

マルチビームソナーを活用した河床掘削におけるリアルタイム水中可視化技術

新開 貴行・関原 真之介

バックホウ浚渫船による河川の掘削工事は、河床形状をリアルタイムに把握することが困難であり、測量船によるマルチビーム深淺測量または潜水士の目視やビデオ撮影により河床形状を確認し、その結果を基に追加施工や仕上げ掘削を実施している（写真—1）。本稿では、バックホウ浚渫船に装備されたマシンガイダンス機能と新たに設置したマルチビームソナーの測量結果を連携させ、掘削中の河床形状がリアルタイムに把握できるシステムの開発について報告する。

キーワード：土木、バックホウ浚渫船、河床掘削、マシンガイダンス、マルチビームソナー

1. はじめに

バックホウ浚渫船による掘削工事は、事前に実施する起工測量や進捗に合わせて実施する測量の結果や岩盤の地質調査結果などの数少ない情報を基に施工するため、オペレータの経験と技量に頼るところが大きい。しかし、現場で作業する技能者の高齢化や建設業のハードな労働環境のイメージから若手離れが進み、人手不足が深刻化している現状の中で、熟練したオペレータによる効率的な施工が非常に難しく、ICT・IoTを駆使した技術力向上により人を選ばない施工の実現が求められており、水中施工の技術開発分野では水中可視化技術の開発が多く取り組まれている。

本稿では、バックホウ浚渫船のブームに取り付けた傾斜計とGNSSを組み合わせたマシンガイダンス機能と、新たに設置したマルチビームソナーで入手した点

群データをリアルタイムに連携させて画面に表示することにより、河床形状、掘り残しや土砂がバケットからこぼれる状況などをリアルタイムに確認できるシステム（以下、本システムという）を開発したので報告する（写真—2）。



写真—2 バックホウ浚渫船の掘削工事状況

マルチビームソナー

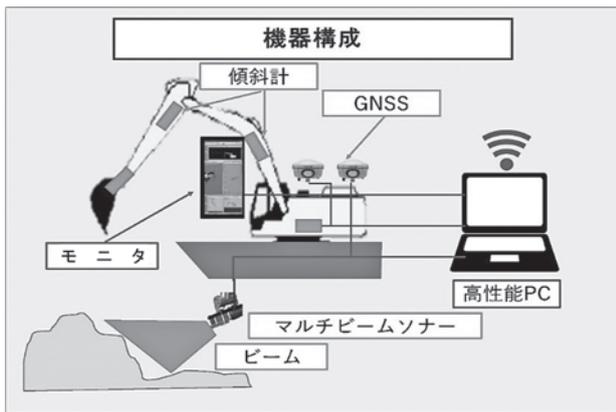


写真—1 測量船による深淺測量状況

2. 機器構成

本システムは、バックホウ本体に取り付けたマシンガイダンスとバックホウ浚渫船の船底船首側に取り付けたマルチビームソナーに大別される。本システムの機器構成を図—1に示す。

マシンガイダンスの構成は、バックホウブームに取り付けた傾斜計とバックホウ本体に取り付けたGNSSからなり、バケットの刃先位置が把握できる。マルチビームソナーは、掘削作業時でも障害が少ない船首側に取り付けた。

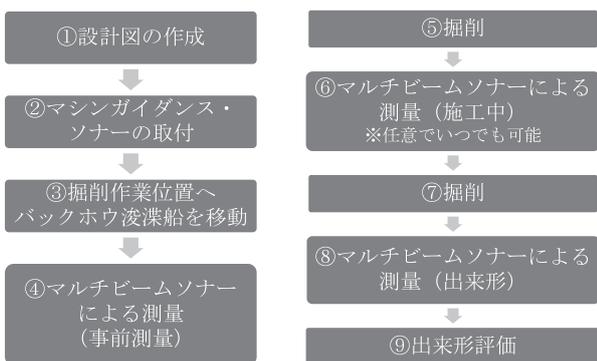


図一 1 システムの機器構成

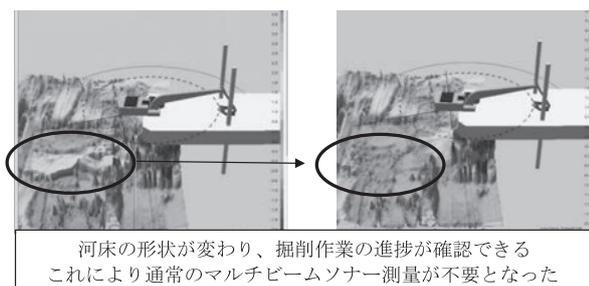
本システムの出力は、マシンガイダンスによるバケット刃先位置情報とマルチビームソナーで入手した点群データを連携させ、操縦席に設置したモニタ画面に表示される。また、マルチビームソナーによる測量結果は、オペレータと掘削状況を共有することで掘削方法の検討や設計に対する過不足を即座に把握することを目的に、クラウドアプリを介して関係者全員が情報を確認できるようにした。システム活用フローを図一2に示す。

3. マルチビームソナー

本システムで使用しているマルチビームソナーは、任意のタイミングで測量を行うことができるため、掘



図一 2 システム活用フロー

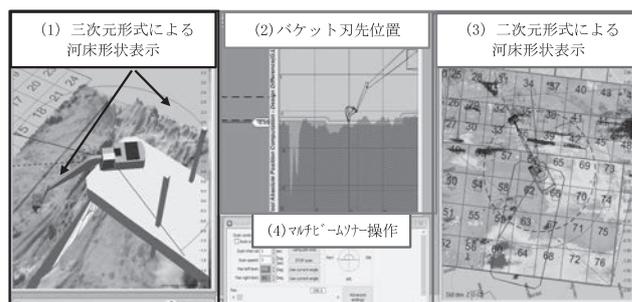


図一 3 マルチビームソナーによる河床形状確認

削中の障害物の有無、掘削深度の深浅状況などを好きなタイミングで確認することが可能であり、河床の形状変化を簡単に確認することが可能である(図一3)。

4. モニタ画面

モニタ画面は操作室に1画面が設置しており、バケット刃先位置と河床形状がリアルタイム(任意のタイミング)で表示される。また、モニタ画面は以下に示す表示内容を選択し、切替えることができる(図一4)。



図一 4 モニタ表示状況

(1) 三次元形式による河床形状表示

マルチビームソナーの測量結果が、すぐに三次元で表示される。河床深度が色分けされるので、直感的に深度の把握が可能となる。

(2) バケット刃先位置表示

バケット刃先位置と河床形状の詳細を確認するとき、拡大された断面として表示される。

(3) 二次元形式による河床形状表示

マルチビームソナーの測量結果が、すぐに二次元で表示される。河床深度が色分けされるので、直感的に深度の把握が可能となる。

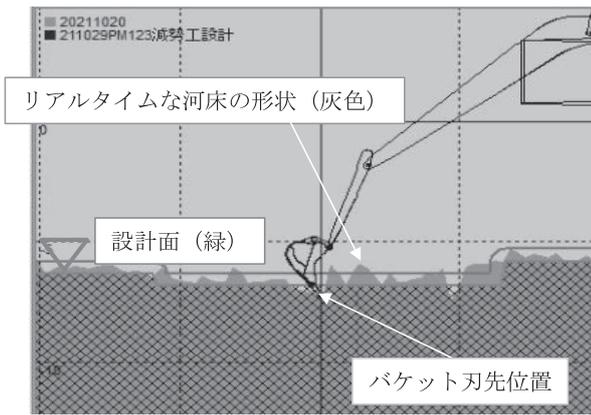
(4) マルチビームソナーの操作

マルチビームソナーの測量開始と停止を行う。

5. 品質の確保・向上に対する効果

本システムは、マルチビームソナーによる測量を実施するごとに河床の形状が更新されるため、掘削作業中でもオペレータは図一5に示すモニタ画面を確認し、リアルタイムに河床形状や掘削状況を確認できるので精度の高い施工が実現できる。

本システムの精度は、測量船によるマルチビーム深淺測量と同等である。図一6に本システムのマルチ



図—5 作業中のモニタ表示

ビームソナーの精度確認をした結果の一例を示す。確認方法は、測量船によるマルチビーム深淺測量結果と、バックホウ浚渫船に設置したマルチビームソナーによる測量結果を比較した。精度確認は、2箇所の違う場所でバックホウ浚渫船による掘削前と掘削後の2回実施した。掘削前の精度確認では、上記記載の測量結果の比較によりデータ数 22,422 のうち±10 cm 以内となったデータ数が 98.13%、掘削後では、データ数 22,289 のうち±10 cm 以内が 95.53% となり、良好な結果を確認することが出来た。

6. 施工管理の効率化・高度化に関する効果

本システムは、マルチビームソナーの測量結果がリアルタイムに河床深度で色分けされるため、直感的に深度を把握できる。オペレータは河床掘削状況をリア

ルタイムに把握でき、施工の効率化が可能となった。また、河床の状況が可視化されるため、熟練オペレータでなくても画面を見ながら的確な操作が可能となった。

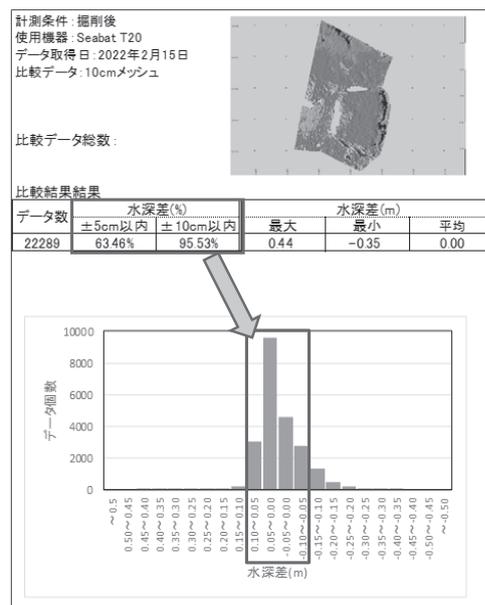
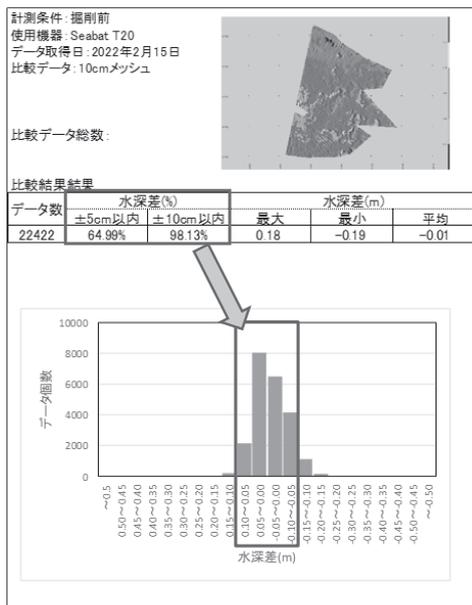
これまではオペレータ任せになっていた掘削作業が、作業に携わる全員がそれぞれの PC 画面で河床形状が情報共有でき、掘削方法や作業の進捗状況が明確になり、掘削の過不足に対する追加施工の指示や岩盤に対する掘削方法・順序の再検討など、多面的で詳細な施工管理が可能となった。水中可視化技術が発展することにより、陸上での掘削工事同様の施工管理、品質管理を行うことが可能となるため管理者が直接的に関与でき、更なる効率アップに繋がると考えている。また、ソナー測量結果は、世界測地系による .asc の点群データで出力できるので土量計算や出来形判定を行うことも可能となり、これまで必要としていた深淺測量を省略できる (図—7)。

7. その他の効果

これまで、品質や施工に対する効果について述べたが、本システムの導入によりその他にも得ることができた効果を以下に記載する。

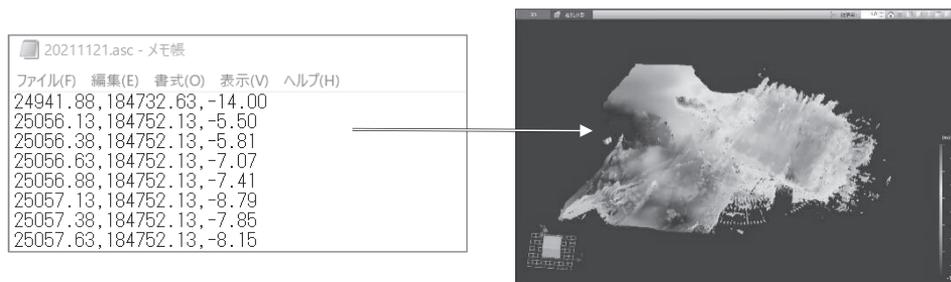
(1) 測量作業による環境負荷低減

従来に比べて、測量作業時間を短縮することが可能となり、化石燃料の消費が約 1.4 t 程度削減することができた。



※水深差：測量船によるマルチビームソナー深淺測量結果を基準として、本システムのマルチビームソナー測量結果との差異

図—6 マルチビームソナー精度確認の結果



図一七 取得した点群データおよび土量計算ソフトでの表示

短縮日数 : 1 日
 作業時間 : 8 h
 一時間あたりの燃料消費量 : 71 L/h
 CO₂ 排出係数 : 2.58 kg - CO₂/L
 1日 × 8h × 71 L × 2.62 kg - CO₂/L = ▲1,488.16kg - CO₂

(2) 導入の簡易さ

本システムは、市場にある機器を選定しており、既存のバックホウ浚渫船全てに搭載可能である。

8. おわりに

従来の水中掘削作業は、オペレータの経験や技量に頼るところが大きいが、今回開発したリアルタイム水中可視化技術は、マシンガイダンス機能とマルチビームソナーの測量結果を連携させたシステムを構築したことで、河床形状をリアルタイムに把握、多面的で詳細な施工管理の実現が可能となり、生産性向上を達成することができた。

しかし、マルチビームソナーは高価な機材であり導入費用が高額となった。今後のマルチビームソナーの

流通量が増加し、リース費用が低減することを期待する。

本システムが、河川などの濁りや水流による河床地形変化が確認できない水中での掘削工事や浚渫工事などで活用され、さらに海上や湖畔など水中作業全般で生産性向上や出来形向上に繋がるように今後も開発を継続したい。



【筆者紹介】



新開 貴行 (しんかい たかゆき)
 鹿島建設(株) 北陸支店
 大河津分水路新第二床固改築工事事務所
 機電課長



関原 真之介 (せきはら しんのすけ)
 鹿島建設(株) 北陸支店
 大河津分水路新第二床固改築工事事務所
 機電課長代理