

海中障害物撤去ガイダンスシステム

株式会社大本組 東京本社 土木部 橋 伸一
東北支店 土木部 太田 俊行
東京支店 土木部 生信 将雄

東日本大震災で発生した津波によって仙台湾南部海岸においては壊滅的な被害が生じた。海岸堤防の復旧は、国土交通省や農林水産省、宮城県等の発注機関の下、堤防天端高さ T.P.+7.2m に統一した粘り強い海岸堤防を復旧するものであった。また、消波ブロックの飛散、堤防裏法面の流出など甚大な被害を受けたため、これら海中に飛散した障害物を撤去するに当たり、施工効率および確実性の向上と潜水作業の軽減を目的に「GNSS(全地球測位衛星システム)を使用した海中障害物撤去ガイダンスシステム」を開発した。本システムの概要とともに、施工事例について報告する。

1. はじめに

東日本大震災に伴い発生した津波により仙台湾南部海岸(仙台海岸～山元海岸)においては、海岸堤防60kmが全半壊するなど壊滅的な被害が生じ、特に消波ブロックの飛散、堤防裏法面の流出など甚大な被害を受けた。

本報告では、海中飛散した消波ブロックの撤去において施工効率・確実性・安全性を向上させることを目的に開発した「GNSSを利用した海中障害物撤去ガイダンスシステム」について解説する。本システムを使用した施工範囲は、図-1に示す延長9.2km、幅1.0kmである。

2. システム概要

従来、海中障害物の撤去時には潜水士がその位置を確認し、事前の竹入れを行っていたが、施工効率の向上と潜水作業の軽減を目的に「海中障害物撤去ガイダンスシステム」を開発した。本システムは、GNSSによる撤去ガイダンスを起重機船(以降、「ICT(情報通信技術)起重機船」)に搭載し、事前測量により得た位置情報をもとに所定位置へICT起重機船を誘導して海中障害物(消波ブロック)を撤去するものである。

また、本工事は、図-2に示すように自社にて「i-Construction」の一部を港湾工事へ適用した事例である。(ナローマルチビーム測深による事前測量→設計データ作成→設計データを活用したICT起重機船による施工→ナローマルチビーム測深による事後測量)

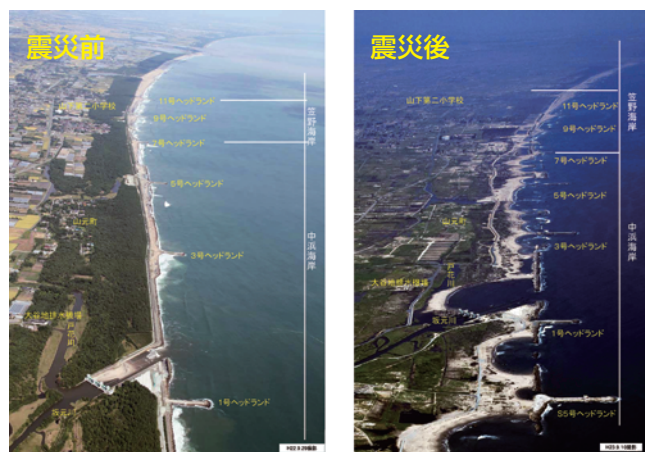


写真-1 山元海岸(中浜海岸)

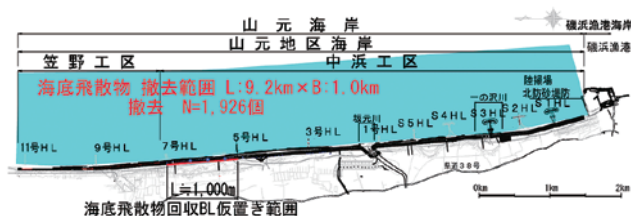


図-1 消波ブロック飛散範囲



写真-2 起重機船「千恵号; 120t 吊」

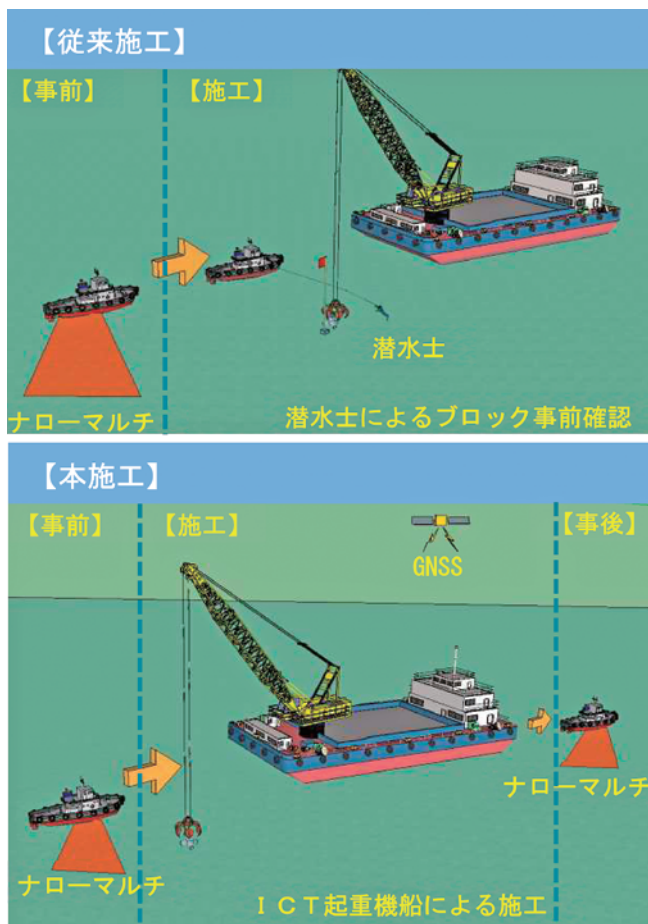


図-2 従来施工①と本施工の比較

3. システム構成

本システムは図-3に示すように、起重機船のジブ先端とベースマシン上にGNSS受信機を設置し、ブロック撤去管理ソフトを組み込んだ専用パソコンをキャビン内に取り付け、ブロック撤去誘導と、撤去位置の記録を軌跡表示し、撤去出来形を効率的に管理するシステムである。

施工前に、ICT起重機船の機械パラメータ(機械本体寸法、アンテナ取付位置等)・座標系・ブロック撤去座標等をあらかじめ設定保存しておき、ブロック撤去位置を指定すれば、リアルタイムに誘導距離が表示され、それに従い所定の位置にICT起重機船を移動しブロックを撤去する。その際、「撤去」「ブロック無」「不可」ボタンを押すことで、施工位置が記録され、ブロック撤去管理表および撤去位置図を作成することが可能となる。また、オペレータが操縦に専念できるよう、別途管理者が遠隔にて施工記録に対応することも可能である。

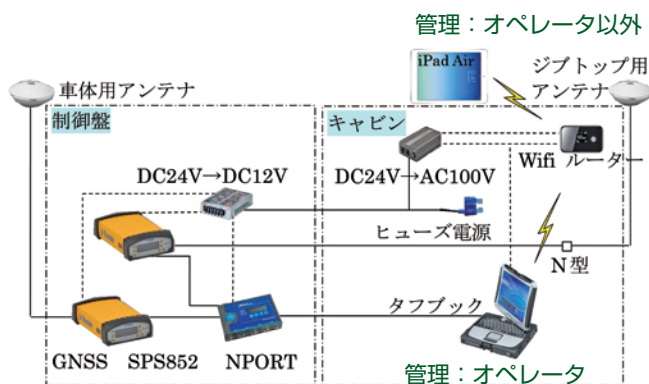


図-3 システム構成図

4. 施工フロー

図-4にブロック撤去における施工フローを示す。



図-4 ブロック撤去の施工フロー

4-1 ナローマルチビーム測深による事前測量 (発注者よりデータ受領)

ナローマルチビーム測深機は、音響ビームを扇状に発射、受信しながら面的に測深を行い、効率的に広範囲かつ、未測線のない高密度のデータを得ることができる手法である(図-5)。ブロック飛散状況の調査は、ナローマルチビーム測深により得られる地形モデルから可能な限りブロックの種類を特定し、平面的に展開して、飛散物の座標値(平面直角座標系10系)を取得し位置情報を求めたものであり、発注者より設計データとして受領して ICT 起重機船に適用した。

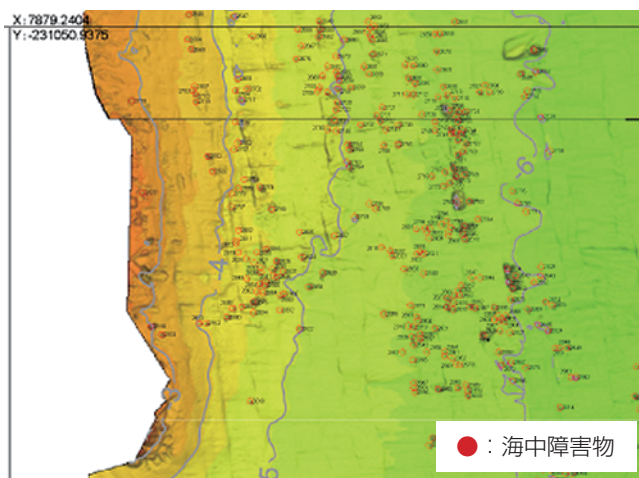


図-5 ナローマルチビーム測深のデータ画面
(事前測量;一部エリア抜粋)

4-2 ICT 起重機船による施工

4-2-1 事前準備「キャリブレーション」

ICT 起重機船のバケット位置を正確に算出するため、ガイダンスシステムのキャリブレーションを行う。キャリブレーションは、GNSS 受信機(ジブトップ・本体)取付位置座標等のパラメータを計測した状態で GNSS 受信機とバケットの相対関係を規定する作業である(図-6)。

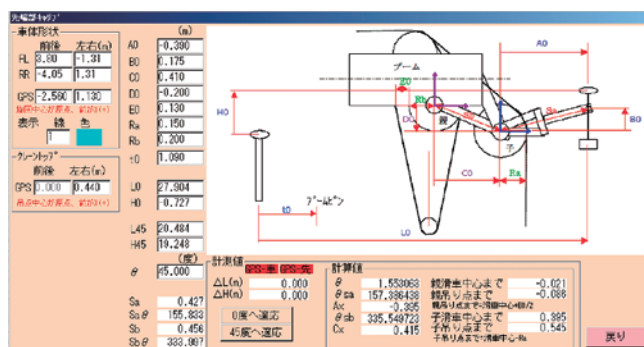


図-6 キャリブレーション
(実測入力)

4-2-2 事前準備「撤去ブロック登録」

図-7 に示す設計データ登録画面にて事前受領したブロック位置情報データ(X、Y、Z 座標)を ICT 起重機船に登録する。

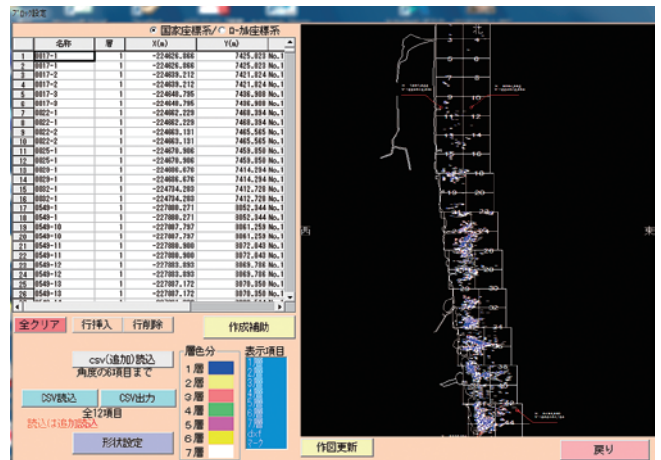


図-7 設計データの登録画面

4-2-3 施工「ブロック撤去」

施工時、オペレータ(またはタブレット端末所有の施工管理者)はブロック管理画面にて撤去するブロックを選択する。(選択はブロックの図形選択または登録一覧表から選択する) 図-8 に示す施工管理モニターで所定位置への誘導指示(方向と距離)を確認しながら、ICT 起重機船を誘導する。所定の位置へ誘導後、施工完了とともに「撤去」「ブロック無」「不可」ボタンを押し、実際の施工記録(施工日時・位置・状態)を行う。

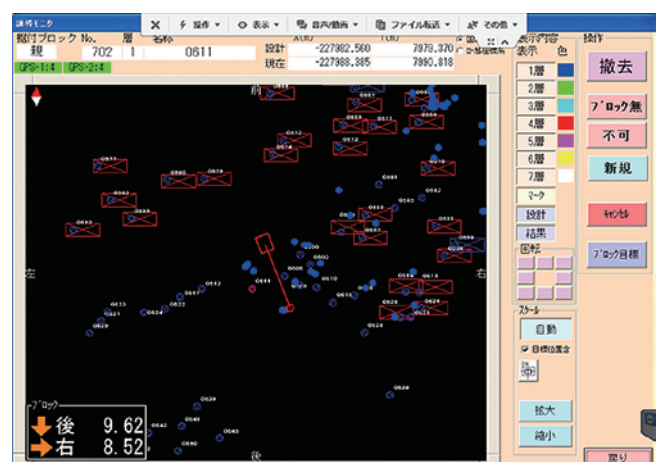


図-8 施工管理モニター

4-2-4 出来形管理・帳票作成

施工記録は、進捗管理として出力が可能である。図-9 に撤去日報を示す。施工日・施工数量・ブロック施工位置・バケットの軌跡・施工位置座標の管理

を行う。それらのデータベースを集約し、撤去日報としてエクセルファイル帳票を作成する。

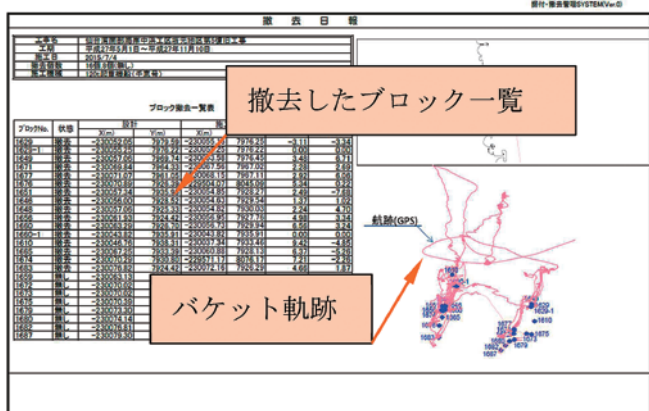


図-9 撤去日報の帳票画面

4-3 ナローマルチビーム測深による事後測量

ブロック撤去施工完了後、ナローマルチビーム測深による測量を実施した。その解析結果を図-10に示す。白丸は計画に対し撤去が完了した箇所を示している。(約2,000個の消波ブロックを撤去)また、波浪等により海底砂が移動したことにより新規障害物を確認した。

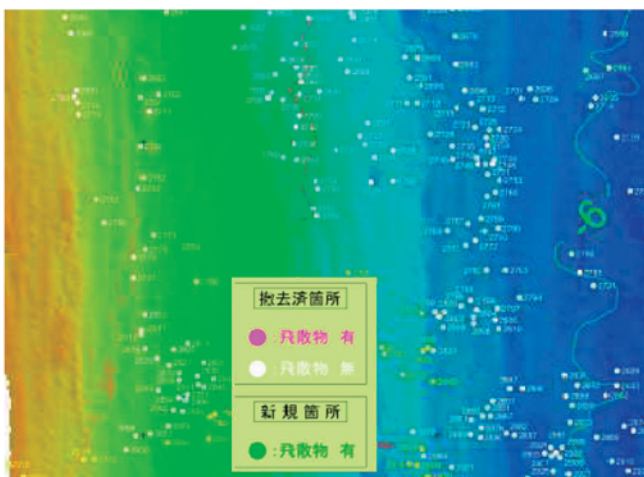


図-10 ナローマルチビーム測深の結果を色別に表示 (事後測量;一部エリア抜粋)

5. ガイダンスシステム適用による効果

5-1 作業効率の向上

本ガイダンスシステムの適用により、潜水士による事前確認(竹入れ含む)を省略でき、作業効率の向上とともに工程短縮・省人化が可能となる。

5-2 施工の確実性

バケット軌跡を含む帳票システムによりトレーサビリティが確保できる。

5-3 オペレータの負荷低減

波向・風向に加え、消波ブロックの可視化により適切な位置へ起重機船をセットできる。また、存置状況を視覚的に確認できるため、撤去計画の立案が容易である。

5-4 安全性の向上

バケット周辺へ潜水士が立ち入らなくてよく、バケットとの接触事故等のリスクを低減できる。また、潜水作業特有の疾病リスクも低減する。

5-5 他工種への適用

海中における据付工事(撤去工事以外)にも適用が可能である。



写真-3 障害物の撤去状況

6. おわりに

これまで、類似のシステムを用いた陸上からの消波ブロック据付実績は数件有している。本工事に改良したシステムを適用し、水中においても効率よく目標位置へ誘導し撤去できることを確認した。今後、水中視認が可能な超音波カメラ等を組み合わせ、さらに施工性を向上させたい。また、様々な工種へ「i-Construction」の一環であるICT技術を活用することにより海上工事の生産性向上を図るとともに労働力不足の解消を含めた働き方改革の一助となるよう努めていきたい。