

細島港南沖防波堤築造工事におけるICT技術の活用について

野田 博文¹・川野 泰広²

¹九州地方整備局 宮崎港湾・空港整備事務所 細島港分室

(〒883-0062 宮崎県日向市大字日知屋字新開17371-1)

²九州地方整備局 宮崎港湾・空港整備事務所 細島港分室

(〒883-0062 宮崎県日向市大字日知屋字新開17371-1)

太平洋に直接面する細島港南沖防波堤は、風波等に対する港内静穏度確保に加え、うねり性長周期波の低減効果も期待されている。南沖防波堤の延伸は、残り約60m（ケーソン2函分）であり、完成後は長期的な維持管理に移行する。

本論文では、防波堤を対象としたBIM/CIMモデルの作成及び活用事例、並びに基礎工・本体工・ブロック据付工へのICT活用事例について報告する。

キーワード 防波堤, BIM/CIMモデル, ICT基礎工, ICT本体工, ICTブロック据付工

1. はじめに

宮崎県北部に位置する細島港は、古くから東九州の海上交通の要衝として栄え、また地域開発の中核として重要な役割を果たしてきた。南沖防波堤（延長600m）及び北沖防波堤（延長450m；完成済）は、1997年に細島港港湾計画に位置付けられ、1998年より事業に着手しているが、従来の風波等に対する港内静穏度に加えて、外洋から港内へ進入するうねり性の長周期波低減の効果も期待されている。



写真-1 細島港全景

2. 南沖防波堤の概要

南沖防波堤の整備海域は太平洋に直接面し、一般構造形式では大断面となりコスト増大が懸念されたため、経

済性を考慮した半没水型上部斜面堤が採用されている。また、南海トラフ地震等による津波に対応した粘り強い構造にもなっている。

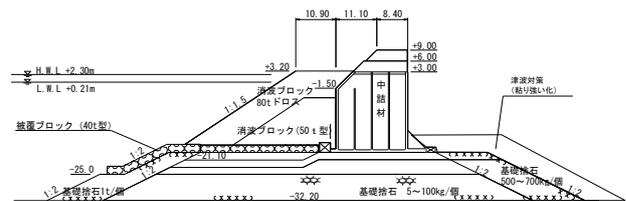


図-1 南沖防波堤標準断面図

3. 南沖防波堤のBIM/CIMモデル作成

南沖防波堤のBIM/CIMモデルは、「BIM/CIM活用ガイドライン（案）第8編 港湾編」のBIM/CIMモデル作成指針（外郭施設：重力式防波堤）に従い、施工段階から外形形状（基礎工や被覆・根固工は、天端幅と勾配のわかる形状）を正確に表現した。

「令和2年度細島港（外港地区）防波堤（南沖）築造工事」（以下、防波堤築造工事という。）は、BIM/CIM活用工事（発注者指定型）として発注した。南沖防波堤の施工では、これまでBIM/CIMの活用はなく、防波堤築造工事からBIM/CIMモデルの適用となったため、新規にBIM/CIMモデルを作成する必要が生じた。そこで、作成にあたっては、作成するモデルの種類、詳細度、活用項目及び属性情報等について受発注者間で事前協議を行い決定した。

協議の結果、作成するモデルの種類は「地形モデル」、 「構造物モデル」及び「統合モデル」とし、モデルの詳細度は「300」に設定した。さらに、防波堤構造の寸法、材質・強度、数量等を付与し、契約図書としての要件を

備えたBIM/CIMモデルを構築した。
各モデルについての概要を以下に示す。

(1) 地形モデル

まずはじめに、BIM/CIMモデルの基礎部分である地形モデルを作成した。

作成にあたり、起工測量（マルチビーム）にて取得した3次元点群データを使用し、現況地形を表現した。既設構造物（基礎捨石・被覆・根固ブロック）については、地形モデルとして扱った。

また、数量算出を行えるようにサーフェスモデル（TIN形式）で作成した。

(2) 構造物モデル

次に、防波堤築造工事で施工する構造物をメインとした構造物モデルを作成した。

構造物モデルは、3DCADを用いて、基礎マウンド、ケーソン、被覆・根固ブロック、上部工及び地形モデルとして扱わなかった既設構造物（ケーソン・上部工）も構造物モデルとして扱った。

(3) 統合モデル

地形モデル及び構造物モデルを合成し、統合モデルを作成した。

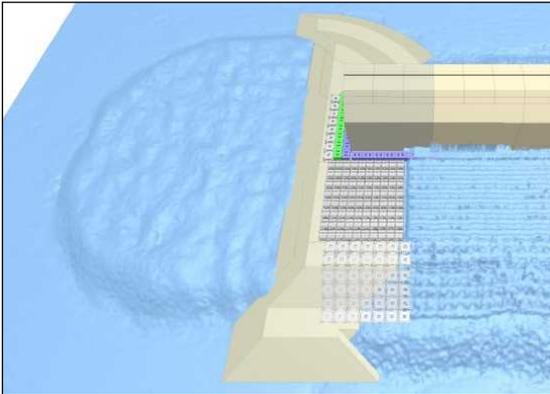


図-2 統合モデル
(水色部が地形モデル, その他が構造物モデル)

4. 南沖防波堤のBIM/CIMモデル活用

CIM導入ガイドライン(案)【第11編 港湾編】に従い、BIM/CIMモデルを活用して、防波堤築造工事の施工管理を行い、業務効率化を図った。

次に活用事例を示す。

(1) 工事数量の照査

地形モデルを使用し、プリズモイダル法（TIN分割等）を用いて求積する方法）に基づき、基礎工の基礎捨石数量算出を行った。結果として、工事数量について契約変更に至るような差異はなかった。

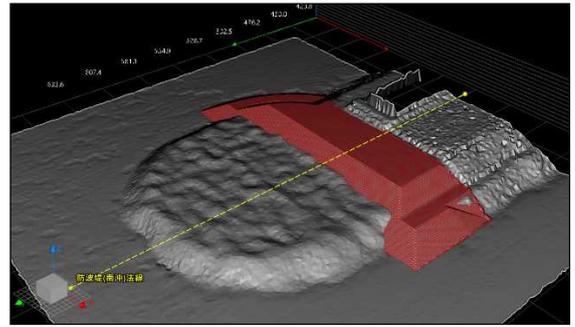


図-3 数量算出 TIN形式

また、被覆工においては、統合モデルから被覆ブロックの工事数量を算出した。モデル作成と同時に設計照査を行ったが、図-4に示すように、既設の被覆ブロックが本工程側へ伸び、防波堤築造工事施工箇所と干渉する箇所があることが判明した。干渉箇所の対処については、被覆ブロックの据付目地を調整することでブロック配置を調整できることから、工事数量の増減は生じなかった。

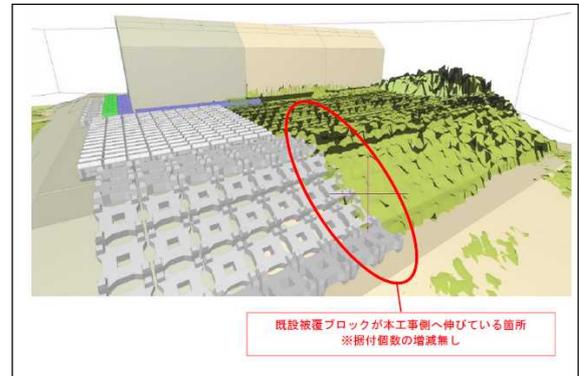


図-4 モデル干渉箇所（設計照査）

(2) 属性情報の付与

作成した統合モデルに、施工段階で得られた品質・出来形情報等の属性情報を付与した。属性情報の付与方法は、受発注者間の事前協議で決定し、プロジェクト情報（施設名、設計条件等）や工事情報（工事件名、施工場所等）といった基本的な情報は直接付与、試験結果及び出来形管理情報についてはリンク貼付けとした。

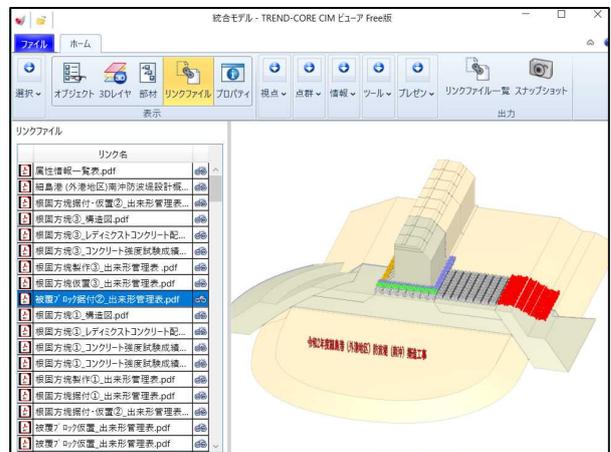


図-5 属性付与状況図（被覆工のリンク事例）

(3) 3D動画を使用した施工手順の周知

BIM/CIMモデルの使用により、各工種の施工箇所や区割り等を含めた施工手順を表現し、工期の算定・確認を行った。また、ケーソン据付については、作業船舶の配置や施工手順の3D動画を作成し、作業関係者に周知した後に、実際の施工にとりかかった。

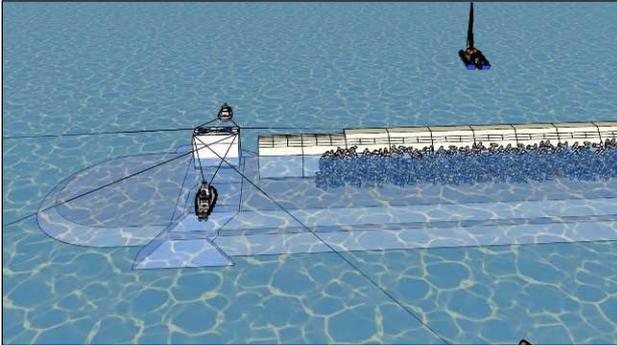


図-6 ケーソン据付動画の抜粋画面

このようなBIM/CIMモデルによる施工の“見える化”で、施工手順の確認や工程管理が効率化された。

さらに、施工対象と周辺環境との位置関係の把握が容易となり、安全管理の向上にも繋がった。

5. 基礎工におけるICT活用施工

(1) 基礎捨石投入

基礎捨石投入にあたっては、バケットの大きさや過去の実績を考慮した投入区画を設定し、3次元データから得られた捨石数量により投入回数を設定する捨石投入計画を作成した。

投入作業は、捨石投入用バケット位置と目標投入位置をリアルタイムで可視化する技術を用いた『捨石投入管理システム』を使用し、投入管理を行った。投入にあたり、水深と投入量をシステムに入力し、投入位置及び投入後の堆積形状（平面・横断・縦断）をリアルタイムに予測し、クレーンオペレータ室のモニタ及び投入指示者・作業員のタブレットPCに表示した。クレーンオペレータと投入指示者は無線にて連絡を取り合い、システム表示をもとに投入管理を行った。

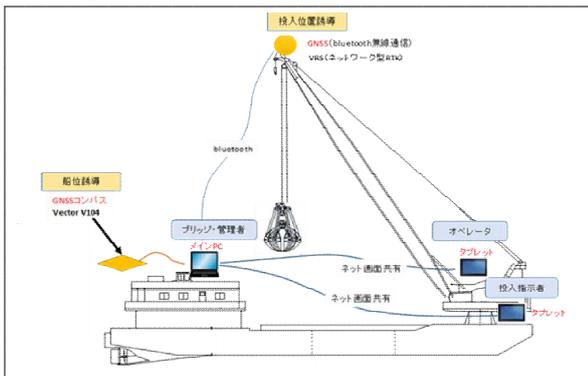


図-7 『捨石投入管理システム』構成図

(2) 基礎本均し・荒均し

潜水士により水中状況を確認し、起重機船のグラブバケットで不陸調整を行った後に、『捨石均しシステム』を使用して機械均しを行った。機械均しは、天端面を櫓型重錘（50t級）、法面をカウンターブロック及び斜面用鋼製プレート型重錘（50t級）を使用した。また、均し作業の位置管理は、GPS、自動追尾型トータルステーション及びレベルを使用した。

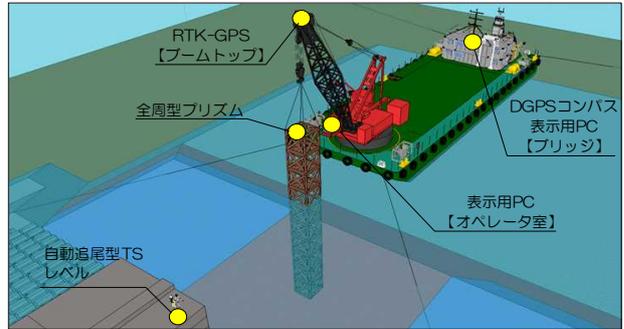


図-8 『捨石均しシステム』概要図



写真-2 櫓型重錘による均し状況

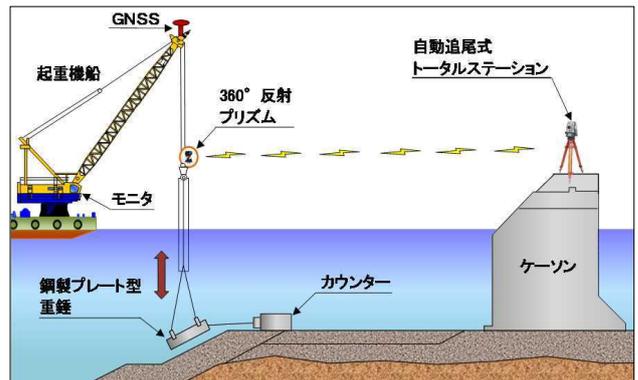


図-9 法面均し状況図

6. 本体工ケーソン据付におけるICT活用施工

基礎マウンド形成後、白浜地区海上に仮置中だったケーソンに必要な機材（注排水ポンプ、傾斜計、水位センサー、360度反射プリズム等）を設置し浮上させ、タグボート2隻で据付場所まで曳航した。曳航後、ケーソン上に設置した巻上機により位置を調整しつつ、注水によりケーソン据付を行った。

ケーソン据付作業には『ケーソン自動据付システム』を使用し、また、自動追尾式トータルステーションと傾斜計によりケーソンの3次元位置情報を確認しながら誘導した。注排水についても、同システムにより通水区画（6区画）ごとに水位計測し、隔室の水位差1m以内となるように自動で注排水管理を行った。

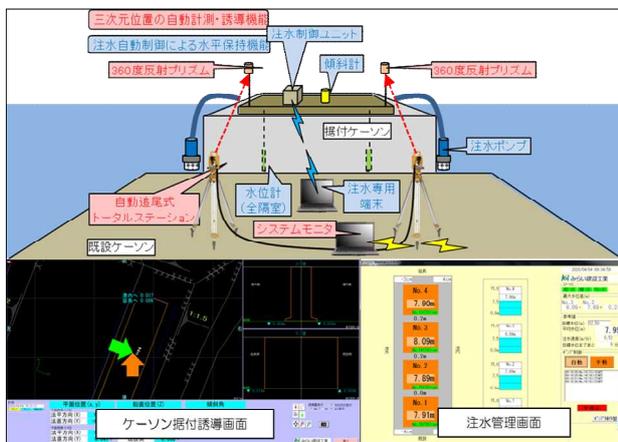


図-10 『ケーソン自動据付システム』画面

7. ブロック据付工におけるICT活用施工

ブロック据付工において、根固方塊（37～77t/個）及び被覆ブロック（ビーハイブ 30t 型、ホロースケヤー 40t 型）の据付を行う起重機船に、『ブロック据付誘導システム』及び『4D ソナー』を艦装し、施工を行った。『ブロック据付誘導システム』については、RTK-GPS をクレーンブームトップに、GPS コンパスを船体に取り付け、モニターをブリッジ及びクレーンオペレーター室に設置した。『4D ソナー』については、ソナーヘッドを起重機船側面に取り付け、ソナー用の RTK-GPS 2 基を船上に取り付け、ソナーによるブロックの正確な位置情報を取得できるように設置した。ブロック据付作業では、『ブロック据付誘導システム』により、

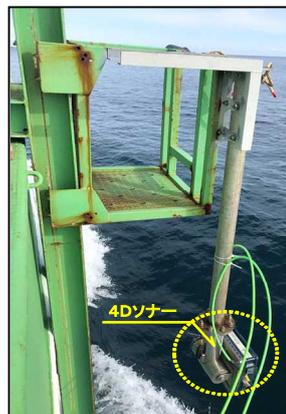


写真-3 『4D ソナー』艦装

据付ブロックの位置と目標据付位置をリアルタイムにモニターで把握しながらブロックを水上の据付位置まで誘導し、『4D ソナー』で水中部を可視化しブロック据付を完了させた。

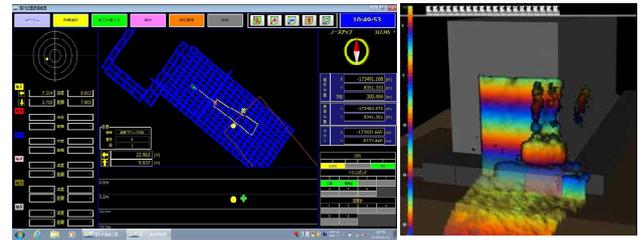


図-11 『ブロック据付誘導システム』画面

8. まとめ

BIM/CIMモデル活用の実施効果として、3次元データを取り扱うことにより、精度の高い設計照査が可能となった。

BIM/CIMモデル活用だけでなく、ICT施工においても、施工の“見える化”により全般的に安全性の向上を確認できた。また、ICT基礎工では、大水深といった現場条件において機械施工を行うことで、大幅な能力の向上・時間短縮につながり、ICT技術活用の有効性を確認できた。

9. おわりに

南沖防波堤において、過去よりケーソン据付作業等で、ICT技術を活用してきたが、BIM/CIMモデルを活用した工事は、今回が初めての事例となった。

今後もBIM/CIMモデルの活用事例が増えることで、防波堤築造におけるBIM/CIMモデルの活用方法が確立され、維持管理へとつながることに期待したい。さらに、今回の事例が、今後のあらゆる港湾施設のBIM/CIMモデル活用に役立てられることが望まれる。