

ICTを活用した浚渫工事における課題と対応について

宮崎 兼治¹

¹関東地方整備局 千葉港湾事務所 工務課 (〒260-0024 千葉県千葉市中央区中央港1-11-2)

国土交通省では、建設現場における生産性の向上、魅力ある建設現場を目指す新しい取り組みとしてi-Constructionを進めている。港湾でもその具体的な取り組みの一つであるICT活用工事として、試行工事・モデル工事も含め、浚渫工・基礎工・ブロック据付工の施工を対象に進められている。

千葉港湾事務所では、2018年度よりICT活用工事として浚渫工を実施している。千葉港葛南中央地区航路の浚渫工を事例とし、活用効果及び現時点での課題の把握、今後の発注者としての対応のあり方に関する考察を行う。

キーワード i-Construction, 生産性の向上, ICT活用工事, 浚渫工

1. はじめに

国土交通省では、生産年齢人口の減少を背景に、建設現場における生産性の向上、魅力ある建設現場の形成を目指し、新しい取組としてi-Constructionを推進している。これは、これまで人の手で直接実施していた作業を最先端の技術や機械を使用し、作業の自動化、省力化を図る取り組みである。陸上工事におけるICT活用が進むなか、港湾工事についても「港湾におけるICT導入検討委員会」を2016年より開催、港湾工事に合わせたICT導入の基準類の整備などに取り組んでいる。港湾工事の特徴としては、海上や海中での工事が多く、工事出来形の確認や、作業の進捗状況の把握が困難な場合が多いことなどがあげられる。

2018年よりICT浚渫工の本格運用開始しているなか、千葉港湾事務所においては、千葉港葛南中央地区航路（以下「船橋航路」という。）の浚渫工事において、ICT浚渫工を実施した。

2. ICT浚渫工について

(1) 実施施工概要

千葉港湾事務所では、2013年より船橋航路の浚渫工を実施している。浚渫工施工位置を図-1に示す。2013年から2017年までは、浚渫工事後に別件発注により水

路測量を実施、2018年に施工者希望により水路測量データ取得も兼ねたICT浚渫工を実施した。



出典：国土地理院ウェブサイト(https://maps.gsi.go.jp)



図-1 施工位置図

(2) ICT 浚渫工の概要

ICT浚渫工の概要を図-2に示す。主な目的としては、マルチビーム測量による3次元データの作成、測量成果の精度向上、3次元データ活用による施工数量の自動算出、数量算出の効率化、水路測量を兼ねた出来形測量の実施、完成状況の可視化による検査書類の削減等があげられる。大きな変化としては、3次元データ利用のためのナローマルチビームによる測量の実施、水路測量と出来形測量を一度の測量で実施することである。

なお、出来形測量とは浚渫工完了後の検査のために、既定の水深が確保できているか確認する測量。水路測量は船舶航行安全のための海図を補正するために行う測量であり、海底地形の変更を伴う浚渫工事の後、水路測量業務法により実施する。

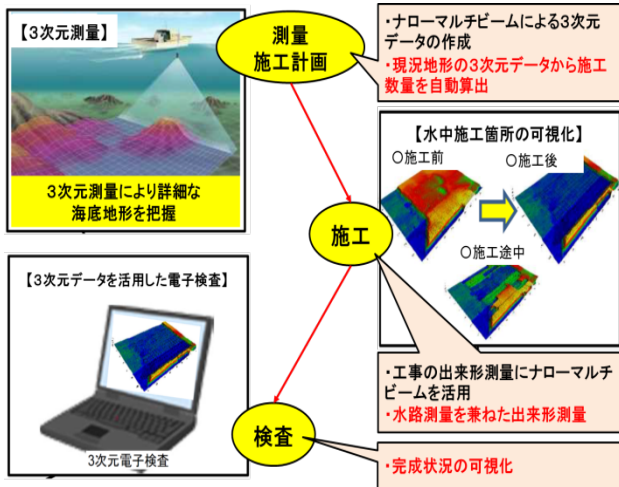


図-2 ICT活用概要

3. 従来方法とICT浚渫工の比較

ICT浚渫工の活用効果及び課題の整理を目的とし、従来方法により実施した直近の2016年と、ICT浚渫工により実施した2018年の施工の変更点等について、(1)水路測量を兼ねた出来形測量、(2)測量機器の変更を整理した。

なお、2018年実施のICT浚渫工に関しては、2018年3月時点で受注者が決定し、施工計画の立案を行っていたため、2018年4月の基準ではなく表-1の2017年3月の基準を使用し実施した。

① ICTの全面的な活用(ICT浚渫工)の推進に関する実施方針
② ICT活用工事積算要領(浚渫工編)(案)
③ 電子納品要領(工事編、業務編、資料編)
④ マルチビームを用いた深淺測量マニュアル(浚渫工編)(案)
⑤ 3次元データを用いた港灣工事数量算出要領(浚渫工編)(案)
⑥ 3次元データを用いた出来形管理要領(浚渫工編)(案)
⑦ 3次元データを用いた出来形管理の監督・検査要領(浚渫工編)(案)

※平成29年3月時点の基準

表-1 2017年実施 ICT浚渫工の使用基準

(1) 水路測量を兼ねた出来形測量

a) 船舶航行への影響低減

施工場所は図-1に示したように供用中の航路である。2016年では、出来形測量とは別に水路測量を発注していたため、2回にわたり航路内で測量を実施する必要があった。2018年は水路測量を兼ねた出来形測量の実施により、1回の測量で済ませることができ、船舶航行への影響を抑えることが出来た。

b) 測量基準の相違による課題

ICT浚渫工による測量基準と、海図補正を行う水路測量の基準の比較を表-2に示す。赤字がICT浚渫工として実施した測量が該当する内容であり、大きな違いは測量成果の座標系である。ICT浚渫工による測量成果を水路測量の成果として提出するには、取得したデータを緯度経度をWGS84の座標系に変換する必要がある。

なお、GNSSの精度管理に関しては、「第7回 港灣におけるICT導入検討委員会」に置いて、水路測量(海上保安庁)の基準に合わせて改定するよう提案がなされている。

表-2 測量基準の比較

	ICT(国土交通省港灣局)	水路測量(海上保安庁)
1.GNSSを使用して測量する場合の諸元	座標系 ITRF94 準拠楕円体 GRS80 長半径 6378137m 扁平率 1/298.2572221 平面直角座標系 世界測地系2011 縮尺 0.9999	座標系 WGS84 準拠楕円体 WGS84 長半径 6378137m 扁平率 1/298.2572236 平面直角座標系 左記に依存するローカル座標(海図毎の任意座標) 縮尺 0.9999
2.(D)GNSSの精度検証	基準点 既設基準点 収録 1回/1秒で10分以上	基準点 1.に準じるため新設基準点が多い、国土地理院所管の三角点は使用できる。 収録 1回/15秒で80回(20分)以上
3.パッチテスト	制約はない。	3回(3往復)行い平均値を使用する。
4.バーチェック	3セットの平均値(深度の既定はない。)	2.4.6mなどで各5~10分取得した平均値
5.測深	探査モード 等距離モードが多い。 データ密度 50cm2以上 重複率 50%以上(浚渫工の場合) 船速 5ノット以下を推奨 探査角度 探査モード、水深、底質、等を考慮して設定する。 ノイズ処理 機械的に処理できる。	探査モード 等角度モード データ密度 既定はない。 重複率 100%以上 船速 左向 探査角度 110°程度を推奨 左記と同様に条件によりもっと絞る。 ノイズである証拠を示す。 再測等により証明する。

c) 測量成果品の相違による課題

ICT浚渫工による提出成果品と、水路測量の提出成果品の比較を表-3に示す。

浚渫後の測量として発注者が受領する成果品と、水路測量として海上保安庁に提出する成果品に相違があるため、受注者は二通りの成果品を作成する必要がある。これは、出来形測量(起工測量)では浚渫工の浚渫土量の確認のための資料や、0.5m格子内に3点以上データ取得の確認資料など測量基準に関する確認資料が必要なのに対し、水路測量では測量基準内容の確認資料、及び水

路測量の成果品様式に、再度データを整理する必要があるためである。

出来形測量(起工測量) (マルチビーム測深)	水路測量
(電子成果品) <ul style="list-style-type: none"> 3次元設計データ MB(マルチビーム)による起工測量計測データ MBによる出来形計測データ 出来形管理資料 MBによる出来形評価用データ MBによる計測点群データ MBによる出来形計測データ 	(成果) <ul style="list-style-type: none"> 測量原図 測量報告書 基準面決定簿
(その他成果品) <ul style="list-style-type: none"> MBによる各計測点群データ 起工測量全点群データ 起工測量中央値0.5m点群データ 出来形測量全点群データ 出来形測量中央値0.5m点群データ 出来形測量最浅値0.5m点群データ 起工測量、出来形数量総括表 起工測量、出来形測量 取得点密度検証結果 従来方式成果 起工測量深淺図 起工測量土量計算書 出来形深淺図 出来形測量土量計算書 	(資料) <ul style="list-style-type: none"> 原点図 測深図 水深原稿図 拡大測深図 拡大水深原稿図 原点計算簿 音響測深記録 験潮簿 測深誘導簿 測深簿 GNSS測位記録 照査水深精度管理表 成果品電子データ一式(CD-R) 水深解析資料(A3ファイル綴じ)

表-3 提出成果品の比較

(2) 測量機器の変更

従来方法による 2016 年ではシングルビーム測深を使用し測量を行い、ICT 浚渫工である 2018 年ではマルチビーム測深を使用して測量を行った。

測量の概要を図-3 に示す。シングルビーム測深は、シングルビーム測深器から音波を 1 本発信し、最も早く返ってきた反射波を直下の水深として採用するもので、マルチビーム測深は、左右方向に広い扇状の音波を測深器の底面から発射し、音波が海底面より反射し返ってくるまでの時間を測り水深を計算するものである。シングルビーム測深では「線」の測量になり、マルチビーム測深では、「面」での測量となること、マルチビーム測深の取得データは、専用のソフトにより 3 次元データの作成が可能である。

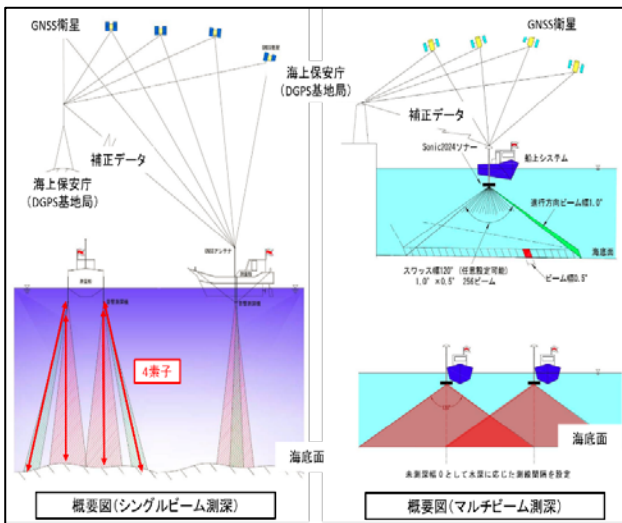


図-3 測量概要図

a) 取得データの密度の向上

測量成果を図-4に示す。10mメッシュごとに水深が記載しているものがシングルビーム測深による成果、0.5mメッシュで水深ごとに色分けしたデータがマルチビーム測深の成果である。2016年の水路測量によるシングルビーム測深では、63,000m²の測量で10万点の測量データが得られており、1m²あたり約2点であるのに対し、2018年の出来形測量兼水路測量によるマルチビーム測深では、35,700m²で約380万点の測量データが得られており、1m²あたり約100点のデータ取得が出来る。約50倍取得データ数の差である。また、マルチビーム測深では、0.5mメッシュに最小値で7点以上の水深データが得られており、マルチビーム測深ではより詳細な測量成果が得られている。また、水深データ数の違いから、マルチビーム測深による事前測量の方がより海面状況を詳細に把握でき、精度の高い浚渫土量計算に繋がった。加えて、三次元データによる数量の自動算出により、人的な計算ミスの軽減にも繋がったと考える。ICT 浚渫工の受注者へのヒアリングでは、土量計算にあたり約3時間かかっていた作業が0.5時間でできた旨を確認している。

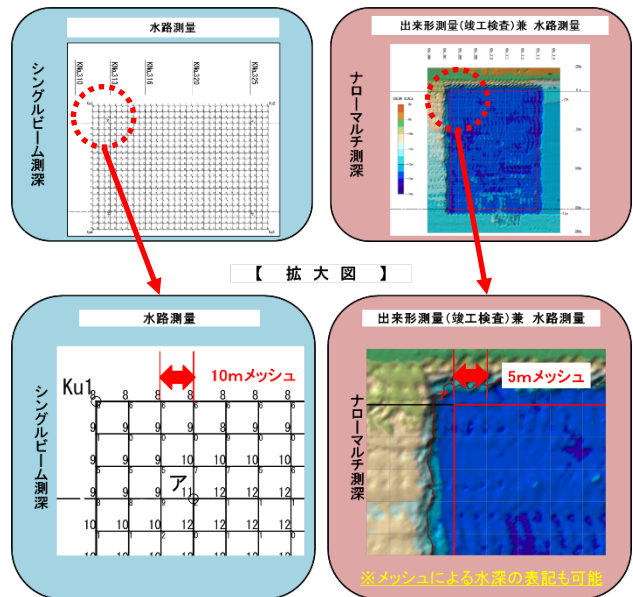


図-4 成果品

b) データ補正による精度向上

マルチビーム測深データの補正内容を図-5に示す。どちらの測量も事前の計測により、音速度、潮位を補正する。加えて、マルチビーム測深では動揺センサーにより、波による船の動揺についてデータ補正が可能であり、精度の向上も図られたものとする。

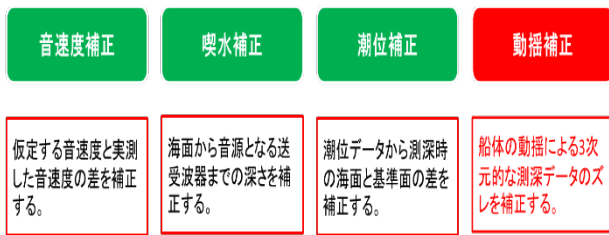


図-5 マルチビーム測深によるデータ補正内容

c) 測量実施時間の短縮

シングルビーム測深による測深間隔とマルチビーム測深による測深間隔を図-6に示す。シングルビーム測深では「線」の測量になり、10mの測線間隔で測量を実施したのに対し、マルチビーム測深では、「面」での測量となり、15mの測線間隔で測量を実施した。測量にかかった時間は、2016年のシングルビーム測深による水路測量では約4時間、2018年のマルチビーム測深による出来形兼水路測量では約2時間であった。シングルビーム測深では1時間当たり15,750m²、マルチビーム測深では1時間当たり17,850m²の測量を実施したことになる。船の運航速度は、どちらも5ノット程度であるため、同じ210m幅の測量範囲で測線数が21本から14本へ削減されたことにより、測量時間を短縮できたと言える。今回の事例での差は小さかったが、3(1)a)で述べた内容と同様に、航路内での測量作業時間短縮によって、航路利用者への影響を抑えることが出来たと考える。

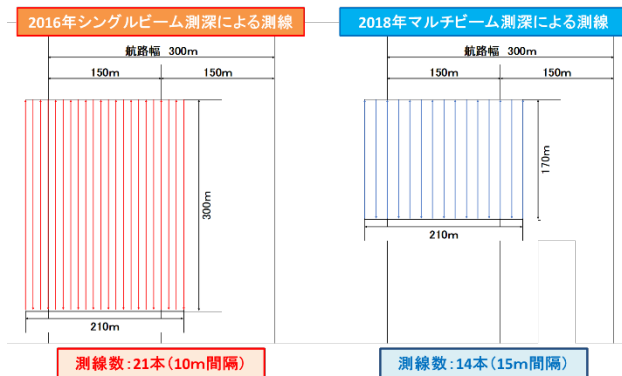


図-6 測深イメージ図

d) 施工管理時におけるマルチビーム測深利用の課題

従来方法のシングルビーム測深に比べ、マルチビーム測深は高価である。マルチビームソナーが高価なことにくわえ、取得した点群データの容量が大きいことから、解析するための高性能PC及び専門ソフトが必要となるなど、従来方法に比べ費用が必要となる。ICT浚渫工の受注者への購入価格のヒアリングでは、動揺センサー等の周辺機器を含むマルチビーム測深に必要な機材一式で約4,600万円、周辺機器を含むシングルビーム測深に必要な機材一式で約400万円であった。そのため、全ての浚渫工事がマルチビーム測深による施工管理を行うことは難しい。

実施したICT浚渫工においても、マルチビームによる測深が義務付けられていない施工中の施工管理方法に関しては、費用を理由として、シングルビーム測深により測量を実施している。

e) 使用機器増加による作業性の課題

主な測量時の使用機材、使用状況写真を図-7に示す。測量実施時の作業状況を比較すると、マルチビーム測深での使用機材、接続コードの多さが気になった。測量で使用する船舶は、両年とも借り船で実施している。マルチビーム測深による機材は多いため、船上にある程度のスペースが必要になる。船によっては屋根下のスペースが狭いものも多く、船の選定、雨天時の業務実施への影響が感じられた。



図-7 測量状況

4. 考察及び今後の課題

ICT浚渫工により、測量機器の性能向上に伴う測量時間の短縮、詳細な海底状況の把握による精度の高い土量計算、3次元データによる土量の自動計算による省力化、データ補正による測量精度の向上など、多くの活用効果が見られた。

その一方で、受注者からも改善の要望があり、重要な課題として考えられるのが、浚渫検査用と水路測量用の成果品の相違、基準の相違に関してであった。基準の統一化、成果品データの重複防止が今後の対応課題であると考えられる。また、マルチビーム測深における機器の価格、及び機材の多さに関する課題は、今後普及していく中で、価格の見直し、効率化を考えた機材の開発等により改善していく内容だと考える。

5. おわりに

生産性の向上にあたる施工性の向上、施工期間の短縮、省力化など生産性の向上が実現された一方で、課題もある。データの形式、出来形測量と水路測量に必要な成果品のデータ内容の違いなど、成果様式が統一されていない

ことから、現場完了後のとりまとめに時間を要している。ハード面での省力化の他に、今後は活用様式の統一などソフト面での省力化を積極的に実施する必要がある。2018年に本格運用を開始したマルチビームによる深淺測量以前の試行工事や、モデル工事を踏まえ、現場の声に応える形で徐々に基準類が改訂されてきている。現場の状況を詳細に把握し、課題に対して柔軟な対応が必要である。今後基準の改定等により改善していくことで、さらなる生産性の向上に繋がると考える。

謝辞：本論文を取りまとめるにあたり、京浜港湾工事株式会社の工事関係者様にご協力頂きましたので、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：第4回港湾における ICT 導入検討委員会 資料-1 (2017年10月20日)
- 2) 国土交通省：第7回港湾における ICT 導入検討委員会 資料-1 (2019年2月15日)