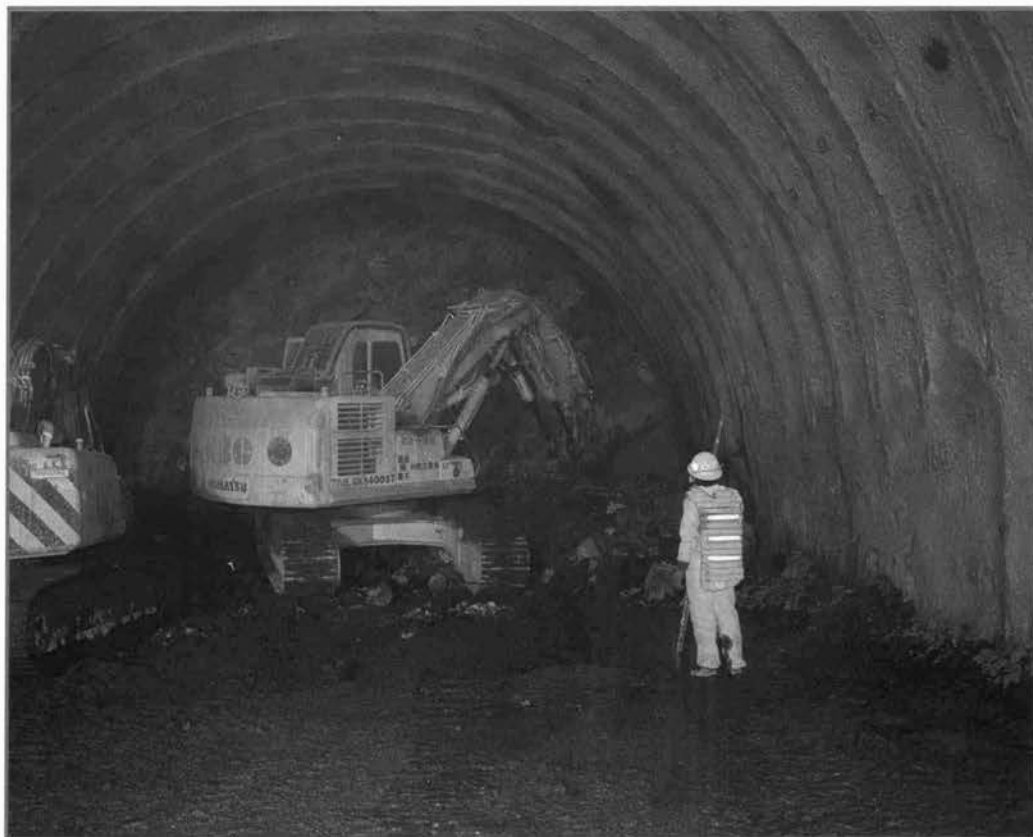


# 建設の機械化

1999 MARCH No.589 JCMMA

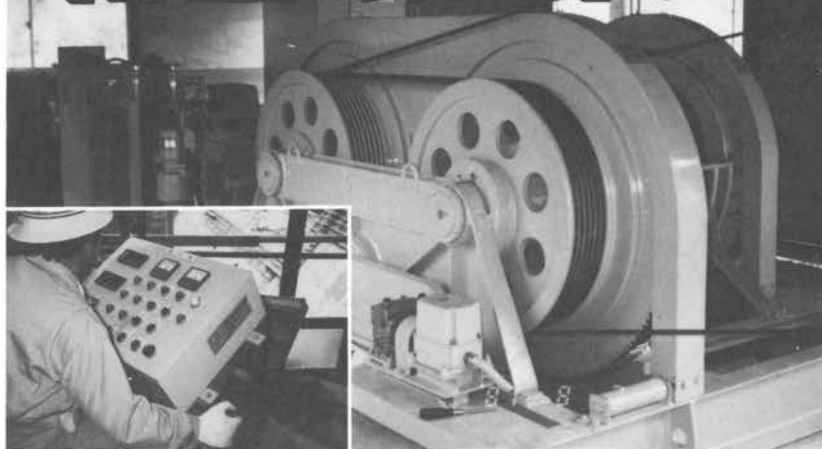
3

## ●山岳トンネル特集●



トンネル工事用油圧ショベル PC400ST-6 ローディングS & Rammer G100大型ブレーカ コマツ

# 南星のウインチ



## 営業品目

- ★ケーブルクレーン
- ★林業、送電線索道
- ★インクライン
- ★ゴルフカー
- ★ランニングウエイ
- ★ゴンドラ
- ★天井クレーン
- ★門型クレーン
- ★トラッククレーン
- ★スクラップローダー
- ★立体駐車装置
- ★自動倉庫用  
スタッカークレーン
- ★その他特殊装置

遠隔操作で誰でも運転出来る油圧ウインチ

設計、製作、取付工事まで行います。全国26ヶ所の各支店、営業所で完璧なアフターサービスを行います。



本社工場 熊本市十禅寺町2-8-6 ☎096(352)8191  
 東京支店 東京都港区西新橋1-18-14 小里会館 ☎03(3504)0831  
 支店・営業所・出張所、全国各地26ヶ所

大容量

土砂搬出装置

## ジオマック

大深度

### 特長

- ◆土質を選びません
- ◆クレーンとしても使用できます
- ◆高速運転で能率アップ
- ◆強力バケットで確実・安全
- ◆大深度に対応（標準GL-80M）

- ・地下タンク掘削工事に
- ・長大橋アンカレッジ掘削に
- ・その他たて抗掘削工事に

レンタル  
販売



1時間当たり300㎡  
YGM-10H-400、GL-30M

**永** 吉永機械株式会社

本社 東京都墨田区緑4-4-3 〒130-0021  
TEL 03-3634-5651(代)

## 平成11年度

### 1級・2級 建設機械施工技術検定試験の実施について

(建設業法に基づく建設機械施工技士になるための試験)

建設業法第27条の2に基づく建設大臣の指定試験機関として、平成11年度の標記技術検定の学科試験及び実地試験を行います。合格者には、建設大臣から合格証明書が交付され、1級又は2級建設機械施工技士になることができます。

建設業法に基づく経営事項審査(技術力)に際しては、1級は5点、2級は2点として評価されます。

社団法人 日本建設機械化協会 試験部  
〒105-0001 港区虎ノ門3-20-4 虎ノ門鈴木ビル  
TEL.03(3433)6141 FAX.03(3433)0401

- 学科試験 平成11年6月20日(日)
- 実地試験 平成11年8月下旬～9月下旬 (学科試験合格者及び学科試験免除者・2級建設機械施工技術研修修了者が受験できます。)
- 申込受付期間 平成11年3月25日(木)～4月15日(木)
- 申込用紙及び受検の手引の請求先 1級630円、2級530円  
郵便で請求の場合は、送料共1級830円、2級730円(切手不可)郵便為替同封。1級又は2級建設機械施工技術検定試験申込用紙請求と明記してください。  
当協会本部及び各支部並びに(社)沖縄建設弘済会等で取扱います。
- 関係の皆様へご周知方お願いいたします。

建設の機械化

1999.3

No.289

# 建設の機械化

1999年3月号

JCMA



# 建設の機械化

## 1999.3

No.589



### 山岳トンネル特集

- ◆巻頭言 少子・高齢化社会の建設業……………水野光章 1
- 山岳トンネル技術の変遷と展望……………今田徹 3
- 東北新幹線岩手トンネルの工事概要……………梅田雅司・奥村皓一 11
- トンネル発破掘削におけるずりだしシステム連続ベルトコンベヤ  
—九州新幹線 田上トンネル—  
……………松雪光明・吉富幸雄・五野豊 17
- 国内最大径φ8.3 m TBMによるトンネル施工  
—滝里発電所導水路トンネル工事—……………内田正孝・西田進 24
- パイプルーフ工で低土被り文化財直下のめがねトンネルを施工  
—前田トンネル工事—……………松田安次郎・田中清隆 30
- 不良地質・低土被りのなか JR 東北本線直下を掘削  
……………石渡徳久・石沢文成・奥津一俊 37
- ベルトコンベヤ式電動連続ローダの開発……………畠山好郎・杉野孝行 44
- 長大トンネルにおける効率的な換気方式の実証  
—北陸新幹線新親不知トンネル西工事—  
……………早坂治敏・坂田和幸・志野和巳 50
- 山岳トンネル用 TBM の現状と動向……………南好人・森岡享一 57

### グラビヤ—長大トンネルにおける効率的な換気方式の実証

- ◆ずいそう 犬との散歩道で春を待つ……………杉修二 64
- ◆ずいそう 今日の日本の繁栄は戦後復興に努力した  
先輩達の汗と涙の上にある……………佐久間博信 66
- ◆新工法 02-105 同時埋設合成鋼管杭工法（ガンテツパイル）（新日本製鐵，ガンテツパイル工法協会）/04-175 無害な水溶性高分子薬品を用いた孔壁自立工法（五洋建設ほか）/05-42 泥土の管中固化処理工法「W-管工法」（若築建設）/09-3 気泡連行法（油汚染土壌浄化技術）（鹿島）……………調査部会 68

# JCMA

## 目次



◆新機種紹介 .....	調査部会	72
◆文献調査 乾杯—浚渫土はもはや単なる埋立土ではない。技術者達は多くの隠れた利点を見つけた/浮き起重機/採鉱現場における自動識別技術/Colsoft（低騒音舗装）の開発 .....	文献調査委員会	78
◆整備技術 往復動用パッキン使用上の留意点と管理ポイント .....	整備部会整備技術委員会	82
◆統 計 安全・環境保全：環境保全/建設工事受注額・建設機械受注額の推移 .....	調査部会	88
行事一覧 .....		91
編集後記 .....	(山本・境・田中)	94

### ◇表紙写真説明◇

#### トンネル工事用油圧ショベル PC 400 ST-6 コマツ

写真は岩手県の仙人トンネル\*で稼働中の、重量40トン級のトンネル工事用油圧ショベル、コマツPC 400 STで、重量4トン級の大型油圧ブレイカを装着し、発破後の「こそく作業」を効率的に行っている所です。

近年、トンネルの無発破掘削（機械掘削）工法の一つとして、このような大型油圧ブレイカを用いてトンネル切羽を直接掘削する“ブレイカ工法”が注目されています。PC 400 STはそのベースマシンとして、これまで数十の現場で採用され、今後当工法の普及と共に、更に多くの現場で採用されていくものと期待されます。

なお、写真のPC 400 STは、切羽を直接掘削する「主掘削機」としてではなく、コソク作業を含む「掘削補助機械」として投入されており、これは未だ珍しい例と思われる。

(※ 仙人トンネル：建設省発注 国道283号線改良工事)  
(釜石市—遠野市間) 延長4,485 m

### <本機的主要な特長>

- 高出力エンジン、優れた車体バランスにより大型のアタッチメントを搭載し、余裕を持って駆動することができる。
- コンパクトな車体、長尺ながら狭所作業性に優れたローディング作業機により、大きな断面から比較的小さな断面まで色々なトンネルに適應できる。
- 牽引力と機械質量のバランスが良いため、ステアリング能力が高く切羽の小移動もすばやくできる。
- 油圧ブレイカの他に、切削アタッチメントやバケットも装着可能なため、「掘削機とずり積み機」の両用途に使う事ができる。また、換装（掘削機 ↔ ずり積み機 切り替え）も簡単に行える。
- 一般工事用のPC 400（バックホウ）との共通化を高めた事により、機械の信頼性、部品補給性が高くダウンタイムを最小限に留める事ができる。

### <本機的主要な仕様>

- 機械質量（ブレイカ仕様） 39.1トン（ブレイカ重量は含まない）
- 機械質量（ロード仕様） 44.5トン
- 定格出力 228 kW (310 PS)
- バケット容量 3 m<sup>3</sup> (ボトムダンプ)
- 搭載可能なブレイカ 質量4トン級以下
- フーム長さ 4 m (オプションで3 mも)
- 排ガス対策型指定番号 No. 122 (平成7年3月指定)

# 機 関 誌 編 集 委 員 会

## 編 集 顧 問

浅井 新一郎	後藤 勇	中岡 智信
石川 正夫	新開 節治	中島 英輔
今岡 亮司	高田 邦彦	中野 俊次
上東 公民	田中 康之	本田 宜史
岡崎 治義	塚原 重美	両角 常美
桑垣 悦夫	寺島 旭	渡辺 和夫

編集委員長 加納 研之助

## 編 集 委 員

成田 秀志	建設省建設経済局建設機械課	高橋 清	三菱重工業(株)建機部
伊勢田 敏	建設省道路局有料道路課	山口喜久一郎	新キャタピラー三菱(株)市場開発部 土木マーケットグループ
島田 敏夫	農林水産省構造改善局 建設部設計課	和田 勉	(株)神戸製鋼所建設機械本部 大久保建設機械工場
一ノ宮 崇	通商産業省資源エネルギー庁 公益事業部電力技術課	矢嶋 茂	ハザマ機電部
春日井康夫	運輸省港湾局技術課	佐治賢一郎	(株)大林組機械部
原川 実	日本鉄道建設公団関東支社設備部	加藤 謙	東亜建設工業(株)土木本部機電部
畠中 耕三	日本道路公団施設部施設建設課	吉川 長徳	鹿島機械部
門田 誠治	首都高速道路公団東京管理局 保全部設計課	後町 知宏	日本鋪道(株)合材部
土山 正己	本州四国連絡橋公団工務部	白川 勇一	大成建設(株)安全・機材本部 機械部
山本 晃生	水資源開発公団第一工務部機械課	高場 常喜	(株)熊谷組土木本部施工設備部
吉沢 宣夫	日本下水道事業団工務部機械課	梶岡 保夫	清水建設(株)建築本部機械部 機械システムグループ
吉村 豊	電源開発(株)建設部 土木機械グループ	星野 春夫	(株)竹中工務店技術研究所
中桐 史樹	日立建機(株)マーケティング 本部商品企画室	境 寿彦	日本国土開発(株) 土木技術本部情報センター
田中 薫	コマツ地下建機事業本部 エンジニアリング部		

**巻頭言**

## 少子・高齢化社会の建設業

水野光章



21世紀まで2年を切った。この原稿を書いている1998年12月時点では、我国の景気は底をついて失業率も高水準にある。政府は平成10年度予算に3回に渡り追加補正を行い、景気回復に向けて努力をしているが、その効果は未だ出てきていない。一方で財源は国債によるしかないため、国の借金は拡大し、地方も合わせて560兆円という膨大な額を抱え、新世紀に向けて明るさが見えない状況である。そこで建設関係に携る人間の一人として21世紀の建設業について考えてみたい。

21世紀の我国は少子・高齢化社会と位置付けられている。出産数の減少と平均寿命が延びたことによるものであるが、老齢人口を仮に完全な年金受給資格を得る65歳以上とすると、この全人口に占める比率は平成12年(西暦2000年)において約17%、その20年後の平成32年においては、約27%と推定されている。この値は昭和50年においては、約8%、昭和60年においては約10%であったから、急速に高齢化社会に移行することがわかる。少子・高齢化社会における問題は、年金受給者の増大と若年労働者の不足であり、これを看過すれば活力ある社会は望めない。年金受給者の増大は、この原資を拠出する就労人口が相対的に減少するのであるから、現行の年金制度の存続が困難となることは明らかである。制度の見直しのみならず社会の仕組みを変えない限り、21世紀においては、日本国民全体が現在と同程度の生活レベルを維持することは困難に思える。このことは、国全体として取り組むべき大課題であるが、このうち建設関係労働者は現在700万人弱を数え、全就業人口の一割以上を構成しており、建設業界としても、将来を真剣に考える必要がある。

建設業界は20世紀後半、機械化を図り、省力化を推進して生産性の向上に努めて来た。これは急激な経済成長下、企業間の競争に対処するためには必須のことであった

が21世紀においては、次の前提で建設業の将来を考えておく必要がある。

- ① 若年労働者・熟練労働者の確保は不可能。
- ② 建設産業の相当部分を占める社会資本整備はゆるやかなものになる。

①は現在でも生じており、21世紀においては、一層加速される。また戦後、国家主導で欧米に追いつくことを目標に、着実に進めて来た社会資本整備は、21世紀においては、その多くは国民の選択に委ねられよう。また質的には、国民の多様なニーズを反映したものになろう。従前の効率性至上主義の社会資本整備には転換が求められている。河川の整備を例にとっても効率性一辺倒から国民の親水性を求める声により、自然を模した工法に転換しつつある。これは効率的な工法から、手作りの工法への転換を意味している。非常に概念的ではあるが、従前の社会資本整備が、効率性、機械化施工、図面といったキーワードに依っていたのに対して、21世紀の社会資本整備は、手続面も含めて、国民の環境面の要望や社会的弱者のニーズを反映した“手作り”の時代と表現できよう。

建設産業は21世紀を迎えるに当たり、高齢労働者、仕事量の減少、手作りに対応できる仕組みを早急に検討する必要がある。

21世紀が活力ある社会であり続けるためには、建設産業にかかわらず、高齢者いかに活躍して貰うかにかかっているように思える。幸いにして、いわゆる定年を迎えた60歳以上の人達は大変に元気で、おしなべて勤勉である。年金制度を破綻させずに、また活力ある社会を維持するには、これらの人々を年金生活者としてはならない。就業の機会を与えるべきである。建設業も建設労働者は全て高齢者であるという前提で建設現場を考えて行かねばならない。そのためには、更に安全管理を徹底し、高齢者でも十分使いこなせる機械の開発も進めなければならない。また“手作り”の仕事には、高齢者の知恵と経験が大いにものを言おう。人手をかけることでコスト増を心配するかも知れない。現在の年金制度で65歳から貰う年金は、せいぜい200~400万円/年程度である。高齢人口が増えれば、支給年齢の繰上げや支給額が減少することは目に見えている。そのことを考慮するとそれ程の高給は必要あるまい。社会に貢献しつつ、余暇を楽しみつつ勤労する。高齢者が安心して、好きな時に働ける仕組みが必要である。

超高齢化社会を迎えて、建設業全体でそのための準備を行う時期に来ているのではないだろうか。

# 山岳トンネル技術の変遷と展望

今田 徹

社会資本の整備の中で、地形的、社会的要因からトンネルの重要性が増加してきている。山岳トンネルの技術は不断の努力によって、困難な地質条件や施工条件にも対応できるようになっている。しかし、吹付コンクリート、ロックボルトが使用されるようになって20年がたち、山岳トンネルの技術は技術的な飽和点に達している感がある。トンネル技術の変遷をたどり、今後の技術の発展の方向について考察する。

キーワード：山岳トンネル、トンネル施工技術、破碎、掘削、TBM、運搬、支保、吹付コンクリート、ロックボルト、環境、地下水、コスト縮減

## 1. 山岳トンネル技術の要素

トンネルの技術は種々の技術要素からなる総合技術である。材料、機械、工法を組合わせてトンネルは建設される。したがって、山岳トンネルの技術を考える場合、それがどのようなものから構成されているかを分析する必要がある。

山岳トンネル工法では、岩石を破碎して掘削し、運び出すという作業の繰返しが基本的な流れである。この間に地山が不安定であれば掘削された空間を保持し、作業の安全を確保するため支保工が施工される。また、空間を恒久的に支保するため切羽の後方で覆工が施工される。さらに、地山が悪く、必要とするトンネル断面を一度に掘削出来ない場合には、切羽を分割して施工したり、切羽をあらかじめ補強しておくことが必要となり、施工手順に関する工夫、すなわち種々の工法が考案され、また、各種の先受け工や地山改良工などの補助工法が適用される。

このように山岳トンネルの技術要素は、岩石を破碎・掘削する技術、ずりを運搬する技術、空間を保持する支保技術、施工順序など工法に関する技術、切羽の安全性を確保するための技術などに

よって構成されることになる。それぞれの技術は、それを構成する機械技術、材料の技術によって支えられている。これらの技術を組合わせることによって、最も地山条件や施工条件に適合した設計・施工が行われることになる。また、歴史的にはそれぞれの技術の発展段階に応じた設計、施工が行われてきた。最近ではさらに、生活環境や自然環境に影響を出来るだけ与えないようにする技術が要求されるようになってきている。以下に、各技術要素ごとに変遷と現状について若干の考察を行うことにする。

## 2. 岩石の破碎・掘削技術

硬い岩石を砕くことは前世紀までは大変な仕事であった。前世紀の後半から今世紀の初頭にかけて、アルプス越えをはじめとする多くのトンネルが建設されたが、爆薬を装填するための穿孔をいかに能率よく行うかが重要な技術課題であり、空圧を使用する削岩機が開発され定着して行った。空圧を使用する削岩機は長く使われたが、1970年代に油圧式の削岩機が普及するようになり、削岩能率が空圧式の時と比べて著しく向上するようになった。それまでは、我が国ではレグド



リルを用いた軽装備の削岩機が主に使用されていたが、油圧削岩機の普及とともに大型の削岩機を削岩台車に搭載して使用するのが普通となった。

岩石の破碎には爆薬を用いるのが普通であったが、1960年代にトンネルボーリングマシン(TBM)が用いられるようになり、我が国でも青函トンネルや恵那山トンネルなどで試用されたが、我が国の地山条件に適合しなかったため普及するに至らず、水路トンネルなどで細々と使用される状況であった。しかし、最近ではヨーロッパでTBMを使用した事例が増加していることから、10年ほど前から日本道路公団を中心にTBMを使用することの検討が始められ、第2東名・名神の大断面トンネルや飛騨トンネルなどで使用されるようになって来ている。第2東名・名神のトンネルでは、TBMの掘進の高速性を生かして、中央導坑を掘進し、地質調査や事前補強を行うものである。TBMの我が国の地山への適合性については、困難な問題が残されているが、TBMの機械としての改良や使い方の工夫によって、目的は達することが出来るようになってきている。TBMはトンネル施工の最もわかりやすい掘削方法であり、今後の掘削技術の柱の一つであると考えることが出来、積極的に取り組んで行くべき技術である。

岩石の機械による破碎には1970年ごろから自由断面掘削機がやや遅れてブレイカも用いられるようになってきている。自由断面掘削機は軟岩の掘削に用いられるが、当初は一軸圧縮強度が200 kgf/cm<sup>2</sup>程度が実用的な限界であったものが、次第に大きなものが開発され、最近では500 kgf/cm<sup>2</sup>程度以上の場合も使用されるようになってきている。ブレイカは節理が発達した硬岩で適用性があると考えられるが、ブレイカのみで掘削する事例は少なく、他の破碎方法の補助として用いる例が多いようである。

また、環境問題が工事に与える影響が非常に大きくなってきているが、爆薬の使用に伴う振動から、爆薬を使用できない事例が増えてきている。このような場合、制御発破を行うか、機械掘削に依存しなければならなくなる。しかし、TBMによる機械掘削はまだ適用性に限界があり、自由断面掘削機で対応しなければならないのが現状であ

る。地質が硬い場合、自由断面掘削機の限界を超えることがあり、掘削速度の極端な減少、過剰なビットの損耗が生じるなど非常に無理な使い方をしなければならないことがある。削岩機などの応用が試みられているが、能力には限界がある。

現在の岩の破碎、掘削は、穿孔・爆破、TBM、自由断面掘削機が状況に応じて選択適用され、岩の破碎の問題は解決された問題のように見えるが、環境問題は岩の破碎に新しい課題を生じさせている。

### 3. 運搬技術

トンネルの建設では大量のずりを運び出さなければならぬ。ずりの積込・運搬は掘進速度に影響を与える。トンネルにおける従来の運搬方法はレール方式とタイヤ方式に分けることが出来るが、タイヤ方式が1970年代頃から広く使用されるようになるまでは、レール方式がひたすら使用されてきた。我が国では鋼アーチ支保工が使用されるようになるまでは、切羽の断面が小さく、トラックの使用が出来なかったためである。また、トラックの使用に伴う換気の問題もあった。切羽の断面が大きくなり、トラックの使用が可能になるとその経済性から、搬出方式はタイヤ方式が主に使用されるようになった。タイヤ方式では、路盤の維持が能率的な運搬のために重要であるが、仮舗装を行うことも少なくない。さらに、ずり積みと運搬を同時に行うロードホールダンプの使用やベッセルにずりを積み込み坑内に一時残置出来るようにして、搬出は平均化して行う方式などの採用も行われるようになった。

従来はトンネル専用の機器が用いられるのが普通であったが、大断面トンネルでは汎用の土工機械が採用されることも多くなってきている。一方、レール方式においても坑車の大型化やシャトルカーなどによる車両操作の簡略化が行われ、能率化が図られた。また、最近では、TBMの使用に際しては連続ベルトコンベヤも採用されている。

ずりの運搬の問題は、トンネル断面の大きさ、トンネル延長、地質状態(路盤の維持の難易、湧水の大小)、採用可能な換気方式、掘進速度、ずり捨て場までの距離に適合した方式を選択すること

であり、能率化のためには運搬単位の大形化、操作の簡略化、作業の平均化、連続化が指向する方向である。また、安全の確保も重要な要点である。ずり積み機、運搬機は多様なものがあり、どのような機械を選択しどのようなシステムにするかの問題であり、選択を誤れば工期や工事費に大きな影響を与える要素であるが、技術的なネックになる要素を構成するものではなくなっている。

#### 4. 支保技術

山岳トンネル工法は掘削後、ある程度の時間、切羽の自立性が確保されることが、その採用の条件である。また、掘削された空間は安全に維持される構造のものでなければならない。切羽の自立性を補い、トンネル掘削を可能にし、また、トンネルの供用に支障のないように空間を維持する技術が支保技術である。

支保技術を考える際には、使用する材料と設計の考え方の両面から検討する必要がある。支保技術はトンネル技術の発展に大きな影響を与えている。近年のトンネル技術は基本的に使用される支保工の変革とともに段階的に発展していることを考えるとこのことは容易に理解できる。

##### (1) 木製支保工

我が国では木製支柱式支保工の時代が1960年代の中頃まで続いた。木製支保工の時代は、仮の空間保持のための支保工と恒久的に空間を保持するための覆工とが明確に機能が区分されていた。材料としての木材の特性からこれは自明のことであるといえる。覆工を構築する場合は、支保工で支えていた荷重を最終的に覆工に置換える木外しという作業がともなった。木外しは大変危険な作業であり事故の原因となった。覆工には初めは石材が、次に煉瓦が使用され、続いてコンクリートが一般的な材料となった。

木製支保工の支保形式としては、後光ばり式、枝ばり式、アーチ式等があるがアーチ式は地山の悪い我が国では使用される例はほとんどなかった。後光ばり式、枝ばり式のいずれの場合でも掘削された空間は柱と梁でいっぱいとなり、作業空間として利用できる空間をとるのは容易ではな

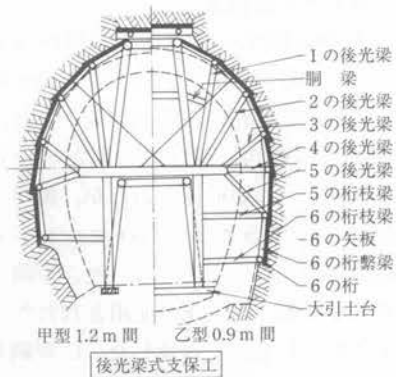


図-1 木製支保工

かった。したがって、機械の大形化には限度があり作業能率の向上の大きな制約となった。切羽の自立性との関連で、切羽を分割して施工する方式が一般的であり、掘削順序と支保形式が関連して複雑な掘削方式がとられていた。

木製支柱式支保工の時代の設計の考え方は、崩落してこようとする荷重を支保するものであり、トンネル周辺の応力の再配分過程は念頭にはあったものの、実際の設計に反映させるといえるものではなかった。したがって、崩落の可能性のある領域をどのように設定し評価するかが関心事であり、この領域の取り方についてBierbaumer, Kommerelなどいろいろな考え方が提案された。支保工ないし覆工は、設定された荷重に対して必要な強度を有するように設計された。覆工の使用材料は石材ないし煉瓦であったことから、耐力の計算は石造アーチとしての検討が行われている。トンネルにおいても一般の建造物のように荷重を明らかにして構造設計を行うという流れの中で考えられていたといえる。材料がコンクリートに変わっても考え方は踏襲され、覆工には無筋コンクリートが使われた。ただ、トンネルは周辺が地山に囲まれた建造物であり、建造物の変形に伴う受動荷重の取り方については工夫がなされている。木製支柱式支保工の場合は荷重の受換えを伴うので、地山の緩みを抑えるにも限度があり、トンネルの設計の考え方を、崩壊しようとする地山の荷重として捉えるのは自然な考え方であったといえる。





トを主体とする支保工法に対する期待が高まり、積極的に採用されるようになった。NATM工法は、上越新幹線の中山トンネル(1976年)で初めて本格的に用いられ、東北新幹線の工事等での経験を積み、1980年代の中頃には一般工法として広く普及し、鋼アーチ支保工を中心とするトンネル工法に代わるようになった。

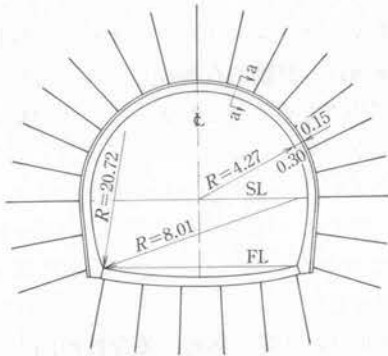


図-3 吹付けコンクリート、ロックボルト

掘削直後に地山と密着した構造体を形成できるという吹付けコンクリートの特性は、掘削に伴う周辺地山の緩みを最小限に抑えることが出来る理想的な支保工であり、また、ロックボルトは地山の内部を直接補強できる構造である。したがって、トンネル周辺地山を一体化し自立性を持たせることを実現することが出来る。すなわち、周辺地山をトンネル安定のために支保工構造化することが可能となる。これを積極的に評価し、利用しようとするのが吹付けロックボルト工法ないしNATMである。このようなことが可能になった背景には、ロックボルトと吹付けコンクリート技術の進歩がある。

吹付けコンクリート、ロックボルトを主体とする工法では、空間の保持機構が木製支保工や鋼アーチ支保工の場合と異なり、崩壊するであろう地山の荷重を支持するという考え方は必ずしも妥当ではなくなる。ロックボルトの支保としての作用機構は、地山の状態によって色々な機構が現れるものと考えられるが、その作用は地山に働きかけ、地山が持つ力学的な不連続面を補強し一体性を持たせたり、地山そのものを補強し地山の特性を改善したりするものである。したがって、トン

ネル周辺地山の力学的な状況に関心を持たざるを得ず、トンネルの安定性を周辺地山の安定性として評価しなければならなくなる。吹付けコンクリートについても同様であり、吹付けコンクリートを介しての地山の一体化ないしはキーブロックの部分的な応力の再配分の問題として捉える必要がある場合がある。従来のように、崩落する可能性のある地山を支保工によって支持するという考え方は成り立たなくなった。

ここで支保工の役割を地山の安定を補助する役割と明確に位置づけ、トンネル周辺に自立可能なリング状の領域を形成するようにトンネルを設計、施行するという思想が提唱されNATMというキャッチフレーズのもとに吹付けコンクリート、ロックボルトを主体とした工法が普及することとなった。すなわち、吹付け・ロックボルト工法では設計の考え方が木製支保工や鋼アーチ支保工の時とは大きく変わったことになる。ロックボルトと吹付けコンクリートの使用によって、トンネル周辺地山の安定の問題という、より本質的な問題に目を向けさせるようになったといえる。

しかし、木製支保工の時でも鋼アーチ支保工の場合も、トンネルの本質的な安定は周辺地山の安定によって得られていたのであり、木製支保工や鋼アーチ支保工はその安定を助けていたにすぎない。崩落ないし緩みを防止することによってトンネル周辺地山の安定性を確保していたことになる。また、吹付けコンクリート、ロックボルトを用いても崩落の可能性や緩みの可能性は常にあることを忘れてはならない。

トンネルの安定を周辺地山の安定という点で捉えることになると、周辺地山の挙動に関心を払う必要が出てくる。周辺地山の挙動は変位として監視するのが最も容易な方法である。変位が収束していれば安定が保たれたことを示すことになり、変位が継続していれば状況に応じて対策が必要な場合が生ずることを示すことになる。ここで、トンネルの設計と施工の管理に荷重とともに変位という概念が導入されると同時に、組織的な計測が実施されるようになった。

トンネルの安定を周辺地山の一体化によって行うという考え方に立つと、従来の仮設としての支保工と恒久的な安定を得るための覆工という区分

は出来なくなり、地山を含めて支保構造体として取扱う必要が出てくるようになった。

トンネル周辺地山をトンネル安定のための構造体と考えることによって、断面形状の選択が自由になり、鋼アーチ支保工の場合よりも工法選択の自由度が増加するとともに、吹付けコンクリート、ロックボルトの高い支保効果を利用してより大断面での施工および地質条件の悪い地山での施工が可能となった。複線程度の断面では鋼アーチ支保工の時代は上半断面工法が主流であったのに対し、吹付けコンクリート、ロックボルト工法ではショートベンチ、補助ベンチ付き全断面工法が主流となっている。これはトンネルの安定上早期の閉合が必要であるという力学的な条件に応えるとともに、大胆な機械化、システム化を可能とし、さらにトンネルの生産性の向上をもたらすことになった。

切羽の大断面化は切羽の自立性の確保という点では不利な条件となる。施工能率の向上は、機械を大型化すればするほど有利であり、従来用いられていた断面を分割し切羽断面を小さくして安定性を増すという方法は採りずらくなった。切羽を安定させるためには切羽を補強する方法が採用された。切羽の安定にも吹付けコンクリート、ロックボルトが切羽吹付け、切羽ボルトとして使用され、この点でも吹付けコンクリート、ロックボルトは大断面化に効果をあげた。さらに、各種のフォアパイリング、先受け工の検討も精力的に進められ、切羽安定の手段の選択肢が増し、切羽の自立性の確保を地山の補強によって行うという流れは定着してきている。

吹付けコンクリート、ロックボルトを主要な支保として用いる工法は、地山の緩みを最低限に抑えるという効果と、早期の閉合によってトンネルの安定性を増し、品質の向上をもたらした。また、吹付けコンクリートと二次覆工を設けることによって、シート防水を施工することが可能となり、この点でもトンネルの品質の向上に寄与している。

## 5. 技術の動向

以上山岳トンネル技術の変遷を概観してきた

が、トンネルを建設するための技術は高度に発達した状態に達していると考えられることができる。通常規模のトンネルであればほとんどの地山状態に対応することが出来るようになってきている。山岳工法が適用できないような地山に対しては、シールド工法などの他の工法でトンネルの建設は容易に出来る。トンネル建設の技術は通常のニーズには十分応えることが出来るようになってきている。

しかし、一方では、吹付けコンクリート、ロックボルトを主体とする工法も、本格的な採用から20年が経過し、技術的な飽和点に達しているというのが実状であろう。したがって、次の新たな技術の展開が期待される時期にきている。鋼アーチ支保工あるいはロックボルトや吹付けコンクリートの導入時のように飛躍的な技術の発展を捉す技術は何であるかの模索が必要な時期になっている。

品質の向上、工期の短縮、安全性の向上、工事費の縮減は常に追求されなければならない課題であり、そのための努力が払われてきた。今後もこの努力は必要である。これを実現するためのヒントは現在行われている各種の試みの中にあると考えられる。

経済が低迷する中であって、コストの縮減は社会の大きな要請になっている。山岳トンネルはコスト縮減の面で今までも十分な成果を上げてきており、基本的な技術が飽和点に達している状況にあることを考えると、さらにコストを縮減することは容易でない状況にあるといえるであろう。基本的な点においてブレイクスルーが必要であり、それが何であるかは必ずしも見えてきていない。

現在検討が進められる方向は、

- ① 現在用いられている各技術要素の能力の向上に重点を置く方向
- ② 今まで掘削一貫り出し一支保工と直列的に工事が進められてきたのを並行作業とし施工能率を上げる方向
- ③ TBMを積極的に使い飛躍的に掘進速度の向上を目指す方向

の3種類に分けることが出来る。

①は機械の大型化、性能の向上に代表される手法であり、着実ではあるが大幅な効果は期待でき

ない状況にある。

②は日本道路公団の山王トンネル等で行われたように、施工機械をTWS (Tunnel Work Station) 化し、従来直列で行われてきた先業を並行作業が可能にするものである。この方法は①に比べれば地山条件の変化に対して柔軟性を欠く点があるが、山岳工法の大きな特徴である条件の変化に対応する能力を保存している。山王トンネルにおいて支保としてNTLが組込まれたように、新しいシステムを組込むこともでき、また、①で改善された技術は直接生かすことが出来る。この点で今後の発展が期待される方向であるといえよう。

③はトンネル工法の一つの究極的な姿のものである。しかし、わが国では小口径のトンネルでは採用されているが、大断面のトンネルでは事例がなかった。今度、日本道路公団の飛驒トンネルで全断面TBMが使用されようとしている。TBMは地山の変化に対する柔軟性という点において問題があり、わが国のように地質の変化の激しい場合は、条件の変化に対する十分な用意が必要である。特に高圧、多量の出水および崩壊性の地山に対する検討が重要である。TBMの場合切羽で崩壊が起こると対策が非常に困難になる。TBMの掘進速度に見合った切羽で施工できる支保工を開発することが必要である。

今後の技術の発展を考えると、新しい方向としては②と③が考えられ、試行されているが、これらでは掘削と並行して支保工を施工するという必要性が出てくることになる。現在の支保工はこのようなニーズに適合してはいない。今後も支保工が技術の発展の鍵を握っていると言えそうである。現在、高強度吹付けコンクリート、高強度鋼支保工、ケーブルボルトなど新材料の検討が進められているが、新材料の積極的な検討は今後の発展の基礎となるものであろう。

また、機械の総合化、あるいは大型化が進むと条件の変化への適合性は悪くならざるを得ない。条件の変化に適合するためには、条件の変化を出来るだけ早く知ることが必要である。このためにはトンネルの切羽前方の地質の探査精度の向上が欠かせないことになる。困難な点が多いがこの努力も今後の山岳トンネル技術の発展において重要

な位置を占めるものと考えられる。

山岳トンネルの設計に対する考え方は、吹付けコンクリート、ロックボルトが使用されるようになって、トンネルの安定をトンネル周辺地山の安定の問題と捉えることにより観念的には合理的となった。しかし、具体的な設計は鋼アーチ支保工の時代と同様に、地山分類に基づく、標準設計が用いられている。吹付けコンクリート、ロックボルト工法では鋼支保工、二次覆工も同時に使用されるのが普通であるが、それぞれがトンネルの安定に与える効果、使用目的が必ずしも整理されていない状態になっていると言えるであろう。多様な組み合わせが可能であるだけに、常に地山の条件に合わせるという努力が必要である。定量的な設計や管理を行うためには、各々の支保の要素がどのように地山の安定に寄与しているかについて明らかにすることが不可欠である。これが出来なければ、数値的に支保工の設計を行うことが出来ず、また、せっかく計測を行っても、結果を必ずしも合理的にフィードバック出来ないことになる。計測の結果の評価も経験を基に行っているのが実状である。地山の変化の幅を考えれば、地山分類による方法を用いるのが実用的ではあるが、より合理的な設計のためには、困難な課題であるが支保工の作用効果について着実に取り組んでいくことが必要である。

## 6. 新しい課題

今後のトンネルの需要は、今まで以上に複雑で困難な状況下でのものが増えるものと考えられる。これは、都市部での工事が増加する傾向にあること、環境に対する意識の高まりから、自然環境、生活環境の保全が今まで以上に重要になっているためである。要求される条件が合理的なものであるかどうかは別として、現在の技術ではこれらの問題に必ずしも応えることが出来ない場合がある。環境に関わる問題としては、地盤の変位、騒音、振動、水に与える影響がある。特に水に係わる問題は重要である。山岳工法では、地下水は排水することを前提にしているため、地下水に影響を与えないで工事を行うことは、山岳トンネル工法の最も基本的な点を否定することになる。土

被りが深い場合はトンネルの建設そのものが不可能となる。土被りがそれほど大きくない場合でも、合理的なコストで地下水の保全対策を行うには問題が多く、十分な検討が必要である。しかし、今まで多くの山岳トンネルが建設されてきたが、溪流の水量に影響を与えても、地表の植生に著しい影響を与えた例は聞かない。トンネル掘削に伴う環境への影響の調査を組織的に行い、どのような影響があるのか、データを蓄積していくことが重要になる。地下水の問題を検討する場合には、トンネルの掘削が地下水に与える影響の解析が必要である。解析の精度の向上と必要なデータの調査方法の確立が望まれる。

また、山岳工法はシールド工法に比べると工費が少なく、また、断面形状の変化に柔軟に対応

できるため、大深度地下の利用など、今後の都市部での地下開発にはなくてはならない技術である。しかし、地下水の問題から適用に制限を受けざるを得ない状況がしばしばあり、

- ① 地下水の制御の技術、
- ② 地山改良技術、
- ③ トンネルの止水構造技術、

等は早急に確立しなければならない技術である。

【筆者紹介】

今田 徹(こんだ とおる)  
東京都立大学工学部土木工学科教授



## 日本建設機械要覧

— 1998年版 —

本書は各種建設機械を機種ごとに分類し、概要、特長、仕様等を写真をつけて記述し、また、建設機械損料表にも対応しており、建設事業に携わる方々のための必携図書。

B5判 1,500頁 定価54,600円(消費税込)：送料1,050円  
 会員46,200円( " ) " "  
 (官公庁含む)

社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289



# 東北新幹線岩手トンネルの 工事概要

梅田 雅司・奥村 皓一

岩手トンネルは、東北新幹線盛岡・八戸間の中間部に位置する長大山岳トンネル（延長25.81 km）であり、完成すると陸上部の鉄道トンネルとしては世界最長となる。

本トンネルは、平成元年から「東北新幹線難工事推進事業」の一環として調査工事が実施された後、平成3年の一戸工区から本格着工となった。

工事は全体を7工区に分けて施工しており、平成10年11月末で、全体の78%の掘削を完了している。

キーワード：山岳トンネル、膨張性地山、NATM、補助ベンチ付全断面発破掘削工法、ショートベンチカット、高強度吹付コンクリート、突発湧水

## 1. はじめに

東北新幹線盛岡・八戸間は東北新幹線盛岡駅から東北本線八戸駅に至る駅間延長96.6 kmの路線である。このうち、既建設部分を除く盛岡市みたけ地区（東京起点499.828 km）から電留線のできる八戸市尻内町地区（東京起点594.330 km）までの工事延長94.5 kmについて、日本鉄道建設公団盛岡支社が工事を進めている（図-1参照）。

この区間の建設基準および構造物延長を表-1および表-2に示すが、構造物延長を見ても分かるとおり、工事延長94.5 kmのうち、トンネルが69.4 kmと全体の73%を占めている。

この中で、岩手トンネルは25.81 kmもあり、完成すると陸上部の鉄道トンネルとしては世界最長となる。そこでここでは、岩手トンネルの概要について、使用された建設機械等を含め報告することとしたい。

## 2. 建設までの経緯

東北新幹線盛岡・八戸間は、「全国新幹線鉄道



図-1 岩手トンネル工区

表-1 建設基準

設計最高速度	260 km/h
最小曲線半径	4,000 m
最急勾配	20 ‰
軌道中心間隔	4.3 m
電線の電気方式	25,000 V (ATき電方式)

整備法」に基づき昭和48年11月に整備計画が決定された東北新幹線盛岡市・青森市間に含まれ

表—2 構造物延長

切取・盛土	12.4 km (13%)
橋りょう	2.7 km (3%)
高架橋	10.0 km (11%)
トンネル	69.4 km (73%)
合計	94.5 km (100%)

る。

この区間のうち、岩手トンネルについては、前述のように全長 25.81 km もある長大トンネルであり、また中間部に脆弱な膨張性地山が存在し難工事が予想されたことから、昭和 55 年から昭和 57 年にかけて旧国鉄により調査工事が実施され、延長約 500 m の調査坑を掘削し、内空変位量の測定および NATM の試験施工等が行われた。

その後、平成元年から平成 3 年にかけて「東北新幹線難工事推進事業」の一環として、岩手トンネルの中でも地質が最も軟弱で膨張性地山の区間と想定されていた中里地区（現在の一戸工区）で、斜坑および本坑を掘削しながら調査工事を行った。

さらに、平成 3 年 8 月に工事実施計画（沼宮内～八戸間）の認可がなされ、岩手トンネルの本格着工となった。

### 3. 地形および地質

岩手トンネルは、岩手県岩手町尾呂部地区から一戸町鳥越地区に至る全長 25.81 km の長大トンネルで、東側に北上山地、西側に七時雨山・西岳等の奥羽山脈に挟まれた丘陵地を通過している。当該丘陵地は、一戸町中山地区付近を境として北に

馬淵川、南に北上川となる南北分水嶺を形成する源流地帯となっている。

トンネル周辺の地質は大きく 3 区間に分類できる。即ち、入口から約 17 km の区間は中・古生層の粘板岩を主とし、花崗閃緑岩、ホルンフェルスおよびチャートが分布している。

中間部の約 5 km の区間は、新第三紀の四ツ役層凝灰岩で構成される脆弱な膨張性地山である。

トンネル出口の約 4 km の区間は、中・古生層の粘板岩、新第三紀の四ツ役層および門ノ沢層等からなり、トンネル出口付近には厚い崖錐層が分布している。

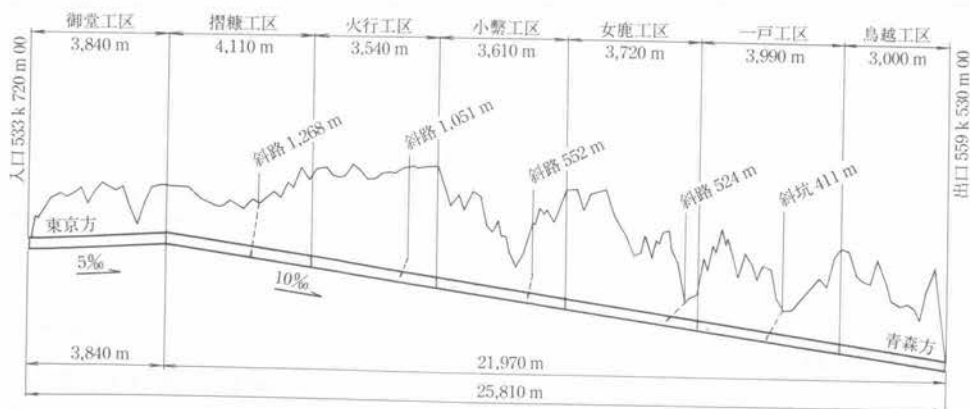
### 4. 全体の概要

全長 25.81 km の長大トンネルの施工計画策定にあたっては、施工方法および工区割が建設費の低減および工期短縮に多大な影響を与えることから、進入路、作業坑、坑外設備等を統合的に勘案し比較検討を行った。

その結果、各工区の延長が 3～4 km 程度となるよう 7 つに分割し、東京方と青森方の両坑口を除く中間の 5 工区については、斜路又は斜坑を設けて掘削する計画とした。

工区名としては、東京方から、御堂工区、摺糠工区、火行工区、小繋工区、女鹿工区、一戸工区、鳥越工区の 7 工区である。

縦断勾配としては、東京方から 1,000 分の 5 の勾配で上り、ちょうど岩手町と一戸町の町境付近の御堂工区と摺糠工区の工区境を頂点とし、1,000 分の 10 の勾配で下るようになっている（図



図—2 岩手トンネル施工工区断面

—2参照)。

## 5. 各工区の概要

### (1) 御堂工区

御堂工区は、岩手トンネルの入口に位置する延長3,840 mの工区である。地質としては、割れ目の多い粘板岩が主で、チャート、ホルンフェルスが介在している。なお、青森方約600 mが火山砕屑物となっており、この区間では、多量の湧水と塑性土圧の発生が想定される。

当工区は、平成8年2月に着手し、トンネル入口から80 m程度を開削により施工した後、平成8年10月に本坑掘削を開始した(写真—1参照)。



写真—1 御堂工区坑口付け

掘削方法としては、補助ベンチ付全断面発破掘削により施工している。使用機械としては、3ブーム油圧ジャンボ、サイドダンプショベル2.8 m<sup>3</sup>、油圧ブレーカ1.5 t級、吹付ロボット、ダンプトラック25 t等、中硬岩掘削の標準的な組合せを用いている。

平成10年12月現在で、トンネル入口から2,670 mのところを掘削中である。なお、さらに500 m程進んだところにある朽木川横断部から先の火山砕屑物については機械掘削を考えている。

### (2) 摺糠工区

摺糠工区は、御堂工区に隣接する延長4,110 mの工区である。地質としては、東京方約2/3は花崗閃緑岩が主で、残りの区間は粘板岩・砂岩の互層となっている。

また、花崗閃緑岩との境界付近はホルンフェルス化し、所々に断層破砕帯の存在が想定されている。土被りは最大で165 m程度である。

当工区は、平成8年1月に着手し、一戸町摺糠地区から延長1,233 mの斜路の掘削を行った後、平成9年11月より本格的に本坑掘削を開始した。本坑掘削にあたっては、掘削の進捗を図るため、青森方および東京方の2切羽を同時に施工している。

掘削方法としては、青森方および東京方とも、補助ベンチ付全断面発破掘削により施工しており、平成10年12月現在で、延長2,000 mの掘削を完了している。なお、当工区においては、設備および機械に以下のような特徴がある。

#### ① 換気設備

当工区は2切羽同時施工のため、通常より大きな換気設備が必要となるが、斜路断面の有効活用と電力量削減の観点から、斜路と本坑の交点付近東京方に換気立坑を設置している。換気方式は、電気集塵機を併用した送気方式を採用している。

#### ② コンクリート吹付機

東京方切羽の地質は花崗閃緑岩であるが、一部は真砂化しており、崩壊しやすい地山であることから、安全面および施工能力で優れているフィンランド製Normet-NC-95を採用している(ノズル作業員をブーム上に配置することにより、安全で効率のよい作業ができる)(写真—2参照)。



写真—2 摺糠工区 Normet 吹付機



### ③ 重ダンプの使用

斜路の長いことから、当初、斜路走行に優れているボルボ A 25 C を使用することとした。しかし、ボルボの車体幅が広いことから、本坑掘削の延長が進むにつれ本坑内でのボルボ同士の離合がやや不利となったため、現在では、三菱 M-26 を改造した三菱 M-26 B を混合で使用している。

### (3) 火行工区

火行工区は、摺糠工区に隣接する延長 3,540 m の工区である。地質としては、粘板岩および安山岩類で構成された比較的良好な地質であるが、ある程度の湧水も想定されていた。土被りは 160～210 m 程度である。

当工区は、平成 5 年 9 月に着手し、一戸町小繋地区の JR 東北本線と国道 4 号線が交差する西田子こ線橋脇から延長 1,051 m の斜路の掘削を行った後、平成 7 年 8 月より本格的に本坑掘削を開始した（写真—3 参照）。



写真—3 火行工区斜路入口

本坑掘削は、当初東京方に向かって切羽を進め、最高月進 154 m と比較的順調に推移してきたが、当工区は岩手トンネル 7 工区中でも最も坑内湧水量が多く、濁水処理設備は最大 480 m<sup>3</sup>/h 対応としている。そのような状況下、東京方の掘削残延長が 250 m となった平成 9 年 12 月に毎分 1.5 t の突発湧水が発生し、減水の目処が立たな

かったため青森方の掘削に切替えた。現在、青森方の掘削は順調に進んでおり、平成 11 年 1 月には隣接する小繋工区と貫通する予定である。

なお、東京方の突発湧水に対しては、調査水抜ボーリング 6 本を実施し地下水位の低下を図っている。東京方については、青森方の貫通後、掘削を再開する予定である。

掘削方法としては、主として NATM の発破掘削により施工しており、使用機械は御堂工区、摺糠工区とほぼ同様な中硬岩発破対応のものとしている。

平成 10 年 12 月現在で延長 3,210 m 掘削しており、平成 11 年 5 月頃には掘削を完了する予定である。

### (4) 小繋工区

小繋工区は、岩手トンネルの中間部に位置する延長 3,610 m の工区である。地質としては、火行工区と同様、粘板岩および安山岩類で構成された比較的良好な地質であるが、ある程度の湧水も想定された。土被りは最大で 200 m 程度であるが、当工区の中間部に位置する小繋川横断部では、川底からの土被りが 45 m 程度となっている。

当工区は、平成 5 年 2 月に着手し、一戸町小繋地区の国道 4 号線脇から延長 552 m の斜路の掘削を行った後、本坑掘削を開始し、青森方が平成 8 年 5 月、東京方が平成 9 年 11 月に掘削を完了している。なお、掘削方法としては、主として補助ベンチ付全断面の発破掘削により施工し、ずり運搬はキルナによるコンテナ方式を用いた。

現在では、覆工コンクリート、インバートコンクリート等の施工も完了しており、後は路盤鉄筋コンクリート等を残すのみとなっている。

### (5) 女鹿工区

女鹿工区は、小繋工区に隣接する延長 3,720 m の工区である。地質としては、トンネル入口部の地質と中間部の地質との境界に位置し、東京方約 1/4 の古生層粘板岩区間を除き、大半の区間は新第三紀四ツ役層凝灰岩、凝灰角礫岩等で膨張性があり、ある程度の変形が想定された。土被りは最大で 230 m 程度であるが、当工区青森方の女鹿川横断部では、川底からの土被りが 30 m 程度と

なっている。

当工区は、平成4年7月に着手し、一戸町女鹿地区から延長524mの斜路の掘削を行った後、本坑掘削を開始した。掘削方法としては、主としてショートベンチカットの機械掘削により施工している（写真—4参照）。



写真—4 女鹿工区本坑掘削状況

本坑掘削は、斜路と本坑の交点より東京方に向かって掘り進め、当初の1,150m間は比較的順調に掘削することができた。ところが、土被りの増加に伴い岩盤脆弱化の傾向が見られ、地山強度比低下に起因する内空変位の増大、切羽の崩壊・崩落、吹付けコンクリートのクラックや鋼製支保工の変形が多発した。

このため、このような変状区間については、変形余裕をとり、鋼製支保工200H、ロックボルト1断面40本に見られる重い支保パターンを採用し、長尺鏡ボルト等の補助工法を施工した（図—

3参照）。

しかしながら、計測の結果、変位の収束しない区間1,080mにおいては、鋼繊維補強コンクリート（Steel Fiber Reinforced Concrete; SFRC）による二次覆工の補強を行った。

このように当工区では本坑掘削に難行したが、青森方が平成9年2月、東京方が平成10年2月に掘削を無事完了し、隣接する小繋工区、一戸工区と貫通した状態となった。

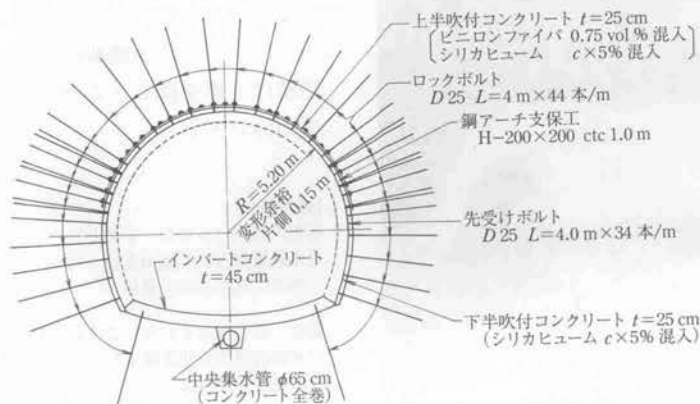
現在では、覆工コンクリートの施工も完了し、中埋コンクリート、路盤鉄筋コンクリート等の施工を行っているところである。

### （6）一戸工区

一戸工区は、女鹿工区に隣接する延長3,990mの工区である。地質としては、女鹿工区に続く新第三紀四ツ役層凝灰岩および白色の軽石を大量に含んだ軽石質凝灰岩、軽石質砂岩の互層からなっており、固結度が低く、凝灰岩についてはモンモリロナイトを含んだ膨張性の地質となっている。土被りは最大で190m程度であるが、当工区中間部の龍頭川横断面では、川底からの土被りが40m程度となっている。

当工区は、建設までの経緯で述べたように、平成元年から平成3年にかけて「東北新幹線難工事推進事業」の一環として調査工事が実施され、斜坑および本坑断面のトンネルを掘削して地山挙動等の確認を行い、この調査結果を踏まえて平成3年11月に本坑掘削に本格的に着手した。

当工区は、岩手トンネルで一番最初に着手した



図—3 支保パターン（女鹿工区）P-A 12

工区であり、脆弱な膨張性の地質であることから、本坑掘削にあたっては内空変位量に注意を払い、リップ付支保工の採用、上半仮閉合、ベンチ長の短縮等種々の対策工を実施するとともに、シリカフェームを添加した高強度吹付コンクリートの施工も行った。

なお、当工区は、調査工事で施工した斜坑を使用して本体工事を施工したため、資機材の搬入は斜坑のインクライン、本坑ではタイヤ方式によるずり運搬、ずり出しはベルトコンベア、コンクリート搬入はコンクリート投入立坑を使用している。掘削方法としては、自由断面掘削機を用いたショートベンチカットの機械掘削により施工している。

現在では、すべての工事が完了し、隣接する鳥



写真—5 鳥越工区本坑掘削状況



写真—6 鳥越工区坑口付近

越工区との貫通まで揚水の保守を行っている。

### (7) 鳥越工区

鳥越工区は、岩手トンネルの出口に位置する延長3,000 mの工区である。地質としては、出口付近が厚い崖錐堆積層となっており、さらに東京方に向かって、安山岩、シルト岩、凝灰岩、粘板岩、凝灰角礫岩が分布しており、断層および破碎帯が3箇所程度存在するものと想定される。土被りは、最大で180 m程度で、最小でも50 m程度となっている。

当工区は、平成9年3月に着手し、トンネル出口から70 m程度を機械による掘削を行った後、発破掘削により施工している。工法としては、補助ベンチ付全断面工法で掘削している。この工区は主としてNONEL雷管とANFO爆薬を用いたトータル発破システム(DMEC)を採用し、装薬もANFO装填機によっている(写真—5参照)。

平成10年12月現在で、トンネル出口から1,020 mのところを掘削中である(写真—6参照)。

## 6. おわりに

岩手トンネルは平成10年11月末現在、延長20,230 mまで本坑掘削を完了しており、進捗率としては、全体の78%となっている。

岩手トンネルの工事は最盛期を過ぎたとはいえ、残された工事に集中して取組み、安全で効率的なトンネル工事の実現に努力するとともに、出来るだけ早く岩手トンネル全体の貫通が迎えられよう努力していきたいと考えている。

今後とも、関係機関のご理解、ご協力のもと、円滑に工事を進めることができることを願って報告の終りとする。

#### [筆者紹介]

梅田 雅司(うめだ まさし)  
日本鉄道建設公団盛岡支社  
工事第二部工事第三課長

奥村 皓一(おくむら こういち)  
日本鉄道建設公団盛岡支社  
一戸鉄道建設所長

## 山岳トンネル特集

## トンネル発破掘削におけるずり出しシステム連続ベルトコンベヤ

—九州新幹線 田上トンネル—

松雪 光明・吉富 幸雄・五野 豊

九州新幹線田上トンネル工事では坑内換気の改善、安全性の向上を目的に連続ベルトコンベヤを用いた長距離ずり運搬システムを開発、採用した。発破掘削のトンネル工事での連続ベルトコンベヤの採用は世界で初めてであり、移動式クラッシャと組合わせてずり搬出システムを採用した。

ここでは、ずり出しシステムの概要、効果について紹介する。

キーワード：ずり運搬、連続ベルトコンベヤ、移動式クラッシャ、環境、換気、安全

## 1. はじめに

近年、山岳工法のトンネル工事においては、作業環境の改善が大きな課題となっている。特にNATM、タイヤ方式のトンネル工事が多く施工される中、ずり出し時の作業環境は大きな問題である。

今回、新幹線田上トンネルに採用したずり出しシステムは長大トンネルにおける坑内換気の改善と安全性の向上を目的に開発されたものであり、従来のダンプによるずり出しに替わり、切羽で発生したずりを直接ベルトコンベヤで坑外まで搬出

するものである。特に掘削方式が発破であるため、切羽近くに自走式クラッシャを配置し、小割りした後連続ベルトコンベヤで搬出するシステムを採用した。

ここに新幹線田上トンネルで採用した連続ベルトコンベヤずり出しシステムについて報告する。

## 2. 工事の概要

田上トンネルは九州新幹線鹿児島ルート（新八代～西鹿児島間）の工事である。

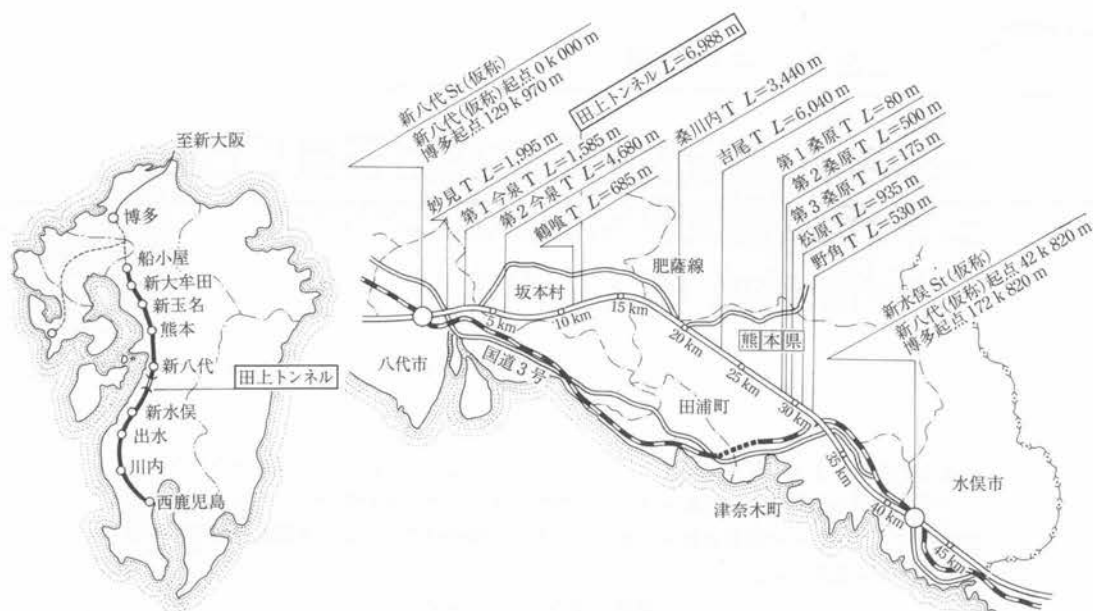
九州新幹線は現在、博多から西鹿児島間を特急で約4時間かかるところを約1時間20分で結ぶ



写真-1 ずり出し時切羽状況



写真-2 坑口全景



図一 九州新幹線ル屈ト位置図

もので、九州の動脈として大いに期待されている。

田上トンネルは全長6,988 mのトンネル工事であり、当田上トンネル（北）工事は八代側より5,240 m片押し施工する。

#### ・トンネル諸元

掘削方式：NATM・発破掘削

掘削工法：ミニベンチ工法、

掘削断面積：約74.5 m<sup>2</sup>

平面線形： $R=6,000$  m

縦断勾配：3/1,000～15/1,000 m，上り

田上トンネルは、熊本県の南部に位置し、九州の背骨をなす九州山地の一部である球磨山地を貫通するルートで計画されている。

地質は、秩父累南帯・三宝山帯・与奈久層と三

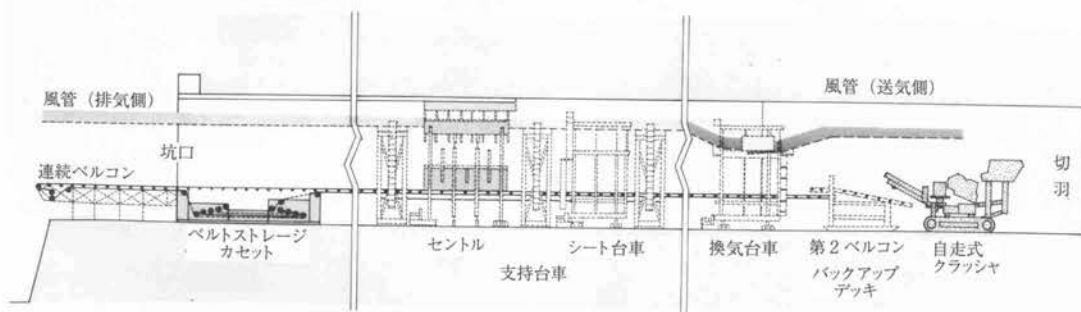
坂層である。岩種は鱗片状泥岩が主体で、砂岩、チャート、石灰岩等種々の岩が見られ変化に富んでいる。

### 3. システムの概要

#### (1) 設設条件

ずり出しシステムの構築に当たっては以下の条件で設計した。

- ① ずり出しシステムの変更に伴い掘削、覆工コンクリートの施工サイクルに影響を与えない。
- ② ずり搬出能力はダンプ方式と同等の300 t/h能力とする。
- ③ トンネル工事全体工程を短縮するため、掘



図二 ずり出しシステム

削、覆工コンクリートと合わせてインバートの施工が可能とする。

## (2) システムの説明

システムは、自走式クラッシャと連続ベルトコンベヤおよび覆工部のベルトコンベヤを支持する支持台車で構成される。

システムにおけるずりの流れは、

- ① 切羽で発破されたずりはホイールローダで切羽後方約40～50 mの位置に配置した自走式クラッシャに投入する。
- ② 投入されたずりは自走式クラッシャで小割りし、排出用のベルトコンベヤでバックアップデッキのホッパに投入する。
- ③ ホッパに運ばれたずりは、第2ベルトコンベヤを経由し連続ベルトコンベヤで坑外の仮置ヤードまで搬出する。

## (3) 自走式クラッシャ (写真—3 参照)

この自走式クラッシャは従来、坑外(碎石場等)で使用されている機械をベースに改造を加え、トンネル内でも使用できるよう製作した。

仕様を表—1、表—2に示す。

以上が主な仕様であるが、他にトンネル内での使用を考え、以下の点を改造した。

(a) 積込み高さ、ホッパ形状

坑外と異なり、積込機がホイールローダ(サイド

表—1 寸法 (単位: mm)

全長	17,300
全幅	3,300
全高	3,600
ホッパ高さ	3,600
クローラ全幅	3,000
コンベヤベルト幅	1,000

表—2 主要諸元

ジョークラッシャ	形式 供給口寸法	シングルグル式 1,000×750
フィーダ	形式 寸法(全幅×全長)	振動フィーダB10-2V 1,000×4,200
能力	処理能力 (t/h) 最大供給塊 (mm)	300 1,000×650×450
エンジン	定格出力	101/1,900
電気装置	クラッシャ 駆動モータ	440 V, 110 kW
	油圧ポンプ 駆動モータ	440 V, 75 kW
駆動方式	クラッシャ	電動モータ, Vベルト駆動
	振動フィーダ	電動モータによる油圧駆動
	搬出コンベヤ	電動モータによる油圧駆動
	走行	電気およびエンジン
質量	全装備質量 (kg)	54,000
走行速度	高/低 (km/h)	1.8/0.9

ダンプ) になるため、従来より投入高さを低くした。また、ホッパ形状をサイドダンプ用に変更し、一度に3.0 m<sup>3</sup>のホッパで投入可能な形状とした(積込機CAT 966)。

### (b) 電動化

坑内で使用するため、換気を考慮し駆動は電気とし、移動時のみエンジンとした。また、エンジ



写真—3 自走式クラッシャ



ンは排ガス対策とした。

(c) 縦切れ防止対策

金属片によるベルコンの縦切れ防止のための磁選機を取付けた。

(d) 発破飛散対策

クラッシャは切羽近くに配置されるため、発破の飛び石対策としてクラッシャ前面に防爆シートを取付けた。

(e) 散水装置

粉じんを低減させるため散水装置を取付けた。

(4) 第2ベルトコンベヤ (写真-4 参照)

移動式クラッシャにより破碎されたずりは第2ベルトコンベヤに運ばれる。この第2ベルトコンベヤは連続ベルトコンベヤ先端部のバックアップデッキ上部に配置しており、連続ベルトコンベヤの縦切れ防止および壁側に配置された連続ベルトコンベヤへのシフトを目的に配置してある。仕様については表-3に示す。



写真-4 第2ベルトコンベヤ

表-3 第2ベルトコンベヤ仕様

項目	仕様
延長	17.1 m
ベルト幅	900 mm
ベルト速度	70 m/min
モータ	15 kW

(5) 連続ベルトコンベヤ

連続ベルトコンベヤは長さを随時延長することができるベルトコンベヤで、坑口部に配置されたストレージカセット部にベルトをストックできるようになっており (写真-5 参照)、切羽の進行にあわせて随時引出されていくものである。一度に

ストックできるベルトの長さは約 280 m であり、ストックが無くなるとベルトを切断し、また新しいベルトを継ぎ足す構造になっている (図-3、表-4 参照)。

この連続ベルトコンベヤの駆動は、トンネル延長約 2,500 m までは坑外のメインモータ (112 kW) 1 台で駆動し、それ以上になるとブースタモータ (112 kW) を増設する。最終的にトンネル延長 5,240 m を 2 台のモータで駆動する計画である。また、起動方式はインバータを採用し起動時のスムーズな立上がりを可能にした。

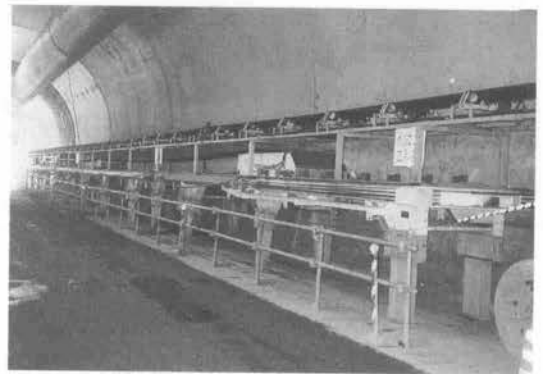


写真-5 ベストストレージカセット

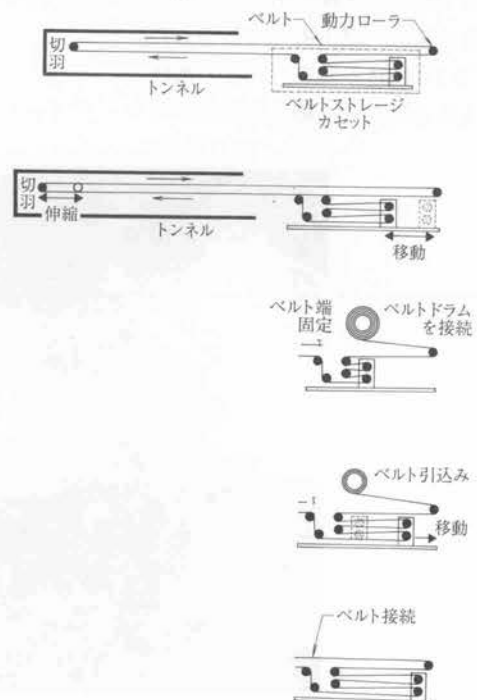


図-3 連続ベルトコンベヤ延伸イメージ図

表-4 連続ベルトコンベヤ主要諸元

項目	仕様
システム全長	5,240 m
ベルト幅	610 mm
ベルト速度	168 mm
運搬能力	300 t/h
ストレージカセット容量	300 m
メインモータ	112 kW
ブスタモータ	112 kW

### (6) ずり出しシステムの延伸

ずり出しシステムの延伸は切羽進行が10 m進むごとに行っている。

- ① 連続ベルトコンベヤのベルトに掛かっている張力を解除する。
- ② 自走式クラッシャを10 mほど自走し、同時にバックアップデッキ移動用のレールを前進する。
- ③ バックアップデッキを移動用のレールに乗せ、ウインチによりバックアップデッキを前進する。
- ④ 移動と同時に連続ベルトコンベヤのフレームを組立て、ローラを組込む。
- ⑤ バックアップデッキのアウトリガを張り固定する。
- ⑥ 連続ベルトコンベヤのベルトを油圧により緊張する。

### (7) 支持台車およびベルトコンベヤ吊り下げ構造

連続ベルトコンベヤの設置位置は掘削時の機械の入れ替え、仮排水の設置等、設置により極力作業スペースを狭くしないように、またインバートの施工時邪魔にならない位置を考慮し、切羽に向かって左壁の位置に配置した(図-4参照)。

一方、ベルトコンベヤの吊り下げ方法は掘削部は支保パターン(支保工の有無、ピッチ)に関係なく支持できるように、壁側はアンカ、中側は吊りチェーンにより支持する構造とした(写真-6参照)。

一方、覆工コンクリートが完了した部分はコンクリート壁にブラケットを取付け、ベルトコンベヤを支持する構造とした(写真-7参照)。

覆工作業部におけるベルトコンベヤ吊り下げ構造は、ずり出し作業の有無に関係なく防水シー

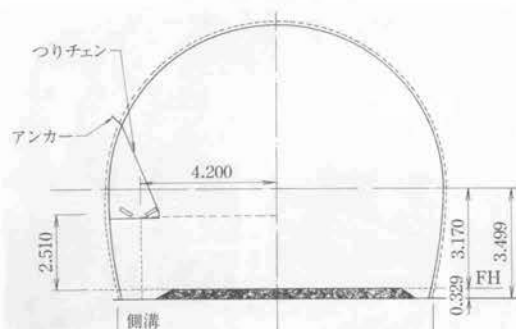


図-4 ベルトコンベヤ設置位置図

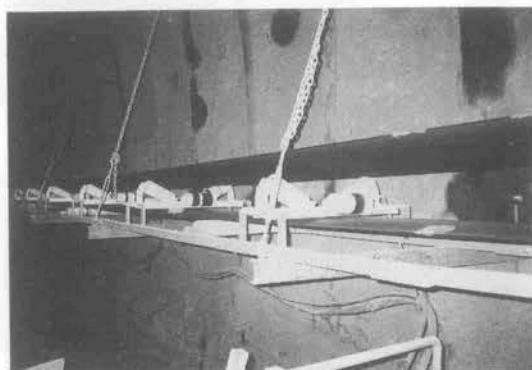


写真-6 掘削部吊り構造



写真-7 覆工部吊り構造

ト、セントル移動等の作業ができるように写真-8に示す特殊な支持台車を製作した。

この支持台車はシート張り作業から覆工セントル部までのベルトコンベヤを支持する構造となっており、ベルトコンベヤの稼働に関係なくセントル、シート張り台車が自由に移動可能な構造となっている。また、この支持台車は自走可能であり、覆工作業の進捗に合わせて随時移動する。



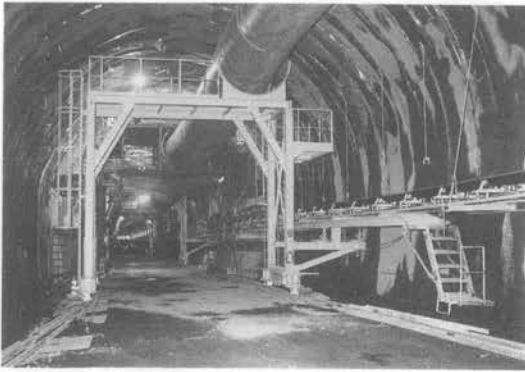


写真-8 ベルトコンベヤ支持台車

### (8) 安全対策

トンネルの連続ベルトコンベヤによるずり出しシステムにおいて安全対策は大きな問題である。狭い坑内に常時ベルトコンベヤが設置され、また稼働時には巻込まれ、落石の危険性がある。これら安全対策として以下の対策を実施した。

#### (a) 緊急停止装置

ベルトコンベヤの側に全線ワイヤを取付け、また30mごとに引綱を取付けワイヤに接触もしくは引綱を引くことによりシステム全体が停止する装置を取付けた。

#### (b) 落石防止

連続ベルトコンベヤはキャリアローラからはずれベルトが蛇行すると落石が発生する。

そのためベルトコンベヤの蛇行防止装置として以下の対策を実施した。

- ① 自動調芯ローラ (写真-9 参照) の採用
- ② ガイドローラの採用
- ③ ローラ取付け角度の調整

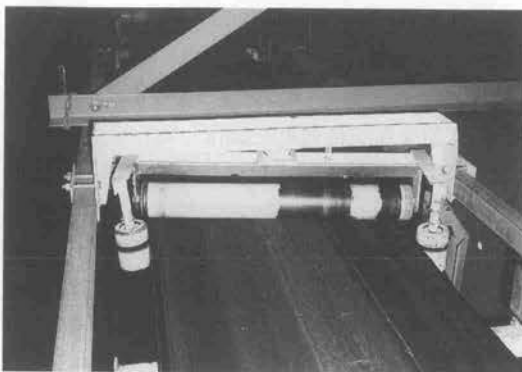


写真-9 自動調芯ローラ

以上の対策を実施することによりベルトコンベヤの蛇行を抑え落石を防止している。

### 4. システム導入のメリット

このシステムを採用することにより、以下の点が改善されると考えられる。

#### ① 坑内作業環境の改善

ずり運搬にダンプトラックが無くなったことにより、ダンプから発生する排気ガス、走行時の粉じんが無くなり、坑内環境が改善された。

また、大型車両から発生する音が少なくなり、坑内、坑外の騒音も改善された。

#### ② 安全性の向上

ずり出し時大型のダンプ、ベッセルダンプ等が通行しないため、交通事故の危険性が非常に少なくなった。

#### ③ 工期短縮 (急速施工)

連続ベルトコンベヤでずりを搬出することにより、ずり出しダンプの通行が無くなり、安全にインバートの施工が可能になり、全体工程の短縮が可能となった。

#### ④ 作業の効率化

タイヤ方式の場合、ずり出し時の安全を考慮し坑内への入場は規制されている。このシステムの場合、ずり出し時に関係なく作業ができるため、作業に制約がない。特に、測量、路盤の維持、覆工コンクリート等、効率的に作業が行うことができる。

#### ⑤ コンパクトな坑外仮設

タイヤ方式では、大型ダンプの駐車スペースや修理スペースが必要になり、坑外仮設ヤード広く必要である。ベルトコンベヤ方式では、ベルトコンベヤラインが坑外に出てくるだけで、タイヤ方式と比較してかなりコンパクトな仮設ヤードでよい。

#### ⑥ ずり転倒音の低減

ダンプトラックの坑外でのずり転倒時、大きな音が出るため騒音が問題になる。特に夜間や、都市域では夜間ダンプ転倒禁止装置が必要になる。

このシステムではずりのベルトコンベヤからの搬出音だけで音は小さく、騒音対策は不要である。

## ⑦ 路盤の維持が容易

大型車両の通行が少なくなり、路盤の痛みが少なくなった。

## 5. 問題点

現在までに連続ベルトコンベヤによるずり出しを約1km行ったが、大きなトラブルもなく順調に稼働してきた。ただ今後改善すべき問題点もいくつか見られる。

## ① 運搬コスト

システム導入の初期投資に費用が掛かるため短いトンネルでは運搬コストが高くなる。

## ② 維持費用

システムの延伸、維持管理のための固定的に人員が必要である。

## ③ 湧水を伴う地質への対応

土砂で湧水を伴う地質の場合、施工は可能であるがベルトコンベヤの維持管理が大変である。

## 6. おわりに

トンネル発破掘削において、自走式クラッシャーと連続ベルトコンベヤを用いたずり出しシステムにより、長大トンネルにおいても良好な作業環境を維持でき、より安全に施工できる。

現在、平成10年12月時点で1,800mを掘削、硬岩から土砂、断層また大量の湧水の出る地質も施工してきた。種々改造点を残すもののNATM、発破掘削のずり出し方式として施工可能と考える。

今後はさらに省力化、急速施工化また低コスト化を図り、多くのトンネル工事で使用できる環境を作っていく必要があると考えている。

## 【筆者紹介】

松雪 光明 (まつゆき みつあき)

九州新幹線建設局

八代建設所副所長



吉富 幸雄 (よしとみ ゆきお)

大成・東亜・地崎特定建設工事共同企業体

所長



五野 豊 (いつの ゆたか)

大成建設(株)

土木技術部トンネル技術室次長



## 山岳トンネル特集

国内最大径 $\phi$ 8.3m TBMによる  
トンネル施工

## —滝里発電所導水路トンネル工事—

内田 正孝・西田 進

近年国内においてはTBM工法が急速に普及しており、大型化する傾向にある。また、さらに大型のTBMの採用も予定されており、日本の複雑で変化に富んだ幅広い地質に適応した大断面TBM工法の確立が期待されている。本報文では、北海道芦別市に北海道電力(株)発注のもと、直径8.3mの国内最大径のTBMを用いて施工された滝里発電所導水路トンネル工事の概要と施工を通じて確立された掘削中の機械データ評価方法、大断面TBM工法における支保工について述べる。

キーワード：TBM、機械データ、支保工、情報化、トンネル工事

## 1. はじめに

日本では、昭和39年に初めてTBMが導入されて以来、現在掘削中のものを含めておよそ120件のTBMによるトンネルの施工が行われており、総延長は約250kmに達する。導入当初の



写真-1 TBM全体

TBMは日本の複雑な地質に対応できず、本来の急速施工等の性能を十分に発揮することができなかった。その後NATM技術の確立とともに一時期はTBM工法が採用される機会も減少した。しかし、昭和60年頃から山岳トンネルの自動化、省力化、作業環境の改善、また急速施工という観点や、騒音・振動等の環境問題という観点からもTBMが注目されるようになってきている。それに伴い、日本の複雑な地質に対応するための改良、技術開発が進められ、TBMの信頼性が高まるとともにTBMの採用が急速に増えてきた。このような背景から、大断面のトンネルについても



図-1 位置図

TBM工法の適用が検討されるようになり、それに伴い大断面という特殊性を克服するための機械性能および施工技術の向上、調査・探査から実施工にいたるまでの情報化施工に基づいた総合的な施工管理技術の開発が求められている。

北海道電力滝里発電所導水路新設工事では、国内最大径(φ8.3m)のTBMを用い、平成8年8月19日より掘削を開始し、平成9年12月2日に貫通した。当初、マシンのトラップ等のトラブル、支保方法の試行錯誤等々思うような進捗が確保できなかったが、平成9年7月には月間掘進量380mを記録し、平成9年10月9日には日進28.4m、日当り掘削土量1,537m<sup>3</sup>の国内最高を記録した。

## 2. 工事概要

滝里発電所導水路トンネルの工事は、北海道の富良野市、芦別市を流下する石狩川水系空知川に北海道開発局が建設中の滝里ダム(多目的ダム)に付随する事業で、北海道電力(株)発注のもとに上記滝里ダムから、最大150m<sup>3</sup>/secの水を取水し、最大出力57MWの電力を得るための、発電用圧力導水路トンネルを建設する工事である。導水路トンネルは掘削径8.3m、仕上がり内径6.9m、延長約2,800mで、全工期38カ月を要して、平成10年12月に完成した。

## 3. 地形、地質概要

導水路トンネルの計画地点は、空知川流域の低

地と幌内山地によって構成されており、トンネルは空知川右岸(東側)の標高200~380mの小高い独立した山(最高標高380.1m)の北北西から南南東に伸びる尾根部のほぼ直下を貫通する形状で計画されている。トンネルの最大土被り厚は約250mである。

周辺地域を構成している地質は、東部より中生代ジュラ紀~白亜紀の空知層群、カムイコタン帯の変成岩類、その西側に白亜紀のエゾ層群、さらにその西側に古第三紀の石狩層群が分布し、それらを覆う形で新第三紀層(当地域ではオチヌンベ層)が点的に分布している。

トンネルに分布する地質は、図-2に示すように、取水口側より砂岩頁岩の互層より構成される白亜紀のエゾ層群と、それと断層関係で接する泥岩および砂岩から構成される新第三紀のオチヌンベ層である。

### (1) 新生代新第三紀オチヌンベ層(発電所側の発進地点から560m区間)

オチヌンベ層は、砂岩および泥岩から構成され、一部に石炭層を挟んでいる。本層は、エゾ層群に比べて続成作用が進んでおらず力学強度が低い。一軸圧縮強度は、砂岩で10~20MPa程度、泥岩で1~20MPa程度であった。本層の泥岩部(Ms)は、軟~中硬岩に相当し、岩盤等級はC<sub>L</sub>~C<sub>M</sub>級(一部D級)の岩盤で、砂岩部(Ss)も泥岩部とほぼ同等あるいはやや良好な程度の岩盤であり、一部100l/min程度の湧水を生じた部分もあった。度々中~小規模の崩落に見舞われ、時には先受け、注入等の補助工法を必要とするような

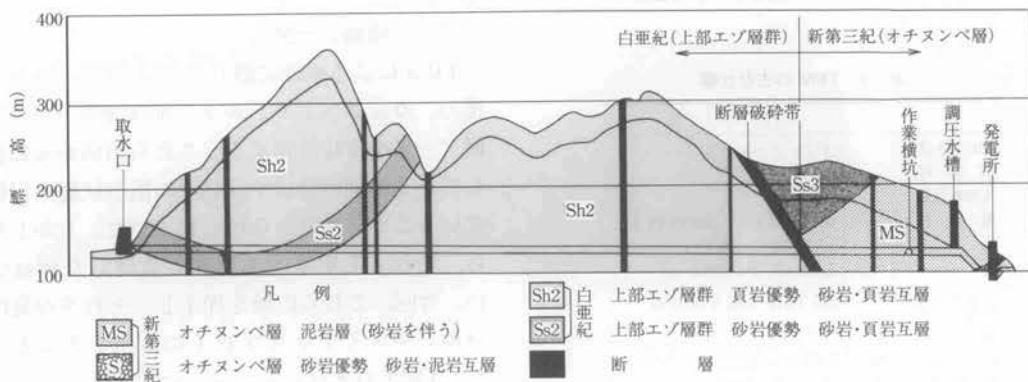


図-2 地質縦断面



羽前方の地山状況を推定することもできる。以下に、これらの機械データによる地山と掘削状態の評価手法を紹介する。

#### (a) 推力・カッタトルクの関係

福井ら<sup>2)</sup>は、既往の室内実験やTBMの掘削データを検討して、推力/純掘進速度( $F/V$ )およびトルク/(純掘進速度)<sup>1.5</sup>( $T/V^{1.5}$ )といったパラメータが岩盤強度と良好な比例関係を示すことを報告している。さらに青木ら<sup>3)</sup>はこれらのパラメータは硬岩地山では岩盤強度と良好な相関関係を示すものの、崩落性の岩盤では岩盤の掘削抵抗以外の要因がこれらのパラメータに影響し、複雑な相関関係を示すことを報告している。これらを概念的に示すと図-4のようになる。

図に示す二本の破線の間でデータが推移しているときは、推力、カッタトルクのバランスがとれた正常な掘削が行われていることを示すとともに、右上にデータがあるときは強度の高い良好な地山であることを、また、データが左下にいくに従って強度の低い地山を掘削していることを示す。また、データがこの二本の点線を超えて左方の位置にある場合は、カッタトルクに比べて推力が高く、マシンが捕捉されかかっているか、マシンが姿勢を崩すなどして掘進以外の推進抵抗が発生していることを示している。逆に、データが点線の右方にある場合は、推力に比べてカッタトルクが高いことを示しており、頻繁に切羽の崩落が発生しているか、または、ずり取込み口の閉塞を起こしているなど、掘削以外の要因で大きなカッタトルクが必要となっていることを示す。

これらの関係は施工時に瞬時にパソコン等を用いて解析し、グラフ化して示すことにより、オペレータは地山に適した掘進速度、推力、カッタ

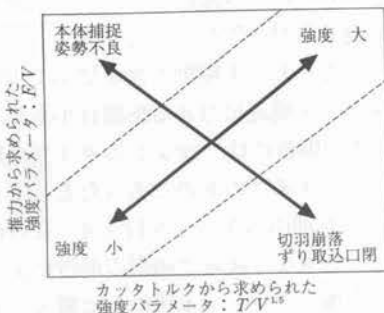


図-4  $F/V$ と $T/V^{1.5}$ の相関概念図

ヘッドの回転数等の調整を行うことができる。また、適切なタイミングでカッタヘッドや切羽の点検を行うことにより、トラブルを未然に防ぐことができるようになる。

#### (b) カッタトルクのばらつき

掘削中の切羽で崩落が発生すると、崩落土砂がカッタヘッドに接触し、スクレーパの抵抗を大きくさせ瞬時にカッタヘッドの回転トルクに影響が現れる。この現象はカッタトルクの変化を読取ることにより判読可能であるとともに、変化の状況から崩落の程度も推定可能である。

本手法は、この現象を定量的に表現するために、(1)式で示されるある一定区間のカッタトルクの変動係数(カッタトルク標準偏差をその区間の平均値で除したものを)を用いて表現する方法で、変動係数の大小によって切羽に発生している崩落の程度を知ることが可能である。カッタトルクは電流を計測することなどにより求める。カッタトルクの変動係数が大きい程切羽では不規則にカッタヘッドに回転負荷が発生していることが示されており、ディスクカッタによる圧砕といった本来の掘削によるもの以外の要因が切羽で発生していることが判読できる。これは、ベルコン上の掘削ずりの形状変化をカメラ等で同時にモニタすることによって、より確実な判断を行うことができる。

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \quad (1)$$

ここで、

$V$ : カッタトルクの変動係数

$\bar{X}$ : カッタトルクの平均

$S$ : カッタトルクの標準偏差

このカッタトルクの変動係数を瞬時に解析し、切羽の状況に適した掘進速度、カッタヘッドの回転数等を選定することにより、崩落土砂による掘削ずりの取込み過多によるトラブル等の防止が可能となる。

#### (c) 実施データ

図-5に掘削距離程1,450~1,550mにかけて出現した良好地山区間と不良地山区間での典型的なストロークデータを示す。図から分かるように、通常の掘削時にはカッタヘッドの回転トルクは安定しているものの、不良地山区間では、明ら



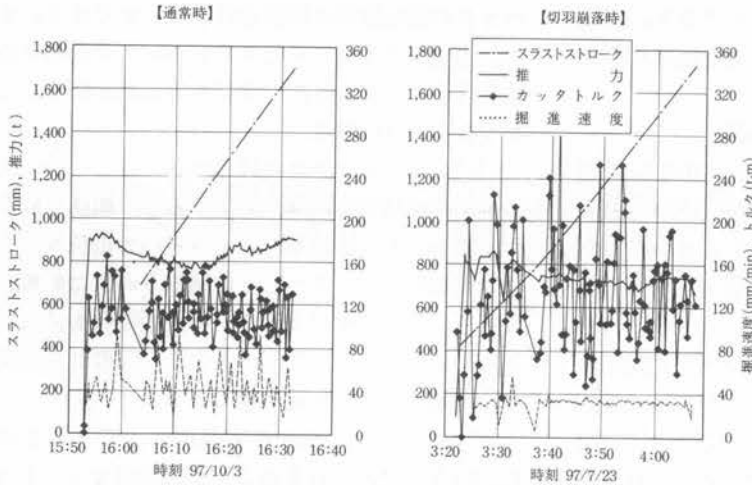


図-5 ストロークデータ

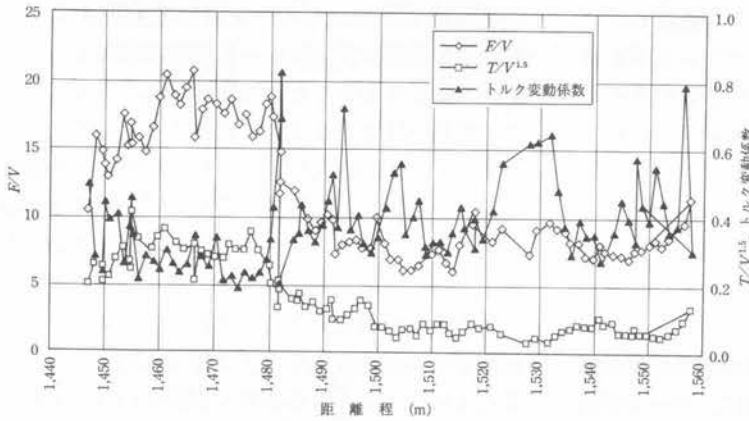


図-6 トレンドグラフ

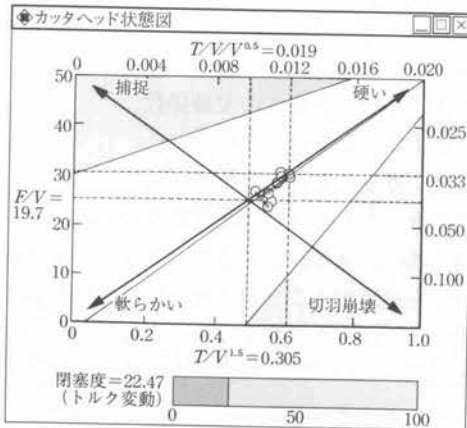


図-7 パソコン表示例

にかけて得られた推力/純掘進速度 ( $F/V$ ) およびトルク/(純掘進速度)<sup>1.5</sup> ( $T/V^{1.5}$ ) の強度パラメータと、カッタトルクの変動係数の推移を示している。この区間の地山は距離程 1,480 m 付近を境に比較的強度の高い良好な地山から蛇紋岩礫を介在する強度の低い地山へと変化した区間であるが、図から読取れるように推力/純掘進速度 ( $F/V$ ) およびトルク/(純掘進速度)<sup>1.5</sup> ( $T/V^{1.5}$ ) の強度パラメータが低くなるとともにトルクの変動係数が大きくなっており、機械データが実際の地山状況を良く表していることを示している。

これらの情報をビジュアル的に捉えるため、本施工中には図-6、図-7 に示すような画面をパソコンを用いてリアルタイムに表示して地山状況を把握するとともに、オペレータは地山に適した掘進速度、推力、カッタヘッドの回転数等の調整を行うことができたようにした。

また、適切なタイミングでカッタヘッドや切羽の点検を行うことにより、トラブルを未然に防ぐことができるようになった。

## (2) 支保工

一般に NATM では発破等で露出した地山に対して、迅速に吹付け等の手当てを施すことが可能である。また、たとえ掘削直後の切羽で少々肌落ちが生じて周辺に与える影響は小さい。しかし、TBM の場合には、マシンのタイプが機長の短いオープンタイプのものであったとしても、数 m 後方でしか地山の手当てを行えず、このため切羽の進行にともなう緩みや亀裂の進行によって生じる崩落岩塊が、マシン本体の上に乗ってしまうことが多い。このような岩塊がマシンの後方に到

かにカッタトルクに大きくなればつきが見られ、切羽が不安定になっている状況を示している。

図-6 は、やはり掘削距離程 1,450~1,550 m

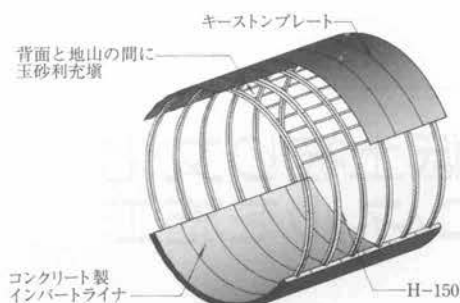


図-8 キーストンプレートによる支保工

達した時には、これを取除くか、支保工で受止めるかのいずれかしか方法は無く、掘削径、マシンタイプによってその対処方法は異なってくる。

先にも述べたように大断面のTBMでは、上半からの崩落や落石、肌落ちがたとえ僅かであったとしてもその落差が大きいと、付近の機械設備や既設の支保工に与える影響も大きいばかりでなく、これらは重大災害にも直結しかねない。したがってこれを受止めることが可能な支保工を考えるのが海外の大断面のTBMの支保では主流であるが、このような支保工は、セグメントに代表されるように吹付けに比べて高価であり採用を難しくしている。当初、地山の自立を前提に吹付けとリング支保工を主体とした支保工を想定していた滝里導水路トンネルでも、予想していたより地山の亀裂が発達していたためこのような問題に直面し、様々な支保の検討、試行錯誤がなされ最終的には図-8に示すようなキーストンプレートによる屋根を持った支保工を主に採用した。

## 6. おわりに

TBM工法採用の最大のメリットは急速施工および安全性を含めた施工環境の改善にある。

運転の自動化はこうした流れの延長線上にあり、その技術を有効に発揮させるためには、事前

に地山の状況を定量的に把握し、これを掘進中に検証することによって、最適なTBMの掘進管理条件を見出すことが必要である。

ここに紹介した機械データの評価方法は基本的なものであり、日本の複雑な地質を的確に把握するにはさらなる研究が不可欠であるが、一つの方向性を示したものと考える。また、TBMのトラブルを少なくし、円滑な施工を実現するためには、TBM工法に対する最適な支保方法の確立、地山の安定化方法の確立が必要である（大断面TBMでは、トラップした時、機外に出て処置するには、相当の覚悟が必要となる）。

本報文が安全かつ円滑なTBM工法の確立に向けて、参考となれば幸いである。

### 【参考文献】

- 1) 西田 進, 阿保秀樹: 大口径TBMによる導水路トンネルの施工, 建設機械, No.394, Vol.33, No.12, pp.33~44, 1997.12
- 2) 福井勝則, 大久保誠介: TBMの切削抵抗を利用した岩盤物性の把握, トンネルと地下, Vol.28, No.2, pp.35~43, 1997.2
- 3) 青木智幸, 白井和夫, 島屋 進, 内田正孝, 谷 卓也: 崩壊性地山におけるTBM掘進の推力・トルク変化と地山特性, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集, 第3部(B), pp.98~99, 1997.9

### 【筆者紹介】

内田 正孝 (うちだ まさたか)  
大成建設(株)  
安全・機材本部機械部機械技術室課長



西田 進 (にしだ すずむ)  
大成・熊谷・三井・伊藤・北電興業共同企業体  
滝里発電所新設工事作業所次長





## 山岳トンネル特集

# パイプルーフ工で低土被り文化財直下のめがねトンネルを施工

## —前田トンネル工事—

松田 安次郎・田中 清隆

沖縄県浦添市南第一土地区画整理事業の幹線道路となる前田トンネルは、延長92mのめがね型トンネルである。トンネル位置は、緑に包まれた静かな住宅地の中にありJICA沖縄国際センターや老人ホームに隣接している。また、坑口部には、琉球王朝の国劇であり国の重要無形文化財に指定されている組踊りの始祖、玉城朝薫<sup>タマグスクチョウウン</sup>の墓があり、その直下を墓への影響を最小限にして掘削することが求められた。さらに、この地域は第二次世界大戦時の激戦地であり、防空壕や不発弾、残留弾薬等が地中に埋没している可能性があり、それらの対策が安全上不可欠であった。本報文では、当工事の中で行った、文化財保護を目的としたパイプルーフ工についてと、安全に機械掘削ができるよう行った不発弾探査、防空壕探査、それとトンネルの導坑部の掘削について報告する。

キーワード：めがねトンネル、パイプルーフ、文化財保護、不発弾探査

### 1. はじめに

前田トンネル工事は、沖縄県浦添市南第一土地区画整理事業の幹線道路に位置する延長92mのめがね型トンネルである。浦添市は、那覇市中心部より北に10km、琉球王朝時代の中心首里城から北東へ3kmに位置する人口10万人の市であり、古い歴史と緑の町、国際性豊かな文化都市をめざして市内の整備事業が進められている（図-1参照）。

前田トンネルは、その中の浦添南第一土地区画整理事業における地区幹線道路の国際センター線にあり、三大ビジョン「ウラオソイロード」の「海外交流の歴史と格調高い王朝文化を再現する空間」と位置づけられている道路トンネルである。

前田トンネル坑口部のトンネル直上には、琉球王朝の国劇と言われ重要無形文化財に指定されている沖縄独特の歌舞劇「組踊」の始祖、玉城朝薫<sup>タマグスクチョウウン</sup>の墓がある。また、トンネルの周辺は緑に包まれた住宅地であり、国際協力事業団沖縄国際



図-1 位置図

センターや特別養護老人ホーム「ありあけの里」が隣接している。さらに、当地は第二次世界大戦の激戦地となっており、周囲に崩れかけたり埋まったりした防空壕跡があり、中には残留弾薬が残っている可能性があった（図-2参照）。

そのため、工事の安全と文化財の保護を目的に行った項目について報告する。



図-2 平面図

## 2. 概要

### (1) 工事概要

- ① 工事名：前田トンネル工事
- ② 発注者：沖縄県浦添市
- ③ 工事場所：沖縄県浦添市前田地区
- ④ 施工業者：(株)熊谷組・(株)沖永開発・オパス(株)共同企業体
- ⑤ 工期：平成7年9月～平成11年9月(48カ月)
- ⑥ 工事内容：NATM めがねトンネル  
掘削工法(方式)：中央・側壁導坑先進上部半断面工法(機械掘削)

延長 本坑 92 m×2・側壁導坑 92 m×2  
 中央導坑 92 m×1  
 内空断面積 81.95 m<sup>2</sup>×2  
 (仕上がり時)

パイプルーフ工：23 m×28本×2

### (2) 地質概要

当地域は、標高120 mほどの頂上をいただく開発から残された丘陵部であり、北側には住宅地やJICA 沖縄国際センターがある。東側は斜面を利用した墓地であり西側に特別養護老人ホーム「ありあけの里」がある。

地層は、主に「ニービ」と呼ばれる風化された島尻層砂岩と「クチャ」と呼ばれる島尻層泥岩の互層からなり、起点側坑口より約65 m間は天端付近に砂岩が主で泥岩薄層を挟在する島尻層強化砂岩、それ以降終点側坑口までは砂岩が主で泥岩薄層を挟在する島尻層風化砂岩よりなる。また島尻層砂岩の中には「ニービの骨」と呼ばれる、砂岩がコンクリテンション化した非常に硬い転石状の硬岩が介在しており中には1 mを超える物もある。

地下水は、トンネル上部からトンネル天端付近の高さにあり、土被りは最大で15 mである。N値は地下水位以下では50以上であるが、トンネル天端付近より上部では風化の影響から、N値が14から50であり、大部分がN値30以下である(図-4参照)。

### (3) 前田トンネル工事施工順序

- ① 磁気探査工(防空壕探査)
- ② 起点側明かり掘削・防空壕充填工
- ③ 起点側押さえ盛土工(発泡モルタル)

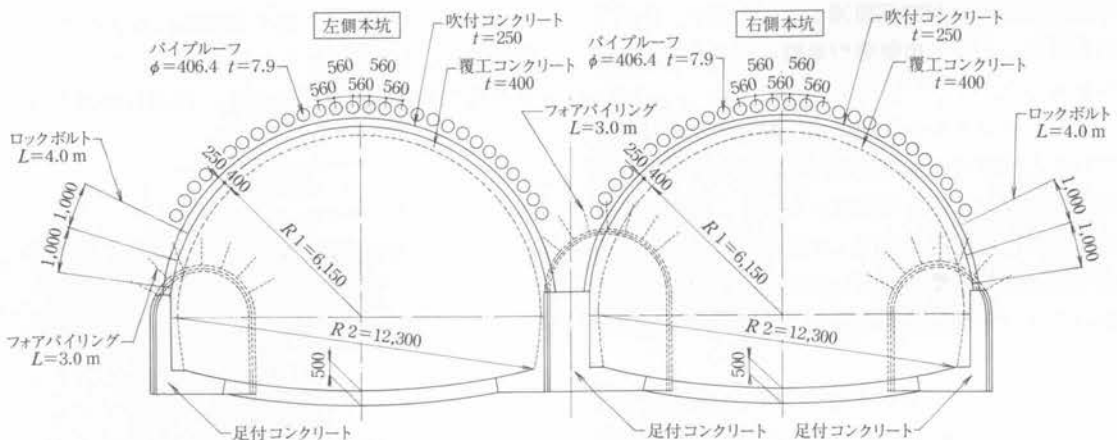


図-3 標準断面図(パイプルーフ区間)

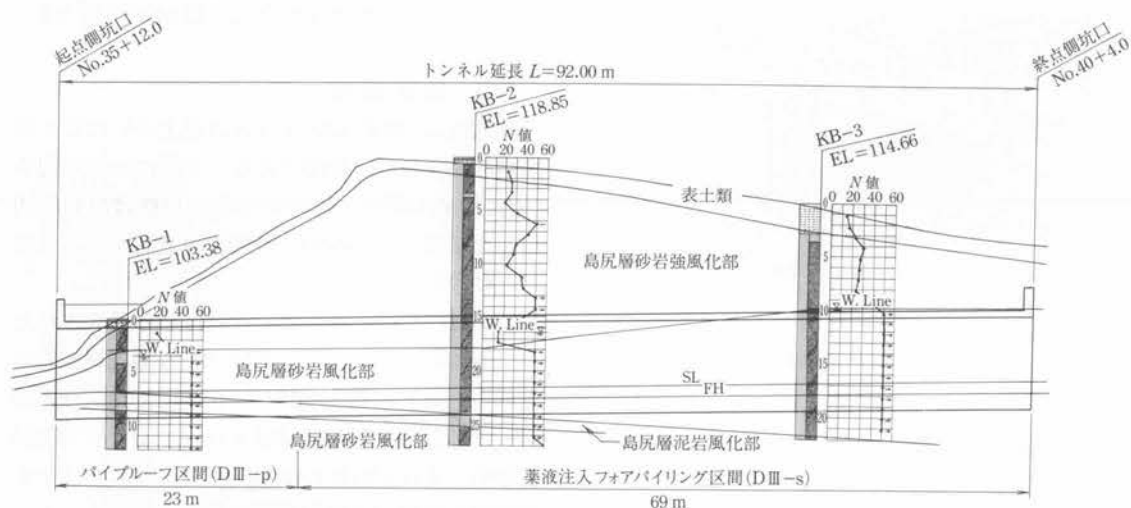


図-4 地質縦断面図

- ④ パイプルーフ工
- ⑤ 終点側掘削工
- ⑥ 側壁導坑・中央導坑掘削
- ⑦ 足付けコンクリート工
- ⑧ 本坑掘削
- ⑨ インバート工
- ⑩ 二次覆工
- ⑪ 排水工

### 3. 不発弾探査・防空壕探査について

#### (1) 目的

先にも述べたように当地は第二次世界大戦での激戦地で、旧日本軍と連合軍の間で激しい攻撃戦が行われており、その際に使用された爆弾・砲弾等が何らかの原因で不発弾となった物や、旧日本軍が放棄した未使用弾薬が多量に残されている恐れがあった。

また、トンネルの周囲には、旧日本軍の使用していたと推察される防空壕口が散在しており、不発弾の埋没している可能性があった。実際、トンネルの掘削に先立って行った発泡モルタルによる防空壕埋戻しの際、埋戻し前に行った壕内のごみ類の片付けや磁気探査の結果、手榴弾、小銃弾が見つかった。

また、この防空壕跡も途中より先は土砂で埋まっており中の構造がはっきりとしていない状態であった。このため、防空壕がトンネル断面内ま

でのびていて、トンネル掘削やパイプルーフ掘削において不明の防空壕に遭遇し、万が一不発弾や残留弾薬が爆発すると大惨事に繋がる恐れがあった。

さらに、玉城朝薫墓についても、正面入口の上部に砲弾を受けて、屋根と正面の石積みが破壊されており、砲撃のすごさを物語っている。

このため、トンネル掘削に先がけて、不発弾・防空壕の探査を行った。

#### (2) 不発弾探査(磁気探査)

不発弾の探査は、掘削に先がけて水平探査と鉛直探査を行った。水平探査は、センサの感度が地表より1mの深度のため、地表より1m以下は掘削1mごとに行った。

また、パイプルーフ部や基礎杭打設箇所には、鉛直探査として、ボーリング1m穿孔ごとにセンサを孔に入れて探査を行った。探査は地表より3

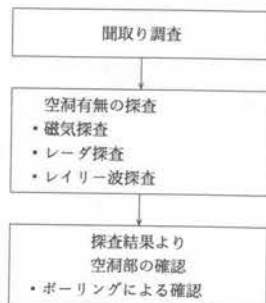


図-5 防空壕調査フロー図

mの深度で行った。この3mという数値は、250kg級の爆弾が地表に潜る深さをボーリング調査資料を基に計算して求めている。

この探査の結果、数個の不発砲弾や弾薬の破片が発見された。

### (3) 防空壕調査

#### (a) 聞き取り調査

防空壕が使用されたのは、およそ50年前のことである。そのため、地元でも防空壕について知っているのは高齢者であるため、地元の自治会の協力を求め、聞き取り調査を行った。調査に当たっては、現在の地形が開発等により、当時の地形とはかけ離れているため、米軍が使用していた当時の地図や航空写真などを入手し、現在の地図と照合しながら2カ月に渡り20名の聞き取り調査を行った。

調査の結果、「壕内には残留弾薬があり、トラック(4t車程度)が入っていた壕があった」などの情報が多数の人から得られ、また防空壕の位置も、起点側坑口付近、終点側坑口部分にあったのではないかとの情報を得ることが出来た。しかし、正確な位置は特定できなかった。

#### (b) 地中レーダ探査

地中レーダ探査は地表面においたアンテナから地中に向けて高い周波数の狭いパルスの電波を放射し、地下空洞や異なる地層の断層面等、伝送速度の異なる物体に遭遇し反射した電波をアンテナで受信し、信号の処理を行い地中の断面映像を表示する探査法である。

調査は、センサの形状から山の斜面全体を探査するのは不可能であることから、坑口掘削に並行して実施した。その結果、地層の異なる箇所は発見できたが、防空壕は発見できなかった。

#### (c) ボーリングによる調査

トンネル計測工において地中沈下計設置等にボーリングを行うため、これと併せて空洞調査を行った。これはもしボーリング箇所がボーリングに遭遇すれば、採取したコアに人工的に掘削された跡が確認できると考えたからである。また、削孔水の逸水にも注意した。

この結果、地中沈下計2箇所において逸水が確認されたが、コアにははっきりとした跡がなく、

その周辺で追加して調査ボーリングを行ったが逸水することもなく、防空壕は確認できなかった。

#### (d) レイリー波探査

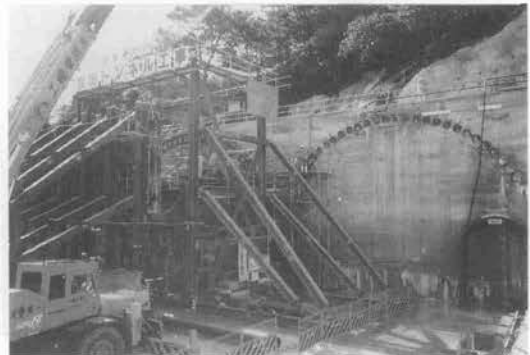
レイリー波探査とは、起振機により地盤に上下振動を与えると、実体波以外にレイリー波の性質を有する波が地盤を励起する事を利用した探査方法である。これは、起振機と複数の検出器を直線的に配置し、起振機にて段階的に周波数を変えた振動を地盤に与え、各周波数ごとに検出器1から検出器2間を通過する波の伝搬時間を測定することによりレイリー波の伝搬領域および速度を算出し地盤状況を知ろうとするものである。

この調査は、約10年ほど前にトンネルから約10m右側の位置をボーリング調査した際に発見された空洞部を手がかりにその周辺で行った。

調査の結果、空洞の存在が想定されるデータがあったので、ボーリング調査による確認を行った。しかし、防空壕と思われる空洞を発見することはできなかった。

## 4. 玉城朝薫墓の内部調査および補強

トンネルの施工に先立ち、玉城朝薫墓の現状確認と内部の補強をするため、浦添市文化課の立ち会いのもと墓の御開帳を行い、内部の状況、土砂の流入や木の根の進入などを確認した。墓は重要無形文化財であり、内部の埋葬品を動かさないため、内部の補強として、厨子がめの転倒防止や上部からの落下物の防止として矢板とパイプサポートによる支柱材の補強等を行った。



写真—1 パイプサポート施工状況

## 5. パイプルーフ工法

### (1) 施工目的

玉城朝薫墓の沈下防止を目的として、トンネル掘削に先がけパイプルーフ工の施工を実施した。延長は、起点側坑口より23 m、範囲は上半約120度とし、片側トンネルあたり28本施工した。施工数量および仕様を以下に示す。

- ① 鋼管 一般構造用炭素鋼管  
(STK-400,  $\phi 406.4$ ,  $t=7.9$ )
- ② 鋼管継手方法 電気溶接継ぎ  
(片側45度開先)
- ③ 1本当たり鋼管長  $L=23$  m  
Aタイプ: 3.0 m $\times$ 7本+2.0 m $\times$ 1本  
Bタイプ: 5.0 m $\times$ 1本+3.0 m $\times$ 6本
- ④ 鋼管本数 28本 $\times$ 2断面=56本
- ⑤ 鋼管延長  $L=23$  m $\times$ 56本=1,288.0 m
- ⑥ 鋼管中詰材 モルタル 162 m<sup>3</sup>  
 $\delta_{28}=30$  kg/cm<sup>2</sup> (2.94 N/mm<sup>2</sup>)
- ⑦ 施工機械 TH-150 F

### (2) 反力壁

パイプルーフ工はトンネル坑口部の安定と玉城朝薫墓の保護のために重要な補助工法であり、確実に施工することが求められた。しかし、坑口部の法面掘削時に「ニービの骨」と呼ばれる硬い転石が出現しパイプルーフの施工の障害になることが予測された。また、反力壁の支持杭部で地質調査

ボーリングを行ったところ、深度3 mまではN値が5以下の粘性土で軟弱な地盤であることが判明した。当初の設計では、支持層の地質は強風化砂岩(N値35)、推進機の推進力は44 t (431 kN)と設定されていた。

このため、条件の見直しを行い、硬い転石部に過大な加重がかかることを想定して、推進機の施工能力をもとに、想定推進力を44 t (431 kN)から100 t (980 kN)とし、また反力壁の支持杭についても現状にあった値で計画し直した。

### (3) 機械架台

機械架台は移動式とし、4本の柱に、10 tのチェーンブロック4台を取付け、吊下げる方式をとった。

また、挿入口にはH鋼を加工したガイド材を取付け、鋼管の位置決めを正確に行った。

鋼管の挿入は、トンネルの円周に沿って一本ずつ水平方向と高さを変えて施工するため、左右のトンネルを大きく4ブロックに分け、架台をそれぞれ4回移動して行った。

### (4) ニービの骨(硬岩)対策

パイプルーフの施工はおおむね良好に施工できたが、一部の箇所当初懸念されていたニービの骨に当たり推進不能になった。そのため右側で2箇所、左側で4箇所のパイプルーフ欠損箇所が発生した(図-7参照)。その対策として、ウレタン注入式フォアパイリングで欠損部の補強をするこ

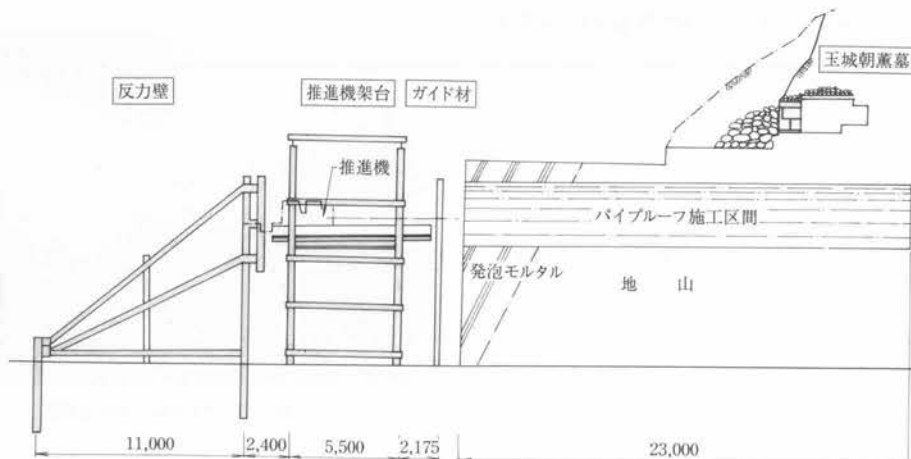


図-6 パイプルーフ施工断面図





械の効率を考慮し、1台の機械で側壁・中央の両導坑を掘削することとした。このため、両断面に対応出来るようブーム部のリーチアップを図った。

その他、地層の中に介在する転石対策として、小型のブレーカ、ずり出しの補助としてホイールローダを使用した。

## 7. おわりに

今回の施工では貴重な文化財に対する影響を与えないよう、また安心して施工できるよう防空壕や不発弾の位置を把握するため、事前の対応を施した。また、地下水位が高く、土被りの薄い砂地山で、機械と作業員と狭隘中での作業となる、トンネル導坑掘削を安全に施工出来た。

この中で、施工時に考えられるあらゆる状況を想定し、先手に対応策を施せる状態で施工出来たことは、工事を安全かつ円滑に進めるうえで重要

かつ有効なポイントであるとともに、今後のトンネル工事に限らず、すべての工事を進めるうえで施工範囲内外の情報収集の大切さ、施工方法についての細部の検討の大切さをあらためて感じている次第である。

### 【筆者紹介】



松田安次郎（まつだ やすじろう）  
浦添市浦添南第一土地区画整理事務所  
所長



田中 清隆（たなか きよたか）  
（株）熊谷組・（株）沖永開発・オパス  
（株）建設工事共同企業体  
所長

環境庁大気保全局特殊公害課監修

## 建設作業振動対策マニュアル

（社）日本建設機械化協会編

本書は、振動規制法による特殊建設作業を行うための、届出方法から苦情の対応、建設工事により発生する振動の測定及び予測、及びその防止方法の詳細を写真、データ、図を使って解説をしている。

建設工事に関係する発注者、受注者及びコンサルタント各位の無二の参考書であると信ずる。

B5版 370頁 定価6,000円(消費税込)：送料520円

## 社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289

# 不良地質・低土被りのなか JR東北本線直下を掘削

石渡 徳久・石沢 文成・奥津 一俊

東北新幹線のうち岩手県滝沢村に位置する滝沢トンネルは、JR東北本線や住宅地直下を低土被りで通過する都市型部、発破掘削を必要とする山岳部の両面性を有している。JR東北本線直下部は、トンネル掘削に伴う地表面沈下や切羽自立性欠如などが考えられ、対策工が必要である。対策工は、イタリアで開発・実用化され施工困難な玉石混じりの砂礫層でも長尺先受が可能なトレヴィチューブ工法を採用した。

本報文は、トレヴィチューブ工法採用に至った経緯、その効果を定量的に評価し、とりまとめ報告するものである。

キーワード：逆解析、トレヴィチューブ工法、長尺先受工法、自動計測、不良地質、低土被り

## 1. 概要

東北新幹線（盛岡・八戸間）工事は、トンネル（73%）、高架橋（11%）および土工（13%）等で構成され、新設3駅、9市町村を通過する工事延長94.5kmのフル規格路線である。東北新幹線のうち岩手県滝沢村に位置する滝沢トンネルは、岩手県一の高さを誇る岩手山の東側麓に位置し、施工延長2,446m、掘削断面積81m<sup>2</sup>の鉄道トンネルである（図-1参照）。

滝沢トンネルは、

- ① JR東北本線、住宅地および県道等の直下を低土被りで通過する都市型部、
  - ② 発破掘削を必要とする山岳部、
- 等の両面性を有している。

また、滝沢トンネルを取巻く周辺環境は、住宅地内に仮設備ヤード、斜路トンネル（本坑施工のためのアクセストンネル）および本坑（野沢地区、菓子地区）等が位置しているため、地元住民に配慮した環境対策を必要とする。

地質は、

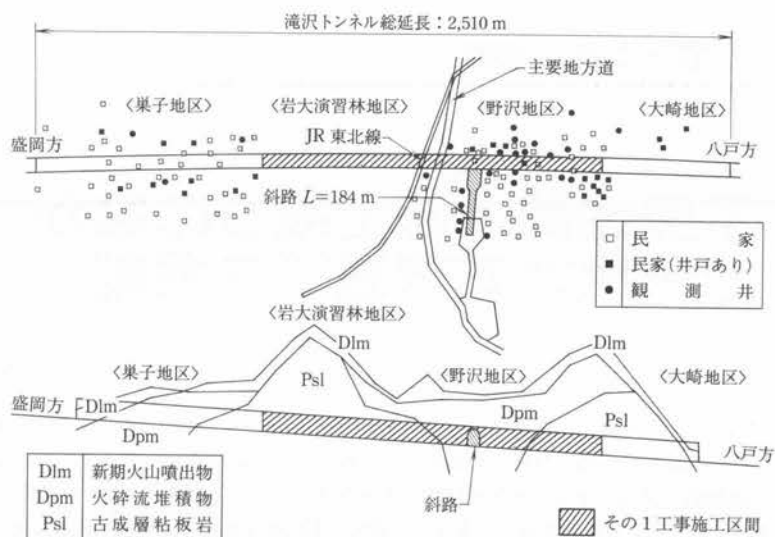
- ① 古生代二畳紀の粘板岩（岩手大学演習林地

区、大崎地区）、

- ② 新生代更新世に岩手山の火山活動で形成さ



図-1 滝沢トンネル位置図



図—2 滝沢トンネル平面図・地質縦断面図

れた火砕流や泥流の堆積物（果地区、野沢地区）、等の2地層が主体である（図—2参照）。

粘板岩は、弾性波速度2.0~2.5 km/sec、地山強度比10前後の物性値が示すように、顕著に発達した節理に土砂が介在した風化度の高い性状を有している。

また、火砕流や泥流の堆積物は、変形係数2,000~8,000 tf/m<sup>2</sup>、細粒分含有量7~48%、均等係数5~210、恒常湧水量86~262 l/min、透水係数 $4.0 \times 10^{-2}$  cm/secが示すように、流砂現象や大きな地表面沈下などが懸念される性状を一部の範囲で有している。

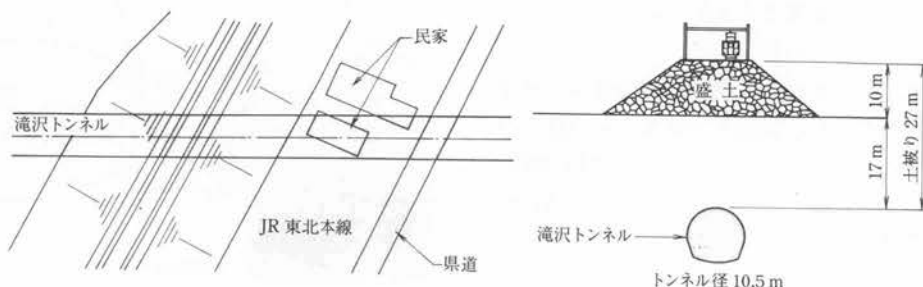
本報文は、滝沢トンネルにおけるJR東北本線直下の施工について、斜路トンネルの施工実績を有効活用した逆解析、対策工の選定、計測方法および施工結果等を取りまとめ報告する。

## 2. JR東北本線直下部における対策工の必要性

JR東北本線直下部（以下、直下部と称する）は、図—3に示すように低土被り（ $H=17$  m）である。

直下部の対象地質は、火山灰質砂を主とした泥流堆積物（変形係数3,300 tf/m<sup>2</sup>程度、細粒分含有量10%）であり、地表面沈下や切羽自立性に対する検討を必要とする。さらに、約10 mの高盛土で構築されているJR東北本線は、盛土法面の一部が過去に崩壊している箇所も見受けられ、トンネル掘削時の影響が懸念される。

以上の諸条件から、交差部の施工に当たり安全性に配慮した十分な事前検討が必要と判断し、その判断材料として概略的に二次元線形解析



図—3 JR東北本線直下部平面・断面図

表一 概略解析結果と管理値の対比

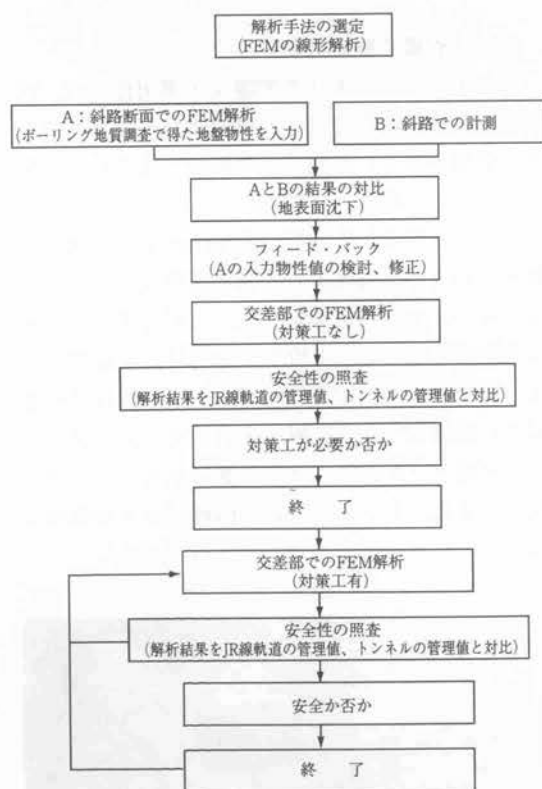
項目	解析結果	管理値	判定
軌道部沈下量	30 mm	8 mm	×
本坑天端沈下量	55 mm	17 mm	×

管理値は、JR 東北本線運行の安全性を考慮して定めた。

(FEM 解析) を実施した。その結果、表一に示すように、管理値を上回る沈下量が算出され、直下部では何らかの対策が必要と判断された。

### 3. 対 策

概略の解析結果を踏まえ、直下部では、詳細な事前検討が必要となった。そのため、今回の検討では、より安全性や施工性に適合した対策工法を検討するため、図一4 に示したフローに準拠した解析手法を採用した。



図一4 検討フロー

#### (1) 解析手法の決定

今回は、重要構造物 (JR 東北本線直下) の安全性を考慮した検討であるため、精度の高い解析結

果を必要とする。

そのため、当解析では、検討区間と同等な条件を有する既掘削箇所の計測結果を基準に、地質調査結果で判明した地山物性値をパラメトリックスタディーにより修正・算定する方法 (フィードバック手法) を採用する。

#### (2) 地山物性値の算定

直下部と同等な土被りや地山条件を有し、地山補強等の対策を施さなかった斜路掘削において、ボーリング地質調査で判明した地山物性値を入力値とした線形弾性解析を行った。その結果、実測地表面沈下量 (8 mm) に対し、解析地表面沈下量 (11 mm) は、1.375 倍であった。

また、解析において、地表面沈下量に影響を与える因子は、変形係数 (70%)、ポアソン比 (20%)、応力解放率 (10%) 等が解析のケーススタディーで判明している。そのため、変形係数をパラメータとして、解析値 (11 mm) が実測値 (8 mm) と同等になる変形係数を模索すると、ボーリング地質調査で判明した変形係数の 30% 増 (1.3 倍) が妥当な数値であった。

以上より、今回の検討では、表一2 に示す地山物性値を採用することとした。

表一2 入力地山物性値

材 料 名		J R 盛土部分	ローム層	礫混じり砂層	礫混じりシルト層
変形係数 (tf/m <sup>2</sup> )	ボーリング結果	250	250	3,300	4,790
	採用値	325	325	4,290	6,227
ポアソン比		0.42	0.42	0.40	0.40
単位体積重量 (tf/m <sup>3</sup> )		1.6	1.6	1.8	1.8
粘着力 (tf/m <sup>2</sup> )		0	2.4	6.0	15.0
内部摩擦角 (°)		40	0	28	25
材 料 名		鋼製支保工と吹付コンクリートの合成体	インバートコンクリート		
変形係数 (tf/m <sup>2</sup> )		7.34 e <sup>-5</sup>	4.20 e <sup>-5</sup>		
ポアソン比		0.17	0.17		
断面二次モーメント (m <sup>4</sup> )		1.70 e <sup>-3</sup>	7.59 e <sup>-3</sup>		
断面積 (m <sup>2</sup> )		0.25	0.45		

#### (3) 解析結果

地表面沈下量については、JR 直下部に適用されている管理値 (8 mm) を上回る 29.5 mm が算定された (図一5 参照)。

トンネル周辺地山に発生する主応力値は、斜路

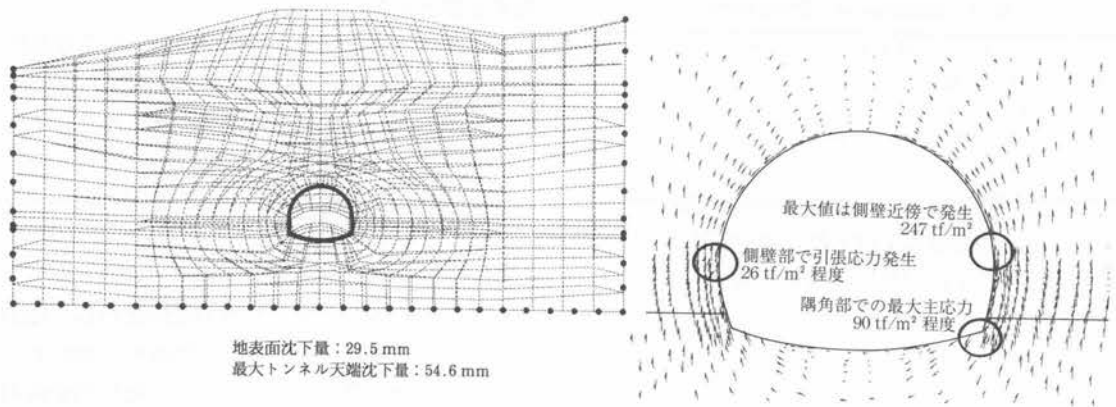


図-5 変形図、主応力図

掘削時に簡易コンペネトロメータで測定した地山強度（30～100  $\text{tf}/\text{m}^2$ ）を大きく上回る 247  $\text{tf}/\text{m}^2$  が算定された。

以上の解析結果より、直下部では、トンネル周辺地山の変形量の抑制、圧縮破壊を防止するための地山補強等の対策が必要である。さらに、斜路掘削時の計測結果より、切羽前方 0.5D 地点迄先行緩みが発生しているため、切羽前方地山の補強が行える先受工法等の採用が必要と判断された。

#### (4) 対策工法の選定

対策工法の選定は、切羽前方地山の緩みを抑制できる工法、所定の地表面沈下量以下に抑制できる工法、軌道外からの作業で行える工法および地山条件等を諸条件として、数種類の工法による比較検討を実施した。

その結果、今回の対策は、以下に示す要因を考慮し、長尺注入式フォアパイリング（トレヴィチューブ工法）を採用することとした。

- ① 最大地表面沈下量は、対策無（29.5 mm）に比して、対策の実施により 83% 減じた 5.2 mm であり、管理値（8mm）の 65% であった。
- ② 地表面沈下の影響範囲（トンネル横断方向）は、対策無の 25 m（42 度範囲）に比して、対策の実施により 13 m（26 度範囲）で収まった。
- ③ トンネル最大天端沈下量は、対策無（54.6 mm）に比して、対策の実施により 85% 減じた 8.4 mm であり、管理値（17 mm）の 49%

であった。

- ④ 玉石が混入した砂質土に対しても、的確な施工が可能であることが、施工実績より明らかになった。

#### (5) 対策工法の概要

この工法は、イタリアで開発・実用化され、切羽安定、周辺地山の変位抑制およびトンネル安定等に効果が高く、稼動式大型機械による長尺先受工法である（写真-1 参照）。

削孔打設方式は、施工対象地山が玉石を含む砂礫層という地質条件より、回転衝撃式のダウンザホールハンマ方式を採用した。この方式は、ドリル本体を孔底のビット直上に取付け、圧縮空気によってシリンダ内のハンマピストンが往復運動をおこし直接ビットを打撃する方式で、大口径の削孔が可能で、転石層、礫層や硬岩において効率が良い。また、ビットは、偏芯拡径ビットを採用した。



写真-1 トレヴィチューブ工法

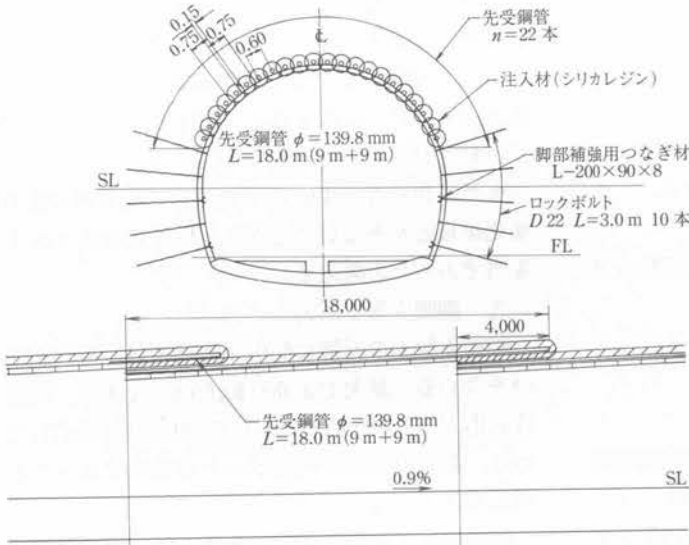


図-6 トレヴィチューブ施工図

注入材は、斜路掘削時の試験施工より、固結度、改良効果の確実性および希釈分散の皆無等の長所がセメント系より優れていた急硬性のシリカレジン（ウレタン系）を採用した。

注入方式は、鋼管内部を中間パッカにより分割し、複数の注入管から順次、または同時多発のステップ注入等が可能な、固定パッカ方式によるステップ注入方式を採用した。この方式は、各分割部分の注入量・注入圧の管理が的確に行え、効果的な限定注入を図るものである。

工法の特徴は、

- ① 鋼管、注入材で強化された造成体がアーチ状のシェル構造を形成するため、信頼性の高い先受効果が期待できること、
- ② 施工方式の組合せが多種多様であるため（玉石混じりにはダウンザホールハンマ方式、粘性土にはトップハンマ方式）、適用地質範囲が広い、
- ③ 二重管削孔により確実に排土（泥）回収が可能であるため、削孔トラブルが少ない、
- ④ 2ブーム専用機により効率施工が可能である、
- ⑤ 1打設長（18 m）を鋼管継ぎ1回で施工できるため、ロスタイムが少ない。
- ⑥ 大規模の付帯設備を必要としない。

等の特徴を有している。

### （6）計測管理方式

直下部の計測管理は、重要な交通幹線である東北本線への安全性検証およびトンネル周辺地山の挙動観測、緊急対策の必要性判定資料、等の目的を有しており、24時間管理体制およびリアルタイムの対応性等が必要不可欠である。

そのため、JR東北本線の安全性検証では、パソコン通信、自動測定システム、JR運転司令室への直接データ送付等のシステムを有した自動計測で軌道変位測定、電柱傾斜測定を行った（図-7参照）。

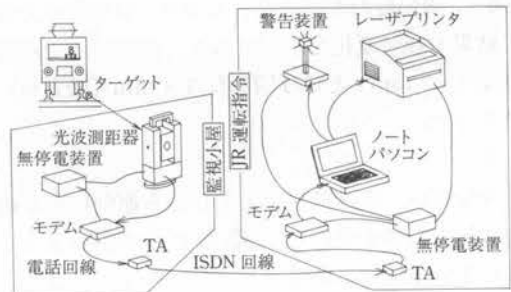


図-7 自動計測システムイメージ図

測定方法は、

- ① 上り線下り線のレールにターゲット（プリズム）を5 m ピッチで設置（電柱傾斜は1本に上下2箇所に設置）、
  - ② 自動追尾式光波測距器により各ターゲットを測定、
  - ③ 測定したデータを3次元の座標で表現し、初期値からの変動をパソコンの画面でビジュアル化、
  - ④ 現地で測定したデータをデジタル信号に変換し、パソコン通信（ISDN回線）を介してJRの運転指令のパソコンに表示、
- 等の手順である。

さらに、JR盛土部および本坑等の安全性確保を検証するため、以下に示す4計測も行った。

#### ① 地表面沈下測定

JR盛土部の安全性を目的とし、法面の<sup>のり</sup>変状を3次元で把握する。



## ② 先受材歪み測定

長尺先受工の挙動メカニズムを解明し、対策の効果確認を把握する。

## ③ 鋼製支保工応力測定

支保部材の健全性を確認するとともに、対策による緩み土圧高低減量を把握する。

## ④ 内空変位, 天端沈下測定

本坑の安全性を検証する直接的資料とする。

## (7) 計測結果

## ① 地表面沈下

地表面沈下は、図-8に示すように切羽到達時点で収束値の61%, 下半掘削時点で99%, インサートコンクリートによる断面閉合時点で100%, 等の経時変化を示しており、収束時点で解析結果の経時変化を示しており、収束時点で解析結果(5.2 mm)とほぼ同等な5.4 mm(最大値)であった。

## ② 先受材歪み

先受材は、切羽前方ほぼ3 mから掘削による応力解放の影響を受けて、図-9に示す梁のように動いている。その結果、トレビチューブは、事前検討において想定したアーチ状の改良体として

の効果だけでなく、トンネル断面方向に梁のように挙動している(パイプルーフ効果)ことを示しており、結果として先行緩み範囲が $0.3D$ (無対策区間 $0.5D$ )になるなど、切羽掘削に伴う影響が低減されていることを示している。

また、切羽前方4 mより先では、先受材の応力変化がほとんどないことから、現行定着長4 mも妥当であったと考える。

## ③ 鋼製支保工応力

鋼製支保工の天端に発生する応力は、軸力相当分を含めると最大で $2,000 \text{ kgf/cm}^2$ であり、短期許容応力( $2,400 \text{ kgf/cm}^2$ )の80%以上発生しており、鋼管の寸法や打設ピッチは妥当であったと考える。

鋼製支保工に発生している応力は、事前検討時に行ったFEM解析結果の発生軸力(70%が鋼製支保工, 30%が吹付コンクリート負担)とほぼ同等であり、二次元的に長尺先受工をアーチ状の改良体としたモデルは、支保部材効果の再現性に関して、実際の地山状態に適合していたことが理解できる。

## ④ 内空変位, 天端沈下

内空変位(水平変位)量は最大で8.5 mm, 天端沈下量は最大で12.3 mmである。ここで示す

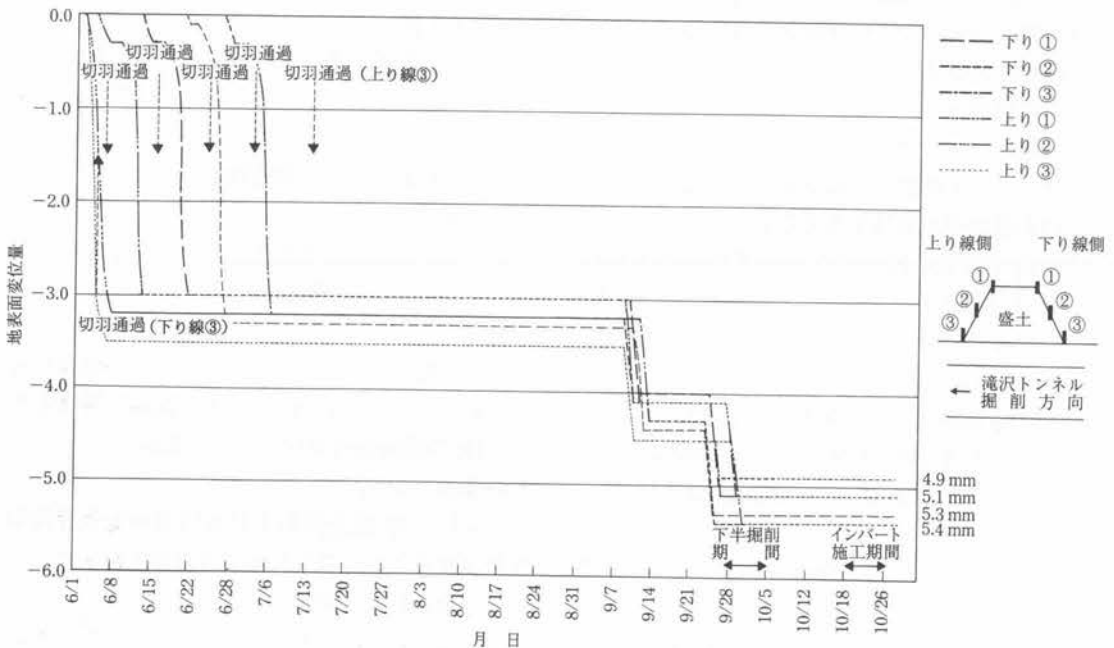


図-8 地表面沈下経時変化図

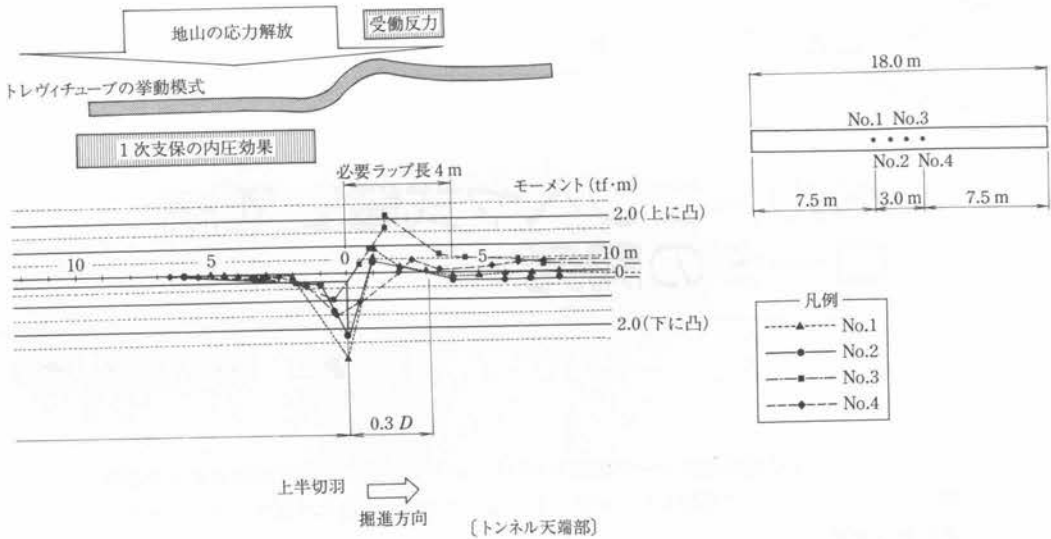


図-9 トレヴィチューブ曲モーメント分布図

計測値は、脚部沈下量が含まれていること、地山の先行変位量が含まれていないこと、等の要因を含んでいるため、解析数値との対比はできない。そこで、斜路掘削の実績による先行変位量（最終変位量の20%）の算定、脚部沈下量分の減（5 mm）、等を行って見ると、8.8 mmの天端沈下量であると想定でき、この数値と解析結果（8.4 mm）を対比するとほぼ同等の結果であることが判明した。

#### 4. 考 察

直下部では、12月末現在、インバートコンクリート打設も完了しており、収束した計測結果より判断すると、

- ① 対策工法採用の妥当性の検証ができたこと、
- ② 計測結果と解析結果がほぼ同等であることから、精度の高い解析手法が確立できたこと、
- ③ 公団として初めて採用した自動計測システムの検証が出来たこと、
- ④ 精度の高い解析手法の確立により、安全性に優れた対策工法が採用できたこと、

等の良好な結果が得られた。

また、滝沢トンネル全体では、住宅密集地や10 m以下の低土被り区間が未施工である。そのため、今回報告した内容をより一層充実し、今後の補助工法の検討、支保の修正設計等に活用していく所存である。

#### 【筆者紹介】

石渡 徳久（いしわた とくひさ）  
日本鉄道建設公団  
盛岡支社盛岡建設所所長



石沢 文成（いしざわ ふみしげ）  
日本鉄道建設公団  
盛岡支社盛岡建設所副所長



奥津 一俊（おくつ かずとし）  
日本国土・浅沼・勝村建設工事共同企業体





# ベルトコンベヤ式電動連続 ローダの開発

島山 好郎・杉野 孝行

ベルトコンベヤ式電動連続ローダ機はNATM（タイヤ方式）発破工法向きのずり積み機で、本体のバケットで集積した「ずり」をベルトコンベヤで後方へ送り、ダンプトラックに積む機械である。

特徴は、

- ①大容量の処理能力を持つローダである、
  - ②従来のチェーンコンベヤ式に替わりゴムベルトコンベヤ式を採用した、
  - ③安全設備としてダンプ接近警報装置等を充実した、
- の3点である。

現在、群馬県内の山岳トンネル（掘削断面78m<sup>3</sup>、施工延長1,820m）を施工中で、1,410m（1998年11月末現在）を掘削完了し、ベルトの切断もなく順調に稼働している。

以下この開発および、施工状況について報告する。

キーワード：ローダタイプ、特殊超耐衝撃ゴム、ゴムベルトコンベヤ、タッチセンサ

様・特徴・安全対策・施工実績について報告する。

## 1. はじめに

近年、山岳トンネルの施工は発破・NATM工法の採用が多く、その施工手順は「穿孔—装薬—発破—ずり処理—支保工（吹付けコンクリートを含む）—ロックボルト」を1サイクルとして進められる。

この中で特にずり処理作業は長時間を要し、急速施工を目指すうえで短縮の効果は大きい。そのため機械の大型化や大量ずり処理をすることになり、排ガス・粉塵等の環境面での改善の必要性も生じてくる。

そこで、施工、安全、作業環境、メンテナンスを考慮した全断面・ミニベンチ対応型のずり積み機の開発に着手した。

平成7年には実証機を、引続き実用機を製作し、群馬県内の山岳トンネルに導入し、現在順調な稼働を続けており、ここに開発の概要・機械仕

## 2. 開発の概要

開発の目的は以下の3点とした。

- ① ずり処理能力が大きいこと
  - ② 硬岩でも処理可能なこと
  - ③ 施工機械として安全なローダであること
- 具体的には

- ① 「大きな能力」のローダとして
  - ・コンベヤゴムの幅・速度を大きくし、搬送力を500m<sup>3</sup>/h程度（ルーズ量）に設定した。
  - ・30Tダンプへ積込める高さとした。
- ② 「硬岩でも対応可能な」ローダとして
  - ・硬岩の発破ずりには、厚さ5～6mmの扁平状の岩片が出現し、チェーンコンベヤの場合スクレーパへかみ込みロック現象を発生させる。機械停止が頻発するのでゴムベルト式コ

ンベヤを採用した。

また、コンベヤ上を開放して、大塊が積込み可能な型とした。

- ・積込み時にはバケットでずりを強制的に寄せ込むため、山積みしベルトを損傷させることを考慮し、ゴムベルトの材質に特殊超耐衝撃ゴムを使用した。

### ③ 「安全な」ローダとして：

- ・本体は、積込み中移動・回転を伴わず側方の安全性は高いが、後方から接近してくるダンプ、作業員との接触が最も懸念される。各種接触防止用警報装置等を装備した。
- ・作業環境改善のため、移動設置までは補助エンジンとし、主作業は電動式とした。



写真-1 全体姿図

## 3. 機械仕様

開発した実用機の仕様を以下に示す。

機械製造者：(株)三井三池製作所

型式：MT-8AB型

- ①機体寸法：高さ（移動時/作業時最高）×全幅（輸送時/作業時）×長さ  
4.200/6.360 m × 3.200/4.380 m × 14.900 m

②機体重量：約 47 t

③バケット容量：幅 1 m × 1.1 m (0.5 m<sup>3</sup>)

④コンベヤ速度：29/35 m/min (50/60 Hz)

運搬量：8 m<sup>3</sup>/min (480 m<sup>3</sup>/h)

幅：1,032 mm (ベルト 1,200 mm)

ベルト仕様：大塊3号(バンドー化学(株)製)

幅×プライ×カバーゴム上厚×同下厚×厚さ×

単位重量：1,200 mm × 3 p × 15.0 mm × 5.0

mm × 24.5 mm × 34.2 kg/m

ベルト強度：720 kgf/m

心体品種：ナイロン特殊織

ベルト特徴：耐候、超耐衝撃、超耐摩耗

### ⑤クローラ

走行速度：作業時（電動）50/60 Hz

1 速…26/31 m/min

2 速…44/54 m/min

移動時（エンジン）

1/2 速 28/44 m/min

接地圧：約 1 kg/cm<sup>2</sup>

登坂角：最大 22°

⑥電源：3φ 400/440 V (50/60 Hz)

⑦油圧用：全閉外扇両軸型二重籠型

電動機 4P, 110 kW, 400/440 V

⑧エンジン：88HP/2,100 r.p.m. (走行時のみ使用)

⑨油圧装置：吐出量 最大 450/540 l/min (50/60 Hz)

油圧ポンプ：タンデムピストン、シングルピストン、ギヤポンプ各1台

⑩給電：複合ケーブル 3 PNCT-HT

ケーブル {(100 sq × 3 c) + (8 sq × 3 c)}  
100 m

## 4. 開発機の特徴

### (1) 構造

ずり積み機は主として、クローラ部、本体部、運転室、コンベヤ部、油圧・原動機部及びバケット部から成り立っている。

バケット部はバケット、アーム、ブームで構成され、このバケットにて発破後のずりを掻き集めて機体中央のコンベヤにより機体後方へ送り連続的にダンプへ積込む。

従来のコンベヤはチェーンコンベヤがほとんど

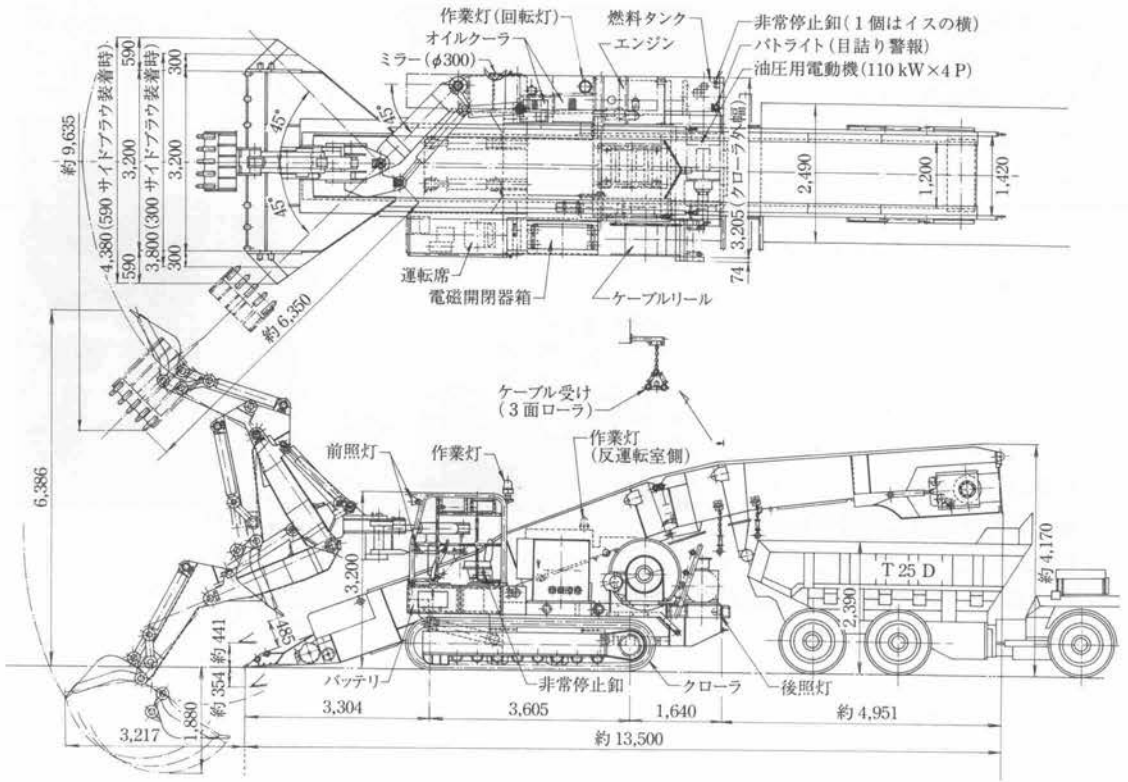


図-1 全体平面図・側面図

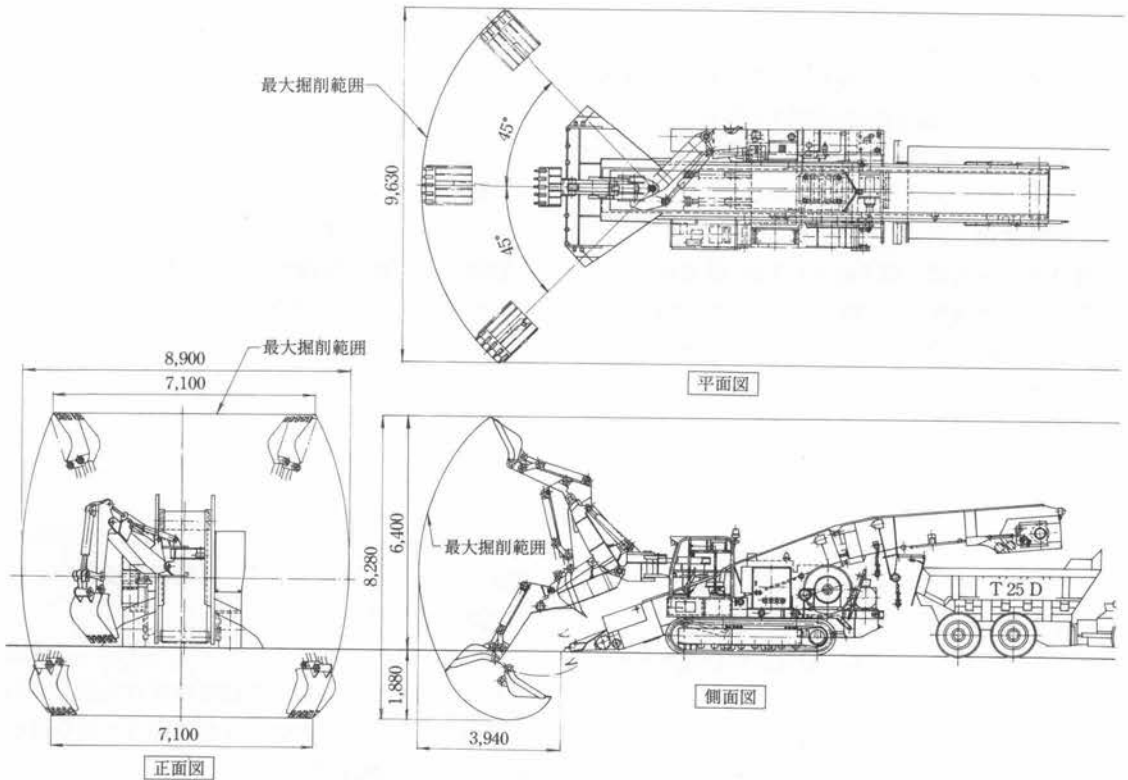


図-2 作業範囲平面図・側面図・正面図

であったが、ここでは特に開発したゴムベルトを採用している。

これにより、ランニングコストの低減と故障損失時間の削減を図ることができた。

## (2) 能力

- ① ショベルの掻き寄せ能力の実績は、約 350 m<sup>3</sup>/h である。
- ② ベルトコンベヤの能力は（内幅）1.032 m、（ずり平均高さ）0.221 m、（ベルトコンベヤ速度）210 m/h（35 m/min×60）の積により、480 m<sup>3</sup>/h となる。
- ③ 大塊処理能力は、コンベヤ内幅 1.032 m、高さは、旋回フレームをコンベヤ上から逃がしてやれば、全てオープンとなるので理屈上は 1.03 m×無限大のものが運搬できることになるが、座り等から 0.8 m×0.8 m 程度の岩塊は搬送可能である。
- ④ 積込みダンプについては、現在 25 t ダンプを使用しているが、十分 30 t ダンプへも積込み可能である。

## (3) 安全面の配慮

- ① 機体後方のダンプトラック、作業員の状況が見えるように本体後方にテレビカメラを設け、運転席のモニタにより安全を確認できるようにした。
- ② 運転席の操作レバーには、オペレータが運転席を離れる際にレバーに触れ誤操作する事故を防ぐために運転席横にインタロックレバーを設けて防止を図った。
- ③ ダンプトラックが後方に異常接近した場合、ダンプ運転手と積込み機のオペレータ両者に警報で知らせるため、超音波接近センサとリミットスイッチを用いた暖簾型タッチセンサを設けた。又、ずり積み機側のオペレータからも後方へ合図できるよう警報ベルも装備した。

## (4) 環境面への配慮

- ① 主作業は電動式で排ガスが少なく、坑内環境の改善を図った。
- ② 定位置での積込みと電動機の採用で騒音が

抑制できた。

- ③ ずりをチェーンコンベヤで引きずりながら運搬する構造とベルトで運ぶ構造とでは、ずりと鋼との摩擦がないぶん摩耗が少なく、騒音やエネルギーのロスも低減することができ消耗部品の削減につながった。
- ④ 走行用レバーを操作すると、大音量の警報が鳴り周囲に走行を知らせる警報器を装備した。安全装置を図-3 に示す。

## (5) 操作・メンテナンスのしやすさ

- ① ずり積み機のオペレータは後続のダンプ等の動きをモニタで確認することができ、過積みや事故防止を図った。
- ② 走行はエンジン、電動切替とし電源のない場所でも移動をできるようにした。
- ③ チェーンコンベヤと比較し摩耗とメンテナンス時間が低減でき稼働率を上げると同時に修繕費の節約になった。
- ④ 各部グリースの給脂方式を集中化し、短時間で容易となり作業性が向上した。

## 5. 施工実績

### (1) 工事の概要

- ①掘削断面積：上半 56 m<sup>2</sup>，下半 22 m<sup>2</sup>
- ②掘削総延長：1,820 m
- ③掘削数量：130,000 m<sup>3</sup>
- ④掘削工期：平成9年11月～平成11年11月の25ヵ月
- ⑤工法：発破，タイヤ，NATM  
上半先進工法（一部全断面有り）
- ④掘削工期：平成9年11月～平成11年11月の25ヵ月
- ⑤工法：発破，タイヤ，NATM  
上半先進工法（一部全断面有り）
- ⑥岩質：秩父帯南帯（三宝山帯）中古生層で泥岩を主体とした基質に砂岩，チャート，緑色岩類，石灰岩の礫・岩塊を混入する混在岩からなっている。湧水は少なく



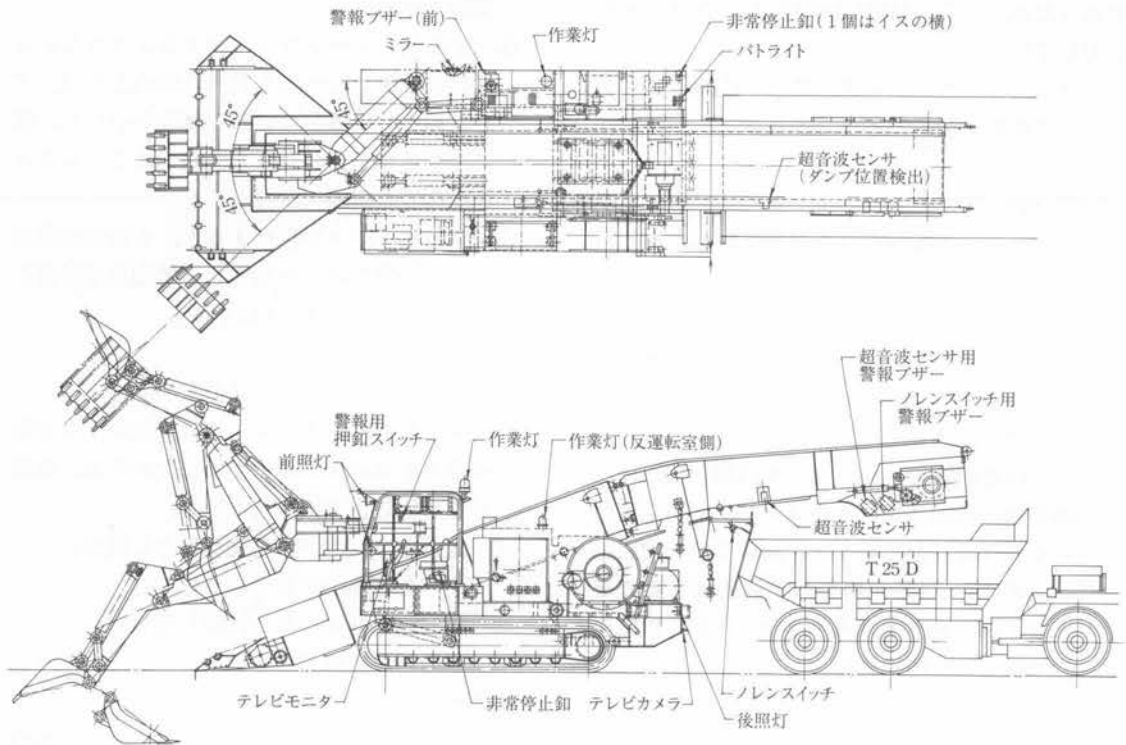


図-3 安全装置

約 50 l/min である。土被りは 100~500 m 程度である。

## (2) 施工実績

### (a) ずり処理のサイクルタイム

ずり積み機 MT-8 AB 型による、25 t 積みダンプへの積み込み時間は 1 分 40 秒前後と早い。ベルトコンベヤの勾配は最大 21 度に達する時もあったが、支障無く作業ができた。

坑口より 1,300 m 地点におけるずり搬出のサイクルタイムを表-1 に示す。ずり処理量はダンプ 1 台当たり 13.5 m<sup>3</sup> として、ベルトコンベヤ能力、ショベルの掻き込み能力を逆算した。補助機として、サイドダンプローダを 1 台投入し、発破後の飛散したずり、隅部のずりの集積、ずり積み機の進入前やコック時に発生したずりの積み込みに使っている。ここではダンプ 3 台分が補助機械の積み込み量であり、掻寄せ能力の算出には、その点も考慮した。

ずり処理時間は、発破ずりの処理（ロックローダ使用）に 50 分、コックを含む最終ずり処理に

表-1 サイクルタイム表

項目		実測値
作業条件	掘削断面積	55.62 m <sup>2</sup>
	岩質	チャート、砂岩、泥岩混在岩
	進行距離	2.5 m
	移動距離	約 110 m
サイクルタイム他	走行(駐機~電源部)	約 4 分
	電源接続時間	約 1.5 分
	積み込みダンプカーメーカー	三井造船アイムコ(株)
	積み込みダンプ型式	T 25 D 5 台
	積み込み時間	2 分 20 秒
	平均待機時間	30 秒
	掻込み回数	15.7 回/台
補助機メーカー	補助機メーカー	新キャタピラー三菱(株)
	補助機型式	950 F サイドダンプ
計算値	ベルトコンベヤ能力	約 480 m <sup>3</sup> /h
	1 回当たり掻込み量	約 0.86 m <sup>3</sup>
	掻込み能力	約 285 m <sup>3</sup> /h 補助機考慮

30 分の合計 1 時間 20 分を要した。

### (b) ベルトの補修について

ベルトの寿命については、計画当初に心配したが、現在掘削量 76,000 m<sup>3</sup> を越すに至るまで 8 回程度の部分補修だけで取替えには至っていない。

ベルトの交換基準としては原則的に

① 帆布に達する傷で縦方向に 3 m 以上

## ②横方向で200mm以上

とし、小規模の損傷は、補修ゴム、または帆布付き補修剤の埋込み、貼付けで対応する。

現在に至るまで、摩耗はほとんどなく、部分的に筋状の2~3mmの縦傷がある程度である。

## (c) 安全性の確保

最も有効と思われるのは、後方からのダンプ接近について、ダンプの運転手とロックローダのオペレータの両者に警報等で知らせる方法を採用した点である。

また本体は、定位置での作業になりコソク機械と並列に2台ならんでも、安全に作業ができ、かつ、早い時期のコソクが可能となったことも上げられる。

## (d) 環境・操作・メンテナンス面

環境・操作性・メンテナンス面も初期の目的どおりで、良好である。

また、表-2のベルトタイプとチェーンタイプの比較のように、ベルトタイプは騒音が小さい。岩質については、両者長短があり選択の余地があるが、当トンネルは大塊を含み、一部クラッキーな硬岩もあり、ベルトタイプに合っている。

今後の改善点として、

- ①ショベルのバケットのツースでエプロン端部を、搔くことが多く、マイコン制御等で防止することを検討する。
- ②後退する場合に視界が悪く、照明等の設備と本体移動時の無線遠隔操作等の工夫により、安全性と操作性を向上させる。

補助機のサイドダンプローダのずり寄せにより、アーム、ブーム、バケットシリンダが損傷することがある。そのためシリンダカバー装置等の対策を検討する必要がある。

## (e) 修繕費の削減

現時点では、ゴムベルトの取替えもなく補修程度の費用で済んでいる。

従来型のチェーンコンベヤ型と比較するとその関連の修理費は大幅に低減できそうで、チェーン型を使用した場合の20%程度に収まりそうである。参考としてベルトタイプとチェーンタイプの比較表を表-2に示す。

表-2 ベルトタイプとチェーンタイプ比較

	ベルトタイプ	チェーンタイプ
騒音	静かな運搬	すべり摩擦で運搬するため摩擦音が発生する
運搬能力		
①大塊	・積込み時、ベルトを損傷しやすい	・頑丈なので、大塊の運搬に適す
②固く小さなずり	・押さえ込む部分が無いので、ずりの硬さの影響は少ない	・スクレーパの下に挟んだずりが、固く割れない場合騒音が大きく、ライナ、チェーンの摩耗が大きい。また、噛込むと、運搬不能となり、修復に時間を要する
③軟らかで、水分を多く含んだずり	・水分を多く含む、流れやすいため：ローラ、プーリ部に柔らかい泥状のものが付着すると、スリップ蛇行の原因になる	・堆積して固着するものであれば、チェーン、スクレーパを押し上げる原因になる
メンテナンス	・すべり摩擦部が無いため、ベルトに傷が入らなければ寿命はチェーンタイプに劣らない	・すべり摩擦部が無いため、定期的にチェーン、ライナの取替えが必要になる

## 6. ま と め

「急速施工、大断面施工に適し、地球にやさしい機械」をテーマに開発をすすめてきた。

工事は平成11年7月頃の掘削完了を目指し鋭意掘削中である。

今後は、今回の実績を基に更に安全性と経済性を追求した能力の高い施工機械を目指し、更なる努力をもって取組む所存である。

最後に、当機の開発、採用にあたり、ご理解と御協力を頂いた関係各位の方々に、紙面をお借りして厚く御礼を申し上げます。

## [筆者紹介]

畠山 好郎 (はたけやま よしろう)  
清水建設(株)  
土木本部機械技術部工事長



杉野 孝行 (すぎの たかゆき)  
(株)三井三池製作所  
鉱山建設設計グループ専任課長



## 山岳トンネル特集

## 長大トンネルにおける効率的な換気方式の実証

## —北陸新幹線新親不知トンネル西工事—

早坂 治敏・坂田 和幸・志野 和巳

近年のトンネル掘削は、大型機械を用いたタイヤ工法が主流となっているが、トンネルが長大化した場合、坑内の換気が大きな問題となる。新規不和トンネル西工事においては、標準的なタイヤ工法の機械・設備を用いて5,000 mを超える片押し施工をすることとなったが、その際に換気設備の効率化が求められた。当トンネルにおいては、コンテナ方式のずり出しによりずり運搬車輛を減らし必要となる換気量を小さくするとともに、長尺風管を活用し風管の漏風を小さくすることにより効率的な換気設備を計画した。これにより良好な坑内環境が得られることが確認できたので、その検討の経緯と施工実績を報告する。

キーワード：長大トンネル、換気の効率性、長尺風管、漏風率、コンテナ方式

## 1. はじめに

新親不知トンネルは、北陸新幹線（糸魚川・魚津間）のうち、新潟県西頸城郡青海町外波地区から富山県との県境である同町市振地区に至る全長7,300 mの長大トンネルである（図-1参照）。当工区は、このうち5,259 mを西側（市振地区）から、発破方式による補助ベンチ付き全断面工法で施工中である。

西側からの施工は、当初3,355 mを予定していたため、重ダンプによるずり出し方式を採用し施工を進めていた。しかし、その後の追加工事により施工延長が5,259 mまで延びることとなり、坑

内外の設備や施工方法について見直しが必要となった。

本報文は、その中でトンネル延長が長大化した場合に影響の大きい換気設備に関する検討経緯とその後の施工状況について報告するものである。

## 2. 工事概要

- ・工事名称：北陸幹，（糸・魚）新親不知T（西）他1～他3工事
- ・工事場所：新潟県西頸城郡青海町
- ・工期：平成6年3月～平成11年10月
- ・発注者：日本鉄道建設公団北陸新幹線第二建設局
- ・施工：ハザマ・東急・福田協同企業体
- ・工法：NATM発破工法
- ・工事内容：トンネル掘削・覆工延長5,259 m  
掘削断面積 70～76 m<sup>2</sup>

図-2に新親不知トンネル（西）工事の地形・地質縦断図を示す。



図-1 新親不知トンネル位置図

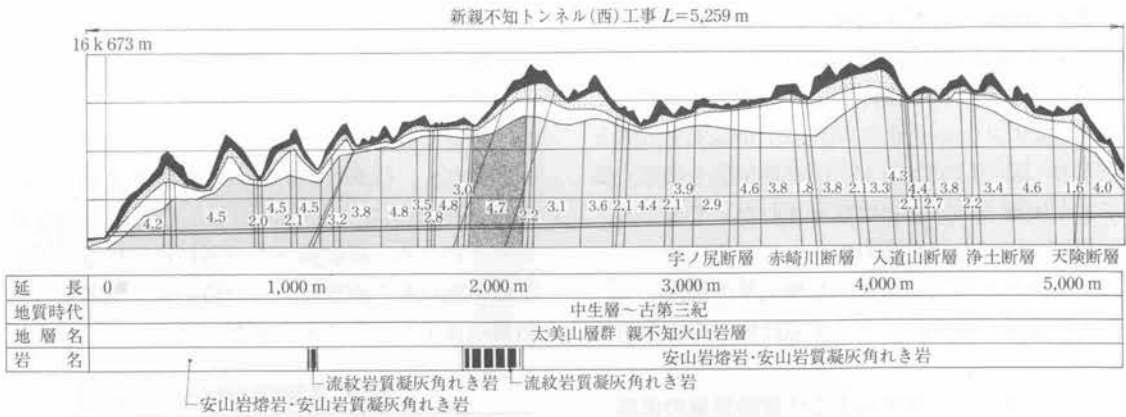


図-2 新親不知トンネル(西)地形・地質縦断面図

### 3. トンネル長大化に伴う設備上の問題点

前述したように、当トンネルは施工開始後に当初予定より約2,000 mほど施工延長が延びて最終的に5,000 m以上を片押し施工することとなった。坑内外の諸設備、機械配置は当初予定されていた延長に対して計画されていたため、最終延長に対応するために換気設備等について見直すことが必要となった。表-1に設備上の問題点とそれに対する方針を示す。なお、見直しにあつ

表-1 トンネル長大化に伴う設備・機械上の問題点と対応方針

項目	当初計画設備・機械	問題点	対応方針
ずり運搬機械	重ダンプトラック：25t	<ul style="list-style-type: none"> <li>台数が増加し、切羽の張付人員および所要換気量が増大する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンテナ方式により台数を減らす。</li> </ul>
換気設備	排気ファン：2,000 m <sup>3</sup> /min : 風管径φ1,600 : 中継1箇所 : 切羽付近 送気ファン：1,500 m <sup>3</sup> /min : 風管径φ1,400 : セントル後方	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏風が大きくなり、所要換気量を満足することができない。</li> <li>漏風の影響により坑内環境が悪化する。</li> <li>排気ファン～送気ファン間の換気状態がより悪化する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気設備の限界や経済性を考慮し、効率的な換気の検討を実施する。</li> <li>設備台車を設置し、排気ファンと送気ファンを一箇所に集積する。</li> </ul>
電気設備	受電設備：最大1,000 kVA 坑内高圧線：3,300 mで計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>換気設備が大型化した場合、必要電力が増大する。</li> <li>延長増により、坑内高圧線の容量がオーバーする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>換気設備に要する電力を極力減らし、その上で不足する分は受電設備の増設を図る。</li> <li>高圧線を増設し、既設高圧線と負担範囲を分担する。</li> </ul>

てはできるだけ既存の設備・機械を生かし効率的な施工となることを基本方針とした。

### 4. 換気設備の検討

#### (1) 換気計画の現状と問題点

既存の換気方式は長大トンネルで一般的に使用される送・排気組合せ方式を採用<sup>1)</sup>しており、設備の見直しにあたってこれを継続することとした。

また、坑内環境を確保するにあたり表-2に示す管理基準値を用いている。

上記の基準値を満足するための換気設備の容量は、「ずい道工事等における換気技術指針<sup>2)</sup>」に基づき以下の式を用いて算定している。

$$Q_f = Q / (1 - m)$$

$$m = \beta \times (L / 100)$$

ここに、 $Q_f$ ：ファン必要風量 (m<sup>3</sup>/min)

$Q$ ：所要換気量 (m<sup>3</sup>/min)

$m$ ：風管全長における漏風率

$\beta$ ：風管100 m当りの漏風率

$L$ ：風管全長 (m)

上式における $\beta$ は風管の破損等や風管継手に

表-2 坑内環境の管理基準値

項目	管理基準	備考
CO <sub>2</sub> 濃度	5,000 ppm	日本産業衛生学会基準
CO 濃度	50 ppm	
NO <sub>x</sub> 濃度	25 ppm	ずい道工事等における換気技術指針
坑内風速	0.3 m/sec	
粉じん濃度 (ずり出し時)	5 mg/m <sup>3</sup>	過去の事例より設定

おける漏風に依存しており、通常用いられているビニール風管の場合、 $\beta=0.015$ 程度とされている。これを用いれば風管延長が5,000mを超えた場合、実にファン風量の75%以上が漏風することとなり(図-4のCase 1)、所要換気量を満足することが困難となることが想定された。そのため、下記について検討を進めた。

- ・コンテナ方式による所要換気量の低減
- ・所要換気量を満足する換気計画の比較検討

## (2) コンテナ方式による所要換気量の低減

当初計画の重ダンプによるずり出しを継続した場合、必要台数の増加に伴い所要換気量が増大し大きな換気設備を要することとなる。このため、コンテナ方式(一缶あたり $18\text{m}^3$ )を用いたずり出しにより運搬車輛の必要台数を減少させる検討を行った。表-3に重ダンプおよびコンテナ運搬における車輛の必要台数と所要換気量を示す。これによれば、コンテナ方式を用いることにより重ダンプ方式に比べ70%程度となり、最終延長時の所要換気量は $640\text{m}^3/\text{min}$ 低減された。

表-3 各ずり出し機械における所要換気量の比較

方式	コンテナ (18 m <sup>3</sup> ) 出力 300 PS/台		ダンプトラック (25 t) 出力 255 PS/台	
	使用台数 (台)	所要換気量 (m <sup>3</sup> /min)	使用台数 (台)	所要換気量 (m <sup>3</sup> /min)
3,000 m	3	1,323	8	1,779
4,000 m	3	1,323	9	1,881
5,000 m	4	1,443	11	2,085

## (3) 換気計画の比較検討

前項で求めた所要換気量を満足する換気計画として、以下の3案について比較検討を行った。それぞれの得失を表-4に示す。

- I案：ファンを増設し、風量を増加させることにより所要換気量を満足させる。
- II案：換気立坑を設置し、風管延長を短縮し漏風量を減らすことにより所要換気量を満足させる。
- III案：長尺風管を利用し、漏風率を減少させて所要換気量を満足させる。

長尺風管を用いた場合の漏風率は、過去の事例では $\beta=0./005\sim 0.010$ 程度と報告されている。このように漏風率に幅があるのは、風管の破損等

管理の状態に差があるものと想定された。もし、長尺風管を破損等の影響が少ないセントル後方で張替えることにより過去の実績を大きく下回る漏風率が得られれば、現在のファン風量を増加する必要はなく、従来行われているI案、II案に比較して大幅なコストダウンとなることが想定された。そのため、既設風管を一部長尺管に張替えて実際の漏風率を測定し、その値を用いて各案の換気量の算定を行うこととした。

表-4 換気対策各案の得失

対策案	利 点	欠点・課題
I	・未知な部分は少ない。	・電気設備の増強が大である。 ・坑内換気設備の大幅な変更を要する。 ・坑内への漏風量が大となり、坑内環境の悪化が懸念される。
II	・換気効率が最も高い ・途中の坑坑道の環境も良好となる。 ・必要電力は最も小さい。	・換気立坑の設置位置は土被りが大きく、経済性・施工性・環境への影響とも問題がある。
III	・現在の換気設備に対する変更はごく少ない ・電気設備の増強もごく小規模。	・風管の漏風率等の明確な実績がない。 ・風管の破損の影響が大きく維持管理に細心の注意を要する。

## (4) 長尺風管の漏風率の測定

切羽位置が坑口より2,500m程度の位置において、約1,000m間の風管を長尺風管(100m/本)に張替えて、既設の通常のビニール風管および長尺風管の漏風率を測定した結果を表-5および図-3に示す。風量の測定は図-3に示すよう

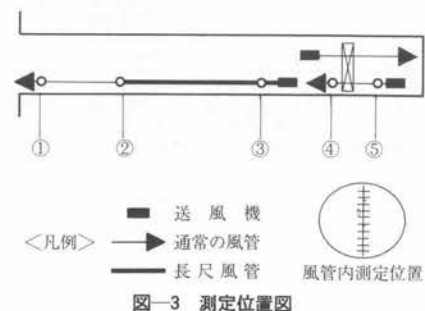


表-5 漏風率測定結果

項目	位置	①	②	③	④	⑤
坑口からの延長		34m	678m	1,672m	1,732m	2,220m
風速 (m/sec)		15.4	16.4	16.6	14.2	14.7
風量 (m <sup>3</sup> /min)		1,855	1,983	2,006	1,709	1,775
漏風率 ( $\beta$ )	標準	0.010		0.008		
	長尺			0.0011		

に風管内の8点について風速測定を行い、算術平均値により風量を算出しその位置での風量とした。測定結果によれば長尺風管の漏風率は過去の事例の1/5~1/10程度となる $\beta=0.0011$ であり、また、既設の標準風管の漏風率も概ね $\beta=0.010$ 以下であった。したがって、余裕を考慮して換気量の算定にあたっては、下記の漏風率を用いることとした。

長尺風管： $\beta=0.002$


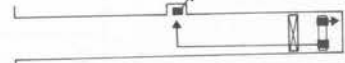

標準風管： $\beta=0.010$

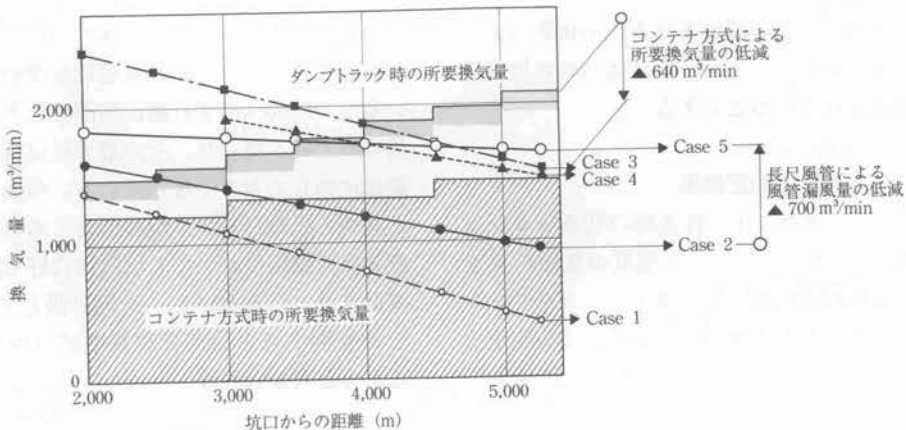
(5) 換気量の算定と各対策案の効果

前項で求められた漏風率を用い、現状の換気設備を延長した場合と各対策案の換気量の算定を行った。その結果を表—6および図—4に示す。これによれば、通常風管に比べ長尺風管の張替えによる風管漏風の低減効果は約700 m<sup>3</sup>/min程度と見込まれ、現状計画されている2,000 m<sup>3</sup>/minのファン設備で十分に所要換気量を満足することが確認された。

また、表—6に示すように、従来行われてきたファンの増設や換気立坑の設置に比較して、その

表—6 換気量の算定ケースとその効果

検討ケース	風管漏風率	換気設備 (m <sup>3</sup> /min)	効果	費用
Case 1	現状の延長 一般的な漏風率 を用いた算定 通常風管 ： $\beta=0.015$	換気設備配置は「Case 5」と同 $\phi 1,600$ 風管は全て通常風管	×	1
Case 2	現状の延長 実測の漏風率を 用いた算定 通常風管 ： $\beta=0.010$	換気設備配置は「Case 5」と同 $\phi 1,600$ 風管は全て通常風管	×	1
Case 3	対策案〔I〕 ファンの増設 実測の漏風率を 用いた算定 通常風管 ： $\beta=0.010$	ファン風量：3,000 m <sup>3</sup> /min (2,000+1,000) 風管径： $\phi 1,600 + \phi 1,200$ 中継ファン：2個所 	<ul style="list-style-type: none"> <li>●所要換気量はぎりぎり満足する。</li> <li>●漏風量が大きく坑内全体の環境が懸念される。</li> <li>●セントル通過部、受電設備に検討要。</li> </ul>	2.03倍
Case 4	対策案〔II〕 換気立坑設置 実測の漏風率を 用いた算定 通常風管 ： $\beta=0.010$	ファン風量：2,000 m <sup>3</sup> /min、立坑3,000 m <sup>3</sup> /min 風管径： $\phi 1,600$ 換気立坑：1個所 ( $\phi 2,400 \times 160$ m) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>●所要換気量はぎりぎり満足する。</li> <li>●換気立坑の設置費が大となる。</li> <li>●換気立坑の立地条件の調査要。</li> </ul>	2.27倍
Case 5	対策案〔III〕 長尺風管の使用 実測の漏風率を 用いた算定 通常風管 ： $\beta=0.010$ 長尺風管 ： $\beta=0.002$	ファン風量：2,000 m <sup>3</sup> /min 風管径： $\phi 1,600$ 長尺 (切羽~セントルは通常) 中継ファン：2個所 	<ul style="list-style-type: none"> <li>●所要換気量を満足する。</li> <li>●風管状態、坑内環境状態の監視を要する。</li> </ul>	1.25倍 (1案より) ▲40%



図—4 有効換気量の算定図



経済効果は大きく、費用の低減効果は40%以上と算定された。現状設備からの追加投資の観点から見れば、長尺風管の張替えに要する費用として、ファンの増設や換気立坑の設置に要する費用の1/4以下の投資で同等以上の効果をあげることができたと考えられる。

### (6) 対策案の選定と実施

前項の結果より、長尺風管を利用したⅢ案の有効性が確認されたため、これを換気対策案として選定することとした。対策案の実施にあたっては、以下の点に留意することとした。

- ① 漏風測定のために張替えた長尺風管の効果を考慮して、トンネル進行3,000 m程度において重ダンプからコンテナ方式に変更する。
- ② 掘削および覆工の作業範囲(概ね700 m程度)では通常風管を使用する。
- ③ トンネル進行3,000 m程度以降は覆工終了区間の風管を、順次長尺風管に張替える。
- ④ 風管の維持管理の状態が坑内環境に与える影響が大きいことを考慮し、風管の漏風率およびNO<sub>x</sub>濃度・粉じん濃度の測定を計画的に実行し施工に反映する。

## 5. 有効性の実証

### (1) 有効換気量および風管漏風率の測定結果

現在までに、施工段階に応じて測定した風管の有効換気量と風管の漏風率の測定結果を表-7に示す。測定結果によれば、長尺風管の漏風率は概ね計画時に設定した $\beta=0.002$ を下回っている。

また、通常風管部の漏風率は管理の状態によればらつきはあるが、トンネル全体の有効換気量は十分確保されているといえる。

### (2) 坑内環境の測定結果

図-5に切羽のずり出し作業時の切羽～セントル間のNO<sub>x</sub>濃度および粉じん濃度の測定結果を示した。これによれば、二次覆工のコンクリート打設時のトラックミキサの影響で各濃度の測定値の上昇が見られるものの、それぞれ管理値を下回っている。

また、図-6にはコンテナトラックによる坑外

表-7 風管漏風測定結果

測定位置 (m)	風管風量 (m <sup>3</sup> /min)	種別	漏風量 (m <sup>3</sup> /min)	区間長 (m)	漏風率 ( $\beta$ )
測定時切羽位置：3,228 m→有効換気量：2,000 m <sup>3</sup> /min					
32	2,132	長尺	80	1,940	0.0019
1,972	2,212				
2,088	2,093	長尺	21	594	0.0019
2,682	2,114				
3,091	2,154	通常	41	409	0.0046
測定時切羽位置：4,476 m→有効換気量：1,950 m <sup>3</sup> /min					
32	1,936	長尺	107	1,940	0.0020
1,972	2,043				
2,088	2,032	長尺	26	1,815	0.0007
3,903	2,058				
4,109	2,191	通常	133	287	0.0211

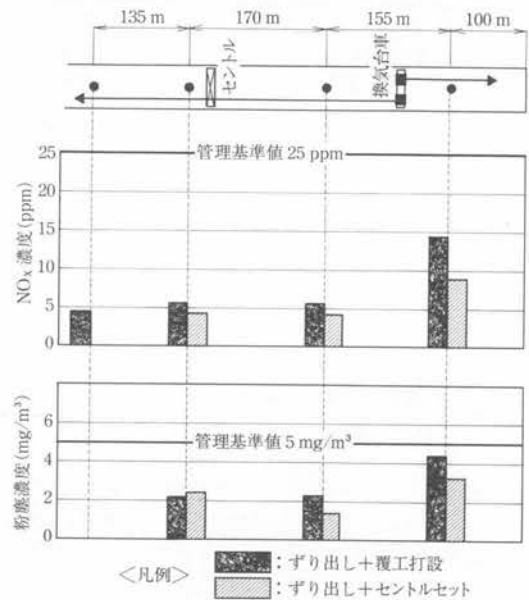


図-5 NO<sub>x</sub>濃度および粉じん濃度の測定結果

へのずり搬出時のセントル後方の粉じん濃度の経時変化を示した。いずれも管理基準値を下回っているが、坑外へのずり搬出の開始とともに粉じん濃度の上昇が見られ、その最大値は坑口からの距離に比例して大きくなっている。今後十分な配慮が必要と思われるが、現在のところ日常の巡視の際の目視確認においても坑内は良好な換気状態が確保されているといえ、今回計画している5,259 mの範囲では十分に管理基準値以内で管理できるものと考えられる。

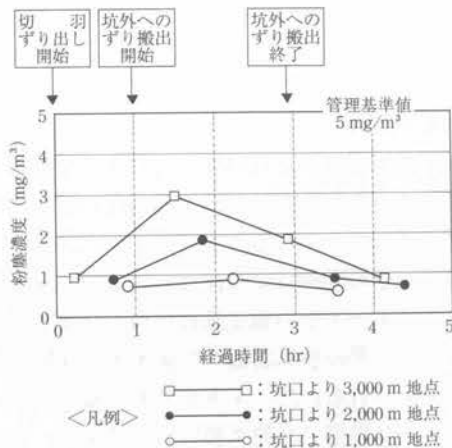


図-6 粉じん濃度の経時変化



写真-1 坑内換気の状態

(3) 長尺風管による換気対策の有効性

前述したように、長尺風管の漏風率は計画時の値を維持しており、また、坑内環境も管理基準値以内に管理された状態を保っている。

また、風管からの汚染空気の影響がごく少ないことから、目視による坑内換気の状態も良好との評価を得ており(写真-1参照)、今回の施工において対策案の有効性は十分に実証されたものと考えている。

6. 長大トンネルの換気計画に関する考察

換気量の算出は、一般的に「ずい道工事等における換気技術指針」を用いているが、トンネル延

長が大きくなった場合には風管の漏風の影響が大いため、実測等を行いより実際の管理状態に則した漏風率(β)を用いることが必要と考えられる。今回の施工結果を踏まえると、風管の漏風率(β)は概ね下記の範囲と考えられる。

- 通常の管理状態:  $\beta = 0.010 \sim 0.015$
- 長尺の使用、張替え等を考慮した場合:  
 $\beta = 0.001 \sim 0.002$

また、新幹線複線断面程度の全断面施工においては、タイヤ方式によるずり出しを行い、換気設備としては、2,000 m³/min 程度のファンを使用するのが一般的となってきている。このような条件のもとで、トンネル延長とダンプおよびコンテナ

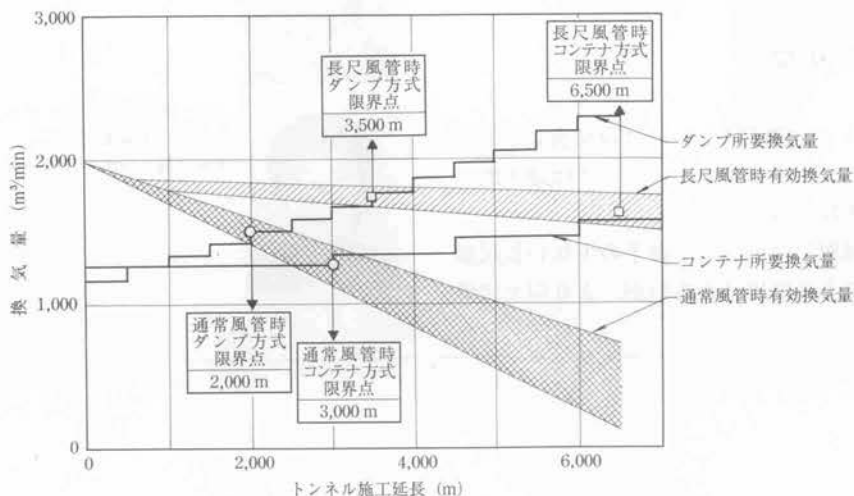


図-7 トンネル延長とずり出し方式・換気方式との関係

各ずり出し方式における所要換気量と有効換気量の関係をまとめたものを図-7に示す。これによれば、坑内換気の観点から見た片押し施工の限界点は以下のように考えられる。

- ① 通常の換気計画  
ダンプ方式：約2,000 m  
コンテナ方式：約3,000 m
- ② 長尺風管の順次張替えを実施した場合  
ダンプ方式：約3,500 m  
コンテナ方式：約6,500 m

以上のことから、トンネル延長ごとの標準的な各ずり出し方式および換気設備として、表-8が適切であると考えられる。

なお、長尺風管の張替えに要する費用としては、表-9に示す項目を考慮する必要がある。当トンネルにおける施工実績を合わせて記した。

表-8 トンネル延長による標準的な設備計画

トンネル延長	ずり出し方式	換気設備
2,000 m以下	ダンプ方式	ファン風量：2,000 m <sup>3</sup> /min 通常風管使用
2,000～3,000m	コンテナ方式	ファン風量：2,000 m <sup>3</sup> /min 通常風管使用
3,000～6,000m	コンテナ方式	ファン風量：2,000 m <sup>3</sup> /min 長尺風管張替え使用

表-9 風管張替えに要する費用

項目	当トンネルにおける実績
通常風管の先送りによる損耗	先送り1回当り約20%
通常風管の先送り時の洗浄および補修	風管延長当り2,000～3,000円/m
長尺風管への張替え	風管延長当り2,000円/m程度

## 6. おわりに

長大トンネルの施工においては通常換気が大きな問題となるが、本トンネルにおいては効率的な換気手法を実現できたと考えている。

風管の漏風率については、継手の少ない長尺風管を用いることの効果は大きいですが、より以上に破

損等の影響を避けるための工夫が重要と思われる。当トンネルにおいては、覆工終了区間において張替えたことにより、過去の事例と比較し風管の漏風率を大きく改善することができた。当トンネルの施工結果から見れば、このように漏風を少なくすること自体が坑内環境の悪化の防止に寄与していると考えられる。

公共工事の効率化が叫ばれている中で、今後、トンネルも一工事の施工延長が長大化する傾向にあり、その際の換気設備の計画が大きな問題となると考えられる。当トンネルにおける試みが、比較的小さな設備で必要な換気量を確保し、良好な坑内環境の維持ができたことの実例として、参考となれば幸いである。

### 【参考文献】

- 1) 日本鉄道建設業協会：「トンネル作業安全管理の手引き（山岳トンネル編）」p.129, 1994.8
- 2) 建設業労働災害防止協会：「ずい道工事等における換気技術指針」, 1992.1

### 【筆者紹介】

早坂 治敏（はやさか はるとし）  
日本鉄道建設公団  
北陸新幹線第二建設局朝日鉄道建設所長



坂田 和幸（さかた かずゆき）  
ハザマ 北陸支店  
新親不知トンネル作業所長



志野 和巳（しの かずみ）  
ハザマ 北陸支店  
新親不知トンネル作業所機電課長



# 長大トンネルにおける 効率的な換気方式の実証

北陸新幹線新親不知トンネル西工事



↑新親不知トンネル(西)坑口状況



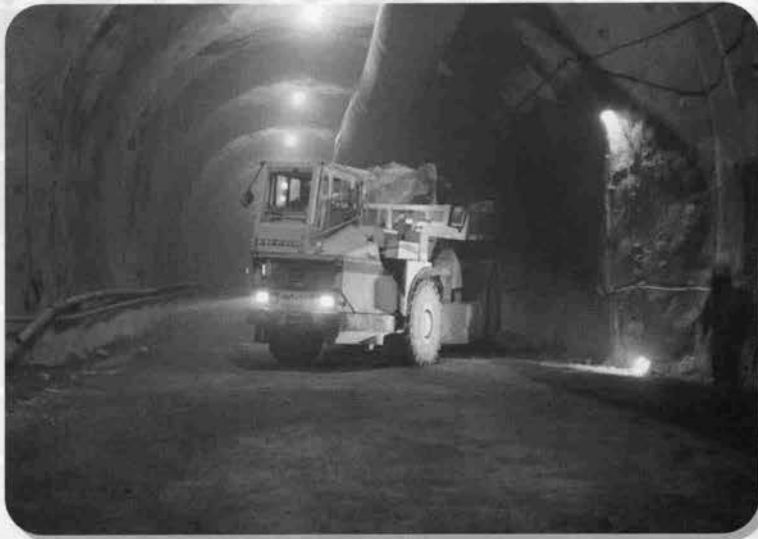
↑坑内状況



↑中継ファン状況



↑新親不知トンネル(西)切羽・ジャンボセット状況



↑コンテナ車状況



↑コンテナ車状況

# 山岳トンネル用 TBMの現状と動向

南 好人・森岡 享一

山岳部でのトンネル掘削工事において、近年では、高速施工性や低騒音、安全性に加え、長距離掘削での経済性などの点から TBM 工法が採用される例が多くなっている。

工事件数、トンネル延長の増加に伴い、最近の TBM には、従来以上に超硬岩から弱層部までの様々な地質対応性の向上と、高速掘進性能が要求されている。

本報文では、種々の地質対応性と高速施工のための TBM 工法の最新技術および施工実績について紹介する。

キーワード：山岳トンネル、TBM、高速掘進、地質対応性

((株)小松製作所)の実績を主体に報告する。

## 1. はじめに

TBM (トンネルボーリングマシン) 工法は発破工法や自由断面掘削機などに比べ高速掘進や、地山の緩みが少ないことなど多くの長所を持っている。実際、安定した地山に恵まれ一日数十 m といった高速掘進の現場では、その効率の良さに大きな可能性をみる事ができる。海外では月進 1,000 m を超す高速施工も近年では珍しくない。しかし一方では僅か十数 m の不良地山突破のために何十日も要することもあるのも事実である。

均質で適度な硬さの堆積岩層に適用されることが比較的多い米国などに比べ、構造的に複雑な地質からなる我が国での山岳トンネル工事において、不良地山への対応は宿命であり、TBM の平均月進を上げるには、そういった不良地山で如何にして安定した掘進を継続するか、そして、良好地山部では如何に高速施工を發揮するかが命題であり、国内 TBM 技術者は、ほとんどこの 2 点に注力してきた。

最近の国内での TBM 工事の増加とともに、これらに関する技術開発が従来にも増して加速されており、本稿ではその現状と動向について当社

## 2. TBM の最近の動向

昭和 30 年代後半に海外技術を導入して始まった我が国 TBM の歴史は、その後一時期、TBM の未熟さが我が国の複雑な地質に対応できずに低迷したが、中小水力発電の導水路や下水道トンネル用の小断面 TBM を中心に技術改良が成され、適用性が向上した。その結果、道路トンネルや種々の用途に TBM の採用が拡大している。

用途別の動向をみると、道路トンネルでは超大断面トンネルの先進導坑掘削や避難坑の掘削を主体とし、その中で 1 台の TBM で 10 km 前後の長距離掘削や R 30 m といった急曲線施工が行われている。また、12 mφ を超す大断面 TBM の施工も予定されている。

また、水力発電の分野では、従来の中小水力発電用小断面 TBM での長距離掘削の他、8 mφ を超える大断面 TBM や揚水発電所での急勾配斜坑 TBM の施工、あるいは ECL による TBM 施工や古い導水路を拡幅掘削する TBM など、その適用範囲を拡大している。その他、鉄道トンネルでも大断面長距離施工が検討されている。



高速施工対応技術の動向としては、大型ディスクカッタの実用化やカッタヘッド駆動装置の大型化と高速化、あるいは連続ベルトコンベヤの採用による稼働率の向上などがある。不良地山対応技術としては、低速高トルクや可変速運転も可能なインバータを用いたカッタヘッド駆動システムなどの機械面の技術開発の他、高強度モルタル吹付けや簡易ライナなど、TBMの特性に適した支保材や、地質探査技術や前方地山改良技術の開発・改良が進められている。TBM形式の面では、シールドタイプTBMの改良の他、従来のオープン型TBMの不良地山対応性を向上させた、改良オープン型TBMの実用化が進められている。また、方向制御や掘削データ収集管理などの自動化も盛んになっている。

以下に、これらの内容と施工例について述べる。

### 3. 掘進速度の向上

TBMの掘進速度を向上させるためには、大きく分けて、

- ① 純掘進速度（TBMが実際に岩盤を掘削する速度）を向上させる方法
- ② 支保やずり出しなど掘削以外の作業時間を短縮し、稼働率（全作業時間に対する純掘進時間の比率）を向上させる方法

が考えられる。それぞれについて最近のTBM技術を紹介する。

#### (1) 純掘進速度の向上

TBMの純掘進速度  $Vh$  (m/h) は、次式のように表される。

$$Vh = Pe \times n \times 0.6 \quad (1)$$

ここで、 $Pe$  はカッタ切込量 (cm/rev)、 $n$  はカッタヘッド回転数 (rpm) である。

この式から、TBMの純掘進速度向上のためには、カッタ切込量  $Pe$  とカッタヘッド回転数  $n$  を増大させる必要があることは明らかである。この二つを増大させるためには、ディスクカッタおよびカッタヘッド駆動装置の選択が重要である。

#### (a) ディスクカッタ

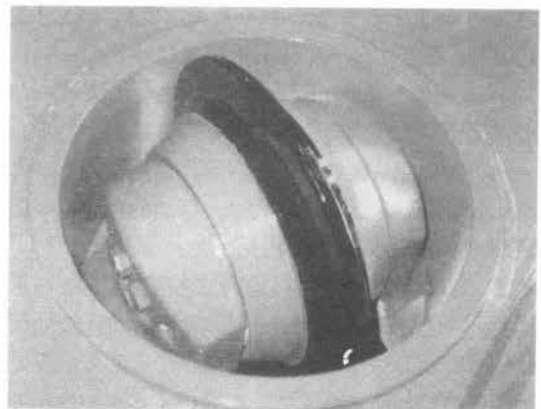
ディスクカッタは、サイズ（直径）が大きいほ

どハブに内蔵されるベアリング容量の違いから、最大許容カッタ荷重および最大許容周速度が大きい。最大カッタ荷重はカッタ貫入量  $Pe$  に、また最大周速度は、カッタヘッド回転数  $n$  に直接影響を与えるため、カッタサイズが大きいほど純掘進速度は向上できる。近年多用されるカッタについて、表—1に示す。

表—1 ディスクカッタのサイズと標準的使用条件  
(コマツ標準値)

カッタサイズ (インチ)	12	15.5	17	19
カッタ荷重 (kN/個)	125	176	216	314
最大周速 (m/min)	75	130	150	180
適用掘削径 (m) (参考値)	2.0~2.6	2.6~4.0	3.8~	10.0~

以上のようにディスクカッタは、径が大きいほど純掘進速度が向上できる。適正なカッタピッチで配置するためには、適応できる掘削径に限界があるが、最近では小口径TBMでも大型のカッタを採用する傾向にあり、近年の実績では3.83 mφで17"カッタ、3.1 mφで15.5"カッタが採用されている。これらはいずれもカッタ内取付方式（切羽に出ること無く機内からカッタ交換が可能な取付方式）の場合であるが、カッタ外取付方式の場合には、2.6 mφに15.5"カッタが採用された事例もある。



写真—1 17インチディスクカッタ（内取付方式）

#### (b) カッタヘッド駆動方式

TBMのカッタヘッドは、電動駆動が主流である。前述のようにカッタヘッド回転数は高速回転

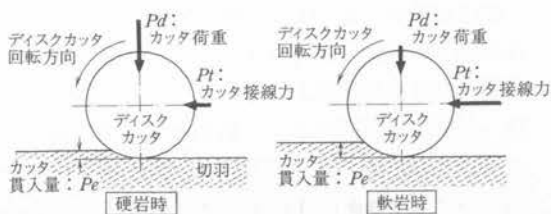


図-1 カッタに働く諸力

を行った方が純掘進速度向上が期待できるが、不良地山では切羽を乱さないようにゆっくりカッタヘッドを回転させる必要がある。

岩盤掘削中のカッタに働く諸力について、図-1に示す。この図からわかるように、良好地山部すなわち硬岩部では、準岩盤強度が高いためにカッタ貫入量  $Pe$  (cm/rev) は小さくなり、これに伴って所要カッタ接線力  $Pt$  は小さくなる。したがって、硬岩部ではカッタヘッドトルクをあまり必要とせず、余った動力でカッタヘッド回転数  $n$  (rpm) を上げ、純掘進速度  $Vh (=Pe \times n)$  を向上させることが可能である。つまり、良好地山部ではカッタヘッドは「高速低トルク運転」が最適な運転方法となる。

一方、不良地山部では、準岩盤強度は低くカッタ貫入量  $Pe$  は硬岩部と比べ大きくなる。このため転動抵抗係数が増加し所要カッタ接線力  $Pt$  が大きくなることと、切羽や切羽付近の肌落ちによるカッタヘッドの回転摺動抵抗が増大することにより、大きなカッタヘッドトルクが必要となる。また、不良地山部では切羽を乱さないようにカッタヘッド回転数  $n$  を遅くする必要がある。つまり、弱層部ではカッタヘッドは、「低速高トルク運転」が最適な運転方法となる。

これらの要求を満たすために、近年のTBMでは、カッタヘッド駆動方式に減速電動機のインバータ制御を採用している。その特性は図-2のように、前述のような地山に応じて要求される最適な運転を行うことが可能である。

この他にも、インバータ制御には、他の可変速方式と比べ、起動電流を抑制できることやメンテナンスやトラブル対策が容易であるという利点があり、近年では多く採用されている。

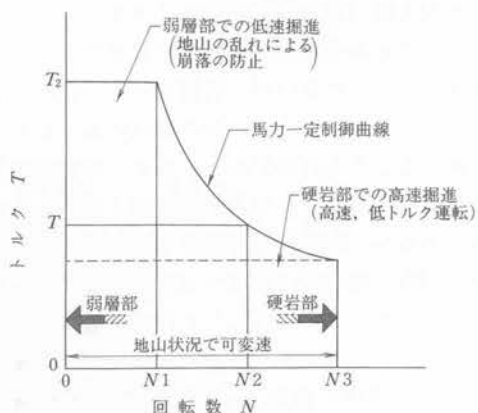


図-2 インバータ駆動の特性

## (2) 稼働率の向上

TBM 工法における掘削以外の主な作業には、

- ① カッタ交換
- ② ずり出し
- ③ 支保作業

がある。

これらの時間を短縮することは、稼働率向上に繋がり、掘進速度を向上できる。以下にそれぞれについての最新技術を紹介する。

### (a) カッタ交換時間の短縮

特に硬岩掘削時において、カッタの摩耗すなわちカッタライフが施工速度確保に対して大きな問題となる。カッタライフが短くなると、カッタ交換頻度が増加し、施工速度の低下を招く。

カッタライフ向上のためには、摩耗代の大きい大型ディスクカッタを採用することが有効であるが、この他にもカッタ形状とカッタ材質によって対策が成されている。

カッタの刃先形状については、平型カッタと楔型カッタがある(図-3参照)。平型カッタは一般に10~20mm程度の幅で先端がほぼ180°に近い形状をし、カッタ新品等から摩耗交換時まで一定

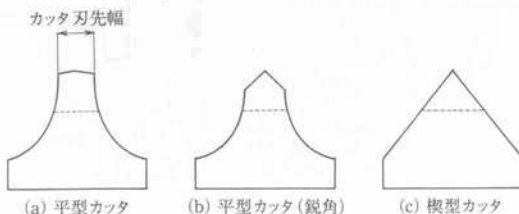


図-3 ディスクカッタの断面形状

した刃先幅（貫入幅）を保つことができる。

このことから最近のTBMでは平型カッタが採用されることが多いが、岩質や地山の状態によっては、施工途中でリングのみ形状の違ったものに交換することも有効である。また、特に硬岩対策として、平型カッタの刃先幅を狭くすることも有効であるが、耐摩耗性が低下するために摩耗性の高い岩質の場合には注意が必要である。

一方、カッタの材質としては、一般に使用されるSNCM（ニッケル・クロム・モリブデン鋼）のほか、耐摩耗用特殊カッタとして、工具鋼系のカッタが各種使用されている。工具鋼系のカッタは、耐摩耗性が高い反面、高価格であるほか、SNCMに比べて靱性が低く欠けやすいという短所もあるので、使用に当たっては十分考慮する必要がある。

#### (b) ずり出し時間の短縮

ずり出しには各種方式があるが、高速施工のために近年では連続ベルトコンベヤが採用されている。連続ベルトコンベヤは、TBM後続台車後端から坑外まで掘進に伴って延伸可能な一本のベルトコンベヤによってずりを搬出するもので、レール方式で問題となるずり待ち時間が発生しないため、高速掘進が期待できる。構造概念図を図-4に示す。

既に国内のTBM施工現場においても東海北陸自動車道の城端・袴腰トンネルをはじめ5現場

で使用実績がある。なお、連続ベルトコンベヤは、高速施工が期待できる反面、イニシャルコストや必要内空断面の関係上、適応トンネル延長や掘削径、最小曲率半径によって制約を受ける。掘削径については、第二東名高速道路/富士川トンネル西工事で3.5mφのTBMに適用されているものが国内では最小となっている。

#### (c) 支保作業時間の短縮

TBM工法における支保には、地山状況に応じて吹付、鋼製リング支保、セグメントなどがあるが、近年では、高強度ファイバモルタル吹付が多く用いられている。ファイバモルタル吹付は、薄い吹付厚で強度が得られるために吹付時間が短くてよく、TBMの高速施工との適合性が良い。また、リバウンドが少ないために、マシンを汚さない、作業環境が良いという利点もある。

この他、TBMでの使用に適した簡易な円形ライナも提案されている。これについては、後の項で紹介する。

## 4. 不良地山対応性の向上

近年のTBMは、日本の多種多様な地山状況に対応すべく、様々な工夫がなされている。前項で紹介したインバータ制御により地山に応じてカッタヘッドを可変速とすることもその一つであるが、本項ではその他の主なものについて、最新技

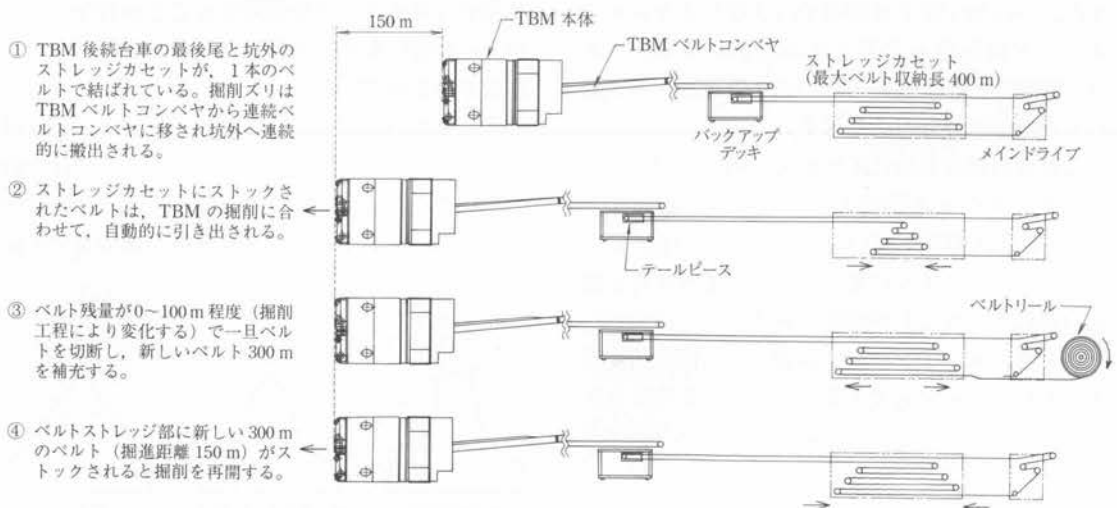


図-4 連続ベルトコンベヤ構造概念図

術を紹介する。

不良地山部での問題点は、主に坑壁の肌落と多量湧水である。このために近年のTBMでは、TBM形式に関わらず切羽前方への地山改良のための注入や先進ボーリング、水抜きボーリングが可能のように、TBM本体へのボーリング機の搭載や、本体内のロッド通過ラインの確保などが実施されている。鈴蘭台汚水幹線移設工事で稼働したオープン型TBM（コマツ TG 310-1、図-5参照）では、3.1mφという小口径ながら本格的なボーリング機を搭載可能とし、不良地山部への地山改良を行っている。

この他に湧水対策としては、TBM本体内の cutterhead support 下部にサンドポンプを内蔵することも有効である。平谷水力発電所導水路トンネルで稼働した2.6mφダブルシールド型

TBM（コマツ TG 260-5）では、6インチのサンドポンプ2台を内蔵し、ベルトコンベヤでの排水と合わせて6 t/minの湧水にも対応可能としている。

また、早期地山対応のための周辺地山探査の方法について、先進ボーリングより容易に行える方法として、各種TBMの掘削データから地山状況を推定するシステムが開発中である。入力データは、Cutterheadトルクや回転速度、スラストジャッキ推力や伸長速度などで、これらを推定式により演算し地山強度などを推定できる。また、併せてTBM本体外周面に内蔵した小型の油圧式貫入棒を坑壁へ貫入することにより、盛替中自動的に地山貫入試験を実施する試みも行われている（図-6参照）。

さらに、これらの地山探査システムと連動して

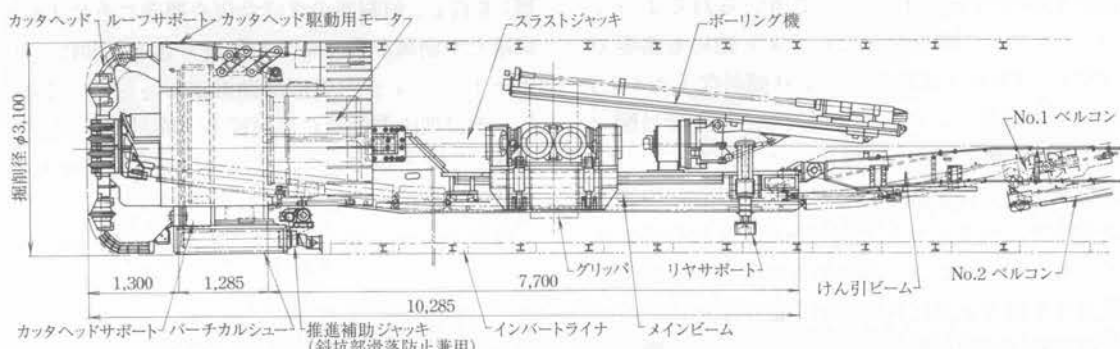


図-5 TG 310-1 オープン型TBM

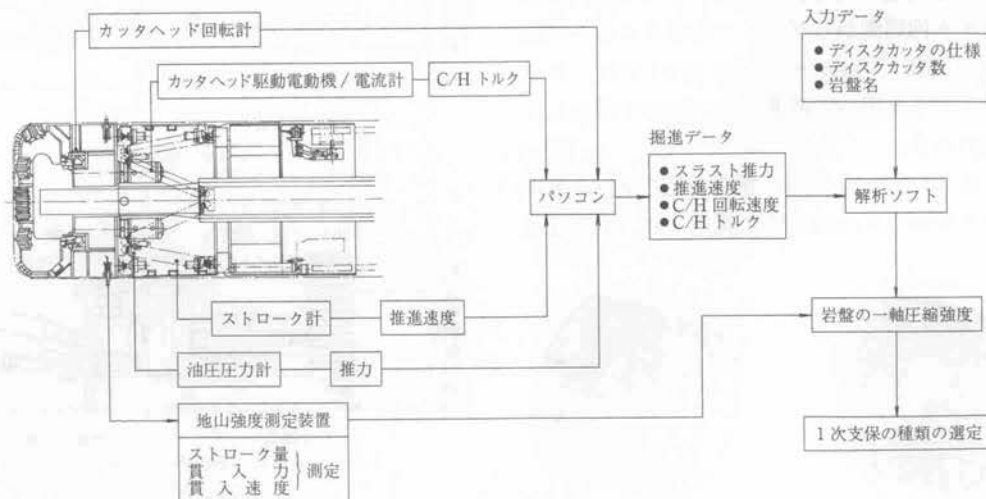


図-6 周辺地山探査システム

TBMの各部を制御することによる自動掘進システムも開発中である。このシステムによれば熟練オペレータでなくとも地山に応じた最適な運転が可能となる。このことは、省人化のみでなく運転の最適化による掘進速度向上の効果も得られる。

一方、不良地山掘削においては、吹付やリング支保工で対応できず、セグメントのような支保材を必要とする場合もある。しかし、TBMにおいていわゆる「セグメント」を使用することは無駄な場合が多い。例えば、道路トンネルの先進導坑掘削などにおいては、セグメントを使用しても本坑断面への拡幅時には全て取外すために、永久構造物にはならない。また、最終覆工（二次覆工）を型枠コンクリートで仕上げる水路トンネルなどにおいては、支保材は埋込められ、支保材自体の精度は必要無い。

このような理由から、TBM工法においては、都市土木のシールドマシンで用いられるような「セグメント」は能力的にもコスト的にも必要ではなく、TBM工法に適したより簡易な「ライナ」が要求される。このような目的で、近年では図-7のような簡易ライナが採用されている。これは、鋼製リング支保工間を繋いだような形状の円筒形の型枠で、セグメントと同様数ピースに分割されている。ピースには、型枠のみのものや、地山の肌落ちを防ぐために外周面に金網を貼付けたもの等があり、必要に応じて使い分けられる。簡易ライナでは、金網を通して内側から地山へ吹付けを行うことも可能であり、さらにオープン型TBMではライナ内周側からグリッパを張ることも可能である。勿論ダブルシールド型TBMでは、シールドジャッキを用いて推進反力の補助を得ることも可能である。

主な施工事例としては、新高津尾発電所/導水路トンネルの5.0mφTBMで採用され、不良地山

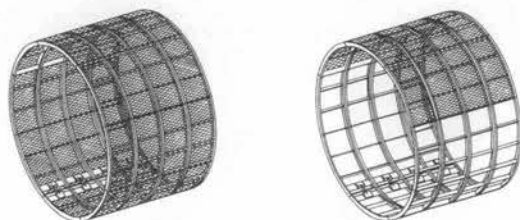


図-7 簡易ライナの例

においても安定した掘進速度を記録している。

以上のような様々な不良地山対策が成されている一方で、TBM形式自体についての改良も行われている。従来から不良地山掘削ではダブルシールド型が有利であるとされてきた。これは多くの場合事実であるが、一部では高地圧や特殊な岩種などによる膨張性地山の場合には、シールドが捕捉され掘進不能となるという問題点もある。これに対し、オープン型TBMではこのような心配は無く、またより切羽近くで支保が可能、マシン価格が比較的安価、輸送や現地組立が容易などの利点があり、オープン型TBMの不良地山対応性を向上させてはどうかという考え方も提言されている。このような考え方から生まれたものが「改良オープン型TBM」である。

改良オープン型TBMは、従来のオープン型TBMと比べてより大きなサポート（プロテクタ類）を有し、前胴部のほぼ全周を覆うことにより、肌落ちや崩落からマシンを保護できると共に、サポート・シュー内側に補助推進ジャッキを装備し、不良地山掘削時には前述の「簡易ライナ」を巻建てることのできる。改良オープン型とオープン型の比較について、図-8に示す。

改良オープン型TBMは、新高津尾発電所5.0

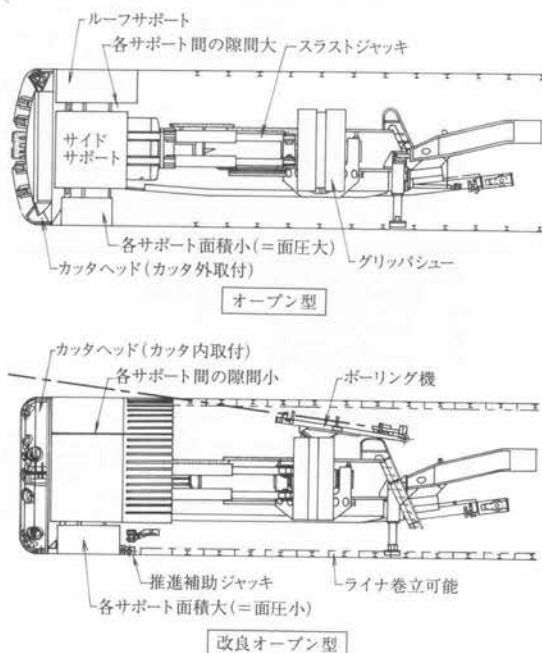


図-8 改良オープン型とオープン型の比較



mφ や鈴蘭台汚水幹線 3.1 mφ で実績がある他、現在幾つかの現場で採用が検討されている。

## 5. 今後の展望

TBM の今後の展望としては、下記のような事項が考えられ、現在、研究・開発が行われている。

- ・大断面トンネルへの適用性向上
- ・複数現場への転用性の向上
- ・短距離トンネルへの適用性向上

### (1) 大断面トンネルへの適用

大断面トンネルへの適用性向上に伴う用途としては、二車線断面高速道路トンネルや鉄道トンネルの全断面掘削、大規模発電所放水路/導水路トンネルなどが挙げられる。

現在国内では滝里発電所導水路トンネルにおける 8.3 mφ が最大径であるが、このクラスの TBM は現在幾つかの工事で採用を検討中であり、今後増加するものと思われる。また、特に二車線断面高速道路トンネルにおいては、本格的な山岳用 TBM としては世界にも例の無い約 13 mφ の TBM が必要となり、施主、ゼネコンの指導のもとメーカー各社では検討・計画が重ねられている。

### (2) 複数現場への転用

他現場への転用性を高めることは、TBM 工法のコスト低減のために今後重要性を増してくると予想される。しかし、他現場への転用には多くの場合掘削径の変更が要求される。オープン型 TBM では多少の掘削径の変更は比較的容易に行えるが、一体のスキンプレートを有するダブルシールド型 TBM では非常に困難であり大幅な改造コストを要する。また、地山状況によっては、TBM 形式で転用先を制限される場合も考えられる。このような事情がある中で、前述の「改良オープン型 TBM」は、一体シールドを持たないことにより掘削径も比較的容易で、従来のオープン型よりも不良地山対応性が高いことから、転用範囲も広がるのが期待できる。

### (3) 短距離トンネルへの適用

TBM の短距離トンネルへの適用性向上についての研究・開発も現在行われている。短距離トンネルでの TBM 工法採用時の最大の問題点は、イニシャル・コスト (=TBM 本体価格) であるが、短距離トンネル用に必要最小限の装備とした「簡易 TBM」が検討されている。また、前述のように TBM の転用性を向上させることによる中古 TBM の採用拡大もイニシャル・コストを迎えることができ、短距離トンネルへの適用性向上に効果があると思われる。

## 6. おわりに

本報文で紹介した TBM の高速施工や不良地山対応性への各種技術は、まだ生まれて日の浅いものが多く、その目的に対してまだまだ十分というわけではない。実際現時点でも、予想以上の不良地山に遭遇し、その対応に長期間を要している現場が何件もあり、今後さらに技術改良を続ける必要がある。「日本の山は悪いから」といった捉え方で終わらず、それを飛躍のチャンスとして受け取りそれを克服することで、日本のシールド技術が世界のトップに成長したように、TBM 技術も世界に向けて新たな技術を発信できるようになると信じている。

本報文で述べた内の少しでも山岳トンネル工事の技術の進歩と環境改善やコストダウンに貢献できれば幸いである。

#### 【筆者紹介】

南 好人 (みなみ よしひと)  
(株)小松製作所  
地下建機事業本部  
トンネル機械事業部技術部設計課長



森岡 享一 (もりおか きょういち)  
(株)小松製作所  
地下建機事業本部  
トンネル機械事業部技術部





## ずいそう



## 犬との散歩道で春を待つ

杉 修 二

夏の終り頃から、ビーグル犬を飼い始めた。早朝自宅側の自然公園を散策する日課が増えたが、新鮮な出来事に出会っている。公園側に引越して9年になるが、犬を連歩く前には気付かなかった自然現象や、人との出会いで結構雑学がついて来た。

冬の早朝公園でも、ラジオ体操、太極拳、社交ダンス、ゲートボール、ジョギング、野鳥観察等々賑やかである。犬を散歩させている人達はお互い声をかけあっている。おかげで犬の種類の多さや知識は急速に膨らんだ。昔のような雑種は少なくなり、大型犬や小型犬に人気があるようだ。犬のしつけも良いようだ。

公園内の草花や雑木も、日頃何げなく見ていたが、説明等読んで、ゆっくり観察するようになった。

冬から春にかけて、花や実をつける木々の説明文を読みながら、春を待ちどうしく思っている。

低木では、さざんか、寒椿、玉椿、乙女椿、ヤブ椿に始まり、どうたんツツジ、沈丁花、雪柳、カラタチ、シモツケ等は知っていたが、ハコネウツギ(白い花)、タニウツギ(ピンクの花)、ピラカンサ等の花は記憶にない。雑木では武蔵野に多いクヌギ(どんぐりの木)やコナラは別にして、マテバシイ(形の良い実をつけるが、味はまずい。待っておればシイの実のように旨くなるか?という意味で命名)やゴンズイ(魚から名付けた一役立たずの意味)、アオハダ(表皮をはくと青いハダが出る。赤い実をつける)等々命名が単純でおもしろい。ソロ(アカシデ)やエゴノ木(実に毒があり、魚を麻痺させるらしい)の花も待ちどおしいが、山桃や花水木、

白木蓮のつぼみを見ると、やがて咲く花を予測出来るので、気持が華やいでくる。

公園の外回りは、桜並木が通じており、近頃は川越の桜名所として有名な場所になって来た。最近入会した「(財)日本花の会」から送られた会報に、64種類の桜の写真が記載されているので、桜の名前を憶えようと思っている。気象庁の桜全線予測は、桜の蕾の重さで予測するらしいので、私もやってみたい。

公園側には小畔川が流れ、大きな池もあるので、野鳥の楽園だ。残念ながら野鳥には、名札がついていないので、野鳥の知識はまだ増えてないが今後が楽しみだ。

いずれにせよ、川越御伊勢塚公園の染井吉野の開花は3月30日と予測したが結果はいかなるものか……

—すぎ しゅうじ コマツ 取締役開発本部副本部長—

## ずいそう



## 今日の日本の繁栄は 戦後復興に努力した 先輩達の汗と涙の上にある

佐久間 博 信

建設機械化協会創立 50 年、その初期の時代より公私共お世話になった者として、心よりお祝い申し上げます。

戦争で荒廃した日本の復興に、物資食糧不足の中で、使命に燃え、懸命に努力されに諸先輩、そして休む暇の無い日夜の仕事で病に冒され事故に傷つき、雄志半ばで去った人々に、改めて深く感謝と敬意を表し、更に我々として与えることが出来なかったことを詫げるものであります。

私は昭和 19 年春、陸軍自動車隊で南方に移動中、比島で船待ちの間、飛行場の輸送と作業に従事しました。炎熱下の手作業は厳しく予定は進捗しない。この間、整備班が放置してあったブルドーザーを、工作車を使い、数台のブルの部品を集めて、1 台を動かすことに成功、作業はこの機械に頼ることになった。これが私の建設機械に関係した最初であった。

米国製のブルドーザーの作業は百人の兵に勝り、木の根を抜く作業は従来の 5 倍の速さであった。その後、南進してニューギニアに行ったところ、埠頭や飛行場に日本製の作業車が部品の補給がなく赤錆びているのを見た、なんとか組立の努力はしたが、走行速度は早いが馬力が弱く十分に使用出来なかった。

戦は終り、私は苛酷の戦場より運あって生還、戦友と荒れ果てた東京に立ち涙を流した。負けたのは我々の責任であると語り合い、手を握って日本の再建を誓ったのを覚えている。然し、比島にブルドーザーと共に残った戦友は遂に還らなかったのである。

昭和 22 年 4 月、紹介する人あり、機械とエンジンの経験者として機械商社に入ることが出来ました。以来 50 余年、多くの人的ご指導を頂き、協会東北支部の設立運営に加わることが出来て今日に到りました。

あの戦後、日本にとって重要な期間、将に、建設機械の初期であり、365 日、休まずに働いた日を思い出します。当時は連合軍の占領下、食糧燃料は不足し、列車に乗るのさえ厳しく、着いた駅から現場迄、米を背にして歩かねばなりませんでした。

この困難を克服し、国土の復興に建設機械を送り込み、不足している発電所を建設し、毎年襲ってくる災害対策のダムや堤防の工事、これを可能にする建設機械でした。

明日は台風が来る日、豪雨の中を汽関車と土運車を現場に入れ、昼夜兼行で堤防の穴を防ぐ、ダンプトラックが無かったからです。

本当に総べてが突貫工事であり、安全は二の次として完成を急ぎました。当時の建設省の建機の塗装色は緑色、戦時中の色で、我々は突撃進めの色と言った程でした。

このように工期を急ぐ為、多くの事故があり、犠牲者も少なからずありました。私自身も何度か、これらの現場に遭遇し、遭難者の救出運搬、復旧に務めた鮮烈な記憶があります。

修理材料不足の橋に重車輛を通し、息を呑んで見ている私の前で、橋が折れて転落。寒さの為、ブレーキが凍って岩石運搬車が暴走落下、都度私の仕事は被災者に手を合せつつ、復旧であり代替納入でした。

東北石淵ダムの現場で南方戦場の戦友と偶然再会、共に喜んで杯を傾けた夜も災害発生のサイレンが鳴り、共に現場に急行しました。彼はその後、香港のダムで事故に会い、最後は「香港の水」と言う本に残されただけでした。

東北の冬は長く、春の工事の再開は誰もが一日も早いことを望みました。春の初、雪崩の時期も、機材の輸送組立を行わねばなりません。地底を揺り動かす大雪崩の音、人々は戦場に駆けつける戦士の気持で、誰もが硬い表情になっていました。只見川の春、バッチャーの器材と作業員を輸送中、突然、先頭の車が雪崩に直撃されました。夢中で逃げた私は再び雪煙の中で救出指揮をしました。この時も遭難者を後送しつつ、プラント再建の打合せを行い、非情のようだが打設開始は予定通りでした。

工場側も資材不足の中、年末年始を返上、昼夜交替で製作と品質の改良に努力してくれたのです。

現在の日本の繁栄は、これら懸命の努力が成果を得ている時、朝鮮戦争の特需があり、電力と災害対策が間に合い、工場は増産、国民は経済成長、今日の姿となった。

これは初期復興の間、多くの人々の活躍とそれを支え可能にした建設機械の絶大な力があつたのである。

数年前、妻と東北のダムを訪れた。緑に映ゆる山間に紺碧の水を湛え、美しい観光地になっていた。湖畔を歩く恋人達は片隅の慰霊碑は見ない。佇む私は昔日を偲び涙が流れる、そして日本の復興に努力した人を忘れないでほしい、伝えねばならないと心に誓うのであった。

# 新工法紹介 調査部会

02-105	同時埋設合成鋼管杭工法 (ガンテツパイル)	ガンテツパイル 工法協会
--------	--------------------------	-----------------

## ▶特長

本工法は、特殊掘削翼の先端よりセメントミルクを吐出しながら現地盤の土と混合攪拌してソイルセメント柱を築造すると同時に、外面突起付き鋼管を回転埋設して、ソイルセメントと鋼管の合成杭を一工程で築造する工法である。

本工法は、土木分野で1995年3月に(財)国土開発技術研究センターの一般土木工法の技術審査証明(技審証第0602号)を、建築分野で1998年10月に建設大臣認定(建設省東住指発第459号)を取得している。

## ▶特徴

- ① 現地盤を有効に利用するため、杭施工による排土量は杭体積の20～40%程度に低減できるクリーンな低排土工法である。また排土は盛土等に有効活用ができる。
- ② 地盤とほぼ同比重のソイルセメントにより加圧しつつ施工するため、地盤を緩めない。また、鋼管とソイルセメントが一体となった合成杭であるため、ソイルセメント外径を設計径として場所打ち杭の周囲摩擦力と中掘り杭の先端支持力で設計できる。  
また、ソイルセメント比重により被圧水が存在する場合でも補助工法を用いず施工可能である。
- ③ 既存の各種基礎杭工法の中で、最も低騒音・低振動の工法の一つである。
- ④ 掘削ロッドに取付けられたスタビライザにより、鋼管とソイルセメント柱の芯ずれが無く、長尺杭でも確実な施工が可能である(実績最大66m)。
- ⑤ 独自の施工管理システムにより施工状況(施工深度、掘進速度、支持層への到達)を確認しつつ施工

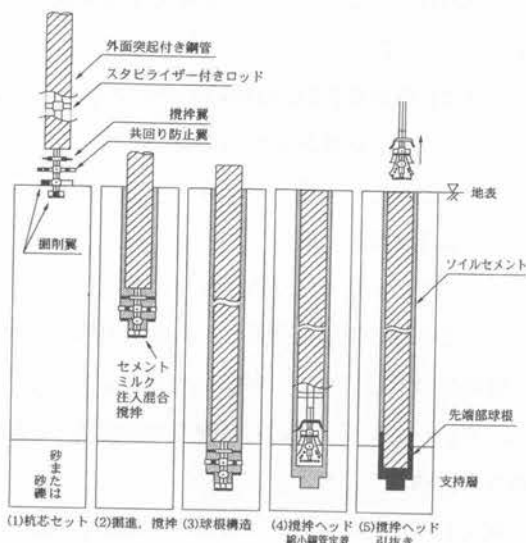


図-2 ガンテツパイルの施工手順

するため、信頼性が高く効率的な施工が可能である。

## ▶用途

橋梁基礎、擁壁基礎、水門基礎、建築物などの基礎杭

## ▶実績

第二名神高速道路、飛島西、川越東、鍋田、桑名の各高架橋基礎(日本道路公団1996～1998年)  
青谷・羽合道路善田高架橋基礎(建設省1998年)  
斐伊川放水路妙見橋基礎(建設省1998年)  
各種建築物の基礎(1991～1998年)等

## ▶問合せ先

ガンテツパイル工法協会

〒100-8071 東京都千代田区大手町2-6-3

(新日本製鐵(株) 建材開発技術部内)

電話・ファクシミリ 03(3275)2766

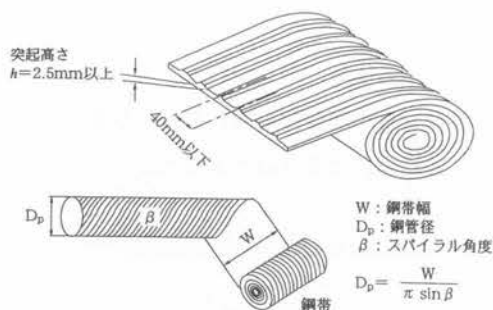


図-1 外面突起付き鋼管用鋼帯と鋼管の製造方法

04-175	無害な水溶性高分子薬品を用いた孔壁自立工法	五洋建設ほか
--------	-----------------------	--------

### 概要

本工法は、地山に各種ボルト孔、火薬装填孔等を穿孔する際に、孔壁自立が困難な亀裂性地山および未固結性地山において穿孔ドリル先端から水溶性高分子水溶液と圧縮空気の混合気を霧状に噴射、それにより粉を排出しながら穿孔し、孔壁の崩れを防止することを目的とした工法である。大量の穿孔水を使用する従来の水穿孔では、次のような問題が起こることがあった。

- ① 亀裂性地山では、孔内に岩片が落下し、孔内閉塞を起こすために施工時間が長くなる。
- ② 未固結性地山では、大量の穿孔水により孔径が拡大するために定着材料の喰い込みが生じる。

これらの問題点を解決するため、無害な水溶性高分子水溶液を用いた孔壁自立工法を開発した。図-1に、本工法の穿孔装置図を示す。

写真-1は、隣接孔における従来の水穿孔と本工法で施工した場合の孔内の映像である。

### 特徴

- ① 穿孔水量は、従来の水穿孔の約1/8にできるため、穿孔水による地山の緩みや孔径の拡大が少なく

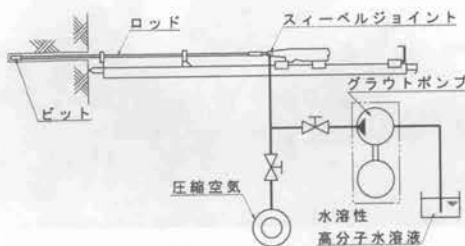
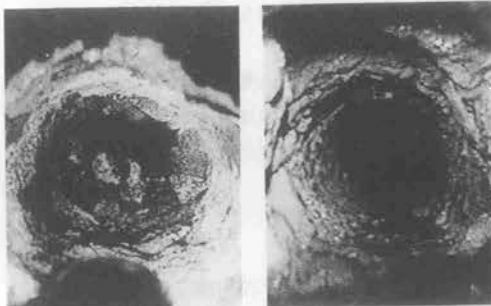


図-1 穿孔装置図



(a) 従来の水穿孔

(b) 孔壁自立工法

写真-1 孔内映像

なる。

- ② 薬液が粘性を有するため、地山亀裂部に侵入することがほとんどなく、岩片等の洗い出しがなくなる。
- ③ 薬液は、食品添加物に用いられる物質を原料とした水溶性高分子水溶液であり、人体や自然環境に対し無害である。
- ④ 孔壁が自立しているためにロッドの引抜きがスムーズに行われ、穿孔時間が短縮できる。
- ⑤ 従来の水穿孔で孔壁が崩れる地山では、時間をかけて穿孔する方法か自穿孔ボルトを打設する方法を採用していたが、これらの方法よりも本工法の方が経済的である。
- ⑥ ロックボルト引抜き試験の結果から、孔壁に付着した薬液がロックボルトの定着力に及ぼす影響はない。

### 用途

ロックボルト孔、アンカーボルト孔、火薬装填孔等の穿孔作業

### 実績 (平成10年9月現在)

- ・建設省/付替国道下谷トンネル新設工事
- ・日本道路公団/大分自動車道 代太郎トンネル東工事
- ・日本道路公団/北陸自動車道 境トンネル工事

以上の3現場において、従来の水穿孔では孔壁自立率が20%に満たなかった区間に本工法を適用し、平均80%以上に改善することができた。

### 工業所有権

- ・特許出願中

### 技術開発会社

- ・五洋建設(株)、マツダアステック(株)、第一工業製薬(株)、以上3社

### 参考資料

- ・「薬液穿孔水を用いた孔壁自立工法」第25回土木学会関東支部技術研究発表会、1998.3
- ・「孔壁自立工法の開発と現場への適用」第53回土木学会年次学術講演会、1998.10
- ・「薬液穿孔水を用いたトンネル孔壁自立工法の開発」五洋建設技術年報、Vol.28、1998

### 問合せ先

(株)カテックス建設資材事業部商品開発チーム  
〒460-8331 名古屋市中区上前津1-3-3  
電話 052(331)8821



## 新工法紹介

05-42	泥土の管中固化処理工法 「W-管工法」	若築建設
-------	------------------------	------

### ▶概要

本工法は浚渫泥土の空気圧送管内に固化材ミルクを添加し、プラグ流の混練効果とW-管での混練促進により、排砂管内で泥土と固化材を混練する工法である。

これによりプラグ流の前後が攪拌されると共に、合流時の泥土と管壁、および泥土同士の衝突で、全体の攪拌が行われる。

従来の事前混合に必要な、専用混合プラント船または陸上の混合プラントなどの諸設備が不要となり、安価にかつ大量に泥土の固化が可能であり、圧送船の大型化にも容易に対応でき、浚渫泥土のリサイクル工法である。

W-管工法の一般的フロー図を下記に示す。



図-1 W-管工法のフロー

### ▶特徴

- ① 装置の混練管は構造が単純で障害物の影響が少ない。
- ② プラグ流の前後部とのミキシングができ、全体的な攪拌が可能となる。
- ③ プラグ流と管壁およびプラグ流同士の衝突により良好な攪拌ができる。
- ④ 管内突起物がないため、抵抗が少なくエネルギーロスが小さくなる。
- ⑤ 短い距離での攪拌ができ、排泥口に近い所での固化材注入が可能となり、圧送元での固化材注入に比べ圧送抵抗が少なく、特に長距離圧送の場合は有利となる。

本工法の原理は排泥管の一部にバイパスを設けたもので、模式図で説明すると、圧送中の泥土に圧送空気を混入して発生したプラグ流が、管内に注入された固化材ミルクを巻き込み、乱流効果で泥土と固化材ミルクが混練される。この時点では固化材濃度はプラグ流の先頭部が濃く、後部が濃い状態にある(図-2(a))。

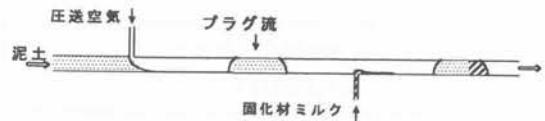


図-2(a) W-管工法の模式図

このプラグ流がW-管で直進と迂回路(バイパス)に分流された後再び合流する時、2つの流路の長さが異なるため、位相差を持って合流する。これにより、流入前のプラグ流の前後が混じり合うと共にプラグ流と管壁、プラグ流同士の衝突により混練は一層促進される。合流した泥土は、再びプラグ流を形勢し、合計2~3個のW-管を経て更に混練度を高め排泥される(図-2(b))。

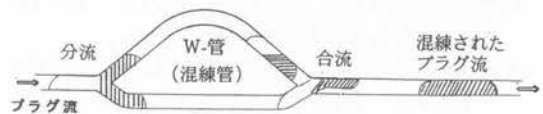


図-2(b) W-管工法の模式図



### ▶用途

- ・海底、湖沼底等の浚渫泥土の固化処理

### ▶実績

- ・若築建設(株)技術研究所実験
- ・若築建設(株)奈良輪機材センター実証試験
- ・名古屋港第3PI管中混合固化処理工法試験

### ▶工業所有権

- ・特許出願中

### ▶問合せ先

若築建設(株)土木本部技術部  
〒153-0064 東京都目黒区下目黒2-23-18  
電話 03(3492)0422

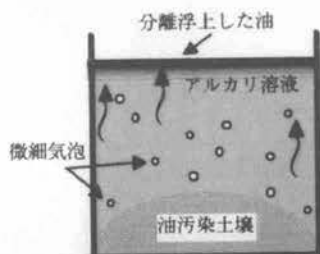
09-3	気泡連行法 (油汚染土壌浄化技術)	鹿 島
------	----------------------	-----

### 概要

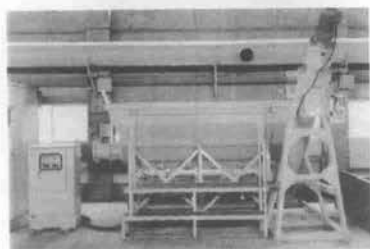
原油、重油等の油により汚染された土壌については、従来は対策手法として、原位置処理では固化材による固定化、掘削した場合は焼却処理が行われることが主流であった。しかし、これらの方法は厳密に浄化工法とは言えず、現在までに様々な浄化工法の開発が行われてきた。浄化工法としては、掘削し洗浄する方法が挙げられ、その中では界面活性剤などを使用し、土粒子から油を除去する方法が多く見られる。しかし、これらの方法は土粒子から除去した油が乳化し廃水に溶込みやすくなり、廃水処理が非常に困難となることが難点である。

本法は、掘削した汚染土の洗浄法の一手法であるが、微細な気泡を利用することにより土粒子から油を除去すること、さらにはその微細気泡の発生方法として過酸化水素の自己分解作用を利用したことが他の従来の洗浄法とは異なる点である。浄化の原理は、まず、掘削した油汚染土をアルカリ溶液に浸漬させ、土粒子から油を剝離しやすくする。次に、微細気泡を発生させ、気泡が水面に浮上する際に油を連行することで、土粒子から油を除去するというものである。

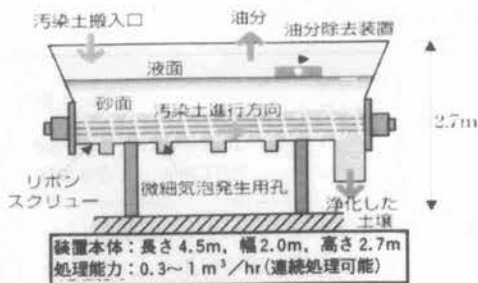
本法を現場へ適用するために可搬型処理装置(1m<sup>3</sup>/h規模)を開発した。この装置は土砂の槽内での攪拌・移動をリボンスクリューで行い、排出・水切は側面のスクリーコンベアで行うものであり、連続・バッチ処理と



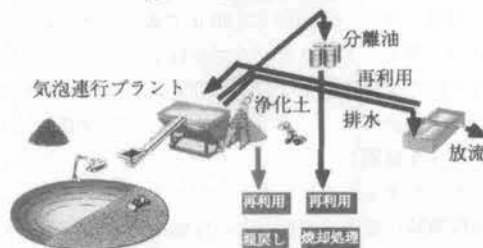
図一 気泡連行法の原理



写真一 可搬型処理装置



図二 可搬型処理装置



図三 浄化システム概念図

にも可能な構造となっている。現在までに、この装置を基本とし、油回収、廃水処理を併せた浄化システムを構築している。今後の課題として、10m<sup>3</sup>/h程度の処理が可能な現場据付型処理装置を検討中である。

### 特徴

- ① 単純な原理で高い浄化効果が得られる。
- ② 浄化後の分離した土壌、油分の再利用が可能である
- ③ 油分の水への乳化が少なく、廃水処理が容易である
- ④ 生物処理が困難な重質油(アスファルテンなど)についても高い浄化効果が得られる
- ⑤ オンサイト処理(場内処理)が可能である

### 用途

・原油、重油などの油汚染土壌浄化

### 実績

・事業所敷地内処理工事(平成10年4月~6月)

### 工業所有権

・特許申請中(特許平8-176264, 9-317000他)

### 問合せ先

鹿島 技術研究所環境技術研究部地盤環境グループ

〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1

電話 0424(89)7072

鹿島 機械部機械2グループ

〒107-0051 東京都港区元赤坂1-1-5 富士陰ビル

電話 03(5474)3782

# 新機種紹介 調査部会

## ▶ 掘削機械

98-02-23	日立建機 小型油圧ショベル	'98.11 発売
	①EX 30UR-3 ②EX 50 u	①モデルチェンジ ②新機種

都市土木工事に最適なコンパクトな機械として、性能向上、サービス性向上、環境対策などを図ったモデルチェンジ機の超小旋回型 EX 30 UR-3 (旧 EX 30 UR-2c) と新機種の後方小旋回型 EX 50 u である。ブームの油圧回路内にアンチドリフトバルブを採用し、フロントの自然降下量を従来比約 1/3 以下に抑えた。フロントおよびブレードの全てのピンジョイント部には耐摩耗性の HN ブッシュを装着し、ブッシュ寿命と給脂間隔を大幅に延長した。バケットシリンダホースをアームに内装し、溝掘削作業時における矢板などの接触による油圧ホースの

表-1 EX 30 UR-3 および EX 50 u の主な仕様

	EX 30 UR-3	EX 50 u
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.09	0.16
運転質量 (t)	2.9	4.45
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	17.7(24)/2,000	27.9(38)/2,000
最大掘削深さ×同半径 (m)	2.87×4.37	3.6×5.8
最大掘削高さ (m)	5.15	5.64
最大掘削力 (kN)	27.4	37.3
フロント最小旋回半径/後端旋回半径 (m)	0.775/0.775	2.1/1.0
バケットオフセット量 左/右 (mm)	580/730	-
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.6/2.8	4.5/2.5
接地圧 (KPa)	29.4	25.7
全長×全幅×全高 (m)	3.9×1.55×2.4	5.325×2×2.57
価格 (百万円)	8.35	9.4

(注) 数値はキャノピ仕様値を示す。



写真-1 日立 EX 30 UR-3 小型油圧ショベル (超小旋回型)

損傷を防止するとともに良好な視界も確保した。エネ革税制に対応するオートアイドル装着 (オプション) を用意しているほか、建設省の騒音規制、排出ガス対策の基準値もクリアして経済的な環境にやさしい機械としている。

98-02-24	神戸製鋼所 油圧ショベル (後方小旋回型) SK 235 SR	'98.12 発売 新機種
----------	---------------------------------------	------------------

狭所作業性と各種作業への対応性を重視して開発された後方小旋回型油圧ショベルで、SK 60 SR、SK 115 SR、SK 135 SR に次ぐグランビートルシリーズである。1 クラス上の足廻りの採用やカウンタウエイトの増量などにより作業安定性を確保しながら旋回時のクローラ幅からの本体上部の後方はみ出し量を少なくおさえて安全性と作業能率の向上を図った。新開発のオートアクセルは、レバーストロックに比例して復帰するので立上がり

表-2 SK 235 SR の主な仕様

標準バケット容量	0.8 m <sup>3</sup>
運転質量	23.2 t
定格出力	107(145)/2,000 kW(PS)/min <sup>-1</sup>
最大掘削深さ×同半径	6.7×9.85 m
最大掘削高さ	11.29 m
最大掘削力	135 kN
後端旋回半径	1.62 m
走行速度 高速/低速	5.3/3.3 km/h
登坂能力	35度
クローラ全長×同全幅	4.26×2.99 m
全長×全幅×全高	8.71×2.99×3.07 m
価格	27.5 百万円

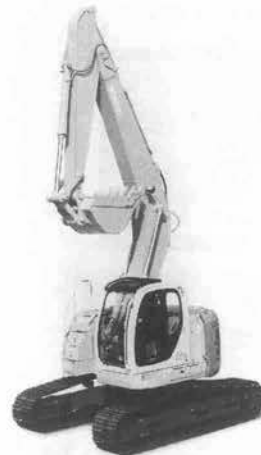


写真-2 神鋼 SK 235 SR 油圧ショベル (後方小旋回型) 「グランビートル」

## 新機種紹介

がスムーズで運転性が一段と向上した。オートエアコン標準装備の新デザインのキャブは、運転空間、視界性、乗降性などに配慮がなされており、振動、騒音の対策も施されている。メンテナンス情報を必要な時にのみ表示するマルチディスプレイは、自己診断機能、サービス診断情報も備えている。クレーン仕様、テレスコピックアーム、破碎機など用途を広げる各種のアタッチメントが用意されているほか、建設省の騒音規制、排出ガス対策にも対応している。

98-02-25	新キャタピラー三菱 油圧ショベル CAT 320 BU ほか	'98.12 発売 新機種
----------	--------------------------------------	------------------

作業現場広さに制約を受ける建築基礎工事、林道開削工事、解体工事などでの使用において、標準機並みの性能発揮を追求した小旋回型の新機種である。高圧油圧システムと最適なシリンダサイズによる強力な掘削力、EPUC（電子パワーユニットコントロール）によるエンジン出力の油圧馬力への高効率変換、ブーム/アームのスピーディな動きと省エネルギー効果のある油圧再生回路の採用、フロント作業機の動きを最適化する6種類の作業モードの設定などにより生産性を向上させた。320 BUにはバケット掘削力を高めた解体仕様を設けたほか、3.5 m道路幅内で180度旋回作業が可能な321 BLCRについてはショートリーチフロント作業機や油圧配管などを装備してトンネル仕様を設定した。紫外線や熱線に遮断効果のあるグリーンガラス採用のキャブは液体封入式ビスカスマウントとし、油圧システムには油圧マフラを採用して騒音と振動の低減効果を高めた。ま

表—3 CAT 320 BU ほかの主な仕様

	320 BU	320 BLU	321 BLCR
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.8(0.9)	0.9	0.8
運転質量 (t)	21.95(22.45)	22.65	22.5
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	95.6(130)/1,800	95.6(130)/1,800	95.6(130)/1,800
最大掘削深さ×同半径 (m)	6.64(6.63)×9.93(9.92)	6.57×9.85	6.86×9.87
最大掘削力(バケット) (kN)	137(144)	148	137
最大掘削高さ (m)	9.4(9.38)	9.35	11.4
フロント最小旋回半径 (m)	3.63	3.63	1.85
後端旋回半径 (m)	2	2	1.6
接地圧 (kPa)	51(51.7)	47.2	—
走行速度 高速/低速 (km/h)	5.5/3.5	5.5/3.5	5.5/3.5
登坂能力 (度)	35	35	35
全長×全幅×全高 (m)	8.73×2.8×2.94	8.92×2.98×2.94	8.8×2.98×3.1
価 格 (百万円)	25.81	26.91	29.1

(注) 320 BU の ( ) 内数値は解体仕様値を示す。

た、建設省の騒音規制、排出ガス対策にも対応しており、居住性向上と環境対策に配慮した。



写真—3 CAT 320 BU 「REGA」油圧ショベル

## ▶積込機械

98-03-10	新キャタピラー三菱 (仏キャタピラー社製) クローラローダ CAT 953 C	'98.12 発売 モデルチェンジ
----------	---	----------------------

一般土木工事、トンネル工事などで使用されているHSTドライブのクローラローダについて、従来の特長を継承しつつスローブ形エンジンフードとエンジンルーム内蔵マフラの採用により後方視界を向上させ、外観デザインも一新したものである。カウンタウエイトを兼ねた後部バンパの採用により、最大転倒荷重、積載状態における走行安定性を向上した。油圧パイロット式ジョイスティックの採用は、レバ操作力の低減と微操作性の向上を実現し、さらに、前後上下調整式アームレストにより、ベストポジションでのレバ操作を可能としてオペレータの疲労軽減を図った。マグネット式キックアウトおよびバケットポジションナの採用により多くのメカニカルリンクを削除し、信頼性の向上とポジション調整を容易にした。インターナル(内蔵式)ROPSキャブは、ガラス面積を大幅にアップして作業視界の確保、室内騒音低減など快適な運転空間を実現した。

表—4 CAT 953 の主な仕様

バケット容量	1.8 m <sup>3</sup>
運転質量	15.05 t
定格出力	90(122)/2,200 kW(PS)/min <sup>-1</sup>
ダンピングクリアランス(爪先)×同リーチ(爪先)	2.705×1.495 m
接地長さ×クローラ中心距離	2.295×1.8 m
接地圧	62.8 kPa
最低地上高	0.375 m
走行速度 前進/後進	0~10/0~10 km/h
全長×全幅×全高	6.135×2.43×3.085 m
価 格	18 百万円

## 新機種紹介



写真-4 CAT 953 C クローラローダ

98-03-11	日立建機 オイルローダ LX 100 <sub>s</sub> ほか	'98.12 発売 モデルチェンジ
----------	---------------------------------------	----------------------

原材料、製品の積み運搬作業、除雪作業にと幅広く使用されているホイールローダについて、操作性、居住性、経済性、安全性、環境対策などの向上を図ったモデルチェンジ2機種である。高出力クリーンエンジンと作業機およびステアリングの操作をしない時にポンプ吐出量を最少とする可変容量型油圧ポンプの採用は、大作業量と低燃費の両立を実現した。比例電磁弁を採用したオート/マニュアル切換式の電子制御オートマチックトランスミッションは、各種作業に対応してショックの少ないスムーズなシフトチェンジが可能である。また、最適速度の選択が操作レバ先端のスイッチで瞬時にできるクイックシフト機構も備えている。その他、リフトアー

表-5 LX 100<sub>s</sub> ほかの主な仕様

	LX 100 <sub>s</sub>	LX 120 <sub>s</sub>
バケット容量 (m <sup>3</sup> )	2.0	2.6
運転質量 (t)	11.2	13.3
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	96(130)/2,100	119(162)/2,200
ダンピングクリアランス×同リーチ (m)	2.78×1.015	2.87×1.02
最高走行速度 F4/R3 (km/h)	36.5/23	39.5/26
登坂能力 (度)	30	30
最少回転半径(最外側) (m)	5.72	6.04
ホイールベース×トレッド (m)	2.9×1.95	3.03×2.05
全長×全幅×全高 (m)	7.09×2.46×3.17	7.51×2.69×3.315
タイヤサイズ (チューブレス)	17.5-25-12 PR	20.5-25-12 PR
価格 (百万円)	16.9	21.7



写真-5 日立 LX 120<sub>s</sub> ホイールローダ

ムを運搬姿勢で停止するアームポジションとバケットを地上掘削姿勢にするバケットポジション、安全性の高いROPS/FOPS キャブなどを標準装備している。建設省の排出ガス対策基準値をクリアして、環境にやさしい機械としている。

### ▶クレーン、高所作業車

98-05-22	石川島建機 クローラクレーン (全油圧式) CCH 1500 <sub>s</sub>	'98.11 発売 モデルチェンジ
----------	---	----------------------

建築工事、基礎工事、海洋土木工事などで使用される全油圧式 CCH 1500<sub>s</sub> (最大つり上能力 150 t) をモデルチェンジしたもので、作業性、安全性、省エネルギー対策、環境対策などの一層の向上を図ったものである。低重心設計の大きな安定度を生かしてクレーン、ラフティングタワークレーン、ラフティングジブクレーン、ポストクレーンとバリエーションを設けている。巻上・巻下ロープ速度は 110 m/min と大きくとっており、微速制御はエンジンの回転速度と連動してポンプ吐出量をコントロールする方法と、ポンプ吐出量だけをコントロールする方法が選択できて、インテグレーション作業を容易に操作することができる。グラフィック表示と音声警報発信のキー付過負荷防止装置を装備しているほか、エンジンストップ時に、ブーム・ジブ起伏や主・補巻に自動的にロックが掛かる安全設計、全馬力油圧制御システムにより各ポンプの負荷に応じてエンジン出力を有効に活用する省エネルギー設計などを採用している。建設省認定の

表-6 CCH 1500<sub>s</sub> の主な仕様

	クレーン 仕様	ラフティング タワー仕様	ラフティング ジブ仕様	ポストクレーン 仕様
最大つり上げ能力 (t×m)	150×5.0	25×13.6	(主)50×12 (補)25×13.6	50×14
運転質量 (t)	161	179	183	170
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	235(320) /2,000	235(320) /2,000	235(320) /2,000	235(320) /2,000
最大ブーム(ポスト)長さ (m)	84	57	57	57
ブーム+ジブ長さ (m)	72+31	57+51	57+51	57
主巻ロープ速度 (m/min)	110~55 /55~28	110~55 /55~28	110~55 /55~28	110~55 /55~28
補巻ロープ速度 (m/min)	110~55 /55~28	110~55 /55~28	110~55 /55~28	—
走行速度 高/低 (km/h)	1.1/0.7	1.1/0.7	1.1/0.7	1.1/0.7
登坂能力 (度)	16.7	16.7	16.7	16.7
クローラ全長×全幅 (m)	8.87×7.07	8.87×7.07	8.87×7.07	8.87×7.07
価格 (百万円)	18m ブーム 165	57m ポスト +51m ジブ 200	—	—

(注) 運転質量は使用ブーム長さなどにより異なる。

新機種紹介

排出ガス対策型エンジンの搭載により環境にも配慮している。



写真-6 石川島建機クローラクレーン

98-05-23	日立建機 クローラクレーン (全油圧式)	CX 2000	'98.12 発売 モデルチェンジ
----------	----------------------------	---------	----------------------

建築工事、大形土木工事、護岸工事などで使用されている KH 1000 (200 t 吊り上げ荷重) クローラクレーンについて、作業性、操作性、安全性などの一層の向上を図ってフルモデルチェンジしたものである。巻上(走行)とブーム起伏の微速制御をそれぞれ独立に設定できるので、作業用途に応じて巻上とブーム起伏の任意の速度差が得られる。また、主巻・補巻ともロープ速度を 110 m/min とし作業能率を向上した。旋回速度はエンジン回転速度に関係なく一定に維持することができるので、高揚程作業などでの巻上、旋回の複合操作において便利である。電動式チルトスタンド操作レバと荷の動きが直接手に伝わるドラム回転感知装置など最適なポジションでインテグレーション操作などの微細な作業操作にも集中できる。キー付自動停止解除スイッチ、巻上ブレーキモード選択キースイッチ、ブーム(タワー)極限過巻防止装置など安全性を徹底的に追求したほか、建設省の低騒音規制にも対応、また、排出ガス対策型エンジンの搭載により環境にも配慮した。

表-7 CX 2000 の主な仕様

	クレーン仕様	フルラフティング タワー仕様
最大吊り上能力 (t×m)	200×5	25×14
運転質量 (t)	190	205
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	221(300)/2,000	221(300)/2,000
ブーム長さ 基本/最大 (m)	18/90	—
ブーム+ジブ最大長 (m)	72+37	—
タワー長さ (m)	—	36~60
タワー+ジブ最大長 (m)	—	60+52
主巻ロープ巻上速度(高) (m/min)	110	110
補巻ロープ巻上速度(高) (m/min)	110	31
走行速度 高速/低速 (km/h)	1.1/0.7	1.1/0.7
登坂能力 (度)	16	16
クローラ全長×全幅 (m)	9.07×7.07(6.22)	9.07×7.07(6.22)
価格 (百万円)	18 mブーム 191.8	36mタワー+28mジブ 236.9

(注) (1) 運転質量は使用ブーム、使用タワーの長さなどにより異なる。  
(2) クローラ全幅の( ) 数値はサイドフレーム縮小時を示す。



写真-7 日立 CX 2000 クローラクレーン (全油圧式)

▶骨材生産機械

98-09-02	ノードバーク日本 振動ふるい機 (被けん引式) ①CV シリーズ ②CE シリーズ	①'98.06 発売 ②'98.11 発売 輸入新機種
----------	--	-----------------------------------

表土、残土、建設廃材リサイクルなどの処理用として、また、山砂、川砂、細骨材、割栗石などの選別用として開発された CV シリーズ (米国生産) と CE シリーズ (英国生産) の輸入製品である。CV シリーズには CV-40-D、CV-90-D、CV-95-D、CV-150-D があり、CE シリーズには チャレンジャー、セネター、アンバサダーが



## 新機種紹介

ある。CVシリーズの振動ヘッドにはフォークデッキ、金網スクリーン、パンチングプレートスクリーンなどを用途に応じて選択セットすることができる。また、ホッパや排出用コンベヤを使用していないので処理材の目詰まりや絡みがない。現場間の移動は装着の車輪を利用してトラクタで牽引して行く。CEシリーズはトレーラ上に振動スクリーンと搬出コンベヤが一体に搭載されており、現場間の移動が容易である。チャレンジャーおよびセネターは同時に4種類の製品選別が可能である。両シリーズともエンジン油圧駆動を採用している。

表-8 CVシリーズおよびCEシリーズの主な仕様

	CVシリーズ			
	CV-40-D	CV-90-D	CV-95-D	CV-150-D
スクリーン大きさ (幅×長さ) (m)	1.98×2.18	1.98×3.05	1.98×3.05	2.13×3.84
スクリーン デッキ数 (段)	2(1)	2(1)	2(1)	2(3)(1)
スクリーン目開 き寸法 (mm)	10~100	10~100	10~100	10~100
機械質量 (t)	5.679	9.408	11.698	11.739
定格出力 (kW)	20.5	33	31	36.5
スクリーン下 容量 (m <sup>3</sup> )	6	11.3	11.3	14
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	—	—	—	—
タイヤサイズ	9.0×17.5 -2本	9.0×17.5 -4本	9.0×17.5 -4本	9.0×17.5 -4本
全長×全幅× 全高 (m)	5.699×2.489 ×2.87	7.747×2.489 ×3.302	7.747×2.489 ×5.41	8.23×2.489 ×3.505
輸送時全長× 全幅×全高 (m)	5.969×2.489 ×3.099	7.747×2.489 ×3.632	7.747×2.489 ×3.759	8.23×2.489 ×3.759
価格 (百万円)	15.5~17.5	23.5~25.8	—	29.7~29.8

	CEシリーズ		
	チャレンジャ	セネター	アンサダ
スクリーン大きさ (幅×長さ) (m)	—	—	—
スクリーン デッキ数 (段)	2	2	2
スクリーン目開 き寸法 (mm)	6~50	6~50	6~50
機械質量 (t)	10.977	24.834	20.458
定格出力 (kW)	29	65	51
スクリーン下 容量 (m <sup>3</sup> )	—	—	—
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	5.3	6.2	—
タイヤサイズ	9R-17/5HC	385×65×22.5	385×65×22.5
全長×全幅× 全高 (m)	18.1×2.5×6	20.2×15.1×5.8	14.6×2.6×4.7
輸送時全長× 全幅×全高 (m)	14.8×2.5 ×3.7	15.8×2.5×4	13.3×2.6×4
価格 (百万円)	14.28	27.6	23.4



写真-8 ノードパーク日本 CV-90-D (上)、チャレンジャー (下) 振動ふるい機

### ▶モータグレーダ、路盤用機械および締固め機械

98-12-11	コマツ 振動ローラ (アーティキュレート式) JV 130 WH-1	'98.11 発売 新機種
----------	---	------------------

大規模盛土の厚層締固めに使用される強力形の振動ローラ (前輪振動・前後輪駆動) の新機種である。15 t 車なみの転圧力を発揮することができ、転圧材料と条件に応じて高低2段切換式の振幅と振動数の選択で最適な転圧が可能である。オーバコンパクションを防止するため、機械の動きに合わせて自動的に起振をオンオフする起振自動停止装置を備えている。車速の高・低速度段の切換えはスイッチ式で、変速は操作力の軽いレバーで容易にコントロールできる。運転席はコイルスプリングと液体封入ダンパを併用したハイパービスクスマウントを採用し、静粛で快適な乗心地を実現した。ROPS キャブの標準装備、エンジン停止時および走行油圧系統故障時に、自動的に作動する走行モータ内蔵ディスクブレーキ

## 新機種紹介

の装備など安全性に配慮がなされている。建設省の低騒音基準、排出ガス対策基準についてクリアしており、環境にも配慮した機械としている。

表-9 JV 130 WH<sub>-1</sub> の主な仕様

運転質量	12.7 t
最大転圧力×締固め幅	347.2 kN×2.13 m
前輪荷重/後輪荷重	76.2/52 kN
定格出力	99.4(135)/2,000 kW(PS)/rpm
起振力 高振幅時/低振幅時	97~275/50~162 kN
高振幅×振動数/ 低振幅×振動数	2.2 mm×16.7~28 Hz/1.1 m×16.7~30 Hz
走行速度(前後進共) 1速/2速	0~6/0~11 km/h
登坂能力	23度
最小旋回半径	5.7 m
前輪径/後輪タイヤサイズ	1.52 m/23.1-26-8 PR
軸 距	2.985 m
全長×全幅×全高	5.6×2.35×3.05 m
価 格	21 百万円

写真-9 コマツ JV 130 WH<sub>-1</sub> 振動ローラ

98-12-12	川崎重工業 タイヤローラ K 20 TA <sub>-2</sub> ほか	'98.11 発売 モデルチェンジ
----------	--	----------------------

道路舗装工事の締固め作業に使用されるタイヤローラについて、環境対策、操作性向上を図ってモデルチェンジしたものである。トルクコンバータ付パワーシフトトランスミッションの搭載とフィンガタッチの電気式前後進切換レバにより、車両のスムーズな動きを実現した。

トルクプロポーションニングディファレンシャル付の差動機的作用により、左右転圧輪の駆動力は転圧面の抵抗に応じてバランスよく配分される。最高走行速度は大きく設定しており、大容量水タンクや汲水用アクセルレバの装備などとともに迅速で簡便な汲水作業を可能にしている。低い車体と死角の少ないエンジンフードで広い視界を確保した。輸送時におけるキャノピの折りたたみは、アシストシリンダにより軽い操作力で可能である。建設省の低騒音規制、排出ガス対策に対応して環境に配慮した機械としている。

表-10 K 20 TA<sub>-2</sub> ほかの主な仕様

	K 20 TA <sub>-2</sub> (標準タイヤ)	K 20 WTA <sub>-2</sub> (ワイドタイヤ)
最大質量 (t)	20	20
運転質量/機械質量 (t)	13.315/8.74	13.815/8.74
運転質量: 前軸/後軸 (t)	5.57/7.745	5.79/8.025
締固め幅×軸距 (m)	2.06×3.75	2.245×3.75
前後輪オーバーラップ (mm)	35	55
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	69(94)/1,800	69(94)/1,800
走行速度 低速/高速 (km/h)	9.5/26	9.0/25
登坂能力 (度)	25	25
最小回半径 (m)	6.5	6.6
水タンク容量 (l)	4,500	5,000
タイヤサイズ (本数前/後)	9.00-20-10 PR(4/5)	14/70-20-12 PR(3/4)
全長×全幅×全高 (m)	5.02×2.06 ×3.185	5.02×2.245 ×3.16
価 格 (百万円)	10.5	11.5

(注) 運転質量には水バラスト質量および乗員1名(75 kg)が含まれる。

写真-10 川崎重工「AUTHENT」K 20 WTA<sub>-2</sub> タイヤローラ

## 文献調査 文献調査委員会

乾杯—浚渫土はもはや単なる埋立て土ではない。

技術者たちは多くの隠れた利点を見つけた—

Bottoms Up—Dredged materials aren't just for landfills anymore. Engineers have discovered their many hidden benefits

Civil Engineering  
December, 57-59, 1998

歴史的に、技術者たちは水路や港からの浚渫土を無駄な物と見なし、水中や湿地、山間地にしばしば廃棄した。しかし、規則の強化や、1970年代の終わり頃から人々の関心が集まりだし、技術者たちがそのいろいろな用途を試していた間に、浚渫土の環境への影響の評価を技術者にせまる状況になった。

水路の維持や、新しい水路の建設により毎年浚渫される土の増加が環境規制の強化とあいまって、技術者にそのより有効な使い道を発見するチャンスを与えた。

現在の山間地の廃棄地はいっぱいになりつつあり、新しい廃棄地を探すのは難しく、コストがかかる。幸いにも、技術的な進歩により浚渫土の新しい用途が出てきた。これらの中には、適住地を作り、回復することや、海岸の砂の補給—水栽培、園芸や林業、また、製作土壌—埋立て地の干拓や鉱山の再生利用、そして、公園や、ターミナル、空港のようなリクリエーション、工業、商業用としての利用がある。

以下の5つのケースの研究は、米国の港から浚渫された土の環境対応の活用や有益な活用の例を示している。

### 【埋立て地を閉じる】

ニューヨーク港における Orion Project。市の埋立て地 67 ha を再開発し、40 ha の商店街を建設。海洋投棄

出来ない汚染された土を浄化し、現地で建設用土として埋立て地を閉じるために再利用。約 1,700,000 m<sup>3</sup> の建設用土と周辺の埋立て用土が本プロジェクトに使われた。

本工事には、浚渫、浚渫土の安定性改良、化学処理と、その後に建設用土として埋立てる事が含まれる。76,000 m<sup>3</sup> の浚渫土で事前にデモンストレーションが行われた。浚渫土は船で運ばれた。浚渫土はグリズリフィーダ付きホッパに投入され、岩屑を除去し、ポンプで移動し、セメント系物質と混ぜて建設用土を作る。

### 【土壌浄化の歴史】

New York Bight Apex とその周辺は、1800年代から廃棄物や浚渫土の投棄場所として使われていた。

現地調査の結果から、蓄積された汚染物質が望ましくないレベルに達している事が判明。EPA は、湾を歴史的な土壌浄化地 (HARS, historic area remediation site) に指定され、ニューヨーク港から得られた汚染されていない土で 1m の厚さで覆った。

HARS は 31 km<sup>2</sup> の浄化地区、20 km<sup>2</sup> の緩衝地区、約 3.5 km<sup>2</sup> の周辺地区からなる。約 31,000,000 m<sup>3</sup> のクリーンな浚渫土が HARS を覆うのに使われる。これは、運河の浚渫土の浄化されたものの 30 年分にあたる。

HARS を覆うのは、運河の浚渫土に有益な用途を提供し、嵐や seafloor processes で汚染物が飛散するのを防ぐ。また、HARS を覆うのは、水利環境から汚染物質を隔離する事により、有害物質や汚染の蓄積を減らすだろう。

実際の浄化作業は、土壌の汚染度に応じて9つの 3.5 km<sup>2</sup> の4分円で優先順位をつけられた。4分円システムにより、効率的な汚染土の配置、品質管理チェック、包括的な現地の benthic characterization や水柱の連続的なモニタリング等をしやすくした。作業員たちは今年初の初めに最初の 1t のクリーンな浚渫土を投入した。

### 【浚渫する楽しみ】

Chesapeake Bay, MD にある Hart Miller Island (HMI) の 445 ha (1.6×3.2 km) の浚渫土置き場は、324 ha のノースセルと 121 ha のサウスセルからなる。

浚渫土の投入容量が達成されれば、MPA は公共のためのリクリエショナルアイランドを作る事を計画している。現在、サウスセルでは投入が終わり、自然の植物



## 文献調査

で覆われている。このセルの一部は boaters やバードウオッチャーのために公園になった。

ノースセルは現在も浚渫土を受入れており、現地の使用期間は10年(26,000,000m<sup>3</sup>)延長された。浚渫土の投入が終わり、現地のモニタリングも終了すれば、この島は公共のリクリエーション用に利用される計画である。

## 【テキサスの沼地】

Houston Ship Channel (HSC) 近代化プロジェクトは、122,000,000 m<sup>3</sup>の浚渫土を使って、50年以上の長さのプロジェクトである Galveston Bay に約1,720 haの潮の満ちひきのある沼地を作る、Boaterの寄港地や、Bird island、やぎの島、Red fish islandを作る事も提案している。

Groupは、典型的な浚渫装置と運河からの浚渫土を使い、生きた潮の満ちひきのある湿地を作る事を評価するパイロット研究を実施した。プロジェクトチームはBayportにヒューストン運河の一部から浚渫した固い土や砂を使ってデモ用の沼地のための周辺の堤防を作った。89 haの沼地にはBayport運河からのメンテ用浚渫土1,100,000 m<sup>3</sup>を使用する。

浚渫土を投入してから約2年後に、作業員たちはそこに salt marsh cordgrass を植えた。その結果、完成に近い巨大な塩分を含む沼地になった。いろいろな水性や鳥の種がそこに住みついた。この研究の成果は、残りの場所に生かされるだろう。

## 【ロスアンジェルスに耳を傾ける】

21世紀の貨物輸送の需要を満たすために、2,020のプログラム作られた。この計画は、20の出荷ターミナルを建設するための約404 haの土地を回復を必要とした。新しい土地は2つの主な浚渫、ターミナル発展プロジェクトを通して作られつつある。

本プロジェクトには全体で、40,000,000 m<sup>3</sup>の浚渫土が必要と見積もられている。湾底の損失は、巣を作る場所や、沼の生息地を作る事を含め、243 haの Batiquitos Lagoonの回復によって、部分的に埋め合わせられる。加えて、約77 haの浅い水辺の生息地は、6,000,000 m<sup>3</sup>以上の浚渫土を使って San Pedro 防波堤の内側に沿って作られた。

## 【未来の応用】

浚渫土 (dredged material) は、有益な水辺や高地での使用のための、重要な資源である。それらの使用からの歳入は、浚渫コストを埋め合わせるのに使われる。

浚渫土の将来の有益な使用についての主な関心事は二つ有り、一つは計画の実行に必要なさらなる基金を見つ

け、正当な理由づけすることと、一つは浚渫-利用プロセスを効率化すること。

基本的なフラットな州予算と増加しつつある廃棄コストにより、入手できる浚渫基金 (dredging funds) は小さくなった。しかし、技術者は市場の需要に応じて、運河を深くし続ける。それゆえ必要なチャレンジは、浚渫時のリクワイアメントを減らすか、現行の浚渫作業の効率や生産量を向上することである。

港の将来予想から、近年の浚渫土の配置方法に関する要求に調整が必要と思われる。例として、汚染物を覆う層の厚さを薄くすること。現在の傾向は、ますますコスト上有効な、また、環境上有益な、港の浚渫土の応用へ向かっている。

<委員：小守昭尚>

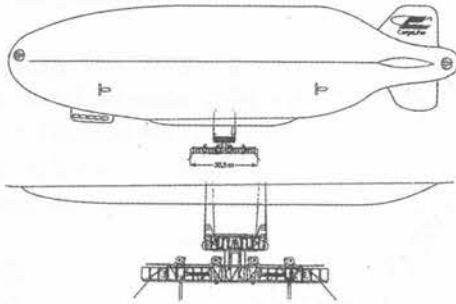
## 浮き起重機

Flying Crane

International Construction  
Vol.37, No.11, November, 54, 1998

Liebherr-Werk Ehingen社はLiebherr-Werk Biberach社と協同してカーゴリフター (Cargo Lifter) 用途の新しいフローティングクレーン (CL160) 用ローディングフレームを開発し製造しようとしている。そのCL160は長さ160m、ヘリウムガスを満たした飛行船 (airship) であり、最大160tfの荷物を時速140kmの速度で5.2kmの距離運搬できる。このローディングフレームは上部デッキに搭載された2台のウインチにより飛行船から80mまで降下させることができる。ローディングフレームの下部デッキには吊り荷重ハンドリング用ホイストウインチと飛行船本体を大地に留めるアンカー用ウインチがある。Liebherr社は、吊荷ハンドリング用ホイストウインチのコンピュータコントロールシステムを開発中である。このことは将来吊りフックの同調変位コントロールができると言う特色を持つことになるであろう。カーゴリフターは空中を移動するので吊り荷は飛行船のキールに結合されたローディングフレームにボルトで取付けられ、安全を確保している。ローディン

文献調査



グフレームには燃料タンク、凝縮水タンク、160tのバラスト水用タンクとしての貯留槽が設置されている。下部デッキにはローディングフレームの全ての動力源と制御盤と油圧ポンプ駆動機構部を収納することになっている。Liebherr社によるとローディングフレームの設計は大地にウインチでアンカーされている定置式橋形クレーン (stationary bridge crane) と同じようであるとのことである。これが飛行船の上下動とは関係なく吊り荷を上下することを保証している。〈委員：小田征宏〉

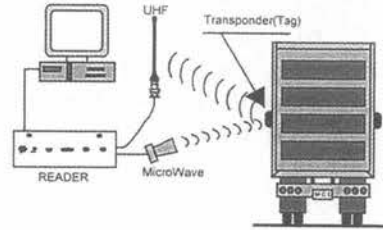


図-1 RFID システム部材

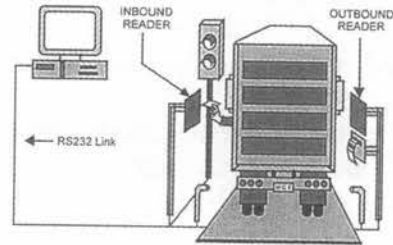


図-2 カード型 RFID システム

採鉱現場における自動識別技術

Automatic identification in mining

Mining Engineering  
June, 95-100, 1998

採鉱業においては、劣悪な作業環境と機動性を重視した採鉱方法のため、他業界で一般的に使用されるバーコードのような光学識別技術を用いることは困難である。しかし、近年の無線周波数技術の発展に伴い、無線による自動識別技術 (radio frequency identification, RFID) を採鉱現場の情報管理に適用することで、作業・機械設備の監督・管理の可能性が大きく広がっている。

無線通信は泥、油脂、塗装などに影響されず、寒暖に強い。また、二重通信を行うことでノイズに対する耐性を上げることが可能であり、更に固有のデータ通信方式を採用すれば、情報偽造も困難な信頼性のあるデータを

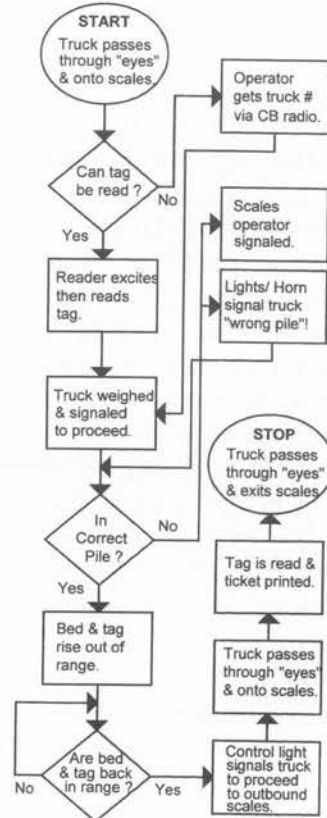


図-3 自動トラック追跡システム

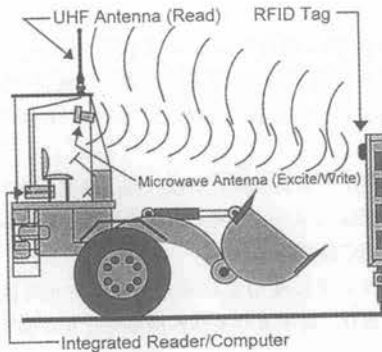


図-4 RFIDシステム（ピットローディング）

得ることができる。

無線による自動識別システムは、一般的にタグと呼ばれるトランスポンダおよびリーダー、アンテナ、ホストコンピュータから構成される（図-1）。

無線による自動識別システムを採鉱現場に適用した実例としては、通信距離0.3mの読取り専用クレジットカード型タグを用いた車両積載情報の管理（図-2）、通信距離2.4~2.8mの読み取り専用バック型のタグを用いた車両運行情報の管理（図-3）、通信距離30mの読書き可能なタグを用いた、複数企業の合同採掘現場における利権情報の管理（図-4）などが挙げられる。

また、坑内車両の自動識別による給油許可・情報管理、常時・非常時に含めた坑内作業員・機械設備の位置把握に適用することも検討されており、将来的には、坑内作業員の心臓・呼吸状態、体温、運動レベルの管理といった個人の生態情報チェックを通じて、坑内環境の診断を行うことも可能になると考えられる。

〈委員：橋本英樹〉

## Colsoft（低騒音舗装）の開発

Trials for Colsoft

World Highways/Routes du Monde  
October, 22, 1988

Colsoftは、Colas Ltd.の低騒音舗装であり、現在、イ



写真 TRAでの舗装テスト

ギリスのTRL (Transport Research Laboratory) で評価中である。

テストは、Colasによって施工された新設のColsoftを表層とした舗装の騒音評価区域で行われている。

Colsoftは、Colasの親会社であるフランスのColas SAで開発されたもので、街中の騒音を低減し、環境問題を緩和する舗装である。

施工された舗装は、車のタイヤからリサイクルされた様々な粒径のゴムチップとColflexという改質バインダを用いて製造された混合物を用いる薄層のアスファルト舗装である。フランスにおける最近のテスト結果では、Colsoftの騒音の低減と吸収の効果は、4~7 dB (A)あり、これは交通量が50~70%減少したものと同等効果であり、また、ホットロールアスファルト舗装 (hot rolled asphalt) や開粒混合物舗装 (porous asphalt) よりも効果が有るように見られると報告されている。

Colasのリサイクルと舗装の担当であるBrian Hicksは、我々は、Colsoftの効果をTRLで評価されることを喜んでいる。そして、また広範囲のテスト期間中の詳細な結果をフランスへ持ち帰れることと確信していると、語っている。

〈委員：勝 敏行〉



# 整備技術 整備部会

## 往復動用パッキン使用上の 留意点と管理ポイント

整備部会整備技術委員会

### 1. はじめに

近年、油圧技術の急速な進歩により、建設機械をはじめとし、荷役運搬機械、農業機械など各方面に油圧機器

が使用されている。

これらの油圧機器にはほとんど例外なく密封装置（シール）が使用されており、油圧機器の機能はシールの適切な使用によって保証されるといっても過言ではない。

日本油空圧工業会の統計では、油圧機器のうち油圧シリンダの構成比率が一番高く、建設機器が油圧シリンダの需要部門の最高位にある。

油圧シリンダに使用される主要なシールは往復動用シールであり、従来より多種多様なシールが使用されている。

本稿では主として建設機器に使用されている往復動用パッキンの種類と使用上の留意点について解説する。

### 2. 種類

#### (1) シールの分類

シールは表-1のように分類される。

主に往復動用としては、成形パッキンであるリップパッキンとスクイーズパッキンが使用される。

表-1 シールの分類



□内は、NOK及DINOKグループ会社の登録製品を示します。

(2) ロッドシール用パッキン

ロッドシール用パッキンには多くの種類があるが、建設機械の油圧シリンダとしてはUパッキンが用いられる。

Uパッキンはロッドにもピストンにも使用できるようなシールリップが左右対称になっているもののほかに、表-2のピストン・ロッド専用パッキン (ODI, IDI など) のようにリップが非対称のものもある。

この非対称形Uパッキンは図-3のように、取付け溝に押し込んで使用するという特徴がある。これはパッキンの外周部を取付け溝にしっかりと密着させ、パッキンのポンピング作用を防止するためである。パッキンが取付け溝内で固定されていないと、ストローク・エンドでロッドの運動方向が変わるとき、パッキンが安定性を失って動くことがある。

このパッキンの動きが油をかき出すような作用をする

表-2 油圧シリンダ用パッキン (その1)

種類	形状分類	NOK型式	パッキン断面形状	材料 (NOK型式)	硬さ JIS A
ピストンシール専用パッキン	U	ODI		ウレタンゴム (ノックスラン®) (U 801)	94
		OSI			
	S	SPG		ニトリルゴム + (組立) レアフロン®	—
		SPGW		ニトリルゴム + (組立) レアフロン® + ポリアミド樹脂	—
	C	CPI		ウレタンゴム (ノックスラン®) (U 801)	94
		CPH		ニトリルゴム	60~90
専用ロッドシールパッキン	U	IDI ISI		ウレタンゴム (ノックスラン®) (U 801)	94

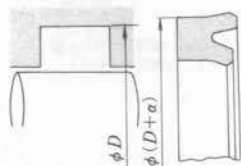


図-3 IDI型ロッドパッキン

ことがある。これを「ポンピング作用」という。

(3) ピストンシール用パッキン

ピストンシール用パッキンには表-2, 表-3に示すようにU, Vパッキンのほかに特殊なS形 (組合せシール) がある。

使用条件が過酷な建設機械では図-4~図-6に示すようにUパッキンの「クラック」「はみ出し」「反転」などの不具合現象が散発したため、現在では組合せシールが多用されている。

この組合せシールはリップパッキンと比較すると密封性能は低くなる。しかし、一般的に、ロッドパッキンよりも油漏れは許容され、しかも摩擦特性、耐久性に優れているので、油圧シリンダ用ピストンパッキンとしては適している。

表-3 圧シリンダ用パッキン (その2)

種類	形状分類	NOK型式	パッキン断面形状	材料 (NOK型式)	硬さ JIS A
ピストン・ロッドシール専用パッキン	U	UPI		ウレタンゴム (ノックスラン®) (U 801)	94
				ニトリルゴム	50
		UPH		耐寒用ニトリルゴム	85
				ふっ素ゴム	80, 90
	V	USH		耐寒用ニトリルゴム	85
				ふっ素ゴム	80, 90
		V99F		布入ニトリルゴム	—
				布入ふっ素ゴム	—
V96H		ニトリルゴム	90		
		ふっ素ゴム	80, 90		
パフファリング	H	HBV		ウレタンゴム (ノックスラン®) (U 801) + (組立) ポリアセタール樹脂	94

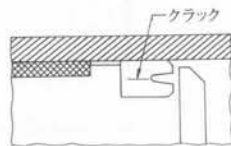


図-4 Uパッキンの「クラック」

整備技術

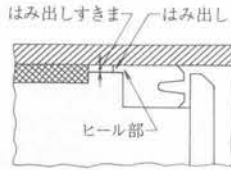


図-5 Uパッキンの「はみ出し」

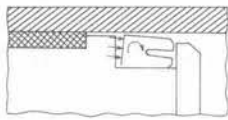


図-6 Uパッキンの「反転」

(4) ダストシール

ダストシールにも表-4に示すように使用条件に応じた様々な種類の型式が使用される。

3. 油漏れ原因と対策

(1) 油漏れの原因

油圧シリンダからの油漏れが発見された場合は、まず漏れの発生箇所を確認する。これは、パッキン以外からの漏れや、付着油脂をパッキンの油漏れと誤認してしまうことを避けるためである。

パッキンからの油漏れが確認されたら、パッキンおよび関連製品の調査をすることになる。

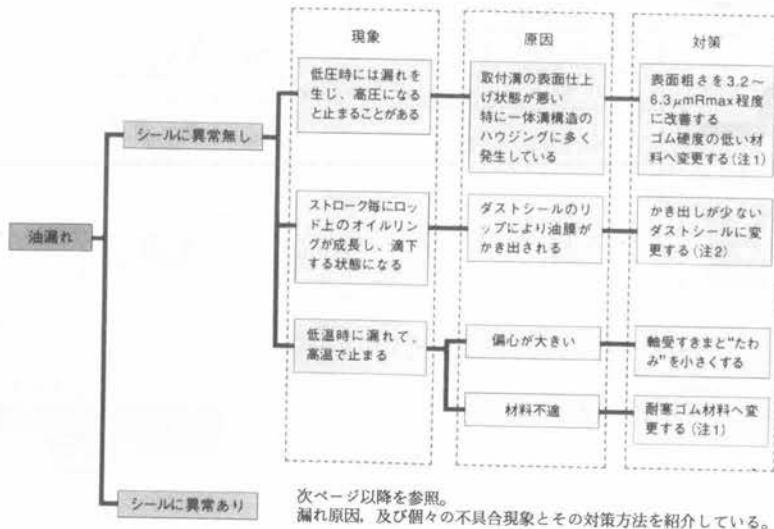
パッキンからの油漏れは図-7に示すように外観上異

常がない場合と明らかに異常と認められる場合がある。

パッキンに異常がある場合の漏れ原因を図解したもの

表-4 油圧シリンダ用ダストシール

種類	形状分類	NOK型式	パッキン断面形状	材料 (NOK型式)	硬さ JIS A
ダ ス ト シ ー ル	D	DKI		ウレタンゴム (ノックスラン®) (U 801) + (組立) 外周金属板	94
		DWI		ウレタンゴム (ノックスラン®) (U 801) + (焼付) 外周金属板	94
		DKH		ニトリルゴム + (焼付) 外周金属板	80
				ふっ素ゴム	80, 90
		DKB		ニトリルゴム + (焼付) 外周金属板	80
				ふっ素ゴム	80, 90
DSI		ウレタンゴム (ノックスラン®) (U 801)	94		
L	LBI		ウレタンゴム (アイアンラバー®) (U 593)	92	
	LBH		ニトリルゴム	90	
ふっ素ゴム			80, 90		



次ページ以降を参照。漏れ原因、及び個々の不具合現象とその対策方法を紹介している。

図-7 油漏れ原因と対策

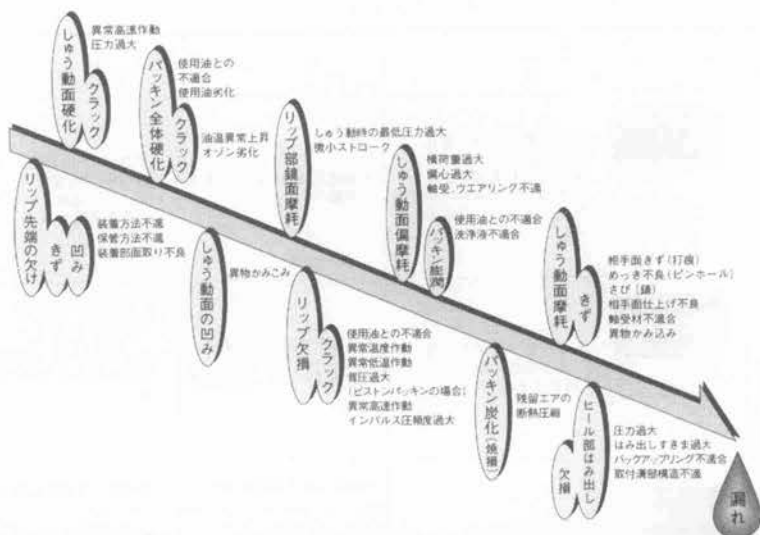


図-8 バックキンに異常がある場合の漏れ原因

を図-8 に示す。

(2) 不具合現象と対策

バックキンの不具合現象, 原因と対策方法を表-5, 表-6 に NOK カタログ (Cat. No.035・10-97) から抜粋し示す。

これらの不具合現象は, いずれも油漏れの原因になるが, 直接油漏れには関与しない代表的な不具合現象にスティック・スリップ現象がある。

これは, バックキンと相手滑り面との間に瞬間的な付着・すべりが周期的に発生する現象である。

バックキンの場合, ゴム状弾性体のバックキンと相手に金属面でこのスティック・スリップが発生すると, 振動と発音現象(共鳴音)が生じることがある。

油圧シリンダに生じるスティック・スリップ現象はバックキンのほかに軸受の種類, シリンダの固定方法, 負荷量などの複合作用による油圧機器全体の振動系により発生する。

また, 発音現象の音質も低周波から高周波まで多種多様である, 油圧シリンダに生じるスティック・スリップによる振動や発音現象は定量的にはいまだ解明されていないが, 定期的な次のようなときに発生している。

- ① バックキンや軸受材料の静止摩擦係数が高いとき。
- ② 金属表面が適切な粗さでないとき。
- ③ 使用油の油性が良くないとき(油の添加剤が不適切なとき)

- ④ 高圧, 高温, 低速作動で滑り面の潤滑油膜が破断しやすいとき。
- ⑤ 極端に肉厚の薄いシリンダチューブや, 中空ロッドを用いたり, 剛性の低い油圧ホースを使用したとき。

このように油圧シリンダに生じるステック・スリップ現象をバックキンのみで完全に対策することはできないが, 低摩擦の材料, たとえば四フッ化エチレン樹脂を用いた組合せシール (SPG, SPGW) や潤滑性を改良した U パックキン (OUHR) を使用すると効果がある。また, 高圧, 低速によるロッドバックキンの油膜破断を防止するため, 図 9 (a) のように, 潤滑性のよいバックファリング (HBTS) を併用したり, 図 9 (b) のように, ロッドバックキンとダストシール間にグリースを注入すると効果がある。






(3) 保管上の注意事項

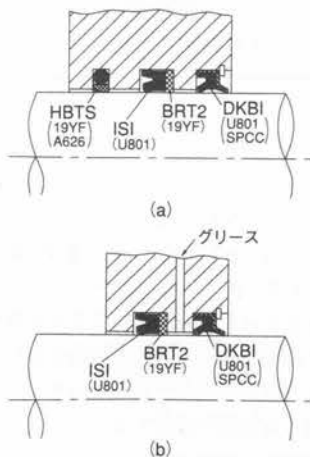
バックキンの保管には, 次の点に注意が必要である。

- 包装を不必要に開封しない。  
バックキンにごみが付着したり, 「きず」をつけたりする恐れがある。
- 直射日光をさけ, 湿度の低いところに保管する。  
紫外線や湿気は, ゴム材料の劣化や樹脂材の寸法変化, および劣化を促進することがある。
- 一度開封した製品を保管する場合には, 異物の付着混入に注意し, できるだけ元どおりに包装し直す。

# 整備技術

表一五 不具合現象と対策方法(1) (ニトリルゴムパッキン)

現象	外 観		原 因	対 策
	現 状	状 態		
硬化		しゅう動面全体が硬化している。光沢があり表面にクラックがあるか、あるいは指で押さえるとクラックが発生する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高速又は内圧過大による発熱</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ピストンの場合、SPG, SPGWに変更</li> <li>• ロッドの場合、バッファリングを併用する。</li> </ul>
摩 擦		しゅう動リップの円周上の一部が異常に摩耗している(横荷重方向と一致)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 横荷重の過大によるウェアリング(ピストン), 軸受(ロッド)の異常摩耗</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ウェアリング, 軸受材料を荷重に耐えるものに変更する</li> </ul>
き ず		しゅう動部に引っか(掻)き「きず」がある。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相手しゅう動面のきず</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 組込前に十分な点検をする</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 組込時, 相手面取り部の「かえり」による</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相手面取りを十分行い, 「かえり」がないようなめらかにする</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 異物のかみ込みによる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 洗浄を確実にを行う</li> </ul>
膨 潤		全体に柔らかくなっている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 油とゴム材料と不適合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 耐油性の良いゴム材料に変更する</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 洗浄液の影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 洗浄液を変更する</li> <li>• 洗浄液を除去する</li> </ul>
凹 み		しゅう動面に小さな凹み穴がある。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 洗浄不良によるダスト, 切削くずのかみ込み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機器の洗浄を十分に実施する</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 油中の異物のかみ込み, 又は油の酸化による生成物のかみ込み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 新油に交換する</li> </ul>


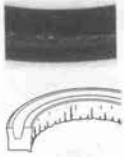
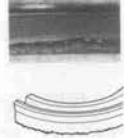



図一〇 スティックスリップ対策例

特に、ポリアミド樹脂は、吸湿による寸法変化が生じることがあるので、密封・保管する。

- ボイラやストーブなど、高温の熱源に近いところには置かない。熱によりゴム材料の劣化が促進することがある。
- オゾンの発生しやすい電動機などのそばに置かない。
- 釘、針金などに掛けたり、「ひも」に通してぶら下げるのは、パッキンの変形やリップ先端の「きず」の原因になるので避ける。
- 保管中に変色したり、表面に白い粉ができる場合(ブルーミング現象)があるが、これは機能には影響はない。

表—6 不具合現象と対策方法 (2) (ニトリルゴムパッキン)

現象	外 観		原 因	対 策
	現 状	状 態		
破 損		パッキン表面全体にわたって微小クラックが発生している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>パッキンを大気に長時間放置したことによるオゾンクラック</li> <li>ピストンに装着したまま放置したことによるオゾンクラック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>包装は不必要に開封せず、密封のまま冷暗所に保管する</li> <li>ピストンに装着のまま放置せず、速やかにシリンダに組込む</li> </ul>
		しゅう動側ヒール部が欠損している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>はみ出しすぎが過大</li> <li>軸受の摩耗が大きく、軸受すぎが増大</li> <li>圧力が過大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>すきま寸法を小さくする。</li> <li>バックアップリングを併用する</li> <li>軸受材料を適正な材料に変更する</li> <li>バックアップリングの併用とパッキンを再選定する</li> <li>バックアップリングを併用する</li> </ul>
		固定側ヒール部が欠損している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>取付溝部の構造が不適当</li> <li>押え板の剛性不足によるすきま発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>面取り部を修正する</li> <li>押え板の剛性向上を行う</li> </ul>
		パッキンしゅう動ヒール部及びバックアップリングが共にはみ出している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>はみ出しすぎが過大</li> <li>バックアップリングが不適当</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>すきま寸法を小さくする</li> <li>バックアップリングの材料を剛性のあるものに変更する</li> <li>バックアップリング厚み寸法を厚くする</li> <li>バックアップリングを併用する</li> </ul>

- 組合せシールのレアフロンリングは、落下による衝撃や、外部の力によって「きず」がつきやすいので、取扱いには注意が必要である。

#### 4. おわりに

往復動用パッキンの種類、特徴および使用上の留意点(不具合現象と対策方法)について解説したが、実用面で少しでもお役に立つことができれば幸いである。

学問的な理論と実用面での経験とが共存する往復動用パッキンは、いわゆる「学際的」な領域にあり、未解決の問題が山積しているといっても過言ではない。

しかし、実用面では油圧機器の省資源、省エネルギー、省コスト、ハイブリッド化あるいは、信頼性向上にともない、往復動用パッキンに対する市場要求機能も今後、ますます拡大されることが想定される。

シールメーカーも機器メーカーも協力して品質の改善、新製品の開発にさらなる努力を払わなければならないと考える。

( 斎藤 厚: NOK (株) 二本松事業部 油空圧シール設計部  
GI 設計課課長  
遠藤 彰: NOK (株) GI 営業本部 営業管理部企画課主任 )



## 安全・環境保全

### 環境保全

建設産業は、我が国の資源利用の約50%を建設資材として消費している。また、建設工事から発生する建設廃棄物は全産業廃棄物の発生量の19%（平成6年度厚生省調べ）と最も高い状況にある。一方建設廃棄物の再利用・減量化率は58%（平成7年度）と全産業廃棄物の再利用・減量化率80%を大きく下回った値となっている。

以上により将来「資源循環型社会」を構築するためには、建設リサイクルを先導的かつ強力に推進することが極めて重要な課題である。そこで建設省は建設廃棄物等対策推進会議を設置し、建設リサイクル推進懇談会提言（平成8年11月20日）を踏まえ、建設リサイクル推進に向けた基本的考え方、目標、具体的施策を内容とする「建設リサイクル推進計画'97」を策定（平成9年10月7日）発表している。

これに基づき、建設省はリサイクル推進の根幹となる公共工事発注者としての責務の徹底を図るべく「建設リサイクルガイドライン」を取りまとめ、直轄事業所管の関係機関に通達し協力を要請（平成10年8月4日）している。都道府県、政令市、関係公団および建設業団体等にも参考送付し、協調した取組みをお願いしている。

その後建設省は平成10年12月25日「建設副産物適正処理推進要綱」を改正した。同要綱は平成5年1月12日に策定されたものであるが、処分場の枯渇、立地難、廃棄物に対する世論の関心の高まり、産業廃棄物処理法の改正等により状況が大きく変化しており、時代の変化に適合すべく改正されたものである。

そして建設リサイクルを進める上で、製造業ではすでに認証取得が進められていた環境保全活動の国際規格であるISO14000sが、建設産業界（建設省等発注者側・コンサルタント・ゼネコン）でも注目され、認証取得の動きが活発になって来ている。

この環境ISO14000sは、地球環境の問題が世界的にクローズアップされ、企業も社会的責任として環境問題に正面から取り組むべきであるとの趣旨から、国際標準化機構が定め規格化されたもので、環境マネジメントシステム規格と監査・評価規格および製品支援規格の3分野で組立てられている。特に建設事業では、公共事業での環境への取組みを確実に実行するために定着が計られている。

以下「建設リサイクル推進計画'97」、「リサイクルガイドライン」、「環境活動ISO140001の動向」の概要について述べる。

#### 1. 建設リサイクル推進計画'97

目標として、将来建設廃棄物は最終処分量ゼロを目指し、建設発生土は原則として工事間流用でまかなうこととしているが、当面2000年度（平成12年度）までの計画を表-1に示す。新計画では旧計画（平成6年4月12日策定リサイクルプラン21）に対して以下の変更を行っている。

- ① 建設汚泥のリサイクル目標値 旧計画35% → 新計画60%
- ② 建設発生土のリサイクル目標値 旧計画70% → 新計画80%

なお、過去からの再利用率の推移を図-1に示す。

表-1 計画の目標値（リサイクル率の目標値）

種 類	平成12年度
・建設廃棄物	80%
アスファルト・コンクリート塊	90%
コンクリート塊	90%
建設汚泥	60%
建設混合廃棄物	50%
建設発生木材	90%
・建設発生土	80%

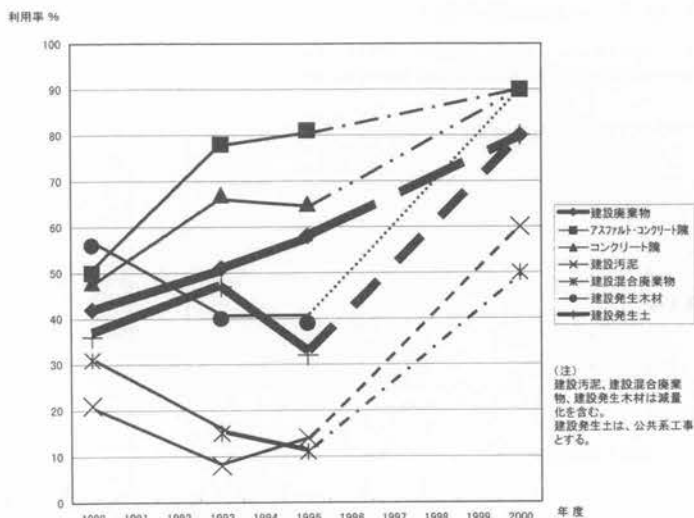
#### 2. 建設リサイクルガイドライン

公共事業の実施において、計画から設計、積算、完了の各執行段階における具体的な実施事項を取りまとめたものである。

##### (1) 計画・設計段階におけるリサイクル計画の策定

- ① リサイクル計画書  
建設副産物の発生・減量化・再資源化等の検討・調整状況を把握する。

- ② リサイクル阻害要因説明書



図一 建設副産物の再利用率推移

建設副産物のリサイクル率が目標値に達しない場合にその原因等を把握する。

③ 再生資源利用計画書および再生資源利用促進計画書

建設資材を搬入又は建設副産物を搬出する建設工事を施工する場合において、リサイクルの実施状況を把握する。

(2) 工事事務所において、リサイクルの徹底に向けた検討体制の強化および計画案(計画・設計方針)の作成時点の検討

① 上記で作成されるリサイクル計画書第を参考にして、計画案の検討・策定時点、工事仕様書案の作成時点においてリサイクル推進のための検討・調整を行う。

(3) リサイクル状況の公表

① 工事完了時の再生資源利用促進実施書

実施書は地方ブロックごとに半期ごとに取りまとめ・集計し、集計結果を公表する。

3. 環境 ISO14001 の動向

(1) 発注者の動向

① モデル事業の実施

建設省の各地方建設局が、1998年発注の工事から、「建設副産物のリサイクル推進」、「NO<sub>x</sub>・SPM(浮遊粒子状物質)・CO<sub>2</sub>発生量の低減」、「騒音・排ガス・振動対策の実施」等を適用すべく、モデル事業を実施中である。

② 実施項目

- ・建設副産物の発生量抑制と総量のリサイクル率65%達成(1998年度)→80%達成(2000年度)を目指す。
- ・アイドリング・ストップ率80%の達成(1998年度)→100%達成(1998年度)を目指す。
- ・低騒音型車両および排ガス対策機の積極的導入を促進する。

(2) 受注者の動向

① 認証取得

- ・ゼネコン主体に、建設コンサルタントも積極的に取得中である。
- ・取得した殆どの会社が2000年度を目安に、全事業所が取得を予定している。

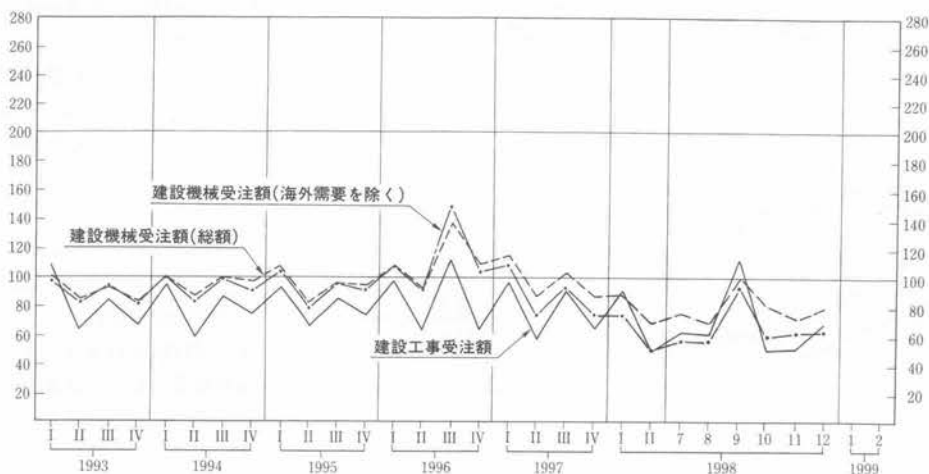
② 現場での対応

- ・環境マネジメントプログラムの作成は、現場が中心となり実施中であり、支店・本社が現場を指導・支援している。
- ・環境目標を設定しやすくするために、定型帳票類を活用する。

# 統計

## 建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注A調査(大手50社) (指数基準 1992年平均=100)  
 建設機械受注額：機械受注統計調査(建設機械企業数27前後) (指数基準 1992年平均=100)



建設工事受注A調査(大手50社)

(単位：億円)

年月	総計	受注者別						工事種別		未消化 工事高	施工高
		民間			官公庁	その他	海外	建築	土木		
		計	製造業	非製造業							
1993年	197,317	121,075	17,905	103,170	63,747	5,192	7,303	122,519	74,797	235,637	221,941
1994年	191,983	114,195	16,056	98,139	64,134	5,237	8,417	121,748	70,235	228,208	202,584
1995年	194,524	110,954	17,326	93,627	66,793	5,679	11,098	117,867	76,657	219,214	200,862
1996年	203,812	121,077	21,411	99,666	65,304	5,440	11,991	129,686	74,125	216,529	205,590
1997年	188,683	116,190	21,956	94,243	55,485	5,175	11,833	122,737	65,946	204,028	201,180
1997年12月	14,451	9,072	2,016	7,056	4,569	425	385	9,742	4,709	204,028	16,760
1998年1月	10,407	7,172	1,643	5,529	2,404	315	408	7,042	3,364	200,106	14,398
2月	13,119	8,260	1,597	6,663	3,876	402	581	9,123	3,996	197,657	15,813
3月	31,778	19,842	3,251	16,591	9,698	602	1,636	19,602	12,176	201,373	28,449
4月	8,522	5,908	994	4,914	1,275	350	990	5,496	3,026	202,280	12,931
5月	9,223	6,218	1,197	5,021	2,259	327	419	6,303	2,920	198,816	12,292
6月	12,471	7,840	1,138	6,702	3,653	374	604	8,266	4,205	198,028	13,622
7月	12,702	8,158	1,276	6,882	3,658	355	531	8,032	4,670	197,042	13,799
8月	12,342	6,732	923	5,809	4,679	363	568	7,687	4,655	195,871	13,573
9月	22,709	13,326	2,065	11,261	7,961	509	913	14,027	8,682	202,005	16,788
10月	10,158	5,588	847	4,741	3,838	331	401	5,917	4,240	198,729	13,480
11月	10,403	6,380	815	5,565	3,615	353	56	6,783	3,621	194,495	14,484
12月	13,915	7,939	955	6,984	4,216	402	1,357	7,928	5,987	—	—

## 建設機械受注実績

(単位：億円)

年月	'93年	'94年	'95年	'96年	'97年	'97年 12月	'98年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
総額	11,752	12,577	12,464	13,720	12,862	882	906	808	1,205	739	679	799	812	765	1,101	867	780	865
海外需要	3,335	3,717	3,602	3,931	4,456	347	415	316	406	331	301	346	354	309	348	391	291	363
海外需要を除く	8,417	8,860	8,862	9,789	8,406	535	491	492	799	408	378	453	458	456	753	476	489	502

(注1) 1993年～1998年第2四半期は四半期ごとの平均値で図示した。

(注2) 機械受注実績企業数27社前後

出典：建設省建設工事受注調査  
 経済企画庁機械受注統計調査

## …行事一覧…

(平成11年1月1日～31日)

### 50周年記念実行委員会

#### ■記念展示委員会運転体験 WG

月 日:1月11日(月)  
出席者:酒井雅利委員ほか5名  
議 題:実施内容などについて

#### ■記念展示委員会全体 WG

月 日:1月20日(水)  
出席者:小笠原 保幹事長ほか4名  
議 題:PR・動員などについて

#### ■記念展示委員会施工情報化展示 WG

月 日:1月21日(木)  
出席者:成田秀志委員ほか12名  
議 題:施工情報化コーナーについて

#### ■映像制作委員会

月 日:1月25日(月)  
出席者:梅田亮米委員ほか9名  
議 題:①映像素材の収集状況 ②シナリオの修正 ③CGイメージの説明

#### ■記念展示委員会テーマ広場 WG

月 日:1月26日(火)  
出席者:鶴巻信光委員ほか4名  
議 題:トークショーの内容について

#### ■記念出版委員会

月 日:1月27日(水)  
出席者:田中康之委員長ほか18名  
議 題:「建設機械化の50年」編集打合せ

### 広 報 部 会

#### ■機関誌編集委員会

月 日:1月12日(火)  
出席者:加納研之助委員長ほか26名  
議 題:①平成11年3月号(第589号)原稿内容の検討・割付 ②平成11年5月号(第591号)の計画

#### ■文献調査委員会

月 日:1月13日(水)  
出席者:村松敏光委員ほか4名  
議 題:機関誌掲載原稿の審議

### 技 術 部 会

#### ■自動化委員会 RD 小委員会

月 日:1月12日(火)  
出席者:橋元和男小委員長ほか16名  
議 題:災害対策用機械の調査

#### ■大口徑岩盤削孔技術委員会幹事打合せ

月 日:1月19日(火)  
出席者:荒川秀一座長ほか4名

議 題:大口徑岩盤削孔工法の積算

#### ■自動化委員会調査小委員会

月 日:1月26日(火)  
出席者:桑原資孝小委員長ほか6名  
議 題:自動化調査結果のまとめ

#### ■建設副産物リサイクル委員会

月 日:1月21日(木)  
出席者:石田 豊委員長ほか9名  
議 題:建設副産物リサイクル機械ハンドブックについて

### 機 械 部 会

#### ■除雪機械技術委員会

月 日:1月8日(金)  
出席者:須田光俊委員ほか3名  
議 題:①コスト縮減, 部品の共通化(カッティングエッジの共通化方策(案)の取りまとめ)

#### ■トラクタ技術委員会

月 日:1月12日(火)  
出席者:松本 毅委員長ほか9名  
議 題:①遠隔操作の容易化について ②ミニホイールローダの安全規格について ③プラスチック部品のリサイクルについて ④JCMAS標準操作パターンについて

#### ■トンネル機械技術委員会

月 日:1月14日(木)  
出席者:谷口徹幹事ほか7名  
議 題:情報化施工について

#### ■除雪機械技術委員会

月 日:1月18日(月)  
出席者:斉藤正芳委員長ほか19名  
議 題:除雪機械部品共通化について

#### ■ステアリングコミットィ

月 日:1月20日(水)  
出席者:高松武彦部会長ほか4名  
議 題:「環境と調和を期した建設機械の部品などのリサイクル」の提案について

#### ■建築工事用機械第1分科会

月 日:1月20日(水)  
出席者:落合 実分科会長ほか7名  
議 題:①建築工事用機械分類の見直し ②工種分類の見直し

#### ■ショベル技術委員会

月 日:1月22日(金)  
出席者:渡辺 正委員長ほか7名  
議 題:①安全基準-第2部, 3部 ②環境ガイドライン

#### ■ショベル技術委員会小委員会

月 日:1月27日(水)  
出席者:渡辺 正委員長ほか2名  
議 題:シートベルトの着用普及方策について

#### ■コンクリート機械技術委員会

月 日:1月27日(水)  
出席者:大村高慶委員長ほか3名  
議 題:①技術連絡会報告 ②コンクリート吹付機について

#### ■建築工事用機械第2分科会

月 日:1月27日(水)  
出席者:角山雅計分科会長ほか15名  
議 題:①高所作業車の安全装置まとめ ②技術連絡会報告

#### ■建築工事用機械技術委員会

月 日:1月28日(木)  
出席者:宮口正夫委員長ほか19名  
議 題:①技術連絡会報告 ②各分科会の活動報告

#### ■トンネル機械技術委員会 W/G

月 日:1月29日(金)  
出席者:平沢幸久幹事ほか3名  
議 題:環境負荷の低減について

### 整 備 部 会

#### ■整備技術委員会

月 日:1月11日(月)  
出席者:日笠山広満幹事ほか7名  
議 題:「建設機械の電気機器の整備」原稿審議

#### ■整備機器・工具委員会

月 日:1月25日(月)  
出席者:押田俊夫委員ほか3名  
議 題:「正しい工具の使い方」について

### I S O 部 会

#### ■第1委員会

月 日:1月19日(火)  
出席者:定免克昌委員長ほか12名  
議 題:①CD 14401-1, 2 (リアビューミラ) に対する日本コメントの取りまとめ ②CD 6483/DAM 1 (ダンパベッセルの定格容量) に対する日本コメントの取りまとめ

#### ■第2委員会

月 日:1月26日(火)  
出席者:岡本俊男委員長ほか16名  
議 題:①FDIS/13766 (電磁両立性) ②TOPS 試験 (ISO/2117 DAM 1) の審議

#### ■第2委員会危険探知分科会

月 日:1月26日(火)  
出席者:田中健三分科会主査ほか9名  
議 題:①ISO 作業項目「土工機械一危険探知」に関するアメリカ案審議 ②ワーキンググループ国際会議の準備 (3月下旬アメリカにて開催)

## 標準化会議および機械部会

## ■規格部会建設機械 JIS 原案作成委員会

月 日:1月12日(火)

出席者:大橋秀夫委員長ほか17名

議題:①JIS 原案審議 ④「土工機械—ゴムタイヤ式機械のブレーキシステム—性能要求事項および試験方法」⑤「土工機械—油圧ショベルおよびバックホウローダのブーム降下制御装置—要求事項および試験」⑥「土工機械—運転席および整備領域—端部の丸み」②平成11年度工業標準化調査研究委託に関する要望調査の件 ③公募による「平成10年度 JIS 原案作成」材料・機械分野緊急案件調査の件

## 調査部会

## ■新工法調査委員会

月 日:1月11日(月)

出席者:渡辺道彦委員長ほか11名

議題:新工法の調査

## ■建設経済調査委員会

月 日:1月20日(水)

出席者:高井照治委員長ほか7名

議題:機械施工統計のまとめ

## ■新機種調査委員会

月 日:1月21日(木)

出席者:渡部 務委員長ほか4名

議題:新機種の調査

## 業種別部会

## ■建設業部会小幹事会

月 日:1月13日(水)

出席者:渡辺恒雄部会長ほか9名

議題:①平成11年度部会事業重点方針・課題について ②平成11年度スケジュールについて

## ■建設業部会 CONET 99 WG

月 日:1月27日(水)

出席者:及川 仁委員ほか14名

議題:CONET 99 などについて

## ■レンタル業部会

月 日:1月21日(木)

出席者:松田寛司部会長ほか9名

議題:ミクニ排ガス装置について

## 専門部会

## ■国際協力専門部会

月 日:1月25日(月)

出席者:後藤 勇部会長ほか23名

議題:アフリカ道路建設機械修理研修打合せ

## …支部行事一覧…

## 北海道支部

## ■除雪機械展示・実演会実行委員会

月 日:1月13日(水)

出席者:北村 征総務班長ほか23名

議題:①99 ふゆトピア・フェア実行委員会の報告 ②運営要領の確認 ③会場設営の実施方法 ④進行要領の協議

## ■除雪機械展示・実演会実行委員会

月 日:1月22日(金)

出席者:北村 征総務班長ほか20名

議題:①除雪機械展示・実演会実施要領の確認 ②進行要領の確認 ③出品除雪機械搬入搬出実施要領の確認 ④実行委員会行事予定

## ■第2回除雪機械展示・実演会実行委員会

月 日:1月29日(金)

出席者:細川秀人実行委員長ほか28名

議題:①99 ふゆトピア・フェア実行委員会の経過報告 ②除雪機械展示・実演会実行委員会の経過報告 ③除雪機械展示・実演会実施要領の決定 ④除雪機械展示・実演会進行要領の決定 ⑤除雪機械展示・実演会主要行事

## 東北支部

## ■機械第1部会

月 日:1月19日(火)

出席者:染谷恵司部会長ほか8名

議題:①建設機械新機種資料の収集について ②今後の部会活動全般について

## ■建設部会

月 日:1月6日(水)

出席者:小林信夫部会長ほか10名

議題:①「支部だより」安全コーナーの執筆について ②特殊工事研究会について ③平成11年度事業計画について

## ■「EE 東北98」作業部会

月 日:1月18日(月)

出席者:齊 恒夫事務局長

議題:①平成10年度事業報告 ②平成11年度事業計画について ③規約改正について

## ■「EE 東北98」実行委員会

月 日:1月29日(金)

出席者:工藤和一副支部長ほか1名

議題:作業部会に同じ内容の審議と承認

## 北陸支部

## ■企画部会委員長等会議

月 日:1月8日(金)

出席者:西條 正部会長ほか8名  
議題:平成11年度除雪機械展示会実演会準備など

## ■建設機械整備技術委員会

月 日:1月20日(水)

出席者:金子忠司委員長ほか6名  
議題:建設機械整備標準工数の取扱いについて

## ■北陸地方建設技術報告会実行委員会

月 日:1月22日(金)

出席者:古沢孝史広報委員長  
議題:①実施結果報告について ②決算報告について ③会計監査報告

## ■「けんせつフェア in 北陸」幹事会

月 日:1月22日(金)

出席者:古沢孝史広報委員長  
議題:準備会について

## ■企画部会総務委員会

月 日:1月25日(月)

出席者:中邨 脩委員長ほか2名  
議題:①優良建設機械運転員・整備員の表彰募集

## 中部支部

## ■機械設備保全管理検討委員会

月 日:1月8日(金)

出席者:安江規尉企画部副部長ほか5名

議題:機械設備保全管理について

## ■機械設備保全管理検討委員会

月 日:1月25日(月)~26日(火)

出席者:鈴木 勝企画部会長ほか10名

内容:①排水機工場・水門設備・共同溝設備・道路排水設備等現地調査 ②設備管理および予知保全技術について

## 関西支部

## ■新年懇談会

月 日:1月20日(水)

場所:大阪キャスルホテル

出席者:①高野浩二支部長ほか105名

## ■平成10年度施工技術報告会

月 日:1月22日(金)

参加者:230名

演 題:①分岐シールド工法の施工について ②新緊張システム・大型

型枠・回転足場を用いた大容量卵形汚泥消化タンクの施工 ③大規模凍結工法を用いた通信用トンネルの地中切下げ工事 ④オフショア式重錘中掘打込工法による鋼管杭打込み時の障害物対策 ⑤大水深での地下発電所取水口の施工 ⑥大規模V脚ラーメン橋の設計・施工 ⑦重要構造物の幅狭する都心部での自動管理システムを用いた泥土圧シールドの施工 ⑧ESA・フロンテ併用工法によるJR東海道本線直下の大規模立体交差工事

### 中国支部

#### ■部会長会議

月 日：1月6日（水）

出席者：佐々木 康支部長ほか9名  
議 題：支部運営に関して

#### ■専門部会委員会

月 日：1月22日（金）

出席者：白井忠夫部会長ほか3名  
議 題：第4回新技術・新工法発表会の発表テーマ選考について

#### ■中国地方建設技術開発交流会参加

月 日：1月26日（火）広島市

月 日：1月28日（木）米子市

出席者：各会場15名（割当数）

内 容：民間技術開発発表会

### 四国支部

#### ■講習会

月 日：1月28日（木）

場 所：高松市・サンイレブン高松

内 容：土木構造物のプレキャスト化に関する講習

参加者：44名

### 九州支部

#### ■第10回企画委員会

月 日：1月27日（水）

出席者：村上輝久部会長ほか8名

議 題：①支部行事の推進について（⑦平成11年度委員会行事計画および予算の打合せ ⑧支部長表彰者の推薦依頼について）②平成11年度1・2級建設機械施工技術検定の実施要領について

## 新刊案内

建設省建設経済局建設機械課 監修

# 平成10年度版 建設機械等損料算定表

## 平成10年度改訂のポイント

- ① 基礎価格、残存率、標準使用年数等実態調査にもとづき各数値とも全面的に改訂した。
- ② 平成10年度から一般工事用建設機械5種類が建設省直轄工事において排出ガス対策型建設機械の使用原則化が図られることから、発動発電機、空気圧縮機、ローラ類、ホイールクレーン等について対策型、未対策型の区分を設け損料を設定した。
- ③ 近年普及が進み、公共工事において使用される頻度が高くなった建設機械について損料を設定した。

定価 会 員 4,200円(税込)

非会員 4,725円(税込) 送料別途600円

## 社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289



## 編集後記

今月号は、現在盛んに施工されている「山岳トンネル」を特集致しました。

現在、工事が盛んに行われているため、執筆者の方々のご協力や公団等の編集員仲間の情報提供等により、短期間の編集(約3ヵ月)にしては、活きの良い各分野の情報が網羅出来、皆様楽しんでいただけたと思っております。

これら報文による工事施工のスムーズな進捗は、超難工事だった70、80年前の東海道線「丹那トンネル」の大変さに比べるとその進歩は隔世の感がいたしました。

来る21世紀にいにしえの書物として本特集記事を見た時、事業・技

術としての先見性、環境対応、メンテナンス等どんな感慨を持つことが出来るか楽しみです。

今後技術、コスト、環境等を含めますます多様化する施工要素を総合し一つのモノを造り上げるためには、月並みですが人間、地球の幸せになる工事、工法とは何かとの考え方が大切になってくると思われま

す。執筆者の方には、年末の原稿締切となり通常以上のご苦労をお掛けしたにもかかわらず、巻頭言で「少子・高齢化社会の建設業」で取組むべき建設業の課題を明確にしていたいただき、「全体の技術の変遷と展望」を今田教授に大きく捕らえていただき、将来の指針も頂くことが出来

ました。「各工事施工」では最新の各種工法を紹介いただき、「TBMの現状と動向」では特定メーカー色を出来るだけ消し、大きな流れを意識した内容としていただくことができました。この結果いずれも素晴らしい力作揃いになりました。

また「随想」では、爽やかなタッチで書いていただき清風を頂いた気持ちになることが出来ました。

執筆者の方々にこの場をお借りして御礼申し上げます。

春とはいえまだまだ寒い時がありますので皆様どうぞお風邪を召しませんようにお過ごし下さい。

(山本・境・田中)

No.589 「建設の機械化」 1999年3月号 [定価] 1部 840円(本体800円)  
年間9,000円(前金)

平成11年3月20日印刷 平成11年3月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 長尾 満 印刷人 品川 俊彦

発行所 社団法人日本建設機械化協会

〒105-0011

東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内 電話(03)3433-1501 FAX(03)3432-0289

建設機械化研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 (吉原郵便局区内)

電話(0545)35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8 さつげんビル内

電話(011)231-4428

東北支 部 〒980-0803 仙台市青葉区国分町 3-10-21 徳和ビル内

電話(022)222-3915

北陸支 部 〒951-8131 新潟市白山浦 1-614-5 白山ビル内

電話(025)232-0160

中部支 部 〒460-0008 名古屋市中区栄 4-3-26 昭和ビル内

電話(052)241-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 1-3-27 大手前建設会館内

電話(06)6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22 築地ビル内

電話(082)221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22 建設クリエイトビル内

電話(087)821-8074

九州支 部 〒810-0041 福岡市中央区大名 1-12-56 八重洲天神ビル内

電話(092)741-9380

印刷所 株式会社技報堂 東京都港区赤坂 1-3-6

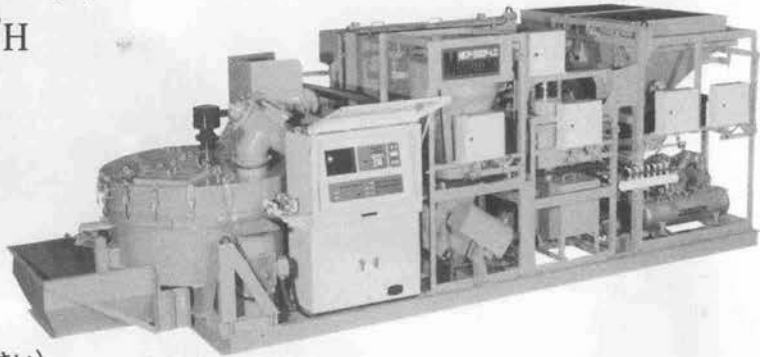
コンパクトで計量精度は抜群…

# 丸友の 移動式 コンクリートプラント


製造・販売・リース

生産量 10~90m<sup>3</sup>/H

電子制御自動式  
及び簡易自動式



(工事の内容により御選定下さい)

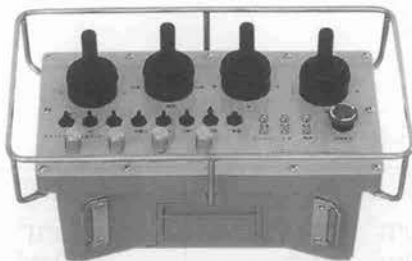
 丸友機械株式會社

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

建設機械用  
無線操作装置

## ダイワテレコン

あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

〈新電波法技術基準適合品〉

- スイッチ・ジョイスティック・その他、  
混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の  
押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ(標準)  
リレー・電圧(比例制御)又は油圧バルブ  
用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式(一△V検出+オーバータイム  
タイマー付き)
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽  
にご相談ください。

 **DAIWA TELECON**

大和機工株式會社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171  
TEL 0562-47-2167(直通) FAX 0562-45-0005  
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>  
e-mail [mgclub@daiwakiko.co.jp](mailto:mgclub@daiwakiko.co.jp)  
営業所 東京、大阪、他

# 大断面用トンネル集塵機Pシリーズ

環境重視／省エネ・コスト削減



- 送风量より大きい集塵风量で100%捕集・リフレッシュするため、モヤモヤが一気に解消
- 送风量がこれまでの70～60%ですむため大幅な省エネ・コスト低減が可能（ダストセンサー自動運転可能）
- フィルターの自動クリーニングにより18000H（実績）のメンテナンスフリー
- 坑内騒音が低減
- 10t車マウントで移動・盛替が簡単

**先端集塵換気システム** バイバック、レンタルで提供します。

機 種	処 理 風 量	適 用 断 面
RE-1000P	1200m <sup>3</sup> /min	65m <sup>2</sup>
RE-1500P	1700m <sup>3</sup> /min	90m <sup>2</sup>
RE-2000P	2400m <sup>3</sup> /min	130m <sup>2</sup>
RE-3000P	3000m <sup>3</sup> /min	200m <sup>2</sup>

**株式会社 流機** エンジニアリング

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

# 豊富な実績

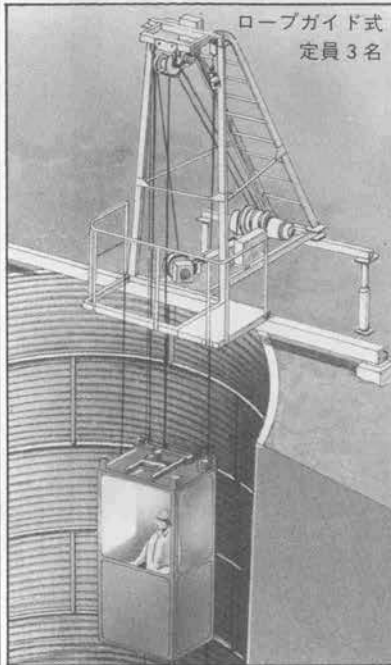
工事用  
エレベーター

大幅な

# カホ製品

能率up!

スロープカー



## オートリフト



バケット容量 0.15~2.0㎡



日鉄鉱業グループ

製造・販売



株式会社 嘉穂製作所

- 本社工場 福岡県嘉穂郡筑穂町大字大分567  
☎0948-72-0390(代) FAX.0948-72-1335
- 東京支店 東京都千代田区神田駿河台2丁目8(瀬川ビル7F)  
☎03-3295-1631(代) FAX.03-3295-2947
- 大阪営業所 大阪市中央区本町4丁目2-12(東芝大阪ビル7F)  
☎06-6241-1671(代)
- 札幌営業所 ☎011-233-5371 / 仙台営業所 ☎022-265-2411
- ホームページ <http://www.oks.or.jp/kaho/>



**VÖGELE**

ヴィルトゲン グループの  
フェーゲル アスファルト フィニッシャ

**■ 特 徴**

- 最新鋭アスファルト フィニッシャのフルラインアップ  
(舗装幅1.1Mから15M幅まで各12機種)
- 技術を結集した環境にやさしいアスファルト フィニッシャの参入  
(電気式フィニッシャS-1800DE型、ホイール式1603型及び  
最大15M幅S-2500型は水冷エンジン搭載)
- 特殊舗装及び薄層舗装の対応も可能

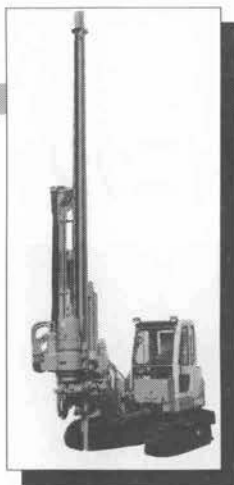
 **ヴィルトゲン・ジャパン株式会社**

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町2-20-6 恒倉ビル3F  
TEL. 03-5276-5201 FAX. 03-5276-5202



# YBM

皆様のニーズにナンバーワンの実力で応えます!



## 地盤改良機 GI-50Cシリーズ

クラス最大級のトルクとフィードストローク

MODEL	GI-50C	GI-50CII	GI-50C-93
スピンドル内径 (mm)	145	145	93
スピンドル回転数 (r.p.m)	高速	0~80	0~80
	低速	0~40	0~40
スピンドルトルク (kg・m)	高速	425	325
	低速	800	650
給圧力 (kg)	3,000 (MAX)	←	←
フィードストローク (mm)	5,000	6,000	4,000
フィードスピード (m/min)	0~4	0~4	0~4
ベースマシン	0.14㎡級	0.16㎡級	←
運搬時寸法L×W×H (mm)	7,600×1,880×2,500	8,740×2,000×2,500	←
重量 (kg)	7,300	7,500	←

スウェーデン式サウンディング試験機



## オートマチックGR

重労働開放宣言!

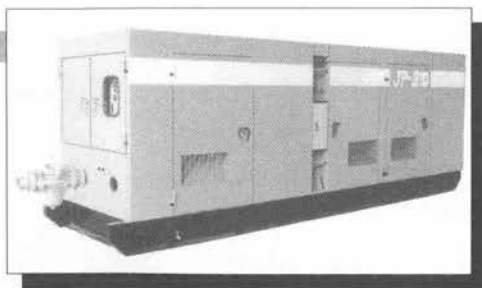
■名称及び型式	スウェーデン式サウンディング省力化試験機	■動力	エンジン式発電機 2.2KVA
名称	オートマチックGR	■ベースマシーン	
型式		型式	PM245R
■スピンドル		■走行速度 (km/H)	2.9
回転数 (r.p.m)	19	■エンジン出力	2.8ps/1,800r.p.m
回転トルク (kg・m)	10.3	■寸法・重量	
■リフト		寸法L×W×H (mm)	2,070×900×1,895
リフト方式	ウィンチ	重量 (kg)	480 (ロッド含まず)
リフト力 (kgf)	250		
■操作及び記録			
操作	押ボタン式/シーケンサー制御		
記録	半導体メモリーに記録→コンピュータ処理		



ウォータージェットポンプ

## JPシリーズ

土木の新しい水流!



型式	JP-140	JP-310	
重量	2,800kg	9,000kg	
寸法 (L × W × H)	3,150mm × 1,400mm × 1,500mm	5,800mm × 1,500mm × 2,000mm	
ポンプ	フランジ径	φ55mm	φ100mm
	吐出圧力	150kg/cm <sup>2</sup>	150kg/cm <sup>2</sup>
	吐出量	340L/min	920L/min
	ストローク	95mm	100mm
	噴出口径	3" (φ80mm)	4" (φ100mm)
	吐出口径	1" (φ25mm)	1-1/2" (φ40mm)
	回転数	230~500r.p.m.	156~392r.p.m.
エンジン	H07C-TDディーゼルエンジン		
	138ps/1,800r.p.m.	310ps/2,000r.p.m.	
	燃料タンク容量: 200L	燃料タンク容量: 400L	

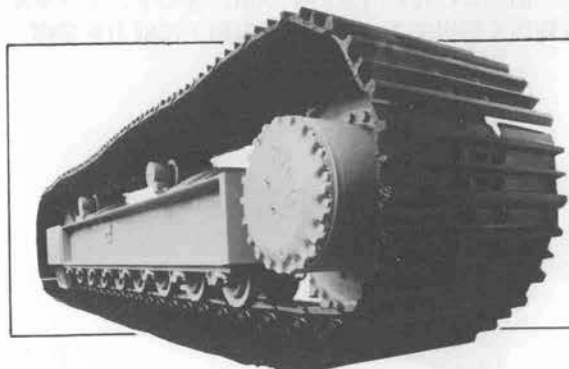
Service & Technology

株式会社 **ワイビーエム**

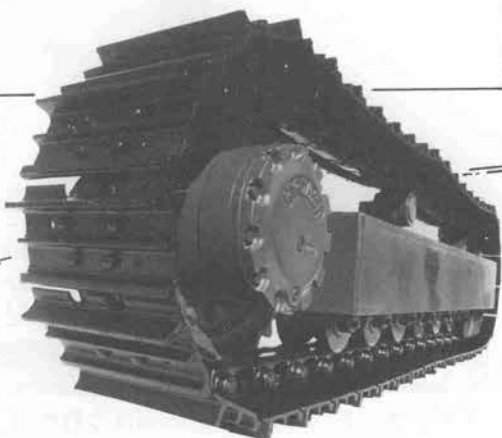
(旧社名 株式会社吉田鉄互所)

本社 佐賀県唐津市原1534 Tel(0955)77-1121  
東京支社 埼玉県吉川市川藤3062 Tel(0489)82-7558

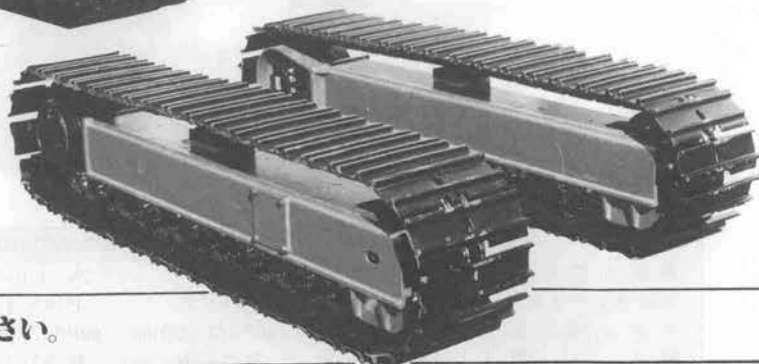
# TOKIRON



トキロンの厳しい品質管理が  
信頼性を高めています。……



タフな足廻り!



設計段階からご相談下さい。

## 〈営業品目〉

- 建設機械足廻り装置一式
- リンク・ピン・ブッシュ・シュー
- その他足廻り部品



トラック・リンクはトキロンへ

株式  
会社

## 東京鉄工所

本社 〒140-0013 東京都品川区南大井6-17-16(第二藤ビル)

☎(03)3766-7811 FAX.(03)3766-7817

土浦工場 〒300-0015 茨城県土浦市北神立町1-10

☎(0298)31-2211 FAX.(0298)31-2216

# トンネル 急速施行の最新鋭機!

**KEMCO** Schaeff ・ローダ

ドイツの特殊建機専門メーカーKarl Schaeff社とコトブキ技研工業㈱が、締結した技術提携に基づき製作・販売されるもので国内のニーズに応え、開発された新方式のずり積込機です。トンネル工事(断面積 5 ~ 150 m<sup>2</sup>) 又、碎石現場、道路工事等幅広く活用でき、作業能率の向上に威力を発揮。



(大断面用 KL100B)

型式	KL7	KL20	KL41	KL51	KL100B
適用ずり取り断面	5 ~ 12 m <sup>2</sup>	10 ~ 30 m <sup>2</sup>	30 ~ 80 m <sup>2</sup>	30 ~ 80 m <sup>2</sup>	70 ~ 150 m <sup>2</sup>
油圧パワーバック	30KW × 1	45KW × 1	90KW × 1	90KW × 1	132KW × 1
コンベア能力	70 m <sup>3</sup> /h	150 m <sup>3</sup> /h	300 m <sup>3</sup> /h	300 m <sup>3</sup> /h	540 m <sup>3</sup> /h
重量	8.5 TON	13.0 TON	25.0 TON	25.5 TON	49.0 TON

## KEMCO TAMROCK 油圧モービル・ジャンボ

フィンランドTAMROCK社の高度な技術と、日本の岩石と戦って半世紀の歴史を持つKEMCOのノウハウが、コンパクトな油圧モービルジャンボを完成。小断面用レールジャンボから、ミニベンチ対応の3ブーム2バスケット油圧モービルジャンボSUPER326GRまで各種販売。



(大断面用 SUPER326GR)

型式	RMH205	MH215TR	MAXIMATIC325TR	SUPER326GR
適用掘削断面	4 ~ 40 m <sup>2</sup>	16 ~ 100 m <sup>2</sup>	25 ~ 110 m <sup>2</sup>	25 ~ 110 m <sup>2</sup>
油圧パワーバック	45KW × 2	45KW × 2	45KW × 3	55KW × 3
エンジン出力	-	180PS/2,200rpm	160PS/2,300rpm	160PS/2,300rpm
重量	13.0 TON	31.0 TON	42.0 TON	42.0 TON

## コトブキ技研工業株式会社 建機事業部

■本社 千160-0022 東京都新宿区新宿1-8-1 大橋御苑駅ビル2F ☎03(3226)3366  
 ■広島営業所 千737-0191 広島県呉市広白岳1-2-2 ☎0823(73)1134  
 ■盛岡出張所 ☎019(654)2171 ■福岡営業所 ☎092(471)8819  
 ■支店/大阪 ■営業所/札幌・東京・名古屋・松山 ■広事業所 ☎0823(73)1131

ノイズに勝つ！特定小電力型 阿波藍色のUシリーズ  
シールドマシン・建設機械・特殊車両 他  
**産業機械用無線操縦装置**

- ◆業界随一の2段押しスイッチ
- ◆業界随一のオーダー対応制度
- ◆業界随一のフルラインアップ

あらゆるニーズ

比例制御  
レバースイッチ  
2段押しスイッチ  
特殊スイッチ等  
混在装備

に対応可！

新発売！

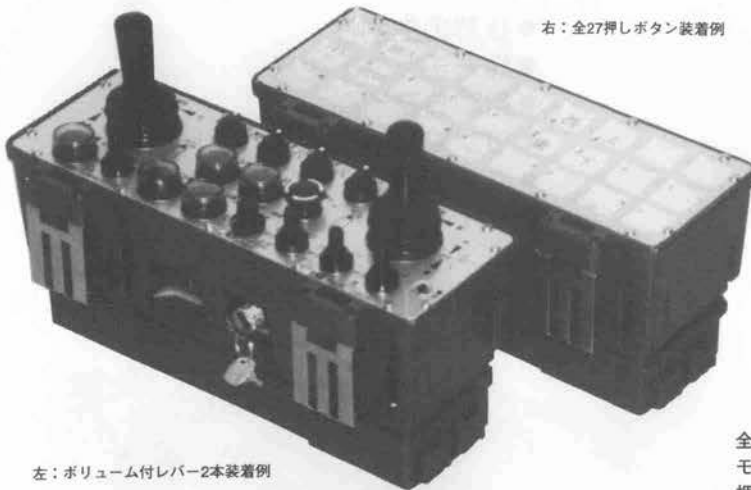
マイティ  
RC-7100U型

**サテラ U**

オープンコレクタ仕様で

**64!**

軽量・コンパクトな送信機に業界最大27個の押しボタン装着可！  
特殊スイッチの混在装備で最大操作数、驚異の



右：全27押しボタン装着例

左：ボリューム付レバー2本装着例

**建設機械無線化実績例**

- シールドマシン
- 全天候型建設ロボット
- コンクリートポンプ車
- 振動ローラ
- クローラクレーン
- ブルドーザ
- 各種搬送台車
- その他各種建設機械

全27押しボタン装着	60万円～
モノレバー2本装着	72万円～
押しボタン付モノレバー2本装着	90万円～
3ノッチレバー2本装着	102万円～
ボリューム付レバー2本装着	180万円～

(左記写真例)

操作性の良さと**無接点化**による安全性を追求した操作レバーは1～3ノッチ及び  
操作方向を**オーダー**にて自由自在、さらに**無段変速レバースイッチ**装備可。  
送信機ケースは耐衝撃性と軽量化を考慮した**ポリカーボネイト樹脂**製。  
受信機の出力はリレー(標準)、オープンコレクタ、**電圧(比例制御)**の何れか、若しくは混在も可。  
**急速充電器標準装備**(-△V方式)。

お問い合わせ、カタログ請求は下記までご連絡ください。

常に半歩、先を走る



ベンチャー企業創出支援投資 対象企業

**朝日音響株式会社**

〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部  
FAX.0886-94-5544(代) TEL.0886-94-2411(代)  
URL=http://www.mesh.ne.jp/ao-rc/

# MARUMA

木材・巨根の処理は

タブグラインダーにおまかせください。

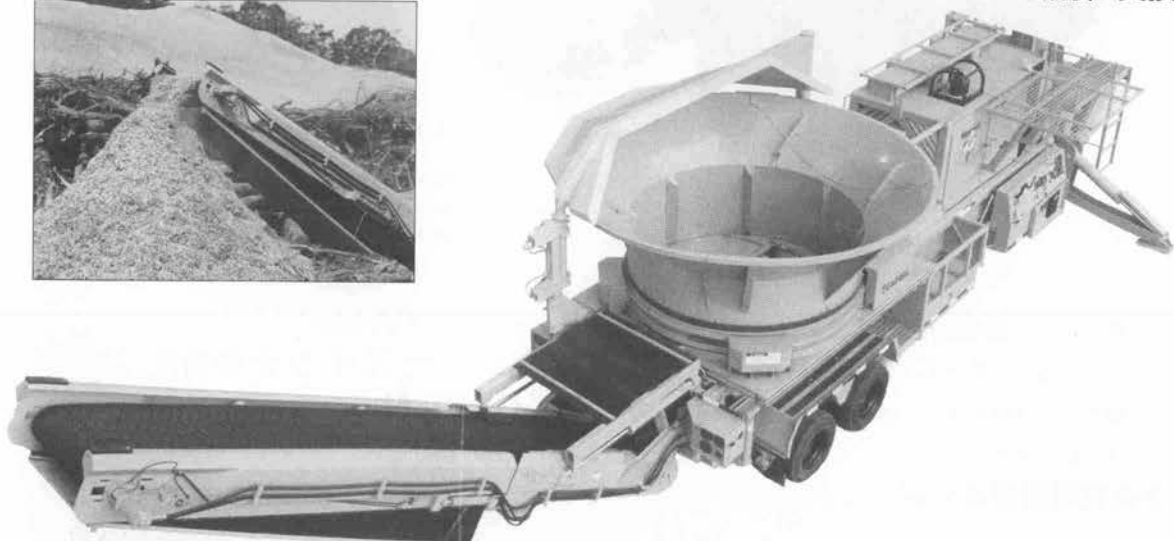
木材や巨根の粉碎処理機

## バーミヤ タブグラインダー TG-400A

(チップ飛散防止用タブカバー付) (業界初/パテント取得済)



- 抜群の生産性
- 均一チップの生産
- 自動負荷制御
- ワンマンリモートコントロール
- コスト低減
- ハイパワーヘビーデューティ
- コンパクト設計
- 容易にできるスクリーンの清掃・交換



日本輸入総代理店



### マルマテクニカ株式会社

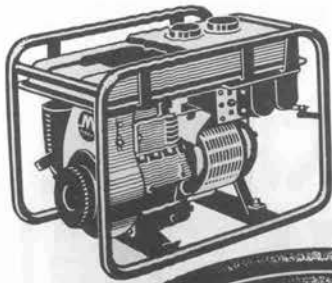
相模原事業所 神奈川県相模原市大野台6丁目2番1号 〒229-0011

営業部 電話 0427(51)3091 ファクシミリ 0427(56)4389

本社・東京事業部 東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054  
電話 03(3429)2141(大代表) ファクシミリ 03(3420)3336

名古屋事業所 愛知県小牧市小針町中市場25番地 〒485-0037  
電話 0568(77)3311(代表) ファクシミリ 0568(72)5209

厚木事業所 神奈川県厚木市小野651 〒243-0125  
電話 0462(50)2211(代表) ファクシミリ 0462(50)5055



マイコン  
エンジン  
ゼネレーター  
VG-200A

マイコン 電子制御  
バイブレーター



VC-1A

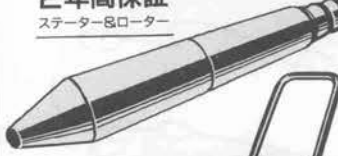
コンクリート  
カッター  
MCD-012

新製品

4サイクル  
ガソリン  
エンジン  
MT-72FW

ミニカッター

2年間保証  
スターター&ローター



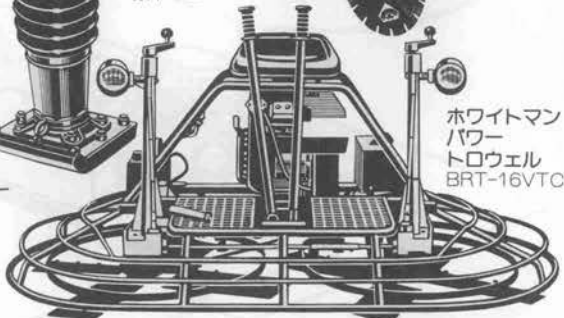
プレート  
コンパクター

MVC-60CEW



MT-50W

タンピング  
ランマー



ホワイトマン  
パワー  
トロウエル  
BRT-16VTCL

# Mikasa

●21世紀を創る三笠パワー!

特殊建設機械メーカー



## 三笠産業

- 本社 東京都千代田区築英町1丁目4番3号 千101-0064 電話 03(3292)1411代
- 札幌営業所 札幌市白石区流通センター6丁目1番48号 千003-0330 電話 011(892)6920代
- 仙台営業所 仙台市若林区卸町5丁目1番16号 千984-0016 電話 022(238)1521代
- 新潟営業所 新潟市鳥屋野4丁目1番16号 千950-0861 電話 025(284)6565代
- 高崎営業所 高崎市江木町1716-1 千370-0046 電話 0273(22)0032代
- 北岡営業所 津島町 埼玉県春日部市緑町3丁目4番39号 千344-0083 電話 048(734)6100代
- 横浜営業所 横浜市港北区新羽町994-2 千223-0067 電話 045(531)4300代
- 長野営業所 長野市青木馬場大塚913番地4 千381-2236 電話 0262(83)2961代
- 静岡営業所 静岡市高松2丁目25番18号 千422-8034 電話 054(238)1131代

西部地区総発売元

三笠建設機械株式会社

バイブレーション  
ローラー



MRX-440P

新製品



MRH-600DS



バイプロコンパクター

MVH-303DSA

大阪市西区立売堀3-3-10 電話06(6541)9631代

●営業所 名古屋/福岡/高松



# 狭い場所の除雪に大活躍!! 古河からスペシャリスト登場!

古河のマルチミニ除雪トリオは抜群の機動力と小さな回転半径を活かし、ゴルフ場のカート道や側道等の狭い道を始め、ガソリンスタンド、駐車場の除雪に最適!!スピーディで広範囲な作業が展開できます。



## マルチミニ除雪機械

**ロータリ除雪機**  
FL301/302-2/303-2/304-2



ロータリ除雪機で豪快に雪を吹き飛ばす

**アングリングプラウ**  
FL301/302-2/303-2/304-2



小回りのきくアングリングプラウでスイスイと作業

**マルチ(汎用)プラウ**  
FL303-2/304-2



マルチプラウならこんなこともできる

お問い合わせ

■北海道 ☎(011)785-1821  
■東北 ☎(022)221-3531  
■関東 ☎(048)421-3733  
■中部 ☎(0568)72-1585

■北陸 ☎(076)238-4688  
■近畿 ☎(06)344-2531  
■中四国 ☎(0862)79-2325  
■九州 ☎(092)924-3441

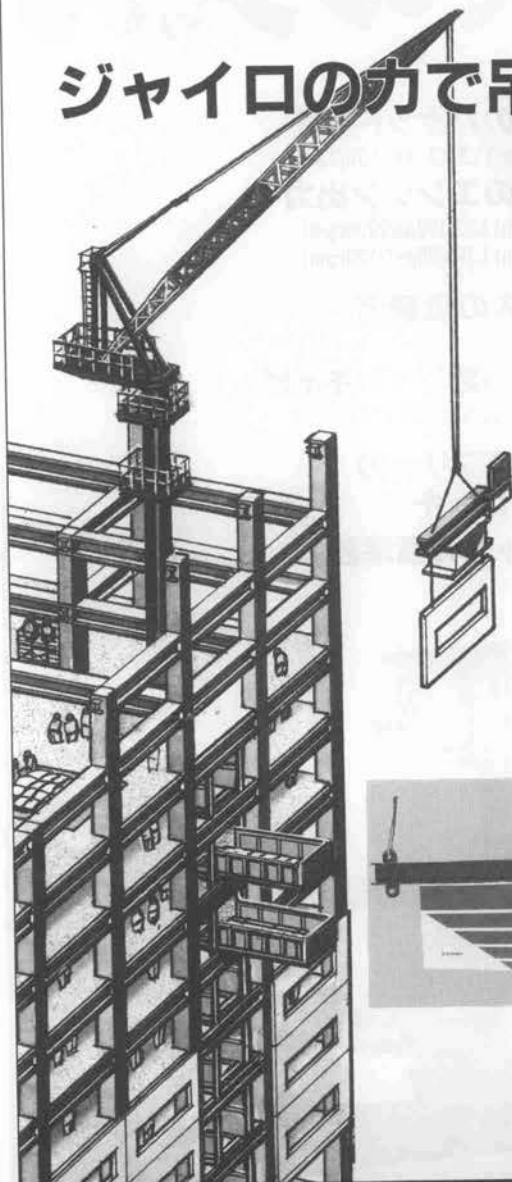
**古河機械金属(株)**

本社/東京都千代田区丸の内2丁目6番1号  
☎(03)3212-0484 FAX(03)3212-6557

# 吊荷制御装置

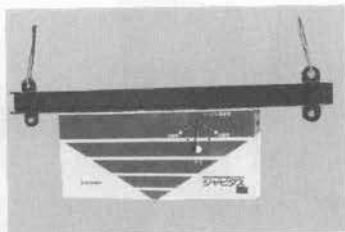
レンタルします!!

## ジャイロの力で吊荷を 自在にコントロール ジャピタス



吊荷の回転を容易に制御し、ねらった方向で正確な位置決めができます。

ジャピタスは、ジャイロ効果によって発生する高出力の回転モーメントを応用した吊荷制御装置で、無線遠隔操作（通信範囲100m）により吊荷の回転運動を制御し、目的の位置で吊荷を正確に静止させることができます。



### ■仕様

型 式	MI-25 型
本体寸法(縦×横×高さ)	0.73m×1.9m×0.75m
本体重量	1,200Kg
駆動方式	ジャイロモーメント
吊荷の極慣性モーメント*	25tonm <sup>2</sup>
回転速度	90度/20秒
供給電源	(DC12V)4台

建機レンタル

# AKT/O

## 株式会社 アクティオ

本社/東京都千代田区岩本町1-5-13  
秀和第2岩本町ビル 〒101-0032  
Tel: 03-3862-1411(代表)

■東京支店/Tel:03-5226-0771  
■多摩支店/Tel:0425-23-1411  
■横浜支店/Tel:045-641-1411  
■北関東支店/Tel:048-822-6925  
■北陸支店/Tel:025-284-7422  
■千葉支店/Tel:043-221-1411  
■茨城支店/Tel:029-243-8155

■関西支店/Tel:06-6536-2121  
■東北支店/Tel:022-217-1811  
■北東北支店/Tel:019-641-4211  
■名古屋支店/Tel:052-953-9939  
■静岡支店/Tel:054-238-2994  
■九州支店/Tel:092-724-6003  
■北海道支店/Tel:011-814-1411

# クラス最大の實力

強力

- クラス最大のバケット容量  
L26(2.6m<sup>3</sup>) L32(3.2m<sup>3</sup>) L34(3.4m<sup>3</sup>) L39(3.9m<sup>3</sup>)
- クラス最大のエンジン出力  
L26(170ps/2200rpm) L32(190ps/2200rpm)  
L34(220ps/2200rpm) L39(265ps/2100rpm)

快適

- トップクラスの低騒音  
(耳元騒音75db以下)
- クラス最大の超ワイドキャビン  
(容積3m<sup>3</sup>:同クラス25%容積アップ)

優秀

- メンテナンスフリーの  
全油圧式ブレーキ
- ロップスカブの標準装備



新登場

**TCM** ホイールローダ  
L series  
L26/L32/L34/L39

総合物流システム

**TCM**

**TCM** 東洋運搬機 株式会社

本社 〒550-0003 大阪市西区京町堀1-15-10 TEL.06(6441)9151  
東京本部 〒105-0003 東京都港区西新橋1-15-5 TEL.03(3591)8171  
インターネット・ホームページ <http://www.tcm.co.jp/>

あなたの職場の環境美化・安全確保に **Howa**

# 豊和ウエインスイーパー



**HA75**  
●四輪エアース式

**3トン級トラックシャシ架装**

豊和独自の真空/循環方式と3トンナローキャブシャシの採用により比較的狭い道路の清掃が安全に手軽にできます。4トンスーパークラスの能力を有しています。

**HF80H**  
●四輪ブラシ式

**4トン級トラックシャシ架装、左ハンドル**

路面清掃車で初めてエアースペンションを採用。ハイリフトダンプ、小さな回転半径、しかも普通免許で運転できます。市街地道路から工場内まで幅広く使用可能です。



**HF58Eα**



**HF63α**



**HF66A**



(製造元) **Howa** 豊和工業株式会社



## 三井物産マシナリー株式会社

産業・建設機械事業部 〒105-0004 東京都港区新橋6丁目1番11号 秀和御成門ビル TEL.03(3436)2851

開発機械部	03-3436-2871	札幌支店	011-271-3651	関西支店	06-6375-7787
産業設備機械部	03-3436-2861	東北支店	022-265-2990	四国出張所	0878-25-2204
本店営業部	03-3436-2851	盛岡営業所	0196-25-5250	西日本支店	092-282-3001-4
新潟営業所	025-247-8381	中部支店	052-702-7732	広島営業所	082-227-1801
長野営業所	0262-26-2391	北陸営業所	0764-32-2601	鹿児島営業所	0992-26-3081
宇都宮営業所	0286-34-7241				

# 油圧回転式ハツリ機

## コンクリートドレッサー SB-240型



取付重機 0.1m<sup>3</sup>以上

### ●切削能力●

切削深さ	切削能力
10mm	25m <sup>2</sup> /時
30mm	8m <sup>2</sup> /時

### ●仕様●

本体重量	155kg
油圧	210kgf/cm <sup>2</sup>
油量	20~50l/min
ビット径	φ246mm

栗田さく岩機株式会社

〒289-1123 千葉県八街市滝台736-1 TEL043-445-0391 FAX043-445-0397

## 本誌掲載広告カタログ・資料をご希望の方に…

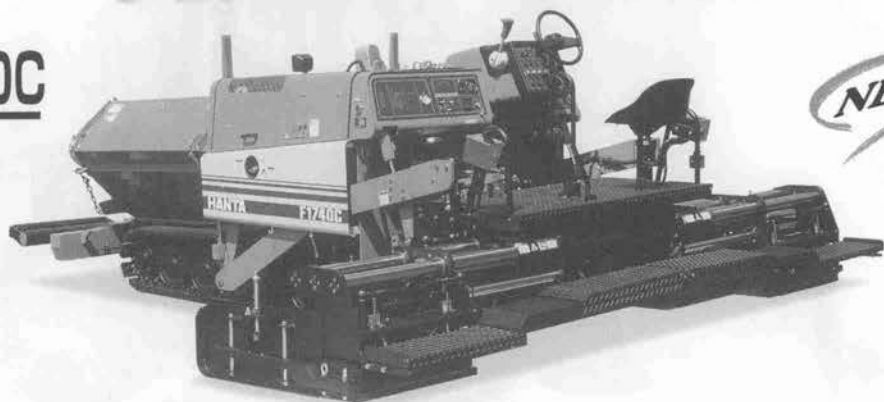
建設の機械化 年 月号 広告掲載下記カタログを請求します。

ご 芳 名			
会 社 名(校名)			所属部・課名(学科)
所 在 地 (または住所)	〒	TEL	
		FAX	
会 社 名		製 品 名	

上記に所要事項ご記入の上 ㈱共栄通信社「建設の機械化」係宛  
(〒104-0061 東京都中央区銀座8-2-1 新田ビル 電話03-3572-3381/FAX03-3572-3590)にお送り下さい。

小型機で中型機並みの能力を発揮する  
3段スクリード装着!!

**F1740C**



**NEW**

舗装幅

1.75~4.0m

**F1942W-4WD**



**NEW**

舗装幅

1.95~4.2m

**F1740C・F1942W-4WD**

- 舗装厚：10~150 mm
- 全油圧駆動
- 本格的2段伸縮スクリード装備
- ワンマンオペレーション
- 上層路盤材施工可能(ベースペーパ)
- 合材自動供給システム(セミオート方式)
- 排出ガス対策型エンジン搭載
- 周辺環境に配慮した低騒音型機

道路機械の未来をめざす

**HANTA**

**範多機械株式会社** 〒555-0012 大阪市西淀川区御幣島2丁目14番21号

大阪営業所 〒555-0012 大阪市西淀川区御幣島2丁目14番21号 ☎(06) 6473-1741(代) FAX.(06) 6472-5414  
 東京営業所 〒175-0091 東京都板橋区三圓1丁目50番15号 ☎(03) 3979-4311(代) FAX.(03) 3979-4316  
 仙台営業所 〒984-0015 仙台市若林区卸町1丁目6番15号・卸町セントラルビル ☎(022) 235-1571(代) FAX.(022) 235-1419  
 福岡営業所 〒812-0016 福岡市博多区博多駅南3丁目5番30号 ☎(092) 472-0127(代) FAX.(092) 472-0129



**CAT**<sup>®</sup>

# New Generation

新たなフォルムにこめた、次世代の価値。  
CAT NEWホイールローダ Gシリーズ

## Gシリーズコンセプト

### 他を凌ぐ生産性

- パワーマネージメント思想の追究から生まれた、最大効率のパワーと粘り。
- エンジントルクライズアップによるクラス最大級の掘削力・けん引力。
- ダンピングリーチ/クリアランスの拡大により作業範囲がさらに幅広く。
- ホイールベースやアーティキュレート角の拡大により、作業装置とのバランスがさらに向上。

### 抜群の作業環境

- 新型ワイドキャブ採用により、クラス最高の視界を実現。
- 各部調整機能の充実により、つねに快適で疲れにくい運転ポジション。

### 高い信頼性

- 強化したヘビーデューティアクスルなど細部までCAT定評の高耐久設計。
- 日常の点検整備はすべて地上からOK。メンテナンス重視のデザイン。

### CAT NEWホイールローダ

938G 950G 962G  
新発売

938G



950G



962G



【新キャタピラー三菱販売会社グループ】

北海道キャタピラー三菱建機販売㈱ TEL(011)881-6612

東北建設機械販売㈱ TEL(0223)22-3111

東関東キャタピラー三菱建機販売㈱ TEL(0471)33-2111

西関東キャタピラー三菱建機販売㈱ TEL(0426)42-1115

北陸キャタピラー三菱建機販売㈱ TEL(025)266-9181

東海キャタピラー三菱建機販売㈱ TEL(0566)98-1113

近畿キャタピラー三菱建機販売㈱ TEL(0726)41-1125

中国キャタピラー三菱建機販売㈱ TEL(082)893-1112

四国建設機械販売㈱ TEL(087)836-0368

九州建設機械販売㈱ TEL(089)972-1481

九州建設機械販売㈱ TEL(092)924-1211

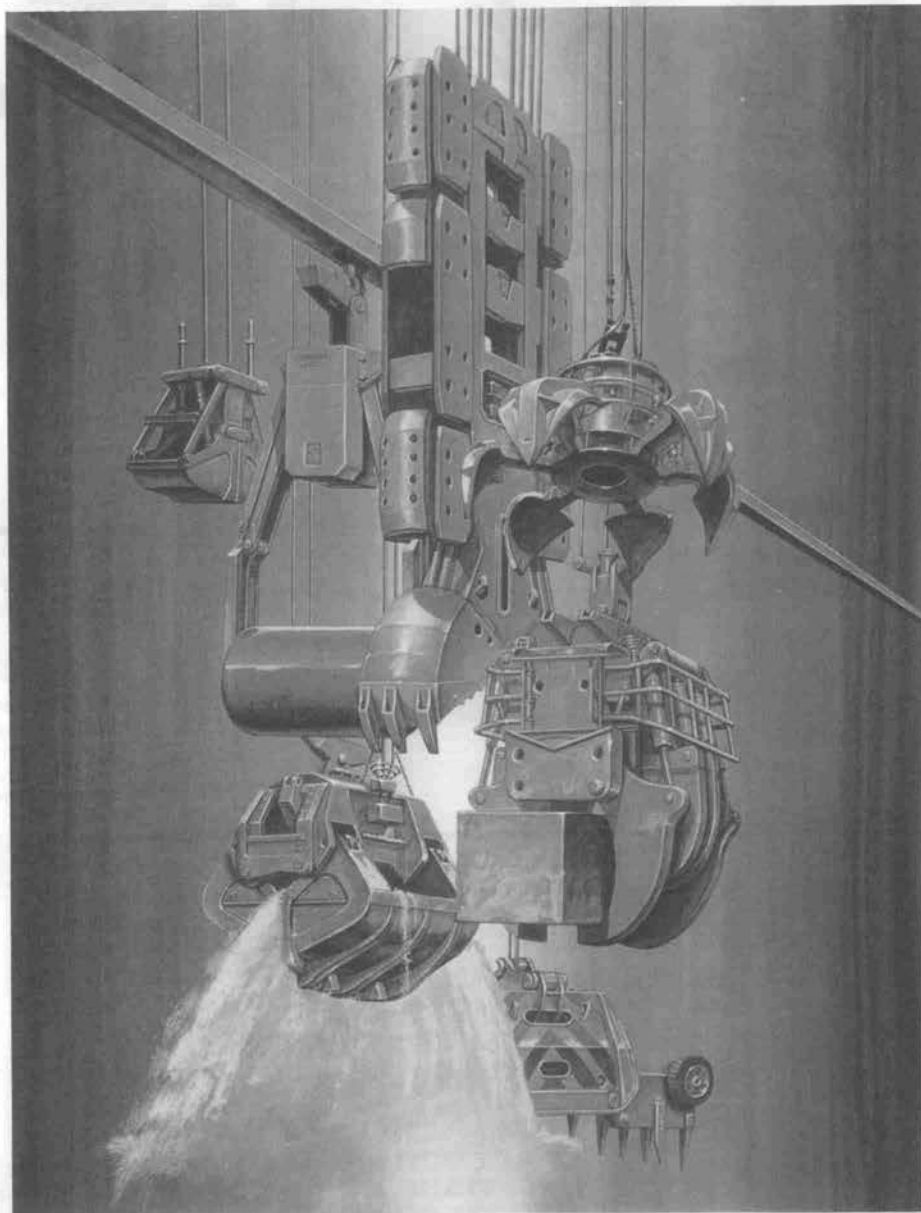
牧港自動車㈱ TEL(096)861-1131

**CAT** 新キャタピラー三菱 

教育室センター→神奈川県横浜市田名3700 〒229-1192 TEL.042-763-7138

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

# マサゴの電動油圧式バケット



日経産業新聞  
「小さな世界トップ企業」受賞企業

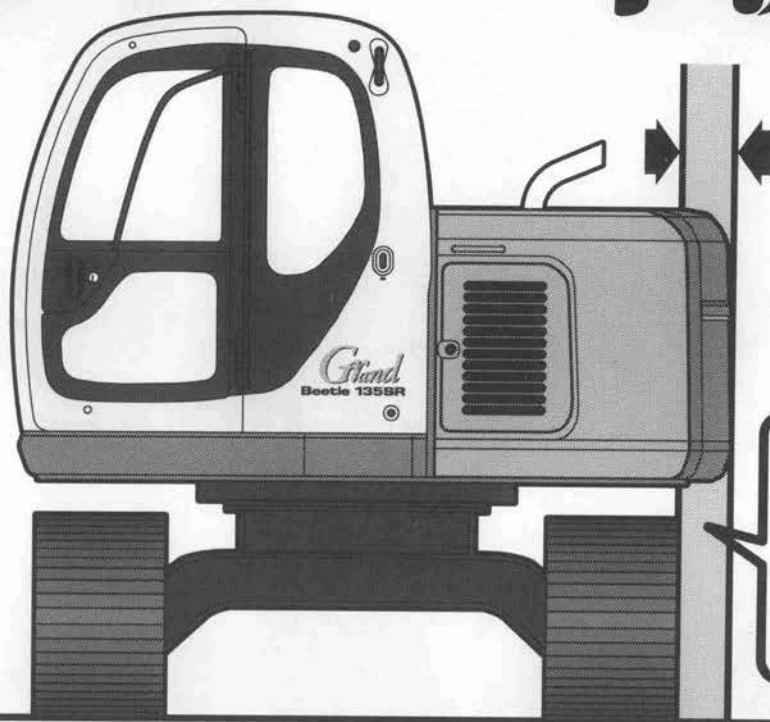
 **真砂工業株式会社**

拍事業所	〒270-1443	千葉県東葛飾郡沼南町沼南工業団地	TEL.0471-91-4151代	FAX.0471-91-4129
大阪営業所	〒530-0012	大阪市北区芝田2-3-14(日生ビル)	TEL.06-6371-4751代	FAX.06-6371-4753
名古屋出張所	〒450-0002	名古屋市中村区名駅南4-8-12	TEL.052-564-7406	FAX.052-564-7409
本社	〒121-0062	東京都足立区南花畑1-1-8	TEL.03-3884-1636代	FAX.0471-91-4129

夢の挑戦!  
Kobelco 71

KOBELCO

# すなわち、本流。



はみ出し量  
**23トン**  
でも  
**12.5cm。**  
60SR : 0 cm  
115SR : 14 cm  
135SR : 18 cm  
235SR : 12.5 cm



各クラス最小に後端車幅はみ出し量を抑えた  
本格後方小旋回ショベル、グランビートルシリーズ。

従来機の改良ではなく全く新たに開発されたグランビートル。  
いま4機種のラインナップが堂々完成。

後方小旋回機でありながら、安定性や作業性、居住性など  
従来型標準機に劣らない高い基本性能を有する、次代の本流ショベルです。

後方小旋回ショベル グランビートル

*Grand*  
**Beetle**

<b>60SR</b>	●バケット容量：0.28㎡	●運転質量：6,700kg
<b>115SR</b>	●バケット容量：0.45㎡	●運転質量：11,800kg
<b>135SR</b>	●バケット容量：0.5㎡	●運転質量：13,400kg
<b>235SR</b>	●バケット容量：0.8㎡	●運転質量：23,200kg

主な特長 ●狭所対応、安全確保、稼働率アップ、修繕費低減などメリット多彩な後方小旋回機能。●ゆとりある運転空間の新設計コンフォートキャブを搭載。●従来型標準機同等の安定性、パワーとスピード、作動範囲を実現。●日常点検、レンタル整備、重整備とレベルを考慮したメンテナンス性。●優れた汎用性で各種アタッチメントの取り付けが容易。●建設省直轄工事に使える排ガス対策機に指定。●新測定基準による低騒音型建設機械に指定。

お問い合わせ、カタログご請求は下記までご連絡ください。



**神鋼コベルコ建機** ショベル営業企画室

〒135-8381 東京都江東区東陽2丁目3番2号 ☎03-5634-4114



# どこでも信頼される!! 明和の建機

豊富な品揃えによりユーザーのニーズに応える品質、性能、信頼性の高い当社製品群。

## 明和ハイリフト 自走式高所作業車 カタニン(くらぶ走行)

4輪ステアリング(4WS)で前後左右(タテ、ヨコ)自在に動ける。



HL-40  
作業高さ: 6.00m  
作業台高さ: 4.00m



CL-610  
作業高さ: 8.00m  
作業台高さ: 6.00m

CL-410  
作業高さ: 6.00m  
作業台高さ: 4.00m

## コンバインド振動ローラ

センターピン方式  
アスファルト舗装最適

排ガス規制対応・低騒音モデル

MUC-401 4t(コンバインド・センターピン)

MUC-401W 4t(ワイドタイヤ仕様)

MUC-250 2.5t(コンバインド・センターピン)

MGC-250 2.5t(コンバインド・ワンフレーム)



低騒音型

## バイブロ コンパクタ

前後進自由自在

RP-5  
PW-6



## ハンドローラ



MS-6 620kg  
MS-5 550kg  
MG-7 700kg  
MG-6 600kg

両サイド点圧可能

## タンパランマ

エンジン直結式  
オイル自動循環式



RTa-75  
RTb-55  
RTc-65  
RTd-45  
RTc-65F (4サイクルエンジン搭載)  
RTd-45F (4サイクルエンジン搭載)  
RTc-65D (ダブルクリーナ仕様)  
RTd-45D (ダブルクリーナ仕様)

## バイブロランマ

ベルト掛け式



RA-80  
RA-60  
RA-80F  
(4サイクルエンジン搭載)  
RA-60F  
(4サイクルエンジン搭載)

## バイブロ プレート

KP-12  
KP- 8  
KP- 6  
KP- 6T (運搬車付)  
KP- 6D (ダブルクリーナ仕様)  
KP- 5  
KP- 3  
VP- 8  
VP- 7



## コンクリート カッタ



MCP-18  
MCP-16  
MK -14  
MK -12  
MK -10  
MC -13  
MC -12  
MC -10

## 株式会社 明和製作所

本社 〒332-0031 川口市青木1-18-2  
TEL.048-251-4525 FAX.048-256-0409  
営業部 〒334-0063 川口市東本郷5  
TEL.048-284-8883 FAX.048-282-0234  
川口工場 〒334-0063 川口市東本郷5  
TEL.048-283-1611 FAX.048-282-0234

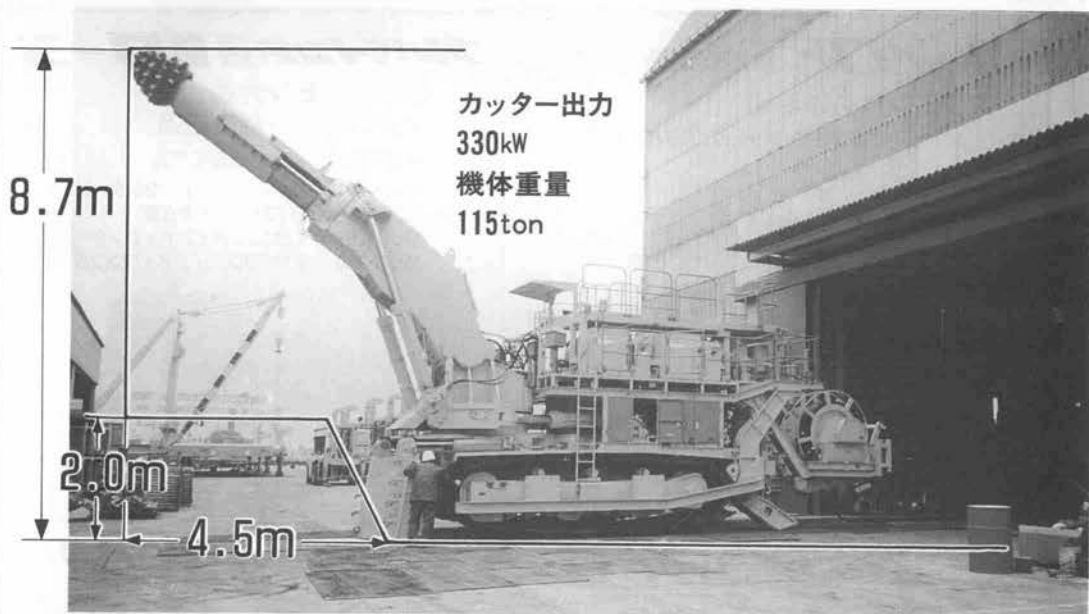
### 営業所

大阪 ☎(06) 961-0747~8 FAX.(06) 961-9303  
名古屋 ☎(052) 361-5285~6 FAX.(052)361-5257  
福岡 ☎(092) 411-0878-4991 FAX.(092)471-6098  
仙台 ☎(022) 236-0235~6 FAX.(022)236-0237  
広島 ☎(082) 293-3977-3758 FAX.(082)295-2022  
横浜 ☎(045) 301-6636 FAX.(045)301-6442

第2弾

# RH-10J

ミニベンチ機械掘削工法  
ブームヘッダー




磐越自動車道 竜ヶ岳トンネル(東)納入/発注者・日本道路公団

RH-10J型は

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

油圧カヤバの建機部門

 **日本鉦機株式会社**

建機部

本 社 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目11番1号(富士ビル) 電話(03)3431-9331(代表)  
福岡支店 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号(安川産業ビル9階) 電話(092)411-4998  
工 場 〒514-0301 三重県津市雲出鋼管町(カヤバ工業株三重工場) 電話(059)234-4111

## 1999年(平成11年)3月号PR目次

### —ア—

(株) アクティオ	後付	13
朝日音響(株)	〃	9
ヴィルトゲン・ジャパン(株)	〃	5

### —カ—

(株) 嘉穂製作所	後付	3
栗田さく岩機(株)	〃	16
コトブキ技研工業(株)	〃	8

### —サ—

新キャタピラー三菱(株)	後付	18
神鋼コベルコ建機(株)	〃	20

### —タ—

大和機工(株)	後付	1
デンヨー(株)	表紙	4
(株) 東京鉄工所	後付	7
東洋運搬機(株)	〃	14

### —ナ—

(株) 南星	表紙	2
日鉄鉱業(株)	〃	3
日本鉱機(株)	後付	22

### —ハ—

範多機械(株)	後付	17
日立建機(株)	〃	4
古河機械金属(株)	〃	12



—マ—

真砂工業 (株).....	後付	19
丸友機械 (株).....	〃	1
マルマテクニカ (株).....	〃	10
三笠産業 (株).....	〃	11
三井物産マシナリー (株).....	〃	15
(株) 明和製作所.....	〃	21

—ヤ—

吉永機械 (株).....	表紙	2
---------------	----	---

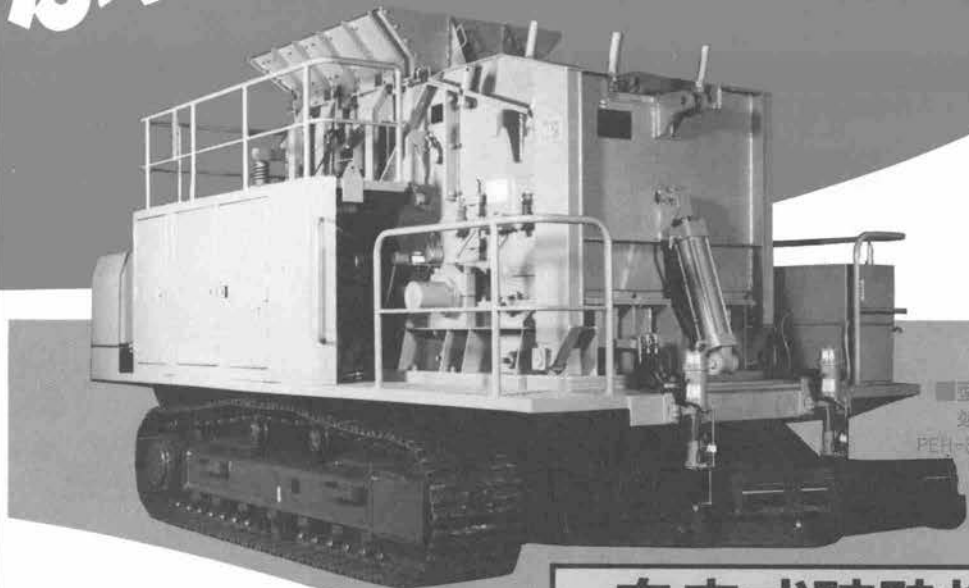
—ラ—

(株) 流機エンジニアリング.....	後付	2
---------------------	----	---

—ワ—

(株) ワイビーエム.....	後付	6
-----------------	----	---

# ぶつちぎり、パグー。



■型式:HM-40  
処理能力:40t/h  
PEH-3-100/105搭載

## 自走式破砕機

# メガハルド

※画像はイメージです。

解体現場から排出されるアスコン廃材の処理は年々困難さを増すとともに、自走式破砕機の能力に対する要求は、増大しています。従来の自走式破砕機では能力が不足であったり、粒形や粒度分布に問題があると指摘されてきました。

日鉄鉱業の「自走式破砕機メガハルド」は希望の重荷重設計、しかも粒形の良いインパクトクラッシャの決定版ハルドパクトを搭載しています。アスコン廃材をかつて無い効率で破砕し、粒形、粒度分布の良さを誇ります。

従来の自走式破砕機にご不満があるのなら是非「自走式破砕機メガハルド」をご検討下さい。

### ■メガハルドの特長

1. 350mmの大塊に対応。
2. 抜群の破砕能力。
3. 産物の粒形、粒度分布が良好。
4. 保守管理が容易
5. 鉄筋の付いたコンクリートもそのまま処理。
6. 夏期でもアスファルトの居着きが少ない。
7. 抜群のコストパフォーマンス。

製造・販売

 **日鉄鉱業株式会社** 破砕機営業部

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台2-8 瀬川ビル7F 03-3295-2502(ダイヤルイン代表)

■九州支店/092-711-1022 ■大阪支店/06-6252-7284 ■北海道支店/011-233-5371 ■東北支店/022-265-2411

製造工場

 **株式会社幸袋工作所**

〒820-0192 福岡県嘉穂郡庄内町大字有安958-23 庄内工業団地内 TEL0948(82)3907代

**Denyo**

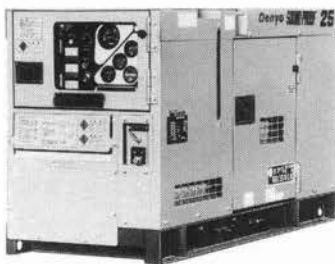
# デンヨーのパワーソース

## 先進のテクノロジーで建設現場のニーズにお応えします。

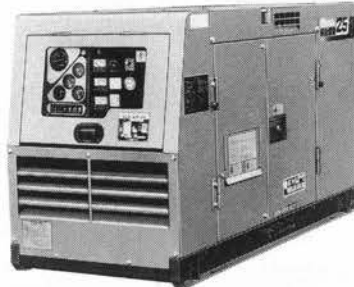
### エンジン発電機

0.5~800kVA

新ブラシレス発電機搭載で、電圧変動率は極少



DCA-25SPI-C 50Hz 20kVA・60Hz 25kVA



DCA-25SBI 50Hz 20kVA・60Hz 25kVA

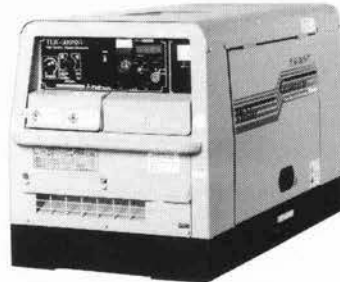
### エンジン溶接・発電機

30~450A

卓越したアーク性能



GAW-150SS 30~150A

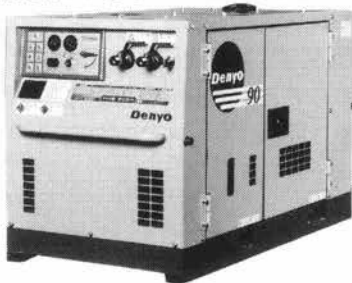


TLW-300SSY 30~300A

### エンジンコンプレッサー

1.4~52.4m<sup>3</sup>/min

信頼性の高いスクリューコンプレッサー



DIS-90SB 2.0m<sup>3</sup>/min



DIS-685SS 19.4m<sup>3</sup>/min



本社：〒164-0002 東京都中野区上高田4-2-2 TEL:03(5380)7171

札幌営業所 ☎011(862)1221	東京営業所 ☎03(3228)2211	大阪営業所 ☎06(6488)7131
東北営業所(1) ☎019(647)4611	横浜営業所 ☎045(774)0321	広島営業所 ☎082(278)3350
東北営業所(2) ☎022(254)7311	静岡営業所 ☎054(261)3259	高松営業所 ☎087(874)3301
関東営業所(1) ☎025(268)0791	名古屋営業所 ☎052(935)0621	九州営業所 ☎092(938)0700
関東営業所(2) ☎027(251)1931	金沢営業所 ☎076(269)1231	出張所/全国主要33都市

「建設の機械化」

定価

一部八四〇円

本体価格八〇〇円

本誌への広告は



■一手取扱いの株式会社 共栄通信社

本社 〒104-0061 東京都中央区銀座8の2の1(新田ビル) ☎(03)3572-3381代 Fax.(03)3572-3590  
大阪支社 〒530-0047 大阪市北区西天満3-6-8(笹屋ビル) ☎(06)6362-6515代 Fax.(06)6365-6052

雑誌03435-3