

102 年度水深資料及高程基準 分析工作案

期末報告

主辦機關：內政部

執行單位：國立交通大學

中華民國 102 年 12 月

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	IV
摘要.....	VI
Abstract.....	VII
第壹章 緒論.....	1-1
1-1 前言.....	1-1
1-2 目標.....	1-1
1-3 範圍.....	1-1
第貳章 工作項目及人員編組.....	2-1
2-1 工作項目.....	2-1
2-1-1 衛星追蹤站穩定度分析.....	2-1
2-1-2 東沙潮位站系統更新、維護及資料分析工作.....	2-1
2-1-3 建製東沙地區塊礁分布圖.....	2-1
2-1-4 基隆地區新設潮位站址評估作業.....	2-1
2-1-5 論文期刊.....	2-1
2-2 人員編組.....	2-2
2-2-1 工作組織架構.....	2-2
2-2-2 人員組織及執掌.....	2-2
2-3 工作進度.....	2-3
2-4 成果繳交格式.....	2-5
2-5 成果繳交項目及日期.....	2-5
第參章 衛星追蹤站穩定度分析.....	3-1
3-1 陽明山衛星追蹤站及其副點相對關係檢測.....	3-1
3-2 衛星追蹤站時序分析.....	3-5
3-2-1 IGS 衛星追蹤站速度場評估.....	3-5
3-2-2 蒐集陽明山(YMSM)、東沙(TNSM)衛星追蹤站歷年觀測數據.....	3-9
3-2-3 數據計算分析並比對其於國際框架系統 ITRF 之坐標變化情形.....	3-10
3-2-4 小結.....	3-13
第肆章 東沙潮位站系統更新、維護及資料分析工作.....	4-1
4-1 東沙潮位站感測器及其資料傳輸線汰舊換新工程.....	4-1
4-2 東沙地區潮位數據蒐集.....	4-3
4-3 東沙潮位數據分析.....	4-4
4-3-1 調和分析.....	4-5
4-3-2 小結.....	4-6

第五章 建製東沙地區塊礁分布圖.....	5-1
5-1 國內現有塊礁製圖方法及規範-----	5-1
5-2 國外現有塊礁製圖方法及規範-----	5-3
5-3 塊礁分布圖產製方法研擬-----	5-7
5-3-1 試作區域.....	5-8
5-3-2 塊礁萃取.....	5-10
5-3-3 手繪.....	5-12
5-4 成果分析-----	5-14
5-4-1 數量比較.....	5-14
5-4-2 面積比較.....	5-14
5-4-3 比較結果.....	5-15
5-5 塊礁產製作業方法及流程-----	5-19
第六章 基隆地區新設潮位站址評估作業.....	6-1
6-1 潮位站設置作業前期評估-----	6-1
6-2 潮位站設置作業-----	6-2
6-3 地質條件-----	6-7
6-4 陸域測量-----	6-8
6-5 海域測量-----	6-11
6-6 臨時性潮位站施工-----	6-13
6-7 時程規劃-----	6-15
6-8 潮位分析-----	6-16
6-9 施工規劃與經費估算-----	6-18
6-10 小結-----	6-19
第七章 論文期刊.....	7-1
第八章 結論與建議.....	8-1
8-1 結論-----	8-1
8-2 建議-----	8-1

其他參考文獻

- 附錄一 審查意見及回覆
- 附錄二 衛星追蹤站穩定度分析
- 附錄三 東沙潮位站更新工程現勘
- 附錄四 102 年度東沙潮位資料蒐集與分析
- 附錄五 基隆新設潮位站現勘及測量報告
- 附錄六 論文期刊
- 附錄七 塊礁偵測數量統計

表次

表 2-1、計畫工作人員組織表	2-3
表 2-2、工作項目進度	2-4
表 3-1、GPS 觀測資訊	3-4
表 3-2、平差坐標成果減去公告坐標之較差(單位：公分)	3-4
表 3-3、GPS 控制測量邊長成果檢核(GPS 控制測量-公告坐標)	3-5
表 3-4、GPS 控制測量方位角成果檢核(GPS 控制測量-公告坐標)	3-5
表 3-5、台灣 IGS 追蹤站於 1997~2012 年間點變化情形(單位：cm).....	3-9
表 3-6、移除速度場趨勢後 E、N 坐標值標準差(單位：cm).....	3-13
表 3-7、IGS 站與 TNSM、YMSM 點位變化速率(單位：cm/yr).....	3-13
表 4-1、各組潮位計觀測時段	4-4
表 5-1、以 DEM 及衛星影像手繪塊礁數量	5-13
表 5-2、面積區分表	5-15
表 5-3、Kappa 值代表意義(Landies & Koch, 1977).....	5-15
表 5-4、趨勢面偵測礁塊面積精度	5-16
表 5-5、地形分割偵測礁塊面積精度	5-17
表 5-6、影像分割偵測礁塊面積精度	5-17
表 5-7、割偵測礁塊面積精度_ DEM 與影像結合後分割	5-18
表 5-8、塊礁總面積成果	5-19
表 6-1、新水準原點水準路線	6-8
表 6-2、直接水準計算表	6-11
表 6-3、潮位觀測資料	6-12
表 6-4、各潮位站觀測量個數	6-16
表 6-5、主要分潮成果	6-17
表 6-6、平均海水面計算成果(單位：m).....	6-18
表 6-7、潮位站儀器估價	6-19

圖次

圖 1-1、東沙環礁地理位置	1-2
圖 2-1、人力工作配置圖	2-2
圖 3-1、陽明山衛星追蹤站(YMSM)主點	3-2
圖 3-2、陽明山衛星追蹤站(YMSM)周圍副點	3-2
圖 3-3、追蹤站 YMSM 及其副點相對位置略圖	3-3
圖 3-4、台灣地區 IGS 追蹤站點位分布	3-6
圖 3-5、TWTF 衛星追蹤站點位平面坐標 1997 至 2012 年變化	3-7
圖 3-6、TNML 衛星追蹤站點位平面坐標 1997 至 2012 年變化	3-8
圖 3-7、TCMS 衛星追蹤站點位平面坐標 1997 至 2012 年變化	3-9
圖 3-8、東沙衛星追蹤站(TNSM)主點	3-10
圖 3-9、TNSM 之 E、N 坐標解算時序	3-11
圖 3-10、TNSM 之橢球高解算時序	3-11
圖 3-11、YMSM 之 E、N 坐標解算時序	3-12
圖 3-12、YMSM 之橢球高解算時序	3-12
圖 4-1、線路配置圖	4-1
圖 4-2、安檢站工程現況	4-2
圖 4-3、管線布設示意圖	4-2
圖 4-4、各潮位計觀測資料組合後潮位時序	4-4
圖 5-1、測深光達所測量塊礁成果	5-1
圖 5-2、東沙珊瑚礁分布示意圖(戴昌鳳, 2011)	5-3
圖 5-3、珊瑚礁發展順序(Alevizon, 2010)	5-4
圖 5-4、摩洛凱島(Moloka'i)位置(Cochran-Marquez et al.,2005)	5-5
圖 5-5、夏威夷島上國家公園分布位置(Cochran-Marquez et al.,2006)	5-6
圖 5-6、跨陸棚珊瑚礁分區示意圖(Kendall et al., 2004)	5-6
圖 5-7、海底棲地分布圖產製流程(Cochran et al.,2005)	5-7
圖 5-8、影像融合前後之衛星影像，左側為融合後，右側為融合前	5-8
圖 5-9、試作區位置分布	5-9
圖 5-10、瀉湖區、交界處與礁台上的衛星影像	5-9
圖 5-11、瀉湖區、交界處與礁台上的 DEM	5-10
圖 5-12、殘差面示意圖	5-10
圖 5-13、左向右依序為 Multiresolution segmentation、Chessboard segmentation 與 Quadtree segmentation 的成果	5-11
圖 5-14、color 與 shape 不同比例示意圖	5-12
圖 5-15、DEM(紅線)及衛星影像(綠底)手繪塊礁分佈	5-13
圖 5-16、由 DEM(紅線)與衛星影像(藍線)手繪塊礁差異	5-14

圖 5-17、三圖幅結合 DEM 與衛星影像(比重 4:1)後分割之塊礁分佈	5-18
圖 5-18、塊礁產製作業流程圖	5-20
圖 6-1、潮位站位址建議設置位置圖(內政部國土測繪中心，2010 年)	6-2
圖 6-2、潮位站設置地點略圖	6-3
圖 6-3、中正路 341 號	6-3
圖 6-4、中正路 341 號左側民家旁通道	6-4
圖 6-5、現地概況	6-4
圖 6-6、面海右側近照	6-5
圖 6-7、面海左側近照	6-6
圖 6-8、東岸會議室近海面圍牆	6-6
圖 6-9、東岸會議室近圍牆水溝	6-7
圖 6-10、鄰近區域地質(中央地質調查所出版之 1/25,000 環境地質圖)	6-8
圖 6-11、臺灣水準原點高程基準網位置示意圖(國土測繪中心，2012)	6-9
圖 6-12、陸域測量點位分布圖	6-10
圖 6-13、海域測量現況	6-12
圖 6-14、海陸域地形圖	6-13
圖 6-15、基隆新設潮位站臨時性潮位站施工照片	6-14
圖 6-16、觀測潮位(藍)與分潮重組潮位(綠)	6-17

摘要

本計畫延續 101 年度水深資料及高程基準分析工作案，持續進行東沙衛星追蹤站穩定度分析，並與台灣本島陽明山衛星追蹤站比對、蒐集東沙潮位站數據，及研擬塊礁產製作業方法及流程並繪製三幅。另外，於基隆正濱漁港旁裸岩上建置臨時性連續潮位站，以為台灣高程基準潮位站維護、更換位置等考量之參考。

有關東沙衛星追蹤站與台灣本島陽明山衛星追蹤站之穩定度，本案執行成果顯示其變化為穩定，符合 ITRF2008 速度場。陽明山衛星追蹤站主點與副點間相對關係亦屬穩定。東沙塊礁產製作業方法以物件導向分割，並同時採用數值水深模型及衛星影像，為最適當。本案已完成不同海底地形之五千分之一圖幅三幅，證實以現有資料製作塊礁分布圖為可行。東沙潮位站本年度數據以自記式潮位計觀測，經分析潮相與平均海水面均屬穩定。東沙連續式潮位站維護亦已於年初完成採購，並於十一月底復建。基隆正濱漁港旁之臨時性潮位站已於九月四日完成建置，採用壓力式潮位計，觀測頻率為每秒一筆，數據即時傳送至氣象局、交通大學與維護廠商。經以兩個月份數據分析潮位與平均海水面，發現與現有高程基準基隆潮位站成果極為相近。

Abstract

This project continues the “Bathymetric data and Height Datum Analysis” work conducted in 2012. There are four subjects within the scope of this project. First, the stability analysis of Dongsha satellite tracking station is continued and expanded to include a Taiwan tracking station located in Yangmingshan for comparison. Secondly, tidal observation and analysis are maintained for Dongsha. Thirdly, the operation procedure of coral reef patch mapping is studied and three 1/5000 map sheets are produced. In addition, on the coast near the Cheng-Bin fishing port, a temporary continuous tide stations is built on bare rock. This is a part of Taiwan Height Datum tidal station maintenance program.

Regarding the satellite tracking stations in Dongsha and Yangmingshan, the analysis indicated that the coordinate change is in accordance with ITRF2008 velocity field. The position relation among the main station and the three supplementary stations is also found stable. The scheme of object-based segmentation is found to be better than the trend removal approach for the coral reef patch mapping, based on the experiments with three map sheets of 1/5000 scale. In 2013, the tidal observation in Dongsha is mainly conducted with self-recording tide gauges. From harmonic analysis, both phase, amplitude, and the average sea surface are stable. Dongsha continuous tide station maintenance is completed on November 30. The installation of Cheng-Bin tidal station was completed on September 4. A pressure sensor tide gauge is used. The observation frequency is one Hz. Tidal data is transmitted to Central Weather Bureau, National Chiao-Tung University, and the maintenance vendor. The tidal characteristics of the new station are similar to the Keelung station based on the observation of two months.

第壹章 緒論

1-1 前言

本計畫為「101 年度水深資料及高程基準分析工作案」之後續擴充工作。衛星追蹤站為長期全天候觀測之接收站，具有相當高精度站位坐標，於一、二、三等衛星控制點施測時加入衛星追蹤站可提高成果精度，以符合控制點精度要求；此外衛星追蹤站亦可提供衛星定位施測者進行同時段觀測數據，具有提升定位精度、降低儀器及人力使用數量之便利性。去年(101)年度計畫以長時間接收數據進行精密單點定位，發現東沙衛星追蹤站呈現逐漸向東南方偏移，該偏移主要來自速度場之位移量，本計畫今(102)年度持續進行東沙衛星追蹤站穩定度分析，並與台灣本島陽明山衛星追蹤站比對。除東沙相關業務外，本案並於基隆正濱漁港旁裸岩上建置臨時性連續潮位站，以為台灣高程基準潮位站維護、更換位置等考量之參考。

1-2 目標

本年度接續前一年度計畫內容，持續以歷年衛星觀測數據探討東沙衛星追蹤站穩定度，並與台灣本島陽明山衛星追蹤站比對。在潮位部分，除持續更新、維護東沙潮位站外，並蒐集東沙島潮位觀測數據。在圖資生產方面，則利用已完成之橢球高及正高數值地形模型，探討建立東沙環礁塊礁分布圖產製作業方法及流程，並建置不同性質區域塊礁分布圖兩幅(註：本案完成三幅)，期許水深資料可適用於多元化應用領域。此外，本年度就台灣高程基準潮位站維護工作中，於內政部所勘選地點建置臨時潮位站，並分析規劃新建作業。

1-3 範圍

本計畫之工作範圍為東沙環礁、陽明山衛星追蹤站、及基隆市正濱漁港。東沙環礁距離小港機場約 240 哩(直線距離)，位置如圖 1-1 所示。陽明山位於台北市近郊，基隆市正濱漁港位於台灣本島之北端，在富貴角與鼻頭角中間。

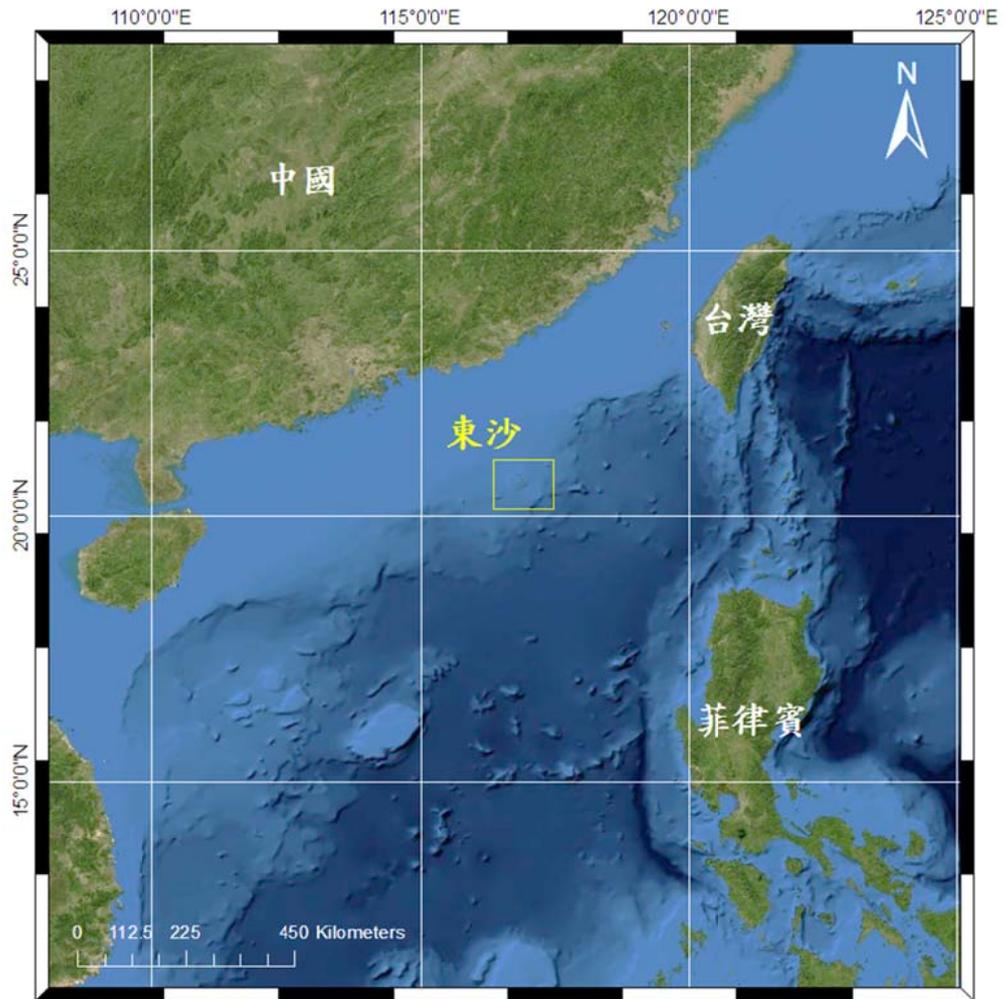


圖 1-1、東沙環礁地理位置

第貳章 工作項目及人員編組

2-1 工作項目

本計畫之工作項目分為 5 項目，第 1 項目為衛星追蹤站穩定度分析，第 2 項目為進行東沙潮位站系統更新、維護及資料分析工作，第 3 為建製東沙地區塊礁分布圖，第 4 項目為基隆地區新設潮位站址評估作業，最後一項為論文期刊撰寫及投稿。謹分別臚列如下：

2-1-1 衛星追蹤站穩定度分析

1. 蒐集陽明山(YMSM)、東沙(TNSM)衛星追蹤站歷年觀測數據。
2. 進行觀測數據計算分析並比對其於國際框架系統 ITRF 之坐標變化情形。

2-1-2 東沙潮位站系統更新、維護及資料分析工作

1. 東沙潮位站感測器及其資料傳輸線進行汰舊換新工程。
2. 蒐集東沙地區潮位數據，並製作符合中央氣象局規定之格式
3. 繳交東沙地區當年度至少 180 天以上潮位數據。本案迄今業已收集並整理完成本年度由 1 月 1 日至 8 月 24 日間數據 236 天。

2-1-3 建製東沙地區塊礁分布圖

1. 蒐集國內外現有塊礁製圖方法及規範。
2. 研擬塊礁產製之作業方法及流程。
3. 製作 2 幅 1/5000 比例尺東沙塊礁分布圖。本案完成三幅。

2-1-4 基隆地區新設潮位站址評估作業

1. 於勘選地點所設潮位站利用自記式或簡易式自動記錄器進行潮位資料收集及其成果分析。
2. 提出勘選地點所設潮位站之設置規劃、經費需求、建置期程及其可行性評估。

2-1-5 論文期刊

提送期刊或研討會論文文稿至少 2 篇。本案完成 3 篇。

2-2 人員編組

2-2-1 工作組織架構

本計畫由本校防災與水環境研究中心負責整體計畫之執行，部份工作委請中山大學海洋環境與工程系協助辦理。本計畫由史天元教授擔任計畫主持人，負責擬定計畫及執行管理，廖志中教授負責協助計畫進度管控及工作協調，中山大學海洋環境與工程系薛憲文教授負責潮位數據分析。本計畫工作團隊各主要成員分組及所擔任之工作項目如圖 2-1 所示。

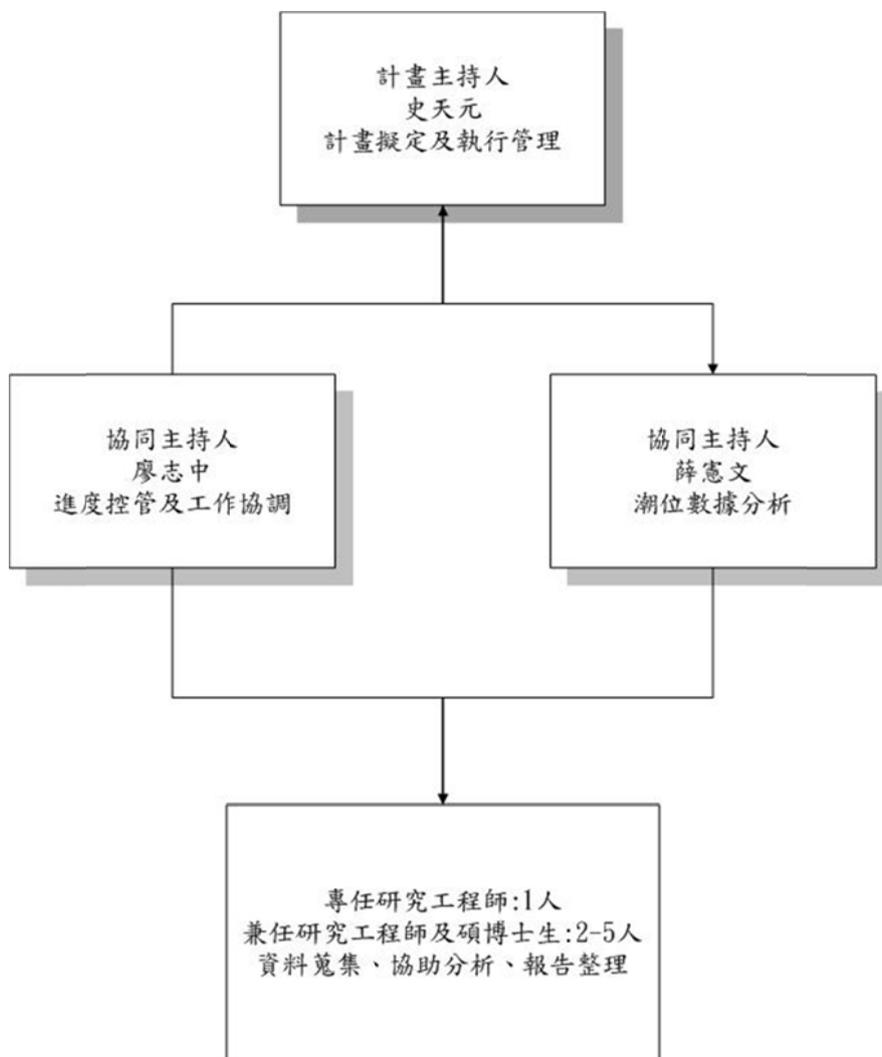


圖 2-1、人力工作配置圖

2-2-2 人員組織及執掌

為確保本計畫之成功及品質，除由本中心史天元教授擔任計畫主持人，負責擬定計畫、進度管控、工作協調及成果整合外，並邀集中山大學協助辦理。計畫工作人員組織如表 2-1 所示。

表 2-1、計畫工作人員組織表

計畫職務	姓名	現職	學經歷
計畫主持人	史天元	交通大學土木工程系 暨防災與水環境研究中心 教授	加拿大紐布朗斯維克大學測量博士 國立交通大學土木工程學系 副教授
協同主持人	薛憲文	中山大學海洋環境及工程系 副教授	美國西雅圖華盛頓大學博士 國立台北工專土木科副教授
協同主持人	廖志中	交通大學土木工程系 暨防災與水環境研究中心 教授	美國科羅拉多大學土木工程 博士 國立交通大學土木工程學系 副教授
研究人員	王慧蓉	交通大學防災與水環境研究中心 副工程師	國立交通大學土木工程研究 所碩士
研究人員	陳雅信	交通大學防災與水環境研究中心 副工程師	國立交通大學土木工程研究 所碩士
研究人員	王韋樺	中山大學海洋環境及工程系 研究助理	中山大學海洋環境及工程碩 士
博士生	林暉尊	交通大學土木工程系 博士生	國立交通大學土木工程研究 所博士生
計畫助理	鍾佳廷	交通大學防災工程研究中心 行政助理	國立暨南大學學士

2-3 工作進度

依據本計畫服務建議徵求書，本計畫自簽約日起至 102 年 11 月 30 日完成所有工作項目，茲將各項工作及時程列如表 2-2，本計畫各項工作均順利進展並獲得成果，符合進度要求，無延誤之情事發生。

(1)自記式潮位計資料蒐集及維護	1~11 月
(2)自計式潮位資料分析	11 月
(3)連續式潮位站系統更新	11 月
(4)連續式潮位站維護與資料蒐集	11 月
(5)連續式潮位資料分析	11 月
3. 建製東沙地區塊礁分布圖	
(1)USGS 文獻回顧	3~5 月
(2)初步塊礁分布圖分析	3~7 月
(3)其他文獻回顧及分析	5~11 月
(4)塊礁分布圖作業流程	7~11 月
(5)塊礁分布圖試作驗證	10-11 月
4. 基隆地區新設潮位站址評估作業	
(1)施工前細節現勘	3-4 月
(2)臨時潮位站設置	9~10 月
(3)潮位資料蒐集	9~11 月
(4)潮位分析	9~11 月

2-4 成果繳交格式

1. 工作計畫書、期中報告及期末報告以 Microsoft Word 格式，以 A4 規格大小之紙張、直式橫書、由左至右繕打，字體大小以 14 號字為原則並以雙面列印。
2. 東沙地區 102 年度 180 天以上之潮位數據，資料格式符合中央氣象局之標準格式。

2-5 成果繳交項目及日期

2-5-1 第一期

工作計畫書於簽約日次日起 1 個月內繳交 3 份裝訂成冊之書面報告及電

子檔 1 份。

2-5-2 第二期

102 年 7 月 15 日前繳交期中報告書 12 份，內容包含：

1. 衛星追蹤站穩定度分析報告進度
2. 塊礁產製之作業方法及流程進度
3. 基隆地區新設勘選地點所設潮位站址評估作業進度
4. 國內外期刊或研討會論文文稿投稿 1 篇

2-5-3 第三期

102 年 11 月 30 日前繳交期末報告書初稿 12 份，內容包含：

1. 衛星追蹤站穩定度分析報告
2. 東沙潮位站系統更新及維護
3. 蒐集國內外現有塊礁製圖方法及規範
4. 塊礁產製之作業方法及流程
5. 2 幅 1/5000 比例尺東沙塊礁分布圖
6. 基隆地區新設勘選地點所設潮位站址評估作業
7. 國內外期刊或研討會論文文稿投稿 2 篇

第參章 衛星追蹤站穩定度分析

內政部 101 年度「水深資料及高程基準分析工作案」針對東沙衛星追蹤站之穩定度進行探討，由長年接收數據進行精密單點定位，並觀察其隨時間序列變化，使用不同網頁服務以及軟體之間解算結果具一致性，且與台灣本島上國際全球導航衛星系統服務(International GNSS Service, IGS)追蹤站之速度場亦具有相同移動趨勢。

今年度計畫除了持續針對東沙衛星追蹤站觀察外，另蒐集位於台灣本島之陽明山衛星追蹤站之長年觀測數據，以精密單點定位成果探討兩衛星追蹤站穩定度，使用軟體為 GIPSY-OASIS 6.1.2 (JPL, 2012)。此外，另架設 GPS 於陽明山衛星追蹤站之副點，並使用 GrafNet 8.4 (NovAtel, 2011)解算主點與副點建立之網形，以瞭解陽明山衛星追蹤站及其副點間之相對位置是否變動。由衛星追蹤站穩定度分析成果可觀察到台灣本島與離島速度場之差異，本章詳細說明可參考附錄二。

3-1 陽明山衛星追蹤站及其副點相對關係檢測

101 年度「水深資料及高程基準分析工作案」中採用 GPS 控制測量與全站儀邊角測量檢測東沙衛星追蹤站及其副點之相對關係，顯示東沙衛星追蹤站天線應有些微偏移。本年度則檢測目標移至陽明山衛星追蹤站 YMSM(圖 3-1)，該站設置於擎天崗草原上，其天線安置於鋼筋混凝土澆築之柱體頂端，天線鄰近周圍設有 YMSA、YMSB 及 YMSC 三個副點(圖 3-2)。追蹤站 YMSM 及其三副點相對位置略圖如圖 3-3 所示。



圖 3-1、陽明山衛星追蹤站(YMSM)主點



圖 3-2、陽明山衛星追蹤站(YMSM)周圍副點

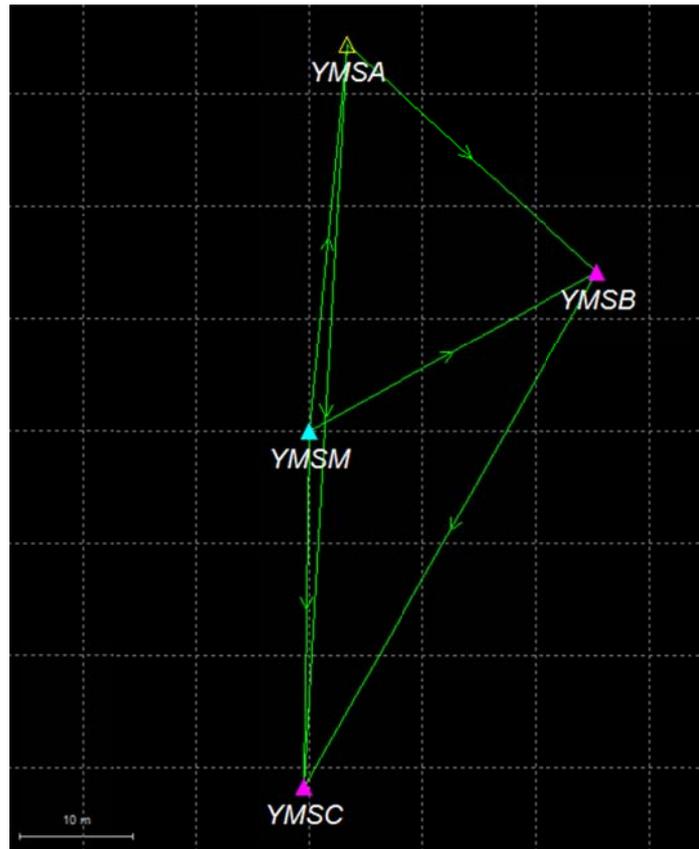


圖 3-3、追蹤站 YMSM 及其副點相對位置略圖

本次 GPS 控制測量外業共執行兩次，施測方式皆為同步於三個副點(YMSA、YMSB、YMSC)上架設 GPS，外業觀測成果與陽明山衛星追蹤站(YMSM)接收資料共同進行網形平差解算，解算軟體為 GrafNet 8.40。各點位儀器型號與觀測時段如表 3-1 所示，接收儀型號及天線盤廠牌皆為 Trimble，其中 NetR7 與 5700 兩組接收儀皆搭配 ZEPHYR Geodetic 天線盤，另一組使用 NetR9 接收儀則搭配 ZEPHYR Geodetic Model 2 天線盤；各控制點位與追蹤站觀測頻率皆為 1 秒。

表 3-1、GPS 觀測資訊

作業日期	副點	接收儀	觀測時間
11/02	YMSA	NetR7	11：48-13：33
	YMSB	NetR9	12：25-17：32
	YMSC	5700	13：02-17：27
11/03	YMSA	NetR9	10：18-15：48
	YMSB	5700	10：59-15：39
	YMSC	NetR7	10：46-14：13

GPS 控制測量平差後坐標成果以 101 年公告之 TWD97 控制點坐標檢核，其中網形平差以 YMSM 為固定站。兩天之平差成果分別減去公告坐標得到之差值如表 3-2 所示，在三個副點皆以高程方向較差最大，平面坐標之較差除了 11/03 施測之 YMSC 於 N 方向為 1.1cm，其他皆小於 1cm；表 3-3 及表 3-4 呈現邊長與角度差異成果，邊長與方位角差值皆不顯著，邊長差值最大為 YMSA-YMSB 之 5mm，而方位角差值最大為 YMSM-YMSC 之 1' 8"。

以 GPS 控制測量方式檢測陽明山衛星追蹤站及其副點相對關係，結果顯示除了高程方向具有達公分級之差值，各副點水平坐標並無顯著變化；由坐標化算之追蹤站與副點邊角關係亦無顯著差異。

表 3-2、平差坐標成果減去公告坐標之較差(單位：公分)

測站		11/02		11/03	
		坐標標準誤差	較差	坐標標準誤差	較差
YMSA	N	1.2	0.8	1.2	0.2
	E	1.2	0.2	1.2	0.3
	H	1.3	2.6	1.2	-2.0
YMSB	N	1.2	0.2	1.2	0.5
	E	1.2	-0.2	1.2	-0.1
	H	1.2	-2.0	1.2	1.5
YMSC	N	1.2	0.3	1.2	1.1
	E	1.2	-0.2	1.2	0.1
	H	1.2	2.2	1.2	3.2

表 3-3、GPS 控制測量邊長成果檢核(GPS 控制測量-公告坐標)

起訖站別	11/02		11/03	
	距離 (m)	相對誤差	距離 (m)	相對誤差
YMSA-YMSB	-0.002	5.86×10^{-5}	0.005	1.68×10^{-4}
YMSA-YMSC	0.004	6.24×10^{-5}	0.002	2.95×10^{-5}
YMSA-YMSM	0.003	9.17×10^{-5}	0.004	1.07×10^{-4}
YMSB-YMSC	0.000	1.14×10^{-6}	-0.004	8.46×10^{-5}
YMSB-YMSM	0.001	4.46×10^{-5}	0.004	1.27×10^{-4}
YMSC-YMSM	0.001	4.38×10^{-5}	-0.001	3.85×10^{-5}

表 3-4、GPS 控制測量方位角成果檢核(GPS 控制測量-公告坐標)

起訖站別	11/02			11/03		
	角度 。 ’ ”			角度 。 ’ ”		
YMSM-YMSA	0	0	46	0	0	8
YMSM-YMSB	0	0	16	0	0	20
YMSM-YMSC	-0	0	17	-0	1	8
YMSA-YMSB	0	0	46	0	0	8
YMSC-YMSA	0	0	16	-0	0	28
YMSC-YMSB	-0	0	1	-0	0	17

3-2 衛星追蹤站時序分析

3-2-1 IGS 衛星追蹤站速度場評估

國際地球參考系統(International Terrestrial Reference System, ITRS)為國際間協議完成之空間坐標系統，由國際地球旋轉組織(International Earth Rotation Service, IERS)經由分析全球測站觀測數據以所建立而成。IERS 應用 VLBI (Very Long Baseline Interferometry)、SLR (Satellite Laser Ranging)、LLR (Lunar Laser Ranging)、DORIS (Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite)及 GPS 等太空科技空間定位技術，測定一組涵蓋全球點位的坐標和速度場，定義國際地表參考框架(International Terrestrial Reference Frame, ITRF)，以具體實現 ITRS 空間坐標系統(ITRF, 2012)，其內容包含參考站瞬時坐標及速度分量，以供計算不同時刻之坐標值。

台灣地區在桃園(TWTF)及新竹光復院區(TNML、TCMS)共設置三處 GPS 衛星追蹤站加入 IGS 追縱站，作為國內 GPS 接收儀定位檢校及板塊運動監測之參考，此三站點位分布如圖 3-4a 所示，其中 TNML 與 TCMS 兩站距離相對相近，圖 3-4b 為圖 3-4a 中紅框處放大，兩站間距離僅約 6 公尺。

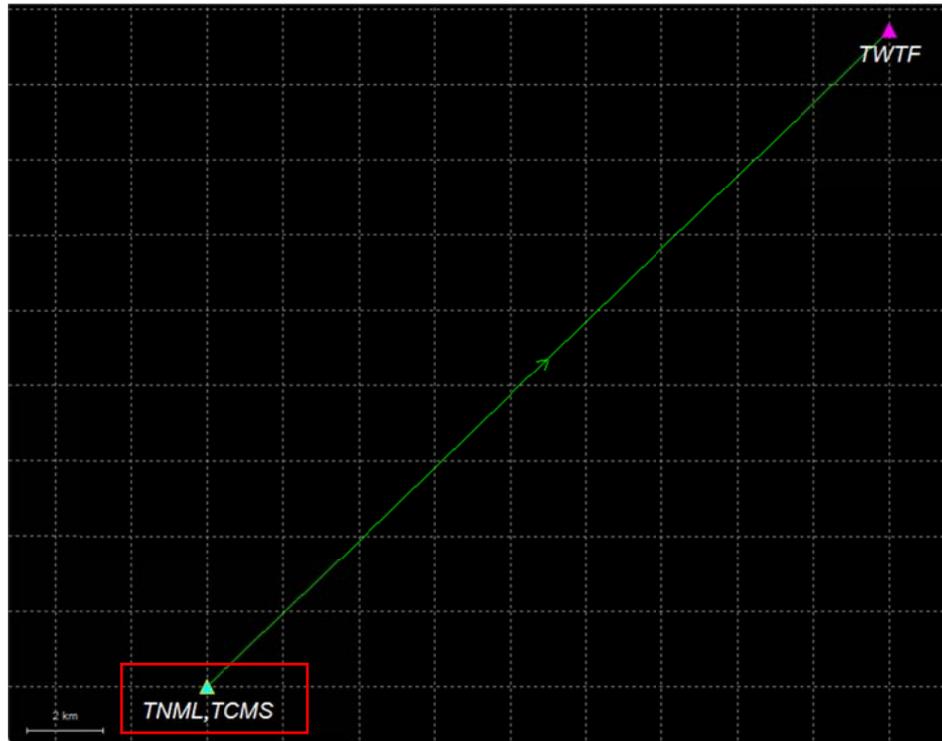


圖 3-4a、台灣地區 IGS 追蹤站點位分布

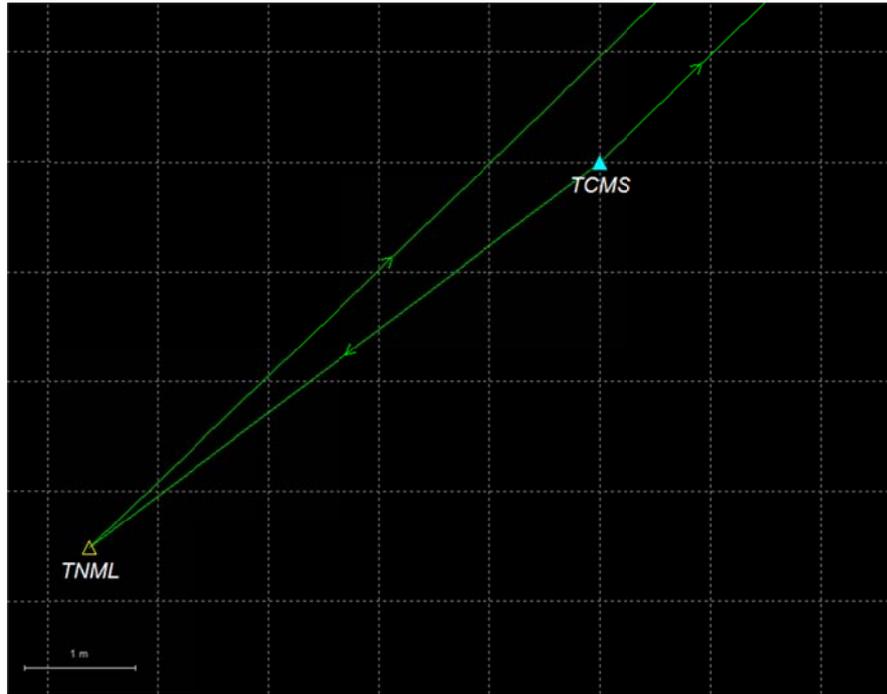


圖 3-4b、TNML 與 TCMS 追蹤站點位關係

觀察該三個 IGS 衛星追蹤站於 1997 年至 2012 年在 ITRF2008 國際地球參考框架下之點位坐標變化，並以 1997 年所解算之坐標值作為坐標較差值基準，其速度場變化如圖 3-5~圖 3-7 所示，期間點位變化趨勢為逐漸向東南方移動，而高程方向僅 TWTF 站具有顯著變化，TNML 與 TCMS 則略為下降但不顯著。1997~2012 年歷經 15 年各點位變化如表 3-5 所示。

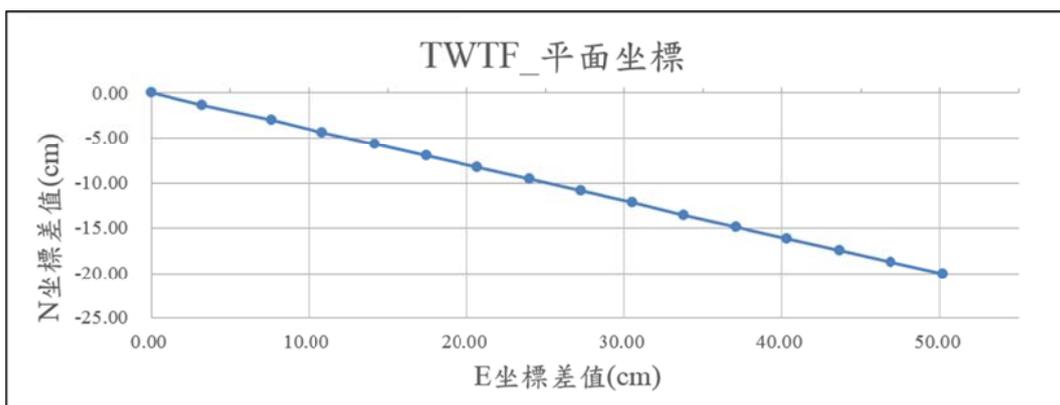


圖 3-5a、TWTF 衛星追蹤站點位平面坐標 1997 至 2012 年變化



圖 3-5b、TWTF 衛星追蹤站點位高程坐標 1997 至 2012 年變化

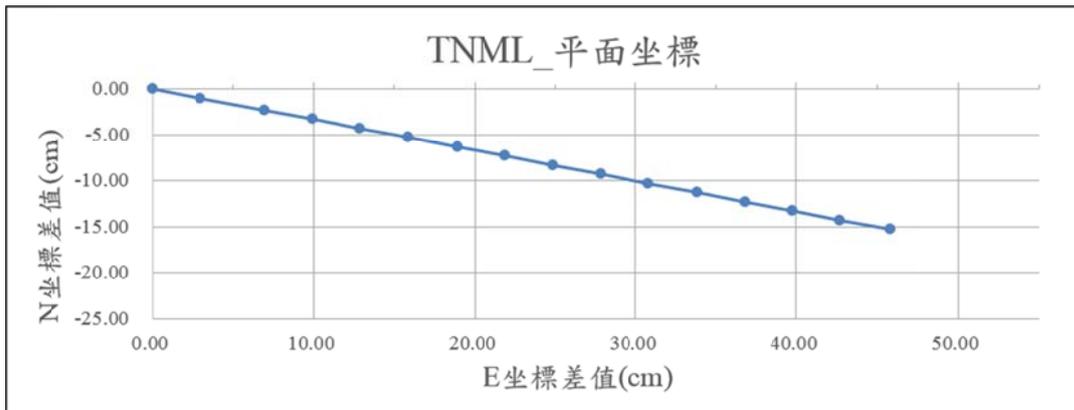


圖 3-6a、TNML 衛星追蹤站點位平面坐標 1997 至 2012 年變化

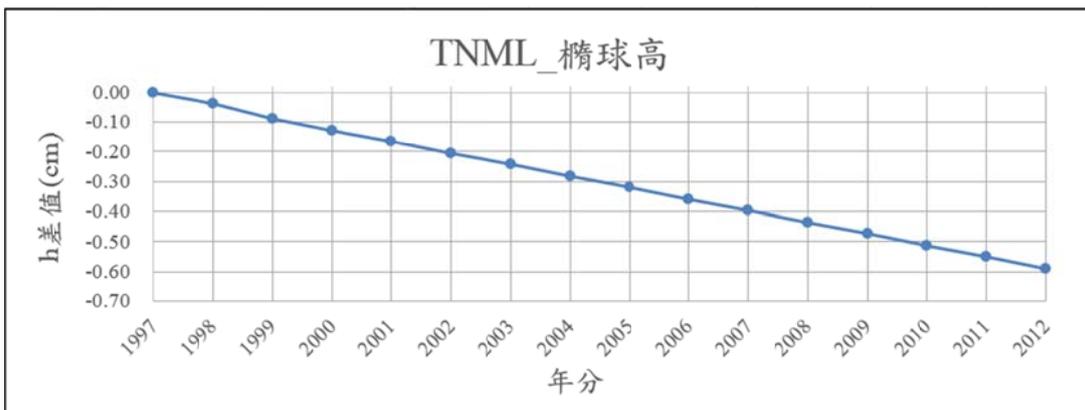


圖 3-6b、TNML 衛星追蹤站點位高程坐標 1997 至 2012 年變化

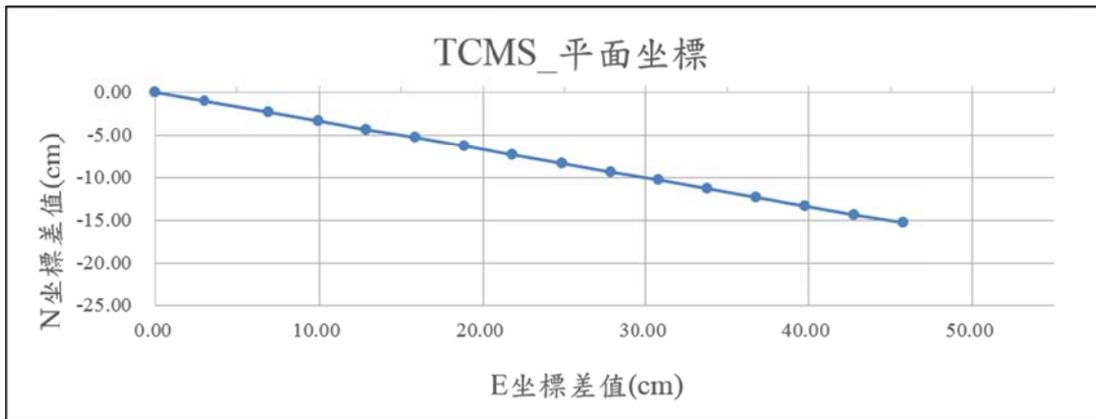


圖 3-7a、TCMS 衛星追蹤站點位平面坐標 1997 至 2012 年變化

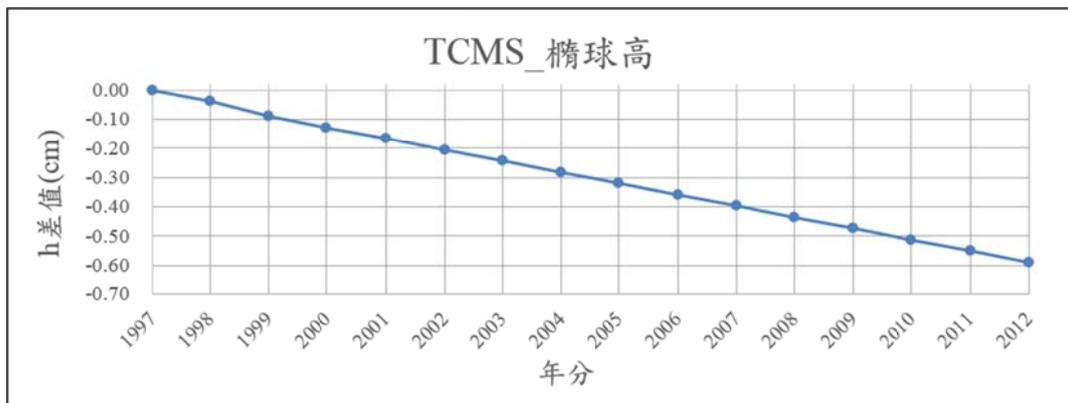


圖 3-7b、TCMS 衛星追蹤站點位高程坐標 1997 至 2012 年變化

表 3-5、台灣 IGS 追蹤站於 1997~2012 年間點變化情形(單位：cm)

	E	N	h
TWTF	50.15	-20.08	5.65
TNML	45.74	-15.31	-0.59
TCMS	45.74	-15.31	-0.59

3-2-2 蒐集陽明山(YMSM)、東沙(TNSM)衛星追蹤站歷年觀測數據

內政部於 1993 及 1994 年間陸續於國內設置陽明山、墾丁、鳳林、金門、北港、太麻里、馬祖、東沙 8 個具有全天候觀測之衛星資訊收集站，透過與國際追蹤站聯測後可求得其絕對坐標，並提供國內 TWD97 基準框架之依據。陽明山與東沙衛星追蹤站分別於 1993 及 1994 年由內政部建置並開始運作，東沙衛星追蹤站如圖 3-8 所示，與陽明山衛星追蹤站同樣為鋼筋混凝土圓柱基樁。



圖 3-8、東沙衛星追蹤站(TNSM)主點

本計畫所解算衛星資料包含東沙衛星追蹤站 2003 年 1 月 1 日至 2012 年 7 月 22 日，以及陽明山衛星追蹤站 2003 年 1 月 1 日至 2012 年 6 月 10 日，其間東沙與陽明山衛星追蹤站分別於 2004 年 10 月 5 日及 2005 年 10 月 12 日更換過一次天線盤及接收儀。更換前天線盤型號為 Allen Osborne AOAD/M_T，更換後型號為 Topcon TPSCR3_GGD。

3-2-3 數據計算分析並比對其於國際框架系統 ITRF 之坐標變化情形

以 GIPSY 解算東沙衛星追蹤站(TNSM)自 2003 年 1 月 1 日至 2012 年 7 月 22 日每日解一坐標值。TNSM 於 2004 年 10 月 5 日更換天線盤，故解得坐標成果以該日為分界依顏色區分。圖 3-9 為 E、N 解算點位坐標，並將解算坐標減去公告 TWD97 參考坐標系統於 101 年公告之坐標值。就 2003 年至 2012 年之長時之平面趨勢而言，該站點位呈現向東南方向移動。圖 3-10 呈現 TNSM 橢球高解算成果減去 TWD97 公告橢球高差值時序，

該點位並無明顯抬升或沉陷現象；更換天線盤前、後點位解算成果並無顯著影響呈現於時間序列上。

陽明山衛星追蹤站(YMSM)自 2003 年 1 月 1 日至 2012 年 6 月 10 日每日一解，以前述相同成果比較及呈現方式如圖 3-11 及圖 3-12，該站點位長時趨勢亦與 TNSM 相同呈現往東南方向移動。

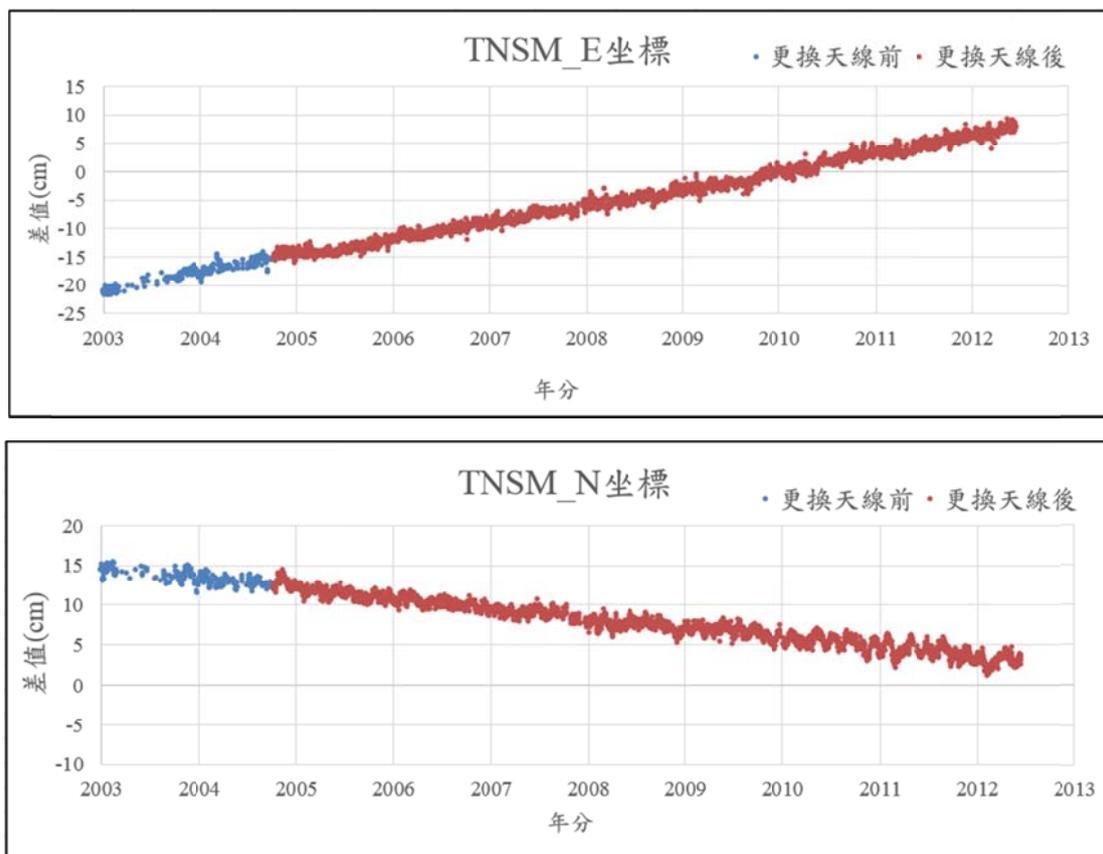


圖 3-9、TNSM 之 E、N 坐標解算時序

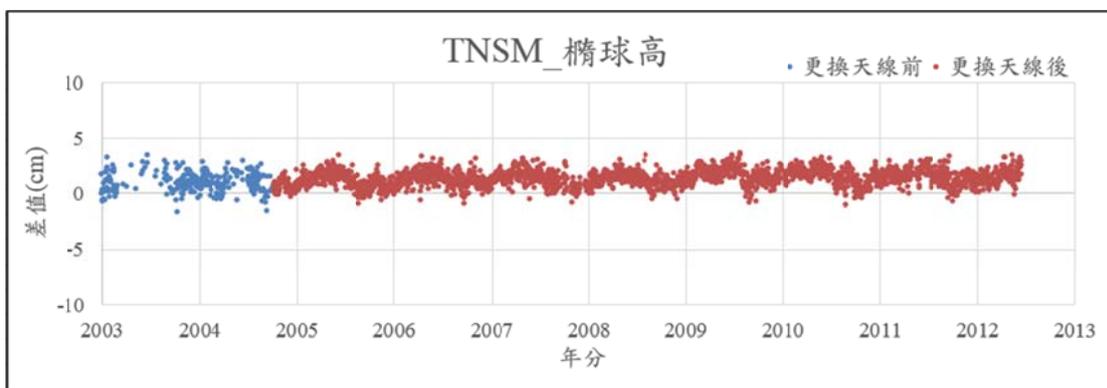


圖 3-10、TNSM 之橢球高解算時序

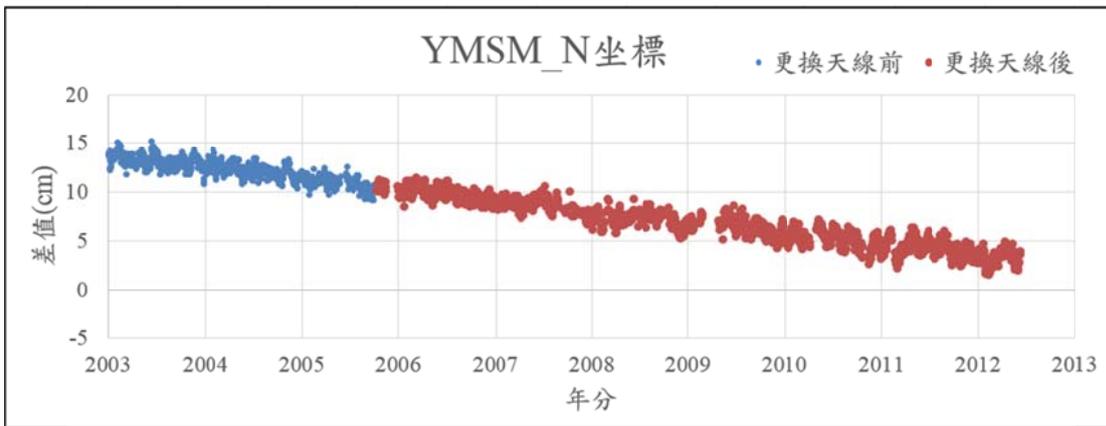
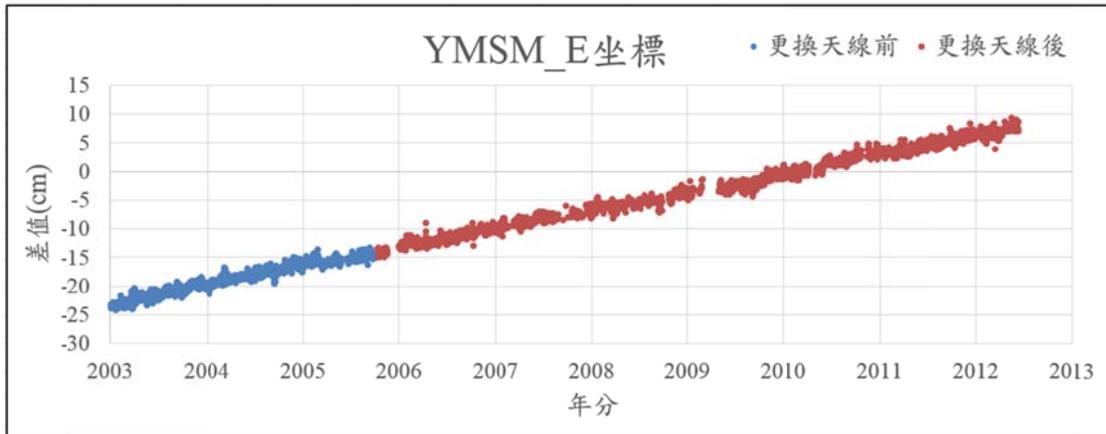


圖 3-11、YMSM 之 E、N 坐標解算時序

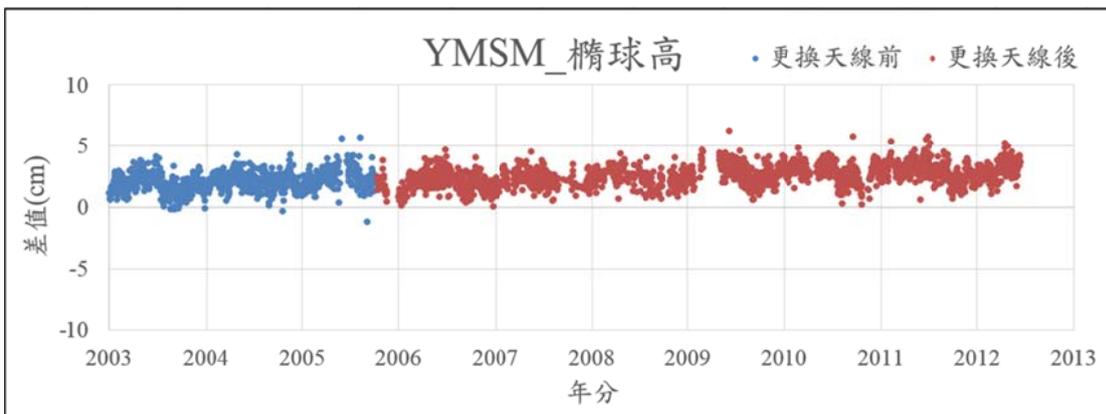


圖 3-12、YMSM 之橢球高解算時序

考慮 TNSM 與 YMSM 於平面 E、N 方向上具有顯著移動趨勢，假設該趨勢即為速度場影響，此處將一次式回歸方式獲得一坐標隨時間改變關係式，即將該關係式斜率視為速度場影響量。各觀測時間解算 E、N 坐標值減去速度場影響後，得該地不受速度場影響之平面坐標，此坐標標準差如表 3-6，兩站皆顯示於高程方向具最大標準差。

表 3-6、移除速度場趨勢後 E、N 坐標值標準差(單位：cm)

站名	E	N	h
TNSM	0.75	0.51	0.78
YMSM	0.69	0.66	0.77

IGS 速度場使用表 3-5 中 1997~2012 年間 E、N、h 坐標變化量，計算每年變化率，而內政部追蹤站 TNSM、YMSM 速度場則由各站所有解算坐標成果求其線性回歸式之斜率作為坐標變化率。表 3-7 比對 IGS 追蹤站速度場與 TNSM、YMSM 之點位坐標變化率，各點變化率均大略一致，E、N 坐標分別約有 3cm/yr 與 -1cm/yr 變化率，高程變化則均相對較不顯著，(其中除 IGS 站 TNML 與 TCMS 變化速率 -0.04cm/yr 屬高程沉降外，其餘各站則呈現不等量抬升變化。

表 3-7、IGS 站與 TNSM、YMSM 點位變化速率(單位：cm/yr)

	VE	VN	Vh
TWTF	3.34±0.01	-1.34±0.01	0.38±0.01
TNML	3.05±0.01	-1.02±0.01	-0.04±0.01
TCMS	3.05±0.01	-1.02±0.01	-0.04±0.01
TNSM	2.97±0.03	-1.23±0.02	0.06±0.03
YMSM	3.24±0.02	-1.11±0.02	0.12±0.02

3-2-4 小結

本文由解算東沙(TNSM)及陽明山(YMSM)衛星追蹤站點位長時間變化，追蹤站更換天線前、後解算成果並無顯著差異。由解算結果推估 TNSM 與 YMSM 站速度場於 E、N 方向約為 3cm/yr、-1cm/yr，橢球高方向則不顯著，與台灣本島上 IGS 站解算速度場大致吻合。

第肆章 東沙潮位站系統更新、維護及資料分析工作

本章分為東沙潮位站感測器及其資料傳輸線汰舊換新工程、潮位資料收集及潮位站維護等 3 小節，分別描述如下。

4-1 東沙潮位站感測器及其資料傳輸線汰舊換新工程

東沙潮位站為一連續式運作之潮位與水溫觀測站，其組成構件包含設置於碼頭沉箱上靜水井中之兩具 Druck PTX 1830 壓力式潮位計與兩具溫度計，透過訊號線傳輸訊號至東沙漁民服務站文康室內之記錄器，訊號線經由預設之暗管經由碼頭至安檢站旁，再以 PVC 管沿著安檢站屋頂，鋪設至漁民服務站屋頂後至文康室內，線路配置圖如圖 4-1 所示。壓力式潮位計與溫度計分別經由不同暗管，至安檢站後方才在同一 PVC 管內，其目的在降低類比訊號彼此干擾。

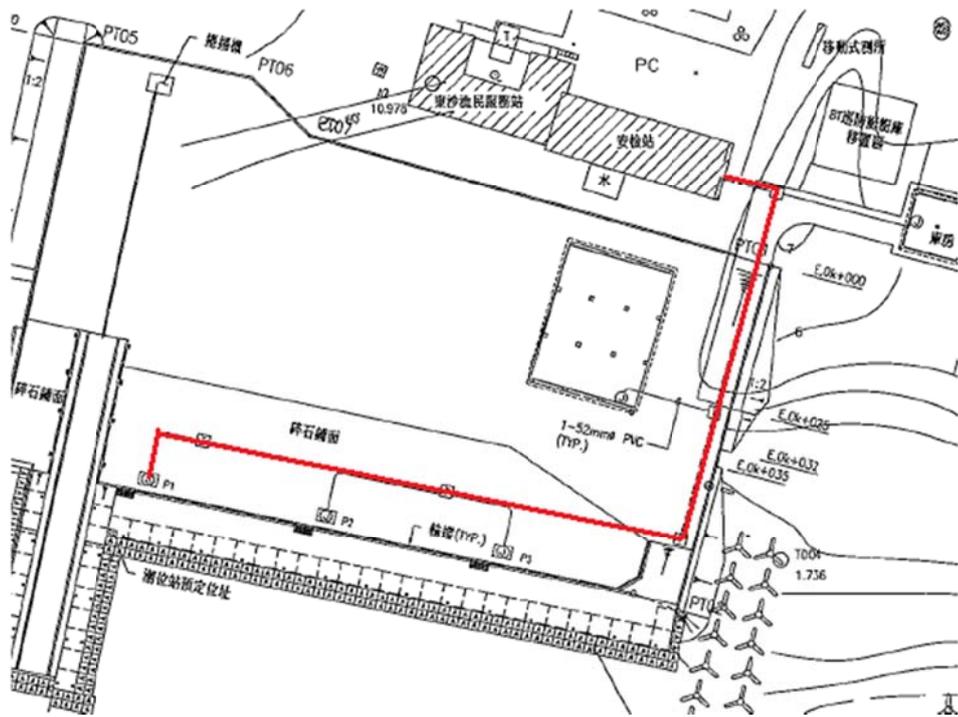


圖 4-1、線路配置圖

安檢站於 2012 年 10 月 23 日起改建，目前本計畫團隊繼續維護自記式潮位計(SBE 39TP 溫壓計)之運作，以期溫壓觀測數據不會中斷。安檢站工程原預定 2013 年 3 月 31 日完工，待安檢站工程完工後再度場勘，確定管線狀況與靜水井內設施狀態後，確認施工內涵，再安排潮位站重建施工。本計畫團隊於 2013 年 6

月 4 日會同相關人員前往東沙現勘，說明及現場照片詳見附錄三。

本團隊於 10 月 8 日進行現勘，安檢站工程已完工(圖 4-2)，但尚未驗收，經討論管線原定經由房舍牆角布設，在美觀考量下更改為沿著屋簷下水管鋪設(圖 4-3)，為配合前往東沙之交通安排，相關工程於 11 月 28 日至 12 月 3 日登島作業，潮位站於 11 月 30 日復建完成。



圖 4-2、安檢站工程現況



圖 4-3、管線布設示意圖

另外，安檢站重建工程前，管線內佈設有兩具潮位計與兩具溫度計，但僅有一具潮位計與溫度計通電工作，其並設之目的在感測器故障時方便立即替換，減

少拉線之工作。重建時擬僅安置一套，另一套備品則置放於海管處東沙工作站儲藏室內，有替換需求時再使用。

4-2 東沙地區潮位數據蒐集

內政部 2011 年「以透水光達測繪技術測製東沙地區數值地形模型工作」案於東沙碼頭建置連續式潮位站，本年度因東沙島原安檢站施工緣故，該站停止運作。本年度使用自記式潮位計觀測，交替使用四具，型號皆為 SBE 39TP 型無電纜線壓力式潮位計(Sea-Bird, 2009)，其水深量測範圍為 20 公尺，潮位觀測精度為 ± 2 公分。該型潮位計藉由置於內部之電池提供電力才可運作，因此交通大學團隊每隔一段時間須將潮位計取出並進行儀器維護、電池更換、數據下載，並以電腦與 SBE 39TP 內部石英鐘校時，以確保其可正常運作(史天元等，2010)。潮位計所記錄之壓力值為感測器所承受各種來源之總壓，並假設在承受率定氣壓(14.7 psia=10.135293dbar)時，記錄壓力值為 0。實際觀測時大氣壓力隨時間改變，因此需進行氣壓改正。本計畫使用海洋國家公園東沙管理站提供之氣壓觀測值進行本項改正，改正後壓力值依公式將其值轉換為水深值(depth (meters) = pressure (decibars) * 1.019716)，即此處分析之潮位數據。

本年度蒐集潮位觀測數據時間自 2002 年 11 月 2 日至 2003 年 8 月 25 日，記載頻率為 60 秒一筆，期間除取出潮位計進行維護及替換潮位計之數分鐘資料空缺外，均至少有一組潮位計進行觀測。本研究所分析數據由 4 組潮位計所測得，以輪替方式儘可能取得連續觀測之潮位，各潮位計所進行觀測時間如表 4-1 所列。後續進行調和分析時，先將各組潮位計觀測潮位重新取樣為 6 分鐘一筆，取樣方式為每 6 分鐘觀測量取平均值，並將各組潮位計觀測數據依時序合併。

如表 4-1、各組潮位計觀測時段所呈現，整組觀測數據中除 2012 年 12 月 4 日至 2013 年 2 月 5 與 2013 年 6 月 4 日至 2013 年 8 月 25 日兩時段期間僅有一組潮位計觀測外，其餘時段均有兩組潮位計同時觀測，需先將兩組潮位計中對應於

相同時間之觀測量取平均後，再依時序合併數據。最終合併潮位觀測數據如圖 4-4 所示。

表 4-1、各組潮位計觀測時段

潮位計 編號	年 月	2012		2013								
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
SBE1984			██████████				██████████					
SBE1985		██████████			██████████							
SBE4915		██████████			██████████			██████████				
SBE5625							██████████					
維護日期		11/2	12/4		2/5		4/9		6/4			8/25

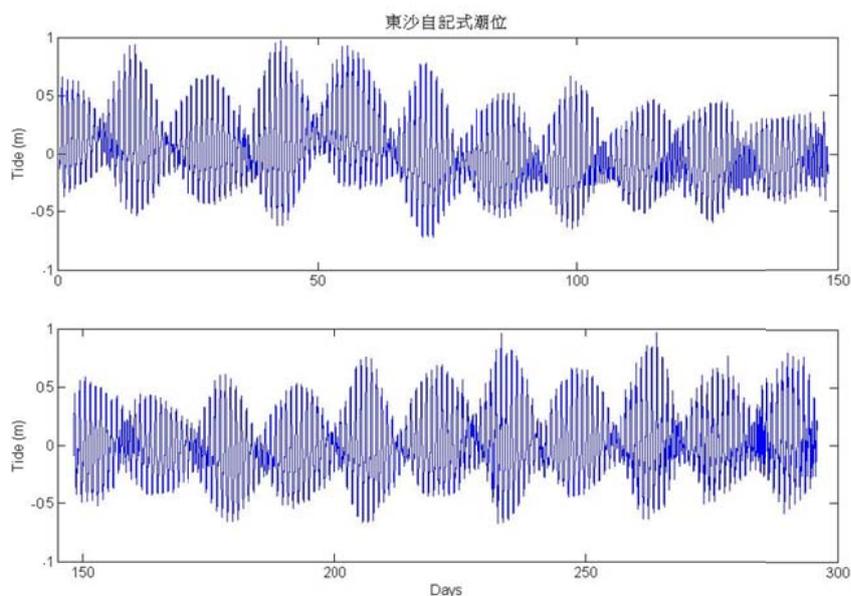


圖 4-4、各潮位計觀測資料組合後潮位時序

4-3 東沙潮位數據分析

持續進行長期性潮位觀測，為建立參考高程基準之必需條件。內政部國土測繪中心(2010b)於「水深測量技術發展先期研究」所述，由美國陸軍工兵署之作業規範(USACE, 2001)中指出，可分別於不同地區設立長期(主要)、中期(次級)與短期(第三級)之潮位站，其中長期(主要)控制潮位站為一至少需要 19 年週期之連續驗潮觀測站，主要可利用其潮汐資料計算調和分析常數，以供潮汐預報及基準面

推算之用。

中期(次級)控制潮位站為一觀測時間可以少於 19 年，但必須大於 1 年以上週期之潮位站，以提供 365 天海平面季節變化之調和分析使用。

短期(第三級)潮位站則為觀測時間少於 1 年，但至少要有 30 天週期之潮位站，其主要在於提供 29 天之調和分析常數。

本計畫進行之分析項目如下，另可參考附錄四之詳細說明：

1. 以統計方法計算潮位站之平均潮差及平均高潮間隙。
2. 利用調和分析法，將觀測資料之潮汐訊號解析出來，以獲得不同分潮的振幅及相位延遲。
3. 利用調和分析後所獲得之 62 個主要分潮，來繪製潮位站之潮位振幅及相位角。
4. 用實測資料進行潮位預報，並與實測資料進行繪製分析比較。

4-3-1 調和分析

調和分析方法常用於處理潮位觀測資料，其原理是以牛頓所提出之平衡潮(equilibrium tide)理論為基礎，將潮位的時間序列視為數種不同週期分潮的線性加總，由最小二乘法解析出各分潮及其振幅、相位角，藉以分析當地潮汐特性，並可對未來潮位進行推算。本研究使用調和分析方法解析東沙地區潮位特性，由主要分潮重組後計算平均水深，同時亦由觀測水深直接平均獲得平均水深。

本案使用以 Matlab 程式語言建構之 `t_tide` 程式進行調和分析，其分析振幅與相位角之演算法乃根據 Godin(1972), Foreman(1977)及 Foreman(1978)之 FORTRAN 程式碼為基礎，並增進部分分析功能(Pawlowicz et al., 2002)。

經調和分析解析出之 62 個主要分潮(見附錄四之表 2)，其中主要分潮為頻率接近 $1/24(0.042)$ 之全日潮 K1(26.42cm)、O1(21.25cm)、P1(9.04cm)，

及頻率為 $1/12(0.083)$ 之半日潮 $M_2(14.61\text{cm})$ 、 $S_2(5.55\text{cm})$ 、 $N_2(3.28\text{cm})$ ，由振幅顯示東沙島以全日潮為主。由潮型判別式判斷，以法國制計算式可算得該值為 2.36，屬於全日潮；以美國制計算式可算得 3.26，亦為全日潮。

4-3-2 小結

本年度所蒐集東沙地區潮位數據經調和分析出 62 分潮，由各分潮特性判別均顯示屬於全日潮，將分潮重組後所得調和分析後潮位取其 6 分鐘 1 筆數據之平均，求得平均海水面高程為 0.0084m，而由觀測潮位直接平均則為 -0.0560m，此結果相較於本案期中報告 214 天觀測長度分析結果，更為接近正高系統零點。本次分析使用之數據為由 2012 年 11 月至 2013 年 10 月 7 日計 295 天之六分鐘觀測潮位。

第五章 建製東沙地區塊礁分布圖

本章蒐集並歸納國內外現有塊礁(Patch reefs)製圖方法及規範，配合東沙環礁地理位置及珊瑚礁生長情形，研擬塊礁產製之作業方法及流程，最後試作三幅 1/5000 比例尺東沙塊礁分布圖。

5-1 國內現有塊礁製圖方法及規範

塊礁通常生長於潟湖或內灣中，成孤立狀或與其他塊礁形成群聚之情形皆有，以東沙環礁為例，直徑從數公尺至數百公尺不一，測深光達所測得塊礁成果如圖 5-1 所示。

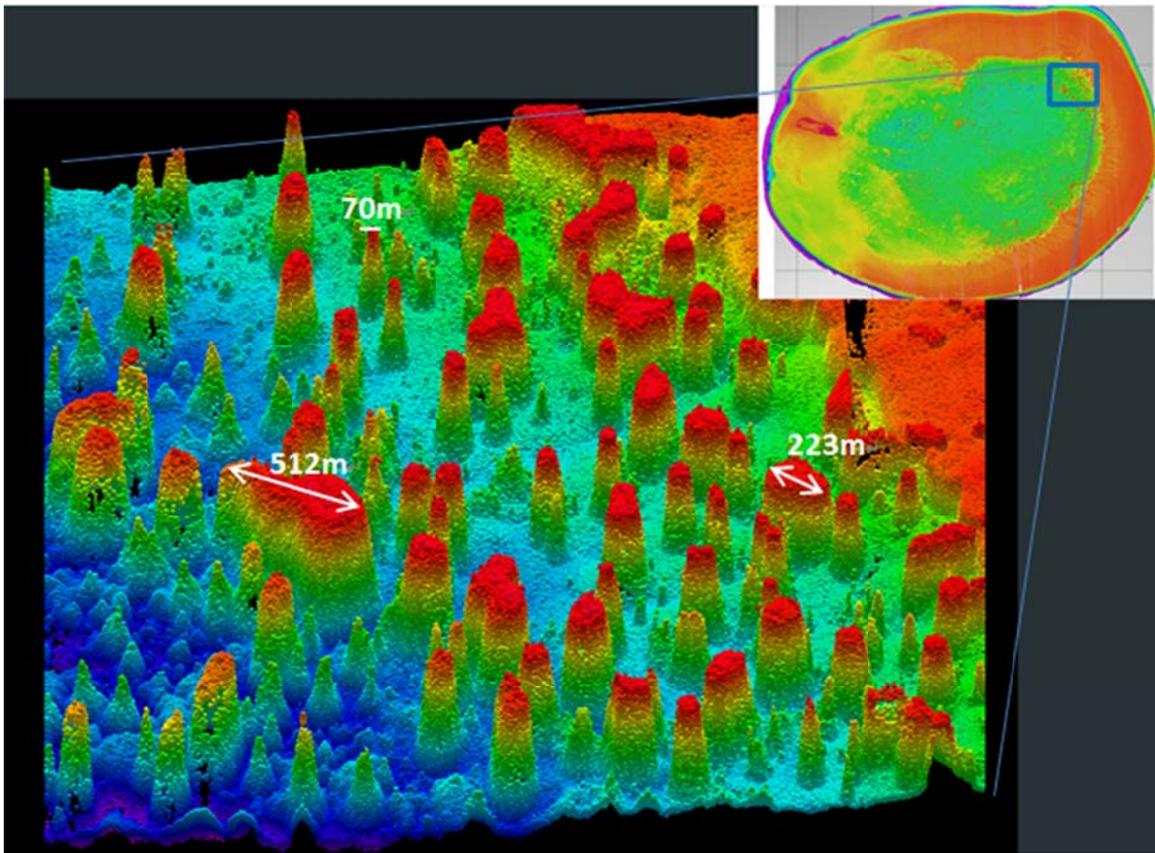


圖 5-1、測深光達所測量塊礁成果

台灣珊瑚礁地圖(下)(戴昌鳳, 2011)中提到東沙環礁的範圍廣大，不同地點之間的生態特性有相當大的差異，依據生態環境和珊瑚分布特性，可分為以下六大區域:外環礁北側、外環礁東側、外環礁南側、外環礁西側、潟湖東側及潟湖西側，如圖 5-2 所示。

東沙位於南海熱帶生物由南往北散布，以及溫帶淺海生物由北往南散布的中繼點。從生物地理的觀點來看，東沙環礁生態系受到南海水團和黑潮支流的影響，對於西太平洋海洋生物的散布和族群延續都是關鍵棲地；東沙珊瑚礁也是許多海洋生物繁殖和育幼的場所，而在海洋生態保育上佔有重要地位。

● 環礁潟湖東側：

東側屬於隱蔽型環境，由於受到環狀珊瑚礁的屏障，水流較緩、波浪能量較低、沉積率也較高，底質主要是顆粒較細的珊瑚沙，期間有一些塊狀礁分布；塊狀礁頂部表面的珊瑚群聚以石珊瑚為主，覆蓋率相當高，以分枝形和團塊形珊瑚為主，軟珊瑚很少。

● 環礁潟湖西側：

東沙島位於潟湖區西側邊緣，周圍的底質主要是珊瑚沙和珊瑚碎屑，表面被海草密集覆蓋，形成面積廣大的海草床，期間有一些大型的微孔珊瑚群體。

● 外環礁東側：

外環礁屬於開放型環境，海流較強、受波浪影像較大、水質較清澈，珊瑚種類較多，活珊瑚覆蓋率較高，物種數較多。然而，由於環礁四周海域的環境條件不盡相同，因此發展出不同型態的珊瑚群聚；其中東面及南面是以石珊瑚為主，軟珊瑚為輔的群聚；西面則為石珊瑚優勢群聚，軟珊瑚甚少。東沙外環礁東面的珊瑚礁表面為礁脊和槽溝交錯分布地形，在水深 5 至 15 公尺之間為平緩斜坡。

● 外環礁西側：

外環礁西面的底質在水深 15 公尺以內為平緩斜坡，水深 15 公尺以上則有一些大型礁塊散布在岩石底質上，石珊瑚群聚覆蓋率約占 30%，本區覆蓋率較低可能是受到砂質沉積物較多的影響。

● 外環礁南側：

環礁外部南面水深 3 至 15 公尺的礁區為平緩斜坡，表面地形為礁脊和槽溝交錯分布，礁脊寬約數公尺至十餘公尺，槽溝較窄，寬約 2 至 5 公尺，由淺向深彎曲

延伸或斷續分布。此外，本區珊瑚群聚容易受到颱風巨浪的沖擊，而產生劇烈變動，常在颱風過境之後，珊瑚覆蓋率大幅降低。

● 外環礁北側：

環礁外部北面的珊瑚礁地形，在水深 5 至 10 公尺之間為平緩斜坡，表面為礁脊和槽溝交錯分布地形，水深 10 公尺以上則有大型礁塊分布，地形較富變化。礁石表面的珊瑚覆蓋率約 80%，其中軟珊瑚較為優勢，約占三分之二，石珊瑚類約占總覆蓋率的三分之一。



圖 5-2、東沙珊瑚礁分布示意圖(戴昌鳳，2011)

5-2 國外現有塊礁製圖方法及規範

演化生物學大師查理士·達爾文 (Charles Darwin) 對珊瑚礁形成理論有著深刻的著墨，甚至早在 1842 年就出版了一本將近 300 頁有關於珊瑚礁的書，書名

為珊瑚礁的結構與分佈 (The Structure and Distribution of Coral Reefs)，最早將珊瑚礁進行分類。他按照火山島基質與珊瑚礁的相對關係，將珊瑚礁分為裙礁、堡礁和環礁三類，三者的發展有一定的順序(陳昭倫，2009)，如圖 5-3。

1. 裙礁(Fringing Reef)：也稱岸礁，直接生長在海岸岩床上，主要沿著大陸或島嶼邊緣形成，因而構成濱線的一部分。
2. 堡礁(Barrier Reef)：堡礁位於大陸的邊緣，與陸地之間有瀉湖相隔，堡礁可以是因為大陸下沉由裙礁演化而成，如澳洲大堡礁。
3. 環礁(Atoll)：透過風化，島嶼逐漸被侵蝕，最後沉到海底，由珊瑚礁所包圍，形成中間無任何陸地或島嶼的瀉湖。

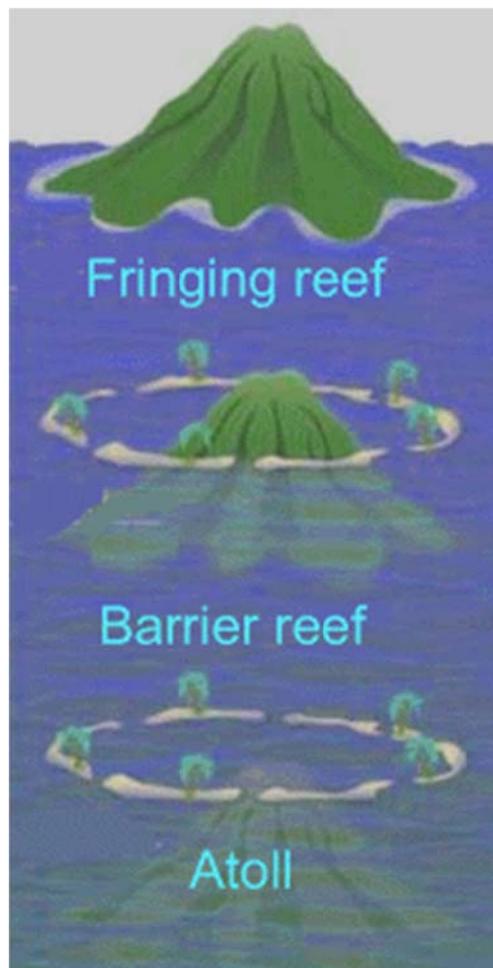


圖 5-3、珊瑚礁發展順序(Alevizon, 2010)

● 美國夏威夷群島珊瑚礁海底棲地分布圖

夏威夷群島位於北太平洋中部，是世界上最孤立的海洋島性的群島之一，群

島中主要島嶼有尼好島(Ni'ihau)、考艾島(Kaua'i)、歐胡島(O'ahu)、摩洛凱島(Moloka'i)、拉奈島(Lana'i)、茂伊島(Maui)、卡荷拉維島(Kaho'olawe)及夏威夷島(Hawai'i)。

美國國家公園管理局(U.S. National Park Service, NPS)及美國地質調查局(United States Geological Survey, USGS)於 2005 年及 2006 年發表夏威夷群島珊瑚礁海底棲地分布圖研究報告(Cochran et al.,2005&Cochran et al.,2006)。兩次研究地點分別為圖 5-4 箭頭所指為摩洛凱島(Moloka'i)位置,珊瑚礁分布範圍以粉紅色區塊顯示;另一地點為圖 5-5 夏威夷島(Hawai'i)上之 PUHO 國家歷史公園(Pu`uhonua H onanau National Historic Park),此兩個地區跨陸棚珊瑚礁分區示意圖如圖 5-6 所示。

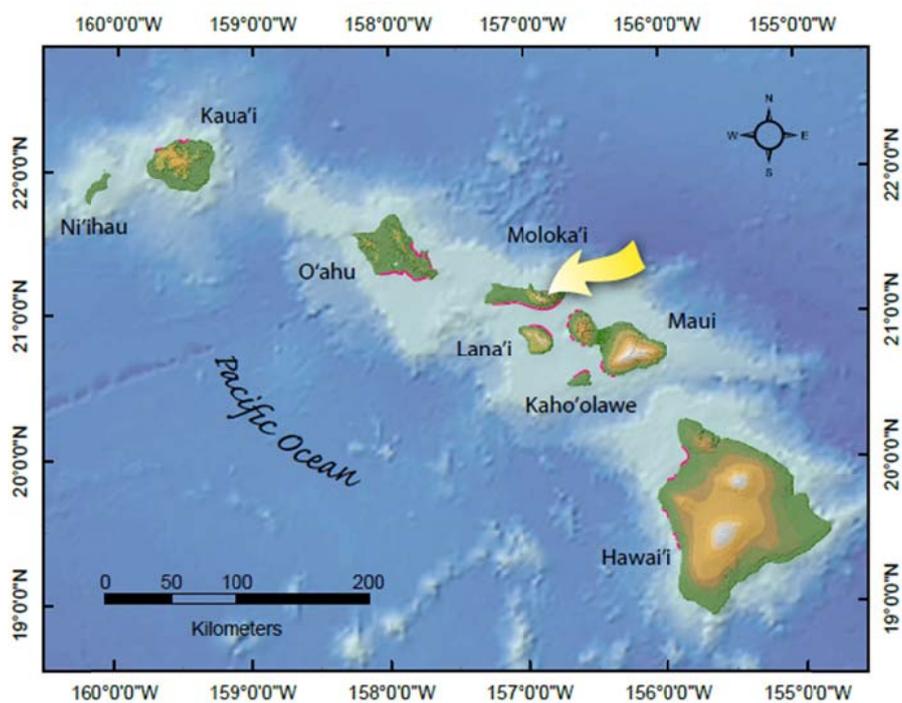


圖 5-4、摩洛凱島(Moloka'i)位置(Cochran-Marquez et al.,2005)

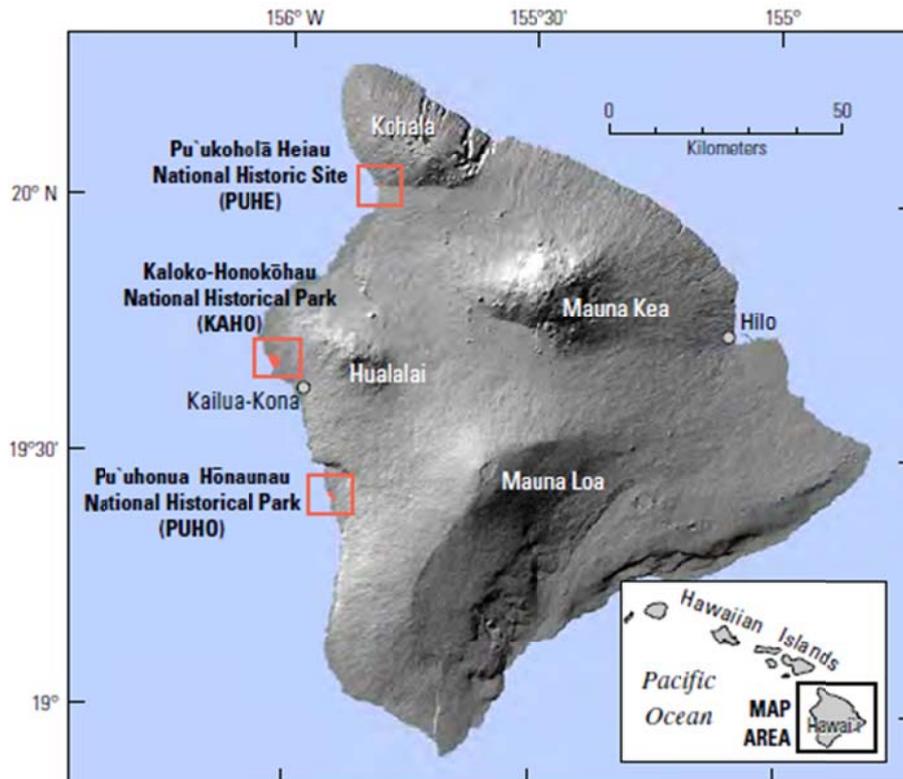


圖 5-5、夏威夷島上國家公園分布位置(Cochran-Marquez et al.,2006)

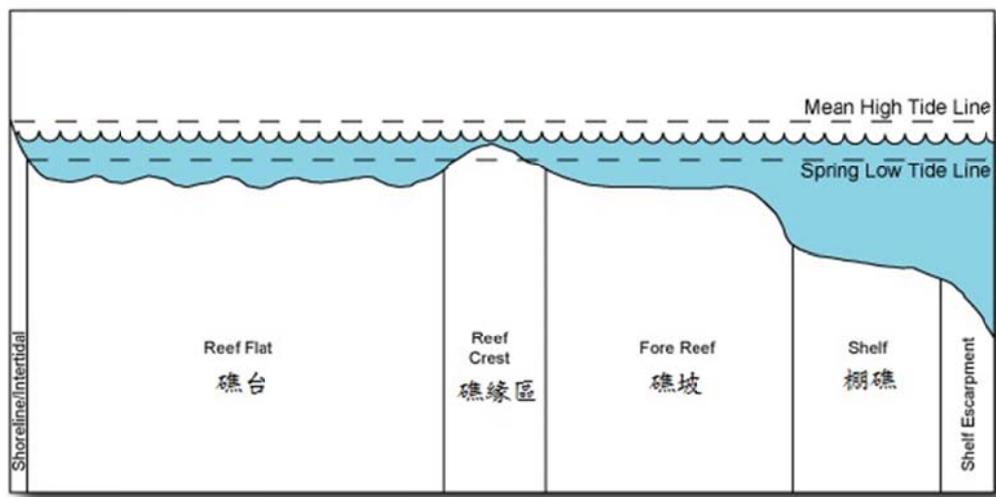


圖 5-6、跨陸棚珊瑚礁分區示意圖(Kendall et al., 2004)

上述海底棲地分布圖研究流程圖如圖 5-7 所示，其利用航照影像、SHOALS 測深光達數據及配合現地調查，搭配 ArcView 3.2 軟體進行抬頭數化及分類，進行現地檢核及精度驗證，最後產製圖資可利用 GIS 系統展示及管理。

分類方式主要分為四大類：1) 主要地貌或底質 (the dominant geomorphologic structure or substrate); 2) 主要生物覆蓋種類 (major biologic cover); 3) 生物覆蓋率 (the percentage of major biological cover) 以及 4) 地理分布帶 (the geographic zonation)，詳細分類表格如附表一所示。

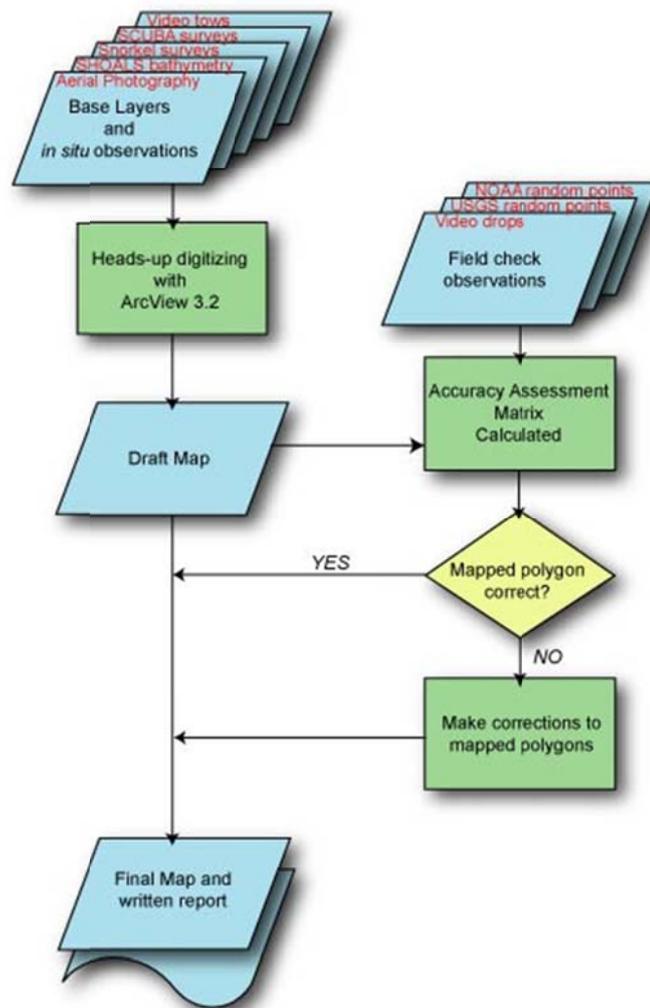


圖 5-7、海底棲地分布圖產製流程(Cochran et al.,2005)

5-3 塊礁分布圖產製方法研擬

塊礁分布圖採用兩種不同感測器取得數據，包含數值地形模型以及衛星影像數據。數值高程模型為內政部 100 年度「以透水光達測繪技術測製東沙地區數值地形模型工作」中以 AHAB HawkEye II 系統施測東沙地區點雲數據，經由 TerraMatch 航帶平差處理後以 SCOP++5.4 內插為 5×5 公尺數值地形模型；福衛二號衛星影像拍攝日期為 2009 年 3 月 20 日，將空間解析度 2 公尺全色態影像

與空間解析度 8 公尺多光譜影像進行影像融合(圖 5-8)。

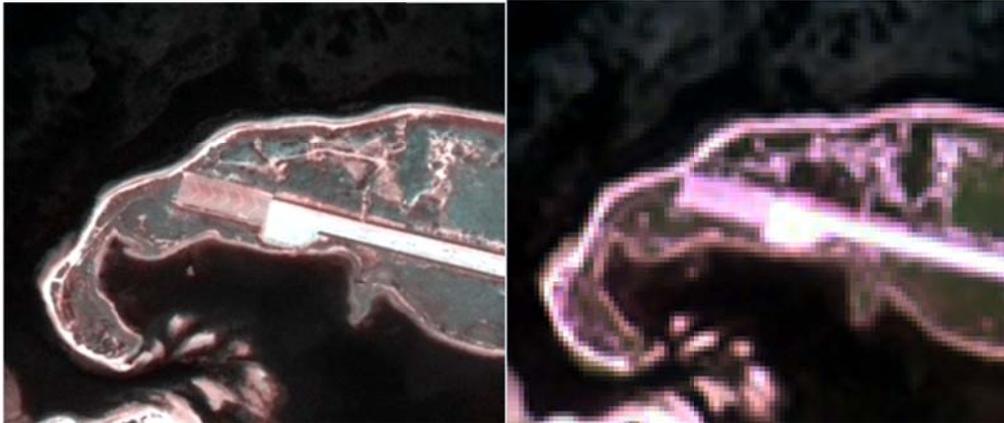


圖 5-8、影像融合前後之衛星影像，左側為融合後，右側為融合前

本計畫以 3 幅 1/5000 圖框範圍進行塊礁分布圖試作，利用趨勢面、物件分割及手繪等三種方法進行產製，並以手繪成果與上述兩種數值方法在數量及面積比較之。

5-3-1 試作區域

試作區分佈於東沙環礁礁台及其內部之潟湖，分布圖如圖 5-9 中紅框框選處，依不同環境條件共選出三圖幅範圍測試。圖幅編號 87142013 為完全位於內部潟湖區，塊礁分佈於整張圖幅而未涵蓋礁台；圖幅編號 87142036 位置介於潟湖與外圍環礁的交界，左半幅塊礁散佈，右半幅則全為礁台所佔據；圖幅編號 87142046 幾乎全圖幅位於外圍環礁礁台上，相較於前兩圖幅地形起伏相對單調。三試作區之衛星影像及 DEM 如圖 5-10 及圖 5-11。

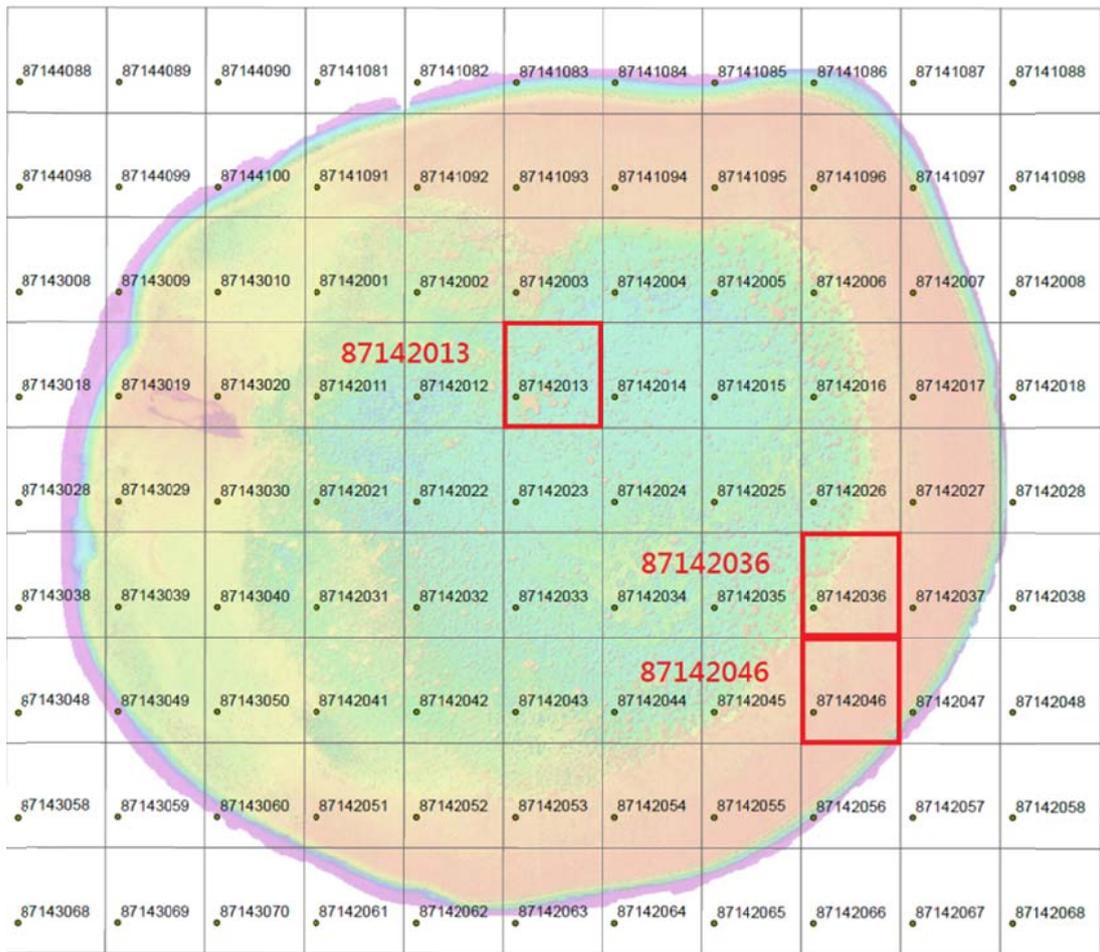


圖 5-9、試作區位置分布

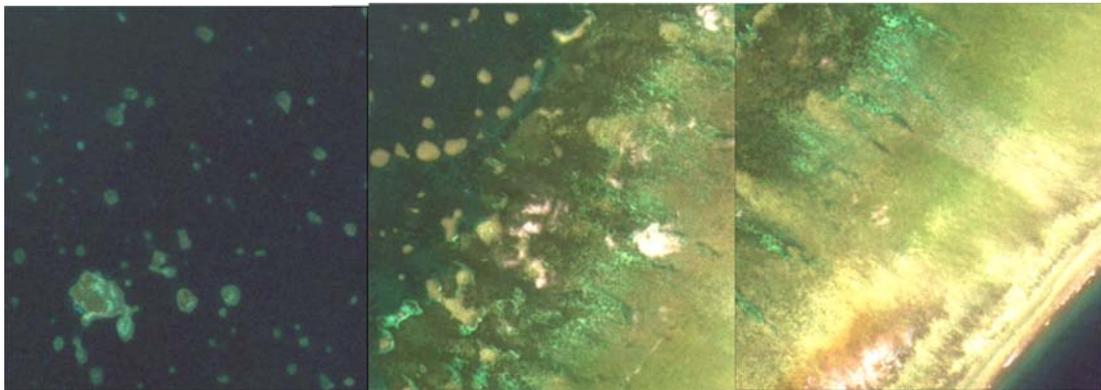


圖 5-10、瀉湖區、交界處與礁台上的衛星影像

(由左至右圖幅編號依序為 87142013、87142036 及 87142046)

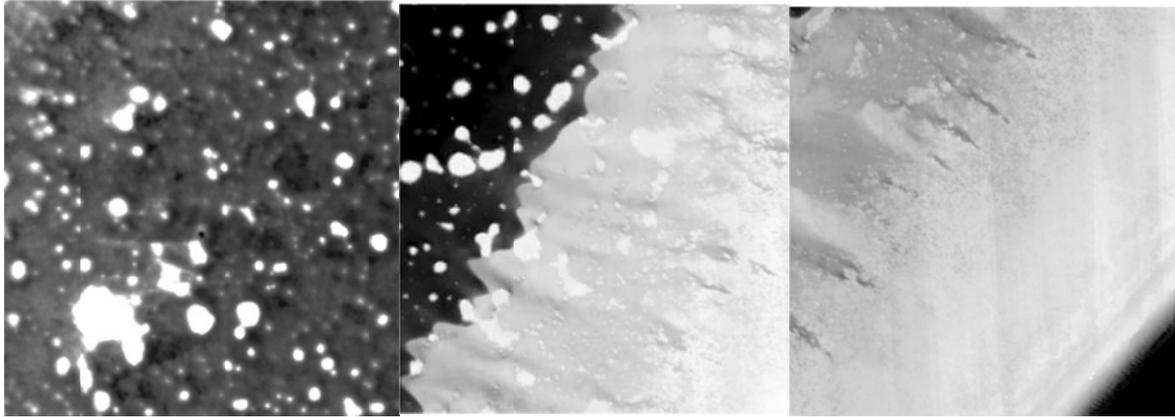


圖 5-11、瀉湖區、交界處與礁台上的 DEM

(由左至右圖幅編號依序為 87142013、87142036 及 87142046)

5-3-2 塊礁萃取

1、趨勢面

趨勢面方法先以數學多項式擬合一個與數值高程模型最相近的趨勢面，再將原始之數值高程模型扣除該趨勢面並得殘差面，而殘差面上凸出之部分即為本計畫所要求得之礁塊位置，如圖 5-12 所示。此處使用 MicroDEM 軟體(Guth, 2012)計算數值高程模型之趨勢面及殘差面，測試之數學多項式階數為 1 至 8 階，而殘差值以 0 為門檻，若大於 0 表示 DEM 高於殘差面，即可能為塊礁所在。

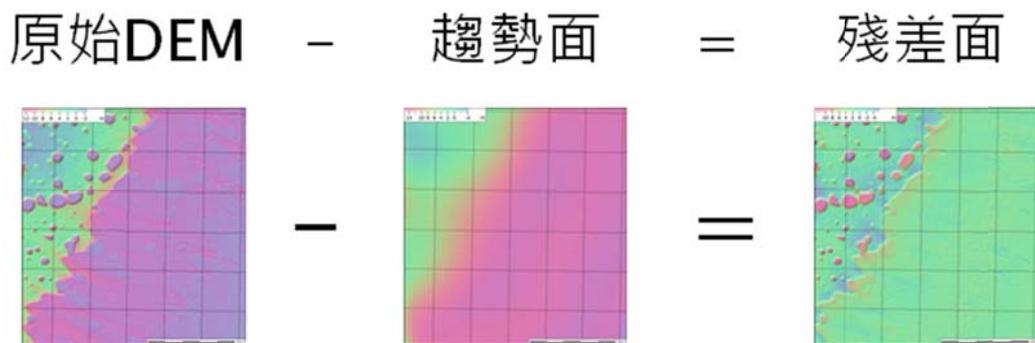


圖 5-12、殘差面示意圖

2、物件分割

物件分割可依資料種類分成三部分，其一是以 DEM 做為分割依據，

其二是以影像做為分割依據，最後則是結合 DEM 與影像做為分割依據。使用軟體為 eCognition (Beetz. et al. 2004)。

三種資料都依不同的尺度進行分割，從 10 公尺至 100 公尺共分成十種尺度參數的成果，分割的模式是使用 Multiresolution segmentation,color 及 shape 的比例統一調整成 color 為 1 與 shape 為 0。其中，分割模式選擇 Multiresolution segmentation 係因該模式與手繪塊礁位置最為相近，且分析出的塊礁均為圓滑曲線，不像另外兩種方法(Chessboard segmentation 與 Quadtree segmentation)分析出之成果太方正，與現實差異較大，如圖 5-13 藍線所示，故選用此模式。color 跟 shape 的比例統一調整成 color 為 1 與 shape 為 0，則是考量 shape 的比例調的越高，分割出的成果越偏向區域的區塊，而非依 DEM 或是影像中礁塊位置來分割，如圖 5-14 所示。

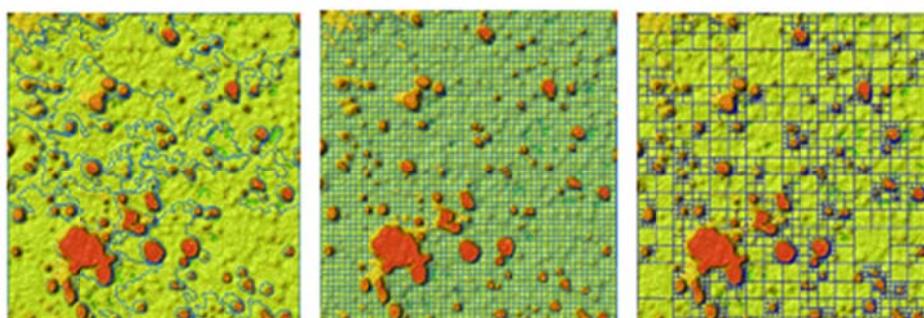


圖 5-13、左向右依序為 Multiresolution segmentation、Chessboard segmentation 與 Quadtree segmentation 的成果

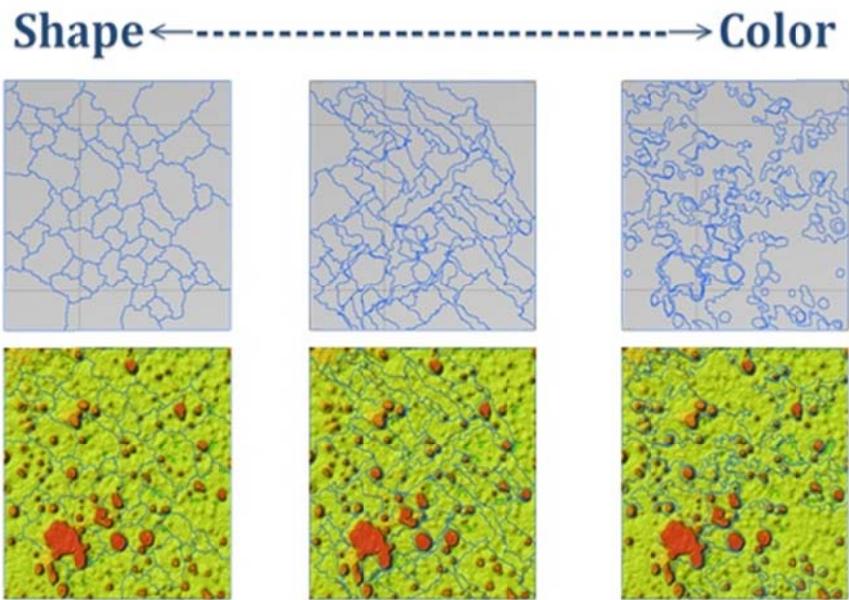


圖 5-14、color 與 shape 不同比例示意圖

DEM 分割

DEM 經上述分割後呈現塊狀，每個區塊均有一個平均高程值(區塊內總高程之平均)，之後再依據平均高程做分類，一為高程大於 0，視為塊礁位置，一為高程小於 0，視為非塊礁位置。

影像分割

影像分割與 DEM 分割均以塊狀呈現，每個區塊以影像平均灰度值做為分類依據，灰度值大於平均為塊礁的位置，而灰度值小於平均則為非塊礁的位置。

結合影像與 DEM 分割

在影像與 DEM 的分割前，須先將 DEM 之高程值轉換至 0 至 255 的灰階值，依分割後的成果進行分類，分類依據則採用 DEM 高程對應到的灰度值，灰度值大於平均為塊礁位置，而灰度值小於平均則為非塊礁位置。

5-3-3 手繪

手繪的做法是以目視為依據，將塊礁的位置圈選繪製，圈選時配合坡度 15 度以上的地方切出邊界，並遵守下列兩個原則，其一為塊礁面積大於 100

平方公尺才加以圈選，其二為高度小於 5 公尺的塊礁予以忽略。另外，圈選塊礁時若小礁塊與其他礁塊部分有連接時，則視為同一礁塊，若無相連且面積大於 100 平方公尺時，則獨立形成一單一礁塊，最後再將這些繪製出的礁塊進行平滑化，使其更符合礁塊外型。

利用 DEM 與衛星影像進行繪製成果如圖 5-15 所示，兩種影像繪製出成果在數量與面積有明顯差異，表 5-1 顯示兩者在數量上的差異。另外，DEM 找到的塊礁較影像多且大，如圖 5-16 所示，DEM 找到的塊礁較偏向底部，而衛星影像找到的較偏向礁塊頂部，而造成此現象應為衛星影像在較深處，會因為海水透視度差，造成塊礁底部無法被分辨，依照本計畫定義之塊礁範圍，應包含至塊礁底部，故 DEM 比在衛星影像找到的塊礁數量及面積應較為正確，後續將與趨勢面及地形分割的成果進行比較。

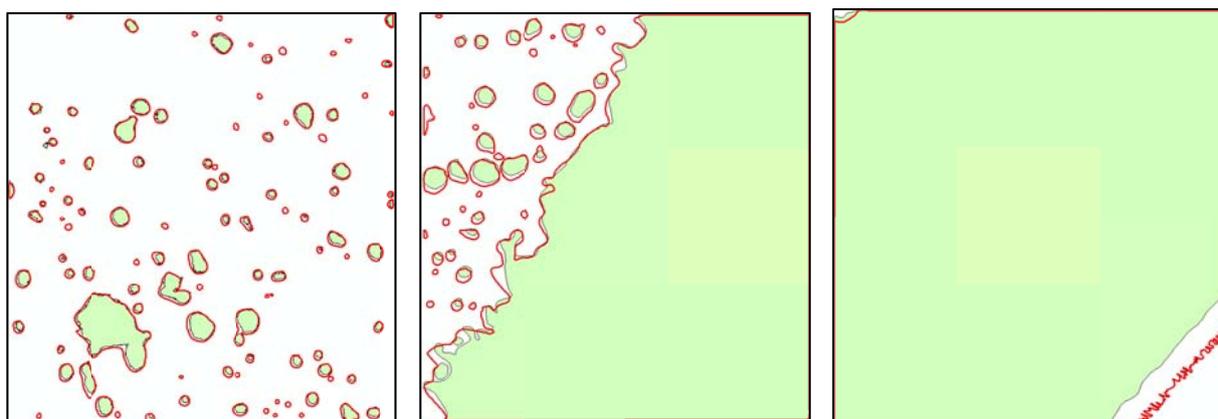


圖 5-15、DEM(紅線)及衛星影像(綠底)手繪塊礁分佈
(由左至右圖幅編號依序為 87142013、87142036 及 87142046)

表 5-1、以 DEM 及衛星影像手繪塊礁數量

塊礁數量	DEM	衛星影像
瀉湖區(87142013)	105	74
交界處(87142036)	43	27
礁台上(87142046)	1	1

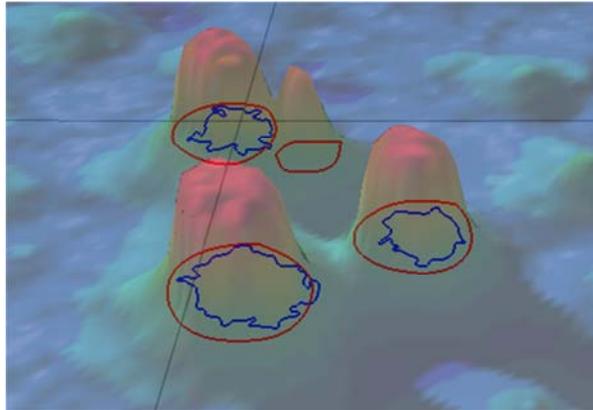


圖 5-16、由 DEM(紅線)與衛星影像(藍線)手繪塊礁差異

5-4 成果分析

成果以兩種模式進行分析，一種為塊礁數量，另一為塊礁面積，若單以數量或面積進行分析，則會忽略另一項特質。另外，在面積比對上，由於非塊礁之面積遠大於於塊礁面積，使得無法正確反應塊礁偵測比率，因此引用 Kappa 值 (Landies & Koch,1977)做比較。

5-4-1 數量比較

將偵測出之塊礁與手繪的塊礁依面積大小給予編號，再將兩圖層取聯集，統計沒有互相對應到之數量，若為手繪沒有對應到，即漏授；若為偵測值沒有對應到手繪，即誤授，以上兩種均歸類為錯誤。

5-4-2 面積比較

將塊礁依面積分成四種部分(表 5-2),A 部分為手繪與偵測出的均為塊礁；B 部分為手繪為塊礁，但偵測出為非塊礁；C 部分為手繪為非塊礁，但偵測出為塊礁；D 部分為手繪與偵測出的均非塊礁。

計算正確率的公式如下：

$$\text{正確率} = (A+D) / (A+B+C+D)$$

Kappa 值的計算式如下

$$\text{Kappa} = ((A+D) - ((A+C)(A+B) + (B+D)(C+D)) / (A+B+C+D)) \div ((A+B+C+D) - (A+C)(A+B) + (B+D)(C+D)) / (A+B+C+D)$$

其中正確率與 Kappa 值均為越接近 1 越準確，另外 Kappa 值在不同區間中有代表不同的正確程度，如表 5-3 所示。

表 5-2、面積區分表

	手繪礁塊	手繪非礁塊
偵測礁塊	A (正確) 手繪與偵測出的均為礁塊	B (誤授) 手繪為礁塊，但偵測出為非礁塊
偵測非礁塊	C (漏授) 手繪非礁塊，但偵測出為礁塊	D (正確) 手繪與偵測出的均非礁塊

表 5-3、Kappa 值代表意義(Landies & Koch, 1977)

Kappa 值	代表意義
<0.00	Poor
0.00-0.20	Slight
0.21-0.40	Fair
0.41-0.60	Moderate
0.61-0.80	Substantial
0.81-1.00	Almost perfect

5-4-3 比較結果

各測試區使用不同偵測方式取得之塊礁及其誤授、漏授數量詳列於附錄七。使用趨勢面方式進行塊礁偵測成果中偵測塊礁數量上均較手繪塊礁多，雖無塊礁漏授的現象，但誤授塊礁面積部分偏大，特別於潟湖區內使用各階數多項式均會產生面積大於 10000m² 之誤授塊礁；以趨勢面偵測塊礁之面積精度如表 5-4，三測試區均大致以低階多項式偵測成果較佳，潟湖區正確率可達 80%以上，但 kappa 值均不佳，最高僅交界處之 46.42%。綜合以上成果，顯示偵測成果中誤授面積造成偵測成果不佳。

表 5-4、趨勢面偵測礁塊面積精度

分類精度(%)		趨勢面多項式階數							
		1	2	3	4	5	6	7	8
瀉湖區	正確率	80.71	80.74	78.84	78.73	78.23	76.48	76.07	75.18
	kappa	39.04	39.10	36.26	36.07	35.33	32.88	32.33	31.19
交界處	正確率	73.04	64.85	65.01	65.56	64.51	63.90	64.05	64.11
	kappa	46.42	32.90	33.07	34.77	32.06	32.52	32.07	32.01
礁台上	正確率	68.63	46.68	49.96	47.82	52.56	47.56	47.25	47.41
	kappa	9.69	3.60	1.86	-1.15	-1.91	-1.67	-0.75	-0.60

物件分割方式分為對 DEM、衛星影像，以及前述兩者結合三種資料進行。受尺度參數之影響，瀉湖區及交界處兩測試區之誤授礁塊數量隨尺度變大而減少，而漏授則反之。此因素乃由於尺度參數將決定找尋物件最小尺寸，因此尺度參數較小時，容易偵測出非塊礁之物件，而尺度參數大時，找尋物件最小面積逐漸變大，小面積塊礁則可能被忽略而造成漏授。礁台上由於僅 1 個塊礁且地形相對單調，故不同尺度參數皆無誤授及漏授。衛星影像分割出物件較為細碎，於三測試區均偵測出大量塊礁，特別於瀉湖區內以尺度參數 10m 偵測塊礁數超過 1000 筆，此結果乃由於以光譜資訊為分割依據時，影像本身之雜訊或測區內具有光譜差異較大之區塊即可能被分割為塊礁。

表 5-5、表 5-6 分別為以 DEM 及衛星影像分割方式偵測塊礁面積之精度，地形分割成果於瀉湖區與礁台上正確率可達 90%，kappa 值 60% 以上，而交界處正確率達 80%，kappa 值僅於尺度參數為 90m 及 100m 時達 50%，其於參數時為約 30%；影像分割之面積精度成果中，各測試區程成果皆不如以地形分割之成果。而就三測試區之間精度值之相對關係而言，影像分割方法之精度於交界處為三測試區中最高，此現象與地形分割成果相反。

表 5-5、地形分割偵測礁塊面積精度

分類精度(%)		尺度									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
瀉湖區	正確率	93.58	93.55	94.04	93.37	93.54	94.32	94.66	94.11	94.27	94.14
	kappa	68.88	68.45	69.38	66.61	66.28	68.94	68.33	65.32	64.39	60.98
交界處	正確率	81.26	80.71	81.79	81.02	81.00	81.34	81.34	81.22	84.97	84.97
	kappa	33.41	30.80	36.00	32.32	32.30	34.09	34.09	33.95	50.52	50.52
礁台上	正確率	98.75	98.76	98.76	98.76	99.13	99.13	99.13	99.13	99.13	99.13
	kappa	67.80	68.15	68.13	68.13	79.42	79.42	79.42	79.42	79.42	79.42

表 5-6、影像分割偵測礁塊面積精度

分類精度(%)		尺度									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
瀉湖區	正確率	49.27	68.25	90.28	88.72	97.04	96.53	95.66	95.71	95.45	95.18
	kappa	11.22	21.24	51.84	46.93	78.24	73.31	64.49	65.08	62.05	59.05
交界處	正確率	69.66	75.49	79.73	78.60	52.22	52.17	52.50	52.33	52.86	49.29
	kappa	42.08	50.37	56.90	55.13	22.08	22.05	22.35	22.19	22.72	19.22
礁台上	正確率	53.76	51.17	50.24	47.79	45.75	46.00	47.24	46.64	47.65	48.93
	kappa	5.36	4.85	4.67	4.26	3.94	3.97	4.18	4.06	4.24	4.43

綜合上述方法分別比較三個測試區之塊礁偵測精度，可歸納出以下結論。不論就塊礁誤授、漏授數量，以及塊礁面積偵測精度而言，以趨勢面方式產出塊礁成果普遍不佳。物件分割方式應用於 DEM 與影像時，DEM 的成果較佳，而於影像分割時，在尺度參數較小時易受影像雜訊影響。與手繪相較，在面積上 DEM 的成果會較大，而影像成果則較小。此外，在深水處，衛星影像因受限於對水層的穿透力問題，而 DEM 則無此問題。

此處嘗試將 DEM 與影像結合後進行物件分割，其中依據各尺度參數之地形分割與影像分割成果篩選，選用尺度參數 30m。DEM 與影像間之比例以 DEM 為主，採用 DEM 與影像比重 1:1、2:1、3:1、4:1、5:1 測試。表 5-7 為 DEM 與影像結合後分割之面積精度，其成果較分割單一種資料為佳，各比重組合中，以 DEM 比重為 4，影像比重為 1 成果最好，平均的 Kappa 值高達 84.85%。圖 5-17 為三圖幅以結合 DEM 與衛星影像(比重 4:1)後分割之塊礁分佈，其中紅線為以 DEM 手繪塊礁，藍底為偵測出塊礁。三測試區塊礁總面積統計如表 5-8，瀉湖區偵測成果與手繪塊礁差異較大，塊礁總面積之誤差百分比 38.73%，此成果亦呼應瀉湖區 kappa 值 73.91%。

表 5-7、割偵測礁塊面積精度_ DEM 與影像結合後分割

分類精度(%)		DEM (30m)	影像 (30m)	比重(DEM:影像)				
				1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
瀉湖區	正確率	94.04	89.76	96.62	96.64	96.70	96.66	96.62
	kappa	69.38	50.33	73.57	73.69	74.35	73.91	73.58
交界處	正確率	81.79	79.85	96.01	95.91	95.84	96.24	96.05
	kappa	36.00	57.09	89.87	89.61	89.45	90.41	89.96
礁台上	正確率	98.76	50.26	99.49	99.48	99.50	99.49	99.50
	kappa	68.13	4.68	89.99	90.31	90.39	90.23	90.43



圖 5-17、三圖幅結合 DEM 與衛星影像(比重 4:1)後分割之塊礁分佈
(由左至右圖幅編號依序為 87142013、87142036 及 87142046)

表 5-8、塊礁總面積成果

塊礁總面積 (m ²)	瀉湖區	交界處	礁台上
手繪	618132	5421290	7028438
偵測	378725	5195667	7046262
誤差百分比	-38.73%	-4.16%	0.25%

5-5 塊礁產製作業方法及流程

整合前述小節各方法，塊礁分佈圖產製採用平差後之 DEM 及 2 公尺解析度之衛星影像作偵測數據，以物件分割方式針對 DEM 結合衛星影像數據，物件分割由 eCognition 軟體實現，其相關設定如下：

- 1、分割模式：Multiresolution segmentation，color 為 1 跟 shape 為 0。
- 2、分割資料：結合 DEM 及衛星影像。
- 3、結合比重：DEM 比重為 4 影像比重 1。

偵測後再經由人工編修完成塊礁分布圖，作業流程圖如圖 5-18 所示。

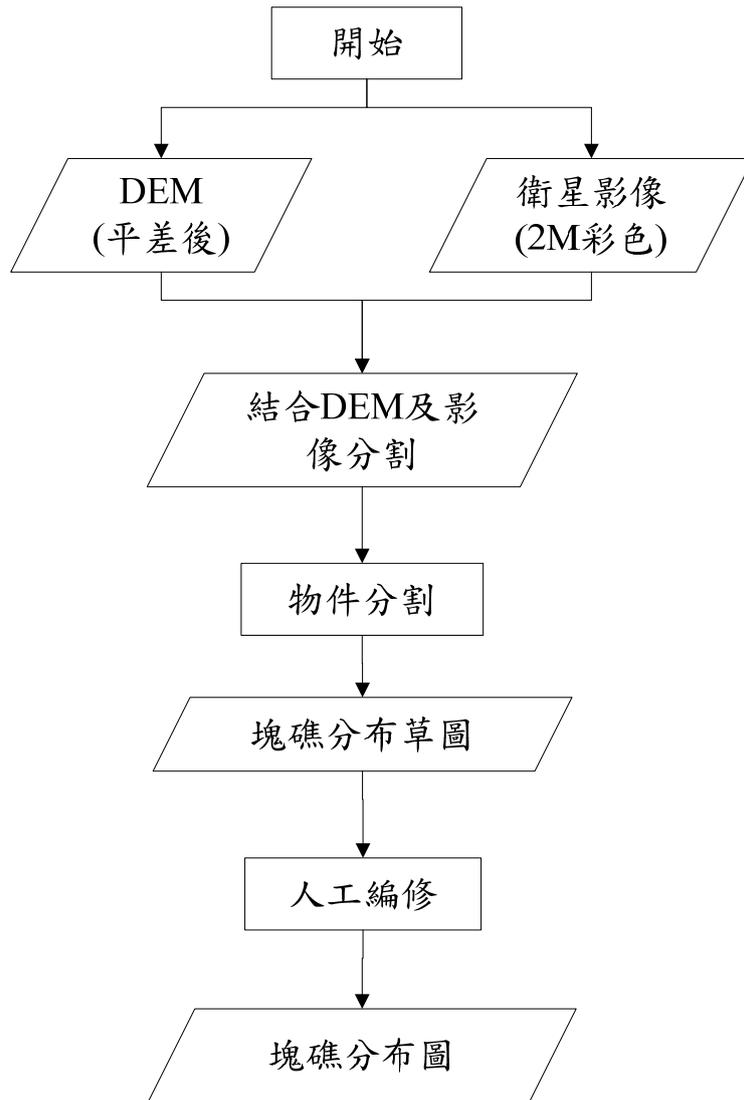


圖 5-18、塊礁產製作業流程圖

第陸章 基隆地區新設潮位站址評估作業

基隆潮位站具有長期觀測歷史，受到沉陷及設置目的不同之考量，內政部擬規畫新的潮位站，經由地質、地形、海流等環境之考量，擇定基隆市正濱漁港專用區進出口東側岩岸建置潮位站，本計畫於該處建置一臨時潮位站，並設置簡易連續式潮位站，且初步評估建站可行性。

6-1 潮位站設置作業前期評估

內政部於 2007 年起邀集相關單位及專家學者研商「東岸聯外道路新建工程（北段標）」臨近「臺灣水準原點」橋樑工程之影響評估及因應方案。根據會議紀錄提及，有關「臺灣水準原點」遷移重建所需用地，其中候選地點為「海洋科技博物館區」位於濱海公路旁，未來將有利辦理原點檢測、引測工作，並可與原點所需新設潮位站共同規劃設置。而「正濱漁港專用區進出口東側岩岸」除地質條件極佳外，其亦位於濱海公路旁並具有共構設置條件，另「和平島公園入口」之腹地大、地質條件佳是其特點，上開 3 個候選地點，各具多項優點且尚無影響未來使用之疑慮，列入正選地點。

內政部於 2008 年 12 月 30 日研商「臺灣水準原點」遷移重建所需用地、費用及其執行事宜會議紀錄中結論第二點：「水準原點檢測用之高程基準（潮位站）用地選定於「正濱漁港專用區進出口東側岩岸」，其優點為距離新設原點用地較近，未來檢測、引測容易，且為岩盤地質，無沉陷疑慮。」

內政部國土測繪中心委託中興測量有限公司於 2010 年執行台灣水準原點新址埋設檢測工作，其中針對當時潮位站預定用地使用折射震測法進行探測，此法藉由炸藥爆炸產生人造震波，因震波於地層間速度不同，依斯涅爾(Snell)定律發生折射現象返回地表，根據其時間距離關係以求出地層之構造，且為應用於破碎帶及斷層之探測，為工程地質調查中最有效的方法。成果顯示潮位站新址設置位置原則建議於 L1 至 L2 測線中間(圖 6-1)，或左右 10 公尺內(藍色範圍內)，基本

上這地區的岩盤都在水面下 2 至 3 公尺內，容易從岩盤架起一個穩定井或穩定的支架。

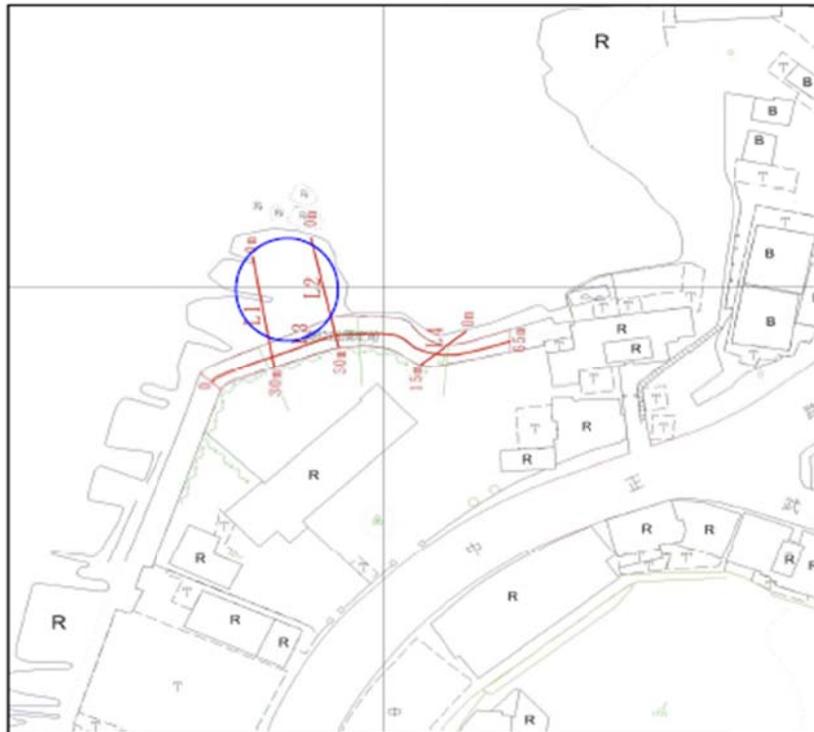


圖 6-1、潮位站位址建議設置位置圖(內政部國土測繪中心，2010 年)

6-2 潮位站設置作業

本計畫於 2013 年 1 月 22 日，由本校會同內政部、中央氣象局、與基隆中正地政事務所人員現勘。勘選地點所設潮位站擬設置於正濱漁港專用區進出口東側岩岸如圖 6-2 所示，此為未登記之國有土地。地質為裸露岩盤，地形位於灣內，故受風浪之影響較小。詳細位置在基隆市中正路 341 號之東岸會議室後方牆外，如圖 6-3 所示，須經如圖 6-4 所示之民家旁通道前往。



圖 6-2、潮位站設置地點略圖



圖 6-3、中正路 341 號



圖 6-4、中正路 341 號左側民家旁通道

連續式潮位站擬設置於圖 6-5 所示區域。於海中離岸建觀測屋，以橋與陸地相連接，屋為架高式，靜水井由屋中垂直伸入海中。



圖 6-5、現地概況

臨時性潮位站擬以簡易式連續式潮位站方式設置，以 PVC 管為靜水井，固定於堤上，記錄器與蓄電池置於掛式不鏽鋼儀器箱內。潮位站旁設置植入性不鏽

鋼樁，以為參考基準點，並聯測到民家與東岸會議室間之基隆界樁 A61。

圖 6-6 中面海右側水深距離堤頂(足踏處)於 2013 年 1 月 22 日第 1 次場勘時以水準尺實際量測約 1.9m，但於同年 5 月 22 日場勘時量測水面深度約 1.2m；另在圖 6-7 水準尺所示位置，水面深度量測達 1.5m，相較圖 6-6 處深 0.3m，故壓力式感測端擬設置於圖 6-7 中位置。

臨時性潮位站位置擬設置於圖 6-7 高堤前海域，臨堤水深於同年 5 月 27 日第 4 次場勘時再次量測約 1.9m，儀器箱則固定於東岸會議室屋頂女兒牆外側貼壁，如圖 6-8，儀器使用電源以太陽能為主。

太陽能面板置於牆頂，儀器箱與太陽能面板安裝以不能由庭院中看到為原則，安裝時以吊掛卡住方式施工，不對屋頂及牆面從事任何破壞或侵入性之作為。東岸會議室近海面圍牆上方在會議室園區內另景見圖 6-9，訊號線由水溝進入會議室園區，再由水溝進屋，沿現有水管引至屋頂，連接儀器箱。

儀器箱內除安置記錄器外，並擬設置蓄電池與太陽能板，以期能長期自主性觀測。訊號以租用 GSM 服務方式傳輸至氣象局、維護廠商及交通大學。如此可降低斷訊風險，於發現異常後可即時維修，預期定期抄取數據與維護。



圖 6-6、面海右側近照



圖 6-7、面海左側近照



圖 6-8、東岸會議室近海面圍牆



圖 6-9、東岸會議室近圍牆水溝

6-3 地質條件

新設潮位站位於裸露岩盤，參考經濟部中央地質調查所出版之 1/25,000 環境地質圖，潮位站鄰近區域之地質如圖 6-10 所示。本區域出露中新世大寮層，岩性主要為砂岩、砂岩頁岩互層、砂岩偶夾頁岩及砂岩間夾頁岩所組成，砂岩大部分為淡灰色、淡青灰色或灰色細粒的亞混濁砂岩或混濁砂岩，頁岩為深灰色。預定位置出露砂岩偶夾頁岩，岩層位態為北偏西 40 度，傾角約為 8 至 20 度之間。

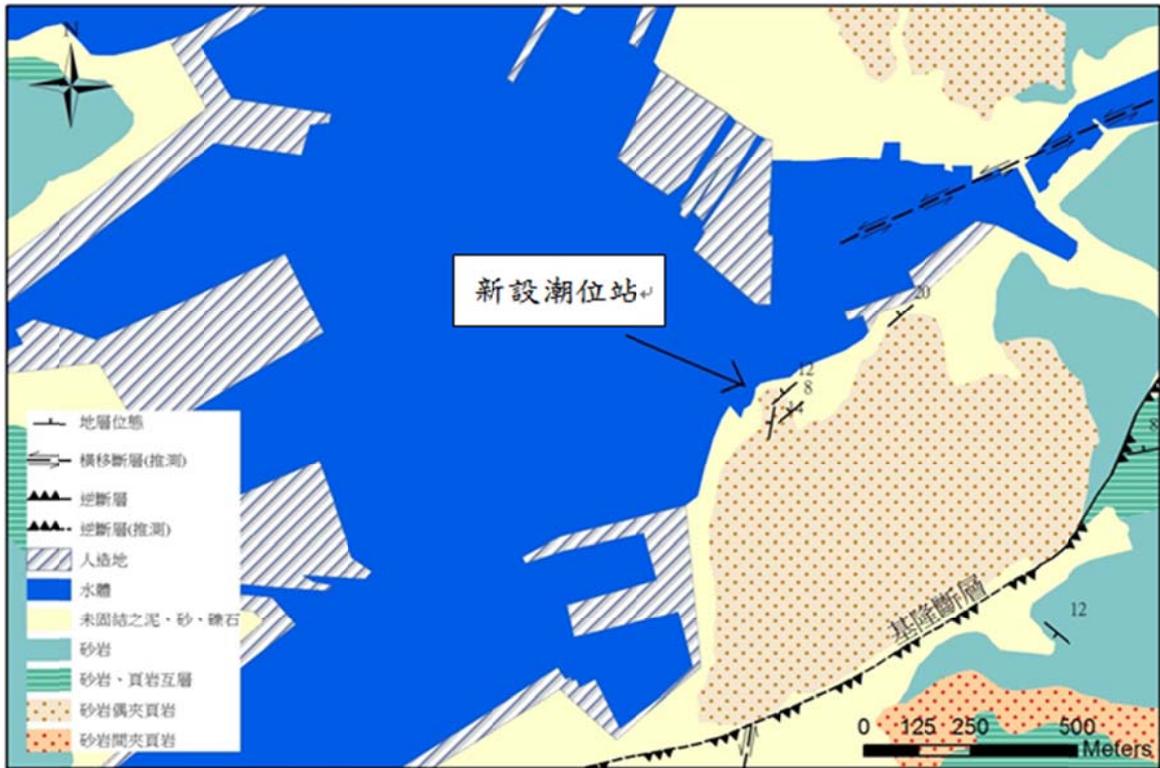


圖 6-10、鄰近區域地質(中央地質調查所出版之 1/25,000 環境地質圖)

6-4 陸域測量

國土測繪中心 101 年度「高程基準檢測工作」中新增加新水準原點 K997 之測線，由北區第一測量隊辦理，路線圖如表 6-1 及圖 6-11 所示。

表 6-1、新水準原點水準路線

K997 新水準原 點	K002-2039-K011-K012-K013-2041-K014-2042	11.45 公里
	-K997-K015	
	2039-2040-K013	
	K997-2043	



圖 6-11、臺灣水準原點高程基準網位置示意圖(國土測繪中心，2012)

本計畫陸域測量於 2013 年 6 月 24 日進行，工作內容包含選點、埋樁、水準測量、GPS 控制測量、地面光達掃描及近岸全測站地形測量。選點部分包含潮位站參考點，命名為 BM，以及控制點 K1、K2；BM 為小型鋼樁，有鋼質圓形墊片，K1、K2 為鋼釘，有黃色塑膠墊片。另設置地面光達後視控制點數點，該類控制點為以全測站測量，在光達掃描時設置反光板做為光達點雲定位使用。

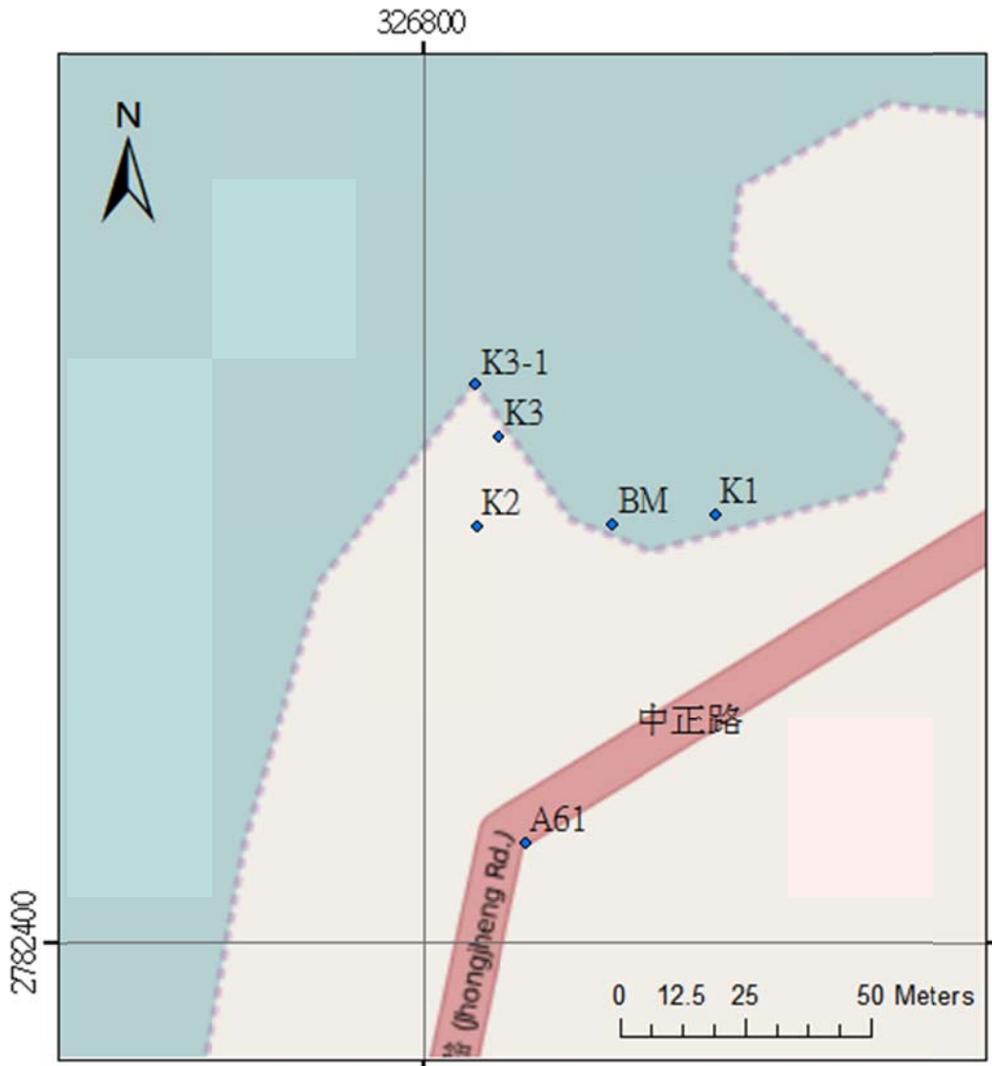


圖 6-12、陸域測量點位分布圖

水準測量由控制點 A61 引測至 BM 點，由於中正路 339 號之 4 屋主拒絕水準通過其屋旁通道，故經由東岸會議室圍牆來完成引測。使用之儀器為 Leica NA3003，往返閉合差 $0.62\text{mm}\sqrt{K}$ ，路徑長 0.15 公里，閉合差 1 公厘，如表 6-2 所示。

表 6-2、直接水準計算表

工程名稱:基隆臨時潮位站--直接水準測量

點號	觀測高差		平均值	距離	平差改正數	平差後高差	高程
	Δh						
A61	M	M	M	M	M	M	7.896
	往	-4.846	-4.845	101.716	0.000	-4.846	
K1	返	4.845					-0.101
	往	-0.101					
BM	返	0.101	-0.039	28.029	0.001	-0.038	2.949
	往	-0.039					
K2	返	0.039					2.911
	往						

閉合精度=0.62mm \sqrt{k}

$\Sigma D = 151.472$

閉合差=0.001

GPS 測量使用兩台 Trimble 5700 與兩台 NGS-Netsurv3000，同步觀測 50 分鐘以上，除設站於 BM、K2 外，已知控制點選用內政部三等點 CP01 及 C009 二點，經解算後求得 K1 及 K2 之坐標。近岸陸域地形測量，使用 Leica TCR1205，配合反光稜鏡。

光達掃描分別設置儀器於 K1、K2 附近，選擇於接近乾潮時間進行，約該日下午 4 時，由於氣象為午後雷雨，於 K2 掃描時已落雨，於雨中完成掃描。後視點包含控制點(BM、K1、K2)與後視控制點，使用之掃描儀器為 Riegl 420i。

6-5 海域測量

海域測量於 2013 年 6 月 27 日進行，使用橡皮艇為載具，由正濱漁港下水，完成組裝後駛往作業區。使用單音束測深儀及兩具 GPS 接收儀，組裝完成後情況如圖 6-13。

由於施放臨時潮位計不易，潮位高由全測站定時施測，每 6 分鐘施測水面高一次，潮位觀測資料如表 6-3。本次陸域地形及海域水深測量資料經計算與整理，地形成果彙整編修成比例尺 1/5000 地形圖如圖 6-14 所示。



圖 6-13、海域測量現況

表 6-3、潮位觀測資料

時間	潮位(公尺)	時間	潮位(公尺)	時間	潮位(公尺)
13/06/27 10:12	0.320				
13/06/27 10:18	0.326				
13/06/27 10:24	0.336				
13/06/27 10:30	0.347				
13/06/27 10:36	0.350				
13/06/27 10:42	0.354				
13/06/27 10:48	0.356				
13/06/27 10:54	0.360				
13/06/27 11:00	0.366				
13/06/27 11:06	0.369				
13/06/27 11:12	0.370				
13/06/27 11:18	0.375				
13/06/27 11:24	0.380				

觀測者:郭佳佑

計算者:黃揚俊

校對者:藍國華

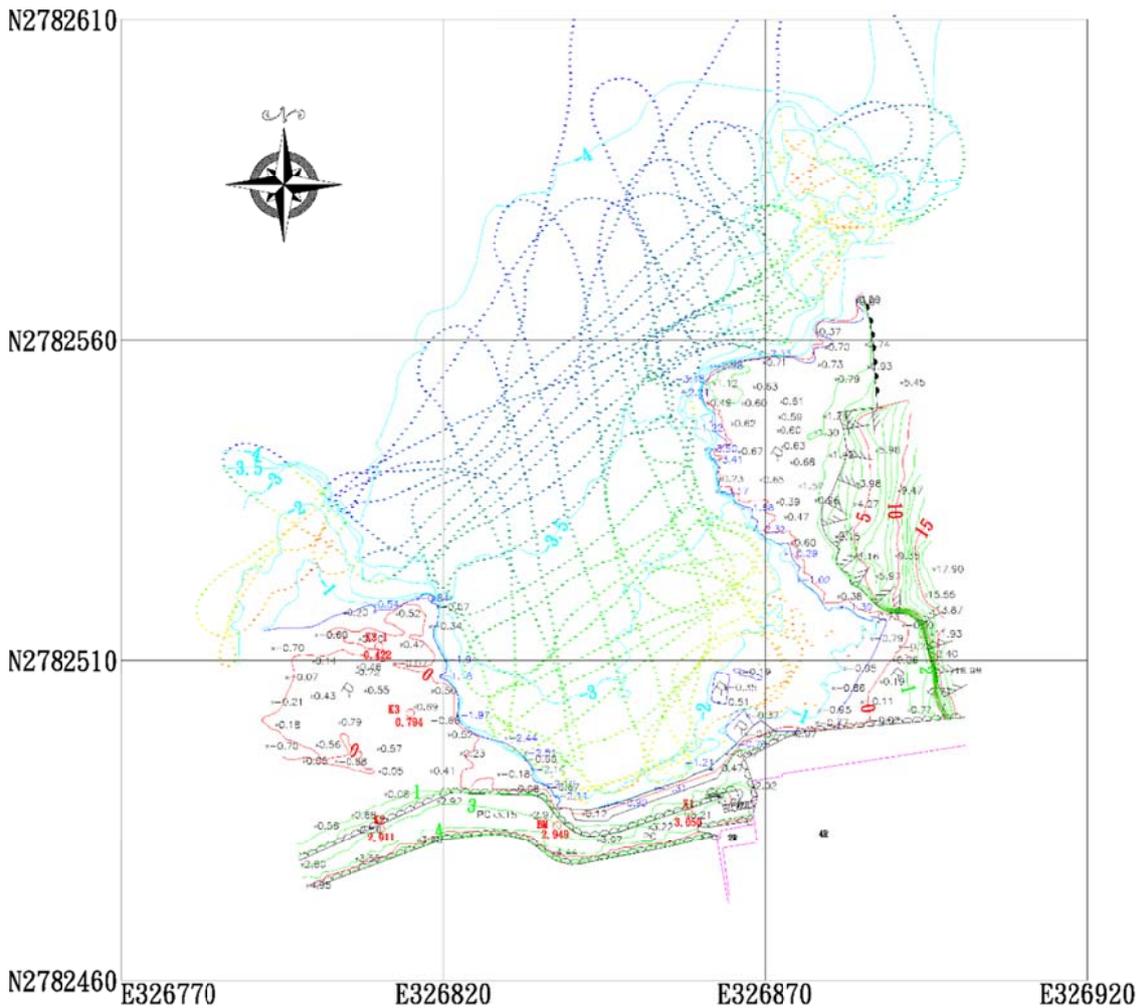


圖 6-14、海陸域地形圖

6-6 臨時性潮位站施工

臨時性潮位站於 2013 年 9 月 3 日及 4 日施工，施工項目包含以下 10 項，圖 6-15 為施工過程照片。

- 1、安裝靜水井，管線配置及拉線作業。
- 2、機箱架設。
- 3、安裝壓力式水位計及水溫計。
- 4、安裝資料蒐集器並設定各參數。
- 5、安裝蓄電瓶，測量電池電壓正常。
- 6、架設太陽能板，測量電壓正常。
- 7、安裝充電控制器並充電功能正常。

- 8、安裝 GPRS 並設定後，檢查訊號強度及燈號正常。
- 9、檢視資料蒐集器之壓力式水位計及水溫計讀值。
- 10、確認資料回傳中央氣象局海象中心及交通大學皆正常。



圖 6-15、基隆新設潮位站臨時性潮位站施工照片

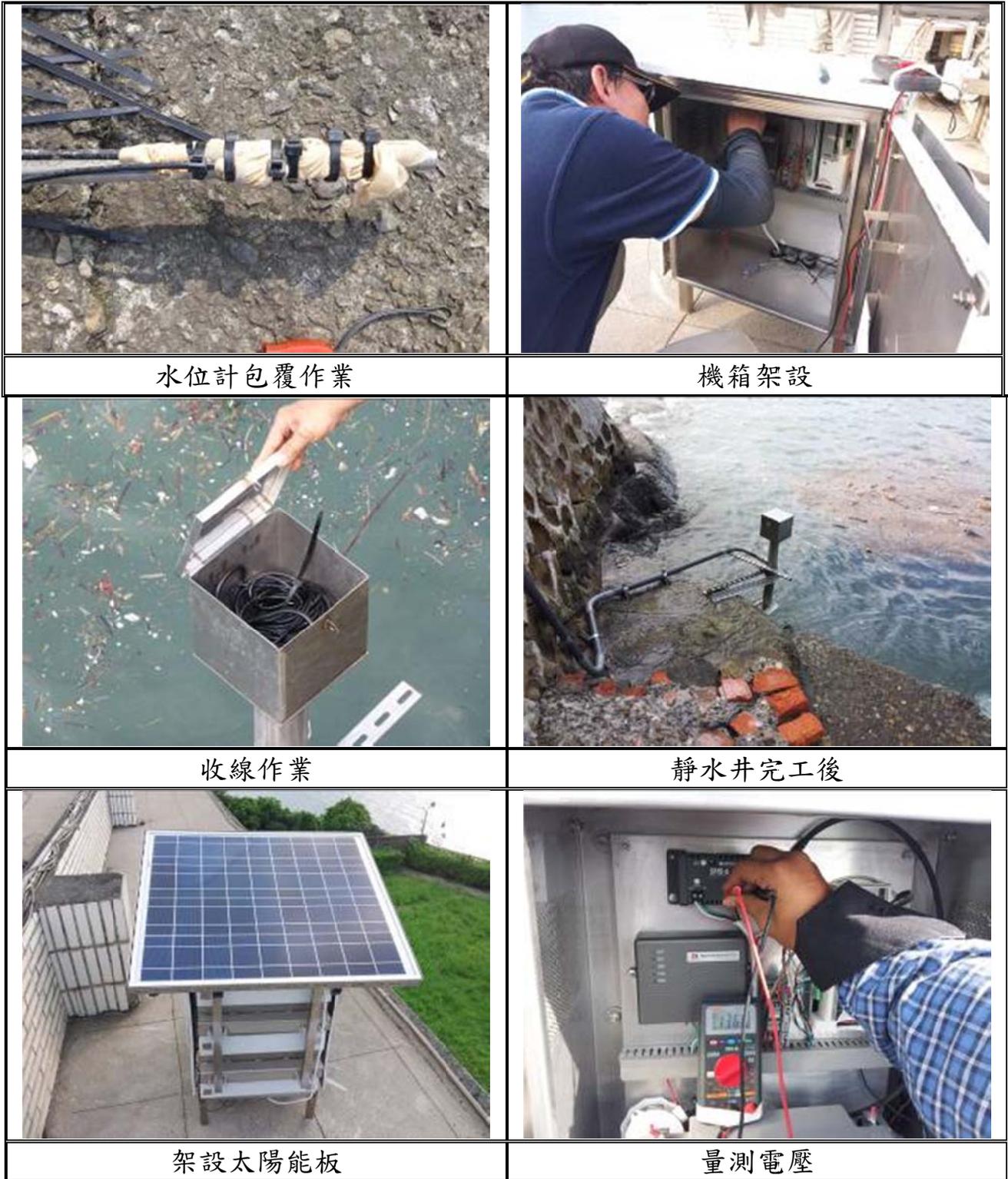


圖 6-15 基隆新設潮位站臨時性潮位站施工照片(續)

6-7 時程規劃

本計畫相關人員於 2013 年 1 月 22 日、3 月 20 日、5 月 22 日、5 月 27 日、6 月 17 日會同施工廠商人員現勘，並於 6 月 24 日進行陸域測量，6 月 27 日進行海

域測量；9月5日完成臨時性潮位站建置後開始記錄數據。另可參考附錄五之各次現勘報告，及附錄六「基隆新設潮位站設置規劃」一文。

6-8 潮位分析

為比對新設正濱臨時潮位站觀測潮位與現有之基隆、龍洞兩潮位站潮位特性之差異，本文截取此三站均有潮位觀測數據之時間段分別進行調和分析以比較之。數據時間段選取為正濱潮位站設置完成，並開始接收及傳輸觀測數據至今，即自2013年9月5日12時18分至2013年11月8日12時36分，該時間段內6分鐘一筆之潮位觀測量於無缺資料時應具有15364筆觀測量，而各潮位站實際具有觀測量筆數如表6-4。其中，龍洞潮位站具有大量缺資料之觀測時間點，提供分析之觀測量僅813筆，約佔總數之5.3%；正濱與基隆潮位站則相對完整，分別佔總數之97.3%與98.5%。

表 6-4、各潮位站觀測量個數

潮位站	正濱	基隆	龍洞
觀測量筆數	14942	15132	813

三潮位站之觀測潮位及其經調和分析後分潮重組潮位如圖6-16所示，其間於紅色框選處為受菲特颱風影響，低氣壓壟罩而造成潮位抬升。該時間段之潮位數據經調和分析共可解析出38個分潮，其中三潮位站所解析出之主要分潮K1、O1、M2及S2如表6-5，包含各分潮振幅(amp)及相位(pha)之比對。正濱與基隆潮位站所解析各分潮特性皆較為一致，振幅差異最大分潮為M2之6.1mm，相位差最大為S2分潮之2.34度；而龍洞潮位站則可能因為與基隆及正濱潮位站地理位置及潮汐特性的差異，致使解析出之分潮特性有異，分潮振幅與其餘兩站具公分級差值，半日潮分潮M2及S2相位差異亦較為顯著，差值達約60度。

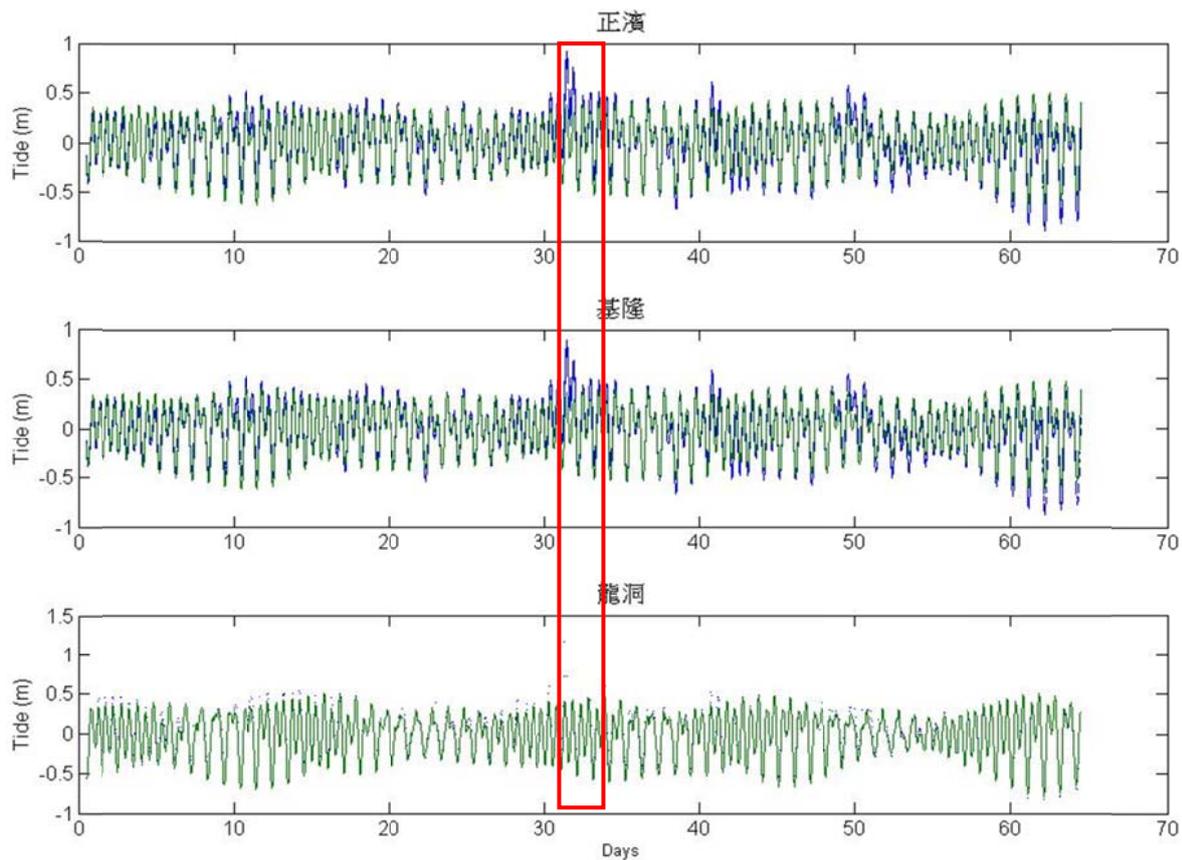


圖 6-16、觀測潮位(藍)與分潮重組潮位(綠)

表 6-5、主要分潮成果

	tide	K1	M2	O1	S2
正濱	amp	0.2205	0.253	0.1682	0.0592
	pha	340.03	170.94	323.12	226.88
	snr	4.10E+02	2.00E+03	2.40E+02	1.10E+02
基隆	amp	0.2149	0.2469	0.1636	0.0574
	pha	340.63	171.01	323.05	224.54
	snr	4.10E+02	2.00E+03	2.40E+02	1.10E+02
龍洞	amp	0.2719	0.2294	0.1754	0.1263
	pha	342.69	109.84	314.36	169.43
	snr	5.10E+02	3.40E+03	2.10E+02	1.00E+03

以時間段內觀測估算平均海水面高程結果如表 6-6，其中所列調和分析之海水面高程乃將調和分析後各分潮依其振幅及其相位角之重組潮位取其 6 分鐘 1 筆數據之平均值，而觀測值海水面高程則為直接將觀測潮位值取平均。經調和分析之平均海水面高程值於正濱與基隆相近，顯示若兩站潮位資料經調和分析後作為高程基準定義並無顯著差異。而若以觀測量直接平均作為平均海水面，正濱與基隆潮位站定義之平均海水面則分別為+0.1498m 與+0.1154m。龍洞潮位站成果與前兩者差異較大，其觀測量計算平均海水面高 0.0489m 為三者中最接近正高高程零點，但其觀測量缺損數量較多，未來可以增加觀測資料後再進行分析比較。由於高程基準之計算為以一天文周期 18.6 年為時段，本計畫目前分析之潮位資料並未達此一要求，本時段之潮位平均值，本就不確定為零，故重要處在與現有基隆潮位站之比對。由調和分析後重組之數值比較，在小數點後四位為相同，顯現高度一致性。而由觀測值之直接計算比較，略有差別，顯現可能是兩處觀測條件及所使用的潮位計類型亦不相同所致。預期此一差異，在長期觀測中可能會減小或消失。

表 6-6、平均海水面計算成果(單位：m)

	正濱	基隆	龍洞
調和分析	-0.00021335	-0.00020416	-0.0024
觀測值	0.14982233	0.115364129	0.048874723

6-9 施工規劃與經費估算

如於目前臨時潮位站十公尺內附近海域，建置永久式潮位站，依據海測成果，水深應符合需求。可比照龍洞潮位站方式，觀測井設置於離岸水中，觀測小屋設置於岸際。其經費可分營建與儀器兩大部分，營建部分因具體細部設計尚未完備，其費用概估為觀測井與觀測小屋部分各為一百萬元，故合計二百萬元。儀器如表 6-7，分為潮位觀測、氣象觀測、資料蒐集及傳輸三大單元，所列估價為依據本

年度 10 月份詢價。因此，本案建置初估為新台幣三百萬元。施工所需時程，若不含招標及其他因素，初估約需四個月，包含營建、儀器組裝、測試等。

表 6-7、潮位站儀器估價

	設備	規格	備貨所需時間	單價 (含稅)
潮位觀測	音波式水位感應器	AquaTrak 3000XDCR 含 4110 控制器	40 天	312,500
	壓力式水位計(20米)	Druck PTX 1830 (20m)	45 天	56,000
	浮筒式水位計	FL-1000-20	40 天	67,000
氣象觀測	氣溫計	SKYE SKH2023/1/A	40 天	52,000
	氣壓計	Met One 092	40 天	43,000
	風向風速計 (海上型)	YOUNG 05106	30 天	54,000
資料蒐集及傳輸	GPRS 資料傳輸器	MA8-2(CWB-2)	30 天	19,000
	資料蒐集紀錄器	Sutron Xlite (含儀器箱)	30 天	187,500
	太陽能板(大)	ABLYTEK 6PN48080-A0 (80W) * 2 片	30 天	7,500*2 =15,000
	充電控制器	Morningstar SS-10L-12V	30 天	3,800
	全球定位儀	GARMIN GPS16X-HVS	30 天	7,000
				816,800

6-10 小結

比對正濱臨時潮位站與舊有基隆、龍洞潮位站資料，正濱潮位站解析出之主要分潮特性與計算之平均海水面高皆相近，而龍洞潮位站則因資料缺失嚴重加上因為與基隆及正濱潮位站地理位置及潮汐特性的差異，其成果差異較大。

第七章 論文期刊

本計畫期間已投稿並發表兩篇會議論文。2013 年測量及空間資訊研討會發表第一篇會議論文，篇名為「東沙自記式潮位計觀測資料比對」(Comparing the Tidal Observations of Self-Recording Tidal Gauges in Dongsha)，其中除了比對多組潮位計觀測資料差異，並比對數據經調和分析以及移動平均、Savitzky-Golay 兩種濾波平滑化結果。第二篇會議論文投稿於 2013 年亞洲遙感探測會議，開會地點位於印尼峇里，論文篇名為”Coral Patch Mapping with Airborne Bathymetric Lidar”，該論文以地形指標建立海底地形分類流程，將塊礁分佈以分類方式偵測出。

期刊論文已完成撰寫「東沙島面積探討」(On the Area of Dongsha Island)，投稿於「地籍測量」期刊，其中利用空載測深光達產製橢球高系統之東沙地區數值地形模型，藉由大地起伏獲得正高系統之數值地形模型。大地起伏模型使用 EGM2008 模型輔以空載重力計算所產製，該模型並以東沙島上實測大地起伏值平移修正至同一基面。由正高系統之數值地形模型所產生 0m 等高線即可判釋出陸域面積。

此外，已撰寫「基隆新設潮位站設置規劃」(Site Evaluation for the New Keelung Tidal Station)，目前尚未定稿。前述三篇已完成之期刊論文，全文詳見附錄六。

第捌章 結論與建議

8-1 結論

本案工作可分為五個項目，分別為衛星追蹤站穩定度分析、東沙潮位站系統更新、維護及資料分析工作、建製東沙地區塊礁分布圖、基隆地區新設潮位站址評估作業及論文期刊撰寫及投稿。

- 1、依東沙(TNSM)及陽明山(YMSM)衛星追蹤站點位長時間變化，推估 TNSM 及 YMSM 站速度場於 E 及 N 方向為 3cm/yr 及 -1cm/yr，橢球高方向則不顯著，與台灣本島上 IGS 站解算速度場大致吻合。
- 2、東沙潮位站系統更新已完成相關儀器購買，並提送施工計畫書，已於 11 月 30 日完成復建。
- 3、塊礁產製利用 eCognition 分割 DEM 與影像結合後的成果，可消除雜訊的產生，且偵測出的塊礁範圍符合預期。本計畫據此提出塊礁產製作業方法及流程，並完成三幅 1/5000 比例尺東沙塊礁分布圖。
- 4、基隆地區新設潮位站已完成臨時站施工並持續蒐集資料，及進行潮位分析與平均海水面比對。

8-2 建議

- 1、本年度完成解算東沙(TNSM)及陽明山(YMSM)衛星追蹤站點位長時間變化，及主副點間相對位置，建議下一年度納入墾丁(KDNM)及北港(PKGM)站解算成果以進行比對分析，未來可擴增金門、馬祖、鳳林、太麻里等站。
- 2、東沙潮位站系統建議持續定期更新維護，並持續蒐集分析潮位數據。
- 3、基隆地區新設潮位站已完成臨時站，建議持續更新維護，以獲得長期數據供後續設置規劃及潮位分析使用。
- 4、本年度提出塊礁產製作業方法及流程，並完成三幅 1/5000 比例尺東沙塊礁分布圖。由於塊礁定義尚有待就應用端需求確認，建議配合可能使用單位深入探討，並增加試作圖幅至十幅，以供修正作業方法及相關參數測定。

參考文獻

1. 內政部國土測繪中心，99。99年水深測量技術發展先期研究工作總報告書，捷連科技有限公司。
2. 內政部國土測繪中心，99。台灣水準原點新址埋設檢測工作報告，中興測量有限公司。
3. 內政部，100。以透水光達測繪技術測製東沙地區數值地形模型工作，國立交通大學。
4. 內政部，101。101年度水深資料及高程基準分析工作案，國立交通大學。
5. 內政部國土測繪中心，102。101年度「高程基準檢測工作」。
6. 陳昭倫，98。達爾文、演化論與珊瑚礁的未來，社團法人台灣環境資訊協會。
7. 戴昌鳳，100。台灣珊瑚礁地圖（下）。天下遠見出版股份有限公司，255頁。
8. Alevizon, W., 2010, Coral-reef-info.com, <http://www.coral-reef-info.com/>, last time access, 2013/07/03.
9. Baatz, M., U. Benz, S. Dehghani, M. Heynen, A. Holtje, P. Hofmann, I. Lingenfelder, M. Mimler, M. Sohlbach, M. Weber, and G. Willhaucj, 2004. eCognition Professional User Guide 4, Definiens Imagine GmbH, Munchen, Germany.
10. Cochran-Marquez, S. A., 2005. Moloka'i benthic habitat mapping, USGS Open-File Report: 2005-1070.
11. Cochran-Marquez, S. A., Gibbs, A. E., Logan, Joshua B., 2006. Geologic Resource Evaluation of Pu`uhonua O Honaunau National Historical Park, Hawai`i, Part II: Benthic Habitat Mapping, USGS Scientific Investigations Report: 2006-5258.
12. Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P., Meindl, M., 2007. Bernese GPS Software Version 5.0, Astronomical Institute, University of Bern. <http://www.bernese.unibe.ch/download/>, last time access, 2013-02-19.
13. Foreman, M. G. G., 1977. Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction, Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Science, Patricia Bay, Sidney, BC, Canada, 97.
14. Foreman, M.G.G., 1978. Manual for tidal currents analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 78-6, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 57
15. Godin, G., 1972. The Analysis of Tides, University of Toronto Press, Toronto, 264.
16. Guth P., Naval Academy, MICRODEM, a free software package with a built-in DEM converter. URL: <http://www.usna.edu/Users/oceano/pguth/website/microdemdown.htm>. , last time access, 2013-07-03.
17. Huang, N.E., Z. Shen, S.R. Long, M.C. Wu, H.H. Shih, Q. Zheng, N.-C. Yen, C.C. Tung, and H.H. Liu, 1998. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and

non-stationary time series analysis." Proceeding of Royal Society of London, Series A 454: 903-995.

18. JPL, 2012. GIPSY-OASIS, California Institute of Technology.
<https://gipsy-oasis.jpl.nasa.gov/index.php?page=software>, last time access, 2013-02-19.
19. Kendall, M.S., Buja, D. R., Christensen, J.D., Kruer, C. R., and Monaco, M. E., 2004, The seascape approach to coral ecosystem mapping: an integral component of understanding the habitat utilization patterns of reef fish, *Bulletin of Marine Science* 75(2), 225-237.
20. NovAtel, 2011, GrafNav / GrafNet User Guide.
http://www.novatel.com/assets/Documents/Waypoint/Downloads/NavNet840_Manual.pdf , last time access, 2013-7-12.
21. USACE, 2001, Engineering and Design: Hydrographic Surveying, Army Corps of Engineers, Department of the Army, USA, Manual No. EM 1110-2-1003.

其他參考文獻

22. 內政部國土測繪中心，95b。潮位站潮位資料標準分析作業模式之先期研究，中興測量有限公司。
23. 內政部國土測繪中心，98。98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫，
24. 內政部國土測繪中心，100，台灣地區發展高程現代化作業技術先期研究，財團法人成大研究發展基金會。
25. 內政部，92。離島潮位站資料蒐集及分析工作總報告書。
26. 史天元、薛憲文、陳雅信、陳杰宗、陳佳勳，2010。自記式潮位站設置：東沙經驗，地籍測量，29(2):34-45。
27. 李賢文，78。台灣鄰近海域潮汐預報數值模式，第二屆海洋數值模式研習會論文集，台灣省交通處港灣技術研究所，179-195。
28. 林茂生，56。潮汐的理論和預測，台灣省土地資源開發委員會。
29. 林琿、閻國年、宋志堯，89。東中國海潮波系統與海岸演變模擬研究，科學出版社，中國，共 266 頁。
30. 林勝豐、楊穎堅、唐存勇，94。北台灣沿海潮流特性分析，交通部科技顧問室。
31. 張國棟、何崇華、沈建全、陳昭憲，90。台灣西南海域潮汐特性分析，第 23 屆海洋工程研討會論文集，112-119。
32. 曾清涼、儲慶美，88。GPS 衛星測量原理與應用，國立成功大學衛星資訊研究中心。
33. 管津霖、管錚、翟國君，85。海面地形與高程基準，測繪出版社，北京。

34. 劉文俊、吳文耀，85。臺灣海域潮汐特性之初步分析，交通部中央氣象局，臺北，104。
35. 劉啟清，台灣地區驗潮站長期監測資料之計算及高程基準網之建立工作。中央研究院地球科學研究所專題研究計畫成果報告，中央研究院地球科學研究所，台北，1998。
36. 薛憲文、于嘉順、黃明哲、王韋樺、江朕榮，97。港灣及海岸之潮汐特性對水深測量影響之研究，第30屆海洋工程研討會論文集，757-761。
37. 戴益寶，94。潮位站設置對港灣潮位及水深之影響研究，國立台灣海洋大學河海工程研究所碩士論文。
38. Arabelos, D., and Tscherning, C.C. 2001. Improvements in height datum transfer expected from the GOCE mission, *J Geod*, 75, 308-312.
39. Heck, B., and Rummel, R., 1990. Strategies for solving the vertical datum problem. In H Sunkel and T. Baker (eds.), *Sea Surface Topography and the Geoid*, IAG Symposium Springer Berlin (104), 116-128.
40. Fisher, S., 2010. Permanent GNSS/GPS Station Planning: Technology, Equipment, Costs, UNAVCO Knowledgebase.
41. Gibson, W. M. and Gill, S. K., 1999. Tides and Water Level Requirements for NOS Hydrographic Surveys, *International Hydrographic Review*, Monaco 76(2).
42. Gill, S. K., and Schultz, J. R. 2001. Tidal Datums and Their Applications, National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA.
43. Goring, D. G., 2004. Tide Models for Hydrographic Surveying: Computer Models Replace Tide Poles, *Hydro International*, 9(10).
44. Jan, S., Chern, C. S., and Wang, J., 2002. Transition of Tidal Waves from the East to South China Seas over the Taiwan Strait; Influence of the Abrupt Step in the Topography, *J. Oceanography* 58(6), 837-850.
45. Lin, M. C., Juang, W. J., and Tsay, T. K., 2000. Applications of the Mild-Slope Equation to Tidal Computations in the Taiwan Strait, *J. Oceanography* 56, 625-642.
46. Lin, M. C., Juang, W. J. and Tsay, T. K., 2001. Anomalous Amplification of Semidiurnal Tides along the Western Coast of Taiwan, *Ocean Engineering* 28(9), 1171-1198.
47. NOAA, 2006. Guideline for New and Existing Continuously Operating Reference Station (CORS).
48. NOAA, 2012. Tidal datums. http://tidesandcurrents.noaa.gov/datum_options.html , last time access, 2013/07/03.
49. Pawlowicz, R., B. Beardsley, and S. Lentz, Classical tidal harmonic analysis including error

estimates in MATLAB using T_TIDE, Computers and Geosciences 28(8): 929-937.

50. Pope, A. J., 1976. The statistics of residuals and detection of outliers, Tech. Rep. NOS65 NGS1, Rockville.
51. Pugh, D.T., 1996, Tides, Surges and Mean Sea-Level, Chichester, UK, John Wiley & Sons Ltd, 486.
52. Werner, F.E. and D.R. Lynch, 1988. Tides in the Southern North Sea and the English Channel. Thayer School of Engineering, Dartmouth College, Hanover.
53. Yin, F., and Chen, S.H., 1982. Tidal computation on Taiwan Strait, ASCE, Journal of Waterway, Port, Coast and Ocean Engineering 108(4), 539-55.

附表一珊瑚礁地形覆蓋分類指標(修改自 NOAA,2005)

1.Geomorphic Structure/Substrate	2.Biological Cover 生物覆蓋	4.Geographic Zonation 地理分布帶
<p>Hardbottom Aggregate Reef 群聚礁 Spur and Groove Reef Aggregate Patch Reef 群聚塊礁 Individual Patch Reef 單獨塊礁 Pavement 便道 Pavement with Sand Channels Scattered Coral/Rock Reef Rubble 礁瓦礫</p>	<p>Coral 珊瑚 Coralline Algae 珊瑚藻 Emergent Vegetation 挺水性植物 Macroalgae 海藻 Mangrove Trees 紅樹林 Uncolonized Unclassified(Land or Artificial) Unknown 未知</p>	<p>Land 陸地 Shoreline/Intertidal 潮間帶 Reef Flat 礁台 Reef Crest 礁緣區 Fore Reef 礁坡 Shelf 棚礁 Shelf Escarpment Channel 水道 Dredged 疏浚 Vertical Wall</p>
<p>Softbottom Sand 沙 Mud 泥</p> <p>Other Artificial(e.g. Wharves) Artificial/Hisotrocal(e.g. Fishponds) Land</p> <p>Unknown</p>	<p>3.%Biological Cover 生物覆蓋率</p> <p>10% to <50% 50% to <90% 90% to 100%</p>	

附錄一 審查意見及回覆

工作計畫書審查意見及回覆

<p>本案工作項目中有關基隆地區新設潮位站址評估作業，目前選定的潮位站址地點及名稱為暫定，請將工作計畫書中有關「八斗子潮位站」皆修正為「勘選地點所設潮位站」。</p>	<p>已於 P1-1、P 2-1、P 3-1、P 3-11、P 4-1、P 5-2 共九處「八斗子潮位站」皆修正為「勘選地點所設潮位站」。</p>
<p>請將 3-3「蒐集國內外現有塊礁置圖方法及規範」修正為「建置東沙地區塊礁分布圖」(第 3-6 頁)。</p>	<p>已於 P3-6 修改。</p>
<p>4-1 預期成果中增列「蒐集國內外現有塊礁製圖方法及規範」項目(第 4-1 頁)，並說明於第 2 期或第 3 期成果繳交時提出(第 5-2 頁)。</p>	<p>已於 P5-3 增加第三期繳交項目:「蒐集國內外現有塊礁製圖方法及規範」。</p>

期中報告審查意見及回覆

<u>劉委員正倫</u>	<u>意見回覆</u>
1.P4-4 敘及「SBE1984 與 SBE5625 潮位計間具有平均值-0.03m 之偏差，而若假設 SBE5625 潮位改正數為 0，則表示 SBE1984 觀測量需改正 0.03m。」請問，如假設 SBE1984 改正數為 0 時，是否會有不同結果？	選擇以 SBE5626 改正數為 0 是由於 SBE1984 為未經原廠率定之潮位計，故直接假設此偏差值即為改正數。經本團隊討論後，已將 0.03m 改正的處理步驟去除，直接以觀測到之潮位值進行分析，其成果亦修改於報告內文 4-2、4-3 及附錄四中。
2.P6-1 敘及「內政部擬規劃新的潮位站，經由地質、地形、海流等環境之考量，擇定基隆市正濱漁港...」，可否補充說明是否曾考量過不同設置地點？然後，因為考量地質、地形、海流等環境因素而擇定此處，請加強論述。	根據民國 97 年內政部召開有關「臺灣水準原點」遷移重建所需用地會議，其中候選地點「海洋科技博物館區」位於濱海公路旁，未來有利辦理原點檢測、引測工作，並可與原點所需新設潮位站共同規劃設置，而「正濱漁港專用區進出口東側岩岸」除地質條件極佳外，其亦位於濱海公路旁並具有共構設置條件，另「和平島公園入口」之腹地大、地質條件佳是其特點，上開 3 個候選地點列入正選。細節補充於第陸章。
3.P6-1 之圖 6-1 建議補充目前擇定之潮位站位置與內政部新設之高程原點之關係位置，並建議如確定潮位站位置後，能規劃未來聯測潮位站水準點與高程原點之一等水準測量路線，以供未來聯測參考。(如無潮位站水準點，亦建議一併選址、埋設)	內政部國土測繪中心辦理 101 年度「高程基準檢測工作」，各測量隊辦理潮位站高程基準檢測工作。水準路線及示意圖節錄於第六章。
<u>王委員乃卿</u>	
1.P3-7 敘及陽明山衛星追蹤站 (YMSM) 於 2011 年之 N,E,h 均有異常雜訊情形，請問發生原因為何？資料如何處理(因為該年度東沙衛星追蹤站並無此現象發生)。	此部分已與相關專家學者討論解算步驟及指令，歸究其主要原因為未加入海潮改正以及選用對流層映射函數(mapping function)並非最佳解導致，皆於重新解算後達到改善。
2.P4-2 敘及東沙潮位站正逢重建施工，原有 2 套設備(潮位計、溫度計)，施工後擬僅安置 1 套，另 1 套	按規定本計畫僅需現地安置一套，因東沙交通不易，當地備用一套以供替換，另因東沙颱風頻繁，若兩套皆安裝風險

放置於東沙工作站儲藏室，請問如此安排原因為何？	過大。
3.由於外島的電力不足，可否將衛星追蹤站及潮位站所需電力考量設置太陽能供電為主力，而以電池為輔。(P4-3)	目前已有太陽能板，但供電量不足且無法蓄電。
4.P6-1 敘及擬於基隆市正濱漁港新設國家級潮位站，為考慮未來人員進出、更換儀器、維護需求，其出入口不宜僅由民家通行，宜考量另行闢道出入。	出入口確實為港務公司所有土地，未來人員進出及維護同行無疑慮。
吳委員水吉	
1.第 6 章有關新設潮位站地點之設置應該會有嚴謹的評估，請敘明如何評估。	已補充民國 96 至 97 年內政部研商「臺灣水準原點」遷移重建所需用地、費用及其執行事宜會議紀錄及 99 年國土測繪中心委託中興測量有限公司所執行之「台灣水準原點新址埋設檢測工作」等相關參考文獻於報告中。
2.第 5 章建製東沙地區塊礁分佈圖，對於分類有比較詳細的敘述，但是如何製作則沒有作詳細的說明，如簡報內容反而比期中報告詳細，應補充說明。	目前已挑選三幅區域實作，並以手繪塊礁區域進行比對，已增補充於 5-3、5-4 節。
3.期中報告書應增加結論與建議章節，說明執行結果的總結，另在執行過程中遭遇到問題，建議如何解決？	已增加第捌章結論與建議。
王委員成機	
1. P6-6 敘及閉合差 0.001 公尺，其一般單位顯示應為 mm 而非公尺。	已修正 0.001 公尺為 1 公厘。
2.表 3-2、移除速度場趨勢後 E、N 坐標值標準差其中部分數據達 1 公分以上，請再確認。(P3-8)	此部分已與相關專家學者討論解算步驟及指令，歸究其主要原因為未加入海潮改正以及選用對流層映射函數(mapping function)並非最佳解導致，皆於重新解算後達到改善。
3.表 3-3、IGS 站與 TNSM、YMSM 點位變化速率欄位請增加標準差顯	已補充於報告書 P3-10 表 3-7。

示。(P3-8)	
地政司	
1.表 2-2、工作項目增加標示預定工作進度與實際工作進度狀況，是否進度符合或落後。(P2-4)	已修正加入預定及實際工作進度狀況，請見表 2-2。
2.基隆地區新設潮位站址評估作業之(4)潮位分析請增加預定時程說明。(P2-5)	已修改為，(4)潮位分析 9~11 月。
3.請於圖 3-4,3-5,3-6,3-7 增加縱軸刻度單位值。	已修改，請見 P3-5、P3-6 及 P3-7。
4.有關 5-1 國內現有塊礁製圖方法及規範內容只提及東沙環礁分布特性說明，未針對主題部分說明。(P5-3)	目前已挑選三幅區域實作，並以手繪塊礁區域進行比對，已增加描述於 5-3、5-4 節。
5.6-2 陸域測量中有關 A61.BM,K1,K2 等點位其相對位置能增加以圖示方式呈現。	已增加圖 6-12 將 A61.BM,K1,K2 以圖示方式呈現。

期末報告審查意見及回覆

劉委員正倫	意見回覆
1. P5-8 敘述利用三種方法進行產製，其中有”地形分割”，惟與後續內容所述”物件分割”文字不一致，請統一名詞。	此處分割並非僅針對地形資料進行分割，以”地形分割”統稱確實不當，以統一更正為”物件分割”。
2.於 5-4-3 比較結果章節中未見三個測試區兩種模式之相關數據呈現，難以看出結果，建議補列。另內容敘及「在數種組合中，以 DEM 比重為 4，影像比重為 1 成果最好，...。」，惟亦未見列出相關組合內容與平均 Kappa 值，建議補列。(P5-15)	三測試區兩種模式之數據增列如表 5-4~5-6。 不同比重之正確率與 kappa 值已增列如表 5-7。
3.於摘要、P2-1 及 P8-1 均提及本案完成三幅東沙地區塊礁分布圖，惟第伍章內容中，未見列出上開三幅塊礁分布圖成果，建議補列。	三幅東沙地區塊礁分佈已補列如圖 5-17。
4.於 8-2 建議章節中 1.有關納入追蹤站穩定度分析部分，只建議納入墾丁及北港站，有何考量?另 4.有關建議後續擴大偵測及分析範圍，可否說明或分析如需完成東沙地區塊礁分布圖，尚需多少工作量，提供未來工作參考。(P8-1)	內政部於民國 82、83 年間設置之衛星追蹤站，台灣本島有陽明山、北港、墾丁、鳳林、太麻里，五站。連同外島計八站，均依相同規格設計，除主點外，另設置有三個副點。本案衛星追蹤站穩定度分析，原以東沙追蹤站為探討標的，為期與本島追蹤站比對，本年度增加陽明山站，並擬下年度增加北港、墾丁。此三站均分布於台灣西岸。未來可在工作均衡考量下，再增加東岸兩站及金、馬兩站。分析中，除以歷史資料分析穩定度外，並包含主點與周圍三副點間之相對位置。有關塊礁分布圖製作，由於目前塊礁定義國內外缺乏具體文獻，尚有待確定，將持續相關研究探討。
王委員乃卿	意見回覆
1.於 5-3 塊礁分布圖產製方法研擬章節中提及塊礁分布圖採用兩種不同感取器取得數據，包含 100 年度以透	兩種資料取得時間不一致確實可能成果差異。 衛星品質本身會影響分割後的成果，即

<p>水光達測繪技術收集的DEM及福衛二號2009年3月20日收集2公尺影像資料，由於兩者時間點不同，是否會造成差異?衛星品質是否影響後續的參數設定?(P5-7);另外不同單位，依圖5-16標準作業流程，所製作的塊礁分布圖成果是否一致。(P5-16)</p>	<p>適用參數可能不同，故此處先測試多組參數，由其中挑選較佳者。 若使用相同數據、方法及參數設定，則塊礁分佈草圖會一致，而人工編修部分則可能因各別使用需求(如單一塊礁最小面積門檻)而產生差異。</p>
<p>2.P6-18敘及觀測井與觀測小屋之營建經費部分各估一百萬元，尚缺具體細部設計，這部分需補全，以利後續經費編列與執行;另潮位站儀器估價部分，似乎全靠太陽能發電，倘遇連日陰雨可能會導致供電中斷，可否於供電設備中考量增設電池或不斷電設備，俾確保電力不致中斷，影響資料接收與傳送。</p>	<p>潮位站儀器目前規劃包含電池，以確保電力不致中斷。具體營造細部設計須待確認設置地點與建造方式，方能進行。</p>
<p>饒委員瑞鈞</p>	<p>意見回覆</p>
<p>1.請於第五章內容明確說明三幅東沙地區塊礁分布圖之內容與名稱。</p>	<p>各圖幅已補述於5-3-1節中。</p>
<p>2.請於第參章內容增列東沙、陽明山追蹤站相關點位位置圖、點位照片與基座形式等相關資訊。</p>	<p>東沙、陽明山追蹤站點位照片已補充於圖3-1及圖3-8。</p>
<p>3.第參章有關東沙及陽明山衛星追蹤站穩定度分析為何不是從1994年起算，而是從2003年開始計算分析?</p>	<p>追蹤站穩定度分析部分為使用精密單點定位方式進行，解算時需要精密星曆，而早年並無精密星曆資料可供使用，故並未將數據列入分析。</p>
<p>4.海研五號近期之東沙行是否有與本案相關資料?</p>	<p>海研五號探索後發現東沙環礁南方海域甲烷水合物，以及環礁南方三十公里處存在六十餘座海底火山組成之火山群，惟探索區域並未包含東沙環礁內。</p>
<p>5. P8-1 第6行所述「依東沙(TNSM)及陽明山(TMSM)衛星追蹤站…」，其中「TMSM」應為誤植，請修改為「YMSM」。</p>	<p>此處TMSM確實為誤植，陽明山追蹤站點號應為YMSM，感謝委員指正。</p>
<p>6.建議未來後續工作可考慮納入所有本部現有衛星追蹤站辦理穩定度分析工作;另水準原點旁是否考慮設立</p>	<p>主點與副點間相對位置分析，可擴增至具有副點之追蹤站。歷史性資料穩定度分析，則可施作於所有固定站。目前新</p>

GPS 連續站?	設水準原點位於國立海洋科技博物館，鄰近建置 GPS 連續站對原點監測應有相當意義，謹建議未來列入考量。
吳委員水吉	意見回覆
1.塊礁分布圖產製時，其 DEM 測製時間與衛星影像拍攝日期，是否會有時間的不一致而影響結果?不同影像品質會不會影響 DEM 的比重。(P5-7)	兩種數據取得時間不同確實可能會影響產製結果；影像品質亦會影響權重之採用，而本研究先以多種不同權重產製後評估其成果，再選擇其中較佳者。
2.塊礁繪製成果應該放置一張或多張於報告中。	三幅東沙地區塊礁分佈已補列如圖 5-17。
3.於 8-2 建議章節中應增加後續辦理時程與經費略估補充說明。(P8-1)	衛星追蹤站穩定度分析部分，下年度新增兩站，時程與經費略與本年度同一項目相當。東沙潮位站系統維護亦與本年度相當。基隆地區新設潮位站已完成施作，下年度將為持續維護。塊礁產製作業方法及流程部分工作量將加重，以深入探討。整體時程與經費與本年度相近。
4.P2-4、P2-5 中工作時程是預定時程，建議於期末報告中改列實際工作時程。	謝謝指正，相關文字及表格均已修正。
5.P5-8 中圖號 87142013 是否完全與外圍環礁有接觸，建議再做確認。	圖號 87142013 測區應為完全未與外圍環礁接觸，此撰寫錯誤已確認並修正，感謝委員指正。
游委員豐吉	意見回覆
1.建議第參章內容增加 YMSA、YMSB 及 YMSC 三個副點點位略圖及 TWTF、TNML 及 TCMS 之相對點位略圖，以增加了解度。	YMSA、YMSB 及 YMSC 三個副點點位略圖已補充於圖 3-1~圖 3-3；TWTF、TNML 及 TCMS 之相對點位略圖已補充於圖 3-4a 及圖 3-4b。
2.表 3-7 中 TNML 及 TCMS 數值幾乎相同，建議再做確認。(P3-10)	此處 IGS 站之速度場皆由 ITRF 網站提供，其中 TNML 及 TCMS 兩站速度場僅 E 方向有 10^{-4} cm/yr 差異，故於表 3-7 中所呈現數值一致。TNML 與 TCMS 皆位於工研院光復院區，且兩站相距不到 6 公尺，故兩站速度場近乎相同應當無誤。
3.圖 3-1 之橫軸 scale 建議應與圖 3-2、圖 3-3 一致。(P3-4)	已將 3 張圖橫軸調整為一致。

王委員成機	意見回覆
1.圖 1-1 底圖顏色偏深，建議調淡，以方便閱讀。(P1-2)	已將底圖顏色調整，感謝委員建議。
2.表 3-7 TWTF、TNML 及 TCMS 3 站速度場建議增加標準偏差。(P3-10)	已增列 TWTF、TNML 及 TCMS 三站速度場於表 3-7 內。
地政司	意見回覆
1.依 P2-1 第 9 行所述「2.進行觀測數據計算分析並比對其餘國…，變化情形。」，其中「餘」應為誤植，請修改為「於」。(P2-1)	此處確實為文字使用錯誤，已將「餘」修正為「於」。
2.依 P2-5 第 3 至 5 行所述連續式潮位站辦理作業時程，依最新實際現況修正，另第 6 至 7 行所述「其中(3)-(5)須配合海巡署…，…實際情形更動。」，建議期末報告修正版將此段文字移除。(P2-5)	謝謝指正，相關文字及表格均已修正。
3.依 P3-7 第 7 行所述「陽明山衛星追蹤站(YMSM)自 2001 年 1 月 1 日至 2012 年……」，其中 2001 年是否為誤植，應為 2003 年請確認。(P3-7)	此處確實為誤植，解算年分應為 2003 年起，已確認並修正。
4.依 P4-6 第 4 行所述分潮重組後反算平均海水面高程為 0.0084m，請敘明其計算方法(同報告書表 6-6)。(P4-6;P6-6)	本文所述”分潮重組後反算平均海水面高程”為將調和分析後各分潮依其振幅及其相位角之重組潮位取其 6 分鐘 1 筆數據之平均值；此說明已補充於報告書中。
5.圖 5-10 及圖 5-11 三個試作區之衛星影像及 DEM 請增加標示圖示編號。(P5-9)	已增列圖幅編號補充說明。
6.依 P8-1 第 9 行所述「東沙潮位站系統更新已完成儀器購買，…12 月 3 日復建」，屆時於繳交期末報告修正版時更新完工說明。(P8-1)	謝謝指正，東沙潮位站已於 11 月 30 日完成復建。12 月 3 日為施工工程師返台航班日期，該時並攜回三日潮位紀錄。
7.有關建置東沙地區塊礁分布圖一章，可否補充所作成果之塊礁面積，另請提供完整之作業方法。(P8-1;結論 3)	各塊礁分佈圖中之塊礁總面積以補列於表 5-8 中。 作業方法已於 5-5 小節中補述。
8.請於本期末報告之建議相關章節，加強補充對下年度之後續規劃工作說	後續規劃工作已補充說明。

明。(P8-1)	
9.有關 8-2 建議章節中 4、東沙塊礁分布圖製作部分，就製作經驗提供相關經費需求書以供參考。(P8-1)	由於目前塊礁定義國內外缺乏具體文獻，尚有待確定，將持續相關研究探討。就現有經驗，如採用現行相同作業標準，一幅五千分之一圖幅約需 1 個人力 5 個工作天，包含自動分類與編修。
10.有關附錄「東沙島面積探討」論文，請擷取部分研究成果於本文內扼要敘明，俾便本部後續研究參考。	已於第柒章「論文期刊」中摘要敘述。

附錄二 東沙及陽明山衛星追蹤站坐標時間序列分析

東沙及陽明山衛星追蹤站坐標時間序列分析

摘要

本文分析內政部東沙(TNSM)及陽明山(YMSM)衛星追蹤站解算點位於時間序列上所呈現趨勢，觀察點位之歷時變化。比較設置期間儀器經更換是否於解算上造成差異，並推估追蹤站點位速度場後與 IGS 站公告坐標速度場比對。

一、前言

內政部於 1993 及 1994 年間陸續於國內設置陽明山、墾丁、鳳林、金門、北港、太麻里、馬祖、東沙 8 個具有全天候觀測之衛星資訊收集站，透過與國際追蹤站聯測後可求得其絕對坐標，並提供國內 TWD97 基準之框架之依據。本文以東沙(TNSM)與陽明山(YMSM)衛星追蹤站為分析對象，收集追蹤站長時間 GPS 衛星訊號資料並以 GIPSY-OASIS 軟體進行精密單點定位解算，解算點位成果與台灣本島上 3 個 IGS 衛星追蹤站點位速度場比對。

二、解算軟體與數據

本章將概述內政部衛星追蹤站與 IGS 追蹤站速度場資料，其中 IGS 速度場為 ITRF2008 框架下之坐標所估算。

2.1 內政部衛星追蹤站

依據內政部 1998 年「應用全球定位系統實施台閩地區基本控制測點測量計畫總報告」中所訂定之追蹤站建置與設計規範，所設置衛星追蹤站一般提供資料接為收頻率為 30 秒一筆觀測數據。本文所解算衛星資料包含東沙衛星追蹤站 2003 年 1 月 1 日至 2012 年 7 月 22 日以及陽明山衛星追蹤站 2003 年 1 月 1 日至 2012 年 6 月 10 日，期間東沙與陽明山衛星追蹤站分別於 2004 年 10 月 5 日及 2005 年 10 月 12 日更換過一次天線盤及接收儀更換。

2.2 IGS 衛星追蹤站速度場評估

國際地球參考系統(International Terrestrial Reference System, ITRS)為國際間協議完成之空間坐標系統，由國際地球旋轉組織(International Earth Rotation Service, IERS)經由分析全球測站觀測數據以所建立而成。IERS 應用 VLBI(Very Long Baseline Interferometry)、SLR (Satellite Laser Ranging)、LLR (Lunar Laser Ranging)、DORIS(Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite)及 GPS 等太空科技空間定位技術測定一組涵蓋全球點位的坐標和速度場定義國際地表參考框架(International Terrestrial Reference Frame, ITRF)，以具體

實現 ITRS 空間坐標系統(ITRF, 2012)，其內容包含參考站瞬時坐標及速度分量，以供計算不同時刻之坐標值。

台灣地區在桃園(TWTF)及新竹光復院區(TNML、TCMS)共設置三處 GPS 衛星追蹤站加入 IGS 追蹤站，作為國內 GPS 接收儀定位檢校及板塊運動監測之參考。觀察該三個 IGS 衛星追蹤站於 1997 年至 2012 年在 ITRF2008 國際地球參考框架下之點位坐標變化，並以 1997 年所解算之坐標值作為坐標較差值基準，其速度場變化如圖 1~3 所示，期間點位變化趨勢為逐漸向東南方移動，而高程方向僅 TWTF 站具有顯著變化，TNML 與 TCMS 則略為下降但不顯著。1997~2012 年歷經 15 年各點位變化如表 1 所示。

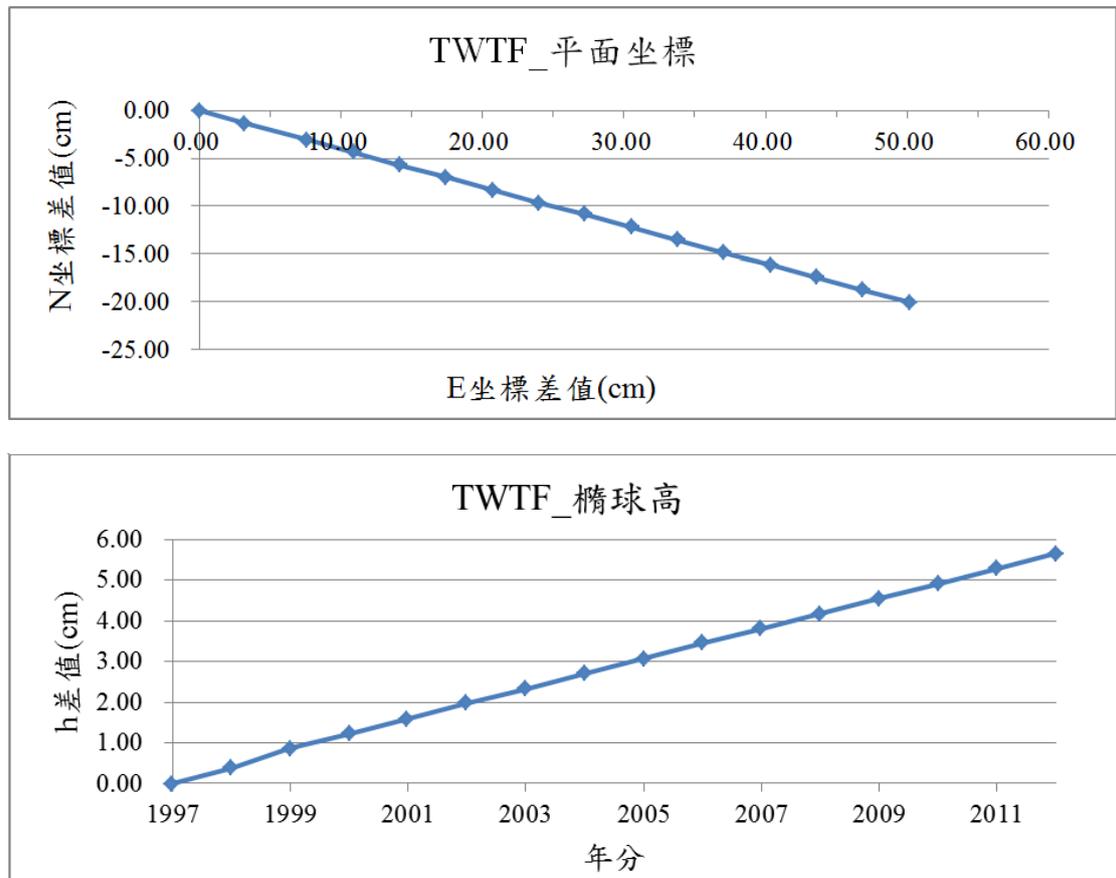


圖 1、TWTF 衛星追蹤站點位坐標 1997~2012 年變化

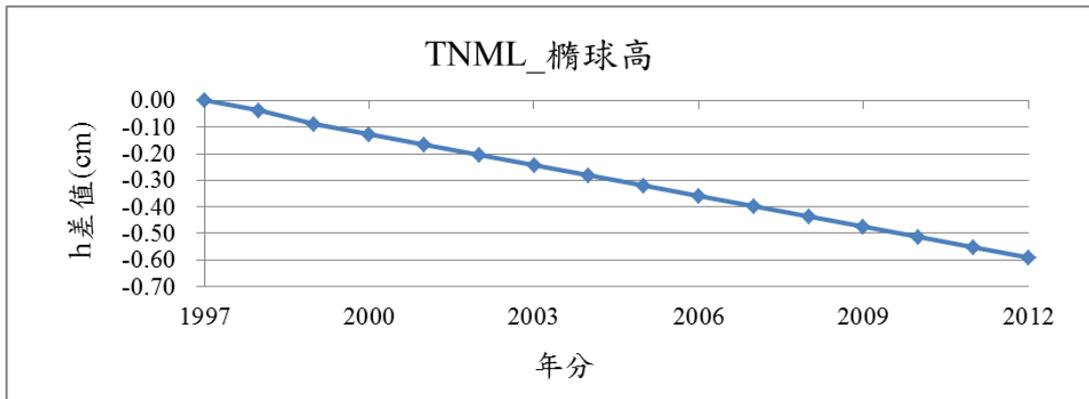
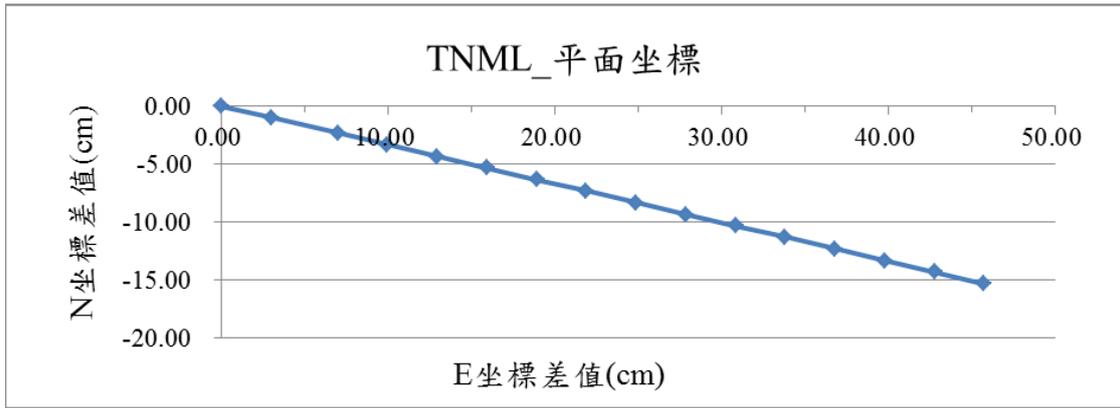


圖 2、TNML 衛星追蹤站點位坐標 1997~2012 年變化

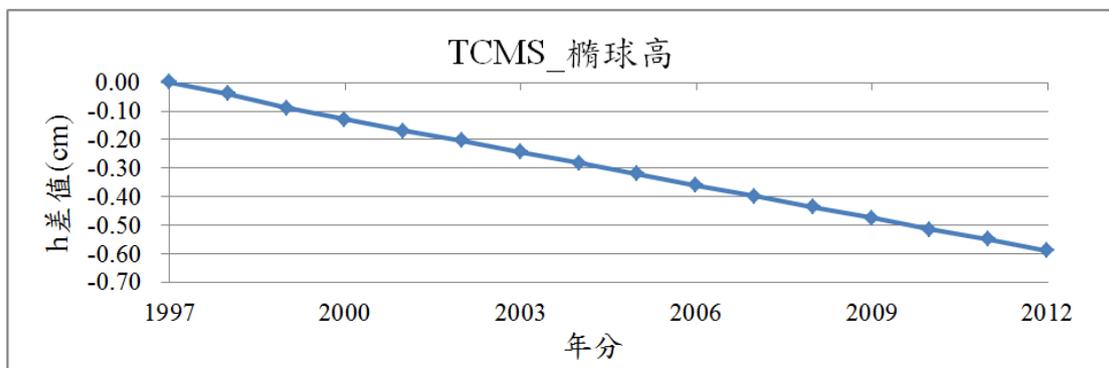
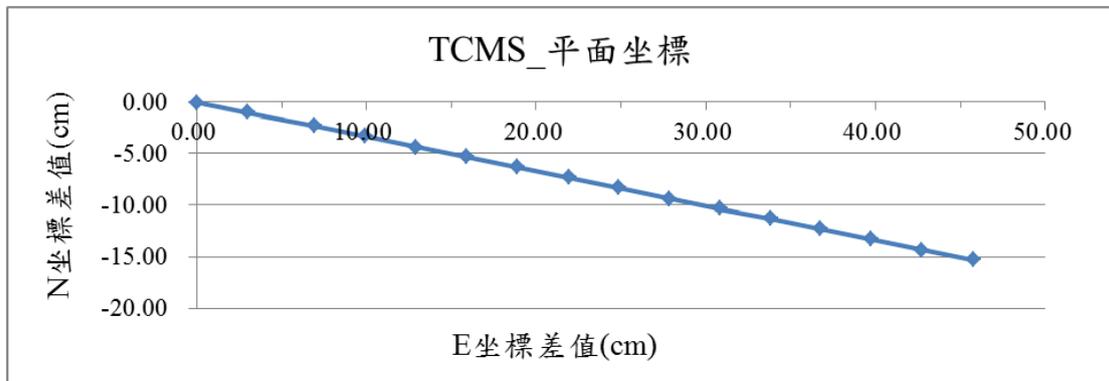


圖 3、TCMS 衛星追蹤站點位坐標 1997~2012 年變化

表 1、台灣 IGS 追蹤站於 1997~2012 年間點變化情形(單位：cm)

	E	N	h
TWTF	50.15	-20.08	5.65
TNML	45.74	-15.31	-0.59
TCMS	45.74	-15.31	-0.59

2.3 GIPSY-OASIS

精密單點定位(Precise Point Positioning, PPP)為使用精密星曆之單點定位方式，對於對流層延遲誤差、電離層誤差及天線相位中心誤差等未在標準單點定位模式化的誤差進行處理改正。GIPSY6.1.2(Jet, 2012)為建構於 Red Hat Enterprise Linux 系統上之精密單點定位軟體。本文以 (GNSS-Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software)軟體進行內政部衛星追蹤站每日一解之點位解算。

三、點位時序分析

以 GIPSY 解算東沙衛星追蹤站(TNSM)自 2003 年 1 月 1 日至 2012 年 7 月 22 日每日一解一坐標值。TNSM 於 2004 年 10 月 5 日更換天線盤，故解得坐標成果以該日為分界依顏色區分。圖 4 為 E、N 解算點位坐標，並將解算坐標減去公告 TWD97 參考坐標系統於 101 年公告之坐標值。就 2003 年自 2012 年之長時之平面趨勢而言，該站點位呈現向東南方向移動。圖 5 呈現 TNSM 橢球高解算成果減去 TWD97 公告橢球高差值時序，該點位並無明顯抬升或沉陷現象；更換天線盤前、後點位解算成果並無顯著影響呈現於時間序列上。

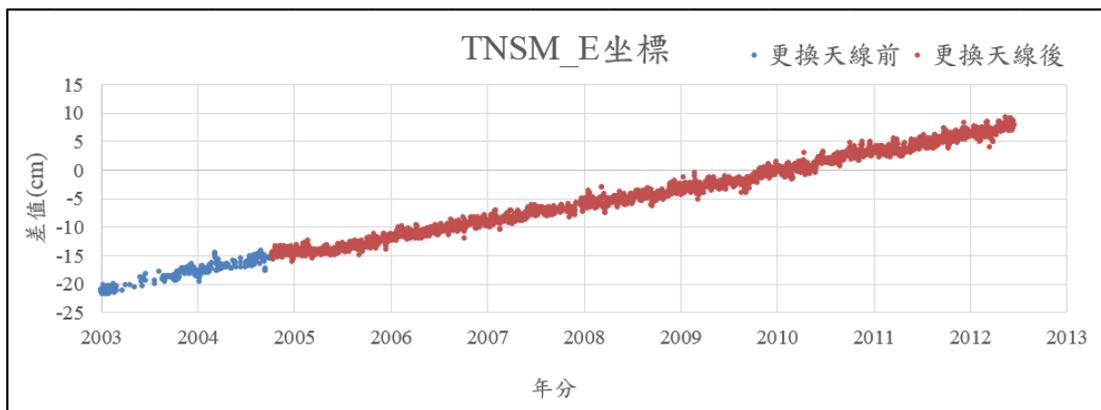




圖 4、TNSM 之 E、N 坐標解算時序

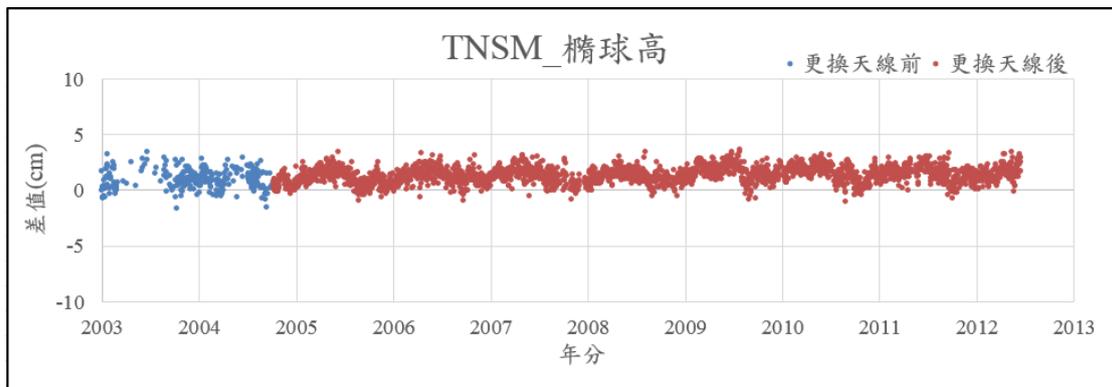
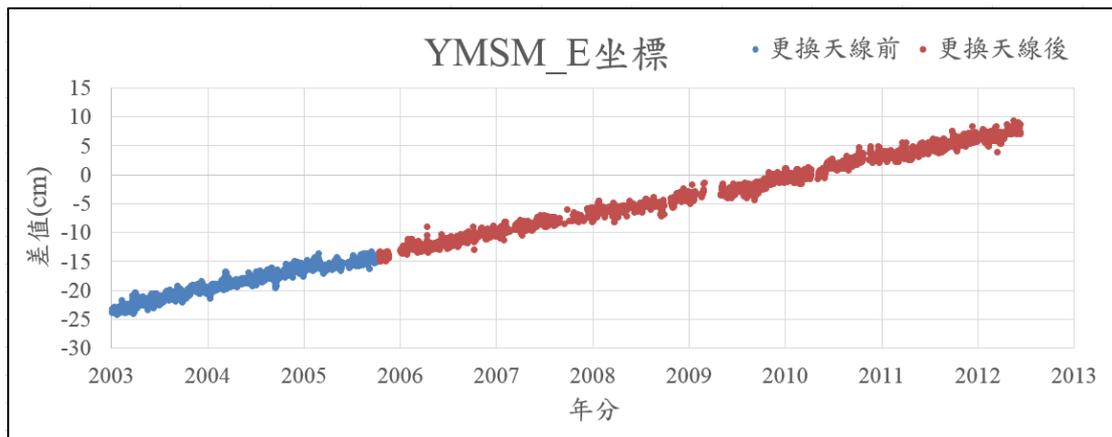


圖 5、TNSM 之橢球高解算時序

陽明山衛星追蹤站(YMSM)自 2001 年 1 月 1 日至 2012 年 6 月 10 日每日一解，以前述相同成果比較及呈現方式如圖 6 及圖 7，該站點位長時趨勢亦與 TNSM 相同呈現網東南方向移動。



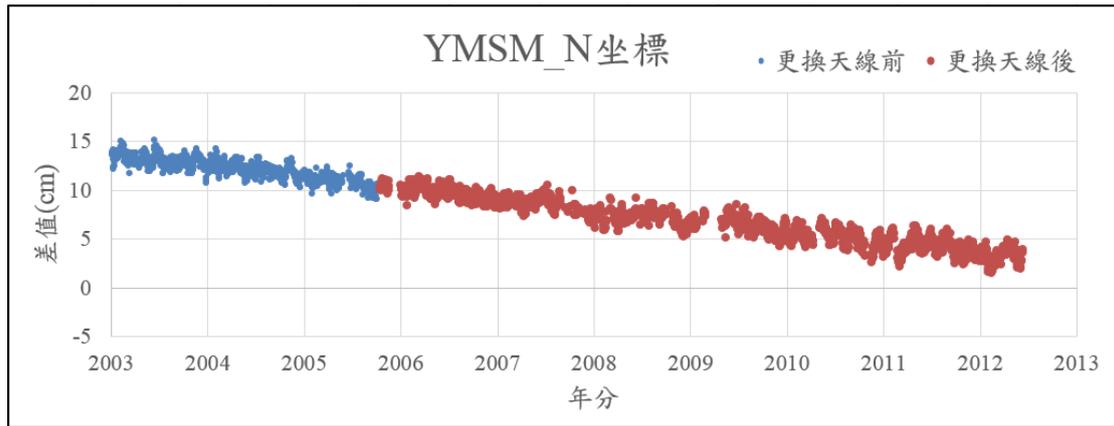


圖 6、YMSM 之 E、N 坐標解算時序

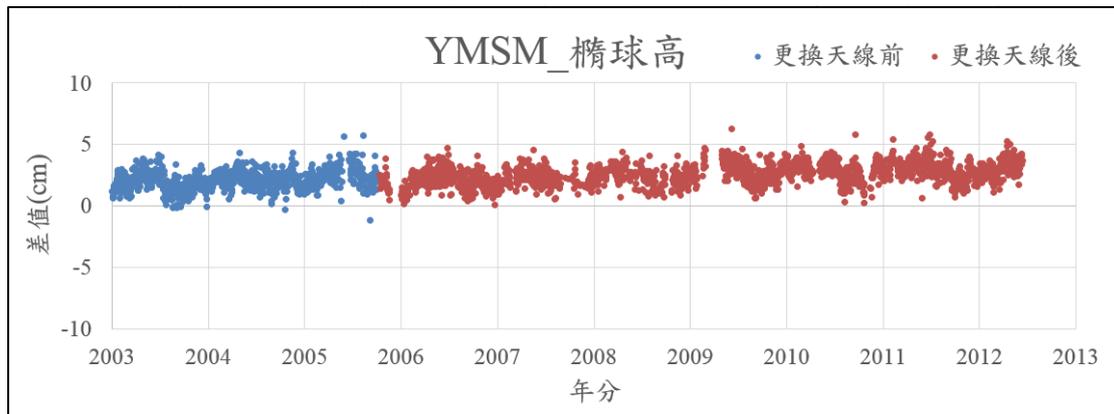


圖 7、YMSM 之橢球高解算時序

考慮 TNSM 與 YMSM 於平面 E、N 方向上具有顯著移動趨勢，假設該趨勢即為速度場影響，此處將一次式回歸方式獲得一坐標隨時間改變關係式，即將該關係式斜率視為速度場影響量。各觀測時間解算 E、N 坐標值減去速度場影響後，得該地不受速度場影響之平面坐標，此坐標標準差如表 2，兩站皆顯示於高程方向具最大標準差。

表 2、移除速度場趨勢後 E、N 坐標值標準差(單位：cm)

站名	E	N	h
TNSM	0.75	0.51	0.78
YMSM	0.69	0.66	0.77

IGS 速度場使用表 1 中 1997~2012 年間 E、N、h 坐標變化量，計算每年變化率，而內政部追蹤站 TNSM、YMSM 速度場則由各站所有解算坐標成果求其線性回歸式之斜率作為坐標變化率。表 3 比對 IGS 追蹤站速度場與 TNSM、YMSM 之點位坐標變化率，各點變化率均大略一致，E、N 坐標分別約有 3cm/yr 與 -1cm/yr 變化率，高程變化則均相對較不顯著，其中除 IGS 站 TNML 與 TCMS 變化速率 -0.04cm/yr 屬沉陷外，其餘各站則呈現不等量抬升變化。

表 3、IGS 站與 TNSM、YMSM 點位變化速率(單位：cm/yr)

	V_E	V_N	V_h
TWTF	3.34	-1.34	0.38
TNML	3.05	-1.02	-0.04
TCMS	3.05	-1.02	-0.04
TNSM	2.97 ± 0.03	-1.23 ± 0.02	0.06 ± 0.03
YMSM	3.24 ± 0.02	-1.11 ± 0.02	0.12 ± 0.02

四、結論與未來工作

本文由解算東沙(TNSM)及陽明山(YMSM)衛星追蹤站點位長時間變化，追蹤站更換天線前、後解算成果並無顯著差異。由解算結果推估 TNSM 與 YMSM 站速度場於 E、N 方向約為 3cm/yr、-1cm/yr，橢球高方向則不顯著，與台灣本島上 IGS 站解算速度場大致吻合。預計未來將加入墾丁(KDNM)、北港(PKGM)站解算成果以擴大分析範圍。

參考文獻

內政部，1998。應用全球定位系統實施台閩地區基本控制測點測量計畫總報告。

ITRF, 2012. The international terrestrial reference frame, URL: <http://itrf.ensg.ign.fr/>(上次查詢: 2013-11-22)

JPL, 2012. GIPSY6.1.2 Release Notes, California Institute of Technology.

附錄三 東沙潮位站更新工程現勘

東沙登島工作報告

登島日期	離島日期	人員(單位與人名)	交通方式	核准單位與文號	作業內涵
102/2/5	102/2/5	史天元	軍機	國防部空軍司令部戰備訓練處/國空戰防字第 1020000189；海管處	定期維護自記式潮位站
102/4/9	102/4/9	史天元	軍機	國防部空軍司令部戰備訓練處/國空戰防字第 1020000189；海管處	勘查連續式潮位站因營建施工受損狀況、定期維護自記式潮位站
102/4/4	102/4/9	林佑鐘(翰昇儀器工程公司)	民航機/軍機	國防部空軍司令部戰備訓練處/國空戰防字第 1020000189；海管處	勘查連續式潮位站因營建施工受損狀況
102/4/4	102/4/9	邱智廉(翰昇儀器工程公司)	民航機/軍機	國防部空軍司令部戰備訓練處/國空戰防字第 1020000189；海管處	勘查連續式潮位站因營建施工受損狀況
102/6/4	102/6/4	史天元	軍機	國防部空軍司令部戰備訓練處/國空戰防字第 1020001548；海管處	定期維護自記式潮位站
102/8/6	102/8/6	史天元	軍機	國防部空軍司令部戰備訓練處/國空戰防字第 1020001548；海管處	定期維護自記式潮位站；因熱帶氣旋經過，自記式潮位計鋼板斷裂，儀器遺失，經中山大學宋克義教授請助理黃康明先生協助，另設自記式潮位計於靜水井中，以三角鐵固定，鐵長 1.8m。
102/9/10	102/9/10	史天元	軍機	國防部空軍司令部戰備訓練處/國空戰防字第 1020001548；海管處	定期維護自記式潮位站；因熱帶氣旋經過，遺失之自記式潮位計，經中山大學黃康明先生協助尋獲，並將靜水井中自記式潮位計三角鐵更換為長 3.6m 者。

102/10/8	102/10/8	史天元	軍機	國防部空軍司令部戰備訓練處/國空戰防字第 1020001548；海管處	定期維護自記式潮位站；現勘安檢站重建現況，並了解潮位站重建可能。
102/11/28	102/12/3	邱智廉、莊弘州、 蔡國輝	民航機	國空戰防字第 1020004077；海管處	東沙潮位站重建。

東沙島潮位站復建工程現勘

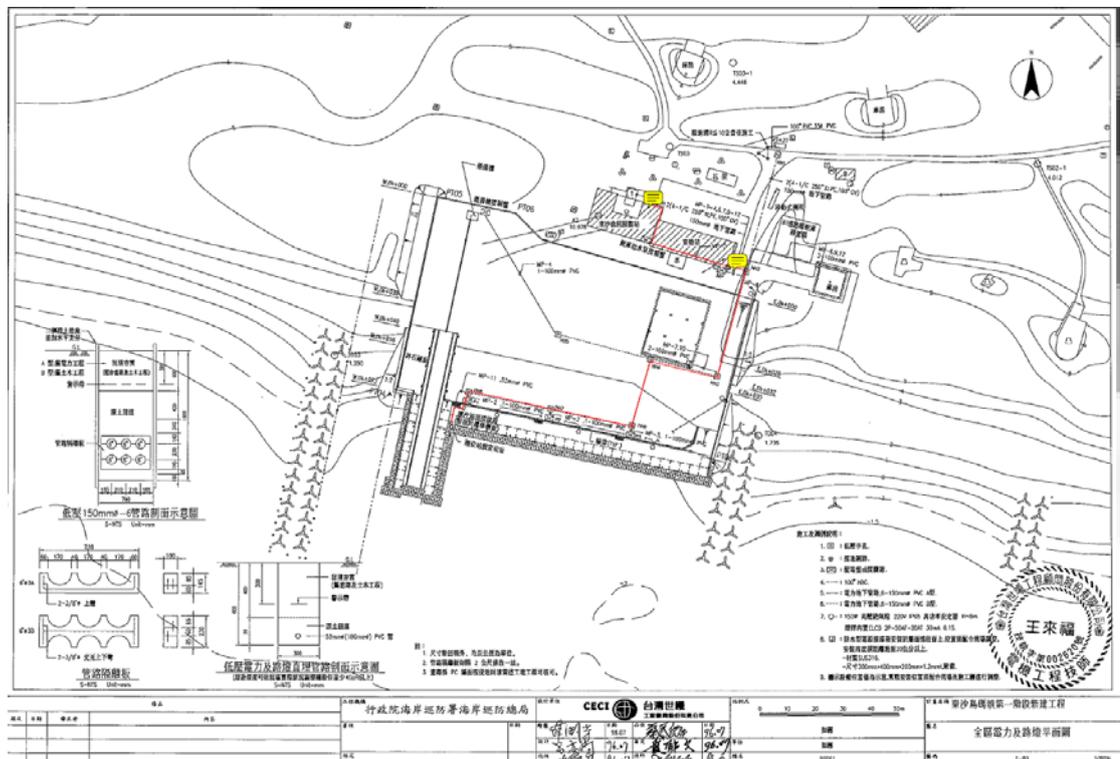
史天元¹

Tian-Yuan Shih

東沙島連續式潮位站因相關新建工程施工，需重新布設，為期能夠順利復建，安排本現勘。本次現勘於民國 102 年 6 月 4 日於東沙島進行，過程中巡視線路擬經路程，並就待決之處，整理列入本報告。

背景說明

根據「行政院海岸巡防署海岸巡防總局」民國九十六年「東沙島碼頭第一階段新建工程」之設計，東沙潮位站感測器端設置於新建碼頭面海第一排沉箱之預設靜水井中，訊號線由預設管道(暗管)，引至原「安檢站」旁，再經建築物屋頂連接至接收端儀器，如圖一。



圖一:東沙島潮位站規劃(行政院海岸巡防署海岸巡防總局)

依據海巡署之設計，交通大學於民國九十八年間，經會勘後，決定接收端儀器設置於「安檢站」旁「漁民服務站」之文康室(中山室)內。訊號線由暗管出口後引至屋頂，循牆面至「漁服站」，由面門右側窗戶引入「文康室」內。民國 101 年 11 月因「安檢站」重建工程導致訊號線斷裂，故擬於重建工程竣工後復建。本次現勘目的在確認訊號線走向與佈設方式細節。

¹國立交通大學防災與水環境研究中心教授
Professor, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University

現場情況

本次現勘時，重建工程之主體已大致完備，如圖二所示，但是尚未竣工。



圖二:工程外觀

訊號線暗管出口現況如圖三所示，除有部分水泥阻擋外，外觀大致完好。



圖三:暗管出口

由於新建之屋舍為尖頂式，訊號線不宜由其上穿越，故擬由屋舍靠海方沿牆角佈設至漁服站後，再引入文康室儀器箱內。

待議事項

如果接收端之儀器仍維持原先佈設方式，放置於漁服站文康室內，則訊號線佈設細節有下列數項待確定：

1. 新建房舍靠海面有門，如圖四所示。該門日後是否會增建樓梯或斜坡？如是，是否會預留暗管？如否，訊號線應如何穿越？水溝僅由面門左側起，訊號線將無法利用水溝由右至左延伸。
2. 由新建房舍靠海面引伸至尾端後，如何穿越新建房舍與漁服站間不相連處？是否可以 PVC 管沿地面直接延伸至漁服站牆面？現場情況如圖五。
3. 引伸至漁服站後，訊號線是否可由近新建房舍處之文康室窗戶進入室內？還是需要繞行至另一側？室內儀器箱情況如圖六。



圖四:新建房舍面海向門



圖五:文康室左側窗戶



圖六:儀器箱

現勘人員

本次現勘由東沙指揮部簡均宏排長與交通大學史天元教授會同進行。

決議

檢附現況及規劃呈報上級處理。

附錄四 潮位分析報告

102 年度東沙潮位資料蒐集與分析

史天元¹ 林暉尊² 薛憲文³

Tian-Yuan Shih Wei-Tsun Lin Shiahn-wern Shyue

摘要

東沙潮位站設置於東沙島上，由於營舍施工，原設連續式潮位計作業中斷，本年度使用自記式潮位計所得觀測數據為分析資料，以分析東沙潮位特性，並計算高程及潮位基準面。本報告分析之數據為由民國 101 年 11 月 2 日至民國 102 年 8 月 25 日。

一、前言

東沙島新建碼頭上設有東沙潮位站，其設置包含一套連續式潮位計及一組自記式潮位計。連續式潮位計由於營舍施工致使其作業中斷。由於計劃執行期間適逢復建工程進行，因此本年度分析之潮位資料皆為自記式潮位計所觀測得。本報告以調和分析(Harmonic Analysis)為主，解析出潮位中各分潮頻率、振幅(amplitude)及相位角(phase angle)，此方法可對觀測時間外任一時刻潮位進行推估，並可由各分潮特性，配合水準參考點，計算不同潮位之水深基準。

二、觀測數據

本案使用之自記式潮位計型號皆為 SBE 39TP 型無電纜線壓力式潮位計(Sea-Bird, 2009)，其水深量測範圍為 20 公尺，潮位觀測精度 ± 2 公分。該型潮位計藉由置於內部之電池提供電力才可運作，因此交通大學團隊每隔一段時間須將潮位計取出並進儀器維護、電池更換、數據下載，並以電腦與 SBE 39TP 內部石英鐘校時，以確保其可正常運作(史天元等，2010)。潮位計所記錄之壓力值為感測器所承受各種來源之總壓，並假設在承受率定氣壓時，記錄壓力值為 0。實際觀測時大氣壓力隨時間改變，因此需進行氣壓改正。改正後壓力值依公式將其值轉換為水深值，即此處分析之潮位數據。

本年度蒐集潮位觀測數據時間自民國 101 年 11 月 2 至民國 102 年 8 月 25 日，記載頻率為 60 秒一筆，期間除取出潮位計進行維護及替換潮位計之數分鐘資料空缺外，均至少有一組潮位計進行觀測。本研究所分析數據由 4 組潮位計所測得，以輪替方式盡可能取得連續觀測之潮位，各潮位計所進行觀測時間如表 1 所列。後續進行調和分析時，先將各組潮位計觀測潮位計重新取樣為 6 分鐘一筆，取樣

¹ 國立交通大學土木工程學系 教授

² 國立交通大學土木工程學系 博士班候選人

³ 國立中山大學海洋環境及工程學系 副教授

方式為每 6 分鐘觀測量取平均值，並將各組潮位計觀測數據依時序合併。

表 1、各組潮位計觀測時段

潮位計 編號	年	2012		2013							
	月	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
SBE1984			██████████				██████████				
SBE1985		██████████			██████████						
SBE4915		██████████			██████████				██████████		
SBE5625							██████████				
維護日期		11/2	12/4		2/5		4/9		6/4		8/25

如表 1 所示，整組觀測數據中除 2012 年 12 月 4 日至 2013 年 2 月 5 與 2013 年 6 月 4 日至 2013 年 8 月 25 日兩時段期間僅有一組潮位計觀測外，其餘時段均有兩組潮位計同時觀測，需先將兩組潮位計中對應於相同時間之觀測量取平均後，再依時序合併數據。最終合併潮位觀測數據如圖 1 所示。

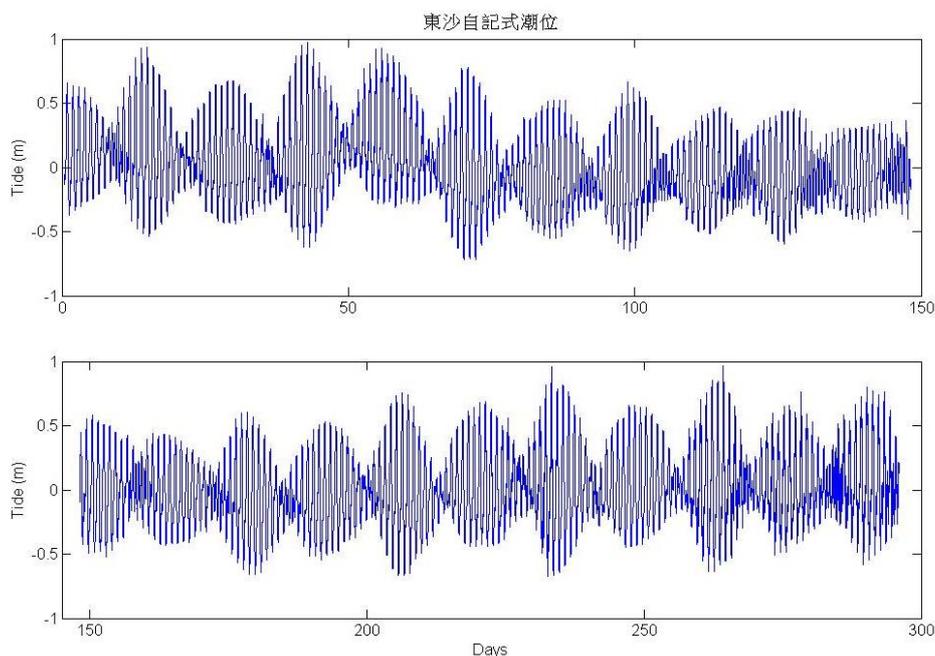
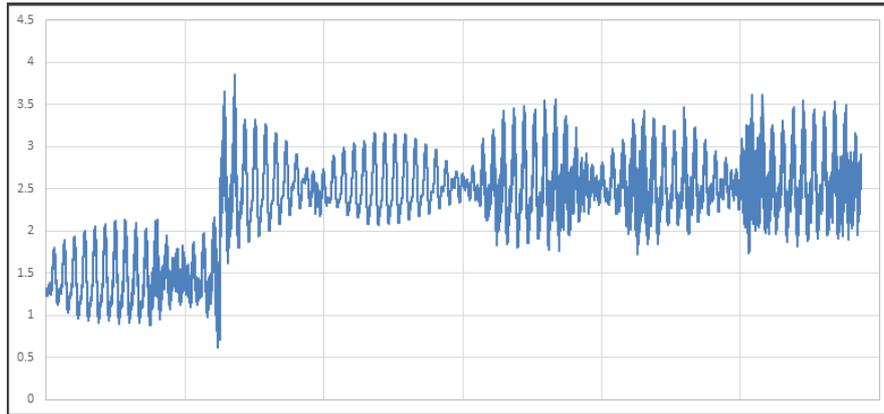


圖 1、各潮位計觀測資料組合後潮位時序

本次所蒐集潮位數據中，2013 年 6 月 4 日至 2013 年 08 月 25 日資料為潮位計 SBE4915 潮位計所記錄，期間於 2013 年 6 月 21 日由於熱帶性低氣壓侵襲影響，使潮位計支架損毀，此後支架連同潮位計一併沉落於碼頭海床上，致使潮位計讀數因水深變深而呈現顯著偏移(如圖二)，此段潮位數據處理先將偏移前、後潮位觀測值分別計算其算數平均，爾後將偏移後潮位平移前、後算數平均差值修正。修正後觀測量與其餘 4 觀測時段潮位一併依前述各段潮位觀測組合方式處理。



圖二、2013 年 6 月 4 日至 2013 年 08 月 25 日潮位數據

三、潮位分析

調和分析方法常用於處理潮位觀測資料，其原理是以牛頓所提出之平衡潮 (equilibrium tide) 理論為基礎，將潮位的時間序列視為數種不同週期分潮的線性加總，由最小二乘法解析出各分潮及其振幅、相位角，藉以分析當地潮汐特性，並可對未來潮位進行推算。本研究使用調和分析方法解析東沙地區潮位特性，由主要分潮重組後計算平均水深，同時亦由觀測水深直接平均獲得平均水深。

本文使用以 Matlab 程式語言建構之 `t_tide` 程式進行調和分析，其分析振幅與相位角之演算法乃根據 Godin(1972), Foreman(1977) 及 Foreman(1978) 之 FORTRAN 程式碼為基礎，並增進部分分析功能(Pawlowicz et al., 2002)。

經調和分析解析出之 62 個主要分潮如表 2 所示，表中所列包含各分潮頻率、振幅、振幅誤差、相位角、相位角誤差及信噪比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)。將調和分析之主要分潮結果以橫軸為頻率(cycles per hour, cph)，縱軸為振幅(m)及相位角(deg)繪製如圖 3、4 所示，其中主要分潮為頻率接近 $1/24(0.042)$ 之全日潮 K1(26.42cm)、O1(21.25cm)、P1(9.04cm)，及頻率為 $1/12(0.083)$ 之半日潮 M2(14.61cm)、S2(5.55cm)、N2(3.28cm)，由振幅顯示東沙島以全日潮為主。由潮型判別式判斷，以法國制計算式可算得該值為 2.36，屬於全日潮；以美國制計算式可算得 3.26，亦為全日潮。潮位觀測與調和分析之預報潮位時序如圖 5 所示。

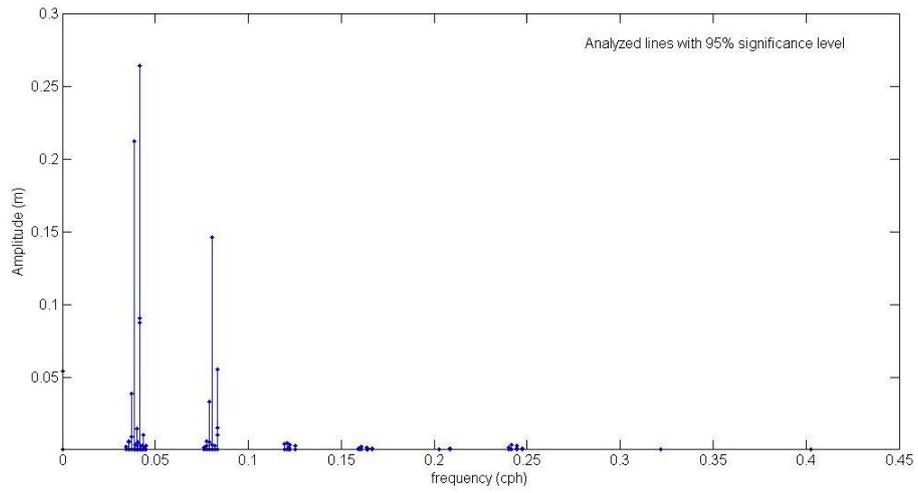


圖 3、調和分析之頻率對應振幅成果

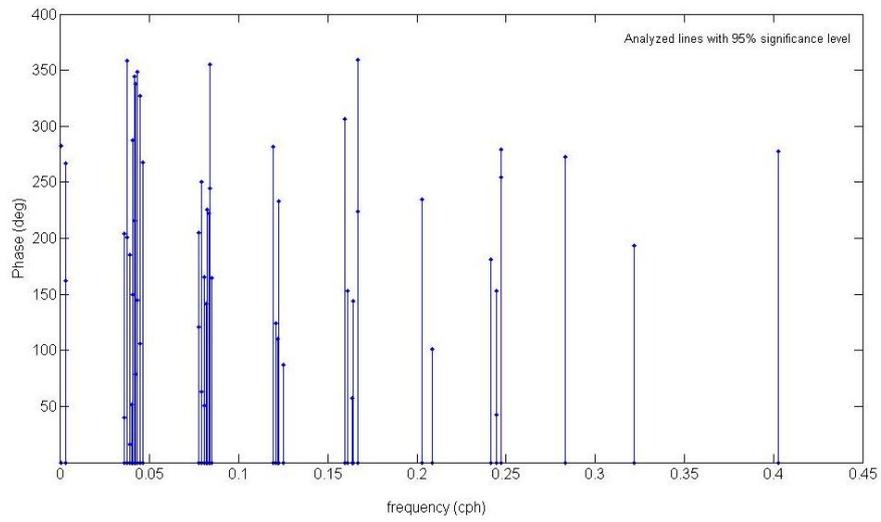


圖 4、調和分析之頻率對應相位角成果

表 2、調和分析主要分潮表

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
*SSA	0.000228	0.0542	0.018	282.77	18.97	9.1
MSM	0.001303	0.0036	0.018	200.51	286.65	0.04
MM	0.001521	0.0074	0.018	32.4	139.19	0.17
MSF	0.002824	0.0085	0.018	161.88	120.52	0.23
MF	0.003052	0.0086	0.018	266.81	119.69	0.23
*ALP1	0.034383	0.0021	0.002	40.25	50.54	1.2
*2Q1	0.035686	0.0058	0.002	39.72	18.99	9
*SIG1	0.035904	0.0052	0.002	204.25	20.28	7.4
*Q1	0.037207	0.0388	0.002	201.2	2.77	4.10E+02
*RHO1	0.037426	0.0087	0.002	358.52	11.74	20
*O1	0.038729	0.2125	0.002	15.77	0.5	1.20E+04
*TAU1	0.038957	0.0033	0.002	185.3	33.11	3
*BET1	0.040031	0.0042	0.002	51.61	25.33	4.7
*NO1	0.040259	0.0143	0.002	149.46	9.97	56
*CHI1	0.040478	0.0054	0.002	287.05	19.72	7.8
*P1	0.041553	0.0904	0.002	215.39	1.22	2.20E+03
*P1	0.041553	0.0874	0.002	344.71	1.26	2.10E+03
*K1	0.041781	0.2642	0.002	337.64	0.41	1.90E+04
*PHI1	0.042009	0.0028	0.002	78.88	39.86	2.1
*THE1	0.043083	0.0027	0.002	348.78	39.59	2
*J1	0.043302	0.0099	0.002	144.98	10.89	26
*SO1	0.044605	0.0023	0.002	105.72	45.14	1.5
*OO1	0.044833	0.0025	0.002	327.18	44.32	1.7
UPS1	0.046354	0.0005	0.002	267.45	215.14	0.064
OQ2	0.075945	0.0012	0.001	19.62	59.39	0.78
*EPS2	0.076164	0.0016	0.001	41.31	48.83	1.3
*2N2	0.077466	0.0026	0.001	120.54	28.23	3.7
*MU2	0.077685	0.006	0.001	204.63	13.02	19
*N2	0.078988	0.0328	0.001	250.16	2.41	5.70E+02
*NU2	0.079207	0.0052	0.001	63	14.98	15
*M2	0.080509	0.1461	0.001	50.42	0.54	1.10E+04
*MKS2	0.080737	0.0032	0.001	165.45	23.83	5.4
LDA2	0.081812	0.0011	0.001	141.63	68.89	0.69
*L2	0.082031	0.0028	0.001	225.58	22.29	4.2
*S2	0.083333	0.0555	0.001	221.9	1.42	1.60E+03

表 2(續)、調和分析主要分潮表

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
*K2	0.083562	0.0104	0.001	355.42	7.33	57
*K2	0.083562	0.0151	0.001	244.3	5.04	1.20E+02
MSN2	0.084855	0.0004	0.001	194.44	219.01	0.069
ETA2	0.085083	0.0009	0.001	164.19	76.6	0.41
*MO3	0.119238	0.0041	0.001	281.68	9.57	33
*M3	0.120764	0.0043	0.001	123.91	9.45	37
*SO3	0.122062	0.0012	0.001	110.43	32.12	2.9
*MK3	0.12229	0.0032	0.001	232.94	12.44	20
*SK3	0.125114	0.0025	0.001	86.62	15.85	12
*MN4	0.159497	0.0008	0.001	306.49	36.77	2.5
*M4	0.161019	0.0022	0.001	153.4	13.22	19
SN4	0.162321	0.0005	0.001	5.62	62.82	0.84
*MS4	0.163843	0.0011	0.001	57.1	25.18	5.2
*MK4	0.164071	0.001	0.001	143.82	29.06	3.7
*S4	0.166667	0.0005	0.001	223.92	54.71	1.1
SK4	0.166895	0.0002	0.001	358.9	141.67	0.15
*2MK5	0.202799	0.0004	0	234.86	39.04	2.1
*2SK5	0.208447	0.0005	0	101.05	31.38	3.2
*2MN6	0.240006	0.0015	0	10.46	13.46	18
*M6	0.241528	0.0031	0	180.67	6.34	83
*2MS6	0.244352	0.0025	0	42.31	7.78	55
*2MK6	0.24458	0.0007	0	152.76	28.45	3.8
*2SM6	0.247176	0.0005	0	254.67	35.94	2.6
MSK6	0.247404	0.0001	0	279.38	166.65	0.11
3MK7	0.283309	0.0002	0	272.82	62.77	0.81
*M8	0.322037	0.0003	0	193.51	26.54	4.8
*M10	0.402546	0.0002	0	277.66	44.67	1.7

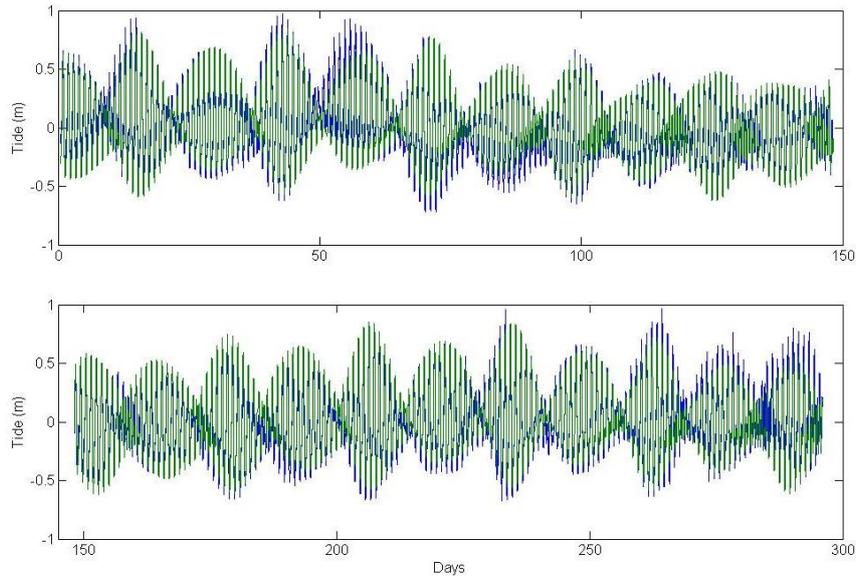


圖 5、潮位觀測與預報時序圖
(藍：觀測潮位；綠：預報潮位)

利用 2012 年 11 月 2 日至 2013 年 8 月 25 日，共 295 天之潮位觀測數據，進行以下數據分析及推算。以此 295 天之潮位進行算數平均海水面為-0.0560m，由各月份潮位觀測計算得平均海水面如表 3 所示。各月份中於 2012 年 12 月，2013 年 2、4、6 月因潮位計維護而有數分鐘資料中斷，其餘各觀測時段皆為完整觀測。將使用 t_tide 進行調和分析所得 62 分潮重組後，得平均海水面為 0.0084m。

表 3、平均海水面計算

觀測時間		月平均海水面 (m)	平均海水面 (m)
開始	結束		
2012/11/02 09:48	2012/11/30 23:54	0.0312	-0.0560
2012/12/01 00:00	2012/12/31 23:54	0.0447	
2013/01/01 00:00	2013/01/31 23:54	-0.1165	
2013/02/01 00:00	2013/02/28 23:54	-0.1482	
2013/03/01 00:00	2013/03/31 23:54	-0.1227	
2013/04/01 00:00	2013/04/30 23:54	-0.0776	
2013/05/01 00:00	2013/05/31 23:54	-0.1001	
2013/06/01 00:00	2013/06/30 23:54	-0.0283	
2013/07/01 00:00	2013/07/31 23:54	-0.0250	
2013/08/01 00:00	2013/08/25 00:00	-0.0106	

NOAA(2012)對於平均低低潮位面(Mean Low Low Water, MLLW)定義為以 19 年週期中每一潮汐天的較低低潮位面之平均高度，此處以目前所蒐集 295 天潮位資料統計每一潮汐日較低低潮位平均高度，其值為-0.4416m。海圖中對於水

深之基準表示，是以該地長年統計之平均海水位減去 M2、S2、K1、O1 四個主要分潮振幅為準，此值與最低低潮位約略相等。以平均海水面 0.0084m 減去 M2(0.1461m)、S2(0.0555m)、K1(0.2642m)、O1(0.2125m)分潮振幅，最低低潮位面即為 $0.0084-(0.1461+0.0555+0.2642+0.2125) = -0.6699\text{m}$ 。

四、結論

本年度所蒐集東沙地區潮位數據經調和分析出 62 分潮，由各分潮特性判別均顯示屬於全日潮，以分潮重組後反算平均海水面高程為 0.0084m，而由觀測潮位直接平均則為-0.0560m，此結果相較於本案期中報告 214 天觀測長度分析結果，更為接近理論值。

參考文獻

- 史天元、薛憲文、陳雅信、陳杰宗、陳佳勳，2010。自記式潮位站設置：東沙經驗，地籍測量，29(2):34-45。
- Foreman, M.G.G., 1977. Manual for tidal heights analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 97pp.
- Foreman, M.G.G., 1978. Manual for tidal currents analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 78-6, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 57pp.
- Huang, N.E., Z. Shen, S.R. Long, M.C. Wu, H.H. Shih, Q. Zheng, N.-C. Yen, C.C. Tung, and H.H. Liu, 1998. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis." Proceeding of Royal Society of London, Series A 454: 903–995.
- Godin, G., 1972. The Analysis of Tides. University of Toronto Press, Toronto, 264pp.
- NOAA, 2013. Tidal datums. URL: http://tidesandcurrents.noaa.gov/datum_options.html , last time access, 2013/10/15.
- Pawlowicz, R., B. Beardsley, and S. Lentz, Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE, Computers and Geosciences 28(8): 929-937.
- Sea-Bird, 2009. SBE 39 Temperature (Pressure Optional) Recorder User Manual, Version 021, Sea-Bird Electronics, Inc.

附錄五 基隆新設潮位站現勘及測量報告

基隆新設潮位站工作報告

日期	人員(單位與人名)	作業內涵
102/1/22	內政部：黃鉅富技正、廖純傑研究員 中正地政事務所：陳品學、戴清文測量員 中央氣象局：呂理弘課長、陳思良技士 交通大學：史天元教授	現勘
102/3/20	翰昇環境科技股份有限公司：林連楓副理 交通大學：史天元教授、王慧蓉副工程師	現勘
102/5/22	翰昇環境科技股份有限公司：林連楓副理 交通大學：史天元教授、廖志中教授	現勘
102/5/27	內政部：黃鉅富技正、廖純傑研究員 港務公司：彭廣在高級專員、許哲維管理師、楊素勤高級專員、邱錦浩副工程師、戴益寶高級工程師 翰昇環境科技股份有限公司：林連楓副理、周孫安工程師 交通大學：史天元教授、王慧蓉副工程師	現勘
102/6/17	自強公司：藍國華副總經理 交通大學：史天元教授	現勘
102/6/24	自強公司：林文凱副理、江瑞杰測量組長、陳威丞副組長、蔡杰修組員 交通大學：史天元教授	陸域測量：選點、埋樁、水準測量、GPS 控制測量、地面光達掃描、近岸全測站地形測量
102/6/27	自強公司：林文凱副理，海測組：黃揚俊測量組長、陳冠宏組員、周孟德 測量組長；陸測組：張廷丞組員、郭佳佑組員 交通大學：史天元教授	海域測量 陸域測量：近岸水深地形測量、潮位高測量、GPS 參考站測量

102/8/13	中央氣象局：陳思良先生 內政部：黃鉅富博士 交通大學：廖志中、史天元教授 翰昇環境科技股份有限公司：林連楓副理	龍洞潮位站參訪
102/9/3~9/4	翰昇環境科技股份有限公司 交通大學：史天元教授	臨時潮位站建置
102/10/30	交通大學：史天元教授、黃弋丞	正濱潮位站維護及高程聯測

基隆新設潮位站潮位站現勘報告

史天元¹

Tian-Yuan Shih

摘要

八斗子潮位站擬設置於基隆市正濱漁港專用區進出口東側岩岸，於民國 102 年 1 月 22 日，內政部會同中央氣象局、基隆中正地政事務所、與交通大學人員現勘。本報告說明該次現勘時之潮位站設置規劃。

潮位站概要說明

新建八斗子潮位站，擬設置於正濱漁港專用區進出口東側岩岸，如圖一所示，為未登記之國有土地。地質為裸露岩盤，地形位於灣內，受風浪之影響較小。



紅色箭頭所指為新建潮位站暫定的約略位置

圖一、位置略圖

¹國立交通大學防災與水環境研究中心教授

Professor, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University

位置在基隆市中正路341號後方牆外,如圖二所示,該處為東岸會議室。設置潮位站處須經民家旁通道前往,無法由東岸會議室設施前往,通道如圖三所示。



圖二、中正路 341 號



圖三、中正路 341 號左側民家旁通道
設置位置為岩岸,現地有護堤,如圖四、五、六所示。



圖四、現地概況



圖五、面海左側概況



圖六、面海右側近照

規劃

連續式潮位站擬設置於圖五所示區域，亦即圖四中階梯海堤面海之左側。於海中離岸建觀測屋，以橋與陸地相連接，屋為架高式，靜水井由屋中垂直伸入海中。臨時性潮位站，擬以簡易式連續式潮位站方式設置，位置在圖六高堤前海域，臨堤水深約 1.9m，以 PVC 管為靜水井，固定於堤上。紀錄器與蓄電池置於掛式不銹鋼儀器箱內，儀器箱固定於堤壁，定時抄取數據與更換電池。潮位站旁設置植入性不銹鋼樁，以為參考基準點，並聯測到民家與東岸會議室間之基隆界樁 A61。



圖七、民家前界樁

時程規劃

擬於三月間會同施工廠商人員再次現勘，並評估設置臨時性潮位站方式，是否採用自記式或簡易式連續式潮位站。四月間完成臨時性潮位站建置，並開始記錄數據。同時，設置潮位站參考點，並聯測至界樁。於本年度工作計畫期內，規劃設計正式永久潮位站建築方式並估價。

後記

本次現勘人員合影如圖八，上圖由右至左為中正地政事務所陳品學測量員、內政部地政司廖純傑研究員、黃鉅富技正、中央氣象局陳思良技士、呂理弘課長、交通大學史天元教授，下圖右二中正地政事務所戴清文測量員，計七人。



圖八、現勘人員

基隆新設潮位站現勘報告

史天元¹

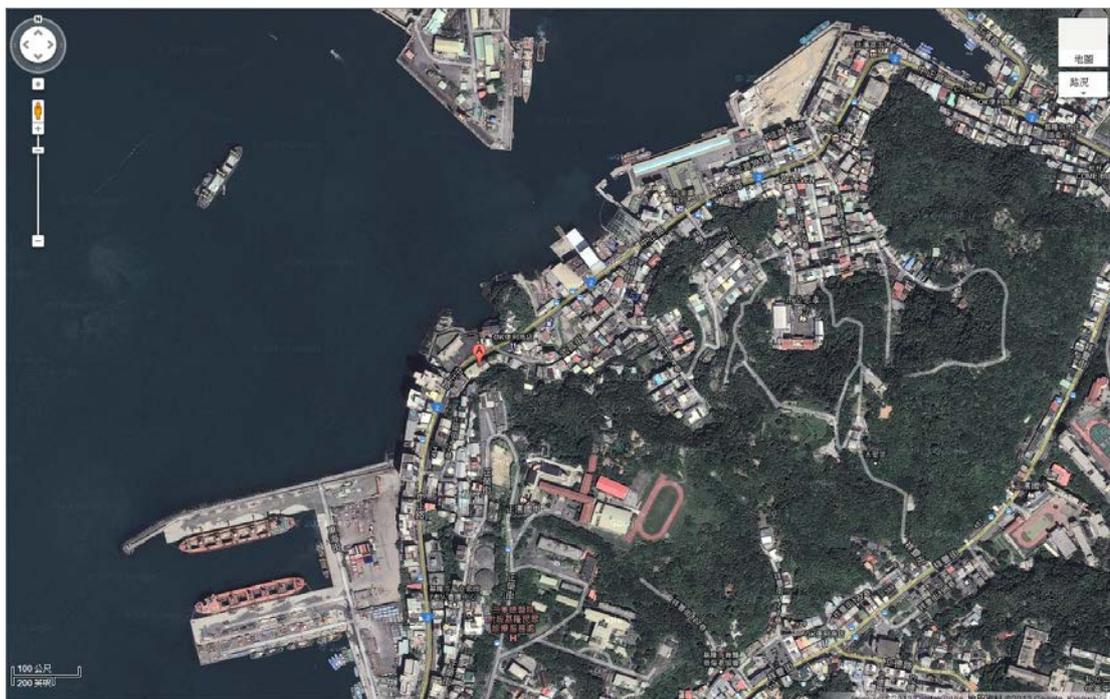
Tian-Yuan Shih

摘要

八斗子潮位站擬設置於基隆市正濱漁港專用區進出口東側岩岸，於民國 102 年 3 月 20 日，交通大學人員會同翰昇環境科技公司現勘。本報告說明該次現勘時之潮位站設置規劃。

潮位站概要說明

新建八斗子潮位站，擬設置於正濱漁港專用區進出口東側岩岸，如圖一所示，為未登記之國有土地。地質為裸露岩盤，地形位於灣內，受風浪之影響較小。



圖一、位置略圖

位置在基隆市中正路 341 號後方牆外，如圖二所示，該處為交通部航港局東岸會議室。設置潮位站處須經民家旁通道前往，無法由東岸會議室設施前往，通道如圖三所示。中正路該處單雙號號差甚大，對面民宅地址為基隆市中正路 472 號。於 Google Map 以地址定位時，圖一 A 點即為基隆市中正路 472 號。

¹國立交通大學防災與水環境研究中心教授

Professor, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University



圖二、中正路 341 號



圖三、中正路 341 號左側民家旁通道
設置位置為岩岸，現地有護堤，如圖四、五、六所示。



圖四、現地概況



圖五、面海左側概況



圖六、面海右側近照

規劃

連續式潮位站擬設置於圖五所示區域，亦即圖四中階梯海堤面海之左側。於海中離岸建觀測屋，以橋與陸地相連接，屋為架高式，靜水井由屋中垂直伸入海中。臨時性潮位站，擬以簡易式連續式潮位站方式設置，位置在圖六高堤前海域，臨堤水深約 1.9m，以 PVC 管為靜水井，固定於堤上。紀錄器與蓄電池置於掛式不銹鋼儀器箱內，儀器箱固定於堤壁，定時抄取數據與更換電池。潮位站旁設置植入性不銹鋼樁，以為參考基準點，並聯測到民家與東岸會議室間之基隆界樁 A61。



圖七、民家前界樁

3月20日會同施工廠商人員再次現勘，確認以臨時性連續式潮位站方式設置，儀器箱掛放於圖六中擋土牆上。如圖八所示，該擋土牆應屬民家所有，宜在施工前會勘，獲取民家同意。擋土牆上約四公尺高處，有以設置目前棄用之支架三個，據判斷應為設置棚架所安置。儀器箱或亦可設置於該支架上，以免對擋土牆侵入性施工。該支架位置高，應亦可避免閒人觸弄或破壞儀器箱，施工時則須以長梯輔助。但是該支架是否穩固，有待確認。儀器箱設置另一地點為東岸會議室近海面圍牆，如圖十所示。缺失為訊號線須延伸較長，而且容易為人接觸。

儀器箱內除安置紀錄器外，並擬設置蓄電池與太陽能板，以期能長期自主性觀測。訊號以租用 GSM 服務方式傳輸至氣象局、維護廠商、及交通大學。如此可降低斷訊風險，於發現異常後可即時維修。



圖八、儀器箱掛放擋土牆



圖九、擋土牆



圖十、東岸會議室近海面圍牆

其他規劃

本案已另行規畫水深測量，以收集相關地形資料，供規劃設計正式永久潮位站建築方式並估價。

基隆新設潮位站現勘報告

史天元¹

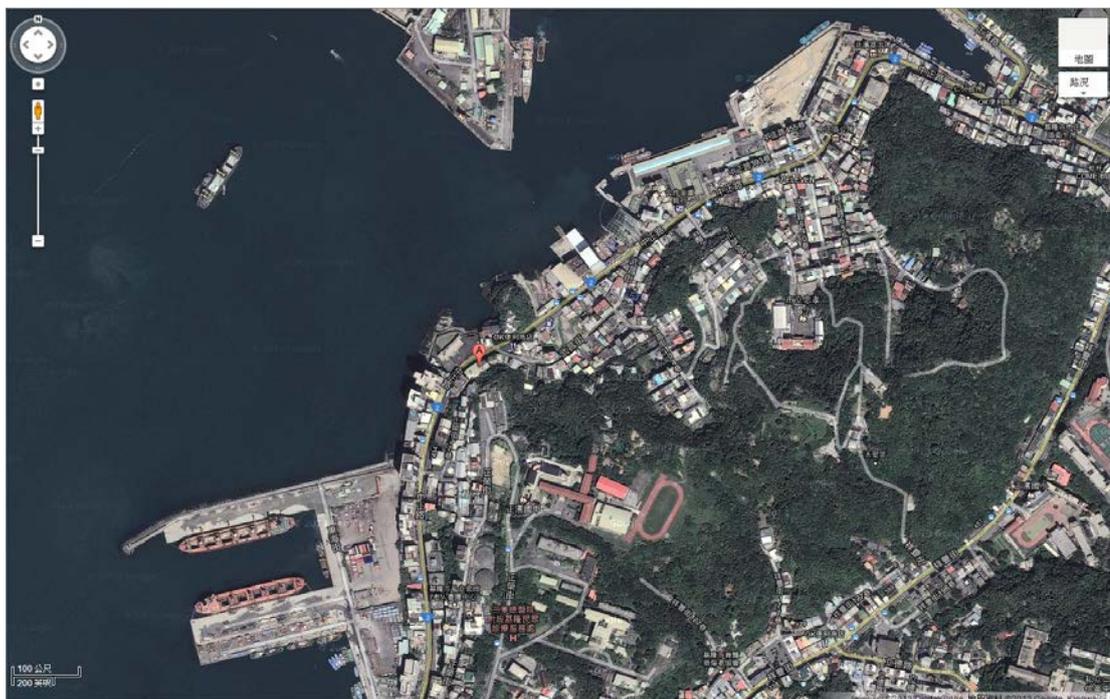
Tian-Yuan Shih

摘要

八斗子潮位站擬設置於基隆市正濱漁港專用區進出口東側岩岸，於民國 102 年 5 月 22 日，交通大學人員會同翰昇環境科技公司現勘，為本案之第三次現勘。本報告說明該次現勘時之潮位站設置規劃。

潮位站概要說明

新建八斗子潮位站，擬設置於正濱漁港專用區進出口東側岩岸，如圖一所示，為未登記之國有土地。地質為裸露岩盤，地形位於灣內，受風浪之影響較小。



圖一、位置略圖

位置在基隆市中正路 341 號後方牆外，如圖二所示，該處為交通部航港局東岸會議室。設置潮位站處須經民家旁通道前往，無法由東岸會議室設施前往，通道如圖三所示。中正路該處單雙號號差甚大，對面民宅地址為基隆市中正路 472 號。於 Google Map 以地址定位時，圖一 A 點即為基隆市中正路 472 號。

¹國立交通大學防災與水環境研究中心教授

Professor, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University



圖二、中正路 341 號



圖三、中正路 341 號左側民家旁通道
設置位置為岩岸，現地有護堤，如圖四、五、六、七所示。



圖四、現地概況



圖五、面海左側概況



圖六、面海右側近照



圖七、面海左側近照



圖八、民家前界樁

規劃

連續式潮位站擬設置於圖五所示區域，亦即圖四中階梯海堤面海之左側。於海中離岸建觀測屋，以橋與陸地相連接，屋為架高式，靜水井由屋中垂直伸入海中。臨時性潮位站，擬以簡易式連續式潮位站方式設置，以PVC管為靜水井，固定於堤上，紀錄器與蓄電池置於掛式不銹鋼儀器箱內。潮位站旁設置植入性不銹鋼樁，以為參考基準點，並聯測到民家與東岸會議室間之基隆界樁A61。

臨時性潮位站位置在上次場勘後原擬設置於圖六高堤前海域，臨堤水深約1.9m，儀器箱固定於堤壁，定時抄取數據與更換電池。本次現勘時以水準尺實際

量測，圖六中面海右側水深確實距離堤頂(足踏處) 約 1.9m，場勘時刻水面深度約 1.2m。但是在圖七水準尺所示位置，水面深度達 1.5m，相較較深 0.3m。同時，考量若使用太陽能電板，原擬掛設儀器箱之堤壁日照時數可能不足，未若設置於東岸會議室圍牆上，如圖九所示。太陽能板則設置於圍籬上方。綜合兩項考量，壓力式感測端擬設置於圖七中位置，訊號線與原規劃相較並無須延長，容易為人接觸部分則仍為問題。如能設置於圍籬內，保全問題或可減輕。東岸會議室近海面圍牆另景見圖十。

儀器箱內除安置紀錄器外，並擬設置蓄電池與太陽能板，以期能長期自主性觀測。訊號以租用 GSM 服務方式傳輸至氣象局、維護廠商、及交通大學。如此可降低斷訊風險，於發現異常後可即時維修。



圖九、儀器箱掛放圍牆



圖十、東岸會議室近海面圍牆

其他規劃

本案已另行規畫水深測量，以收集相關地形資料，供規劃設計正式永久潮位站建築方式並估價。

現勘人員

本次現勘人員為瀚昇公司林連楓副理、交通大學廖志中教授、史天元教授。

基隆新設潮位站現勘報告

史天元¹

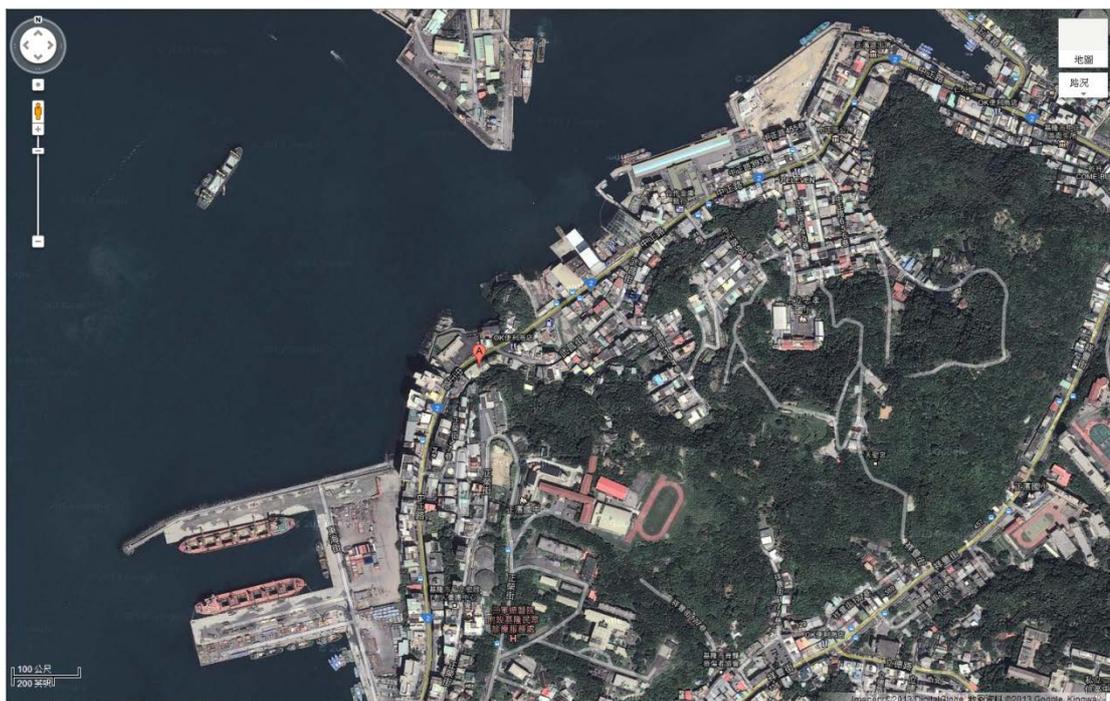
Tian-Yuan Shih

摘要

基隆臨時潮位站擬設置於基隆市正濱漁港專用區進出口東側岩岸，於民國 102 年 5 月 27 日，內政部、臺灣港務公司基隆港務分公司(以下簡稱港務公司)、交通大學、翰昇環境科技公司，人員會同現勘，為本案之第四次現勘。本報告說明該次現勘時之潮位站設置規劃之協調整合意見。

潮位站概要說明

基隆臨時潮位站，擬設置於正濱漁港專用區進出口東側岩岸，如圖一所示，為未登記之國有土地。地質為裸露岩盤，地形位於灣內，受風浪之影響較小。



圖一、位置略圖

位置在基隆市中正路 341 號後方牆外，如圖二所示，該處東岸會議室目前由港務公司管理使用。設置潮位站處須經民家旁通道前往，無法由東岸會議室設施前往，通道如圖三所示。中正路該處單雙號號差甚大，對面民宅地址為基隆市中正路 472 號。於 Google Map 以地址定位時，圖一 A 點即為基隆市中正路 472 號。

¹國立交通大學防災與水環境研究中心教授

Professor, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University



圖二、中正路 341 號



圖三、中正路 341 號左側民家旁通道
設置位置為岩岸，現地有護堤，如圖四、五、六、七所示。



附錄 5-19

圖四、現地概況



圖五、面海左側概況



圖六、面海右側近照



圖七、面海左側近照



圖八、民家前界樁
初擬規劃

連續式潮位站擬設置於圖五所示區域，亦即圖四中左右側礁石連線近左側礁石處。於海中離岸建觀測屋，以橋與陸地相連接，屋為架高式，靜水井由屋中垂直伸入海中。臨時性潮位站，擬以簡易式連續式潮位站方式設置，以 PVC 管為靜水井，固定於堤上，紀錄器與蓄電池置於掛式不銹鋼儀器箱內。潮位站旁設置植入性不銹鋼樁，以為參考基準點，並聯測到民家與東岸會議室間之基隆界樁 A61。

臨時性潮位站位置在上次場勘後擬設置於圖六高堤前海域，臨堤水深約 1.9m，儀器箱則固定於東岸會議室屋頂女兒牆外側貼壁，如圖九，儀器使用電源

以太陽能為主，太陽能面板至於牆頂。儀器箱與太陽能面板安裝以不能由庭院中看到為原則，安裝時以吊掛卡住方式施工，不對屋頂及牆面從事任何破壞或侵入性之作為。第三次現勘時以水準尺實際量測，圖六中面海右側水深確實距離堤頂(足踏處)約 1.9m，場勘時刻水面深度約 1.2m。但是在圖七水準尺所示位置，水面深度達 1.5m，相較較深 0.3m。壓力式感測端擬設置於圖七中位置，東岸會議室近海面圍牆上方在會議室園區內另景見圖十，訊號線由水溝進入會議室園區，再由水溝近屋，沿現有水管引至屋頂，連接儀器箱。

儀器箱內除安置紀錄器外，並擬設置蓄電池與太陽能板，以期能長期自主性觀測。訊號以租用 GSM 服務方式傳輸至氣象局、維護廠商、及交通大學。如此可降低斷訊風險，於發現異常後可即時維修，預期三個月定期抄取數據與維護。

本案已另行規劃水深測量，以收集相關地形資料，供規劃設計正式永久潮位站建築方式並估價。



圖九、東岸會議室屋頂女兒牆



圖十、東岸會議室近圍牆水溝

其他應配合事項

本案如港務公司基於公益無償提供設施便利相關作業，所蒐集之潮位數據及分析成果，亦應無償提供港務公司使用，以符雙方互惠精神。另東岸會議室現址如未來招商後有移除相關設備必要，交通大學（或內政部當時委託承辦單位）應無償自行遷移。

現勘人員

本次現勘人員為內政部黃鉅富技正、廖純傑研究員、港務公司彭廣在高級專員、許哲維管理師、楊素勤高級專員、邱錦浩副工程師、戴益寶高級工程師、瀚昇公司林連楓副理、周孫安工程師、交通大學史天元教授、王慧蓉工程師。



圖十一、由右至左，內政部廖純傑研究員、黃鉅富技正、港務公司彭廣在高級專員、許哲維管理師、楊素勤高級專員、交通大學史天元教授、瀚昇公司林連楓副理、周孫安工程師

基隆臨時潮位站現勘報告

史天元¹

Tian-Yuan Shih

摘要

基隆臨時潮位站擬設置於基隆市正濱漁港專用區進出口東側岩岸，於民國102年6月17日，自強公司與交通大學人員會同現勘，為本案之第五次現勘。本報告說明該次現勘時之相關測量規劃之整合意見。

決議事項

基隆臨時潮位站擬設置於基隆市正濱漁港專用區進出口東側岩岸，該區域並非位於港區管制區內，但為避免發生枝節，測量時交通大學人員宜攜帶合約書到場。陸域測量部分包含埋設控制點、水準測量、GPS控制測量、以及地面光達掃描與近岸水深點測量。主體水深測量則以海測為之。陸域測量定於6月24日進行，由於乾潮在下午四時前後，故於該時進行細部測量，包含光達與全測站。海域測量則預定6月26或27日，上午九時許滿潮時進行。

參與人員

自強公司藍國華副總經理與交通大學史天元教授會同現勘。

¹國立交通大學防災與水環境研究中心教授

Professor, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University

基隆臨時潮位站陸域測量報告

史天元¹

Tian-Yuan Shih

摘要

基隆臨時潮位站擬設置於基隆市正濱漁港專用區進出口東側岩岸，於民國102年6月24日，自強公司人員進行陸域測量，交通大學史天元教授會同前往，為本案之第六次到達現地。本報告說明陸域測量工作時之相關過程。

測量過程

本次測量包含選點、埋樁、水準測量、GPS 控制測量、地面光達掃描、近岸全測站地形測量。選點部分包含潮位站參考點，命名為 BM，如圖一所示。以及控制點 K1、K2，如圖二、三。BM 為小型鋼樁，有鋼質圓形墊片。K1、K2 為鋼釘，有黃色塑膠墊片。另設置地面光達後視控制點數點，該類控制點為以全測站測量，在光達掃描時設置反光板做為光達點雲定位使用。



圖一：潮位站參考點 BM

¹國立交通大學防災與水環境研究中心教授
Professor, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University



圖二：控制點 K1



圖三：控制點 K2

水準測量由控制點 A61 引測至 BM 點，由於中正路 339 號之 4 屋主拒絕水準通過其屋旁通道，故經由東岸會議室圍牆，往返測完成引測。使用之儀器為 Leica NA3003，往返閉合差 $0.62\text{mm}\sqrt{K}$ ，路徑長 0.15Km，閉合差 0.001m 如表一所示。

表一 直接水準計算表

工程名稱:基隆臨時潮位站—直接水準測量

點號	觀測高差		平均值	距離	平差改正數	平差後高差	高程
	Δh						
A61	往	-4.846	-4.845	101.716	0.000	-4.846	7.896
	返	4.845					
K1	往	-0.101	-0.101	21.727	0.000	-0.101	3.050
	返	0.101					
BM	往	-0.039	-0.039	28.029	0.001	-0.038	2.949
	返	0.039					
K2	往						2.911
	返						

閉合精度= $0.62\text{mm}\sqrt{k}$

$\Sigma D = 151.472$

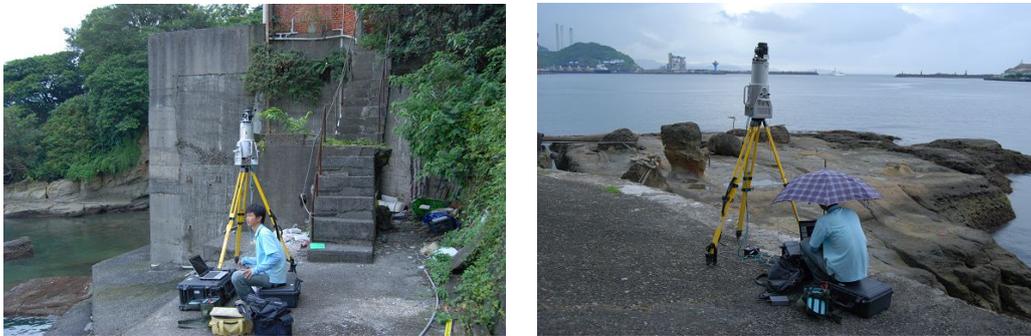
閉合差=0.001

GPS 測量使用兩台 Trimble 5700 與兩台 NGS-Netsurv3000，同步觀測 50 分鐘以上，除設站於 BM、K2 外，已知控制點選用內政部三等點 CP01 及 C009 二點，經解算後求得 K1 及 K2 之坐標。

近岸陸域地形測量，使用 Leica TCR1205，配合反光稜鏡，進行情況如圖四。所測點為均位於近岸水中，其目的在與海測成果檢核，並可補近岸淺水區船測不足之處。



圖四：地形測量作業情形



圖五：光達掃描(左 K1、右 K2)作業

光達掃描分別設置儀器於 K1、K2 附近，如圖五，選擇於接近乾潮時間進行，約該日下午四時，由於氣象為午後雷雨，於 K2 掃描時已落雨，於雨中完成掃描。後視點包含控制點(BM、K1、K2)與後視控制點，後視點反光標設置如圖六。使用之掃描儀器為 Riegl 420i。



圖六：光達掃描後視點(K1)

參與人員

本次測量由自強公司林文凱副理統籌，參與人員包括江瑞杰測量組長、陳威丞副組長、蔡杰修組員，共計四人。交通大學史天元教授會同參與。

基隆臨時潮位站海域測量報告

史天元¹

Tian-Yuan Shih

摘要

基隆臨時潮位站擬設置於基隆市正濱漁港專用區進出口東側岩岸，於民國 102 年 6 月 27 日，自強公司人員進行海域測量，交通大學史天元教授會同前往，為本案之第七次到達現地。本報告說明海域測量工作時之相關過程。

測量過程

本次測量由海測配合陸測，海測人員負責橡皮艇上作業、陸測人員負責近岸水深地形測量、潮位高測量、GPS 參考站測量。海測使用橡皮艇為載具，由正濱漁港下水，完成組裝後駛往作業區。組裝過程如圖一、二。除使用單音束測深儀外、使用兩具 GPS 接收儀。組裝完成後情況如圖三。



圖一：組裝推進器

¹國立交通大學防災與水環境研究中心教授
Professor, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University



圖二：組裝 GPS



圖三：組裝完成

由於本處施放臨時潮位計不易，潮位高由全測站定時施測，如圖四所示，每六分鐘施測水面高一次，潮位觀測資料詳表一。海測作業過程如圖五。

潮位觀測資料

時間	潮位(公尺)	時間	潮位(公尺)	時間	潮位(公尺)
13/06/27 10:12	0.320				
13/06/27 10:18	0.326				
13/06/27 10:24	0.336				
13/06/27 10:30	0.347				
13/06/27 10:36	0.350				
13/06/27 10:42	0.354				
13/06/27 10:48	0.356				
13/06/27 10:54	0.360				
13/06/27 11:00	0.366				
13/06/27 11:06	0.369				
13/06/27 11:12	0.370				
13/06/27 11:18	0.375				
13/06/27 11:24	0.380				

觀測者:郭佳佑

計算者:黃揚俊

校對者:藍國華



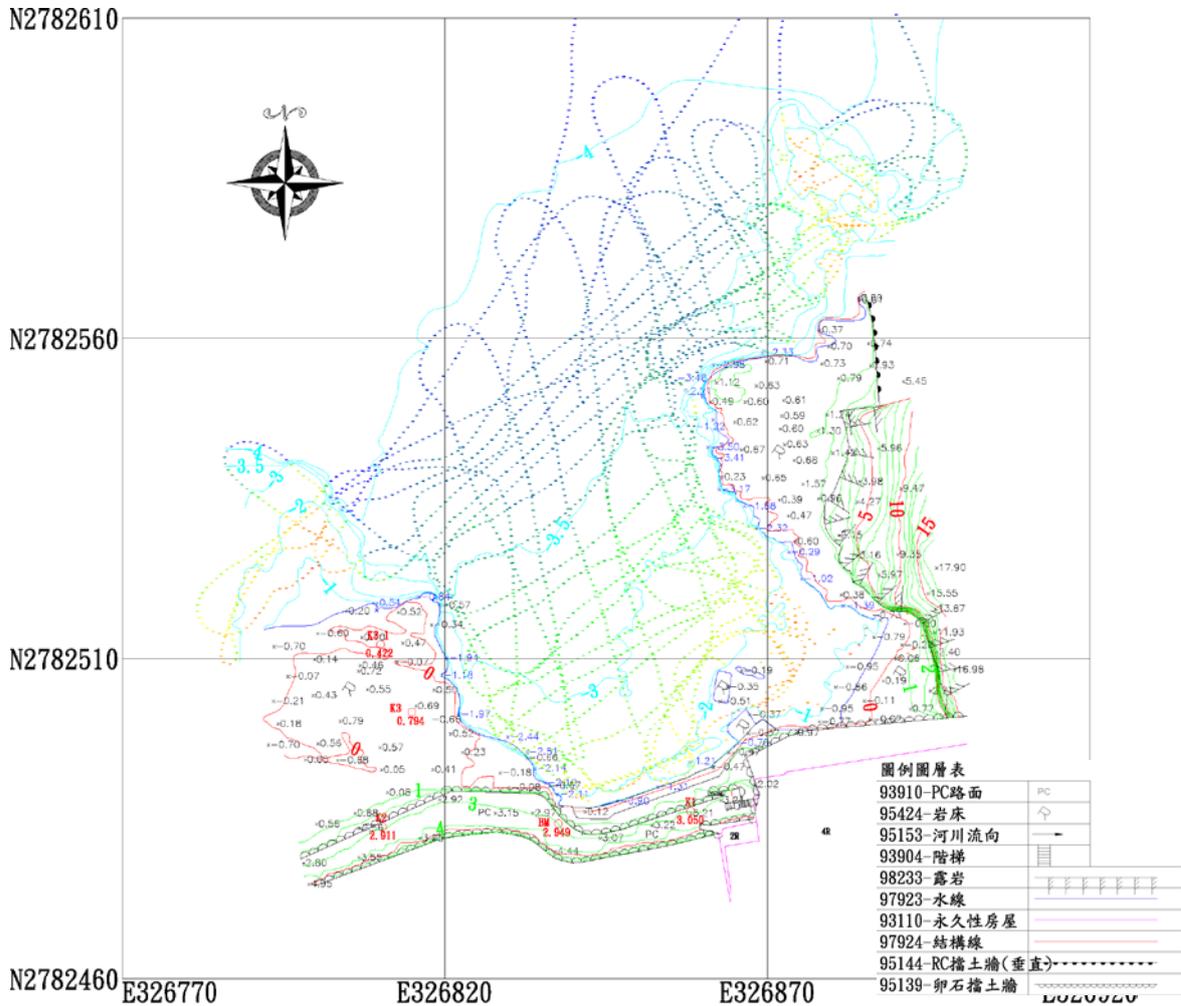
圖四：潮高測量



圖五：海測作業情形

測量成果

本次陸域地形及海域水深測量資料經計算與整理，地形成果彙整編修成比例尺 1/5000 地形圖如圖六所示。



圖六：海陸域地形圖

參與人員

本次測量由自強公司林文凱副理統籌，參與人員包括海測組三人，黃揚俊測量組長、陳冠宏組員、周孟德測量組長；陸測組兩人，張廷丞組員、郭佳佑組員，共計六人。交通大學史天元教授會同參與。

龍洞潮位站參訪報告

史天元¹

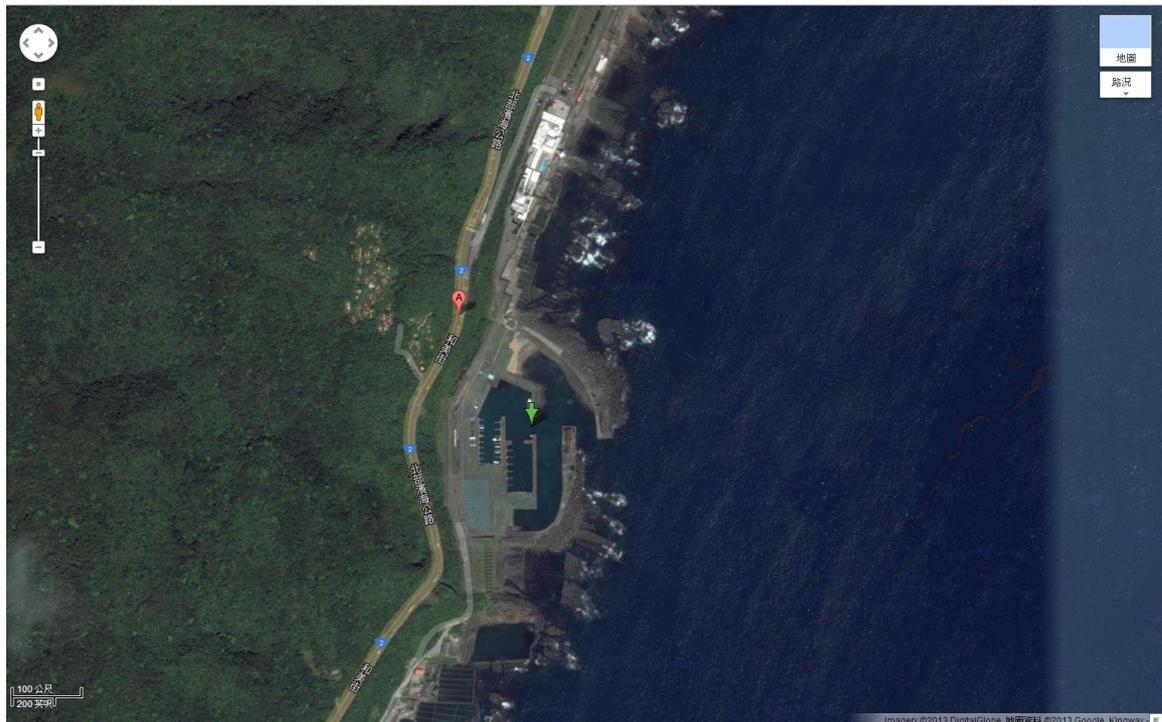
Tian-Yuan Shih

摘要

龍洞潮位站位於新北市貢寮區龍洞遊艇碼頭，為規劃「基隆國家高程潮位基準站」，執行本次參訪，以供設計參考。本次參訪於民國 102 年 8 月 13 日進行，內政部、氣象局均派員參加，瀚昇公司林連楓副理、交通大學廖志中、史天元教授會同前往，本報告說明本次參訪之相關過程。

龍洞潮位站位置

龍洞潮位站座標為(E121°55'05", N25°05'51")，相關位置如圖一。行政區域屬新北市貢寮區，從台北由國道一號北上轉台 62 線向東，由瑞芳瑞濱端出口下交流道，接北部濱海公路(台 2 線)，近遊艇碼頭時左轉，下公路回頭方向經晶宴餐廳入遊艇碼頭。潮位站位於碼頭上，遠方可見地標見圖二。



圖一：龍洞潮位站位置(Google Map)

¹國立交通大學防災與水環境研究中心教授

Professor, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University

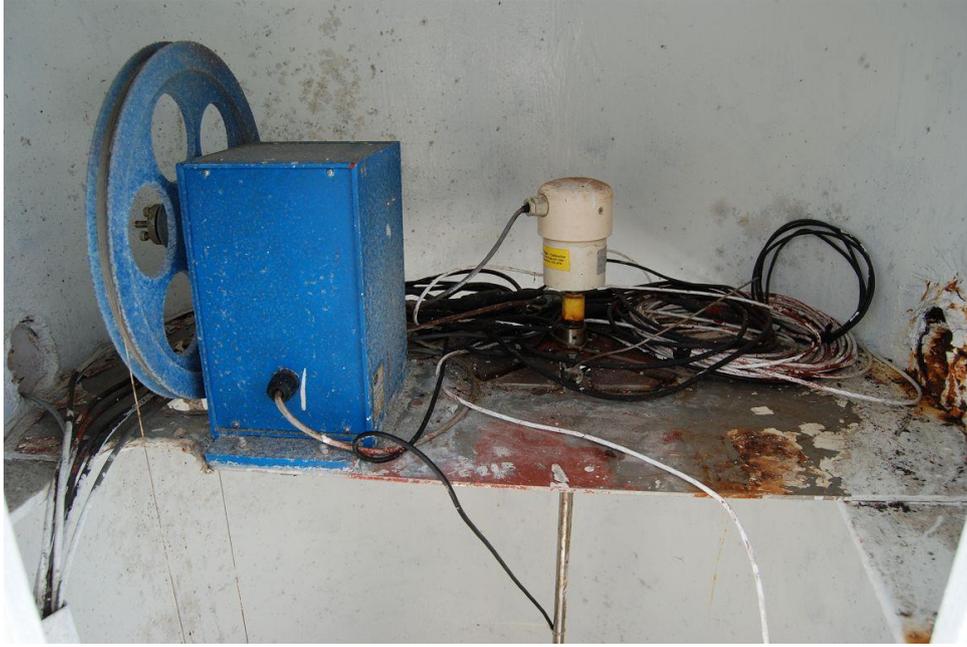


圖二：潮位站附近地標

站體觀測屋設置於碼頭底端，觀測靜水井設置於碼頭旁水中，以打樁方式設置，如圖三。龍洞潮位站潮位觀測儀器包含浮筒式、超音波式、壓力式，感測器裝置於靜水井之樁體內，如圖四。雷達式由於其特性，安置於靜水井外，如圖五。



圖三：龍洞潮位站觀測屋與靜水井



圖四：潮位觀測感測設施(浮筒式、超音波式、壓力式)



圖五：潮位觀測感測設施(雷達式)

龍洞潮位站設有潮位站高程參考點一個，如圖六所示。位於站體前方，面對站體右側。樁上有「中央氣象局」字樣，但無標號，或其他標註。據知，該點高程列入國土測繪中心檢測水準路線作業中。

本站亦為國土測繪中心 eGPS 站之一，天線裝置於觀測屋頂上，其他設施包含太陽能板，情形如圖七。



圖六：潮位站高程參考點



圖七：觀測屋頂上設施情形

現勘成果

龍洞潮位站站體建築採用感測器與紀錄設備分離之方式。感測器以打樁方式

固定於海中，以訊號線連接觀測屋中之記錄及數據傳送設備。由於海中建物所需費用較高，在考量安裝多種觀測設施時，有較大觀測屋之需求，如此分離之設計有助於降低所需經費。龍洞潮位站電力採用自主方式，屋頂上有三片太陽能板，屋內潮位站部分有三具大型鉛蓄電池。eGPS 站部分之大型鉛蓄電池與潮位站獨立，其目前現有之電池數量更多。「基隆國家高程潮位基準站」目前選址所在，背海方地勢較高且有圍牆，將對 GPS 接收形成限制。由於面海向北，因此地勢與牆會阻擋太陽，對日光擷取有妨礙。電源與細部設計須再行規畫。

參與人員

本次現勘人員見圖八，由左至右，包括氣象局陳思良先生、內政部黃鉅富博士、交通大學廖志中、史天元教授、瀚昇公司林連楓副理，共計五人。



圖八：現勘人員

附錄六 論文期刊

東沙自記式潮位計觀測資料比對

Dongsha Self-Recording Tidal Gauge Comparison

林暉尊¹ 史天元² 薛憲文³ 陳杰宗⁴ 廖純傑⁵

Wei-Tsun Lin¹ Tian-Yuan Shih² Shiahn-Wern Shyue³ Jie-Chung Chen⁴ Chun-Jie Liao⁵

摘要

潮位觀測是基礎測量之一，除可提供高程基準計算外，亦為海洋研究之基礎。常見之自記式潮位計所觀測者為水壓，經化算後可得水深值。為減少風浪等氣象因子所產生之影響，通常潮位計之感測器會置放於靜水井中。但是受限於客觀條件，本研究所分析之潮位觀測資料，並未有靜水井之配合。本研究比對同型式之兩具自記壓力式潮位計之觀測數據，包含直接比對，經調和分析後各分潮量及殘差之比對，並探討數種濾波平滑化處理後之比對。

關鍵詞：調和分析、平滑化、移動平均、Savitzky-Golay filtering

Abstract

Tide observation provides reference datum for elevation in surveying, and also is essential for studies of ocean. The commonly applied self-recording tidal gauge measures water pressure, and then converts to water depth. In order to reduce the meteorological influence to sea surface, tidal gauge is usually installed within stilling well. In this study, the tidal observations were collected with two sets of side by side tidal gauges outside stilling well in Dongsha. Direct comparison, harmonic analysis, and filtering procedures, are performed for evaluating this data set.

Keywords: Harmonic analysis, Smoothing, Moving average, Savitzky-Golay filtering

¹ 國立交通大學土木工程學系 博士候選人

² 國立交通大學土木工程學系 教授

³ 國立中山大學海洋環境及工程學系 副教授

⁴ 內政部地政司科長

⁵ 內政部地政司科員

一、 前言

海水面受日月之天體引力及地球公轉之影響，水位會呈現規律週期性起伏，此現象稱之為潮汐(tide)，而潮位即為使用感測儀器所記載之水面起伏。一般高程基準之定義常藉由分析潮位觀測數據後，再由解析出之分潮特性求得，因此於測量領域中，潮位觀測具有相當重要性。調和分析(harmonic analysis)為常使用之潮位分析方法，其可解析出潮位中各分潮頻率、振幅及相位角。

潮位觀測時為降低風浪等因素造成短週期之效應，常將感測器設置於淨水井內，而本研究使用之兩具自記壓力式潮位計則無此設置。針對兩組潮位計觀測資料進行分析，包括資料直接比對、調和分析成果比對，以及使用濾波方式進行平滑化處理。除了直接針對兩組潮位資料分析外，另取兩組潮位資料之平均與單組潮位分析成果比較。

二、 研究數據

本研究使用數據為兩組設置於同處之自記壓力式潮位計(SBE1985、SBE4915)所觀測資料，潮位計型號為 SBE 39TP 型無電纜線壓力式潮位計(Sea-Bird, 2009)，水深測量測範圍為 20 公尺，潮位觀測精度為 ± 2 公分。該型潮位計藉由置於內部之電池提供電力才可運作，故交通大學團隊每隔兩個月將潮位計取出並進儀器維護、電池更換、數據下載，並連接電腦與 SBE 39TP 內部石英鐘校時，以確保其可正常運作(史天元等, 2010)。潮位觀測數據日期為 2013 年 2 月 5 日至 4 月 9 日，記載數據包含溫度以及由感測器承受壓力轉換之水深，記載頻率為 60 秒 1 筆，而本研究僅就潮位觀測數據進行分析。

三、 數據分析

本章針對兩組潮位計數據進行分析，分析方式包含潮位之觀測數據比對、調和分析比對與濾波比對，而其中後兩項分析另將兩組數據同一時刻觀測潮位之平均值作為第三組潮位資料並加入比對，內容於以下小節簡述。

(一)觀測數據比對

由於兩潮位計觀測時放置於緊鄰位置，因此所觀測潮位觀測量變化應具有大致相同之趨勢，故此處以兩相同時刻之觀測數據相減，觀察兩者差異量值呈現。觀測潮位數據以 SBE1985 減去 SBE4915 之差值如圖 1 所示，觀測數據期間共 90724 筆，所有差值平均為-0.007m，顯示兩者間無顯著系統偏差存在；差值標準差 0.035m，差值範圍介於 0.296 ~ -0.268m 間。

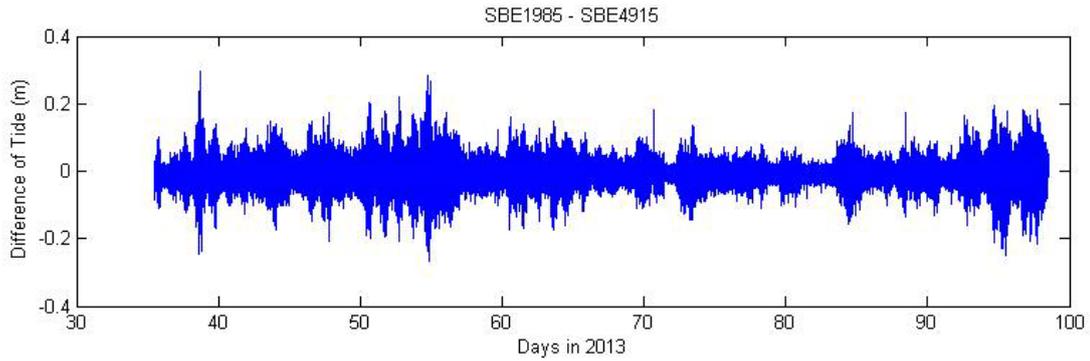


圖 1. SBE1985 減 SBE4915 觀測潮位觀測差值

(二)調和分析分潮比對

調和分析常用於處理潮位觀測資料之方法，其原理是以牛頓所提出之平衡潮 (equilibrium tide) 理論為基礎，將潮位的時間序列視為數種週期分潮的線性相加，並由最小二乘法解析出各分潮及其振幅、相位角，即可決定當地潮汐特性，並可對未來潮位進行推算。本文使用建構於 Matlab 之 `t_tide` 程式進行調和分析，其分析振幅與相位角之演算法為根據 Godin(1972), Foreman(1977) 及 Foreman(1978) 的 FORTRAN 程式碼為基礎，並增進部分分析功能(Pawlowicz et al., 2002)。使用本程式調和分析後可得 38 個主要分潮相關資訊，包含分潮之頻率、頻率誤差、振幅、振幅誤差、相位角與 SNR，並以 $SNR > 1$ 表示屬於顯著之主要分潮指標。

以 `t_tide` 分別對 SBE1985、SBE4915 以及兩者之平均，共三組數據進行調和分析後，SBE1985、SBE4915 及平均數據解析出各分潮，其中由分潮 $SNR > 1$ 判斷屬於顯著分潮之數量分別為 26、27、29。三組數據分別將各別顯著分潮重組後，減去原始數據差值結果如圖 2，平均數據經分潮重組後與原始數據間普遍具較小差值。此外，三組殘差皆略為呈現由正值變為負值之趨勢，表示其中可能有週期較長但是不顯著分潮。

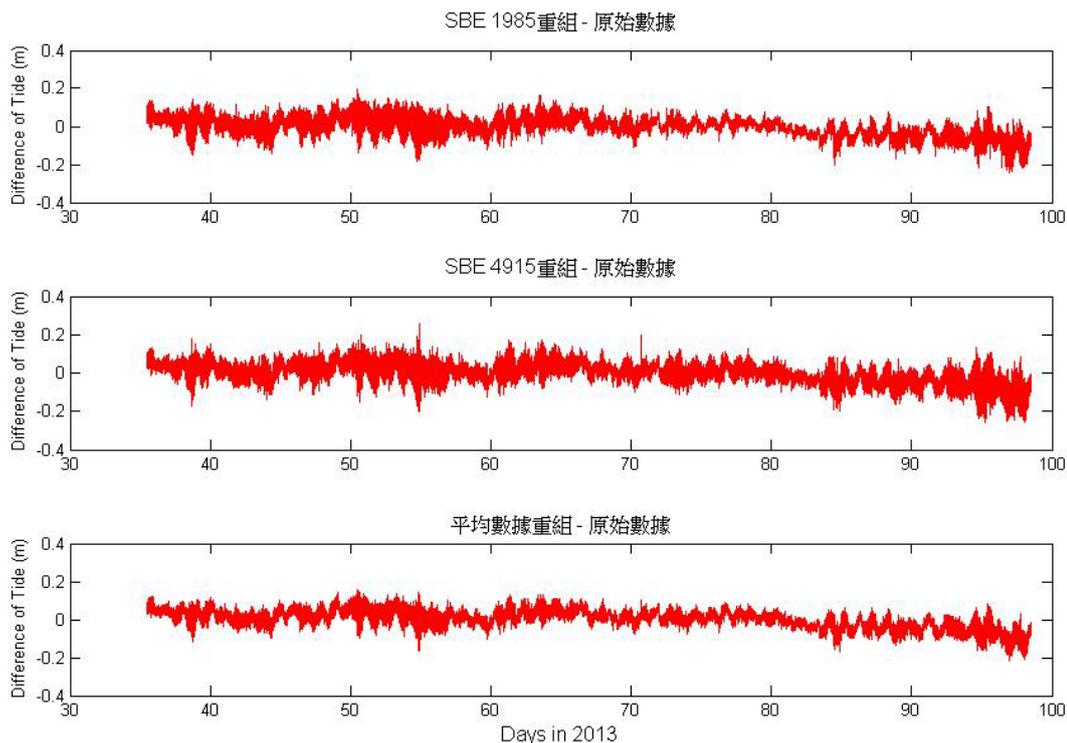


圖 2. 分潮重組後與原數數據殘差時序

三組數據經分潮重組後與原始數據之殘差值統計如表 1，其中 SBE1985 與 SBE4915 數據經分潮重組後，與原始數據之殘差值具有較大變異，而平均數據之殘差於平均值與標準差上無顯著差異，而於差值值域範圍則有顯著改善，顯示兩數據平均後可有效降低單一組潮位數據中量值較大之雜訊影響。

表 1. 調和分析分潮重組之殘差統計

	最大值(m)	最小值(m)	平均值(m)	標準差(m)
SBE 1985	0.198	-0.242	-0.005	0.048
SBE 4915	0.261	-0.260	-0.002	0.051
平均數據	0.156	-0.216	0.002	0.046

三組數據分潮重組其間之差值如圖 2 所呈現。SBE1985 與平均數據差值範圍介於 0.004~ -0.004m 間，SBE4915 與平均數據差值範圍則大約為其之半，而 SBE1985 與 SBE4915 間差值為 0.006~ -0.006m，三者間差值相較於 3.1 小節中觀測數據比對結果，此已屬於微量差異。由三組間差值時序中仍可觀察到週期性變化，其原因為三組數據解析出顯著分潮數量不同，造成依據分析時顯著之分潮重組後，仍受到分析時認定為不顯著分潮之影響。

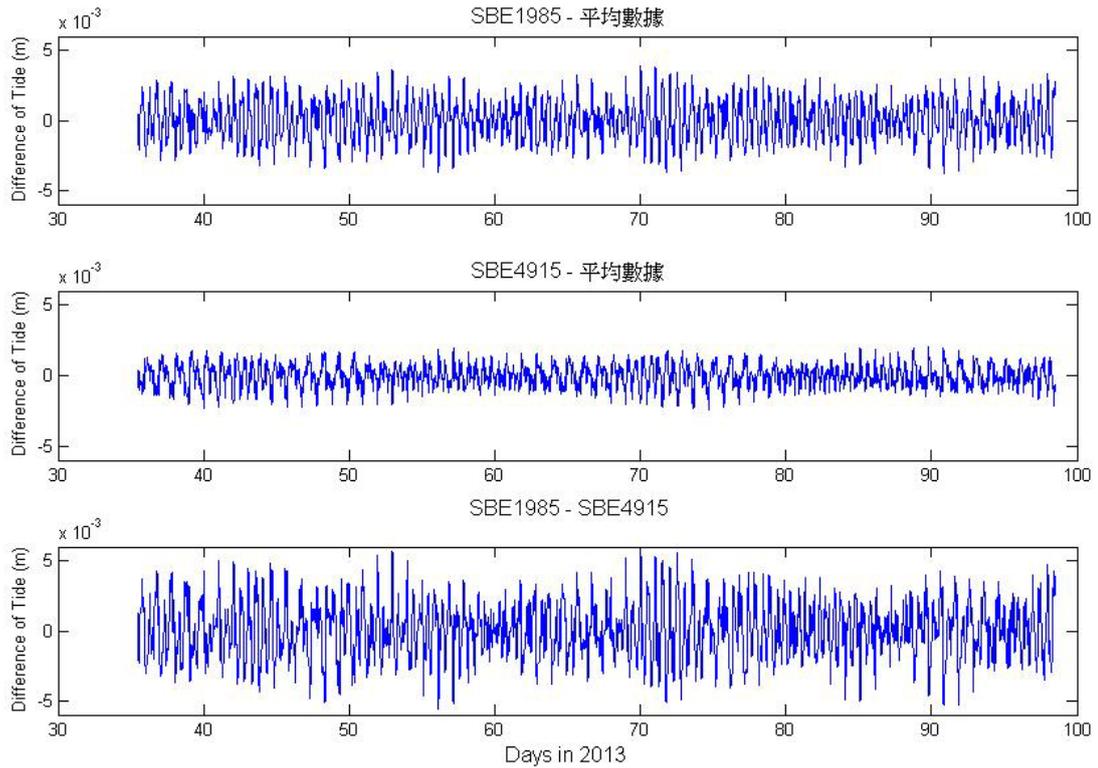


圖 2. 三組數據間分潮重組後差值時序

(三)濾波比對

調和分析為潮位數據分析較常使用之方法，而此處嘗試以一般具有平滑化處理之方法對潮位資料進行濾波處理，包括等權之移動平均法(moving average)與 Savitzky-Golay 方法(Savitzky and Golay, 1964)，並與調和分析結果進行比對。

移動平均計算某一時間點之值時，自該時間點向前後一段時間內搜尋數據，所有數據值取平均即為該時間點移動平均之值，且搜尋時間範圍需為奇數。搜尋時間範圍較大時表示計算平均樣本較多，平滑化效果越顯著，但亦容易過度平滑而失真。根據中央氣象局所提供潮位數據以每 6 分鐘一筆儲存，本實驗將時間範圍設定為 7 分鐘，以符合接近 6 分鐘之奇數為原則，比對此取樣方式對數據之影響。Savitzky-Golay 為計算時間區間內最小二乘方式擬合多項式之方法進行平滑，時間區間及多項式次方均為使用者給定，分別決定擬合之樣本數與可擬合函數之複雜程度。考慮到調和分析時，已藉由 SNR 值將顯著分潮辨別出，其中顯著分潮之頻率亦為已知，若欲去除高頻雜訊，則頻率高於顯著分潮中頻率最高者應可視為雜訊。

SBE1985、SBE4915 與平均數據之各分潮中，顯著分潮頻率最高者分別為 M10(0.403)、M8(0.322)、M10(0.403)，換算為週期即分別為 2.481 小時、3.106 小時、2.481 小時。本研究對數據進行 Savitzky-Golay 方法濾波時，將時間區間設定為數據對應之週期，此時週期內之變化趨勢約可由一個 3 次多項式擬合。圖 3 為三組數據分別經移動平均減去經 Savitzky-Golay 法過濾後之差值，差值統計如表 2，顯示兩種濾

波方式對任一組數據均無造成系統偏差，惟差值之變異以平均數據呈現較小。

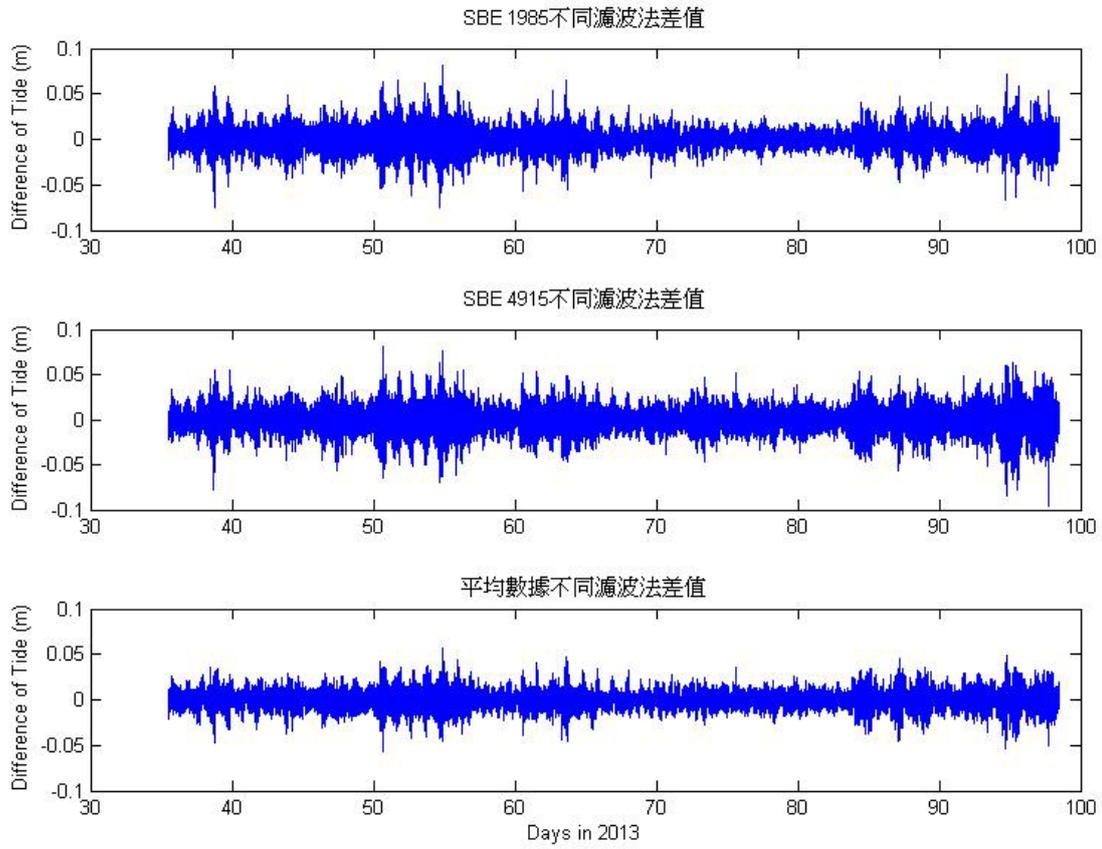


圖 3. 移動平均減去 Savitzky-Golay 法濾波後之差值時序

表 2. 不同濾波法差值統計

	最大值(m)	最小值(m)	平均值(m)	標準差(m)
SBE 1985	0.082	-0.075	4.458×10^{-6}	0.010
SBE 4915	0.082	-0.097	2.345×10^{-6}	0.012
平均數據	0.058	-0.056	4.178×10^{-6}	0.009

將兩種濾波成果與調和分析結果比對，以濾波後減去分潮重組之差值時間序列展示如圖 4，其中紅色與藍色分別為移動平均與 Savitzky-Golay 成果。三組數據於兩種濾波之差值具有相同趨勢，且以移動平均振盪較為劇烈，顯示計算移動平均之時間延遲可再增大。整體差值時序大致隨時間逐漸變大，顯示三組數據可能包含有不顯著之低頻分潮。

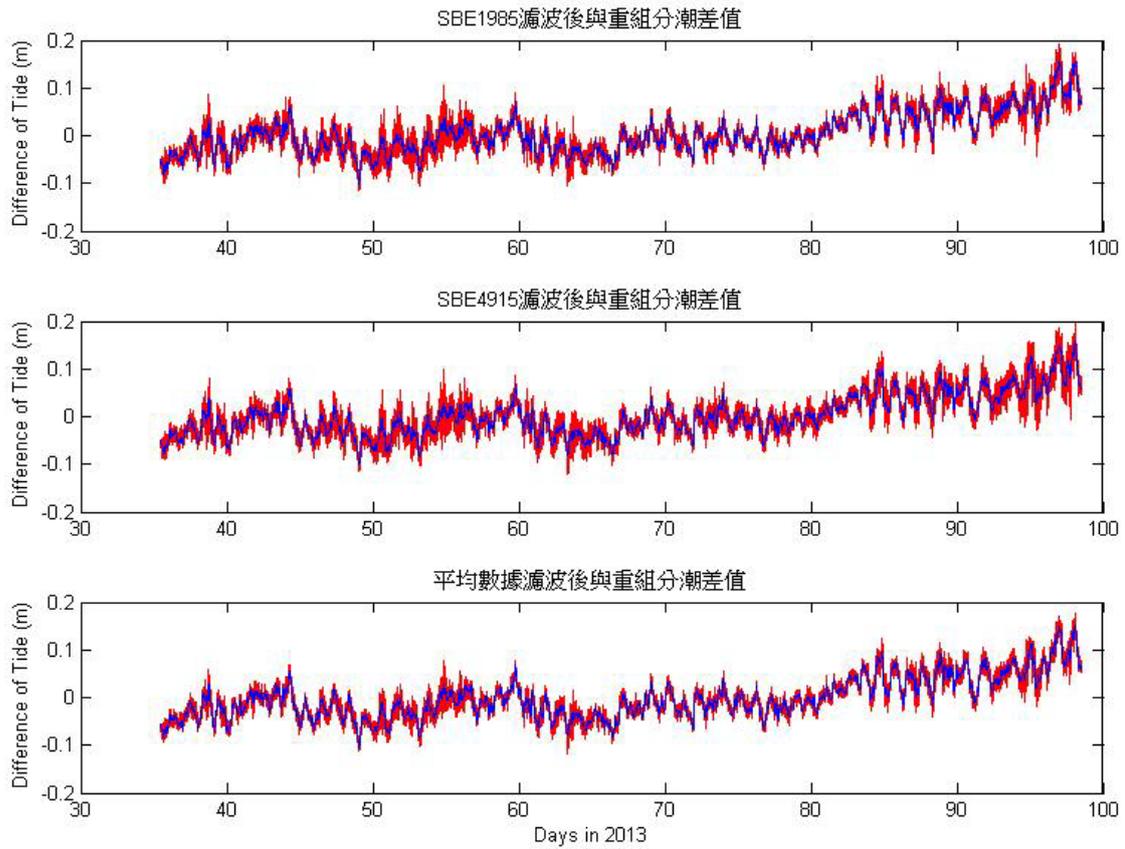


圖 4. 濾波數據與分潮重組之差值時序

(紅：移動平均；藍：Savitzky-Golay)

欲探討濾波處理後是否造成過度平滑化而破壞部分分潮特性，此處將濾波後數據再經調和分析進行重組，兩濾波後數據所解析分潮類別與數量皆與直接進行調和分析相同。濾波數據經分潮重組減去原始數據之分潮重組結果，其統計成果如表 3，顯示此濾波處理並未造成分潮資訊損失。

表 3. 濾波數具分潮重組與直接分潮重組差值統計

		最大值(m)	最小值(m)	平均值(m)	標準差(m)
移動平均	SBE 1985	2.325×10^{-5}	-2.667×10^{-5}	-3.331×10^{-8}	9.738×10^{-6}
	SBE 4915	2.263×10^{-5}	-2.567×10^{-5}	-3.717×10^{-8}	9.502×10^{-6}
	平均數據	2.301×10^{-5}	-2.668×10^{-5}	-3.583×10^{-8}	9.606×10^{-6}
Savitzky-Golay	SBE 1985	4.756×10^{-4}	-5.265×10^{-4}	-9.241×10^{-8}	1.572×10^{-4}
	SBE 4915	9.351×10^{-4}	-0.001	-4.127×10^{-7}	3.235×10^{-4}
	平均數據	4.566×10^{-4}	-5.629×10^{-4}	-1.181×10^{-7}	1.548×10^{-4}

四、 結論

本研究分析兩組觀測位置鄰近之潮位資料，比較兩者分別數據以及兩者平均數據，顯示數據間具一致變化趨勢。在無重大系統偏差時，以平均數據進行各項分析普遍具有消除量值較大之雜訊效果，調和分析之顯著分潮數量較僅以單筆數據分析完整，分潮重組與濾波後之殘差量變異亦降低，表示同時具有多組相同觀測條件之潮位資料採用平均觀測潮位分析，確實可降低雜訊影響並獲得較佳解析成果。本研究使用移動平均與 Savitzky-Golay 濾波方法處理潮位資料，達到數據平滑化，與調和分析重組之分潮結果相比，其間差異可能為存在不顯著低頻分潮；將濾波後數據再經分潮重組並未影響原始潮位特性。

參考文獻

- 史天元、薛憲文、陳雅信、陳杰宗、陳佳勳 (2010) 自記式潮位站設置：東沙經驗，地籍測量，29(2):34-45。
- Foreman, M. G. G. (1977) Manual for tidal heights analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 97pp.
- Foreman, M. G. G. (1978) Manual for tidal currents analysis and prediction, Pacific Marine Science Report 78-6, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 57pp.
- Godin, G. (1972) *The Analysis of Tides*, University of Toronto Press, Toronto, 264pp.
- Pawlowicz, R., Beardsley, B. and Lentz, S. (2002) Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE, Computers and Geosciences, 28(8): 929-937.
- Savitzky, A. and Golay, M. J. E. (1964) Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures, analytical chemistry, 36(8): 1627-1639.
- Sea-Bird (2009) SBE 39 Temperature (Pressure Optional) Recorder User Manual, Version 021, Sea-Bird Electronics, Inc.

CORAL PATCH MAPPING WITH AIRBORNE BATHYMETRIC LIDAR

Wei-Tsun Lin¹, Peter Tian-Yuan Shih^{2*}, Shang-Ju Hou³, Jie-Chung Chen⁴ and Chun-Jie Liao⁵

¹PhD Candidate, Department of Civil Engineering, National Chiao Tung University,
1001 University Road, Hsinchu, Taiwan 30010; Tel: + 886-3-5712121#54991;

bowlikuan@gmail.com

²Professor, Department of Civil Engineering, National Chiao Tung University,
1001 University Road, Hsinchu, Taiwan 30010; Tel: + 886-3-5712121#54940;

tyshih@mail.nctu.edu.tw

³Graduate Student, Department of Civil Engineering, National Chiao Tung University,
1001 University Road, Hsinchu, Taiwan 30010; Tel: + 886-3-5712121#54991;

shangjuhou@hotmail.com

⁴Section Chief, Department of Land Administration, Ministry of Interior,
5 Xuzhou Road, Zhongzheng District, Taipei City, Taiwan 10055;

⁵Researcher, Department of Land Administration, Ministry of Interior,

moi5383@moi.gov.tw

5 Xuzhou Road, Zhongzheng District, Taipei City, Taiwan 10055;

liao@gps.moi.gov.tw

*Corresponding author: tyshih@mail.nctu.edu.tw

ABSTRACT

Bathymetric Lidar utilizes green laser and scanning mechanism for coastal zone surveying. It has been proven to be effective for mapping shallow water and coral reef area. Coral reef provides diversified ecological habitats. In this study, terrain analysis is performed with data collected in an airborne bathymetric Lidar mission for mapping coral patches. Classification with features such as bathymetric position index (BPI) and slope are explored for Dongsha atoll located in the South China Sea. The classification is compared with manually digitized coral patches based on human interpretation. The overall accuracy is about 92.61%, and the KAPPA coefficient is 66.01%.

Keywords: Seafloor terrain, Bathymetric position index, Classification, Slope

INTRODUCTION

The coral reef ecosystems contain abundant and varied species, which are the precious natural resources. The mapping and monitoring of coral reef are usually achieved by head-up digitization from satellite imagery, aerial photo, or bathymetric data. The U.S. Coral Reef Task Force (CRTF) and U.S. Geological Survey conducted benthic mapping program for Hawaiian Islands. The method of this program was based on the integration of aerial photos, bathymetric Lidar data and in situ observation into Geographic Information System (GIS). The boundaries of benthic classes were manually digitized (Cochran-Marquez, 2005; Cochran-Marquez et al., 2006).

Lundblad et al., (2006) proposed the Bathymetric Position Index (BPI) terrain descriptor and combined with slope and rugosity of seafloor terrain as the basic of benthic classification. Wilson et al., (2007) calculated several terrain descriptors, such as slope, aspect, curvature, BPI, terrain variability, and the potential for discriminating different benthic habitat with these descriptors were examined.

The objective of this research is to map the coral patches in the Dongsha atoll. The BPI and slope derived from the bathymetry data were calculated, and the classification scheme for the coral mapping was constructed.

EXPERIMENTAL DATA

The study site is located in the Dongsha atoll, South China Sea. It is a nearly circular atoll with many coral patches distributed in the area (Fig. 1). This study uses the seafloor terrain derived from AHAB HawkEye II bathymetric Lidar system. The scanning devices were mounted on the aircraft with

400m flight height, 150 knots speed. Point density is about one point per 3.5m×3.5m. Discrete points were further interpolated to 5 m × 5m resolution grid (Shih et al., 2011).

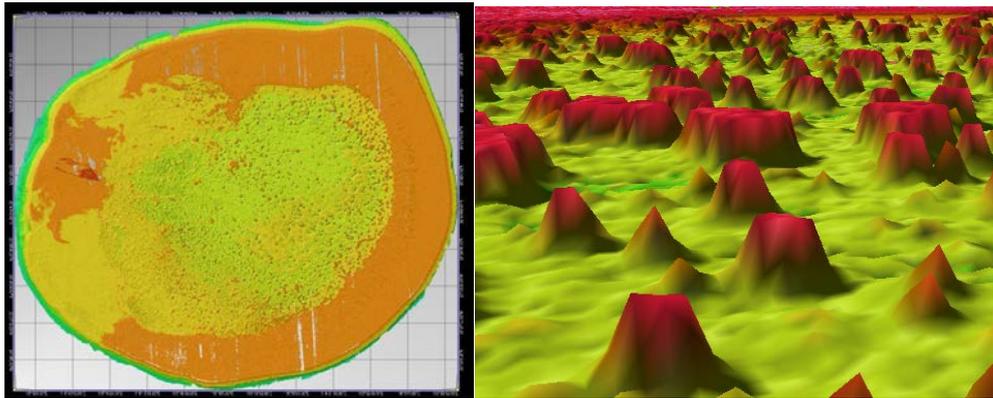


Figure1. The seafloor terrain of Dongsha atoll

METHODOLOGY

This research constructed a classification scheme for the coral patch mapping. The scheme includes the BPI and slope of seafloor terrain as the foundation for decision. The details are described below.

BPI (Bathymetry Position Index)

BPI (Bathymetric Position Index) is derived from bathymetry as a modified version of the topographic position index (TPI) proposed in Weiss (2001) and Iampietro and Kvittek (2002). It was derived from the elevation differences between the focal cell and its surrounding cells. Equation (1) shows the computation of BPI. It evaluates the elevation differences between a focal point and average elevation of surrounding points within user defined area. Different shapes could be selected, and the circular shape is chosen in this study. The scale factor of BPI is the resolution multiplied by the radius. Taking Fig. 2 for example, the focal mean for the cell with elevation d , radius equal to 3 cell size, is the mean elevation in the red circle. In equation (1), 0.5 is added to force floating point values rounded up. The integer conversion process was applied to minimizing the storage size (Lundblad et al., 2006). Therefore, the position with positive BPI value can be regarded as the relative high point.

$$BPI < scale\ factor > = int ((bathy - focal\ mean(bathy, circle, rad)) + 0.5) \quad (1)$$

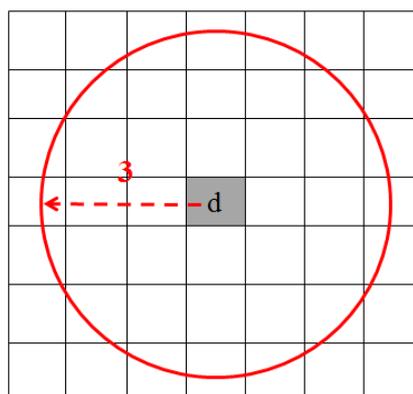


Figure 2. Example of variables used to derive BPI

Classification scheme

The result of BPI is scale dependent. Determination of scale factor should take the size of benthic features to be distinguished into account. The combination of broad and fine scales of BPI provides the potential to delineate both large and small scale benthic features. Fig. 3 illustrates the simplified classes of coral patch terrain. Seafloor terrain is categorized into four parts: cliff, base, flat, and gentle slope.

The cliff and base are the parts of coral patches and indicate the upper and bottom parts, respectively. The flat and gentle slope classes are the remaining area.

In general condition, the size of coral patch majorly depends on the area on the top, as the green area in Fig. 3. Thus, the scale factor for the broad scale would be about the largest coral patch. That is about 600m in Dongsha atoll. The cliff and base parts present the edge of coral patch, as the red areas shown in Fig. 3. The range of the width is about 50~100m from the manual observation. In this research, for broad scale BPI, scale factor 150, 300, and 600 are used. For the fine scale BPI, 50, 75, and 100 are selected.

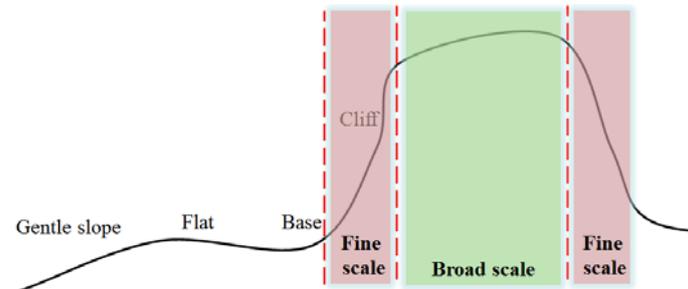


Figure 3. Characteristic of typical coral terrain

Fig. 4 shows the binary image of BPI results with different scale factors. The positive BPI values are shown in white. Result of $BPI < 25 >$ roughly delineates the outlines of coral patches. As the scale factor is increased to 50, the outlines dilated. Some smaller patches are filled. The dilation goes on with the increase of scale factor.

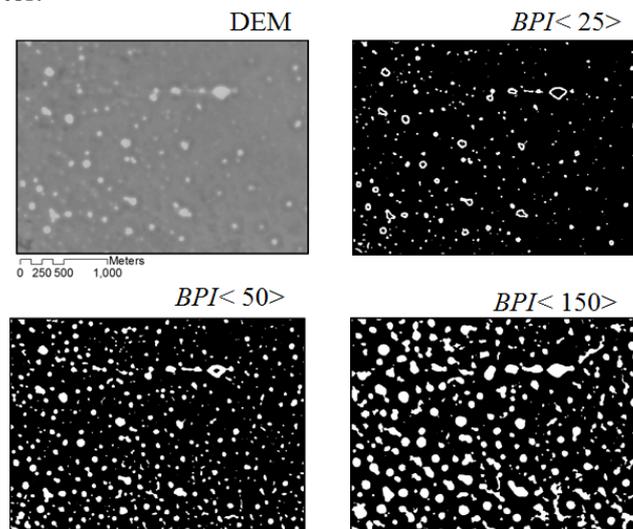


Figure 4. The positive BPI area with different scale factor

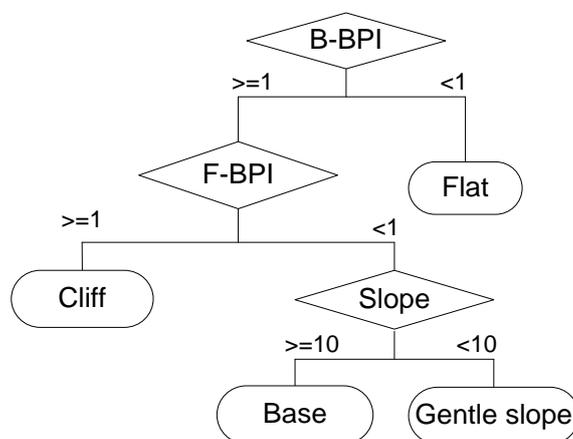


Figure 5. The flowchart of decision tree for classification

Fig. 5 shows the work flow of classification. B-BPI (broad scale BPI) is first applied for extracting flat area. For B-BPI equals to or less than 0, the cell should not be coral patches. F-BPI (fine scale BPI) is then applied to extract cliff. The rest area is then classified into base and gentle slope based on the slope. In this study, 10 degree is selected as the threshold.

RESULTS AND DISCUSSION

In this study, an area of 2.5 KM square is selected. Boundaries of coral patches are manually digitized from the bathymetric data. This is used as the reference for validation. The digitized boundaries are smoothed and polygons less than 100m² are removed.

In the classification result, the cliff and base belong to the outer parts of coral patch. Thus the two classes are combined as the coral patch area. The binary images were created by assigning coral patch area as 1. However, some coral patches with large size might be delineates as the coral patch in hollow shape. Therefore, the filling process with morphological operator was conducted.

The filled binary results are converted to vector, and the coral patches are validated with the manually digitized reference data. The commission and omission area for each BPI scale factor sets are shown in the Table 1 and 2. There are much more commission than omission. In our BPI scale factor sets, the combination of BPI<600, 50> presents the best result. From Table 2, it is shown that B-BPI has dominating influence on the omission.

Table 1. Commission area of coral patch for each BPI scale factor set (m²)

scale factor		B-BPI		
		150	300	600
F-BPI	50	627256.891	569824.969	529666.095
	75	818428.170	674911.313	610085.900
	100	952150.784	745695.432	660145.117

Table 2. Omission area of coral patch for each BPI scale factor set (m²)

scale factor		B-BPI		
		150	300	600
F-BPI	50	92580.265	83541.116	2903.753
	75	67854.116	10390.304	2761.221
	100	20144.512	10540.146	2886.215

The overall accuracy for all cases is about 90%. BPI<600, 50> case presents the best, which is 92.61%. This case also has the best KAPPA value, 66.01%. Table 3 shows the confusion matrix of BPI<600, 50> case, and the resultant commission and omission error are 46% and 0.47%, respectively.

Table 3. The confusion matrix of BPI<600, 50> (m²)

scale factor	True	False
Positive	615229.979	529666.095
Negative	2903.753	6058840.352

CONCLUSION

This research uses BPI and slope to classify seafloor terrain in Dongsha atoll. The classification scheme was constructed for detecting coral patches. Though the best overall accuracy is 92.61%, the KAPPA coefficient is 66.01% due to the large commission error. These commission patches are caused by the small bumps with smaller height difference, which were not detected in the manual digitization. This may be improved by introducing elevation difference constraint.

REFERENCES

- [1] Cochran-Marquez S.A., 2005, Moloka'i benthic habitat mapping, USGS Open-File Report: 2005-1070.
- [2] Cochran-Marquez S.A., Gibbs A.E., Logan J.B., 2006, Geologic resource evaluation of Pu`uhonua O Honaunau National Historical Park, Hawai`i, Part II: Benthic habitat mapping, USGS Scientific Investigations Report: 2006-5258.

- [3] Iampietro P., and Kvittek R., 2002, Quantitative seafloor habitat classification using GIS terrain analysis: Effects of data density, resolution, and scale, Proceedings of the *22nd Annual ESRI User Conference*, San Diego, CA.
- [4] Lundblad E., Wright D.J., Miller J., Larkin E.M., Rinehart R., Naar D.F., Donahue B.T., Anderson S.M., Battista T., 2006, A benthic terrain classification scheme for American Samoa, *Marine Geodesy*, (29) 89-111.
- [5] Shih P.T.Y., Dushan Arumugam, and Shiahn-Wern Shyue, 2011. Bathymetric Lidar Survey of Penghu Islands and Dongsha Atoll, *Sea Technology Magazine*, 2011(Nov):42-45.
- [6] Weiss A.D. 2001, Topographic position and landforms analysis, Proceedings of the *21st Annual ESRI User Conference*, San Diego, CA.
- [7] Wilson M.F.J., O'Connell B., Brown C., Guinan J.C., Grehan A.J., 2007, Multiscale terrain analysis of multibeam bathymetry data for habitat mapping on the continental slope, *Marine Geodesy*, (30) 3-35.

東沙島面積探討

On the Area of Dongsha Island

史天元¹、陳雅信²、薛憲文³、陳杰宗⁴、廖純傑⁵

Tian-Yuan Shih, Ya-Hsing Chen, Shiahn-wern Shyue,

Jie-Chung Chen, Chun-Jie Liao

摘要

東沙島位於東沙環礁約略正西部分之礁台上，呈蟹鉗狀，西側為南中國海深海處，東側為東沙環礁之潟湖，東沙島之南北兩長岸呈鉗狀，中為內潟湖。本研究探討近期東沙島海岸線與面積之變化，所根據之數據包含兩期地面測量成果、一期空載測深光達、及二期由衛星影像判識之成果。目前由民國 95 年、98 年、99 年及 101 年，近期五次實測所得東沙島陸域面積均較地籍登錄者為大。

ABSTRACT

Dongsha island is located in the west portion of the coral flat of Dongsha Atoll. The shape is a mirrored C letter. On the west side of Dongsha island, it is the deep area of South China Sea. On the east side, it is the lagoon of Dongsha Atoll. Inside Dongsha island, there is a small lagoon. This study analyzed the values of area derived from two ground surveying missions, one airborne bathymetric lidar mission, and two from Satellite images.

前言

東沙環礁位於南海北部海域，距高雄約 450 公里，直徑約 25 公里，礁台長約 46 公里，寬約 2 公里。東沙島位於環礁西側，呈蟹鉗狀，為環礁中唯一之島嶼。全島東西長約 2800 公尺，寬約 865 公尺，陸域總面積約 1.74 平方公里，周圍海岸線長約 8 公里(海洋國家公園管理處，2010)，如圖 1 所示。東沙環礁是我

¹國立交通大學防災與水環境研究中心教授

Professor, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University

²國立交通大學防災與水環境研究中心副研究員

Associate Engineer, Disaster Prevention and Water Environment Research Center, National Chiao Tung University

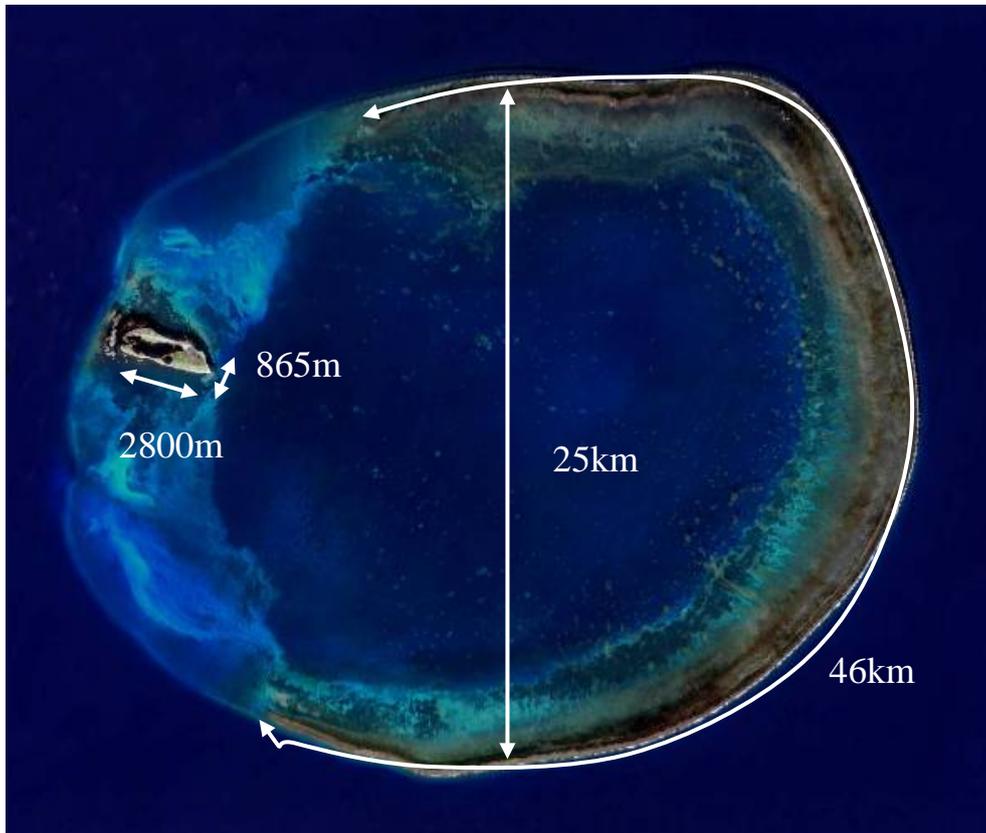
³國立中山大學海洋環境及工程學系副教授

Associate Professor, Department of Marine Environment and Engineering, National San Yeh-Sen University

⁴內政部地政司科長 Section Chief, Ministry of Interior

⁵內政部地政司科員 Staff, Ministry of Interior

國第一座海洋國家公園，由內政部於民國 96 年 1 月 17 日正式公告成立，目前內政部營建署海洋國家管理處(海管處)於東沙島上設置有東沙管理站。高雄市政府於同年一月五日，由當時市長謝長廷先生在 APEC 海洋資源保育工作小組圓桌會議中，和與會的國內外專家學者共同為「東沙國際海洋研究站」主持揭牌儀式，設置於漁民服務中心內。而在國科會多年籌備與推動下，「東沙國際海洋研究站」已於民國 102 年正式成立，進入實體運作(東沙研究站，2012)。



圖一、東沙環礁(修改自海洋國家管理處，2012)

歷年面積成果

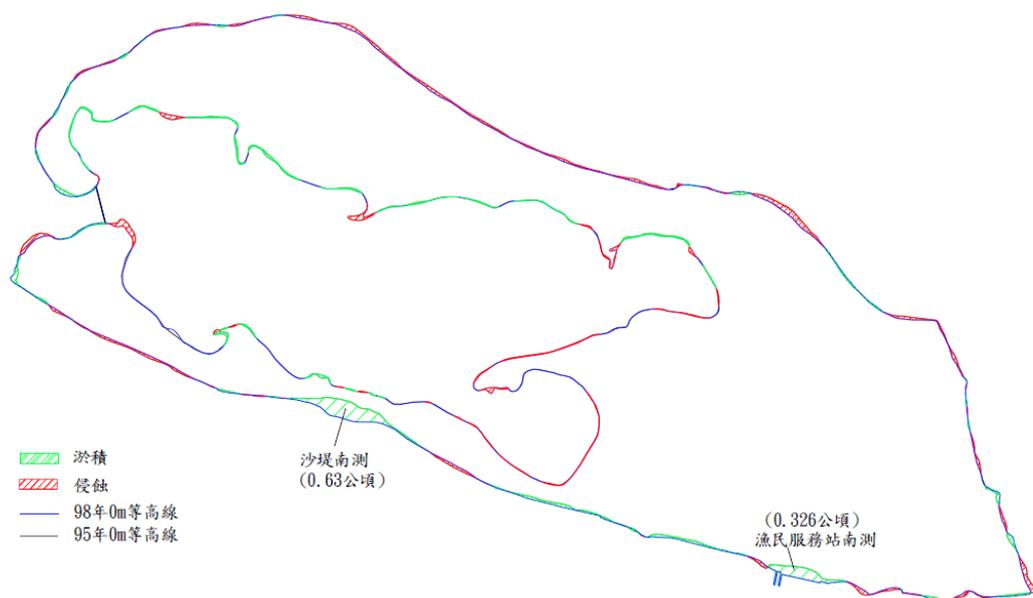
東沙島隸屬高雄市旗津區，地籍上則屬於高雄市鹽埕地政事務所之轄區，故於地政上有登錄之面積。首次東沙島地籍測量於林水池(1992)中完整記述，工作分為三個梯次完成，第一梯次於民國80年6月14日至25日間進行控制測量，第二梯次於民國80年7月5日至25日間完成戶地測量，第三梯次為衛星(GPS)測量，於民國80年9月27日至10月5日間執行。公告土地總面積為168公頃，其中122公頃為未開發土地面積，東沙灣(內瀉湖)面積68公頃。該次地籍測量為國內首度以衛星測量所得座標系統辦理，另一創舉為第一幅以沙畫調繪所成之地籍圖，為「高雄市東沙段地籍略圖」。

同時，營建署(2007)之「東沙島海岸環境變遷調查分析」計畫，以及海管處(2009)之「東沙島地形測量、分區定樁工作案」，均包含測量工作，曾分別於民

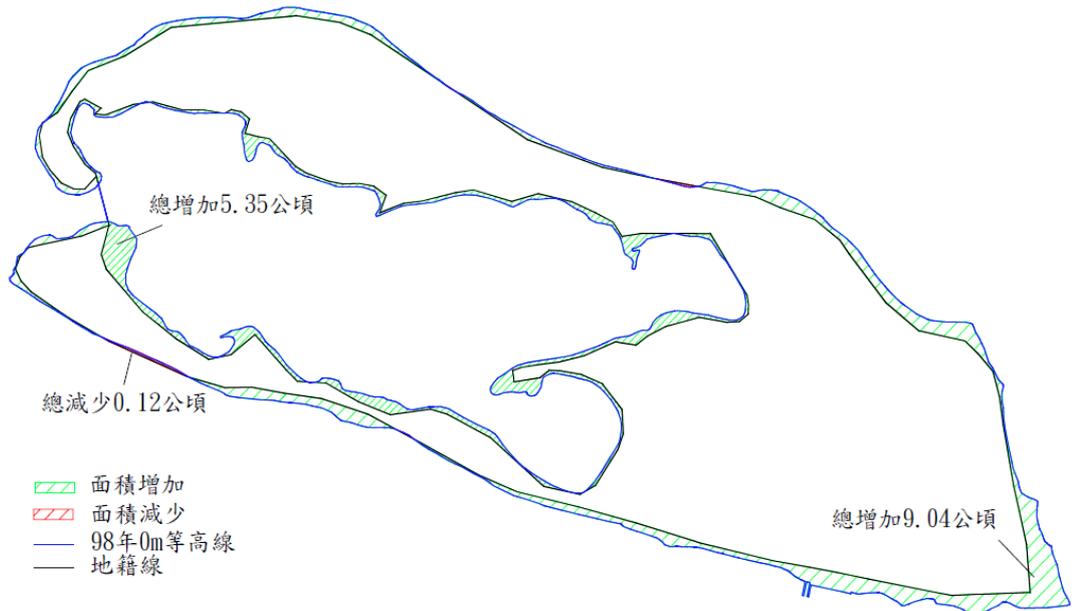
國95年(2006年)、98年(2009年)委由自強公司於東沙島進行地面測量。測量日期分別為 2006/03/14 ~ 2006/03/18，及 2009/07/30~2007/08/30，和 2009/10/29~2009/11/12。兩次皆採用相同的高程基準，而依據正高系統零公尺等高線，亦可獲取東沙島陸域面積。就定義而言，正高零公尺對應於平均潮位高。配合驗潮成果，由98年地形測量成果，亦可化算得最低低潮位與最高高潮位對應之海岸線。上述之面積資訊，整理如表一所示。兩次施測方式相同，均為先建立控制網系，再進行細部地形測量，雖然兩次測量時間相差2-3年，但測量單位相同，所得之東沙島(含內瀉湖)、瀉湖及陸域面積成果數值亦相接近。對於面積之改變，海管處(2009)亦有詳細分析，如圖二、三所示。其原因部分與島上工程之進行有關。98年與95年0m等高線比較中，沙堤南側可以觀察得到在2006年珍珠颱風斷堤後，三年間灘岸復育之成效。

表一、歷年面積成果(單位：公頃；海管處，2009)

面積	原地籍成果	95年成果(0m等高線)	98年成果(0m等高線)	98年成果(最低低潮位)	98年成果(最高高潮位)
東沙島(含內瀉湖)	168.9653	178.2507	178.5481	187.9623	173.3090
瀉湖	68.209	62.8442	62.8592	18.3523	78.6572
陸域(以上相減)	100.7563	115.4065	115.6889	169.6100	94.6518



圖二：98年與95年0m等高線比較(海管處，2009)



圖三：98年0m等高線與地籍線比較（海管處，2009）

其他面積成果

除地面實測，衛星影像亦提供島嶼觀測的另種方式。梁與詹(2011)使用SPOT-5衛星影像與DMC相機拍攝之航空相片，對台灣宜蘭海岸觀察，即為本類應用之一例。梁與詹(2011)以分類方式萃取海岸線，目的在自動化達成海岸監測。由實際案例，證實以目前作業方式，經由影像處理所萃取之岸線多為破碎，不是單一連續之線形。陳蔚璋(2010)應用衛星影像探討灘線時，亦有相同之經驗。於東沙地區，營建署於民國101年7月委託中央大學使用福衛二號101年4月24日之衛星影像，地元尺寸為2公尺，以人工判釋方式數化瞬間潮位線(營建署，2012)，該數化之線條包含東沙島內瀉湖，依座標法(Ghilani and Wolf, 2010)計算得面積為181.7067公頃。

內政部地政司於東南海島礁製圖計畫，以製作東海與南海中我國所屬領土之基本圖為目的。其中，亦包含東沙島。該計畫採用IKONOS-2影像，拍攝時間為101年3月27日，拍攝角度22度，地元尺寸為垂直航向0.91公尺、航向0.96公尺。該影像包含R、G、B、及NIR，4個波段，數化時以RGB影像為主，但是亦由NIR與R產製NDVI影像，做為海岸線數化參考，在ArcGIS9.3(ESRI, 2008)作業環境，以RGB與NDVI影像交互參考，由人工判斷在RGB影像上數化(內政部，2012)。此東沙島(含瀉湖)測量之成果(178.12公頃)與98年地面測量成果(178.5481公頃)相接近，經比對潮位觀測，101年3月27日上午10時之潮位接近平均潮位。故瞬間岸線與平均潮位岸線可能亦相接近。

營建署(2012)與內政部(2012)均為使用衛星影像，但是因為採用影像不同，其成果差異有可能導自於影像地元尺寸之差異，但是亦有可能為不同潮位時岸線不同所致。由數值比較，內政部(2012)成果較營建署(2012)面積略小，經以同時期潮位觀測比對，101年4月24日在上午10時潮位較3月27日反而為高。故而，因

潮位所導致之岸線改變應非兩者不同主因。影像地元尺寸與人為判斷差異，可能是較為主要之影響因素。

表二、其他面積成果(單位：公頃)

面積	營建署 101 年	內政部 101 年
影像載台	福衛二號	IKONOS-2
影像日期	101 年 4 月 24 日	101 年 3 月 27 日
東沙島陸域直接計算	---	114.76
東沙島(含內潟湖)	181.7067	178.12

潮位觀測與分析

內政部委託交通大學，於東沙島南岸，約略正東方處碼頭上設置潮位站；感測器包含兩具Druck PTX1830壓力式潮位計，及兩具RiXEN TRH-301溫度計，其中，一組為備用，另一組則為工作中。感測器安置於碼頭沉箱上預設之靜水井內，經約200公尺之線路傳輸，類比式訊號由預埋暗管連接至東沙漁民服務站文康室內之記錄器，進行類比訊號數值化後紀錄。

分析之資料起始時間為 2011 年 6 月 1 日 8 時 0 分，結束為 2012 年 10 月 23 日 14 時 24 分，共計 511 天。本分析數據採用每六分鐘潮位資料，即為每十秒取樣一次，每六分鐘之 36 筆取樣資料平均值，作為該時刻之潮位觀測值。經 t_tide 調和分析(Foreman, 1977, 1978; Pawlowicz, et al., 2002)後，求得主要分潮平均潮位差與潮時差。

由潮位統計與分析，可以求得不同之潮位基準。潮位基準可大分為高潮、中潮、低潮，三大系統。其中平均潮位面(Mean Sea Level, MSL)為一般正高高程系統最常使用之基準面，屬於典型之中潮系統。平均低低潮位面(Mean Lower Low Water, MLLW)，是以 19 年為周期中每一潮汐天的較低低潮之平均潮位高度，此為一統計值。美國使用 MLLW 於海圖製作，屬於低潮系統之一。平均高高潮位(Mean Higher High Water level, MHHL)則為高潮系統之一，為周期中每一潮汐天的較高高潮之平均潮位高度。

國土測繪中心(2010)於「水深測量技術發展先期研究」提及，針對在海圖服務必須顧及船隻航行安全之重要考量下，海圖所採行之深度基準面，就須要求其應定義在當地平均潮位面之下，且瞬時海水面應很少低於該面。為達此一標準，海圖基準將可採用較新型之最低天文潮位面(Lowest Astronomical Tide, LAT)，或是相當於 LAT 之約最低低潮位面（我國現行之海圖基準），且應以 LAT 為長期目標。目前已有英國、加拿大、澳洲等國採用 LAT 作為國家海圖的水深參考基準。LAT 為最低之理論潮位面，其可使所有的潮汐高度為零值(含)以上之正值，可避免模糊值的產生以明確定義高度之狀態符號。因 LAT 的計算僅考量平均氣象條件，以及地球、月球及太陽之間交互引力的作用，故一般僅會在特定氣象因素的作用下（如高壓系統等），才會出現比它更低之潮位面，也因此採用 LAT 作為水深基準時，所測製之海圖將可在航行安全性上，具有最大的優勢。

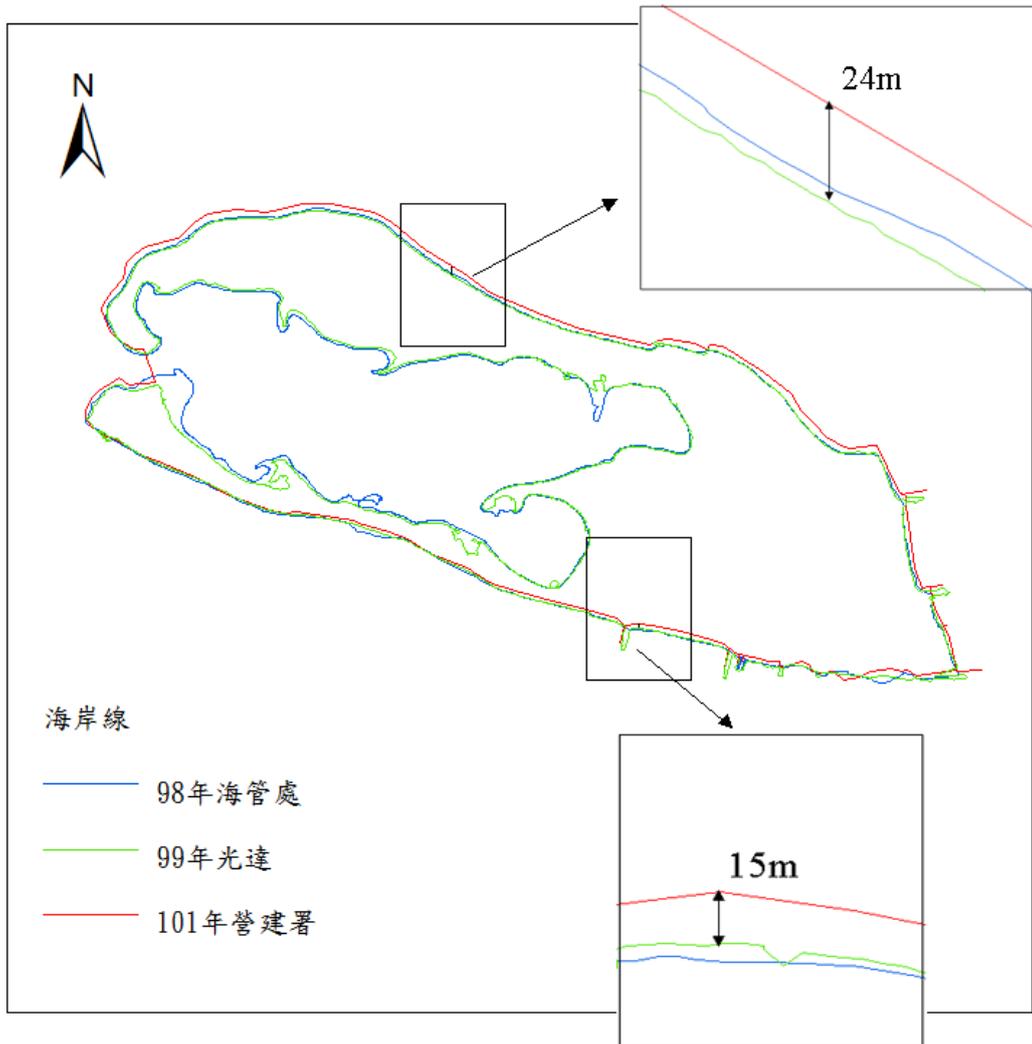
觀測最高潮位、觀測最低潮位、平均低低潮位面、平均海水面等為經由統計得到。而 LAT 需經過調合分析，本研究使用 t_tide 調合分析程式計算後，由 68 個主要分潮重組潮位，此時所得之潮位序列中粗差業已濾除，理論上因氣象所產生之潮位變化亦已濾除。由此，可求得另一個平均海水面，並可計算得平均低低潮位面及約略最低低潮位面。理論上，觀測最低潮位應低於 LAT，但是由於典型潮汐的周期為 18.6 年，而上一個周期處於 1979 至 2000 年之間(蕭翔文，2002)，故本計畫利用蒐集之實測潮位資料進行 1979 年至 2000 年之預報，其間之最低值即最低天文潮位面，較觀測最低潮位為低。

光達面積成果

在民國99年9月，內政部「以透水光達測繪技術測製東沙地區數值地形模型工作」計畫案中，亦獲得完整東沙環礁之數值地形模型，包含水下區域(內政部，2010；史天元等，2011)。空載光達作業時間為2010/09/21~2010/09/26。該測量案中直接獲取之地形為橢球高系統，經化算為正高後，可得零公尺等高線，計算得其面積為177.7385公頃。正高化算為以EGM2008模型所得大地起伏為長波長趨勢，輔以空載重力計算後所產製之數值大地起伏模型。所得之模型再以於東沙島上實測之大地起伏值修正，平移至相同基面(內政部，2010)。概念上亦為平均潮位高系統，但是所使用之作業程序與95及98年地面測量之高程基準執行方式不同。依據驗潮成果，亦可化算得平均低低潮位(MLLW)、平均高高潮位(Mean Higher High Water level, MHHL)、最低天文潮高(Lowest Astronomical Tide, LAT)、及最低低潮位高(The Lowest Observed Tide)、最高高潮位(The Highest Observed Tide)，並由而產製對應之海岸線，由此計算得其分別對應之面積如表三。以零公尺等高線比較，光達成果東沙島陸域面積(111.0151)較98年海管處成果(115.6889)小 4.6738 公頃。此一差異，若以面積比例而言，達 4.0% (4.6738/115.6889)，似乎頗大。但是由圖四中綠線與藍線差異觀之，主要面積差異來自內瀉湖岸線變化。但是，無論北岸或南岸，98年海管處成果零公尺等高線均較99年光達零公尺等高線外擴，推論此應為高程基準所致。

表三、光達測量面積成果(單位：公頃)

面積	最低低潮位	LAT	MLLW	0m 等高線	MHHL	最高高潮位
東沙島 (含瀉湖)	183.7215	164.8506	180.7698	177.7385	175.5143	170.4909
瀉湖	23.3965	20.3105	49.4802	66.7234	71.6442	79.6665
陸域	160.325	144.540	131.2896	111.0151	103.8701	90.8244



圖四、海岸線套疊比較圖

結語

依據聯合國海洋法公約(聯合國，1982)，第二部分第二節第五條「正常基線」之規定：

「除本公約另有規定外，測算領海寬度的正常基線是沿海國官方承認的大比例尺海圖所標明的沿岸低潮線」。

在同節第十三條「低潮高地」中第一款描述

「低潮高地是在低潮時四面環水，並高於水面，但在高潮時沒入水中的自然形成的陸地。如果低潮高地全部或一部與大陸或島嶼的距離不超過領海的寬度，該高地的低潮線可作為測算領海寬度的基線」。

因此，就東沙島而言，其基線應包含島內潟湖。本文所列之各項面積值，在不同意涵之應用時，應各有其參考價值。而就對應於平均潮位面之面積值而言，目前由民國 95 年、98 年、99 年、及 101 年實測所得東沙島陸域面積均較地籍登

錄者為大。推論在這十五年間，東沙島陸域面積有可能增加，亦即，淤積較沖蝕為多。

同時由海岸線觀察，營建署 101 年數化瞬間潮位線(圖四中紅線)與光達成果海岸線(圖四中綠線)相較向北偏移約 24 公尺，如圖四所示，推測應為影像幾何對位誤差所致。而其他兩組海岸線除內瀉湖之岸線外，98 年海管處與 99 年光達計畫成果十分接近。但是由內瀉湖岸線之差異，亦可見該區域之地形變化。光達測量法與地面測量法在外圍海岸線位置幾乎完全吻合，兩種方法在內瀉湖邊界之判斷差異之可能原因包含對邊界判斷方式不同、不同時間之自然性差異、以及測量及成果內插方法。此外，內瀉湖岸際均為淤沙堆積區域，其自然變化亦大，而高程測量之微小較差，亦可能引發顯著面積之變化。

就測量方法而言，以衛星影像觀測者為瞬時海岸線，受到潮位影響。同時，影像地元尺寸、輻射特性之差異，亦有可能造成海岸線位置判斷差異。此外，由於東沙地區氣象方面，冬季為東北季風季，夏季為西南氣流季，由風向所導致之海水表面流方向具有季節性變化特性。東沙島東南角之「龍擺尾」，為此現象之最佳說明。唯目前尚無案例，可以探討東沙島面積季節性之變化。

致謝

本研究之潮位分析工作由中山大學海洋環境及工程學系王韋樺女士擔任，謹此致謝。登島工作期間承蒙海巡署東沙指揮部與內政部營建署海洋國家公園管理處同仁，在工作及生活上之各項協助，謹此敬表謝意。

參考文獻

- 內政部，2010。以透水光達測繪技術測製東沙地區數值地形模型工作總報告，內政部主辦，國立交通大學執行。
- 內政部，2012。101 年度東海與南海島礁資料蒐集及建置工作期末報告，內政部主辦，國立中央大學執行。
- 史天元、薛憲文、蕭輔導、陳雅信、徐佳筠、陳杰宗、陳佳勳，2011。澎湖與東沙環礁測深光達作業探討，航測及遙測學刊，16(3):151-166。
- 林水池，1992。東沙島地籍測量記，中華民國地籍測量學會會刊，11:84-90。
- 東沙研究站，2012。東沙國際海洋研究站，
http://140.117.95.199/web_new/DIORS_chinese.html，最近查訪：2012/12/26。
- 陳蔚璋，2010。衛星影像的灘線辨識及其應用至灘線變遷之研究，博士論文，國立交通大學土木工程系。
- 梁平、詹進發，2011。利用不同遙測影像進行海岸線偵測之研究，第三十屆測量及空間資訊研討會，2011 年 9 月 1-2 日，國立中興大學。

- 國土測繪中心，2010。99 年水深測量技術發展先期研究，內政部國土測繪中心主辦，捷連科技有限公司執行。
- 海管處，2009。東沙島地形測量、分區定樁工作案期末成果報告，海洋國家公園管理處委託辦理，自強工程顧問有限公司執行。
- 海管處，2012。東沙環礁，海洋國家公園管理處
http://marine.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=706&Itemid=194，最近查訪：2013/08/08。
- 營建署，2007。東沙島海岸環境變遷調查分析，內政部營建署委託辦理，自強工程顧問有限公司執行。
- 營建署，2012。自然海岸及人工海岸線長度，
http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=14251&Itemid=53，最近查訪：2012/11/22。
- 聯合國，1982。海洋法公約，<http://www.un.org/zh/law/sea/los/article2.shtml>，最近查訪：2012/11/22。
- 蕭翔文，2002。以大地位數為基礎之 TWVD2001 高程計算，國立成功大學測量工程研究所碩士論文。
- ESRI, 2008. ArcGIS 9.3 Desktop Help,
<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=tutorials>，最近查訪：2013/08/08。
- Foreman, M.G.G., 1977. Manual for tidal heights analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 97pp.
- Foreman, M.G.G., 1978. Manual for tidal currents analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 78-6, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 57pp.
- Ghilani, C.D., and P.R. Wolf, 2010. Elementary Surveying, 13th edition, Pearson Education.
- Pawlowicz, Rich, Bob Beardsley, Steve Lentz, 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T TIDE, Computers & Geosciences 28 (2002):929 – 937.

附錄七 塊礁偵測數量統計

附錄七 塊礁偵測數量統計

表 1、瀉湖區單一礁塊面積數量統計_趨勢面

礁塊數量(個)		手繪	趨勢面多項式階數							
			1	2	3	4	5	6	7	8
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	12	37	40	34	46	38	43	40	45
	5000-10000	15	25	30	34	29	27	22	26	24
	2500-5000	27	33	28	30	38	38	32	42	32
	1000-2500	22	40	38	41	35	40	37	28	33
	500-1000	21	20	21	23	24	18	26	24	21
	250-500	7	28	25	25	28	18	26	19	14
	100-250	1	25	33	30	21	28	27	33	33
Total		105	208	215	217	221	207	213	212	202

表 2、瀉湖區單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_趨勢面

礁塊數量(個)			手繪	趨勢面多項式階數								
				1	2	3	4	5	6	7	8	
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	誤授	12	3	5	6	9	2	7	5	8	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	5000-10000	誤授	15	8	11	12	12	13	10	10	14	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	2500-5000	誤授	27	22	18	19	28	28	24	32	22	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	1000-2500	誤授	22	38	36	39	34	37	33	26	29	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	500-1000	誤授	21	20	21	23	23	18	26	23	20	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	250-500	誤授	7	28	25	25	28	18	26	19	14	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	100-250	誤授	1	25	33	30	21	28	27	33	33	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total		誤授		144	149	154	155	144	153	148	140
			漏授		0	0	0	0	0	0	0	0

表 3、交界處單一礁塊面積數量統計_趨勢面

礁塊數量(個)		手繪	趨勢面多項式階數							
			1	2	3	4	5	6	7	8
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	12	10	11	14	15	14	17	21	19
	5000-10000	9	8	6	8	12	13	14	15	12
	2500-5000	4	7	13	18	15	19	16	14	9
	1000-2500	10	13	27	24	25	38	28	33	22
	500-1000	5	21	37	31	37	33	40	34	34
	250-500	2	17	43	41	45	51	79	47	59
	100-250	0	24	75	68	52	88	89	78	84
Total		42	100	212	204	201	256	243	242	239

表 4、交界處單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_趨勢面

礁塊數量(個)			手繪	趨勢面多項式階數								
				1	2	3	4	5	6	7	8	
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	誤授	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000-10000	誤授	9	0	0	0	2	1	1	1	2	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	2500-5000	誤授	4	0	2	2	5	2	2	1	3	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	1000-2500	誤授	10	2	4	3	5	7	7	6	7	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	500-1000	誤授	5	4	3	2	5	2	7	3	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	250-500	誤授	2	1	3	4	3	7	6	7	11	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	100-250	誤授	0	3	5	7	6	12	12	7	9	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total		誤授		10	17	18	26	31	35	25	32
			漏授		0	0	0	0	0	0	0	0

表 5、礁台上單一礁塊面積數量統計_趨勢面

礁塊數量(個)		手繪	趨勢面多項式階數							
			1	2	3	4	5	6	7	8
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	1	1	3	3	3	5	8	12	15
	5000-10000	0	2	0	0	1	1	2	4	7
	2500-5000	0	0	0	1	3	3	7	10	9
	1000-2500	0	9	3	4	2	17	26	29	50
	500-1000	0	16	1	9	12	17	43	57	65
	250-500	0	25	13	10	18	34	60	92	108
	100-250	0	38	27	24	45	55	139	140	176
Total		1	91	47	51	84	132	285	344	430

表 6、礁台上單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_趨勢面

礁塊數量(個)			手繪	趨勢面多項式階數								
				1	2	3	4	5	6	7	8	
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	誤授	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000-10000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2500-5000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000-2500	誤授	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	500-1000	誤授	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	250-500	誤授	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-250	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total		誤授		0	0	0	3	1	1	2	1
			漏授		0	0	0	0	0	0	0	0

表 7、瀉湖區單一礁塊面積數量統計_地形分割

礁塊數量(個)		手繪	尺度									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	12	21	22	19	25	24	22	16	16	13	8
	5000-10000	15	18	17	15	14	11	8	6	2	2	2
	2500-5000	27	27	30	21	9	6	4	2	1	0	0
	1000-2500	22	34	8	8	1	0	0	0	0	0	0
	500-1000	21	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	250-500	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-250	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		105	110	78	63	49	41	34	24	19	15	10

表 8、瀉湖區單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_地形分割

礁塊數量(個)		手繪	尺度											
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	誤授	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	5000-10000	誤授	15	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授	15	0	0	0	0	0	0	3	3	6	9	
	2500-5000	誤授	27	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授	27	0	0	1	2	2	7	13	18	22	24	
	1000-2500	誤授	22	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授	22	0	0	1	7	7	17	21	20	20	20	
	500-1000	誤授	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授	21	0	5	15	16	16	17	18	19	20	21	
	250-500	誤授	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授	7	0	5	5	7	7	7	7	7	7	7	
	100-250	誤授	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
Total		誤授		25	6	1	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	10	22	33	33	49	63	68	76	84	

表 9、交界處單一礁塊面積數量統計_地形分割

礁塊數量(個)		手繪	尺度									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
單一礁塊面積(m ²)	>10000	12	5	3	3	2	2	2	2	1	3	3
	5000-10000	9	1	4	4	2	2	1	1	0	0	0
	2500-5000	4	5	3	3	1	0	0	0	0	0	0
	1000-2500	10	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	500-1000	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	250-500	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		42	16	12	10	5	4	3	3	1	3	3

表 10、交界處單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_地形分割

礁塊數量(個)		手繪	尺度											
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
單一礁塊面積(m ²)	>10000	誤授	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	5000-10000	誤授	9	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	
	2500-5000	誤授	4	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
	1000-2500	誤授	10	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
	500-1000	誤授	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	
	250-500	誤授	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
	100-250	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total		誤授		8	6	4	0	0	0	0	0	0		
		漏授		0	1	2	2	3	4	4	6	7		

表 11、礁台上單一礁塊面積數量統計_地形分割

礁塊數量(個)		手繪	尺度									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
單一礁塊面積(m ²)	>10000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	5000-10000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2500-5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000-2500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	500-1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	250-500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 12、礁台上單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_地形分割

礁塊數量(個)		手繪	尺度											
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
單一礁塊面積(m ²)	>10000	誤授	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000-10000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2500-5000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000-2500	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	500-1000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	250-500	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-250	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total		誤授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 13、瀉湖區單一礁塊面積數量統計_影像分割

礁塊數量(個)		手繪	尺度									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
單一礁塊面積(m ²)	>10000	12	18	32	15	14	9	8	7	8	7	7
	5000-10000	15	16	23	14	10	10	10	6	8	7	4
	2500-5000	27	19	25	22	19	15	12	10	6	6	6
	1000-2500	22	101	98	50	46	23	17	8	5	4	4
	500-1000	21	136	96	43	23	5	3	0	0	0	0
	250-500	7	242	124	38	33	1	1	0	0	0	0
	100-250	1	511	224	88	86	6	0	0	0	0	0
Total		105	1043	622	270	231	69	51	31	27	24	21

表 14、瀉湖區單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_影像分割

礁塊數量(個)			手繪	尺度									
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
單一礁塊面積(m ²)	>10000	誤授	12	7	7	2	2	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	1	1	2	4
	5000-10000	誤授	15	12	14	2	2	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	2	8	9	9	10
	2500-5000	誤授	27	17	20	9	5	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	8	16	19	20	20
	1000-2500	誤授	22	101	87	30	25	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	5	11	15	17	21	21	22	22
	500-1000	誤授	21	136	90	31	18	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	2	14	15	21	21	21	21	21	21
	250-500	誤授	7	242	120	37	33	1	1	0	0	0	0
		漏授		0	1	6	6	7	7	7	7	7	7
	100-250	誤授	1	511	220	84	84	6	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Total			誤授	1026	558	195	169	7	1	0	0	0	0
			漏授	0	3	26	33	44	56	75	79	82	85

表 15、交界處單一礁塊面積數量統計_影像分割

礁塊數量(個)		手繪	尺度									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
單一礁塊面積(m ²)	>10000	12	19	12	10	11	14	13	13	13	12	14
	5000-10000	9	7	12	14	11	6	7	6	6	7	7
	2500-5000	4	11	12	10	13	11	10	9	8	7	7
	1000-2500	10	23	24	24	18	25	21	15	11	6	6
	500-1000	5	46	46	25	15	24	17	8	7	5	3
	250-500	2	75	50	29	12	17	7	4	1	0	0
	100-250	0	157	78	25	12	5	2	1	0	0	0
Total		42	338	234	137	92	102	77	56	46	37	37

表 16、交界處單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_影像分割

礁塊數量(個)			手繪	尺度										
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
單一礁塊面積(m ²)	>10000	誤授	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	5	5	5	5	5	6	
	5000-10000	誤授	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	8	9	9	9	9	9	
	2500-5000	誤授	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		2	2	0	2	4	4	4	4	4	4	
	1000-2500	誤授	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		7	9	8	10	10	10	10	10	10	10	
	500-1000	誤授	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	250-500	誤授	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	100-250	誤授	0	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Total			誤授	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0
				漏授	16	18	15	19	34	35	35	35	35	36

表 17、礁台上單一礁塊面積數量統計_影像分割

礁塊數量(個)		手繪	尺度									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	1	4	4	3	4	3	2	2	2	4	3
	5000-10000	0	1	2	3	2	2	3	2	2	2	2
	2500-5000	0	12	8	7	8	8	7	6	6	5	5
	1000-2500	0	33	30	31	24	9	9	6	5	3	3
	500-1000	0	66	48	33	19	11	5	4	3	2	1
	250-500	0	129	97	52	18	9	4	1	2	0	0
	100-250	0	366	157	36	10	5	5	2	0	2	2
Total		1	611	346	165	85	47	35	23	20	18	16

表 18、礁台上單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_影像分割

礁塊數量(個)			手繪	尺度										
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	誤授	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000-10000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2500-5000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000-2500	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	500-1000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	250-500	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100-250	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total			誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
				漏授	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 19、瀉湖區單一礁塊面積數量統計_ DEM 與影像結合後分割

礁塊數量(個)		手繪	DEM (30m)	影像 (30m)	DEM:影像				
					1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
單一 礁塊 面積 (m ²)	>10000	12	19	15	8	8	7	8	7
	5000-10000	15	15	14	9	8	11	8	11
	2500-5000	27	21	22	10	11	7	9	8
	1000-2500	22	8	50	26	23	24	25	23
	500-1000	21	0	43	5	7	10	5	5
	250-500	7	0	38	0	3	0	2	2
	100-250	1	0	88	0	0	0	0	0
Total		105	63	270	58	60	59	57	56

表 20、瀉湖區單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_ DEM 與影像結合後分割

礁塊數量(個)			手繪	DEM (30m)	影像 (30m)	比重(DEM:影像)				
						1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
單一 礁塊 面積 (m ²)	>10000	誤授	12	0	2	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0
	5000 -10000	誤授	15	1	2	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0
	2500 -5000	誤授	27	0	9	0	0	0	0	0
		漏授		1	0	3	2	1	3	4
	1000 -2500	誤授	22	0	30	0	0	0	0	0
		漏授		1	5	16	16	17	17	17
	500 -1000	誤授	21	0	31	0	0	0	0	0
		漏授		15	14	21	20	21	21	21
	250 -500	誤授	7	0	37	0	0	0	0	0
		漏授		5	6	7	7	7	7	7
	100 -250	誤授	1	0	84	0	0	0	0	0
		漏授		0	1	1	1	1	1	1
Total			誤授	1	195	0	0	0	0	0
			漏授	22	26	48	46	47	49	49

表 21、交界處單一礁塊面積數量統計_ DEM 與影像結合後分割

礁塊數量(個)		手繪	DEM (30m)	影像 (30m)	DEM:影像				
					1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
單一 礁塊 面積 (m ²)	>10000	12	3	10	5	5	6	7	7
	5000-10000	9	4	14	8	8	7	6	7
	2500-5000	4	3	10	6	7	7	7	4
	1000-2500	10	0	24	4	3	3	3	5
	500-1000	5	0	25	4	4	5	2	4
	250-500	2	0	29	3	1	0	2	1
	100-250	0	0	25	0	1	1	1	2
Total		42	10	137	30	29	29	28	30

表 22、交界處單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_ DEM 與影像結合後分割

礁塊數量(個)			手繪	DEM (30m)	影像 (30m)	比重(DEM:影像)				
						1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
單一 礁塊 面積 (m ²)	>10000	誤授	12	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0
	5000 -10000	誤授	9	2	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0
	2500 -5000	誤授	4	2	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0
	1000 -2500	誤授	10	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	8	8	8	8	8	9
	500 -1000	誤授	5	0	0	0	0	1	0	1
		漏授		2	5	5	5	5	5	5
	250 -500	誤授	2	0	0	0	0	0	0	0
		漏授		0	2	2	2	2	2	2
	100 -250	誤授	0	0	3	0	1	0	0	0
		漏授		0	0	0	0	0	0	0
Total			誤授	4	3	0	1	1	0	1
			漏授	2	15	15	15	15	15	16

表 23、礁台上單一礁塊面積數量統計_DEM 與影像結合後分割

礁塊數量(個)		手繪	DEM (30m)	影像 (30m)	DEM:影像				
					1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	1	1	3	1	1	1	1	1
	5000-10000	0	0	3	0	0	0	0	0
	2500-5000	0	0	7	0	0	0	0	0
	1000-2500	0	0	31	0	0	0	0	0
	500-1000	0	0	33	1	0	0	0	0
	250-500	0	0	52	0	0	0	0	0
	100-250	0	0	36	0	0	0	0	0
Total		1	1	165	2	1	1	1	1

表 24、礁台上單一礁塊面積誤授與漏授數量統計_DEM 與影像結合後分割

礁塊數量(個)			手繪	DEM (30m)	影像 (30m)	比重(DEM:影像)					
						1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	
單一礁塊面積 (m ²)	>10000	誤授	1	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	
	5000-10000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	
	2500-5000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	
	1000-2500	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	
	500-1000	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	
	250-500	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	
	100-250	誤授	0	0	0	0	0	0	0	0	
		漏授		0	0	0	0	0	0	0	
	Total		誤授		0	0	0	0	0	0	0
			漏授		0	0	0	0	0	0	0