

無人航空機を活用した係留施設の残留変位計測手法の精度検証実験

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

災害発生時に港湾係留施設の被害状況の把握を迅速かつ効率的に行うため、無人航空機 (UAV) の活用が検討されている。本研究では、地震後の施設の利用可否判断に必要な残留変位の計測手法として、UAV による撮影画像から三次元点群データを作成し、地震前後で位置座標の差分から施設の変位量を評価する手法を検討する。このような UAV による撮影画像を活用した手法は、航空機やカメラの種別、飛行や撮影の条件および対象施設の立地や形状等の諸条件により、精度が大きく変わる。本研究では、UAV を活用した係留施設の変位計測手法の精度確認を目的とした検証実験を行った。

2. 実験内容

地震によって発生する係留施設の残留変位を模擬するため、ベニア板で岸壁模型を製作し、岸壁から海へ張り出すよう設置した(図-1)。UAV による撮影は、地震前として模型設置後、地震後として模型移動後の 2 回実施した。変位量は、模型に貼り付けた対空標識中央で評価し、移動前後の位置座標の差分から求めた。UAV は回転翼および固定翼の 2 種類を用いた(表-1)。また、検証のため RTK-GNSS による直接測位(直接法)も実施した。直接法および固定翼 UAV は、調査地点から約 2.7km 離れた基準局(図-1)からの補正情報を用いる RTK (Real Time Kinematic) 測位が可能である。

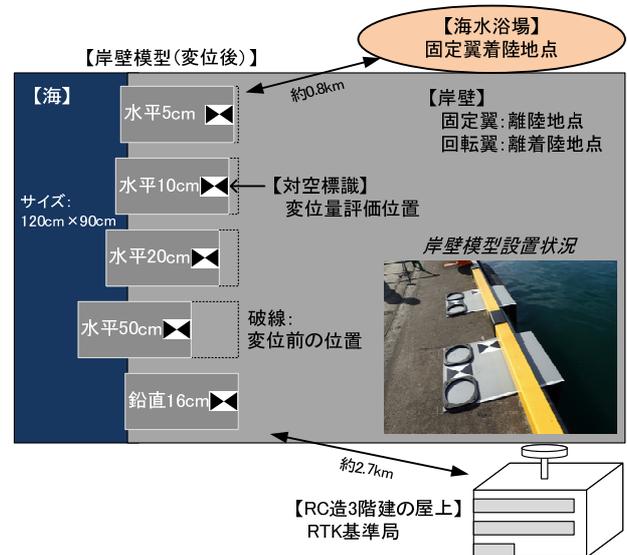


図-1 岸壁模型の概要

災害発災後に、一度に複数バースを対象に、UAV が自動航行および自動撮影することを想定し、表-1 に示す調査実績で計測した。飛行高度は周辺施設を考慮して回転翼で 100m、固定翼で 120m とした。撮影範囲は、模型を設置した 1 バースの範囲について、地震時の地盤流動の範囲を想定して約 300m 離れた背後地までとした。画像処理の際の補正に必要な GCP (Ground Control Point) は、図-2 のように配置した。ソフトウェア「Pix4Dmapper」を用いて取得画像より三次元点群データを作成し、「Global Mapper」を用

表-1 UAV 機体情報と調査実績

名称		回転翼		固定翼	
製品名		Phantom 4 Pro		eBee RTK	
機体外観					
機体情報	RTK測位	不可		可	
	重量 [kg] (カメラを含む)	1.39		0.73	
	寸法 [cm]	35 (プロペラ除く)		96 (翼幅)	
調査実績	模型設定	変位前	変位後	変位前	変位後
	飛行高度(対地高度) [m]	100	100	120	120
	オーバーラップ率 [%]	90	90	75	75
	サイドラップ率 [%]	60	60	80	80
	取得画像数 [枚]	159	159	103	109
	飛行時間 [min]	7	7	19	17

いて位置座標を読み取った。画像処理により作成したオルソ画像を図-3 および図-4 に示す。

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

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

3. 実験結果

三次元点群データの位置座標から算出した変位量と、模型を移動する際にメジャーで計測した所定変位量との差を表-2に示す。同表には、画像処理の際にGCPを設定しないケースおよびGCPを設定するケースに加えて、直接法の結果を示した。所定変位量との変位差の最大値は、GCPを設定しない場合、回転翼で1m以上、固定翼で65mmとなり、UAVの座標計測精度の違いが変位量に現れた。一方、GCPを設定することで計測精度は向上し、回転翼の変位差は23mmとなり、固定翼(58mm)よりも精度は高くなった。

三次元点群データの位置座標から施設の変位量を評価する場合、画像処理の際にGCPによる補正が必須である。一方、RTK測位が可能であれば、GCPによる補正を行わなくても座標計測精度が高いため、変位計測についても一定の精度が確保されたと考えられる。なお、直接法の結果は変位差の最大値が13mmとなり、一般的に認知されているRTK測位の座標計測精度(水平で1cm~2cm)の範囲内であった。

4. おわりに

大規模地震の際、地盤液状化によって岸壁背後地盤が流動すれば、地震前に設定したGCPも移動するので、GCPの既知の位置座標を利用できなくなる。さらに、地殻変動が発生すれば位置座標に地殻変動量が含まれてしまい、施設の利用可否判断に必要な残留変位の評価にはこれを取り除く必要がある。RTK測位の場合、基準局を係留施設と地殻変動量が同じ範囲内かつ、岸壁背後の地盤流動の範囲外に設置することで、係留施設の利用可否判断に必要な地殻変動量を除いた変位量を求めることができる¹⁾。そのため、GCPを設定しなくても座標計測精度が確保されるRTK測位が可能なUAVを活用した計測手法は、地震時における係留施設の残留変位の計測手法として優位と考えられる。

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) 小濱英司, 菅野高弘: RTK-GPSを用いた地震後岸壁変形量計測ツールの開発, 地盤工学会誌, Vol.63, No.1, pp.34-35, 2015.

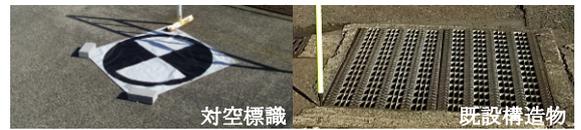


図-2 岸壁模型の位置とGCPの配置



図-3 オルソ画像 (回転翼, 変位後, 枠内: 模型設置範囲)



図-4 図-3の模型設置範囲を拡大(右から水平変位5, 10, 20, 50cm, 鉛直変位)

表-2 計測結果一覧(回転翼と固定翼の撮影日が違うため直接法は2回計測)

機体	模型名	GCP無し		GCP有り		直接法	
		水平変位量(m)	所定変位との差(m)	水平変位量(m)	所定変位との差(m)	水平変位量(m)	所定変位との差(m)
回転翼	水平5cm	1.151	-1.101	0.046	0.004	0.043	0.007
	水平10cm	1.125	-1.025	0.111	-0.011	0.099	0.001
	水平20cm	1.024	-0.824	0.216	-0.016	0.189	0.011
	水平50cm	0.793	-0.293	0.477	0.023	0.488	0.012
固定翼	水平5cm	0.115	-0.065	0.058	-0.008	0.052	-0.002
	水平10cm	0.137	-0.037	0.106	-0.006	0.113	-0.013
	水平20cm	0.225	-0.025	0.193	0.007	0.208	-0.008
	水平50cm	0.499	0.001	0.442	0.058	0.492	0.008