

# 建設の機械化

2002 DECEMBER No.634 JICMA

12

\*グラビヤ\*中国横断自動車道浜田東ジャンクション桁撤去工事



凍結防止剤散布車 NS35W 株式会社新潟鐵工所

**巻頭言**

## 電力安全規制の方向性

福島 章



電気は国民生活や産業活動の基盤を担うエネルギーとして極めて重要な役割を果たしており、その使用量は産業の高度成長や一般家庭への家電製品の普及等により急激な伸びを示してきた。

その後、日本経済は長らく不況の時代にある一方で、規制と緩和と競争の流れの中にあり、供給者は厳しい市場の中で高品質なものを低価格で供給することを要求されることとなった。電力供給の分野においても同様に低廉かつ安定的な電力供給が求められている。

大規模電源については、用地取得の困難化や環境問題への対応、大口電力需要の伸び悩み等により開発が進んでいない状況にあるが、電力消費量は、エアコンの各家庭への普及等により、小口需要において、緩やかではあるが着実に増加する傾向にある。

そのような中、エネルギー安定供給の確保、地球環境問題への対応、新規産業・雇用の創出に資する等の観点から、官民あげて新エネルギーの開発と導入の促進に向けた取組がなされており、特に燃料電池などの新エネルギーを利用した小型分散型電源については、円滑な導入と普及が期待されている。

このように、電力供給の分野においては、大型・集約化により効率を上げる方法から、分散・ネットワーク化による安定供給を確保する方法へ、少しずつ重点が移行しつつある。

一方、電気工作物の工事、維持及び運用を規制することによって、公共の安全を確保するとともに環境の保全を図ることを目的としている電力安全規制についても、昭

和 39 年に電気事業法が制定されて以来、その規制の内容は、設備の実態や技術進歩、社会情勢の変化等に応じ、これまで幾度か見直しがなされてきた。

それらの見直しによって、新たに創設された制度をレビューしてより良い制度に改善することや、過去に抜本的な見直しがなされていない制度を規制改革等の観点から見直すことは、電力安全規制をより一層合理的効果的なものとするために極めて重要である。

特に平成 7 年には、技術進歩による保安実績の向上、自己責任明確化の要請等を踏まえた保安規制の合理化を目指し、国の直接的関与の必要最小限化・重点化、電気工作物の区分の見直し等が行われた。

また、平成 11 年には、近年の技術進歩や事業者による自主的な保安確保への取組等の環境変化を踏まえ、現状の安全水準を確保しつつ、官民の役割分担を見直し、規制を合理化することにより事業者の負担を軽減するとともに、将来の制度を視野に入れた合理的なシステムを構築することを目指し、政府認証から自己確認への移行、自主検査の実施に係る体制について審査する仕組の導入、公益法人要件のない指定機関制度の導入が図られた。

そして、昨年暮れから、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会電力安全小委員会において、過去の規制の見直しのステージ毎に、昨今の社会情勢等を踏まえ、小出力発電設備の保安の在り方、安全管理審査の効率向上、電気主任技術者の外部委託等について検討が行われた。

我々としては、得られた結論を迅速に制度改正へ活用しつつ、制度の詳細設計においても、安全確保を大前提に、各種意見に十分配慮しつつ、透明な手続で公正な検討を行うこととしている。また、この検討結果による制度改正が、時代に即したより合理的かつ効果的な安全確保システムの構築に繋がるように努力して参りたい。

# 岩盤対応型大口径シールドマシンによる 海底トンネルの施工

— 志賀原子力発電所 2号機放水路工事 —

西田 勝幸・永田 健二・坂東 栄吾

北陸電力株式会社志賀原子力発電所の取放水設備は、海底地形の保護や温排水拡散範囲の抑制などの環境保全に配慮し、海底トンネル形式を採用している。

志賀原子力発電所2号機の建設では、機械化施工の急速な発展及び経済性の追求を背景にシールド工法の採用を検討した結果、岩盤対応型泥水加圧式シールド工法で放水路トンネルを施工した。以下に放水路トンネルの工事概要、シールド掘進機の設計及び施工実績について報告する。

キーワード：海底トンネル、シールド、ディスクカッタ、岩盤、高水圧

## 1. はじめに

北陸電力株式会社志賀原子力発電所2号機の運転に必要とする  $93 \text{ m}^3/\text{s}$  の冷却水には海水を使用し、その取放水路は、海岸などの自然環境の保護、温排水拡散範囲の抑制などに配慮し1号機と同様の海底トンネル形式としている。

今回、取放水路トンネルのうち延長の長い放水路トンネルの施工にあたっては、機械化施工の急速な発展と経済性の追求を背景に止水注入を必要としないシールド工法を採用した。放水路トンネ

ルの位置を図-1に示す。

## 2. 施工条件及び掘削工法の選定

### (1) 地形、地質

海底は不陸の激しい岩礁地形で、約 1/30 の勾配で沖合いに向かって傾斜している。

経過地の地質は、安山岩及び凝灰角礫岩から成り、凝灰角礫岩は節理が少ないが、安山岩の一部で節理が多く認められる部分を含んでいる。また、岩石試験により得られた一軸圧縮強度は、 $15 \text{ N}/\text{mm}^2$  の中硬岩から  $150 \text{ N}/\text{mm}^2$  の硬岩まで広範囲

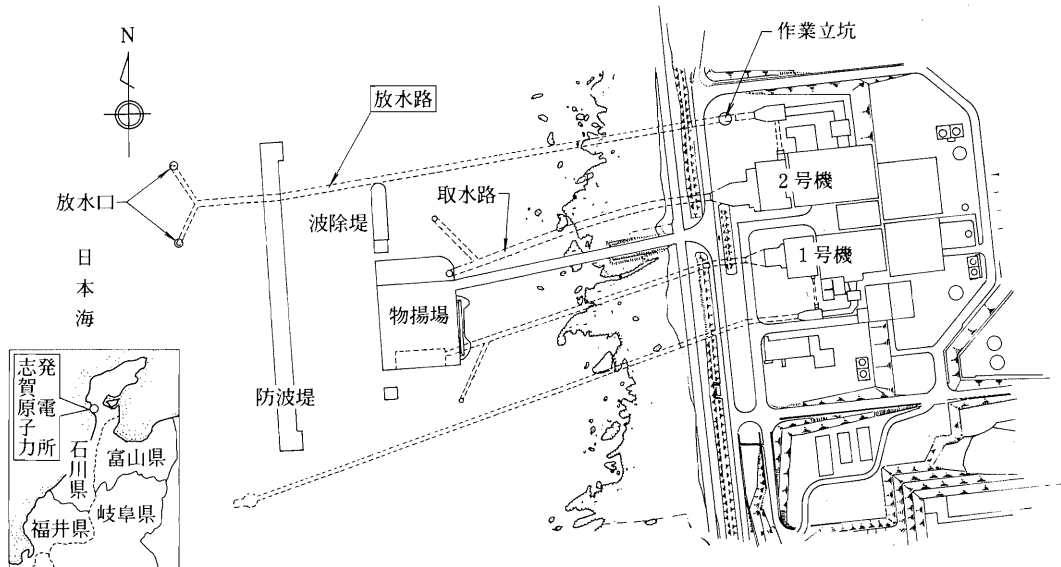


図-1 放水路位置図

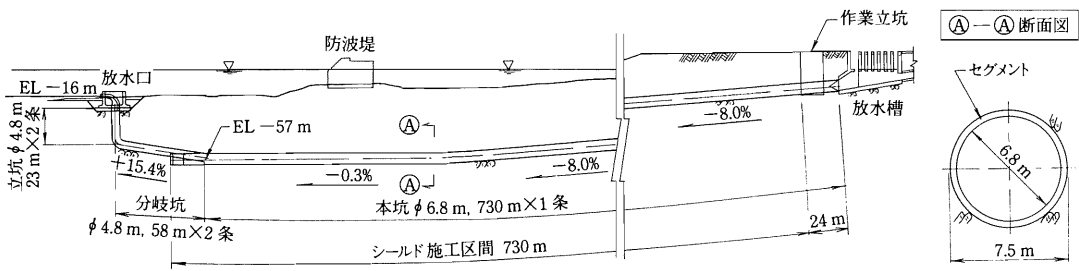


図-2 放水路縦断面図

にわたり、透水係数は  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  cm/s のオーダーである。

(2) 掘削工法の選定

放水路トンネル縦断形状は図-2 に示すとおりであり、本坑は、

- ① 掘削径が約 7.8 m の大口径トンネルである。
- ② 岩盤の一軸圧縮強度は  $15 \sim 150$  N/mm<sup>2</sup> の広範囲にわたる。
- ③ 海面下約 60 m のため、約 0.6 MPa の高水圧が作用する。

との施工条件の下で機械化施工の技術的検討を行い、さらに、経済性について、1号機で施工実績のある止水注入を補助工法とする NATM と比較検討し、岩盤対応型泥水加圧式シールド工法を採用した。

放水路トンネル（シールド施工区間）の諸元は以下のとおりである。

- ・施工延長：約 730 m
- ・仕上り内径：6.8 m（掘削径 約 7.8 m）

- ・セグメント：幅 1.2 m，厚さ 35 cm
- ・曲線半径：300 m（縦横断 1 箇所ずつ）
- ・最急勾配：-8%
- ・土 被 り：最大約 36 m

3. シールド掘進機的设计

シールド掘進機の仕様設定にあたっての主な留意点を以下に述べる。また、シールド掘進機の写

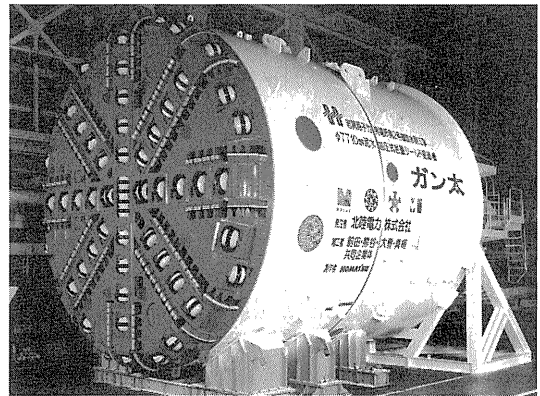


写真-1 シールド掘進機

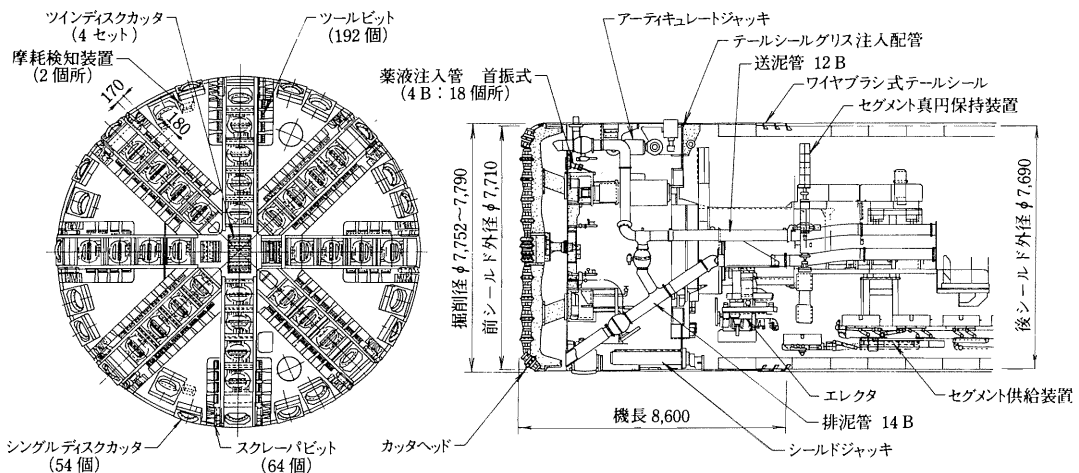


図-3 シールド掘進機詳細図

表一 シールド掘進機の仕様

		シールド仕様
外 径		前胴 $\phi$ 7,710 mm 後胴 $\phi$ 7,690 mm
機 長		8,600 mm
伸 張 速 度		0~5.8 cm/min (無負荷作動時)
総 推 力		最大 64,680 kN (6,600 tf)
最大中折れ角度		左右 1.0°, 上下 1.0°
テ ー ル シ ー ル		ワイヤブラシ式 3 段
シールドジャッキ		2,940 kN (300 tf) × 22 本
アーティキュレートジャッキ		3,430 kN (350 tf) × 16 本
フロントサポートジャッキ		980 kN (100 tf) × 4 本
リヤグリッパジャッキ		980 kN (100 tf) × 6 本
余量調査ジャッキ		17 kN (1.7 tf) × 3 本
カッタ摩耗検知ジャッキ		17 kN (1.7 tf) × 2 本
		カッタヘッド
形 式		ドームヘッド型 中間ビーム支持方式
回 転 数		最大 3.00 rpm (40.0 Hz)
4 段 階 変 速		1.5 rpm (20.0 Hz) 2.5 rpm (33.3 Hz) 3.0 rpm (40.0 Hz) 4.0 rpm (53.3 Hz)
回 転 ト ル ク		常用 486 tfm (40.0 Hz) 常用 4,766 kNm ( $\alpha=1.07$ ) 最大 583 tfm (33.3 Hz) 最大 5,717 kNm ( $\alpha=1.29$ )
開 口 率		12%
		エレクト
旋 回 角 度		左右各 200°
旋 回 速 度		0~1.5 rpm
昇 降 範 囲		0~950 mm
摺 動 範 囲		0~1,400 mm
押 込 み 力		314 kN (32.0 tf)
吊 上 げ 力		222 kN (22.6 tf)
操 作 方 法		部分自動式
		真円保持装置
押 付 け 力		294 kN (30 tf) × 2
ス ラ イ ド 量		1,450 st

真, 詳細図及び仕様を, 写真一, 図一3 及び表一 1 に示す。

### (1) 岩盤条件等に対する配慮

#### (a) 硬岩掘削時の対策

##### ① ビット

ビットは岩盤破碎用のディスクカッタをメインカッタ (62 個) とし, 破碎され下に滞留する掘削ずりをすくい上げるスクレーパビット (64 個), チャンバ内に掘削ずりを取込むツールビット (192 個) で構成した。

ディスクカッタの配置は, 標準部は 80 mm ピッチとし, 外周部は負荷を軽減するよう 80~5 mm と密に配置した。カッタヘッド形状は岩盤掘削に適したドームヘッド型とした。

また, ディスクカッタは国内初となる 19 インチカッタを採用した。これは従来用いられてきた 17 インチカッタに比べ, カッタ切込み深さや耐荷重を大きくできるため, 高強度岩盤においても十分な切込みと信頼性を確保することが可能である。

##### ② カッタヘッド回転速度

カッタヘッド駆動には 150 kW 電動機を 10 台装備し, インバータによる可変速制御 (1.5~4 rpm, 4 段切替え式) にて高速回転を可能とした。また, 高強度岩盤においても毎分 2.5~3 cm 程度の速度で連続掘削が可能となるようカッタトルクは最大 5,717 kNm を装備した。

##### (b) 切羽不安定時の対策

##### ① 排泥管の閉塞防止

切羽の崩落や坑壁の肌落ちなどによる大きな岩塊の流入防止, 土砂状となった掘削ずりの過剰流入防止のため流入制限バーを設け, 個々の開口の大きさを 170 mm × 180 mm に制限した。これによりカッタヘッド開口率は 12% となった。

また, シールド掘進機後方のクラッシャまでの排泥管径を最大径で 14 インチとし, クラッシャ以降の排泥管 (10 インチ管) より太くすることで排出できる掘削ずりを極力大きくした。さらに, 排泥管の流入付近の閉塞に備え予備排泥管 (14 インチ管) を装備した。

##### ② シールド掘進機の形状

シールド掘進機外径は前胴 7,710 mm, 後胴を 7,690 mm で片側 10 mm の段差を設け, 後胴を小さくすることにより岩塊による機体拘束防止を図った。

シールド掘進機スキンプレート厚さは, 水圧, 緩み土圧等を作用させた FEM 解析により板厚 32~60 mm とし, 必要強度を確保した。

##### ③ ジャッキ推力

ジャッキ推力は機体拘束状態でも容易に脱出できるように安全率 1.2 を見込み, 64,680 kN とした。

##### ④ カッタヘッド回転速度

カッタヘッド駆動は, 前述の通り可変速可能と

し、低速でカッターヘッドの回転を行うことにより、切羽をできるだけ乱さないような対応も可能とした。

### (2) 長距離掘削に対する配慮

#### (a) ディスクカッターの交換

摩耗、破損によりディスクカッターの交換が必要となった場合、海底下では岩盤からの湧水を止めるための止水注入などの補助工法が必要となり、工程やコストに大きな影響をもたらすことになる。そこで、ディスクカッターの長寿命化を図るため前述の19インチカッターを採用した。また、カッターリング材質も従来材質であるニッケルクロム系特殊鋼よりも耐摩耗性に優れる冷間ダイス鋼に変更し、一層の耐摩耗性の向上を図った。

今回の19インチカッターは、従来使用されてきた17インチカッターに比べ、耐摩耗性がサイズ効果で約1.2倍、材質効果で約1.5倍の性能を有し、両効果により従来比1.8倍の耐摩耗性能を確保した。

なお、カッター交換が必要となった場合に備え、機内には薬液注入装置を設け、これにより岩盤の止水を行い、中折れ装置とリヤグリッパを用いてカッターヘッドを後退させ交換スペースを確保できる構造とした。

#### (b) 摩耗量の計測

摩耗条件の厳しいカッターヘッド外周部にディスクカッター摩耗検知装置を2箇所設け、ディスクカッター摩耗量の進行状況を計測できるようにした。摩耗限界20mmを超えると判断された場合には交換を行うこととした。

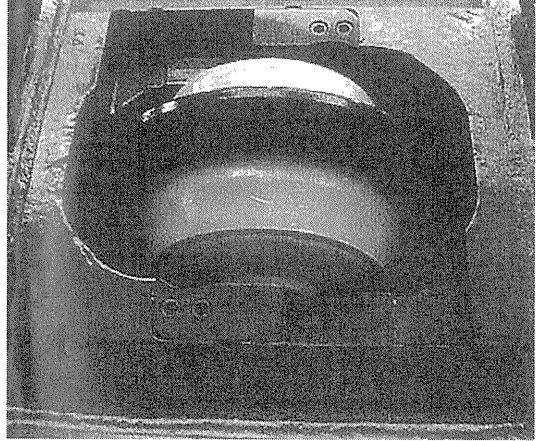
### (3) 高水圧に対する配慮

#### (a) ディスクカッター軸受け部シール

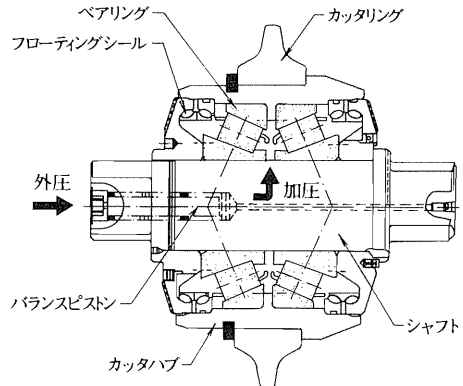
掘進機は泥水式のため、高水圧の泥水でチャンバ内が満たされており、ディスクカッターの軸受け部にも高い外水圧が作用する。通常、ディスクカッターの軸受け部はベアリングで支持されシールにより潤滑油が封入されているが、高強度岩盤の掘削振動や高い外水圧が作用し、シールが不良となった場合ディスクカッター軸受けが破損することも予測された。このため軸受け部に外水圧に反応するピストンを設け、外水圧と内部の潤滑油封入圧がバ

ランスをする特殊構造とし、シールの負荷を軽減することにより19インチディスクカッターの耐圧性、耐久性の向上を図った。

19インチディスクカッター取付け状況を写真—2に、シール構造を図—4に示す。



写真—2 19インチディスクカッター取付け状況



図—4 ディスクカッター軸受部シール

#### (b) カッターヘッド駆動部シール

カッターヘッド駆動部シールは高水圧に加え、大口径高速回転により発熱劣化の危険があるため、「多段シール+グリース連続給脂+潤滑油循環放熱」などの対策により信頼性向上を図り、耐水圧を1.5 MPaまで向上させた。

#### (c) テールシール

テールシールは高水圧対応型ワイヤブラシテールシール3段とし、耐水圧を1 MPaとした。スキンプレートに内蔵された注入管からテールシール間にグリースを間欠給脂することにより、止水性の向上を図った。

#### (4) 線形に対する配慮

岩盤掘削においては、掘進機の姿勢や方向が急激に変化することが予測される。また、縦断・横断各1箇所の曲線施工にも確実に対応する必要がある。そこで、掘削径をシールド外径より片側40mmオーバーカットすると同時に、上下左右各1°の機体屈曲が可能な中折れ装置を装備することで、機体の拘束防止と方向制御の容易化を図った。

### 4. 二次覆工の省略

シールド工法においては、そのほとんどがセグメントの内側に二次覆工を施しており、その役割は、

- ① 設計上の構造部材
- ② 施工上の蛇行、不陸に対する仕上り断面積の確保
- ③ 粗度係数の確保
- ④ セグメント継手金物の腐食防止

である。

今回採用したコッタ・クイックジョイントセグメントは断面欠損が小さく、かつ、継手金物の露出も小さいという特徴を有しており、さらに継手金物にダクロタイズド防食処理を施すことにより耐久性の向上を図っている。また、設計荷重に対してもセグメントのみで耐え得る構造とし、二次覆工を省略することとした。

さらに、二次覆工の省略により要求されるセグメント組立て精度の向上や大口径セグメント組立ての効率化に対しては、エレクタシステムの自動化と高精度化を図る必要がある。そこで、エレクタにはコッタ・クイックジョイントセグメントに対応できる部分自動システムを採用した。

本システムはセグメントの供給から把持、粗位置決めまでを自動化するとともに、ジョイントの精位置合わせにおいては倣い制御機構で作業者が簡単な目視確認とスイッチ操作のみで精度良く迅速に合わせができる。また、エレクタにはコッタ打込み装置も搭載されており、作業者のスイッチ操作のみで簡単に打込みができる構造とした。

これらにより、大口径のセグメントを作業員1~2名で高精度かつ効率良く組立てできるようにした。エレクタを写真-3に、セグメント組立



写真-3 エレクタ



写真-4 セグメント組立て状況

て状況を写真-4に示す。

### 5. 施工実績

#### (1) 掘進工程

平成12年3月よりシールド掘進機の現地組立てを開始し、6月に掘進開始、すべての後続台車をトンネル内に投入するまでの初期掘進（約120m）、それに引続いて実施した本掘進を経て、平成13年1月末に掘削を完了した。進捗実績は以下のとおりである。

・平均日掘進量（昼夜）：

初期掘進 4.8m (4R)/日

本掘進 8.4m (7R)/日

・最大日掘進量（昼夜）：

9.6m (8R)/日

・最大月掘進量：

190.8m (159R)/月

#### (2) 掘進管理

(a) ジャッキ推力



ジャッキ推力の推移を図-5に示す。最大で45,000 kNであり、装備推力の7割程度の推力で掘進することができた。縦断勾配を有する550 mまでの推力は、切羽水圧の上昇に伴い増加しているが、550 m以降の推力の増加は、曲線施工による偏荷重、ディスクカッタの摩耗増加等が要因と考えられる。なお、切羽水圧は静水圧とほぼ等しい増加傾向を示している。

#### (b) カッタトルク

カッタトルクの推移を図-5に示す。最大で4,000 kNmであり、装備トルクの7割程度のトルクで掘進することができた。

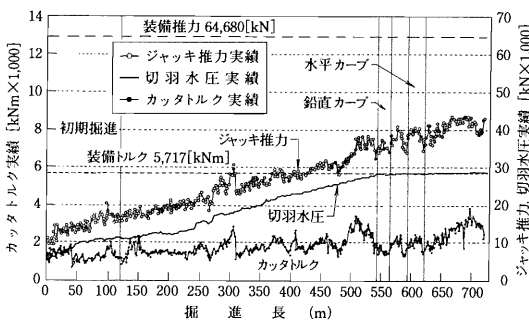


図-5 ジャッキ推力とカッタトルク

全長にわたり緩い増加傾向にあるが、これはディスクカッタの摩耗の増加等が要因と考えられる。ただし、曲線部では掘進速度を遅くしてトルクの増加を抑制した。

#### (c) セグメント蛇行量

蛇行量は管理値 150 mm に対して、上下方向 60 mm、左右方向 78 mm であり、精度よく掘進しセグメントを組立てることができた。蛇行修正用テーパセグメントの使用率は約 2% (11R) で、一般的な使用率 3~5% に比べて少なかったことから組立て精度が高いと言える。

#### (d) ディスクカッタ摩耗量

摩耗量は最大で 15 mm 程度であり、許容摩耗量 20 mm の 7 割に収まり、カッタ交換を行うことなく掘進を完了することができた。しかし、667 m 掘進時にクラッシャの内部よりカッタリングの小片 1 個が発見されており、また、到達後、偏摩耗の傾向とヘアクラックのあるカッタリングが 1 個確認された。これは、切羽面に一軸圧縮強度が 150 N/mm<sup>2</sup> である安山岩 (均質) が部分的に現れ、互層地層となり一部のディスクカッタに

大きな偏荷重が作用したために発生したと考えられる。

今回はディスクカッタの配置を通常より密にしたこと、強化型ツールビットを用いたことにより掘削には支障は出なかったが、今後は、不均質岩盤での切込み深さの調整などの検討が必要と思われる。

## 6. おわりに

海底トンネルである放水路の施工は、一軸圧縮強度が 15 N/mm<sup>2</sup> の中硬岩から 150 N/mm<sup>2</sup> の硬岩まで広範囲にわたる岩盤への対応が重要なポイントであった。

ディスクカッタ等に技術的改良を施したシールド掘進機を採用したことにより、経済性、工期短縮及び安全かつ確実な施工を実現した。

今後は、放水立坑の工事が主体となるが、さらなる合理化に向けての技術的課題を解決しながら品質、安全、コスト、工期、環境保全の点で水準の高い工事を実現したいと考えている。

最後に、設計、施工を進めるにあたり、多大なご指導を賜っている海岸施設技術委員会、海底トンネル部会の委員の方々に深く感謝の意を表します。

J C M A

#### [筆者紹介]

西田 勝幸 (にしだ かつゆき)  
北陸電力株式会社  
志賀原子力発電所建設所  
土木第二課



永田 健二 (ながた けんじ)  
前田・熊谷・大豊・真柄 JV  
志賀原子力作業所  
土木主任



坂東 栄吾 (ばんどう えいご)  
株式会社小松製作所  
建機マーケティング本部  
地下建機事業室



# 大型重機による大規模岩盤掘削

## —志賀原子力発電所 2号機基礎掘削工事—

門木 秀一・橋本 徹・寺田 彰

北陸電力株式会社志賀原子力発電所 2号機の基礎掘削工事は、1号機の隣接エリアを掘削することから、1号機への運転に支障を与えることのないように掘削振動を抑制する必要がある。このため、1号機定期検査時に「発破掘削試験」及び「機械掘削試験」を実施し、総合的に検討した結果、制限発破掘削に比べて施工性及び経済性において有利となる大型重機を用いた機械掘削を採用した。本報文では各掘削試験及び実施工について報告する。

キーワード：基礎工事、大規模岩盤掘削、発破掘削試験、機械掘削試験、親杭工

### 1. はじめに

北陸電力株式会社志賀原子力発電所は、能登半島の中央部西海岸の志賀町にあり、市街地から北西へ約7km離れた富来町との境界に位置する。2号機は、営業中の1号機（出力54万kW）に隣接して設置するもので、出力135万8千kWの改良型BWRである。平成11年9月より掘削に

先行する親杭工を開始し、平成12年3月に本館建屋等の掘削工事を開始、平成13年10月には同工事を完了した。発電所平面図を図-1に示す。

### 2. 地質の概要

敷地には新第三紀中新統の安山岩及び凝灰角礫岩が分布しており、凝灰角礫岩は節理は少ないが、安山岩の一部で節理が多く認められる部分を含ん

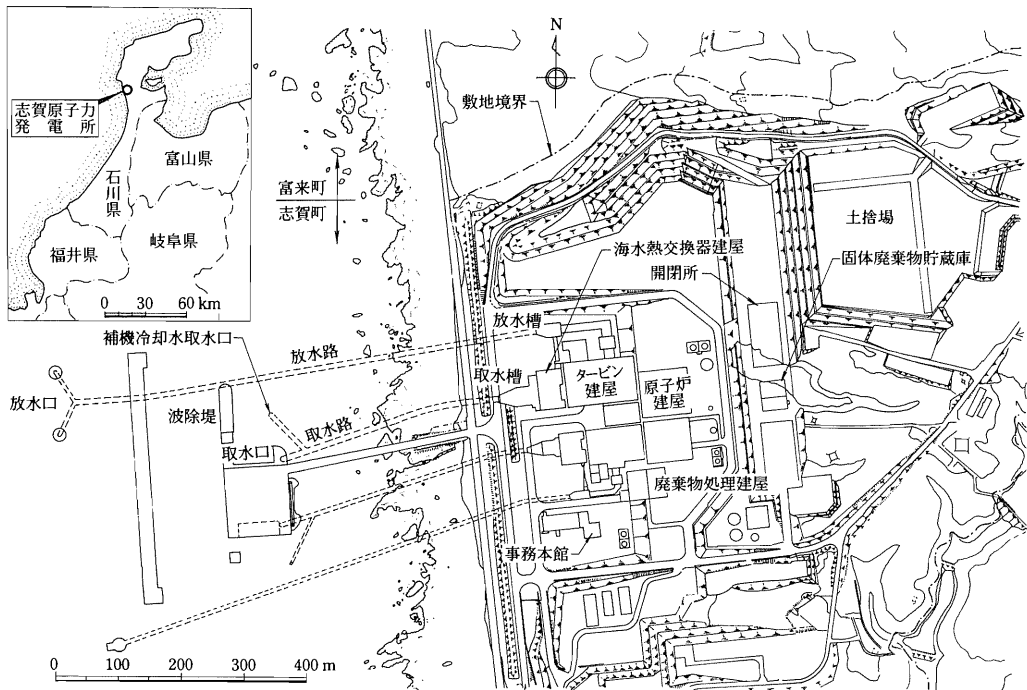


図-1 発電所平面図

でいる。また、岩石試験から得られた一軸圧縮強度は、15~150 N/mm<sup>2</sup> と広範囲に及ぶ。

基礎掘削工事はこのような中硬岩、硬岩からなる岩盤を対象に実施した。

### 3. 掘削工法の選定

1号機の基礎掘削は発破により実施した。しかし、2号機では、運転中の1号機隣接エリアを対象としていることから、1号機の運転に支障を与えることのないよう掘削振動を抑制する必要がある。

このため、掘削工法の選定に当たっては、機械による掘削も視野に置いて、1号機の定期検査中に、発破掘削試験及び機械掘削試験を実施した。

#### (1) 発破掘削試験

発破掘削試験は、発破振動による1号機への影響を確認し、発破施工可能エリアを評価することを目的として実施した。

振動測定箇所は周辺地盤及び1号機各建屋内の計13箇所にて測定した。試験状況を写真-1に示す。

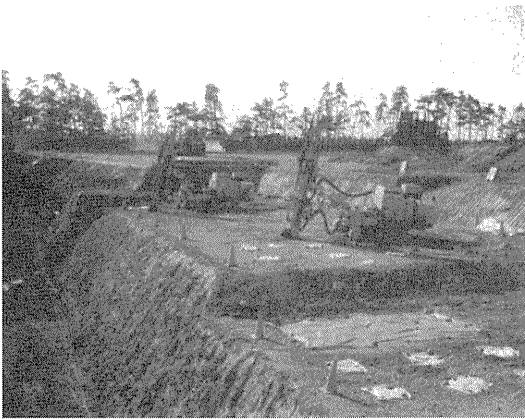


写真-1 発破掘削試験状況

試験結果から得られた振動値を用いて多変量解析を行い、装薬量(Q)と距離(r)の変数で決定される振動予測式を各建屋ごとに算出した。振動予測式の一列を(1)式に示す。また、1号機の安全運転上必要とされる振動規制値を考慮して設定した離隔距離と許容装薬量との関係を図-2

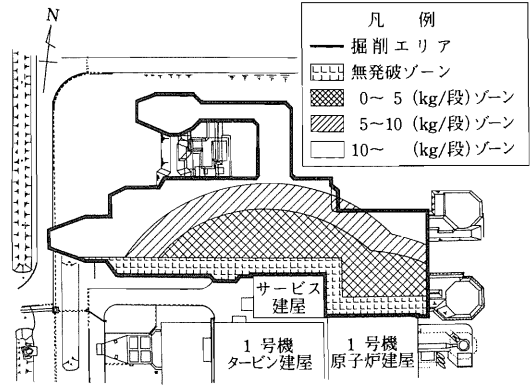


図-2 離隔距離と許容装薬量との関係

に示す。

$$A = 35.61 \times 10^4 Q^{0.51} / r^{2.23} \quad (1)$$

ここで、A：振動値 (gal)

Q：装薬量 (kg)

r：距離 (m)

これより、掘削エリアの約80%が装薬量の制限を受け、通常の出破掘削可能エリアは約20%に限られる結果となった。

#### (2) 機械掘削試験

当地点のような中硬岩~硬岩での大規模な機械掘削の例はあまり見られない。そこで、対象岩盤(V<sub>p</sub>=2.1~2.3 km/s)における掘削機械の施工性を確認することを目的とした試験を実施した。

試験に供する掘削機械については、以下の特長を考慮し、岩盤切削機及び大型ブルドーザ(100 t級、リップ付き)の2種類を選定した。

- ① 岩盤切削機は、機械本体中央下部で160本の切削ビットのついたドラムが回転し、岩盤を切削するものであり、切削土砂はコンベヤにより排出され、低振動、低騒音での掘削が可能である。また、切削後の排出土砂の粒径は20 mm以下となることから二次破砕が省略でき、コンピュータ制御により高精度な仕上がり面が得られる。掘削能力は、電力中央研究所分類のC<sub>L</sub>級で250 m<sup>3</sup>/h、C<sub>M</sub>級で200 m<sup>3</sup>/h以上、C<sub>H</sub>級で110 m<sup>3</sup>/h以上の能力がある。

- ② 大型ブルドーザによる工法は、後方に取付

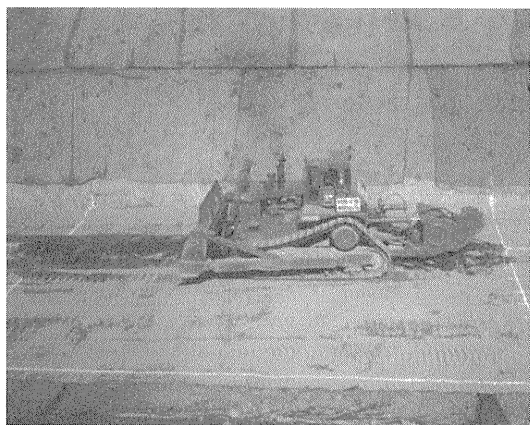
けたリップにより岩盤を掻き起こすものであり、硬岩に対応可能であれば、ブルドーザ単体の移動能力の高さから有効な工法となる。岩盤切削機及び大型ブルドーザの基本諸元を表一1に、各掘削試験状況を写真一2及び写真一3に示す。

表一1 掘削機械諸元

仕様	岩盤切削機	大型ブルドーザ
全長 (m)	14.1	11.0
全幅 (m)	4.9	5.6
全高 (m)	7.1	4.6
総重量 (t)	146	103
回転半径 (m)	15	—



写真一2 岩盤切削機掘削試験状況



写真一3 大型ブルドーザ掘削試験状況

試験の結果、岩盤切削機については、掘削形状等の関係から方向転換が頻繁に生じるため、掘削量は 105 m<sup>3</sup>/h と本機械の掘削能力が十分に発揮されないことが分かった。一方、大型ブルドーザは狭いエリアにおいても十分な掘削能力を発揮し、掘削量は 173 m<sup>3</sup>/h となった。

また、騒音、振動については、大型ブルドーザによる掘削が岩盤切削機による掘削に比べ若干高い値を示したが、両機とも1号機の安全運転を十分確保できる結果となった。

### (3) 掘削工法の選定

試験の結果、機械掘削は振動影響が管理を要しないレベルであり、かつ、装薬量の制限を受ける発破掘削に比べて経済的に有利となった。これより基礎掘削は機械によるものとし、施工性の優れた大型ブルドーザ（100 t級、リップ付き）を用いることとした。

## 4. 基礎掘削工事

### (1) 工事概要

本工事は、総掘削量 72 万 m<sup>3</sup>、最大掘削高 32 m の大規模な岩盤掘削である。また、法面形状については、作業ヤードの確保及びコストダウンの観点から垂直掘削とした。山留工として親杭とグラウンドアンカーを併用し、壁面には吹付けコンクリートとロックボルトを施工した。掘削周長は約 1,100 m で親杭本数は 465 本、グラウンドアンカー本数は約 2,500 本である。

なお、掘削中は壁面変位やグラウンドアンカー導入力の変化量を把握するための計測を行い、地質観察結果と合わせて垂直掘削の安全管理を実施した。

### (2) 親杭工

親杭は 2 枚の溝形鋼を平鋼で溶接したもので、ダウンザホールハンマにより削孔（削孔径 φ 660 mm）した後、親杭を建込み、周囲をモルタルで充填するものである。また、地盤の状況に応じて、表一2に示す 3 つの方法により削孔した。

表一2 削孔工法

	削孔機	削孔径	地盤条件
A	ダウンザホールハンマ (ケーシング無し)	660 mm	岩盤部
B	オールケーシング+ ダウンザホールハンマ	800 mm, 660 mm	深い埋戻し土* +岩盤
C	ダウンザホールハンマ (一部ケーシング有り)	660 mm	浅い埋戻し土* +岩盤

\*1号機建設時での埋戻し土

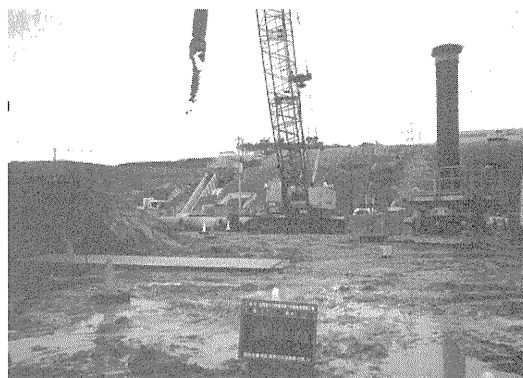


写真—4 ダウンザホールハンマ削孔状況

削孔は、平成11年9月に開始し、平成12年7月に完了した。また、削孔機は最盛期で5セット投入した。

ダウンザホールハンマでの削孔状況を写真—4に、オールケーシングでの削孔状況を写真—5に示す。

各工法での施工速度はA工法で約18m/日、B工法で約14m/日、C工法で約25m/日であった。各工法での施工実績を表—3に示す。



写真—5 オールケーシング削孔状況

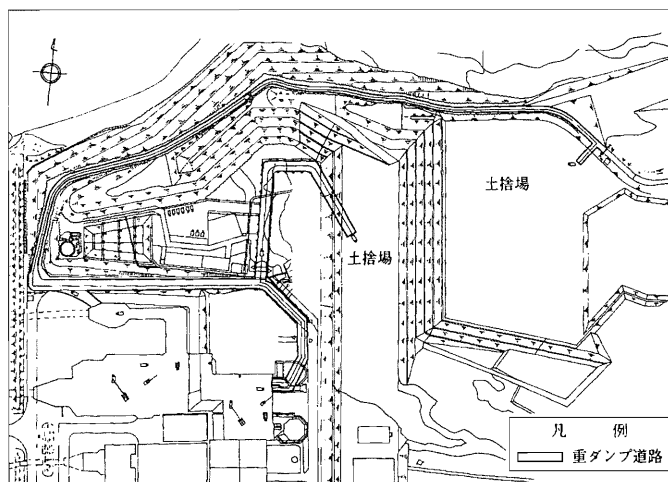
表—3 各工法の施工実績

工 法	A	B	C	計
本数(本)	236	26	203	465
削孔総延長(m)	5,382	800	5,342	11,524

### (3) 掘 削 工

掘削には前述のとおり主として大型ブルドーザ(100t級、リッパ付き)及び油圧ブレーカ(3t級)を使用した。また、積込運搬にはバックホウ(3m<sup>3</sup>)及び重ダンプトラック(36t, 32t, 25t)を使用した。

基礎掘削工事中は、機械と人との接触を回避するため専用道路を設け、一般車両の進入禁止措置を行い、接触災害の防止を図った。重ダンプ運搬ルートを図—3に示す。



図—3 重ダンプ運搬ルート

表-4 月別掘削土量及び機械使用台数

	平成12年												平成13年								
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月		
掘削量(千m <sup>3</sup> )	5	91	70	94	102	87	85	35	16	26	20	12	9	8	11	5	4	4	6		
ブルドーザ(100t級)	2	2	2	2	2	2	2	1.5	1	0.5											
油圧ブレーカ(3t級)	1.5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2.5	1	1	1	1	1	1	1		
バックホウ(3m <sup>3</sup> 級)	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1											
重ダンプトラック	7	9	9	9	9	7	6	5	1												
バックホウ(1.2m <sup>3</sup> 級)	1	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1		
ダンプトラック(10t)		2	4	4	4	2	2	2	2	2.5	4	5	6	4	2	2	2	2	2		

基礎掘削は平成12年3月に開始し、平成13年10月に完了した。基礎掘削状況を写真-6に示す。



写真-6 基礎掘削状況

掘削量は最盛期で約5,000m<sup>3</sup>/日であり、平均約3,500m<sup>3</sup>/日となった。月別の掘削量と機械の使用台数を表-4に示す。

### 5. おわりに

2号機の基礎掘削工事は、1号機の運転に支障を与えることのないよう掘削振動を抑制することが求められた。このため、あらかじめ実施した発破掘削試験及び機械掘削試験に基づいて大型ブル

ドーザによる機械掘削工法を採用し、順調に工事を進めることができた。

最後に、掘削試験の実施及び実施工にあたり、ご協力いただいた関係各位、また、掘削法面の安定性評価についてご教授頂いた東京工業大学・太田秀樹教授及び地盤解析研究所・大森晃治氏に深く感謝の意を表します。

J C M A

#### 【筆者紹介】

門木 秀一(かどき しゅういち)  
北陸電力株式会社  
志賀原子力発電所建設所  
土木第一課  
課長



橋本 徹(はしもと とおる)  
北陸電力株式会社  
志賀原子力発電所建設所  
土木第一課  
副課長



寺田 彰(てらだ あきら)  
北陸電力株式会社  
志賀原子力発電所建設所  
土木第一課



# 中国横断自動車道浜田東ジャンクション 桁撤去工事

—ユニットキャリア及びデッキリフトによる桁撤去工事—

山 徳 康 博・高 見 直 人

去る2002年3月に、中国横断自動車道・浜田東ジャンクション建設工事に伴い上ヶ山橋の撤去を行った。上ヶ山橋は橋長46.2m、幅員5.9mの3径間PC橋で、浜田インタ近くの高速度路上を横断して架設されていた（写真—1参照）。

上ヶ山橋の特徴は架設位置が高速度路面から8mと高いこと、及び撤去質量が550tと比較的重いことであった。この条件を踏まえ、撤去にはユニットキャリアにジャッキシステムを組合わせた新工法で対応し、期待通りの成果を得たので、その施工の概要を紹介する。

キーワード：オーバブリッジ、桁撤去、ユニットキャリア、デッキリフト

## 1. はじめに

一般的に道路上に架設してある橋梁（以下、OV（オーバブリッジ）という）の撤去は夜間の交通量の少ない時間帯に交通を規制して実施される。

これは、道路を使用する一般車両への影響を極力少なくするためである。特に高速道路のOVの撤去となると、一般道に比べてその影響が遥かに大きいため、短時間で工事を完了する事が必須条件となる。

撤去工事には、車の「追出し」時間（交通規制により車道から車がなくなるまでの時間）や工事用車両の進入時間、工事で汚れた道路の清掃や、

ガードレールの復旧に必要な時間が含まれる。

このために、桁の切断、撤去、搬出という主たる作業は、数時間で手際良く行わなければならない。

これに対応するためには、できるだけ短時間に安全・確実に撤去できる工法がどうしても必要となる。このようなニーズに応じて、OVの撤去のみならず架設にも適用できる施工法を実施例を含めて紹介する。

## 2. OVの撤去工法

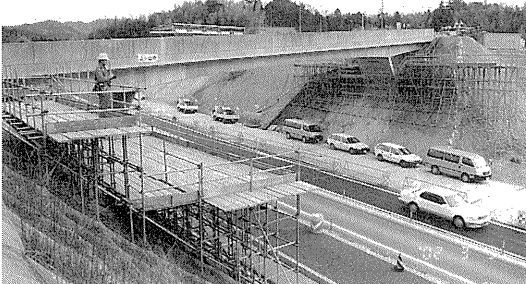
OVの撤去は、その構造、形状、重量、架設高さや規制時間等の施工条件によって工法が決められるが、大きく分けると移動式クレーンによる工法とユニットキャリアによる工法に分けられる。現場の状況によっては、この二つの工法を併用する場合もある。

いずれにしても、撤去に伴って仮置場までの運搬や荷卸しも考えなければならない。

以下、この二つの工法について簡単に特徴を述べる。

### （1）移動式クレーンによる撤去工法

最も一般的な工法で、移動式クレーンで撤去するOVを吊上げ、運搬車両に積込んで搬出する工法である。



写真—1 撤去前の上ヶ山橋

移動式クレーンの選定は、施工条件やOVの構造・重量を勘案して決定する。一般的にコンクリート橋はその重量が重いため、分割して複数の移動式クレーンで撤去する場合が多い。

運搬は撤去したブロック重量を積載できるトレーラやユニットキャリヤを使用して搬出する。移動式クレーンによる撤去は、その調達が比較的容易にできること、作業基地に運搬した撤去ブロックを当該クレーンで荷卸しできること等、メリットは多い。その反面、クレーンの吊上げ能力に限界があることや、組立・解体に要する時間がクリティカルになること等、考慮すべき事項も多い。

## (2) ユニットキャリヤによる撤去工法

ユニットキャリヤは、重量物運搬用の自走台車であるが、油圧サスペンションにより荷台が昇降(600mm)できる機構になっている(図-1参照)。

この機構を利用して、運搬作業だけでなく撤去作業や据付け作業も可能である。

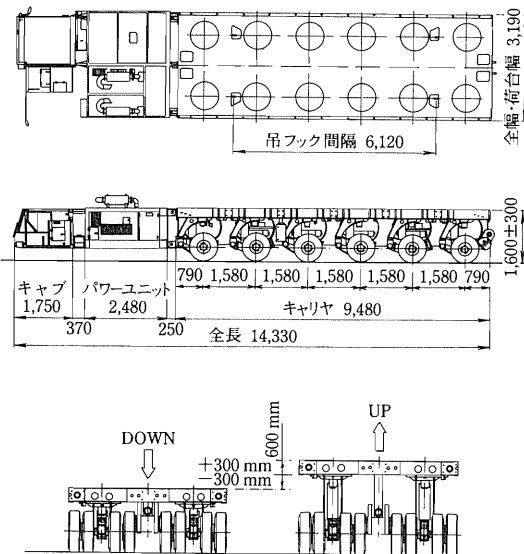


図-1 ユニットキャリヤ外観図と昇降機構

ユニットキャリヤの積載能力は、その組み合わせにより自由に設定できるので、大型クレーンで対応できない重量のOVの撤去を行うことができる。

クレーン工法に比べ、

- ・組立てが事前に準備できること、
- ・玉掛けが不要であること、

- ・撤去と運搬を自力で行うことができること、
- ・など合理的で時間短縮を図ることができる。

このようなメリットがある反面、以下の点を留意する必要がある。

ユニットキャリヤの標準荷台高さは1,600mmであるので、荷台上からOV下面までの間にベント又はサンドルを組まなければならない。これらの部材の重量分だけ積載できるOVの荷重は減少する。特に、高い位置に架設してあるOVを撤去する場合には、重量の他にユニットキャリヤの安定をチェックする必要がある。重心が高くなると、走行安定上ユニットキャリヤの積載能力が制限されるからである。

また、ユニットキャリヤ荷台のストロークは600mmと少ないため、OV下の道路面に傾斜や凹凸があるとこれに応分の昇降ストロークを取られてしまい、撤去に必要なストロークが不足する場合がある。

この他ユニットキャリヤが進入できない所での撤去は困難である。

以上のように2通りの工法を見ると、どちらにも長所や短所があり、一概に優劣はつけられない。

2案を併用する事も含めて、現場の状況、条件に合致した安全で確実な工法を策定すべきである。

## 3. デッキリフトの機能と特徴

前章で述べたように、ユニットキャリヤによるOVの撤去は重量への対応性や施工時間の短縮という点においてクレーンによる撤去に勝っている。

しかし、ユニットキャリヤは、重量物運搬用の自走台車であるために、単独では撤去や据付け作業はできない。

ベントやサンドルといった相応の設備が必要となる。

デッキリフトはユニットキャリヤによるOVの撤去や架設をより能率的にかつ安全に行えるように株式会社タダノエンジニアリングが開発したジャッキシステムである。

デッキリフトの組立て図、並びに仕様を図-2、表-1に示す。

このデッキリフトは、剛性の高いベースフレームと4本の箱型油圧伸縮ブームに荷台(デッキ)



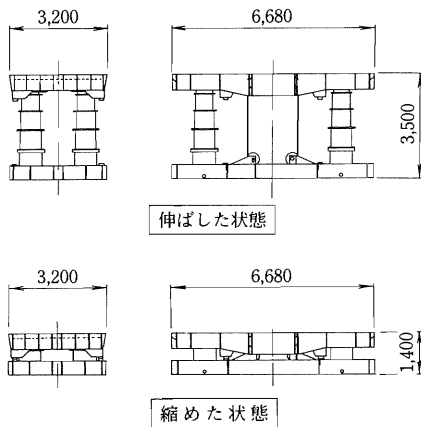


図-2 デッキリフト組立図

表-1 デッキリフト仕様

I. リフト本体部 (1台の仕様)	
昇降能力	150.0 t
揚程	基台下面より荷台上面まで 最小 1,400 mm～最大 3,500 mm ストローク 2,100 mm
伸縮速度 (平均値)	伸長 高速 約 200 mm/min 低速 約 60 mm/min 縮小 高速 約 200 mm/min 低速 約 60 mm/min
ブーム形式	箱型5段油圧伸縮式
リフト伸縮装置	単動油圧テレスコピング直押式4本
上昇時間	約 10 min (50 Hz・定格負荷時)
下降時間	約 10 min (定格負荷時)
寸法	6,680 mm (長さ)×3,200 mm (幅)
電源	AC 200 V/50 Hz
質量	約 30.5 t
II. 油圧ユニット部	
電動モーター出力	15 kW×4基 (21.5 MPa)
油圧発生装置	内接ギャボンブ
安全装置	逆転防止リレー、漏電ブレーカ、 サーマルリレー、油圧安全弁
制御	1ユニットで同時2台制御
寸法	3,320 mm (長さ)×1,150 mm (幅) ×1,450 mm (高さ)
質量	約 3.5 t

を載せた非常にシンプルな構造となっており、その主な能力は積載荷重が 150 t、伸縮ストロークは 2.1 m である。

現場での使用を考慮して、横荷重と偏荷重に強い安全な構造となっている。操作はタッチパネル方式で 1 操作盤で (一人で) 2 台のデッキリフトを操作できるようになっている。

これまで、OV をユニットキャリヤで撤去する場合、ユニットキャリヤの荷台上にベントやサンドルを必要な高さに組んで、600 mm の昇降機構を利用して対応してきた。しかし、高所に架設した重量のある OV の撤去となると、先に述べたように重心が高くなりすぎて、ユニットキャリヤ

の走行時の安定が確保できなくなる。

この対策として、ユニットキャリヤを増やせば、作業スペースやコストの問題が発生し、解決は簡単ではない。このような場合に、デッキリフトは昇降ベントとして、その機能を大いに発揮する。

即ち、ワイヤソー切断を伴う OV の撤去には一時的に OV を仮受けしなければならないが、この時にはデッキリフトを伸ばして対応する。

1 台のデッキリフトで揚程が不足する場合は 2 台重ねて使用することも十分可能である。

次に、切断が完了して OV ブロックを運搬する時には、ジャッキを縮めて安定を高め、安全に走行することができる。

これによりベントやサンドルが不要になり、調整材程度の鋼材で済むことになる。

この他にも、デッキリフトは架空障害物等で移動式クレーンが使用できないところでの重量物の揚重作業ができる。

#### 4. 施工例 (上ヶ山橋の撤去)

##### (1) 施工計画の概要

上ヶ山橋の撤去は、規制時間内に安全、確実に撤去することを第一に考え、四分割で撤去する計画とした。即ち、両側径間は 500 t クラスの油圧式トラッククレーンで吊上げられるブロック重量 (113 t) とした。幸いにして、油圧式トラッククレーンの設置場所は、高速道路の本線外に確保できた。これにより、クレーンの組立て、解体はタイムスケジュールに影響なく行うことができる。

中央径間部は重量が約 300 t で、設置高さも高速道路路面より 8 m あるため、これを二分割し、二組のユニットキャリヤとデッキリフトで撤去する計画とした。しかし、高速道路部の幅員が 23 m で、全長 14.33 m のユニットキャリヤが橋軸方向に 2 台並ばないため、1 台は橋軸直角方向を向いたレイアウトとなった (図-3 参照)。

このため、中央径間部の分割は二分割ではあるが、重心位置の割出しから、101 t と 190 t のブロックになった。190 t ブロックの撤去、運搬は、新型ユニットキャリヤ 2 台の固定編成 (490 t 積み) で対応するが、OV の高さが 8 m あると走行時の安定が不足するので、デッキリフトを下げて

# 中国横断自動牽道 浜田東シカシカシヨシ 桁撤去工事

ユニットキャリア及びデッキリフトによる桁撤去工事



⇨組立中の2号機(手前)と1号機

2号機の後部に載っている箱状のものは、  
右側がパワーユニット、左側が発電機である。



⇨2号機のデッキリフト延伸試運転

足場は組上がっている。  
OV下面に合わせたスペーサーが見える。



⇨撤去現場全景



登り線側中央径間を⇒  
仮受中の2号機

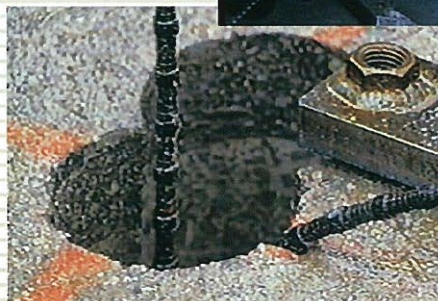
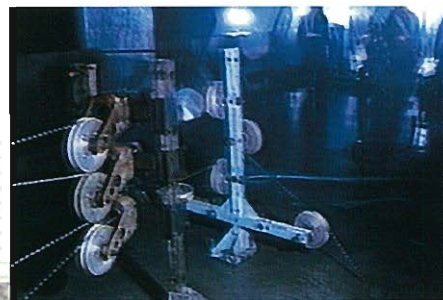


⇩中央径間(190t)を撤去した1号機



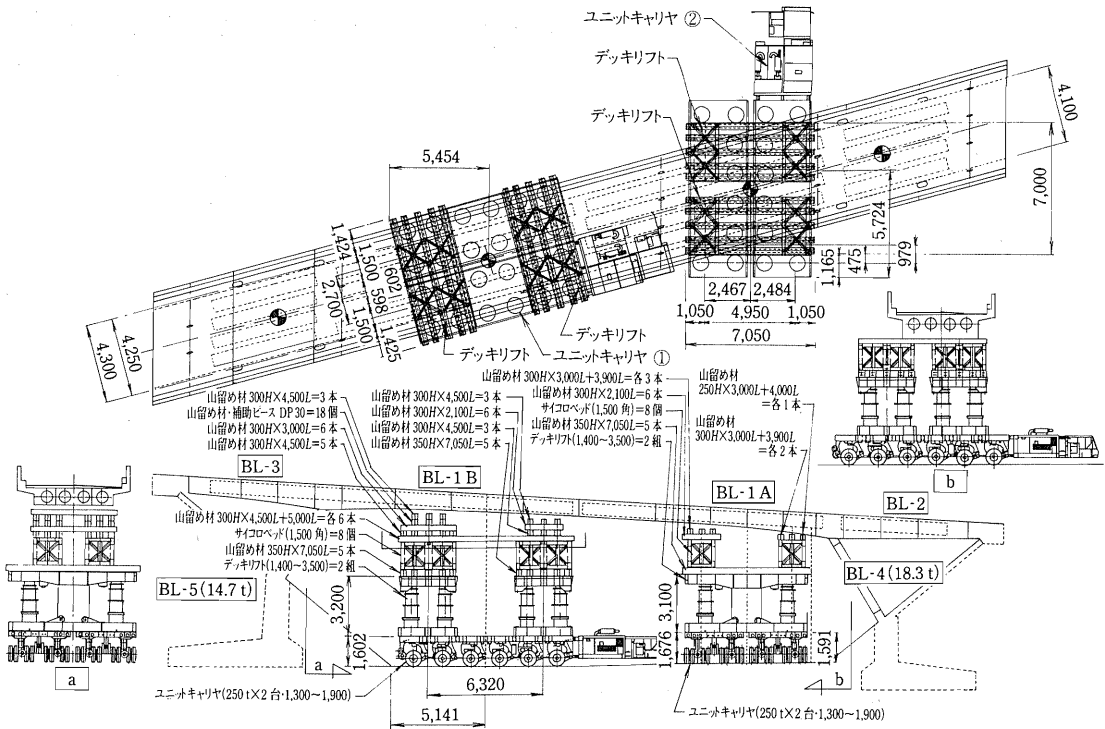
⇩1号機上の下り線側中央径間

⇩ワイヤー引き廻し用シーブ



⇩コンクリート切断用ワイヤーとコア穴

⇩500tH/cで190tの中央径間を吊り上げたところ



図一三 中央径間撤去計画図

走行安定を確保する。この点がデッキリフトの大きなメリットである。

OVの切断は、低振動、低騒音のワイヤソーイング工法で行うことにした。ワイヤソーイング工法は、ダイヤモンドチップの付いたロープに一定の張力をかけながら、高速で回転させてコンクリートを切断する工法である。この工法の特徴はシブを介して自由にワイヤを引廻しできるので、切断の自由度が高く、広く使用されてきている。

本計画では、OVを四分割にすることにしたが一部アバット上のOVは残すために五断面を切断することになる。時間短縮のため、勿論同時切断である。

上ヶ山橋の一断面の切断面積は、3~4m<sup>2</sup>近くあり、これまでの経験と時間短縮のため一断面を3台のワイヤソーイングマシンで切断することにした。したがって、本橋の切断には15台のマシン配置となる。さらに、両支桂の切断にそれぞれ2台づつの配置になるので、合わせて19台のワイヤソーイングマシンが必要となる。これがすべて同時運転となるので、故障時の対応として2台の予備機を用意することにした。

上ヶ山橋は、橋そのものに5.7%の勾配がついている。またPC橋の特徴として、橋の下面はゆるやかなアーチ状になっている。この二つが重なって橋の下面は水平に対して非常に複雑な形状となる。

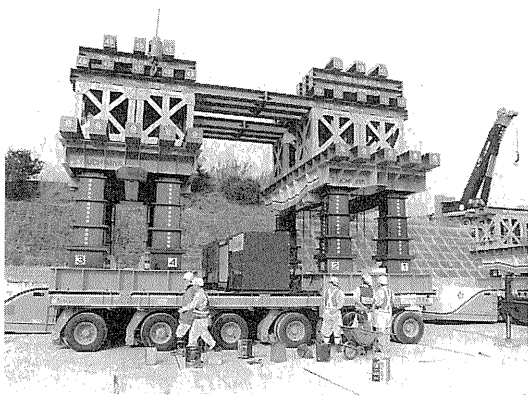
本計画ではユニットキャリアに載せた一組(2台)のデッキリフトを同時に水平に上下させる方式を取ったので、このクリアランス調整には十分配慮する必要があった。

この対応として、正確な作図をして、まず受材である山留め材で調整し、これで調整できないところは個々の寸法を測ってスペーサを製作し、組立て時に受材上に取付けて現場作業を少なくした。

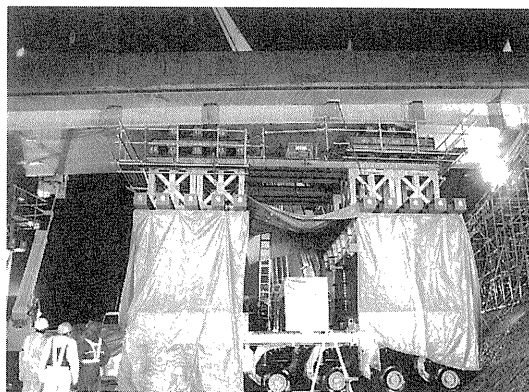
## (2) 実施状況

ユニットキャリアやデッキリフト並びに油圧クレーン等の作業用機械は施工前日までにすべて組立てや点検を終えて、あとは着工を待つばかりとなった(写真一2、写真一3参照)。

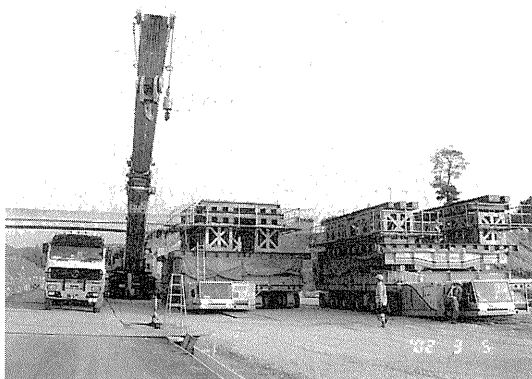
そして、いよいよ施工当日である。この日は朝からあいにくの雨模様で、一向に止む様子もなかったが、着々と準備を進めた。まず、工事関係者全



写真一 延伸試運転中のデッキリフト



写真四 仮受けが完了した1号機



写真三 準備が整った施工機械群

員を集めて手順や指揮命令系統、スケジュールの再確認を行った。この後、JH 浜田管理事務所に向いて公団側とも工事の流れを再確認し合った。

そして、着工1時間前の19:00に公団関係者をはじめ、工事関係者全員による決起集会を行い、工事の安全と無事完了を誓い合った。この後、作業員はそれぞれ担当する持ち場について、スタートの合図を待つばかりとなる。雨は一向に止む様子もなく、むしろ大降りになってきた。

以下に時間を追って工事の進捗状況を記す。

• 20:00 工事スタート

旭インターチェンジと浜田インターチェンジで一般車輛の排除の開始。

• 21:00 ユニットキャリヤの移動開始

ユニットキャリヤは作業基地から本線に入り、OV下に進入してあらかじめ決められた位置につく。この後、デッキリフトを延ばしてOV下面と受材のクリアランス調整を行い、調整完了次第OVの分割荷重分をデッキリフトにか

ける。引続き桁をデッキリフトに固縛する(写真一四参照)。

• 22:30 切断開始

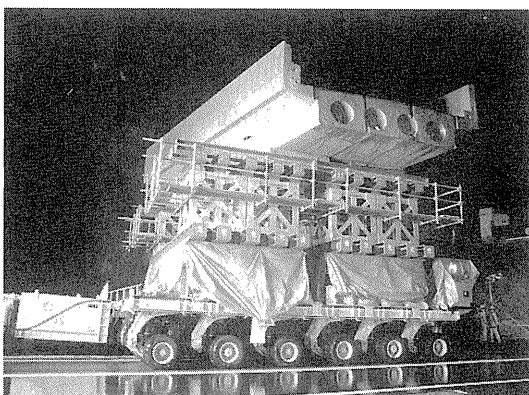
19台のワイヤソーイングマシンが同時に切断を開始する。

• 0:25 桁の切断完了

• 0:30 桁の撤去開始



写真五 ジャッキを下げ移動し始めた1号機



写真六 撤去を終えた2号機

上り線側の側径間・中央径間、下り線側の中央径間・側径間と順次撤去する（写真—5、写真—6参照）。この後、支柱の切断撤去となる。

• 1:30 撤去完了

支柱を撤去しトレーラに積込んで、すべての撤去を終えた500tクレーンは仮置きヤードに移動。

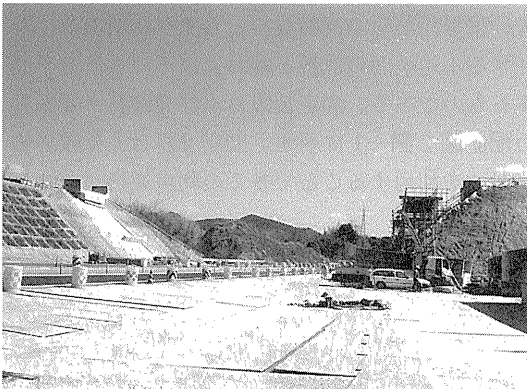
• 2:00 仮置きヤードで荷卸し

仮置きヤードに500tクレーンを設置して撤去ブロックの荷卸しをする。これと並行して道路清掃及び片付けを行う。

• 5:00 撤去工事完了（写真—7参照）

• 5:10 道路規制解除

雨は最後まで降り止まなかったが、OVの撤去作業は順調に進み、予定時間よりも1時間ほど早く完了し、規制を解除することができた。



写真—7 撤去が完了した上ヶ山橋

## 5. おわりに

上ヶ山橋の撤去では、高速道路を全面交通規制しての作業となるため、規制時間内に必ず撤去工事を完了させなければならなかった。時間オーバーは発注者や一般車輛、並びに地元住民に多大な迷惑をかけることになるからである。

短い規制時間内での作業は、ひとたび工事に着

手すると不具合が生じたからといって変更してやり直す時間的余裕はない。現場の状況に則した周到な計画と、余裕を持ったタイムスケジュールの策定が不可欠なゆえんである。当JVでは支店の関連部署と連携し、半年前より計画に着手した。

ここで種々の角度から検討を重ね、クリティカルとなる中央径間部の撤去には安全、确实を第一に考えてユニットキャリヤとデッキリフトによる工法を採用した。

実際に施工してみると車の「追出し」後、ユニットキャリヤが本線に入ってから位置決め及び仮受け作業が予想以上にスムーズで、これだけで1時間程早く仕事を進めることができた。

この後もコンクリートカッティング、撤去、運搬と作業は続くが、計画どおりに推移し、荷卸しまで含めて1時間程早く工事を完了し、規制を解除することができた。

大雨の中での作業であったが、トラブルもなく首尾よく撤去作業を終えることができたその一つの理由は、やはりユニットキャリヤとデッキリフトを組合わせた工法によるものと思っている。

最後になるが、協力いただいた内宮運輸機工株式会社はじめ関係各社にこの場をお借りして御礼申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

山徳 康博（やまとく やすひろ）  
戸田建設株式会社・株式会社中筋組共同企業体  
中国横断自動車道浜田東ジャックション工事作業所  
所長



高見 直人（たかみ なおと）  
内宮運輸機工株式会社  
機工本部  
技術部  
部長  
技術士（建設部門）



# 反射法地震探査による切羽前方探査

## —三次元 TSP システムの現場への適用—

山本 松生・瀬谷 正巳・吉野 隆之

山岳トンネルの切羽前方探査には様々な手法が取入れられてきたが、反射法地震探査の一つである TSP (Tunnel Seismic Prediction) システムは、切羽での予測作業時間が短く、急速施工が望まれる現在、もっとも有効な予測手段のひとつであると言える。特に 3 次元 TSP システムは、従来のシステムに比べ、さらに短時間で予測結果を示すことが可能なおえ、地山物性値を含めた 3 次元の予測が可能となった。

キーワード：トンネル、切羽前方探査、反射法地震探査、TSP

### 1. まえがき

山岳トンネルにおいて、経済的な制約などから事前調査の結果だけではトンネル全線にわたり詳細な地質情報を得ることは困難であり、施工中に切羽前方の地山状況を予測することは、工事の安全性や経済性を高めるため不可欠となりつつある。

さらに、施工の安全性や経済性に加え急速施工が望まれるなか、施工を妨げない切羽前方予測方法の確立が望まれている。筆者らは、短時間で予測可能な手段として、反射法地震探査の一つである 3 次元 TSP (Tunnel Seismic Prediction) システム (以下、TSP 203) を導入し、これまでに 8 件の実績を重ねてきた。

TSP 203 は、切羽での作業時間が 2 時間程度と短く、トンネル軸方向、鉛直方向およびトンネル直交方向の 3 成分の反射波データを用いることで不連続面の 3 次元的な予測が可能になった。加えて、予測区間の地山物性値が得られるため、前方地山性状の予測に役立てられる。また、その予測範囲は、切羽から 100~150 m 程度である。作業時間が短く、予測範囲の長い TSP 203 は、トンネルの切羽前方の地山予測方法として非常に有効である。

本報文は、TSP 203 の特徴とともに、適用事例を紹介する。

### 2. TSP 203 の概要

TSP 203 は、反射法地震探査の原理を応用した

ものである。

山岳トンネルの片側側壁に 1.5 m 程度の間隔で設けた 20 数孔の発振孔から順次小発破を行い、後方に設けたセンサで不連続面 (地層境界や断層破砕帯等) からの反射波をとらえ、切羽前方に存在する不連続面の位置と幅およびその性状を予測するものである。測定装置および発破孔・受振孔の配置図を図-1 に示す。TSP 203 は、3 成分の反射波を利用することで多くの利点を持つこととなった。

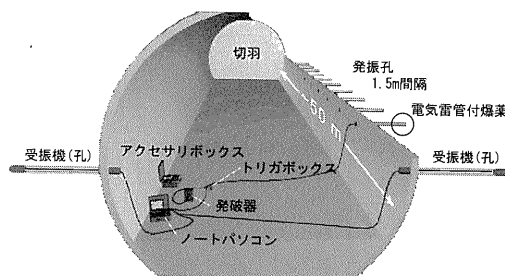


図-1 測定装置配置図

以下に TSP 203 の特徴を列記する。

- 現場での測定は約 2 時間で完了する。
- 解析時間が 1 時間程度である。
- 解析ソフトは Windows NT 上で動くため操作性がよい (写真-1 参照)。
- 地層境界や断層破砕帯等の走向・傾斜がわかる。
- 予測区間の地山物性値がわかる。
- 予測結果の 3 次元表示が可能である (図-2 参照)。
- 切羽前方 100~150 m の予測が可能である。



写真—1 Windows NT上の解析ソフト

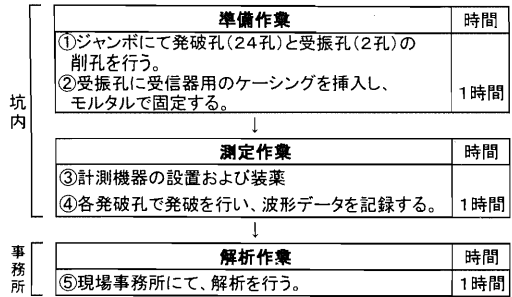
・測定装置が、コンパクトである。  
 反射面の位置と同時に地山の物性値が得られることは、その反射面が地層境界なのか破碎帯等の脆弱帯なのかといった性状を含めた地山状況の予測が可能となり、大きな成果を上げている。

### 3. TSP 試験のながれ

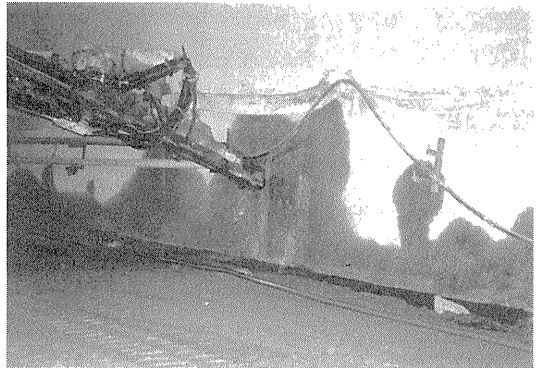
測定の流れを図—3 に示す。

実作業時間は、準備、測定、解析含め3時間程度である。各作業内容について説明する。

① 削孔は、位置と角度および深度を確認しながら行う（写真—2 参照）。発破孔は、爆薬のこめものとして水を使用するため下向きに行う。受振孔もケーシングをモルタルにて固



図—3 TSP 測定フロー図

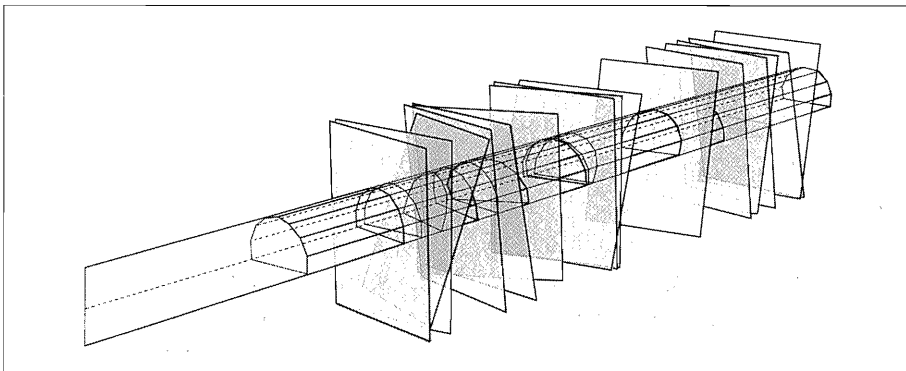


写真—2 削孔状況

定するため同様に下向き削孔する。

② 受振孔にケーシングを固定するが、モルタルが固化するまで、約6時間あいだをおく必要がある。時間に余裕のない場合やモルタルが流失する場合は、レジンで固定することも可能である。この場合は、30分程度の時間で測定に移ることができる。

③, ④ 雷管とトリガーボックスを繋ぎ、1孔

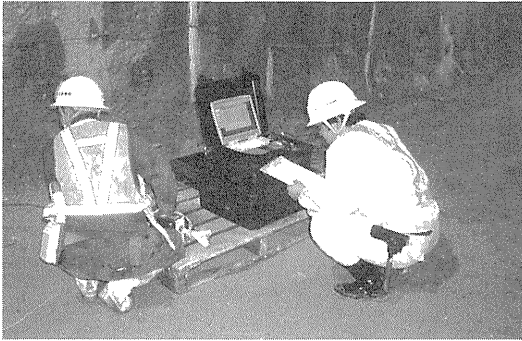


図—2 予想結果の3次元表示例



づつの発破を行い、波形データを記録する(写真—3参照)。

⑤ 解析は、1時間で終了する。事前地質調査



写真—3 計測状況

や地質学的判断およびトンネル工学的判断をもとに予測を行い、施工に反映させる。

#### 4. 適用事例

TSP 203 は、現在までに 8 回の実績を重ねている(表—1参照)。以下に 3 例を紹介する。

表—1 適用事例

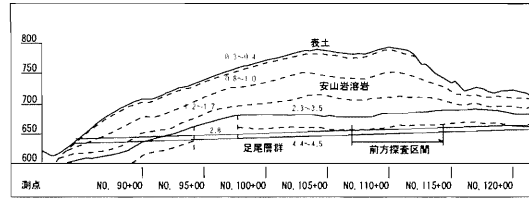
No.	名称	掘削方式	対象地質
1	H トンネル	発破工法	斑れい岩、緑色凝灰岩
2	T トンネル	発破工法	安山岩、砂岩、チャート
3	A トンネル	発破工法	粘板岩、硬砂岩
4	A トンネル	発破工法	粘板岩、硬砂岩
5	H トンネル	発破工法	片麻岩、流紋岩
6	I トンネル	発破工法	片麻岩、流紋岩
7	M トンネル	発破工法	花崗閃緑岩
8	M トンネル	発破工法	花崗閃緑岩

##### (1) 適用事例 1—T トンネル—

###### (a) トンネル概要

事前調査(図—4参照)より本トンネルは、弾性波速度の高い足尾層群の中を掘削していくとされたが、実際は、その上位の安山岩質溶岩がトンネル計画高さにまで広がっており、測定時の切羽以前から安山岩質溶岩が切羽を占めていた。トンネル計画高さ付近に、弾性波速度境界があることから、今後、風化した安山岩質溶岩や自破碎状組織を呈する安山岩溶岩が切羽に現れることが予想される。

本事例では、切羽前方の安山岩の強度変化を予

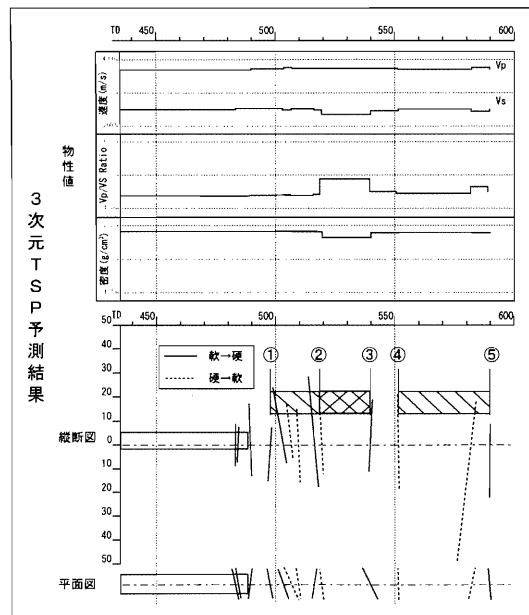


図—4 T トンネル地質縦断面図

測するために TSP 203 システムで前方探査を行い、同時に切羽進行に合わせて削孔探査システムを併用した。

###### (b) 予測結果

TSP 203 システムによる予測結果を図—5に示す。得られた反射面と物性値から切羽前方の地山変化を図—5に示した①～⑤の反射面で区切り、以下のように予測した。



図—5 T トンネル予測結果

- 切羽～①区間 (TD 489～498) :  
切羽と同等の強度の安山岩質溶岩が続く。
- ①～②区間 (TD 498～519) :  
岩質の変化は少ないが、クラッキーゾーンが続き、相対的に弱帯である。
- ②～③区間 (TD 519～540) :  
前後に比べ僅かに密度が低くなる事から、風化帯もしくは自破碎状の安山岩質溶岩が現われる。

- ③～④区間 (TD 540～552) :  
切羽と同等の安山岩質溶岩が現れる。
  - ④～⑤区間 (TD 552～590) :  
目立った岩質の変化は無いが、クラッキーゾーンが続く。
  - ⑤以降 (590～) :  
地山の状態は回復する。
- 上記の予測結果を削孔探査の打撃エネルギーと比較 (図-6 参照) すると、非常に良い関係が見られる。

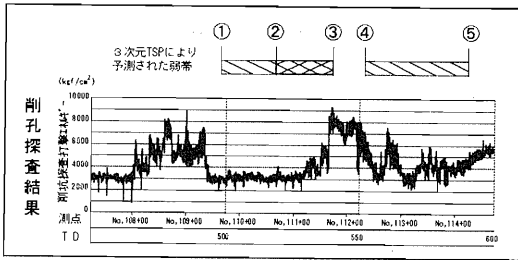


図-6 TSP 予測と削孔探査結果

削孔探査は、トンネル現場で従来から用いられてきた“探りノミ”をシステム化したもので、油圧ドリルによる削孔の際に記録された削孔速度、フィード圧、回転圧、打撃圧といった削孔データから掘削エネルギーを計算により求める。その掘削エネルギーは、油圧ドリルが地山の岩盤を破壊するのに必要としたエネルギーであり、岩盤の硬さ、亀裂の密度、風化の程度などによって左右される。したがって掘削エネルギーと TSP 予測結果を比較することで、実際の地山の状態と TSP で予測された結果を直接比較することができる。

図に示したように、TSP で亀裂帯や風化帯であると予測した位置および幅と、削孔探査エネルギーの低い地山とが非常によく一致した。

当トンネルのような安山岩が連続して続く場合や地山変化の境界が不明瞭な場合は、地質不連続面が幾何学的な面を持たない場合が多く、TSP の原理上、予測精度が低下すると考えられたが、結果的には、地山変化の位置と幅を数 m 未満の範囲で正確に予測することができた。しかし、得られた物性値の変化は非常に小さく、地山強度や支保の選定といった定量的な判断をすることができなかった。

(2) 適用事例 2—1 トンネル—

(a) トンネル概要

トンネル施工区間においては、濃飛流紋岩類が分布している。濃飛流紋岩類は主に流紋岩、凝灰角礫岩、溶結凝灰岩からなる。流紋岩質溶岩は、堅硬緻密であるが節理を伴っている。凝灰角礫岩は塊状で風化すると軟質化しやすく、溶結凝灰岩は、風化すると亀裂が発達する。

事前調査では、今後 2 つの弾性波速度低速度帯の通過が予測される (図-7 参照)。

そこで TSP 203 システムを使用して、その低速度帯の位置、幅および性状を確認することを目的として行った。

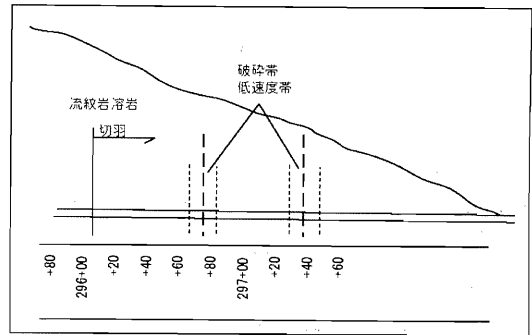


図-7 1 トンネル地質縦断面図

(b) 予測結果

予測結果の 2 次元縦断面図と、弾性波速度、 $V_p/V_s$  および密度のグラフを実地山状況とともに図-8 に示す。予測結果を以下に示す。

- ①～② (TD 1273～1297) の反射面までは、切羽に見られる流紋岩質溶岩が風化し、節理や亀裂などを伴いながら硬軟を繰り返す。
- ②～③ (TD 1297～1313) の区間は、徐々に P 波速度や密度が高くなっていることから、流紋岩の節理・亀裂の幅が次第に大きくなり良好な地山になる。
- ③～④ (TD 1313～1345) の区間は、緻密で硬い地山となる。
- ④ (TD 1345) の反射面は物性値の変化が大きく、⑤の反射面まで不良な強風化した地山が続く。
- ⑤ (TD 1388) 以降の反射面密集帯は、弾性波

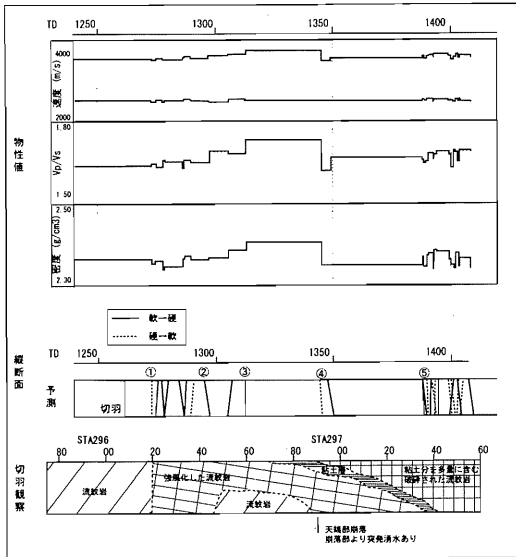


図-8 Iトンネル結果対比図

速度および密度の変化が著しいことから、流紋岩質破砕帯である。

- 予測目的であった2つの低速度帯は、④～⑤までの風化脆弱帯と、⑤付近の破砕帯として切羽に現れる。

実際の地山変化と比較すると、②の反射面の位置まで、流紋岩質溶岩の風化の程度が著しく、②までの反射面は、強風化帯であった。

②～③および、③～④で予測した区間は、亀裂の少ない新鮮な流紋岩質溶岩が下半部に露出した。

④反射面以降の脆弱帯は、上部より厚さ2m程度の粘土層が予測位置から切羽にみられるようになり、その後も粘土分を多量に含む破砕された流紋岩が続き、予測結果と良い一致を示した。しかし、出現した粘土層の傾斜は緩やかで予測した傾斜とは大きく異なった。

このようなトンネルに対し緩やかな傾斜を持つ地層境界や、貫入岩帯・不整合などの地層境界の予測はTSPの基本原則から予測困難な場合が多く、十分な注意が必要であることを示している。

(3) 適用事例3—Mトンネル—

(a) トンネル概要

当該地域には、古生代の三郡変成岩類、中生代白亜紀の朝倉型花崗岩類が分布し、トンネル区間は概ね朝倉型花崗岩類の花崗閃緑岩の中を通過す

る(図-9参照)。この花崗閃緑岩は、一般に地表面からかなり深い位置まで風化が進みマサ土化している。

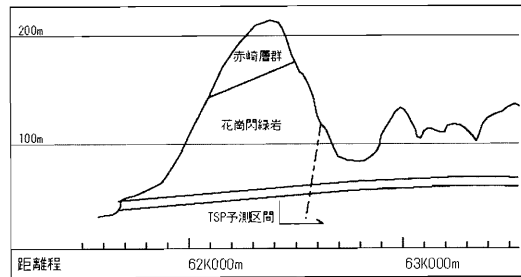


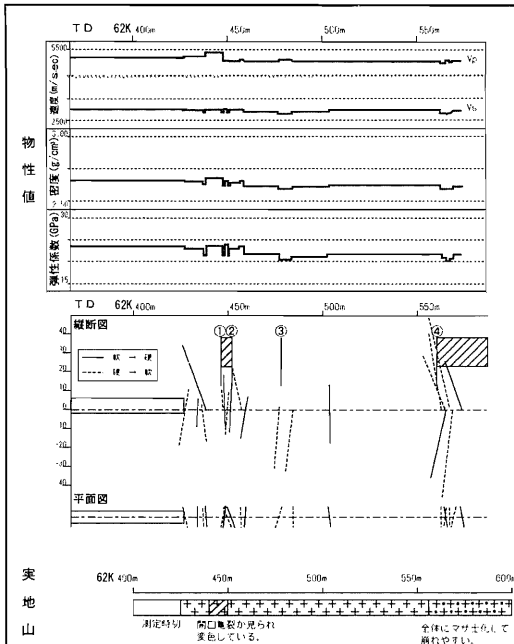
図-9 Mトンネル地質縦断面図

事前調査より、断層(F1)が想定されているが、F1断層は、露頭や低速度帯として確認されたものではなく、事前調査の結果において地山弾性波速度が  $V_p=3.3\sim 3.7$  km/sec と  $V_p=2.8$  km/sec の境界を断層と想定したものである。したがってその位置や規模については、正確に予測されているとは言いがたい。TSP試験は、F1断層の位置と幅およびおおよそその性状を把握する事を目的として行うものである。

(b) 予測結果

予測結果の2次元縦断面図と、物性値のグラフを実地山状況とともに図-10に示す。結果を以下に示す。

- 切羽～① (62 k 365 m～446 m) :  
節理が多くなるが、切羽と同等の地山が続く。
  - ①～② (62 k 446 m～450 m) :  
反射面が密集し、物性値の変化が見られるため、F1断層に相当すると判断した。
  - ②～④ (62 k 450 m～561 m) :  
亀裂の間隔が大きくなるが、③ (62 k 475 m) 付近では、局部的に亀裂帯が現れる。
  - ④以降 (62 k 561 m以降) :  
亀裂帯であり、岩強度も低下する。土被りがこの区間で薄くなることから、花崗岩が強風化して漸次マサ土化していくものと予測した。
- 実際の地山変化と比べると、①～②のF1断層相当区間は、数mm程度の開口亀裂が見られるもののF1断層亀裂帯と呼ぶほどの変化はなかった。
- ④以降の区間は、予測通り風化が激しくマサ土



図—10 Mトンネル結果対比図

化した花崗閃緑岩が現れ、支保パターンもこの区間以降変更された。

### 5. ま と め

以上、地山状況の異なる3つの事例を紹介したが、他の実績を含め、TSP 203 について次のことが言える。

- 予測区間は切羽前方 100 m~150 m 可能で、予測精度も高い。
- 地質不連続面の位置、幅、走向、傾斜をほぼ正確に予測できる。
- 層理面を持たないような地山に対しても不連続面（破碎帯や風化帯）の予測ができる。
- トンネルに対し緩い角度で交わる地質不連続面は、位置や幅についての予測はある程度正確に行えるが、走向、傾斜については大きく異なる。

- 物性値が得られることで、地層の変化や風化の程度が地質学的判断をもとに推定が行える。
- 得られた物性値（特に弾性波速度）から、直接的に支保選定や補助工法の必要性を決定するには至っていない。
- 得られた物性値が、実地山を反映していないことがまれに見られ、その原因を正確に把握していないが、その場合、地質学的判断が重要となってくる。

これらの事例が示すように、TSP 203 の予測精度は高く、短時間で施工を妨げない切羽前方地山予測手段として有効であることが確認された。

今後、より積極的な適用で実績を重ね、最終的には、不連続面の予測にとどまらず、地下水の有無や、支保・補助工法の選定といった定量的な予測を信頼できる結果として得られるように発展させていきたいと考えている。

J C M A

#### [筆者紹介]

山本 松生 (やまもと まつお)  
佐藤工業株式会社  
土木本部技術部門  
部長



瀬谷 正巳 (せや まさみ)  
佐藤工業株式会社  
中央技術研究所土木研究グループ  
地盤チーム  
研究員



吉野 隆之 (よしの たかゆき)  
佐藤工業株式会社  
土木本部技術部門  
トンネルグループ



# 発破を用いないトンネル切羽前方地質 探査法 (SSRT)

加藤卓朗・村山秀幸・清水信之

従来から、トンネル施工時に切羽前方の地質状況を予測する手法として弾性波反射法が適用されつつあるが、発破を起振源とするため、施工条件によって適用に制限があった。そこで、筆者らは発破を用いないトンネル切羽前方地質探査法を開発した。本手法は受振器を掘削底盤に設置し、受振器近傍を油圧インパクトなどの非爆薬振源で順次起振する。本報文では、開発したトンネル浅層反射法探査 (SSRT) の概要と、起振源として使用する油圧インパクトについて述べるとともに、発破と油圧インパクトの二つの起振源を利用して実施した探査結果について報告する。

キーワード：トンネル、弾性波反射法、切羽前方探査、非爆薬振源、油圧インパクト

## 1. はじめに

トンネル工事においては、ボーリング調査や弾性波屈折法などによって、地山等級を区分し支保パターン設計に反映している。しかしながら、地質の複雑さなどから事前調査のみでは適切な予測が困難で、トンネル施工時に思わぬ地質状況に遭遇することも稀ではない。

このような背景から、最近、施工時に坑内から弾性波反射法を実施し切羽前方の地質を予測する手法が普及しつつある。このように施工時に適時トンネル切羽前方の地質を予測することは、施工管理や安全性の確保、さらに品質の確保という観点から有効であると考えられる。しかしながら、従来の坑内弾性波反射法は通常発破を起振源とするため、自由断面掘削機やTBMなど発破使用許可申請を実施していないトンネルにおいては別途発破使用許可申請が必要となる。よって、発破を用いない弾性波反射法による探査の方が適用トンネルに制限が少なく汎用性が高いと考えられる。

このような背景から、筆者らは非爆薬振源が利用可能で、坑口や低土被り区間などにおいても精度よく探査が可能な手法として、トンネル浅層反射法探査（以下、SSRT (Shallow Seismic Reflection Survey for Tunnel) と称す）を開発し、現場での適用を進めている<sup>1)</sup>。

本報文では、トンネル浅層反射法探査

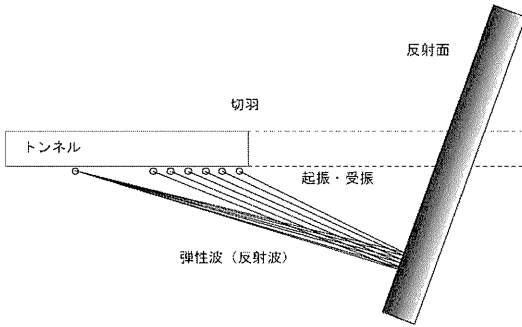
(SSRT) の概要と、起振源として使用する油圧インパクトについて述べるとともに、発破と油圧インパクトの二つの起振源を利用して実施した探査について報告する。

## 2. 弾性波反射法によるトンネル切羽前方探査

トンネル坑内において断層破碎帯や地質境界などを把握することを目的としたトンネル切羽前方探査のうち、比較的長距離の探査が可能な手法として、水平ボーリングや弾性波反射法探査などが挙げられる。

水平ボーリングは直接採取コアで評価できるため、確実性は高いが、切羽全体から見れば局所的な情報しか得られないことや、準備や削孔に時間を要し、費用も高額となるという欠点を有している。一方、弾性波反射法は、測定、解析ともに比較的迅速に実施でき、切羽前方の全体的な状況を把握することができるため、実施される機会が増えつつある。トンネル坑内弾性波反射法とは、ボーリング孔を利用した弾性波探査法であるVSP (Vertical Seismic Profiling) をトンネルに応用したものである。

本手法は図-1に示すようにトンネル坑内において、発破などにより弾性波を岩盤内に伝播させ、トンネル切羽前方およびトンネル周辺に存在する弾性波速度の境界面で反射した弾性波（反射波）を同じくトンネル坑内に設置した受振器により受



図一1 弾性波反射法の探査イメージ

振し、地質状況、特に断層破碎帯の位置や規模を把握する探査法である。

トンネル坑内弾性波反射法には主なものとしてTSP<sup>2)</sup> (スイス・アンベルグ社製) とトンネルHSP<sup>3)</sup> (旧建設省土木研究所と民間数社が共同開発) が挙げられる。SSRT も原理的にはTSPやHSPと同様にVSPを応用した手法であるが、TSP、HSPがともに起振源が発破に限定されるのに対し、SSRTは非爆薬振源が利用可能であることが特徴である。受振器、測定配置および解析手法などは各手法で多少異なり、その相違点が各手法の特徴となっている。

SSRTとTSP、HSPとの比較を表一に示す。

表一1 切羽前方探査法の比較

比較項目	SSRT	TSP	HSP	
機材	起振 受振	重 多	軽 少	軽 多
起振源	・油圧インパクト ・発破 ・バイブロサイス	発破	発破	
受振器	1成分 3成分	2成分	2成分 (3成分)	
測定配置	起振 受振	多起振点 (掘削底盤) 多受振点 (掘削底盤)	多起振点 (側壁) 2点 (側壁)	少起振点 (側壁) 多受振点 (側壁)
削孔の必要性	無 (発破では必要)	有	有	
測定	1日	前日半日 当日半日	1日	
解析	1~2日	半日~1日	1~2日	
解析方法	・VSP ・水平構造 ・トモグラフィ	VSP	VSP	
探査深度	インパクト起振： 100~200m 発破起振： 150~300m	100~ 150m	100~ 150m	

### 3. トンネル浅層反射法探査 (SSRT) の概要

#### (1) 概要

SSRTはトンネル坑内において弾性波反射法を実施し切羽前方地質を予測する手法であり、原理的にはVSPを応用したものである。SSRTの特徴としては、

- ① 起振源に非爆薬の油圧インパクトやバイブロサイスを用いるので市街地や近接施工においても適用可能なこと (発破も利用可能)、
  - ② 油圧インパクトなどの起振源は自走式で機動性に優れていることから精度の高い測定方法である多起振点・多受振点観測を採用していること (条件や探査目的に応じて測定配置を任意に変更可能)、
  - ③ 地山状況や地形条件に応じた解析手法を採用できること、
  - ④ 坑口周辺や低土被り区間に適用できること、
- などが挙げられる。

また、SSRTにおける測定機材やデータ取得方法などは通常の地表における浅層反射法で使用されるものと同様であるため、本探査システムを用いて地表での探査も実施することができる。したがってSSRTは、図一2に示すようにトンネル坑内からの鉛直構造解析、地表面からの水平構造解析、トンネル坑内—地表面間の弾性波トモグラフィ解析などを総合的に実施し、地山を総合的に評価することにより、確度の高い探査が可能であると考えられる。このような考えから、筆者らは、トンネル坑内に加えて地表からの探査を併用する手法を坑口付近や低土被り区間などに適用し、本手法の有効性を検証している<sup>4)</sup>。

#### (2) 測定方法

SSRTは図一3に示すように、受振器を掘削底盤に一定間隔に配置し、受振器の近傍を油圧インパクトなどで順次起振していく多点起振、多点受振の測定配置を採用する。

受振器はトンネル軸方向に100Hz上下動1成分受振器を、最も切羽側のトンネル横断方向に10Hz3成分受振器を設置する。3成分受振器はできるだけ広角度にデータを取得し反射面の到来

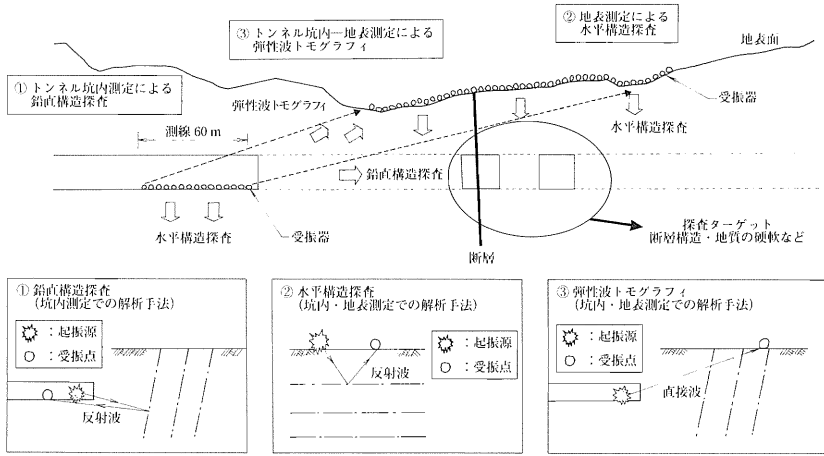


図-2 SSRTの実施手法概念図

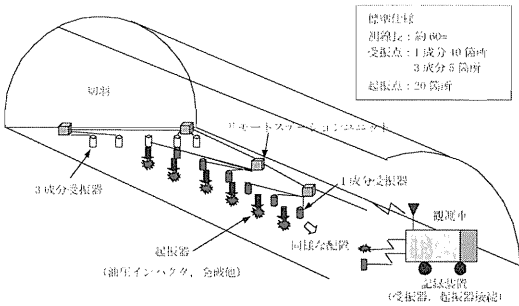


図-3 測定配置

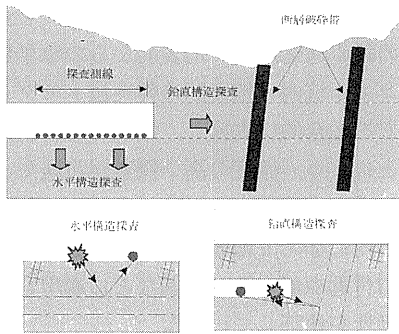


図-4 SSRTの解析イメージ

方向を特定するためにこのような配置としている。

坑内における標準的な測定では、1成分受振器40点、3成分受振器5点、起振点20点を測線長約60m区間に配置する。受振器はA/D変換器を搭載したリモートステーションユニットを介し、有線にて記録装置に接続する。データ取得仕様は、サンプル間隔1.0ms、記録長1s(1,000ポイント)である。本手法は発破孔、受振孔を削孔する

必要がないため測定が簡便であり、作業時間は受振器設置、ケーブル配線、起振、片付けを1日弱で可能である。

なお、本手法は起振源として油圧インパクトやパイロサイズ<sup>3)</sup>のような非爆薬振源のほか、発破を用いることも可能である。

(3) 解析方法

解析方法は図-4に示すように、CMP (Common Mid-Point) 重合法により探査測線直下の大局的な水平構造を、VSPを応用した処理により切羽前方の鉛直構造を把握し、両者を総合的に判断して切羽前方の地質構造を推定する。データ処理フローを図-5に示す。

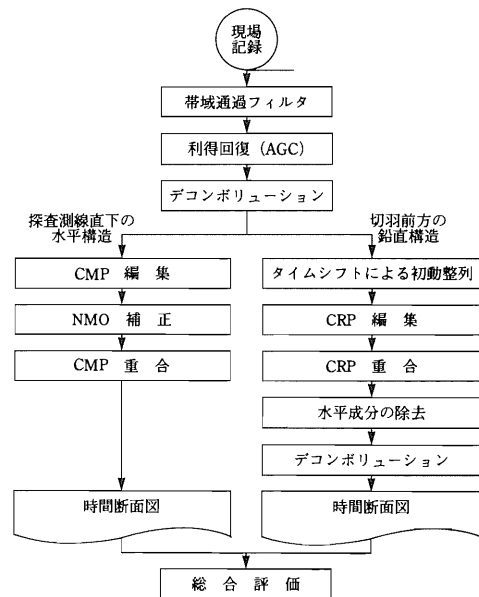


図-5 データ処理フロー

データ処理は前処理として、

- ・帯域通過フィルタ (低周波ノイズの除去),
- ・利得回復 (球面発散や非弾性効果に伴う振幅の減衰補正),

- ・デコンボリューション（分解能向上と短周期多重反射ノイズの除去）、
- を実施する。このデータに
- ・CMP（起振点と受振点の midpoint を同一とする記録の集まり）データの作成、
  - ・NMO 補正（共通反射点データを起振点で受振したと仮定して適切な時間補正值を与える）、
  - ・CMP 重合、
- などを施すと水平構造が強調され、一方、
- ・タイムシフトによる初動整列、
  - ・CRP（各受振点毎の記録の集まり）データの作成、
  - ・CRP 重合、
  - ・水平成分の除去（切羽前方以外からの反射波の除去）、
  - ・デコンボリューション、

などを施すと切羽前方の鉛直構造が強調される。

図-6 に切羽前方の鉛直構造の解析結果例を示す。反射面の評価方法は反射面の分布状況より、「反射面が多い区間」を著しい地山変化、すなわち破碎帯と考え施工上課題となる区間と想定し、「反射面が少ない区間」は岩質が一様で安定した区間と想定する。解析波形の黒塗り部はインピーダンスが小から大に、白塗り部は大から小に変化する反射面からの反射波である。

同一反射面からの反射波を観測した場合、各受振点での到達時間は図中点線のような傾斜をもつ直線状となり、この傾斜は探査測線区間内の平均的弾性波速度  $V_p$  と一致するはずである。よって、本手法では切羽側の受振点で傾斜を持つ直線状に並ぶ反射波を抽出する。これらの最も切羽側の受

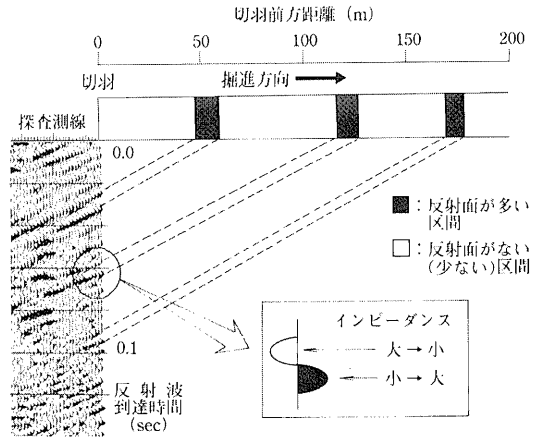


図-6 切羽前方の鉛直構造解析（解析結果と反射面の評価）

振点における反射波到達時間と初動から求められた探査測線区間内の平均的弾性波速度（図では  $V_p = 4 \text{ km/s}$  を使用）の積から切羽前方での反射面出現位置を推定する。

#### 4. 油圧インパクトの概要

SSRT では非爆薬振源として油圧インパクトを使用している。油圧インパクトとは、地下資源の調査などで実施される弾性波反射法に使用される非爆薬振源であり、特に比較的浅い探査深度（地下約 1 km 程度）を機動性よく経済的に探査するために開発された振源である<sup>6)</sup>。油圧インパクトの概念図を図-7 に示す。

油圧インパクトは、油圧制御器によりシリンダ内のピストンを押し下げ、これを電子制御器により電磁式バルブを介して落下させる。このとき圧縮されたシリンダ上部にあるボンベ内の窒素ガスがシリンダの落下を加速させる。加速され落下したシリンダは地面に設置されたプレートに衝突し弾性波を発生する。プレートにはセンサが取り付けられており衝突の際パルスが発生し、これは電子制御器により整形され記録器側に送られ記録器との同期に使われる。

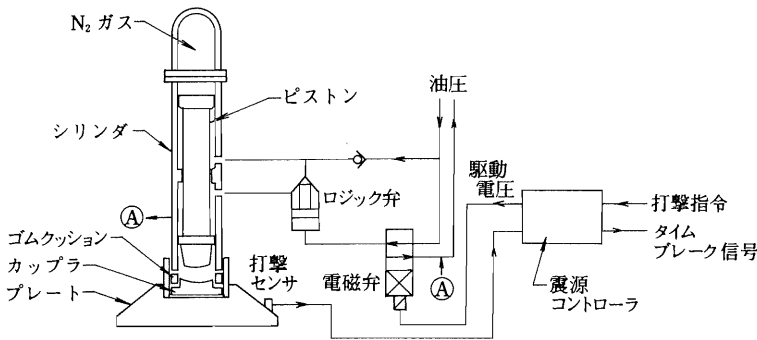


図-7 油圧インパクトの概念図



現在 SSRT で使用している油圧インパクトは、写真—1 に示す CJM-MINI 65（地球科学総合研究所と千葉大学理学部との共同開発）であり<sup>7)</sup>、インパクト本体、登載用クローラ車、インパクト制御器から構成される。この油圧インパクトの主な仕様を表—2 に示す。



写真—1 油圧インパクトによる起振状況

表—2 油圧インパクト主要仕様

仕様 Model	CJM-MINI 65
全長 (m)	2.48
全高 (m)	2.20
全幅 (m)	1.00
総重量 (kg)	1,200
インパクト本体ロッド重量 (kg)	64
打撃方向 P波	鉛直
打撃方向 S波	左右 30度
打撃エネルギー (J) (ピストン下死点室薬ガス圧力 6 kg/m <sup>2</sup> 時)	2,000
能力 (1点当り打撃回数は標準 10回) 探查深度(m)地表地質条件により探查深度は異なる	
VSP P波	1,000
VSP S波	500
反射法 P波	500
反射法 S波	300
打撃・繰返し能力 (秒/回)	5

油圧インパクトの特徴として以下が挙げられる。

- ① 非破壊起振であり地山を傷めない。
- ② 発破のような特別な使用許可申請を必要としない。
- ③ 自走式で機動性が高く、狭い道路などでも使用可能。
- ④ P波とS波の両方を発生することができる。
- ⑤ 起振繰返し能力に優れている。

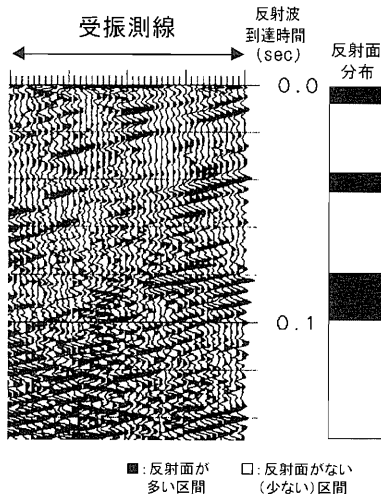
### 5. 現場実証実験

SSRTの有効性を実証するために、発破と油圧インパクトの二つの起振源を用いて探查を実施した。油圧インパクトによる起振は、掘削底盤を打撃し、同一箇所ですら数回打撃しそれらを重ね合わせることでノイズの低減や探查深度の向上を図った。発破による起振は、掘削底盤から鉛直下向きに 1.5 m 穿孔し、含水爆薬 50 g/孔と瞬発電気雷管を使用した。なお、装薬時のタンピングとして水を使用した。

作業性について両起振源を比較すると、それぞれの起振源で 20 点起振するのに要した時間は、発破起振が削孔約 2 時間、発破約 1.5 時間であったのに対し、油圧インパクト起振は削孔の必要が無く、起振が約 1 時間であった。よって油圧インパクトの方が起振作業を短縮でき、削孔機を必要としないためより簡便な起振源であるといえる。

図—8 に油圧インパクト起振データ、図—9 に発破起振データの切羽前方探查結果を示す。図中に示すように両起振源とも明瞭な反射波を確認することができる。

油圧インパクト起振と発破起振で部分的に評価が異なる箇所がみられるものの、それぞれの探查結果は掘削時の切羽観察や計測データから得られた断層破碎帯、小断層、褶曲軸の位置および岩種



図—8 油圧インパクト起振解析結果

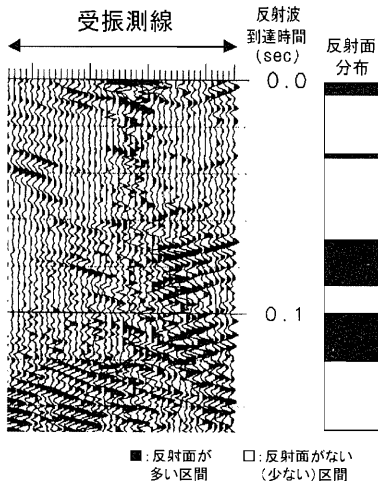


図-9 発破起振解析結果

区分とおおむね調和的であった。

起振源による違いとして、これまでの数箇所のトンネルでの探査実績から以下を確認している。

- ① 探査深度は油圧インパクト起振で 100～200m、発破起振で 150 m～300 m 程度である。
- ② 油圧インパクト起振は切羽前方約 100 m 程度まで、発破起振は 100 m 以深の探査精度が高い。

## 6. おわりに

本報文では非爆薬振源を用いたトンネル施工時の切羽前方探査手法として開発したトンネル浅層反射法探査 (SSRT) および起振源として使用している油圧インパクトについて概要を報告した。SSRT はこれまでの探査実績よりトンネル切羽前方探査手法として十分適用可能であることが示されている。SSRT は非爆薬振源を利用するため、自由断面掘削機や TBM など発破使用許可申請を実施していないトンネルにおいても容易に探査可能であり、軟弱な地山においても探査可能であると考えられ、様々な地山条件においての適用が期待される。

今後も本手法の特徴を活かし、測定方法・解析方法を検討し、探査精度の向上を目指していきたいと考えている。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 加藤卓朗, ほか: 油圧インパクトを起振源とする切羽前方弾性波反射法探査の開発と適用, 第 31 回岩盤力学に関するシンポジウム, 土木学会, pp. 22-28 (2001)
- 2) ジェオフロンテ研究会新技術相互活用分科会前方探査 WG, トンネル切羽前方探査技術資料, pp. 18-46 (1997)
- 3) 稲崎富士, ほか: TBM 施工トンネルにおける HSP の連続的適用, トンネル切羽前方探査に関するシンポジウム・講演会, 土木学会関西支部, pp. 69-74 (2000)
- 4) 加藤卓朗, ほか: トンネル坑内および地表からの弾性波反射法を用いた切羽前方探査, トンネル工学研究論文・報告集, 第 11 巻, 土木学会, pp. 171-176 (2001)
- 5) 例えば, 物理探査学会, 物理探査ハンドブック, pp. 28-33 (1998)
- 6) 井川 猛, ほか: 油圧インパクトによる地下探査, 建設の機械化, 477 号, pp. 53-57 (1989)
- 7) 井川 猛, ほか: 小型油圧インパクト震源 CJM-MINI 65 の研究試作について, 物理探査学会第 91 回学術講演会 (1994)

### 【筆者紹介】



加藤 卓朗 (かとう たくろう)  
株式会社フジタ  
技術センター  
土木研究部  
主任



村山 秀幸 (むらやま ひでゆき)  
株式会社フジタ  
技術センター  
土木研究部  
主任研究員



清水 信之 (しみず のぶゆき)  
株式会社地球科学総合研究所  
営業部  
次長

# 画像処理を用いた工事中接近警戒自動監視システム

松本 三千緒

本システムは、パソコン、PHS、CCDカメラ、画像処理回路などの機器、および画像認識、通信ソフトウェアで構成されている。そして、施工場所にて監視カメラの画像分析を行い、侵入物の形状、移動方向、速度などが指定された設定値を超えると、警報・警戒灯の点滅と同時に、付近のPHSに警戒信号を発信する。これらの処理は独自開発の動画像認識プログラムと通信制御プログラムにより行われる。本技術を適用した九州新幹線川内川橋梁は、隣接の在来線（JR鹿兒島本線）と離隔距離約10mの位置で工事を行う必要から、重機や吊り荷などが在来線に接近することのないよう、安全を最優先するシステムが要求された。そこで、本システムを現場に導入し運用した結果、接近警戒の自動化と施工の安全化を図ることができた。

キーワード：鉄道、自動監視、PHS、CCDカメラ、画像認識

## 1. はじめに

近年、CGや画像認識など様々な分野で画像関連技術の応用が進んでいる。特に、画像認識においてはコンピュータ処理の高速化、記憶メディアの大容量化、低コスト化などに伴い、以前では実現が難しいとされていた様々な発想を低コストで短期間に実現できる見通しがついてきた。

また、コンピュータ技術の進歩とともに、ネットワークなどデータ伝送技術にも大きな進歩が見られ、ISDN、ADSLをはじめ、無線LANやBluetoothなどユビキタス的な利用形態を目指して応用が進められている。

本システムは、このような画像認識技術、ネットワーク技術を利用することで、建設現場での自動監視および施工データの収集を省設備、低コストで実現したものである。以下、システム概要および橋梁工事での実施例について報告する。

## 2. システムの全体構成

本システムは、警戒エリアへの異常接近を画像認識し、警報処理を行う自動監視システムと警報データおよび現場に設置されたセンサなどの計測データを伝送するPHSネットワーク（内線・公衆）を中心に構成されている（図-1参照）。

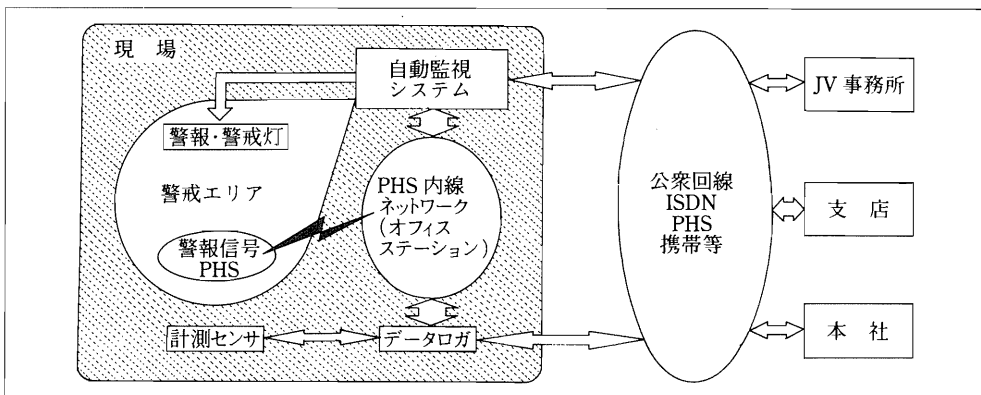


図-1 システムの全体構成

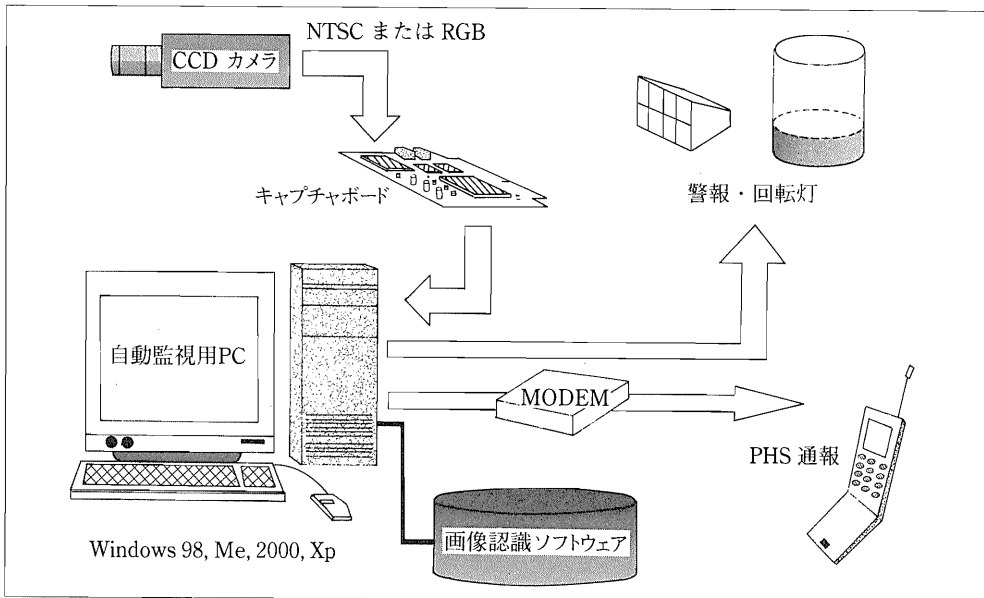


図-2 自動監視システムの構成

### (1) PHS ネットワーク

PHS 公衆ネットワークは、施工現場とJV事務所、支店、本社間など広域でのデータ通信を行うものであり、PHS 内線ネットワークはOS（オフィスステーション）を中心に半径約200mのエリア内でデータ通信を行うもので、公衆・内線の2段階構成をとった。PHS 内線ネットワークの利用で、

- ① PHS 公衆アンテナの占有時間最小化と誤接続の防止（他のPHS一般ユーザへの配慮と秘匿）、
  - ② 内線モードにより常時接続を可能にする（通話料金がかからない）、
- などの効果が期待できる。

### (2) 自動監視システム

狭隘な施工場所や立ち入り禁止区域などでの重機・吊り荷の侵入を防止することを目指したものであり、画像認識により異常が検出された場合、警報を鳴動すると同時にPHSに警報信号を送信するようになっている。このような機能を加えた理由は、

- ① 運転席のオペレータから警戒灯が見えない、
- ② 施工時の騒音で警報が聞こえない、
- ③ 警戒領域が複数ある場合に、どれに対する

警報か区別できない、

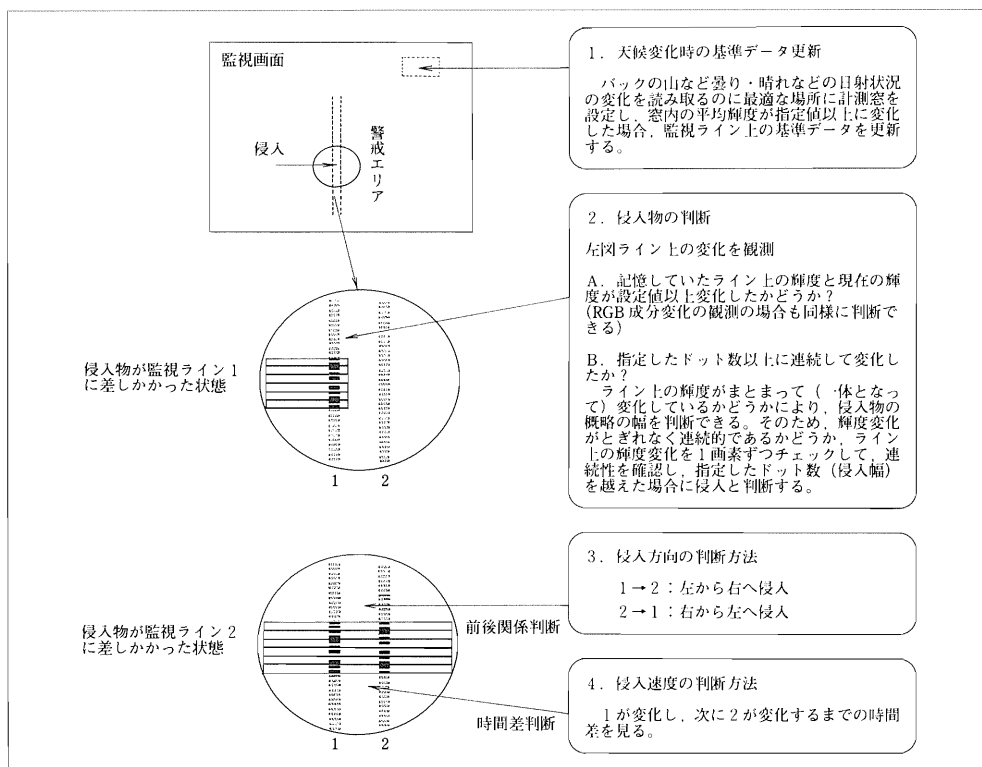
などの場合を考慮したものであり、PHSにイヤホンを着着することで、騒音の中でも警戒内容に応じて個別に警報を発することができる。

### 3. 自動監視システムと画像認識方法

本システムは、監視カメラ、パソコン、キャプチャ回路、PHS機器、および画像認識ソフトウェアで構成されている（図-2参照）。また、画像認識ソフトウェアは以下の点に留意し開発を行った。

- ① 画面内に警戒領域を自由に複数設定できる。
  - ② 領域毎にパラメータを個別設定できる。
  - ③ 警戒領域毎に警報動作を設定できる。
  - ④ 単なる画像比較ではなく、侵入物の大きさ、移動方向、移動速度を検出する。
  - ⑤ 天候の影響を極力低減する（雨、霧など）。
  - ⑥ 画像認識から警報までの短時間化。
- ①、②、③は使用者（係員）の操作を簡便化するため、マウスでの描画的な設定方法とした。
- ④は警戒ライン（領域）を2つ設定することで移動方向、移動速度を検出する。図-3に侵入物判断方法の概要を示す。

図-3では、警戒ライン上の輝度がまとまって



図—3 侵入物判断方法の概要

(一体となって) 変化しているかどうかにより、侵入物の概略の幅を判断できる。そのため、輝度変化がとぎれなく連続的であるかどうか、ライン上を1画素ずつチェックし、連続性を確認する。指定したドット数（侵入幅）を越えた場合に侵入と判断する。

⑤の天候の影響を低減する方法としては、天候監視ウィンドウや変化部分の連続性判断により晴れ、曇りの検出や画像ノイズとの区別などを行っている。

⑥については画像処理時間+制御時間+警報機器の初動時間となるため、PHSへの発信動作などを含め、最短時間で動作するように工夫した。

#### 4. 現場での実施例

本システムを適用した橋梁工事の例を示す。この現場では、施工場所が在来線（JR本線）と約10mの距離で工事を行う必要があり、安全を最優先する方法が望まれていた。そこで、警戒エリアへの侵入物体の自動検知を目的に本システムを

表—1 適用したシステムの仕様

警戒範囲設定	位置、形状、個数などをマウスにより自由に設定可能
監視サイクル	1/30秒以下（NTSC信号のタイミングに同期）
検出項目	侵入方向、速さ、大きさ
警報出力方式	リレー接点、PHS発信
PC対応機種	Windows 98, Me, 2000, Xp
画像入力	NTSC, RGBなど
その他の機能	画像平均化、天候監視など

適用した（表—1参照）。

監視カメラは、在来線と施工場所の中間位置（警戒位置）に設置し、パソコンおよびキャプチャ回路、警報器、PHS機器等は近傍のガードマンBOX内に設置した。また、PHS子機はクレーンのオペレータや監視員が所持することとし、警報発生と同時に作業を中止できる体制をとった。

また、これらの警戒情報と埋設計器などのデータ収集にはPHS公衆回線を利用したネットワークを用いて、現場事務所、本社などから施工情報の収集が行えるようにした。

図—4に施工場所の全体イメージを、図—5に施工場所での監視エリアの現況とシステム稼働状況を示す。

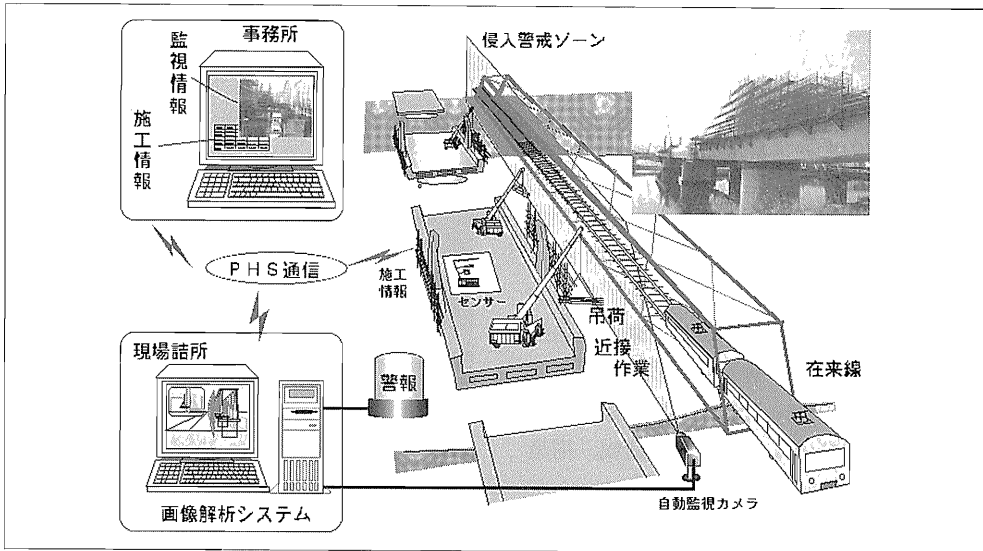


図-4 施工場所の全体イメージ

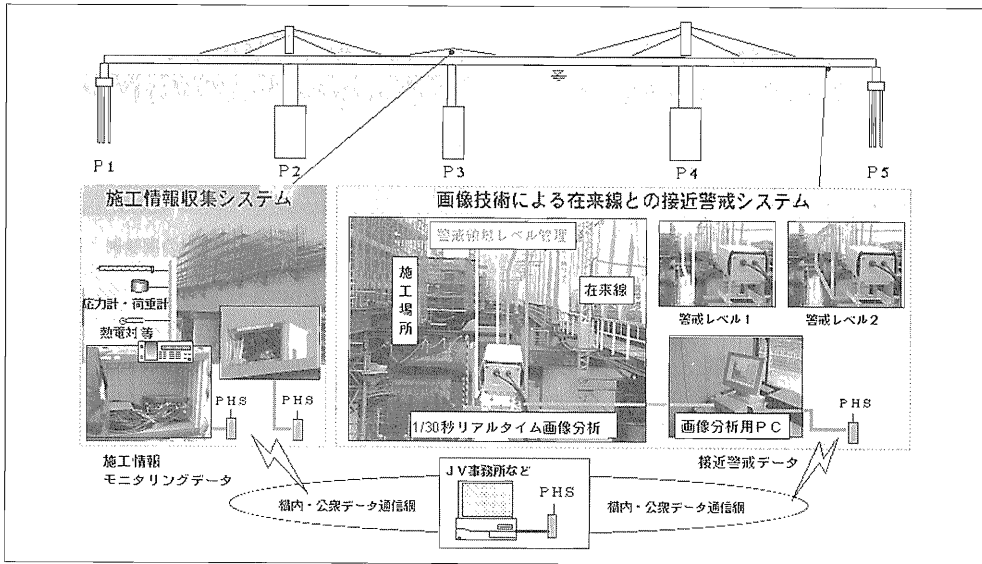


図-5 自動監視エリアの現況

### 5. 本システムの効果

本システムを現場で試行した結果、以下の効果を確認できた。

- ① カメラを設置するだけで警戒エリアへの侵入を判断でき、手間がかからない。
- ② 画面内で警戒エリアは幾つでも設定できるため警戒個所が増えても安価ですむ。
- ③ 侵入物の判断が短時間にできる（高速監視

1/30秒で処理できる）。

- ④ 日射の変化など侵入物以外の要因で変化する状況を除外出来る。
- ⑤ 監視窓を複数重ねて、警戒ランク（A, B, C）を付けることができる。
- ⑥ 監視窓を複数重ねることにより、移動物体の早さも判定可能。
- ⑦ 輝度識別に RGB 識別を付加すれば、特定色だけを警戒することも出来る。
- ⑧ 現場のカメラ映像を有線・無線で伝送する

ことで、遠隔集中監視が可能。

このように、本システムで検証された技術は、接近警戒のみならず施工場所での様々な情報収集の応用可能性を示しており、以下にその応用例、実験例を示す。

## 6. 車両通過ゲートへの応用

このような画像認識の応用として、車両通過検出への応用が考えられる。前述の手法を拡張することで、物体の侵入方向、通過速度、物体形状などの認識、検出が可能となる。掘削や造成、構築などの作業とそれらを結ぶ車両の搬入出ルートからなる現場（図-6 参照）では、監視員による車両のチェックや通過台数の確認が行われている。これを自動化する場合、現地にセンサなどを設置するのが一般的であるが、工事の進行に合わせ、走行ルートも変更するケースが多い。

このような時、画像内に指定した映像監視スリットで通過車両を検出し、速度、形状などを判断できれば、ルート変更などにフレキシブルに対応できるシステムを作ることができる。

図-7には実際の現場でダンプの速度検出を行ったときの様子を示す。画像で白枠は、ダンプの位置で1mに相当する幅を持つスリットであり、このスリット左にダンプ先端が進入した時刻と右端に達した時刻から、ダンプの走行方向、速度を知ることが可能である。

また、図-8のようにスリット内の変化部分の画像をスリット幅と速度、および背景画像との関

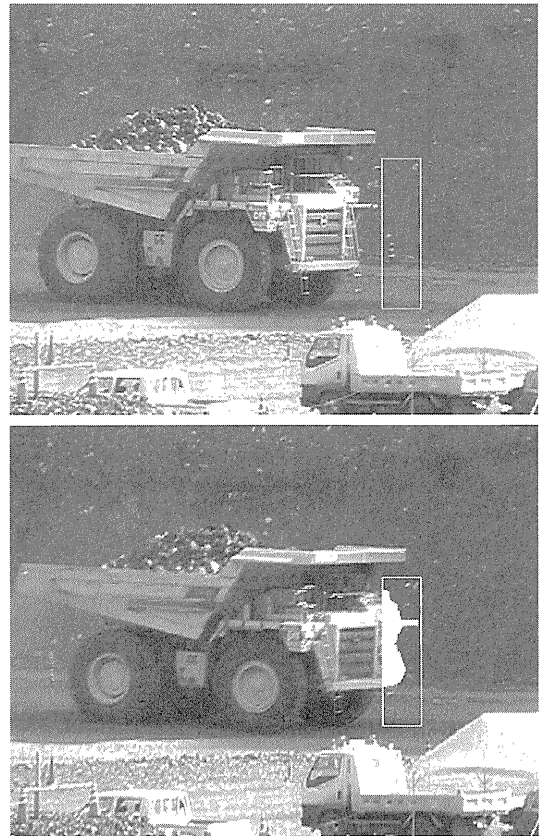


図-7 速度検出の実験例

係（クロマキー的手法）を考慮して短冊状につなぎ合わせれば、通過物体のみの抽出画像を得ることが可能である。

この面積や長さ、高さから車種や人などの相違を自動判定することも可能である。しかし現実には、施工フィールド特有の、

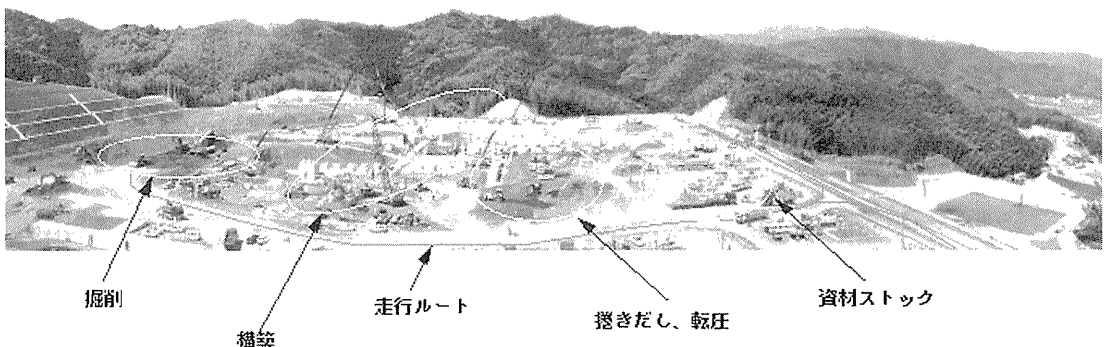


図-6 現場の全体イメージ

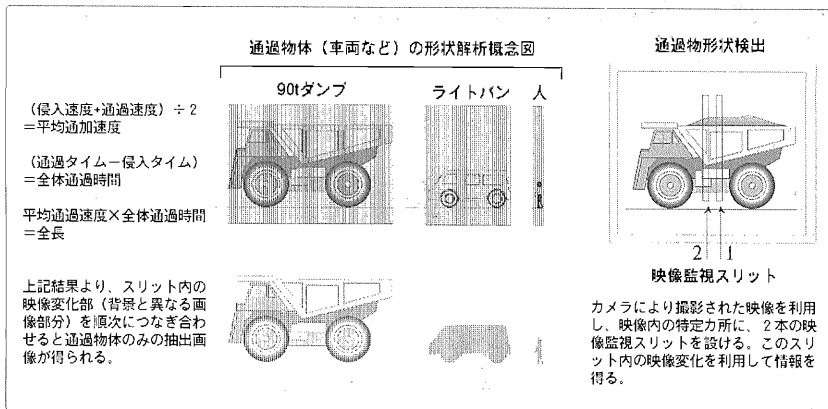


図-8 通過物体の映像抽出

- ・ 画像ノイズの処理
- ・ 影などの誤判断の処理
- ・ カメラ解像度と対象エリアの限界
- ・ 天候など環境の影響
- ・ 対象速度の分析限界

などについて、研究すべき課題は多いものと考えられる。

## 7. まとめと今後の課題

画像認識技術は、前述の車両走行管理や本報文で紹介した接近警戒自動化システム以外にも様々な応用分野が考えられる。また、CCD カメラの

高解像度化やコンピュータの高速化、低価格化も急激に進む中で、さらに高度な画像認識や画像処理の可能性も出てきた。

今後は、現場のニーズと最新の画像技術の調査・研究を進めながら、画像応用システムの展開を図っていきたく考えている。

J C M A

### 【筆者紹介】

松本 三千緒 (まつもと みちお)  
大成建設株式会社  
技術センター  
土木技術開発部



# 建設機械図鑑

本書は、日本建設機械要覧のダイジェスト版として、写真・図版を主体に最近の建設機械をわかりやすく解説したものです。建設事業に携わる方々、建設施工法を学ばれる方々そして一般の方々に、建設事業に関心のある方々のための参考書です。

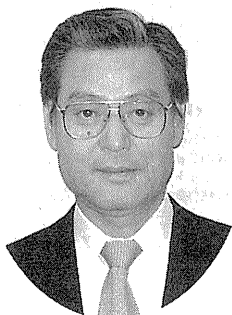
A4判 102頁 オールカラー 本体価格2,500円 送料600円

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) Tel.03-3433-1501 Fax.03-3432-0289



# ずいそう



## 単身赴任

安 齊 利 昭

残暑厳しい8月1日、羽田を発ち千歳空港に降り立った。関東と違い寒さを感じるぐらいの気温に先ず驚かされた。この年、北海道は冷夏で関東と温度差が10度以上もあったほどである。

入社以来現場一筋で24年間、初めての内勤、初めての単身赴任ということで馴染のないこと尽くめであったが、不安というよりは未知への好奇心的なものを感じたことを記憶している。札幌支店への転勤が決まった時には、周りからはサッチョン俗は最高だといわれ俗っぽくそんなに良いとこなのかと思う反面、身体でも壊したら何を言われるか分からないなと感じたものである。それと同時に入社して30代前半に椎間板ヘルニアを患い2ヵ月半も入院生活をしたときのことを思い出し、これは自己管理を今まで以上にやらなければと己に言い聞かせ、単身赴任の5か条なるものを作ったことを懐かしく思っている。

〔単身赴任の5か条〕

1. 外食は極力しない。
2. 朝食は自分で作る。
3. 外での酒は極力控える。
4. 地元にならぬ、楽しむ。
5. 観て歩きの励行

単身赴任生活の初めに当たり、情けない話ではあるが家内の同行を得て生活用品の買出しをし、生活を始めたわけであるが、通常は特に不便さを感じることなく単身生活を過ごすことが出来た。

北海道は当社にとっても長い歴史があり、明治13年に大倉組の時代に現在の月形町で樺戸集治監工事を手がけたのが始めである。その後、110年以上に渡って国土の22%を占める北海道の道路、鉄道、港湾等のインフラ事業等に貢献してきた地である。諸先輩の多大なる功績を残した地に赴任できたことの重みを感じた。

着任して先ず感じたのは、関東近辺の現場を手がけてきた私にとって、物件当たりの工事規模の違いに逆カルチャーショックを受け、ある面地方の厳しさを感じた思いであった。

赴任後特に印象に残った出来事として、釧路沖・釧路東方沖及び南西沖地震の3つの地震が約2年弱の間に起こったことである。このうち南西沖地震は被害総額約1,000億円、死者行方不明者合わせて219名という大きな災害となった。地震後奥尻島へ行き、災害の大きさにただ驚くばかりであった。なかでも青葉地区の津波による被害状況は目を見張るものがあり、地区の住宅が1つ残らず流された光景を目の当たりにして、自然の怖さを痛感させられた。

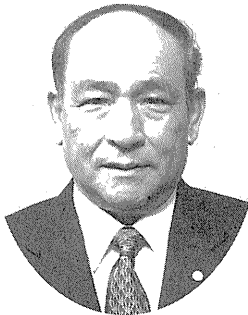
赴任した時期が夏場ということもあり、まさにゴルフシーズン真っ最中で、こちらではゴルフはスループレイとなっており、休日は午前中にゴルフをして、午後は家庭サービス、買い物等をするのが常である。非常に合理的な休日を過ごせるのでなかなか良いと思ったものである。ただし、こちらではゴルフは大体5月から10月の6ヶ月間しかプレーが出来ないため、シーズンになると待ちに待ったプレーヤーがこの時とばかりにゴルフ三昧になるようで、半年で少ない人でも30回程度はゴルフをするようである。斯言う小生もご多分にもれず避暑地の心地よいプレーを人並みの回数をこなした次第であった。

赴任最初の冬を迎えたある日、夜中に40度近い高熱で目が覚め、葉はなくまたアイスノンのものもなく息苦しく辛い夜となってしまった。冷気を入れようと窓を開けると積もった雪が目に入り、ビニール袋で即席の雪枕を作りなんとか急場をしのいだことがあった。後で考えてみると、冬場は寮が一晩中集中暖房となっているため、部屋が乾燥していたため風邪をこじらしたようである。それからは部屋に濡れタオルをかけて対応したためか2度と繰り返すことはなくなった。慣れない土地でのちょっとした経験であった。

そんな冬ではあるが、この時期はまさにスキーヤーにとって最高の季節でもある。折角の北海道赴任でこのスキーを経験しない手はないと一念発起し、同じ転勤者仲間の誘いもあり、50の手習いではないが札幌市内にある荒井山スキースクールの夜間コースに通うようになった。仕事を終わってからの練習であったが、転んだら起き上がれない私を始めとしたスキー仲間がお互い切磋琢磨して練習に励み、休みには先生同伴でゲレンデに出るの特訓を受け、シーズン終わりには仲間全員が3級試験に合格、翌シーズンには2級を取得するまでになった。シーズン終わりの滑り納めの中山スキー場でのバーベキューで食べた行者ニンニクの味、北海道の自然を満喫できるスキーを経験できたことは私のサッチョン生活の中で一番の思い出となった。

「単身赴任」、サラリーマンの宿命的な一面を響かせる言葉も、人との出会い、環境への同化、食文化への触れ合い、日常生活等を通じて、家族への感謝の気持ち、人間形成への一助となる貴重な体験であったと、懐かしく思う今日この頃である。

# ずいそう



## 建設業のルーツ

久保 文 夫

株式会社二神組の祖先は、江戸時代に伊勢桑名城主の松平氏が伊予松山への転封に際し随行した百姓だと言われて居ります。代々、藩命により河川改修、開田、灌漑排水等の指導に当たった様で有りますが、飢饉や不況等に際し救民事業に携わったという記録もあります。

伊勢桑名から知多半島付近は、木曾川、長良川、揖斐川の伊勢湾への河口にあたり毎年激しい水害にみまわれた為、桑名藩では国土防衛のために領民を総動員し多くの「組」という組織を作って水防にあたりました。やがて「組」は専門化し土木技術集団を形成し、それが現代の建設業の名称の何々組などの語源だと言われて居ります。

徳川幕府の親藩が全国に展開するに従って「組」は工事の企画や指揮に当たったり、近隣の農民を率いて全国各地に赴き、その技術の優秀さが全国に知られてまいりました。我が社の先人達は、この様な「組」に関係があると言われ、その関係か、松山城関係の営繕にも多くの工事実績を残して居ります。

松山城は、昭和20年の松山空襲で多くの建物が焼失致しました。幸いにも天守閣他、過半数の建物は焼失を免れて居りましたが、昭和25年より残存の建物について修復を条件に重要文化財に指定され、松山市では文化庁、文化財保護協会の監修のもと国庫補助により昭和26年度より改修事業に着手し、同時に焼失建物については写真や戦前の資料に基づいて新築復興が行われました。わが株式会社二神組は、戦前からの工事実績を買われ下記の工事を担当致しました。

- (1) 解体修理した建物（重要文化財）：天守閣及び基壇石組み/隠門及び続櫓、石垣/紫竹門及び東堀、西堀/野原櫓/一の門及び南隅櫓、続堀/二の門、続櫓/三の門、続櫓/仕切門/乾櫓
- (2) 古文書、写真等に基づき新築復興した建物：筒井門及び東西続櫓、石垣/太鼓門及び太鼓櫓、石垣/筋鉄門/乾門及び続櫓/丑寅門及び続櫓/天神櫓/巽櫓/内門/二の丸石垣/東堀石垣/南堀石垣/西堀石垣

### 石垣改修工事

筒井門、東西続櫓の新築復興に先だって、その基壇になる石垣の改修は、法長約15m、面積は1,000m<sup>2</sup>の大掛かりな解体復旧でしたが、その工事で築城当時の様子は以下の様に考察

されました。

- ① 築城は、藩の軍政そのものと、領民の全ての賦役と動員による正に国を挙げての人海戦術で有った。
- ② 築城当時、石手川は、花崗岩地帯を流下する暴れ川で城山の南側の現松山市街地で氾濫原をなして居り、石垣に使用された石材や栗石は、川原の転石や河床に有る花崗岩の露頭を石切場として加工のうえ櫓に組み斜路をコロ引きで運搬された。普請奉行足立重信による石手川流路の付け替えは、この時の石材採取にヒントを得たと云われて居る。
- ③ 石組の技法では、積み石の合刃をげんのうと石鑿で丹念に合わせ、粘土による型取りが行われた。この技法は、胴飼い部分にも確実に行われていた。
- ④ 裏込めは、川原で採集した栗石を整然としかも十分に積み上げ、土圧を完全に減殺す工夫がなされて居る。

筒井門復旧工事の後、太鼓門、二の丸、三の丸堀などの石垣工事では、上記工事の技法、経験が継承されて居ります。

#### 重要文化財松山城天守閣の解体修理

松山城は、天守閣、小天主、各隅櫓を回廊でつなぐ連立式平山城と呼ばれる優雅な形式で有りました。空襲などで小天主、隅櫓などが焼失しましたが、幸い天守閣他多くの建物が焼失を免れました。

天守閣の解体修理は、我が社にご下命頂き昭和43年から4年間をかけて施工致しました。工事は、天主全体に須屋根を施し、大屋根、小屋組、外壁を全て解体し、部材の全てを点検し、劣化部分の補正、交換を行いました。屋根瓦は、破損したもの（約40,000枚）を補充、屋根下地、壁下地は出来る限り当時のものを使用致しました。

この工事では高度な規矩術、巧妙な木組、手斧や槍鉋、など多くの工法や技法を習得致しましたが、その後の多くの建物の解体修理、新築復興に生かされております。

以上、会社のルーツについて述べて参りましたが、松山城改修工事以外は言い伝えなどに依るものであります。

建設業としての正式な記録は、大正2年4月20日付で愛媛県知事より二神久次郎に交付された「土木請負人証」でありまして、その4月20日を創業記念日と定めて居り今年が創業九十周年に当たります。この様な長い歴史の中で多くの工事実績と同時に豊富な経験を持った技術陣を育てて参りました。

現在わが国には、自然環境、エネルギー、高齢化社会など解決すべき問題が山積してあります。私達は、建設業を通じて提案し、それらの問題に就いて参りたいと考えて居ります。

—くほ ふみお 株式会社二神組代表取締役—

# 小断面トンネル専用覆工コンクリート切削機の開発

中野正憲

老朽化した導水路トンネルの中には、断面積が $5\text{ m}^2$ 程度の小断面導水路トンネルが多数あるものの、覆工の全断面改修工事を行ううえで適用できる小型の専用全断面切削機がなく、小断面用切削機の開発が求められていた。

このような状況に鑑み、施工能力の向上、省力化、施工精度の向上を目的とした小断面用覆工切削機を開発したのでここに報告する。

キーワード：トンネル、小断面トンネル、リニューアル、切削機、PC板内張工法、覆工

## 1. はじめに

現在、全国に多数の水力発電所があり、導水路の総延長は約 $6,000\text{ km}$ に達する。その内、建設後50年以上経過したものが60%を占めると言われている。これらの導水路トンネルの多くは、経年の使用に伴って、覆工コンクリートの劣化、洗掘が激しく、従来持っている機能を果たせなくなってきたので、本来の機能を回復させるために、覆工部の補修・改修工事を行う必要がある。

それらの工事には様々な工法があり、その中のひとつの新しい工法として、切削機械によって既設覆工の全周を一定の厚みで切削し、その切削面に表面補強を行って仕上げる施工方法がある。しかし、既設トンネルの覆工を切削することのできる専用機械は、中断面トンネル用までしか開発されておらず、小断面トンネルには、既存のトンネル掘削機を改造して使用されていた。

そのため、施工効率は限られ、現場条件によ

っては機械掘削が困難になることもあった。よって、これらの問題を解決するために、小断面トンネル用の専用切削機の開発が求められていた。

このような状況に対応するため、劣化、洗掘された既存の覆工コンクリートを所定の厚みだけ効率的に切削できる小断面トンネル用覆工切削機を開発したので、ここに紹介する。

## 2. 開発のねらい

### (1) 目的

小断面トンネルに適用でき、切削精度を確保しつつ、効率的で安全な施工ができるもので、機体のメンテナンスも容易にできる切削機械の開発を目的とした。

### (2) 条件

前項の目的を踏まえ、以下の条件で開発した。

- ① 断面 $4\sim 7\text{ m}^2$ 程度のトンネルに適用。
- ② 切削精度目標値： $\pm 20\text{ mm}$ 以内。
- ③ 構造の簡素化。
- ④ 工期短縮ができること（他工種との並行作業が可能、切削能力の向上等）。
- ⑤ 作業員の安全性を確保すること。

## 3. 切削機の概要

切削機は、写真-1、図-1に示すように切削部、移動把持装置（グリッパ、アウトリガ）及び搔寄せ装置、ベルトコンベヤ、駆動部、電動機で

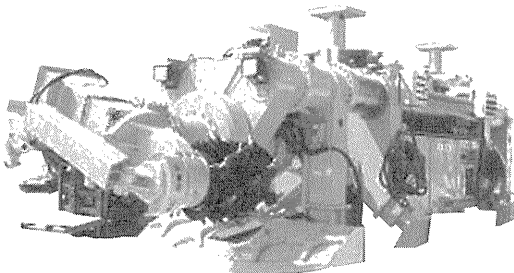


写真-1 小断面トンネル用覆工切削機

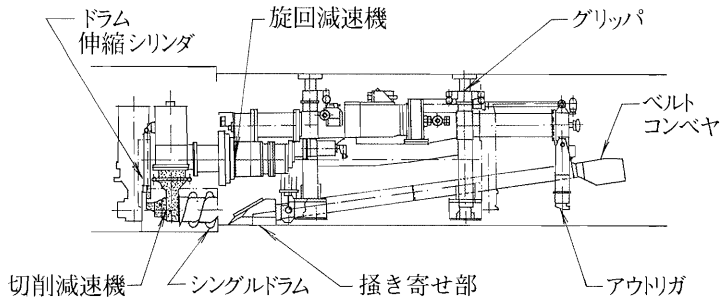


図-1 切削機主要構造図

構成され、先端には円筒形の切削ドラムを持つ伸縮ブームが本体を中心に旋回し、全断面の覆工壁面を任意の厚みで切削できる。

#### 4. 切削機仕様

切削機的主要仕様及び外観は表-1、図-2の通りである。

#### 5. 切削機の構造

##### (1) 切削部

機体前方に位置し、切削ドラム、減速機、切削フレームからなる。ドラムは円筒形で周囲にビットホルダがあり、そこへラウンドビットが装着で

き、360°旋回しながらトンネル壁面を切削する。

切削フレームは伸縮機能を持ち、ドラムの位置を断面方向に伸縮させることができる。

- ・ドラム径×幅：φ588×525 mm
- ・ドラム回転数：0～60 rpm
- ・ドラム接線力：26 kN
- ・シリンダ押付け力：35 kN
- ・ドラム伸縮ストローク：600 mm
- ・ブーム旋回回転数：0～1.0 rpm

##### (2) 移動装置 (把持装置)

移動装置は、

- ① 主桁となるスライドパイプ、
- ② アウトリガ (前後各2本)、
- ③ グリッパ (前後各3本)、
- ④ 機体移動用シリンダ、

からなる。

アウトリガ又はグリッパにて交互に機体を持上げ、機体上部両端に貫通された2本のスライドパイプをガイドにして機体移動用シリンダの伸縮により尺取虫方式で機体を移動させる。切削の際には、グリッパが覆工から反力を取る把持装置も兼

表-1 切削機の仕様

項目	仕様
全長	6,576 mm
全幅	1,880 mm
全高	1,887 mm
全重量	約 10 t
切削能力	約 1.9 m <sup>3</sup> /h (覆工コンクリート)
切削精度	±20 mm

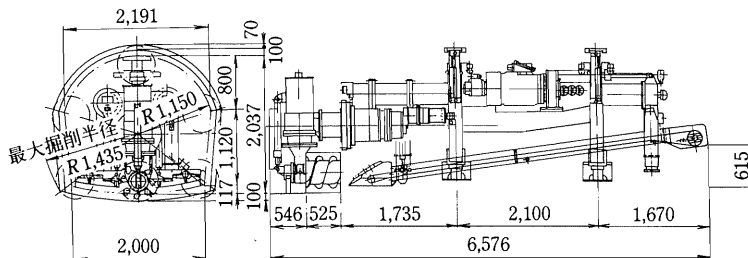


図-2 外観図

ねる。

- ・機体移動シリンダストローク：1,000 mm
- ・アウトリガストローク：300 mm  
押 付 け 力：60 kN
- ・グリッパストローク：300 mm  
押 付 け 力：60 kN

### (3) ずり搬出装置

機体下部中央にあり、搔寄せ部とコンベヤ部からなる。搔寄せフレーム上部には、切削したコンクリート片等を搔集めるためのスピナが取付けられ、ベルトコンベヤにより機体後方へと運搬される。

- ・スピナ回転数：0～65 rpm
- ・ベルトコンベヤ：
  - 電 動 機：1.5 kW
  - ベ ル ト 幅：300 mm
  - ベ ル ト 速 度：55 m/min
  - 運 搬 能 力：25m<sup>3</sup>/h

### (4) 本 体

機体の主要部分の取付けフレームであり機体中央に位置する。上部には油圧源動力部、左側には電気制御盤、右側には作動油タンク、前後には、切削時の機体の把持や移動時に使用するグリッパを取付けている。

### (5) 油 圧 装 置

油圧装置は、オイルタンク、油圧ポンプ、リリーフ弁、油圧シリンダ、油圧モータ及びこれらを結ぶ配管によって構成される。

- ・油圧ポンプ電動機： 60 kW
  - 切 削 用  
油 圧 ポ ン プ：26 MPa×120 L/min
  - 旋 回 用  
油 圧 ポ ン プ：14 MPa×21 L/min
  - ス ピ ナ 用  
油 圧 ポ ン プ：14 MPa×21 L/min
  - シ リ ン ダ 用  
油 圧 ポ ン プ：21 MPa×15 L/min
- ・オ イ ル タ ン ク：500 L

### (6) 電 源

- ・供 給 電 圧：AC 400/440 V, 50/60 Hz
- ・主回路電圧：AC 400/440 V, 50/60 Hz
- ・制 御 電 源：AC 100/110 V, 50/60 Hz

## 6. 切削機の特徴

### (1) 任意の深さの切削が可能

先端の伸縮機能を持つ切削フレームに取付けられた円筒形の切削ドラムが、時計の針のように本体を中心に旋回し、覆工の壁面を任意の厚みで切削することができる。

### (2) 馬蹄、幌型断面にも適応

ブームの旋回と伸縮を組み合わせることにより、多様な切削形状に追従でき、高い切削能力と精度を保つことができる。

### (3) 他工種との並行作業が可能

切削ドラム下側にスピナを設けて切削したコンクリート片を集め、機械の下部を通るベルトコンベヤで進行方向（機体後方）に搬出する。このような構造により既切削部では、切削と並行して支保工の建込み、側壁及びアーチ部の施工が可能となるため、従来の施工方法に比べ工期を短縮でき、一度の断水期間内での施工延長が伸びる。

### (4) 現場への搬出入が容易（4tトラック×3台）

工事現場の多くは、搬出入に使用できる道路に制限がある。当機は、自重が軽く（約10t）、シンプルな構造であり、分解して1ピースの重量を更に軽く（約4t程度）することにより、搬入路が狭く、大型揚重機の使用が困難な場所へも搬入できる。

### (5) 曲線部（R 20 m）の施工が可能

小型であるので、小断面トンネルの曲線部にも対応できる。

### (6) 自重が軽い（約10t）

切削反力を既存の覆工コンクリートにグリッパで機体を固定するので、切削反力を自重に頼る機

種に比べ重量が軽い。

(7) 作業員の安全を確保

切削機の運転は離れた位置からの無線操作であり、作業員の安全が確保できる。

ト片の搬出をするので、PC板内張り施工、コンクリートライニングの内巻き施工などの作業を並行して行うことができる。この時、PC板内張り法を選択できれば、通常のコンクリート養生が必要なくなり、より効率的になる。

7. 施工方法の例

図-3、図-4に示すように、補修する導水路トンネルの断面全周を切削機により任意の厚みだけ切削し、切削したコンクリート片等を内蔵するベルトコンベヤで進行方向前方に出すことにより、既切削部の作業に影響を及ぼさずことなくコンクリー

8. 施工状況

導水路改修工事現場での稼働状況写真を写真-2に示す。既にトンネルが貫通しているため坑道換気方式が採用でき、作業員の主な作業場所には、新鮮な空気が送気されるため良好な作業環境が得られる。

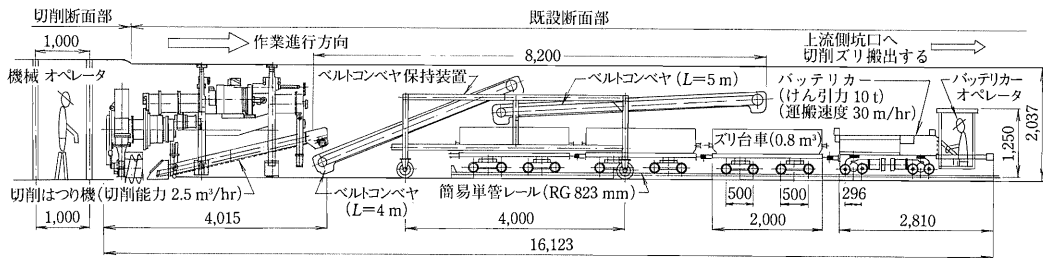


図-3 切削機械配置図

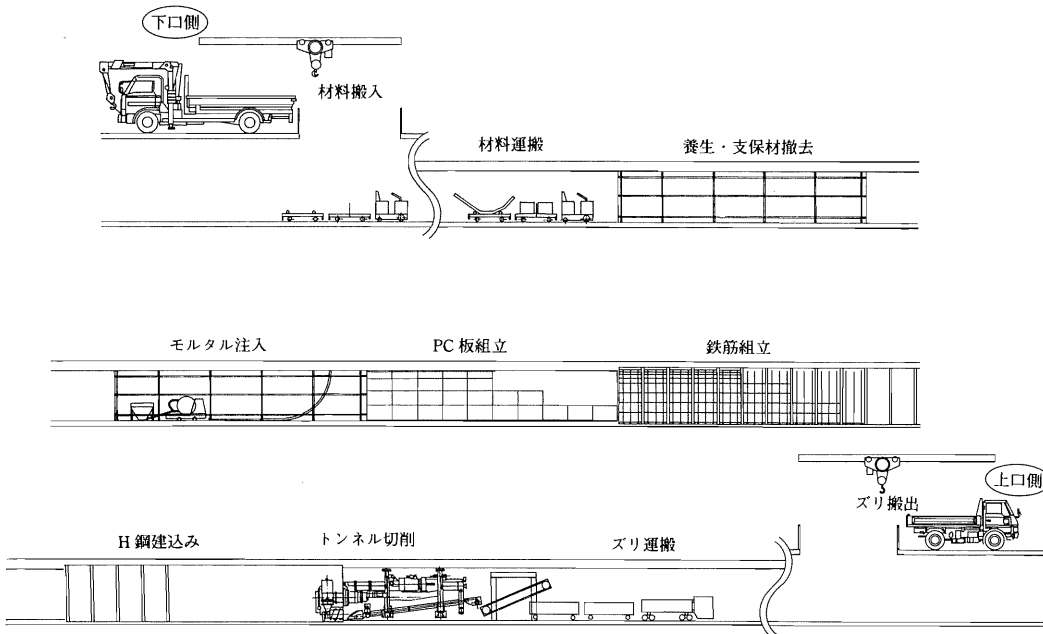


図-4 施工全体図一例





写真-2 切削状況図

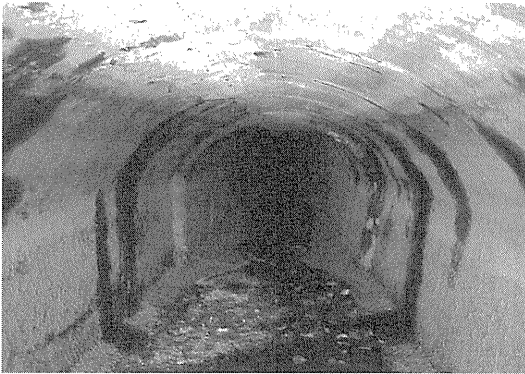


写真-3 改修前



写真-4 改修後 (ASフォーム)

また、無線操作することにより狭隘な場所に立ち入ることなく作業でき、粗度係数の低いPC板をライニングに採用することで、既存の覆工部の切削量を減らし、覆工コンクリートを残しながら施工が出来るため、天端崩落の危険性が少なく安全に作業ができる。

PC板内張り工法を用いて施工した改修前、改修後の写真をそれぞれ写真-3、写真-4に示す。

## 9. 施工結果

導水路改修工事の現場では、要求された通水量を確保でき、曲線部 ( $R40\text{ m}$ ) の施工も無理なく施工し、短期間の工期にすべての工事を無事故で完成したことにより、本切削機の能力を確認することが出来た。

## 10. まとめ

今後増加することが予想される老朽化した小断面トンネルの改修工事の施工においては、厳しい条件の中で高い施工性や品質が求められるとともに、環境保全、コスト削減、工期短縮といったものもさらに求められる。

このような状況のもと、本切削機は、これらのニーズに大きく貢献できるものであると考える。

JCM A

### 【筆者紹介】

中野 正憲 (なかの まさのり)  
清水建設株式会社  
土木事業本部  
機械技術部



# 遮水機能検査システム「s-Can light」の開発

## —安全かつ信頼性の高い最終処分場を目指して—

田中 勉・宮崎啓一・平岡博明・酒井幸雄

最終処分場は、計画、建設、供用、閉鎖、跡地利用までの長期にわたるライフサイクルにおいて、環境に対する安全性を確保していなければならないが、近年、最終処分場において周辺環境の汚染などの事例が報告されたりして、信頼性および安全性に対する不安から住民の理解を得ることが難しくなっている。そこで最終処分場の建設時における遮水工の品質に重点をおき、最終処分場の施工時および竣工時における遮水機能の健全性を確認し、安全かつ信頼性の高い最終処分場を建設することを目的とした、安価で容易に検査が可能な遮水機能検査システム「s-Can light」を開発した。本報告では、同システムの紹介とともに、実証実験および適用事例について報告する。

キーワード：最終処分場、遮水機能、品質管理、竣工検査、遮水機能検査システム、電流法

### 1. はじめに

最終処分場は、計画、建設、供用、閉鎖、跡地利用までの長期にわたるライフサイクルにおいて、環境に対する安全性を確保していなければならないが、近年、最終処分場において周辺環境の汚染などの事例が報告されたりして、最終処分場の建設においては信頼性および安全性に対する不安から住民の理解を得ることが難しくなっている。

最終処分場における周辺環境への影響は、土壌および地下水汚染、大気汚染、振動、騒音等いろいろあるが、特に土壌および地下水汚染については重大な問題となっている。

そのことから、最終処分場の供用時において遮水機能の健全性をモニタリングするシステム（電氣的に計測を行う漏水検知システム等）の採用が多く見受けられるようになってきた。一般に、遮水機能のモニタリングシステムは各処分場ごとに設置され、他の処分場との共有使用は難しく、このようなシステムは大変高価となる場合が多い。

一方、予算的な問題等から上記のモニタリングシステムを導入できない最終処分場も多いと考えられる。しかし、このような場合においても、最終処分場の竣工時には遮水機能の検査を行い、遮水機能の品質が確認されている必要があると考えられる。

これまで、遮水工における施工時の品質管理で

は、通常、遮水シートの接合時において物理的な検査（圧力容器を用いた真空検査、二重の溶接箇所での減圧検査等）、または、電氣的な検査（スパーク法、電気抵抗等のチェック等）が行われているが、遮水シートの施工を終え、保護層の施工段階においては前記のような検査は行えない。

そこで、遮水シートの施工が終わった後の保護層の施工段階における品質管理から竣工時の検査まで、遮水機能の健全性を確認することを目的とした、安価で容易に検査が可能な遮水機能検査システム「s-Can light」(strict-current aided network)を開発した。

### 2. s-Can light の概要

s-Can light のシステム構成を図一1に、機器構成を写真一1に示す。「s-Can light」は施工時または竣工時における遮水機能の品質検査を目的としたものである。

検査方法は、1つの基準電極を基礎地盤側に設置し、5つの検知電極を遮水シート上に敷設される保護層（不織布、保護層砂等）に設置する。基準電極から全ての検知電極間に電流（交番直流）を流し、5つの検知電極うち4つを固定しておき、残り1つ（移動用）を測定ごとに任意の測定ポイントへ移動させて、検知電極（移動用）に流れる電流値の大きさを調べることで、遮水シートの損傷の有無を検査するものである。

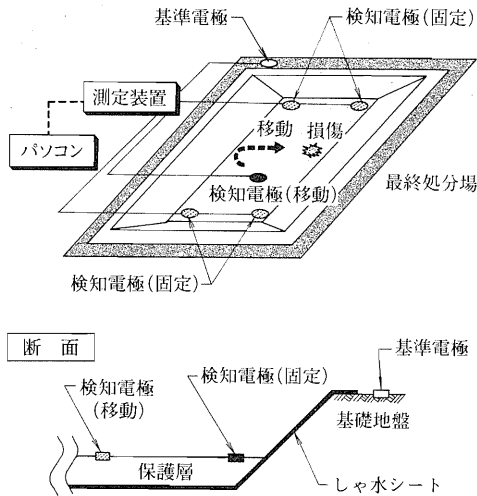


図-1 システム構成



写真-1 s-Can light の機器構成

### 3. システムの原理および特徴

#### (1) システムの原理

電流法の原理を図-2 に示す。

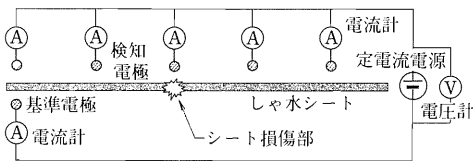


図-2 電流法の原理

電氣的に絶縁性を有する遮水シートの片面側に複数の検知電極を設置し、シートのもう一方の片面側に基準電極を設置する。基準電極は定電流供給源に接続し、検知電極の各々を電流計に接続しておく。遮水シートは電氣的に絶縁体と見なせるので、シートが健全な状態では基準電極と検知電極との間には電流の流れる回路が構成されてい

いため電流は流れない。しかし、シートに損傷が生じて穴が開くと、シートによって分離された上下の領域が、周囲の水分などの導電材によって電氣的に接続され、基準電極から検知電極へ電流が流れる。このとき、基準電極から供給された定電流は全ての検知電極に流れるが、損傷箇所に近い検知電極に多くの電流が流れる。システムはこの原理を利用し、遮水シートの損傷の有無とその位置を特定する。

s-Can light における測定手法は図-3 に示したように、一つの検知電極を移動させながらその電流量の変化を調べるものである。

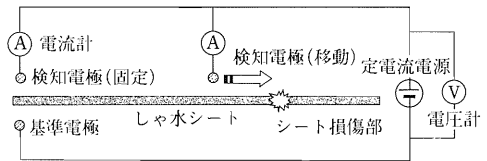


図-3 s-Can light における測定手法 (図中の検知電極(固定)は1つであるが実際には4つ使用する)

損傷箇所が存在する場合には、移動用の検知電極が損傷箇所へ近づくとその検知電極に流れる電流量は次第に大きくなり、また、移動の検知電極が損傷箇所から遠ざかると電流量は次第に小さくなっていく。そのことにより電流量の大きく現れた場所が損傷箇所と判断できる。

#### (2) システムの特徴

以下に s-Can light の特徴を示す。

##### (a) 事前の電極設置が不要

一時的な仮設システムであり、事前にシートの下に電極等を設置するなどの特別な準備を必要としないため、いつでも検査を行うことができる(ただし、二重シートに適用する場合は別途に検討が必要)。

##### (b) コンパクトで持ち運び可能

システムがコンパクトなため容易に持ち運びができ、システムの変更等の必要もなく、簡単に検査を行うことができる。

##### (c) 低コスト

大掛かりな設備を必要としないため検査は安価である。

(d) 高精度

検査において遮水シートに損傷が判明した場合には、高精度に位置を特定することができる。

(e) 品質管理の向上

遮水シートの品質管理を施工時および竣工時に行うことで信頼性の高い処分場を提供できる。

(f) システムの併用が可能

常設タイプの電氣的なモニタリングシステムが導入される処分場においても、施工段階における品質管理が行える。

### 4. s-Can light による検査方法

#### (1) 検査の概要

検査は、最終処分場の状況に応じて検査領域を数ブロックに分割して行う。

図-4 に示すように、最終処分場外部の基礎地盤側に一つの基準電極を設置し、最終処分場内部（遮水シート上部の不織布または保護砂等が敷設された状態）の検査ブロック周囲4箇所に固定の検知電極を設置する。また、検査ブロック内の任意地点に移動用検知電極1つを設置する。

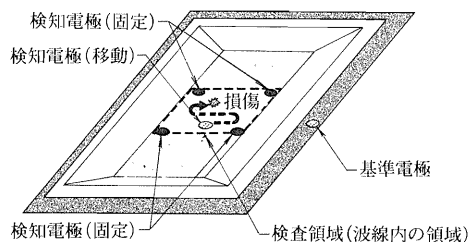


図-4 s-Can light における電極配置

検査方法は、最終処分場外部に設置した基準電極から最終処分場内部に設置した5つの検知電極へ所定の電流を流して、それぞれの検知電極に流れる電流量を測定する。そして、移動用検知電極を検査対象ブロック内の各検査地点へ移動して同様の測定を行う。

移動用検知電極に流れる電流量は、

- ① 全ての調査地点において全く電流が流れない。
- ② 電流は流れるが全ての検査地点において、その電流量に顕著な変化が現れない。

③ 電流は流れ、ある検査地点において電流量が増大し、顕著な変化が現れる。

の3種類の電流分布が考えられる。

①および②の状態は検査ブロック内の遮水シートに損傷が無いことを示すが、②の状態は検査ブロック以外の場所に漏洩電流が存在することを示している\*1)。

③の状態は電流量が増大する調査地点において遮水シートの損傷の疑いがあることを示す。

このような方法で検査を行うブロックを順次移動していき、最終処分場の全体を検査する。

#### (2) 検査の手順

検査に当たって、事前に検査の領域をどのような範囲で行うか検討する必要がある。

s-Can light による測定手法は、検査を行う領域の周辺四隅に固定の検知電極を設置し、その内部の領域を検査するものである（図-5 参照）。

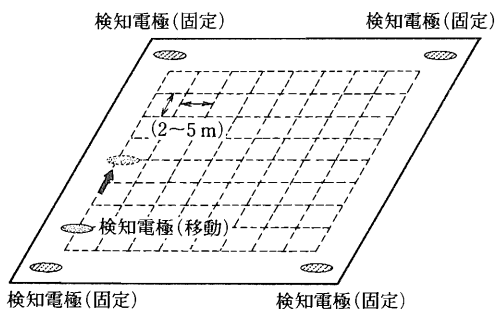


図-5 1ブロックの検査手順

検査領域が広い場合には、図-6 のように幾つかのブロックに分割して検査をすることができ、移動電極による測点を格子状に設置しておく最終的に測定結果を整理しやすい。

s-Can light における固定の検知電極の考えは、移動電極に流れる電流量と対比すること以外に、もう一つは検査領域周辺からの漏洩電流を吸収させる役目も果たしている。

一つの検査領域を広範囲に設定した場合、周囲に設置する固定電極間の間隔が広くなり、その間に設置される移動の検知電極に流れ込む漏洩電流

\*1) 漏洩電流は、遮水シートの損傷箇所以外に、遮水シート周囲の電氣的に絶縁されていない部分や、最終処分場内の浸出水処理部や搬入路などの本体との取合い部からの電流の回り込みなども存在する。

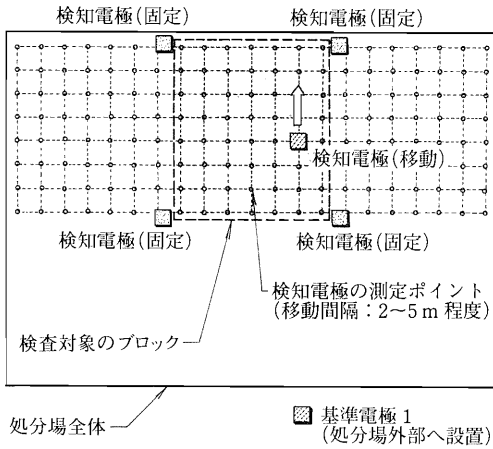


図-6 検査領域の一例

が多くなることが考えられ、その漏洩電流が多くなればなるほど、探査しようとする損傷箇所から電流変化が見出されなくなる可能性がある。

そのことから、検査領域は最終処分場の施工状況および遮水工の構造を考慮して、その状況に応じた範囲を設定する必要がある。

検査の対象とするブロックを決定したら、s-Can light の測定手順 (図-7 参照) に従って検査を実施する。

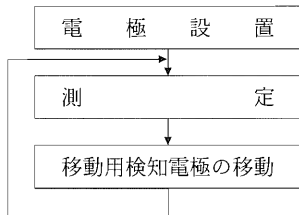


図-7 測定手順

## 5. 実証実験

### (1) 実証実験の概要

室内レベルの小規模な実験を終え、最終処分場の建設工事における遮水工の一部のエリアを利用して実証実験を行った。実験に供した遮水工の断面を図-8 に示す。

遮水シートにはあらかじめ損傷箇所 (約  $\phi$  10 mm の穴) を設け、その周辺に移動電極を設置する測定ポイント (8 測点  $\times$  7 測点, 2 m 間隔) を設けた。損傷箇所、測定ポイントおよび各電極

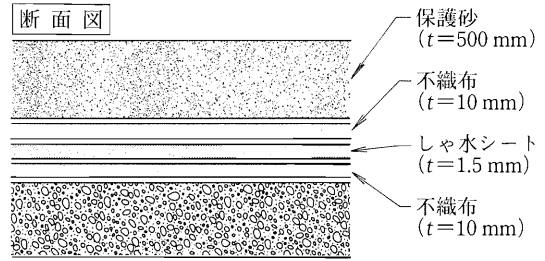


図-8 実証実験における遮水工断面

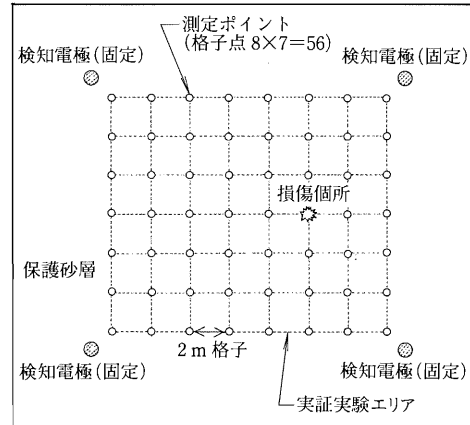


図-9 実証実験の測定ポイント及び電極配置 (平面図)

設置の位置関係を図-9 に示す。

### (2) 実証実験の結果

実証実験の測定結果を図-10 に示す。

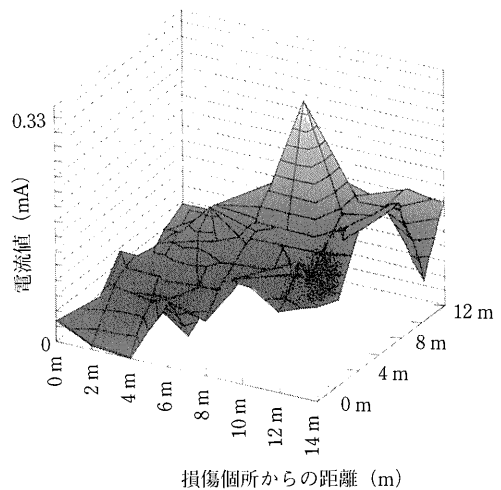


図-10 実証実験の測定結果

ここに示したグラフは、各測定ポイントにおける移動電極に流れる電流値に対して電極の設置等に関する補正、処分場の周辺からの漏洩電流（損傷箇所以外から流れ込む電流）等の影響を処理した電流分布である。電流分布のピークを示した部位は、遮水シートに損傷を設けた場所である。また、損傷箇所から測定ポイントまでの距離とその電流値の関係を図-11に示す。

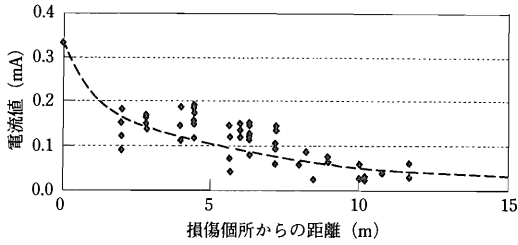


図-11 損傷箇所から移動電極までの距離に対する電流値の変化

本実証実験の結果から、測定データのばらつきはあるものの損傷箇所に近づくにしたがって電流値は増加を示している。損傷箇所の直上の測定ポイントでは相対的に多くの電流が流れ、損傷箇所から2 mの地点までは電流値の変化は著しく、損傷箇所から2 m以上離れた地点では電流値の変化は少なくなっている。

実際の検査において、遮水シートに損傷が存在していた場合、損傷箇所と任意に決める測点の位置は必ずしも一致しない。そのため、図-10に示したような鋭いピークは生じない場合があるが、これらの図から判断すると、2 m間隔に測定ポイントを設けた場合には、十分に損傷箇所の特定が可能であることが分かる。

## 6. 適用事例

### (1) 適用概要

遮水機能検査システム s-Can light を管理型一般廃棄物処分場を築造する建設工事へ適用した。

本最終処分場の遮水工は、処分場外周部を鉛直遮水工で、内部の法面部および底面部を一重の遮水シートで施工する二重遮水構造である。

図-12に示すように、検査は底面部を対象とし、上部保護砂の敷均し後、各ブロック毎(北ヤ-

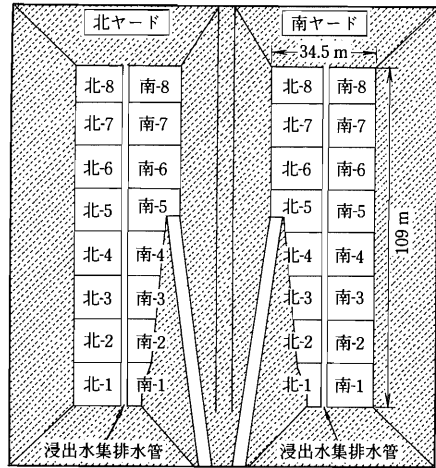


図-12 検査ブロック割り図

ド；16分割，南ヤード；16分割)に測定を行った。

### (2) 遮水シートの損傷有無の判定

実際に測定される測定値は、保護砂の比抵抗分布のばらつき、処分場内に溜まった雨水の状態等によって変化し、測定電流値そのもので判断することはできない。そこで測定から判定までのプロセスにおいて図-13に示すような処理を行っている。

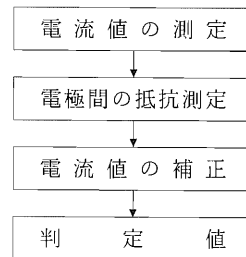


図-13 損傷有無の判定プロセス

判定値は、実際に遮水シートに試験孔を設けて、その周辺において測定を行い、試験孔が存在する場所での電流量（電流値を補正したもの）、およびその周辺位置での電流量を求めた。それらの分布をもとにレベル1からレベル5までの5段階表記で判定値を算出した。また、遮水シートの損傷有無の境界値は、試験孔直上の測定結果をもとにレベル4以上とした。

### (3) 測定結果

s-Can light による測定結果を図-14 および図-15 に示す。

図-14 は、北ヤード北-5 での遮水シートに損傷（試験孔）がある場合の測定結果である。試験孔付近は判定値に突出がみられ、損傷箇所の特定ができていることが分かる。

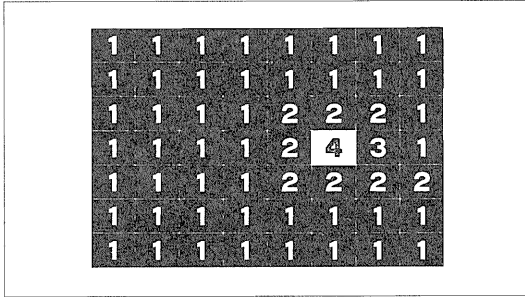


図-14 損傷がある場合の測定結果（判定値）

また、図-15 は、北ヤード北-6 の測定結果で、遮水シートに損傷が無ければすべての測定ポイントにおいて、判定値に異常が無いことが示されている。以上のことより s-Can light による測定により、遮水シートの損傷有無、損傷位置の特定および健全性が確認できた。

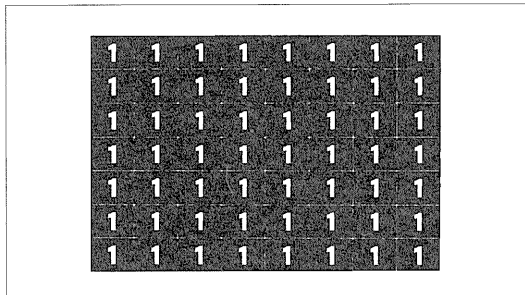


図-15 損傷が無い場合の測定結果（判定値）

## 7. おわりに

本報文では、遮水機能検査システム s-Can light の実用性について、実証実験によって確認した結果と現場への適用結果について報告した。

s-Can light はシステムがコンパクトで容易に使用することが可能なため、より信頼性の高い処

分場の建設に役立つものと期待している。今後、システムの改良等により測定精度を向上させ、測定ポイントの間隔が広がられるようにしていきたい。また、遮水機能検査システム「s-Can light」は、「s-Can」同様、最終処分場トータルシステムの要素技術の一つとして開発を行っており、最終的には環境に対する影響の小さな最終処分場システムを目指している。

なお、本システムは、基礎地盤コンサルタンツ株式会社との共同開発によるものである。

J C M A

### 【参考文献】

- 1) 平岡博明：最終処分場遮水機能検査システム「s-Can light（エス・キャン・ライト）」、総合政策提案誌、2002
- 2) 新工法紹介：遮水機能検査システム「s-Can light」、建設の機械化、4月号、No.626、64（2002）
- 3) 平岡博明 他：遮水機能検査システム「s-Can light」の開発、土木学会第57回年次学術講演会、2002

### 【筆者紹介】



田中 勉（たなか つとむ）  
西松建設株式会社  
技術研究所  
環境技術研究課  
主任



宮崎 啓一（みやざき けいいち）  
西松建設株式会社  
技術研究所  
土木技術研究課  
課長



平岡 博明（ひらおか ひろあき）  
西松建設株式会社  
技術研究所  
土木技術研究課  
係長



酒井 幸雄（さかい ゆきお）  
基礎地盤コンサルタント株式会社  
営業本部  
次長

# 部 会 報 告

## トンネル拡幅・補修用機械の現状

### 機械部会トンネル機械技術委員会廃棄物処理分科会

#### 1. はじめに

機械部会トンネル機械施工技術委員会の廃棄物処理分科会では、部会の基本方針に沿って、トンネル拡幅・補修用機械の現状を把握する目的から、協会会員に拡幅・補修の技術提供をお願いして、現状を調査してきた。

本報告書は、これらの提供された技術をもとに、整理、分析して取りまとめたものである。

#### (1) 目 的

近年の運行車両の大型化、既設トンネル覆工の剥落などを受けて、当委員会では拡幅と補修に関する動向調査を実施した。これにより、トンネルの拡幅、補修（リニューアル）技術の実態とその機械化の動向を把握することを目的とした。

#### 2. 調査方法および内容

調査にあたっては、当協会に所属する会員各社よりトンネルの拡幅、補修に関する保有技術、施工機械などのパンフレット、技術資料、公開資料の提供による。

- ・調査時期：平成 13 年 10 月
- ・調査先：協会会員会社 51 社
- ・調査対象：診断、拡幅、補修・補強技術
- ・調査方法：上記、対象技術に対する資料請求

#### 3. 調査結果

##### (1) トンネルのリニューアル技術

トンネルのリニューアル技術を、その使用目的から、図-1 に示すとおり大別して、その動向を分析することとした。今回の調査に対する回収状況としては、会員各社の協力の下、53% の回答率であった。その多くは、調査内容の関係のためか、ゼネコンからの回答が大半を占め、メーカーからのものは少なかった。

その内容を、図-1 に示す技術区分により分類すると、表-1、図-2 に示すような結果である。

今回の調査結果から、トンネルのリニューアル技術と

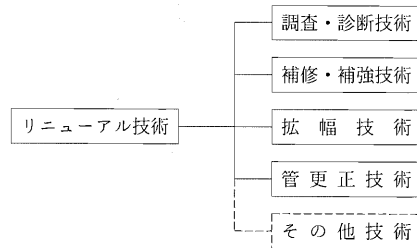


図-1 リニューアル技術の分類

表-1 リニューアル技術

技術区分	件 数
診断・調査技術	14 件
拡 幅 技 術	17 件
補修・補強技術	30 件

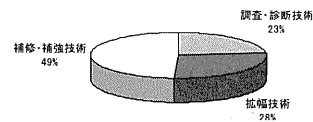


図-2 リニューアル技術の区分

しては補修・補強技術が約半数を占め、各社が補修・補強技術にリニューアル化戦略の中心を置いているのが判る。以下、個々の技術別によるその動向を探る。

#### (2) 調査・診断技術

調査・診断技術を、その使用目的により図-3のように分類した。

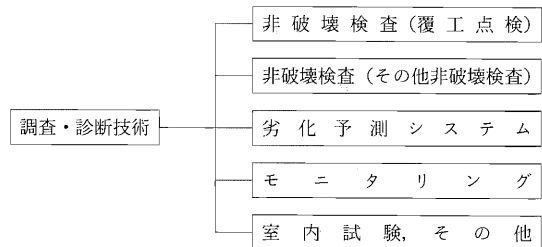


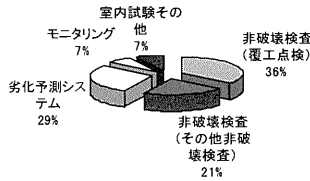
図-3 調査・診断技術の分類

次に、この結果を表-2、図-4 に示す。  
この技術は、光学的な専門技術によって構成される調



表—2 調査・診断技術

技術区分	件数
非破壊検査（覆工点検）	5件
非破壊検査（その他）	3件
劣化予測システム	4件
モニタリング	1件
室内試験	1件

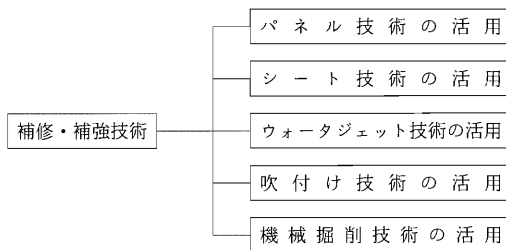


図—4 調査・診断技術の実態

査手段が技術として用いられている場合が多いので、専門メーカーによって開発された単体の固有技術を組合わせて、一連のシステムを構築しているものがほとんどである。図—4の結果からも判るように、既設トンネルの覆工面を非破壊で検査するものが、首位を占めているが、調査、その結果を診断する技術は完全に完成されていない現状にある。また、30%近くは、劣化の進行状態を判定するような技術開発が行われている。本技術の機械化の現状は、技術によっては完全にシステム化が成され専用車によって、調査可能としているものがあるが、要素技術だけに留まっているものもあり、今後さらなる技術開発が展開されると考える（詳細資料省略）。

### （3）補修・補強技術

補修・補強技術は活用技術により図—5に示すように分類した。



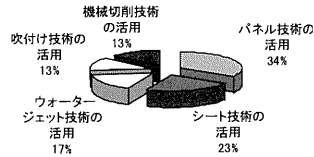
図—5 補修・補強技術の分類

次に、この結果を表—3および図—6に示す。

補修・補強技術では、パネル技術とシート技術によるものが、その主流を占めている。パネル技術については、一般機械の組合せにより対応している現状である。パネル取付けにあたって、専用機を開発しているものも一部見受けられる。シート技術については、各社、その使用目的に合わせた形態で新素材を活用し、大半は一般機械の組合せにより対応している。また、人力によるところも大きいのが現状である。

表—3 補修・補強技術

技術区分	件数
パネル技術の活用	10件
シート技術の活用	7件
ウォータージェット技術の活用	5件
吹付け技術の活用	4件
機械掘削技術の活用	4件



図—6 補修・補強技術の現状

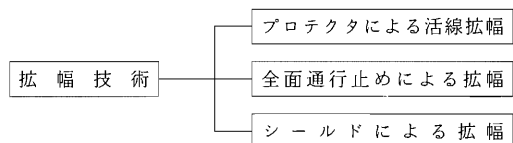
次に、補修の前段階で用いる切削・切断技術としては、ウォータージェット、機械切削のものがある。ここで、ウォータージェット技術については、各社、目的に合わせてノズル形状を改良し、一般機械との組合せにより対応しているのが現状である。一方、機械切削技術については、用途目的に合わせる形態で専用機を開発・システム化し、運用している実例もある。

最後に、吹付け技術については、吹付け機械を部分的に改良して活用しているものが多く、基本的には一般機械の組合せによって対応している（詳細資料省略）。

### （4）拡幅技術

拡幅技術については、工法、技術、手段等によって構成されているため、技術全体を統一的に分類するためには種々の分類法があるが、今回の調査においては、車両の運行を阻害しないで行われる活線拡幅か否かを主眼に分類し、図—7に示すとおりとした。

拡幅の現状は、その主流はプロテクタも使用した活線拡幅が大半を占め、プロテクタの中には、既設交通に影響を与えないように隔壁を設けたもの、あるいは、昇降機構を設けたものもある。拡幅そのものは、従来技術によるため、発破掘削あるいは機械掘削と一般機械を地山に合わせ、組合せ使用している現状である（詳細資料省略）。



図—7 拡幅技術の分類

表—4 拡幅技術

技術区分	件数
プロテクタによる活線拡幅	9件
全面通行止めによる拡幅	4件
シールドによる拡幅	4件

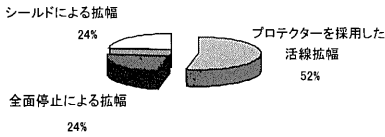


図-8 拡幅技術の現状

(5) 管更正技術

今回、トンネルのリニューアル技術として調査したが、都市トンネル、特に下水道関連のリニューアル技術である管更正技術が調査結果では現れなかったため、別途、公開されている資料に基づき、追跡調査を実施し独自に取りまとめた。

管更正技術については、今回の調査内容としては、最もシステム化が進んでいる分野である。その大半のものが、地上部より遠隔操作により無人化施工できるような専用機が開発されている。また、車載型としてシステム化されている特徴がある。

更正技術は、長い袋状のものを既設管渠に反転注入して硬化させ更正する反転工法と内巻きなどにより樹脂製の管を既設管の内側に形成する形成工法が主流である。これらの技術は、部分補修としても活用され、さらには、取付け管部分にも活用されている。

この分野は、システム化および施工事例も最も進んで

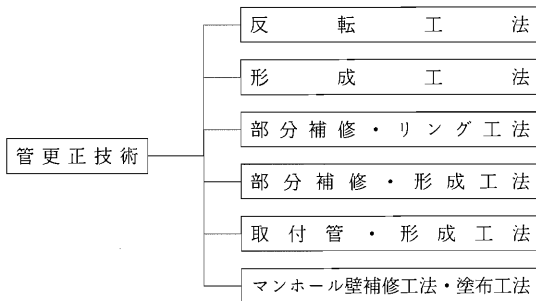


図-9 管更正技術の分類

表-5 管更正技術

技術区分	件数
反転工法	4件
形成工法	3件
部分補修・リング工法	1件
部分補修・形成工法	4件
取付け管・形成工法	5件
マンホール壁補修工法・塗布工法	2件

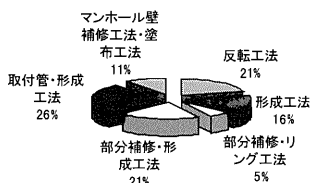


図-10 管更正技術の現状

いる領域である（詳細資料省略）。

4. まとめ

山岳トンネルを中心とするリニューアル技術については、その実態を把握する調査・診断技術分野では、既設覆工を非破壊で検査する技術が主流となっている。既に、一連の検査機器を車載し、自走しながら連続的に計測し判定するシステムもあり、実績をあげている。

次に、補修・補強技術については、近年の覆工の剥落事故を受ける形で、ゼネコン各社が独自性を打ち出しながら、現在、もっとも取組みが進められている分野である。しかし、その施工規模の割には、一般機械の組合せにより対処しており、人手を介する作業も多く、専用機の開発はいま一步なされていない。今後の、インフラストラクチャ整備は維持管理技術に移行する中で、システム化が推し進められるものと考えられる。

一方、既設トンネルを拡幅して、その輸送量の拡大を図る拡幅技術については、運用中の道路トンネルを対象としたものが多く、既設交通に影響を与える事なく、同時併行作業で拡幅を行う活線拡幅が主流となっている。このため、既設交通空間を確保するためプロテクタを用いる事例が大半を占めている。そして、拡幅そのものは、既存のトンネル技術を用いるため、トンネル機械の組合せで対応している現状である。

更に、トンネルのリニューアル化に関する実態調査では、機械化あるいはシステム化の側面からは、下水道分野にて実施されている管更正技術が最も進化している。

以上、今回の調査では、実施例を含めた形態での調査であり、ゼネコン各社からの資料提供がほとんどであった。しかしながら、全体的な動向としては、補修・補強に関するものが約半数を占め、今後、機械化に向けて大きく動いて行くものと思われる。

最後に、今回の調査にあたり、業務多忙中、ご協力頂きました会員各社に、誌面をお借りしてお礼申し上げ、動向調査報告といたします。

JICMA

トンネル機械技術委員会廃棄物処理分科会  
(トンネル拡幅・補修用機械調査グループ)

- 森田 芳樹 (株)奥村組東京支社機械部 (分科会長)
- 斉藤 雅春 鉄建建設(株)技術研究所 (グループリーダー)
- 結城 邦之 (株)荏原製作所風水力営業第一部
- 波多腰 明 三菱重工業(株)神戸造船所建設機械部
- 鈴木 悦雄 三井造船(株)産業機械営業部
- 大西 常康 (株)竹中土木工事本部機材部

詳細問合せ先：本調査報告書の全文入手を希望される方は、当協会宛ご連絡下さい。

Tel. 03(3433)1501 ; Fax. 03(3432)0289.

# 新工法紹介 広報部会

02-115	地下水流動保全工法 「スルーパス工法」	飛鳥建設
--------	------------------------	------

## 概要

長大構造物を開削にて構築する時、土留め壁は地盤の崩壊防止と地下水の遮水のため、構造物より深くまで築造（根入れ）される。その結果、地下水流が遮断され構造物の上下流には様々な影響が躯体構築後も長期にわたって続く。スルーパス工法は、上流側の地下水を集水し下流側へ通水して、地下水流の自然な復旧を促す目的で開発された山留め壁工法であり、電食技術「EW工法」の応用技術である。

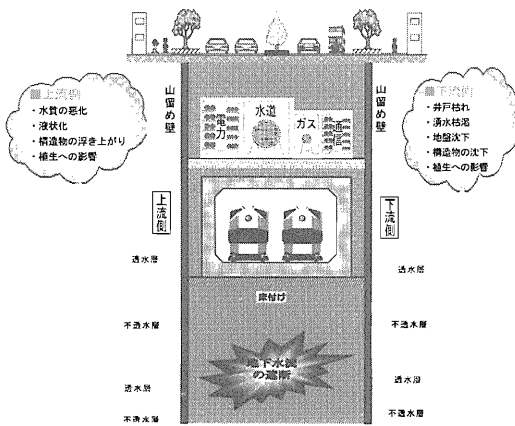


図-1 地下水遮断による影響

## 特長

スルーパス工法には次のような特長が有る。

- ① 大深度に適用可能  
床付けが深における地下水流の保全が可能である。
- ② 透水層ごとに独立通水が可能  
従来工法では、困難な透水層ごとの独立通水が可能である。
- ③ 各種の山留め壁に適用可能  
鋼矢板、鋼管矢板、SMW壁、RC地下連続壁等に適用が可能である。
- ④ 大きな通水区間を確保  
電食技術にて山留め壁芯材を溶解するため、大きな通水面積が確保できる。
- ⑤ 管理が容易  
通水状況の把握や保守管理が容易で、通水部の目詰まりも対処が可能である。

## 原理

土留め壁杭芯材を建込み直後、通水孔を押し出し地山ま

で貫通させる。躯体構築中あるいは構築後任意の時期に通水孔先端を電食技術により溶解することで上下流の通水を可能とする。

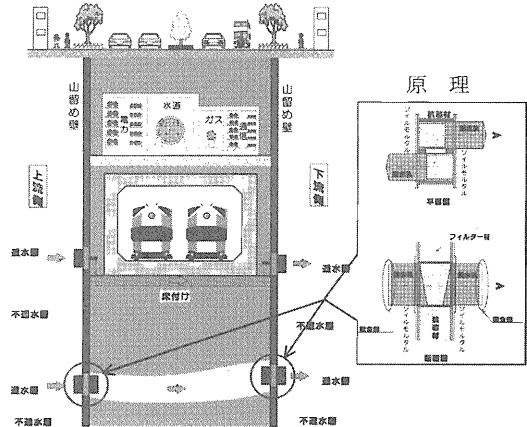


図-2 スルーパス工法

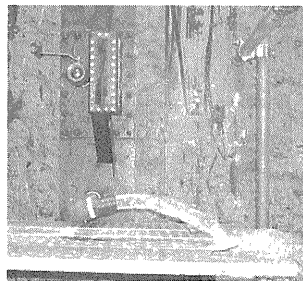


写真-2 通水状況



写真-1 スルーパス杭芯材建込み状況

## 実証施工

実証試験用スルーパス杭芯材建込み状況を写真-1に、通水状況を写真-2に示す。

## 参考資料

・地下水地盤環境に関する研究協議会地下水流動保全工法に関する研究委員会：「地下水流動保全工法」2002.6

## 問合せ先

飛鳥建設(株)機電統轄部

〒102-8332 東京都千代田区三番町2番地

Tel : 03 (3288) 6538

Fax : 03 (3234) 3116

E-mail : Tsunematsu Mukaidani

@Tobishima.co.jp

04-250	<b>NT-Explorer</b> 切羽前方探査システム	西松建設 戸田建設
--------	----------------------------------	--------------

▶概要

山岳トンネル工事では、断層破砕帯や地下水などの工事の支障となる地山性状を精度良く予知することが要求される。しかし現状では、事前調査の結果だけでは不十分な場合が多く、施工時に坑内からより精密な探査を行って地山の脆弱層を再確認する手法が一般的になっている。NT-Explorerは、異なる手法の探査（電磁探査、反射法地震探査、穿孔探査）から構成された切羽前方探査システムであり、各々の探査を効果的に組み合わせることで探査の適用性、精度の向上を実現した。

▶特長

① 広範囲な地山性状に対する適用性がある

探査の得意とする地山性状が、電磁探査（TDEM）、反射法地震探査（TSP 203）、穿孔探査（DRISS）のそれぞれで多少異なることを活用し、ある方法の弱点が他の方法で補完されるような組み合わせで探査を実施する。これにより、各々の探査を単独で行う場合と比較して探査システムの適用範囲が拡大した。

② 探査結果の定量的評価

複数の探査から異なる種類の地山定数が得られるので、信頼性の高い地山判定が可能である。探査結果と実績の関係を整理して、補助工法の実施や支保パターンの選定

などを判断することができる。

③ 施工サイクルへの影響が少ない

システムを構成する探査のうち、電磁探査は地表から行うため施工サイクルに影響を与えない。また、反射法地震探査と穿孔探査は坑内で実施するが、どちらも施工サイクルに支障をきたす時間が半日未満と短縮されており、施工サイクルへの影響は少ない。

④ 実施コストの低減

必要な探査を必要な場所への確に適用するので、不必要な探査の実施によるコスト増大が抑制される。

▶用途

- ・山岳トンネルにおける切羽前方地山性状の予測

▶実績

- ・巖原トンネル（一般国道382号、長崎県）
- ・小鳥トンネル（高山清見道路、国土交通省）
- ・タニイソトンネル（一般国道336号、北海道開発局）

▶工業所有権

- ・なし（切羽前方探査システム）

▶問合せ先

西松建設(株)技術研究所土木技術研究課

〒242-8520 神奈川県大和市下鶴間 2570-4

Tel : 046 (275) 0055

戸田建設(株)本社土木工事技術部

〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 新八重洲ビル

Tel : 03 (3535) 1614

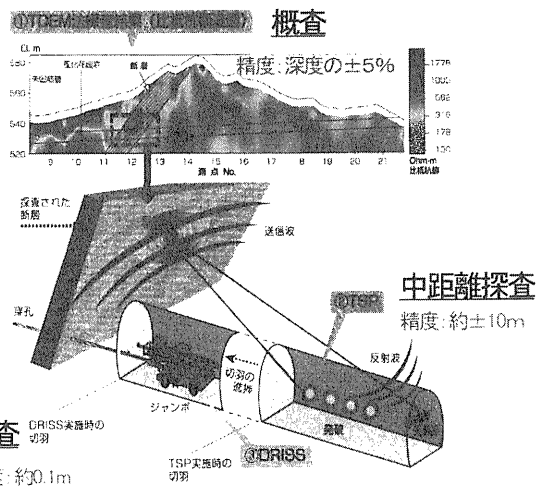
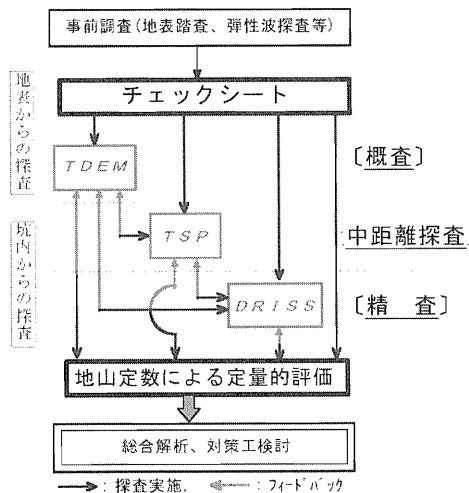


図-1 NT-Explorer の概要と実施イメージ

# 新機種紹介 広報部会

## ▶ <01> ブルドーザおよびスクレーバ

02-〈01〉-03	新キャタピラー三菱 (米)キャタピラー社製 ブルドーザ (リップ付き) CAT D 10 R	'02.10 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

大規模工事で使用される大形ブルドーザについて、作業性、居住性、サービス性などの向上と環境保全対応を図ってモデルチェンジしたものである。エンジンには、油圧と電磁バルブで燃料噴射のタイミングや量・時間を電子制御する燃料噴射制御システム HEUI (Hydraulic Electronic Unit Injection) や、空冷式アフタークーラとツインターボチャージャーを採用して、出力アップと日米の排出ガス対策 2 次規制クリアを実現した。ブレードは車体に引寄せた構造で押付け力などを有効にし、前方視界も良好にした。ステアリング、変速、前後進の切替え操作はフィンガーコントロールとしており、負荷に応じて速度段を自動的に変えるオートダウンシフト機能や前後進の切替えだけで前進 1 速から後進 2 速へ自動シフトするクイックシフト機能を採用している。作業機の操作系では、作業に適したブレードピッチ角をあらかじめ設定できるオートブレードアシスト機能や、自動でリップを最高位置まで上昇させる最高位置セット機能を備えている。稼働情報管理システムを搭載しており、異常警告や診断データの提供が可能である。

表-1 D 10 R の主な仕様

運転質量 (リップ、キャブ、ROPS 付き) (t)	68.05
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	433(589)/1,800
ブレード幅×同高さ (m)	4.86×2.12
ブレードチルト量 (m)	1.44
リップ最大掘削深さ (マルチジャンク) (m)	0.875
最高走行速度 $V_3/R_3$ (km/h)	12.5/15.6
接地圧 (kPa)	141
最低地上高 (m)	0.615
全長×全幅×全高 (m)	9.215×4.86×4.54
価格 (百万円)	92

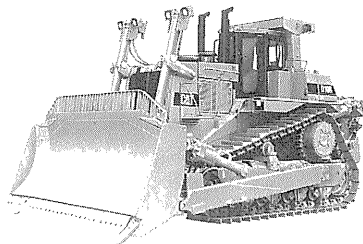


写真-1 CAT D 10 R ブルドーザ (リップ付き)

## ▶ <02> 掘削機械

02-〈02〉-17	コマツ 油圧ショベル (後方超小旋回形) 「GALEO」 PC 128 US <sub>2</sub> ほか	'02.09 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

狭い現場における管工事はもとより一般土木工事、解体工事 (解体仕様を PC 138 US<sub>2</sub> に設定) に幅広く使用される 2 機種である。日・米・欧の排出ガス対策 2 次規制適合のエンジンを搭載し、作業優先モード、燃費優先モード、ブレーカモードを設定して、環境対応と低燃費作業性を実現した。冷却用ファンには風切り音を下げる斜軸流ファンを採用しており、国土交通省の低騒音型基準値もクリアしている。PC 128 US<sub>2</sub> と PC 138 US<sub>2</sub> の比較では、後端旋回半径など主要寸法はほとんど変わらないが、PC 138 US<sub>2</sub> は機械質量当り最大けん引力を 8% アップしており、クローラには強化形リンクを採用して耐久性を向上している。両機とも稼働管理システム (KOMTRAX) を装備しており、稼働状況、稼働位置、機械状態などを的確に把握し遠隔管理することが可能である。そのほか、長時間の連続運転を可能とする燃料タ

表-2 PC 128 US<sub>2</sub> ほかの主な仕様

	PC 128 US <sub>2</sub>	PC 138 US <sub>2</sub>
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	0.45	0.5
機械質量 (t)	12.95	13.4
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	66.2(90)/2,200	66.2(90)/2,200
最大掘削深さ×同半径 (m)	5.405×8.23	5.48×8.3
最大掘削高さ (m)	9.26	9.34
最大掘削力 (バケット) (kN)	93	93
作業機最小旋回半径 / 後端旋回半径 (m)	1.98/1.48	1.98/1.48
走行速度 高速/低速 (km/h)	5.1/3.2	4.7/2.9
登坂能力 (度)	35	35
接地圧 (kPa)	42.2	43.2
全長×全幅×全高 (m)	7.22×2.515×2.85	7.22×2.515×2.85
価格 (百万円)	19.8	20.6

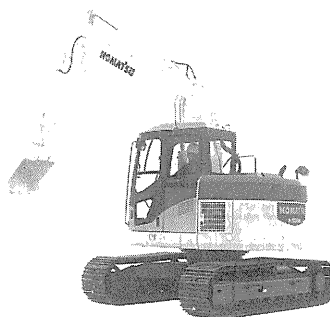


写真-2 コマツ「GALEO」PC 138 US<sub>2</sub>  
油圧ショベル (後方超小旋回形)

## 新機種紹介

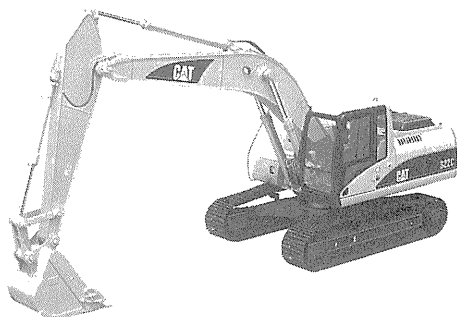
ンク (200 l) の搭載, オペレータ耳元騒音 72 dB(A) の大容量ラウンド形キャブの搭載, 作動油エレメント交換 500 h, 作動油交換 5,000 h に交換間隔を延長, キャブ天井内装材にケナフ材 (天然繊維) を採用, ラジエータ, オイルクーラ, アフタクーラの並列配置など居住性, メンテナンス性, 環境適応性を考慮した性能向上が図られている。

02-(02)-18	新キャタピラー三菱 油圧ショベル CAT 322 C/322 CL	'02.10 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

生産性, 居住性, 安全性, メンテナンス性などの向上と環境保全対応を図ってモデルチェンジしたものである。国土交通省, EPA (米国環境保護局), EU (欧州連合指令) の排出ガス対策 2 次基準値をクリアした高出力エンジンの搭載により, 旋回トルクやけん引力のアップと, 装着したアタッチメントに合わせて 5 種類の油量設定が可能な油圧システムを実現した。油圧回路においてはまた, 作業機レバーの動きに応じてブーム上げと旋回の優先度を自動的に制御するスマートワークシステムを採用

表一三 322 C [322 CL] の主な仕様

標準バケット容量	(m <sup>3</sup> )	1.0 [1.1]
運転質量	(t)	23.2 [23.9]
定格出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	123(167)/1,800
最大掘削深さ×同半径	(m)	6.71×10.17
最大掘削高さ	(m)	9.68
最大掘削力 (バケット)	(kN)	167
作業機最小旋回半径/後端旋回半径	(m)	3.7/2.97
走行速度 高速/低速	(km/h)	5.5/3.4
登坂能力	(度)	35
接地圧	(kPa)	51 [47]
全長×全幅×全高	(m)	10.01×2.99×3.12 (10.01×3.19×3.12)
価 格	(百万円)	33.5 [35.15]



写真一三 CAT 322 C 「REGA」油圧ショベル

しており, 作業モード切替え操作を不要としている。旋回体フレームを I 型断面構造として耐久性を向上し, 足回りにはグリス封入潤滑式トラックリンクを採用して, 摩耗寿命延長と走行騒音の低減を実現した。大容量燃料タンク (500 l) の搭載, ラジエータの清掃を容易にするオイルクーラの別置き, 電動式燃料プライミングポンプの採用, 作動油交換間隔を 5,000 h に延長するなどメンテナンス性を向上した。さらに, 加圧密閉式のキャブには労働安全衛生法の規格をクリアするヘッドガードの直付けを可能として安全性に配慮した。国土交通省の低騒音型に指定されており, ワンタッチローアイドル機構でエネ革税制にも適合する。

02-(02)-19	ヤンマー 小型油圧ショベル (超小旋回形)	B 2 <sub>s</sub> '02.08 発売 新機種
------------	-----------------------------	--------------------------------------

狭所作業性, 狭所進入性と環境保全適合を考慮して開発された小型油圧ショベルである。作業機はブーム・アー

表一四 B 2<sub>s</sub> の主な仕様

標準バケット容量	(m <sup>3</sup> )	0.066
機械質量	(t)	1.98
定格出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	14.3(19.5)/2,400
最大掘削深さ×同半径	(m)	2.27×4.05
最大掘削高さ	(m)	4.7
バケットオフセット量 左/右	(m)	0.71/0.315
最大掘削力 (バケット)	(kN)	18.6
作業機最小旋回半径/後端旋回半径	(m)	0.79/0.69
走行速度 高速/低速	(km/h)	4.4/2.2
最低地上高	(m)	0.28
接地圧	(kPa)	24.7
全長×全幅×全高	(m)	3.65×1.38×2.28
価 格	(百万円)	5.75



写真一四 ヤンマー「B 2s」B 2<sub>s</sub> 小型油圧ショベル (超小旋回型)

## 新機種紹介

ム4本で構成されており、左オフセット姿勢でも深掘り作業が可能で、また、小さな半径での旋回が可能である。バケットの動きによるキャブとの干渉防止機構はメカニカルとしており、信頼性を高めている。軽自動車の現行規格幅よりも全幅は小さく、キャノピルーフは脱着が簡単にできるので低いゲートなどの進入が容易である。クローラはトラック内側へオフセットして装着しており、トラックフレームは山形形状として土はけを良くしている。エンジンは、国土交通省、EPA（米国環境保護局）、EU（欧州連合指令）の排出ガス対策2次基準値をクリアしたものを搭載しており、騒音も国土交通省の超低騒音型基準値をクリアして環境に配慮している。

### ▶ <03> 積込機械

02-〈03〉-07	日本ボルボ (スウェーデン Volvo 社製) ホイールローダ L35 B ほか	'02.04 発売 輸入新機種
------------	--	--------------------

60種類以上のアタッチメントの選択装着が可能な油圧式クイックカップラや油圧余備ポートの装備による汎用性、稼働情報管理機能（電子サービス情報システム（ESIS）の搭載）による的確な作業性、エアコン標準装備のROPS/FOPSキャブ搭載による快適で安全重視の居住性、エンジン横置きレイアウトと大きく開くエンジンフードの採用によるメンテナンス性など、生産性向上に配慮された新機種である。エンジンは国土交通省の排出ガス対策基準値をクリアしており、L40 B、L45 Bのラジェータファンは油圧モータ駆動として騒音低減にも考慮している。走行はHST駆動としており、前後進切

表一 L35 B ほかの主な仕様

	L35 B	L40 B	L45 B
標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )	1.0	1.3	1.4
運転質量 (t)	6.24	7.93	8.45
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	52(71)/2,500	63(86)/2,100	73(99)/2,100
ダンピングクリアランス ×同リーチ (m)	2.47×0.855	2.745×0.825	2.72×0.935
最大掘起力 (バケット シリンダ) (kN)	45	56	62
最高走行速度 前/後 (km/h)	30/30	35/35	35/35
最小回転半径 (最外輪中心) (m)	3.96	4.44	4.52
登坂能力 (度)	30	30	30
軸距×輪距 (前後輪とも) (m)	2.15×1.532	2.4×1.76	2.45×1.76
最低地上高 (m)	0.445	0.415	0.410
タイヤサイズ (—)	405/70 R 20	15.5 R 25	17.5 R 25
全長×全幅×全高 (m)	5.48×2×2.715	5.895×2.25×2.93	6.1×2.25×2.99
価格 (百万円)	8.8	10.2	12.0



写真一 日本ボルボ L45 B ホイールローダ

替えレバーのほかに作業用レバーにも切替えスイッチを設けて持換えなしの操作ができるようにしている。前後アクスルは、油圧・機械式のデフロック機構を装備しており、不整地や軟弱地での走行を確実にしている。そのほか、エンジンとトランスミッションの作動をロックして車両の盗難を防止する装置がESISにオプションで組み込めるようになっている。

### ▶ <04> 運搬機械

02-〈04〉-08	コマツ 重ダンブトラック 「GALEO」HD 465 <sub>7</sub> /HD 605 <sub>7</sub>	'02.09 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

生産性、居住性、安全性、メンテナンス性などの向上と環境保全対応を図ってモデルチェンジしたものである。HD 605<sub>7</sub>は、HD 465<sub>7</sub>の性能、構造に加えてボディの強化と大容量化、タイヤのグレードアップなどにより碎石仕様としたもので、ボディにはさらに、超硬耐磨耗鋼板を使用して耐久性を向上している。エンジンは国土交通省、EPA（米国環境保護局）の排出ガス対策2次基準値をクリアしており、高負荷作業でハイパワーモード

表一 HD 465<sub>7</sub>/HD 605<sub>7</sub>の主な仕様

	HD 465 <sub>7</sub>	HD 605 <sub>7</sub>
最大積載質量/山積容量 (t)/(m <sup>3</sup> )	46/34.2	63/40
車両総質量 (t)	89.775	109.875
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	533(725)/2,000	533(725)/2,000
荷台上縁高さ (m)	3.6	3.86
最高走行速度 (km/h)	70	70
登坂能力 (度)	22	22
最小回転半径 (m)	8.5	8.5
最低地上高 (m)	0.645	0.645
輪距 (前/後)×軸距 (m)	3.515/3.08×4.3	3.515/3.08×4.3
タイヤサイズ (—)	24.00-35-36 PR	24.00 R 35
全長×全幅×全高 (m)	9.355×4.595×4.4	9.355×4.595×4.4
価格 (百万円)	81.5	83.8

新機種紹介



写真-6 コマツ「GALEO」HD 465重ダンプトラック

を、軽負荷作業でエコノミモードを選択できる。設定した一定車速で降坂できるオート・リタード・スピード・コントロールを標準装備し、エンジンとトランスミッションの回転数を合わせる連動制御や最適な速度段に直接シフトするスキップシフトを採用した電子制御トランスミッションを搭載している。レスポンスの良い全油圧式ブレーキシステム、メンテナンスフリーのアクスル内蔵パーキングブレーキ、ビスカスマウントのROPS/FOPS内蔵型キャブ、エマージェンシブレーキとエマージェンシステアリングなどの装備により安全性が確保されている。さらに稼働状況や主要コンポーネントの作動状態をリアルタイムに管理するVHMS (Vehicle Health Monitoring System) と故障診断機能を装備したモニタとの組み合わせで効率的なメンテナンスを実現している。HD 465には、輸送性に有利なCS (Civil Special) 仕様車が設けられている。

▶ <12> モータグレーダ、路盤機械および締固め機械

02-12)-03	川崎重工業	'02.09 発売 モデルチェンジ
	振動ローラ KV 3 SB ほか	

転圧性能、居住性、操作性などの向上と環境保全対応を図ってモデルチェンジした前後輪・HST 駆動のKV 3 SB (タンデム型) とKV 3 WB (コンバインド型) である。材料の押出しが少ない大径ドラムを使用しており、振動は走行レバーを高速域に入れると自動的に停止する機構を採用している。KV 3 WB においてはワイドタイヤを装着しており、ステアリング走行時の引きずりを防止するため、左右2輪ずつを独立のホイールモータで駆動する方式を採用している。両機における性能は共通化しており、転圧作業時におけるレバー操作量に対する速

度変化は小さく、高速走行時におけるレバー操作量に対する速度変化は大きくして操作感覚を良くしている。フロント部分はノーズダウン形状によって視界を確保し、欧州基準の1m×1m視界をクリアしている。防錆に配慮した樹脂製散水タンクや真鍮製パイプと継手の使用、後輪タイヤ脱着の容易化、フルオープンエンジンのフードなどによりメンテナンス性を向上している。国土交通省の超低騒音基準値、排出ガス対策2次基準値をクリアしており、環境保全に配慮している。

表-7 KV 3 SB ほかの主な仕様

	KV 3 SB タンデム型	KV 3 WB コンバインド型
運転質量 (t)	2.90	2.53
前輪荷重/後輪荷重 (t)	1.45/1.45	1.45/1.08
締固め幅 (m)	1.2	1.2
起振力 前輪/後輪 (kN)	22.5/22.5	22.5/—
振動数 (Hz)	60	60
前輪径×同幅×軸距 (m)	0.7×1.2×1.95	0.7×1.2×1.95
後輪タイヤサイズ (—)	0.7×1.2 (鉄輪)	9.5/65-15-6 PR×4 本
定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	20.8(28.3)/2,400	20.8(28.3)/2,400
走行速度 (km/h)	0~12	0~12
登坂能力 (度)	25	25
最小回転半径 (m)	4.0	4.0
散水タンク容量 (l)	200	200
全長×全幅×全高 (m)	2.65×1.29×1.835	2.65×1.29×1.835
価格 (百万円)	6.1	6.0

(注) KV 3 WB はワイドタイヤ付きを示す。

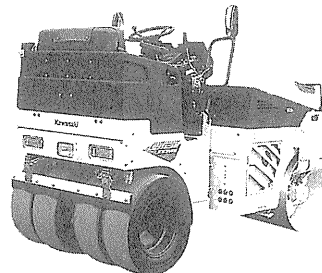
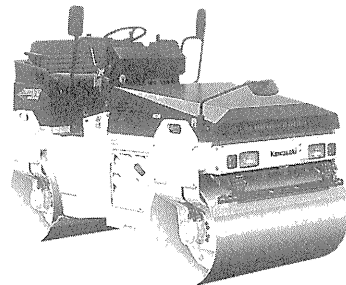


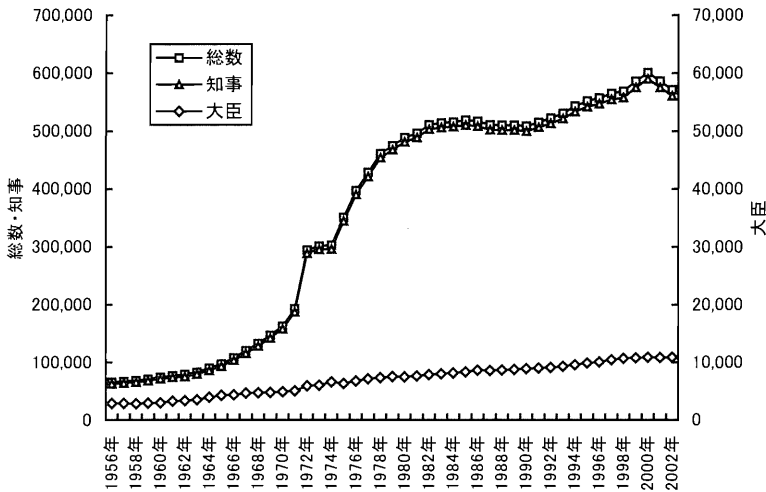
写真-7 川崎重工業「AUTHENT」KV 3 SB (タンデム型) (上) とKV 3 WB (コンバインド型・ワイドタイヤ) (下) 振動ローラ



## 建設産業の現状

### 1. 全国許可業者数の推移

建設業法に基づき建設業の許可を受けている業者数は、平成14年3月末現在で大臣許可が10,909業者（前年同月比0.3%増）、知事許可が560,479業者（2.5%減）、総数で571,388業者（2.5%減）となり、昨年11年振りに減少に転じたのに続き2年連続の減少となった（図—1参照）。

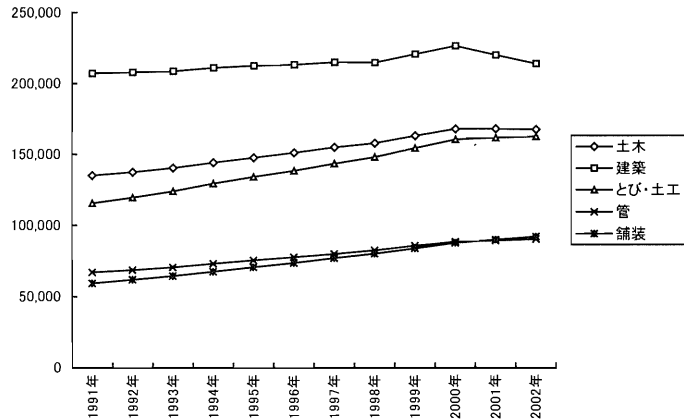


図—1 全国許可業者数  
資料出所：国土交通省

### 2. 業種別許可業者数の推移

各業種別許可の総数は1,411,883業者で前年同月比0.7%増となった。また、業種別許可業者数で28業種中の上位5業種は土木、建築、とび・土工、管、舗装であった。

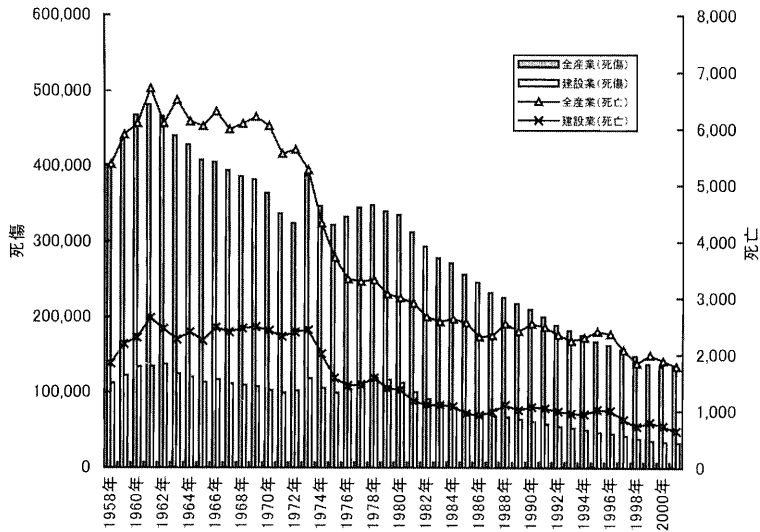
このうち、建築工事業が前年に対し-2.8%減、土木工事業が-0.3%の減となったのに対し、とび・土工、管、舗装工事業は各々0.7%、1.0%、2.2%の増となった（図—2参照）。



図—2 業種別許可業者数  
資料出所：国土交通省

### 3. 死傷者及び死亡者数の推移

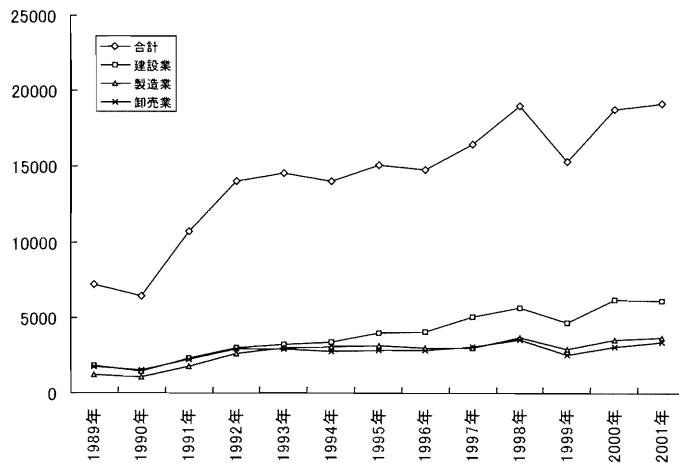
死傷者数及び死亡者数共に全産業、建設業において2000年同月集計に続き減少している（図—3参照）。



図—3 死傷者及び死亡者数の推移  
資料出所：建設業労働災害防止協会

### 4. 産業別倒産件数の推移

2001年は全産業の年間倒産件数が19,164件あり、建設業は6,154件で2000年に対し0.9%減となったが、産業別構成比の32.1%となり、3年連続して年間倒産の3割を占めた（図—4参照）。



図—4 産業別倒産件数の推移  
資料出所：東京商工リサーチ

# 統計

## 5. 産業・男女別就業者数の推移

就業者総数及び建設業総数共に減少傾向にある。また、建設業の男女別も同様に減少傾向にある（図-5 参照）。

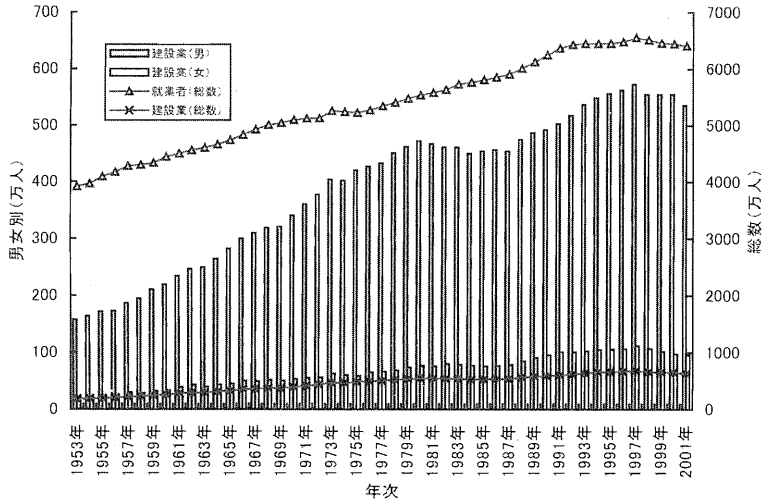


図-5 産業・男女別就業者数の推移  
資料出所：総務省

## 6. 主要建設会社決算分析（連結版）

### (1) 売上高

大手のみ微増で、他はすべて減少している（図-6 参照）。本分析では主要建設会社 48 社を表-1 のように分類した。

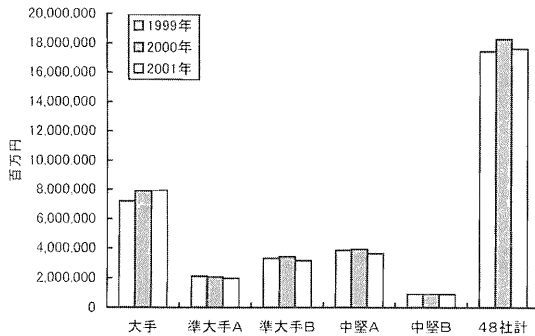


図-6 主要建設会社決算分析  
資料出所：建設経済研究所

表-1

分類	単独売上基準 (4年間平均)	社数
大手	1兆円超	5社
準大手A	3千億円超	4社
準大手B	3千億円超 (金融支援)	7社
中堅A	1千億円超	19社
中堅B	1千億円以下	13社

1998年から2001年までの4年間の平均

(2) 売上高利益率

すべてのグループで利益率は年々悪化してきている (図-7 参照)。

(3) 販管費

すべてのグループで前年と同じかもしくは多少減少している (図-8 参照)。

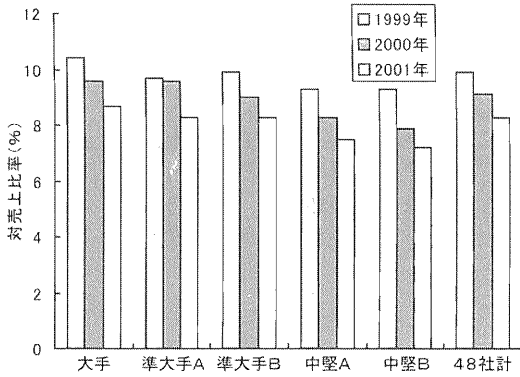


図-7 売上高利益率  
資料出所：建設経済研究所

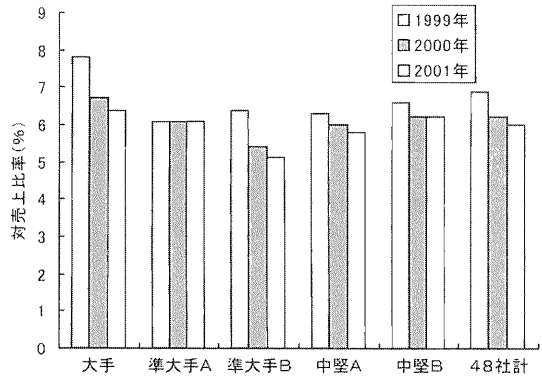


図-8 販管費  
資料出所：建設経済研究所

(4) 営業利益・経常利益

大手, 準大手 A・B 共に 2000 年度には増加したが 2001 年度には減少している (図-9, 図-10 参照)。

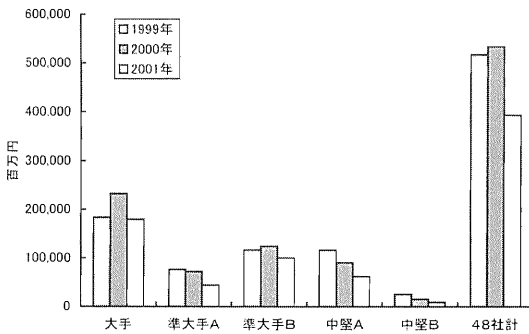


図-9 営業利益  
資料出所：建設経済研究所

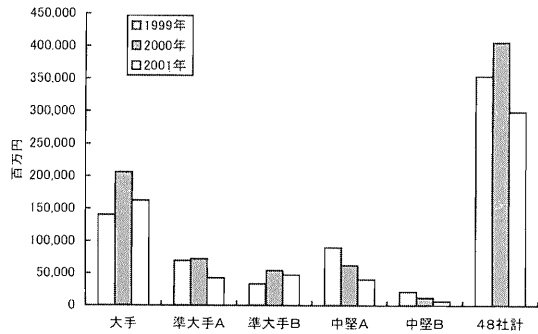


図-10 経常利益  
資料出所：建設経済研究所

(5) 当期純利益

各グループとも, 多額の特別損失を計上した結果マイナスの当期純利益となっている (図-11 参照)。

(6) 特別損失

各グループとも減少しているが, 大手のみ増加している (図-12 参照)。

# 統計

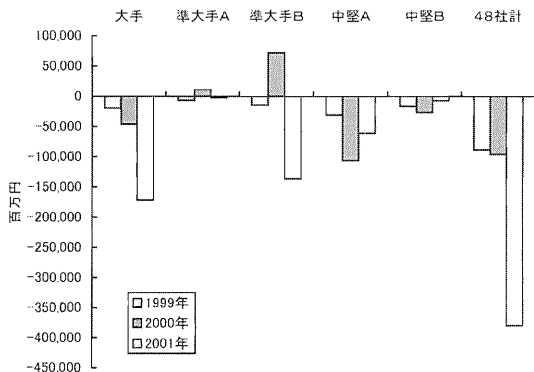


図-11 当期純利益

資料出所：建設経済研究所

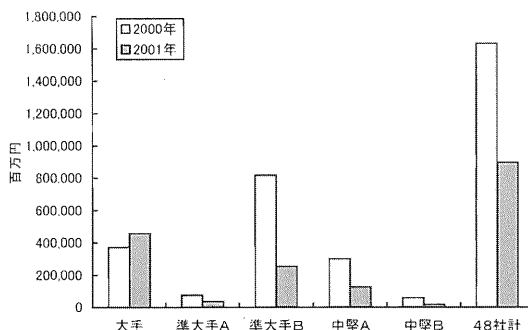


図-12 特別損失

資料出所：建設経済研究所

// 大幅改訂 //

## 建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック

「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」(環境庁告示)が平成8年度に改正され、平成11年6月からは環境影響評価法が施工されている。環境騒音については、その評価手法に等価騒音レベルが採用されることになった等、騒音振動に関する法制度・基準が大幅に変更されている。さらに、建設機械の低騒音化・低振動化技術の進展も著しく、建設工事に伴う騒音振動等に関する周辺環境が大きく変わってきている。建設工事における環境の保全と、円滑な工事の施工が図られることを念頭に各界の専門家委員の方々により編纂し出版した。本書は環境問題に携わる建設技術者にとっては必携の書です。

### ■掲載内容：

- 総論 (建設工事と公害、現行法令、調査・予測と対策の基本、現地調査)
- 各論 (土木、コンクリート工、シールド・推進工、運搬工、舗装工、地盤処理工、岩石掘削工、鋼構造物工、仮設工、基礎工、構造物とりこわし工、定置機械(空気圧縮機、動発電機)、土留工、トンネル工)
- 付録 低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程、建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法、建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法の解説、環境騒音の表示・測定方法(JIS Z 8731)、振動レベル測定方法(JIS Z 8735)

■体 裁：B5判、約340頁、表紙上製

■定 価：会 員 5,880円(本体5,600円) 送料 600円

非会員 6,300円(本体6,000円) 送料 600円

・「会員」本協会の本部、支部全員及び官公庁、学校等公的機関

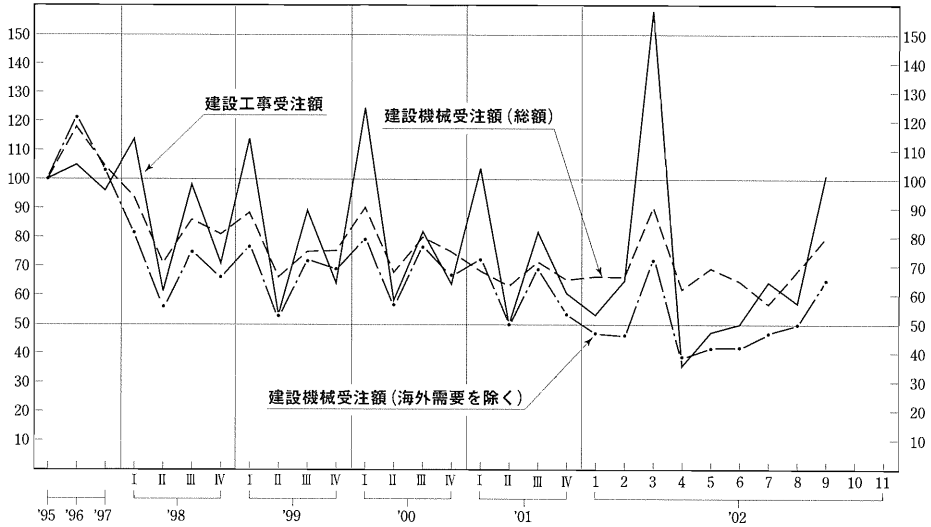
・申込先

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 1995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26前後) (指数基準 1995年平均=100)



建設工事受注動態統計調査(大手50社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 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							
1995年	194,524	110,954	17,326	93,627	66,793	5,679	11,098	117,867	76,657	219,214	200,862
1998年	167,747	103,361	16,700	86,662	51,132	4,719	8,535	106,206	61,541	193,823	183,759
1999年	155,242	96,192	12,637	83,555	50,169	4,631	4,250	97,073	58,169	186,191	164,564
2000年	159,439	101,397	17,588	83,808	45,494	6,188	6,360	104,913	54,526	180,331	160,536
2001年	143,383	90,656	15,363	75,293	39,133	6,441	7,153	93,605	49,778	162,832	160,904
2001年 9月	17,379	11,810	1,687	10,123	4,314	670	585	12,660	4,719	173,405	15,672
10月	8,409	5,266	903	4,363	2,435	425	283	5,247	3,161	170,074	11,723
11月	9,871	6,037	787	5,250	2,287	503	1,044	6,761	3,110	166,755	13,153
12月	10,957	6,813	893	5,920	3,113	562	468	7,301	3,656	162,832	14,674
2002年 1月	8,543	5,410	693	4,718	2,527	387	218	5,599	2,944	161,281	10,724
2月	10,597	6,419	740	5,679	3,360	541	276	6,677	3,920	159,261	12,481
3月	25,573	15,485	1,912	13,573	7,633	737	1,718	16,096	9,477	163,125	21,566
4月	5,767	3,980	550	3,430	1,117	414	257	3,941	1,827	159,357	9,481
5月	7,648	4,549	652	3,897	2,111	409	578	5,119	2,529	157,565	9,566
6月	8,135	5,240	647	4,593	1,778	495	622	5,954	2,181	155,050	10,534
7月	10,297	6,279	992	5,287	2,949	402	672	6,873	3,424	154,240	10,572
8月	9,287	5,649	711	4,938	2,849	390	398	6,352	2,935	153,023	11,125
9月	16,369	10,898	1,656	9,242	4,139	459	872	11,404	4,964	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	'95年	'98年	'99年	'00年	'01年	'01年 9月	10月	11月	12月	'02年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
総 額	12,464	10,327	9,471	9,748	8,983	987	649	695	688	682	680	930	640	713	674	581	702	820
海外需要	3,602	4,171	3,486	3,586	3,574	317	243	284	324	332	380	398	356	405	361	237	336	346
海外需要を除く	8,862	6,156	5,985	6,162	5,409	670	406	411	364	350	340	532	284	308	313	344	366	474

(注) '95年~'97年は年平均で、'98年~'01年は四半期ごとの平均値で図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査  
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

## …行事一覧…

2002年(平成14年)10月1日～31日

### 理事会

月 日：10月30日  
 会 場：東京・虎の門「バストラル」  
 出席者：玉光弘明会長ほか62名  
 議 題：①平成14年度上半期事業報告について ②平成14年度上半期経理概況報告について ③各支部の平成14年度上半期事業報告及び同経理概況報告について ④建設機械化研究所の名称変更について ⑤役員報酬規定(案)及び役員退職慰労金規定(案)について ⑥会計処理規定(案)について ⑦平成15年度暫定予算について ⑧団体会員入会申込みについて

### 運営幹事会

月 日：10月22日  
 出席者：津田弘徳運営幹事長ほか56名  
 議 題：①平成14年度上半期事業報告について ②平成14年度上半期経理概況報告について ③その他

### 広報部会

#### ■機関誌編集委員会

月 日：10月10日(木)  
 出席者：岡崎治義顧問ほか24名  
 議 題：①平成14年12月号(第634号)原稿内容の検討・割付 ②平成15年1月号(第635号)原稿内容の検討・割付 ③機関誌A4判化について

#### ■建設経済調査委員会

月 日：10月9日(水)  
 出席者：高井照治委員長ほか6名  
 議 題：12月号、1月号原稿打合せ

#### ■新機種調査委員会

月 日：10月10日(水)  
 出席者：渡部 務委員長ほか7名  
 議 題：①新機種情報について検討・選定作業 ②技術交流討議

#### ■平成14年度「建設機械と施工法」シンポジウム

月 日：10月24日(木)～25日(金)  
 場 所：機械振興会館研修1号室  
 参加者：200名  
 内 容：「土工とその機械」ほか31件

#### ■「CONET 2003」実行委員会幹事会

月 日：10月30日(水)  
 出席者：松浦 弘委員ほか16名  
 議 題：①開催概要 ②実行委員会・幹事会の構成等について ③開催までのスケジュールについて ④コンセプト、テーマについて

### 機械部会

#### ■移動式クレーン分科会

月 日：10月2日(水)  
 出席者：石倉武久分科会長ほか10名  
 議 題：①今年度活動計画・実績報告 ②C規格原案作成委員会報告

#### ■建機用生分解性作動油分科会

月 日：10月4日(金)  
 出席者：杉山玄六分科会長ほか16名  
 議 題：①活動方針、活動計画の検討 ②欧州生分解性作動油での不具合事例報告

#### ■油脂技術委員会

月 日：10月4日(金)  
 出席者：大川 聡委員長ほか16名  
 議 題：①建機用グリース規格検討 ②建機用作動油規格(HX-1)検討

#### ■土工機械技術委員会

月 日：10月8日(火)  
 出席者：田中健三委員長ほか5名  
 議 題：①日本版C規格JIS案の検討 ②引用規格のチェック ③引用規格のJIS案への採用方法

#### ■仮設工事用エレベータ分科会

月 日：10月9日(水)  
 出席者：河西正吾分科会長ほか5名  
 議 題：①第5章エレベータ基礎ボルトの算出について ②第5章電源ケーブルなどについて見直し調整 ③第6章組立について見直し修正

#### ■除雪機械技術委員会幹事会

月 日：10月15日(火)  
 出席者：熊谷元伸委員長ほか5名  
 議 題：除雪機械に対するアンケート報告書審議

#### ■定置式クレーン分科会

月 日：10月16日(水)  
 出席者：三浦 拓分科会長ほか8名  
 議 題：①「クライミングクレーンプランニング百科」の見直し ②JCMASタワークレーン用語の見直し

#### ■情報化機器技術委員会

月 日：10月17日(木)  
 出席者：中野一郎委員長ほか4名  
 議 題：①情報化施工ケーススタディ ISO/TC127土工機械委員会報告

②JCMAS改訂報告 ③電装品の標準化について

#### ■ショベル機械技術委員会

月 日：10月17日(木)  
 出席者：田中利昌委員長ほか12名  
 議 題：①油圧ショベルC規格審議 ②燃費測定法検討 ③JCMAS改訂について

#### ■原動機技術委員会

月 日：10月18日(金)  
 出席者：杉山誠一委員長ほか18名  
 議 題：①燃料動向勉強会について ②排ガス規制動向について ③EPA資料について

#### ■除雪機械技術委員会幹事会

月 日：10月18日(金)  
 出席者：関谷洋一幹事長ほか1名  
 議 題：除雪機械に対するアンケート

#### ■トンネル機械技術委員会廃棄物処理分科会

月 日：10月22日(火)  
 出席者：森田芳樹分科会長ほか5名  
 議 題：①汚泥処理技術のまとめ ②最終報告書へのまとめ方について ③各委員の作業分担

#### ■高所作業車分科会

月 日：10月23日(水)  
 出席者：角山雅計分科会長ほか4名  
 議 題：①操作レバー配置のJCMAS化について ②C規格原案作成について

#### ■トンネル機械技術委員会

月 日：10月25日(金)  
 出席者：菊池雄一委員長ほか17名  
 議 題：北陸新幹線飯山トンネル富倉工区見学

#### ■トンネル機械技術委員会IT分科会

月 日：10月30日(水)  
 出席者：安川良博分科会長ほか10名  
 議 題：prEN1211トンネル掘削機械の翻訳作業

### 標準部会

#### ■ISO/TC127土工機械委員会安全性及び居住性(SC2)分科会

月 日：10月7日(月)  
 出席者：本間 清分科会委員長ほか11名  
 議 題：①ISO1581リモートオペレータコントロール日本担当案の件 ②DIS10968オペレータコントロール改正案投票方針の件 ③ISO12509/DAM1灯火類追補案投票方針の件 ④CD24410スキッドステ

アローダ検討の件 ⑤ISO 5010/  
CDAm2 操向装置追補案検討の件  
⑥ISO 5006 視界性国際会議報告及  
び新業務項目提案投票の件 ⑦ISO  
12117 TOPS 新業務項目提案投票の  
件など ⑧その他

#### ■情報化施工標準化作業グループ会合

月 日：平成14年10月28(月)  
出席者：吉田 正グループリーダーほか9名  
議 題：①情報化施工標準案検討  
②その他

### 業 種 別 部 会

#### ■製造業部会小幹事会

月 日：10月18日(金)  
出席者：溝口孝遠幹事長ほか3名  
議 題：①旧基準低騒音型建設機械  
の取扱について ②燃費のカタログ  
表示について ③CONET 2003 につ  
いて

#### ■製造業部会小幹事会

月 日：10月23日(水)  
出席者：溝口孝遠幹事長ほか4名  
議 題：旧基準低騒音型建設機械  
(見做し機械)の今後の取扱いにつ  
いて

#### ■製造業部会幹事会

月 日：10月28日(月)  
出席者：溝口孝遠幹事長ほか19名  
議 題：①CONET 2003 について  
②排ガス規制動向 ③包括的機械安  
全基準及び国土交通省安全対策につ  
いて ④旧基準低騒音型建設機械  
(見做し機械)の今後の取扱いにつ  
いて ⑤燃費測定標準とカタログ表  
示について ⑥標準・規格整備につ  
いて ⑦建機工における盗難防止につ  
いて

#### ■建設業部会施工技術活性化分科会

月 日：10月10日(木)  
出席者：石橋則秀分科会長ほか12  
名  
議 題：①幹事会報告 ②若手機電  
技術者意見交換会について ③ホー  
ムページについて

#### ■建設業部会「第6回若手機電技術者意見交換会」

月 日：10月24日(木)～25日(金)  
場 所：国立代々木オリンピック記  
念青少年総合センター  
参加者：30名

#### ■建設業部会幹事会

月 日：10月( )  
出席者：西上雅朗部会長ほか29名  
議 題：①講演会, 木村隆一元建設

業部会長 ②意見交換会の成果発表  
③連絡事項

#### ■建設業部会建設機械事故防止分科会

月 日：10月31日(木)  
出席者：山本武彦分科会長ほか11  
名  
議 題：①思わぬ事故事例のデータ  
ベース化 ②事故事例分類方法につ  
いて

#### ■機械整備部会

月 日：10月15日(火)  
出席者：田村 勉部会長ほか4名  
議 題：下半期活動計画について

## … 支部行事一覧 …

### 北 海 道 支 部

#### ■建設現場等見学会

月 日：10月1日(火)  
見学先：札幌市「都心北融雪槽」等  
雪処理施設3箇所  
参加者：36名

#### ■第2回企画部会

月 日：10月10日(木)  
出席者：小町谷信彦部会長ほか16  
名  
議 題：①平成14年度上半期事業  
報告及び同経理概況報告 ②平成  
14年度下期主要行事予定について

#### ■第3回運営委員会

月 日：10月18日(金)  
出席者：大窪敏夫支部長ほか25名  
議 題：①平成14年度上半期事業  
報告及び同経理概況報告 ②平成  
14年度下期主要行事予定について

### 東 北 支 部

#### ■工事見学会

月 日：10月9日(水)～12日(土)  
参加者：岸野佑次支部長ほか14名  
見学先：韓国ソウル市 ①KONEX  
Korea 2002 (韓国建機展) ②韓国  
建設技術研究院 ③ソウル Tower  
Palace III (69階建ビル建築現場)

#### ■除雪講習会

①岩手会場  
月 日：10月17日(木)  
会 場：滝沢村岩手産業文化センター  
受講者：398名

#### ②青森会場

月 日：10月18日(金)  
会 場：ウイルシティ青森  
受講者：315名

#### ③秋田会場(第1回)

月 日：10月22日(火)

会 場：秋田テレサ

受講者：268名

#### ④山形会場

月 日：10月23日(水)  
会 場：山形国際交流プラザ  
受講者：338名

#### ⑤新庄会場

月 日：10月24日(木)  
会 場：新庄市民プラザ  
受講者：145名

#### ⑥郡山会場

月 日：10月30日(木)  
会 場：ベルヴィ郡山  
受講者：261名

#### ⑦仙台会場

月 日：10月31日(木)  
会 場：ハーネル仙台  
受講者：263名  
内 容：①国の除雪方針と除雪計画  
②県の除雪方針と対応 ③道路除雪  
工法 ④冬の安全対策 ⑤除雪作業  
の安全対策 ⑥除雪機械の取扱い  
⑦最新の除雪機械と工法  
講 師：東北地方整備局、各県担当  
者、除雪機メーカー、警察担当官、本  
協会支部部会員

### 北 陸 支 部

#### ■企画部会委員長会議

月 日：10月15日(火)  
出席者：青木鉄朗部会長ほか6名  
議 題：①上半期事業報告及び下半  
期事業計画 ②支部中期活動指針ほ  
か

#### ■企画部会

月 日：10月21日(月)  
出席者：青木鉄朗部会長ほか6名  
議 題：①上半期事業報告及び下半  
期事業計画 ②支部中期活動指針ほ  
か

#### ■雪水部会

月 日：10月23日(水)  
出席者：西條 正部会長ほか20名  
議 題：①除雪機械と施工法パンフ  
レットの改訂 ②除雪作業の事故防  
止PR冊子の作成 ③道路オペレー  
タの手引き改訂 ④ロータリ除雪車  
の技術講習

#### ■運営委員会

月 日：10月24日(木)  
出席者：和田 惇支部長ほか34名  
議 題：①上半期事業報告及び下半  
期事業計画 ②支部中期活動指針ほ  
か

#### ■新潟地区現場見学会



月 日：10月29日（火）  
場 所：浦川原1号トンネル及び柿  
崎川ダム工事現場ほか  
参 加 者：22名

■西部地区現場見学会

月 日：10月31日（木）  
場 所：利賀ダム及びJH上平工事  
現場ほか  
参 加 者：26名

中 部 支 部

■建設工事現場見学会

月 日：10月3日（木）  
場 所：中部新国際空港建設現場  
参 加 者：40名

■技術部会

月 日：10月4日（金）  
出 席 者：杉本彰男部会長ほか6名  
議 題：新技術情報収集提供につ  
て

■映画会

月 日：10月11日（金）  
会 場：昭和ビルホール  
内 容：「土は蘇る」ほか9編  
参 加 者：70名

■調査部会

月 日：10月16日（水）  
出 席 者：尾関宏一部会長ほか11名  
議 題：秋期講演会実施要領協議  
参 加 者：70名

■技術発表会

月 日：10月18日（金）  
会 場：昭和ビルホール  
内 容：①スチールラバー合成起伏  
堰（飯田鉄工・北浦善樹）②日立  
LX50-7CNG仕様車（日立建機・  
西川幸一）③タンク&プラグ混合  
処理工法（みらい建設工業・小西敏  
之）④山岳トンネルにおける連続  
ベルトコンベヤズリ搬出システムの  
適用事例（大林組・井上良）⑤鹿  
森ダム放流設備リフレッシュ工事  
について（川崎重工業・澤田功）⑥  
パワーブレンダー工法（パワーブ  
レンダー工法協会・佐藤利行）⑦信  
頼性の高い建設発生土の有効利用方  
法（徳倉建設・安田知之）

■広報部会

月 日：10月21日（月）  
出 席 者：石丸俊明部会長ほか10名  
議 題：支部だより第62号編集会  
議

■広報部会

月 日：10月29日（火）  
出 席 者：石丸俊明部会長ほか6名  
議 題：支部だより第62号編集会

議

■秋期講演会

月 日：10月31日（木）  
会 場：通信ホール  
出 席 者：230名  
内 容：①「国土交通マネジメント  
とITS/AHSの展望」技術研究組合  
走行支援道路システム開発機構専務  
理事・山川朝生 ②「平成15年度道  
路関係予算概要要求概要」国土交通  
省中部地方整備局道路部長・広瀬輝

関 西 支 部

■特別研修「大自然の中一祈りと愛」

月 日：10月2日（木）  
講 師：高野浩二支部長  
参 加 者：40名  
内 容：大自然の中、愛と祈り「高  
取・吉野を垣間見る」

■海洋開発委員会

月 日：10月3日（金）  
出 席 者：建山和由委員長ほか9名  
議 題：①「地下水環境をめぐる問  
題」（日さく）深田園子 ②海洋開  
発に関する文献調査

■建設業部会・リース・レンタル業部会  
合同幹事会

月 日：10月8日（火）  
出 席 者：岡本哲哉建設部会長ほか5  
名  
議 題：①合同見学会について ②  
合同討論会について

■建設技術展2002近畿出展委員会

月 日：10月8日（水）  
出 席 者：森 哲士委員長ほか9名  
議 題：出展企画（小間装飾、ビデ  
オ作成、運営方法他）の検討会議

■広報部会編集会議

月 日：10月16日（木）  
出 席 者：三村邦有出版班長ほか4名  
議 題：JCMA関西（第82号）の  
編集について

■施工技術報告会第5回幹事会

月 日：10月23日（水）  
出 席 者：中田昌利幹事長ほか9名  
議 題：①施工事例9編の査読分担  
②報告会当日の役割分担 ③平成15  
年度第1回会議場決定

■建設業部会

月 日：10月23日（水）  
出 席 者：岡本哲哉部会長ほか17名  
議 題：①部会長挨拶 ②研究会・  
(i)産業廃棄物市場の動向-現場循  
環型工法（コマツ）(ii)解体用機  
械-リサイクルクラッシャー（コベル  
コ） ③合同見学会開催に関する意

見交換

■建設技術展2002近畿出展委員会

月 日：10月28日（月）  
出 席 者：藤目正敏委員ほか6名  
議 題：出展内容の最終確認

中 国 支 部

■第4回部会長会議

月 日：10月1日（火）  
出 席 者：小笠原 保企画部会長ほか  
8名  
議 題：①各部会毎の平成14年度  
主要事業計画について ②平成14  
年度上半期事業報告について

■第11回「わが社の新技術・新工法」

月 日：10月8日（火）  
場 所：広島YMCA  
参 加 者：83名  
内 容：①アーチ型合成床版の開発  
（東京鐵骨橋梁）②エコサイクル緑  
化工法（ライト工業）③HIピーズ  
（石炭灰造粒物）を使ったサンドド  
レーン工事（中国電力）④竹割り  
型構造物掘削工法（アイサワ工業）  
⑤爆薬の遠隔装填システム（熊谷組）  
⑥振動法によるジェットファンの診  
断技術（国土交通省中国技術事務所）

■第5回部会長会議

月 日：10月16日（水）  
出 席 者：小笠原 保企画部会長ほか  
10名  
議 題：①各部会毎の平成14年度  
主要事業計画について ②平成14  
年度上半期事業報告書・経理概況報  
告書について

■現場見学会

月 日：10月22日（火）  
見 学 先：斐伊川放水水路事業・大津高  
架橋工事現場  
参 加 者：26名

■部会幹事会

月 日：10月30日（水）  
出 席 者：小笠原 保企画部会長ほか  
40名  
議 題：①平成14年度上半期事業  
報告書及び同経理概況報告書につ  
いて ②平成14年度下半期主要行  
事計画について

■中国地方建設技術開発交流会（鳥取会  
場）

月 日：10月31日（木）  
場 所：鳥取県立県民会館  
参 加 者：200名（支部より14名）  
内 容：基調講演ほか12課題、支  
部会員からの発表課題「ジオスライ  
サー調査報」（復建調査設計）

## 四 国 支 部

## ■会計監事

月 日：10月11日（金）  
出席者：中島 弘会計監事ほか3名  
議 題：平成14年度上半期経理概況の監査

## ■企画部会幹事会

月 日：10月16日（水）  
出席者：小松修夫部会長ほか5名  
議 題：①機関誌「しこく」(No.70)の編集内容について

## ■合同部会（企画・施工・技術）

月 日：10月16日（水）  
出席者：小松修夫企画部会長ほか33名  
議 題：①平成14年度上半期事業報告及び同経理概況報告 ②平成14年度下半期事業計画

## ■新技術・新工法に関するビデオ鑑賞会

月 日：10月22日（火）  
参加者：45名  
内 容：「New PLS 工法」ほか8件

## 九 州 支 部

## ■九州建設技術フェア2002 in 北九州

月 日：10月2日（水）～3日（木）  
場 所：北九州市・西日本総合展示場本館  
主 催：九州建設技術フェア実行委

員会（九州地方整備局、日本建設機械化協会九州支部ほか7団体）

内 容：①安全安心-災害防止や信頼性向上につながる技術、交通安全や暮らしの安全性を高める技術 ②環境-環境の保全や負荷軽減技術、公害防止技術等生活向上のための技術 ③ゆとりの暮らし-多様化するライフスタイルに対応したバリアフリー等ゆとりの暮らしに関する技術 ④コスト縮減-生産性向上、物流等の技術、コスト縮減や資源の有効利用等競争力を高める技術 ⑤品質保持の向上-公共構造物その他の品質確保、向上に関する技術など、目的別に趣向を凝らした展示となった。  
出 展：117 民間企業及び団体、308 技術（内会員51社）  
来 場 者：1,575 名

## ■橋梁・防錆委員会

月 日：10月7日（月）  
出席者：瀬戸口忠臣委員長ほか16名  
議 題：①橋梁に関する新技術活用支援依頼内容について説明（九州技術事務所・松本建設専門官） ②橋梁に関する新技術及び新工法についての意見交換

## ■広報委員会

月 日：10月10日（木）  
出席者：鹿野浩利委員長ほか4名

議 題：支部広報パンフレットの発注について

## ■安全委員会

月 日：10月16日（水）  
出席者：佐藤道夫委員長ほか7名  
議 題：建設機械による労働災害の防止対策について（ダンプトラックの荷台で架空線を切る事故について追跡調査を実施し継続検討を行う）

## ■第7回企画委員会

月 日：10月16日（水）  
出席者：相川 亮委員長ほか15名  
議 題：(1)支部行事の推進について ①九州建設技術フェア2002 in 北九州開催状況報告 ②2級建設機械施工技術研修実施の件 ③第19回施工技術報告会開催の件 ④支部広報パンフレット作成の件 (2)レンタル業部会合同会議報告の件

## ■研修講師会議

月 日：10月28日（月）  
出席者：村上輝久講師ほか6名  
議 題：2級建設機械施工技術研修実施要領及び講義の進め方について打合わせ

## ■ポンプ委員会

月 日：10月31日（木）  
出席者：西 武人委員長ほか6名  
議 題：排水ポンプ車点検整備要領の検討について

## 大深度地下空間を拓く建設機械と施工技術

最近の大深度空間施工技術について取りまとめました。主な内容は鉛直掘削工、単円水平掘削工、複心円水平掘削工、曲線掘削工等実施例を解説、分類、整理したものです。工事の調査、計画、施工管理にご利用ください。

領 価 2,310円(本体価格2,200円) 送料500円

申込先 本部：FAX.03-3432-0289

## 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

早いもので、本誌も本年最終号を迎える事になり、例年のことながら師走の慌ただしさを感じる季節となりましたが、皆様方いかがお過ごしでしょうか。

本年は、2月のソルトレークシティの冬季オリンピックに始まり10月のアジア大会までスポーツのイベントが多い年でした。特に6月にはFIFAワールドカップが開催され、日本が初めての勝点と決勝トーナメント進出を果たし、普段サッカーに興味を示さない人もテレビ等で観戦して各国選手のスーパープレーを堪能したのではないのでしょうか。

このようにスポーツに関しては、前向きな気持ちで国民一体となって応援できますが、一方では、食肉や、北方支援に関する不祥事、原子力発電等に関連した内容等々が大きなニュースとして取り上げられ、一流と呼ばれている企業の社会に対する責任や、

企業倫理について大いに考えさせられることもありました。

建設業を取巻く環境は公共投資額の削減や、道路公団民営化などを含め、まだまだ厳しい状況が続いておられますが、国の発展や生活向上のベースとなる産業であることには代わりありません。これからも安全性や経済性を高め、より自然と調和した建設を積極的に推進していく必要があるのではないのでしょうか。

今月は、各方面からの多彩な8編の報文を中心に構成しております。御多忙中にもかかわらず、快くご執筆に御協力下さいました皆様方に心より御礼申し上げます。

来年も、会員および読者の皆様のご健勝と益々の御活躍をお祈り申し上げます。(江藤・増子)

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

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

### 編集委員長

橋元 和男

### 編集委員

久保 和幸	国土交通省
小幡 宏	国土交通省
池田 哲郎	国土交通省
窪 豊則	農林水産省
江藤 祐昭	原子力安全保安院
本多 明	日本鉄道建設公団
軍記 伸一	日本道路公団
門田 誠治	首都高速道路公団
坂本 光重	本州四国連絡橋公団
山崎 劭	水資源開発公団
高村 和典	日本下水道事業団
吉村 豊	電源開発
渡辺 博明	大林組
土井 重孝	鹿島
橋本 弘章	川崎重工業
岩本雄二郎	熊谷組
矢仲徹太郎	コベルコ建機
金津 守	コマツ
奥山 信博	清水建設
山口喜久一郎	新キャピラー三菱
増子 文典	大成建設
星野 春夫	竹中工務店
加藤 謙	東亜建設工業
境 寿彦	日本国土開発
齊藤 徹	日本鋪道
舘岡 潤仁	ハザマ
緒方浩二郎	日立建機

### 1月号予告

#### 特集 建設のフロンティア

- ・宇宙開発の現状と将来動向
- ・大深度地下空間の有効利用に向けて
- ・大深度地下開発におけるシールドトンネル工事の現状と将来展望
- ・大規模土工の近未来風景—高度情報化施工への夢—
- ・空中に大地を築く挑戦
- ・火山災害と無人化施工
- ・装着が簡単な緊急災害用建設機械の遠隔操縦装置
- ・超高地における建設機械
- ・21世紀初頭の海洋利用技術—環境に配慮した海洋利用を目指して—
- ・危険作業の従事者の安全管理の未来

## No.634 「建設の機械化」 2002年12月号

(定価) 1部840円(本体800円)  
年間購読料9,000円

平成14年12月20日印刷

平成14年12月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 玉光弘明

印刷所 株式会社技報堂

## 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; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 電話 (0545) 35-0212

北海道支部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8 電話 (011) 231-4428

東北支部 〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1 電話 (022) 222-3915

北陸支部 〒951-8131 新潟市白山浦 1-614-5 電話 (025) 232-0160

中部支部 〒460-0008 名古屋市中区栄 4-3-26 電話 (052) 241-2394

関西支部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 1-3-27 電話 (06) 6941-8845

中国支部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22 電話 (082) 221-6841

四国支部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22 電話 (087) 821-8074

九州支部 〒810-0041 福岡市中央区大名 1-12-56 電話 (092) 741-9380