

地震災害時の係留施設における UAV 写真測量の基準点配置と計測精度に関する研究

港湾空港技術研究所 正会員 ○大矢 陽介

港湾空港技術研究所 正会員 伊藤 広高

港湾空港技術研究所 正会員 小濱 英司

1. はじめに

地震災害時の港湾の係留施設を対象とする初期調査の方法として、無人航空機 (UAV) の活用が期待されている。 UAV による空撮から施設の被害状況を把握するだけでなく、撮影画像をソフトウェアで画像処理する写真測量によって、座標データが取得でき、係留施設の残留変位を評価することが可能である。ところで、大規模地震の際、埋立地で地盤が液状化し、岸壁が海側へ変位すると、水際から数百 m 程度の範囲で地盤が変位することが考えられる。この場合、画像処理の際に精度を高めるために必要な地上基準点 (GCP) の座標が、地震前に取得済みであっても地震後には移動しているため利用できず、再度 GCP の座標計測が必要となる。本研究では、災害時に GCP の利用が制限されることを想定し、GCP の配置が係留施設における残留変位の計測精度に与える影響を評価した。

2. 検討内容

検討に用いた画像は、係留施設に岸壁模型を設置し、地震時の残留変位を模擬した検証実験¹⁾で撮影したデータを用いた。実験では、ベニア板等で製作した5体の岸壁模型を海に張り出すよう設置し、各模型を異なる所定量移動させた(図-1)。UAVによる撮影は、模型を所定量移動させた前後に行い、模型上の対空標識の座標の差分を変位量とした。また、計測精度が1cm~2cm程度のRTK-GNSSを用いて模型上の対空標識の座標を計測して精度を比較した。UAVは自動運転により飛行し、一度に複数バース計測可能な計測条件を設定した(表-1)。GCPの配置は岸壁付近と、水際から200m以上離れた位置を設定した(図-2)。地震後にGCPが利用できないことを想定して、検討ケースとして表-2に示すGCPの組合せを設定し、画像処理を行った。画像処理により得られたオルソ画像(図-3)から変位評価に必要な座標値を読み取った。

3. 検討結果

計測結果の一覧を表-3に示す。水平変位に着目すると、撮影範囲の四隅にGCPを設定したCase1およびCase6における所定変位量との差異の最大値は、それぞれ23mmおよび16mmとなり、災害時の初期調査として十分な精度が確認できた。次に、岸壁背後200mまでの範囲で地盤変位が発生し、この範囲のGCPが移動して地震前に取得済みの座標を利用できないことを想定したCase2では、地盤変位の影響が小さいと考えられる岸壁から200m離れた2点のGCPを利用して画像処理を行った。Case2の結果は、オルソ画像の画質が悪いため対空標識の中心を識別できなかったり、識別できても変位量がメートルオーダーとなっ

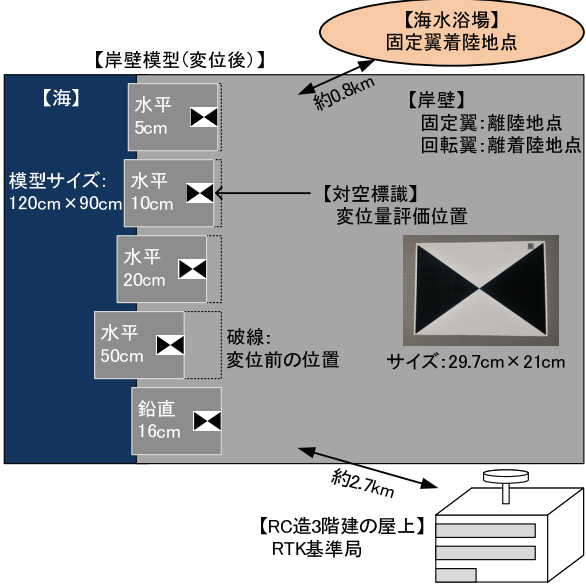


図-1 岸壁模型の概要

表-1 UAV 機体情報と調査実績

製品名	Phantom 4 Pro	機体情報	重量 [kg] (カメラを含む)	1.39	
			カメラ機種	1インチ20MP (標準搭載)	
機体外観		調査実績	カメラ方向	真下 (ジンバル有り)	
			寸法 [cm]	35 (プロペラ除く)	
			模型設定	変位前	変位後
			飛行高度 (対地高度) [m]	100	100
			オーバーラップ率 [%]	90	90
			サイドラップ率 [%]	60	60
			取得画像数 [枚]	159	159
			飛行時間 [min]	7	7

キーワード 無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle), 係留施設, 地震被害, 利用可否判定, GNSS

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 TEL: 046-844-5058

たりする結果であった。岸壁から 200m 離れた GCP2 点に加えて、岸壁付近に 1 点を加えた GCP が三角形配置となる Case3 の変位量の差異は 27mm となり、四辺形配置のケース (Case1, Case6) と精度が大きく変わ

らない結果となった。しかし、3 点目の GCP が模型設置位置と離れてしまうと変位量の差異が大きくなり、精度が低くなることが分かった (Case4 で 49mm, Case5 で 66mm)。災害時に地盤変位によって岸壁背後の GCP を利用できない場合、UAV の撮影画像から係留施設の残留変位を評価することは困難であること、岸壁から離れた GCP に加えて少なくとも 1 点、岸壁付近に GCP を設定できれば、一定の計測精度を確保できることが分かった。

4. おわりに

大規模地震の際は地殻変動が発生し、地殻変動による移動量が地震後の UAV 写真測量の座標に含まれる可能性がある。係留施設の損傷を把握し、利用可否判断するための残留変位の評価には、地殻変動分を取り除くか、例えば、RTK 測位を利用して地殻変動分が含まれない変位計測方法を利用する必要である。

謝辞 本研究を実施するにあたり、国土交通省北陸地方整備局ならびに港湾管理者の方々からご協力を頂きました。関係各位に対して、ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1) 大矢陽介, 伊藤広高, 小濱英司: 無人航空機を用いた係留施設の地震時残留変位計測に関する検証実験, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.74, No.2, pp.I_121-I_126, 2018.

表-2 ケース名と使用 GCP の組合せ

ケース名	使用GCP
Case1	4点 (1,2,4,5)
Case2	2点 (4,5)
Case3	3点 (2,4,5)
Case4	3点 (1,4,5)
Case5	3点 (3,4,5)
Case6	4点 (1,2,4,5)と 既設構造物エッジ全て

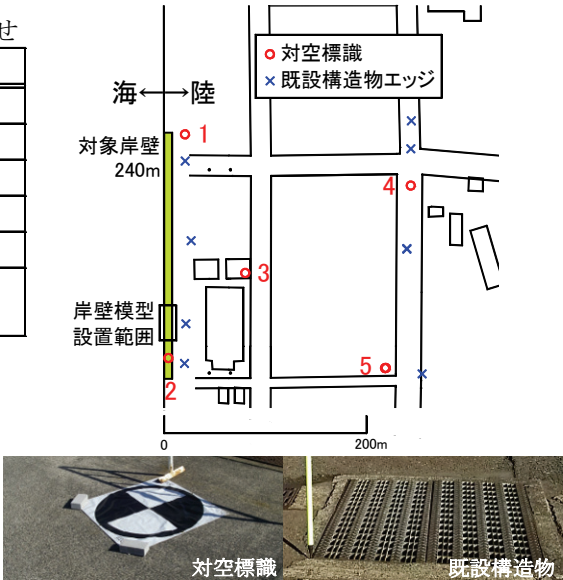


図-2 岸壁模型の位置と GCP の配置



図-3 オルソ画像 (赤枠内: 模型設置位置)

表-3 計測結果一覧

		水平		鉛直				水平		鉛直	
		変位量[m]	所定変位との差[m]	変位量[m]	所定変位との差[m]			変位量[m]	所定変位との差[m]	変位量[m]	所定変位との差[m]
RTK-GNSS	水平5cm	0.043	0.007	-0.026	0.026	Case4 3点 (1,4,5)	水平5cm	0.078	-0.028	0.067	-0.067
	水平10cm	0.099	0.001	-0.004	0.004		水平10cm	0.114	-0.014	0.062	-0.062
	水平20cm	0.189	0.011	-0.014	0.014		水平20cm	0.249	-0.049	0.075	-0.075
	水平50cm	0.488	0.012	0.013	-0.013		水平50cm	0.531	-0.031	0.035	-0.035
	鉛直16cm	0.071	-0.071	-0.147	-0.013		鉛直16cm	0.062	-0.062	-0.098	-0.062
Case1 4点 (1,2,4,5)	水平5cm	0.036	0.014	0.003	-0.003	Case5 3点 (3,4,5)	水平5cm	0.012	0.038	-0.046	0.046
	水平10cm	0.123	-0.023	-0.002	0.002		水平10cm	0.041	0.059	-0.054	0.054
	水平20cm	0.205	-0.005	0.013	-0.013		水平20cm	0.151	0.049	-0.046	0.046
	水平50cm	0.484	0.016	-0.012	0.012		水平50cm	0.434	0.066	-0.101	0.101
	鉛直16cm	0.046	-0.046	-0.163	0.003		鉛直16cm	0.115	-0.115	-0.229	0.069
Case3 3点 (2,4,5)	水平5cm	0.076	-0.026	0.001	-0.001	Case6 4点(1,2,4,5) と構造物 エッジ全点	水平5cm	0.052	-0.002	0.003	-0.003
	水平10cm	0.127	-0.027	-0.007	0.007		水平10cm	0.105	-0.005	-0.001	0.001
	水平20cm	0.209	-0.009	0.006	-0.006		水平20cm	0.216	-0.016	0.009	-0.009
	水平50cm	0.517	-0.017	-0.029	0.029		水平50cm	0.498	0.002	-0.024	0.024
	鉛直16cm	0.039	-0.039	-0.162	0.002		鉛直16cm	0.064	-0.064	-0.145	-0.015

* Case1～6の赤字は、水平変位用模型のうち所定変位との差が最大の結果。
* 鉛直16cm模型は所定変位量を移動させる際、水平方向にも移動した。RTK-GNSSの値より、移動量は8cm程度と推測。