

## 港湾工事における測深技術の高度化について

No. 158

国土交通省北海道開発局事業振興部  
防災・技術センター所長

やまだ よしひろ  
山田 義弘

施工技術係長

はらだ のぶゆき  
原田 信之

施工技術係

いまたき しげき  
今滝 茂樹

### 1. はじめに

港湾工事における水中部の施工確認は、潜水土による人力計測のほか水中カメラや音響測深機で行われているが、特に水中部出来形確認については潜水土に委ねるところが多いため、監督員等は直接水中施工部分を確認することができない。また、大型消波ブロックの出来形確認等は、波浪の影響により消波ブロックの隙間などに吸い込まれる危険性があるため、十分な出来形確認ができない状況にある。そこで、これらの問題を解決するため幅広く効率的に計測できるマルチビーム測深機とGPSを使用し、水面までの絶対値および位置を求めることにより、ケーソン据付前の捨石マウンド本均し精度の確認および大型消波ブロックの出来形確認等を潜水土に頼らず、高精度に計測が行えるシステムの検討を行った。

### 2. 調査概要

接触式および非接触式の水中部計測技術を用いた捨石マウンド本均し出来形計測および消波ブロック据付出来形確認方法について、過去に実績のある港湾・漁港から施工実態の聞き取り調査および資料・文献等を収集し、効率良く高精度に計測できる装置の開発を行ったものである。

#### (1) 計測方式の検討

水中部の計測方式について、接触式、非接触式に分け長所および短所の検討を行った。

その結果、消波ブロック据付出来形確認において、潜水土が波浪の影響により消波ブロックの隙間に吸い込まれる危険性があるため、非接触式に絞り検討を進めることとした。

#### (2) システム構成の検討

水中計測部、位置計測部および動揺補正部について、システムの構成に必要とする機器および機能・仕様の検討を行った。水中計測部については、計測エリアを広く効率的かつ高精度に計測を行えるものとして、マルチビーム測深機を選定した(写真1)。また、その精度を維持し信頼性を高めるためには、音速補正が不可欠なため構成機器に音速プロファイラーを加えるものとした(写真2)。さらに、座標系に対してビームの広がり方向を正確に捉える必要があるため、方位センサーを機器構成に加えるものとした(写真3)。



写真 1  
マルチビーム  
測深機

次に、位置計測部については、計測エリアにおけるセンサーの位置を高精度にとらえるためGPSによる測位データを使用し、本システムでは移動局に対しての位置計測が最も高精度に行えるRTK GPSを採用した。動揺補正部は、計測中に絶えず揺れ動いている各センサーの位置を補正するものであり、センサー計測値に対し動揺補正を行わなければ計測システムの基本性能として要求される精度を実現することができない。そのため、各センサーの動揺（ロール、ピッチ、ヒープ）を補正するものとして動揺センサーを設置した（写真 4）。ただし、ヒープに対する補正については、GPS 測位による計測の方が精度が高いことから、GPS 測位データを使用して補正を行うものとした。

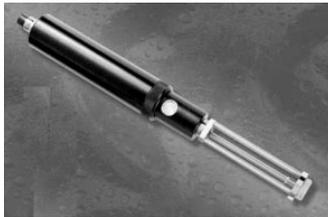


写真 2  
音速プロファイラ



写真 3  
方位センサー



写真 4  
動揺センサー

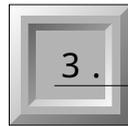
### (3) センサー部の検討

センサー部の保持方法は、船体固定式および曳航方式に分け、それぞれ干渉、可搬性、安全性、形状・寸法、強度、装備方法等について検討を行った。その結果、船体固定式では船体に近い位置で固定するため、船体による干渉を受けやすく、また、小型軽量を目指した固定装置では強度が不足するなど相反する結果となる。また、装備方法では異なる船体構造に対しても適用可能とするには難しさがあるなど問題点があげられた。したがってこれらの問題を解消するため、曳航方式を採



写真 5  
センサー部

用した（写真 5）。



## 3. 試験概要

本システムの精度を検証するため、曳航式センサー部および試験装置を製作し、乾ドックに擬似的な現場環境を設置し精度検証を行った。

さらに、実海域においてセンサー部を監督測量船で曳航し、捨石均し面計測、深浅測量および消波ブロック据付出来形確認を行い、実海域においての総合的な動作確認を行った。

### (1) 精度検証試験

乾ドックの底面には捨石均し面を想定した小規模の疑似捨石マウンドターゲット（写真 6）を設置し、注水前に精密な測量を行い、本システムにおける精度検証試験を行った。



写真 6 ターゲット設置状況

### (2) 疑似捨石マウンド形状解析結果

形状の再現性や計測精度を詳しく検証する目的で、疑似捨石マウンドターゲットの鳥瞰図（図 1）および断面図（図 2）を作成し、センサー

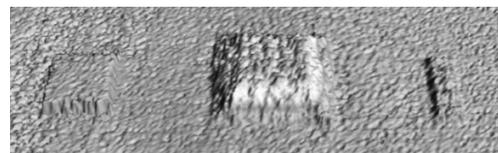


図 1 ターゲット全体鳥瞰図

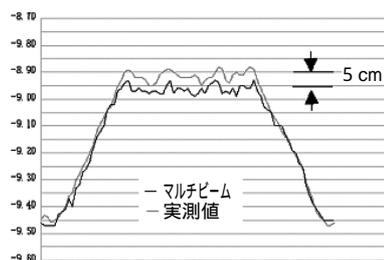


図 2  
ターゲット計測  
断面図

による計測データと実測値の差分から、その差分平均値を求め、さらにマウンドを南北と東西に直交する2断面について実測値との比較を行った。

差分解析は、天端部と勾配部の違いを把握するため、マウンド全体に加えて天端部と勾配部の2カ所に対してそれぞれ分割して行った。差分による解析結果を表 1 に示す。

差分結果 (マルチビーム) - (実測値)			
	全範囲	天端部	勾配部
平均	- 2.469	- 4.806	- 1.861
中央値 (メジアン)	- 2.100	- 4.750	- 1.500
最頻値 (モード)	- 0.600	- 5.400	- 0.700
標準偏差	2.893	2.343	2.711

ターゲットの鳥瞰図および断面図から、実際のマウンド形状との整合性をみると、割栗石の起伏やマウンド勾配部の差分は±5 cm以内に収まっており、本システムの目標計測精度(±5 cm)を満たしていることがわかった。

### (3) 総合計測試験

実海域において、本システムの総合的な動作確認をするため防波堤、浚渫箇所および航路状況を計測し、データの解析を行った(図 3)。解析結果より作成した、鳥瞰図および等深線図を以下に示す。

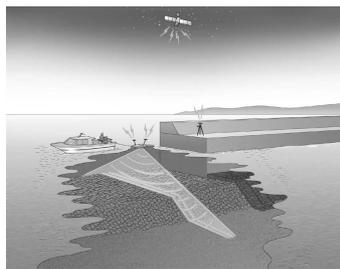


図 3 イメージ図

図 4 に示す鳥瞰図から、マウンド部の形状が鮮明にうかがえ、特に根固および被覆ブロックの飛散状況なども十分に確認することができた。

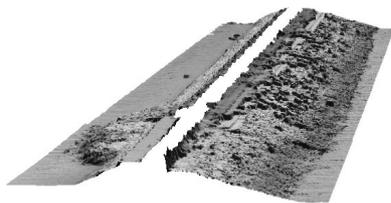


図 4  
根固ブロック  
据付状況

次に、浚渫箇所の鳥瞰図をみると、砂質地盤の

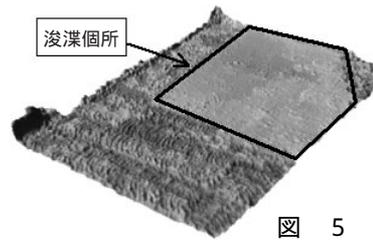


図 5 浚渫箇所状況

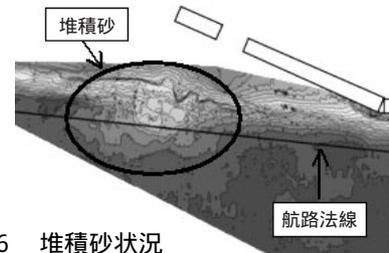


図 6 堆積砂状況

起伏およびグラブにより浚渫された跡も鮮明に確認することができた(図 5)。また、航路を計測した等深線図をみると、航路法線上に潮流の影響による砂の堆積状況を確認することができた(図 6)。

## 4. まとめ

本システムは、これらの試験結果において、±5 cmの精度による出来形計測や消波ブロックの据付出来形を確認することが可能であることから、十分に港湾工事における水中部の施工確認が可能であると判断できる。また、高さの算出をGPSによる三次元座標のZ値を採用することにより従来の潮位による補正が不要なことから、リアルタイムでの工事監督の出来形確認、さらには災害時における構造物の被災状況確認が迅速にできる。

## 5. あとがき

精度検証試験および総合計測試験の結果、マルチビーム測深機とGPSを使用することにより、非接触式による水中部出来形確認への対応が見込め、本システムの実用化の目処がついたと考えられる。今後、港湾工事の出来形確認の省力化や、港湾施設の維持管理に本システムが活用されることを期待したい。