

ICT技術の活用による水中部施工への効果について

篠田 凌太¹・石井 繁治¹・東 凌¹

¹敦賀港湾事務所 保全課 (〒914-0065 住所 敦賀市松栄町7-28 敦賀地方合同庁舎3階)

敦賀港(鞠山北地区)防波堤の改良工事では、基礎捨石を施工した上に消波ブロックを据え付ける工事を実施している。消波ブロックの据付作業では、ICT施工として海上クレーン船の位置決めをGNSSにて誘導し、水中ソナーを用いて据付状況をリアルタイムに可視化した。クレーンオペレーターは、目視できない水中部をモニターで把握し、消波ブロックの着水から据付位置となる潜水士の元へスムーズに移動させることで、施工性が向上したことに加えて、潜水士の位置も認識できることで安全性の向上にも繋がった。本稿において、この取り組みの事例を報告する。

キーワード ICT, 水中部可視化, 施工性向上

1. はじめに

国土交通省が建設現場の生産性を2025年度までに2割向上させることを目指して取り組んでいる「i-Construction」の推進として、港湾工事では、2016年度から「港湾におけるICT導入検討委員会」を設置し、浚渫工事を対象としたICT活用の検討から始まり、他工種へのICT活用の拡大を進めている。2020年度からは、港湾におけるi-Constructionを次なるステージへ進めるため、委員会を「港湾におけるi-Construction推進委員会」に改称し、現場で必要とする技術課題を現場で実証しながら、港湾の建設生産の全プロセスでICTの活用等を推進し、効率化への取り組みを進めている。¹⁾ (図-1)

2. 工事概要

敦賀港では、港内へのうねり性波浪の影響で、安定した船舶の航行及び荷役作業に支障が生じていることから、港内静穏度の確保が必要である。

円滑な船舶の荷役作業等へ寄与するため、港内静穏度確保の取り組みとして、防波堤の港内側に消波ブロックの据付工事を実施している。(図-2)

基礎捨石工や消波ブロック据付工における潜水作業にICTを活用することにより、普段視認することのできない箇所を確認することで、施工性向上の他、潜水作業時の安全性が確保出来ることを期待している。

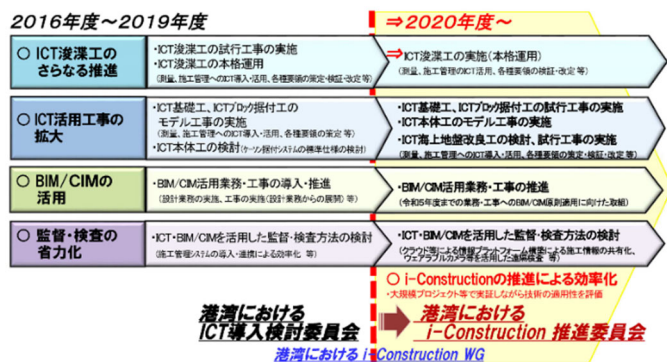


図-1 港湾におけるICT取組概要

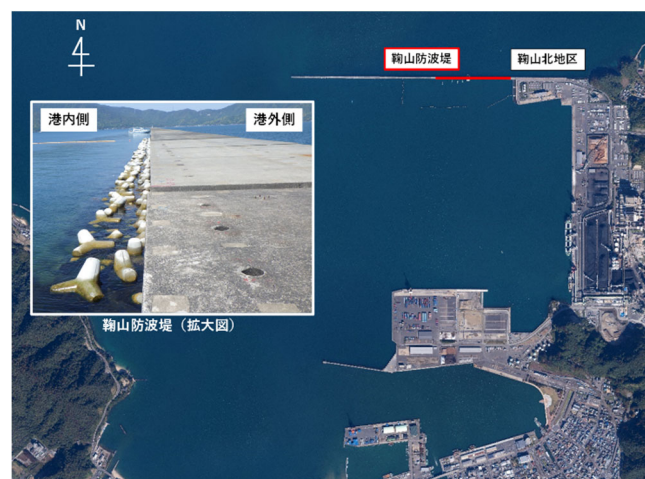


図-2 敦賀港平面図(施工位置図)

3. 港湾工事におけるICTの活用状況

(1) 港湾工事でのICT施工の流れ

敦賀港における防波堤改良工事のICT活用状況及び、施工手順については以下のとおりである。(図-3)

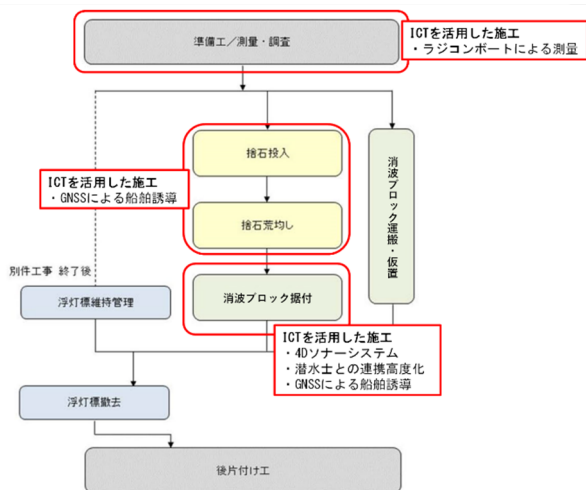


図-3 ICT活用工程

(2) 深浅測量・調査でのICT活用状況

従来では、専用の機器を船舶に設置し深浅測量を行っていたが、ICT施工の一環としてラジコンボートを使用した深浅測量を実施することにより、浅い場所や狭い場所での測量が可能となり、作業効率の向上(工期短縮等)や施工品質の向上及び安全性向上を目的としている。

(3) 捨石投入でのICT活用状況

捨石投入作業では、円滑に捨石の投入作業を行うことを目的として、起重機船に取り付けたGNSSの情報を船内のモニター画面上で確認しながら船舶の位置決めを行う事で、正確な起重機船等の位置を誘導する。(写真-1)

加えて、捨石の投入時には底開式土運船により目標箇所へ投入することが可能となり、捨石投入の不足や過投入を抑制することが見込まれる。(写真-2)

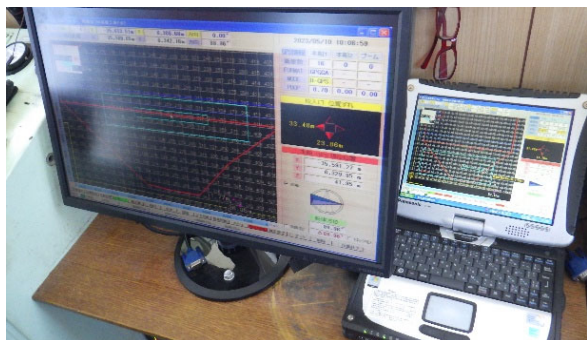


写真-1 GNSS情報を用いた位置確認の様子



写真-2 底開式土運船による捨石投入作業

(4) 消波ブロック据付でのICT活用状況

基礎工と同様にGNSSの情報による船舶の位置決めを行うことにより、円滑な据付作業が可能となる他、築造工事の消波ブロック据付には、リアルタイムに海底や水中構造物などの形状を4次元で計測表示することが可能な「4Dソナーシステム」を活用することで、従来の施工方法では視認することができなかった水中部の状況を確認することができ、潜水作業の安全性及び施工性向上の効果が見込まれる。(写真-3)

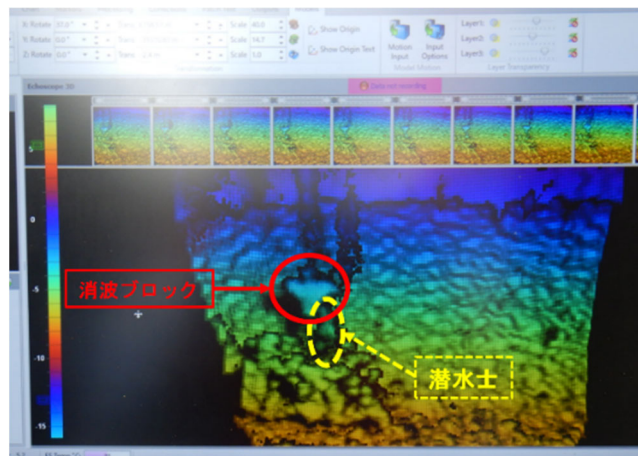


写真-3 4Dソナーシステム活用状況

a) 4Dソナーシステムの概要

4Dソナーシステムは、海底地形や水中構造物の形状を超音波にて立体的に照射して計測し、表示及び記録することができる施工管理システムである。ソナーにより計測した点は、各々4次元(X, Y, Z, 時刻)データであるため、計測結果は立体映像として可視化される。

また、ソナーを艀装した船体の動揺を計算して補正することができ、超音波のノイズデータの除去も自動で行うことが可能である。²⁾(図-4)

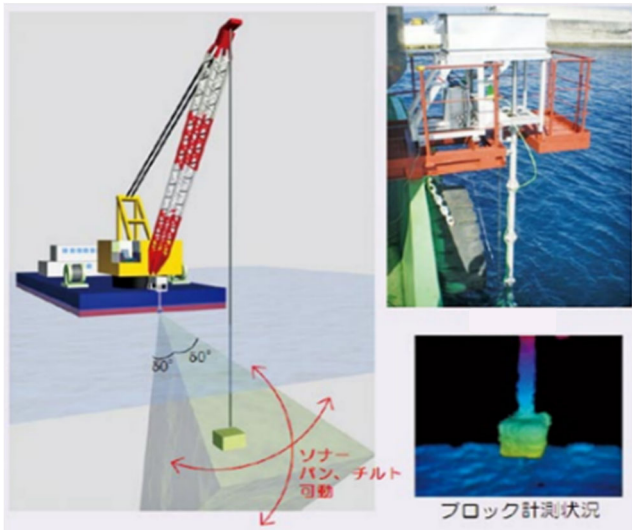


図4 4Dソナーシステムの概要

b) 作業船と潜水作業との連携の高度化の概要

潜水士の位置情報と連携という点において、潜水士に取り付けた水中カメラの映像やトランスポンダ（水中測位装置）による位置情報を作業船内のモニターで確認することにより、普段視認することのできない水中部を確認しつつ作業を進めることが可能である。これらのシステムにより、潜水士との連携の高度化や水中部の状況を確認することができることで、潜水作業の安全性及びブロック据付工等の施工性向上を目的としている。（図-5）

また、捨石均し工や消波ブロック据付工等の潜水作業では、水中カメラを活用することにより、船上から水中部を確認できることから、潜水士との連携高度化により施工性が向上が見込まれる。（写真-4）

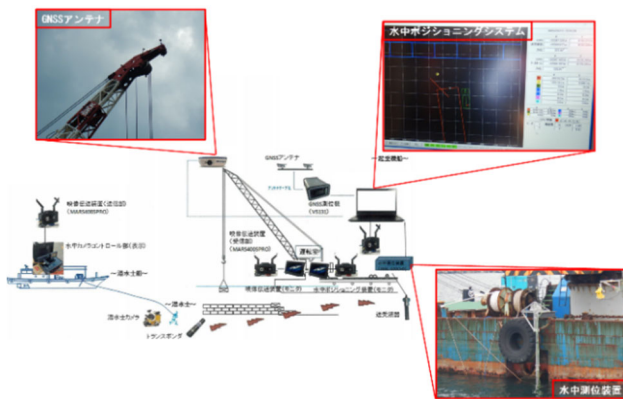


図-5 連携の高度化における使用機器



写真4 ブロック据付状況（上:海上部，下:水中部）

4. ICTを活用した効果

(1) 測量についての効果

ICTを活用した測量の目的としては、先にも作業効率の向上や施工品質の向上及び安全性向上と述べているが、敦賀港で施工した受注者のアンケート結果では、2021年度に機器や配線等の設置・撤去やデータの解析及び設計データの作成作業で作業時間が増加しているとの回答を受けた。

これは、設置・撤去する機器や配線等が多かったことやデータの解析等に使用するソフトを使い慣れていなかったことがあげられた。

その後、2022年度に実施したアンケート結果では、1工事あたりの作業時間が2時間減となり、作業員数についても5人減となったとの回答を受けた。

受注者からは、ラジコンボートを使用したことにより、従来の測量より狭く浅い場所での測量が可能となったことにより、作業効率の向上や施工品質の向上等の効果があったとの声も聞いた。（表-1）

表-1 ICT活用工事の導入効果について

	比較	1工事あたりの作業時間	差	1工事あたりの作業員数(延べ人数)	差
令和3年度 基礎工事	従来方式	39.5時間/工事	増加	5.95人/工事	4.05人/工事
	ICT活用	74時間/工事		10人/工事	
令和4年度 基礎工事	従来方式	18時間/工事	増減無し	12人/工事	1人/工事
	ICT活用	18時間/工事		13人/工事	
令和4年度 築造工事	従来方式	101時間/工事	2時間/工事	27人/工事	5人/工事
	ICT活用	99時間/工事		22人/工事	

(2) 基礎工事についての効果

捨石を投入する際、従来の施工方法では、目印旗や延長方向、横断方向にトランシットを使用し、潜水士が投入指示を行っており、この施工方法では、作業中に目印旗の損失による再設置の時間やトランシットでの位置確認が2方向から交点を支持することに、人員や作業時間を要していた。

今回実施したICT活用効果については、作業船に取り付けているGNSSの情報を船内のモニターで確認しながら位置決めを行うことで、正確かつ効率的に船舶の誘導ができ、円滑に捨石投入作業を行うことが可能となったことや、捨石投入前の設計マウンド形状と、投入後のマーキングによる次投入箇所等の確認が可能となり、人員や作業時間の短縮の他、捨石投入の不足や過投入を抑制することが確認できた。

これにより、捨石均し作業での捨石の移動量削減になり、施工性の向上及び捨石を持ち上げる機会の減少による安全性が向上した。

(3) 消波ブロックの据付についての効果

消波ブロック据付作業に、4Dソナーシステムによる水中部の消波ブロック据付状況の可視化や潜水士に取付けている水中カメラの映像により、視覚的に水中部のブロック位置を確認することで、据付作業時間が短縮したことや潜水士に取り付けたトランスポンダや作業船等に取り付けたGNSSによる位置情報の共有により、クレーンオペレーターが潜水士と吊荷の両方の位置を把握できるため、安全な位置で消波ブロックを水中へと降ろし、潜水士に水中で消波ブロックの位置を認識させ、ゆっくりと潜水士の元へ誘導し連携して作業を進めることで、消波ブロックの激突等を防ぎ、安全性が向上した。

5. ICT活用工事における課題

これまで述べたように、4Dソナーシステム等のICT技術の活用により、作業効率や施工品質等が従来の工事よりも格段に向上してきていることが確認できた。

工事でのICT技術等の必要性が高まっている一方で、建設現場の高齢化が進んでいることもありICTに対応可能な人材が不足している。

このことから、ICT機械の取扱講習等の継続や学べる機会を増やしていくことにより、今後の工事への施工性向上等が期待できると考える。

6. 今後想定される取組

敦賀港では、これまで水中ソナーを活用した工事を行っており、今回4Dソナーシステムを活用して、水中部のブロック据付状況の可視化及びトランスポンダやGNSS

での位置情報の共有等を実施する事により、大幅な作業効率の向上、施工性及び安全性の向上を確認できた。

4Dソナーシステムは、事前に消波ブロックの計測情報をシステムに記録することにより、据付作業時に据付誘導が表示される。(図-6)

今後想定される取り組みとしては、事前に4Dソナーシステムに消波ブロックの計測情報を記録し、消波ブロックの誘導情報をオペレーターが視認することにより、今よりも正確かつ効率的に消波ブロックを据付することや潜水作業の安全性向上が期待される。

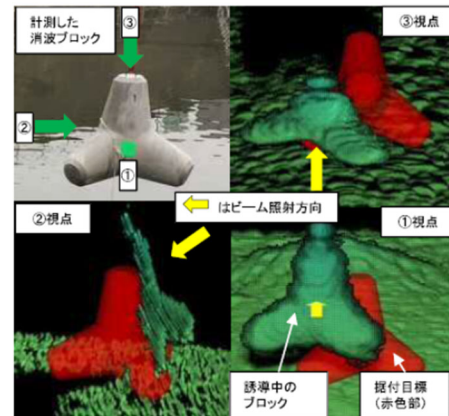


図-6 4Dソナーシステムによる据付誘導状況

7. まとめ

本研究をとおして、港湾工事でICTを活用した結果、普段視認することのできない水中部の確認や作業船と潜水士との連携の高度化等により、従来の工法よりも施工性や安全性の向上が図られていることを実感できた。

一方で、ICT活用工事に必要な機械・計器等を扱うことのできる技術者やデータ解析等の作業時間の増加が問題となってきているのが、アンケート結果をもとに確認できた。今後ICTの活用が、より活発になると予想されることから、データ解析が容易にできるソフトウェアの開発やICT機械の取扱講習等の継続を行うことにより、工事の作業効率向上が期待できると考える。

最後に、この取組は今後工事を進めていく上で必要となるため、受注者だけではなく発注者側もこの取組について理解することが重要になると考える。

謝辞： 本論文をとりまとめるにあたり、若築建設株式会社 様、五洋建設株式会社 様及び敦賀旭土建株式会社 様には多くのデータとご助言を提供いただきました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 港湾におけるi-Construction推進委員会 第1回委員会資料。
- 2) 眞鍋匠：4Dソナーによる施工管理システム。