

八戸港浚渫工事における ICT を活用した施工管理

マルチビーム、UAV、UMV、4D エコー等を活用した浚渫、埋立工事の施工管理

泉 誠司郎

国土交通省が発注した浚渫工事は、平成 29 年度より ICT としてナローマルチビーム音響測深機（以下、「マルチビーム」という）が事前測量および出来形測量に導入されている。これに先立ち、平成 28 年度に東北地方整備局が発注した「八戸港河原木地区航路・泊地（-14 m）浚渫工事」は、直轄港湾工事初の ICT 活用調査の対象工事であり、この工事において浚渫部ではマルチビーム等を活用し、埋立地では UAV（ドローン）、UMV（リモコンボート）を活用して施工管理を行った。本稿では、ICT を活用した施工管理の内容、効果について示す。

キーワード：港湾、ポンプ浚渫、埋立、マルチビーム、UAV、UMV

1. はじめに

港湾におけるポンプ浚渫工事は、ポンプ浚渫船で浚渫を行い、浚渫した土砂の運搬および土捨は排砂管を使用して排送するため施工の殆どの部分がすでに機械化されている。しかし、浚渫船等の作業船の操作や出来形測量、土量計算等はまだまだ人間に頼る部分が多く改善の余地がある。国土交通省は、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取組である i-Construction を進めており、港湾分野でも ICT を活用して情報の 3 次元化を進めている。以下に、八戸港におけるポンプ浚渫工事において、ICT を活用した浚渫部から埋立部までの一気通貫した施工管理について示す。

2. 工事の概要

工事の概要は、八戸港の航路・泊地をポンプ浚渫船で約 120,000 m³ 浚渫し、浚渫土砂を排砂管で約 3,000 m 離れた埋立地まで排送したものであり（図-1 参照）ICT 活用調査の対象工事として、マルチビームを使用した浚渫部の事前測量および事後の水路測量の計 2 回分が工事に含まれていた。

3. ICT 導入の目的

本工事は、計画浚渫土量（地山）と浚渫土の土捨てである埋立地の容量がほぼ同じであるため、施工中の

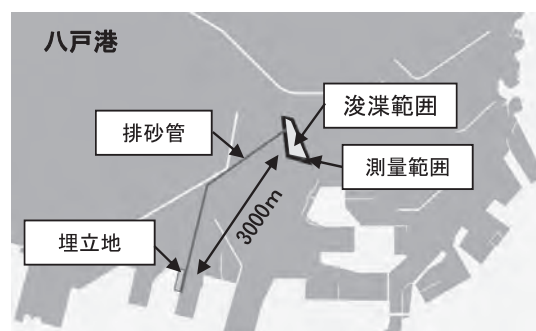
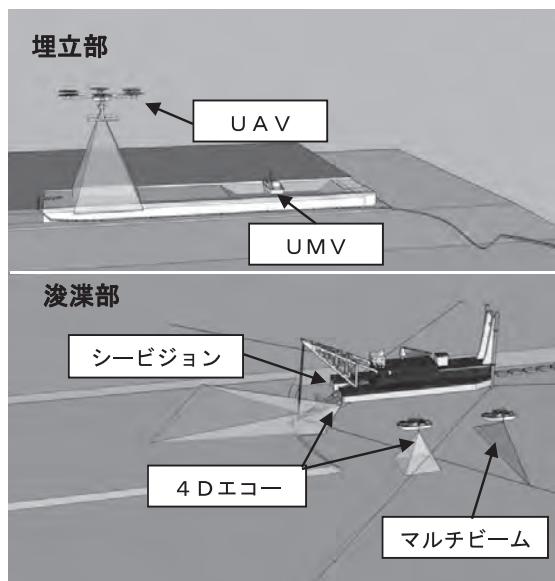


図-1 施工位置図

浚渫土量と埋立土量を把握しながら、状況に応じて余掘厚、余掘幅を適切に設定して浚渫することが必要であった。この浚渫土量と埋立土量を把握しながら浚渫作業を行う施工管理に ICT を活用することとし、各段階で活用する ICT は以下のとおりとした。ICT 活用概要を図-2 に示す。

- ・ 施工中において浚渫の出来形および浚渫土量を把握するために、マルチビームを使用する。
- ・ 浚渫工の出来形管理装置として、水中ソナー（以下「4D エコー」という）を測量船に設置して浚渫後の水深を測量し、マルチビームのデータと比較して精度を検証する。
- ・ 浚渫状況を可視化するとともに深浅データを速やかに取得して掘り残しを防止するため、4D エコーとシービジョンをポンプ浚渫船に設置する。また、海底に沈設した排砂管に異常がないか確認するため、4D エコーを使用して可視化する。
- ・ 埋立部の迅速な埋立土量と残容量の算出を行うため



図一 2 ICT 活用概要図

に、UAV、UMVを使用する。

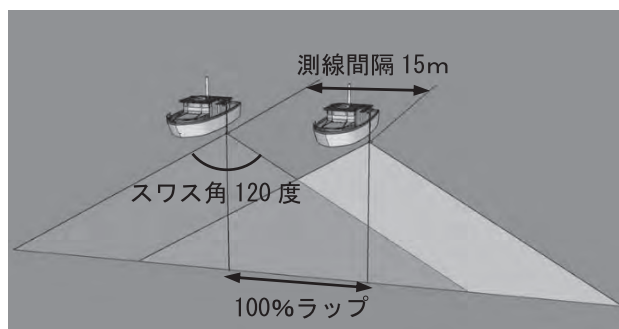
- ・浚渫船の位置把握、カッター深度把握、アンカー位置の把握および投錨位置誘導のため、浚渫施工管理システムを使用する。

4. 活用した ICT の内容

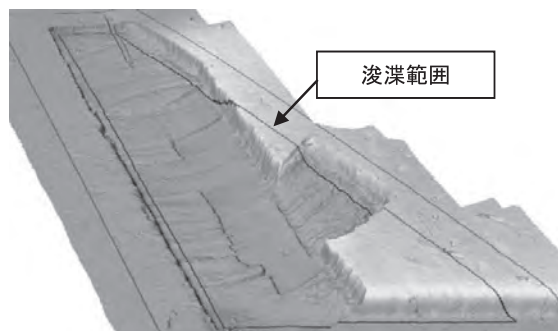
(1) マルチビームによる深淺測量

マルチビームを使用して、浚渫部において事前測量1回、施工中2回、浚渫完了直後1回、事後の水路測量1回の計5回の深淺測量を実施した。マルチビームは、スワス角120度で運用し、ラップ率が片舷100%となるように測線間隔を15mに設定した(図一3参照)。機材は、事前ではSEABAT8125、それ以外はSonic2024を使用した。

施工中の測量で得られたデータを使用してコンター図および俯瞰図を作製した。さらにTIN法により浚渫土量を算出して残りの浚渫土量を把握した。施工中に実施した測量データから作製した俯瞰図を図一4に示す。



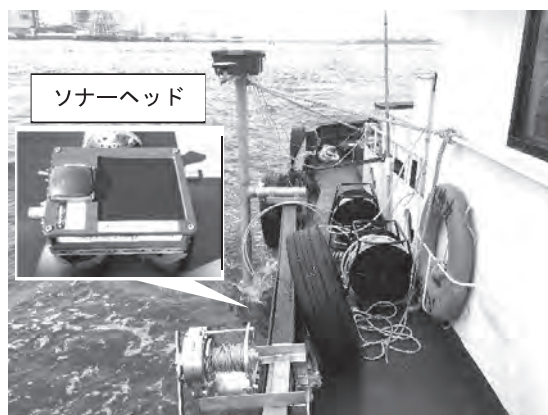
図一 3 マルチビーム測線間隔図



図一 4 施工中の測量データによる俯瞰図

(2) 4D エコーを使用した 3D 点群データ取得

4D エコーは、ソナーヘッドから最大50度×50度の範囲に、縦128本、横128本の合計16,384本の超音波ビームを同時に発信し、海底等で反射して戻ってきた超音波を受信して3D映像に変換し表示する装置である。リアルタイムに海中の状況を3D映像として見るとともに、映像が記録可能である。さらに、GNSSと動揺補正装置を組み合わせ、水中の3D点群データの取得が可能な装置である。施工中のマルチビーム測量と同時期に4Dエコーを測量船に設置し、3D点群データを取得した。写真一1に測量状況を示す。



写真一 1 測量船に搭載した 4D エコーでの測量状況

(3) シービジョンを使用した深淺測量

シービジョン(写真一2参照)は、単素子のソナーヘッドをパンチルト機で動かし、設定した範囲を1mメッシュで測深する装置であり、ポンプ浚渫船の船首右舷側に設置した。今回の工事においては、設定した水深で浚渫できているかをブリッジに設置したモニタに示される水深データで確認した。

(4) 4D エコーを使用した浚渫状況および海底上の排砂管の確認

ポンプ浚渫船の船首左舷側に4Dエコーを設置して浚渫中のカッター付近の映像をリアルタイムにモニタ

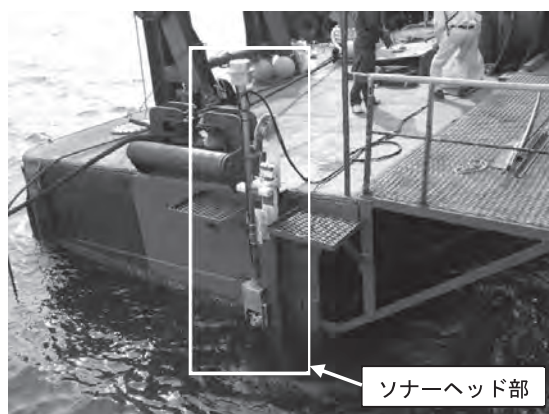


写真-2 シービジョン機装状況

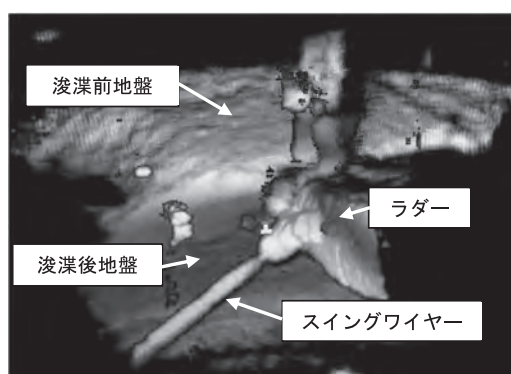


図-5 4D エコーの浚渫中の画像表示例

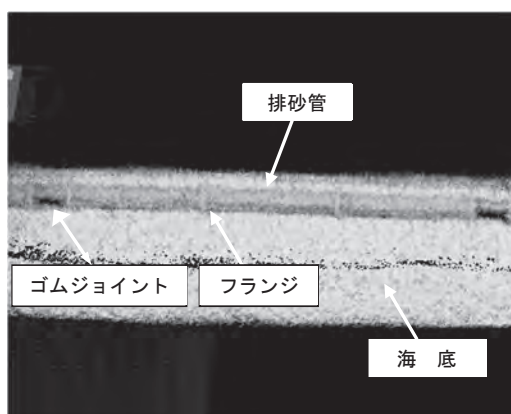


図-6 海底の排砂管の画像表示例

に表示し、掘り残しがなく浚渫していることを確認した。図-5に示すように、浚渫中の濁りがある暗闇中でも浚渫船のラダーやスイングワイヤー、さらに浚渫後の地盤の形状がリアルタイムに確認できた。

さらに、海底面上に設置した排砂管の状況を、測量船に設置した4Dエコーを使用して問題がないか確認した。モニタの表示例を図-6に示す。

(5) UAVを使用した陸上部の測量

埋立地の護岸等の陸上部の事前測量および、施工中に陸化した部分の測量はUAVを使用して行った。測

量は、事前は1回実施し、浚渫初期はおおむね2日に1回行い、浚渫終盤は毎日行い合計12回実施した。

なお、撮影は高度75m(中央コース)または55m(外周コース)から行い、UAVを速度2.3m/秒で飛行させながら2秒に1枚撮影を行った。空中写真の重複度は、「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」(平成28年度)に従い、同一コース内の隣接空中写真間で90%以上、隣接コースの空中写真間で60%以上となるようコースを設定した。UAVの使用機材を写真-3に示し、UAV撮影コースを図-7に示す。



写真-3 UAV使用機材



図-7 UAV撮影コース図(オルソ画像)

(6) UMVを使用した深浅測量

埋立地の水面が残る部分の深浅測量は、UMV(写真-4参照)を使用して行った。測量は、UAV測量と同じ日に行い、水面部分がなくなるまで合計8回実施した。UMVを使用した深浅測量は、埋立地のセンターから護岸向きにUMVを航行させてデータを取得した。測線の間隔は5mとし、測深は1mピッチとした。

(7) 浚渫施工管理システムの使用

ポンプ浚渫船の船体にGNSSおよび傾斜計を設置し、さらに船体前方のラダーに傾斜計を設置して、ポンプ浚渫船の位置、向き、スイングの履歴、カッターの深度を表示(図-8参照)させ、オペレータがモニタを確認しながらポンプ浚渫船を操作した。さらに、アンカー位置を表示する機能(図-9参照)を



写真-4 UMV (リモコンボート)

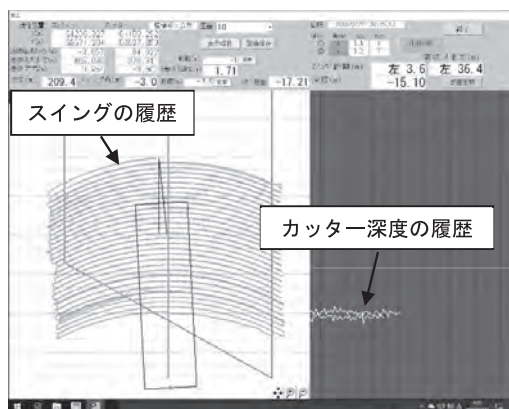


図-8 浚渫システムモニタ表示例

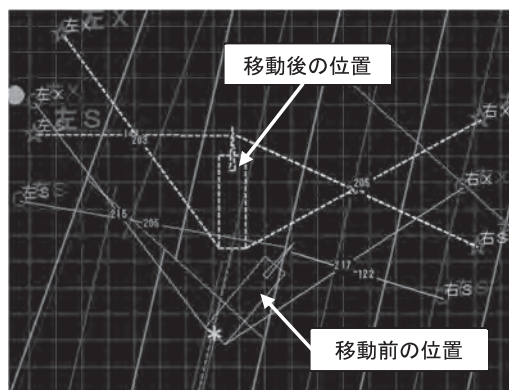


図-9 アンカー位置表示例

使用し、揚錨船ブリッジにもモニタを設置して揚錨船を投錨位置へ誘導した。

5. ICT 活用の結果

(1) 浚渫部

施工中、測量船に搭載したマルチビームのデータを使用し、コンター図および俯瞰図を作製して浚渫出来形を確認し掘り残すことなく浚渫を完了した。また、0.5 m メッシュデータを俯瞰図に加工した結果（図-10 参照）、今まで見えなかったアンカーの引きずり等

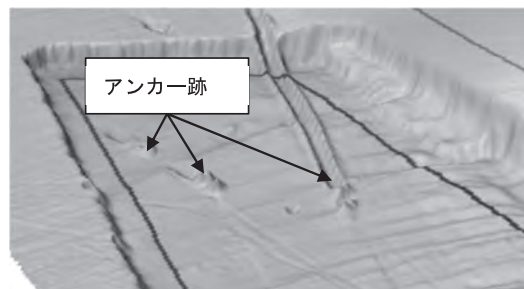


図-10 0.5 m メッシュデータによる俯瞰図

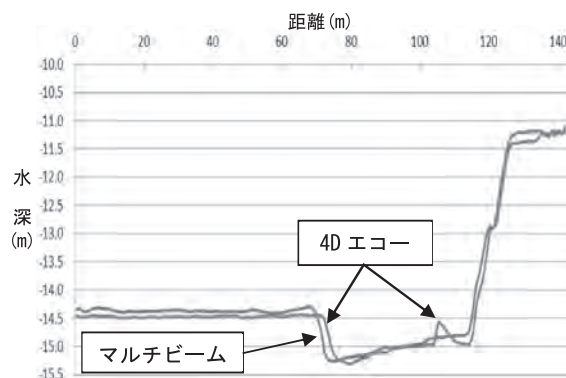


図-11 4D エコーとマルチビームの比較

による出来形の悪化が明らかとなり、再発防止を指示して出来形向上に役立てることができた。

さらに、浚渫船に設置した4D エコーを使用し、ポンプ浚渫で発生する濁りの中でも十分に水中が可視化され、4D エコーが掘り残しの有無のチェック等の施工管理に使用可能なことを確認した。マルチビームと4D エコーにより取得した水深データを比較した結果、図-11 に示すようにデータが概ね測定誤差の範囲に収まっていることを確認した。

また、シービジョンを使用して浚渫直後の出来形を確認することで手直しを無くすことができた。

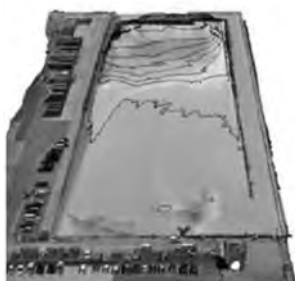
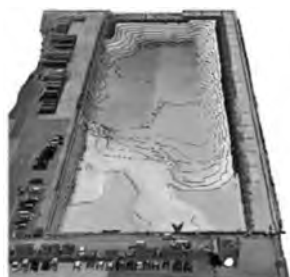
(2) 埋立部

UAV および UMV を使用して取得したデータを合成して埋立地の地盤高を把握するとともに埋立土量と埋立地の残容量を算出した。また、浚渫済土量と埋立土量の関係より土量変化率を把握した。

浚渫作業が2/3程度完了した時点において、ICTを活用して残浚渫土量と埋立地の残容量を迅速に把握し、土量変化率を考慮して最終的な埋立地の埋立高を想定した。その結果を基に、埋立地の最終埋立高設定に関する協議をスムーズに実施し、掘り残すことなく無事に浚渫を完了させた。その際、協議に伴うポンプ浚渫船の休止期間を短くできたことはICTを活用した大きな効果であった。浚渫土量と埋立土量の関連を表-1 に示す。埋立の進捗状況を図-12 に示す。

表一 埋立・浚渫土量一覧表

実施日	埋立地 UAV, UMV	浚渫部マルチビーム	備 考
月 日	埋立土量 (m ³)	浚渫土量 (m ³)	
9月11日			浚渫開始
9月15日	27,296		
9月17日	40,375		
9月19日	49,289		
9月21日	69,957		
9月24日		87,108	
9月25日	99,191		
9月27日	111,263		
9月28日	116,140	115,453	
9月29日	117,205		
9月30日	120,933		
10月3日			浚渫完了
10月4日	128,840		
10月5日		128,499	
10月31日	127,652		整地完了後測量



図一 12 埋立部の俯瞰図

(3) 海底部排砂管

浚渫中、海底に沈設した排砂管からの土砂の漏れや屈曲がないか、測量船に設置した4Dエコーでリアルタイムに可視化して確認した結果、異常がないことが確認できた。

(4) 生産性向上効果

今回の工事における生産性の向上効果について、浚渫部と埋立部を合わせた測量から土量計算の部分にかかる人数を評価項目にして試算した。その結果、ICTを活用することで測量から土量計算に関する生産性が約73%向上することを確認した。

6. おわりに

本工事では、ICTの活用により浚渫部から埋立部まで一気通貫した施工管理を行った。埋立部の水中部から陸上部まで連続した測量データの3次元化による管理、浚渫と埋立の土量バランスを把握しながら浚渫方法の最適化を図り、埋立地の容量の範囲内で所要の浚渫工事を完了することができた。

また、ICTの導入の総合的な効果として、安全性の向上、苦渋作業の低減、測量データの高密度化による施工管理の高度化、測量・土量計算日数の短縮による休日確保等の効果があることを確認した。一方、高額な機器の導入に伴うコスト増大や専門機器に対する専門技術者の育成等の課題も判明した。

国土交通省の港湾関連発注工事では、平成30年度より浚渫工の施工のICT化モデル工事もスタートする。グラブ浚渫船のバケットやポンプ浚渫船のカッターヘッドの位置と目標浚渫位置をリアルタイムで可視化したり、オペレータを誘導、または機器を自動制御する技術の活用が求められている。これらの技術を実現することで浚渫作業が自動化され真に浚渫が機械化される日も近いと考える。

謝 辞

最後に、八戸港においてICT活用のお場を提供していただいた、国土交通省 東北地方整備局 八戸港湾・空港整備事務所の皆様に深謝いたします。

J C M A

《参考文献》

- 1) 泉 誠司郎：「八戸港河原木地区航路・泊地（-14m）浚渫工事」におけるICT活用報告，HEDORO，No.129,pp54-58,2017.5
- 2) 泉 誠司郎：マルチビーム，UMV，UAVを用いた浚渫工事の施工管理，港湾，平成29年9月号，pp18-19,2017.9
- 3) 泉 誠司郎：八戸港浚渫工事におけるICT活用事例，土木施工，平成29年11月号，pp87-90,2017.11

〔筆者紹介〕

泉 誠司郎（いずみ せいじろう）
みらい建設工業(株)
技術本部 総合評価部
担当部長

