

空中写真測量とナローマルチ測量の合成による三次元構造モデルの作成

関東地方整備局 東京湾口航路事務所 正会員 ○内川直洋
 関東地方整備局 東京湾口航路事務所 正会員 野口孝俊
 (株)パスコ 環境文化事業部文化財センター 津口雅彦
 (株)パスコ 中央事業部技術センター 小松崎弘道

1. はじめに

明治期に築造され、被災により幾度か断面を再構築している防波堤に対して、断面図を作成することとした。従来方法では、気中部を地形測量し、海中部は潜水士によるスタッフ測量が必要とされるが、防波堤という延長が長い構造物ではその労力・工期は相当量となる。そこで、気中部はレーザー測量により測定し、海中部はナローマルチ測量による 3 次元データを併せて三次元構造モデルを作成した事例を報告するものである。



写真-1 第二海堡防波堤

2. 空中写真測量とレーザー測量による防波堤上部断面の測量

(1) UAV による空中写真測量と地上レーザー測量

第二海堡北側防波堤の現況把握するため、基準点と対空標識を設置し干潮時の状態で空中写真撮影を行い詳細な点群を取得して 3 次元写真地形モデルを作成し現況図を作成した 1)。地上レーザー計測は詳細な 3 次元写真地形モデルを作成するため対象となる現場で必要に応じてトータルステーション、レーザスキャナ及びデジタルカメラ等を用いてデータ取得を行った。

(2) 調査方法

世界測地系を基準に飛行経路を設定し、自動による飛行が可能な表-1 に示す UAV (Unmanned Aerial Vehicle : 無人航空機) にデジタルカメラを搭載し上空から撮影を実施した。搭載カメラ

	有人ヘリ	無人飛行機 (UAV)	地上レーザ
使用機材	ヘリ AS350B	S800EVO	LIECAscanStation P20
撮影装置	携帯型斜め写真撮影システム (パスコ製)	CANON EOS M1600 及び SONY NEX7	
撮影枚数	約900枚	約500枚	
写真解像度	約1600万画素	約1600万画素, 2000万	
撮影高度	約300m	約20m, 40m, 60m	
距離精度	水平位置の標準偏差: 0.25m以内 標高点の標準偏差: 0.25m以内	水平位置の標準偏差: 0.25m以内 標高点の標準偏差: 0.25m以内	3mm以下
計測距離			1m~50m
3次元モデルの生成ソフト	acute3D Smart3D Capture	Agisoft Photoscan	Cyclone



図-2 3次元写真地形モデル (UAV)

性能は表-1 に示すように 2000 万画素程度である。UAV により概ね 30m の上空から詳細な全方位パノラマ撮影を実施した。UAV のみで三角網モデルを作成することも可能であるが、第二海堡は東京湾の海上にあり風が 10m/s を超える日が多いため、全体工程を考慮し、有人ヘリコプターにより基準点を確認した。

(3) 対空標識の設定

不整三角網モデルを作成するために対空標識を設置した。陸上に設置した対空標識として 10 点設置した。そのうち、渡海測量により基準点は 2 点、陸上基準点は 3 点である。その後、UAV 時での詳細な三角網を作成するため 24 点を追加し、合計 34 点の作業標識を設置した。セスナによる空中写真測量が一般的であるが、今回は長さが約 500m、幅 100m 程度の領域の測量となるため有人ヘリコプターを採用している。有人ヘリコプターはホバリングが可能であるため任意の位置からの撮影が可能であり、陰になるような位置への撮影も可能となるとともにセスナと比較して経済的には同等である。精度については、「公共測量作業規程の準則」に準拠し、今回、地図情報レベル 500 の精度を目標にした。

(4) デジタル画像処理

デジタル画像から精密高密度 (点群) 計算を行い、3 次元の不整三角網モデルを作成し、図-2 に示すように写真を

キーワード 第二海堡, ナローマルチ, UAV, 空中写真測量, レーザー測量

連絡先 〒238-0005 横須賀市新港町 13 番地 TEL0468-828-8365

張付けた3次元写真地形モデル2)を作成した。

3. ナローマルチビーム (NMB) による海中部測量

(1) NMB による海中部音響測量

防波堤周辺の海底水深について表-2 に示す性能のマルチビーム測深機 (R2SONIC 社製 Sonic2024) を使用して面的深浅測量を実施した。スワ幅 (有効ビーム角) は 90° (片側 45°) とし、未測域が発生しないように実施した。

(2) NMB による海中部音響測量における工夫

通常の艀装においては両舷 80 度までの計測ができるが、水面からソナーまで (喫水部分) と 80 度から 90 度までの計測を行うことができない。これを補うため補助金具を使用し、ソナーヘッドを外側方向に 30 度傾ける斜め艀装によりこの部分を補測した。(図-3)

図-4 に上段 (通常) と下段 (傾斜艀装) を比較した。海中部で測定した面積が増加し、NMB で最大限のデータ取得を目指した。しかし、干潮帯より上部は潜水士によるスタッフ測量が必要とされるため、被災を受け断面が一様でない当防波堤断面の作成は気中部の測量が困難である。

4. 3次元モデル合成図の作成

レーザー測量により取得された北側防波堤気中部のデータとナローマルチビーム測量成果における海中部データを3次元合成した (図-5)。NMB は2次元データを計算して3次元データとしている技術であるが、海中部と気中部を合体する技術については発想的には可能であるが、実施例は存在しない。幾度かの被災と復旧により複雑な形状をしていることや崩壊した基礎マウンドと上部コンクリートブロックの関係が明確に示すことが出来た。その成果を基に図-6 に示す防波堤断面図を作成した。この断面図の元となるデータは3次元で作成しているため、断面図は任意の位置で作成することが可能であり、管理用断面図や復旧設計を実施する際の基礎的な資料を得ることが可能である。また、新たな被災を受けた場合には、今回のデータを初期値として比較することで、被災量を定量的に把握することができる。

5. おわりに

防波堤の3次元モデルを作成したことにより、施設管理図の作成が容易にできた。また、これにより崩壊箇所が連続的に把握でき、補修設計や維持管理等を行うための基礎資料が取得できた。今後はUAV空中写真測量により崩壊している第二海堡護岸の現況断面図を作成し、復旧断面設計等を実施する予定である。

参考文献

- 1) 内山庄一郎・井上公・鈴木比奈子：自然災害調査研究のためのマルチコプター空撮技術、防災科学技術研究所研究報告、第81号、2014年3月。
- 2) 内山庄一郎・井上公・鈴木比奈子：SfM を用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究、防災科学技術研究所研究報告、第81号、2014年2月。

表-2 ナローマルチビーム音響測深機機器

製品名	【R2Sonic社製 2024】
測深周波数	400-200kHz (可変:データ収録は400kHzを使用)
レンジ分解能	6mm
前後ビーム角	1.0度
直交ビーム角	0.5度
収録角	両舷80度 (全角160度)

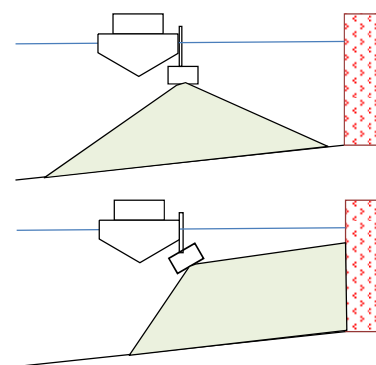


図-3 NMB 艀装
(上図: 通常艀装 下段: 斜め艀)

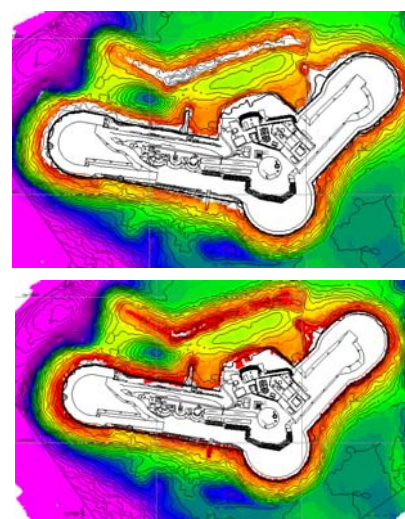


図-4 艀装法による収録範囲の差

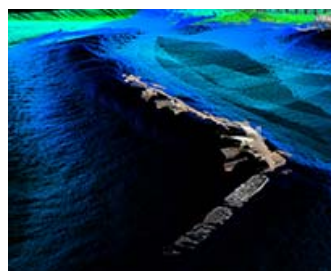


図-5 防波堤 3D
(NMB+UAV) 点群図

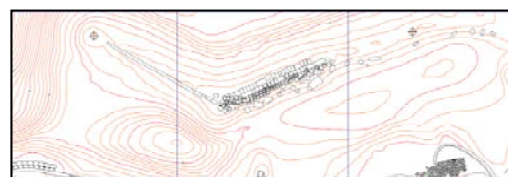


図-6 防波堤断面図作成