

建設の施工企画 12

2005 DECEMBER No.670 JCOMA



特殊条件下での建設施工機械特集

- 触覚情報を用いた水中バックホウ遠隔操作システムの開発
- 都市内での浅層大断面非開削トンネル
- 部分拡幅シールド工法(VASARAシールド工法)の開発
- 省スペース型垂直土砂搬送装置
- 厳しい施工条件を克服する圧入工法の開発
- 2つのフロントを有する双腕作業機の開発
- 狭隘空間で使用する内装解体機の開発と適用
- 汚染土壌対策を支える無人化施工システム

第8回北京建設機械展示会・技術交流会 (8th BICES)

本年10月19日から22日まで中国・北京郊外のBDA International Exhibition Centre (北京国際展示場) にて第8回北京建設機械展示会・技術交流会 (8th BICES) が開催され、当協会は団体会員会社と共にJapan Pavilionを設けてブース展示を行った。同展示会は1989年からほぼ2年ごとに開催されている。主催者の発表によると今回は会場面積、屋外約46,600㎡、屋内約10,800㎡、出展者は国内340社、国外320社、21カ国、入場者は、国内約57,000人、国外約4000人であった。ここでは、地元企業の展示を中心に紹介する。



写真 G-1 展示会場俯瞰



写真 G-2 日本パビリオン



写真 G-3 中国兵器工業



写真 G-4 南特建設機械



写真 G-5 Guizhou Jonyang Kinetics



写真 G-6 南昌華工機械



↑写真 G-7 Beilite



↑写真 G-8 厦工集团



↑写真 G-9 宇通重工



↑写真 G-10 福田重工



↑写真 G-11 撫順掘削機



↑写真 G-12 長城液压技術



↑写真 G-13 徐工建設機械集團

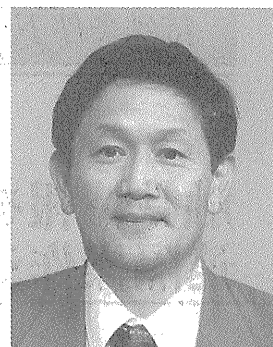


↑写真 G-14 鼎盛天工建設機械

巻頭言

特殊条件下での建設施工機械

松井 宗 広



建設機械を使えば、暑くても、寒くても、雨や風があっても、燃料（動力源）を十分補給し、所定の操作をしてやりさえすれば確実に一定の作業ができる。また、建設機械は音を出すけれども人と違って小言は言わない。そういう意味では大変便利で、かつ頼もしい人の味方である。

特殊条件を考えた場合、暑さ、寒さなどの気象条件のみにとどまらない。危険（高温、高圧、有毒ガス、爆発、崩壊、落石、地すべり等による河道閉塞の決壊の恐れ）がある場合や、水中、臭い、粉塵が多い、作業空間が狭い、はては宇宙空間などさまざまな特殊条件が考えられる。

特殊条件下での建設機械の出番は近年、とみに増え、脚光を浴びるようになってきた。その理由は建設機械そのものがインテリジェント化されてきたことも一因であるが、それにも増して、人間社会が高度化、複雑化、高齢化したことと相まって災害の多発が大きな要因となっていると考えている。雲仙、有珠、三宅島などの火山災害、阪神や中越、玄海島などの地震災害や相次ぐ台風などの降雨を原因とする災害をみると、昨今の災害は、昔いわれていたような「忘れた頃にやってくる」というものではなく「忘れる間もなく、容赦なしに日本の国土を襲っている」というのが実感である。

危険な作業条件下にある災害現場では、人は直接の作業ポイントから離れて安全なところで遠隔操作する、いわゆる「無人化施工」が大変有効な作業手段となる。この無人化施工技術が日本ではじめて災害現場において実際に適用されたのは、かつて私自身も直接携わった雲仙の火山噴火災害現場においてであった。44名の犠牲者を出した危険な火山現象である火砕流が到達する可能性のあるエリアで、相次ぐ土石流被害を防止・軽減するための無人化施工による除石作業であった。建設省（当時）の強力なバックアップもあり、雲仙の砂防現場で産声をあげた土砂災害対策のための無人化施工技術は、その後多くの現場で工夫、改良が加えられてきた。

しかし、いくつかの課題も存在している。たとえば

① メンテナンス

② コスト

③ 即時性

④ 適正なインセンティブ

などである。メンテナンス面は機械そのものだけでなく、オペレータおよびその技術レベルの維持も含まれよう。緊急時における即時対応が可能な平時における仕組み作りも大切である。

さて、今後の特殊条件下の建設機械に必要なとされるものは如何なるものであろうか。それらは、

① さらに IT 技術の応用

② 徹底した作業環境の改善

③ さらに自動化（高度化）

を目指した技術開発ではないかと考えている。技術開発には時間と費用がかかる。特に、前例の無い特殊条件下での技術開発においてはなお更のことである。市場メカニズムの働きにくい純現地生産である特殊条件下の建設工事、そのために必要な建設機械の技術開発は開発者にとって十分なインセンティブが働くような工夫が大切である。今後の日本社会の動向である人口減少、高齢化に比例して建設作業従事者も同様な傾向をたどる可能性があり、それを補うための建設機械の技術開発も広い意味での作業環境の改善と考えられる。

多数の死者と建物被害、また旧山古志村の各所が孤立するなど甚大な被害があった新潟県中越地震災害では、河道閉塞箇所の開削工事に無人化施工機械が必要とされたが機械の搬入ができなかった。それは道路が土砂災害等により寸断されたためであった。また、貯まった水を早急にポンプ排水することが必要であったが現場での対応は困難を極めた。それは現在のポンプ排水機器、排水管等がそのような箇所での作業を想定していなかったからである。そのように現場で難渋したことを貴重な教訓とした新たな技術開発に向けての取組みが重要であると考えられる。

今後、さらにニーズが高まるであろう特殊条件下での種々の作業が建設施工機械を用いることにより迅速に、安全にできるよう関係各位のさらなるご努力を期待するものである。

触覚情報を用いた水中バックホウ 遠隔操作システムの開発

平 林 丈 嗣・白 石 哲 也・加 藤 英 夫

港湾施設はその大部分が水面下に構築されるため、その整備や点検、維持、補修は水中での作業となり、現在は相当程度を潜水士等の人力に依存している。このような水中作業を一層安全で効率的に行うことができる技術の確立が急がれている。

水中では作業中に発生する濁りなどにより対象物の視認が困難であり、作業の無人化は容易でない。そこで建設機械の受ける負荷を接触情報として利用し、「手応え」と接触点座標の「CG 表示」により、光学映像に頼らない遠隔操作システムを提案した。本報文では、開発したバイラテラル制御を用いた遠隔操作型の水中バックホウの紹介と長崎港において実施された実海域実験について述べる。

キーワード：油圧ショベル、水中バックホウ、触覚情報、水中遠隔操作、バイラテラル制御、捨石マウンド、均し作業

1. はじめに

港湾施設はその大部分が水面下に構築されるため、その整備や点検、診断、維持、補修、あるいは災害復旧も含めて、その多くは水中での作業となり、また、現在は相当程度を潜水士等の人力に依存している。このような水中作業を一層安全で効率的に行うことができる技術の確立が急がれており、こうした観点から、港湾施設の整備や点検・診断、維持、補修、場合によっては災害復旧にも活用できる水中作業の無人化の研究開発を進めている。

ところで、陸上では既に施設の建設や点検の無人化が相当に進んでいるが、これは作業の遠隔化や無人ロボット化に有用な電波や光学映像が使用できることが大きな要因として挙げられる。これに対して、水中では電波が到達しないため GPS による測位ができず、また、海中の濁りや浮遊物質による光の散乱により対象物の視認が困難であるなどの特殊な作業環境下にあるため、作業の無人化は容易でない。

本報文では、このような困難性を克服すべく開発した BILATERAL 制御を用いた遠隔操作型の水中バックホウの紹介と長崎港において実施された実海域実験について述べる。

2. 遠隔操作システム

(1) 相似形入力操作

作業機械の操作方法を大別すれば、

- ・ジョイスティックと呼ばれるレバーを動かして作業機械を操作する方法、
- ・Master と呼ばれる作業機械と同じ形状の入力装置で作業機械 (Slave) を操作する方法、

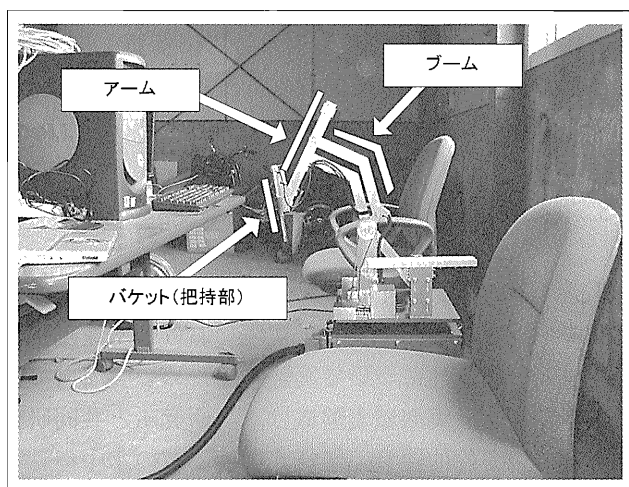
とがある。

ジョイスティック方式の特徴は、それぞれの関節への指令値を、対応するレバーにより直接作成することである。つまり、1つのレバーを大きく動かせば1つのアクチュエータの出力を大きくする、という具合である。この方式の具体的な例が通常のバックホウであり、これは何本ものレバーにより、複数の関節を協調して駆動させ、複雑な作業を実現させている。しかし、この方法はロボットアームやハンド等、関節が多くなった場合には操作が複雑になる。

そこで考案されたのが Master-Slave 方式である。これはロボットと同じ形をしたものを1つ用意し、これを操作端として用いる。オペレータが操作用ロボットの先端を動かせば、操作用ロボットの各関節の値自体が作業用ロボットの各関節の指令値となり、作業を各関節の運動に分解するという必要は無い。

この Master-Slave 方式をバックホウに適用するとすれば、オペレータの手首から先の動きとバケットの

動きとを連動させ、直感的で平易な遠隔操作を実現する。このため、操作インタフェイスのうち、バケットに相当する部分を把持するものとした。ただし、バケットの可動範囲は約 300 度と広く、バケットそのままの形状では操作中に持ち替える必要があるため、本インタフェイスでは把持部を棒状とし、ペンを持つように操作することで、オペレータの意思どおりの入力と入力範囲の確保を行うこととした（写真—1）。



写真—1 相似形入力装置

また、インタフェイスの相似スケールは水中実機の 20 分の 1 とした。これは、手元の可動範囲を 400 mm 程度に収めること、実機制御に求められる精度（50 mm 程度と想定）に対応して、手元での操作精度 2.5 mm 程度（実機の操作精度の 20 分の 1）を確保することを考慮したものである。

遠隔操作では一般に Slave にかかる負荷をフィードバックすることで、遠隔操縦の操作性が向上する。そこで本研究で構築する相似形インタフェイスには反力提示機構を組入れることとする。なお、実機では割石を対象とした均し作業が主であるので、硬いものに触れた感覚が必要である。硬いものに触った感覚が得られる接触力は、応答が十分速ければ 1 kgf 程度あればよく、本システムでも任意の方向に 1 kgf 以上出力できることを条件とする。

（2）バイラテラル制御

バイラテラル制御とは、制御の対象を Master の位置と力、Slave の位置と力の 4 つとし、Master と Slave 間で位置および力どうしを一致させるような制御を指す。つまり動作に指示を与える「Master 装置」と実際に作業を行う「Slave 装置」を用意し、Master から Slave へ姿勢を指示し位置決めを行う制御系と、これとは逆向きに作業に伴う反力などを Slave から

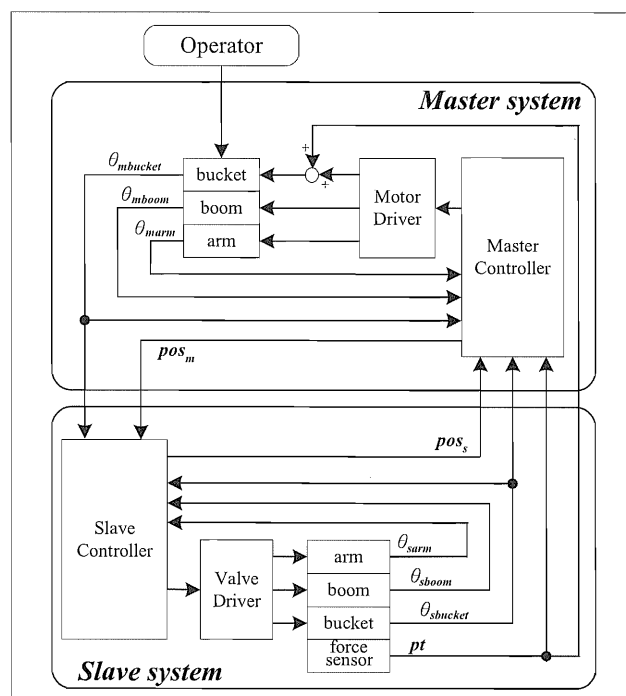
Master へ伝達する制御系を同時並行して制御する方式をいう。

バイラテラル制御には複数の制御手法があるが、油圧ショベルを対象とした場合、無負荷時には、Master-Slave 間の姿勢変位を抑える「位置対称型バイラテラル制御」が適する。しかし、位置対称型バイラテラル制御では、Slave にかかる負荷によって実機の動作が抑制、停止したことをタイムラグ無しに判断することは困難である。

このため、力逆送型バイラテラル制御の適用を検討したが、追従性能が期待できない油圧機械に力逆送型バイラテラル制御を適応する場合、Master-Slave 間に相似の関係を維持させることが難しい。また負荷のベクトルを検出し、そのベクトルに応じて Master の各関節トルクを出力する必要があるが、バックホウの出力に耐えられる 6 軸分力計は存在しない。

そのため「力逆送型バイラテラル制御」は Master のバケット関節トルクにのみ適応させる。つまりブーム関節・アーム関節は接触時も位置対称型バイラテラル制御となるが、バケットのトルクに応じてその拘束力のゲインを急激に高めることで、接触時の負荷に応じて手応えを変化させ、負荷の大きさをオペレータが容易に認識できるようにするのが効果的であった。

このような制御法は、比例補償ゲイン及び力伝達ゲインを接触センサの入力に基づいて可変としていることから可変ゲイン位置対称型バイラテラル制御¹⁾と呼ばれている。図—1 に制御ブロック図を示す。

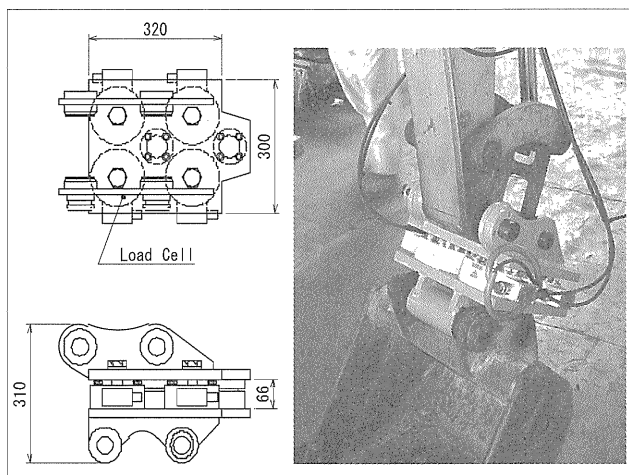


図—1 制御ブロック図

(3) 接触センサ

本実験機ではバケットにかかるピッチングトルクを計測するための反力センサを製作して取付けている。また機体本体の改造を少なくするため、バケット軸に取付けるアタッチメント方式とした。

前述の室内模型での実験をふまえ、機構的には平面上に引張・圧縮型ロードセルを4基配置したものとし、スラスト方向の応力をキャンセルするためのピンを設置している。写真—2 にアタッチメント型反力センサを示す。



写真—2 アタッチメント式接触センサ

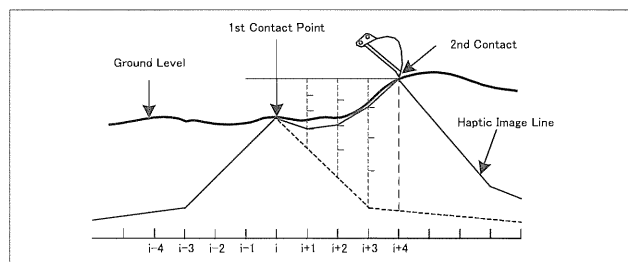
(4) Haptic Image

認識力を高める一つの技法として、前述のバイラテラル制御による力のフィードバックがある。欠落した視覚を補完するため、作業機械の受ける反力情報を手応えとしてオペレータにフィードバックすることで、作業中の状況を把握させている。

さらに、反力情報を力だけではなく映像化することも有効である。バックホウの場合、各関節の角度を取得することで自機とバケット先端の相対座標を算出することが可能である。この相対座標をモニタし、反力を受けた地点だけをPC上のモニタにプロットすることで、オペレータはバケットが接触した場所のマウンド高さを認識することができる。

このプロット画像は接触があった場合にリアルタイムに更新されるため、作業によりどのように地形が変化したのかを視覚情報として把握することが可能となる。さらに、そのプロット点をすべて記録することにより、過去に作業を行った範囲について広範囲に画像を表示することができる。

この画像は作業中に必要に応じて様々な角度から地形を見ることができ、作業範囲の高低差なども認識する

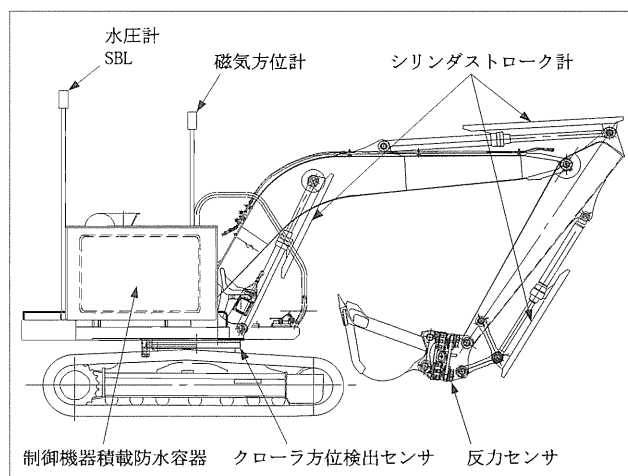


図—2 接触情報による地形認識

ことが可能となる（図—2）。この反力プロット画像のように情報を人間の認識しやすい形に変換し提示²⁾することでオペレータに感覚的な状況把握をさせ、作業効率の向上をはかる。

3. 実海域実験機の開発

平成16年度に荒均し作業を接触情報を用いた遠隔操作で行うこととし、実施工現場における本遠隔操作システムの有効性について実証するための実海域実験機を製作した。実海域実験機は、当研究所と共同研究を行っている佐伯建設工業株式会社所有の水中バックホウビッククラブ3号（以下、BC3）をベースマシンとした。BC3は過去に水中遠隔操作を考慮した改造を施しており、比例電磁バルブ等基本的な装備が備わっている。水中バックホウBC3の全景を図—3に示す。



図—3 実海域実験機

今回の改造では油圧動力実験機と同等のセンサを取付け、搭載PCおよびセンサアンプ等を入れた制御用密閉容器を設置した（図—4）。

制御用密閉容器は二重構造となっており、フロートスイッチ式の浸水センサを取付けている。内部には制御機器類のほか、無停電電源装置を設置しており、断線や停電などに備えた。さらにバックホウセンサの生

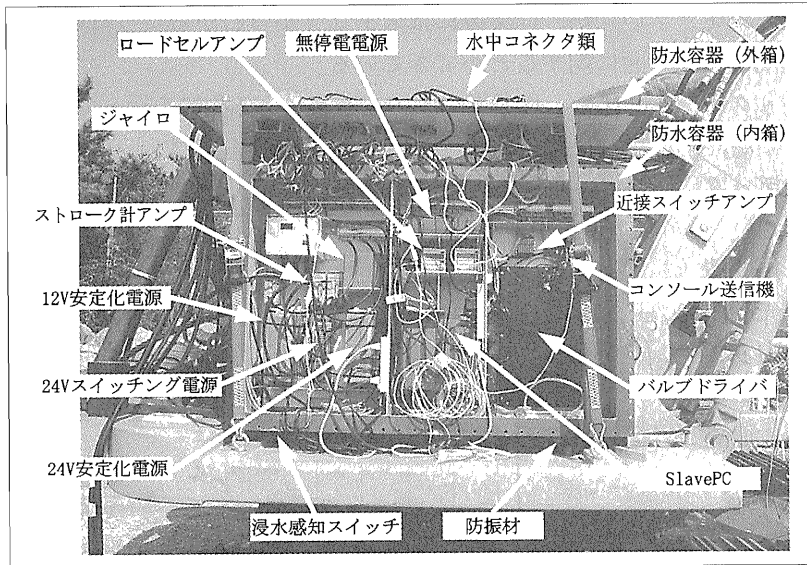


図-4 制御用機器積載防水容器

データを台船上から監視するため、モニタ、キーボード、マウスを遠隔地で利用できるコンソール延長器を設置しており、これを利用して搭載PCのリブートやプログラム修正が可能である。

角度センサは防水対策から機械的な回転部分のあるポテンショメータをやめ、直動磁歪センサを油圧シリンダ側面に設置し、跳石をガードするフレームを取付けている。また実海域実験用に追加したセンサとして、水中でのバックホウ位置を測定するためのSBLトランスポンダと水圧計を設置した。水圧計のデータによりバックホウの水深を計測するため、20 mの測定レンジにおいて誤差0.15%の高精度な水圧計を利用している。

水圧計を利用した際に発生する潮位による影響はデータベースにその時間の潮位を入力することで補正する。磁気方位センサ、FOGは油圧動力実験機のものを利用しており、磁気方位センサはポリウレタン樹脂による密閉を、FOGは制御用密閉容器内に設置している。

4. 実海域実験

実験は長崎県長崎市市ノ島沖防波堤の-16.5 m 捨石マウンド上で行った。海象条件は休止日を除いて波高50 cm以下、透視度5 m、潮流0~0.3ノットの非常に穏やかな条件であった。捨石の大きさは5~100 kg/個、評価範囲は10 m×10 mとし、対象とする作業は±30 cmの捨石荒均し作業とした。比較として潜水士による搭乗操作による荒均し作業を行う。

実施工での均し高さは-16.0 mであるが、本実験では実施工に影響が無いよう、捨石を多めに投入し、

-15.5 mの高さに均し作業を行うこととした。図-5に実験評価範囲を示す。

バックホウ投入時には、動力油圧ホースに搭載PCへ電源供給および通信用の制御ケーブルを這わせ、ブイのケーブルで結束しながら投入を行った。

なお、バックホウ着底後のワイヤ玉外し作業及び揚収時の玉掛け作業は潜水士により行った。写真-3にバックホウ投入状況を示す。

今回の実験では水中バックホウの特性を熟知している水中バックホウ作業経験者をオペレータとした。オペレータは

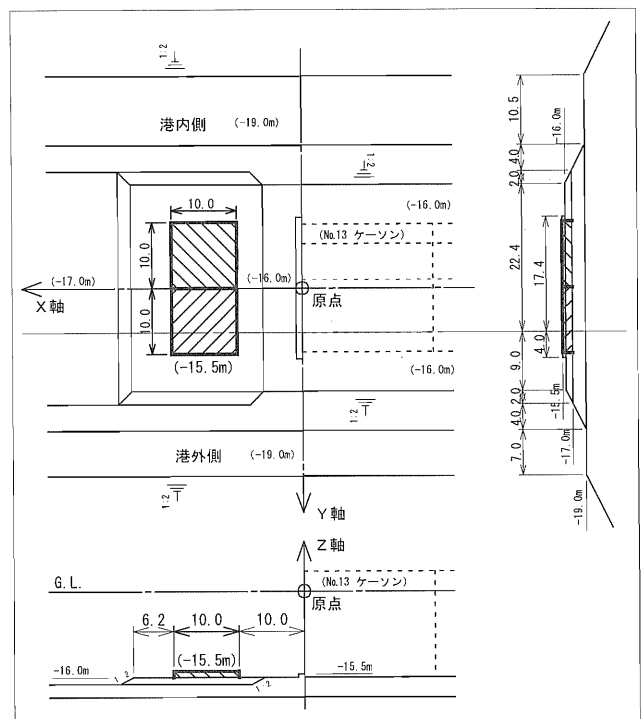


図-5 実験評価範囲

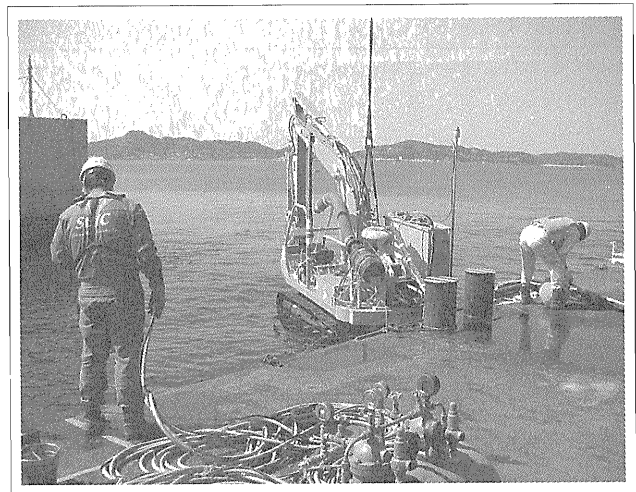
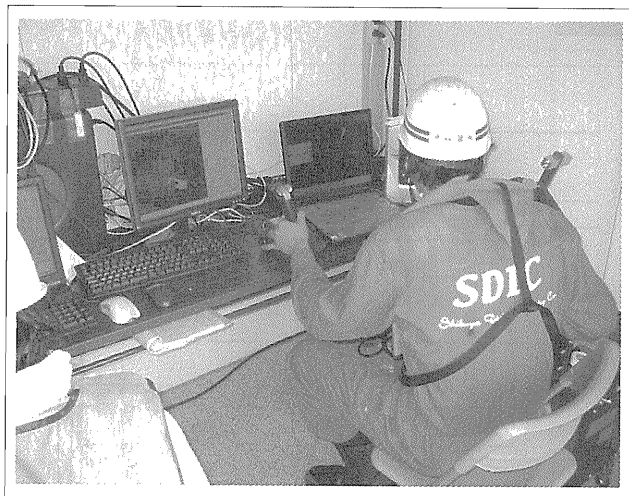


写真-3 投入状況

TVカメラを用いず、前述のCGのみの情報で作業を行う。基本的な動作として、必要な高さまで掘削し作業範囲外に捨てる作業を繰返すこととした。バックホウの平面座標はSBLによる超音波測位を行ったが、鉛直座標はバックホウに取付けられた水圧計のデータにより取得している。

この座標に傾斜角、ブーム/アーム/バケット角度情報を加えることで絶対座標系としてのバケット先端座標を算出する。オペレータはデータベースに入力されている絶対座標系を持つ設計高さ座標と比較することで、丁張りに頼らずに作業を行った。写真—4に遠隔操作の様子を示す。

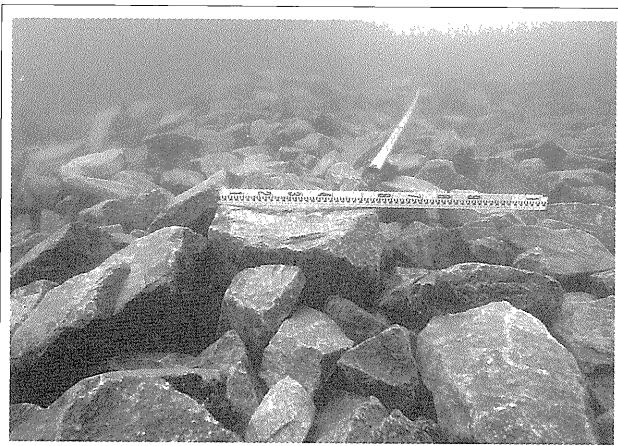


写真—4 遠隔操作状況

5. ま と め

均し面積は時間的な余裕から 32 m^2 となっており目標である 100 m^2 には達しなかった。作業後に撮影したマウンドの状況を写真—5に示す。

作業前の状況では約 80 cm 程度の不陸が存在して



写真—5 作業後のマウンド状況

いたが、作業後にはスタッフからわかるようにほぼ平面に均すことができています。

また、作業後に水中水準器による測量を行っており、その測量結果を図—6、及び図—7に示す。

	港内側				
No.1	0.20	0.21	0.29	0.24	0.25
No.2	0.33	0.26	0.12	0.24	0.35
No.3	0.07	0.22	0.33	0.29	0.32
No.4	0.16	0.29	0.35	0.35	0.23
No.5	0.40	0.35	0.35	0.35	0.25
No.6					
No.7					
No.8					
No.9					
No.10					
	①	②	③	④	⑤
	港外側				

図—6 測量結果（潜水土搭乗による）

	港内側			
No.11				
No.12				
No.13	0.16	0.08	0.19	0.16
No.14	0.15	0.21	0.19	0.21
No.15	0.02	0.18	0.24	0.07
No.16	0.33	0.14	0.34	0.10
No.17	0.26	0.16	0.11	0.06
No.18	0.20	0.12	-0.03	0.19
No.19	0.18	0.14	0.17	0.16
No.20	0.29	0.09	0.20	0.22
	①	②	③	④
	港外側			

図—7 測量結果（バイラテラル遠隔操作による）

この結果は潜水土搭乗操作及び遠隔操作によって施工された範囲を 1 m 毎に計測したものであり、数値は目標高さとの差である。潜水土搭乗操作によって施工された範囲の測量点全点を平均すると $+27 \text{ cm}$ であり、その標準偏差は $\pm 8.1 \text{ cm}$ であった。結果を見ると施工管理基準より高かった点が多数存在している。しかし目標高さを下回った点は存在せず、また、標準偏差も $\pm 8.1 \text{ cm}$ であり、全体的に高めではあるが平坦に均している。

潜水土搭乗操作では丁張りを見ながらの作業が可能

であるため、潜水士が目測を誤ったか丁張りの張り方が甘かった可能性がある。

遠隔操作によって施工された範囲の測量点全点を平均すると+17 cm であり、その標準偏差は±8.1 cm であった。また施工管理基準±30 cm を超えた点が2箇所あったが、目標高さより下回った点は1箇所であった。半数以上の測量点において+10 cm～+20 cm の間に入っている。

遠隔操作においても全体的にプラス傾向であるが、その原因としてCG画面の表示方法に問題があったと考えられる。本実験において多くの部分が目標より高く捨石投入されており、掘削作業が中心であった。また一気に掘削すると負荷が大きくなりすぎるため少しずつ削っていくような動作により均しているため、目標値にある程度近づいた段階で均し作業を終了してしまったものと考えられる。

特に断面地形を表示する画面では目標範囲を示す±30 cm のラインも表示しており、掘削作業中に+30 cm のラインを切った段階でオペレータが均し作業を完了したと判断した場合、目標よりも高い位置で作業を終了したことになってしまう。また広域地形を表示する画面においても、目標高さに半透明の緑の面を表示させており、この半透明の面より下回った部分については地形が多少見難くなっている。

このためオペレータは目標高さより高い位置であえて作業を終了している可能性がある。ただし、平坦に均すという作業自体は標準偏差から示されるように十分な性能を有していると言える。

6. おわりに

1960年代の高度成長期に整備された数多くの施設が耐用年数に近づいている。そこでこれらを健全な状

態に管理し、有効に活用するうえで、点検、診断及び維持、管理を一層安全で効率的に行うことができる技術の確立が急務である。こうした観点に立ち、今後ともより実用性の高い水中作業の無人化の研究を進めていく考えである。

本実海域実験においては、長崎港湾・空港整備事務所をはじめ関係各所に多大な協力を頂いた。関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 山田宏尚, 武市教児, 武藤高義: 遠隔操作建設ロボットシステム用マスタ・スレーブ制御, 日本機械学会論文集 (C 編) 66 巻, 651 号, 2000 年, pp. 140-147
- 2) 秋園純一, 平林丈嗣, 山本恭, 酒井浩, 矢野博明, 岩崎正揮: Teleoperation of Construction Machines with Haptic Information for Underwater Applications", International Association for Automation and Robotics in Construction, 2004 年, pp. 340-345

【筆者紹介】

平林 丈嗣 (ひらばやし たけつぐ)
独立行政法人港湾空港技術研究所
施工・制御技術部
制御技術研究室
研究官



白石 哲也 (しらいし てつや)
独立行政法人港湾空港技術研究所
施工・制御技術部
制御技術研究室
室長



加藤 英夫 (かとう ひでお)
独立行政法人港湾空港技術研究所
施工・制御技術部
制御技術研究室
施工・制御技術部
新技術研究官



都市内での浅層大断面非開削トンネル —MMST 工法—

池田 信哉

首都高速道路で開発した MMST 工法は高速道路のような大断面トンネル建設を土被りの浅い条件でも非開削で行える外殻先行工法である。外殻は複数の矩形シールドトンネルを繋ぎ合せて構築する。繋ぎ合せる接続部にはスライド鋼板を圧入し薬液注入で周囲地盤を固結しておく。本報文はこのような MMST 工法の概要を述べ、この工法で利用した建設機械のうち基幹的特徴を持つ矩形シールド掘進機およびスライド鋼板圧入機について紹介するものである。

キーワード：道路トンネル、浅層大断面、非開削トンネル、外殻先行工法、矩形シールド掘進機、スライド鋼板圧入機

1. はじめに

インフラストラクチャの過密都市内での高速道路建設の主要ロケーションは従来の地上（高架構造）から地下（トンネル構造）へ移ってすでに久しい。さらに現存の道路交通を始めとするインフラストラクチャ機能や環境を施工中においても維持しながら進めるといような社会要求とも相まって、都市内のトンネル建設はできるだけ非開削工法で行うことを余儀なくされている。

このような中、首都高速道路株式会社では大断面トンネルを土被りの浅い条件でも非開削で行える MMST 工法（Multi-Micro Shield Tunneling Method）を開発した。本工法は現在、首都高速川崎縦貫線において施工中である。

2. MMST 工法の概要

MMST 工法は、複数の小断面矩形シールドにより掘削した後、それらを相互に接続してトンネル駆体外側（外殻）を先行構築し、内部土砂を掘削して大断面トンネルを構築する工法である。

外殻を構築したのち、内部土砂を掘削し、中床版および中壁を構築してトンネル全体を完成させる（図-1）。

（1）本工法の特徴

本工法は開削工法や従来のシールド工法と比較する

と以下のような特徴がある。

- ① 単体矩形シールドは小断面なので、土被りの浅いところでも大きなトンネルを非開削で構築可能

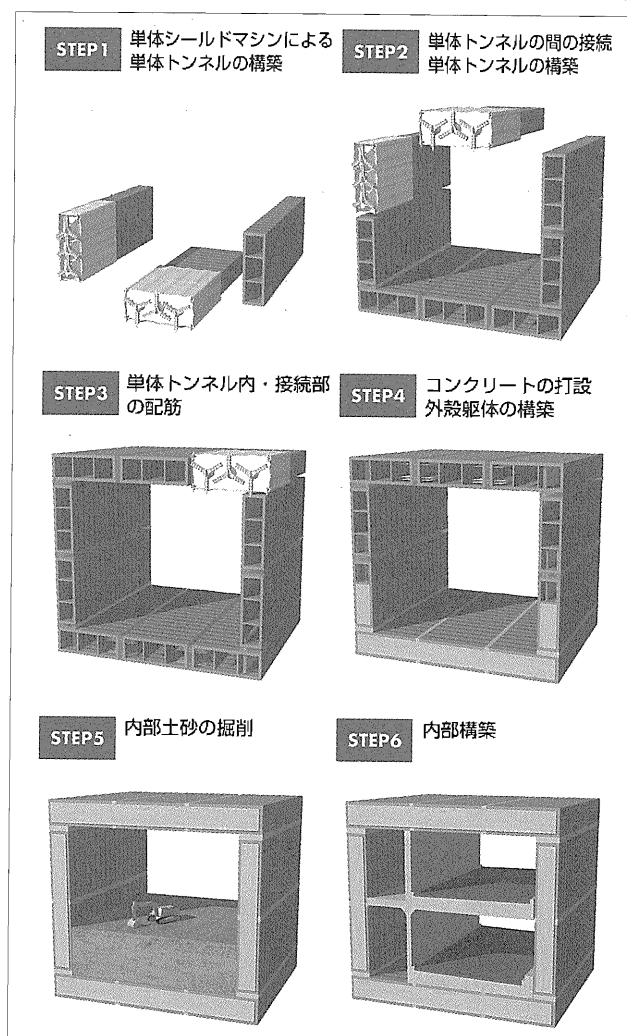


図-1 MMST 工法施工手順

(図—2)。

- ② 矩形断面のトンネルなので、円形の大断面トンネルに比べて余剰の少ない合理的な断面を確保可能(図—2)。
- ③ 単体トンネル間隔を調整することでトンネルの断面形状をある程度変化させることが可能。
- ④ 内部土砂は汎用掘削機械で掘削するため産業廃棄物となる泥水または泥土の量を減少させることが可能。

首都高速川崎縦貫線での工事では、内空最大高さ18 m、最大幅23 mの大断面トンネルを最小土被り5 mという浅層で実現している。

(2) 構造の特徴

トンネル構造は、鋼・コンクリート合成構造(一般部①)とRC構造(接続部②)の複合構造というMMST工法特有の構造形式を有している(図—3)。

隣接する鋼殻間を繋ぐ接続部は、接続部鉄筋を主鉄筋としたRC構造である。

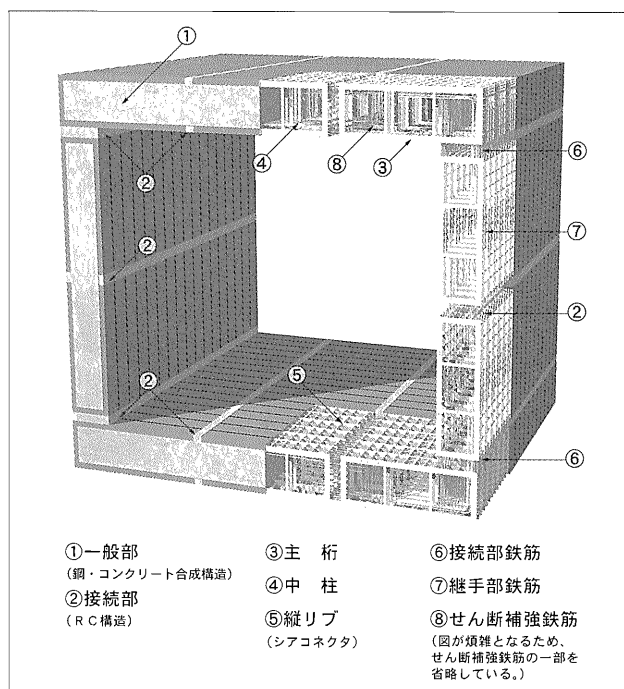
(3) 鋼殻の構造概要

主桁は3本で構成し、縦リブはコンクリート打設時の充填性を良くするため、シールドジャッキの能力を上げて本数を減らし間隔を大きめに設定している。設

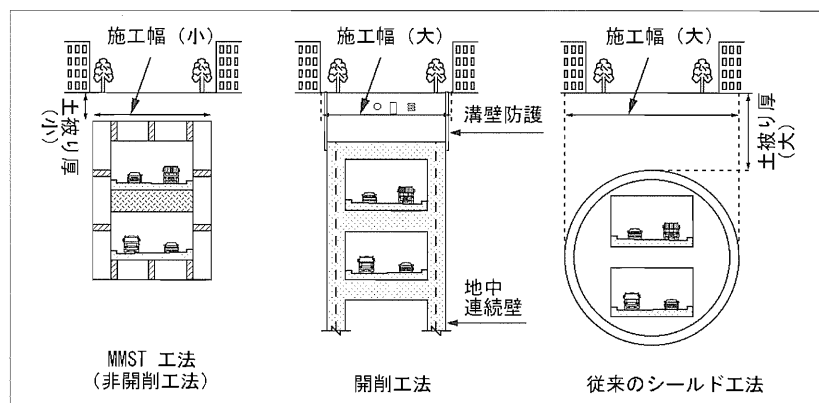
計では単体トンネル掘削(仮設)時に配置される鋼殻を極力利用し、外殻部の躯体(本設)に主桁を主鋼材として取込みコストダウンを図っている(図—4)。

(4) 単体トンネル間の接続部施工法

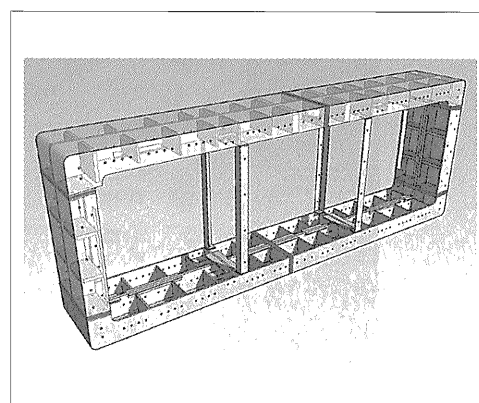
隣接する単体シールドにおいて、鋼殻の外側にあらか



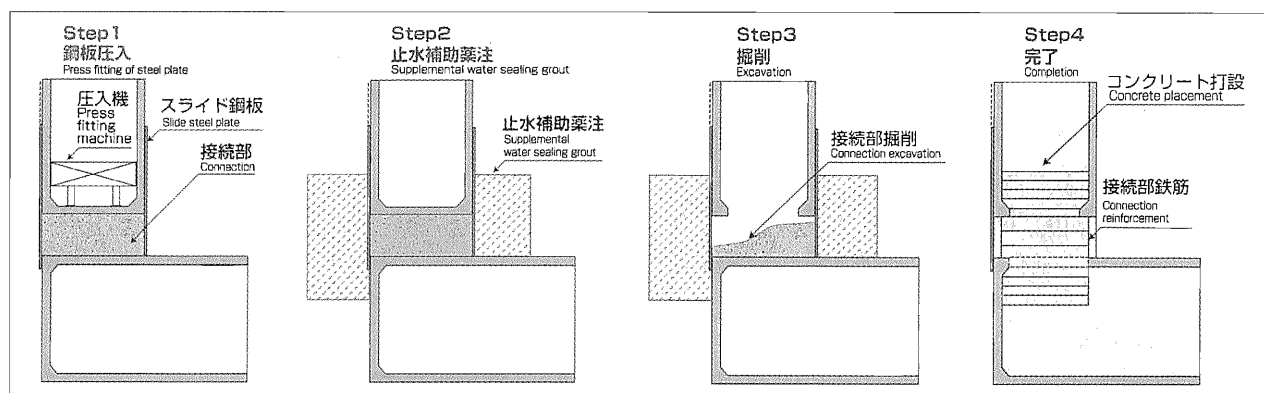
図—3 MMST工法構造概要



図—2 在来工法との比較



図—4 単体シールドの鋼殻



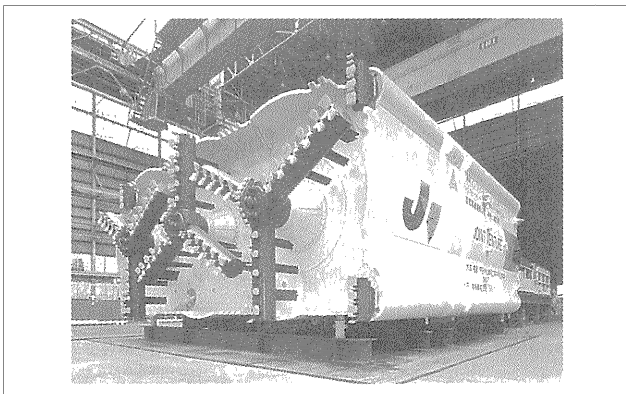
図—5 単体トンネルの接続方法

じめ装備しておいたスライド鋼板を隣接鋼殻側へ圧入し、接続部の一次的地山安定を図る。二次的地山安定として止水補助注入による地盤改良を行う。

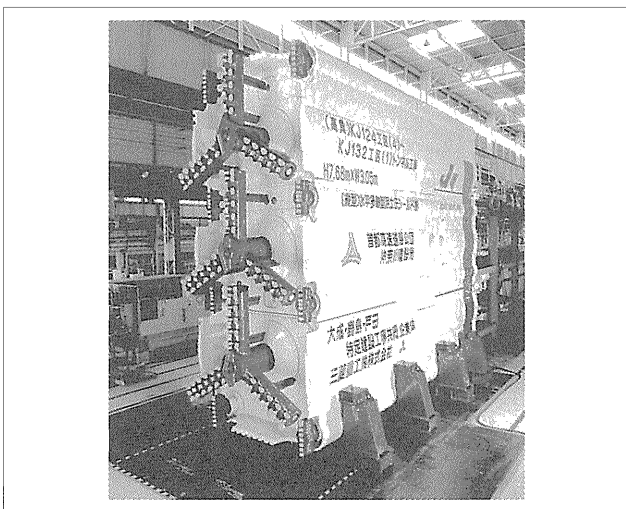
鋼殻の一部スキンプレート等を撤去し、シールド間の土砂掘削を行い配筋およびコンクリート打設によりシールド同士を接続する（図—5）。

3. 矩形シールド掘進機

MMST トンネル工事における単体シールドの施工にあたり、縦型シールド機と横型シールド機の2種類を使用した（写真—1、写真—2）。



写真—1 横型シールド掘進機



写真—2 縦型シールド掘進機

横型シールド掘削機は縦 3.90 m、横 8.80 m、長さ 10.09 m、重量 670 t であり、縦型シールド掘削機は縦 7.85 m、横 3.19 m、長さ 9.72 m、重量 547 t である。

（1） 矩形シールド機の仕様

（a） 掘削機構

泥土圧シールド方式を採用することにより、土被り

の浅い掘進並びに軟弱シルト層から砂礫層に至るまで幅広い土質に対応する。切羽内に取りこまれた切削土砂は加泥材の注入により塑性流動化し不透水性を高め切羽の安定を図っている。

矩形断面の掘削方法は、メインカッタでの掘残し部をコーナ及びサブカッタとコピーカッタの自動制御により切削する機構としている。したがってコピーカッタストロークは縦型 310 mm、横型 425 mm と円形のものに比べてかなり長い。このメインカッタは縦型・横型共に同一平面上に3連配置し、そのトルク、速度、位置を同時に制御して回転することにより切羽の安定・切削抵抗のバランスを向上させている。

（b） 排土機構

チャンバ内に取り込んだ掘削土砂を塑性流動化させ、機内までスクリーコンベヤで送り出した後、ポンプ圧送により地上の土砂ホッパまで送る。

加泥材はベントナイト溶液にポリマー系安定剤を添加したものを使用した。掘削地山に対する注入量は15～25%とし、排土量とともにモニタリングしながら管理した。

（c） 裏込め注入装置

掘削時に発生する鋼殻と地山の間のテールボイドは矩形シールドであるため、円形シールドに比べて大きく、最大で 450 mm となっている。

テールボイドに対しては、マシンテールからの同時裏込め注入工法を採用した。注入材料としては施工実績の多い可塑状裏込め材を使用した。材料特性は、ゲル化タイムが 15 秒程度、長期強度で $q_u = 2 \text{ N/mm}^2$ 以上（28 日一軸圧縮強度）である。

注入は圧力により制御し、注入量をテールボイド量に対し 130% で管理した。

（d） 掘進管理表示システム

シールド掘進施工に関わる様々なデータ、すなわち掘進速度、切羽土圧、裏込め注入圧・量、排土量などをリアルタイムでマシンオペレータ室及び中央監視室で表示記録し、掘進管理性能向上に役立てた。

（2） シールド機姿勢制御

ピッチング、ヨーイング、ローリング修正に対し迅速な対応を取るために、シールド機は各種姿勢制御装置を装備している。特にローリングについては、矩形シールドはマシンローリングが直接シールドに影響するため、機能の充実を図った（図—6、表—1）。

（3） 鋼殻組立て機構

鋼殻の1リングの分割数を6ピースと少なくして強

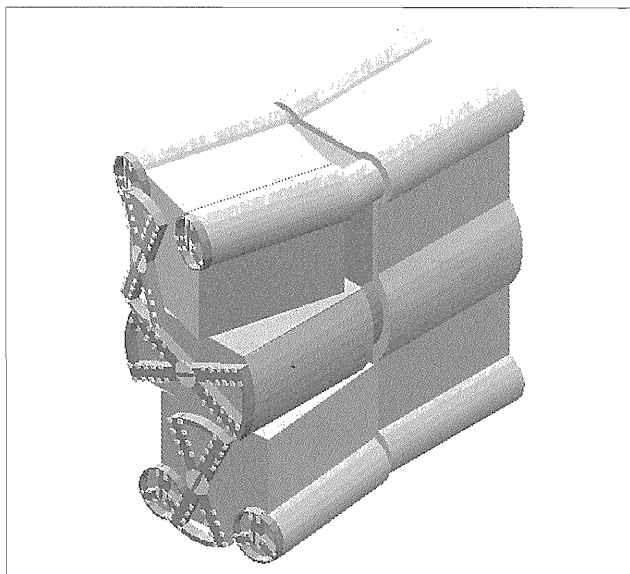


図-6 縦型シールド掘進機姿勢制御イメージ図

表-1 横型シールド掘進機の姿勢制御

制御装置	制御項目	ピッチング (側面図)	ヨーイング (平面図)	ローリング (正面図)
オーバーカット コピーカット	移動方向側の 地山を余掘り する			
カーブ用 中折れ装置	前胴・後胴間 を折り曲げる ことにより断面 曲線・平面 曲線への姿勢 制御を行う			—
ローリング 修正用 中折れ装置	前胴の両端が 上下に折れる	—	—	
カット 回転方向	土の抵抗によ りカットの回 転方向と逆方 向にマシンが 回転する	—	—	

度上の弱点となる継ぎ手箇所を減らしている。そのため、狭隘な切羽での長尺ピースの供給搬送・組立てが出来るように工夫した。縦型シールドでの組立て手順(図-7)を示すと、

- ① 立坑より運搬台車で搬送した鋼殻を切羽手前で搬送台車へ乗せ替え、エレクタで把持できる位置まで

送り出す。

- ②～④ エレクタの向きを縦横に旋回及び上下に移動して所定の位置に組立てる。

上部の鋼殻組立て作業時には上段可動デッキを張出して足場としている。

(4) シールド施工能率

2005年8月初旬に、10本の単体シールドトンネルの掘進施工がすべて完了したところである。

施工では、発進到達防護の地盤改良部以外においては、横型・縦型ともに初期掘進では日進4リング弱、本掘進では日進7リング強という進捗結果であった。

4. スライド鋼板圧入機

板厚 25 mm, 幅 1,180 mm, 長さ 1,970～2,840 mm のスライド鋼板を, 単体シールド坑内から隣接する鋼殻側へ最大 1,800 mm 圧入するため, 専用の圧入機を用いた(写真-3, 図-8)。

(1) 主な仕様

(a) 圧入機構

スライド鋼板にピン穴を設け圧入機からの圧入力を伝達する機構としている。圧入ジャッキストロークには限界があるため, 所定の圧入長さまで盛替えて施工できるように鋼板にはピン穴を約 220 mm 間隔で設けた(図-9)。

圧入力を算定した結果, 最大 2,100 kN 必要であることから, 次のような能力を有するものとした。

- ・圧入能力: 常用 2,450 kN
最大 3,000 kN

- ・引抜き能力: 1,200 kN
- ・圧入・引抜き速度: 75 mm/min
- ・圧入ストローク: 280 mm/回

(b) 圧入機移動機構

圧入機の移動機構はソリと油圧ジャッキによるスライディング方式とし, 走行速度は 2 m/min となつて

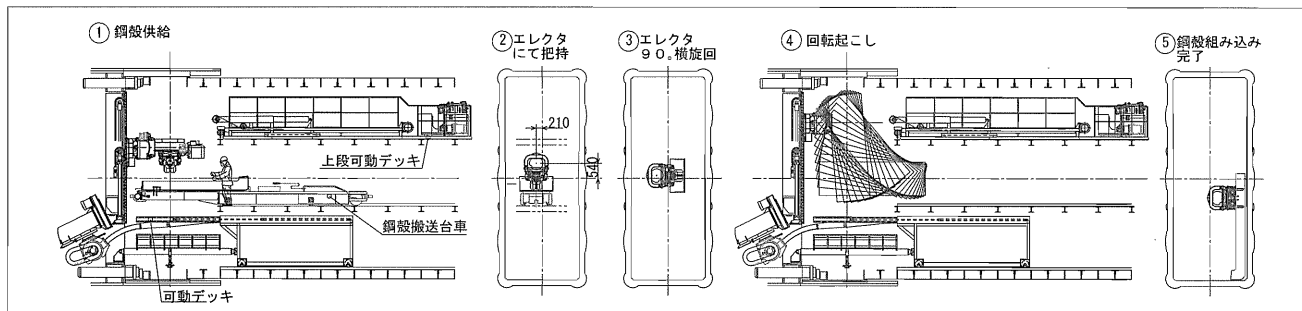


図-7 鋼殻組立て手順

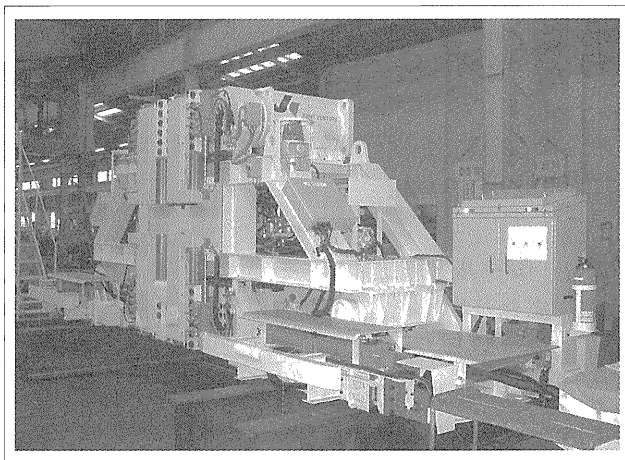


写真-3 スライド鋼板圧入機

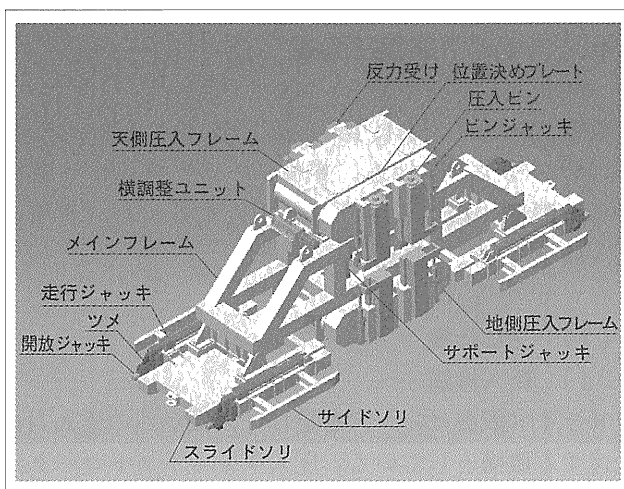


図-8 スライド鋼板圧入機の機構

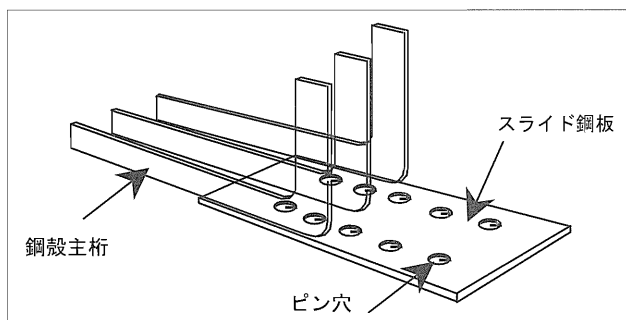


図-9 スライド鋼板

いる。

(2) 反力受けおよび機械位置制御方法

圧入反力は鋼殻の主桁から反力受けジャッキにより確実に取れるようにした。圧入機の位置調整は鋼殻主桁に対して制御することで可能となるよう、鋼殻製作時点の主桁とピン穴位置を規格設定した。

(3) 圧入施工能率

施工中のシールド掘進を後から追う形でスライド鋼板圧入を行い、今年9月初旬には10箇所すべての圧入を終了している。

施工能率としては、日進16リング強の進捗結果であった。

5. おわりに

本工事は現在、外殻構築の底版部までが終り、現在は側壁部を施工中である(図-1のstep 4)。

本報文はMMST工法で使用した建設機械のうち、シールド掘進機とスライド鋼板圧入機のための紹介を行った。その他、接続部の鋼殻を自動で切断するものや、外殻構築のコンクリート打設などでもできるだけ機械化を進めており、効率的な施工を行っている。

今後、外殻構築が終了すれば20万m³にもおよぶ内部掘削や、スペースの限られた坑内で行う躯体構築が控えている。更なる機械化を含めた検討により、効率的な施工を目指しているところである。

また、本工法の施工実績を分析整理しておき、今後のインフラストラクチャ過密都市内での同種工事に寄与していきたい。

J C M A

〔筆者紹介〕

池田 信哉 (いけだ しんや)
首都高速道路株式会社
神奈川建設局
工事第二グループ
総括マネージャー



部分拡幅シールド工法(VASARA シールド工法)の開発 —非開削による大規模地下空間構築技術—

神 尾 正 博・浅 野 裕 輔・杉 山 雅 彦

近年、都市部の地下におけるシールドトンネルでは、大深度化、長距離化に対する需要が益々増加する傾向にある。また、都市部の市街地では建設用地の確保が困難な状況にあり、施工時の周辺環境への配慮の観点からも、非開削工法による地下開発の必要性が増大している。

本報文では、従来は同一断面で施工されていたシールド工法において、任意の場所で補助工法を併用せずに部分的にトンネル内空(トンネル幅)を大きくする施工技術として新たに開発した「部分拡幅シールド工法(VASARA シールド工法^{*1)})」の工法概要と実証施工の実績について紹介する。

キーワード：シールド工法、非開削工法、部分拡幅、大深度地下利用、高速施工、コスト縮減

1. はじめに

シールド工法で構築する地下トンネルは、発進立坑から到達立坑までを同一断面で構築するのが一般的であるが、部分的に断面を拡大したいというニーズは、種々のトンネル用途、規模、分野で多く存在している。

例えば、地下道路トンネルの非常駐車帯やランプ合流部、地下鉄トンネルの駅部や渡り線部、共同溝や電力洞道のケーブル接続部、小口径長距離トンネル施工時の物流搬送における離合部等の特殊部では部分的に拡幅空間が必要となる。

これに対して従来は、全線を最大必要断面に合わせた口径としたり、当該箇所両端に立坑を構築したりする他に、当該箇所周辺に薬液注入や凍土造成等の大規模な地盤改良を施してトンネル内部から切掘げを行う等の施工方法で対処していた。

こうした背景のもと、補助工法を併用せずに任意の箇所安全かつ経済的に非開削でトンネルの部分拡幅が行える合理的な工法として VASARA シールド工法を開発した。

2. 工法概要

VASARA シールド工法は、全ての部分拡幅作業がトンネル坑内で可能な工法であり、従来の補助工法を

併用した施工方法と比べて、大幅な工期短縮と安全性の向上を図ることができる。また、全線を最大断面で掘進する方法に比べて、一般部のトンネル断面を縮小できることから、事業コストの大幅な縮減や建設廃棄物、建設資材の削減も可能となる合理的な施工技術である(図-1)。

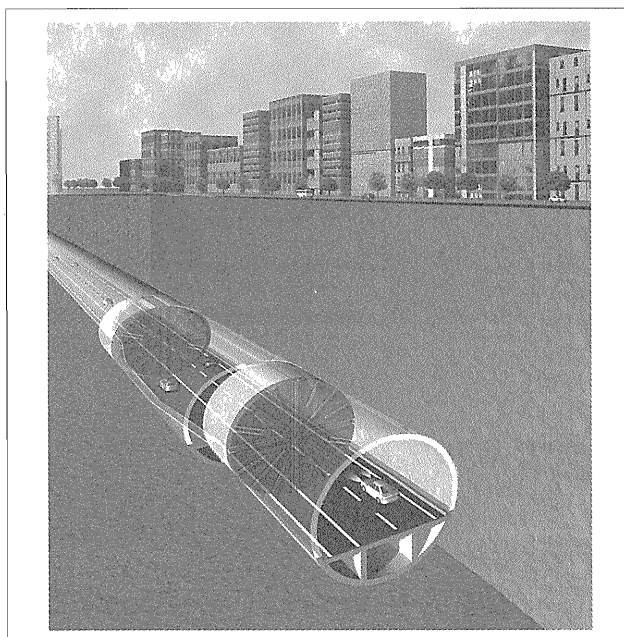


図-1 工法適用イメージ(非常駐車帯)

本工法には、セグメントのみを拡幅する①「VASARA-L工法」と、シールドマシンを拡幅する②「VASARA-S工法」の2方式があり、トンネルの用途や規模、条件に応じて、より合理的な施工方法

*1) VASARA (バサラ) シールド工法=Variable width (可変幅)+
Saving space (省スペース)+Rapid construction (迅速施工)

の選択が可能となっている。

(1) VASARA-L 工法 (L: Lining の頭文字)

シールドマシンのテール内で一般部と同様に拡幅用セグメントを円形状に組立て、シールドマシンのテール通過後にセグメントを外側に押出して拡幅部分を形成する方式である (図-2)。

拡幅される部分の地山は、オーバーカッタ機構を用いて余掘り (拡幅掘削) し、余掘り箇所には特殊充填材を注入して地山の崩落、地表面沈下を抑止する。

拡幅部に使用するセグメントは、スライド機構を有した特殊な構造となるが、シールドマシンには特殊機構や大規模な改造を必要としないため、

- ① 拡幅量が小さい
- ② 拡幅箇所が少ない (1~2 箇所程度)
- ③ 拡幅延長が短い
- ④ 小口径シールド

等の施工条件に適した方式である。

(2) VASARA-S 工法 (S: Shield machine の頭文字)

シールドマシン外筒部 (スキンプレート) の一部が

ラップした構造となっており、拡幅箇所ではシールドマシンを拡幅して、掘進と同時に拡幅部分を形成する方式である (図-3)。

シールドマシンと同期して拡幅、縮幅する拡幅区間の両端 (断面変化箇所) では、L 工法と同様にスライド機構を有した特殊セグメントを用いるが、それ以外の拡幅区間では楕円形状の固定式セグメントとなり、特殊セグメントが最小限で済む反面、シールドマシンは拡幅に伴う特殊機構を必要とするため、

- ① 拡幅量が多い
 - ② 拡幅箇所が多い (3 箇所以上)
 - ③ 拡幅延長が長い
 - ④ 大断面シールド
- 等の施工条件に適した方式である。

3. 施工手順

VASARA シールド工法の施工は、

- ① 拡幅掘削工
- ② セグメント組立て工
- ③ セグメント拡幅工

に大別される以下の作業により構成される (図-4)。

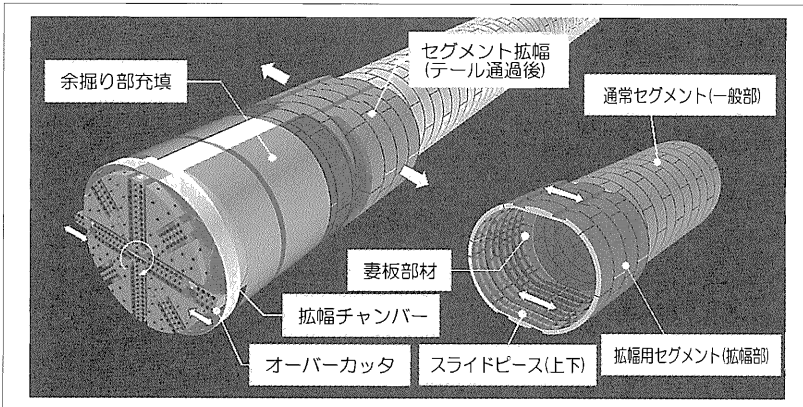


図-2 VASARA-L 工法

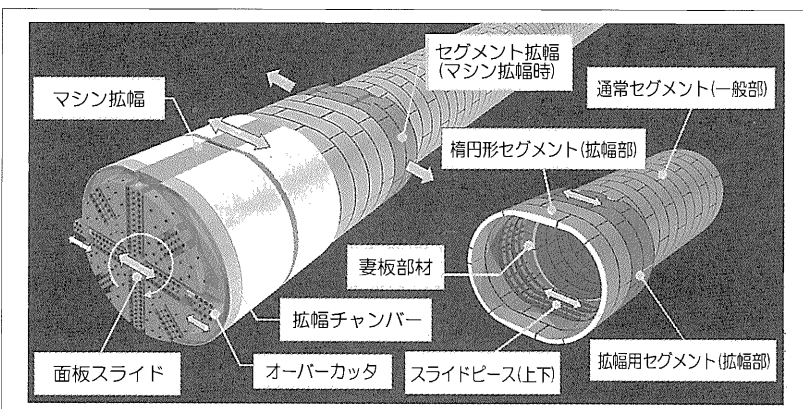


図-3 VASARA-S 工法

(1) 拡幅掘削工

拡幅区間をシールドマシンのオーバーカッタ機構 (伸縮スポーク又はコピーカッタ) で必要量、必要範囲だけ余掘り掘削する。拡幅量 (余掘り量) が大きい場合には、サブカッタ機構や面板スライド機構を併用した掘削機構を用いる。余掘り部の掘削土砂を取込む機構として拡幅チャンバを装備する。

また、余掘り掘削と同時にシールドマシン機内から、流動性、遅硬性、非希釈性、非浸透性の性状を有する特殊充填材を充填注入し、地山の崩落や地表面の沈下を抑止する。

(2) セグメント組立て工

シールドマシンのテール部が拡幅掘削された位置に達した時点で、スライド機構を有した拡幅用セグメントを円形 (拡幅前の状態) で組立てる。

L 工法の場合は、拡幅区間の全リングに拡幅用セグメントを使用する。

S 工法の場合は、拡幅区間の始端

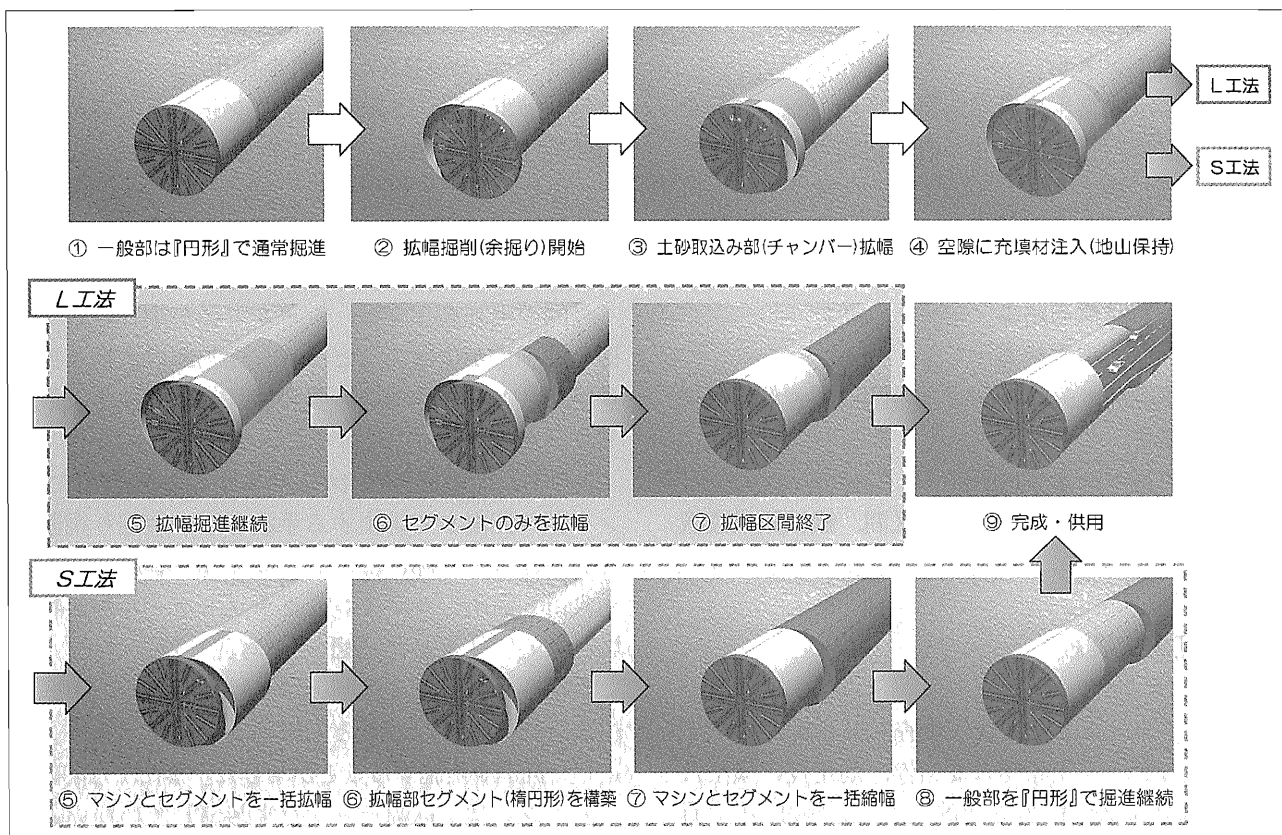


図-4 施工ステップ図

2～3 リングで拡幅用セグメントを使用し、マシン拡幅後の拡幅区間ではスライド機構のない楕円形セグメントを使用する。拡幅区間の終端部では、逆の要領で拡幅セグメントを楕円形(拡幅状態)で組立てた後に、シールドマシンを一括して円形に縮幅して通常掘進に移行する。

(3) セグメント拡幅工

L工法の場合は、シールドマシンのテール部通過後に、土水圧によるセグメントの変形を防止する「鉛直支保部材」と左右への押し出し機構を有する「拡幅装置」を坑内に設置し、セグメントを地山側に順次押し出していく。このとき、余掘り部の特殊充填材をセグメントに設けた回収孔から坑内へ排出(回収)する。

S工法の場合は上述のとおり、拡幅区間の両端部でのみ、シールドマシンと連動してセグメントを拡幅、縮幅するが、両端部以外の拡幅区間ではスライド機構のない楕円形セグメントを通常どおり組立てるため拡幅作業を伴わない。

4. 工法の特長

VASARA シールド工法は、補助工法を用いずに地中で任意に部分拡幅が可能となるため、様々な利点、

効用を有する工法である。以下に VASARA シールド工法の主な特長を列記する。

- ① 補助工法を併用せずに非開削で拡幅部分を構築することが可能。
- ② シールド掘進施工と並行して拡幅施工を行うことが可能。
- ③ 拡幅部以外の一般部を必要最小限の円形断面とすることが可能。
- ④ 繰返して何回でも拡幅、縮幅が可能。
- ⑤ 場所ごとの必要断面に応じた任意の拡幅量に対応可能。
- ⑥ 「泥水式」「泥土圧式」のいずれのシールド工法にも対応可能。
- ⑦ マシン入替え用の立坑が不要となり、事業費の縮減が可能。
- ⑧ シールドマシンの大規模な改造や特殊機能の追加がほとんど不要(VASARA-L)。
- ⑨ 楕円形セグメントで構成される拡幅区間では、曲線施工にも適応可能(VASARA-S)。

5. 適用用途

VASARA シールド工法は、以下のトンネル用途へ適用することで、従来工法に比べてより合理的な施工

の実現を図ることが可能である。

(a) 道路トンネル

非常駐車帯，非常用設備設置箇所，地下ランプ接合部，曲線部での内空拡大区間（視距空間確保，車線拡幅，カント等）等

(b) 地下鉄トンネル

駅舎端部，渡り線・引込み線等の路線合流部，機械設備設置箇所，避難通路等

(c) 共同溝・電力洞道

ケーブル接続部，分岐トンネルの開口補強部，機械設備設置箇所等

(d) 小口径トンネル

長距離施工時の坑内搬送車離合区間，機械設備設置箇所等

6. 実証施工実績

VASARA シールド工法は，現在も技術開発中の工法技術であるが，工法原理の妥当性，適用性の検証及び今後の開発課題の抽出を目的として，2005年2月に実施工現場での実証施工を完了している。その概要を以下に記す。

(1) 施工概要

今回の実証施工では，シールドマシンのテール内で円形状に組立てた拡幅用セグメント（3リング=3.0

m）をマシン通過後に外側に押広げてトンネル内空を拡幅する VASARA-L 工法を採用し，シールドマシン外径 $\phi 2,280\text{ mm}$ の泥土圧式シールドで実施した。当該範囲の施工諸元を表—1に示す。

(2) 施工結果と確認事項

(a) 拡幅掘削及び余掘り充填

今回の実証施工では，シールド径が小さいことや余掘り掘削量が少ないことから，拡幅部の余掘り掘削をロングストローク対応の強化型コピーカッタ（最大ストローク 185 mm）で行った。

掘削した土砂は，機内から注入する特殊充填材でチャンバ側へ押出して排土する手法とし，余掘り掘削箇所とテールボイド部には，シールドマシンに設けた機内注入口 8 箇所とセグメントグラウトホールから特殊充填材を充填注入した（図—5，写真—1）。

当初懸念された姿勢制御は，特殊充填材の徹底した注入管理により，通常と同様のジャッキパターンで安定した掘進を実施することができた。また，今回のシールドマシンは，拡幅チャンバを装備していない通常の仕様としたため，掘削土砂の確実な排土と充填置換における不具合が懸念されたが，拡幅前に実施した余掘り箇所のサンプリングにより，特殊充填材が概ね均一に充填置換されていることが確認され，余掘り掘削部の排土と充填置換に関しても良好な施工結果が得られた。

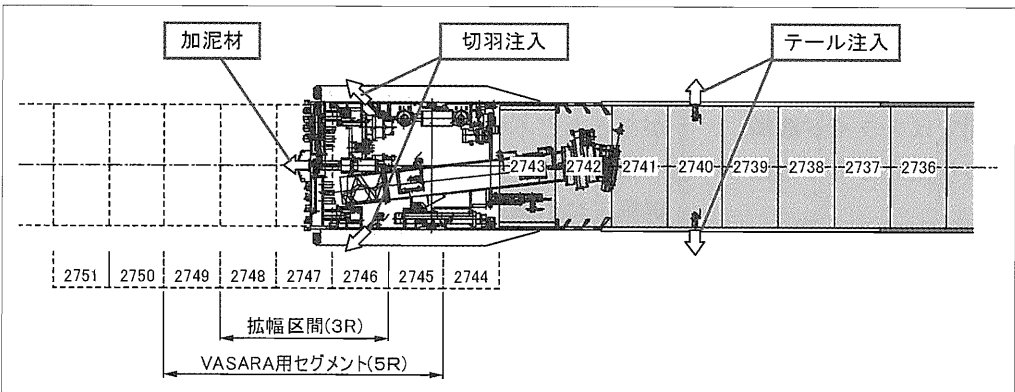
(b) 特殊充填材による地山保持効果

当該区間は，土被り 3 m 程度（1.5D）の低土被り施工であったため，拡幅掘削による地表面沈下やセグメント拡幅に伴う隆起等の影響が懸念された。

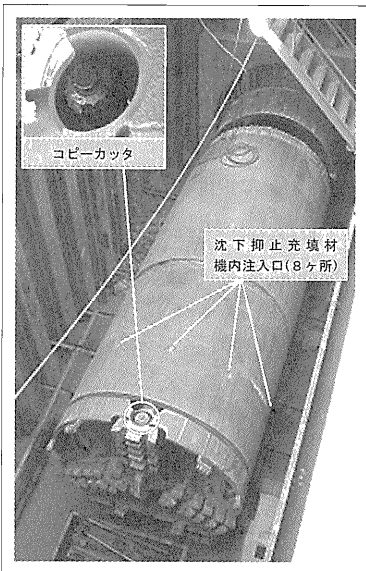
特殊充填材による地山保持機能を確認するため，地

表—1 施工諸元（工法適用範囲のみ）

施 工 場 所	滋賀県草津市
施 工 期 間	2005 年 1～2 月（実働 12 日間）
シールド工法	泥土圧式シールド工法
マシン外径	$\phi 2,280\text{ mm}$
覆工（鋼製）	外径 $\phi 2,150\text{ mm}$ ，内径 $\phi 2,000\text{ mm}$
拡 幅 量	300 mm（左右各 150 mm）
拡 幅 率	15%（300 mm/2,000 mm）
拡幅リング数	3 リング（=3.0 m）



図—5 拡幅掘進状況図（平面図）



写真—1 シールドマシン（到達後）

表面変位計側及びシールド直上 50 cm での地中内変位計側を実施したが、特殊充填材の注入管理を徹底することで、懸念された影響は発現することなく十分な地山保持効果が確認された。

(c) セグメント拡幅機能

拡幅箇所を使用したスライド機構を有する特殊セグメントは、上下にスライドピースを配置し、左右水平方向に 150 mm ずつ可動する構造とした。機械加工による高い製作精度と組立て精度が要求された製品であり、実施工における許容精度と機能の確保が懸念された。

組立て作業に若干の時間を要したものの、拡幅に伴うセグメントの競りや変形、過大な押出し力の発現、

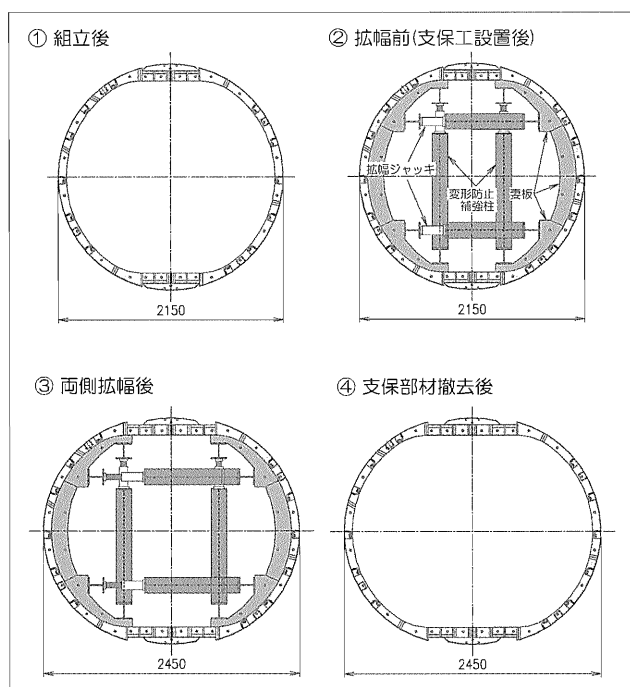


図-6 セグメント拡幅手順

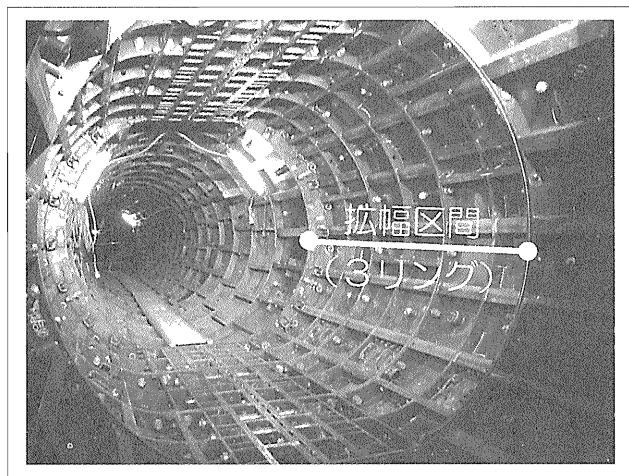


写真-2 拡幅施工後の坑内状況

充填材回収時の噴発等もなく、良好な施工状況であった。また、拡幅完了後の変状もなく、セグメントの拡幅機構、止水機構及び拡幅設備、拡幅要領の妥当性が確認された(図-6、写真-2)。

7. おわりに

実際の施工現場における適用により、補助工法を併用しない非開削での地中拡幅工法として、実現性及び有効性を確認するとともに、今後の実用化に向けた施工方法と管理手法に関する様々な知見を得ることができた。

今後も、適用実績を積重ねながら、施工性、安全性、経済性に優れた合理的な工法技術として確立すべく、引続き技術開発を推進していく所存である。 **JCMA**

《参考文献》

- 1) 馬野、永森、中川、本田、染谷、波多腰、杉山：「VASARA シールド工法」による非開削地中拡幅実績（その1）、土木学会第60回年次学術講演会、2005.9
- 2) 吉迫、神尾、永谷、小野、橋本：「VASARA シールド工法」による非開削地中拡幅実績（その2）、土木学会第60回年次学術講演会、2005.9
- 3) 坂口、白井、市田、深澤、浅野、阿部：「VASARA シールド工法」による非開削地中拡幅実績（その3）、土木学会第60回年次学術講演会、2005.9
- 4) 鹿島建設：部分拡幅シールド工法（VASARA シールド工法）、建設の施工企画、2005年9月号、p.52、2005.9
- 5) 神尾、浅野、杉山：部分拡幅シールド工法（VASARA シールド工法）、建設機械、2005年11月号、pp.1-7、2005.11
- 6) 神尾、浅野、杉山：部分拡幅シールド工法（VASARA シールド工法）の開発、平成17年度建設施工と建設機械シンポジウム、2005.11

【筆者紹介】

神尾 正博（かんお まさひろ）
鹿島建設株式会社
機械部
技術グループ
課長



浅野 裕輔（あさの ゆうすけ）
石川島建材工業株式会社
セグメント事業本部
技術部
開発グループ
課長代理



杉山 雅彦（すぎやま まさひこ）
三菱重工業株式会社
神戸造船所
地下建機事業ユニット
設計課
担当課長



省スペース型垂直土砂搬送装置 — 鉄道建設工事への適用 —

平井 幸雄・高橋 浩史・金井 孝行

都市部における地下施設の施工では、掘削土砂を狭いスペースから効率よく搬出する技術が求められている。横浜市中で施工中の鉄道建設工事では、掘削土砂の搬出用開口部が $2\text{m} \times 1.8\text{m}$ と小さいことから「省スペース型垂直土砂搬送装置」を導入している。本装置は搬送ケースが $1.24\text{m} \times 0.88\text{m}$ と小口径なため、狭隘な場所で安全かつ連続的に土砂搬出を行うことができる。

本報文では、装置の概要および鉄道建設工事への適用について報告する。

キーワード：垂直土砂搬送、省スペース、安全、小口径、チェーン、プレート

1. はじめに

都市部の地下掘削工事等では、狭隘な地上空間において交通の妨げにならない土砂排出用開口部を確保し、昼夜にわたり安全に効率よく土砂を搬出することが求められている。

東急建設株式会社と昭和機械商事株式会社は、小口径のケーシング内を連続的に移動する連結プレートにより、効率的に土砂を搬送する「省スペース型垂直土砂搬送装置」を実用機として共同開発し、現在施工中である横浜市の鉄道建設工事に導入した¹⁾。

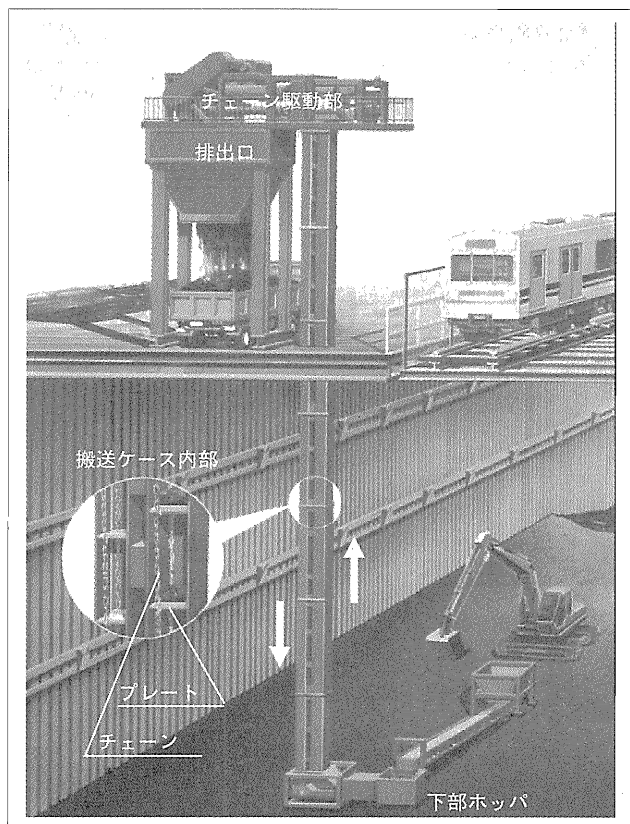
本報文では、装置の概要および現場への適用について報告する。

2. 装置の概要

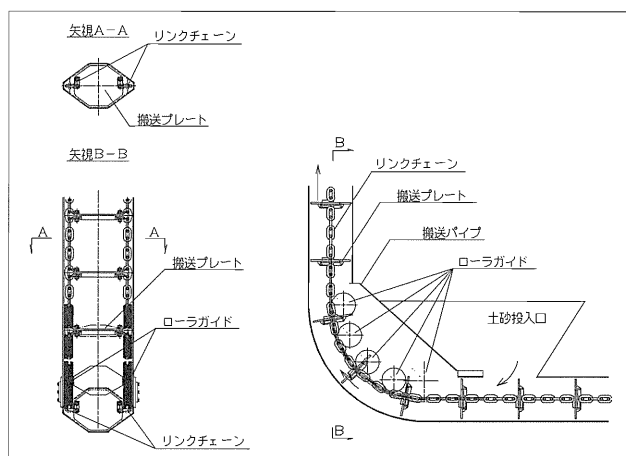
(1) 構造

装置の設置イメージを図—1に、装置下部の構造を図—2に示す。

本装置は、2本のケーシングからなる搬送ケース、搬送プレートを一定ピッチで連続して取付けた2本のチェーンおよびチェーン駆動装置から構成される。



図—1 垂直土砂搬送装置設置イメージ図



図—2 装置下部構造図

(2) 搬送原理

装置下部のホッパに投入した掘削土砂は、チェーンに取付けられたプレートにより順次掻揚げられ、連続的に一方のケーシング内を移動し、排出口から排土される。

排土が終ったプレートは、残る一方のケーシングを使って再び地下に戻る。

(3) 特 長

装置の特長を以下に列挙する。

- ① 土砂搬送部は搬送ケース分 (1.24 m×0.88 m) の省スペースで設置可能
- ② 密閉された搬送ケース内を土砂が移動するため、土砂のこぼれがなく効率よく安全に搬送可能
- ③ 下部ホッパに投入された土砂を一定量ずつ搬送する機構のため、土砂定量供給装置が不要
- ④ 搬送ケースとチェーンを継足すことにより順次地下への延伸が可能
- ⑤ 搬送ケースを途中で捻ることで土砂投入部と排出口の設置方向の変更が可能

3. 鉄道建設工事への適用

(1) 工事概要

装置を導入した、横浜市高速鉄道4号線日吉駅建設工事は、横浜環状鉄道(市営地下鉄4号線)中山～日吉間の起点である日吉駅を東急東横線日吉駅の下に建設するものである。

垂直土砂搬送装置の揚土対象となる慶応大学側の施工は、山岳トンネル工法により実施される。揚土予定土量は約15,000 m³、地質は固結シルト主体で一部砂層が介在する。

(2) 装置の採用経緯

本工事におけるトンネル掘削土砂の搬出箇所は、東急東横線日吉駅前の道路中央部に設けられた作業帯内に位置している(写真-1)。

従来のクラムシェルによる土砂搬出作業の場合は、土砂搬出用開口部を横断歩道付近に設ける必要があり、夜間に作業帯を拡幅して土砂搬出を実施する必要がある。

本工事では坑内スペースの関係上、掘削土砂の搬出を昼夜にわたり効率よく行うためには、常設作業帯内より土砂搬送を実施する必要がある。

常設作業帯内に確保できるトンネル工事用の土砂搬出用開口部は2 m×1.8 mと非常に小さく、そのため



写真-1 土砂搬出場所全景

狭隘なスペースで設置可能な「省スペース型垂直土砂搬送装置」の導入に至った。

(3) 仕 様

本工事に導入した装置の仕様を表-1に示す。

表-1 装置の仕様

搬 送 能 力	60.0 m ³ /h
搬 送 速 度	1.2～12 m/min
電 動 機 出 力	37 kW, 200 V (インバータ仕様)
搬送プレートピッチ	600 mm
搬 送 ケ ー ス 断 面	1,240 mm×880 mm
揚 程	30 m

最大搬送能力は60 m³/hであり、インバータ制御により搬送速度は1.2～12 m/minまで可変できる。

搬送ケース断面は1.24 m×0.88 mと小口径であり、土砂搬出用開口部に対し十分余裕がある。

運転操作は、地上部および土砂投入部(立坑下)にて可能としている。

(4) 設 置

装置の設置は昼間作業にて実施し、試運転調整を含め実稼働日数で7.5日であった。最大吊り荷重は上部

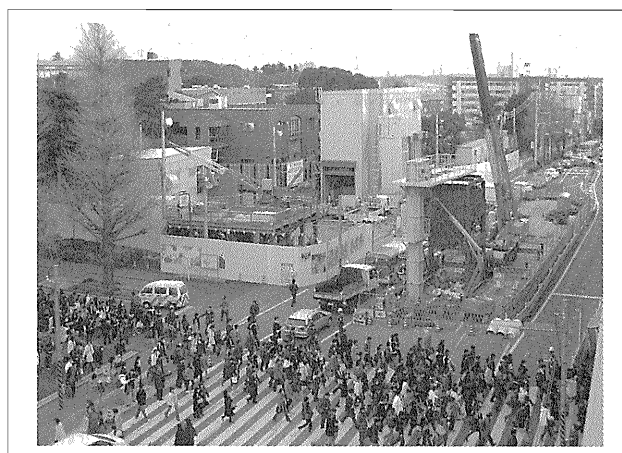


写真-2 設置状況

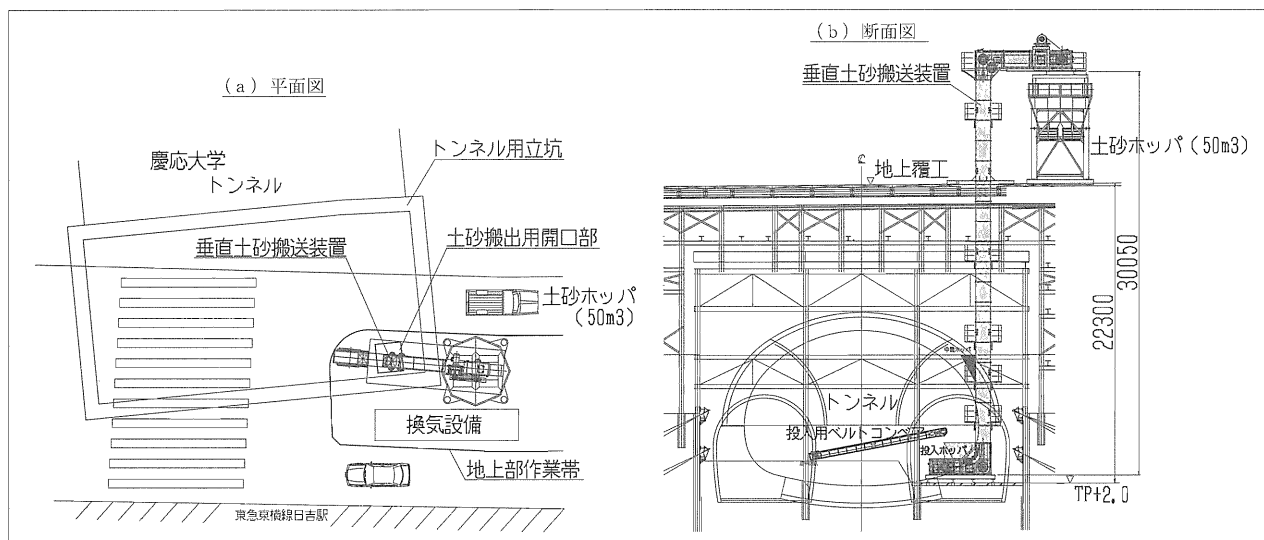


図-3 装置設置図

駆動部の7.6tである。

設置状況を写真-2に、設置図を図-3に、設置完了写真を写真-3に示す。

(5) 施工実績

トンネル工事の総掘削土量は約15,000 m³で、平成

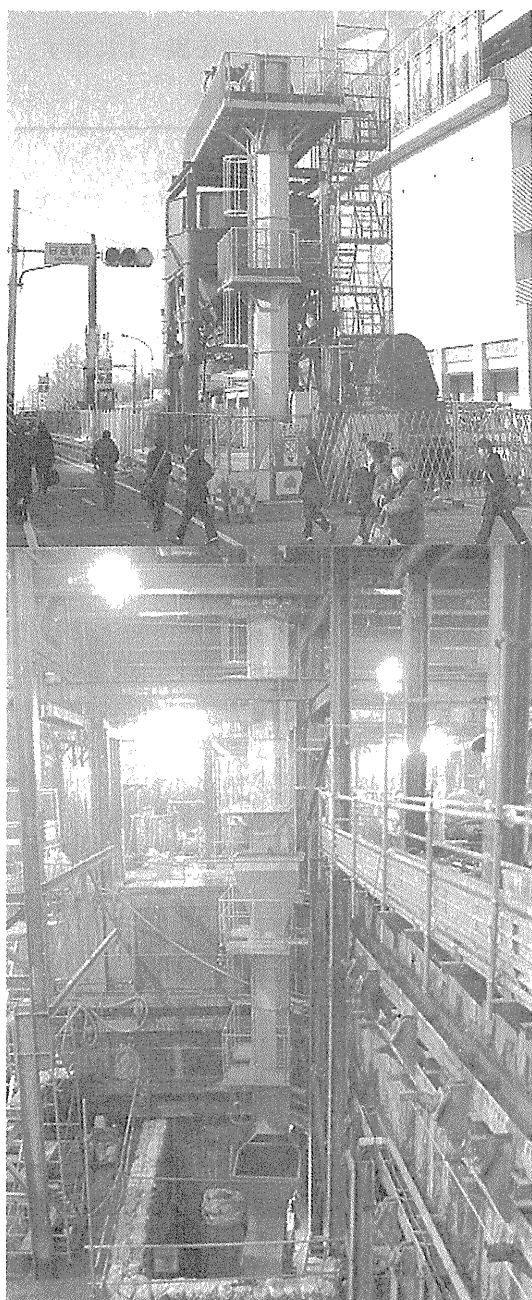


写真-3 装置設置状況



写真-4 土砂積み込み状況

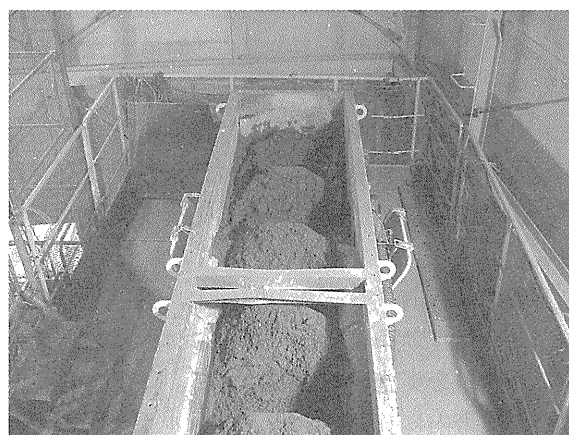


写真-5 装置上部土砂搬送状況

17年3月18日より、本年9月までの間に本装置で搬送した土量は約5,000 m³である（6月～8月までの3か月間は覆工作業のため掘削作業は一時中断）。

最大搬送量は約190 m³/日、時間あたりの最大搬送実績は、約50 m³/hであった。

土砂積込み状況を写真—4に、土砂搬送状況を写真—5に示す。

（6）安全装置

非常停止ボタンを、地上・地下部の運転場所の他、装置最上部、中間ホッパ部に設置した。

操作回路にはモータの過電流保護装置を設置し、オーバーロード時に装置が自動停止するシステムとした。

また、土砂ホッパ部には光電センサ、機械式センサ、モニタを組合せた土量監視システムを導入した。当システムは土砂ホッパ内土量を段階的に把握し、各段階にて警報作動および装置停止を自動的に実施する安全システムである。表—2に作動範囲を示す。

表—2 土量監視システム作動範囲

段 階	ホッパ 容 量	警報作動（自動）				機械停止（自動）	
		回転灯 青	回転灯 黄	回転灯 赤	サイレン	投入用 ベルトコンベヤ	垂直土砂 搬送装置
第1段階	70%	○			○		
第2段階	90%		○		○	○	
第3段階	100%			○	○	○	○
第4段階	105%				○	○	○
最 終						人力停止	人力停止

※第1段階警報作動時には土砂搬出作業を一時中断

4. おわりに

今後、都市部における地下施設の施工では、狭隘なスペースにおいて、周辺環境に配慮し、安全でより効率的に土砂を搬送する技術が求められる。本装置はその要求を満足する機械として、当工事にてその成果の確認が期待される。

今後は、各種データの収集、蓄積を行うと共に、市街地におけるトンネル工事や再開発事業の大規模掘削工事に対し同装置の適用を図る所存である。

最後に本装置の開発、現場適用にあたり、ご協力いただいた関係各位に対し感謝致したい。 JCMIA

《参考文献》

- 1) 建設の施工企画, 2005年7月号, pp.56-57

【筆者紹介】

平井 幸雄（ひらい ゆきお）
東急建設株式会社
技術本部
機械技術部
機電エンジニアリンググループ
グループリーダー



高橋 浩史（たかはし ひろふみ）
東急建設株式会社
技術本部
機械技術部
機電エンジニアリンググループ
課長



金井 孝行（かない たかゆき）
東急建設株式会社
技術本部
機械技術部
機電グループ
4号線日吉作業所勤務



厳しい施工条件を克服する圧入工法の開発 —GRB システム工法—

山口 日出男

GRB システム工法は、厳しい制約条件や複雑な現場条件下でも、周辺環境を保全し、かつ現状の機能を維持したまま杭を圧入施工する工法である。それを可能としたのは、既設杭の引抜抵抗力を反力として静荷重で杭を地中に貫入させる圧入原理の優位性である。圧入機を先頭に、システム化された専用機器が杭材の搬送、吊込み、圧入の全工程を既設杭の天端上で行う。そのため、工事の影響範囲を機械幅にまで極小化でき、水上、傾斜地、不整地、狭隘地、低空頭地における仮設レス施工を実現した。

キーワード：油圧式杭圧入引抜機、圧入工法、仮設レス施工、科学的な環境監視

1. はじめに

日本における建設機械のほとんどは、海外からの技術導入によって製品化されてきた。既製杭を地中に打込む施工機械（杭打ち機）の分野では、1951年にディーゼルハンマ、1960年にバイプロハンマが初輸入され国産化、高性能化の道をたどった。しかし、叩くか振動させるという施工原理は変わらず、杭打ち工事が発生させる騒音と振動によって、社会生活を豊かにするための工事で住民に建設公害を強いる結果となった。

1975年、杭施工の原理そのものを変革してこの問題を解決したのが、油圧式杭圧入引抜機（以下、圧入機）、サイレントパイラー（写真—1）である。

既設杭をつかんでその引抜抵抗力を反力とし、静荷

重で次の杭を地中に押込む全く新しい原理（以下、圧入原理）の実用化であった。地球に逆らうのではなく、地球と一体化しその力を利用することで、小さな機体から大きな力を発揮する。

この圧入原理の優位性こそが、複雑な現場条件と厳しい制約条件を克服する GRB（Giken Reaction Base）システム工法の根幹である。

圧入機は、数ある建設機械の中でも基本原理の発見から製品化までを、すべて日本で発案し実用化した純国産建設機械である。誕生から30年、環境に優しい施工技術は圧入工法（The Press-in Method）として成熟し、日本はもとより世界の建設業界において、持続可能社会の実現に向け貢献している。

2. 圧入工法

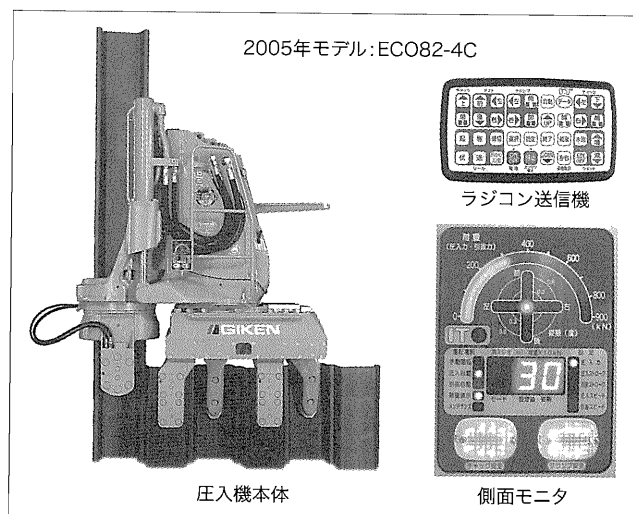
（1） シンプルな施工手順

圧入機本体は、地中に完全に押込まれた杭（完成杭）の天端を油圧でつかむ機構により、原理的に転倒する危険性がない。また、圧入する杭（圧入杭）においても施工地面に最も近い部分を把持しており、近接構造物や作業者に対しても安全である。

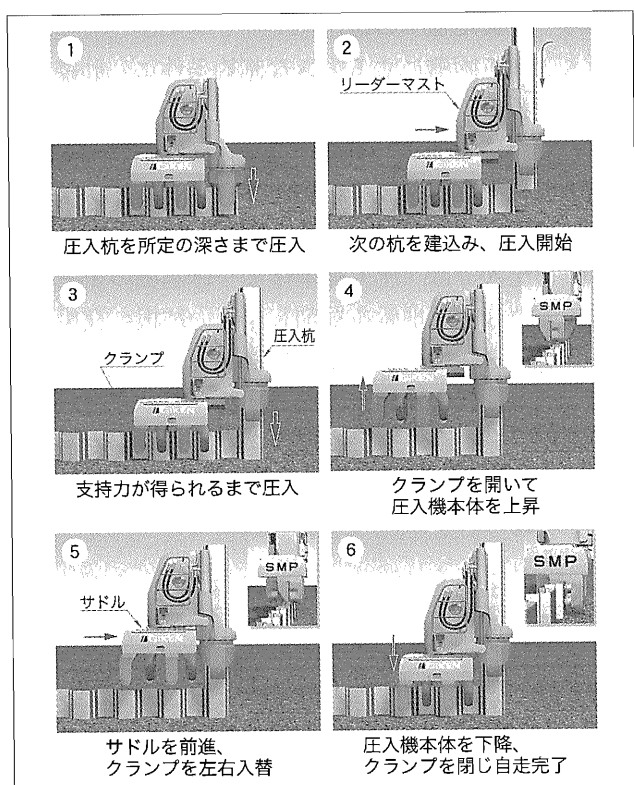
さらに、圧入杭を施工しながら完成杭上を前進する工程（自走）により、クレーンで圧入機本体を吊り移動することなく、シンプルかつ定格的な施工手順（図—1）を可能とした。

（2） 科学的な施工品質管理

圧入工法では、工場生産による均一な品質と保証さ



写真—1 圧入機サイレントパイラー

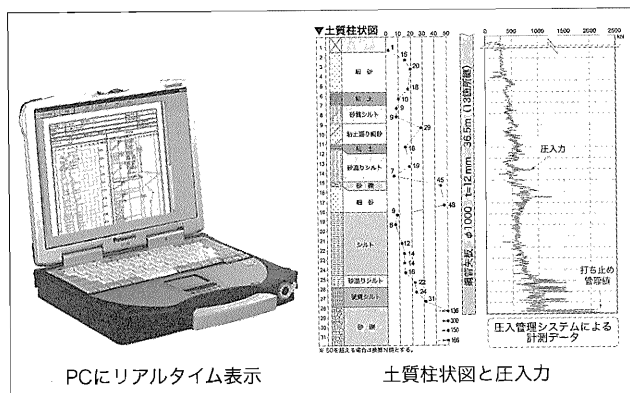


図一1 圧入工法の標準施工手順

れた強度を持つ既製杭を、現場で地上から直接圧入し構造物を構築する。一本一本の圧入杭には地盤の貫入抵抗力に応じた大きさの静荷重（圧入力）が加えられ、周辺地盤をいたずらに乱すことなく、土を縦横に押しのけながら地中に割込み、水平方向と垂直方向のいずれにも強い完成杭がつくられる。

この圧入の仕組みと、杭の挙動を油圧で制御する機構により、施工品質を科学的に管理している（圧入管理システム）。圧入杭が施工されている最中の、

- ・圧入力
- ・引抜力
- ・周面摩擦抵抗値
- ・先端抵抗値
- ・杭の貫入深さ



図一2 圧入管理システム

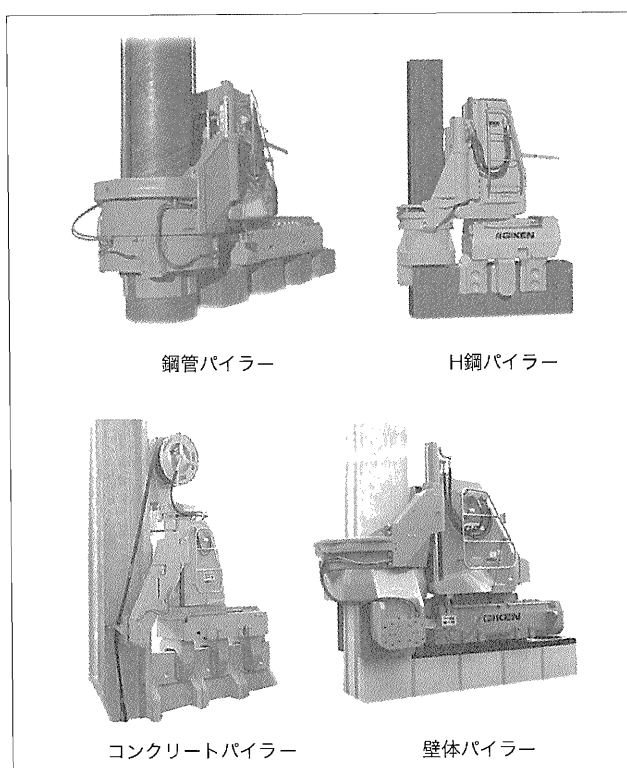
- ・圧入時間
- ・圧入スピード

などの圧入データを自動計測し、リアルタイムで記録・出力する（図—2）。

地中での異常を早期発見できるのはもちろん、施工中に完成杭1本毎の支持力が確認できることから、将来的には最終的な構造物としての性能を保証することも可能である。

(3) 各種圧入杭材への適用

実用第1号機から68.6 MPa (700 kgf/cm²) という、超高压かつ大流量の油圧を採用している圧入機は、圧入能力を大きくしても機体は必要最小限の大きさに維持できる。この特長を活かし、工事目的や構造物の規模に応じて異なる杭の材質、形状、断面に対応する、各種杭材専用圧入機（写真-2）を開発した。



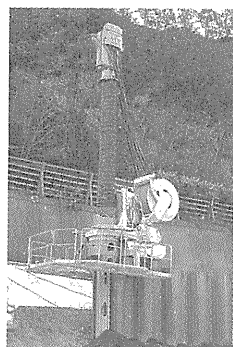
写真—2 各種杭材専用圧入機

鋼管パイラーは高強度で耐久性の大きい鋼管矢板（杭径φ500～1,500 mm）を圧入し、港湾工事や河川流域の洪水・高潮対策、橋脚の耐震補強や橋梁基礎（鋼管井筒）に適している。

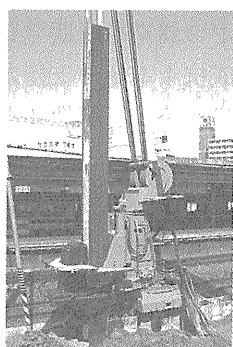
H 鋼パイラーは、高強度・高剛性でありながら壁体の厚さを薄く抑えた H 鋼矢板を、大規模化、大深度化する都市部の地下構造物用として圧入する。

コンクリート製の壁体を工場生産することにより、現場での土留、掘削、型枠などの仮設工事をなくし、狭隘な場所でも急速施工を可能としたのがコンクリー

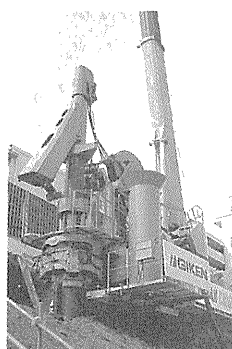
トパイラー（平形 500 mm，溝形 1,000 mm）である。壁体パイラーは，PC 壁体（□600～800 mm）専用の圧入機である。



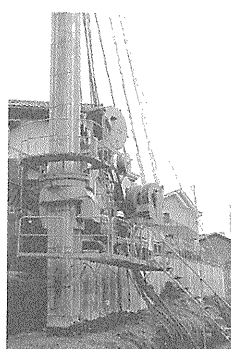
U形鋼矢板専用機



H鋼矢板専用機

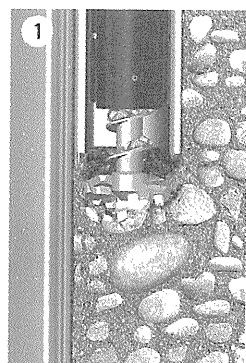


鋼管矢板専用機

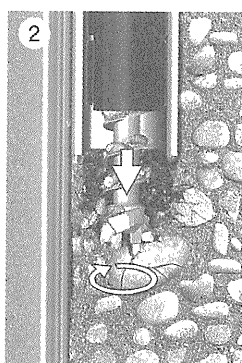


PC壁体専用機

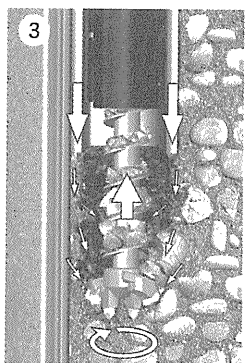
写真-3 クラッシュパイラー



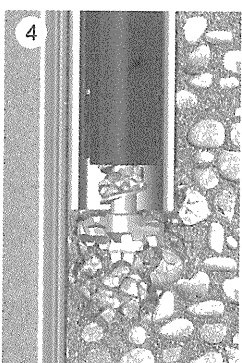
削孔開始



礫の粉碎、排土の開始



オーガ引抜、同時に杭を圧入



圧入動作完了(①へ戻る)

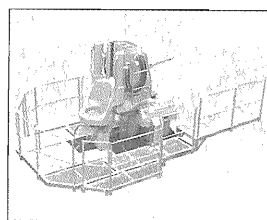
図-3 芯抜き圧入（砂礫・玉石層）

（４） 硬質地盤への適用

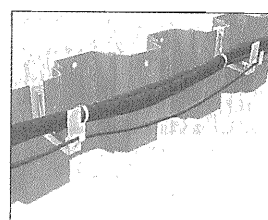
圧入工法を困難にする大きな制約条件に，砂礫・玉石層や転石・岩盤層などの硬質地盤があった。そこで，独自の「芯抜き理論」を実用化し，硬質地盤でも圧入工法の優位性を損なわず杭施工できるクラッシュパイラーを開発した（写真-3）。

芯抜き圧入では，圧入機本体と一制御のオーガ装置で杭先端の直下地盤を掘削し，圧力球根の発生を抑制したまま瞬時にオーガを引抜き，同時にその間隙を埋めるように杭を地盤へ貫入させる（図-3）。

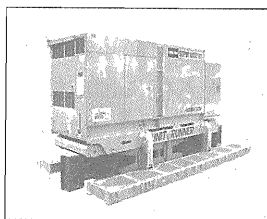
掘削径は最小限で排土量は少なく，環境への配慮と貫入抵抗力の低減を効果的に両立できた（硬質地盤クリア工法）。



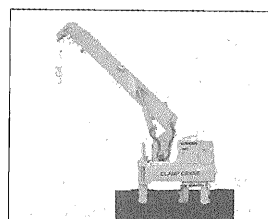
パイラステージ



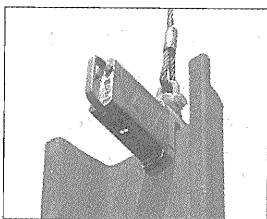
ホースローラー



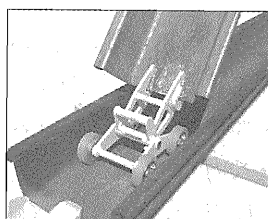
ユニットランナー



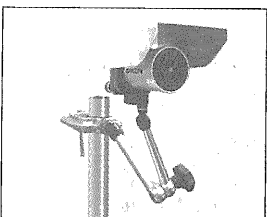
クランプクレーン



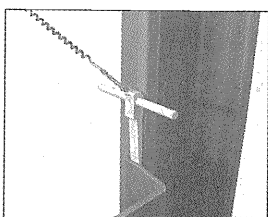
ラジコンホルダー



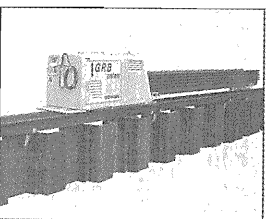
パイルローラー



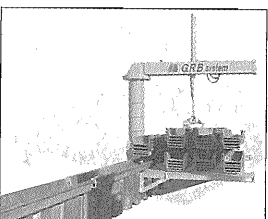
パイルレーザー



Pロック



パイルランナー



パイルベース

写真-4 システム機器

（５） システム機器の充実

圧入機が誕生以来有している公害対処・環境配慮という素性は、業界初となる生分解性油脂（バイラエコオイル/グリース）の標準採用や、資源を浪費せず環境に負荷を与えない環境配慮設計の徹底により進化させてきた。しかし、都市再生プロジェクトの多くは、複雑な現場条件と厳しい制約条件下で、周辺環境を保全し都市機能を維持したまま工事の目的を達成しなくてはならない。

洪水対策としての水辺環境の整備、幹線道路や鉄道の拡幅、老朽化した橋の架替え、駅前再開発に伴う立体交差や地下道の建設、密集市街地でのインフラストラクチャ整備、橋脚の基礎や鉄道法面の耐震補強などである。

これらのプロジェクトにおいて、「建設の五大原則（環境性、安全性、急速性、経済性、文化性）」を遵守するため、杭工事全体をシステム化する種々の専用機器を開発した（写真—4）。

圧入原理の優位性と先進の機械技術の融合により、圧入工法はあらゆる条件下での都市再生プロジェクトに適用可能となった。

3. GRB システム工法

圧入機は既設杭に反力を求め、その天端を自走しながら作業を進める。この施工原理を発展させ、圧入杭連続壁体を構築する全工程を既設杭上で完了する施工技術、それが「GRB システム（Giken Reaction Base System）」である。杭の搬送、吊込み、圧入を、すべて杭天端を作業軌道として行う。これにより、工事の影響範囲を杭上の施工機械幅のみにまで極小化できた。

（１） GRB システムの基本構成

GRB システムは、圧入機本体と作業足場であるパイラスステージ、圧入機の動力源パワーユニットとそ

の移動装置ユニットランナー、杭を吊込むクランプクレーン、作業基地から杭を搬送するパイルランナーを基本構成とする（図—4）。

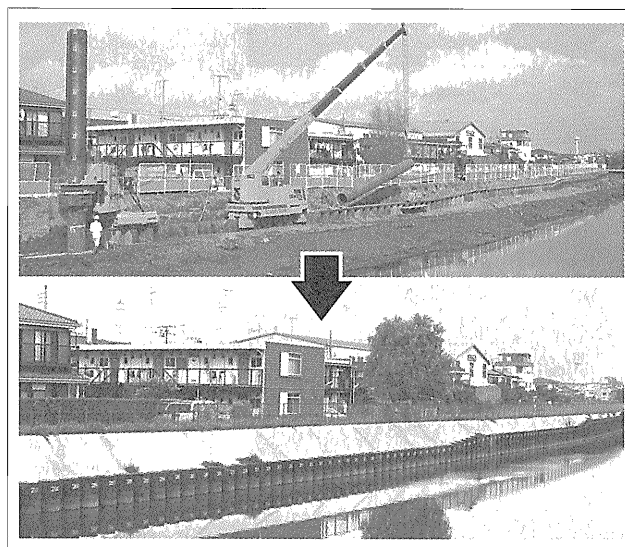
クランプクレーンは、吊り能力で2.9tから160t級までの機種が揃っており、適応する杭材も圧入機のバリエーションに準じたものとなっている。

（２） 仮設レス施工を実現

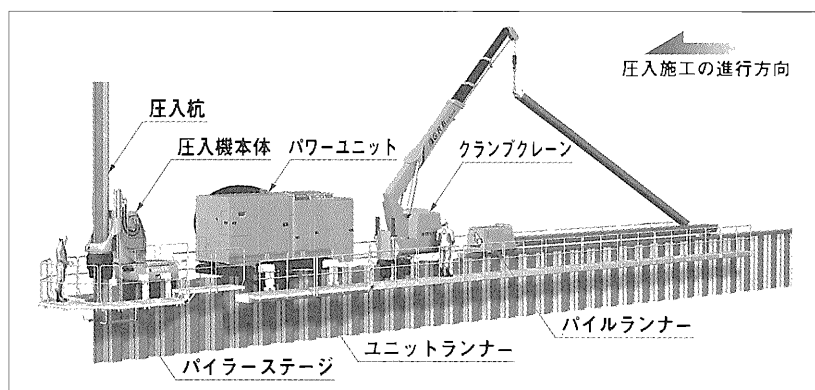
従来の杭打設工法では、杭打ち機の他にも関連工事車両が必要であり、現場条件によっては大掛かりな付帯設備や仮設工事が欠かせない。一方、GRB システム工法は、施工空間や施工地盤の制約をほとんど受けない。したがって、水上、傾斜地、不整地、狭隘地、低空頭地においても仮設栈橋や迂回道路は不要であり、本来の目的である壁体構築工事だけを合理的に行う「仮設レス施工」を実現した（写真—5）。

それによって工事における環境負荷を大きく低減させ、各方面から高い評価を受けている（表—1）。

GRB システム工法では、克服すべき制約条件の特性を強調した、個別の工法名称を設定している。



写真—5 仮設レス施工による護岸構築



図—4 GRB システムの基本構成

表—1 GRB システムの受賞歴

GRB システムの受賞歴	
・2000年4月	日本機械学会賞（技術）/ （社）日本機械学会
・2001年5月	日本建設機械化協会貢献賞/ （社）日本建設機械化協会
6月	環境賞「優良賞」/ （財）日立環境財団、日刊工業新聞社
・2002年2月	高知エコ産業大賞「特別賞」/ 高知エコデザイン協議会
3月	中堅・中小企業新機械開発賞/ （財）機械振興協会

(3) 水上施工（ノン・ステージング工法）

洪水対策や地震対策などで護岸改修の緊急性が高い地域ほど、周辺には文化施設や住宅が密集し工事の難易度も高い。そこで、流下断面内に工事用施設を一切設置しないノン・ステージング工法により、水上施工が多い河川工事で、建物が近接して工事用地が狭い現場でも河川の流路を阻害せず、近隣住民の日常生活にも影響を及ぼさずに工事を遂行する（写真—6）。

(4) 傾斜地施工（ノン・ステージング工法）

都市の急速な発展に伴う幹線道路の拡幅工事や鉄道の耐震補強工事などにおいて、作業用地が傾斜地や不整地であってもノン・ステージング工法は仮設足場を

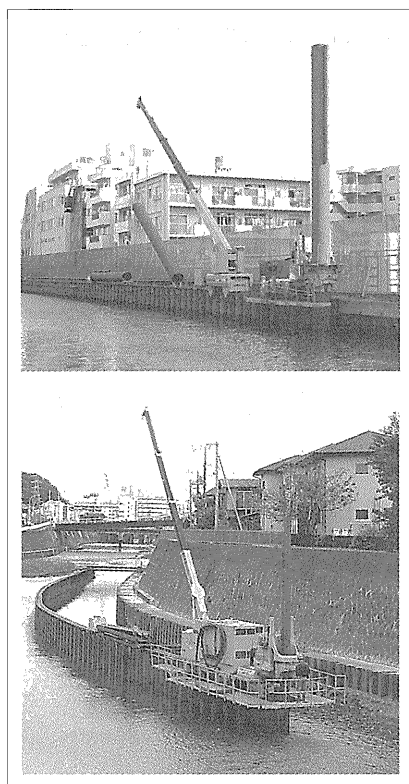
必要とせず、現況の交通環境を維持したままで工事を遂行する（写真—7）。

(5) 狭隘地施工（狭隘地クリア工法）

急激な都市化が進む中、工事用機械の進入できない路地裏や、道路封鎖の影響が大きすぎて着工できない区域などが、開発計画から取残されたままになっている。そういう、側方領域が著しく制限された施工環境でも、狭隘地クリア工法なら下水道や遊歩道の敷設工事などを計画通り遂行できる（写真—8）。

(6) 近接施工（ゼロクリアランス工法）

敷地を最大限に活用したい建築工事や、狭隘な施工



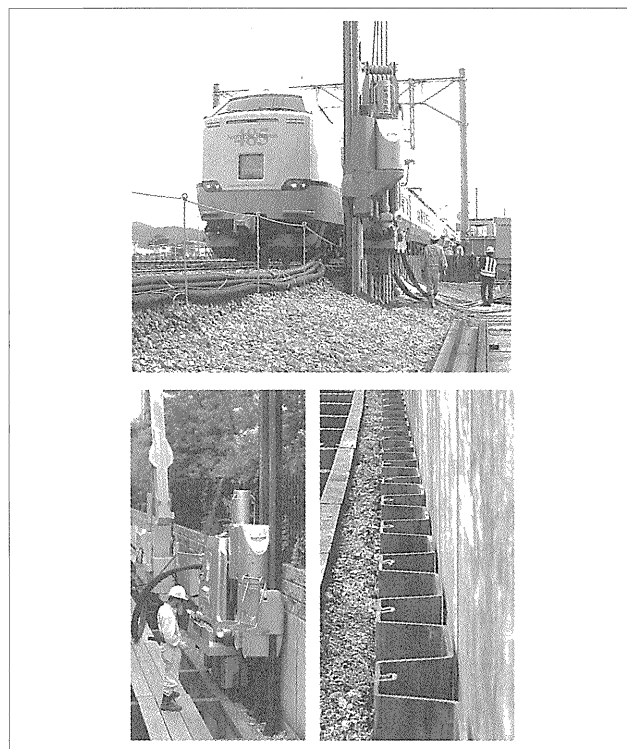
写真—6 ノン・ステージング工法
（護岸改修）



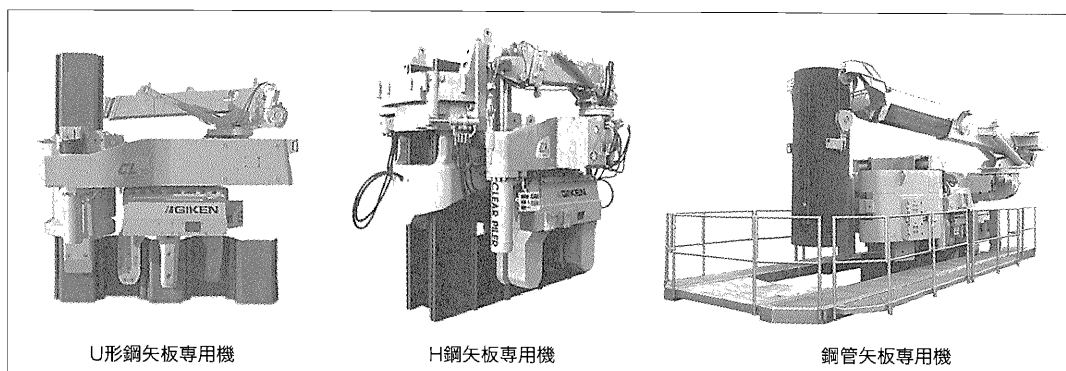
写真—8 狭隘地クリア工法



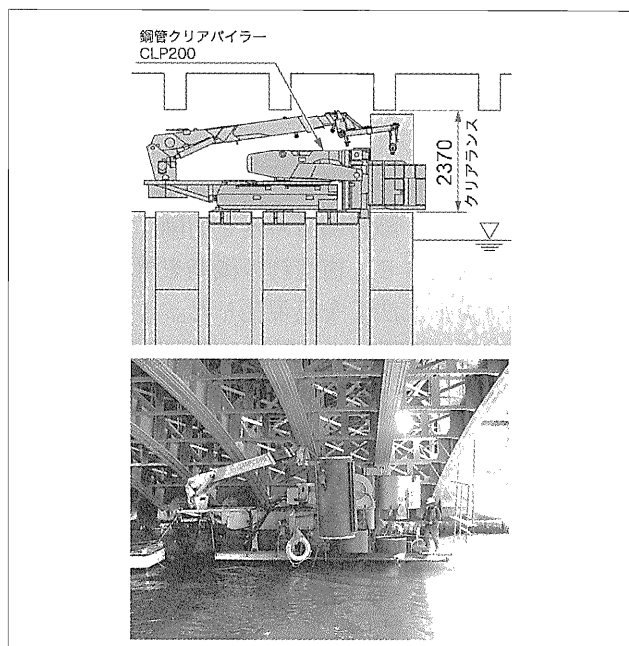
写真—7 ノン・ステージング工法（道路拡幅）



写真—9 ゼロクリアランス工法



写真—10 クリアパイラー



写真—11 上部障害クリア工法（橋梁耐震補強）

環境に高い安全性が求められる鉄道近接工事などで、隣接構造物や建築限界に隙間ゼロで圧入施工ができるのがゼロクリアランス工法である（写真—9）。

（7）低空頭地施工（上部障害クリア工法）

老朽化に伴う橋梁の架替えや橋脚の耐震補強では、物流や防災の観点から交通環境を維持したまま施工しなくてはならない。橋梁下の施工空間に厳しい制約がある場合、機械全高を徹底的に圧縮した超低空頭地専用圧入機クリアパイラー（写真—10）を選定し、上部障害クリア工法で工事を遂行する（写真—11）。

4. 環境監視システム

圧入工法では、構築する壁体の施工品質を圧入管理システムによって科学的に管理することは先述した。しかし、GRB システム工法を駆使せざるを得ない厳



写真—12 EMOS（イーモス）車両

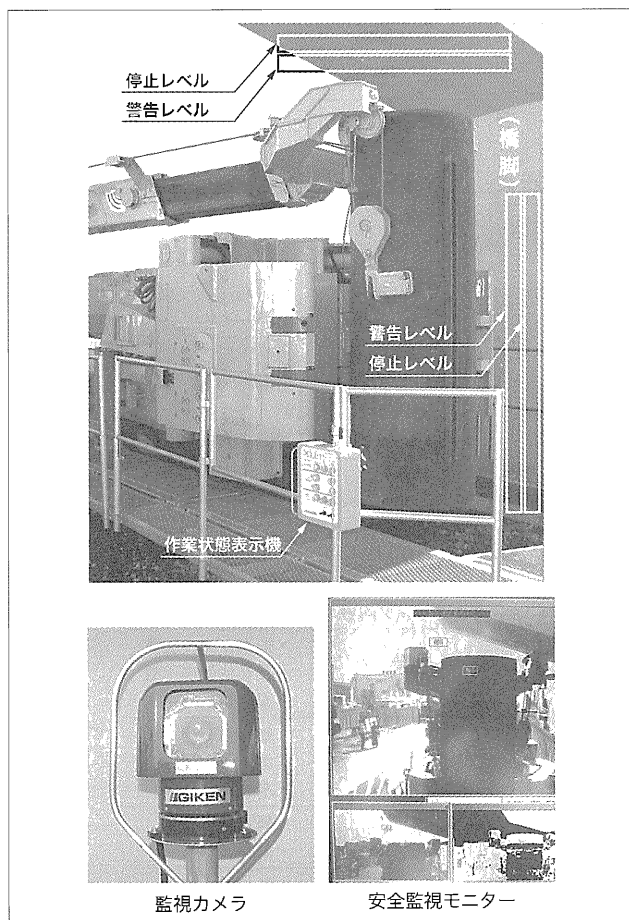
しい施工条件下では、周辺環境への高い安全性も保証できなくてはならない。勘や経験に頼らない、科学的な環境監視と安全制御が不可欠である。

そこで、環境監視に必要な種々の測定器を1台の専用車両に搭載し、施工機械の挙動を自動制御する安全監視システムと作業環境の科学的測定により、規制基準内で安全確実な工事が遂行されるよう監視する環境監視システム「EMOS（イーモス=Eco Monitoring System）」（写真—12）を開発した。

EMOS 車両は車両単体で現場に直行し、測定器を測定箇所を設置するだけで直ちに環境監視を開始できる。測定データは車両内 PC に無線送信されリアルタイムに表示、その場で印刷することも可能である。

既存の構造物に近接施工する場合、従来は防護柵や

吊防護など物理的な防護設備によってリスクマネジメントがなされてきた。しかし、この方法は狭い作業空間をさらに制限し、工期の長期化と工費の増大をもたらす。EMOSでは、カメラ監視装置と画像データ処理により近接安全領域を設定、監視状況に連動して圧入機の挙動を自動制御する（写真—13）。



写真—13 画像処理による安全監視

この科学的リスクマネジメントにより、近接構造物や鉄道の運行に高い安全性を確保しつつ、建築限界内の空間を最大限に活用して急速かつ経済的な施工が可能となった。

5. おわりに

杭打ち工事の振動と騒音を無くすために開発された圧入機は、30年間に及ぶ技術革新、杭材メーカーとの共同開発、ケンブリッジ大学をはじめとする学術機関との共同研究などにより、圧入原理の優位性を大きく発展させた。その成果の最たるものが、複雑な現場条件と厳しい制約条件を克服するGRBシステム工法である。

2003年には、圧入に回転を加えた新しい施工原理のジャイロパイラーを開発し、既存の地下構造物を解体撤去することなく障害部分のみを切削、そこに新たな構造部材を融合させ、構造物の機能を再生・強化する「インプラント工法」を具現化した。

これからも良い原理と技術開発で特殊条件を克服し、変化する社会のニーズに応え続けていく所存である。

JCMA

【筆者紹介】

山口日出男（やまぐち ひでお）
株式会社技研製作所
工法事業部
参事



建設機械図鑑

本書は、日本建設機械要覧のダイジェスト版として、写真・図版を主体に最近の建設機械をわかりやすく解説したものです。建設事業に携わる方々、建設施工法を学ばれる方々、そして建設事業に関心のある一般の方々のための参考書です。

A4判 102頁 オールカラー 本体価格2,500円 送料600円

社団法人 日本建設機械化協会

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

2つのフロントを有する双腕作業機の開発

—速度指令式ワンレバー方式で制御—

石井 啓 範

各種解体、災害復旧、産業廃棄物処理など、複雑な作業が要求される分野において、油圧ショベルをベースとした多くの作業機械が重用されており、今後さらなる複雑作業への対応が求められるものと考えられる。そこで、より複雑なハンドリング作業の実現を目指して2つのフロントを有する双腕作業機を開発した。本機は油圧ショベル ZX 70 をベースとして、右腕にミニショベル ZX 35 U 木造家屋解体機のフロントを、左腕にミニショベル ZX 50 U のフロントを装備している。油圧システムは2ポンプ独立型ロードセンシングシステムを採用し、操作方式は、1つの操作装置で1つのフロント操作が可能な、速度指令式ワンレバー方式を採用している。本機を用いて、「一方の腕で鋼管を把持し、他方で切断する」「長物（トタン）を折り曲げる」といった複雑な作業を実現できた。今後は、家屋・自動車解体、災害復旧・救助、産業廃棄物処理など様々な分野への適用を図っていく予定である。

キーワード：双腕作業機、油圧ショベル、ミニショベル、油圧システム、ロードセンシングシステム、速度指令式ワンレバー方式、ワンレバー、解体、災害復旧、産業廃棄物処理

1. 緒 言

近年、地球温暖化、資源枯渇など地球環境問題のクローズアップとともに循環型社会の構築が求められるようになってきており、各産業分野において、リサイクルに関する各種法整備がなされている。

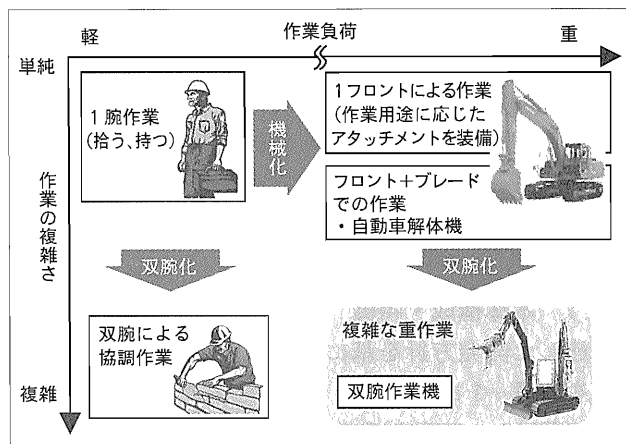
こうした流れを受け、元々は掘削機械として開発されてきた油圧ショベルをベースとして、これまで、各種解体や産業廃棄物処理などの複雑作業に対応した様々な作業機械が開発されてきた。今後は、さらなる複雑作業への対応が求められてくるものと考えられる。

また、地震等の災害においても、油圧ショベルベースの作業機械が活躍しており、こうした分野でもより複雑な作業が可能な作業機械に対する要望は大きいものと考えられる。

ここで、力と複雑さを軸にとって、作業機械の適用範囲について考えてみる（図—1）。

図—1より、単純で軽負荷な作業では、人間が片腕、もしくは両腕を1つの腕のように用いて対応している。作業内容が複雑になった場合の人間の対応を見てみると、人間は2つの腕を協調させることによって、複雑な作業に対応していることがわかる。

一方、作業負荷をより増大させた延長に作業機械があると考えると、作業内容に応じて、フロントに特殊



図—1 作業機械の適用範囲

なアタッチメントを装備した作業機械が多種多様な産業分野で重用されている。さらに近年では、自動車解体機のように、フロントに加えて足回りのブレード部分の自由度を利用して、より複雑な作業への対応を図った作業機械も生まれてきている。

ここで、さらなる複雑作業への対応を視野に入れた場合に、人間と同様に2つのフロントを有することがひとつの解決方法ではないかと考えるに至り、日立建機株式会社（以下、当社）は2つのフロントを有する双腕作業機を開発したので、以下に紹介する。

2. 双腕作業機の概要

(1) 開発方針

ここで、世の中に存在する双腕作業機あるいは双腕ロボットについて見てみると、いずれも人間の腕の構成を模擬する人間側からのアプローチがとられており、このことが様々な問題を発生させ、これらの作業機がいまだ実用性に欠ける根本原因であると考えた。

そこで今回開発する双腕作業機は、「作業機械として実績のある油圧ショベルの機能を拡張する」という基本コンセプトに基づき、以下の開発方針に沿って開発を行った。

- ① 人間から発想した双腕作業機では、例えばフロント自由度が人間並みに6～7と多自由度であり、操作性の悪化や作業能力の低下、構造の脆弱化等の問題を引起す大きな要因になっていた。そこで、本機では作業に必要な最低限のフロント自由度とする。
- ② 2つあるフロントを同時に動作させることができないければ、この作業機械の利点を生かすことができない。したがって、2つのフロントの同時操作が可能なシステムとする。
- ③ 解体等の実作業で長時間利用することを想定し、操作性や疲労軽減に主眼を置いた操作方式とする。
- ④ 実験機を製作するにあたり対象とする作業は、機械の大きさや双腕作業機の有用性等を考慮し、家屋解体とする。

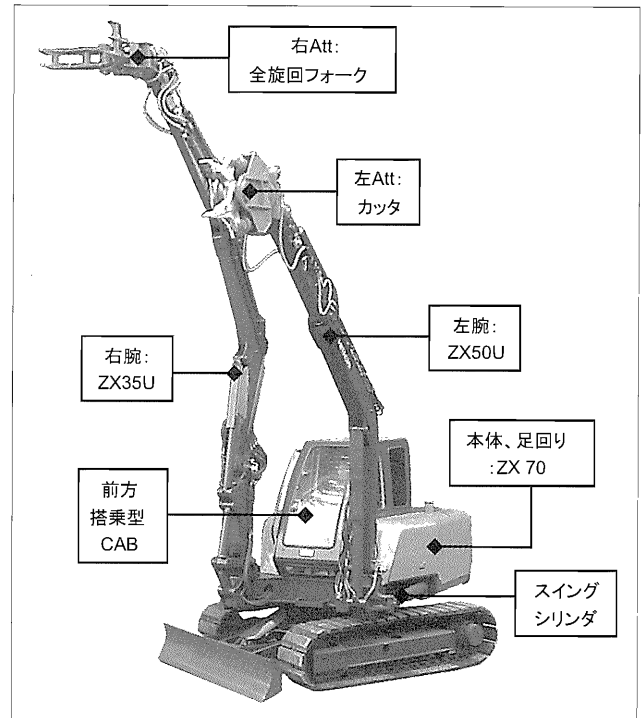
(2) 本体構成・特徴

前述した開発方針を基に開発した双腕作業機の全体構造を写真—1に示す。

今回開発した双腕作業機の主な特徴を以下に述べる。

- ① 本体は当社の油圧ショベル ZX 70 をベースとしている。
- ② フロントは、右腕は高所作業とハンドリング等の軽負荷を主目的としてミニショベル ZX 35 U 木造家屋解体機を、左腕はブレーカやカッタ作業等の重作業を対象してミニショベル ZX 50 U のフロントを装備している。
- ③ 油圧システムは、1つのポンプで多数のアクチュエータに対応可能で、またアーム先端のベクトル制御にも適しているロードセンシングシステムを採用している。
- ④ 操作方式は、1つの操作装置で1つのフロント操作が可能で、しかも長時間作業時にも疲労が少ない速度指令式ワンレバー操作方式を採用している。

表—1 に、本機の仕様を示す。



写真—1 双腕作業機

表—1 双腕作業機仕様表

		双腕作業機（Att仕様）	
		左腕	右腕
仕 様	運転質量 (kg)	8,710	
	機体質量 (kg)	6,880	
	標準シュー幅 (mm)	450 バットクローラ（分割式）	
性 能	接地圧 (kPa (kgf/cm ²))	40 (0.41)	
	走行速度 (高/低) (km/h)	5.0/3.4	
エンジン	名 称	いすゞ CC-4 JG 1	
	定格出力 (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	40.5/2,100 (55/2,100)	
	総行程容量 (総排気量) L (cc)	3,059 (3,059)	
油圧装置	油圧ポンプ形式	可変容量型ピストン式×2 歯車式×1	
	主リリーフ弁セット圧 (MPa (kgf/cm ²))	24.5 (250)	
	旋回油圧モータ形式	定容量型ピストン式×1	
	走行油圧モータ形式	可変容量型ピストン式×2	
フロント	フロント自由度	4	
	取付け可能アタッチメント自由度	2	
	アタッチメント形式	油圧式 カッタ	全旋回式 フォークグラブ
	ブームスイング角度 (左/右) 度	70/30	30/45
油類容量	燃料タンク容量 (L)	100	
	作動油タンク容量 (L)	全量 100 (タンク基準レベル 60)	
	エンジンオイル交換量 (L)	12	
作業範囲	最大作業半径 (mm)	6,540	6,770
	最大作業深さ (mm)	3,820	1,980
	最大作業高さ (mm)	5,800	7,600
	最大ダンプ高さ (mm)	3,740	5,220
	フロント最小旋回半径 (mm)	2,970	2,690

3. 各部の構成

ここでは、双腕作業機各部の特徴的な部位について、より詳しく述べる。

(1) フロント

双腕作業機を開発するにあたり、ターゲットとした家屋解体の作業分析を行い、要求項目をより多く解決できるであろうフロントの構成を探った結果、左右の腕に異なる役割を持たせることとした。

右腕は高所作業とハンドリング等の軽負荷を主目的とし、左腕はブレーカやカッタ作業等の重作業を対象としている。

つぎに自由度構成について、本機は左右フロントで同じ自由度構成としている。図-2 にフロントの自由度構成図を示す。

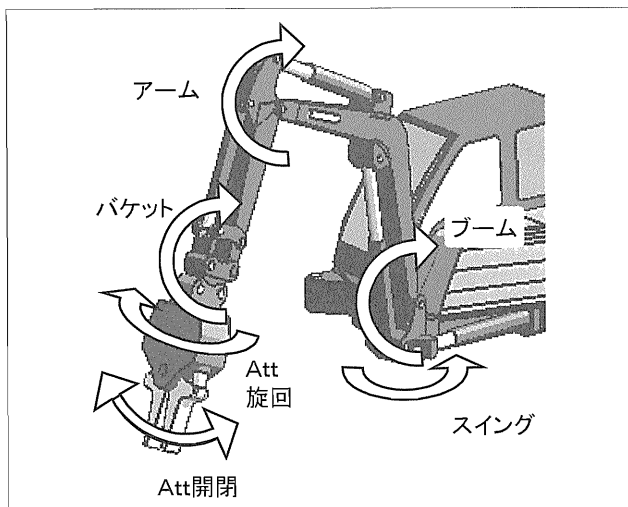


図-2 フロント自由度構成

図-2 より、フロントの基本的な3自由度（ブーム、アーム、バケット）に加えて、根元のスイングの1自由度を加えた合計4自由度となっている。また、アタッチメント用に2自由度の油路を有しており、最大、片腕6、左右で12自由度の構成としている。なお、本機の全自由度は本体旋回、ブレード、左右走行を加えた合計16自由度である。

次にフロントの作業範囲について述べる。図-3 の左側双腕作業機フロントの垂直面作業範囲図である。また、ベースとした油圧ショベル ZX 70 の作業範囲も重ねている。

図-3 より、右フロントの作業範囲と左フロントの作業範囲を加えた斜線で示す双腕の作業範囲が、実線で示した油圧ショベル ZX 70 とほぼ同等の作業範囲

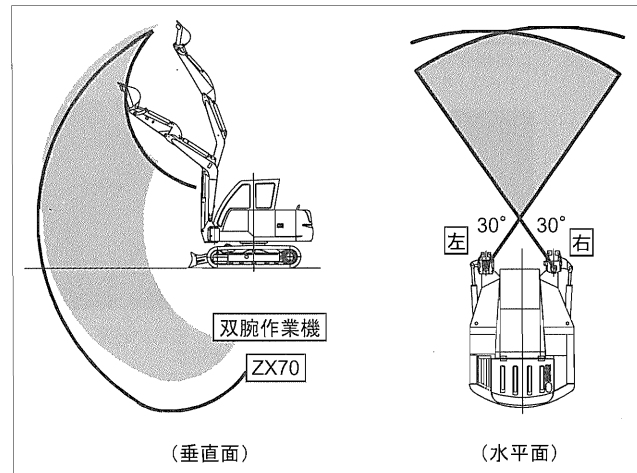


図-3 作業範囲図

をカバーする構成となっている。

図-3 の右側は双腕作業機フロントの水平面作業範囲図である。図に示す斜線部分が左右フロントの作業範囲の重複部分であり、このように広い重複範囲を設けることで、柱などを縦の2点で掴むといった縦方向での複雑作業にも対応可能となっている。

なお、左右のスイングポストは同クラスのものを using していることから、場合によっては左右フロントの付け替えも可能である。

(2) 油圧システム

本機は前述したように、全身で最大16自由度を有しており、標準の油圧ショベルの2倍近い自由度を同時に駆動させる必要がある。そこで、1つのポンプで多自由度を同時に駆動することが可能で、アーム先端のベクトル制御にも適しているロードセンシングシステムを採用している。

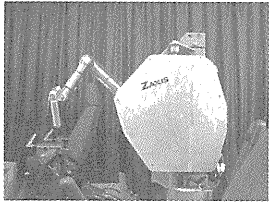
コントロールバルブ（以下、C/V）を2台搭載しており、一方のC/Vに主に右フロントを担当させ、他方のC/Vに主に左フロントを担当させ、左右走行や本体旋回は左右のC/Vに分配している。また、ポンプは平行のダブルポンプであり、1つのポンプに1つのC/Vを対応させ、別個にロードセンシング制御を行うことで、左右フロントの独立性を確保している。

(3) 操作方式

次にフロントの操作方法について述べる。

双腕作業機では1つの操作レバーを1つのフロントに対応させるワンレバー操作方式を採用し、2つのフロントの同時操作を可能としている。ここで、ワンレバー操作方式として一般的によく用いられる位置指令

表-2 操作方式の比較

操作方式	位置指令方式 (マスタ/スレーブ)	速度指令方式 (通常の油圧ショベル)
		
直感性	非常に良い フロントと相似形	悪い 慣れが必要 非相似形
疲労	大 (広い範囲を動かす必要あり)	小 (レバーを傾けるだけでよい)
微操作性	相似比の影響が大きい	良い

方式、いわゆるマスタ/スレーブ方式と、通常のショベルに採用されている速度指令方式の比較について述べる(表-2)。

マスタ/スレーブ方式とはマスタである操作レバーとスレーブであるフロントが相似形を成すのが一般的で、マスタレバーの姿勢を変化させると、スレーブがその動きに追従して同じ姿勢をとるシステムである。

マスタとスレーブが同じ姿勢となることから非常に直感的に操作がしやすいという利点を持っているが、フロント先端の位置を常に指示する必要があるため、マスタを常に広い範囲で動かす必要があり、長時間使用時のオペレータの疲労が大きな問題点となる。

速度指令方式とは通常のショベルと同様にフロントの速度をレバー角度によって指令する方式である。速度指令方式ではレバーを大きく動かす必要が無く、長時間作業時でも疲労が少ないという利点があるが、操作レバーとフロント形状の相関性が薄いため、直感的に操作できないことが問題として挙げられる。

そこで今回の双腕作業機では、双方の利点を生かすべく、操作時の疲労が少ないとされる速度指令方式をベースとし、レバーの構成、配置を工夫することで、直感的な操作が可能な速度指令式ワンレバー操作方式の考案した。

現在双腕実験機に搭載している速度指令式ワンレバー操作方式の構成について述べる(図-4)。

図-4に示すように、操作アームの先端に3自由度(上下、前後、回転)のジョイスティックを横置きに配置し、操作装置自体も根元のブラケット部分で左右に揺動する構成としている。

このような構成とすることで、オペレータはアームレストに前腕を乗せたままの状態でもフロントの4自由度を操作することが可能となり、疲労することなく長時間作業時に対応可能となる。なお、アタッチメントについては操作レバーに配したスイッチにより操作す

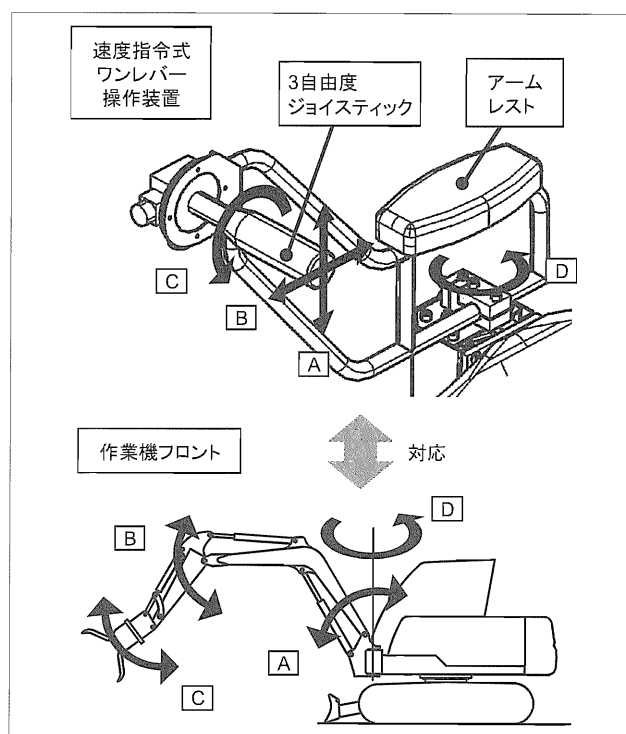


図-4 速度指令式ワンレバー操作方式

る。

次に操作レバーの各自由度と、フロントの各自由度の対応について述べる。

図-4に示すように、操作装置の揺動Dがスイングポスト、つまりフロント左右の揺動と対応し、操作アーム先端のジョイスティックの上下動Aがブームと、前後動Bがアームと、回転Cがバケットと対応している。

このような構成とすることで、操作者は、「フロント先端のアタッチメントを動かしたい方向に操作レバーを動かす」というイメージで操作することができ、直感的な操作が可能となる。

4. 作業対象

本機を用いて、

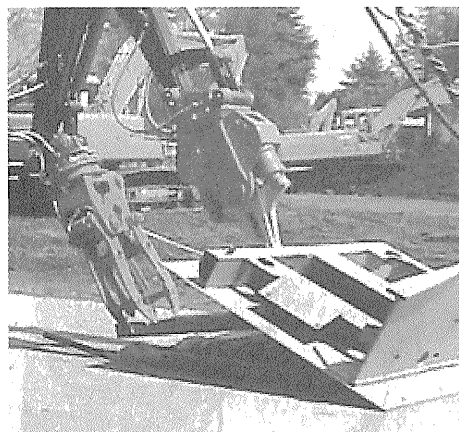
- 一方の腕で鋼管を把持し、他方で切断する
- 長物(トタン)を折り曲げる
- 一方の腕で重量物(フレーム)を把持し、他方で作業する

といった、1つのフロントしか持たない作業機械には不可能な複雑作業を実現できた(写真-2)。

これらの能力を生かすことで、双腕作業機は解体(家屋、自動車)、産廃処理、スクラップ処理、災害救助・復旧等の様々な分野への適用が可能と考える(図-5)。



長物（トタン）を折り曲げる



一方の腕で重量物を把持し、他方で作業する

写真-2 動作テストの様子

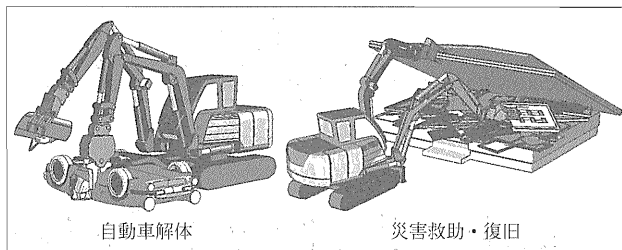


図-5 作業イメージ図

今後は実用化に向けて、実現現場でのフィールドテスト等を行って行くのと同時に、双腕作業機の開発を通して得られた技術を他の作業機械に展開し、将来の製品開発に結び付けていく予定である。

J C M A

【筆者紹介】

石井 啓範（いしい あきのり）
日立建機株式会社
技術開発センター
研究員



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ガ家により、わかりやすく表現しています。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 |

A 5 判 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

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

狭隘空間で使用する内装解体機の開発と適用

小林 直 廣・毛利 勉

近年、建物の解体の前工程だけでなく、建物自体は継続使用し、内装を大きく改装することも多くなってきている。限られた侵入条件、狭い現場条件の中で、機械も限られ、ともすれば、人力に頼っている。そのような中、従来よりも、作業現場への搬入、搬入後の作業性や機動性に優れたベースマシンと装着する先端アタッチメントの開発に取り組んできた。本報文では、新たに開発した新機能を備えた内装解体機とアタッチメントの概要と、これを使った適用事例について述べる。

キーワード：内装解体、狭隘空間、階段、方向転換

1. はじめに

内装解体工事については、限られた侵入通路、階段、床強度等の制約条件があり、機械の搬入条件は限界がある。そのため、内装解体工事の多くは、現在においても人力に頼らざるを得ない。

たとえば、天井部分の内装材除去作業時には、足場を組んでの作業が必要となるため、作業員転落等の危険性があり、また、解体した落下物が作業員を直撃した事故なども多くある。床材剥離においては、電動剥離機を使用した場合の可能な処理量は、熟練作業で1日あたり約80m²といわれており、作業効率の面で課題を残している。また、建設リサイクル法により、解体時に発生する廃棄物を現場内で分別することも義務付けられており、人力による内装解体工事の効率は更に低下せざるを得ない。

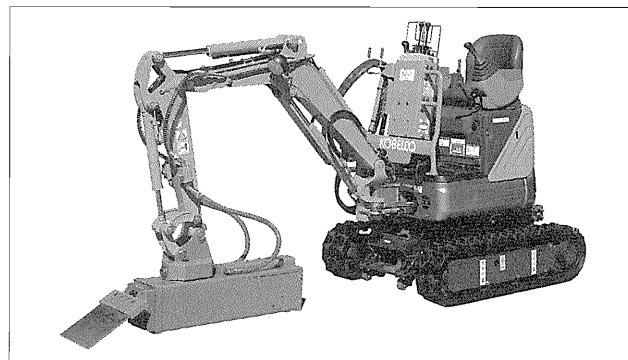
現在の内装解体工事には、安全面、作業効率等の面で以上のような改善すべき課題がある。

2. 開発のねらい

コベルコ建機株式会社では、この度、その課題の解決に向けて、内装解体専用機を開発したので、開発のねらいと機械の概要について紹介する（写真—1）。

今回の課題解決のために設定した開発要件は下記の通りである。

- ①階段を自走昇降し、フロア間の移動ができること。
- ②狭い通路や階段踊り場などの狭隘空間で容易に方向



写真—1 内装解体専用機

転換できること。

- ③床材剥離が効率的に行えること。

- ④内装材である木材、軽量鉄筋、床材等の除去・分別作業等多様な用途に対応できること。

ここで、開発要件のうち、

- ①階段の自走昇降

- ②容易な方向転換

の2項目は、内装解体工事に本機を適用する際の必須要件である。

階段昇降の登坂角度は最も標準的な30°を目標とした。昇降に際しては、オペレータが安全にかつ確実に作業、操作することに特に重点を置いた。

- ③床材剥離の効率化は、剥離専用アタッチメント（ピーラ）を開発し、アーム先端に装着した。

本機では、クローラ式ベースマシンの重量と駆動力、油圧源を利用することによって、現状の電動剥離機による作業に対して大幅に作業効率を上げることを目指した。

④内装材の除去・分別作業は、ピーラとは別に専用の先端アタッチメント（クリップ）を開発し、対応することとした。床材剥離以外の基本的な作業を1種類でこなせる多機能アタッチメントとする。

3. 機械の特長

上記要件を具現化した結果、本機ベースマシンにおける構造面の特長は、下記3点の装置である（図-1）。

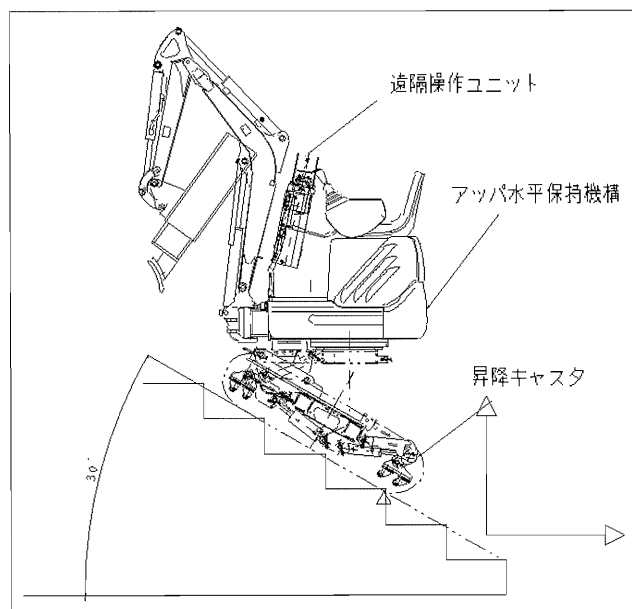


図-1 機械の特長

- ・昇降キャスト（カーボディ下部に装着）
- ・アッパ水平保持機構
- ・遠隔操作ユニット

いずれも、階段の自走昇降と、狭隘空間での方向転換の要件を満たすために開発した。その目的と機能は下記の通りである。

（1）昇降キャスト

昇降キャストは、360°自在回転するものを、前後に各4個備えており、油圧シリンダによって上下動が可能である。目的は、階段を昇りきった時に、重心移動による本体の急激な落下と衝撃を防ぐためである。本体を支えた後、キャストを上昇させることで、静かに着地することができる。

また、前後キャストのいずれかで本体を持上げると、通常クローラ走行によるピボットターンよりも更に小さい回転半径で転回することができる。狭い空間での方向転換は、クローラ走行では頻繁な切替えしや旋回操作による姿勢修正が必要で、面倒であるが、そのような場合に非常に有効である。

（2）アッパ水平保持機構

アッパ水平保持機構は、油圧シリンダによって、アタッチメントを含む上部旋回体を任意の角度に傾斜できる。目的は、階段昇降時の機械重心の適正化と、昇降時の傾斜角の液面変化によるエンジン等の破損、不具合の防止である。

（3）遠隔操作ユニット（写真-2）

遠隔操作は、階段昇降時に安全に操作できることを目的とした。通常作業では、オペレータは、運転席で各操作を行うが、階段昇降時には、オペレータは、運転席には乗車せず、有線による遠隔操作を、階段上方の離れた場所で、機械の状態を見ながら、安全に操作できる。遠隔操作ユニットは、通常運転席に配置しており、必要時に取外して使う。遠隔操作としては、クローラ走行、昇降キャスト、アッパ傾斜角度の操作ができる。更に万一の事態に備え、遠隔操作ユニットに非常停止スイッチを設けた。その他、狭隘空間で機械の占有スペースを減少する対応として、クローラ幅伸縮機構、アタッチメントのスイング機構を備える。



写真-2 階段の昇降。オペレータは遠隔操作で運転を行う

4. アタッチメント

本機に装着する専用アタッチメントとして、新たに2種類を開発した。

(1) ピーラ

床材剥離の専用アタッチメントである。先端エッジを接地させ、ベースマシンの走行駆動力によって、床材を効率的に剥がすことができる。床面が突起状で駆動力のみでは剥離ができない場合には、油圧打撃により剥離できる。エッジは弾力性に優れており、床面の微妙なゆがみにもフィットできる構造となっている(写真-3)。

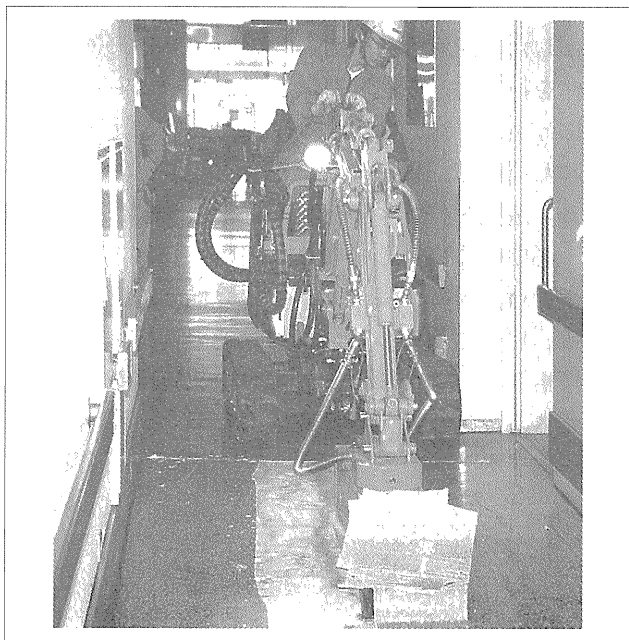


写真-3 ピーラによる作業

対象材は、タイル、フローリング、カーペット、断熱材、防水シート、アスファルト等である。

(2) クリッパ

内装材の除去、切断等を目的とした他機能アタッチメントである。機能としては、「切る」「つまみ取る」「はがす」「引き起こす」「ひっかく」等の作業が可能であり、状況に応じて使い分けができる。

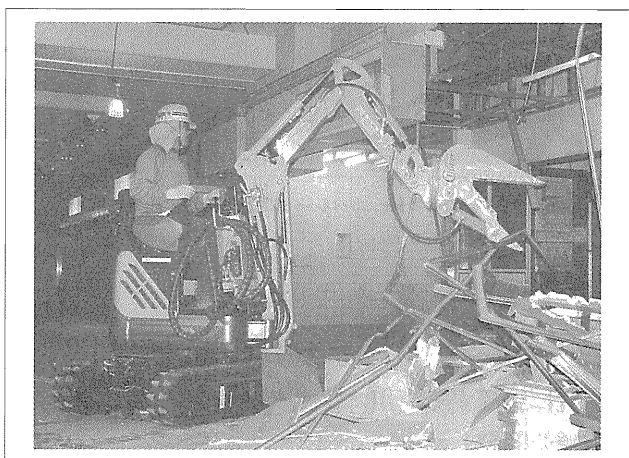


写真-4 クリッパによる作業

クリッパを装着した場合の最大作業高さは、3,430 mm であり、天井部分も容易に作業できる(写真-4)。

本機のベースマシンおよびアタッチメントの主要諸元と作動範囲(表-1、図-2)を紹介する。なお、今回の内装解体専用機において、特許出願申請を行ったのは、ベースマシン3件、アタッチメント2件である。

表-1 主要諸元

■ベースマシン

機 械 質 量	1,320 kg（ピーラ装着時）	
接 地 圧	31.4 kPa	
登 坂 能 力	58%（30度）	
エ ン ジ ン 定 格 出 力	5.7 kW/2,000 min ⁻¹	
作動範囲	最大作業半径	3,130 mm
	最大作業高さ	3,050 mm
外形寸法	全 長	2,780 mm
	全 幅	縮小時 750 mm/拡張時 980 mm
	全 高	1,440 mm
	後端旋回半径	490 mm

■アタッチメント

ピ ー ラ		ク リ ッ パ	
質 量	140 kg	質 量	90 kg
全 長	1,420 kg	全 長	780 mm
エッジ幅	300 mm	最大開口幅	420 mm
ストローク	420 mm	旋 回 角 度	左右 90°
打 撃 数	900~1,500 bpm	破 砕 力	96 kN (先端)

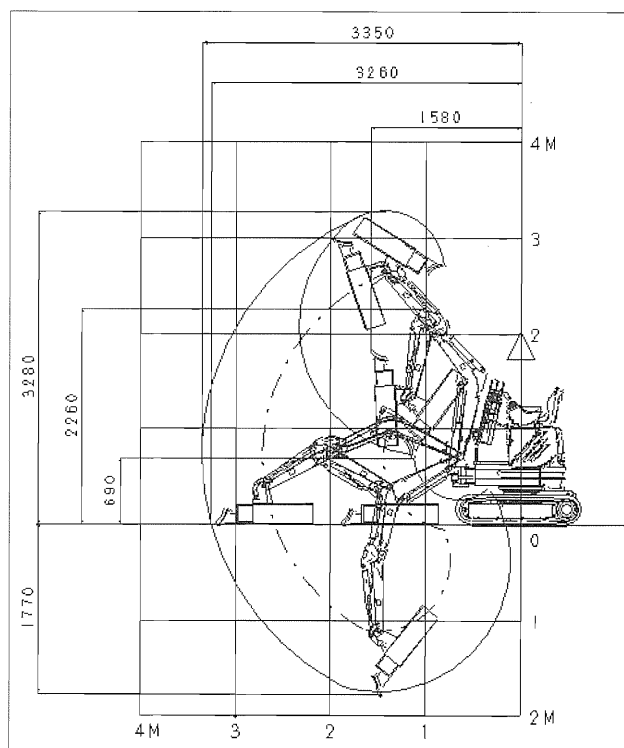


図-2 作動範囲図

5. 現場での稼働例と顧客の評価

本機は、2005年環境展に、内装解体専用機として参考出展した。会場に階段を設置し、実際に階段昇降



写真-5 階段を昇降する解体機

を行った（写真-5）。

解体業の顧客からは、潜在的なニーズを具現化した商品として、大変好評であった。その後、実際の解体現場に本機を持込み、デモンストレーション機として、顧客に使っていただき、効果を確認した。そのうちの3例について、稼働状況と評価を紹介する。

（1）床材剥離作業

本機に専用アタッチメントのピーラを装着した場合の床材剥離作業の効率化を実証するため、手押し式電動剥離機に使用した従来の人力による作業を行っている現場に本機を並べて、剥離作業についての作業量、作業効率について比較テストを行った。テストの結果、「従来方式の作業に比べて、内装解体機にピーラを装着して作業した場合、約20倍の効率で仕事できた」との顧客の評価であり、予想以上の効果を確認した*。

（2）狭隘路侵入と階段昇降

現場は、内装解体予定の病院であったが、建築時期が古いため、通用口通路は通常より狭く、直角の曲がり角が多数あった。車体寸法がコンパクトな本機をもってしても、クローラ走行での通過は、壁に干渉させないために走行切替えしと旋回操作などで、度重なる姿勢修正が必要であった。階段の傾斜角度は37°であり、想定より急角度であったが、難なく昇ることができた（写真-2）。この当時の本機のキャスト構造は現在とは異なるものであったが、上記に代表される狭隘な現場を実際に経験する中で、課題が明らかになり、改善

策として現在の構造に反映している。

（3）内装材の除去作業

現場は、大型店舗の改装工事である。先端アタッチメントには、クリップを装着した。主な作業は、下記の通りである。

- ・壁材（石膏ボード）を剥がす
- ・軽量鉄筋、電気配線および配管の除去、切断
- ・水道、ガス管の除去

大型店舗のため、フロアの天井高さは、一般の建物よりも高かったが、本機のアタッチメントの作動範囲で作業可能であった。顧客の評価は下記の通りである。

- ・1台で何役もできるため、使い勝手が良い。
- ・形状・運転感覚がフォークグリッパに近いので、操作に違和感が無い。
- ・すぐに馴れる。馴れると仕事は非常に早くこなせる。特に使い勝手の点で高い評価であった。

6. おわりに

内装解体専用機の開発については、非常にコンパクトなベースマシンに対して数々の新機能を追加したため、完成までに多くの課題を乗り越えることになった。その甲斐あってか本機を環境展へ出展して以降は、初めての本格的な内装解体専用機として、大きな反響があり、多くの顧客より、引合い、問合せが当社へ寄せられている。

コベルコ建機株式会社の大型油圧ショベル超ロング解体機は、パイオニアとしての長い実績により、顧客に高い評価を頂いている。超ロング解体機は、ビルの外側に対するアプローチであるが、今回の内装解体専用機は、いわば、ビルの内側に向けての提案である。

JCM A

【筆者紹介】

小林 直廣（こばやし なおひろ）
北都建機サービス株式会社
代表取締役



毛利 勉（もうり つとむ）
コベルコ建機株式会社
開發生産本部
環境特機開発部
特機開発 Gr



*注：上記の結果については、一例であり、床材の接着力等現場状況によって、変化する場合がある。

汚染土壌対策を支える無人化施工システム

杉 本 英 樹

無人化施工とは、立入禁止区域外に設置した操作室から、モニタ映像を見ながら施工機械を遠隔制御して危険区域内の土工事を行うもので、雲仙普賢岳をはじめとして様々な災害復旧の現場で適用され、情報化施工とあわせて高度な技術開発が行われてきている。今後、災害復旧工事のみならず作業環境の改善、安全性の向上作業効率の向上を目的にして、ダイオキシンや放射能などで汚染された区域の恒久対策や解体作業への無人化施工の適用が期待されている。ここでは、平成16年11月に無人化施工を汚染土壌の恒久対策工事の一部において試験的に実施した内容と結果について報告する。

キーワード：汚染土壌、対策工事、ダイオキシン、無人化施工、電動駆動式油圧ショベル、環境改善

1. 適用した工事概要

大阪市は環境事業局東淀工場建替え事業として用地の土壌調査を実施した。その結果、拡張用地の一部でVOCやダイオキシン類による汚染が判明したことから、汚染の拡散防止のために応急対策工事を実施し、その後汚染土壌の掘削除去と無害化処理を行う恒久対策工事を実施した。

恒久対策工事では、写真—1に示す防塵建屋をはじめ排水処理設備や換気集じん設備などを設置し、輸送についてはフレコンバックでの密閉梱包など、環境に十分配慮したものとした。

ダイオキシン類のような毒性の高い土壌汚染物質を扱う場合、作業員の健康影響のリスクを低減させるこ

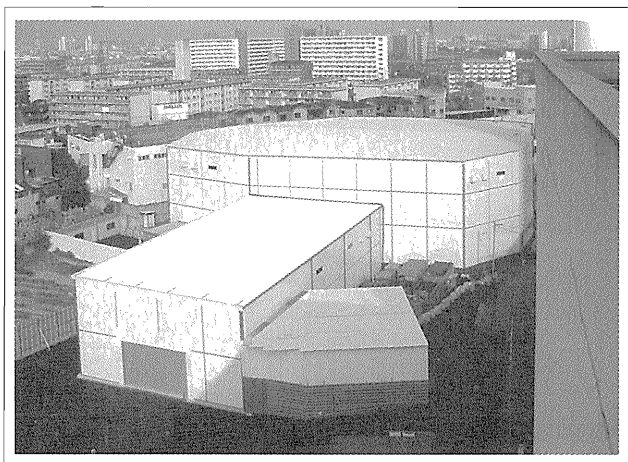
とは重要な課題である。防塵建屋内での作業はダイオキシン類対策特別措置法で定められた第2管理区域でのレベル2、3の保護具を着用して行うが、視界が狭く、作業者間のコミュニケーションに支障をきたす。また、夏季における高温時の作業は安全面、作業効率に影響があり、長時間の連続作業は困難であった。

こうしたことから、汚染土壌掘削の一部に無人化施工システムを試験的に適用し、狭隘な屋内での有効性の検証を行った。

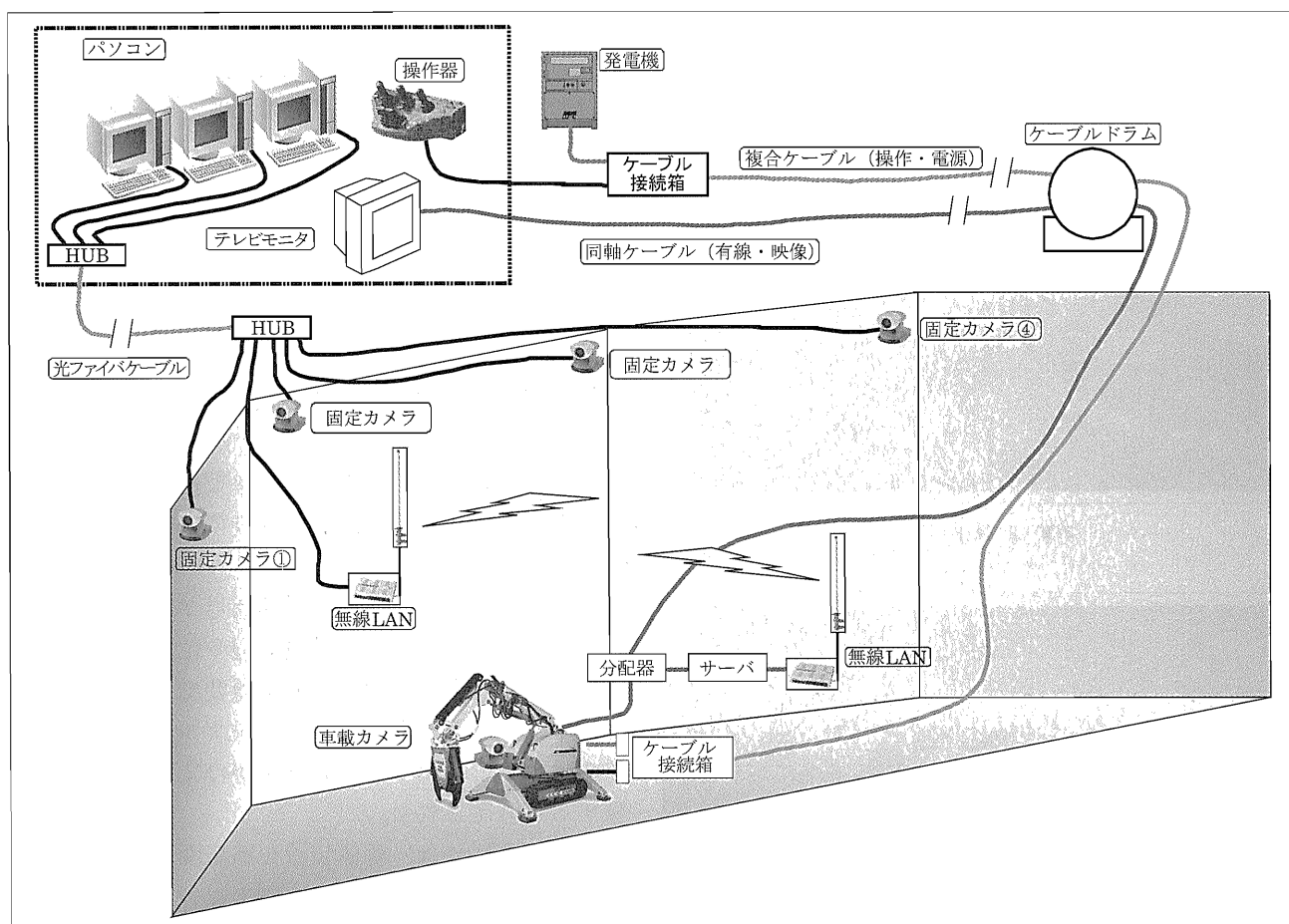
2. システムの概要

システム概要を図—1に示す。システム構成は、電動油圧ショベルとその操作器、電源、車載カメラ、固定カメラ、映像伝送用無線LANから成る。電動油圧ショベルには、スウェーデン製の遠隔解体装置（0.08 m³ バケット付き）を使用した。同装置は、有線・無線による遠隔操作が可能で、電動・油圧駆動のため排気ガスがなく、騒音も少ないという特長がある。したがって、引火物持込み禁止現場や閉鎖された現場に有効である。今回のシステムでは電源ケーブルに複合ケーブルを使用し、電源と装置操作信号を1本のケーブルで伝送することとした。

電源・操作ケーブルのほかに、ユーティリティケーブルがあり、装置に取付けたセンサやカメラの映像伝送用として使用される。今回、劣悪な電波環境になると想定されたため、装置に取付けたカメラ映像を、無線LANによる無線伝送とユーティリティケーブルに



写真—1 防塵建屋全景



図一1 システム概要

よる有線伝送の2系統に分岐して行った。

一方、現場状況をモニタする映像は、この解体装置に搭載したカメラの他に、仕切り鋼矢板の切梁に設置した4台の固定カメラ（作業に応じて2～3台を選択）を使用した。この固定カメラと無線LANの映像の伝送は、光ファイバケーブルを用いて行った。

3. システムに加えた工夫と効果

システムの導入にあたり、いくつかの想定された課題に対して工夫を行った。ここでは、主な3点について述べる。

（1）カメラの配置

施工機械はモニタを見ながら操作するが、1台のモニタだけでは奥行きといった遠近感がつかみにくいため、正面と側面の最低2方向の映像が必要となる。しかし、当現場は仕切り鋼矢板で囲まれた狭隘な施工場所、トンネルの掘削のように前方に進んでいくため側面からのカメラ映像を得ることが困難である。そのうえ、掘削対象や仕切り鋼矢板および切梁と解体装置の位置関係の把握が難しく、施工性低下の要因になる

と想定された（写真—2、写真—3）。

そこで、掘削地山までの距離を把握するために、写真—4のように掘削場所から3mほど高い場所に固定カメラを設置した。位置関係は非常にわかりやすくなったが、切梁や作業通路の直下での作業では、想定した以上に死角ができ掘削作業自体の効率向上としては十分ではなかった。

こうしたことから、当現場では上方に設置したカメラの映像と、解体装置位置を挟んで左右斜め後方向に1台ずつ設置した固定カメラの映像を使用して掘削作業を行った。

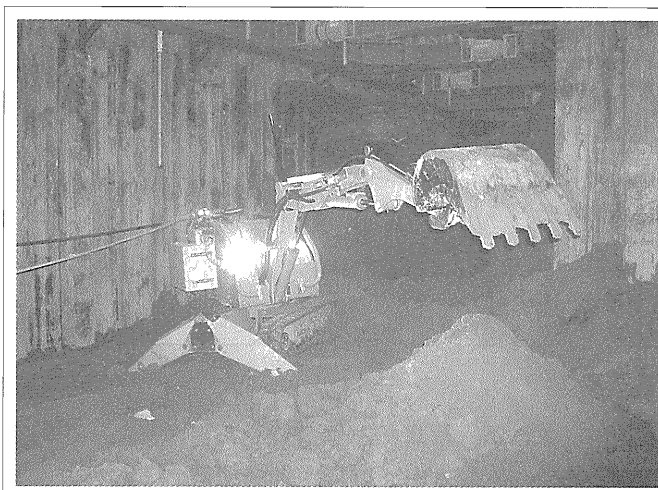
（2）劣悪な電波環境

これまで五洋建設株式会社では建物や山間部の渓谷などに囲まれた環境を想定して無人化施工の実用化に取り組んできた。しかし、今回の掘削現場は仕切り鋼矢板および切梁で囲まれた、複雑な形の鉄箱の中で無線伝送を行う必要があり、これまで以上に電波障害が懸念された。そこで、車載カメラの映像を無線と有線の2系統で伝送し、無線障害による作業の中断を軽減し作業効率の低下を防止した。

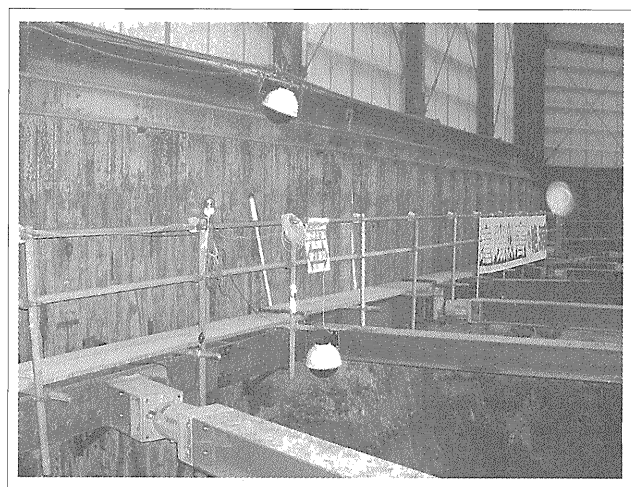
劣悪な電波環境では、ダイバシティアンテナやロー



写真—2 操作状況



写真—3 掘削状況



写真—4 固定カメラ設置状況

ミングといった機能が有効である。当現場においても、特定のエリアにて装置巡回時や走行時に映像が停止する現象が確認され、このような場合には、解体装置の姿勢を変えたり、アンテナを移動することで映像伝送

の不具合を解消することができた。

伝送遅延については有線伝送と比較した。無線LANで伝送できる映像は秒間30フレームである。今回のシステムでは、安定した無線伝送の状態において、この秒間30フレームのフレーム間隔に依存する程度の体感的な遅延はあるものの致命的な遅延はなかった。

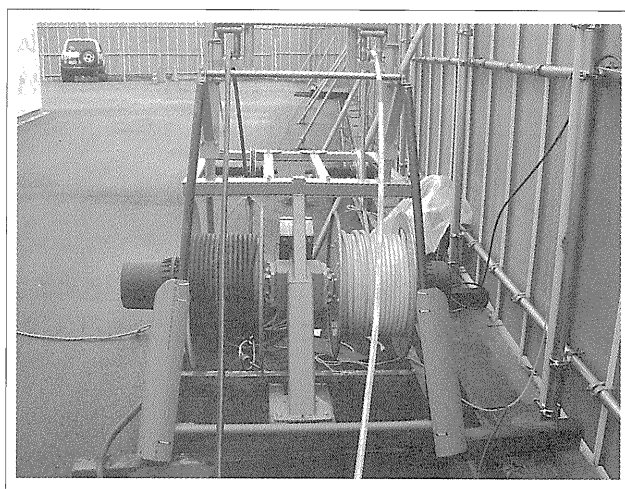
(3) ケーブル養生

操作室で作業中に監視する映像は、

- ・車載カメラ、
 - ・作業場所の固定カメラ（奥行き把握）、
 - ・作業場所全体を見る固定カメラの映像、
- である。

解体装置には電源および操作信号ケーブルが接続されており、特に稼働する重機周辺や仕切り鋼矢板端部でのケーブル布設状況の把握は重要である。しかし、作業中に、装置から電源間のケーブルをすべて監視するのは困難で、ケーブルの養生が作業効率に大きく影響すると考えられた。

今回の現場では、解体装置を地表面より低い位置に設置して掘削を行うため、切梁上に一定のテンションをかけたケーブルドラム（写真—5）を設置し、常に解体装置の後方にケーブルを引いておくことにした。これによって、ケーブルに関するトラブルはなく試験施工を終えることができた。



写真—5 ケーブルドラム

4. 土壌汚染対策への適用に向けて

今回の試験導入では、狭隘な場所、屋内、低照度環境など、ニューマチックケーソン施工現場に似た環境での施工を行った。これらをもとに今後、土壌汚染対

策への適用に向けて必要とされる事項についてまとめる。

(1) 施工位置の把握

車載カメラを設置しただけでは、解体装置の正確な位置、既設構造物との位置関係の把握は困難である。今後は、レーザー式スキャニングによる測位方式の適用などリアルタイム測位技術の構築が必要である。

(2) 無線環境の改善

今回導入したシステムでは、掘削エリア全域で安定した無線伝送を行うことができなかった。さらに、施工機械を円滑に操作するには低遅延、高速伝送技術が必要で、今後これらの機能をクリアできる技術開発が望まれる。

例えば、伝送エリア拡大の対策としては、デュアルバンド無線 LAN やアクセスポイントを必要としないアドホック技術がある。遅延対策としては、高品質、小容量の画像を得るための映像圧縮技術がある。また、安定した無線伝送を確保するための対策として帯域保障技術などが考えられる。

(3) カメラ、照明の改善

切梁の下部を掘削する場合、掘削地山や作業状況確認のために蛍光灯を使用した。肉眼では十分な照度であっても、カメラを通した映像ではハレーションが確認された。

現場状況を正確に把握するための最適なカメラの選択、照明（赤外線など特殊な光源を持つ照明の採用）、フィルタなどによる認識性の改善が必要となる。

(4) 機器の脱着・メンテナンスの簡素化

解体装置の故障・メンテナンス時は、人が防護服を着用して機器の脱着・交換作業が行えるように機器の脱着・メンテナンス作業の簡素化が必要である。

5. おわりに

今回の試験導入では、焼却施設や原子炉施設の解体

を想定した無人化施工の要素技術として、移動する施工機械の位置と周辺の把握、無線伝送の安定について検証した。

屋内の作業場所を映像でみると、色彩に乏しく、壁など単調な構造物が連続しているため、施工位置や対象物までの距離感がつかみにくい。今後は屋内での測位技術、情報化施工について取組んでいきたい。

無線 LAN は、従来の無線に比べてノイズに強く、大容量伝送ができるためオフィスや家庭を中心に普及した。施工機械の遠隔操作には、高品質の映像伝送とリアルタイム性が必要不可欠であり、さらなる高速・大容量化が必要である。今後、こうした技術動向を吟味して、無人化施工における安定した伝送ネットワークシステムを提案していきたい。

無人化施工を汚染区域に適用した場合、以下の有効性が挙げられる。

- ① 作業環境の改善、人体への影響リスクの軽減などが図れる。
- ② 現場環境に左右されることなく施工機械の遠隔操作が可能となる。
- ③ 作業時間が制限される劣悪な現場ほど、安定した作業時間の確保が可能であり工期に大きく貢献できる。

今後は、さらなるシステムの高度化を推進するとともに作業性と安全性が確保される技術として危険箇所工事での本システムの適用を提案していきたい。

謝 辞

試験導入にあたり現場を提供していただき、施工ノウハウについてご指導いただいた大阪市環境事業局の方々にお礼申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

杉本 英樹（すぎもと ひでき）
五洋建設株式会社
技術研究所
施工技術グループ
課長



ずいそう

昔話になった私の趣味

白 熊 太 郎



最近、地球がおかしくなってる気がします。インドネシア・スマトラ沖地震の記憶がさめないうちにパキスタン地震にてインドと合わせると地震の死者が5万人を超えた。日本でも昨年10月に新潟県中越地震があり、山古志村は壊滅的な被害を受けた。最近（10月16日、19日）も茨城近辺を震源にした地震が頻繁に起きてます。日本も地震の稼働期に入ったような話もあり心配です。

アメリカではハリケーン「カトリーナ」によりジャズで有名なミシシッピ州が甚大な被害にあった。ちなみに、アメリカなど中南米にて起こるとハリケーン。日本・アジアなどの太平洋では台風（typhoon）。インド洋などその他はサイクロンと呼ぶそうです。ハリケーンの名前は6年周期で同じリストが使われる。ハリケーン・アンドリューなどの大きな被害を与えた歴史に残るようなものは、二度と使われることなく、新しい名前がリストに加えられるそうです。今年の「カトリーナ」も二度と使われる事がないのでは？

日本では昨年は10個の台風が上陸した。平均は2〜3個ですから異常に多い訳です。今年も20個以上の台風が発生していますが、上陸は3個です。平年並みに落ち着いたのか、それなら一安心ですが。

異常な事は、身近でも起きてます。サソリがいたり、川にはピラニアがいたり、ワニまでいる。原因は、大方、飼い主が飼いきれなくて捨てたものと思われる。

前置きはこのくらいにし、このようなことが私の趣味に大きな影響があります。

皆さんも、いろいろな趣味をお持ちだと思います。ゴルフ、カラオケ、将棋、囲碁等々。私はヘラ鮎釣りが趣味でした。あえて「でした」と過去形にさせていただきました。

私のヘラ鮎暦は、20数年前に東京に転勤してからになります。

当時は、茨城の横利根や、霞ヶ浦、荒川、富士五湖などなど有名な釣場が沢山ありました。ある日、小雨降る日に横利根に初めて行った際に、釣り人が傘を差しながらヘラ鮎釣りに夢中になっておりました。赤や黄色や青など、傘の鮮やかな色が今でも目に焼き付いています。ヘラ鮎釣は、道具も素晴らしく、趣きがあり

ます。竿は勿論、竿置き、ビク、タモ、ウキなどなど。釣れなくても、道具をセットするだけで心が安らぎます。

ヘラ鮎釣りは、目の前に見える細いウキの動きだけに神経を集中し、何も考えずに、ただひたすらウキを見ております。ウキが動いたかどうか分からないようなアタリに合わせて釣れた時は最高です。グイグイ引くあの手ごたえが今でもいまでも右腕に残っております。

私は秋田県出身です。秋田の湖と言えば八郎潟です。ヘラ鮎の乗っ込みは春です。丁度ゴールデンウィークの時期です。以前は毎年、田舎へ帰るのが楽しみで、毎年帰郷し滞在中は毎日、八郎潟に出かけてました。広い八郎潟のヘラ鮎は、誠に力強く、引き応えは最高です。時には100匹以上の釣果の時もあり、肩が痛くなるくらい釣れました。

ところが、10年ぐらい前くらいから釣れなくなり、ここ数年は釣り人もいない有様です。原因は、ご想像の通りブラックバスの繁殖によるためです。ブラックバス釣りが趣味の方は気を悪くなくさらないでください。ここ数年は八郎潟では勿論、ヘラ鮎釣り自体行ってません。それゆえ、「趣味でした」と表現させて頂きました。

ブラックバスも当初はアメリカから輸入され、限られた湖に放流された。芦ノ湖や山中湖などに。それで釣りを楽しんでいた。しかし、密放流が全国に横行し、従来、生息していた小鮎、ワカサギなどが激減、漁業問題にもなっている。八郎潟もその被害にあった。

無責任なペット愛好家の人達により、近い将来、川にはピラニアやワニ、砂場にはサソリ、森にはアライグマなどが生息し、子供達がおちおち外で遊べないような事にならないか心配です。最近は、野釣りが出来る湖沼が全国的に少ない。もう一度でいいですから、自然が一杯の八郎潟で肩が痛くなるだけヘラ鮎を釣ってみたいものです。もう、無理かな。

ペットを飼いましたら、最後まで責任をもって頂きたいものです。自然を乱さないためにも。

ずいそう

「愛・地球博」閉幕によせて

鈴木 千亜希



「愛・地球博」が惜しまれつつ閉幕してから、二カ月近くが経ちました。長久手・瀬戸の会場も、現在は晩秋の静けさの中にあります。会場内の木々も紅葉して、中々の色合いです。今が開催期間内であれば、海外からの来場者にも、日本の四季の美しさをアピールできたのにと、残念に思う程でした。その美しい自然の中に残された展示施設やグローバルループ（空中回廊）は、今静かに佇んでいます。まるで長い夢の跡のような寂しさです。

施設の解体作業は、これから本格化していきます。会場が新しい姿に生まれ変わるのも、そう先の話ではありません。

弊社では、会場の造成工事・長久手日本館、それと株式会社電通殿担当の大地の塔（名古屋市館）を施工いたしました。

会期中は台風が接近するたびに、施工物件の無事を全員で祈りました。集中豪雨で、造成した部分が崩れる事はないだろうか。政府館の木造構造や竹の籬も、想定を超えるような強風が吹いたらどうしようか。現場担当者は素より、名古屋支店としても、緊急連絡体制を取り、不測の事態に備えていたのです。

幸いな事に、会期中に大きなトラブルは無く、胸を撫で下ろしました。

さて、「自然の叡智」という博覧会のテーマに対して、私達にはこれから何ができるのでしょうか。私が所属している建設業界は、世間から悪役というレッテルを張られているように思えます。自然の力に対して戦いを挑むという姿勢のままでは、そのイメージを変える事はできません。「自然の叡智」を理解して協調する事でしか変える事はできないのかもしれませんが。

しかし、自然のメカニズムは複雑で、私達はその極一部を知っているのにすぎません。自然と協調すると簡単に言っても、実行するのは大変困難です。

例えば、現在の海に近い都市は、ほとんどが扇状地に発達しています。扇状地は、川により土砂を供給され、大きくなってきました。しかし都市化がその自然の動きを止めてしまいました。扇状地を都市という形

で固定してしまったからです。川やダムは滞砂に溢れ、海への土砂の供給が減り、場所によっては海岸そのものが消失の危機に曝されています。この悪循環をどこかで断ち切らなければなりません。

ところが最近の大型土木工事に対しては、特に負のイメージばかりが先行しています。現在、槍玉に挙げられているダムにしても、「水」の問題だけで語られるのは大変残念な事です。「川」の機能をもう一度見直し、「山・川・平野・海」をもっと総合的に議論してほしいと切に願っています。

もっと小さい個人のレベルではどうでしょう。自分で出来る事といえば、省エネルギーやリサイクルに協力する事です。

移動には、なるべく環境負荷の少ない手段を選択する。空調の温度はこまめに調整する。電気製品はこまめにスイッチを切るように注意する。私も実際に意識はしています。リサイクルは牛乳パックやトレイ・ペットボトルの回収に協力する事です。

でも最近少し考えてしまいます。リサイクルに使用するために、日本全国で牛乳パック等を家庭で洗浄するとしたら、どれぐらいの環境負荷があるのだろうか？ ビンをリサイクルして一括洗浄した方がいいのでは？ トレイを洗浄するより、昔のように紙包みにして焼却した方がいいのではと思ってしまいます。最近販売されている無洗米も、とぎ汁を無くしたいとの思いから開発されたと聞きます。

「自然の叡智」を理解して、循環型社会に生きようとするためには、大から小までもっとよく考えていかなければならないようです。「人類の叡智」は常に「自然の叡智」を先生にしてきたはずです。私は先人達の成果を正当に評価し、謙虚に反省できるような目を養いたいと思います。

自分に何ができるのか、大変な宿題を「愛・地球博」から貰ってしまったようです。

JCMA 報告

九州電力株式会社小丸川発電所上部 発電所調整池における IT を用いた 施工及び工事現場見学会

機械部会路盤舗装技術委員会

2005年9月15日～16日、宮崎県児湯郡木城町において約50名が参加した九州電力・小丸川発電所上部発電所調整池の情報化施工（IT 施工）見学会が開催された。

台風14号の猛威から1週間後の宮崎は好天に恵まれた。見学会の一行は2台のバスに分乗し紅葉にはまだ早い9月

16日、黄土色に濁った流木の傷跡も生々しい小丸川の土手に沿って、秋の真赤が映える彼岸花（写真—1）を左岸に見ながら橋を左折してまもなく、九州電力株式会社小丸川発電所事務所に到着した（写真—2）。

1. はじめに

現地のもようを紹介する前に、初日（15日）にホテルにおいて小丸川ダム報告会を福川光男・本協会路盤舗装機械技術委員長の挨拶により開会した。挨拶の中で福川委員長は「今後の土木改革はITが主体となる、小丸川ダム工事はその先鞭となった」と今回の趣旨にふれた。次に国土技術政策総合研究所情報基盤研究室・上坂克巳室長から「情報化施行は脱3Kにも繋がる、今年度6現場を試行後平成19年度には本格的に運用することになる」と挨拶された。

2. 報告会の内容

工事概要の説明を九州電力上部ダム・穴井幸康チーフより行われた（写真—3、写真—4）。



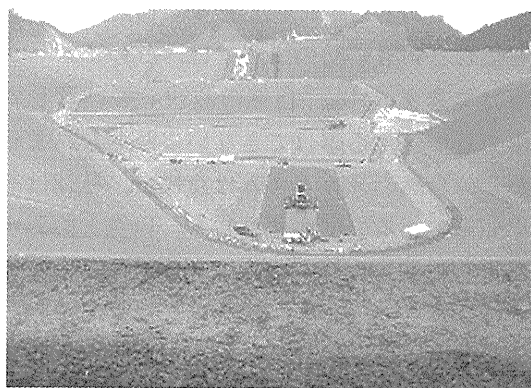
写真—1 野辺に咲く彼岸花



写真—3 穴井チーフによる報告



写真—2 小丸川発電所事務所



写真—4 小丸川上部調整池全景（貯水 620 万 m³）

(a) 小丸川発電所及び上部調整池工事の概要

- ①平成 11 年 2 月着工～同 17 年現在、斜面舗装部分まで約 80% 終了している。
- ②大型土木工事で原石切盛りの混在作業である（掘削量 670 万 m^3 、盛立て量 450 万 m^3 ）。
- ③全面アスファルト表面遮水壁型調整池（国内最大級・舗設面積 30 万 m^2 ）である。
- ④規模として貯水量 620 万 m^3 、純揚水式出力 120 万 kW 発電設備を持つ。
- ⑤平成 18 年 5 月湛水開始に向け工事を進めている。

(b) IT 施工・工事管理システムの全体概要及び工事データ管理システム

- ①九州電力とダム JV は互いの IT の共有化を図り、施工及び工事管理の省力化、高度化、品質向上を容易に行う。
- ②発注者は「GIS を用いた工事データ管理システム」による管理と運用を図る。
- ③施工者は「3D-DAM CAD データ」ダム設計施工システムにより、データの一元管理と 3 次元図形処理を実施した。

(c) IT 土木工事管理システム

- ①設計土木シミュレーションにより、3 カ月に 1 度の見直しによる設計の高品質化。
- ②GIS 管理によりデータ電子化により過去の情報を見直せる。
 - ・層構造はボーリング点をクリックすると柱状図を表示する。
 - ・地下水位の層状管理で雨量と水位量の関係が将来の情報となる。
 - ・レーン毎に吸水率、材料、温度、密度、プリスタリング分布がいつ、どこになど、Excel での管理図としてファイル化された。

続いて IT 土木管理システムを鹿島建設機械部技術グルー

プ・植木睦央次長が説明された。

(a) IT 土木管理システム

このシステムは 3 次元 CAD を中心に、IT 施行システムを融合させた運用を行った。

①ダンプトラックナビゲーションシステム

ダンプトラックに取りつけた S-GPS から位置情報を把握、ドライバが岩種の変化を入力し掘削→盛立て土→捨て土の管理を行うため、リアルタイムに出来高管理ができる。

②3D-NAVi システム（3 次元位置誘導システム）

・3D-MC システム（3 次元マシンコントロール）

設計 3 次元データを RTK-GPS（Real Time Kinematic Global Positioning System）での 38 t 級ブルドーザの高精度な仕上げと、自動追尾型トータルステーション（TS）で斜面曲線部の 3 次元位置を検出して、15 t 級ブルドーザの材料の撒出しを行う。全く丁張りを必要としない 2 つのシステムである（写真—6）。



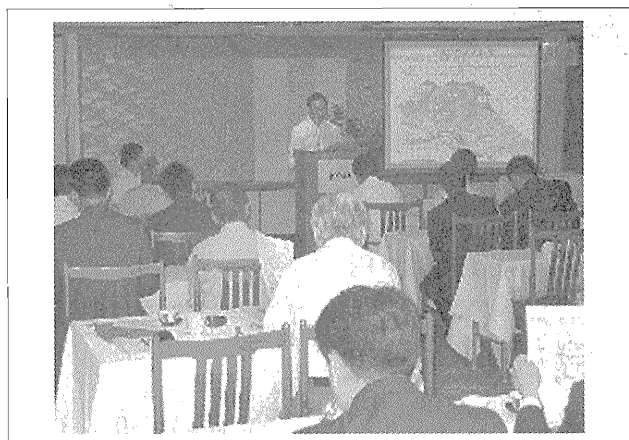
写真—6 GPS 装着ブルドーザ

・RTK 測量

カーナビゲーションと同じ方法で基準点から測点を割出し、画面にプロットされる検査はワンマン化で時間と工数が大幅な省力化となった。



写真—7 レーザ誘導式自動操舵アスファルトフィニシャ

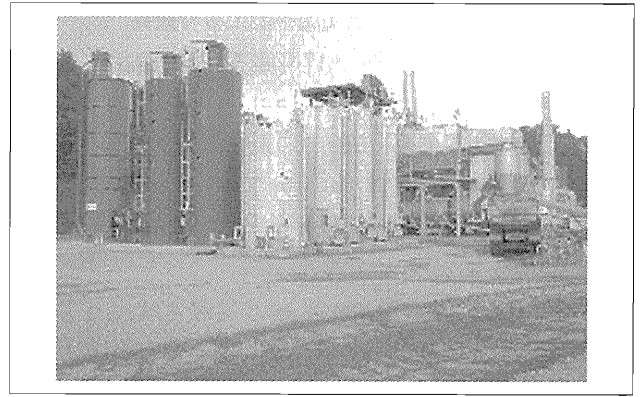


写真—5 熱心に聴講する参加者

③締固め管理システム

転圧ローラに RTK-GPS を取付け、転圧回数情報を表示し転圧実績密度管理を行う（写真—7）。

以上の多様なマシンコントロールシステムの解説から、IT 化を図ることにより的確さと過ちの度合いの把握方法は画面上に明示され、維持管理情報を残すことにより医療検査の MRI などと同じく早期に対応を図れる。さらにこのシステムの導入は人と重機が隔たる事により、安全かつ正確さが推進されると確信した。



写真—8 アスファルトプラント 1号, 2号

3. 現場見学会

ダム事務所から蔦折りの道を登りつめ標高 810 m に位置する上部ダムに到着した。昨日説明を受けた土工事は概ね終了しており斜面と底面舗装が佳境に入っていた。

2 班に分かれてダム、アスファルトプラント（写真—8）とマスチックプラント、RTK-GPS 装着ブルドーザの説明を受けた。工事規模の大きさに圧倒されたが舗装の様子は整然としていた。

現場で見ることが出来なかった事は残念だが、施工状況はダイナミックであったことと想像できる。

前回の IT 施工見学会で拝聴した特別講演から 2 年経ち、その成果をつぶさに見ることができたことについては、協賛頂いた企業の皆様には多大な感謝の意を表します。

当協会として情報化施行開発を見極め、さらに普及導入の活動を進める考えである。

（機械部会路盤舗装技術委員会・渡邊 充）

4. 終わりに

今回の見学会で報告を受けた情報化施行機器の多くを、

現場技術者のための

建設機械整備用工具ハンドブック

- ・建設機械整備用工具約 180 点の用語解説と約 70 点の使い方を収録。
- ・建設機械の整備に携わる初心者から熟練者まで幅広い方々の参考書として好適。

■ A 5 判 120 頁

■ 定 価：会 員 1,050 円（消費税込）、送料 420 円

非会員 1,260 円（消費税込）、送料 420 円

社団法人 日本建設機械化協会

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

CMI 報告

コンクリート構造物の断面修復に 用いる補修材料の性能評価

谷倉 泉・設楽和久・三浦康治

1. はじめに

これまでコンクリート構造物は永久構造物として十分な耐久性があると考えられていましたが、近年、塩害、中性化、凍害、アルカリ骨材反応等によるコンクリート片の剥落などの変状が一部のメディアでも報じられるようになってきました。

このうち、塩害のように塩化物イオンが鉄筋位置まで侵入して鉄筋腐食を生じ、それに伴うひび割れが著しい場合や、かぶり厚以上に中性化が進んで同様の変状が生じている場合には、ひび割れ補修を行っても十分な耐力の回復は望めないため、鉄筋背面までウォータージェット工法でコンクリートをはつり取った後、ショットクリート（吹付け）工法等により断面修復する方法が効率的で確実です。このような断面修復工法は、日本コンクリート工学協会発行の「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」においても、耐久性能を回復もしくは向上させる効果的な補修工法の一つとして記述されています。また、最近、土木学会より「吹付けコンクリート指針（案）〔補修・補強編〕」が〔トンネル編〕と〔のり面編〕と一緒に出版されており、吹付け工法による断面修復工法が注目されてきています。

本報告では、劣化コンクリートに対する耐久性の高い補修技術を確立することを目的として実施した、はつり後の断面修復に使用する吹付け材料及び吹付けシステムの性能評価手法に関する調査、試験、研究成果を紹介します。

2. 吹付けによる断面修復技術とその性能評価

（1）概 要

断面修復工法は、コンクリートの劣化部分を除去した後

の断面や、既にかぶりコンクリートの剥離や剥落によって生じている欠損断面に対し、コンクリートやポリマーセメントモルタル等の断面修復材によって従前の断面に修復する工法であり、表面含浸、表面被覆と同様にコンクリート構造物の表面保護工法の一つです。

従来の断面修復は壁高欄補修等の小規模断面に適用されていましたが、最近では塩害で劣化したRC中空床版やPC橋、橋台、橋脚等の補修に用いられているように施工規模が大規模化してきています。大規模で上向きや横向きで施工する場合には、従来の左官や打込みによる施工と比較して、型枠が不要で、上向き・横向きの急速施工が可能な吹付け工法が適していると考えられます。

吹付け工法については NATM に代表されるようにトンネルの覆工技術として 30 年以上も前から利用されてきていますが、橋梁等の構造物へ適用するにはコンクリート表面の下地処理や使用材料、施工システムおよび規模など、多くの面でそのまま転用できるものではありません。また施工の効率を高め確実に施工を行うため、劣化部分の除去は従来のブレーカによる施工からウォータージェット工法が主体となり、断面修復の施工方法においても従来の左官工法や打込み工法に加えて、湿式や乾式モルタルの吹付けによる施工が採用されてきています。しかし、多種多様の材料や工法の組合せによって構成される断面修復工法の評価については、断面修復材の品質規格が仕様として規定されているのみで、その要求性能や性能評価手法は確立されていませんでした。

そこで、良質の材料を用いて吹付けによる断面修復を確実に行うため、構造物や材料に求められる性能を踏まえ、これらを適正に評価する方法を検討しました。

（2）断面修復材の要求性能と性能評価方法

断面修復材の要求性能は、次の 3 つに整理できます。

- ①力学的性能（圧縮強度、弾性係数など）、
 - ②断面の修復に特有な性能（付着強度、ひび割れ抵抗性、鉄筋背面への充填性など）、
 - ③耐久性能（遮塩性、中性化抵抗性、凍結融解抵抗性など）
- 力学的性能や耐久性能は、通常のコンクリート構造物と同様の性能として断面修復材に要求されますが、断面修復に特有な性能は次の理由により規定しています。

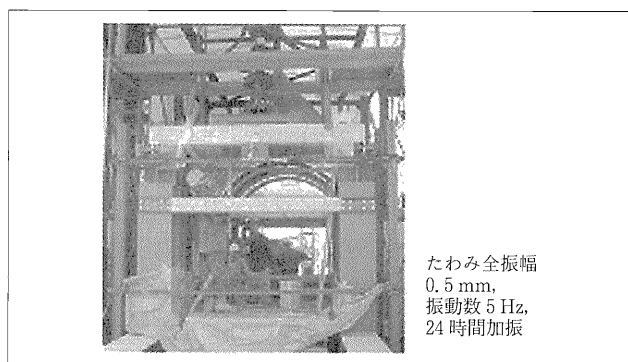
付着強度は、断面修復材と既設コンクリートとの確実な一体化のために必要です。また、断面修復材は、既設部材との材齢差が大きいため、乾燥収縮、自己収縮等の影響で、有害なひび割れや剥離を生じる可能性があり、ひび割れ抵抗性が要求されます。さらに、既設コンクリートの劣化状態に応じて鉄筋の裏側までのはつり取って断面修復するため、断面修復材が鉄筋背面まで確実に充填される性能が要求されます。

さらに現場では、上向きや横向きなどの施工方法や供用下での振動の影響など、実際の施工条件も考慮する必要があります。

基本的な力学的性能と耐久性能を評価する試験方法は、概ね現行基準類で行えますが、試験体の作製方法は、吹付け施工した後のコア抜きなど、材料特性を考慮することとしています。断面修復で要求される付着強度やひび割れ抵抗性、鉄筋背面への充填性については、性能評価方法として現行の試験方法で準用できるものではありません。これらについては海外の基準等も参考にして新しい試験方法を研究してきました。これらの試験方法の特徴は以下のとおりです。

(a) 振動下での床版下面への吹付け試験

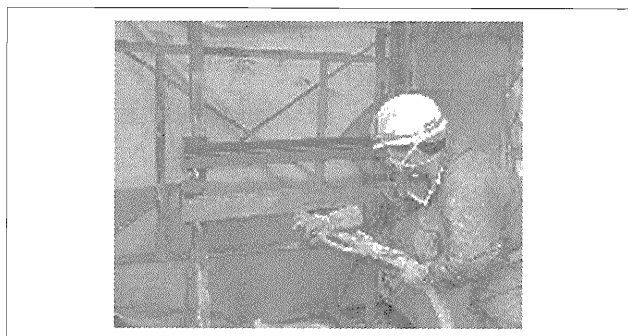
供用中の橋梁に対して吹付け施工が可能であるかどうかを評価する目的で、繰返し载荷中の試験体に対して吹付け施工を行うものです。写真—1に示す形状の試験体を上方に設置し、油圧サーボ式の载荷装置を用いて、強制振動を与えた状態の試験体に、下面から吹付け施工により、コンクリート除去部の断面を修復し、施工後も24時間継続して振動を与えます。そして施工の可否は、はがれや剥落の有無により、また硬化後の既設部材との付着強度は28日後に確認して評価します。



写真—1 振動下での吹付け試験

(b) ひび割れ抵抗性試験

硬化した断面修復材に有害なひび割れを起こさないことを評価する試験は、写真—2に示す長さ1mの鋼製三角形

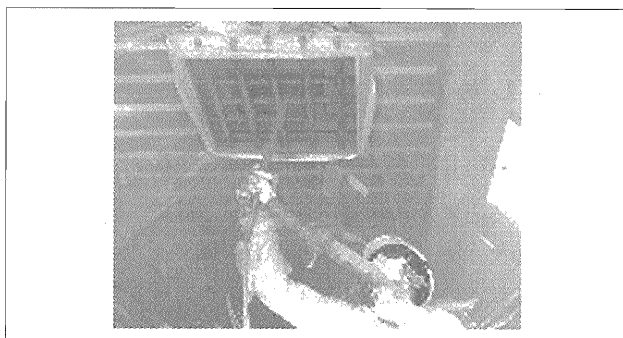


写真—2 ひび割れ抵抗性試験

断面型枠を用いたひび割れ抵抗性試験です。試験は、三角形型枠に吹付け施工した試験体において、型枠による拘束によって発生するひび割れに着目し、ひび割れ発生の有無、ひび割れ本数、最大および平均ひび割れ幅および発生時期、浮き面積等により判定するものです。幅0.05mm未満のヘアクラックは耐久性に及ぼす影響が少なく、無視できることとしています。

(c) 鉄筋背面への充填性試験

断面修復材の鉄筋背面への充填性を評価する試験は、写真—3に示すように、鉄筋と型枠の間隔を数段階変化させた型枠に、上向きで吹付け施工し、硬化後に試験体を切断して、鉄筋背面への断面修復材の充填状況を確認するものです。ノズルマンの技量が未熟であったり、材料の性能が悪い場合には空隙が生じる場合があります。



写真—3 鉄筋背面への充填性試験

3. おわりに

断面修復が耐久性の高い補修工法として確立されるためには、材料の品質だけでなく吹付けを行うノズルマンの技能も非常に重要と考えています。材料や工法、機器の技術開発と合わせて人材の育成が望まれます。

社会資本ストックとしてのコンクリート構造物は、その量が膨大であることから、補修関連技術の重要性はますます高まるものと予想されます。当研究所におきましては、コスト削減をはじめ、多様化、高度化する多くの要求に柔軟に対応し、さらなる技術革新に貢献していくため、より一層の努力を重ねていきたいと考えています。 J C M A

【筆者紹介】

谷倉 泉（たにくら いずみ）

社団法人日本建設機械化協会

施工技術総合研究所研究第二部次長

設楽 和久（しだら かずひさ）

社団法人日本建設機械化協会

施工技術総合研究所研究第二部次長研究第二部主任研究員

三浦 康治（みうら こうじ）

社団法人日本建設機械化協会

施工技術総合研究所研究第二部研究員

新工法紹介 広報部会

04-284	翼推進工法	銭高組
--------	-------	-----

概要

近年大都市圏の地下ではインフラストラクチャが整備されガス、水道、下水道等の埋設管や地下鉄等の構造物が輻輳し、新たな管渠の敷設が困難な状況になっている。翼推進工法は埋設物間のクリアランスを通過し、必要な断面積を確保するものである。矩形断面掘削機は一般に掘削機を中心を回転中心としたカッタで切削するため、正方形に近い形状となる。そのため扁平率が大きい場合その対応は困難である。

翼推進工法は、一対の翼形カッタヘッドを揺動することによって、大きな扁平率の矩形断面に対応できる泥土圧推進工法である。

翼推進機は、推進工法およびシールド工法に適用できるもので、左右一対の翼形状のカッタヘッドが、車に取付けであるワイパーのように往復揺動することによって矩形、円形、楕円形など様々な形状の都市トンネルの構築を可能とする(図-1)。また、中折れジャッキを装備して方向制御を容易とした。掘進機(翼推進)の断面図と写真を図-2、写真-1に示す。

特長

翼推進機の特長として次の事項が挙げられる。

① 様々な断面形状に適用が可能

翼推進機のカッタは、トンネル断面の輪郭線に倣う形状の輪郭部を持っている。輪郭部にはカッタビットが配列されており、下部に未切削部が発生する場合にはコピーカッタを装備する。この左右のカッタが揺動することにより矩形、楕円形および円形等の形状に適用できる。

② シンプルな構造の推進機

翼推進機は、翼形状のカッタを油圧ジャッキの伸縮で駆動させることによって機内はシンプルな構造となっている。

③ ローリング修正

翼推進機はローリング修正用の

可動ソリを取付けローリングの修正を行う。さらにカッタに装備したコピーカッタを単独に制御し下部左右の余掘り量に差を付けることによって、ローリングの修正を行う。

実績

- ・既設污水管と共同溝築造に伴い新設された污水幹線接続工事：仕上 1,500 mm×1,000 mm, 延長 48.15 m

工業所有権

- ・特許出願中

問い合わせ先

(株)銭高組技術本部技術研究所

〒163-1024 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー 24 F

Tel : 03(5323)3861

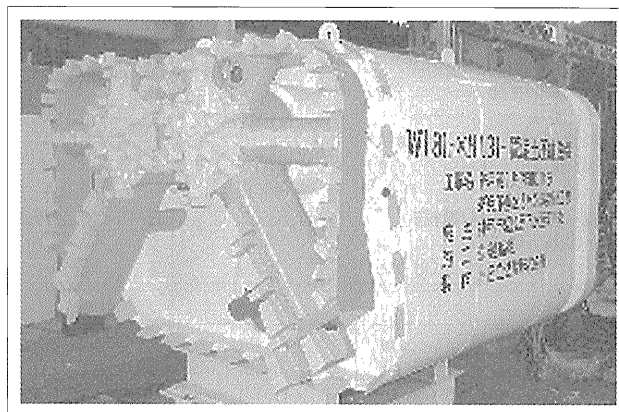


写真-1 掘進機

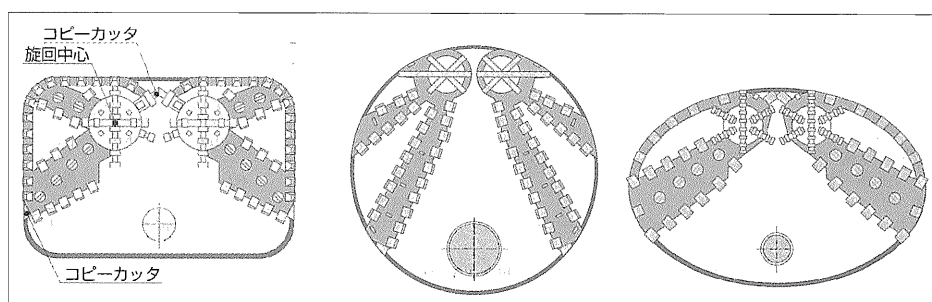


図-1 様々なトンネル形状

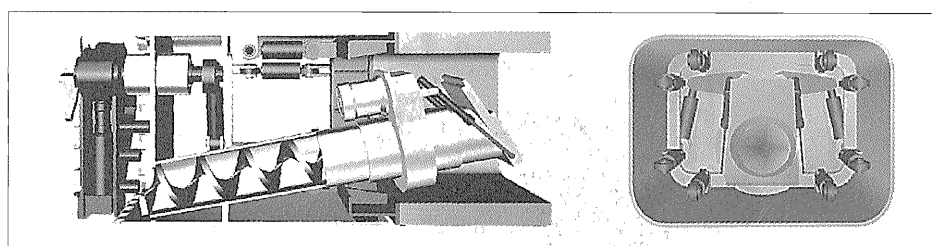


図-2 掘進機の断面図

新機種紹介 広報部会

▶ <02> 掘削機械

05-<02>-11	新キャタピラー三菱 油圧ショベル CAT 345 C ほか	'05.10 発売 モデルチェンジ
------------	----------------------------------	----------------------

新型エンジン搭載による環境対応と耐久性、信頼性、居住性などを向上してモデルチェンジした4機種である。新型のACERT(Advanced Combustion Emission Reduction Technology)エンジン技術は、燃料噴射、吸気/排気、電子制御の3システムで構成しており、吸気エアに排気ガスを一切戻さない方式でPMや硫黄酸化物の生成を抑えて、ピストンリングやシリンダライナなどの摩

表—1 CAT 345 C ほかの主な仕様

	345 C	345 CL
標準バケット容量 (m³)	1.9	2.1
運転質量 (t)	46.5	49.5
定格出力 (kW(PS)/min⁻¹)	239(325)/1,800	239(325)/1,800
最大掘削深さ×同半径 (m)	7.64×11.90	7.50×11.90
最大掘削高さ (m)	10.82	10.96
最大掘削力 (バケット) (kN)	261	261
作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)	4.90/3.77	4.90/3.77
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.4/3.5	4.4/3.5
登坂能力 (度)	35	35
接地圧 (kPa)	86.1	85.8
全長×全幅(拡幅/縮幅)×全高(輸送時) (m)	11.83×3.34×3.50	11.79×(3.49/2.99)×3.52
価格 (百万円)	38.8	42.9

	365 CL	385 C
標準バケット容量 (m³)	2.9	3.5
運転質量 (t)	68.3	82.7
定格出力 (kW(PS)/min⁻¹)	302(410)/1,800	390(530)/1,800
最大掘削深さ×同半径 (m)	8.39×13.22	8.68×14.02
最大掘削高さ (m)	12.44	13.12
最大掘削力 (バケット) (kN)	297	362
作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)	5.41/4.015	5.87/4.59
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.1/2.8	4.5/2.8
登坂能力 (度)	35	35
接地圧 (kPa)	101	122
全長×全幅(拡幅/縮幅)×全高(輸送時) (m)	13.21×(3.90/3.40)×4.39	14.63×(4.16/3.40)×4.95
価格 (百万円)	55.7	66.7

(注) (1) 碎石仕様を示す。

(2) 345 CL, 365 CL, 385 C の全幅は拡縮式足回り寸法を示す。



写真—1 新キャタピラー三菱「REGA」CAT 345 C 油圧ショベル

耗を減少している。国土交通省の排出ガス対策(2次規制)とEPA(米国環境保護局)およびEUの排出ガス対策(3次規制)に対応しており、電子制御可変スピードファンの採用などによる騒音対策によって、国土交通省の低騒音型建設機械にも適合する。その他、ラジエータとオイルクーラの並列配置、ダブルエレメント・エアフィルタの採用、エンジンと油圧ポンプを隔離するファイヤウォールやエンジン非常停止スイッチの設置などでサービス性、安全性を充実している。油圧システムにおいて走行自動2速、ブーム/アーム再生回路、ワンタッチローアイドルなどを採用し、とくに345 C, 345 CL, 365 CLでは、カウンタウエイト重量アップと後端旋回半径の延長により、各種アタッチメントの装着を容易にしている。旋回クロスローラベアリングやグリス封入式トラックの採用、エンジンオイル&フィルタ交換500 hr, 365 CLと385 Cの3連の作動油カプセルフィルタ(345 Cは2連)の交換1,000 hr, 作動油の5,000 hrに延長などでメンテナンス性を向上し、ヘッドガードキャブにはシートヒータ付きエアサスペンションシートや外気導入エアコンを装備して居住性を控除している。

05-<02>-12	日立建機 ミニショベル(後方超小旋回形) ZAXIS 27 U₂	'05.10 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

掘削能力、走行けん引力などのアップとともに、居住性、安全性、サービス性などを向上してモデルチェンジしたものである。エンジンは国土交通省の排出ガス対策(2次規制)基準値をクリアするものを搭載し、走行装置は負荷により自動的に高速・低速が切替わる自動変速システムを採用している。防音設計によって国土交通省の超低騒音型建設機械に適合し、樹脂部材の材質表示や鉛レス電線の採用で環境保全に配慮している。ROPS/OPG対応の4本柱キャノピとキャブ(エアコン装備)を標準とし、ロックレバーがロック位置の状態でのみ作動できるニュートラルエンジンスタート機構や、旋回パーキングブレーキ、走行パーキングブレーキを標準採用して安全性を向上している。トラックフレームは開口部が大きく、丸みのある構造として泥落ちを良くし、作業機のピン部にHNブッシュ(含油ブッシュ)を採用して給脂間隔を500 hrに延長、ゴムクロー

表—2 ZAXIS 27 U₂の主な仕様

標準バケット容量 (m³)	0.08
機械質量 (t)	2.72
定格出力 (kW(PS)/min⁻¹)	19.7(26.8)/2,200
最大掘削深さ×同半径 (m)	2.62×4.67
最大掘削高さ (m)	4.46
バケットオフセット量 左/右 (m)	0.605/0.740
最大掘削力 (バケット) (kN)	22.6
作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)	1.95/0.775
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.5/2.6
登坂能力 (度)	30
接地圧 (kPa)	27
全長×全幅×全高(輸送時) (m)	4.20×1.55×2.46
価格 (百万円)	3.75

(注) ゴムクローラ、4本柱キャノピ仕様を示す。

新機種紹介



写真－2 日立建機「arc」ZAXIS 27 Uミニショベル（後方超小旋回形）

ラの芯金形状の変更によりシュール端部の損傷に強い構造とするなどメンテナンス性を向上した。また、機器レイアウトの合理的設計、エンジンカバーの上下スライド構造やチルト角度最大 50 度のチルトアップフロア機構の採用などで、メンテナンス作業を容易にしている。

05-〈02〉-13	クボタ ミニショベル（後方超小旋回形） U-008 ほか	'05.10 発売 モデルチェンジ
------------	------------------------------------	----------------------

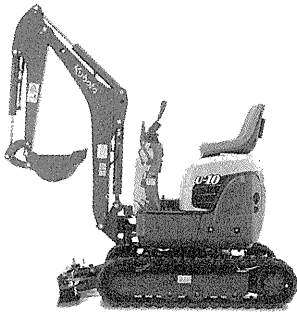
狭所作業性の向上と安全性の強化を図ってモデルチェンジした 4 機種である。U-008 D、U-10-3、U-15-3 S では、レバー操作で伸縮できる可変脚機構を採用しており、狭所進入性と拡幅による作業安定性を確保している。可変脚にともなうブレード幅の変更はピン脱着式固定としている。外つば転輪の採用や足回りの前後の比率を均一化することによりバランスを向上し、走行 2 速の機動性を実現している。ブームシリンダの背面配置とフロントホースやサービスポート配管をブームに内装するなどして損傷を防止するとともに視界性を向上している。市街地における夜間工事に備えて騒音軽減を図っており、国土交通省の超低騒音型建設機械に適合する。また、U-

表－3 U-008 ほかの主な仕様

	U-008	U-008 D
標準バケット容量 (m³)	0.018	0.018
機械質量 (t)	0.87	0.89
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	7.4(10.2)/2,050	7.4(10.2)/2,050
最大掘削深さ×同半径 (m)	1.60×3.12	1.60×3.12
最大掘削高さ (m)	2.775	2.775
バケットオフセット量 左/右 (m)	0.435/0.355	0.435/0.355
最大掘削力 (バケット) (kN)	9.8	9.8
作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)	1.25/0.50	1.25/0.50
ブレード幅×高さ (m)	0.82×0.20	(0.86/0.70)×0.20
走行速度 高速/低速 (km/h)	2.0	4.0/2.0
登坂能力 (度)	30	30
シュール幅/タンブラ中心距離 (m)	0.18/0.90	0.18/0.90
全長×全幅×全高 (m)	2.78×0.82×1.38	2.78×(0.86/0.70)×1.38
価 格 (百万円)	2.016	2.310

	U-10-3	U-15-3 S
標準バケット容量 (m³)	0.022	0.04
機械質量 (t)	0.98	1.57
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	7.4(10.2)/2,050	9.6(13)/2,300
最大掘削深さ×同半径 (m)	1.80×3.38	2.31×3.90
最大掘削高さ (m)	3.055	3.54
バケットオフセット量 左/右 (m)	0.435/0.355	0.385/0.510
最大掘削力 (バケット) (kN)	10.4	15.2
作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)	1.25/0.50	1.425/0.62
ブレード幅×高さ (m)	(0.99/0.75)×0.20	(1.24/0.99)×0.265
走行速度 高速/低速 (km/h)	4.0/2.0	4.3/2.2
登坂能力 (度)	30	30
シュール幅/タンブラ中心距離 (m)	0.18/1.01	0.23/1.23
全長×全幅×全高 (m)	2.985×(0.99×0.75)×1.38	3.575×(1.24/0.99)×2.25
価 格 (百万円)	2.520	2.940

(注) U-008 D、U-10-3 および U-15-3 S は可変脚仕様で、全幅およびブレード幅を（拡幅/伸縮）の書式で示す。



写真－3 クボタ「KINGLEV」U-10-3 ミニショベル（後方超小旋回形）

15-3 S については、同省の排出ガス対策（2 次規制）基準値もクリアしており、環境対応に配慮している。ボンネットはシート部を含めて持上げるフルオープン式とし、ドーザホースは交換が容易な分割式としている。オプション仕様として、欧州の安全対策基準（EN 規格）に適合する CE-Version を用意している。

▶ 〈03〉 積込機械

05-〈03〉-02	コマツ ホイールローダ （産業廃棄物処理仕様車） WA 100 _s	'05.09 発売 応用製品
------------	---	-------------------

扱物および作業環境への対策を入れて仕様設定をしたホイールローダ土工用 WA 100_s の応用製品である。バケット容量を 1.1 m³（土工用は 1.3 m³）とし、ハイリフトアーム装着によりダンピングクリアランス、ダンピングリーチを大きくしている。エンジンは国土交通省、EPA（米国環境保護局）の排出ガス対策（2 次規制）基準値をクリアするものを搭載しており、清掃のために逆転可能な油圧駆動方式の冷却ファンには防塵スクリーンを装着して作業環境への

新機種紹介

表—4 WA 100_sの主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	1.1
運転質量	(t)	8.285
定格出力	(kW(PS)/min ⁻¹)	71(97)/2,000
ダンピングクリアランス×同リーチ	(m)	3.075×0.945
最大掘起力(バケットシリンダ)	(kN)	62
最高走行速度 F_1/R_1	(km/h)	33/33
最小回転半径(最外輪中心)	(m)	4.47
登坂能力	(度)	25
軸距×輪距(前後輪とも)	(m)	2.60/1.78
最低地上高	(m)	0.4
タイヤサイズ	(—)	16.9-24-10 PR
全長×全幅×全高	(m)	6.49×2.34×3.035
価 格	(百万円)	見積

写真—4 コマツ「GALEO」WA 100_sホイールローダー
(産業廃棄物処理仕様車)

対応を施している。また、ファンはリヤグリルと一緒にスイング開閉が可能で、並列配置のラジエータ、空冷アフタクーラ、オイルクーラとともに清掃が容易である。障害物による損傷防止のため、リヤフレームや燃料タンクの強化、トランスミッション・アンダガードやブームシリンダ配管ガードの取付け、フロントフェンダの狭幅化や前照灯取付けブラケットの小形化、回転式サイドミラー採用やテールランプの移設などの対策が施されている。HST 駆動なので高負荷での微速走行が可能であり、エアコン装備の密閉加圧式 ROPS/FOPS キャブとサスペンションシートの採用で居住性にも配慮している。全油圧式密閉湿式ディスクブレーキと湿式ディスクパーキングブレーキを採用しており、塵埃や水による故障の心配をなくしている。

▶ <17> 原動機、発電装置等

05-〈17〉-03	デンヨー エンジン発電機 DCA-45 USI 2	'05.08 発売 新機種
------------	------------------------------	------------------

建築工事、土木工事に使用されるディーゼルエンジン式発電機の新機種である。燃料タンクをエンジンの下に置くなど部品配置の合理化設計により、従来機に比し奥行き寸法を 2.09 m→1.58 m、乾燥質量を 1.23 t→1.10 t として、荷台幅 1.62 m の 2 t トラックへの横向き積載を可能にして他の資機材の積載に余裕をもたせた。アルミラジエータ採用のエンジンは、国土交通省の排出ガス対策(2次規制)基準値をクリアするものを搭載し、ブローバイガスは吸気

表—5 DCA-45 USI 2の主な仕様

定格出力(50/60 Hz)	(kVA)	37/45
定格電圧(50/60 Hz)	(V)	200/220
定格電流(50/60 Hz)	(A)	107/118
単相出力(100/110 V)	(kVA)	6×2/6.6×2
単相電圧(50/60 Hz)	(V)	100/110
エンジン出力(50/60 Hz) (kW(PS)/min ⁻¹)		34.2(46.5)/1,500 41.2(56)/1,800
運転質量	(t)	1.27
全長×全幅×全高	(m)	1.58×0.95×1.55
価 格	(百万円)	3.75



写真—5 デンヨー DCA-45 USI 2 エンジン発電機

に還元して大気中に直接放出しないようにしている。騒音対策により、国土交通省の超低騒音型建設機械に適合し、7 m 周囲騒音は 53 dB(A) を実現している。搭載の交流発電機は 3 相 4 線式・ブラシレスで、モータや整流器負荷に充分耐えるようダンパ巻線を強化している。また、波形歪みが少ないのでインバータ負荷、サイリスタ負荷にも使用できる。外部燃料配管切換えの 2 連式三方弁を装備しているので長時間運転も可能である。操作および運転状況表示のデジタル計器はワンパネルにまとめており、作業を容易にしている。安全装置として、負荷回路の短絡や過負荷から発電機を守る遮断機、エンジンの異常を検知して自動的に停止する非常停止装置や警報灯などを装備している。

▶ <18> 建設ロボット、計測・検査機器、整備機器およびその他機材

05-〈18〉-01	コマツ 測量器(3D形) DigiCats Station ST ₁	'05.06 発売 新機種
------------	---	------------------

土木現場の地形や出来高の計測、災害地、斜面、崖などの測量、大形構造物の計測などにおいて使用される 3D 形の写真測量器で、煩雑なターゲットの設置を不要とし、高速・高精度に解析できる機能をもった新機種である。本機は、「ソキア」製トータルステーション NET 1200 をベースに 300 万画素の工業用デジタルカメラと一体化したもので、広い地形のパノラマ計測でも、2 箇所の設置位置 A & B において、基準点 2 点と数方向地点の撮影をするだけで、全体の地形を自動で統合処理することができる。計測データからは、

表-6 ST-1の主な仕様

計測距離	(m)	5～160
計測精度	(mm)	±2～±100
使用温度	(°C)	-10～50
保温温度	(°C)	-20～65
消費電力	(W)	4以下
装置質量	(kg)	6.8
全長×全幅×全高	(m)	0.171×0.167×0.341
価 格	(百万円)	8.6

(注) 計測制度(奥行き精度/垂直面内精度)は、計測距離とカメラ設置
離隔距離により定まる。

必要により統合、3次元形状表示、断面形状表示、設計値や前回の計測結果との比較などの処理ができる。オプションソフトにより、土量計算や特徴抽出処理、デザインチェックなども可能である。計測制度は、本機の設置位置A・B間の離隔距離と計測距離によって定まり、例えば、A・B間1m、計測距離5mで、奥行き精度(垂直面内精度)は±2(0.4)mmである。A・B間20mで計測距離160mでは±100(12.5)mmである。

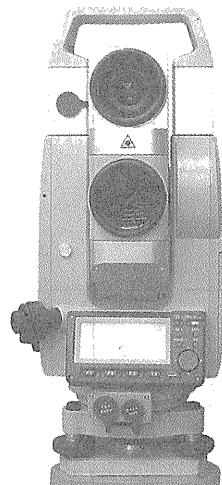


写真-6 コマツ DigiCats Station ST-1 測量器 (3D形)

建設工事に伴う 騒音振動対策ハンドブック

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

■掲載内容：

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

■体 裁：B5判、340頁、表紙上製

■定 価：会 員 5,880円(本体5,600円) 送料 600円

非会員 6,300円(本体6,000円) 送料 600円

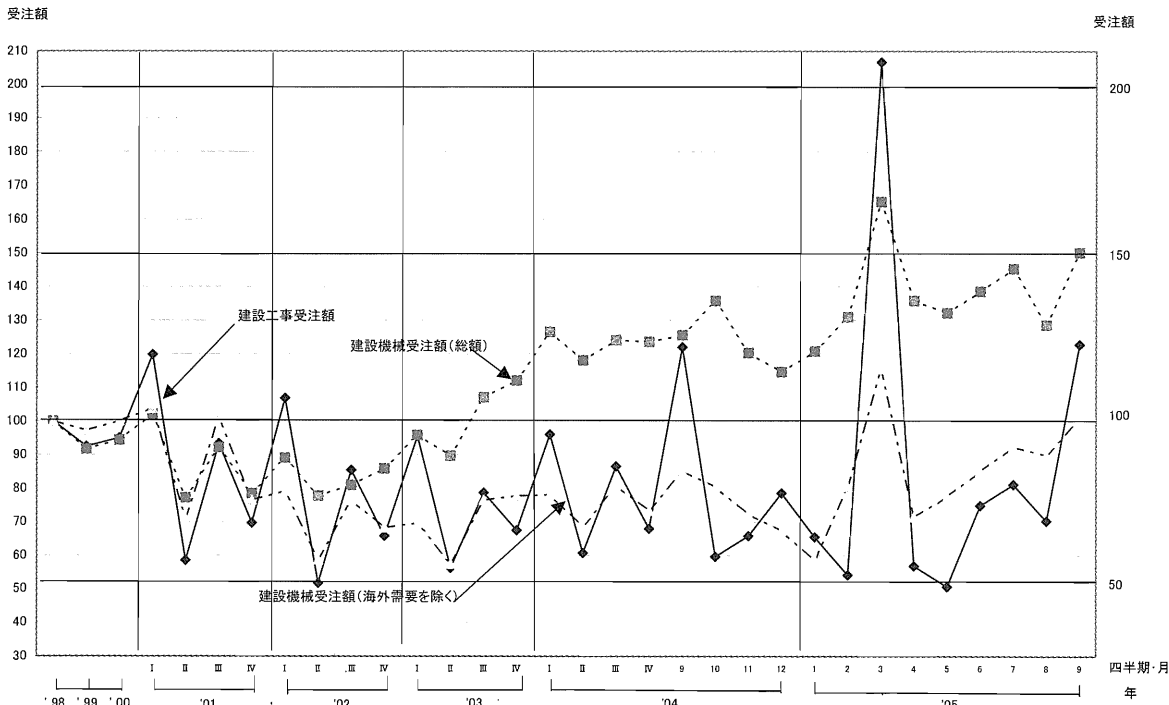
・「会員」本協会の本部、支部全員及び官公庁、学校等公的機関

社団法人 日本建設機械化協会

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

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社)
建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数26前後)
(指数基準 1998年平均=100)
(指数基準 1998年平均=100)



建設工事受注動態統計調査（大手50社）

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未 消 化 工 事 高	施 工 高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
1998 年	167,747	103,361	16,700	86,662	51,132	4,719	8,535	106,206	61,541	193,823	183,759
1999 年	155,242	96,192	12,637	83,555	50,169	4,631	4,250	97,073	58,169	186,191	164,564
2000 年	159,439	101,397	17,588	83,808	45,494	6,188	6,360	104,913	54,526	180,331	160,536
2001 年	143,383	90,656	15,363	75,293	39,133	6,441	7,153	93,605	49,778	162,832	160,904
2002 年	129,862	80,979	11,010	69,970	36,773	5,468	6,641	86,797	43,064	146,863	145,881
2003 年	125,436	83,651	12,212	71,441	30,637	5,123	5,935	86,480	38,865	134,414	133,522
2004 年	130,611	92,008	17,150	74,858	27,469	5,223	5,911	93,306	37,305	133,279	131,313
2004 年 8 月	9,873	6,872	1,179	3,693	2,039	389	573	7,143	2,730	134,739	9,928
9 月	17,059	13,233	2,474	10,759	2,680	551	596	13,021	4,038	137,779	14,195
10 月	8,335	5,618	1,194	4,424	2,036	351	330	5,802	2,534	136,400	9,719
11 月	9,199	6,602	1,612	4,991	1,904	441	252	6,783	2,416	134,761	10,534
12 月	10,984	8,113	1,619	6,494	2,032	469	370	8,456	2,528	133,279	12,491
2005 年 1 月	9,157	6,510	1,350	5,160	1,564	383	700	6,666	2,492	133,104	9,782
2 月	7,565	4,826	997	3,829	1,965	434	340	5,005	2,559	129,801	10,949
3 月	28,900	16,277	3,296	12,982	10,169	604	1,849	16,275	12,625	138,632	19,897
4 月	7,938	6,566	1,681	4,885	793	406	172	6,105	1,832	137,516	9,018
5 月	7,071	5,231	1,221	4,010	1,161	383	295	5,205	1,866	136,004	8,865
6 月	10,464	7,729	1,489	6,240	1,768	435	533	7,650	2,814	135,675	10,799
7 月	11,348	6,949	1,273	5,677	2,239	416	1,743	7,076	4,272	137,122	9,743
8 月	9,830	7,234	1,614	5,621	2,054	416	126	7,153	2,677	136,119	10,925
9 月	17,164	12,623	2,111	10,513	3,422	513	605	13,073	4,091	—	—

建 設 機 械 受 注 実 績

(単位：億円)

年 月	'98 年	'99 年	'00 年	'01 年	'02 年	'03 年	'04 年	'04 年 8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	'05 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
総 額	10,327	9,471	9,748	8,983	8,667	10,444	12,712	1,049	1,081	1,169	1,035	987	1,040	1,127	1,422	1,169	1,138	1,193	1,250	1,107	1,292
海 外 需 要	4,171	3,486	3,586	3,574	4,301	6,071	8,084	667	644	756	664	641	740	714	829	802	740	756	776	646	775
海外需要を除く	6,156	5,985	6,162	5,409	4,365	4,373	4,628	382	437	413	371	346	300	413	593	367	398	437	474	461	517

(注) 1998 年～2000 年は年平均で、2001 年～2004 年は四半期ごとの平均値で図示した。
2004 年 9 月以後は月ごとの値を図示した。

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 …

(2005 年 10 月 1 日～31 日)

■ 機 械 部 会

■ トンネル機械技術委員会・環境保全分科会

月 日：10 月 5 日（水）

出席者：坂下 誠分科会長ほか 9 名

議題：①アンケート調査結果集計表の確認 ②調査項目のまとめ方について

■ ショベル技術委員会

月 日：10 月 5 日（水）

出席者：此村 靖委員長ほか 9 名

議題：燃費測定法について

■ 油脂技術委員会

月 日：10 月 12 日（水）

出席者：大川 聡委員長ほか 4 名

議題：作動油のオンファイル化について

■ 路盤・舗装機械技術委員会・安全対策分科会コンクリートカッター部門

月 日：10 月 13 日（木）

出席者：小葉賢一分科会長ほか 7 名

議題：コンクリートカッターの安全要求について

■ 原動機技術委員会

月 日：10 月 14 日（金）

出席者：山田太郎委員長ほか 17 名

議題：オフロード新法について

■ トンネル機械技術委員会・事務局会議

月 日：10 月 18 日（火）

出席者：大坂 衛幹事長ほか 2 名

議題：現場見学会について

■ トンネル機械技術委員会・技術研究分科会

月 日：10 月 19 日（水）

出席者：福田日出男分科会長ほか 6 名

議題：①長距離・高速施工に関する現場アンケート検討 ②今後の方向性及び分析等について

■ 建築生産機械技術委員会・定置式クレーン分科会

月 日：10 月 19 日（水）

出席者：三浦 拓分科会長ほか 4 名

議題：プランニング百科の見直し

■ ダンプトラック技術委員会

月 日：10 月 20 日（木）

出席者：伊戸川 博委員長ほか 1 名

議題：ホームページ開設準備について

■ 情報化機器技術委員会

月 日：10 月 20 日（火）

出席者：中野一郎委員長ほか 3 名

議題：①情報化施工ケーススタディ ②電装品未来技術調査

■ 路盤・舗装機械技術委員会・安全対策分科会

月 日：10 月 20 日（木）

出席者：小葉賢一分科会長ほか 12 名

議題：①瀝青材散布機の安全要求検討 ②アスファルトフィニッシャの安全要求検討

■ 路盤・舗装機械技術委員会・安全対策分科会アスファルトプラント部門

月 日：10 月 20 日（木）

出席者：小葉賢一分科会長ほか 7 名

議題：①EN の和訳について ②タイプ B 規格について

■ ショベル技術委員会自走式リサイクル機械分科会

月 日：10 月 24 日（月）

出席者：森谷幸雄分科会長ほか 8 名

議題：C 規格文案の審議

■ トンネル機械技術委員会・TBM 分科会

月 日：10 月 26 日（水）

出席者：寺田紳一分科会長ほか 7 名

議題：EN 815 和訳の精査

■ コンクリート機械技術委員会

月 日：10 月 27 日（木）

出席者：三浦 拓分科会長ほか 3 名

議題：コンクリートプラント及びミキサの安全要求事項の審議

■ トラクタ技術委員会

月 日：10 月 28 日（金）

出席者：齊藤 秀企委員長ほか 7 名

議題：①燃費測定法について ②平成 17 年度下期活動計画

■ トンネル機械技術委員会・さく岩機分科会

月 日：10 月 28 日（金）

出席者：阿部裕之分科会長ほか 3 名

議題：C 規格の修正事項など検討

■ 製 造 業 部 会

■ 製造業部会・小幹事会

月 日：10 月 4 日（火）

出席者：雨宮信一幹事長ほか 4 名

議題：排ガスオフロード新法への対応について

■ 製造業部会・小幹事会

月 日：10 月 13 日（木）

出席者：雨宮信一幹事長ほか 6 名

議題：排ガスオフロード新法への対応について

■ 製造業部会・幹事会/原動機排ガス勉強会 G 合同会議

月 日：10 月 27 日（木）

出席者：雨宮信一幹事長ほか 29 名

議題：①排ガス関連説明会及び審議 ②オフロード新法について

■ 建 設 業 部 会

■ 建設機械の安全提案分科会

月 日：10 月 26 日（水）

出席者：篠原 望分科会長ほか 8 名

議題：①平成 17 年度下期活動計画について ②不具合事故事例の内容検討

■ 建設業部会 B 分科会

月 日：10 月 28 日（木）

出席者：荒井政男分科会長ほか 4 名

議題：①建設機械、建設工事の環境に関するキーワードの抽出 ②環境分科会活動工程の決定

■ レンタル業部会

月 日：10 月 25 日（火）

出席者：稲留 弘部会長ほか 14 名

議題：①平成 17 年度上期事業報告について ②オフロード建設機械排ガス新法のその後について ③機械経費積算とレンタル料との関連についての協議

■ シンポジウム実行委員会

月 日：10 月 25 日（火）

出席者：竹之内博行委員長ほか 9 名

議題：①本論分査読・審査結果について ②当日プログラム案について ③座長推薦について ④優秀論文賞 2 次選考審査委員分担について

■ 各種委員会等

■ 機関誌編集委員会

月 日：10 月 4 日（火）

出席者：村松敏光委員長ほか 15 名

議題：①平成 18 年 1 月号（第 671 号）の計画 ②平成 18 年 2 月号（第 672 号）、3 月号（第 673 号）の素案

■ 建設経済調査分科会

月 日：10 月 19 日（水）

出席者：山名至孝委員ほか 6 名

議題：機関誌 11 月号「建設機械市場の現状」の検討

■ 新機種調査分科会

月 日：10 月 17 日（火）

出席者：渡部 務委員長ほか4名
議題：①新機種情報の検討 ②技術
交流討議

… 支部行事一覧 …

■ 北海道支部

■建設工事等見学会

月 日：10月7日（金）
見学場所：札幌市リサイクル団地ほか
参加者：22名

■第4回技術部会技術委員会

月 日：10月7日（金）
出席者：堅田 豊技術部会長ほか5名
議題：除雪機械技術講習会の実施体制等について

■第2回企画部会

月 日：10月11日（火）
出席者：美馬 孝部会長ほか17名
議題：①平成17年度上半期事業概要報告及び同経理概況報告 ②平成17年度下半期主要行事計画

■第2回運営委員会

月 日：10月14日（金）
出席者：小林豊明支部長ほか20名
議題：①平成17年度上半期事業概要報告及び同経理概況報告 ②平成17年度下半期主要行事計画

■平成17年度除雪機械技術講習会（第1回）

月 日：10月18日（火）
場 所：旭川市・旭川勤労者福祉会館
受講者：297名
内 容：①除雪計画 ②施工方法 ③VTR「北海道の除雪機械」 ④冬の交通安全 ⑤除雪の安全施工 ⑥除雪機械の取扱い

■平成17年度除雪機械技術講習会（第2回）

月 日：10月21日（金）
場 所：札幌市・北海道教育会館ホテルユニオン

受講者：397名

内 容：①除雪計画 ②施工方法 ③VTR「北海道の除雪機械」 ④冬の交通安全 ⑤除雪の安全施工 ⑥除雪機械の取扱い

■平成17年度除雪機械技術講習会（第3回）

月 日：10月25日（火）
場 所：帯広市・寿御苑
受講者：289名
内 容：①除雪計画 ②施工方法 ③

VTR「北海道の除雪機械」 ④冬の交通安全 ⑤除雪の安全施工 ⑥除雪機械の取扱い

■第5回技術部会技術委員会

月 日：10月26日（水）
出席者：西島将博技術部会技術委員長ほか7名
議題：札幌市の除雪請負関係者を対象にした除雪機械技術講習会のテキスト等について

■平成17年度除雪機械技術講習会（第4回）

月 日：10月28日（金）
場 所：旭川市・旭川市公会堂
受講者：545名
内 容：①除雪計画 ②施工方法 ③VTR「北海道の除雪機械」 ④冬の交通安全 ⑤除雪の安全施工 ⑥除雪機械の取扱い

■ 東北支部

■技術委員会

月 日：10月3日（月）
出席者：高橋 弘委員長ほか7名
議題：新技術情報交換会の課題選定について協議

■現場見学会（広報部会）

月 日：10月4日（火）
出席者：山田仁一広報部会長ほか19名
場 所：北上川下流河川事務所管内の新旧河川施設（機械設備）見学

■除雪講習会開催

月 日：10月12日（水）～10月27日（木）
場 所：青森・岩手（1）・天童・新庄・秋田・横手・会津・岩手（2）・金ヶ崎

■建設部会

月 日：10月25日（火）
出席者：歌代 明部会長ほか9名
場 所：特殊現場見学会・新技術交換会等について協議

■ 北陸支部

■企画部会委員長会議

月 日：10月4日（火）
場 所：北陸支部事務局
出席者：新田恭士企画部会長ほか6名
議題：①上半期事業報告及び下半期事業計画 ②除雪機械展示会について

■会計監査

月 日：10月11日（火）
場 所：北陸支部事務局
出席者：宮塚吉信会計監事ほか3名

議題：平成17年度上半期会計監査

■企画部会

月 日：10月12日（水）
場 所：白山会館
出席者：新田恭士企画部会長ほか20名
議題：平成17年度上半期事業報告及び下半期事業計画

■運営委員会

月 日：10月18日（火）
場 所：白山会館
出席者：和田 惇支部長ほか31名
議題：平成17年度上半期事業報告及び下半期事業計画

■広報委員会

月 日：10月21日（金）
場 所：YK 第一ビル会議室
出席者：羽賀清治広報委員長ほか5名
議題：除雪機械展示会広報計画について

■ 中部支部

■技術部会

月 日：10月6日（木）
出席者：中西 睦技術部会長ほか6名
議題：①技術発表会論文集作成について ②技術発表会実施要領について

■平成17年度技術発表会

月 日：10月21日（金）
会 場：昭和ビル9Fホール
参加者：約80名
内 容：①切羽前方探査システム DRISS の適用について（戸田建設） 秋月健一 ②ラテナビウォール工法の開発（加藤建設）伊藤浩邦 ③特殊膜濾過による高度な膜式濁水処理システム（清水建設）高木 律 ④建設機械の情報化施工への対応（日立建機）渡邊 洋 ⑤IC カード（タグ）システムを利用した現場管理（西松建設）栗丸 功 ⑥ロックフィルダムにおけるコア盛立転圧管理システムの実施報告（熊谷組）寺井昌栄 ⑦流動化処理工法の利用技術開発（徳倉建設）和泉彰彦 ⑧TS ファイン・ミリング工法（大有建設）浅野耕司

■調査部会

月 日：10月24日（月）
出席者：尾関宏一調査部会長ほか14名
議題：秋季講演会実施要領打合せ

■「広域災害時における災害応急対策支援業務に関する基本協定」説明会

月 日：10月26日（水）
会 場：昭和ビル9Fホール

参加者：56社

内容：中部地方整備局中部技術事務所と締結した「広域災害時における災害応急対策支援業務に関する基本協定」の協力会社に対して協定の内容説明と今後の取組み

■建設技術フェア実行委員会事務局会議

月 日：10月28日（金）

出席者：梅田佳男事務局長

議題：建設技術フェア実施要領について

■ 関 西 支 部

■特別研修「日出づる山・清流の源」

月 日：10月6日（木）

講師：高野浩二名誉支部長

参加者：32名

内容：「日出づる山・清流の源」大和盆地東山麓の歴史・文化を訪ねる

■橋梁技術委員会・現場研修会

月 日：10月12日（水）

参加者：早川 充委員長ほか11名

場所：新桜宮橋架設現場

■摩耗対策委員会

月 日：10月20日（木）

出席者：深川良一委員長ほか6名

議題：①推進工法における掘進機の摩耗対策（機動建設工業工務部長）西田広治 ②摩耗に関する文献調査

■建設業部会およびリース・レンタル業部会合同見学会

月 日：10月26日（水）～27日（木）

参加者：岡本哲哉建設業部会長、伊勢木浩二リース・レンタル業部会長ほか19名

見学先：①コマツ栗津工場 ②防衛庁航空自衛隊小松基地

■水門技術委員会

月 日：10月31日（月）

出席者：林俊克委員長ほか22名

議題：①平成17年度活動内容について ②平成17年度検討テーマ別協議について ③技術紹介、勉強会について

■ 中 国 支 部

■第5回部会長会議

月 日：10月14日（金）

場所：支部会議室

出席者：榎原豊博企画副部会長ほか9名

議題：①平成17年度上半期事業報告（案）について ②平成17年度上半期経理状況報告（案）について ③平成17年度下半期行事について

■部会幹事会

月 日：10月20日（木）

場所：八丁堀シャンテ

出席者：清水芳郎企画部会長ほか36名

議題：①平成17年度上半期事業報告について ②平成17年度上半期経理概況報告について ③平成17年度下半期行事について

■「最近の公共工事を取巻く話題」講演会

月 日：10月28日（金）

場所：RCC文化センター

参加者：121名

演 題：①新たな「公共工事における技術活用システム」（国土交通省中国地方整備局企画部施工係長）山田晋吾 ②公共工事の品質確保の促進に関する法律—基本方針、談合対策に伴う契約方式等について—（国土交通省中国地方整備局企画部建設専門官）神宮祥司・（同課長補佐）榊井芳樹

■ 四 国 支 部

■会計監事会

月 日：10月21日（水）

場所：四国支部事務局

出席者：高橋英雄会計監事ほか3名

内 容：平成17年度上半期経理状況の監査

■企画部幹事会

月 日：10月19日（水）

場所：高松市・サン・イレブン高松

出席者：宮本正司企画部会副部会長ほか5名

議 題：機関誌「しこく」No.76の編集について

■合同（企画・施工・技術）部会

月 日：10月19日（水）

場所：高松市・サン・イレブン高松

出席者：近藤秀樹企画部会長ほか32名

議題：①役員の変更及び支部団体会員入退会状況について ②平成17年度上半期事業報告について ③平成17年度上半期経理状況報告について ④平成17年度下半期事業計画（案）について

■品確法の促進方策と今後の入札契約方式に関する説明会

月 日：10月25日（火）

場所：高松市・香川県土木建設会館

講師：四国地方整備局企画部技術管理課長補佐・富野泰三

内 容：①公共工事の品質確保の促進に関する法律について ②入札談合の再発防止策について ③公共工事の品質確保促進ガイドラインについて ④四国地方整備局の入札・契約方式（試行（案））について ⑤公共工事品質確保促進連絡会議について

参加者：123名

■ 九 州 支 部

■企画委員会

月 日：平成17年10月12日

出席者：相川 亮委員長ほか6名

議題：支部の広報（HP及びニュース発行）について

■部会長・委員長連絡会

月 日：平成17年10月17日

出席者：牧野千代春副委員長ほか5名

議題：①九州建設技術フォーラムについて ②支部の広報計画について ③災害時の協定について ④支部の行事計画について

■九州建設技術フォーラム2005 in 福岡

月 日：平成17年10月26日、27日

出席者：相川 亮委員長ほか6名

内 容：プレゼンテーション会場の運営

編集後記

いつのまにか、世の中はすでに冬の気配が漂っています。私事で恐縮ですが、自分にとって今年は非常に大きな転換期になってしまいました。

この機関誌に掲載される会社名も10月以降は変更されるものと思います。きっと、10月は何かが変わる季節、何かが起こる季節です。

昨年の10月も……、新潟県中越地震が起きました。以降は「新潟県中越地震」の復旧に関する特集を組んでいたように記憶しています。

その後の当機関誌においても度々、状況報告や無人化機械による救出活動や復旧活動が取上げられてきました。あれからすでに一年と数カ月が経過しました。今年の夏には関東近辺でも震度5強を記録するような地震が相次ぎ、自然の力に翻弄されているような日々を送っている気がします。また地球規模で考えましても各地で大規模な災害（ハリケーンなど）が多発しています。人類の科学の進歩で建設機械に限らず多くの分野で無人化作業が可能になり各所、

各地で大活躍をしています。ロボット（人間型）の性能も向上され色々な作業をこなすようになって来ました。

驚くようなニュースもありました。「構造設計計算書の偽造」により地震が来なくてもビル自体の自重で倒壊の恐れがあるマンション、ホテルが多数発覚しました。これは人間だからこそ犯してしまった仕業（悪事）ではないでしょうか。人間はファジーな生き物です、悪知恵も働きます。そのファジーな思考回路を駆使して正確で精密な機械を作りだしています。これからよりよい建設機械が作り出されることを期待しています。

今月の特集は先月号に引続き、トンネルやシールドの報文もありましたが、いかがでしたでしょうか。特殊条件下で活躍している機械達の雄姿をご覧いただけましたか。

最後に、ご多忙中にもかかわらずご執筆をいただきました皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。また、会員各位の皆様ならびに読者の皆様のご健勝をお祈りして編集後記といたします。（山崎・新野）

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井 新一郎	石川 正夫
今岡 亮司	上東 公民
岡崎 治義	加納 研之助
桑垣 悦夫	後藤 勇
佐野 正道	新開 節治
関 克己	高田 邦彦
田中 康之	田中 康順
塚原 重美	寺島 旭
中岡 智信	中島 英輔
橋元 和男	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

村松 敏光

編集委員

清水 純	国土交通省
西園 勝秀	国土交通省
照井 敏弘	農林水産省
夏原 博隆	鉄道・運輸機構
植松 和弘	東日本高速道路
新野 孝紀	首都高速道路
坂本 光重	本州四国連絡道路
平子 啓二	水資源機構
吉村 豊	電源開発
松本 敏雄	鹿島
和田 一知	川崎重工業
岩本雄二郎	熊谷組
嶋津日出光	コベルコ建機
金津 守	コマツ
山崎 忍	清水建設
村上 誠	新キャタピラー三菱
星野 春夫	竹中工務店
銅冶 祐司	東亜建設工業
中山 努	西松建設
森本 秀敏	日本国土開発
斉藤 徹	NIPPO
梅本 慶三	ハザマ
三柳 直毅	日立建機
岡本 直樹	山崎建設
庄中 憲	施工技術総合研究所

1月号「夢 特集」予告

- ・未来建設と他分野の先端技術
- ・新技術の活用
- ・自立移動支援プロジェクト
- ・新春座談会
- ・宇宙への取組み
- ・形状可変構造物
- ・究極の震動破壊実験施設
- ・知能住宅「ユビキタスホーム」
- ・上肢動作を補助するマッスルツールの開発
- ・ウェアラブルコンピュータ

No.670 「建設の施工企画」 2005年12月号

〔定価〕1部 840円（本体 800円）
年間購読料 9,000円

平成17年12月20日印刷

平成17年12月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 小野 和日児

印刷所 株式会社 技報堂

発行所 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax. (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支	部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	部 〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支	部 〒950-0965 新潟市新光町 6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	部 〒460-0008 名古屋市中区栄 4-3-26	電話 (052) 241-2394
関西支	部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	部 〒810-0041 福岡市中央区大名 1-8-20	電話 (092) 741-9380