

池西岩瀑與海賊洞
特殊地景調查與精密監測計畫

〔成果報告書〕

主辦單位：澎湖縣政府農漁局
承辦單位：國立澎湖科技大學
日　　期：中華民國114年12月



計畫基本相關資訊

壹、基本資訊

一、計畫名稱：池西岩瀑嶼海賊洞特殊地景調查與精密監測計畫

二、計畫案號：AF-114-09

三、委託機關：澎湖縣政府農漁局

四、執行機關：國立澎湖科技大學

貳、計畫內容

一、計畫期程：114 年 6 月 6 日至 114 年 12 月 5 日

二、計畫總經費：陸拾陸萬元整

三、計畫主持人：

姓名：呂政豪

職稱：副教授

單位名稱：國立澎湖科技大學 觀光休閒系

聯絡電話：06-926-4115 #5713

電子郵件：luch@gms.npu.edu.tw

四、共同或協同執行人：無

摘要

池西岩瀑與外垵海賊洞同屬於近年來西嶼鄉熱門觀光景點，特別是較難以到達的外垵海賊洞也因「秘境」、「私房景點」等標籤，在鄉公所及社群媒體的推動下，吸引了遊客慕名前往，然而無論是外垵海賊洞又或是池西岩瀑，它們都具有崩塌危險的潛勢。這主要是受到海岸營力的旺盛風化侵蝕作用，以及自身的岩體品質不佳有關。

在本計畫當中，計畫團隊依據履約標的，針對兩處地景完成現況調查並建置空間圖資，有利主管機關針對兩處地鏡進行後續規劃，計畫團隊完成之工作項目說明如下：

一、陸域精密 GNSS 測量網建置：

運用高精度的 GNSS 即時動態（Real-Time Kinematic , RTK）定位技術，計畫團隊完成西嶼鄉池西岩瀑及外垵海賊洞之固定測量點位佈設，針對池西岩瀑佈設 8 個固定點，外賊洞測區及測區外，一共佈設 9 個固定點，測量過程及誤差符合規範。

二、數位空間圖資建置：

計畫團隊運用高精度 RTK-UAV 系統，分別完成池西岩瀑及外垵海賊洞全區測繪，並於內業處理時完成兩測區之數值地表模型（Digital Surface Model , DSM）及正射影像之建置。

三、潮位分布位置分析：

團隊運用本次計畫產出之高精度數值地表模型（DSM）進行高程分析，搭配中央氣象署馬公潮位站潮位資料進行潮位線萃取，完成平均低潮位線、平均潮位線、平均高潮位線之分析繪製。

四、現況調查：

團隊透過走訪池西岩瀑及外垵海賊洞進行地景調查並提出現況報告。

五、三維擬真模型動畫製作：

運用本計畫所產製之三維模型錄製動畫，提供主管機關後續進行觀光宣傳及危害宣導使用，同時亦保留在地景變動前之形貌。

目　錄

第一章 緒論 1

第一節 計畫緣起 1

第二節 工作項目 3

第二章 調查方法與規劃 5

第一節 調查方法 5

第二節 計畫執行進度 11

第三章 工作成果 13

第一節 西嶼鄉池西岩瀑及外垵海賊洞陸域精密 GNSS 測量網 13

第二節 數位空間圖資建置 21

第三節 西嶼鄉池西岩瀑及外垵海賊洞潮位線分布位置分析 34

第四節 西嶼鄉池西岩瀑及外垵海賊洞三維擬真模型 39

第五節 西嶼鄉池西岩瀑與外垵海賊洞現況調查 43

第四章 結論與建議 57

參考文獻 59

附錄一 池西岩瀑 GNSS 測量成果表 71

附錄二 外垵海賊洞 GNSS 測量成果表 83

圖　次

圖 1 本計畫在池西岩瀑的調查與空間圖資建置範圍 3

圖 2 本計畫在外垵海賊洞的調查與空間圖資建置範圍 4

圖 3 即時動態定位無人機系統(RTK-UAS) 6

圖 4 運用無人機航測實施精密監測的相關成果圖資範例圖 6

圖 5 澎湖自然地景精密監測實施流程圖 7

圖 6 使用 RTK 技術建置 GNSS 點位測量流程 14

圖 7 池西岩瀑測區內 GNSS 點位分布圖 15

圖 8 外垵海賊洞測區內 GNSS 點位分布圖 15

圖 9 現地測量示意圖 16

圖 10 固定點位示意圖 16

圖 11 池西岩瀑點位測量精度圖 18

圖 12 外垵海賊洞點位測量精度圖 18

圖 13 池西岩瀑各點位測量時間圖 19

圖 14 外垵海賊洞各點位測量時間圖 19

圖 15 池西岩瀑各點位 PDOD 圖 20

圖 16 外垵海賊洞各點位 PDOP 圖 20

圖 17 池西岩瀑航測相機拍攝位置及影像重疊率 23

圖 18 池西岩瀑地面控制點位置及誤差 23

圖 19 池西岩瀑航測點類型分布圖 24

圖 20 池西岩瀑正射影像 25
圖 21 池西岩瀑 DSM.....26
圖 22 池西岩瀑局部正射影像 27
圖 23 池西岩瀑局部 DSM.....27
圖 24 外垵海賊洞航測相機拍攝位置及影像重疊率 29
圖 25 海賊洞地面控制點位置及誤差估計 29
圖 26 外垵海賊洞航測點類型分布圖 30
圖 28 外垵海賊洞正射影像 31
圖 29 外垵海賊洞 DSM.....32
圖 29 外垵海賊洞局部正射影像 33
圖 30 外垵海賊洞局部 DSM.....33
圖 31 中央氣象署馬公潮位站每月潮位統計圖（2005~2024）.....36
圖 32 池西岩瀑潮位線分布 37
圖 33 外垵海賊洞潮位線分布圖 38
圖 34 池西岩瀑之三維模型 40
圖 35 池西岩瀑九孔養殖池遺址與玄武岩立面 40
圖 36 池西岩瀑玄武岩立面 40
圖 37 外垵海賊洞完整模型 41
圖 38 海賊洞、車道與崖面 41
圖 39 不同角度之立面，可看見細緻的紋理 41

圖 40 海賊洞破碎之玄武岩柱 42
圖 41 過去傳說被海賊用來存放物品之玄武岩裂隙 42
圖 42 近年來熱門的私房景點——心型岩洞 42
圖 43 池西岩瀑空拍全景圖 49
圖 45 池西海岸擁有壯觀的柱狀節理構造 49
圖 46 部分岩體破碎和明顯的節理裂隙 50
圖 47 海賊洞形似愛心的岩體裂隙 55
圖 48 明顯的岩體裂隙 56
圖 49 海賊洞空拍圖 56

表　次

表 1 池西岩瀑 GNSS 測量成果表 17
表 2 外垵海賊洞 GNSS 測量成果表 17
表 3 池西岩瀑航測任務資訊 22
表 4 池西岩瀑控制點均方根(RMSE)誤差 24
表 5 池西岩瀑檢核點均方根(RMSE)誤差 24
表 6 外垵海賊洞航測任務資訊 28
表 7 外垵海賊洞控制點均方根(RMSE)誤差 30
表 8 外垵海賊洞檢核點均方根(RMSE)誤差 30
表 9 中央氣象署馬公潮位站每月潮位統計表（2005~2024） 35

第一章 緒論

第一節 計畫緣起

從先期野外調查發現，澎湖縣西嶼鄉擁有多處具科學與美學價值的特殊地景，同時這些地景也是澎湖當地熱門的觀光景點，比如池西岩瀑、鯨魚洞等地，但也有許多近年方興未艾的私房玄武岩景點，如外垵的海賊洞、學仔尾的人面獅身、竹灣紫菜礁的埃及神廟石柱等，這些潛力地景除了都擁有特殊的形線色質和地方文化故事的地景旅遊價值外，還有一個共通性就是，它們都具有崩塌危險的潛勢。這主要是受到海岸營力的旺盛風化侵蝕作用，以及自身的岩體品質不佳有關，雖然這些是潛在的自然災害，可能衝擊遊客或當地居民的安全性，但這同時也是自然地景演育的一環，沒有海岸邊坡崩塌侵蝕後退的過程，也不會有這些特殊地景的形成。

因此，這些地景的動態變化過程，同時具有災害潛勢和地景演育的科學意義與價值。而這個價值和科學意義需要透過科學調查和監測方能彰顯。經評估，其中以池西岩瀑和外垵海賊洞兩處地景，可從野外觀察到坡底有落石崖錐且岩體有明顯的張力裂隙，特別是外垵海賊洞為近年熱門的旅遊私房景點，然而其成因和崩塌潛勢尚待進一步調查，故具有推動調查與精密監測的優先性。因為兩處玄武岩地景的參訪遊客眾多，但都是具有高度落石與邊坡滑動的高度潛勢區，在地方上有實施調查和監測的急迫性，以瞭解其地景帶來的參訪風險與保育價值。

此外，依據文資法第 79 條規定「主管機關應定期普查或接受個人、團體提報具自然地景、自然紀念物價值者之內容及範圍，並依法定程序審查後，列冊追蹤。」，第 80 條更詳細規定「主管機關應建立自然地景、自然紀念物之調查、研究、保存、維護之完整個案資料。主管機關應對自然紀念物辦理有關教育、保存等紀念計畫。」，因此，

本縣據此盤點具潛力的特殊地景進行監測研究，首期挑選西嶼池西岩瀑與外垵海賊洞地景進行先期的高精度監測與現況調查工作。

第二節 工作項目

依據本計畫之履約標的規定，應包含以下工作事項：

一、針對西嶼鄉池西岩瀑與外垵海賊洞進行現況調查並提出報告，圖 1、2 為調查範圍圖。

二、建置西嶼鄉池西岩瀑與外垵海賊洞高精度與高解析度之空間圖資，圖資應包含數位地表模型(Digital Surface model , DSM)與正射影像(Ortho-image)，其地元解析度和檢核點之均方根誤差需在 20 公分以內，座標系統應與臺灣現行官方地圖相符，以利主管機關進行第三方圖資套疊、分析，因此圖資應採用橫麥卡托二度分帶(中央經線為 119)，大地基準為 TWD97，高度基準為海拔高(正高)，並挑選退潮時做為建置圖資的時間點。



圖 1 本計畫在池西岩瀑的調查與空間圖資建置範圍(紅框)
(資料來源:Google Earth 衛星影像)

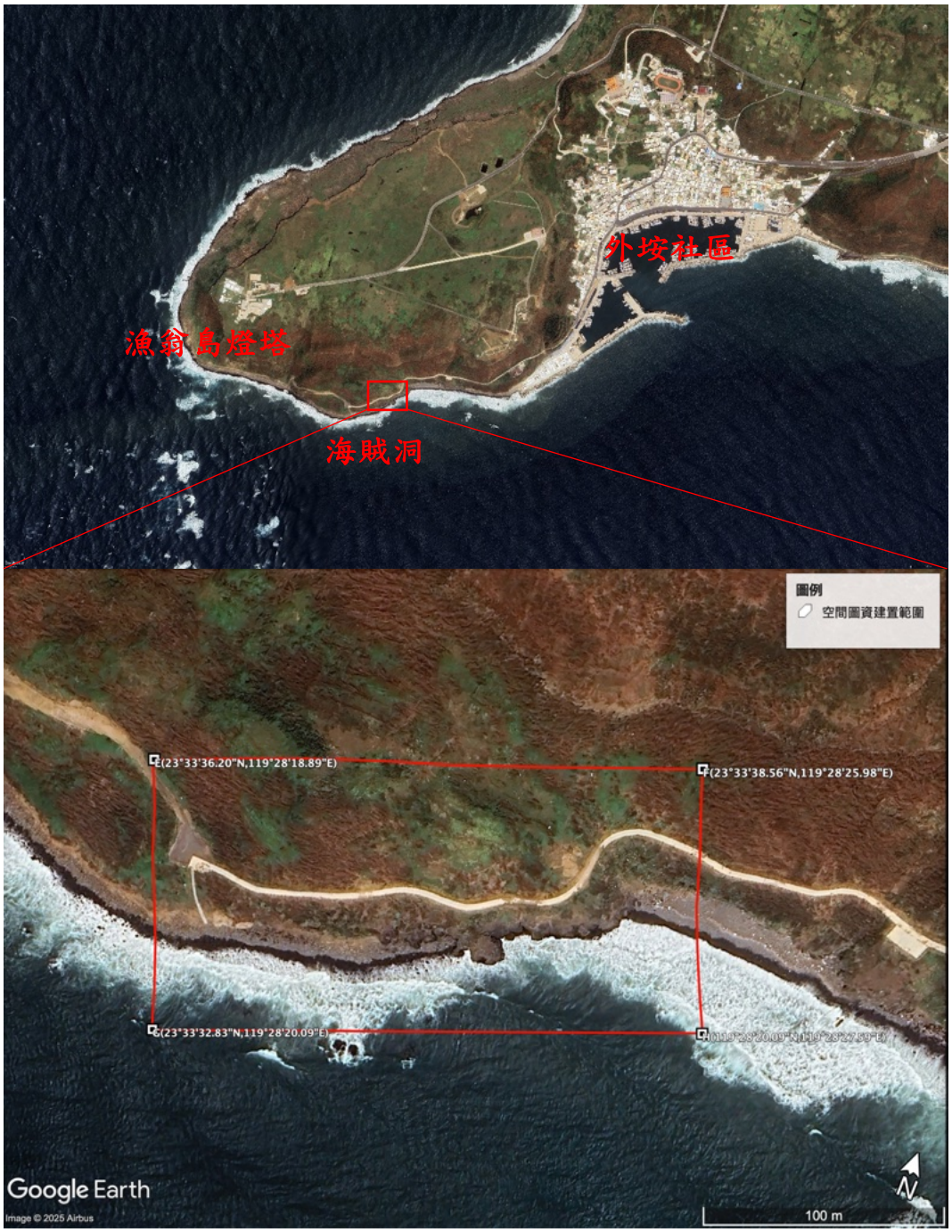


圖 2 本計畫在外垵海賊洞的調查與空間圖資建置範圍(紅框)
(資料來源:Google Earth 衛星影像)

三、創意部份：製作池西與海賊洞高精度三維擬真模型動畫影片

本計畫的創意部分將**池西岩瀑與海賊洞**三維擬真模型進行三維動畫製做，將可提供主管機關宣導本地特殊地景外，也能藉此宣導該區的潛在風險。

第二章 調查方法與規劃

第一節 調查方法

本計畫預計採用無人機攝影測量來實施計畫區域內的精密監測，特別的是本計畫將導入無人機即時動態定位系統又稱為RTK-UAS系統，可見圖 3，此系統最大優勢是僅需少量的地面控制點(Ground Control Points, GCPs)，透過運動回復結構(Structure from Motion ,SfM)的電腦視覺演算法，即可獲取高精度、公分級的數位圖資。這樣的應用已經被許多期刊驗證是可以有效運用於地質精密監測的技術(David et al., 2021; Javernick, Brasington, & Caruso, 2014; Lu & Chyi, 2020; Maier, Nascetti, van Pelt, & Rosqvist, 2022; Nota, Nijland, & de Haas, 2022; Sturdivant et al., 2017; Taddia, Corbau, Zambello, & Pellegrinelli, 2019; Xu et al., 2022)。特別是海岸邊坡的監測(Lucieer, Jong, & Turner, 2013; Westoby et al., 2018)。團隊成員也曾運用此技術來監測澎湖山水沙灘和大池玄武岩海崖的變化，並將相關成果投稿刊登於國際期刊(Lu and Chyi 2020; Lu et al. 2023)。

本團隊的成員已取得無人機的專業操作證，且過去亦有豐富執行精密航測的操作經驗，一旦在天氣、潮係許可的狀況下，即可前往兩處特殊地景實施精密航測。我們將規劃高重疊率的航線規劃，從空中對地進行垂直攝像或傾斜攝影，無人飛行載具上另搭載空中GNSS和IMU儀器系統，獲取攝像時的照片空中姿態。並運用數位攝影測量技術將航攝照片，建置高精度、高解析度的數值地表模型(Digital Surface Model, DSM)、點雲資料與正射影像(Ortho-Image)，並使用量測型衛星定位系統(GNSS)於現地量測地面控制點與檢核點，檢定數值地表模型誤差，最終建立高精度的空間圖資。由於海賊洞所在位置地形特殊，將特別針對海賊洞規劃低航高之飛行航線進行高精度掃描。預期成果和實施流程可見圖 4、5。

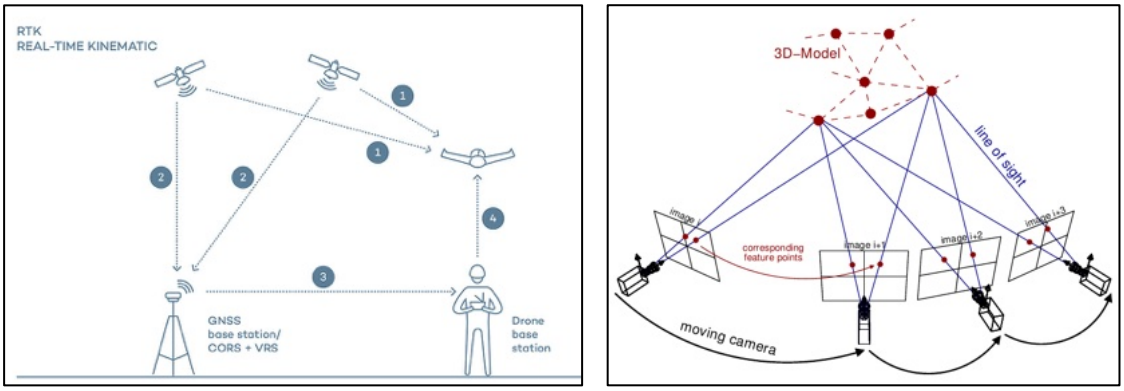


圖 3 左圖為即時動態定位無人機系統(RTK-UAS)的示意圖；右圖為運用運動回復結構法重建地表 3D 模型之示意圖

(資料來源： https://wingtra.com/ppk-drones-vs-rtk-drones/；http://theia-sfm.org/sfm.html)

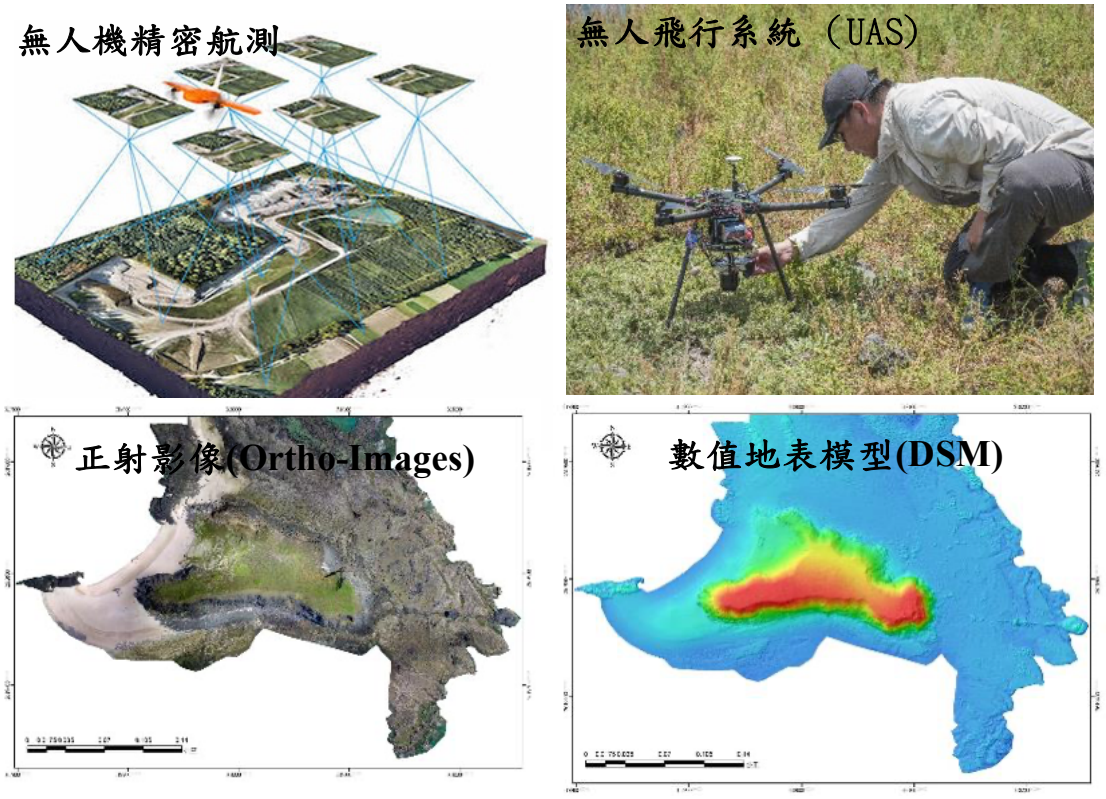


圖 4 本計畫規劃運用無人機航測實施精密監測的相關成果圖資範例圖

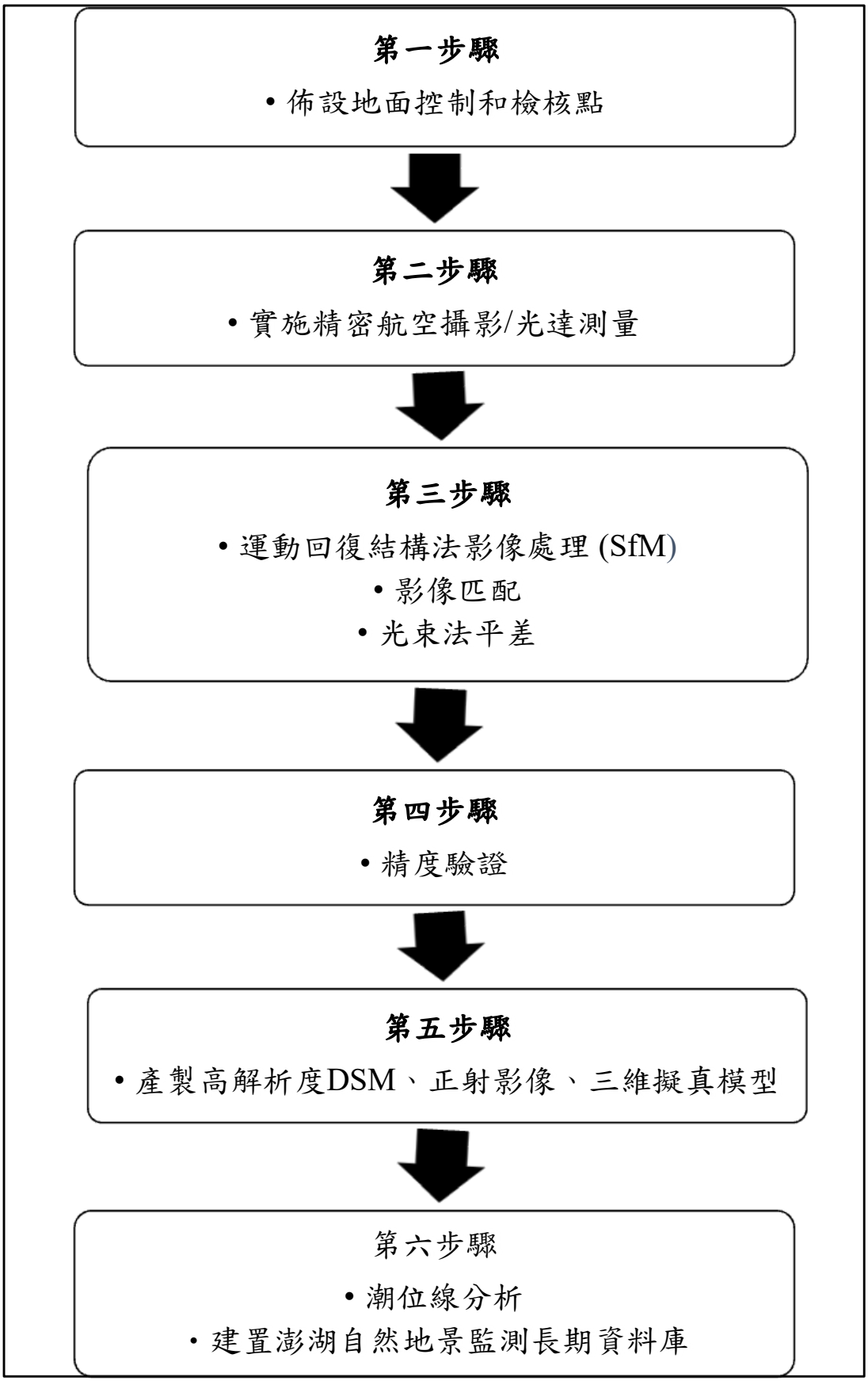


圖 5 澎湖自然地景精密監測實施流程圖

由於兩處地點均為臨海陡崖，地形陡峭、不利佈設全區的地面點，本計畫將採用RTK/PPK-UAS，此系統最大優勢不需要地面控制點或僅需少量控制點，但仍可獲取高精度的數位圖資，特別適合像池西岩瀑和外垵海賊洞這樣地形陡峭、攀登風險高且不易佈設地面控制點的區域。我們將規劃高重疊率的航線規劃，從空中對地進行垂直攝像或傾斜攝影，無人飛行載具上另搭載空中GNSS和IMU儀器系統，獲取攝像時的照片空中姿態。並運用數位攝影測量技術將航攝照片，建置高精度、高解析度的數值地表模型(Digital Surface Model, DSM)、點雲資料與正射影像(Ortho-Image)，並使用量測型衛星定位系統(GNSS)於現地量測地面控制點與檢核點，檢定數值地表模型誤差，最終建立高精度的空間圖資。

為了建立長期且精密的地景監測，並作為航測圖資的精度檢核之用，本計畫將使用兩台高精度的 Trimble R6、R8 GNSS 進行 RTK 測量，之所以不使用過去常用的 VRS-RTK，主要考量該地恐有電信收訊不良而造成無法使用 VRS-RTK 的問題。本次的點位主要作為圖資的檢核點用。

本節之監測成果最終目標為建置公分級測量精度的數位圖資，圖資包含正射影像與數值地表模型，為俾利於將來監測比對之基準以及具有一定的測繪水準，本計畫將根據內政部所頒定 109 年之「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」進行測量。

一、內政部「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」

(一) 攝影方式

航測須採垂直連續攝影，攝影軸傾斜角小於 8 度，航偏角小於 10 度。航線間相鄰影像重疊率(左右重疊)為 30%，航線內相鄰影像重疊率(前後重疊) 數位式攝影機為 80％，實際影

像重疊率不得低於以上規定之重疊率 10%。數位攝影機之地面像素解析度（GSD）需小於或等於 10 公分。航線方向以南北或東西為原則，可視地形狀況斟酌決定，航線設計必須確保涵蓋整個測區範圍。

(二) 航標佈設

航測控制點之分布與佈設原則，應適合空中三角區域平差之要求，原則如下：

1.採用衛星定位測量（Global Navigation Satellite System，GNSS）輔助空中三角測量時，則可在測區四角各布設 1 組（2 個）全控制點，並於測區首尾（航線端處）布設橫貫測區（正交航線方向）之高程控制鍊，除測區左右側邊外，鍊上之高程控制點應位於航線重疊區內。

2.若採用GNSS及慣性測量元件（Inertial Measurement Unit；IMU）直接地理定位(direct geo-referencing)時，得省略高程控制鍊布設，僅於測區四角各布設 1 組（2 個）全控制點，惟檢核點部分仍需比照前項規定辦理。另外必須注意控制點高程為正高系統，而直接定位為幾何高者，必須使用內政部公告之大地起伏模式進行轉換，使空中三角測量之結果最終為正高系統。

3.空標設置地點之上空，對天頂四周應有 40 度以上之透空度，且需視空標點位之地面情形，選用耐久及與地面顏色足夠反差之材料，使其在影像上易於辨認量測。空標中心應與控制點位中心一致，最大偏心值不得大於 2 公分。

(三) 誤差評估

正射影像位於平坦地且表面無高差位移之明顯地物點，其位置中誤差應小於 50 公分，最大誤差應小於 2 公尺。數值正射影像以彩色影像表示，並需進行無接縫鑲嵌(mosaic)及調整全區影像之色調、亮度一致，整張正射影像的色調應均勻，其明亮度(intensity, brightness)的直方圖分布在 5~250 之範圍（ 全反射之地物不計入範圍），影像的接邊處色調需一致，不應有人 眼可辨識之邊緣線。數值地形模型的高程中誤差之允許值，以 $\delta = a + b + c \cdot k$ 之線性公式訂定之。其中a為常數，b為地表坡度分級參數，c 為植被覆蓋密度分級係數，k 為植被平均高度。一般而言，a=0.3 公尺。作業規範中訂定 a = 0.3m，而 b、c 值，如附表所列，峭壁、斷崖、峽谷 處不列入精度等級。圖資的地元解析度與均方根誤差需在 20 公分以內，座標系統為橫麥卡托二度分帶(TWD97，中央經線為119)，高度基準為海拔高(正高)，俾利未來實施地景監測使用。

第二節 計畫執行進度

一、計畫執行進度表

重要工作項目	工作比重%	預定進度	114年			
			4月	5-6月	7-9月	10-12月
1.池西岩瀑與外垵海賊洞進行現況調查	10	工作量或內容	資料收集	資料收集	野外調查	資料整理、報告撰寫
		累積百分比	25	50	75	100
2.建置池西岩瀑與外垵海賊洞空間圖資	75	工作量或內容	測量工作規劃	外業測量	內業處理	報告撰寫
		累積百分比	25	50	75	100
3.創意回饋	15	工作量或內容	資料收集	內業處裡	影片動化製作	完成動畫製作
		累積百分比	25	50	75	100
總進度百分比	100		25	50	75	100

二、計畫執行規劃甘特圖

工作項目 \ 月份		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	池西岩瀑與外垵海賊洞現況調查									
2	建置池西岩瀑與外垵海賊洞空間圖資									
3	創意部分									
4	期初報告 (決標後翌日起 35 日內)			*						
5	期中報告 (114 年 7 月 22 日前， 函送期中報告)				*					
6	期末報告 (114 年 11 月 7 日前， 函送期末報告)								*	
7	成果繳交 (12/5 日前函送成果報告)									*

第三章 工作成果

第一節 西嶼鄉池西岩瀑及外垵海賊洞
陸域精密 GNSS 測量網

為利後續主管單位能夠進行第三方圖資套疊、分析。本計畫採用大地基準為 TWD97 之橫麥卡托二度分帶(中央經線為 119°)，高度則以正高(海拔高)為高程基準之座標系統。針對陡峭的地形及未來可能進行的長期地景監測，計畫運用高精度 Trimble R6/R8 GNSS 設備配合 RTK 技術於測區進行精密測量。

陸域精密 GNSS 測量網的建置流程可參照圖 6，說明如下：

一、固定點位佈設規劃：

固定點佈設的原則為在幾何和垂直高程均勻分布、且考量測量平差網型的幾何特性，並依據現地狀況進行點位的選擇，固定點位的實際設置，仍需考量點位是否產生位移的可能性，本計畫測量點之分布，可參照圖 7 及圖 8。

二、點位測量：

完成固定點位佈設後，使用 GNSS-RTK 技術，以 Trimble R8 作為基站，並使用 Trimble R6 作為移動站進行點位測量，每個點測量 180 秒以上，測量方式可參照圖 9。此種測量方式，可將測區內所有點位精度維持在最佳的水準，測量成果與測量精度分別整理於表 1 及表 2。此次紀錄除可作為攝影之控制點位，同時亦可作為後續長期監測及研究之基準，可與其他時期的資訊做比較，以數據來說明該地區的移動跡象。

參照圖 11 及圖 12 此次任務，無論是海賊洞或是池西岩瀑，測區內水平與垂直高程的精度控制 2 公分以內，以符合精密測量的規範。此外，在現地情況允許下，本次任務各點位測量時間基準為 180 秒，

（圖 13、圖 14），藉此獲得準去的量測精度。而圖 15 及圖 16 則為各測量點的 PDOP。PDOP（Position Dilution of Precision, which is a measure of X, Y, Z position geometry）為衛星分佈的空間幾何強度因數；一般衛星分佈越好時，PDOP 值越小。而 PDOP 同時又考量平面的 HDOP 和垂直分布的 VDOP。更精確的說，PDOP 主要歸因於衛星的幾何分佈，天空中衛星分佈程度越好，定位精度越高（數值越小精度越高），此數值可做為精度的參考指標，但 GNSS 測量精度仍可能受到其他因素所影響，如透空度、電離層干擾等其他因素。此區布設點位都為永久固定點，未來監測時可繼續使用。

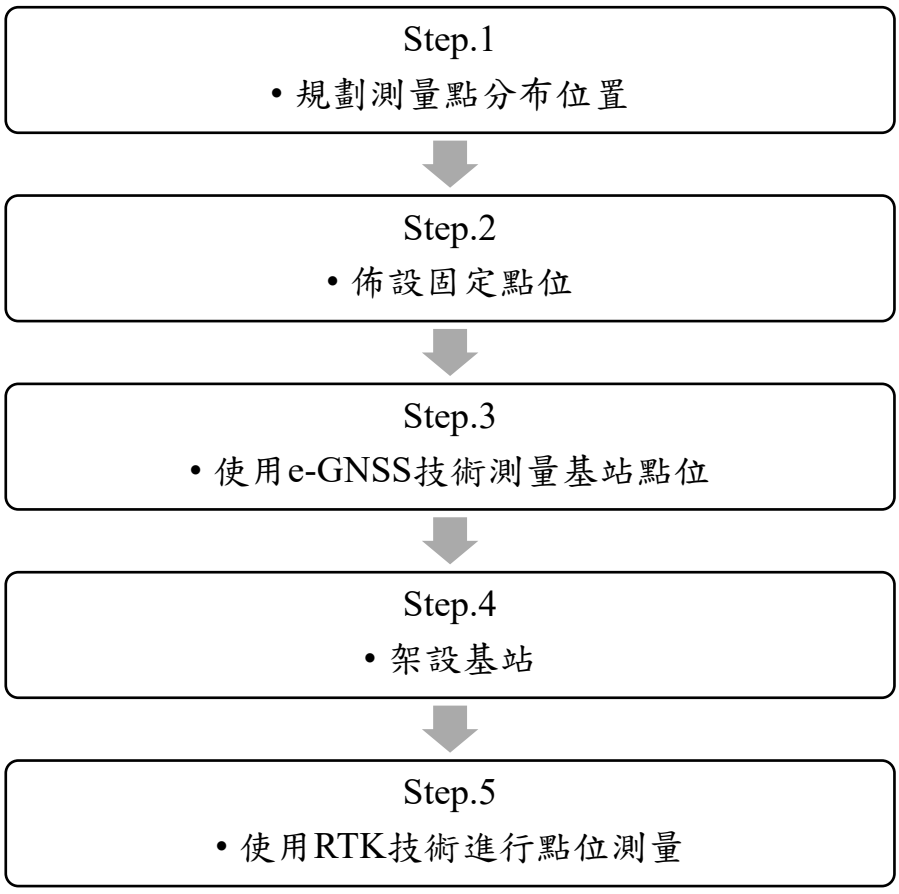


圖 6 使用 RTK 技術建置 GNSS 點位測量流程

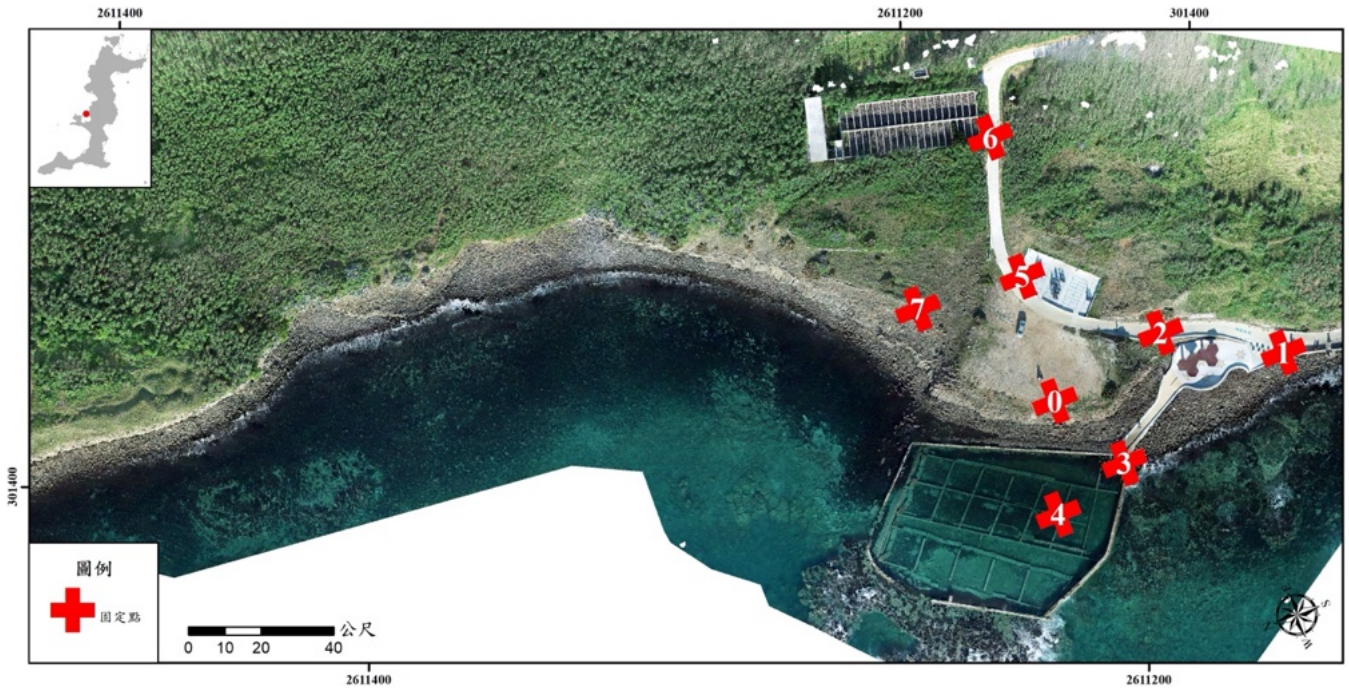


圖 7 池西岩瀑測區內 GNSS 點位分布圖

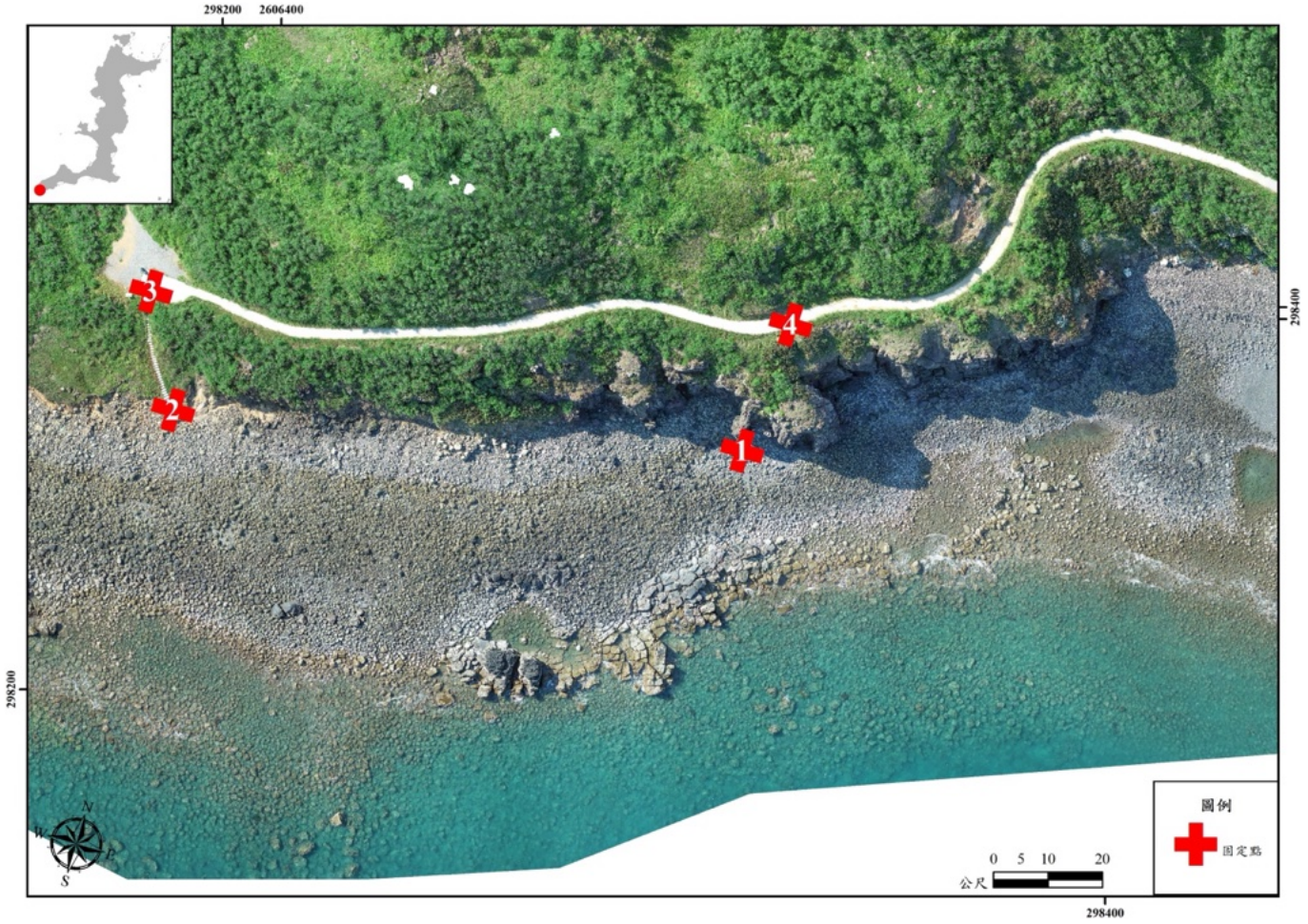


圖 8 外垵海賊洞測區內 GNSS 點位分布圖



圖 9 現地測量示意圖。左圖為 RTK 基站架設，右圖為使用移動站測量點位。透過 RTK 技術測量，可確保本次測量各點位精度。



圖 10 固定點位示意圖

表 1 池西岩瀑 GNSS 測量成果表

點名	測量方法	X	Y	Z	大地起伏	正高	水平精度 (cm)	垂直精度 (cm)	PDOP	類型
0	e-GNSS	301318.404	2611197.857	29.324	18.01	11.314	1	1.6	2.2	基站
1	RTK	301307.824	2611134.262	21.506	18.011	3.495	0.6	1.1	1.7	控制點
2	RTK	301325.227	2611163.879	26.099	18.011	8.088	0.7	1.5	2.1	基站
3	RTK	301295.493	2611186.262	19.726	18.009	1.717	0.6	1	1.9	控制點
4	RTK	301289.069	2611208.306	17.829	18.008	-0.179	0.6	1.1	1.6	控制點
5	RTK	301353.701	2611193.623	30.122	18.011	12.111	0.6	1.1	1.8	檢核點
6	RTK	301392.453	2611187.778	34.548	18.013	16.535	0.7	1.2	1.7	控制點
7	RTK	301355.833	2611223.724	29.876	18.011	11.865	0.6	1.1	1.6	檢核點

表 2 外垵海賊洞 GNSS 測量成果表

點名	測量方法	X	Y	Z	大地起伏	正高	水平精度 (cm)	垂直精度 (cm)	PDOP	類型
5	e-GNSS	298476.232	2606420.601	37.202	17.988	19.214	4.9	12.1	5	基站
1	RTK	298313.071	2606349.174	19.349	17.983	1.366	0.9	1.8	1.1	檢核點
2	RTK	298211.06	2606326.946	22.126	17.979	4.147	0.6	1.4	1.9	控制點
3	RTK	298201.032	2606346.663	29.547	17.979	11.568	0.7	1.6	1.9	控制點
4	RTK	298315.1	2606373.84	35.725	17.982	17.743	0.6	1.6	2.3	控制點
6	RTK	298598.762	2606415.343	34.815	17.993	16.822	0.9	1.8	2.4	測區外測量點
7	RTK	298590.227	2606485.643	70.965	17.991	52.974	0.6	1.1	1.6	測區外測量點
8	RTK	298605.618	2606502.798	71.523	17.992	53.531	0.6	1.1	1.6	測區外測量點
9	RTK	298606.229	2606487.13	74.003	17.992	56.011	0.6	1.1	1.7	測區外測量點

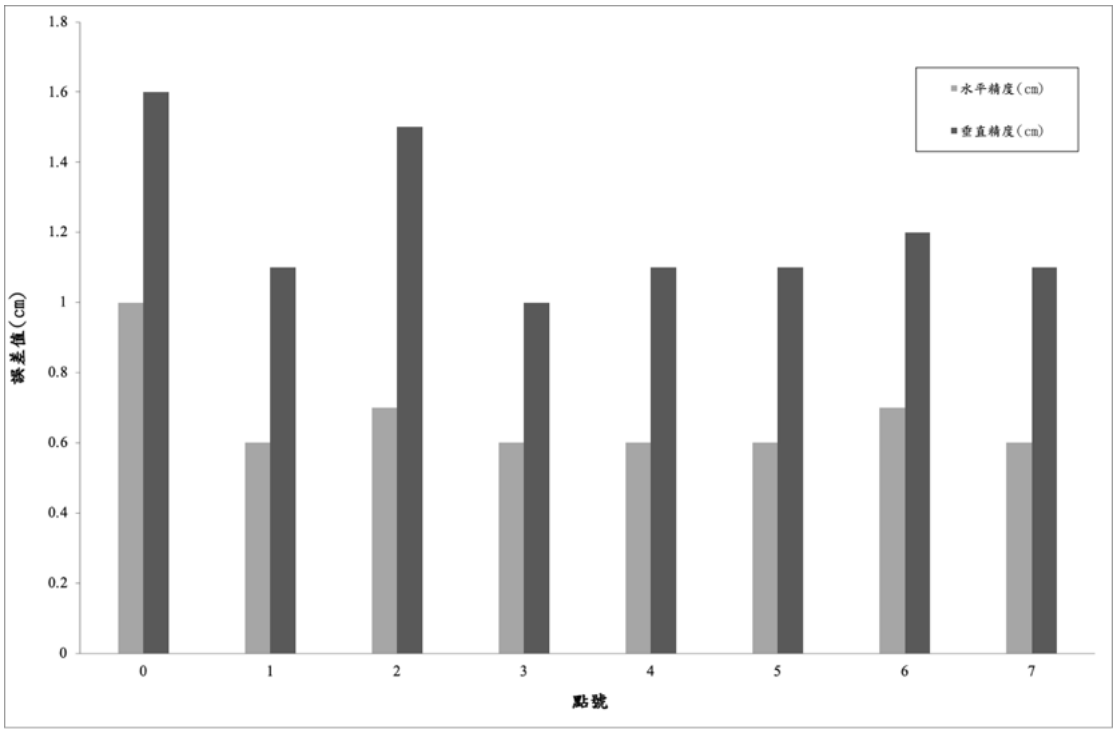


圖 11 池西岩瀑點位測量精度圖

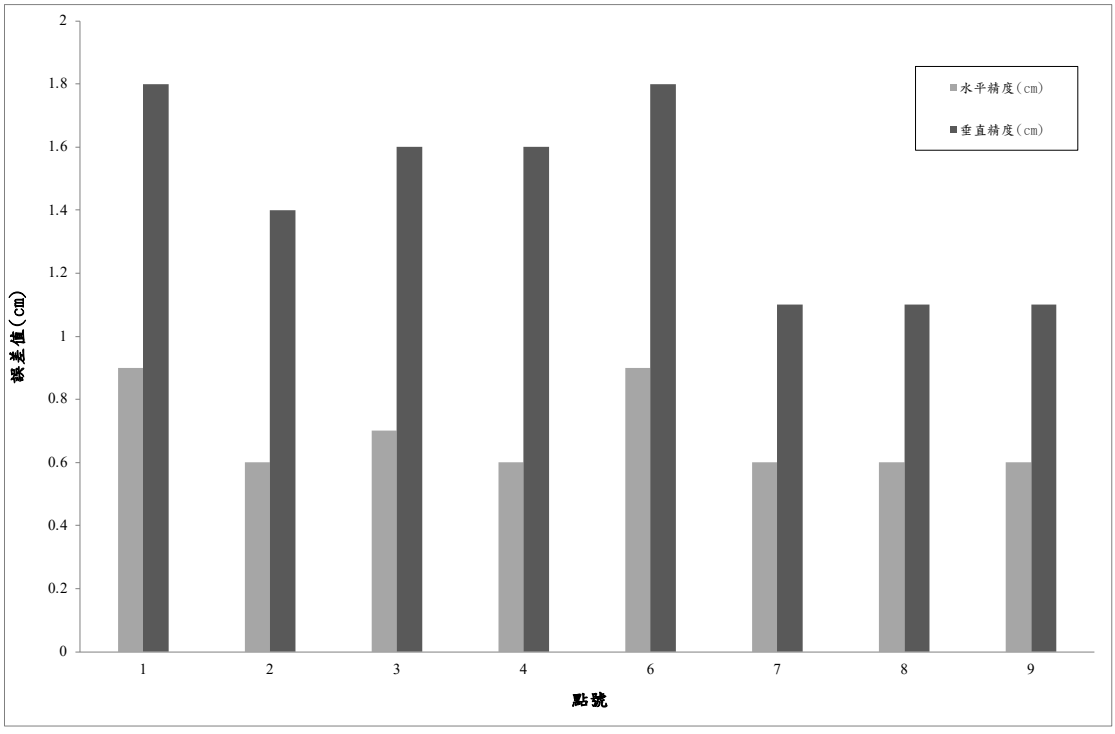


圖 12 外垵海賊洞點位測量精度圖

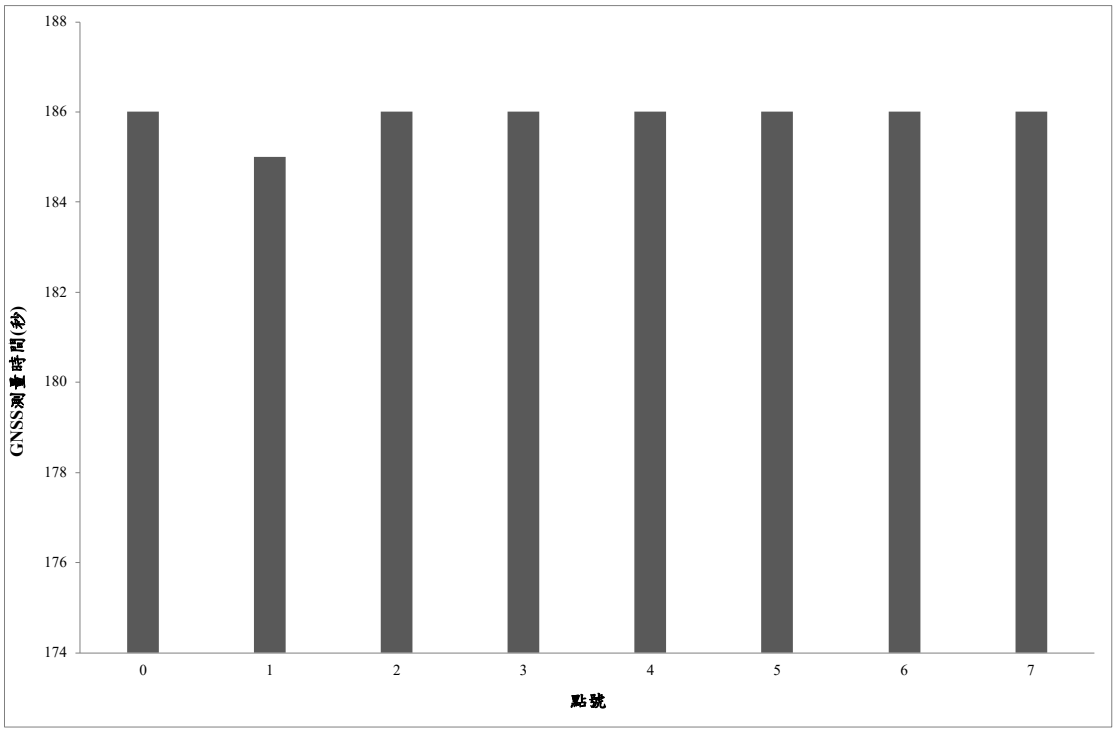


圖 13 池西岩瀑各點位測量時間圖

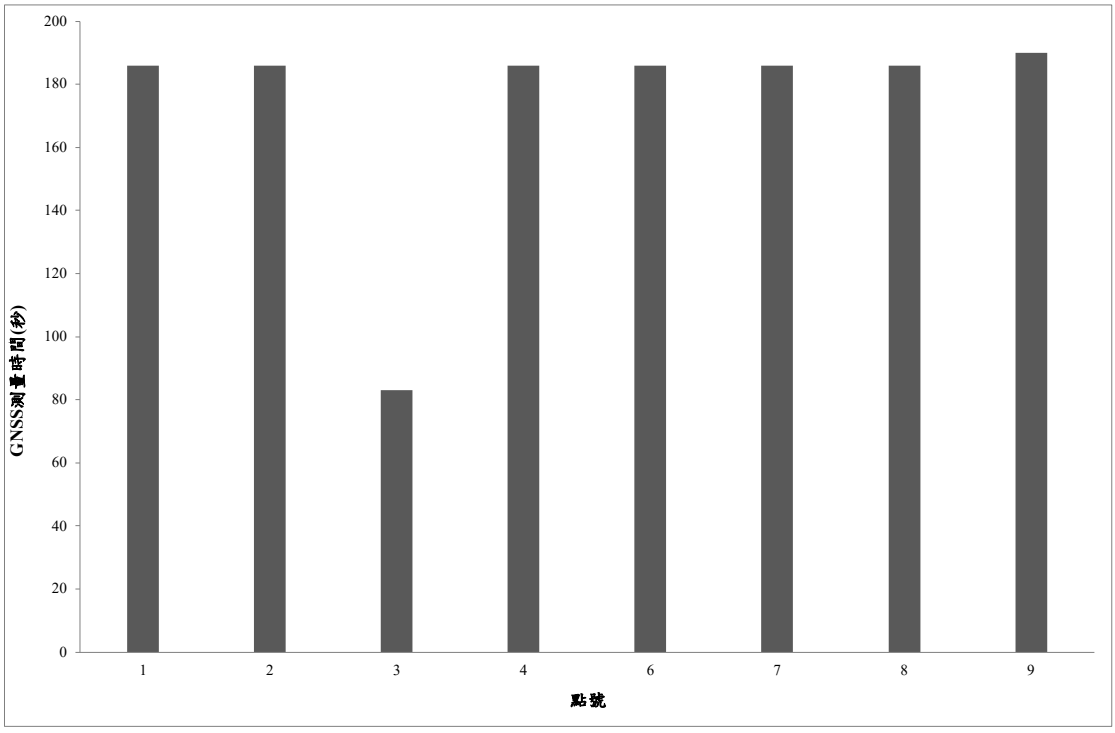


圖 14 外垵海賊洞各點位測量時間圖

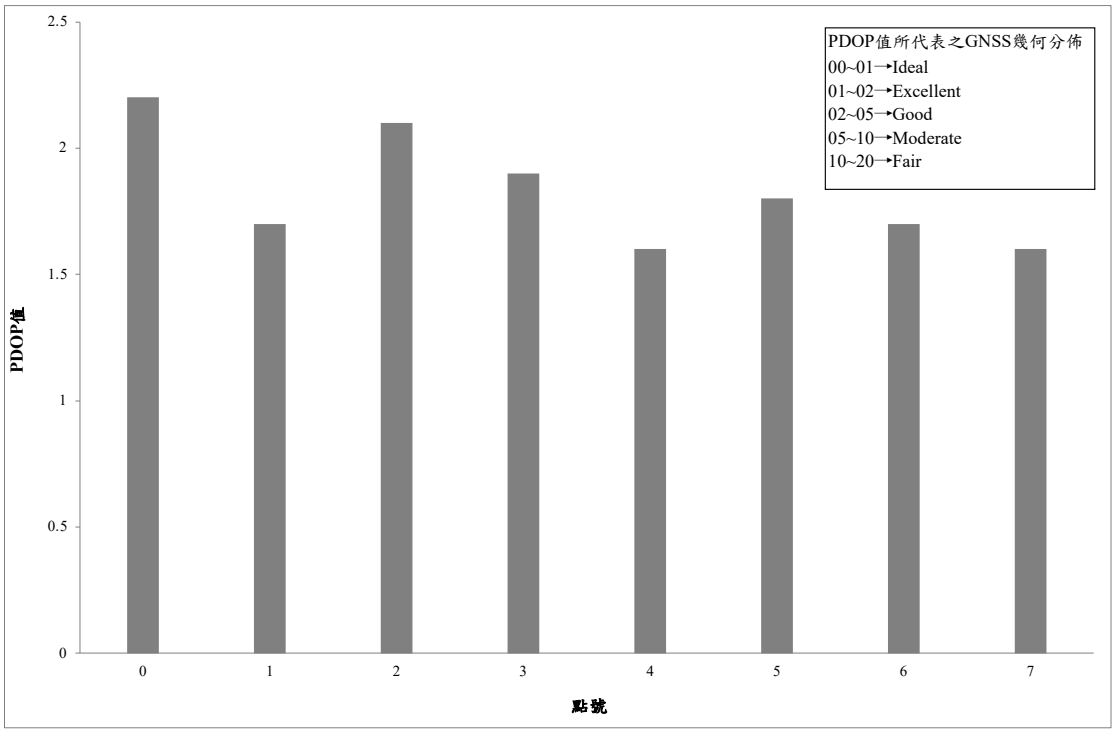


圖 15 池西岩瀑各點位 PDOD 圖

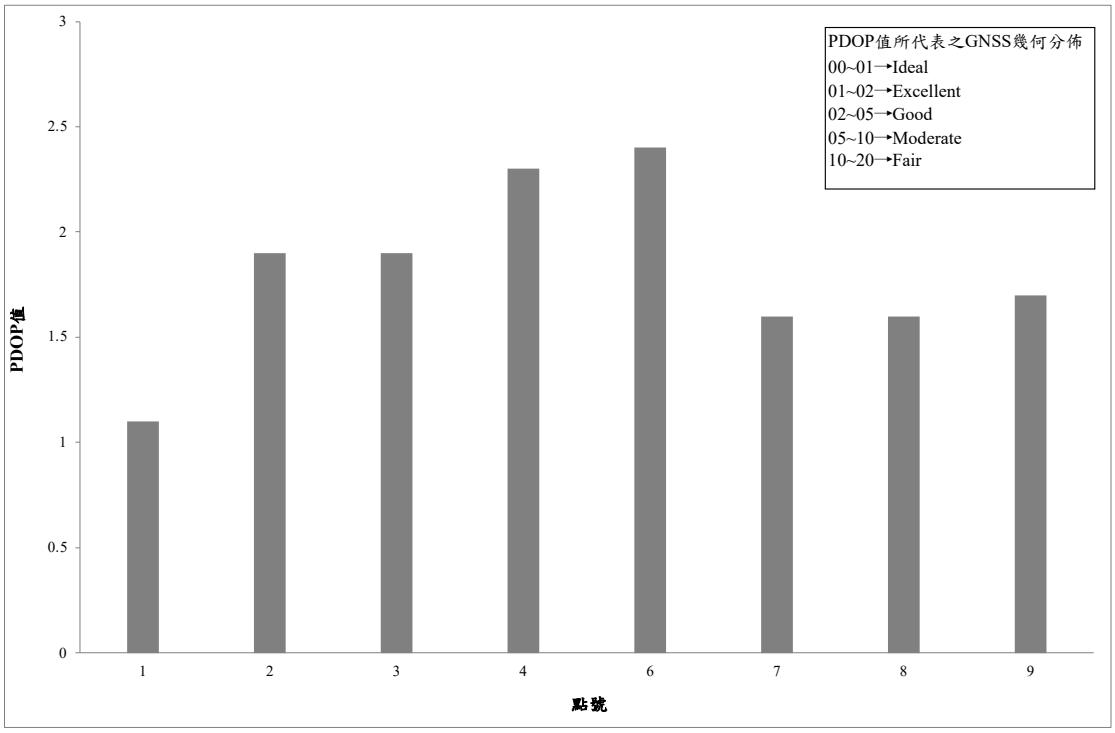


圖 16 外垵海賊洞各點位 PDOP 圖

第二節 數位空間圖資建置

為建置高精度數值空間圖資，本計畫使用近年來快速發展且具備高精度全球定位系統（Global Navigation Satellite System，GNSS）及配備慣性測量單元（Inertial Measurement Unit，IMU）儀器之無人飛行系統（Unmanned Aircraft System，UAS），配合經率定的數位相機，藉由高重疊率之航線規劃，自空中對地表進行拍攝，取得具備航行時拍攝姿態及經緯度位置之航空照片。

為增進航照影像定位精度，進行空中測繪時運用 RTK（Real-Time Kinematic）技術，透過陸地端 GNSS 基站即時傳輸座標改正訊號，給予擔任移動站之 UAV，確保每一張影像的三軸誤差能達到公分等級。使用具備姿態、位置之高重疊率航照影像，以及數位攝影測量技術，於內業處理時配合地面控制點（Ground Control Point，GCP），即能建置出高精度、高解析度之數值地表模型（Digital Surface Model，DSM）、點雲資料與正射影像（Ortho-Image），完成影像建置後，透過前一節針對點位之 GNSS 量測數據，於數位圖資中增設控制點（GCP）及檢核點（Check Point，CP）驗證數值地表模型誤差，有效達成符合履約標的規格之空間圖資建置。

取得航照影像後，首先需將影像輸入攝影測量軟體（Metashape）中，進行相片特徵點匹配、稀疏點雲生成等工作，透過分析相機姿態與拍攝影像，計算出相機拍攝時的移動軌跡、影像特徵點、相機感測器等資訊。接下來在軟體中點選空標的位置並輸入座標資訊，進行空中三角運算，其運算成果可用於評估測量精度，評估法是由控制點與檢核點之殘差量得知。當精度達一定水準時，可進而產製密集點雲與數值地表模型（Digital Surface Model，DSM）、正射影像（Ortho-Image）。將不同時期的數值地表模型輸入至 GIS（Geographic Information System，地理資訊系統） 軟體進行時空間分析，以獲得進行地景變遷監測分析結果。

一、池西岩瀑之空間圖資建置

計畫團隊分別於 114 年 6 月 20 日及 7 月 19 日前往池西岩瀑，以四軸旋翼機酬載量測型數位相機執行空中攝影測量之任務，由於地形原因，為確保圖資精度，本次任務之航線規劃以垂直於海岸線方式進行，旁向重疊率規劃為 70%，縱向重疊率達 80%（圖 17），藉此獲取符合本計畫工作計畫書規劃之完整測區地表航照，表 3 為池西岩瀑航測任務之相關資訊。

計畫團隊將前一節所佈設之 1、4、7 號點設為控制點，並將 2、3 號點作為檢核點，參照圖 19，以此符合控制點需於測區內水平及高程均勻分布之原則，而 0 號點及 5 號點作為基站，不參與製圖，6 號點因植被生長遮蔽，亦不參與製圖。由表 4、表 5 及圖 18 可見，本次任務點位誤差均控制於 1 公分內，此外，控制點的均方根誤差（RMSE）及檢核點的均方根誤差皆控制在 1 公分以內，均能滿足內政部頒布航測標準規範。

確保圖資符合規範，則進行後續圖資產製，圖 20 為本次計畫產製之正射影像（Ortho-Image），本次產製之影像，其地元解析度（GSD）為 1cm/pix，代表畫面中 1 像素之距離，換算至現實為 1 公分。圖 21 則為高精度數值地表模型（DSM），可作為未來精密監測分析之基準圖資。

表 3 池西岩瀑航測任務資訊

資訊 / 日期	照片數量	航高（m）	地元解析度（cm/pix）	覆蓋範圍（km^2）	相機站數量	連結點數量	投影量	重投影誤差（pix）
20250719	1,840	36.6	0.987	0.0396	1,765	2,067,065	8,961,083	0.727

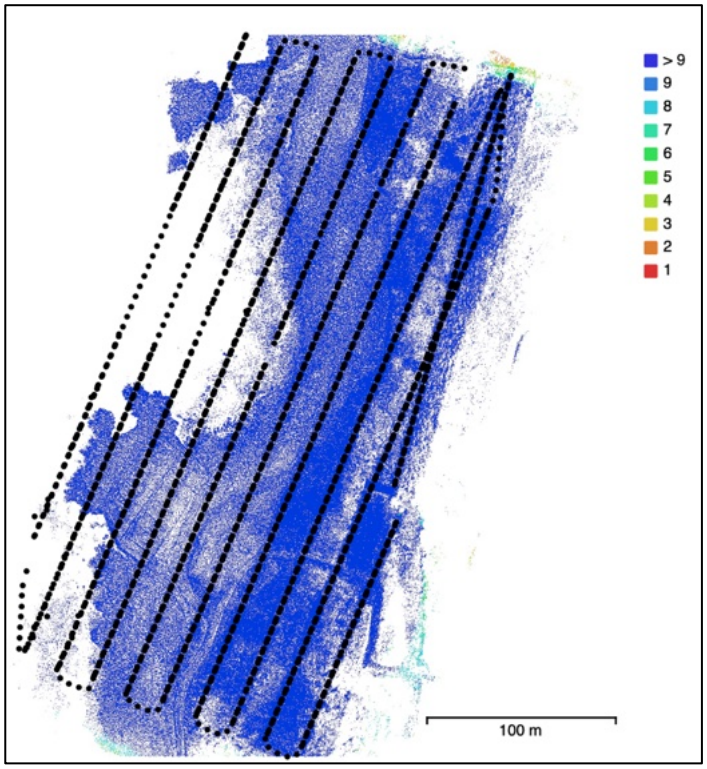


圖 17 池西岩瀑航測相機拍攝位置及影像重疊率。
圖中黑點為航測任務中相機站位，彩色點雲為顯示該點雲影像重疊率，由此可見全區影像重疊率皆達 9 張以上。

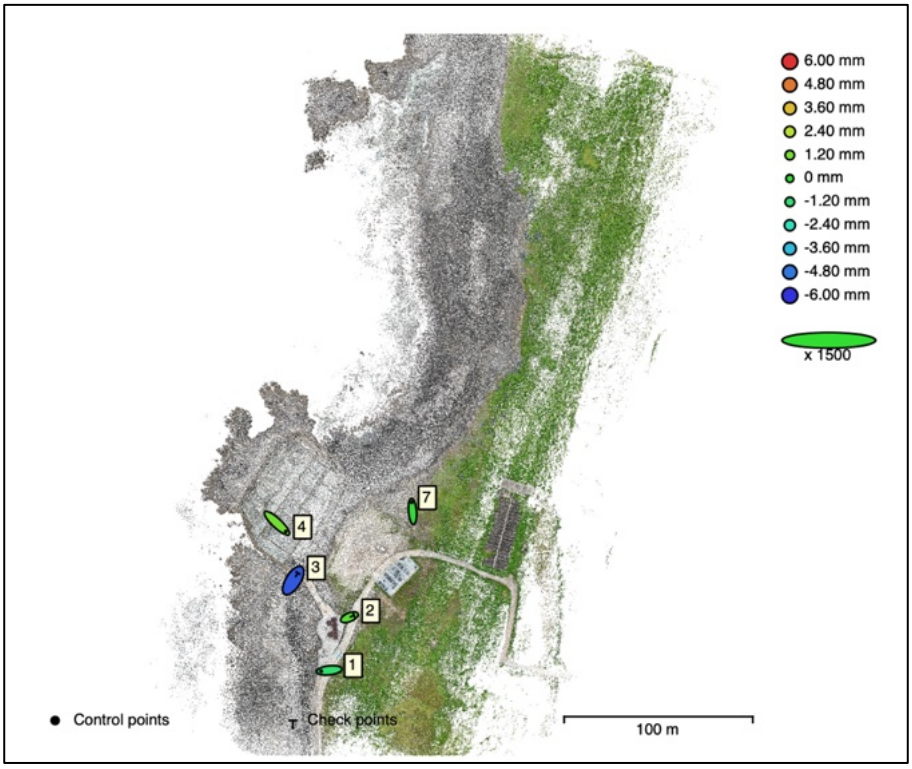


圖 18 池西岩瀑地面控制點位置及誤差



圖 19 池西岩瀑航測點類型分布圖

表 4 池西岩瀑控制點均方根(RMSE)誤差

控制點數量	X 軸誤差（cm）	Y 軸誤差（cm）	Z 軸誤差（cm）	總誤差（cm）
3	0.49	0.50	0.90	0.7

表 5 池西岩瀑檢核點均方根(RMSE)誤差

檢核點數量	X 軸誤差（cm）	Y 軸誤差（cm）	Z 軸誤差（cm）	總誤差（cm）
2	0.33	0.38	0.38	0.63

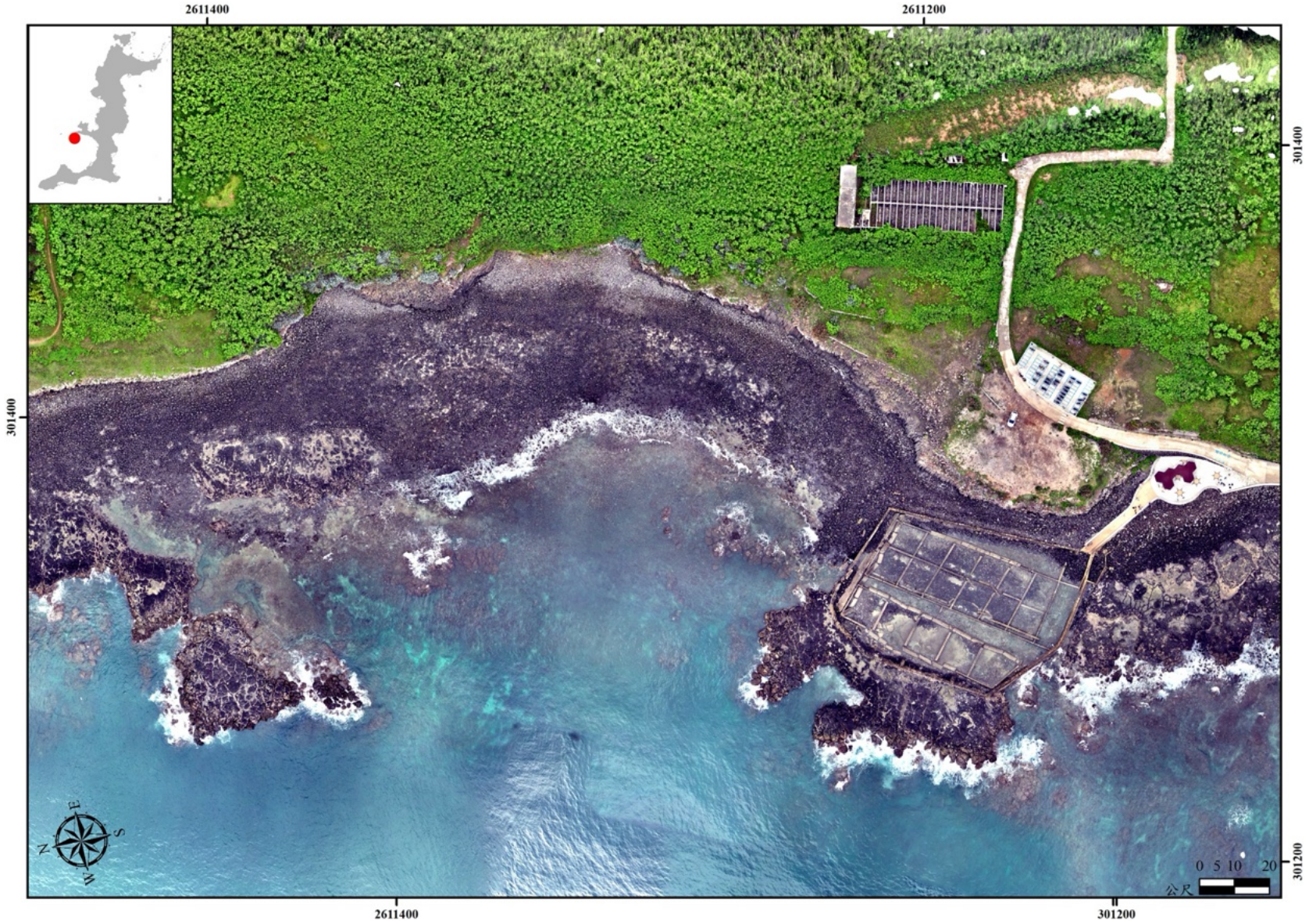


圖 20 池西岩瀑正射影像

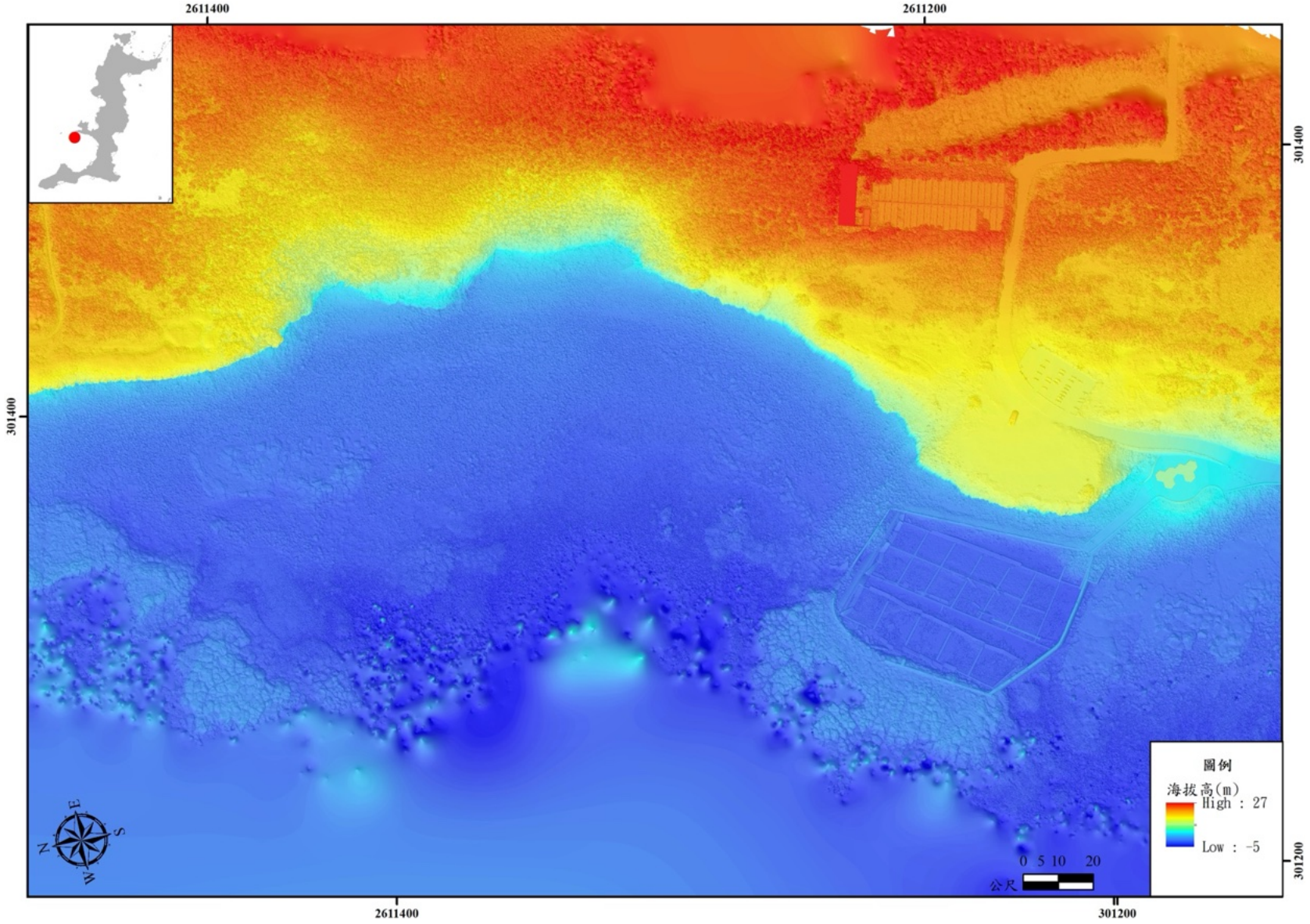

2611400
2611200
301400
301400
2611400
301200
301200
圖例
海拔高(m)
High : 27
Low : -5
0 5 10 20
公尺
N
E
S
W

圖 21 池西岩瀑 DSM

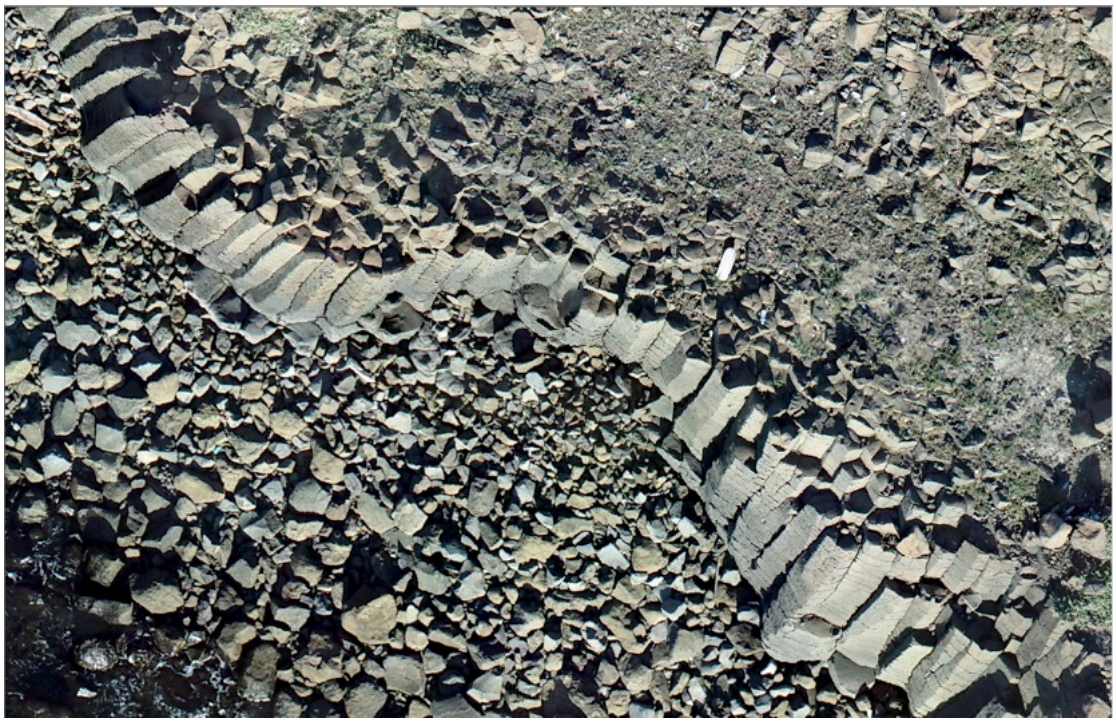


圖 22 池西岩瀑局部正射影像。本次產製之影像可清晰辨識玄武岩立面及頂部之節理紋路

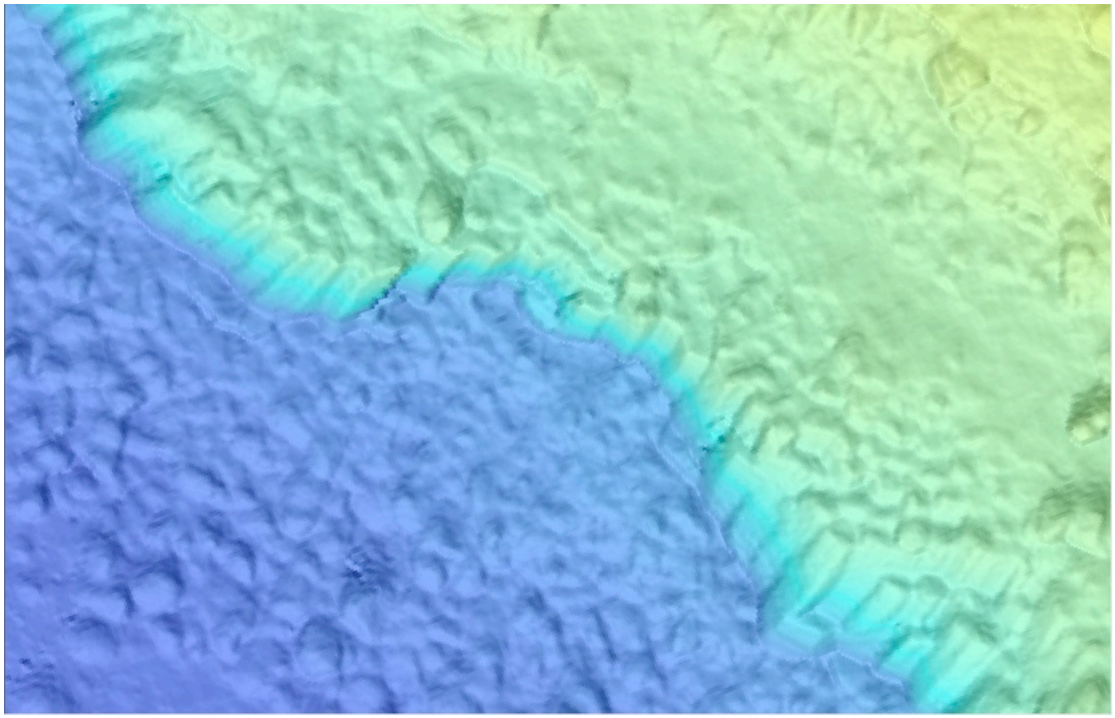


圖 23 池西岩瀑局部 DSM

二、外垵海賊洞之空間圖資建置

為取得最佳圖資，本計畫分別於 114 年 6 月 23 日及 6 月 25 日前往外垵海賊洞，以四軸旋翼機酬載量測型數位相機，進行全區的空中攝影測量，由於海賊洞為臨海陡崖，地形陡峭、不利佈設全區的地面點，團隊採用 RTK/PPK-UAS，此系統最大優勢在於僅需少量控制點，仍可獲取高精度的數位圖資。由於地形原因，為確保圖資精度，本次任務之航線規劃以垂直於海岸線方式進行，旁向重疊率規劃為 70%，縱向重疊率達 80%，藉此獲取完整的地表航照，表 6 為本次任務之航拍資訊。

此外，透過控制點與檢核點之佈設，可檢核本次產製之圖資精度。參照圖 26，計畫團隊將 2、3、4 號點設為地面控制點，而 1 號點作為檢核點使用。從圖 25 與表 7、表 8 上可見，無論是檢核點，抑或是控制點，點位誤差最大不超過 10 公分，確保地面控制點的精度能達到最高，此外，控制點的均方根誤差（RMSE）控制在 9 公分以內，檢核點的均方根誤差亦能控制在 6 公分，均能滿足內政部頒布航測標準規範。

確保圖資符合規範，方可進行後續圖資產製，圖 27 為本次計畫產製之正射影像（Ortho-Image），本次產製之影像，其地元解析度為，由此可見本計畫產製之圖資，其精度之可信度。圖 28 則為高精度數值地表模型（DSM），可作為未來精密監測分析之基準圖資。

表 6 外垵海賊洞航測任務資訊

資訊 / 日期	照片數量	航高（m）	地元解析度（cm/pix）	覆蓋範圍（km^2）	相機站數量	連結點數量	投影量	重投影誤差（pix）
20250623	1,196	42.7	1.15	0.0165	1,196	707,000	3,498,981	0.498

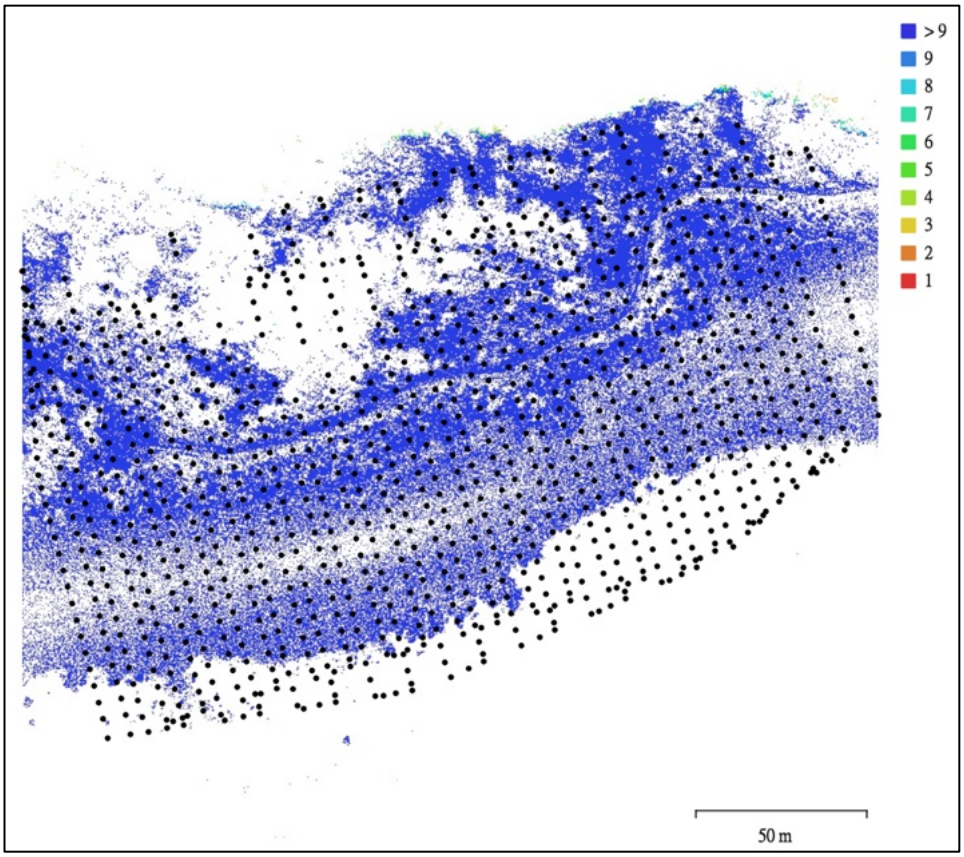


圖 24 外垵海賊洞航測相機拍攝位置及影像重疊率

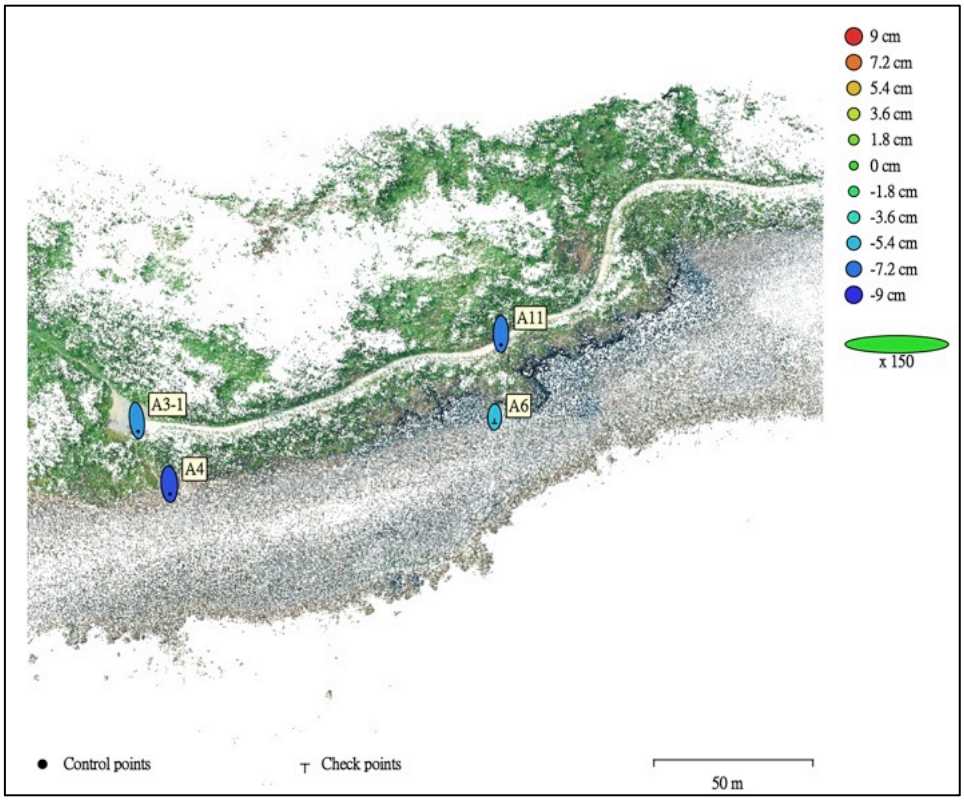


圖 25 海賊洞地面控制點位置及誤差估計

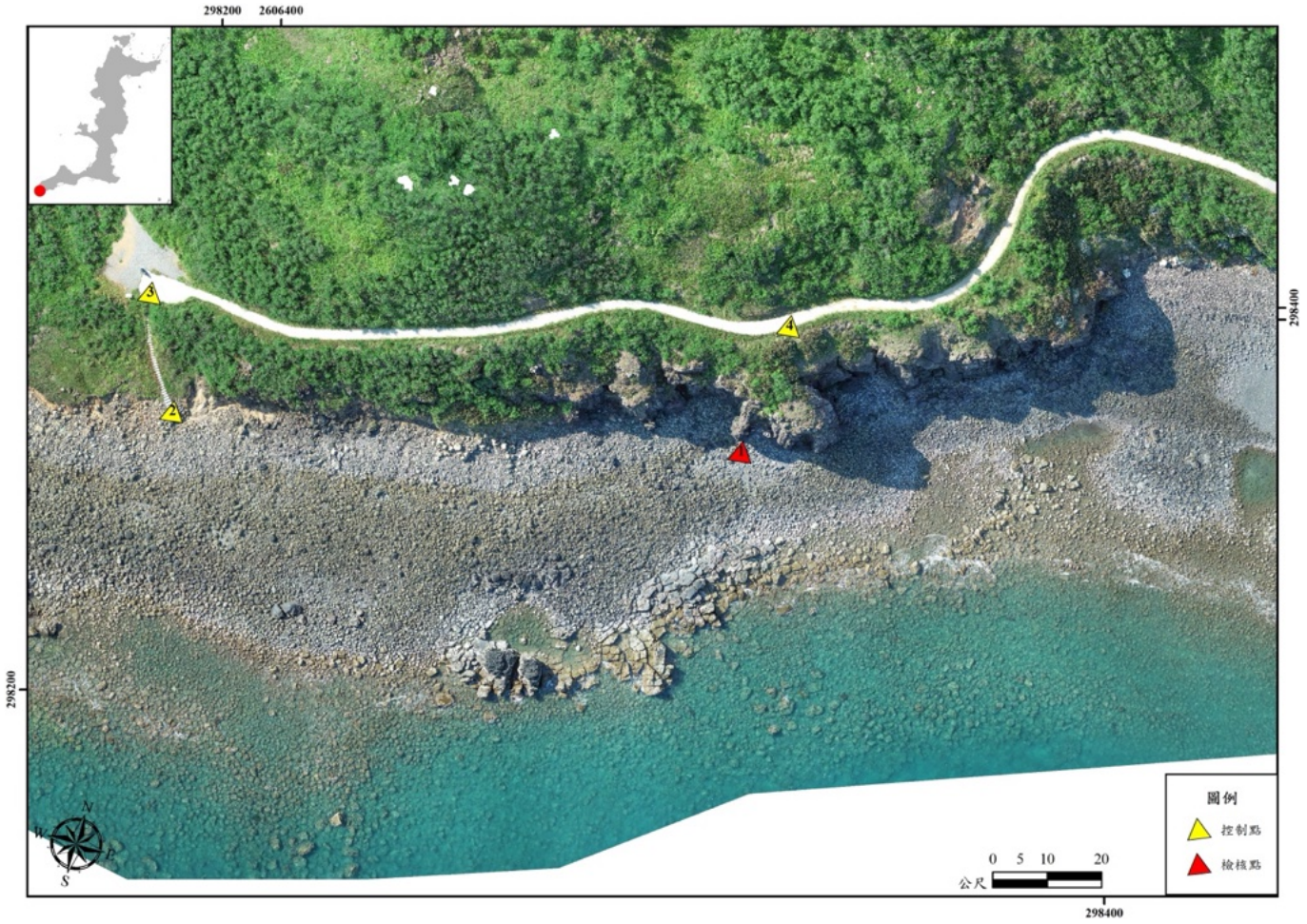


圖 26 外垵海賊洞航測點類型分布圖

表 7 外垵海賊洞控制點均方根(RMSE)誤差

控制點數量	X 軸誤差（cm）	Y 軸誤差（cm）	Z 軸誤差（cm）	總誤差（cm）
3	0.36	4.46	7.19	8.48

表 8 外垵海賊洞檢核點均方根(RMSE)誤差

檢核點數量	X 軸誤差（cm）	Y 軸誤差（cm）	Z 軸誤差（cm）	總誤差（cm）
1	0.06	2.64	5.21	5.84

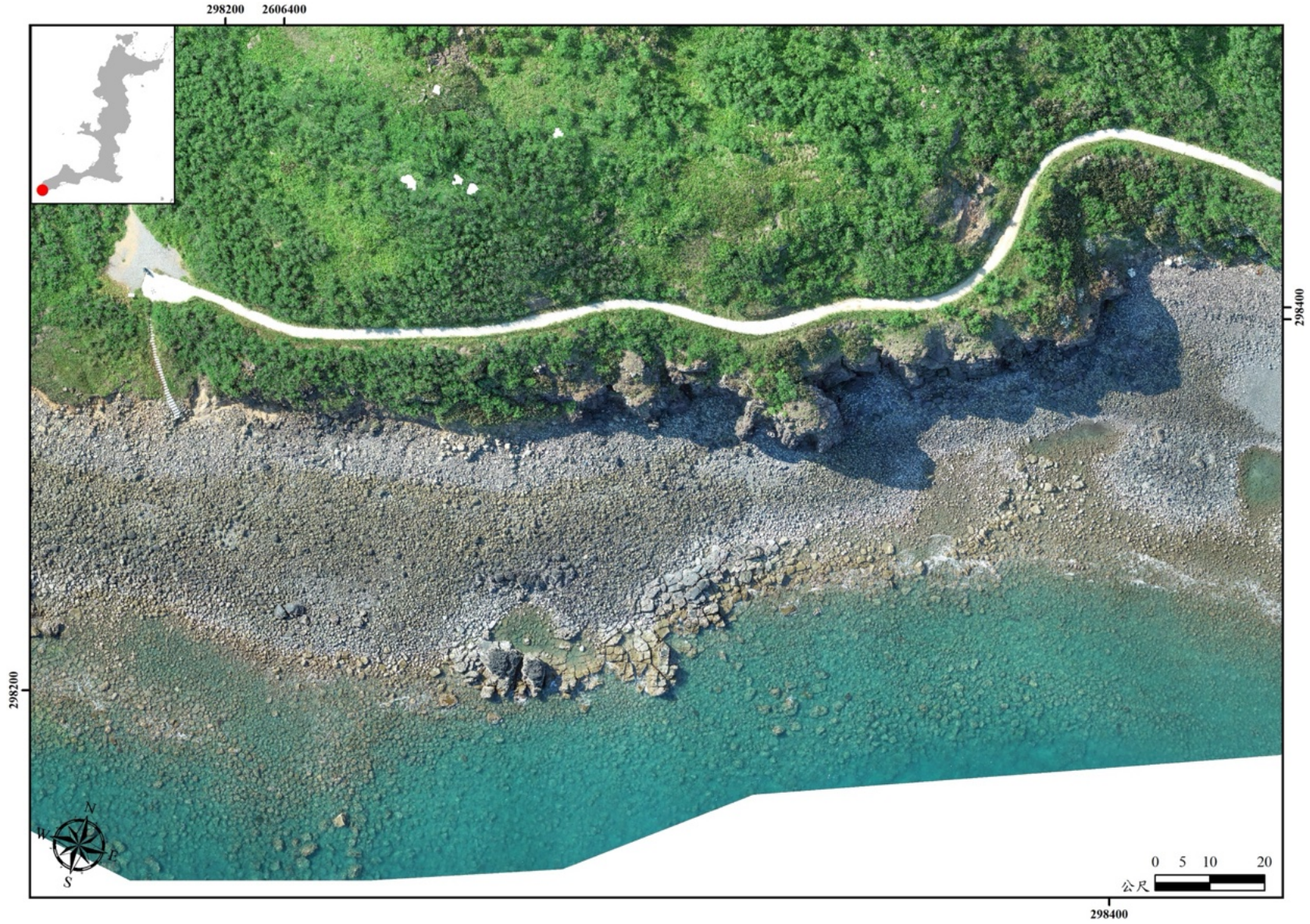


圖 27 外垵海賊洞正射影像

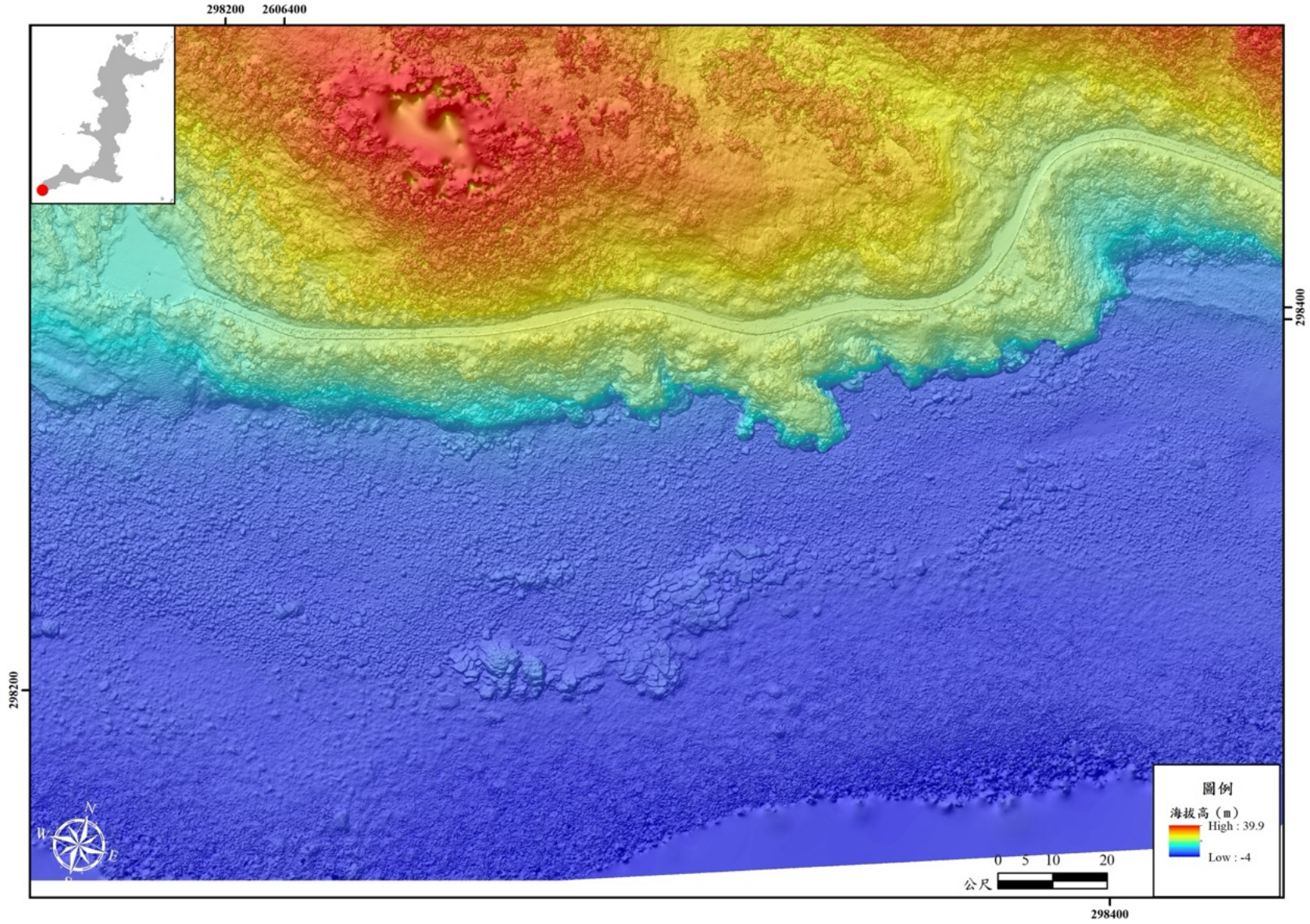


圖 28 外垵海賊洞 DSM



圖 29 外垵海賊洞局部正射影像。畫面中可以看見岩石的裂隙，甚至能看到陽光從著名的心型岩洞灑落。

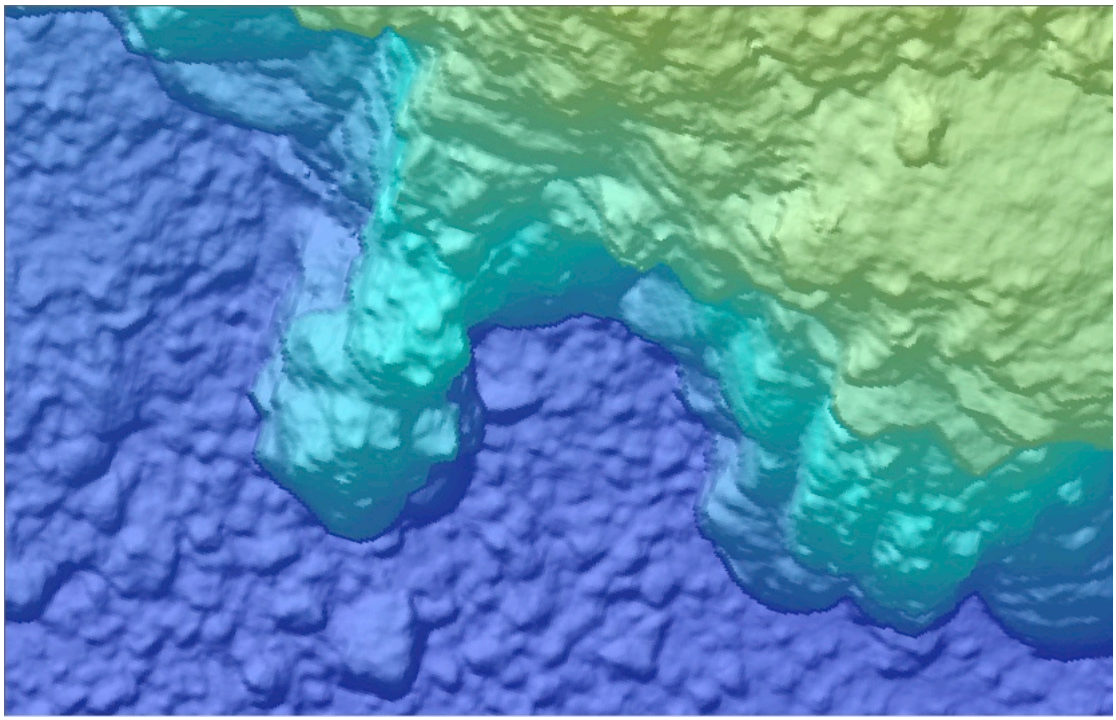


圖 30 外垵海賊洞局部 DSM

第三節 西嶼鄉池西岩瀑及外垵海賊洞潮位線分布位置分析

本計畫所產製的潮位線圖資，可提供後續管理單位釐清地景在不同潮位的空間範圍，並且以此自然界線為框架，配合重要地景資源分布，作為後續劃設海側邊界的依據。

潮位線圖資的產製主要運用地理資訊系統(GIS)，及利用精密航測所產生的高精度數值地表模型（ DSM)，進行不同時間潮位的潮位線萃取，最後套疊至正射影像上。計畫團隊選用距離本計畫測區較為相近，中央氣象署於馬公市第三漁港設置之潮位站，能反映當地潮位狀態。團隊統計 2005 年至 2024 年共 19 年之潮位資料(表 9、圖 31)，馬公潮位站平均潮位為 0.002 公尺、平均高潮位為 1.144 公尺、平均低潮位為 -1.122 公尺，團隊運用以上數據，於數值地表模型上面萃取出潮位線。

圖 32 及圖 33 為團隊利用前一節所產製的圖資，並結合交通部中央氣象署馬公潮位站資料，以數值地表模型所萃取出池西岩瀑及外垵海賊洞之平均高潮位線、平均潮位線和平均低潮位線，套疊至正射影像之成果，比對潮位線、正射影像及現地情形，潮位線可真實反應測區之實際潮位狀況。由於萃取及套疊潮位線所使用之空間圖資，需於潮位低於平均最低潮位線時進行測量，此外，又需考量空中攝影測量時，太陽方位角與地景間之關聯，故圖資獲取實屬不易，後續團隊將安排進行池西岩瀑之第二次量測，藉此取得完整潮位線圖資。

由計畫團隊產製之潮位線圖資，可明顯反應池西岩瀑及外垵海賊洞兩處地景，皆高於平均高潮位線，顯示地景於每日漲退潮時並不會受到海水影響，然而其衍伸相關供遊客使用之設施，如池西岩瀑步道，則有受到海水淹沒之可能。

表 9 中央氣象署馬公潮位站每月潮位統計表（2005~2024）

測站資訊		澎湖縣馬公市（經度：119.58，緯度：23.56）					
月份	最高高潮位暴潮位(公尺)	最高天文潮(公尺)	平均高潮位(公尺)	平均潮位(公尺)	平均低潮位(公尺)	最低天文潮(公尺)	最低低潮位(公尺)
1	1.565	1.412	1.079	-0.083	-1.228	-1.766	-1.803
2	1.600	1.558	1.072	-0.077	-1.169	-1.728	-1.759
3	1.775	1.637	1.075	-0.071	-1.168	-1.609	-1.749
4	1.578	1.543	1.062	-0.052	-1.153	-1.573	-1.852
5	1.462	1.410	1.076	-0.022	-1.125	-1.585	-1.751
6	1.683	1.321	1.095	-0.012	-1.142	-1.612	-1.808
7	1.790	1.410	1.161	0.024	-1.138	-1.592	-1.802
8	1.962	1.594	1.230	0.076	-1.055	-1.543	-1.755
9	1.985	1.708	1.276	0.124	-0.980	-1.371	-1.394
10	1.873	1.664	1.268	0.136	-0.945	-1.525	-1.511
11	1.673	1.554	1.190	0.039	-1.076	-1.642	-1.776
12	1.632	1.392	1.132	-0.033	-1.176	-1.739	-1.770
全年	1.985	1.708	**1.144**	**0.002**	**-1.122**	-1.766	-1.852

資料來源：交通部中央氣象署（2025）

https://www.cwa.gov.tw/V8/C/C/MMC_STAT/sta_tide.html

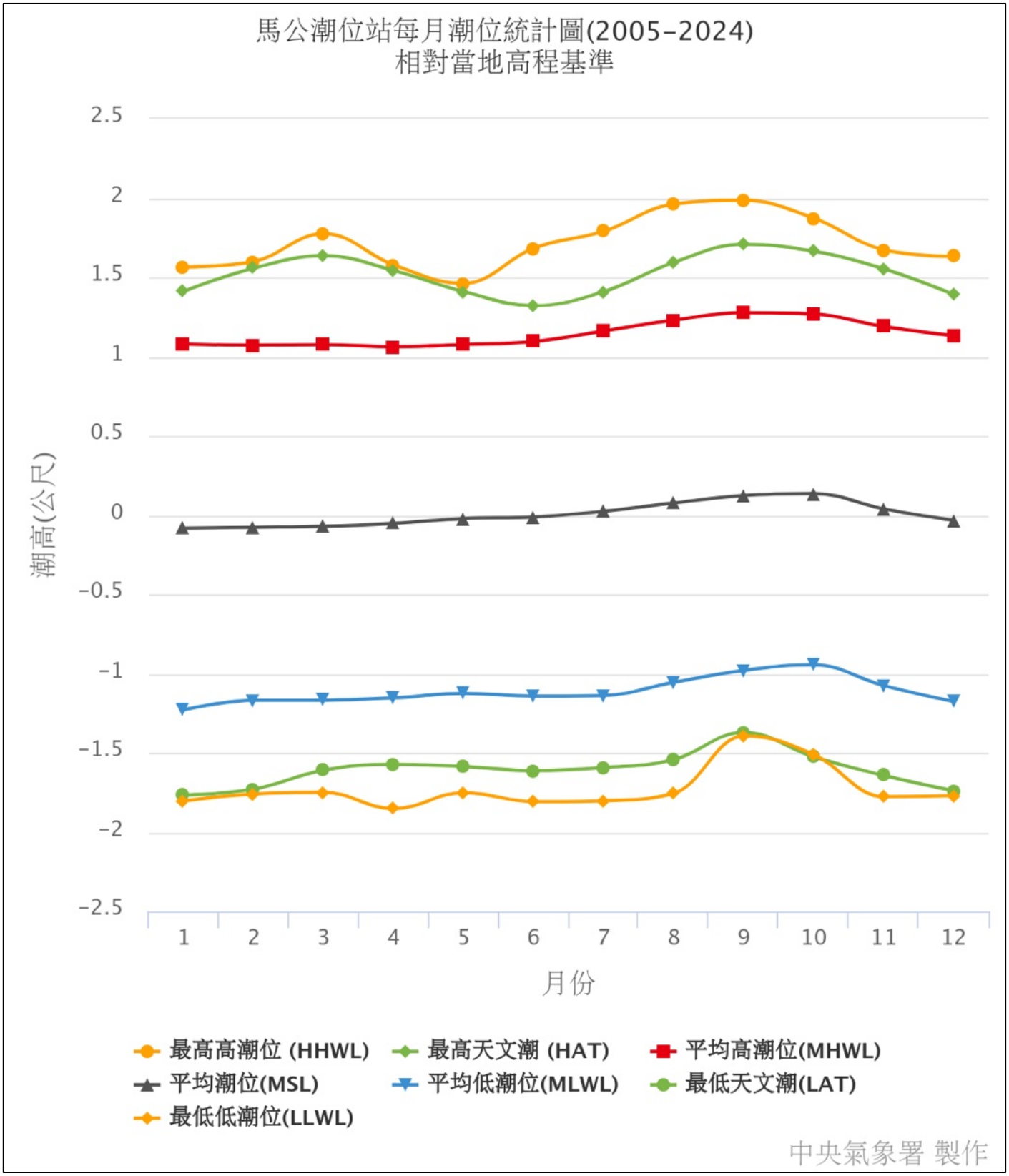


圖 31 中央氣象署馬公潮位站每月潮位統計圖（2005~2024）

資料來源：交通部中央氣象署（2025）

https://www.cwa.gov.tw/V8/C/C/MMC_STAT/sta_tide.html

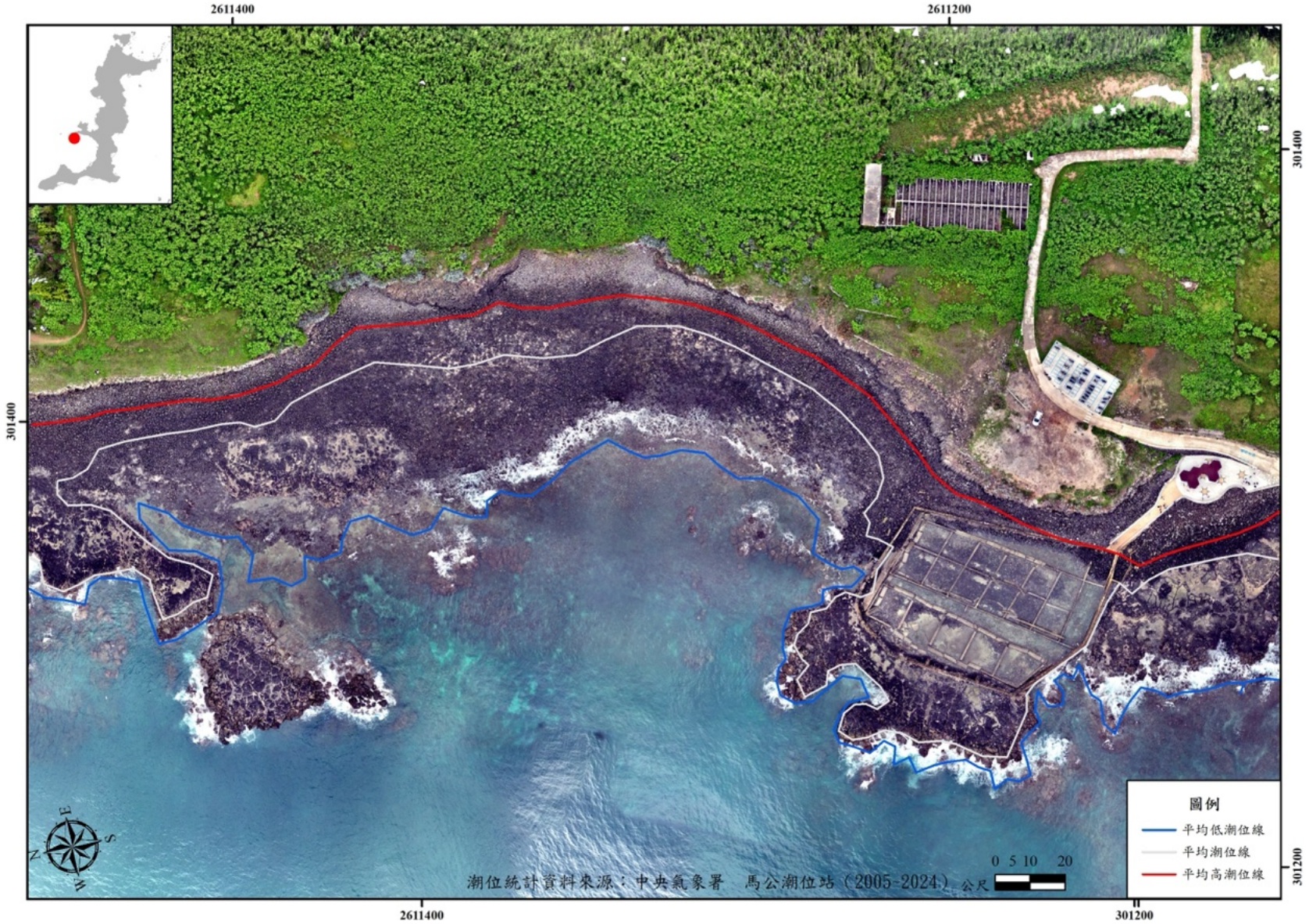


圖 32 池西岩瀑潮位線分布

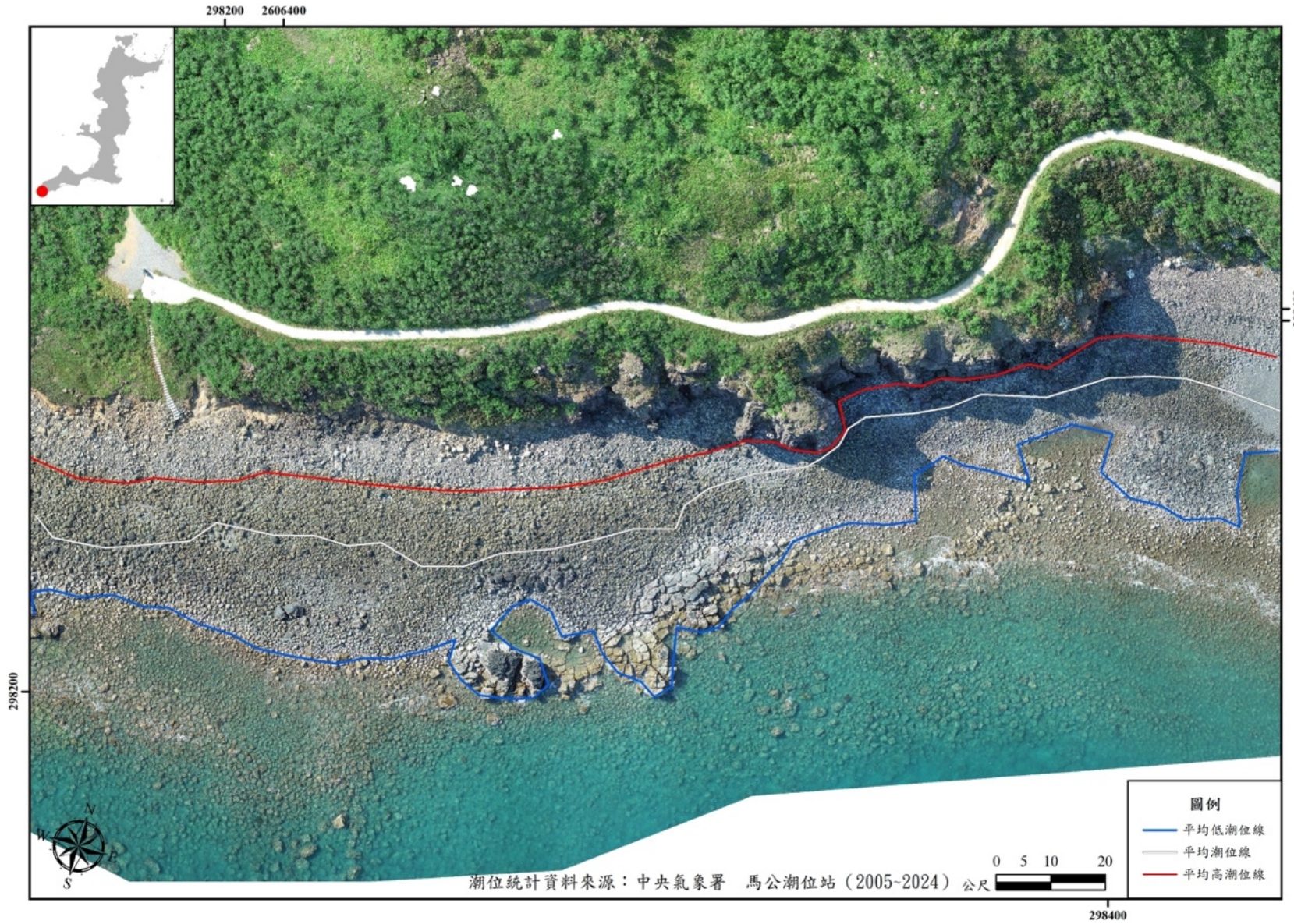


圖 33 外垵海賊洞潮位線分布圖

第四節 西嶼鄉池西岩瀑及外垵海賊洞三維擬真模型

計畫團隊運用以四軸旋翼機酬載量測型數位相機，進行全區的空中攝影測量，取得多角度、多方向之地景航照。運用不同角度之空拍影像，建置兩測區完整三維模型。

一、池西岩瀑三維擬真模型

圖 34～圖 36 為計畫團隊所建置之池西岩瀑地景三維模型成果，從圖面上可見池西岩瀑玄武岩柱體之完整紋理，由此可見計畫團隊建置之模型成果相當精細。

二、外垵海賊洞三維擬真模型

圖 37～圖 42 為外垵海賊洞之模型成果，成果照片中可以看見不同角度及面向的海賊洞，其中無論是節理或是裂隙，都能清楚展現，更甚至連近年來網路上熱門的私房景點——心型岩洞，都能清楚的展現出。

從前述成果中，足以見得本計畫所產製之三圍擬真模型相當精細，計畫團隊將運用此模型，建置動畫影片，也可提供未來管理單位將三維模型作為依據進行教育宣導、經管維護使用。



圖 34 池西岩瀑之三維模型



圖 35 池西岩瀑九孔養殖池遺址與玄武岩立面



圖 36 池西岩瀑玄武岩立面



圖 37 外垵海賊洞完整模型



圖 38 海賊洞、車道與崖面



圖 39 不同角度之立面，可看見細緻的紋理



圖 40 海賊洞破碎之玄武岩柱



圖 41 過去傳說被海賊用來存放物品之玄武岩裂隙



圖 42 近年來熱門的私房景點——心型岩洞

第五節 西嶼鄉池西岩瀑與外垵海賊洞現況調查

本節透過地景登錄表的方式，系統性的呈現目前兩個特殊地景的現況，詳細內容可見表：

位置資料	編號：	
地名：池西岩瀑	記錄者：	呂政豪
行政區：□馬公市 □湖西鄉 ■西嶼鄉 □白沙鄉 □望安鄉 □七美鄉	調查日期：	2025/08/16
經緯度座標：119°30'10.18", 23°36'12.81"		

地質地形概況

地質區：□西部麓山帶 □脊樑山脈 □雪山山脈 □海岸山脈□海岸平原區 ■澎湖火成岩區 □大屯基隆火成岩區	
地形區：□山地 □丘陵 □高山(2100m) □台地 □盆地 □平原□海岸■離島	
地層：澎湖層	地質年代：中新世
岩性（岩石）：玄武岩	
礦物：	化石：
特殊地質構造：□褶皺 □斷層 □其他_____	

地景描述:

池西岩瀑海岸的玄武岩柱狀節理相當壯觀，且有彎曲狀和直立狀的節理構造，玄武岩柱狀節理景觀綿延超過 200 公尺，高約 10~15 公尺，相當具有美學價值，也是熱門的觀光景點。過去因崖頂有九孔養殖業者排放池水，流經玄武岩柱體，在慢速快門的效果下，有如岩石上的瀑布，方有「岩瀑」的稱號。但近年來養殖業者已不再經營，此岩瀑的景象已不復見。此地點位於池西漁港的北側潮間帶海岸區，建議造訪地點為下午的退潮時間，而潮間帶和廢棄養殖的堤防較為濕滑，需特別留意參訪安全。

此區的地質組成僅出露單層矽質玄武岩，依據李寄嵎(1994)的在附近大池海岸的定年指出，此層矽質玄武岩的年代約為 10.2±0.3 百萬年前，可見厚層熔岩流冷卻收縮所形成的規則狀與不規則之的垂直柱狀節理和水平裂理，在崖頂可觀察到彎曲的節理構造，由於柱狀節理為冷卻收縮之熱張應力龜裂而成，其裂隙發育與等溫線和冷卻面有關，故過去學者認為這個崖頂彎曲狀的節理構造可能是一個殘餘的火山頸(莊文星，2009)。

本地景點為知名的觀光景點，加上高度的美學價值和背後的科學意義是進行區域地史演育和海岸地形發育解說的良好地點，亦具有美麗的地質景觀，可作為未來發展地景旅遊和環境教育的潛力點。然而，須留意的是，此地景為陡峭的岩石邊坡，節理發育佳且可見懸空岩體，又面臨海岸的旺盛侵蝕作用，具有高度的崩塌潛勢，再加上當地遊客的活動範圍多位於落石波及區域，主管機關應加強宣導落石風險，增加遊客的危險意識和規畫事宜的參訪動線，方能增加遊憩安全。

經營管理資料

景點方圓大小：	長：266 公尺	寬：109 公尺
高：	深：	面積：25,105 平方公尺
管理單位：交通部觀光署澎湖風景管理處		
保育狀況：□非常好□很好 ■普通 □差 □極差 □其他 _____		
威脅景點之行為類型：□不當之遊憩規劃□開發建設 □遊憩衝擊 □人為破壞 ■風化與侵蝕作用 □環境承載 □其他 _____		
非地質方面的重要內容：□特有物種 _____□特殊生態 _____ □重要文化資產 _____□其他 _____		
到達路線：□公車 ■自用車 ■步行 □其他 _____		

台灣自然地景的主題類別（最主要的一項）

□板塊構造現象	■火山地景	□高山地景
□重要地層或化石位址	□河流、湖泊和河口三角洲地景	□隆起珊瑚礁、洞穴地景
□海岸地景	□珊瑚礁、環礁和海洋島嶼	□冰河遺跡
□火炎山地景(礫岩惡地)	□泥岩惡地、泥火山地景	□地質災害遺跡

價值認定

■地質多樣性（科學）	□生物多樣性（生態）	■景觀美質（遊憩）
□環境功能（防災）	□永續土地利用（經濟）	□歷史和文化（社會）

登錄等級

1. **國家級**
   - □具有國際地質重要性的景點
   - □具有科學重要性之特殊現象景點
   - □具有國家重要性之代表性地質現象、事件或作用，為瞭解台灣地質所必備者
2. **地方級**
   - □具有終身學習的教育價值之景點
   - □具有專業和業餘地球科學家的研究價值之景點
   - 具有地球科學知識、事件或人類開發等歷史價值之景點
   - ■具有增進大眾欣賞自然地景的美學價值之景點

文獻、資料

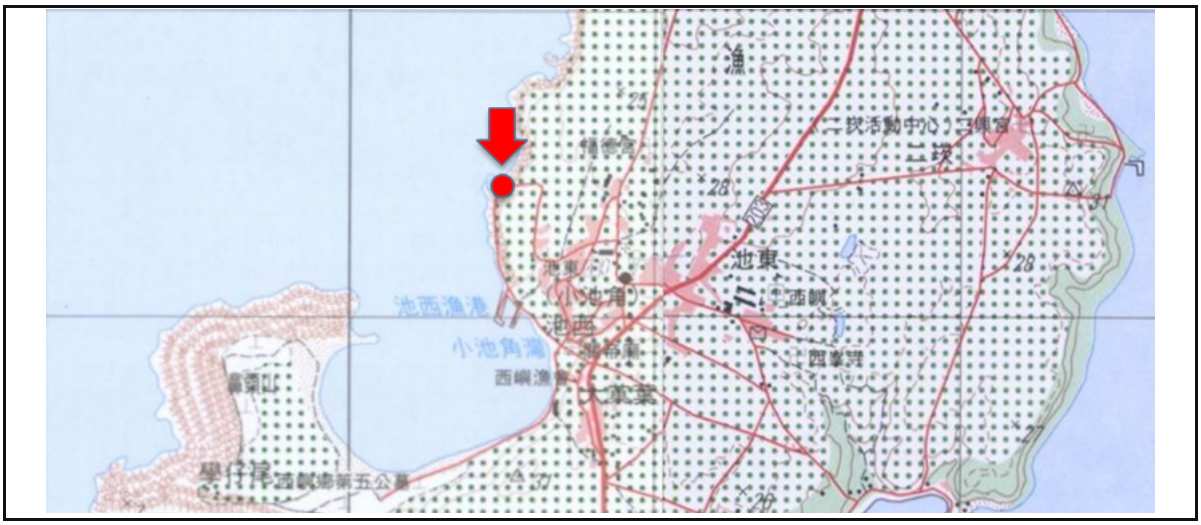
李寄嵎 (1994)。澎湖地區玄武岩類與福建地區基性脈岩之定年學與地球化學研究兼論中生代晚期以來中國東南地函之演化，國立台灣大學地質科學研究所博士論文。

曹恕中、宋聖榮、李寄嵎、謝凱旋(1999)。臺灣地質圖說明書：澎湖群島(第一版)，台北:經濟部中央地質調查所。

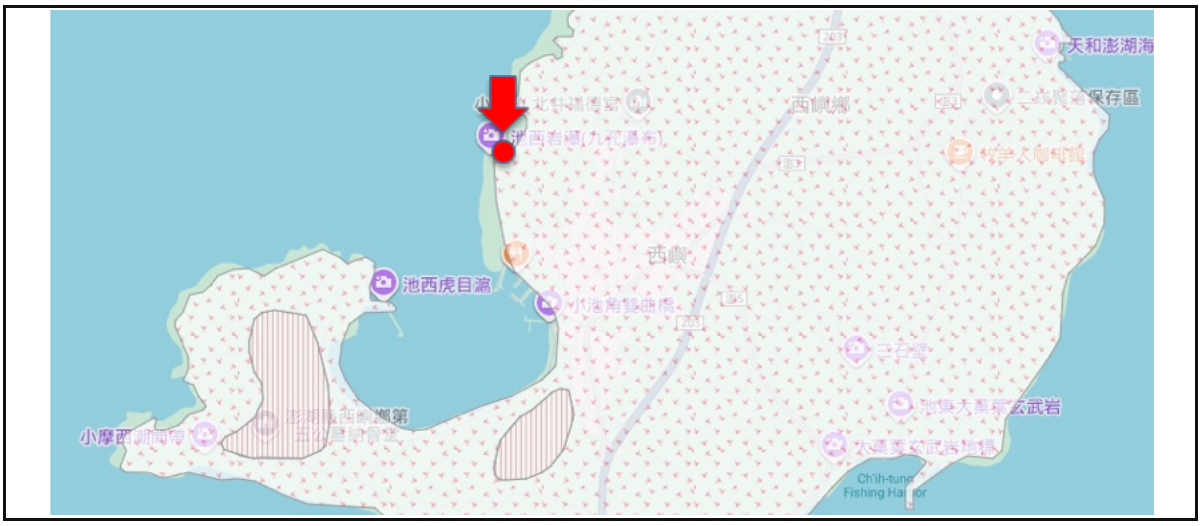
莊文星、陳汝勤、林長興、洪清林 (2009)，澎湖多樣性低平火山口分類與成因研究，經濟部中央地質調查所彙刊，22:169-199。

顏一勤、李寄嵎(2017) 五萬分之一臺灣地質圖幅暨說明書：澎湖群島(第二版)，台北:經濟部中央地質調查所。

範圍區 兩萬五千分之一像片基本圖



地質圖



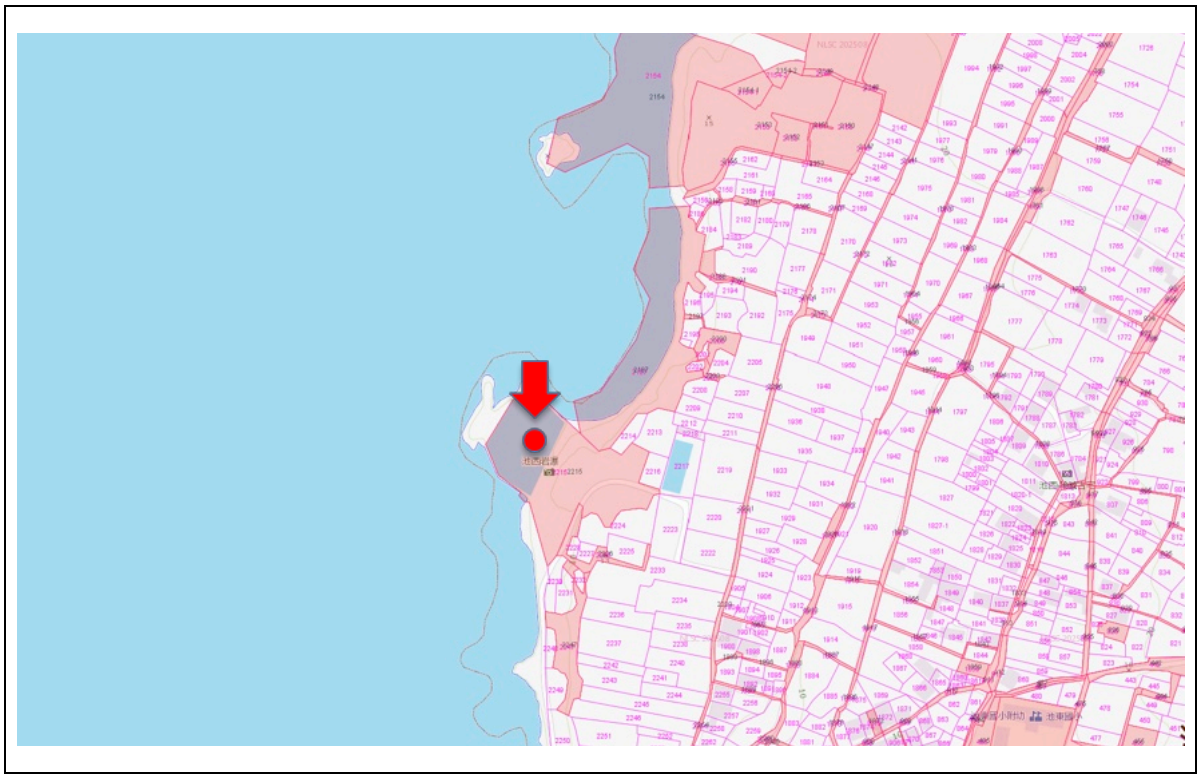
衛星影像圖



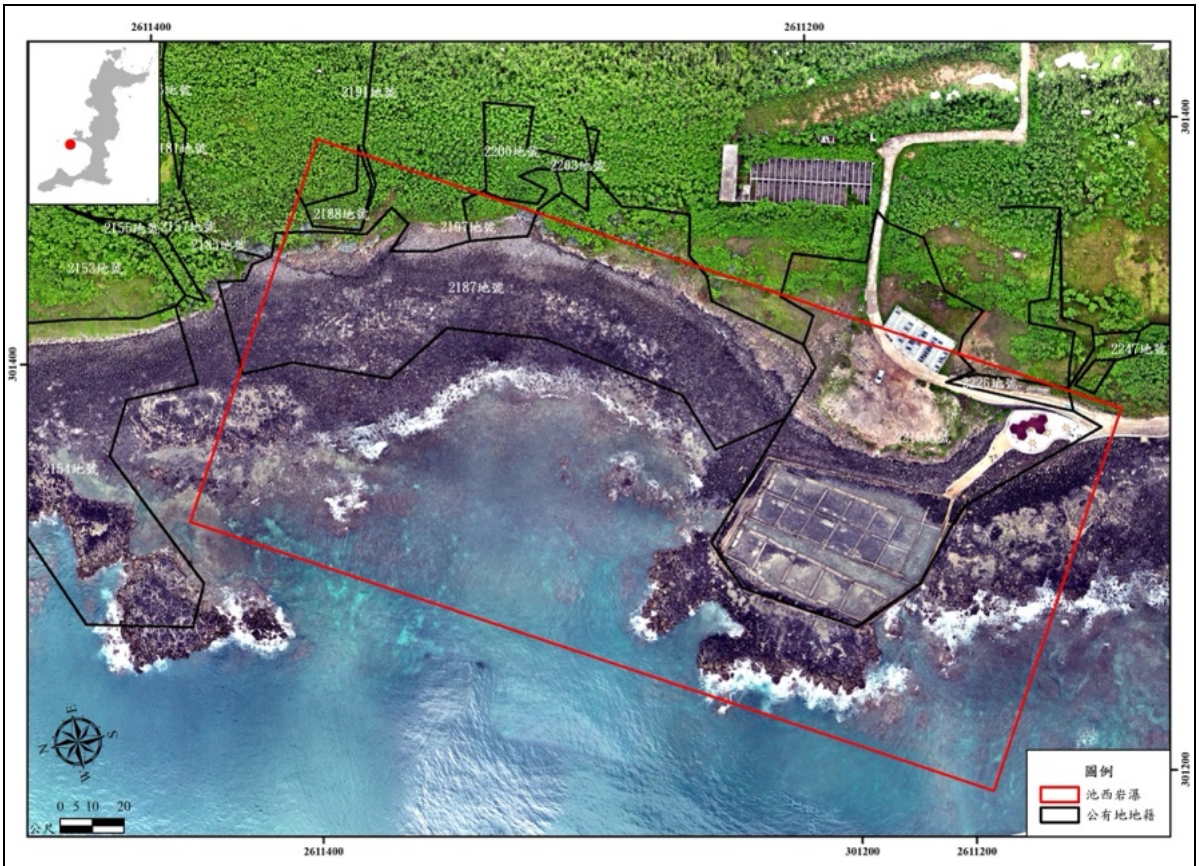
航照圖



地籍圖（填色區為公有地）



公有地地籍及地景範圍



縣市	段代碼	段小段	地號	管理者
澎湖縣 西嶼鄉	0272	池西段	22150000	交通部觀光署澎湖國家風景區管理處
			21870000	財政部國有財產署
			21880000	
			21970000	
			22260000	
			22000000	澎湖縣政府

現場照片（以全景、中景、近景）



圖 43 池西岩瀑空拍全景圖，此處之所以被稱為岩瀑，主因是過去崖頂上有九孔養殖業者(白色廢棄房舍)會從坡頂排放池水，在慢速快門的攝影效果下，有如岩石上的瀑布，方有「岩瀑」的稱號。但近年來養殖業者已不再經營，岩瀑景象已不復見。



圖 44 高約 15-20 公尺的池西海岸擁有壯觀的柱狀節理構造，讓此處具有良好的地景美學價值



圖 45 此地岩體受海岸風化侵蝕作用，可見部分岩體破碎和明顯的節理裂隙，加上陡峭的邊坡，可能對參訪遊客帶來落石風險

位置資料	編號：	
地名：海賊洞	記錄者：	呂政豪
行政區：□馬公市 □湖西鄉 ■西嶼鄉 □白沙鄉 □望安鄉 □七美鄉	調查日期：	2025/08/17
經緯度座標：119°28'8.66", 23°33'50.31"		
TW97 座標：93689.106, 2607561.507		

地質地形概況

地質區：□西部麓山帶 □脊樑山脈 □雪山山脈 □海岸山脈 □海岸平原區 ■澎湖火成岩區 □大屯基隆火成岩區	
地形區：□山地 □丘陵 □高山(2100m) □台地 □盆地 □平原□海岸■離島	
地層：澎湖層	地質年代：中新世
岩性（岩石）：玄武岩	
礦物：	化石：
特殊地質構造：□褶皺 □斷層 □其他_____	

地景描述:

海賊洞是近年來頗為熱門的景點，當地有一形狀貌似愛心的岩體裂縫，在網路上的討論度相當高，而讓不少遊客前去探訪。當地則傳說早期海賊為躲避官方查緝，會將不法所得的財物放置於當地海岸的洞穴，因而有海賊洞的稱號。此特殊地景無明顯地標，位置在外垵村漁港西側的沿海小路，小路狹窄僅能徒步或騎自用車，抵達小路末端後再下階梯沿礫石海岸約 50 公尺後，方可抵達。較佳的參訪時間點為退潮的上午時段，但須要留意沿路和海賊洞的落石。

在海賊洞附近可觀察到許多岩縫裂隙，寬度從數公分到數十公分，向岩體內部延伸，部分岩體裂隙位處潮間帶，受海浪侵蝕成底部較寬之洞穴，但也有裂隙位於高潮線以上，這些裂隙均有崩塌的潛勢，甚至可觀察到有崩積物和巨大岩塊填充於裂隙間，然而，有些參訪者會帶人進入這些岩縫洞穴內探險或是在心型岩縫拍照，這都是相當危險的行為。更者，經調查者觀察發現，這些裂縫間距疑有擴大之現象，需透過進一步進行監測已了解崩塌的機制和潛勢區。

經調查發現，海賊洞的海岸地形與周圍海岸有明顯差異，其海岸線明顯向外海凸出，邊坡頂有類似於劇場型懸崖(amphitheater-shaped scarp)，往下坡的地形經判釋依序為凹坡-階地平台(窪地)-凸坡，與周圍的直坡和平直海岸線有所不同，此地的地形組成與國內外文獻指出大規模地滑的地形特徵為劇場型崩崖、平坦階地、波狀地形且趾部呈凸坡型態，本區的地形組成亦具有類似的地形單元和序列，暗示此地可能為一崩塌體，其岩體裂隙的發育和崩塌體之關係，則有待進一步的監測和調查。

經營管理資料

景點方圓大小：	長：87 公尺	寬：56 公尺
高：	深：	面積：3,495 平方公尺
管理單位：澎湖縣政府		
保育狀況：□非常好□很好 ■普通 □差 □極差 □其他 _____		
威脅景點之行為類型：□不當之遊憩規劃□開發建設 □遊憩衝擊 □人為破壞 ■風化與侵蝕作用 □環境承載 □其他 _____		
非地質方面的重要內容：□特有物種 _____□特殊生態 _____ □重要文化資產 _____□其他 _____		
到達路線：□公車 ■自用車 ■步行 □其他 _____		

台灣自然地景的主題類別（最主要的一項）

□板塊構造現象	□火山地景	□高山地景
□重要地層或化石位址	□河流、湖泊和河口三角洲地景	□隆起珊瑚礁、洞穴地景
■海岸地景	□珊瑚礁、環礁和海洋島嶼	□冰河遺跡
□火炎山地景(礫岩惡地)	□泥岩惡地、泥火山地景	□地質災害遺跡

價值認定

■地質多樣性（科學）	□生物多樣性（生態）	■景觀美質（遊憩）
□環境功能（防災）	□永續土地利用（經濟）	□歷史和文化（社會）

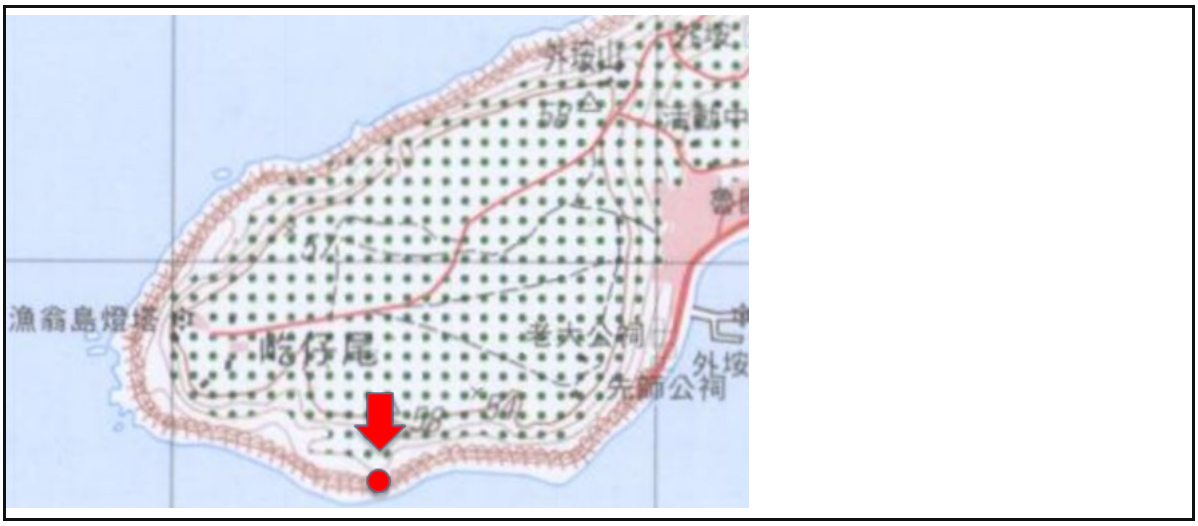
登錄等級

1. **國家級**
   - □具有國際地質重要性的景點
   - □具有科學重要性之特殊現象景點
   - □具有國家重要性之代表性地質現象、事件或作用，為瞭解台灣地質史所必備者
2. **地方級**
   - □具有終身學習的教育價值之景點
   - □具有專業和業餘地球科學家的研究價值之景點
   - ■具有地球科學知識、事件或人類開發等歷史價值之景點
   - □具有增進大眾欣賞自然地景的美學價值之景點

文獻、資料

Jibson, R. W., (2005) Landslide hazards at La Conchita, California. Open File Report 2005-1067. In U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.

範圍區 兩萬五千分之一像片基本圖



地質圖



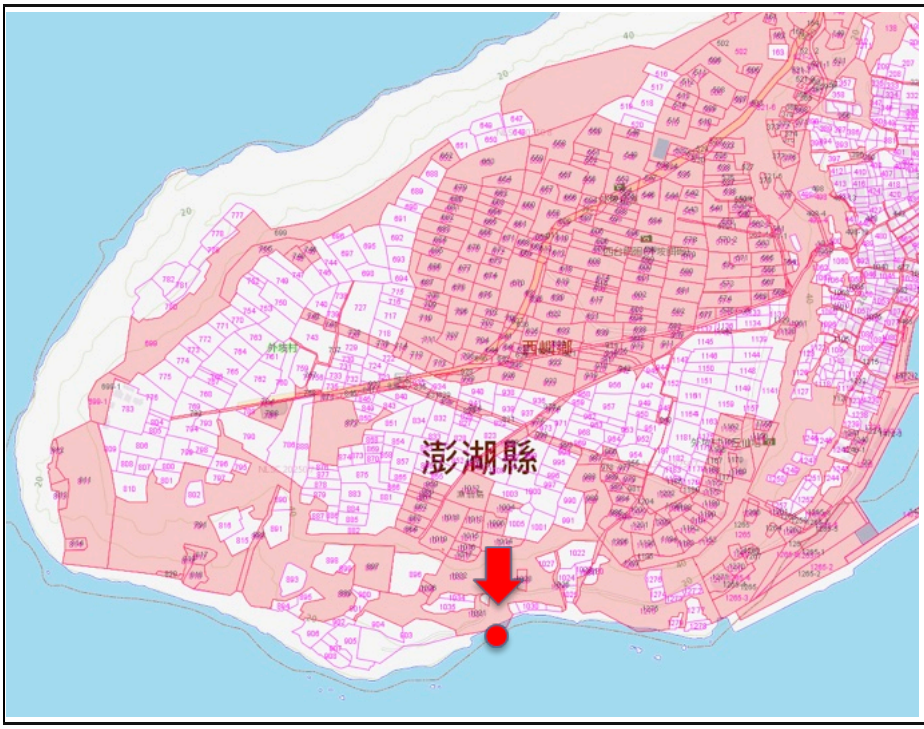
衛星影像圖



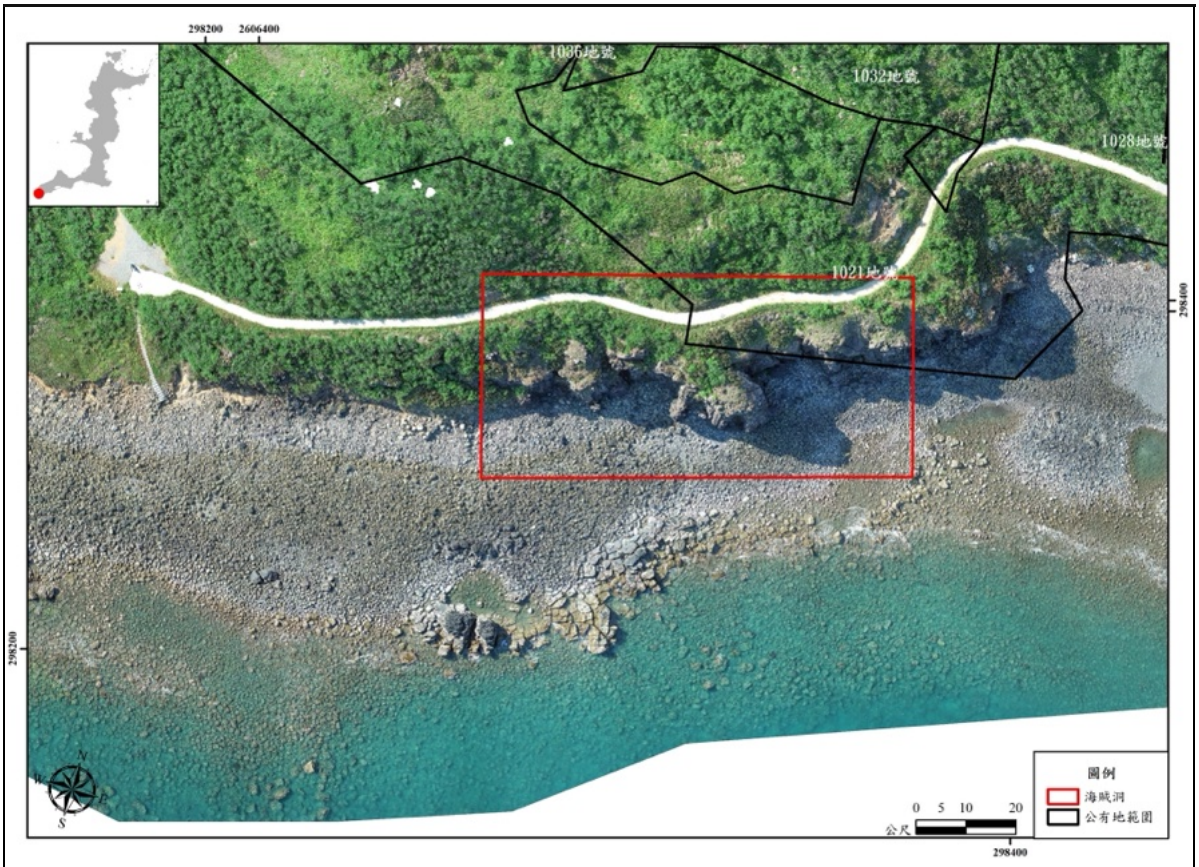
航照圖



地籍圖（填色區為公有地）



公有地地籍及地景範圍圖



縣市	段代碼	段小段	地號	管理者
澎湖縣 西嶼鄉	0151	外垵一段	10210000	澎湖縣政府

現場照片（以全景、中景、近景）



圖 46 近年來海賊洞因形似愛心的岩體裂隙而聞名，加上當地的傳說故事，讓許多遊客趨之若鶩，但此地具有高潛勢的落石危險，需相當留意



圖 47 此地可見許多明顯的岩體裂隙，甚至有崩積物和岩塊填充於縫隙中，代表這些裂隙的危險性，經觀察這些裂隙有增大的跡象，但有許多遊客或導遊進入海賊洞(岩體裂隙)中探險，相當危險



圖 48 從空拍圖可見海賊洞的海岸地形與周圍海岸相當不同，經地形判釋可能為一崩塌體

第四章 結論與建議

池西岩瀑與外垵海賊洞同屬於近年來西嶼鄉熱門觀光景點，特別是較難以到達的外垵海賊洞也因「秘境」、「私房景點」等標籤，在鄉公所及社群媒體的推動下，吸引了遊客慕名前往，然而無論是外垵海賊洞又或是池西岩瀑，它們都具有崩塌危險的潛勢。這主要是受到海岸營力的旺盛風化侵蝕作用，以及自身的岩體品質不佳有關，雖然這些是潛在的自然災害，可能衝擊遊客或當地居民的安全性，但這同時也是自然地景演育的一環，沒有海岸邊坡崩塌侵蝕後退的過程，也不會有這些特殊地景的形成。

因此，這些地景的動態變化過程，同時具有災害潛勢和地景演育的科學意義與價值。因此，在本計畫當中，計畫團隊針對兩處地景完成現況調查並建置空間圖資，有利主管機關針對兩處地景進行後續規劃，計畫團隊完成之工作項目說明如下：

一、陸域精密 GNSS 測量網建置：

運用高精度的 GNSS 即時動態（Real-Time Kinematic , RTK）定位技術，計畫團隊完成西嶼鄉池西岩瀑及外垵海賊洞之固定測量點位佈設，針對池西岩瀑佈設 8 個固定點，海賊洞測區及測區外，一共佈設 9 個固定點，測量過程及誤差皆符合履約標的規範。

二、數位空間圖資建置：

計畫團隊運用高精度 RTK-UAV 系統，分別完成池西岩瀑及外垵海賊洞全區測繪，並於內業處理時完成兩測區之數值地表模型（Digital Surface Model , DSM）及正射影像之建置。

三、潮位分布位置分析：

團隊運用本次計畫產出之高精度數值地表模型（DSM）進行高程分析，搭配中央氣象署馬公潮位站潮位資料進行潮位線萃取，完

成平均低潮位線、平均潮位線、平均高潮位線之分析繪製。

四、現況調查：

團隊透過走訪池西岩瀑及外垵海賊洞進行地景調查並提出運用地景登錄表提出現況報告。

本計畫所調查的兩處地景，池西岩瀑已是知名的觀光景點，加上高度的美學價值和背後的科學意義，是進行區域地史演育和海岸地形發育解說的良好地點，亦具有美麗的地質景觀，可作為未來發展地景旅遊和環境教育的潛力點。然而，須留意的是，此地景為陡峭的岩石邊坡，節理發育佳且可見懸空岩體，又面臨海岸的旺盛侵蝕作用，具有高度的崩塌潛勢，再加上當地遊客的活動範圍多位於落石波及區域，主管機關應加強宣導落石風險，增加遊客的危險意識和規畫事宜的參訪動線，方能增加遊憩安全。

此外，針對外垵海賊洞，經調查發現，海賊洞的海岸地形與周圍海岸有明顯差異，其海岸線明顯向外海凸出，邊坡頂有類似於劇場型懸崖(amphitheater-shaped scarp)，往下坡的地形經判釋依序為凹坡-階地平台(窪地)-凸坡，與周圍的直坡和平直海岸線有所不同，此地的地形組成與國內外文獻指出大規模地滑的地形特徵為劇場型崩崖、平坦階地、波狀地形且趾部呈凸坡型態，本區的地形組成亦具有類似的地形單元和序列，暗示此地可能為一崩塌體，其岩體裂隙的發育和崩塌體之關係，則有待進一步的監測和調查。

參考文獻

陳培源(2013) 澎湖的地質與地史，澎湖:澎湖縣政府文化局。

Lu C.-H. and S.-J. Chyi, 2020: Using UAV-SfM to monitor the dynamic evolution of a beach on Penghu Islands. Terr. Atmos. Ocean. Sci., **31**, 283-293,doi: 10.3319/TAO.2019.09.25.01.

Lu C.-H., S.-M. Tsai, M.-T. Wu and D.-Y. Lin, 2023: Developing innovative and cost-effective UAS-PPK module for generating high-accuracy digital surface model. Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, **34**,doi: 10.1007/s44195-023-00055-1.

David, C. G., Kohl, N., Casella, E., Rovere, A., Ballesteros, P., & Schlurmann, T. (2021). Structure-from-Motion on shallow reefs and beaches：potential and limitations of consumer-grade drones to reconstruct topography and bathymetry. Coral Reefs, 40(3), 835-851.

Javernick, L., Brasington, J., & Caruso, B. (2014). Modeling the topography of shallow braided rivers using Structure-from-Motion photogrammetry. Geomorphology, 213, 166-182.

Lucieer, A., Jong, S. M. d., & Turner, D. (2013). Mapping landslide displacements using Structure from Motion (SfM) and image correlation of multi-temporal UAV photography. Progress in Physical Geography, 38(1), 97-116.

Maier, K., Nascetti, A., van Pelt, W., & Rosqvist, G. (2022). Direct photogrammetry with multispectral imagery for UAV-based snow depth estimation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 186, 1-18.

Nota, E. W., Nijland, W., & de Haas, T. (2022). Improving UAV-SfM time-series accuracy by co-alignment and contributions of ground control or RTK positioning. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 109, 102772.

Taddia, Y., Corbau, C., Zambello, E., & Pellegrinelli, A. (2019). UAVs for

Structure-From-Motion Coastal Monitoring： A Case Study to Assess the Evolution of Embryo Dunes over a Two-Year Time Frame in the Po River Delta, Italy. Sensors, 19(7).

Westoby, M. J., Lim, M., Hogg, M., Pound, M. J., Dunlop, L., & Woodward, J. (2018). Cost-effective erosion monitoring of coastal cliffs. Coastal Engineering, 138, 152-164.

Xu, S., Fu, P., Quincey, D., Feng, M., Marsh, S., & Liu, Q. (2022). UAV-based geomorphological evolution of the Terminus Area of the Hailuogou Glacier, Southeastern Tibetan Plateau between 2017 and 2020. Geomorphology, 411, 108293.

附錄一 期中審查意見及回覆說明

期中報告審查意見及回覆說明

標案名稱：池西岩瀑與海賊洞特殊地景調查與精密監測計畫

執行單位：國立澎湖科技大學

報告書內容修正意見：　　114 年 08 月 26 日

編號	計畫審查綜合意見	修正回覆說明
1.	P.6 無人機證件有效時間已過期，請補充有效時間延期佐證資料。	遵照委員意見辦理，已將無人機證照佐證資料更新於第 6 頁。
2.	P.7 光達於標案中如未使用，請於期末審查移除流程項目。	遵照委員意見辦理。
3.	P.8 作業規定未更新，現已改用 GNSS 定位，如需保留相關條文，請加敘明使用哪一年度作業規定版本	遵照委員意見辦理，本作業規定節錄自 109 年之版本，已於 P.9 註明。
4.	P.11 第三章建議除進度與甘特圖外，於期中期末報告可拿掉成員等企畫書相關內容。	遵照委員意見辦理，將於期末報告修正。
5.	P.17 固定點、P.9 航測控制點、P.21 GNSS、GPS 點位等，是否需要用詞統一，或是於內文統一解釋定義，以避免混淆。	感謝委員意見，針對委員所提及用詞部分，將分為兩部分說明。第一部分為「點位」，本次報告中所提及之「固定點」，乃針對所佈設點位之形式，分「固定點」及「活動點」；而「控制點」則為描述該點位于航空攝影測量中所任之角色，分「控制點」及「檢核點」，爰此，點位於不同情境下將由不同用詞說明。 第二部分則為「GNSS」及「GPS」用詞疑問，，本計畫原則使用「GNSS」如有

		非以上原則使用之處，將進行修正。
6.	空拍執行流程、室內操作DSM、正攝影操作、建模軟體請列出，不同軟體之產出成果可能有所差異。	本報告書第 8 頁的圖 6 為研究團隊實施航測任務的流程，所採用的航測軟體為 Agisoft Metashape 等多個專業 3D 建模和編修軟體。
7.	P.41 潮位線圖僅高潮線，請於期末更新為高、平均、低潮位線之版本。	遵照委員意見辦理，已將圖修正於 P.43。
8.	建議全書彩色印刷。	感謝委員建議，然本次報告書亦採用過往委員建議，將成果以彩色印刷，附錄採用黑白印刷。
9.	期末架構建議再濃縮，有關企畫書內容建議省略或簡要敘述即可。	遵照委員意見辦理。
10.	雖然整體精度符合需求，但 P28 池西精度 X 軸誤差大於 Z 軸與一般 Z 軸誤差約為 X 軸 2 倍不同，請探討說明。	X 方向的弱解與幾個因素有關，如座標轉換、航區規劃和控制點的量測精度，由於本次航測所獲得的三軸精度均符合航測精度理論值，甚至更佳，可做為此區的長期地景監測之用。
11.	P41 潮位線圖請更新為高、平均、低潮位線之版本。	遵照委員意見辦理，已將圖修正於 P.43。
12.	請廠商於期末協助提供相關池西岩瀑與海賊洞之簡易觀光風險評估。	遵照委員意見辦理，將於期末報告提供。
13.	有關相關 3D 模型將放置於網站，請廠商協助提供簡要說明介紹。	遵照委員意見辦理，將於期末報告提供。

附錄二 期末報告審查初審意見及回覆說明

期末報告審查意見及回覆說明

標案名稱：池西岩瀑與海賊洞特殊地景調查與精密監測計畫

執行單位：國立澎湖科技大學

報告書內容修正意見：　　114 年 12 月 1 日

編號	計畫審查綜合意見	修正回覆說明
1.	不同島嶼間，座標系統是否整合?澎湖地質相對穩定，如能建立絕對座標，後續能觀察是否發生位移情形。	本計畫所建立測量點位的流程可參照期末報告書圖 6，點位均引自國土測繪中心點位，然而由於計畫團隊建置點位目的僅在於了解測區時序上相對變化，故點位恐無法作為澎湖各島嶼間絕對座標。
2.	以馬公潮位站為基準，後續潮位線是否能觀察到變化?	澎湖僅有三座潮位站，分別為吉貝潮位站(北)、馬公潮位站(中)及七美潮位站(南)。計畫選用距離較近且緯度近似的馬公潮位站作為參考基準，所繪潮位線均符合現地狀況，如往後研究以此為基準，應能觀察現地潮位變化。
3.	後續局內規劃為何?如池西崩塌節理大小、裂縫張隙增加或增大，需進行解析裂隙與崩塌間的關係，以利後續科學研究及旅遊安全規劃。	謝謝委員的建議。
4.	海賊洞崩塌節理大小與裂隙問題亦需注意，特別是還有漲退潮問題，會影響遊客安全，建議立告	謝謝委員建議，計畫團隊現地調查時有觀察到外垵海賊洞周遭有西嶼鄉公所設立之景點立牌，後續亦建議業務

	示牌警告遊客注意安全。	單位可多加宣導遊憩安全。
5.	P6 網址排版錯誤被截斷。建議操作證放何規定有效期內之證件。	謝謝委員提醒，已將相關內容修正。
6.	P9 航測規定未來建議更新為 111 年或最新版本，列附件呈現即可。	謝謝委員意見，未來如有相關計畫將更新為新版規範。
7.	P23 資料處理軟體名稱建議要放入文內，建議將 QC 資料做附件。	謝謝委員意見，軟體名稱已放置內文，未來如有相關計畫將參考委員建議將相關資料列於附件。
8.	P19 海賊洞點位和內文數量不同，請將投影片資料納入內文。	謝謝委員意見，已修正。
9.	P21 圖 15 點 3 時間僅 80 秒，請確認是否誤植。	感謝委員意見，經確認該點位測量時間無誤，精度亦維持於水準內。
10.	P24 控制點 1、4、7 點和 P26 表 4、5 不同，建議更新資料，表 3 建議四捨五入。	謝謝委員意見，已修正相關內容。
11.	P29 建議更新資料至最終測量日。	謝謝委員意見，相關內容已修正。
12.	建議增加 DSM 等高圖套潮位線圖呈現，並修正突出點。	謝謝委員建議，已將潮位線修正後更新於成果報告書 P.37、P.38。
13.	P46、51 地質區、地形圖分類請再確認，資料 10.2±0.3 或 0.4 請再確認文獻資料	謝謝委員意見，相關內容已重新確認。
14.	P49-50 頁面排版請修正。	謝謝委員意見，內文排版已完成調整。

15.	文獻人名請再確認寫法，P52 參考文獻請確認是否適合引用，文獻地質成因機制似與外垵海賊洞不同。	遵照委員意見，已將內文確認後並修正。
16.	P49 航照圖建議增加拍照年分以利區分。	謝謝委員建議。
17.	地形剖面圖(投影片資料)崩積脊和堆積體範圍請再確認。	謝謝委員建議。
18.	P6 個資安全問題請再遮蔽。	謝謝委員提醒，已修正。
19.	FB 影片 LOGO 放置縣府、局及中央哪些 LOGO，請主席裁示。	謝謝委員意見。
20.	為利後續經管需求，P52、47 請加入地籍圖以確認其土地權管單位及管理單位。	遵照委員意見，已將相關內容新增於第三章第五節地景登錄表中。
21.	兩處景點之長寬高，是否用掃描範圍呈現，或是景點範圍，請廠商再行評估。	遵照委員意見，已將景點範圍填入比中。
22.	有關相關 3D 模型將放置於網站，請廠商協助提供簡要說明介紹。	遵照委員意見辦理。

附錄三 池西岩瀑 GNSS 測量成果表

池西岩瀑

GNSS 測量成果表



固定點：8

活動點：0

控制點：共 4 個

檢核點：共 2 個

基站：共 2 個

測量日期：2025/06/20

紀錄者：陳熙晟

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="3">0</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
☐檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="6">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td colspan="2">Z(正高)</td></tr>
<tr><td>301318.404</td><td>2611197.857</td><td>29.324</td><td>18.01</td><td colspan="2">11.314</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="6">1. 點位用途：池西岩瀑測量基站
2. 位置：池西岩瀑玄武岩立面頂部，近西南側崖面，水泥柱之三等控制點
3. 當日測量狀況：GNSS 訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td colspan="2">2</td><td>量測方式</td><td colspan="2">■地表面☐尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td colspan="2">0.01</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="2">0.016</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td colspan="2">3’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="2">2.2</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="6">1. 量測方式：e-GNSS
2. 三等控制點</td></tr>
<tr><td rowspan="2">現地照片</td><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">1</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">■控制點(GCP)
□檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) □TWD97(121-台) □WGS84 經緯度 □其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>301307.824</td><td>2611134.262</td><td>21.506</td><td>18.011</td><td>3.495</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：池西岩瀑控制點
2. 位置：池西岩瀑水泥車道與抿石子步行區域交界，海堤與第一顆車阻石中間，位於水泥道路側
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（黑色）
4. 當日測量狀況：GNSS 訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面□尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.006</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.011</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>3’05”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.7</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：8cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
   </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">2</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
■檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>301325.227</td><td>2611163.879</td><td>26.099</td><td>18.011</td><td>8.088</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：池西岩瀑檢核點
2. 位置：往池西岩瀑機車停車場上坡車道上
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（黑）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面☐尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.007</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.015</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">2.1</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：8cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
   </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">3</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">■控制點(GCP)
□檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) □TWD97(121-台) □WGS84 經緯度 □其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>301295.493</td><td>2611186.262</td><td>19.726</td><td>18.009</td><td>1.717</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：池西岩瀑控制點
2. 位置：九孔池南側海堤，接近步道處
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（白）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面□尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.006</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.01</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.9</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：8cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
   </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">4</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
■檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>301289.069</td><td>2611208.306</td><td>17.829</td><td>18.008</td><td>-0.179</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：池西岩瀑檢核點
2. 位置：池西岩瀑下方九孔池，由南往北，第二、三池間分隔壁上，位在十字交叉的水泥體上
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（白）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面☐尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.006</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.011</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.6</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：8cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
   </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">5</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
☐檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>301353.701</td><td>2611193.623</td><td>30.122</td><td>18.011</td><td>12.111</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：池西岩瀑 DRTK 基站點
2. 位置：機車停車場內，西側與北側圍牆轉角，停車格旁空地
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（白）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面☐尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.006</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.011</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.8</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：8cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
   </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">6</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">■控制點(GCP)
□檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) □TWD97(121-台) □WGS84 經緯度 □其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>301392.453</td><td>2611187.778</td><td>34.548</td><td>18.013</td><td>16.535</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：池西岩瀑控制點
2. 位置：停車廠北面上坡，九孔養殖場建築物外道路上，面對養殖場正門左方圍牆下
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（黑）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面□尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.007</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.012</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.7</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：8cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
   </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">7</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">■控制點(GCP)
□檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) □TWD97(121-台) □WGS84 經緯度 □其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>301355.833</td><td>2611223.724</td><td>29.876</td><td>18.011</td><td>11.865</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：池西岩瀑控制點
2. 位置:立面上方廣場東北方草地,玄武岩石牆第一塊岩石西側,草地上玄武岩露頭
3. 佈設方式：標釘（玄武岩）、噴漆（白）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面□尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.006</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.011</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.6</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：8cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
   </td></tr>
</table>

附錄四 外垵海賊洞 GNSS 測量成果表

外垵海賊洞

GNSS 測量成果表



固定點：9

活動點：0

控制點：共 3 個

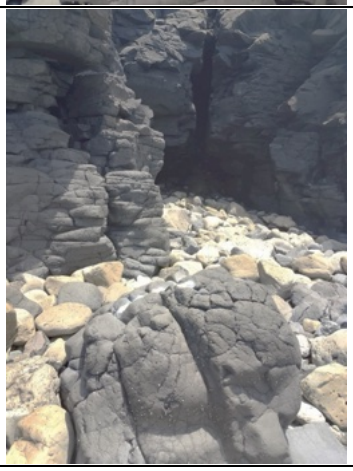
檢核點：共 1 個

基站：共 2 個

測量日期：2025/06/20

紀錄者：陳熙晟

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">5（A12）</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
☐檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>298476.232</td><td>2606420.601</td><td>37.202</td><td>17.988</td><td>19.214</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：RTK 基站
2. 位置：外垵海賊洞水泥車道中途平台，距離海賊洞車道入口處約 400 公尺
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（黑色）
4. 當日測量狀況：GNSS 訊號正常，基站使用球心基座</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面☐尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.049</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.121</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>-</td><td>PDOP</td><td colspan="3">5</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：e-GNSS 系統／kinman-mazu-penghu mount poin
2. 空標中心規格：12cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">     </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">1（A6）</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
■檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>298313.071</td><td>2606349.174</td><td>19.349</td><td>17.983</td><td>1.366</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：海賊洞檢核點
2. 位置：海賊洞心型洞岩體旁大型玄武岩塊體
3. 佈設方式：標釘（玄武岩）、噴漆（白）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面☐尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.009</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.018</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.1</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：12cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
   </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">2（A4）</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">■控制點(GCP)
□檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) □TWD97(121-台) □WGS84 經緯度 □其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>298211.06</td><td>2606326.946</td><td>22.126</td><td>17.979</td><td>4.147</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：海賊洞控制點
2. 位置：觀景平台往海賊洞樓梯最底端，倒數第二階
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（黑）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面□尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.006</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.014</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.9</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：12cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5"> 
 
 
  </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">3（A3-1）</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">■控制點(GCP)
□檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) □TWD97(121-台) □WGS84 經緯度 □其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>298201.032</td><td>2606346.663</td><td>29.547</td><td>17.979</td><td>11.568</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：海賊洞控制點
2. 位置：外垵海賊洞水泥車道底端觀景平台，往海賊洞階梯前
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（黑）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面□尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.007</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.016</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>01’23”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.9</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：12cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">     </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">4（A11）</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">■控制點(GCP)
□檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) □TWD97(121-台) □WGS84 經緯度 □其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>298315.1</td><td>2606373.84</td><td>35.725</td><td>17.982</td><td>17.743</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：海賊洞控制點
2. 位置：海賊洞上方水泥車道，距離入口約 600m，欄杆旁（海側）
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（黑）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面□尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.006</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.016</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">2.3</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：12cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
   </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">6（A13）</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
☐檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>298598.762</td><td>2606415.343</td><td>-</td><td>17.993</td><td>16.822</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：測區外測量點
2. 位置:海賊洞水泥車道前段,距入口約 275 公尺,路旁(海側),貼近伸縮縫與水泥路邊界交角
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（黑）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面☐尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.009</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.018</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">2.4</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：12cm
3. 易被雜草覆蓋區</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5"> 
 
 
  </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="3">7（A17）</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
☐檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="6">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td colspan="2">Z(正高)</td></tr>
<tr><td>298590.227</td><td>2606485.64</td><td>70.965</td><td>17.991</td><td colspan="2">52.974</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="6">1. 點位用途：測區外測量點
2. 位置：外垵三仙塔旁營區南側碉堡間步道旁平台，平面水泥處
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（白）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td colspan="2">2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面☐尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td colspan="2">0.006</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.011</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td colspan="2">03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.6</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="6">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：8cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="3">8（A16）</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
☐檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="6">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td colspan="2">Z(正高)</td></tr>
<tr><td>298605.618</td><td>2606502.798</td><td>71.523</td><td>17.992</td><td colspan="2">53.531</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="6">1. 點位用途：測區外測量點
2. 位置：外垵三仙塔旁營區碉堡北側掩體屋頂，平面水泥處
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（白）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="4">■地表面☐尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.006</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="4">0.011</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’06”</td><td>PDOP</td><td colspan="4">1.6</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="6">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：8cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">9（A15）</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
☐檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>298606.229</td><td>2606487.13</td><td>74.003</td><td>17.992</td><td>56.011</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：測區外測量點
2. 位置：外垵三仙塔旁營區，倒數第二座碉堡頂部外露水泥處
3. 佈設方式：標釘（水泥地）、噴漆（黑）
4. 當日測量狀況：天氣晴朗，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">■地表面☐尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.006</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.011</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03’10”</td><td>PDOP</td><td colspan="3">1.7</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. 量測方式：RTK
2. 空標中心規格：8cm</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">     </td></tr>
</table>