

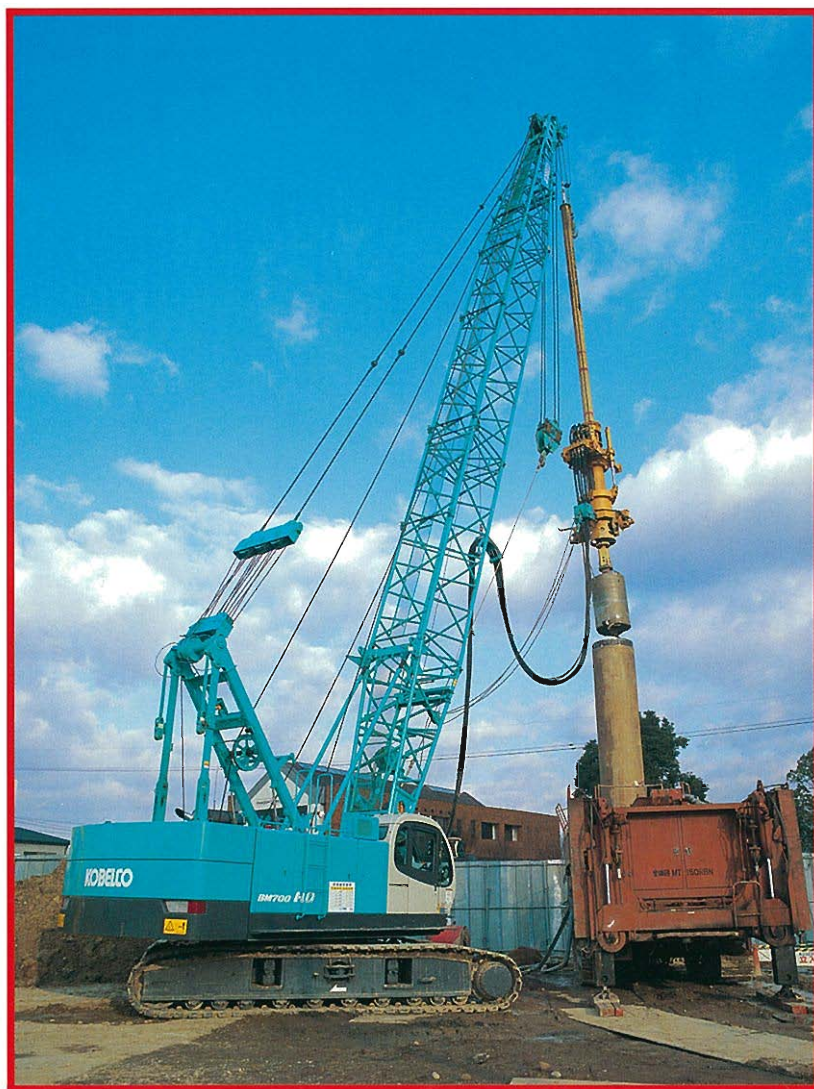
# 建設の機械化

2001 OCTOBER No.620

JCMA

10

\*グラビヤ\*セルフクライミング式大型インクラインの開発と実用化

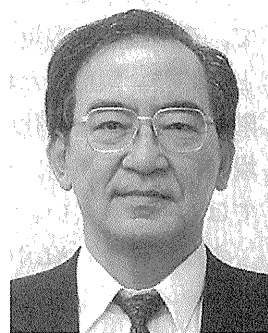


スカイチャッキングドリル コベルコ建機株式会社

**巻頭言**

## 建設現場のITの利用

苗 村 正 三



IT 革命は、21 世紀の我々の生活にとって産業革命に匹敵する。あるいは、それ以上の影響と変革をもたらすと言われている。その変革は、「ビジネスモデル」という言葉に象徴されるように仕事の形態が変化し、従来の古い産業や組織が淘汰されて新しい産業や組織が創出されると予測されている。

このような状況の中、建設事業においても IT の進歩への対応を図るべく、1995 年より建設事業のコスト縮減、品質や生産性の向上、入札契約の透明性の確保などの目的を掲げ、建設事業において発生する様々な情報の電子化と関係者間での情報の交換・連携の環境を創造する建設 CALS/EC（公共事業支援統合情報システム）がスタートした。そして、今や、その取り組みも研究段階から実行段階に移行し、本年 4 月には本格的な運用の第一段として国土交通省の直轄事業を対象に成果品の電子納品化が開始された。これに引き続き、本年度中に電子調達の導入の予定など、2004 年における直轄事業での建設 CALS/EC の実現に向けて技術開発や情報規格の標準化などが精力的にかつ着実に進められている。

建設事業における IT の利用に関しては、この建設 CALS/EC とともに、建設事業の生産現場での利用が今後の大きな課題と考えている。

建設生産は、一般製造業に比べ、生産の対象や生産条件が個々の現場で大きく異なることや、設計と実際の現場の条件に乖離が見られることなどから、これらにより柔軟に対応できるよう、常に人を介した生産手段と現場での判断を重視する生産システムを構築してきた。このことが建設事業における情報と技術の蓄積の障害となり、現場生産性の向上の大きな足かせとなってきたと考える。

建設生産は、次第に厳しくなってきた社会環境の下にあっては、これまでの生産のシステムで今後も対応することは明らかに困難であり、あらゆる規模と条件の現場に

において飛躍的な建設生産の効率と品質の向上を図ることが求められている。このためには正確に現場施工の状況の把握、そのための品質管理をはじめとする施工の様々なデータを人手を介さずに高頻度で計測し、利用しやすい形で整備しておくこと、そして、その実際の現場のデータを様々な角度から分析し、新たな建設機械や施工技術などの開発、輻輳した現場を手戻りなく合理的に管理する生産管理技術、さらに設計段階から施工の効率化を考慮した生産設計システムの構築が必要であり、この新たな現場の生産施工技術、システムの実現には、まさに建設現場での情報技術の利用においては考えられない。

また、建設 CALS/EC の最終的な目標、すなわち調査、設計から維持管理までのライフサイクル全般にわたっての情報を一元的に管理・共有するシステムを構築し、合理的に社会資本のマネジメントを行うという観点からも、その実現を果たすために建設現場での実際の施工情報についても、その中に取り組むことが必要と考える。

現在、施工現場での情報技術の利用して、雲仙・普賢岳をはじめとする災害復旧事業では安全な施工に、また、高速道路の IC 工事などでは高速施工での品質確保と効率的な施工管理に効果を上げているが、今後の現場での情報技術の利用においては、それぞれの現場での利用の目的に加え、将来にわたっての施工情報の蓄積や連携化を図ることについても配慮することが必要である。このことが現場での情報技術の利用と普及促進につながり、最終的には経済性のベースで採算の合うシステムの構築にも大きく寄与すると考える。

当然、この実現のためには、情報の内容や計測機器や通信方法の規格化、標準化が必要であり、その内容や範囲は、極めて多くの選択肢が考えられる。しかも、この分野での研究開発状況を見ると、日本や欧米などの先進国のみならず、様々な国で活発化されており、国内のみならず海外とも協力し、その作業に当たることが妥当な方法であると考ええる。

この第一歩として、日本から ISO/TC 127 において建設機械周りをターゲットに情報交換の規格化検討の提案がなされた。

社団法人日本建設機械化協会に対しては、その立場を活かして社会資本のマネジメントと現場施工の合理化の基礎となる施工現場での情報技術の利用の実現に向けて、公共事業の管理者、建設会社、建設機械や計測機器メーカーなどの協力を得ながら、国内意見の調整、国際対応戦略の検討など活発な活動を期待したい。

# セルフクライミング式大型インクラインの開発と実用化

馬久地 延 幸・村上 邦 夫・菅 原 尚 也

広島空港と中国横断自動車道尾道松江線とを結ぶ高規格道路の一部である空港大橋橋梁下部工は急勾配の傾斜地に建設され、掘削土砂及び資機材運搬のため大型のインクラインが計画されていた。インクライン走行架台は順次延伸され、最終移動距離は 200 m の設備となる。架台延伸期間は、架台延伸作業と他の土木作業も併進される必要があり、容易にしかも安全にセルフクライミングできるラックアンドピニオン方式を適用した。この方式は減速機付き電動モータを計 4 台設け、ピニオンが直結されている。ピニオンでピンラックを左右から挟込み、昇降する構造である。台車逸走時にはディスクブレーキで緊急制動する。

台車は軌道上の任意位置に停止することができ、台車上のクレーンを使用し杭打ち及び架台組立て作業を行う。

キーワード：ラックアンドピニオン、インクライン、安全、ディスクブレーキ

## 1. はじめに

広島空港と中国横断自動車道尾道松江線とを結ぶ高規格道路の一部である空港大橋を架設するための資機材を初め、掘削土砂運搬用のダンプやコンクリートミキサ車を運ぶインクライン設備が建設されている。本インクラインは、完成すると最大積載質量 40 t、昇降勾配角度 34°、最大移動距離約 200 m、最高速度 75 m/min の資機材専用大型運搬設備となる。

インクラインは H 型鋼で架設された架台上の軌道を昇降する。架台延伸作業は、インクライン台車上に 25 t ラフタクレーンを積載し、ダウンザホールハンマにより杭を打設し、架台を下方から 1 スパンごとに組立てている。従来工法では最先端に巻上げ機を設置するか、あるいはリターンシーブを先端に配置して、巻上げ機を下方に設置する方法しかなかったが、架台の資材及び作業構台の資機材を搬入できる新しい昇降方式を開発・実用化したので、ここに報告する。

## 2. 工事概要

空港大橋は、広島空港と中国横断自動車道尾道

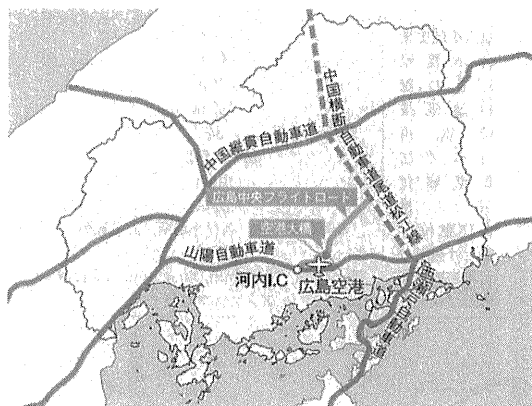


図-1 空港大橋架橋地点

松江線とを結ぶ全長 30 km の地域高規格道路の一部である。図-1 に空港大橋架橋地点を示す。清水建設・鴻池組・広成建設共同企業体はこの橋梁工事の内、左岸側下部工の施工を担当している。橋梁下部工は勾配 34°～38°の傾斜地に建設されるため、工事で使用する油圧ショベル、ダンプトラック、生コンクリート車、移動式クレーン等の重機類及び鋼材、鉄筋、覆工板等の資材の運搬及び人員輸送のためにインクラインを使用する。

- ・工事名：主要地方道本郷大和線橋梁整備工事（空港大橋左岸側下部工）
- ・工事場所：広島県豊田郡本郷町大字船木



- ・工 期：平成11年10月6日～平成16年12月28日（63カ月）
- ・発 注 者：広島県
- ・施 工 者：清水建設・鴻池組・広成建設共同企業体
- ・工事内容：作業構台4箇所、掘削工約36,000 m<sup>3</sup>、法面工約4,600 m<sup>2</sup>、深礎工26本  
 躯体工（橋脚工6基、コンクリート工約48,000 m<sup>3</sup>、鉄筋工約7,400 t）  
 インクライン設備工（40 t・30 t搭載）2基

### 3. インクライン設備

図-2の工事概要図に示すとおり、上段と下段

表-1 インクライン設備の主要諸元

| 項 目    | 仕 様                               |
|--------|-----------------------------------|
| 最大積載質量 | 40 t                              |
| 台車質量   | 60 t                              |
| 停止位置   | 4箇所                               |
| 軌道延長   | 199 m                             |
| 傾斜角    | 34°                               |
| 台車寸法   | 14 m×6.5 m                        |
| 軌条幅員   | 10 m                              |
| 定 員    | 20名                               |
| 操作盤位置  | 巻室・台車上・各停止場所、計6箇所                 |
| 巻上げ機出力 | 800 kW                            |
| 台車運搬速度 | 75 m/min, 70 m/min, 60 m/min の3段階 |
| 緊急ブレーキ | ディスクブレーキ                          |

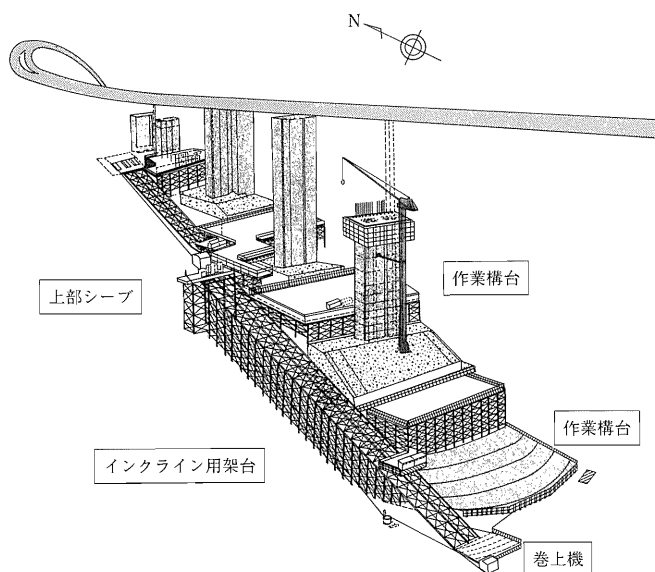


図-2 工事概要図

のインクラインにより各作業構台間の移動を行う。昇降機構を図-3に示すが、下方に巻上げ機を設置し、巻上げ機と台車とを上方に配置された上部シーブを介して、ワイヤロープで接続したものである。また、表-1にインクライン設備の主要諸元を示す。

### 4. 架設時昇降装置の開発

インクライン架台の架設はインクライン台車上から施工しており、架台を1スパン ( $L=6$  m) 架設すると台車を上方に移動する必要がある。この方法にはリターンシーブを盛換えていく方法があるが、工期短縮のため、簡易に移動できる昇降装置を開発した。

#### (1) 開発にあたっての条件

開発にあたって以下のような条件があった。

- ① 台車上にラフタークレーンを配置し、ダウンザホールハンマによる杭打ち作業を含むインクライン用架台架設作業を行う。
- ② 架台架設作業中、架台が1スパン完成するたびに、更に上方の架台を施工するため、台車昇降範囲を順次延伸できる。
- ③ 架台延伸に伴う資機材の搬入を本インクラインで行う。
- ④ 架台延伸作業と作業構台架設作業を併行する必要がある、重機等の運搬を行う。
- ⑤ 万が一、台車が逸走した際にも安全でかつ確実に台車を停止できる。

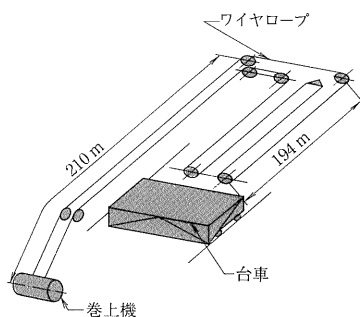


図-3 昇降機構



# セルフクライミング式 大型インクラインの 開発と実用化



⇩現場全景



⇩架台敷設作業中(前方より撮影)



⇩台車走行中(下方より撮影)



セルフクライミング式  
大型インクラインの  
開発と実用化



⇧ 架台敷設作業中（横方向より撮影）



⇧ 台車走行中（横方向より撮影）



⇧ 駆動部



以上の要求項目を満足するために、台車が自力で昇降できる装置を検討し、ラックアンドピニオン方式によるインクラインを開発実用化した。

(2) ラックアンドピニオン方式の概要

図—4 にラックアンドピニオンによるインクライン駆動部の概要図、表—2 にその主要諸元を示す。

(3) 駆 動 部

本開発機「インクライン」は重機を積載する運搬台車の内側に、自力昇降のための駆動部を設けているのが最大の特長である。

駆動部には独立したピニオンを前後に6台（前後方向3台×2列）設置している。このピニオンで左右からピンラックフレームを挟込む構造である。ピンラックフレームとはφ70 mmのピンを2列、140 mmのピッチで配列しフレーム状に組ん

だものである。これをH型鋼で架設された架台中央桁上に配置する。ピンラックフレームの断面図を図—5に示す。

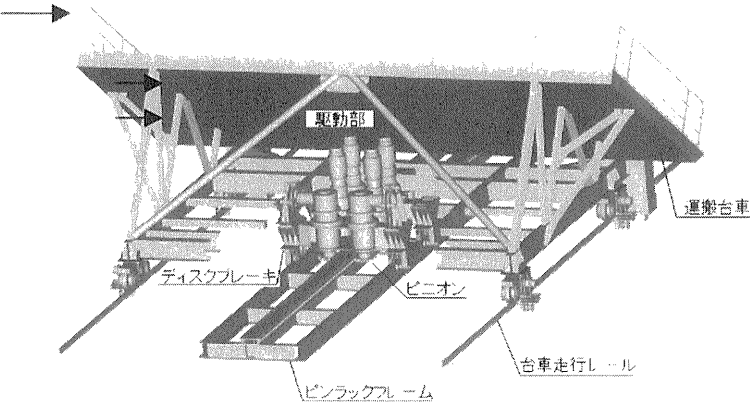
図—6、図—7にラックアンドピニオンによる駆動部を示す。6台のピニオンのうち、前方4台のピニオンには減速機を介し、それぞれ電動モータ（30 kW）が接続されている。この電動モータを動かすことでピニオンが回転する。このピニオンが回転し、ピンラックに反力を取り、台車自体が昇降することができる。

また、後方2台のピニオンに増速機を介し、ディスクブレーキが取付けられている。インクラインが昇降する際、ディスクブレーキが接続されたピニオンはフリーに回転する。しかし、台車が逸走した際には、過速度検出器で台車運搬速度の130%を検出し、ディスクブレーキが作動する機構になっている。ディスクブレーキが作動するとそれに接続されたピニオンの回転が止まり、ピニオンがピンラックと噛合うことで台車自体を安全かつ確実に停止させることができる。

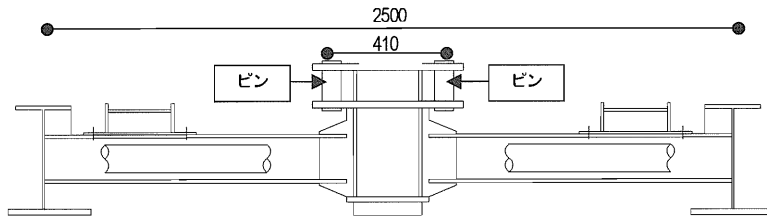
この駆動部と運搬台車部とはそれぞれ独立した構造であり、お互いの揺れが伝達されないように、ピン結合されている。また、駆動部は自重をピンラックフレームで支え、その上を昇降する構造になっているため、駆動部自体にも運搬台車部と同様に車輪、サイドローラ、バックアップローラが取付けられている。

表—2 主要諸元（架設時）

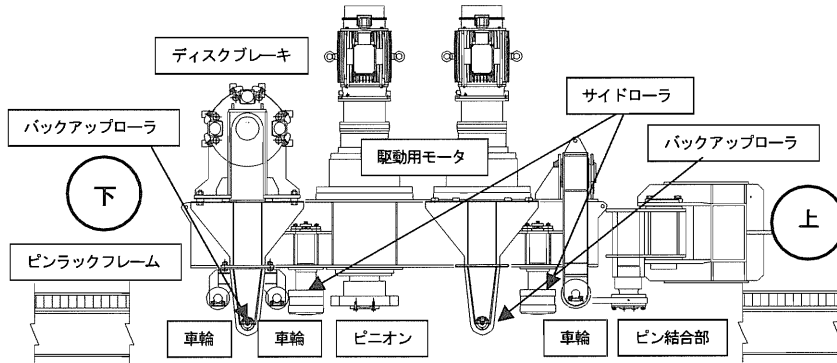
| 項 目     | 仕 様                   |
|---------|-----------------------|
| 最大積載質量  | 35 t                  |
| 台 車 質 量 | 65 t                  |
| 停 止 位 置 | 任意                    |
| 傾 斜 角   | 34°                   |
| 台 車 寸 法 | 14 m×6.5 m            |
| 軌 条 幅 員 | 10 m                  |
| 定 員     | 20 名                  |
| 操作盤位置   | 台車上1箇所                |
| 巻上げ機出力  | 30/15 kW×4/8 P×4 台    |
| 台車運搬速度  | 8 m/min, 4 m/min の2段階 |
| 駆動部減速比  | 1/345.1（縦型遊星減速機）      |
| ピ ニ オ ン | P.C.D. 507.5（11 枚歯）   |
| ピンラック   | φ 70 mm, ピッチ 140 mm   |
| 緊急ブレーキ  | ディスクブレーキ              |



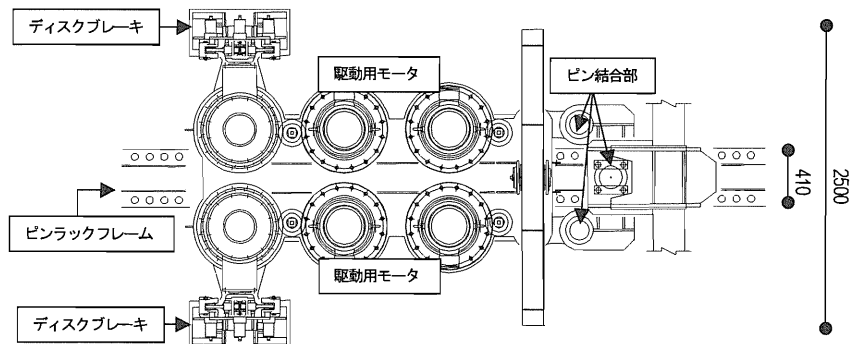
図—4 駆動部概要図



図—5 ピンラックフレーム断面図



図—6 駆動部側面図



図—7 駆動部平面図

## 5. 効 果

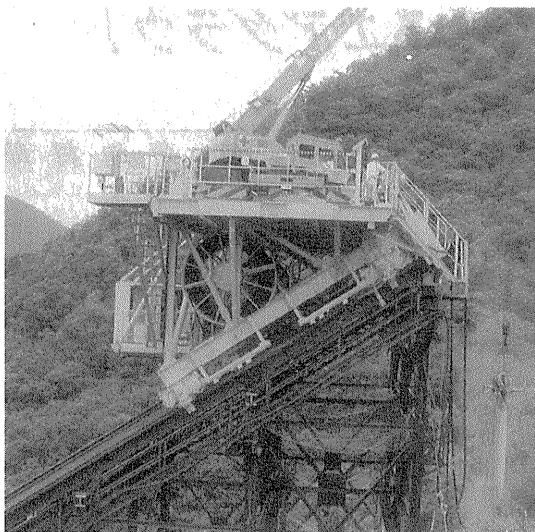
インクラインの移動を今回採用したラックアンドピニオン方式による自力昇降としたことにより、以下のような効果を上げることができた。

- ① 台車はインクライン用架台上において、任意の場所に移動、停止することができ、作業性が向上した。
- ② 台車はインクライン用架台施工時においても、作業構台へ重機等を運搬することができた。

- ③ 他の盛替え方式に比べ、移動速度が速いため、所定の作業場所までスムーズに移動することができた。
- ④ 緊急時、ピニオンに取付けられたディスクブレーキを作動させることで安全かつ確実に停止することができる構造となった。

## 6. お わ り に

今回、急勾配の傾斜地をラックアンドピニオンで自力昇降するインクラインを開発実用化したことで、架台架設中における作業効率を向上させる



写真—1 架台施工状況

ことができた(写真—1 参照)。また、ディスクブレーキによる制動で台車を安全にしかも確実に停止させることができ、台車上における杭打ちを含むクレーン作業を支障なく安全に行うことができた。

今後は架台架設作業と併行して資機材の搬入を行い、構台架設や掘削工事の進捗を図るつもりで

ある。

最後に、開発・実証を共に行ってきた三井三池製作所の担当者、ならびに採用にあたり、ご指導、ご鞭撻をいただきました関係各位の皆様に感謝の意を表する次第です。

J C M A

#### 【筆者紹介】

馬久地 延幸(めくち のぶゆき)  
広島県空港地域整備事務所  
専門員



村上 邦夫(むらかみ くにお)  
清水建設・鴻池組・広成建設共同企業体  
所長



菅原 尚也(すがわら なおや)  
清水建設株式会社  
土木本部  
機械技術部



## 絵で見る安全マニュアル 〈建築工事編〉

本書は実際に発生した事故例を専門のマング家により、とても解いやすく表現している、新入社員の安全教育テキストとしてご活用下さい。

#### 要因と正しい作業例

- ・物動式クレーン
- ・電動工具
- ・油圧ショベル
- ・基礎工事用機械
- ・高所作業車
- ・貨物自動車

A5版 70頁 定価650円(消費税込) 送料270円

### 社団法人 日本建設機械化協会

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



# 孔壁が自立しない地山に対するエアグラウトドリル工法の開発

緒方 健治・宮田 和・菊地 将郎

日本道路公団では切土補強土工法の工事量増加に伴い、本工法をより効率化するため、① 孔壁が自立しない地山の削孔技術、② 補強材が長い場合の削孔技術、③ 狭小な箇所での施工性向上を目指して、新たな技術開発を行う必要が生じた。そこで、日本道路公団と民間7社は、「切土補強土工法の施工の効率化」に関する共同研究を行い、孔壁が自立しない地山に対する新削孔システム「エアグラウトドリル工法」とその専用削孔機である「デュアルモードドリル」の開発を行った。

エアグラウトドリル工法を近畿自動車道紀勢線島田トンネルで試験施工した結果、従来工法の二重管ケーシング削孔方式に比べて工費節減、工期短縮が可能であることを立証した。

キーワード：切土補強土工法、デュアルモードドリル、エアグラウトドリル工法、孔壁崩壊性地山、長尺施工、狭小箇所での施工、二重管ケーシング削孔

## 1. はじめに

近年、急勾配切土や中規模崩壊対策の抑止工、構造物掘削等の仮設のり面の対策工として、日本道路公団（以下、JH という）では、切土補強土工法が数多く採用されている。切土補強土工法は、補強材を多数打設することで地山を補強する工法であり、通常の施工手順は、ドリルロッドで削孔し、グラウトを注入後、異形鉄筋を挿入し、頭部処理を行うことになる。

しかしながら、地山の状態や作業条件によっては、通常の施工が困難になる場合があり、特に孔壁が自立しない地山の削孔方法が問題となっていた。通常、このような場合にはグラウンドアンカー工で用いられる二重管ケーシング削孔方式が採用されるが、孔壁が自立する際のドリルロッドを使用した単管削孔方式に比べ、工費・工期が増大することが課題となっていた。また、作業条件における問題点として、地山を切り始める時に削孔機の足場を確保することができず、人力によるレッグドリル削孔等が行われていた。

さらに、通常用いられている補強材（異形鉄筋）の長さは、2.0～5.0 m までがほとんどであり、グラウンドアンカー工と現在の切土補強土工の中間

的な補強工法の一つとして、10.0 m 程度の長尺な切土補強土工法を可能としたいというニーズがあった。

そこで、JH と民間7社（清水建設（株）、三信建設工業（株）、東興建設（株）、日特建設（株）、日本基礎技術（株）、ヒロセ（株）、ライト工業（株））は、「切土補強土工法の施工の効率化」と題して、以下の3課題を解決できる新工法・新機械の共同研究を行った。

- ① 孔壁が自立しない場合
- ② 補強材が長い場合
- ③ 狭小な箇所での施工性の向上

その成果として、孔壁が自立しない地山での新削孔システム「エアグラウトドリル工法」と、その専用削孔機で長尺補強材と狭小な箇所での施工性を向上させた「デュアルモードドリル」の開発を行った。以下に、デュアルモードドリルの開発に重点をおいて報告する。なお、エアグラウトドリル工法については特徴を概説するが、その詳細については既報文<sup>1)</sup>を参照されたい。

## 2. エアグラウトドリル工法

新たな削孔技術を開発するために、（社）日本建設機械化協会建設機械化研究所の敷地内で孔壁の

自立しない地山を模擬した削孔実験を行った。使用した盛土材は火山性砂礫土であり、締固めすることなく盛りこぼした状態で盛土を構築した。この模擬地山に対し、「削孔手順が複雑にならない」、「特別な材料を使用しない」ことを条件に、9ケースの試験を行い、その中からドリルロッド先端のビットから写真—1に示すようにエアとセメントミルクを同時に噴射させながら削孔するエアグラウトドリル工法が、孔壁の自立を確保し、10 m の長尺施工が可能であることが分かった。



写真—1 セメントミルクとエアの噴射状況

また、この実験結果から、エアとセメントミルクを同時に送るためのスィベル機構の開発と、セメントミルクを低吐出量で送るため、硬化をある時間遅らせる混和剤の開発が必要となった。スィベルの開発は専用削孔機の開発と同時に行い、一方、混和剤はフロー値 9~15 秒を 4 時間まで保持できるものを開発した。

試験後に掘り出した試験体の出来形と半割断面を写真—2、写真—3に示す。半割断面から孔壁の外側に地盤とセメントミルクとの孔壁保護層が形成されていることが分かる。削孔径  $\phi 65$  mm に対して、試験体は 2 倍以上の直径を有していた。

### 3. デュアルモードドリル

デュアルモードドリルの開発目標は、切土補強土工法の施工性の向上とエアグラウトドリル工法の専用削孔機として以下の 5 項目を取上げた。

- ① 10 m 程度の長尺削孔が可能である。
- ② 狭小な箇所での施工が可能であり、かつ足

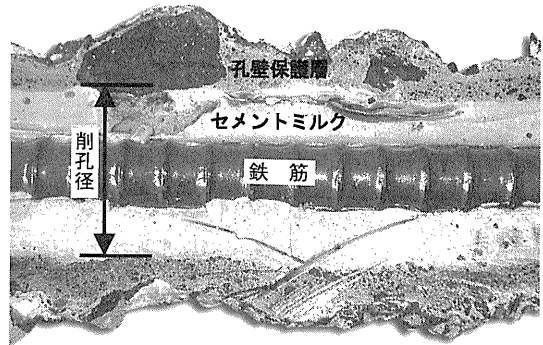


掘り出し状況



半割状況

写真—2 掘り出した試験体



写真—3 半割断面

場幅が十分にある場所では起動性が良い。

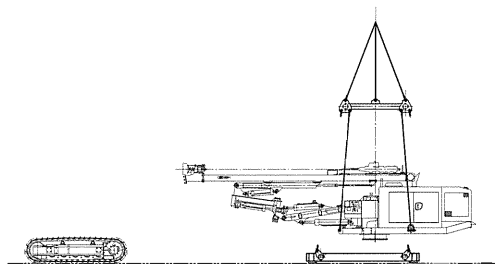
- ③ ドリルロッド（単管削孔方式）を使用したエア削孔とエアグラウトドリル工法が可能である。
- ④ エアグラウトドリル工法用の専用削孔機として、エアとセメントミルクを送る機構（スィベル）を有する。
- ⑤ セメントミルクがエアラインに逆流しない防止装置を有する。

#### （1）長尺削孔

補強材の長さを 10 m まで打設可能とするには、地山状態によるところが大きい。地山によっては、表土の下に中硬岩クラスの岩が存在することもあるため、ドリフタの削孔能力を比較して空圧ドリフタより油圧ドリフタが適していると判断し、油圧ドリフタを選定した。実際の地山における削孔実験において、表層から約 3.0 m 深さに中硬岩が存在する条件で、10 m の長尺削孔が可能であることを検証している。

## (2) 狭小な箇所での施工性

一般に切土のり面は、切土掘削開始時は足場が確保できず、狭小な場所での施工を余儀なくされる。そこで、削孔機を入替えず1台で作業ができるように、狭小な場所ではスキッドタイプ、作業足場幅が確保される場所ではクローラタイプと、図—1に示すように2通りに切替えができるクローラの着脱可能な削孔機を開発した。



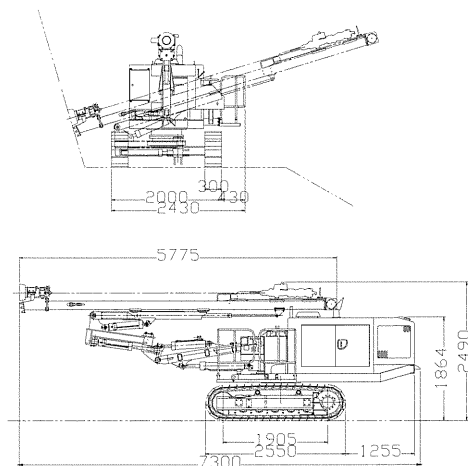
図—1 スキッドタイプへの変更

また、切土のり面の両端部で施工可能とするために、ブームはピンの付け替えで、180度回転できるように工夫を行った。機械寸法を図—2に、機械仕様を表—1に、機械全景を写真—4に示す。

狭小な場所においては、スキッドタイプをクレーンで吊り機械本体の一部を足場に預けて施工

表—1 機 械 仕 様

|     |            |                 |
|-----|------------|-----------------|
| 全 長 |            | 7300 mm         |
| 全 幅 | クローラタイプ    | 2430 mm         |
|     | スキッドタイプ    | 2000 mm         |
| 質 量 | 燃 料 含      | 6800 kg         |
|     | 機械本体+クローラ部 | 4340 kg+2460 kg |

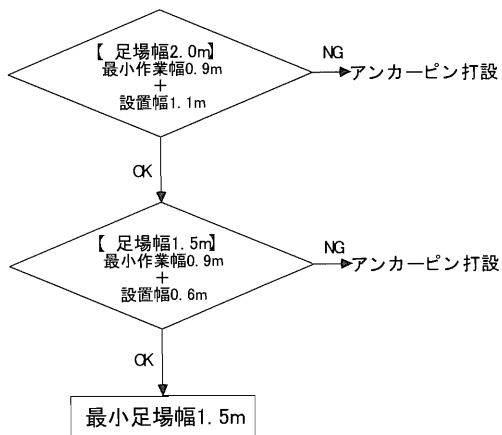


図—2 機 械 寸 法



写真—4 デュアルモードドリル

するため、機械本体の自重を利用した削孔反力がとれる最小幅を求める必要があった。そこで、図—3に示すフローに従い現場実験で最小足場幅を求めた。その結果、写真—5に示すとおり1.5mの足場幅があれば10mを十分削孔が可能であることが分かった。



図—3 最小足場幅



写真—5 最小足場幅の現場実験



一方、足場幅が十分確保できるところでは、機動性と削孔能率を確保する必要があるため、コンプレッサと油圧ユニットを機械本体に内蔵することとした。

### (3) エア削孔とエアグラウトドリル工法

デュアルモードドリルは、孔壁が自立する地山では通常のエア削孔、孔壁が自立しない地山ではエアグラウトドリル工法と、オペレータの手元で切替えが可能となっている。地山の表層部分の崖錐・崩積土が堆積しているところは、孔壁が自立しないところが多く、その下層にある風化岩、軟岩は孔壁が自立することが考えられる。したがって、削孔途中で孔壁の自立しない地山から自立する地山に変わることが予想されたため、現場実験においては、エアグラウトドリル工法からエア削孔に削孔途中で切替え、10 m 削孔し孔壁が維持されることを立証した。

### (4) スイベル

一般にスイベルは、エアまたは水をドリルロッドに供給する部分である。エアグラウトドリル工法は、エアとセメントミルクを同時に送るため、高温のエアでセメントミルクが硬化しやすく、スイベル内にセメントミルクのかすが溜まり、その影響によりドリルロッドを詰まらせる可能性が考えられた。これに対処するため、ドリフタ内部に格納されているスイベルの清掃と部品交換の作業が容易であることが要求されたため、現場実験において高圧洗浄水を使用した洗浄とスイベルの分解・清掃を行った。その結果、セメントミルクのかすがスイベル内に一部溜まっていたが、分解・清掃が容易にできることを確認した。

また、ビット先端が閉塞してセメントミルクが逆流し、これがスイベルを通じてドリフタ内部へ浸入することも考えられたため、Uパッキンとグリースで浸入を防止する一方、逆流した場合を想

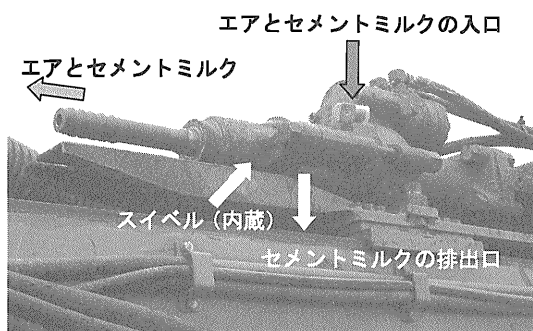


写真-6 ドリフタ

定し、図-4、写真-6 に示すようにドリフタ外にセメントミルクを排出できる開口を設ける対策を行った。

### (5) セメントミルク逆流防止装置

現場実験において、逆止弁を付けていたにもかかわらずセメントミルクがエアラインに逆流するトラブルが発生した。そこで、以下の対策を施した。

(a) ビット先端が閉塞した場合、エアが流れずエア量が0となるので写真-7 に示す操作盤の上にエアフローセルを設置し、オペレータがエア量を目視で確認できるようにした。作業中にエア量が0となった場合は、削孔を止めドリルロッドを引き出してエアが出るまでドリルロッドを前後させることとした。

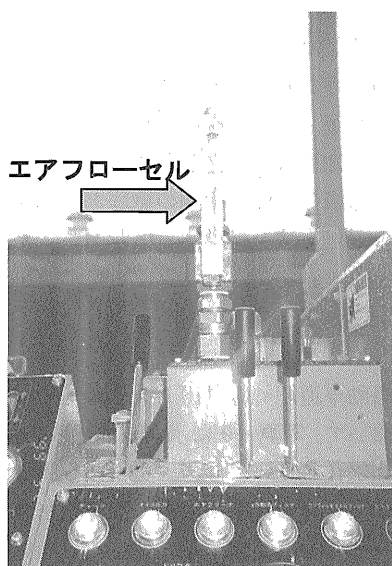


写真-7 エアフローセル

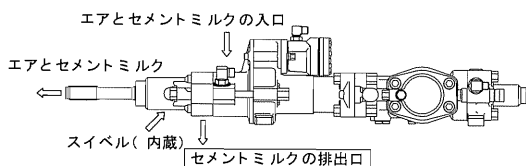
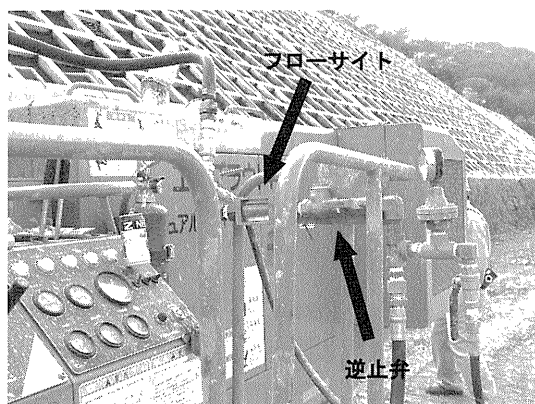


図-4 ドリフタ

(b) コンプレッサの吐出圧力は0.7 MPaであり、グラウトポンプは2 MPaまで圧力を上げることができる。閉塞した場合は、セメントミルクの圧力がエアの圧を上回って、逆流が開始することが予想されたため、オペレータの近くでセメントミルクの圧力が分かるように圧力ゲージを設置した。

(c) 逆止弁は、本体が傾いている場合、半開きの状態になることがあるため、エアラインの途中に写真—8に示すフローサイト（透明な管）を設置し、オペレータが目視で逆流を確認できるようにした。



写真—8 フローサイト

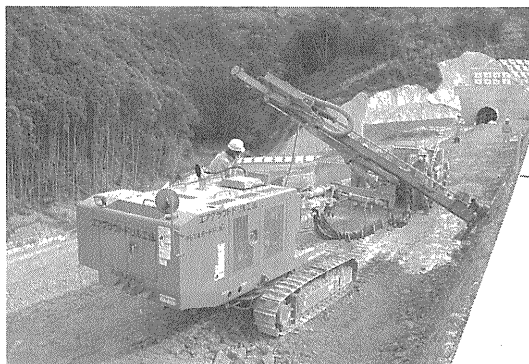
(d) 逆流しフローサイトを通じたセメントミルクがコンプレッサまで到達しないように、エアラインの途中にセメントミルクを溜める圧力タンクを設置した。

以上のような対応でトラブルをほぼ解消することができたが、実作業を行うオペレータに逆流防止対策を周知徹底する必要があったため、施工の手引きを作成し、作業手順の徹底と不具合が生じた場合の対処方法を指導する体制を整えた。

#### 4. 試験工事

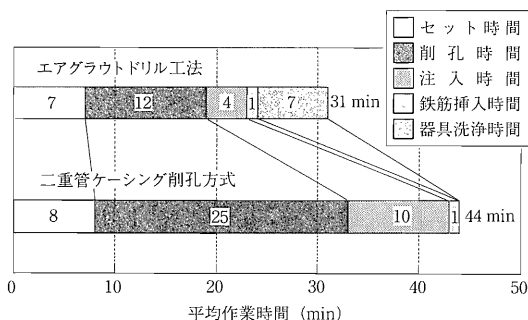
近畿自動車道紀勢線島田トンネル工事の切土のり面において、写真—9に示す試験工事を行った。地山は強風化している砂岩、頁岩の互層であり、砂岩部はハンマの打撃で容易に細片化され、頁岩部はスレーキングを起こし、粘土化している。切土のり面は、1:0.5、高さ7.0 mであり、切土補

強土工は長さ3.0 mを5段の逆巻きで施工する仕様であった。事前に行った削孔試験で孔壁が自立しないことが確認されたため、その内の最初の1段92本をデュアルモードドリルを使用してエアグラウトドリル工法で施工を行った。



写真—9 試験施工

施工結果は、図—5に示すとおりである。1本当たりの平均作業時間は、デュアルモードドリルを使用したエアグラウトドリル工法が31分に対し、次段以降行った二重管ケーシング削孔方式では44分必要であることが分かり、工費節減・工期短縮が可能であることを立証した。



図—5 作業時間の比較

図—6に二重管ケーシング削孔とエアグラウトドリル工法の作業手順の比較を示す。この図から、エアグラウトドリル工法が、二重管ケーシング削孔方式と比較して作業手順が少なく、簡易であることが分かる。ただし、図—5に示したようにエアグラウトドリル工法は、1本ごとに洗浄時間が必要であり、さらに時間短縮を図るためには、洗浄作業を効率化する必要がある。

試験工事の結果を受けて、写真—10に示す山陽

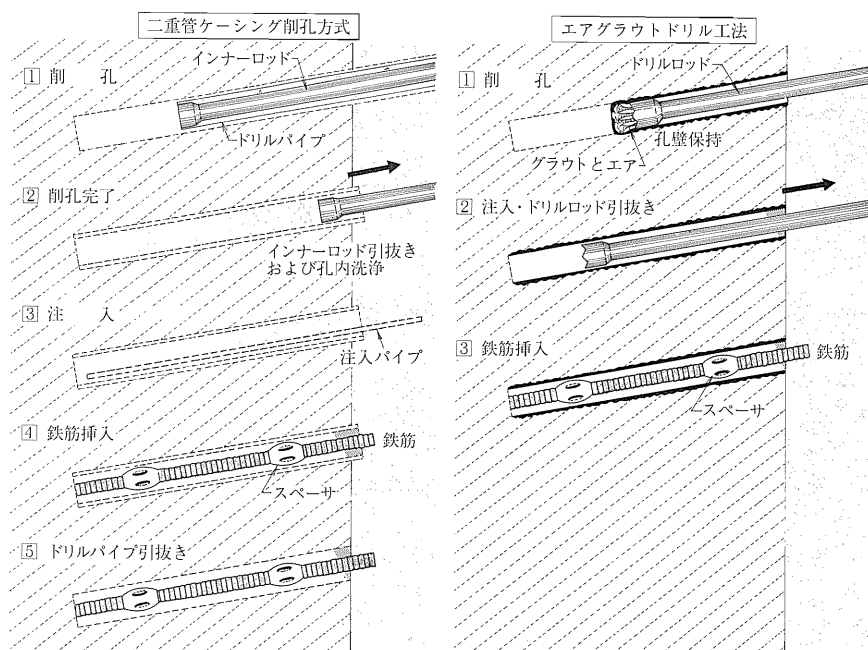


図-6 二重管ケーシング削孔方式(左)とエアグラウトドリル工法(右)の比較

の結果から、従来工法である二重管ケーシング削孔方式に比べ、1 mあたりの削孔費を約30%節減することができた。

本報告で示した新工法・新機械の開発が終了しており、今後 JH では、孔壁が自立しない地山に対する一般工法として、エアグラウトドリル工法を採用していく予定である。

最後に、ご指導、ご協力を頂いた関係各位に誌面を借りて感謝を申し上げます。

J C M A

## 【参考文献】

- 1) 緒方, 佐藤, 緒方: 切土補強土工法の新しい削孔技術, 土木技術, 56巻7号, pp.85-90, 平成13年7月(2001.7)

## 【筆者紹介】

緒方 健治 (おがた けんじ)  
日本道路公団試験研究所  
道路研究部  
土工研究室長



宮田 和 (みやた かず)  
清水建設株式会社  
土木本部技術第一部  
課長代理



菊地 将郎 (きくち まさお)  
三信建設工業株式会社  
技術開発部  
部長



写真-10 本 工 事

自動車道角亀工事の切土のり面において、エアグラウトドリル工法が本工事に採用され、順調に施工を終えることができた。

## 5. おわりに

孔壁が自立しない地山に対する切土補強土工法としてエアグラウトドリル工法を開発し、狭小な場所での施工と長尺削孔も可能とした専用削孔機デュアルモードドリルの開発を行った。試験工事



# シールド・トンネル工事用磁石ベルト式 搬送システムの開発

## — マグネットドライブ —

中山 正夫・上田 尚輝

近年、シールド工事は長距離化しており、急速施工を求められてきている。また、大断面、大深度での施工も増加すると思われる。

株式会社大林組と三和テッキ株式会社は共同で、急勾配を含むトンネルにおいて人員、資機材等を安全に高速搬送できるシステムを開発した。本システムは、従来のレールと車輪の摩擦抵抗を利用する代わりに、磁石が鉄片に吸着するときに発生する磁気摩擦力を使用するので車体の重量に関係なく一定の走行力が得られ、急勾配部でも補助装置なしで運行可能である。

本システムの作動原理、概要、工場内走行実験及び実工事に適用した結果について報告する。

キーワード：シールド、急勾配、搬送システム、磁石

### 1. はじめに

近年、シールド工事の発注は長距離化しており、さらに急速施工を求められてきている。また、大断面、大深度での施工も増加すると思われ、今後、長距離、急速施工、大断面、大深度でのシールド施工を検討するうえで、坑内の人員、資機材等の輸送方法の見直しが急務となっている。

一般的には、シールド工事では軌条を敷設しバッテリー機関車を動力車として資機材等を運搬するが、軌道の場合には勾配を5%以下とするように法規で定められている。したがって、5%を超える勾配で軌道設備を敷設する場合、ラック&ピニオン等の補助装置が必要となるが、このような方式では構造上走行速度が遅く、勾配部の距離が長くなると搬送のサイクルに支障をきたすことが考えられる。高価なラックを敷設する必要もあり、距離が長くなると費用も増加する。

このような状況から、従来の急勾配対応装置に変わるシステムとして、磁石ベルト式搬送システムの開発を行った。本システムでは、小型で高性能の永久磁石を数十個組込んだベルト（磁石式ベルト）を、鋼製のガイドレールに押付けて正逆に回転することで前後の推進力が得られる。機構

上、5%以上の急勾配でも安全かつ高速で資機材を運搬できることがわかった。

以下に、磁石式ベルトの原理、仕様、工場内走行実験、実工事での施工結果について述べる。

### 2. 動作原理及び特長

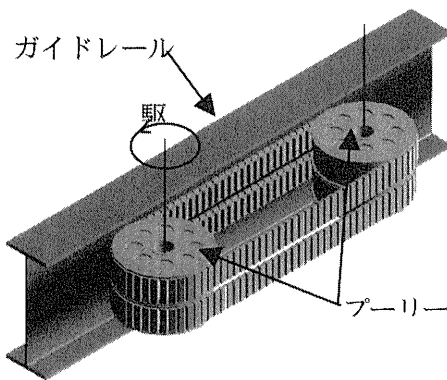
#### （1）動作原理

従来の軌道設備は、車輪とレールの間の摩擦力を利用して走行力を得ている。摩擦力は車輪にかかる荷重に摩擦係数を掛けたもので、強い推進力を得るためには重い荷重が必要である。しかし急勾配では、荷重を大きくすると下方向の分力が大きくなるため車輪の回転力が摩擦力よりも大きくなり登坂不能となったり、制動距離が長くなるため安全性を確保することが困難となる。表—1に従来使用されてきた補助装置を示すが、ラック&ピニオン等の補助装置が必要であった。

本システムでは、車輪・レール間の摩擦力の代わりに磁石が鉄片に吸着するときに発生する磁気摩擦力を使うことにより推進力や制動力を得る。図—1に示すように、数十個の永久磁石を組込んだ磁石ベルトをプーリにキャタピラ状に取付け、その内約3分の1の永久磁石が常にガイドレールに吸着するため、車両重量に係わらず一定の磁気

表一 急勾配走行用補助装置

| 搬送方式                                             | 構造概要                                                                                                                                                                                                                      | 概要図 |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ラック&ピニオン式<br><br>(バッテリー<br>機関車式<br>・外部電源<br>台車式) | <ul style="list-style-type: none"> <li>鋼製のラックをセグメント上部に布設しピニオン歯車がラック部に噛み込みながら走行する。</li> <li>ピニオン歯車の駆動は、機関車内のモータが回転することにより作動する。モーター回転のための電源供給はバッテリーが内蔵されているバッテリー電源方式と、電線リールに必要ケーブル長を巻き付けておきリールの回転により行う外部電源方式がある。</li> </ul> |     |
| ウインチ式                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>ウインチモーターの駆動によりワイヤーを巻き上げ下げすることで台車が走行する。</li> <li>台車は通常セグメント上部に設置された軌道レール上を走行するのが一般的である。</li> </ul>                                                                                  |     |



図一 概念図

摩擦力を得られる。

実際にはガイドレールを挟みこむように反対側にも磁石ベルトが装備されている。磁石ベルトの本数は必要な磁気摩擦力によって決められるが、図一では上下2段となっている。

## (2) 特 長

磁石ベルト式搬送システムの特徴を以下に記す。

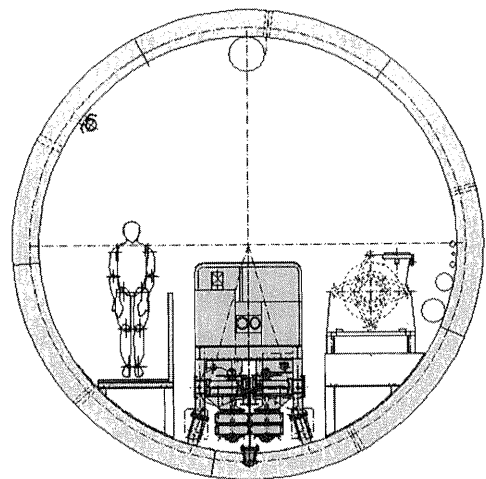
- ① 登坂能力が大きい(車両重量に関係なく一定の推進力が得られる)。
- ② 車両が小型軽量で牽引力が大きいので、長距離、急勾配に適する。
- ③ 急曲線走行が可能(15 mR)
- ④ 永久磁石の摩擦力を利用するため安全性、信頼性が高く、走行面の環境に左右されにくい。

## 3. システム構成

今回、工場内走行実験及び現場実証実験の実施にあたり、磁石ベルト式搬送車両1台、セグメント台車2台を製作した。図一2、図一3にセグメント内径φ4,700 mmの泥水式シールド工事に適用した場合の例を示す。搬送車両及びセグメント台車はいずれもタイヤ走行式であり、シールドセンター下部に布設されたガイドレールに沿って走行する。

また、搬送装置の推力・制動力の反力もこのガイドレールより得られる。枕木を布設する代わりに、左右にブラケットを配置して安全通路、排泥ポンプ設置場所を確保している。

駆動力としてはサーボモータを使用しており、



図一2 坑内断面図

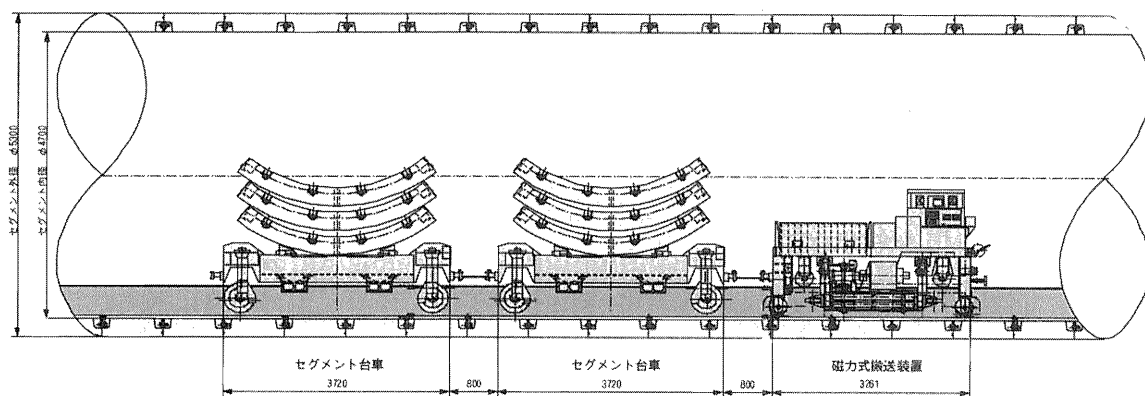


図-3 坑内縦断図

定格トルク内であれば任意の回転数を設定することが可能であるため、通常の運行ではディスクブレーキ等の機械制動装置を使う必要はない。そのため、制動装置の故障・摩耗も少なくメンテナンスが容易であり安全性が高い。また、急勾配で使用することを考慮して、非常時や停車時に使用する負作動の電磁ブレーキ、大容量ディスクブレーキ、トラックブレーキ等も装備されており安全性に十分配慮されている。

#### 4. 機器主要仕様

写真-1 に設備の全体を示す。先頭が磁石ベルト式搬送車両で、その後方にセグメント台車が2台連結されている。黒丸で囲まれた部分に駆動装置が格納されており、その詳細を写真-2 に示す。この駆動装置は車両の左右に対称に設備されており、写真中央部に示されているサーボモータの出力が減速機を経て、磁石ベルトを支持している

プーリに伝達される機構となっている。

表-2、表-3 に磁石ベルト式搬送車両とセグメント台車の主要仕様を示す。牽引力としては従来の12トンクラスのバッテリー機関車とほぼ同等で

表-2 搬送車両仕様

|        |                                                  |                                  |
|--------|--------------------------------------------------|----------------------------------|
| 通行速度   | 最大                                               | 10 km/hr                         |
| 定格牽引力  |                                                  | 10.78 kN                         |
| 質量     | 車体<br>バッテリー                                      | 5,000 kg<br>2,200 kg             |
| 寸法     | 全長<br>全幅<br>全高                                   | 3,900 mm<br>1,200 mm<br>2,315 mm |
| 最小旋回半径 |                                                  | 15 m                             |
| サーボモータ | 台数<br>定格出力                                       | 2台<br>22 kW                      |
| 磁石ベルト  | 使用本数                                             | 4                                |
| 安全装置   | 非常停止ボタン<br>障害物検出バンプ<br>障害物センサー<br>前方監視カメラ<br>排障器 | 5個<br>前後2個<br>前後各2個<br>1セット      |
| 運転方式   | 運転席での操作<br>無線操作                                  |                                  |

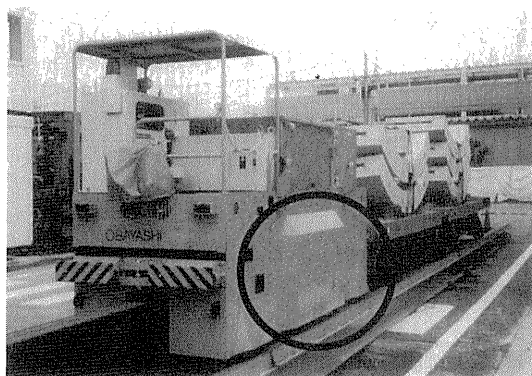


写真-1 設備全体図

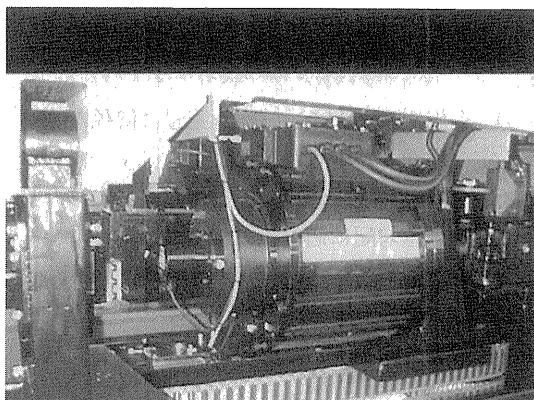


写真-2 駆動装置

表—3 セグメント台車仕様

|         |         |          |
|---------|---------|----------|
| 質 量     | 自 重     | 2.6 t    |
|         | 最大積荷重   | 8 t      |
| 寸 法     | 全 長     | 4,030 mm |
|         | 全 幅     | 1,473 mm |
| 走 行 装 置 | ウレタンタイヤ | 4 個      |
|         | 旋回方式    | 1 軸旋回式   |

あり、勾配部分でも一定の推進力が得られる。したがって、被牽引質量にもよるが、5%を超える勾配でも運行可能である。

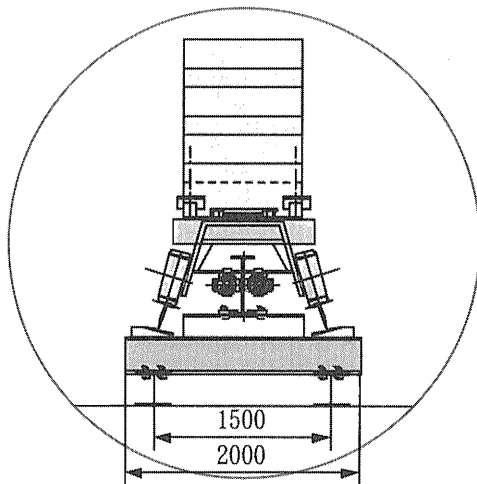
運行可能な最小曲率半径は 15 mR であるが、シールド工事の実績より大半のシールド工事に適用可能である。

## 5. 工場内走行実験

### (1) 実験条件

図—4 に走行実験に使用した試験軌道の断面図を示す。

円形のトンネル内を走行するため、車輪はセグメント内面と直角に接するように「ハ」の字に開いている。試験軌道では H 鋼を傾けてセグメント内面を模擬しており、その上を車輪が走行する。



図—4 試験軌道断面図（セグメント台車）

今回は、セグメント内径  $\phi 4,700$  mm のトンネル内を走行するように車輪の角度は調整されているが、角度を変更すると異なった径のトンネルにも適用可能である。

セグメントは 1 リングあたり 6 分割で、写真—1 に示すようにセグメント台車 2 台にそれぞれ 3 ピース筒搭載して 1 リング分を 1 度に運搬することができる。セグメントの質量は約 12.3 t、セグメント台車の質量は 2.6 t/台で、被牽引質量は約 17.5 t となる。

試験軌道には全長約 120 m で、直線部、急曲線部、勾配部が設置されている。直線部では前後に加減速区間が設けられている。急曲線部はシステムの最小適用半径である 15 mR である。また、勾配部は 2.2% で加速区間及び制動距離を計測できる区間を設けている。

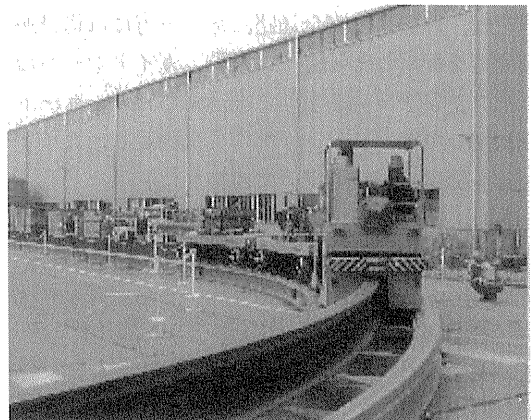
### (2) 実験目的

以下の項目の検証及びデータ計測等を行った。

- ① 始動抵抗、転がり摩擦抵抗、曲線走行抵抗
- ② 走行時の安定性（一定速度、加減速時）
- ③ エネルギー効率
- ④ 急曲線走行時の方向制御性能
- ⑤ 制動距離
- ⑥ サーボモータの制動特性

### (3) 実験結果

概ね当初計画どおり性能を確認することが出来た。始動抵抗、転がり摩擦抵抗は設計値の半分程度であり、それにともないエネルギー効率も高かった。今回、車輪と接触する走行面が鋼製でかつ平滑であったためだと考察されるが、セグメント上を走行する場合多少抵抗が増えると思われる（写真—3）。



写真—3 急曲線走行試験



急曲線部の曲線走行抵抗も設計値より少なかったが、これはセグメント台車の走行車輪をボギー式として案内輪で曲線に沿って車輪を操舵する機構としたことに起因すると考えられる。

サーボモータの制御特性を調整してスムーズな加速、減速が行えるようになった。また、下り勾配部分で高速走行時からでも設計制動距離内で停止できることを確認した。

## 6. 工事概要及び施工工事

### (1) 工事概要

工事概要に示すように、本工事は泥水式シールドであるため掘削土砂を坑外に搬出する必要がなく、主にセグメント、配管等を搬入するために使用された。

- ・工事名称：八潮共同溝Ⅰ期工事
- ・発注者：国土交通省関東地方整備局東京  
国道工事事務所
- ・施工場所：東京都品川区
- ・泥水式シールド工法
- ・施工延長：約 650 m
- ・縦断勾配：2.175%（下り）
- ・曲線半径：100 m, 150 m, 200 m
- ・セグメント： $\phi 4,700$  mm（内径）  
 $\phi 5,300$  mm（外径）  
12.3 t/ring（質量）

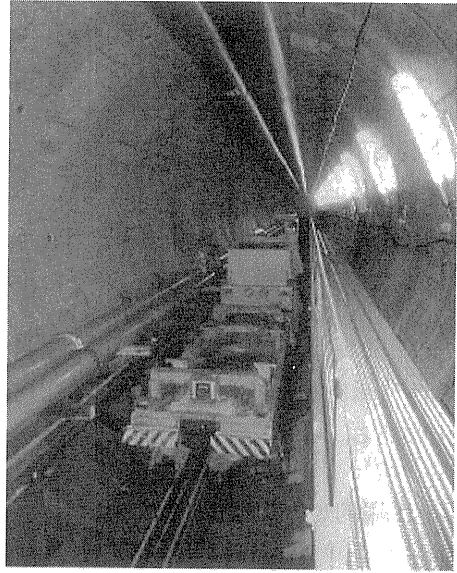
### (2) 施工方法

当初の計画どおり写真—4に示すように、枕木を敷設しないで、セグメント左右にブラケットを取付け、片側には安全通路、もう一方には送排泥設備等を配置した（図—2参照）。ガイドレールの下部フランジ部分を事前に埋込まれたインサートを利用してセグメント下部中央に固定し、ガイドレール間はウェブの上下で連結した。

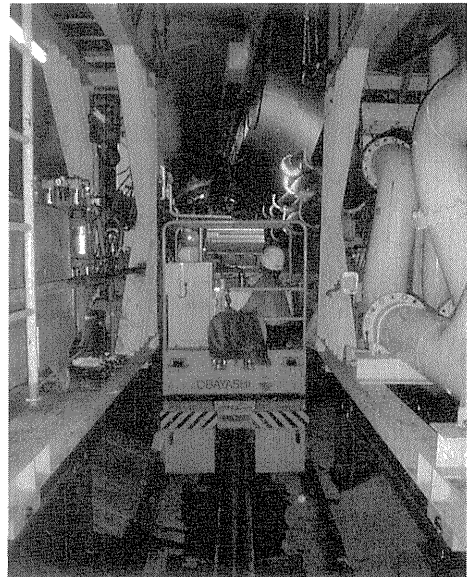
また、後方台車の区間では、左右のブラケット上にレールを敷設して門型の台車を走行させた。写真—5に左右の台車間を走行して切羽にセグメントを運搬してきた状況を示す。

### (3) 施工結果

搬送システムの基本性能は工場内走行実験で確



写真—4 坑内走行状況



写真—5 切羽での資材搬入状況

認しているため、実工事で施工するうえで、次の項目に留意した。

#### (a) 耐久性、信頼性

磁石ベルトは開発中に長期間の耐久テストを行っているが、現場での施工中に金属片等の異物を噛込んだり、ガイドレール表面の錆が磁石に付着して性能が劣化することなどが懸念された。ベルトの前後に排障器を設備するとともに周辺の環境を整備することで、施工中故障や性能低下等は

発生しなかった。

また、セグメント間の段差を通過するときにはウレタントイヤに亀裂が生じることも懸念されたが、同様に異常は発生しなかった。

### (b) 周辺設備の施工性

枕木、レールに代わるブラケット・ガイドレールは切羽で設置したが、従来方式と比較して作業性は同等で、設置誤差も許容範囲内で収まった。

また、ガイドレールは直線区間では4m、曲線部分では2mのレールを切羽で延長したが、曲線にあわせて曲げ加工を行う必要はなかった。

### (c) 操作性

操作は運転席、もしくは無線装置を使用しての遠隔操作とした。従来のバッテリーロコと同様の操作方法にしたため、作業員が熟練するまでの期間は短かった。

## 7. 終わりに

今回、本システムを適用した工事は勾配が約2%であり、従来のバッテリー機関車で施工可能であった。しかし、実工事に適用することで耐久性、信頼性の検証及び周辺付帯設備の施工方法を確立

することができた。工場内走行実験の結果も踏まえ、5%以上の勾配があるトンネル工事に本システムを適用するための技術は確立されたと考えている。また、本システムは労働安全衛生規則の軌道装置に該当しないため、法的に問題がない。

今後は、駆動部の設計を見直すことで、車両の軽量化、製作費のコストダウンを目指したい。また、急勾配のある工事に積極的に導入を計画して、本システムの普及を図るつもりである。

J C M A

#### [筆者紹介]

中山 正夫 (なかやま まさお)  
大林・日産特定建設工事共同企業体  
現場代理人



上田 尚輝 (うへだ ひさてる)  
株式会社大林組  
東京本社  
機械部  
課長



# 建設機械用語集

## 〔建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典〕

- 建設機械関係基本用語約2000語 (和・英) を集録。
- 建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 約200頁 定価2,100円(消費税込)：送料600円

会員1,890円( " )： "

## 社団法人 日本建設機械化協会

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

# 湖沼等における自律航行型測深システム

## —自動ベルーガの開発—

増田 稔・今村 一紀

ダム湖・沼湖などの汀線を含む全域の詳細な測量は、これまで大勢の人員による人力測量に頼らざるを得なかった。今回開発した自律航行型測深システム「自動ベルーガ」は、山間部での利用を考え、工具を必要としない組立て式小型双胴船タイプのプラットフォームを採用し、運搬性の向上と各センサの設置精度と再現性を確保し、総合精度の向上を図るとともに、測量船（装置）の自律航行を図ることにより省人化および省力化を図ったものである。

本報文では、これまでの実績をもとにダム湖等の調査の効率化と省力化を目指し開発した自律航行型測深システム「自動ベルーガ」の概要と東北地方のダム全面測量の実施例について報告するものである。

キーワード：自律航行、ナローマルチビーム測深機、レーザミラースキャナ

### 1. はじめに

従来のダム湖の測量は、管理する測線を設け、その測線に沿って、水中部は、音響測深機もしくは重錘で計測し、陸上部は、水準測量で計測している。

しかし、全域をカバーするほど密な測線では測らないため測線に沿って帯状に未測深幅ができることになる。この未測深幅が狭いほど測量の精度は高くなる反面、手間と費用がかかっていた。

7年程前に比較的安価なナローマルチビーム測深機「Sea bat」が日本に導入され、コンピュータ技術の飛躍的な向上と RTK-GPS との組合せにより、未測深幅の無い、より効率的で高精度な面的な測量が普及し始めた。

東亜建設工業株式会社においては、ナローマルチビーム測深機「Seabat」が日本に紹介されると同時に導入し、応用技術の開発を行ってきた。そして、RTK-GPS/GLONASS の日本への導入を機に、3年程前からダム湖の調査（測量）を行うようになった。

### 2. 開発の経緯

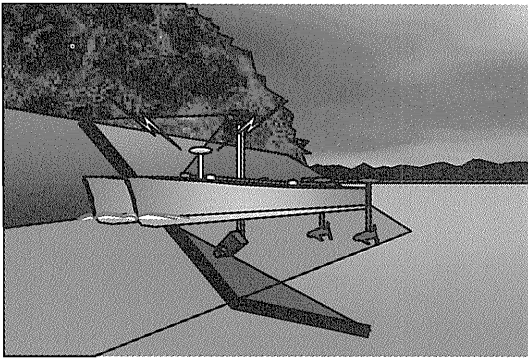
3年間のダム湖調査の実績の中で、狭隘な場所にあるダム湖等では測量を行う場合、測量船の運

搬が困難な場所もあり、さらに湖底の地形が複雑で測量の際に通常の船では喫水の問題から座礁の可能性もあった。また、調査のたびに使用する船が異なるため艀装や艀装の度に実施するキャリブレーションに多くの時間と労力を割くこともあった。さらに、水底部の測量は、ナローマルチビーム測深機を用いることにより、水深 2m 程度まで全面の測量が可能ではあるものの、特にダム湖において堆砂量等を正確に把握するためには、陸上部分の測量も不可欠ではあるが、陸上部分の面的な広域測量は現実的には困難であるため、地図データを用いた補間等を行っていた。

そこで、これらの問題を解決すべく、自律航行型測深システム「自動ベルーガ」（以下、本システムと記す）の開発に着手した。

本システムは、運搬性の向上させるために工具を必要としない組立て式小型双胴船タイプで、各機器は、専用の架台に設置するため、計測状態はいつの時点でも同じで再現性があることから総合精度の向上に繋がる。また、自律航行を図ることにより省人化および省力化も実現した。

さらに、狭隘な山間部での計測であるため、位置管理には、RTK-GPS/GLONASS を採用し、水中部の計測は、ナローマルチビーム測深機を、陸上部の計測は、レーザミラースキャナを採用し、水中部と陸上部を同時にかつ連続的に測量し、合成・補間することにより、汀線を含む全域



図—1 イメージ図

を高精度かつ迅速に行うことが可能となった。

### 3. システムの構成

近年、測量技術とコンピュータ技術の発達に伴い、精度が高く、安定した測位システムである RTK-GPS 等は、様々な場面で活用されており、特に遠隔操作を行ううえでの位置センサとして利用されている。また、測量分野において三次元測量が注目されるなか、陸上部の測量ではレーザミラースキャナ、水中部の測量ではナローマルチビーム測深機など様々な装置が開発されている。

本システムは、これらの機器を組合せ、高精度かつ効率的な測量を実現している。

#### (1) ハードウェア

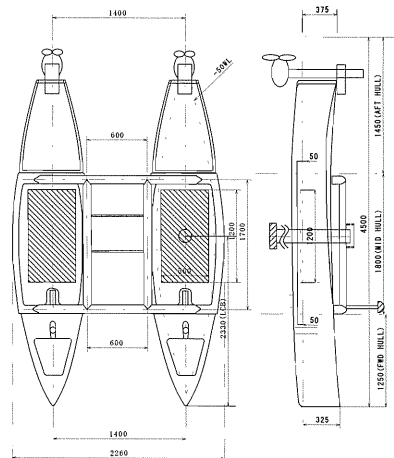
##### (a) 船 体

図—2 に船体の概略図を示す。

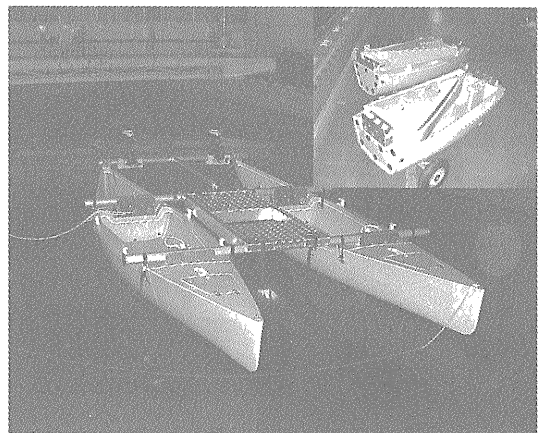
船体は、分割式双胴船を採用しており、人力による運搬が可能な測量船としては小型の部類に属する。寸法＝全長 4,500 mm×全幅 2,300 mm×全高 400 mm、質量＝約 80 kg（分割時＝最大 20 kg/個程度）、ペイロード＝約 300 kg であり、全て蝶ねじやバンドにより固定する構造になっており、工具等を用いることなく組立てが可能である。

推進装置は、推力＝20kg 前後/基の電動スラスタを 2 基用いている。

船体には、センターボードが備え付けられており、ここに RTK-GPS/GLONASS を 2 台、動揺補正装置、ナローマルチビーム測深機（以下、NMB と記す）及びレーザミラースキャナ（以下、



図—2 船体概略図



写真—1 双胴船写真

LMS と記す）が設置可能なように専用の架台を設けてある。なお、NMB と LMS に関しては、調査の目的に応じて適宜設置する。

##### (a) RTK-GPS/GLONASS

RTK-GPS/GLONASS 測位システムは、アメリカが管理する GPS 衛星に加えて、ロシアが管理する GLONASS 衛星を併せて受信し、測位するもので、従来 GPS 衛星のみの受信では RTK 測量に必要な衛星数を確保できないような周囲を山に囲まれたダム湖等での測位が可能となっている。

##### (b) ナローマルチビーム測深機 (Sea Bat 8125)

NMB は、 $1^{\circ} \times 0.5^{\circ}$  のビームを 240 本（測深幅＝ $120^{\circ}$ ）発信し、移動（前進）することにより、湖

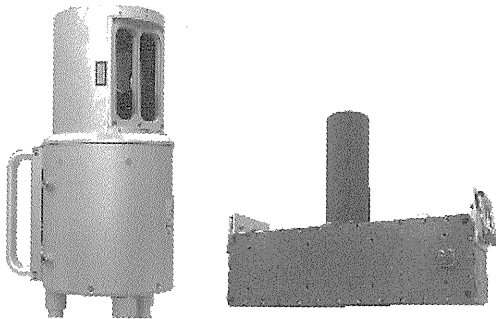


底を「面」ととらえ、高密度なデータが取得可能な装置である（図—3 参照）。

測量の際には、30%程度ラップさせることにより欠測のない三次元地形を取得することができる。

#### （c） レーザミラースキャナ（RIEGL LMS-Z 210）

LMS は、測距範囲が 2～350 m、スキャン角が最大で上下方向に 80°、左右方向に 333°のノンプリズム型レーザ距離計であり、固定点に設置し、測定範囲内にある対象物までの距離と角度を測定し対象地形を三次元に捉えるものである（図—3 参照）。スキャン角度およびグラフィックのフレームの大きさは自由に設定でき、分解能を上げることによって高密度のデータを得ることが可能である。



図—3 LMS (左) および NMB (右)

なお、本システムで船体に固定設置する場合は、左右方向のスキャンは固定し、上下方向のスキャンのみで測定している。

#### （d） 動揺補正装置

動揺補正装置は、測量船のピッチング、ローリング、ヒービングを計測・補正する装置である。

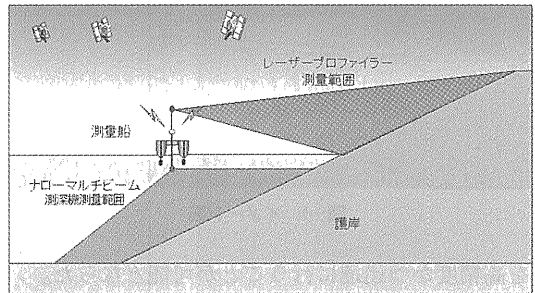
ナローマルチ測深機やレーザミラースキャナは、一度に広範囲のデータを取得することから、わずかな船体動揺でも大きな影響を受けるため、静穏なダム湖とは言え、動揺補正装置の採用は不可欠である。

### （2） ソフトウェア

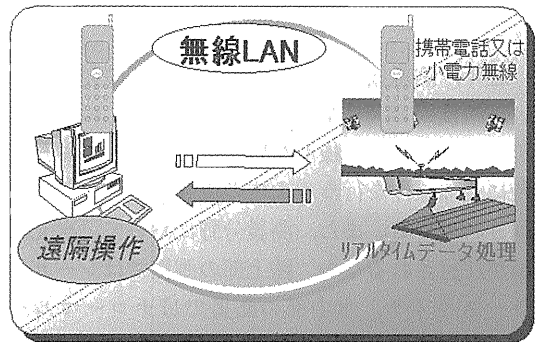
本システムのソフトウェアは Windows の優れた動作環境を活用し、現場での操作性、汎用性を重視した設計になっている。

#### （a） 測量船側ソフトウェア

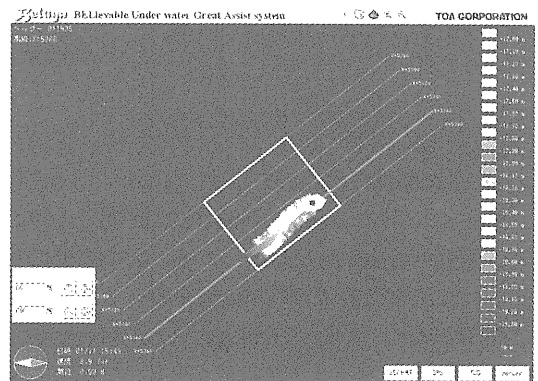
図—4 に測量時のイメージを示し、図—5 に携帯電話による無線 LAN のイメージを示す。図—6 には測量船誘導時の測量船側ソフトウェアの描画例を示す。



図—4 測量イメージ



図—5 携帯電話による無線 LAN イメージ



図—6 測量船の誘導画面

測量船側ソフトウェアは、測量船の誘導を主目的としており、水中部と陸上部を同時にかつ連続的に測量し自動収録するとともに測量結果をリアルタイムに表示（コンタ図）する。

測量船の測量状況（誘導画面）は、無線 LAN により陸上監視局側に転送され、自動測量時など未測深範囲の確認がリアルタイムにできるようになっている。

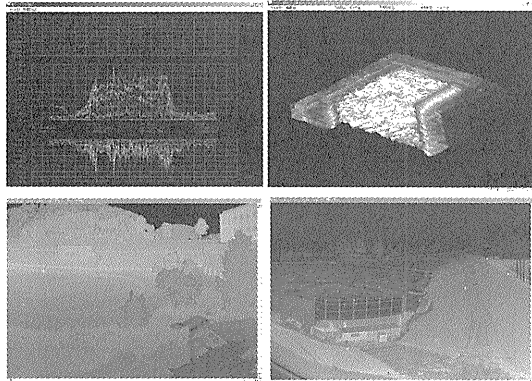
## (b) 事務所側解析ソフトウェア

図-7に各解析ソフトの描画例を示す。

事務所側解析ソフトウェアは、MO等を媒体に送られてくる膨大な量のナローマルチビーム測深機の水中部測深データとレーザミラースキャナの陸上部データを合成・補間し汙線部を含めた全域のデータを処理している。

事務所側解析ソフトウェアで、これらのデータを基に詳細なコンタ図および鳥瞰図、任意測線の断面図の出力が可能である。また、データは日付け管理されていることから、継続調査による複数データの任意断面の重ね合わせ図の出力も可能である。

LMSデータとしては、計測されたすべてのレーザ測定点の座標、受光強度、カラーデータが得られ、解析の段階で測定されたデータが、地形データなのか草木等の植物表面を計測したデータなのか判別可能であり、地形測量に関してはノイズである植物表面からデータを除去可能である。



(上：NMB 下：LMS)  
図-7 各解析ソフトの描画例

## 4. 制御システムについて

測量船(装置)は、図-8の制御システムにより制御され、効率の良い測量が可能である。

制御モードは、

- ① 航行モード
- ② 監視機能
- ③ 制御モード

に大きく分かれている。

- ① 航行モード

「トラッキング」「定点復帰」の2種類があり、

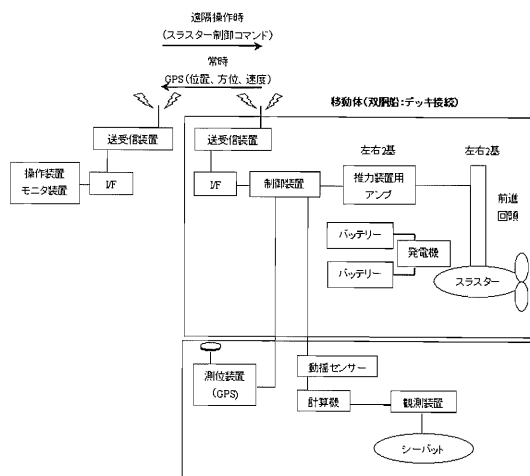
「トラッキング」は、事前設定の位置を通過するように航行し、「定点復帰」は、設定位置周辺を保持するように航行する。

## ② 監視機能

航跡表示としてGPSによる計測位置を基地でモニタできるようになっている。

## ③ 制御モード

「自律航行」「遠隔操作」「直接操作」の3種類があり、各種モードは遠隔操作によって選択できる。「自律航行」は、事前に設定した風波や水流の影響を考慮した制御量等に従って航行し、「遠隔



制御システムの構成

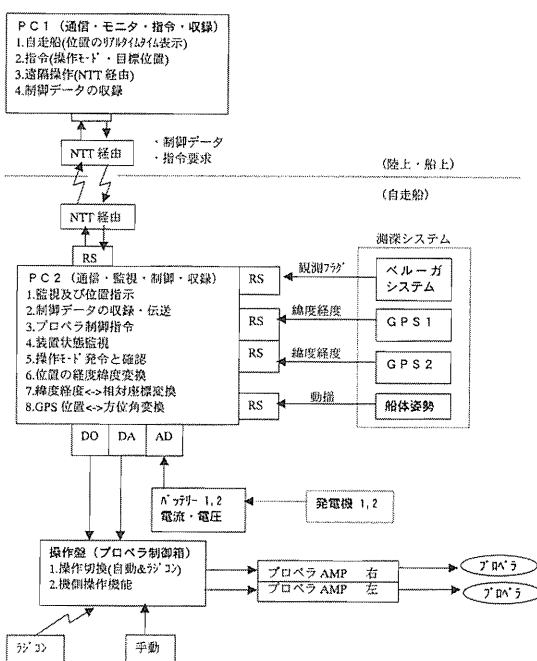


図-8 制御システム構成図

操作」は、無線操縦で手動による操船を行う。「直接操作」は、ジョイスティックによって操作する。

制御システムの自律航行機能により、毎回決められた（地形に合わせた）測線で航行させ、測量することが可能であり、効率的な測量が可能である。

## 5. システムの導入事例

岩手県盛岡地区のSダムにおいて本システムを用いて湖底地形の調査を行った。

調査区域（測量エリア）は、約3,500,000 m<sup>2</sup>で平均水深は約10.7 mであり、広域なため、RTK-GPS/GLONASS 基地局の設置位置や工程を考慮し、全体を18ブロックに分割し、準備を含め約2週間（平成13年4月15日～平成13年4月29日）で行った。

RTK-GPS/GLONASS の基地局は、座標の分かっている用地境界杭等を使用し設置し、RTK-GPS/GLONASS の基地局補正情報の移動局（測量船）側への伝送は、特定小電力型データ伝送装置を用い、地理的に電波の届きにくい箇所については無線中継局を設け対応した。

自律航行を行うための制御システムは、陸上監視局と測量船（装置）間で相互にデータ通信を行う必要があるが、Sダムにおいては、陸上監視局から見通しの利かない区域が多くあり、自律航行による調査は、全体の10%程度であった。

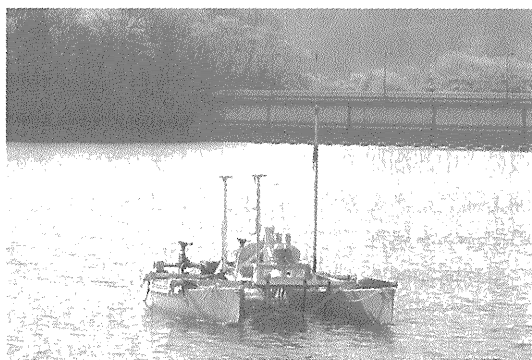
また、この時点では、レーザミラースキャナを用いた陸上部の計測は、テスト段階であったため、陸上部は、航空写真測量をもとに作成された最新の地図データ（縮尺：1/2,500）を用い、合成、補間した。

なお、今回の調査では、現在の総貯水量や湛水前の地図データとの比較から堆砂量を求めた。また、堆砂状況を把握するため、現況の鳥瞰図や堆積分布図等を作成した。

調査状況を写真—2に示し、調査結果（カラーコンタ図）を図—9に示す。

また、図—10には、試験的に行ったレーザミラースキャナを用いた陸上部の計測結果（鳥瞰図）を示す。

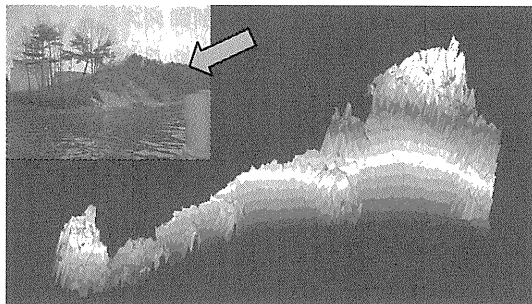
今後は、神奈川県川崎市の浮島廃棄物処分場へ



写真—2 調査状況



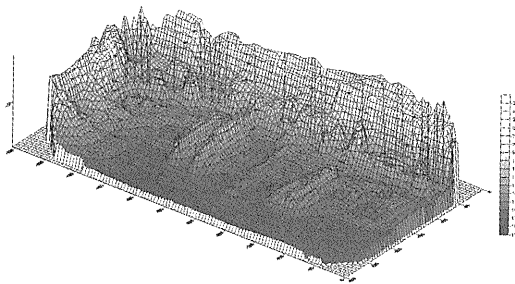
図—9 調査結果



図—10 陸上部計測結果



写真—3 浮島廃棄物処分場



図—11 鳥瞰

の導入を検討している（写真—3 および図—11 参照）。

ここは、鋼管杭に囲まれた約550m×300mの処分場で、現在、毎月、埋立て状況を管理するため、既に通常の測量船を用いた全面的測量を実施している。

この廃棄物処分場は、非常に狭く、FCS (Floating Conveyor System) で分断されており、今後、埋て立の進行に伴い水深は徐々に浅くなり、現在用いている船（船体全長約8m）での測量が困難になると考えられ、小回りがきき、座礁の危険性も低減できる本システムは有効である。

## 5. おわりに

自立航行型測深システム「自動ベルーガ」は、2000年から構築に掛かり、2001年に入り水槽実

験等を実施し、岩手県盛岡地区のSダムにおいて本格的に導入した。

本システムを導入することにより、ダム湖等の汀線を含む全域を高精度かつ迅速に行うことが可能となり、面的な測量に要する労力の大幅な削減が期待される。

さらに、定期的な調査を実施することにより、カラーコンタ図や鳥瞰図、層厚分布図等多彩な解析ソフトで湖底地形の変化状況を捉えることが可能であり、適切な対策工へのフィードバックが期待できる。

今後は、無人での調査が可能であることから立入りが制限される危険区域の状況確認等へ利用も考えている。

最後に、本システムの実用化にあたり御協力いただいたチームベルーガの関係各位に厚く御礼申し上げる次第である。

J C M A

### 【参考文献】

- 1) 増田 稔：自動ベルーガシステムの開発—自律走行型測深システム—，東亜建設工業社内技術発表会，2000年11月
- 2) 増田 稔ほか：リアルタイム・高密度水中施工管理システム及び堆積形状予測管理システム，第8回建設ロボットシンポジウム，2000年7月
- 3) 増田 稔ほか：投入土砂堆積形状予測ベルーガシステム，港湾学術交流会年報，No.37，2000年6月

### 【筆者紹介】



増田 稔（ますだ みのる）  
東亜建設工業株式会社  
土木本部  
機電部  
電気課長



今村 一紀（いまむら かずき）  
東亜建設工業株式会社  
土木本部  
機電部電気課  
副参事

# シールドトンネルにおけるラッピング工法 (外周被覆工法) の開発

島田 哲治・栄 毅 熾

現在、都市トンネルの建設は、地下構造物の輻輳化によりますます大深度化する傾向にあり、高水圧に対応する止水技術が求められている。また、海底部や湾岸部では、塩害によってセグメントが劣化することを抑止する技術も求められている。

このような要望に対応する技術に、「メンブレンラッピング工法」と「ラッピングシールド工法」のようにセグメントの外周全体を防水シートで覆う外周被覆工法がある。

「ラッピング工法」は、両工法の技術を融合して、大断面施工や高速掘進施工にも対応可能な汎用工法を目指して開発を行った。

このたび、 $\phi 3,478$  mm シールド実験機に開発した施工システムを装備して、実施工レベルの実験を行い、本システムの機能・施工性の検証と優れた品質確保を確認し、実用化の見通しを得ることができた。

本報文では、「ラッピング工法」の開発の概要、実験結果を紹介するものである。

キーワード：トンネル、外周被覆工法、防水シート、止水技術、劣化防止技術、

## 1. はじめに

現在、都市トンネル建設の主流に位置づけられているシールド工法は、地下構造物の輻輳化により大深度化する傾向にある。また、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」の施行により、その傾向にますます拍車がかかるものと考えられる。そのため、これからのシールド工法の課題には、大深度高水圧下に対応できる止水技術が挙げられる。

一方、海底部や臨海部でのトンネル建設においては、塩害等の腐食性環境下におけるセグメントの劣化防止技術が求められている。

さらに、最近の建設事業は、新規建設費のコスト縮減が強く求められており、初期投資だけでなく将来の維持管理を含めてトータルコストダウンが求められている。

ラッピング工法（外周被覆工法）は、それらの要望に応えるべく開発した技術である。本工法は、セグメント外周全体を止水性、耐久性に優れた防水シートで覆う技術である。

今回、開発した施工システムについて実施工レベルの実験を行い、実用化の見通しを得ることが

できた。本報文では、開発の概要、実験結果について報告する。

## 2. 開発の概要

### (1) ラッピング工法の特長

ラッピング工法は、トンネルの外側をシートで覆うことでトンネルを土と水から遮断する。

本工法（外周被覆工法）の特長（効果）は次の3項目である。

#### ① トンネルの長寿命化

- ・トンネルを土と水から遮断し、構造物、坑内設備の長寿命化を達成する。

#### ② トータルコストダウン

- ・高水圧や腐食性環境下においても、二次覆工の省略に貢献し工事費用の低減ができる。
- ・供用中の排水処理などランニングコストが、削減できる。
- ・構造物、坑内設備の劣化を抑止し、ライフサイクルコストが低減できる。

#### ③ 地下環境の保全

- ・止水性能が高いため、地下水の変動や地盤沈下など、環境に対しての影響を防止することができる。



## (2) 開発のコンセプト

既存の外周被覆工法には、メンブレンラッピング工法とラッピングシールド工法がある。

ラッピング工法は、大成建設(株)、五洋建設(株)、(株)奥村組、日立建機(株)、石川島播磨重工業(株)が、共同で、両工法の技術を融合して大断面や高速掘進施工にも対応できる汎用性の高い外周被覆工法を目指して開発を行った。

新しく開発した技術は、以下のとおりである。

- ① 大断面シールドや高速掘進に対応した防水シート高速溶着装置
- ② 施工性と優れた品質を確保できる防水シート高速被覆システム
- ③ 耐水圧性・耐久性・施工性に優れたラッピング工法用防水シート

開発にあたり、セグメント外径と掘進速度に対して、目標と定めた防水シート巻立て時間を表1に示す。

表1 目標防水シート巻立て時間

| セグメント<br>外径 (mm) | セグメント幅<br>(mm) | 掘進速度<br>(mm/min) | 掘進時間<br>(min) | 目標巻立て時間<br>(min) |
|------------------|----------------|------------------|---------------|------------------|
| 3,550            | 1,000          | 40               | 25' 00"       | 25' 00"          |
| 5,750            | 1,200          | 35               | 34' 20"       | 30' 00"          |
| 9,800            | 1,200          | 30               | 40' 00"       | 35' 00"          |
| 14,000           | 1,200          | 25               | 48' 00"       | 45' 00"          |

## 3. ラッピング工法の概要

### (1) 施工法

ラッピング工法を図-1に示す。

シールド機に装備した防水シート高速被覆システムにより、掘進中にセグメント1リング分のシートを巻立てる。掘進およびシート巻立て後、セグメント組立てを行う。以後、掘進・防水シー

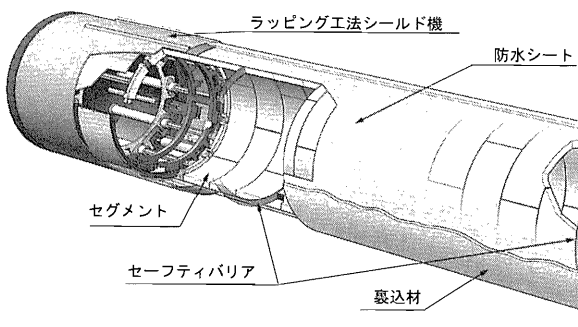


図-1 ラッピング工法の概念図

ト巻立ての同時施工（以下、掘進・巻立て同時施工と呼ぶ）とセグメント組立てを順次行い、トンネル全体を防水シートで覆う。

セグメントで覆ったシートの外側への裏込め注入は、シールド機より同時裏込め注入装置により行う。

なお、約30mごとにセグメントリング間に錨状の隔壁（以下、セーフティバリアと呼ぶ）を設け、万一、シートが破損しても区間を限定することで漏水箇所の発見と補修を容易にする。

### (2) 防水シート

当工法に使用する防水シートは、施工性、溶着性、耐久性、経済性、実績等で検討を行い、厚さ2mm以上のポリエチレンシートを使用することとした。また、製品に対する仕様を表-2のように定めた。なお、規格値は、日本鉄建公団の防水シート品質管理基準<sup>1)</sup>を参考とした。

表-2 ラッピング工法用防水シート物性規格値

| 試験項目                      | 規格値                           | 試験方法                 |
|---------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 比重(—)                     | 0.95±0.05                     | JIS K 6773           |
| 硬さ(—)                     | 85~98                         | JIS K 6773           |
| 厚さ(mm)                    | 2.0以上                         | JIS A 6008           |
| 引張り強さ(N/mm <sup>2</sup> ) | 20℃<br>-10℃<br>10以上<br>18以上   | JIS K 6773           |
| 伸び(%)                     | 20℃<br>-10℃<br>500以上<br>350以上 | JIS K 6773           |
| 継目強度(残率)                  | (%)<br>30以上                   | JTA(案) <sup>a)</sup> |
| 引裂強さ(N/mm)                | 40以上                          | JIS K 6252 準拠        |
| 耐薬品性質量変化率(%)              | アルカリ<br>酸<br>食塩水<br>±1以内      | 準拠 JIS K 6773        |

<sup>a)</sup>JTA(案)：継目強度の規格値は、「山岳トンネル工法における防水工指針/社団法人日本トンネル技術協会」のうち、日本鉄道建設公団のECBシート防水材の品質管理基準値(案)の数値を採用した。

### (3) 施工システム構成

ラッピング工法のシールド機には、従来の機構に加え、防水シート高速被覆システムが装備される。ラッピング工法シールド機を図-2に示す。

防水シート高速被覆システムは、掘進・巻立て同時施工機構、防水シート巻立て装置、防水シート固定装置、溶着装置等

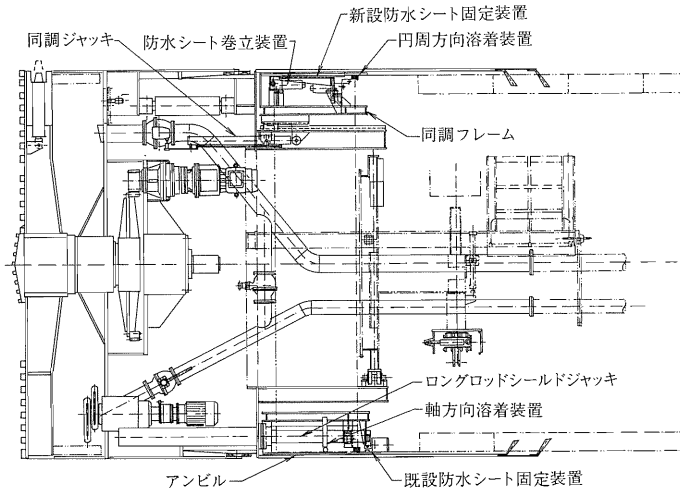


図-2 ラッピング工法シールド機

から構成される。

また、ラッピング工法シールド機には、防水シート破損防止機構として、フリーロック装置とシートプロテクタが装備される。以下に各装置、機構の特長について説明する。

#### ① 掘進・巻立て同時施工機構

防水シート施工装置全体を掘進と同期しシールド機テール内を摺動させる装置である。

防水シート巻立て装置、防水シート固定装置、溶着装置等を搭載する同調フレームとテール内を摺動させる同調ジャッキおよび巻立てスペースを確保するためのロングロッドシールドジャッキにより構成される。

#### ② アンビル

防水シート巻立て時の周長を確保し、巻立て形状を円形に保持するための装置で、アンビルの内径はセグメント外径に防水シートの厚さを加えた径である。また、防水シート溶着時の受け台として使用される。

#### ③ 防水シート巻立て装置

ロール状に巻かれた防水シートを円周状に巻立てる装置である。

防水シートを受けるための防水シートロール受け、防水シート端部を把持する巻立てアーム、および、巻立て旋回リングと巻立て旋回リング旋回機構より構成される。

#### ④ 既設防水シート固定装置

既設防水シートをアンビルに押付けて固定し円

形を保持する装置で、溶着時に既設防水シートのずれを防止する。また、セグメント組立て時は防水シートの垂れを防止する。

#### ⑤ 新設防水シート固定装置

アンビル内面に巻立てられた防水シートをセグメント外径と同径に固定する装置で、溶着時に新設防水シートのずれを防止する。

#### ⑥ 円周方向溶着装置

既設防水シートと新設防水シートの円周方向の重なり部分を接合させる装置で、アンビルとシールドジャッキの間に装備される。

装置は、円周方向溶着機と溶着機を円周方向に旋回させるための溶着旋回リング、および溶着旋回リング旋回機構より構成される。

溶着機は、図-3 に示すように、新設および既設防水シートを加熱し溶融させるための熱こて（以下、ウェッジと呼ぶ）、および溶融した防水シートをアンビルに押付け接合させるための押圧ローラより構成される。

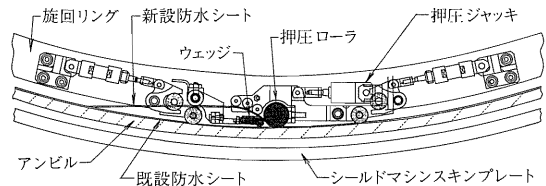


図-3 円周方向溶着装置

#### ⑦ 軸方向溶着装置

新設防水シートの端部同士を溶着するための装置で軸方向溶着機とトンネル軸方向のスライド機構および円周方向の位置をずらすためのスライド機構により構成される。

溶着方法は、円周方向溶着と同様である。

#### ⑧ 防水シート破損防止機構

##### ・フリーロック装置：

スプレッドのローリング防止装置である。スプレッド間に装備され、スプレッドのローリングによって生じる防水シートの破損を防ぐ。

##### ・シートプロテクタ：

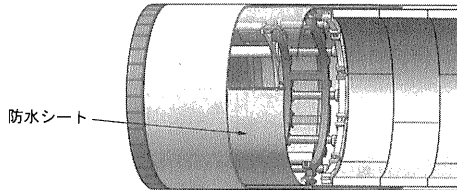
テールプレートに配置された緩衝材で、巻立てた防水シートが直接テール部で擦れて傷つくこと

を防ぐ。

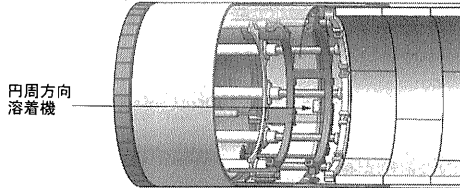
#### (4) 施工手順

ラッピング工法の施工手順を図-4に示す。

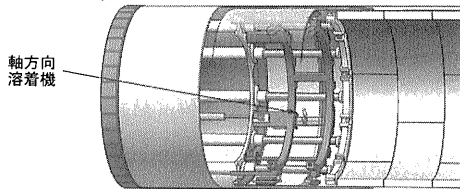
##### ① 防水シート巻立



##### ② 円周方向溶着



##### ③ 軸方向溶着



##### ④ セグメント組立

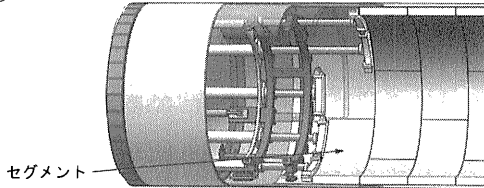


図-4 施工手順

##### ① 防水シート巻立て：

掘進開始と同時に、防水シートロール受けにセットされた新設防水シートの端部を巻立てアームに把持し、巻立て巡回リングを回転させてシートを巻立てる。

##### ② 円周方向溶着：

既設防水シートと新設防水シートの重ね合わせた部分に円周方向溶着機をセットし、溶着巡回リングを回転させて円周方向の溶着を行う。

##### ③ 軸方向溶着：

新設防水シートの重ね合わせた部分に軸方向溶着機をセットし、軸方向スライド装置で走行さ

せ、軸方向の溶着を行う。

##### ④ セグメント組立て：

掘進および防水シート巻立て・溶着が完了した後で、シートの内側にセグメントを組立てる。

## 4. 実 験

開発したラッピング工法用防水シートについての物性確認試験と、防水シート高速被覆システムについて、機能・施工性と品質検証のためシステム実証実験を行った。

### (1) ラッピング工法用防水シート

ラッピング工法に用いる防水シートは、今回新たに開発したメタロセン触媒ポリエチレンシート（以下、MPE と呼ぶ）とラッピングシールド工法に用いたポリエチレンシート（PE-2S）の2種類がある。

実験では、MPE の物性確認試験を行い、すべて規格値を満足していることが確認できた。

試験結果を表-3に示す。

表-3 MPE 物性確認試験結果

| 試験項目                          |      | 規格値       | 物性試験値 |
|-------------------------------|------|-----------|-------|
| 比重(－)<br>硬さ(－)<br>厚さ(mm)      |      | 0.95±0.05 | 0.903 |
|                               |      | 85～98     | 97    |
|                               |      | 2.0以上     | 2.09  |
| 引張り強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 20℃  | 10以上      | 32.3  |
|                               | -10℃ | 18以上      | 41.2  |
| 伸 び (%)                       | 20℃  | 500以上     | 800   |
|                               | -10℃ | 350以上     | 602   |
| 継目強度(残率) (%)                  |      | 30以上      | 85.7  |
| 引 裂 強 さ (N/mm)                |      | 40以上      | 95    |
| 耐薬品性質量変化率(%)                  | アルカリ | ±1以内      | ±0.0  |
|                               | 酸    |           | ±0.0  |
|                               | 食塩水  |           | ±0.0  |

また、耐薬品性試験では、質量変化率確認の他に引張り試験（引張り強さ、伸び）も行った。

引張り試験結果を表-4に示す。

耐薬品性試験結果は、耐アルカリ、耐酸、耐食塩水のいずれも、浸漬時間334時間と短時間ではあるが、劣化がほとんどなく、規格値である質量変化率±1%以内、引張り強さ10 N/mm<sup>2</sup>以上と伸び500%以上を満足していることが確認できた。

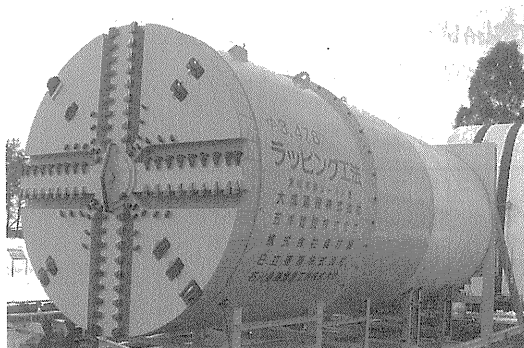
表—4 耐薬品性試験/引張り強さ・伸び

| 試 験 条 件 |                                      |      |                        |      |
|---------|--------------------------------------|------|------------------------|------|
| 試験項目    | 試 薬                                  | 温 度  | 備 考                    |      |
| 耐アルカリ   | NaOH 10%溶液                           | 70℃  | pH 13 程度               |      |
| 耐 酸     | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10%溶液 | 50℃  | pH 3 程度                |      |
| 耐 食 塩 水 | 食塩水 3.5%溶液                           | 70℃  | 海水を想定                  |      |
| 試 験 結 果 |                                      |      |                        |      |
| 試験項目    | 浸漬時間10時間                             |      | 浸漬時間334時間              |      |
|         | 引張り強さ                                | 伸 び  | 引張り強さ                  | 伸 び  |
| 耐アルカリ   | 29.6 N/mm <sup>2</sup>               | 829% | 29.2 N/mm <sup>2</sup> | 820% |
| 耐 酸     | 29.6 N/mm <sup>2</sup>               | 829% | 29.5 N/mm <sup>2</sup> | 809% |
| 耐 食 塩 水 | 29.6 N/mm <sup>2</sup>               | 829% | 29.6 N/mm <sup>2</sup> | 847% |

以上の試験結果より、MPE が高い安定性を示し、耐薬品性に優れていることが確認できた。

## (2) 防水シート高速被覆システム

防水シート高速被覆システムについての検証は、φ3,478 mm シールド実験機に搭載して実験を行った。実験機とその仕様を、写真—1 と表—5 に示す。



写真—1 シールド実験機

### ① 防水シート高速溶着装置

防水シート溶着部の品質に大きな影響を与える要素は、溶着速度、溶着温度、押圧ローラによる押付け力の3つの要素である。

実験により、円周方向と軸方向のそれぞれに設定した溶着速度に対して所定の品質を確保できる溶着温度と押付け力の許容範囲が広範囲であり、現場施工でも容易に管理できることが確認できた。

実験結果を以下に示す。

- ・円周方向溶着：速度 2.5 m/min に対して  
温度 460～520℃、押付け力 0.6～1.0 kN
- ・軸方向溶着：速度 1.0 m/min に対して

表—5 実験機および実験仕様

|       | 外 径           | φ3,478 mm                                                                     |
|-------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| シールド機 | シールドジャッキ      | ロングロッドシールドジャッキ<br>100 kN×1,450 mm×10 本<br>スプレッド(フリーロック装置)                     |
|       | テールシール        | ワイヤブラシ 2 段                                                                    |
|       | 防水シート高速被覆システム | 同調フレーム/ガイドロッド<br>防水シート巻立て装置<br>既設防水シート固定装置<br>新設防水シート固定装置<br>円周方向溶着装置/軸方向溶着装置 |
|       | シートプロテクタ      | 超高分子量ポリエチレン                                                                   |
| セグメント | 種 類           | スチール製/5分割/軸挿入式                                                                |
|       | 外径/内径/幅       | φ3,350 mm/φ3,050 mm/900 mm                                                    |
| 防水シート | 材質/厚さ         | ポリエチレン/2.0 mm                                                                 |

温度 370～430℃、押付け力 0.6～1.0 kN

### ② 防水シート高速被覆システム

実施工と同じ手順で、掘進・巻立て同時施工とセグメント組立ての連続施工を行い、施工性、品質、施工時間の検証を行った。

(i) 施工性(各装置、機構の機能)について  
実験レベルでは、同時施工およびセグメント組立てについて特に問題はなかった。曲線施工(曲線半径 50 m)についても、防水シートの溶着部の重ね幅を調整することで、シートに極端なしわや張力が発生することなく施工可能であることを確認した。

#### (ii) 品質について

溶着後の溶着部確認検査<sup>2)</sup>であるウォータチェック(従来はエアチェック、今回、溶着不良箇所を容易に発見できるように色水を注入して加圧)にすべて合格した。また、溶着部より試験片を採取して写真—2 に示す耐水圧試験機で、2 MPa まで、加圧して耐水圧性を確認した。

巻立て長さについては、基準としたアンピルの周長(セグメント外周長)以下で、新設及び既設防水シートの長さの差により溶着品質に影響がない範囲内で巻立てることができた。

#### (iii) 防水シート巻立て施工時間

このクラスの径での目標とした防水シート巻立て時間(25 分 00 秒)に対して、実験より得られた巻立て時間は、24 分 40 秒で、目標を達成することができた。また、実験結果より試算すると、φ 5,750、φ9,800、φ14,000 mm に対しても十分対応できることが確認できた。

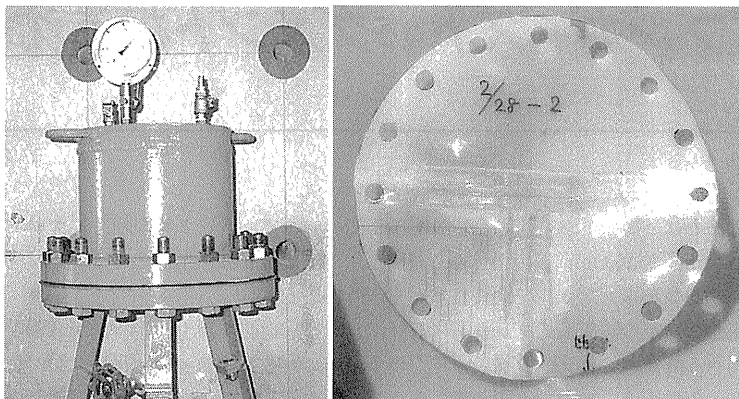


写真-2 耐水圧試験機および試験片

## 5. おわりに

平成12年6月より開発に着手し、防水シートの開発とラッピング工法の施工システムの基本構想を立案した。そして、実験により開発したラッピング工法の施工性および品質を確認し、実用化の見通しを得ることができた。

今後は、実験結果をもとに、コスト縮減を念頭においた防水シート高速被覆システムの検討を行うとともに、本工法のさらなる技術の向上を図り、実工事への適用を積極的に行っていく予定である。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 日本鉄道建設公団監修トンネル防水工研究委員会：併進工法における防水シート工設計施工の手引（案）都市ト

ネル編，pp. 7-16，平成3年11月

- 2) 財団法人国土開発技術センター：一般工法・技術審査証明報告書，ラッピングシールド工法，pp.112-116，平成12年11月

### 〔筆者紹介〕



島田 哲治（しまだ てつじ）  
大成建設株式会社  
技術センター  
土木技術開発部  
シールド・TBM 工法開発室  
主任



栄 毅熾（さかえ たけし）  
大成建設株式会社  
技術センター  
土木技術開発部  
部長



# 柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函， PPST

岩 村 栄 世

沈埋工法とは、海底トンネル等を建設する工法の一つで、ドック等の陸上製作ヤードにて製作された長さ100m前後の函体を、基礎工事の終了した計画地点まで曳航し、沈設・接合を繰返ししながらトンネルを構築していく技術である。

沈埋工法のなかの柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函（PPST）とは、工場製作された長さ5m前後の矩形セグメントを、長手方向に複数個連結・一体化して沈埋函の函体を製作する技術で、地震や軟弱地盤に伴う変位・沈下・ねじれという我が国独自の自然条件に対応するため、セグメント間が自由に変形するように開発された新しいタイプの沈埋函製作技術である。ここでは、この柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函（PPST）の概要について紹介する。

キーワード：沈埋トンネル，プレキャストセグメント構造沈埋函，柔構造，PC鋼材，地震，変位，沈下，不等沈下，ねじれ

## 1. はじめに

世界初の沈埋工法による工事は、1906年米国ミシガンセントラル鉄道のデトロイト河底トンネルといわれ、我が国初の本格的工事は、1964年に建設された首都高速道路海老取川トンネル工事とされている。

沈埋函の函体構造は、時代のニーズと技術の進歩に伴い鋼殻構造，コンクリート構造，鋼コンクリート合成構造等さまざまな構造形式に発展し、最近、海外では工場製作された矩形セグメントを、長手方向に複数個連結・一体化して函体とす

るプレキャストセグメント構造も大型沈埋トンネルに採用されるようになってきた（表—1 参照）。

一般に、プレキャストセグメント構造沈埋函は、陸上製作ヤードで製作された鉄筋コンクリート製セグメントを、ドック等の進水ヤードに搬入し、そこで軸方向に挿入したPC鋼材にてプレストレスを導入し一体化する（図—1 参照）。

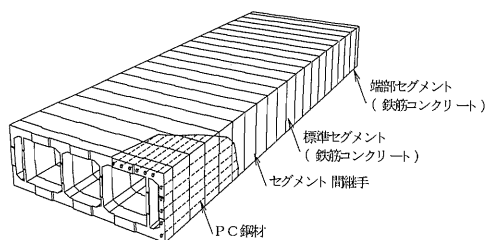
艀装完了後は、従来の沈埋函と同様に進水ヤードに海水を注水し、函体を浮上させた後曳航、沈設・接合を繰返ししながら沈埋トンネルを構築していく（図—2 参照）。

しかし、ドック等の進水ヤードのない地域においては、半潜水式台船上にセグメントを搬入し、

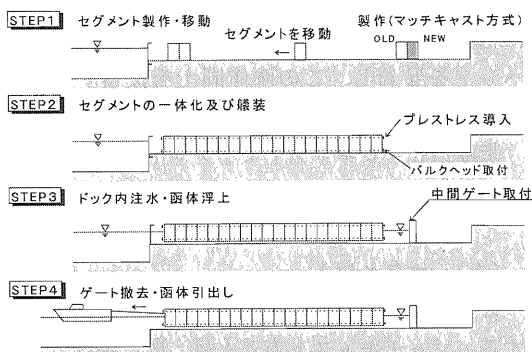
表—1 プレキャストセグメント構造沈埋函の実績

| No. | トンネル名称                | 内 空 構 成 | 国名/県名               | 断 面 形 状 |            |          | 沈埋トンネル長      |              |              | 完成年  |
|-----|-----------------------|---------|---------------------|---------|------------|----------|--------------|--------------|--------------|------|
|     |                       |         |                     | 形 状     | 高 さ<br>(m) | 幅<br>(m) | 函 体 長<br>(m) | 函 体 数<br>(m) | 沈埋区間長<br>(m) |      |
| 1   | Durban                | 下 水 道   | 南 ア フ リ カ           | 円 形     | 4.6        | 4.6      | 43～52        | 5            | 237.3        | 1957 |
| 2   | Syphon under the Nile | サイフォン   | エ ジ プ ト             | 長 方 形   | 4.4        | 3.8      | 41～57        | 9            | 464          | 1964 |
| 3   | Marsden               | 取 水 路   | ニュージーランド            | 円 形     | 2.0        | 2.0      | 36           | —            | —            | 1967 |
| 4   | Rhein                 | 水 路     | オ ラ ン ダ             | 長 方 形   | 2.9        | 8.9      | 132          | 1            | 132          | 1973 |
| 5   | Hollandsch Diep       | バイブライン  | オ ラ ン ダ             | 円 形     | 4.7        | 4.7      | 60           | 27           | 1,627        | 1973 |
| 6   | Odense                | 温水トンネル  | デ ン マ ー ク           | 長 方 形   | 2.7        | 3.1      | 90           | 1            | 90           | 1974 |
| 7   | Oude Mass             | バイブライン  | オ ラ ン ダ             | 円 形     | 4.7        | 4.7      | 60           | 8            | 485          | 1975 |
| 8   | 洞海湾                   | ガ ス 管   | 福 岡 県               | 円 形     | 3.2        | 3.2      | 45<br>27     | 9<br>1       | 434          | 1977 |
| 9   | Pulau Seraya          | 電力ケーブル  | シンガポール              | 長 方 形   | 3.7        | 6.5      | 100          | 26           | 2,600        | 1987 |
| 10  | Tuas                  | 送 電 線 用 | シンガポール              | 長 方 形   | 4.4        | 11.8     | 100          | 21           | 2,100        | 1998 |
| 11  | Drogden               | 鉄道・道路   | デ ン マ ー ク<br>スウェーデン | 長 方 形   | 8.5        | 42.0     | *175.2       | 20           | 3,510        | 2000 |

\* 175.2 m/函=22 m/セグメント×8 セグメント



図一 プレキャストセグメント構造沈埋函



図二 沈埋函の組立て・進水方法（ドック使用の場合）

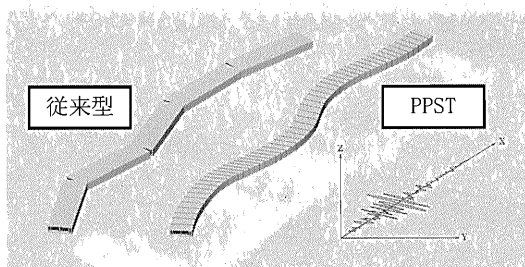
そこで組立て、そのまま沖合いまで曳航し進水させる方法も考えられている（後掲、図一4参照）。

## 2. 柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函（PPST; Partially Pre-stressed Pre-cast Segmental Structure for Immersed Tunnel Element）の特長

柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函は、鉄筋コンクリート製の標準セグメント（長さ約5.0m）及び端部セグメント（長さ約2.5m）を組合せて、長手方向にPC鋼材で連結、一体化した構造であり、函体の長さは通常の100m/函前後はもちろんのこと、設計、施工条件に応じて任意の長さに設定できる。

また、従来の沈埋函は、函体両端部に大きな変形が集中し、躯体に大きな断面力が発生するのに対し、柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函は、軸方向に細かくセグメント化された構造となるため、変形を分散、吸収し、発生断面力を低減することができる（図一3参照）。

柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函の特長は以下のとおりである。



図三 沈埋函の変形特性

### ① 耐震性・地盤沈下追随性の向上

- ・従来型では、函体両端部に大きな変形が集中し、躯体に大きな断面力が発生する。
- ・軸方向に細かくセグメント化された柔構造となるため、沈下、ねじれ等の変形を分散・吸収し、発生断面力を低減する。

### ② 函体の品質向上

- ・セグメント長が5m程度であることから、打継ぎなしの1回のコンクリート打設で製作可能であり、側壁コンクリート打設時の底版拘束力も少なく、打継ぎ目、ひび割れの少ない良質なセグメントが製作できる。
- ・函体軸方向にプレストレスを導入することにより、水密性と耐久性が向上する。
- ・プレキャスト化により工場製作と同様な良質な環境のもとで、止水性、耐久性の優れた良質なセグメントを製作することができる。

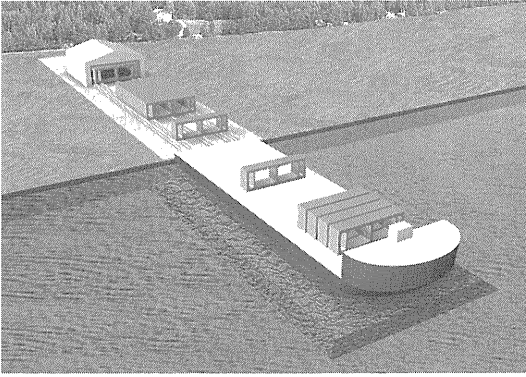
### ③ コスト低減、工期短縮

- ・良質なセグメントを製作することで函体外部を覆う防水鋼板を不要にすることができ、大幅なコストダウンが可能となる。
- ・函体間継手部を剛構造とすることで従来型の沈埋函のような端部鋼殻が不要となる。
- ・PC橋梁と同様なプレキャストセグメント工法の導入により、セグメント製作と沈埋函組立てが並行作業となり、函体製作工期の短縮が図れる。

- ・シールドトンネルと同様な設計手法を導入することにより、セグメント間の目開きを許容し、発生断面力を小さくして必要鋼材量を低減することができる。

### ④ 製作場所の省スペース化、ドックの不要化

- ・プレキャスト方式のため、製作場所の省スペース化が図れる。



図—4 沈埋函の組立て、進水方法（半潜水式台船使用の場合）

- ・陸上製作ヤードにて製作したセグメントを半潜水式台船上に搬入し、そこで組立てと艀装を行った後、沖合にて進水させることでドックがなくても製作可能となる（図—4 参照）。
- ・函体がセグメントに分割されているため、現地の状況に合わせて様々な施工方法が適用できる。

### 3. 基本構造

柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函と合成構造沈埋函の比較を表—2 に示す。

1 函体 100 m の柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函の場合には、鉄筋コンクリート造の標準セグメント（長さ 5.0 m）19 個と端部セグメント（長さ 2.5 m）2 個から構成される。函体両端部には、函体間接合用のゴムガスケットとバルクヘッドを装着し、この函体同士を接合することで、沈埋トンネルが構築できる。

柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函の各部の基本構造は以下のとおりである。

#### （1）セグメント

セグメント製作にはマッチキャスト方式を採用する。マッチキャスト方式とは、既に製作されたセグメント(OLD)の端面を型枠とし、新しいセグ

表—2 沈埋函体の構造形式の比較

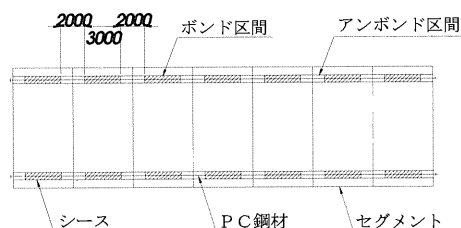
(単位：mm)

|          | 合成構造                  | 柔構造式プレキャストセグメント構造                                     |
|----------|-----------------------|-------------------------------------------------------|
| 函体構造     | <p>断面図</p> <p>側面図</p> | <p>断面図</p> <p>側面図</p>                                 |
| 函体間継手    | <p>可撓性継手</p>          | <p>剛継手（函体接合後）</p>                                     |
| セグメント間継手 | —                     | <p>マッチキャスト方式<br/>ドライジョイント</p> <p>a 部</p> <p>a 部詳細</p> |

メント(NEW)のコンクリートを打設する方式で、新旧セグメントの継目形状が完全に一致した鉄筋コンクリート構造となる(後記、図—6 参照)。

## (2) PC 鋼 材

PC 鋼材は、コンクリートとの付着性からボンドタイプとアンボンドタイプがある。アンボンドタイプは、セグメントに設置したシース管内にポリエチレン被覆タイプのアンボンド PC 鋼材を挿入し、函体両端部で定着する。この場合は、ある部分に目開きが集中するので注意を要する。目開きを分散させたい場合には、ボンドタイプとし、部分的にアンボンド区間を設けて自由長を確保し、目開きを分散させる(図—5 参照)。



図—5 アンボンド区間の配置

## (3) セグメント間継手

セグメント間に生じる圧縮力はコンクリート、

引張り力は PC 鋼材で負担し、せん断ずれに対してはコンクリートのせん断キーにて抵抗する。またシールドトンネルと同様に、止水ゴムを装填し止水性を確保する。

## (4) 函体間継手

変形性能を持つセグメント間継手により、函体自体が柔構造化されるため、函体間継手は場所打ち鉄筋コンクリートにより剛構造とする。トンネル線形、地盤条件の急変部、立坑接続部のような大きな相対変位が生じる箇所には、必要に応じて可撓性継手を用いる。

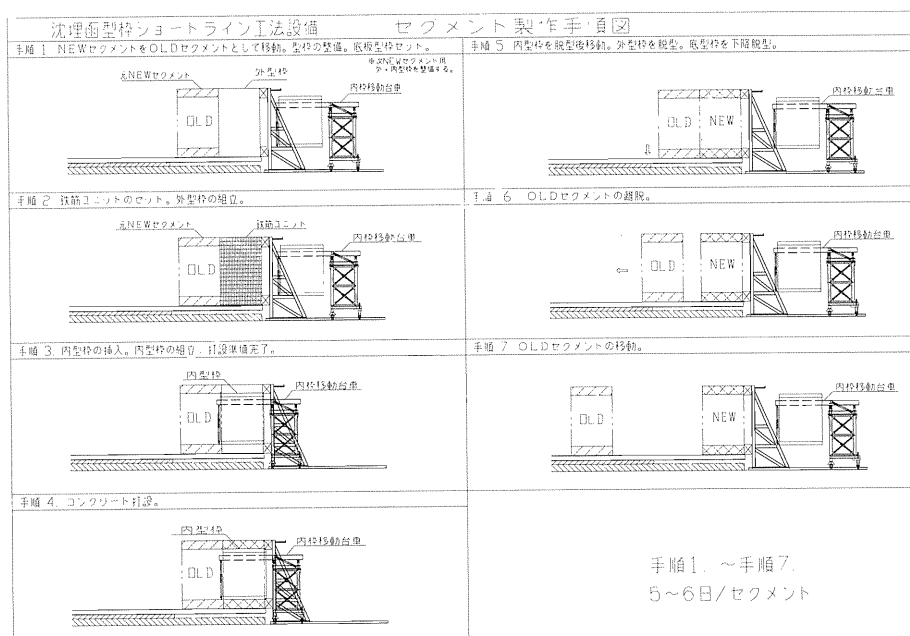
## 4. 施工方法

柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函の施工方法を以下に示す。

ここでは、プレキャストセグメントの製作は、造船ドック等の陸上製作ヤードを、また、組立て、進水については、造船ドックを念頭に説明を行う。

### (1) プレキャストセグメントの製作

マッチキャスト方式によるプレキャストセグメントの製作手順を図—6 に示す。



図—6 プレキャストセグメント製作手順

プレキャストセグメントは①～⑦の手順で、5～6日/セグメントのサイクルで製作される。

- ① NEWセグメントをOLDセグメントとして移動、型枠の整備、底型枠セット。
- ② 鉄筋ユニットのセット、外型枠の組立て。
- ③ 内型枠の挿入、内型枠の組立て、打設準備完了。
- ④ コンクリート打設。
- ⑤ 内型枠を脱型後移動、外型枠を脱型、底型枠を下降脱型。
- ⑥ OLDセグメントの離脱。
- ⑦ OLDセグメントの移動。

## (2) 沈埋函組立て、進水

プレキャストセグメントをセグメント間継手により接合、PC鋼材により連結、一体化する。シース内には防錆のため充填剤を充填する。各函体端部に止水用ガスケットとバルクヘッドを設けた後、ドック内に注水して進水させる。

## (3) 曳航、沈設

従来の沈埋函と同様、函体を曳航、沈設し、引寄せジャッキによりガスケットを既設函に圧着させる(図-7参照)。

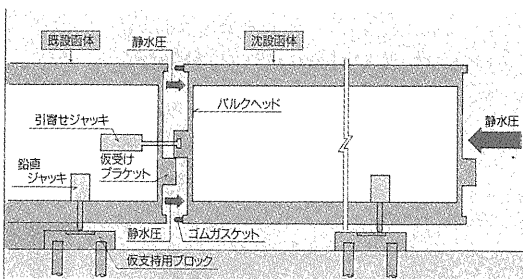


図-7 水圧接合

## (4) 函体間継手

上下ガスケット間に挟まれた空間に止水グラウトを注入し、硬化後、バルクヘッド間の水を抜くことにより最終的に水圧接合する。グラウトが硬化した後であるため、水圧は全てグラウトが分担し、ガスケットには大きな荷重は作用しない。このため、ガスケット材としては安価なものが使用できる。

最後に、バルクヘッドを撤去し、函体内部をド

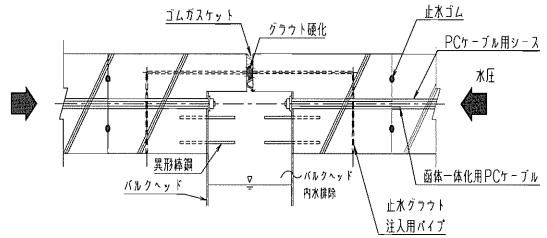


図-8 函体間継手構造

ライにし、内部から継手を剛構造として施工する(図-8参照)。

## 5. 従来工法との比較

以下に示すY沈埋トンネル(沈埋トンネル部806m)をモデルに、鉄筋コンクリート構造、合成構造、柔構造式プレキャストセグメント構造について函体製作費、工期を比較しその結果を表-3

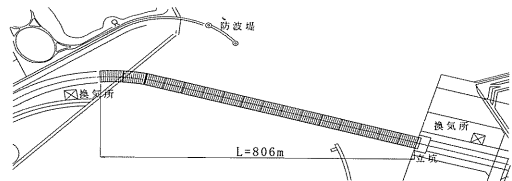


図-9 Y沈埋トンネル平面図

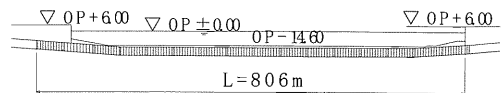


図-10 Y沈埋トンネル縦断面図

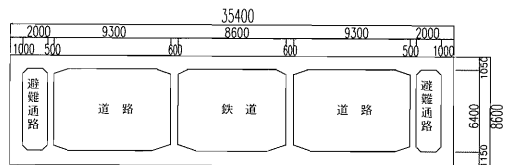
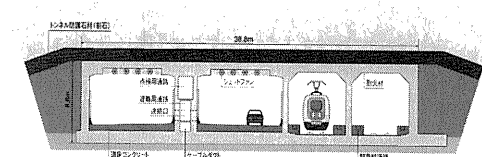


図-11 Y沈埋トンネル断面図(単位:mm)

■世界最大級の沈埋トンネルがプレキャストセグメント工法で建設されています。



場 所: オレスンド海峡(デンマーク・スウェーデン間)  
企業者: オレスンドコンソーシアム(Oresundskonsernet)  
施工者: オレスンドトンネル共同企業体(Oresund Tunnel Contractors)

図-12 Drogden (オレスンド) トンネル



に示す(図-9, 図-10, 図-11 参照)。

表-3 従来工法との函体製作費・工期の比較

(100 m/函×8 函製作時の1 函当たりの製作費・工期)

|    | 鉄筋コンクリート<br>構造 | 合成構造<br>(セミフルサンドイッチ) | 柔構造式プレキャスト<br>セグメント構造 |
|----|----------------|----------------------|-----------------------|
| 工費 | 1.0            | 1.0                  | 0.8~0.85              |
| 工期 | 27月/函          | 17.5月/函              | 15.5月/函               |

備考: 製作・組立ては造船ドックを使用

合成構造(セミフルサンドイッチ構造)に比べ函体製作費については15~20%, 工期については10%程度低減することが可能である。

また, 日本の沈埋トンネルは, 鉄筋コンクリート構造沈埋函といえども函体の外側には防水鋼板が, 合成構造沈埋函では構造部材兼防水鋼板が函体全体を覆っている。比較のため海外の沈埋トン

表-4 海外の沈埋トンネルの防水仕様

(出典:「トンネルと地下」第30巻, 5号, 1999年5月)

| 国名<br>トンネル名                  | 下床版下面          | 側壁<br>外周  | 上床版<br>上面 | 備 考              |
|------------------------------|----------------|-----------|-----------|------------------|
| 香港<br>東部海底トンネル               | 防水鋼板           | 吹付け<br>防水 | 吹付け<br>防水 | ロードコート           |
| オーストラリア<br>シドニーハーバー          | PVC シート        | 吹付け<br>防水 | 吹付け<br>防水 | ポリウレタン<br>エポキシ塗料 |
| 香港<br>西部海底トンネル               | PVC シート        | 吹付け<br>防水 | 吹付け<br>防水 | ケミカル系            |
| 香港<br>MTR 502                | 仕様書に規定<br>防水鋼板 | 吹付け<br>防水 | 吹付け<br>防水 | ケミカル系            |
| デンマーク・スウェーデン<br>Drogden トンネル | なし             | なし        | なし        | コンクリート<br>自体で防水  |

\* 香港東部海底トンネルの場合には, 契約仕様書で防水鋼板使用という規定があり, 代案として防水鋼板をPVCシートに置換える提案をしたが, エンジニアが認めなかったという理由で防水鋼板が使用されている。

ネルの防水仕様を表-4に示す。柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函では, 基本的にDrogden(オレスンド)トンネル(図-12参照)と同様, 防水鋼板, 防水塗装等は不要と考えている。

## 6. おわりに

海外では実績のあるプレキャストセグメント構造沈埋函も国内では実績がなく, 今後の採用が期待されるわけであるが, 耐震性, 沈下, ねじれに優れた本構造は, 地震, 軟弱地盤の多いわが国にとって, その特長を十分発揮できる場であると考えている。

最後に, 本研究は国土交通省港湾技術研究所(現・独立行政法人港湾空港技術研究所), 早稲田大学, 鹿島建設の共同研究で実施したものであり, ご指導, ご協力をいただいた関係各位に対し, 心より感謝の意を表するものである。 J C M A

### 【筆者紹介】

岩村 栄世(いわむら えいせ)  
鹿島建設株式会社  
土木技術本部  
工務部  
次長



# 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。

頒 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

## ずいそう



## 海洋深層水と 21 世紀

大 内 一 之

20 世紀は地球の人口が爆発的に増加した世紀であった。更には、人口だけでなく平均寿命も大幅に延び、生活の物質的な豊かさも飛躍的に向上し、人類はこの地球上で繁栄を謳歌しているように見受けられる。これらを支えたのは科学技術の急速な発展であり、特に肥料の発明による食糧増産、石油等のエネルギー開発による動力の利用は今日の地球上の 60 億の人口を支える基盤となっている。ところが気が付いてみると、このような活動の規模の地球環境に与える影響が無視出来ない程大きくなりつつあり、地球温暖化、オゾン層破壊、核汚染等、人類の存亡を左右する程の環境問題が起り始めている。また、科学技術による物質的な面のみの追求により、本来人間が持つべき精神と物質との価値バランスが崩れてきつつあるとの問題も指摘されている。

21 世紀の前半には人口が 100 億人を突破するのが確実と考えられており、とりあえずはそのための食糧とエネルギーの調達、及びそれに伴う環境保全を如何に調和させていくかが非常に重要である。その意味で、今年から始まった 21 世紀は数万年の歴史を持つ我々人類が生物として今後もこの宇宙船地球号に生き残っていけるかを決定づけられる百年であると考えられる。

これらの問題解決のための資源として注目したいのが海洋深層水（以下深層水）である。日光が全く差し込まない約 200～300 m 以深の深層水は、表層水に比べて低温であり、また、窒素・リン等の栄養塩を大量に含んでいる。つまり植物の光合成に必要な肥料がほぼ無尽蔵に近い状態で眠っているわけで、深層水を日光のあたる表層に汲み上げれば植物プランクトンを大量に湧かせることが出来るはずである。しかし、残念ながら深層水は低温で重いため、表層には簡単には湧き上がってこない。数少ない例外が、南米ペルー沖や西アフリカ沖であり、これらの海域では風や地形の効果等で深層水が自然に湧昇しており、そのため植物プランクトンが大量に発生しイワシ等の大漁場が形成されている。また、折角深層水を大量に汲み上げるのであれば、その低温性を利用して海洋温度差発電を行い、CO<sub>2</sub>を出さない自然エネルギーによる

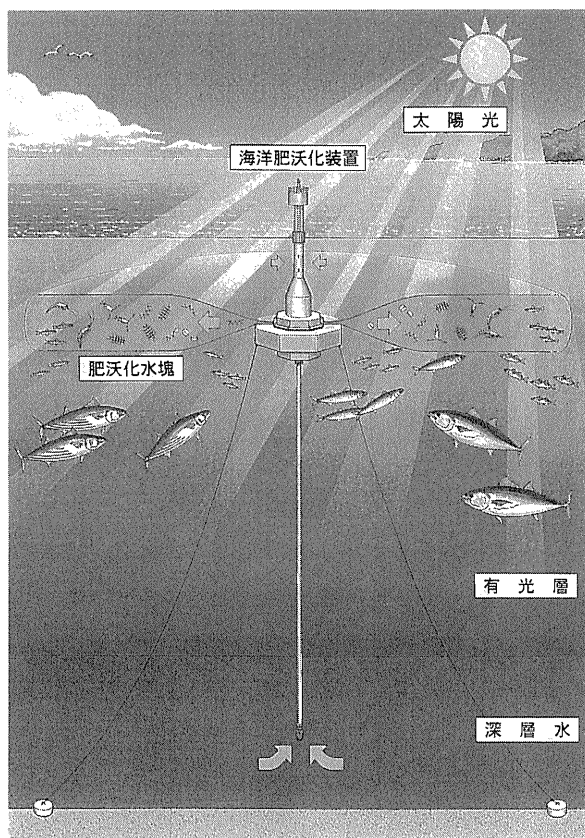
洋上発電所としての機能も持たせることが出来るはずである。

現在のテクノロジーを使って人工的に深層水を表層に引き上げ、漁場造成及び発電、つまり食糧とエネルギーの両方を同時に大量に生産することが出来ないだろうか。深層水の再生可能性を利用して、環境に悪影響を与えることなく食糧とエネルギーの大量取得が可能となるのではないか。このようなコンセプトが一般化すれば、深層水は人類にとって不可欠の重要資源となるのではないか。

ひとつの試みとして、平成12年度より水産庁の外郭団体マリノフォーラム21において深層水活用型漁場造成技術開発プロジェクト

（委員会：高橋正征東京大学教授）が5年計画で始まった。初年度の成果として「海洋肥沃化装置」の概念が提案された。この装置は神奈川県相模湾の水深450mの深層水を1日あたり50万トンで汲み上げ、表層水と混合し密度調整した上で水深20～30mの有光層に放水・滞留させ、植物プランクトンを増殖し漁場造成を行うもので、装置の駆動動力も深層水（6℃）と表層水（24℃）の温度差を利用した約100kWの海洋温度差発電により賄われるものとして試設計された。装置の形状は図—1に示すように、全天候型として、波・風の影響を最小限にするためにライザー管付の没水型となった。

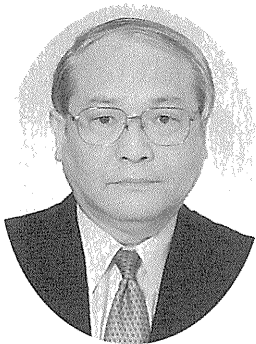
21世紀型の海洋深層水利用施設の先駆けとして、本装置の更なる研究開発が期待されるところである。



図—1 深層水利用海洋肥沃化システム

ずいそう

## アッピア街道の 道路原標に立って



佐藤 馨 一

「すべての道はローマへ通ずる」という格言ほど、古代ローマ帝国の本質を言い表したものはない。塩野七生氏は「ローマ人の物語」の中で、「広大なローマ帝国を囲む長い防衛線のすべてを30万程度の兵力で守れたのは、大勢の兵士や重い兵器の敏速な移動を目的として敷設された、ローマ式の街道網が完備していたからである」と述べている。続いて、「ローマ人は、橋すらも街道の延長と考えていた。石で完全舗装された街道を来て木製の橋を渡るなどという考えは、ローマ人には無縁であった。道路が舗装されていれば橋も舗装されていることを当然とした。」と記している。

この文を読んで頭の片隅に、「石で完全舗装された街道」が数百年間まともに機能したのであるろうか、という疑問を抱いたことがある。過日、アッピア街道の原標に立ち、ローマから中部イタリア、北部イタリア1,300 kmの旅をしたとき、この疑問は水解した。「舗装」という用語に惑わされていた自分に気づいたのである。わが国の道路は原地盤、路床、路盤、表層から構成されており、広義の舗装は路床面から上の部分を言い、狭義には表層部のアスファルト舗装やコンクリート舗装を示している。「石で完全舗装された街道」と書かれたとき、私の頭の中では「碎石の路盤とブロック石の表層からなる道路構造」を想像していた。厚さ30 cmのコンクリート舗装の耐久性が20年にも足りないことを知っているだけに、塩野氏の記述に違和感を覚えたのであった。

アッピア街道を走り、古代ローマの旧跡を訪ねているうち、古代ローマ街道は原地盤と石造の路盤からなる道路構造であることに気づいた。ブロック石の路盤を安定させるために路床的な地均しをするにしても、舗装にあたる表層は存在しなかったのである。川を渡るアーチ橋も、地表を走るローマ街道も石造建築物であり、その厚さは1~3 mにも達する。一番上の石材が舗装として機能し、人を乗せて高速で走る戦車はもちろん、重兵器の荷重までを支えたのである。アッピア街道は紀元前312年に建設が始められ、ローマから布林ディジまで全長540

km, 幅 8 m で全線が石造道路であった。建設から 2300 年もたった今でもアッピア街道は健在であり、周辺住民の自動車が自由に走行していた。

中国では日干しレンガの「万里の長城」が延々と建設され、ローマでは石造道路が帝国内にくまなく張りめぐらされた。万里の長城もローマ街道も皇帝が莫大な経費を投じて造った施設、すなわち公共財であった。しかし、万里の長城が無駄の象徴のように言われるのに対し、ローマ街道が 2000 年後も活用されている。この差は建設された施設が民間にも開放されていたか、否かによると言えよう。「万里の長城」を貫く通路は軍事目的のみに用いられた。一方ローマ街道は広く民間の利用が認められ、しかもその使用料はタダであった。

ローマ皇帝の責務の第一は「安全と食」の保証にあり、平和を維持し、経済を活性化するために交通路の整備を行った。古代ローマの公共事業はローマ街道の整備を第一とし、それに付随する運河工事や港湾工事、さらに小麦を貯蔵する倉庫建設や上下水道、公衆浴場、競技場などにあった。首都ローマの重要な公共建造物は、有力者の私財を投じて建造したものが多かったが、これらの建造物をメンテナンスする費用は公共事業として計上され、修理修復されたのである。

ローマ帝国は現代の国家と比べて税率が低かったことが知られている。この理由を塩野氏は宮沢喜一氏にたずね、「社会福祉費の違いでしょう」という回答を得ている。ローマは医療と教育を民活にゆだねることによって、社会福祉費が国家財政を圧迫するまでに至らなかったと指摘している。わが国の財政再建が叫ばれている今日、道路や港湾を建設する公共事業が諸悪の根源のごとく指弾されている。しかし社会資本の整備なくして国力の充実はあり得ず、公共事業の重要性は古代ローマにおいても、現代の日本においても変わることはない。

ローマ人は、教育とは基本的に、意欲と資質と経済上の余力がある者が高めるべきものと考え、受けた教育の高低がキャリアに影響することは無かった。またローマ人は、自らの生命をいかなる手段に訴えても延長しようとする考えには無縁であり、病気になって治療するより、身体の抵抗力を高めることを重視した。ローマ皇帝たちが、大病院よりも大浴場や水道の建設に熱心であったのも、この考え方に基づいている。

アッピア街道の道路原標は公共事業とは何かを示す原標であり、2000 年を超えて機能する社会資本、公共財のあり方を示している。

# ディーゼルエンジンの排出ガス規制対応技術の現状と将来

藤井 恒介

大気汚染防止、低公害化への取組みは、自動車用エンジンが先行していたが建設機械分野のエンジンにおいても低公害化の対応が精力的に展開されつつある。ここでは自動車用及び建設機械用エンジンの排出ガス規制の動向、排出ガス低減技術の現状と将来、建設機械第3次排出ガス規制対応技術について記す。

基本的には燃料噴射圧の高圧化、ターボ過給、給気冷却、等々の燃焼技術開発によって、本来エンジンが備えるべき性能、機能、経済性、信頼性、耐久性の向上と共に排出ガス低減を図ってきた。今後更なる排出ガス低減のために、電子制御の拡大、EGR 装着、後処理装置等々の研究開発が進んでいる。

キーワード：大気汚染防止、公害、ディーゼルエンジン、排出ガス規制

## 1. 排出ガス規制の動向

日本における大気汚染の問題は昭和40年代(1960年代)、東京の杉並区で窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )が原因とされている光化学スモッグによって、学生が朝礼中に頭痛を伴い倒れた事件に端を発し、本格的に注目されるようになった。以降、大気環境の改善に、現在の環境省を主軸として設定された環境基準値を満足すべく、排出ガスの移動発生源である自動車用エンジンを対象とした排出ガス規制が制定された。

日本における最初の排出ガス規制は昭和49年(1974年)に実施され、以降段階的に規制が強化されてきている。排出ガス低減技術開発に伴い、規制が無かった1960年代に比べディーゼルエンジンの窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )排出量は26%にまで低減、微粒子状物質(Particulate matter, PM)の排出量は28%にまで低減してきている(図-1参照)。

今後、2005年頃までに窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )は10%、微粒子状物質(PM)は4%にまで低減を図るべく、各社共に低減技術の研究開発を鋭意推進している。これを達成することで世界トップレベルの、低排出ガスディーゼルエンジンとなる。

建設機械用エンジンにおいても排出ガス規制が実施され、通称1次規制に対しては各メーカ共に

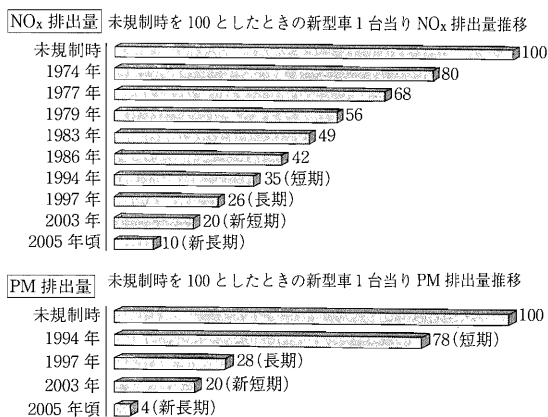


図-1 ディーゼルエンジンのクリーン化の経緯

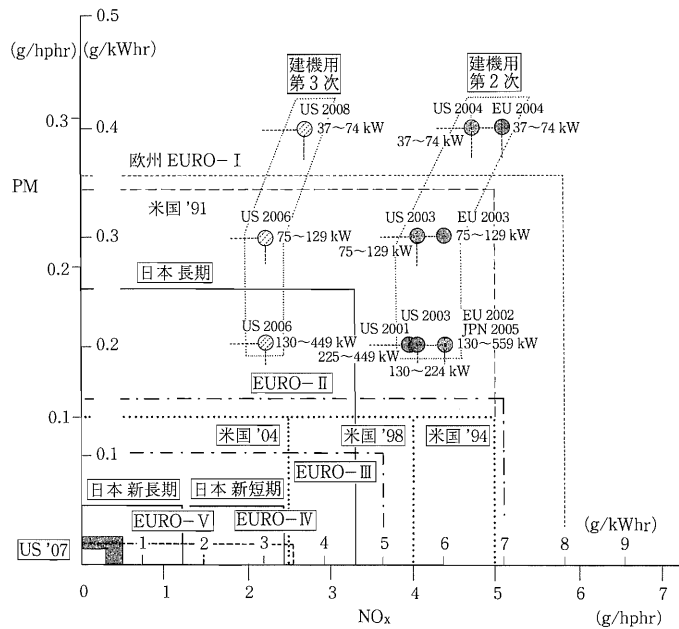
対応を終え、2次規制、更に3次規制をどう対応して行くべきか模索中である。

図-2に自動車用と、建設機械用エンジンの各国の排出ガス規制値の比較を示す。

建設用エンジンの排出ガス規制は自動車用と若干異なり、出力レンジによって規制値及び実施時期が違っている。微粒子状物質(PM)の規制値は2次と3次規制とで同一であるが、窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の規制値が3次規制で強化される予定である。

建設機械用エンジンの2次規制の対応は、出力129 kW以下については、自動車用のEuro-Iまたは米国'91対応の技術、130 kW以上については、Euro-IIまたは日本の長期規制対応技術の





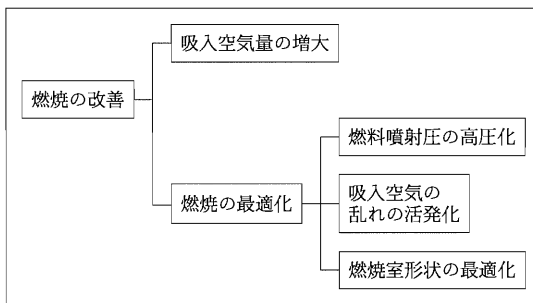
図—2 自動車用と建設機械用エンジンの排出ガス規制値の比較

応用となる。

3次規制対応は、129 kW までは日本の長期規制対応相当の技術、130 kW 以上は日本の新短期規制対応相当の技術が基本となる事が図—2 から読取れる。しかし建設機械用エンジンは実際に市場で使用する燃料を十分に考慮にいたうえで対応技術の選択が必要となる。

## 2. 排出ガス低減技術の現状

排出ガス低減技術は大きく分けると、燃焼の改善と燃焼改善以外に分類される。燃焼改善の考え方は図—3 に示すように、吸入空気量の増大と、吸入した空気と噴射された燃料をいかに最適に燃焼させるかがポイントである。



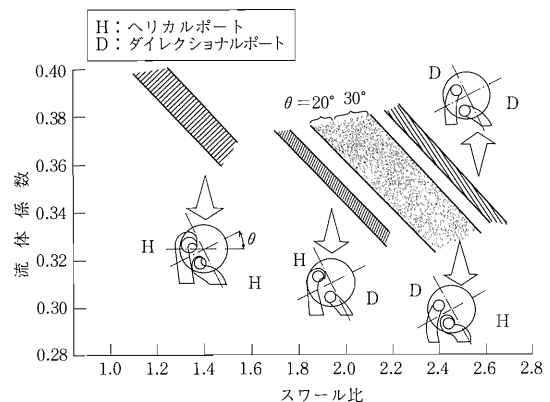
図—3 燃焼改善の考え方

### (1) 吸入空気量の増大技術

吸入空気量増大を図る有効な方策の一つに4弁化構造がある。ディーゼルエンジンにおいては吸入空気量と共に、吸入された空気のシリンダー内における流動が燃焼を改善させる重要な要因である。

吸気ポートの代表的な形状はヘリカルとダイレクショナルの2種類があり、それらの組み合わせを種々変えて、スワール比と流量係数の関係について実験した結果を図—4 に示す。

流量係数を低下させずに狙いとするスワール比を得るための、吸気ポートの配置及び形状の組み合わせを最適化することにより、燃焼の改善が図れ



図—4 4弁ポート形状とスワール比/流量係数の関係

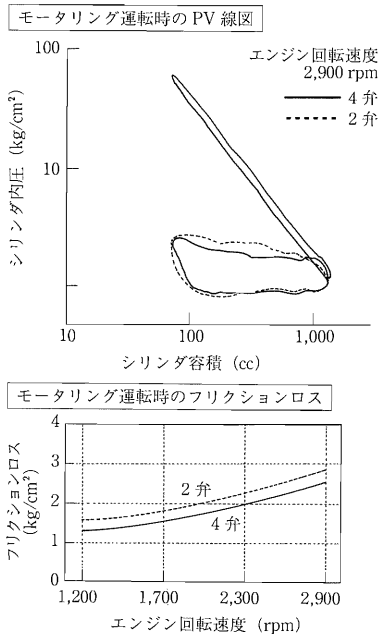


図-5 2弁と4弁のポンピングロス及びフリクションロスの比較

る。4弁構造は吸入空気が増大が図れるだけでなく、吸排気工程におけるポンピングロスの低減が図れ、燃費改善にも有効である(図-5参照)。

更に4弁構造は燃料噴射ノズルをシリンダの中心に垂直に装着できるため、噴射ノズルの各噴口からの燃料噴射が均等になるので、燃焼過程において2弁構造のエンジンに比較し局所的な温度上昇が少ないので窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の排出量が低減する。4弁と2弁構造の燃焼ガス温度分布をKIVAプログラムでシミュレーション計算した結果を図-6に示すように4弁構造の方が燃焼最高温度を低く押さえられる事がわかる。

空気量増大の代表的手段はターボ過給である。ターボ過給は出力向上の手段として有効であるが、給気温度の上昇に伴い窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の排出量が増大する欠点がある。ターボ過給により増大した分の窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )を低減するために、噴射時期の遅延が必要となる。結果として燃費増加が避けられず、ターボ過給は排出ガス低減の方策としては得策でない。

ターボ過給の欠点を補った技術がターボ過給インタークーラエンジンであり、低排出ガス、燃料経済性の面から大型車両用のディーゼルエンジンはターボ過給インタークーラエンジンに急速に置

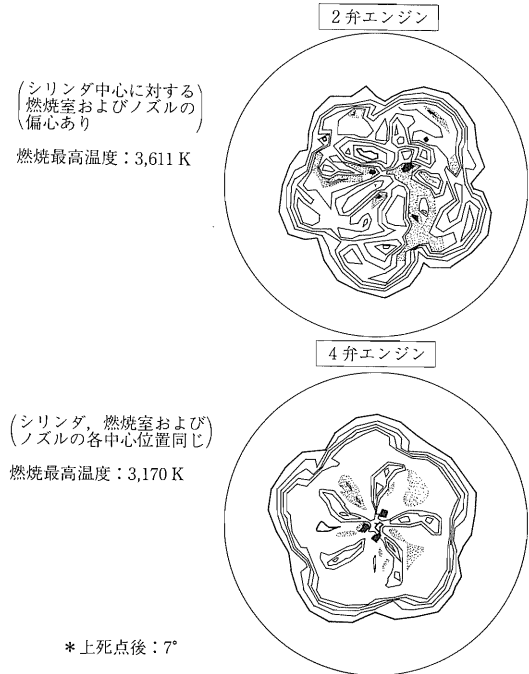


図-6 噴射ノズル位置の変更による燃焼温度の均一化

換わりつつある。

## (2) 燃料噴射圧の高圧化

燃料噴射圧の高圧化はディーゼルエンジンの黒煙、微粒子状物質(PM)排出量低減、さらに燃費低減に有効であり、かつ必須技術である。

図-7に噴射圧と燃焼特性の関係を示すと

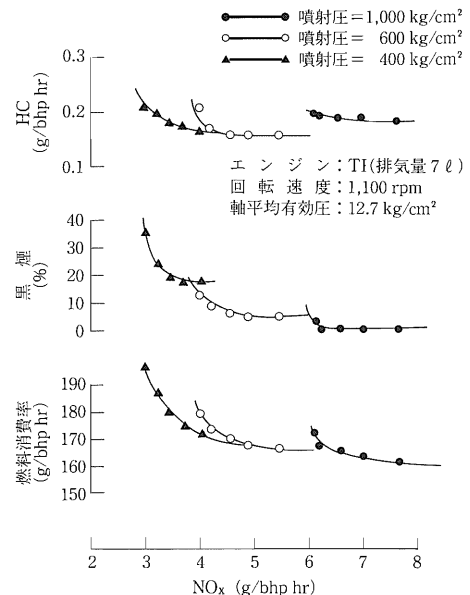
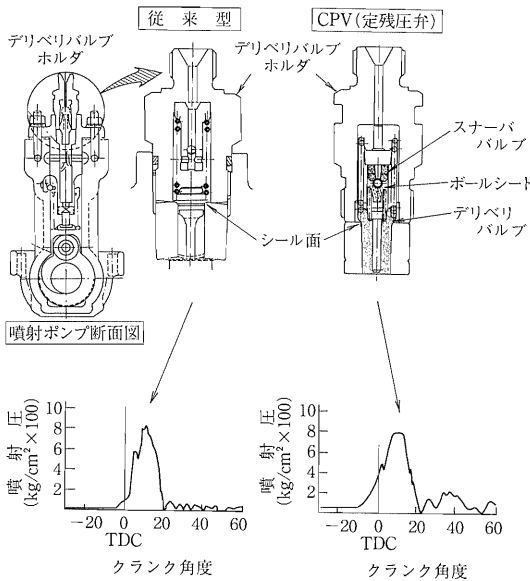


図-7 噴射圧アップに伴う燃焼特性の変化

り、高圧化に伴い黒煙及び燃料消費率は改善するが、単純な高圧化は窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )排出量が増加するデメリットを伴う事を示している。

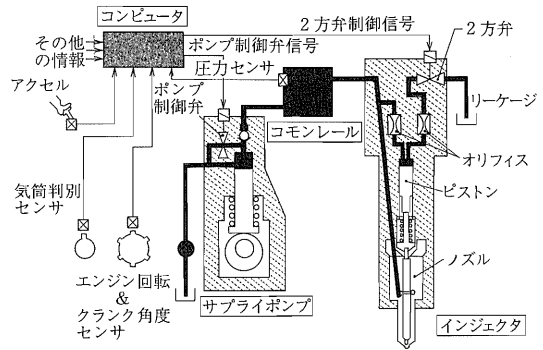
高圧化に伴う窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) の排出量増加を抑えるには、噴射時期の最適化、初期噴射率の低減、噴射率の制御がある。列型噴射ポンプの初期噴射率低減技術として図—8 に示す定残圧弁 (CPV) が、一部のエンジンで採用されている。また 2 段階開弁ノズルホルダも、初期噴射率の低減に有効である。さらに噴射率制御を電子制御により行う可変プレリフト列型ポンプ (Bosch TICS) も、窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) 及び微粒子状物質 (PM) の両成分低減に有効である。



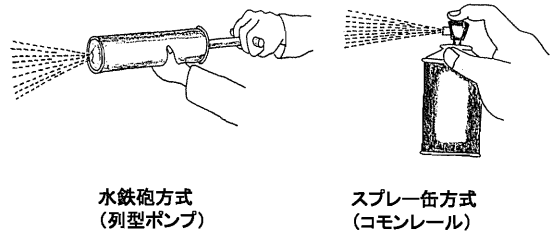
図—8 定残圧バルブ（CPV）と従来バルブの構造及び噴射  
圧波形の比較

低排出ガス燃焼のために噴射装置に要求される重要な機能は、高圧噴射、特に低速回転域での高圧化、噴射時期制御の自由度、噴射率制御、パイロット噴射及びポスト噴射の自由度等があげられる。このような要求機能に対して高いポテンシャルを有しているのがコモンレール式噴射装置である。コモンレール式の噴射装置は、センサーと日野自動車とで共同開発し低公害中型エンジンに装着して、1995年に商業トラック用としては世界で初めて発売した。

コモンレール噴射装置の概念図を図—9に示す。従来の列型噴射ポンプとコモンレール式の噴



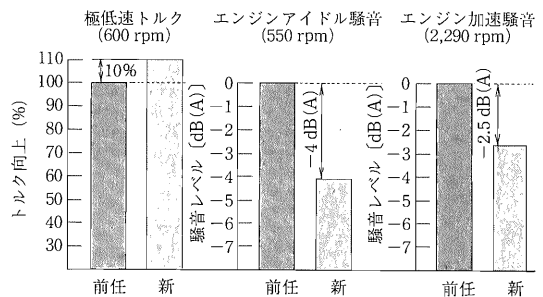
図—9 コモンレールシステムの概念図



図—10 噴射特性イメージの比較

射特性の違いをイメージで表現すると図—10に示すようにコモンレール式はスプレー缶に相当する、缶（コモンレール）に蓄圧した燃料を電磁弁の開閉制御により任意の時期に任意の量噴射させる事が可能で、さらにパイロット噴射、ポスト噴射等カム駆動の列型ポンプでは技術的に困難な噴射が容易に可能となり、将来の噴射装置として要件を満たす能力が極めて高い。

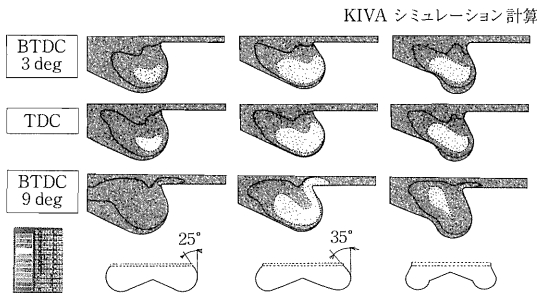
図—11 にコモンレール噴射装置の効果の一例を示す。燃料をコモンレール内に高圧で蓄圧してあるため極低速回転域でも高圧噴射が可能となり黒煙の低減が図れ、結果として低速域のトルク増大が可能である。またパイロット噴射により大幅にエンジン騒音の低減も可能となる。



図—11 エンジン性能、騒音に対してのコモンレール噴射装置の効果

### (3) 燃焼室形状の最適化

吸気ポート、燃料噴射装置について述べてきたが、燃焼室の形状も燃焼改善に重要な要素を占める。図一12に燃焼室の形状の相違による、燃焼室内の空気流動エネルギーの保持度合いをシミュレーション計算した結果を示す。ピストン上死点後における空気流動エネルギー保持度合いの高い燃焼室形状が燃焼改善、特に黒煙、微粒子状物質(PM)低減に有効である。



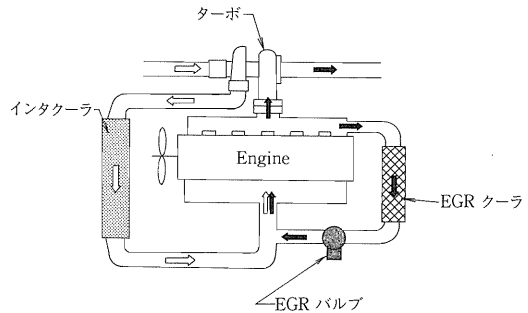
図一12 燃焼室形状による乱れエネルギーの相違

## 3. 今後の排出ガス低減技術

今後の排出ガス低減技術は、前述した燃焼改善基本技術の延長上と、これらの技術に加え EGR (Exhaust Gas Recirculation)、後処理装置、電子制御が拡大してくる。特に EGR 及び後処理装置に対しては、燃料中の硫黄含有率が排出ガス成分及びエンジンの耐久性、後処理装置の耐久性に大きく影響を与える。

### (1) EGR (排気再循環)

EGR の概念を図一13に示す。



図一13 EGR システムの概念図

窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) の低減に有効な技術であり、ガソリンエンジンでは一般的な技術となっているが、ディーゼルエンジンでは燃料中の硫黄含有量が高いため、燃焼に伴って硫酸が生成しエンジン内部の酸化腐食を促進させる。そのためエンジンの耐久性が低下し、実用化が困難であった。近年石油業界の協力により軽油中の硫黄含有率が段階的に低減されてきており(表一参照)、耐腐食性の高い材料の技術開発と合わせて、耐久性を低下させることなく EGR 装着が可能になってきた。しかし軽油以外の燃料使用に対しては信頼性、耐久性等の確認が今後必要である。

### (2) 後処理装置

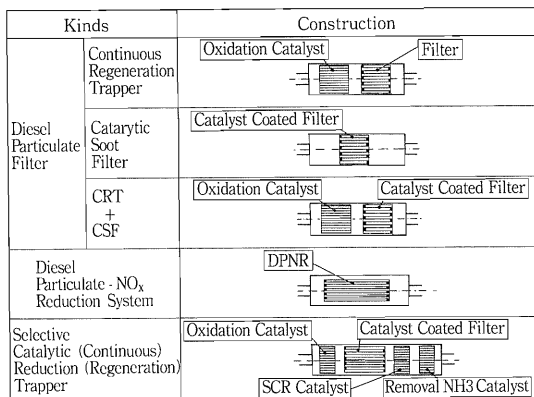
後処理装置は図一14に示すように分類される。酸化触媒は排出ガス成分中の炭化水素 (HC)、一酸化炭素 (CO)、微粒子状物質構成成分中の有機

表一 軽油中の硫黄含有率の変遷 (米, 欧, 日)<sup>1)</sup>

|                   | 昭 45<br>1970 | 昭 50<br>1975 | 昭 55<br>1980                   | 昭 60<br>1985                         | 平 2<br>1990       | 平 7<br>1995                            | 平 12<br>2000                           | 平 17<br>2005         | 平 22<br>2010                          |
|-------------------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 米 国<br>(Type 2-D) | 0.2% (最小)    |              | 49 CFR Part 86. 307-79<br>0.2% | 49 CFR Part 86. 1313-84<br>0.2%~0.5% |                   | 49 CFR Part 86. 1313-91<br>0.08%~0.12% | 49 CFR Part 86. 1313-94<br>300~500 ppm |                      | 49 CFR Part 86. 1313-2007<br>7~15 ppm |
| 欧 州               |              |              |                                |                                      | 88/77/EEC<br>0.3% | 91/542/EEC<br>500 ppm                  | 1999/96/EC<br>350 ppm                  | 1999/96/EC<br>50 ppm |                                       |
| 日 本<br>(注 1)      | 1.2%         |              | 0.5%                           |                                      | 0.2%              | 0.05%<br>(=500 ppm)                    |                                        |                      | 50 ppm                                |

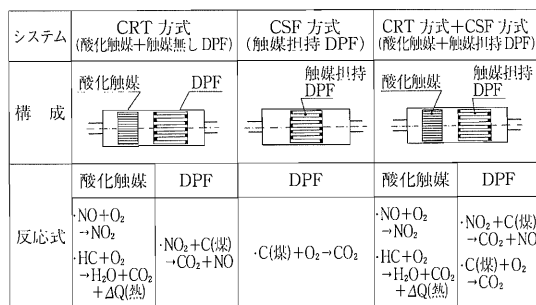
(注 1) 道路運送車両の保安基準(昭和 26 年 7 月 28 日 運輸省令第 67 号) 第 1 条の 2 (燃焼の規格) 別表 1 の 2 (逐次改訂)

溶剤可溶成分 (SOF 分) の低減に効果があるが、ディーゼルエンジンは炭化水素、一酸化炭素の排出量はガソリンエンジンに比べ非常に低いレベルなので特殊な用途以外は採用されていない。



図—14 後処理装置の種類と構成

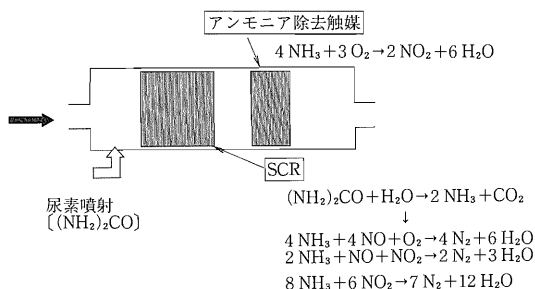
微粒子状物質 (PM) 低減のためディーゼルパーティキュレートフィルタ (DPF) の実用化の研究開発が世界各国で進められている。DPF の代表的な例を図—15 に示す。フィルタに捕集した粒子状物質をあらゆる走行条件で、いかに燃焼させ自己清浄機能を持たせるかが DPF 実用化のために解決しなければならない最大の技術課題である。



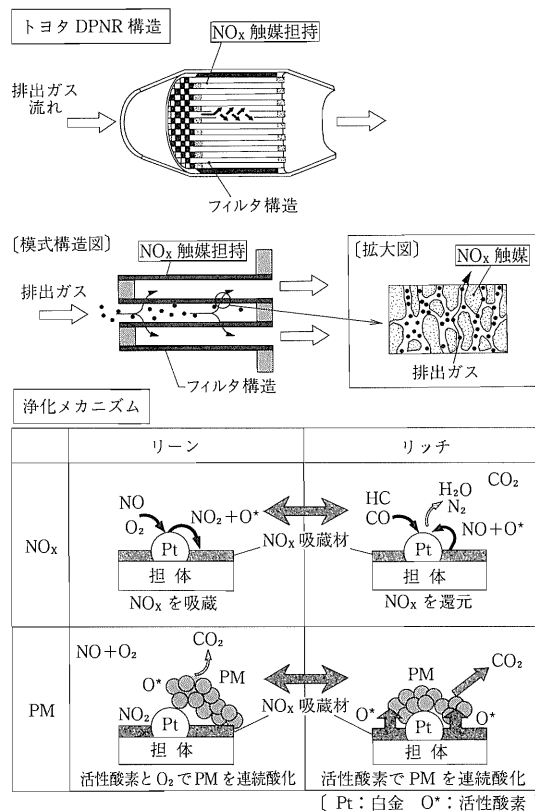
図—15 DPF システムの構成

代表的な窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) 低減触媒は尿素を使った SCR (Selective Catalytic Reduction) (図—16 参照) と、トヨタ自動車が開発中の DPNR (Diesel Particulate NO<sub>x</sub> Reduction) (図—17 参照) が知られている。

SCR は尿素が添加剤として必要となるため車両に燃料タンクと別に尿素タンクが必要となる。また尿素補給のための設備環境の構築が伴わねばならない。



図—16 選択還元触媒の構成とメカニズム (尿素)

図—17 トヨタ DPNR の構造と浄化メカニズム<sup>2)</sup>

DPNR は窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) と微粒子状物質 (PM) を同時に低減可能であり、触媒は多孔質セラミック構造体に NO<sub>x</sub> 吸蔵還元型触媒を担持した構成である。空燃比リーンとリッチを繰り返すことで NO<sub>x</sub> と PM を連続的に浄化可能である<sup>2)</sup>。

#### 4. 建設機械用エンジンの排出ガス低減

自動車用ディーゼルエンジンの排出ガス低減技術について述べてきたことを集約した形で表—2

表—2 ディーゼルエンジンの排出ガス対策の経緯<sup>1)</sup>

| 排出ガス低減技術 |        | 西暦                                                                                                                                | '74    | '77    | '79         | '83              | '89                   | '94                   | '97                   | '02                   |
|----------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|          |        | 規制                                                                                                                                | S 49 年 | S 52 年 | S 54 年      | S 58 年           | H 元年                  | 短 期                   | 長 期                   | 新短期                   |
| 排出ガス対策   | エンジン本体 | 燃焼室の改良(含、無駄容積減少)<br>排気量増大、圧縮比増大、燃焼室の冷却性向上<br>EGR<br>LOC 低減                                                                        | ●      | ●      | ●           | ●                | ●                     | ●                     | ●                     | ●                     |
|          | 燃料噴射系  | 燃料噴射時期遅延、ガバナとタイマ特性変更<br>噴射ノズルと噴射管の変更<br>噴射ポンプの高圧化<br>プリストロークの可変化<br>ガバナとタイマの電子制御化<br>2 段スプリングノズル<br>可変噴射率制御(VE ポンプ)<br>コモンレール、U/I | ●<br>● | ●<br>● | ●<br>●<br>● | ●<br>●<br>●<br>● | ●<br>●<br>●<br>●<br>● | ●<br>●<br>●<br>●<br>● | ●<br>●<br>●<br>●<br>● | ●<br>●<br>●<br>●<br>● |
|          | 吸排気系   | 吸気気ポート等の改良 吸排気<br>過給化および過給機性能向上<br>インタークーラ化、慣性過給の可変化<br>可変ノズルターボ<br>可変スワール機構(副ポート式)                                               | ●      | ●      | ●<br>●      | ●<br>●<br>●      | ●<br>●<br>●<br>●<br>● | ●<br>●<br>●<br>●<br>● | ●<br>●<br>●<br>●<br>● | ●<br>●<br>●<br>●<br>● |
|          | その他    | バラッキ低減(排気ガス関連部品および調整精度)<br>始動補助装置の改良                                                                                              |        |        | ●           | ●<br>●           | ●<br>●                | ●<br>●                | ●<br>●                | ●<br>●                |
|          | 後処理    | 酸化触媒<br>DPF<br>NOx 低減触媒                                                                                                           |        |        |             |                  |                       |                       | ●                     | ●<br>?<br>?           |
|          |        |                                                                                                                                   |        |        |             |                  |                       |                       |                       |                       |

に示す。

建設機械用エンジンの排出ガス低減技術も基本的には自動車用エンジンと同じである。しかし建設機械用エンジンは使用される燃料性状、環境条件、等々が自動車用とは異なるので、それらを十分把握したうえで慎重に採用する技術装置の仕様を決定していくことが重要な点と考える。

特に市場で実際に使用される燃料に対して、石油業界との協力による燃料性状の改善行動が急がれる課題である。

## 5. ま と め

今後の排出ガス低減技術は、電子制御の拡大、燃料噴射系の高圧化、EGR 装着、後処理装着等々、デリケート化していく方向にある。また、エンジンの改善と同時に、燃料中の硫黄含有率の低減等、性状の改質が必要である。

建設機械用エンジンの排出ガス低減は、自動車用技術の応用、転用が基本であるが、仕様決定に当たっては、自動車用用途とは違った建設機械固有の使用環境条件に適合させる技術検討と並行してコスト検討が必要である。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) (社) 日本自動車工業会「自動車排出ガス低減対策について」, 2001年7月13日
- 2) 広田信也, 他: 「ディーゼルPM, NO<sub>x</sub>同時低減触媒システム」, 自動車技術会2001年春季大会前刷集

### 【筆者紹介】

藤井 恒介 (ふじい つねすけ)  
日野自動車株式会社  
パワートレーン R&D 部





## 部 会 報 告

# 50年後の建築生産機械 WGA

## 機械部会建築生産機械技術委員会ワーキンググループ（A）

21世紀が始まり、今後建設機械がどのように進化していくのだろうか。これまでの過去50年の間にも、いろいろな建設機械が発明され想像を越える建築物がでてきた。しかし、今後は、過去とは比べ物にならない速さで、ますます社会環境・生活空間が変わっていくであろう。そのような中、21世紀のスタートを機に建築生産機械技術委員会のメンバーが、自由な発想で50年後の世の中を思い浮かべ、どんな建設機械が使われているのか勝手に想像してみた。

キーワード：50年後の社会環境、都市イメージ、土砂運搬機、建柱機、大型橋型作業装置、組立てロボット、建設プラットフォーム

### 1. はじめに

農業革命、産業革命を経験した人類は今第3革命といえるIT革命に遭遇している。20世紀後半のごく短期間に大量生産、大量消費の経済システムをつくり大量の産業廃棄物をも作り出した。

オゾン層破壊、地球温暖化、環境ホルモン等かつてない困難な問題に直面している。健康で快適な生活、豊かさを感じることが出来る生活を求めて持続可能な循環型社会の構築を模索しはじめた。環境との共生、失ったものの復元、再生を考え始めた。他から搾取する事なしに、そして子孫に負担をかけない適正な生産レベルをいかに設定するか、大きな課題が残されている。

一方建設機械の世界では、1920年「丸の内ビルディング」建設工事で米国フラー社がレール走行スチーム動力揚重運搬機、2.5トントラック、7.5トンガイデリック等の建設機械を使用し、日本の建設土木機械施工が始まった。以後世界先進国の機械施工技術を導入し独自の開発を加えて自動化システムや全油圧式建設機械、メカトロニクス化を発展させてきた。

今後の50年でこれらの建築生産機械はどのような発展を遂げるのだろうか。

都市とその交通、エネルギー、建築物、住宅等の社会環境から50年後の建築生産機械を考える。

### 2. 50年後の社会環境

#### （1）都 市

少子高齢化社会も一息ついて安定期に入った。

人口8,000万人、労働力不足を海外からの短期滞在者

に依存しているものの安定している。都市は大きくその形態を変えた。情報と市場が都市を形成してきたが、今ではIT化によって自宅ですべてに情報に接することができし市場も都市部に集中する必要がなくなった。多様化する人類の生活様式、文化にいかに対応できるか、健康で快適な生活を送ることが出来るか、これらが都市の形成の重要な条件となっている。

政府が小さくなった。

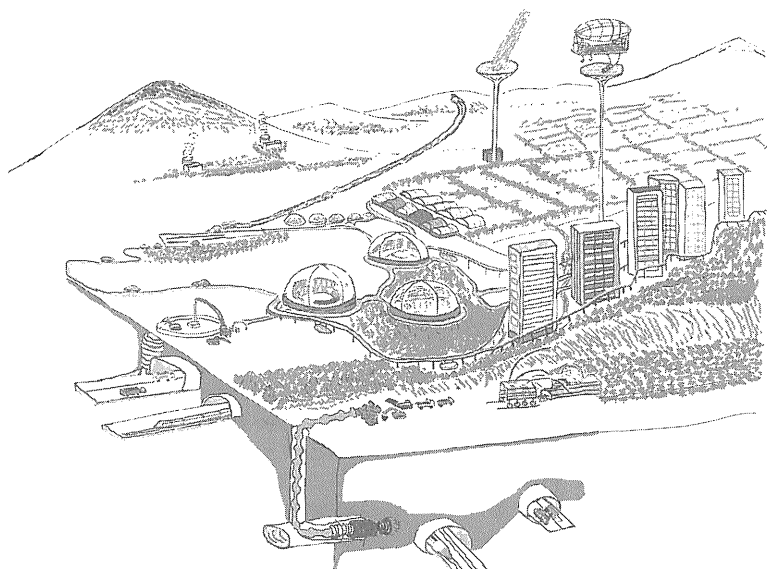
その組織、職員数ともにかつての5分の1に規模縮小されている。国、都市計画の作成も環境負荷を最大限に考慮し最適なエネルギー、手段を選択するコンピュータに負う部分が多くなっている。

政府と国民は24時間常時接続された端末機で直接結ばれ、市町村レベルの問題解決から首相選挙に至るまで直接投票で決定することが多くなった。都市の構成は高層オフィス・住宅地区、低層住宅地区、ドーム型商業流通地区、大型工業団地、近郊農地及び公園緑地、外環山地河川自然地区になっている。

都市におけるオフィスピルの高層化は公園緑地空間を得る必要から、避けることができない課題であり今後も続くものと考えている。

高層、中層部の住宅は短期滞在者、若い世代の勤労者が多く、また低層住宅地区には古くから住んでいる都市住民が多い。高層化のおかげで都市に公園緑地面積が増え、緑の空間が人々に安らぎを与えている。都市には一定面積割合の都市農地が必要とされ、自給自足経済の一端を担っている。都市住民は年間2週間以上を農業、林業、漁業のいずれかに従事する事が義務付けられた。

郊外地区にはドーム型商業地区、ドーム型大流通センターが建設され、オフィス住宅地区と地下の交通網で結ばれている。



図一 50年後の都市イメージ

郊外の大型工業団地は、地下に埋められ表面は深い緑に覆われている（図一参照）。

## （２）交 通

人は地上に、自動車は地下にはっきりと区分された。地上に走る自動車は無人自動走行の宅配車と公共交通手段のバス、タクシーそして大型貨物宅配のモノレールだけとなった。

各家庭、各ビルはコード番号化され無人宅配車が配送集荷する。タクシーは、テレビに入力すると各家庭まで送迎してくれる。

札幌と鹿児島は地下100メートルを走るリニアモーターカーで結ばれほとんどの都市は、地下50メートルの都市間高速道路で結ばれている。今では安全と環境負荷低減から自家用乗用車はなくなり、ドライブを楽しみたい人のためには3Dバーチャルゲームセンターがある。

空陸両用自動車も郊外では利用されている。ほとんど

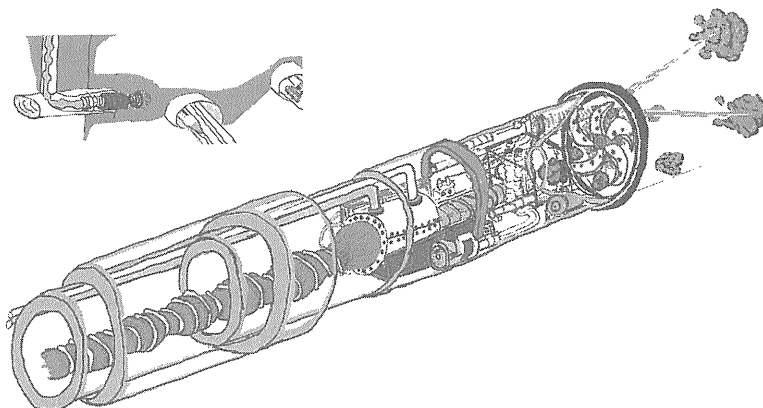
がジェットエンジンで騒音と気流の問題が解決されないため都市部では飛ぶ事はできないので郊外地区専用の交通手段となっている。宇宙工場、宇宙発電所には毎日定期のシャトル便が就航し、通勤者の足として利用されている。

## （３）エネルギー

自動車のほとんどは水素燃料電池を搭載している。水素は当初石油から精製された燃料から取出したが石油の枯渇により天然ガス、石炭ガスからの精製が主流となった。日本近海に大量に埋蔵が確認されているメタンハイドレート（methane hydrate）からの精製も実用化された。

建築物の屋根、壁面、窓ガラスには太陽電池パネル使用が法制化されすべての建築物に適用されている。

パネルは光の透過率を自由に变化させる事ができ、その色、質感も選択できるようになったためタイル張りの



図二 チューブ式蛇型土砂搬送機

質感の壁面も可能となった。もちろん無色透明なパネルもたくさん使用されている。

自然エネルギーの利用が進みその発電量は全エネルギー消費量の50パーセント以上になっている。

火山国日本では大型地熱発電所が建設され市町村単位の風力発電と、オフィスビルおよび家庭単位の太陽電池パネル発電で一般家庭公共施設の電力をまかなっている。

ほとんどの工場ではガスタービン発電施設を持ち安価な天然ガスが燃料となっている。

地下3,000メートルまで垂直掘削ができる無人地下掘削機とチューブ式蛇型土砂搬送機が地熱発電所を可能とした。チューブは卵を飲み込む蛇のように土砂を送る。このコンビは地下100メートルを走るリニアモータートンネル掘削にも活躍した(図-2参照)。

### 3. 建築物と建設機械

#### (1) 高層建築物

無人化工法が一段と進んでいる。躯体は今でも鉄骨とコンクリートに変わりはないが、材料の進化はめざましく高強度鋼材が開発され著しく軽量化された。接合部はレーザー光線照射による溶接と接着剤による接着技術が進み今ではボルト締め、アーク溶接は使用されていない。鉄筋及びコンクリートの高強度化により床材が飛躍的に軽量化されユニット化工法が一般的になり、危険、汚い、きつい3Kイメージはもう遠い過去のものとなった。

設計段階で敷地条件、設計条件、近隣環境の情報をデータベース化し建物完成までのシミュレーションが可能となっている。それに基づき材料手配、カッティング、組立てを工場で行い完成されたユニットを無人自走型汎用ロボットが搬送および揚重作業を実施、建方まで完了する。その後は内装型ロボットにて施工する。このロボットはモード選択する事で塗装や掃除等異なる仕事をしてくれる。充電さえしてやると絶対文句はいわないかわいいうつだ。

#### (2) ドーム型商業流通地区建築物

太陽電池パネルの使用が義務づけられ同時に採光条件から透過率及びカラーを自由に変化できるパネルが開発されたため半径50メートルから100メートルのドーム型建築物が商業流通地区をかたち作っている。

成型自由な樹脂製建柱機から150メートルにも及ぶ支柱が空高く伸びだし、あらかじめ決められた曲線を硬化しながらかたち作ってゆく(図-3参照)。

全面パネル張り雨天では蓄電されたエネルギーを使用し、パネルが点灯し、ライトになる。晴天時には蓄電

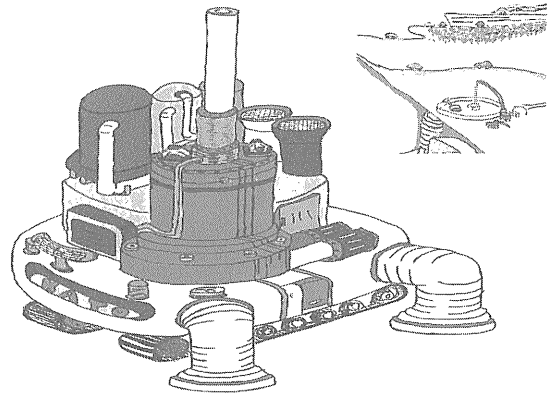


図-3 樹脂製建柱機

しながら透過率を最適条件に保っている。

直径20メートル以下の小型ドームは少量生産工場に利用され、これはビニール風船状の樹脂を空気によって大きく膨張させ、その中で空気と発泡スチロールのような特殊粉流体を満たすと瞬時に硬化しドームが建設される。

機械は空気-特殊粉流体充填機となる。

#### (3) 大型工業団地

大量生産工場は材料のストックヤード、部品製作、組立て、検査、梱包作業等一箇所に集合させる必要から、広大な敷地及び災害の影響を受けることが少ない郊外または都市計画の工業団地に建設される。

工場内の気温、湿度を一定に保つためと景観を保つ意味合いから工場建設後地中に埋められている。

基礎工事には無人の重機が使用されている。現場には人の姿が本当に少ない。現場事務所にはバーチャル現場室が設けられ重機の稼働状況が一目瞭然に把握できる。バーチャル現場には重機の運転室が据付けられ細かい作業や特殊作業をオペレータが1~2回運転するとその作業を学習し重機は無人で作業をはじめる。

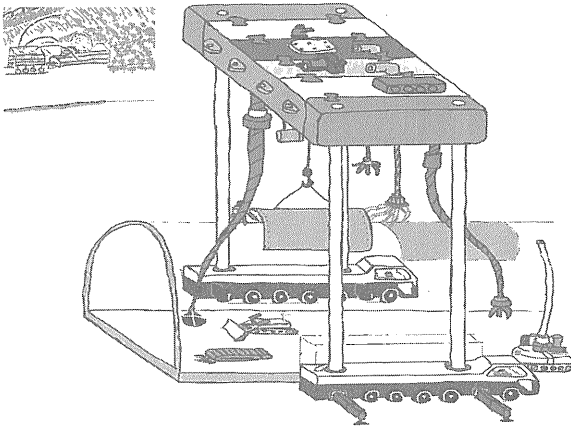
何かの拍子でひっくり返った重機はやおら起き上がり黄色いランプを点灯し自己診断をはじめ、そのうち青ランプを点灯させ、またもとの作業に戻った。

重機作業現場には作業者がいないため、安全に機械施工がなされている。

中国の機械もロシアの機械もアフリカの機械も同じ現場で無人化されている。国際的な標準化が進み建設機械メーカー、ソフト関連企業、部品メーカーは同じ規格のもとで平等な競争が可能となっている。

静かな現場は建設機械の電動化のおかげだ。現場の小型機は一回の充電で48時間の稼働が可能となった。大型機は充電と水素燃料電池の併用だ。

工場建設はホイール式的大型橋型作業装置が稼働している。数機の樹脂製釣竿型伸縮ブームをもつクレーンと



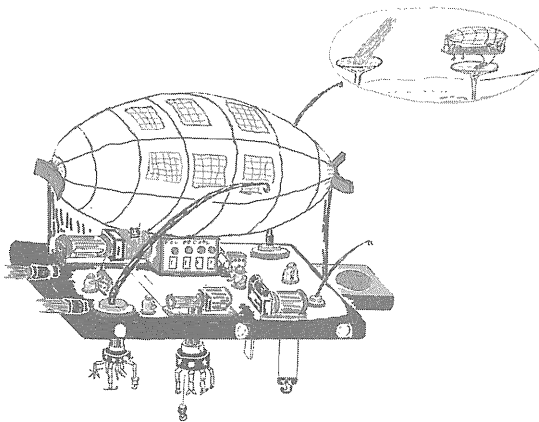
図—4 ホイール式大型橋型作業装置

ユニット組立てロボット，レーザー照射溶接機，マイクロガスタービン発電機等が装備されている（図—4 参照）。

#### （４）宇宙工場 宇宙発電所

ダイヤモンドや地球上に存在しない材料による付加価値の高い製品は，宇宙空間で生産されている。

高純度な材料，地球上にない材料を宇宙鉱山から調達し地球への環境負荷低減を実現した。宇宙工場は大型宇宙船により運搬されたユニットを組立てロボットが完成させる。地球からの遠隔操作や宇宙船からの操作で工事は進められる。組立てロボットは全体の形状はタコの形に似ている。フレキシブルな手足が20本程度装備されておりユニットを保持，移動させる。レーザー溶接設備の手は大活躍だ。



図—5 飛行船型プラットフォーム

不具合故障時には鳶ロボットが出勤する。鳶ロボットは頭に太陽電池を持ちクラゲ型だ。どこにでも吸着する手足は非常に便利に働く。地球と違って墜落する事がないので危険手当は支給されない。

宇宙発電所は太陽光を圧縮，超高光エネルギーの束にかえて地球に送る。地球では雲の影響の少ない高さに受光設備が建設され，この設備に向かって圧縮光が照射される。このタワー設備は飛行船型建設プラットフォームによって建設された。空飛ぶ建設機械だ。GPSにより位置自動調整が極めて正確にできる（図—5 参照）。

#### （５）一般低層住宅

安く，早く，良質，100年以上の寿命を持つ住宅建設のため規格化が進み着工から竣工まで，一週間程度で完了する。

設計は施主の要望を共有データ化し建物完成までシミュレーションを実施，施主の承認後工場にて生産開始する。工場で組立て後現場にて建方，人手は最終調整と点検のみとなる。

住まいは周辺環境とかかわりあいながら人を精神的に満たされた状態に包み上げてくれる空間でなければならない。環境負荷低減を第一条件に環境と親しみ健康で快適な生活を過ごせる住宅がもてめられている。

ここでは小型な無人搬送型ロボットが使用され運搬，建方まで実施し職人ロボットが施工しているが入力拒否が多く気難しくて扱いにくいのが玉にきずと言ったところだ。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 外岡 豊，鈴木俊治，三浦秀一，中島祐輔：21世紀環境理想都市構想—東京都区部を例として社会経済情勢の変化を踏まえた東京の新しい都市づくりのあり方（東京都都市計画審議会 都市づくり調査特別委員会）

#### ワーキンググループ A メンバー

|       |                   |
|-------|-------------------|
| 高品 弘  | グループリーダー；(株)加藤製作所 |
| 畠山 正夫 | 三井建設(株)           |
| 佐藤 廣次 | 三成研機(株)           |
| 荻原 純一 | 大成建設(株)           |
| 石倉 武久 | 住友建機(株)           |
| 柳田 隆一 | 清水建設(株)           |
| 角山 雅計 | (株)テクノマテリアル       |
| 林 憲彦  | コベルコ建機(株)         |
| 井上 康夫 | (株)大林組            |
| 西村 正宏 | 大成建設(株)           |

# 新工法紹介 調査部会

|        |                    |       |
|--------|--------------------|-------|
| 02-113 | センターポール式<br>深礎掘削工法 | 大 本 組 |
|--------|--------------------|-------|

## ▶概 要

本工法は、深礎杭の中心にセンターポール（厚肉鋼管）を先行して建込み、このポールを支柱軸にして、システム化された上下移動、旋回可能な掘削機、削岩機（鉛直方向、水平方向）を取付け、掘削・積込作業や発破装薬孔やロックボルト孔の穿孔作業を行う。

また、アタッチメントとしてブレーカおよびコンクリート吹付けノズルの取付けが可能であり、軟岩、中硬岩の小割作業やNATMへの対応も図っている。

これらの各作業ツールを使用することによって、土砂から硬岩までの地山に対応し、効率的な施工を行うことができる。

また、上下移動、旋回および各作業ツールの運転は、機械本体に装着した監視カメラを介して、地上に設けた操作室から遠隔操作が可能である。このため、作業員の関与が低減される。

## ▶特 長

### ① 掘削効率の向上

センターポールに本体を固定（ピンロック機構およびバンドブレーキの併用）させ、強力な掘削反力を得ることができ、岩盤部では特に威力を発揮し掘削効率の向上が図れる。

### ② 確実な遠隔操作性

深礎杭芯と機械本体芯を同芯にしたことにより、旋回軌道が一定し作業位置の把握が容易にでき、遠隔操作性に優れている。

### ③ 高い汎用性

掘削機ブームスイング芯と機械本体芯を1.3m偏芯させることによって、掘削径4.0～8.0mの施工に対応できる。

### ④ 安全性の向上

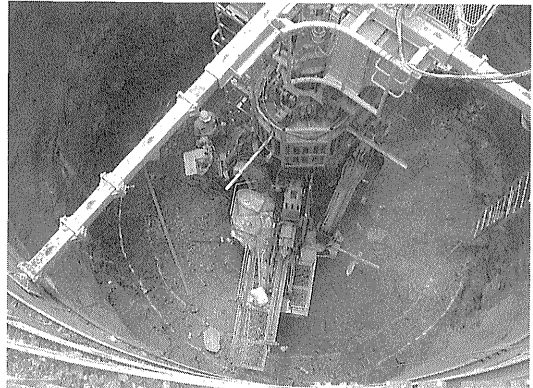
昇降、旋回、掘削、削岩等の作業は、地上からの遠隔操作で行うことにより、危険作業を低減し安全性の向上が図れる。

## ▶用 途

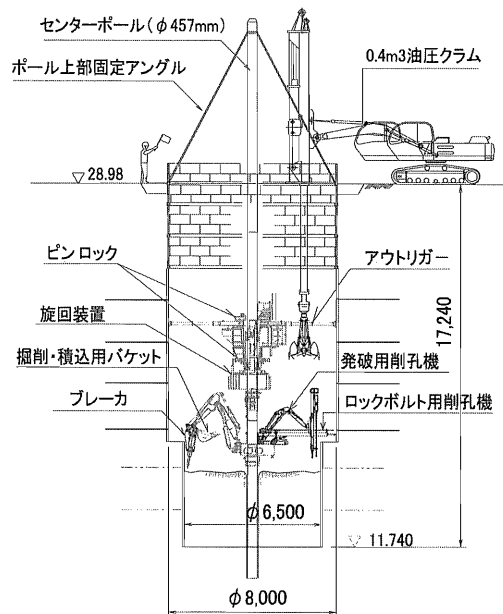
- ・深礎杭掘削土留め

## ▶実 績

- ・長崎自動車道平間工事（試験施工実施）、平成13年6月～平成13年8月



写真—1 センターポール式深礎掘削機



図—1 施工概要図

## ▶工業所有権

- ・特許 第2972921号（登録1999年9月）

## ▶問 合 せ 先

（株）大本組技術本部

〒100-0014 東京都千代田区永田町2-17-3

電話 03 (3593) 1542

## 新工法紹介

|        |                  |              |
|--------|------------------|--------------|
| 04-231 | コンクリート表面変状調査システム | 西松建設<br>戸田建設 |
|--------|------------------|--------------|

### ▶概要

西松建設と戸田建設は平成11年10月より、コンクリート構造物の健全度を総合的に診断・評価するシステムの開発に取り組んでいるが、その第1弾として平成12年度にトンネルを対象とした「コンクリート表面変状調査システム」を開発した。このシステムは、新設トンネルおよび既設トンネルにかかわらず、特にトンネルの竣工時の変状調査、さらにその後の定期点検における経年劣化を追跡調査できることを目的に開発したものである。

このコンクリート表面変状調査システムは、デジタルカメラによって、コンクリートのひび割れ、剝離、漏水などを連続的に撮影し、さらにレーザー距離計により覆工段差などの表面変状調査を断面毎に測定し、トンネル覆工変状展開図を合成して作成するものである。

このシステムの開発により、従来目視により多大な労力と時間を要していた覆工表面変状展開図の作成がパソコンを用いた画像処理により迅速に行うことが可能となる。

### ▶特長

- ① 現場で簡便に調査できるコンパクトな装置である。
- ② 開発コストが低コストである。
- ③ 国土交通省の要求に対応し、0.2 mm以上のひび割れの検出が可能である。
- ④ 覆工コンクリート剝落の危険性の対象となる3 mm以上の覆工段差の検出が可能である。
- ⑤ 調査速度は、300 m程度のトンネルを1日で測定

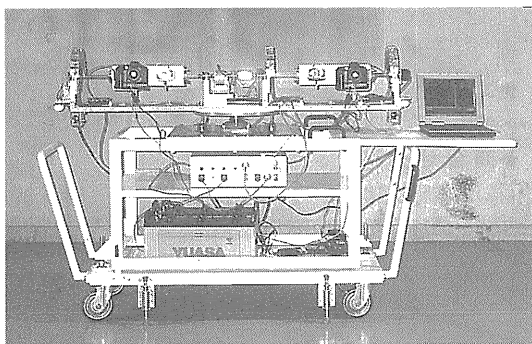


写真1 表面変状調査装置

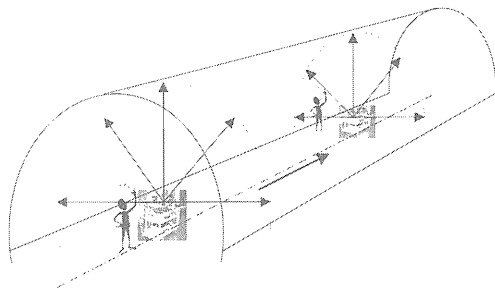


図1 測定イメージ

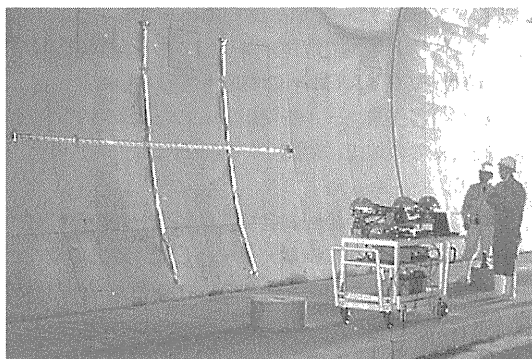


写真2 測定状況

可能とする50 m/hが可能である。

- ⑥ 成果品として、パソコンにより画像処理後、ひび割れなどの変状展開図および覆工断面変状図の作成を行う。

### ▶用途

- ・径3～10 m程度のトンネル全般

### ▶実績

- ・現在、北陸新幹線月影トンネルにおいて実証実験済み

### ▶工業所有権

- ・特許出願検討中

### ▶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

電話 046(275)0286

戸田建設(株) 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

電話 03(3535)1614

## 新工法紹介

|       |                       |                  |
|-------|-----------------------|------------------|
| 05-49 | 自在ボーリングを用いた<br>地盤改良工法 | 鹿島建設<br>ケミカルグラウト |
|-------|-----------------------|------------------|

## ▶概 要

本工法は、自在ボーリングを用いた薬液注入工法である。自在ボーリングとは、削孔システムと位置計測システムから構成されており、任意の削孔計画線に方向を制御しながら削孔する削孔工法である。本工法は、これに薬液注入工法を組合わせて、従来の工法では無理な例えば施工支障物裏側の地盤改良を可能にする。

まず、直線と曲線からなる任意の削孔計画線を位置計測システムに入力する。削孔は先端位置を計測し、計画線とのずれを修正しながら行う。

直線部の削孔はロータリボーリング方式で行い、曲線部の削孔や方向修正を行うときは、ビットの方向修正装置を修正方向にあわせてロッドを押しこむ。削孔には泥水を用いるが、削孔終了後、薬液の吐出孔をビット側面に切替え、薬液注入を行う。

## ▶特 長

- ・高精度の位置検知及び姿勢制御システムにより正確な位置での地盤改良が可能
- ・既設構造物を傷めることなく、側面から構造物直下の地盤改良が可能
- ・上記により既存施設の稼働を止める事なく施工が可能

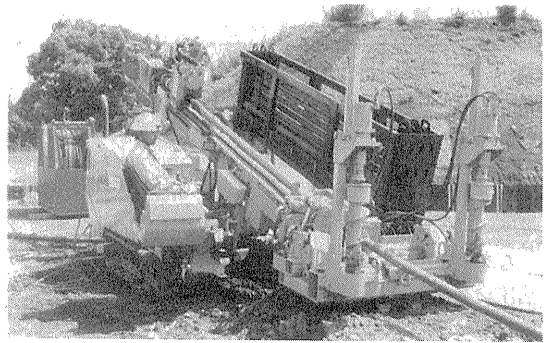


写真1 自在ボーリング機

## ▶用 途

- ・埠頭ケーソン直下の液状化対策用地盤改良
- ・フーチング直下の地盤改良

## ▶工業所有権

- ・特許出願中

## ▶問 合 せ 先

鹿島建設（株）土木設計本部

〒107-8502 東京都港区元赤坂 6-5-30

電話 03 (5561) 2183 ; Fax 03 (5561) 2049

ケミカルグラウト（株）営業本部

〒107-8309 東京都港区元赤坂 1-6-4

電話 03 (3796) 5895 ; Fax 03 (3475) 1545

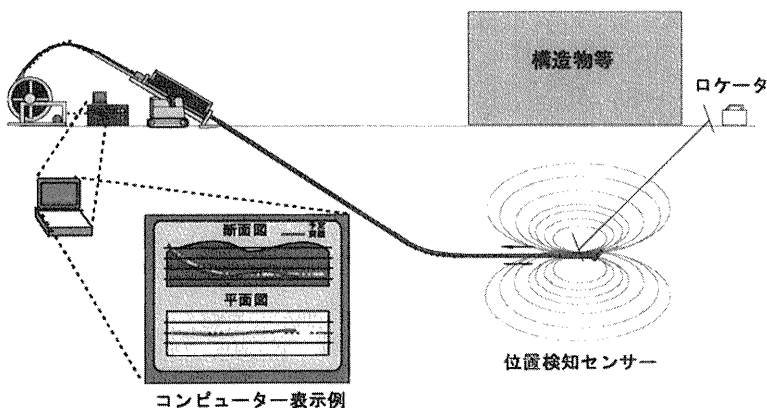


図-1 計測システム図



# 新機種紹介 調査部会

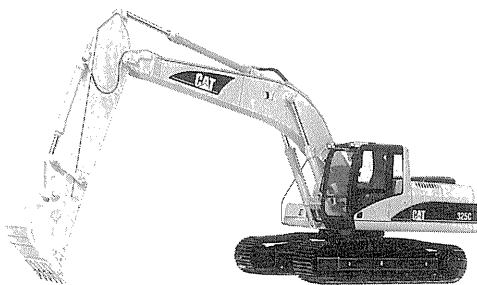
## ▶ 〈02〉 掘 削 機 械

|            |                                         |                      |
|------------|-----------------------------------------|----------------------|
| 01-〈02〉-20 | 新キャタピラー三菱<br>油圧ショベル<br>CAT 325 C/325 CL | '01.07 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|-----------------------------------------|----------------------|

エンジン出力と油圧ポンプ流量の増大による基本性能アップと生産性、汎用性の向上を図ってモデルチェンジしたものである。圧力損失低減とブーム再生回路による油圧システムの効率化により作業機のスピーディな動きを実現した。また、けん引力、旋回トルクをアップして勾配地などにおける作業性を向上した。レバーの操作量に合わせてアームの動きに対するブームの上げや旋回動作の優先度を自動的かつ可変的に切替える油圧システム（スマートワークシステム）を採用し、作業モード設定を不要とした。並列型油圧ポンプと追加式バルブの採用により、アタッチメントに必要な流量を5種類まで設定できる。ラジエータとオイルクーラを別置きとし、冷却能力確保や清掃の容易化を図った。バケット回りを除く作業機各部には、自己潤滑ブッシュを採用し、給脂間隔を1,000時間に延長した。長時間作業に対応の500ℓ燃料タンクを搭載したほか、労働安全衛生法のヘッドガード

表—1 CAT 325 C/325 CL の主な仕様

|                        | 325 C           | 325 CL          |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| 標準バケット (m³)            | 1.1             | 1.2             |
| 運 転 質 量 (t)            | 26.8            | 27.9            |
| 定 格 出 力 (kW(PS)/min⁻¹) | 140(190)/1,800  | 140(190)/1,800  |
| 最大掘削深さ×同半径 (m)         | 6.89×10.5       | 6.89×10.5       |
| 最大掘削高さ (m)             | 9.85            | 9.85            |
| 最大掘削力(バケット) (kN)       | 179             | 179             |
| 後端旋回半径 (m)             | 3.05            | 3.05            |
| 走行速度 高速/低速 (km/h)      | 5.3/3.3         | 5.3/3.3         |
| 登 坂 能 力 (度)            | 35              | 35              |
| 接 地 圧 (kPa)            | 50              | 48              |
| 全長×全幅×全高 (m)           | 10.33×3.09×3.25 | 10.33×3.29×3.25 |
| 価 格 (百万円)              | 35.7            | 37.4            |



写真—1 CAT 325 C「REGA」油圧ショベル

規格を満足するキャブを装備した。国土交通省の低騒音型と排出ガス対策型（2次規制）、EPA（米国環境保護局）の排出ガス2次規制に適合し、さらにワンタッチローアイドル機構でエネ革税制にも対応する。

|            |                                         |                      |
|------------|-----------------------------------------|----------------------|
| 01-〈02〉-21 | コマツ<br>油圧ショベル<br>PC200-7/PC 200 LC-7 ほか | '01.08 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|-----------------------------------------|----------------------|

稼働管理システムの標準装備や、基本性能アップと低燃費化の両立、居住性の向上などを図ってモデルチェンジしたものである。稼働管理システム（KOMTRAX）では、稼働位置、稼働時間の情報に加えて、エンジンや油圧機器などのセンサ情報も遠隔で把握し、的確、迅速な対応によって効率的な車両管理を可能にした。作業状況に応じて選択できる作業優先のアクティブモードと燃費優先のエコモードを設定し、アクティブモードでは出力ロス低減による掘削力の増大とスピードアップを、エコモードでは自動的なエンジン回転数ダウンによる低燃費を実現した。液晶カラーグラフィック画面（特許出願中）を備えた多機能モニタを搭載しており、運転状態、アタッチメント作業指示、車両診断内容、メンテナンス指示などがわかりやすく表示される。大容量キャブはダンパマウント（特許出願中）を採用して、ビスカスマウントに比し大幅に振動を低減するとともにオペレータ耳元騒音 71 dB (A) を達成した。また、労働安全衛生法ヘッドガード基準および ISO OPG（Operator Protective Guards）基準をクリアしている。国土交通省の低騒音基準、日・米・欧の排出ガス2次規制基準をクリアしてい

表—2 PC 200-7/PC 200 LC-7 の主な仕様

|                        | PC 200-7<br>(標準仕様) | PC 200 LC-7<br>(標準仕様) | PC 210-7<br>(採石・解体仕様) | PC 210 LC-7<br>(採石・解体仕様) |
|------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| 標準バケット容量(m³)           | 0.8                | 0.8                   | 0.8                   | 0.8                      |
| 機 械 質 量 (t)            | 19.3               | 20.7                  | 21.4                  | 22.3                     |
| 定 格 出 力 (kW(PS)/min⁻¹) | 107(145)/1,950     | 107(145)/1,950        | 107(145)/1,950        | 107(145)/1,950           |
| 最大掘削深さ×同半径 (m)         | 6.62×9.875         | 6.62×9.875            | 6.62×9.875            | 6.62×9.875               |
| 最大掘削高さ (m)             | 10                 | 10                    | 10                    | 10                       |
| 最大掘削力(バケット) (kN)       | 138                | 138                   | 138                   | 138                      |
| 後端旋回半径 (m)             | 2.75               | 2.75                  | 2.94                  | 2.94                     |
| 走行速度 高/中/低 (km/h)      | 5.5/4.1/3.0        | 5.5/4.1/3.0           | 5.5/4.1/3.0           | 5.5/4.1/3.0              |
| 登 坂 能 力 (度)            | 35                 | 35                    | 35                    | 35                       |
| 接 地 圧 (kPa)            | 44.1               | 36.3                  | 48.1                  | 45.1                     |
| 全長×全幅×全高 (m)           | 9.425×2.8×3.0      | 9.425×3.08×3.0        | 9.625×2.875×3.0       | 9.625×2.98×3.0           |
| 価 格 (百万円)              | 25.8               | 26.95                 | 28.0                  | 29.2                     |

## 新機種紹介

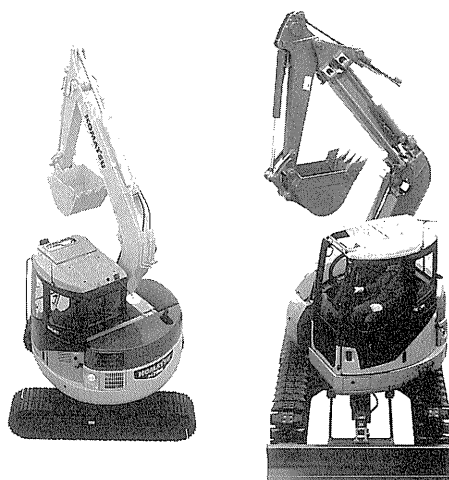


写真-2 コマツ「GALEO」PC200-7 油圧ショベル

るほか、エネ革税制に適合、リサイクル可能な吸音材の採用など環境適応に配慮した設計になっている。

|            |               |                         |                       |
|------------|---------------|-------------------------|-----------------------|
| 01-(02)-22 | コマツ<br>油圧ショベル | ①PC 78 US- <sub>6</sub> | ①'01.07 発売            |
|            |               | ②PC 78 UU- <sub>6</sub> | ②'01.08 発売<br>モデルチェンジ |

狭所作業における基本性能、居住性、環境適応性などの向上を図ってモデルチェンジした後方超小旋回型 PC 78 US-<sub>6</sub> と超小旋回型 PC 78 UU-<sub>6</sub> である。作業状況に応じて選択できるアクティブとエコの 2 モードがあり、従来機とほぼ同等の燃費で作業量アップあるいはほぼ同等の作業量で燃費低減を実現した。大容量のラウンド形キャブはアッパレルスライド式ドアを採用し、エンジン音や油圧機器の音、振動を遮断してオペレータ耳元騒音 73 dB (A) の低騒音を達成した。サイドボンネットをフルオープンし、工具なしでの日常点検ができるほか、給脂間隔を 100 h から 250 h に、作業油フィルタ交換時

写真-3 コマツ「GALEO」PC 78 US-<sub>6</sub> 油圧ショベル (左) と PC 78 UU-<sub>6</sub> 油圧ショベル (右)

間を 500 h から 1,000 h に延長するなど整備性を向上した。フェイスシールドタイプの油圧ホースコネクタ、防水性の高い強化型コネクタを採用し、油圧ラインや電気回路の信頼性を向上している。国土交通省の騒音規制や排出ガス対策、EPA および EU の排出ガス規制に適合しているほか、エネ革税制にも対応して環境適応に配慮している。

|            |                                  |            |                  |
|------------|----------------------------------|------------|------------------|
| 01-(02)-23 | 新キャタピラー三菱<br>小型油圧ショベル<br>(超小旋回型) | CAT 305 SR | '01.07 発売<br>新機種 |
|            |                                  |            |                  |

狭所作業性、信頼性、メンテナンス性、環境対応性などを考慮して開発された新機種である。バケットとキャブの接触を防ぐ干渉防止機能、作業機の作動量やリーチの可動域をセットし制限する位置制限機能、地面と機体とバケットとの距離を測定する距離表示機能の 3 つのフロント制御装置を装備している。また、アームオフセット時の自然降下防止弁をコントロールバルブ内蔵型としている。下部走行体は応力集中の少ないスパイダ&H 型構造とし、最低地上高も確保している。エンジンフードやタンクカバーはフルオープン式で、地上からの点検作業ができる。バッテリーは補水不要としている。国土交通省の超低騒音型、排出ガス対策型 (2 次規制) の基準値をクリアしており、エネ革税制にも対応している。

表-3 PC 78 US-<sub>6</sub>/PC 78 UU-<sub>6</sub> の主な仕様

|                                  | PC 78 US- <sub>6</sub> | PC 78 UU- <sub>6</sub> |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| 標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )       | 0.28                   | 0.28                   |
| 機械質量 (t)                         | 6.85                   | 7.70                   |
| 定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 40.5(55)/1,850         | 40.5(55)/1,850         |
| 最大掘削深さ×同半径 (m)                   | 4.1×6.38               | 4.2×6.4                |
| 最大掘削高さ (m)                       | 7.3                    | 7.36                   |
| 最大掘削力(バケット) (kN)                 | 61.3                   | 61.3                   |
| バケットオフセット量 左/右 (m)               | —                      | 1.03/1.065             |
| 作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)             | 1.75/1.24              | 1.2/1.24               |
| 走行速度 高速/低速 (km/h)                | 4.5/3.0                | 4.5/3.0                |
| 登坂能力 (度)                         | 35                     | 35                     |
| 接地圧 (kPa)                        | 30.4                   | 34.3                   |
| 全長×全幅×全高 (m)                     | 5.77×2.33×2.73         | 6.06×2.33×2.75         |
| 価 格 (百万円)                        | 13.3                   | 15.3                   |

## 新機種紹介

表—4 CAT 305 SR の主な仕様

|                  |                                           |
|------------------|-------------------------------------------|
| 標準バケット容量         | 0.22 m <sup>3</sup>                       |
| 機械質量             | 5.31[5.41]t                               |
| 定格出力             | 30.0(40.8)/2,200 kW(PS)/min <sup>-1</sup> |
| 最大掘削深さ×同半径       | 4.0×5.76m                                 |
| 最大掘削高さ           | 6.39 m                                    |
| 最大掘削力(バケット)      | 40.1 kN                                   |
| バケットオフセット量 左/右   | 0.71/1.16 m                               |
| 作業機最小旋回半径/後端旋回半径 | 1.0/1.0 m                                 |
| 走行速度 高速/低速       | 4.3/2.6 km/h                              |
| 登坂能力             | 30度                                       |
| 接地圧              | 31.1[31.7]kPa                             |
| 全長×全幅×全高         | 5.2×2.0[2.01]×2.53 m                      |
| 価格               | 11.1 百万円                                  |

(注) (1) ゴムクローラ付き仕様値を示す。  
(2) [ ] 書きでキャブ付き仕様値を示す。



写真—4 CAT 305 SR「REGA」小型油圧ショベル（超小旋回型）

### ▶ 〈03〉 積込機械

|            |                           |                      |
|------------|---------------------------|----------------------|
| 01-(03)-05 | コマツ<br>ショベルローダ SD 23-5 ほか | '01.06 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|---------------------------|----------------------|

バケットリーチ機構を有するショベルローダ3機種で、SD30-5はフォーク専用仕様車としている。エンジン出力をアップするとともに排気中の遊離カーボンを低減させ環境に配慮した。最大けん引力、登坂能力、最高速度ともにアップして作業効率を向上した。ステアリング左右両ロードシリンダと新型バルブの搭載により、軽い操作力と容易な据切りを実現した。ステアリングホイールはチルト式で、前後進切換えレバーは電気式である。作業に必要なダンピングクリアランスに応じて4種類のブームが用意されており、現場状況によっては低騒音仕様車がオプションで設定されている。

表—5 SD 23-5 ほかの主な仕様

|                                  | SD 23-5          | SD 25-5          | SD 30-5          |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| 標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )       | 0.9              | 1.0              | —                |
| 最大荷重                             | 2.3/1.5          | 2.5/1.7          | 3.0/1.8          |
| リーチ最小/リーチ最大 (t)                  | 2.3/1.5          | 2.5/1.7          | 3.0/1.8          |
| 機械質量 (t)                         | 6.335            | 6.675            | 7.360            |
| 定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 72.1(98)/2,150   | 72.1(98)/2,150   | 72.1(98)/2,150   |
| ダンピングクリアランス (リーチ最大) (m)          | 3.01             | 3.01             | 2.945            |
| ダンピングリーチ (リーチ最大) (m)             | 1.37             | 1.37             | 1.49             |
| 最高走行速度 前進/後進 (km/h)              | 26/13            | 26/13            | 26/13            |
| 最小回転半径 (最外側) (m)                 | 3.43             | 3.45             | 3.45             |
| 登坂能力 (度)                         | 26               | 26               | 26               |
| 軸距×輪距 (前輪/後輪) (m)                | 2.3×(1.79/1.575) | 2.3×(1.79/1.575) | 2.3×(1.79/1.575) |
| 最低地上高 (m)                        | 0.24             | 0.24             | 0.24             |
| 全長×全幅×全高 (m)                     | 4.795×2.03×2.625 | 4.82×2.3×2.625   | 4.945×2.3×2.625  |
| 価格 (百万円)                         | 5.7              | 5.92             | 6.247            |

(注) (1) SD 23-5は前輪シングルタイヤ。SD 25-5、SD 30-5は前輪ダブルタイヤ。  
(2) SD 30-5はフォーク専用仕様車。



写真—5 コマツ SD 25-5 ショベルローダ

### ▶ 〈05〉 クレーン、エレベータ、高所作業車およびウインチ

|            |                                           |                  |
|------------|-------------------------------------------|------------------|
| 01-(05)-06 | アイチコーポレーション<br>高所作業車<br>(トラック搭載型) SE-10 A | '01.07 発売<br>新機種 |
|------------|-------------------------------------------|------------------|

CATV 工事、電気設備工事などの高所作業用として開発された小形の高所作業車である。直進2段ブームの先端は屈折アーム構造となっており、広角度で上・下に屈折できるので、引込み線の家屋側に障害物があるような現場でも作業ができる。また、特別のオプション装備をすることにより、ジャッキを張らずに先端屈折アームを上げた状態で走行しながらの作業ができる。ブーム格納は高い位置で水平におさめる構造となっており、車両中央部に大きな積載スペースを設けている。車両右後部にはステップを配置し、バケットへの昇降性を向上した。安全装置として、ジャッキインタロック装置、ブー

## 新機種紹介

ムインタロック装置、ジャッキ接地表示ランプ、非常用ポンプ、水準器などを装備している。最大地上高が9.9m(10m未満)であるため、高所作業車運転のための特別教育を修了することで操作ができる。

表-6 SE 10 A の主な仕様

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 最大積載荷重(搭乗人員)    | 200 kg(2名)      |
| 最大地上高/最大作業半径    | 9.9/7.4 m       |
| バケット内側寸法 幅×奥行×高 | 1.0×0.7×0.9 m   |
| バケット首振り角度 左/右   | 100/82 度        |
| ブーム起伏角度/同旋回角度   | 0~80/360(全旋回)度  |
| ブーム長さ/アーム長さ     | 3.22~5.28/1.5 m |
| アーム起伏角度         | -90~80 度        |
| アウトリガ張幅 伸~縮     | 1.8~1.5 m       |
| 架装シャーシ          | 2.0 tクラス        |
| 価 格             | 9.3 百万円         |

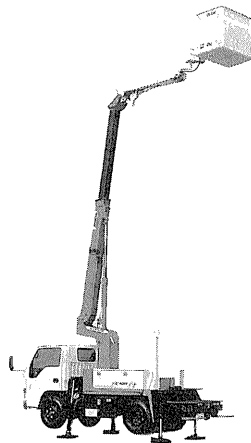


写真-6 アイチコーポレーション「スカイマスター」SE-10 A 高所作業車

▶ 〈10〉 泥土・排水ほか建設廃棄物処理機械、環境保全装置など

|            |                               |                      |
|------------|-------------------------------|----------------------|
| 01-(10)-02 | 東急車輛製造<br>汚泥吸引車 SVL 04-T 43 P | '01.07 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|-------------------------------|----------------------|

建設工事、解体工事などで発生する汚泥化した土砂・小石を吸引・運搬する車両である。汚泥吸入口および排出口を有するレシーバタンク、ダスト分離器、水封式真空ポンプ、水タンク、気水分離器、配管などで構成される装置と搭載車両から成る。吸入時は吸入口・レシーバタンク、ダスト分離器、真空ポンプ、水タンクの経路で、加圧排出時はダスト分離器、真空ポンプ、気水分離器、

レシーバタンク・排出口の経路で行われる。レシーバタンクはステンレス鋼を使用し、容量もアップした。また、タンクには排出のためのダンプ機構を有する。水封式真空ポンプは、風量を従来よりも30%アップし吸引力を高めた。

表-7 SVL 04-T 43 P の主な仕様

|            |            |
|------------|------------|
| タンク容量      | 2,700 l    |
| 真空ポンプ風量    | 43 m³/min  |
| 真空ポンプ最高真空度 | -0.099 MPa |
| 吸入口径       | φ 125 mm   |
| 排出口径       | φ 100 mm   |
| 排水口径       | φ 75 mm    |
| タンクダンプ角度   | 約 50 度     |
| 架装シャーシ     | 4 tクラス     |
| 価 格        | 16 百万円     |



写真-7 東急車輛製造「スーパーバキュームローダ」SVL 04-T 43 P 汚泥吸引車

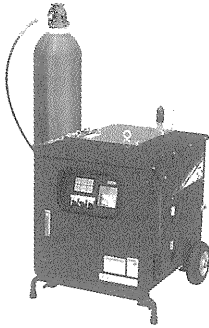
|            |                             |                  |
|------------|-----------------------------|------------------|
| 01-(10)-03 | 鶴見製作所<br>濁水処理装置 TPC-010 3 G | '01.07 発売<br>新機種 |
|------------|-----------------------------|------------------|

建設現場で発生する比較的少水量のアルカリ排水を、炭酸ガスを用いて排水基準内の pH に中和調整する小型処理装置である。装置は、炭酸ガス気化器、炭酸ガス注入電磁弁、濁水吸引攪拌ポンプ、吸引攪拌ノズル、浸漬型 pH 電極、水槽、pH 記録計などから構成される。炭酸ガスの注入量は、pH の変化により自動的に補正される。装置は小形、軽量で、車輪を付けて現場内の移動を容易にしている。

表-8 TPC-0103 G の主な仕様

|                  |                    |
|------------------|--------------------|
| 処理能力             | 1~3 m³/h           |
| 処理水 pH 値/原水 pH 値 | pH 7.0±1.0/pH 8~11 |
| 吸込み最大揚程          | 5 m                |
| 装置質量 乾燥時/運転時     | 110/180 kg         |
| 電 源              | 単相100 V, 670 W     |
| 価 格              | 1.15 百万円           |

## 新機種紹介



写真—8 鶴見製作所「リトマス7クン」濁水処理装置

|            |                                       |                  |
|------------|---------------------------------------|------------------|
| 01-(10)-04 | サカト商工<br>建設廃材破砕機・<br>アタッチメント SWC 1900 | '01.06 発売<br>新機種 |
|------------|---------------------------------------|------------------|

解体工事などで発生する建設廃材の破砕機として、坂戸工作所で製造されたもので、油圧ショベルのアタッチメントとして使用される。切断対象物は、薄物鉄板、木材、断熱材、プラスチック、紙などで、現場で減容化ができるので運搬を容易にする。はさみ式の切断刃は、先

表—9 SWC 1900 の主な仕様

|             |              |
|-------------|--------------|
| 切断力（中央部）    | 60 t         |
| 開口幅 先端部/中央部 | 約 900/600 mm |
| 切断部カット長さ    | 200 mm       |
| 破砕機質量       | 約 1.9 t      |
| 適合油圧ショベル    | 20 tクラス      |
| 価 格         | 6 百万円        |



写真—9 サカト商工「まさかのジロー」SWC 1900 建設廃材破砕機・アタッチメント

端の破砕部、中央の破断部、刃本の切断部に分かれており、破砕部では木根破砕、薄物鉄板などの圧縮破砕を、破断部ではプラスチック、薄物鉄板（2 mm 以下）などの破断を、切断部では鉄筋、軽量鉄骨などの切断ができるようになっている。また、切断速度を早めるための増速バルブが設けられており、開口刃の閉じ時間は 1.5 秒である。

### ▶ 〈12〉モータグレーダ、路盤機械および締固め機械

|            |                                  |                      |
|------------|----------------------------------|----------------------|
| 01-(12)-01 | コマツ<br>ロードローラ（マカダム型）<br>R 2-1 ほか | '01.07 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|----------------------------------|----------------------|

道路工事、宅地造成工事などで締固め機械として使用される 10 tクラスと 14 tクラスの全輪駆動・アーティキュレート式ロードローラで、安全性、メンテナンス性、環境対応性の向上を図ってモデルチェンジしたものである。ボンネット形状の変更により前後の視界を向上し、欧州視界基準 1×1（ワン・パイ・ワン）をクリアした。低床低重心設計として左右安定傾斜角度 42 度を達成し、不整地や林道など山間部の現場における安全性を確保した。また、乗降用ステップは階段状として乗降を容易にした。前後輪は同径の大径輪を採用し、前後輪同線圧としている。フルオープン式のボンネットを採用しており、エンジン、油圧機器のメンテナンスが地上からできる。前輪散水ノズルのメンテナンスは運転席デッキからも、また、後輪散水ノズルや散水タンクのメンテナンスは運転席側と両側ステップから容易にできる。国土交通省の超低騒音型、排出ガス対策型（2 次規制）に適合して

表—10 R 2-1 の主な仕様

|                                     | R 2-1                    | R 2 H-1                  |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 運 転 質 量 (t)                         | 9.98                     | 14.03                    |
| 線圧(運転質量時) 前輪/後輪 (N/cm)              | 435/454                  | 608/642                  |
| 締 固 め 幅 (m)                         | 2.1                      | 2.1                      |
| 前後輪オーバーラップ量 (mm)                    | 50                       | 50                       |
| 定 格 出 力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 56(76)/2,050             | 56(76)/2,050             |
| 走 行 速 度 (km/h)                      | 0~16                     | 0~16                     |
| 最 小 回 転 半 径 (m)                     | 6.3                      | 6.3                      |
| 登 坂 能 力 (度)                         | 25                       | 17                       |
| 前輪径×同幅/後輪径×同幅 (m)                   | φ1.62×0.55/<br>φ1.62×1.1 | φ1.62×0.55/<br>φ1.62×1.1 |
| 軸 距 (m)                             | 3.4                      | 3.4                      |
| 散水タンク容量 (L)                         | 680                      | 680                      |
| 全長×全幅×全高 (m)                        | 5.02×2.1×<br>3.06(2.9)   | 5.02×2.1×<br>3.06(2.9)   |
| 価 格 (百万円)                           | 10.8                     | 11.45                    |

(注) [ ] 書きでキャブ付き仕様値を示す。

## 新機種紹介

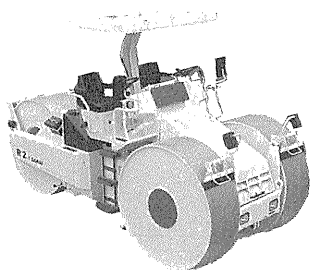


写真-10 コマツ R2-L ロードローラ（マカダム型）

おり、環境に配慮している。

## ▶ 〈13〉 舗装機械

|            |                                           |                      |
|------------|-------------------------------------------|----------------------|
| 01-(13)-03 | コマツ<br>アスファルトフィニッシャー<br>F 2045 C/F 2045 W | '01.07 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|-------------------------------------------|----------------------|

幅員変化や障害物の多い現場でも幅広く対応できるアスファルトフィニッシャーで、作業性、操作性、安全性、環境対応性などの向上が図られたものである。F 2045 C はイコライザ機構転輪採用のゴムパッド付きのクローラ式で、F 2045 W はホイールモータ直結駆動の2WD/4WDのホイール式である。3段伸縮スクリーンは舗装中でも無段階に調整が可能で、3段目伸縮部はパイププレートおよびバーナを標準装備している。チルト式ステアリングとスイング式操作ボックスの採用などによりスイッチ類を運転席周辺に集中配備し、スクリーン上座席あるいはスクリーンステップ上での運転を可能としてワンマンオペレーションを容易にした。2条搬送方式のフィーダにより左右に送られる合材は、フィーダおよびスクリュと連動するサイドプレートに設けたセンサの検知により自動供給される。本体左右側面に設けたエンジン非

常停止ボタン、ニュートラル・エンジンスタートシステム、エンジン停止時や停車時に作動する自動駐車ブレーキなどで安全に配慮がされているほか、国土交通省の低騒音型、排出ガス対策型に指定されて環境対応が図られている。

表-11 F 2045 C/F 2045 W の主な仕様

|                                  | F 2045 C           | F 2045 W                       |
|----------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 舗装幅員 (m)                         | 2.0~4.5            | 2.0~4.5                        |
| 最大舗装厚 (mm)                       | 10~200             | 10~150                         |
| 機械質量 (t)                         | 6.75               | 7.32                           |
| 定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 37.1(50.5)/1,900   | 37.1(50.5)/1,900               |
| ホッパ容量 (t)                        | 4.0                | 4.0                            |
| 作業速度/移動速度 (m/min, km/h)          | 1~12/0~3.2         | 1~12/1~10                      |
| 登坂能力 作業時/空車時 (%)                 | 15.5/40            | 15.5/40                        |
| 最小回転半径（最外側） (m)                  | 3.8                | 5.7                            |
| 履帯接地長×同幅 (m)                     | 1.99×0.2           | —                              |
| 軸距×輪距（前/後） (m)                   | —                  | 2.07×<br>(1.475/1.40)          |
| タイヤサイズ 前/後 (—)                   | —                  | 18×6×12 1/18* /<br>365/80 R-20 |
| 全長×全幅×全高 (m)                     | 4.98×2.13×<br>1.88 | 5.365×2.13×<br>1.895           |
| 価 格 (百万円)                        | 21.3               | 22.8                           |

（注）（1） F 2045 W の作業速度は4WD時の数値を示す。

（2） 全幅はホッパ2段折たたみ時の数値を示す。

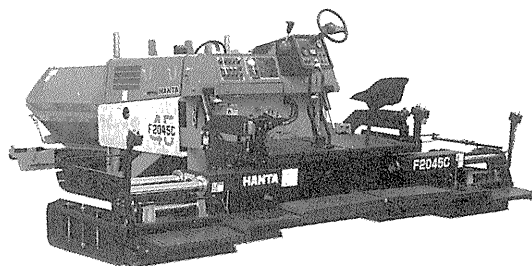
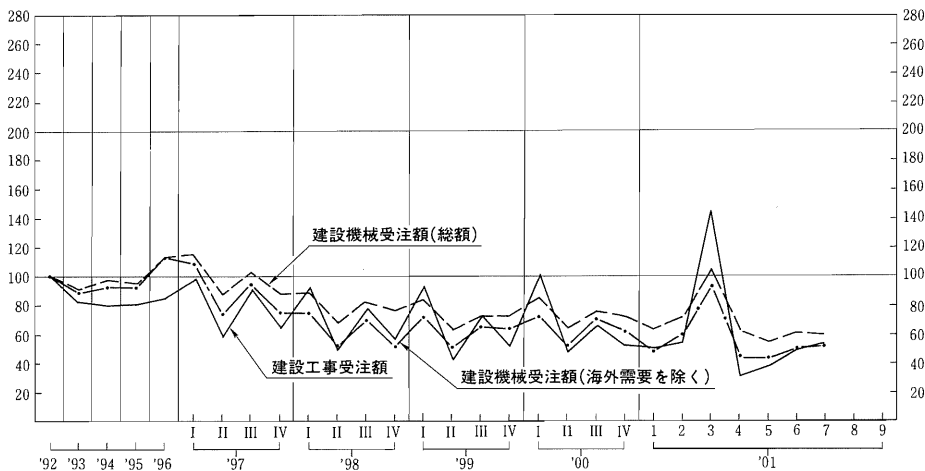


写真-11 コマツ F 2045 C アスファルトフィニッシャー（クローラ式）

# 統計調査部会

## 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 1992年平均=100)  
建設機械受注額：機械受注統計調査(建設機械企業数27前後) (指数基準 1992年平均=100)



建設工事受注動態統計調査(大手50社)

(単位：億円)

| 年 月        | 総 計     | 受 注 者 別 |        |        |        |       |        | 工 事 種 類 別 |        | 未 消 化<br>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   |        |       |        |           |        |                |         |
| 1996 年     | 203,812 | 121,077 | 21,411 | 99,666 | 65,304 | 5,440 | 11,991 | 129,686   | 74,125 | 216,529        | 205,590 |
| 1997 年     | 188,683 | 116,190 | 21,956 | 94,234 | 55,485 | 5,175 | 11,833 | 122,737   | 65,946 | 204,028        | 201,180 |
| 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 |
| 2000 年 7 月 | 9,447   | 6,115   | 1,156  | 4,958  | 3,711  | 500   | 121    | 6,390     | 3,056  | 190,997        | 12,268  |
| 8 月        | 10,870  | 6,530   | 1,150  | 5,380  | 3,508  | 501   | 330    | 7,277     | 3,592  | 189,657        | 12,369  |
| 9 月        | 19,412  | 12,903  | 2,151  | 10,751 | 5,023  | 674   | 813    | 13,141    | 6,270  | 190,038        | 16,446  |
| 10 月       | 8,763   | 4,975   | 1,295  | 3,680  | 3,191  | 453   | 144    | 5,290     | 3,473  | 186,213        | 12,656  |
| 11 月       | 10,607  | 6,377   | 1,390  | 4,988  | 3,107  | 516   | 606    | 6,854     | 3,752  | 183,451        | 13,407  |
| 12 月       | 11,819  | 7,326   | 1,522  | 5,804  | 3,428  | 603   | 461    | 8,193     | 3,626  | 180,331        | 14,851  |
| 2001 年 1 月 | 9,952   | 5,560   | 1,288  | 4,272  | 2,867  | 455   | 1,069  | 5,852     | 4,099  | 178,782        | 11,822  |
| 2 月        | 11,309  | 7,324   | 1,371  | 5,953  | 3,038  | 538   | 409    | 7,356     | 3,953  | 176,992        | 13,417  |
| 3 月        | 29,365  | 18,796  | 3,047  | 15,749 | 8,545  | 824   | 1,200  | 18,100    | 11,265 | 183,873        | 22,609  |
| 4 月        | 6,283   | 4,146   | 966    | 3,180  | 1,373  | 488   | 277    | 3,954     | 2,330  | 175,139        | 11,850  |
| 5 月        | 7,646   | 4,860   | 1,120  | 3,740  | 1,826  | 458   | 502    | 4,844     | 2,803  | 172,912        | 11,155  |
| 6 月        | 10,138  | 5,995   | 1,250  | 4,745  | 2,926  | 565   | 653    | 6,486     | 3,652  | 172,082        | 11,801  |
| 7 月        | 10,867  | 7,487   | 1,113  | 6,373  | 2,634  | 482   | 265    | 7,902     | 2,956  | —              | —       |

## 建設機械受注実績

(単位：億円)

| 年 月     | '96年   | '97年   | '98年   | '99年  | '00年  | '00年<br>7月 | 8月  | 9月    | 10月 | 11月 | 12月 | '01年<br>1月 | 2月  | 3月    | 4月  | 5月  | 6月  | 7月  |
|---------|--------|--------|--------|-------|-------|------------|-----|-------|-----|-----|-----|------------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|
| 総 額     | 12,862 | 13,720 | 10,327 | 9,471 | 9,748 | 709        | 767 | 1,007 | 712 | 750 | 881 | 693        | 791 | 1,136 | 676 | 608 | 670 | 667 |
| 海 外 需 要 | 4,456  | 3,931  | 4,171  | 3,486 | 3,586 | 264        | 277 | 264   | 232 | 244 | 379 | 306        | 316 | 397   | 331 | 256 | 266 | 247 |
| 海外需要を除く | 8,406  | 9,789  | 6,156  | 5,985 | 6,162 | 445        | 490 | 743   | 480 | 506 | 502 | 387        | 475 | 739   | 345 | 352 | 404 | 420 |

(注) '92年～'96年は年平均で、'97年～'00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…

(平成13年8月1日～31日)

## 広報部会

### ■CONET 2001 企画委員会

月 日：8月1日(水)  
出席者：太田 宏委員長ほか13名  
議題：実施について

### ■機関誌編集会議

月 日：8月9日(木)  
出席者：岡崎治義顧問ほか22名  
議題：①平成13年10月号(第620号)原稿内容の検討・割付 ②平成13年12月号(第622号)の計画 ③平成14年1月号(第623号)の計画

## 技術部会

### ■大深度地下空間施工技術委員会

月 日：8月22日(水)  
出席者：清水英治委員長ほか19名  
議題：スーパージェットモールド工法の発表、質疑応答

### ■大深度地下空間施工技術委員会幹事会

月 日：8月22日(水)  
出席者：清水英治幹事長ほか13名  
議題：技術発表会について

## 機械部会

### ■基礎工事用機械技術委員会

月 日：8月2日(木)  
出席者：両角和義委員長ほか16名  
議題：①平成13年度活動計画について ②リサイクル技術調査分科会について ③アタッチメント標準化分科会について

### ■油脂技術委員会

月 日：8月7日(火)  
出席者：大川 聡委員長ほか13名  
議題：①学振形転がり軸受寿命試験機とそのデータについて ②ユニスチール転がり軸受け試験結果報告 ③リファレンスオイルA、B試験結果報告 ④標準ゴム材規格検討 ⑤HX-1の粘度特性について

### ■トラクタ技術委員会小委員会

月 日：8月22日(水)  
出席者：秋元孝雄委員長ほか9名  
議題：ホイールロード燃費評価試験結果について

### ■建築生産機械技術委員会幹事会

月 日：8月22日(水)  
出席者：柳田隆一委員長ほか5名

議題：①各分科会活動報告 ②9月22日見学会最終確認 ③WG最終原稿のまとめ

### ■自走式リサイクル建設機械分科会

月 日：8月22日(水)  
出席者：狩野克巳分科会長ほか3名  
議題：機械部会幹事会の報告

### ■ショベル技術委員会

月 日：8月23日(木)  
出席者：田中利昌委員長ほか9名  
議題：①油圧ショベルの燃費測定法の検討 ②JIS、JCMAS 見直しの件

### ■原動機技術委員会

月 日：8月24日(金)  
出席者：杉山誠一委員長ほか20名  
議題：①ファミリー枠の検討 ②旧運輸省排ガス規制値と建機用排ガス規制値について

### ■トンネル機械技術委員会

月 日：8月28日(火)  
出席者：菊池雄一委員長ほか8名  
議題：シールド工事のコスト縮減について

### ■トンネル機械技術委員会幹事会

月 日：8月28日(火)  
出席者：菊池雄一委員長ほか11名  
議題：各分科会活動報告

### ■基礎工事用機械技術委員会リサイクル技術調査分科会

月 日：8月29日(水)  
出席者：青柳隼人分科会長ほか12名  
議題：①スケジュールの確認 ②調査内容及びまとめ方

### ■基礎工事用機械技術委員会アタッチメント分科会

月 日：8月29日(水)  
出席者：浦田 修分科会長ほか8名  
議題：①建設機械の標準化機種について ②オーガの操作方法について

### ■高所作業車分科会

月 日：8月29日(水)  
出席者：角山雅計分科会長ほか8名  
議題：①上期実績書審議 ②JCMAS 用語の審議

### ■除雪機械技術委員会幹事会

月 日：8月30日(木)  
出席者：熊谷元伸委員長ほか3名  
議題：アンケート調査最終調整

## 整備部会

### ■整備技術委員会

月 日：8月6日(月)  
出席者：吉田弘喜委員長ほか11名  
議題：「建設機械整備ハンドブック」第一章、第二章内容見直し

## 調査部会

### ■新機種調査委員会

月 日：8月22日(水)  
出席者：渡部 務委員長ほか5名  
議題：①新機種情報の検討・選定 ②技術交流討議

## ISO部会

### ■情報化施工標準化作業グループ

月 日：8月2日(木)  
出席者：吉田 正リーダほか8名  
議題：①道路建設工事に関するIDFF分析 ②用語 ③農用バスシステム調査結果 ④WG2のゴールについて ⑤次回国際会議 Agenda の件

### ■TC 214 国内対策委員会

月 日：8月3日(金)  
出席者：角山雅計委員長ほか11名  
議題：①ISO/DIS 18893 検討 ②ISO/DIS 18878 検討

### ■情報化施工標準化作業グループ

月 日：8月21日(火)  
出席者：吉田 正リーダほか14名  
議題：①用語の定義の件 ②関連分野、類似分野の調査 ③施工プロセスの機能モデル化の件 ④日本からの提案内容検討 ⑤次回 TC 127/WG 2 国内対策委員会準備

### ■TC 127/WG 国内対策委員会

月 日：8月24日(金)  
出席者：岩見吉輝委員長ほか11名  
議題：①委員会構成 ②情報化施工における標準化検討状況 ③イタリア会議の対応について

### ■第1委員会

月 日：8月29日(水)  
出席者：定免克昌委員長ほか11名  
議題：①ローダの大塊扱い仕様検討 ②ローダの大容量アタッチメント検討 ③非金属製燃料タンク検討 ④盗難防止システム検討 ⑤回収(被けん引)装置検討

### ■第3対策委員会

月 日：8月30日(木)  
出席者：斉藤恒雄委員長ほか9名  
議題：①油圧ショベルアタッチメント取合部の寸法新規作業項目提案 ②CD 15998 電子式機械制御システム—性能基準及び試験検討 ③CD 15818.2 リフティングアンドタイイングダウンの件検討

### ■第4対策委員会

月 日：8月31日(金)

出席者：砂村和宏委員長ほか11名  
議題：①ISO 6165（基本的機種  
の用語）追補案検討 ②ISO 6747（ト  
ラクター）及び7131（ロード）  
追補案検討 ③CDTR 9250-1 及び  
CDTR 9250-2 同義語検討

## 業 種 別 部 会

■建設業部会技術情報交換活性化分科会  
月 日：8月29日（水）  
出席者：石橋則秀分科会長ほか9名  
議題：若手機電技術者意見交換会  
について

## … 支部行事一覧 …

### 北 海 道 支 部

■創立50周年記念事業実行委員会出版  
班会議  
月 日：8月23日（木）  
出席者：美馬 孝班長ほか9名  
議題：①経過報告 ②編集計画と  
スケジュール ③原稿執筆依頼ほか  
■創立50周年記念事業実行委員会式典  
班会議  
月 日：8月28日（火）  
出席者：三本松順一班長ほか10名  
議題：①式典、講演及び祝賀会の  
会場の設営 ②各種表彰状、感謝状  
に係わる記念品の選定 ③講演会の  
講師の選考推薦ほか

### 東 北 支 部

■協賛事業「PIARC 国際冬期道路東北  
地域・展示」事務局会議  
月 日：8月8日（水）  
出席者：斎 恒夫事務局長  
議題：PIARC 札幌大会の展示計  
画について  
■災害対策機械部会  
月 日：8月9日（木）  
出席者：岩本忠和部会長ほか16名  
議題：①排水ポンプ講習会につ  
いて ②技術的諸課題について討議  
■建設機械施工技術検定実施試験監督者  
会議  
月 日：8月20日（月）  
出席者：斎 恒夫事務局長ほか18名  
議題：試験監督業務についての打  
合わせ  
■建設機械施工技術検定実地試験  
①仙台会場：コマツ宮城  
月 日：8月25日（土）～27日（月）

受 験 者：1級1名、2級169名  
②多賀城会場：日立建機教習センタ  
受 験 者：1級99名、2級615名  
■除雪講習委員会  
月 日：8月30日（木）  
出席者：山崎 晃部会長ほか2名  
議題：平成13年度除雪講習会計  
画の審議

### 北 陸 支 部

■委員長会議  
月 日：8月22日（水）  
出席者：丹羽吉正企画部会長ほか  
12名  
議題：①平成13年度事業活動計  
画について ②北陸支部組織につ  
いて ③北陸支部ホームページの開  
設について  
■雪氷部会  
月 日：8月23日（木）  
出席者：大林松雄部会長ほか17名  
議題：①諸外国の除雪の文献調査  
について ②除雪作業の事故防止冊  
子の作成 ③除雪機械実技講習会の  
検討 ④道路除雪オペレータの手引  
きの改訂

### 中 部 支 部

■企画部会  
月 日：8月1日（水）  
出席者：宮武一郎部会長ほか4名  
議題：①支部ホームページの内容  
充実について ②児童向け建設事業  
啓蒙小冊子作成について ③「建設  
技術フェア2001 in 中部」に共同出  
展内容の検討  
■調査部会  
月 日：8月1日（水）  
出席者：尾関宏一部会長ほか12名  
議題：秋期講演会開催について  
■みちフェスティバルに参加  
月 日：8月4日（土）  
参加者：石丸俊明広報部会長ほか7  
名  
内 容：国土交通省中部地方整備局  
等が主催する「名古屋地区道路ふれ  
あい月間」の広報活動として第15  
回「みちフェスティバル」が開催さ  
れ支部より小型建設機械をコマツ、  
キャタピラー三菱建機販売、豊和工  
業、日立建機各会員会社の協力を得  
て出展参加  
■建設技術フェア2001 in 中部事務局会  
議  
月 日：8月6日（月）  
出席者：梅田佳男事務局長

内 容：建設技術フェア実行委員会  
事務局会議を国土交通省中部技術事  
務所ほか7団体の担当者により出展  
技術の採択等実施に向け検討

### ■ダム用ゲート操作講習会

月 日：8月7日（火）  
場 所：国土交通省連ダム管理所  
内 容：ダム用ゲート設備がその機  
能を十分に発揮するように機能の確  
保と設備の特性を十分把握するた  
め、ゲート設備操作マニュアルを基  
にした講習会の実施  
受 講 者：26名

### ■建設機械施工技術検定試験監督者打合

月 日：8月22日（水）  
出席者：宮武一郎総括試験監督者ほ  
か17名  
議題：試験実施要領・採点につ  
いて

### ■企画部会

月 日：8月27日（月）  
出席者：宮武一郎部会長ほか7名  
議題：建設技術フェア2001 in 中  
部協賛に出展内容等検討

### 関 西 支 部

### ■リースレンタル業部会

月 日：8月17日（金）  
出席者：木村統一部会長ほか3名  
議題：製造業・リースレンタル業  
合同討論会開催の検討

### ■施工報告会第4回幹事会

月 日：8月23日（木）  
出席者：北川義治幹事はほか7名  
議題：①プログラム（案）の確認  
②原稿締切等、今後の日程確認

### ■広報部会

月 日：8月24日（金）  
出席者：名竹利行部会長ほか8名  
議題：①「JCMA 関西」第79号  
の発行について ②特別研修の実施  
について ③建設施工映画会の開催  
について

### ■建設機械施工技術検定試験監督者打合 せ会議

月 日：8月28日（火）  
出席者：瀬野尾勝総括試験管理者ほ  
か21名  
議題：①実技検定試験実施要領に  
ついて ②採用基準について

### ■水門技術委員会

月 日：8月29日（水）  
出席者：羽田靖人委員長ほか27名  
議題：①技術講話「ゲート設備の  
制御・管理について」（講師：丸本  
次郎） ②平成13年度検討テーマ

## WG 中間報告

## ■部会長会議

月 日：8月30日（木）

出席者：高野浩二支部長ほか7名

議 題：①部会活動計画について  
②各部会の交流について ③部会運営における課題及び問題点について

## 中国支部

## ■第9回建設技術開発交流会

月 日：8月1日（水）

場 所：島根県松江合同庁舎

出席者：340名（協会会員、白井忠夫専門部会長ほか6名）

内 容：①官・学の技術開発成果に関する説明（3例）②活用後の新技術・新工法工事例に関する説明（1例）③民間開発新技術に関する説明（4例）④技術開発支援制度による研究に関する説明（1例）

## ■映画会「最近の機械施工」

月 日：8月7日（火）

場 所：広島 YMCA 2 号館

出席者：45名

内 容：①日本の建設機械化施工  
②海の未来を拓く ③コンクリート等搬送装置 SP-TOM ④高所垂直斜面掘削の新工法 ⑤根のリサイクル ⑥三心円泥水式駅シールド工法⑦水無川2号砂防ダム建設—無人化施工— ⑧P & PC セグメント工法  
⑨ガラパゴスによる現場循環型工法

## ■記念出版部会

月 日：8月31日（金）

出席者：山本 健副支部長ほか21名

議 題：①中国支部50年の「あゆみ」についての編集方針 ②中国支部50年の「あゆみ」のスケジュールについて

## ■試験監督者（実地試験）会議

月 日：8月31日（金）

出席者：石松 豊総括試験監督者ほか22名

議 題：①全国支部事務局長会議連絡事項の報告 ②建設機械施工技術検定実地試験に関する試験監督者事前打合わせ調整

## 九州支部

## ■第54回講演会

月 日：8月8日（水）

場 所：第3博多借成ビル

聴 講 者：78名

内 容：①「建政部をめぐる最近の話題」国土交通省九州地方整備局建政部部長・柏尾晋一 ②「九州における社会資本整備について」国土交通省九州地方整備局企画部部長・熊

谷 清 ③「河川行政について」国土交通省九州地方整備局河川部部長・望月達也 ④「道路関係事業概要」国土交通省九州地方整備局・沼田敏樹（代理・特定道路工事対策官・今村利率）

## ■第5回企画委員会

月 日：8月22日（水）

出席者：相川 亮委員長ほか10名

議 題：（1）支部行事の推進について ①建設機械施工技術検定実地試験監督員の日程調整の件 ② CONET 2001 見学会開催の件 ③ 第18回施工技術報告会論文募集の件 ④コンクリート構造物補修講習会要請の件 （2）その他 ①建設の機械化功労者表彰規定改正の件 ②支部評議員構成の見直しについて ③建設技術フェア2001 in 関門の出席要請の件 ④支部活性化助成金の活用方法について

## ■検定実地試験監督者

月 日：8月24日（金）

出席者：田上幸男総括試験監督者ほか30名

議 題：平成13年度検定実地試験要領および出題・採点基準打合せ事項について

## ● お知らせ ●

## 「調査票提出促進運動」の実施について

経済産業省経済産業政策局調査統計部

経済産業省で実施しております生産動態統計調査、商業動態統計調査等につきましては、常日頃より御協力をいただき、厚くお礼申し上げます。

皆様より提出された調査票は、当部において集計し、加工、分析のうえ公表され、商工業における企業経営、国・地方公共団体の行政上の施策の基礎資料として、さらには諸研究のための貴重な基礎データとして広く利用されております。

当省調査統計部におきましては、「統計の日」（10月18日）を中心として、毎年「調査票提出促進運動」を実施しております。この運動は、調査対象の企業・事業所に対し調査票の提出について今後とも御協力をお願いするとともに、業界団体、組合等に対する協力依頼、広報誌等によるPRの実施などを行うものです。

当省調査統計部といたしましても、調査内容の見直し、調査結果の早期公表等の努力を続けておりますが、今後ともより良い統計を作成するためには、皆様の御協力により「正確な」調査票を「所定の期日」までに提出していただくことが何にも増して重要であります。

引続き皆様の御理解を賜わり、調査票の提出に御協力いただきますようお願い申し上げます。

なお、平成12年よりインターネット等を利用したオンラインでの調査表の提出をいただいております。オンラインでの提出の詳細については、経済産業省のホームページ（<http://www.meti.go.jp>）で「統計→新世代統計システム」として紹介しておりますので、是非御覧のうえ、御協力を賜りますようお願い申し上げます。

## 編集後記

暑い暑い夏が過ぎ、漸くしのぎやすい季節となりました。しかし、米国同時多発テロという衝撃的な事件が9月11日に起こり、数千人にも及ぶ人々が理由もなく突然の死に至らされてしまいました。被害に遭われた方々ならびにご家族の方々には心からお悔やみを申しあげる次第です。この事件が平和裡に解決すればとは思いますが、テロではなく自国に対する戦争行為であるとしている米国の様子から武力衝突は避けられそうにもなく、新世紀を迎えたばかりなのに暗澹たるものを感じるこの頃です。

さて、今月号は研究開発をテーマに報文を集めてみました。景気復活の原動力になると期待されていたIT産業の世界的な減速、失業率5.0%の日本経済と暗い話題ばかりで、とすると足下ばかりが気になりますが、明日に期待した研究開発も重要なことだと思います。

巻頭言は、独立行政法人士木研究所総括研究官の苗村正三様にお願いいたしました。

随想は海洋深層水を用いた海域肥沃化装置の開発に取り組んでおられる(株)大内海洋コンサルタント代表取締役の大内一之様、北海道大学の佐藤馨様のお二人から頂きました。

報文は研究開発に関するもの6編、編集委員会の席上でご要望のありましたディーゼルエンジンの排出ガス規制対応技術をテーマとした報文1編の計7編としました。

研究開発に関する6編は、急勾配の傾斜地に設置される大型インクラインの建設に際して、インクライン走行架台延伸作業が安全にできるラックアンドピニオン方式の「セルフクライミング式大型インクラインの開発と実用化」、切土補強土工法の効率化を目指し、孔壁が自立しない地山の専用削孔機デュアルモードドリルの開発に重点をおいた「孔壁が自立しない地山に対するエアグラウトドリル工法の開発」、急勾配部を含むトンネルにおいて人員・資機材等を安全に高速搬送する「シールド・トンネル工事用磁石ベルト式搬送システムの開発—マグネットドライブ」、山間部の湖沼等での利用を想定して、工具なしに組立てができ

る小型双胴船タイプのプラットフォーム「湖沼等における自律航行型測深システム—自動バレーガの開発」、ますます大深度化する傾向にある都市トンネルの高水圧に対応する「シールドトンネルにおけるラッピング工法(外周被覆工法)の開発」、セグメント間が自由に変形するように開発された新しいタイプの沈埋函製作技術「柔構造式プレキャストセグメント構造沈埋函, PPST」です。これらの開発が実工事に適用されて完成度が更に高まり、未来創造に貢献できることを期待しております。「ディーゼルエンジンの排出ガス規制対応技術の現状と将来」では、建設機械用エンジンの排出ガス規制の動向、排出ガス低減技術の現状と将来、建設機械第3次排出ガス規制対応技術について詳細に述べられております。

ご多忙中にもかかわらずご執筆頂いた方々には厚く御礼申し上げます。

今の時期が最も過ごしやすく気力・体力ともに充実させてご活躍のことと思いますが、会員の皆様ならびに読者の皆様のご健勝と、ますますのご活躍をお祈り申し上げます。

(瀬戸山・加藤)

No.620

「建設の機械化」

2001年10月号 [定価] 1部 840円(本体800円)  
年間9,000円(前金)

平成13年10月20日印刷 平成13年10月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 玉光弘明

印刷人 山田純一

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/

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

電話 (0545) 35-0212

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

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1 二日町東急ビル

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒951-8131 新潟市白山浦 1-614-5 白山ビル内

電話 (025) 232-0160

中部支 部 〒460-0008 名古屋市中区栄 4-3-26 昭和ビル内

電話 (052) 241-2394

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

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22 築地ビル内

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22 建設クリエイティブビル内

電話 (087) 821-8074

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

電話 (092) 741-9380

印刷所 株式会社技報堂 〒107-0052 東京都港区赤坂 1-3-6