

## 第5節 機械・電気通信事業の技術

### 1 建設用機械の技術

#### (1) 軟弱地盤施工機械

##### ア 湿地用機械

##### (ア) 湿地用ブルドーザ

湿地用ブルドーザは、石狩川下流の篠津原野を開発する中で生まれたものであり、泥炭、泥土地における排泥地造成、資材運搬、掘削捨土、圃場整備作業等の機械化施工が初めて可能となった。

昭和 27 年、北海道開発局と日特金属(株)が共同で湿地用ブルドーザの開発研究に着手し、翌 28 年幅 600mm の履板に特殊なラグを取り付けた（接地圧  $0.25\text{kg}/\text{cm}^2$ ）試作機により、篠津原野で試験が行われたが、履板に泥土が付着してスリップし作業不能となった。このため、さらに研究を重ねて泥の付着しない三角形履板（幅 750mm、接地圧  $0.21\text{kg}/\text{cm}^2$ ）を開発し、昭和 29 年に国内初の湿地用ブルドーザが完成した（図-1）。

現在の超湿地ブルドーザ（ $0.18\text{kg}/\text{cm}^2$ ）、超々湿地ブルドーザ（ $0.14\text{kg}/\text{cm}^2$ ）は、この三角形履板の幅を広くして接地圧を更に低下させたものである。

##### (イ) 湿地用クローラダンプ

湿地用クローラダンプは、泥炭地内を走行して、客土を運搬撒き出しする機械として英国から導入したもので、通常のダンプトラックのタイヤの代わりにクローラを取付けたものであった（図-2）。本体重量を軽減するために車体はアルミ系合金で製作され、荷台には荷下ろし時に土を強制的に押し出す装置を装備していたが、十分な性能を発揮できず、むしろ修理改造等を通じて得た技術が、その後の湿地用機械の開発に大きく貢献した（図-3）。



図-1 開発当初の湿地用ブルドーザ



図-2 湿地用クローラダンプ



図-3 近年の湿地用ブルドーザ

## イ 水陸両用掘削機械

低湿地の農用地造成や河川改修のため、フロート（浮舟式）にアルミ合金製クローラを装着した走行装置の土台にポンプ浚渫機やドラグライン等を搭載し、水深の深い所では浮上し、浅い所では接地して掘削作業を行う水陸両用掘削機を開発した。また、フロートは解体組立可能な可搬式となっていた。

### (ア) 超湿地用水陸両用ドラグライン

超湿地用水陸両用ドラグラインは、低湿地の農用地明渠排水工事に導入されたもので、覆板はアルミ合金を使用し、接地圧が  $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$  と超低接地圧となっている（図-4）。

昭和40年に網走の沼の上地区、昭和41年に釧路の久著呂地区、昭和43年稚内の天北中部地区に導入されて活躍し、それ以降のポンプ式の水陸両用掘削機の開発につながった。



図-4 水陸両用ドラグライン

### (イ) 超湿地用水陸両用掘削機

超湿地用水陸両用掘削機は、泥炭性低湿地帯の改修工事用に製作されたもので、アルミ合金製クローラをボックス型にして浮力を増す工夫がされていた（図-5）。

エンジンは141ps、掘削土量は  $141\text{m}^3/\text{h}$  で、昭和45年から昭和53年までの9年間釧路地区オソベツ川で稼働した。



図-5 水陸両用掘削機

### (ウ) 浅水用水陸両用河道掘削機

浅水用水陸両用河道掘削機は、水深が浅い急流河川の砂利層の河道掘削用に製作され、アルミ合金製クローラに檜材を抱かせ浮力を増すと同時に、砂利による摩耗を防ぐよう工夫されている（図-6）。エンジンは740ps、掘削土量は  $80\text{m}^3/\text{h}$  で砂利掘削が可能な耐摩耗性ポンプが装備され、昭和47年から昭和57年までの11年間帯広市十勝大橋下流で稼働した。

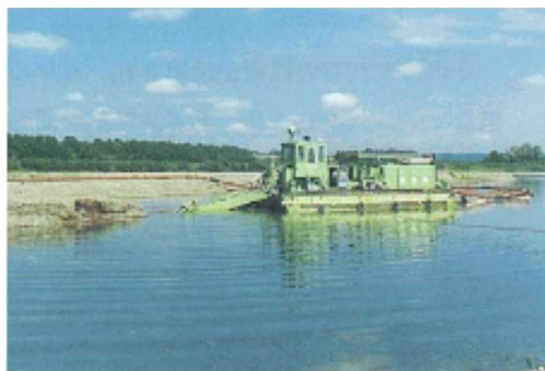


図-6 水陸両用河道掘削機

## (2) 一般工事用機械

### ア コンクリート機械

トンネル工事は作業現場が狭く、削岩機による発破孔作業、発破、ずりの積込及び運搬、支保工、コンクリート巻立等が輻輳し、機械化施工の遅れていた分野であった。昭和 35 年、小樽地区のトンネル工事にコンクリートポンプ、ディーゼルエンジン付機関車、ずり運搬用のシャトルカ等機械化施工に挑戦すべく導入したが、大半はその機能を十分発揮することができず終了した（図-7）。なかでも、コンクリートポンプは機械の性能が不十分なのか、使用技術が未熟なのか不明な状況であった。

昭和 40 年前後よりコンクリートポンプの使用機運が高まり、昭和 42 年に再度コンクリートポンプを導入した。旭川の三国トンネル工事で使用し、以前とは異なり標準のスランプより固めのコンクリートを打設することができた（図-8）。昭和 46 年までの 5 年間の工事を滞りなく終了し、トンネルの機械化施工の成果を十分確認することができた。

その後、これらの技術が活用され、近年の高性能なブーム式コンクリートポンプ車が開発された（図-9）。

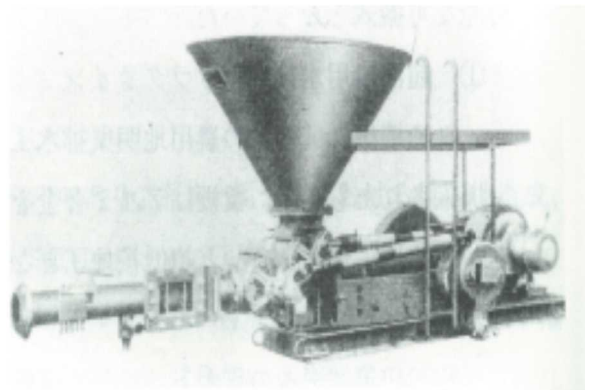


図-7 小樽で使用したコンクリートポンプ

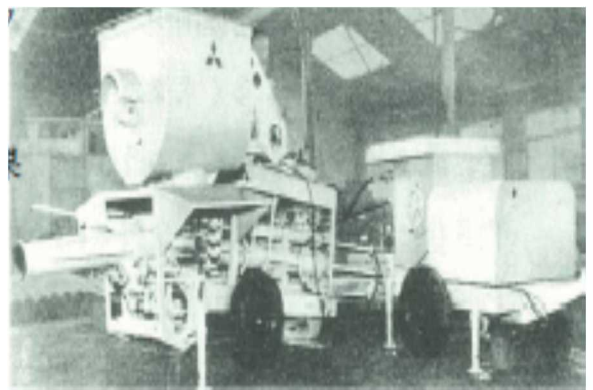


図-8 旭川三国トンネルで使用したコンクリートポンプ



図-9 近年のコンクリートポンプ車

## イ 掘削・運搬機械

戦後、北海道における土工工事の掘削・運搬の機械化施工は、揺らん期を経て、昭和27年頃よりその特質に応じた多種多様な機械による大型工事が開始された。成長期を経て現在の効率的な油圧ショベルとダンプトラックの組み合わせによるものが主流となり、省力化の要請により極めて小型のものから、大型のものまで使用されるようになった。

道路工事の機械化施工は昭和24年に苫小牧～支笏湖間、野幌～大曲間、小樽市南形毛無山～赤井川間の3か所とも直営施工で行われた。その後も各地で直営施工が行われたが、特に昭和27年から28年にかけて施工された札幌～千歳間35kmの道路改良工事（通称弾丸道路）は、投入機械34台、1年余でこの大規模工事を完成させた画期的な工事であった。これら土工工事の機械の主力はブルドーザとキャリオールスクレーパーで、ブルドーザは短距離、キャリオールスクレーパーは中距離の掘削運搬作業に使用された（図-10）。この当時、米軍の払い下げ機械は故障もなく優秀であったが、国産の機械は未だ揺らん期で故障も多い状況であった。こうした機械の修理を行うことで様々な問題を解決し、建設機械の進歩を促した（図-11）。



図-10 キャリオールスクレーパー



図-11 近年の油圧ショベル

北海道開発局主要掘削運搬機械の保有台数

機械名／年度	S20	S24	S28	S32	S36	S40	S44	S48	S52	S56	S60	H1	備考
パワーショベル (バックホウ)			8	11	17	4							
トラクターショベル (ホイールローダ)				2	58	77	78	46	29	8	3	2	H13保有0
ブルドーザ		29	118	157	160	129	124	81	58	26	11	5	H9保有0
ドラグライン		4	24	37	49	31	22	6	2				
ラダーエクスキャベータ	12	15	31	33	32	15	3						
ダンプトラック	2	71	198	231	291	310	252	96	31	19	8	2	H17保有0
キャリーオールスクレーパー		6	6	14	25	11	8						
機関車	17	23	80	82	81	43	18						

(注)直営施工の時期は北海道開発局が多くの機械を保有していたが請負施工となり、大幅に減少した。

### (3) 作業船

#### ア 浚渫船

北海道開発局が建造した主な浚渫船は、ポンプ式・バケット式・ディップ式・グラブ式である。全国にさきがけて新技術を導入した代表例について述べる。

苫小牧港建設のため昭和 37 年に建造したバケット式浚渫船「いぶり号」は、我が国初の試みとしてバケットライン駆動他に油圧方式を採用した（図-12）。

性能  $135\text{kg}/\text{cm}^2 \cdot 100\text{kW}$  の高圧・大出力の油圧モータを主動力として使用しており、その後の作業船分野のみならず、我が国の油圧技術の発展に大きく貢献した。

漁港浚渫のため昭和 30 年に北海道開発局初のディップ式浚渫船「はこだて号」を建造した。この船はスイングサークル浚渫機構に全国で初のディーゼルエレクトリック動力とワードレオナード制御方式を導入するとともに、操作制御の集中化を図った運転方式を採用した（図-13）。

昭和 33 年には港湾浚渫の水深増大に対処するため、浚渫装置にブームとアームの連動機能を有する旋回掘削機構を採用した我が国初のターンテーブル方式の高性能ディップ式浚渫船「るもい号」を建造した（図-14）。

以降、本型式船は機能向上と大型化が図られ、岩盤から軟質土まで対応でき、しかも狭隘な場所でも作業可能といった特徴を生かし、港湾・漁港における浚渫工事に威力を発揮しているところである。

また、これらの技術蓄積がパナマ運河・中国など各国へ、日本のディップ浚渫船として輸出される原動力となった。



図-12 バケット式浚渫船「いぶり号」



図-13 スイングサークル方式の「はこだて号」



図-14 ターンテーブル方式の「るもい号」

## イ 起重機船

北海道開発局が建造した起重機船はいずれも非航式で、動力はディーゼルエンジンを採用している。その移り変わりを機能別にみると、ジブ固定式が僻仰式に変わり、次いでジブ僻仰旋回式に進んだ。これらの中で異彩を放つのが室蘭港で活躍した「たいせつ号」である。

昭和 39 年に着工した室蘭港の北外防波堤建設では、迅速な施工が要請され、作業を効率的に実施するために、500t 吊起重機船「たいせつ号」を建造した（図-15）。

道内では、50t 吊りが最大であった当時、国内で超大型といわれた 1,000t 吊「昭鶴」、600t 吊「日本号」に次ぐ我が国第 3 位の大型起重機船であった。

船体寸法は、長さ 55m・幅 23m・深さ 4m で、排水屯数は 2,200t、水面からジブの最上端までは 45m であり、これは約 13 階建ビルに相当する高さである。

動力は、220ps×2 台の主機関を並列に配置して、並列歯車装置及び発電機・モータを経て巻上機等を運転するディーゼルエレクトリック方式であった（図-16）。

この主機関並列運転方式の採用は、大型構造物の吊上げ据付作業時の負荷変動に応じて主機関 1 台または 2 台の運転操作を可能とし、画期的とも言える試みであった。

また、操縦室内には巻上機及び操船ウインチその他各種機器運転の遠隔操作、並びに甲板作業の連絡指令がすべて行える操縦管制盤・連絡信号装置・拡声装置等を備えたことで、乗組員の数を従来の半数にすることができ、省力化を図った高性能起重船であった。

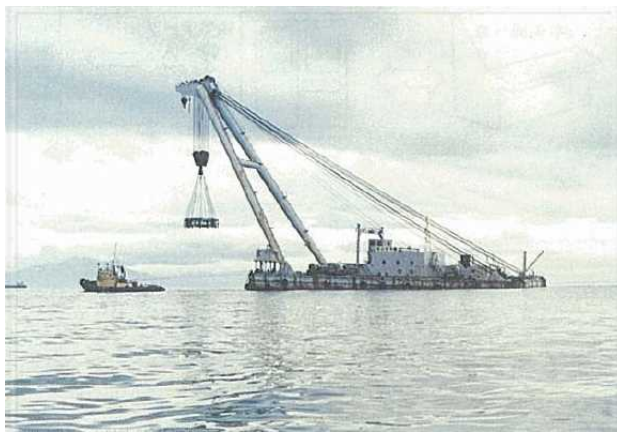


図-15 たいせつ号

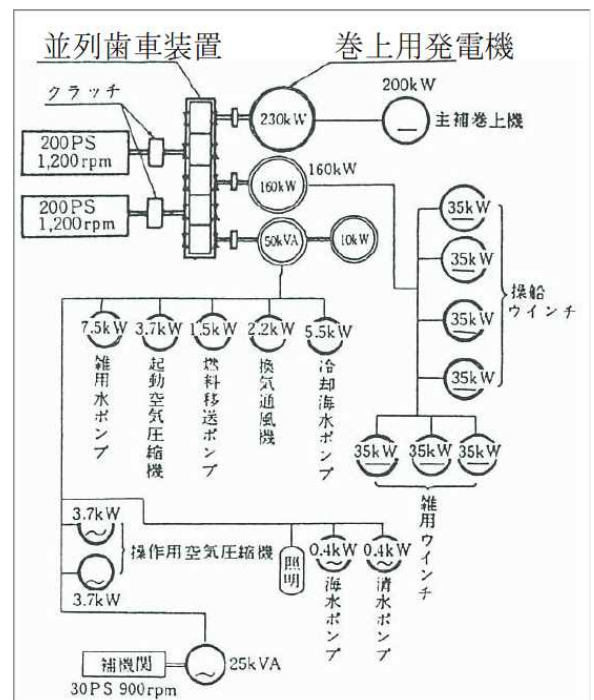


図-16 並列配置図

ウ 監督測量船（平成 21 年度より港湾業務艇へ改称）

海上の測量作業は人力による伝馬船が使用され、動力船に変わってからも木製もしくは鋼製の小型船が主に使用されていた。

本格的な監督測量船として建造されたのは、昭和 44 年の函館港「ききょう丸」である。

この船は総トン数 30t 級、190ps×3 基の機関を搭載した速力 20 ノットを誇る新鋭船で、船体には軽量化・性能向上を目的として道内初の耐食アルミ合金材を採用したものである。

昭和 53 年には苫小牧港付近の広域調査測量を目的として「あおさぎ丸」が建造された（図-17）。この船は、我が国初の 80t 級 FRP（強化プラスチック）製双胴型で 540ps×2 基の自動定速装置付機関を搭載し、更に自動測量装置を設備した測量専用船である。水深 120m まで計測できる 6 素子の音響測深機及び船位測定装置・データ収録装置等を船内に備え、対象海域の測量データを自動処理して磁気テープに収録し、これを室内電算装置で演算処理して水深図・航跡図等を直交座標図化機で作成するコンピュータを導入した総合測量システムを有していた（図-18、図-19）。



図-17 あおさぎ丸



図-18 電算装置と図化機

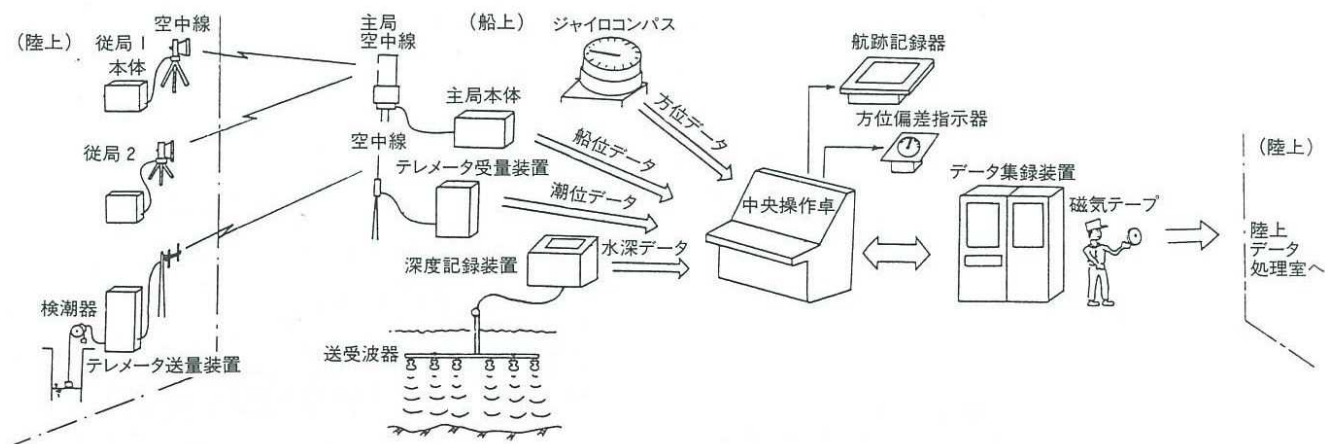


図-19 測量システム概念図

平成9年以降は、GPSを用いた測位方式が情報化施工をはじめとして徐々に普及されてきたことから、GPS測量システムを順次監督測量船へ配備し、平成12年には全船に装備を完了した（図-20）。

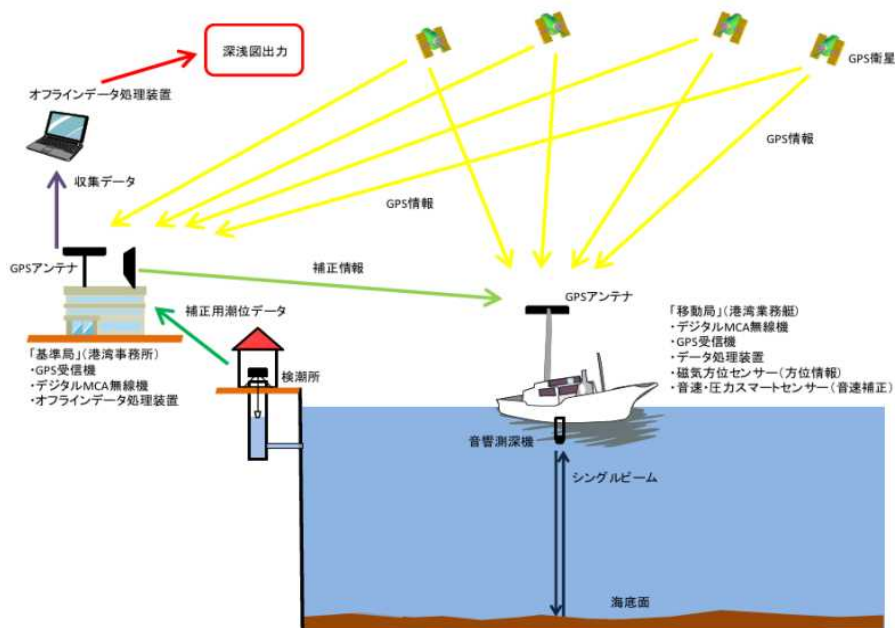


図-20 GPS測量システム概念図

昭和62年には浮氷等との衝突による船体損傷対策として、我が国初の高張力新素材ケブラーをFRP船体に積層した監督測量船「こまどり丸」（稚内港）を建造した。

平成13～15年には、港湾工事における捨石マウンド均し面の出来形測定や、ブロック据付出来形測定等、港湾構造物の水中部を高精度に計測することが可能な水中部出来形確認装置の開発を行った。この装置は音響測深機にナローマルチビーム、座標計測にRTK-GPS、船体の動揺補正にモーションセンサを備え、これらの機器を曳航体に組込むことにより、測量船を選ばず、高精度で安定した深淺測量作業を行うことを可能にしたものであった。

さらに、平成17～19年には、水中部出来形確認装置に水上部分の構造物を計測するレーザースキャナを追加し、水中部と水上部の同時計測が可能な港湾構造物計測装置の開発を行った（図-21）。これにより、防波堤や消波ブロックの出来形確認や災害時の被災状況の確認が迅速かつ高精度で可能となった（図-22、図-23）。



図-21 港湾構造物計測装置



図-22 消波ブロック計測状況



図-23 計測データの出力例



## エ 港湾工事の情報化施工

港湾構造物の基礎捨石マウンドは、あらかじめ設定した施工区域内にグラブ付作業船等により、石材を投入して造成している。その施工管理精度は、オペレーターと潜水士の経験・技術に大きく依存していた。これを解消するため、捨石投入作業において操縦席に設置したモニターにより、グラブ投入位置の誘導支援を行い、捨石投入施工中のマウンド形状を演算によりリアルタイムで把握することが可能な捨石投入作業支援システムを平成 15～17 年に開発した（図-24、図-25）。本システムにより、投入の目標となる目印旗の設置作業や、投入状況確認のためのレッド測量、潜水確認が不要となり、大幅な作業効率改善および安全性の向上が図られた。（特許 4678789 号）

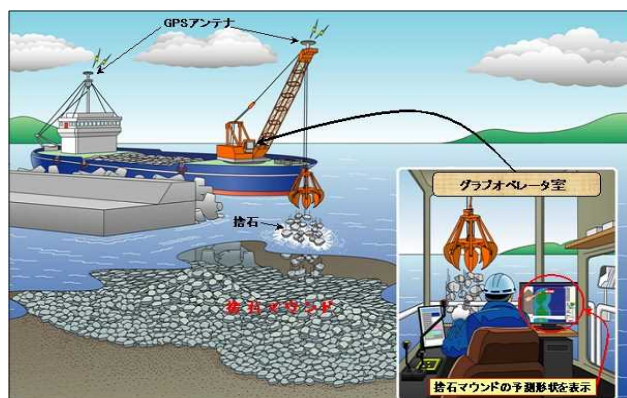


図-24 捨石投入作業支援装置イメージ図



図-25 システムを用いた捨石投入状況

## オ 可搬式油回収装置（フロート搭載型渦流式）

油流出災害の発生に伴う被害の拡大を防止するため、油拡散前の初期段階における効率的な回収が可能な可搬式油回収装置を、平成 12～14 年にかけて開発した（図-26、図-27）。この装置は、搬送車による陸上輸送が可能で、港湾業務艇及び作業船等に搭載でき、寒冷海域における高粘度の油回収が可能である。汎用船を有効に利用できることから、大型油回収船が配備されていない北海道地域においては、初期対応として、その活躍が期待されている。（特許 4406174）

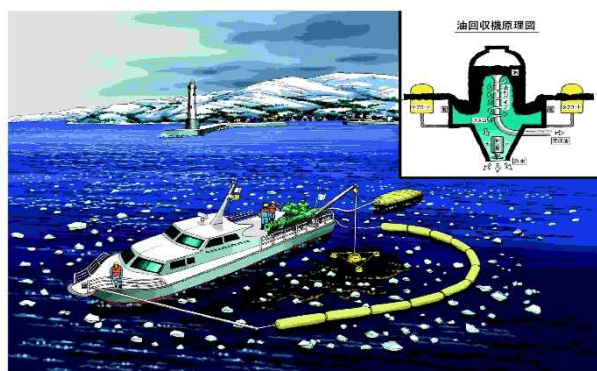


図-26 可搬式油回収装置回収作業イメージ図

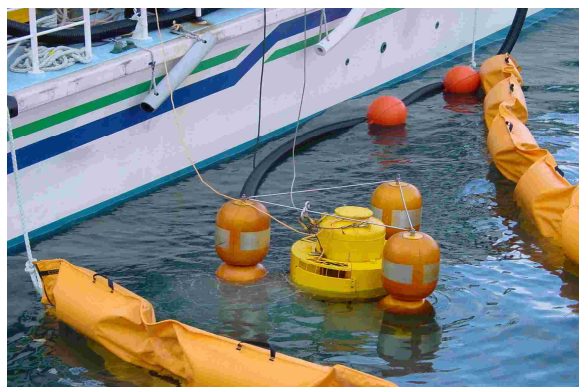


図-27 可搬式油回収装置試験状況

(4) ケーソンヤード

苫小牧東港建設のため西港地区に建設したケーソンヤードは、重量 3,000t 級ケーソンを 12 函同時に製作できるもので、機械・電気・土木の最新技術を駆使した我が国最大の施設である。

この施設の機械は、ケーソンを搬送する台車 2 組と横行台車をレーン移動するためのシフトクレーン及び縦・横行台車を運転する遠隔操作装置で構成されている（図-28、図-29、図-30）。

特徴は、平面交差で 12 函のケーソンを順次効率的に搬送する方式と油圧の利点である制御の容易性及び重荷重に対する安全性等を兼ね備えた国内初の自動遠隔操縦搬送台車の導入である。

これら最先端技術の採用により、ワンマンコントロールで、大重量のケーソンを安全に能率良く搬送することが容易となり、大規模施工が可能となった。（昭和 51 年建設、平成 6 年処分）

搬 送 台 車 要 目		
項 目	横 行 台 車	縦 行 台 車
形式数量	ジャッキ搭載自走式 2台	ジャッキ搭載自走式 2台
油圧ジャッキ数	18基/台×2台 36基	14基/台×2台 28基
能力	110 t/基×36基 3,960 t	160 t/基×28基 4,480 t
油圧ジャッキ常用圧力	300kg/cm <sup>2</sup>	300kg/cm <sup>2</sup>
搬送速度	2m/分	2m/分

シフトクレーン 要 目	
形 式	油 圧 式
油圧能力	28t/基×2台 56t吊
常用圧力	210kg/cm <sup>2</sup>
走行速度	10m/分



図-28 横行台車とシフトクレーン



図-29 縦行台車



図-30 遠隔操作装置

## (5) 情報化施工及び i-Construction

### ア 情報化施工技術の経過

製造業においては、1980年代から ICT 技術（情報通信技術）を活用した制御技術を取り入れ、生産性の向上が進められたが、建設現場では、測位技術、通信技術など建設現場で求められる精度で建設機械を制御することが困難であり、ICT 技術の導入は大幅に遅れていた。

2000年代に入り、自動追尾トータルステーション（TS）や RTK-GNSS（GNSS）など、精度の高い測量技術等の開発・普及が進み、建設現場における情報化施工技術の研究開発が進められてきた。

近年は、ICT 技術の研究開発が進み、TS による出来形管理技術や 3次元データによりモニター上で施工状況を確認し作業を行うマシンガイダンス（MG）技術、また、3次元データを搭載した建設機械により作業装置を制御して施工を行うマシンコントロール（MC）技術が開発され、情報化施工技術は実用化段階を迎え、モータグレーダやブルドーザを始めとした各種建設機械が ICT 建機として建設現場へ投入されている（図-31）。



図-31 MG 技術による法面整形作業

### イ 情報化施工の普及・促進

国土交通省の「情報化施工推進戦略」（平成 20 年 7 月）を受け、北海道開発局では、平成 20 年度より「情報化施工技術」の建設現場への活用・普及を図るため、試験施工の拡大に取り組み、平成 20 年度から平成 27 年度末までに 628 件の情報化施工での工事が実施され、施工上の問題点について検討を行った。

情報化施工技術である「TS（トータルステーション）による出来形管理」を平成 25 年度に一般化技術として使用原則化へ、また、「MC（モータグレーダ）技術」「MG（バックホウ）技術」「MC・MG（ブルドーザ）技術」「TS・GNSS による締固め管理技術」を一般化推奨技術として認定されたことを受け、施工・出来形管理の基準類、機器調達に関する支援制度等の整備を図る一方で、冬期施工、除雪作業等への応用や泥炭等の土質に対する評価検討を行い、北海道の地域特性を踏まえた情報化施工技術として、北海道独自の新たな取り組みを図っていった（図-32、図-33）。



図-32 MG 技術による敷均し作業



図-33 TS による出来形管理

#### ウ i-Construction の始まり

情報化施工は、これまで施工現場における生産性、安全性の向上及び出来形の品質の確保を図る目的で、「情報化施工技術」の活用を推進してきたが、平成28年4月から『i-Construction』として新たな施策へとステップアップが図られた。

i-Construction は、近い将来予想される技能労働者の不足の問題や生産性の向上が遅れている土工等の建設現場において、UAV（無人航空機）やLS（レーザースキャナ）を用いて行う3次元地形データでの起工測量から、計画・設計、施工、検査、更には維持管理など、全ての施工プロセスで、ICT 技術を活用する ICT 活用工事によって、建設現場に大きな変革をもたらす施策である（図-34、図-35）。



図-34 UAV(無人航空機)による空中写真測量



図-35 LS(レーザースキャナ)による起工測量

#### エ i-Construction の普及

土木工事において「ICT 技術の全面的な活用」を実現する取組として平成28年に「15の基準と積算基準」による ICT 土工の基準が整備され、以後道路改良工事や河川改修工事の大部分で活用できるよう工種を拡大していった。

工種拡大に伴い、平成28年度は、ICT 活用工事が19件の実施であったが、令和元年度は140件実施している。

また、ICT 技術を活用した出来形・出来高管理を行う ICT 建機についても機種が増えていった（図-36、図-37）。



図-36 GNSS を利用した締固め管理



図-37 施工履歴データを利用した地盤改良機械