

建設の機械化

1971 12

日本建設機械化協会

トンネル建設特集



川崎・ジャーバ硬岩用トンネル掘削機

鹿島建設株式会社
川崎重工業株式会社

高度の“バランス”を 追求する

剛性と同時に筋肉のように柔軟な神経機能を持つことが、住友設計陣の最も追求するもの。それは運転者の呼吸を敏感に感じとる生きた機械を意味するもので、すぐれた性能の高度のバランスから始めて生れるもの。すなわち“荷ブレ”

の零化と同時に、旋回、巻上、俯仰に於ける高い“感応力”のいわれであり、スムーズな機動力と相まって、どんな悪条件の下でも快適で安全な作業能力の保証を意味するものです。



→住友のパワーシリーズ

ST-120 HT-216J HT-537J

〈12t〉

〈16t〉

〈37t〉

- ブーム最長 27m
- ブーム最長 34.5m
- ブーム最長 50m
- 最大揚程 27m
- 最大揚程 34m
- 最大揚程 50m

住友 油圧式

トラッククレーン



住友重機械建機販売株式会社

大阪・大阪市東区北浜5丁目22番地/(06)203-2321 千541
東京・東京都新宿区西新宿1の4の9/(03)342-1381 千160

トンネル建設特集

目次

□巻頭言 トンネル建設の将来……………齊藤 徹 / 1

トンネル掘削工事の近代化……………三谷 健 / 3

トンネル施工計画と地質調査……………高橋 彦治 / 10

都市トンネルの計画と問題点……………渡辺 健 / 15

沈埋トンネルの現状と問題点……………村上 良丸 / 21

中国高速道路大断面トンネルの計画と施工……………山内 富貴雄 / 31

嶺岡トンネルの計画と施工……………緒方 金一 / 41

グラビヤ—山陽新幹線のトンネル工事前機械設備

恵那山トンネルの工事現況—断層・破碎帯の掘削—
……………長原 友成 樹也 / 49

□随想 土竜の夢
—硬軟岩用トンネル掘削機が欲しい—……………山本 元 / 58

神奈川県内広域水道導水トンネルの機械化掘削……………小幡 康雄 / 60

足尾線草木トンネルの施工概要……………庄田 惇 / 67

トンネル工事の作業管理システム……………大久保 紀生 芳 / 71

トンネル工事の集中管理—電子技術の導入—……………黒沢 重男 / 76

道路トンネルの騒音防止対策……………佐藤 正大 / 82

山陽新幹線における
ロックボルト工と吹付コンクリート工……………天野 礼二 也 / 88

青函トンネルの工事前機械設備……………桜沢 昇 / 94

山陽新幹線のトンネル工事前機械設備……………石黒 敏正 / 102

□工場めぐり

岩手富士産業水沢工場……………相沢 倉実 蔵 / 110

日本除雪機製作所……………丸上 幸利 雄 貞 / 113

ニ ュ ー ズ……………(編 集 部) / 116

行 事 一 覧…………… / 117

編 集 後 記……………(桜沢・渡辺) / 118

既刊目次一覧

◀表紙写真説明▶

川崎・ジャーバ
硬岩用トンネル掘削機
鹿島建設株式会社
川崎重工業株式会社

写真は、鹿島建設が神奈川県内導水トンネル第9工区工事で使用している、わが国最大径(4.8m)の川崎・ジャーバ硬岩用トンネル掘削機である(本誌60頁参照)。

◀特長▶

- ① 切羽面は平直で自立性が高い。
- ② 掘削径の変更はスホークの取替えにより可能である。(D=5.2~4.3m)。
- ③ カッターは岩質に応じ5種類あり、それぞれ互換性があるので任意に取替えることができる。
- ④ センターシャフトが長いので掘削時のトネク変動に対して緩衝効果がある。
- ⑤ 駆動部が独立しているため保守管理が容易である。

◀仕様▶

掘削径: D 4.8 m (5.2~4.3 m)
機械全長: 約 12 m 重 量: 204 t
カッター動力: 90・6 kW 油圧装置動力: 55 kW
スラスト: max 850 t ストローク: 1,200 mm

日本建設機械化協会発行図書

1971年版日本建設機械要覧	B 5判	1,000 頁	会 員 7,200 円 非会員 8,000 円	〒 350 円
建設機械化の 20 年—現状と将来—	A 4判	142 頁	会 員 1,000 円 非会員 1,200 円	〒 200 円
ダムの工事設備	B 5判	690 頁	会 員 4,000 円 非会員 5,000 円	〒 350 円
オペレータハンドブックシリーズ 1 エンジン	B 5判	256 頁	会 員 1,000 円 非会員 1,200 円	〒 300 円
オペレータハンドブックシリーズ 4 モータグレーダと締固め機械	B 5判	426 頁	会 員 1,800 円 非会員 2,200 円	〒 300 円
防雪工学ハンドブック	A 5判	270 頁	会 員 1,300 円 非会員 1,500 円	〒 200 円
場所打ちぐい施工ハンドブック	A 5判	288 頁	会 員 1,350 円 非会員 1,500 円	〒 200 円
ころがり軸受の使用限度判定方法	B 5判	170 頁	会 員 1,260 円 非会員 1,400 円	〒 200 円
建設機械の損料と経費	A 5判	220 頁	会 員 850 円 非会員 1,000 円	〒 150 円
建設機械等損料算定表	B 5判	251 頁	頒 価 450 円	〒 200 円
岩石トンネル掘進機文献抄録集	B 5判	128 頁	会 員 1,200 円 非会員 1,500 円	〒 150 円
「建設の機械化」文献抄録集	B 5判	374 頁	頒 価 2,500 円	〒 200 円
現場技術者のための「建設機械と施工法」	B 5判	346 頁	頒 価 1,800 円	〒 300 円
自走式クレーン安全作業マニュアル	A 5判	170 頁	会 員 680 円 非会員 760 円	〒 200 円
建設機械の管理記録 (管理記録の必要性とその利用方法)	B 5判	60 頁	頒 価 400 円	〒 150 円
道路清掃ハンドブック	A 5判	150 頁	頒 価 1,200 円	〒 200 円

第9回 除雪機械展示・実演会

主催 社団法人 日本建設機械化協会北海道支部
期日 昭和47年1月27日(木)～29日(土)
場所 札幌市川添町 国道230号沿い広場

第11回 除雪機械展示・実演会

主催 社団法人 日本建設機械化協会本部・東北支部
期日 昭和47年2月8日(火)～9日(水)
場所 米沢市相生町4-27 相生橋下河川敷地内

交通路除雪に関する講習会

(聴講無料)

主催 建設省
期日 昭和47年2月9日(水)
場所 米織会館 米沢市門東町1-1-5
演題 (1) 交通路除雪について
(2) 除雪機械について
テキスト 「道路除雪ハンドブック」(改訂版)

ただし、テキストは当日会場にて頒布いたします。

住居表示変更

本協会の住居表示が昭和47年1月1日より変更しますのでお知らせ致します。

《新住居表示》 東京都港区芝公園3丁目5番8号

《旧住居表示》 東京都港区芝公園21号地1番5号

機 関 誌 編 集 委 員 会

(順 序 不 同)

編集顧問	加藤三重次	本協会専務理事	編集委員	塚原 重美	電源開発(株) 水力建設部
・	坪 質	建設省大臣官房建設機械課・広報部会長	・	牧 宏	日立建機(株)技術部 トラッククレーン課
・	浅井新一郎	建設省道路局 高速国道課	・	布施 行雄	(株)小松製作所 技術本部開発管理部
・	寺島 旭	水資源開発公団 第一工務部	・	小竹 秀雄	三菱重工業(株) 建設機械部
・	石川 正夫	日本鉄道建設公団 青函建設局	・	島村進之助	キャタピラー三菱(株) 西関東支社東京東支店
・	神部 節男	(株)間組常務取締役	・	両角 常美	(株)神戸製鋼所 建設機械本部設計部
・	伊丹 康夫	日本国土開発(株) 常務取締役	・	戸田 良一	(株)間組 機械部機械課
編集委員長	上東 広民	建設省関東地方建設局 大宮国道工事事務所	・	斎藤 二郎	(株)大林組 技術研究所
編集委員 幹 事	中野 俊次	建設省 大臣官房建設機械課	・	大蝶 堅	東亜港湾工業(株) 船舶機械部
・	佐藤 和夫	建設省道路局国道二課	・	渡辺 正敏	鹿島建設(株) 土木工務部
編集委員	長瀬 頭	農林省 農地局建設部設計課	・	鈴木 康一	日本鋪道(株) 技術部技術第一課
・	柴田 吉蔵	運輸省港湾局機材課	・	木下 秀一	大成建設(株) 機械部調達課
・	合田 昌満	通商産業省 公益事業局水力課	・	水野 一明	(株)熊谷組 土木部土木課
・	桜沢 昇	日本鉄道建設公団 海峽線部海峽線第一課	・	高木 三郎	清水建設(株)機械部
・	峯本 守	日本国有鉄道 建設局線増課	・	三浦 満雄	(株)竹中工務店 技術研究所
・	杉田 美昭	日本道路公団 企画部企画課	・	川上 久	日本国土開発(株) 研究部
・	鈴木貫太郎	首都高速道路公団 第三建設部設計課			
・	高橋 彰	水資源開発公団 第一工務部機械課			

□ 巻頭言

求められた題目を眺めながら、トンネルの将来とは一体5年先なのか10年ぐらいをいうのか、あるいはもっと先のことなのか、内容としてトンネル建設の今後の需要のことなのか、建設技術の開発改良のことなのか、一体どのあたりに焦点を合わせるべきか考え込んでしまった。

トンネル屋、特にわが国のように地質の変動のはげしいトンネル工事にたずさわるものにとっては、いまの切羽までが現在で、明日以後、1発破むこうはすべて将来であるとの考えも成り立つし、山全体の性質を完全に把握し、すべて計算どおり安全にトンネルが掘れる日がくるとすれば、それがたとえ遠い遠い夢であっても本当の将来であるような気もする。そこまで飛躍しないで、その中間あたりにもっと現実的な将来の像を結ぶべきかもしれない。

トンネル建設の将来

斎藤 徹



なにはともあれ、トンネル建設の需要が将来ますます増加してゆくことだけは間違いない。狭い国土の有効利用の見地からと、土地価格の高騰、用地取得の困難化とにより山村部のルートでもトンネルが多くなってきたし、都市部においては空気汚染、騒音、交通雑踏、駐車オープンスペースの不足、不潔な環境といったような多くの社会的、環境的問題は都市機能とサービスの分野を地下へ地下へと移していかざるを得ない情勢である。

昨年6月、アメリカで開催された OECD トンネル勧告会議に日本から報告された数字によると、今後10年間にわが国内において必要とされるであろうトンネルは、鉄道、道路、水路、上下水道などを合わせると約2,800kmになるであろうとされている。日本経済の今後の進展によりトンネル建設への投資は大きく変動するであろうから、上記のトンネル延長は最大と考えるべきであろうが、なにしろぼう大な需要量で、トンネル建設の将来はこの面からは洋々としてかつ多難であるといえよう。

多くのトンネル需要を目前にして、現在のトンネル技術では高い工費と長い工期、多くの特殊労働者の確保といったことが今後ますます重大な束縛になるであろう。世

界各国の政府がトンネル技術の改善に関心をもち、その育成のため相互協力して開発を進め、現在の束縛を解決しようではないかというのが前記 OECD トンネル会議の勧告であったことは、ゆえなしとしないし、時宜を得たものと思う。

技術開発の方向には二つあると考えている。一つは連続機械掘削工法の開発であり、いま一つは在来工法、発破工法の改良である。前者は世界各国でかなり以前から研究開発が進められているにしては決定的な逸品が出現しないのは、現在ある機械のような切削機構ではどんな地質、岩質にも使用でき、湧水断層地帯にも適応させることがいかに困難であるかを物語っているもので、なかんずく、日本のように各種の岩質が複雑に分布しており、その中でも硬質火成岩の分布が多い所で、しかも断層、破碎帯、湧水帯が随所に現われるようでは、単なる機械的機構だけで万能機械を生み出そうとするのには多くの無理があり、一段飛躍して熱工学的、化学的手法を組合わせた機械の開発が望まれる。それには今後まだ長期にわたる研究が必要であろう。

在来工法の改良は当面緊急を要することであるにもかかわらず案外軽視されていると思う。私が担当している山陽新幹線建設の広島県内、約 130 km の中には 30 本、延長 86 km のトンネルがあり、現在 36 個所の切羽から各社各様の工法で意欲的に掘削が進められているが、そのわりには大した実績があがっていない。せん孔時の空気圧力、ANFO の普及、支保工建込みの機械化、ロックボルトの普及、スムーズブラスティング工法の普及、レール延伸の能率化、大背土平掘削の省力化等々、手近かなところでまだまだ改良すべき事柄が多くある。

日々の進行にとらわれてマンネリズムになることなく、遠い将来ばかりを夢みていないで、足元を着実にかためて行くことを考えるべきだと痛感している次第である。

(日本国有鉄道広島新幹線工事局長)

トンネル建設特集(1)

トンネル掘削工事の近代化

三 谷 健*

1. トンネル掘削の小史

人類がトンネルを掘ったのは非常に古い時代からといわれている。いまから4,000年前にバビロンの宮殿とユーフラテス河の対岸のジュピター寺院とを結ぶためにユーフラテス河の河底にトンネルを掘ったことが記録に残っている。その規模も幅3.6m、高さ4.5m、全長900mで、このうち、河底部が180mあったといわれている。これが記録に残る最古のものであるとされているが、今日のわれわれの常識をもってしても驚嘆に値する大工事である。

さらに、いまから2,000年余も昔にローマ帝国が征服したアルジェリア、スイスなどで、道路、排水、給水用のトンネルを作った遺跡が見られる。特にフシノ湖の排水用のトンネルはその延長が5.6km以上もあり、トンネルの高さが3m、幅1.8mのもので、これを掘るためにサルピノの丘のところでは120mに達する立坑を必要とし、全体で40本の立坑を掘り、30,000人の奴隷を11年間使って完成したといわれている。これらのトンネルでは人がノミとハンマで岩をたたいて砕き、そのずりは立坑から鋼製の桶に入れられて坑外に排出したといわれている。その後、岩を砕く方法として、岩の面を薪などで熱してそれに水または酢をかけて岩を砕く方法を考えて利用したといわれている。

14世紀に入って火薬が発明されてこれが鉱山の採掘に利用されたといわれているが、いわゆる土木のトンネルで火薬が利用されたのはフランスのランゲドック運河トンネルで、高さ8.7m、幅26.6m、延長153mのトンネルで、1679年から1681年の2年間で掘られた。それ以後欧州の各国で運河用のトンネルが掘られ、19世紀にはその延長が60kmを越えるまでになった。

日本におけるトンネルは灌漑用のものが初まりで、現在でも残っている古いものとしては箱根用水の深良疎水

トンネルで、箱根芦ノ湖の水を湖尻峠の下を掘り抜いて静岡県駿東郡一体の灌漑用水を確保したもので、工事は1666年寛文6年8月に始められて1670年(いまから約300年前)に完成した。その延長は実に1,280mで明治13年に京都疎水の長等山トンネルが作られるまで日本で一番長いトンネルであった。また道路トンネルで明治以前に掘られたものの最古のものは有名な大分県の耶馬溪トンネルで、1626年寛永3年8月に竣工したともいわれ、一方では僧禅海が1735年(享保20年)からノミで掘りはじめて1751年に第1のトンネルを掘ったともいわれている。文献によりその長さも21間と称するものから120間といわれるものまでであるが、多分21間という方が正しいように思う。

いずれにしてもこれらのトンネルは当時としてはノミと槌で人力で砕いて掘っていったもので、その労力は大変なものであったといわれている。前述の深良トンネルは実に延べ834,000人近くの人々の血と汗で掘られたと伝えられている。これら当初のトンネルはほとんどが手ノミと槌で石を砕いて、人力でずりをモッコ、パイスケの類で運び出したといわれている。特に日本では封建時代一部で火薬を使ったかと思われるが、幕府の取締まりがきびしくて、火薬そのものはすでに伝わっていたと思われるが、はっきり土木のトンネルで使われたと書いたものはあまり見られない。

世界全体でも火薬そのものは一部には1050年頃11世紀の中頃の宋の時代に火器に火薬を使ったと伝えられているが、信頼できる文献によれば、1270年13世紀末に英国人の僧Roger Baconが硝石と硫黄の混合物に木炭を加えて黒色火薬を発明したのが火薬の初まりだとされている。しかし火薬が発破として使われたのは、1627年、チロルの鉱山技師Kasper Weindlがハンガリーの鉱山で使ったのが初まりである。その後1679年フランスのMalpasトンネルで初めてトンネル工事に発破が使われたといわれている。

* 建設機械化研究所長

日本に火薬そのものが伝えられたのはポルトガル人による種子島で鉄砲の伝来とともに火薬の製法も伝えられたといわれている。しかし文献としては1726年鮎川昌竹がオランダ人から火術を教えられて「紅毛火術録」を出したのが初めだとされている。

これらから見ると、日本で火薬が岩石の破碎に使われたのははるか後の世のように思われる。ただ明治時代に入ってから掘られたトンネルでは火薬は盛んに使われている。しかしながら火薬をつめるための孔のさく孔には相変わらず手ノミが使用されたものが多い。

明治9年に福島と山形の県境に当時としては最長の道路トンネルであった栗子トンネルが着工されたときに、県令三島通庸の英断によってその前年部下の高木秀明に命じて米国からさく岩機とコンプレッサー式を購入し、その動力としての蒸気機関は日本人の手で当時の工部省工作局の手で作られて工事に初めて使われた。山形方の坑口より使用したが、それ以前の予備テストなどはいまに残る文献に実に詳細に述べられており、当時の人々の先見に頭の下がるものがある。

一方、鉄道では明治11年にすべて日本人技師の手で設計施工されたのが東海道線の逢坂山トンネルであり、延長約700m余で、当時6等技手国沢能長の手によって作られた。それ以来日本の地形と鉄道の急速な発達に伴ってトンネル掘削工事は急激に進歩し、現在では世界のトップを行くトンネル掘削技術を誇っている。

しかし使う機械などは確かに進歩し、いかに早く、安全に、かつ経済的というので努力されてきたが、近々10年まではいわゆる在来工法なる発破によるトンネルの掘削工法が基本となって、その中での改良などが行なわれてきた。しかし世界全体から見ると20年ぐらい前からいわゆる発破によらないで機械で岩を砕いてゆく工法が開発され、日本でも近々10年間に後述するような連続掘削を目的とした機械の開発が盛んに行なわれるようになってきた。また土木の構造物としてのトンネルが鉱山の坑道あるいは鉱床掘削、炭層掘進のトンネルと異なるのは掘って残った空間を使うということであり、そのために掘った岩や土のずりは捨てるのが原則である。

このためトンネルの掘削という場合に、単に坑を掘ることだけでは問題は解決しないので、掘った坑が工事中安全で変形せず、完成後も半永久的に安全な構造物として使用されるために覆工を行なうのが原則である。それゆえトンネルの掘削は次のような工程と考えてよい。

- ① 切羽面の掘削
- ② 支保工の建込み
- ③ 掘削したずりの搬出、捨土
- ④ 覆工

ここでは主として岩石トンネルについて述べ、ごく軟かい軟弱地盤のトンネルの掘削については専門でないの

であまりふれないことをお断りしておく。

2. 在来工法について

在来工法とは通常前述のトンネル工事の工程の①の切羽面の地山の掘削を主として発破によって行なう工法のことを総称している。

この工法については、前述したとおり日本においても明治初年から約100年近い間にわたって多くの先人が新しい技術を次々と取り入れて今日のトンネル工学の進歩に大きな足跡を残してきた。それゆえ現在掘られているトンネルもそのほとんどは在来工法と呼ばれてもよい。

しかし、この在来工法には根本的にいくつかの欠点がある。すなわち、発破を使うため発破孔のせん孔と火薬の填充、点火、発破、後ガス抜き、浮石落としという作業工程があるために、この間、せん孔を除いては他の作業は一応中止し、その後崩された岩石、土砂をずり積み機でずり出しトロまたはずり出しトラックなどで坑外にずり出しをするのが普通である。このために作業が断続的であるために掘進速度におのずから限界が出てくることが一番の欠点とされる。

この時間を短縮するためいろいろの工夫がこらされている。その第1はせん孔のスピード化、すなわちハイスピードのさく岩機の改良と同時に、切羽面で数多くのさく岩機で孔ぐりするためのジャンボの開発、さらには全断面掘削あるいは上部半断面掘削のための重ジャンボからさらにバーンホールドリルを取付けたバーンカット工法の開発などはこれらの第1段階での改善努力のあらわれである。これらによってせん孔時間の短縮をはかり、同時に火薬を同時に填充する個所をふやして作業時間の短縮をはかる等がこの傾向を示している。

ただ、かつて重ジャンボによる全断面掘削は佐久間ダムの仮排水トンネルで大規模に行なわれたが、その後日本ではこの工法について批判的で、岩質が非常によく、かつ1工事単位が8~10kmぐらいいないとコスト高になるという一部の意見で全断面掘削工法自体がほとんどかえりみられないことは、約15年以上たった今日もう一度見直して見るべき価値があるように考えられる。

たとえばトンネル断面が比較的小さい水路トンネルなどでは作業面積がふえるし、かつ大断面トンネルの上半断面あるいはそれ以下の場合が多いことを思えば十分採算もとれると思われるし、かつての労務状況なども変わってきているし、支保なども進んでいることでもあるので再考すべき余地が大いにあると考える。

次に時間が割合にかかるのがガス抜きである。かつては後ガスが十分に抜けないのに切羽につこんで行くということもあったが、近代化の方向に向かっている今日、たださえ不健康で、作業条件のわるいトンネル作業では後ガスを早く抜いてきれいな空気の中でずり出し作

業、支保建込みの作業をやるようにすべきである。これには強力なルーツブローなどの吸出し式のファンを切羽近くに取付けて後ガスを吸い出すとともに、コンプレッサからの新鮮な空気を大量に送り込む等のことを考えてファン、ダクトなどを設備すべきであろう。

大きくはこの2作業がサイクルの中で他の作業と併行できず、断続的になる要因となっている。

第2にはずり出しである。これはトンネルの掘削が進めば運搬距離がおのずから長くなり、従来のような機関車+トロあるいはダンプトラックなどによる運搬機械ではたとえ途中でサイジングまたはすれちがいでできる場所があったとしても、ずり積みの時間待ちとずり出しの運転時間中はどうしても作業が途切れることとなる。

たとえば、手持ちのないようにずり積み機を必要台数用意して、ダンプが自由に行進できるようにして待ち時間のないような計画を立てるとしても、実際のトンネル内は支保工、覆工の準備、排水溝の整備などの他の作業もあり、かつトンネル内という限られた空間では十分な走行速度で作業を連続的に行なうことはむずかしい。まして線路を引いて列車を編成するにおいては、長い列車の各ずりトロに積込むにはトレンローダを用いる等のことをしたとしても相当の積込時間を必要とする。そのうえ列車の交換を途中で行なうとしても、ずりを捨ててくるまでの時間というのはどうしても断続的に途切れることとなる。

これらのずり積みとずり出しを連続的に行なうだけでも大変な能率の向上がはかれるので、私見としては、縦方向にシフティングできるコンベヤシステムを坑内に設置することを今後どこかの現場で実験的にやってみてもらいたいと考えて具体策を考えている。

後述するトンネルマシンの場合には掘削が連続的になるのにずり出しで能率が押えられる。これを防ぐためにもぜひ実行してみたいと考えている。現在青函トンネルの調査坑の斜坑には全長にわたってベルトコンベヤが敷設され、ずり出しに使用されようとしている。このような斜坑では最も能率よく働くものと期待している。

一般の在来工法では発破時に後退できるようにシフトする先端コンベヤをクローラなどにのせたものを考えている。またこの場合にはずり積み機もギャザリングローダのような連続積込みできるものをぜひ組合わせてみた

い。在来のロッカショベルでもコーンウェイ100ないしはアイムコ、三井日開などのフィーダコンベヤをもったものだとほとんど連続的に近いずり積込みが可能である。これらとコンベヤを坑外まで利用するずり出しシステムを今後大いに考えたらよいと思う。

第3に支保工の建込みであり、安全を第一とすることは大切であるが、最近ではすべて支保工はH形が基本となり、H形の支保も少し山が悪いと大きいものをピッチをつめて縫地をやるようなことをして、本来の縫地の効果を殺しているようなことがままある。

安全を期するときには大切なことは、いかに早く建込むかであり、そのためにはできるだけ軽くて強いものがよい。しかも巻立てまでの時間が短いほどよいことは誰しも知るとおりである。重いH形を間隔をつめて建込むことはある場合にはかえって時間を喰い危険を伴うことがある。このような岩石トンネル内での軟弱箇所が出てきた場合には、それにすぐ応じられるような工法として最近メッセル工法などがうまく活用されているのも大きな進歩である。在来の縫地よりはより安全であるといえる。さらに現在のH形支保はそのH形とH形の間に矢板をかけて山押えをして肌落ちなどを防いでいるが、これらは少し山がよいととかくおろそかになり、肌落ちによる事故も以外に多い。

前述の悪い山に反して、山全体としては亀裂はあるが岩質が硬いときには浮石、肌落ちを防ぐにはむしろロックボルトと鉄網の組合わせの方が安全な場合が多いように思われる。ただ現在まであまり日本でロックボルトが土木用に使われていないのは、断面が大きいために天盤にロックボルト用の孔をつくるためのストーパの作業が危険を感じさせるためであるが、これの安全な孔ぐりの機械が試作されているので、それらの開発が進めば大いに活用すべきものと考えている。

本来ロックボルトは堆積岩のところで用いるのがよいが、その場合は時間がたつと層理がゆるんでくるのでテスターでたえずテストすることが大切である。さらに早く本巻きを行なえばその心配もなくなるので、巻立ても一緒に考えるべきだと思われる。

第4にコンクリートの覆工である。現在はほとんどスチールフォームを用いてコンクリートはコンクリートポンプで送り込んで巻立てを行なっている。このスチール

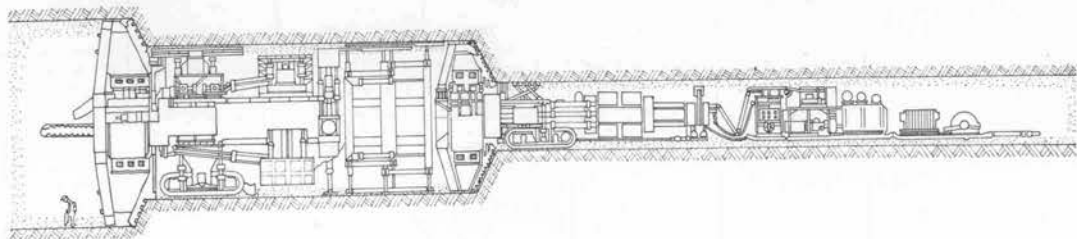


図-1 ドイツ・ビルト社のリーミングマシン

フォームはトンネル断面をその部分だけせばめているので、ずり出しその他材料、特に支保工の搬入などのために非常に障害となっている。これによる運搬の能率低下は著しい。

そこで最近スイスの Bernold が発明したベルノルト工法は支保の矢板とスチールフォームをかかねており、しかも硬練りコンクリートであるので強度も出るのも、非常によいアイデアであると思う。ことに1枚1枚の板は大体 21 kg を標準としているので取扱いに非常に便利であり、かつ組立が簡単であるので今後はこのような工法をどしどしとり入れて行くことがよいと考えている。

日本ではなかなか臆病というか新しい工法をとり入れるまでに時間がかかるが、十分に研究をして使えば決して新工法が不安ではないので、積極的によいと思われる工法は使うべきだと思う。これによれば前述の各種の不合理的、能率低下も大きく改善できる可能性が高い。

そのほか、まだいろいろあるが、最後にまとめのところでボーリングマシンと一緒にしてできるだけ詳細に意見を述べたい。

3. 岩石トンネル掘進機について

岩石トンネル掘進機は前述したとおりわが国で使われはじめてから近々 10 年ではあるが、すでに各種の工事を入れると 30 個所以上で使用されてきた。これらについては多くの人々が積極的にとり組んでこられて、その実績についてもすでに多くの報告が各種の雑誌などに述べられている。

岩石トンネル掘進機が広く使われるようになった理由についてはすでに前述したとおりであり、在来工法の断続性の欠点を除いて連続掘削により能率を上げること、人手を省くとともに安全性を高める目的のあること、さらには地山をいためないで付近に他の構造物があつて

表-1 日本で製作された岩石

製作会社名		小 松 製 作 所					
機 械 番 号	1	2	3	4	5	6	
形 式	TM 230 G	TM 320 G	TM 445 G	TM 430 G	TM 450 G	TM 350 G	
製 作 時 期	1963 年	1966 年	1967 年	1968 年	1969 年	1970 年	
所 有 者	小松製作所	石炭技術研究所	日本道路公団	熊谷組	佐藤工業	熊谷組	
掘削	最大径/最小径(m)	2.30/(固定径)	3.20/(固定径)	4.45/4.01 (シールド付で) 500	4.30/(固定径)	4.5/ 80	3.5/ 80
	最小掘進半径(m)	35	45		80	80	80
推進	スラスト(t)	150	250	500	500	500	370
	ストローク(m)	0.61	1.00	1.30	1.10	1.10	1.1
	推進速度(cm/min)	5	5	6	6	6	12
カッタヘッド	回転速度(rpm)	9	7.5	2.5, 5	2.5, 5	5	6
	トルク(t-m)	12	35	83	83	86	
	電動機出力(kW)	55kW×2台 =110kW	75kW×4台 =300kW	120kW×4台 =480kW	120kW×4台 =480kW	125kW×4台 =500kW	100kW×4台 =400kW
	カッタ形式	3 コーン+デスク	3 コーン+デスク	3 コーン+デスク	3 コーン+デスク	3 コーン+デスク	3 コーン+デスク
	カッタ数量(個)	1+16	1+24	1+33	1+32	1+34	1+26
ドカ ラット ムク	回転速度(rpm)						
	トルク(t-m)						
グリッパ	主グリッパ数/補助グリッパ数	2/4	2/5	2/4	2/4	2/	
	主グリッパ推力(t)	210	320	700	700	700	520
	同上面圧(kg/cm ²)	20		52			
本 体	全装備出力(kW)	130	340	550 (トランス台を除く)	540	565	
	全装備長(m)	13		39.7	36.1		
	本体長(m)	13	17.5	15.8	16	16	12
	本体重量(t)	25	70	200	140	150	
ずり 出し 装 置	種類	バケット	バケット	バケット	バケット	バケット	バケット
	バケット容量(m ³)×個数	×4	×6	0.08×6	×6	×6	×6
	コンベヤ幅(mm) ×速度(m/min)	350×42 450×60	450×75	500× 600×			
	最大ずり出し能力 (m ³ /hr)		70	140	140		
方 向 調 整	方 式	グリッパシリンダ トルクシリンダ	グリッパシリンダ トルクシリンダ	グリッパシリンダ トルクシリンダ	グリッパシリンダ トルクシリンダ	グリッパシリンダ トルクシリンダ	グリッパシリンダ トルクシリンダ
	示 向	レーザビーム	レーザビーム	レーザビーム	レーザビーム	レーザビーム	レーザビーム
[最高] 常用油圧(kg/cm ²)		[350] 250	[350] 250	[350] 250	[350] 250		
記 事				初めシールドセル を被せていたが、 後でぬいだ。			

も施工できるなどの利点があることは多くの人々がいわれているとおりでである。

その利点、欠点についてもどの人も同じようなことを述べているので、いまさらここに述べるまでもない。ここでは単に日本で作られた機械の一覧を表-1に示し、参考に供することとする。また今日までの実績の概要についてもその一覧を表-2に示してある。そして今日まで期間は短いとはいえかなり多くの実績が積み重ねられて、その結果から在来いわれていることも合わせていまや反省期に入ってもよいのではないかと考えている。

実績表を見てもわかるとおりで、能率よく掘られた実績というのは地質がその機械にあったところで使った場合には故障も少なく、稼働率もよく、カットコストを含むランニングコストが安いことがまず目立つ傾向といえてよい。それゆえ、第1にいえることは地質、岩質にあった機械とカットを使うということが最も重要なことであ

ると断言してよい。それには事前の調査がいかに大切であり、その調査結果を正しく判断して機械、カットなどの選定を誤らないことが大切である。逆にいえば機械にあった山を選ぶということさえいえるかも知れない。

すでに報告されているトンネルマシンの利点、欠点は常識となっているので、ここでは特に上の一点を強調しておきたい。ランニングコストの中でもっとも大きい比重を占めているのはカットコストであって、岩質、地質にあっていなければまったく不経済なことが多い。

現在のところは機械のスラスト、カットコスト、動力、ベアリングなどの要素から経済的な岩の硬さ、地質の限界というのがあると考えている。ごく大まかにいえば、1,000 kg/cm² 以下であれば今日では大体どの地質でもややうまく掘れるようになってきているといえてよい。ただ断層破砕帯の湧水部とか粘土化した含水比の高い軟弱層の突破は、その区間が全体の延長に比べて短け

トンネル掘進機性能諸元表

三菱重工業		石川島播磨重工業		住友重機械工業	工業技術院	川崎重工業
1 RT-32 1967年 建設省	2 RT-45 1969年 日本国有鉄道	1 IHI-MHT 836 1968年 日本鉄道建設公団	2 IHI-MHT 840 1968年 日本鉄道建設公団	1 ST-340 1968年 住友重機械工業	1 試験機 1967年 資源試	1 MK 17 1971年 フジタ工業
3.4/3.2 80	4.5/4.3 100	3.6/3.2 130	4.0/3.8 150	3.4/(固定径)	2.3/(固定径)	5.0/3.8
350 1.3 (能力 4.5) 4	450 1.3 2.3	200 1.0 0~7.2	300 1.0 0~6.7	150 1.0 5.0	100 1.0 7	750 0.75 3.3
2.35, 4.7 62 75 kW×4台 =300 kW 2コーン+歯形 1+22	3, 6 81 75 kW×4台 =300 kW 2コーン+歯形 1+33	2/4, 3.6/7.2 23/15, 13/8 62 kW×4台 =248 kW スライス形 4(主)	2/4, 3.6/7.2 23/15, 13/8 16 kW×1台 =264 62 kW×4台 =264 kW スライス形 4(主)+1(センター)	5.2 75 kW×4台 =300 kW 3コーン歯形(バイト) 1+32(72)	6, 13 70 90 kW×1台 =90 kW 1+24	7.3 52 125 kW×6台 =750 kW センター+歯形 1+38(50)
		0~0.33 86 10×4	0~0.27 101 6.6×6			
8/1 720 12	6/2 1,020 20	21 (摺動シュー は別に2組) 780 44	2/ (摺動シュー は別に2組) 780 24	2/ 240	6/0 180	8/0 750
400 34.3 10 78	500 36 13.3 140	455 12 85	480 14.5 95		170 9 17	750 10.32 188
バケット 0.014×9 300×75 350×75 60	バケット 0.030×12 600×80 150	バケット 600×90 150	バケット 500×90 100	バケット 450×85 80	バケット ×3	バケット 8個 150
主グリッパ レーザービームと ジャイロコンパス [350] 250	主グリッパ レーザービーム [300] 250	リンク機構 レーザービーム [280] 210	リンク機構 レーザービーム [280] 210	レーザービーム [350]		レーザービーム
カットはバイト形、 ポタンチップイン ザート形などを使 い分けたこともある。	カットはポタンチ ップを使用したこ ともある。			カットヘッド駆動機 構に粒体クラッチを 組込んでいる。	φ2mの軟岩用試験 機を硬岩用に改造し たもの	

ればグラウトその他で施工し、それでもなおむずかしければ水抜孔を掘って人力で迂回坑をその区間だけ掘っても十分に機械の能力は発揮できる。

これら地質の硬軟の度合いと湧水量などの事前の調査には最近の高速掘進のノンコアのボーリングマシン、特に最近青函で開発された高圧泥水による先進ボーリングマシンなどの活用が非常に役立つものと思われる。かつて先進ボーリングを長いサイクルの中に入れられるように高速掘進のボーリングマシンを渴望していたのが、15年たった今日実現して利用されていることは心強く、広く応用されることが望ましい。

4. トンネル掘削についての 新しいシステムの提案

以上、在来工法、全断面あるいは部分掘削のトンネル

マシンなどについていくつかの提案をしてきたが、最後にまとめてみると次のようになると思われる。

① 在来工法やトンネルマシンによる掘削にしても、ずり出しを連続的に行なうためにコンベヤシステムを採用してみたい。ずり積みもできるだけ連続的なものとする。この場合は坑外からの材料の搬入はモノレールによることを考えたらいよと思っている。

② このためにも支保工、型わくなどはできるだけ軽くすることで、ベルノルト工法のような工法を採用したい。いずれにしても、軽いプレキャストの支保兼型わくのようなものが有効と思われる。

③ ハイスピードの水平ボーリングマシンによる先進ボーリングを作業のサイクルの中にとり入れたい。

④ 排水溝は初めできるだけプレキャストのものを用い、極力場所打ちコンクリートをしないようにしたい。

表-2 岩石トンネル

機 械 名	小松ロビンス1号機	小松ロビンス1号機	小松ロビンス1号機	小松ロビンス2号機	小松ロビンス3号機
形 式	TM 230 G	同 左	同 左	TM 320 G	TM 445 G
製 作 会 社	小 松 製 作 所	〃	〃	小 松 製 作 所	小 松 製 作 所
所 有 者	小 松 製 作 所	〃	〃	石 炭 技 術 研 究 所	日 本 道 路 公 団
使 用 年 月	39.4~39.12	42.1~42.5	42.12~43.4	42.6~42.10	43.3~45.2
工 事 番 号	第 1	第 2	第 3	第 1	第 1
工 事 名	住友共電東平発電所導水トンネル工事	北陸本線木ノ浦トンネル底設導坑掘削工事	拳原発電所導水路トンネル工事	池島炭鉱三坑底探炭坑道	中央道恵那山トンネル飯田方試験掘削工事
工 事 個 所	愛媛県新居浜市	新潟県木ノ浦	福井県速原郡名田庄村	長崎県池島	長野県阿智村関原
発 注 者	住友共同発電	国鉄岐阜工務局	関西電力	直 轄	日 本 道 路 公 団
施 工 者	大 豊 建 設	前 田 建 設 工 業	ブルドーザー工事	直 営	熊 谷 組
トンネル延長(m)	570	1,570	218	450	4,250
トンネル断面(m ²)	4.2	64.5	4.2	8.0	15.8
機械掘削断面(m ²)	4.2	4.2	4.2	8.0	15.8
掘削径(m)	2.3	2.3	2.3	3.2	4.45
掘削延長(m)	278	887	209		1,077
主たる岩質	緑泥片岩を主とした片岩類	泥岩	粘板岩(硬質、砂岩、石英層を含む)	主として松島砂岩	花崗岩類、層状粘土、ホルンフェルスを含む
岩の圧縮強度(kg/cm ²)	450~1,200	80~120	500~800	150~1,100	80~1,100
最大日掘進(m/日)	11.1	24.6	8.9		20.0
平均日掘進(m/日)		11.4	3.4		4.6
備 考				坑底部軟弱で作業中止	

機 械 名	三菱ヒューズ2号機	石川島ハベガ1号機	石川島ハベガ2号機	石川島ハベガ2号機	住友・資源試1号機
形 式	RT-45	IHI-MHT-836	IHI-MHT-840	同 左	ST-340
製 作 会 社	三 菱 重 工 業	石 川 島 播 磨 重 工 業	同 左	〃	住 友 重 機 械 工 業
所 有 者	日 本 国 有 鉄 道	日 本 鉄 道 建 設 公 団	〃	〃	住 友 重 機 械 工 業
使 用 年 月	44.2~45.1	44.3~	44.2~44.8	45.5~	43.10~44.3
工 事 番 号	第 1	第 2	第 1	第 2	第 1
工 事 名	山陽新幹線西庄トンネル底設導坑掘削工事	青函トンネル吉岡方調査坑掘削工事	試験掘削工事(相生工場内)	青函トンネル吉岡方補助坑掘削工事	住友石炭奔別鉱業所通気坑道試験掘削工事
工 事 個 所	兵庫県姫路市西庄	北海道渡島郡吉岡町	兵庫県相生市相生工場内	北海道渡島郡吉岡町	北海道奔別市
発 注 者	日 本 国 有 鉄 道	直 轄		直 轄	直 轄
施 工 者	佐 藤 工 業	直 営		直 営	直 営
トンネル延長(m)	1,070	12,300	50		
トンネル断面(m ²)		10.17	11.34~12.56		9.07
機械掘削断面(m ²)	15.9	8.04~10.17	11.34~12.56	12.6	9.07
掘削径(m)	4.5	3.2~3.6	3.8~4.0	4.0	3.4
掘削延長(m)	548	1,792(46年5月)	95	2,115(46年5月)	44
主たる岩質	流紋岩質凝灰岩、一部石英安山岩	訓練層(凝灰岩、泥岩、砂岩)	流紋岩	訓練層(凝灰岩、頁岩、砂岩)	頁 岩
岩の圧縮強度(kg/cm ²)	800~1,200	500~800	1,440~2,700	50~800	400
最大日掘進(m/日)	14.0	24.0	0.9	31.0	3.7
平均日掘進(m/日)	3.3	8.80	1.35	7.82	1.9
備 考		日平均掘進は45年全体の平均		日平均掘進は45年	

場合によれば敷板などを利用するか、工事中路面を仮舗装して低床式のダンプトラック、ダンプタの利用を考えた

⑤ 地山の悪いところの多いトンネルでは、シールド中にロードヘッダを入れたもの、またはデマージ、メムコ、インガソルで作ったようなシールドの中に掘削機を入れて前面も押えられるようなものを考えたい(写真-1 参照)。

⑥ 最後に相当硬い山で大断面の全断面掘進機を開発する一手段として 図-1 に示すようなリーミング方式はかねがねわれわれ仲間でも話していたのでこれらがドイツのビルト社で成功すれば日本の山でも使ってみたい。

以上、とりとめのめないことを書いたが、これらのうちのいくつかが実験工事としてでも採用されてトンネル掘削の合理化に役立つことを望んでいる。

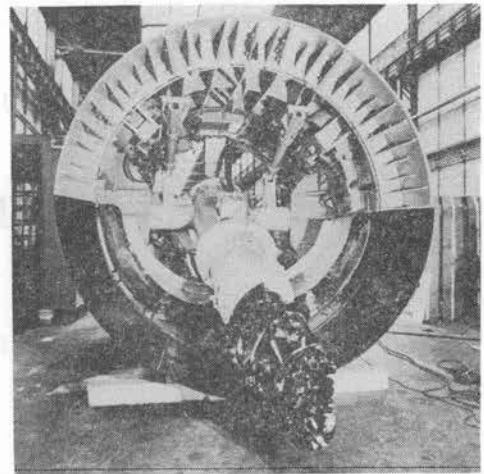


写真-1 デマージのロードヘッダを入れたシールドマシン

掘進機使用実績

小松ロビンズ4号機	小松ロビンズ4号機	小松ロビンズ5号機	三菱ヒューズ1号機	三菱ヒューズ1号機	三菱ヒューズ1号機	三菱ヒューズ1号機
TM 430 G	同 左	TM 450 G	RT-32	同 左	同 左	同 左
小松製作所	"	小松製作所	三菱重工業	"	"	"
熊谷組	"	佐藤工業	建設省	"	"	"
43.2~43.10	44.12~	44.12~45.3	42.8~42.11	43.7~43.9	43.10~43.11	44.8~45.2
第1	第2	第1	第1	第2	第3	第4
名古屋市水道第7期拡張事業導水トンネル工事	水資源開発公団香川用水事業阿讃導水トンネル工事	奥羽本線太平洋トンネル工事	国道45号線浜田歩道トンネル工事	国道45号線須賀第2歩道トンネル工事	国道45号線須賀第1歩道トンネル工事	国道13号線信夫山歩道トンネル工事
愛知県犬山市犬山	香川県三豊郡財田町	秋田県山本郡二井町	宮城県宮城郡利府村	同 左	同 左	福島県福島市
名古屋市熊谷組	水資源開発公団熊谷組	国鉄盛岡工務局佐藤工業	直轄直営	"	"	建設省一部直営、西松建設
1,798	4,032	815	180	145	105	714
14.5	14.5	66.5	9.4	9.4	10.2	9.1
14.5	14.5	15.9	8.55	8.55	9.1	9.1
4.3	4.3	4.5	3.3	3.3	3.4	3.4
1,798	3,660	759	155	136.5	92.5	125
凝灰岩、粘板岩、亀裂の多い珪岩等	和泉層の砂岩と頁岩	泥岩、凝灰岩、砂岩、頁岩	凝灰岩	凝灰岩、集塊岩	同 左	風化石英粗面岩
50~1,000	400~3,000	100~600	40~190	50~156	50~75	130~940
26.45	24.1	42.6	5.6	8.3	9.64	4.9
8.57	10.2	13.3	2.35	4.55	4.2	1.94
	掘削延長は46.9末					

住友・資源試1号機	三井三池ロードヘッダ	三井三池ロードヘッダ	三井三池ロードヘッダ	三井三池ロードヘッダ	三井三池ロードヘッダ	その他
同 左	MRH-S40C	同 左	MRH-S40B	MRH-S40C	同 左	
"	三井三池製作所大成建設	"	同 左大成建設	同 左佐藤工業	"	
44.8~44.8	45.11~46.3	佐藤工業	大成建設	46.5~	鹿島建設	
第2	第1	第1	第1	第1	第1	
新居浜工場内人工岩盤掘削テスト	房総東線土気トンネル工事	東海道第2貨物線猪久保トンネル工事	京浜急行湘南モノレールトンネル工事	武蔵野南線生田トンネル工事	根岸線日野トンネル工事	
愛媛県新居浜市住友工場内	千葉県山武郡	神奈川県	神奈川県	神奈川県	神奈川県	
同 左	国鉄千葉鉄道管理局大成建設	国鉄東京第二工務局佐藤工業	京浜急行電鉄大成建設	日本鉄道建設公団東京支社佐藤工業	同 左鹿島建設	
"	800	1,200	200	1,680	860	
9.07	64	64	30	71.3	32	
9.07	14.5, 32	14.5, 32	13	71.3	32	
3.4	4×3.8, 11×4.2	4×3.8, 11×4.2	3.7×3.5	10×8	11×4.2	
3	800	1,200	200	1,670	650	
安山岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	
450~600	80~120	80~150	80~100	80~120	80~150	
0.9 m/hr	15, 10	11, 8	10	4	5	
0.7 m/hr	左は導坑、右は上半	同 左				

トンネル建設特集(2)

トンネル施工計画と地質調査

高橋彦治*

1. まえがき

政治上、経済上、あるいは駅施設、建物、貯水池のような地上の各種物件や用地取得上の問題などのため前後の制約があるなど、ルート選定の考え方はまったく自由であるというわけにはいかない。一応これらを度外視して、地質条件についてのみ考慮を払うならば、地質条件の悪いところはこれを避け、避けられない場合はその中でもできるだけ悪条件の少ないルートを選ぶのがルート選定の本旨でなければならない。

最近では調査、測量、設計などは外注によって処理されるのが普通であり、今後ますますその傾向を強める情勢にある。昔は比較的十分な要員を抱えて急ぐでもなく急がぬでもなしにマイペースで調査を進めることができたものである。ところが最近の情勢は、昔のようなスローテンポの調査、計画を許さぬものがあり、計画面を担当する技術者をして満足するほどの地質的資料が得られないまま着工するケースを余儀なくされている。施工法、施工技術、地質調査法も昔日と比べれば格段の進歩、発達をとげている。ハイテンポ化してきた工事の計画に際して、地質調査はいかにあるべきか、またあるべき姿にあるためにはどのような問題があるかを考えてみた。

2. 地質調査の近代化

(1) 地質調査の再認識

トンネルの急速施工、安全、省力を前提とした工学および施工技術の著しい進歩は、トンネル掘進機、吹付コンクリート、ロックボルトなどの利用を促し、一方、都市の再開発、都市間輸送などの要請に答えるために総合的交通体系の観点から路線網の拡充、近代化がすすめられているなかで、トンネルは件数においても長さにおいても飛躍的に増大の一途をたどっている。地質調査がト

ンネル工事の中で占める位置は一層重要であり、地質調査によせられる期待は、従来に増して信頼度の高い着工前の地質予測を行なうことにあるということが出来る。

地質調査はその目的や内容については昔もいまも変わることがないはずであるが、変ぼうしつつあるトンネル工事の質と量とに対応してどのようにすすめられるべきであろうか。あらためて今日における地質調査について考えてみたい。

(2) 工事の質的变化に対応するために

技術の進歩は工事に際して困難とする地質的条件の質と範囲とをせばめ、この面ではルート選定をやりやすくしているが、反面、地質的条件の変化を予測することに関してはより厳しさを要求している。いたずらに新技術、新工法を過信して工事の安全性、経済性などの面を軽くみるものがあってはならないという認識とともに、それらが効果的に実施されるためには、一層確度の高い地質予測に依存しなければならないということがわかってきた。

たとえば、従来の発破工法が主体をなしていた時代に比べ、トンネル掘進機の利用される今日にあってはさく孔、爆破のほか切削抵抗または破碎抵抗など岩石、岩盤に関して広く深い知識が必要であり、現実には多くの岩石試験が行なわれている。岩石が硬すぎるとか、湧水が多量であるとか、岩質が硬、軟に変化することなどはトンネル掘進機の機能を阻害する要素となっている。

図-1 はトンネル掘進技術の進歩がどのような工学的意味と地質的問題の解決を必要としているかということ考えた場合、地質調査の内容、目的はこのようなものでなければならないかということを試みに図式化したものである。

3. 地質調査の目的は何か

(1) トンネル工事における地質的三大要素

トンネル工事に際して考慮されなければならない地質

* 日本国有鉄道鉄道技術研究所地質研究室長

的要素は、大きく分けて掘削関係、地圧関係、湧水関係の三つにしばられると思う。トンネルを掘削したときに、いわゆる「荷」が小さく、「湧水」がなければ工地上の困難の大部分をまぬがれることになる。地質調査の目的は、湧水と地圧を中心に、次いで岩石、岩盤の掘削に対する適応性を調べることにつきるといえる。

(2) 実際には何を調べるのか

地圧、湧水、掘削の三大要素を解決するために明らかにされなければならない要素は次のとおりである。

① 地形的事項：崖錐、扇状地、地すべり・崩壊、断層・地形、段立、河川形態、特殊地形など

② 地質的事項：硬軟・崩壊性・膨張性などの岩質、断層・破碎帯などの地質構造、断層・成層面・各種き裂・剥離面などの層構造または地質的分離面、崩壊地・変質帯・未固結堆積物などの存在と状態、透水性地層や破碎帯など滞水層の有無と状態、河川流量の状態、特に漏水時流量、地下水の状態など

(3) 岩石の工学的分類

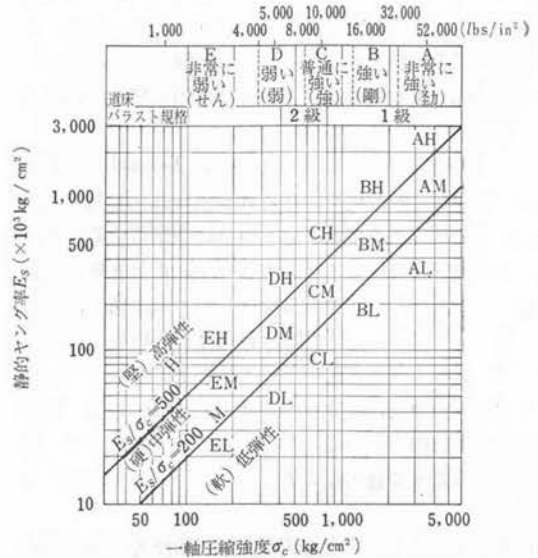
ここで注意を喚起しておきたいことは、岩石と岩盤とに対する工学的分類がきわめてあいまいなことである。岩石については、従来硬軟あるいは堅、硬、中硬、軟岩などの呼び名があるが、これは岩石の物理的性質をなら表わしていない。

最近、地質調査のテクニックのうえで必要であること、適応工法の選定のために必要であることなどから、岩石の物理的性質について試験が行なわれるようになってきた。今後の地質調査に際しては、「岩石試験」はかならず行なわれるべきものという認識が必要であろう。このためには岩石標準試験法のようなものの制定が望ましい。個々の機関内では、たとえば「国鉄における岩石標準試験法案 1968」のように単独の試験法が作られているところもあると思われるが、土木学会レベルの共通したものがあることが望ましい。

岩石の分類では、国鉄の切り取り岩石の分類やプロトジ

各領域の呼称は、たとえば次のようになる。

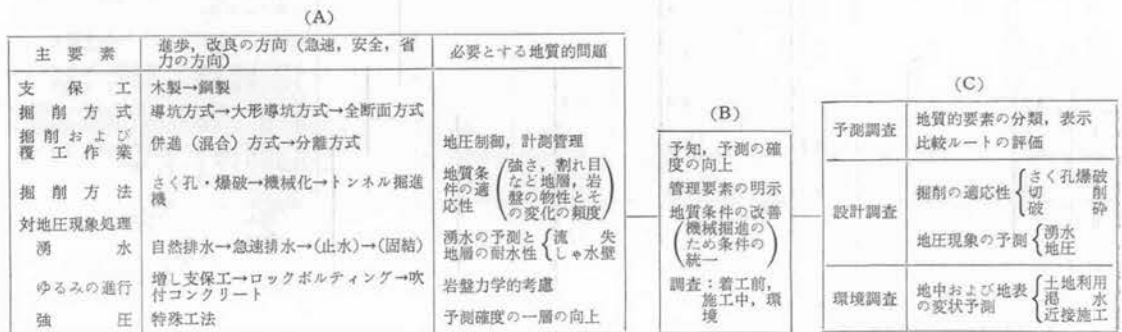
- AH: 勁堅 BH: 剛堅 CH: 強堅 DH: 弱堅 EH: せん堅
- AM: 勁硬 BM: 剛硬 CM: 強硬 DM: 弱硬 EM: せん硬
- AL: 勁軟 BL: 剛軟 CL: 強軟 DL: 弱軟 EL: せん軟



(注) Deerらのσ_cに関する分割線はlbs/in²で破線のとおりであるが、これをkg/cm²のラウンドナンバーに直し、かつ道床パラストの規格を参考にして著者が修正を加えた。

図-2 岩石の工学的特性に基づく分類

ャコノフの硬さ指数による岩石の分類などがあることは承知しているが、なかなかこれというのではないのである。岩石には弾性的性質と強さに関するイメージがもっとも普通ではないかと思われる。前者に関しては堅、硬、軟が、後者に関しては剛、強、弱のような表現があるのではないかと考え、たまたま、Deer等の分類法を借りて岩石の工学的特性に基づく分類を行なってみたのが図-2である。堅、硬、軟と勁、剛、強、弱、せんを組合わせたものである。これは試案というほどのものではなく、話題提供といった程度のものである。これだけで岩石のさく孔、破碎、切削、爆破などに関する抵抗や



注：(A)の掘進技術の進歩に対応して(B)のような地質的要素に基づく技術的要請があって、(C)地質調査の内容、目的はこのようなものでなければならない。

図-1 トンネル掘進技術の進歩と地質調査に対する要請

地圧が作用するかどうかのようなことがただちにわかるわけではない。

(4) 岩盤の工学的分類

岩盤とは成層面、節理、境界など各種の地質的分離面をもつ岩石塊の集合体であるが、掘削、地圧、湧水などの抵抗や現象が岩石塊のそれよりも岩盤としての工学的性質に関係して現われることを十分承知していなければならない。

トンネルの岩盤分類に関しては K. Terzaghi の岩石荷重の分類が比較的広く流布されているようであるが、これに示されている荷重が施工中のいつ作用するのか、覆工後の終局的な荷重に相当するのか、また岩盤の状態に対する記述が定性的であるなどのために、適用に際して明確でない面があって実際に利用されているとは思われない。岩石の硬さ指数を用いたプロトジャコフの岩盤の安定性の評価による分類では、一見地圧対策と掘削との両方を指向しているようであるが、実際の設計、施工面にどのように適用してよいかということでは難点がある。

日本ではトンネルの地質調査に弾性波探査の利用が普及しており、いささかこれに依存しすぎる面があるが、この方法のなよりの魅力は、解析の巧稚は別にして岩盤中を伝わる弾性波の速さという物理量を提供するところにある。さらに爆薬量、支保工の程度、地圧現象などの関連において掘削中のトンネル内で弾性波による速度分帯やその経時変化が測定されることがある。

国鉄(地質研究室)ではこのような測定と現場実績とを照合させることでトンネルの岩盤分類を行なうことを試みている。表-1 は試案にすぎないが、十分に検討の

値がある。関係者の今後の努力によってもっとコンパクトで実用度の高い分類がなされることが期待される。このような訓練は、単に岩盤分類に役立つだけでなく、地質調査法に還元されて地質予測の質と精度をあげることに役立つはずである。

トンネル掘進機の利用に役立つための岩盤分類については、たとえば図-2 の岩石の工学的分類と表-1 のような岩盤分類とが適当に組合わされたようなものでなければならないと思う。

おもにダム基礎に関連した岩盤の地質工学的分類法が建設省や電力関係から出ているが、トンネルの場合も分類がいつも問題になる。トンネルではマッシブな岩よりも適当にき裂があった方が掘りやすい。これを調査するのに地表から弾性波試験をやってトンネルが通過する深部の岩盤の弾性波速度を求め、これとその地点の新鮮な岩石コア(ピースサンプル)の速度を比較し、これをもって岩盤のき裂頻度や状態を示すものとして岩盤の工学的性質を経験的に類推する方法がある。実際にはき裂だけではなく、風化や変質に関係のある性質を表わしていることもあり、き裂についても細微なものが数多くあるものと、開いた1本のき裂とが同じ値で表わされたりすることがあるので、必ずしも適当な表現ではないが、この方法ではこれらを一様なき裂度として表現するわけである。このようにして表現された岩盤の速度は、ある工学的性質に関連しているであろうことは間違いない。

き裂度またはき裂係数 (f) は従来次のように表現されている。

$$f = 1 - \left(\frac{V_d}{V_D} \right)^2 \text{ または } 1 - \left(\frac{V_{d0}}{V_D} \right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

表-1 岩盤強度分類表

強度分類	地 質 分 類						地質条件の判定	地 質 状 況 (き裂・風化・破砕・固結程度)
	A	B	C	D	E	F		
代表岩石	古生層・中生層・深成岩・半深成岩・結晶片岩・玄武岩	割離しや少ない変成岩・細理の発達した古生層および中生層	中生層の頁岩・砂岩・緑凝灰岩・第三紀層・流紋岩・安山岩	古第三紀層の泥岩・頁岩・砂岩・凝灰岩・新第三紀層の凝灰角れき岩・凝灰溶岩	新第三紀層の洪積層のうち段丘崖縁・火山砕屑物	洪積層崩壊土	良 中 不良	
1	V_p 5	V_p	V_p 4.8	V_p 4.2	V_p	V_p		マッシブで硬い。全断面掘削、無支保、一部ロックボルト
2	4.5	4.8	4.3	3.7				堅硬で、き裂が少ない。一部支保工
3	4.1	4.3	3.9	3.3	2.6			き裂が比較的多く、中軟岩に相当する。上部半断面掘削・支保工または吹付
4	3.7	3.9	3.5	2.9	2.1	1.8		破砕質でき裂が多く、風化が進み、固結度が低い。支保工(大きい皿板)+吹付
5	3.3	3.5	3.1	2.5	1.7	1.3		4の性質が顕著。地山アーチ作用のため根固めコンクリート、場合によってはリングカット工法
6					1.4	0.9		固結度がきわめて低い。リングカット工法、場合によっては特殊工法(コンクリート埋戻し工法)
7								膨張性または非減衰性土圧。地山はアーチ作用をしない。特殊工法を主とする。

- (注) 1. 湧水のある場合は分類を1段階下げる。
 2. 膨張性岩石では速度値 V_p にかかわらず「7」分類とする。
 3. V_p の単位は km/sec である。
 4. 工法についてはトンネル掘進機を使用しない在来工法についての目安を示したが、上位に記述されている事項は重複するので省略してある。

$$f = \left(\frac{V_d}{V_D}\right)^n \text{ または } \left(\frac{V_{d0}}{V_D}\right)^n \dots\dots\dots(2)$$

式(2)の特別な場合として

$$f = \left(\frac{V_d}{V_D}\right)^2 \text{ または } \left(\frac{V_{d0}}{V_D}\right)^2 \dots\dots\dots(3)$$

V_D = 新鮮無欠なピースサンプルの無抱束状態における速度

V_d = 岩盤 (rock mass) の自由面における速度 (2軸抱束状態)

V_{d0} = 地表から測られた深部岩盤の速度 (3軸抱束状態)

もし、深部岩盤の状態が新鮮無欠であれば、定性的表現であるが常に $V_D < V_d$ または $V_D < V_{d0}$ のように現われる。式(1)または式(3)で示される f はヤング率に比例するという意味があり、便利である。

V_D は無抱束状態にあるときの速度であるが、応力 (P) 下では速い速度を示し、岩石によってそれぞれ特有な P - V 関係をもっているはずである。また V_D は岩石の面要素 (図-3 参照) に支配されて層面に並行で顕著な線構造に並行な b 軸方向が最大であり、層理の発達するものほどこの傾向が強い。

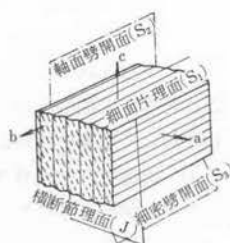


図-3 岩石構造の面要素

すなわち、同じ岩石でも速度は

- ① 無応力・無抱束状態
- ② 1軸応力・1軸抱束状態
- ③ 3軸応力・1自由面の状態
- ④ 3軸応力・3軸抱束状態

などの状態によって異なり、普通 ①→②→③→④ の順に速くなる。岩石試片 (ピースサンプル) について求められた速度は、普通 ① の状態に相当し、坑内やボアホール内で測定されるものは ③ に、地上から測られた深部の速度は ④ の状態に相当する。

この方法を厳密に考えてみると、地表から深部岩盤の速度を測ることは、岩盤が3軸抱束下にあるので、そこから採取されたコアについて実験室で無抱束圧のもとで測るよりは、実際には大きな値が出ている。つまり、実際にトンネルを掘ると予想より割れ目が多いという問題がある。また、成層面や断層など、地層の成層機構と直交するものにあつては状況を忠実に表現するが、一般的には、成層機構と斜交する測線について測定されるので、速い地層にひかれて岩盤の速度はいつも実際より大きく出てしまう。一方、ピースサンプルの計測値は面要素に支配されることを考える必要がある。これは結晶片岩では一ランク下げて考えるといつて済まされる問題ではないのである。岩盤の工学的分類に物理量を用いる際

には、測定値が得られたバックグラウンドを厳にする立場が要求される。

4. 計画の段階と地質調査との対応

土木学会が制定した「トンネル標準示方書」には「概略調査」と「精密調査」に分けて地質調査の要領が示されているが、これとかかわりなく、地質調査はこのように進められるべきであることを以下に記述する。

(1) 調査のステップアップ

地質調査の進め方については次の図式が考えられると思う。比較ルートの設定から最終的ルートを選定し、それについて設計、施工、積算の見通しをたて、着工後は施工管理や周辺の影響について検討を加えるなど、どのような事項または内容についてどの程度の精度を必要とするかなどは、それぞれの段階で異なるはずである。すなわち、計画の段階に対応した地質調査のあり方というものがあるのが当然である。

① 予測調査

予備調査：予測ルートについて立地的、地質的イメージアップ

比較調査：比較ルートについて工事の難易、工法の適応性、線形の比較など

② 設計調査

掘削の適応性予測：掘削方式または機種を選定など

地圧予測：支保工、覆工の設計、施工法、積算など

湧水予測：排水設備の要否、方法など

③ 環境調査

構造物との近接：近接施工による変状と難易など

地中、地表の変位：トンネル上部地層の沈下現象と対策など

水利用との関係：漏水または減水など

④ 施工中調査

確認：予測地質と実際の相違、実際の地質と設計、施工との対応

計測・管理：湧水、地圧現象の計測、観察と施工管理など

前方予測：未掘削区間の地質予測など

(環境調査関連)

一般にトンネル工事のための地質調査といえば、①と②がその大部分を占め、④は予測と実際の相違を確認し、予測地質に対して準備された施工法または設計の適用を検討し、必要な変更を行なったり、残された区間の地質予測を検討、再確認するために必要であり、③は他との関連で工事の円滑な進歩をはかるために必要なことがある。特に注意を喚起しておきたいことは、「地質の予測と確認」とは地質調査の中心的テーマであるが、施工中調査の精神は工事担当者にとって適当な施工管理、必要な設計変更、安全工事などのために欠くことのでき

ない項目であると思われる。

(2) 予測調査

予測調査は、①図上選定から予測ルートについての立地的、地質的イメージアップをするためのごく初期の段階（予備調査）から、②比較ルートを設けて具体的事項について線形の優劣、工事の難易、工法の適応性、阻害要素などを比較し、次第に1本のルートにしぼるためのルート選定調査（比較調査）に分けられる。

予備調査の段階は、工事担当者と地質専門家が同行して航空写真、地形図、地質に関する既往文献、立地条件に関する資料などについて簡単な踏査が行なわれる程度のことが多い。比較調査の段階になると調査の手段、方法は設計調査の場合となら異ならない。調査地点、測線などの選定、密度、配置、精度などの点で若干の差があるだけである。

比較調査は、数本の比較ルートについて大規模な破砕帯、湧水、強大な地圧など工事困難となる地質的条件の有無とその程度、工法の適応性や阻害状況などについて比較するに足る程度の最小限の調査を実施しなければならない。それによって比較ルートをしぼり、あるいは最終ルートについて、なお比較すべき事項とか実施計画に必要な詳細な地質調査を立案するために、残された地質的問題点が指摘できるようになっていなければならない。地質的条件が工史上最悪であることが決定的である場合には、ルートの経過地点を大きく変更せざるを得ないことになるが、計画の初期の段階ではこのようなことが問題になるケースが少なくないと思われる。

(3) 設計調査

設計調査では掘削方式、トンネル掘削機の利用、支保工の形式と規模、覆工巻き厚、排水計画、湧水処理または対策など、ルートについてまず全体の地質、すなわち岩石の種類、硬軟、地質構造、未固結堆積物、風化、変質、地形上予測される問題などについてかなり詳細な地質的条件を明らかにするための調査が行なわれる。その成果によって掘削の適応性、地圧または湧水予測などに関して調査すべきポイントが具体的に指摘される。次いでそのための調査が行なわれる。

一般にはこのような順序で調査がすすめられる。ある場合にはこれらを一括して総合調査の形で出されることがあっても、基本的にはこの順序が逆になるようなことはあり得ない。地質的問題に関する十分具体的な情報がただ1回の調査で得られるとは限らないから、そのようなときには何回でも、場合によっては金を惜しまず追加調査を行なうようであればならない（環境調査と施工中調査についてはここで特別触れることはない）。

(4) ルート選定から着工までの地質調査のチェックシステム

計画の段階または調査の進展の小区分ごとに地質調査

の成果がまとめられ、地質的資料が増していく。その成果の総仕上げとして設計、施工、積算、工期などの工事計画が決定される。これらの調査の各段階または小区分ごとに、何が明らかであり、何が明らかでないか、次に調査すべきことは何であるか、それをどうやって調査するか、という検討が行なわれ、調査がステップアップしていく。普通、地質調査から着工までの間、このようなチェックシステムが自然に働いているのであるが、これを意識的に表現するとおおよそ次のようなものであると思われる。

≪地質調査のチェックシステム≫

(1) 比較ルートについて

- ① その数と変遷が明らかにされているか。
- ② その各々について行なわれた地質調査の種類、目的、方法、数量、成果が明らかにされているか。
- ③ 地質的条件の項目別比較表ができているか。

(2) 工事実施計画の資料について

① 予想される地質条件を距離を追って明らかにし、これをさらに掘削、地圧、湧水など問題別に整理し、これに対して工事の規模が想定されているか。

② 実施された地質調査の種類、目的、方法、数量、頻度がわかるように整理されているか。

③ 実施された地質調査ごとに得られた成果、問題点または追加調査の指示がなされているか。

(3) 判定（地質調査の成果について）

良否、地質調査の充当率、追加調査の有無（の指示）のチェックシステムをよく行なっているところでは、現地局から提出された最終的な実施計画についても、なお追加調査の指示がなされるようなものであると思われる。

5. あとがき

線増計画に際しては先輩の選んだルートをいちいち再検討する機会が多いのであるが、昔のルートはまったくよくできていて感心させられる。こう配、切盛り、坑口の立地条件、トンネルの長さなど、計画時点における技術力と知識の水準において可能な限りの調査を行ない、みがきあげられた判断力のもとに最良のルートが選ばれているという感じである。その経過の中から地質調査についての識見とチェックシステムの機能を流れをくみとることができる。

時が移り、進展、変化してやまぬ現在では、地質調査を十分に行なって地質的にも欠陥の少ないルートを選ぶといった時間的余裕がないのが実情である。ここに地質調査におけるチェックシステムの確立についてのテーマをあげたが、初期の意図に反して、現代の「変化、急速」が要請する「簡易、迅速、かつ的確」な方向へと転進を余儀なくされている。

トンネル建設特集(3)

都市トンネルの計画と問題点

渡 辺 健*

1. ま え が き

都市トンネルといえば、地下鉄を主とした鉄道トンネルと道路トンネルとを総称したいわゆる交通路トンネルが大部分を占めていたが、大都市の郊外への発展と旧市内の再開発により都市施設としての水道、電力、電話などについてもそれぞれ送路としてのトンネルが必要となってきた。今日では都市内のトンネルとしては上記交通路トンネルのほかに、これら上水道、下水道、電力および電話関係トンネルをも総称して都市トンネルというべきである。

都市の発達には郊外へその周辺を拡げるとともに、都心部では地上の高層化と地下の深層化を伴っていく。この地下の深層化はさらに連絡パイプとしてのトンネルの大形化をも伴っている現状である。

このような実情のもとに各種の都市トンネルが施工され、種々の面で著しい技術開発をみているが、その反面いろいろな面で問題をも提起している。この時点において、都市トンネルについての計画と問題点について考えてみたいと思う。

2. 開削トンネルとシールドトンネル

従来、わが国の大都市におけるトンネルは地下鉄トンネルに代表される開削トンネルがその大部分を占めていた。この工法はベルリンおよびニューヨークにおける地下鉄工法を参考にしてわが国に導入された工法で、浅部トンネルには最適の工法である。今日においても浅部トンネルについては、最も経済的で工期も早く実用的な工法であることには変わりがない。

わが国の都市トンネルでほぼ万能的といえるほど発達したこの開削トンネル工法も、構造の多様化とともに地下における立体交差などから占用位置の深層化の方向に向かうにつれ、掘削深の大きなトンネルについては地下

水平掘削方式のいわゆるトンネル工法に徐々に移行するに至った。現在、慣用の開削工法による場合は総合的見地からみて、無理のないところ掘削深がほぼ 20 m 付近が開削トンネルとしての一般的な限度と考えるべきであるが、地下の占用位置の深層化が要求されるにつれ、それ以上の深さの都市トンネルが随所に出現するに至った。また一方では路面交通の輻輳から、作業基地としての路面使用に非常に大きな制約(面積的および時間的に)が加重されるに至った。この二つの時代的な要求は都市トンネル工法それ自体にも大きな改革を求めた。ちょうどこの時点でわが国にも本格的なシールド工法普及の波が訪れ、シールド工法による都市トンネルの築造が都市内における深部トンネルを広く実現させるに至った。そして、今日ではわが国の都市トンネルは開削トンネルとシールドトンネルとの併用時代に入ったといえる現状なのである。

ただ、この浅部トンネルは開削工法で、深部トンネルはシールド工法でということはあくまでも原則的なものであり、掘削深が 30 m を越す程度のトンネルでも、トンネル構造が複雑な場合には開削工法で施工せざるを得ないであろうし、また、掘削深が浅い場合でも特殊な箇所はシールドのほか導坑式(トレンチ工法とかメッセル工法など)のトンネル工法を必要とする場合が出てくるであろう。

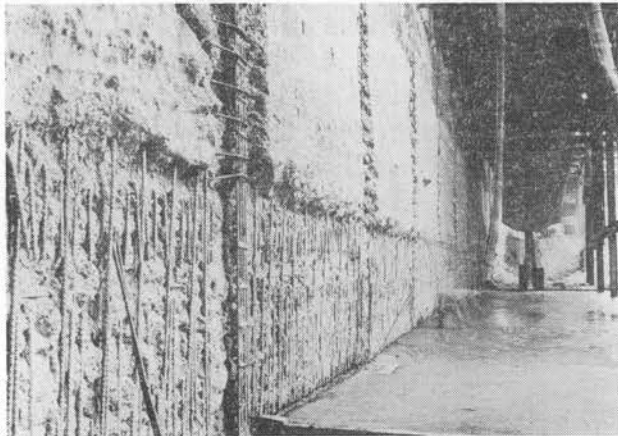
3. 開削トンネル工法の現状

親しい横矢板工法を主とした開削トンネル工法も、近時社会的動向への同調の姿勢から大きな変化をもたらせつつある。変化の原因をみると、第1には騒音と振動を主とした工事公害の防止の観点からであり、第2には大阪地下鉄のガス爆発事故を契機とした工事の安全の観点からであり、第3には作業基地として路面使用の制約であり、さらには第4としてトンネル構造の多様化と大規模化に伴う工事の大形化があげられる。

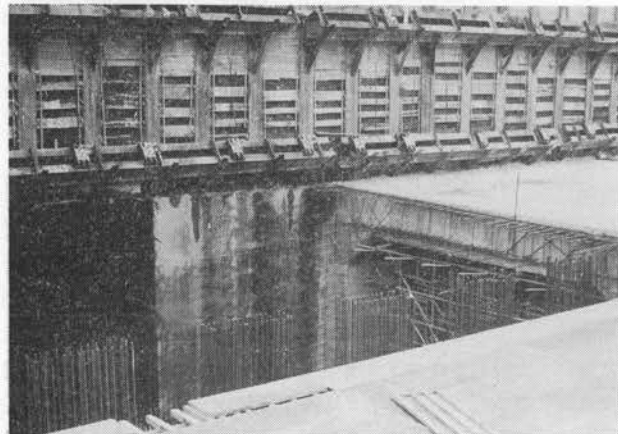
* 帝都高速度交通営団設計部長

このような環境のもとにおいて、開削工法はまずその土留工法に大きな変化をもたらした。すなわち、工事公害防止の点からくい打ち、鋼矢板打ちについては、振動、騒音防止のためくい打ちはせん孔建込みぐいに、鋼矢板は柱列式連続地中壁工法に変わった。さらには、現在、一部は壁式連続地中壁工法を採用することにより、背面地山の安定のための土留壁と本構造の一部に用いる本構造壁との兼用が実用化されている（写真一参照）。土留工法におけるこれら一連の動向は上記の公害防止の観点だけでなく、一方、安全工法の立場をも併せて考慮したものである。

次には掘削方法であるが、この場合、労務者の確保と労務賃金の上昇の点を考慮せねばならない。最近のわが国の労務事情は欧米の先進諸国の事情に近づきつつあるため、どうしても省力化をはからなければならない。これは勢い機械化掘削の方向に向かわざるを得ない。機械化掘削については、坑内の狭い空間に適応するもので、さらに湿地にも稼働可能な足回りの機械が要求され、一方では坑内空間確保のための土留支保工の改良を求める



写真一 壁式連続地中壁を駅本体壁に用いた地下鉄9号線代々木八幡駅（下床取付部の壁鉄筋をはつり出して防水工施工中）



写真二 土留アンカー使用による箱形トンネルの築造（地下鉄9号線代々木付近）

のである。土留支保工については腹起こし、切ばりの大形化による間隔拡大の方法と土留アンカー採用による坑内空間確保の2方法が採られているが、今後はこの傾向がさらに強まるであろう（写真二参照）。

第3には工事の安全の立場にたった地下埋設物の防護関係がある。埋設物は掘削中つり防護または下からの仮受け防護の2方法で防護され、トンネル完成とともにトンネル頂面から受け基礎を立てることにより本受け防護を行なって土砂埋戻しを行なうものであるが、このうち特に問題になるのはつり防護と本受け防護である。この点から最近では特にガス管などでは路面受けた以外のつり防護専用の別げたを架設する新工法が採用され、また復旧時の本受け防護でも受け基礎の材料を鋼材かコンクリート材に改められている。

第4には、路面作業基地の制約から一部では工事中民地を借用して作業基地に用いるケースが出てきている。これは主として自動車交通の煩雑がその原因をなしており、覆工上の路面に作業基地を設けることが面積的に、また時間的に著しい制約をうけるようになったためである。開削工法ではくい打ち関係機械の留置と土砂巻上げ機械の設置とが路面使用の主役であるが、最近はこちら基地の確保に非常に苦勞するようになった。

4. 開削トンネル工法における 今後の動向と問題点

大都市内における開削トンネル工法の実情をみるとときあまりにも悪条件が多過ぎる。しかもその内容を見ると、技術的な面よりはむしろ社会的制約からしばられてきているのが実情である。しかしこれら社会的要求には前向きで順応し、遅れをとってはならないと思う。この観点に立つとき、今後はますます安全工法を要求されるであろう。人命尊重を第一義とするとき、ときにはある程度の犠牲を払っても経済性よりも安全性に力を入れなければならないと思う。工法の各部門においてもますます安全化への傾向をとることになるだろう。

次には、トンネル構造の多様化と大規模化は工事の大形化となって今後もその傾向が強まるだろう。もちろん、この中には深層化をも含めてのことであるが、ともかく、工事の大形化は工期の長期化となる。現在でもすでに地下鉄工事の場合、以前は2年が土木工事の標準工期であったものが3年になってしまっている。これは企業からみても、また、社会的、国家的にみてもマイナスである。

なんとか急速施工に努力して工期の短縮をはか

らなければならない。それには省力化、プレハブ化などの技術的・内的改善と、施工環境の改良という外的改善の両面から考えなければならない。特に後者の外的改善については行政機関と一般市民による深い理解と協力がなければ実現は困難であろう。開削工法における施工環境の基本となる路面使用の点をみるときも、沿道住民による昼間施工への要求の動きは、諸外国における路面使用の実情と照らし合わせて今後の一指標となれば幸甚である。

5. シールドトンネル工法の現状

わが国の諸大都市におけるシールドトンネル工法の普及はめざましいものがあるが、この傾向は都市ばかりでなく、その周辺にまで拡張されつつある。しかしこれも開発初期から今日に至るまで技術を主とした幾多の難問題を経験した実績のうえに立ってのことである点を等閑視してはならない。

わが国におけるシールド技術は、その初期においては地上になんの影響もなく掘進できるトンネル工法としたい文句のもとにスタートしたが、実情はなんとかトンネルを貫通させる努力だけで精いっぱいだった。技術面でいろいろな障害にぶつかったからである。この時期を筆者は第1期と称している。そして今日はこの期間を過ぎ、これら問題点を一つ一つ解決しながら、さらにこの工法の適用範囲を拡げつつある。

構造体としてのセグメントは、材質的には鉄筋コンクリート、スチールおよびダクタイル鋳鉄の3種類がすべてであったが、このほかコンポジットセグメントも使わ

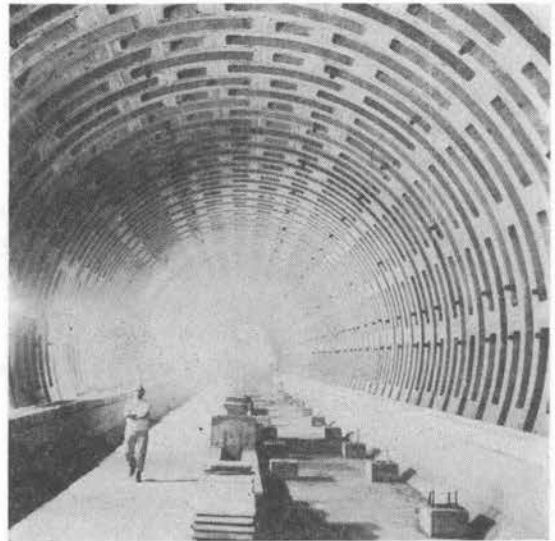


写真-3 RC箱形セグメントによる地下鉄トンネル (地下鉄9号線南青山付近)

れるようになった。形状の点からみると、従来は中子式の箱形セグメントが万能的であったが、平版形タイプもだいぶ広範囲に使用されるようになり、継手構造もボルト構造のほかに、ヒンジ式のものも若干見受けられるようになった。平版形タイプは内側に2次覆工を行なう場合に有利な形式といえよう(写真-3参照)。

トンネルの断面形状は円形のものが多いが、ほかに半円形とか矩形断面のものも局部的に用いられている。最近の傾向としては、内空の幅広い使用の関係から円形シールドの切拡げが各所で行なわれている。特に筆者らの手がけている併列円形シールド

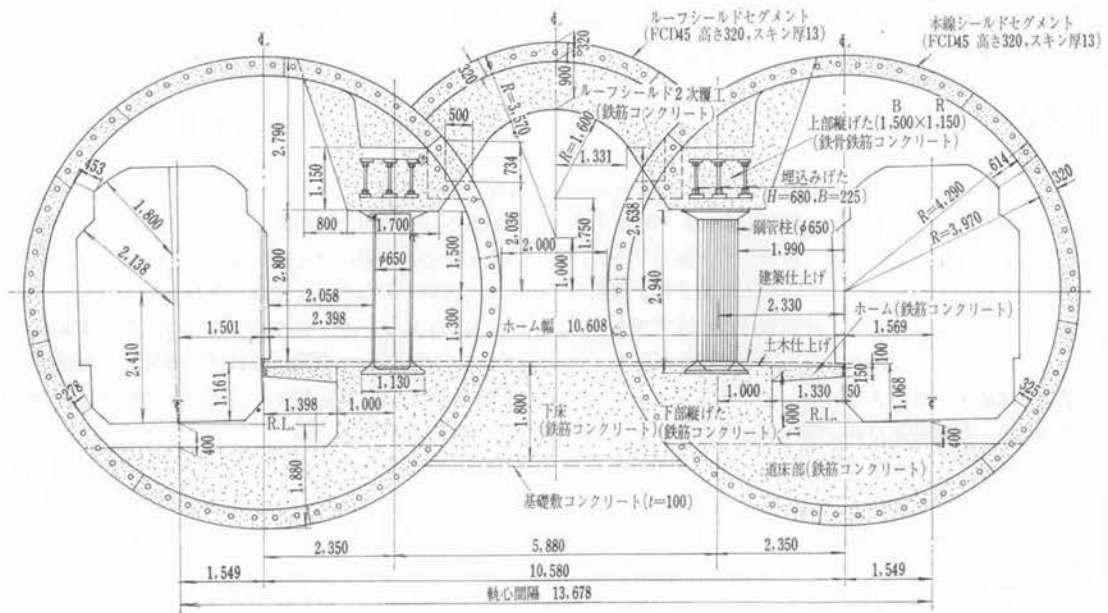


図-1 併列円形シールドの切拡げによるメガネ形駅シールド (地下鉄8号線永田町駅)

結合によるメガネ形駅シールドの開発などはその代表的なものであろう(図-1 参照)。

施工面からみると、河底横断などのほか、大ビルディングの基礎底面など建造物下の通過工法にも著しい進歩をみせ、相当数の実例をみるに至った。

土質に対する適応した掘進工法として、軟弱シルト層におけるブラインド工法、砂層における地下水処理としてのパイロット工法などもいくつかの実施例をもとに固定化した工法になりつつある。

また、シールド機械の面からみても、手掘り式のほかにメカニカル方式のものも相当数実施例をみている。メカニカルシールドについてはカッターフェース式のもの切羽の掘削をショベルで行なうセミメカニカル式のもの両タイプが使用されている。特に後者のショベル式のものは今後の利用分野が拡大されるものと思われる。

6. シールドトンネル工法における 今後の動向と問題点

シールド工法について今後の動向とその問題点についてまず構造体からみてみよう。

構造体としてのシールドトンネルは築造後、構造的な問題に遭遇している事例をとき折り耳にするが、これは構造体としてのセグメントの設計方法が適切かどうかの原点から検討しなければならない。外力としての土荷重については特に軟弱な粘性土について吟味を要する。深さが特に大きいときにもゆるみ高さをとらずに全土被りをとるべきかとか、真円度に対する上下、左右の変形度を周辺地山の上下、左右土圧とのバランスの関係でどうみるべきかとかは、円形リングとして設計時にもう少し研究せねばならない。

最近特に筆者の気付き点は、リングとリングをつなぐいわゆる縦方向ボルトの数を減らす傾向がみられる点である。地下トンネルは縦断方向には半無限大に続く弾性支承上のはりとみるべきであり、縦ボルトは非常に重要な役割を果たしているはずである。特に軟弱シルト層であるとか、硬い層から軟かい層にトンネルが移行する部分とかは最も縦方向の補強を必要とする個所である。地震時のことを考えた場合でも、地下は地上ほど地震の影響が大きいとはいえず、皆無ではないはずである。縦ボルトは等閑視してはならないはずで、今後はもっと設計時に考慮すべきと思う。

このほか、構造的には継手防水がシールドトンネルの一つの泣き所で、なかなか完全な止水ができない現状である。新材料による防水工法が大きな成果をあげつつあるが、今後ともまだまだ研究を要する分野である。

セグメントの規格化についてはスチールセグメントを主とした下水道の小径のセグメントについて検討が進められており、大径のセグメントについても規格化は望ま

しいことではあるが、現状からみてなかなかむずかしいように思われる。大径リングの場合、セグメント自体に対する考え方、1次覆工、2次覆工の関係、所要内空断面寸法などの点からみても道なお遠しの感がする。同じ国鉄線となるシールドトンネルでも、国鉄が建設中のものと日本鉄道建設公団が建設中のものとはトンネル断面寸法が異なっている現状からみてもその一端がうかがえよう。

次に施工の面であるが、これは砂層における地下水の処理、地表面沈下対策、メカニカルシールドおよび急速施工の4点にしばって考えてみよう。

現在わが国におけるシールドの施工技術で最もむずかしい問題の一つに砂層における地下水の処理の問題がある。砂層中の地下水の処理方法としては圧気工法のほかに薬液注入工法と地下水位低下工法が用いられている。しかし、圧気は漏気の問題を伴い、薬液注入は地表面からの施工を主とせざるを得ないこと(切羽注入では時間的制約が大きい)と完全な施工を期すには膨大な費用を要することの問題があり、地下水位低下工法もウェルポイント、デープウェル、パイロットトンネル工法のいずれも土質の層状配列に左右されるところが大きく、なかなか吟味を要する問題を抱える場合がよくある。砂層中の水処理の問題は、今後とも試行錯誤的に経験を積み重ねて技術の向上をはかるほかはないであろう。

地表面沈下対策についてはその原因究明が斯界の権威者を含めて検討されているが、まだ定量的解析まではなされていないといってよい現状である。最近有限要素法による予想沈下量の算出なども行なわれているが、前提条件が多く、実用面では目やす程度に用いている現状である。しかし、地表面沈下の一番大きなファクタの一つは切羽面地山をゆるめることであるといえるようである。切羽面が自立するからといってフェースのおさえもせずに掘進すれば、粘性土層において特に地表面沈下量の増大をきたしてしまう。切羽を十分押えながらの入念な掘進は地表面沈下対策に対する第一歩の施工技術であると思う。この辺でわが国のシールド掘進技術は地表面の沈下量を最小限に押えながらの掘進方法という原点に立って再考してみるべきではなからうか。

メカニカルシールドについて考えるとき、まずその特徴はどこにあるかを明確にせねばなるまい。考慮すべき点を列記すれば、施工能率の向上、安全施工、省力化、経済性、施工性などであろう。

メカニカルシールドを用いる場合の最大の利点は施工能率の向上にあるといえる。これは工期の短縮はもちろんのこと、省力化から経済性にも通じ、安全施工にもつながるのである。手掘り式の場合、1日3リング程度の掘進速度が2倍の6リング程度に向上できるのである。これは工期を半減することになり、ある長さ以上に長い

トンネルについては機械費の増額分を補ってさらにそのうえ手掘り式よりも安い工事費で施工可能となり、大規模な省力化となるのである。しかもカッタフェース式の場合は絶えず相当の力で切羽面地山を押えながらの掘進であるから、地表面沈下対策には理想的な掘進方法であり、安全施工にもつながるものといえるのである。

ただ、施工性の面を考えるとよく吟味すべき事項をいくつか含んでいることを忘れてはならない。その第1は、砂層で地下水の多い場合は安全な水処理を前提として機械の使用を考えねばならない。完全な水処理もできないままでメカニカルシールドを用いることはまさに無謀というべきであり、手掘り式シールドより劣ることは明らかである。次には、地下水がなくともゆるい砂層中の掘進では、カッタの回転時に切羽面の土砂掘削と同時にフード上部の土層の崩壊を伴いがちである点も留意すべき事項の一つであろう。さらにメカニカルシールドの場合、手掘り式に比較して機械の長さが大となり、重量も大となり、稼働動作も小回りのきくものではないため、急曲線トンネルの施工には不向きである点も留意しなければならぬ。

ともあれ、今後はシールドトンネルと長大化と工期の短縮化はますますメカニカルシールドへの需要を増加することとなるであろう。これとともに、掘削機構として前面にショベルを設けたいいわゆるセミメカニカルシールドが今後ふえてくるのではなからうか。

最後に急速施工の問題であるが、これはシールドトンネルの長大化の傾向とともに、その占用位置の深層化のために、発進基地と到着基地の施工に相当長期間を要する場合が多くなり、全体工期が長くなるケースが多くなってきたのである。特に発進基地の立坑が30m以上の開削で行なうとなると、シールド施工期間よりも立坑の工期で全工期が支配されてしまう事態になってしまうのである。発進立坑の形状と工程を中心としたその施工方法は、今後急速施工推進の面から大いに研究を要する分野であると思う。

7. 都市トンネル計画と新都市計画法

以上は都市トンネルについて主として技術の面から記述したが、以下は技術面以外の都市トンネル計画についての問題点を考えてみたいと思う。その第1は新都市計画法との関連である。

新都市計画法の施行に伴い、地下鉄トンネル、都市内道路トンネル、上水道トンネルおよび下水道トンネル等は都市施設として都市計画法により都市計画決定を受けた後、法の保護のもとに施工することになった。この新都市計画法の施行によりこれらトンネル工事は道路以外の特に民有地において大きな法の保護を受けるようになった。トンネル通過位置にある民有地部分については建

築制限をすることも可能になったわけで、この点からは公共工事用の用地確保の面から大きな前進といえるのである。

ただ、計画決定後から工事实施の過程においていくつかの問題点も生じてきた。トンネルは地下に築造される構造物であるため、他の地下埋設物であるとか既設建造物などの詳細な調査を行なうとともに、細密な地質調査を行なってトンネルの詳細設計を実施するのである。上記の諸調査結果、トンネルの通過位置について都市計画決定線を変更する必要がある場合がある。しかし、現状では都市計画決定線の変更はなかなか困難である。変更は企業体でなく行政官庁（東京の場合は東京都整備局）において実施されるのであるが、地元住民への衆知を前提としているため、スムーズな事務処理が困難となりがちである。

このような実情から、都市施設としての都市トンネルについては特にその計画時点で吟味することが必要である。ただ、都市計画決定機関とトンネル工事実施機関とはそれぞれ別個の機関であるため、両者の緊密な連絡が必要となってくる。そして、トンネル路線の計画時点でも、諸調査はそれ以前に実施しておくことが逆に必要になってくる。しかし、この点までくるとなかなか実施がむずかしくなってくるのである。それで企業の立場に立つ場合、トンネル工事实施の際に計画された路線の小規模なある程度の変更を願い出たくなるのである。この辺の事情となると新都市計画法施行後日が浅いため、今後の実例をお互いに体験したうえでないと実務の処理方法は確立されないであろう。ともかく、都市トンネルはその計画時点でもよく内容を吟味せねばならなくなったことだけは確かである。

一方、都市トンネルについて、その地下占用位置の点からみると従来はまさに無統制に等しく、早い者がち的に地下を占用していた。特に道路面下はその傾向が著しく、お互いにますます深層化に追いやっている。従来は上水道、下水道、電力、電話などの都市トンネルでも道路管理者だけの許可だけで施工していたため、道路下は無統制な占有状態を呈している。今後は都市計画的な見地に立脚して、相互調整の実をあげていただきたいものである。相互に地下占用位置の調整をはかると同時に、できれば同時掘削同時施工の実績をも実らせなければならないと思う。

8. 都市トンネルと用地補償

鉱山法による坑道掘削は、その地上土地所有者に対して用地補償は必要でない由であるが、都市トンネルの場合、地上の土地所有者はその地下権を有するため、これに対して地下占用の用地補償が必要となる。この用地補償に伴う一連の用地補償は都市トンネル施工の際の大き

なポイントとなっているのである。そして現状は都市トンネルの場合ほとんどすべて公共事業であるので、公共事業としての事業認定を受けたいうえ、土地収用法の適用を受け、法の適用をバックにして用地交渉を行っているのである。用地補償率は都市トンネルの場合、その地下占用位置から土地利用阻害率の観点に立ってトンネル深さが深くなるほど補償率を低減する方式がとられている。この点からいって開削トンネルの場合、一般的にトンネル深さが浅いうえ、家屋の一時撤去をも含むため補償額が多く、深い位置にあるシールドトンネルの場合には一般的に補償額が低くなるのである。さらにシールドトンネルの場合、将来の建築基礎ぐいに対する設計協議をも伴う場合が多いので、実務的にはシールドトンネルの場合案外用地交渉が難航する場合があるのである。

以上の点からみて、都市トンネルはその計画時点においても用地関係のことを絶えず念頭におくことが必要である。

9. 公害問題

都市トンネルに関する公害問題は、建設工事中の工事公害と供用開始後の公害問題とに二分される。

工事公害として従来からある騒音、振動、埃、地盤沈下、井戸水枯渇などのほかに、最近酸素欠乏問題が大きくクローズアップされてきた。これは砂層における地下水位の低下が主因で、その地層に対する圧気使用が漏気となって酸欠空気を排出させるとされているが、この問題は今後とも大いに検討を要する問題である。

次に供用開始後の都市トンネルについての公害問題としては、道路トンネルにおける排気ガスの問題と、地下鉄トンネルにおける振動の問題がそのおもなものであろう。これに関連して、今後の都市トンネルにおいては換気塔もしくは換気口の設置問題が用地ならびに公害問題とからんで、事業遂行上大きな隘路になるような気がしてならない。

10. あとがき

地下鉄をはじめとする都市施設としての都市トンネルの需要はますますふえつつある。しかも旧市街が再開発されるに及んで、その密度もますます増加することであろう。

この大きな需要下にある都市トンネルを考えると、技術的な面ならびに社会的な面からみている多くの問題点を含んでいる。それらは互いに入り込んでトンネル建設上の隘路ともなっているのである。しかし、いくら隘路に遭遇しているからといってトンネルの計画自体をその本来の使用目的からはずれた姿で安易に妥協すべきではないと思う。いろいろ制約の多い都市トンネルであっても、使用する構造体が供用のための理想に近い姿で実現するよう計画の時点から努力すべきであると思う。都市トンネル関係者は他の事業に比べ、数倍の手数と努力と労苦を要求され、煩雑な事務手続から複雑な施工に至るまで骨身を削る体験をなめさせられるが、よりよい都市作りのためトンネル屋という地味な存在も必要なのである。

図 書 案 内

「建設の機械化」文献抄録集

B5判 7ポイント約374頁 頒価 2500円 送料 200円

(社)日本建設機械化協会の機関誌「建設の機械化」の第1号より第190号までに掲載された記録あるいは論文等を分類・抄録し、「建設の機械化」文献抄録集として刊行しました。

申込先 社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園21号地1-5 機械振興会館内
電話 東京(433)1501 振替口座 東京71122番

トンネル建設特集(4)

沈埋トンネルの現状と問題点

村上良丸*

1. まえがき

沈埋トンネルに関する国内および外国の状況についての調査は、建設省(土木研究所)の委託により、土木学会トンネル工学委員会の沈埋トンネル小委員会が昭和43年以来3カ年にわたって実施し、その結果が「沈埋トンネルの設計・施工法に関する調査報告書」として同学会から出版されている。

また、本誌昭和45年10月号に“沈埋工事用材料と機械の発達”として筆者がヨーロッパの技術の現状を紹介した。そのほか沈埋工法やその工事例は数多く発表されているので、ここでは国内における最近の沈埋トンネルの施工状況を通じて、今後克服せねばならない技術上の問題点にふれ、同時に、こうした新しい技術を開発して行くうえでの事業執行体制について、私見を述べさせていただきますこととする。

2. 外国における最近の沈埋トンネル工事例

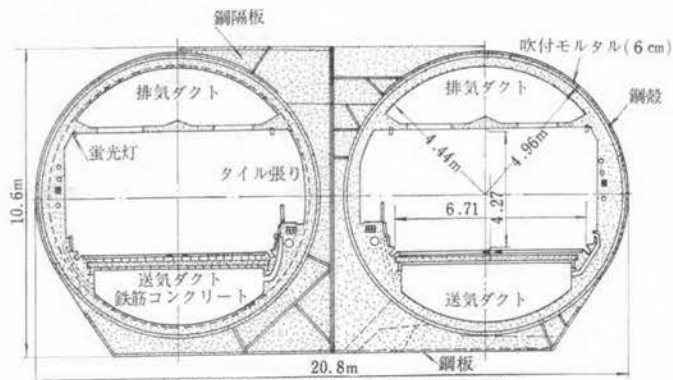
表一は昭和40年以降に完成した外国の交通用沈埋トンネルの一覧表である。このほか、上下水道用の小規模なものはかなりあると思われるが、カイロやシヤトル以外のもものは定かでない。

ここにあげた水路横断用の12本の交通トンネルのうち、鉄道単独のものは2本にすぎず、道路用のものが圧倒的で、しかも6車線が主流となりつつあることにまず気付くであろう。ことに複線鉄道と自転車用通路を併設したベルギーのJ. F. Kennedyトンネルの断面は47.85m×10.0mに達するもので、沈埋工法の威力を最大限に示したものといえる。この結果、8車線の水底道路トンネルの建設

も可能な時代が到来しており、イギリスとオランダですでにその計画に着手したと伝えられている。

こうした大断面トンネルの経済施工には矩形断面しかないこともこの表が示しているところで、かつては沈埋工法の最先進国であった米国が、円形断面のみに頼っていたため幅11.8m(小判形)のBARTチューブしか完成できず、しかも鋼殻を使用したのもこの一例にとどまっていることに注意すべきであろう(アルゼンチンのParanaトンネルは円形2車線断面であるが、鋼殻は使われていない)。

もちろん、米国では4車線用道路トンネルとして図一1に示すような2本の鋼製チューブを一体に組合わせた断面が工夫され、1957年にBaltimore Harborで施工されており、これと同一形式のものが現在香港で建設中(円形断面内径10.2m×2,1エレメント長105m×15エレメント=全長1,550m)のことはよく知られているとおりである。また、ニューヨークではEast Riverを横断する複々線用鉄道トンネルとして図二に示すような正方形に近い2階建断面(11.6m×11.6m)を有する




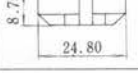
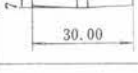
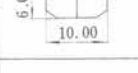
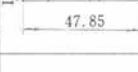
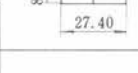
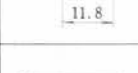
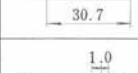
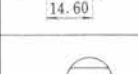
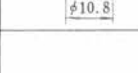


(1957年完成 沈埋部延長 91.5m×21=1,920m)
(香港トンネルはこれと同形で、内径が10.2m)

図一1 Baltimore Harbor トンネルの断面

* 首都高速道路公団調査役

表一1 1965年以後に完成した世界の沈埋トンネル代表例

番号	トンネル名	完成年	国名	用途	断面	トンネル長		基礎方式	継手構造	その他
						全長	沈埋部			
1	Coen (クーン)	1965年	オランダ	道路4車線		587m	540m	砂吹込み	可撓	運搬のみ仮P. S. 4点仮支持 (半横流換気)
2	Benelux (ベネルックス)	1967年	オランダ	道路4車線		795m	745m	"	剛結	4点仮支持 (半横流換気)
3	Lafontaine (ラフォンテーヌ)	1967年	カナダ	道路6車線		1,390m	768m	"	"	完全P. S. 構造 4点仮支持 (半横流換気)
4	IJ (マ イ)	1968年	オランダ	道路4車線		1,039m	786m	くい基礎 特殊支保 (スライディング ベッド)	可滑動	運搬のみ仮P. S. ワイヤ引込み 3点仮支持 (横流換気)
5	Tingstad (ティングスタッド)	1968年	スウェーデン	道路6車線		454m	454m	木くい ナイロン袋に モルタル注入	剛結	①頂版上に4個のバラスト 用水槽を使用して沈設 ②特殊ドック採用 (半横流換気)
6	Rotterdam Metro (ロッテルダムメトロ)	1968年	オランダ	複線地下鉄		約 3.25km	約3km	特殊R. C. くい (くい頂可動)	可撓	市街地内約2kmも 沈埋工法
7	J. F. Kennedy (E3-Scheldt)	1969年	ベルギー	道路6車線 複線鉄道 自転車通路		道路 690m 鉄道 1,664m	510m	砂吹込み	剛結	頂・底版にP. S. 3点仮支持 頂版上に4個の箱形 フロート採用 (ジェットファン換気)
8	Limfjord (リムフィヨード)	1969年	デンマーク	道路6車線		539m	510m	"	"	①軟弱層最大30m厚 の砂置換 ②3点仮支持 (ジェットファン換気)
9	BART (バート)	1969年	米 国	複線地下鉄			5,820m	砕石スクリッド	"	鋼殻構造 特殊スクリッド装置
10	Heinenoord (ハイネンオード)	1969年	オランダ	道路6車線		614m	574m	砂吹込み	可撓	3点仮支持 頂版上に4個の箱形 フロート採用 (ジェットファン換気)
11	Marseiue (マルセーユ)	1969年	フランス	道路 2車線×2		597m	273m	両端支台 (エレメント 長45.5m)	"	
12	Parana	1969年	アルゼンチン	道路2車線		2,397m	2,367m	砂投入	剛結	水上足場使用

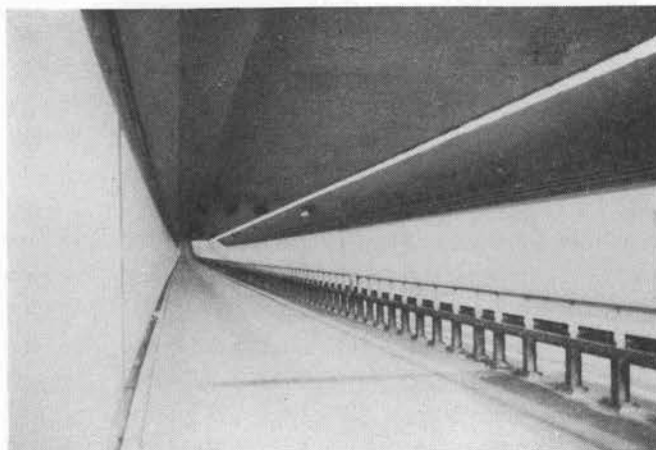
沈埋トンネル（114m×4 エレメント）が、さらにアラバマ州のモービルでは道路トンネルが施工中であるという。

表一1 で注目すべき第2の点として、道路トンネルの新しい換気方式による断面の縮少が上げられる。すなわち、Coen から IJ までの初期の4本のトンネルは半横流ないし横流式で計画したため特別な換気ダクトが必要であった。したがって、6車線のトンネル幅は Lafontaine にみるように約 37m にも達しているが、ジェットファンによる縦流方式（写真一1 参照）の開発で、その後の6車線トンネルは、幅 27.4~30m ぐらいに縮少でき、同時に換気用立坑が不要となって、大幅な工費の低減をみている（Coen, Benelux も完成後はジェットファン方式で運営されている）。このジェットファンによる縦流換気適用例の最長は、目下のところ Benelux の約 800m であるが、大交通量のトンネルに対しても約 1.5km までは理論的に適用可能とされているので、より長いトンネルにこのジェットファン方式が採用される日も遠くはないであろう。

ヨーロッパにおける施工中の大断面トンネルとしては図一3 に示すハンブルグ（西ドイツ）の E3-Elbe トンネルが有名である。このトンネルは水路部の沈埋区間 1,057m（132m×8 エレメント）に続いて、陸上部に延長約 1.6km のシールド施工トンネル（外径 10.83m×3 本）が連続するため、2車線車道3チューブからなり、特殊な交通運用を必要としている。全長は 2.65km に達するので、沈埋部に対しては変断面ダクトによる横流換気方式を採用してトンネルの全体断面の増大を押えており、沈埋部の基礎として砂吹込みを使用するドイツ最初の沈埋トンネルになる予定である。

3. わが国の状況

昭和 40 年代に入ってわが国で施工された沈埋トンネルは表一2 に示すとおりで、最近の 2~3 年間に5本が完成し、現在3本が施工中である。規模の大小は別とし



写真一1 ジェットファンによる道路トンネルの換気例（Heinenoord トンネル）

て、施工例の豊富さは世界第1であり、この工法の需要がわが国では急速に高まっていることを示している。

用途別では鉄道が4例で最も多く、道路は2例であるが、その数は今後増大する見通しであり、また、特殊なものとしては、製鉄所で使用するコークスとか鉄鉱石のような材料をコンベヤ輸送するために洞海湾を横断して建設中の沈埋トンネルがあり、臨海工業地帯における新しい材料輸送方式として注目すべきものであろう。

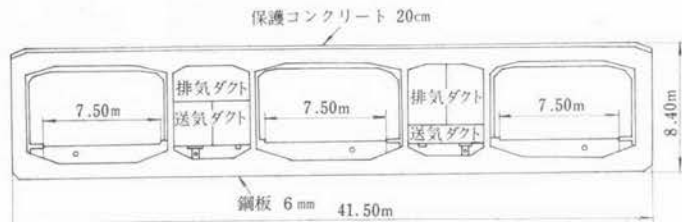
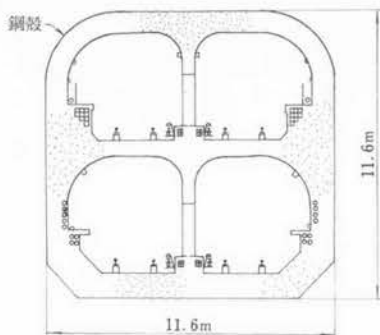
断面形状は京葉線羽田の2例が BART 形式の小判形鋼殻構造をとっている以外はすべて矩形で、円形がまったくないことは大きな特徴である。同時に、大半のものが砂利ないし碎石のスクリード基礎を採用していること、矩形断面にも鋼殻構造を使っているもの（道頓堀川および衣浦港）があることなどは外国にその例をみない特異な点といえよう。

以下、これらの実例を通じて技術上の問題点についての私見を述べることにする。

4. 技術上の問題点

(1) 断面形と基礎工

すべての土木構造物は大地への支持条件に支配されており、沈埋トンネルもその例外ではない。もちろん、水



図一3 E3-Elbe トンネルの断面

← 図一2 63St. East Riverトンネル（ニューヨーク）の断面（1エレメント長 114m, 4エレメント）

底に設けられる中空構造物の沈埋トンネルは浮力のためその重量の大半が消失するので、水底地盤にかかる最終重量（比重 1.1~1.3 程度）は、もし一様な連続支持基礎がえられるならトレンチによって除去された土の重量の数分の一に過ぎないぐらいの小さなものとなる。これが橋りょうに比べて沈埋トンネルを有利にする技術上の根本理由であるが、それでも水底に掘られたトレンチ底地盤とプレハブ構造体である沈埋トンネル底面の間に若干でも空げきが残れば、局部的な荷重の集中が起り、構造体応力に悪影響が出ることは避けられない。さらにこの不規則な空げき部分の面積が広くなれば、過度の荷重集中のため地盤が破壊して有害な不等沈下が発生することとなり、その危険性は活荷重をうける交通トンネルで特に高いといえる。したがって、沈埋トンネルはその底面とトレンチ底との間の空げきをいかにして充填するかにかかっており、もしその信頼度が乏しいなら、くいなし水中橋台式の独立基礎に支持させるしかない。

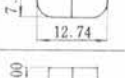
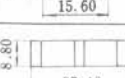
一般に、円形断面の場合は水上からの砂ないし砂利の投入でこの空げきの充填が比較的容易に行なえるため、既述のように米国ではもっぱらこの方式に頼っている。さらに円形断面の利点としては、曲げ応力をほとんど発生しないので、力学的に最も有利であり、構造厚を薄くできるとともに、経済的な鋼殻構造にして、浮上状態で覆工コンクリートを打設しても有害な変形が生じない点

である。このことは造船所施設が十分に利用でき（特別なドライドックが不要）、特殊な防水膜を必要としない長所にも通じている。したがって、幅 10m 以内ぐらいの小形の沈埋トンネルは常に円形ないし楕円形（小判形）もしくは八角形を基調とすべきであろう。

一般にトレンチの浚渫はバケット船ないしポンプ船によって行なわれるため、底面の仕上がりには 30~60cm 程度の不陸は避け難いし、トレンチ斜面の崩壊や沈泥の発生も伴いやすい。また浚渫によって地盤土質は 1~2m の厚さでかなり乱され、支持力が低下していると考えべきである。このため円形断面の場合でもトレンチ底はトンネル底より普通 0.6m 以上余掘りし、ここに砂ないし砂利か砕石を敷きならべる方法がとられている。その幅は普通 5~10m で、規定面に対する仕上がり精度は ± 5 cm 以内なら沈埋函に一時的な水バラストを入れることによって十分になじみ、有害な空げきを残さないといわれている。しかし、このスクリード作業は幅が広がるほどむずかしくなり、さらにこうした幅の広い直線形の函底では、なじみ効果はほとんど期待できない。また、水深が大きくなったり、干満の差がある所では特殊な工夫があるし、水流のはげしい所では容易でないといわれている。

わが国のスクリード作業は、水深の浅い小規模なものに対しては潜水夫による人力敷きならしも行なわれてい

表—2 わが国における最近の沈埋トンネル施工例

番号	トンネル名	所在地	用途	完成年	断面	トンネル長		基礎方式	継手構造	その他
						全長	沈埋部			
1	堂島川	大阪	複線地下鉄	1969年			72m (2 エレメント)	砂利スクリード	可撓	
2	道頓堀川	"	"	1969年			25m (1 エレメント)	両端支持 (橋台式)	可滑動	鋼構造 固定足場つり降し
3	京葉線羽田	東京—川崎 (多摩川)	複線鉄道	1970年		5,980m	480m (80m×6 エレメント)	砕石スクリード	剛結	鋼殻 特殊作業船使用
4	"	東京 (京浜運河)	"	1971年		"	328m (82m×4 エレメント)	"	"	"
5	渥美火力	愛知県 (渥美湾)	発電所取水口	1970年		128m	36m (1 エレメント)	砂利スクリード	"	浮きクレーンおよび 固定足場の併用
6	洞海湾	北九州市	コークス・鉄鉱石 運搬用ベルトコンベヤ	工事中		1,468m	1,363m (18 エレメント)	砕石スクリード	"	自己昇降式 水上足場使用
7	衣浦港	愛知県	道路 2 車線	"		986m	480m (6 エレメント)	砂利スクリード およびビニール袋にモルタル 充填	"	鋼殻 (半横流)
8	東京港	東京	道路 6 車線	"		1,325m	1,035m (115m×9 エレメント)	モルタル注入 (予定)	"	(半横流)

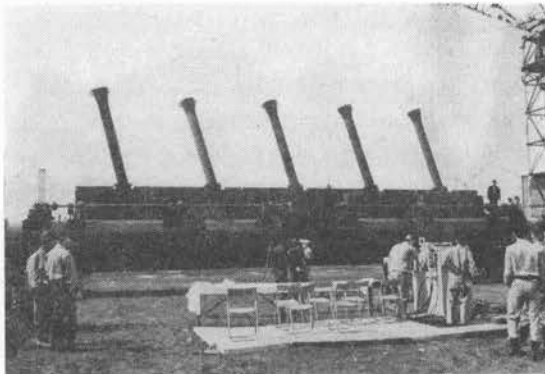


写真-2 京葉線羽田トンネルの基礎敷きならしに
使われたスクリード機

るが、京葉線羽田の2本の沈埋トンネルでは、水底にレールを敷き、この上に写真-2に示すような碎石投入用のトレミー管をつけた重量約30tのスクリード機をのせ、これを沈埋エレメントの沈設作業船(写真-3参照)を利用して動かす方法がとられた。また洞海湾では写真-4に示すような大形の自己昇降式水上足場船が利用されている。

スクリード工法の先進国である米国では多年の経験から水中における人力作業をなくし、波浪や干満の影響を受けず、かつ施工速度を上げるために図-4に示すような原理のスクリード作業専用船を開発している。すなわち、前後2個所に設けた大形的水中フロート上にトラス構造の作業台をのせ、その四隅にアンカーブロックをついている。このアンカーブロックをつり上げた状態ではトラス作業台は沈むので、それを防ぐためにこのトラス構造体内部に補助フロートが設けられており、この状態でスクリード予定個所の直上までえい行したのち、アンカーブロックを水底に降ろすと、トラス作業台は水面上に持上がるが、水中フロートは常に波浪の影響を受けな

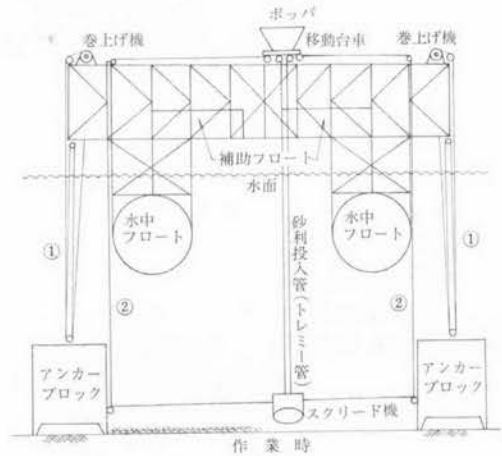
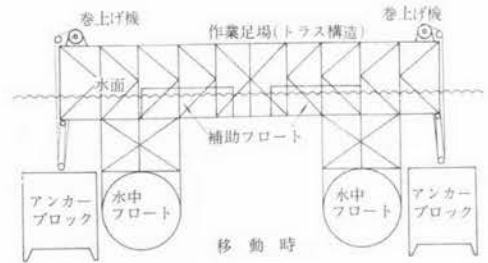


図-4 米国のスクリード作業船装置の原理

い水面下の深さに止まるように、アンカーブロックをついているワイヤ①を調整して固定する。このようにすればこのトラス作業台は一種の水上足場となり、干満や波浪の影響をほとんど受けない状態となる。ついでこの作業台上を自走する移動台車からホッパおよびトレミー管を通して水底に降ろしたスクリード機に砂利ないし碎石を供給しながら、これを②のワイヤで水上の移動台車と

写真-3 京葉線羽田トンネルで使用した
双胴船形式の沈設作業船
(基礎のスクリード作業、く
い打ちにも利用)



同調させて前進，後退することにより所定の基礎を造成するもので，大水深に対しても適用可能であり，巧妙な方法といえる。

広い底幅の矩形断面に対して，スクリード基礎を採用した唯一の例は西ドイツの Rendsburg トンネル（1961年完成）である。このトンネルはキール運河に建設されたもので，図—5 (a) および (b) に示すような断面と縦断を有する1個の沈埋函が航路中央部の140m区間に沈設された。トレンチ底には規定こう配面付近まで砂利を投入しておき，潜水夫を使ってできるだけよい精度で仕上げておいた。ついで同図 (c) に示すような方法でこの沈埋函を規定基礎面上80cmの高さに固定したのち，函底に沿って移動する大きなすき (plau) で砂利面の不陸を修正して沈設した。

この方法は予想外に難行し，航路閉鎖時間が72時間に達し，その間，キール港の業務が完全に停止して大問題となった。函底に設けてあった4個の土圧計は沈設直後には0~0.2 kg/cm²の応力を示し，かなりの空けきが残っていることがわかった。このため基礎となじませる目的で，函内に一時的な水バラストを加えたところ，この応力は増大し，0.6~1.8 kg/cm²の範囲でばらついた。さらに埋戻しが完了した最終状態ではこの値は0.4~1.2 kg/cm²の範囲で落ちついた（もし完全に一様連続な支持基礎がえられておれば，3 t/m²=0.3 kg/cm²程度であ

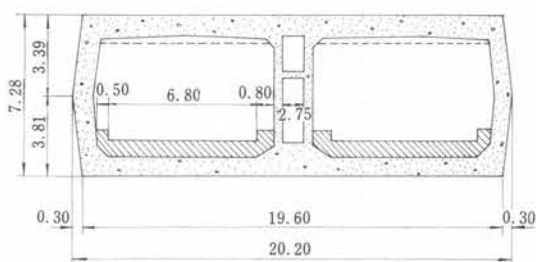
ろう）。

長さ140mのこの沈埋函はあらかじめ20mごとに特殊な可撓性の内部継手が設けられていたため，過度の応力集中は生じなかったが，沈下量は2~8cmの範囲の不等沈下となってあらわれたという。

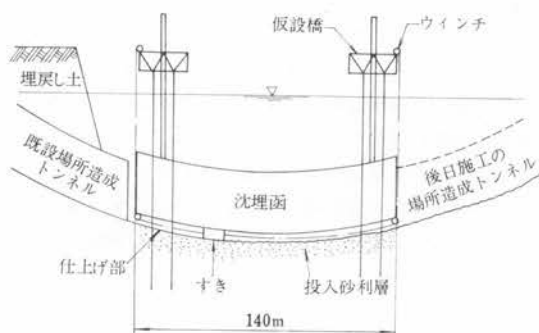
矩形断面の一様連続支持基礎として現在最も信頼性が高いと評価されている唯一の工法は，1938年にデンマークの Christiani & Nielsen 社がオランダの Maas トンネル施工時に開発した砂吹込み工法で，表—1に示した大断面トンネルの過半数がこれによっている。

砂吹込みの原理は，図—6に示すように1本のパイプから砂を含む高圧ジェット水を射出し，同時に他の2本のパイプから水を吸引するもので，砂の充填度合の進行とともに吸引水中の砂分の量が增大することを利用してこれらのパイプを系統的に移動しながら函底とトレンチ底の間の空げきに密に締まった砂を詰めるもので，実験的にも，また施工実績からもその完全性が証明されている。この結果，得られる基礎の埋戻し完成時までの総沈下量は15mm以内といわれている。

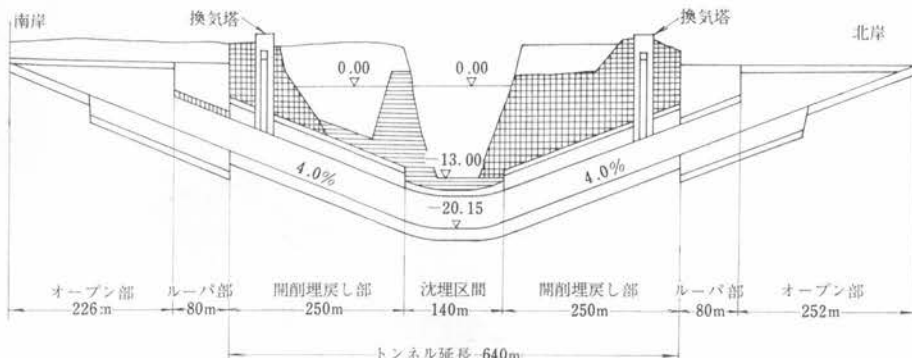
さらにこの方法の一大長所はトレンチ底にたまっている沈泥や浚渫によって乱された部分の土を確実に除去できる点である。この装置自体は現在もお同社の国際特許となっているため，わが国や米国ではまだその施工実績がないが，これを必要とする時点はそう遠くないであ



(a) 沈埋部断面



(c) 沈埋部基礎スクリード要領図



(b) 全体縦断面図

図—5 Rendsburg トンネル

らう。

矩形断面の沈埋トンネル基礎としてはオランダの IJ Rotterdam Metro, スウェーデンの Tingstad, フランスのマルセイユなどのトンネルでくいのない橋台形式の基礎やナイロン袋にモルタルを充填する方法などが工夫されたが、確実な信頼度を得るためには、いずれも多大の費用と工期を必要とした。

砂吹込み基礎を採用する場合でも、これと函底のなじみをよくする目的で、初期のものは Coen トンネルなどに見るように、函底直線部に 1/75~1/150 ぐらいのテーパを施していたが、現在ではその必要はなくなっている。しかしトンネル完成後に徐々に進行する水底地盤自体の沈下は、土質によってはある程度さげ難いものである（大きな圧密性を有する場合はそれが函底下 20~30 cm ぐらいまでの厚さなら砂質土で置換えるのがよいといわれる）。このため応力の集中をさげる目的で、エレメント相互間およびエレメント内部にも 15~20 m の間隔で水密構造の可撓性継手を設ける方法が一般化しつつあることは特に注意しなくてはならない。このようにすれば長期的に変動する温度応力の吸収にも有効であり、またエレメント築造時のコンクリート収縮によるひび割れの発生も防止できるし、さらに、わが国のような地震地帯ではこうした可撓性が地震応力の吸収上極めて有利であるといえよう。したがって、わが国の沈埋トンネルにおいては優秀な可撓性継手の開発こそ緊急課題であると思う。

(2) 設計上の問題

沈埋トンネルに加わる不慮の外的荷重としては、沈船と錨が考えられる。前者の発生確率は飛行機が地上構造物に接触するものと同じかそれ以下であり、このため、沈埋トンネルが致命的な被害を受けたという例はまだない。しかし錨は、たとえ沈埋トンネル付近を投鎖禁止区域としても、船舶相互の衝突回避などの非常事態の際は投入されるので、これによって沈埋函体が被害を受けないようにすることは常に必要である。

通常の土砂なら錨の貫入する深さはせいぜい 1~1.5 m

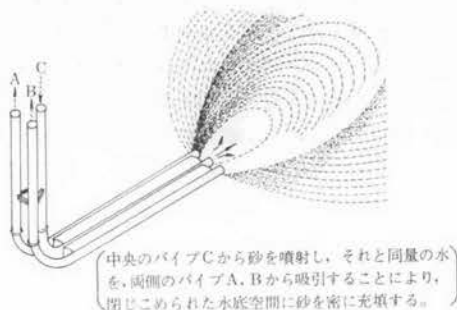


図-6 砂吹込みの原理説明図

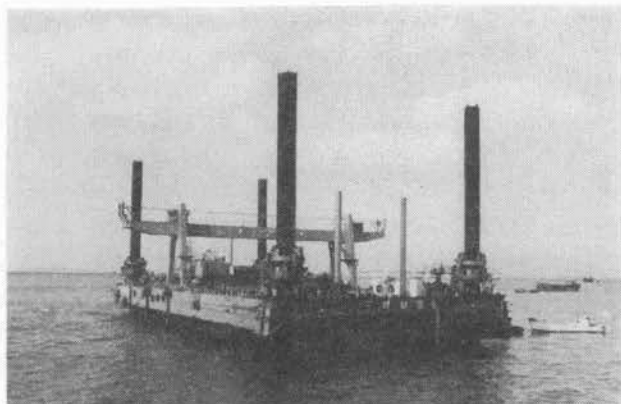


写真-4 洞海湾トンネルに使用中の自己昇降式水上足場船
(船体 60 m×30 m×3 m, 中央開口部 50 m×20 m,
支柱 φ1.8 m×40 m×4 本)

ぐらいであるから、これ以上の土砂厚でトンネル頂面を覆っておけば錨が直接トンネル構造体にふれることはない。また、トンネル頂面を水底に露出させておいても、厚さ 15 cm 程度の鉄筋コンクリート防護版を設けておけば、これが若干破損することはあっても、構造本体に被害を及ぼすこともない。このため、最近では沈埋トンネルの頂面は航路底に一致させ、埋戻しを行なわない方向をとっている。

この場合、問題はむしろトンネル両側の埋戻し土砂が沈下したり、洗掘されてトンネル側面上部が露出し、ここに錨が引っかかることにある。したがって、航路部ではやはり計画航路底より 30~50 cm 程度深くして、頂版両隅には丸味をつけ、防護コンクリート層をこうした隅角部では頂面下 1.5~2.0 m ぐらいまで巻込む工夫がなされるか、または表-1の多くのトンネルに見られるように、かなり大きな隅切りが行なわれている。この隅切りは、沈設作業用のフロート取付にも有利である（図-7 参照）。いずれにしてもトンネル上に過度の埋戻しを行なうことはそれだけ基礎の荷重負担を増すだけでなく、トンネル深度、したがってトンネル全長を増すもので好ましくない。

一般に沈埋トンネルにかかる荷重は過度の埋戻しを行なわない限り水圧が圧倒的で、静的なものである。したがって断面応力は円形の場合はほとんど軸力のみとなり、鋼材は少量ですむが、コンクリート施工時の収縮ひび割れを防ぐ配慮は必要である。

水底の鉄筋コンクリート構造物に生じるひび割れやクラックは最も好ましくないものであることは当然である。このため、前述のような基礎の不等沈下の影響を吸収するための可撓性継手の設置のほかに、コンクリート打継目（施工継手）の措置やセメントの品質を含めたコンクリートの配合設計とともに、鉄筋の許容応力度も問題となる。普通鋼の鉄筋に対しては、欧米ではその許容引張応力度を 1,400 kg/cm² 程度（わが国では 1,600

kg/cm²)に押えているが、せん断応力度に対しては、コンクリート強度に応じた限界値の超過分だけを腹鉄筋で補強する方法をとっているのが隅角部や壁部のコンクリート施工を著しく容易にしている。この点、わが国の標準示方書(土木学会)はせん断応力の許容値を越えた途端に全せん断力を腹鉄筋でもたせる方法をとっているため、たとえば筆者が関係している東京港トンネルの場合には、米国の ACI code によれば $\phi 13$ mm 腹鉄筋を 25 cm ピッチですましよう個所に $\phi 25$ mm 腹鉄筋が 15 cm ピッチで必要という事実上施工不能のケースを生じ、断面厚の変更を余儀なくされた。

ドライドックで築造される沈埋函のコンクリート工事は、かなり入念な施工管理が行なえる。一般に収縮ひび割れを防ぐ目的でセメントの使用量は 280~300 kg/m³ であるが、W/C=45~50%、スランブは 5 cm 以下で施工されるため、沈設時点までに普通通過するコンクリートの 90 日強度は 600~700 kg/cm² にまで達するといわれる(東京港トンネルでは中庸熱セメント 320 kg/m³ を使用し、スランブ 8~9 cm を採用しているが、スラブ厚約 150 cm の隅角部では最大発熱量は 60°C を越え、打設後 2~3 日目のコンクリートに 30~40 kg/cm² 以上の引張力が発生することを観測している)。

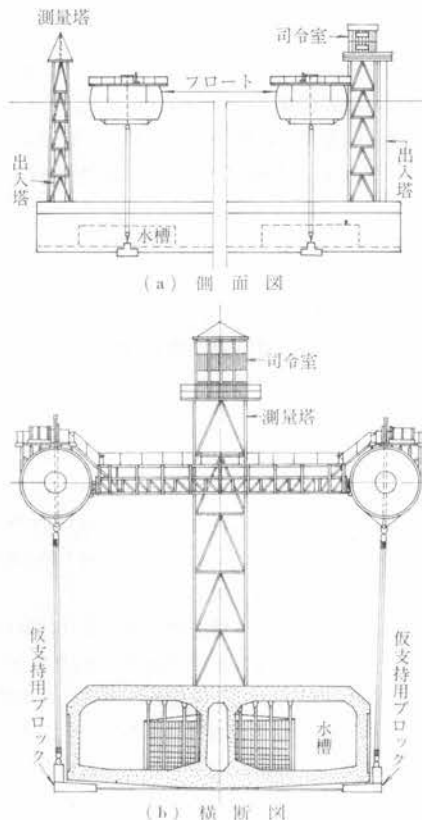


図-7 Coen トンネルの沈設作業装置(エレメント頂面隅角部の隅切りを巧みに利用している)

また前述の Rendsburg トンネルでは構造体中に多数の応力計が設置され、現在もおその観測が続けられているが、測定された鉄筋の引張応力は常にコンクリートのもので同一で、60~80 kg/cm² の範囲であるという。

こうした諸点を考えると、鉄筋コンクリート構造物においては常に欠陥のないコンクリートを施工するのが第一であって、いたずらに鉄筋をふやすことはこれを著しく妨げ、単に経済性を失するだけでなく、かえって有害なることを認識すべきであり、土木学会の標準示方書の再検討を強く望むものである。

(3) 水密構造体築造上の問題

トンネルのような長い構造物を鉄筋コンクリートで築造する場合は、長手方向の施工継手はさき難いものであり、収縮クラックの面からも 15~20 m の範囲に止めるべきであるといわれている。しかし、高さ方向の横断面内継手のうち、側壁と頂版の間の打継目などは壁部や隅角部の配筋が適切なら省略できるものであり、事実、表-1 のオランダの諸トンネルでは、ここには施工継手はない。さらに同国では現在底版と側壁の間の打継目も解消するための実験が行なわれているという。すなわち長手方向を 3 m ぐらいの単位長ブロックに分割し、これを横倒状態で施工した後、引起こして各ブロックを PS 鋼棒で連結して行くもので、ブロック相互間には適当な接着剤を使い、2.5 kg/cm² 程度の一様な締付力を与えれば、完全な水密構造体が組立てられることに成功したと伝えられる。

このようなプレストレス工法は、鉄筋コンクリート構造物の宿命ともいえる施工継手の欠陥やひび割れの除去にとって、現在のところ最も有力視されているもので、この分野における研究と工法の開発も大切であろう。

わが国や米国ではこうした鉄筋コンクリートの欠陥はやむをえないものとして防水にはもっぱら鋼板が使われているが、断面が大きくなると、現場で大きなひずみなしに完全な溶接を行なうことは事実上容易でない。またもしどこかに生じていた欠陥からの浸入水がコンクリートのクラックを通してトンネル内への漏水となったときは処理に窮する。さらに防水板として露出する鋼板の腐食防止には少なくともエポキシ塗料などの塗装が必要であるが、溶接を行なう限り底面下の塗装は不可能である。このためオランダでは底面にのみ使用する 6 mm 厚鋼板は溶接をやめて人造ゴム系の鋼板接着剤(Thiocol)を使用して組立てており、側面および頂面にはガラス繊維にアスファルトをしみ込ませた防水膜か、厚さ 1.5~2 mm のブチルゴムシートを採用している。プレストレス工法を採用する場合は特にこうした配慮が大切となる。

(4) 沈設接合作業上の問題

水とか土を相手にする土木の施工技術とは、これにむ

やみに逆らうことではなくて、その有する特性をいかに上手に利用するかにあると思う。土木工事にとって、水は確かに最大の敵である。しかし、水中では物体は浮力をうけて軽くなるし、また全周に加わっている大きな水圧も物体を水中で接合するときにはかえって有利に利用できることを証明したのが現在の沈埋工法技術である。

沈埋トンネルの施工深度は、航路底以下とするため大きな水路でも対象となる水深の最大は普通 20~30 m の範囲であり、40 m を越える例はあまりない。もちろん BART チューブは最大水深 43 m、ロサンゼルス の Hyperion 下水道管

は 61 m の深さにまで達しており、もし英仏海峡を沈埋工法で横断するなら、その施工水深は 50~60 m の範囲となろう。一般に、水深が 50 m を越すようなら、沈設接合作業よりむしろそうした深い所では水底地盤の掘削技術の方が先行する問題となるし、より大きな水深に対しては水中橋りょう形式の新技术の開発の方が有望であろう。いずれにしても、潜水夫による人力作業に頼ることはできない。したがって、沈埋函の沈設、接合作業上の最大の問題は、水中で重量のほとんどない大物体を水上から意のままに操作するところであり、その困難さは流速とともに急激に増大するし、波浪や干満の影響も無視できないといわれる。また、幅の狭い航路を横断する場合は、その閉鎖時間の長さ、すなわち所要作業時間の長短が最大の問題となる。

沈埋函を所定位置の水面までえい行するには浮かせる必要があるし、これを水底の所定位置まで沈めるには浮力より重くせねばならない。これはまったく相反する条件で、両者をいかに上手に調和させるかが計画上の決め手ともいえよう。もし、沈埋函を浮力より重く造っておけば、えい行にはフロートが必要で、沈設時にはこれはずすか、またはその中に注水しなければならないし、逆に、沈埋函自体を浮力より軽く造っておけば、えい行は容易であるが、沈設時には沈埋函の内部または外部にかなり多量のバラストを加えねばならない。前者の方法によれば、断面をコンパクトにでき、したがって使用材料やトレンチ土量の軽減ができるが、着脱容易な特殊フロートを開発しないかぎり、大断面トンネルに対してはえい行、沈設作業が非常に困難となることが Maas トンネルの施工で証明されたため、現在はもっぱら後者の方法によっている。

いずれの方法によるにしても、浮力より重くして沈めて行くときには、その沈埋函を水上からつっておかねばならない。この水上からつる装置は、波や水流の影響を

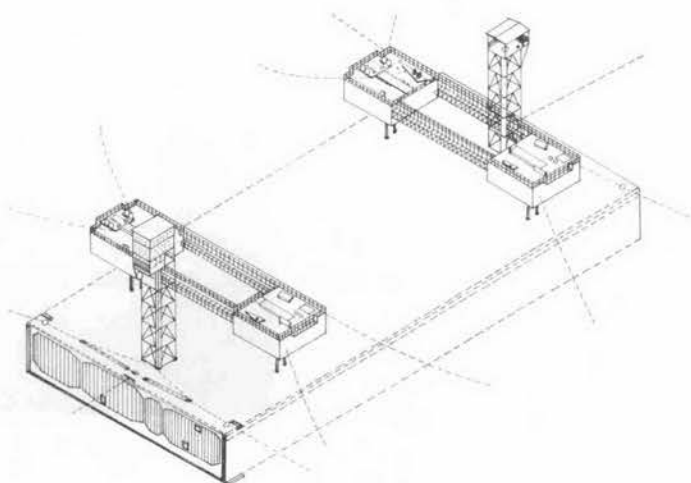


図-8 大断面沈埋函を沈設、接合する“ひめ”の装置原理図

できるだけ受けないようにすると同時に、沈んだ沈埋函をその接合位置まで正確かつ迅速に移動させるものではなくてはならない。

小形の沈埋函に対するこの作業には、かつては 100 t 前後のつり能力を有する浮きクレーン 3~4 隻が使用されていたが、10 年ぐらい前からは、写真-3 に示したような双胴船形式の沈設作業専用船が使われるようになった。しかし、この作業船は接水面積が大きいため、波浪や水流の影響を受けやすく、強力なアンカーとワイヤがけが必要だけでなく、トンネル断面幅が大きくなると連結ガードも大規模とならざるをえない。したがって最近では図-7 に示したような小形の 4 個のフロートでつり、沈埋函上の前後 2 個所に立てた作業塔上にウィンチをのせ、これによって沈埋函位置の移動をはかる方式に変わっている。そして、沈埋函頂面幅が 25~30 m を越すようなら、この 4 個のつり下げ用フロートは図-8 に示すように沈埋函上にのせる方法が使われている。

このフロートや沈埋函をつなぐために水底に設けられるアンカーも、人力施工をさけるよう水上から圧入と引抜きができる特殊なもの（オランダの特許）が工夫されており、これとくさりて連結した係船ブイを利用することにより非常に迅速なワイヤ張り作業がタグボートで行なわれている。水上まで出る作業塔を利用するこのヨーロッパ方式での施工可能深度は恐らく 40~50 m ぐらいまでと思われるが、この方法による作業所要時間は 6 時間以内といわれ、極めて安価で、しかも確実な方法となっており、港湾管理者も容認している。

このほか、砂利山と既設函に設けた突起を利用して沈埋函を一時的に 3 個所で仮支持する方法や、特殊形状のゴムガasketとハンマボルトと呼ばれる簡易な連絡器による引寄せ接合方法などが工夫され、沈埋エレメントの組立精度は mm 単位で施工されているという。こうした段階にまで、わが国の沈埋工法施工技術を高めるに

は非常な努力を必要とするであろう。

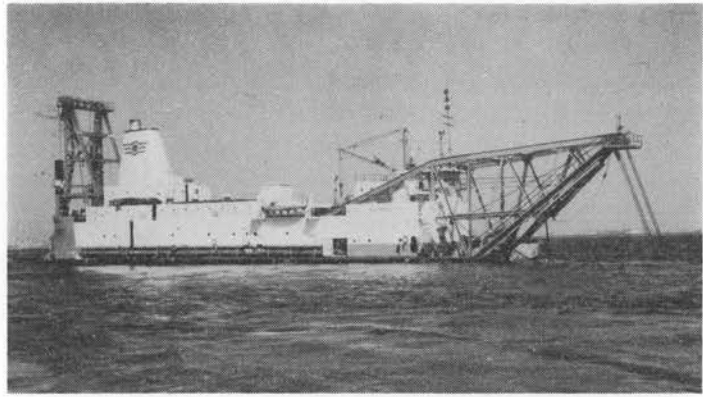
以上のように、現在の沈埋工法においてはほとんどの作業に専用の機械装置が開発され、おおむね満足できる結果をえているが、水底の掘削だけは航路ないし港湾工事用の浚渫船が流用されている。これらの既成浚渫船の経済掘削深度はおおむね 15m 前後であり、しかも水路方向の浚渫を目的としたものである。一方、沈埋工事で必要な掘削深度は 20～30m に達し、さらに水路を横断して行なうものである。したがって浚渫後のトレンチ放置時間が長くなると、単に水中斜面の崩壊だけでなく、大きな沈泥を発生するため、常に仕上げ掘削を必要としている。トレンチの掘削は各沈埋函の沈没作業開始直前に終了することが理想で、このための専用作業船の開発が特に強く望まれていることを指摘しておく（写真—5 参照）。

5. 事業執行上の問題

沈埋工法技術がヨーロッパにおいてこのような高水準に達したのは最近の数年間のことである。それは企業主自体の深い理解のもとで施工業者間の国際的な技術競争が常に行なわれている成果であるといえよう。

由来、わが国では土木技術は公開を原則とし、設計さえできておればどの業者でも施工できるもののように考えられているが、施工を無視した設計はありえないし、施工に採用する機械装置の開発はもっぱら施工者の努力にかかっている。したがって企業者にすべてを頼っている段階では新技術の開発は期待できないといえよう。

欧米の先進国における土木工事の入札は常に公開を原則として指名制はとっていないし、厳密な仕様書に基づく企業者（主任技術者）の承認した単価契約下で請負者が全責任をもって施工にあたっている。さらに、もし請負者が新しい技術によってより安く同一目的物を築造で



写真—5 東京港トンネル工事に稼働中の浚渫船（浚渫深度最大 23m、浚渫土量約 200 万 m³、土砂排送距離約 8km の掘削に使用されており、この浚渫船アラメダ号は船長 63.4m、船幅 15.2m、深さ 4.27m、排水トン数 2,900 トンで、8,000 馬力の主ポンプ電動機を有している。）

きる方法を開発した場合には、それにより工費節減額の 50% 以上を請負者に還元する新しい契約方式（Value Engineering）もとられているという。

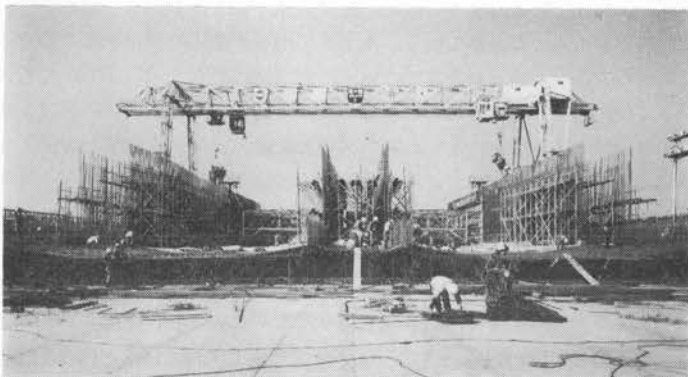
このように、土木工事も機械や電気、化学などの他の科学工業分野におけると同様に、各社間の技術競争を基調とする時代に入っており、沈埋工法などはその最もよい対象事業になりうることを銘記すべきであろう。ちなみに、初めに述べた East River のトンネル工事は、設計付入札としたところ、4 社が応札し、その見積り価格は 250 億円から 395 億円の範囲にわたったといわれる。

わが国の土木工事も企業者は最終目的物の機能と構造を示すだけで応札者が設計付入札をし、完全な目的物がえられる時代に早く到達しなくてはならないと思う。

最後に、東京港トンネルの沈埋函製作工事の近況を写真—6 に示した。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：沈埋トンネルの設計・施工法に関する調査報告書（昭和 46 年 3 月）
- 2) 村上良丸：沈埋工用材料と機械の発達（建設の機械化・昭和 45 年 10 月）
- 3) A. C. Maevis : Planning 63 St. East River tunnel for New York (Tunnels and Tunnelling, March-April 1970)
- 4) G. Vogel & M. Hager : Bauwerksmessungen am Strassentunnel Rendsburg (Die Bautechnik, Heft 4, 9/1966, Heft 2/1968)
- 5) A. Brink : Recent developments in the design of submerged tunnels (The Structural Engineer, Feb. 1966)
- 6) H.C. Wentink : The Present Status and Future Prospects of Immersed Tunnels in the Netherland (土木学会・第 6 回トンネル工学シンポジウム)
- 7) E 3-Scheldetunnel (May 1969)
- 8) 加納俊二、大塚本夫：バリュエーション・リング (V.E.) について（土木施工・12 巻 5 号）



写真—6 東京港トンネルの沈埋函製作工事状況

トンネル建設特集(5)

中国高速道路 大断面トンネルの計画と施工

山内 富貴雄*

1. まえがき

中国高速自動車道は吹田市（名神高速道路吹田インターチェンジ）を起点とし、下関市に至る延長約520kmの道路で、その大半は4車線道路であるが、池田市から神戸市までの約19kmは山陽高速道路、近畿道舞鶴線などの計画を考慮して6車線道路が計画された。そのうち池田～宝塚間は万博関連事業として竣工し、供用中であり、残り区間の宝塚～神戸北インターチェンジ間は現在建設中である。

ここに紹介する3車線断面の宝塚トンネルおよび米谷トンネルはこの区間の中ほどの宝塚市にあり、かの有名な宝塚歌劇場の北方約1.5kmに位置し、周辺は宅地造成が進み、住宅化しつつある（図-1参照）。

2. 大断面トンネルの計画

大断面トンネルの計画は昭和40年頃より試料収集を行ない、検討を重ねてきたが、その計画案は6車線トンネル、3車線双設トンネル、3車線眼鏡トンネル、2車線トンネル3本の4案が考えられたが、後述2案は現実的ではなく、6車線トンネルと3車線双設トンネルの2案について、経済性、施工性について比較検討を行なっ

た。

経済性については、3車線双設トンネルはトンネル前後の道路横断構成が3車線の複断面となり、各車線は分離し、6車線単断面に比較して用地面積ははるかに多く、したがって用地費もはるかに高い。また工事費（トンネル工事費+前後の明り工事費）については6車線単断面の方が高く、建設費（工事費+用地補償費）においては6車線単断面の方がかなり経済的であるという結果を得た。

施工性については、大断面トンネルの施工実績を調べてみると、地下発電所など（山の深部の良好な岩質部分に造る）を除けば、わが国での実績は高速道路2車線トンネルが最も大きなトンネルである。このような現状において、6車線トンネルを計画するにはあまりにも飛躍しており、まず3車線トンネルを行ない、経験を重ねたうえで今後4車線トンネル、6車線トンネルへと順次拡大施工するのが妥当であると判断した。

覆工方法は現場打ちコンクリート工法（在来工法）とブロックライニング工法（フランスで開発されたコンクリートセグメント工法）の2案について検討を行なったが、地質の変化に適應できる現場打ちコンクリート工法に決定した（図-2参照）。

3. 3車線トンネルの設計

(1) 地形および地質

宝塚トンネルの地形および地質は図-3のとおりであり、トンネル上の土被りは浅く、山全体が花崗斑岩より成り、一部玢岩をはさんでいる。

また岩は硬いが、節理、亀裂が多く、地表面より5m程度は風化作用を受けており、両坑口は一部崖錐および砂れき層がある。

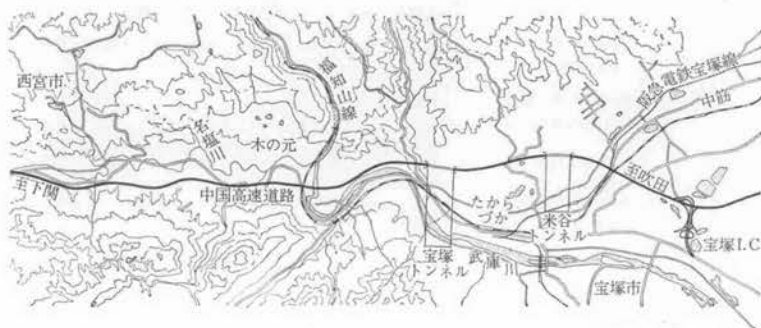


図-1 中国高速道路大断面トンネル位置図

* 日本道路公団大阪支社宝塚工事事務所工事長

米谷トンネルの地形および地質は図-4のとおりであり、このトンネルも土被りは浅く、山全体が流紋岩より成り、深部においては珪化岩となっている。

岩は六甲断層の影響を受けて山全体が破碎されており、特に両坑口より100m程度は破碎作用は著しく、風化は進み、粘土化している部分もある。

以上のように宝塚トンネルは岩山、米谷トンネルは土砂山と大別される。

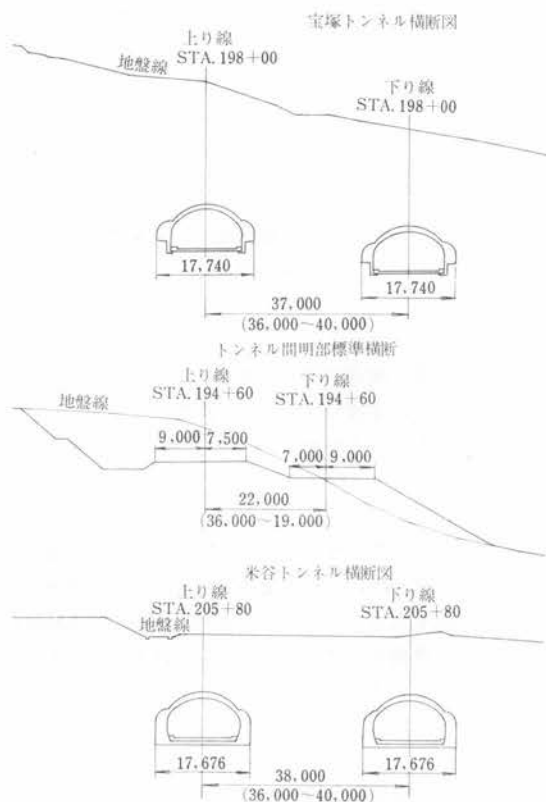


図-2 3車線双設トンネルおよび明り部複断面図

表-1 テルツァギーの支保工に作用する土荷重の表

岩 壁 の 状 態	土 荷 重 の 高 さ (m)	摘 要
① 堅硬で侵されていないもの	0	肌落ちや山はねのある場合は、軽易な支保工を要する。 軽易な支保工を用いる。荷重は場所ごとに不規則に変化する。
② 堅硬で層状または片岩状のもの ③ 大塊状で普通程度の節理のあるもの	0~0.5 B 0~0.25 B	
④ 普通程度に塊状で割れ目のあるもの ⑤ はなはだしく小塊で割れ目の多いもの	0.25 B~0.35(B+H _t) (0.35~1.10)(B+H _t)	側圧はない。 側圧は小さいか、またはない。 相当の側圧。漏水によりトンネル下部が軟弱となるときは、支保工下部に通し土台をするか、円形支保工とする必要がある。
⑥ 完全に破碎されているが、化学的には侵されていないもの	1.10(B+H _t)	
⑦ 徐々に押し出してくるもの (中程度のかぶり)	(1.10~2.10)(B+H _t)	大きな側圧。インパートストラットが必要で、円形支保工が推奨される。
⑧ 徐々に押し出してくるもの (大きなかぶり)	(2.10~4.50)(B+H _t)	
⑨ 膨張性の地質	(B+H _t) の値にかかわらず 80 以上	円形支保工を要する。激しい場合は可縮支保工を用いる。

(注) 1. この表は土かぶり $1.5(B+H_t)$ 以上の場合の鋼アーチ支保工天端に作用する土荷重の高さを示す。

B はトンネル掘削断面の幅 (m) H_t はトンネル掘削断面の高さ (m)

2. この表はトンネル天端が地下水位以下にあるものとする。ただし、永久的に地下水位以上にある場合は ④ ないし ⑥ の各号の値は 50% 減じてよい。

3. 1946 年出版の Rock Tunneling with Steel Supports 所載, Karl Terzaghi 著, Introduction to Tunnel Geology による。

(2) 内空断面の決定

内空断面は建築限界と換気ダクトにより決まってくるが、このトンネルにおいては延長が短く、3車線トンネルであるため換気断面に余裕があり、余分な内空断面を減じるよう施工方法を検討し、従来のトンネルに比べてスパン、ライズ比を小さくし、偏平断面にした(図-5~図-8 参照)。

(3) トンネルにかかる土荷重のとり方

土荷重はテルツァギーの支保工にかかる土荷重(表-1 参照)にしたがい行なったが、トンネル両坑口の土被りが浅い部分については、本表の摘要範囲である土被り $1.5(B+H_t)$ にとらわれず地形および地質を考慮し、ゆるみ高さを仮定した(表-2 参照)。

(4) アーチ支保工の設計

アーチ支保工の設計は地山のゆるみ高さをもとにプロクターの図式解法に基づき行ない、その結果は表-2のとおりである。しかし現場における支保工の建込み状態は理想的な状態の実験式とかなり異なる点を考慮し、約5割増の強度をもつ支保工を使用することにした。すなわち図式解法で得た H-250×250 は H-300×300 を、H-300×300 は SM-50 A 材を使用している。H-300×300 の冷間曲げ加工については各鉄鋼メーカーおよび鋼材加工工場とも実績はなかったが、鋼材メーカーの協力を得て曲げ試験を行ない、加工可能な結果を得て最小半径は 10.3 m と決定した(図-9 参照)。

(5) 覆工厚と覆工形状

覆工厚の計算はプロクターの図式解法と覆工コンクリートおよび地山の変位を考慮に入れ、覆工コンクリートの支点が弾性的に拘束された構造系として解法した(宝塚トンネルは後述の解法で覆工厚を定めた)。

覆工形状は、地質の比較的良好な宝塚トンネル(地質 B,C,D)においては、側壁上部を大きくして橋台代わりとし、この部分で拱部にかかる土荷重を支え、側壁下部

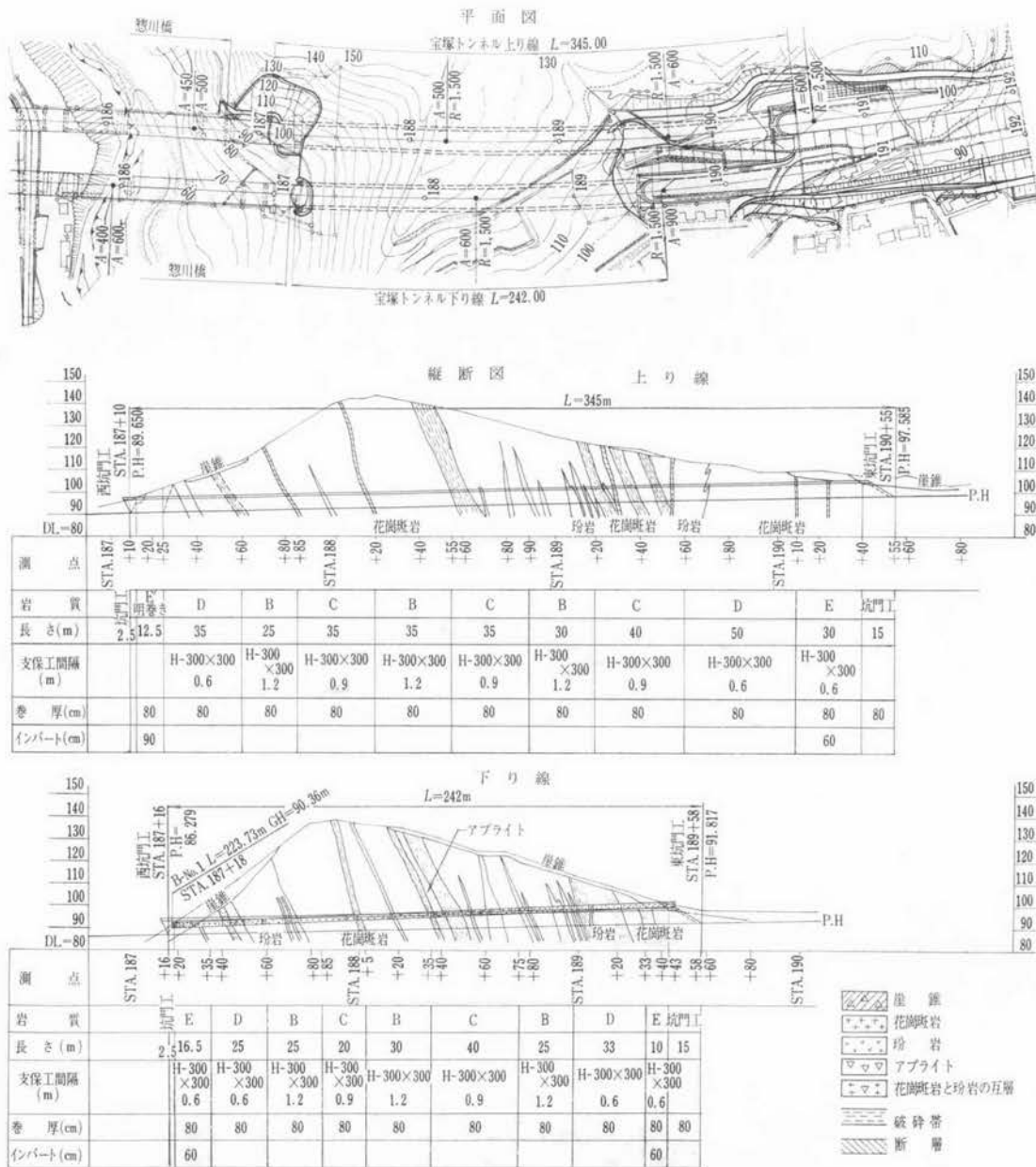


図-3 宝塚トンネル平面および地質縦断図

は橋台の前面保護を兼ねた化粧巻きとした。地質の不良な米谷トンネルおよび宝塚トンネルの両坑口部については、側壁導坑の積み重ねの形状にした。

4. 施工

施工は地形、仮設費、工事工程、トンネル延長、工事公害などを考慮し、宝塚トンネルは西口より、米谷トンネルは東口からいずれも片押し工法で着手した。

なお、地質の比較的良好な宝塚トンネルはタイヤ工法（導坑部は小形ダンプトラック、切掘り部は普通ダンプ

トラック）を採用し、地質の不良な米谷トンネルは導坑部にレール工法を、切掘り部にタイヤ工法を採用することにした。

なお、施工順序は図-10、図-11 にしたがって行なうが、その詳細は次のとおりである（写真-1～写真-3参照）。

(1) 側壁下段導坑

掘削による地山のゆるみを最小限にとどめることに留意して掘削断面は機械施工を前提とした最小断面とし、掘削が完了すれば坑奥より順次全断面にコンクリートを

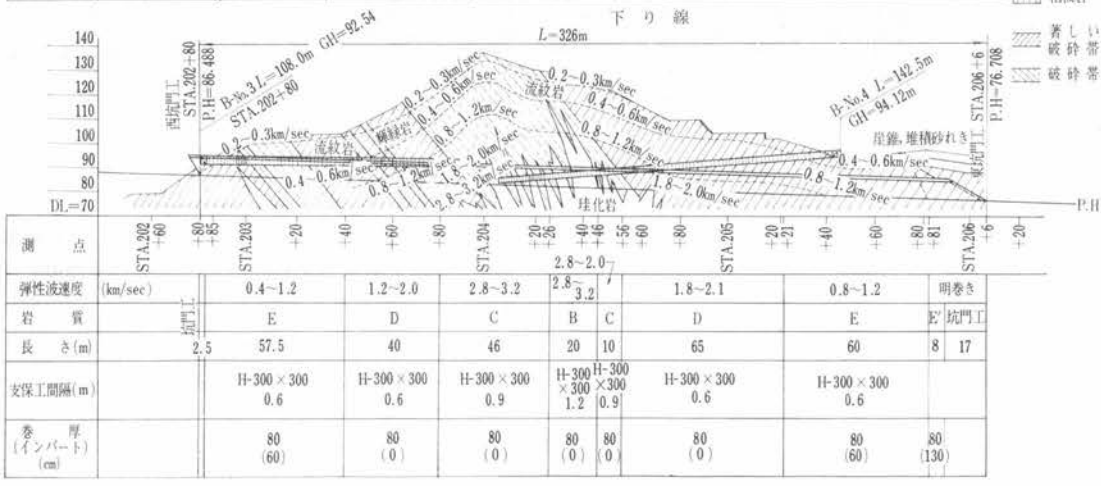
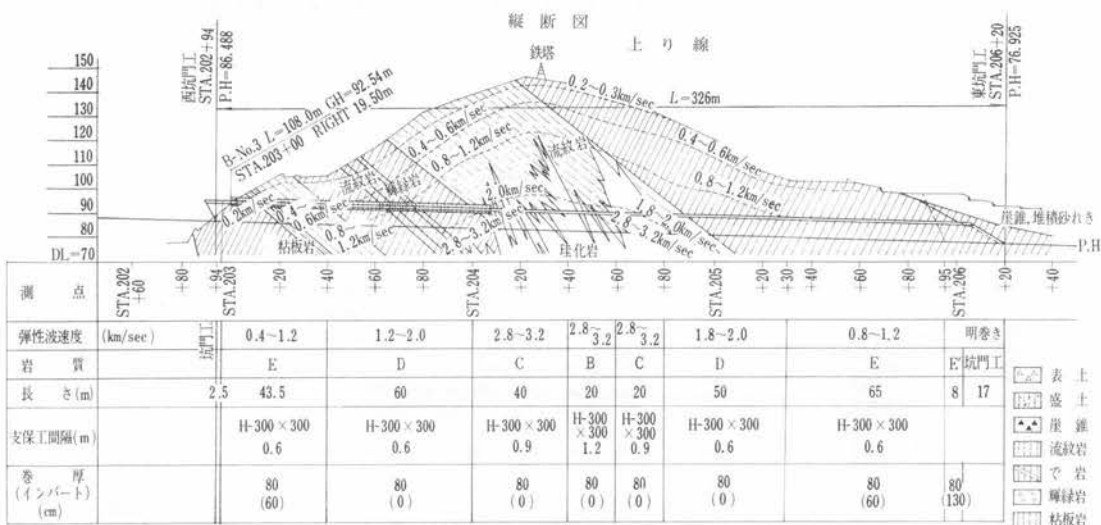
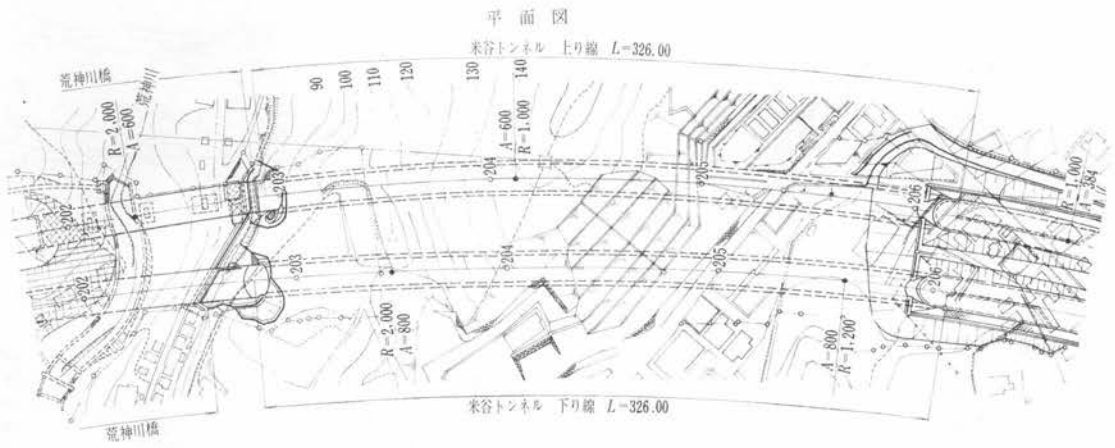


図-4 米谷トンネル平面および地質縦断図

打設し、地山のゆるみを防止する（写真—4 参照）。

(2) 側壁上段導坑

側壁下段導坑をコンクリートで填充後掘削を始め、掘削完了後坑奥より2次覆工のコンクリート25 cmを残してコンクリートを打設する。

(3) 頂設導坑

頂設導坑の施工開始は施工段取りおよび山の状態により異なるが、なるべく掘削放置期間を少なくするよう努めている。

頂設導坑を設けた理由は、クラウン部のコンクリート填充およびリングカットの基地としての効果を期待した。しかしその反面、地山のゆるむ一因にもなるが、総合的に頂設導坑のメリットありと仮定し、設けることにした。なお、今後行なう頂設導坑については、リングカットおよび拱部コンクリート覆工の状態を観察のうえでその是否を決定することにした（写真—5 参照）。

(4) 上部半断面切上げ

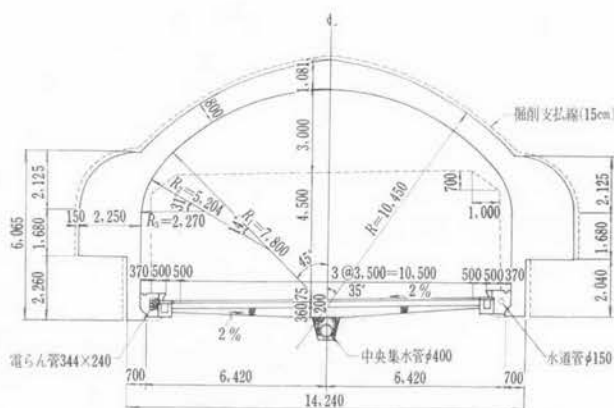
切上げは、切羽の鏡が自立する程度に核を残してリングカットを行ない、支保工を建込む。特に地質の悪い部分（地質 D, E）については、アーチ支保工が大きいため支保工を利用しての縫地工法ができないので、頂設導坑（クラウン）部より順次縫下り、掘削完了後アーチ支保工を建込む。なお1回の縫下りは1.2~1.8 mである。支保工の建込みにはトラッククレーンを使用し、容易に作業を進めている（図—12、写真—6、写真—7 参照）。

(5) アーチ部覆工

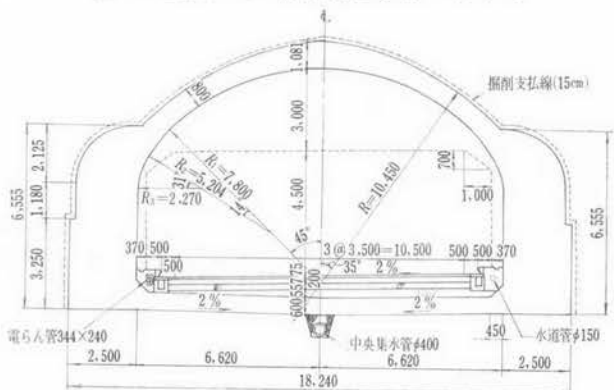
アーチ部1次覆工は支保工のバックリングを防止し、支保工強度を発揮させるために行なうもので、H形鋼の下フランジまでの厚さ約30 cmのコンクリートを打設するものである。



写真—1 宝塚トンネル導坑掘削時全景



図—5 宝塚トンネル標準断面図 (Type-B, C, D)



図—6 宝塚トンネル標準断面図 (Type-E)

1次覆工はなるべく切羽より離れないよう施工して行くが、地質の悪い部分については掘削、支保工建込み後ただちに覆工をしなければならない部分もある。アーチ部2次覆工は1次覆工の状態を考察しながら順次施工して行く（写真—8 参照）。

(6) 下部半断面切上げ等

トンネル本体の覆工がほぼ完成しているので、大々的な工法で能率的かつ経済的な施工を行なうよう計画している。インパートについては、山の状態によりスタラットの工法を採ることもある。

(7) 裏込め注入工

裏込め注入材はセメントミルク（セメント+フライアッシュ）と気泡モルタル（セメント+砂+気泡材）を使用しており、湧水のない区間については経済的な気泡モルタルを注入し、湧水のある区間についてはセメントモルタルを注入することになっている。

注入時期については、1次注入

と2次注入の2回に分けて行ない、1次注入は上部半断面切掘げに先だち側壁コンクリート裏面に注入する(上部半断面切掘げ時の側壁部からのゆるみを少なくする)。2次注入はアーチ2次覆工が完成したときに行なうよう計画している。

(8) 施工機械器具

現在使用または使用計画しているおもな機械器具は表-3のとおりである。

5. トンネル応力測定調査

調査の目的は、トンネルに作用する挙動およびトンネル掘削による地山の沈下を観測し、施工管理および完成後の保守管理と今後の設計資料を得ようとするものであ


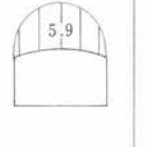
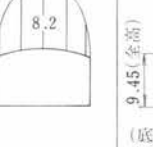
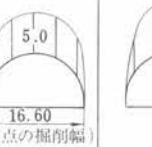
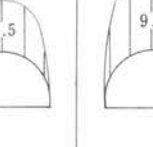

る。調査の種別は、支保工のひずみ、支保工の着点荷重、覆工コンクリートのひずみ、地山の沈下量(地中)の4種類を行なうよう計画し、一部施工をしている。

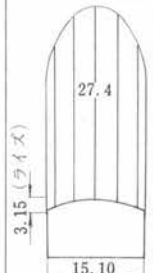
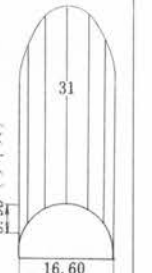
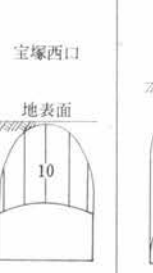
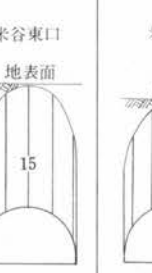

6. 工事の進捗と施工上の問題点

宝塚トンネルは工事着手以来6カ月を経過しており、側壁上下段の掘削完了、側壁部の1次覆工も完了に近づいている。頂設導坑は下り線が完了し、上り線は下り線側切掘げおよび覆工状態の観察のため一時中止している。上部半断面の施工は下り線側より着手して30m程度掘削し、1次覆工も行なっている。

以上のような状態でいままでは問題という問題はなく当初計画工程に乗り、比較的順調に進んでいる。

表-2 図式解法による解析のまとめ

地質区分 トンネル別	地質の良い部分					
	宝塚トンネル			米谷トンネル		
Terzaghi氏によるゆるみ高さ	$H_p=0.3B=4.5m$	$H_p=0.25(B+H)=5.9m$	$H_p=0.35(B+H)=8.2m$	$H_p=0.3B=5.0m$	$H_p=0.25(B+H)=6.5m$	$H_p=0.35(B+H)=9.1m$
岩判定	B	C	D	B	C	D
トンネル形状とゆるみ高さの略図						
アーチ支保工の大きさと間隔(P)	H-250×250 軸力 126.5t $\gamma=2.5t/m^3$ $\sigma_s=1.949kg/cm^2$ とする。 $P=1.26m$	H-250×250 軸力 165.8t $\gamma=2.5t/m^3$ $\sigma_s=2.029kg/cm^2$ $P=0.96m$	H-250×250 軸力 230.4t $\gamma=2.5t/m^3$ $\sigma_s=2.819kg/cm^2$ $P=0.69m$	H-250×250 軸力 121.5t $\gamma=2.5t/m^3$ $\sigma_s=1.571kg/cm^2$ $P=1.24m$	H-250×250 軸力 158.0t $\gamma=2.5t/m^3$ $\sigma_s=2.043kg/cm^2$ $P=0.95m$	H-250×250 軸力 221.1t $\gamma=2.5t/m^3$ $\sigma_s=2.860kg/cm^2$ $P=0.68m$

地質区分 トンネル別	地質の悪い部分					
	宝塚	米谷	宝塚	米谷	米谷	
Terzaghi氏によるゆるみ高さ	$H_p=1.5(B+H)=27.4m$	$H_p=1.5(B+H)=31m$	$H_p=10m$	$H_p=15m$	$H_p=13m$	
岩判定			E	E	E	
トンネル形状とゆるみ高さの略図						
アーチ支保工の大きさと間隔(P)	H-350×350 軸力 647t $\gamma=2.1t/m^3$ $\times P=0.48m$ H-400×400 $P=0.61m$	H-350×350 軸力 632t $\gamma=2.1t/m^3$ $P=0.47m$ H-400×400 $P=0.6m$	H-350×350 軸力 236t $\gamma=2.1t/m^3$ $P=1.3m$ H-250×250 $P=0.67m$	H-250×250 軸力 306t $\gamma=2.1t/m^3$ $P=0.49m$ H-300×300 $P=0.66m$	H-300×300 軸力 265t $\gamma=2.1t/m^3$ $P=0.76m$ H-250×250 $\times P=0.57m$	

(注)1. この断面は検討中の断面で、現設計断面と少し異なる部分もある。

2. 地質の悪い部分のゆるみ高さ(宝塚 27.4m 米谷 31.0m)はあまりにも大きいので削除し、西坑口E部は地表面までゆるむと仮定した。

米谷トンネルは工事着手以来3カ月を経過しており、側壁下段導坑を掘進中で、現在上り線側290m、下り線側110mまで進んでいる。

問題点としては、上り線側坑口より30m程度掘進した時点で60 l/minの湧水に当たり、そのうえ地質が悪く、切羽は鏡張りの連続状態となり、水抜き迂回坑および水抜きボーリングを行なって掘進した。現在上り線全体の湧水は200 l/min程度である。また、トンネル周辺が住宅地の関係で発破振動、発破騒音、坑外作業の騒音など、いわゆる工事公害が大きな問題となっている。これら工事公害を最小限にとどめるような次のような対策を施し、地元住民の協力を願っている。

発破振動については、薬量、薬種、さく孔方法、段発間隔などいろいろと試験発破を行ない、振動測定を行なったが、決定的なものではなく、薬量を減じて1回の発破による掘削量を減らすことが最良のようである。発破騒音については、坑口付近の1区間であり、発破時に坑内および坑口に遮蔽シートおよび遮蔽扉を行ない、減音をはかっている。

以上のような対策を行なっても発破公害については完全になくすることは大変むずかしく、発破時にはその周辺の住民と常に連絡をとり、受忍範囲内で作業をすべく発破薬量を適宜調整し、施工を行なっている。坑外騒音のおもなものは、軌条音、鋼車転倒音、材料積卸し音などがあり、発生源の改良（軌条の善良な維持管理、鋼車の人力転倒を油圧ジャッキ転倒に、夜間の坑内搬入材料を昼間搬入に変更）と

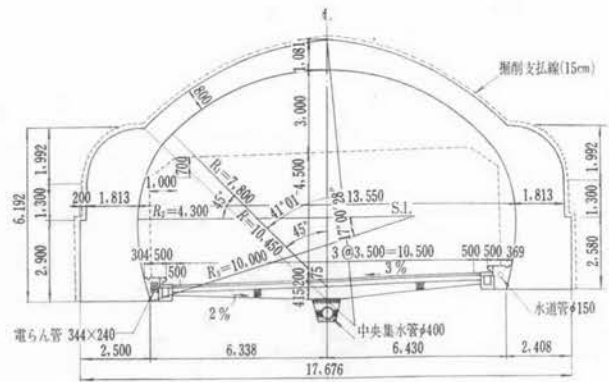


図-7 米谷トンネル標準断面図 (Type-B, C, D)

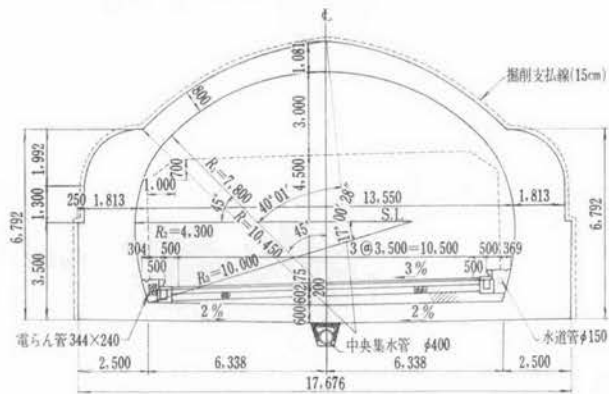


図-8 米谷トンネル標準断面図 (Type-E)

坑外周辺に遮音壁を設け、減音効果をはかっている。

以上のような問題をかかえながらトンネル作業が続けているが、夜間発破および民家周辺での通常の発破はで

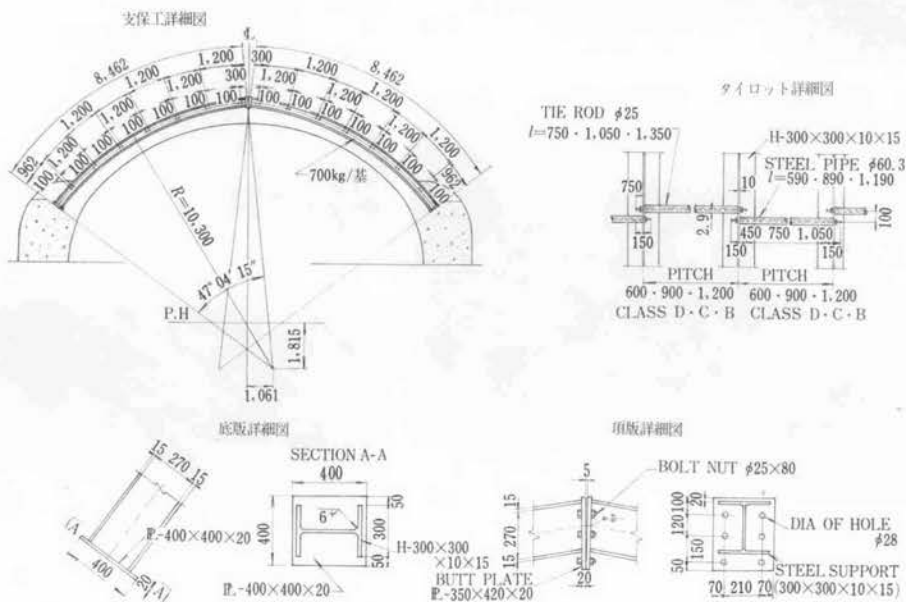
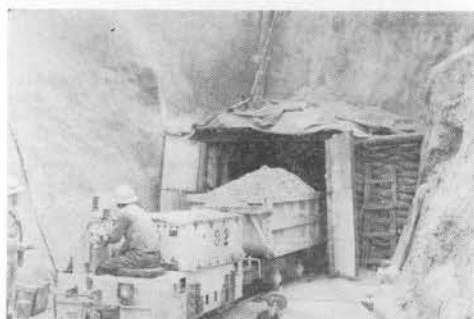


図-9 米谷トンネル切掛け支保工



↑写真-2 宝塚トンネル下り線上部半断面および上り線導坑全景

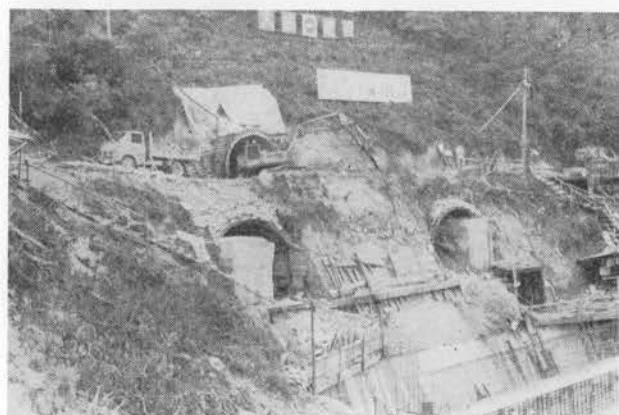
↓写真-3 米谷トンネル導坑下段掘削全景



↑写真-4 米谷トンネル側壁下段導坑



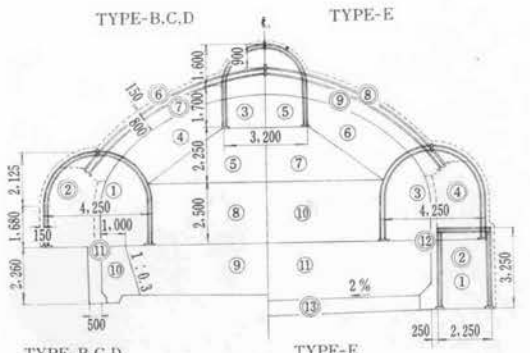
↑写真-6 宝塚トンネルアーチ部縫下り



↑写真-5 宝塚トンネル下り線導坑掘削完了側壁部1次覆工完了

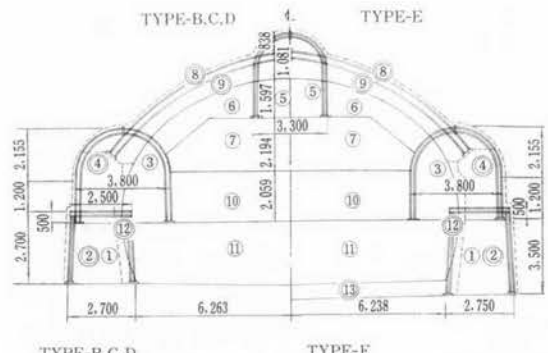


↑写真-7 宝塚トンネルアーチ支保工建込み



TYPE-B,C,D				TYPE-E			
符号	名称	数量	摘要	符号	名称	数量	摘要
①	側壁下段	30.0 ^{m²/m}	左右計	①	側壁下段	16.3 ^{m²/m}	左右計
②	同上(1次巻コンクリート)	12.9 ^{m²/m}	左右計	②	同上(1次巻コンクリート)	14.5 ^{m²/m}	左右計
③	側壁下段	9.8 ^{m²/m}		③	側壁上段	27.1 ^{m²/m}	左右計
④	リングカット	22.6 ^{m²/m}		④	同上(2次巻コンクリート)	11.8 ^{m²/m}	左右計
⑤	柱	13.9 ^{m²/m}		⑤	側壁上段	9.0 ^{m²/m}	
⑥	アーチ部(1次巻コンクリート)	9.8 ^{m²/m}		⑥	リングカット	22.7 ^{m²/m}	
⑦	アーチ部(2次巻コンクリート)	9.5 ^{m²/m}		⑦	柱	13.9 ^{m²/m}	
⑧	中骨	23.9 ^{m²/m}		⑧	アーチ部(1次巻コンクリート)	9.0 ^{m²/m}	
⑨	大骨	20.7 ^{m²/m}		⑨	アーチ部(2次巻コンクリート)	9.4 ^{m²/m}	
⑩	土中	7.9 ^{m²/m}	左右計	⑩	中骨	23.8 ^{m²/m}	
⑪	側壁コンクリート	4.1 ^{m²/m}	左右計	⑪	大骨	38.7 ^{m²/m}	
				⑫	側壁(2次巻コンクリート)	2.7 ^{m²/m}	左右計
				⑬	インバートコンクリート	8.1 ^{m²/m}	
掘削合計				掘削合計			
128.0 ^{m²/m}				151.5 ^{m²/m}			
コンクリート合計				コンクリート合計			
36.3 ^{m²/m}				56.3 ^{m²/m}			

図-10 宝塚トンネル施工順序図



TYPE-B,C,D				TYPE-E			
符号	名称	数量	摘要	符号	名称	数量	摘要
①	側壁下段	15.0 ^{m²/m}	左右計	①	側壁下段	19.3 ^{m²/m}	左右計
②	同上(1次巻コンクリート)	12.2 ^{m²/m}		②	同上(1次巻コンクリート)	16.3 ^{m²/m}	左右計
③	側壁上段	25.1 ^{m²/m}		③	側壁上段	25.1 ^{m²/m}	左右計
④	同上(1次巻コンクリート)	10.7 ^{m²/m}		④	同上(1次巻コンクリート)	10.6 ^{m²/m}	左右計
⑤	側壁上段	10.3 ^{m²/m}		⑤	側壁上段	10.3 ^{m²/m}	
⑥	リングカット	21.7 ^{m²/m}		⑥	リングカット	21.7 ^{m²/m}	
⑦	柱	15.4 ^{m²/m}		⑦	柱	15.4 ^{m²/m}	
⑧	アーチ部(1次巻コンクリート)	10.9 ^{m²/m}		⑧	アーチ部(1次巻コンクリート)	10.9 ^{m²/m}	
⑨	アーチ部(2次巻コンクリート)	8.9 ^{m²/m}		⑨	アーチ部(2次巻コンクリート)	8.9 ^{m²/m}	
⑩	中骨	19.8 ^{m²/m}		⑩	中骨	19.8 ^{m²/m}	
⑪	大骨	38.2 ^{m²/m}		⑪	大骨	38.8 ^{m²/m}	
⑫	側壁(2次巻コンクリート)	2.7 ^{m²/m}	左右計	⑫	側壁(2次巻コンクリート)	3.4 ^{m²/m}	左右計
				⑬	インバートコンクリート	7.6 ^{m²/m}	
掘削合計				掘削合計			
136.5 ^{m²/m}				151.4 ^{m²/m}			
コンクリート合計				コンクリート合計			
45.4 ^{m²/m}				57.9 ^{m²/m}			

図-11 米谷トンネル施工順序図

表-3 主要機械器具一覧表

宝塚トンネル				米谷トンネル			
機械名	仕様	数量	摘要	機械名	仕様	数量	摘要
(1) 掘削関係				(1) 掘削関係			
レックハンマ	TY 24-LD	20		レックハンマ	322 D	20	
コールピックハンマ	CA-7	10		コールピックハンマ	CA-7	10	
クローラドリル		1		クローラドリル		1	
ロッカショベル	RS 85	3		ロッカショベル	RS 55	4	
トラクタショベル	CAT 951B	2		トラクタショベル	RS 85	4	
	D 60 S	2		トラクタショベル	D 60 S	2	
ダンプトラック	2t	3		ダンプトラック	BS 3 C	2	
	3t	5		ダンプトラック	BL 6-HY	2	
	8t	6		ダンプトラック	BL 4-HY	2	
ベルトコンベヤ	350×7m	10		鋼製トロ	3m ³ 手動	4	
平床トラック	6t	2		ダンプトラック	11t	5	
トラッククレーン	5t	1		ベルトコンベヤ	350×7m	5	
送風機	15 kW×2 連	5		トラッククレーン	10t	1	
				送風機	日立 300φ	4	
(2) 覆工関係				(2) 覆工関係			
コンクリートポンプ	P-80	1	コンクリートポンプ		1		
スクリュークリート	3m ³	1	ブレスクリート	丸矢 3m ³	4		
ムカデコンベヤ	MC-60	2	ムカデコンベヤ	MC	4		
パイプレータ	200 V×0.75 kW	10	パイプレータ	200 V×0.75 kW	10		
スライドフォーム	9.8m	2	スライドフォーム	9.8m	2		
	9.0m	2		9.0m	2		
	9.0m	1		9.0m	2		
ポータブルウインチ	7.5 kW	2					
(3) 共通関係				(3) 共通関係			
コンプレッサ	150 kW	2	コンプレッサ	150 kW	2		
タービンポンプ	50φ	1	タービンポンプ	50φ	1		
水中ポンプ	2"~8"	15	水中ポンプ	3"~4"	4		

きず、工程は大分遅れている。

機械掘削の検討としては、機械掘削を行なえば前述のような問題が一部解決するのではないかと思ひ、各トンネル掘進機械メーカーの意見を聞いて検討を行なったが、現時点では地質の状態および導坑断面に制約され、使用可能な機械はほとんど見あたらなかったが、そのうち最も使用可能と思われたロードヘッダ MRH-S 40 C 形（写真-9 参照）を用いて東坑口から 50 m の地点の比較的地質の軟かい風化岩部で試験掘削を行なったが、この機種としては少し硬いようであった（最高 6 m/10 hr の進行を得た）。

なお、今後掘削する導坑上段部および切上げ部分についてはロードヘッダ MRH-S 75 形または大形ブレイカなどの使用を検討している。

7. あとがき

トンネル工事もそろそろ本格的な 3 車線断面の切上げにかかり、次第にむずかしくなってきた。また、それ以上に付近住民に対する対策もむずかしくなってくると思う。

このトンネルは初めての 3 車線大断面トンネルであり、設計面、施工面とも未知数のため学術経験者からなるトンネル審議委員会*¹⁾ を設け、諸先生方の意見を拝



写真-8 宝塚トンネルアーチ部1次覆工

聴し、設計に、施工に大いに取り入れている。

今回は工事でも初歩の段階であるので大断面トンネルの紹介程度にとどめさせていただき、次の機会があれば詳しい工事報告などをさせていただきます。

* * *

*¹⁾ トンネル審議委員会メンバー

伊吹山	四郎	(建設省土木研究所所長)
加納	俊二	(熊谷組副社長)
坂本	貞雄	(大林組常務取締役)
住友	彰	(橋梁コンサルタント専務取締役)
高山	昭	(日本国有鉄道大阪新幹線工事局次長)
村山	朔郎	(京都大学教授防災研究所所長)

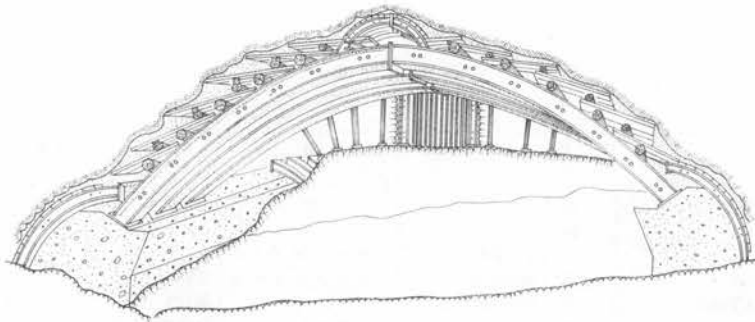


図-12 宝塚トンネルアーチ掘削図(鏡下り工法)(地質 D, E 区間)

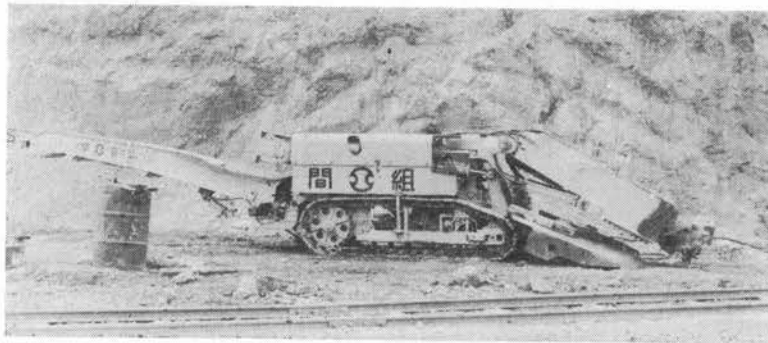


写真-9 ロードヘッダ MRH-S 40 C 形

トンネル建設特集(6)

嶺岡トンネルの計画と施工

緒 方 一 司*
金 岡 一 夫**

1. はじめに

嶺岡トンネルは千葉県南部の鴨川～富山を結ぶ通称「丹沢・嶺岡隆起帯」と呼ばれる、ほぼ東西に走る構造線を貫く延長 740 m の道路トンネルである。地形は起伏の少ないならかな丘陵地形をなし、付近で最も高い所でも海拔 112 m に過ぎず、トンネル計画線の地質は蛇紋岩および粘土化した頁岩である。蛇紋岩は風化が激しく、ほとんどが粘土化している。工法はサイロット工法を採用し、またアーチ掘削には清水式矢板推進工法が採用されており、現在の進行状況は海側導坑 425 m、山側導坑 206 m、上半 125 m、大背 50 m である。

当工事においても蛇紋岩およびモンモリロナイトを含む粘土質頁岩の特徴が顕著に現われており、その土圧は掘削後 3～7 日で最大 20 t/m² となり、矢板の破損、支保工の座屈が各所に起こっている。また導坑においては延長 150 m にわたり増わく補強および縫返しを行なっている。この強大地圧の原因は地山の塑性流動と吸水膨張との重複作用によるものと考えられるが、いかにしてこの地圧に対処するかが当工事の課題である。

また、トンネル貫通点側（江見側）200 m は地質調査の結果、地すべりを起こす可能性が大きいのでその対策も検討中である。

2. 路線の決定

次に一般国道 128 号線のうちの鴨川バイパスの路線選定について述べる。路線の調査は縮尺 1/2,000 航空写真図化地形図により適当と考えられる幾つかの線を描いて現地踏査を行ない、種々検討を加えた結果 2 線を選び、図上計画を行なった。

(1) 路線の比較

図-1 に示す 2 路線のうちの一つは太海の南端でトンネルを設け、鉄道を跨線し、山脚をたどるもの（第 1 案）と太海付近で現道に沿わせて国鉄線の東側を通るもの（第 2 案）との 2 案が考えられる。

いずれの場合でも鴨川～太海の境に標高 100 m 程度の丘陵が東西に走っており、それがまた地すべり地帯となっている。山陵を明り道路で越えるためには山肌を斜めにはわなければならないし、そのためには相当の切盛土が必要とされ、地すべり地の切盛土は等高線に直交させる場合のほかは地山のすべりを誘発することが多く、計画どおりの工事ができない例が多い。地質調査によれば、当丘陵地は蛇紋岩を主とした地質で、トンネル掘削にも良好とはいえないが、鉄道トンネルの施工例もあることなのでいずれの案もこの丘陵部はトンネルで抜けることとして計画した。

(a) 第 1 案について

鴨川市街の北端から既改築道路方向と計画高さを基準として国鉄線路を跨ぎ、かつ将来計画されるであろう鴨川駅裏広場を考慮して多少線形を犠牲にして迂回させたが、結果としては支障物件の少ない所を縫う路線となった。それに続く区間は用地取得の円滑性も考え、送電線の東側に沿わせて国鉄嶺岡トンネルの西側にやや平行にトンネルを入れ、それ以後は国鉄線路沿いに進め、太海駅南端でこれを渡ってフラワーセンター前で現道に

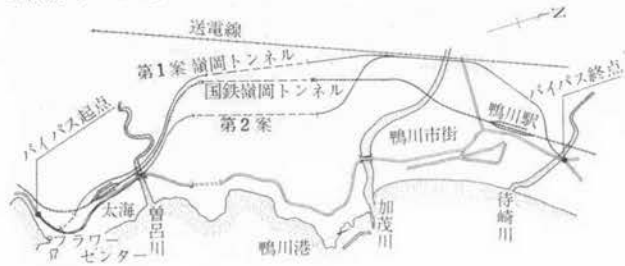


図-1 鴨川バイパス比較路線見取図

* 千葉県土木部道路建設課長

** 清水建設(株)嶺岡作業所長

取付けた。

(b) 第2案について

国鉄路線の東側でなるべくトンネル長さを短くし、かつ地すべりの被害からのがれようとする丘陵線に対して直交するような方向で、かつ坑内位置が比較的安定した所を選ぶことであるから、結果は第1案の路線にもってくる。すなわち、太海地区で国鉄線の東西に分かれるだけでたいした変わりはない。

(2) 路線の決定

第1案は第2案に比べてまず工事費が安い。しかし、総額に対して4.7%程度で、それほどの決め手とはいえないが、表-1の下欄に示した優位点のほか、さらに次のような利点がある。

① この計画のうち重点工事と考えられるトンネルの地質については、それぞれの位置における調査を比較しないと確実なことはいないが、2路線の中間で行なわれた電気探査、弾性波探査の資料から推定すると第1案が多少すぐれている。

② 交通車の走行費は計算を試みるまでもなく坂路率の小さい第1案が安い。

以上、二つの路線を比較した結果は第1案が明らかにすぐれており、第1案を採用するに至った。

3. 地質概要

(1) 設計時の地質調査結果

設計前に実施した地質調査の規模は地表地質踏査、ボーリング調査4孔(総掘削深度120m)、屈折法弾性波探査5測線(総測線長1,800m)であり、その調査結果は図-2のとおりであった。これによると、本トンネルの地質はすべて蛇紋岩で、岩質は塊状、角れき状、粘土状に分類されており、ボーリング結果と弾性波速度値から推定して2.0km/sec以下の部分はほとんど粘土状の蛇紋岩で、2.0km/sec以上の部分は塊状と角れき~粘土化した蛇紋岩の混合体と推定している。そして弾性波探査の結果、合計6個所に低速度帯が解析され、それを

断層および断層破碎帯としている。また、江見方の傾斜面はほぼ山稜近くまで水田、畑などに利用されている地すべり地形で、トンネル施工に伴う地すべり発生を防止するよう忠告している。

(2) 施工時の地質調査結果

設計時の地質調査結果から、当トンネルは蛇紋岩という施工にとって最悪地質であり、断層破碎帯が多く、土被りが極めて薄く、かつ地すべり地山という最悪の条件がそろっていることが判明した。そのため、施工前に確実な地質資料を必要としたため、千葉県土木部は両坑口付近でボーリング調査4孔(総掘削深度53m)を実施し、清水建設は山頂でボーリング調査1孔(掘削深度80m)、地表地質踏査、これまでの合計9本のボーリング、コアを用いてX線回折と偏光顕微鏡による岩石鑑定を実施した。さらに導坑および上半掘削時の坑内地質調査と坑内試料による土質各種試験を実施している。

以上の調査結果をまとめてトンネル地質縦断図を描くと図-3のようになる。これによると、当トンネルの地質は粘土質蛇紋岩および粘土化した頁岩、玄武岩類および砂岩より構成されており、前2者は粘土質の岩石で当トンネルの9割以上を占めていて、後2者は固結岩であるが、岩石厚は数m程度のものである。

この粘土質蛇紋岩は岩相から三つに分類でき、はんれい岩が風化した「暗青色マサ状粘土質蛇紋岩」、通常の葉片状蛇紋岩が風化した「暗(黄)緑色粘土質蛇紋岩」、風化過程で褐鉄鉱が沈殿した「茶褐色千枚岩状粘土質蛇紋岩」とそれぞれ命名している。これらの岩石をX線回折および偏光顕微鏡観察を行なったところ、前者は蛇紋石の粘土鉱物より構成されているのに対し、後2者には多量のモンモリロナイトと少量の蛇紋石粘土鉱物より構成されていることが判明した。

また、粘土化した頁岩はX線回折の結果から坑口より300m付近のものと江見方坑口から200m区間のそれとで、構成粘土鉱物は若干異なったものである。前者の粘土鉱物は混合層鉱物、イライト、クローライトである

表-1 第1案と第2案の比較

	延長 (m)	R=200m未満 の曲線部 (m)	3%以上の縦断 こう配部 (%)		線形要素の率 (%)	坂路率	追越可能区間数	主要構造物 (m)	工事費 (昭和42年試算) (円)
			6	200					
第1案	4,850	120 1個所	6	200	直線 54	1.57	直線 300~350m以上 4	太海トンネル 80	1,588,000,000
		150 1個所	5.73	250	円曲線 31			嶺岡トンネル 740	
		170 1個所	5.0	200	クロソイド 15			太海跨線橋 30	
			4.8	150				鴨川跨線橋 15	
			3.5	200				河川橋りょう 3本 160	
		計	1,000			計	975		
第2案	4,925	120 1個所	6	250	直線 46	1.66	1	嶺岡トンネル 830	1,663,000,000
		140 1個所	5	200	円曲線 38			大久保跨線橋 12	
		150 1個所	3.8	430	クロソイド 16			鴨川跨線橋 15	
		170 1個所	3.5	200				河川橋りょう 3本 145	
		180 1個所	計	1,080				計	
優位路線	第1案	第1案	=	第1案	第1案	第1案	第1案	第1案	

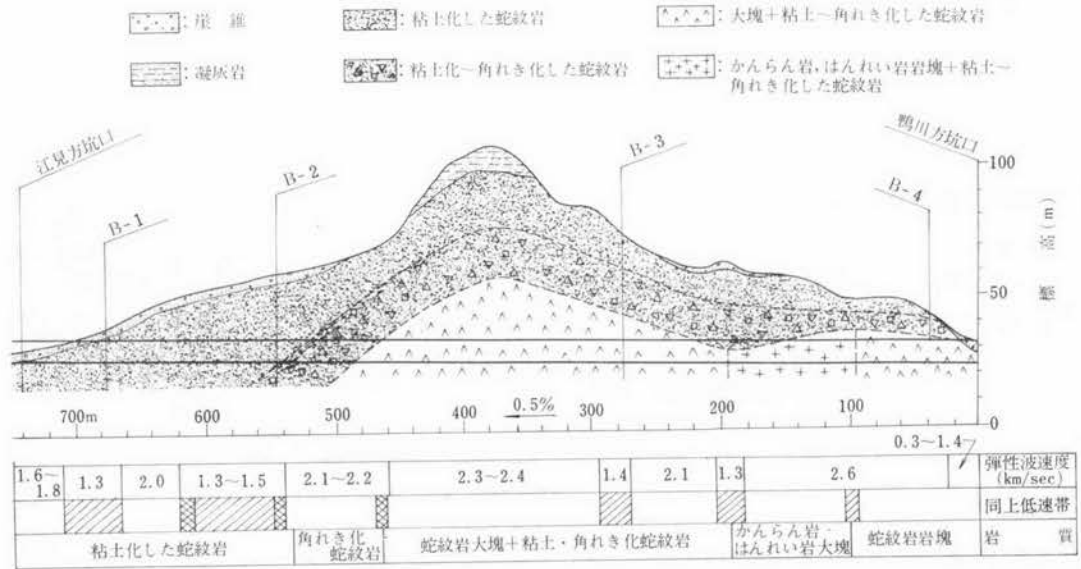


図-2 設計時の推定地質縦断図

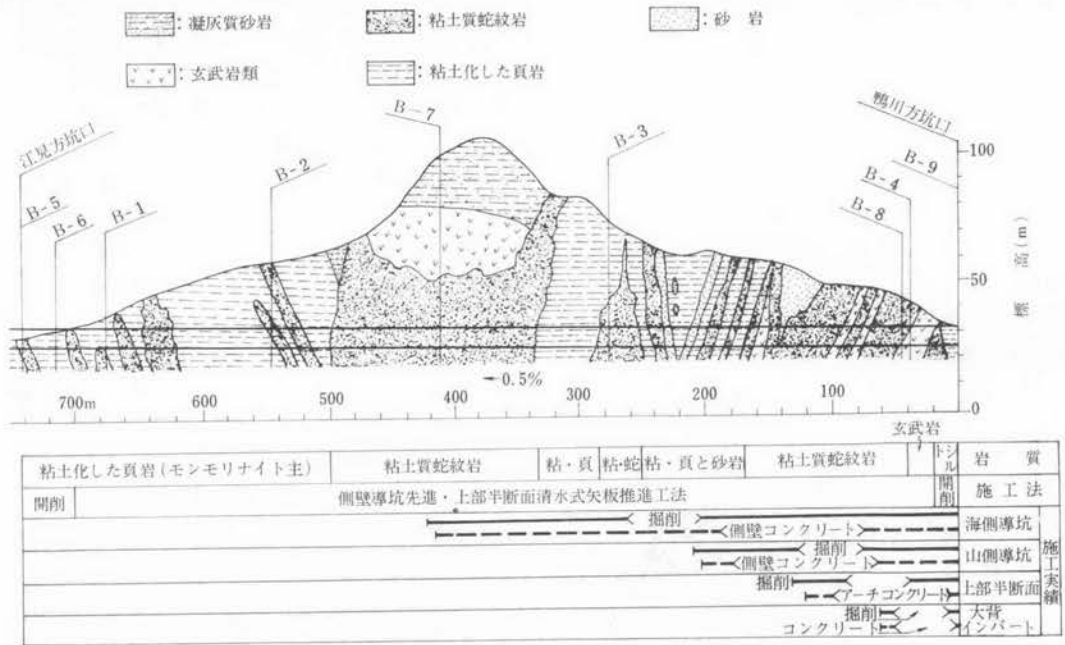


図-3 施工時の推定地質縦断図

表-2 坑内試料による土質試験結果

試験項目	粘土質蛇紋岩		粘土化した頁岩		試験方法
	最小～最大	平均値	最小～最大	平均値	
自然含水比 (%)	7.41~16.06	11.67	7.15~15.31	11.49	JIS A 1203
自然単位体積重量 (g/cm³)	2.00~2.33	2.11	1.90~2.25	2.11	成形法
液性限界 (%)	30.0~55.95	43.63	42.5~52	47.25	JIS A 1205
塑性限界 (%)	15.98~27.09	22.48	17.30~22.71	20.01	JIS A 1206
一軸圧縮強度 (kg/cm²)	0.620~26.079	5.27	1.341~3.409	2.28	JIS A 1216
吸水膨張ひずみ (%)	0.19~5.83	3.23	0.98~2.89	2.14	不攪乱・立方体 (80×80×80mm) 試料

のに対し、後者のそれはモンモリロナイトを主成分としている。

このような粘土質岩石を坑内の 12 地点から不攪乱試料として 50 数個採取して各種の土質試験を行なった結果は表-2 に示すとおりである。

4. トンネルの設計と施工

(1) トンネルの設計

トンネルの内空断面は建築限界と将来交通量の増加に伴って換気装置を設置できる余裕を残して図-4 のように決めた。

次に覆工厚と支保工の設計は図-3 の地質図より中央部の 150 m 区間と他の区間とに分けて図-5 のように決めた。また、本トンネルは国鉄トンネル（掘削幅 7.0 m）と平行しているため、両トンネルの離隔距離について検討を行ない、両トンネルの中心間隔をトンネル掘削幅（両者平均約 9 m）の 5 倍以上に相当する 45 m 以上にとっておけば相互の影響はほとんどないとみて、鴨川方坑口で 135 m、江見方坑口で 70 m とした。

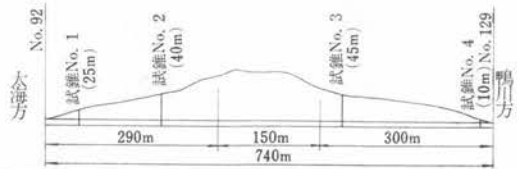
なお、トンネル掘削方式として以下の各種工法について検討した。

- ① 底設導坑先進上部半断面方式
- ② 側壁導坑先進上部半断面方式
- ③ 上部半断面方式
- ④ ルーフシールド方式

上記の各種工法について当トンネルの地質状況を考慮して検討した結果、側壁導坑先進上部半断面方式を全区間に採用した。

(2) 側壁導坑の施工状況

側壁導坑の掘削方式は、2号覆を使用する発破とピッ



巻厚	90cm { 1次 55cm 2次 35cm インバート 55cm	60cm インバート 55cm	90cm { 1次 55cm 2次 35cm インバート 55cm
区間長	290 m	150 m	300 m
ゆるみ高さ	$H_p=0.9(B+H_t)$ =15m	$H_p=0.6(B+H_t)$ =9.5m	$H_p=0.9(B+H_t)$ =15m
支保工の大きさ	H-250×250×9×14	H-200×200×8×12	H-250×250×9×14
間隔	0.7m	0.7m	0.7m

図-5 嶺岡トンネルの断面区分

クによる当取りの併用による縫地工法で、使用機械類は表-3 に示すとおりである。

導坑掘削による地質状況は次のようである。

① 本トンネルの大部分は風化性の粘土質蛇紋岩帯にあり、山稜直下の最も土被り（約 70 m）があるところでも風化性の粘土質蛇紋岩で風化域がきわめて深部にまで達していることが推察される。粘土質蛇紋岩は前述のように三つの岩相に分類でき、そのうち、茶褐色千枚岩状粘土質蛇紋岩は掘削時に崩壊しやすく、切羽面の鏡張りを破壊することもあり、またこの岩相分布域が最も地圧の大きな区間にも相当している。

② 粘土質蛇紋岩に次いで粘土化した頁岩（泥岩）が 20~50 m の層厚で分布している。この粘土化した頁岩は蛇紋岩進入時の地質構造運動で相当の破碎作用をうけており、土状光沢を有する破碎面（鏡肌）が非常に細かく存在している。この岩質も粘土質蛇紋岩と同程度の崩壊性および作用地圧を示している。

このように、本トンネルの大部分に分布する粘土質蛇紋岩、粘土化した頁岩はともに崩壊性に富み、作用地圧が大きく、かつ、図-6、図-7 に示すように地表面の沈下が大いという、トンネル施工にとって好ましくない岩質である。

表-3 導坑使用機械一覧表

作業	名称	台数	仕様
掘削	レックドリル	10	古川 317 形
	コールピックハンマ	15	CA-7
	ロッカショベル	2	RS-85
	〃	1	RS-55
運搬	バッテリーロコ	2	6 t
	グランピ	6	3 m³
	〃	2	2 m³
	チェリーピッカ	2	3 m³ グランピ用
覆工	プレスクリート	1	3 m³ 側壁コンクリート用
換気	プロペラファン	12	200 m³/min
坑外	コンプレッサ	3	100 HP (アーチと共用)
	ゴライヤスクレーン	1	2.5 t ()
	トラクタショベル	1	955 K

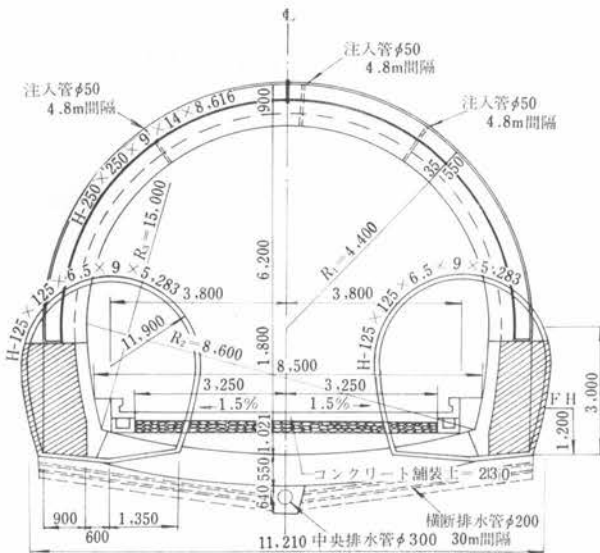


図-4 嶺岡トンネル断面図（巻厚 90 cm）

このような岩質のため、後述のように導坑支保工に作用する地圧が強大で、縫地矢板の破損および支保工の変形、座屈が著しく、増わく支保工による補強および縫返しを行っている。

また、導坑を 50~100 m 掘削すると、その区間の 1 次側壁コンクリート打設および導坑部分のインパットコンクリートを打設している。地圧の強大な坑口から 120~300 m 付近では側壁コンクリートに亀裂が入り、側壁コンクリートの押し出し量は約 87 mm に達している。

(3) 側壁導坑の地圧状況

導坑支保工に作用している地圧状況を測定するためにクラウン部に荷重計 (75 t) を設置し、経日変化を調べたところ図-8 のとおりである。これによると、導坑支保工に作用する地圧状況は掘削直後から徐々に増加し、掘削後約 10 日で落ち着き始めるが、若干増加傾向を示している。この傾向は縫地矢板の破損状況、掘削面の押し出し状況、および地表面の沈下現象に類似している。

しかしこのような状況は 1 本の導坑および 2 本の導坑が同時に掘進した後の地山が安定している過程を示しているもので、この個所に他の導坑切羽が接近し、通過して行くとき、および上部半断面切羽が接近し、通過して行くときには、その時点から再び地山の押し出し現象や地圧の増加現象がみられる。図-9 は他の導坑切羽が接近したときの地山の押し出し状況を測定したもので、双設導坑の相互干渉の状況がうかがえよう。また図-10 は上半切羽接近、通過時の導坑支保工クラウン部軸力の増加状況を測定したもので、上半切羽の掘削による地山のゆるみ範囲がうかがえる。さらに図-11 は上半切羽通過時の地表面の沈下状況を測定したもので、上半掘削による地表面への影響がうかがえる。

以上のような地圧現象により導坑支保工の変形状況は次のようである。

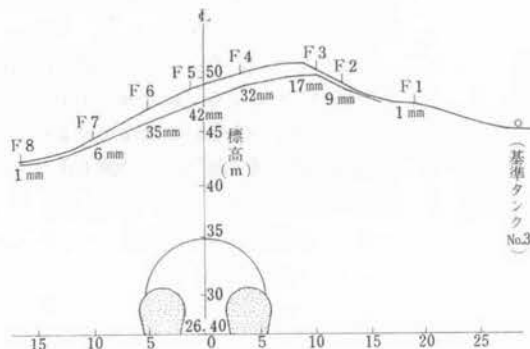


図-7 導坑掘削による地表面沈下量の測定結果 (坑口より 70 m 地点) (昭和 46 年 1 月 7 日~3 月 1 日)

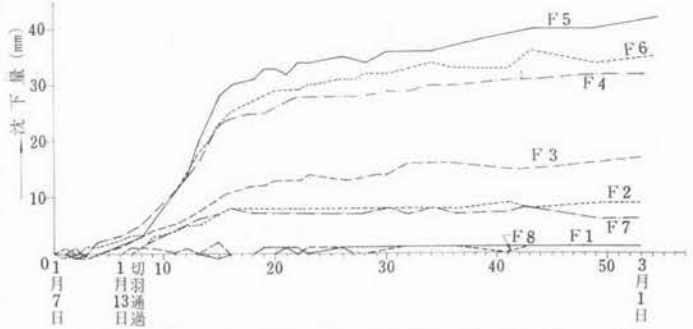


図-6 導坑掘削による地表面沈下量の経時変化 (坑口より 70 m 地点)

① 上半切羽は現在 124 m 地点で停止しているが、それより 10 m 先の 134 m までの両導坑支保工は上半接近時にほとんどの支保工が座屈破壊し、その区間を縫返した。

② 両導坑の 135 m から 200 m 区間は導坑施工時に双設導坑の相互干渉により約半数の支保工が座屈破壊し、他の支保工も大きく変形したため増わく支保工を設置しなければならなかった。その後、徐々に地圧が増大し、増わく支保工の変形が観察されはじめている (写真-1 参照)。

③ 海側導坑の 200~420 m 区間は導坑 1 本のみの施工状況ということもあり、315~347 m 区間で支保工の初期的変形および矢板の破損がみられる程度である。しかし地質状態からみて、山側導坑の接近、通過時および上部半断面の接近、通過時には導坑支保工が相当の変形および座屈をすると予想される。

以上のような状況から、現在導坑支保工ピッチおよび支保工の断面について検討を行なっている。

(4) 上部半断面施工法の検討

上部半断面の掘削方法として掛矢板工法、縫地工法、

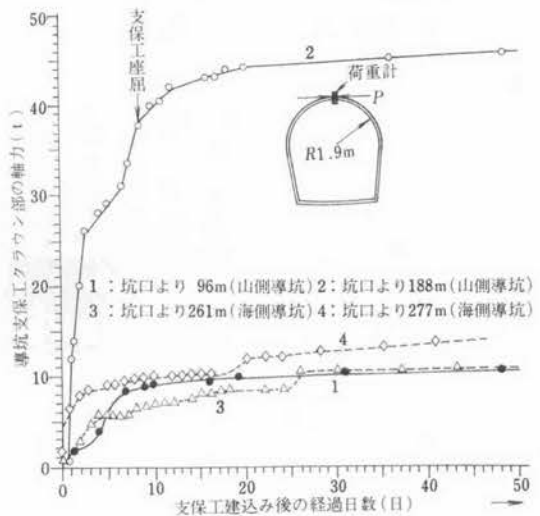


図-8 導坑支保工クラウン部軸力の経時変化

清水式矢板推進工法の各種工法について導坑掘削時の地山状態を参考にして比較検討を行なった。

掛矢板工法は掘削から支保工建込みまでの間、切羽部の天端を一時的に露出させたまま放置することになり、導坑掘削時よりも不安定であり、危険な作業になる。し

たがって、このような崩壊性地山での後普請の掛矢板工法はまず考えられない。この対策として、追掛矢板も当然考慮すべきであるが、地圧の大きい地山では矢板相互間の摩擦抵抗により共進みがあって、あまり実用的でない。

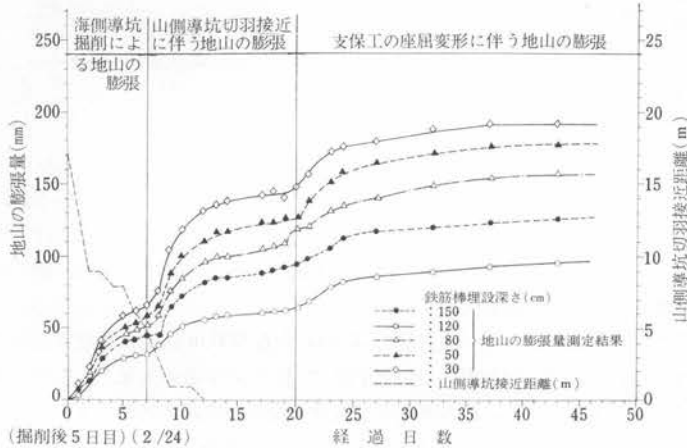


図-9 海側導坑 No. 206 における掘削面周辺の地山膨張量

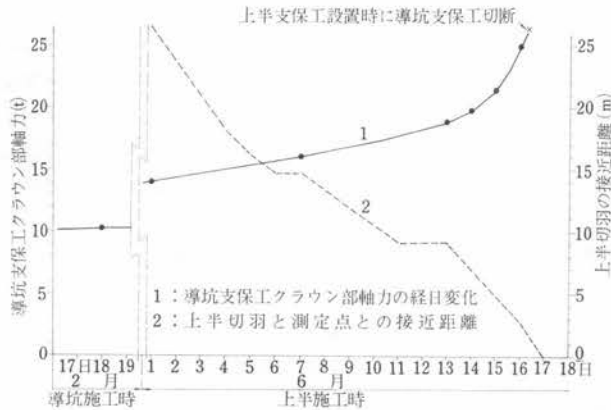


図-10 上半切羽接近に伴う導坑支保工応力の増加状況 (山側導坑 No. 96 支保工)

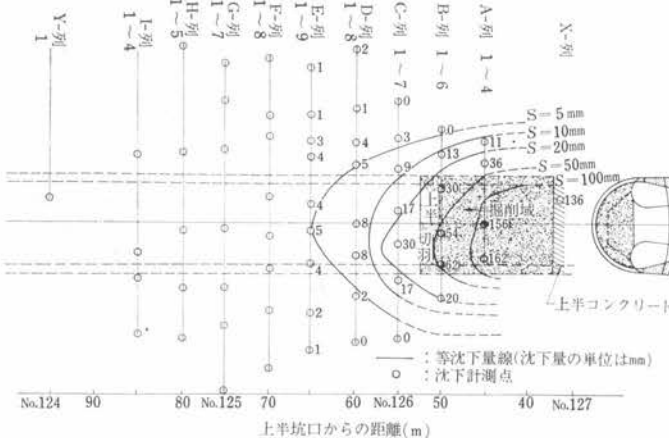


図-11 5月25日の上半施工状況と地表面の沈下状況(平面図)

縫地工法の場合は H-250 支保工を 70 cm ピッチで建込むため、縫地矢板の傾斜が約 35°、余掘りが 70~80 cm、矢返し厚さが 34 cm にも達するため、矢板と地山の空間部は非常に大きくなる。このような施工状況は当トンネルのように崩壊性地山で地表面への影響が敏感で、かつ地すべり地帯に設けられるものとしては厳に避けなければならないと考えられる。

清水式矢板推進工法は、崩壊性地山でも安全に作業ができ、強大な地圧に対しても矢板の剛性を大きくすることにより対処でき、かつ余掘りを最小限におさえることができることから上部半断面の掘削工法に採用された。次に考慮したのは本工法は施工速度が遅いので採用区間をどのように限定するかであるが、図-3 の地質図に見られるように、全区間が膨張性地質であり、地表にも至るところに陥没、地すべりの場所が確認されたことと、地質調査と側壁導坑掘進による地質確認とにより全域がほとんど変化の少ない悪質な膨張性、崩壊性地山である見通しが確実視されたので、上部半断面全区間に清水式矢板推進工法の採用を決めた。

5. 清水式矢板推進工法の概要

本工法は清水建設が昭和 41 年に鹿児島本線串木野トンネル施工のときに開発した清水式矢板推進工法(特公昭 46-21070)に鋼矢板の材質形状および推進装置などの改良を加えたものである。

前述のように、本トンネルの地質は崩壊性地山であること、地表面の沈下が著しいこと、地圧が大きいことなどにより上部半断面掘削に掛矢板工法、縫地工法などの在来の工法が適用できず、また、ルーフシールド工法は不経済であることなどの理由により当工法を採用した。

本工法は特殊鋼矢板を支持わくなしに支保工の外周に直接並べ、ずれ止め金具により進行方向を規制しながら 8~20 t の油圧ジャッキで鋼矢板を推進する。鋼矢板が支

保工1基分(H-250, P=0.7m)を推進し,切羽上部を保護したのち支保工を建込み,ジャッキアップ装置で支保工を鋼矢板まで押し上げながら高さの調整を行なう。鋼矢板を推進する場合,地山が粘土化しているとはいえ,転石を含むために矢先を切羽に貫入させることはできないので,ピックで矢先をけずりながら余掘りを最小限に押えている。

使用機械の二,三の特徴は,ジャッキ操作には押しボタン式の電磁弁を採用していること,油圧ホースを長くするためパワーユニットの出力を大きくしていること,鋼矢板は剛性を増すため特殊鋼を使用していることなどである。

以上,本工法の概略を述べたが,現在一番問題となるのは地圧が大きいために鋼矢板の推進を3~4日中止すると,支保工に強く押付けられて再推進のときに多大な労力と時間を要することであり,強力ジャッキ,反力などの再検討を行なっている次第である。

なお,使用機械は表-4のとおりである。

6. 地すべり対策

当トンネルは千葉県でも有名な地すべり地帯に位置し,トンネル付近の地表面で地すべり地形が明瞭な所や,すでに地すべり防止工事が行なわれている所もある。したがって,トンネル施工により旧地すべり地塊を活動させる可能性があるため,上半施工時の坑口付近の地すべり対策および観測と坑口より125m付近の地すべり性亀裂の観測を行なっている。今後,江見方坑口から約200m区間は旧地すべり地塊を縦断方向に貫くため,慎重な対策工と管理方法を検討している。

(1) 坑口付近の地すべり対策

導坑掘削時に鴨川方坑口から約10m地点のれき混じりシルト質土の中に木材の幹(化石)が埋まっていた。したがって,この地質は地すべり崩壊土であることが判明した。この幹が埋まっていた年代を鑑定したところ,5,320±100年ということで,この地すべり地塊は現在は安定していると判断した。また,鴨川方坑口から約100m区間のおもに粘土質蛇紋岩が分布している斜面が上半施工時に滑動する可能性があったので,図-12に



写真-1 導坑支保工の座屈状況と増わく支保工の変形状況



写真-2 早期覆工をめざす上半1次巻移動式セントル

示すように地表面に地すべり計(坂田電機製SRL-5)と水管式沈下計を設置して観測を行なうとともに,施工上では坑口から15m区間のアーチ覆工を行なってそれにより山押えを行ない,その後,矢板推進工法によりトンネル掘削に入った。

トンネル掘削による地表面の挙動は図-13のとおりである。これらによると,木ぐい点付近を切羽が通過しているときには木ぐい点が沈下するため,地すべり計は拡幅の傾向を示し,つづいて切羽が進行して自記記録器の設置点付近を通過すると,その個所が図-13に示すように沈下するため,地すべり計は狭幅の傾向を示し,両地点の地表面沈下現象が着着くと地すべり計も落ちついている。したがって,この地すべり計は地表面の沈下

により値が変動したもので,地すべりにより変動したものではないといえる。これより鴨川方坑口付近の粘土質蛇紋岩斜面はトンネル施工により滑動せず,安定であったと考えられる。

表-4 上半使用機械一覧表

鋼矢板推進機器	1式	鋼矢板67枚 推進ジャッキ8t4台, 15t3台,20t1台 パワーユニット3台	レックドリル	4台	古川 317形
トラクタショベル	1台	BS-6	コールピックハンマ	12台	CA-7
バッテリロコ	1台	6t	エアホイスト	1台	7.5 IP
グランビタンブカー	6台	3m ³	ジャッキ	4台	50t支保工ジャッキアップ用
ロッカショベル	1台	RS-85	抵抗器	6台	30t, 15tジャーナル, 補助用
				1台	200A

(2) 坑口より 125 m 付近の地すべり対策

上半切羽が坑口より 124 m 掘進したとき、トンネル中心線から横断方向に約 30 m 離れた地表面に幅 30 cm、落差 20 cm、延長約 15 m の地すべり性亀裂を発見した。その時点でこの付近に地すべり計 (SRL-5) 2 基と水管式沈下計 21 点を設置して亀裂の成長状況を監視するとともに、施工面ではただちに切羽を停止してアーチ 1 次覆工を切羽の手前 5 m まで施工し、つづいて導坑のインパート部のコンクリート打設を行なってトンネル構造物の剛性を高めている。その後、亀裂幅は切羽停止後 20 日間で 36 mm 成長して着着している。この亀裂がはたしてトンネル施工により発生した地すべりによるものか否かについて調べるために、地表面の傾斜が最も急なトンネル方向と 60° の断面について図-14 のように円弧すべりの計算を電子計算機で行なった。ただし、すべり面の円弧はすべて亀裂発生地点を通るものとしている。

この計算結果は 図-14 のように安全率が極めて小さく出ているが、これらは土質強度を若干小さく見積ったことによると考えられる。この計算結果から、安全率の最も小さい円弧すべり面はトンネル部分を通ることが判明した。このことから、上半切羽再開後はできる限り地山の変位を小さく押えるために切羽部ではピックによるリングカット方法を取り、余掘りを極力小

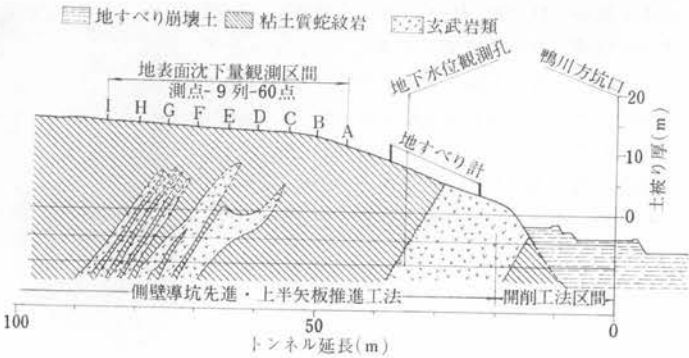


図-12 鴨川方坑口付近の地質縦断面図と地すべり観測器類の設置箇所

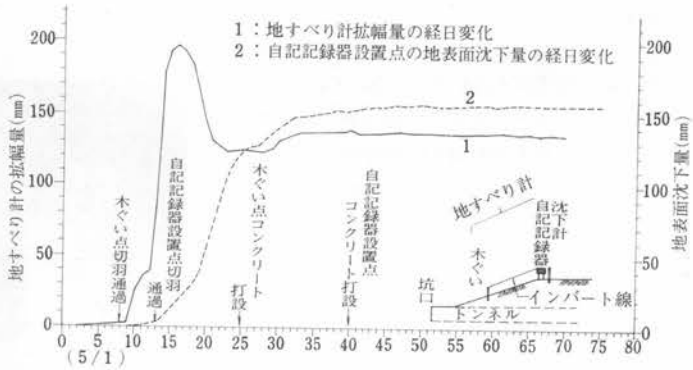


図-13 鴨川方坑口付近のトンネル施工に対する地すべり関係の測定結果

さくし、かつ早期覆工を行なう体制をとることにしている (写真-2 参照)。

7. おわりに

本州には珍しい蛇紋岩帯の嶺岡トンネルの地質および施工法などについて述べてみた。9 月下旬より再びアー

チ掘進および山側導坑掘進が開始されるが、これらの切羽接近による相互干渉はますます顕著に現われることが予想され、その対策が種々検討されている。また江見方の地すべりの可能性およびその対策についても各方面の協力のもとに検討中である。

ますます多くなる国道 128 号線の交通量、特に鴨川市内の交通緩和のために 1 日も早い鴨川バイパス・嶺岡トンネルの完成を目指して私ども一同日夜の努力をしております。今後とも皆さまのご指導とご支援をお願いする次第です。

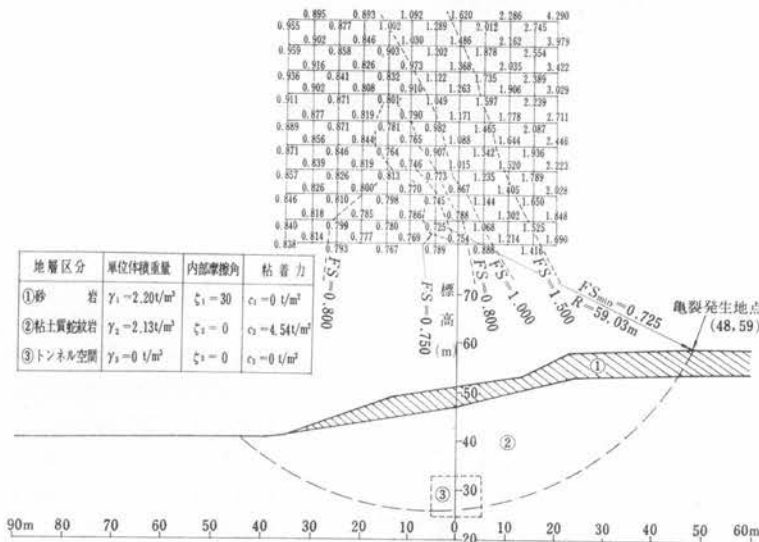
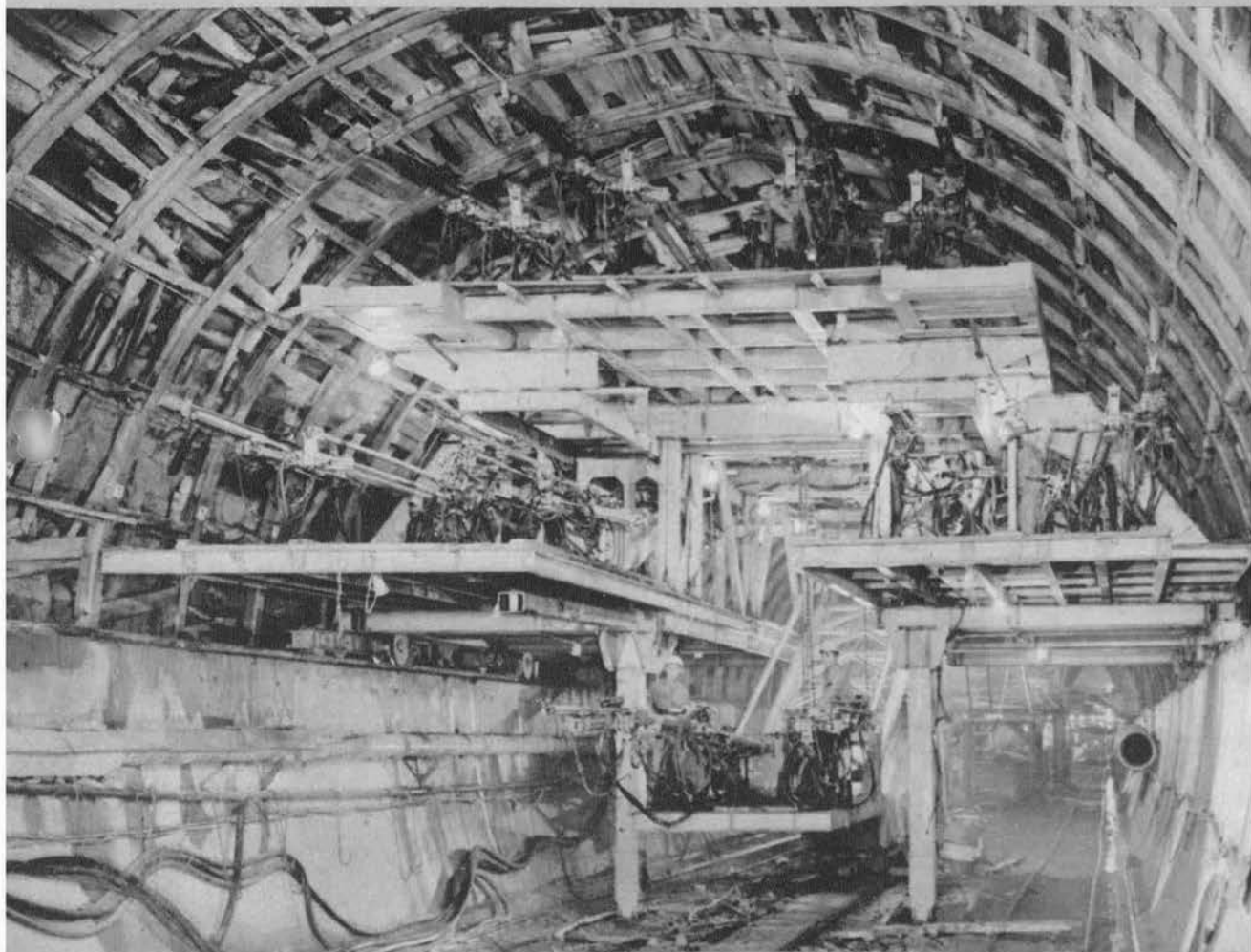


図-14 電子計算機で求めた円弧すべりの安全率コンター (位置 No. 123 地点の斜横断面図)

山陽新幹線の トンネル工事用機械設備



▲サイロット大背用自走式10ブームジャンボ
(TY-90ドリフタ搭載・移動式エレクタ付)
—備後トンネル東口工区—



◀サイドダンブローダME642Hの
上半部分での稼働状況
—六甲トンネル北山工区—

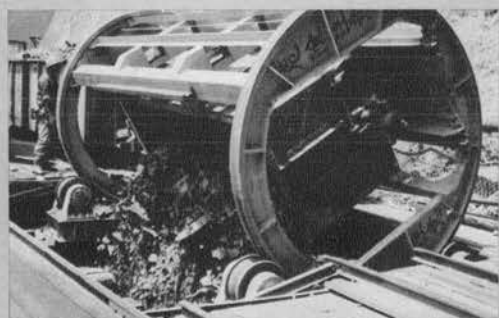


◀サイドダンプローダによるずり積み
—新関門トンネル火の山斜坑—

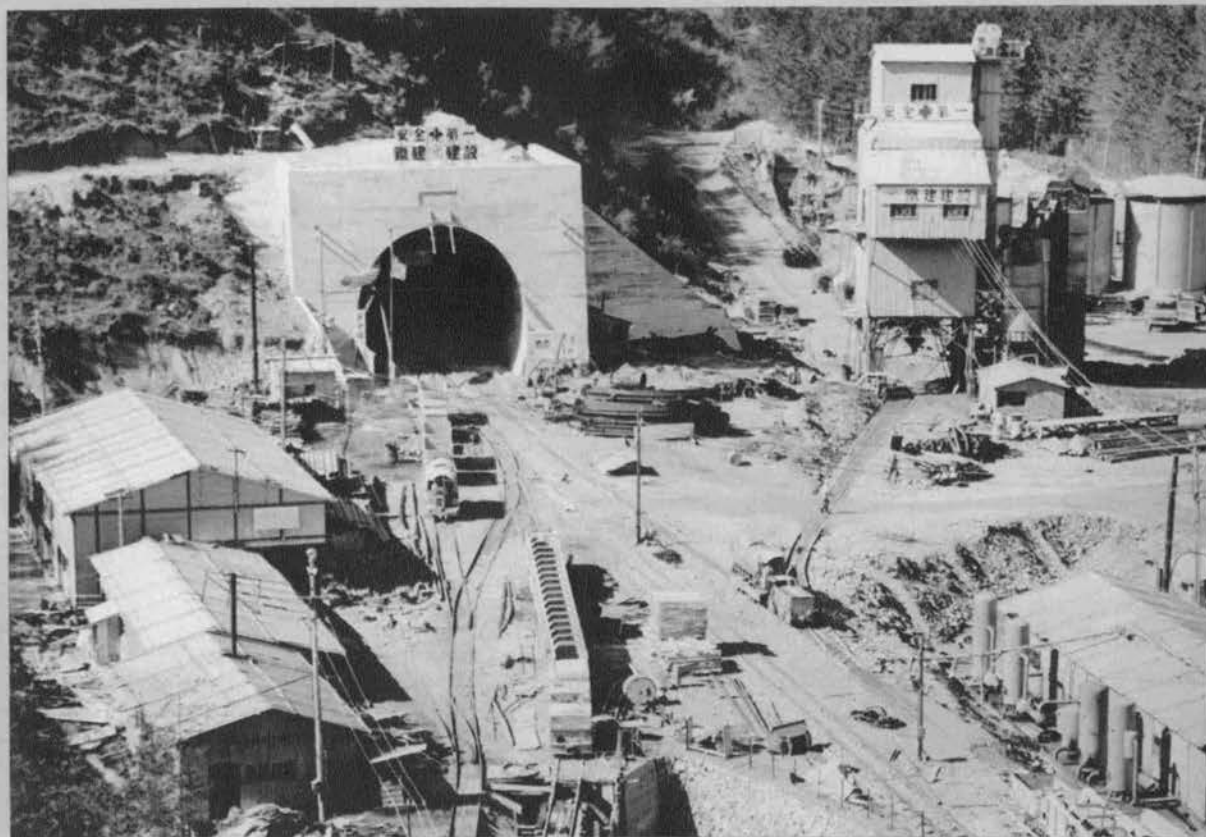


▲蓄電池機関車10 tと4.5m³側開きトロ
—帆坂トンネル—

▼チップラによるずり捨て
—相生トンネル西工区—



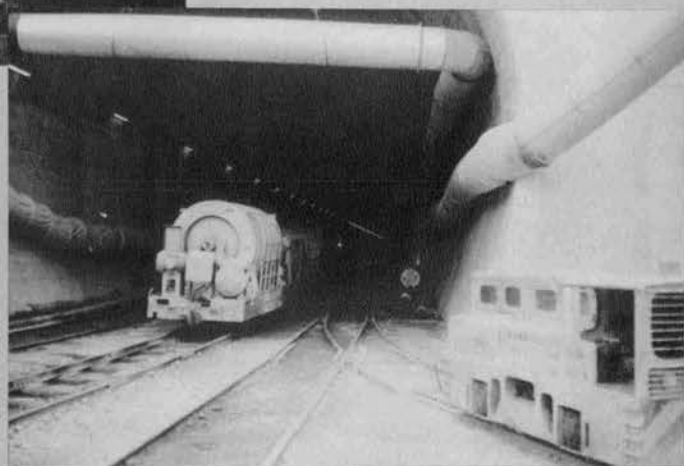
▲斜坑チップラおよびずりピン
—藤ヶ谷トンネル—



▲バッチャプラント(右上), コンプレッサ室
(右下), および手前にシャトルカー 24m^3
が見える。 —帆坂トンネル東坑口—

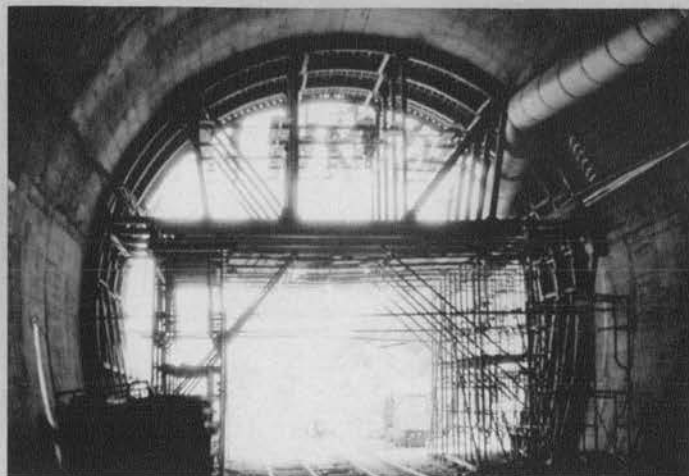


▲上半覆工部分と換気用パイプ
—神戸トンネル—



▶ 3m^3 プレスクリートによる
コンクリート運搬
—帆坂トンネル—

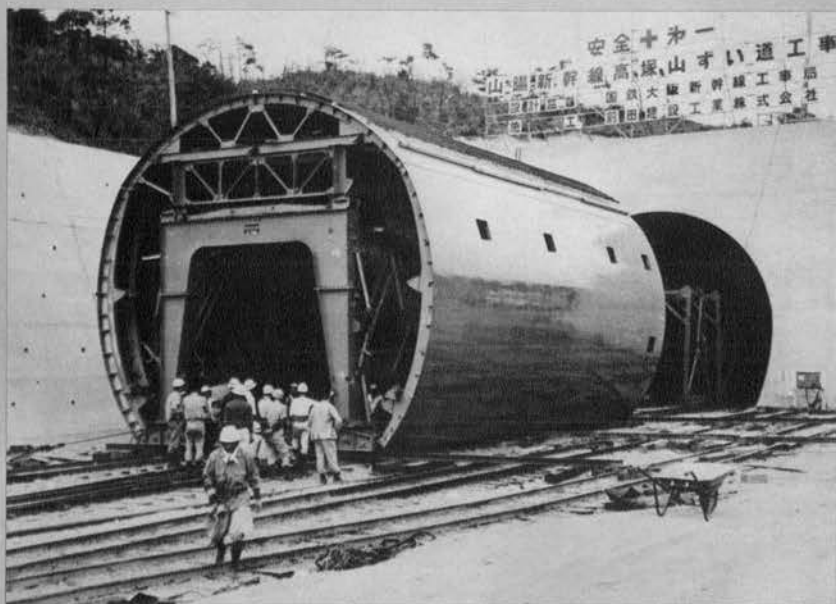
▼側壁用メタルフォーム
—帆坂トンネル—



▲組立式全断面メタルフォーム
—帆坂トンネル東工区—



▲上半用スチールフォーム
—六甲トンネル甲陽工区—



(日本国有鉄道提供)

▲全断面スチールフォーム
—高塚山トンネル—

トンネル建設特集(7)

恵那山トンネルの工事現況

—断層・破碎帯の掘削—

長 友 成 樹*
原 田 史 也**

1. ま え が き

中央高速道路恵那山トンネルは、中央アルプスの南端、恵那山系の木曾山脈(神坂峠、標高1,735m付近)を貫く8,500mのトンネルである。地質構造的にはフォッサマグナの外縁にあたり、中央構造線から30~40kmと非常に近く、一方、阿寺活断層が中津川方坑口の近傍をトンネルにほぼ平行に走っている。

トンネルルートには数多くの断層と破碎帯、熱水変質帯が広く分布する。中津川方は濃飛流紋岩質の溶結凝灰岩、飯田方は領家花崗岩類からなり、両者の中間はホルンフェルス(古生層起源)からなっていると考えられる。

パイロットトンネルは両坑口とも大体機械化施工でスタートした(中津川方は馬蹄形ハーフシールド、飯田方は小松ロビンス)。しかし、予想に反した地質条件のため、在来山岳工法への変更を余儀なくされ、湧水を伴う破碎帯と断層の連続により断面内導坑先進を標準工法としている。

本線トンネルもパイロットトンネルから判明した地質状態にかんがみ、側壁導坑先進工法(中津川方は当初から、飯田方は約1,600mから)で掘進されている。

2. 仮 設 備

飯田方では当初の設計に基づきタイヤシステムの上半工法(本坑)と小松ロビンス使用によるレールシステム(パイロットトンネル)であった。途中、1,600m付近から作業用横坑を設けて側壁導坑先進工法に変更しつつある。

中津川方では試験工事と地質調査の結果から相当長区間にわたる大規模な破碎帯、熱水変質帯が続くものと想定し、しかも相当量の湧水を伴うとして工法はレールシステムを指定し、仮設備計画をたてて重点投資による効率化をはかった。両坑口の機械設備は表-4に示すとおりであり、また、坑口付近については、中津川方は図-2に、飯田方は写真-7に示すとおりである。以下、中津川方仮設備について若干説明を加える。

(1) 給水設備

工事用水は川からポンプアップして水槽に仮貯蔵のち、給水管により分配給水する。

(2) 給気設備

坑口仮設広場にコンプレッサを設備(基礎は共振を防ぐため地山に厚さ1mのコンクリートを打設)し、送気管は本管(8inおよび6in)を布設して作業切羽に応

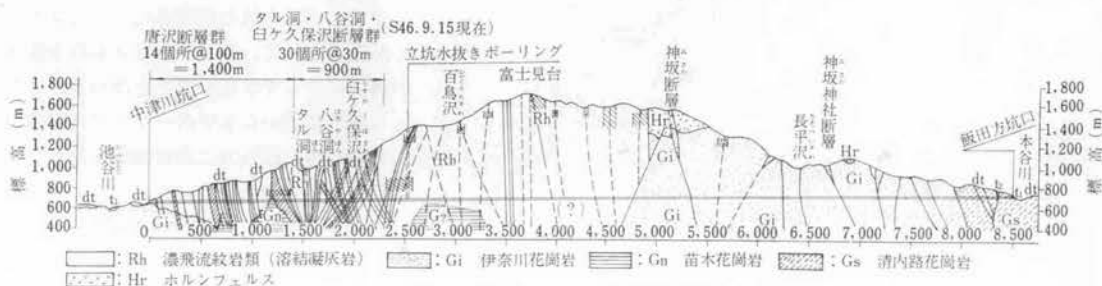


図-1 恵那山トンネル地質縦断面図

* 日本道路公団恵那山トンネル西工事事務所長

** 中央道恵那山中津川方トンネル工事 J.V. 副所長

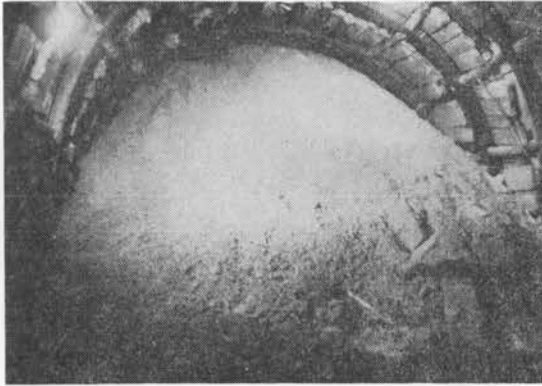


写真-1 圧力による切羽の押出し
(中津川方本坑側壁導坑 14 m²)

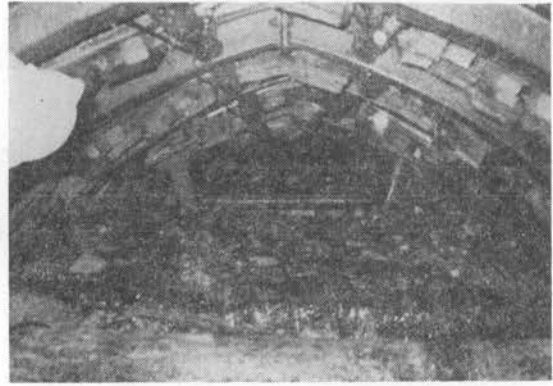


写真-2 100 m³ 以上の崩落で埋没
(中津川方パイロットトンネル先進導坑 8 m²)

じて1次配管を施し、コンクリートの巻立てを追って順次本管に切替える。

(3) コンクリートプラント

坑口広場地山に基礎鉄筋コンクリートを打設し、プラントの基礎とした。

骨材ピン：コルゲートパイプ方式

骨材輸送：ベルトコンベヤ方式

パッチャプラント：全自動 40 m³/hr, 強制攪拌 1 m³, 配合変換装置, 印字記録装置付

(4) 充電所設備

10t パタテリロコを使用し、充電器はシリコン自動制御整流器を設置する。

(5) 材料積卸し設備

主要材料(レール, 支保工, 鉄管, 木材など)の積卸

し設備としてクレーン2基を設置する。

(6) 受配電設備

本設用に設置した特別高压変電所より各2次変電所で坑内および坑外諸設備に配電する。

(7) ずり処理設備

栈橋上の所定位置で移動式油圧転倒機により排出(4.5 m³ 鋼車, サイドダンプ 60°)し、ショベルローダで 8t ダンプトラックに積込み, 所定の位置に運搬する。

(8) ITV 装置による坑内監視設備

本トンネルおよびパイロットトンネル切羽に各1台テレビカメラを装置し、現場事務所内にモニターを掛け、リモートコントロール(カメラアングル・ズーム)できるようにしてある。

(9) 直設仮設仮建物(図-2 参照)

3. パイロットトンネルの先進

恵那山トンネルは換気, 排水用のパイロットトンネルを先進させ、水抜き効果をあげてきた。しかし、水圧を伴う滞水層, あるいは流動性となる湧水破砕帯のためパイロットトンネルに断面内先進導坑を設ける必要が起こり、現在この方式で掘り進められており、さらにその後方で切抜げと本坑の側壁導坑(左右2本)が掘進されている。いわば3本の水抜き導坑によって水圧の低下をはかり、さらに導坑切羽から水平ボーリング(中津川方は常時, 飯田方は地質確認を主として行なう)を行なっている。

(1) 中津川方の水平ボーリング

中津川方では主としてベルギー製ダウソール・スーパーマイン4形機を用いている。補助機として鉦研EP-1形エキスプローラボーリングマシン



図-2 中津川方(西口)仮設計画一般平面図



写真—3 中津川方パイロットトンネル先導導坑での被圧水（隣接孔へ圧力水がにげるためゲージは 8 kg/cm² を示す（推定 20~30 kg/cm²）。白ヶ久保第 11, 第 12 断層被圧水帯）

（約 7m² 用に改造したもの）を常時待機させている。

スーパーマイン 4 形機でのさく孔長実績は、1 孔当り 50 m 前後にとどまっております、ボーリングに要する時間は搬入、搬出を含めて原則として 1 昼夜である。長孔が望めない理由を挙げると、

- ① 不良地質（ジャーマングにより回転不能）
- ② 水圧が大（湧水量が多く、水圧 20 kg/cm² 以上に達することがしばしばあるため、ハンマの故障、背圧増加）

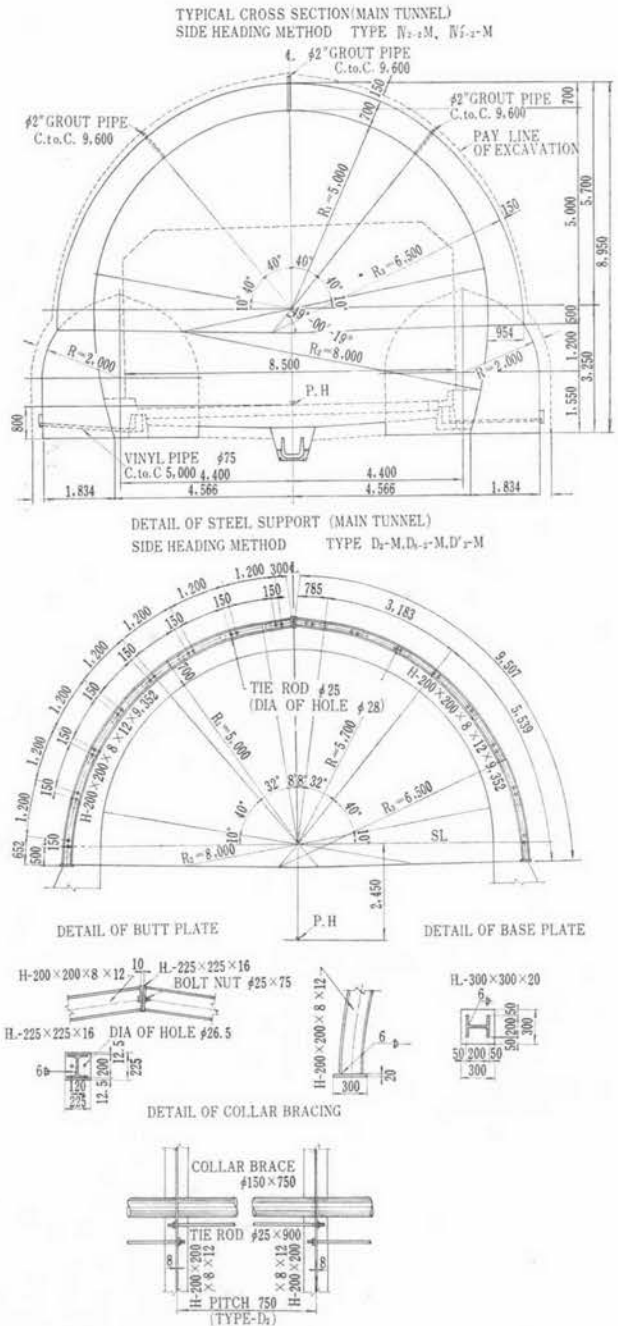
③ 硬質部ではビットライフの問題（軟弱部と硬質部の互層）

などが考えられる。しかし、破碎帯を 1 日（昼夜）当り 50 m の急速掘進（機械の据付、搬入、搬出を含む）ができることにより、現在パイロットトンネル掘進のシステムの一部として取り入れている。

（2）飯田方の水平ボーリング（長孔）

飯田方では水平ボーリングマシン K-4 形ポアロックを用いて、湧水圧、湧水量、岩の硬軟の状態で、スライム、排水色からの判定などにより地質調査を行なっている。そして、長孔用機械であり、特に推力は 16,000 kg であるため、反力点についての工夫が必要となる。また、下記の自動記録装置を設け、記録の解析も行なうことができる。

すなわち、油圧 (kg)、ストローク (cm)、回転トルク (kg-cm)、給水ポンプ圧 (kg/cm²)、回転数 (高速、低速のチェンジレバーの位置の打点) である。



図—3 本坑標準横断面図（側先進）

さて、現在までに行なった水平ボーリングの概要を表—5 に示した。これにより 1 拘束日（日）当りでは、第 1 回 18 m、第 2 回 20 m、第 3 回 24 m となっていることがわかる。

（3）中津川方における排水溝（600×600）の掘進
パイロットトンネルはトンネル幅が狭い割合に多量の湧水（5.3 t/min）に悩まされている。軌条が水没する状態であり、軌条保守、通路の確保を容易にするため、早

急な排水溝の施工が必要となる。この本設の排水溝はその施工に際して、ずり搬出、コンクリート搬入、車両の走行などが同一軌条に輻輳するため効率低下をきたしやうい。また掘削に際しての火薬の使用は、高低圧電線、照明装置、給気給水管などの防護、コンクリート巻立部への悪影響などの点で好ましくないの、これらを考慮した無発破掘進機を開発（実用新案特許申請中）した。

4. 膨張性地山と流動性地山の対策

(1) 飯田方トンネル（長平沢断層）の膨張性地山

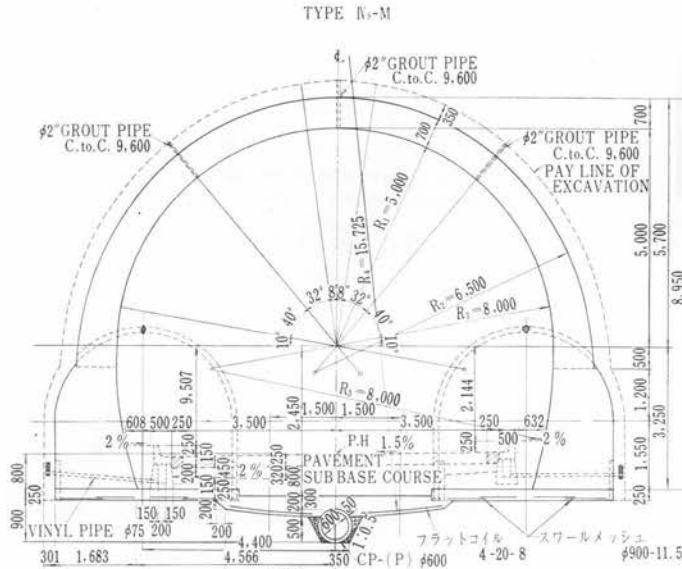
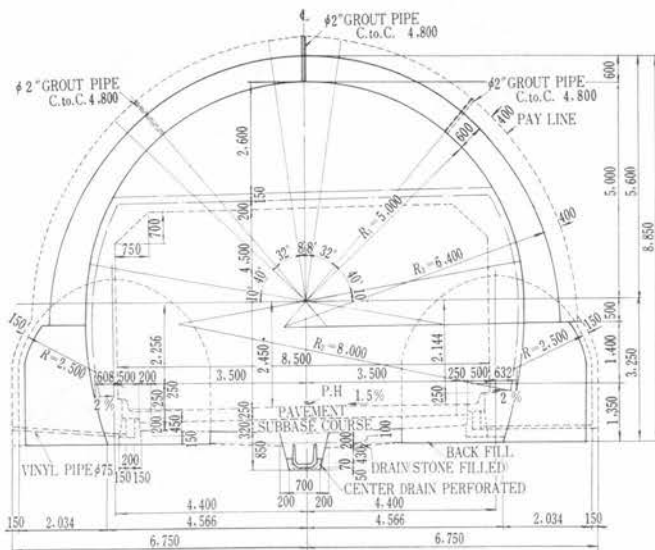


図-4 本坑中津川方標準横断面図（側壁先進）その1
TYPE IV-M, IV-S-M



(注) コンクリートの支保線
1. 標準断面では12cm
2. ビニールシートを施工した区間では10cm

図-5 本坑中津川方標準横断面図（側壁先進）その2

パイロットトンネル先進導坑が 2,050 m に達した所から盤ぶくれに遭遇した。特に 2,220~2,240 m 間で断層粘土に遭遇し、24 時間で盤ぶくれが 80~100 cm に達した。直ちに縫返しを行なった（厚さ 4 cm の木矢板は 5 時間たらずで激しい地圧のため折れた）。2,050~2,220 m, 2,240~2,650 m 間も粘土化が著しく、盤ぶくれが 30~50 cm となった。なお、2,050 m 地点での湧水量は 50 l/min であった。

切上げ後は鋼アーチ支保工 H-150×150 を 0.5~0.8 m で建込み、1.5~2.0 m の高さの補強コンクリート、厚さ 30 cm を打設しながら掘進したところ、その後やや安定した。なお、本坑の側壁導坑でも 2,030~2,080 m 間は荷担いをつけて掘り進んだが、支保工は著しく変形した。

(2) 中津川方トンネル（唐沢断層～白ヶ久保断層）の膨張性および流動性地山

切羽の流動性、押し出し性の現象に対しては、鉄矢木の重ね打ち継地と鏡張り方式により微粒子の不用意な流失を防いできた。導坑内の盤ぶくれに対しては、支保工の根固めコンクリートのほかに、簡易インパートの施工により対処している。これらは大背掘進後さらにインパート双方を連結して早期に閉合することを試み、成功した。

5. 被圧水を伴う破碎帯突破

(1) 中津川方トンネルの施工概況

(a) 八谷洞断層 (22 kg/cm² の圧力水) 突入

タル洞、八谷洞（トンネルルートを斜交して流れる）の中間点直下(STA 17+27) で被圧水を伴う断層に突入した。

断層 8 m 手前から異常を感じ、直ちに水抜きボーリングを行ない、320 l/min の湧水が噴出した。しかし水圧に比べて地質脆弱のため孔壁は閉塞崩壊した。なお掘進続行中、昭和 45 年 10 月 20 日 16 時、山鳴りが起こり、一瞬のうちに切羽が 30 cm 押し出され、変状し、濁水が噴出した。さらに破壊音と山鳴りが続いた。直ちに仮巻コンクリート、バルクヘッド、迂回(右)水抜き坑の掘進と、着実に手を打った。水圧は 22 kg/cm² を測定し、水ガラス系の注入と併用して水抜き坑から水平ボーリングを行なった。薬

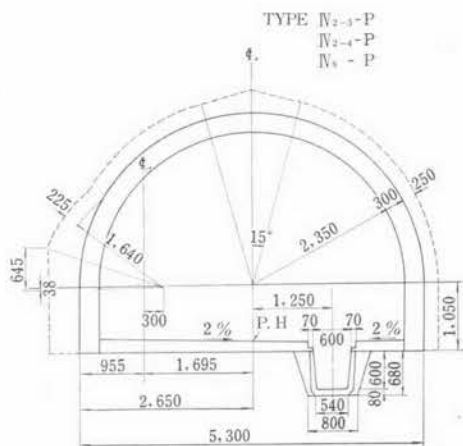


図-6 パイロットトンネル中津川方標準横断面図

液注入と水抜きとの効果により、先進坑、迂回坑併せて2,200 l/minの排水によりやがて水圧低下に成功し、40数日かかってこの断層を突破することができた。

(b) 白ヶ久保断層、被圧水帯突入と経過

本年6月1日、パイロットトンネルの坑口から2,040m(STA 21+95)付近で突然切羽が流動性となり、翌朝山鳴りがとどろき、同時に切羽が20cm押出された。直ちにダウンザホール・スーパーマイン4形機で水平ボーリングを開始した。しかし生コンクリート状のものが噴出してきて失敗した。周囲が地圧(水圧?)により著しく変形したため縫返しを3基目から開始し、6月4日変状地点(最初の切羽)に達した。変状は一段と激しさを加え、後方をコンクリートで固めるため胴ばり埋込みの型わく組立中鉄矢木の矢先が下がってきたので木柱多数で補強した。正午、山鳴りが起こり、ついに径30cmの松丸太(けた)が折れ、瞬間切羽が20cm以上押出された(40cmとなる)。鉄矢木は至るところハンモックの底のように曲がり出し、支保工脚部がねじれてアーチの曲線は伸びきって直線状と化した。6月7日、再び縫返しを決意し、折り重なって倒れた鉄矢木、あめのように曲がった支保工をそれぞれ切断しなくてはならなかった。補強丸太に囲まれ、夕立のような湧水の中でのガス切断(粘土と水が間にかんではかどらない)、異様な変形音、その中で神経をすりへらす。翌6月8日午前11時、山鳴りが起こり、再び周囲が破壊された。20時半には轟音がとどろき、径30cmの松丸太が再び破壊した。22時、湧水が増加し、直ちに松丸太で逆合掌を組む。水の圧力は極めて高い。鉦研エキスプ

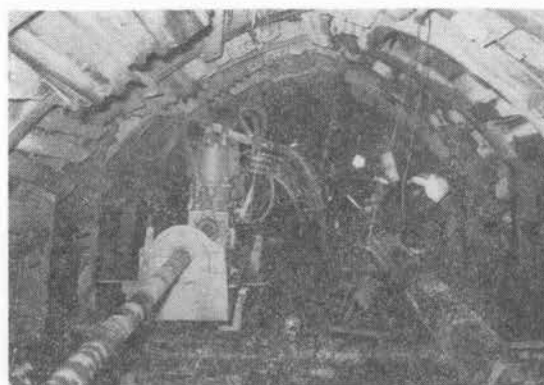


写真-4 スーパーマイン4形機とエキスプローラEP-1とを7.2m²の先進導坑内へ併設して稼働中(中津川方パイロットトンネル先進導坑水抜きボーリング)



写真-5 白ヶ久保第16断層に突入、鏡張り盛替え中(中津川方パイロットトンネル先進導坑)

ローラEP-1でボーリングを開始し、やがて軟弱な層の厚みがわかった。No.2からケーシング掘り(3.5~4m)のあとをダウンザホール・スーパーマイン4形機でさく孔するシステムに改め、急速ボーリングに成功した。No.3ボーリング孔で水圧測定中、隣接孔へ圧力水が逃げるため、ゲージは8kg/cm²を指したままであった(推定20~30kg/cm²)。No.1~No.5のボーリング孔

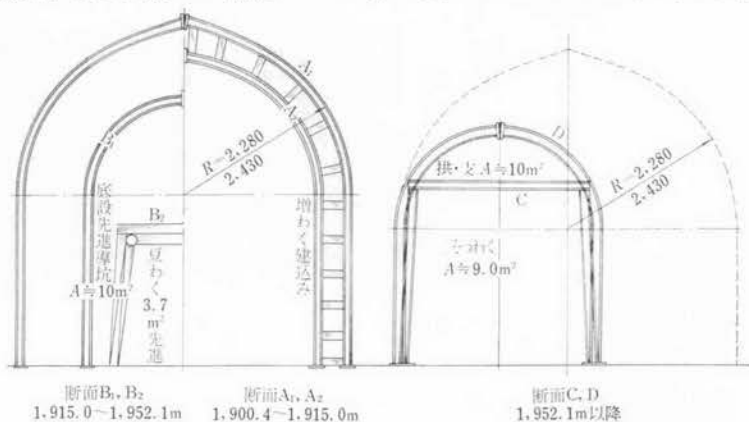


図-7 パイロットトンネル先進導坑断面図(東口)

表一 坑口の湧水量 (昭和46年9月15日現在)

	パイロットトンネル (t/min)	本線トンネル (t/min)	計 (t/min)
中津川方	7.5	5.3	12.8
飯田方	3.5	1.8	5.3

表二 中津川方坑口の湧水量累計 (昭和46年9月15日現在)

	パイロットトンネル (万t)	本線トンネル (万t)	計 (万t)
中津川方	310	140	450

表三 掘削・覆工進捗状況 (坑口距離)

(昭和46年9月15日現在)

	パイロットトンネル		本線トンネル				
	先進導坑	切掘げ	側壁導坑	上半	リングカット	アーチコンクリート	サイドコンクリート
中津川方	2,302	1,810	{ 左 1,958 右 1,992		1,640	全巻き 1,529	1次巻き 1,793
飯田方	2,616	2,150	{ 左 2,075 右 1,950	1,635		1,635	1,680

(注) 中津川方パイロットトンネルは飯田方より約1カ年遅れて着工した。

表四 機械設備一覧表

	中津川方(西口)		飯田方(東口)		中津川方(西口)		飯田方(東口)	
貸与機器	自動記録水量計	1式	自動記録水量計	1式	アジテータ (3m ³)	1台	トラックミキサ (3m ³)	5台
	気象観測器	1式	小松ロピンス TM445 G機	1台	バイブレータ (1kW)	20台	ムカデコンベヤ (MC-60)	1台
掘削機	高圧受電所 (408kW)	1式	気象観測器	1式	鋼製バラセントル	16基	エアホイスト (5.5kW)	2台
	特高受電所 (1,400kW)	1式	高圧受電所 (434kW)	1式	工機		鋼製バラセントル	20基
掘削機	ロッカシヨベル RS95 (0.43m ³)	1台	トラクタシヨベル	3台	ローカルファン (11kW)	8台	コントラファン (75kW)	2台
	RS85 (0.38m ³)	5台	ハイドロシヨベル	1台	" (7.5kW)	10台	ローカルファン (7.5kW)	4台
掘削機	電動油圧シヨベル (0.6m ³)	1台	ダンプトラック (7t)	10台	風管 {φ800 1,400m φ500 4,000m}		風管 {φ1,200 1,400m φ600 5,000m}	
	電動溝掘機 (0.12m ³)	1台	トラックジャンボ (エレクタ付)	2台	ベルギー製 Stenuick Supermine-4		水平ボーリングマシン K-4 形	
掘削機	シヨベルローダ (2.0m ³)	1台	ターンテーブル (10t)	1台	ダウンザホールボーリングマシン		ボアロック 500m級	
	バッテリーロコ (10t)	19台	ビッグハンマ	10台	120m級	1台		
掘削機	鋼車 (4.5m ³)	55台	パンカトレン (12m, 30°)	2台	鉍研エキスプローラ EP-1			
	ダンプトラック (10t)	5台	KR40 ロッカシヨベル	4台	ボーリングマシン			
掘削機	レッグドリル	30台	ディーゼルロコ (UDL8t)	1台	600~100m級	1台		
	ビッグハンマ	40台	UDL12t)	2台	グラウトポンプ	1台		
掘削機	大形ブレーカ (200kg)	2台	レッグドリル (F-8)	40台	グラウトミキサ	1台		
	移動式ジブクレーン (2t)	2台	先達さく孔機 (TY220)	1台				
掘削機	コンプレッサ (150kW)	6台	トルクレット (S ₂ -II)	1台	監視	1台	マイクロ電話	1台
	自走式油圧転倒機 (6m ²)	3台	コンプレッサ (150kW)	4台	構内電話	1式	構内電話	1式
掘削機			バッテリーロコ (12t)	5台	I TV	2台	I TV	2式
			ME632サイドダンプローダ	1台				
掘削機			D-30 ユンボ付	1台	軌条設備			
			カーダンパ (4.5m ³)	1基	レール (30kg 36°ゲージ) 30km		レール (30kg 30°ゲージ) 7km	
掘削機			鋼車 (4.5m ³)	30台	スライドポイント	15基	スライドポイント	3基
					固定ポイント	40基		15基
掘削機	人車	3台	ボギー台車	1台	充電設備			
	各種台車	5台	台車	4台	シリコン整流器 (30kW)	6台	シリコン整流器 (30kW)	4台
掘削機	小形ダンプトラック (2t)	2台			移動式ジブクレーン (2t)	2台	ハイドロクレーン (7.5t)	1台
	クレーン付トラック (4t)	1台			天井走行クレーン (3~2t)	2台	天井走行クレーン (2.8t)	1台
掘削機	バッチャプラント (40m ³ /hr)	1基	強制攪拌	1基	門形構 (8t)	1基		
	スライディングフォーム		スライディングセントル					
掘削機	本坑 (9.6m)	1基	アーチ本坑 (10.5m)	1基	タービンポンプ (φ100×3~4S)	3台	タービンポンプ (φ100×5S)	1台
	パイロット (12m)	1基	側壁本坑 (10.5m)	1基	" (φ50×5S)	3台	" (φ50×7S)	2台
掘削機	本坑拡張用 (4.8m)	1基	パイロット仮巻き (10.5m)	2基	水中ポンプ (φ200~150)	5台	水中ポンプ (φ150)	5台
	プレスクリート (3m ²)	2台	プレスクリート (3m ²)	2台	" (φ100~50)	10台	" (φ100)	10台
掘削機	" (6m ²)	4台			工道		" (φ50)	20台
					散水車	1台	散水車	1台

表五 ボアロックによる長孔ボーリング実績 (東口)

回	期	間	切羽停止日 (日)	ボーリング延長 (m)	湧水量 (l/min)	水圧 (kg/cm ²)	実績 (hr)			位置 (パイロット坑口から)	1拘束日当り (m/日)
							掘付	稼働	撤去		
1	昭和45年7月28日~8月12日		16	286.8	(1,600) 950	10	67	184	29	1,573~1,859m	18
2	昭和45年12月15日~12月20日		6	123.4	(150) 80		69	57	29	1,952.1~2,075.5m	20
3	昭和46年3月18日~3月31日		14	339.0	(600) 350	5 (22)	108	77	26	2,183.1~2,522.1m	24

(注) () 内は瞬間最大を示す。[] 内は深部孔内値を示す。



写真-6 中津川方本坑全巻コンクリートの安全標識

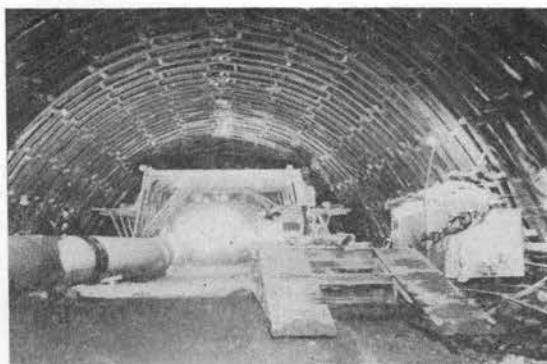


写真-9 飯田方本坑上半部

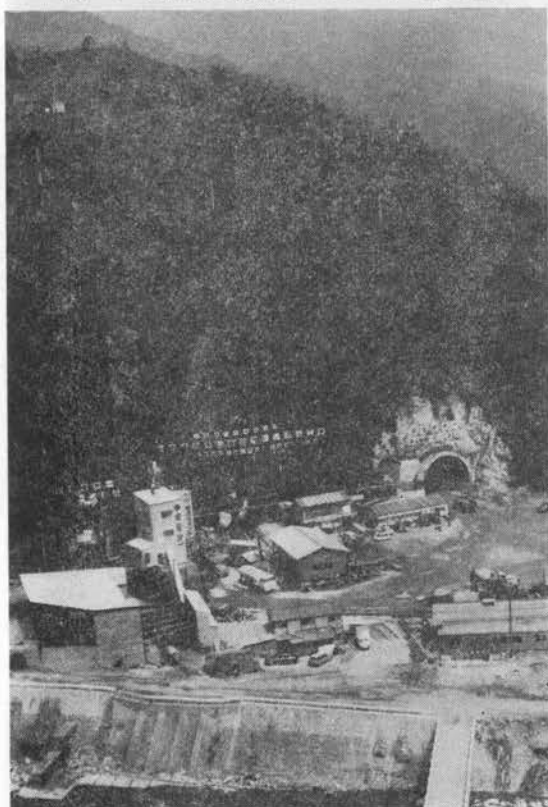


写真-7 飯田方トンネル坑口付近仮設備

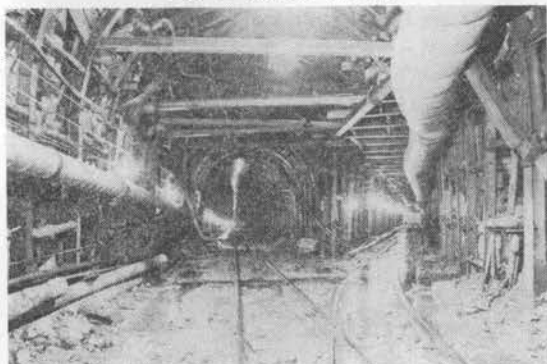


写真-10 飯田方パイロットトンネル1,600 m地点作業横坑

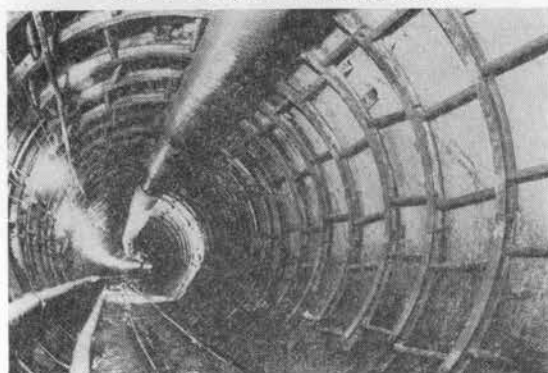


写真-8 飯田方パイロットトンネル(小松ロビンスによる)

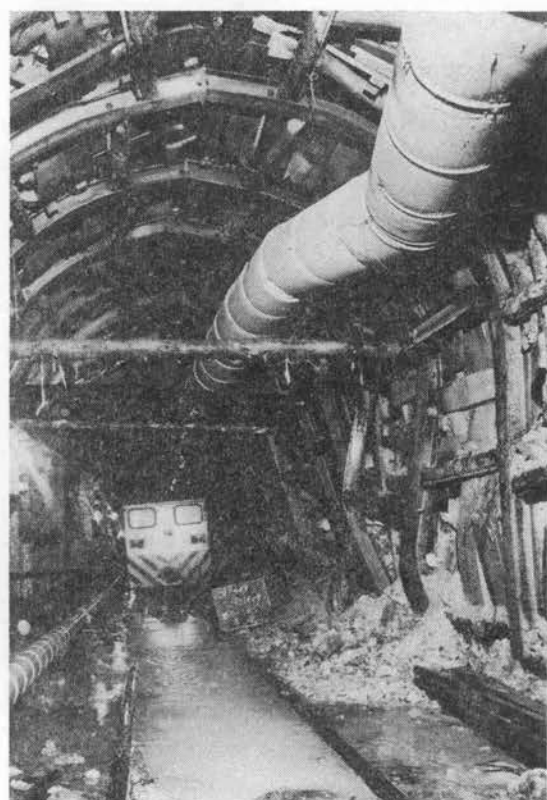


写真-11 飯田方パイロットトンネル長平沢断層の膨張、盤ぶくれ(坑口から2,105 m)

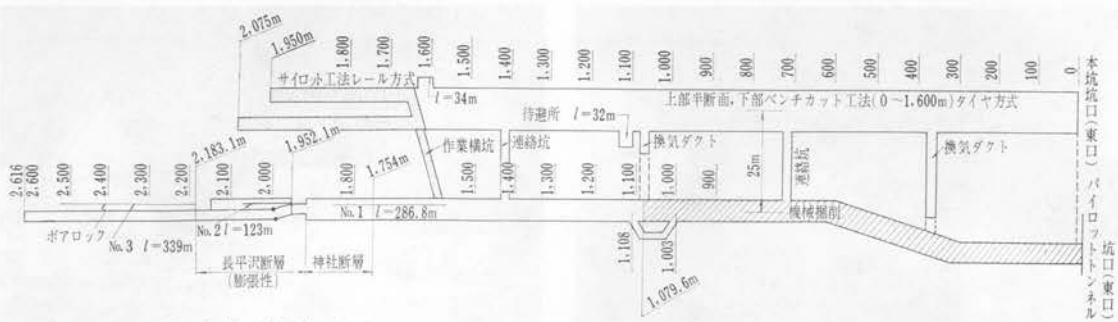


図-8 飯田方(東口)パイロットトンネル→本線トンネルサイロシ工法進入作業横坑説明図

からの湧水により断層背面の被圧水圧力低下に成功し、超強力形支保工(帯鉄と鉄板で H-150 を溶接補強し、ジベルを溶接のうえ高配合コンクリートを填充)と鉄矢木 3~4 枚重ね縫地鏡張り、コンクリート高さ 2m 打設(一部インパート)により 15m の断層を 35 日かかって突破に成功した。

(c) 現状(9月10日現在)

被圧水帯を数多く経験しつつ曰ヶ久保の第 18 番目の断層に突入中であり、切羽から 1.8 t/min の湧水に遭遇中である。

(2) 飯田方トンネルの施工概況

第 3 回のボアロックによる水平ボーリング中で、5 kg/cm² の水圧があり、さらに深度 252 m 以深で 22 kg/cm² の水圧を記録した。

6. 公害対策(中津川方の事例)

騒音、汚濁水、砂ぼこりの問題がある。幸い人家まで 1 km あるので騒音についてのトラブルはない。

汚濁水については、現在本坑、パイロットトンネル併わせて約 13 t/min の湧水がある。最近では 20~30 m に

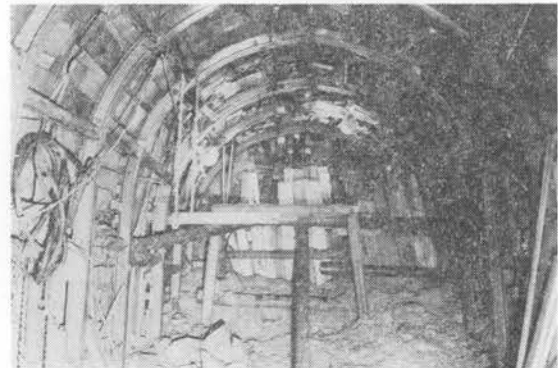


写真-12 飯田方パイロットトンネル先進導坑鏡張り(坑口から 1,945 m)

1 個所の割合で粘土質を伴った断層帯が出現しており、コロイド状に、粘土分を溶かして流出するので、坑口で 250 ppm 前後の濁水となることもある。薬品沈殿には 1,000 t オーダの処理場を必要とするので実現不可能であり、目下坑内排水溝の整備を行なっている。トンネル湧水は現在のところ法的規制はないが、下流の碎石、砂利業者が規制を受けている現在、道義的な問題が残る。

市、公団、施工者側の三者による協議会を設置して前向き姿勢で努力している。

バッチャプラントの洗浄水の排出は、ずり堆積層により汙過させて放出している。砂ぼこりの問題は、いち早く簡易舗装やコンクリート仮舗装などとして実施した。

7. 安全管理(中津川方)

- ① 作業組織による安全の推進をはかること
- ② 安全教育と訓練の徹底をはかること
- ③ 仮設設備の安全確保を保つこと

上記の基本方針に基づき月別目標を掲げ、フォローアップをする。各作業員に対する指示命令の周知徹底については、末端までの指導強化に力を入れている。また各種講習を行ない、技能者の養成と資格取得に努めさせている(機関車運転手、クレーン運転手、発破士、玉掛け、ガス溶接技能など)。

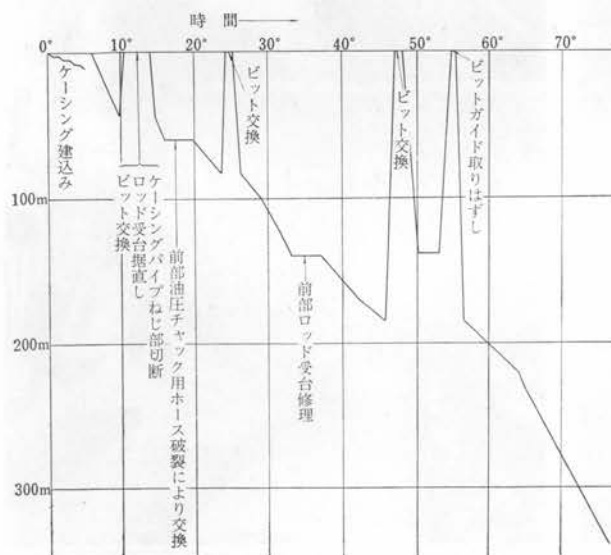


図-9 飯田方(東口)第3回ボアロックによる水平ボーリング実施工程

8. 今後の問題点

中津川方では坑口付近から 1,400 m までは大体 100 m に 1 個所の平均的割合で断層帯が出現したが、1,400 m 以奥は大体 30 m に 1 個所ぐらいの断層帯に遭遇するようになった。

飯田方では 900 m 地点からパイロットトンネルが断層帯に突入する頻度が増してきた。いずれも奥へ進むほど地質が悪くなり、圧力水も伴う断層破碎帯のため切羽が自立しないので、鏡張り、ピック掘りで掘進する個所が多い。またその反面、掘進中一部では発破工法で掘進する個所もあり、掘削パターンが常にケース・バイ・ケースで定まらない。このため、ずり積み機械としては汎用機種であるロッカショベルや油圧ショベル、トラクタショベルなどが用いられてきた。これまでも試験的に機械化掘削については国産機、輸入機を問わず種々検討および試運転を行ってきたが、問題点が多岐にわたる。岩質に適した決定的な機械がまだ得られていない。今後の開発、研究の成果に期待したい。

9. あとがき

坑奥へ進むにしたがって地圧、水圧の増大する恐れがあり、大断層もほぼ中間に存在（神坂断層、富士見台断層など）するので、今後の掘進は慎重を期して行なう必要がある。

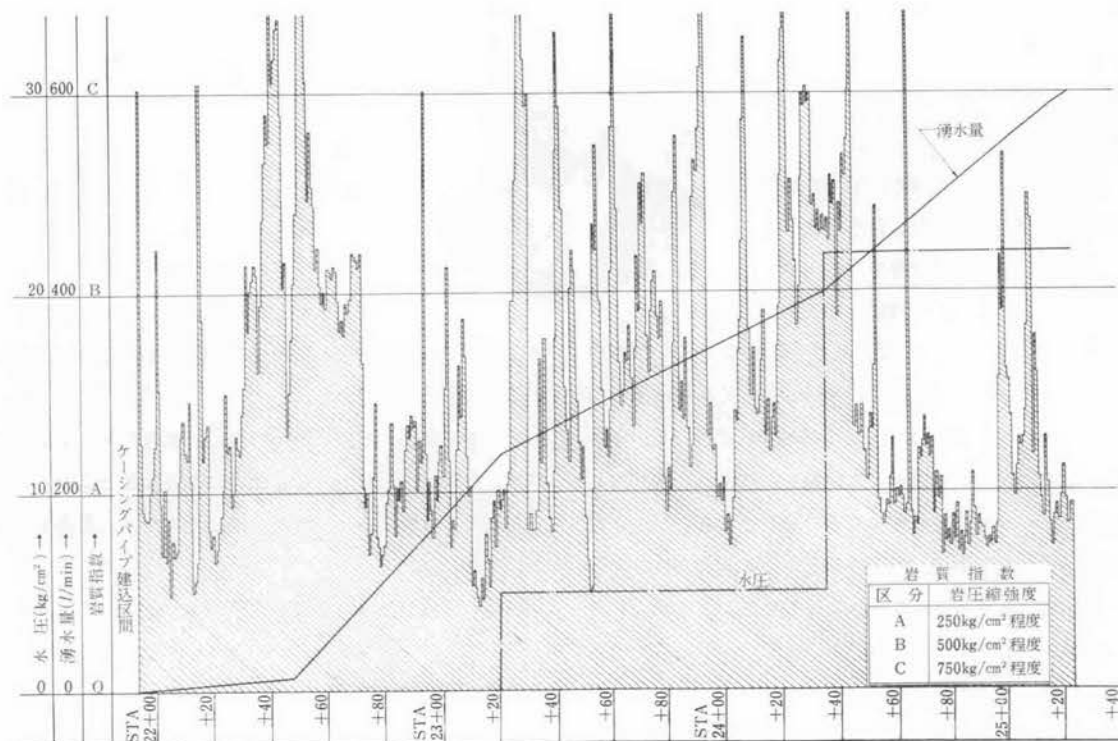
表一6 ボアロック各部仕様

本 体	外形寸法	15,750×H1,380×B700 mm
	自重	8,000 kg
	主電動機	6P 37.5 kW×2台(220 V)
	ロード着脱電動機	6P 5.5 kW×1台
ポンプユニット	スラストシリンダ	1 ストローク 750 mm (80 φ)
	ロード引抜シリンダ	1 ストローク 1,000 mm (80 φ)
バルブユニット	外形寸法	13,400×H1,000×B1,300 mm
	自重	3,000 kg
	作動油容量	500 (スワフルード 150 #)
	作動油圧	150 kg/cm ² 冷却水 30 l/min
操作盤	電 動 機	18.5 kW×3台 (220 V)
	外形寸法	12,300×H1,080×B1,100 mm
送水ポンプ	自重	1,800 kg
	外形寸法	11,240×H1,220×B550 mm
	自重	250 kg
	外形寸法	12,000×H1,150×B650 mm
送水ポンプ	自重	450 kg
	送水管	215 l/min 2Hφ
	電 動 機	11 kW 4P 220 V
	電 動 機	

なお、資料ならびに写真は施工にあたっての共同企業体の中津川方政谷所長、飯田方坂口工務課長より提供いただいた。ここに感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) “恵那トンネル地質説明書(第1刷)”日本道路公団
- 2) “火砕流堆積物としての濃飛流紋岩”地球科学 25 巻2号, 3号(1971年3月, 5月)・山田直利, 河田清雄, 諸橋毅
- 3) “トンネルの湧水対策”建設機械 1971年6,7,9月号・長友成樹, 原田史也
- 4) “中央道恵那山飯田方トンネル工事長尺水平ボーリング(ボアロック使用)による地質報告書(第1回~第3回)”熊谷組・鹿島建設共同企業体



図一10 飯田方(東口)第3回ボアロックによる水平ボーリング成果

随 想

土 竜 の 夢

硬軟岩用トンネル掘削機が欲しい!

「俺は土方だ!」と題を挙げて当誌に創刊間もない頃に駄文を書いたことが思い出される。内容は、土方の使う建設機械のエンジンはなるべく低速回転のもので、長時間連続運転にも耐える丈夫なものが欲しいぞ、という主旨であったと記憶している。

なぜそんな文章を書いたかをかいつまんで話すと、当時私は関東地建のモータプール（現在の技術事務所）にいて、主としてモータグレーダによる砂利道補修を担当しており、関東平野を走りまわっていた。使っていた主役のグレーダは、米軍から払下げられたキャタピラー製の No. 12 などの米国製のものであったが、国産のものもぼつぼつ試作機がはじめていた。しかし故障が多く、オペレータから敬遠されていた。

あるとき、新車を現場に配車するために回送することになったが、オペレータがおらず、私が自分で回送することになった。機械屋の技官と2人で国道4号線を現場基地まで北上したわけである。米国製のグレーダは走行速度も速く、50 km/hr ぐらいは出るのに、国産のものは半分以下の 20 km/hr ぐらいしか走らず、平坦な所では自転車に追い越されるような走り方しかできなかった。登り坂へ来るとやっこちらが抜き返すといった走り方で、のんびりと車上で2人交代で弁当を食べながら走ったものである。もちろんこの間エンジンはフル回転であったわけである。

このグレーダのエンジンは旧陸軍の6tけん引車に搭載されていたもので、グレーダなどの建設機械に載せて

長時間高速連続運転をすると、クランクシャフトのメタル焼損、ピストンとシリンダの焼付など、しばしばトラブルを起こしていた。それを知っているのに、油圧計と温度計などには特に注意しながら走っていた。

草加を過ぎ、越谷にさしかかった頃に雨が降り始め、早く目的地にたどり着きたい一心でスロットル全開で走り続けた。

自転車に追い越されたり、また、抜き返したりしながら、

雨でずぶ濡れになって夢中で運転していた。ちょうど国道沿いにある越谷の変電所の前にさしかかったとき、突然エンジンのあたりでガーンと大きな音がして、同時にモクモクと水蒸気が吹き上げ、ガクンとグレーダは止まってしまった。

瞬間、「しまった!」雨のことと前方に気を取られて計器をよく見ていなかったことが脳裡を走ったが、後の祭りであった。コネクティングロッドがシ

リンダブロックを破壊したのである。いわゆるエンジンが足を出したわけである。

「しまった!」という悔いの後に、大したロードもかけず、だましだまし走ってきたのにこんなことになったことに対する憤りのうっ憤が「俺は土方だ!」を書かせたのであった。

当時の建設機械はいずれも故障が多く、たとえばブルドーザにしても、排土板に土砂を一杯にして押しながらステアリングを切るとトラクタリングが破損することがままあるといった調子で、われわれは常にビクビクしな



山 本 元

がら使っていたものである。

ところで、当時の本誌「建設の機械化」はざら紙の10頁ぐらいの貧弱なものであった。20数年の歳月は、この機関誌が立派になった以上に建設機械も進歩させた。土工、舗装などの現場では全部機械で工事が行なわれており、しかもほとんど全部の機械が国産のものである。そしてアジアばかりでなく、ヨーロッパまで輸出されていると聞いている。

ある人はよく日本人は外国の真似をしているだけで、日本人が開発したものは少ないというが、建設機械もかつてのそのような時代を過ぎて、日本の風土に適した独特のものが数多く開発されていると思う。たとえば湿地ブルドーザなどはそのよい例であると思う。私達がかつて含水量の多い関東ロームに挑んで苦労したときの体験からこのような機種が開発されたことを思うと、当時の苦労も報いられるような気がする。

大変昔話や閑話が続いたが、本題のトンネルの機械化の話「土竜の夢」に入ろう。

山にトンネルを掘るには現在でも岩盤にせん孔して、これにダイナマイトをつめて発破し、そのずりをトンネルの外へ運び出す作業をくり返すのが普通の工法である。そのせん孔、ずり積み、ずり運搬の機械の改良は大変進歩し、種々の能率の上がるものが開発されてきた。

しかしこれらの機械類がいかに進歩しても、せん孔、発破、ずり搬出をくり返す工法をとっている限り、そのサイクルタイムを短縮することに限度がある。また、爆薬を使用するにしても危険性の問題がある。

そこで「土竜の夢」である爆薬を使用せずに、機械的

に岩盤を削ることが考えられ、現在いろいろと掘削機が開発されてきた。その一部はわが国でも使用されているが、しかしこれらの機械はいずれも外国で開発されたもので、比較的単一地質の所に使用されて実績を上げたものばかりで、日本のように断層破碎帯の多い山ではあまりよい実績が出ていないのが現況である。

現在の硬岩用トンネル掘削機は、かつて米軍私下げのブルドーザで含水量の多い関東ロームと戦っていた時代と同じような気がする。一度破碎帯にぶつかると、その突破に大変苦勞し、迂回坑などを掘って人力で掘削せねばならぬのが現状である。湿地ブルのように硬い岩盤でも破碎帯でも自由に掘進できる掘削機が早くできることを望むのが「土竜の夢」であるわけである。

幸い、当協会にもトンネル掘削機の研究委員会ができて勉強を始められたと聞いているが、今後のトンネル工事量の増大、坑夫不足などを思うとき、その研究とその成果から誕生するであろう画期的な日本中どの山へ持って行っても使える機械に期待する次第である。

「硬軟岩用トンネル掘削機が早く欲しいな。」

(日本道路公団技術部調査役)

トンネル建設特集(8)

神奈川県内広域水道 導水トンネル工事の機械化掘削

小 幡 康 雄*

1. ま え が き

神奈川県下における昭和 50 年度の水事情に対処するため、酒匂川総合開発事業計画に基づく日量 1,564,000 m³/日の導水計画が策定され、「神奈川県内広域水道企業団」の設立によって現在その事業も緒についた段階である(詳しくは本誌昭和 46 年 8 月号参照)。

本事業の一環として施工する小田原市曾我岸より相模原市当麻に至る内径 3.8~4.0 m、延長約 30 km に及ぶ導水路トンネル工事は、延長の点においてわが国では例を見ない規模であり、したがって、各地域により地質条件が異なるためにその施工方法もそれぞれ各工区ごとに違っている。

すなわち、トンネルボーリングマシンによる掘削、山岳シールド工法、発破によるものなど、近代トンネル施工技術のすべてが駆使されている。工事は 13 工区および 2 個所のサイホン工区とに分けられ、昨年の 8 月から

それぞれ発注し、すでに着工している。9 月 20 日現在 9,000 m の掘削が完了しており、最終工期の昭和 48 年 6 月末を目標に着々と進められている状況である。

トンネルのルートは、神奈川県中央部を扇状におおひ、丹沢山塊の山麓をぬうような形態に計画されている。これは工期の点と工事に伴う公害問題および土地の高騰など首都圏に所在する神奈川県の特異性を考慮に入れたものである。

2. 地質概況と施工法

導水路トンネルの通過地域は神奈川県内の代表的な河川である酒匂、相模両川の間地域である。北側は丹沢山塊の第 3 紀に属する凝灰岩、れき岩などからなり、また南側は大磯丘陵と相模沖積平野が開けている。

トンネル始点の小田原市から秦野市(第 4 工区)までは大磯丘陵で、地層の大半は砂れきで占められ、非常に豊富な地下水を滞水している。秦野市内の第 5 工区から

厚木市内の第 10 工区までは丹沢層群の緑色凝灰岩が主体で、その他、れき岩、砂岩および粘板岩の互層からなる比較的施工に適した地域である。第 11 工区より終点の第 13 工区までは白亜紀の小仏層からなる粘板岩地帯で、一部砂れき層よりなっている(図-1 参照)。

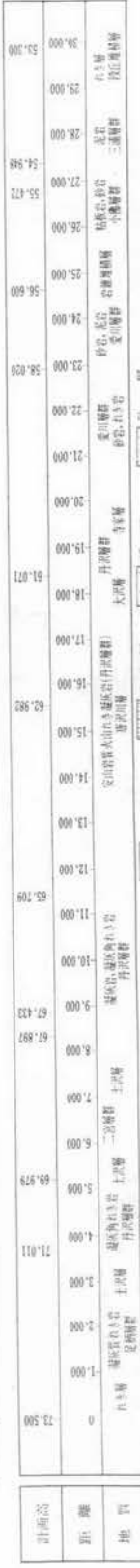
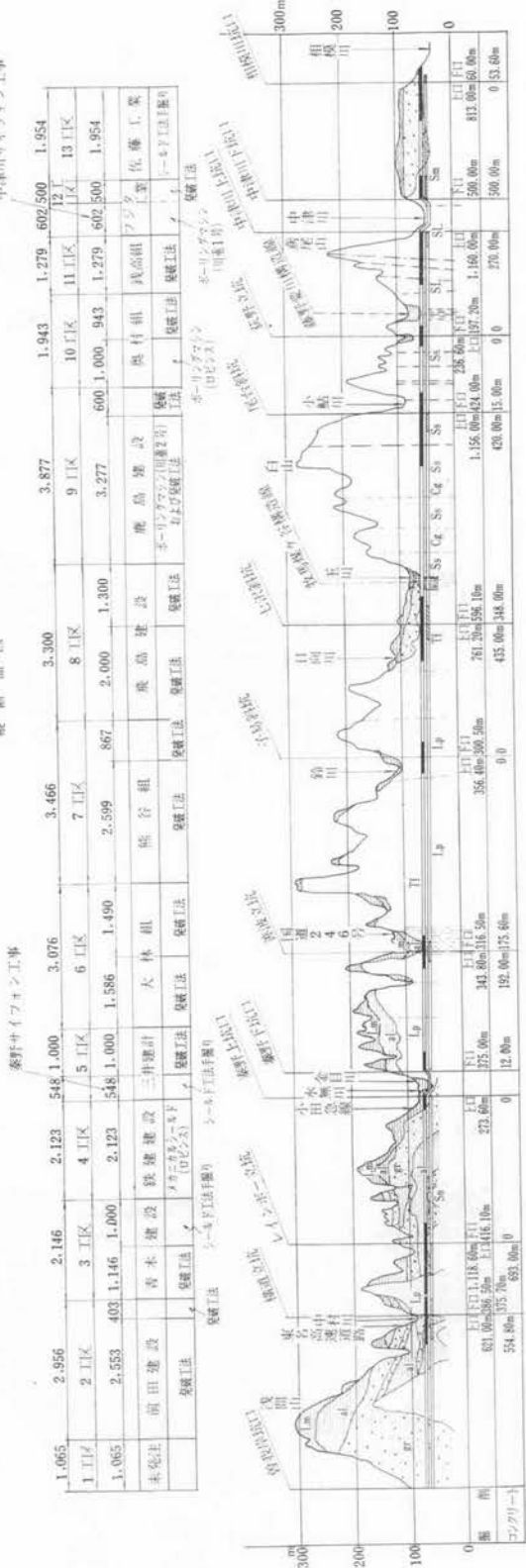
工法としては、全断面発破工法を主体に、一部土被りの少ない箇所および断層破砕帯の著しい部分には導坑先進切掛け方式を原則とし、特に砂れき層の多い第 3 工区、第 4 工区および第 13 工区にはシールド工法、さらに第 9 工区、第 10 工区のそれぞれ一部と中津川横断個所のサイホン部分はトンネルボーリングマシンによる掘削方法を採用することにした(写真-1 参照)。



写真-1 全断面発破工法による掘削断面

* 神奈川県内広域水道企業団工事部第一工事課長

概断面図



昭和46年9月30日現在出米高
 掘削累計: 10,412.10m (34.5%)
 巻立累計: 4,044.60m (13.5%)

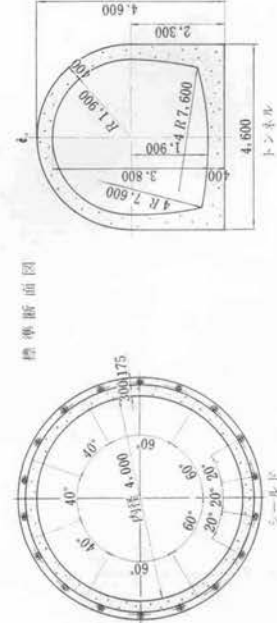


図-1 導水トンネル概断面図

以下、機械化施工をする第4工区のシールド式トンネル掘進機による施工方式、第10工区の小松ロビンスのT.B.M工法の現況、および第9工区と中津川サイホン部分の川崎・ジャブ機の使用計画の概要について述べる。

3. シールド式トンネル掘進機の導入

本機を使用する秦野市内の第4工区は大磯丘陵と丹沢

表-1 小松 TM 507 S-1 仕様諸元

最大推進速度	20 cm/min (最大)	シールドジャッキ用油圧ポンプ	55×2
機械推進力	2,400 t	コンベヤ用油圧ポンプ	18.5×1
ブームストローク	2,400 mm	エレクタ用油圧ポンプ	45×1
エレクタ回転数	0.3 rpm	エレクタ用油圧ポンプ	シールドジャッキと共用
エレクタ旋回角度	1.5 rpm	エキスカベータ用油圧ポンプ	55×3
シールド直径	5,072 mm	電	3φ, 400 V, 50 Hz
シールド全長	7,000 mm	源	

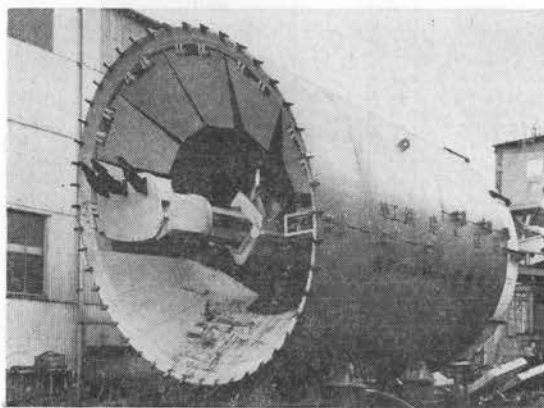


写真-2 小松 TM 507 S-1 シールド式トンネル掘進機

山塊に囲まれた秦野盆地内の扇状地堆積層を上口に向かって2,123 m掘進するものであり、地質はφ100~500 mm程度の円れきを大量に含む砂れきが主体で、非常に豊富な地下水を滞水している。

当工区は他の工区に比べて地元との補償問題に時間を要したために発注時期が遅れ、昨年12月となった。このため、従来の手掘りシールド工法では工期的にも不可能となり、したがって月進300 m以上の能力をもつ適当なシールドマシンが要求されたわけである。

すなわち、従来のロータリカッターヘッドタイプのメカニカルシールド機ではφ100~500 mmの円れきがあったのでは掘削はほとんど不可能なので、ここにシールド内部に装備されたエキスカベータにより切羽を掘削するシールド式トンネル機械の実現を見るに至った(写真-2参照)。

本機は米国のロビンス社で考案され、小松製作所で国産第1号機として製作されたもので、エキスカベータの作動は前後、左右の旋回はおろか、上下の昇降等も自由自在で、掘削したずりはエキスカベータのバケットで機内のベルトコンベヤに直接かき込むことができ、特に大容量のコンベヤ上にはずりを一時ストックできるので、ずり運搬車の入換え中であっても掘削およびかき込み作業を中断することなく常に連続して掘進が可能である。また、切羽面の崩落防止のためにシールド前面の上半部に油圧シリンダにより開閉する分割形プレッシングドアを設けて工事の安全性を高めている(図-2および表-1参照)。

セグメント組立用のエレクタは3組のピックアップを

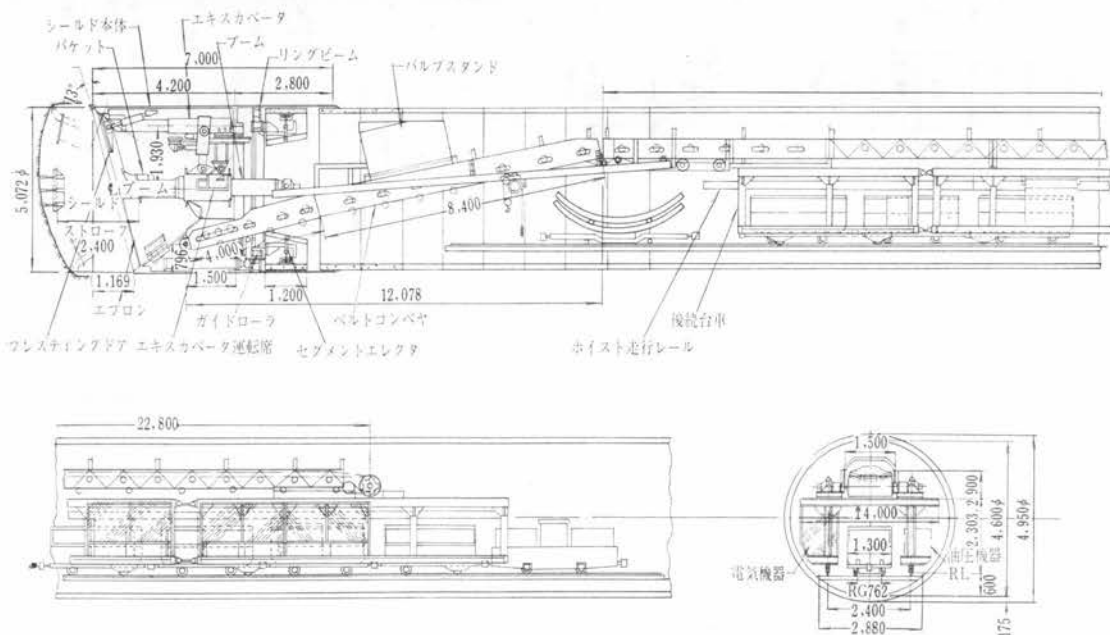


図-2 小松TM 507 S-1 シールド式トンネル掘進機構造図

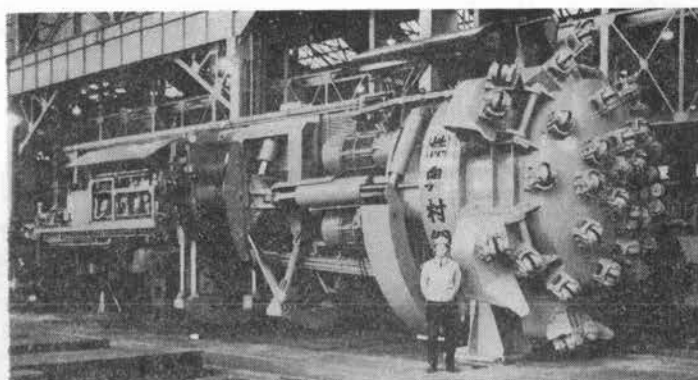


写真-3 小松ロビンス TM 480 G-1 トンネル掘進機

装備しているので1リングの建込みは極めて短時間で済み、かつまた当工区のセグメントは内径 4.8m を4分割とし、形状も従来の矩形タイプを幅 1.2m の台形として地山の荷重をシール方向にも伝達するような画期的なものとなっている。

7月28日に発進し、9月20日現在 310m を掘進したが、当初は油圧系統の故障などにより稼働率も非常に低かったが、最近では1日当り 16 リング、20m 程度の掘進が可能となっている。

なお今後の問題点としては、地山の深部に向かうにしたがって湧水量が増大するものと予測されるので、一応その対策としては地上からのディーブウェルによって地下水位を下げてこれに対処する計画であるが、いずれにしろ、その効果は完全とはいえず、このような条件下で本機のもつ機能が十分発揮できるかどうか最大の課題となろう。

4. 小松ロビンス機による施工状況

本機を使用している第 10 工区は厚木市の上荻野地内に内径 9.0m、深さ 27.0m の作業用立坑を構築して、上口 862m、下口 1,080m、延長 1,942m を施工するものであり、この上口を T.B.M 工法により掘削施工し、下口については従来の発破工法で施工するものである。

当工区の上口の地質は丹沢層群の砂岩、凝灰岩、泥岩により構成されており、岩盤の一軸圧縮強度はおおむね 200~1,000 kg/cm² で、また、弾性波速度も 3.3~4.1 km/sec 程度のかかなり亀裂の多い変化に富んだ地層であるが、湧水はほとんどない。

表-2 小松ロビンス TM 480 G-1 仕様諸元

掘削地質	中硬岩 (圧縮強度最高 2,000 kg/cm ²)	推進速度	Max 12 cm/min
掘削直径	4.2m, 4.4m, 4.6m, 4.8m	グリッパ押付力	700 t
掘削最小曲率半径	80 m	電源	6,600/3,300 V (60 Hz)
カッターヘッド推力	500 t	(1次側)	6,000/3,000 V (50 Hz)
カッターヘッド回転速度	5.0 rpm	電源用変圧器容量	750 kVA
推進ストローク	1,100 mm	機体全長	約 17 m (後続 台車を除く)

(注) 上記仕様は 60 Hz の場合である。

このようなデータなどを検討した結果、この上口については T.B.M 工法が可能と考えられ、特に奥村組の強い要望もあり、これを採用することとした。使用する機械は岩盤用トンネルボーリングマシン小松ロビンス TM 480 G-1 で、これは小松製作所が米国のロビンス社との技術提携により製作した国産第 7 号機で、掘削径 4.8m としてはこの種ではわが国最大のものである(写真-3、表-2 参照)。

本機の構造はすでに多くの文献で紹介されているので、その特徴のみについて記述すれば、掘削径は 4.8m、4.6m、4.4m、4.2m の 4 種類に変更可能な構造であり、4.8m、4.6m 用および 4.4m、4.2m 用の各 1 組のバケットを交換し、バケット取付位置を移動することにより容易に掘削径を変更できるものである。これは後述するジャーバ機についても同様であるが、T.B.M の経済性の面で特に転用性が問題となるのでこの点に留意している。

昭和 46 年 7 月 10 日より掘進を開始したが、坑口付近の地質が非常に亀裂の多い砂岩であったため山留などの作業に手間どったことと、オペレータの不慣れとが重なり、実掘進は思ったほど伸びなかった(写真-4 参照)。

しかしながら 80m 付近からは切羽も安定してきて、9月8日には最大掘進長 13.7m を記録した。運転開始以来 2 か月を経過しており、機械的なトラブルによる運転休止などは特になかったが、8月にはお盆による労務者の帰省および調査用水平ボーリングと資料の正確をきするため 8月に全カッタを交換した等の事情もあり、

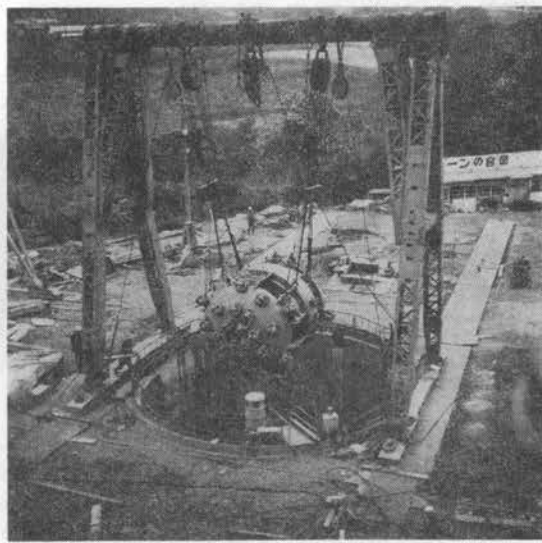


写真-4 小松ロビンス TM 480 G-1 の立坑内へのつり込み作業

実稼働日数としては34日間で225.4mを掘進し、その平均掘進長は6.6m/日であった。今後はいよいよ山の深部に向かい、地質も安定し、オペレータの熟練度も高まるので日掘進長も増大するものと思われる（写真-5参照）。

5. 川崎・ジャーバ機の使用

この機種は、米国ジャーバ社の技術を導入して川崎重工業が製作したもので、国内においては現在2機あり、そのうちの1機は中津川横断部のサイホン工事に、また他の1機は第9工区と、はからずも2機とも本導水路トンネル工事に使用されるわけである。

しかしながら、いずれも国内における使用実績がまったくなく、前述の小松ロビンス機などはすでに7機も製作されており、使用実績においてもかなりの評価がなされている。今後の工事進行に伴い、これらに対比した場合、各々の長短がどのように現われるかが非常に興味ある問題である。

第9工区は厚木市飯山地内に位置し、170mの作業用斜坑により上口3,277m、下口600m、合計3,877mを施工するもので、工区延長としては本導水路トンネル中最長のものである。

当初はこの作業坑から全延長を発破工法により施工する計画で工事に着手したが、施工途中において特に上口の3,277mが延長的にも工期の点で不安が生じてきたので、請負業者である鹿島建設においては急拠第8工区との工区境付近に深さ30m、内径8mの作業用立坑を掘削し、これより約1,000mの迎え掘りを前記T.B.Mで施工するため現在機械の搬入および組立作業を実施中である。

地質としては凝灰岩、砂岩およびれき岩で、一軸圧縮強度は400~1,400kg/cm²程度である。

以下、本工区で使用される川崎・ジャーバ MK 17-480機の概要を述べる（写真-6、写真-7、表-3参照）。

まず機械本体の構造については図-3、図-4に示す

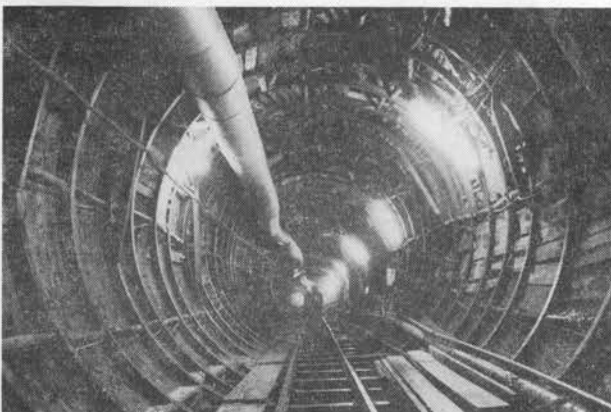


写真-5 小松ロビンス TM 480 G-1 による掘削断面 (第 10 工区)

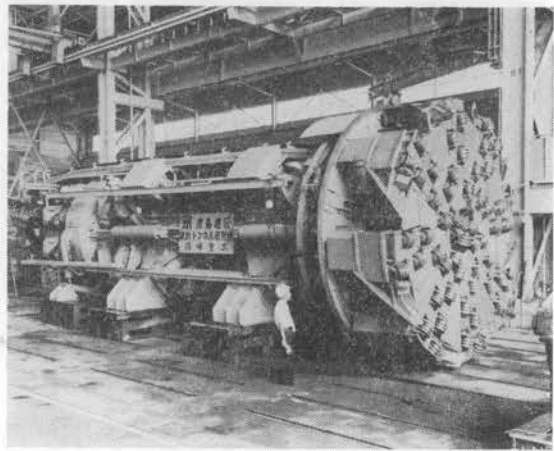


写真-6 川崎・ジャーバ MK 17-480 トンネル掘進機

表-3 川崎・ジャーバ MK 17-480 仕様諸元

掘削径	4.8 m (Max 5.3 m)	電動機出力	75 kW × 1 台
全長	約 12 m (本体のみ)	油圧ポンプ出力	15 kW × 1 台
カッタヘッド推力	Max 850 t	電動機出力 その他合計	約 70 kW
カッタヘッド回転数	7.5 rpm (50 Hz)	電源装	6,000/6,600 × 900 kVA
推進ストローク	1.2 m	カッタ	センター 2 個、 ゲージ 8 個、 インサイド 46 個
コンベヤ運搬能力	200 t/min	付属設備	パワーユニット 台車 1 両、移動 プラットフォーム 7 両
最小曲率半径	80 m		
電動機出力 カッタヘッド	90 kW × 6 台		

ようにローラカッタを切羽面に押付けて岩を圧砕する形式で、それに必要な多数のカッタを装備するカッタヘッドとこれを回転させる駆動部とが一体となった前後の可動フレームと、掘削によって生じる回転トルクおよび軸方向推力による反力を坑壁に伝えるためのクランプレッグ（小松ロビンスの場合はグリッパと呼ぶ）をもつ本体フレームとからなっている。

可動フレームは前後4組ずつあるトルクアームを通じて本体フレームからクランプレッグを経て坑壁に伝わる仕組みになっている。推進シリンダは本体フレームと可動フレームの間に取付けられたプッシュおよびプルシリンダよりなっている。

カッタヘッドは8本のスポークで構成されており、その先端には掘削したずりをかき寄せるためのスクレーパおよびバケットがあり、機械上部のベルトコンベヤによってずりを搬出する。カッタヘッドの直後にはルーフプロテクタがあり、その下側に支保工用エレクタが装備されている。

さらに、可動フレームの後方には駆動装置があり、これは6台の電動機と減速機およびピニオンと1個のギヤからなり、別に2台の油圧モータを装備している。

本体フレームに取付けられた8本のクランプレッグは前後にX形に配置され、T.B.M本体を固定しながらセンタリングを行なうと同時に、可動フレームの前後に取付けられたサポートレッグ

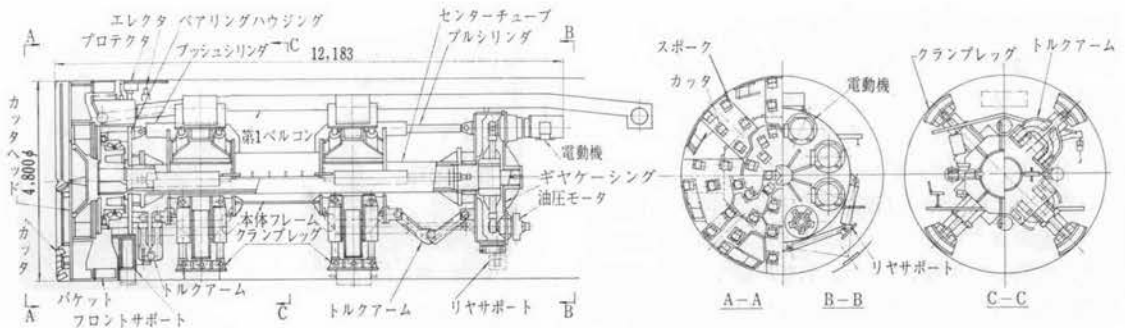


図-3 川崎・ジャーバ MK 17-480 構造図

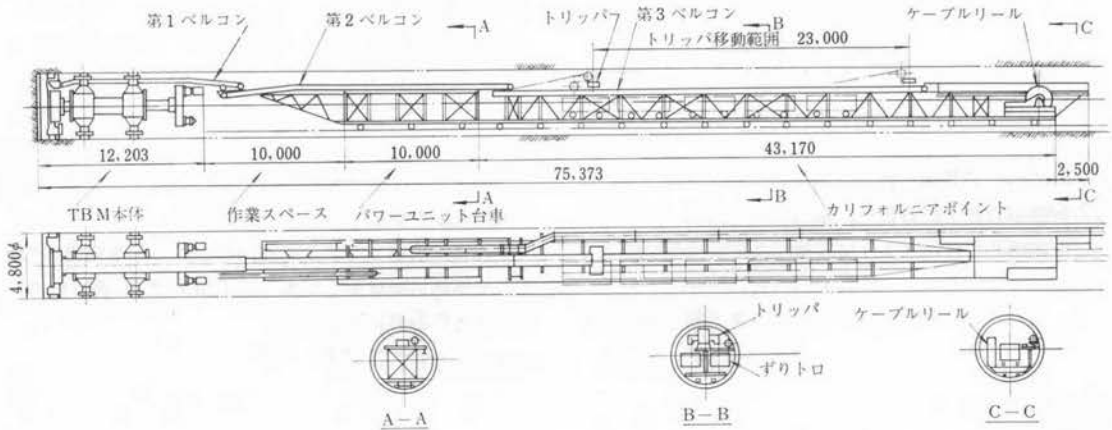


図-4 川崎・ジャーバ MK 17-480 後方付属設備

によって機械のリセットも行なう。カッタヘッドの直後に取付けられたダストシールは切羽部と機械本体を分離してダストの飛散を防ぎ、吸引送風機によって集塵する。

付属設備としては、図-4 に示すように本体後方にはパワーユニット台車とカリフォルニアポイントをけん引しており、 4.5 m^3 ザリトロ 5両編成の2列車が同時に停車でき、この部分で列車の入換えおよびザリ積み作業が連続して行なえるようになっている。

本機の特徴としては、まず構造的に全体のバランスがとれていること、すなわち前方のカッタヘッド部と後方の駆動部との間にクランプレグがあり、このクランプレグの間に機械の重心があるために操縦性にすぐれ、また8本のクランプレグは機械の固定を確実にし、単位レグ当りの反力を小さくすることができるので軟弱地盤にも適する。

前述の第10工区の小松ロビンス機においては、たまたま泥岩部の圧縮強度が 200 kg/cm^2 程度の場所でグリッパが地山にめり込んでしまうために鋼矢板などで補強しながら掘進した実績があるが、本機の場合にはそのような懸念はないものと考えられる。

カッタヘッドは岩の不均一に起因する偏荷重および振

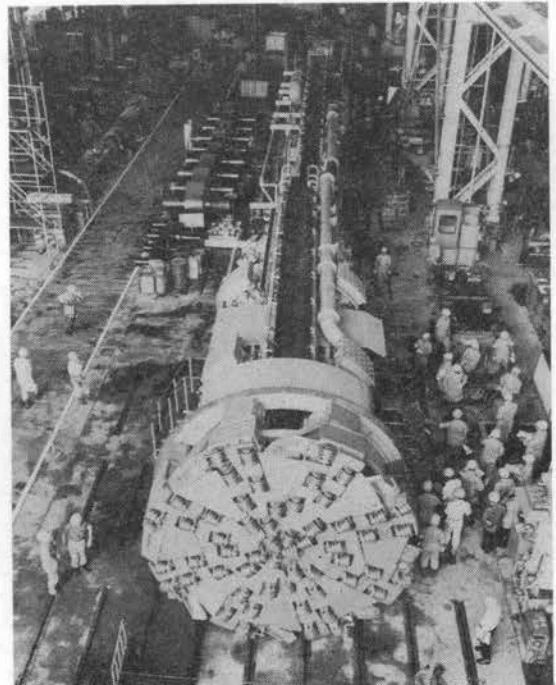


写真-7 上方から見た川崎・ジャーバ MK 17-480 トンネル掘進機

動を防ぐために有効な平板状に構成され、したがって、ずりの堆積が少なく、2次破碎を防止でき、カッタの寿命延長にも役立っている。さらに8本のスポークを交換することにより掘削口径を大幅に変更することも可能で、カッタヘッド自体がショックアブソーバで支持されているために掘削時の直接衝撃を防ぐと同時に、切羽面への接触をよくしている。また、カッタは米国リード社製で、大別して5種類があり、岩盤の硬度などにより使い分けられるが、本工事においてはQKCおよびQKの2種類を使用する予定である(写真-8および写真-9参照)。

作業性の面からは脚の配置がX形のためかなりの空間があり、資材および支保工などの搬入が容易で、カッタヘッド直後に取付けられたエレクタによって掘削作業中における支保工の建込みも可能で、作業上も安全性が向上する。

そのほか、T.B.M 施工において最も重要なことに機械の稼働率の向上があるが、本機はずり搬入、資材搬入などを効率的に行なうように有機的な後方設備を備えている。

次に中津川の横断部においてもフジタ工業で本機第1

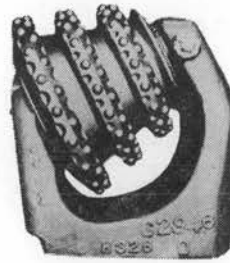


写真-8 QKC カッタ



写真-9 QK カッタ

号機を使用するのであるが、河床堆積の砂利層15m、さらにその下の被り20mの粘板岩層を400m掘進する。これは昭和47年1月頃より機械を発進することになるが、なにぶんにも河底のためクラックなどからの湧水、また青函トンネルなどと同様地山をゆるめることが直接河川の表流水を坑内に導くことになるので、T.B.Mの最大の利点が生かされることとなる。

最後に、前述したように国内における工事実績が皆無のため米国におけるこれまでの工事実績を表-4にあげ、大方の参考に供したい。

表-4 川崎・ジャーバトンネル掘進機実績表(外国例)

名称	工事番号	工事場所名	工 期	トンネル長(m)	掘削径(m)	岩 質	圧縮強度(kg/cm ²)	カッタ形式(リード社)	平均掘進速度(m/hr)	稼働率(%)	備 考
MK 8 1号機	1	セントルイス	1965年11月29日 1966年4月12日	270	2.44	石灰岩	980~1,200	QKC	1.31	42.1	
	2	〃	1966年4月13日 1966年7月20日	940	2.44	〃	980~1,200	QKC	1.51	40.9	
	3	〃	1967年9月5日 1967年12月8日	1,000	3.05	〃	980~1,350	QKC	1.26	53.4	
MK 8 2号機	1	セントルイス	1965年6月9日 1965年12月7日	950	2.44	〃	980~1,350	QC/QH		39.2	
	2	〃	1966年1月11日 1966年4月13日	860	2.44	〃	980~1,200	QKC	1.27	44.6	
	3	シカゴ	1968年3月12日 1968年7月1日	830	2.44	〃	700~1,150	QKC	1.5		
	4	ミルウォーキ	1970年4月13日 1970年7月21日	1,300	3.05	〃		QK	2.2		
MK11 1号機	1	鋤山	1967年4月22日 1967年11月20日	230	3.05	マグネタイト 花崗岩 安山岩・凝 灰岩・流紋 岩	700~2,460	QC/QKC	0.5		27°傾斜 下向き
	2	ラスベガス	1968年9月30日 1969年6月29日	6,100	3.66	石灰岩	100~1,620	QC/QKC	3.0		
	3	ミルウォーキ	1969年10月24日 1970年3月18日	1,220	3.40	石灰岩	~1,700	QK	1.48		
MK14 1号機	1	ペンシルバニア	1965年8月	490	4.15	内雲片岩	420~1,760	QK/QKC	1.34	42	
	2	セントルイス	1966年10月6日 1967年4月25日	1,250	3.20	石灰岩	980~1,750	QKC	1.1	39.6	
	3	ミシガン	1967年9月17日	1,220	3.96	硬砂岩 ヘマタイト	700	QKC	1.53		
	4	ミズーリー	1970年1月28日 1970年6月4日	540	4.27	砂岩、頁岩	500	QK	1.65		17°傾斜 下向き
MK21 1号機	1	サンフランシスコ	1968年5月1日 1969年9月	2,140	6.10	緑岩	140~1,270	QKC	1.60		
MK21 2号機	1	シカゴ	1969年6月9日 1970年11月19日	5,500	5.14	ドロマイト 石灰岩	1,400~2,400	QK	1.88		
MK21 3号機	1	ニュージラランド	1971年4月		6.30	安山岩	~2,100				工事中

トンネル建設特集(9)

足尾線草木トンネルの施工概要

庄 田 惇*

1. ま え が き

草木ダムは、利根川総合開発計画の一環として渡良瀬川上流の群馬県勢多郡東村大字神戸地内に築造される多目的ダムで、水資源開発公団の事業である。

この草木ダム建設に伴い足尾線神戸～沢入間約5kmが水没することになるので、この区間の線路付替が必要になった。このため湛水区間に草木トンネルを湛水後の湧水などを考慮して最小離れ200mとして計画し、現在施工中である(図-1、図-2参照)。本トンネルは2工区に分割され、1工区は直接本坑に、2工区は斜坑による掘削を計画したが、本工事施工に先立ち、硬岩トンネルの発破工法による次の2点に取り組むこととした。

① 急速施工ならびに省力化

② 余掘りの減少(スムースプラスティング工法採用)である。①についてはドリルジャンボの改良に重点をおき、②についてはジャンボの改良によるせん孔精度の向上によりなんらかの結論を出したいと思っている。

2. 施 工 概 要

草木ダム建設に伴う線路付替延長は6.1kmであり、その内訳は、トンネル5,560m、橋りょう196m、路盤305mである。

草木トンネルは延長5,242mの単線形鉄道トンネルである。地質は神戸方より約1,200mはホルンフェルス化した粘板岩であり、それ以外は花崗岩である。本トンネルは全断面掘削工法を採用し、工区は二つに分割して、第1工区はトンネル延長2,855m、第2工区は延長2,387mである。両工区ともせん孔には9ブームライトドリフタジャンボを使用する。

第1工区は、ずり出しはロッカショベルRS-95と5m³トロを組合わせ、けん引には8tディーゼルロコを使用する。なお、本工区は坑外もジャンボ退避距離とみなし、坑口よりリングカット(全断面)工法を行ない、岩到達時期をみこして坑口でジャンボ組立を行ない、岩到達(約50m)と同時に全断面掘削に入り、多少なり

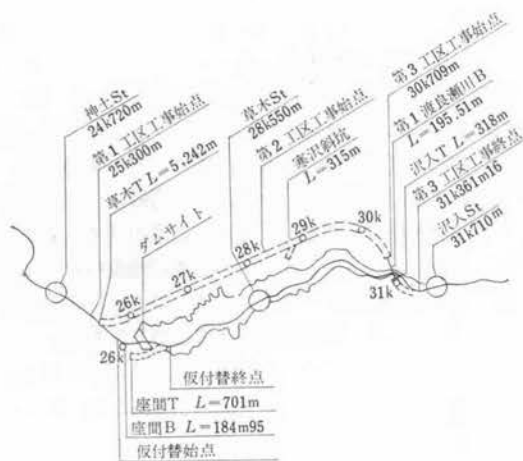


図-1 草木トンネル平面図

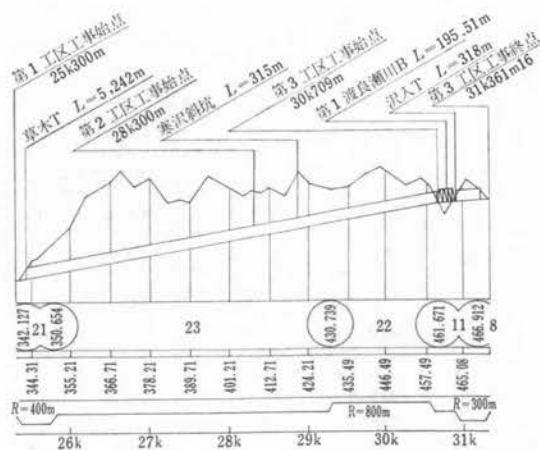


図-2 草木トンネル縦断面図

* 日本国有鉄道信濃川工事局土木課長

表-1 主要機械一覧

名 称	形 式	メーカ	1工区	2工区
＜坑内＞				
ドリルジャンボ	油圧自動 9 ブーム 2 デッキ R.G 3.4 m	古河鋳業	1	1
鋼 車	サイドタンク 5 m ³ 4.5 m ³		16	8
ブレスクリート	P C-30 3.0 m ³	丸 矢 工 業	2	2
ザリ積み機	RS-95 A 0.6 m ³ 20 PS×2 20 m ³ /min	三井造船 太 空 機 械	1	1
ディーゼル機関車	UDL-108 8 t 95 PS	日本車輛	8	
バッテリー機関車	BL 8-M 8 t BL 12-M 12 t	日本輸送機		3 4
バックホウ	CT-3 0.3 m ³	古河鋳業	1	
ローカルファン	軸流 3.7 kW	西部電機	4	1
鋼車転倒装置	油圧式 5.5 PS (パワーポンプ)	大阪車輛	1	1
クラッシュャ	ジョー形 15 HP (ザリピン)	前川製作所	1	1
プレートフィーダ	E.G.F 11 kW	古河鋳業	1	1
水中ポンプ	泥水用 250 φ 200 φ	ツルミ製作所	1	1
＜坑外＞				
コンプレッサ	BTD-ICC バランス 150 kW 7 kg/cm ² 33.7 m ³ /min 595 rpm V形 200 HP 7 kg/cm ² 31.1 m ³ /min 100 rpm	日立製作所 石川島製作所	1 1	
＊	XSS-WRC 75 kW 7 kg/cm ² 15.8 m ³ /min 970 rpm	日立製作所	3	
＊	半星形 WN-114 235 HP 7 kg/cm ² 39.2 m ³ /min	石川島製作所 三井三池製作所		3 2
コントラファン	15 kW			2
プレートフィーダ	120 t/hr 150 t/hr	佐賀工業	1	2
＊				
ブルドーザ	D 50 S 1.3 m ³ 12 t 55 PS	小松製作所	1	
ショベルドーザ	VH 03 0.3 m ³ 8 t	日立製作所	1	
ダンプトラック	8 t	いすゞ自動車	2	
パッチャプラント	全自動 21 才 2 台用	石川島製作所	1	
ロータリチップラ	5 m ³ 用 15 PS		1	
ベルトコンベヤ	ウインドリフト 30° 25 m 600 mm (骨材)	西部扶そう	1	
＊	110 kW 300 t/hr 90 m/min l=340 m 900 mm (斜坑)			1

表-2 ドリルジャンボ諸元

項 目	1 工 区	2 工 区	項 目	1 工 区	2 工 区
ブーム装備数	9	9	チェリービッカ	有	なし
全高 (mm)	約 5,300	約 5,400	軌 間 (mm)	3,400	3,400
全幅 (mm)	約 4,250	4,400	全備重量 (t)	約 3.0	3.4
全長 (mm)	約 12,600	16,330	メーカ	古河鋳業	古河鋳業
デッキ数	2	2	形 式	ガントリー 一形	ガントリー 一形

工区別	1 工 区		2 工 区	
	形式または形状	数量	形式または形状	数量
ドリフタ	F11-S 11 (シリンダ径 85 mm)	9	F11-W III (ジャンク 22 H × 108 mm)	11
ガイドセル	GSA-25A スクリューフィー ード (2.5 m)	9	GSA-25A スクリューフィー ード (2.4 m)	9
オートフィーダ	5F-C (オートバックバル プ付)	9	AF-5 (オートバックバル プ付)	11
ブーム	JK (パンタグラフロータ リブーム)	4	JK (パンタグラフロータ リブーム)	6
ブーム	J C (クロスオーバーブーム)	5	J C (クロスオーバーブーム)	3
パワーポンプ	MP-5 (ベーンタイプエア モータ直結ギヤ)	4	MP-5 (ベーンタイプエア モータ直結ギヤ)	4
ラインオイル	LO-450 (容量 450 cc)	13	LO-450 SI (容量 450 cc)	15
エアモータ	MR-8 (出力 8 PS)	2	MR-8 (出力 8 PS)	2
ウォータタンク	2 m ³ (制限圧力 7 kg/cm ²)	2	2 m ³ (制限圧力 7 kg/cm ²)	2
エアレシーバ	2 m ³ ()	1	1.2 m ³ ()	1
チェリービッカ	巻上容量 4 t 巻上速度 7m/ min エアホイスト 15 PS	1	なし	

とも工期の短縮をはかった。リングカット工法は坑外設備との関連もあり、一方のみの施工で 1 m/日の進行であった。

第 2 工区は斜坑 (315 m) による施工を考え、斜坑坑底に碎石設備 (ジョークラッシュャ) を設けて小割りし、ベルトコンベヤでザリピンまで搬出する。なお、本坑のザリ出しはロッカショベル RS-95 A とトレーンローダ (900 W×30 m) との組み合わせにより鋼製横転式トロ 4.5 m³ 8 台を替换えなしに積込む。けん引にはバッテリーロコを使用する。現在斜坑設備も完了し、8 月中旬より全断面掘削を施工中である。なお参考までに主要機械を表-1 に示す。

3.9 ブームライトドリフタジャンボ

近年せん孔技術が進歩し、その反面坑内労働者は不足し、ことに各地におけるトンネル工事の増加はその傾向を特に強めている。ここに省力化をはかり、少数精鋭主義の実施をぜひ実現すべき必要に迫られている。また、せん孔に伴う疲労を軽減し、振動や騒音による障害を減少して災害を未然に防止することがせん孔作業に要求されると同時に、トンネル全体については併せて急速施工と余掘りの減少を推進する必要がある。

硬岩における急速掘進を進めるにはせん孔速度の高い機械を選定することは論をまたないが、長丁場においては瞬間的速度が早いだけではいけない。実績の多い安定したさく岩機、しかもアフターサービスの完璧な機械でなければならない。メーカがすぐ近くであることの利点を十分利用できる、安心感のあるため、当工事においては古河製品を使用することとした。

ブーム数の決定については、一応従来のデータより 100 孔前後を想定し、ドリフタ 1 台当り 10 孔前後をせん孔分担させるとして、ロータリバンタグラフブーム (JK)、クロスオーバーブーム (JC) をフルに利用するようにして 9 ブームとした。機械配置は図-3 のとおりであり、その諸元は表-2 のとおりである。なお、さく岩機はライトドリフタを採用することとした。最近のライトドリフタはショートストロークのため打撃数が非常に高く、従来のヘビードリフタをしのぐせん孔速度を有している。仕様は表-3 のとおりである。

なお、今回採用した古河ガントリー形 9 ブーム特殊ジャンボの特徴の概略を示せば次のとおりである。

① ワンマン、2 ドリル実現のためオートストップ、オートバックを取り入れた。これは熟練技

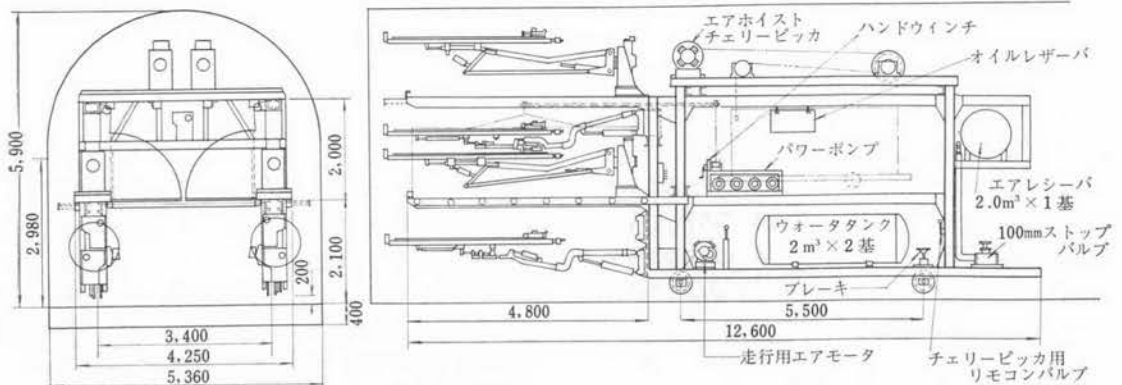


図-3 (A) ドリルジャンボ概要図 (第1工区)

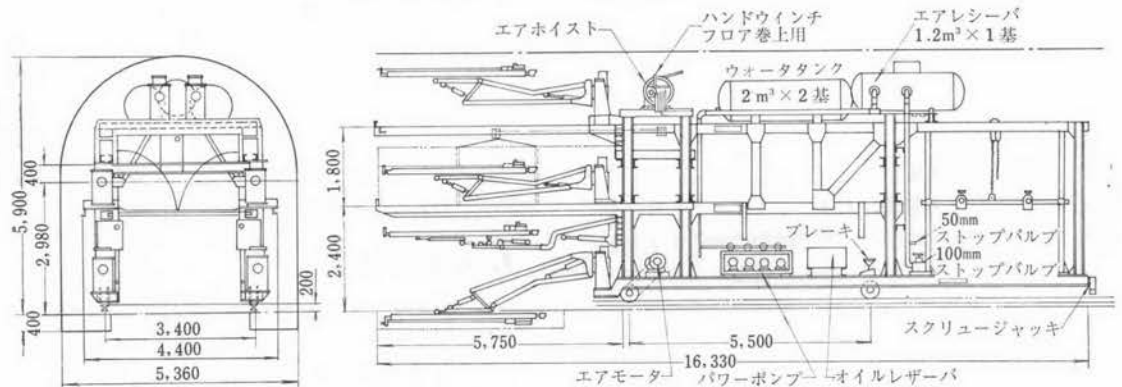


図-3 (B) ドリルジャンボ概要図 (第2工区)

術者が一般的に少なくなり、人手不足は免れない現実である。したがって少数精鋭主義の実施をぜひとも実現させる必要があるためこの機構を採用した。

② 上記装置とともにロッドの回転確認を、従来はロッドを目視によって確認するか、フィードチェンを手で触れて行っていたが、どちらも現実的でないため、フィードスクリーの回転をオートフィードの後部に取付け、夜光塗料で判然と確認できるようにした。

③ 孔尻における孔位置の決定を機械的に決定させる必要とともに、ドリルロッドと岩盤を常に最も近い位置におくため平行移動とともに回転可能なロータリパンタグラフームを採用した。

④ ガイドシェルは心抜き2.1mまでロッドの交換を行わずにせん孔できる有効フィードを2.5mに設計した。

なお、従来鉄道単線トンネルにおける最多ブーム11台と今回当工事に採用した9ブーム、およびJK、JC、JBFの各ブームのドリフトラインを図示すれば図-4のとおりである。

ブームの改良により在来11ブームの作業が9ブームで可能になり、それによりドリフトとドリフトの接触事故、通過車両とジャンボとの接触による機械破損、また

人身事故も減少することは確かである。さらにスペースを広くとり得ることにより切羽作業員の活動を自由に、切羽災害の防止に役立っている。このブーム減少による省力化と、今後ワンマン、2ドリル、3ドリルへと移行することにより省力化をますます強力に推しすすめるなければならない。

前にも述べたとおり、JK、JCブームは各ドリフトのオートストップ、オートバックの装置が取付けてあり、せん孔が終了すると自動的に停止、後退ができるようになっている。また従来のブームと異なり、せん孔への位置移動が簡単になっている。すなわち、従来のブームはブームの左右、上下移動、ガイドシェルの左右、上下移

表-3 F11 ライトドリフト仕様

機 体 重 量	30.5 kg	回 転 数	220 rpm
全 長	550 mm	ピ ッ ト ゲ ー ジ	38 mm
シ リ ン グ 径	85 mm	空 気 消 費 量	4.0 m³/min
ピ ス ト ン ス ト ロ ーク	49 mm	空 気 圧	5.0 kg/cm²
打 撃 数	2,400 bpm		

表-4 配置人員比較

職 種	ジャンボ種別	11ブームドリル ジャンボ	9ブームドリル ジャンボ
さく岩工		11人	9人
さく岩助手		6人	2人
計		17人	11人

動を各々独立して行なったが、JK ブームではパンタグラフの上下、ブーム回転の2作業ですむようになっており、作業員の技能差に関係なく指し角を一定に保つことができ、かつ回転するため機械が岩盤に一番近い所で掘削することができる。これら改良されたブームのみによっても余掘りの減少がなされることは確実である。ちなみに、第1工区コンクリート打設延長 730m の平均余巻率は 67% である。ドリルジャンボの改良により省力化、急速化、余掘り減少の課題が一步前進したかたちでなされていると思われる。

4. スムースブラスティング

トンネル掘削の余掘りを少なくすることは必ず搬出、コンクリート打設量、土捨場などに大きな影響もっている。ひいてはトンネルのスピードアップ、コストダウンに通ずる。

本工事ではプレスピリッティング法により無普請区間について施工する予定であるが、とりあえず試験的に現在まで2回行なった結果、大体うまくゆきそうである。まだ全面的に行っていないので結論は後にゆずりたいと思うが、ブーム改良によるせん孔精度の向上がスムースブラスティングの成否の鍵をにぎっている。

5. 音響による施工管理

トンネル工事における施工管理は、まず切羽の作業状態を知ることが先決問題である。第1工区において、おもにサイクル管理であるが、音響による集中管理を行な

っている。

すなわち、坑内はジャンボによるせん孔、ロッカショベルによるずり積み、発破、エア放出による換気などすべて音を発する機械であり、各音には特徴があるため切羽より 60m ぐらい離れた所に集音マイクをおき、現場事務所でサイクル管理のできるような装置をしているが、今後これをさらにうまく利用するとすれば、次のようなことが考えられる。

すなわち、切羽作業員との直接会話により作業変更などができ、坑内と坑外との状況の把握ならびに連絡を密にすることができる。またマイクロホンの増設により坑内の異変を直ちに知ることができる。

工業用テレビによる方法も云々されているが、高価であり、また作業員にとっても監視されているという心理的束縛感があり、いろいろ問題点もあるが、音、声による（全断面工法、上半先進ベンチカット工法などでない）とむずかしいと思うが）発破時の作業員への周知、機関車の出入れ状況の理解など、作業員の安全を守る装置が今後考えられてよいのではないと思われる。

6. あとがき

以上、草木トンネルの工事施工の概要について述べたが、8月末現在、進行も思うようにはかどらず、岩は硬いが割合に目があり、肌落ち防止のためどうしても支保工が必要である。1発破進行も 1.5m に押えられ、現在のところ1カ月進行は 170m 前後であり、最高月進は 210m である。

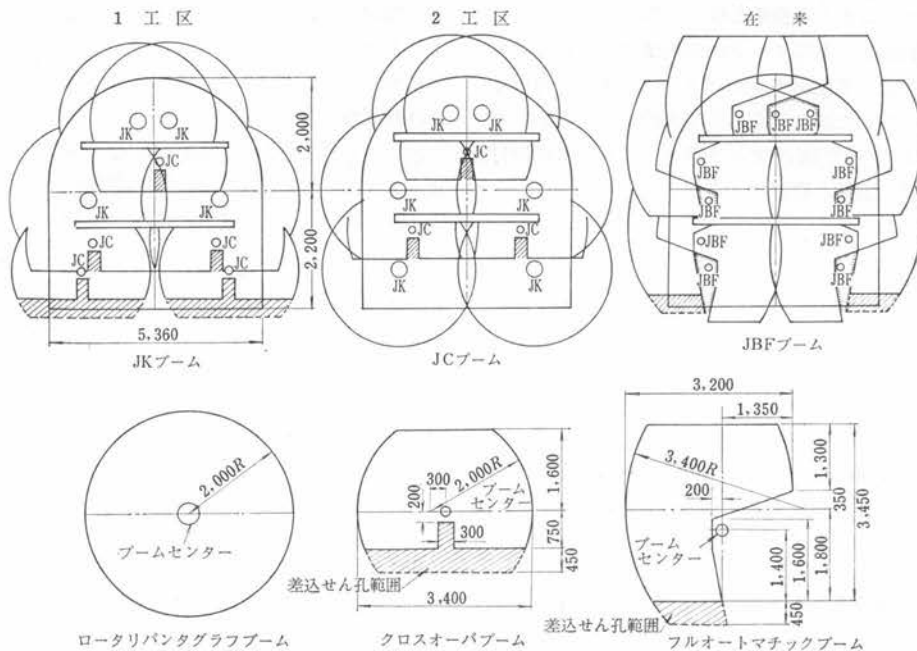


図-4 ドリフトライン

トンネル建設特集 (10)

トンネル工事の作業管理システム

大久保 紀 生*
安藤 芳**

1. まえがき

元来建設工事はダム、トンネル、発電所、橋りょう、道路、鉄道、上下水道など工種の種類が広汎多岐にわたるだけでなく、その対象が自然の複雑な地形、地質や天候、気象などの野外条件に直接関係するため、すべての条件が各工事によって変化し、たとえ同種の工事であってもその作業は決して同じものではなく、また、通常固定した構造物を造るために設備、機械および人間が移動して作業しなければならないことなどによって工事の過程がきわめて変化に富んでいる。

しかしながら、いかに不安定条件が多いとはいえ、一連のインプットが一連のアウトプットに変換される過程であることに変わりはない。したがって工事の過程をもっとも合理的に計画し、管理するための一般的な基礎技術が確立されるべきである。

特にトンネル工事においては、ダムなどの施工が平面的であるのに対して直線的であるため、工事の全体的同時把握が困難であり、作業（施工）管理の良否が作業速度、作業品質および安全作業に及ぼす影響は大きく、そのため熟練した工事管理者が必要であった。しかしながら、トンネル内の作業は流れ作業であって、一見簡単にみえるが、トンネル内のため見通しが悪く、特に長大トンネルの場合、作業場所や異なった工種が多く、これらは輻輳し、競合しているため、個々の進捗状況を全般的に把握することは熟練した工事管理者でも困難となってきた。

従来、現場において日常行なう作業、進捗管理としては作業日報で行なうのが一般的である。作業日報には各作業のサイクルタイム、出面、使用火薬量、機械稼働時間、地質、湧水の状況、支保工の異常、その他特記事項が記入されており、通常作業日報は1日の作業が完了し

た時点で提供される。工事指揮者はこれに基づいて種々考察し、判断して指示するのであるが、資料は1日遅れであり、またサイクルタイムなど必ずしも正確とはいえない。さらに当日の各作業がどのように行なわれ、どのような問題点があったかを作業日報からその全部を判断することはむずかしい。もちろん工事指揮者は1日数回トンネル内を巡回し、必要に応じて問題点を指摘し、是正処置を指示するであろうが、それにしても工事全体を同時に把握することは困難であるのが現状である。

これらの弊害を除去し、さらに施工速度を上げるため、また事故防止のためにもトンネル内で刻々変わる各作業状況を早急に把握し、工事指揮者が正しい判断を下し、短時間に末端まで指示できる作業管理システムの確立が必要である。

2. トンネル工事の作業管理の現状と将来

トンネル工事の新しい作業管理システムを確立するためには、現在一般的に行なわれている作業管理の問題点を知ることが重要である。

現場において日常行なう作業管理としては、先に述べたとおり日報で行なうのが一般的である。工事指揮者は日報に関し次の点を考察する。

- ① 計画どおりの掘削進行、コンクリート打設が確保できたかどうか。
- ② 計画進行が確保できない場合の原因究明
- ③ 予想した地質あるいは湧水量であったかどうか。
- ④ 作業に危険性はないか（特に支保工の安定性）。
- ⑤ 各作業に無理、むだがなかったか。

工事指揮者はこれらの考察を行なったのち、たとえば計画進行が確保できない原因を除去するように指示し、また地質が悪くなり、湧水量が増大して工事の進行に支障をきたすようであれば、水平ボーリング、弾性波探査などを実施し、必要があれば段取替えや工法の変更を検討して実施する。

* 鹿島建設（株）土木工務部トンネル課長

** 土木工務部トンネル課

こうした作業管理を実施するうえでもっとも重要なことは、施工中の問題点をできるだけ早く発見することおよびその原因を究明し、適切な処置をできるだけ早く実施することである。従来行なわれている日報的管理はこの点に問題がある。

それでは今後どのような作業管理が理想となるか考えてみる。

施工業者としての作業管理は、端的にいて各作業のサイクルタイムを短縮することにあると考えられる。サイクルタイムを短縮することは直接コストダウンとなることからして、工事の成否に関係する重要な問題である。サイクルタイムの短縮は掘削の場合さく岩機性能、ずり積み機能力、支保工組立、ずり運搬の能率、コンクリート打設の場合はスライディングフォームの移動、その他段取り、コンクリート運搬、打設の能率など、各作業の所要時間の短縮である。

トンネル工事のサイクルタイムの短縮は、最近せん孔時間の短縮が問題となってきてはいるが、一般的にずり搬出の時間短縮にかかっているといわれている。したがってサイクルタイムの短縮をはかるにはこの点を第1に着眼する必要がある。ここで注意することは、ずり運搬を単独に考慮するのではなく、狭くそして長い坑内に存在する他の運搬作業、すなわちコンクリート運搬、資材運搬などとの関連で考えなくてはならない。この場合、

ダンプ方式、レール方式でも同じであるが、各運搬作業の競合がどのような状態で行なわれていたのかを知るには、日報的管理ではまったく知り得ないことは間違いない。またいままでの各工事の実績とか反省を調べてみると、各種運搬作業が競合して運搬列車の手待ちが生じたり、各作業の手待ちあるいは中断などが余儀なくされることがあったと報告されている例が数多い。

その他の原因によるサイクルタイムの低下は、たとえば機械の故障、湧水あるいは支保工の異常による掘削作業の中断などが考えられる。

このようにサイクルタイムの低下の原因には人為的なものと自然的なものがあるが、いずれにしろ、原因の早期把握とそれに対する対応策をできるだけ早く作業個所の機械オペレータあるいは作業指揮者に伝えることが必要である。そのためには刻々変化する作業状況をなんらかの方法で工事指揮者が連続的に把握し、サイクルタイムに異常を認めたらば、ただちに必要な処置を指示できる作業管理システムが、これからのトンネル工事をより早く、よく、安く完成させるために大いに役立つものと考えている。

3. トンネル工事の新しい作業管理システム

新しい作業管理システムは過去のデータによるサイクルタイムを検討する作業日報的管理の欠点を補うもので

作業別	8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24																								1	2	3	4	5	6	損失時間内訳
	専坑掘進サイクル																														
せん孔																									1.0						1'-00'
装薬・発破																									0.3						30'
換気	専坑																								0.1						10'
ずり出し																									1.1						2'-10'
支保工																									1.0						2'-30'
せん孔段取り																									0.4						
その他																									0.5						
損失	停電事故、排水待ち 5.0 食事 1.0 0.3 停電事故、排水待ち 3.5 排水段取り 3.0 食事 1.2 排水段取り 2.3																													8'-20'	
火薬使用量																								余掘り							
専坑												上部半断面												土				平		ア	
進行	破砕量	火薬量	薬量	雷量	管	進行	破砕量	火薬量	薬量	雷量	管	進行	破砕量	火薬量	薬量	雷量	管	進行	破砕量	火薬量	薬量	雷量	管	進行	破砕量	火薬量	薬量	雷量	管	設計延長	m
1	1.3	14.3	8.1	19	1.33																										
2																															
3																															
4																															
5																															
計	1.3	14.3	8.1	0.57	19	1.33																									
本日作業																								明日の作業予定				摘要			
作業名	地点				稼働人員				作業名	地点																					
(注) 専坑 860 m地点を掘進中 切羽より 1.5m ³ /min出水し、坑口での排水量 5.0m ³ /min 切羽付近の電気設備容量不足のため停電(ヒューズ切れ)多く、 10月7日には掘進を断念し、設備増強を行なう。																															
専坑																															

図-1 作業日報例

あって、各作業のサイクルタイム、機械稼働状況、坑内の列車運行状況を坑外に設けた管理センターで連続自記記録して把握し、各作業になんらかの状況変化が生じてそれがサイクルタイムに影響したり、また他の作業に支障をきたすものであると工事指揮者が判断すれば、管理センターより坑内のオペレータあるいは作業指揮者に対して適切な是正処置をとるべく指示できるようなものである。なお、上記の作業管理システムを以下「トンネル工事の集中管理方式」と呼称する。

(1) 集中管理方式の方法

集中管理方式を実施するにあたり、その方法はいろいろある。

まず各作業状況を把握するには、そこで使用されている機械の稼働状況を知ることが最良の方法といえる。トンネル工事の場合、使用機械は一般にエアを動力として使うものが多い。たとえば掘削関係ではレッグハンマ、ドリフタ、コールピック、RS-95、ME 642、ME 630 などエア機械が多く、コンクリート関係ではエアクリート、パイプレータなどがあり、一般機械ではエアホイスト、サンドポンプなどのエア機械がある。これらの機械は各々空気消費量が違うことから、空気消費量を測定することによって作業の状況、サイクルタイムなどが把握できる（電気を動力とする機械についても電流値を測定することによって作業の状況を把握でき、特に稼働率の把握に有効的である）。

さらにこれらの機械が稼働しているときに発生する作業音に各々固有の形があることに注目し、この音をとらえて波形を解析することによっても作業状況とサイクルタイムが把握できる。

次に運搬管理に関する集中管理方式の考え方は、主としてずりトロの運行状況を把握することである。これは坑内に布設された軌条に必要なに応じて数箇所特殊装置を設置し、ずりトロの通過をこれによってキャッチし、坑外におけるずりトロの運行表示および坑内での信号により運搬管理を行なうものである。

以上の各システムをまとめると図-2 のとおりである。

(2) 鹿島式集中管理方式

鹿島建設では以前から集中管理方式によるトンネル工事の管理について研究、実験を続け、現在実用化している。その方法は前項で述べた作業音方式、風量測定方

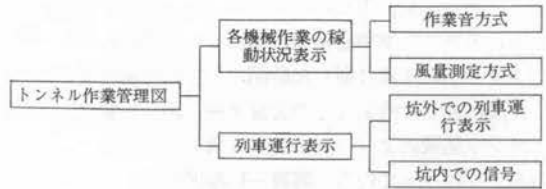


図-2 トンネル作業管理図

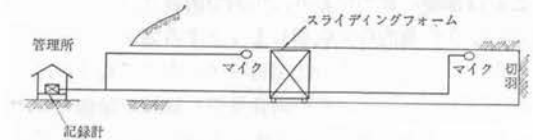


図-3 作業音方式測定方法

式、列車運行表示、その他であるが、これらは企業のノウハウであるので、その概要のみを説明する。

(a) 作業音方式による作業状況の記録

図-3 に測定方法を示す。

これらの装置を使ってあらかじめ各作業音（せん孔、ずり出し、支保工組立など）の標準的パターンを決める。これにより作業音記録を解析するのである。

たとえば図-4 に示す記録実例によれば、切羽の作業状況は次のとおりである。

17時07分ごろ発破があり、約10分間の換気を行なったのち17時20分からずり出しが開始され、18時30分までの70分間を要している。その後機械整備、安全会議、交替をしてから19時15分より支保工組立に入った。これに40分要し、19時55分からせん孔を開始した。せん孔終了後装薬を行ない、21時45分ごろ発破があった。この発破ののち、換気、ずり出し、支保工組立が行なわれている。

記録実例から各作業の所要時間およびサイクルタイムをまとめると表-1 のとおりである。

このように、本方式では正確なサイクルタイムを得ることができるが、本方式の開発当初は記録された波形を人間が解読していた。しかし現在では記録された波形に

表-1 作業サイクルタイム集計

時間	15:30~19:55		時間	15:30~19:55	
	作業	19:55~23:40		作業	19:55~23:40
せん孔	70 min	50 min	ずり出し	70 min	65 min
装薬	20 min	25 min	支保工組立	40 min	60 min
退避	20 min	25 min	その他	45 min	45 min
発破	17:07	21:15	1サイクル	265 min	225 min

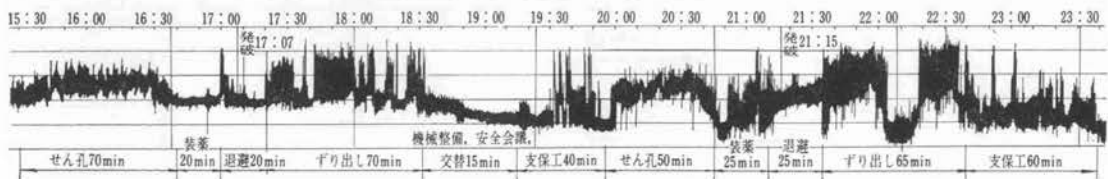


図-4 作業音方式記録実例

より、発破時刻、1日の発破回数、各作業のサイクルタイム、1日の作業中せん孔作業に要した時間、1日の作業中ずり出し作業に要した時間、1日の作業中支保工建込作業に要した時間などの記録データが分析装置およびプリント装置によってデジタル数字としてプリントされるようになっている(写真-1参照)。

(b) 風量測定方式による作業状況の記録

これは前述の音の代わりに坑内で消費される空気量の大小により作業内容を判別しようとする方法である。すなわち、コンプレッサの吐出管ライン中に流量計を設置して風量を自記させ、その消費量から機械の稼働状況、すなわち作業内容を知らうとするものである。図-5、図-6に本方式の測定要領と記録実例を示す。

これらの記録実例から、各作業の空気消費量はもちろん、作業時間も明確になる。ただし、空気を使用しない作業、たとえば発破、電気ショベルによるずり積みなどについては不明であることと、作業場所の判別(導坑切羽か土平か)ができない点が作業音方式に劣るため、本方式は現場の施工方法により適するか否かを決定する必要がある。

(c) 列車の運行記録

トンネル工事においては、掘削後のずりをいかに早く坑外に搬出し、次の工程に移るかということが、サイク

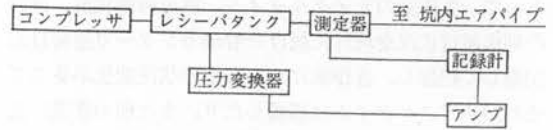


図-5 風量測定方式測定要領

ルタイムを短縮するうえでもっとも重要であることはすでに述べた。したがって、ずりトロの運行状況を正確に把握し、どこに障害がある(たとえばポイントにおける入替待ち、コンクリート運搬車、材料運搬車との競合)かを知らうとするのが本方式である。

本方式の記録方法は、列車(トロ)本体と坑内の線路上に特殊装置(写真-2参照)を数箇所設置し、列車が線路上の特殊装置上を通過したとき、特定の信号を坑外の記録装置に送り、自記記録させる。

図-7に記録実例を示す。これより1号車(ずり出し列車)の運行を解析してみる。

1時20分にI点を通過し、1分後にII点を通過、48分後III点を通過して切羽へ向かっている。切羽でずり積込みのため停車、積込み後、坑口に向かって出発、2時39分III点、3分遅れてII点を、さらに2分後にI点を通過して坑口へ向かっている。坑口付近でずりを捨てたのち、再び2時52分I点を通過して上記同様の経路で

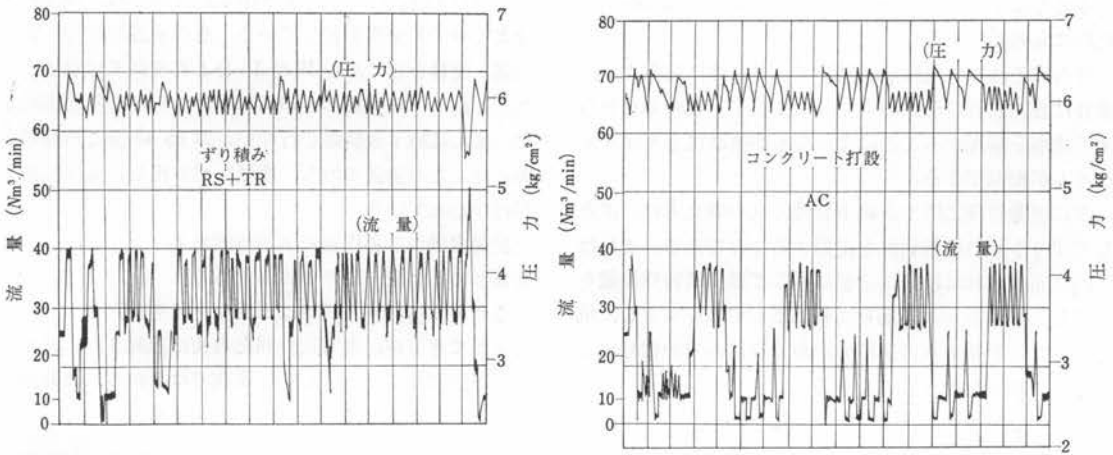


図-6 風量測定方式記録実例

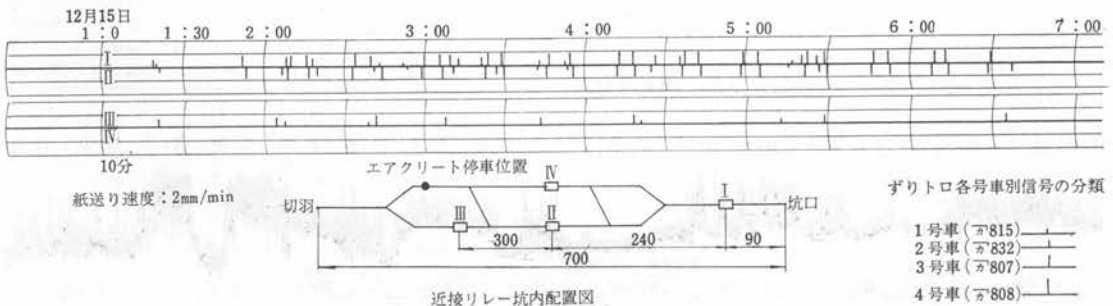


図-7 トロ運行記録実例

切羽に向かっている。

これよりわかることは、

- ① ずり出しの1回のサイクルタイムは約 80 分である。
- ② ずり積込時間は 25~30 分である。
- ③ 切羽へ行くためにⅡ点~Ⅲ点の間で待機、列車入替え、あるいはその他の理由により 40 分以上も停車している。

などの状況が理解できる。

なお、本方式においてはその利用の仕方によって、

- ① 任意の線路上で列車の号車判別が簡単にできる。
 - ② ずり出し時間、コンクリート打設サイクルなどが一目でわかる。
 - ③ 線路上の流れがスムーズであるか否かがわかる。
- また、上記方法を応用して現在、坑内の信号、切替えポイントの自動化、列車運行の集中制御に関する方法、装置を開発中である。

(d) 今後の方向

(i) 指示機構の開発

前にも述べたように、トンネル工事の新しい作業管理システムの目的は、工事管理者が坑内のいろいろな作業の状況を坑外で把握し、そこに生じた問題点(トンネル工事の進行に支障をきたす事態)をチェックし、正常な状態に戻すための適切な指示を現場の指揮者に与えるところにある。しかるに、いままでは作業状況を把握するいろいろな手法について述べてきたのであって、指示を与える手法についてはまったく触れていない。

この現場と管理所(工事事務所)との連絡方法については、従来より行なわれている方法としては有線式磁石電話を使用し、各必要個所に電話器を取付けて通話を行っていたが、騒音や保守に問題があり、また電話器の設置個所の不都合によりその完全利用は少ないのが現状であろう。

作業状況の自記記録を十分活用するには、指示機構(通話機構)に機動性、迅速性、確実性が必要である。この指示機構としては、誘導無線による方法、坑内に設けたスピーカなどによる方法などが考えられるが、今後この機構の開発に努力したい。

(ii) 収集データの活用

同一トンネル工事において収集した作業サイクルタイム、機械の稼働時間(率)などのデータを分析し解析することによって同一トンネルの将来(工程、特に工期)を予測するいわゆるシミュレーションを行なうことも検討中である。また鹿島建設ではトンネル工事積算の電算化に成功したが、インプットデータに正確を期するため、いろいろなトンネル工事について上記のデータを収集し、各トンネル施工法ごとの標準的積算基礎を確立したいと考えている。

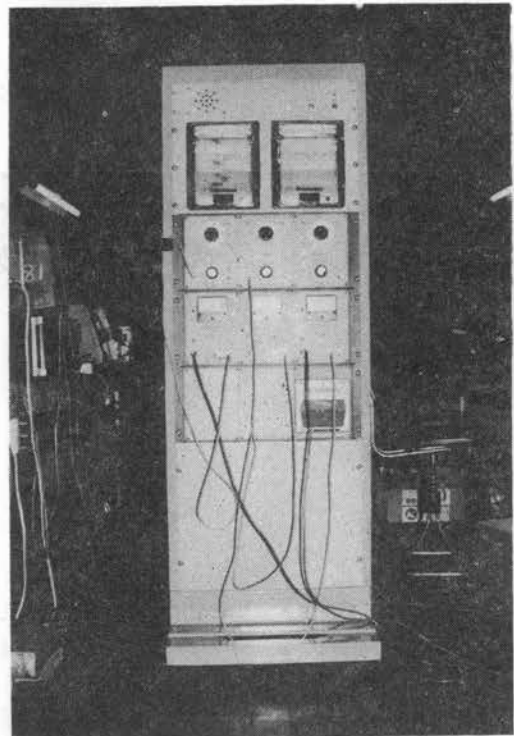


写真-1 記録・分析・プリント装置

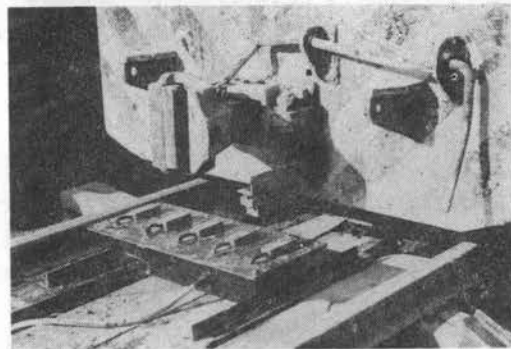


写真-2 トロ本体と坑内線路上の特殊装置

4. あとがき

以上、トンネル工事の新しい作業管理に関する方法について述べてきたが、これらの方法を実施したからといって実際どれだけの効果があったのかを判定するのは現段階ではむずかしい。

「管理」ということに対して、こうした問題はいかなる場合にも常に起こり得ることであるが、いままで述べてきたことはいわばトンネル工事を安く、早く、良く、そして安全に施工するための一つの改善策であって、このような努力をすることによって少しでもトンネル工事を近代的に行なおうとすることに大きな意義があると考えられる。本稿がトンネル工事の近代的管理態勢の1方向を示すうえで幾分なりとも参考になれば幸いである。

トンネル建設特集 (11)

トンネル工事の集中管理

—電子技術の導入—

黒 沢 重 男*

1. はじめに

アポロ 11 号によって人類が初めて月の上に立つとあっては、いかなる分野の技術屋と名のつく人も少なくとも相当の関心を示したことに違いないと思う。あの宇宙中継によるテレビで、ヒューストンと宇宙船との通話、地上における追跡の結果をコンピュータによって軌道修正にフィードバックし、これをあたかも同じ電話局内の電話のように通話し、指令している状況、または 38 万 km 離れた月世界における宇宙飛行士たちの行動を、地球上からあたかも隣の部屋で行動する人に指令するように適切に通話指令していることなど、われわれ土木技術屋ならずとも誰でも驚嘆したことと思う。

ところが、われわれがいったん地下にもぐったら、いったいこの通話とか、作業指令とか、コントロールはどうであろうか。特にトンネル工事ともなると、100 年前に出現した有線電話によってほんの一部だけの主要線だけを結べばよいほうで、100 年前とまったく同様、人間が走って行って連絡し、あるいは目撃してその人が判断し、その結果を指令通報して行動に移させているのがいつわりのない現状ではないだろうか。あの宇宙船と地球との相互通話と指令コントロールに比較して何とお粗末なことであろう。

昔から土木工事のうちでもトンネル工事は金と時間がかかり、また危険が多く、事故も多いものとされているのは、現在も将来もおそらく当分の間はかわりないであろう。一昔前と比較して、工食用機械とかボーリングまたは薬液注入などの他の分野の発達、すなわち、機械産業、電気産業、あるいは特に化学の分野からの副産物的な、派生的なもの恩恵に浴してそのおぼれを頂戴して進歩してきたが、それ以外のもので目立ったものはいくつあるだろうか。私自身、学校を出たころの 15 年前のトンネル工事と比較して、木普請がアーチH鋼製支保

工に変わった程度がおもな変革で、あと取り上げるべきものはほとんど他の産業のおぼれ程度ではないであろうか。

土木工事自体が他の産業の所産物の総合利用という形態からしてやむを得ないにしても、総合、統合利用する立場の技術者ならばその立場でわれわれは工事の管理面でもっと統合利用および制御、最近の流行語でいうとシステム工学 (System engineering) 面に当然力を入れるべきであると信ずる。これによって、特に土木技術の中でトンネル工事にいわれた金と時間がかかり、危険がいっぱいの汚名を少しづつでも是正する方向に進むべきであらう。

こういう主旨で、施工管理をさらに近代的に合理的に行なうとして二、三の実例をあげてみる。

2. オペレーショングラフ

現在は労務者の需要供給の関係より施工速度の増大という目標に逆行して、熟練した管理者および労務者を十分に配置して工事を進めることがむずかしくなり、個々の工食用機械設備の進歩にもかかわらず、局部においては経験的作業にまかせられ、工事の指揮者が刻々に切羽の末端の状況を的確に把握することがむずかしい。またその指揮者の意図が即刻に末端まで浸透することが特に長大トンネルではできておらず、指揮連絡系統の科学的一元化が、アポロ 11 号とヒューストンの関係のように決してうまく行ってはいない。

これではいかに経験豊かな施工者や熟練した労務者を投入しても、一元的な指揮管理がないところでは前例より以上の施工速度とか安全性を高めることはむずかしいことと思う。現在の段階では前例より以上に施工速度をあげたり、安全性を高めるためには個々の目新しい設計とか技術にあらずして、現在までのわれわれの諸先輩の血と汗で取得した技術を駆使して、いかにしてこれを統合指揮管理するかにあると思われる。

* (株)大林組東京本社土木本部技術部次長

作業連絡指令装置や管理にはごく一般に ITV (工業用テレビ) がよく使用される。しかし、われわれの現場で実際に要求するものは各所の作業状況を作業指揮所において把握し、命令ないし対処すべき事項の連絡、または切羽から所要の報告をその指揮所に連絡して指揮者の判断の資料にするものが欲しいのであって、このためのトンネル用の ITV など、今後開発研究すべき残された問題点がたくさんあり、また仮りにテレビなどそのものの性能が完成されたとしても、それだけではトンネル全般の動きを把握して工事がどのように進行しているかを把握することは困難である。

トンネル工事は総じて流れ作業であるので、その流れ作業のごく一部が不都合でも所要の速度なり施工のできが望み得ない。

しかるに、電話ないしテレビなどではこれらの流れ作業の流れに沿っては到底つかむことができ得ないものである。また施工速度は流れ作業の中の最低の能率のものに支配されるが、一連の作業の中にどの部分に隘路があって施工速度が伸びないのか、また一連の流れ作業中にどこに損失があるのか、どうすれば能率が上がり、経済的に行くのかなど、指揮者の判断の資料にはテレビとか電話などでは無理である。そのほかにどうしても全体の仕事の流れの状況を表示して日記記録し、解析し、討議して改善の方策、対処方法をあみ出せる解析のデータが必要となる。このことを分担させようとするのがオペレーショングラフである。

これを作業指揮所に設け、ITV や各種連絡装置(後述の誘導無線)と併用して作業の逐一の状況を把握し、管理を徹底させようとするものである。現在までの現場使用の実績によると、この方法が最も安価にかつ最も有効なものと思われる。また当然のことながら、作業の指揮者なる人は常時駐在して(昼夜食事中とも)その指揮にあたり、また判断により命令を下すことは実際上不可能なことである。しかるに、これは絶えず自動的に日記記録されるから、その不在のときでもいかなる状態で作業が進捗しているか手にとるようにわかり、解析できる。

従来どこでも行なわれている作業日報ないしサイクル表によっても作業状態がおよそ判別される。しかし、これによるとどうしても半日遅れ、ないし1日遅れしか入手できないのと、作業後に集計してまとめる関係上報告するのに具合の悪い事項はどうしてもある程度粉飾は避けられない。またデータをとるのが人間であるので、見落としとか誤算がどうしても加わる。

また、トンネル作業は一見簡単にみえるが、長大トンネルの場合、結果的にきわめて複雑し、個々の状態の運行状況は全般的になかなかつかみにくいものである。この点、このグラフによると自動的に作業状態が正直に記

録されているから、指揮監督がいるといないのにかかわらず正確に記録され、しかも時々刻々に克明に記録されるから指揮者にとっては、非常に便利なものとなる。

以下、実用に供したオペレーショングラフの一例について概要と構想計画、それから判断される状況を説明する。

(1) 実施例の概要と構想計画

図-1 は山陽新幹線六甲トンネル北山区工区の斜坑掘削をオペレーショングラフにより施工管理したグラフの実物である。昭和43年10月12日のデータを紹介しますと、最左の数字は時計に連動した時刻であり、1目盛20分である。

第2列目は斜坑のトロの巻上げを示し、第3列目はトロの巻下げを示す。第4列目は切羽における空気の消費量からくるさく岩機の稼働状況を示し、その右は解説結果による発破の時刻を示し、最右のわく内は解説した結果を示す。

これらのデータを時々刻々に日記させ、事務所の机上に各色のランプで坑内の作業状況を表示した。これらの日記および表示ランプには人為的にスイッチを入れたり、ボタンを押すなどの操作はいっさいしていない。全部簡単に日記表示させた。

この日記および表示方法により指揮者として判断されることは、

① 時々刻々切羽はどういう作業をしているか(任意の時間において)。たとえば、8時45分からは切羽でさく岩機によるさく孔を開始し、10時ちょうどに終了して、その間はさく孔をしていることを示し、11時に発破をかけたことを示す。

② 切羽より後方では何をしているか。11時5分にトロを巻下げ、14時3分までずり積みをしていたことを示す。

③ 実際のサイクルタイムはどうか(各作業サイクル全部または連続不断に)。第1回目の発破は11時にかかり、第2回目の発破は17時45分にかかり、1サイクルは6時間45分要し、そのうち、さく孔に1時間20分要し、ずり出しには2時間10分、そのほか、レール引き



図-1

伸ばし、支保工組立などに3時間15分要したことを示す。

④ 1日何サイクル進行したか。日進はいくらか。1日4サイクルで1サイクル1.5mであるから日進は6mである。

⑤ 不測の事故、たとえば停電などがあれば一目瞭然である。

⑥ トロは何台でているか。この第2回目のサイクルでは11回トロを巻上げているから $3\text{ m}^3 \times 2\text{ 台} \times 11\text{ 回} = 66\text{ m}^3$ である。

⑦ 作業内容はどうかの一例は、たとえば昼食時は休

みなしに交替で食事をしており、夜半の12時ごろも休まずにずり出し作業を行ない(第3サイクル目)、24時20分ごろまで行なって、その後支保工を組立て、休憩に入っており、切羽は非常な精働を示していることを示している。

⑧ 深夜の労務者の稼働状況はどうか。ともすると監視の目がとどかない深夜の作業は能率が上がらないものであるが、⑦で述べたように、深夜の実際の行動を正直に示してくれるからその稼働状況がよくわかる。

そのほか、坑内の時々刻々の作業状況がよくわかり、これを指揮者の判断の資料として作業の隘路を発見し、

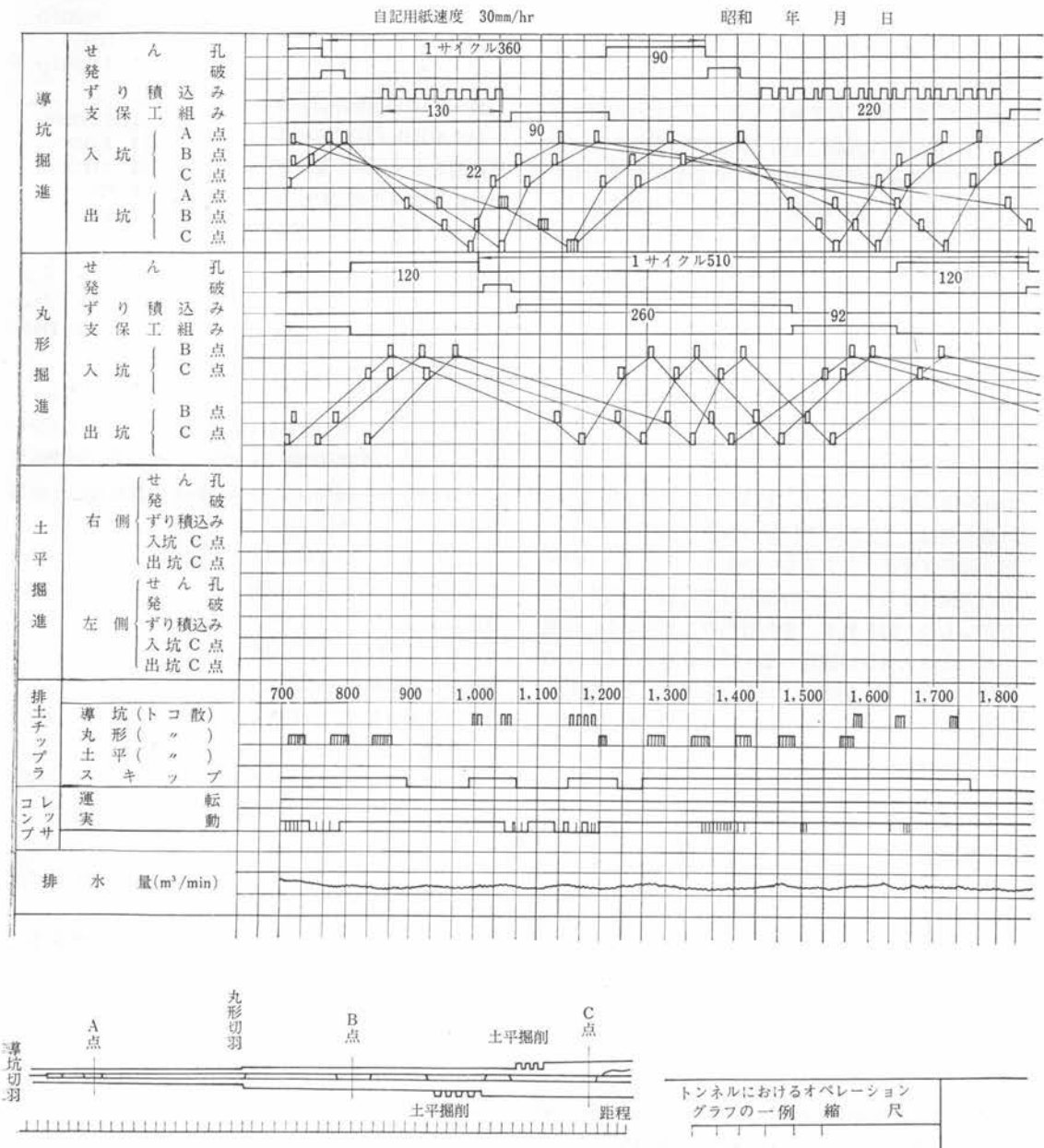


図-2 オペレーショングラフの実例

能率向上の具体策を検討し、また労務者対策、機械設備や仮設備のクリティカルパスを発見して対処する資料とするなど、施工の管理には実によりデータを与えてくれる。また、この自記された用紙は保存されるから貴重な正直なデータとして、操作や記録にはまったく人を要せず、永久に保存される。また簡単で安価につく。

この自記装置と併列して、作業を色分けして色のランプの点滅灯を付けると、指揮者は自記記録を見なくとも机上で他の仕事をしながらトンネル全体の作業状態が手にとるようにわかる。そのため、これを併用して ITV とか誘導無線による連絡指令装置により結ぶと、ここではじめて集中管理システムがトンネル作業において可能となるわけである。なお、オペレーショングラフの実例を図-2 に示す。

(2) アウトプットデータ

アウトプットデータはグラフに記録し、求めようとするものである。

(a) 各切羽1サイクル当りの時間内訳

- ① せん孔時間
- ② 発破時間
- ③ ずり積込み時間
- ④ 支保工組立時間
- ⑤ 排土量

(b) 機関車の運行状況

(c) コンクリート打設状況

- ① コンクリート打設時間
- ② スライドセントル移動時間

(d) 後方状態

- ① 土捨場または斜坑への排土量(チップラ)
- ② コンプレッサの運転時間と空気消費量
- ③ 排水ポンプの運転時間と排水量
- ④ ミキシングプラントの稼働時間とパッチカウント

(e) 危険状態

- ① 支保工に異常荷重のかかるとき
- ② 異常出水時

なお、インプットのとり方および配線系統図の詳細は最も興味あるものであるが、ノウハウに関することなので省略する。

(3) アウトプットデータ解読の一例(図-3 参照)

図-3 のようにせん孔、発破、ずり積込み作業の時間的なものをキャッチすることは容易であるが、支保工の組立、矢板送りは人力を主とするものであるから、手動でサインを伝送するか、ずり積込み作業が完了したときからせん孔が開始するまでの時間を一応支保工組立時間と考える。

ずり出し作業において最も重大なことは、機関車の運行状態をキャッチし、現在どの位置に待機しているか、走行時間と距離との関係上どの地点が線路上に障害が多

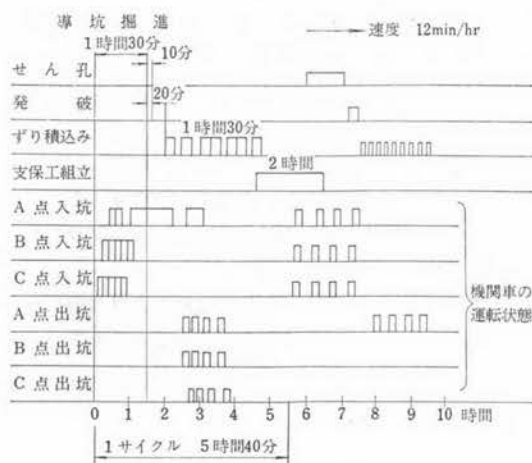


図-3 アウトプットデータ解読の一例

いか、また丸形と土平の関連性はどうかなどのことである。上記のグラフを1グループとして導坑、丸形、土平と3~4グループのオペレーショングラフを作る。機関車には各専用車として特定の周波数を持っているので自動的に判断し、各グラフに乗せるようにする。いま導坑のグラフを見ると、せん孔が0時より開始し、1時間30分要している。発破には20分、その間退避に10分、跡ガスの処理に10分、ずりの積込み時間が1時間30分、支保工の組立が2時間となり、1サイクルに必要な時間は5時間40分ということで、機関車および空車は1時ごろ現場に到着、待機している。ずり積込み後、A点、B点、C点と非常にスムーズに通過している。こういう状態が丸形、土平にもすべてわかるが、機関車の運行についてはもっと乱れた状態が出てくる。しかし、導坑、丸形、土平と完全に分けてあるので、その乱れの原因が時間を軸にして各状況を判断することができる。

(4) 状況判断と指令

次に解読後の状況判断とそれに対処する指令の一例をあげる。

長大トンネルの各作業個所の各作業サイクルで独自に行われるが、作業が全部流れ作業になるので、その一つがおかしいことになると全部に影響し、それが重なって莫大な損失となるから、その一つ一つを直ちに判断し、その処置をとらなければならない。ところがトンネルが長いと実際上はこのことは非常にむずかしい。これが長大トンネルの大きな隘路の一つになっているわけである。これらのことを以上述べたオペレーショングラフにより判断して指令する一例を示す。

図-3 でB点を通過したトロをけん引した機関車が、通常の状態なら4.5の時刻にC点を通過しなければならぬ。装置されたタイマーが4.5を過ぎてまだC点にいない場合、オレンジ色のランプがつき、異常を示す。このとき、もし丸形の発破の表示が出ているときはこの列

車は丸形の発破を退避していることがわかり、その表示灯が通常以上に長いときは後述の誘導無線で質問し、もし断線などで発破作業が長びいているときはまた誘導無線を使用して一時発破作業を中止し、先に導坑のずりトロ列車を通過させるよう指令し、仕事の全体の流れをスムーズにしてむだをはぶき、能率を向上させるものである（熟練した管理者であるとオペレーショングラフだけで状況の判断は可能である）。

また、タイムスタディ、そして隘路の発見や解析データの解析記録として残すことができることももちろんである。

3. 坑内誘導無線

(1) 目的

各切羽の作業状況、機関車の運行状態、機関車相互間などの連絡の情報を中央指令室に送り、指令室はあらゆる情報をキャッチして適当な指令を個別に命令伝達することにより作業管理、機関車軌道関係の事故防止、安全教育、緊急対策の処置などを円滑化すると同時に、前述のオペレーショングラフと併用することにより集中管理を行なうのが最終目的であり、トンネル内の近代的作業管理を行なおうとするものである。

(2) 坑内誘導無線の概要

従来坑内においては有線式磁石電話を使用し、各必要個所に電話器を取付け、ベル信号をもってモールス化して呼出し通話を行っていたが、騒音や土平発破個所などの保守に問題があり、また電話器の設置個所の不都合によりその完全利用は少なく、ようやくコンクリート打設個所とプラント間ぐらいが必要に迫られて、どうやら維持している程度が現状のようである。そこで作業員が常におり、なお切羽の状態、坑内の状況の情報を知ることができるのは移動できる機関車に電話器を取付けるのが最も理想的である。

しかし、移動する機関車を利用する場合は有線式は不可能であり、また極超短波（VHF）、短波などの無線は

トンネル内（周囲全体がアース）では 300 m 程度が限度であり、その通話の明瞭度は非常に悪く、実用化しない現状である。しかし誘導線をトンネル内に張ることであり、超短波と長波を混合してその長所、短所を償却しあう使い方をして無線として十分通話できるようにしたものである。

(3) 坑内誘導無線の機構

図-4 のような構造をとっているが、詳細についてはノウハウにつき割愛する。

機関車同士交互に通話し得、またその通話は指令室で傍受できるようにしてある。また指令室より機関車または人を呼出す場合、全車を呼出し、指令された機関車または人は応答し、その指示を受ける。機関車または人は切羽作業の変化を報告し、機関車が大きく移動するときは行先とその目的を中央に報告する。そのほか緊急事態が起こった場合、中央指令室は事務所、工場などに自動ダイヤル電話で報告し、またはページング装置により坑外にも十分連絡のとれる態勢が必要である。

(4) 参考意見

- ① トンネルの状況、たとえば延長、断面の大きさ、岩質、湧水量により採用すべきシステムが異なってくる。
- ② 使用する工事機械、特に高圧機器やバッテリー機関車を使用する場合は、その充電器の種類などによって採用すべきシステムが異なってくる。
- ③ 坑内外に設置する電気機器より発生するあらゆる種類の電磁波は、単に空間のみでなく、坑内に張られている照明線、動力線に誘導されて強力に伝播し、たとえシールドしても強力に伝ってノイズとなり、簡単に誘導無線としては有効とはならないので、事前に十分テストを要する。したがって、周波数としては長中波より極超短波に至るまでの間、適当なものを選定する必要があり（電波管理法、電波事業法などとの関連内にも十分配慮し）、変調方式もノイズとの関係から費用ともかみ合わせて選定する必要がある。

④ 通話方式は利用度とその重要性から同時送受話式とプレストーク方式を決める。

⑤ 出力は到達距離ばかりでなく、もちろん受信側の入力とノイズ相対比で決まるものであるから、十分テストをして適当なものを決めないと費用に関係する。

⑥ アンテナはシステムによって決まってくるが、坑内の設置場所や設置する車両によって非常に制限を受け、これが致命傷にもなりかねないので電気技術者と土木

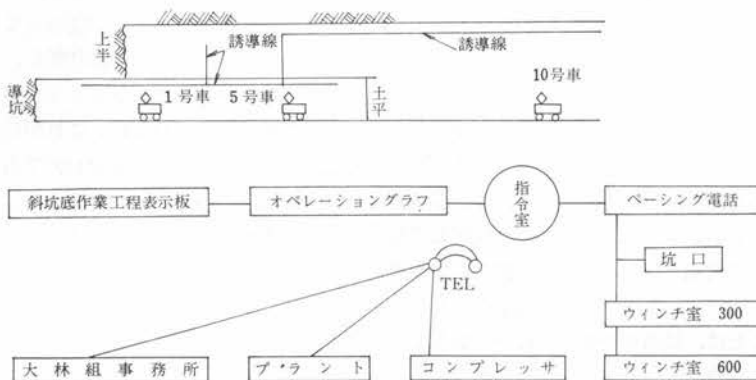


図-4 坑内誘導無線の機構

技術者との間で十分協議を要する。

⑦ 当工事に採用しているシステムおよびこのシステムを採用するに至った経緯については、このシステムが最も高価なノウハウ事項なので発表できないが、賢明な読者は以上の指示によりさらに有効なシステムを創意工夫されることと思う。ただ簡単に、直ちに最初から性能のよいシステムはなかなか得難く、かなりの時間と研究と費用を要することは、他のすべての機械とか工法とかと同じであろうと思われる。

4. オペレーショングラフと誘導無線による 指令連絡装置

前に述べたオペレーショングラフのうち、機関車の運行状況をとらえるのにこの誘導無線による連絡により、中央指令室にいる指揮者が半自動または手動によりオペレーショングラフに関係づけるほうがよいとも考えられる。この方式とすると費用の点と指揮者が思うように動かすことができる点で利点があると思える（写真—1 参照）。

安全管理と能率増進については、最近におけるトンネル内の事故は一般都市交通と同じく坑内の交通事故、すなわち軌道および車両事故がほとんどであり、落盤とか爆発事故はあまりない時代になってきている。そこでこの坑内の車両事故をなくすためオペレーショングラフや誘導無線による連絡指令装置を用いて事故減少に役立たせようと思うのである。たとえば軌道補修や軌道付近で作業をする場合、その指揮者に車両通過のときはあらかじめ連絡しておき、未然に防止策をとるとか、万一暴走時には全坑内に警報を発して退避させるなどの処置が可能である。

当工事においてはなほだ恥ずべきことであるが、瀕死の重傷者を出してあわや一命をおとして死亡事故となり得る場合があったが、この装置の活用により数分後には坑外に救出、病院に搬出し、数分後には手術を開始し、手当を施した結果一命を救い得た事実は金額に替え得ない効果があったことを確信する。

したがって、現代においてはむしろこちらのほうを重点に開発を進めるべきかも知れない。また能率増進についても、トンネルが長くなるとその指揮者ないし管理者は1日1回か2回切羽を巡回できるのが精いっぱいなのが現状で、もし仮に切羽の積込み機械が故障した場合、連絡に走って修理工が到着するまで1時間や2時間はすぐかかるものであるが、その半分の時間が節約できたらかなり能率に影響すると思われる。

また最近坑内の使用工事機械が重量化し、いったん脱線した場合その復旧に多大の時間がかかり、その間全



- | | |
|--------------|------------|
| ① 各切羽のサイクル表示 | ⑤ テープレコーダ |
| ② 誘導無線（固定局） | ⑥ 坑内作業指令者 |
| ③ 作業指示板用スイッチ | ⑦ 坑内放送用アンプ |
| ④ オペレーショングラフ | ⑧ ページング装置 |

写真—1 トンネルの集中管理室における指令状況

部の交通がストップして能率にかなり影響することはわれわれの常に頭のいたいところである。もしこれらの連絡装置を利用すれば、復旧用道具とか、なれた者を急行させて早く復旧できる。また底設導坑先進上半工法では、土平の発破と坑奥のずり出し、およびコンクリートの運搬との競合問題をこの装置の活用によりある程度解決できる。前述した種々の長所のほか、眼に見えない価値が非常にたくさんあると思われる。

5. ま と め

以上、トンネルの工程管理に関する提案を述べたが、これを使用して具体的にどれだけの効果があったかどうかの判定はむずかしく、費用をかけてそれだけの価値があるかどうかの判断も即座には付けにくいと思う。しかし、私見としては必ず数倍あると信ずる。また現段階では数倍の価値がなくとも近代的工程の管理態勢の方向として少なくともこの程度のものは取り入れて土木技術の向上の基礎にしたいと思う。またこれらの管理技術は単にトンネル工事ばかりでなく、広大な地域における施工管理（宅地造成のブルドーザやスクレーパなどの管理）や、とにかく事故の多いタワークレーンなどの安全管理には最適なものと思われる。

トンネル建設特集 (12)

道路トンネルの騒音防止対策

佐藤 正大*

1. まえがき

一般国道135号の新網代トンネル（静岡県熱海市網代地内）は単心円の直線トンネルで長さ522m、路面はコンクリート舗装である。この付近は急こう配の山腹が海岸近くまで迫り、平地が少なく、人家は道路沿いに密集しており、これらの全面移転は困難で、現道拡幅による道路改良は事実上不可能なので、トンネルによるパイパスが計画されたのである。

昭和43年12月20日、このトンネルが開通すると間もなく付近住民からトンネル内を走る自動車の騒音が激しいとの苦情が続出したので調査したところ、自動車が網代口から入って伊東口へ出るまでの間、騒音レベルがほとんど減衰せず、また、M旅館で測定したところ、雨戸を閉めきった室内で70ホンにも達することがわかった（反対側の伊東口付近には人家がない。図-1参照）。

そこで当時建設省土木研究所トンネル研究室長の村上良丸技官に現地調査をお願いして大要次のようなご意見を得た。

① 内部が平滑なコンクリート仕上げのトンネルが管

楽器のような作用をして自動車がトンネル内を走る間騒音が減衰しない。対策としては騒音レベルの残響時間（音源が鳴り終わったときの音圧レベルが100万分の1に減衰するまでの時間）を短縮させる以外にない。

② 第12回および13回国際道路会議の報告によれば、ヨーロッパの道路トンネルで主として天井に吸音体を取付けて10~13secの残響時間を1sec程度にした例がある。

③ ただしトンネル内の自動車騒音については同会議で数年来論議されているが、材料、方法についてはまだ明確でないので、実施にあたっては経済性や維持などを考慮し、建築の、特に防音部門の専門家の意見を聞くべきである。

トンネルのような特殊断面形状の管内における音の伝播特性は現在まだ明らかでなく、したがって防音の方法、材料なども確立されていないので、模型実験を含む各種実験によって防音対策を検討することにした。なお、実験は新網代トンネルの施工にあたった大林組技術研究所環境研究室（主任研究員真藤和孝氏）が音響に関する実験設備もあり、各種実験も行なっているので、ここに委託して行なうことにした。

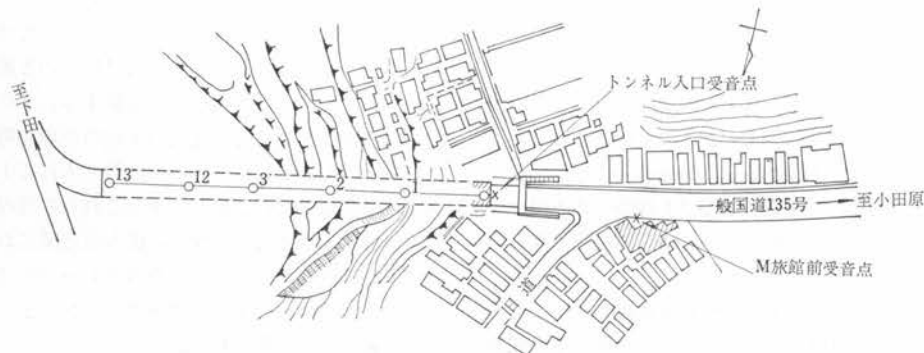


図-1 新網代トンネル平面図（静岡県熱海市網代）

* 静岡県田子浦港管理事務所長

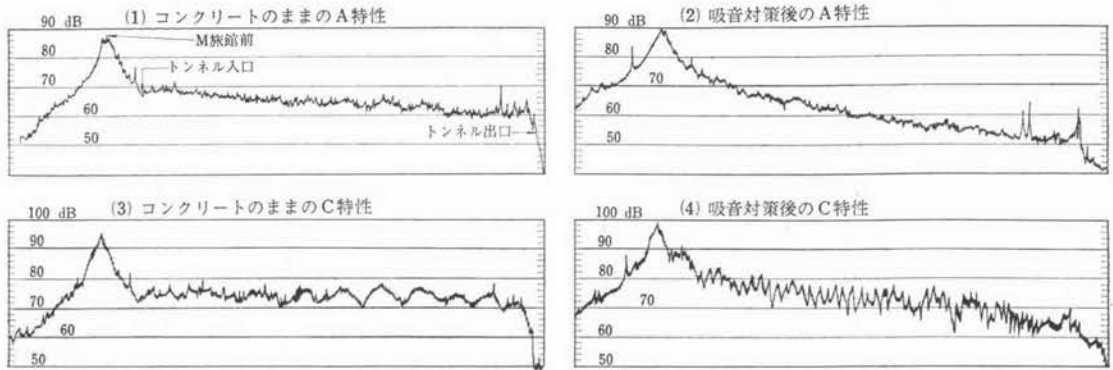


図-2 貨物自動車騒音の変化 (M 旅館前)

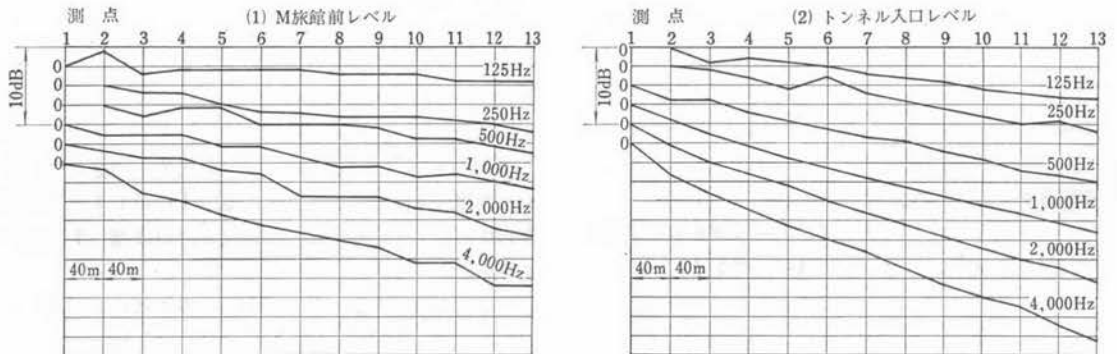


図-3 ノイズによる現場測定 (吸音対策前)

2. 現場における実験

(1) ダンプトラックによる騒音測定

実情を知るため、碎石を満載したダンプトラックを 50 km/hr でトンネル内を走らせ、その騒音を M 旅館前 (図-1 参照) で測定した。測定は他の音の影響をさけるため、深夜一般の交通を一時止めて行なった。図-2 の (1) および (3) がその騒音変化のグラフである。一般に音源が測定点に近づくにつれてレベルは上がり、測定点前で最高となり、遠ざかるにつれて減衰するが、この場合はグラフに見るようにトンネルに入ってから反対側入口から出るまでほとんど減衰しないことがわかる。

(注) 最小可聴限界の音の強さ I_0 W/cm² に対し、一般に I W/cm² の音の強さをあらわす場合、

$$\log \frac{I}{I_0} = \log I - \log I_0$$

と対数差の形にし、これをベルの単位であらわし、その 10 倍、つまり $10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$ デシベル (dB) と呼ぶ。これは音の物理量である。図-2 の (3) および (4) の C 特性がこれである。ところが、人間の耳は音を物理量どおりに感じないので、人間の耳に感ずる強さによって補正したものが A 特性であり、ホンまたはデシベル A

(dB A) であらわす。図-2 の (1) および (2) がそれである。

(2) ノイズによる測定

網代入口を 0 点としてトンネル内に 40 m おきに測点を設けた。テストに用いる音は、ある特定周波数の音、すなわち純音ではテストの際わずかの外部条件にも影響されるので、125~4,000 Hz (Hz ヘルツ=振動数/毎秒) の音のそれぞれを中心周波数として音域を 1/3 オクターブにとったバンドノイズを用いた。さらに実際の交通騒音は方向性がないので、ライトパンにスピーカを下向けに取付け、バンドノイズを録音したテープから一定音圧で音を出し、いったん路面にあててからトンネル壁面に乱反射させ、これを測点ごとに行ない、トンネル入口および M 旅館前の 2 個所で測定した。

図-3 は音源がトンネル入口から 40 m 入った測点 1 にあるときの音圧レベルを ± 0 dB とし、トンネルセンターの各測点に音源があるときの音圧レベルの変化を示すグラフである。これにより低周波音ほど減衰せず、また、トンネル入口よりも M 旅館前の方が減衰しないことがわかる。そして交通騒音の成分は低周波音が多いことから、トンネル内を走る自動車による騒音がほとんど減衰しないことが理解できる。

3. 模型による実験

模型実験は次により行なうことにした。

① 伊東口付近は人家がなく、道路を隔てて直接海に面しているの、人家が密集している網代口についてのみ対策を考える。

② 村上良丸技官のアドバイスの②により、入口付近の天井に集中的に吸音体を設ける効果と、現在一般に用いられているポリエチレン包装のグラスウールを裏面に取付けたスレート吸音パネルをある区間に設ける効果の組み合わせをテストする。

③ 吸音体について材料、構造などをテストする。

(1) 模型実験の相似則

トンネル模型として、断面の一部をコンクリートで埋めた $\phi=30\text{ cm}$, $l=2.0\text{ m}$ のヒューム管 8 本を用いた。すると、

$$4.60\text{ m (トンネル半径)} \div 32 = 14.4\text{ cm} \approx 15\text{ cm}$$

(ヒューム管の半径)

$$525\text{ m (トンネルの長さ)} \div 32 = 16.4\text{ m} \approx 16\text{ m}$$

(ヒューム管 8 本の長さ)

であるから、実験のスケールは 1/32 である。

模型を M 、実物を R とすると、

$$\text{長さ } L_M : L_R = 1 : 32$$

$$\text{周波数 } f_M : f_R = 32 : 1$$

$$\text{吸音率 } d_M : d_R = 1 : 1$$

$$\text{残響時間 } T_M : T_R = 32 : 1$$

これにより実験に用いる周波数は 125~4,000 Hz に対応して $125 \times 32 = 4,000\text{ Hz}$ ~ $4,000 \times 32 = 128,000\text{ Hz}$ となるが、周波数が高くなると空気に吸収されやすく、テストは事実上不可能であるので、現場でのノイズテストで一番減衰しにくかった 125 Hz に対応する 4,000 Hz を中心周波数とする 1/3 オクターブバンドノイズを用いることにした。



(注) 図-6の○番号はこの番号である。

図-4 模型実験の種類

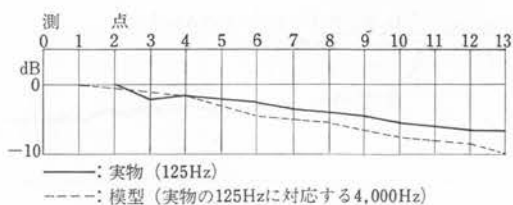


図-5 実物実験と模型実験との比較(コンクリートのまま)

表-1 実験に用いた材料

個所	実際の場合	模型実験	吸音率
腰壁部	スレート吸音パネル	モルトプレーン (厚 3mm)	0.43
天井	吸音体	グラスウール (厚 25mm)	1.14

(2) 実験の方法および種類

模型トンネル内に実際の 40 m に相当する 1.25 m ごとに測点を設け、模型自動車のシャシにスピーカを下向きに取付け、これをひもで引いてトンネル内を移動させ、各測点ごとにノイズを出してこれをトンネル入口および M 旅館前に相当する二つの受音点で測定した。テストの種類は前に述べたように図-4 に示す 8 通りの組み合わせについて行なった。なお吸音材料は表-1 のとおりである。

吸音パネルの吸音率は 125 Hz の音に対して 0.15 程度であるが、500 Hz の音に対しては 0.4 程度である。また、交通騒音の成分は 500 Hz 以下の中低周波音が多く、大体これらによって騒音レベルが決まるので、500 Hz の音に対する吸音率が 0.43 のスポンジ状軟質合成樹脂のモルトプレーンを吸音パネルとして用いた。また天井吸音体として用いるグラスウールの吸音率が 1.0 より大であるのは、貼付面に外の切断面も吸音面積として作用するからである。

(3) 実験の結果

この実験の結果が図-6の(1)および(2)である。これによると全般的に⑧が最も効果的で、⑥、⑤がこれに続いているが、この実験は前に述べたように網代口のみを対象と考えればよく、また、これらの工法はいずれも全長を処理するもので、当然多くの費用を要する工法であるので適当でない。ところが高レベル領域では④が最も効果的またはこれに近い結果を示しているの、④を採用することにした。

4. 天井吸音体

テストで決定した図-4の④の腰壁吸音体は、一般に用いられているスレート吸音パネルを用いることは前に述べたとおりであるが、厚 25 mm のグラスウール (吸音率 1.14) をテスト材料とした天井吸音

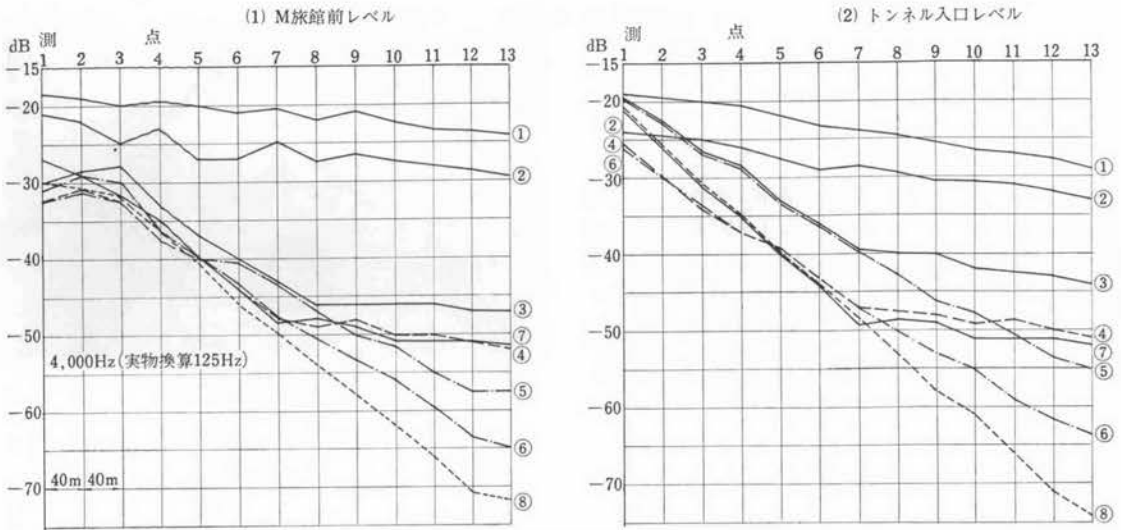


図-6 模型テストのレベル測定

体については、実験結果および材料の性質を考慮してこれを実物化しなければならず、その実物の吸音率も 1.14 またはそれ以上でなければ実験の結果と同じ効果は期待できない。そこで天井吸音体は最初から実物を想定して作ったものを製作してテストすることにした。

(1) 実物サンプルによる天井吸音体の実験

図-7 は実際にトンネルに設置した天井吸音体の構造図であるが、サンプルとしては、中のポリエチレンで包んだグラスウールブロックだけを 9 個作り、これを残響室でテストした。残響室は JIS 規格に基づいたもので、容積 218 m³、内表面 215 m² の不整表面の五角形の室であり、テストも JIS によって行なった。また、吸音率および吸音力は次式により求めた。

$$\text{吸音率 } \alpha = \frac{55.3 V}{CS} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0} \right)$$

T₁: 吸音体を入れたときの残響時間 (sec)

T₀: 吸音体を入れないときの残響時間 (sec)

C: 音速 = 331.5 + 0.61 t (m/sec)

t: 温度

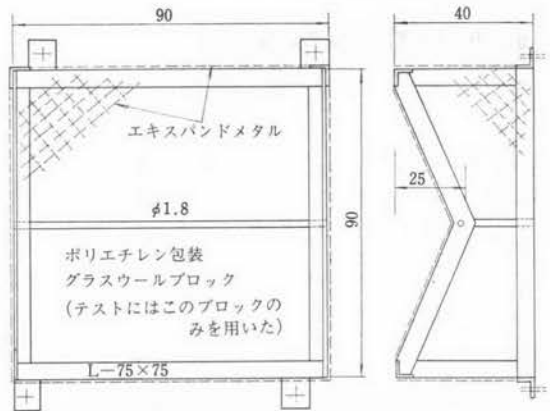


図-7 天井吸音体構造図

V: 残響室の容積 = 218 m³

S: サンプルの見かけ上の面積 (m²)

$$\text{吸音力 } A = \frac{55.3 V}{CN} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0} \right)$$

A: 吸音力 (m²sabin)

N: 吸音体の数 = 9 個

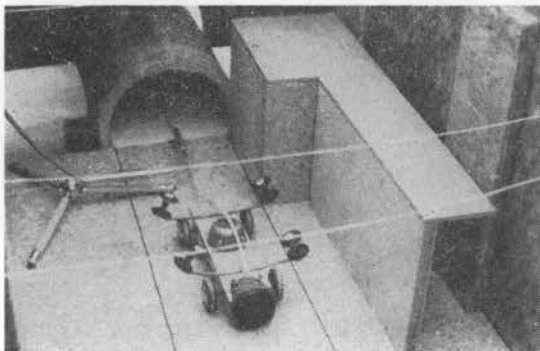


写真-1 模型自動車にスピーカを付けての実験

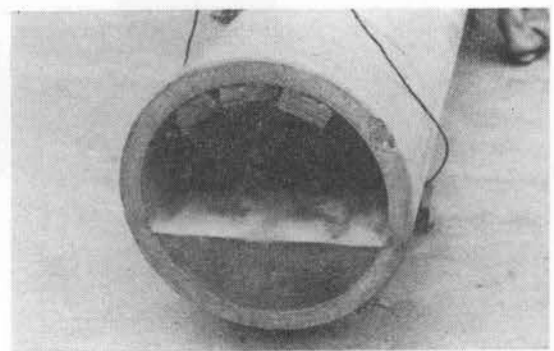


写真-2 天井吸音体の実験

(m^2 sabin : たとえば吸音率 50% のものが $10 m^2$ あれば $0.5 \times 10 m^2 = 5 m^2$ であるが、これを「5平方メートルセーピン」と呼ぶ。)

(2) 実験の種類および結果

サンプルテストは図-8の(1)の4通りについて行なった。その結果は(2)のように吸音率では125 Hzの場合全部1.1以上で、中高周波音でも1.0以上であり、ほぼ所期の目的に達している。ただしこれらはサンプル9個について行なったもので、1個当りの吸音力は(1)の③、吸音率では(1)の④がすぐれているので、実際には吸音体を天井から10 cm 離し、円弧方向には30 cm、トンネル中心線方向には10 cm 間隔で取付けた。

(3) 工事实施

腰壁吸音パネル：片側 12 段両側、延長 264 m
 天井吸音体：1列 48 個、5列 240 個、延長 60 m
 工 費：19,894,000 円
 完 成：昭和 45 年 3 月 19 日

5. 吸音処理施工後の効果測定

施工後現場においてノイズによる測定を行ない、これを施工前のコンクリートのままのテストと比較したものが図-9の(1)~(6)である。これにより、トンネル入口から40 m 入った測点1ですでに相当の減衰を示し、それが出口まで続くことがわかる。また、ダンプトラッ



写真-3 模型実験状況

クによるテストの結果が図-2の(2)および(4)である。これを(1)、(3)と比較すると減衰のみならず、その波形がトンネルのない場合の自然減衰状態に近づいていることがわかる。

6. あとがき

以上の実験およびこれによって決定した工法が長さ525 m のトンネルについて行なわれたのであるが、これはトンネルの長さが変わればそれに比例してこの施工延長を変えればよいということにはならない。吸音体およびパネルを施工した264 m の区間は、いわば一つの消音器と考えてもよく、したがって、このいわゆる消音器

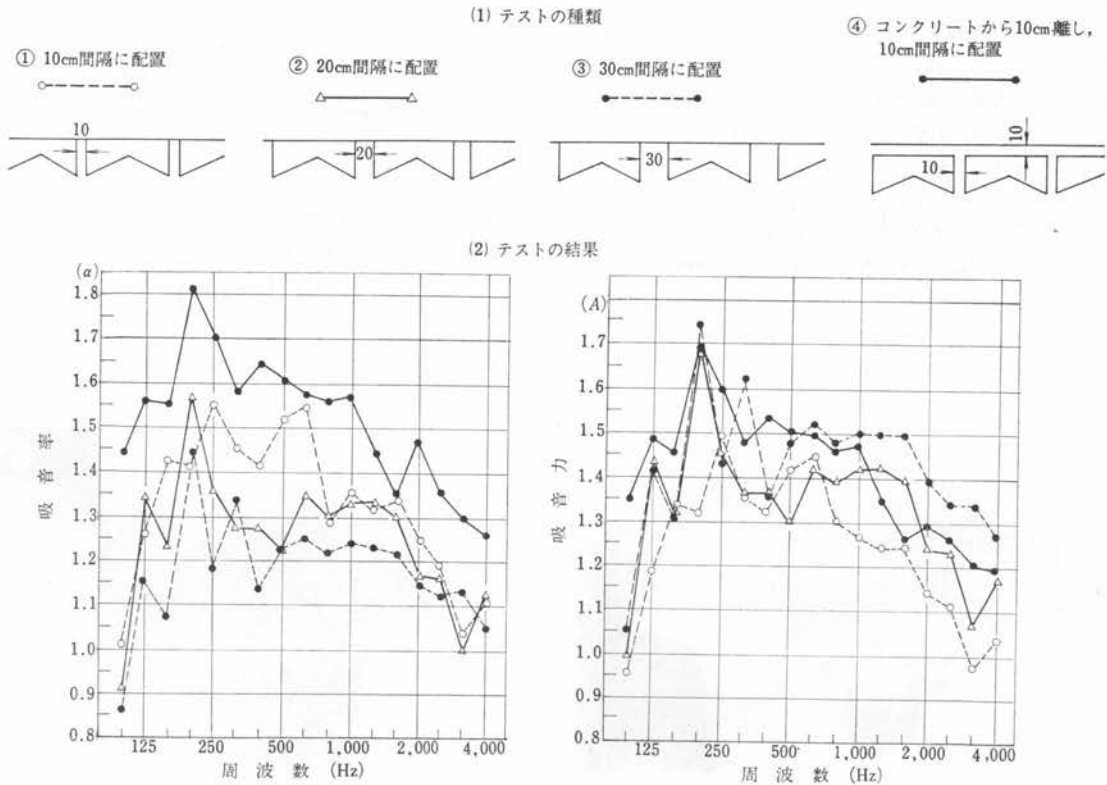


図-8 吸音体のサンプルテスト

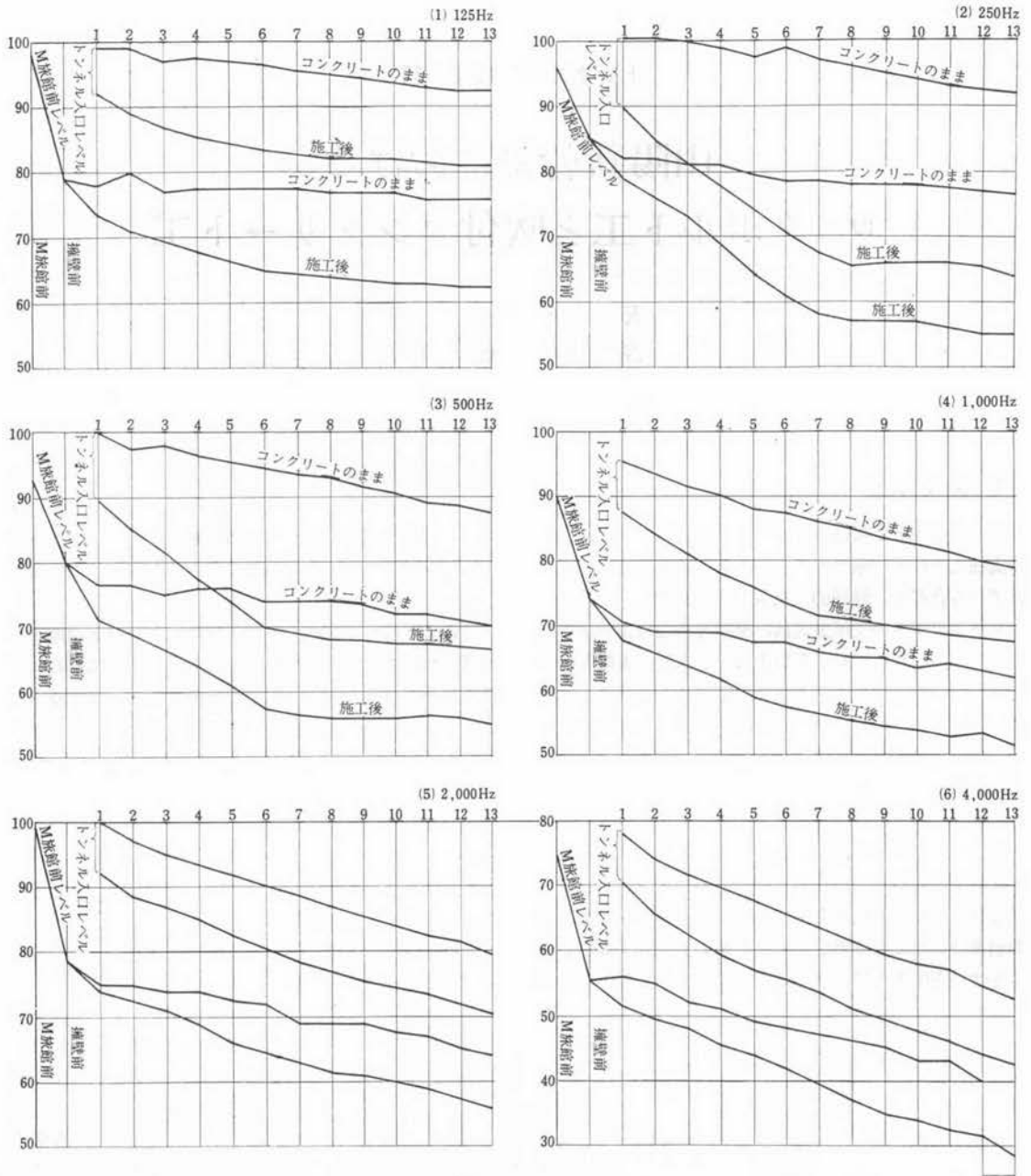


図-9 吸音対策前後の比較

を改良することにより工費を減らし、効果を上げることが十分可能である。

また、これは筆者の想像であるが、騒音レベルの減衰ばかりでなく、減衰曲線の形が自然の道路の場合の減衰曲線に近づいていることが心理的に大きな安定感を与えているのではないかと考えられる。



図-10 吸音処理施工断面図

工され、現在青函トンネルでは自家葉巻中のものとして
いる。また新清水トンネル（上越本線）、新勝木トンネ
ル（羽越本線）、頸城トンネル（北陸本線）、神居トンネ
ル、嵐山トンネル（函館本線）、新登川トンネル（紅葉
山線）などで試験あるいは本格的な施工を行なった。

すべてが好結果を得たわけではないが、問題点もおい
おい解明されている。中でも新登川トンネルの膨張性岩
石である蛇紋岩を鋼アーチ支保工と組合わせて1次覆工
とし、早期に閉合断面を形成して強圧を克服し、悪い地
質条件のもとでも活用しうる自信を得た。また最近の堅
岩での施工例としては、新関門トンネル、北九州トンネ
ル（山陽新幹線）をあげることができる。これらのトン
ネルでは計5本の斜坑ですでに延長900m以上施工し、
従来の鋼アーチ支保工とそんな作業サイクルで施工
できることが確認できた。現在、この経験をもとに本
トンネルでも地質良好区間については吹付コンクリート
支保を行なうべく設備などの準備を進めている。

以上、わが国の発展の経緯について述べたが、ここに
国鉄における最近のロックボルト工と吹付コンクリート
工の実績として山陽新幹線の相生、西庄トンネルのロッ
クボルト施工概要、新関門トンネルの吹付コンクリート
工について述べてみる（図-1参照）。

2. ロックボルト工

(1) 設計と設備

(a) 設計

山陽新幹線岡山～博多間の複線標準断面におけるロッ
クボルトの設計は図-2に示すとおりである。これは新
大阪～岡山間の31本のトンネルのうち、地質が比較的
良質な西庄、相生、赤穂、帆坂トンネルなどの一部でロッ
クボルトを試行し、それらの実績を検討したものである。
ロックボルトは $\phi 22$ mm、 $l=2$ mを1断面10～11
本、トンネル延長方向1.5 m間隔（標準）である。アン
カー形式はエクспанション形、接着形の両者とし、
締付部は平板形と球状形の2種類とした。初期締付力は
4 tで、再締付を行ない、肌落ち、落石防護のため52
mm目の金網を用いた。

対象地質は施工性、安全性を考慮して弾性波速度が
5 km/sec以上の堅硬な流紋岩、花崗岩の範囲としたの
で、ロックボルト長はそう入間隔の2倍に満たない設計
としている。

(b) 設備

ロックボルトは鋼アーチ支保工に比べて上半掘削中に
併行して取付けることが可能であり、施工速度を早める
ためにも極めて重要な事柄といえる。このためロックボ
ルトの取付が地山のゆるみを最小限度に食い止めるため
にもできる限り切羽付近で、しかも上半の進行に影響を
与えることなく能率的にできる機械を準備しなければな

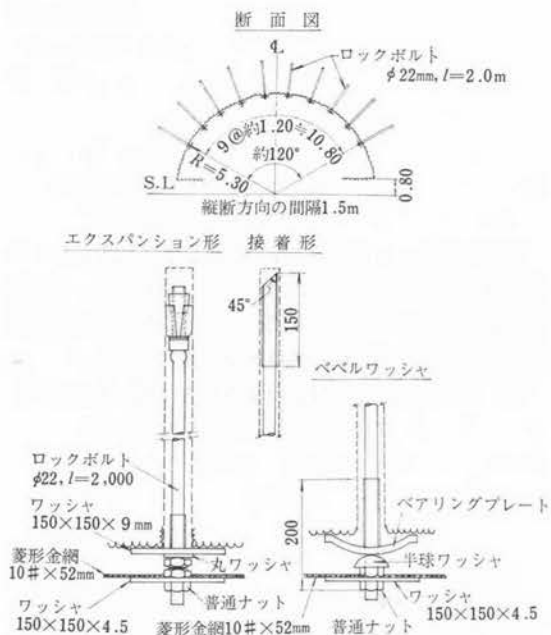


図-2 ロックボルト設計図

らない。

しかしながら一連作業のせん孔、取付、締付などの機
械およびジャンボはいずれも開発途上であり、岡山～博
多間においても地質、掘削工法、アンカー形式など考慮
して試作を行ない、実用化を急いでいる。特にいずれも
切羽付近で上半せん孔中にロックボルトを安全にしかも
能率的に取付ける設備であることが前提条件である。

(2) 試験と施工例

(a) 試験

ロックボルトの試験は西庄トンネル（1,070 m）、相生
トンネル（3,990 m）の比較的堅硬な流紋岩質凝灰岩を
対象として行なわれた。試験の目的は、西庄トンネルの
場合ロックボルトの作用効果を追求し、より効果的にロッ
クボルトを使用するための施工上の指針を求めるもので
あり、また、相生トンネルの場合はエクспанション
形と接着形の定着力の機構を解明するものであり、いず
れもロックボルトの今後の本格的な使用にあたって行な
われたものである。

(i) ロックボルト定着機構の試験結果

試験は相生トンネル坑内の大背天端でエクспанション
形と接着形の引抜き試験を行なった。これらの試験結
果は次のとおりである。

① 同一荷重に対する変位量はエクспанション形の
方が大きい。

② エクспанション形の場合、くさびが孔壁にくい
込む量は岩石によって異なるものであり、この大きさ
により軟岩に対する使用限界範囲を求めることができる。

③ ボルト締付部のネジはロールネジが好ましい。

④ エクспанション形は一般にくさび部分のみですべての荷重を支えるものであるが、接着形は接触面積が大きくなるので、特にクラックの発達した岩石の場合効果的である。

⑤ 接着形は、ロックボルトそ入に対して回転と打撃の併用式のもの（さく岩機改造形）が必要である。

(ii) ロックボルトの効果に関する試験結果

試験は西庄トンネルの上半部で主として接着形ロックボルトの張力の経日変化、プレート形状効果、下半掘削時に上半のロックボルト張力の応力変化などの総合試験が行なわれた。試験結果は次のとおりである。

① ロックボルト締付後の張力低下は図-3に示すとおりであるが、初期締付力4tに対しておおむね3t程度に低下して安定している。この原因は、18m離れた位置で上半せん孔中の連続衝撃圧が±200kg作用しており、岩盤とプレートとの間でゆるみが生じたといえる。

② 締付部のプレートの球形状と平板形について比較した結果は図-4に示すとおりであるが、岩盤とプレートとの密着の程度が平板形の方がばらつきが目立つ。特に2,000kg-cm以上の締付トルクに対して締付効果が著しく低下する。

③ 下半掘削時のロックボルトの張力は瞬間的に復元している。その反応程度はクラウン部で最も著しくて±300kg、45度付近で最大±200kg、スプリング付近ではほとんど反応を示さない。これらの結果からロックボルト区間は順巻とした。

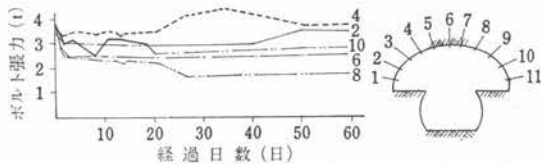


図-3 ボルト張力の経日変化

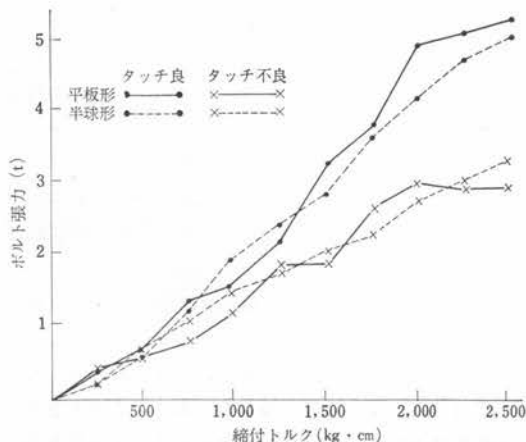


図-4 ボルト締付トルクと張力

表-1 タイムスタディ (実績)

上半掘削 (1発破進行 2.2m)			上半掘削 (1発破進行 2.2m)		
作業別	岩別	IV	作業別	岩別	IV
掘削断面積 (m ²)		40	ジャンボ待避		16'
1発破せん孔長 (m)		2.5	発破・換気		30'
1発破進行 (m)		2.2	ジャンボ線延伸		22'
孔数 (孔)		130	ザリ出し		82'
1台当り孔数 (孔)	130÷8÷16		その他		28'
せん孔 (準備含む)		130'	合計		350'
装薬・結線		42'	m 当り		160'

ロックボルト (間隔 1.2m)			ロックボルト (間隔 1.2m)		
作業別	岩別	IV	作業別	岩別	IV
取付本数 (本)		11	ガイドセル移動		24'
1本当りせん孔長 (m)		17	ロックボルト取付		58'
1台当り孔数 (孔)		11	待避・その他		59'
ジャンボ始動		28'	合計		255'
せん孔 (準備含む)		86'	m 当り		215'

(b) 西庄トンネルの施工例

西庄トンネルは延長1,070mで、地質は流紋岩質凝灰岩がほとんどであり、弾性波速度は4.2~4.6km/secで節理も少なく、岩石の圧縮強度は500~2,000kg/cm²程度である。昭和44年1月、導坑はR.T.M.で延長550mを掘削し、その区間をZAX-200とTY-85を8台搭載した上半ジャンボで導坑をバーンホールとするバーンカット工法により掘削し、支保工はロックボルトを採用して上半掘削と併行作業とした(図-5参照)。

ロックボルトは図-6に示すようにφ22mm、L=2.0mを1断面に11本、トンネル延長方向に1.2m間隔(標準)で締付部は平板形とし、締付力は4tで再締付を行ない、金網は45mmを使用した。ロックボルトジャンボは上半ジャンボと分離して後方にTY-85を1台装備してロックボルトの取付を行なった。1発破進行2.2mの長孔発破により上半掘削開始後、しばらくして表-1に示すように日進7~8mに追従することは困難になり、切羽より最高30m離れたため、ロックボルトを一部上半ジャンボで取付けた。したがって、長孔発破の場合上半掘削の進行を早め、しかもロックボルト取付を追従させるためにはロックボルト孔せん孔用のさく岩機を2台以上装備する必要がある。

ロックボルトの取付はさく岩機を改造して使用してみたが、打撃優先であるためそ入途中で定着するという欠陥が若干生じた。ロックボルト取付後は初期張力を4tに締付け、金網は発破によるずり飛散を考えて約40m切羽より離して取付けた。ボルト張力低下による再締付は必要に応じて行なったが、観察による綿密な点検をして、できる限り金網取付前とした。またロックボルトの配置および長さは地質の変化に応じて変更することが好ましいが、現状ではその把握が困難であり、ほぼ全区間設計図どおりにロックボルトを取付けて実に総本数5,425本の大量施工となった。なお、この区間は上半掘

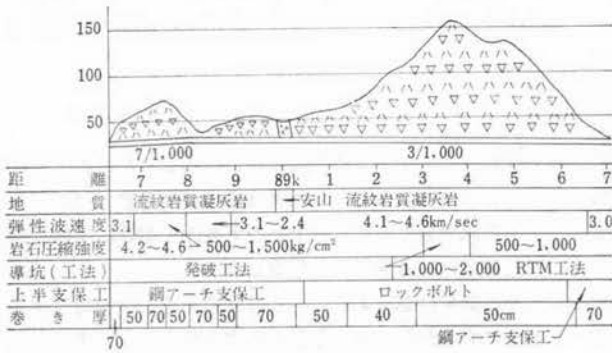


図-5 西庄トンネル全体図

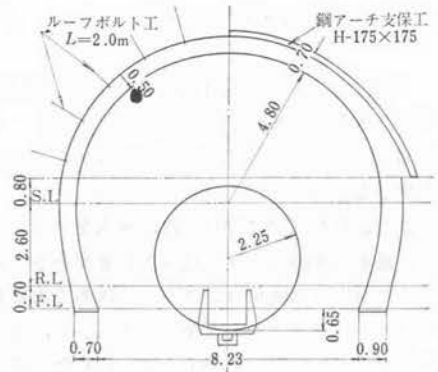


図-6 西庄トンネル断面図

削と覆工を分離作業としていたので、上半掘削後覆工まで約4カ月放置されたわけであるが、この期間の締付力は安定しており、肌落ちは数箇所であった。

覆工は鋼アーチ支保工に比べて余巻率は多いが、填充率が良好であり、検測の結果でも金網を通して地山と十分密着していた。余掘りが多い原因は鋼アーチ支保工を建込まないことによって断面決定がむずかしくなり、そのための不慣れと特に長孔発破の場合その影響が大であったといえよう。したがって今後測定の精度を上げるために上半掘削断面わくのようなものを使用したりして、鋼アーチ支保工以上に余掘りを減らすことが可能である。また、填充率が良好であることは鋼アーチ支保工と矢板の組合わせに比べれば、ロックボルトを使用した場合、コンクリートと地山が一体になるという長所をもっているといえよう。

3. 吹付コンクリート工

(1) 設計と設備

(a) 設計

設計の方法は現在まだ確立されていない。それは吹付の支保機能が多岐にわたっており、また施工の対象となる地山もゆるみ圧、膨張圧、岩の初期応力と種々存在し、それぞれに対して違った支保機能を有するからであ

る。今後は理論的設計方法の確立につとめる一方、現場での試行錯誤を経てそれぞれのトンネルに合致した吹付の設計を見出さねばならない。山陽新幹線新関門トンネルでは総延長約7kmにわたって上部半断面アーチへの吹付を計画しているので、その概略を述べる。

(i) 適用範囲

弾性波速度がおよそ4km/sec以上の岩盤に対して適用する。従来は150Hが1.5mピッチで設計されていた区間である。

(ii) 吹付厚

平均厚は10cm、最小厚は3cmとする。

(iii) 本覆工厚

吹付区間においてもアーチコンクリートの設計巻厚は50cmとする。ただし、吹付コンクリートは設計巻厚の一部と考えるので、本覆工厚は吹付厚相当分減少する。このようにコンクリートの巻厚は支保工法のいかんにかかわらず変えないものとした。しかし本来吹付コンクリートを適用すれば覆工と地山は密着しており、覆工への均等な土圧を期待できること、地山本来のアーチアクションを期待できることを考慮すれば、将来は設計巻厚も減少させることが可能となろう。

(iv) 併用工法

湧水区間、肌落ち危険区間には全面樹脂填充形ロック

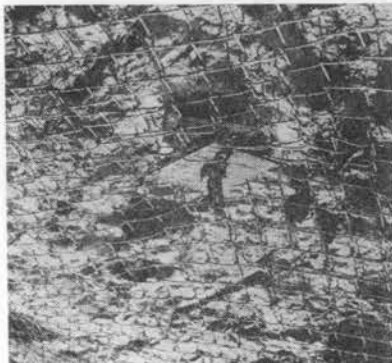


写真-1 ロックボルトの取付状況

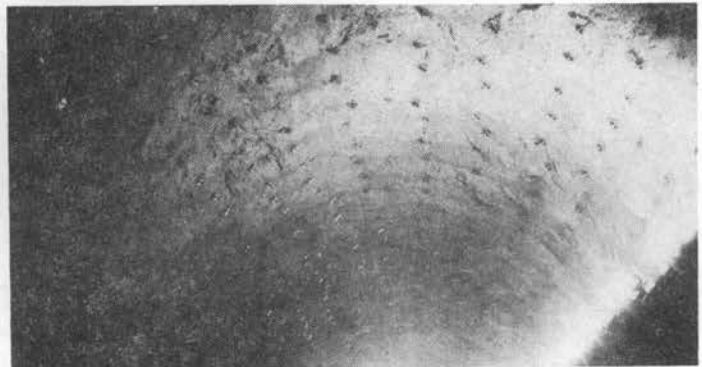


写真-2 ロックボルト全景

ボルトを併用し、鋼アーチ支保工、矢板の使用は極力さける。

新関門トンネル工事用斜坑での経験によれば、湧水区間では水を切りまわさない限りは吹付コンクリートと岩面間の浸透圧で吹付けたばかりのコンクリート面の剝離が生じる。

このような区間に対しては、湧水をパイプに集めて抜き、浸透圧を防ぐような処理が必要である。新関門トンネルにおいては吹付コンクリートはあくまでも本巻コンクリート打設までの1次覆工であるから、このような部分はロックボルトで補強することにした。さらに落盤の危険の大きい所は鋼アーチ支保工で補強する。ただし、吹付コンクリートおよびロックボルトと従来の鋼アーチ支保工を比較すると、前者は後者に比べ掘削面の規制が少なく、少々のあたりをも許容できるところに特徴がある。そこで吹付コンクリートと鋼アーチ支保工を併用し、かつ一体化させるには過大な吹付厚を要し、従来の方法に比較して経済性の妙味を失うことになる。

(b) 設備

トンネル掘削工法に対応して吹付設備も計画されるべきである。以下、国鉄の新幹線トンネルの標準工法ともいうべき底設導坑先進上部半断面工法で使用される機械設備を紹介する。

機械設備を大別すれば、坑外簡易パッチプラント、骨材運搬設備、坑内混合設備、そして吹付機本体になる。底設導坑先進上部半断面工法による場合のネックは骨材運搬設備にある。1発破(1.5m進行)分のみでも3.5~4.0m³の骨材が必要となり、それを導坑から上半へ持上げるために図-7のような約1m³積みのコンテナと2.5tぶりの移動式天井クレーンを準備した。また坑内での骨材とセメントの練り混ぜは連続運転が可能なスパイラルミキサを使用する。これらの上半の吹付設備一式はレール上を自走できる構造とした。

上半先進工法、全断面工法によれば、これらの設備も

より簡略化できるので、今後吹付コンクリートを採用する場合は掘削工法ともども施工計画を検討する必要があるだろう。

(2) 施工と管理

(a) 配合

吹付コンクリートは乾式方式を採用したが、青函トンネル吉岡坑コンクリート運搬坑道における吹付コンクリートの試験結果から、施工上の7要因を選び、実験計画法に基づいて最適配合を調査した。

その結果は表-2に示すとおりである。はね返り率を最小にする配合と強度を最大にする配合は相反する面をもつが、両者がある程度ともに満足させる最適配合が第3の配合である。ただし、はね返りを最小にするW/Cは吹付面の角度によって異なり、天井および肩ではW/C=50%、側壁では60%であった。すなわち、側壁部分より肩、天端の方を硬練りで吹付けるのがよい。

(b) はね返り

はね返りは作業員の熟練によって減少するが、せいぜい30%どまりと想定される。ここで特に強調しておきたいのは現在の乾式吹付を使用するとき、はね返り率を決める主要なそして大部分の要因がノズルマンの技量に左右されることである。コンスタントな吹付作業を行なうためにも、ノズルマンの安全衛生の面からも自動化を進めなければならない。また、はね返り以外にも相当の材料の浪費があることが実績によって判明している。表-3に新関門トンネル斜坑における実績を掲げる。

(c) でき上がりの確認

凹凸のある掘削面の凹部を吹付コンクリートで埋め、アーチアクションの期待できる形状とすることは、トンネル支保工としての吹付コンクリート工が目指す施工指針の中でも大きな比重を占める問題であることを勘案すれば吹付コンクリートのでき上がり確認では吹付厚に加えて吹付形状をも検査するのがより技術的であろう。

厚さの確認は5寸釘等を用いて行なう事例が多いが、

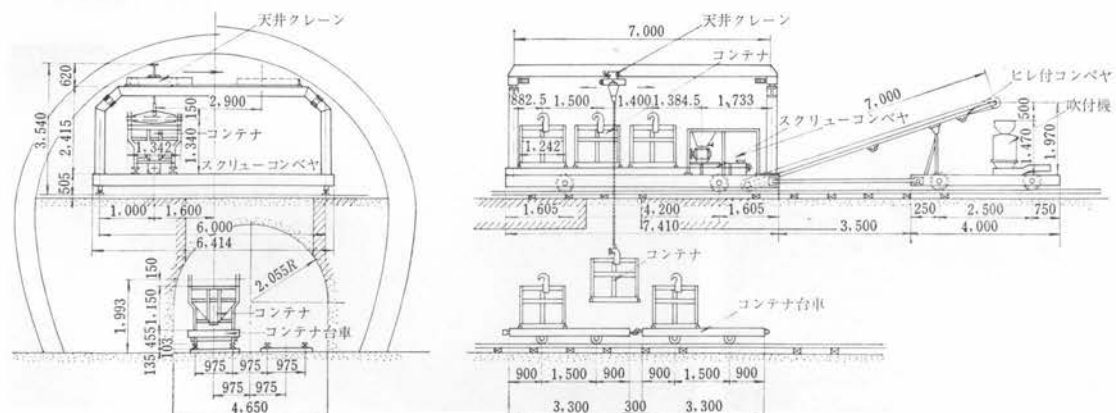


図-7 吹付設備

この方法はあまりにも原始的であり、近代的施工管理からはほど遠いものであり、しかも釘の本数が限られるので、必ずしも平均吹付厚の真値を与えることは考えられない。ましてや形状の確認を定量的に行なうことは現状では不可能である。そこで今後は5寸釘などは施工上の目安として残るとしても、間接的手段ではあるが、総吹付量で管理する方向へ進むのではないかと考える。

(d) 全体作業工程との関連

吹付作業は地山のゆるみを早期に抑止させるために1発破ごとに行なうのが原則である。その結果、作業のやり方によっては掘削サイクルタイムに大きく支障し、全体作業工程を遅らせる懸念が生ずる。

理想的な今後の目標としている吹付作業形態は、遠隔操作の可能なロボット吹付機を開発し、ずり取り作業と吹付作業を併行させることにより掘削サイクルタイムを短縮することにある。

現段階としては吹付機を2台稼働し、吹付時間そのものを短縮する方法、長孔さく孔により1発破の進行増大を目指す方法、岩質によっては吹付を2層に分け、2層目は後普請で掘削サイクルに支障することなく作業する方法など、少なくとも支保工建込み工法に比べて掘削サイクルタイムが延伸しないよう努めなければならない。

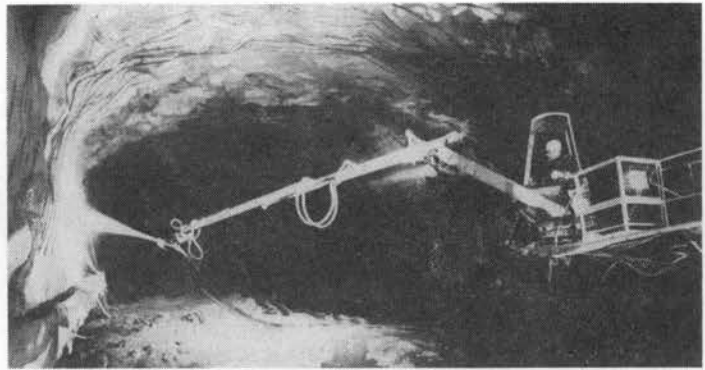


写真-3 ロボット吹付機 (スウェーデン・スタビレイター社製)

4. あとがき

ロックボルト工、吹付コンクリート工が鋼アーチ支保工に伍して使用されるようになるためには、まず安全で経済的で掘削作業のサイクルを乱さないことが必須条件である。小断面の場合は比較的容易にこの条件を満足させることができるが、大断面の場合は施工数量も多く、せん孔、装薬、爆破、ずり出しという一連の作業と並行して施工するためには、設備、段取りにかなりの配慮が必要であって、現在まで普及しなかった原因の一端はこのあたりにあると思われる。

これから施工される山陽新幹線安芸トンネル、新関門トンネル方式が成功すれば普及する端緒となるであろう。特に上半のサイクルタイムを短縮することが可能であり、鋼アーチ支保工に比べて地山と一体となるので余掘り、余巻き、強いては巻厚を減らすことができるし、土圧の変化をすみやかに発見することができる。またスムーズな壁面、周辺のゆるみの少ない機械掘削断面にはこれらの工法は非常に有効なので、機械工法の普及とともに使用の機会も増えるだろう。これら工法は資源の乏しいわが国では鋼材、コンクリートの節約にもつながるので普及させなければならない工法である。

参考文献

- 1) “トンネル標準示方書解説” 土木学会編
- 2) “ロックボルトの定着機構” 三沢清扶他・鉄道技術研究所報告・No. 690・1969年7月
- 3) “ロックボルトの効果に関する実験的研究” 白井慶治他・鉄道技術研究所速報・No. 71-54・昭和46年4月
- 4) “山陽新幹線新関門トンネル金山斜坑における坑内弾性波調査報告(第1回)” 浅野郡司他
- 5) “吹付コンクリートの配合ならびに施工法に関する基礎的実験” 土屋敬他
- 6) “トンネルの吹付コンクリートとロックボルトの施工” 大塚本夫他
- 7) “Shotcrete support in rock tunnels in Scandinavia” Owen S. Cecil III. A.M. ASCE
- 8) “Instant Shotcrete Support, in rock tunnels” C. Alberts, Civ. Ing. SVR and S. Bäckström SVR Stabilator AB, Stockholm

表-2 最適配合

項目	要因		
	①はね返り率を最小にする配合	②28日圧縮強度を最大にする配合	③総合的にみた最適配合
セメント量	350 kg	300 kg	350 kg
絶対細骨材率 (S/A)	70%	50%	60%
水セメント比 (W/C)	60%	40%	50%
急結剤率 (Q/C)	2%	2%	2%
粗骨材の種類	砕石	川砂利	砕石
吹付面の角度	90°	90°	90°
吹付距離	70 cm	70 cm	70 cm
工程 { はね返り率 σ28	23.6±6.3%	47.3±6.3%	32.1±6.3%
平均 { 28日圧縮強度	122.3±9.9 kg/cm ²	181.9±9.9 kg/cm ²	152.1±9.9 kg/cm ²

表-3 新関門トンネル斜坑吹付コンクリート実績総括表

斜坑名	藤ヶ谷	和布刈	金山
施工延長	208.5 m	267.5 m	225 m
材料使用量	447 m ³	323 m ³	482.8 m ³
材料設計量	240.8 m ³	149.5 m ³	249 m ³
材料割増率	1.856	2.161	1.939
実測はね返り率	32.1%	41.7%	33.1%
釘による吹付厚実測	10.4 cm	6.38 cm	10.1 cm
時間当り吹付量	2.51 m ³ /hr	2.34 m ³ /hr	1.83 m ³ /hr
掘削 m ³ 当り火薬使用量	0.9 kg/m ³	1.5 kg/m ³	0.95 kg/m ³
平均せん孔数	63 孔	74 孔	55 孔
切羽人員	10 人	11 人	7 人
レンゲハンマ数	4 台	5 台	4 台
日進	5.09 m/日	6.83 m/日	5.04 m/日
月進	142 m/月	194 m/月	142 m/月

トンネル建設特集 (14)

青函トンネルの工事用機械設備

桜 沢 昇*

1. まえがき

津軽海峡線の調査は昭和 21 年に開始され、地質調査を主目的としてボーリング、物理探査、潜水観察その他外部から行ない得るあらゆる手段で実施されてきた。昭和 39 年、日本鉄道建設公団が発足し、従来の調査を国鉄より引継ぐとともに、新たに内部から正確な地質状況の確認と長大海底トンネル掘進上の技術的課題の解明をはかるべく調査坑の掘削に着手し、本年 3 月調査を完了した。

日本鉄道建設公団の青函トンネル技術調査委員会は、技術上の諸問題について 25 年間のデータをもとに慎重に審議した結果、「青函トンネルの建設は技術的に可能である」との最終結論を出した。続いて本年 4 月に運輸大臣からトンネル部分については将来新幹線を通し得る

よう設計上配慮することを含み工事線としての基本計画の指示をうけた。

本年度は従来の工事を継続するとともに、海底部の本トンネル掘削にそなえて、ずり排出用のベルトコンベヤ、換気を兼ねる立坑、工事用道路などの設備工事をすすめてきた。9 月 27 日に工事実施計画が認可され、青函トンネルはついに待望の本工事着手の運びとなった。

以下、青函トンネルの施工計画の概要、おもな工事用機械設備の現況などについて記すことにする。

2. 施工計画の概要

青函トンネルの施工計画の概要は次のとおりである。

(1) 建設工事を行なう区間

始点：青森県東津軽郡今別町浜名

終点：北海道上磯郡知内町湯の里

(2) 線路の位置(図-1 参照)

(3) 線路延長 53.85 km

(4) 工事方法

- ① 単線・複線の別：複線
- ② 線路規格：甲線
- ③ 電化・非電化の別：電化
- ④ 最小曲線半径：6,500 m
- ⑤ 最急こう配：12 %
- ⑥ 軌道中心間隔：4.30 m
- ⑦ トンネル断面：複線新幹線形

(5) 工事予算

総額 2,014 億円 (うち工事用機械費 167 億円)

(6) 工事完成の予定年月

昭和 54 年 3 月

このトンネル計画では、海底部の延長ができるだけ短く水深の浅い大陸棚の下を通り、かつ本州側

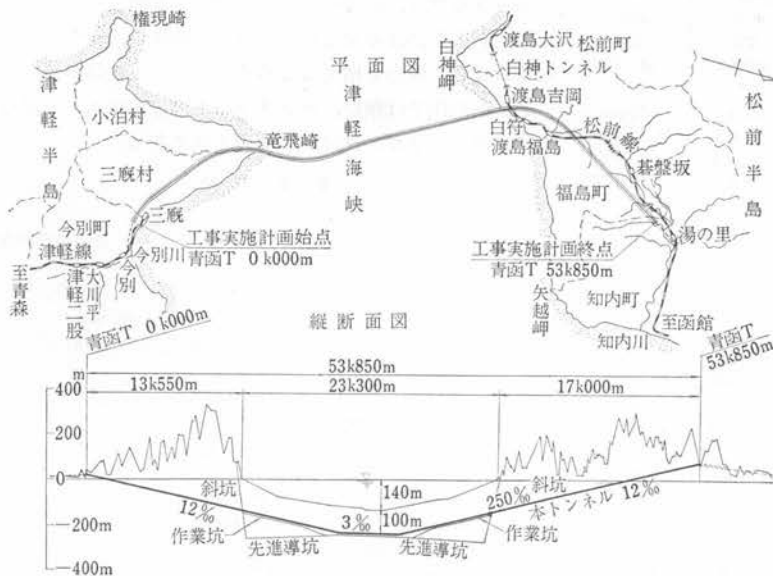


図-1 津軽海峡線(青函トンネル)線路略図

* 日本鉄道建設公団海峡線部海峡線第一課補佐

火山岩地帯はできるだけ岩脈の少ないところを通るようにし、海底部の最小土被りを100 m、こう配12%としてルートを選定するとトンネル延長が53.85 kmになる。

海底部分の施工にあたっては、従来の調査水平坑をそのまま先進導坑として先行させ、これよりやや遅れて本トンネルに平行する作業坑を掘進する。これらの掘進にあたっては、常に先進ボーリングにより前方の地質を調べて必要な注入を行なう。

作業坑の掘進後に引き続き行なわれる本トンネル掘削のための止水注入は、この作業坑から前もって施工しておくほか、特に地質不良箇所は場合によってはあらかじめ作業坑から特殊工法を用いて迂回し、本トンネルの覆工までを完成しておく。このように事前処理を行なったのち、本トンネルを両口から施工するが、大部分の地質良好区間では、一般の山岳トンネルに用いられると同様の工法によって掘進する計画である。9月27日現在における工事進捗状況は表-1に示すとおりである。

なお、先進導坑および作業坑は工事中は注入用、ずり搬出用、排水用とするが、工事完成後は排水路、保守用通路などに利用する。

表-1 青函トンネルの工事進捗状況 (昭和46年9月27日現在)

	本 州 側 (m)	北 海 道 側 (m)	計 (m)
斜 進 導 坑	1,315	1,210	2,525
先 進 導 坑	272	1,886	2,158
作 業 坑	400	2,463	2,863
計	1,987	5,559	7,546

(注) 作業坑の分岐点は本州側が斜坑760 m、北海道側が斜坑670 mの地点である。

3. 先進ボーリング用機械

トンネルの海底部分では湧水を伴う地質不良箇所には遭遇することが避けられないので、掘進にあたっては前方の地質状態を早期に確認し、有効な対策を講じながら能率的に施工していかねばならない。

従来、断層、破碎帯などの予知方法として切羽付近ではガードナデンパPR-123 J形、DH-143形さく岩機、またはシカゴニューマチックCP-65形、鉦研OP-1形空気動式試錐機などによる60 m程度のさぐりさく孔を、ボーリング横孔からは利根TBM-6形、鉦研EP-2形などの回転試錐機によって600~800 m級の中尺ボー

表-2 スネークドリル主要諸元

形 式	ダイナドリル569形	所 要 水 量	950 l/min
ドリル外径	127 mm	所 要 水 圧	18 kg/cm ²
全 長	6,010 mm	接 続 部 の 寸 法	ダンプバルブ 89 mm API Reg
さく孔径	152~200 mm		ビットサブノーマル 89 mm API Reg
ビット回転数	400 rpm	重 量	405 kg
出 力	27 PS		
有効トルク	32.5 kg-m		

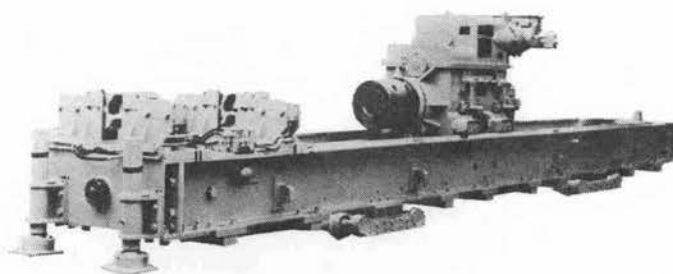


写真-1 ドリルユニットの外観

リングを実施している。

先進ボーリングの高速化、長尺化と併せて作業能率を向上させる目的で昨年深度2,000 mの長尺水平ボーリング用大形回転試錐機を開発し、北海道側坑底基地でその1号機を試用しており、現在施工中の第5孔ボーリングによってほぼ実用の見通しが得られた。

また同所でさく孔試験を行なったダイナドリル製569形スネークドリル(主要諸元は表-2参照)は長尺水平ボーリング孔の孔曲げまたは孔曲がり修正用として有効であった。近日中に投入するバンドサブ指向装置をこれに利用すれば孔の傾斜、孔尻の方位が迅速かつ連続的に測定できるので、孔曲がりの修正作業は従来に比べて一段と能率化することが期待される。本装置はオリエンティングサブ、インストルメント、ラインワイパ、地上パネルおよび油圧駆動ウィンチなどによって構成され、水平ボーリング孔の方向を電位差計の原理を用いて遠隔計測するものである。

本州側においては最近坑外の試験場所で大形回転試錐機の2号機(改良形機)のさく孔試験を開始した。本機はドリルユニット、オイルポンプユニット、パルプユニット、コントロールユニット、スイッチユニット、ロッド処理装置およびドリルポンプなどの部分によって構成されており、それぞれ移設時に便利なよう移動台車または車輪がついていて運転操作には電気制御油圧作動方式を採用している。図-2は本機によるボーリング作業配置図で、写真-1にドリルユニットを、表-3にドリルユニットの主要諸元を示す。

また、この試錐機を用いて先端駆動式による5,000 m級の高速水平ボーリングを行なうソ連製3164-8形エレクトロドリル(本誌昭和46年8月号37頁参照)のさく孔試験も併せて実施する予定であるが、今年度中にこのドリルに専用のインクリノメータを取付け、テレメタリングシステムによる傾斜角、方向角、回転偏位角の連続計測および記録表示を行なうことにしている。表-4にインクリノメータの主要諸元を示す。

4. 止水注入用機械

トンネル掘進において湧水を止める注入作業は掘進に

表-3 ドリルユニット主要諸元

形式	鉱研 FS-400B 形水平ドリル・電気操作・油圧作動式	
さく孔径	197 mm	
掘進能力	ロッド回転式の場合 2,000 m 先端駆動式の場合 5,000 m	
回転関係	ロッド回転	Low 0~30 rpm 2nd 0~60 rpm Top 0~120 rpm ギヤ変速3段、各段とも油圧ポンプ制御により4点変速可、正逆転可、油圧モータ2台
	回転トルク	Low 0~4,300 kg-m 2nd 0~2,160 kg-m Top 0~1,080 kg-m
	スピンドル内径	170 mm
給進関係	ストローク	5,300 mm
	給進力	前進 max 48 t 後退 max 65 t
	速度	前進 max 2.0 m/min 後退 max 1.5 m/min
ドローイング関係	ストローク	5,300 mm
	引抜・押込力	引抜力 max 60 t 押込力 max 45 t
	速度	引抜時 max 17 m/min 押込時 max 23 m/min
	方式	回転用油圧を給進に切換えて使用する。最大速度まで3点変速可
	ガイドローラ 長さ×幅×高さ 重量	油圧作動式 4 1/2 in ドリルロッド用 10,450×1,280×1,965 mm 約 17,000 kg

先立って切羽から前方の地山に対して行なう切羽注入と、掘削後の湧水を坑壁あるいは横坑などから注入して止める周壁注入とに分けられる。

先進ボーリングの結果、止水のためのグラウト工を施工する場合はカバーロックとして 5~15m 地山を残して坑道の掘進を中止し、切羽から湧水地帯に数本のさぐり孔をうがち、湧水状況を把握して注入計画をたてる。

1回の注入範囲は地質、湧水圧、坑道断面の大きさなどで異なるが、斜坑掘削の初期で湧水圧が低かった頃は坑道外周 1.5m 程度であった。海底部の掘削になってからは湧水圧が高く、岩質が不良などところでは坑壁から 5m 以上の外周まで注入している。特に地質の悪い断層破砕帯のような場合は 10~20m の外周まで注入した例もある。坑道掘進方向には 30~35m を通常 2 ステージで注入を行なっている。

表-4 インクリノメータ主要諸元

形式	STE 形電力データ搬送式	外径×長さ	65×1,740 mm
計測範囲		重量	10 kg
傾斜角	0~60°	フィルタ部	
方位角	0~360°	入力	最大 2,500V
回転偏位角	0~360°	減衰量	6 dB 以下
計測誤差	2% 以下	外径×長さ	164×9,000 mm
検出部		重量	810 kg
供給電源	800~1,700 V 50 Hz	受信部	
チャンネル数	8 (補助 3)	供給電源	180~260 V 50 Hz
搬送周波数	28 kHz	消費電力	60 VA
データ搬送波	32 kHz	幅×高さ×奥行	594×330 ×262mm
消費電力	200 VA	重量	14 kg

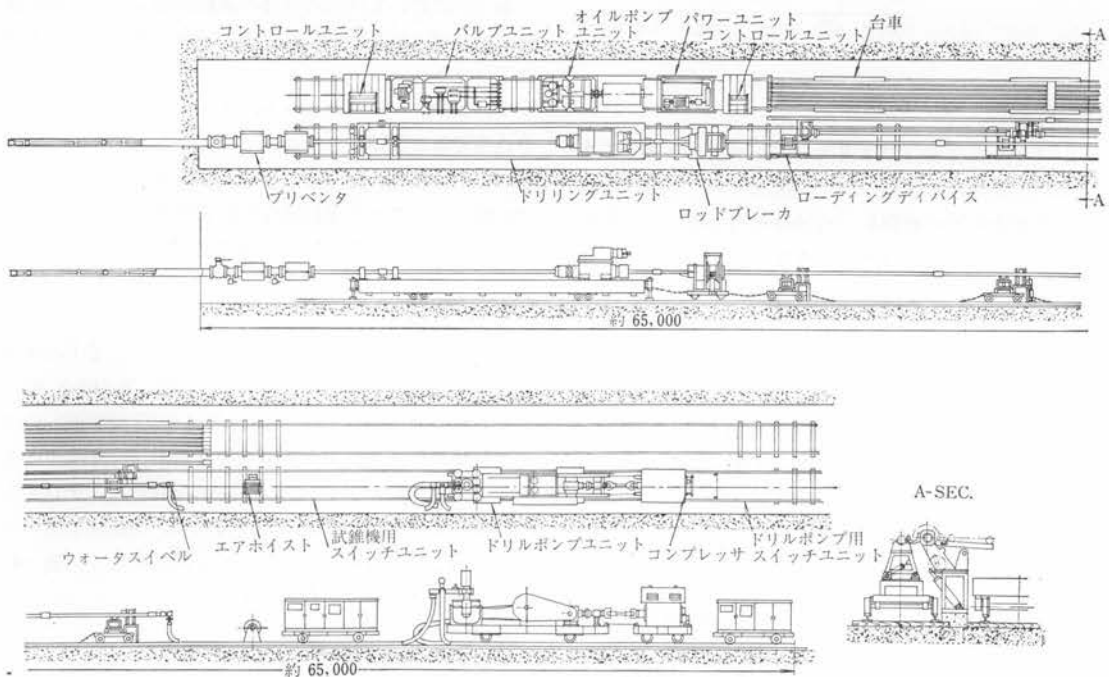


図-2 大形回転試験機 (水平 2,000 m 級) 全体配置図

注入さく孔には、さぐりさく孔の場合と同様のさく岩機を油圧操作式 2 ブームジャンボに搭載して使用している。さく孔能力は 60 m 程度であるが、孔長が長くなるにつれて急激に孔下がりするので、実際には 40 m ぐらいの孔長にとどめている。

地質が複雑でこれを確認したいときは、切羽から小形ボーリング機械によるコアボーリングを行なっている。

注入ポンプには青函トンネルの止水注入用として開発した油圧駆動による定圧力可変流量形グラウトポンプをおもに使用している。表-5 に代表的なグラウトポンプの主要諸元を示す。

注入材料はコロイドセメントが主材になっている。LW は坑壁への漏えい防止あるいはセメント注入の末期に使用すればパッカの早期撤去などに効用があるので切羽の注入現場では常に水ガラス注入ができるよう準備している。

5. トンネル掘削用機械

青函トンネルの調査坑における掘削実績によれば、一部の地域を除き岩石の硬さが II ~ III で、一般の山岳トンネルにおけると同様に掘削することができると思われる。北海道側でのトンネル掘削機による実績によっても、能率的な機械掘削が可能であり、また爆破工法でもさく孔配置、火薬の種類と使用量を考慮すれば、坑壁周辺にそれほど悪影響を与えずに海底下の掘削も可能である。

北海道側の先進導坑では掘削径 3.6 m のウォルマイヤー式トンネル掘削機 (T.B.M 836 形機) を斜坑坑底基点 533 m の地点から昭和 44 年 3 月 9 日発進した。掘進開始して間もなく F 50 断層圏内に入り、砂質凝灰岩と凝灰質シルト岩が互層する個所で湧水、地山のはく離、崩落などのため進行がはばまれた。すなわち、トンネル掘削機が 0.5~1 m 程度掘進しては後退して切羽付近のコンクリート吹付、支保工建込み、山留め、止水注入など坑壁防護作業を行なうことが繰返えされたため、2~3 m/日程度の進行にとどまることが多かった。

このような地帯での掘進能率を向上させるため、掘進機の上支持シューの前方にフロントルーフを取付け、これに結合させたサイトプロテクタを装着することにした。その結果、切羽付近における作業の安全性が向上し、また支保工の建込み作業位置が切羽面から 4 m ほど後方になり、これらの作業が機械の掘進とある程度並行して施工できるようになったので作業能率は増大し、高速掘進を続けることができた。本機は昭和 45 年 2 月 19 日から 3 月 20 日までの連続 30 日間に 262.50 m を掘進して日進最大 22.10 m、1 シフト最大 8.84 m を記録した。

昭和 45 年 5 月中旬から次の F-10 断層に接近した

表-5 グラウトポンプ主要諸元

グラウトポンプ	形	式	ヤマト HFV-2 AB 形、複筒後動ピストン式
	ピストン径	74 mm	
	吐出量	57 mm	65 mm
	吐出圧	5~118 kg/cm ²	5~87 kg/cm ²
	吐出量	71~0 l/min	96~0 l/min
パワーユニット	口径	吸入側	1 1/2 B
	口径	吐出側	1 1/4 B
	ストローク	数	26~0 rpm
	ストローク	長さ	最大 300 mm
	重量		420 kg
油圧ポンプ	吐出量	式	可変吐出量形ベーン式
	吐出量	力	20~70 kg/cm ²
	吐出量	速度	133~0 l/min
	回転速度		1,000 rpm
	交換熱量		3,000 kcal/hr
オイルラ	口径	側	1 1/4 B
	口径	側	3/4 B
	最大使用圧力		15 kg/cm ²
	最大流量		12,000 l/hr
	流量計	口径	
重量	最大使用圧力		10 kg/cm ²
	重量		910 kg

ため再び掘進速度が低下し、断層破碎帯部の約 10 m 手前で機械掘進を中止した。この区間では側壁導坑先進工法に切替えてようやく突破できたので、機械は近いうちに掘進を再開する。なお、現在までの本機による実掘進長は 1,793 m である。

作業坑においては掘削径 4.0 m の T.B.M 840 形機を使用している。本機は過去に用いた T.B.M 736 形機と現有の T.B.M 836 形機の使用実績から得た経験ならびに発想をとり入れ、機械各部に改良を加えて製作した機種である。当初、本州側に投入する計画であったが、斜坑掘削時に大量の湧水個所に遭遇し、掘削工事が遅延したため、兵庫県相生地区において硬質流紋岩層 (圧縮強度 2,000~4,000 kg/cm²) を対象に掘削性能試験、耐海水性試験、トンネルの重複掘削試験などを実施したのち北海道側で作業坑を掘削することになった。作業坑では 12% の下りこう配を掘進することになるので、切羽における湧水の停滞を考慮し、ずり搬出装置を羽根付チェーンスクレーパーに改造するなどの処置を施してから昭和 45 年 5 月 5 日に掘進を開始した。月進は 5 月が 130 m、6 月が 133 m、7 月が 169 m とほぼ順調な成績を示したが、7 月後半より 9 月前半までは T.B.M 836 形機がかつて先進導坑で遭遇した F-50 断層にかかったため、さぐりさく孔、止水注入に 10 日間、20 m 掘進に 2 日間、計 12 日間に要して 20 m 進行するなどの作業が続けられ、約 2 カ月で断層地帯を通過した。

その後は順調な進行を続け、昭和 46 年 3 月 22 日から 4 月 20 日までの連続 30 日間で 336.50 m、日進最大 31.23 m、1 シフト最大 12.15 m の掘進記録をあげた。現在までにおける本機の実掘進長は 2,044 m である。

本州側においては掘削呼び径 4.5 m のトンネル掘進

機が予定されるが、これには過去の使用実績から得た経験の積重ねを有効に反映させ、各部の機能向上をはかるべく目下計画である。図-3 に本機の構想図を示す。

近い将来、本トンネル掘削用の大口径トンネル掘進機について、その可能性の検討ないしは開発に取り組んでいく方針であるが、全断面機械化掘削に関する現実の問題として掘進方向の制御、坑内での保守、整備、故障修理の合理化、迅速化などについての検討を続けたい。

6. ずり搬出用機械

ずりの坑内運搬はレール方式で側倒式 2m³ または底開き式 5m³ 鉄製トロにずりを積載して 6t または 12t 蓄電池機関車により坑底基地のずりビンへ搬出、投下する。ずりビンからのずりはプレートフィーダを経て容量 8m³ のスキップカーに積替え、斜坑巻上機 (8t, 300~150 m/min, 450 kW) で巻上げて坑口ずりビンに投入する。ここからまたダンプトラックに積込んで捨て場へ放棄するずり搬出方法を続けてきた。

坑内運搬用の軌道は、本州側では軌間がすべて 914 mm で斜坑に 40 kg N 形ロングレール、作業坑、先進導坑に 30 kg レールを布設している。北海道側では坑道断面の関係から軌間は斜坑 914 mm、作業坑 762 mm、先進導坑 610 mm にそれぞれ分かれており、本州側と

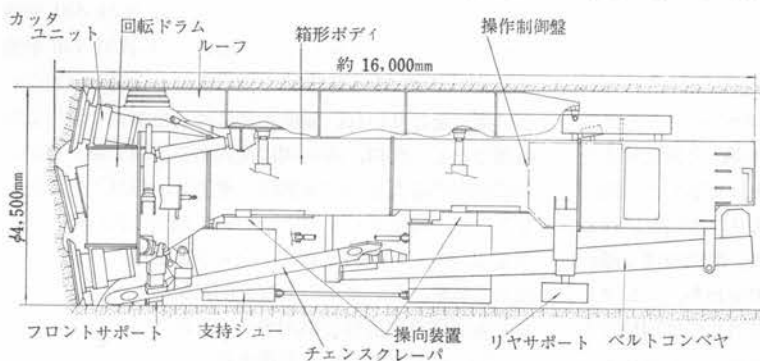


図-3 トンネル掘進機構想図

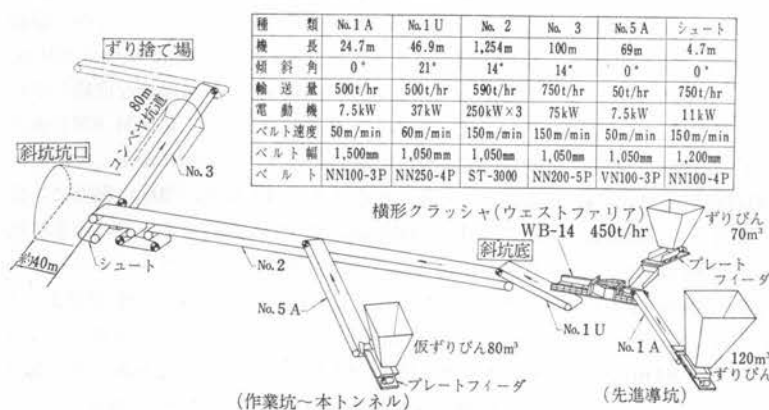


図-4 本州側斜坑コンベヤ設備概要図

表-6 12t サイリスタ制御式蓄電池機関車主要諸元

形式	神鋼 BCR-12 B-610 サイリスタチョップ 制御式	定格けん引力	1,700 kg
呼び重量	12 t	最大けん引力	3,375 kg
運転整備重量	13,700 kg	蓄電池	240 V 430 Ah
軌間	610 mm	制動装置	空気ブレーキ, 手動ブレーキ
機関車出力	60 kW	車輪径	660 mm
定格速度	12 km/hr	固定軸距	2,600 mm
最大速度	25 km/hr	長さ×幅×高さ	7,050 (連結器面間) ×1,150×1,650mm

同様のレールが布設してある。

蓄電池機関車は現在本州側にサイリスタ制御式 6t 車が 6 両ある。そのうち 4 両は重連形機関車で、切羽の状況に応じて 2 重連にし、12t 車としてワンマン運転することができる。北海道側には在来の抵抗制御式 6t 車 6 両、12t 車 2 両のほか、サイリスタ制御式 6t 車 2 両、12t 車 3 両が投入されている。いずれの機関車にしても湿度 95% 以上、温度約 35°C の坑内で、海水を含む滴水とかなりの流水がある場所に使用するほか、当初は蓄電池充電作業が周囲温度の高い充電所で行なわれていたりしたため、直接または間接的な電気関係のトラブルが見受けられた。表-6 に 12t サイリスタ制御式機関車の主要諸元を示す。

最近本州側斜坑にずり搬出用ベルトコンベヤの設備が完成してずり出しスピードがアップした (北海道側は現在施工中である)。このコンベヤ設備は傾斜角 14°、機

長 1,000 m 以上で、含水量の多いずりを大量に運搬する長大コンベヤとなるため建設機械化研究所に委託してその調査、計画を行なったものである。

斜坑ベルトコンベヤ設備の概要を示すと 図-4 のとおりで、写真-2 にそのコンベヤ集中制御盤を示す。No. 2 コンベヤは本トンネル掘削時におけるずり出しにも十分対処できる設備であるが、今後作業坑のずりビンと No. 5 コンベヤについては増強することになっている。

7. コンクリート吹付装置

青函トンネルの作業坑または先進導坑において掘削直後に行なうコンクリート吹付は、岩盤にコンクリートが密着し、岩盤を安定させる効果があり、大いに活用している。コンクリート吹付装置はトルクレット SII-3 形吹付機、材料投入用コンベヤ、材料混合用ドライミキサなどの付属機器からな

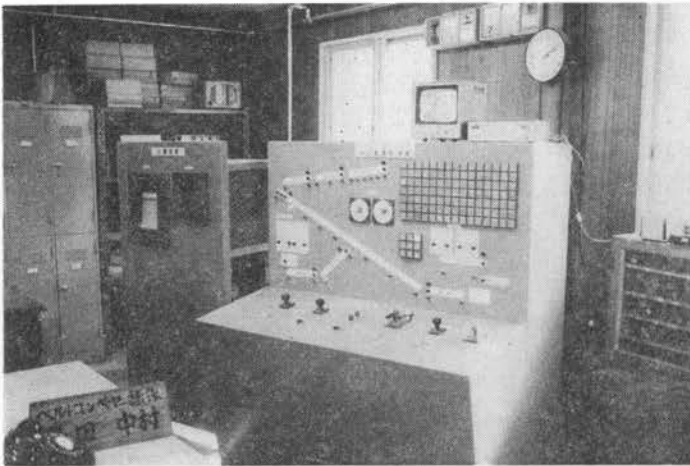


写真-2 斜坑コンベヤ集中制御盤



写真-3 208 形湿式コンクリート吹付機

り、ドライコンクリートミックスを圧縮空気によりホースを通じて連続圧送させ、ノズル通過の直前で水を添加してコンクリートを吹付けるものである。

トンネル掘進機が高速掘進を続けている場合、そのすぐ後方でコンクリート覆工することは著しく進行を阻害するので、10 cm 程度の厚さにコンクリートを吹付けて2次覆工までの仮巻としている。

最近、西ドイツのコンパルナス氏考案になるシュベルノヘッター社製の湿式コンクリート吹付機がヨーロッパで普及しつつある。今回これを本州側に導入する予定であるが、本機は接着剤をセメント量の0.3%添加した水セメント比39~42%の硬練りコンクリートを圧縮空気により吹付けるもので、粉じんの発生が少なく、作業効率が良いと思われる。写真-3は湿式コンクリート吹付機で、表-7にその吹付機の主要諸元を示す。

表-7 湿式コンクリート吹付機主要諸元

形 式	シュベルノ 形吹付機 TB 208	使用空気圧力	2~6 kg/cm ²
吹付能力	6 m ³ /hr(生コンクリート)	所要空気量	10~12 m ³ /min
搬送距離	水平 約 100 m 垂直 約 25 m	搬送ホース内径	50 mm
チャンバ容量	200l×2	駆動用電動機	7.5 PS×2
粗骨材粒径	25 mm	長さ×幅×高さ	3,250×1,500×1,700 mm
		重 量	1,600 kg

8. 坑内排水ポンプ

海底トンネルの湧水量は水深、土被り、トンネル外周の土砂、岩石の透水係数、トンネルの覆工材料の透水係数および巻厚、トンネル断面、延長の大小などによって異なるものである。

青函トンネルにおける坑内湧水を分析した結果によれば、当然のことながら深度が進むにつれて湧水圧が高くなっている。特に本州側坑内では湧水のイオン含有量が海水とほぼ等しく、水圧も理論値に近い値を示しており、岩盤の割れ目を伝わって海水が浸透しているようである。

ある。

海底トンネル工事で排水ポンプ設備は最も重要な設備であって故障がなく、保守、整備の容易なポンプが全工期を通じて確保されなければならない。しかしその排水計画にあたっては、土被りの厚さと湧水量の関係、止水注入による土砂、岩石の透水係数の変化、覆工コンクリートのしゃ水効果、覆工背面の静水圧の扱いなどで明らかにされていないことが多いため坑内湧水量の的確な予想がむずかしい。

最終的には、どこまで湧水量を少なくしてトンネルを掘削するかによって決まることになろうが、理論式と既存のデータなどを参考にして試算すると、青函トンネルの完成時における海底部の総湧水量は本州側で32 m³/min、北海道側で25 m³/min、合計57 m³/minと想定される。

現在の総湧水量は本州側6 m³/min、北海道側4.6 m³/minであるが、掘削工事の進展、工事中の異状出水などを考慮した排水容量のポンプを設備している。坑内現有のポンプ室は本州側が4 m³/min、420 kW×6台、5 m³/min、500 kW×4台、計44 m³/min、4,520 kW、北海道側が5 m³/min、280 kW×3台、4 m³/min、360 kW×3台、5 m³/min、450 kW×3台(計画中)、計42 m³/min、3,270 kWの設備容量である。

これらの排水ポンプは、海水のほか掘削による岩泥、止水注入、コンクリート吹付によるセメント、薬液などを多量に含んだ坑内水を排出するため、ポンプの主要部分は耐食、耐摩耗性の金属材料を用いている。また内部の点検が容易に行なえるよう機体は上下2分割形の多段ポリレット式になっている。駆動用電動機はNEMA規格Type II MG 1-1・20に準拠する屋外用防沫構造で、耐湿、耐水性の絶縁が施されている。

なお主ポンプ室にはマルスポンプを併設し、沈殿槽内に堆積した泥土を随時排出するようにしている。

9. 坑内換気設備

一般的にトンネル換気の方法には吸込み式、吸出し式、およびこの二つの組合わせ式がある。トンネル延長が長大になり、坑道が2本以上ある場合は、炭鉱などでよく使われる坑道通気による換気方式を採用するのが望ましい。すなわち内径の小さい風管によって送気するよりも坑道からフレッシュエアを吸込んで図-5のように坑内を循環させたのち通気用の立坑を通じて主扇風機により汚濁空気を坑外へ排出する。この方式によれば大形の主扇風機付近が車風にならないよう処置する必要があるけれども、風管が少なくすむ利点がある。

将来の換気計画について北海道側の例をとれば、最盛期の通気総風量は 3,480 m³/min が想定されており、切羽換気用として本トンネルが 2,200 m³/min、作業坑が 800 m³/min、先進導坑が 480 m³/min の風量を必要とする。

現在は立坑が完成していないので坑内のターボ送風機(500 m³/min, 520 mmAq, 110 kW, 2台)を主扇とする吸出し換気を行なっているが、局部換気用には軸流送風機を設備している。

北海道側先進導坑では T.B.M 付近の温度を下げる目的で冷凍能力 206,000 kcal/hr の冷房装置を設備中である。この装置の熱交換器の2次冷却用水には、海底から導入した海水を使用している。

トンネル掘進機の掘進時に生ずる岩粉、コンクリート吹付作業で発生する粉じん等をその周辺において吸収、捕集するため還流湿式集じん装置および静電式集じん装置(本誌昭和 46 年 8 月号 39 頁参照)の使用を予定している。図-6 に坑内用集じん装置の概要を示す。

10. 排水処理装置

現在の坑内湧水量は本州側 6 m³/min、北海道側 5 m³/min 程度であるが、今後本トンネルの掘削が進展するにしたがってますます増えると思われる。

この排水に含まれる懸濁物は大部分が T.B.M 掘削、先進ボーリングおよびさく孔によって発生する微粒岩粉であり、一部注入用、吹付用セメント、機械用オイルな

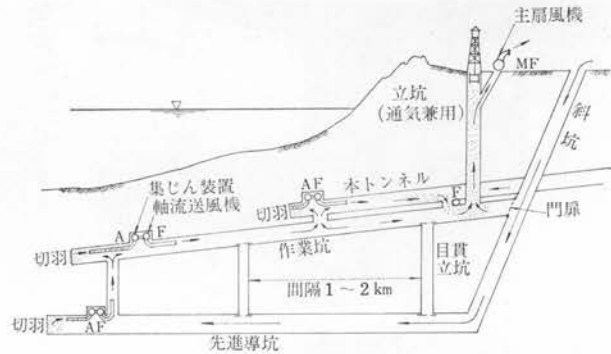


図-5 坑内換気要領図

どを含んでいるが、特に有害な物質を含有しているものではない。

排水系統の上流部で湧水に混入した懸濁物は、先進導坑を例にとれば坑内排水溝を流下する間に粒径の大きいものから沈積し、沈殿池入口付近では 1,000~3,000 ppm 程度の汚濁になっている。昨年北海道側に原水処理量 600 m³/hr のスラッジブランケット形シクナおよび脱水能力 70% 以上の真空吸引形オリバーフィルタなどを設けた結果、排水は濁度 24 ppm になって放流され、汚泥は 1~7 cm 程度のマッドケーキとし、トラック運搬に支障ない程度になった。図-7 に排水処理装置のフローシートを示す。

本州側では原水処理能力 1,200 m³/hr の排水処理装置を 12 月中旬に完成させる予定である。

11. その他設備

修理工場、木工場、充電所、コンクリートプラント、荷役設備などは一般トンネルと同様の坑内外設備が施されているが、工所用電気設備の概要は次のとおりである。

(1) 工所用電源設備

現在工所用電源として本州側は竜飛、北海道側は吉岡に 8,000 kVA の自家用変電設備が設けてあり、それぞれ東北電力、北海道電力から買電している。なお、保安電源用のバックアップとしてディーゼル発電機が設置されている。工所用電源設備は大形機械の導入、トンネル掘削の進展などによる負荷設備の増大化を考慮して増強

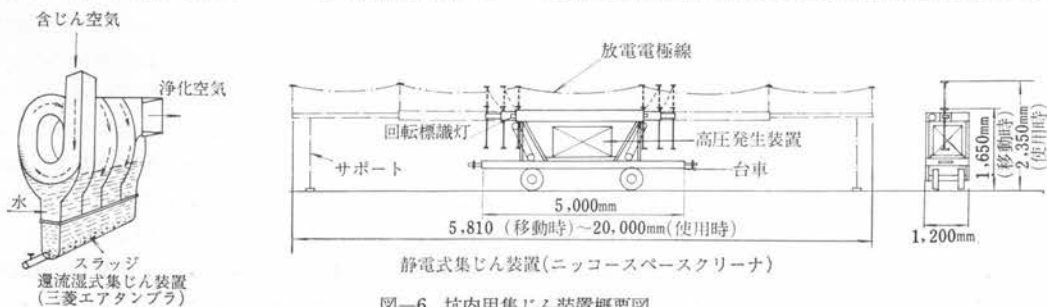


図-6 坑内用集じん装置概要図

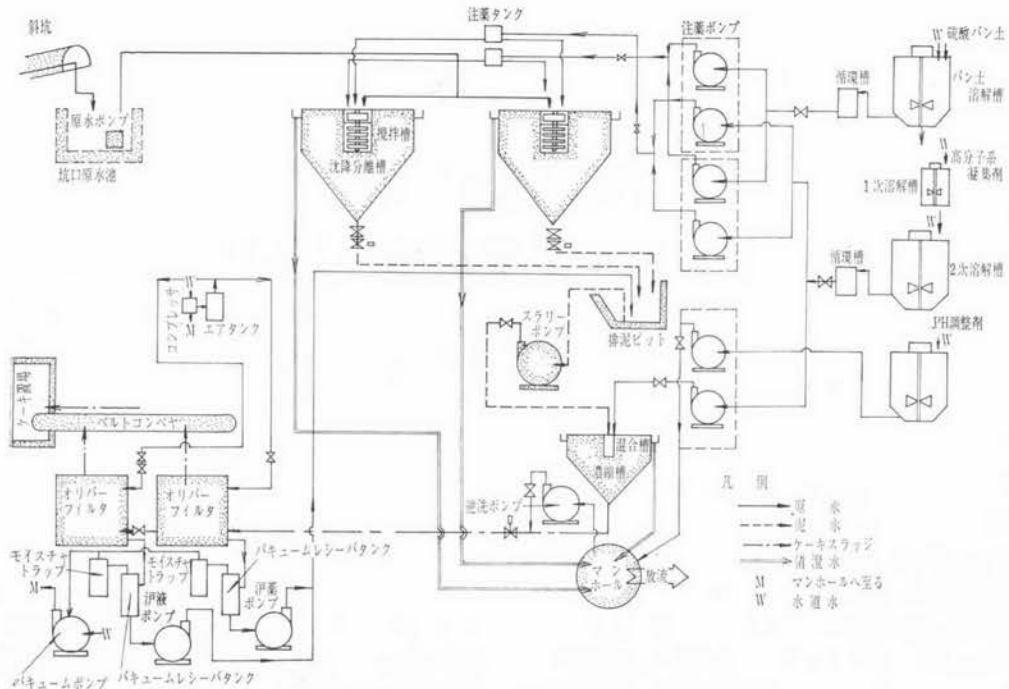


図-7 排水処理装置フローシート (北海道側の例)

する予定である。表-8 に電気供給設備の現状を示す。

本トンネル陸上部の着工にそなえて本州側は増川、藤島、小婁内地区に、北海道側は宿辺、三岳、白符地区にそれぞれ 2,500 kVA×2バンクの工事用変電設備を新設すべく、目下計画中である。

(2) 工事用通信設備

竜飛、吉岡の両鉄道建設所には塩害を考慮して密封リードスイッチ形、青函建設局には開放形の100回線クロスバス式自動交換機を設備し、電話系を確保しているほか、ファクシミリ(模写伝送装置)を設置して情報伝達の正確、迅速化をはかっ

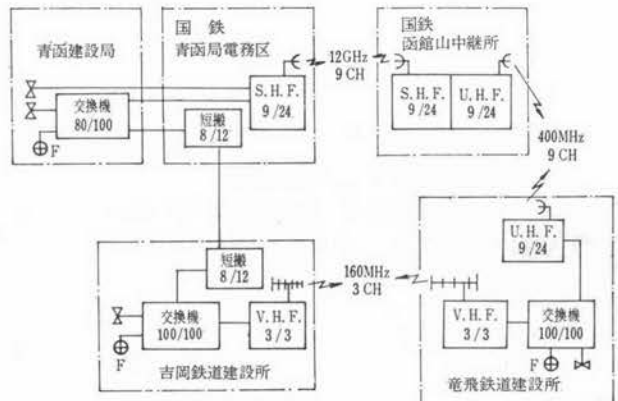


図-8 工事用通信系統略図

ている。函館所在の公団青函建設局、竜飛鉄道建設所、および吉岡鉄道建設所間は極超波の無線通信系、吉岡鉄道建設所と青函建設局間は有線の短距離搬送通信系をもってループ状に工事用通信回線が構成されている。図-8 に工事用通信系統略図を示す。

12. あとがき

青函トンネルが本工事着手になれば、本トンネルとそれに付帯する作業坑の工事は施工業者による共同企業体に発注されるが、先進導坑については公団側が引続き直轄施工することになっている。今後この工事に導入される新鋭、新機種の建設機械が大いに期待される。

表-8 電気供給設備の現状

場所別 設備別	本州側	北海道側
送電線	60 kV, ACSR 120 mm ² ×1回線, 直長 72 km (送電容量 31 MW) 鉄塔: 2回線用	60 kV, ACSR 160 mm ² ×1回線, 直長 62.7 km (送電容量 38 MW) 鉄塔: 2回線用
主変圧器	60 kV/6.6-3.3 kV 50 Hz 単相 1,000 kVA×3台 3相 5,000 kVA×1台 計 8,000 kVA	60 kV/6.6-3.3 kV 50 Hz 単相 1,000 kVA×3台 3相 5,000 kVA×1台 計 8,000 kVA
予備発電機	3.3 kV 500 kW 750 PS×2台 800 kW 1,200 PS×2台 1,600 kW 2,300 PS×2台 (計画中) 計 5,800 kW	3.3 kV 500 kW 750 PS×4台 1,600 kW 2,300 PS×1台 (計画中) 計 3,600 kW

トンネル建設特集 (15)

山陽新幹線の トンネル工事用機械設備

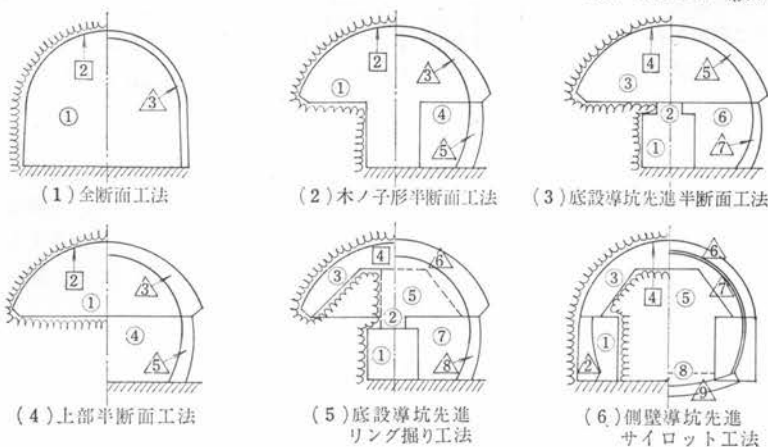
石 黒 敏 正*

現在山陽新幹線は岡山までは来年3月開業への最後の努力を行っており、また岡山～博多間は昭和50年完成をめざして各所でトンネル工事が進められている。この山陽新幹線は、東海道新幹線に比べてトンネル区間が非常に多く、表-1にその比率を示す。表-2は山陽新幹線新大阪～岡山間のトンネル工事で使用した機械の一覧表であり、表-3は岡山～博多間のうち、広島管内のトンネルに現在設備している機械の一覧表である。

なお、表-3の内容については、工事の進捗につれ設備機械も増強されるものと思われるが、以下、この一覧表から気付いた点について述べたい。

表-1 山陽新幹線と東海道新幹線のトンネル比較

	山陽新幹線		東海道新幹線
	岡山～博多	新大阪～岡山	
全延長	約400km	約165km	約515km
全延長に対するトンネル延長	52%	35%	13%



凡例 ○…掘削 □…鋼製支保工 △…覆工

図-1 各種のトンネル掘削工法

(1) 工 法

高塚山トンネルにおけるビッグジョン、西庄トンネルにおけるトンネルボーリングマシンなどの掘進機による掘削工法を除いては、さく岩機で岩に孔をあけ、爆薬をつめて爆発させ、その爆破エネルギーで岩を破壊して掘削する方法、いわゆる発破工法がとられた。掘削工法のおもなものを図-1に示す。

このうち、(3)の底設導坑先進半断面工法が大半を占め、鉄道の複線形トンネルでの標準工法となっている。

(2) 空気圧縮機

トンネル工事における空気圧縮機は表-2、表-3に示すように定置式が主体であり、個々のシリンダに働く不つり合い慣性力を相殺した多気筒筒形(V形、半星形)や横形で据付面積は大きくなるが、振動の少ないバランス形が多い。またこれら往復式のほか、回転式圧縮機も徐々に多くなっている。容量は、表-2では100～150kW級のを4～5台使用したが、表-3では150～200kW級が用いられており、坑内での使用空気量の増加が目立っている。

(3) 換気設備

一部ルーツブロワ使用を除きすべて軸流ファンによる坑内換気を行っており、換気方式も掘削延長、換気量、掘削覆工の施工方法によって種々あるが、代表的な方式を図-2に示す。容量としては600～1,000 ϕ 級のものが多く、また軸流ファンの簡便さとターボファンの高風圧(300～500mq)とを兼ね備えたコントラファンの使用が目立っている。

(4) さく孔機械

表-2については、一部ドリフタ使用を除いてはジャンボ台車を

* 日本国有鉄道建設局線増課

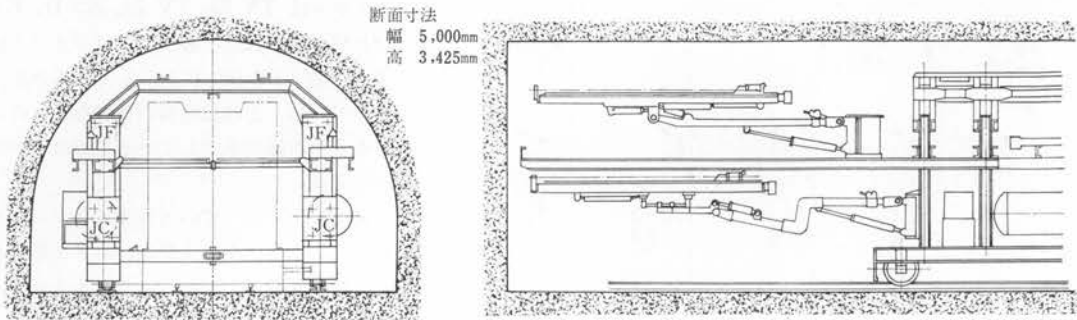


図-3 4 ームトンネルジャンボ (導坑用)
(備後トンネル, 安芸トンネル, および已斐トンネル)

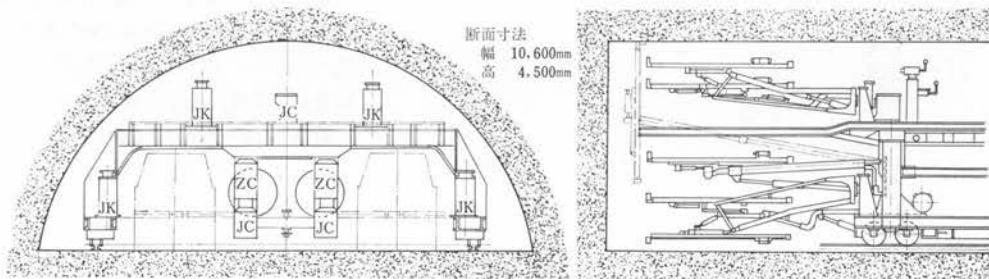


図-4 9 ームトンネルジャンボ
(備後トンネル西工区)

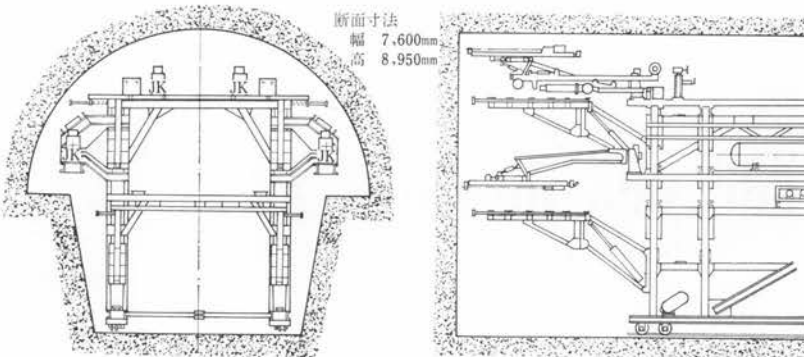


図-5 ダブルフロア4 ームジャンボ (エレクタ付)
(安芸トンネル橋原工区)

表-4 レッグハンマおよびドリフタ諸元表

形 式	重 量 (kg)	シリンダ 径 (mm)	ストローク (mm)	空気消費量 (5 kg/cm ² ・c)	打 撃 数 (blow/min)	回 転 数 (rpm)	機 長 (mm)	フ ィ ー ド		
								ストローク (mm)	長 さ (mm)	
レ グ グ ハ ン マ	TY 24-LD	レッグを含む 37.5	66.7	68	2.7	1,800	300	670	965	1,350
	TY 85-LD	39.5	60	60	3.4	2,300	240	655	1,000	1,500
	322D	38.5	70	70	2.8	1,850	200	705	990	1,388
	F8	41.2	75	70	2.9	1,950	200	722	1,000	1,385
	F10	43.2	85	49	3.7	2,600	180	659	1,270	1,670
ド リ フ タ	TY 90	本体のみ 31	90	60	4.1	2,250	160	本体のみ 545	種類 送り長さ (mm)	オートフィード 1,120, 1,700, 2,050
	F11	30.5	85	49	4.0	2,400	220	550	ル 送り長さ (mm)	1,490, 1,990

倒的に多く、そのため8t以上、10t、12t車の進出が目立っている。線路も30Kレールの敷設とともに、762mmまたは914mm軌間が採用されている。

トロ転倒装置では、チップラ形式から油圧ダンプ形式への移行が目立ち、設備の簡素化がはかられている。

今後より単純化、能率化を期待できるものとしては、底開きトロの使用が考えられる。これは図-6に示すように、列車編成のままホップ上を通過する間に軌条に敷設した開閉装置により自動的にずりが排出できるものである。

(7) コンクリート運搬機械など

コンクリート運搬機械については、東海道新幹線建設

表-5 使用機関車の種類別工区数

種類	工 区 数	
	表-2のもの	表-3のもの
① 蓄電池機関車のみ使用の工区	7	3
② ディーゼル機関車のみ使用の工区	9	
③ 両者の併用の工区	6	10

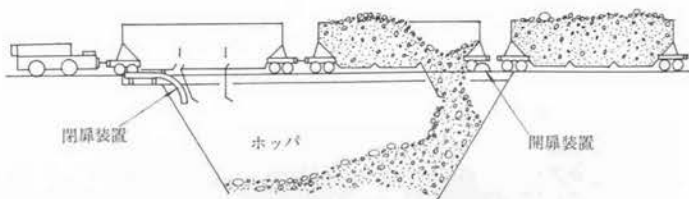


図-6 底開きトロ荷卸し状態図

当時のコンクリートポンプ時代からプレーサ時代へと移行しつつある。また型わくもスチールフォーム上半用、側壁用と一つの標準形が形成されている。

(8) その他

パッチャプラントのミキサ容量も0.6m³(≒21切)×2、または0.8m³(28切)×2が多用され、大形化がはかられている。

* * *

以上、簡単にその概要を述べたが、鉄道の複線形トンネルにおける設備機械の一例として参考にできれば幸いと思う。

新刊図書案内

自走式クレーン安全作業マニュアル

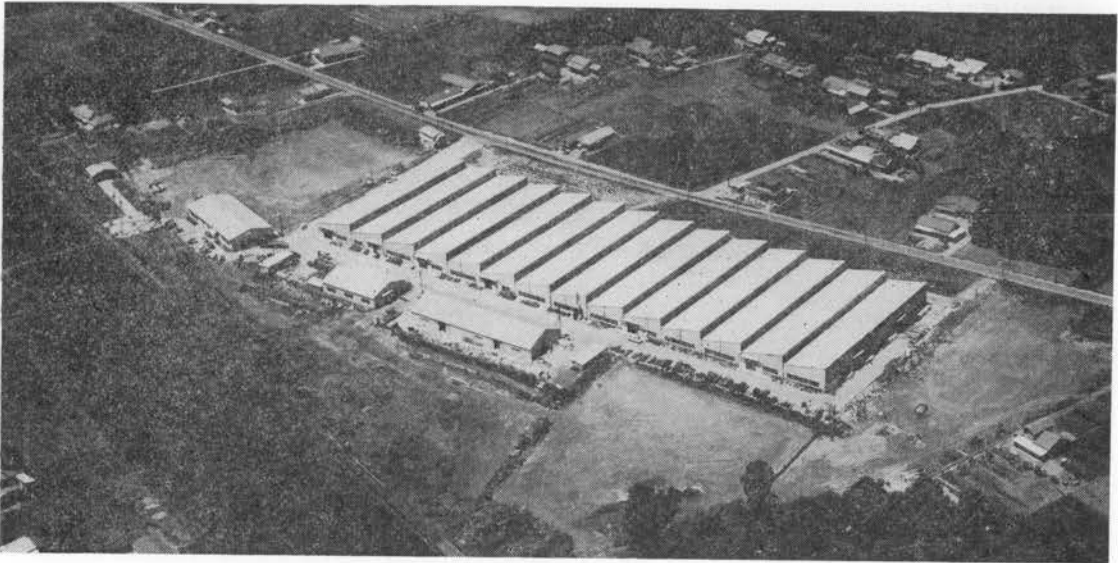
A5判 170頁 頒価 760円(会員680円)送料 200円

本書は、当協会が自走式クレーンの運転の安全に資するため専門家を集集し、細部にわたって検討を重ねた結果まとめたもので、自走式クレーンの準備、段取り作業、エンジン調整、クレーン作業、移動作業、整備、応用作業、玉掛け作業、ワイヤロープの使用法、およびクレーン等安全規則について図解入りで説明されており、現場に働くオペレータ、現場管理者にわかりやすく作業ポイントを理解させる絶好の指針書である。

□ 申込先 □ 社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園 21号地 1-5 機械振興会館
電話東京(433)1501 振替口座 東京 71122番

■工場めぐり.....



水沢工場第2工場

岩手富士産業水沢工場

相 沢 実* 佐藤倉蔵**

国鉄東北本線を利用して仙台から北上すること約2時間、北上山脈と奥羽山脈を東西に望み、北上川をはさんで沃土に恵まれた胆沢平野のほぼ中央に岩手県水沢市がある。

この水沢市は人口約5万の商業小都市といった感じのところであるが、歴史的に高名な高野長英、後藤新平、齊藤実らの先覚者を生んだ土地でもあり、また、世界6個所のみにある緯度観測所のその一つがこの地に所在することでも有名である。

国鉄水沢駅の北方約500mの東北本線脇で、こぢんまりした一角が岩手富士産業水沢工場の事務所および第1工場である。このたびはからずも見学記取材のため初めて当工場を訪れ、見聞する機会を得た。

会社の概要

当社は富士産業(旧中島飛行機)の企業再建整備法による決定整備計画に基づき昭和25年8月1日、同社の

* 建設省東北地方建設局道路部機械課長補佐

** 鹿島建設(株)仙台支店機電課長

第2会社として岩手工場(現水沢第1工場)、木崎工場(現太田工場)およびその付属資産を引継いで発足したのが始まりで、これに加えて昭和45年1月、水沢第2工場を新設して現在に至っている。

現在水沢工場は機械類の製作、太田工場は木工品(おもに家具類)の製作を行なっているが、当会社のほとんどを水沢工場が任っている。

(1) 組 織

現在この水沢工場には307名の人が鋭意生産活動のため従事している。工場の組織は図-1のとおりである。

(2) 製 品

当工場における生産品目は大きく分けて土木用機械と林業用機械とに分けることができ、おもにトラクタ系と集材機系のものが製作されている。その詳細を示すと次のとおりである。

- | | |
|--------------------|----------------|
| ① CT 35 形トラクタ系 | }月産 25 台 |
| アングルドーザ (5.5t)* | |
| ログローダ (7.0t) | |
| バックドーザ (4.0~6.0t)* | |

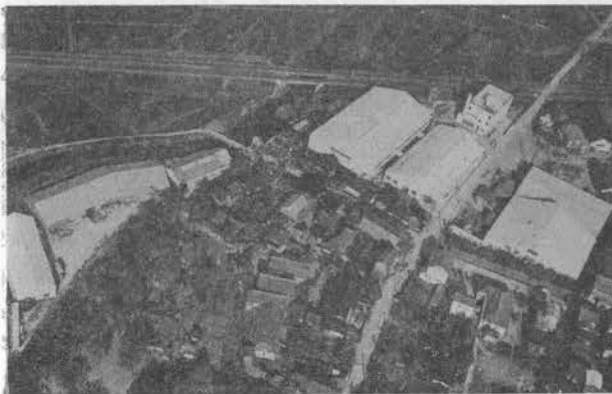
- トラクタショベル (6.7t) }
バックホウ (8.5t) }
テレコン付バック(またはアングル)ドーザ …受注生産
 - ② CT10H ミニバックホウ (1.15t)* ……月産 50 台
 - ③ T50 ロギングトラクタ (5.9t)* ……月産 5 台
 - ④ Y 形集材機系
超大型 3 胴集材機 ……受注生産
大型 3 胴集材機 }
大型 2 胴集材機 } ……月産 30~40 台
中形 3 胴集材機 }
小形 3 胴集材機 }
小形 2 胴集材機 } ……月産 20 台
大型 3 胴リモコン付集材機* ……受注生産
トローリングウィンチ* ……月産 30 台
 - ⑤ ケーブルクレーン (1~4.5t) ……受注生産
 - ⑥ B 形ブロック ……受注生産
 - ⑦ CM 形コンクリートミキサ* ……受注生産
 - ⑧ L36 ハイドロリックローダ* ……受注生産
 - ⑨ フェアリフトチェンブームローダ* ……受注生産
- (注) * 印は新製品である。

当工場の目玉商品としてミニバックホウが上げられる。これは配管理設や側溝施設などの掘削用として小回りのきく手頃な機械であると思われる。

もう一つはツーウェイバックドーザである。これは図-2 のようなリンクモーションによりブレードによる押



図-1 水沢工場組織図



事務所および第1工場



ミニバックホウの生産

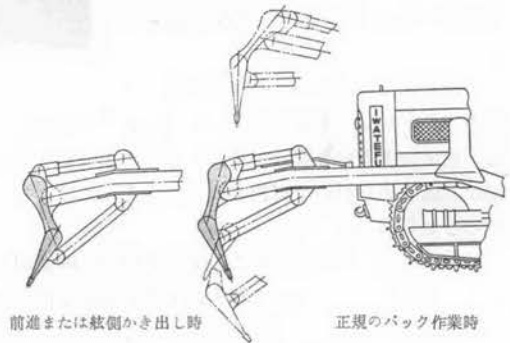


図-2 ツーウェイバックドーザのブレード作動

出し兼かき出しのできるもので、もともとが船舶の舷側かき出し作業に使用する目的で製作されたものであるが、狭い場所のずりまたは土砂などのかき出しに最適である。また、リモコン付超大型集材機などはカナダをはじめ台湾、東南アジアなど広く海外に輸出されており、今後その伸びが大いに期待されている。

工場設備

水沢工場は板金、機械加工、組立の工場だけで、これ以外の鋳造物などについてはすべて外注に依存しており、その外注率は全体の 40% を占めているということである。

まず第1工場を見せてもらったが、板金、機械加工、熱処理の3部門があり、おもに集材用に使われるブロックやトラクタの足回り部品などの小物を製作している。そのなかでちょっともの珍しく感じたことは火焰焼入装置であった。これは一つのノズルより上方から火焰を放射、下方から水を噴出し、この両者の間はお互いにさえぎられ、焼入されるものがモータによりまわされながらこの焼入装置で焼入される仕組になっている。

この場合、焼入の程度とか深さとかというものが、火焰放射時間やこの放射器の焼入対象部分との間隔とどのような相関関係にあるか、あらかじめ実験により求められており、この定められた校

正グラフを利用してその焼入程度をコントロールするということである。

この火焰焼入装置は多種少量生産的なものに一部利用されている。

第2工場は第1工場の西南方約4kmの地点にあって、田園のよく拓けた郊外の閑静なところであった。また、その敷地の西側は東北縦貫道の予定地にもなっている。

この工場は生産増強計画のもとに昭和41年10月建設に着手し、45年8月に完成したもので、その敷地約66,000m²、建物床面積約13,000m²の大きさである。

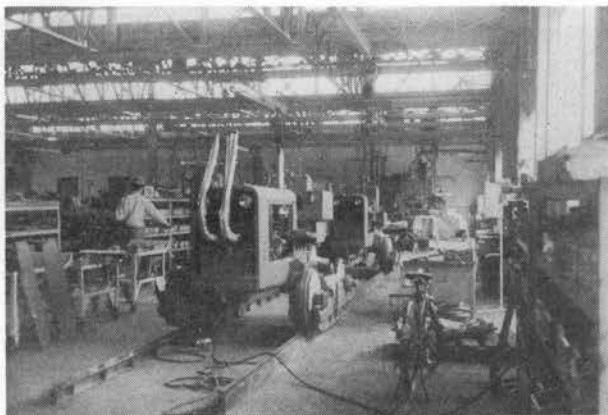
一番最初に目についたのは集材機の引張り力やキャレジの走行性能などを試験する試験塔であった。ウィンチ1台を設計するにしても、このような大仕掛な試験設備を用いて実験するというにはいささか感じさせられた。

工場内に入ってみると、この工場も板金、機械加工、組立の3部門からなり、それぞれ生産品目の中枢となる部分を製作しており、組立工程においてはほとんどトラクタ関係、集材機関係の製作がおもである。

この第2工場はもとも工場合理化の一環として計画されたもので、将来は事務所も併設移転を行ない、また第1工場も吸収する予定であるので、スペース、採光などにも十分気を配られた建物であり、設備においてもクレーンその他作業の特質によくマッチした能率本位の施設と見受けられた。

技術の開発

この会社におけるスタッフは、旧中島飛行機系の設計屋さんが主体となっているので、売れるということは、とかく質のよいものを作るべきであるとのセオリーのも



トラクタ組立工場



第2工場内機械工場

とに、執念深いほどよく徹底した実験が繰り返され、なお、次々と生み出された幾多の新しいアイデアも採り入れられて、機械の性能、質ともに一段と向上しているとのことで、その旺盛な意欲も感じられた。

品質管理

特に変わった方法はとられていないが、各人が検査員の心構えで製作しているということである。したがって第1次検査員としてウォーカの中から任命している。もちろん、専任検査員による技術の専門的な検査の実施は他社同様である。

このような体制で実施しているためか、現在までクレーム処理などの問題はあまり起こらなかったとのことである。

アフターサービス対策

当工場のアフターサービスとして特筆すべきことがある。それは機械の取扱い方、基礎知識または故障の直し方に至るまで、ユーザ、ディーラーの人達に対して7~10日間の予定で講習会を行なうことで、これが年7~8回も実施されている。これらに要する費用も全額当社で負担（民間ユーザ、ディーラーに対しては宿泊費も当社負担）している。先に述べたクレーム処理の問題が少ない一つの要因として、この講習会の効果が大きく影響しているものと思われた。

* * *

白河以北一山百文といわれた東北地方において数少ない建設機械のメーカーとして、また、当協会の製造部会員として大いに発展してもらいたいものである。今後のなお一層の発展を期待してこの工場を後にした。

■工場めぐり.....

日本除雪機製作所



丸 幸 雄*
上 原 利 貞**

して活躍していた WTR 形の馬力当り除雪能力と比較した場合、格段の相違があり、本除雪機構と WTR 形シャシとのドッキングを行ない、かつトルコン付ディーゼル機関車からヒントを得た独特の伝導機構、すなわち除雪断面変化による除雪装置への変動負荷を走行装置へ自動的に動力の調節配分ができる装置は、操作が楽なうえ、除雪作業がスムーズに行なわれるというすぐれた機構と相まっ

北国には珍しく、抜けるような空の青さが目にしみる10月の初め、札幌は時計台前から一路国道5号線をつっ走り、西へ約15km、冬期オリンピックの回転競技場となっており、また北大寮歌にも歌われている手稲の山々が石狩湾にせまった山麓、小樽との市境もほど近い国道沿い左手に、工場の所在を示すささやかな看板より、目もあざやかな塗られたのロータリ除雪車の並んでいるのが見えた。

「ここだ、ここだ」と事務所の入口にとまどいながら来意を告げると、さっそく2階応接間に案内された。

窓外を見やると、豊かな緑の中に吹風の赤い屋根、青い屋根の住宅が点在し、札幌鉄工団地、木工団地もほど近く、眼下の国道を往き交う自動車の彼方に、電化された函館本線の列車、サイロのある牛舎、亭々と聳えるポプラ並木が望遠され、めぐまれた環境といえる。

工場の生立ち

日本除雪機製作所のかつての親会社であった留萌鉄道は、北海道有数の豪雪地帯で、石炭搬出のために設けられた有力私鉄であったが、ディーゼル力による鉄道除雪に苦心惨胆して、ついに「リボンスクリュー形ロータリ除雪車」を考案し、画期的大成功を収めた。リボンスクリュー形ロータリは、35年当時唯一の専用ロータリと

て、リボンスクリューの威力をさらに高めた。

これら技術面と鉄道除雪の経験を有する三和興業が設計を担当し、東京の酒井重工業で改造が行なわれ、ここに初めて HTR 形ロータリ除雪車が誕生した。本形式の除雪車の製造を企業化し、日本除雪機製作所を昭和37年4月、札幌市菊水西町の工場で仮操業を開始した。引続き手稲稲穂の現在地に敷地 8,000 m²、建屋 1,100 m² の工場を新設した。

折りから道路除雪の飛躍的進展と、除雪関係官公庁、学界などの温い指導、支援に恵まれ、小さい企業ながら除雪機械専門メーカーとして順調に発展しつづけ、3回にわたる工場増設整備により建屋面積 2,230 m² となり、活気あふれた操業が続けられている。創草時代から労苦をともにしてきた斉藤工務課長が往時をなつかしむかのように思い出し、思い出し説明してくれた。

創設当時は留萌鉄道の子会社として同族企業の色が強かったが、企業の再編成を機会に昭和46年1月、川崎重工業、日産ディーゼル販売、いすゞ自動車の3社が全株式の99%以上を持つようになり、個人会社の域を脱して企業基盤を固めることとなった。このことは大形特殊自動車であるロータリ除雪車を製造している唯一の専門メーカーであり、また北海道では唯一の自動車メーカーであるだけに、総合組立を主体とする当社にとって最も大切な各種技術の体系的な結集と企業連携が格段と強力になった。

* 北海道開発局官房機械課長補佐

** 北海道機械開発(株)整備事務所次長

製 品

HTR 形ロータリは 200 PS 級—41 形, 300 PS 級—300 形, 400 PS 級—301 形, 700 PS 級—700 形, NRT 形ユニット式 (100 PS 級), MR120 形歩道ロータリ (100 PS 級) のほか, スノーブラウ, 小形ロータリ除雪機 (スノークリーナ) などがある。

ユーザの 99% は官公庁であり, 今年度までの累計生産台数は約 500 台, うち本州 150 台, 北海道 350 台に達し, 昭和 40 年には外国優秀機と競争の結果, オーストラリア SMFA に HTR-41 形ロータリを納入し, わが国初の除雪車輸出の輝かしい実績をつくり, 納入時の勇姿を写した写真が応接間に掲げてあった。

生産管理

製品は 100~700 PS 級ロータリ除雪車数種類の少量生産であり, すべて 12 月までに完了させてしまわねばならぬという特殊事情のため, 合理的製作をするためには次年度の的確な所要台数を把握し, 各シリーズごとに製作を完了させていくという方法を取り, 部品供給をスムーズに行なうため外注を有効に利用すると同時に, 多品目の部品製作に対応できるように工作機械は汎用機が主体となっている。自動車, 建設機械, その他関係部品メーカーとの連携をうまく活用し, 自工場における製作部品との組合わせでアッセンブリとし, 組立, 試運転, 検査を経てから総合組立のメインラインに流れる。

主要部分はすべて治工具の活用, プレス加工などで省力化をはかっている。変速機, 減速機類の調質, 研磨は道内では十分な信頼度が得られないので, ほとんど本州メーカーに依存していると聞く。

全従業員数は 100 名, 管理部門 15 名, 工場間接部門



31 名, 工場直接部門 54 名となっている。この程度の規模の工場としては資材, 設計の要員が多く, 特に設計部門は関係部品の寄せ集めではなく, 拒絶反応をおこさぬよう除雪機械としてしっかりとけこませるため, 必ずチェック設計し直すためであると説明があった。

工場を案内していただく。応接間に続く廊下のドアをあけると 2 階のタラップから工場内が一眺できる。HT R 301 形 4 台が盛んに組立中なのが目につく。工場内ではものすごく大きく見え, そのたくましさに頼もしさがこみあげてくる。メインフレーム加工のプレーナ, その他工作機械が 10 台ほどフルに活躍しており, ミッションのモータリングのそばでは見覚えのある部品がごろごろしており, 納入部品の検査をしている検査員の真剣なまなざしが印象的であった。

次に製缶工場に案内され, 回転台上に固定されたオーガスポークにリボンスクリューの曲線部が仮留され, 次から次へとなげなく組立てられていくのにしばらくみとれていた。

本年度新たに増設された組立工場を経て最後に部品倉庫を見せていただく。デポセンターとしてこまごました部品が整然と棚に並んでおり, 戸外にはプロウケースや除雪装置わくアクスルホーシングその他大物部品がうず高く積まれていた。工場は生産性の向上と品質向上のため手作業の機械化, 作業の集約化, 規格品の活用による合理化, 製作部品の再チェックが積極的に進められ, 製品は 1 台ごとに石狩湾に通ずる路上で連続走行, ブレーキテストが繰り返えし行なわれ, 初期に発生するトラブル対策として効果的な方法を活用している。除雪テストは北海道の地理的, 気象的条件に恵まれて 12 月~4 月まであらゆる雪質で, 実車テストはもちろん, 特に小形ロータリ試験機による実践的試験研究を行なって開発改良に努めている。

サービス能勢

全国的に製品を納入している関係から, 納入立会, 運転指導など, 何班かの技術員が 8 月, 半袖ジャツ姿で札幌を出発, 裏日本 2,000 km を縦断してクリスマスの頃,



HTR 301 形の組立作業

除雪装置ブローの
組立作業→

アノラック、長靴姿で札幌駅頭に現われるまで毎年毎年長期の納入指導の旅が続く。やれやれと正月を過ぎて間もなく3月まで点検、サービスに、また現地での除雪車の活躍状況調査のため再び巡回の旅に旅立つとか。これら貴重な調査資料が設計に反映され、よりよい機械の製作につながるのであろう。

本社札幌以外に東北（新庄）、北陸（新潟）地区にそれぞれ部品デポを配置し、部品の補給態勢に万全を期しているほか、全国的にサービスネットを完備させ、北海道 21、東北 11、北陸 18、近畿 6、中国 6 のサービス工場を配置している。

またサービス工場の製品知識、運転、整備技能などの向上のため今年度も8月～9月に3回にわたり研修が開かれ、その他随時サービス工場と話し合いで数名ずつの技能者を会社工場内で実地指導している。また技術陣についても、工場再編成以来、関連メーカとの技術交流が

積極的に行なわれるようになった。

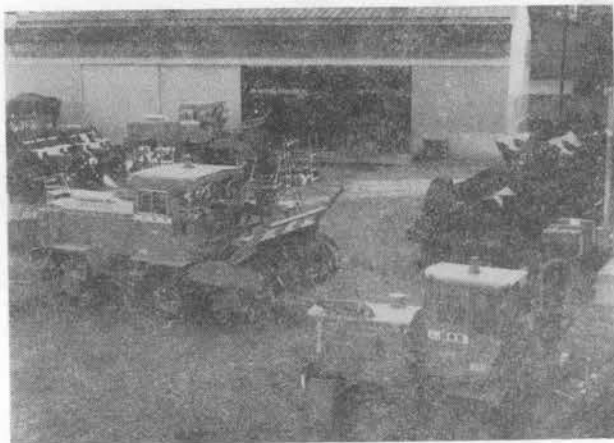
降雪地域では「虎の子」であるロータリ除雪車がいやしくもサービスの、機械的原因で休止することは絶対許されないのだとの認識のもとに、品質管理、サービスの徹底に意を用いているとのことであった。

「しかし、真の品質管理は各社員1人1人の品質に対する意識の高揚にあるので、寒気と吹雪について、昼夜の別なく活躍する除雪車の過酷な作業実態の認識が必要であり、社内教育はもちろん、冬には点検、サービスなど、できるだけ現地に派遣している」との梅野工場長の話であった。

見学を終えて

機械工業としてあまりみるべきもののない北海道において、ロータリ除雪車を造っているというプライド、しかも専業であり、「工場規模は小さいといえども、地の利と100名の総力がロータリ除雪車に結集しているエネルギーは、決して大企業に優るとも劣るものではない」という高田社長以下従業員1人1人の滴々たる闘志と、専業メーカの体質的弱さをカバーできるものは高度な技術と製品の優秀さであるという心構えが原動力となり、会社全体が社長を中心として小ちんまりとまとまって努力していることがひしひしと感じられるような気がした。

当社の製品がより一層快適な冬の生活を約束してくれる立派な除雪車となることを期待して工場を辞した。



完成して納入を待つ除雪車

二 ユー ズ

大形車輪式トラクタショベル “KLD 100”

川崎重工業(株)ではバケット容量 5.5 m³ の大形車輪式トラクタショベルを 11 月に開発した。

本機は 35 t 級ダンプトラック用に開発された国産最大のもので、おもな特徴は次のとおりである。

① 出力 420 PS の機関を搭載しているので加速性、掘削力にすぐれ、サイクルタイムが短縮でき、作業能率が大幅に増大できる。

② このクラス最大のダンピングクリアランスを有しているため、35 t 級ダンプトラックにも余裕ある積み込みができ、長いホイールベースとバランスのよい重量配分により安定した作業性能が得られる。

③ オペレーションボード全体を防振支持し、前後、上下に調整できるサスペンションシートを使用しているため、オペレータの疲労が非常に少ない。

本機のおもな仕様を表-1 に示す。

表-1 KLD 100 主要仕様

バケット容量	5.5 m ³	ダンピングリーチ	1,500 mm
全装備重量	35,000 kg	ダンピングクリアランス	3,250 mm
機関出力	420 PS	走行速度	(前後進共 3 段) 7.8~32 km/hr
最大けん引力	28,400 kg	全長×全幅×全高	9,025×3,350 ×4,000 mm
最小回転半径	6.75 m		



写真-1 大形車輪式トラクタショベル “KLD 100”

小形車輪式トラクタショベル “HL 8”

三井造船(株)ではバケット容量 0.8 m³ の小形車輪式トラクタショベルを 11 月より発売した。

本機はこのクラスとしては国産初の車体屈折式操向方式、4 輪駆動式を採用し、バックホウの装着が可能なので、おもな特徴は次のとおりである。

① 車体屈折式操向方式なので回転半径が 4.5 m と小さく、4 輪駆動方式なのでけん引力が大きい。

② 最大掘削深さ 3.5 m、最大リーチ 5 m、積込高さ 3 m のバックホウが簡単に装着できるので、幅広い作業が可能である。

本機のおもな仕様を表-2 に示す。

表-2 HL 8 主要仕様

バケット容量	0.8 m ³	最小回転半径	4.5 m
全装備重量	4,580 kg	ダンピングリーチ	1,000 mm
機関出力	44.5 PS	ダンピングクリアランス	2,700 mm
最大けん引力	3,125 kg	走行速度	(前進 6 段) 3.5~28 km/hr (後進 3 段) 5~17.2 km/hr
登坂能力	50%		

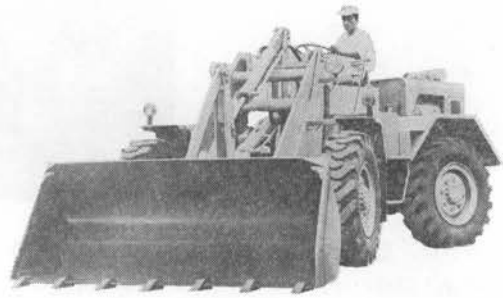


写真-2 小形車輪式トラクタショベル “HL 8”

小形ブルドーザ “D 4 D” および 中形ブルドーザ “D 5”

キャタピラー三菱(株)では全装備重量 8.4 t 小形ブルドーザおよび 11.7 t 中形ブルドーザを 11 月より発売した。

本機は従来の D 4 D および D 5 にパワーシフトを採用したもので、次のような特徴がある。

① このクラス初めてのパワーシフト方式で 1 本のレバーで前後進、速度段の切り換えが同時にでき、切り換えは機械を停止、減速することなく行なえ、ショックがほとんどないので作業効率が大幅にアップでき、オペレータの疲労も非常に少ない。

② トルクコンバータは 3 要素 1 段 1 相形で負荷の変動に対して追従性にすぐれ、プラネタリ式パワーシフトトランスミッションとの組み合わせにより最適の速度とけん引力が得られる。

本機のおもな仕様を表-3 に示す。

表-3 D 4 D および D 5 主要仕様

	D 4 D	D 5
全装備重量	8,400 kg	11,700 kg
機関出力	66 PS	94 PS
最大けん引力	7,560 kg	10,530 kg
接地圧	0.55 kg/cm ²	0.58 kg/cm ²
走行速度	(前後進共 3 段) 前進 3.2~9.3 km/hr 後進 3.9~11.1 km/hr	(前後進共 3 段) 前進 3.6~10.1 km/hr 後進 4.3~12.1 km/hr

(編集部)

行 事 一 覧

運営幹事会

日 時：昭和 46 年 10 月 29 日 15 時～
出席者：桑垣悦夫幹事長ほか 27 名
議 題：①昭和 46 年度上半期事業報告について ②昭和 46 年度上半期経理概況報告について

■車両制限令対策検討会小委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 15 日 16 時～
出席者：桑垣悦夫幹事長ほか 11 名
議 題：車両制限令の改正に伴う諸問題の検討

■車両制限令対策検討会小委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 22 日 15 時～
出席者：佐藤裕俊委員ほか 15 名
議 題：車両制限令の改正に伴う諸問題の検討

■車両制限令対策検討会小委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 28 日 14 時～
出席者：津雲孝世委員ほか 10 名
議 題：車両制限令の改定に伴う諸問題の検討

広報部会

■出版委員会道路除雪ハンドブック改訂分科会

日 時：昭和 46 年 10 月 1 日 10 時～
出席者：石沢利雄幹事ほか 6 名
議 題：道路除雪ハンドブックの原稿読合わせ

■機関誌編集委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 8 日 12 時～
出席者：中野俊次幹事ほか 18 名
議 題：①機関誌昭和 46 年 12 月号（第 262 号）の原稿内容の検討、割付 ②同昭和 47 年 2 月号（第 264 号）の計画 ③新年号掲載座談会の件 ④新企画「研究所巡り」の件 ⑤昭和 47 年度機関誌編集担当委員

の件

■広報委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 11 日 11 時～
出席者：桑垣悦夫幹事長ほか 17 名
議 題：中国四国支部における建設機械展示会開催の検討

■広報委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 13 日 14 時～
出席者：沢 静男（荷役機械技術委員会委員長）ほか 8 名
議 題：クレーンの安全作業に関する講習会開催の件（講師の選任、講演内容）

■機関誌編集委員会座談会

日 時：昭和 46 年 10 月 22 日 15 時～
出席者：上東広民委員長ほか 12 名
議 題：建設機械化の将来（機関誌昭和 47 年 1 月号に掲載）

■文献調査委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 28 日 15 時～
出席者：田中康之委員長ほか 5 名
議 題：機関誌昭和 47 年 1 月号掲載の原稿検討

機械技術部会

■建設機械用電装品計器研究委員会計器分科会

日 時：昭和 46 年 10 月 5 日 13 時～
出席者：今井淳之幹事ほか 8 名
議 題：①実車試験完了供試品の解体調査報告、同試験経歴 ②建設機械用稼働記録計の規格化の件（連動スイッチ類の追加、付属部品装置（防振ゴム）の追加、規格全般）

■油圧機器技術委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 7 日 14 時～
出席者：大塚 堅委員長ほか 10 名
議 題：①油圧機器ハンドブックの審議 ②トルコン油規格について

■ショベル系技術委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 8 日 13 時～
出席者：高井照治委員長ほか 8 名
議 題：ショベル関係用語統一の件

■潤滑油研究委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 12 日 13 時～
出席者：今井淳之幹事ほか 8 名
議 題：建設機械の潤滑管理（ハンドブックの方針）

■コンクリート機械技術委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 13 日 14 時～
出席者：深井久男委員長ほか 11 名
議 題：①コンクリートポンプの仕様表示規準案および同解説のとりまとめ ②ミキサ関係、振動機関係などの JIS 改訂案の審議事項の検討

■潤滑油研究委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 19 日 13 時～

出席者：今井淳之幹事ほか 11 名
議 題：①潤滑管理専門家の業務の件 ②建設機械の潤滑管理の件 ③その他（潤滑管理士ほか）

■グレーダ技術委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 21 日 13 時～
出席者：藤井 信委員長ほか 6 名
議 題：D 6502 グレーダ性能試験の再検討

■空気機械およびポンプ技術委員会ポンプ分科会

日 時：昭和 46 年 10 月 22 日 14 時～
出席者：沢田茂良委員長ほか 6 名
議 題：工事用水中ポンプ耐久試験結果の検討

■ショベル系技術委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 22 日 13 時～
出席者：富岡 直幹事ほか 2 名
議 題：ショベル関係用語統一の件

■スクレーパ技術委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 26 日 14 時～
出席者：小岩剛世委員長代理ほか 8 名
議 題：D 6504 被けん引式ワイヤロープ操作形スクレーパ性能試験の件

施工技術部会

■岩石トンネル機械化施工委員会トンネル建設システム分析小委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 7 日 14 時～
出席者：峰本 守委員長ほか 4 名
議 題：①建設機械化研究所の調査資料の検討 ②委員の選出

■軟弱地盤処理委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 21 日 14 時～
出席者：渡辺 隆委員長ほか 10 名
議 題：①ペーパードレン委員会の研究経過の検討 ②今後の研究計画の検討

■高速道路建設準備（土工）委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 21 日～23 日
出席者：片岡孝一ほか 5 名
議 題：高速道路工事の現地調査として東北道（白河，郡山，福島，白石，仙台，宇都宮各工事）管内の調査

■橋梁工事機械化施工委員会準備会

日 時：昭和 46 年 10 月 26 日 14 時～
出席者：内山茂樹部会幹事長ほか 9 名
議 題：①委員会の研究目的の確認（事業計画より） ②運営方針の検討（委員長には首都高速道路公団第 1 建設部長玉野治光氏を推せん）

■骨材生産委員会小委員会

日 時：昭和 46 年 10 月 27 日 14 時～
出席者：塚原重美幹事ほか 4 名
議 題：「骨材の生産」（仮称）第 7 章の骨材実績調査票の検討

■場所打杭委員会鋼矢板工法分科会

日 時：昭和46年10月27日12時～
出席者：田中康之分科会長ほか3名
議 題：仮設鋼矢板施工ハンドブック
の編集作業実施

■土の情報処理機器研究会

日 時：昭和46年10月28日14時～
出席者：三木五三郎委員長ほか15名
議 題：①ウルトラソニックによる調
査法について ②海外土質工学事情
について

■高速道路建設単価（土工）委員会

日 時：昭和46年10月28日～30日
出席者：山崎八郎幹事ほか6名
議 題：高速道路工事の現地調査とし
て北陸道（福井，石川，富山各工

事）管内の調査

■道路維持委員会

日 時：昭和46年10月29日10時～
出席者：吉田 滋委員長ほか9名
議 題：①昭和46年度委託調査の件

整備技術部会

■料金調査委員会

日 時：昭和46年10月20日14時～
出席者：伊丹一雄委員長ほか13名
議 題：建設機械整備費の構成につ
いて検討

機械損料部会

■機械損料基準化委員会

日 時：昭和46年10月11日13時～
出席者：田中脩一委員長ほか12名
議 題：機械損料改定に関する諸問題
の検討

■橋梁架設用機械委員会

日 時：昭和46年10月15日14時～
出席者：内山茂樹委員長ほか5名
議 題：編集の打合わせ

ISO部会

■第1委員会

日 時：昭和46年10月1日14時～
出席者：大橋秀夫委員長ほか7名
議 題：①ISO/TC127/SC1N7に
ついて

編 集 後 記



多事多難が続いた1971年もあとしばらくで過ぎようというところで。夢と意欲にあふれた70年代へのスタートでしたが、いま早くもこのように政界，経済界を挙げての底の深い衝撃に直面することを誰が予想し得たでしょう。建設業界は公共投資の支えであり打撃を受けないとみられるのは幸いです。しかし、伸びに伸びきったわが国企業の不安定な姿勢を直し、基礎を固めるための貴重なチャンスと考えられないでしょうか。国際的に自信のある売物もち、協調できる姿勢と社会性との最適な融和協調の地盤によって今後のわが国企業の安定した繁栄が約束されることと思われま

さて建設工事も例外ではなく、最近とみに防災，用地，公害など社会性との協調が叫ばれ、たとえばトンネル工事などが地域開発において、また都市再開発においてますます活発化していることも、その一つの現われとみるこ

ともできましよう。また、トンネルの形態も使用機械設備も様々の様相と対応し創造的な展開を示しております。このような意味合いで本号は「トンネル建設特集号」とし、トンネル工事の現況と問題点などをとりあげることにしました。

ご多忙中のところ本誌のために貴重な体験と時間をさいて下さった方々に対し、毎度のことながらありがたく感謝いたしております。会員の皆さまにはますますお元気で新しい年を迎えられますよう、そして皆さまとともに本誌が限りなく発展するよう編集委員一同心から祈念しつつ1971年最終号をお届けいたします。（桜沢・渡辺）

No. 262 「建設の機械化」 1971年12月号

〔定価〕1部250円
年間2,400円（前金）

昭和46年12月20日印刷 昭和46年12月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 最上武雄 印刷人 大沼正吉

発行所 社団法人日本建設機械化協会

〒105

東京都港区芝公園21号地1-5 機械振興会館内 電話(03)433-1501

建設機械化研究所 〒417 静岡県富士市大淵3154(吉原郵便局区内)

北海道支部 〒060 札幌市北3条西2-6 富山会館内

東北支部 〒980 仙台市国分丁3-10-21 徳和ビル内

北陸支部 〒951 新潟市東堀前通6番丁1061 中央ビル内

中部支部 〒460 名古屋市中区栄4-3-25 昭和ビル内

関西支部 〒540 大阪市東区谷町1-150 大手前建設会館内

中国四国支部 〒730 広島市八丁堀12-22 葵地ビル内

九州支部 〒810 福岡市舞鶴1-1-5 舞鶴ビル内

振替口座 東京71122番

取引銀行 三菱銀行銀座支店

電話 (0545) 35-0212

電話 (011) 231-4425

電話 (0222) 22-3915

電話 (0252) 23-1161

電話 (052) 241-2394

電話 (06) 941-8845

電話 (0822) 21-6841

電話 (092) 74-9380

印刷所 株式会社技報堂 東京都港区赤坂1-3-6

「建設の機械化」誌 既刊目次一覧

昭和46年1月号(第251号)～昭和46年12月号(第262号)

昭和46年1月号(第251号)

表紙写真 “小松 D60S ドーザーショベル”
株式会社 小松製作所

□巻頭言
創意私観……………最上 武雄…1

□座談会
国土開発の方向を語る……………3
東関東自動車道千葉～成田間の工事現況……………戸谷 是公…15
東京外環状線の工事現況……………稲石 洋三…19
湖西線の工事現況……………福島 昭男…25
営団地下鉄道建設工事の現況……………西嶋 国造…31
鹿島港建設工事の現況……………小野 俊彦…38
水資源開発事業の現況……………津木 正幸…45
多摩ニュータウン造成工事の現況……………浜小 崎 健平…54

□随想
公害随想……………西川 喬…61

□建設機械化講座 第92回
現場フォアマンのための土木と施工法
XVI. 機械化施工の安全指針
9. パイプ布設工事……………五十嵐 俊夫…63

□新機種紹介
日立 FH80 全油圧式トラッククレーン……………浅野 邦彦…65
岩手富士CT-10H形ミニバックホウ……………熊谷 忠夫…66

□建設機械化研究所抄報
試験研究報告 (No. 71)……………建設機械化研究所…67

□文献調査
土質に適応した締固め機械の選定……………調査部会
文献調査委員会

□部会報告
国産 32t 級専用ダンプトラック実用試験見学会
……………吉岡 敏郎…72

□支部だより
第7回建設機械展示会開催……………中部支部…75
ニュース……………(編集部)…82
行事一覧……………84
編集後記……………(上東・桜沢・高木)…86

グラビヤ—国土開発の現況

昭和46年2月号(第252号)

表紙写真 “日立 T20BR 無線ブルドーザ”
日立建機株式会社

□巻頭言
メーカーの技術ポテンシャル……………安河内 春雄…1

□公害防止対策の現状
海浜清掃の機械化……………岡崎 長宏…3
アスファルトプラントの防音、防塵対策……………南沢 武彦…7
パッチャプラントの防音、防塵対策……………青山 嘉博…11
竹中式連続地下壁構築用掘削機械装置とその実績
……………三浦 満雄…13

□パイプラインの布設
米国例を中心にみたパイプラインの布設……………永尾 勝義…17
海底パイプラインの布設工事……………清塚 昇
花方 光孝…21
陸上パイプラインの布設……………丸林 忠…26

□随想
ある特派員との会話から……………北川 俊夫…32
けた架設機(ベント式)による構げた架設……………高山 博満…34
硬土盤の液状について……………岩田 尚生…39

□第6回トンネル工学シンポジウムより
諸外国におけるトンネル掘進機に対する見解……………三谷 健…46
諸外国におけるトンネルシールド機(1)……………遠藤 治三
福井 正憲…49

□建設機械化講座 第93回
現場フォアマンのための土木と施工法
XVI. 機械化施工の安全指針
10. 鉄道工事……………高山 博章…56

□工場めぐり
小松製作所小山工場……………渡辺 和夫
大 堅…63
キャタピラー三菱本社工場……………田中 康裕
佐藤 俊…66

□新機種紹介
日立 T20BR 無線ブルドーザ……………渡辺 正…69

□建設機械化研究所抄報
試験研究報告 (No. 72)……………建設機械化研究所…70

□文献調査
エレベーター・スクレーパーの将来性……………調査部会
文献調査委員会…74

理事会の開催……………76
ニュース……………(編集部)…77
行事一覧……………79
編集後記……………(柴田(吉)・小竹)…80

グラビヤ—公害防止対策の現状

表紙写真 “日車-MX700 形ホイールエキスカベータ”
日熊工機株式会社

□巻頭言

- 近ごみ思ひこと.....中 岡 二 郎... 1
- 新鹿見島空港建設の工事計画.....定 野 弘... 2
- 三郷放水路の工事計画.....小 木 曾 博... 7
白 石 旭
- 青函トンネルにおける機械掘削の現況.....石 川 正 夫...17
- 大倉山ジャンプ競技場建設の土木工事.....菊 地 和 男...27

□随 想

- 道路造りも受難時代である.....浅 井 新一郎...30
- 岩石トンネル掘進施工における岩石の工学的性質と
ビットの掘削性能に関する実験的研究.....加 藤 三重次...32
- 今後の建設機械化に対する諸問題.....富 沢 一 浩...42

グラビヤ—人工港の誕生 (鹿島港の建設)

大形ホイールロードによる

- ロードアンドキャリ工法普及の現況.....小 野 健...49
- モータスクレーバの普及に寄せて—その近況と課題—
.....佐 藤 裕 俊...54
島 利 隆
津 川 宏 志...58
田 中 武 夫
- 建設機械の多様化傾向とアタッチメントの関連性.....高 橋 九 郎...64
- 骨材採取に伴う濁水処理の実例.....高 橋 肇...69

□第 6 回 トンネル工学シンポジウムより

- 諸外国におけるトンネルシールド機 (2).....遠 藤 浩 三...75
福 井 正 憲

□建設機械化講座 第 94 回

現場フォアマンのための土木と施工法

XVII. 建設機械概説

- 1. 建設機械の基礎知識 (その 1).....布 施 行 雄...81

□工場めぐり

- 日立建機土浦工場.....高 橋 彰 光...85
青 木 宗
- 三菱重工業東京製作所相模原工場.....梅 田 亮 榮...88
二 宮 嘉 弘

□新機種紹介

- 住友・リンクベルト LS-2500AJ 形油圧ショベル
.....川 瀬 忠...91

□建設機械化研究所抄報

- 試験研究報告 (No. 73).....建設機械化研究所...92

□文献調査

- 文献目録紹介.....調 査 部 会...94
文献調査委員会

ニ ュ ー ズ.....(編 集 部)...98

行 事 一 覧.....99

編 集 後 記.....(高 橋・島 村)...100

表紙写真 “小松 D155A チルトドーザ”
(トルクフロタイプ・油圧リッパ付)
株式会社 小松製作所

□巻頭言

- 建設と管理技術.....宮 内 敬 保... 1
- 名古屋都市高速道路の建設.....佐 々 木 正 久... 2
- 南港連絡橋の工事概要.....南 俊 次... 8
笹 戸 二 夫
松 木 橋 忠 数
- 関門海峡硬土盤浚渫工事の現況.....霧 海 浩...14

□随 想

- 景 気 雑 感.....小 蒲 康 雄...20
- 地下連続壁工法の現況と将来.....高 岡 博...22
- 地下連続壁工法による井筒の施工.....仲 田 忠 夫...35
- 地下鉄土工事機械化の問題点—開削工法における機械化—
.....中 山 隆...40

グラビヤ—新空港への道

- 土木工事における運搬システム化の一構想.....角 田 安 達 一 夫...45
中 村 英 次
- ケーソン工事における機械化への試み.....小 畑 英 光 次 春...51
富 御 子 富 榮
- PCくいの動向について.....吉 倉 忍...56
- 高速水ジェットによる岩盤掘削.....星 野 謙 三...62

□建設機械化講座 第 95 回

現場フォアマンのための土木と施工法

XVII. 建設機械概説

- 1. 建設機械の基礎知識 (その 2).....布 施 行 雄...69

□工場めぐり

- 神戸製鋼所大久保工場.....菊 地 愛 久...76
大 山 隆 三
- 住友重機械工業名古屋製造所.....森 田 英 嗣...79
仁 瓶 義 夫

□新機種紹介

- 日立 UH 03 M 湿地油圧ショベル.....渡 辺 晃...82

□建設機械化研究所抄報

- 試験研究報告 (No. 74).....建設機械化研究所...83

□文献調査

- 海底石油貯蔵タンクの設置法.....調 査 部 会...86
文献調査委員会

- アスファルトプラントに取付けられた
新しいバグ形集塵器.....調 査 部 会...87
文献調査委員会

□支部だより

- 第 8 回除雪機械展示会開催.....北 海 道 支 部...89

- 昭和 45 年度除雪機械展示実演会開催.....北 陸 支 部...91

ニ ュ ー ズ.....(編 集 部)...93

行 事 一 覧.....94

編 集 後 記.....(鈴 木(貴)・両 角)...96

事業報告特集

表紙写真 "CAT 992 ホイールロード"

キャタピラー三菱株式会社

□巻頭言

建設の機械化の行方.....清水 四郎...1

□協会の事業活動

社団法人日本建設機械化協会定款.....3
本協会の事業について.....4
本協会各分会および建設機械化研究所の動き.....5

□部会研究報告

ショベル系掘削機構造性能基準 (改正) の審議経過報告
機械技術部会...12
コンクリートポンプの仕様表示規準 (案) および同解説 (案)
機械技術部会...20
建設機械用稼働記録計の研究報告...建設機械用計器研究委員会...23
地質的にまた岩石トンネルの現状分析...施工技術部会...26

グラビヤ—除雪機械展示実演会

建設機械整備業の実態と問題点.....整備技術部会...33

□昭和 46 年度官公庁の事業概要

建設省事業の概要.....坂口 寿...36
日本道路公団の事業概要.....高橋 大輔...41
首都高速道路公団の事業概要.....山根 一泰...46
阪神高速道路公団の事業概要.....石橋 金一郎...51
本州四国連絡橋公団の事業概要.....池田 哲夫...55
水資源開発公団の事業概要.....八木 直樹...61
日本住宅公団宅地開発事業の概要.....三村 篤敬...67

□随想

フィリピン良いとこ.....小栗 良知...70
特許法改正の問題点.....北西 務...72
昭和 45 年度除雪機械研究会の概要.....長田 忠良...76

□建設機械化講座 第 96 回

現場フォアマンのための土木と施工法

XVII. 建設機械概説

1. 建設機械の基礎知識 (その 3).....布施 行雄...80

□工場めぐり

山谷重工広島製作所.....星野 日吉...89
多田野鉄工所本社工場.....横田 寛久...92

□建設機械化研究所抄報

試験研究報告 (No. 75).....建設機械化研究所...95

□文献調査

コントラクタは建設機械メーカーに何を要望するか.....調査部会...99
スクレーパーの大量導入といくつかのアイデアによる大土工事の完遂.....調査部会...100
ニューズ.....(編集部)...102
行事一覧.....102
編集後記.....(中野・鈴木(康))...104

表紙写真 "日立 KH 150 油圧式クローラクレーン"

—サンドバイルドライバー—

日立建機株式会社

□巻頭言

建設機械化回顧と展望.....山内 一郎...1

□昭和 46 年度官公庁の事業概要

運輸省港湾関係事業の概要.....御 巫 清 泰...2
運輸省空港整備関係事業の概要.....菊 田 升 三...6
京浜外貿埠頭公団の事業概要.....御代田 敬...9
阪神外貿埠頭公団の事業概要.....石 塚 修 次...13
新東京国際空港公団の事業概要.....皆 川 葉 重 直...16
日本国有鉄道の事業概要.....立 石 純...20
日本鉄道建設公団の事業概要.....平 岡 治 郎...24
農林省農地局の事業概要.....山 木 純...28
農地開発機械公団の事業概要.....鈴木 益 夫...34
科学技術庁の事業概要.....細 野 武 庸...38

□随想

現場からの提案.....川 崎 迪 一...40
最近の揚水発電の動向.....鈴木 昌 隆...42
高瀬川水力建設の計画概要.....金子 喜太郎...44
奥多々良木発電所の計画概要.....大 野 大 明...49
大平発電所の計画概要.....青 木 謙 三...56
豊平峡および砥山発電所の工事概要.....杉 中 一 彦...61

グラビヤ—福島原子力発電所

新開門トンネルの工事概要.....佐 藤 能 章...68
けん引式シールド工法の概要と施工実績.....佐久間 彰 三...74

□建設機械化講座 第 97 回

現場フォアマンのための土木と施工法

XVII. 建設機械概説

1. 建設機械の基礎知識 (その 4).....布施 行雄...82

□工場めぐり

川崎重工業蒲州工場.....名 越 良 男...87
東洋運搬機電機ケ崎工場.....高 井 照 治...90

□建設機械化研究所抄報

試験研究報告 (No. 76).....建設機械化研究所...93

□文献調査

ジェット時代に適応させるために.....調査部会...99
老朽滑走路の再舗装.....文献調査委員会
自動車専用道路における交通騒音のしゃ音壁使用による騒音対策.....調査部会...100
ニューズ.....(編集部)...102
行事一覧.....103
編集後記.....(合田・柴田(研))...104

特集：大形建設機械と施工

表紙写真 “沼原ダム建設工事現場で稼働中の
国産大形ダンプトラック”

□巻頭言

- 施工の近代化、大形化に伴う課題……………島津 武…1
- 大形建設機械の現状と将来……………中野 俊次…3
- 作業給の大形化と問題点……………西村 俊之…10
- 大形建設機械の運営管理の問題点……………岡部 卓…14
- 沼原ダムの施工……………川嶋 登紀衛…18
- 神戸高倉山の土取工事の実績……………岡田 俊守 治…24
- 大口径掘削機 (2.5mφ) の開発……………田中 康之…29

グラビヤ—世界の大形工事を見る

□随想

- 土工機械の思い出……………斐 輪 健二郎…34
- ドイツ道路建設機械の進歩の現況……………調査部会 文献調査委員会…36

□部会研究報告

- ブルドーザの騒音除害方法の研究…ディーゼル 機械技術部会 機関技術委員会…43
ブルドーザ技術委員会
- ダンプトラックの実態調査報告…ダンプトラック 機械技術部会 機関技術委員会…49
- 建設機械における 流体伝動装置の最近の傾向…トルクコンバート 機械技術部会 機関技術委員会…56
- 建設機械整備標準工数および標準料金の試算…整備技術部会 料金調査委員会…59

□工場めぐり

- 酒井重工業東京工場……………沢 静 男 高 野 漢…78
- 新潟鉄工所大山工場……………榎 明 樹 小野田 登…81

□建設機械化研究所抄報

- 試験研究報告 (No. 77) ……………建設機械化研究所…84

□文献調査

- 1台の機械で路盤処理から アスファルト舗装まで……………調査部会 文献調査委員会…89
- 900,000 m³ の岩石工……………調査部会 文献調査委員会…90
- けん引試験用データ処理装置……………建設機械化研究所…92
- ニューズ……………(編集部)…93
- 行事一覽……………97
- 編集後記……………(塚原・大塚)…98

表紙写真 “日通式手延式橋りょう架設機”

日本通運株式会社 特殊輸送部

□巻頭言

- 機械化の進歩とレンタルによる効率化……………西 松 三 好…1
- 酒匂川総合開発による広域水道計画の概要……………林 青 木 秀 亨…2
- 東関東自動車道千葉成田線工事の特色……………唐 沢 昭…6
- 大形ロードヘッダによるトンネル掘削……………目 長 黒 崎 光 輝…13
- 武蔵野南線生田トンネルの機械掘削……………平 沢 喜…18
- 西明石駅構内山陽本線二線橋の架設概要……………鈴 木 正 昭…23

□随想

- 防・止・排水雑感……………高 橋 克 男…29

□昭和 45 年度官公庁・建設業界で採用した新機種

- 建設省で採用した新機種……………中 野 俊 次 野 利 次 雄…31
- 日本鉄道建設公団で採用した新機種……………桜 沢 昇…37
- 建設業界で採用した新機種……………佐 藤 裕 俊…42
- J.C.M.A. 欧州建設機械化視察団報告……………高 岡 博…60

グラビヤ—ハノーバー国際産業見本市および
トロントハイム建設機械展示会

- 1971 BAUMA & Leipzig Messe 見学記……………熊 谷 忠 雄 池 田 茂 樹…70

□建設機械化講座 第 98 回

現場フェアマンのための土木と施工法

XVII. 建設機械概説

- 1. 建設機械の基礎知識 (その 5) ……………布施 行 雄…77

□工場めぐり

- 石川島コーリング横浜工場および茅ヶ崎工場……………太 田 代 三 田 代 三 浦 司 雄 渡 津…83
- 加藤製作所茨城工場……………千 田 昌 平 斎 藤 二 郎…86

□建設機械化研究所抄報

- 試験研究報告 (No. 78) ……………建設機械化研究所…89
- 第 22 回定時総会開催……………94

□文献調査

- 新しいトンネル技術……………広 瀬 部 会 文献調査委員会…102
- ニューズ……………(編集部)…104
- 行事一覽……………105
- 編集後記……………(峯本・神津)…106

表紙写真 “東京流機 CD-8 形マイティドリル”

東京流機製造株式会社

□巻頭言

災害と建設機械……………福岡 正巳…1

□昭和 46 年度官公庁の事業概要

通商産業省電源開発事業の概要……………加藤 房次郎…2

大島大橋の架橋計画……………沼田 耕一…14

広島大橋の施工計画……………三浦 純正…19

無人潜函掘削機の掘削試験……………森田 英嗣…27

重錘式掘削機の陸上掘削試験……………今中 靖雄…32

2m 径三翼大口径掘削機の概要……………滑口 喬…40

グラビヤ—山陽新幹線の工事現況

青函トンネルコンクリート輸送用立坑掘削……………進藤 卓…43

下小島発電所調圧水槽工事における立坑掘削……………玉井 振一郎…47

自掘式水上作業台 MSEP-1 “せと”……………矢村 家利…52

□随想

ハイウェイ時代の裏方—高速道路の維持管理—

……………山川 尚典…60

□工場めぐり

北越工業本社工場……………栗山 弘…62

久保田鉄工枚方機械工場……………玉村 良三…65

□新機種紹介

地下連続型 BW ロングウォールドリル 80120 形

……………副島 寅二郎…68

東京流機 CD-8 形マイティドリル……………石川 浩之…69

□建設機械化研究所抄報

試験研究報告 (No. 79)……………建設機械化研究所…70

□文献調査

文献目録紹介……………広報部会…76

文献調査委員会

□支部だより

北海道支部第 19 回定時総会開催……………79

東北支部第 19 回定時総会開催……………80

北陸支部第 9 回定時総会開催……………81

中部支部第 14 回定時総会開催……………82

関西支部第 22 回定時総会開催……………83

中国四国支部第 20 回定時総会開催……………84

九州支部第 15 回定時総会開催……………86

建設機械優良運転員・整備員の表彰……………北海道支部…87

創立 15 周年記念式典……………九州支部…87

ニューズ……………(編集部)…88

行事一覽……………89

会員消息……………90

編集後記……………(長瀬・斎藤)…90

表紙写真 “砕石プラント”

ラサ機械工業株式会社

□巻頭言

所感……………西村 ……1

“建設工事に伴う騒音、振動等の防止対策”

についての懇談会の概要……………機関誌編集委員会…2

最近における建設機械による災害の実態と問題点

……………小俣 和夫…10

木四連結構児島海上実験工事の概要……………古岡 新也…15

阪急日生ニュータウンの土工事—計画と現況—……………大北 五郎…21

……………十友 長幸 男

□座談会

海外における日本の建設機械の活動状況とその問題点……………26

原子力発電の傾向と問題点……………浅田 忠 ……36

建設機械用低速大トルク油圧モータ……………小野 耕三…41

’71 年建設機械展示会見学記……………佐々木 輝夫…47

グラビヤ—昭和 46 年度建設機械展示会開催

□随想

文明と人—一世相離感—……………小林 元線…51

□部会報告

ISO/TC127/SC2 & SC3 会議報告……………大橋 秀夫…53

□部会研究報告

建設機械の運転員に対する

振動伝達防除方法に関する研究……………機械技術部会…57

居住性対策分科会

□建設機械化講座 第 99 回

現場フォアマンのための土木と施工法

XVII. 建設機械概説

1. 建設機械の基礎知識 (その 6)……………布施 行雄…64

□工場めぐり

いすゞ自動車川崎工場……………川端 徹哉…70

……………石山 利雄…73

日野自動車工業本社工場……………石木 利秀

□建設機械化研究所抄報

試験研究報告 (No. 80)……………建設機械化研究所…76

□文献調査

新しいサンドドレン工法……………広報部会…83

文献調査委員会

アメリカにおける RI 測定器の現状と将来性……………広報部会…84

文献調査委員会

土工機械の安全施工に対する試験……………広報部会…86

文献調査委員会

□支部だより

第 10 回建設機械展示会開催……………関西支部…88

昭和 46 年度建設機械展示会開催……………北陸支部…89

ニューズ……………(編集部)…90

行事一覽……………91

編集後記……………(杉田・戸田)…92

橋りょう架設特集

表紙写真 “KM-3515T 形クボタモビルクレーン”
久保田鉄工株式会社

□巻頭言

海洋に目を向けよう	村上 永	1
副会長西松三好氏の急逝を悼む	最上 武雄	3
鋼橋架設における諸問題	上前 行孝	5
大形架設工法の開発と実施例	佐々木 貴一	8
柳津橋の架設	横山 英夫	14
盛金新橋の架設	萩谷 和夫	18
五料橋の架設	清水 基衛	25
船橋の架設	佐々木 貴一	30
木根川橋の架設	清平 野原 嘉麿	39

グラビヤ—橋りょう架設とリフトアップ

枚方大橋の架設	花井 省三	45
太田橋の架設	松井 良太郎	53
浜の浦橋の架設	奥山 清	58
阿蘇大橋の架設	大塚 茂俊	60
	吉崎 人直	67

□随想

橋の架設に思うこと	川崎 俊志夫	72
新東京国際空港旅客ターミナルビル		
リフトアップ工事概要	阿部 正夫	74
グラブバケットの掘削軌跡とつかみ量の計算	岩田 尚生	81
建設機械に関する特許分類の改正	徳永 博	86

□部会研究報告

建設機械整備標準工数および標準料金の決定	整備技術部会 料金調査委員会	90
----------------------	-------------------	----

□建設機械化講座 第100回

現場フォアマンのための土木と施工法		
XVII. 建設機械概説		
1. 建設機械の基礎知識 (その7)	大塚 堅	91

□工場めぐり

石川島播磨重工業砂町事業所	沢田 茂良	93
	今野 昭三	
日立製作所亀有工場	黒田 穂光	96
	青木 宗光	

□建設機械化研究所抄報

試験研究報告 (No. 81)	建設機械化研究所	99
-----------------	----------	----

□文献調査

アスファルトプラントを		
コンクリートプラントに転換	広報部会 文献調査委員会	102
ニューズ	(編集部)	103
行事一覽		104
編集後記	(佐藤・三浦)	106

トンネル建設特集

表紙写真 “川崎・ジャーバ硬岩用トンネル掘削機”
鹿島建設株式会社・川崎重工業株式会社

□巻頭言

トンネル建設の将来	斉藤 徹	1
トンネル掘削工事の近代化	三谷 健	3
トンネル施工計画と地質調査	高橋 彦治	10
都市トンネルの計画と問題点	渡辺 健	15
沈埋トンネルの現状と問題点	村上 良丸	21
中国高速道路大断面トンネルの計画と施工	山内 富貴雄	31
嶺岡トンネルの計画と施工	緒方 司夫	41

グラビヤ—山陽新幹線のトンネル工事用機械設備

恵那山トンネルの工事現況 —新區・破砕帯の掘削—	友成 樹也	49
	長原 友史	

□随想

土竜の夢 —硬軟岩用トンネル掘削機が欲しい—	山本 元	58
神奈川県内広域水道導水トンネルの機械化掘削	小幡 康雄	60
足尾線草木トンネルの施工概要	庄田 惇	67
トンネル工事の作業管理システム	大久保 紀生	71
	安藤 芳	
トンネル工事の集中管理 —電子技術の導入—	黒沢 重男	76
道路トンネルの騒音防止対策	佐藤 正大	82
山陽新幹線におけるロックボルト工と吹付コンクリート工	天野 礼二	88
	吉川 忠也	
青函トンネルの工事用機械設備	桜沢 昇	94
山陽新幹線のトンネル工事用機械設備	石黒 敏正	102

□工場めぐり

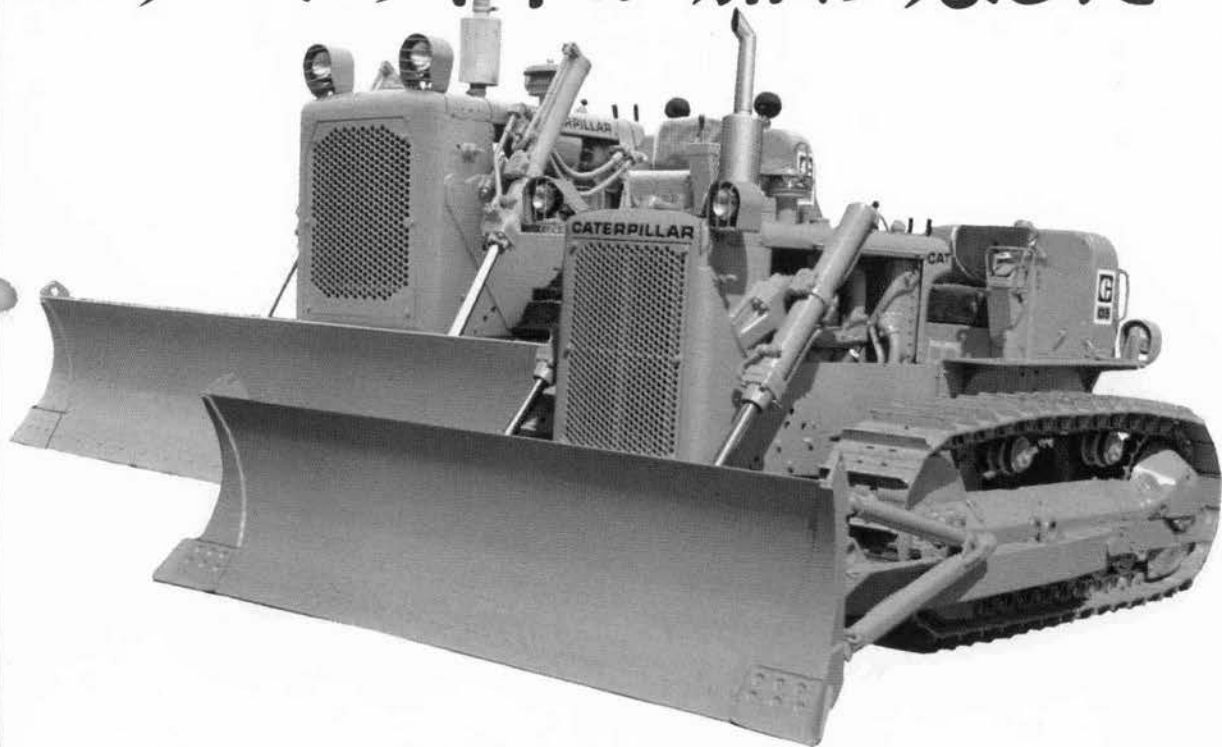
岩手富士産業水沢工場	相澤 倉実	110
	佐藤 幸雄	
日本除雪機製作所	丸上 幸利	113
ニューズ	(編集部)	118
行事一覽		117
編集後記	(桜沢・渡辺)	118

CAT パワーシフト 情報



D40, D5に新形登場。CATブルドーザ・シリーズ, ついに全機種に
パワーシフト車がそろそろ。いよいよ本格的パワーシフト時代の到来。

ご紹介します。D40, D5 ^{ブルドーザ}に
パワーシフト車 ^{が加わりました}



8トン~12トン

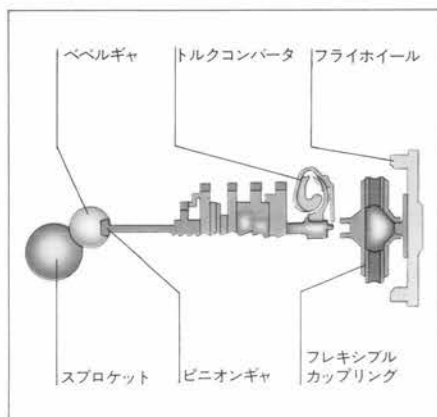
このクラスはじめて

この新しいD4₀,D5 ブルドーザ

メカが違うパワーシフトです

エンジンの性能を最も効率よく
引き出すトルクコンバータ

負荷の変動に対する追従性にすぐれています。エンジンとのマッチングがよく、最も適合した速度とけん引力を発揮します。



レバー1本ですべての走行操作を

前後進だけでなく、すべての速度段チェンジを1本のレバーでこなせる遊星歯車式パワーシフトトランスミッションです。エンジン全開での前後進切り換えがショックなしでできるCATだけの特殊バルブがついています。

耐久力も自慢の一つ

CATのパワーシフト・ブルは、すでに10年以上におよぶ稼働実績を誇っています。トランスミッションをはじめブル全体にパワーシフト機構をいかす工夫がこらされているのです。従来の経験から、トルコン車は故障が多いと思いきなでしまった方にこそ乗っていただきたい自信作です。



D4 ₀ ブルドーザ	
総重量	8,400kg
寸法：全長	4,040mm
：全幅	3,090mm
：履板幅	405mm
エンジン：形式	CATD330c形 ディーゼルエンジン
フライホイール出力	66ps
トランスミッション	プラネタリ式パワーシフト トランスミッション 前進3段 後進3段

写真はCATD5 パワーシフト・ブルドーザ運転席

は片手でOK!

いいことずくめの1本レバーです

疲れ方が違う!

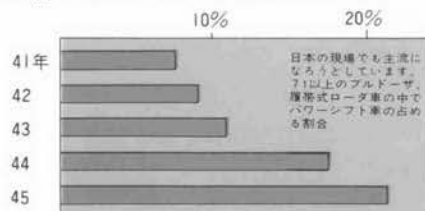
なにしろダイレクトドライブ車が3本のレバーで行なうすべての走行操作を1本レバーで片づけてしまいます。しかも、ごくわずかな操作力とストロークですむんですから楽なはずです。

操作に必要な力の差

	1回のシフトに要する力×1サイクルに必要なシフト回数
パワーシフト車	約10kg×3回=約30kg
ダイレクト車	約15kg×10回=約150kg

楽して作業量アップを

1本レバー、そのうえノンストップでシフトできるので、操作スピードのアップは目に見えています。操作面のムダをはぶいた分だけサイクルタイムを短縮、作業量も自然に増えるといううれしい機構です。下の図をごらんください。このパワーシフトの利点を認めたお客さまがどんどん増えています。



安全性でもきわ立っています

軟弱な路肩で作業中とお考えください。ここでいざという時、パワーシフト車は前進1速から後進にセットするまで所要時間は0.5秒。ダイレクトドライブ車の3本レバーでは2秒。距離にすると約1mもすばやく反応できるわけです。危険からの脱出にこのスピーディな動きが必ず役立ちます。

D5ブルドーザー

総重量	11,700kg
寸法：全長	4,885mm
：全幅	3,740mm
：履板幅	455mm
エンジン：形式	CATD333e形 ディーゼルエンジン
フライホイール出力	94ps
トランスミッション	プランネタリ式パワーシフト トランスミッション 前進3段 後進3段

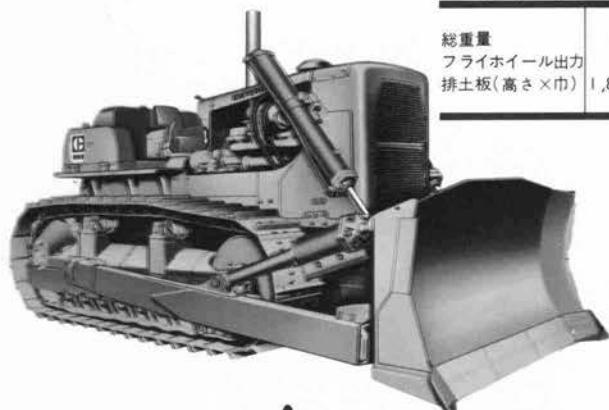
D4₀、D5の新形が加わって

CATパワーシフト・ブル・シリーズ完成。

8トンから40トンまで全機種パワーシフト・ブルドーザがそろうのはキャタピラー三菱だけ!

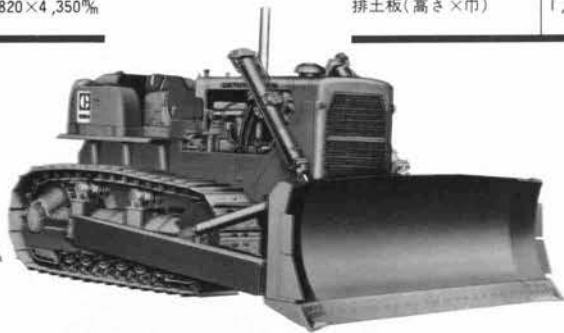
D9_a(ストレートドーザ)パワーシフト

総重量	40,200kg
フライホイール出力	390ps
排土板(高さ×巾)	1,820×4,350 ^{mm}



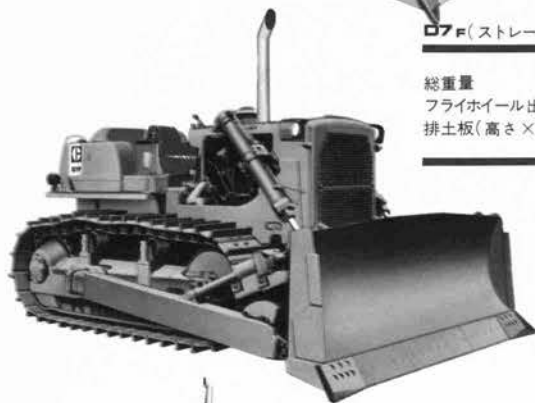
D8_H(ストレートドーザ)パワーシフト

総重量	29,900kg
フライホイール出力	274ps
排土板(高さ×巾)	1,360×4,000 ^{mm}



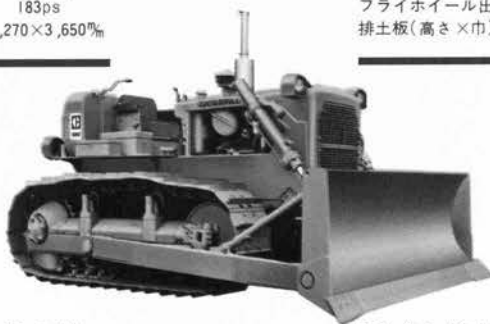
D7_F(ストレートドーザ)パワーシフト

総重量	20,000kg
フライホイール出力	183ps
排土板(高さ×巾)	1,270×3,650 ^{mm}



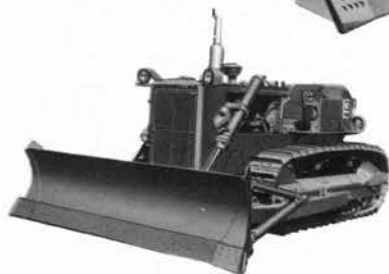
D6_c(ストレートドーザ)パワーシフト

総重量	14,000kg
フライホイール出力	127ps
排土板(高さ×巾)	1,145×3,245 ^{mm}



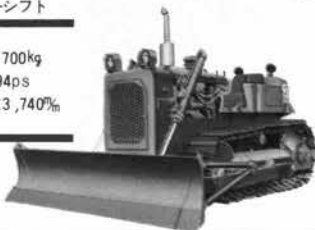
D5(アングルドーザ)パワーシフト

総重量	11,700kg
フライホイール出力	94ps
排土板(高さ×巾)	873×3,740 ^{mm}



D4₀(アングルドーザ)パワーシフト

総重量	8,400kg
フライホイール出力	66ps
排土板(高さ×巾)	705×3,110 ^{mm}



新発売!

新発売!



Caterpillar, Cat および はいずれも Caterpillar Tractor Co. の商標です

48220-337-71319

ブルのことなら

キャタピラー三菱株式会社

本社・工場 神奈川県相模原市田名3700 千229 ☎(0427)52-1121 直納輸出部 東京都千代田区霞ヶ関3-6-14(三久ビル) 千100 ☎(03)581-6351
 東関東支社 ☎柏(0471)67-1151 西関東支社 ☎八王子(0426)42-1111 北陸支社 ☎新潟(0252)66-9171 東海支社 ☎安城(05667)7-8411 近畿支社 ☎茨木(0726)43-1121 中国支社 ☎福野川(08289)2-2151
 (特約販売店) 北海道建設機械販売㈱ ☎札幌(011)881-2321 東北建設機械販売㈱ ☎岩沼(022312)3111 四国建設機械販売㈱ ☎松山(0899)72-1481 九州建設機械販売㈱ ☎二日市(09292)2-6661

代理店 **新東亜 交 易 株 式 會 社**
建設機械部第二課

本 店 東京都千代田区丸の内3-3-1(新東京ビル5階) TEL 東 京 (212) 8411 大代
大 阪 支 店 大阪市西区靱1-102(辰巳ビル6-7階) TEL 大 阪 (444) 1431 大代
名 古 屋 支 店 名古屋市中村区広井町3-88(大名古屋ビル7階) TEL 名 古 屋 (561) 3511 代
宇 都 宮 支 店 宇 都 宮 市 小 橋 2 - 2 - 1 2 TEL 宇 都 宮 (2) 2765・2656
支店所在地 仙 台 ・ 静 岡 ・ 岡 山 ・ 広 島 ・ 福 岡 ・ 北 九 州 ・ 鹿 児 島 ・ 長 崎

製造元
東急車輛

●取扱建設機械=3軸ローラー、タンピングローラー、ユンボパ
ワーショベル、アスファルトフィニッシャー、ロードローラー、
アスファルトプラント、チーゼルパイルハンマー、スタビライザ
ー、バッチャープラント、砕石プラント、コンプレッサー、他

4つの作業を

1度にできる

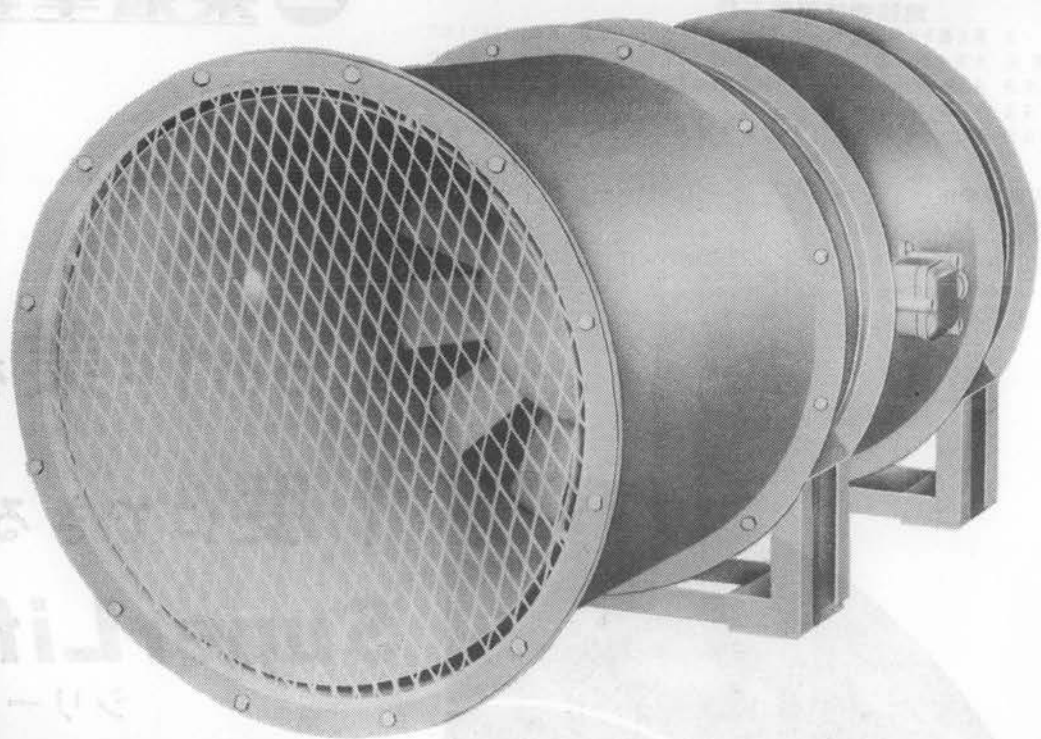
SuperLift

シリーズ

CH⁵ ~ CT³⁶ トン

トラッククレーン





Seibu 高風圧サージレスファン



形 式	風量 m ³ / min	送風機 全 圧 mmAq	口 径 mm	回 転 数 rpm	電 動 機 kW	周 波 数 Hz
FE-5302	200	300	530	3550	15	60
FE-5713			570	2940	15	50
FE-7014	400	250	700	2960	25	50
FE-8707			870	1780	25	60

ターボブロウに匹敵する風圧！

- 風量、風圧曲線に左下りの部分がなく、サージングが起らない
- ターボブロウ・シロッコファンに比べて運搬据付が極めて容易
- 水平、垂直、斜め、どの方向にも自由に取付ができる
- 小型

機・電一体で省力化を推進する

Seibu

西部電機工業

本社・工場 福岡県古賀町 TEL古賀(09294)2-7071(大代)
営業所 東京・名古屋・大阪・広島・札幌

信頼される《腕》が建設工事の主役

11t



NK-110H
●ブーム長さ26m

16t



NK-160
●ブーム長さ30.7m

20t



NK-200
●ブーム長さ38.2m

36t



NK-360B
全油圧式トラッククレーン
●ブーム長さ47.5m

28t



NK-280
●ブーム長さ44.5m

休みなく働きつづけております

急ピッチに進む建設工事、港湾荷役は昼夜にわたってつづけられております。

●昼はビル建設、プレハブ建築、道路建設、宅地造成、港湾荷役、橋梁工事等

●夜は地下鉄工事、重量物荷役運搬、道路建設等で

トラッククレーン、ショベルをはじめとするカトウの建設機械がこれら国土開発の一役を担って休みなく働きつづけ《ピクともしない頑丈な機構と優れた耐久性》で軽量物から重量物までをキビキビと運び処理して行きます。ますます高層化と大型化する建設工事に欠くことのできない存在になっております。

今日の対話を明日の技術へ

KATO

株式会社 加藤製作所

本社 / 東京都品川区東大井1の9の37
(☎140) ☎(471)8111(大代表)

東京事務所 / 東京都港区芝西久保桜川町2
(☎105) (第17森ビル)☎(591)5111(大代表)

支店/大塚	☎(303)1131	名古屋	☎(562)5601
広島	☎(48)0461	福岡	☎(78)5571
仙台	☎(22)4896	岡山	☎(31)1291
安曇所/小樽	☎(55)5088	大分	☎(6)6650
札幌	☎(241)2888	静岡	☎(86)3141
富山	☎(32)8168	松山	☎(43)5240
横浜	☎(311)7992	高崎	☎(25)1311
新潟	☎(82)0155	千葉	☎(42)7746
徳島	☎(22)2426	鹿児島	☎(51)3317
郡山	☎(32)1811		



連続壁・掘削に
最高の機能を誇る

かさゴの バケット



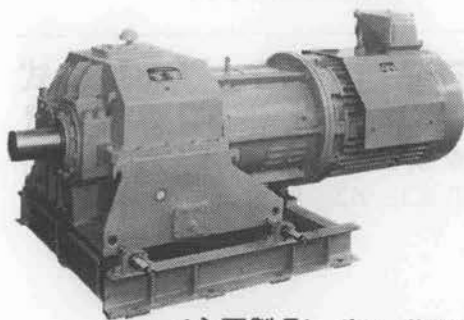
眞砂工業株式会社

本社 東京都足立区花畑町4074 TEL(03)884-1636代
 大阪営業所 大阪市北区牛丸町52(日生ビル)TEL(06)371-4751代
 北九州出張所 北九州市小倉区熊本町2-3-3(旭ビル)TEL(093)52-4276

標準ギヤードモータに流体継手の利点を加えた コンパクトな実用機



島津ハイドロフレックス ギヤードモータ 《減速機＋流体継手＋モータ》



- 標準形ギヤードモータに流体継手を組込んで一体としたものですから、小形軽量で取り付けが簡単です。
- 部品が標準化されているので、設備費が安くなります。
- 始動時にモータの高トルクが利用できるので、始動がきわめてスムーズに行なえます。

〈主要製品〉 ギヤードモータ・パウダフレックス ギヤードモータ・歯車減速機
歯車増速機・船用歯車減速機(西独・ローマン社提携品)



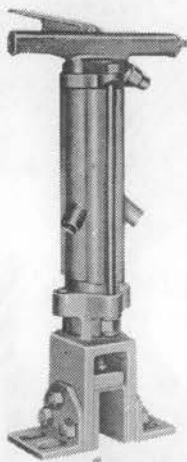
島津製作所

機械事業部

●カタログご請求・お問合せはもよりの営業所へ
東京 292-5511 / 大阪 541-9501 / 福岡 27-0331 / 名古屋 563-8111 / 広島 48-4311 / 札幌 231-8811 / 神戸 331-9661

604 京都市中京区西ノ京桑原町1 (075)811-1111

驚異的破砕力を持つ



■シートパイルドライバー



■シートパイルエクストラクター



40キロ級 コンクリート ブレイカー

- 強力打撃するので作業能率が向上する
 - コンクリートは勿論中鍍岩も軽く破砕する
 - ブレイカー以外にシートパイルドライバー打込み及びシーパイルエクストラクター(引抜)等利用範囲が広い
- B-85型コンクリートブレイカーは、従来のB-80型ブレイカーの経験を生かして新に製造された40kg級の大型ブレイカーです。
本機は道路工事・コンクリート基礎破壊・岩石破砕等に用いられる打撃専門の機械で、強力な破壊力を持って居ります。
- 用途：舗装道路のコンクリート及びアスファルトの破砕・改修、コンクリート建造物及び基礎の取りこわし、工場内の床コンクリートの破砕、鉦石・石灰石の採取や小割、溶鉦炉内のクラストの研取等広く利用出来ます。

栗田鑿岩機株式会社

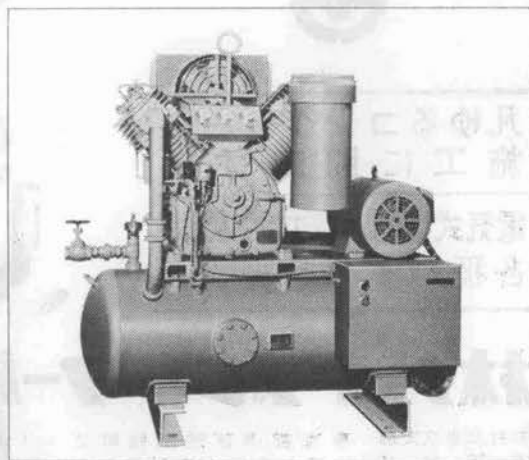
東京都墨田区錦糸町4-16-17
TEL (625) 3331(代)

高性能・小形・軽量3拍子そろった
ハイユニットタイプの実力派!



コンプレッサとモートルそして空気槽を一体化した<ハイユニット>タイプだから、小形で軽量。それだけ機動性が高く、どこへでも手軽に運んで使えます。いわば、建設作業にピッタリの実力派です。

このほかにもベビコンからバランス形・スクリー形コンプレッサまで、豊富な機種がそろっています。



22kW・37kWシリーズ

日立空冷2段VHC圧縮機

●お問い合わせは=もよりの営業所 東京(435)4111・大阪(203)5781・福岡(74)5831・名古屋(251)3111・札幌(261)3131
仙台(23)0121・富山(25)1211・広島(21)6191・高松(31)2111 または商品事業部へ
東京都港区芝浜松町3丁目5番地(世界貿易センタービル) 郵便番号105 電話・東京(435)4111<大代>

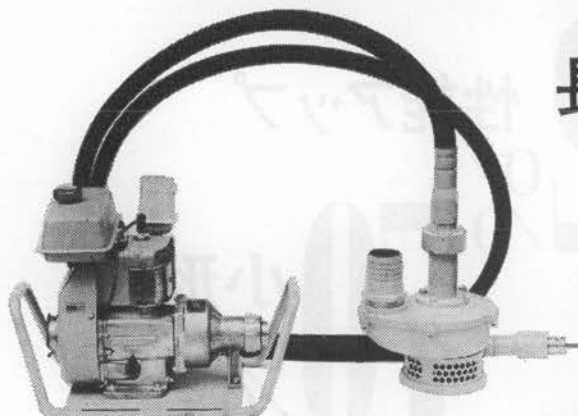
日立製作所



Hayashi VIBRATORS

長い伝統

最新の技術



《新発売》

フレキシブル型水中ポンプ
HFP-80型



凡ゆるコンクリート
施工に即応する

電気式・空気式・エンジン式
各種バイブレーター

林バイブレーター株式会社

本社及東京支店	東京都港区芝浜松町2-1	☎105 電話 03(434)8451(代)	テレックス 242-2782
大阪支店	大阪市西区本田町2-15-4	☎550 電話 06(581)2875(代)	テレックス 525-6283
名古屋出張所	名古屋市西区牛島町8-3-7	☎451 電話 052(551)0065	
広島出張所	広島市舟入中町2-13	☎733 電話 0822(33)3030	
九州出張所	福岡市住吉2-4-10	☎812 電話 092(28)3768(代)	
工場	埼玉県草加市稻荷町1-5-8	☎340 電話 0489(24)1111(代)	テレックス 2972-057



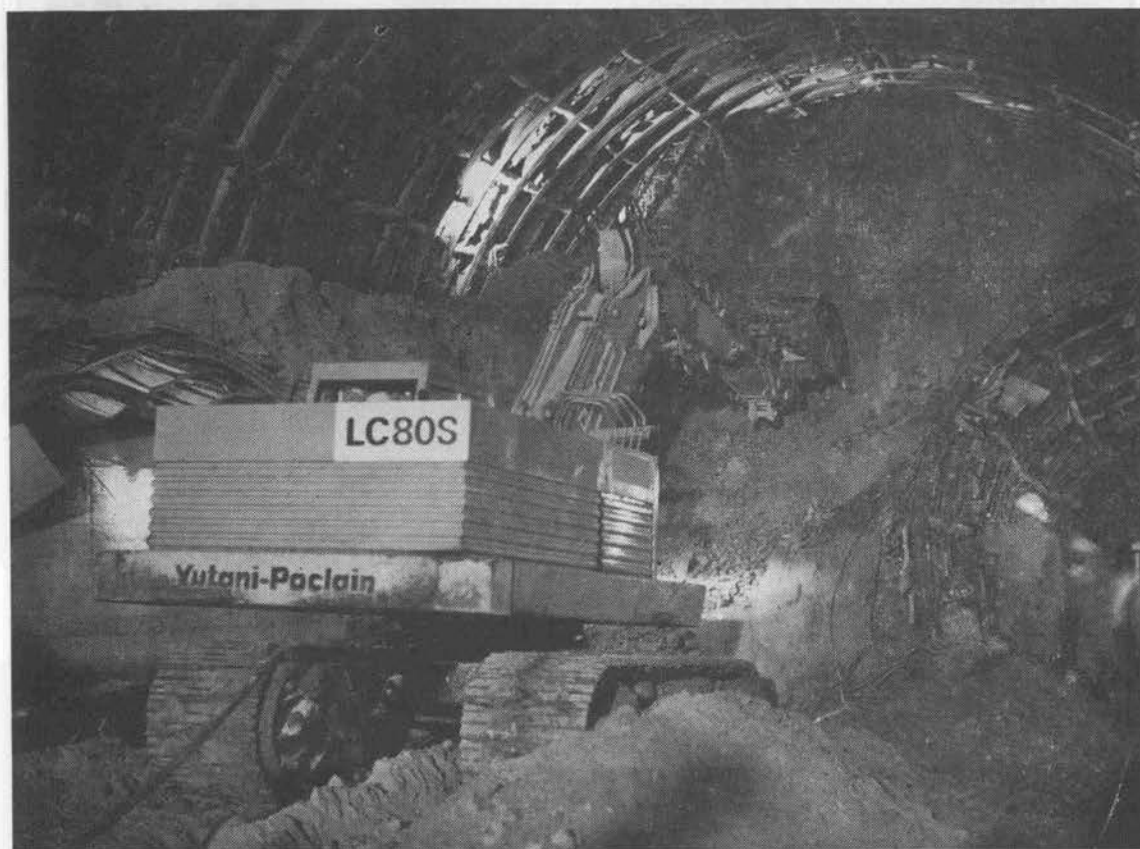
排気ガス、騒音をシャットアウト
ユタニ・ポクレン 電動式油圧シヨベル

GC120S
(電動機併設)

LC80S
(電動機併設)

TS50S
(電動式)

FCS
(電動式)



- トンネル、都市土木、地下鉄工事に最適
- 高油圧(300kg/cm²)の使用により機械はコンパクト
- 安定した作業で高性能を発揮
- 耐久性にすぐれ、ランニングコストが安い

YUTANI 油谷重工株式会社

東京都港区新橋2丁目1番3号 電話(502)2351

総代理店 丸紅飯田株式会社

「修理は安心して委せられる」

◆24時間サービス

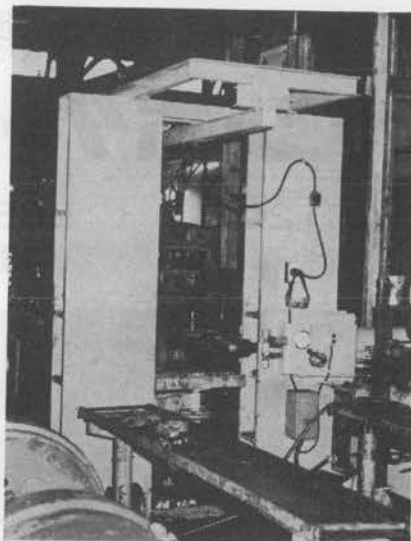
部品及フィールドサービス
電話(03)429-2136

◆M.U.S (マルマユニットサービス)

ユニット交換即日サービス

◆道路舗装機械・プラント専門整備

◆油圧機器・各種ポンプテスト装置



建設機械整備!! 建設機械特殊アタッチメント設計製作!!

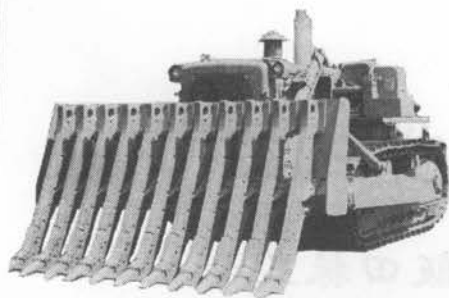
コストの低廉・優れた品質・完全アフターサービス



マルマ重車輜株式会社

本社・東京工場	東京都世田谷区桜丘1丁目2番19号	電話(03)429-2131(大代)加入電信242-2367	〒156
名古屋工場	愛知県小牧市小針町中市場25番地	電話(0568)77-3311(代)加入電信4485-988	〒485
相模原工場	神奈川県相模原市大沼2209番地	電話(0427)52-9211(代)	〒229
水島出張所	岡山県倉敷市中畝2-2-1	電話(0864)55-7559	〒712
神戸出張所	兵庫県神戸市垂水区高丸7丁目17号	電話(078)706-5173	〒665
鹿島出張所	茨城県鹿島郡神栖町大字知守南部団地		〒314-02

「仕様には出ていませんが」特殊アタッチメントは マルマが引受けます。

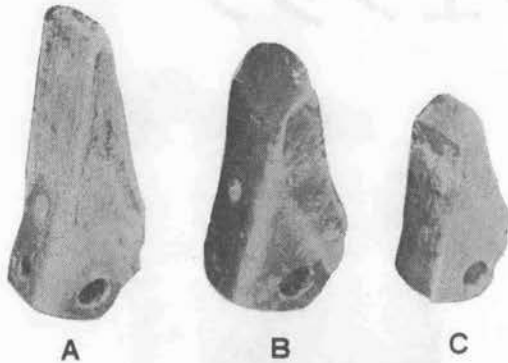


- ◆排気処理装置 (トンネル仕様)
- ◆騒音防止工事
- ◆森林用ガード、雪用キャブ安全プロテクタ
- ◆ロックヒルダム用ロックレーキ・転圧ローラ等
- ◆バッテリー利用自動給油装置
- ◆パイプレイヤ、のり面処理装置等。

各種建設機械・部品及整備用機械工具

耐摩耗性と強靱性を持つ画期的なユニウエルドワイヤ

55時間稼動後（リッパータース）



A. ユニウエルドワイヤ
（半自動溶接機使用）

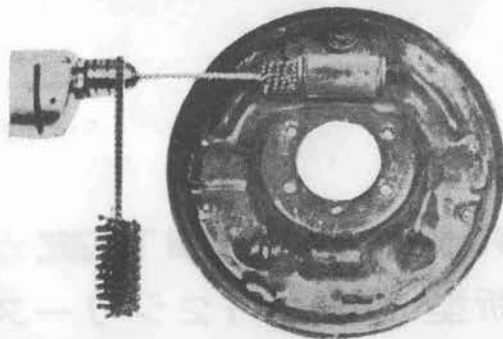
B・C. 他社製表面硬化棒
使用

適用箇所

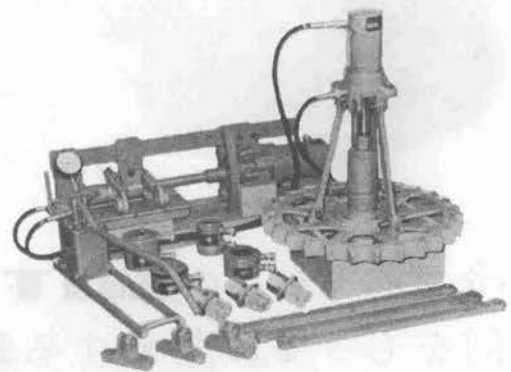
リッパ及バケットのテース、シャンク、トラクタのアンダキャリエッチ、ドレッジャポンプの摩耗部分、クラッシャロール、コーンズ、ハンマ、コンベアフライト、プッシュシューズ用等各種

新品に！ 再生用に！

新型マイクロホーン



万能型 ポータブルサービспレス



米国L & B自動溶接機及溶接用ユニウエルドワイヤ：ロチャースハイドロリックプレス：スナップオン工具 日本総代理店

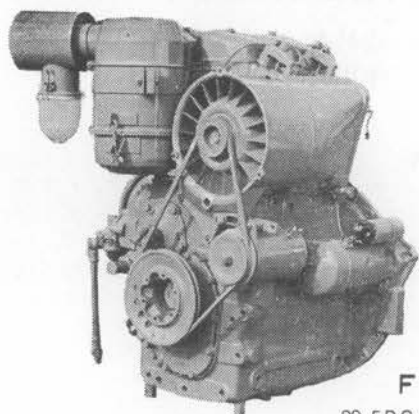


内外車輛部品株式会社

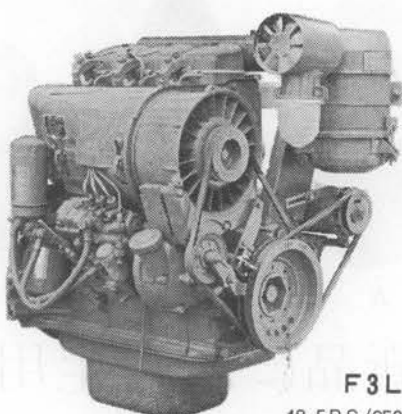
本社 東京都目黒区柿の木坂1丁目19番8号 電話 03-718-8291-5 加入電信 246-6228千152
名古屋営業所 名古屋市中区千早町5丁目9番5号 電話052-261-7361-3 加入電信 442-2478千460

MITSUBI-DEUTZ

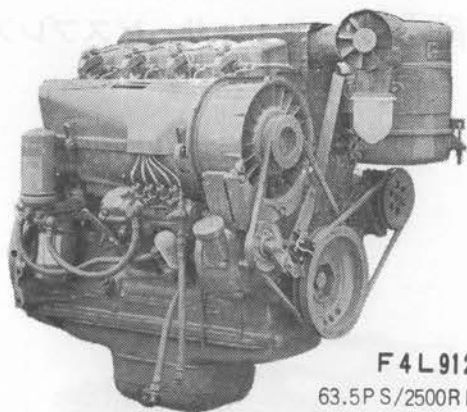
F/L912シリーズ 空冷・ディーゼル・エンジン



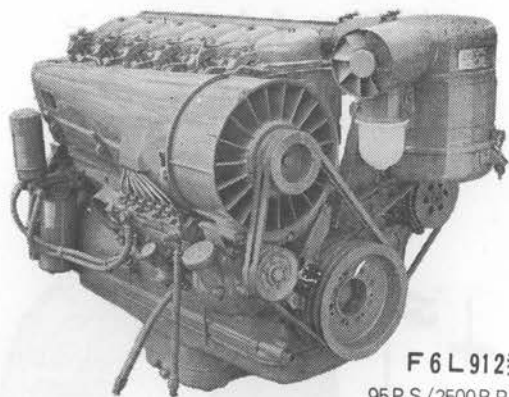
F2L912型
29.5PS/2300RPM



F3L912型
48.5PS/2500RPM



F4L912型
63.5PS/2500RPM



F6L912型
95PS/2500RPM

空冷ディーゼルの**MITSUBI-DEUTZ**が
自信をもってお薦めする**最新型-F/L912シリーズ**
これぞ、空冷・ディーゼル・エンジンの決定版!!



三井・ドイツ・ディーゼル・エンジン株式会社

本社 東京都港区新橋4-24-8 (第2東洋海事ビル) 電話 東京(433)1666 (代表)
大阪営業所 大阪市西区江戸堀北通り1-18 (小谷ビル) 電話 大阪(443)6765 (代表)

砕石ダスト分級装置

キンキ
AS スラント

PAT 申請中

正確なカットサイズで
微粉の大量篩分けができる

エアスクリーン

- 特長 ■ 正確なカットサイズで
- 微粉の大量分級
 - 粉じん・騒音・振動がない
 - 操作簡単・集中制御可
 - 維持費低廉・網の取替容易
 - 集じん・除じん回収ができる

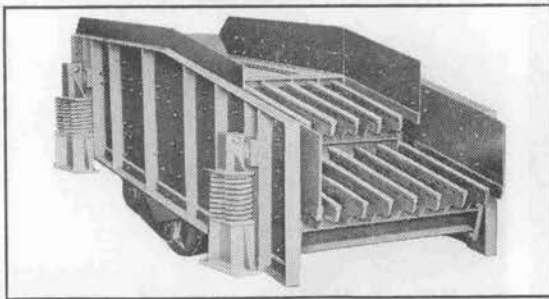
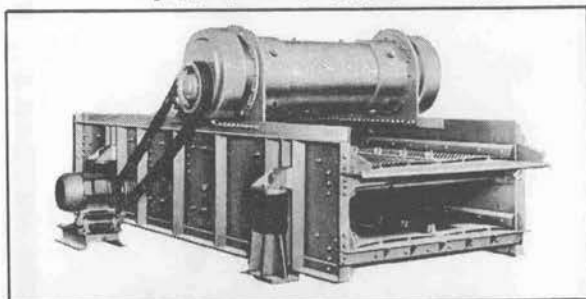
応用分野

砕石ダスト・砂・土石・鉱業・窯業
鑄物砂・化学工業・肥料飼料

テスト応・詳細AS係までお問合せ下さい。
カタログ呈(誌名記入)



最高の実績・最大の性能を誇る振動篩



■ NLH型振動篩

- 中・小粒の篩分・洗滌・脱水・粉操に最適
- 水平据付・直線振動
 - 強大な加振力・倍加する処理量
 - 著しくすぐれた篩分効率
 - サイズ 2'×6' ~ 7'×20'

■ KR型振動篩

KR-X型=グリズリー型(スカルピンタイプ)
KR-H型=大・中塊篩分用(リップフロー)

■ KIBインパクトブレイカー

■ KPF-G型振動グリズリー
フィーダー

- 原石の泥土除去・破砕機への定量供給に最適
- 大きい振巾・目詰り皆無
 - 無段変速による通量供給
 - グリズリーの開き目可変1本づつ取替可能
 - 3'×10' ~ 6'×16' 傾斜据付 直線振動

■ KPF-P型振動グリズリー
フィーダー(パン型フィーダー)

3'×10' ~ 6'×16'

通産省指定合理化モデル工場



株式会社 キンキ
近畿工業株式会社

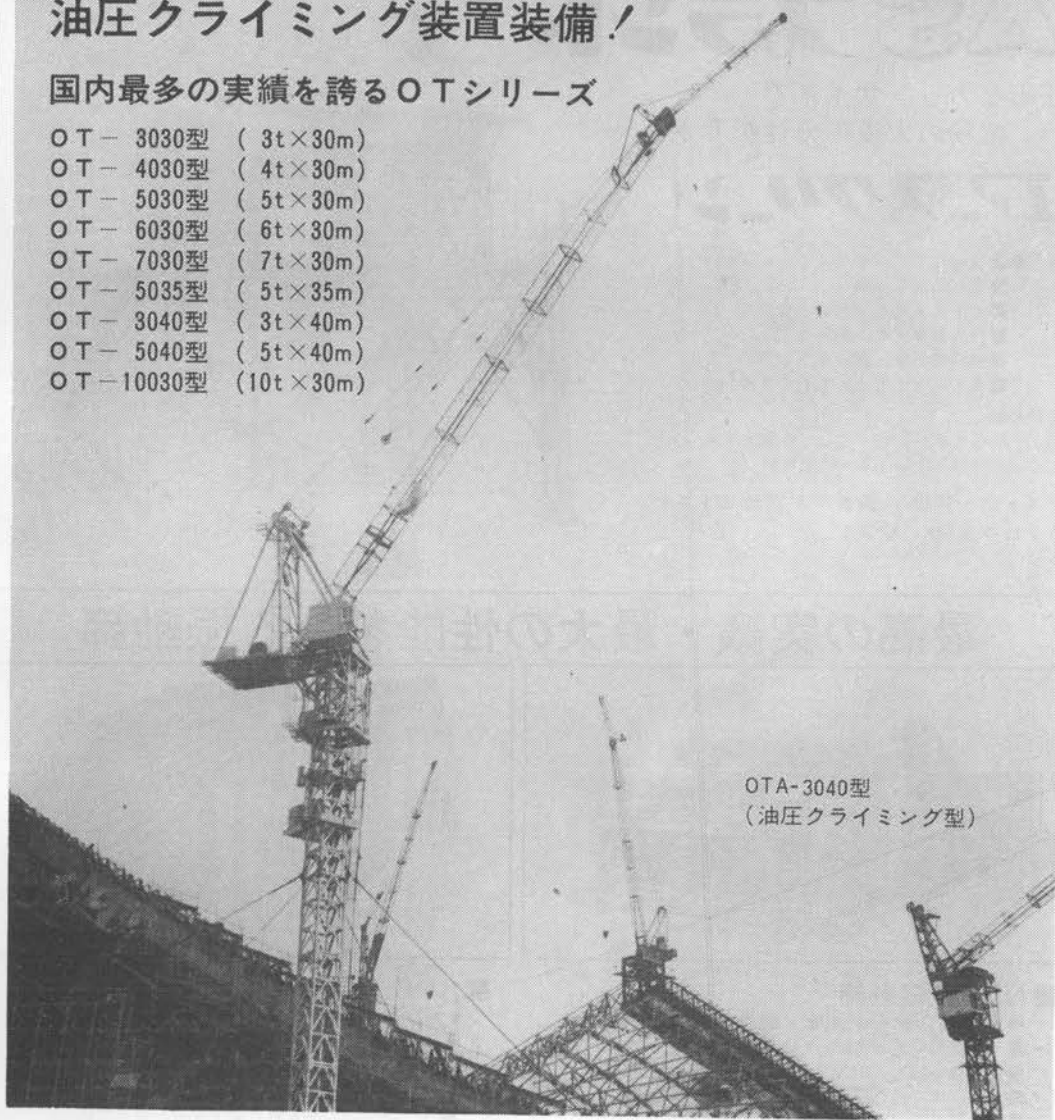
本社営業所
大阪市東区高麗橋2-5-5 東栄ビル (06) 231-9736(代)
東京営業所
東京都中央区八重洲3-1-1 大久保ビル (03) 273-6057(代)
加古川営業所
兵庫県加古川市千回町一色1-0-5 (0794) 35-1551(代)

OGAWA PILO CRANE


油圧クライミング装置装備!

国内最多の実績を誇るOTシリーズ

- OT-3030型 (3t×30m)
- OT-4030型 (4t×30m)
- OT-5030型 (5t×30m)
- OT-6030型 (6t×30m)
- OT-7030型 (7t×30m)
- OT-5035型 (5t×35m)
- OT-3040型 (3t×40m)
- OT-5040型 (5t×40m)
- OT-10030型 (10t×30m)



OTA-3040型
(油圧クライミング型)

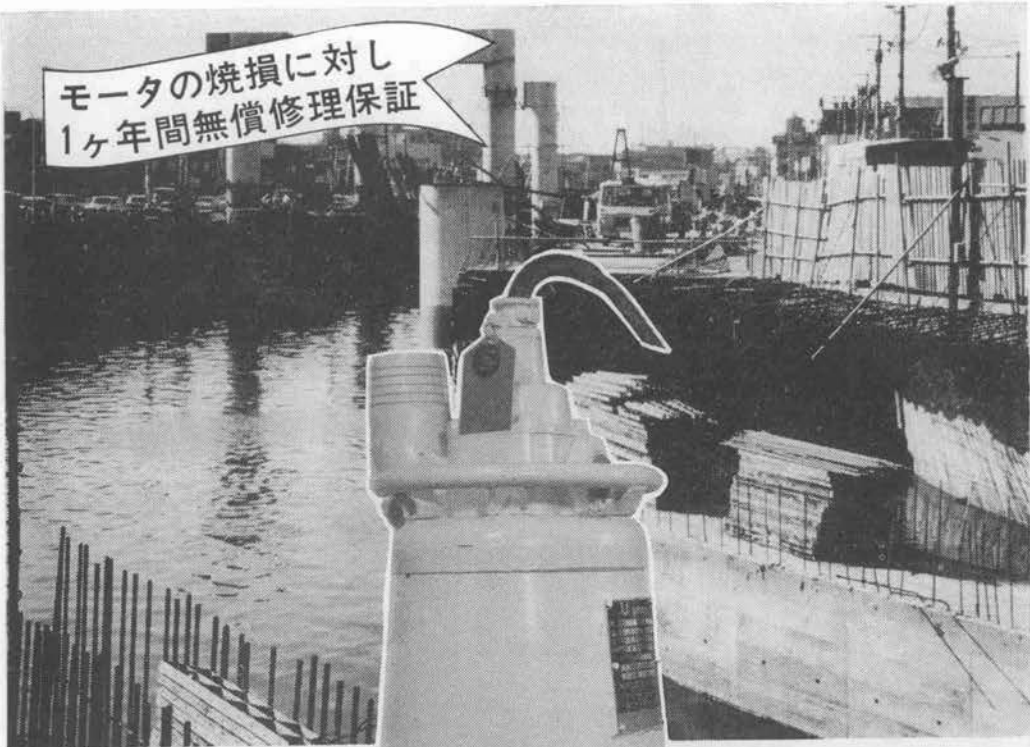
製造元  株式会社小川製作所

本社 千葉県松戸市杵台4-4-0 電話 松戸(0473)62-代表1231

総販売元  兼松江商株式会社

東京本社	東京都中央区宝町2-5(兼松江商ビル)	建機自動車課	電話(562)7133
大阪支社	大阪市東区淡路町5丁目33番地	建機船舶課	電話(228)3829
名古屋支社	名古屋市中区錦1-20-19(名神ビル)	機械第3課	電話(052)(211)1311
福岡支店	福岡市天神2-14-2(福岡証券ビル)	機械課	電話(092)(76)2931
札幌支店	札幌市大通り西4-6-1(秋田銀行ビル)	機械課	電話(011)(261)5631

モータの焼損に対し
1ヶ年間無償修理保証



土木建設工事・下水道工事
ダム工事・地下鉄工事
あらゆるピットの排水
わき水・たまり水の排水

〈揚程〉 8m～38m
〈水量〉 0.24m³/min～5.5m³/min
〈出力〉 0.25kW～37kW
〈口径〉 40mm～250mm

国土開発の推進力
技術の桜川

Sakuragawa's **水中ポンプ**
U-pump

★単相ポンプ(U-25B・U-40F 含6機種)★三相ポンプ(U-222A・U-4104A・U-4508含19機種)★HS水中サンドポンプ(4機種)



株式会社 **桜川ポンプ製作所**

本社・工場・大阪営業所 大阪府茨木市安威1-2-5番地 TEL (0726) 43-5431

営業所
 専062 札幌市白石中央3-6-0 ☎011(821) 3355
 専983 仙台市原町西竹北上6の1番地 ☎0222(56) 5606
 専950 新潟市笹口1丁目2-3番地の6 ☎0252(44) 1943
 専103 東京都中央区東日本橋2丁目25番4号 ☎03 (861) 2971
 専464 名古屋市千種区穂波町1丁目4-6番地 ☎052(751) 0676
 専730 広島市千田町1丁目1番1-2号 ☎0822(41) 3344
 専760 高松市木太町3-2-3番地の2 ☎0878(33) 0231
 専810 福岡市善吉3丁目2-4の1-7
 工場
 専362 埼玉県上尾市陣屋1-0-0-5番地 ☎0487(71) 0481



最新式 BARBER-GREENE SA-41型 ASPHALT FINISHER



SA-41型Asphalt Finisherは、25%の_slopeをウインチなしで、独力で楽々と舗装することが出来ます。

本機的主要な特徴

- 大型ホッパー：ホッパー容量は10吨
- 堅牢な構造：機体重量は約11吨
- 安定度の高い足廻り：クローラーの長さは9フィート4インチ
- 強力なエンジン馬力：70HP 2000r.p.m. ディーゼル・エンジン

簡単な保守整備：動力伝達機構には、耐摩耗のボール及びベアリングが採用され、機械各部のサービス・ポイントには、容易に手が届くように製作設計されています。

Barber-Greene



本邦取扱店

極東貿易株式会社
建設機械部

本店 東京都千代田区大手町2の4 (新大手町ビル7階) 電話 (270) 7711 (本代)
支店 札幌・沼津・名古屋・大阪・福岡
指定整備工場：マルマ重車輛株式会社
東京都世田谷区桜ヶ丘1-2-19 電話 (429) 2131

世界的に有名なベント工法



|| もっとも信頼性の高い工法として脚光をあびています ||

三菱ボーリングマシン ▶



三菱ボーリングマシン

MT-1 BT-2SD



大口径



自走式

- 最大掘削口径…………… 1,500mm
- 最大掘削深度…………… 55m(1.0m φ)
- 最大掘削速度…………… 8m/h

- 最大掘削口径…………… 1,200mm
- 最大掘削深度…………… 40m(1.0m φ)
- 最大掘削速度…………… 10m/h

基礎工事業界の基礎の大型化の要望にこたえるために、BT-2Sをもとに開発、掘削孔径を大きく、掘削能力を強力にした大形基礎掘削機です。

標準形は、最大杭径1.5mφ、チュービング部分を取りかえることによって、最大杭径2.0mφまで掘削可能な最大級のオールケーシング掘削機です。

オールケーシング工法の代表的機械です。

特殊なバケットによるパーカッション掘削とすぐれたチュービング能力によるオールケーシング工法のため、あらゆる土質において確実に施工できる無騒音、無振動、高能率の自走式基礎掘削機です。信頼性の高い場所打杭をもっとも確実に造成できる機械として、基礎工事業界で愛用されています。

三菱重工業株式会社

建設機械事業部 東京都千代田区丸の内2-5-1 〒100 ☎東京03(212)3111

総販売代理店

三菱商事株式会社

建機冷機部 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100 ☎東京03(210)4633-37

販売店

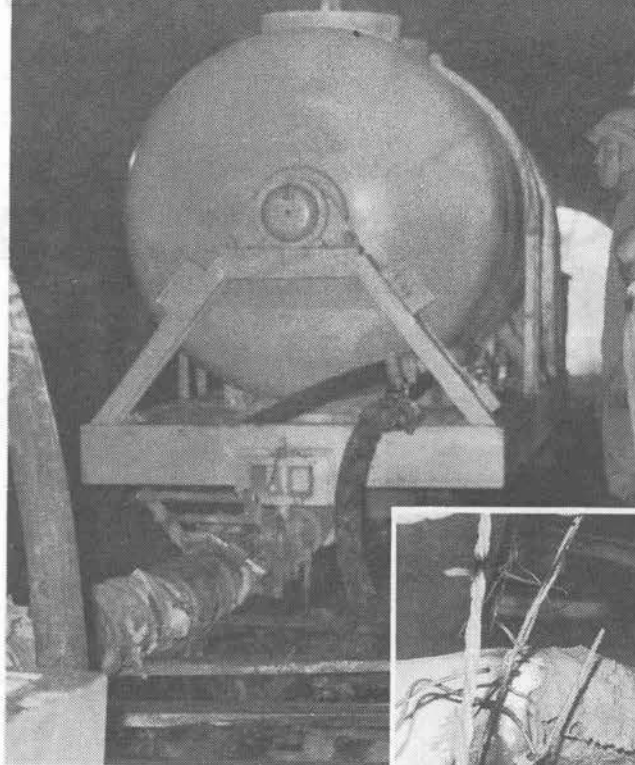
東京産業(株) ☎東京(212)7611
 新東亜貿易(株) ☎東京(212)8411
 (株)米井商店 ☎東京(561)1171

椿本興業(株) ☎東京(214)7531
 三菱重機(株) ☎東京(582)3231
 橘崎産業(株) ☎札幌(261)3241

四国機器(株) ☎高松(61)9111
 三菱重機(株) ☎小松(21)3311
 みづほ工業(株) ☎浜松(61)6171

スクルー圧気式コンクリートポンプ

(特許出願中)

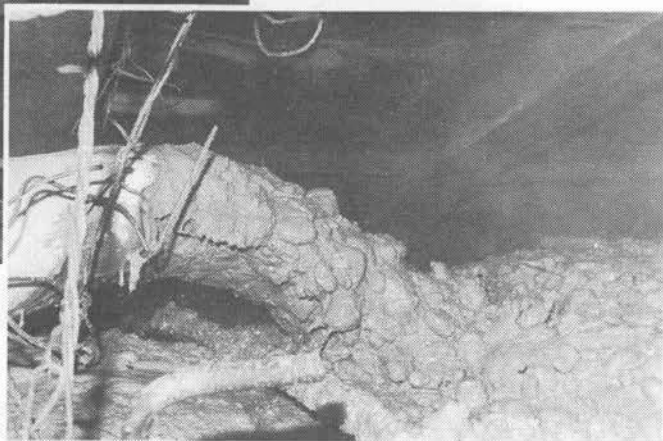


- ①連続圧送……………可能
- ②ノーショック…コンクリート分離皆無
- ③空気消費量……………従来の1/2
- ④圧送量の増減……………自由
- ⑤圧送、停止の反復作業……………自由
- ⑥グラウト打設……………可能
- ⑦吐出量3 M³……………3～4分
- ⑧ドラム固定……………危険度少い

機 種

1.5 M³、2.0 M³、3.0 M³、4.5 M³、6.0 M³。

固定型、走行時混練型、自走式。



信越本線複線化工事に於て本機による連続吐出状況。



株式
会社

柴田建機研究所

本 社 東京都中央区日本橋小伝馬町3-9 TEL(662) 1 9 4 1-6
 研究所・工場 埼玉県川口市飯塚町2-50 TEL(0482) (51)7270(代)-3

■総代理店

三井物産機械販売サービス株式会社 東京都港区西新橋2-23-1 TEL (438)2851

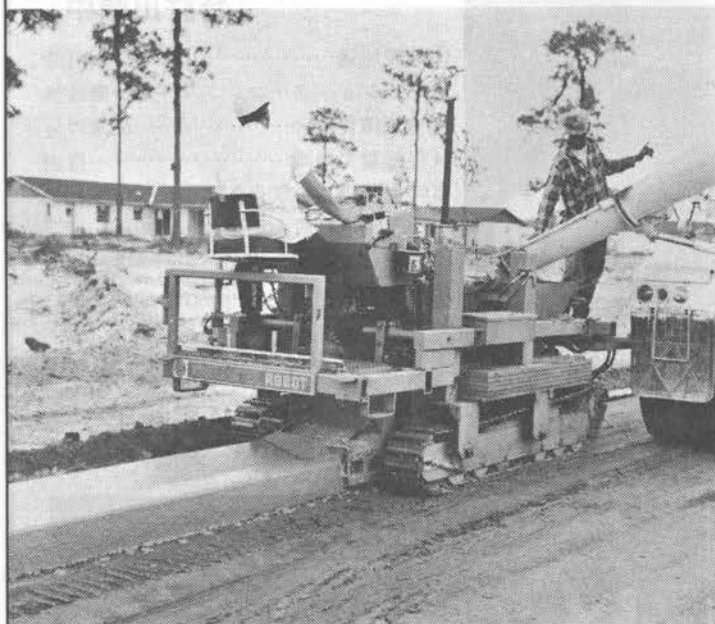
■代理店

北炭機械工業株式会社	札幌市北2条西2丁目 北炭ビル4階	TEL (26)5521(代)
麓産業株式会社	大阪市浪速区幸町通1丁目4番地	TEL (561)2561(代)
郷田機材株式会社	岡山市幸町8番5号	TEL (24)5906-8
三新工業株式会社	福岡市天神3丁目6番31号	TEL (77)7531(代)

(米)Curbmaster(カーブマスター社)

小型スリップフォームペーパー

ROBOT ロボット型——(カーブ、ガッター、サイドウォーク用)



- カーブ最大高さ 485耗
- サイドウォーク最大巾 1900耗
- GL式自動制御装置付
 - ステアリングコントロール 1
 - グレード・コントローラー 2
 - スロープコントローラー 1
- 型枠一切不要
- クローラー式

CM型——(カーブ、ガッター成型機)

- 最大巾 48吋
- カーブ最大高さ 9吋

CMFスリップフォーム型メディアン
フィニッシャーその他に改造可能

取扱品目

- GL式マイクロガイド
- GL式スーパーレベル
- グレードスロープコントローラー



北海道縦貫道路作業現場 改造CM型

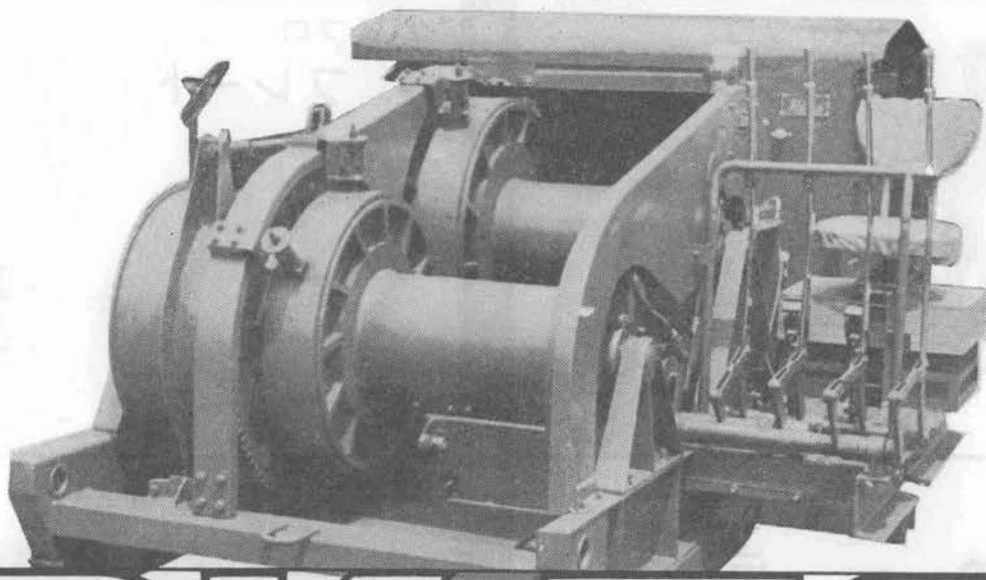
Curbmaster
Grad-Line, Inc.

日本総代理店

日本ゼム株式会社

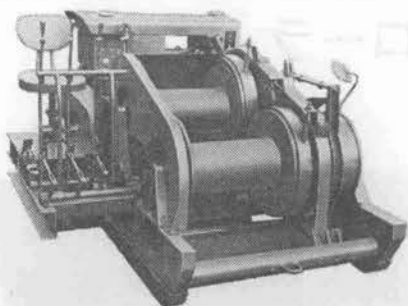
東京都品川区大井4-2-4波田野ビル
電話 (03) (775)6311 (代表)

国土建設化時代に備え
南星のウインチを!!



RKC-73

●大型3胴ウインチ



直引力・ ドラムフランジ経の中心で3000kgs
 変速・ シンクロメッシュ正転4段、逆転4段
 最大捲上速度・ 460m/min
 捲代・ 12mmロープ 1280m
 エンジン・ HINO DM-100 77PS/2400rpm

●中型3胴ウインチ

直引力・ ドラムフランジ経の中心で2300kgs
 変速・ 摺動歯車変速正転4段、逆転4段
 最大捲上速度・ 310m/min.
 捲代・ 12mmロープ 1000m

株式会社南星工作所  南星機械販売株式会社

労働省クレーン製造認可工場

本 社 工 場	熊 本 (52)	8 1 9 1 代表	仙 台 営 業 所	仙 台 (27)	2 4 5 5
東 京 営 業 所	東 京 (504)	0 8 3 1 代表	盛 岡 営 業 所	盛 岡 (24)	5 2 3 1
大 阪 営 業 所	大 阪 (372)	7 3 7 1 代表	新 潟 営 業 所	新 潟 (45)	5 5 8 5
名 古 屋 営 業 所	名 古 屋 (962)	5 6 8 1 代表	長 野 営 業 所	長 野 (85)	2 3 1 5 代表
札 幌 営 業 所	札 幌 (781)	1 6 1 1 代表	広 島 営 業 所	広 島 (32)	1 2 8 5 代表
宮 崎 営 業 所	宮 崎 (24)	6 4 4 1	大 分 営 業 所	大 分 (4)	2 7 8 5

特許

明和の締固め機械

バイブロ ランマ



道路・水道・ガス管
電設・盛土・埋戻
路盤砕石固め

VRA 120 (kg)
80 (#)
60 (#)

■通産大臣賞

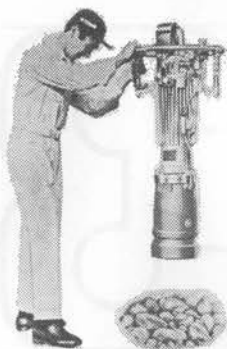
バイブロ プレート



アスファルト舗装
表面整形

VP-110(kg)
- 70(#)
- 60(#)

ジャンプ ランマ



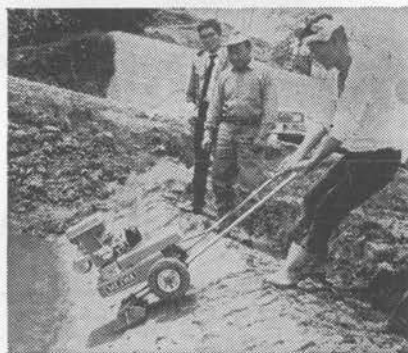
建築基礎
栗石搗き固め

A型 100(kg)
B型 85(#)
C型 60(#)

■発明協会長賞

テニコン《新製品》

のり
面
転圧



TN-40(kg)
- 80(#)

共同出願中
国鉄と特許

日本最初の両輪駆動振動ローラ



アスファルト舗装最適
転圧力強大・サイド転圧
スリップ少ない・登坂25°
ステアリング軽快

MVR 10型 1.0t
27型 2.7t



■カタログ進呈 全国各地に販売店有

株式会社 明和製作所

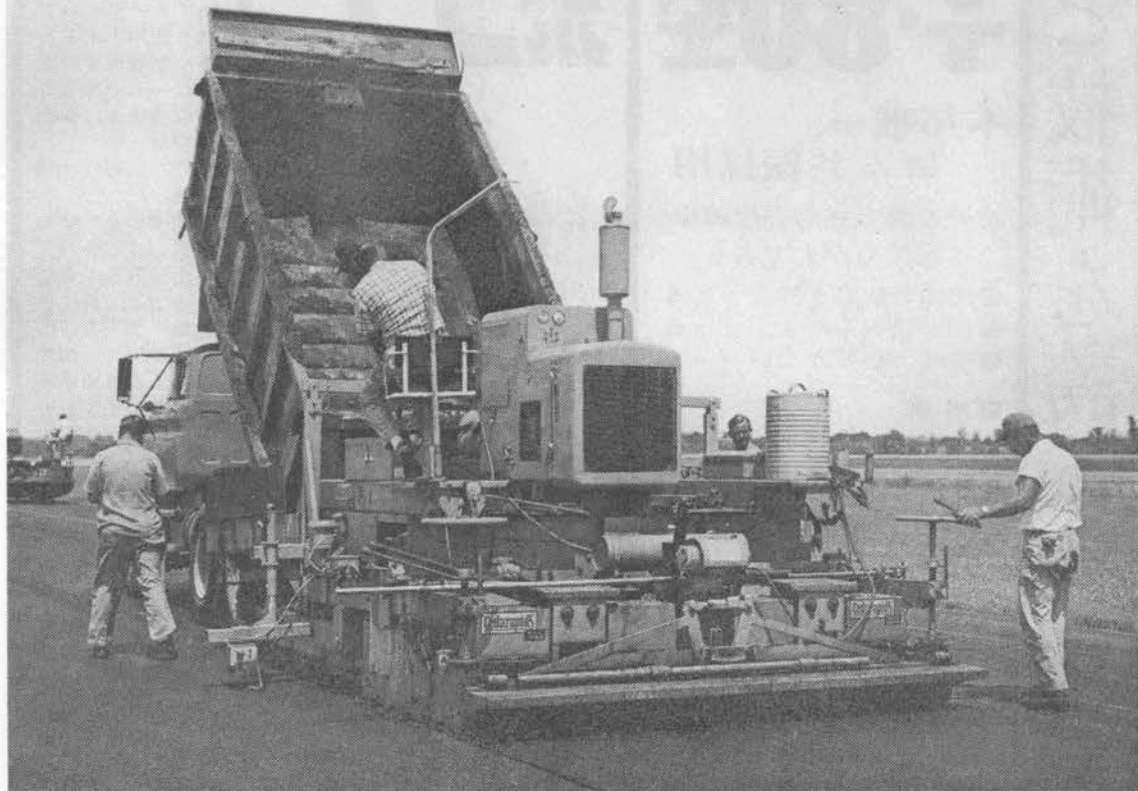
本 社 工 場	川口市青木町 1-4-48	TEL (0482) 51-4525~9	☎ 332
大 阪 営 業 所	大阪市城東区諏訪西 3-25	TEL (06) 961-0747~8	☎ 536
福 岡 営 業 所	福岡市上牟田町 2-1	TEL (092) 41-0878-4991	☎ 816
名 古 屋 営 業 所	名古屋市中川区八家町 3-31	TEL (052) 361-5285~6	☎ 454

Cedarapids

Built by
IOWA

業界に省力革命

セダラピッド BSF-2 アスファルトフィニッシャー



■ 特 徴

- 舗装幅は最高 6.0米
- 安定性にすぐれる3点支持装置
- スクリードプールポイントの高低調整により、最低5mm厚の舗設可能
- 困難な舗設要求に応える特殊設計仕様
- 高評のDUO-MATIC電気式自動スクリードコントロール!

スロープセッティングは±13%

IOWA MANUFACTURING COMPANY

CEDAR RAPIDS

日本販売総代理店

サービス代行社

GENERAL ROAD EQUIPMENT SALES CO., LTD.

エム アンド エム サービス株式会社

東京都千代田区内神田二丁目13番地中村ビル 256-7737-8

実績と技術を誇る特殊電機……！

トクデン タンパー Y-80型

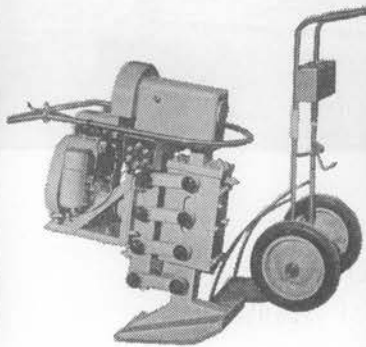
本邦唯一、
ゴム共振採用

特殊衝撃方式の為故障少
なく耐久力が大である。

- 突固め能力が強力である
- 前進登坂力が強力である
- 注油の必要がない

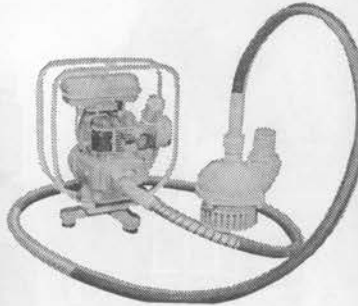
■用途

路床・路盤・アスコン等の輪圧
埋設工事後の輾圧 法面・法肩
路肩等法面の輾圧 盛土・栗石
の突固めその他狹隘場所の輾圧
締固め

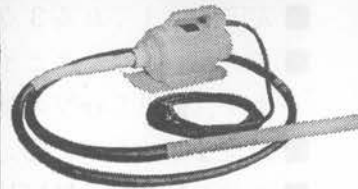


トクデン ポンプ

軽便高性能



トクデン パイプレータ



原動機はエ
ンジンでも、
モーターで
もO・K

特長

- 原動機はエンジン、モーターいずれも使用出来る。
- 小型軽便で持運びは一人で出来る
- 取扱操作は極めて容易。
- 呼び水等は一切不要。
- 故障少なく耐久度大。
- 土砂混入のよごれ水でも容易に大量揚水出来る。
- 原動機は一切の部品、工具を使わないでパイプレーターに完全兼用出来る。

吐出口径 2吋 3吋
揚程 (最大)

22m 14m

揚水量 (最大)

480ℓ/min

1100ℓ/min

営業品目

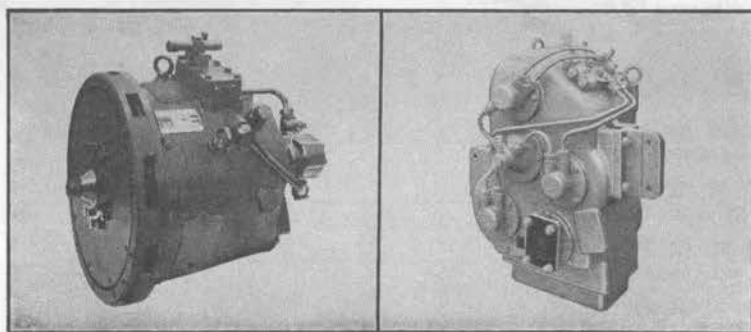
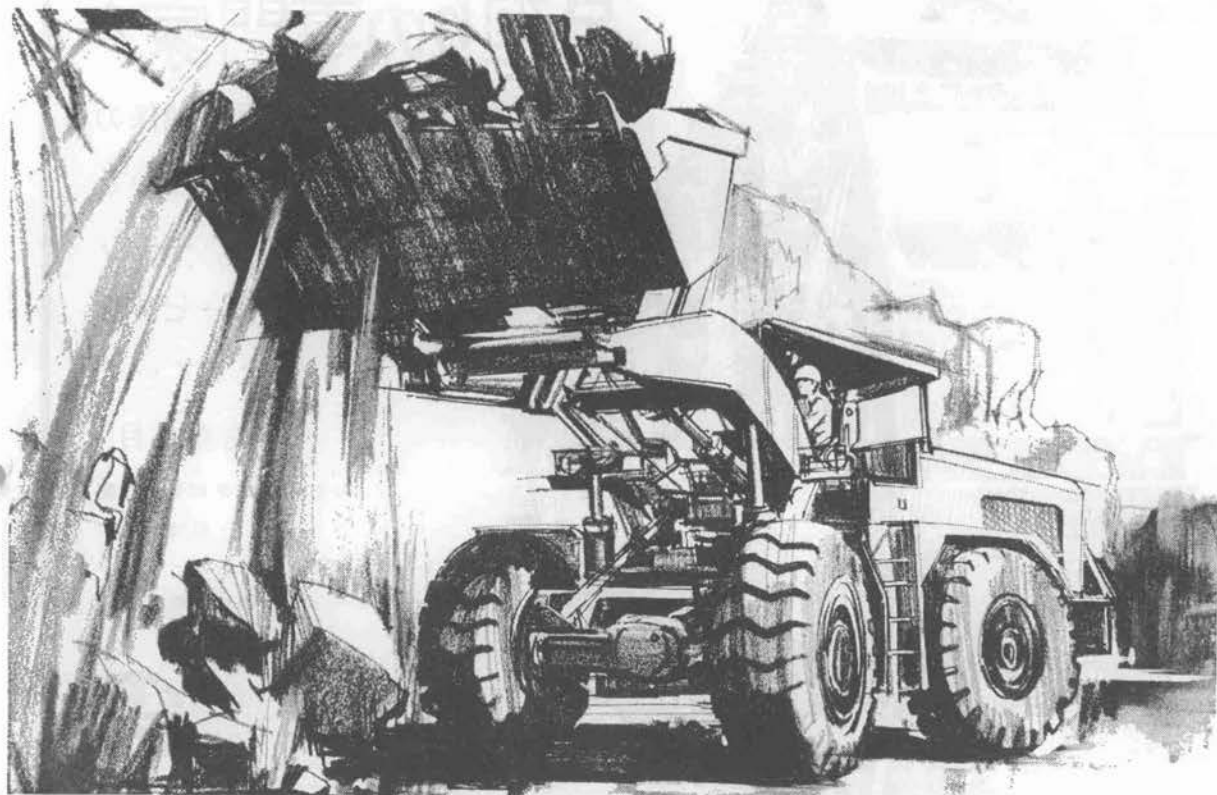
コンクリート・ロ
ード・フィニッ
シャー 各種コン
クリートパイプ
レーター
(エンジン式・空
気式・電気式)
フィニッシング
スクリッド・振動
モーター・その他
振動機械



特殊電機工業株式会社

本社	〒161 東京都新宿区中落合3丁目6番9号	電話東	京 03(951)0161~5
浦和工場	〒336 浦和市大字田島字榎沼2025番地	電話浦	和 0488(62)5321~3
大阪出張所	〒550 大阪市西区九条南通3丁目29番地	電話大	阪 06(581)2576
九州出張所	〒816 福岡市南局区内青木真砂町793番地	電話福	岡 092(41)1324
名古屋出張所	〒457 名古屋市南区汐田町3丁目21番地	電話名	古 052(822)4066
仙台出張所	〒983 仙台市大行院丁1番地	電話仙	台 0222(57)3860
北海道駐在	〒060 札幌市北一条東8丁目1番地	電話札	幌 011(241)8101

マーケットシェア48%……その実力を誇るオカムラのトルクコンバーター!



省力化機械をさらに省力化するオカムラのトルクコンバーター——

- 起動から全速まで自動変速できます
- 作業のサイクルタイムが短縮されます
- 原動機と動力伝達装置を保護します
- 作業効率と経済性を高めます
- 不快なエンストがなくなります
- オペレーターの疲労度が軽減されます

オカムラ トルクコンバーター

株式会社岡村製作所・機械事業部

カタログさし上げます。お問合せください—— ●機械営業部 東京営業所：東京都港区赤坂3-6-12 山翠ビル TEL.03(584)-0331 〒107
●大阪営業所：大阪市東区本町4-4-1 本町野村ビル TEL.06(261)-6373 〒541 ●刈谷営業所：愛知県刈谷市東陽町3-15 TEL.0566(21)-4591 〒448

足廻りの専門家!

クローラー足廻り関係の

設計製作について

ご相談下さい……………

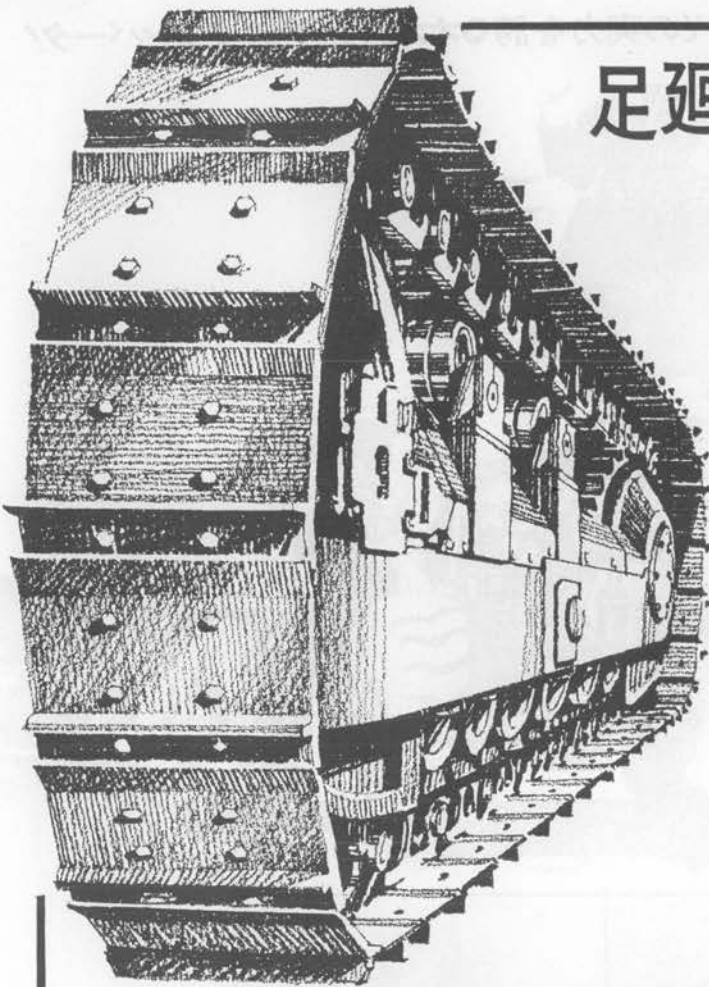
アフターサービスも

万全です……

〈営業品目〉

- ・小松・キャタピラー三菱
- ・日特・日立
- ・リング・ピン・ブッシュ・シュー
- ・ラグ その他足廻り部品

トラック・リンクは
トキロンへ……………



湯浅金物株式会社

札幌市北三条西四丁目(日本生命ビル) 06 6271(代)

中外機工株式会社

仙台市本材木町4-6 (57) 7541(代)

東日興産株式会社

東京都世田谷区野沢3-2-18 (424) 1021(代)

川原産業株式会社

愛知県西春日井郡勝勝町大字熊之庄4709-7 203141

国際モーターズ株式会社

福岡市白鷺町7 (41) 8131(代)

中吉自動車株式会社

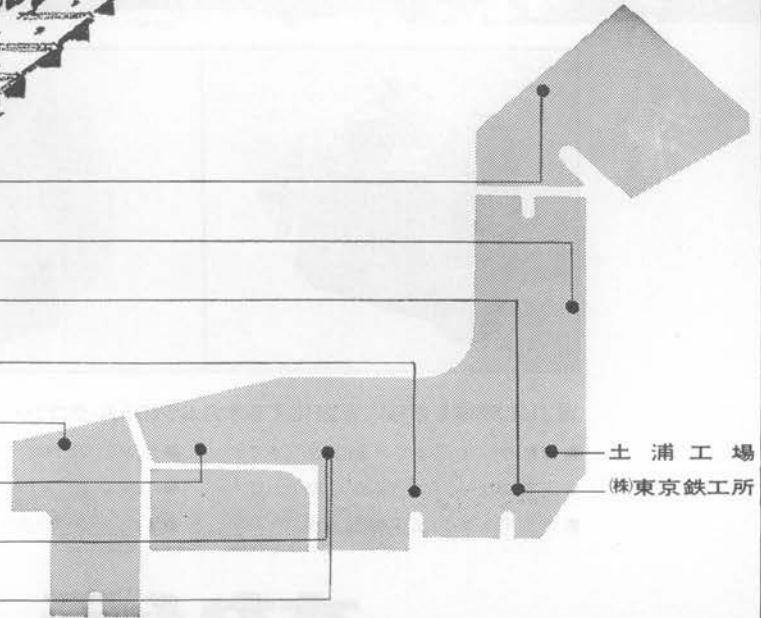
広島市西観音町9-5 (32) 3325(代)

辰己屋興業株式会社

大阪市福島区鷺州上1の92 (458) 5212(代)

川原産業株式会社

大阪市浪速区幸町4-1 (561) 0555(代)



TRACK PARTS FOR CRAWLER TRACTOR

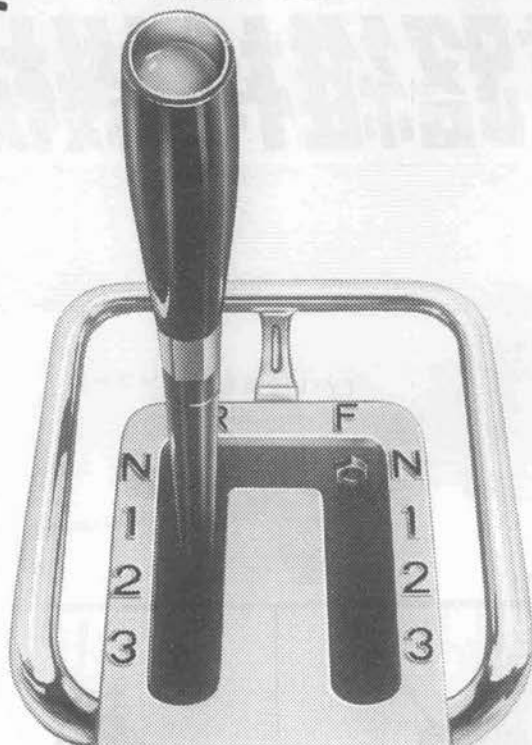
TOKIRON

株式会社 東京鉄工所

東京都大田区仲池上1-22-9
(752) 3211(大代) テレックス 246-6098
土浦工場・茨城県土浦市北神立町1番10号

(1本勝負!!)

レバー1本で前後進・変速 夢の機構ハイドロシフトのD21シリーズ



ハイドロシフト D21シリーズ

コマツが世界に先がけて開発したハイドロシフト車、D21。前後進も変速もレバー1本で思いのまま…車をいちいち停める面倒もありません。作業スピードは一段とアップ。狭い現場での作業に驚くほどの威力を発揮します。あなたも1本レバーのハイドロシフトで1本勝負！といきませんか。

- ★トルクフロー車なみの使いやすさ
- ★排気量2600cc37馬力の小松エンジン4D92-1Bを搭載…このクラス最大
- ★オペレータシートは前後調整式。すわりやすい位置に調整が可能
- ★D20とあわせて8種類もの機種
- ★アタッチメントも種類が豊富です
- ★細かな配慮がなされた安全対策

D21Aアングルドーザ

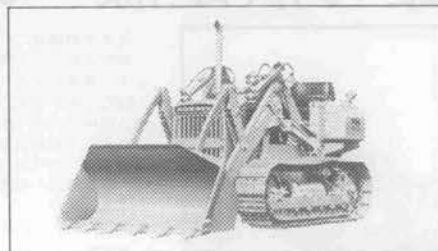
重量3,430kg・ブレード2,300×565mm・接地圧0.34kg/cm²

D21Sドーザショベル

重量3,900kg・バケット容量0.4m³・接地圧0.39kg/cm²

D21P湿地ブルドーザ

重量3,700kg・ブレード2,180×585mm・接地圧0.22kg/cm²



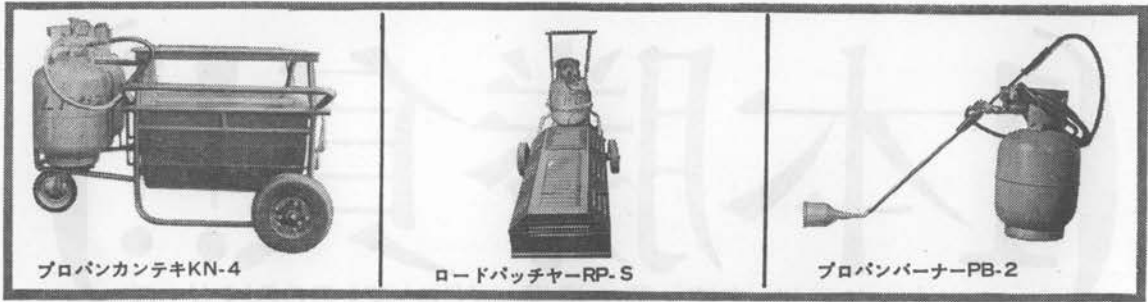
小松製作所

東京都港区赤坂2-3-6 千107・☎03(584)7111(大代表)

北海道支社 ☎札幌011(661)8111
東北支社 ☎仙台0222(56)7111
北陸支社 ☎新潟0252(66)9511
関東支社 ☎鴻巣0485(42)5211

東京支社 ☎東京 03(584)7111
東海支社 ☎横浜045(311)1531
中部支社 ☎一宮0586(77)1131
近畿支社 ☎西山075(922)2101

大阪支社 ☎豊中 068(64)2121
四国支社 ☎高松0878(41)1181
中国支社 ☎五日市0829(22)3111
九州支社 ☎福岡 092(64)3111



プロパンカンテキKN-4

ロードパッチャーRP-S

プロパンバーナーPB-2

東洋の道路維持機械



TY-10全自動ラインマーカ

●仕様その他詳細は下記へお問い合わせください。

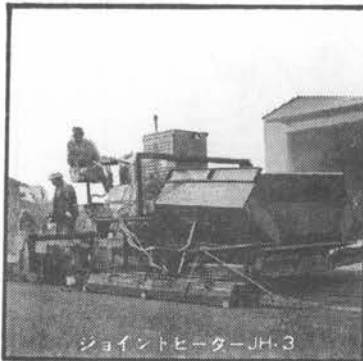


アスファルトホットロードローラHR-E

アスファルトホットローラHR-I

コテロンKT-2

道路の決定版 ジョイントヒーター!



ジョイントヒーターJH-3

従来道路舗装に於ける縦継目の施工は一般的に舗装の終了した施行車線の舗設部が冷えてから次の車線を行なういわゆるコールドジョイント施工であります。コールドジョイント施工の場合如何に入念に作業しても密着度、転圧等の点においても不十分です。アスファルトフィニッシャーにとりつけられたジョイントヒーターは、既に舗設した部分の縦および横継目を適当な温度に加熱して、新しく施行する施行車線の舗設混合物と一体化させます。この場合、混合

物の変質を防ぐため間接加熱法(赤外線バーナー)を採用しています。

全長	2,375mm
全幅	371mm
全高	200mm
重量	110kg
加熱装置	赤外線バーナー16個
加熱面積	2,320mm×250mm
熱浸透度	20mm
燃費温度	140℃



株式会社 東洋内燃機工業社

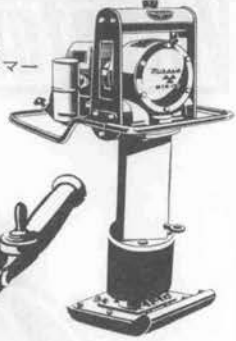
本社・販売部 川崎市元木1丁目3番11号
電話 川崎 044(24)5171~3

Mikasa

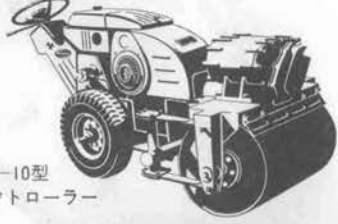
三笠 建設機械



●MTR-120型
タンピングランマー



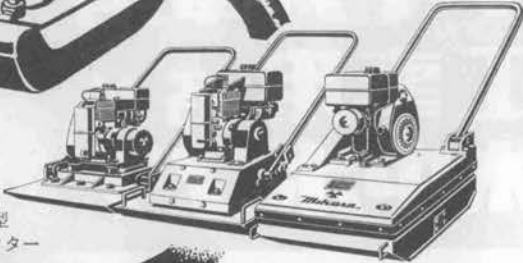
●MRV-10型
インパクトローラー



●MVI-GM型
コンクリートパイプレーター

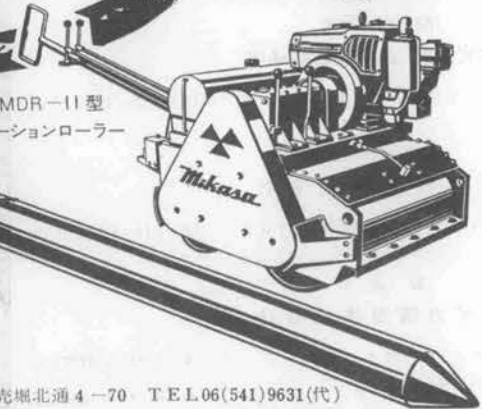


●MTR-80型
タンピングランマー



●MVC-50/100/200型
バイブロコンパクター

●MDR-11型
ダブルバイブレーションローラー



特殊建設機械メーカー

三笠産業

本社 東京都千代田区猿樂町1-4-3
電話 (03) 292-1411 (大代表)
T E X 222-4607 郵便番号 101
札幌出張所 札幌市大通西8-2 (ヒキタビル)
電話 札幌011 (251) 2890番
工場 群馬県館林市 / 埼玉県春日部市

西部総発売元 三笠建設機械株式会社 大阪市西区立売堀北通4-70 TEL06(541)9631(代)

VELVETOUCH®

クラッチフェーシング
ブレーキライニング
には

トヨカロイ



《焼結合金摩擦材》

- 長い寿命
- 円滑、確実な作用
- 安定した特性
- 維持費低廉

当社は、焼結合金摩擦材料（トヨカロイ）のトップメーカーであるTHE S.K. WELLMAN CORP. の技術導入により、更に世界水準を行く製品として好評を博して居ります。

Ⓣ 東洋カーボン株式会社

本社 東京都中央区日本橋江戸橋2-6 TEL (271)7321 (代表)
大阪営業所 TEL (312)1131 / 名古屋営業所 TEL (211)5401
福岡営業所 TEL (28) 7187 / 工場・茅ヶ崎・山梨

ライカ電潜 工事用 各種 水中ポンプ

関東総代理店

株式会社 酒井吉之助商店

東京都渋谷区千駄ヶ谷5-32 (03) 352-4321 代表

関西総代理店

阪野興業株式会社

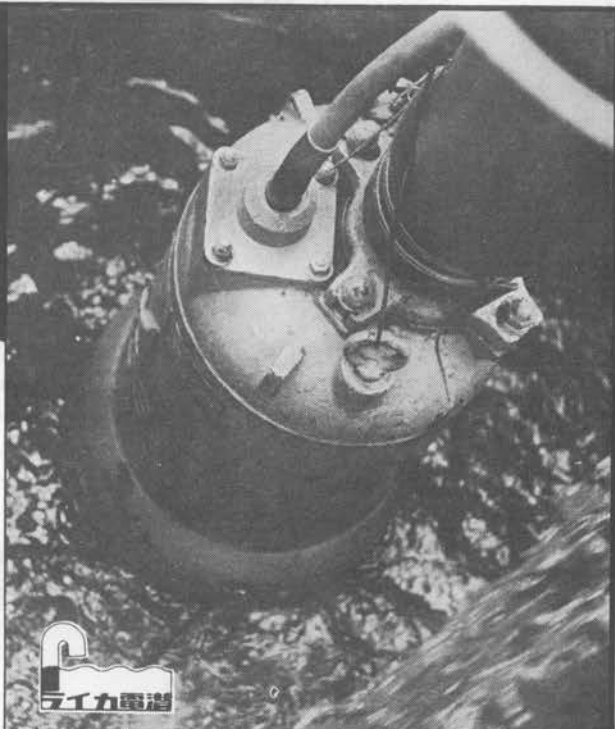
大阪市東区京橋3丁目6-8 (06) 941-0206 代表

製造元

ライカ電潜株式会社

本社・工場 洲本市物部3丁目3-4 (07992)2-4407代表

大阪事務所 東大阪市岩田町5丁目2-43 (0729)61-1081代表
大阪工場



ライカ電潜株式会社



国外及び新幹線工事で大活躍 サガのスチールフォーム

〔営業品目〕

スチールフォーム・スライディングセントルフォームセントル・鋼製支保工・パネル・各種コンベヤー・護岸用及びダム用フォーム・プレートファイダー・ずりびん・クレーン・シールド工事用機器・各種プラント・橋梁・鋼製プール・その他鉄骨製缶工事設計製作

山陽新幹線トンネル工事各社納入
上部半断面打設用スチールフォーム
L：15,000 自走装置付
特許 下葎引上装置(他社では製作出来ません)



佐賀工業株式会社

本社・工場 富山県高岡市茨布209 TEL 0766-23-1500 (代)

東京事務所・工場 埼玉県鴻巣市箕田字二本木3838
TEL(0485)41-3366-8
大阪事務所・工場 大阪市北区源蔵町10
TEL(06)362-8495-6
仙台事務所・工場 宮城県岩沼市桑原町4-9-12
TEL(022312)4316 (代)
4317・2301

採掘から

粗碎・粉碎まで

大同中山の 砕石プラント クラッシャー



大同中山工業株式会社



本社 大阪市東淀川区野中南通3丁目12 電話 大阪 (303)7551(代)
東京支店 東京都中央区西八丁堀4丁目8の4 電話 東京 (552)6537(代)
福岡支店 福岡市中興服町6番1号(善導ビル) 電話 福岡 (29)0671(代)



剣豪も顔負け

●日本縦断 3,000,000m

ダイヤモンド
カッティング・ブレード



中央ダイヤモンド工業株式会社

東京都葛飾区東新小岩3丁目13番6号

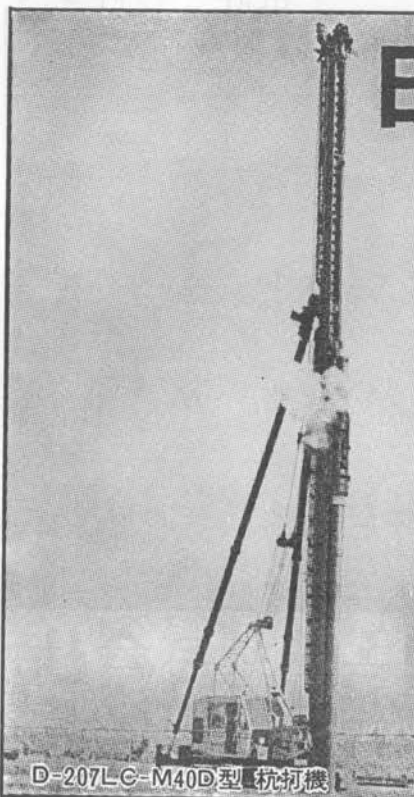
郵便番号 124 電話 697-8254(代)



(ダイヤモンド工業協会会員)

日本車輛の 建設機械

三点支持杭打機
万能掘削機
スクレーパー
トラッククレーン
レイラー
ディーゼル発電機



D-207LC-M40D型 杭打機



建設機械 重車輛工業株式会社
代理店

本社 東京都中央区銀座1-20-9 電話(535)7301(代)~5
仙台営業所 仙台市国分町3丁目10番21(徳和ビル) 電話0222(21)4411
東京工場 東京都西多摩郡羽村町神明台4-5-12 電話0425(52)1611(代)

各種 クレーンショベル アタッチメント

製作・改造・修理

特殊長尺深堀用 タグライン

- グレーンブーム
- 杭打リーター
- クラム・ドラ・バケット

※在庫豊富

三栄アタッチメント工業株式会社

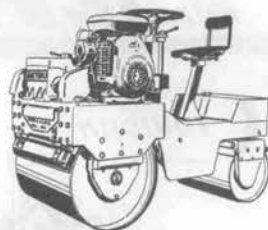
本社 東京都江戸川区江戸川1-33-4
電話 (670) 1270・1240 番 干132
工場 東京都江東区深川有明町5-9



※GAIAはギリシャ語で「大地の女神」

定価68万円

サイズは小型 パワーは大型



- とにかく安い
- 操作のしやすさは抜群
- 小型トラックに乗るサイズ

小で大をかねる 振動ローラー

ガイア

GAIA



タイキョク

大旭建機株式会社

川口・東京・大阪・福岡・仙台・札幌
(代) 0482(52)1981

土木工学
叢書

建設機械

監修 土木学会

加藤三重次著

B5判/500頁/4,000円

- 建設機械をおもに使用する建設工事の工程にしたがって分類、それぞれの建設機械について解説。
- 解説にあたっては機械のことをあまり知らない建設技術者でも十分理解しうるよう建設機械の性能・構造はもとより施工法に至るまで、最新の技術を盛りこみ平易かつ具体的、系統的に解説。
- 今後ますます高度化する施工技術に対応できるように建設機械の作動原理の解説を試みた。
- 読者の理解を容易にするため、数多くの図版と図表を用い懇切に解説してある。
- 建設技術者の青年層および大学土木系の学生の好参考書。

〔主要内容〕

第1章 総論 / 第2章 土工機械 / 第3章 岩石工用機械 / 第4章 コンクリート機械 / 第5章 舗装機械 / 第6章 基礎工用機械 / 第7章 トンネル施工用機械 / 第8章 ダム工用機械 / 第9章 作業船 / 第10章 その他の工用機械

現場技術者のための 建設機械と施工法

日本建設機械化協会編 委員長 伊丹康夫 B6・1,800円

〒107 東京都港区赤坂1-3-6

TEL. 585-0166

振替 東京10

建設機械概要

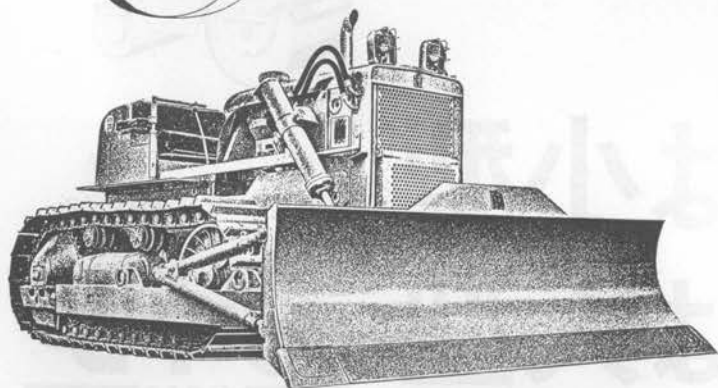
河野正吉著 A5・定価400円

技報堂

国産
外車

ブルドーザ・サ・ビスパーツ

TONICON



- リンク・ローラー
- メタリックプレート
- スプロケットリム
- ブロンズブッシュ
- ベローズ・高圧ホース
- カッティングエッジ
- 特殊ボルト
- エンジンパーツ

重機部品
総合商社



東日興産株式会社

本社 東京都世田谷区野沢3-2-18 電話 東京(424)1021(代表)
福岡営業所 福岡市露町134番地 電話 福岡(53)3435-7番
札幌営業所 札幌市大通り東7丁目1番地 電話 札幌(231)3522(代表)
仙台営業所 仙台市堤町17番地2 電話 仙台(33)3765(34)8014番

驚異的な突込力
小回りのきく機動性

目をみはる作業能力を發揮!



全90°アーティキュレート式

ホイールローダ

545H/645/745

国産唯一の全90度屈折を実現した **A** のホイールローダ！ミニ・カーなみの回転半径で機動力は抜群。作業性能、安全性、耐久性、経済性……など、総合力でも他機を断然リードしています。ダイナミックな魅力にあふれ、あらゆる土木建設工事に縦横無尽の働きをする、**A** のホイールローダで、能率向上、採算向上を、ぜひ、おはかりください。

	545H	645	745
バケット容量	1.6~2.3m ³	2.1~2.7m ³	2.7~3.4m ³
常用荷重	3.6トン	4.1トン	5.5トン
最小回転半径	4.3 m	4.55m	5.16m
総重量	約10.3トン	約12.2トン	約18.2トン



神戸製鋼



神鋼商事

建設機械本部

建設機械本部

本社 神戸市灘合区協栄町1丁目3-6 電話 078 (251) 1551
東京支社 東京都千代田区丸の内1-8-2 電話 100 03 (218) 7704
大阪支社 大阪市東区北浜2丁目2-2 電話 541 06 (203) 5031
営業所 札幌・仙台・新潟・富山・名古屋・高松・広島・福岡

本社 大阪市東区北浜3丁目5 電話 541 06 (202) 2231
東京支社 東京都中央区八重洲4丁目3 電話 104 03 (272) 6451
支店 札幌・仙台・新潟・富山・名古屋・静岡・広島・福岡

●カタログの用紙がござります。ご請求ください。



抜群のつり上能力
理想的な安定設計

強力な作業能力で他機を圧倒！

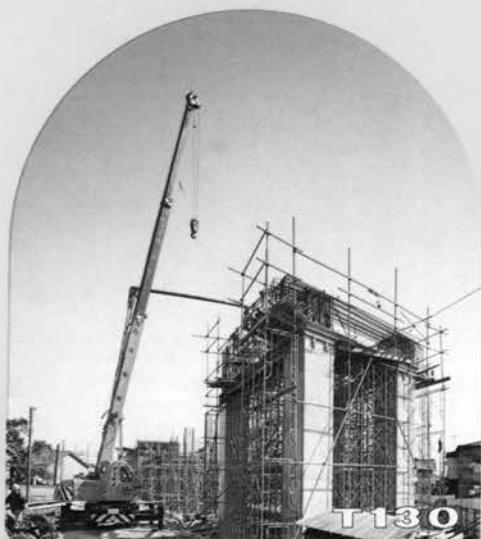


P&H 油圧式 トラッククレーン

T130/T150/T200
T270/T350/T600

トラッククレーンのエースとして、その名も高い **P&H** / 理想的なバランス設計ですから、クレーン能力は作業半径全域にわたって、ずば抜けており強力そのもの——もちまへの高性能、ハイメカニズムに加えて、油圧式の利点を一歩進めた使いやすさも、**P&H** ならではの。あなたのお仕事の、合理化、省力化に、ぜひ、お役立てください。

	T130	T150	T200	T270	T350	T600
つり上能力(t)	13.0	15.0	20.0	27.0	35.0	60.0
ブーム長さ(m)	9.5~21.0	9.5~22.5	10.0~24.0	9.5~27.5	10.0~31.9	10.1~32.0
ジブ長さ(m)	7.5	8	14	7.6~12.5	8.1~13.5	8.2~13.7



◆ 神戸製鋼 ◆ 神鋼商事

建設機械本部

建設機械本部

本社 神戸市灘区臨海町1丁目36番51 ☎078(261)1561
東京支社 東京都千代田区丸の内1-8-2 ☎100-0003(218)7704
大阪支社 大阪市東区北浜2丁目2番541 ☎06(200)5031
支店 札幌・仙台・新潟・富山・名古屋・浜松・広島・福岡

本社 大阪市東区北浜3丁目5番541 ☎06(200)2231
東京支社 東京都中央区八重洲4丁目3番104 ☎03(272)6451
支店 札幌・仙台・新潟・富山・名古屋・静岡・広島・福岡

*カタログの用紙がござります。ご請求ください。

各種建設機械・自動車に

手を汚さない
カートリッジ式グリースガン

カートガン

グリースは **JT-6**®
《新型万能グリース》



協同油脂株式会社

本社 東京都中央区銀座1-19-13(丸美屋ビル)
電話(03)561-1486(代) テレックス252-3170
営業所 大阪・名古屋・広島・倉敷・千葉

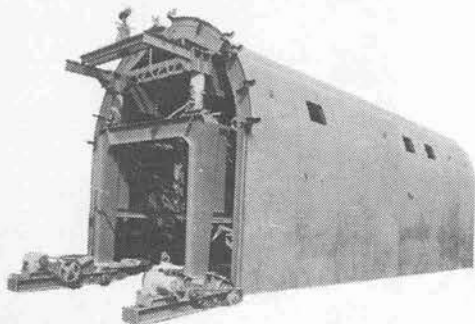


三菱自動車販売 純正用品

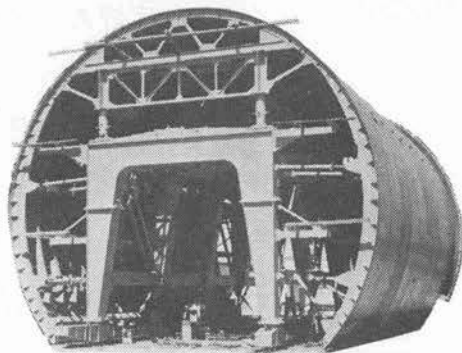
山陽新幹線に輝く実績をもつトンネル建設機械メーカー

PAT 32529, 32926, 26661, 39445, 13222, 4277, 24893

韓国に輸出



導水路トンネル用全断スチールフォーム



新幹線全断スチールフォーム

営業品目

- スチールフォーム ●バラセントル
- スライドセントル ●スキップカー
- トレンローダー ●ダム用ライトゲージ
- プレートフィダー ●ケーブルクレーン
- チップラー 認可工場
- スロープフォーム ●その他建設機械一般



岐阜輸送機株式会社

本社 岐阜市光明町三丁目四番地
岐阜工場 TEL 0582(51)-2541~4

International Patent and Trademark Law

瀧野特許事務所

所 長 法学博士・弁理士 瀧野文三
副 所 長 弁 理 士 瀧野秀雄
建設担当 一級土木施工管理技士 山口朔生
その他 電気、電子、機械、化学、法律部門

東京都千代田区内幸町2-1-1飯野ビル103・105号室
電 話 東 京 (502) 3 1 7 1-5
(585) 1 8 0 2-3(分室)
テレックス 222局5192 TAKINO TOK

ラサの 砕石プラント

定評ある単体機器 高度なプラントエンジニアリング

ラサ工業株式会社

機械事業部

東京都中央区京橋1-2-7 大阪ビル9F 〒104 TEL (03)272-0251

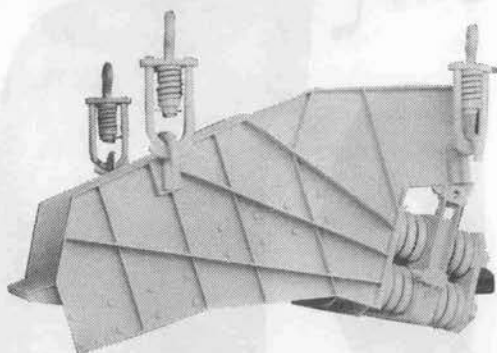


機 械 東 京 TEL 03 (272) 0 2 5 2 名古屋 TEL 052 (731) 1 4 2 2
大 阪 TEL 06 (345) 6 4 2 1 広 島 TEL 0822 (48) 0 5 2 8
営 仙 台 TEL 0222 (23) 0333 (25) 1676 福 岡 TEL 092 (76) 4 6 3 6-9
業 北 海 道 総 代 理 店 三 信 産 業 (株) 熊 本 TEL 0963 (54) 4 6 1 5
所 TEL 011 (251) 5 2 3 1 (代) 羽 大 塚 製 作 所 TEL 094252-2121 (代)

省力と合理化を一挙に解決する 日東の振動機シリーズ

日東電機は振動機の専門メーカーで20余年のキャリアを持っています。

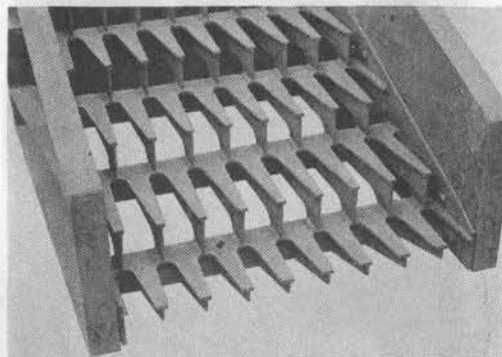
■ グリースリーフィーダー (経済動力の共振型電動式)



集採石プラントに納入

型式 FRG-2,500型
 モーター 2.2kw 4P×2台
 トラフ 1,500w×2,900ℓ
 平均開目 100粒×2段式
 処理量 砂利150t/h以上最大塊800粒

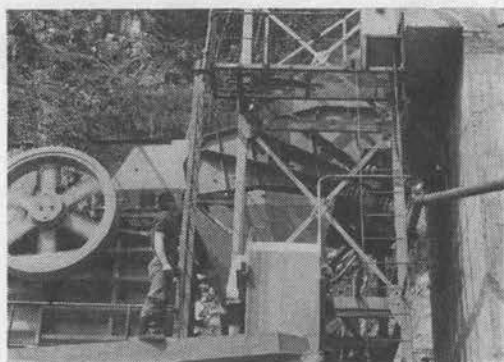
■ スロットリップフィーダー (目詰りがなく、粗篩には最適)



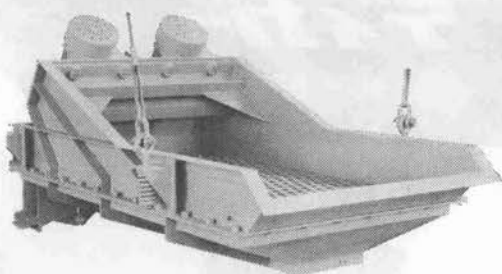
PAT. No.910953号

御使用目的により電動機直結型(FDS型)と電動共振型(FRS型)を製作致して居ります。型式寸法は豊富に有ります。御照会下さい。②2段篩も製作致します。

■ FRG-2,500型の現地作業状況



■ 電動機直結型(FDS型)スクリーン



骨材篩分用として某バッチャープラントに納入。

型式 FDS-120型1段
 モーター 1.5kw 4P×2台
 篩 枠 1,200w×250h×2,350ℓ
 網 44×60 打抜網
 処理量 砂及砂利120t/h



株式会社 日東電機製作所

東京都大田区南六郷1-16-26 電話 蒲田(732)5771番(代表)
 技術部(738)0762 総務部(731)4209

作業量急上昇!!

ディガーとドーザのヤンマーコンビが働く——

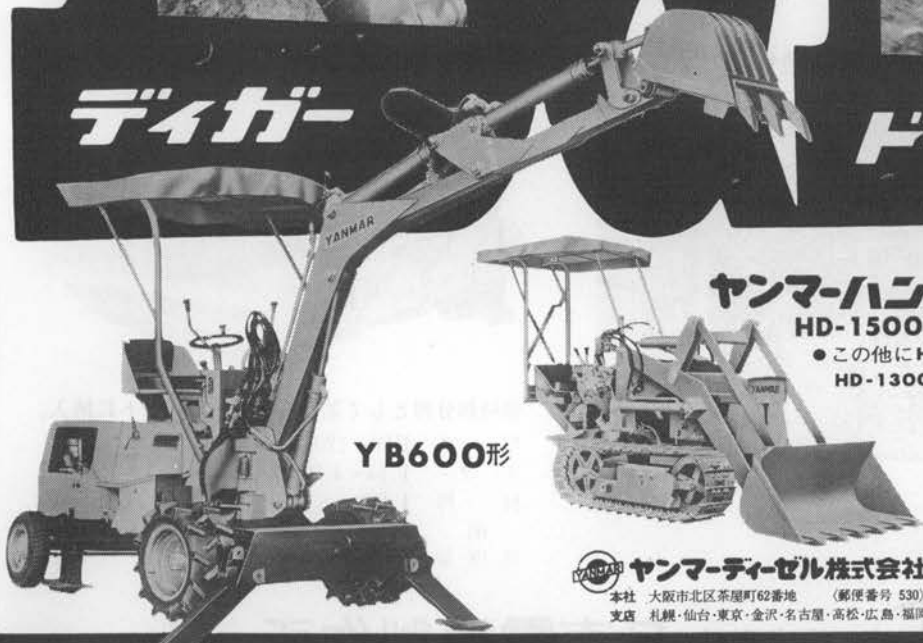
急ピッチですすむ住みよい街づくり……しかしこれらの工事現場での人手不足は深刻です。このなやみを一挙に解決するのが〈ヤンマーディガー〉〈ヤンマーハンドドーザ〉の名コンビ。上下水道管・ガス管などの配管工事に掘る・削る埋める・ならず運ぶ・これらの作業を少ない人手で、能率よく片づけれます。省力化のエース工事現場での人気者です。

敏速コンビ



ディガー

ドーザ



YB600形

ヤンマーハンドドーザ

HD-1500S形

●この他にHD-800形

HD-1300形もあります

■土木建設機械用
3.5—2000馬力



ヤンマーディーゼル株式会社

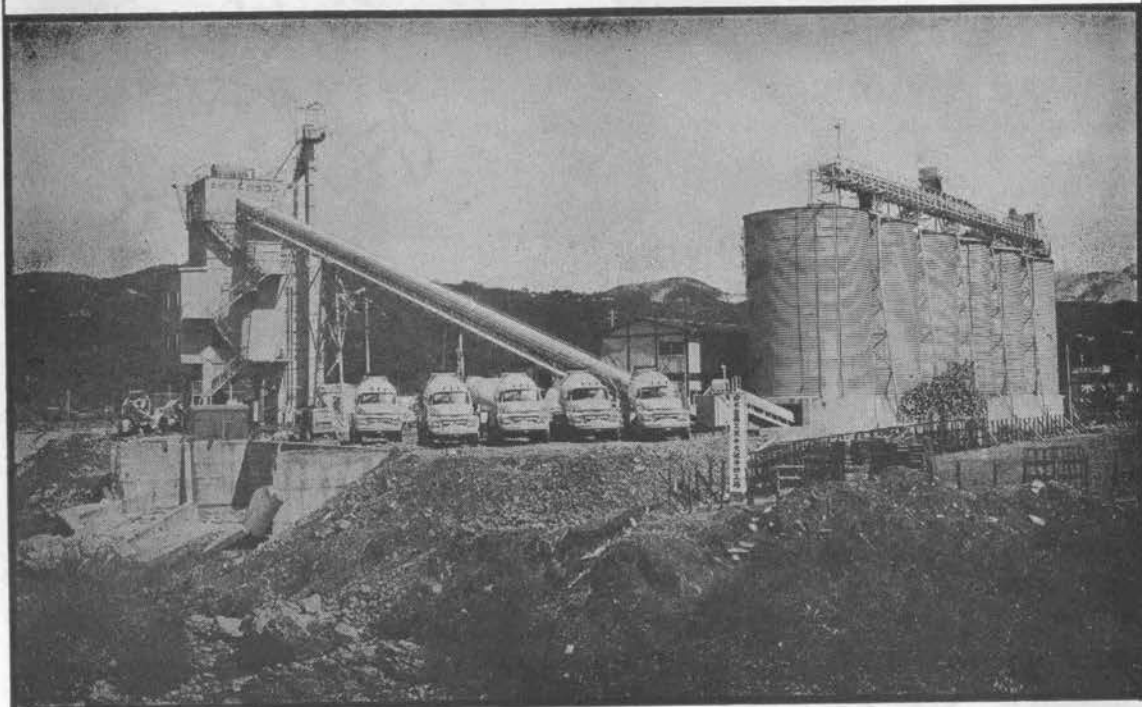
本社 大阪市北区茶屋町62番地 (郵便番号 530)
支店 札幌・仙台・東京・金沢・名古屋・高松・広島・福岡

ヤンマー ディーゼル

ヤンマーディガー

現想的な生コンを迅速に生産する!

KYCバッチャー・プラント



- 他社メーカーにはみられない独特の設計
- 優秀な技術から生まれる高度な性能
- 合理的設計から生まれるズバ抜けた経済性

■ 設計・施工から、アフターサービスまで
一貫して行ないます。

営業品目

砕石プラント
バッチャープラント
アスファルトプラント
クラッシャー
バッチャースケール
コンクリートミキサー
ベルトコンベヤー
設備コンベヤー

KYC 建設機械の総合メーカー
光洋機械工業株式会社

本社 大阪市北区南同心町1丁目31番地 TEL 大阪 (358) 3521(大代表)

大阪支店 TEL大阪(358)6531(代表)	東京支店 TEL東京(294)1281(代表)
福岡支店 TEL福岡(43)6461(代表)	仙台支店 TEL仙台(25)4441(代表)
札幌支店 TEL札幌(26)5171(代表)	名古屋営業所 TEL名古屋(262)0251(代表)
広島営業所 TEL広島(43)2261(代表)	鹿児島出張所 TEL鹿児島(26)1650(代表)

● カタログは本社
宣伝課宛御請求
下さい。

KYC

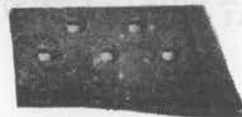
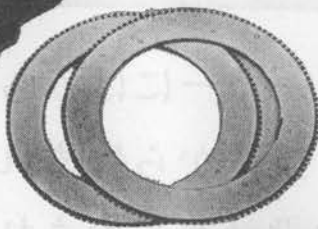
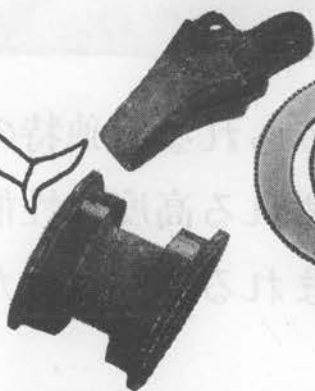
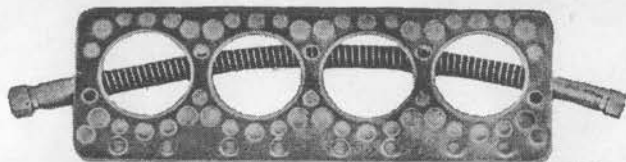
カタログ請求券



中古車なら
良い機械が
なんでもそろう
フタミ広島屋へ
どうぞ!



建設機械の
部品なら
なんでもそろう
フタミ広島屋へ
どうぞ!



中古建設機械並重車輛販売

油谷重工株式会社 | 株式会社小松製作所

パワーショベル ブルドーザ 各種部分品

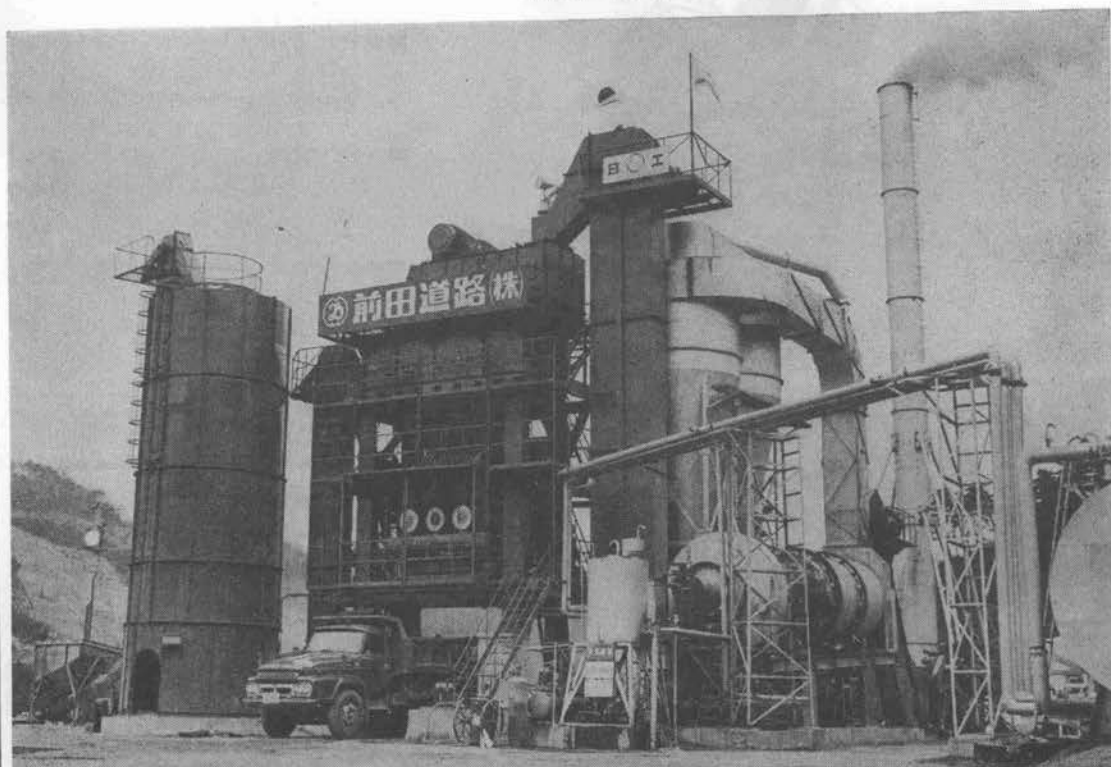
株式会社 フタミ広島屋

本社工場 守口市大日東町1-8-1番地
電話大阪(991)2636-5748-5539(992)4276
東京支店 東京都文京区湯島2丁目3-1の21号
電話 東京(813)9041-3

大阪支店 大阪市福島区上福島南3丁目9-8番地
電話 ベアリング部 大阪(451)1551-4
部品部 大阪(458)4081-6

アスファルトプラントは

日工の **NAP** シリーズから
— 日工は皆様に性能を売り
信頼を買います —



型式NAP-1202AZVW ミキサー2,000kg 能力150T/H



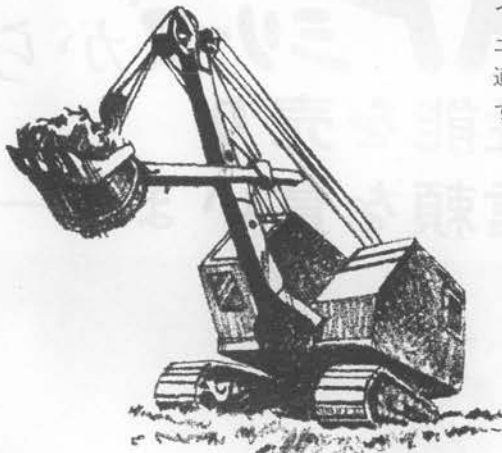
日工株式会社

本社及び工場	兵庫県明石市大久保町江井ヶ島1013	TEL 07894 (6) 2121(代)
営業所	大阪 (538) 1771	東京 (293) 7521
	札幌 (23) 0441	仙台 (24) 1133
	名古屋 (582) 3916	広島 (21) 7423
	福岡 (53) 0238	オペレーター研修センター明石工場内
東京工場	千葉県野田市上三ヶ尾259の1	TEL (22) 3595

衝撃・疲労・摩耗に強い！

つばき
重荷重用

ローラチェーン



つばき重荷重用ローラチェーンは、椿本チェーンが、50年を超える豊富な経験をもとに、土木・建設機械の苛酷な大荷重伝動に、特に適するよう製作した、強力ローラチェーンです。

- 衝撃、疲労に強い……材質・熱処理を特に吟味して製作していますから、耐衝撃・耐疲労強度は抜群です。
- 摩耗にも強い……合理的な軸受部寸法・形状を採用していますから、潤滑が容易で、耐摩耗性にすぐれています。
- API 認定……世界的権威を持つAPI（アメリカ石油協会）に認定された、世界に通用するチェーンです。
- 豊富な在庫……標準品を常に在庫していますから、つばき販売店にご用命いただければ、すぐお納めします。



椿本チェーン

〈各地 営業所 出張所〉 チェーン事業部

東京(274)6411	浜松(53)7526	岡山(23)4467
仙台(25)8291	四日市(51)3191	高松(51)4568
千葉(22)3761	大阪(313)3131	広島(21)2165
大宮(42)3765	富山(41)3011	福山(41)1411
松本(3)9027	京都(361)5375	徳山(21)8134
横浜(311)7321	堺(38)1098	福岡(74)9501
静岡(54)7491	神戸(25)0551	北九州(67)2968
名古屋(577)8181	姫路(89)3888	札幌(26)6501

資料のご請求は会社名ご記入のうえ本社H係へ
本社・工場 大阪市城東区鶴見4丁目13番地

NIPPEI

パワーアップで杭打抜き能力 大幅に増強!!
完全省力化のニューモデル登場

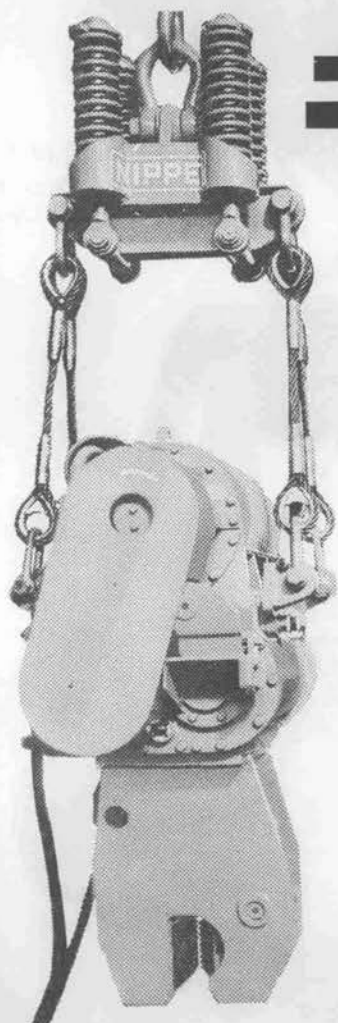
ワンタッチで遠隔操作できる自動リモコン・ペンダントを装備

無騒音振動杭打抜き機

ニッペイパイプロ

高周波スーパー形

NVA-60S



■ スーパータイプ

NVA-15S
NVA-30S
NVA-60S (新発売)
NVA-80S (新発売)
■ モーメント可変式
NVC-100 (新発売)

■ 強力打込倍力装置

DB-80 (NVA-80S用)

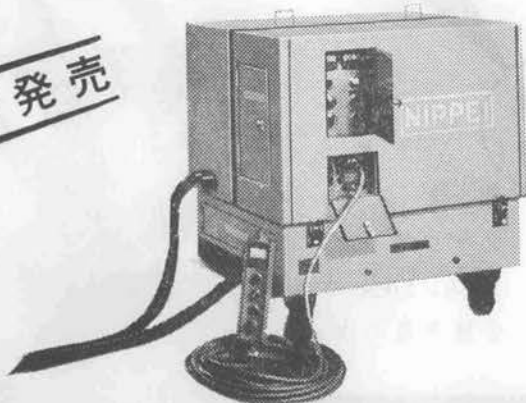
■ パイプローガータイプ

NVD-75-M
NVD-100-M

■ ミニタイプ

NVA-5

新発売



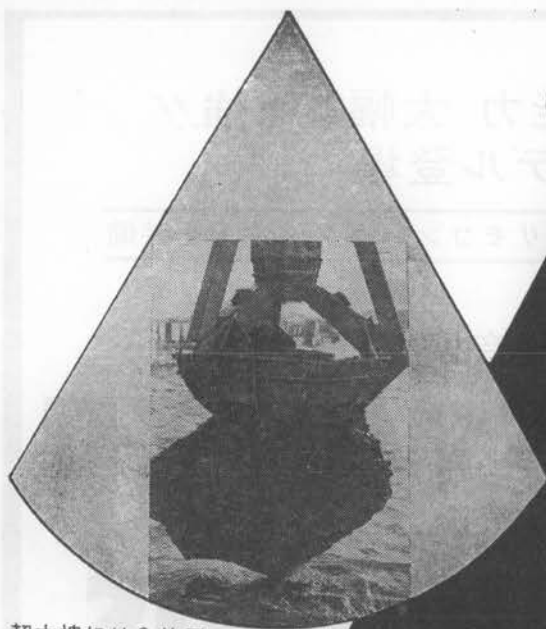
日平産業株式会社

本社 東京都港区芝浜松町3-5 (世界貿易センタービル) 電話 03 (435) 4701 (代)・4711 (産業機械課直通)
横浜工場 横浜市金沢区堀口1-2-0 電話 045 (781) 2 1 1 1 (大代表)
大阪営業所 大阪市東区南本町4-47 イトウビル 電話 06 (252) 8 4 8 1 (代表)
名古屋営業所 名古屋市中村区広小路通3-9 (信泉ビル) 電話 052 (581) 9 3 2 1 - 3
出張所 札幌 011 (261) 0331・仙台 0222 (21) 5151・小山 02852 (2) 3742
富山 0764 (32) 7137・広島 0822 (28) 0558・福岡 092 (77) 3131

NIPPEI INDUSTRIAL CO., LTD.



赤木の バケツ

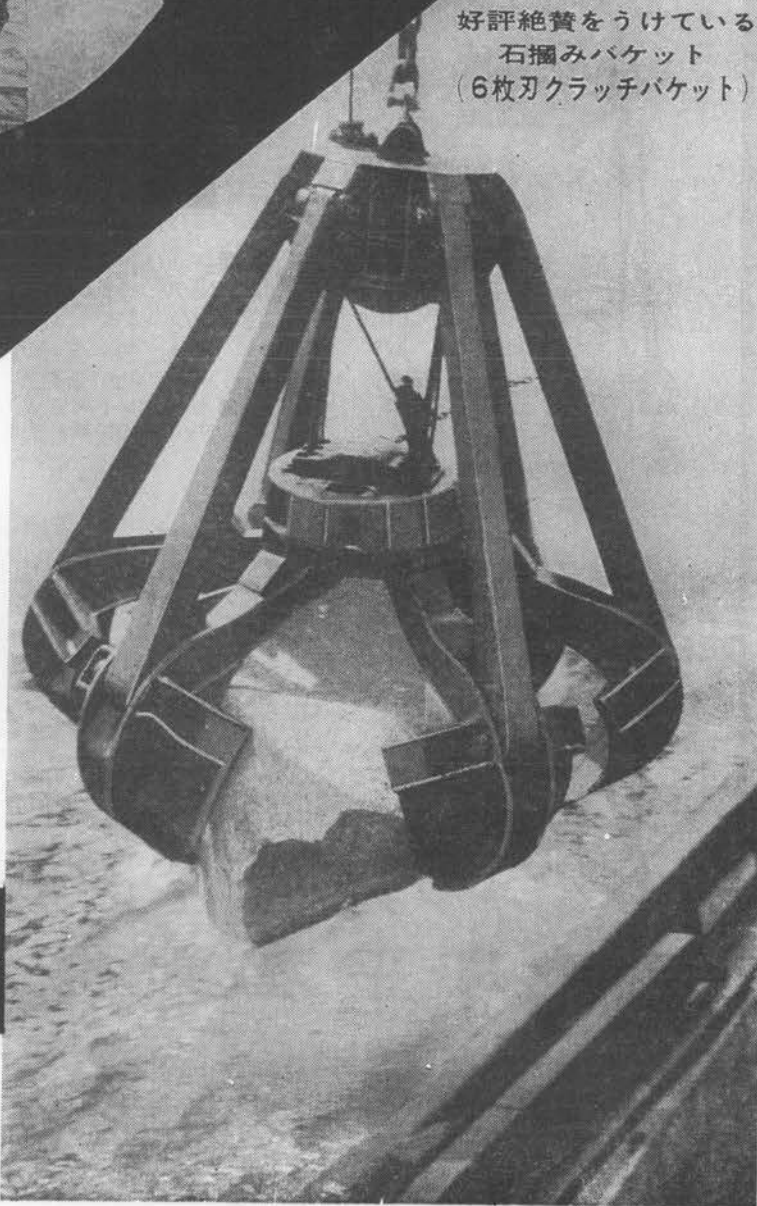


超大塊には3枚刃
オレンヂピール型
バケツを!!

好評絶賛をうけている
石掘みバケツ
(6枚刃クラッチバケツ)

営業 品目

各種クレン
クラッチバケツ
クラムシェル型バケツ
各種専用バケツ



株式会社
赤木荷役機械工務所

本社工場

千葉県松戸市上本郷536
TEL 0473 (62)9131(代)

機動性に経済性をプラスした全油圧式掘削機!!

- バケット容量 0.23m³
- 最大掘削深さ 3.7m
- 最大床面掘削半径5.71m



古河の パワーショベル FH2A

〈特長〉

- せまい場所での作業が容易
- 運搬に便利
- 接地圧が低い
- 掘削力が強力でサイクルタイムが短い
- シューの張力調整が簡単
- 居住性が快適
- 運転操作が簡単
- 最底地上高さが大きい
- ラグ付シューで、足回りは無給油式
- 高精度フィルタの採用
- 完全密封式のオイルタンク
- 各油圧回路に安全弁使用
- 寒冷地でもエンジン始動が確実で、作業開始までの時間が極めて短い

古河鉱業
機械事業部

FURUKAWA MINING CO., LTD. MACHINERY DIVISION

本社 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

東京(03) 212-6551 福岡(092) 74-2261
 大阪(06) 344-2531 名古屋(052) 561-4586
 岡山(0862) 79-2325 金沢(0762) 61-1591
 広島(0822) 21-8921 仙台(0222) 21-3531
 高松(0878) 51-1111 札幌(011) 261-5686
 建機販売・サービスセンター 田無(0424) 73-2641

省力機械のNO.1 人気増々上昇中!

コニバツク®

日本CB-40

●スコップがわりにお使い下さい!

- 水道配管工事 ■浄化槽設備工事 ■造園工事 ■その他一般土木工事
■電気ガス設備工事 ■住宅基礎工事 ■農業用排水工事



- 1.5~2t車で運搬できます
- 最少回転半径1.6mの小回り性能
- ダンプ高さは2.6m ダンプに土砂を積み込めます

本体重量：1200kg
全長：3700mm
機関出力：14ps
リーチクリアランス：3850mm
バケットローテーション：160度
作業時リガー巾：1800mm
走行時リガー巾：1000mm
排土板巾：1000mm

(お問い合わせ・カタログ請求大歓迎)



株式会社 東洋社

〒571 大阪府門真市常称寺町16-55

TEL 大和田(0720)81-8181(大代)
大阪(06)908-2461(代)

生産量世界一の北越工業が
独自の技術で開発した
世界最大級の

エアマンジャンボ

AMS-900/1200

- 純日本技術で出来たエアマンスクリューコンプレッサー！
- 日本で最初にして最大のポータブルコンプレッサー！
- 空気量は世界最大の34.0m³/min(AMS 1200)
25.5m³/min(AMS 900)

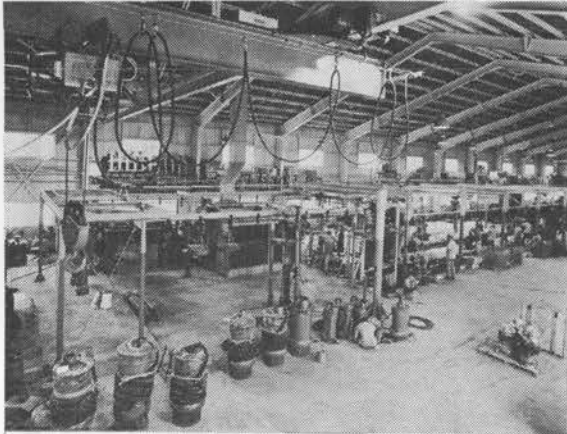


ポータブルコンプレッサー生産量
世界第1位 年産10,000台(日本)北越工業
第2位 6,000台(スウェーデン)アトラスコプコ
第3位 5,000台(アメリカ)インガーソルランド
第4位 4,000台(アメリカ)ガードナーデンバー
第5位 3,000台(イギリス)ホルマン

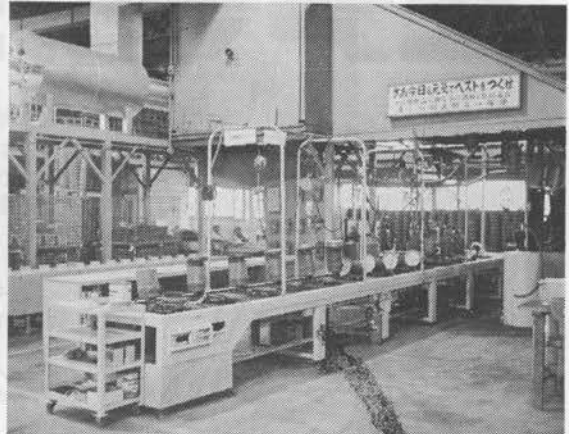
北越工業株式会社

東京支社●東京都千代田区神田駿河台2-1(近江兄弟社ビル)●TEL(03)293-3351(大代)
大阪支社●大阪府摂津市大字一津屋1235-1●TEL(06)383-3631(代)
本社・工場●新潟県西蒲原郡分水町地藏堂●TEL分水(025697)3201(代)
営業所●札幌、盛岡、仙台、高崎、松本、静岡、名古屋、金沢、岡山、広島、高松、松山
福岡、熊本、鹿児島

ツルミの木中ポンプは 業界初のライン工場で生産されます。



大型組立ライン

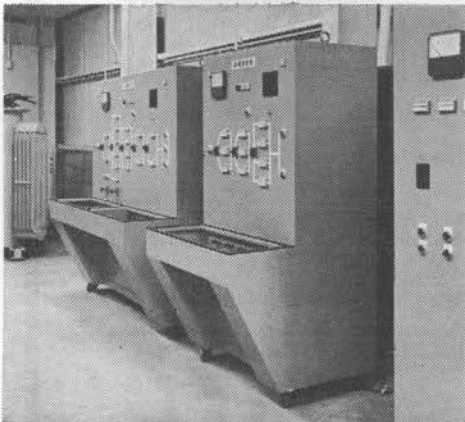


小型組立ライン

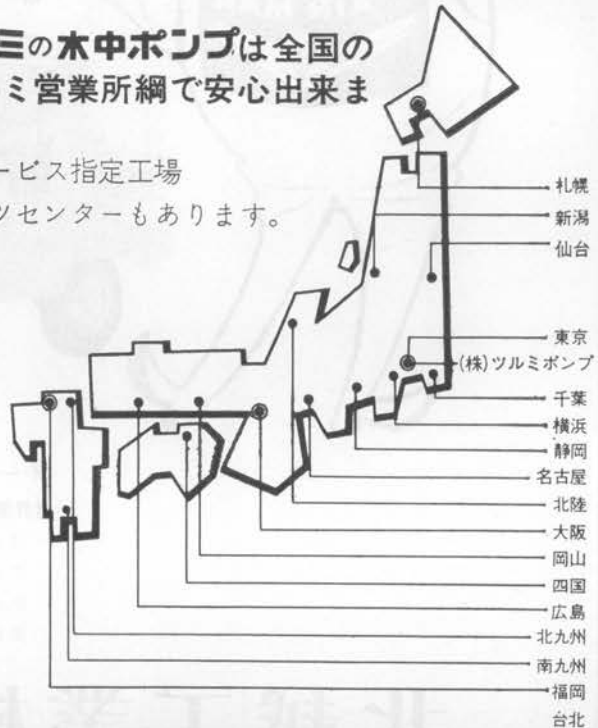
受入れ
から
出荷迄

ツルミの木中ポンプは全国の
ツルミ営業所網で安心出来ます。

又サービス指定工場
パーツセンターもあります。



試験設備



水に挑み水と斗うツルミポンプ
株式会社 鶴見製作所

本社 大阪市城東区鶴見4丁目7-17
電話 (06)911-2351 (大代表)
工場 大阪市城東区鶴見4丁目6-4
電話 (06)911-7271 (代表)

ツルミの水中ポンプは 用途別に機種がほうふです。



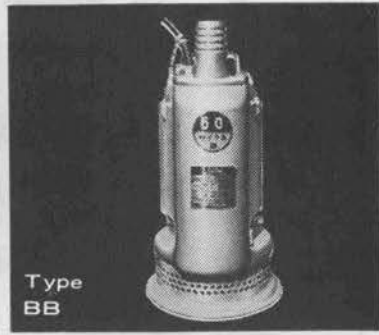
Type
KT

軽量 1.5KW~11KW
揚程 15~45m



Type
KRB

0.75KW~22KW
揚程 10~33m



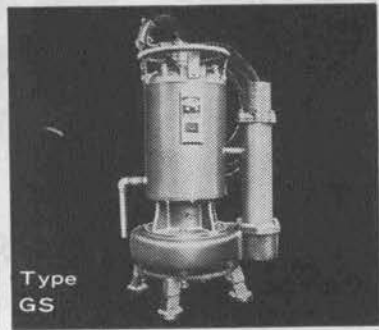
Type
BB

0.15KW~0.4KW
(型式承認取得済み)



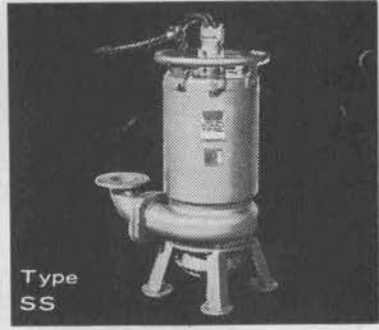
Type
NKV

2.2KW~22KW
揚程 10~33m



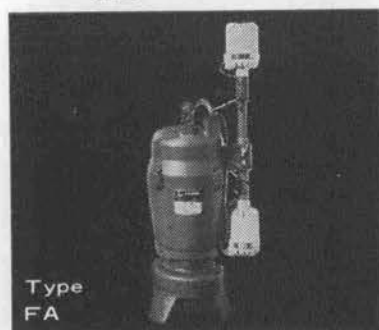
Type
GS

22KW~37KW
揚程 15~31m



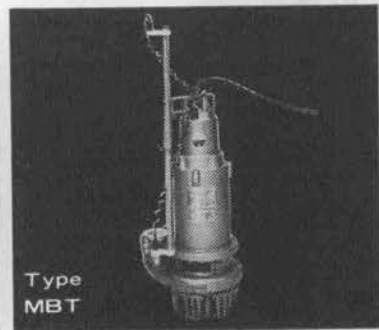
Type
SS

1.5KW~11KW
揚程 8m~16m



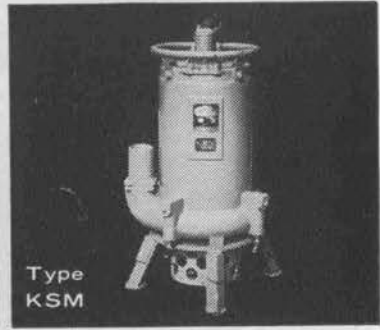
Type
FA

自動液面装置内ぞう
0.15KW~0.4KW



Type
MBT

自動液面装置内ぞう
0.75KW~2.2KW



Type
KSM

11KW~22KW
揚程 15~27m

※電気用品取締法により500W以下の水中ポンプは型式承認が必要です(昭和43年11月19日政令第318号)

●支店・営業所

札幌 (011)731-8385(代)
仙台 (0222)94-4107(代)
新潟 (0252)45-2371(代)
東京 (03)862-5961(代)
川口 (0482)22-4025(代)
横浜 (045)461-1721(代)

静岡 (0542)55-2943(代)
北陸 (0762)63-7891(代)
名古屋 (052)221-6486(代)
京滋 (075)821-4804(代)
神戸 (078)321-1888(代)
広島 (0822)28-4562(代)
岡山 (0862)31-2967(代)

四国 (0878)31-1896(代)
北九州 (093)92-6624(代)
福岡 (092)43-0371(代)
大分 (09752)8-6256(代)
南九州 (0992)51-7070(代)
台北 332316

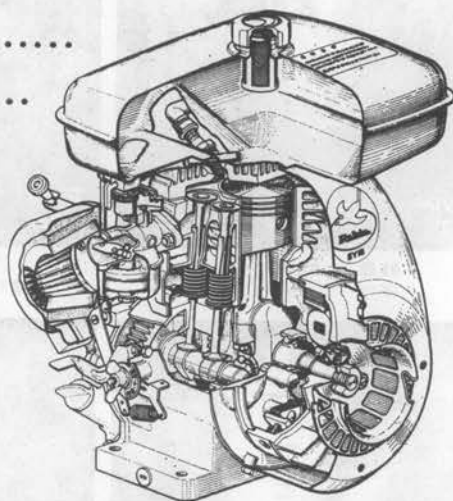


伝統の技術から生れた
最も信頼性の高い

ロビン エンジン

あらゆる産業機械の動力源に……

1馬力より20馬力まで各種…



EY18形

ジェット機作りの技術が生んだ
3馬力クラスの決定版!

更に増した耐久力

使いやすさ抜群

産業用ロビンエンジン部品特約店一覧

地域	店名	所在地	電話
北海道	北富士産業機械(株)	札幌市南三条西十丁目	札幌(22)7231
東北	興立産業(株)	仙台市中央4-7-13	仙台(25)1868
甲信越	(株)カマヤ	新潟県三条市下須頃字五枚田	三条(4)1511
関東	国光工業(株)	東京都中央区八丁堀2-3-2	東京(552)0546
中部	豊和機械工業(株)	名古屋市中区大須3-14-43	名古屋(251)7581
近畿	フジ産業機械(株)	大阪市浪速区塩草町1130	大阪(562)3236
中国	川口機械産業(株)	大阪市東成区南中本町1-50	大阪(972)3361
四国	川口機械産業(株)広島営業所	広島市観音町15	広島(32)8571
九州	愛知ポンプ工業(株)	福岡市天神3丁目16-24	福岡(78)4928

※部品及アフターサービスは全国に部品特約店及整備指定工場があります。ご利用下さい。



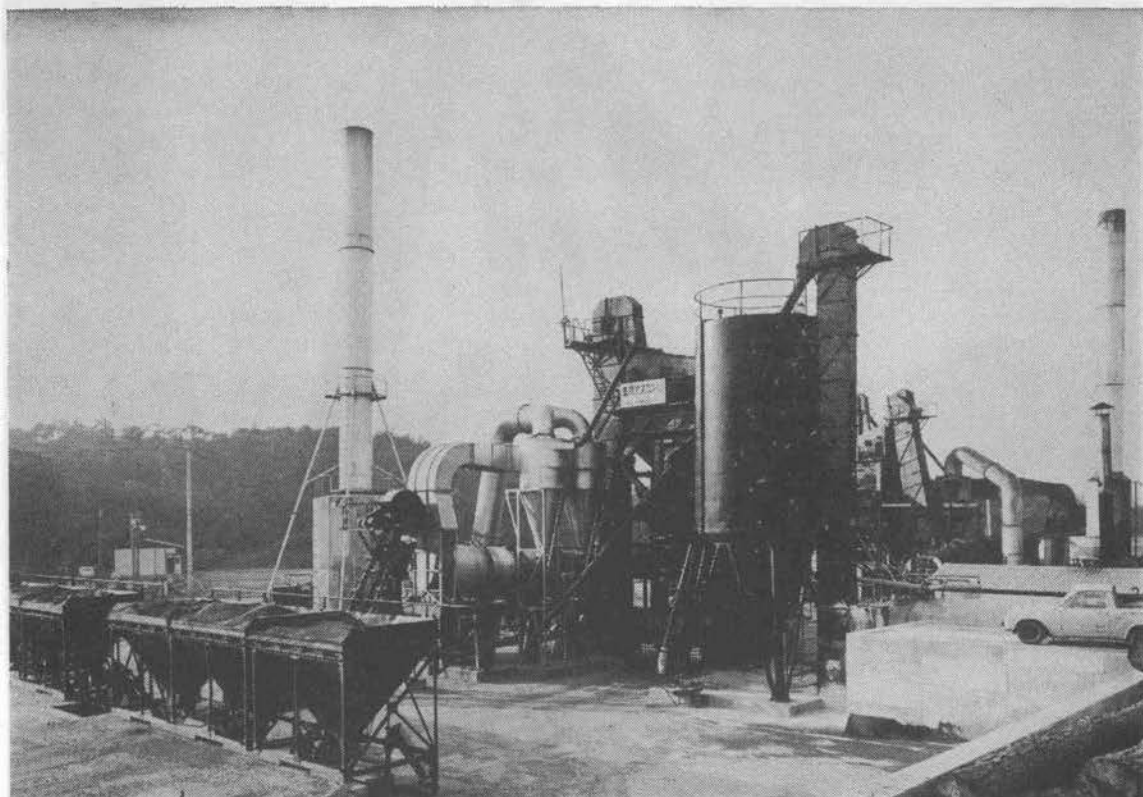
富士重工業株式会社

本社・産機部 東京都新宿区西新宿1-7-2 電話 東京(343)5311(大代表)☎160

大阪連絡所 大阪市西区新町通り3-21 電話 大阪(532)0613☎550

省力化と公害対策に貢献する!!

TANAKA の全自動アスファルトプラント



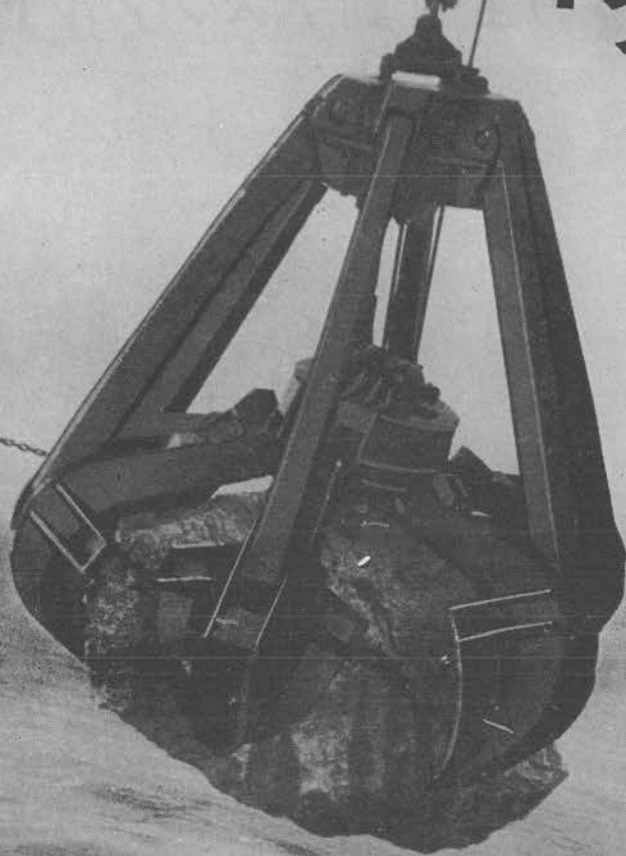
TSAP アスファルトプラント



田中鉄工株式会社

東京営業所	東京都中央区日本橋本町4丁目1番地	TEL. 03-241-4266(代)
本社工場	福岡県久留米市合川町57番地	TEL. 09422-3-0521(代)
東京工場	東京都東大和市芋窪247番地	TEL. 0425-61-1311(代)
大阪営業所	大阪府吹田市泉町5丁目11番12号	TEL. 06-388-2180
札幌出張所	北海道札幌市澄川2条1丁目	TEL. 011-811-2007
名古屋出張所	愛知県名古屋市東区東片端町1丁目3番地	TEL. 052-971-2923
福山出張所	広島県福山市沖野上町7丁目171番地	TEL. 0849-22-6116

千葉工業のバケツ



岩石攪み用ポリツブ形バケツ

営業品目

1. 各種専用のグラブバケツ
2. 掘削・浚渫用クラムシェルバケツ
3. 単索バケツ
4. 土木・建設工事専用機械設備
5. 各種起重機



建設現場にて活躍するクラムシェルバケツ

Chiba

千葉工業株式会社

千葉県松戸市串崎新田189番地
電話 松戸0473 (87) 4082・4083・4528

12月号PR目次

— C —

中央ダイヤモンド工業(株)	後付30
千葉工業(株)	〃 50

— D —

大同中山工業(株)	後付29
-----------------	------

— F —

フタミ広島屋	後付38
古河鋳業(株)	〃 43
富士重工業(株)	〃 48

— G —

ゼネラルロードイクイブメントセールス(株)	後付21
(株) 技報堂	〃 32
岐阜輸送機(株)	〃 33

— H —

日立建機(株)	表紙 4
(株) 日立製作所	後付 7
林バイブレーター(株)	〃 8
北越工業(株)	〃 45

— J —

重車輛工業(株)	後付30
----------------	------

— K —

(株) 加藤製作所	後付 3
栗田鑿岩機(株)	〃 6
(株) キンキ	〃 13
兼松江商(株)	〃 14
極東貿易(株)	〃 16
(株) 小松製作所	〃 25
協同油脂(株)	〃 33
光洋機械工業(株)	〃 37
田中鉄工(株)	〃 47
キャタピラー三菱(株)	綴 込

— M —

マイカイ貿易(株)	表紙 3
真砂工業(株)	後付 4
マルマ重車輛(株)	〃 10
三井・ドイツ・ディーゼル・エンジン(株)	〃 12
(株) 明和製作所	〃 20

三笠産業(株)	27
(株) 亦木荷役機械工務所	42
三菱重工業(株)	綴 込

— N —

内外車輛部品(株)	後付11
日本ゼム(株)	18
(株) 南星機械販売	19
三笠産業(株)	27
(株) 日東電機製作所	35
日工(株)	39
日平産業(株)	41
日本ニューマチック(株)	綴 込

— O —

(株) 岡村製作所	後付23
-----------------	------

— S —

住友重機械建機販売(株)	表紙 2
新東亜交易(株)	後付 1
西部電機工業(株)	2
(株) 島津製作所	5
(株) 桜川ポンプ製作所	15
(株) 柴田建機研究所	17
佐賀工業(株)	29
三栄アタッチメント工業(株)	31
神鋼商事(株)	綴 込

— T —

特殊電機工業(株)	後付22
(株) 東京鉄工所	24
(株) 東洋内燃機工業社	26
東洋カーボン(株)	28
大旭建機(株)	31
東日興産(株)	32
滝野特許事務所	34
椿本チエイン(株)	40
(株) 東洋社	44
(株) 鶴見製作所	46, 47
田中鉄工(株)	49

— R —

ライカ電潜(株)	後付28
ラサ工業(株)	34

— Y —

油谷重工(株)	後付 9
ヤンマーディーゼル(株)	36

HL5 姉妹機
新発売

HL8 ランドメイト

手頃で使いやすいホイール式トラクタショベル&バックホー



0.8 m³・4輪駆動・車体屈折式・回転半径4.5 m・重量4.5トン・全国各地で活躍しているHL5 ランドメイトの兄貴分。

あらゆる土木、建設工事でお役にたち生産性の向上、経費の節減、省力化に貢献します。着脱容易なバックホーは容量0.17 m³掘削深さ3.5 m・積込高さ3 m・リサーチ5 m掘削力4,500 kg

人間と技術の調和に挑む

M 三井造船

東京都中央区築地5-6-4 ☎ 03(543)3111

BOMAG (西独) 全輪駆動 振動 ローラー

軟弱土、砂質土に挑戦するBOMAG
これは？と思う土質なら御連絡下さい

仕様

	BW-200	BW-75
自重	7,000kg	850kg
転圧	32トン	10トン
出力	空冷ディーゼル56ps	空冷ディーゼル9ps
ロール径×巾	800×950-4	500×750-2
速度	1.0, 2.0, 3.0km/h	1.5 km/h
登坂力	25° (1:2.2)	25° (1:2.2)
作業能力	1,500-4,500m ² /h	1,125 m ² /h



マイカイ貿易株式会社

東京本社 東京都千代田区麹町3-7 ☎ 263-0281(大代)
大阪支店 大阪市北区堂島浜通り2-4(古河ビル) ☎ 344-8 0 9 6
福岡支店 福岡市上辻の堂26(ナショナルビル) ☎ 43-6 2 8 7
北海道出張所 札幌市大通り東7-1-2 ☎ 24-2 0 6 1

直営サービスネットが全国50カ所に

ご購入の際、性能とともにサービスも重要なチェックポイント。稼働率に大きく響きます。日立UHシリーズは、性能はもちろん、サービス内容でも好評。たとえば、ユニット交換によって休車時間を一挙に短縮するPUサービスをは

じめ、巡回・出張サービス、部品サービスなど、日立独自の直営サービスシステムをフルに活用、UHシリーズのすぐれた性能をがっちりバックアップしています。日立の油圧ショベルなら、安心して存分にお使いいただけます。

UH03 UH03M UH06

バケット容量	…0.35m ³
定格出力	…58PS
全装備重量	…9.4t
バケット容量	…0.35m ³
定格出力	…63PS
全装備重量	…12t
バケット容量	…0.6m ³
定格出力	…85PS
全装備重量	…16.4t

日立油圧ショベル、もう一つの魅力

日立油圧ショベルの画像が中心にあり、その周囲には全国各地のサービスセンターの住所が多数記載されています。背景には「建設の機械化」というフレーズが縦書きで表示されています。



日立建機株式会社

東京都千代田区内神田1-2-10号 〒101
TEL (03) 293-3611(代)

本誌への広告は

■一手取扱いの 株式会社 共栄通信社

本社	〒104	東京都中央区銀座8の2の1(新田ビル)	TEL東京(03)572-3381(代)・3386(代)
大阪支社	〒530	大阪府北区富田町27 福屋ビル3階	TEL大阪(06) 362-6 5 1 5

「建設の機械化」

定価 一部 二五〇円