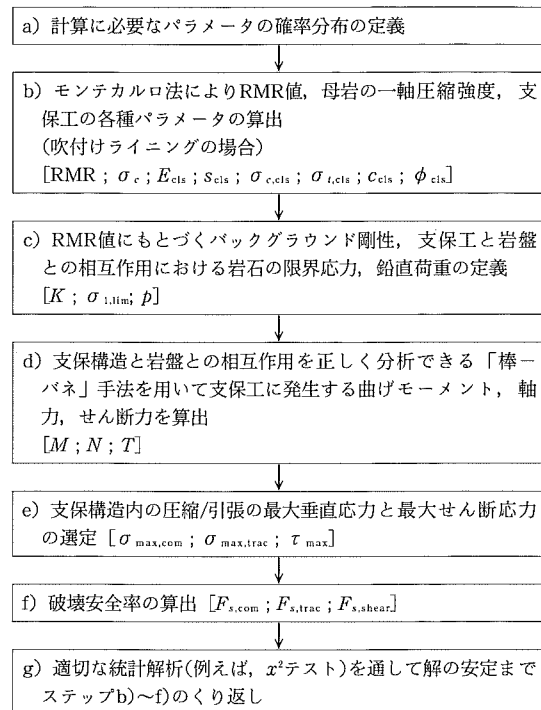
支保挙動に影響を及ぼす主要なパラメータは岩盤との相互作用に関するものである。それらのパラメータは、最終的にはすべて確率論的に周知なRMR値と母岩の一軸圧縮強度で評価される。

また、支保の力学特性(構成材料の弾性係数、一軸圧縮強度、粘着力、内部摩擦角)も、吹付けライニングの場合には、確率論的に得られる。

5. 支保の応力状態の計算

支保工に発生する曲げモーメント、軸力、せん断力は「棒—バネ」計算手法を用いて算出した各ベクトルとして求め、支保工の強度をその応力で除することにより、3つの破壊安全率を求める。

モンテカルロ法を用いた支保工安全率の計算手順を以下に示す。



6. 確率論的手法を用いた支保の設計

吹付けライニングの場合、異なる吹付け厚さを考えたうえで、3つの安全率のもっともクリティカルな分布を確認することにより、予め設定しておいた確率 y に関連する限界値 F_s を決定することができる(図-7)。支保構造を特徴づける厚さや他の幾何学的パラメータの関数として得られる F_s 値を用いて支保設計を行う。

7. 計算例

吹付けライニングに対する確率論的設計手法の適用例として、全断面発破工法により片麻岩・花崗岩中に掘削された全長1,500m、幅12.3m、高さ8.9mのイタリア(ヴェルバニア州)の道路トンネルが提示されている。地山は均質で、38個の地質構造調査と原位置・室内試験が行われたために、RMR値の確率分布、母岩の一軸圧縮強度、吹付け支保工の各種パラメータ、バックグラウンド剛性、限界応力、鉛直荷重がすべて得られていた。

第5節の手順に従い、吹付け厚さ20cmと10cmに関して決定論的ならびに確率論的に計算を行った結果、次の

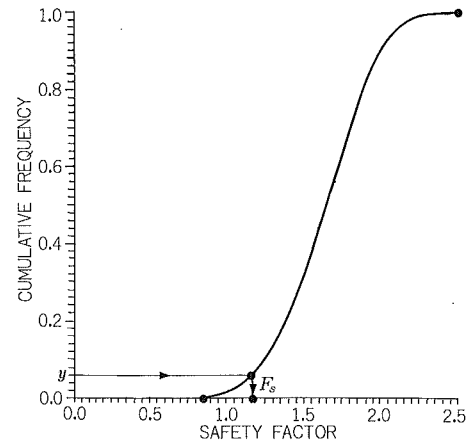


図-7 発生確率 y と安全率の限界値 F_s

ことが判明した。

- ① 安全率の確率分布はガウス曲線に近い。
- ② 安全率の分布幅は確率論の方が決定論よりも広い。
- ③ 安全率の(標準偏差/平均値)の比率は圧縮よりも引張の方が大きい。
- ④ 安全率の(標準偏差/平均値)の比率は支保工内の最大圧縮・引張応力の同比率、RMR値の同比率よりも大きい。
- ⑤ 確率分布の平均値を岩盤・吹付けライニングの特性パラメータと見なして行った分析の結果、確率分布の中央値と一致する安全率が得られた。

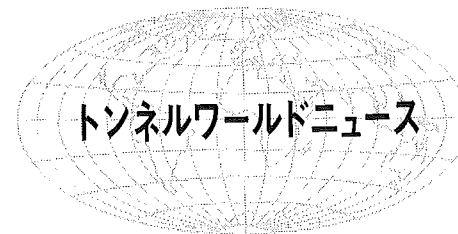
8. 結論

本論では、吹付けライニングに注目して、トンネル支保工の従来設計に対する新しい確率論的設計手法を提示した。

結論として、トンネル支保構造の分野で確率論的手法を普及させていくためには、安全率がある既定値以下であると許容できる確率を証拠付けること、岩盤特性指標(RMR値)の確率分布を得るため多数のデータを入手することが必要である。

本論に提案する手法は、トンネル支保構造の最適化やトンネル支保分類のための補助ツールに適用される方向にあり、これによりトンネル工事費の低減予測が可能である。

(文責：中間祥二・(株)大林組)



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会国内広報ワーキング

ロンドンの地盤沈下

ロンドンで新たに建設された2本のトンネルが市内の地盤沈下の原因であるとの報道は、専門家から事実無根と否定された。

この非難は、首都圏全域にわたる10年間の衛星測量によって、ロンドン地下鉄Jubilee Lineの延伸区間と市南西部の電気設備トンネルに沿って最大25mmまでの沈下が発生している、との報告にもとづくものである。

沈下は予期されたもので、建造物の長期的な安定には脅威とならない、というのが専門家の意見であり、ロンドンが継続的に沈下しつつあるとの認識に異議を唱えて

いる。

トンネル関係者の間では、この衛星測量技術への関心が高まっている。欧州諸国の衛星は、特定地点の500マイル上空を、レーダー画像を撮影しながら35日周期で通過する。これらの画像は重ね合わされ、時系列的な地盤高の変化がミリ単位の精度でわかる複合的な地形図となる。不動な地点のデータを測定することで、変動のある地域を特定可能である。

画像データの処理・解析を行っている英国NPA Satellite Mapping社の広報担当者Ren Capes氏は、『人騒がせな姿勢の報道に、警戒の念を強くした。われわれは、単に計測を実施したのみであり、正確さには自信を持っているが、その原因および影響については、当社の技術の範囲外のことである。しかしながら、われわれとしても情報の重要さは認識しており、さまざまな面での応用を視野に入れている。現在実施中の観測に加えて、プロジェクト開始前の地盤の安定性評価にも、この技術は利用可能である。』と述べている。

これにより、長引きがちである地盤沈下に関する議論の回避が、可能となるかもしれない。

(T&T'02.4 担当：小島健一・日本鉄道建設公団)

【好評発売中】

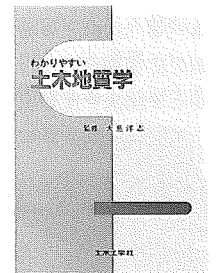
わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格2,500円(税別) 千340円

本書は、平成11年3月号より17回にわたって「トンネルと地下」に連載した「トンネル技術者のための応用地質学入門」をベースに、加筆および整理してまとめたものである。本書では、最新のトンネル技術、地質学、ならびに、地質調査法などを挙げ、学生から実務者まで広範に満足させる内容となっている。

〔主要目次〕

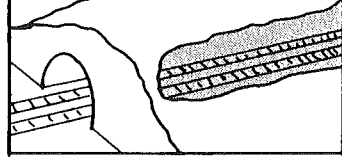
- | | | | |
|-----|--------------------|-----|------------------|
| 序 編 | トンネルと地質の関わり | 第Ⅲ編 | 地質調査法 |
| 第Ⅰ編 | トンネル工事に必要となる基礎的地質学 | 第Ⅳ編 | 工事を対象とした地質調査の進め方 |
| 第Ⅱ編 | トンネル工事と地質条件 | | |



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



R 8mシールド施工

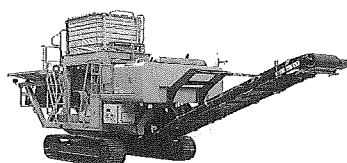
鹿島は、都内の雨水幹線工事で同規模でもっとも急曲線となる曲率半径8mのシールド工事に成功した。

同工事では、施工にあたり「Wagging Cutter Shield工法」を応用し、超急曲線対応の工法に改良。セグメント幅が最小で30cmのため、テールスキンプレートを小型のものに交換できるシステムとした。シールドの最大中折れ角度は17度。

自走式土質改良機

日立建機は、粘性土や泥土などの土質改良に適したSR-G2000自走式土質改良機を新発売した。

同機は、広範囲な土質対応力と作業効率・処理土量の増大を目的に開発。混合効率の高い2軸パドルミキサや土砂積み込みが容易な幅広の土砂ホップ・揺動ゲートの採用で粘性土や泥土状の土砂を効率的に改良。



急速施工の大深度立坑

奥村組は、コマツ、新潟エムジェーピーと共同で、500~1,000mの大深度地下開発向けにアクセス用立坑を早期に構築できる「立坑TBM工法」を開発、実用性を確認した。

発破は使わず、TBMによる鉛直方向の全断面掘削で急速施工を可能にした。深度1,000m・掘削径7mの立坑が17か月程度と従来に比べて工

期を約1/3に短縮、工事費も5%程度低減。

補修・補強対策支援

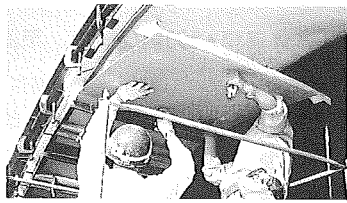
熊谷組は山岳トンネルの施工から維持管理までの経年データを管理できる山岳トンネル総合管理システム「Ground Mother」を開発した。

山岳トンネルの各段階で使用する3つの管理データシステムを統合、維持管理履歴データベースを構築。既設トンネルの保守点検時には施工記録を参照し、効果的な補修・補強対策に役立てる。新設トンネルには既存トンネルの実績記録からコスト縮減の方向性の提示も可能。

高靱性セメントボード

クラレは、繊維補強複合材料である新タイプの高強度ポリビニルアルコール繊維で補強された高靱性セメントボード「パワロンボード」を新発売した。

同製品は、抄造方式によって製造された薄くて靱性に富んだ板状セメント系材料。大林組のムースボード工法、鉄建のリディーム工法にも採用されている。



PERS工法協会発足

土木研究センターと民間企業8社は、老朽化した下水道管渠を撤去しながら新しい管渠を布設する函渠拡大更新工法「PERS工法」を開発、技術普及体制の整備を目的に「パイプリニューアルシステム工法研究会」を立ち上げた。

同工法は、既設管渠を撤去しながら非開削で同位置に更新管渠を埋設するもので、下水道を供用した状態

で管渠をリニューアルできるのが特徴。更新前と比較して管渠の口径を1~2サイズ大きくできる。

ツインスクリュー・シールド工法

大成建設は、福岡市地下鉄3号線に石川島播磨重工業と共同研究のツインスクリュー・シールド工法(TSシールド工法)を適用し貫通させた。同工法は、2本の径の異なるスクリーを逆方向のらせんにしてかみ合わせて機械的な止水ゾーンを作り、スクリー回転数で切羽土圧を制御。泥土圧では難しいとされている自動制御を実現。地上構造物に地盤の沈下や隆起などの影響を与えずに、砂礫層地盤にトンネルを構築。

プレキャストトンネル押し出し工法

安藤建設とジオスターは、山岳トンネルの補修・補強工法として開発した「プレキャストトンネル押し出し工法」の実物大施工実験を行った。

同工法は、トンネル内の両側の壁際に、ボールベアリングを敷き詰めた形鋼のレールを敷設。新しい覆工となる高強度・高耐久のコンクリート版を坑口の外でアーチ状に組み立て、レールに乗せて推進ジャッキで坑内に次々と押し出す。交通規制が抑えられ、工期の短縮も図れる。

スールパス工法

飛鳥建設は日本防蝕工業と共同で、山留め壁の施工中に遮断される地下水の保全を可能とする「スールパス工法」を開発した。

同工法は、立坑の壁を構成する鋼材を電流で溶解する杭芯材劣化技術「FW工法」を活用し、掘削底盤よりも深い位置での地下水の保全を可能とする。電解液中にある鋼材にプラス方向の電流を流すと溶解する電食の原理を応用した技術で、鋼製

の矩形杭芯材内部に装備された通水用矩形管に電流を流して溶解させ、通水孔を構築する。

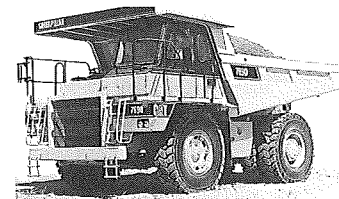
ソイルセメント鋼製地中連続壁工法

新日本製鐵と大手、準大手ゼネコン34社で組織する鋼製地中連続壁協会は、深さ10~50mに適用できる中深度向けのソイルセメント鋼製地中連続壁工法を開発した。92年に実用化した大深度向けソイルセメント鋼製地中連続壁工法の作業工程をより簡略化し、工期と工事費をともに40%低減することに成功。

大型ダンプ2機種モデルチェンジ

新キャタピラー三菱は、米キャタピラー社が開発・製造する大型ダンプトラックのモデルチェンジ機種769D(最大積載量:37t)と771D(同:41t)を新発売した。

先進の燃料噴射制御システムの採用によりEPA(米国環境保護)、EU(欧州連合)の排出ガス2次規制をクリア。また、急速オイル交換システムを標準装備し、分割式ラジエータコアを採用、交換作業が容易に可能等、メンテナンス性を向上。



地下構造の地震被害を予測

大林組は、地下構造物を含めた土木インフラの地震被害をパソコン上で予測できるシミュレーションシステムを開発した。

地質や活断層のデータを組み込んだ地理情報システム(GIS)を利用し、地震時の地盤の動きや構造物の被害の程度を予測、地図上にわかりやす

く表示する仕組み。インフラの耐震補強や復旧計画の立案などに役立つ。

小断面掘削システム

鹿島は環境に配慮した小断面トンネル掘削システムを開発し、長野県発注の坂上トンネル(上山田工区)工事で試行している。掘削断面積54m²という小断面トンネルに対応した施工機械を実用化し、重機車両災害の危険性を軽減したほか、移動式風管と大型集塵機を組み合わせた切羽集じん換気システムを採用し、坑内粉じん濃度の大幅な抑制に成功した。

切羽前方地質を高精度に予測

西松建設と戸田建設は、保有する地山性状探査技術を有効活用し、山岳トンネルの切羽前方地質を高精度に予測できる「NT-EXPLORER」を実用化した。

両社保有の電磁波、弾性波反射法、穿孔探査の3つの地山性状探査技術を組み合わせ地質を判定し、地山の脆弱部分を誤差10cmで探査。

開削トンネル免震化

前田建設は、耐震性能に優れた開削トンネルの免震化工法「SCUT工法」を、東京電力と共同開発した。

開削トンネルの上床版の上面に低摩擦材(LF材)を敷設して、開削トンネルにかかる地震時周辺せん断力を低減、耐震性を高める。主筋せん断補強筋を増加させなくても優れた耐震性能があることから、躯体工事費の約10%削減と工期短縮を実現。

新サービススタート

トータルファスニングメーカーの日本ヒルティは、購入サポートサービスとしてリースサービス、分割・支払い延期、ドリル・ハツリ製品の2年間無償修理保証および大きな現場で消耗品を取り替える場合、本体

の具合をチェックする有償本体点検プログラムなどの新サービスを開始。

パソコンPOS

エプソン販売は、タッチパネル搭載のパソコンPOS「SASPORT cubiell」のラインナップを一新、6機種を新発売した。

新製品は、Celeron733MHz、メモリ128MB、10GBのハードディスクを標準搭載。OSはWindows2000とNTを搭載。タッチパネルTFT液晶により、操作性、視認性が向上。



1台で硬軟地盤掘削が可能

熊谷組と三菱重工業は、岩盤軟弱堆積層が複合する大深度・大土かぶり地盤でのトンネル施工を可能にする「KM21TM」を共同開発した。

山岳トンネル工法と、シールドの長所を組み合わせたTBMの開発、土砂や硬岩両地盤を掘削できるトンネル工法を実現した。

覆工背面の空洞を短時間で把握

日本道路公団試験研究所は清水建設、古河機械金属と共同で、既設トンネルの覆工背面空洞調査システム「PVMシステム」を開発した。

地山と覆工コンクリートに生じた空洞の規模などを低コスト、高精度に把握できる。回転打撃式削孔機で覆工コンクリートに約3cmの穴を開け、センサーを使って空洞の高さや覆工の厚さ、コンクリートの健全度、地山の状況などを調べる。調査時間は従来に比べ1/8程度に短縮。



調査・計画

文献紹介



加納研之助：バリ環状A86号の2層トンネル道路，土木學會誌，Vol.87，2002.4。
樋本清人・佐藤健次：全線供用が見えてきた「仏の里」

の道路改築事業，豊後高田国東線・走水トンネル工事，土木施工，Vol.43，No.4，2002.4。

田中敬也：日本初の地下鉄建設事業と連携した河川浄化事業，綾瀬川・芝川等浄化導水事業，土木施工，Vol.43，No.5，2002.5。

設計・理論

深川良一・津山和由・高橋弘：ジオメカトロニクスの提案と展望，土木学会論文集，No.700，VI-54，2002.3

吉富幸雄・井上純・清水恵助：山岳トンネルベルトコンベヤざり出しシステムの開発と覆工振動対策，土木学会論文集，No.700，VI-54，2002.3。

市野道明・清水幸範・小泉淳：アンダーピニング工事における杭基礎構造物の変位予測手法について，土木学会論文集，No.700，VI-54，2002.3。

袁大軍・小泉淳・森麟：泥水加圧による粘性土地盤の割裂状況に関する実験的研究，土木学会論文集，No.701，III-58，2002.3。

久武勝保：膨張性トンネルにおける鋼繊維補強高強度吹付けコンクリートの支保効果，土木学会論文集，No.701，III-58，2002.3。

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-58，2002.3。

武内邦文・志村友行・芥川真一・桜井春輔：逆解析適用結果に基づく岩盤安定性予測解析法の開発，土木学会論文集，No.701，III-58，2002.3。

横森源治・園原一男・福本晃久：美和ダム再開発事業における分派堰及び洪水バイパストンネルの設計，ダム技術，No.187，2002.4。

村田修：流動化処理土工法，土木學會誌，Vol.87，2002.4。

小島芳之：繊維シート接着工法によるトンネルの補強・補修，土木學會誌，Vol.87，2002.4。

室田和夫・河野重行：ポリマーセメント系材料による既設トンネル空洞充填工法，土木學會誌，Vol.87，2002.4。

中野順・梶田覚：地下水面下しらす地盤のトンネルで透水性路盤を開発，九州新幹線 鹿児島ルート，土木學會誌，Vol.87，2002.4。

森崎耕一・田村崇：トンネル内の景観整備に関する検討，圏央道東京都内区間におけるトンネル内デザイン，ハイウェイ技術，No.22，2002.4。

向谷常松・岡利博・荒川康広：シールド発達仮壁をシールド機で直接切削，電食現象を利用した杭芯材劣化技術「EW工法」，土木施工，Vol.43，No.5，2002.5。

山本浩史・小野紘一：RCCを用いた新形式カルバートの設計と実用化に関する研究，土木学会論文集，No.704，V-55，2002.5。

高木理仁・小木曾繁：春日井共同溝工事，砂礫地盤における長距離シールドの計画，土木技術，Vol.57，No.5，2002.5。

滝沢究：大口径リバース工法を用いた立坑の合理的構築工法，建設の機械化，No.627，2002.5。

守屋洋一・山森規安・菊池幸雄・金崎伸夫：コンパクトシールド工法，下水道再構築に適した新しいシールドシステムの開発，建設機械，448，Vol.38，No.6，2002.6。

今池弘忠：硬質地盤における溝掘削工法，建設機械，448，Vol.38，No.6，2002.6。

三谷浩二・海瀬忍・吉武勇・中川浩二：はね返り低減を志向した繊維補強吹付けコンクリートの模索と合理的配合，土木学会論文集，No.707，VI-55，2002.6。

大塚正博・塩冶幸男・小林亨・小泉淳：水膨張シールド材の長期的な耐久性の評価について，土木学会論文集，No.707，VI-55，2002.6。

三木茂・吉田幸信・井上浩一・中川浩二：トモグラフィ的弾性波探査手法によるトンネル地山調査の評価，土木学会論文集，No.707，VI-55，2002.6。

岩波基・小泉淳：大深度円形立坑山留め壁の施工時側圧に関する研究，土木学会論文集，No.707，VI-55，2002.6。

永井泉治・吉武勇・仁尾彰一郎・浜田純夫：パイプヒーティングによる路面融雪のためのトンネル坑内加温実験とコスト評価，土木学会論文集，No.707，VI-55，2002.6。

足立紀尚・木村亮・岸田潔・鮫島竜一・岩崎喬夫・河野定：プレキャストトンネル構造の力学的安定に関する実験的研究，土木学会論文集，No.708，III-59，2002.6。

木葉佳成・山本善久：上向きシールド工法の開発と施工，大阪市・万代～阪南幹線下水管渠築造工事，土木學會誌，Vol.87，2002.6。

白土正美・原廣・向野勝彦：「高剛性」，「完全内面平滑」，「高速施工」を実現するシールドトンネル用合成セグメントの誕生，DRCセグメントの開発，土木學會誌，Vol.87，2002.6。

小島芳之・榎本秀明：トンネル検査の自動化を目指して，新しい鉄道トンネル覆工検査法の開発，土木學會誌，Vol.87，2002.7。

施工

岩井幸雄・窪内雅弘・玉井裕行・佐藤英明：坂本ダムの仮排水路閉塞工におけるコンクリート温度規制計画と施工，ダム技術，No.186，2002.3。

川瀬修・大場新哉，竹鼻淳志：非開削工法によるシールドトンネルの撤去，首都高速中央環状新宿線，土木施工，Vol.43，No.4，2002.4。

小林素一・高久寿夫・阿部敏夫・宮越雄幸：大断面・異径シールド同士をメカニカルドッキング，りんかい線・大井町駅，土木施工，Vol.43，No.4，2002.4。

伊東憲・栄毅熾：上向きシールド工法の開発と実証施工，地上での立坑工事期間の軽減，建設の機械化，No.626，2002.4。

坂田淳・栗原哲：奥只見発電所増設工事，奥只見ダム穴あけ工事の概要，建設の機械化，No.627，2002.5。

横屋和興・芳賀宏・高橋望：トンネル掘削機の余掘防止システム(NARAI掘削)による施工実績，建設の機械化，No.627，2002.5。

岡本俊一・仲田朋生・田村幸造・兼松伸次：二次覆工省略型シールドトンネルにおける急曲線部のライニング，横浜市・西部処理区下水道整備工事，土木施工，Vol.43，No.5，2002.5。

浅野利一・上川裕之・大本秀輝：大断面メガネトンネルの設計・施工，四国横断自動車道・大代トンネル(仮称)，土木施工，Vol.43，No.5，2002.5。

高井敏幸・杉政立朗・松尾景信：沈埋函接合部における

普通コンクリートの圧入施工，新・衣浦海底トンネル最終継手部製作据付工事，土木施工，Vol.43，No.5，2002.5。

花城盛三：海上浮遊状態埋函鋼殻への高流動コンクリートの打設，那覇沈埋トンネル，土木技術，Vol.57，No.5，2002.5。

橋元邦雄・佐々木修一・鈴木貞二・布施孝義・平岡康之，新オープンシールド工法による雨水管渠布設工事，宮城県塩竈市・雨水幹線築造工事，土木施工，Vol.43，No.6，2002.6。

小倉護・渡部富雄：大深度・大礫層における半機械式中接合，東京都水道局亀戸シールド工事，土木施工，Vol.43，No.7，2002.7。

秋葉誠・星野晃・石井一郎・本田和明：リングロックセグメントによる内水圧トンネルの施工，芝浦処理場放流渠工事，土木施工，Vol.43，No.7，2002.7。

春山和彦・下山稔：国内で初めてのNATMによる2階建て超大断面道路トンネルの施工，首都圏中央連絡自動車道青梅トンネル，土木技術，Vol.57，No.7，2002.7。

伊藤久雄・本野一男：軟弱沖積粘土層のシールド掘進，つくばエクスプレス(常磐新線)綾瀬川トンネル，土木技術，Vol.57，No.7，2002.7。

維持・管理

岡村浩孝・陰野浩・中村進：トンネル掘削における発破振動の自動計測と管理，建設の機械化，No.626，2002.4。

丸山修・荒井治：ドーム構造を採用した地下駅のひび割れ対策，みなとみらい21線北仲駅(仮称)，土木技術，Vol.57，No.5，2002.5。

景気浮揚は温泉の有効利用で!!

続 きみの庭にも温泉が出る その後の温泉開発と建設の考え方

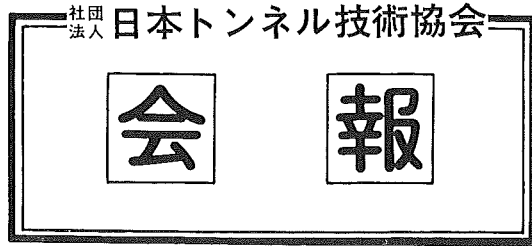
石井康夫・俣野恭寛 共著

新書判 219頁 本体価格1,200円 円210円



株式会社 土木工学社

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



1. 会員の現状

	9月25日現在	10月25日現在
正会員	2,453名	2,453名
団体会員	300名	300名
個人会員	2,153名	2,153名
名誉会員	1名	1名
計	2,454名	2,454名

2. 委員会の開催状況(9月1日~9月30日)

①調査研究関係委員会

◎契約積算委員会

山岳トンネル小委員会幹事会：9/11(峰田勲幹事長ほか13名)フリッカー対策調査表を検討
都市トンネル小委員会：9/12(高橋聡委員長ほか13名)間接工事費調査を検討

◎施工技術委員会

ITA長大トンネル部会対応分科会：9/13(佐々木裕主査ほか3名)調査結果を検討
支保幹事会：9/3(田中一雄幹事長ほか23名)作成方針を検討
同 sus-9対応分科会：9/2(小野紘一主査ほか6名)プログラム案を検討
TBM工法小委員会幹事会：9/30(高津荘太幹事長ほか13名)実績データを検討
新技術幹事会打合せ会：9/2(大野清主査ほか5名)作業方針を検討
同 同：9/11(山本一郎幹事ほか5名)取りまとめ方針を検討
都市トンネル小委員会幹事会工法説明映像分科会：9/20(大井隆資主査ほか5名)作業方針を検討
◎研究開発委員会：9/13(大久保誠介委員長ほか20名)文献速報、抄訳を検討

沈埋・浮きトンネル小委員会：9/13(清宮理委員長ほか8名)COB会議対策
トンネル技術白書小委員会幹事会：9/19(岩田充功幹事長ほか11名)メーカーヒヤリングを実施
同 同：9/30(岩田充功幹事長ほか4名)文献内容を検討
◎保守管理委員会：9/24(吉田幸一委員長ほか13名)作業方針を検討
◎地中構造物特別委員会シールド幹事会：9/6(真下英人幹事長ほか12名)設計資料を検討
同 開削幹事会：9/17(前川宏一幹事長ほか20名)耐震性能実験視察
◎特殊トンネル特別委員会：9/9(今田徹委員長ほか26名)作業方針を検討
◎耐久性向上特別検討会幹事会：9/19(高橋正志幹事長ほか14名)作業方針を検討
◎八甲田トンネル技術特別委員会幹事会：9/24, 25(福士憲一幹事長ほか47名)現地視察
◎飯山トンネル他特別委員会幹事会：9/3(岡田勝也幹事長ほか19名)設計施工法を検討
◎東北新幹線トンネル特別委員会幹事会：9/17(田村武幹事長ほか40名)施工法を検討
計 21回開催 341名出席
◎運営広報関係委員会
◎総務委員会
運営幹事会：9/26(鈴木剋之幹事長ほか8名)ITA東京会議対策
東京国際トンネル会議準備会：9/2(藤森眞治幹事長ほか16名)主要テーマ等を検討
同 打合せ会：9/10(田中一雄幹事ほか9名)プレゼンテーション資料を検討
◎国際委員会：9/25(吉川良一委員長ほか5名)各幹事会報告
企画調整幹事会：9/24(山根尚之幹事長ほか16名)COB会議対策
◎会誌委員会：9/4(橋本定雄委員長ほか14名)10月号の会誌と3か月計画を検討
計 6回開催 74名出席
合計 27回開催 415名出席

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催等	備考
「トンネルと道路技術に関するセミナー」	2002. 11. 4~8	北京(中国)	中国交通部(PIARC)	http://www.iicc.ac.cn/piarc/eng
「都市地下空間：都市の資産」	2002. 11. 14~16	トリノ(イタリア)	ACUUS	http://www.acuus.gc.ca
第9回吹付けコンクリートに関する国際会議(SUS9)	2002. 11. 17~20	京大会館(京都府)	United Engineering Foundation 日本トンネル技術協会 国際トンネル協会	http://www.soc.nii.ac.jp/jta/susqindex.htm
第29回ITA総会および国際コンgres「地下空間の再生」	2003. 4. 12~17	アムステルダム(オランダ)	VOR・KIVI・COB 国際トンネル協会	http://www.betonvereniging.nl/wtc2003/

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

4. 平成14年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
(見学会)			
首都圏外郭放水路現場研修会	2002. 4. 5	21	埼玉県
八日町地下駐車場現場研修会	2002. 6. 20	19	東京都
戸吹トンネル現場研修会	2002. 6. 21	18	東京都
近畿地区鉄道トンネル現場研修会	2002. 7. 12	31	奈良県, 京都府
下水道現場研修会	2002. 7. 22	30	東京都
都内鉄道関連現場研修会	2002. 7. 26	26	東京都
第二東名 引佐, 浜松トンネル現場研修会	2002. 9. 6	30	静岡県
東北新幹線八甲田トンネル現場研修会	2002. 10. 24, 25	30	青森県
九州地区トンネル現場研修会	2002. 11. 12, 13	30	鹿児島県, 宮崎県
(発表会)			
①第50回(山岳)「トンネルの新しい施工技術」 大断面, 急速施工, 近接施工, ウォータータイト, リニューアル, 坑内環境	2002. 10. 31	200	東京都
②第51回(都市)「都市再生に貢献するトンネル技術」 大規模掘削, 立体交差, リニューアル	2002. 11. 1	200	東京都
(講習会)			
H形鋼を芯材とする土留め壁本体利用の設計手引き講習会	2002. 7. 10	150	東京都
第4回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2002. 10. 15, 16	40	北海道
第5回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2002. 11. 26, 27	40	大阪府(86頁参照)
第4回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2002. 11. 7, 8	40	東京都

「トンネル工事のための土木地質学」講習会のご案内

共 催：日本応用地質学会，(社)日本トンネル技術協会
 日 時：平成14年12月13日(金) 9：30～16：40
 場 所：九州大学国際研究交流プラザ大会議室
 福岡市早良区西新2-16 TEL：092-831-8104
 受 講 料：7,000円(「わかりやすい土木地質学」テキスト代含む)
 5,000円(テキスト持参者)
 申し込み先：東京都千代田区神田駿河台2-3-14 お茶の水桜井ビル4F
 TEL：03-3259-8232 FAX：03-3259-8233
 日本応用地質学会事業企画委員会事務局宛

第5回トンネル技術ステップアップ研修会「山岳部門」開催のご案内

各社におかれましては、社員に対して独自の技術研修を実施しておられるかと思いますが、今回第5回目の研修会を大阪にて開催することといたしました。

研修はトンネル経験5年程度の新進気鋭の中堅技術者を主な対象とし、本研修会のために書き下ろされた教材にもとづき、執筆者が直接講義するものであります。また、現場研修会も併せて開催いたしますので奮ってご参加下さいませようご案内申し上げます。

—記—

開 催 日：平成14年11月26日(火)，27日(水)
 会 場：「江坂東急インホテル」 地下鉄御堂筋線「江坂」駅下車徒歩1分
 吹田市豊津町9-6 TEL：06-6338-0109

研修内容：

第1日目(11月26日)
 トンネル現場研修会

工事名	箕面有料道路 山岳トンネル築造工事(南工区)
発注者	大阪府道路公社 箕面有料道路建設事務所
施工者	熊谷・間・竹中・大豊・森本共同企業体
延 長	本坑(北行線)2,000m, 避難坑(南行線)2,009m, 作業坑354m
特 色	工 法：NATM補助ベンチ付き全断面掘削，発破方式(一部機械) 内空断面：本坑=約70m ² ，非常駐車帯=約87m ² * トンネルの南側坑口では流出入ランプと接続するため，最大320m ² を越える超大断面トンネルとなっている。 * 地質は，第四紀の大阪層群の砂・粘土を主体とする未固結地山であり，本工事の最重要区間である。超大断面部の施工は，多段サイロット工法で計画。

14：00 地下鉄御堂筋「千里中央」駅改札前集合，バスにて移動，時刻厳守
 14：30 JVトンネルステーション着，概況説明，着替え，ヘルメット・長靴貸与
 15：00 現地見学，質疑応答
 16：30 JVトンネルステーション出発
 17：00 ホテル着
 18：00 講師関係者を交え自由討論(夕食)，同所泊(シングル)

第2日目(11月27日)

7：00 朝 食
 8：00 開会の挨拶 (事業委員会委員長) 日本交通技術(株)代表取締役社長 桑原 彌介
 8：10 総 説 京都大学大学院工学研究科資源工学専攻助教授 朝倉 俊弘
 8：40 調 査 (財)鉄道総合技術研究所防災技術部地質研究室長 木谷日出男
 9：30 設 計 東京都立大学大学院工学研究科土木工学専攻教授 西村 和夫
 10：20 TBM 大成建設(株)土木本部土木技術部担当部長 領家 邦泰
 11：10 インバート・覆工 飛鳥建設(株)土木事業本部土木部トンネル担当部長 桜井 敏晴
 12：00 昼 食
 12：30 膨圧・崩落対策 (株)熊谷組土木本部トンネル技術部担当副部長 垣内 幸雄
 13：20 補助工法 前田建設工業(株)新幹線築紫作業所所長 上村 正人
 14：10 新技術の動向 日本道路公団技術部道路技術課課長代理 竹國 一也
 14：40 質疑応答
 15：30 修了証書授与，同所解散

定 員：40名

参 加 費：会員50,000円，一般60,000円(1泊3食，バス，教材代含む)

申し込み方法：本案内添付の申込用紙に記載のうえ，FAXをもってお申し込み下さい(複数の場合は申し込み書複写願います)。電話での申し込みは受け付けませんので，ご了承願います。

〒104-0041 東京都中央区新富2-14-7新光第一ビル
 社団法人日本トンネル技術協会 ステップアップ研修会係
 TEL：03-3553-6174 FAX：03-3553-6145

支 払 方 法：上記お申し込みののち，郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者氏名記入のうえ，下記にお振込み願います。現金書留でも結構です。

郵便振替口座 00160-7-196331 日本トンネル技術協会

そ の 他：①参加費の払い戻しはいたしかねますが，代理参加は差し支えありません。
 ②参加者の変更通知は，開催日1週間前までをお願いします。(修了証書発行)
 *テキストを事前に送付いたしますので，住所等は必ず記載願います。

第5回トンネル技術ステップアップ研修会参加申込書

下記のとおり申し込みます。

氏 名	年齢	才	足のサイズ	()cm
最終学歴	年	卒	専 攻	
会 社 名			所属役職	
会社住所	〒	—	電話番号	—
現場経験	現場箇所と担当部署を記載(ない場合は、「なし」と書いてください。)			
研修会でお聴きになりたいことや議論する課題がございましたら書いてください。				

編集後記

■わが国では経済の混迷が続いている。半導体の多くを米国へ輸出している電気メーカーは、米国のパソコン販売の低調で回復していた半導体価格が再び急落し、半年前の半値に落ちこんでいる。一方、自動車業界は北米が米国の自動車ローンの金利ゼロに支えられ今のところ順調だが米国の景気に左右されるわが国は先行きが不透明のため設備投資など慎重である。

■技術大国日本はすでに大国ではなく、輸出大国でもなく、生活の基本である衣食住のほとんどを輸入する大国になっている。先日、ラッキョウのタマリ漬けを食べながら袋の裏を見ると中国産とあり、昨今の事情から食べずにそのままになっている。食卓の上にかぎらず身の回りはほとんど外国産となっている。この機会に息の長い日本独自の物づくりを始めてはどうだろうか。日本の伝統的な職人気質が一昔前生み出した独特な品物や食物は世界各地で使われそして食されている。

■個人消費が景気浮上のカギともなるがそれもまだ底離れできない。デフレ現象が続く、100円均一から50円均一の店まで出現している。大手

スーパーもデパートも無休や営業時間を延長したり、工夫しているが消費回復の実感はいささか、売り上げを増やすため需要の先食いをしているのが現状で、先の見通しは不安となる。政府には国民に景気回復の納得のいく説明と行動をお願いしたい。

■こんな時世に登場するのがやはりお金で、それは新札という切り札である。2004年度からの使用である。デザインは5,000円札が樋口一葉、1,000円札が野口英世、二人ともお金には苦労したといわれる。一葉は身内の死後21歳の時、東京下谷に子供相手の駄菓子屋を開いたが売り上げは少なく、1日数十銭程度だったという。そんな境遇の中で子供たちの姿が「たけくらべ」になったのでは。24歳で世を去る。英世は世界的な細菌学者だが、貧農に育ち医者になってからも借金とは縁が切れず、借金とりに会わないように1駅歩いたという。アフリカで黄熱病の研究中に感染して52歳で逝く。ちなみに、一葉誕生(1872年)の4年後に英世が生まれている。二人の生涯をおもいながら、新札を使われたら無駄づかいせずきっと良い買い物が出来るとおもいます。

■11月です。すぐに2003年です。2002年のやり残したことを1つでも多くやっつけてはいたがですか。

次号(12月号)予告

- | | |
|----------------------------|-------|
| 巻頭言..... | 中川 浩二 |
| 土砂地山を対象とした地山分類基準の提案..... | 木谷日出男 |
| | 小島 芳之 |
| 鉄道営業線直下のNATM施工(その2)..... | 小林 理志 |
| 東急東横線 東白楽~横浜駅間地下化工事 | 関 聡史 |
| | 岩村 巖 |
| わが国トンネル技術がアイルランドに進出..... | 後藤 二郎 |
| ダブリンポートトンネルプロジェクト | 仲野 義邦 |
| | 佐藤 隆信 |
| 新幹線などの重要構造物との近接・交差に挑む..... | 采井 信雄 |
| 大阪市営地下鉄8号線駅部の施工計画 | 坂口 由弘 |
| | 山口 博章 |
| 地下50mで上下並列シールドを接合..... | 切通 幸男 |
| 大阪市水道局配水管工事 | 安部 進 |
| | 橋爪 一廣 |
- [連載講座]
山岳トンネル工事の環境保全(6) ...「山岳トンネル工事の環境保全」連載講座小委員会
シールド掘進に伴う地盤変状入門(2)..... 田中 弘
高橋 良文

トンネルと地下 [通巻387号]

(無断転載を禁ず)
ISSN 0285-631X
Tonneru to Chika

平成14年10月20日 印刷
平成14年11月1日 発行
(毎月1日発行)

社団法人日本トンネル技術協会
会長 萩原 浩
〒104-0041 東京都中央区新富
2丁目14番7号(新光第一ビル)
電話 (03) 3553-6174
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
電話 (03)3267-2888(代)
FAX (03)3267-2807

編集・発行人 山本 育徳
印刷所 新協印刷株式会社
〒112-0006 東京都文京区小日
向4丁目2番5号(安田ビル2F)

本誌の購読について

※購読ご希望の方は、書店または小社へ直接お申込みください。
※小社への申込みは振替用紙をご利用ください。その他適宜ご送金ください。
※お申込みの節は、誌名、購読期間、住所、氏名、所属などを明記のうえ、送金を添えてお申込みください。

購読料

- 1 冊 1,230円(送料108円)
(本体価格 1,171円)
 - 6 か月 7,380円 送料共
 - 1 か年 14,760円 送料共
- ※振替番号 00110-8-190072
※取引銀行
みずほ銀行飯田橋駅前支店
(普通)6011339
東京三菱銀行神楽坂支店
(普通)0836984

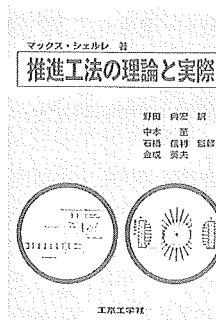
本誌広告のお申込み方法

本誌への広告掲載は「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。電話 (03) 3267-2888(代)

マックス・シェルレ 著

推進工法の理論と実際

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金成英夫 監修
B5判 437頁 定価(本体価格8,500円+税) 送料450円



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

〈主要目次〉

- 第1章 推進工法の技術
- 第2章 推進工法の機械・器具
- 第3章 推進管に作用する荷重とその計算方法
- 第4章 推進工法の計画、設計および施工
- 第5章 管布設の欠陥と損傷

推薦のことは

推進工法によって、下水道をはじめ多くの管渠が布設されている。下水道については1960年にはわが国の普及率は15%に過ぎなかったが、今日では60%近くになっている。当初、年間1500kmしか施工実績がなかったが、近年の施工延長は年間15000kmになっている。地下埋設物の施工方法の選定にあたって、施工条件や建設環境、地下埋設物や地盤条件などの関係から、開削工法より推進工法などの特殊工法が選定されることが多くなり、その中でもとくに推進工法の適用は多くなった。ところが、わが国では推進工法に関する実務書は多いが理論面を記述したものはあまり見当たらず、推進工法の一層の発展のためにも理論書が求められていた。

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

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

中本 至・石橋信利・金成英夫

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、下記の申込書に部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ、お申し込みください。



〒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

《書籍申込書》

推進工法の理論と実際 冊 申し込みます

住所(〒 -)

事業所名

TEL

部課名

申込者



【好評発売中】

セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 定価(本体価格2,000円+税) 円310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た。

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」編集委員会を作り、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. 遠心力締固め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……と……り……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 _____

④

現在から未来への地球環境を見つめる土木専門図書

トンネル工学

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

B5判 285頁 本体4,660円(円380円)

セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体2,000円(円310円)

推進工法の理論と実際

野田典宏 訳 中本至・石橋信利・金城英夫 監修

B5判 437頁 本体8,500円(円450円)

山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会編

B5判 500頁 本体14,573円(円450円)

わかりやすいトンネル力学

福島啓一 著

B5判 286頁 本体5,825円(円380円)

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

A5判 204頁 本体2,800円(円310円)

トンネル工事の衛生と環境保全

臼谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著

A5判 211頁 本体3,200円(円380円)

岩盤工学・地質工学

地下水の科学 I ~ III (全3巻)

P. A. ドミニコ・F. W. シュワルツ 共著

地下水の科学研究会 大西有三 監訳

第I巻 地下水の物理と化学

B5判 235頁 本体4,078円(円380円)

第II巻 地下水環境学

B5判 252頁 本体4,272円(円380円)

第III巻 地下水と地質

B5判 197頁 本体3,689円(円340円)

岩盤地下空洞の設計と施工

E. フック・E. T. ブラウン 共著

小野寺透・吉中龍之進・斎藤正忠・北川隆 共著

B5判 444頁 本体9,800円(円450円)

FAXでのお申し込みは03-3267-2807

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

A5判 360頁 本体4,855円(円380円)

岩盤の計測と解析

鈴木 光 著

A5判 244頁 本体4,200円(円380円)

建設工事の保安地質学【改訂版】

石井康夫 著

A5判 474頁 本体6,000円(円380円)

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著

A5判 324頁 本体4,300円(円380円)

わかりやすい土木地質学入門

池田和彦・大島洋志 共著

A5判 224頁 本体1,900円(円310円)

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修

B5判 209頁 本体2,500円(円340円)

地質工学概論

菊地宏吉 著

B5判 276頁 本体4,757円(円380円)

土木一般・その他

海洋資源開発

福田善紀 著

A5判 247頁 本体3,400円(円380円)

ジオテクニスタイル設計マニュアル

T. A. Jaliburton・D. Lawmaker・V. C. McGuffey 共著

田中 茂・山岡一三・廣田泰久 共著

A5判 405頁 本体8,000円(円380円)

続 きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著

新書判 220頁 本体1,200円(円240円)

きみも金鉱を発見できる

石井康夫 著

新書判 200頁 本体980円(円240円)

株式会社 **土木工学社**

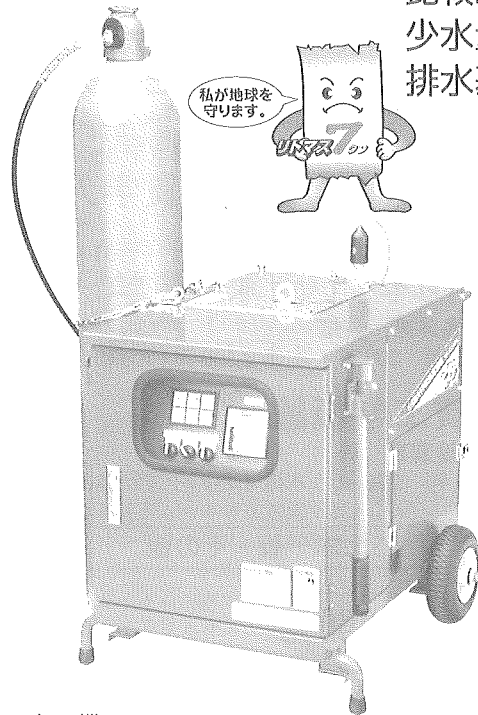
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072



環境を最優先としたグローバル企業へ

小型pH中和処理装置 TPC-0103G型

比較的小規模な土木建設現場で発生する
少量のアルカリ排水を炭酸ガスを用いて
排水基準内のpHに中和調整。



私が地球を守ります。



特長

- 特殊エジェクター効果により、原水を自吸しながら槽内を攪拌できるので、原水ポンプ及び攪拌機は不要となります。
- pH記録計を標準装備。
- 炭酸ガスによる中和方式なので、取り扱いが容易です。
- 台車型なので現場内での移動が容易です。
- 電源が単相100Vなので、煩雑な電源引き込み作業が不要です。
- 炭酸ガス注入量はpHの変化により自動的に補正されるため、複雑な試運転調整は不要です。

型 式	TPC-0103G
中 和 方 式	炭酸ガス中和方式
制 御 方 式	ON-OFF制御
原水pHの組成	pH8~11
処 理 水 pH 値	7.0±1.0
処 理 量	1~3m ³ /h (処理量は水質により変化します)
吸い込み揚程	最大5m
配 管 口 径	原水吸引口25Aホース口 処理水出口50Aホース口 (自然放流)
必 要 電 源	単相100V 670W
質 量	乾燥時 110kg
{重量}	運転時 180kg

■主要機器

- pH記録計 (感圧打点式) ●pH電極 (浸漬型)
- 炭酸ガス気化器 (190W) ●炭酸ガス注入電磁弁
- 吸引攪拌ポンプ (480W)

■付属品

- 原水吸引ストレーナ (25A) ●pH記録紙 (9.5m巻)
- 校正液セット (pH4、pH7、KCL 各500ml)
- 炭酸ガス高圧ホース (2m) ●ポンベ固定用チェーン
- ポンベ開閉ハンドル

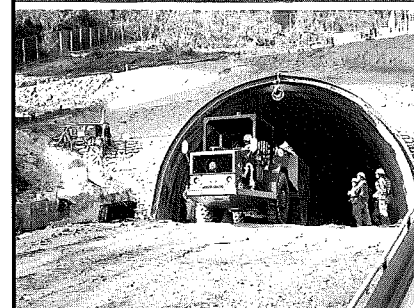
株式会社 鶴見製作所

大坂本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

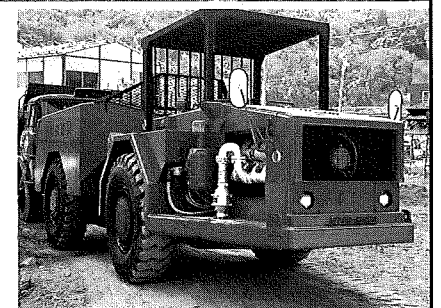
北海道支店 TEL.(011)787-8385 北関東支店 TEL.(048)688-5522 北陸支店 TEL.(076)268-2761 中国支店 TEL.(082)923-5171
東北支店 TEL.(022)284-4107 新潟支店 TEL.(025)283-3363 近畿支店 TEL.(06)6911-2311 四国支店 TEL.(087)815-3535
東京支店 TEL.(03)3833-0331 中部支店 TEL.(052)481-8181 兵庫支店 TEL.(078)575-0322 九州支店 TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

小型アーティキュレイト ダンプトラック 《ME985-T15》



幅4m以上の
トンネルで使用
可能。



- 小型アーティキュレイトダンプとしてトンネル幅4m以上で使用可能
- 横向き運転席で容易な前後進の切り替えが可能
- ベルトコンベヤ、ケーブル用、急傾斜トンネル工事に最適
- 排ガス対策エンジン標準搭載

【ME985-T15仕様】

- ◇走行方式：4×4駆動
- ◇搬送能力：13,600kg
- ◇ベッセル容量：7.65m³
- ◇登坂能力：10km/h(10%時・実車)
- ◇車体幅：2.14m

アンダーグラウンドに生きる



三井造船マシナリー・サービス株式会社

釜山土木機械事業室

〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-3-9 高木ビル
TEL 03(5821)0311(代) FAX 03(5821)0315