

自走式水中浚渫ロボットの開発

Development of Self-Movable Type Submersible Dredging Robot

技術本部 熊本直樹^{*1}

神戸造船所 辻正成^{*2} 大下隆晴^{*2}

竹田 悟^{*2} 大八木俊雄^{*2}

ダム貯水池の堆砂(たいさ)は、上流河床の上昇や貯水池容量の低下をもたらす。こうした堆砂問題に対処し既設水力発電所の延命化を図る堆砂排除技術の研究・開発を通商産業省資源エネルギー庁が電源開発(株)に委託し、当社及び(株)荏原製作所の両社が再委託を受けて堆砂排除に最適な自走式水中浚渫(しゅんせつ)ロボットを共同開発し、天竜川秋葉調整池で実証試験を行った。その結果、本自走式水中浚渫ロボットは貯水池の複雑な形状及び土質の池底を自走しながら堆砂を浚渫し、地上へ高濃度スラリーで揚砂する有効な手段であることを検証することができた。

In some hydroelectric power stations, the increase of sedimentary sand in the storage dam has become a serious problem due to the following harmful effects.

- The decrease of the water storage capacity of the storage dam.
- The rise of the river bottom of upstream into the dam.

In order to resolve these problems, a remotely controlled submersible dredging robot has been developed and field working tests in a storage dam has been successfully carried out. Evaluating the results of testing, it has been recognized that this type of robot will be useful for the removal of sediment.

1. 緒言

ダム貯水池の堆砂(たいさ)を排除する方法としては、洪水時の掃流を利用して堆砂をダム貯水池の下流に押し流す方法、あるいはポンプ浚渫船、グラブバケット浚渫船、バックホー浚渫船等による方法があるが水面浮上式であるため水深によっては、その適用性に制限がある。これらに代わる方法として水深の影響を受けず堆砂排除作業を可能とする浚渫機械が要求され、ダム貯水池の池底を自走し堆砂を浚渫して地上へ揚砂する水中浚渫ロボット

(以下、単にロボットと称す)を研究・開発し実証試験を行った。

2. 浚渫システムの概要

本ロボットによる浚渫システムの概要について図1に示す。

本システムは、ロボット、揚砂装置、地上からの遠隔操作基地、揚砂升、支援台船、位置計測装置等で構成されている。

バケットホイール式の浚渫装置で浚渫された堆砂は、ロボット上に搭載の浚渫ポンプで吸入し、揚砂管装置を経て地上の揚砂升に揚げられる。揚砂升から出た余水は沈殿槽で微粒子を沈降分離

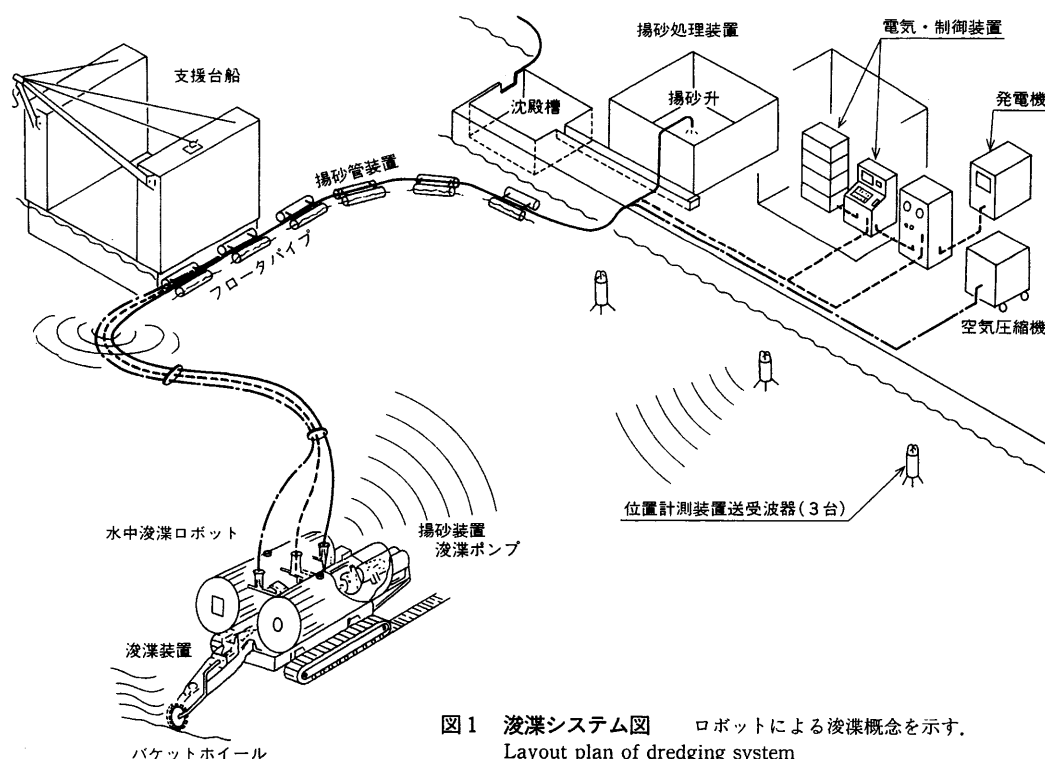


図1 浚渫システム図 ロボットによる浚渫概念を示す。
Layout plan of dredging system

*1 広島研究所鉄構・土木研究室 工博

*2 船舶・海洋部

した後、貯水池に戻す。

ロボットの位置は超音波を用いた計測装置で検知し、光ケーブルを通して地上からロボットを制御する。

支援台船は凹型浮ドック方式の多目的台船で、ロボットの浮沈の補助及び保守・点検等に使用する。

これらで構成されたシステム及び各装置の特長は次のとおりである。

- (1) 浚渫ロボットが池底を自走するので、水深の広い範囲に適用することができる。
- (2) 浚渫ポンプをロボット上に搭載しているため、水深が変わっても高能率で揚砂できる。
- (3) ロボットにはバラストタンクを装備し、これに注排水することでロボットの浮沈作業及び接地圧の調整が可能である。
- (4) 浚渫装置は浚渫時の貯水汚濁が少ないバケットホイール式としている。また、バケットに異物除去装置を設けている。

3. 実証試験機の設計・製作

前述の浚渫システムを実証するため実証試験機を設計・製作した。この試験機の設計基本主要目を表1に示す。

表1 設計基本主要目
Principal particulars

項 目	基 本 要 目
稼働条件	稼働水深 貯水池内流速 約6~30 m 0.8 m/s (最大)
主 要 諸 元	浚渫装置 本体形式 掘削法式 走行方式 主寸法 浮沈機能 全没型、電動油圧式 バケットホイール式 クローラ式 全長 12.9 m, 幅 5.4 m 高さ 4 m 支援台船補助による浮上/沈設
	揚砂装置 (浚渫ポンプ) ポンプ型式 吐出量×全揚程 電動機 水中電動機駆動片吸込渦巻ポンプ 136 m ³ /h×67 m 75 kW
	揚砂管装 揚砂管口径×総延長 最大実揚程 125 A×約250 m 約10 m
	電気制御装置 配電方式 動力回路 浚渫ロボット制御電源 陸上制御装置電源 運転方式 制御装置構成 AC 440 V-60 Hz AC 400 V-60 Hz ロボット内で100 Vに降圧 AC 100 V-60 Hz 有線遠隔操縦方式 (光通信) 遠隔操作盤 制御コンピュータ 浚渫支援コンピュータ 位置計測装置
	支援台船 型式 主寸法 凹型浮ドック方式 全長 (台船) 11 m, 幅 10.5 m, 高さ .05 m

3.1 ロボット

本ロボットは、本体 (架台及び円筒タンク)、クローラ走行装置、バケットホイール及びラダーで構成される浚渫装置、これらを駆動する油圧装置、浚渫ポンプ及び電動水中モータで構成される揚砂装置等を装備している。その概要を一般配置図として図2に、外観を図3に示す。

3.2 運転制御装置

ロボットの運転は、地上側の遠隔操作盤で行い、手動・自動運転の選択が可能である。ロボットの制御システムは、運転制御コンピュータシステム、浚渫支援コンピュータシステム及び計測システムで構成される。

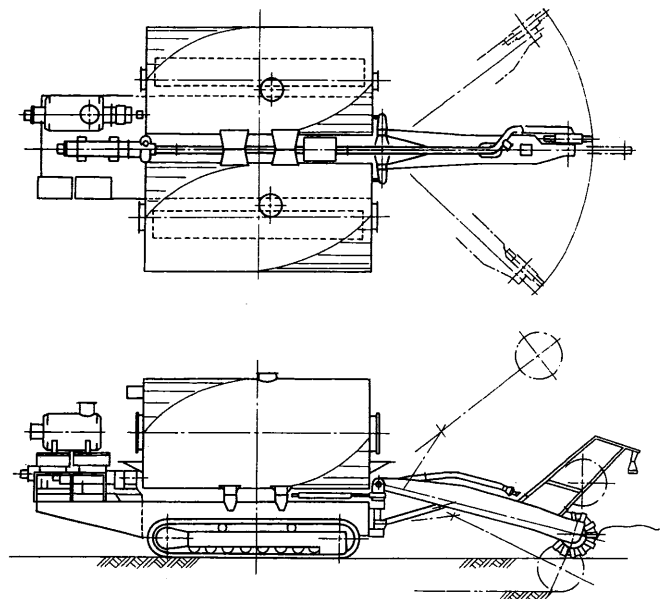


図2 一般配置図 浚渫ロボットの全体概略配置を示す。
General arrangement



図3 浚渫ロボットの外観 浚渫ロボットの外観を示す全体写真。
Picture of robot on land

(1) 運転制御コンピュータシステム

手動・自動運転制御のいずれかのモードを選択し、ロボットを遠隔制御するものであり、操作盤のCRT画面により運転パラメータの設定及び変更が行える。またアラームも表示される。

自動運転制御としては、クローラ連動運転、バケットホイール水平旋回運転及び自動浚渫パターン運転の機能がある。

(2) 浚渫支援コンピュータシステム

ロボットの浚渫及び走行運転状態を操作盤のCRT画面にグラフィック表示し、ロボットの運転状態を監視・記録するものである。その機能としては、浚渫断面・平面の表示 (浚渫データも表示)、ロボットの姿勢表示 (側面・正面)、データの表示・記録及び浚渫開始位置誘導画面の表示がある。

(3) 計測システム

ロボットの遠隔操作を行うためには、ロボットの位置、姿勢、各機器の作動状況、池床状況を正確に把握する必要がある。そのための各種センサをロボット並びに地上側に装備している。この計測・制御システムの全体構成を図4に示す。

4. 実証試験

実証試験機は、昭和63年度に設計・製作を開始し、平成2年

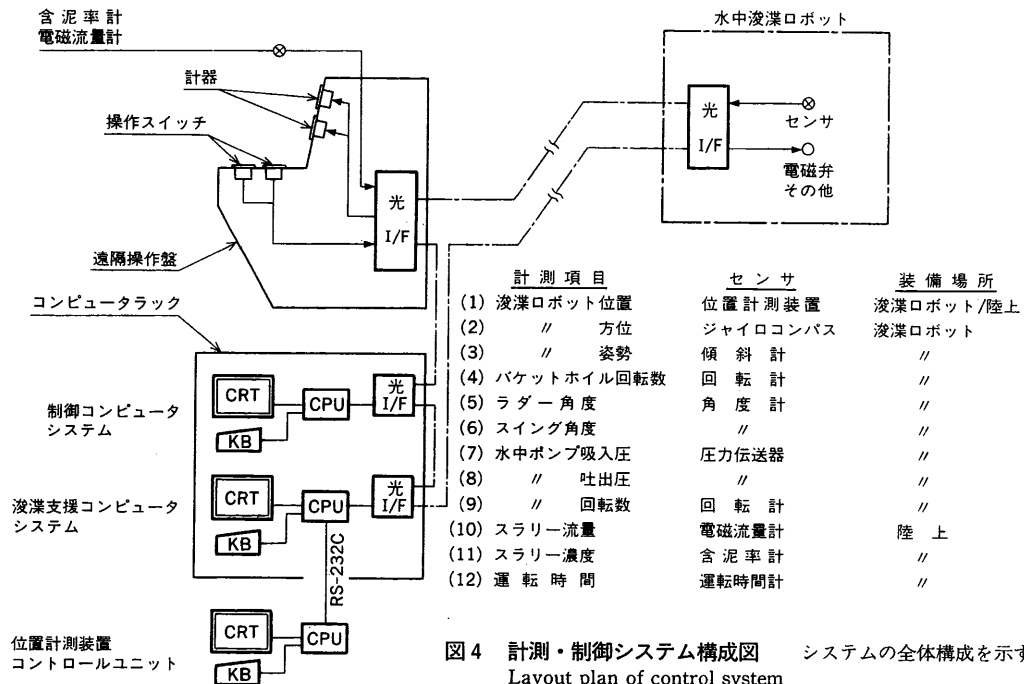


図4 計測・制御システム構成図 システムの全体構成を示す。
Layout plan of control system

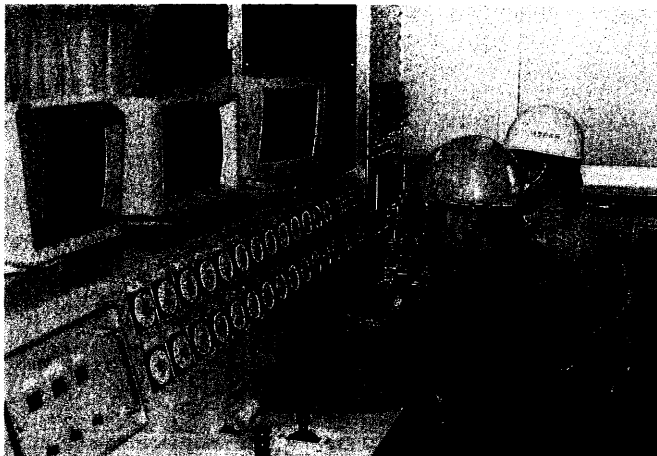


図5 運転操作状況 遠隔操作室における運転操作状況。
Picture of robot operation in control station

12月に完成、当所で陸上走行試験、水中作動確認試験を行った後、実証試験地に搬入し、下記要領にて実証試験を実施した。運転操作状況を図5に示す。

4.1 試験内容・条件等

試験内容：浮沈及び退避、操作特性、浚渫特性、揚砂特性、連続浚渫、その他（貯水濁度計測、機器摩耗状況検証）

試験期間：平成3年2月5日～平成3年4月12日（51日間）

試験場所：秋葉ダム上流約6km 天竜川砂利協プラント付近

貯水池水深：約20m

貯水池流速：約0.2m/s

浚渫土質：粗砂

4.2 試験結果のまとめ

(1) 機器の機能

試験期間中浚渫装置、揚砂装置及び電気制御装置ともほぼすべての構成機器が計画どおりに正常に機能した。

ロボットの位置計測装置については、多重反射の影響を排除

くことができず、若干精度が劣ったため、ジャイロコンパス信号とクローラ前進量からロボット位置の推定演算を行い、特に支障なく運転ができた。

試験区域の堆砂には転石、流木等の異物が多く混在していた。このような過酷な条件の下では、作業能率が上がらないものの、機器としては十分に耐え得るものであった。

(2) システムの性能

水深が約20mの深い場所においても、池底の状況が比較的良好な場所では、自動浚渫パターン運転で含泥率20%前後、手動運転で30%を超える運転も可能であった。また、様々な池底状況において試験を実施したにもかかわらず、平均含泥率は15.4%であった。これは計画時点の予想含泥率と同等又はそれ以上であり、試験機の堆砂排除能力は要求性能を満足するものであることが確認できた。

5. 結 言

今回の開発・実証試験は、ロボットによる浚渫システムの実用性が検証できる最小規模の実証機であったが実証試験の結果、設計条件を十分に満足するものであり、本システムの実用性が確認された。実用機における改良点は、“浚渫能力の向上”“適用土質の範囲拡大”“経済性の向上”等であるが、実証機をスケールアップすることでほぼ対応可能と考えられる。

今後、貯水池の堆砂排除をはじめ多方面の浚渫工事での実用化が期待される。

本実証試験の実施に際しては、電源開発(株)をはじめ、関係各位からの多大の御指導と御協力を賜った。ここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- (1) 松本幸雄ほか、流体ドレッジ方式堆砂排除システム実証試験について、電力土木 No. 241 別刷 (1992)
- (2) (株)荏原製作所、流体ドレッジ式堆砂排除システム実証試験再委託業務報告書 平成2年度 (平成3年)