

八戸港八太郎・河原木地区航路泊地(埋没)付帯 施設築造工事におけるICT活用事例

平岡 誠¹

¹若築建設株式会社 技術部 技術研究所.

本工事は、生産性及び安全性向上が課題となった。そこで、工程上のクリティカルパスであるケーソン据付工、ブロック据付工においてICTを活用した施工を行い、作業量の削減を図った。また、施工中の測量においては、測量ドローン（UAV）、ナローマルチビームソナー（NMB）を活用した三次元測量システムを導入することで、安全性と効率の向上を図った。その結果、従来の施工方法よりも、作業時間削減および人員の省力化が図れた。

キーワード：ケーソン据付工、ブロック据付工、ICT、無人測量

1. はじめに

八戸港は青森県の太平洋側南部に位置しており、周辺は東北でも有数の臨海工業地帯である。港内外には多くの大型船舶が航行しているが、港内を流れる馬淵川から年間 35 万³m³程度の土砂が八戸港内の泊地・航路に流入し、船舶の航行の支障となるため維持浚渫が必要となっている。このため、浚渫土砂の処分場の確保が急務となっている。

これを受け、国土交通省において、八戸港内航路・泊地の浚渫土を受け入れる直轄海面土砂処分場整備が計画されている。

本工事では、その土砂処分場の護岸部の施工を行った。

本工事の施工現場である八戸港の供用係数ランクは 8 に設定されている¹⁾（係数ランクは 1～9 に区分され、ランク 8 は、4.3 日に 1 日の施工ができる）ことに加え、施工箇所は沖合防波堤が存在しない太平洋に面した海域であった。従って、太平洋由来の比較的長い波長のうねりが直接来襲し、高波浪時には港湾工事の作業が困難となる。

そこで工程上のクリティカルパスであるケーソン据付工、ブロック据付工、消波工で採用した。

また、本稿ではインフラ DX 大賞を受賞した工事である。

2. 工事概要

本工事では、土砂処分場の付帯施設である護岸として、底板一体型セルラーブロック 2 函（A-2 工区）およびケーソン 4 函（B-2 工区）とこれに付随する基礎、ブロック等を施工した。対象区域における着手前の状態を図-1 に、完成後の状態を図-2 に示す。

各工区における底板一体型セルラーブロックとケーソンの配置は、図-1 に示すようにL字型の配置となる。

それぞれの工区に異なる構造物を配置するのは、設計上の基礎マウンドの高さの違いによるものであり、基礎マウンドの水深が深いB-2工区から据付を行った。

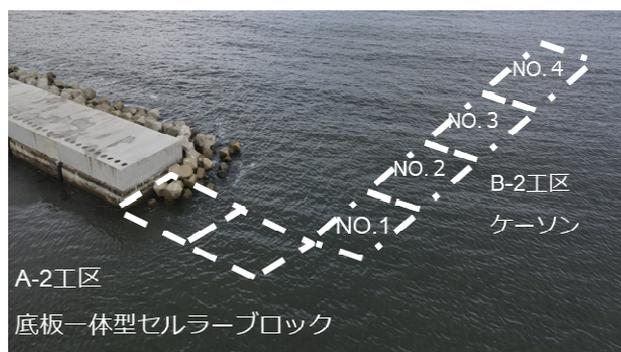


図-1 工事前

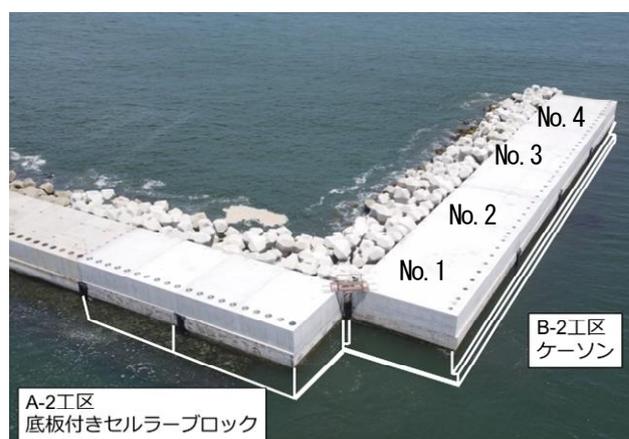


図-2 工事後

3. 技術的課題

本工事のケーソン (No. 1~No. 4 の 4 函) は、図-3 のコンタが示すように、外洋に面した場所において島状構造物 (単独函) として据付けられるものであり、高波浪時には碎波帯となる位置にケーソンを据付けるため、施工に適した波浪条件の良い日が少ないことが想定された。また、据付場所の水深が浅いため、仮置場所から曳航したケーソンは、途中で小型の引船へ切り替える必要があり、係留し直しの際にケーソンの動揺に留意しながら作業を行う必要があった。

このような厳しい条件下において、ケーソンを安全に曳航し、正確かつ効率的に据付けるためには、ケーソンの現在位置や深度・傾斜角度などの情報を、リアルタイムで把握する必要があった。

また、根固ブロックおよび消波ブロックの据付作業においては、正確な据付によって、所定の個数で所要の延長や断面積を確保しなければならない。さらに、根固ブロックの据付は碎波帯付近での据付作業であるため、近接するケーソンへ衝突しないよう、細心の注意を払って施工しなければならなかった。

これらの技術的課題を解決し、施工現場の生産性を向上させるため、それぞれの施工に応じて ICT を活用した施工を行った。

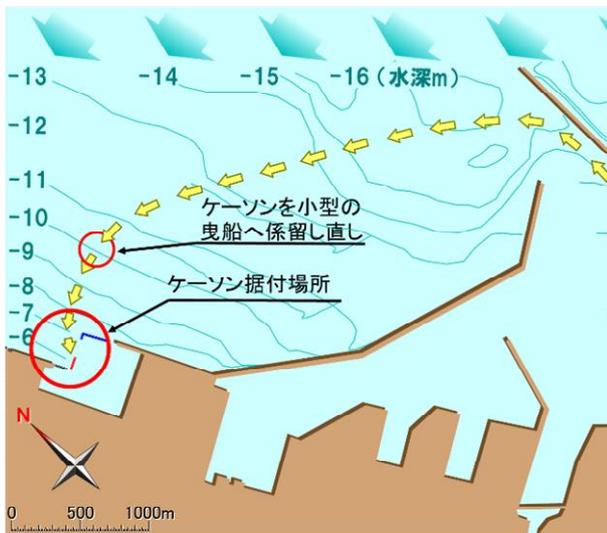


図-3 本工事におけるケーソン据付場所と曳航経路

4. 活用した ICT 技術と施工結果

4.1 本体工：ケーソン曳航・据付

基礎マウンドの高低差のため、1 函目 (No. 1) のケーソンは既設構造物から離れた位置から据付ける必要があった。既設ケーソンに隣接した箇所にはケーソンを据付ける場合は、法線および目地間隔が目視で確認でき、据付位置の把握が容易であるが、目標物のない島状構造物 (単独函) のケーソン据付位置は、従来では 2 方向に配置したトランシットによる誘導となるため、移動、動揺の

ある浮揚中のケーソンの位置を正確に把握することが難しい。また、ケーソンの位置決めにかかる時間がかかると、ケーソンと基礎マウンドとの離隔が小さい本施工箇所では、時間の経過とともに変化する潮位や海象状況の影響を受け、ケーソンが基礎マウンドに接触して損傷することからケーソンの据付作業が中止となることも考えられ、工程全体に大きな影響を及ぼしてしまう懸念があった。

そこで、ケーソンを速やかに据付位置へ誘導し、ケーソンと基礎マウンドとの離隔をリアルタイムで把握し、ケーソン据付作業を効率的に行うためにケーソン据付支援システム「WIT C-Moni」²⁾を採用した。本システムの実施工時の管理画面を図-4 に示す。

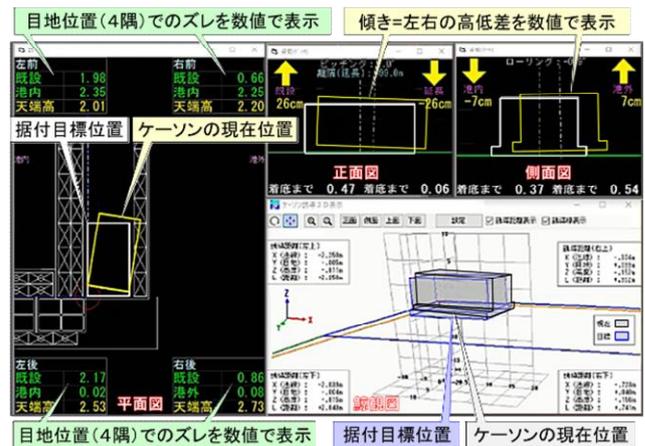


図-4 本工事における「WIT C-Moni」の管理画面

本システムは、GNSS と傾斜計の計測データを使用して、ケーソンの浮揚状態をモニタ画面にリアルタイムで表示し、ケーソン曳航および据付作業中におけるケーソンの位置、傾斜角度および深度 (マウンドとの離隔) の管理を行うことができる。加えて、ケーソンの傾斜角の履歴をモニタする機能により、ケーソンの周期的な動揺成分が可視化できる。

本システムにより、曳航から据付に至るまでの状態、据付位置、基礎マウンドとの離隔等の情報を、据付管理者、ウインチ操作指示者、操作者が共有した。

本システムを使用することにより、目標物のない島状構造物 (独立函) のケーソンであっても計画した据付サイクルから大きく遅延することなくスムーズに誘導を行うことができ、ケーソンや基礎マウンドともに損傷なく、出来形管理値を満足して据付することができた。

4.2 根固工：根固ブロック据付

ケーソン据付作業後に、波浪によるケーソンの滑動を防ぐため、迅速に根固ブロック据付を行う必要があった。

本施工箇所は水深が浅く (DL-6.0m 程度) で、僅かな波浪であっても海底の堆砂が攪拌され水中の視界不良が発生するため、ブロック据付作業時の水中の状況を直ぐに潜水士が確認できないことが多い海域であった。ケーソ

ン据付後の根固ブロック据付作業では、水中の視界不良に起因する作業効率の低下やブロックの誘導ミスによるケーソンや根固ブロックの損傷、潜水災害などを防止する施工方法が重要となる。

そこで根固ブロック据付作業には、水中位置検知装置として高精度水中ブロック据付支援システム「WIT B-Fix Neo」³⁾を採用した。

本システムは、超音波乱れの影響を受けやすい浅海域においても測距の安定性を向上させる改良が加えられており、根固ブロック本体や吊枠に取付けたトランスポンダと複数のトランスデューサ間の音響による測距結果を用いた幾何学計算からブロックの現在位置を把握するシステムである。

図-5 に本システムの機器構成と取付例、図-6 に実施工の機材配置と稼働状況を示す。

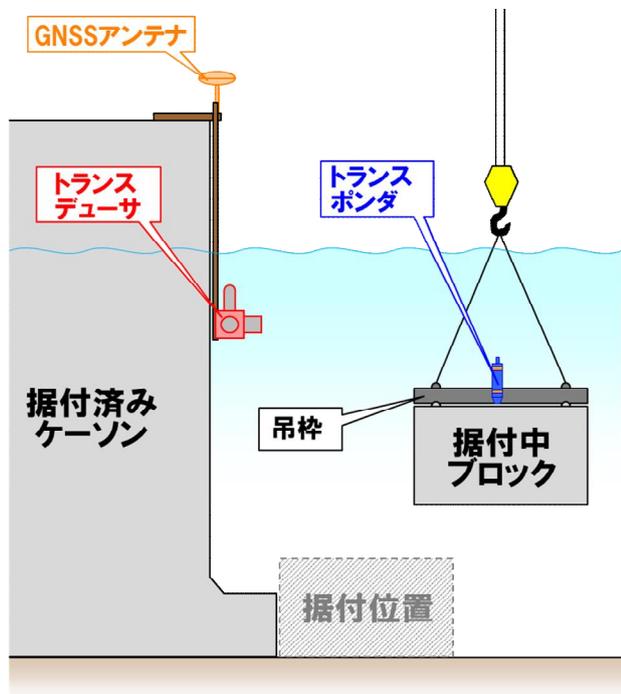


図-5 WIT B-Fix Neo の機器構成と取付例

トランスポンダをブロックに取付けることで、水中における実際の位置および向きを直接的に検知することができる。

図-6 に示すように施工中、トランスデューサの位置は、根固ブロックの据付位置に合わせて音響的に適切な位置となるよう適宜変更するようにし、トランスポンダは、ブロックに直接取付けると施工毎に着脱作業が発生し、施工サイクルタイムが低下するためブロックの形状に応じた吊枠に取付ける方法を採用した。

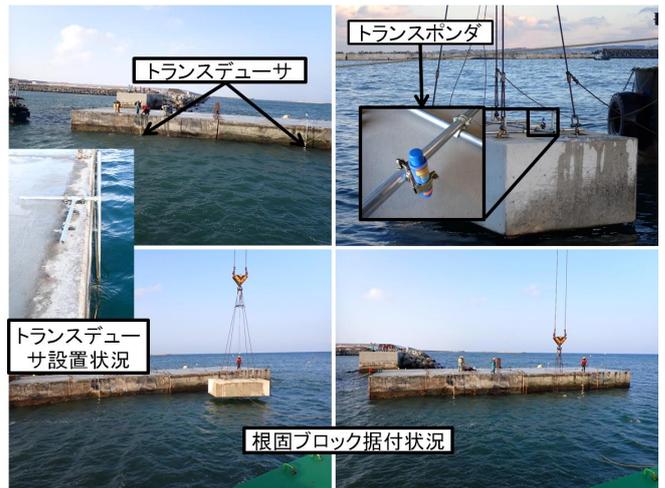


図-6 「WIT B-Fix Neo」システム機材配置と稼働状況

本システムの管理画面を図-7 に示す。

画面には、施工図面とトランスポンダ位置から求めたブロックの位置がリアルタイムで表示され、ブロック位置や既設ケーソンとの離隔を確認することができるようになっている。

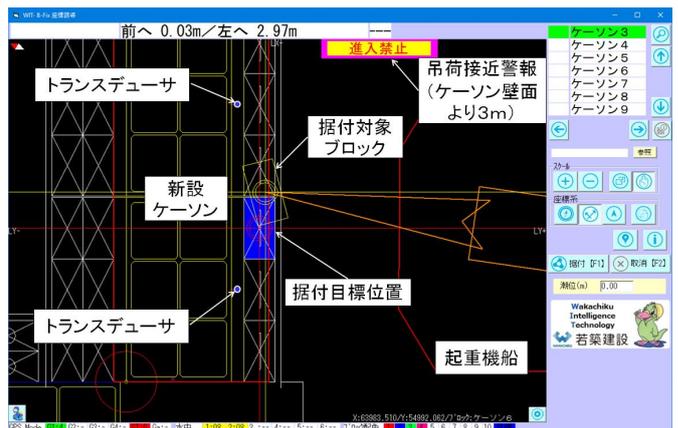


図-7 「WIT B-Fix Neo」管理画面

この画面を据付作業指揮者、起重機船のクレーン操作者、潜水士船の連絡員が共有し、各者がモニタリングしながら、据付作業を行った。

本システムにより潜水士によるブロック位置誘導が不要となり、潜水災害の要因を減らせることができ、ケーソンや根固ブロックの破損もなく効率よく据付けることができた。

4.3 消波工：消波ブロック測量

消波ブロックの測量作業では、測量ドローン (UAV) およびナローマルチビームソナー搭載小型ボート (小型ボート) による三次元測量システムを採用して、気中および海中における面的測量を行った。実施方法を図-8 に示す。

本工事では、この測量を2回行った。

1回目の測量は、据付が半分程度完了した段階で、消波ブロックの据付が計画通り行われていることを確認し、残りの据付方法に反映させるために実施した。

2回目の測量は、据付完了段階で消波ブロックの出来形確認と、今後の維持管理データとして記録するために実施した。

今回採用した測量方法では、消波ブロック上や水中部の消波ブロック近傍に作業員や潜水士が近づく必要がないため、安全性の向上が図られた。

また、面的に測量結果を得ることができるので、一度に測量できる範囲が広がり、測量効率を向上することができた。

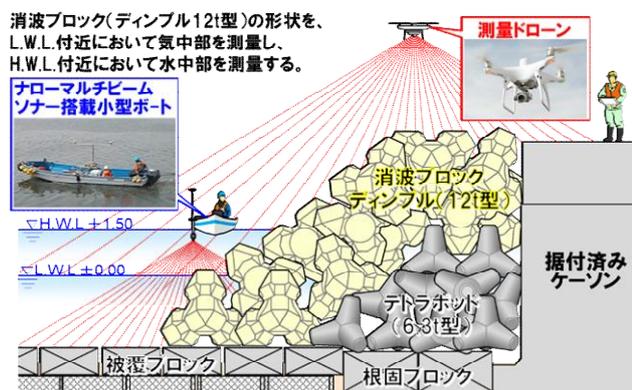


図-8 本工事における消波ブロック出来形測量の実施方法

5. ICTの活用による本工事での効果

ICTを活用することで、表-1に示すように各工種について作業量を削減することができた。

本工事では海上作業を行った中で、ケーソン据付と根固ブロック据付はクリティカルパスであり、本工事のように波浪条件が厳しい海域においては、数日の作業であっても工期全体へ与える影響が大きいですが、ICTを活用することにより工程を25%、人員を約40%削減することができた。

本工事では、ケーソンやブロックの据付作業でICTを活用することによって、生産性向上が図られ、厳しい条件下でも工程遅延を生じさせない確実な施工を実現できた。さらに、作業員が危険な場所へ近付かずに計測・測量作業が行えたことから、標準的な方法よりも安全性が向上した。

また、「WIT C-Moni」は、作業判断基準を数値化および可視化できるので、熟練作業員の経験に頼らずに施工技術の伝承や担い手不足解消に寄与できると確信する。

表-1 ICTの活用による作業量の削減効果

ICT施工支援システムの名称	従来方法		ICT活用法		削減効果		削減率(%)	
	人員	日数	人員	日数	人員	日数	人員	日数
ケーソン据付(WITC-Moni)	48	3	42	3	6	0	13	0
ブロック据付(WITB-FixNeo)	16	2	3	1	13	1	81	50
各種測量(無人測量システム)	10	2	2	1	8	1	80	50
捨石投入支援システム	8	1	3	1	5	0	63	0
合計	82	8	50	6	32	2	40	25

謝辞：本工事施工では国土交通省東北地方整備局八戸港湾・空港事務所、協力業者の皆様のご協力感謝いたします。

参考文献：

- 1)国土交通省：令和6年度港湾請負工事積算基準、2024
- 2)国土交通省：ケーソン据付支援システム WIT C-Moni (NETIS: KTK-150003-VE)
- 3)国土交通省：高精度水中ブロック・潜水士位置検知機能搭載据付支援システム WIT B-Fix Neo (NETIS: KTK-210007-A)