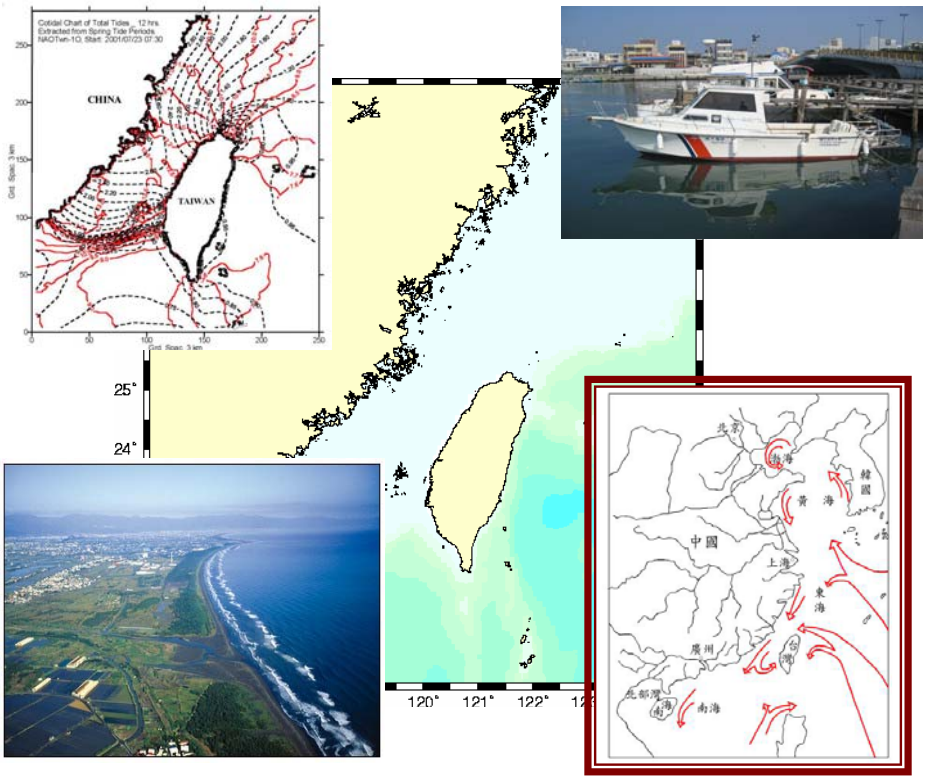
內政部國土測繪中心

98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

工作總報告書



委辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

中華民國 99 年 11 月

內政部國土測繪中心

98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

契約編號： NLSC-98-11
契約日期：中華民國 98 年07 月22 日
契約期限：中華民國 99 年09 月14 日

計畫主持人：顏沛華副教授
計 畫 顧 問 ：莊文傑博士

工 作 團 隊 ：財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
蔡宗旻、崔潤明、林明毅、王詠祺、
黃暉翔、林英爵、黃建哲



國立成功大學水利及海洋工程系
財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會



主辦機關：內政部國土測繪中心
執行單位：財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

中華民國九十九年十一月

內政部國土測繪中心

98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

謝　誌

本計畫執行期間，承蒙曾清凉教授、張嘉強教授、張裕民教授、崔國強教授、于嘉順教授、徐月娟教授、劉正倫副主任、白敏思課長、王成機科長、何嘉麟簡任技正、朱杏修簡任技正、交通部中央氣象局劉光宗技士、經濟部水利署王仲豪工程司、劉啟清博士、內政部國土測繪中心控制測量課、地形及海洋測量課等諸位同仁、先進之賜教，使得本計畫之調查、分析、研究成果更為周詳完備，在此謹致謝忱！

另本計畫研究團隊~財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會之專案研究助理群：蔡宗旻、崔潤明、林明毅、王詠祺、黃暉翔、林英爵、黃建哲等諸君在本專案計畫現場調查作業之執行、蒐集資料數據之分析、報告表格圖形之繪製等諸工作項目皆能竭盡心力、不畏海上風浪、勇往直前、達成目標，對計畫之完成助益甚大，謹此併致謝意！



國立成功大學水利及海洋工程系
財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會



國立成功大學河海現場調查實驗室

內政部國土測繪中心
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫
工 作 總 報 告

目　錄

目 錄----------目-1

表目錄----------目-4

圖目錄----------目-6

照片目錄----------目-11

壹、 前 言----------1-1

一、 計畫緣起及目的----------1-1

二、 作業期程與範圍----------1-2

三、 委託工作項目及內容----------1-3

四、 本文架構----------1-8

貳、 作業期程----------2-1

一、 作業時程控管----------2-1

二、 品管與資安----------2-1

參、 作業內容及方法----------3-1

一、 提報工作計畫書----------3-1

二、 資料蒐集彙整----------3-4

三、 建立臺灣網格化潮位分區----------3-20

四、 潮位模式（測試版）模擬演算----------3-23

五、 臺灣西部實地測試作業----------3-25

六、 技術研習活動----------3-27
七、 投稿----------3-27
肆、 使用儀器及設備----------4-1
一、 陸上測量儀器設備----------4-1
二、 海上作業儀器設備----------4-3
三、 GPS浮標----------4-4
伍、 作業執行與成果----------5-1
一、 工作計畫書----------5-1
二、 資料彙整分析報告----------5-4
三、 潮位分區分析報告----------5-26
四、 臺灣西部潮位模式測試作業----------5-64
五、 修正版潮位模式----------5-81
六、 技術研習活動----------5-119
七、 投稿文件----------5-130
陸、結論與建議----------6-1
一、 結 論----------6-1
二、 建 議----------6-4
參考文獻----------參-1
附錄一、歷次審查意見及回覆說明----------附錄1-1
附錄二、需求訪談紀錄----------附錄2-1
附錄三、工作計畫書再修正本----------附錄3-1
附錄四、潮位站基本資料表----------附錄4-1
附錄五、技術研習活動計畫書----------附錄5-1
附錄六、技術研習資料----------附錄6-1

附錄七、投稿期刊論文----------附錄7-1

附錄八、研討會發表論文----------附錄8-1

(附錄詳本報告書附貼光碟)

表目錄

表2-1 各階段時程控管表----------2-2
表3-1 潮位站調查表----------3-2
表3-2 麥寮站調和常數表（推算92年）----------3-12
表5-1 潮位站資料缺失率表---------- 5-3
表5-2 潮流模式之優缺點比較表---------- 5-26
表5-3 USACE量測等級精度分類表----------5-28
表5-4 IHO水深量測等級誤差允許範圍及誤差對應水深百分比表---5-28
表5-5 本案引用架設於國內及離島沿岸35處潮位站資訊表----------5-35
表5-6 沿岸35處潮位站潮位精度分析表----------5-45
表5-7 沿岸35處潮位站分時段潮位精度分析表----------5-46
表5-8 以花蓮潮位站為基準站推估待驗站之精度分析表----------5-57
表5-9 以臺中潮位站為基準站推估待驗站之精度分析表----------5-58
表5-10 以高雄潮位站為基準站推估待驗站之精度分析表----------5-60
表5-11 以臺中潮位站為基準站推估待驗站之精度分析表
(NAO99b預報值)---------- 5-61
表5-12 潮位站分潮比對表----------5-64
表5-13 GPS浮標海上潮位站驗潮測試諸參數表----------5-69
表5-14 GPS浮標測試參數表----------5-71
表5-15 以新竹潮位站為基準站推估GPS浮標施放點之精度分析表------5-77
表5-16 測試人力分配表----------5-100
表5-17 單元測試清單表----------5-101
表5-18 點選單一點單元測試表----------5-102
表5-19 以方格型式繪製點單元測試表----------5-103
表5-20 編輯點位單元測試表----------5-104

表5-21 刪除點位單元測試表----------5-105
表5-22 計算單元測試表----------5-106
表5-23 轉換圖表單元測試表----------5-107
表5-24 GPS資料計算單元測試表----------5-108
表5-25 即時潮位單元測試表----------5-109
表5-26 點選單一點驗證測試表----------5-111
表5-27 以方格型式繪製點位驗證測試表----------5-112
表5-28 編輯點位驗證測試表----------5-113
表5-29 刪除點位驗證測試表----------5-114
表5-30 計算驗證測試表----------5-115
表5-31 轉換圖表驗證測試表----------5-116
表5-32 GPS資料計算驗證測試表----------5-117
表5-33 即時潮位驗證測試表----------5-118

圖目錄

圖1-1 作業範圍圖----------1-3
圖1-2 測試區辦理範圍圖----------1-7
圖1-3 GPS浮標圖---------- 1-7
圖2-1 進度甘梯圖---------- 2-4
圖3-1 內外模相嵌示意圖---------- 3-8
圖3-2 觀測資料調和分析結果例圖---------- 3-13
圖3-3 以調和分析進行潮位預報例圖---------- 3-13
圖3-4 以潮汐數據2~5天(m=2~5)往後預測之成果例圖---------- 3-19
圖3-5 臺灣海峽等潮時圖例圖---------- 3-22
圖3-6 臺灣海峽等潮位圖例圖---------- 3-22
圖3-7 臺灣海峽等潮區圖例圖---------- 3-23
圖3-8 互動式展示軟體例圖---------- 3-24
圖3-9 新竹香山海域氣象局資料浮標圖---------- 3-25
圖4-1 GPS浮標側視圖----------4-5
圖4-2 GPS浮標俯視圖----------4-5
圖5-1 台灣鄰近海域之水深地形圖[7] ----------5-5
圖5-2 台灣環島部分潮位站潮型指標圖----------5-9
圖5-3 台灣鄰近海域潮波傳遞路徑圖[7] ----------5-9
圖5-4 台灣環島沿岸第一次滿潮(1987/06/23)之潮時分佈圖----------5-12
圖5-5 水深測量潮位改正示意圖----------5-14
圖5-6 潮汐分區作水深測量潮位改正示意圖----------5-15
圖5-7 大範圍海域計算台灣環島驗潮站逐時潮位與預報潮位驗證比較圖：
蘇澳港(上)；基隆港(中)；淡水港(下) ----------5-19

圖5-8 大範圍海域計算台灣環島驗潮站逐時潮位與預報潮位之驗證比較圖：台中港(上)；高雄港(中)；富岡(下) ----------5-20

圖5-9 POM模式模擬2005/02西部海岸驗潮站之計算(紅實線)與實測(黑標點線)潮位之驗證比較圖----------5-21

圖5-10 POM模式模擬2000/12西部海岸驗潮站之計算(紅實線)與預測(黑實線)潮位之驗證比較圖----------5-22

圖5-11 POM模式模擬2000/12東部及離島海岸潮站計算(紅實線)與預測(黑實線)潮位之驗證比較圖----------5-23

圖5-12 基隆測站模擬相位落後情況圖----------5-24

圖5-13 淡水海域之潮高模擬結果比較圖----------5-25

圖5-14 竹圍海域之潮高模擬結果比較圖----------5-25

圖5-15 新竹海域之潮高模擬結果比較圖----------5-25

圖5-16 臺灣海域等潮區(同潮圖)圖例圖----------5-27

圖5-17 臺灣海域等潮時圖----------5-31

圖5-18 臺灣海域等潮位圖----------5-32

圖5-19 臺灣海域等潮區圖----------5-33

圖5-20 蘇澳、新竹潮位站潮位精度分析圖----------3-38

圖5-21 麥寮、高雄潮位站潮位精度分析圖----------3-38

圖5-22 後壁湖、花蓮潮位站潮位精度分析圖----------3-39

圖5-23 模擬結果與實測比對100%線偏向比對圖(竹圍、芳苑)----------3-39

圖5-24 模擬結果與實測比對100%線偏向比對圖(外埔、嘉和)---------3-40

圖5-25 模擬結果與實測比對100%線偏向比對圖(台中港、台北港)-----3-40

圖5-26 模擬結果與實測比對100%線偏向比對圖(淡水、基隆)---------3-41

圖5-27 模擬結果與實測比對100%線偏向比對圖(石梯、富岡)----------5-41

圖5-28 模擬結果與實測比對100%線偏向比對圖(大武、烏石)---------5-42

圖5-29 模擬結果與實測比對100%線偏向比對圖(馬祖、料羅灣)-------5-42

圖5-30 嘉和、基隆潮位站實測潮位移動平均精度分析圖----------5-43

圖5-31 高雄、台中港潮位站實測潮位移動平均精度分析圖----------5-43
圖5-32 芳苑、竹圍潮位站實測潮位移動平均精度分析圖----------5-44
圖5-33 以花蓮驗潮站為基準站推估富岡、蘇澳潮位站之時序列比較圖
(黑線為實測，紅線為推估值)----------5-57
圖5-34 以花蓮驗潮站為基準站推估富岡、蘇澳潮位站
之實測與推估值比較圖----------5-58
圖5-35 以臺中驗潮站為基準站推估新竹、將軍、高雄及基隆潮位站
之時序列比較圖(黑線為實測，紅線為推估值)----------5-59
圖5-36 以臺中驗潮站為基準站推估新竹、將軍、高雄及基隆潮位站
之實測與推估值比較圖----------5-60
圖5-37 以臺中驗潮站為基準站推估新竹、箔子寮及塭港潮位站
之時序列比較圖(黑線為NAO99b預測值，紅線為推估值)--------5-62
圖5-38 以臺中驗潮站為基準站推估新竹、箔子寮及塭港潮位站
之NAO99b預測值與推估值比較圖----------5-63
圖5-39 永安漁港潮位時序列比對圖---------- 5-66
圖5-40 永安漁港潮位精度分析圖---------- 5-66
圖5-41 新竹漁港潮位時序列比對圖---------- 5-67
圖5-42 新竹漁港潮位精度分析圖---------- 5-67
圖5-43 龍鳳漁港潮位時序列比對圖---------- 5-68
圖5-44 龍鳳漁港潮位精度分析圖---------- 5-68
圖5-45 龍鳳漁港海域海上潮位站驗潮測試潮位時序列比對圖----------5-70
圖5-46 龍鳳漁港海域海上潮位站驗潮測試潮位精度分析圖----------5-70
圖5-47 GPS浮標施放位置圖----------5-71
圖5-48 永安漁港海域GPS浮標測試潮位時序列比對圖---------- 5-72
圖5-49 永安漁港海域GPS浮標測試潮位精度分析圖---------- 5-72
圖5-50 永安漁港海域GPS浮標測試修正後潮位精度分析圖---------- 5-73
圖5-51 永安漁港海域GPS浮標測試修正後潮位時序列比對圖---------- 5-73
圖5-52 新竹漁港海域GPS浮標測試潮位時序列比對圖---------- 5-74

圖5-53 新竹漁港海域GPS浮標測試潮位精度分析圖---------- 5-74
圖5-54 新竹漁港海域GPS浮標測試修正後精度分析圖---------- 5-75
圖5-55 新竹漁港海域GPS浮標測試修正後潮位時序列比對圖---------- 5-75
圖5-56 龍鳳漁港海域GPS浮標測試潮位時序列比對圖---------- 5-76
圖5-57 龍鳳漁港海域GPS浮標測試潮位精度分析圖---------- 5-76
圖5-58 以新竹潮位站為基準站推估永安漁港海域之時序列比較圖---- 5-78
圖5-59 以新竹潮位站為基準站推估新竹漁港海域之時序列比較圖---- 5-78
圖5-60 以新竹潮位站為基準站推估龍鳳漁港海域之時序列比較圖---- 5-79
圖5-61 以新竹潮位站為基準站推估永安漁港海域之實測與推估值比較圖----------5-79
圖5-62 以新竹潮位站為基準站推估新竹漁港海域之實測與推估值比較圖----------5-80
圖5-63 龍鳳漁港海域GPS浮標測試潮位精度分析圖---------- 5-80
圖5-64 測試版潮位模式登錄至ArcGIS之成功安裝畫面圖----------5-83
圖5-65 修正版潮位模式安裝畫面圖----------5-83
圖5-66 修正版潮位模式安裝資料夾選擇畫面圖----------5-84
圖5-67 ArcGIS解除安裝畫面圖----------5-84
圖5-68 修正版潮位模式解除安裝畫面圖----------5-85
圖5-69 入版畫面圖示圖----------5-85
圖5-70 選取單一測點圖----------5-86
圖5-71 測點坐標、潮位計算開始/結束時間及間距圖----------5-87
圖5-72 選取測區及網格畫設圖----------5-88
圖5-73 潮位計算時間、間隔設定圖----------5-88
圖5-74 點位編輯視窗圖----------5-89
圖5-75 測深軟體潮位匯入視窗圖----------5-89
圖5-76 測深軟體潮位匯入輸出檔範例圖----------5-90

圖5-77 圖表轉換視窗圖----------5-91
圖5-78 圖表轉換繪製成果圖----------5-91
圖5-79 屬性資料查詢視窗圖----------5-92
圖5-80 出圖操作視窗圖----------5-93
圖5-81 新增選取單一測點之編修點位功能視窗圖----------5-94
圖5-82 新增以方格形式繪製點之編修點位功能視窗圖----------5-94
圖5-83 經緯度與97坐標轉換功能視窗圖----------5-95
圖5-84 輸出格林威治時間及GMT+8時間之潮位檔視窗圖----------5-95
圖5-85 潮位即時計算功能視窗圖----------5-96
圖5-86 GPS路徑檔匯入資料計算潮位視窗圖----------5-97
圖5-87 系統測試流程圖----------5-99
圖5-88 內港作業研習海報圖----------5-126

照片目錄

照片1-1 GPS浮標圖(一) ----------1-7
照片2-1 工作會議實況(一) ----------2-2
照片2-1 工作會議實況(二) ----------2-2
照片4-1 Leica GPS衛星定位儀----------4-1
照片4-2 GARMIN Oregon 550t掌上型GPS----------4-2
照片4-3 ZEISS電子水準儀----------4-3
照片4-4 RESON NaviSound雙頻單音束測深機----------4-3
照片4-5 GPS浮標----------4-4
照片5-1 永安漁港臨時潮位站----------5-66
照片5-2 龍鳳漁港臨時潮位站----------5-68
照片5-3 GPS浮標測試----------5-76
照片5-4 室內研習會場~維悅統茂酒店----------5-119
照片5-5 室內研習教室~東悅坊----------5-120
照片5-6 學員報到----------5-121
照片5-7 許泰文教授致詞----------5-121
照片5-8 林燕山主任致詞----------5-122
照片5-9 潮汐模式理論室內研習----------5-122
照片5-10 潮位對水深測量影響室內研習----------5-123
照片5-11 潮位模式之程式規劃與測試室內研習----------5-123
照片5-12 綜合座談----------5-124
照片5-13 安平內港自設站臨時水尺----------5-125
照片5-14 現場講解潮位分區概念----------5-125
照片5-15 研習當日潮位觀測----------5-127
照片5-16 研習當日比對模擬與觀測潮位----------5-127

照片5-17 技術研習活動學員合影----------5-128
照片5-18 水深測量軟硬體接續----------5-129
照片5-19 學員體驗水深測量----------5-129

壹、前 言

一、計畫緣起及目的

臺灣地區四面環海，海域潮汐受太平洋天文潮與海峽內淺水化效應影響，造成近岸與離岸海域有顯著的潮時及潮位差異。而海底地形為海岸防護規劃、近岸工程施工及空間資訊科學、近海水文研究之基本資訊，故快速、精確、有效率的測繪海底地形是海岸監測、規劃、設計、施工、環評及研究的重要基礎工作，惟水深測量測深資料內含施測當時之潮汐效應，因此，在進行水深測量時必須從事潮汐改正，即測深資料應以製圖基準(最低潮位面或基隆中潮面)修正量測數據，以得到實際的海床高程。

我國海域基本圖之測量範圍涵蓋近岸、領海及鄰接區海域，測深資料的潮位修正模式一般係用最鄰近潮位站之潮汐觀測資料辦理，此種修正模式易因近岸與外海潮位不同造成水深測量的誤差。故本計畫擬分析臺灣海域近岸及離岸潮汐的差異，建立潮位分區（tidal zone），並以臺灣西部海域進行測試作業，據以建立水深測量修正模式，提升海域水深測量精度，提供後續辦理海域測量應用及科學研究分享使用。由於本案工作跨足海域測量、潮位分區、模式研發、適用評估及驗潮測試等，工作項目繁多且需相關儀器設備與專業技術，故由 貴中心以公開評選方式，委外辦理「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」案，徵求最優廠商，在 貴中心的督導下完成本案各項任務。經由 98 年 7 月 9 日公開評選，由本會取得優先議價權，而於 7 月 21 日完成議價，並於 7 月 31 日完成簽約。按契約書附件 1：需求規格書工作項目相關規定：必須於 98 年 8 月 10 日前辦理需求訪談，於 8 月 20 日前提報工作執行計畫書，於 11 月 18 日前交付第一階段資料彙整分析報告，於 99 年 4 月 17 日提送期中報告書(含第二階段交付成果)以上工作皆已完成，今按相關規定，於 99 年 9 月 13 日提送工作總報告書(初稿)供 貴中心審查，於 10 月 11 日審查通過後提交工作總報告書修正本。

二、作業期程與範圍

(一)作業期程：

依需求規格書要求，作業期程為自決標次日起 420 個日曆天，分 3 階段辦理。

階段	繳交項目與份數	繳交日期
第 1 階段	1. 工作計畫書。(書面 10 份，電子檔 2 份)	於決標次日起 30 個日曆天內繳交。
	2. 資料彙整分析報告。(書面 3 份，電子檔 2 份)	於決標次日起 120 個日曆天內繳交。
第 2 階段	1. 等潮時圖、等潮位圖、等潮區圖各 1 份。	於決標次日起 270 個日曆天內繳交。
	2. 潮位分區分析報告。(併入期中報告書)	
	3. 潮位模式程式(測試版)。(1 式)	
	4. 期中報告書。(書面 10 份，電子檔 2 份)	
第 3 階段	1. 臺灣西部潮位模式測試作業報告。(併入工作總報告書)	於決標次日起 420 個日曆天內繳交。
	2. 技術研習活動簽到簿與相關文件。(併入工作總報告書)	
	3. 投稿文件 2 份。(併入工作總報告書)	
	4. 本案資料電子檔。(電子檔 1 份)	
	5. 潮位模式程式。(1 式)	
	6. 工作總報告書。(書面 10 份，電子檔 2 份)	

(二)作業範圍：

依需求規格書要求，本案作業範圍涵蓋本島內水、領海及鄰接區海域，建立等潮時區、等潮位區及潮位分區作業，辦理區域如圖 1-1 藍色、水藍色與黃色圖幅範圍，不含金門、馬祖、東沙、南沙；另應辦理測試作業，於臺灣西部測試區以桃園彰化間為限。

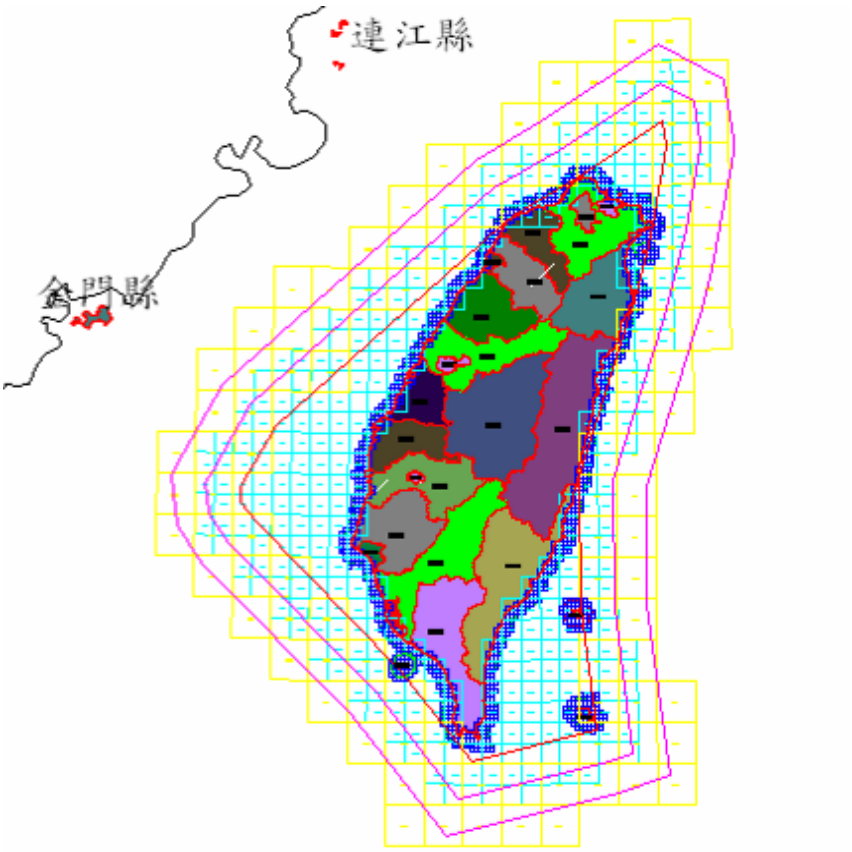


圖 1-1 作業範圍圖

三、委託工作項目及內容

(一)提報工作計畫書

1. 辦理需求訪談

廠商需於決標次日起20個日曆天內(98年8月10日)，以書面通知並至 貴中心(邀標單位)辦理本案需求訪談，訪談內容需計畫主持人到場，現場做成訪談紀錄，經 貴中心確認後，納入工作計畫書。

2. 提報工作計畫書

廠商應於決標次日起30個日曆天內(98年8月20日)提送工作計畫書交付 貴中心，並經審定通過後依計畫書執行相關內容，工作計畫書應至少包含以下項目：

(1) 潮位資料分析理論與方法。

(2) 潮位站調查表設計規劃。

(3) 建立臺灣網格化潮位分區作業方法。

(4) 潮位模式程式設計規劃。

(5) 臺灣西部實地測試作業規劃與作業方法。

(6) 技術研習活動規劃。

(7) 投稿文件方向及大綱。

(二)資料蒐集彙整

1. 文獻資料蒐集：

(1) 蒐集國內外潮位模式之文獻。

(2) 蒐集基隆、麟山鼻、淡水(油車口)、台北港、竹圍、新竹、後龍(外埔)、台中港、芳苑、麥寮港、箔子寮、塭港、東石、將軍、高雄港、永安、東港、嘉和、小琉球、恆春(蟳廣嘴)、恆春(後壁湖)、綠島、蘭嶼、大武、台東(富岡)、成功、石梯、花蓮港、蘇澳港、頭城(烏石港)、龍洞、馬公、馬祖、金門(料羅灣)、水頭等共35個各潮位站相關資料，資料需包含：

A.潮位站資料：

潮位站管理機關、潮位站相片、潮位儀種類、潮位站設立時間、潮位站坐標(採TWD97系統)等資訊，其中潮位站坐標應以GPS或其他可靠定位儀器辦理現場測量，如潮位站因位於離島或海上或管理機關不同意進入等因素致無法測量時，該潮位站坐標資料可經 貴中心同意後排除。

B. 潮位資料：

蒐集96-97年(96.01.01～97.12.31)之潮位資料，資料由 貴中心發文請相關單位提供為原則，惟無法提供時，由廠商自行購置;另因資料管理機關所管資料有中斷情形或其他因素致廠商付費仍無法取得，該資料可經 貴中心同意後排除。

C. 其他資料：可能會影響本案成果資料。

2. 資料彙整分析報告

(1) 依據國內外之文獻資料,彙整分析各潮位模式之原理與適用區域，並提出臺灣西部海域適用模式。

(2) 設計潮位站調查表及填載下列資訊：各潮位站資料，並加入潮汐屬性、潮位變動趨勢情形說明。

(三)建立臺灣網格化潮位分區

依據本案所蒐集資料，將涵蓋本島內水、領海及鄰接區海域，建立等潮時區、等潮位區與潮位分區作業。

1. 建立等潮時區與等潮位區

(1) 依據本案所蒐集資料，進行等潮時區與等潮位區劃分工作，其中等潮時區密度為6分鐘，等潮位區密度為0.1公尺。

(2) 製作等潮時區、等潮位區與等潮區A0尺寸彩色圖(上光面膠)各1張，其基準站不拘，惟須於圖面說明。

2. 建立潮位分區

依據本案所建立之等潮時區與等潮位區資料，建立1分(1海里)網格潮位分區，並分析網格潮位之精度，提出分析報告。

3. 潮位模式程式(測試版)

撰寫程式計算臺灣各潮位站與各潮位模式網格潮位連動資料，並將程式提供 貴中心使用，如程式係於其他軟體上加值開發，則需交付該軟體（需為正版軟體，保固同本案要求）予 貴中心使用，不得要求增加費用，程式需視窗化及具備下列功能。

(1) 顯圖：顯示等潮時圖（6 分鐘間隔）、等潮位圖（0.1 公尺間隔）與等潮區圖。

(2) 資料格式：須蒐集主要測深資料計算軟體，研擬合適資料格式，並具備資料輸出功能。

(3) 資料提供間隔：資料時間間隔以 6 分鐘為原則。

(4) 出圖：程式應具出圖功能。

(5) 坐標輸入與輸出需同時具備顯示經緯度與 TWD97 坐標功能。

(四)臺灣西部實地測試作業

1. 測試區範圍與勘選

本案測試區範圍以臺灣西部桃園與彰化間為限(圖1-2)，需選擇跨潮時區地點設2個(含)以上潮位站，潮位站點位需可全天辦理驗潮作業，辦理本項工作需以書面通知 貴中心，廠商需製作勘選紀錄 (相關紀錄與文件納入測試報告) 。

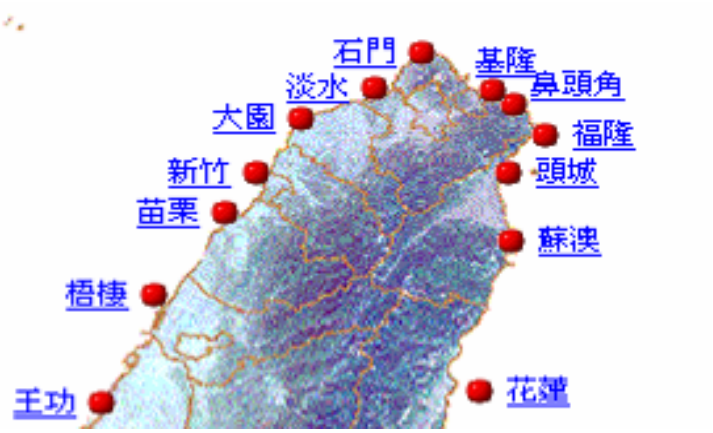


圖1-2 測試區辦理範圍圖

2. 潮位模式測試作業

(1) 潮位模式測試工作:廠商需提出合適方法辦理實地測試(以服務建議書、工作計畫書提出方法辦理),測試工作需同時與本案所勘選之潮位站進行聯測,同時於潮位站附近加測驗潮,海面測試點需3點(含)以上,測試點應平均分布於不同水深值。

(2) GPS浮標測試工作:由 貴中心提供GPS浮標(照片1-1)交由廠商辦理實地測試,測試工作需同時與本案所勘選之潮位站進行聯測,同時於潮位站附近加測驗潮,以船隻將GPS浮標攜往海面測試點進行觀測與資料蒐集,辦理點數需3點(含)以上,每點需進行13小時(含)以上連續觀測,觀測累計中斷時間不得超過1小時,測試點應平均分布於不同水深值。



照片1-1 GPS浮標圖

(3) 潮位模式測試作業報告：廠商依測試結果撰寫報告，內容需詳列各工作內容與時程，並進行結果精度分析，研擬具體建議，提供建立全臺灣潮位模式參考。

(4) 潮位模式程式：加入測試作業資訊，進行資料計算與潮位模式程式（測試版）修正，並將程式提供 貴中心使用。

(五)技術研習活動

廠商應提供至少 1 次 5 小時之技術研習活動，課程內容應包括潮位模式理論、潮位對水深測量影響、實地測試作業研習，活動日期、場地（需可容納 50 個以上學員空間）、課程及相關細節需由 貴中心同意始得為之，活動應於合約期程內辦理完竣，活動所需經費（場地、儀器設備、船租、講師、教材、餐費）由廠商負責。

(六)投稿文件及工作總報告書

1. 投稿文件：本工作成果需彙整成投稿文件，國內(外)期刊至少 1 篇、研討會論文至少 1 篇。
2. 工作總報告書：工作總報告書彙整本案所有成果（電子成果除外），內容另需包含：前言、作業期程、作業內容及方法、使用儀器及設備、作業執行與成果、結論與建議、其他相關資料及附件。以 Microsoft WORD 格式編製，版面採 A4 直式橫書、編目錄、章節、頁次、並加封面裝釘成冊。

四、本文架構

本計畫工作總報告書分章說明如下：

壹、前言，說明計畫緣起及目的、預定作業期程與範圍、委託工作項目。

貳、作業期程，說明各階段作業時程控管及品管與資安。

參、作業內容及方法，對委託各工作項目敘述作業內容及方法。

肆、使用儀器及設備，說明本計畫作業期間所使用之各類儀器及設備。

伍、作業執行與成果，針對委託各工作項目說明作業執行成果。

陸、結論與建議，提出本研究成果之結論及建議。

貳、作業期程

一、作業時程控管

據需求規格書述明，作業期程起算以決標完成次日(7 月 22 日)為起算日，作業期程計 420 個日曆天，分 3 階段辦理。

本計畫作業期程各階段時程控管如下表 2-1，工作進度以旬為單位編制如圖 2-1 之甘梯圖。

二、品管與資安

工作執行期間，由本計畫之專案助理蔡宗旻博士生及崔潤明助理兼為本項工作聯絡人，隨時保持聯繫，商請(討) 貴中心提供相關成果資料、工作進行方針或商請 貴中心出具公函請其他單位配合辦理本計畫，以掌握工作進度，並適時將各階段工作成果提送 貴中心參考。

為確保各項工作項目進度順利，由本研究團隊專業人員組成臨時小組，每月定時(每月第一週之週四，或視需要)開會針對本案各項工作管理、困難問題處理、數據資料審查等進度及任務分派予以檢討及掌控，並視需要商請　貴中心召開工作會報，以確保工作如期完工並達本案精度要求：

(一) 月第一週之週四由本會內部自行舉行工作會議，將由本會執行長呂珍謀副教授主持，檢討工作執行情形，包含預定及實際工作進度、待協調及解決之問題事項等資料，以便確實掌握實際進度與預定進度之差距。

(二) 派專人與 貴中心及查核單位聯繫，加強協調相關事宜。

(三) 對外業人員加強實施安全及教育訓練，以提高工作效率。

(四) 內業人員對各項作業原始數據應保留記錄，以備查詢。

而本案計畫內容(含蒐集之 35 站 96~97 年潮位資料...等)亦儲存於計畫主持人及助理電腦之特定資料夾(內政部國土測繪中心案)中，該等電腦及資料夾皆設密碼保護，電腦本身亦灌有防駭防毒軟體以確保資安！



照片 2-1 工作會議實況(一)



照片 2-1 工作會議實況(二)

表 2-1 各階段時程控管表

階 段	工　作　項　目	數 量	時程控管
第一階段	1. 工作計畫書 (1) 書面 (2) 電子檔	10 份 2 份	98 年 8 月 20 日
	2. 資料彙整分析報告 (1) 書面 (2) 電子檔	3 份 2 份	98 年 11 月 18 日
第二階段	1. 等潮時紙圖 等潮位紙圖 等潮區紙圖 2. 潮位分區分析報告 (併入期中報告書)	1 紙 1 紙 1 紙 1 式	99 年 4 月 17 日
	3. 潮位模式程式(測試版)	1 式	
	4. 期中報告書 (1) 書面 (2) 電子檔	10 份 2 份	
第三階段	1. 臺灣西部潮位模式測試作業報告（併入工作總報告書）	1 式	99 年 9 月 14 日
	2. 技術研習活動簽到簿與相關文件（併入工作總報告書）	1 式	
	3. 投稿文件 （併入工作總報告書）	2 份	
	4. 本案資料電子檔	1 份	
	5. 潮位模式程式	1 式	
	6. 工作總報告書 (3) 書面 (4) 電子檔	10 份 2 份	

工作項目	月次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	預定作業日數
		民國九十八年						民國九十九年									
	月份	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	
	旬別	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	上旬 中旬 下旬	
1. 資料蒐集彙整																	
◎ 文獻資料蒐集																	396
◎ 資料蒐集分析(含報告)																	232
2. 建立臺灣網格化潮位分區																	
◎ 建立等潮時區與等潮位區																	238
◎ 建立潮位分區																	238
◎ 潮位模式程式（測試版）																	238
3. 臺灣西部實地測試作業																	
◎測試區範圍與勘選																	58
◎潮位模式測試作業																	120
4. 技術研習活動																	15
5. 需求訪談會議																	15
6. 資料彙整分析報告																	15
7. 提送工作計畫書																	15
8. 提送期中報告書																	15
9. 提送期末報告書																	15
預定進度累計百分比(%)		0			19	29	38	47	58	69	81	87	91	95	98	100	

決標次日起 120 個日曆天 (11 月 18 日)

決標次日起 270 個日曆天 (4 月 17 日)

7 月 9 日評選
7 月 21 日議價
7 月 31 日簽約

決標次日起 420 個日曆天 (9 月 14 日)

註：預定進度
實際進度

圖 2-1 進度甘梯圖

參、作業內容及方法

一、提報工作計畫書

(一)辦理需求訪談

需求訪談會議需於決標次日起 20 個日曆天(98 年 8 月 10 日)內以書面通知 貴中心辦理,而該項工作本會已於 98 年 8 月 4 日以(98)成大水基字第一五二號函發文，並獲 貴中心安排於 98 年 8 月 6 日(星期四) 下午 2 時召開需求訪談會議。

(二)提報工作計畫書

工作計畫書需於決標次日起 30 個日曆天(98 年 8 月 20 日)交付，而該工作計畫書已於 98 年 8 月 19 日以(98)成大水基字第一七一號函發文，並送達工作計畫書 10 份及電子檔 2 份。

原工作計畫書 貴中心以 98 年 8 月 26 日測形字第 0980008149 號函退回，經本案臨時小組於 98 年 9 月 3 日討論，由本案主持人及計畫督導協助修正再重製，並經 貴中心於 98 年 10 月 1 日審查，本會按審查意見二度修正後通過，內容含以下項目：

1. 潮位資料分析理論與方法

   簡述 MIKE21 模式、POM 模式、NAO99b 模式及 FEM 模式、調和分析預報潮位、卡門濾波法之理論與方法，詳第二節內容。

2. 潮位站調查表設計規劃

   潮位站調查表設計如下表 3-1。

表 3-1 潮位站調查表

<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td></td><td colspan="2">設 站 日 期</td><td>年 月 日</td></tr>
<tr><td>潮位站編號</td><td></td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td></td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td></td><td>橫坐標 E (m)</td><td></td></tr>
<tr><td>潮位站管理機關</td><td></td><td colspan="2">參考水準點高程(m)</td><td></td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td></td><td colspan="2">調 查 日 期</td><td>年 月 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">圖 1</td><td colspan="3">圖 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">近照</td><td colspan="3">遠照</td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>潮位站調查人員</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

(三)建立臺灣網格化潮位分區作業方法

潮汐分區主要在建立同潮圖，由已知岸邊潮位站(參考潮位站)與待測區之時間差及振幅比例做為施測區潮汐特性之推估及改正，NOAA 建議以潮汐模式推算各網格之潮汐特性，利用統計資料之平均高潮間隙(MHWI)諸值繪製等潮時線，以統計資料之平均潮差(MN) 諸值繪製等潮位線，再疊合等潮時線及等潮位線構成同潮圖。故水深測量作業期間參考潮位站之現測潮位值，可因測區所在潮汐分區之改正參數而得以延伸，並據以估計測區的潮位值作水深測量之潮高修正，詳第三節內容。

(四)潮位模式程式設計規劃

潮位模式設計成可演算任一坐標位置之潮汐水位變動，同時具備顯圖、出圖、顯示經緯度與 TWD97 坐標功能之視窗化軟體，詳第四節內容。

(五)臺灣西部實地測試作業規劃與作業方法

西部實地測試作業選定桃園與彰化間海域，選擇跨潮位分區之 2 處岸邊潮位站辦理驗潮作業，同時選定不同水深值之海面測試點 3 點與上述 2 處岸邊潮位站進行聯測。另由 貴中心提供 GPS 浮標辦理 13 小時(含)以上連續觀測之實地測試，測試期間亦同時與勘選之潮位站進行聯測及驗潮，詳第五節內容。

(六)技術研習活動規劃

擬於 99 年 8 月中旬辦理 1 次 5 小時之技術研習活動，課程內容包括潮汐模式理論、潮位對水深測量影響、實地測試作業研習，詳第六節內容。

(七)投稿文件方向及大綱

本計畫之成果將彙整成投稿文件，於國內(外)研討會中發表 1 篇，另投稿期刊論文 1 篇。詳第七節內容。

二、資料蒐集彙整

(一)文獻資料蒐集

經由網站或由參考文獻或藉蒐集潮位站資料之便，蒐集國內外潮位模式諸文獻評估之。

另製作如上表 3-1 之潮位站調查表，由作業人員攜赴 35 個潮位站現場，利用數位相機、掌上形 GPS 等從事潮位站管理機關、潮位站相片、潮位儀種類、潮位站設立時間、潮位站坐標(採 TWD97 大地基準)等之資訊蒐集並記載於表中。如潮位站因位於離島或海上或管理機關不同意進入等因素致無法測量時，該潮位站坐標資料可經 貴中心同意後排除。

又依需求規格書規定蒐集 96-97 年(96.01.01～97.12.31)之潮位資料(已由 貴中心無償提供)。

(二)資料彙整分析報告

1. 文獻彙整分析

依據國內外文獻，彙整分析目前被普遍使用且獲好評之 MIKE21 模式、POM and/or NAO99b 模式及 FEM 模式原理與適用區域，並提出臺灣西部海域適用之潮位模式，另傳統之調和分析潮位模式為建立等潮區圖(同潮圖)不可或缺之步驟，在此亦彙整說明之，惟傳統之調和分析潮位模式需要有 369 天連續逐日逐時數據，在外海驗潮儀之設置上有諸多限制，要完整取得外海驗潮儀 369 天連續逐日逐時數據建構潮汐預測模式誠屬不易，故本研究

團隊提出以卡門濾波觀點之短期潮汐預測模式文獻彙整，該卡門濾波短期潮汐預測模式可搭配短期設置於外海之驗潮儀作業，二者相輔相成可從事精度優良之短期潮汐預測，該預測值為 POM and/or NAO99b 模式作資料同化之重大助力，對潮位站不足地區，或因兩岸分治現實無法取得對岸潮汐資料等情況，卡門濾波短期潮汐預測模式提供了解決之方！

以下簡述 MIKE21 模式、POM 模式、NAO99b 模式及 FEM 模式、調和分析預報潮位、卡門濾波法之文獻資料蒐集內容：

(1) MIKE21_HD水動力計算模式(丹麥)[23]

A. 控制方程式：

(A) 連續方程式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial q}{\partial y}=I-e \tag{3-1}$$

(B) x 方向運動方程式

$$\begin{aligned}&\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{p^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{pq}{h}\right)+gh\frac{\partial \varsigma}{\partial x}+\frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2h^2}\\&-\frac{1}{\rho_w}\left[\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xx})+\frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{xy})\right]-\Omega_q-f_wVV_x+\frac{h}{\rho}\frac{\partial}{\partial x}(P_a)=0\end{aligned} \tag{3-2}$$

(C) y 方向運動方程式

$$\begin{aligned}&\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{q^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{pq}{h}\right)+gh\frac{\partial \varsigma}{\partial y}+\frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2h^2}\\&-\frac{1}{\rho_w}\left[\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{yx})+\frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{yy})\right]+\Omega_p-f_wVV_y+\frac{h}{\rho}\frac{\partial}{\partial y}(P_a)=0\end{aligned} \tag{3-3}$$

式中，$p(x,y,t)$ 與 $q(x,y,t)$ 表 x 及 y 向之流量強度，I 為單位平

面源流之大小，e為蒸發損失率，C為 Chezy 阻力係數，f_w為風摩擦係數，V、V_x與V_y分別為風速及其在 x 及 y 方向之風速速度分量，h 為水深，Ω 為柯氏力參數，$P_a(x,y,t)$ 為大氣壓力。

B. 邊界條件

依據 Matsumoto 等人 (2000)針對 NAO Tide 提出的 NAO.99b 模式的輸出結果，針對選定之模擬時段，將其設定於開放海域邊界上。初始之計算潮位在全計算海域內皆設定為零，同時，相對應之開放海域邊界潮汐序列亦配合修整自零水位起動，亦即採用軟起動(soft start)方式以設定初始計算條件，藉以避免模擬計算起動時，瞬間水位變動所造成數值衝擊波(numerical shocks)之不穩定影響。

C. 數值方法

引用丹麥水力研究所 (Danish Hydraulic Institute)使用之交替方向隱式(alternating direction implicit) 有限差分法以求解式(3-1)至(3-3)之控制方程式 (DHI, 2002)。求解計算中，各計算網格位置上之時空變量並以雙向刮掃 (double sweep) 方式處理計算。

(2) POM 模式(美國)

A. 控制方程式：

(A) 連續方程式

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0 \tag{3-4}$$

(B) 水平(x、y)方向動力方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+u\frac{\partial v}{\partial y}+u\frac{\partial w}{\partial z}-\Omega_y=\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial z}(K_M\frac{\partial u}{\partial z})+F_x \qquad (3\text{-}5)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+v\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+v\frac{\partial w}{\partial z}+\Omega_x=\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}(K_M\frac{\partial v}{\partial z})+F_y \qquad (3\text{-}6)$$

(C) 垂直(z)方向動力方程式

$$\rho g=-\frac{\partial p}{\partial z} \qquad (3\text{-}7)$$

式中，u與v分別為水平方向的流速，w為垂直方向的流速，ρ為流體密度，K_M為動量垂直渦漩混合擴散係數(vertical eddy viscosity diffusity of turbulent momentum mixing)，g為重力加速度，Ω為柯氏力參數，F_x為x方向之雷諾應力，F_y為y方向之雷諾應力。

B. 邊界條件

根據模擬地區的潮位觀測資料進行調和分析，以得到該地區的各分潮調和常數，利用這些調和常數作為模式輸入條件，以求得模式起始條件與開放邊界條件。

C. 數值模式

POM 模式採用二階蛙跳有限差分法，此方法穩定性比前向有限差分法和後向有限差分法為高。模式中的控制方程包含傳輸速度較快的表面重力波，及傳輸速度較慢的內部重力波，也就是在數值計算上區分為計算正壓流的外部模式及計算斜壓流的內部模式，這種方法即為所謂的 mode splitting，如圖 3-1 所示。

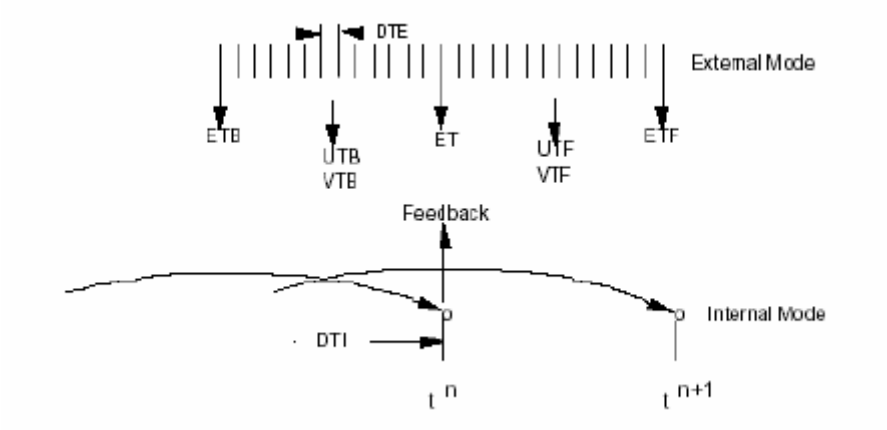


圖 3-1 內外模相嵌示意圖

(3) NAO99b 模式(日本)[24]

NAO 潮汐預報模式(NationalAstronomical Observatory)係 Matsumoto et al. (2000)應用衛星測高儀資料，結合水動力模式與資料同化(assimilating)技術研發而成。其為空間解析度及相關應用性考量，該模式設計上包含環球及區域模式兩部分：環球模式(NAOTIDE)具有 0.5 度的空間解析度，可針對環球特定海域地點、特定期間之逐時潮位進行預報；而區域模式(NAOTIDEJ)則可針對日本鄰近細部海域進行特定期間之逐時潮位預報，其空間解析度為 5 分，細部海域包括東經 110 度至 165 度、北緯 20 度至 65 度之範圍。整體模式中，NAO99b 及 NAO99Jb 模式使用 *M2* 、*S2* 、*K1* 、*O1* 、*N2* 、*P1* 、*K2*、*Q1*、*M1*、*J1*、*OO1*、*2N2*、*Mu2*、*Nu2*、*L2* 、*T2* 等共 16 個主要分潮常數據以進行短期的逐時潮位預報；而 NAO99L 模式則使用 *Mtm* 、*Mf* 、*Msf* 、*Mm* 、*MSm* 、*Ssa* 、*Sa* 等共 7 個主要分潮常數以進行長期逐時潮位預報。張、黃(2001)曾針對 NAO99b 模式進行應用評估，確認其在臺灣西海岸之短期逐時潮位預報上具有相當的準確性。

(4)有限元素法 (Finite Element Method, FEM) 模式(台灣)

FEM 模式為本土化之模式，由國立成功大學特聘教授及本基金會董事長許泰文教授團隊所研發，其成果中華顧問工程司(今台灣世曦工程顧問股份有限公司)亦引用之，FEM 模式簡述如下：

A. 控制方程式：

(A) 質量守恆方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial[u(h+\eta)]}{\partial x}+\frac{\partial[v(h+\eta)]}{\partial y}=0 \tag{3-8}$$

(B) 動量守恆方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+g\frac{\partial \eta}{\partial x}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial p_a}{\partial x}-fv+\tau_x^B-\tau_x^S=F_x \tag{3-9}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+g\frac{\partial \eta}{\partial y}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial p_a}{\partial y}+fu+\tau_y^B-\tau_y^S=F_y \tag{3-10}$$

式中 x、y 為卡式坐標軸，u、v 為流體質點在 x、y 軸方向上之平均流速，η 為水位變化，h 為水深，ρ 為流體密度，p_a 為海面大氣壓力，g 為重力加速度，f 為科氏力參數($f=2\omega\sin\phi$)，ω 為地球旋轉角速度，ϕ 為緯度，t 為時間。τ_x^B，τ_y^B 為 x、y 方向底床剪應力。

B. 邊界條件

利用巢狀格網方式，在最外層之遠域格網，採用含三維流場效應之 POM 模式進行遠域流場模擬，針對選定之模擬時段，將其設定於開放海域邊界上。初始之計算潮位在全計

算海域內皆設定為零，同時，相對應之開放海域邊界潮汐序列亦配合修整自零水位起動，亦即採用軟起動(soft start)方式以設定初始計算條件，藉以避免模擬計算起動時，瞬間水位變動所造成數值衝擊波(numerical shocks)之不穩定影響。

C. 數值模式

利用有限元素法來求解潮流模式，由於有限元素之不規則格網之便利性，能適切的描述海岸的變化。

(5) 調和分析預報潮位

地球繞太陽運行的軌道為橢圓，月球繞地球運行的軌道也是橢圓。依據克卜勒定律，地球繞太陽的速率並非固定值。地球與日月運行的相關位置，每 18.6 年重現一次，因此各種潮位面的訂定應有 19 年以上的潮位觀測資料加以計算得之。然而長期觀測且資料品管優良之固定潮位站不多見，因此有以十三個陰曆月的潮汐紀錄進行調和分析，求出各分潮的振幅及相位角（示意如表 3-2），即可決定當地的潮汐特性及推算未來之潮汐水位。

A.調和分析法

調和分析法乃基於天文潮理論，將潮汐視為各種週期分潮的總和。理論上潮汐包括無限多的分潮成份，但應用上僅能就主要分潮進行分析（常見60分潮如表3-2所示）。其主要原理是利用最小二乘法讓實際潮位與調和潮位誤差值達到最小。設有N組 (x_t, y_t) 加以線性迴歸，而x、y的關係式為 $y_t = a_0 + a_1 x_t + \varepsilon_t$，其中 a_0、a_1 為常數係數，利用最小二乘法可

求得最小誤差值 ε_t 的解。在此之調和分析是將上列之關係式代換為

$$\eta = a_0 + \sum_{i=1}^{n}\left[a_1 cos\left(\omega_i t\right) + b_i\, sin\left(\omega_i t\right)\right] \qquad (3\text{-}11)$$

其中 η 為調和潮位，ω_i 為頻率，t 為時間，代入各種天文潮種頻率，以觀測資料經迴歸分析，求得調和係數 a_0、a_i、b_i、振幅為 $\sqrt{a_i^2 + b_i^2}$、相位為 $tan^{-1}\left(a_i / b_i\right)$，便可得調和分析結果。圖2即為多種分潮調和分析成果，顯示該地潮汐變動約略有6種潮汐分潮為主要組成成分，其餘分潮成分比例較少。

當潮汐由調和分析得到各分潮之調和參數後，包括各分潮之振幅及相位角等，即可進行潮汐之預報（圖3-3）。

B.潮型判斷

由於潮汐可視為多種分潮的組成，因此對於某一地區之潮型可用分潮振幅比值（$K_1 + O_1$）/（$M_2 + S_2$）來代表（法國制）。當比值小於0.5者，視為半日潮型，大於1.25者為全日潮型，介於兩者之間為混合潮型。亦有採用（$K_1 + O_1$）/M_2 之比值來代表（美國制），若該值小於0.5者為半日潮型，若該值大於2.0者則歸類為全日潮型。因此，當調和分析得到各分潮之調和參數後，另將取主要分潮之振幅作潮型之判斷。

表3-2 麥寮站調和常數表（推算92年）

分潮名稱	角頻率 (deg/hr)	振幅 (m)	相位遲角 (deg)	分潮名稱	角頻率 (deg/hr)	振幅 (m)	相位遲角 (deg)
S_a	0.041069	0.17488	231.7528	M_2	28.98410	1.34142	42.7195
S_{sa}	0.082137	0.01289	55.9291	MKS_2	29.06624	0.00798	110.0508
M_m	0.544375	0.01713	251.5409	λ_2	29.45562	0.02791	336.9387
M_{sf}	1.015896	0.01286	216.6407	L_2	29.52848	0.10979	94.5518
M_f	1.098033	0.00628	355.5078	T_2	29.95893	0.03035	25.6362
$2Q_1$	12.85429	0.00318	313.9612	S_2	30.00000	0.35747	31.1157
σ_1	12.92714	0.00669	63.1715	R_2	30.04107	0.01309	147.0356
Q_1	13.39866	0.03641	335.3694	K_2	30.08214	0.08348	204.7185
ρ_1	13.47151	0.00794	98.6249	MSN_2	30.54437	0.01476	306.2774
O_1	13.94303	0.18809	29.5894	KJ_2	30.62651	0.00219	122.4843
MP1	14.02517	0.00411	313.7115	*2SM2*	31.01589	0.01358	236.5122
M1	14.49205	0.01417	126.9186	MO3	42.92714	0.01361	109.7202
$\chi 1$	14.56955	0.00494	81.2149	M3	43.47616	0.0012	234.1405
π_1	14.91786	0.00665	12.2594	SO_3	43.94304	0.00638	78.7625
P_1	14.95893	0.08068	25.6753	MK_3	44.02517	0.00825	279.7754
S_1	15.00000	0.00166	278.859	SK_3	45.04107	0.00283	248.8447
K_1	15.04107	0.22665	196.1673	MN_4	57.42383	0.01615	57.2428
ψ_1	15.08213	0.00126	46.2434	M_4	57.96820	0.03631	109.0089
φ_1	15.12321	0.0034	356.678	SN_4	58.43972	0.0045	20.2418
θ_1	15.51259	0.00175	290.6078	MS_4	58.98410	0.0266	96.186
J_1	15.58544	0.01183	255.3055	MK_4	59.06623	0.00652	274.4466
SO_1	16.05696	0.00478	227.712	S_4	60.00000	0.00323	75.482
OO_1	16.13910	0.00462	25.1479	SK_4	60.08213	0.00116	240.0464
OQ_2	27.34169	0.00444	190.8653	$2MN_6$	86.40794	0.0128	311.8828
MNS_2	27.42383	0.02405	146.433	M_6	86.95232	0.02058	17.8187
$2N_2$	27.89535	0.01414	269.6835	MSN_6	87.42383	0.00401	308.2868
μ_2	27.96821	0.06082	223.2628	$2MS_6$	87.96820	0.01981	18.6219
N_2	28.43973	0.26552	341.0086	$2MK_6$	88.05034	0.00499	195.0256
ν_2	28.51258	0.06809	108.6881	$2SM_6$	88.98410	0.00436	22.826
OP_2	28.90196	0.02071	230.9363	MSK_6	89.06624	0.00171	147.272

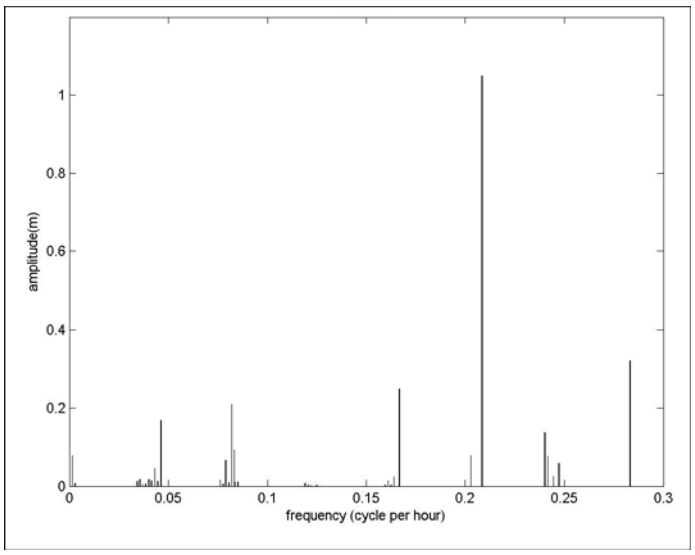


圖3-2 觀測資料調和分析結果例圖

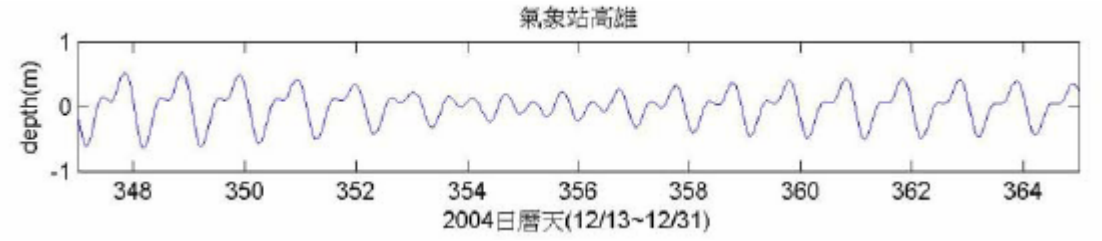


圖3-3 以調和分析進行潮位預報例圖

(6) 以卡門濾波法進行潮位預測[3][4][22]

以調和分析法預測潮汐需要長期的潮汐資料，一般需要369天逐日逐時的資料來分析20至30分潮，甚至需要幾年的資料來獲得高精度的預測，若僅分析出數個分潮時，還需要15至29天的資料。因此，本案計畫團隊另外提出以Kalman濾波法進行潮位預測，不須保存很長之潮汐資料，僅以少數幾天(1~5天)數據即可作短期預測，克服調和分析法需要長期觀測資料方能預測的困難，在經濟時效及精確度之考量下，為一適合短期潮汐之即時預測方法。對於潮位即時之預測採用卡門濾波法，因其具有下列優勢：

A. 不假定機率過程為定常性。

B. 系統的狀態量係經觀測系統而測得，觀測值輸入系統後，能修正系統輸出變數及參數值。

C. 演算時無須保存以往的資料，如施以逐項計算，即可求得最適宜之解答。

D. 其理論完備，可用以預測觀測輸出值，且可定出模式參數之特性。

卡門濾波法是由一系統方程式（System Equation）結合觀測

方程式（Observation Equation）重覆執行「預測→鑑定→更新」的時序列過程，且其每一步過程皆基於最小誤差變異數的假設下執行。其理論是於1960年，由Kalman發表，並且同時對卡門濾波下一簡單的定義：「卡門濾波為一最適遞迴資料處理演算（Optimal recursive data processing algorithm）」。目前已被成功地應用於各研究領域。

卡門濾波為一遞迴程序，而遞迴之意義即卡門濾波不需對過去資料做再處理，每個新的量測值都視為可立即採用且不需要儲存於記憶體中之資料。而濾波最主要的目的則是對受噪音破壞之訊息求得最適之推估值，其即時線上（real time on line）的特性在動態環境中物理量之預測上為一強有力之應用工具。卡門濾波法為一時間數列，有下列兩個方程式：

(A) 狀態方程式（State Equation）

$$X(t+1) = \Phi(t+1,t) \cdot X(t) + V(t) \tag{3-12}$$

(B) 觀測方程式（Measurement Equation）

$$Z(t) = M(t) \cdot X(t) + W(t) \tag{3-13}$$

上列諸式中：

X(t+1) ：為 t+1 時刻之狀態向量，n 維

Φ(t+1,t) ：為 t 時刻至 t+1 之時刻狀態變遷矩陣，n × n 階

X(t) ：為 t 時刻之狀態向量，n 維

V(t) ：系統干擾向量，n 維

Z(t) ：自觀測系統所得之變量，m 維

M(t) ：系統觀測矩陣，m × n 階

W(t) ：觀測誤差向量，m 維

其演算方法乃是利用(3-13)式之觀測方程式求出觀測系統之輸出變量，然後利用(3-12)式狀態方程式求出下一時刻之狀態向量，狀態向量求出後在將其代入觀測方程式求出下一時刻觀測系統之輸出變量，如此反覆之運算，即可得到每一時刻之系統輸出值。

為建立本案所建議卡門濾波法之潮位預測模式，因此將上式諸變量定義如下：

Z(t)：為實際潮位值

X(t)：為調和分析潮汐方程式中之調和常數 a_0 、 a_1 、 $a_2 \ldots\ldots$ 、 a_k 、 b_1 、 $b_2 \ldots b_k$

Φ(t+1,t)：令為 1 之單位矩陣

V(t)：系統干擾向量

M(t)：為相位角與時間乘積之正、餘弦函數矩陣

W(t)：觀測誤差向量，即

$$Z(t)=\begin{bmatrix} Y_{1+24t} \\ Y_{2+24t} \\ Y_{3+24t} \\ Y_{4+24t} \\ . \\ . \\ . \\ Y_{m-1+24t} \\ Y_{m+24t} \end{bmatrix} \qquad X(t)=\begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} \tag{3-14}$$

$$M(t)=\begin{bmatrix} 1 & \cos(w_1(1+24t)) & \cos(w_2(1+24t)) & \cdots & \sin(w_1(1+24t)) & \sin(w_2(1+24t)) & \cdots \\ 1 & \cos(w_1(2+24t)) & \cos(w_2(2+24t)) & \cdots & \sin(w_1(2+24t)) & \sin(w_2(2+24t)) & \cdots \\ 1 & \cos(w_1(3+24t)) & \cos(w_2(3+24t)) & \cdots & \sin(w_1(3+24t)) & \sin(w_2(3+24t)) & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot & \cdots \\ 1 & \cos(w_1(m+24t)) & \cos(w_2(m+24t)) & \cdots & \sin(w_1(m+24t)) & \sin(w_2(m+24t)) & \cdots \end{bmatrix} \quad (3\text{-}15)$$

式中，m＝ 所固定輸入天數 ×24

T＝ 資料進來天數

t＋1＝ 演算次數（t=0,1,2,3……N）

利用卡門濾波法對未來一週之潮汐作預測，曾以高雄港81年1月至4月之潮位紀錄來作驗證。驗證結果發現由卡門濾波法作預測，其均方根誤差（Mean Square Error）不僅大多維持在0.1公尺左右，效率係數（Coefficient of Efficiency）亦大多高達0.8以上，與調和分析最小二乘法所作之預測相當，然調和分析最小二乘法在運算中卻須花很大的記憶容量以保存以往的潮汐數據而卡門濾波法卻不須保存很長之潮汐資料(1~5天)，即可達到相當優良之效果。如圖3-4所示。

2. 潮汐紀錄之補遺

臺灣環島各近岸潮位站的實測潮位紀錄，不可避免地，常會因儀器故障及維護需要等特定因素而有不等期間斷續缺漏情形，而由邀標單位無償提供96-97年(96.01.01～97.12.31)之潮位資料難免亦有缺漏情事，為配合計畫需求，故提出缺漏潮位資料補遺之可能方法。

針對此一不定期間斷續缺漏潮位之補遺課題，國內迄今尚無一致性的補遺對策，目前所最被普遍採用的方法，大多係以調和分析

為基礎，並區分為外差及內差兩種。其中，採用外差補遺方法，係以過去不同期間但具連續性的長期實測紀錄為依據，故對於現況潮位缺漏期間的氣象影響特性(莊等，2006)，常無法準確反映，致會使分析及補遺誤差偏大；所以，在實際應用上，直接依據目前既有可得有限期間之實測潮位紀錄(通常為全一年)，採用內差補遺方法，納入當年不同海氣象因素所造成氣象潮位的變化影響，應具有較多的便利性與準確性。

而本計畫提出可採用卡門濾波法(4個主要分潮)搭配IOS模式進行潮位缺漏數據補遺，首先以缺漏數據前少數幾天(1~5天)數據作短期預測，先補遺缺漏之數據，再將一整年(369天)之潮位數據(含已初步補遺之數據) 以IOS_TidHgAnalysis.f程式作調和分析取得60個分潮之調和常數值(含分潮名稱、振幅及相位角)，再將其合成，以IOS_TidHgPrediction.f程式從事原缺漏處之潮位預測，進而以比對該補遺數據之合理性及評估其準確度。

定義準確度評估基準係以平方根誤差(RMS)及相關係數(r ：correl. coef.)為之，其定義如下：

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - y_i)^2}{N-1}} \tag{3-16}$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left[\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{N}(y_i - \bar{y})^2\right]^{1/2}} \tag{3-17}$$

式中，x_i 與y_i 分別表示逐時之實測與預報值，N 為實測紀錄總數，而$\bar{x}$ 、$\bar{y}$ 分別為紀錄期間所對應之平均值。

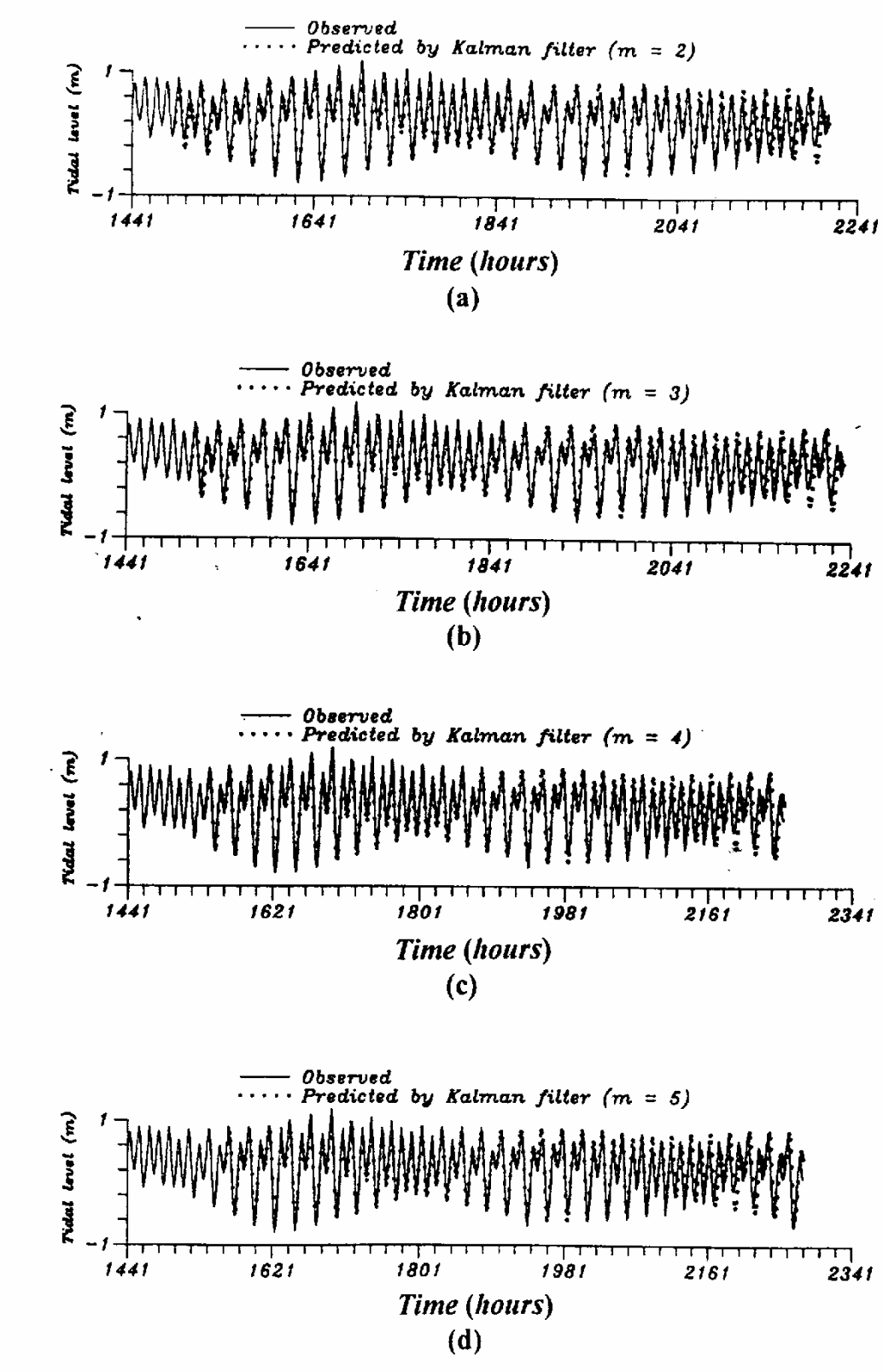


圖3-4 以潮汐數據2~5天(m=2~5)往後預測之成果例圖

三、建立臺灣網格化潮位分區

(一)潮位分區意義

依照美國陸軍工兵署海道測量工程手冊定義，潮位分區是以分離區塊作海道測量區域劃分，每個區域具有相似的潮汐特性並分配有一個潮汐改正值，每個分區以時間差或水位差等值線做地理上的區隔，區隔界限可以根據測量形式、位置及潮汐特性作適度改變。潮汐改正值通常調整自適當鄰近參考測站的潮位紀錄，在大範圍海域測深時，以潮汐分區獲得之潮汐改正值可應用在測量船隻上而修正得正確之水深值。

另根據美國海洋及大氣總署(NOAA)在 2006 年發布的海道測量標準報告書(NOS，2006)中定義潮汐分區為自主要或次要潮位站獲得至平均最低低潮面(MLLW)的潮位值，經由改正方法扣除水深量測數據中海水面至海圖基準面的水深值稱作潮汐分區法。NOAA 並建議以潮汐模式推算各網格潮汐特性統計資料之平均高潮間隙(MHWI)諸值繪製等潮時線，以各網格潮汐特性統計資料之平均潮差(MN) 諸值繪製等潮位線。

綜合歸納得潮汐分區之定義為：由已知岸邊潮位站作用時間差及振幅比例做為施測區潮汐特性之推估及改正。故水深測量作業期間參考潮位站之現測潮位值，可因測區所在潮汐分區之改正參數而得以延伸估計測區的潮位值，分區內的潮汐可由鄰近潮位站觀測之數值加入該潮汐分區的振幅改正係數及相位差加以推算。

以下簡述本案建立臺灣網格化潮位分區之步驟：

(二)建立等潮時區與等潮位區

由諸多等振幅線(co-amplitude lines)組合而成之等潮位圖及等潮時線

(co-phase lines)組合而成之等潮時圖可分別建構得等潮位區及等潮時區，等潮位圖及等潮時圖之作法如下：

1. 以台灣四週海域為演算區域，在海域範圍建立 1 分(約 1 海里)大小網格，經度從 117^0E~125^0E共 481 格點，緯度由 18^0N~27^0N共 541 格點。

2. 選定執行演算之潮汐模式(NAO99b 模式)，模式基準面為平均海水面，數據時區取 GMT+8(hr)。

3. 輸入邊界條件及起始條件後模式執行演算每一網格點(先作 5 分網格)一整年之水位變動，並輸出各網格點一整年之水位數據。

4. 以每一網格點為單位(5 分網格)，將一整年之水位數據作調和分析(可以IOS_TidHgAnalysis.f程式為之)[21]。

5. 經由調和分析可得各網格點 60 個分潮之調和常數值(含分潮名稱、振幅及相位角)。

6. 取出主導分潮計算各網格點之平均高潮間隙(MHWI)，各網格點平均高潮間隙諸值再內插至 1 分網格中，由各網格點平均高潮間隙諸值以 GIS 軟體繪製等潮時線(示意如圖 3-5)。

7. 以各網格點潮汐特性統計資料計算平均潮差(MN)，由各網格點平均潮差諸值以 GIS 軟體繪製等潮位線(示意如圖 3-6)。

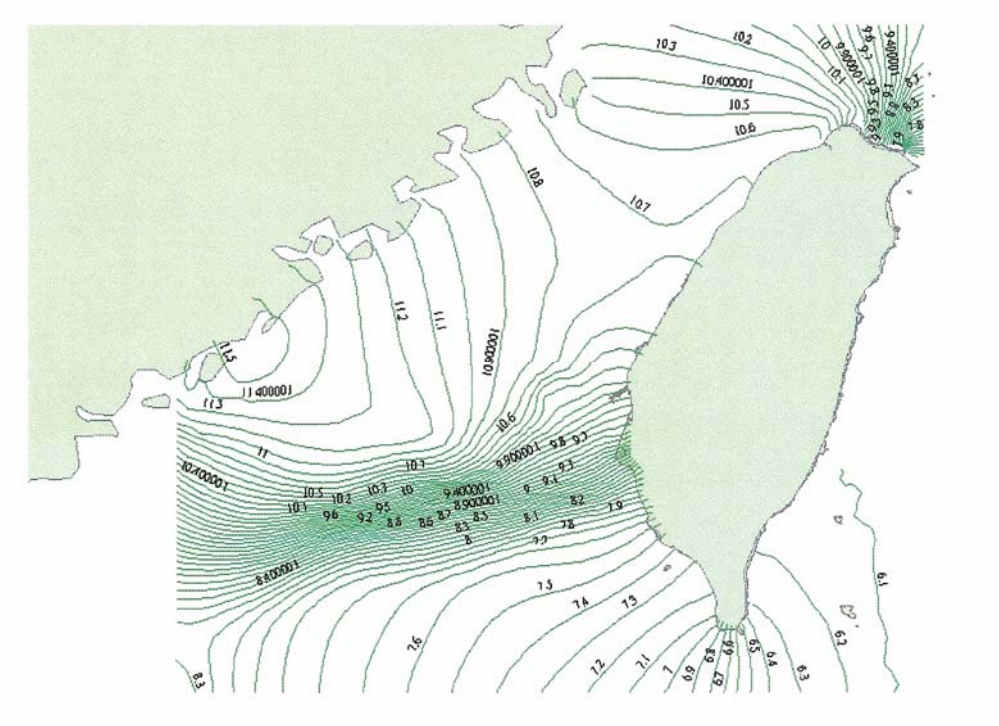


圖 3-5 台灣海峽等潮時圖例圖

(摘自李孟霖(2007)，「運用潮位模式進行水深測量之潮位修正研究」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文)

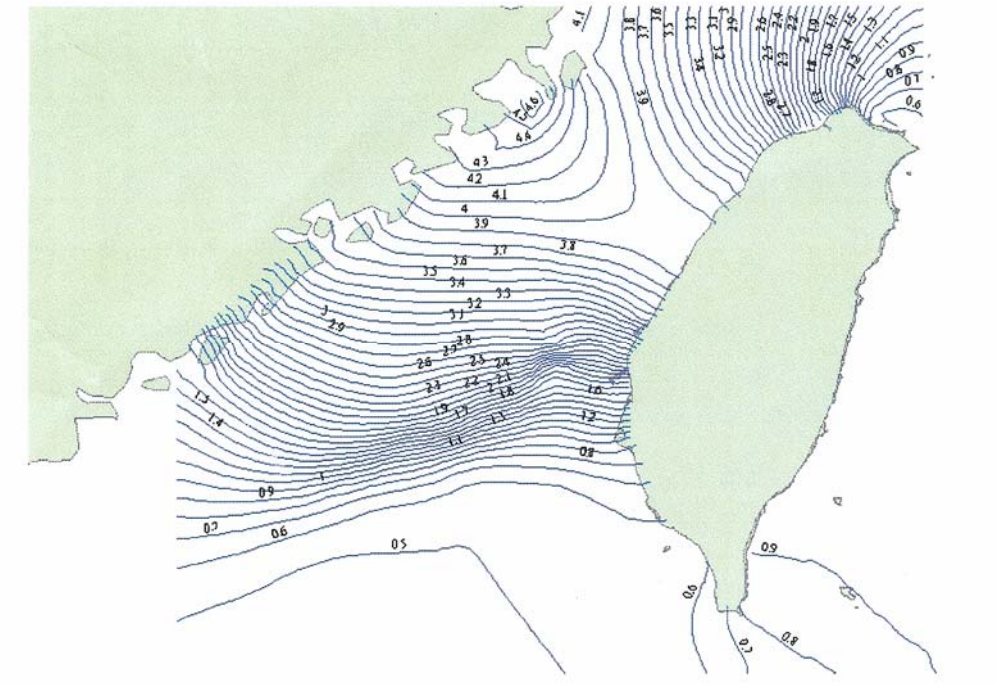


圖 3-6 台灣海峽等潮位圖例圖

(摘自李孟霖(2007)，「運用潮位模式進行水深測量之潮位修正研究」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文)

(三)建立潮位分區

將等潮時圖與等潮位圖疊合即可繪出台灣海峽等潮區圖(同潮圖，示意如圖 3-7)，其中二組曲線相交而包圍之不規則狀多邊形即為台灣海峽潮位分區之區塊。

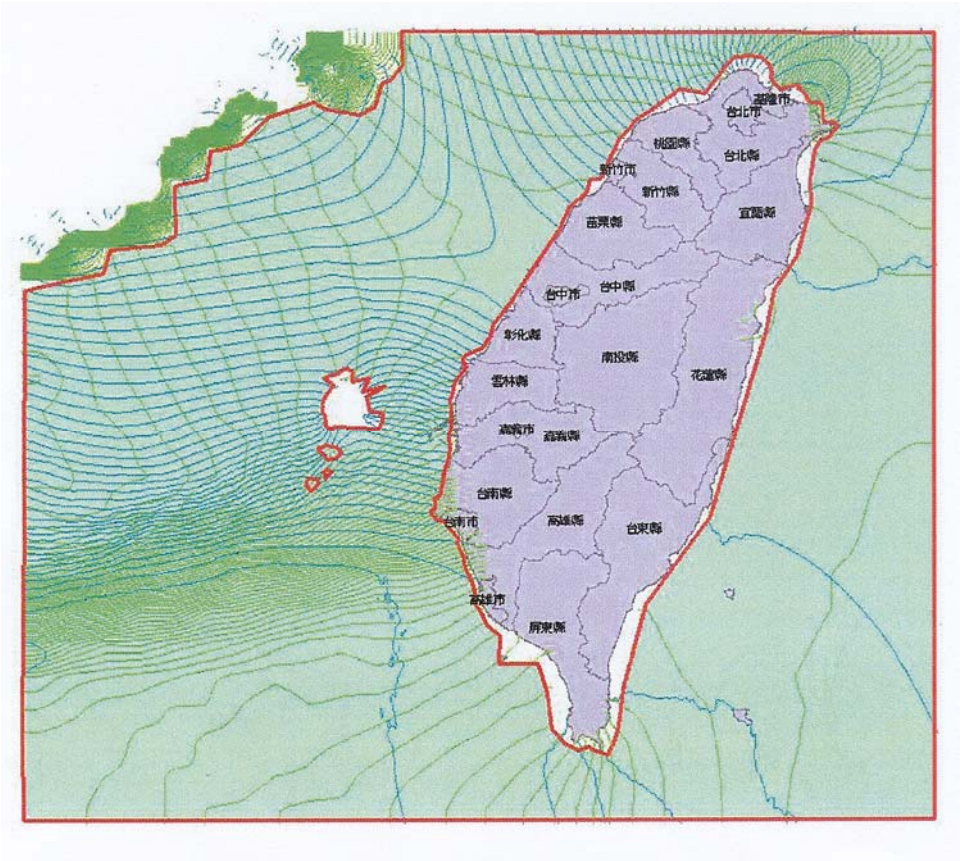


圖 3-7 台灣海峽等潮區圖例圖

(摘自王韋樺(2009)，「潮時及潮位特性之研究~以高雄港及台灣海峽中部為例」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文)

四、潮位模式（測試版）模擬演算

潮位模式（測試版）可模擬演算任一坐標位置之潮汐水位變動，目前在台灣普遍被應用之三種潮汐模式中，除了 MIKE21 模式無法取得原始碼(source code)外，其餘兩種：POM 模式及 NAO99b 模式皆可取得原始碼，故在局部區域應用時，較易以局部區域之岸邊潮位站實測潮

位作資料同化而修正該二模式，經初步評估，本計畫擬以 NAO99b 模式從事台灣西部海域潮位模式（測試版）之模擬演算。

又為符合邀標書需求，將撰寫具備顯圖、出圖、顯示經緯度與 TWD97 坐標功能之視窗化軟體，同時併入潮位模式(NAO99b 模式)網格潮位之連動資料，直接以 NAO99b 潮汐模式作加值利用，在輸入水深測量時之航跡起訖點坐標後即可得起訖點間之潮汐序列，可用該潮汐序列直接作水深測量潮位修正，不必再以潮汐分區的振幅改正係數及相位差來推算潮高改正值。該視窗化軟體初步擬仿傚海洋大學海洋環境資訊系海岸模式應用研究室發展之軟體以互動式之概念開發之(單機版，圖 3-8)。

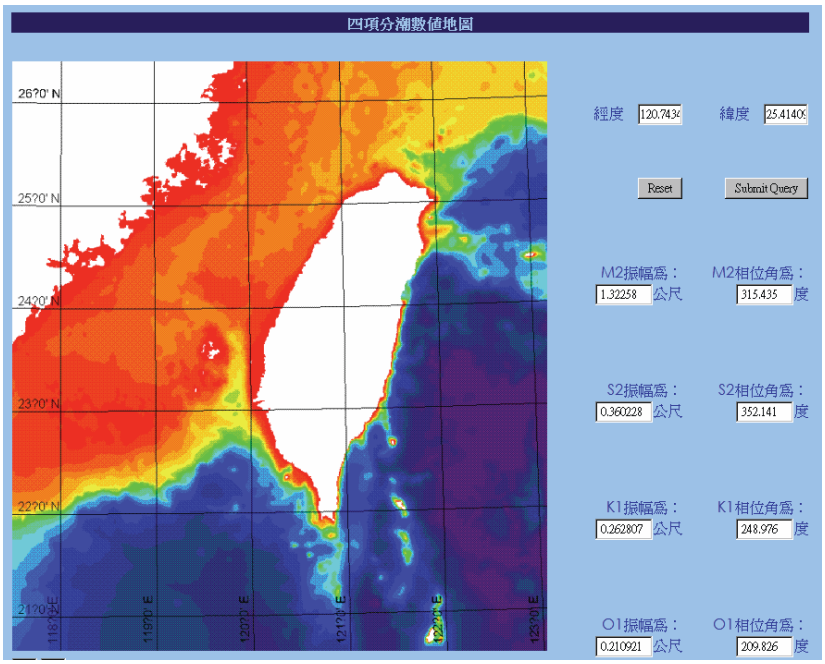


圖 3-8 互動式展示軟體例圖

(摘自海洋大學海洋環境資訊系海岸模式應用研究室網址http://140.121.165.75/)

五、臺灣西部實地測試作業

(一)測試區範圍與勘選

臺灣西部實地測試作業之測試區勘選初步規劃以彰化以北之桃、竹、苗海域為主，北自桃園永安漁港海域起，南至苗栗青天泉海域止，兩處相距約 30km 之海域範圍為本案測試區範圍。

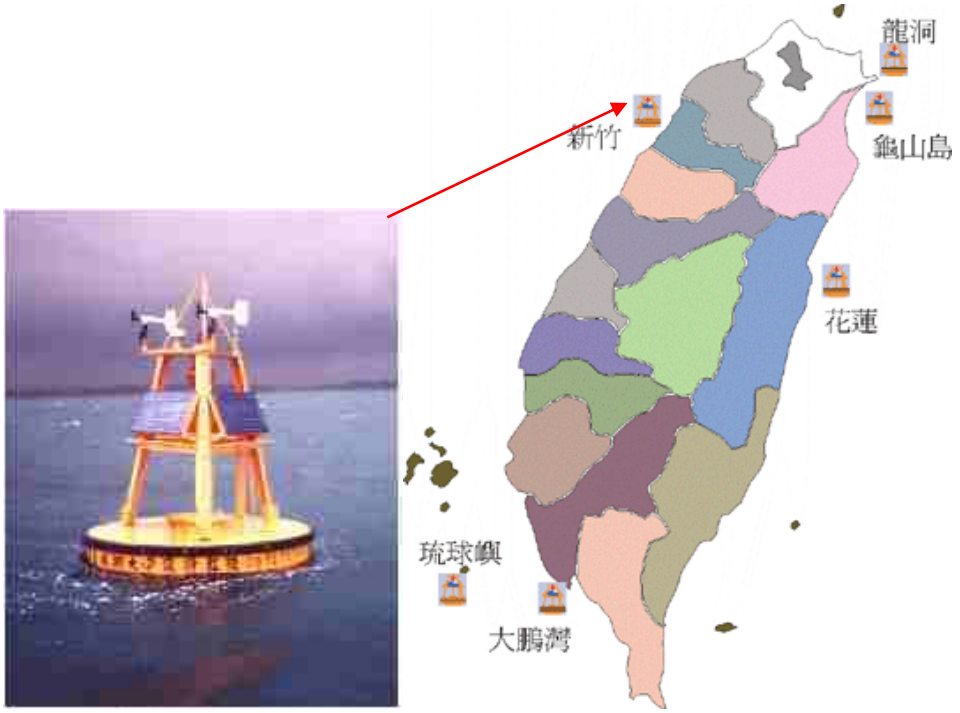


圖 3-9 新竹香山海域氣象局資料浮標圖

(二)潮位模式測試作業

1. 潮位模式測試工作

(1)本計畫擬以選定之潮汐模式(NAO99b 模式)從事驗潮潮測試，選定桃園永安漁港至苗栗青天泉海域兩處相距約 30km 海域範圍，跨越潮汐分區之 2 處潮位站作驗潮測試，而海面測試點 3 點因無海上潮位站，故該 3 處海上驗潮測試擬先從事離岸較近

(約 5~6km)海域之無驗潮修正水深測量，該作業省略潮位觀測步驟，可直接得到底床高程。再經由水深之量測(測深儀法或測深繩法)，反算當時之潮高。

在三處測試現場進行觀測同時，本案勘選之 2 處潮位站亦進行驗潮，而本案選定之潮汐模式亦執行試算，推算 2 處潮位站及 3 處測試現場之潮位序列，該潮位序列資料與潮位站及現場觀測之實測潮位序列進行比對。

(2)於離岸 5~6 公里內以約略平行海岸線實施約 6 公里(約 3 海里)長測線之 RTK GPS/單音束測深儀之水深測量作業(無驗潮修正之水深測量)，同時以 NAO99b 模式及同潮圖從事水深測量之潮高修正，以無驗潮修正之水深測量數據為基準，比較潮汐模式(NAO99b 模式)及同潮圖修正之結果。

2. GPS 浮標測試工作

該三處 GPS 浮標將分期以船隻將其攜往海面測試點進行觀測與資料蒐集，每點需進行 13 小時(含)以上連續觀測，觀測累計中斷時間不得超過 1 小時，測試點將平均分布於離岸 5~6 公里內不同水深處(約 10/15/20 公尺水深處)，一處擬安置於新竹香山海域氣象局資料浮標(由國立成功大學近海水文中心設計、製作、安置，圖 3-9)旁，可減少 GPS 浮標流失機率，另二處則擬安置於桃園永安海域及苗栗青天泉海域範圍。在三處 GPS 浮標於現場進行觀測與資料蒐集同時，本案勘選之二處潮位站亦進行聯測並加驗潮，進行 GPS 浮標之測試工作。

六、技術研習活動

本計畫擬於 99 年 8 月中旬辦理 1 次 5 小時之技術研習活動，課程內容包括潮汐模式理論、潮位對水深測量影響、實地測試作業研習，講員擬聘請具現場經驗之學者專家擔任，技術研習課程初步安排如下：

節 次	時 間	課 程 內 容	擬聘講員	地 點
0	08:30~09:00	報到		成功大學
1	09:10~10:00	潮汐模式理論 (潮汐概論、潮汐模式簡介)	莊文傑	成功大學
2	10:10~11:00	潮位對水深測量影響一 (水深測量之潮位修正)	顏沛華	成功大學
3	11:10~12:00	潮位對水深測量影響二 (潮位分區方法及應用)	顏沛華	成功大學
午餐休息				成功大學
4~5	13:30~15:20	實地測試作業研習 (含無驗潮修正之水深測量及以模式從事水深測量之潮高修正)	顏沛華 呂珍謀	安平外海
6	15:30~16:00	綜合座談	顏沛華 許泰文	安平碼頭

七、投稿

將本計畫成果需彙整成投稿文件，於國內(外)研討會中發表至少 1 篇，另投稿期刊論文至少 1 篇。投稿題目初步擬訂如下：

(一)卡門濾波法搭配 IOS 模式進行潮位缺漏數據補遺之研究

投稿摘要：潮位缺漏數據之補遺方式國內迄今尚無一致性的補遺對策，目前所最被普遍採用的方法係作調和分析。本文擬採用卡門濾波法(4個主要分潮)以缺漏數據前少數幾天(1~5天)數據作短期預測補遺缺漏之數據，再將一整年(369天)之潮位數據(含已初步補遺之數據) 以IOS模式作調和分析取得個分潮之調和常數，再將其合成，以IOS模式從事原缺漏處之潮位預

測，進而以比對該補遺數據之合理性及評估該合成模式之補遺準確度。

(二)以 NAO99b 模式及同潮圖從事水深測量潮高修正之比較

投稿摘要：以潮汐分區(Tidal Zone)獲取潮位改正數據其方法係以水深測量作業期間其測區所在潮汐分區之改正參數估計測區的潮位值，分區內的潮高改正值可由鄰近潮位站觀測之數值加入該潮汐分區的振幅改正係數及相位差加以推算。此種水深測量潮位之修正方式效率不高，事先需花費龐大心力建置潮汐分區並建立屬性資料(平均高潮間隙及平均潮差)，而NAO99b潮汐模式在作加值利用後，可輸入航跡起訖點坐標而估算出潮汐序列，故可用該潮汐序列直接作水深測量潮高修正。本文即探討該二潮高修正方式之優劣。

肆、使用儀器及設備

一、陸上測量儀器設備

本計畫執行過程所使用之陸上測量儀器設備含：

(一) GPS 衛星定位儀

儀器名稱：GPS 衛星定位儀(照片 4-1) 。

儀器用途：控制點單點定位，兼具後處理及即時量測功能。

儀器廠牌:瑞士 Leica GPS 衛星定位儀 SYSTEM 500 (含 RTK 定位功能）

儀器規格：靜態測量精度：3mm＋0.5ppm。

快速靜態測量精度：5mm＋0.5ppm。

RTK 定位精度：公分級。

更新速率：5Hz。

時間延遲：＜0.05sec。



照片 4-1　Leica GPS 衛星定位儀

(二)掌上型 GPS

儀器名稱：掌上型 GPS(照片 4-2) 。

儀器用途：測站搜尋、車輛導航。

儀器廠牌： GARMIN Oregon 550t 掌上型 GPS。

儀器規格：大地座標系統：虎子山系統(TWD67)、WGS84(TWD97)、WGS72、使用者自行定義系統等。

坐標格式：經緯度、台灣二度分帶座標、UTM / UPS、MGRS 以及 使用者自行定義系統等

相機功能：有(內建 320 萬畫素相機，支援 4 倍數位變焦及自動對焦功能)。

航跡記錄：10,000 航跡點，可篩減成 20 條航跡記錄。

航點記錄：2,000 點航點。

航線記錄：200 條航線。



照片 4-2　GARMIN Oregon 550t 掌上型 GPS

(三)電子水準儀

儀器名稱：電子水準儀(照片 4-3) 。

儀器用途：水準測量。

儀器廠牌：德製 ZEISS　DiNi12。

儀器規格：測量精度：0.3 mm。

最小顯示：0.01mm。

觀距範圍：1.5~100mm。

精度：20mm，15’內自動補償，安平精度±0.2，可見光、可見測尺 30cm 範圍即可測量。

其它：水準尺。



照片 4-3 ZEISS 電子水準儀

二、海上作業儀器設備

本計畫執行過程所使用之海上作業儀器設備含：

(一)測深儀

儀器名稱：測深儀(照片 4-4)。

儀器用途：水深測量。

儀器廠牌：RESON NaviSound 215 雙頻單音束測深機，含類比式測深紙。

儀器規格：聲納頻率：33kHz、210kHz。

測深範圍：0.2m ~ 600m。

解析度：1cm

測深精度：1cm(210kHz)、7cm(33kHz) 。



照片 4-4　RESON NaviSound 雙頻單音束測深機

(二)測量船

設備名稱：作業漁船。

設備用途：攜行 GPS 浮標、RTK GPS 水深測量。

船名船籍：優美 168/CT2-5889。

三、GPS 浮標

GPS 浮標係 貴中心委託嘉南藥理科技大學製作，計畫執行期間提供予本會作海上測試，其相關規格及說明如下：

儀器名稱：GPS 浮標(照片 4-5)。

儀器用途：海上潮位施測。

儀器規格：GPS 接收器 ×3。

資料處理器：BBA+MMA。

GPRS 傳輸設備：MA8-2。

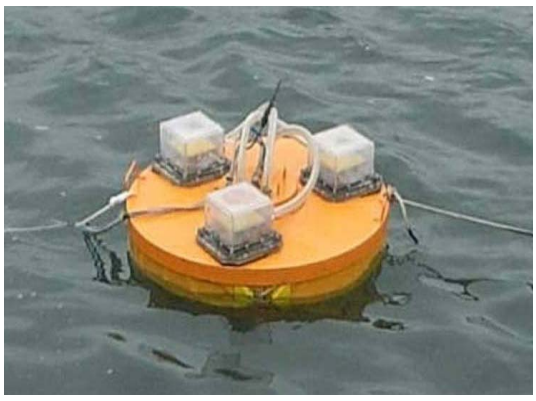
電瓶：44AH。

浮標體：本體直徑 900mm，儀器艙直徑 260mm，本體高 625mm，浮體部厚 160mm。

浮標體淨重：不含儀器及設備淨重約39.5公斤。

儀器性能：完全不充電下可觀測之日數為 4.7 日。

記憶體容量：2GB。



照片 4-5　GPS 浮標

該 GPS 浮標側視圖及俯視圖如下圖 4-1 及圖 4-2 所示。

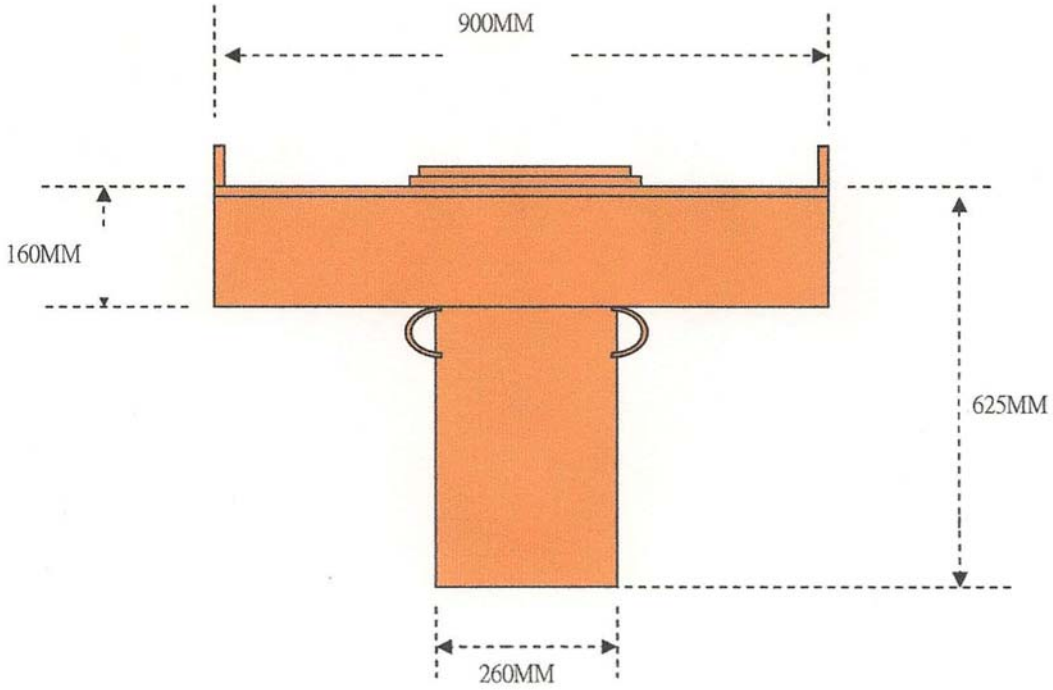


圖 4-1 GPS 浮標側視圖

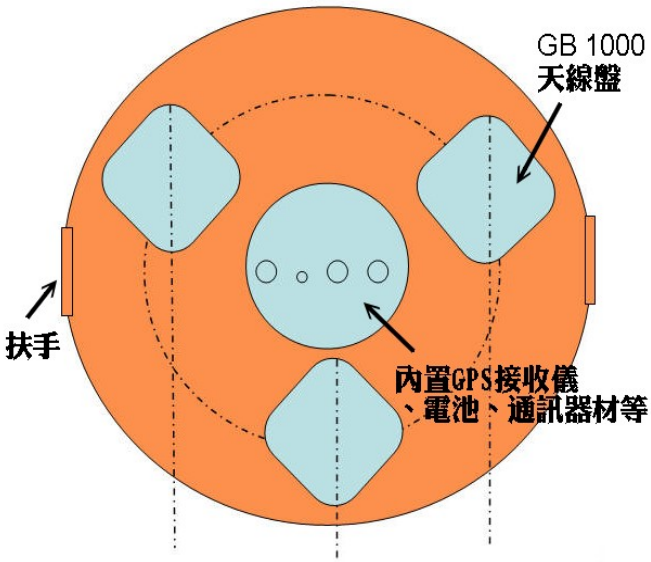


圖 4-2 GPS 浮標俯視圖

伍、作業執行與成果

一、工作計畫書

(一)辦理需求訪談

廠商需於決標次日起20個日曆天內(98年8月10日)，以書面通知並至 貴中心辦理本案需求訪談，訪談內容需計畫主持人到場，現場做成訪談紀錄，經 貴中心確認後，納入工作計畫書。

該項需求訪談作業已於 98 年 8 月 6 日（星期四）下午 2 時在 貴中心地形及海洋測量課舉辦完成，需求訪談紀錄詳附錄二。

(二)提報工作計畫書

廠商應於決標次日起30個日曆天內(98年8月20日)提送工作計畫書交付貴中心，並經審定通過後依計畫書執行相關內容，工作計畫書應至少包含以下項目：

1. 潮位資料分析理論與方法。
2. 潮位站調查表設計規劃。
3. 建立臺灣網格化潮位分區作業方法。
4. 潮位模式程式設計規劃。
5. 臺灣西部實地測試作業規劃與作業方法。
6. 技術研習活動規劃。
7. 投稿文件方向及大綱。

該項工作計畫書已於98年8月19日提報，並經 貴中心於98年10月1日審查，本會按審查意見二度修正後通過，工作計畫書再修正本詳附錄三。

二、資料彙整分析報告

(一)文獻資料蒐集

文獻資料蒐集詳參考文獻，另研究團隊外業人員親赴潮位站現場，利用數位相機、掌上型GPS從事潮位站管理機關、潮位站相片、潮位儀種類、潮位站設立時間、潮位站坐標(採TWD97 大地基準)等之資訊蒐集並記載於表中(參閱表 3-1)，該項作業除部分離島測站如：小琉球、綠島、蘭嶼、馬公、馬祖、金門(料羅灣)、水頭等 7 站(依規格需求書規定，如潮位站因位於離島或海上或管理機關不同意進入等因素致無法測量時，該潮位站坐標資料可經 貴中心同意後排除。故本會於 98 年 11 月 10 日以(98)成大水基字第 225 號函發文函請排除作業，且已獲 貴中心於 98 年 11 月 18 日以測形字第 098 0011189 號函同意排除)，其餘現場作業已於 98 年 11 月 13 日完成。該項作業成果詳如附錄四。

又依規格需求書規定需蒐集 96-97 年(96.01.01～97.12.31)之潮位資料，而該潮位數據已由內政部國土測繪中心無償提供。

據 96-97 年(96.01.01～97.12.31)之潮位資料分析顯示(表 5-1)，其中芳苑站資料缺失率達 60.43%居首位，永安站缺失率最低僅有 1.36%。資料缺失率超過 15%之原因則註記於表中。

表 5-1 潮位站資料缺失率表

潮位站名稱	資料總數	資料缺失數	缺失百分比	缺失原因
蘇澳港	175200	3636	2.08	
龍洞	175200	4161	2.38	
馬公	175200	9247	5.28	
綠島	175200	9511	5.43	
馬祖	175200	41421	23.64	供電及導音管/靜水井問題
東石	175200	18152	10.36	
新竹	175200	7816	4.46	
塭港	175200	6067	3.46	
箔子寮	175200	6887	3.93	
麥寮	175200	8779	5.01	
淡水(油車口)	175200	16064	9.17	
基隆港	175200	13427	7.66	
高雄港	175200	17285	9.86	
永安	175200	2377	1.36	
竹圍	175200	10038	5.73	
後龍(外埔)	175200	29691	16.95	數據傳輸儀器問題
恆春(後壁湖)	175200	8964	5.12	
恆春(蟳廣嘴)	175200	2868	1.64	
小琉球	175200	4739	2.70	
嘉和	175200	52217	29.80	底床淤積問題
金門(料羅灣)	175200	2689	1.53	
金門(水頭)	175200	5022	2.87	
花蓮港	175200	3545	2.02	
石梯	175200	7720	4.41	
芳苑	175200	105870	60.43	底床淤積問題
東港	175200	13916	7.94	
頭城(烏石港)	175200	4990	2.85	
麟山鼻	175200	7031	4.01	
將軍	175200	6420	3.66	
台東(富岡)	175200	9544	5.45	
成功	175200	4312	2.46	
大武	175200	19139	10.92	
台北港	175200	85467	48.78	數據傳輸儀器問題
台中港	175200	14771	8.43	
蘭嶼	175200	35737	20.40	數據傳輸儀器問題

(二)資料彙整分析報告

1. 緣 起

台灣四面環海，研究海岸地區所需環境資訊甚多，其中海底地形為最基本的資訊，其為空間資訊、水力學、海岸工程等各項科學研究之基礎，故有效率且精確之海底地形測繪為海岸環境監測與研究之重要基礎工作。惟在現場水深測量資料中皆包括測量當時之潮高數據，因此在進行海底地形測繪時，應事先定義製圖基準，以便從事測深數據之潮汐改正。

我國海域基本圖之測量範圍涵蓋近岸、領海及鄰接區海域，測深資料的潮位修正模式目前係用最鄰近之近岸或沿岸潮位站之潮汐觀測資料辦理，此種修正模式易因近岸與外海潮位不同造成水深測量的誤差。因在近岸地區潮位站與離岸地區潮位站的測潮方式有很大的不同；在離岸地區設立潮位站因地形、氣候及海況因素，潮位引測有諸多限制，因此目前潮位站大多設立於沿岸港口內。惟港內之潮時及潮位與離岸地區並不相同，因此在離岸地區如何以適當之潮位模式獲得潮位資料進行水深測量測深數據之潮位改正為從事海洋水深測量必須解決之課題。

而潮汐為長週期性(periodic)之波動，主要之構成成分有半日型(semi-diurnal)及全日型(diurnal)分潮(constituents)兩類，半日型分潮代表週期約為 12 小時，在平均水深僅約 80 米之台灣海峽水域，其代表波長約達 1,200 公里，故其具長波長之波動特性。即使在深達 5,000 米之太平洋海域中，其波動仍屬淺水長波(shallow-water wave)之範疇。因此局部(local)海域之地形及水深變化應不致引起潮波總體時空分佈特性之改變。基於此觀點，潮汐數值模式理論上可同時提供離岸與近岸之潮汐資料，加上數值模式可經由眾多已建置完成之潮位站實測同一基準數據作資料同化（Data Assimilation）處理而提升其模擬、預測精度，故驗證後的潮位模式應可直接提供本案建立水深測量修正模式，或建立潮位分區（tidal zone），於水深測量時對照測

區鄰近岸邊潮位站之潮位讀數，在作振幅及時間差的修改後得離岸海域潮汐水位數值，間接提供水深量測時的潮汐改正結果，提升海域水深測量之精度。

故在探討台灣環島沿岸實測潮汐呈現之特殊時空變化特性時，可由大範圍之台灣環島及中國大陸沿岸地形與海域水深之綜合影響著手評估諸潮位模式，其中東亞大陸棚架(continental shelf)地形及台灣西海岸所面對之台灣海峽水域，其水深地形、幾何形狀等影響值得潮位模式注意與納入考量。

2. 台灣鄰近海域水深地形

台灣鄰近海域之水深地形如圖 5-1 所示。圖中色階愈藍表示水深愈深；色階愈紅表示水深愈淺，水深小於 20m 之水域以粉紅色色階表示。從圖中觀之，台灣位於亞洲大陸棚架(continental shelf)邊緣上，台灣東部海岸為大陸棚架邊緣之一部分。

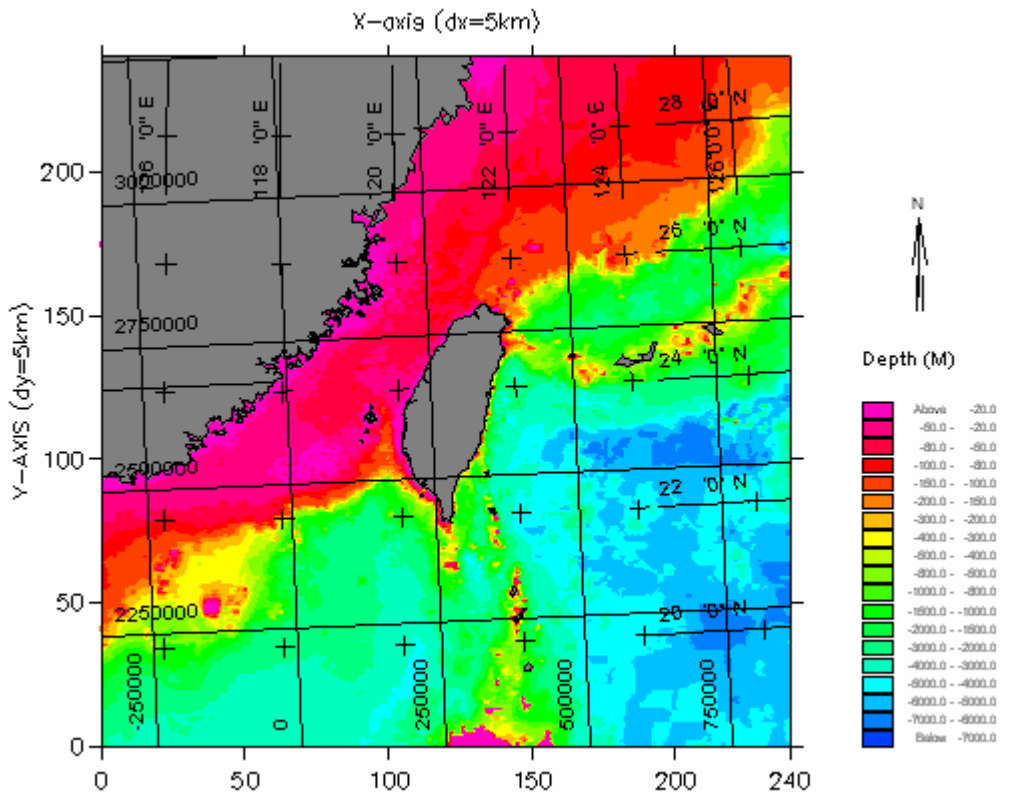


圖 5-1 台灣鄰近海域之水深地形圖[7]

觀察台灣環島四周海域水深地形圖可知，台灣海峽恰位於亞洲大陸棚架內。其中，除澎湖群島羅列其內外，在接近海峽南端開口處尚存在一台灣淺灘(Taiwan Bank)，其平均水深甚淺，普遍均在 30m 以下。台灣東北與西南部海岸外之大陸棚架邊緣恰約構成台灣海峽之南北端界線，因此，台灣海峽為一東北~西南走向之狹長型水道，總長度約達 600km，最窄寬度約僅 150km，平均水深不及 80m。

由台灣東北部海域開始，沿著台灣東部海岸往南繞行，於台灣東北部海岸之鹽寮外海有一東海大陸斜坡(East China Sea Slope)存在，海底地形坡度在一緯度(約 110km)之距離內，水深可由 2,000m 變化至 100m；在宜蘭外海，存在一沖繩海槽(Okinawa Trough)，最大水深在 2,000m 以上；於蘇澳外海，以蘇澳海脊(Su-Ao Ridge)聯接日本之宮古與石垣島，在海脊上，水深約為 500m 左右；於台灣東部海岸之蘇澳、花蓮至台東富岡間海域上，因其緊接西太平洋海域，水深變化甚劇烈，離岸 50km 外，水深最深處可達 5,000m 以上，因此東部海域地形在近岸處坡度甚為陡峻，陸架緣之坡度約為 1/10。其間在台東富岡南側再以蘭嶼海脊(Lan-Yu Ridge)與菲律賓群島相接，在台灣東南部海域上，另有一台東海槽(Tai-Tung Trugh)與台灣東北部之沖繩海槽相對應，水深亦在 2,000 m 以上。在台東海槽西側即進入台灣南部海域，於該海域上，在恒春後壁湖南側外海尚存在有一恒春海脊(Heng-Chun Ridge)，水深約在 1,000m 以內，海脊縱長不及半個緯度(約 55km)，在地形上可約略視為台灣本島恒春陸地之延伸；在台灣西南部海域內，亦即進入台灣海峽之南側海域，於高雄外海存在有一高屏斜坡(Kao-Ping Slope)，在該斜坡上，由南而北水深可自 3,000m 變化至 80m，斜坡之槽谷最北端更可深入至雲林與澎湖間海域。

台灣環島海域除了以上變化較大的海域水深地形外，台灣海峽海域之水深變化相對而言甚不明顯(平均水深約僅在 80m 以下)。若將台灣東北角之鹽寮與西南側之高雄港作一連線，則在連線以東，海域水深普遍皆甚

深，並約可以水深級數 1,000m 以上衡量；但在連線以西，海域水深一般不大，其水深約在 100m 以下，可見台灣海峽之大陸棚架地形甚為明顯。就台灣環島海域總體之地形、水深而言，台灣海峽相對於台灣東部海域之地形，其只不過是深海中一水深極淺之狹長潛沒陸架(shelf)平台而已。

3. 台灣環海潮汐特性

(1) 潮型

潮型係指沿海特定區域潮位之日變化型態，潮型一般分為全日潮型、半日潮型及混合潮型等三類，判別潮型首先必須依據潮汐實測記錄進行潮汐調和分析，經過潮汐調和分析求得潮汐M_2、S_2、N_2及O_1、K_1、P_1等主要之分潮振幅後，將其分潮振幅代入潮型指標(form factor：FF) 判別式中計算，則特定潮位站或海域上之潮型即可依據不同之準則加以判別並分類。

目前在台灣沿岸海域常用之潮型指標判別式共有法國制與美國制兩種類型。法國制以(5-1)式為判別指標。式中，A_{O_1}、A_{K_1}、A_{M_2}與A_{S_2}分別為與潮汐主要分潮O_1、K_1、M_2與S_2相對應之分潮振幅。

$$FF = \frac{A_{O_1} + A_{K_1}}{A_{M_2} + A_{S_2}} \tag{5-1}$$

$$\left.\begin{array}{l} FF < 0.5, \quad \text{半日潮型} \\ 0.5 \le FF < 1.25, \quad \text{混合潮型} \\ FF \ge 1.25, \quad \text{全日潮型} \end{array}\right\} \tag{5-2}$$

美國制則以(5-3)式為判別指標：

$$FF = \frac{A_{O_1} + A_{K_1}}{A_{M_2}} \tag{5-3}$$

$$\left.\begin{array}{l} FF < 0.5, \quad \text{半日潮型} \\ 0.5 \le FF < 2.0, \quad \text{混合潮型} \\ FF \ge 2.0, \quad \text{全日潮型} \end{array}\right\} \tag{5-4}$$

法國制與美國制兩種類型皆得以判別潮型指標，而對台灣環島部分潮位站之潮型指標(圖 5-2)研判上，海洋工程界習慣性多以法國制為潮型判別依據，台灣西部海岸從淡水、桃園、新竹、台中到嘉義以及澎湖大多皆為半日潮型；台南將軍與台東富岡、成功及花蓮、蘇澳與梗枋則屬混合潮型；台灣北部海岸：如鹽寮、龍峒、深澳與基隆及南部海岸包括安平、高雄及最南端之蟳廣嘴測站則屬全日潮型。根據以上潮型之判別結果，再配合潮波在台灣鄰近海域之主要傳遞路徑(圖 5-3)，綜合可知，台灣之東部海岸，因其直接面對太平洋潮波傳遞至大陸棚架之主要方向，因此，台灣東部海岸之潮型係以混合潮之大洋潮型展現。潮波分別通過台灣南、北兩端海域時，因大陸棚架之水深變化及台灣南、北端陸架地形之阻擋，大洋潮波開始轉變其潮型特性，並在台灣南、北兩端之海域逐步展現為全日潮型。潮波由台灣南、北兩端海域分別傳遞進入台灣海峽後，由於臺灣海峽水域邊界之限制，外加陸架地形與潮波協振盪效應之影響，因此，在台灣西部海岸之潮型大多皆屬半日潮型。

且在台灣海峽狹長之幾何形狀及特殊長、寬尺寸與陸架地形、水深綜合影響下，依據莊文傑(2000)[7]採用半日型分潮潮波雙向入射之理論解析結果可證實，當陸架之代表長度(650 公里)約達半日型分潮潮波波長之一半(約 620 公里)時，陸架地形上之潮汐波動將有理論之潮波協振盪共振現象發生，且陸架上之波動係以部分重複駐波之波形呈現。也因此造成台灣海峽南、北端海域潮差較小，而中部海域潮差卻特別大之特殊潮汐振盪現象。

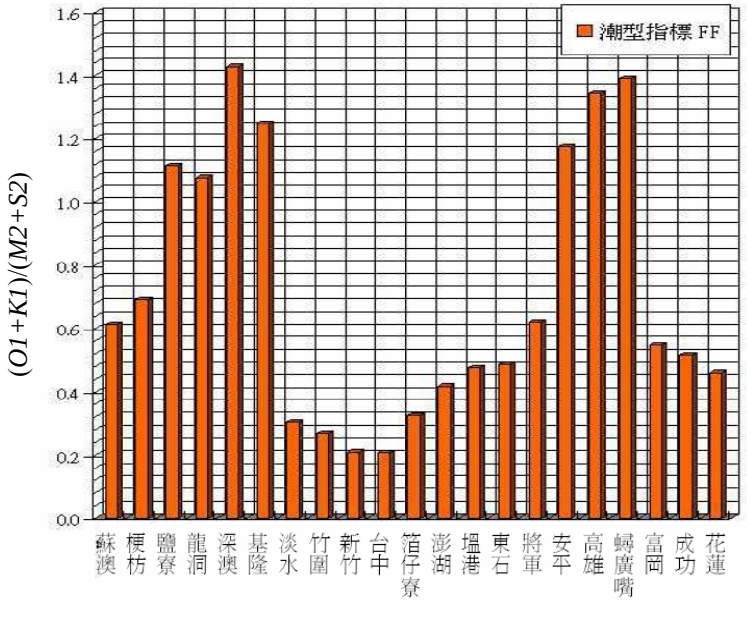


圖 5-2 台灣環島部分潮位站潮型指標圖

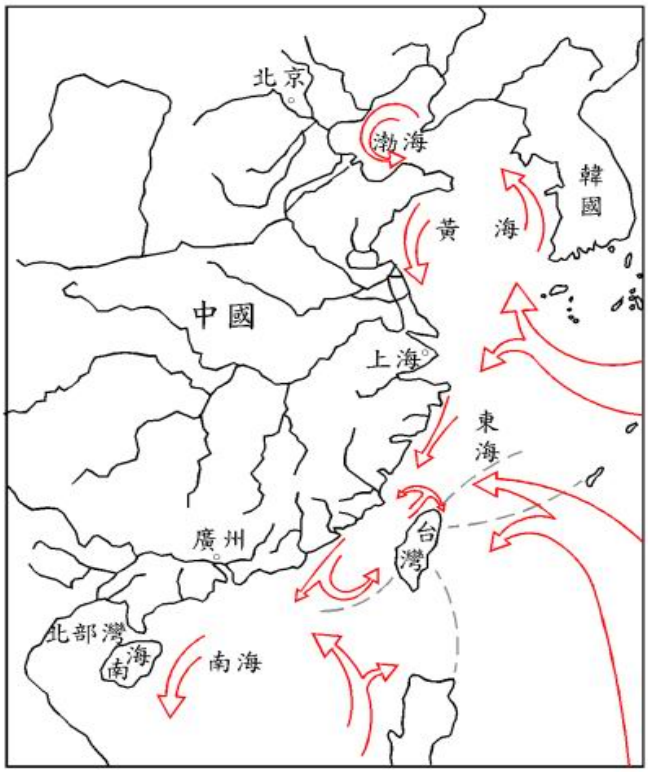


圖 5-3 台灣鄰近海域潮波傳遞路徑圖[7]

(2) 潮差

統計上，為表示局部海域潮位之逐時升降現象，常以同一地點但不同時刻之潮位差值以顯示區域性之潮汐特性。高潮和相鄰的低潮之水位

差值稱為潮差(tidal range)。潮差也有週期性。潮差相對最大時稱為大潮(spring tide)；相對最小時稱為小潮(neap tide)，每天有兩次高潮、兩次低潮稱為日雙潮(double day tide)或半日潮(semidiurnal tide)，兩次高潮中較高者稱為較高高潮(higher high water)，較低者稱為較低高潮(lower high water)；兩次低潮也可分為較高低潮(high low water)和較低低潮(lower low water)。每天僅有一次高潮、一次低潮稱為日單潮(single day tide)或全日潮(diurnal tide)。一般海岸水域實際的潮汐現象並不單純為半日潮或全日潮，此種潮汐稱為混合潮(mixed tide)。在半日潮地區，大潮約發生在朔或望(農曆初一或十五)以後 1 至 3 日；小潮則約發生於上弦(農曆初七日左右)或下弦(農曆二十二日左右)以後 1 至 3 日(劉文俊，1996)[5]。

最高高潮位(HHWL)係指在潮位觀測期間內所發生之最高潮位；最低低潮位(LLWL)則為觀測期間內所量得之最低潮位。每月所發生兩次大潮中，最高潮位的平均值稱為大潮平均高潮位(HWOST)，而同期之最低潮位之平均值稱為大潮平均低潮位(LWOST)；每月所發生次小潮中最高潮位的平均值稱為小潮平均高潮位(HWONT)；而同時之最低潮位的平均值稱小潮平均低潮位(LWONT)；潮位觀測期間內，潮位量測之平均值稱為平均水位(MWL)；各低潮位的平均值稱為平均低潮位(MLWL)，各高潮位的平均值稱為平均高潮位(MHWL)。最高高潮位與最低低潮位之差值稱為最大潮差，大潮平均高潮位與大潮平均低潮位之差稱為大潮差，小潮平均高低潮位之差稱為小潮差，平均高低潮位之差稱為平均潮差。最低低潮位至大潮平均高潮位之潮位差值稱為大潮升，最低低潮位至小潮平均高潮位之差值稱為小潮升。

以 1993 年台灣四周海岸全年實測潮位為分析例(劉文俊, 1996)[5]，則在平均潮差方面，可得基隆為 79.5cm、淡水 247.1 cm、桃園竹圍 278.2 cm、新竹南寮 371.4 cm、台中港 400.8 cm、澎湖馬公 223.2 cm、嘉義東石 169.8 cm、高雄港 68.5 cm、台東成功 125.3 cm；而在最大潮差方面可

得基隆為 132 cm、淡水 352 cm、桃園竹圍 378 cm、新竹南寮 503 cm、台中港 532 cm、澎湖馬公 301 cm、嘉義東石 220 cm、高雄港 126 cm、台東成功 207 cm。比較以上潮位資料可得，在台灣環島海域，潮差以台灣南部海域最小、北部次之，中西部海域潮差最大。其中值得注意的是，基隆與高雄其潮差實際上頗為近似，而東石與成功亦甚相當。

(3) 潮時

潮時特性主要用以描述空間上固定之潮汐站，其潮位隨時間之起伏變化特性。圖 5-4 顯示民國 86 年 6 月 23 日以台灣環島四周沿岸預報各測站第一次滿潮時間為例所推估之等潮時分佈圖。由圖可看出，就日第一次滿潮時而言，台灣東部潮時最早，台灣南端之南灣與北端之福隆相當，高雄與鼻頭角近似，將軍與石門、淡水潮時相同，近中部海域之澎湖、台西則與台中港相當。在潮時之特性上，鼻頭角至基隆近在咫尺，直線距離不及 20km，但潮時差異竟達約 3 小時，淡水至台中雖海岸線距離在 200km 以上，惟潮時差異僅約 30 分鐘不到。此外，在台灣西南部沿海，恒春南灣至台南將軍之海岸線距離約與將軍至台中港之距離相當，但前者潮時差異亦高達約 3 個小時又 30 分鐘左右，而後者僅有約一小時之潮時差異而已。

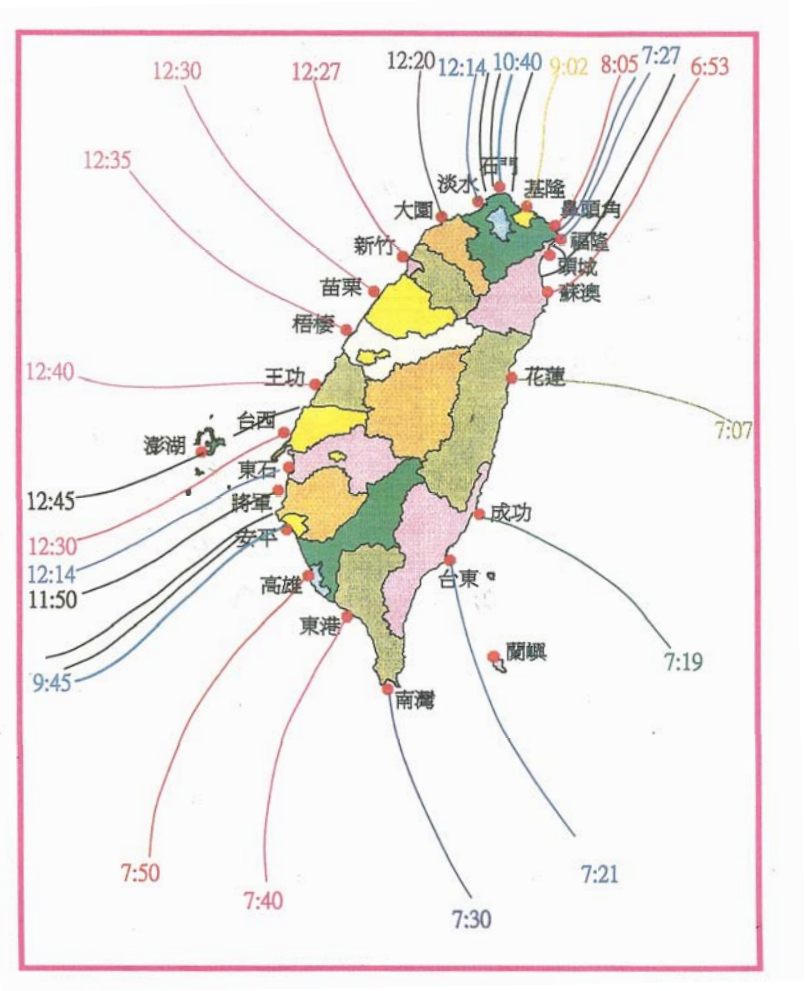


圖 5-4 台灣環島沿岸第一次滿潮(1987/06/23)之潮時分佈圖

以台灣西海岸外明顯存在之規則矩形陸架地形為基礎檢視圖 5-4 所示之潮時分佈，則台灣西海岸在陸架上之潮時分佈可明顯看出，從台灣南端之南灣經東港到高雄，在此段相距約 100km 之海域，潮時之變化甚為有限，大約僅在 1 小時內。但高雄到安平與安平至將軍其各段海域相距之距離各約 80km，但潮時各皆有約 2 小時之差距。顯見潮波自深海傳遞至接近大陸棚架後，在大陸棚架上，於其邊緣內側，潮時將呈現劇烈之變化。此可由高雄至將軍間之海上距離不過約 160km，但潮時即約有 4 小時之差距說明。同樣且近似對稱之潮時變化特性亦可在台灣東北部海域呈現。從蘇澳至鹽寮其海上離相距約 60km，潮時差距約 1 小時。但從鹽寮、龍洞到基隆，其海上距離僅約 40km，但潮時之相差卻高達約 2

小時。自基隆至淡水其海上距離亦接近約 40km，其間潮時之差異更高達 3 小時。由以上潮時分佈與陸架地形之對應探討可知，陸架地形之存在確實將影響潮時之特性，且就台灣海峽而言，潮時呈現劇烈變化之海域，恰是陸架之邊緣位置所在。

4. 潮位模式在水深測量之應用

(1) 水深測量潮位改正方式

潮汐是海水規律週期性的升降現象，水深測量所觀測的水深資料中，都包括測量當時的潮高，故在進行水深測量潮汐改正時，觀測的數據應當減去該點以製圖基準(最低潮位面或基隆中潮面等)起算的實際潮高(視圖 5-5)，以得到實際的水深(底床高程)而得以繪製海圖或海域基本圖。一般水深測量潮位改正方式如下：

A. 作近岸潮位觀測

以驗潮儀或水尺設於測區鄰近港口或較不受波浪影響之岸邊地區記錄潮汐變化。中央氣象局、水利署、港務局及學術研究機構在台灣四周設立許多潮位觀測站，實施潮位觀測或配合模式作潮汐預報，以提供水深測量作潮位改正，海岸防護規劃、設計、施工所需之近岸地形水深資料可利用該法作水深測量之潮位改正。

B. 設置外海潮位儀

離陸地較遠的海上地區，可在海床安置壓力式或聲學式潮位儀，可同時得到水面變動資料，將長、短週期數據分別加以濾除即可得波浪及潮位變化資料，篩選出之潮位數據即可配合模式提供水深測量作潮位改正之用。

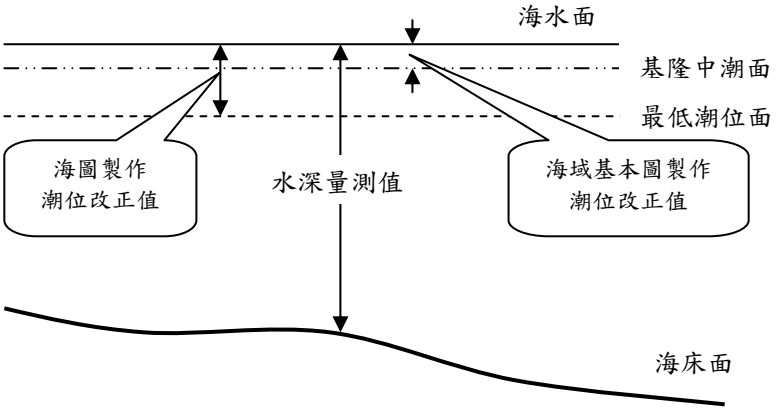


圖 5-5 水深測量潮位改正示意圖

C. 以 GPS 方式驗潮

應用 RTK GPS 測量技術，結合數據傳輸設備構成 GPS 驗潮儀。其工作原理是在基準站安置一台 GPS 接收機，在岸邊或海上固定樁之 GPS 驗潮儀與岸上 GPS 接收機同步聯測，以求得 GPS 驗潮儀處瞬時海面高度的一種驗潮方法，由連串之潮位觀測數據或配合模式作潮汐預報即可提供水深測量作潮位改正。

D. 無驗潮修正之水深測量

利用 RTK GPS 配合測深儀可進行無驗潮修正水深測量，該作業省略潮位觀測步驟，可直接得到底床高程。但受海況條件限制，以及 GPS 訊號接收遮蔽問題、無線電傳輸路徑及高程精度等之限制，所以較適用於離岸較近(約 6km)之海域測量，或湖泊、河川、水庫之水深測量，對於離岸 6km 以上之海域測量，無驗潮修正水深測量方法需搭配海上數據中繼站才能進行。

E. 潮汐分區作水深測量潮位改正

於離岸遠處可以等潮區圖(或稱同潮圖)於水深測量時，視測量船隻所在之等潮區與鄰近參考潮位站之潮時及潮位關係進行離岸地區水深測量之潮位修正(參閱圖 5-6)。我國 12 海里領海內之潮汐分區

及相對應參考潮位站的改正值可以此方式從事水深測量潮位改正。

潮位模式在潮汐分區上即扮演重要角色，潮位模式推算結果可繪製等潮時線(co-phase lines)及等潮差線(co-range line)圖，利用該二組曲線之交錯可繪出等潮區圖(co-tidal chart，或稱同潮圖)，於水深測量時即利用各等潮區與鄰近參考潮位站之潮時及潮位關係進行離岸地區水深測量之潮位修正。因等潮區圖之繪製有賴潮汐模式之推算，而潮汐又有區域特性，各國家適用之潮汐模式或不盡相同，各國家應建立其適用的潮位模式。

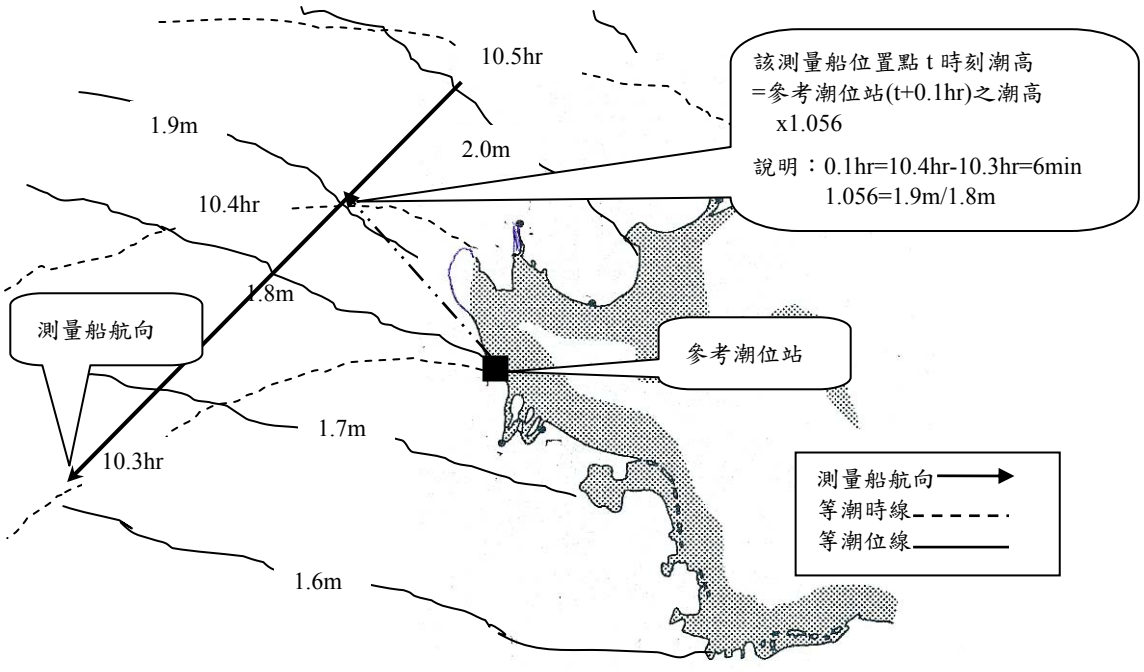


圖 5-6 潮汐分區作水深測量潮位改正示意圖

(2) 潮位模式原理

依據國內外文獻，本案彙整分析目前被普遍使用且獲好評之 MIKE21 模式、POM 模式、NAO99b 模式及 FEM 模式原理(參閱 p.3-5 至 p.3-10)與適用區域，並提出臺灣西部海域適用之潮位模式，另傳統之調和分析潮位模式為建立等潮區圖(同潮圖)不可或缺之步驟，在此亦彙

整說明之，惟傳統之調和分析潮位模式(參閱 p.3-11 至 p.3-13)需要有 369 天連續逐日逐時數據，在外海驗潮儀之設置上有諸多限制，要完整取得外海驗潮儀 369 天連續逐日逐時數據建構潮汐預測模式誠屬不易，故本研究團隊提出以卡門濾波觀點之短期潮汐預測模式(參閱 p.3-13 至 p.3-18)，該卡門濾波短期潮汐預測模式可搭配短期設置於外海之驗潮儀作業，二者相輔相成可從事精度優良之短期潮汐預測，該預測值為 POM 或 NAO99b 模式作資料同化之重大助力，對潮位站不足地區，或因兩岸分治現實無法取得對岸潮汐資料等情況，卡門濾波短期潮汐預測模式提供了解決之方。

5. 模式模擬測試結果

(1) MIKE21_HD 模式

測試區域：台灣環島及台灣海峽與台灣北部海域

測試結果：

A. 在台灣西部潮位站潮位變化之評估上，只要邊界之潮位設定準確，應用 MIKE21_HD 模式可得計算與預報潮位甚吻合。

B. 若再結合南海、西太平洋、及日本海等海域及海岸上的潮位站逐時預報潮位資料設定東亞計算海域的邊界條件，應用該二維水動力計算模式，可準確的計算模擬臺灣環島沿岸及近岸海域隨處之潮流及潮位的逐時變化(圖 5-7~圖 5-8)。

引述文獻： 詳參考文獻[7]、[9]、[12] 、[13]

(2) POM 模式

測試區域：台灣鄰近海域及環島沿岸

測試結果：

A. 經由檢核驗證，比較基隆、新竹、台中、高雄、蟯廣嘴、成功、花蓮、蘇澳、澎湖、及金門等十處不同潮位站位的模擬計算與預報潮位的逐時變化結果有一致之符合性，如圖 5-9 至圖 5-11 所示。由圖中比較結果可知，水位的驗證皆具有合理性，不論是相位與振幅皆可準確預測，表示以 POM 模式來模擬台灣附近海域的天文潮汐與氣象潮合成水位具有可行性。

B. 透過模擬計算，潮位的總體特性與複雜地逐時變化型態可充分準確地展現，具有大潮差的半日潮型實測特性(莊、江，2005)，透過模擬計算可準確掌握。在基隆及高雄潮位站上，其具有小潮差偏全日潮之混合潮型實測特性(莊、江，2005)，在模擬值與實測上有細微偏差。

引述文獻：引述文獻： 詳參考文獻[10]、[15]、[19]

(3)NAO99b 模式

測驗區域：台灣西岸

測試結果：

A. 利用 TOPEX/POSEIDON 衛星測高配合正交潮法及潮汐動力模式計算鼻頭角、新竹、後壁湖三處不同潮型的潮汐與實測資料比較，由結果發現：T/P 潮汐模式預測對近岸潮汐具有較均勻的誤差，而此誤差不會因潮差的大小而有明顯的差別。

B. 評估調和分析解析短期潮汐預測能力上，資料短時分潮的選擇，應注意最低頻率及兩分潮頻率差的倒數應小於資料長度的時間。

C. T/P 潮汐模式具有與調和分析 9 個主要潮汐分潮相當的預測能力。在工程應用上，T/P 潮汐模式與 NAO99b 潮汐模式，皆可

以克服海面或岸際没有實測潮汐卻可推算出潮位高低的問題。

D. 應用 NAO99b 潮汐模式，比較預報與實測潮位之結果可得，鼻頭角預報與實測潮位之相關係數為 0.89、新竹預報與實測潮位之相關係數為 0.994、而後壁湖預報與實測潮位之相關係數為 0.968。

E. NAO.99Jb 所提供之調和常數,在基隆地區確實與實測調和常數有誤差，且最大可造成滿潮時間點 2 小時的差距(圖 5-12)，使用模式計算雖可得到修正，但仍不足，未來在以其為邊界條件計算時需多加注意。基本上，NAO99b 模式與 NAO99Jb 模式皆為相同架構之模式,惟 NAO99Jb 因僅用日本周圍海岸之潮位資料作同化處理，故用於日本海域有較佳之精度。

F. 在小區域模式驗證方面，在海岸地形變化大的區域，以高解析度網格潮汐調和常數做為邊界可得到良好的結果，時間序列的相關係數可達 0.95，誤差方均根為 0.08 公尺。

G. 模式之邊界條件使用 Li (1987)及 NAO.99b (Matsumoto et al., 2000)之調合常數發現整體差異不大，但以 NAO.99b 較為準確，不過其在臺灣東北角地區半日潮的相位角有 30 度的落差；作時間序列的相關係數比較，兩者在各潮位站皆在 0.9 以上。

引述文獻： 詳參考文獻[8]、[14]

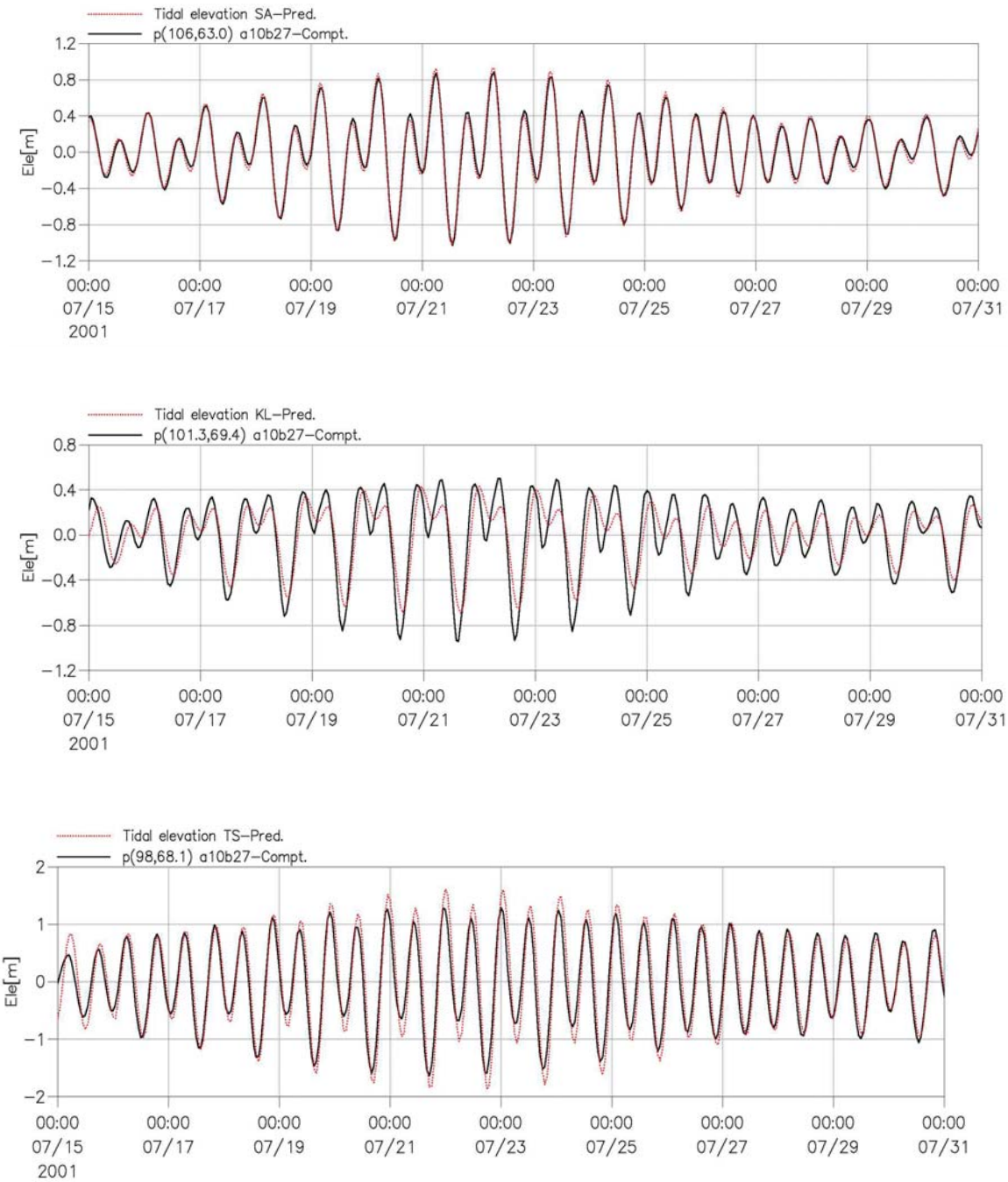


圖 5-7 大範圍海域計算台灣環島潮位站逐時潮位與預報潮位驗證比較圖：蘇澳港(上)；基隆港(中)；淡水港(下)

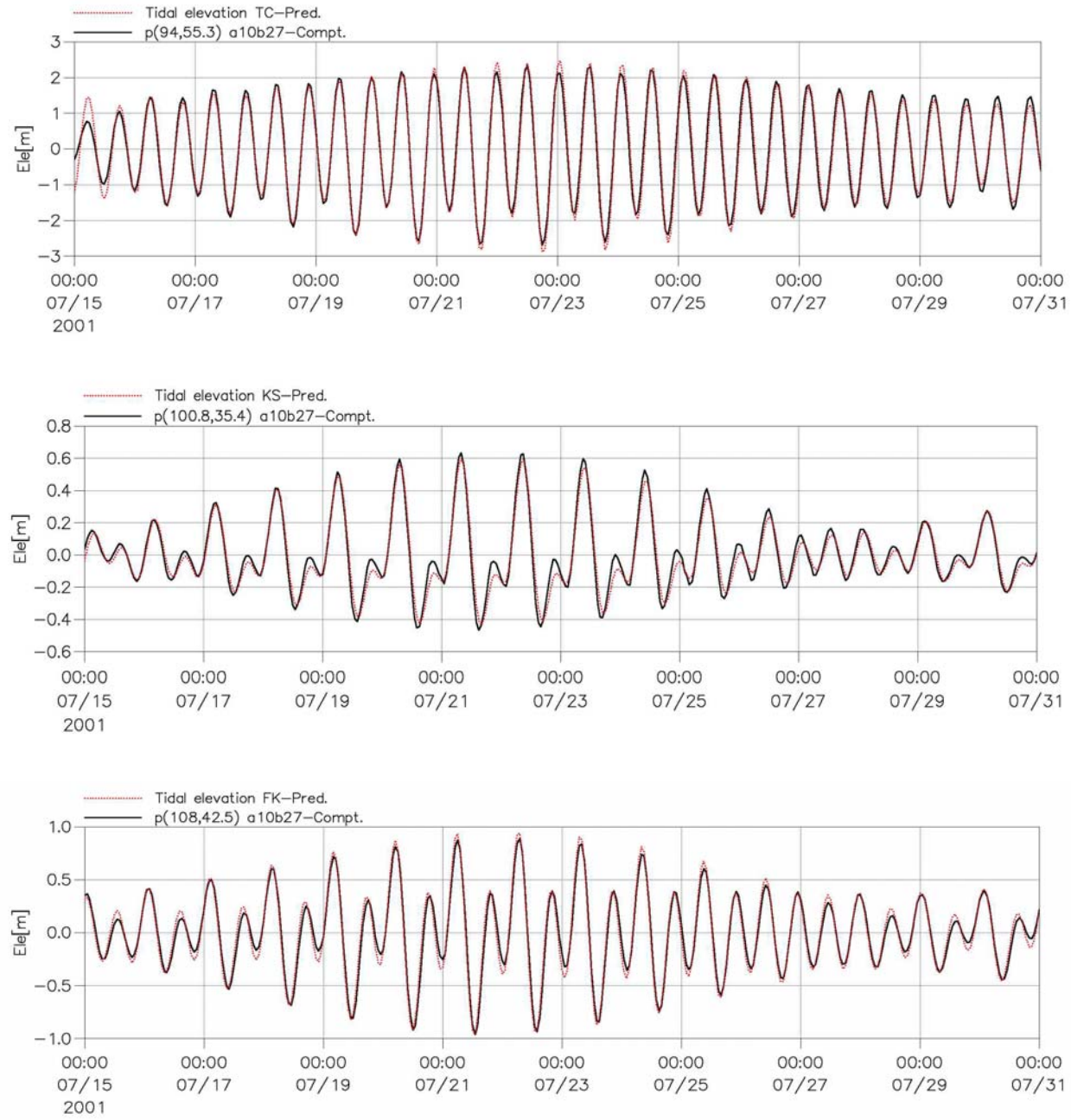


圖 5-8 大範圍海域計算台灣環島潮位站逐時潮位與預報潮位驗證比較圖：台中港(上)；高雄港(中)；富岡(下)

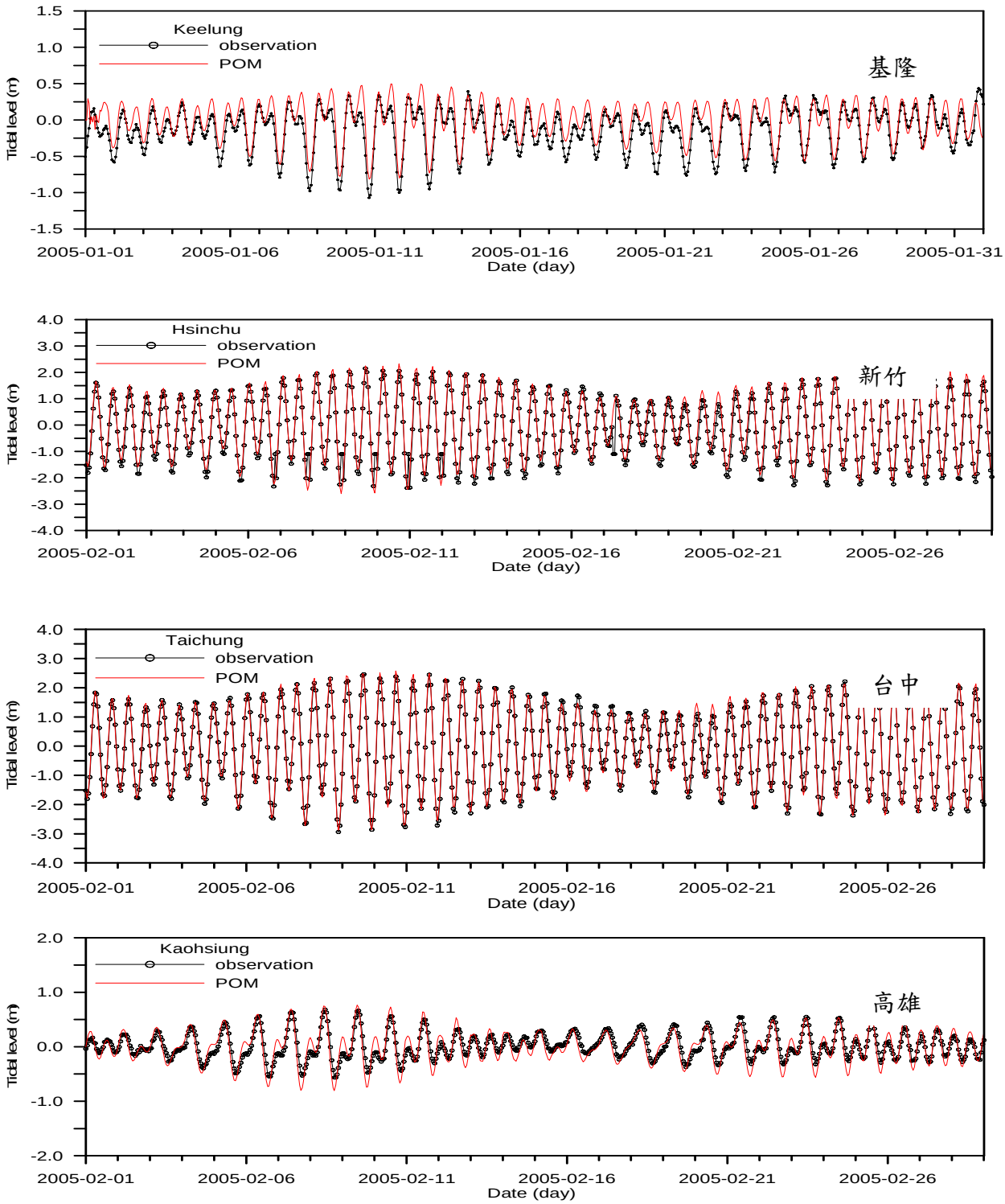


圖 5-9　POM 模式模擬 2005/02 西部海岸潮位站之計算(紅實線)與實測(黑標點線)潮位之驗證比較圖

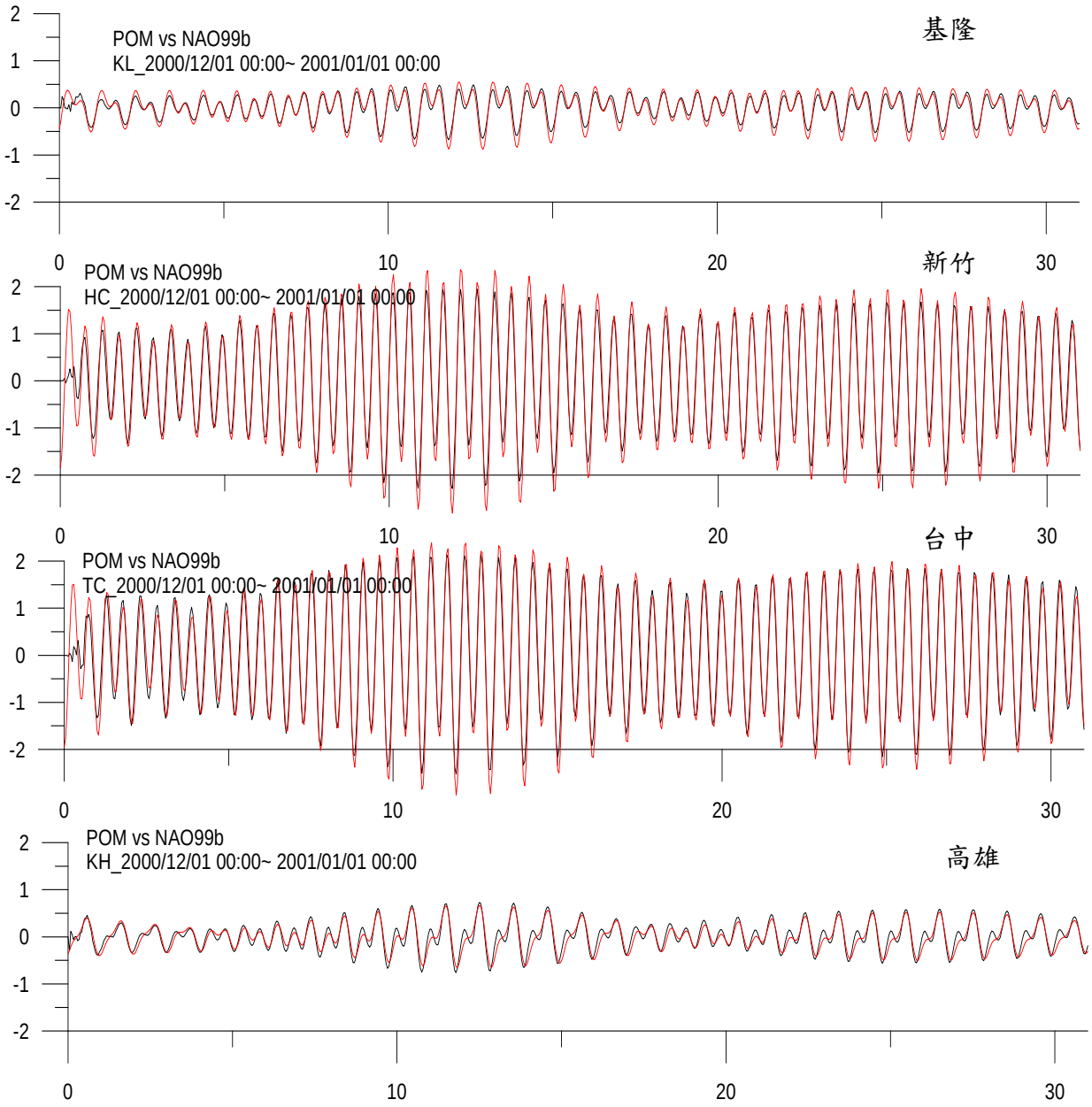


圖 5-10　POM 模式模擬 2000/12 西部海岸潮位站之計算(紅實線)與預測(黑實線)潮位之驗證比較圖

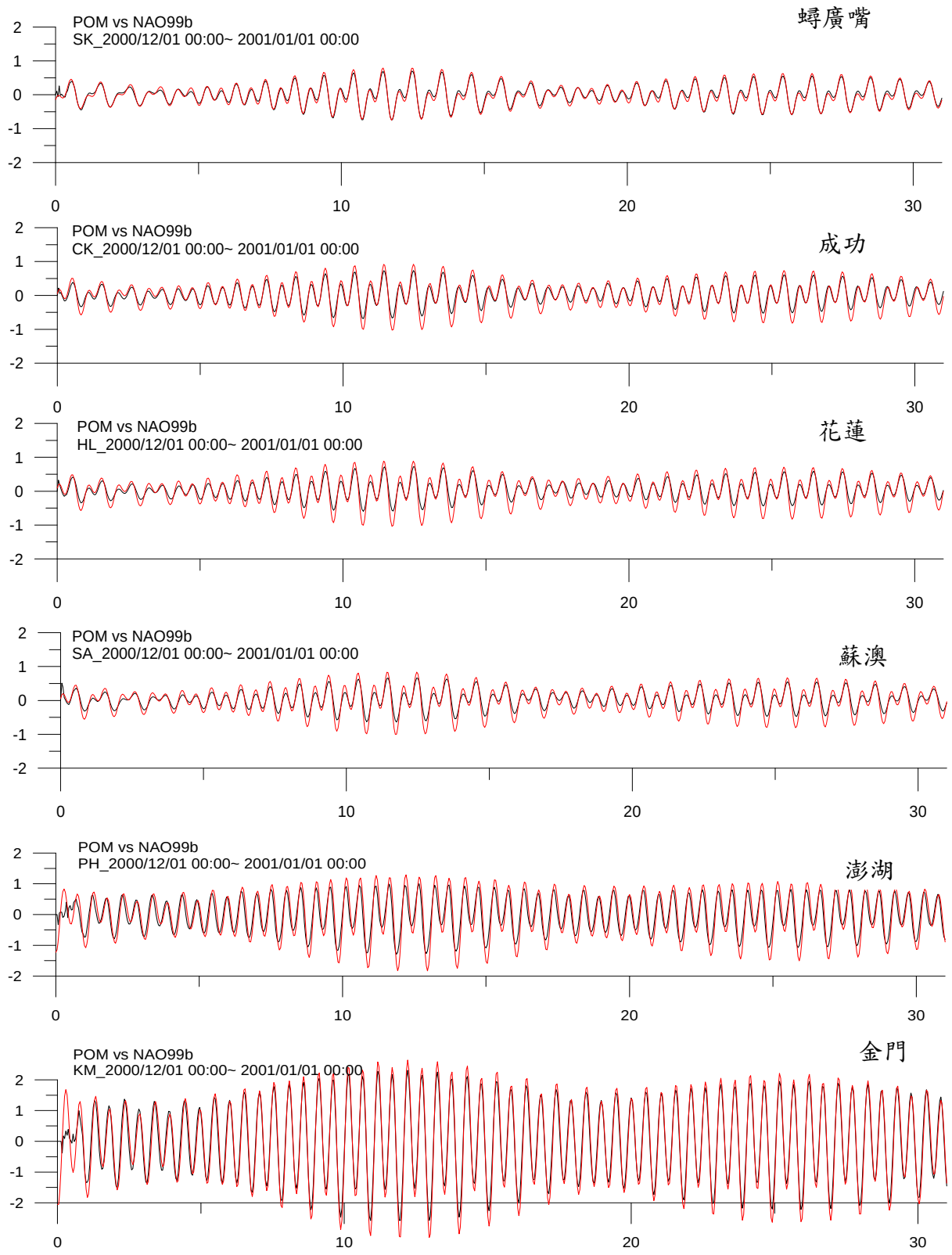


圖 5-11　POM 模式模擬 2000/12 東部及離島海岸潮位站計算(紅實線)與預測(黑實線)潮位之驗證比較圖

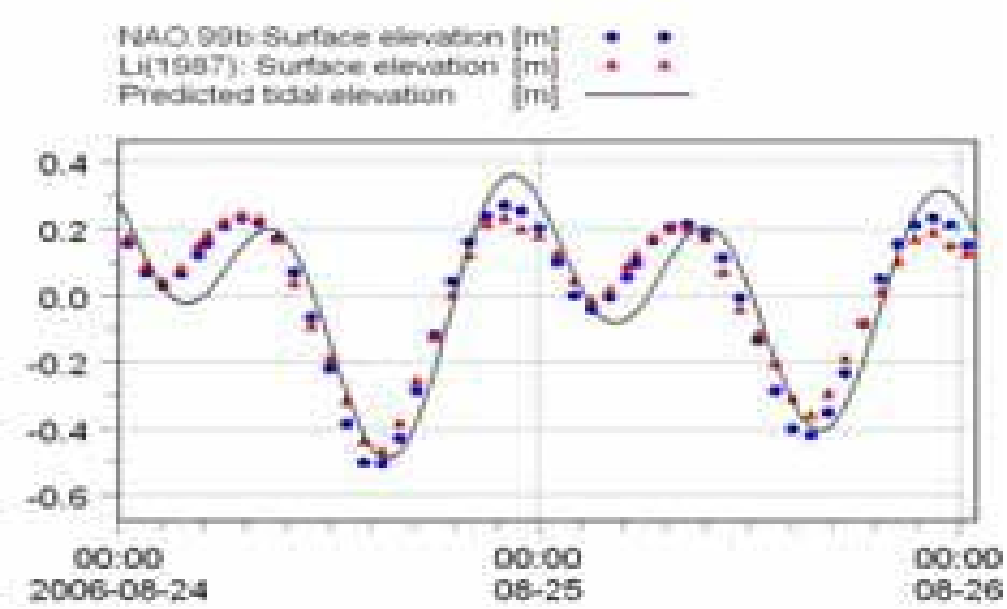


圖 5-12 基隆測站模擬相位落後情況圖

(4)FEM 模式

測試區域：台灣西北海岸

測試結果：

A. 圖 5-13 至圖 5-14 分別為淡水、竹圍與新竹之 FEM 模式模擬結果與潮位測站之水位比較圖，圖中紅色虛線為潮位測站量測結果，黑色實線為 FEM 模式之模擬結果。其模擬時間為民國 93 年(2004 年)7 月，由圖中之潮位比較可知，在潮流模式計算下，在臺灣西北部海域之潮位預測皆具有一致之合理性，表示模式對於潮位之預測合理。最後，由兩種模式模擬結果顯示，兩種模式皆可有效地模擬預測台灣西部海域潮流變化。

引述文獻：詳參考文獻[17]

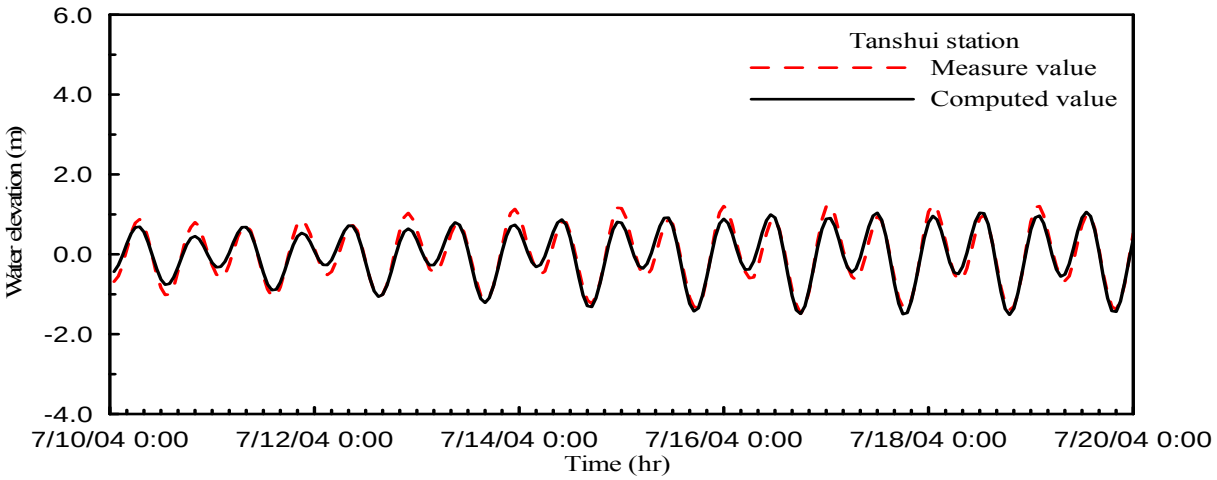


圖 5-13　淡水海域之潮高模擬結果比較圖

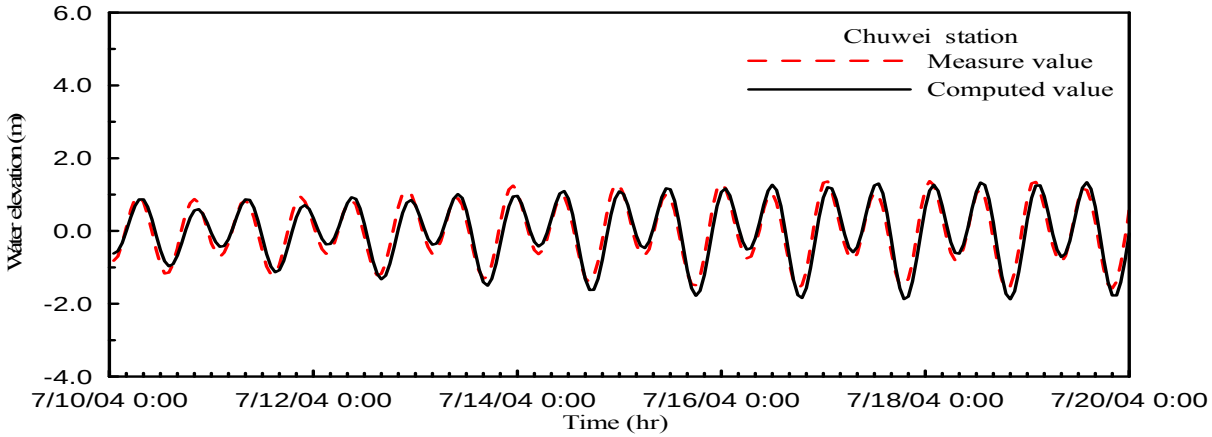


圖 5-14　竹圍海域之潮高模擬結果比較圖

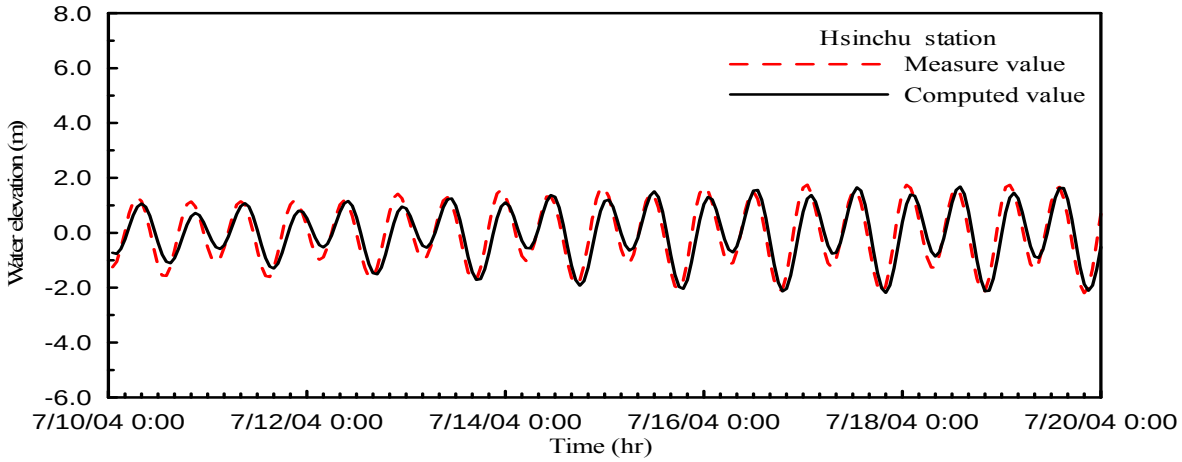


圖 5-15　新竹海域之潮高模擬結果比較圖

6. 模式優缺點比較及適用性

表 5-2 為潮流模式之優缺點比較，據初步評估，以 POM 或 NAO99b 模式為最可行，因其為套裝模組，原始碼亦已釋出，在作資料同化相當方便，可修正擬建構海域之潮流模式，尤其 NAO99b 模式之作業方式，其可建置成互動式架構，正適合本案委辦單位之需求。

表 5-2 潮流模式之優缺點比較表

潮流模式	優　　點	缺　　點
MIKE21_HD (丹麥)	1. 現有套裝模組，使用方便 2. 可作潮、流之推估	1. 無法自行修改模組 2. 每年需編列預算更新模組 3. 水深方向變化無法模擬
POM 模式 (美國)	1. 現有套裝模組，使用方便 2. 可描述三維潮流現象 3. 可作潮、流之推估	1. 計算所需記憶體容量較大及計算時間較久。 2. 模擬區域較小
NAO99b 模式 (日本)	1. 現有套裝模組，使用方便 2. 原始碼已釋出 3. 為海岸工程界所肯定	1. 僅能從事潮汐(高)之推估
FEM 模式 (台灣)	1. 本土自行研發模組，可自行修改模組 1. 使用巢狀網格，可適切地描述近岸邊界，有效地提高精度。 2. 可作潮、流之推估	1. 水深方向變化無法模擬

三、潮位分區分析報告

(一)潮位分區目的

臺灣地區四面環海，海域潮汐受太平洋天文潮與海峽內淺水化效應影響，造成近岸與離岸海域有顯著的潮時及潮位差異。而我國海域基本圖之測量範圍涵蓋近岸、領海及鄰接區海域，目前測深資料的潮位修正模式一般係用最鄰近潮位站之潮汐觀測資料辦理，此種修正模式易因近岸與外海潮位不同造成外海處水深測量的誤差。

在離岸水深測量潮位改正方面，美國國家海洋大氣總署 NOAA(National Ocean and Atmospheric Administration)係以潮汐模式推算結果繪製海域等潮時(co-phase lines)圖及等潮差(co-range lines)圖，並利用該二組曲線之交錯繪出等潮區圖(co-tidal chart，或稱同潮圖，如圖 5-16，紅線為等潮時線，黑線為等潮差線)，於水深測量時即利用各等潮區與鄰近參考潮位站之潮時及潮位關係進行離岸地區水深測量之潮位修正。

至於水深測量之精度等級，美國工兵署 USACE(Unite States Army Corps of Engineers)定出三種不同需求的測量等級，各等級所能容許的最大誤差如表 5-3。另參考 1997 年國際海測組織 IHO 規範，其水深量測等級分為特等、一等、二等、三等共四個等級，其精度要求如表 5-4。由該二表可知，若能以潮位修正水深測量誤差，其水深量測應能提升等級。

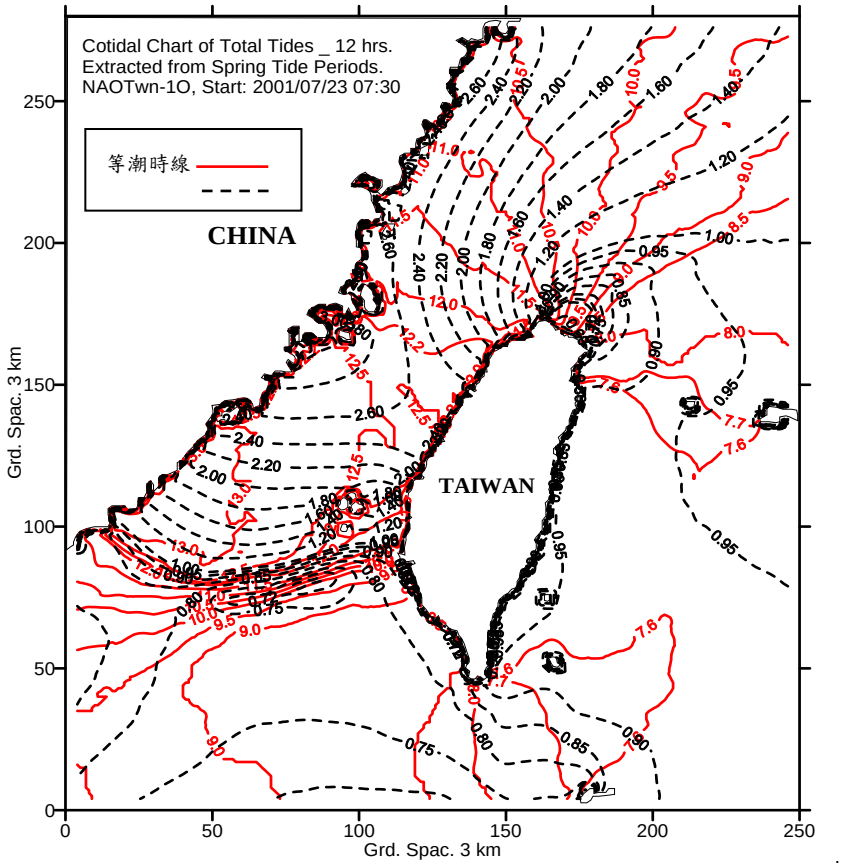


圖 5-16 臺灣海域等潮區(同潮圖)圖例圖

(摘自：莊文傑、江中權，台灣四周海域旋轉潮波系統之同潮圖，第 28 屆海洋工程研討會)

表 5-3　USACE 量測等級精度分類表

	*Class1 測量	Class2 測量	Class3 測量
水平精度要求	6m	12m	100m
水深精度要求	±0.15m	±0.30m	±0.45m

*Class1:契約付款依據的量測工作。
Class2:決策依據的量測工作。
Class3:初步勘查時的量測工作。

表 5-4　IHO 水深量測等級誤差允許範圍及誤差對應水深百分比表

等級 / 水深(m)	特等	一等	二等	三等
10	0.26m(2.6%)	0.52m(5.2%)	1.03m(10.3%)	1.03m(10.3%)
20	0.29m(1.45%)	0.56m(2.8%)	1.10m(5.5%)	1.10m(5.5%)
30	0.34m(1.13%)	0.63m(2.1%)	1.21m(4.0%)	1.21m(4.0%)
40	0.39m(0.98%)	0.72m(1.8%)	1.36m(3.4%)	1.36m(3.4%)
50	0.45m(0.9%)	0.82m(1.64%)	1.52m(3.04%)	1.52m(3.04%)
60	0.51m(0.85%)	0.93m(1.55%)	1.70m(2.8%)	1.70m(2.8%)
70	0.58m(0.83%)	1.04m(1.49%)	1.90m(2.7%)	1.90m(2.7%)
80	0.65m(0.81%)	1.15m(1.43%)	2.09m(2.6%)	2.09m(2.6%)
90	0.72m(0.8%)	1.27m(1.41%)	2.30m(2.6%)	2.30m(2.6%)
100	0.79m(0.79%)	1.39m(1.39%)	2.51m(2.51%)	2.51m(2.51%)
120			2.94m(2.45%)	2.94m(2.45%)
140			3.37m(2.41%)	3.37m(2.41%)
160			3.81m(2.38%)	3.81m(2.38%)
180			4.26m(2.37%)	4.26m(2.37%)
200			4.71m(2.36%)	4.71m(2.36%)
250				5.84m(2.34%)
300				6.97m(2.32%)
350				8.11m(2.32%)
400				9.25m(2.31%)

(二)臺灣網格化潮位分區之建立

1. 建立等潮時區與等潮位區

由諸多等潮位線(co-amplitude lines)及等潮時線(co-phase lines)組合而成之等潮位圖及等潮時圖可分別建構等潮位區及等潮時區，臺灣海域等潮位圖及等潮時圖之作法如下：

(1) 以臺灣四週海域為演算區域，在海域範圍建立 1 分(約 1 浬)大小網格，經度從 117^0E~125^0E共 481 格點，緯度由 18^0N~27^0N共 541 格點。

(2) 選定執行演算之潮汐模式，模式基準面為平均海水面，數據時區取 GMT+8(hr)。

(3) 輸入邊界條件及起始條件後模式先執行演算每 5 分網格點一整年之水位變動，並輸出各網格點一整年之水位數據。

(4) 以 5 分網格為單位，將一整年之水位數據作調和分析[21]。

(5) 經由調和分析可得各網格點 60 個分潮之調和常數值(含分潮名稱、振幅及相位角)。

(6) 取出主導分潮計算網格點之平均高潮間隙(MHWI)，由各網格點平均高潮間隙諸值內插至 1 分網格中(以 SURFER 軟體內建之克利金法內插之)，再以 GIS 軟體繪製臺灣海域等潮時圖(圖 5-17)。

平均高潮間隙(MHWI)可以M_2、M_4、M_6三個分潮加以推算[18]：

$$MHWI(hr) = M_2\,phase(\deg) \times \frac{M_2\,period(\mathrm{hr})}{360^0}$$

$$= \frac{M_2\,phase(\deg)}{M_2 speed} = \frac{M_2(\deg)}{28.98} + \frac{4B_4(\deg)}{M_2(speed)} + \frac{6B_6(\deg)}{M_2(speed)} + ...$$

----------(5-5)

式中，
$$B_4(\deg) = -M_4^0(phase, \deg)\sin(2M_2^0 - M_4^0)$$
$$B_6(\deg) = -M_6^0(phase, \deg)\sin(3M_2^0 - M_6^0) \quad \text{---------(5-6)}$$

(7) 以各網格點潮汐特性統計資料計算平均潮差(MN)，由各網格點平均潮差諸值內插至 1 分網格中(同樣以 SURFER 軟體內建之克利金法內插之)，再以 GIS 軟體繪製臺灣海域等潮位圖(圖 5-18)。

平均潮差(MN)=平均高潮位(MHW) - 平均低潮位(MLW)，約等於振幅之 2 倍。

2. 建立潮位分區

將等潮時圖與等潮位圖疊合即可繪出臺灣海域等潮區圖(同潮圖，圖 5-19)，其中二組曲線相交而包圍之不規則狀多邊形即為臺灣海域潮位分區之區塊。

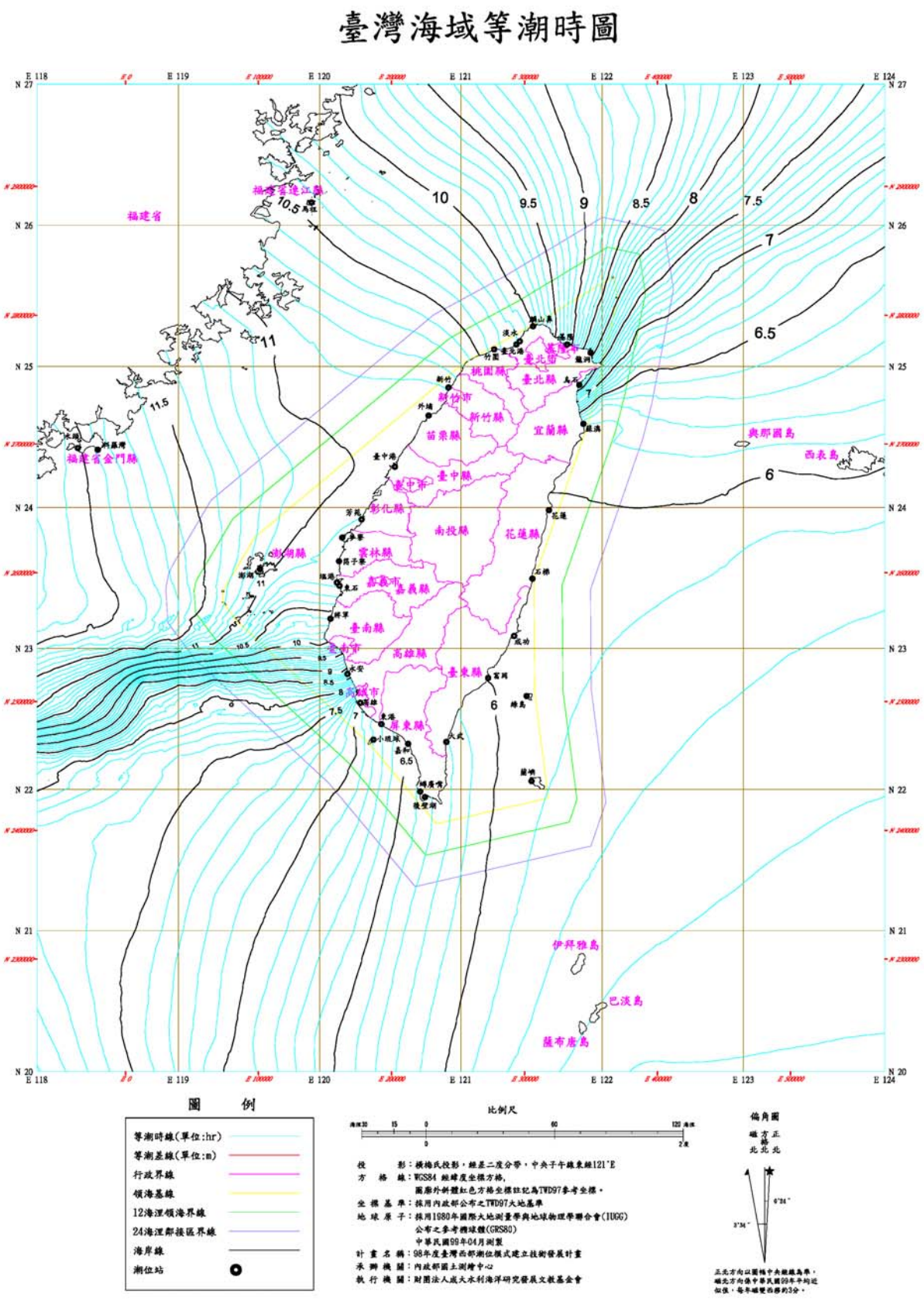


圖 5-17 臺灣海域等潮時圖

臺灣海域等潮位圖

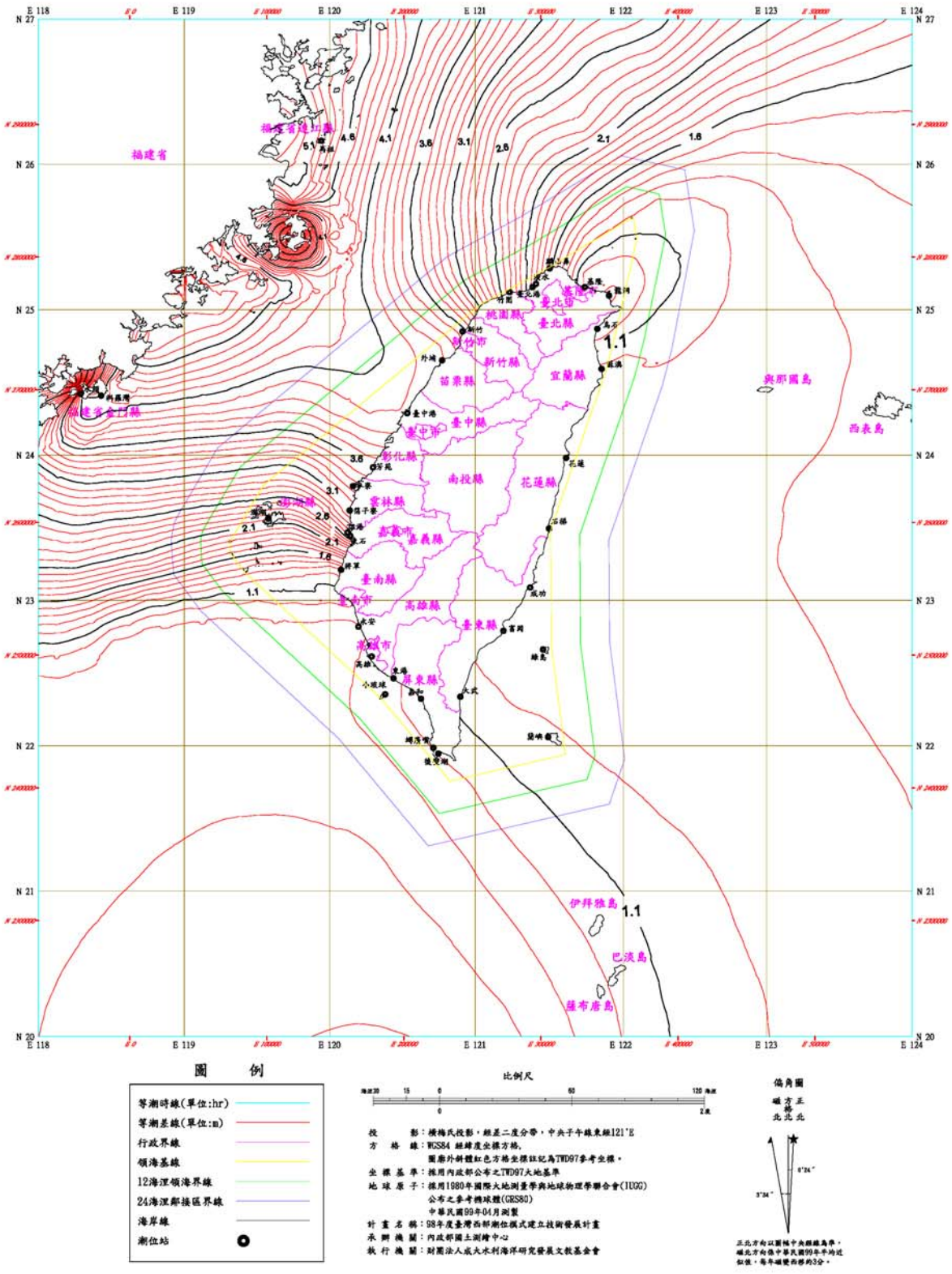


圖 5-18 臺灣海域等潮位圖

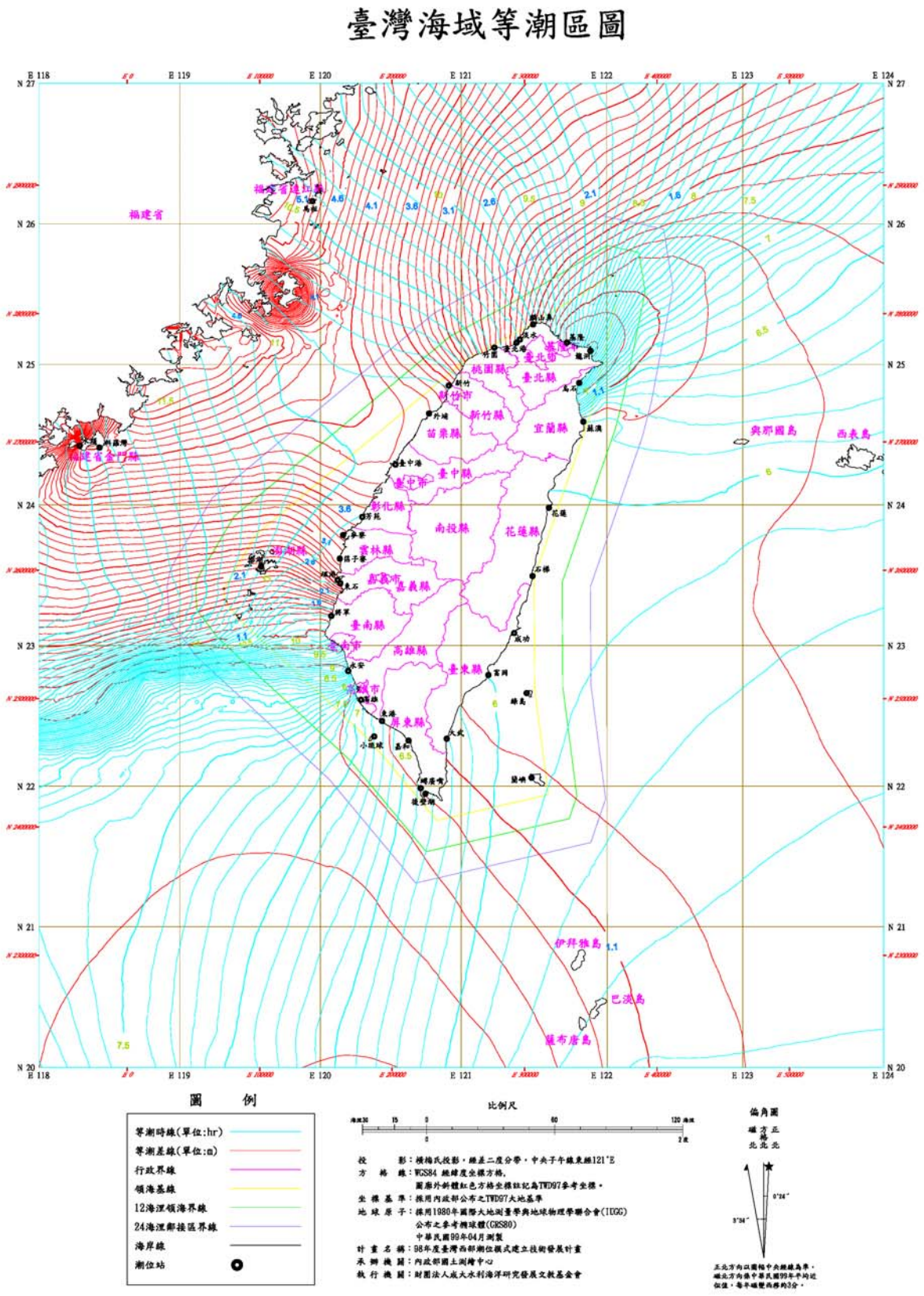


圖 5-19 臺灣海域等潮區圖

(三)網格潮位精度分析

1. 潮位數據選用

由於海域現場無離岸潮位站，本研究潮位精度分析係利用架設於國內及離島沿岸之35處潮位站(表5-5)實測數據(96.01.01～97.12.31之潮位資料，由內政部國土測繪中心無償提供)與NAO99b模式預報資料進行之，其分析時間統一以2007年1月1日1時至2008年12月31日24時為基準，其中NAO99b模式預報數據時區取GMT+8(hr)，讀取數據頻率為6分鐘一筆。

表5-5 本案引用架設於國內及離島沿岸35處潮位站資訊表

站 名	站碼	經 度	緯 度	位 置	管理機關
東石潮位站	1162	120° 08' 27"	23° 26' 39"	嘉義東石漁港	中央氣象局
將軍潮位站	1176	120° 04' 39"	23° 12' 38"	台南將軍漁港	中央氣象局
後壁湖潮位站	1196	120° 44' 43"	21° 56' 45"	後壁湖海巡隊前方	中央氣象局
龍洞潮位站	1226	121° 55' 05"	25° 05' 51"	龍洞南口遊艇港內	中央氣象局
烏石潮位站	1236	121° 50' 17"	24° 52' 07"	宜蘭烏石港	中央氣象局
蘇澳潮位站	1246	121° 52' 02"	24° 35' 33"	蘇澳港內碼頭	中央氣象局
花蓮潮位站	1256	121° 37' 23"	23° 58' 49"	花蓮港內	中央氣象局
成功潮位站	1276	121° 22' 36"	23° 05' 20"	台東成功漁港	中央氣象局
石梯潮位站	1566	121° 30' 22"	23° 29' 41"	花蓮石梯漁港東外突堤碼頭	水利署
富岡潮位站	1586	121° 11' 35"	22° 47' 27"	台東富岡漁港南岸碼頭	水利署
大武潮位站	1596	120° 53' 50"	22° 20' 15"	台東大武漁港南側防波堤	水利署
永安潮位站	1786	120° 11' 51"	22° 49' 08"	高雄永安中油 LNG 港防波堤頭	水利署
新竹潮位站	0112	120° 54' 44"	24° 51' 01"	新竹南寮漁港	中央氣象局
外埔潮位站	0113	120° 46' 18"	24° 39' 05"	後龍鎮海埔里外埔漁港	中央氣象局
淡水潮位站	1102	121° 25' 00"	25° 10' 38"	淡水河油車口	中央氣象局
竹圍潮位站	1116	121° 14' 07"	25° 07' 12"	桃園竹圍漁港	中央氣象局
箔子寮潮位站	1156	120° 08' 15"	23° 37' 07"	雲林箔子寮漁港	中央氣象局
東港潮位站	1186	120° 26' 15"	22° 27' 50"	東港漁港	中央氣象局
麟山鼻潮位站	1206	121° 30' 38"	25° 17' 04"	石門鄉麟山鼻漁港	中央氣象局
台北港潮位站	1306	121° 23' 33"	25° 09' 18"	台北港第 3 港埠	中央氣象局
塭港潮位站	1366	120° 07' 21"	23° 28' 00"	塭港村漁港近海 1 公里觀測樁	中央氣象局
小琉球潮位站	1386	120° 22' 52"	22° 21' 13"	屏東琉球漁港	中央氣象局
台中港潮位站	1436	120° 31' 59"	24° 17' 16"	台中港 4 號碼頭	內政部
芳苑潮位站	1446	120° 17' 50"	23° 54' 53"	芳苑鄉新街村西邊堤坊外	水利署
麥寮潮位站	1456	120° 09' 37"	23° 47' 10"	雲林台塑六輕麥寮專用港西防波堤	水利署
高雄潮位站	1486	120° 17'18"	22° 36' 52"	高雄港	內政部
蟳廣嘴潮位站	1496	120° 42' 43"	21° 59' 08"	恆春山海漁港南岸碼頭上	水利署
基隆潮位站	1516	121° 45' 05"	25° 09' 18"	基隆港西 33 號碼頭	中央氣象局
嘉和潮位站	1795	120° 37' 35"	22° 19' 26"	屏東枋寮鄉嘉祿堂村海堤	水利署
澎湖潮位站	1356	119° 34' 41"	23° 33' 42"	澎湖馬公港	中央氣象局
蘭嶼潮位站	1396	121° 29' 59"	22° 03' 35"	蘭嶼開元漁港	中央氣象局
綠島潮位站	1676	121° 27' 53"	22° 39' 44"	綠島南寮漁港北岸碼頭	水利署
馬祖潮位站	1926	119° 56' 34"	26° 09' 42"	福澳港	內政部
料羅灣潮位站	1956	118° 25' 48"	24° 24' 31"	金門料羅灣港南岸碼頭	水利署
水頭潮位站	1966	118° 17' 21"	24° 25' 16"	金門水頭商港東防波堤頭	水利署

2. 精度評估基準

針對上述潮位分析之精度評估基準係以均方根誤差*(Root Mean Square of Error)*及相關係數*(correl. coef.)*為之，其定義如下：

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_m - y_p)^2}{n-1}} \tag{5-7}$$

$$correl.\ coef. = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_{mi} - \bar{y}_m)(y_{pi} - \bar{y}_p)}{\left[\sum_{i=1}^{N}(y_{mi} - \bar{y}_m)^2 \sum_{i=1}^{N}(y_{pi} - \bar{y}_p)^2\right]^{1/2}} \tag{5-8}$$

式中， y_{mi} 與 y_{pi} 分別表示逐時之實測與預報值，n為實測紀錄總數，而 $\bar{y}_m$ 、 $\bar{y}_p$ 分別為紀錄期間所對應之平均值。

3. 潮位修正精度評估門檻

水深測量潮位修正精度評估基準係以美國工兵署水深測量手冊內，對內水潮位修正之預估誤差(3~5cm)及在海岸地區潮位修正之預估誤差(7~15cm)作為評估門檻，故均方根誤差宜在15cm以內。[11]、[29]

(四)潮位精度分析結果

1. 沿岸35處測站潮位精度分析

將沿岸35處測站潮位逐時之2年實測值y_m (2007年1月1日1時至2008年12月31日24時)與對應相同時刻以模式推估之預報值y_p 點繪部分潮位站之結果如圖5-20至圖5-22所示。該沿岸35處潮位站潮位精度之分析結果列於表5-6。由統計分析知，當以2年之數據分析之，其均方根誤差介於9.6~ 40.8cm間，均方根誤差平均值為19.7cm，略高於潮位修正精度評估門檻。而標準偏差為8.2cm。尚有43%測站之均方根誤

差在15cm以內。而除嘉和潮位站外，相關係數在0.785~0.986間。

若實測潮位與推估潮位吻合，則大多數之實測點與推估點應遍佈於45度線鄰近，其部分以NAO99b模式模擬結果與實測比對之100%線偏向比對圖，示於下圖5-23至圖5-29。35站中，除東港、烏石、芳苑、嘉和及淡水等5站外，其他各站相關係數皆在0.9(含)以上。

2. 沿岸35處測站分時段潮位精度分析

若將沿岸35處測站潮位逐時之2年實測值y_m區分為2007全年、6月前半年、6月後半年三個時段，以及2008全年、6月前半年、6月後半年三個時段分析之，則2007全年、6月前半年、6月後半年三個時段之均方根誤差平均值分別為19.8cm、18.3cm、20.2cm，略高於潮位修正精度評估門檻。而標準偏差分別為13.8cm、14.6cm、13.2cm。而2008全年、6月前半年、6月後半年三個時段之均方根誤差平均值則分別為21.6cm、20.9cm、22.4cm，亦略高於潮位修正精度評估門檻。而標準偏差則分別為18.5cm、17.8cm、19.8cm。而除嘉和及芳苑潮位站外，相關係數在0.643~0.993間。

沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析結果列於表 5-7，而部分潮位站實測值應用 360 小時 (=15 天*24 小時/天)移動平均移除趨勢線後之精度分析結果則繪製於圖 5-30~圖 5-32。

設於臺灣本島及離島之沿岸 35 處潮位站資料，經分析顯示，少部分潮位站有基準不同、觀測數據缺漏量大的情況，而導致分析比較時誤差偏高，考量此因素可能影響臺灣海域等潮位圖、臺灣海域等潮時圖及臺灣海域等潮區圖繪製之精度，故上述三圖繪製時之沿岸潮位站數據仍以 NAO99b 預報之潮位值為之，即統一以 NAO99b 預報資料施作。

目前由沿岸 35 處測站潮位精度分析及分時段潮位精度分析結果初步確認，實測潮位與 NAO99b 預報潮位之吻合性尚不差。

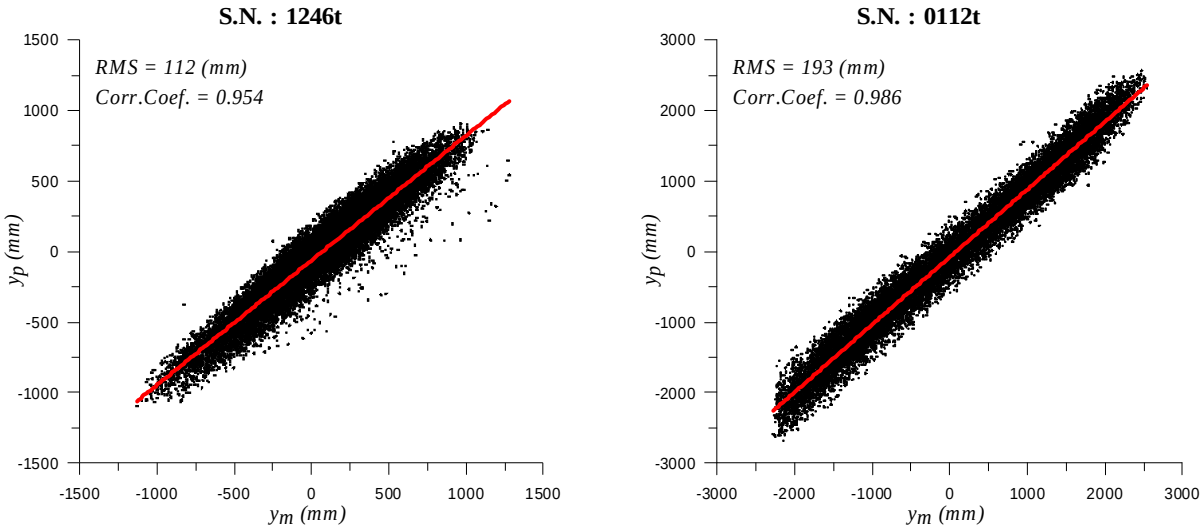


圖5-20 蘇澳、新竹潮位站潮位精度分析圖

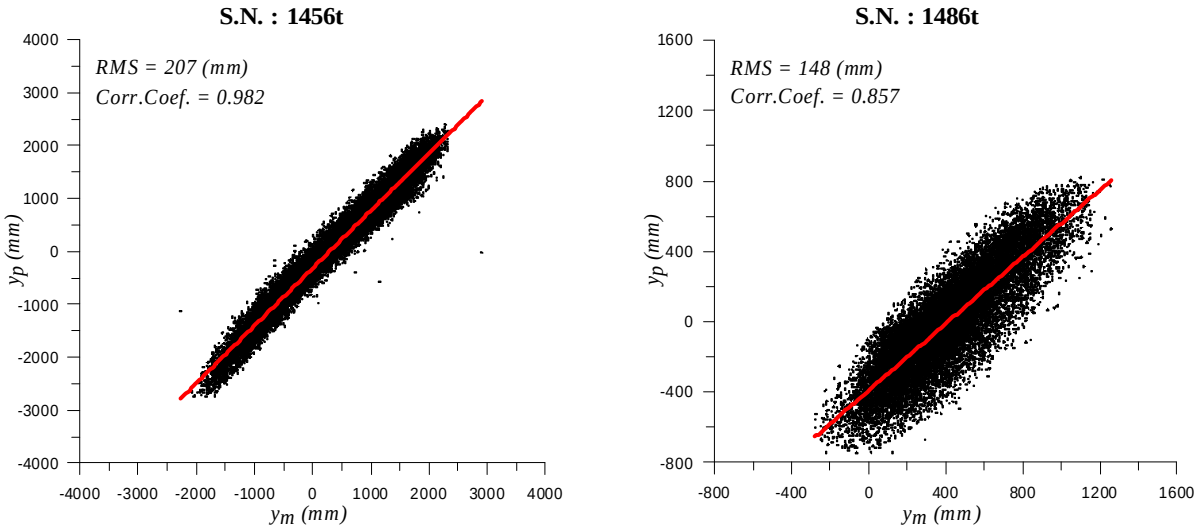


圖5-21 麥寮、高雄潮位站潮位精度分析圖

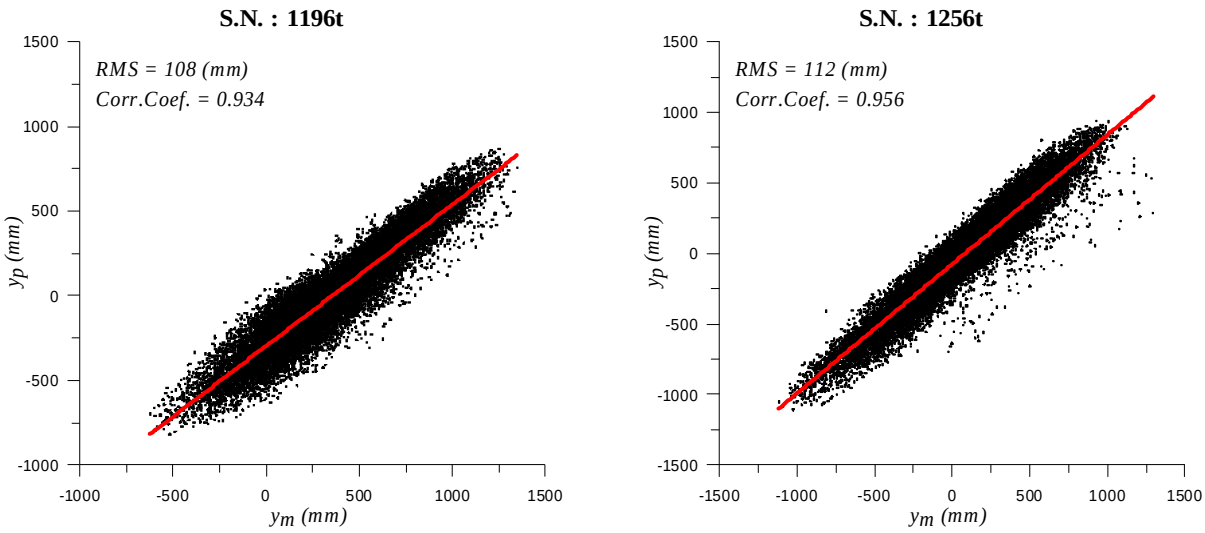


圖5-22 後壁湖、花蓮潮位站潮位精度分析圖

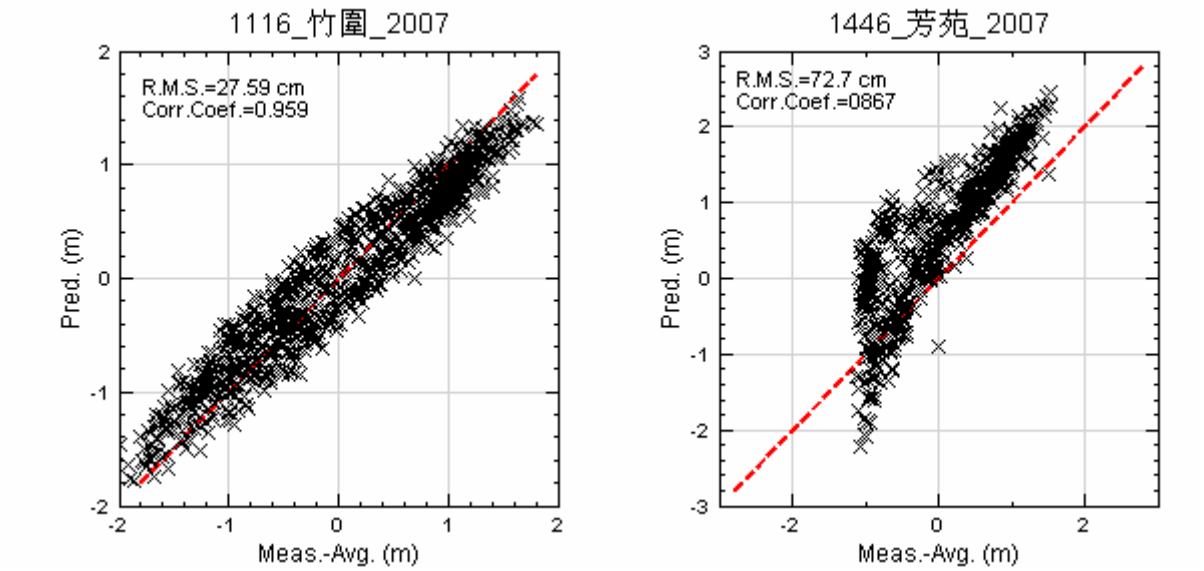


圖 5-23 模擬結果與實測比對 100%線偏向比對圖(竹圍、芳苑)

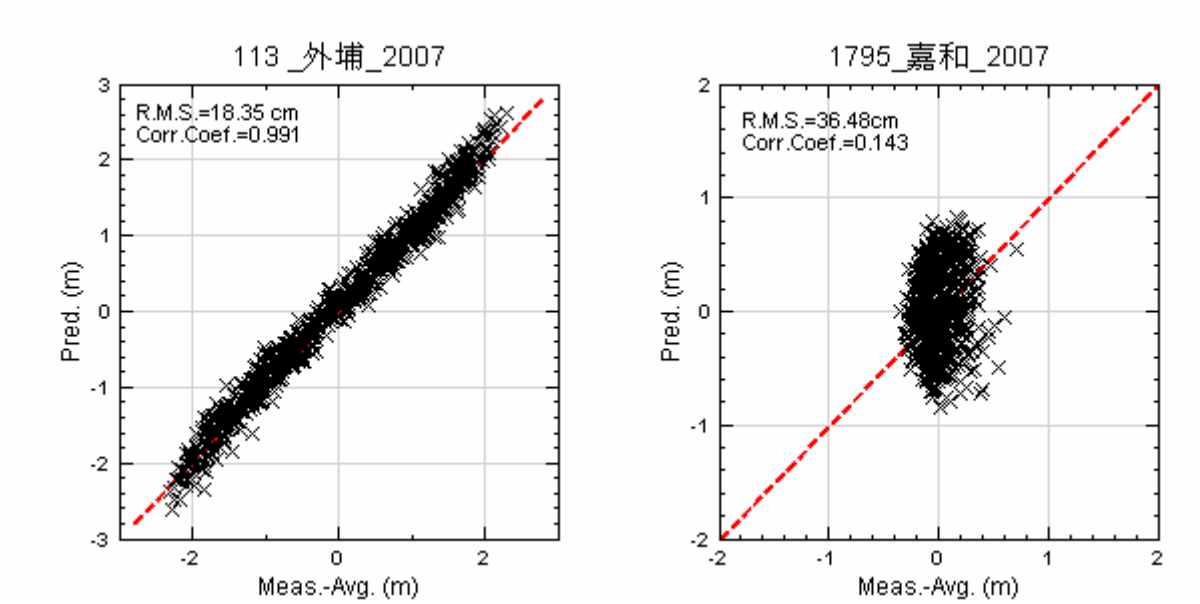


圖 5-24 模擬結果與實測比對 100%線偏向比對圖(外埔、嘉和)

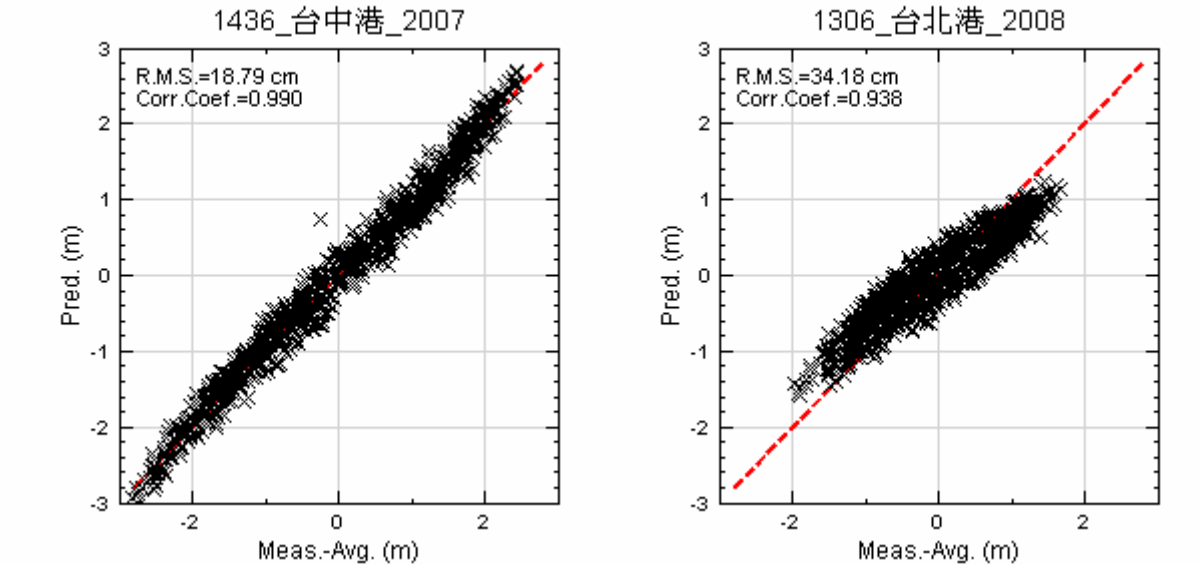


圖 5-25 模擬結果與實測比對 100%線偏向比對圖(台中港、台北港)

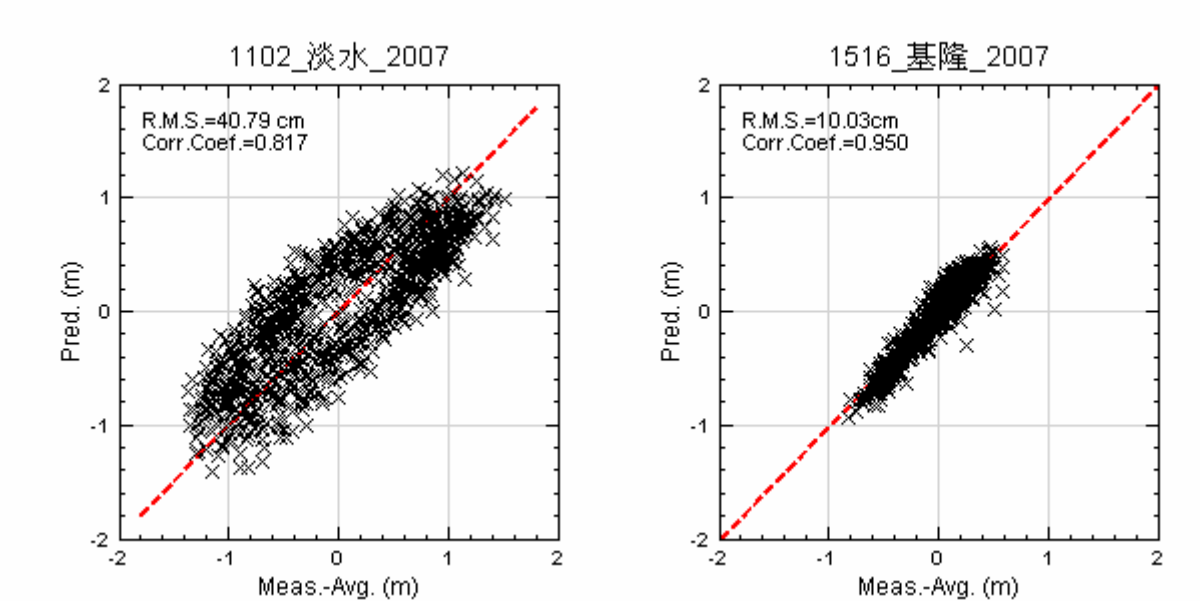


圖 5-26 模擬結果與實測比對 100%線偏向比對圖(淡水、基隆)

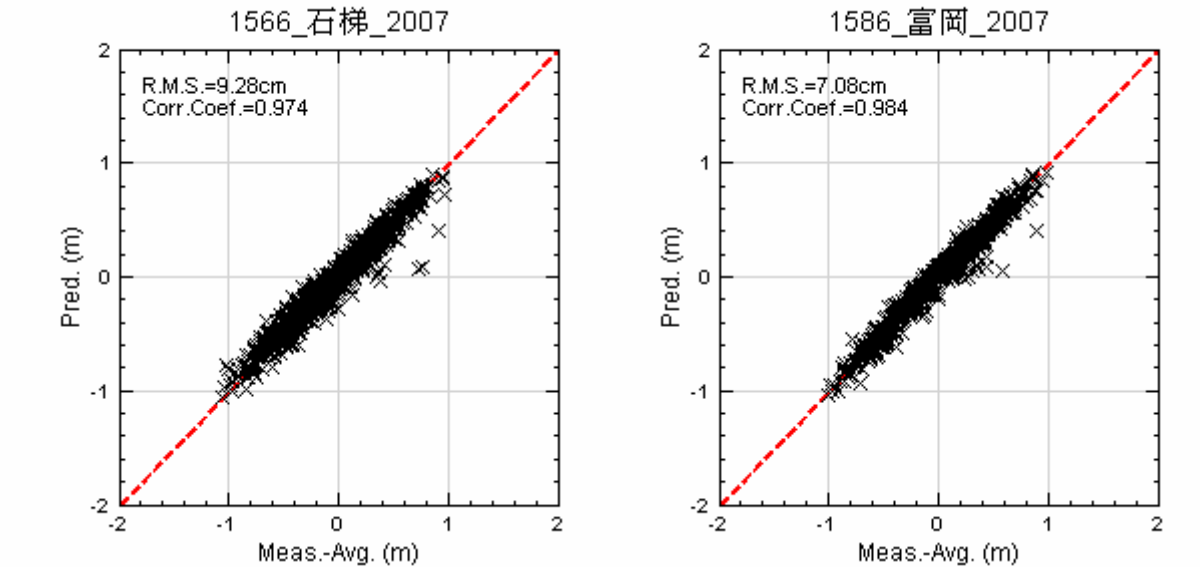


圖 5-27 模擬結果與實測比對 100%線偏向比對圖(石梯、富岡)

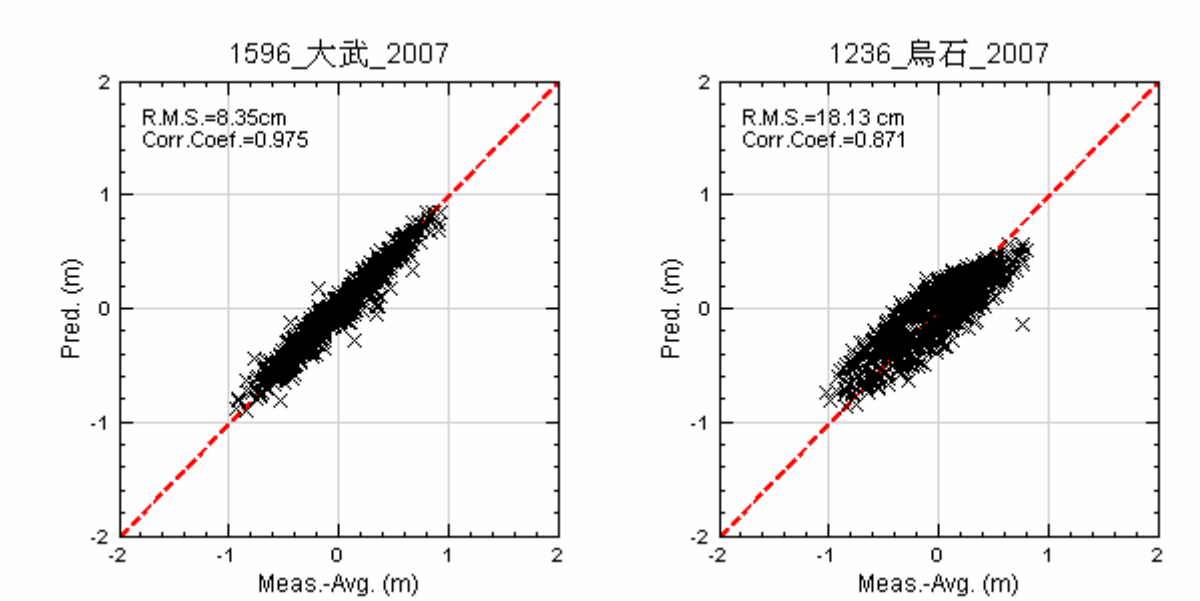


圖 5-28 模擬結果與實測比對 100%線偏向比對圖(大武、烏石)

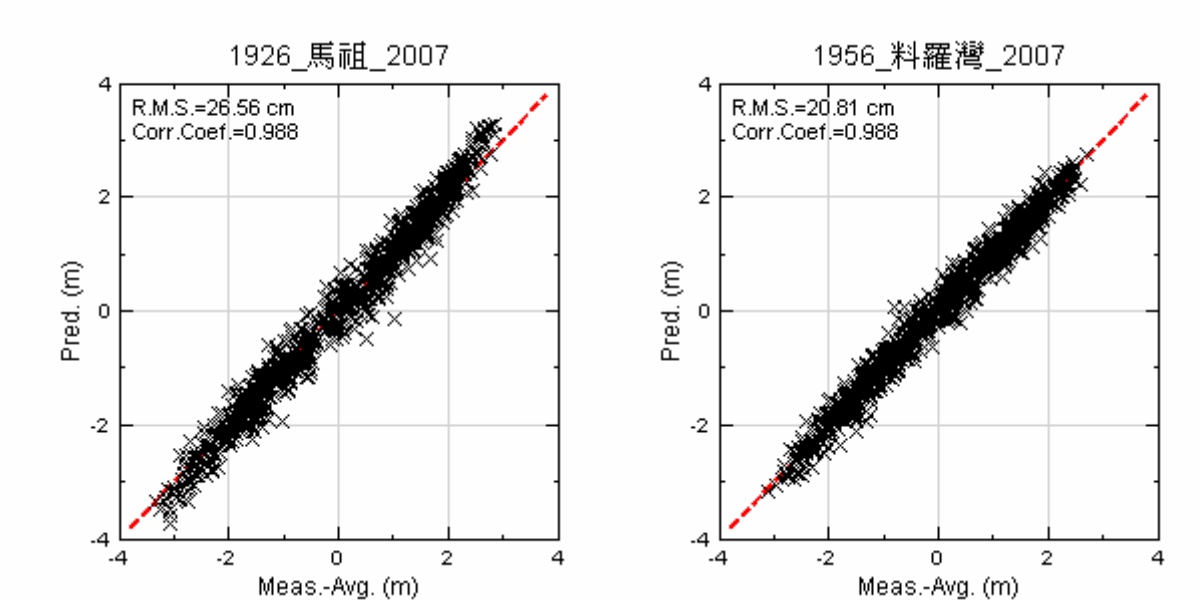


圖 5-29 模擬結果與實測比對 100%線偏向比對圖(馬祖、料羅灣)

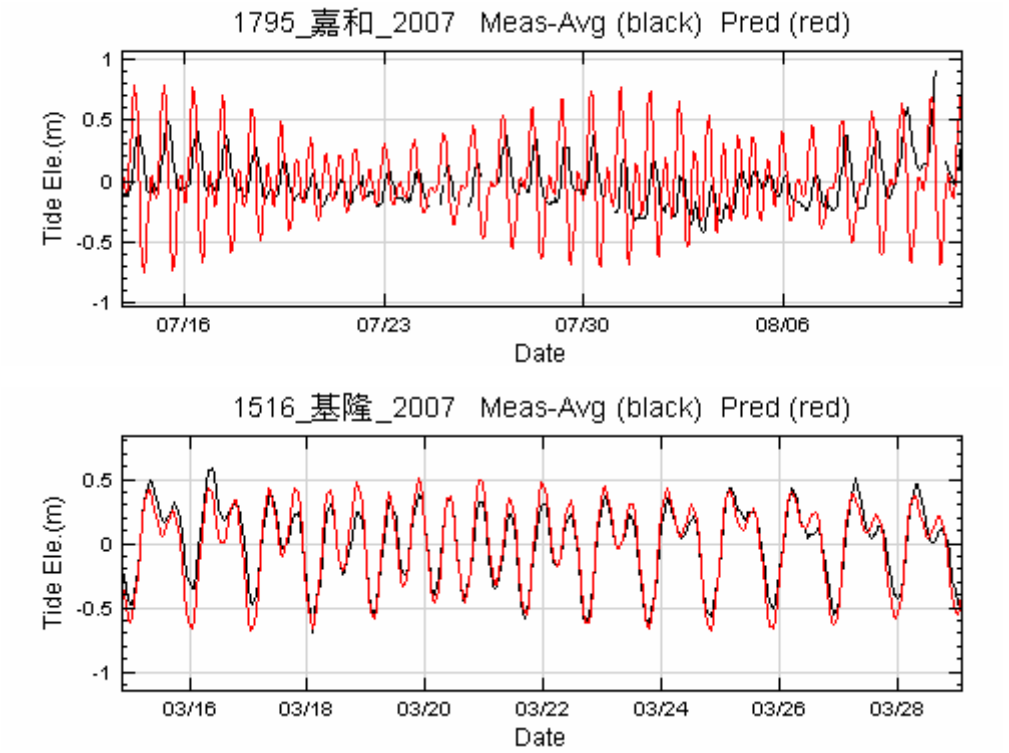


圖5-30 嘉和、基隆潮位站實測潮位移動平均精度分析圖

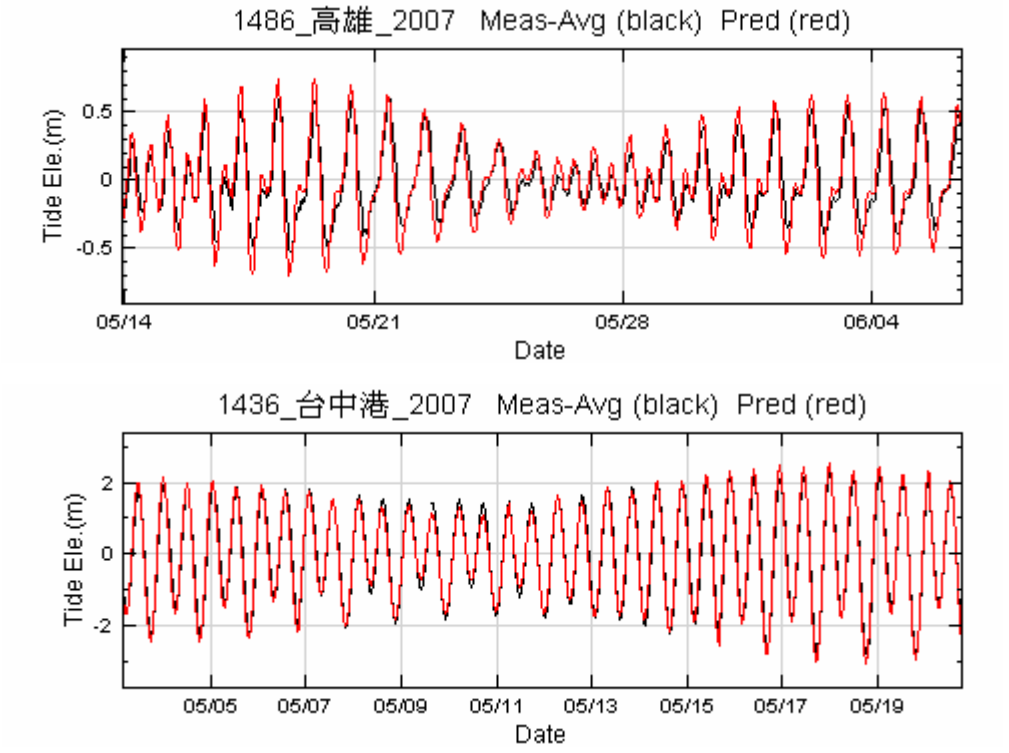


圖5-31 高雄、台中港潮位站實測潮位移動平均精度分析圖

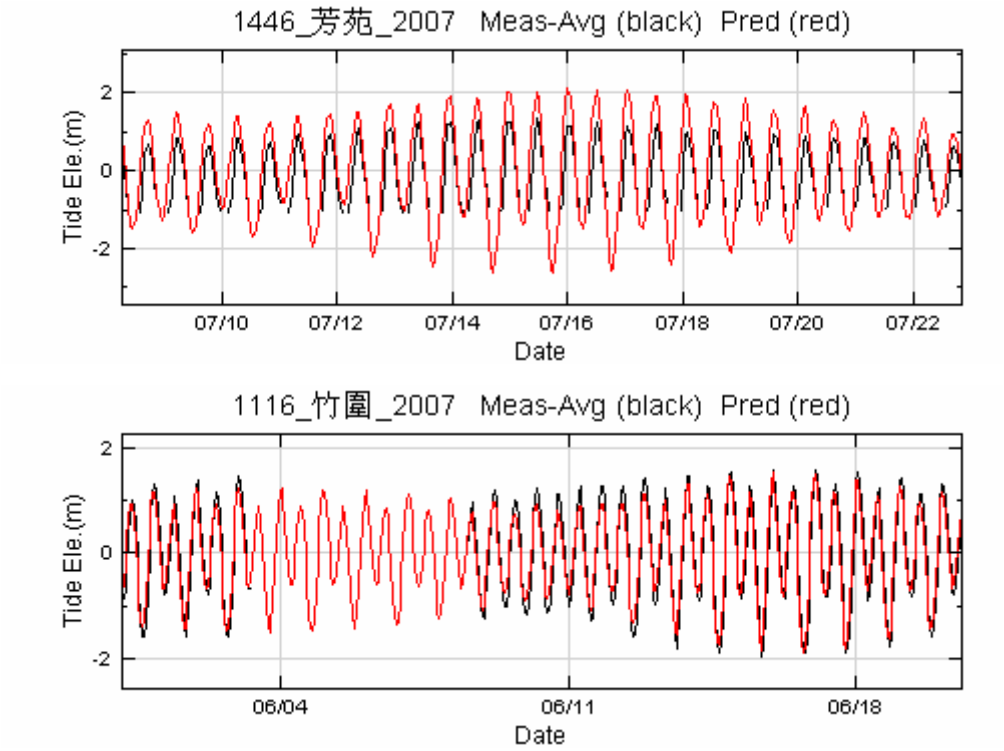


圖5-32 芳苑、竹圍潮位站實測潮位移動平均精度分析圖

表5-6 沿岸35處潮位站潮位精度分析表

站號_站名_年份 Sta.Num._ Name_Year	均方根誤差 RMS(cm)	相關係數 Corr.Coef	缺漏點數 Gap_Pts	總點數 Tot_pts	缺漏率 Gaps_%
1102_淡水_2007-2008	35.6	0.785	1410	17546	8.04%
1116_竹圍_2007-2008	24.8	0.947	939	17546	5.35%
0112_新竹_2007-2008	19.3	0.986	616	17546	3.51%
0113_外埔_2007-2008	21.4	0.985	2809	17546	16.01%
1156_箔子寮_2007-2008	24.6	0.971	601	17546	3.43%
1162_東石_2007-2008	28.8	0.948	1767	17546	10.07%
1176_將軍_2007-2008	13.0	0.947	537	17546	3.06%
1186_東港_2007-2008	17.4	0.812	1239	17546	7.06%
1196_後壁湖_2007-2008	10.8	0.934	813	17546	4.63%
1206_麟山鼻_2007-2008	28.5	0.826	616	17546	3.51%
1226_龍洞_2007-2008	15.0	0.854	314	17546	1.79%
1236_烏石_2007-2008	16.0	0.829	423	17546	2.41%
1246_蘇澳_2007-2008	11.2	0.954	283	17546	1.61%
1256_花蓮_2007-2008	11.2	0.956	279	17546	1.59%
1276_成功_2007-2008	10.5	0.962	225	17546	1.28%
1306_台北港_2007-2008	23.0	0.927	8470	17546	48.27%
1356_澎湖_2007-2008	20.9	0.955	811	17546	4.62%
1366_塭港_2007-2008	32.8	0.932	574	17546	3.27%
1386_小琉球_2007-2008	15.1	0.856	380	17546	2.17%
1396_蘭嶼_2007-2008	12.7	0.934	3529	17546	20.11%
1436_台中港_2007-2008	20.9	0.987	1350	17546	7.69%
1446_芳苑_2007-2008	40.8	0.883	9463	17546	53.93%
1456_麥寮_2007-2008	20.7	0.982	783	17546	4.46%
1486_高雄_2007-2008	14.8	0.857	1607	17546	9.16%
1496_蟳廣嘴_2007-2008	14.7	0.875	152	17546	0.87%
1516_基隆_2007-2008	16.1	0.853	1238	17546	7.06%
1566_石梯_2007-2008	11.7	0.953	614	17546	3.50%
1586_富岡_2007-2008	10.1	0.965	802	17546	4.57%
1596_大武_2007-2008	9.6	0.960	1673	17546	9.53%
1676_綠島_2007-2008	11.7	0.951	790	17546	4.50%
1786_永安_2007-2008	12.2	0.898	50	17546	0.28%
1795_嘉和_2007-2008	34.1	0.007	4246	17546	24.20%
1926_馬祖_2007-2008	29.7	0.983	4059	17546	23.13%
1956_料羅灣_2007-2008	24.2	0.983	120	17546	0.68%
1966_水頭_2007-2008	24.8	0.982	377	17546	2.15%

表5-7 沿岸35處潮位站分時段潮位精度分析表

Sta.Num._Name_Year		Avg_M(cm)	Avg_P(cm)	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
1102_淡水_2007	Before June	0.01	2.92	39.39	0.835	139	4344	3.2
1102_淡水_2007	After June	0.06	1.43	42.23	0.800	293	4417	6.63
1102_淡水_2007	Full Year	0.02	2.17	40.84	0.817	432	8761	4.93
1102_淡水_2008	Before June	0.09	0.68	42.26	0.788	477	4368	10.92
1102_淡水_2008	After June	0.13	7.05	43.51	0.777	501	4417	11.34
1102_淡水_2008	Full Year	0.11	3.87	42.9	0.781	978	8785	11.13
1116_竹圍_2007	Before June	0.03	-0.05	26.62	0.960	132	4344	3.04
1116_竹圍_2007	After June	0.02	-0.09	28.64	0.959	366	4417	8.29
1116_竹圍_2007	Full Year	0.01	-0.08	27.67	0.959	498	8761	5.68
1116_竹圍_2008	Before June	0.02	0.17	28.43	0.959	189	4368	4.33
1116_竹圍_2008	After June	0.01	-0.12	29.86	0.959	252	4417	5.71
1116_竹圍_2008	Full Year	0.01	0.02	29.18	0.959	441	8785	5.02
0112_新竹_2007	Before June	0.01	2.9	14.98	0.992	179	4344	4.12
0112_新竹_2007	After June	0	2.31	15.82	0.992	52	4417	1.18
0112_新竹_2007	Full Year	-0.02	2.57	15.45	0.992	231	8761	2.64
0112_新竹_2008	Before June	-0.01	2.16	15.85	0.991	159	4368	3.64
0112_新竹_2008	After June	-0.02	4.92	16.54	0.992	226	4417	5.12
0112_新竹_2008	Full Year	-0.01	3.53	16.19	0.991	385	8785	4.38
0113_外埔_2007	Before June	0.05	11.05	20.01	0.991	207	4344	4.77
0113_外埔_2007	After June	-0.06	5.62	16.49	0.993	1069	4417	24.2
0113_外埔_2007	Full Year	-0.02	8.59	18.5	0.991	1276	8761	14.56

表 5-7 沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析表(續)

Sta.Num._Name_Year	Avg_M(cm)	Avg_P(cm)	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
0113_外埔_2008 Before June	0.26	13.78	25.65	0.984	1473	4368	33.72
0113_外埔_2008 After June	0.01	2.9	16.7	0.992	60	4417	1.36
0113_外埔_2008 Full Year	0.1	7.24	20.73	0.988	1533	8785	17.45
1156_箔子寮_2007 Before June	0.01	-0.04	30.72	0.981	40	4344	0.92
1156_箔子寮_2007 After June	0.02	0.26	29.17	0.980	171	4417	3.87
1156_箔子寮_2007 Full Year	0.01	0.09	29.89	0.980	211	8761	2.41
1156_箔子寮_2008 Before June	0.02	-0.28	28.68	0.983	349	4368	7.99
1156_箔子寮_2008 After June	-0.01	-0.33	28.32	0.982	41	4417	0.93
1156_箔子寮_2008 Full Year	0	-0.31	28.45	0.983	390	8785	4.44
1162_東石_2007 Before June	0	0.04	40.58	0.970	133	4344	3.06
1162_東石_2007 After June	0.02	0.44	39.85	0.966	376	4417	8.51
1162_東石_2007 Full Year	0.01	0.23	40.14	0.968	509	8761	5.81
1162_東石_2008 Before June	-0.08	-0.55	39.18	0.972	931	4368	21.31
1162_東石_2008 After June	-0.01	-0.32	41.51	0.965	327	4417	7.4
1162_東石_2008 Full Year	-0.04	-0.43	40.42	0.968	1258	8785	14.32
1176_將軍_2007 Before June	-0.06	-0.14	9.92	0.974	194	4344	4.47
1176_將軍_2007 After June	0	0.1	10.97	0.970	61	4417	1.38
1176_將軍_2007 Full Year	-0.04	-0.02	10.5	0.971	255	8761	2.91
1176_將軍_2008 Before June	0	-0.03	10.63	0.972	255	4368	5.84
1176_將軍_2008 After June	0.01	-0.01	11.1	0.970	27	4417	0.61
1176_將軍_2008 Full Year	0	-0.02	10.9	0.971	282	8785	3.21
1186_東港_2007 Before June	0.01	0.02	15.75	0.854	125	4344	2.88

表 5-7 沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析表(續)

Sta.Num._Name_Year	Avg_M(cm)	Avg_P(cm)	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
1186_東港_2007 After June	0	-0.02	16.19	0.850	37	4417	0.84
1186_東港_2007 Full Year	0.01	0	15.98	0.851	162	8761	1.85
1186_東港_2008 Before June	0.01	0.5	15.5	0.854	312	4368	7.14
1186_東港_2008 After June	0.07	0.3	16.16	0.856	765	4417	17.32
1186_東港_2008 Full Year	0.04	0.41	15.83	0.854	1077	8785	12.26
1196_後壁湖_2007 Before June	-0.01	-0.08	7.62	0.972	91	4344	2.09
1196_後壁湖_2007 After June	-0.03	-0.13	9.26	0.964	184	4417	4.17
1196_後壁湖_2007 Full Year	-0.02	-0.1	8.44	0.968	275	8761	3.14
1196_後壁湖_2008 Before June	-0.04	-0.14	8.38	0.966	446	4368	10.21
1196_後壁湖_2008 After June	0	0.17	10.67	0.951	92	4417	2.08
1196_後壁湖_2008 Full Year	-0.02	0.02	9.61	0.958	538	8785	6.12
1206_麟山鼻_2007 Before June	0.01	0.12	23.29	0.927	193	4344	4.44
1206_麟山鼻_2007 After June	0	0.26	24.31	0.925	124	4417	2.81
1206_麟山鼻_2007 Full Year	-0.01	0.18	23.83	0.926	317	8761	3.62
1206_麟山鼻_2008 Before June	0	0.26	23.63	0.929	292	4368	6.68
1206_麟山鼻_2008 After June	0	-0.01	24.9	0.923	7	4417	0.16
1206_麟山鼻_2008 Full Year	0	0.12	24.33	0.926	299	8785	3.4
1226_龍洞_2007 Before June	0.02	0.22	10.37	0.935	155	4344	3.57
1226_龍洞_2007 After June	0	0.09	11.5	0.921	40	4417	0.91
1226_龍洞_2007 Full Year	0.01	0.15	10.96	0.928	195	8761	2.23
1226_龍洞_2008 Before June	-0.01	-0.02	9.73	0.941	109	4368	2.5
1226_龍洞_2008 After June	0	-0.01	10.85	0.929	10	4417	0.23

表 5-7 沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析表(續)

Sta.Num._Name_Year		Avg_M(cm)	Avg_P(cm)	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
1226_龍洞_2008	Full Year	-0.01	-0.02	10.33	0.935	119	8785	1.35
1236_烏石_2007	Before June	-0.01	-0.06	17.94	0.871	190	4344	4.37
1236_烏石_2007	After June	0	0.05	18.31	0.871	27	4417	0.61
1236_烏石_2007	Full Year	0	-0.01	18.13	0.871	217	8761	2.48
1236_烏石_2008	Before June	-0.01	-0.07	17.88	0.869	110	4368	2.52
1236_烏石_2008	After June	0	0.05	18.94	0.870	96	4417	2.17
1236_烏石_2008	Full Year	-0.01	-0.02	18.43	0.869	206	8785	2.34
1246_蘇澳_2007	Before June	-0.01	0.03	5.49	0.991	38	4344	0.87
1246_蘇澳_2007	After June	0	0.07	7.9	0.980	25	4417	0.57
1246_蘇澳_2007	Full Year	0	0.05	6.81	0.986	63	8761	0.72
1246_蘇澳_2008	Before June	-0.01	-0.02	5.55	0.990	167	4368	3.82
1246_蘇澳_2008	After June	-0.01	0.09	8.16	0.979	53	4417	1.2
1246_蘇澳_2008	Full Year	-0.01	0.03	7.01	0.984	220	8785	2.5
1256_花蓮_2007	Before June	-0.01	0.04	5.68	0.989	37	4344	0.85
1256_花蓮_2007	After June	0.01	0.09	8.56	0.976	160	4417	3.62
1256_花蓮_2007	Full Year	0	0.07	7.31	0.983	197	8761	2.25
1256_花蓮_2008	Before June	0	-0.08	5.4	0.990	11	4368	0.25
1256_花蓮_2008	After June	0.01	-0.06	8.75	0.975	71	4417	1.61
1256_花蓮_2008	Full Year	0.01	-0.07	7.31	0.982	82	8785	0.93
1276_成功_2007	Before June	-0.02	0.07	7.55	0.987	148	4344	3.41
1276_成功_2007	After June	0	0.01	10.54	0.972	25	4417	0.57
1276_成功_2007	Full Year	-0.01	0.04	9.25	0.979	173	8761	1.97

表 5-7 沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析表(續)

Sta.Num._Name_Year		Avg_M(cm)	Avg_P(cm)	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
1276_成功_2008	Before June	0	-0.04	6.93	0.988	20	4368	0.46
1276_成功_2008	After June	0.01	-0.01	10.72	0.970	32	4417	0.72
1276_成功_2008	Full Year	0.01	-0.03	9.06	0.978	52	8785	0.59
1306_台北港_2007	Before June	0	0	0	0	4344	4344	100
1306_台北港_2007	After June	-0.32	1.14	36.83	0.939	3840	4417	86.94
1306_台北港_2007	Full Year	-0.32	1.14	36.98	0.938	8184	8761	93.41
1306_台北港_2008	Before June	-0.02	-0.01	33.3	0.938	202	4368	4.62
1306_台北港_2008	After June	0	-0.11	35.05	0.938	84	4417	1.9
1306_台北港_2008	Full Year	-0.01	-0.06	34.22	0.938	286	8785	3.26
1356_澎湖_2007	Before June	0.01	0.7	14.85	0.979	204	4344	4.7
1356_澎湖_2007	After June	0.01	7.43	19.95	0.963	346	4417	7.83
1356_澎湖_2007	Full Year	0	4.03	17.57	0.970	550	8761	6.28
1356_澎湖_2008	Before June	0.01	-0.03	14.56	0.979	177	4368	4.05
1356_澎湖_2008	After June	0.01	-0.25	15.16	0.979	84	4417	1.9
1356_澎湖_2008	Full Year	0	-0.15	14.87	0.979	261	8785	2.97
1366_塭港_2007	Before June	0.01	0.01	38.13	0.972	0	4344	0
1366_塭港_2007	After June	-0.03	-0.1	37.8	0.969	94	4417	2.13
1366_塭港_2007	Full Year	-0.02	-0.06	37.89	0.971	94	8761	1.07
1366_塭港_2008	Before June	0	-0.1	36.67	0.973	82	4368	1.88
1366_塭港_2008	After June	-0.32	-0.04	40.23	0.940	398	4417	9.01
1366_塭港_2008	Full Year	-0.16	-0.07	38.39	0.957	480	8785	5.46
1386_小琉球_2007	Before June	0.01	0	13.21	0.896	105	4344	2.42

表 5-7 沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析表(續)

Sta.Num._Name_Year	Avg_M(cm)	Avg_P(cm)	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
1386_小琉球_2007 After June	0	0	13.56	0.892	64	4417	1.45
1386_小琉球_2007 Full Year	0.01	0	13.39	0.894	169	8761	1.93
1386_小琉球_2008 Before June	0	0	12.71	0.899	114	4368	2.61
1386_小琉球_2008 After June	-0.01	0.05	13.27	0.898	97	4417	2.2
1386_小琉球_2008 Full Year	0	0.02	13	0.898	211	8785	2.4
1396_蘭嶼_2007 Before June	-0.01	-0.01	8.08	0.977	0	4344	0
1396_蘭嶼_2007 After June	0.02	-0.03	9.42	0.970	1803	4417	40.82
1396_蘭嶼_2007 Full Year	0.01	-0.01	8.66	0.974	1803	8761	20.58
1396_蘭嶼_2008 Before June	7.44	-0.09	45.49	0.643	1454	4368	33.29
1396_蘭嶼_2008 After June	0.03	0.28	10.12	0.965	272	4417	6.16
1396_蘭嶼_2008 Full Year	3.06	0.13	30.25	0.778	1726	8785	19.65
1436_台中港_2007 Before June	0.02	0	18.55	0.990	37	4344	0.85
1436_台中港_2007 After June	0	-0.05	19.06	0.991	431	4417	9.76
1436_台中港_2007 Full Year	-0.01	-0.05	18.82	0.990	468	8761	5.34
1436_台中港_2008 Before June	0	0.13	16.75	0.993	202	4368	4.62
1436_台中港_2008 After June	0.09	0.04	18.13	0.992	680	4417	15.4
1436_台中港_2008 Full Year	0.03	0.08	17.41	0.992	882	8785	10.04
1446_芳苑_2007 Before June	0.11	59.76	75.84	0.853	1830	4344	42.13
1446_芳苑_2007 After June	0.11	53.31	70.49	0.877	1321	4417	29.91
1446_芳苑_2007 Full Year	0.09	56.14	72.85	0.867	3151	8761	35.97
1446_芳苑_2008 Before June	0.86	114.14	100.55	0.523	3543	4368	81.11
1446_芳苑_2008 After June	1.44	117.36	114.39	0.520	2769	4417	62.69

表 5-7 沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析表(續)

Sta.Num._Name_Year		Avg_M(cm)	Avg_P(cm)	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
1446_芳苑_2008	Full Year	7.91	116.22	109.86	0.511	6312	8785	71.85
1456_麥寮_2007	Before June	0.01	0.16	19.41	0.990	5	4344	0.12
1456_麥寮_2007	After June	-0.02	0.07	20.05	0.987	758	4417	17.16
1456_麥寮_2007	Full Year	-0.02	0.1	19.66	0.989	763	8761	8.71
1456_麥寮_2008	Before June	0	0.37	18.78	0.990	15	4368	0.34
1456_麥寮_2008	After June	0	0.07	18.65	0.990	5	4417	0.11
1456_麥寮_2008	Full Year	0	0.21	18.67	0.990	20	8785	0.23
1486_高雄_2007	Before June	0	0.04	10.96	0.931	38	4344	0.87
1486_高雄_2007	After June	-0.1	0.09	12.39	0.905	430	4417	9.74
1486_高雄_2007	Full Year	-0.05	0.06	11.69	0.918	468	8761	5.34
1486_高雄_2008	Before June	-0.01	-0.15	11.78	0.913	206	4368	4.72
1486_高雄_2008	After June	1.12	1.7	13.97	0.875	933	4417	21.12
1486_高雄_2008	Full Year	0.51	0.69	12.84	0.895	1139	8785	12.97
1496_蟳廣嘴_2007	Before June	-0.01	-0.11	11.99	0.921	140	4344	3.22
1496_蟳廣嘴_2007	After June	0	0.02	13.12	0.907	6	4417	0.14
1496_蟳廣嘴_2007	Full Year	0	-0.04	12.56	0.914	146	8761	1.67
1496_蟳廣嘴_2008	Before June	0	0	12.13	0.916	0	4368	0
1496_蟳廣嘴_2008	After June	0	-0.01	14.25	0.888	6	4417	0.14
1496_蟳廣嘴_2008	Full Year	0	-0.01	13.22	0.902	6	8785	0.07
1516_基隆_2007	Before June	0	-0.02	9.78	0.953	2	4344	0.05
1516_基隆_2007	After June	0	-0.06	10.32	0.947	602	4417	13.63
1516_基隆_2007	Full Year	-0.01	-0.04	10.04	0.950	604	8761	6.89

表 5-7 沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析表(續)

Sta.Num._Name_Year		Avg_M(cm)	Avg_P(cm)	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
1516_基隆_2008	Before June	0.01	0.05	10	0.948	158	4368	3.62
1516_基隆_2008	After June	-0.01	0.41	10.53	0.943	476	4417	10.78
1516_基隆_2008	Full Year	-0.01	0.22	10.29	0.946	634	8785	7.22
1566_石梯_2007	Before June	-0.09	-0.2	7.08	0.984	360	4344	8.29
1566_石梯_2007	After June	0.05	0.08	10.99	0.965	197	4417	4.46
1566_石梯_2007	Full Year	-0.02	-0.05	9.33	0.974	557	8761	6.36
1566_石梯_2008	Before June	0	-0.01	6.54	0.986	37	4368	0.85
1566_石梯_2008	After June	0	0.06	10.52	0.967	20	4417	0.45
1566_石梯_2008	Full Year	0	0.02	8.8	0.976	57	8785	0.65
1586_富岡_2007	Before June	-0.02	-0.01	5.4	0.991	748	4344	17.22
1586_富岡_2007	After June	0	0.01	8.25	0.978	27	4417	0.61
1586_富岡_2007	Full Year	-0.01	0	7.15	0.984	775	8761	8.85
1586_富岡_2008	Before June	0	0.02	5.3	0.990	8	4368	0.18
1586_富岡_2008	After June	0	0	8.73	0.976	19	4417	0.43
1586_富岡_2008	Full Year	0	0.01	7.24	0.983	27	8785	0.31
1596_大武_2007	Before June	-0.01	0.03	6.45	0.985	12	4344	0.28
1596_大武_2007	After June	-0.02	-0.01	10.01	0.964	351	4417	7.95
1596_大武_2007	Full Year	-0.01	0.01	8.4	0.974	363	8761	4.14
1596_大武_2008	Before June	0.31	-0.16	7.25	0.979	939	4368	21.5
1596_大武_2008	After June	0	0.04	8.64	0.972	371	4417	8.4
1596_大武_2008	Full Year	0.14	-0.06	8.05	0.975	1310	8785	14.91
1676_綠島_2007	Before June	-0.01	-0.01	7.05	0.983	0	4344	0

表 5-7 沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析表(續)

Sta.Num._Name_Year	Avg_M(cm)	Avg_P(cm)	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
1676_綠島_2007 After June	-0.03	0.07	8.21	0.977	754	4417	17.07
1676_綠島_2007 Full Year	-0.02	0.02	7.66	0.980	754	8761	8.61
1676_綠島_2008 Before June	0	0.03	6.53	0.985	31	4368	0.71
1676_綠島_2008 After June	0	0.03	8.46	0.976	5	4417	0.11
1676_綠島_2008 Full Year	0	0.03	7.62	0.980	36	8785	0.41
1786_永安_2007 Before June	0	-0.36	8.08	0.960	32	4344	0.74
1786_永安_2007 After June	0	0.06	8.81	0.951	13	4417	0.29
1786_永安_2007 Full Year	0	-0.15	8.49	0.955	45	8761	0.51
1786_永安_2008 Before June	0	0.01	7.65	0.962	1	4368	0.02
1786_永安_2008 After June	0	-0.01	8.91	0.949	4	4417	0.09
1786_永安_2008 Full Year	0	0	8.34	0.955	5	8785	0.06
1795_嘉和_2007 Before June	1.79	3.29	40.15	0.105	2249	4344	51.77
1795_嘉和_2007 After June	-0.05	0.2	34.54	0.161	327	4417	7.4
1795_嘉和_2007 Full Year	0.57	1.26	36.56	0.143	2576	8761	29.4
1795_嘉和_2008 Before June	-0.02	0.63	35.59	0.104	1145	4368	26.21
1795_嘉和_2008 After June	0	-0.41	36.85	0.039	525	4417	11.89
1795_嘉和_2008 Full Year	-0.01	0.06	36.36	0.063	1670	8785	19.01
1926_馬祖_2007 Before June	0.01	0.08	26.25	0.989	2	4344	0.05
1926_馬祖_2007 After June	0.04	1.45	26.68	0.987	822	4417	18.61
1926_馬祖_2007 Full Year	0	0.67	26.35	0.988	824	8761	9.41
1926_馬祖_2008 Before June	0	0	24.42	0.989	0	4368	0
1926_馬祖_2008 After June	0.75	48.13	55.72	0.978	3235	4417	73.24

表 5-7 沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析表(續)

Sta.Num._Name_Year	Avg_M(cm)	Avg_P(cm)	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
1926_馬祖_2008 Full Year	0.17	10.25	33.59	0.979	3235	8785	36.82
1956_料羅灣_2007 Before June	0.01	0.26	19.94	0.989	7	4344	0.16
1956_料羅灣_2007 After June	0.01	-0.26	21.59	0.987	6	4417	0.14
1956_料羅灣_2007 Full Year	-0.01	-0.02	20.79	0.988	13	8761	0.15
1956_料羅灣_2008 Before June	0	0.06	20.01	0.989	1	4368	0.02
1956_料羅灣_2008 After June	-0.01	-0.04	21.78	0.987	106	4417	2.4
1956_料羅灣_2008 Full Year	-0.02	-0.01	20.89	0.988	107	8785	1.22
1966_水頭_2007 Before June	0.45	1.29	23.89	0.985	215	4344	4.95
1966_水頭_2007 After June	0.01	-0.07	24.6	0.986	4	4417	0.09
1966_水頭_2007 Full Year	0.19	0.58	24.29	0.985	219	8761	2.5
1966_水頭_2008 Before June	0	0.02	22.36	0.987	7	4368	0.16
1966_水頭_2008 After June	0.03	-0.02	24.29	0.986	151	4417	3.42
1966_水頭_2008 Full Year	0	-0.01	23.34	0.987	158	8785	1.8

3. 潮位分區精度分析

本研究之潮位分區誤差分析係以國內中央氣象局已設潮位站作為檢驗對象。在此以花蓮潮位站及臺中港潮位站為基準站利用臺灣海域等潮區圖推算未知點潮位為例（花蓮潮位站推算宜蘭蘇澳站及臺東富岡站；臺中港潮位站推算新竹站、雲林箔子寮站及嘉義塭港站；臺中港潮位站推算新竹站、臺南將軍站、高雄港站及基隆站，其中臺中港基準站後者係以NAO99b預報為比對對象）。考量海上地形變化因素，一般測量作業時間並不能太長，故本研究分析時段即取2008/06/010時至2008/06/30 24時。

潮位分區精度分析分析步驟說明如下：

(1) 利用臺灣海域等潮區圖求出所有預驗證之潮位站平均潮差與平均高潮間隙之數值。
(2) 以基準潮位站與待驗潮位站之平均潮差比值決定潮位振幅比；平均高潮間隙差值為潮時延遲，此兩值即為潮汐修正參數值。
(3) 利用上述潮汐修正參數值，先將參考基準站之實測潮位修正潮時延遲回同一時間點後，再修正潮位振幅比，即可推算出各待驗站之潮位值。
(4) 最後再以均方根誤差(RMS) 分析結果作為潮位修正精確度判斷依據，其中RMS 愈小，代表誤差較小。

依據美國工兵署水深測量手冊中對於一等水準測量規範說明，內水(inland navigation water)的潮位修正誤差範圍約在3~5cm，海岸地區的潮位修正誤差範圍約在7~15cm，取決於離岸距離、離潮位站距離等因素。由表5-8分析結果發現，以花蓮為驗潮基準站推估蘇澳（約75km）及富岡潮位站（約150km）之均方根誤差約7~8cm，由圖5-33~圖5-34觀之，推估潮位值與實際觀測值甚為吻合。另此兩站與參考站間距離

並不短，然其精度結果卻在誤差範圍內，對照臺灣海域等潮區圖發現此三站位址幾乎在同一潮汐分區上，由此推論即使與潮位站距離稍遠，若能在同一潮汐分區內施行海上作業，其潮位修正精度應是較為可靠的。

表 5-8 以花蓮潮位站為基準站推估待驗站之精度分析表

		潮汐分區值		潮汐修正參數值		
站號	站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
1256	花蓮	1.2621	5.988	-	-	
1246	蘇澳	1.2269	6.093	0.972110	0.105	0.084
1586	富岡	1.2777	5.996	1.012360	0.008	0.077

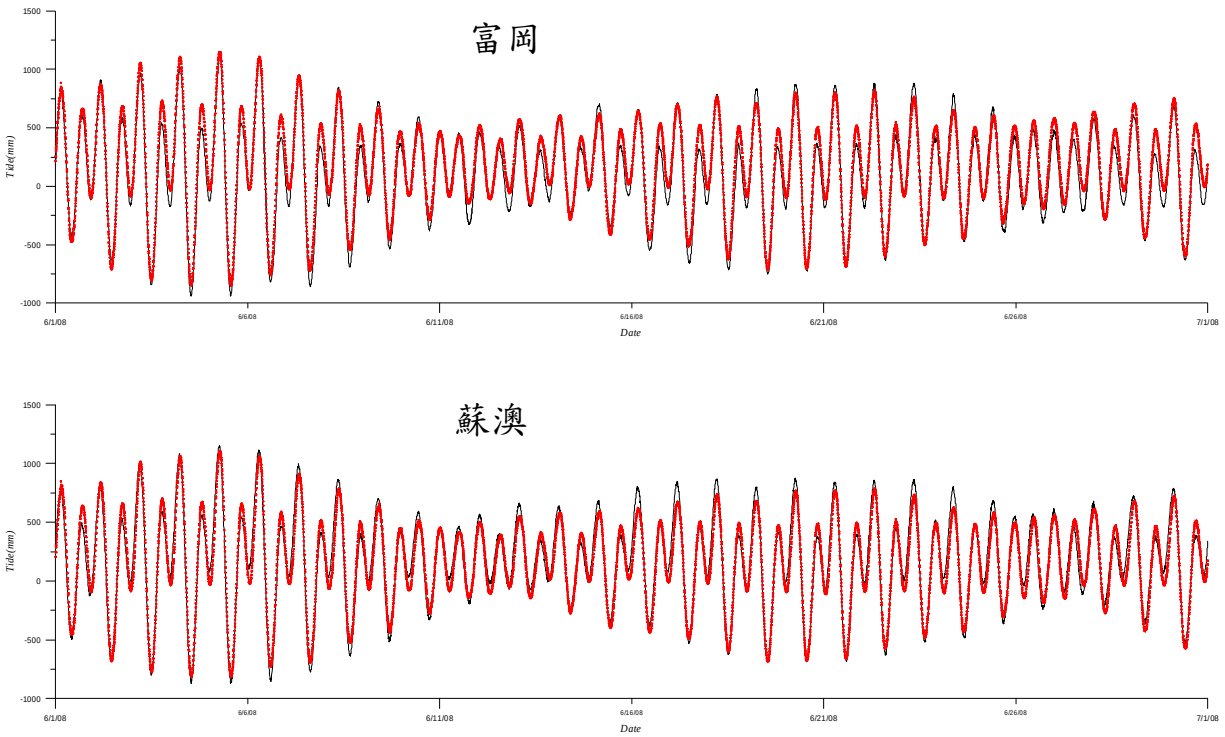


圖5-33 以花蓮潮位站為基準站推估富岡、蘇澳潮位站之時序列比較圖(黑線為實測，紅線為推估值)

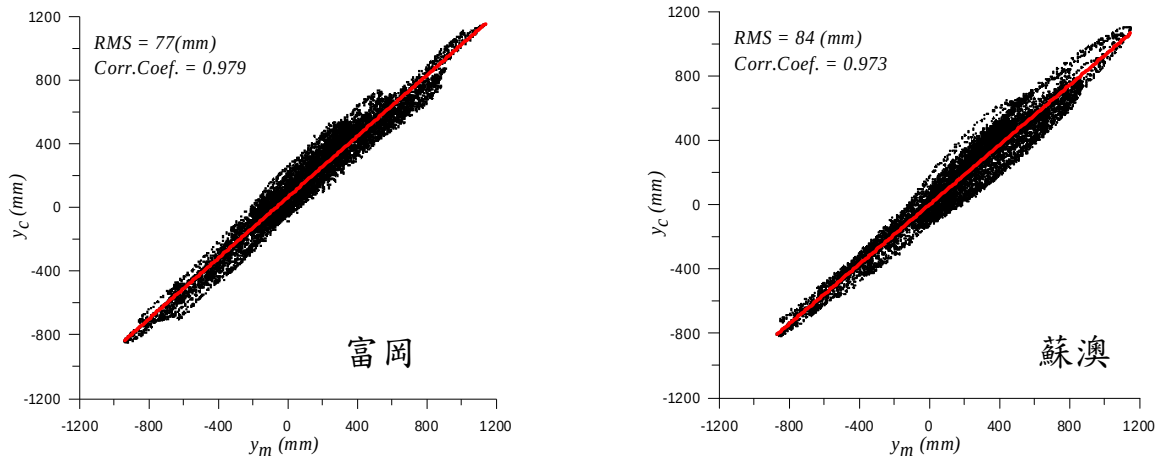


圖5-34 以花蓮潮位站推估富岡、蘇澳潮位站之實測與推估值比較圖

表 5-9 以臺中潮位站為基準站推估待驗站之精度分析表

		潮汐分區值		潮汐修正參數值		
站號	站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
1436	台中	3.9827	10.993	-	-	-
112	新竹	3.6584	10.890	0.918573	-0.102	0.550
1176	將軍	1.2823	10.405	0.321968	-0.588	0.173
1486	高雄	0.9333	6.947	0.234339	-4.046	0.281
1516	基隆	0.9823	9.213	0.246642	-1.780	0.228

由上表5-9分析結果發現，以臺中為驗潮基準站推估新竹（約75km）、將軍（約130km）、高雄（約180km）及基隆潮位站（約200km）之均方根誤差約在17~55cm之間，由圖5-35~圖5-36觀之，新竹站之推估潮位值與實際觀測值時序列雖較為吻合，然其RMS值卻高達0.55m，超出誤差範圍甚多，研判潮位基準可能不同、觀測數據的品質不佳所致；將軍站及高雄站之時序列比較圖可看出推估潮位值較實際觀測值約成一固定值偏低，研判應是基準的不同，另發現此兩站之潮型與臺中潮位站已明顯不同（將軍站及高雄站皆為混合潮，臺中站為半日潮），若刻意以一潮位振幅比來估算待驗站之潮位，似乎較無法達到修正目的；基隆站之推估潮位與實際觀測值時序列圖趨勢上尚

算一致，惟潮型亦與臺中潮位站不同（基隆站為混合潮，臺中站為半日潮），研判可能因此影響其精度。

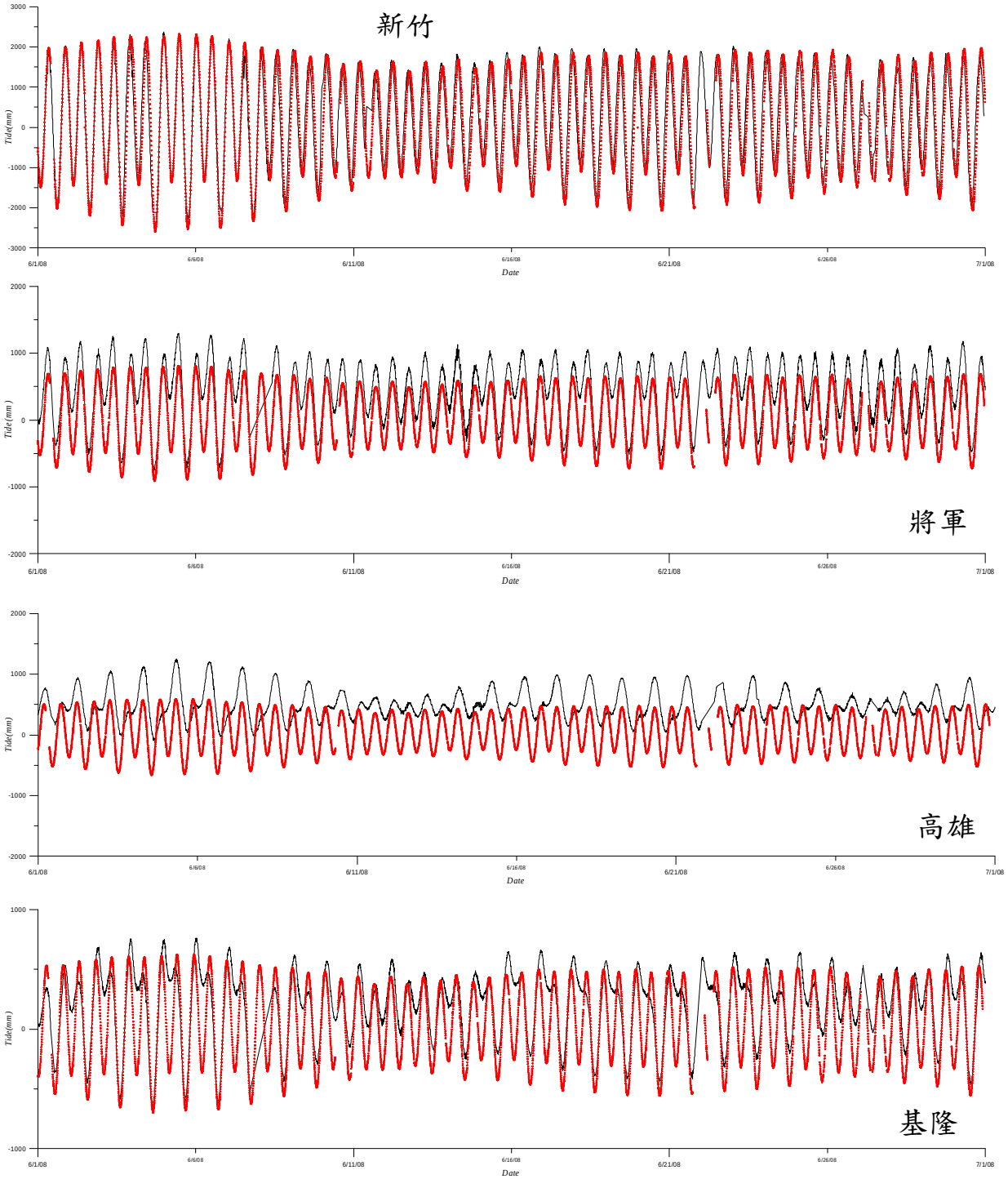


圖5-35 以臺中潮位站為基準站推估新竹、將軍、高雄及基隆潮位站之時序列比較圖(黑線為實測，紅線為推估值)

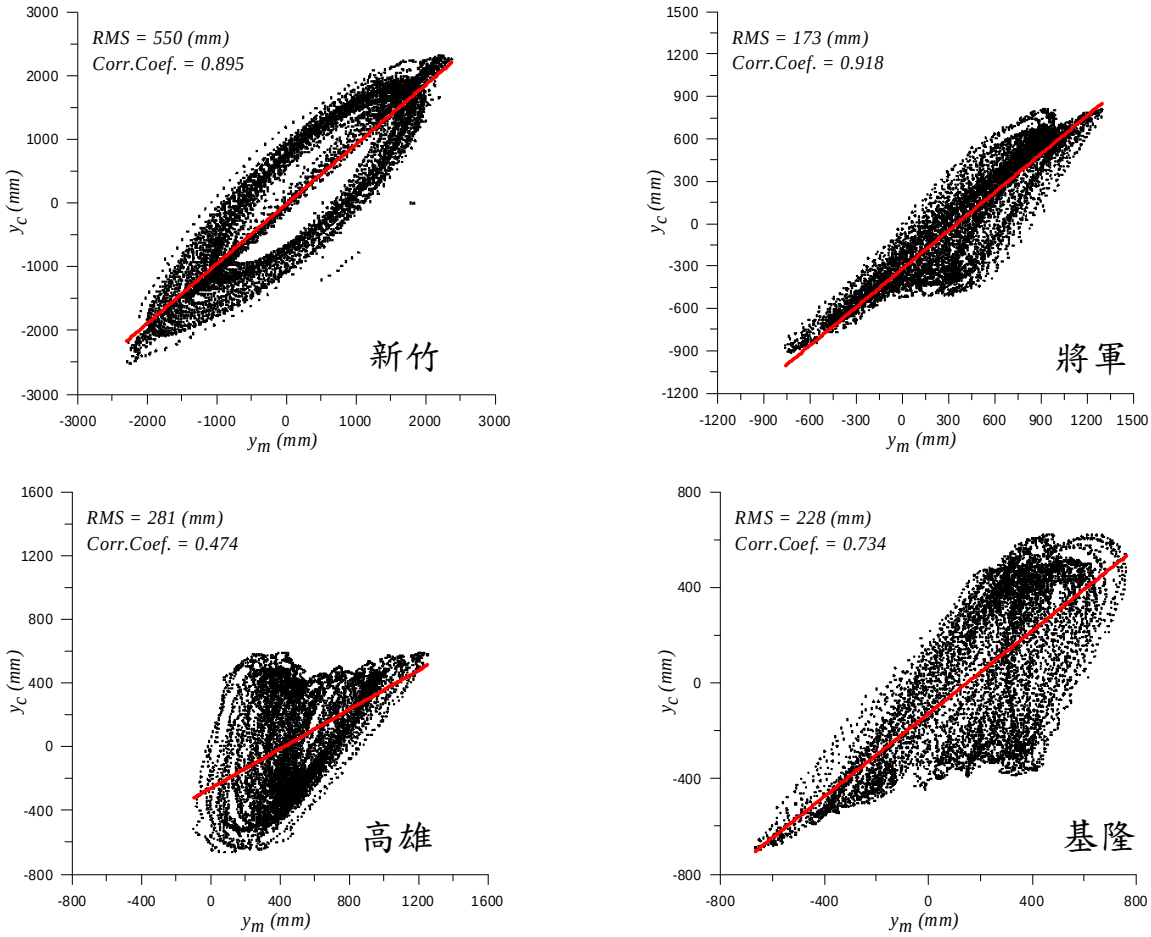


圖5-36 以臺中潮位站為基準站推估新竹、將軍、高雄及基隆潮位站之實測與推估值比較圖

若以潮型相同潮型之潮位站作分析，即以高雄為驗潮基準站(混合潮型)推估永安、將軍、東港及蟳廣嘴等四站（亦皆為混合潮型），其結果列於表5-10，由表中看出，其RMS值已大有改善，除將軍站外，其他均小於15cm之門檻值。

表5-10 以高雄潮位站為基準站推估待驗站之精度分析表

		潮汐分區值		潮汐修正參數值		
站號	站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
1486	高雄	0.9333	6.947	-	-	-
1786	永安	0.8661	8.971	0.927997	2.024	0.146
1176	將軍	1.2823	10.405	1.373942	3.458	0.265
1186	東港	0.9788	6.707	1.048752	-0.240	0.141
1496	蟳廣嘴	1.0061	6.372	1.078003	-0.575	0.057

又由表5-11分析結果發現，以臺中為驗潮基準站（NAO99b預報值）推估新竹（約75km）、箔子寮（約90km）及塭港站（約110km）之均方根誤差約在7~10cm之間，其精度在誤差範圍內，由圖5-37~圖5-38觀之，推估潮位值與NAO99b預報值之時序列極為吻合。此三站與參考站間距離稍遠，且非在同一潮汐分區上，研判主要原因係臺中驗潮基準站潮位值取用NAO99b預報值，在經過修正後之推估潮位值仍與待驗站之NAO99b預報值比較，而不以實際觀測值比對，可忽略基準不同及觀測品質不佳之影響，間接說明了NAO99b模式應可直接利用於海上測量作業時之潮位修正。

表 5-11 以臺中潮位站為基準站推估待驗站之精度分析表(NAO99b 預報值)

		潮汐分區值		潮汐修正參數值		
站號	站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
1436	台中	3.9827	10.993	-	-	
112	新竹	3.6584	10.890	0.918573	-0.102	0.075
1156	箔子寮	3.1121	10.863	0.781405	-0.130	0.076
1366	塭港	2.7375	10.837	0.687348	-0.155	0.103

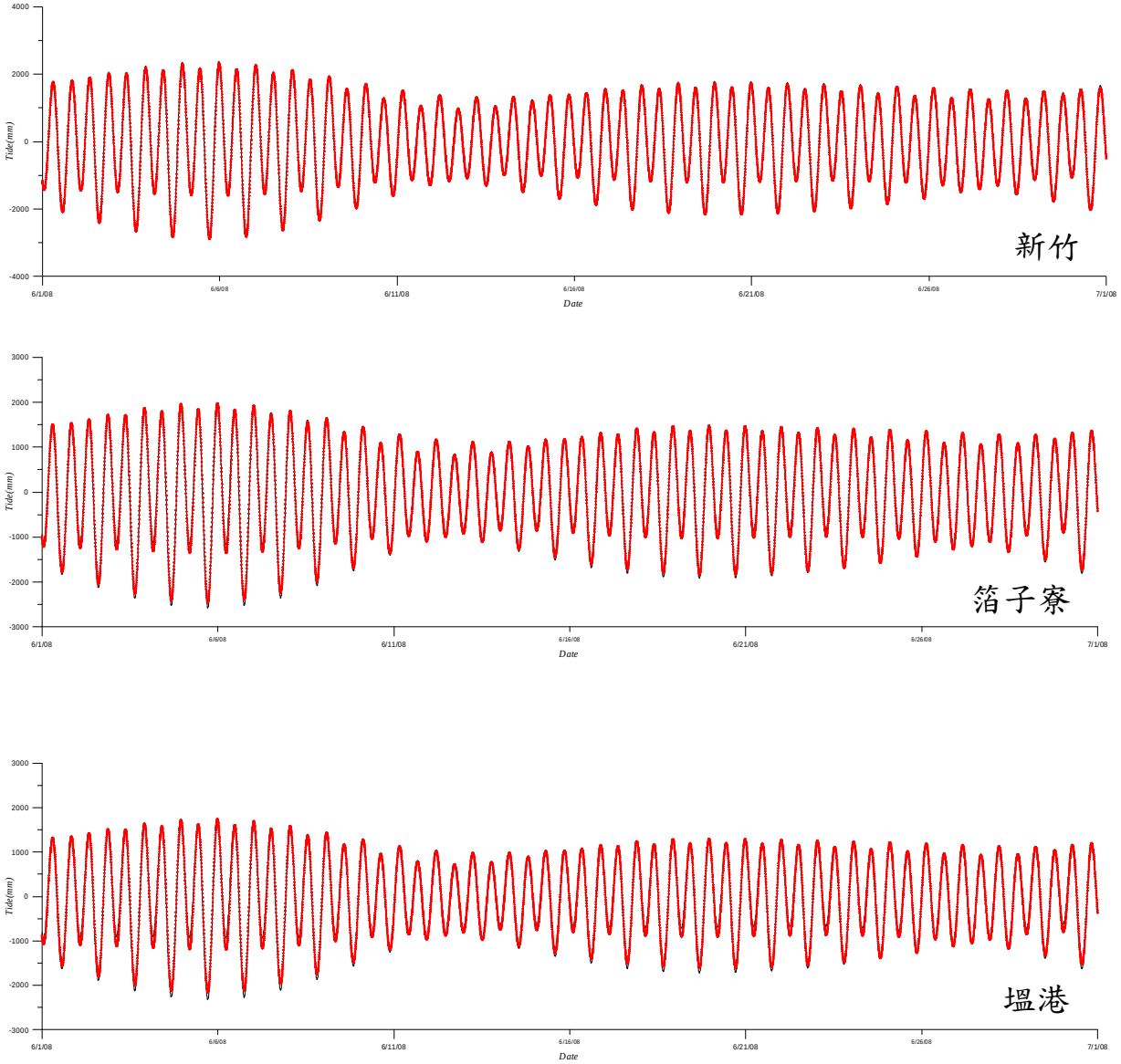


圖5-37 以臺中潮位站為基準站推估新竹、箔子寮及塭港潮位站之時序列比較圖(黑線為NAO99b預測值，紅線為推估值)

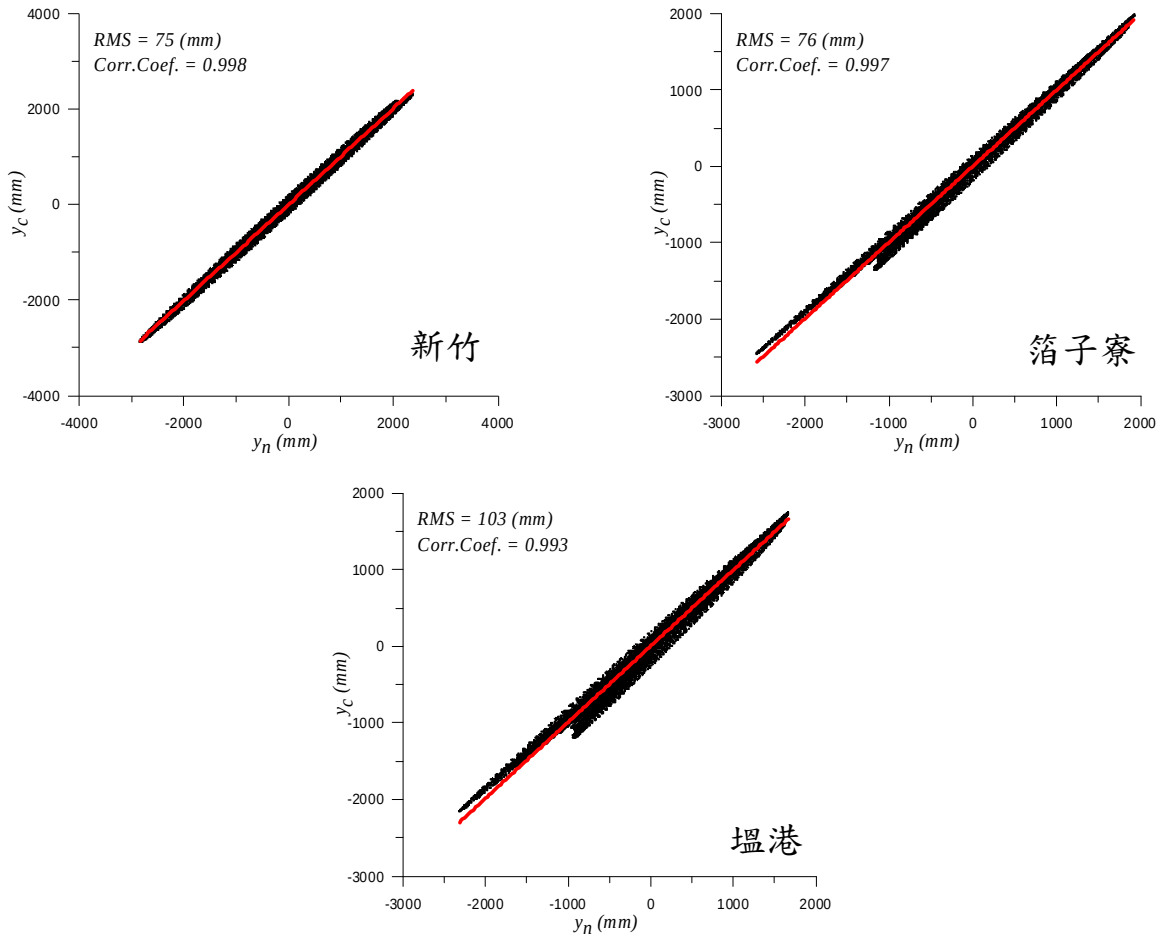


圖 5-38 以臺中潮位站為基準站推估新竹、箔子寮及塭港潮位站之 NAO99b 預測值與推估值比較圖

綜合以上說明，雖然表5-7以實測值作為驗證其精度並不理想，推測原因除上述之潮位觀測品質與基準原因外，另臺灣海域等潮區圖係利用NAO99b模式預報所建置而成，與實測值應有某種程度上的誤差，這是無可避免的，任何模式都有其誤差存在，不能盡善盡美，因此若要降低誤差，則在利用臺灣海域等潮區圖進行潮位修正時，盡量引用同潮位分區之潮位站數據，且應避免使用不同潮型之潮位站作為修正依據。另若不使用該圖作修正，則直接以NAO99b模式進行海上測量作業之潮位修正也不失為一個好選擇。至於潮位站之分潮比對如表5-12，其分潮間之差異亦僅在5%左右。

表 5-12 潮位站分潮比對表

站名	NAO預測				實測			
	O1	K1	M2	S2	O1	K1	M2	S2
大武潮位	0.1750	0.1899	0.3423	0.1417	0.1683	0.1726	0.3790	0.1623
新竹潮位	0.1936	0.2534	1.6083	0.4811	0.1939	0.2303	1.6383	0.4763
蘇澳潮位	0.1600	0.1866	0.4037	0.1710	0.1711	0.1954	0.4111	0.1802
花蓮潮位	0.1593	0.1847	0.4216	0.1769	0.1404	0.1561	0.4380	0.1958
台中港潮位	0.2035	0.2835	1.7597	0.5390	0.2088	0.2473	1.8140	0.5266
水頭潮位	0.2640	0.3223	1.7406	0.5152	0.2722	0.3337	1.8156	0.5316

四、臺灣西部潮位模式測試作業

(一)測試區範圍與勘選

臺灣西部實地測試作業之測試區依需求規格書述明為桃園與彰化間為限，故範圍勘選規劃以桃、竹、苗海域為主，北自桃園永安漁港海域起，南至苗栗青天泉海域止，兩處相距約 30km 之海域範圍為本計畫測試區範圍。

本計畫於 99 年 2 月 27 日赴桃竹苗海岸從事測試區範圍初步勘選，並於 3 月 19 日連同 貴中心辦理測試地點會勘。19 日上午約 10 時由外埔漁港始，沿西濱快速公路途經龍鳳、新竹漁港最後至永安漁港沿線勘查。由四處勘查位址(外埔漁港、龍鳳漁港、新竹漁港、永安漁港)最後選定龍鳳漁港、新竹漁港及永安漁港三處測試地點設立臨時潮位站，並於該三處測試地點外海置放GPS浮標[5]依本案需求規格書辦理測試。

(二)潮位模式測試作業

1. 潮位模式測試

(1) 驗潮測試

A.本計畫擬以選定之潮汐模式(NAO99b 模式)從事驗潮測試，選定桃園永安漁港、新竹漁港及龍鳳漁港等，跨越潮汐分區之三處潮位站作岸邊潮位站驗潮測試。

三處潮位站進行驗潮時，潮汐模式亦執行試算，推算三處潮位站之潮位序列，該潮位序列與潮位站實測潮位序列進行比對。

B.因無海上潮位站，故海上驗潮測試擬先從事離岸較近(約 5~6km)海域之無驗潮修正水深測量，該作業省略潮位觀測步驟，可直接得到底床高程。再經由水深之量測(測深儀法)反算當時之潮高，由此作海上驗潮測試。

在作無驗潮修正水深測量時，NAO99b 潮汐模式亦執行試算，將模擬潮位序列與海上現場水深實測值反算當時潮位序列進行比對。

2. GPS 浮標測試

以 貴中心之 GPS 浮標分期以船隻將其攜往海面測試點進行觀測與資料蒐集，每點需進行 13 小時(含)以上連續觀測，觀測累計中斷時間不得超過 1 小時，測試點將平均分布於 10 公尺、15 公尺、20 公尺水深處。

故 GPS 浮標一處安置於桃園永安漁港鄰近海域約 15 公尺水深處，一處安置於新竹香山海域氣象局資料浮標鄰近海域約 20 公尺水深處，另一處則安置於苗栗龍鳳漁港鄰近海域約 10 公尺水深處。

在三處 GPS 浮標於現場進行觀測與資料蒐集同時，本計畫勘選之三處潮位站(桃園永安漁港、新竹漁港及龍鳳漁港)亦進行聯測驗潮，而 NAO99b 潮汐模式亦執行試算以茲比對。

(三)驗潮測試

1. 沿岸潮位站驗潮測試

(1) 永安漁港

永安漁港處之潮位站是由工作團隊引測水準後，設立臨時水尺於漁港碼頭側(照片 5-1)，觀測時距為 8 月 6 日 20：16 至 8 月 7 日 09：30，將觀測值與 NAO99b 潮位模式模擬結果點繪於圖 5-39 之時序列比對圖，並將觀測與模擬對應諸值作精度分析示之於圖 5-40，分析結果顯示，其 RMS 值為 0.239 公尺，相關係數達 0.9987。



照片 5-1
永安漁港臨時潮位站

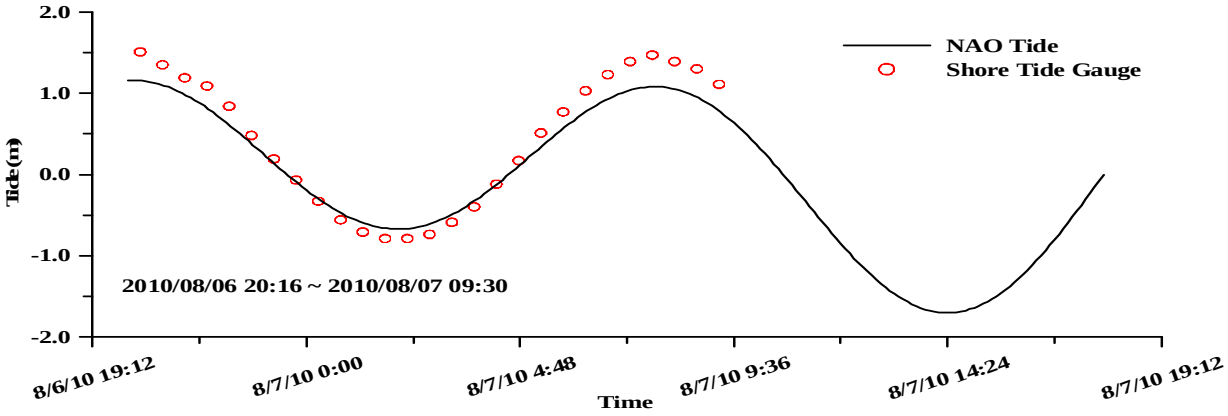


圖 5-39 永安漁港潮位時序列比對圖

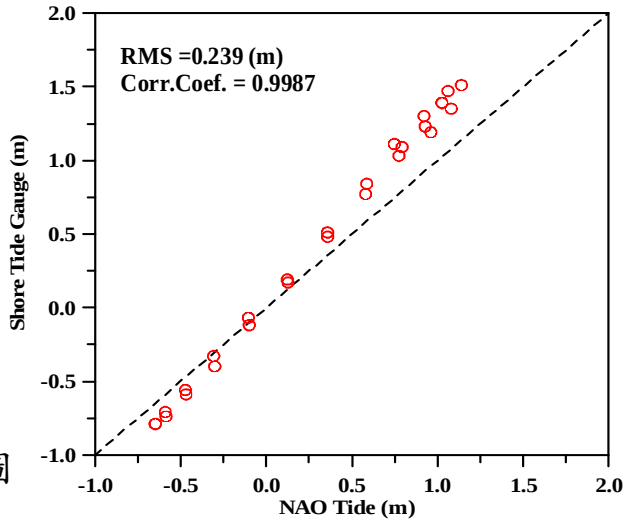


圖 5-40 永安漁港潮位精度分析圖

(2) 新竹漁港

中央氣象局於新竹漁港設有潮位站，工作團隊商請主辦單位由中央氣象局取得作業當時之潮位數據。採用觀測時距為 8 月 7 日 23：47 至 8 月 8 日 18：14，將觀測值與 NAO99b 潮位模式模擬結果點繪於圖 5-41 之時序列比對圖，並將觀測與模擬對應諸值作精度分析示之於圖 5-42，分析結果顯示，其 RMS 值達 0.258 公尺，相關係數為 0.9981。

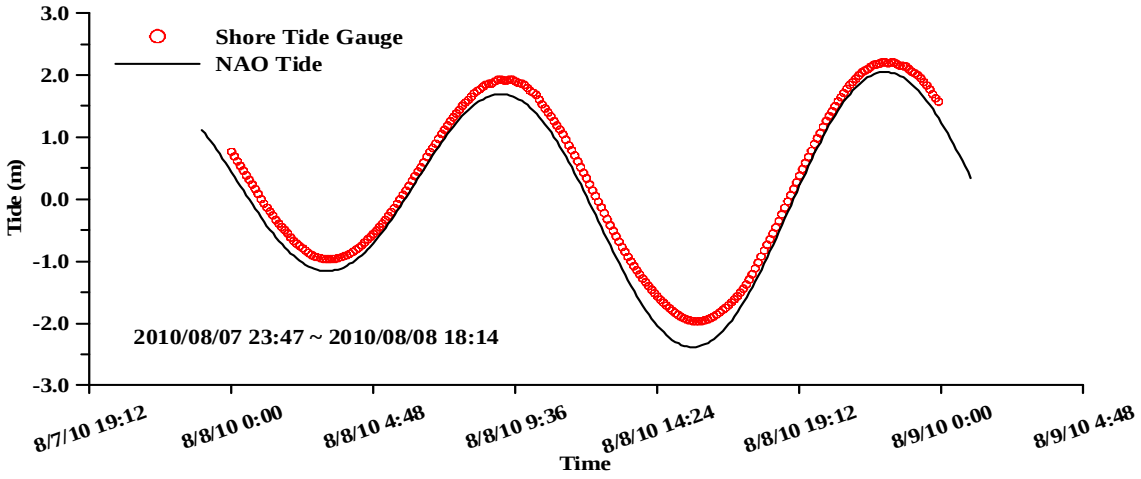


圖 5-41 新竹漁港潮位時序列比對圖

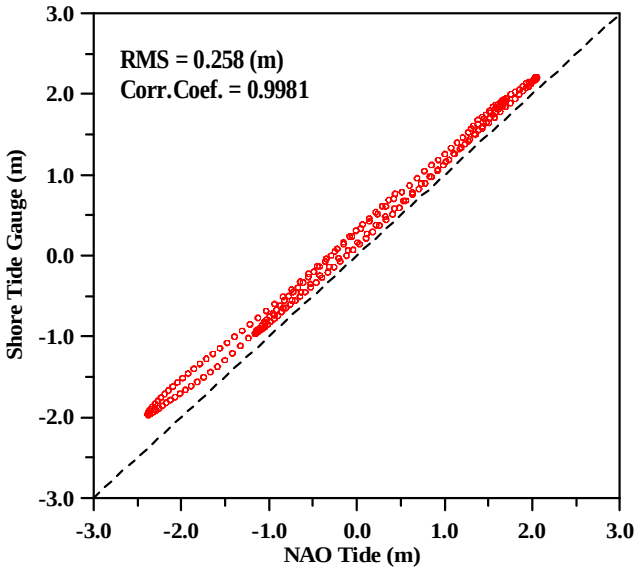


圖 5-42 新竹漁港潮位精度分析圖

(3) 龍鳳漁港



照片 5-2 龍鳳漁港臨時潮位站

龍鳳漁港處之潮位站亦由工作團隊引測水準後，設立臨時水尺於漁港碼頭側，觀測時距為 8 月 9 日 02：58 至 8 月 9 日 16：20，將觀測值與 NAO99b 潮位模式模擬結果點繪於圖 5-43 之時序列比對圖，並將觀測與模擬對應諸值作精度分析示之於圖 5-44，分析結果顯示，其 RMS 值為 0.304 公尺，相關係數達 0.9993。

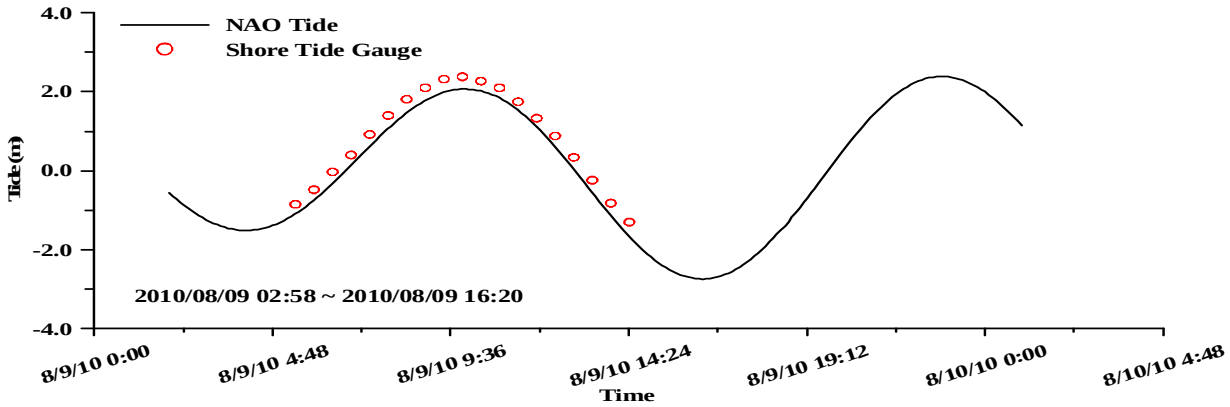


圖 5-43 龍鳳漁港潮位時序列比對圖

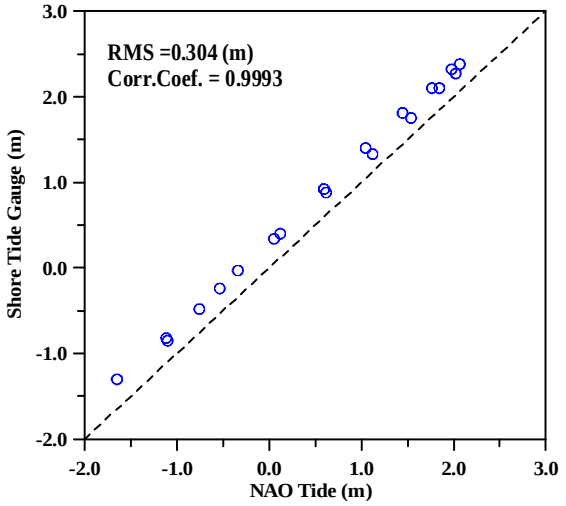


圖 5-44 龍鳳漁港潮位精度分析圖

2. 海上潮位站驗潮測試

海上潮位站驗潮測試取苗栗縣龍鳳漁港海域之 RTK GPS 水深測量數據反算潮高。將 GPS 浮標置於龍鳳漁港海域，船隻亦留守 GPS 浮標鄰近，船隻持續作水深測量及 RTK GPS 作業，海上潮位站驗潮測試諸參數列於表 5-13。該項作業觀測時距為 8 月 9 日 00：48 至 8 月 9 日 15：40，將觀測值解算為潮高後與 NAO99b 潮位模式模擬結果點繪於圖 5-45 之時序列比對圖，並將觀測解算為潮高之值與模擬對應諸值作精度分析示之於圖 5-46，分析結果顯示，其 RMS 值為 0.124 公尺，相關係數達 0.9978。

由此觀之，經由 RTK GPS 水深測量作業反算之潮高與 GPS 浮標測得之潮高及本計畫 NAO99b 潮位模式模擬之結果吻合。均方根誤差在可接受之範圍。

表 5-13　GPS 浮標海上潮位站驗潮測試諸參數表

GPS 浮標置放位置	東經 120 度 50.838 分
	北緯 24 度 43.450 分
置放位置海底高程	13.5 公尺
GPS 浮標吃水深	0.21 公尺 (浮標已載入 0.21 公尺之設定)
基站儀器高	96.5(+36)公分
基站高程	3.073 公尺
船上音鼓吃水深	1 公尺
天線盤至音鼓間距	4.76 公尺
定位儀器	瑞士 Leica GPS 衛星定位儀 SYSTEM 500 (含 RTK 定位功能）
測深儀器	RESON NaviSound 215 雙頻單音束測深機

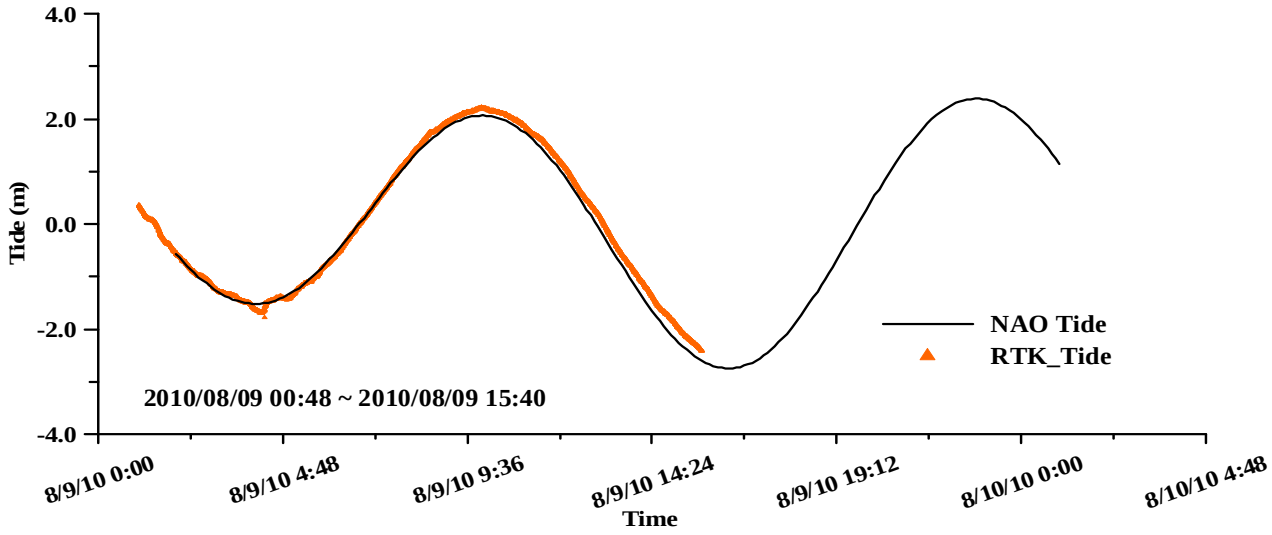


圖 5-45 龍鳳漁港海域海上潮位站驗潮測試潮位時序列比對圖

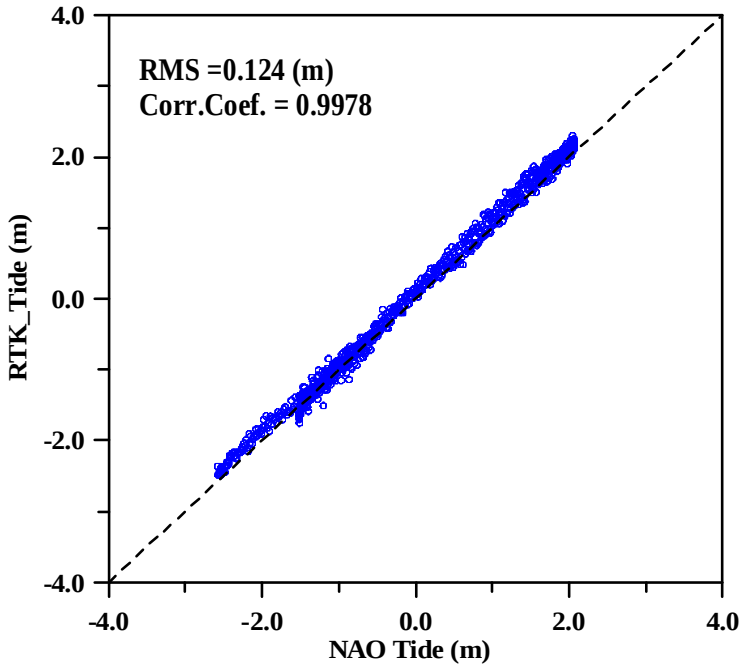


圖 5-46 龍鳳漁港海域海上潮位站驗潮測試潮位精度分析圖

(四)GPS 浮標測試

GPS 浮標測試於三處不同位置不同水深之海域為之，三處 GPS 浮標測試諸參數列於表 5-14。GPS 浮標施放位置如圖 5-47 所示。

表 5-14　GPS 浮標測試參數表

地點	永安漁港海域	新竹漁港海域	龍鳳漁港海域
施放水深	15 公尺	20 公尺	10 公尺
施放時間	2010/08/06 20:55 2010/08/07 10:13	2010/08/07 23:47 2010/08/08 18:14	2010/08/09 00:40 2010/08/09 17:19
施放坐標	東經 120 度 59.665 分	東經 120 度 51.881 分	東經 120 度 50.838 分
	北緯 24 度 59.106 分	北緯 24 度 46.046 分	北緯 24 度 43.450 分
GPS 浮標吃水深	0.21 公尺(浮標已載入 0.21 公尺之設定)		
陸上定位儀器	瑞士 Leica GPS 衛星定位儀 SYSTEM 500(含 RTK 定位功能)		
海上 GPS 浮標	內政部國土測繪中心提供		
基站儀器高	115.5(+36)公分	101.3(+36)公分	96.5(+36)公分
陸上基站坐標	東經 121 度 0.960 分	東經 120 度 55.218 分	東經 120 度 51.461 分
	北緯 24 度 59.338 分	北緯 24 度 50.777 分	北緯 24 度 42.036 分
基站高程	5.742 公尺	3.413 公尺	3.073 公尺



圖 5-47 GPS 浮標施放位置圖

1. 桃園縣永安漁港海域

永安漁港海域之 GPS 浮標測試(僅蒐集 1 組 GPS 接收器數據)觀測時距為 8 月 6 日 20:55 至 8 月 7 日 10:13,將觀測值解算為潮高後與 NAO99b 潮位模式模擬結果點繪於圖 5-48 之時序列比對圖，並將觀測解算為潮高之值與模擬對應諸值作精度分析示之於圖 5-49，分析結果顯示，其 RMS 值為 0.255 公尺，相關係數達 0.9983。

若將沿岸潮位站驗潮測試及海上潮位站驗潮測試之實測數據納入 NAO99b 潮位模式中作修正，經重新作精度分析結果顯示稍能提升模擬精度，其 RMS 值提升為 0.214 公尺，相關係數為 0.9825（圖 5-50）。另其時序列比對示於圖 5-51。

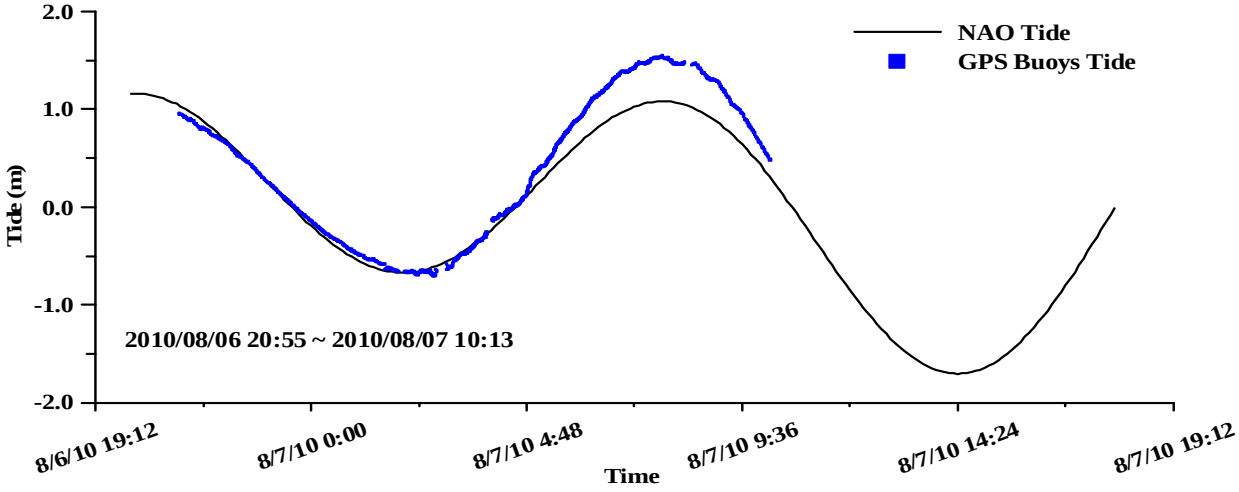


圖 5-48 永安漁港海域 GPS 浮標測試潮位時序列比對圖

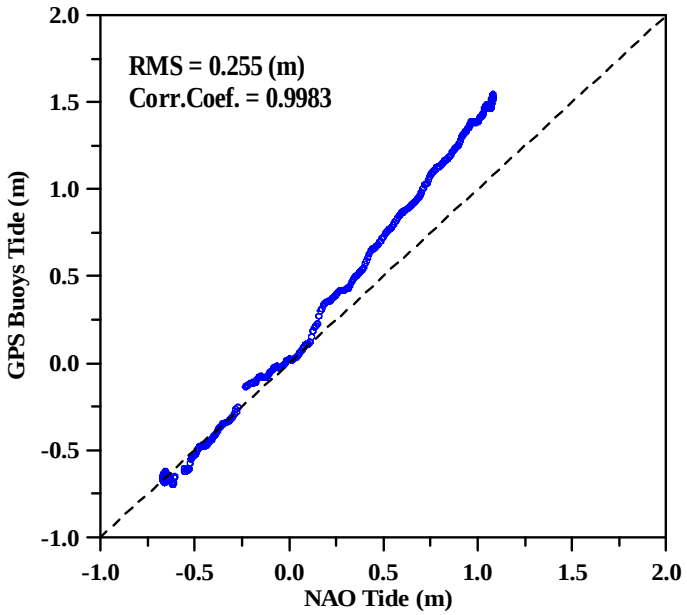


圖 5-49 永安漁港海域 GPS 浮標測試潮位精度分析圖

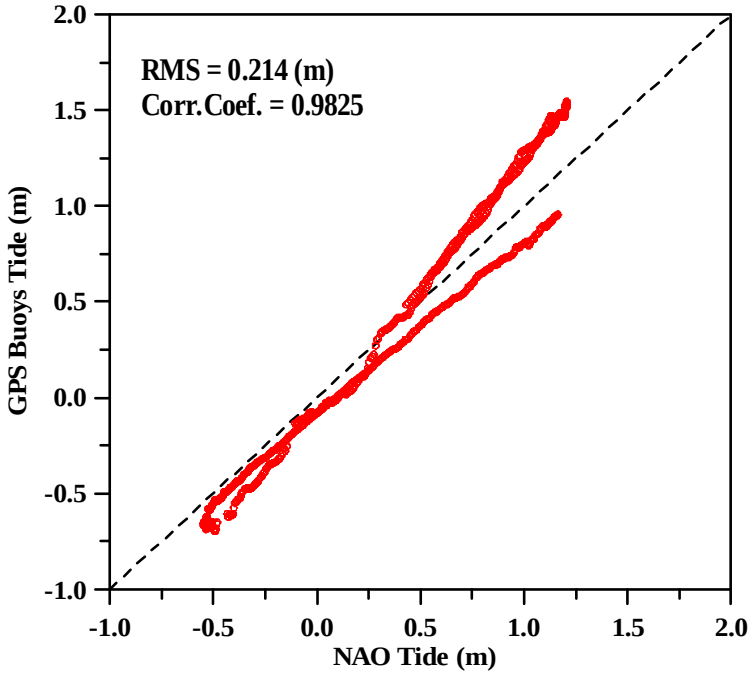


圖 5-50 永安漁港海域 GPS 浮標測試修正後潮位精度分析圖

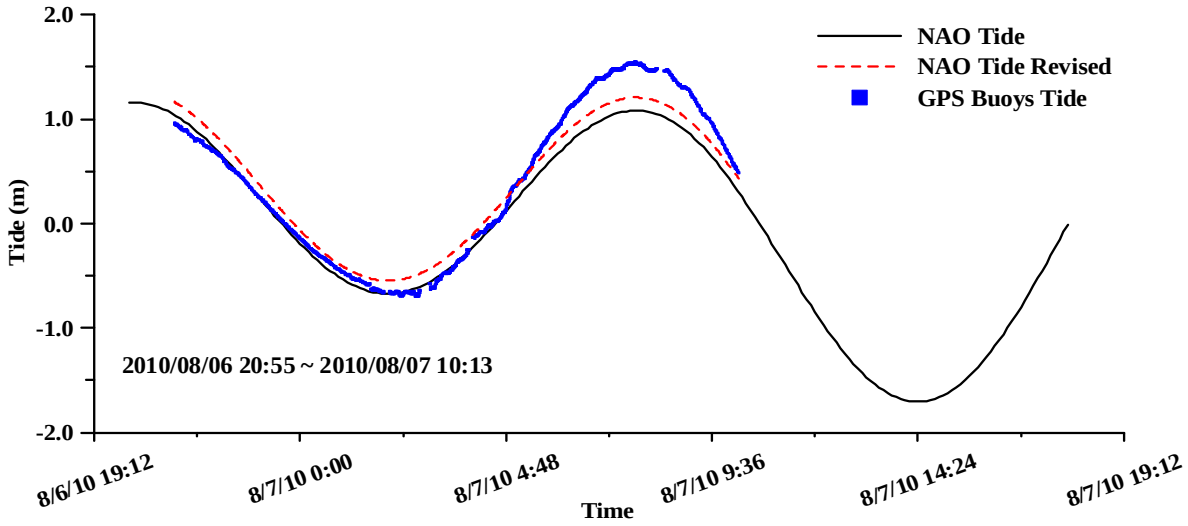


圖 5-51 永安漁港海域 GPS 浮標測試修正後潮位時序列比對圖

2. 新竹市新竹漁港海域

新竹漁港海域之 GPS 浮標測試(同時蒐集 2 組 GPS 接收器數據)觀測時距為 8 月 7 日 23：47 至 8 月 8 日 18：14，將觀測值解算為潮高後與 NAO99b 潮位模式模擬結果點繪於圖 5-52 之時序列比對圖，並將觀測解算為潮高之值與模擬對應諸值作精度分析示之於圖 5-53，分析結果顯

示，其 RMS 值為 0.304 公尺，相關係數達 0.9986。

若將沿岸潮位站驗潮測試及海上潮位站驗潮測試之實測數據納入 NAO99b 潮位模式中作修正，則稍能提升模擬精度，重新作精度分析示之於圖 5-54，分析結果顯示，其 RMS 值提升為 0.104 公尺，相關係數則為 0.9986。另其時序列比對示於圖 5-55。

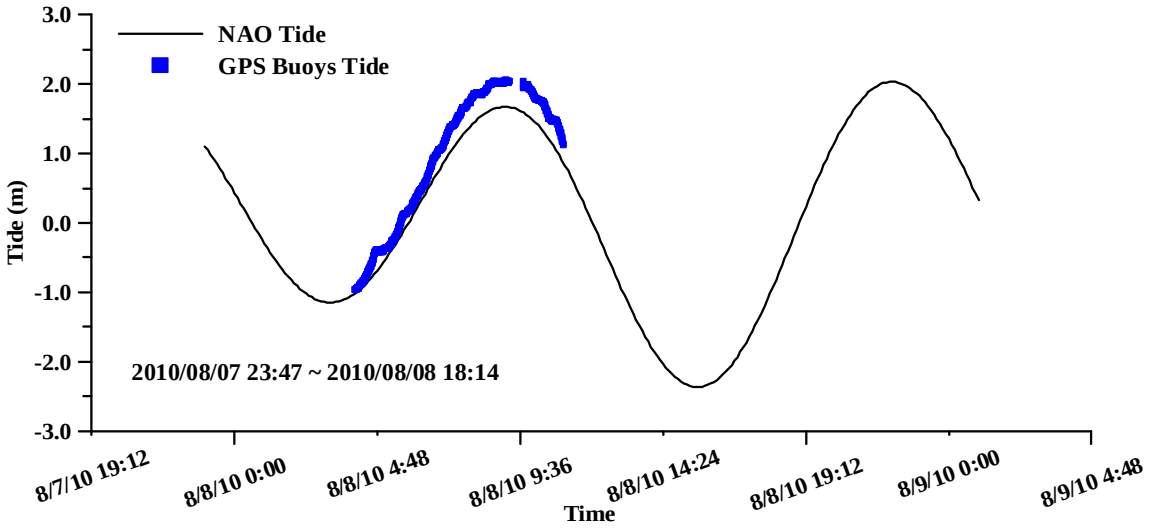


圖 5-52 新竹漁港海域 GPS 浮標測試潮位時序列比對圖

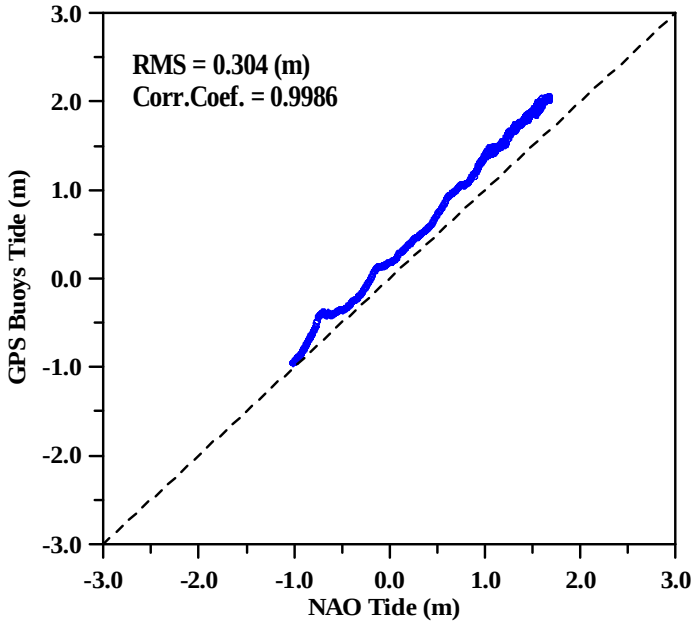


圖 5-53 新竹漁港海域 GPS 浮標測試潮位精度分析圖

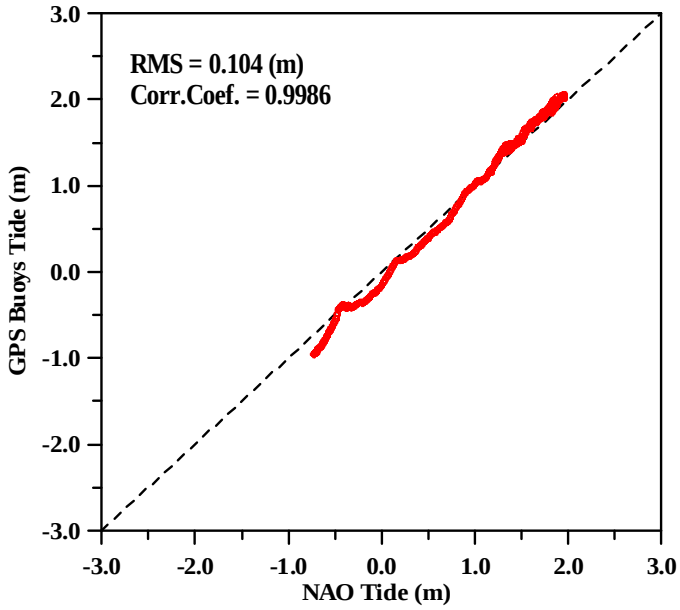


圖 5-54 新竹漁港海域 GPS 浮標測試修正後精度分析圖

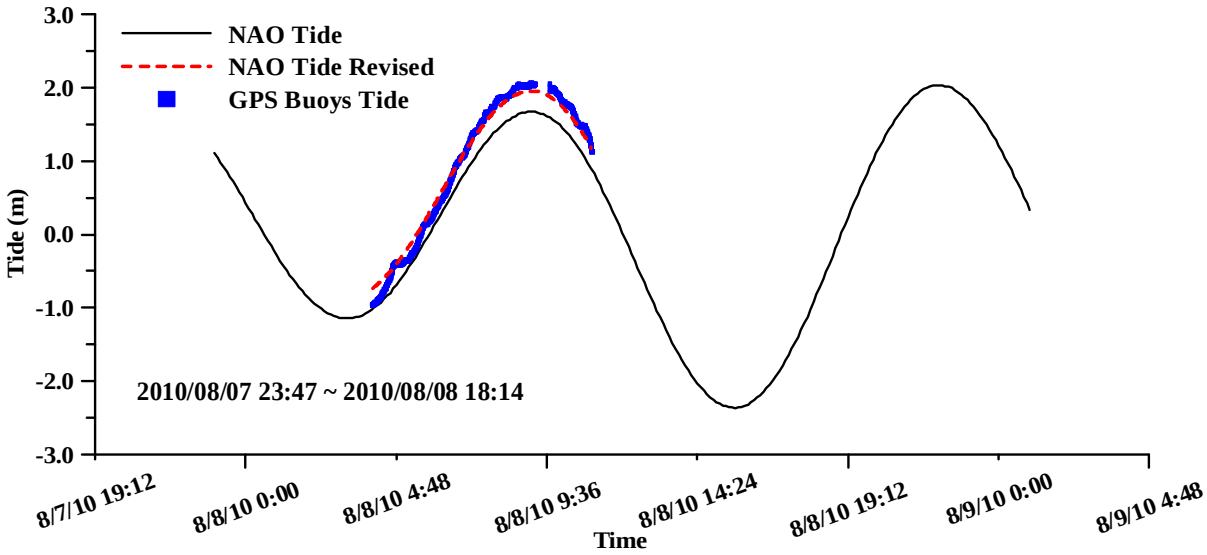


圖 5-55 新竹漁港海域 GPS 浮標測試修正後潮位時序列比對圖

3. 苗栗縣龍鳳漁港海域

龍鳳漁港海域之 GPS 浮標測試(同時蒐集 3 組 GPS 接收器數據)觀測時距為 8 月 9 日 00：40 至 8 月 9 日 17：19(照片 5-3)，將觀測值解算為潮高後與 NAO99b 潮位模式模擬結果點繪於圖 5-56 之時序列比對圖，並將觀測解算為潮高之值與模擬對應諸值作精度分析示之於圖 5-57，分析

結果顯示，其 RMS 值為 0.130 公尺，相關係數達 0.9984。

若將沿岸潮位站驗潮測試及海上潮位站驗潮測試之實測數據納入 NAO99b 潮位模式中作修正，在龍鳳漁港海域之 GPS 浮標測試其精度分析結果幾近相同。



照片 5-3 GPS 浮標測試

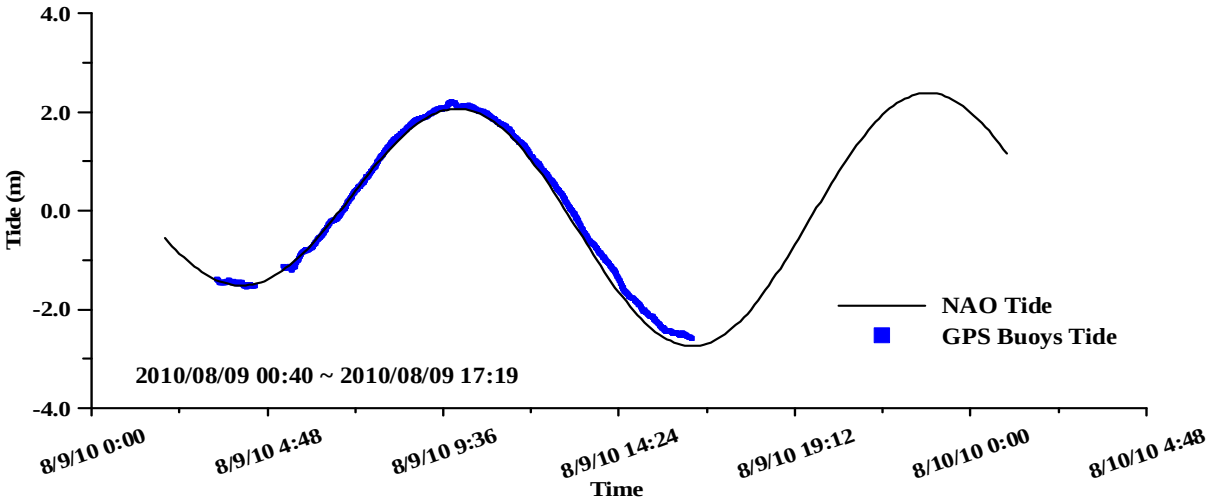


圖 5-56 龍鳳漁港海域 GPS 浮標測試潮位時序列比對圖

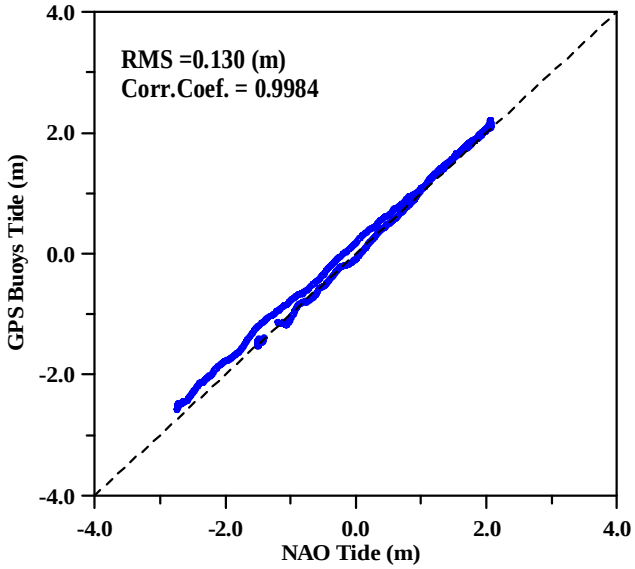


圖 5-57 龍鳳漁港海域 GPS 浮標測試潮位精度分析圖

(五)GPS 浮標之潮位分區精度分析

本研究另以中央氣象局新竹潮位站為基準站，利用臺灣海域等潮區圖以跨分區之方式推算未知點潮位（新竹潮位站推算永安漁港海域、新竹漁港海域及龍鳳漁港海域），即推算GPS浮標施放位置處之潮位進行潮位分區之精度分析。

由表5-15分析結果發現,以新竹潮位站為驗潮基準站推估永安漁港海域（約17km）、新竹漁港海域（約11km）及龍鳳漁港海域（約16km）之均方根誤差約10~16cm。再由圖5-58~圖5-63觀之，由同潮圖所推估之潮位值與實際GPS浮標之觀測值甚為吻合。依據美國工兵署水深測量手冊中對於一等水準測量規範說明，內水(inland navigation water)的潮位修正誤差範圍約在3~5cm，海岸地區的潮位修正誤差範圍約在7~15cm來看，此精度結果屬可接受範圍內。

另此三站與基準站間距離均超過10km，然其精度結果卻在誤差範圍內，對照臺灣海域等潮區圖發現此三站位址與基準站，雖非在同一潮汐分區上，卻屬於相同潮型，正好驗證利用臺灣海域等潮區圖進行潮位修正時，盡量引用同潮位分區之潮位站數據，若非在同一潮汐分區內施行海上作業時，則應避免使用不同潮型之潮位站作為修正依據之論點。

表 5-15 以新竹潮位站為基準站推估 GPS 浮標施放點之精度分析表

	潮汐分區值	潮汐修正參數值			
站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
新竹潮位站	3.6584	10.890	-	-	
永安漁港海域	3.234	10.726	0.884	-0.164	0.1545
新竹漁港海域	3.775	10.911	1.032	0.021	0.1008
龍鳳漁港海域	3.823	10.918	1.045	0.028	0.1419

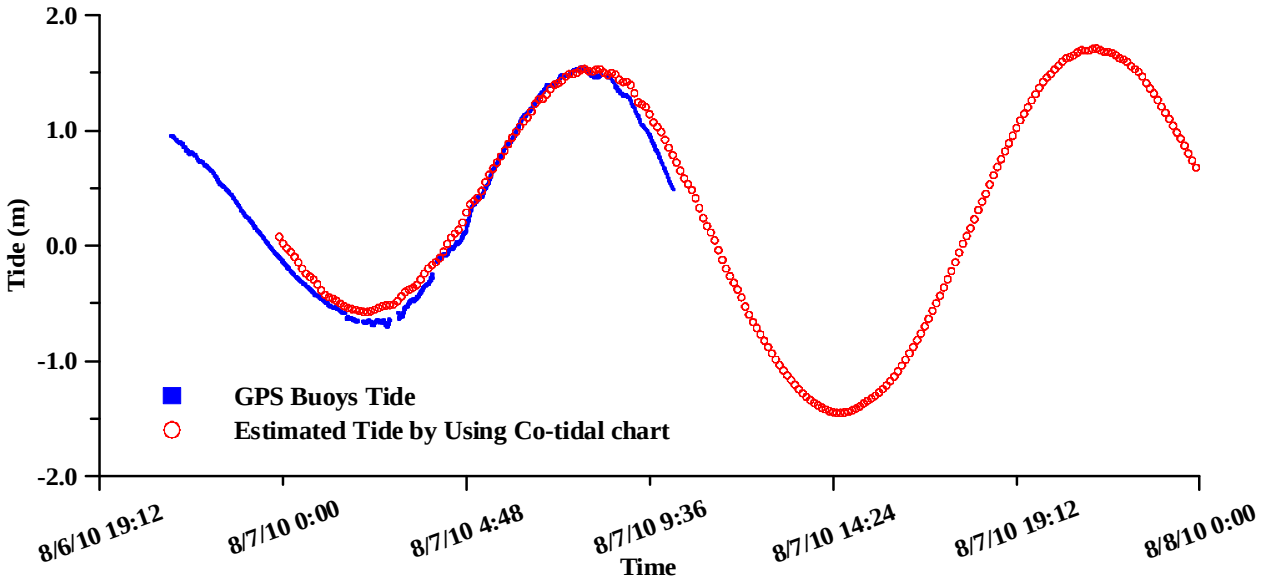


圖5-58 以新竹潮位站為基準站推估永安漁港海域之時序列比較圖

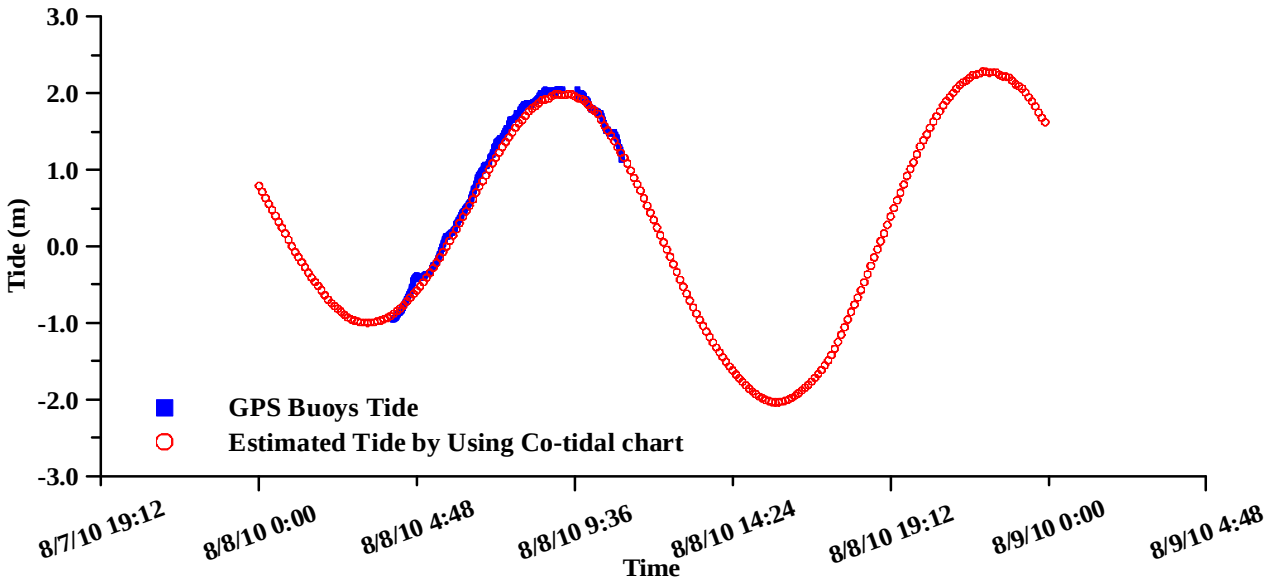


圖5-59 以新竹潮位站為基準站推估新竹漁港海域之時序列比較圖

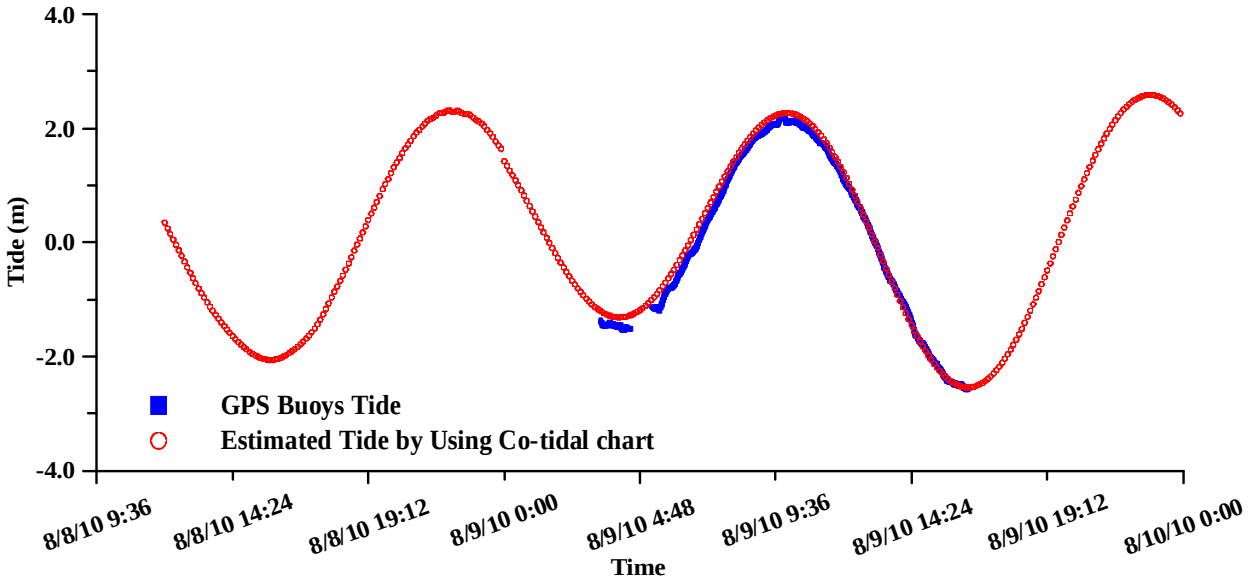


圖5-60 以新竹潮位站為基準站推估龍鳳漁港海域之時序列比較圖

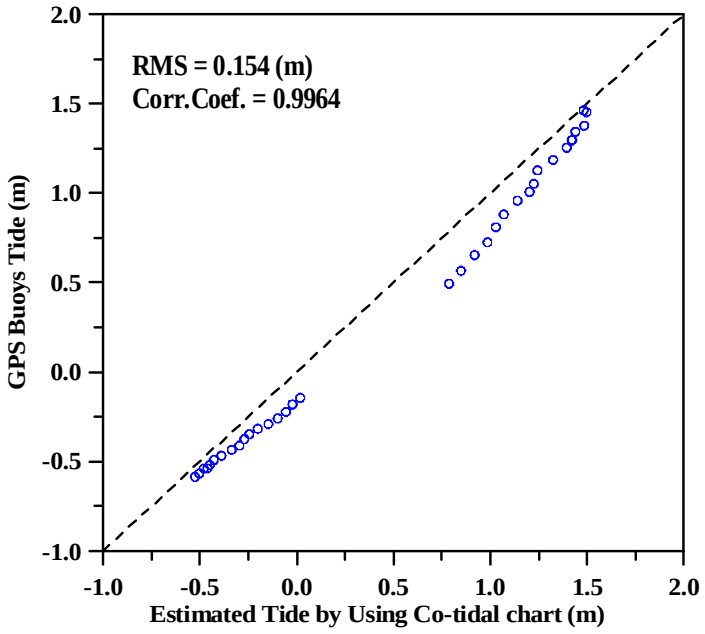


圖5-61 以新竹潮位站為基準站推估永安漁港海域之實測與推估值比較圖

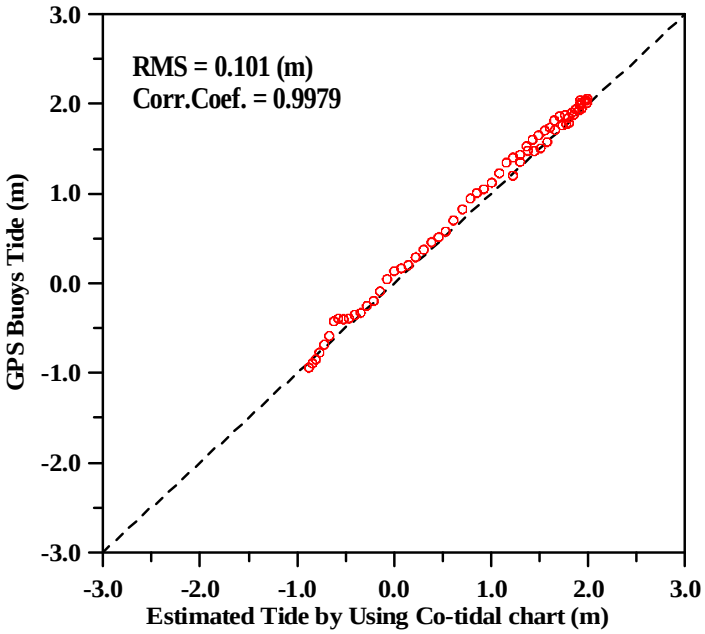


圖5-62 以新竹潮位站為基準站推估新竹漁港海域之實測與推估值比較圖

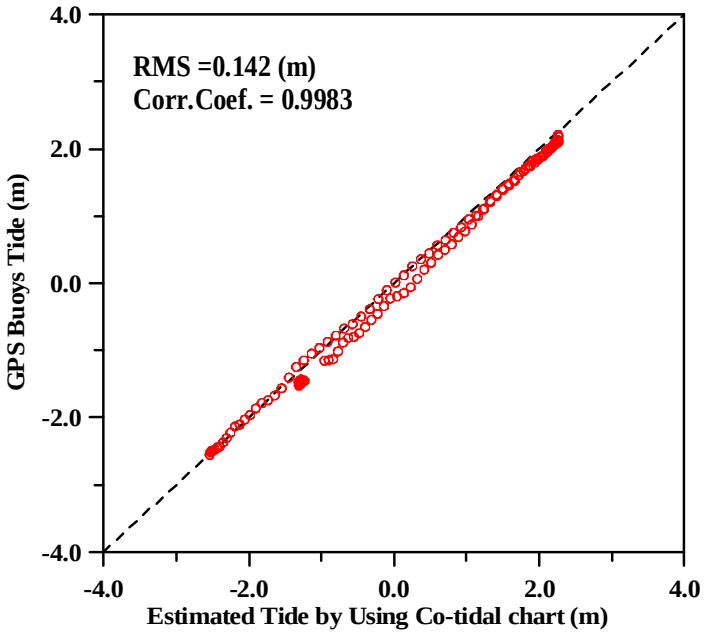


圖5-63 以新竹潮位站為基準站推估龍鳳漁港海域之實測與推估值比較圖

五、修正版潮位模式

(一)系統架構

1. 潮位計算模組

本計畫之潮位計算模組為NAO99b潮位模式(日本)[21]，NAO(National Astronomical Observatory)潮汐預報模式係Matsumoto et al. (2000)應用衛星測高儀資料，結合水動力模式與資料同化(assimilating)技術研發而成。該模式設計上包含環球及區域模式兩部分：環球模式(NAOTIDE)具有 0.5 度的空間解析度，可針對環球特定海域地點、特定期間之逐時潮位進行預報；而區域模式(NAOTIDEJ)則可針對日本鄰近細部海域進行特定期間之逐時潮位預報，其空間解析度為 5 分，所謂細部海域包括東經 110 度至 165 度、北緯 20 度至 65 度之範圍，臺灣周遭海域即位於所定義之細部海域區間。

整體模式中，NAO99b 及 NAO99Jb 模式使用 *M2*、*S2*、*K1*、*O1*、*N2*、*P1*、*K2*、*Q1*、*M1*、*J1*、*OO1*、*2N2*、*Mu2*、*Nu2*、*L2*、*T2* 等共 16 個主要分潮常數據以進行短期的逐時潮位預報；而 NAO99L 模式則使用 *Mtm*、*Mf*、*Msf*、*Mm*、*MSm*、*Ssa*、*Sa* 等共 7 個主要分潮常數以進行長期逐時潮位預報。

張、黃(2001)等曾針對 NAO99b 模式進行應用評估，確認其在臺灣西海岸之短期逐時潮位預報上具有相當的準確性，故本計畫之潮位計算模組採用 NAO99b 潮位模式。

2. 模式展示系統

本系統是架構於 ArcGIS Desktop 9.3 應用軟體上，系統開發工具為 VS.NET 2008，其提供使用者計算潮位模式的資料，使用者可在地圖上

點選位置，並且設定開始時間、結束時間、時間間隔，系統會依使用者所選取的位置來批次計算所有的潮位模式資料，且每個點位都會產生一個獨立的輸出檔。並且可以將輸出檔案轉換成潮位時序圖。

(二)操作說明

1. 安裝

此系統需先安裝 ArcGIS Desktop 9.3，安裝步驟請詳閱 ArcGIS Desktop 軟體所附之說明書。

測試版潮位模式在 ArcGIS 安裝完成後，需將本系統資料夾複製到電腦中（任何位置皆可），複製完成後，執行資料夾內的 install.bat 將本系統登錄至 ArcGIS Desktop。若成功安裝則會出現以下圖 5-64 畫面。

而修正版潮位模式在 ArcGIS 安裝完成後，執行本系統的安裝檔，將出現以下圖 5-65 及圖 5-66 之畫面，可選擇不同之資料夾，再按下步開始安裝（修正版潮位模式安裝不再出現上述圖 5-64 畫面）。

2. 解除安裝

測試版潮位模式執行本系統資料夾內的 uninstall.bat 即可將系統從 ArcGIS Desktop 中移除，若成功移除則會出現以下圖 5-67 畫面。

而修正版潮位模式欲移除本系統只須進入控制台，執行新增／移除程式，再選取【NAO Tide Real-Time Model】，按移除即可移除本系統（修正版潮位模式解安裝亦不再出現上述圖 5-67 畫面）。亦可重新執行安裝檔，出現以下畫面(圖 5-68)選擇移除安裝或修復程式。

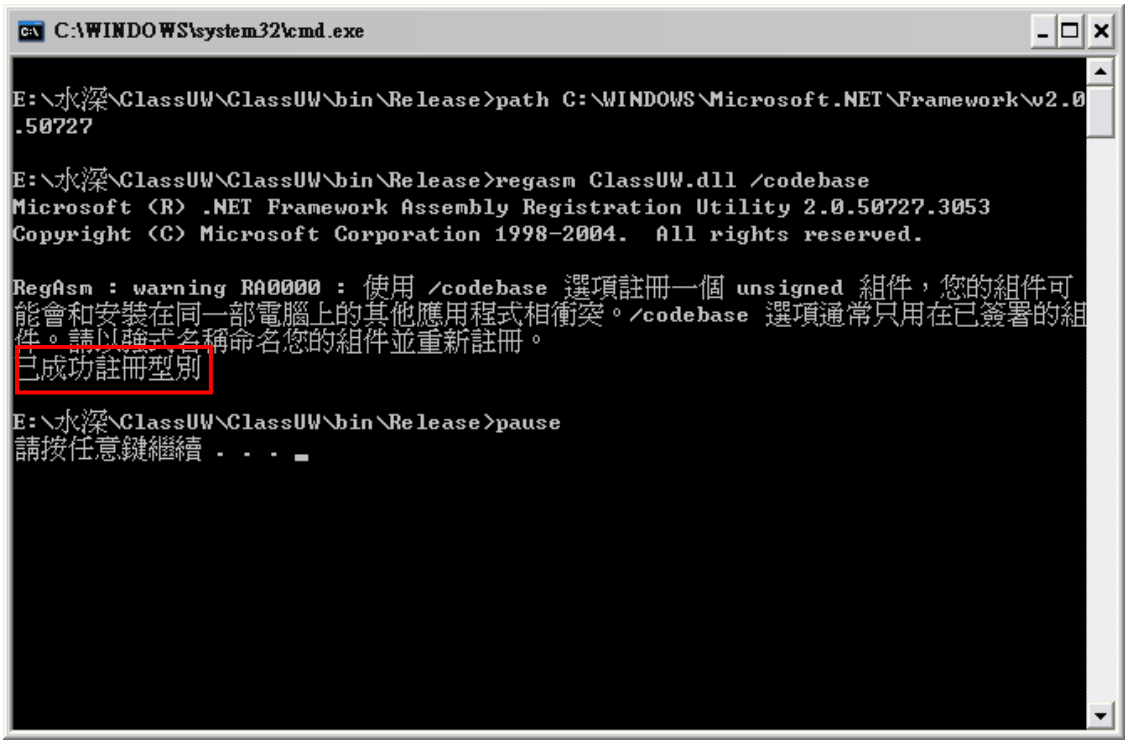


圖 5-64　測試版潮位模式登錄至 ArcGIS 之成功安裝畫面圖

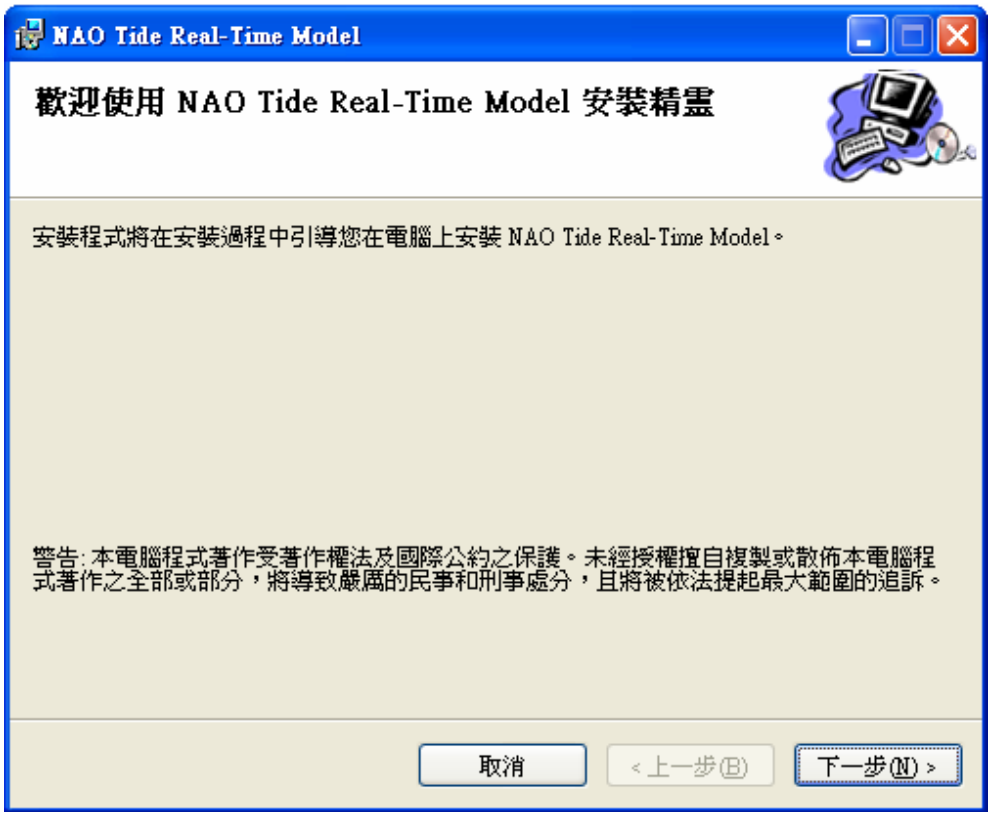


圖 5-65 修正版潮位模式安裝畫面圖

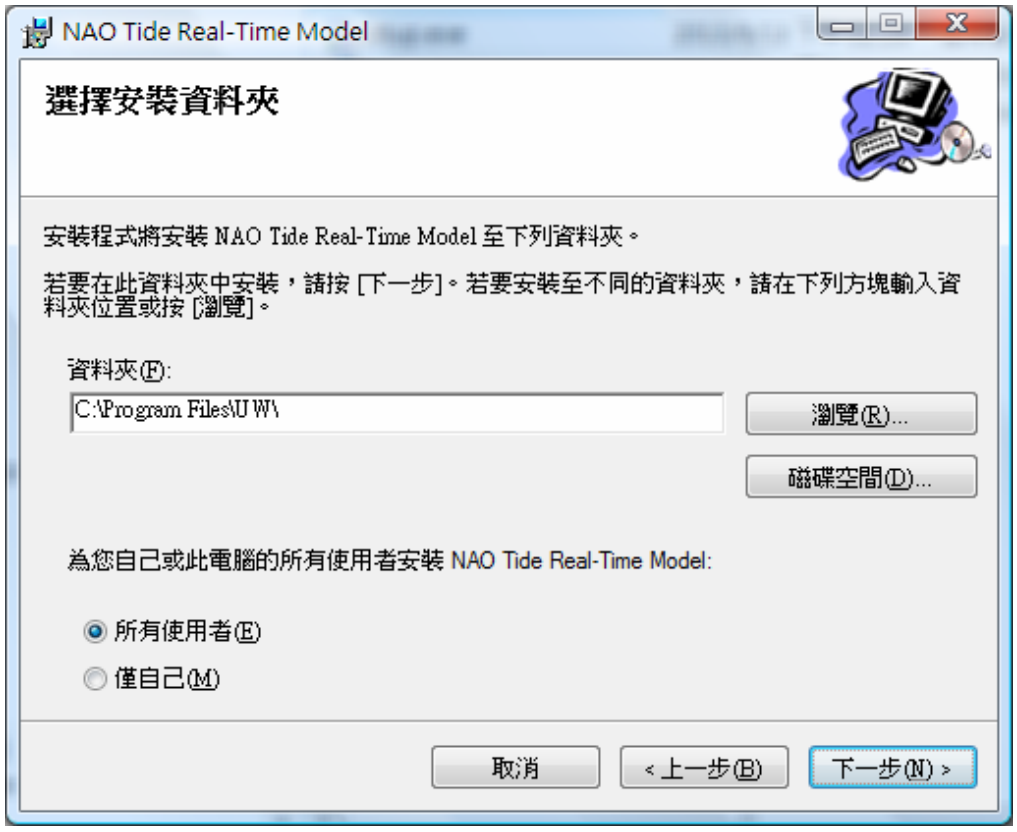


圖 5-66 修正版潮位模式安裝資料夾選擇畫面圖

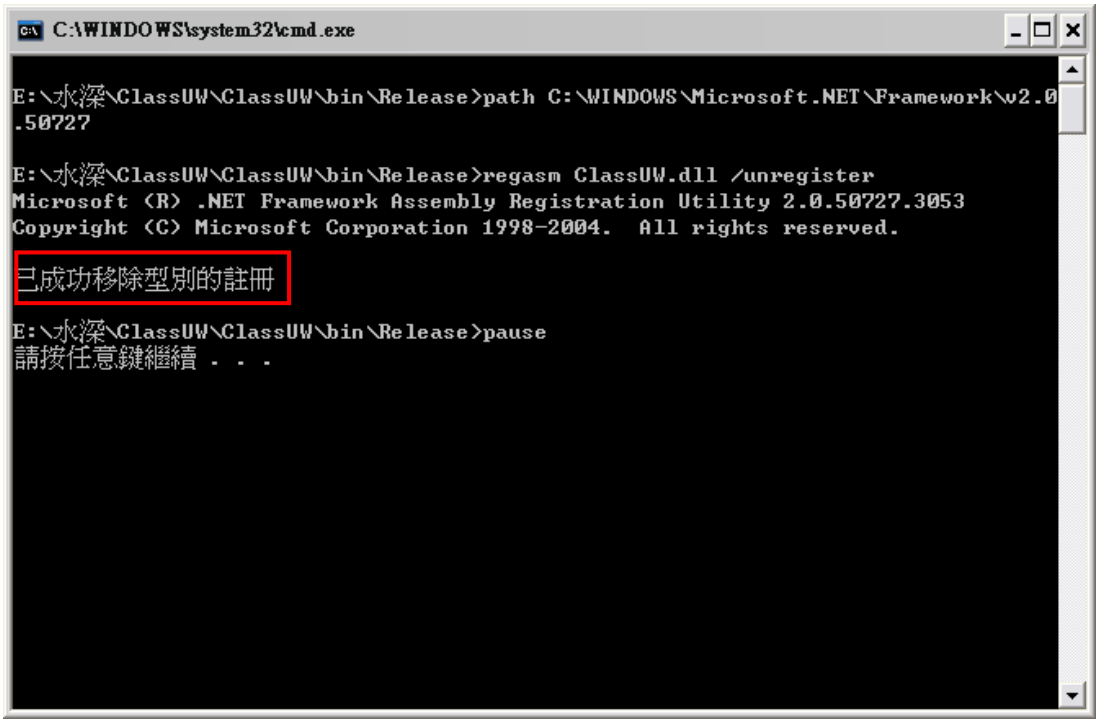


圖 5-67 ArcGIS 解除安裝畫面圖



圖 5-68　修正版潮位模式解除安裝畫面圖

3. 執行系統

(1) 入版畫面

修正版潮位模式在進入本系統後即呈現入版畫面，如圖 5-69。



圖 5-69 入版畫面圖示圖

(2) 系統功能

其他系統功能大致同測試版潮位模式：

A. 選取單點(圖 5-70)

測點選後出現以下視窗，視窗中會顯示所點選的測點坐標，亦可更改其坐標，並且可以設定該測點潮位計算的開始時間、結束時間等資料(圖 5-71)。

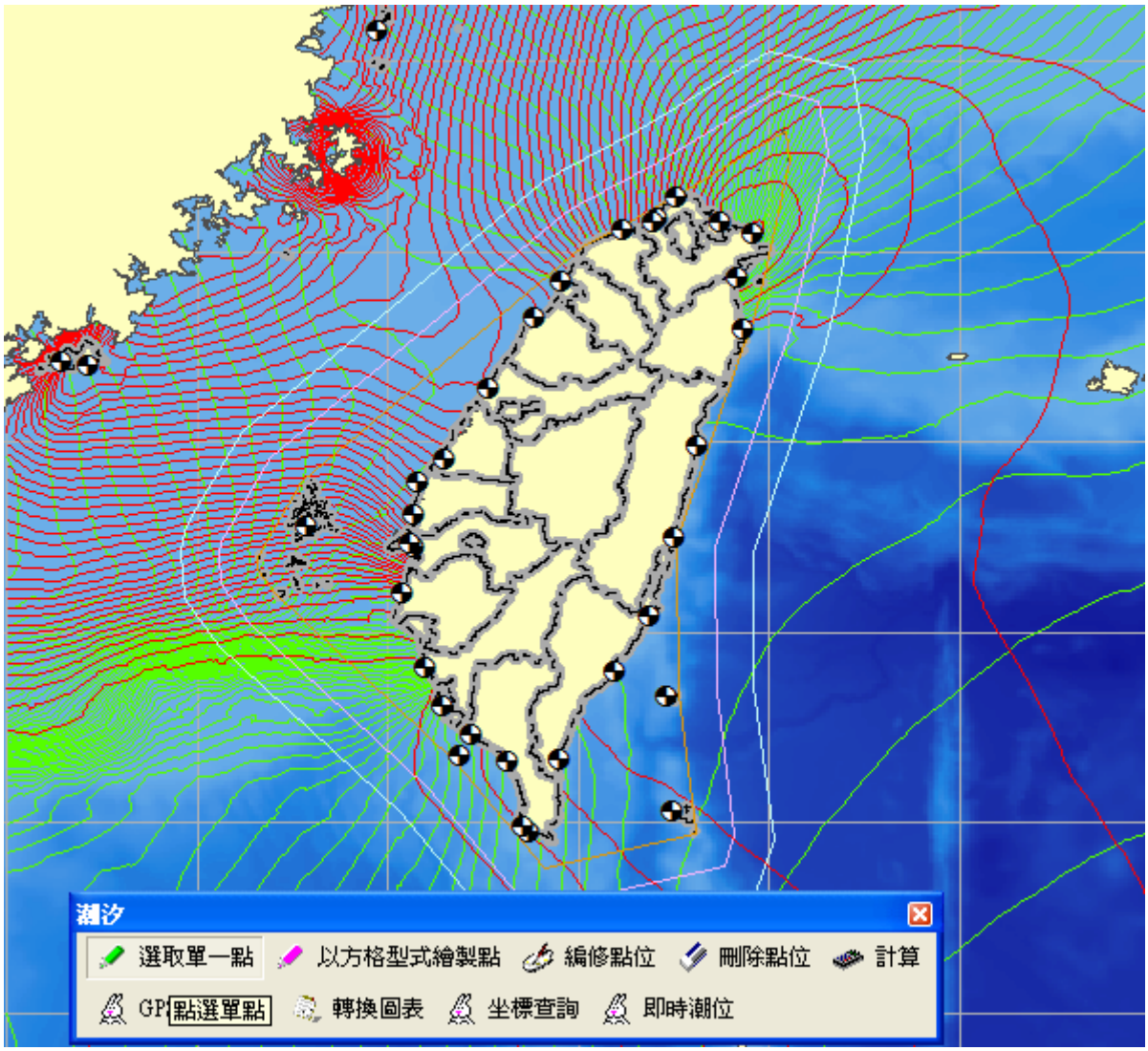


圖 5-70 選取單一測點圖



圖 5-71 測點坐標、潮位計算開始/結束時間及間距圖

B. 框選測區

點選此按鈕後，使按鈕呈已按下的狀態，直接在地圖上框選一個測區範圍(圖 5-72)，即會出現一個對話視窗(圖 5-73)，可輸入方格的間距，並且設定潮位的計算時間、間隔等設定。完成後即會以網格的方式繪製(圖 5-74)。

C. 編輯點位

選取欲設定的測量點位，按此按鈕即出現以下視窗(圖 5-75)。編輯點位其功能為當原測點鍵入錯誤時之重新編修，重新輸入起迄時間、時間間隔，藉以獲致潮高修正數據。

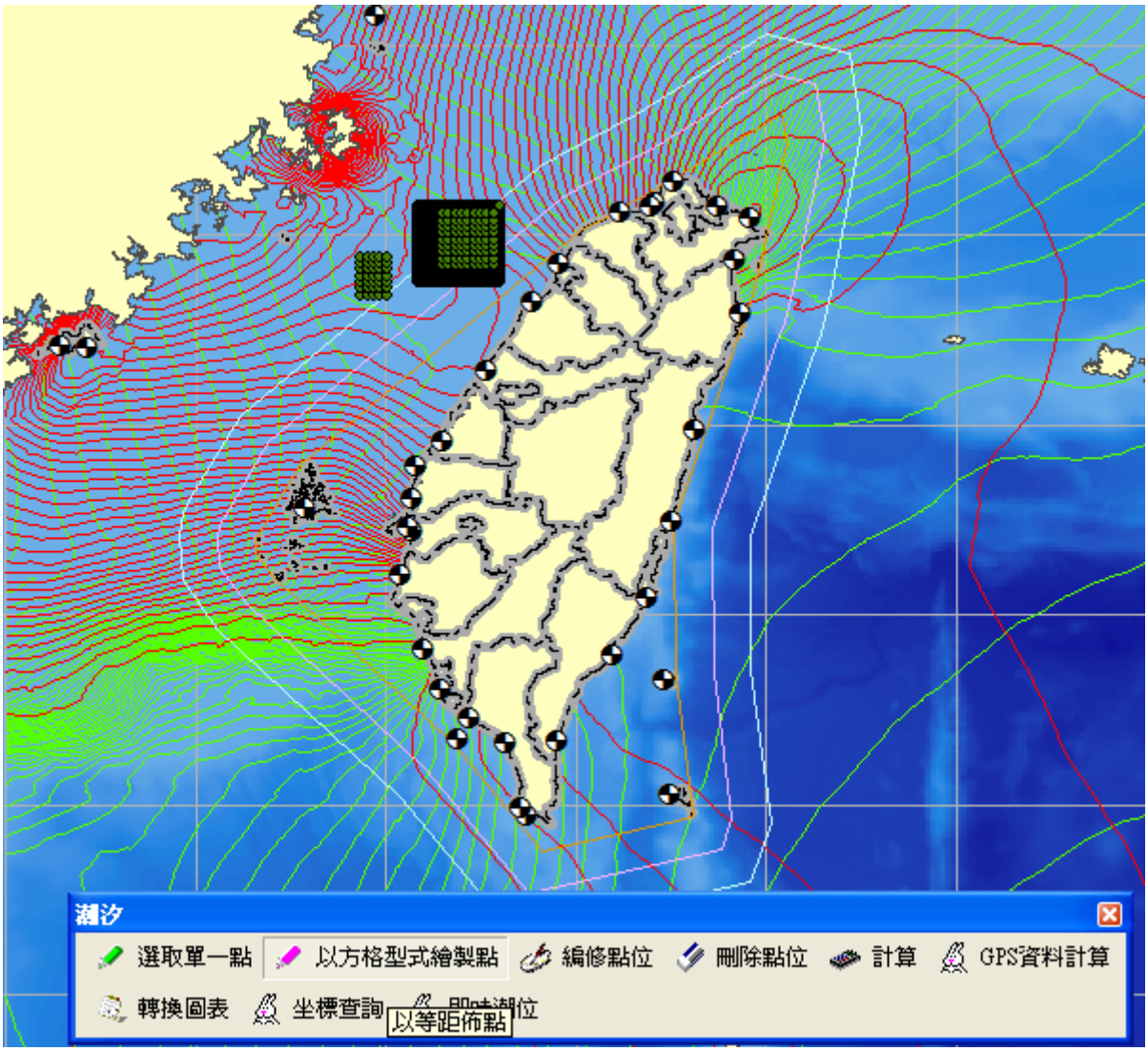


圖 5-72 選取測區及網格畫設圖



圖 5-73 潮位計算時間、間隔設定圖



圖 5-74 點位編輯視窗圖

D. 刪除點位

選取欲刪除的點位，按此按鈕即可。

E. 計算

執行此功能後，系統會出現以下視窗(圖 5-75)，設定儲存路徑。並提供建立水深測量軟體潮位匯入檔功能，目前有提供 Caris、Hypack 兩種測深軟體之匯入檔。

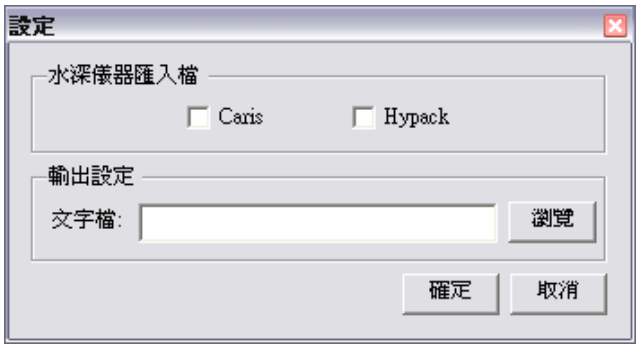
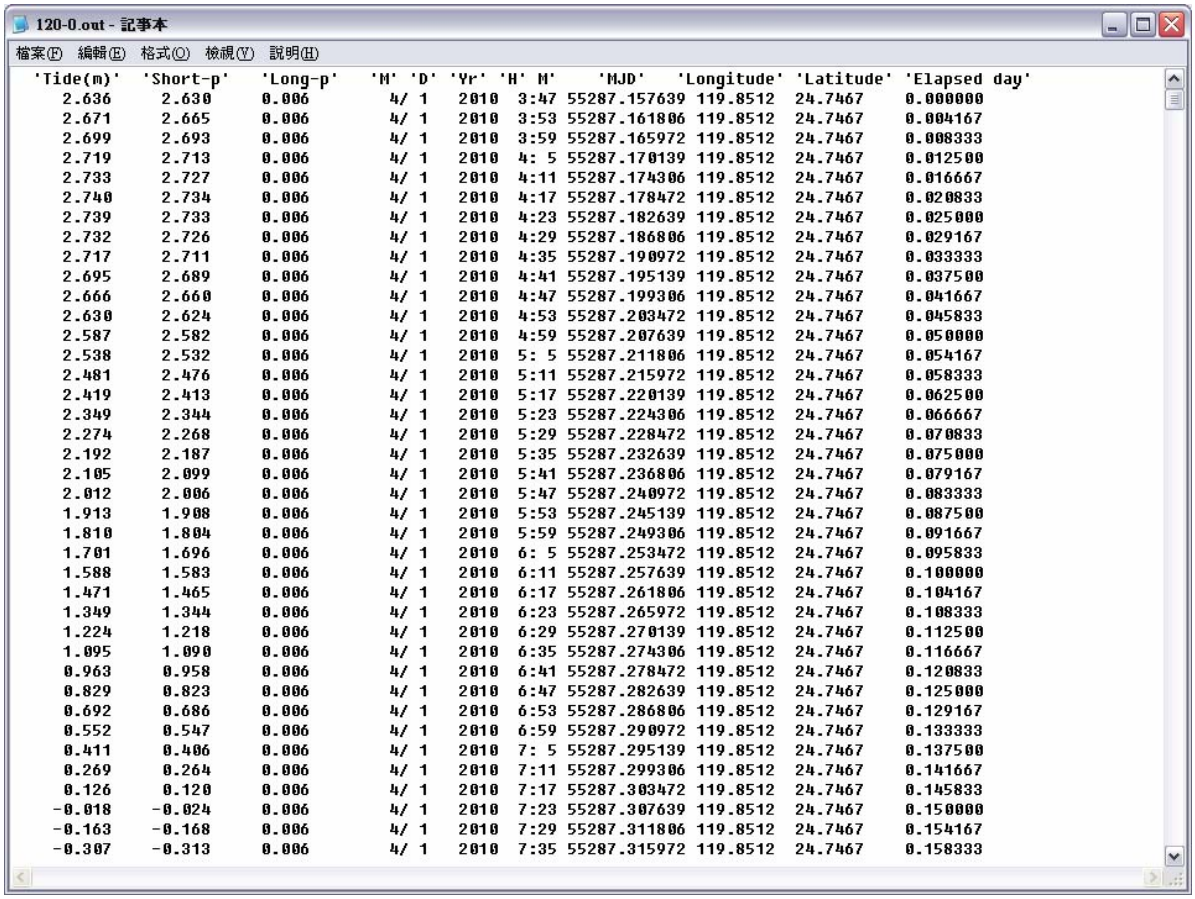


圖 5-75 測深軟體潮位匯入視窗圖

系統會將地圖上所有的點位，計算其數據並寫入一個輸出檔，而測深軟體的潮位匯入檔會分別放在儲存路徑下的 Caris 及 Hypack 資料夾內，下圖為輸出檔的範例(圖 5-76)。

F. 轉換圖表

系統除了可以將結果寫入文字檔外，也可以將計算結果轉換成圖表，點選轉換圖表的按鈕，即會出現以下視窗(圖 5-77)。系統的列表會預設為最後一次的計算結果，若要使用其他結果，則點選【選取檔案】，按下【確定】後，即會在結果檔案所在的目錄中，增加一個影像檔案。此影像檔即為所繪製的圖表(圖 5-78)。



120-0.out - 記事本

檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)

'Tide(m)'	'Short-p'	'Long-p'	'M' 'D'	'Yr'	'H' M'	'MJD'	'Longitude'	'Latitude'	'Elapsed day'
2.636	2.630	0.006	4/ 1	2010	3:47	55287.157639	119.8512	24.7467	0.000000
2.671	2.665	0.006	4/ 1	2010	3:53	55287.161806	119.8512	24.7467	0.004167
2.699	2.693	0.006	4/ 1	2010	3:59	55287.165972	119.8512	24.7467	0.008333
2.719	2.713	0.006	4/ 1	2010	4: 5	55287.170139	119.8512	24.7467	0.012500
2.733	2.727	0.006	4/ 1	2010	4:11	55287.174306	119.8512	24.7467	0.016667
2.740	2.734	0.006	4/ 1	2010	4:17	55287.178472	119.8512	24.7467	0.020833
2.739	2.733	0.006	4/ 1	2010	4:23	55287.182639	119.8512	24.7467	0.025000
2.732	2.726	0.006	4/ 1	2010	4:29	55287.186806	119.8512	24.7467	0.029167
2.717	2.711	0.006	4/ 1	2010	4:35	55287.190972	119.8512	24.7467	0.033333
2.695	2.689	0.006	4/ 1	2010	4:41	55287.195139	119.8512	24.7467	0.037500
2.666	2.660	0.006	4/ 1	2010	4:47	55287.199306	119.8512	24.7467	0.041667
2.630	2.624	0.006	4/ 1	2010	4:53	55287.203472	119.8512	24.7467	0.045833
2.587	2.582	0.006	4/ 1	2010	4:59	55287.207639	119.8512	24.7467	0.050000
2.538	2.532	0.006	4/ 1	2010	5: 5	55287.211806	119.8512	24.7467	0.054167
2.481	2.476	0.006	4/ 1	2010	5:11	55287.215972	119.8512	24.7467	0.058333
2.419	2.413	0.006	4/ 1	2010	5:17	55287.220139	119.8512	24.7467	0.062500
2.349	2.344	0.006	4/ 1	2010	5:23	55287.224306	119.8512	24.7467	0.066667
2.274	2.268	0.006	4/ 1	2010	5:29	55287.228472	119.8512	24.7467	0.070833
2.192	2.187	0.006	4/ 1	2010	5:35	55287.232639	119.8512	24.7467	0.075000
2.105	2.099	0.006	4/ 1	2010	5:41	55287.236806	119.8512	24.7467	0.079167
2.012	2.006	0.006	4/ 1	2010	5:47	55287.240972	119.8512	24.7467	0.083333
1.913	1.908	0.006	4/ 1	2010	5:53	55287.245139	119.8512	24.7467	0.087500
1.810	1.804	0.006	4/ 1	2010	5:59	55287.249306	119.8512	24.7467	0.091667
1.701	1.696	0.006	4/ 1	2010	6: 5	55287.253472	119.8512	24.7467	0.095833
1.588	1.583	0.006	4/ 1	2010	6:11	55287.257639	119.8512	24.7467	0.100000
1.471	1.465	0.006	4/ 1	2010	6:17	55287.261806	119.8512	24.7467	0.104167
1.349	1.344	0.006	4/ 1	2010	6:23	55287.265972	119.8512	24.7467	0.108333
1.224	1.218	0.006	4/ 1	2010	6:29	55287.270139	119.8512	24.7467	0.112500
1.095	1.090	0.006	4/ 1	2010	6:35	55287.274306	119.8512	24.7467	0.116667
0.963	0.958	0.006	4/ 1	2010	6:41	55287.278472	119.8512	24.7467	0.120833
0.829	0.823	0.006	4/ 1	2010	6:47	55287.282639	119.8512	24.7467	0.125000
0.692	0.686	0.006	4/ 1	2010	6:53	55287.286806	119.8512	24.7467	0.129167
0.552	0.547	0.006	4/ 1	2010	6:59	55287.290972	119.8512	24.7467	0.133333
0.411	0.406	0.006	4/ 1	2010	7: 5	55287.295139	119.8512	24.7467	0.137500
0.269	0.264	0.006	4/ 1	2010	7:11	55287.299306	119.8512	24.7467	0.141667
0.126	0.120	0.006	4/ 1	2010	7:17	55287.303472	119.8512	24.7467	0.145833
-0.018	-0.024	0.006	4/ 1	2010	7:23	55287.307639	119.8512	24.7467	0.150000
-0.163	-0.168	0.006	4/ 1	2010	7:29	55287.311806	119.8512	24.7467	0.154167
-0.307	-0.313	0.006	4/ 1	2010	7:35	55287.315972	119.8512	24.7467	0.158333

圖 5-76 測深軟體潮位匯入輸出檔範例圖



圖 5-77 圖表轉換視窗圖

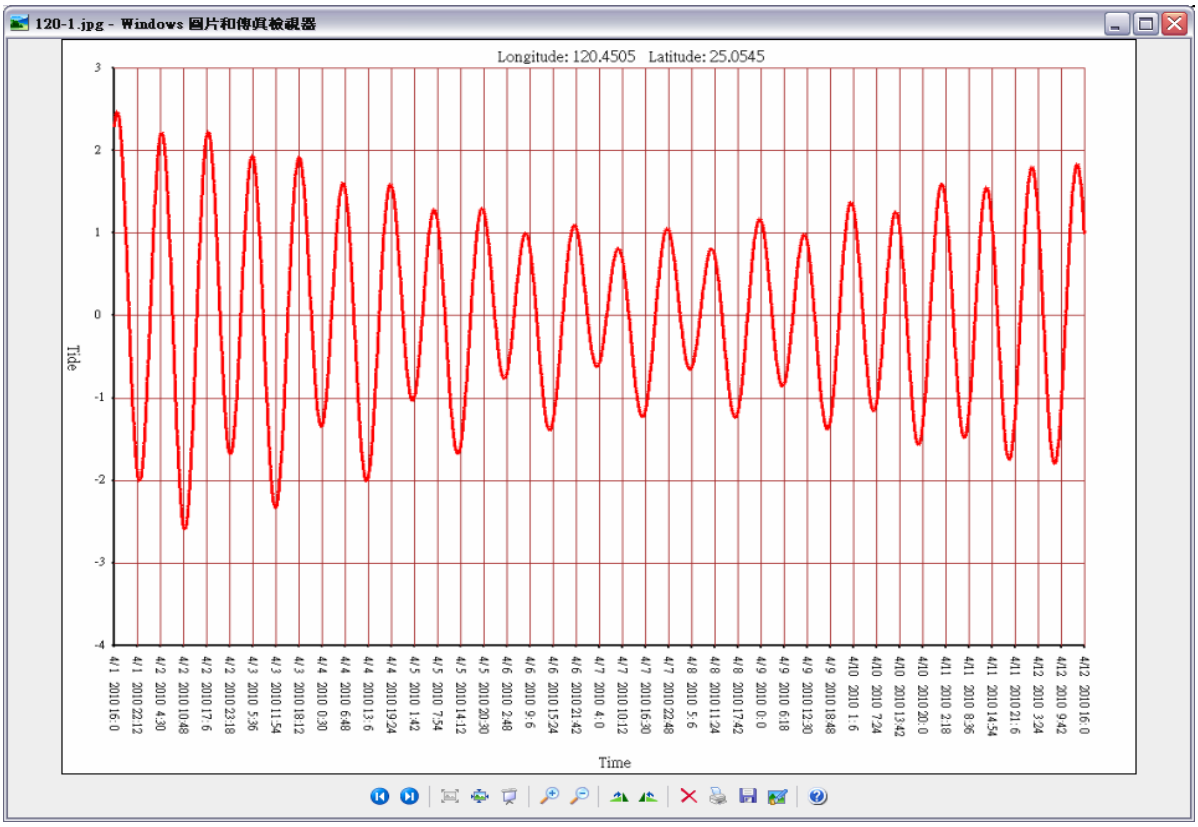


圖 5-78 圖表轉換繪製成果圖

(3) 屬性資料的查詢

點選工具列的按鈕，並在圖面上點選一點。出現以下視窗(圖 5-79)。可查詢到不同圖層的屬性。

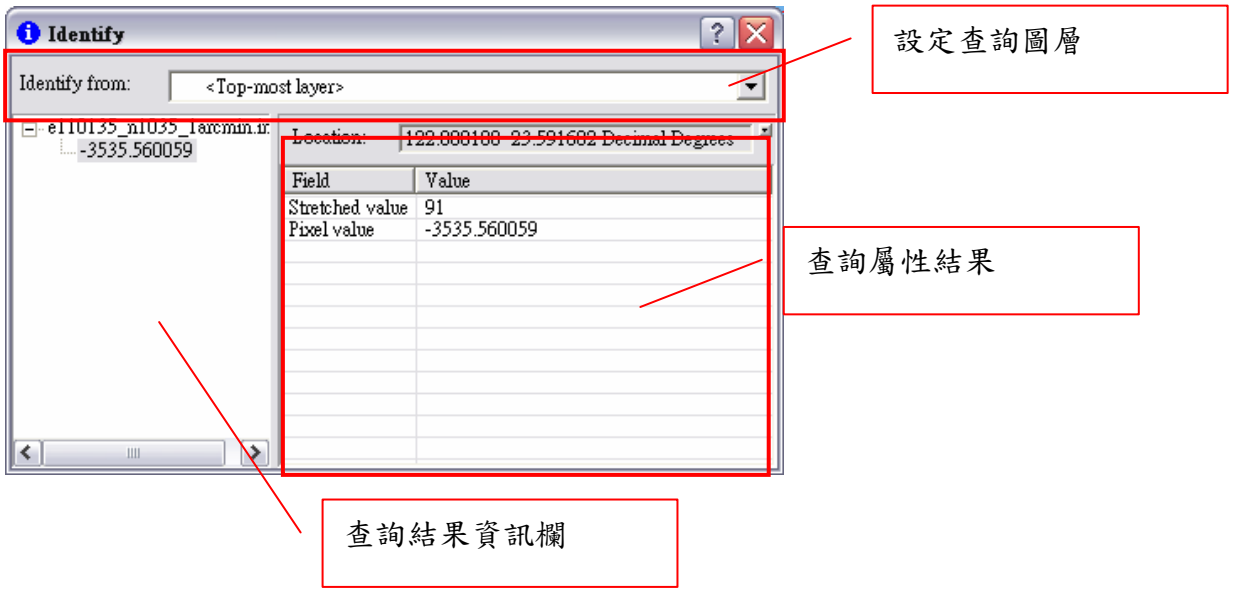


圖 5-79 屬性資料查詢視窗圖

(4) 出圖

按下拉式功能表 View→Layout View，可把圖面移至圖紙空間(圖 5-80)。圖紙空間的圖面會跟著模型空間自動切換，下方比例尺亦會自動更新，亦可自行調整出圖的設定，完成後按  按鈕出圖。

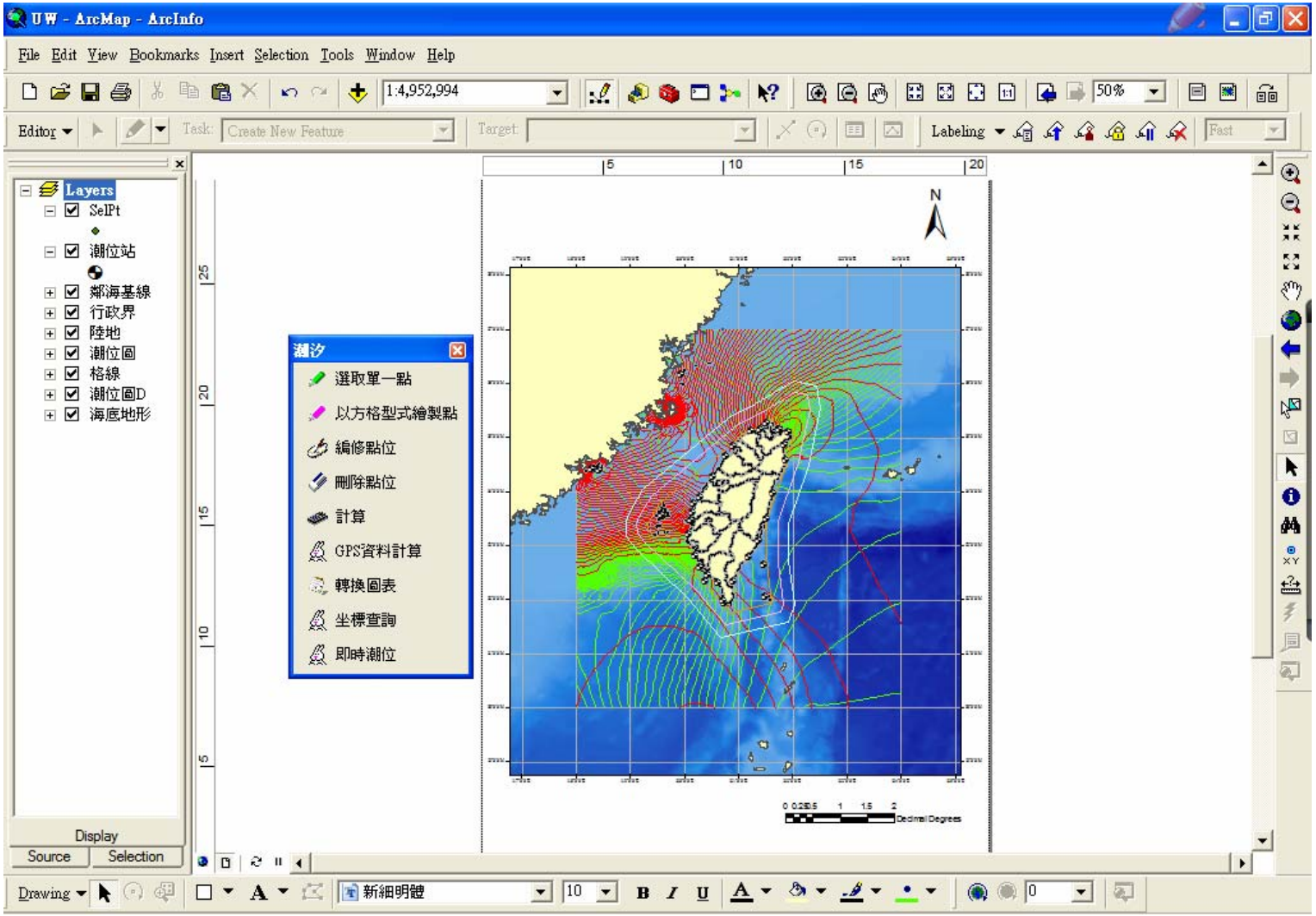


圖 5-80 出圖操作視窗圖

(三)新增系統功能

1. 新增『選取單一測點』(圖 5-81)、『以方格形式繪製點』(圖 5-82)之編修點位功能：其經緯度坐標可依需求選擇表示方式(度、分、秒或度)，另增加經緯度所相對應之 97 坐標，便於再次對照或檢測點位正確性。



圖 5-81 新增選取單一測點之編修點位功能視窗圖

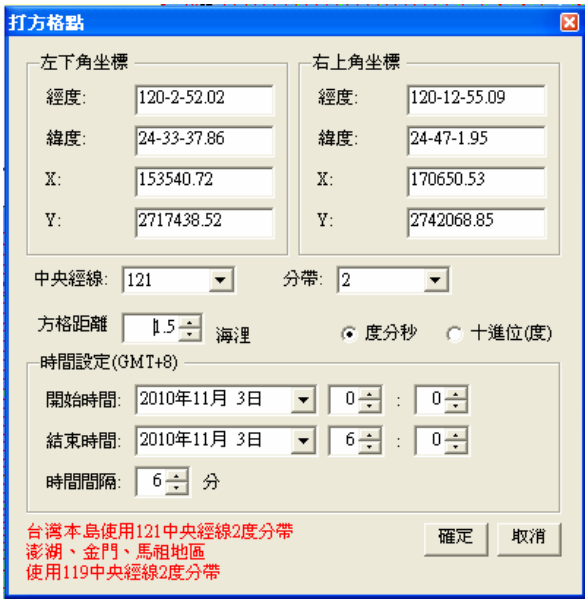


圖 5-82 新增以方格形式繪製點之編修點位功能視窗圖

2. 新增經緯度與 97 坐標轉換功能，如圖 5-83。

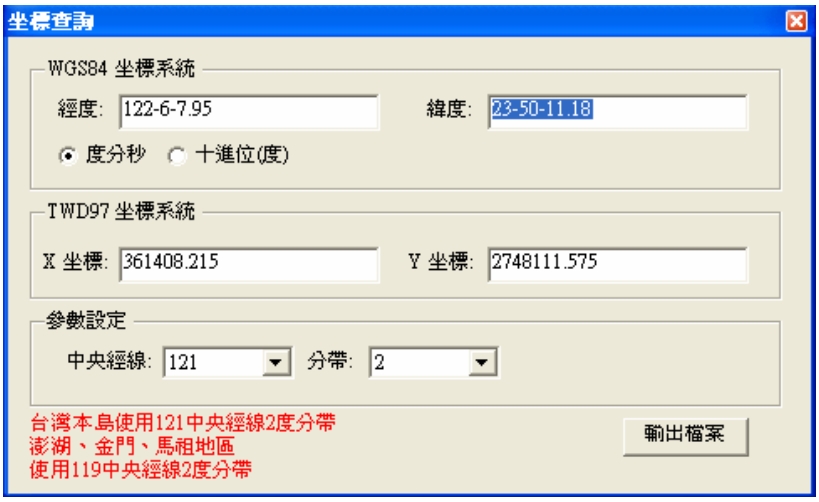


圖 5-83 經緯度與 97 坐標轉換功能視窗圖

3. 新增『計算』後可自動輸出格林威治時間及 GMT+8 時間之潮位檔數據功能，如圖 5-84。

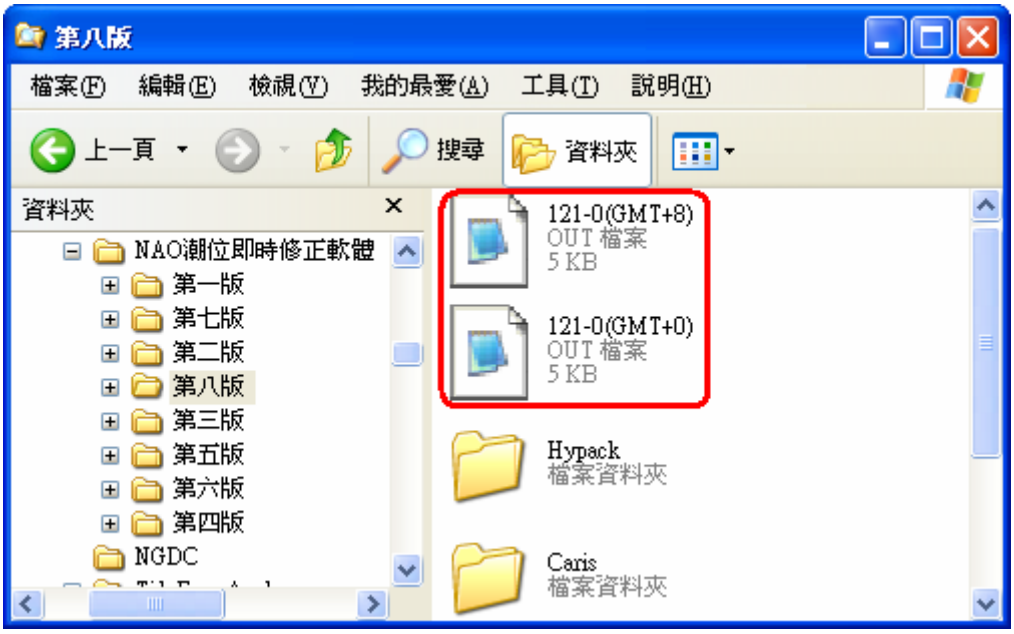


圖 5-84 輸出格林威治時間及 GMT+8 時間之潮位檔視窗圖

4. 新增潮位即時計算功能，可與 GPS 及測深儀器結合，讀取測深儀器即時之資料，即時顯示、修正並記錄現地海域之潮位、坐標及水深資料，如圖 5-85。



圖 5-85 潮位即時計算功能視窗圖

5. 新增 GPS 路徑檔匯入，從匯入資料計算潮位。意即現場地形測量時，若不立即作即時潮位修正，可回辦公室將上述成果點位(坐標)匯入軟體中，再進行各點位之潮位修正，如圖 5-86。

因 GPS 數據可能為 1 分鐘內有多筆坐標資料，考量在短時間內，船行距離潮位應不致變動太大，故可先利用畫面之時間間格功能，將 GPS 資料以每 6 分鐘或 1 分鐘間距，先行篩選點位，再進行潮位修正。篩選時間間格可視船行速度及記憶容量而定。



圖 5-86　GPS 路徑檔匯入資料計算潮位視窗圖

(四)系統測試

系統測試的整體目標是期望能以最少的努力找到最多的錯誤，本計劃於測試開始時，將提出測試計劃，內容包含各階段之測試任務、測試環境、使用工具、工作項目、時程及須準備事項及資料，系統測試主要測試階段說明如下：

1. 各單元之測試

主要是檢測模組結構之狀態，由程式撰寫人員檢查每一單元是否存在錯誤，以白箱測試為主，從輸出之成果可以檢驗測試是否成功。其重點如下：

(1) 測試模組介面以確定所測試的資訊能正確的流進與流出整個單元。

(2) 測試邊界條件以確定模組的邊界程序操作正常。

(3) 執行所有控制結構的路徑，以確定模組中所有程序正常。

(4) 測試所有處理信息，以確定輸出信息無誤。

(5) 測試演算程序是否具有完整性。

2. 驗收(驗証)測試

(1) 本測試目的在比較發展之系統與合約所記載之用戶需求是否符合，故需將軟體規格說明書中確定的軟體技術指標作為測試的確認準則；驗證焦點放在使用者可看到及了解的動作及輸出，及在實際工作之環境下與系統發展環境是否有差異。

(2) 每個驗證測試案例執行後，必需確定功能或執行特性是否滿足規格並被接受；無法接受者則記錄其偏離情形，並得到錯誤清單。

(3) 測試時除考慮功能、性能外，還需檢驗其可移植性、相容性、可維護性、人機介面以及開發檔案資料是否符合要求。

(4) 必要時可請使用者參予測試計劃。

(5) 本測試必需與實際作業環境相符。

3. 系統(整合)測試

軟體開發完成後建置於 貴中心之系統後進行綜合性檢驗，以驗證系統中每一個部分均已得到正確的整合，其目標如下：

(1) 安全性測試

主要目的係驗證安裝在系統內的保護機制能夠正當執行，使不受各種不正當的干擾、侵入。系統的安全性測試需要設置一些

測試實例嘗試突破系統的安全保密措施等，以確定系統是否有安全保密的漏洞。

(2) 強度測試

進行強度測試時，讓系統的執行處於資源的異常數量、異常頻率和異常批次量的條件下，紀錄系統執行情況，目的在檢驗系統的能力最高能達到什麼實際程度。

4. 測試計畫

測試計畫之系統測試流程如下圖 5-87 所示。

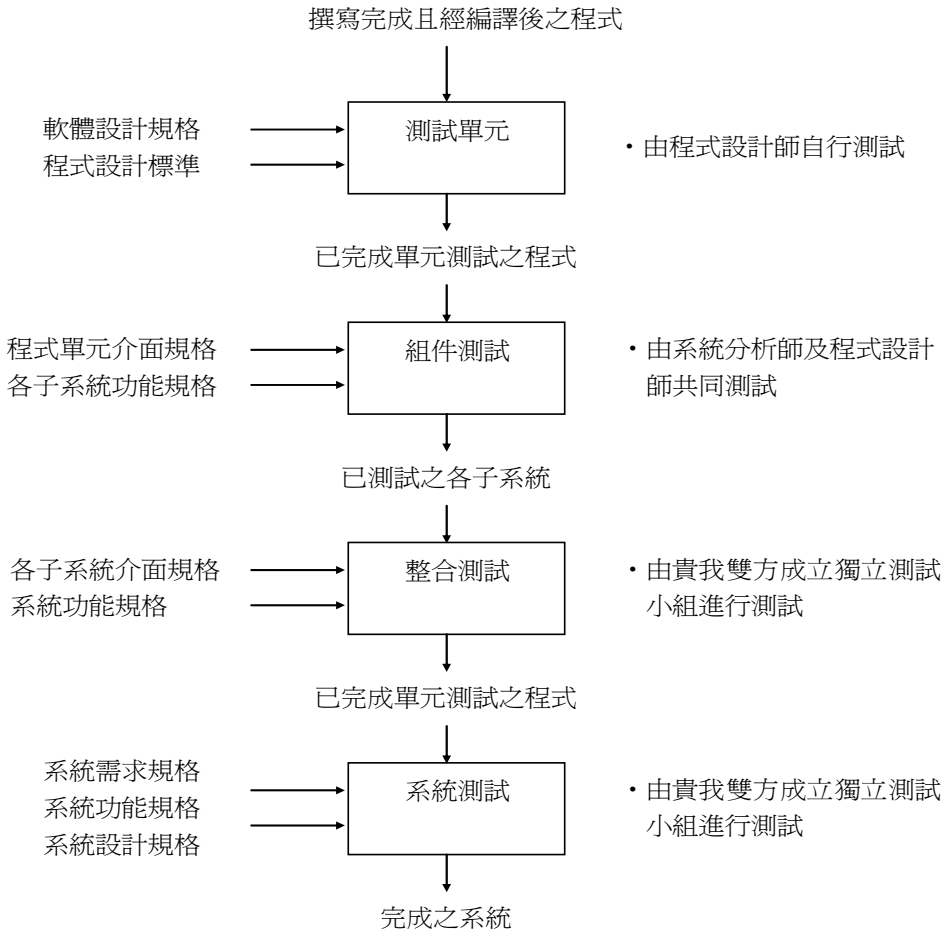


圖 5-87 系統測試流程圖

(1) 測試記錄

A. 詳實記載測試方法、數據、功能及結果是否符合要求與追蹤修改情形，做為軟體品質之保証。

B. 記錄測試之績效。

C. 記錄使用系統之便利性，系統之指示或錯誤信息是否明瞭。

D. 記錄系統遭意外時，是否能作緊急處理。

(2) 人力分配

測試人力分配如表 5-16。

表 5-16 測試人力分配表

測試方法	本團隊參與人員	委辦機關參與人員
單元測試	程式撰寫人員	
單元整合測試	系統分析及設計人員	
驗收(証)測試	系統分析及設計人員	使用者 協同辦理人員
系統(整合)測試	系統分析及設計人員	系統管理者 協同辦理人員

5. 單元測試

主要是檢測模組結構之狀態,由程式撰寫人員檢查每一單元是否存在錯誤，以白箱測試為主，從輸出之成果可以檢驗測試是否成功。其重點如下：

(1) 測試模組介面以確定所測試的資訊能正確的流進與流出整個單元。

(2) 測試邊界條件以確定模組的邊界程序操作正常

(3) 執行所有控制結構的路徑，以確定模組中所有程序正常

(4) 測試所有處理信息，以確定輸出信息無誤。

(5) 測試演算程序是否具有完整性。

A. 測試方法

本單元測試透過簡易測試程式撰寫的方式，批次針對模組的單元、流程、邏輯規格測試，確保任一模組內之完整性。

B. 測試清單

單元測試清單如下表 5-17 所示。

表 5-17 單元測試清單表

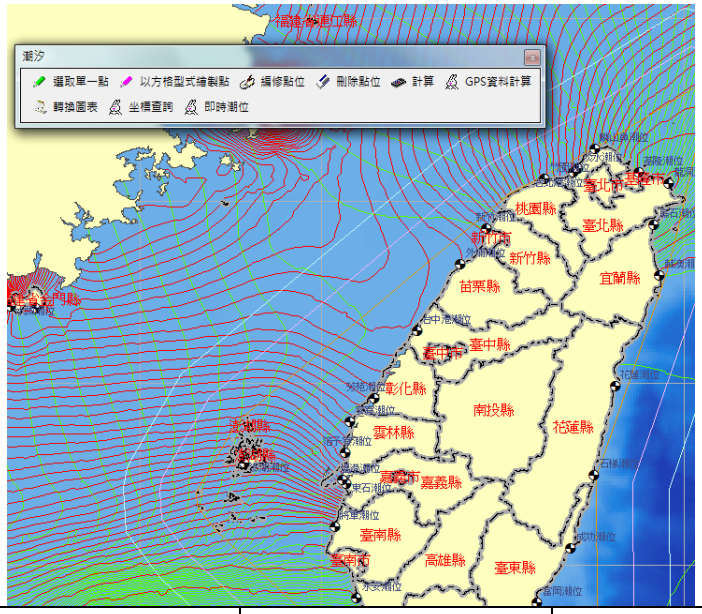
項次	子系統	子系統代碼	模組	模組檔案	功能名稱	功能檔案
1	地圖操作		工具列操作		縮放	
2	地圖操作		工具列操作		平移	
3	地圖操作		工具列操作		測量	
4	地圖操作		工具列操作		列印	
5	地圖操作		工具列操作		地圖複製	
6	地圖操作		工具列操作		圖面資料查詢	
7	潮汐系統		計算模組		點選單一點	
8	潮汐系統		計算模組		以方格型式繪製點	
9	潮汐系統		計算模組		刪除點位	
10	潮汐系統		計算模組		計算	
11	潮汐系統		計算模組		轉換圖表	

C. 測試結果

單元測試結果登錄如下表 5-18 至表 5-25。

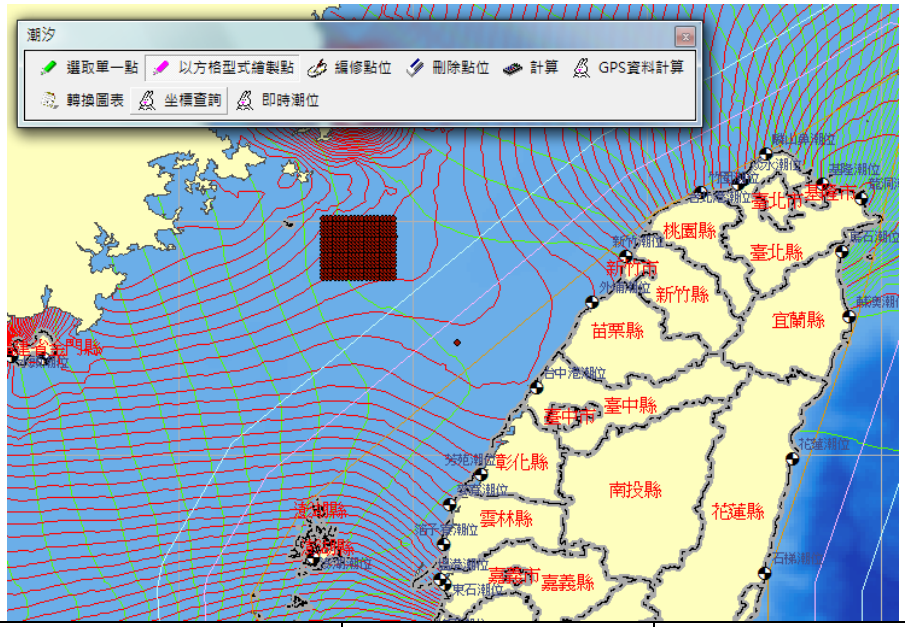
表 5-18 點選單一點單元測試表

測試階段	單元測試	日期	99/04/08	填寫人	龔興南
測試項目	點選單一點			表單編號	
測試個案說明： 測試點選單一點是否正常運作					
測試程序 1. 選取【點選單一點】按鈕 2. 於地圖上點選一點					
輸入內容或條件： 1. 於地圖上點選一點					
輸出結果 1. 顯示並記錄所點選點的位置					
系統畫面					



測試項目	是否進行測試	結果
查詢期間邏輯性	■是 □否	■正常 □異常
查詢條件完整性	■是 □否	■正常 □異常
查詢結果正確性	■是 □否	■正常 □異常
操作流程合理性	■是 □否	■正常 □異常
參數傳遞正確性	■是 □否	■正常 □異常

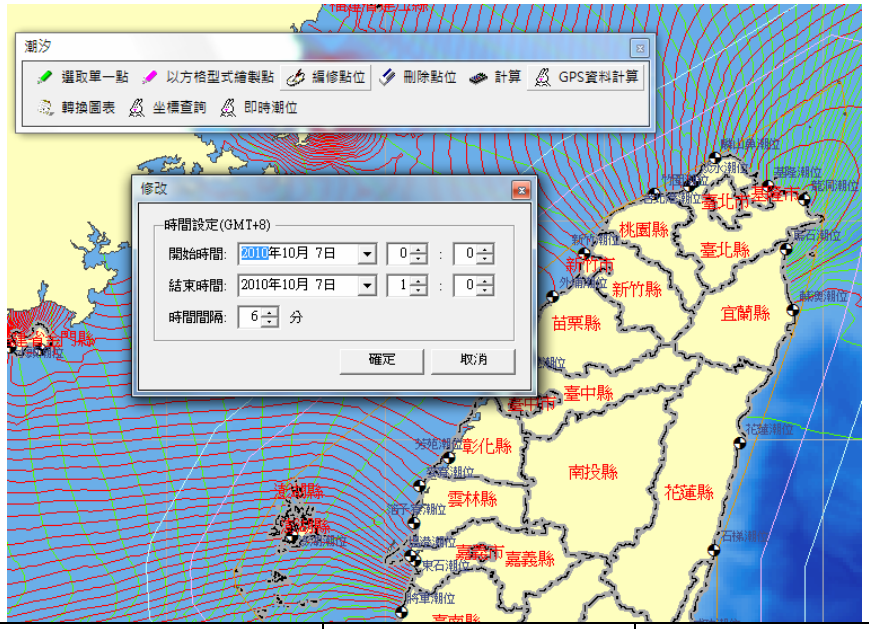
表 5-19 以方格型式繪製點單元測試表

測試階段	單元測試	日期	99/04/08	填寫人	龔興南
測試項目	以方格型式繪製點			表單編號	
測試個案說明： 測試以方格型式繪製點是否正常運作					
測試程序 1. 點選【以方格型式繪製點】按鈕 2. 於地圖上框選一範圍 3. 輸入間隔 5					
輸入內容或條件： 1. 於地圖上框選一範圍 2. 輸入間隔 5					
輸出結果 1. 顯示並記錄以方格型式呈現的點位					
系統畫面  					

測試項目	是否進行測試	結果
查詢期間邏輯性	■是 □否	■正常 □異常
查詢條件完整性	■是 □否	■正常 □異常
查詢結果正確性	■是 □否	■正常 □異常
操作流程合理性	■是 □否	■正常 □異常
參數傳遞正確性	■是 □否	■正常 □異常

表 5-20 編輯點位單元測試表

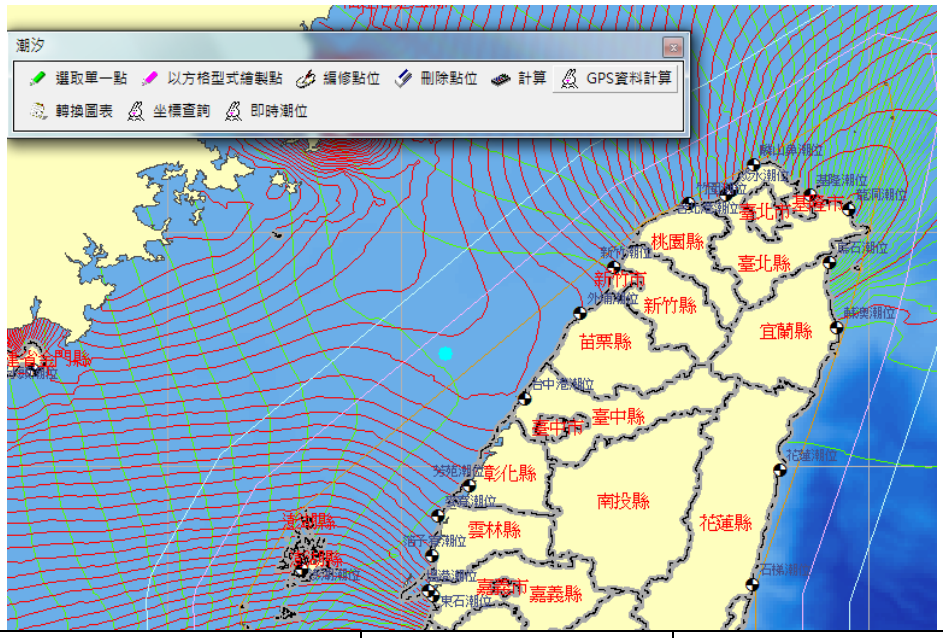
測試階段	單元測試	日期	99/04/08	填寫人	龔興南
測試項目	編輯點位			表單編號	
測試個案說明： 測試修改點位屬性資料是否正常運作					
測試程序 1. 選取其中一個點位 2. 點選【編輯點位】按鈕 3. 修改屬性資料					
輸入內容或條件： 1. 於地圖上框選一範圍 2. 輸入間隔 5					
輸出結果 1. 顯示並記錄已修改後的點位					
系統畫面					



測試項目	是否進行測試	結果
查詢期間邏輯性	■是 □否	■正常 □異常
查詢條件完整性	■是 □否	■正常 □異常
查詢結果正確性	■是 □否	■正常 □異常
操作流程合理性	■是 □否	■正常 □異常
參數傳遞正確性	■是 □否	■正常 □異常

表 5-21 刪除點位單元測試表

測試階段	單元測試	日期	99/04/08	填寫人	龔興南
測試項目	刪除點位			表單編號	
測試個案說明： 測試刪除點位是否正確。					
測試程序 1. 選取欲刪除的點位 2. 點選【刪除點位】按鈕					
輸入內容或條件： 1. 選取欲刪除的點位					
輸出結果 1. 顯示並記錄點位刪除後的資料					
系統畫面					



測試項目	是否進行測試	結果
查詢期間邏輯性	■是 □否	■正常 □異常
查詢條件完整性	■是 □否	■正常 □異常
查詢結果正確性	■是 □否	■正常 □異常
操作流程合理性	■是 □否	■正常 □異常
參數傳遞正確性	■是 □否	■正常 □異常

表 5-22 計算單元測試表

測試階段	單元測試	日期	99/04/08	填寫人	龔興南
測試項目	計算			表單編號	

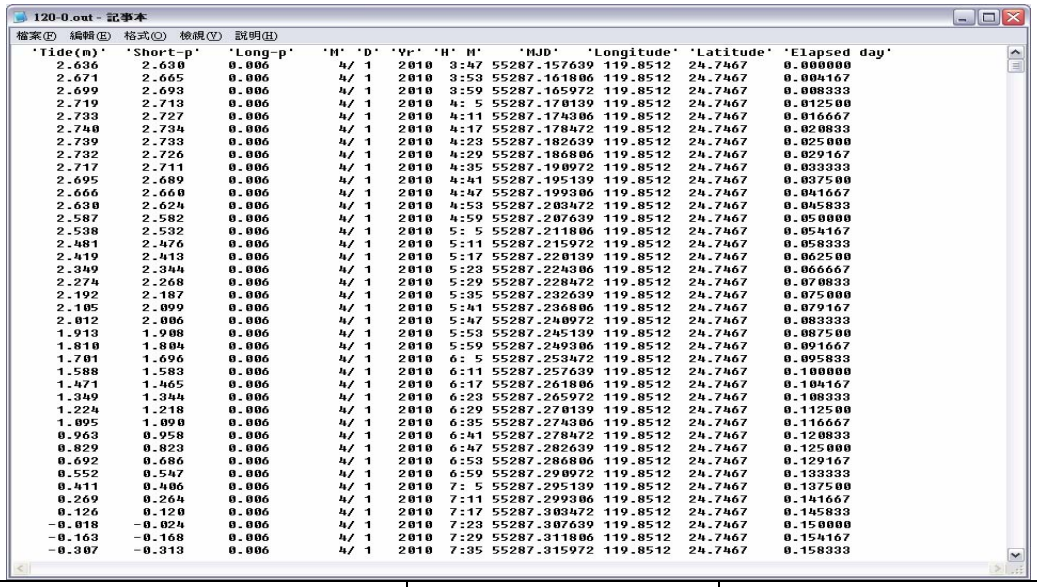
測試個案說明：
測試計算功能是否正確

測試程序
1. 點選【計算】按鈕
2. 輸入【開始時間】
3. 輸入【結束時間】
4. 輸入【時間間隔】
5. 輸入【輸出路徑】

輸入內容或條件：
1. 輸入【開始時間】
2. 輸入【結束時間】
3. 輸入【時間間隔】
4. 輸入【輸出路徑】

輸出結果
1. 所有點位的計算結果輸出檔

系統畫面



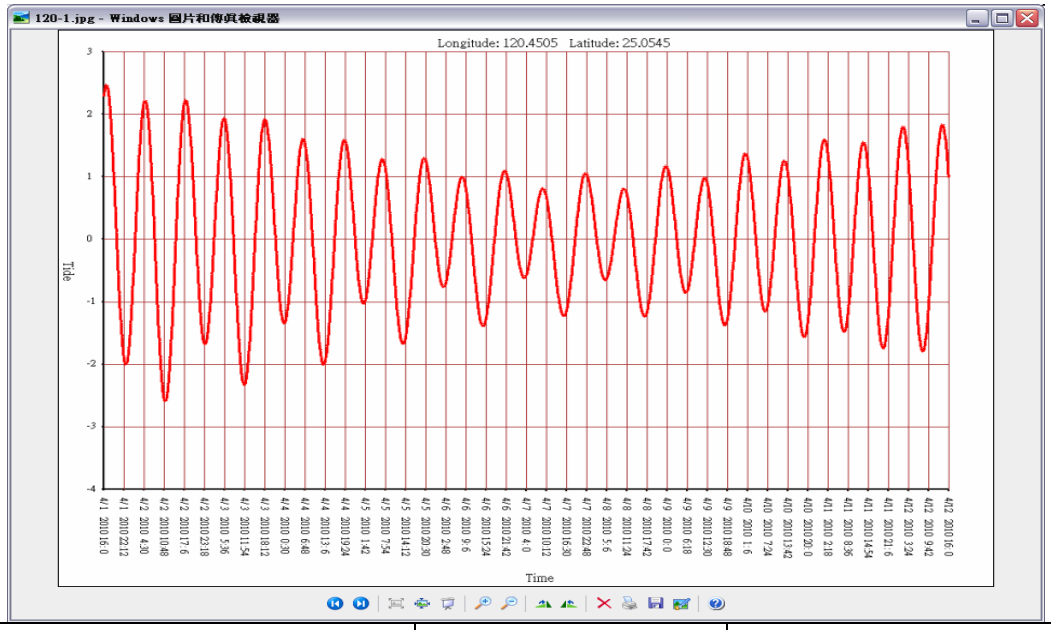
120-0.out - 記事本

檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)

'Tide(m)'	'Short-p'	'Long-p'	'M'	'D'	'Yr'	'H'	M'	'MJD'	'Longitude'	'Latitude'	'Elapsed day'
2.636	2.630	0.006	4/	1	2010	3:	47	55287.157639	119.8512	24.7467	0.000000
2.671	2.665	0.006	4/	1	2010	3:	53	55287.161806	119.8512	24.7467	0.004167
2.699	2.693	0.006	4/	1	2010	3:	59	55287.165972	119.8512	24.7467	0.008333
2.719	2.713	0.006	4/	1	2010	4:	5	55287.170139	119.8512	24.7467	0.012500
2.733	2.727	0.006	4/	1	2010	4:	11	55287.174306	119.8512	24.7467	0.016667
2.740	2.734	0.006	4/	1	2010	4:	17	55287.178472	119.8512	24.7467	0.020833
2.739	2.733	0.006	4/	1	2010	4:	23	55287.182639	119.8512	24.7467	0.025000
2.732	2.726	0.006	4/	1	2010	4:	29	55287.186806	119.8512	24.7467	0.029167
2.717	2.711	0.006	4/	1	2010	4:	35	55287.190972	119.8512	24.7467	0.033333
2.695	2.689	0.006	4/	1	2010	4:	41	55287.195139	119.8512	24.7467	0.037500
2.666	2.660	0.006	4/	1	2010	4:	47	55287.199306	119.8512	24.7467	0.041667
2.630	2.624	0.006	4/	1	2010	4:	53	55287.203472	119.8512	24.7467	0.045833
2.587	2.582	0.006	4/	1	2010	4:	59	55287.207639	119.8512	24.7467	0.050000
2.538	2.532	0.006	4/	1	2010	5:	5	55287.211806	119.8512	24.7467	0.054167
2.481	2.476	0.006	4/	1	2010	5:	11	55287.215972	119.8512	24.7467	0.058333
2.419	2.413	0.006	4/	1	2010	5:	17	55287.220139	119.8512	24.7467	0.062500
2.349	2.344	0.006	4/	1	2010	5:	23	55287.224306	119.8512	24.7467	0.066667
2.274	2.268	0.006	4/	1	2010	5:	29	55287.228472	119.8512	24.7467	0.070833
2.192	2.187	0.006	4/	1	2010	5:	35	55287.232639	119.8512	24.7467	0.075000
2.105	2.099	0.006	4/	1	2010	5:	41	55287.236806	119.8512	24.7467	0.079167
2.012	2.006	0.006	4/	1	2010	5:	47	55287.240972	119.8512	24.7467	0.083333
1.913	1.908	0.006	4/	1	2010	5:	53	55287.245139	119.8512	24.7467	0.087500
1.810	1.804	0.006	4/	1	2010	5:	59	55287.249306	119.8512	24.7467	0.091667
1.701	1.696	0.006	4/	1	2010	6:	5	55287.253472	119.8512	24.7467	0.095833
1.588	1.583	0.006	4/	1	2010	6:	11	55287.257639	119.8512	24.7467	0.100000
1.471	1.465	0.006	4/	1	2010	6:	17	55287.261806	119.8512	24.7467	0.104167
1.349	1.344	0.006	4/	1	2010	6:	23	55287.265972	119.8512	24.7467	0.108333
1.224	1.218	0.006	4/	1	2010	6:	29	55287.270139	119.8512	24.7467	0.112500
1.095	1.090	0.006	4/	1	2010	6:	35	55287.274306	119.8512	24.7467	0.116667
0.963	0.958	0.006	4/	1	2010	6:	41	55287.278472	119.8512	24.7467	0.120833
0.829	0.823	0.006	4/	1	2010	6:	47	55287.282639	119.8512	24.7467	0.125000
0.692	0.686	0.006	4/	1	2010	6:	53	55287.286806	119.8512	24.7467	0.129167
0.552	0.547	0.006	4/	1	2010	6:	59	55287.290972	119.8512	24.7467	0.133333
0.411	0.406	0.006	4/	1	2010	7:	5	55287.295139	119.8512	24.7467	0.137500
0.269	0.264	0.006	4/	1	2010	7:	11	55287.299306	119.8512	24.7467	0.141667
0.126	0.120	0.006	4/	1	2010	7:	17	55287.303472	119.8512	24.7467	0.145833
-0.018	-0.024	0.006	4/	1	2010	7:	23	55287.307639	119.8512	24.7467	0.150000
-0.163	-0.168	0.006	4/	1	2010	7:	29	55287.311806	119.8512	24.7467	0.154167
-0.307	-0.313	0.006	4/	1	2010	7:	35	55287.315972	119.8512	24.7467	0.158333

測試項目	是否進行測試	結果
查詢期間邏輯性	■是 □否	■正常 □異常
查詢條件完整性	■是 □否	■正常 □異常
查詢結果正確性	■是 □否	■正常 □異常
操作流程合理性	■是 □否	■正常 □異常
參數傳遞正確性	■是 □否	■正常 □異常

表 5-23 轉換圖表單元測試表

測試階段	單元測試	日期	99/04/08	填寫人	龔興南
測試項目	轉換圖表			表單編號	
測試個案說明： 測試轉換圖表是否正確					
測試程序 1. 點選【轉換圖表】按鈕 2. 選取檔案					
輸入內容或條件： 1. 選取計算結果輸出檔					
輸出結果 1. 所有計算結果圖表					
系統畫面  					

測試項目	是否進行測試	結果
查詢期間邏輯性	■是 □否	■正常 □異常
查詢條件完整性	■是 □否	■正常 □異常
查詢結果正確性	■是 □否	■正常 □異常
操作流程合理性	■是 □否	■正常 □異常
參數傳遞正確性	■是 □否	■正常 □異常

表 5-24 GPS 資料計算單元測試表

測試階段	單元測試	日期	99/09/08	填寫人	龔興南
測試項目	GPS 資料計算潮位			表單編號	
測試個案說明： 測試 GPS 資計計算潮位是否正確					
測試程序 1. 點選【GPS 資料計算】按鈕 2. 選取檔案 3. 設定日期及間隔 4. 按【讀取】 5. 設定所需輸出之匯入檔及輸出路徑 6. 按【計算潮汐】					
輸入內容或條件： 1. GPS 資料檔					
輸出結果 1. 潮位計算結果 2. 測深儀器潮位匯入檔					
系統畫面					
測試項目	是否進行測試		結果		
查詢期間邏輯性	■是	□否	■正常	□異常	
查詢條件完整性	■是	□否	■正常	□異常	
查詢結果正確性	■是	□否	■正常	□異常	
操作流程合理性	■是	□否	■正常	□異常	
參數傳遞正確性	■是	□否	■正常	□異常	

表 5-25 即時潮位單元測試表

測試階段	單元測試	日期	99/09/08	填寫人	龔興南
測試項目	即時潮位			表單編號	
測試個案說明： 測試即時潮位功能是否正確					
測試程序 1. 點選【即時潮位】按鈕 2. 設定儀器輸出檔路徑 3. 按【啟動】					
輸入內容或條件： 1. 測深儀器輸出檔					
輸出結果 1. 潮位計算結果					
系統畫面 					

測試項目	是否進行測試	結果
查詢期間邏輯性	■是 □否	■正常 □異常
查詢條件完整性	■是 □否	■正常 □異常
查詢結果正確性	■是 □否	■正常 □異常
操作流程合理性	■是 □否	■正常 □異常
參數傳遞正確性	■是 □否	■正常 □異常

6. 驗證測試

本測試目的在比較發展之系統與合約所記載之用戶需求是否符合，故需將軟體規格說明書中確定的軟體技術指標作為測試的確認準則；驗證焦點放在使用者可看到及了解的動作及輸出，及在實際工作之環境下與系統發展環境是否有差異。驗證測試範圍包含本系統所涵蓋之系統功能模組，驗證測試成果登錄如表 5-26 至表 5-33 所示。

7. 系統(整合)測試

軟體開發完成後將建置於 貴中心之系統後進行綜合性檢驗，含安全性測試及強度測試。以驗證系統中每一個部分均已得到正確的整合，目前本系統已完成與 GPS 及水深儀器結合之整合測試，水深儀器在接收資料的同時，本系統可於一定時間間隔內，計算目前位置即時之水深。

表5-26 點選單一點驗證測試表

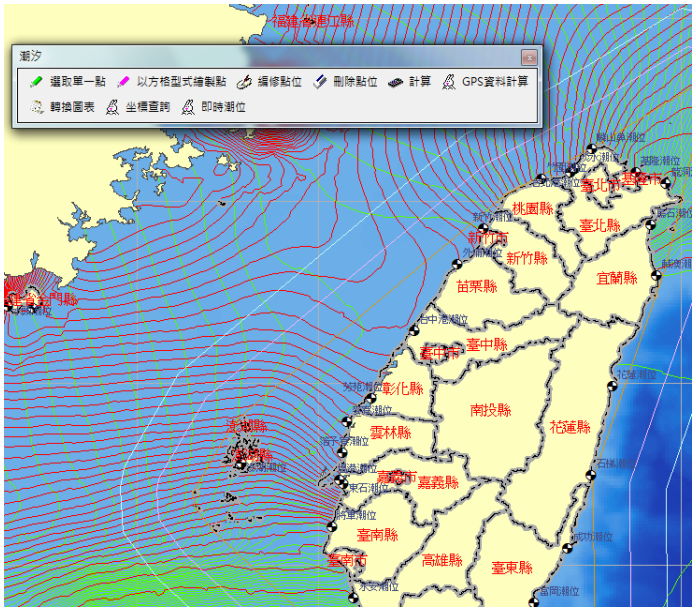
測試項目	點選單一點		
測試前提			
測試流程	1. 選取【點選單一點】按鈕 2. 於地圖上點選一點		
系統畫面			
測試結果	■正常　　□不正常		
測試人員		**測試日期**	

表 5-27 以方格型式繪製點位驗證測試表

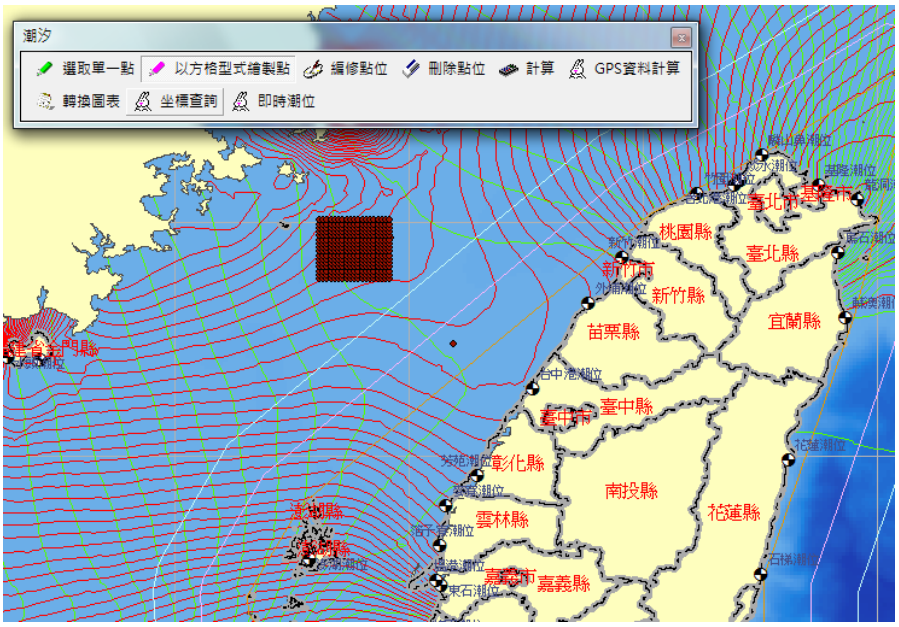
測試項目	以方格型式繪製點位		
測試前提			
測試流程	1. 點選【以方格型式繪製點】按鈕 2. 於地圖上框選一範圍 3. 輸入間隔 5		
系統畫面			
測試結果	■正常　　□不正常		
測試人員		**測試日期**	

表 5-28 編輯點位驗證測試表

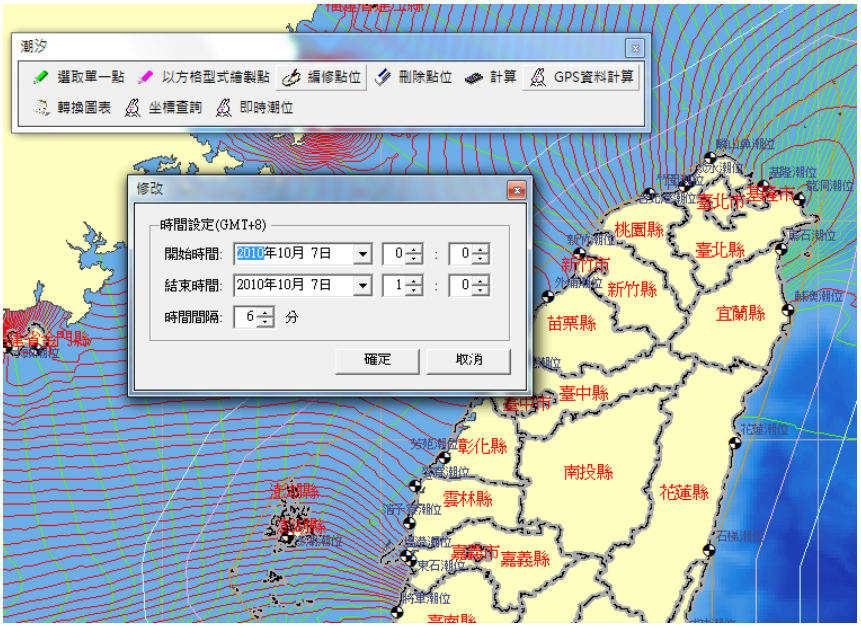
測試項目	編輯點位		
測試前提			
測試流程	1. 選取其中一個點位 2. 點選【編輯點位】按鈕 3. 修改屬性資料		
系統畫面			
測試結果	■正常　　□不正常		
測試人員		**測試日期**	

表 5-29 刪除點位驗證測試表

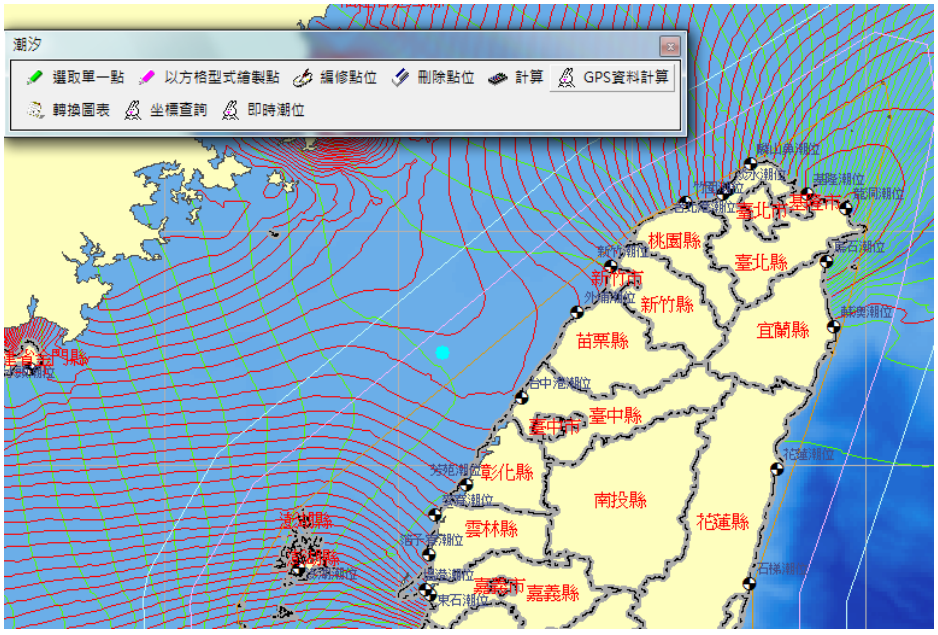
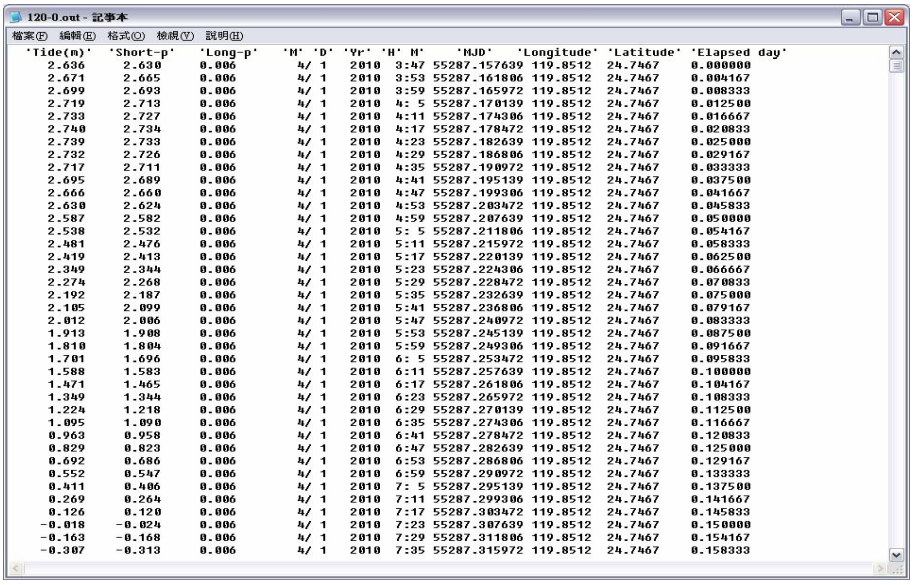
測試項目	刪除點位		
測試前提			
測試流程	1. 選取欲刪除的點位 2. 點選【刪除點位】按鈕		
系統畫面			
測試結果	■正常　　□不正常		
測試人員		**測試日期**	

表 5-30 計算驗證測試表

測試項目	計算		
測試前提			
測試流程	1. 點選【計算】按鈕 2. 輸入【開始時間】 3. 輸入【結束時間】 4. 輸入【時間間隔】 5. 輸入【輸出路徑】		
系統畫面			
測試結果	■正常　　□不正常		
測試人員		**測試日期**	

120-0.out - 記事本

檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)

'Tide(m)'	'Short-p'	'Long-p'	'M'	'D'	'Yr'	'H'	'M'	'MJD'	'Longitude'	'Latitude'	'Elapsed day'
2.636	2.630	0.006	4/	1	2010	3:	47	55287.157639	119.8512	24.7467	0.000000
2.671	2.665	0.006	4/	1	2010	3:	53	55287.161806	119.8512	24.7467	0.004167
2.699	2.693	0.006	4/	1	2010	3:	59	55287.165972	119.8512	24.7467	0.008333
2.719	2.713	0.006	4/	1	2010	4:	5	55287.170139	119.8512	24.7467	0.012500
2.733	2.727	0.006	4/	1	2010	4:	11	55287.174306	119.8512	24.7467	0.016667
2.740	2.734	0.006	4/	1	2010	4:	17	55287.178472	119.8512	24.7467	0.020833
2.739	2.733	0.006	4/	1	2010	4:	23	55287.182639	119.8512	24.7467	0.025000
2.732	2.726	0.006	4/	1	2010	4:	29	55287.186806	119.8512	24.7467	0.029167
2.717	2.711	0.006	4/	1	2010	4:	35	55287.190972	119.8512	24.7467	0.033333
2.695	2.689	0.006	4/	1	2010	4:	41	55287.195139	119.8512	24.7467	0.037500
2.666	2.660	0.006	4/	1	2010	4:	47	55287.199306	119.8512	24.7467	0.041667
2.630	2.624	0.006	4/	1	2010	4:	53	55287.203472	119.8512	24.7467	0.045833
2.587	2.582	0.006	4/	1	2010	4:	59	55287.207639	119.8512	24.7467	0.050000
2.538	2.532	0.006	4/	1	2010	5:	5	55287.211806	119.8512	24.7467	0.054167
2.481	2.476	0.006	4/	1	2010	5:	11	55287.215972	119.8512	24.7467	0.058333
2.419	2.413	0.006	4/	1	2010	5:	17	55287.220139	119.8512	24.7467	0.062500
2.349	2.344	0.006	4/	1	2010	5:	23	55287.224306	119.8512	24.7467	0.066667
2.274	2.268	0.006	4/	1	2010	5:	29	55287.228472	119.8512	24.7467	0.070833
2.192	2.187	0.006	4/	1	2010	5:	35	55287.232639	119.8512	24.7467	0.075000
2.105	2.099	0.006	4/	1	2010	5:	41	55287.236806	119.8512	24.7467	0.079167
2.012	2.006	0.006	4/	1	2010	5:	47	55287.240972	119.8512	24.7467	0.083333
1.913	1.908	0.006	4/	1	2010	5:	53	55287.245139	119.8512	24.7467	0.087500
1.810	1.804	0.006	4/	1	2010	5:	59	55287.249306	119.8512	24.7467	0.091667
1.701	1.696	0.006	4/	1	2010	6:	5	55287.253472	119.8512	24.7467	0.095833
1.588	1.583	0.006	4/	1	2010	6:	11	55287.257639	119.8512	24.7467	0.100000
1.471	1.465	0.006	4/	1	2010	6:	17	55287.261806	119.8512	24.7467	0.104167
1.349	1.344	0.006	4/	1	2010	6:	23	55287.265972	119.8512	24.7467	0.108333
1.224	1.218	0.006	4/	1	2010	6:	29	55287.270139	119.8512	24.7467	0.112500
1.095	1.090	0.006	4/	1	2010	6:	35	55287.274306	119.8512	24.7467	0.116667
0.963	0.958	0.006	4/	1	2010	6:	41	55287.278472	119.8512	24.7467	0.120833
0.829	0.823	0.006	4/	1	2010	6:	47	55287.282639	119.8512	24.7467	0.125000
0.692	0.686	0.006	4/	1	2010	6:	53	55287.286806	119.8512	24.7467	0.129167
0.552	0.547	0.006	4/	1	2010	6:	59	55287.290972	119.8512	24.7467	0.133333
0.411	0.406	0.006	4/	1	2010	7:	5	55287.295139	119.8512	24.7467	0.137500
0.269	0.264	0.006	4/	1	2010	7:	11	55287.299306	119.8512	24.7467	0.141667
0.126	0.120	0.006	4/	1	2010	7:	17	55287.303472	119.8512	24.7467	0.145833
-0.018	-0.024	0.006	4/	1	2010	7:	23	55287.307639	119.8512	24.7467	0.150000
-0.163	-0.168	0.006	4/	1	2010	7:	29	55287.311806	119.8512	24.7467	0.154167
-0.307	-0.313	0.006	4/	1	2010	7:	35	55287.315972	119.8512	24.7467	0.158333

表 5-31 轉換圖表驗證測試表

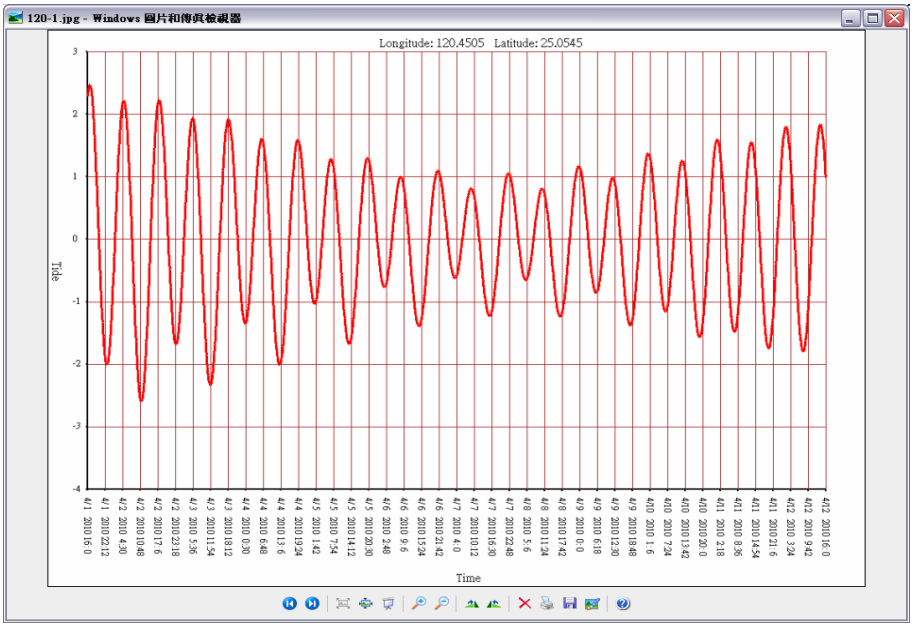
測試項目	轉換圖表		
測試前提			
測試流程	1. 點選【轉換圖表】按鈕 2. 選取檔案		
系統畫面			
測試結果	■正常 □不正常		
測試人員		**測試日期**	

表 5-32 GPS 資料計算驗證測試表

測試項目	GPS 資料計算		
測試前提			
測試流程	1. 點選【GPS 資料計算】按鈕 2. 選取檔案 3. 設定間隔與日期 4. 選取所需輸出之匯入檔及儲存路徑 5. 按【計算潮位】		
系統畫面			
測試結果	■正常　　□不正常		
測試人員		**測試日期**	

表 5-33 即時潮位驗證測試表

<table>
<tr><td>測試項目</td><td colspan="3">即時潮位</td></tr>
<tr><td>測試前提</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>測試流程</td><td colspan="3">1. 點選【即時潮位】按鈕
2. 設定好水深儀器匯出路徑
3. 按【啟動】</td></tr>
<tr><td>系統畫面</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>測試結果</td><td colspan="3">■正常 □不正常</td></tr>
<tr><td>測試人員</td><td></td><td>測試日期</td><td></td></tr>
</table>

六、技術研習活動

(一)技術研習計畫書

本計畫之技術研習活動舉辦初期需提出「技術研習活動計畫書」供 貴中心核定，計畫執行團隊於 99 年 6 月 14 日以(99)成大水基字第 107 號函提出該活動計畫書，經 貴中心於 99 年 6 月 18 日以測形字第 0990006083 號函復同意，「技術研習活動計畫書」內容置於附錄五，而技術研習資料則置於附錄六(含技術研習簽到簿)。

(二)活動概況

本計畫技術研習活動日期為 99 年 6 月 25 日（星期五），分室內研習及室外研習兩部分，參與人數計 45 人(詳技術研習簽到簿)，室內研習於 09：00 至 12：20 於臺南市安平區慶平路 539 號 B1~臺南市維悅統茂酒店/東悅坊辦理(照片 5-4~照片 5-5)，室外研習於 13：30 至 16：30 於觀光遊艇碼頭辦理，分內港作業研習及出港作業研習兩部分。



照片 5-4 室內研習會場~維悅統茂酒店



照片 5-5 室內研習教室~東悅坊

1. 室內研習

技術研習活動於學員報到(照片 5-6)後分別由承辦單位~財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會董事長、前成大水利及海洋工程系教授兼系主任、所長，兼海洋事務所所長許泰文教授及委辦機關~內政部國土測繪中心林燕山主任致歡迎詞(照片 5-7~照片 5-8)，隨即展開研習課程：

首先由本計畫顧問，交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員莊文傑博士針對「潮汐模式理論」作精闢說明(照片 5-9)，課堂上簡述潮汐概論、台灣環海潮汐特性及簡介諸潮汐模式，特別對本案採用之 NAO99b 模式提出說明。

隨即由本計畫主持人成大水利及海洋工程系副教授顏沛華敘述本計畫主題「潮位對水深測量影響」(照片 5-10)，課堂上簡述水深測量之誤差源、常用之潮位修正方法、如何應用潮位分區方法及潮位模式作水深測量之潮位修正。

最後由本計畫協力團隊詮華國土測繪有限公司地理資訊部龔興南程式設計師敘述「潮位模式之程式規劃與測試」(照片 5-11)，課堂上簡述本案繳

交之潮位模式系統開發工具、系統架構、操作說明、系統測試等。

室內研習結束立即從事綜合座談(照片 5-12)，期對本次研習活動提出建議及檢討。



照片 5-6 學員報到



照片 5-7 許泰文教授致詞



照片 5-8 林燕山主任致詞



照片 5-9 潮汐模式理論室內研習



照片 5-10 潮位對水深測量影響室內研習



照片 5-11 潮位模式之程式規劃與測試室內研習



照片 5-12 綜合座談

2. 室外研習

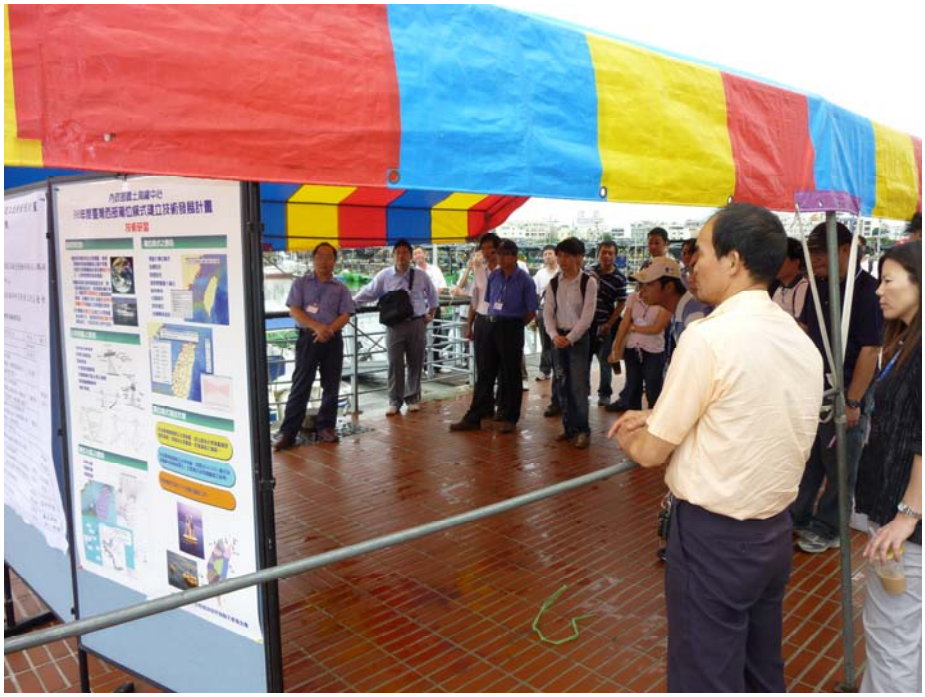
(1) 內港作業研習

工作團隊成員於安平內港先行從事直接水準測量，再於其碼頭側建立臨時水尺(照片 5-13)觀測該自設站潮位，同時本計畫建立之潮位模式(NAO99b)則以高雄潮位站為基準站，利用潮位分區概念模擬 6 月 1 日至 6 月 27 日安平內港自設站之潮位時序列。將 6 月 22 日至 6 月 23 日之實際觀測潮位點繪於模擬之潮位時序列上，比對模擬及觀測成果顯見其趨勢相當吻合。將上述概念製成海報放置於內港作業研習現場(圖 5-88)，經由現場講解(照片 5-14)潮位分區概念後，學員則於安平內港自設站處靜待觀查 13：30~14：00 之實際潮位變化(照片 5-15~照片 5-16)，立即比對潮位模式(NAO99b)以潮位分區概念模擬之結果，據當時比對模擬及觀測成果顯示其趨勢一致，且誤差在 7~10cm 以內。

內港作業研習結束在拍團體照後(照片 5-17)，隨即赴觀光遊艇碼頭從事出港作業研習。



照片 5-13 安平內港自設站臨時水尺



照片 5-14 現場講解潮位分區概念

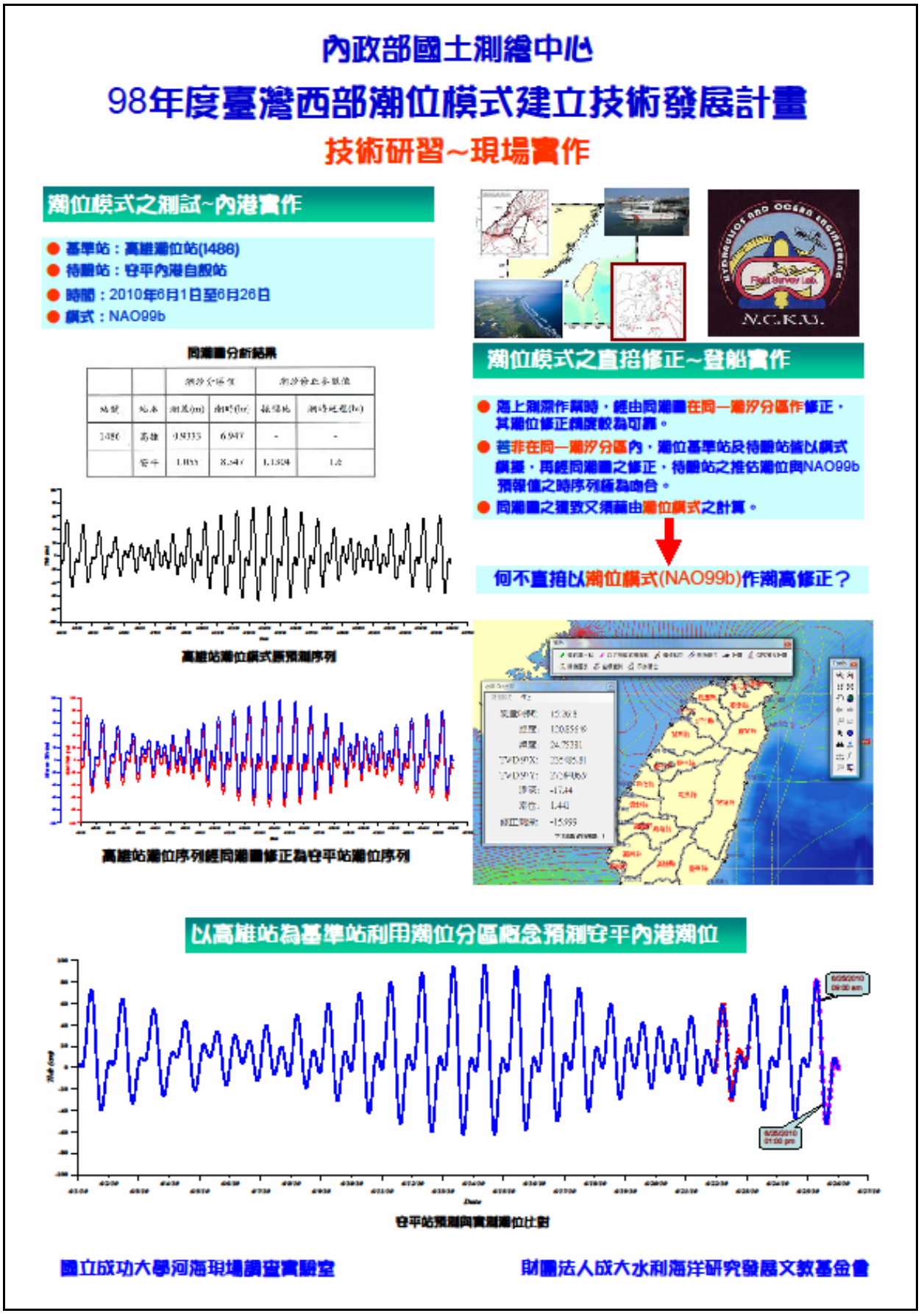


圖 5-88 內港作業研習海報圖



照片 5-15 研習當日潮位觀測



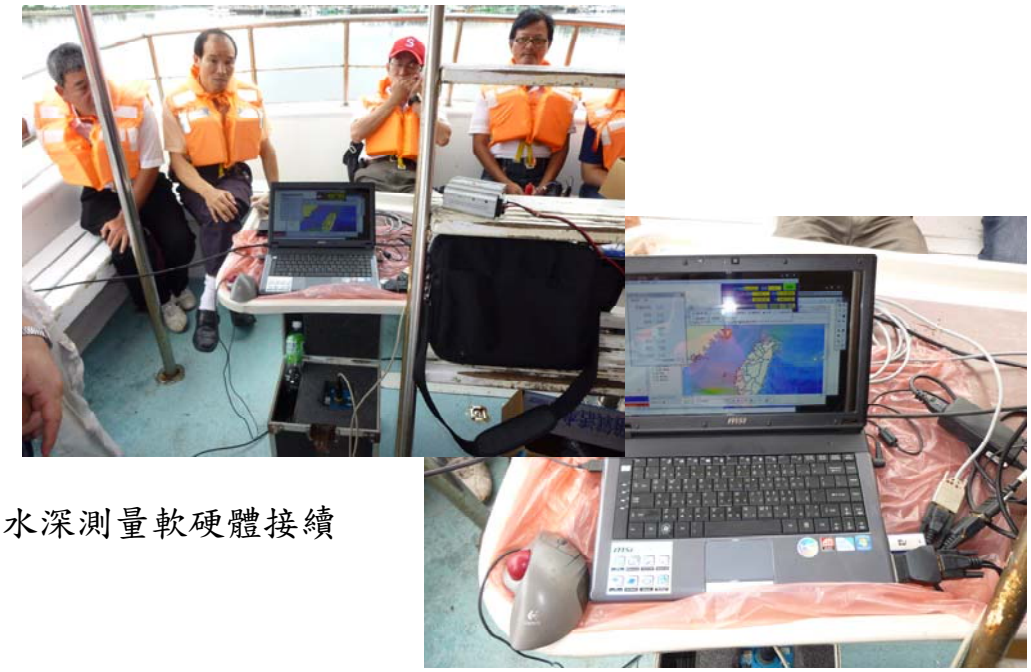
照片 5-16 研習當日比對模擬與觀測潮位



照片 5-17 技術研習活動學員合影

(2) 出港作業研習

內港作業研習時工作團隊成員則於擬搭乘之觀光漁船上架設 GPS 定位及水深測量設備，並與本計畫建置之潮位模式(照片 5-18)接續，學員則經由出港體驗實務之水深測量作業 (照片 5-19)，而由該研習活動，得以實際展現本計畫建置潮位模式之即時潮位修正能力。出港作業研習於 16：30 前圓滿結束，諸學員隨即賦歸。



照片 5-18 水深測量軟硬體接續



照片 5-19 學員體驗水深測量

七、投稿文件

本計畫依規定須將成果彙整成投稿文件，於國內(外)研討會中發表 1 篇，另投稿期刊論文 1 篇。其中期刊投稿題目初步擬訂為「以 NAO99b 潮位模式建立臺灣海域網格化潮位分區從事水深測量之潮高修正」,預計投稿國內「測量工程」期刊，全文列於附錄七。至於投稿研討會部分，已將研究成果投稿於「第三十二屆海洋工程研討會」，其論文題目(研討會發表論文全文列於附錄八)及投稿過程分別說明如下：

(一)投稿摘要

1. 直接應用 NAO99b 全球潮汐模式預報臺灣環島沿岸潮位之適用性評估

投稿稿件摘要列之如下：

直接應用 NAO99b 全球潮汐模式預報臺灣環島沿岸潮位之適用性評估

顏沛華[1]　莊文傑[2]　蔡宗旻[3]　謝東發[4]　王詠祺[5]

1. 國立成功大學水利及海洋工程學系副教授
2. 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
3. 國立成功大學水利及海洋工程學系博士生
4. 內政部國土測繪中心地形及海洋測量課技士
5. 國立成功大學水利及海洋工程學系碩士生

摘要

本研究以 NAO99b 全球潮汐模式預報臺灣鄰近海域及環島沿岸驗潮站之潮位，評估其所預報潮位之適用性與準確性。經分析結果顯示該模式預報之潮位與實測潮位符合性尚不差，適合現階段臺灣鄰近離岸海域水深測量之潮位修正需求。

研究目的

針對國內潮汐與潮流水動力模式(張、黃，2001；劉，2007；劉等，2006；莊、江，2005；2006；莊、廖，2009)普遍採用以建置外海潮位邊界條件之 NAO99b 全球潮汐模式，評估其在臺灣鄰近海域及環島沿岸所預報潮位之適用性與準確性；進而瞭解原模式空間解析度(0.5 度及 5 分)及近岸淺水地形效應之影響。

研究方法

*NAO (National Astronomical Observatory in Japan)*全球潮汐模式係 *Matsumoto et al. (2000)*應用 *TOPEX/POSEIDON* 衛星測高儀資料，結合水動力模式與資料同化*(assimilation)*技術研發而成。該模

式設計上包含環球及區域模式兩部分：環球模式*(NAOTIDE)*具有 0.5 度的空間解析度；區域模式*(NAOTIDEJ)*之空間解析度為 5 分，細部海域包括東經 110 度至 165 度、北緯 20 度至 65 度之範圍，完整涵蓋臺灣鄰近海域，可提供包含 M_2、S_2、N_2、K_2、L_2、T_2、K_1、O_1、P_1、J_1、M_1、Q_1、OO_1、$2N_2$、MU_2、NU_2 等共 16 個天文分潮之調和常數，針對日本及臺灣鄰近細部海域進行特定期間之逐時潮位預報。

本研究乃利用 *NAO99b* 潮位模式進行臺灣近岸 35 驗潮站 2007~2008 年之實測潮位資料進行分析比對，以確認近岸潮位預報之適用性與準確性。其中精度評估基準係以均方根誤差*(Root Mean Square of Error)*及相關係數*(correl. coef.)*為之，其定義如下：y_{mi} 與 y_{pi} 分別表示逐時之實測與預報值，n 為實測紀錄總數，而 $\bar{y}_m$ 、$\bar{y}_p$ 分別為紀錄期間所對應之平均值。

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_m - y_p)^2}{n-1}}$$

$$correl.\ coef. = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_{mi} - \bar{y}_m)(y_{pi} - \bar{y}_p)}{\left[\sum_{i=1}^{N}(y_{mi} - \bar{y}_m)^2 \sum_{i=1}^{N}(y_{pi} - \bar{y}_p)^2\right]^{1/2}}$$

研究初步結果

NAO99b 模式在臺灣海域之適用性，經以臺灣環島沿岸 35 處驗潮站實測潮位進行檢測，可發現僅僅在麟山鼻至竹圍間及箔子寮至東石間之一小段沿岸海域與馬祖、水頭、料羅灣等離島海域上，均方根誤差偏大，介在 20 至 40 公分外，其他大部分之近岸驗潮站，均方根誤差均小於 20 公分，基隆、高雄則僅約 10 公分，東部海岸更普遍低於 10 公分。

NAO99b 模式為原始碼釋出之日本海域潮位預報模式，僅管如此，應用在臺灣鄰近海域及環島沿岸，其預報潮位與實測潮位符合性尚不差，尤其可建置成互動式架構，適合現階段臺灣鄰近離岸海域水深測量之潮位修正需求。

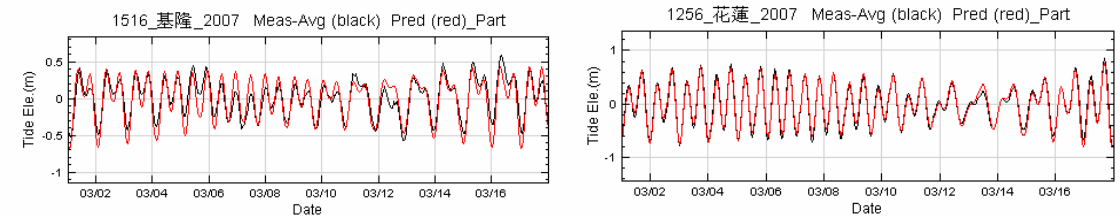


圖1 基隆、花蓮潮位站實測潮位移動平均精度分析

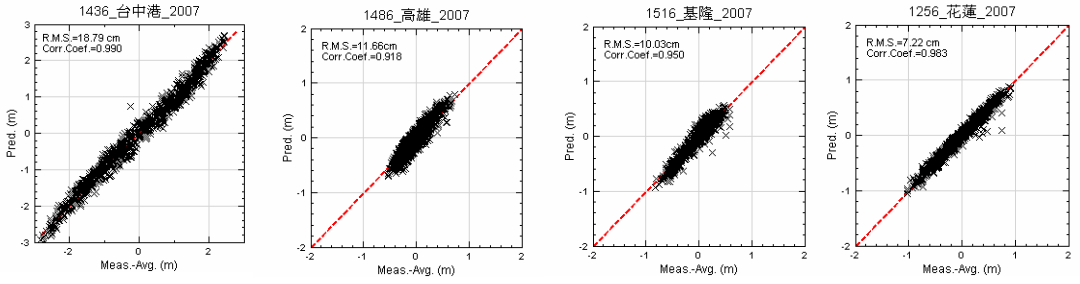


圖 2 模擬結果與實測比對 100%線偏向比對圖

表1 沿岸35處潮位站潮位精度分析

Sta.Num._ Name_Year	RMS(cm)	Corr.Coef	Sta.Num._ Name_Year	RMS(cm)	Corr.Coef
1102_淡水_2007-2008	35.6	0.785	1386_小琉球_2007-2008	15.1	0.856
1116_竹圍_2007-2008	24.8	0.947	1396_蘭嶼_2007-2008	12.7	0.934
0112_新竹_2007-2008	19.3	0.986	1436_台中港_2007-2008	20.9	0.987
0113_外埔_2007-2008	21.4	0.985	1446_芳苑_2007-2008	40.8	0.883
1156_箔子寮_2007-2008	24.6	0.971	1456_麥寮_2007-2008	20.7	0.982
1162_東石_2007-2008	28.8	0.948	1486_高雄_2007-2008	14.8	0.857
1176_將軍_2007-2008	13.0	0.947	1496_蟳蠣嘴_2007-2008	14.7	0.875
1186_東港_2007-2008	17.4	0.812	1516_基隆_2007-2008	16.1	0.853
1196_後壁湖_2007-2008	10.8	0.934	1566_石梯_2007-2008	11.7	0.953
1206_麟山鼻_2007-2008	28.5	0.826	1586_富岡_2007-2008	10.1	0.965
1226_龍洞_2007-2008	15.0	0.854	1596_大武_2007-2008	9.6	0.960
1236_烏石_2007-2008	16.0	0.829	1676_綠島_2007-2008	11.7	0.951
1246_蘇澳_2007-2008	11.2	0.954	1786_永安_2007-2008	12.2	0.898
1256_花蓮_2007-2008	11.2	0.956	1795_嘉和_2007-2008	34.1	0.007
1276_成功_2007-2008	10.5	0.962	1926_馬祖_2007-2008	29.7	0.983
1306_台北港_2007-2008	23.0	0.927	1956_料羅灣_2007-2008	24.2	0.983
1356_澎湖_2007-2008	20.9	0.955	1966_水頭_2007-2008	24.8	0.982
1366_塭港_2007-2008	32.8	0.932			

2. 以 NAO99b 模式建立臺灣海域網格化潮位分區之研究

投稿稿件摘要列之如下：

以 NAO99b 模式建立臺灣海域網格化潮位分區之研究

顏沛華[1] 蔡宗旻[2] 莊文傑[3] 謝東發[4] 林明毅[5]

1. 國立成功大學水利及海洋工程學系副教授
2. 國立成功大學水利及海洋工程學系博士生
3. 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
4. 內政部國土測繪中心地形及海洋測量課技士
5. 國立成功大學水利及海洋工程所碩士生

摘要

本研究以 NAO99b 全球潮汐模式進行臺灣周圍海域 5 分格網之潮位預報，再依各網格點之潮汐特性資料計算出平均潮差(MN)諸值繪製等潮位線；並以 IOS 調合分析方法求取主導分潮之平均高潮間隙(MHWI) 諸值繪製等潮時線，據此基礎套疊以建立臺灣網格化潮位分區圖，期能提升海域水深測量精度。另本文以臺灣東部為例，探討本網格化潮位分區圖之適用性，其結果 RMS 小於 10 公分，尚為吻合。

研究方法

2.1 NAO 潮汐預報模式

NAO 潮汐預報模式係 Matsumoto et al. (2000)應用衛星測高儀資料，結合水動力模式與資料同化(assimilating)技術研發而成。其為空間解析度及相關應用性考量，該模式設計上包含環球及區域模式兩部分：環球模式(NAOTIDE)具有 0.5 度的空間解析度，可針對環球特定海域地點、特定期間之逐時潮位進行預報；而區域模式(NAOTIDEJ)則可針對日本鄰近細部海域進行特定期間之逐時潮位預報，其空間解析度為 5 分，細部海域包括東經 110 度至 165 度、北緯 20 度至 65 度之範圍。整體模式中，NAO99b 及 NAO99Jb 模式使用 *M2*、*S2*、*K1*、*O1*、*N2*、*P1*、*K2*、*Q1*、*M1*、*J1*、*OO1*、*2N2*、*Mu2*、*Nu2*、*L2*、*T2* 等共 16 個主要分潮常數以進行短期逐時潮位預報；而 NAO99L 模式則使用 *Mtm*、*Mf*、*Msf*、*Mm*、*MSm*、*Ssa*、*Sa* 等共 7 個主要分潮常數以進行長期逐時潮位預報。張、黃(2001)曾針對 NAO99b 模式進行應用評估，確認其在臺灣西海岸之短期逐時潮位預報上具有相當的準確性。

2.2 潮位分區方法

本研究中之臺灣海域網格化潮位分區係以臺灣四周海域為演算區域，在海域範圍建立 1 分(約 1 浬)大小網格，經度從 118^0E~124^0E，緯度由 20^0N~27^0N。其模式基準面為平均海水面，數據時區取 GMT+8(hr)。其作法說明如下：

1. 輸入邊界條件及起始條件，執行演算求出以 5 分網格點為單位之二年(2007~2008 年)水位數據；再以此數據作調和分析，求出 60 個分潮之調和常數值(分潮名稱、振幅及相位角)。
2. 取出各網格點之主導分潮並計算其平均高潮間隙(MHWI)，再將各網格點之平均高潮間隙諸值內插至 1 分網格值，並繪製臺灣海域等潮時線。其中平均高潮間隙(MHWI)可以M_2、M_4、M_6三個分潮加以推算：

$$MHWI(hr)=M_2phase(deg)\times\frac{M_2period(hr)}{360^0}=\frac{M_2phase(deg)}{M_2speed}=\frac{M_2(deg)}{28.98}+\frac{4B_4(deg)}{M_2(speed)}+\frac{6B_6(deg)}{M_2(speed)}+.....$$ 式中，

$B_4(deg)=-M_4^0(phase,deg)sin(2M_2^0-M_4^0)$；$B_6(deg)=-M_6^0(phase,deg)sin(3M_2^0-M_6^0)$

3. 以各網格點之潮汐特性統計資料計算平均潮差(MN)，再將各網格點之平均潮差諸值內插至 1 分網格，並繪製臺灣海域等潮位線。

   平均潮差(MN)＝平均高潮位(MHW)－平均低潮位(MLW)，約等於振幅之 2 倍。
4. 將等潮時線與等潮位線疊合即可繪出臺灣海域等潮區圖(同潮圖)。

2.3 潮位分區精度分析

本研究之潮位分區精度分析係先利用臺灣海域等潮區圖求出預驗證之潮位站平均潮差與平均高潮間隙之數值。再以基準潮位站與待驗潮位站之平均潮差比值決定潮位振幅比；平均高潮間隙差值為潮時延遲，此兩值即為潮汐修正參數值。再利用上述潮汐修正參數值，先將參考基準站之實測潮位修正潮時延遲回同一時間點後，再修正潮位振幅比，即可推算出各待驗站之潮位值。最後再以均方根誤差(RMS) 分析結果作為潮位修正精確度判斷依據，其中RMS*(Root Mean Square of Error)*愈小，代表誤差較小。式中，y_m 與 y_p 分別表示逐時之實測與預報值，*n*為實測紀錄總數。

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_m - y_p)^2}{n-1}}$$

研究初步結果

本研究等潮時線與等潮位線疊合之臺灣海域網格化潮位分區，如圖 1 所示，其中二組曲線相交而包圍之不規則狀多邊形即為臺灣海域潮位分區之區塊。

由表 1 結果發現，以花蓮為驗潮基準站推估蘇澳（約 75km）及富岡潮位站（約 150km）之 RMS 約 7~8cm。由圖 2 觀之，推估潮位值與實際觀測值甚為吻合。

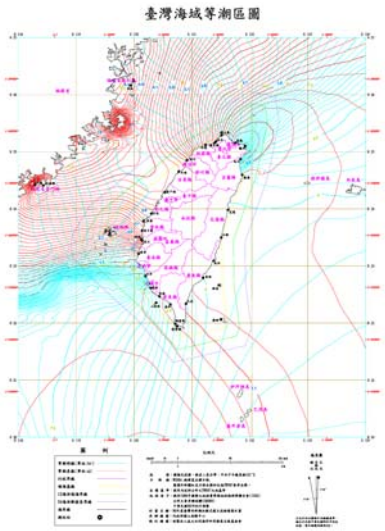


圖 1 臺灣海域等潮區圖

表 1 以花蓮潮位站為基準站推估待驗站之精度分析

		潮汐分區值		潮汐修正參數值		
站號	站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
1256	花蓮	1.2621	5.988	-	-	
1246	蘇澳	1.2269	6.093	0.972110	0.105	0.084
1586	富岡	1.2777	5.996	1.012360	0.008	0.077

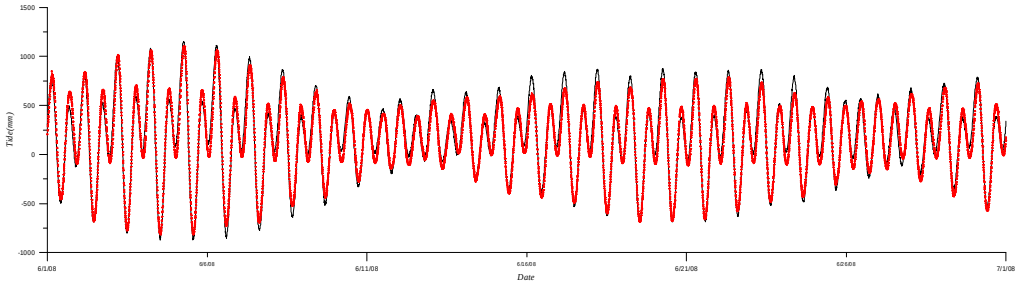


圖 2 以花蓮驗潮站為基準站推估蘇澳潮位站之時序列比較圖(黑線為實測，紅線為推估值)

(二)接受情況

上述兩篇稿件於九十九年八月十四日接獲回函接受發表。回函文件分別列之如下：

1. 直接應用 NAO99b 全球潮汐模式預報臺灣環島沿岸潮位之適用性評估

From: 第三十二屆海洋工程研討會
To: 蔡宗旻
Sent: Saturday, August 14, 2010 2:11 PM
Subject: 第三十二屆海洋工程研討會論文摘要審查結果[COE_G1_005]

蔡宗旻君大鑒：

投稿子題：G.測量、環境監測與實驗方法
子題細項：1 海氣象、海底地形、漂沙、生物調查方法
作　　者：顏沛華、莊文傑、蔡宗旻、謝東發、林明毅
題　　目：直接應用NAO99b全球潮汐模式預報臺灣環島沿岸潮位之適用性評估
論文編號：COE_G1_005

本次研討會的論文總投稿篇數計 169 篇，投稿的每篇論文皆經專家學者的審查，審查重點在於投稿論文摘要是否敘明研究目的、方法與初步結果及其論文主題的適切性。台端所投稿「第三十二屆海洋工程研討會」之上列論文摘要已被**接受發表**，特函通知。承蒙投稿論文，無任謝忱。

請於九十九年九月十五日前將論文依格式（請參見論文格式說明、論文格式範例Word檔）完成全文電子檔（WORD檔及PDF檔），連同著作授權同意書Email至論文編輯處。Email時，請於主旨註明您的論文編號。本研討會歷年來已建立論文統一格式，若逾期無法完稿、不符合格式要求或未附親自簽名之著作授權同意書，恕將不予接受發表。

著作授權同意書亦可採書面郵寄方式，聯絡地址：300 新竹市大學路 1001 號工程 2 館土木工程學系翁瑞嘉先生收。傳真號碼 03-5716257 翁瑞嘉先生收。

本研討會舉辦日期為九十九年十一月二五、二六日，為期二天，地點在國立海洋大學，詳細議程及相關事項將陸續公布於本研討會網站。

最後再次提醒，請記得回傳親自簽名之著作授權同意書。

耑此　順頌研安
「第三十二屆海洋工程研討會」論文編輯暨審查委員會
召集人　　張憲國　　敬上
中華民國九十九年八月十四日

2. 以 NAO99b 模式建立臺灣海域網格化潮位分區之研究

From: 第三十二屆海洋工程研討會
To: 蔡宗旻
Sent: Saturday, August 14, 2010 2:11 PM
Subject: 第三十二屆海洋工程研討會論文摘要審查結果[COE_G1_006]

蔡宗旻君大鑒：

投稿子題：G.測量、環境監測與實驗方法
子題細項：1 海氣象、海底地形、漂沙、生物調查方法
作　　者：顏沛華、蔡宗旻、莊文傑、謝東發、王詠祺
題　　目：以 NAO99b 模式建立臺灣海域網格化潮位分區之研究
論文編號：COE_G1_006

本次研討會的論文總投稿篇數計 169 篇，投稿的每篇論文皆經專家學者的審查，審查重點在於投稿論文摘要是否敘明研究目的、方法與初步結果及其論文主題的適切性。台端所投稿「第三十二屆海洋工程研討會」之上列論文摘要已被**接受發表**，特函通知。承蒙投稿論文，無任謝忱。

請於九十九年九月十五日前將論文依格式（請參見論文格式說明、論文格式範例Word檔）完成全文電子檔（WORD檔及PDF檔），連同著作授權同意書Email至論文編輯處。Email時，請於主旨註明您的論文編號。本研討會歷年來已建立論文統一格式，若逾期無法完稿、不符合格式要求或未附親自簽名之著作授權同意書，恕將不予接受發表。

著作授權同意書亦可採書面郵寄方式，聯絡地址：300 新竹市大學路 1001 號工程 2 館土木工程學系翁瑞嘉先生收。傳真號碼 03-5716257 翁瑞嘉先生收。

本研討會舉辦日期為九十九年十一月二五、二六日，為期二天，地點在國立海洋大學，詳細議程及相關事項將陸續公布於本研討會網站。

最後再次提醒，請記得回傳親自簽名之著作授權同意書。

耑此　順頌研安
「第三十二屆海洋工程研討會」論文編輯暨審查委員會
召集人　　張憲國　　敬上
中華民國九十九年八月十四日

陸、結論與建議

一、結論

(一)資料蒐集彙整

1. 建立 35 處沿岸潮位站基本資料表(詳附錄四)。
2. 提出資料彙整分析報告，提出 NAO99b 潮位模式為適用臺灣海域之潮位模式。

(二)潮位分區分析報告

1. 目前由沿岸 35 處測站潮位精度分析及分時段潮位精度分析結果初步確認,35 處潮位站實測潮位與 NAO99b 預報潮位之數據吻合性尚不差。
2. 在海岸地形變化較大的東北角或西南角 NAO99b 預報潮位結果較不理想，應是受限於地形效應無法完整描述海灣或海岬地形所致。
3. NAO99b 模式最為方便使用，因其為套裝模組，原始碼亦已釋出，在作資料同化相當方便，可修正擬建構海域之潮流模式，尤其 NAO99b 模式之作業方式，其可建置成互動式架構，適合本案委辦單位之需求。
4. 實測資料若含有氣溫影響的季節性因素除可從事分時段潮位精度分析外，亦可用移動平均法作 360 小時 (=15 天*24 小時/天)之移動平均來移除趨勢線再作潮位精度分析。當用調整後(分時段)之潮汐資料來分析時，選擇的分潮需考慮資料長度，當選定滿足最低資料長度的分潮後，增加輸入資料長度，稍微會提升預測能力。
5. 有缺漏數據之潮位站不宜作移動平均處理，否則其潮位模擬結果會比未作移動平均處理之結果更不理想。
6. 在潮位站位置海岸地形變化大的地方，分析之調和常數誤差會較

大；故潮位模式在海岸地形平緩的區域可得到不錯的結果。

7. 據精度分析顯示，均方根誤差(RMS)偏大之原因，或來自於原資料品質或實測資料之缺漏與可靠性不足，或可能因測站位置之近岸影響，或潮位儀型式不同(解析度不同)導致 NAO99b 預報之誤差。
8. 麟山鼻至竹圍間之一小段及箔子寮至東石間一小段沿岸與馬祖，水頭,料羅灣等潮位站均方根誤差介在 20 至 40cm 外，其他大部分潮位站均方根誤差均小於 20cm，基隆高雄約在 10cm，東部海岸更普遍低於 10cm。
9. 麟山鼻至竹圍間偏大均方根誤差係因預報值較小，且預報值提前約 0.7 小時，箔子寮至東石間偏大誤差係因預報值較大，且預報值提前約 0.2 小時，預報值較大之意即實測值偏小，從其年實測之平均潮差僅約 2 公尺判知，本段海岸之實測紀錄似乎偏小，因該處正常平均潮差應約 3 公尺。
10. 沿岸 35 處潮位站若以 96~97 年 2 年之潮位數據分析，有 18 站其RMS值在 15cm以內(基隆、新竹、將軍、永安、高雄港、蟳廣嘴、後壁湖、龍洞、蘇澳港、花蓮港、成功、馬公、小琉球、蘭嶼、石梯、富岡、大武、綠島)，可視為適用於潮位修正之沿岸潮位站。
11. 參考潮位站之選擇應以潮型 (潮汐特性)為研判依據，而與距離之遠近無直接相關。
12. 完成等潮時圖、等潮位圖及等潮區圖(同潮圖)，完成臺灣鄰近海域之潮位分區。

(三)潮位模式程式

1. 潮位計算模組為 NAO99b 潮位模式，以 16 個主要分潮常數進行短期的逐時潮位預報，其在臺灣西海岸之短期逐時潮位預報上具有相當的準確性。
2. 潮位模式系統架構(測試版)含測點選取(點選單一點)、測區選取(以方

格型式繪製)、編輯點位、刪除點位、潮位推算(計算)及繪圖(繪製潮位時序圖)。

3. 該視窗化程式已具備下列功能：

(1)顯圖：顯示等潮時圖（6 分鐘間隔)、等潮位圖（0.1 公尺間隔）與等潮區圖。

(2)資料格式：蒐集 Caris、Hypack 兩種測深軟體，研擬合適資料格式，並具備資料輸出功能。

(3)資料提供間隔：資料時間間隔以 6 分鐘(可調)為原則。

(4)出圖：程式具出圖功能。

(5)同時具備顯示經緯度與 TWD97 坐標功能。

(6)新增經緯度與 97 坐標轉換功能。

(7)新增潮位即時計算功能，可與 GPS 及測深儀器結合，讀取測深儀器即時之資料，即時顯示、修正並記錄現地海域之潮位、坐標及水深資料。

(8)新增 GPS 路徑檔匯入，從匯入資料計算潮位。即現場水深測量時，若不立即作即時潮位修正,可作後處理將上述成果點位(坐標)匯入軟體中，再進行各點位之潮位修正。

(四)臺灣西部潮位模式測試作業

1. 沿岸潮位站驗潮測試結果顯示，三處沿岸潮位站(永安、新竹、龍鳳)之驗潮結果(RMS=0.239m~0.304m)，潮位模式仍受地形、人為結構物等影響而有不規律之模擬誤差。
2. 海上潮位站驗潮測試結果顯示，以龍鳳漁港海域之 RTK GPS 水深測量數據反算潮高之驗潮結果(RMS=0.124m)，與 GPS 浮標充當海上潮位站測得之潮高及與本計畫 NAO99b 潮位模式模擬之結果皆能吻合，均方根誤差也在可接受之範圍。
3. GPS 浮標在永安、新竹、龍鳳三處海域之驗潮測試結果顯示，其 RMS

分別為 0.255m、0.304m 及 0.130m，除龍鳳海域測站外，永安、新竹站之均方根誤差仍稍偏大，若將該段驗潮時間之實測數據併入模式分析，則新竹、龍鳳二處之 GPS 浮標測試其均方根誤差也在可接受之範圍。

4. GPS 浮標之潮位分區精度分析係以新竹潮位站為驗潮基準站推估永安漁港海域（約 17km）、新竹漁港海域（約 11km）及龍鳳漁港海域（約 16km）之均方根誤差約在 10~16cm 間。由同潮圖所推估之潮位值與實際 GPS 浮標之觀測值甚為吻合。
5. 利用臺灣海域等潮區圖進行潮位修正時，盡量引用同潮位分區之潮位站數據，若非在同一潮汐分區內施行海上作業時，則應避免使用不同潮型之潮位站作為修正依據。
6. 本案所使用之 GPS 浮標較為小型輕量，在較強勁風浪情況下，其測量數據會因搖晃而變動較大；另該浮標為了不使用 INS 修正姿態而採用 3 組接收儀來平均浮標重心位置高程，此作法在風浪較小情況或許適用，然而若有其一損壞、未開或遇風浪較大時，或較不適用。而本案測試作業中，即有 2 測站未能全開 3 組接收儀，其誤差來源有可能來自於 GPS 浮標，故利用浮標充當海上潮位站或有待探討其可行性及浮標體之設計(含散熱及接線問題)。
7. 以短暫之實測數據納入潮位模式作模式之修正實無法達成顯見之成果，要有長期實測數據之納入才有成效，或直接在誤差分佈上設法建立誤差修正程式。

二、建議

(一)潮汐分區依據之建議

以等潮區圖之潮汐分區(tidal zone)獲取水深測量時之潮位改正數據在海圖測繪水深測量之作業上已行之有年，分區的作用是將具有相

同潮汐特性的區域以及參考潮位站(Reference tidal station)作區塊的劃分，應用於水深測量時可以確定作業區域在某潮位站的有效潮汐分區內，故對照該參考潮位站的改正值即可從事潮位修正。而所謂「相同潮汐特性」之獲致，基本上是利用潮汐模式給定邊界條件及起始條件後，利用現有岸邊潮位站之實測值作資料同化(模式檢定)處理，再據以推算空間網格上諸「潮汐特性」值；若岸邊潮位站不足，則空間網格潮汐特性之正確性尚待驗證！

岸邊潮位站數量及適切位置之決定可利用潮流模式模擬台灣海域潮汐資料,再以台灣海峽四大分潮 O1、K1、M2 與 S2 之振幅與相位為依據，作主成分分析與群集分析，以統計方法對資料進行均勻區域的探討[參閱：李汴軍、范揚洺、董東璟、高家俊(2005)，台灣海域潮汐空間均勻特性之研究，海洋工程學刊(2005)，第 5 卷，第 1 期，第 67-83 頁]，如此可提供未來潮位站設置之參考。由新增潮位站之實測值併入資料同化（Data Assimilation）處理應可獲致更具代表性之空間網格潮汐特性。至於因兩岸分治無法取得對岸潮位實測值問題，建議沿 12 海里領海界線內佈放適當數量(GPS 浮標間相距約 20 海里)之 GPS 浮標充當外海驗潮儀，而現有之中央氣象局資料浮標則建議更新其上之 GPS 為測量等級之儀器，其潮位實測數據亦一併納入作資料同化處理。

(二)潮位資料基準之建議

各潮位站資料的基準應該一致，內政部國土測繪中心雖已有作諸潮位站參考水準點之檢測，惟目前蒐集 96 及 97 年短期之潮位數據或未完全隨潮位站參考水準點之檢測成果作即時修正，因此建議內政部國土測繪中心能將潮位站基準的聯測資料提供各潮位站管理機關作為修正潮位資料基準參考。另若能以相同類型之潮位儀如音波式施測潮位，將具有相同之解析度。

又內政部國土測繪中心委託中興測量公司辦理之委辦計畫「潮位

站潮位資料標準分析作業模式之先期研究」其目的在推求臺灣海域之平均海水面，其方式主要係以調和分析法為之(求調和係數a_0，參閱資料彙整分析報告修正本p.3-23)，而本案之目的在水深測量之潮高修正，其方式主要係以潮汐模式(NAO99b)推求海域各處虛擬潮位站之潮位變動(求振幅$\sqrt{a_i^2+b_i^2}$)，若爾後能有適當數量之GPS浮標充當外海驗潮儀，及中央氣象局能更新其既設GPS為測量等級之儀器於其資料浮標上，再經由潮位實測數據之資料同化處理後，可預期將獲致高精度之NAO99b潮汐模式，該模式計算結果可再回饋於臺灣海域之平均海水面之推求。

(三)水深測量潮高修正之建議

以等潮位線及等潮時線交錯架構等潮區圖作潮汐分區，再以潮汐分區內之改正參數延伸估計得測區的潮位值，區域內的潮位可由鄰近參考測站觀測到的數值加入該潮汐分區的振幅改正係數及相位差來推算。此種水深測量潮位之修正方式事先需花費龐大心力來建置潮汐分區之區塊，並以區塊之形心位置建立屬性資料(平均高潮間隙及平均潮差)，故建議直接以 NAO99b 潮汐模式作加值利用，在輸入航跡起迄點坐標後即可得起迄點之潮汐序列，故可用該潮汐序列直接作水深測量潮位修正。而本計畫完成建置之視窗化潮位模式程式具潮位即時計算功能，可直接與 GPS 及測深儀器結合，讀取測深儀器即時之資料，即時顯示、修正並記錄現地海域之潮位、坐標及水深資料。

(四)後續計畫之建議

由現場潮位模式測試作業結論可知，模式之修正或誤差之降低仍需付出心力持續研究，目前計畫成果雖提出可供現場水深測量作業之即時潮位修正模式，惟臺灣環海海域是否全然適用有待深入探討，而架構區域性之潮位模式誤差修正方法亦值得進一步研究。

參考文獻

參考文獻

1. 劉肖孔 (1983) ，「中國海域三度空間數值模式」，行政院科技顧問組，共156 頁。
2. 李賢文 (1989)，「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，港灣技術研究所，第179-195 頁。
3. 李秀芳(1993)，「卡門濾波應用於短期潮汐之即時預測」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
4. 顏沛華、李友平、李秀芳(1994)，「卡門濾波應用於短期潮汐之即時預測」，第七屆水利工程研討會。
5. 劉文俊 (1996)，「台灣的潮汐」，ISBN 957 -97179-5 -8，自版，共283 頁。
6. 林琿、閻國年、宋志堯(2000) ，「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。
7. 莊文傑、江中權(2000)，「台灣四周海域海流數值模擬研究」，MOTC-IOT-IHMT-NA8916 基本研究報告，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，共282頁。
8. 張憲國、黃金維(2001)，「以NAO99b 潮汐模式預測台灣西岸潮汐之評估」，第23 屆海洋工程研討會論文集，台灣海洋工程學會，國立成功大學，第105 -111 頁。
9. 莊文傑、江中權(2003)「臺灣四周海域海流數值模擬研究(三)－基隆港海域潮汐與潮流之數值模擬」，MOTC-IOT-91-HA15基本研究報告，交通部運輸研究所，共262頁。
10. 許泰文、林銘崇、黃良雄、陳文俊、藍元志、廖建明（2003）建立波潮流與海岸變遷模式4/4，經濟部水利署水利規劃試驗所。

11.內政部國土測繪中心(2003)，「研訂領海及鄰接區海域基本圖測量規範」，期末報告。

12.莊文傑、江中權(2005)，「臺灣四周海域的潮波系統」，第27 屆海洋工程研討會論文集，台灣海洋工程學會，國立中興大學，第154 -161 頁。

13.莊文傑、江中權(2006)，「臺灣四周海域旋轉潮波系統之同潮圖」，第28屆海洋工程研討會論文集，臺灣海洋工程學會，高雄，pp.325~330。

14.劉美君、蔡政翰、蕭松山(2006) 「臺灣附近海域一公里網格之潮汐調和常數」，第28 屆海洋工程研討會論文集，國立中山大學，PP.295~300。

15.陳一昌、李兆芳、許泰文、洪憲忠、張開國、黃維信 (2007)，流況預報系統建立之研究—以臺北港海域為例，第二十九屆海洋工程研討會，台南，pp. 757-761。

16.李孟霖(2007)，「運用潮位模式進行水深測量之潮位修正研究」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。

17.歐善惠、廖建民、許泰文、辛志勇、莊文傑 (2008)，「台灣環島海域海洋數值模式之引進及建置」，MOTC-IOT-96-H3DB005合作研究報告，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，共116頁。

18.王韋樺(2009)，「潮時及潮位特性之研究~以高雄港及台灣海峽中部為例」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。

19.莊文傑、廖建明 (2009)「潮殘餘流與台灣西海岸長期沖淤潛勢之研究(2/2)—臺灣環島海域潮殘餘流之數值模擬」，MOTC-IOT-97-H3DA002基本研究報告，交通部運輸研究所，共140頁。

20.內政部國土測繪中心(2009)，平均海水面監測先期研究，期末報告。

21.Foreman, M.G.G., (1977), “Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction”, Pacific Marine Science Report 77-10, Patricia Bay, Sidney,

B.C.

22. Yen, P. H, C. D. Jan, Y. P. Lee and H. F. Lee (1996)，“Application of Kalman filter to short-term tide level prediction, ” Journal of Waterways, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, Vol. 122, No. 5, PP226-231.

23. DHI (1998)，“MIKE21_HD Coastal Hydraulics and Oceanography Hydro-dynamic Module,” *User Guide and Reference Manual*, Release 2.7, Danish Hydraulic Institute.

24. Matsumoto, K., Takanezawa, T. and Ooe, M. (2000)，“Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model around Japan,” *J. Oceanography*,Vol. 56, pp. 567-581.

25. 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*, Vol. 56, pp. 625-642.

26. Juang, W. J., Lin, M. C. and Liou, W. J. (2001)，“Peculiar Appearance of Nearly Symmetrical Flooding Time along the Western Coast of Taiwan,”*The Chinese Journal of Mechanics*, Vol. 17, No. 4,pp. 211-220.

27. Lin, M. C., Juang, W. J. and Tsay, T. K. (2001)，“Anomalous Amplification of Semidiurnal Tides along the Western Coast of Taiwan,” *Ocean Engineering*, Vol. 28, No. 9, pp. 1171-1198.

28. 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*, Vol. 58, No.6, pp. 837-850.

29. U.S. Army Corps of Engineers, Jan (2002), Engineering and Design Hydrographic Surveying.

30.Jan, S., Chern, C. S., Wang, J. and Chao, S. Y.(2004)，“The Anomalous Amplification of M2 Tide in the Taiwan Strait,” *Geophysical Research Letters,*Vol. 31, L07308, pp. 1-4.

附錄一

歷次審查意見及回覆說明

採購評選委員意見彙整表

（一）張嘉強委員

1.建議選擇部分潮位站以不同長度資料（長天期&短天期）進行模式差異比較。

2.說明水深測量作業時，選擇不同驗潮站所產生之差異性，及解決方案。

3.本案所提供之成果圖會採用何種高程系統？

4.說明 GPS 資料浮標之用途（驗證或資料蒐集）、浮標之離岸距離及資料計算方式。

5.成果所提供之潮位模式程式，說明為何採用海洋大學發展之軟體上加值開發？

6.實地測試經費編列 117,4 萬，說明其構想。

7.技術研習活動中海上現場測試實習內容為何？

（二）張裕民委員

1.研究團隊提出採 Kalman 濾波法進行潮位預測，其觀測天數較短是否會有發散之問題？致造成預估值不準確，是否可分散或加強觀測天數辦理。

2.本案現場驗證太少，建議現場驗證將近岸、離岸分區辦理。

（三）白敏思委員

1.請補充服務建議書中「品質暨進度管制小組」之組成與工作內容。

2.服務建議書中有關有限元素法模式（Finite Element Method, FEM）之動量守恆方程式之 g 值如何給定？

3.說明潮位模式與地形之相關性與影響，如海底地形摩擦阻力之影響。

4.p.13 對策中建議於 12 海里內佈放適當數量 GPS 浮標，說明浮標數量與佈放地點。

5.建議潮位模式採簡單易懂方式來設計。

（四）劉正倫委員

1.GPS 浮標只有 1 座，但要進行 3 個地點測試，說明如何辦理？

2.本案報告書請以單一章節提出海域基本圖水深測量之潮位修正方式，及說明本案成果是否可直接提供海域基本圖、潮間帶水深測量成果修正應用。

「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」服務建議書採購評選審查意見

98.07.09

審 查 意 見	回 覆 說 明
一、張嘉強委員：	
1. 建議選擇部分潮位站以不同長度資料（長天期&短天期）進行模式差異比較。	1. 本案重點在建立適用臺灣海域之潮位模式，潮位站資料係作為驗證用途。本案將以 96~97 年之潮位資料以全年、上半年、下半年之長、短天期潮位資料進行模式差異比較。
2. 說明水深測量作業時，選擇不同驗潮站所產生之差異性，及解決方案。	2. 水深測量利用同潮圖進行潮位修正時，盡量引用同潮位分區之潮位站數據，若非在同一潮汐分區，則應避免使用不同潮型之潮位站。
3. 本案所提供之成果圖會採用何種高程系統？	3. 將採用 TWVD2001 高程基準。
4. 說明 GPS 資料浮標之用途（驗證或資料蒐集）、浮標之離岸距離及資料計算方式。	4. GPS 浮標需辦理 3 點(10/15/ 20 公尺水深）測試，每點進行 13 小時（含）觀測，同時與勘選之潮位站進行聯測，並加測驗潮；其用途在測試 GPS 資料浮標充當外海潮位站之可行性；該浮標擬設於離岸 5~6 公里內，俾與無驗潮修正水深測量之結果比對。
5. 成果所提供之潮位模式程式，說明為何採用海洋大學發展之軟體上加值開發？	5. 所謂採用海洋大學發展之軟體加值開發係仿傚其互動式之方式為之。
6. 實地測試經費編列 117,4 萬，說明其構想。	6. 經費編列 117,4 萬詳服務建議書第 2 號明細表(p.44)，其分為兩項工作，其一為潮位模式應用於現場之實地測試，其二為 GPS 浮標測試，其執行構想詳服務建議書(p.36~37)及工作計畫書(p.38~39)。
7. 技術研習活動中海上現場測試實習內容為何？	7. 海上現場測試實習內容擬從事同潮圖之應用驗證及以模式從事水深測量之潮高修正。

二、張裕民委員：	
1. 研究團隊提出採 Kalman 濾波法進行潮位預測，其觀測天數較短是否會有發散之問題？致造成預估值不準確，是否可分散或加強觀測天數辦理。	1. Kalman 濾波法進行潮位預測其引用觀測天數之長短不會有發散之問題。Kalman 濾波法之優勢在於應用短觀測天數即能預測精度良好之潮位，這對海上儀器(GPS 浮標)流失之風險能降低許多。
2. 本案現場驗證太少，建議現場驗證將近岸、離岸分區辦理。	2. 現場驗證將在近岸及離岸 5~6 公里處為之。
三、白敏思委員	
1. 請補充服務建議書中「品質暨進度管制小組」之組成與工作內容。	1. 此為臨時小組，由執行長召開品質暨進度管制會議(p.46)。
2. 服務建議書中有關有限元素法模式（Finite Element Method, FEM）之動量守恆方程式之 g 值如何給定？	2. g 值係給予定值(9.8m/sec)。
3. 說明潮位模式與地形之相關性與影響，如海底地形摩擦阻力之影響。	3. 潮位模式輸入條件之一為水深值，海底摩擦阻力在深水海域影響並不顯著，在近岸處地形影響已反應在用於資料同化之沿岸潮位站之潮汐紀錄中。
4. p.13 對策中建議於 12 海里內佈放適當數量 GPS 浮標，說明浮標數量與佈放地點。	4. 此非本案執行內容，僅提出建議，於 12 海里(約 22 公里)內沿海岸線以每 30 公里佈放一處 GPS 浮標為原則。
5. 建議潮位模式採簡單易懂方式來設計。	5. 遵照辦理，將採簡單易懂方式設計。
四、劉正倫委員	
1. GPS 浮標只有 1 座，但要進行 3 個地點測試，說明如何辦理？	1. 擬分不同時間分期作業。
2. 本案報告書請以單一章節提出海域基本圖水深測量之潮位修正方式，及說明本案成果是否可直接提供海域基本圖、潮間帶水深測量成果修正應用。	2. 海域基本圖水深測量潮位修正方式以單一章節說明於工作計畫書 2-3 節中(p.10~12)。本案成果可直接提供海域基本圖水深測量潮位修正應用，惟潮間帶測量則不適用。

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」工作計畫書審查意見

1. 表 2-1 各階段時程控管表示方式未妥，及表格內之序號有錯誤，請修正。(p.2-8)

   回應說明：已修正(p.2-8)。

2. 表 3-1 潮位站調查表未列潮位儀種類、潮位站設立時間等欄位，請修正並加列工作人員欄位。(p.3-2)

   回應說明：已修正(p.3-2)。

3. 依契約規定本中心 GPS 浮標只提供辦理 GPS 浮標測試工作，請修正潮位模式測試工作內容，並需符合契約書作業規定。

   回應說明：已修正(p.3-25~26)。

4. 本中心所提供之 GPS 浮標，依契約規定廠商應盡保管之責，若遺失或操作不當致生損毀（壞），廠商應付賠償責任；另資料蒐集長度請依契約規定辦理。請依上開規定修正 GPS 浮標測試工作內容。

   回應說明：已修正(p.3-26)。

5. 請補充有限元素法(FEM)模式提出或使用單位等相關資訊。(p.3-9)

   回應說明：已補充(p.3-9)。

6. 測試區勘選與潮位模式測試工作所列工作範圍內容不一致，請查明是否有誤繕。(p.3-25)

   回應說明：已修正(p.3-25)。

7. 投稿文件只列投稿題目，請補充大綱或概要。(p.3-27)

   回應說明：已補充(p.3-27~28)。

8. 圖 4-1 預定進度甘特圖，請補充各工作項目作業天數，並加入檢核點資料。(p.4-3)

回應說明：已修正(p.4-2)。

9. 5-1 組織架構與 5-2 人力配置內容請修正為一致，另請查明黃仰澤先生(計畫顧問)是否為測量技師、港研中心研究員列計畫顧問是否合適。(p.5-1~2)

回應說明：已修正(p.5-1~2)。

10.工作計畫書內容(含圖、文)如有引用其他文獻，請註明出處。

回應說明：謹遵辦理。

11.補充說明本案資料(含本中心提供資料與本案成果)保管方式。

回應說明：已補充(p.4-4)。

12.工作計畫書請增列相關名詞解釋。

回應說明：已補充(p.目-5~6)。

13.本案所繳送之電子檔成果光碟(含各階段成果)，請製作光碟封面。(電子檔)

回應說明：謹遵辦理。

14.本審查意見修正情形，請於工作計畫書回應與說明。

回應說明：謹遵辦理。

「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」資料彙整分析報告審查意見

98.12.08

審 查 意 見	回 覆 說 明
一、曾清凉委員	
1.本案目的是建立潮位模式、提升水深測量精度，建議前言中加入本案工作目標。	1.已加入前言中(詳 p.1-3)。
2.可否說明實務面水深測量如不辦理潮汐修正時會有多大誤差？修正後可降低多少誤差？	2.水深測量誤差源包括儀器系統誤差、系統率定誤差、解析度、水深因素、高程參考基準、驗潮資料、載具穩定度、載具速度、儀器靈敏度等，可參考美國工兵署深度量測精度評估表，成果均方根誤差最大可達±0.40m。至於修正後可降低多少誤差尚難斷言。
3.報告書敘述 RTK 只適用離岸 6 公里內，目前 RTK 技術已成熟，可適用於中長基線上，另使用 PPP（Precise Point Positing）方法求解，也可達到±10cm 之精度，建議於報告書修正與補充。	3.RTK 只適用離岸 6 公里內指的是高程方面精度可被接受，而中長基線或使用 PPP 方法求解可達到±10cm 之精度指的是平面定位精度！高程方面精度尚有待評估。
4.GPS 的高程系統與水深測量或潮汐的高程系統不同，將來資料處理宜考慮基準轉換問題。	4.會考慮基準轉換問題。
5.台灣海峽中部地區的潮汐受北南方向潮水匯流影響，導致潮差特大，其中是否有「共振」問題，建議文中也加以說明。	5.的確是有潮波「共振」問題，已補述於 p.3-8。
6.說明簡報圖 2-2 單位與不同顏色線所代表意義。	6.紅線為等潮時線，黑線為等潮差線，已說明於 p.1-2。
7.公式（3-6）（3-7）可增加符號或文字、數字意義之說明。	7.已增列說明(詳 p.3-16)。
8.選用法國制作為全日潮、半日潮、混合潮區分之用的理由，建議加以補述。	8.台灣沿岸海域常用法國制作為潮型指標判別式，已說明於 p.3-8。
二、張嘉強委員	
1.正式報告宜依工作項目進行分章說明，以利查核及驗收。	1.本階段為資料彙整分析報告，已根據規格需求書要求於第三章及附件一分別說明各潮位模式之原理與適用區域，提出臺灣西部海域適用模式。以及設計潮位站調查表填載潮位站資料，加入潮汐屬性(潮型)、潮位變動趨勢情形說

	明(台灣環海潮汐特性，p.3-7~p.3-13)。
2.P3-1，提及 7 潮位站調查作業排除，其原因宜補述。	2.該 7 處潮位站因位於海中及離島，故本會申請排除調查作業且已獲內政部國土測繪中心 98 年 11 月 18 日測形字第 0980011189 號回函同意。
3.P3-8，可否提供台灣環島潮型分布圖，用簡易圖示來表示潮型空間分布情形。	3.由圖 3-3(p.3-9)即可知台灣環島潮型分布，以圖示表示潮型空間分布恐誤判潮型知過渡區段。
4.P3-24，表 3-3 麥寮站調和常數表（推算 92），括號提及推算 92 年所代表意義為何？	4.表係以 92 年之數據分析所得之結果。
5.P3-31，各模式之測試結果列參考文獻，代表之意義為引述或研究團隊自行完成之結果，請說明。	5.已列入參考文獻，又各模式之測試結果僅為引述。
6.P3-41，表 3-4 所列為潮流模式在特性上之優缺點分析，有無同測試區之精度評估；又報告提及「調合分析」與「Kalman Filter」兩法未見分析與比較，若後續方加使用，請分節列述介紹。	6. 彙整參考文獻之潮流模式並無同測試區之精度評估；「調合分析」與「Kalman Filter」兩法已分節列述(p3-22)。
7.附件一所列之潮位站調查表，可否增列參考水準點之分布位置圖及其參考基準之名稱。	7.內政部國土測繪中心同意提供參考水準點(TG)之點之記，將於收到點之記後彙編於附件 1 中。
8.本案後續測試工作，建議參考 IHO 海測規範之精度要求進行分析。	8.謹遵建議。
三、崔國強委員	
1.P3-5，圖 3-2 台灣鄰近海域之水深地形，資料來源請說明。另本案成果預期可提升海域水深測量之精度為若干？	1.資料來源已註記於圖名右上角中。至於本案成果預期可提升海域水深測量精度若干現階段尚難斷言！
2.報告書中有「一緯度」、「半個緯度」等文字（如 P3-5），請直接以公里數或坡度表示。	2.已修正(p.3-6)。
3.本案潮型指標判別式採用法國制，其與美國制之結果會有差異嗎？請說明。	3.潮型指標判別式採用法國制或美國制之結果不會有差異。
4.P3-8~P3-9，圖 3-4 台灣鄰近海域潮波傳遞路徑，資料來源請說明。	4.資料來源已註記於圖名右上角中。
5.P3-31，潮位模式模擬測試結果 （1）列出多篇參考文獻資料全名，請列於最後之參考文獻中，文中僅提及即可。	5.已列於參考文獻中。重新擇一測區分析各模式之測試結果或未來再以本案收集之資料測試非本案工作內

（2）各個模式所採之測試地區及環境不盡相同，可否重新擇一測區，來分析各模式之測試結果。 （3）未來再以本案所收集之資料分析測試。	容，建請另案辦理。
6.P3-24、P3-29，圖 3-8、3-9 圖形不清楚，請更新。	6.已放大圖 3-8、圖 3-9 應能分辨清楚圖中意涵(p.3-25 及 p.3-30)。
7.附件一潮位站調查成果 （1）附 1-13、1-20、1-23、1-24、1-33、1-34、1-35、1-36 調查日期填載未完整。 （2）附 1-35、附 1-36 潮位站相片拍攝日期於本案工作期程不符。	7.其為排除調查之潮位站，因非親臨測量，僅作資料蒐集，故調查日期僅填載月份。又附 1-35、附 1-36 潮位站相片並非親臨拍攝，其為蒐集之舊有照片。
8.文字錯誤須修正 （1）圖目錄中，圖 3-1…掌上~~形~~型GPS，另P3-1亦同。 （2）P3-7，…~~以~~以（3-3）式。 （3）P3-19，（四）高解析度潮流模式（...）~~模式（台灣）~~。	8.已修正，參閱各對應頁碼。
四、王成機委員	
1.為何 4 種模式皆以 Matsumoto 的 NAO99b 模式為邊界值，請補充說明。	1.因 NAO99b 模式使用較易(僅推求潮高)，原始碼亦已釋出，資料同化可行，又歷經多數人驗證，其精度可被接受故多數潮、流模式皆借助該模式推算邊界值。
2.P3-1，某些潮位測站並未至現場調查，其原因請補充說明。	2.因某些潮位站位於海中及離島，故本會申請排除調查作業且已獲內政部國土測繪中心 98 年 11 月 18 日測形字第 0980011189 號回函同意。
3.NAO99b 模式與 NAO99Jb 模式有何不同，請補充並詳加說明。	3.NAO99b 模式與 NAO99Jb 模式皆為相同架構之模式，惟 NAO99Jb 因僅用日本周圍海岸之潮位資料作同化處理，用於日本海域有較佳之精度。已說明於 p.3-29。
4.FEM 模式是本土開發的，應有考慮台灣周邊資料，為何 FEM 模式並非最適用台灣海域。	4.FEM 模式之優勢在於邊界擬合技巧，因其使用巢狀網格(有限元素法)可適切地描述近岸邊界，故可有效提高數值計算精度，又可作潮、流之推估。惟其計算繁雜，且仍多以 NAO Tide 的輸出結果做為模式

	進行天文潮推算所需的動力邊界條件，在本案因僅以潮為重點，故其未必最適用於台灣海域。
5.附件一之 N、E 坐標標註相反。	5.已更正(詳附件一)。
6.P3-31，模式模擬測試資料為 2000 年~2005 年資料，但本案收集之資料為 2007.1.1~2008. 12.31，可否以本案收集之資料進行分析。	6.文中之模式模擬測試資料(2000 年~2005 年)係引述自文獻，本案收集之資料(2007.1.1~2008. 12.31)係用來作潮汐特性分析(求調和參數)。
五、白敏思委員	
1.P2-3，本案第一階段成果包含需求訪談紀錄，本報告書中未見該紀錄。	1.需求訪談紀錄已建制在已繳交之工作計畫書附件 2 中(98 年 10 月 14 日)。資料彙整分析報告則再將其置於附件 4，爾後之工作總報告書將包含工作計畫書、資料彙整分析報告及後續工作成果等。
2.P3-1、P3-28，報告書中甲方稱謂應統一，「邀標單位」請更正為「內政部國土測繪中心」；另 P3-1，「邀標書」請更正為「規格需求書」。	2.謹遵建議，已更正(p.3-1，p.3-29)。
3.P3-10，成功與東石潮差相當，請說明其原因。如以報告書所列 4 種模式預估此區域，是否會有差異情形？	3.因潮波屬淺水長波，局部海域之地形及水深變化不致引起潮波總體時空分佈特性之改變。成功與東石因緯度相近故潮差相當，又以報告書所列 4 種模式預估此區域，應不會有亦差異情形。
六、劉正倫委員	
1.報告書列水深測量潮位改正方式有 5 種，可否分析或說明各種改正方式之具體做法及其精度？對未來內政部海域基本圖測量工作，建議採用之改正方式。	1.五種水深測量潮位改正方式已說明於文中(p.3-13~p.3-14)，其各別精度尚無具體數據。未來內政部海域基本圖測量工作建議採用 NAO99b 潮位模式作即時直接改正。
2.FEM 模式之原始碼有無釋出？	2. FEM 模式之原始碼並無釋出。
七、劉啟清博士	
1.在報告書 P3-8 說明富岡、蘇澳、成功、花蓮、梗枋等潮位測站屬混合潮型，但在結論中提及大陸棚架緣上之台灣東部海岸上之測站主要偏重於全日潮型，在台灣兩端則屬混合潮型，兩者描述不一致。	1.已修正(p.3-8)。
2.利用 GPS 測量外海之潮汐是否有大地起伏的	2.利用 GPS 測量外海之潮汐因將與岸

問題。	上 GPS 接收機同步聯測，故不致有大地起伏的問題。
3. POM 與 NAO99b 模式二者在潮位預測方面的差異可能就有 20-30 公分，在估計潮流時，是否還可維持相同之精度。另外根據經驗，大部分潮位預測程式在台灣地區的海潮方面一直都做不好，這可能主要是台灣地區的海岸線不正確，NAO99b 的程式好像可以另外輸入海岸地形來改進。	3. NAO99b 模式僅能作潮高之計算，潮流方面無法計算，故與 POM 在潮流方面並無精度探討之空間！又潮位預測程式在台灣地區海潮方面做的好不好，因無海上潮位站驗證，實尚難從斷言！除台灣地區海岸線不精確外，潮汐基準亦為問題之一。又本報告書中所提之 FEM 模式即可以有限元素法來盡量貼合海岸地形，改進計算精度。
4.Kalman Filter 的補遺可以進行無限長的預測嗎？可以正、反向預測來做比較嗎？為何最後還要再用 IOS_TidHgPrediction.f 來做調合分析？如果用後者，何必再用 Kalman Filter？	4. Kalman Filter 無法作無限長的的補遺。理論上其可以作正、反向預測比較之。又 Kalman Filter 僅作補遺，IOS_TidHgPrediction.f 係以補全之長期數據(如 1~2 年)來做調合分析獲取調和參數應用在同潮圖之製作。
5.各潮位站資料的基準是否一致？需要調整嗎？	5.各潮位站資料的基準應該一致，國土測繪中心已有作潮位站參考水準點之檢測，惟目前蒐集之潮位數據並未隨潮位站參考水準點檢測成果修正，要作調整恐需跨部會協調！
6.本計畫之目的為離岸水深測量（海域基本圖）之潮位改正，未來本案之潮流模式可否分析出離岸不同距離之精度。	6.本案之潮流模式無法分析出離岸不同距離之精度。
7.本計畫未來是否要建立一個預估模式，或是可以利用較近的實測潮位資料來估計外海的海水面高？	7.本案未來要建立一個潮位模式來估計外海的潮高。
八、工作小組	
1.報告書請補充研究目的、工作進度（甘特圖）等內容，另本案工作分 3 階段辦理，除本階段工作說明外，應加闡述未來執行規劃。	1.謹遵辦理(詳第一章)。
2.P3-3，表 3-2 潮位站資料缺失率表，有部分測站資料缺失百分比較高，請分析其原因；另表格潮汐測站名稱，請更正為潮位站名稱。	2.資料缺失百分比較高之原因已加註於表 3-2 中。又表 3-2 中潮汐測站名稱已更正為潮位站名稱。
3.P 3-4，3-2 資料彙整分析報告，建議以所蒐集之資料進行分析說明；該節前 2 段文字建議可	3. 3-2 節資料彙整分析報告應敘述來龍去脈，即為什麼作(1.緣起)？環境背

併入前言撰寫。	景(2.台灣海域水深地形，3 台灣環海潮汐特性.)？要如何作(4.潮位模式在水深測量之應用)？結果為何 (5.模式模擬測試結果)？具體結論(6.模式優缺點比較及適用性)？
4.P 3-14，依合約書規定，資料彙整分析報告應依據國內外之文獻資料，彙整分析各潮位模式之原理與適用區域。報告書中直接提及 4 種"普遍使用且頗受好評"潮位模式，是否目前國內外文獻中，僅發表過這 4 種潮位模式？如否，建議補充說明本報告書選擇這 4 種潮位模式之原因，並對這 4 種模式當初提出背景、應用區域、成果及文獻來源加以敘明。	4.世界上當然不是僅有 4 種潮位模式，這 4 種潮位模式普遍被海洋工程界所使用且評價亦高，此即為選擇這 4 種潮位模式之原因。至於諸模式背景、應用區域、成果及文獻來源詳模式模擬測試結果(p.3-32~p.3-42)。
5.P 3-22，為何有以 13 個陰曆月的潮汐紀錄進行調和分析，其成果品質為何?	5.13 個陰曆月(約 369 天，月亮對地球之年週期)的潮汐紀錄進行調和分析其成果品質尚可接受。
6.P 3-22，請說明公式（3-20）中係數 a,b 所代表之意義。	6. a,b 為調和係數。
7.P 3-25，為何一般需要 369 天逐日逐時的資料來分析 20 至 30 分潮，又僅分析出數個分潮時，還需要 15 至 29 天的資料。請說明計算分潮與資料日數的相互關係。	7.潮汐(天文潮)具週期性，其主要受日、月引力而產生水體之漲落，因地球與日、月運行相關位置每 18.6 年重現一次，因此理論上應有 19 年以上的潮位觀測資料加以計算，惟長期觀測且品管優良之潮位站不多見，因此以 13 個陰曆月(369 天，年週期)的潮汐紀錄亦得以進行調和分析。一般資料數長分析出較多之分潮才具意義，若資料數短，則僅選數個代表性分潮分析即可。
8.P 3-31、3-38、3-39，模式模擬測試結果列文獻資料，請進行內容編排修正。	8.已列文獻資料(詳參考文獻)並作內容編排修正。
9.P.3-31～P.3-40，結論提到報告書中 4 種潮位模式皆適用於台灣海域從事潮位模擬，惟對 4 種潮位模式的模擬測試區域皆不同，建議選擇相同測試區域比對 4 種潮位模式模擬結果較為客觀。	9.據引述之文獻知潮位模式皆適用於台灣海域從事潮位模擬，其精度亦不分軒輊，由圖 3-10 至圖 3-18 即有含蓋相同之測試區域。
10.P4-6，建議報告書中標點符號不適合出現”驚嘆號！”	10.已修正(p.3-15)。
11.依合約書規定，潮位站調查表應填載潮汐屬	11.潮汐屬性係以潮型分析結果表示，

性及潮位變動趨勢情形說明，報告書附件 1 所列資料缺少上開內容。	潮位變動趨勢係作區域性描述(p.3-9~p.3-13)，並非就各單一潮位站作說明。
12.部分調查表潮位站地址欄說明太簡略或錯誤（如塭港潮位站）；另調查表填載請依本中心 98 年 11 月 18 日測行字第 0980011189 號函規定辦理。	12.已更正。
13.依 98 年 9 月 3 日工作會議紀錄(報告書附件 2)，研究團隊已蒐集中、英文參考文獻計 27 篇，請提供全文電子檔。	13.書籍、典藏論文、操作手冊涉智慧財產權及著作權，僅能提供部分中、英文參考文獻紙本(附件 5)。

「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」期中報告審查意見

99.05.17

審 查 意 見	回 覆 說 明
一、曾清凉委員	
1.建議補充國外以分潮區及潮位修正模式應用於水深測量之潮位修正案例，另水深測量修正方法及精度等級如何？請一併說明。	1. 美國國家海洋及大氣總署(NOAA)在 2006 年即發佈海道測量標準報告書(NOS，2006)，於水深測量時利用同潮圖進行離岸地區水深測量之潮位修正。另水深測量精度等級請參閱表 3-1 及表 3-2(p3-2)。
2.期中報告 p.6-3，6-2 建議、一、第二段所提「由新增潮位站之實測值併入資料同化(Data Assimilation)處理應可獲致更具代表性之空間網格特性。」內容建議將具體作法補充敘述。	2. 新增岸邊潮位站之具體作法以台灣海峽四大分潮 O_1、K_1、M_2 與 S_2 之振幅與相位為依據，作主成分分析與群集分析，以統計方法對資料進行均勻區域的探討，細節請參閱：李汴軍、范揚洺、董東璟、高家俊(2005)，台灣海域潮汐空間均勻特性之研究，海洋工程學刊(2005)，第 5 卷，第 1 期，第 67-83 頁。
3.從圖 3-3、3-4、3-5 可以看出臺灣西部的北、中、南三區的潮型各異，因此以臺中港潮位站為基準來推估南部各站致出現 RMS 較大，是否影響推算成果？可否改依高雄港為基準來比較，南部潮位站是否會較吻合？	3. 因潮型各異，故以臺中港潮位站為基準來推估南部各站會出現較大 RMS 誤差，此乃意料之中。若改依高雄港為基準來比較會有比較好之結果(參閱表 3-9，p3-41)。
4.本案與本中心委託劉啟清教授辦理「潮位站潮位資料標準分析作業模式之先期研究」案的相關性及相關應用未予敘述，建議增加描述。	4. 遵照辦理，已敘述於 p.6-4 中。
二、崔國強委員	
1.進行潮位分析時，部分潮位站（如嘉和站）精度較差，雖亦有探討可能之原因，未來預期針對這些精度較差站如何處理？請提出建議方案。	1.對部分精度較差之潮位站（如嘉和站）建議換站，設站原則請參閱水利署：海岸防護規劃基本資料觀測調查作業規範(草案)~5.4 潮位觀測調查，水利規劃試驗所，民國 98 年 8 月。
2.本案系統測試方面，進行是否順利？（針對各功能需求而言），在 TWD97 系統轉換係採用何種方式，請說明。	2.本案系統測試已於 99 年 4 月 28 日針對各功能需求辦理上機驗收，經測試符合驗收規定。又 TWD97 系統轉換係採用橫向麥卡脫投影法方式，相關說明詳 p4-13。

3.以 GPS Buoy 充當外海驗潮儀，對結果分析是否有提升？請說明及建議未來可行之方式。	3.以 GPS Buoy 充當外海驗潮儀為第三階段之作業，成信對分析結果將會提升精度，建議之可行方式參閱 p.6-3。
三、于嘉順委員	
1.本案主要目的之一應是檢核各潮位站之平均潮位與模式所用之基準水位面，但報告內容並未就此討論，建議補充說明。	1.本案主要目的在潮高之變動，主要係以潮汐模式(NAO99b)推求海域各處虛擬潮位站之振幅，各潮位站平均潮位之檢核並非本案目的，已說明於 p.6-4。
2.潮位資料應先就水準做分析檢核再進行分析比對，以免產生水準不一之差異。	2.本案僅就蒐集所得 35 站之潮位數據作分析，潮位站鄰近水準點高程或蒐集潮位數據基準之檢核非本案之工作，在作比對時皆已剔除基準問題。
3.NOA99b 原始設定為 5 分（浬）解析度，且並未就臺灣海域修正，本案模式設定及檢驗、校正等過程請補充。	3.本案係將 5 分（浬）之估算結果作內插處理得 1 分（浬）之結果，已補述於 p.3-5~p.3-6。
4.模式結果如何與實測資料比對，報告內容並未詳述，請補充。	4.已有將模式結果與 35 站實測資料比對(p.3-14~p.3-53)，海上部分為第三階段作業，尚無法作模式結果與實測資料比對。
5.模式結果與實測比對應加一 100%線以供偏向比對，潮位亦應以分潮對分潮分析比對，方可對模式結果確認。	5.已補述於 p.3-45 至 p.3-53。
6.請補充 IHO 之水深測量標準。	6.已補述於 p.3-2。
四、白敏思委員	
1.報告書內容部分字誤繕，請修正。 （1）P.1-1，…必須於~~99~~(98)年 8 月 10 日前辦理需求訪談…。 （2）P.3-42，…利用NOA99b模式預報所建~~致~~(置)而成…。 （3）P.4-5，表 4-5 輸出結果欄位，顯示並紀錄~~以~~(已)修改後的點位。 （4）P.4-25，軟體開發完成後~~計~~(將)建置於…。 （5）P.6-2，…具備顯示經緯度與TWD97 坐標功能。~~#~~ （6）P.6-4，…輸入航跡起~~訖~~(迄)點坐標後即可得起~~訖~~(迄)點之潮位序列…。	1.已修正。
2.P.4-9，系統編輯點位功能需求及目的，請補	

充。	2.編輯點位其功能為當原測點鍵入錯誤時之重新編修，重新輸入起迄時間、時間間隔，藉以獲致潮高修正數據(p.4-9)。
3.請說明 3 個 GPS Buoy 點位分布狀態，GPS Buoy 所蒐集之潮位資料應納入模式計算，進行模式修正。	3.此為第三階段之工作，初步建議請參閱 p.6-3。
五、何嘉麟委員	
1.P.3-11，本案 35 處測站潮位精度分析，有 43%測站之均方根誤差在 15cm 以內，請於報告書說明是哪些測站？另報告書說明標準偏差為 8.2cm，請補充相關說明。	1.已列於表 3-5(p.3-21)，又標準偏差 8.2cm 表示二次動差之統計特性。反應數據偏離情況，係利用表 3-5 及表 3-6 內之 RMS 值估算。
六、劉啟清博士	
1.圖 3-1 與圖 3-2 之圖說明宜加強。文中之紅線與黑線宜改為實線與虛線，圖 3-1 與 3-2 之等潮時線與等潮差線應用相同符號。後面的圖也相同。	1.圖 3-1 與圖 3-2 均已加入圖例說明(p.3-3)。
2.嘉和潮位站如因儀器或測站出現問題，應將原因敘明，至該站資料是否納入計算，請團隊再行評估。	2.原因已說明於資料彙整分析報告修正本表 3-2(p.3-3)中，惟依合約規定均需納入計算。
3.北端（如淡水、基隆、蘇澳、龍洞、烏石）與南端（高雄、蟳廣嘴、小琉球）的預測與實測的 Corr.Coef.都不及 0.90，是否受地形？洋流？海深變化的影響。	3.潮波行進時即受地形、海深變化影響，另儀器型式(音波式、壓力式)解析度不同亦有影響。
4.P.3-4 公式表示不清。M_2、M_4、M_6 是代表分潮名稱而已，還是代表振幅？相位？週期？M_2^0、M_4^0、M_6^0 又是什麼？$\frac{M_2 phase(\deg)}{M_2 speed}$ 之單位為 hr，而 $\frac{4B_4}{M_2}$ 與 $\frac{6B_6}{M_2}$ 無單位，二者無法相加。	4.M_2、M_4、M_6 是代表分潮名稱，M_2^0、M_4^0、M_6^0 是代表相位遲角(deg)，公式不明確處已作修正(p.3-5)。$\frac{4B_4}{M_2}$ 與 $\frac{6B_6}{M_2}$ 單位為 hr，故可相加。
5.中央氣象局最近進行基準統一的工作，應可提供較好的資料；如資料基準未統一，建議可利用各站的平均海水面為零當做基準。	5.在作資料比對時，各站皆調整至平均海水面(即調合分析之$a_0 \rightarrow 0$)作基準，目的在避開基準未統一之困擾。且在作水深測量之潮高修正時，並無

	須探討該問題。
6. NOA99b 所用的海岸線資料可地區性加密，其原來所附海岸線資料在臺灣附近仍有改善空間。	6.NOA99b 內建之海岸地形資料庫非本案得以加密修訂。其地形資料庫原來所附海岸線資料在臺灣附近的確仍有改善空間。
七、交通部中央氣象局	
1.本研究所使用之資料部分來源非屬氣象局觀測站，請查明修正。	1.已修正(參閱表 3-4，p.3-11)。
2.本報告 6-2 建議第二項關於本局潮位資料參考基準是否已完成,由於本局近年分階段修正潮位資料參考基準,建議再與本局確認資料之正確性。	2.已比對過最新資料，國土測繪中心前提供之 35 站潮位數據即為中央氣象局最新之數據。
3.海軍大氣海洋局基於該局海圖測繪需求,亦有發展等潮區圖劃分作業,建請　貴中心參考，該局是以10公分潮位差及10分鐘潮時差為劃分基準。	3.海軍大氣海洋局基於該局海圖測繪需求其等潮區圖是以 10 公分潮位差及 10 分鐘潮時差為劃分基準，本案是以 10 公分潮位差及 6 分鐘潮時差為劃分基準。
八、經濟部水利署	
1.表 3-2 所列 35 處潮位站資訊，其中有多處權責機關非全為中央氣象局,請查明後修正所轄權責單位名稱。	1.已修正(參閱表 3-4，p.3-11)。
九、本中心控制測量課	
1.本案所蒐集的 35 個潮位站，其中芳苑、麥寮港、金門（料羅灣）及塭港，本中心並未提供潮位站參考面基準。又本中心提供之潮位站參考面基準，中央氣象局是否有進行潮位修正，請再確認。	1.已獲國土測繪中心提供最新之中央氣象局潮位數據，其中除增列補遺漏失數據外，與前提供之 35 站潮位數據相同。
2.離島潮位站之基準係以當地平均海水面為依據,與臺灣本島以基隆平均海水面之基準可能有差異，請注意二者之差異。	2.敬悉，本案之目的在作潮高修正，故無此方面之困擾。

內政部國土測繪中心 98 年度「臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」工作總報告書審查會議紀錄

一、時　　間：99 年 10 月 11 日（星期一）上午 9 時 30 分

二、地　　點：本中心第 1 會議室

三、主　　席：朱簡任技正杏修　　記錄：謝東發

四、出(列)席人員：詳簽到簿

五、報告事項：本次會議係辦理本中心 98 年度「臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」案第 3 階段成果工作總報告書審查。

六、結論：本案工作總報告書審查原則通過，請財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會依與會人員意見補充或修正，於本中心發文次日起20日內將修正後之書面成果1式5份（附錄以電子檔燒錄光碟黏貼報告書後）、WORD電子檔1式2份函送本中心，俾利辦理後續事宜。

七、散會時間：上午 12 時 10 分

內政部國土測繪中心「98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」案工作總報告審查會議簽到簿

會議時間：99年10月11日（星期一）上午9時30分	
會議地點：本中心第1會議室	
主 持 人：朱簡任技正杏修 朱杏修	記錄：謝東發
出(列)席人員	簽名處
曾清凉教授	曾清凉
張嘉強教授	張嘉強
張裕民教授	張裕民
崔國強教授	崔國強
于嘉順教授	于嘉順
徐月娟主任	徐月娟
王成機科長	請　假
白敏思課長	公　假（提供書面資料）

出(列)席人員	簽名處
經濟部水利署	未派員（提供書面資料）
交通部中央氣象局	劉光宗
海軍司令部	未派員
中興測量有限公司	未派員
財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會	瀨沛章 莊文傑 蔡泉昌
秘書室	未派員
政風室	未派員
會計室	趙云棣
控制測量課	楊枝安
地形及海洋測量課	蔡李欣 鄒[illegible] 謝[illegible]

范[illegible]城

與會人員意見

于嘉順教授

1.計畫成果之即時潮位修正值是否達到 IHO 或美國工兵署所訂誤差允許範圍，請說明。

2.模式實際計算為 5 分解析度，雖內插至 1 分格點，但計算格點應無法達到 1 分之海岸解析度精度，尤其在西海岸沿岸地形變化較大之區域，請說明。

3.模式通常以 MSL 為計算基準，請說明如何與地形基準修正貼合。

4.等潮位、潮時之計算方式是否合理？或是引用文獻？請說明。

5.等潮位、潮時資料僅以 1 年模擬分析，是否足夠？是否應以長期（18.6 年）為一週期計算較佳。

6.期中回覆內容對應圖表等內容有誤差，請修正。

徐月娟教授

1.本案潮位模式引用 NAO99b 日本模式，經與我國潮位資料比對後，是否應用於回饋修正模式？請說明。又使用潮位站資料需注意其可用性，例如淡水油車口位於淡水河內，及嘉和、芳苑不合用；台北港及烏石站資料佳，但模式預測潮高較量測偏小；模式可據以參考修正。

2.請注意潮汐模式描述的一致性及完整性，如 P3-5 公式（3）、P3-7 公式（5）及（6）。

3.P5-3 潮位資料缺失建議與中央氣象局潮汐年報比較，潮位站基本資料請與主管單位確認。

4.P5-37 最後一段文字敘述請改正，以避免外界誤會。

（1）35 個潮位站並非全由氣象局設置。

（2）民 96、97 年氣象局已開始和內政部合作，每年聯測潮位基準點至一等水準點，故可以得到一致的潮位資料。

（3）觀測數據品質不佳“導致誤差偏高”與事實不符。

5.P5-31 本案繪製的同潮圖與 P3-22 及 3-23 先前的結果比較有何增進之處？可補充說明。

張嘉強教授

1.第二章列之各項檢核表是否可改列附錄，另請加繪本案實際執行進度甘特圖。

2.本案要求之投稿文件名稱請再確認一致性，文稿宜置放附錄，以利驗收。

3.本案成果圖內之本島四周繪製有雙實線，其意義為何？是否可刪除？。

4.利用 35 站潮位資料檢核潮位模式僅有 43%符合±15 公分之精度，其應對方式或可能改善方式為何？可請補充。

5.本案 35 個潮位站在實施潮位修正後，可具有一致性適用條件之測站宜請提供一整理表，以利實務使用。

6.海上驗潮測試之條件說明資料（如動靜態姿態修正、離岸距離等），宜請補充。

7.潮位程式內呈現經緯度與方格坐標之名稱應與基準無關，可請修正。

8.附錄所陳述審查委員之回覆說明，請配合本案最後執行內容進行修正。

崔國強教授

1.請說明較適宜之 GPS 浮標測試條件為何？（如點位分布、施測時間等）

2.本案潮位模式程式之開發適用於臺灣西部海域，但對其他海域適用情形如何？亦請說明。(如以本案開發模式 NAO99b 接續開發或需開發新模式？)

張裕民教授

1.NAO99b 模式進行臺灣西部潮位分區，經過分析測試與實地驗證，分析模式架構漸臻成熟，惟精度仍待加強，宜就部分精度不足地區（53%>15 公分）探討原因修正之。

2.以 Kalman filter 進行預測/補遺的地點有多少？進行多少時間？該處潮位分區之精度與他處比較如何？

3.P6-2 結論貳、七、RMS 偏大之原因，有可能源自資料之品質或實測資料之不足或測站位置之近岸影響...，但亦有可能源自 NAO99b 模式本身之誤差。建議（1）加強實測資料以印證及修正 NAO99b 模式，(2）進一步探討 NAO99b 模式之適用條件及限制。

曾清涼教授

1.P5-95 潮位模式程式進行經緯度轉成 N、E 坐標時，必須考慮投影帶分區問題。

2.浮標採 3 個接收儀是為了不需 INS 即可修正姿態，GPS 浮標重心位置高程為接收儀高程總和/3，GPS 浮標實際測試所發生之問題應一併敘明，因本案測試作業誤差來源有可能來自 GPS 浮標，並納入結論與建議。

3.本案係引用日本 NAO99b 模式進行潮位分析計算及預測，應說明模式潮時及潮差的精度，另適用的地區亦一併說明。並請補充說明本案所建立之潮時及潮差網格是否有邊界及連續性問題？

4.結論與建議應加強，結論似與本案題目關聯性不強，總報告書結論應針對本案施作目的與研究成果明確說明；至建議部分應納入、水深測量應用本模式之建議、GPS 施放條件與施放地區建議、潮位模式未來精進方向...等，以提供未來海域基本圖作業參考。

朱杏修簡任技正

1.附表名稱統一修正為 OO 表；附圖名稱除系統畫面外統一表達為 OO 圖。例如表 5-13 名稱宜修正為 GPS 浮標海上潮位站驗潮測試參數表；圖 5-3 名稱宜修正為臺灣鄰近海域潮波傳遞路徑圖。

2.段落請依下列順序編排：壹、一、(一)、1、(1)、A、(A)、a、(a)。

3.以顏色區別之不同圖形及像片以彩色列印。

4.有關潮位站表達方式，有部分以「驗潮站」或「潮站」稱之，請修正。

5.P1-8「本文組織」請修正為「本文架構」。

6. P3-1「本會已於 8 月 4 日以...號函」，請增列年別，以利識別。

7. P3-12「做潮型之判斷」請修正為「作潮型之判斷」。

8. P4-5 圖 4-1 及 4-2 名稱請修正為 GPS 浮標側視圖及 GPS 浮標俯視圖。

9. P5-2「部份」請修正為「部分」。

10. P5-7「美國制則以（3-3）式...」應修正為「美國制則以（5-3）式...」。

11. P5-11「唯潮時差異」請修正為「惟潮時差異」。

12. P5-14 及 P6-4「海浬」請修正為「海里」。

13. P5-19「基隆港(鍾)」請修正為「基隆港(中)」。

14. P5-64「5-2 臺灣西部潮位模式測試作業」請修正為「5-4 臺灣西部潮位模式測試作業」。

15. P5-67& P5-73 新竹漁港觀測時間長達 38 小時，其觀測起訖時間有無誤記？

16. P5-81「5-3 修正版潮位模式」請修正為「5-5 修正版潮位模式」。

17. P5-97「5-5 技術研習活動」請修正為「5-6 技術研習活動」。

18. P5-108「5-5 投稿文件」請修正為「5-7 投稿文件」。

19. P6-2「均方根誤差（RMS）偏大」請修正為「均方根誤差（RMS）偏大」。

交通部中央氣象局劉光宗技士

1.附錄三潮位站基本資料表部分內容需修正。

2.研究團隊建議本局海上浮標可裝載量測級 GPS 以提供離岸潮位觀測資料，本局目前尚無 GPS 更新規劃。

3.P5-37 提及潮位站資料相關問題似未經查證，請研究團隊與本局確認。

本中心控制測量課

1.P5-45 表 5-7 表頭欄請加入中文說明。

2.建議二提及本中心委託劉啟清教授辦理...，請修正為委託中興測量公司辦理...。

本中心地形及海洋測量課

1.目錄頁碼錯標，請修正，如第五章各節；第五章小節錯亂如 5-2 節。

2.附錄建議用光碟附於報告書後。

3.第二章所列檢查表如為成果交付前自我檢核使用，應列檢核結果而非空表格。

4.報告書部分圖片以黑白呈現，無法表現圖所代表意義，如圖 5-17。

5.潮位模式程式經緯度視窗建議以度、分、秒呈現。

6.潮位模式測試作業為本案第 3 階段重點工作，該節內容建議依測試方式說明測試結果與精度，並補充作業照片。

7. P5-71 表 5-14GPS 浮標施放時間重疊，請查明修正；另「陸上基站高」、「基站地面高」建議修正為合適名稱。

8. P5-92 圖 5-78 內容說明有誤，請修正。

9.技術研習照片請納入附圖。

10.簡報部分內容較報告書詳細或豐富，如投稿文件增加 1 篇期刊請納入工作總報告書。

白敏思課長(書面資料)

1.報告書中有關本中心名稱，請統一修正為內政部國土測繪中心。

2.報告書內容屬行政流程敘述或直接引用規格書部分建議精簡，如 1-1 後半段文字應可省略;另 2-2 相關檢核表、5-5 投稿文件全文、5-6 研習照片可置於附錄。

3.潮位模式測試作業小節建議加入 GPS 浮標施放位置圖。

4.請補充說明外業測試資料回饋至模式後其精度變化情形，來驗證以 GPS 浮標外海潮位觀測方式是否可作為未來提升模式精度之方法。

經濟部水利署王仲豪工程司（書面資料）

1.P5-35 表 5-5「箔子寮潮位站」之管理機關非本署(水利署)， 請查明後修正。

2. P5-45 及 P5-52 表 5-6 及表 5-7，站號 1496 之站名有誤，請修正。

3.P6-4 建議二內容敘及「...建議調整令各潮位站資料基準一致...」，調整各潮位站資料基準應不屬內政部國土測繪中心業務範疇，建議修正。

4.P5-3 表 5-1 內容，有關本署所轄芳苑及嘉和潮位站觀測資料闕漏之原因，係為淤積之問題，非數據傳輸故障所致，請修正。

「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」工作總報告審查意見

99.10.11

審 查 意 見	回 覆 說 明
一、于嘉順教授	
1.計畫成果之即時潮位修正值是否達到 IHO 或美國工兵署所訂誤差允許範圍，請說明。	1. 依據美國工兵署水深測量手冊對海岸地區潮位修正之均方根誤差約為 15cm 內，而本案現場測試結果顯示屬可接受範圍，詳 P6-3 至 p.6-4。
2.模式實際計算為 5 分解析度,雖內插至 1 分格點,但計算格點應無法達到 1 分之海岸解析度精度，尤其在西海岸沿岸地形變化較大之區域，請說明。	2. 1 分海岸解析度精度之要求在強調平面地形之貼合，本案重點在垂直潮高之模擬，因潮波屬長波，模式對 5 分網格解析度潮高之模擬，除在近岸海底地形急劇變動處會有較大之比對變異外，模擬精度尚可接受，而本案係強調對離岸較遠處地形水深測量之潮位修正，對於近岸海域可從事無驗潮之水深測量或利用傳統沿岸潮位站數據修正潮高。
3.模式通常以 MSL 為計算基準，請說明如何與地形基準修正貼合。	3. 本案只針對潮高部分作比較，與地形高程基準之修正貼合只需加上基準值即可。詳如第六章結論與建議之潮位資料基準之建議。
4.等潮位、潮時之計算方式是否合理？或是引用文獻？請說明。	4. 等潮位採用 Foreman (1977)提出的調和分析法計算，而等潮時公式引用王韋樺(2009)碩士論文。
5.等潮位、潮時資料僅以 1 年模擬分析，是否足夠？是否應以長期（18.6 年）為一週期計算較佳。	5. 本計畫潮位數據(96 及 97 年)係主辦單位所提供。本案一方面經費並不寬裕無法購買全國所有潮位站 19 年之潮位數據；再者一般常用的分潮，2 年潮位數據應已足夠分析，而本計畫所採用之 NAO99b 潮位模式只需 16 個分潮。
6.期中回覆內容對應圖表等內容有誤差，請修正。	6. 已修正，詳附錄一期中報告修正意見。
二、徐月娟教授	
1.本案潮位模式引用 NAO99b 日本模式，經與我國潮位資料比對後,是否應用於回饋修正模式？請說明。又使用潮位站資料需注意其可用	1. 本團隊只有 96 及 97 年短期之潮位數據，經 NAO99b 模式驗證潮位資料後，趨勢大致吻合，由於臺灣沿岸海

性，例如淡水油車口位於淡水河內，及嘉和、芳苑不合用；台北港及烏石站資料佳，但模式預測潮高較量測偏小；模式可據以參考修正。	底地形之特性(如由深海進入大陸棚架)及潮位站設置地點(如在淡水河內)環境均影響模式模擬之精度，以短期潮位數據及部分因海底地形變異之測站數據作模式之回饋修正恐不切實際，且須調整模式核心參數亦非本案目前進度所能完成，故建議在後續計畫中進行；或直接從事局部海域之誤差修正模式建置研究。
2.請注意潮汐模式描述的一致性及完整性，如 P3-5 公式（3）、P3-7 公式（5）及（6）。	2. 已統一修正。
3.P5-3 潮位資料缺失建議與中央氣象局潮汐年報比較，潮位站基本資料請與主管單位確認。	3.已與中央氣象局聯繫修正相關內容。詳附錄四。
4.P5-37 最後一段文字敘述請改開始正，以避免外界誤會。	4.已修正內文，詳 P5-37。
(1)35 個潮位站並非全由氣象局設置。	(1)已修正，詳 P5-37。
(2)民 96、97 年氣象局已和內政部合作，每年聯測潮位基準點至一等水準點，故可以得到一致的潮位資料。	(2)已修正內文，詳 P5-37 及 P6-5。
(3)觀測數據品質不佳“導致誤差偏高”與事實不符。	(3)已修正內文，詳 P5-37 及 P6-5。
5.P5-31 本案繪製的同潮圖與 P3-22 及 3-23 先前的結果比較有何增進之處？可補充說明。	5.本計畫所繪製之同潮圖採用模式(NAO99b)與其所採用之潮位模式(Yu;1993)不同，一般邊界條件之取得，仍是依賴 NAO99b 模式。
三、張嘉強教授	
1.第二章列之各項檢核表是否可改列附錄，另請加繪本案實際執行進度甘特圖。	1.已將檢核表刪除；另已補充實際執行甘特圖，詳 P2-4。
2.本案要求之投稿文件名稱請再確認一致性，文稿宜置放附錄，以利驗收。	2.謹遵辦理，詳如附錄七、八。
3.本案成果圖內之本島四周繪製有雙實線，其意義為何？是否可刪除？。	3.此雙實線分別為領海及鄰接區範圍線，宜保留。
4.利用 35 站潮位資料檢核潮位模式僅有 43%符合±15 公分之精度，其應對方式或可能改善方式為何？可請補充。	4.此部分有賴相關單位檢測基準或後續作局部海域之誤差修正模式建置研究。已說明於 P6-5。
5.本案 35 個潮位站在實施潮位修正後，可具有一致性適用條件之測站宜請提供一整理表，以利實務使用。	5.本案之海上驗潮測試僅在桃竹苗海域，故新竹站為適用潮位修正之測站，其餘測站尚待後續驗證，惟可參

	考表 5-6 至表 5-7(有 18 站以 2 年數據分析，其 RMS 值在 15cm 以內，詳結論與建議，p.6-2)。
6.海上驗潮測試之條件說明資料(如動靜態姿態修正、離岸距離等)，宜請補充。	6.本計畫海上驗潮測試並未作動靜態姿態修正，另其他測試條件參數，詳表 5-14。
7.潮位程式內呈現經緯度與方格坐標之名稱應與基準無關，可請修正。	7.程式已配合修正，詳 P5-94。
8.附錄所陳述審查委員之回覆說明,請配合本案最後執行內容進行修正。	8.已逐一回復。
四、崔國強教授	
1.請說明較適宜之 GPS 浮標測試條件為何？（如點位分布、施測時間等）	1. 浮標內之 GPS 採用測量等級之儀器，並沿 12 海里領海界線內佈放適當數量之 GPS 浮標充當外海驗潮儀，浮標間相距約 20 海里，並能長期觀測。已說明於 P6-5。
2.本案潮位模式程式之開發適用於臺灣西部海域,但對其他海域適用情形如何？亦請說明。（如以本案開發模式 NAO99b 接續開發或需開發新模式？）	2. NAO99b 潮位模式對於台灣周圍海域應都適用，惟其精度有待後續驗證。
五、張裕民教授	
1.NAO99b 模式進行臺灣西部潮位分區,經過分析測試與實地驗證,分析模式架構漸臻成熟,惟精度仍待加強，宜就部分精度不足地區（53%>15 公分）探討原因修正之。	1. 精度不足地區係指潮位站精度分析部分，此部分有賴相關單位檢測基準結果及後續之驗證。如 P5-59 將軍站及高雄站之時序列比較圖，可看出推估潮位值較實際觀測值約成一固定值偏低，研判應是基準的不同，而 NAO99b 模式基準是一致的。
2.以 Kalman filter 進行預測/補遺的地點有多少？進行多少時間？該處潮位分區之精度與他處比較如何？	2. Kalman filter 在本計畫僅作局部補遺測試，並無實際運用，工作內容亦無此項，本團隊提出如有此需求時，可利用此法為之。
3.P6-2 結論貳、七、RMS 偏大之原因，有可能源自資料之品質或實測資料之不足或測站位置之近岸影響…，但亦有可能源自 NAO99b 模式本身之誤差。建議（1）加強實測資料以印證及修正 NAO99b 模式，(2）進一步探討	3. 此部分須待後續現場實測來驗證。

NAO99b 模式之適用條件及限制。	
六、曾清凉教授	
1.P5-95 潮位模式程式進行經緯度轉成 N、E 坐標時，必須考慮投影帶分區問題。	1. 已在選點功能上增加投影帶選擇，詳如 P5-94。
2.浮標採 3 個接收儀是為了不需 INS 即可修正姿態，GPS 浮標重心位置高程為接收儀高程總和/3，GPS 浮標實際測試所發生之問題應一併敘明，因本案測試作業誤差來源有可能來自 GPS 浮標，並納入結論與建議。	2. 已說明於結論與建議，詳 P6-4。
3.本案係引用日本 NAO99b 模式進行潮位分析計算及預測，應說明模式潮時及潮差的精度，另適用的地區亦一併說明。並請補充說明本案所建立之潮時及潮差網格是否有邊界及連續性問題？	3. 模式潮時及潮差的精度無對照組(基準)可比較。本案潮時及潮差解析度分別為 6min 及 10cm。另模式皆有其適用範圍，而本模式適用之細部海域約在東經 110 度至 165 度、北緯 20 度至 65 度之範圍內(詳 P3-8)。又其空間解析度為 5 分，本計畫已將其內插至 1 分。
4.結論與建議應加強，結論似與本案題目關聯性不強，總報告書結論應針對本案施作目的與研究成果明確說明；至建議部分應納入、水深測量應用本模式之建議、GPS 施放條件與施放地區建議、潮位模式未來精進方向…等，以提供未來海域基本圖作業參考。	4. 結論皆按計畫工作項目逐一歸納論述研究成果，至於水深測量應用本模式之建議、GPS 施放條件與施放地區建議、潮位模式未來精進方向…等已列於建議(一)、(三)、(四)之中。
七、朱杏修簡任技正	
1.附表名稱統一修正為 OO 表；附圖名稱除系統畫面外統一表達為 OO 圖。例如表 5-13 名稱宜修正為 GPS 浮標海上潮位站驗潮測試參數表；圖 5-3 名稱宜修正為臺灣鄰近海域潮波傳遞路徑圖。	1. 圖名、表名已修正，詳內文。
2.段落請依下列順序編排：壹、一、(一)、1、(1)、A、(A)、a、(a)。	2. 已修正，詳內文。
3.以顏色區別之不同圖形及像片以彩色列印。	3. 完稿本將會彩色列印。
4.有關潮位站表達方式，有部分以「驗潮站」或「潮站」稱之，請修正。	4. 已統一修正為「潮位站」。
5.P1-8「本文組織」請修正為「本文架構」。	5. 已修正，詳如 P1-8。
6. P3-1「本會已於 8 月 4 日以…號函」，請增列年別，以利識別。	6. 已修正，詳如 P3-1。

7. P3-12「做潮型之判斷」請修正為「作潮型之判斷」。	7. 已修正，詳如 P3-11。
8. P4-5 圖 4-1 及 4-2 名稱請修正為 GPS 浮標側視圖及 GPS 浮標俯視圖。	8. 已修正，詳如 P4-5。
9. P5-2「部份」請修正為「部分」。	9. 已修正，詳如 P5-2。
10. P5-7「美國制則以(3-3)式...」應修正為「美國制則以（5-3）式...」。	10. 已修正，詳如 P5-7。
11. P5-11「唯潮時差異」請修正為「惟潮時差異」。	11. 已修正，詳如 P5-11。
12. P5-14 及 P6-4「海浬」請修正為「海里」。	12. 已修正，詳如 P5-14 及 P6-5。
13. P5-19「基隆港(鍾)」請修正為「基隆港(中)」。	13. 已修正，詳如 P5-19。
14. P5-64「5-2 臺灣西部潮位模式測試作業」請修正為「5-4 臺灣西部潮位模式測試作業」。	14. 已修正，詳如 P5-64。
15. P5-67& P5-73 新竹漁港觀測時間長達 38 小時，其觀測起訖時間有無誤記？	15. 已修正，詳如 P5-67 及 P5-73。
16. P5-81「5-3 修正版潮位模式」請修正為「5-5 修正版潮位模式」。	16. 已修正，詳如 P5-81。
17. P5-97「5-5 技術研習活動」請修正為「5-6 技術研習活動」。	17. 已修正，詳如 P5-119。
18. P5-108「5-5 投稿文件」請修正為「5-7 投稿文件」。	18. 已修正，詳如 P5-130。
19. P6-2「均方根誤差（RMS）偏大」請修正為「均方根誤差（RMS）偏大」。	19. 已修正，詳如 P6-2。
八、交通部中央氣象局劉光宗技士	
1.附錄三潮位站基本資料表部分內容需修正。	1. 已修正，詳附錄四。
2.研究團隊建議本局海上浮標可裝載測量級 GPS 以提供離岸潮位觀測資料，本局目前尚無 GPS 更新規劃。	2. 知悉。
3.P5-37 提及潮位站資料相關問題似未經查證，請研究團隊與本局確認。	3. 已查證並修正內文，詳 P5-37。
九、本中心控制測量課	
1.P5-45 表 5-7 表頭欄請加入中文說明。	1. 已修正，詳如 P5-45。
2.建議二提及本中心委託劉啟清教授辦理...，請修正為委託中興測量公司辦理...。	2. 已修正，詳如 P6-5。
十、本中心地形及海洋測量課	
1.目錄頁碼錯標，請修正，如第五章各節；第五	1. 已修正。

章小節錯亂如 5-2 節。	
2.附錄建議用光碟附於報告書後。	2. 遵照辦理。
3.第二章所列檢查表如為成果交付前自我檢核使用，應列檢核結果而非空表格。	3. 已刪除。
4.報告書部分圖片以黑白呈現,無法表現圖所代表意義，如圖 5-17。	4. 完稿本將會彩色列印。
5.潮位模式程式經緯度視窗建議以度、分、秒呈現。	5. 已新增為使用者自行選擇顯示方式，如內文 P.5-94.
6.潮位模式測試作業為本案第 3 階段重點工作,該節內容建議依測試方式說明測試結果與精度，並補充作業照片。	6. 潮位模式測試作業各工作細節與結果，詳 P5-64~P5-80。另已補充作業照片 5-1 至照片 5-3。
7. P5-71 表 5-14GPS 浮標施放時間重疊，請查明修正；另「陸上基站高」、「基站地面高」建議修正為合適名稱。	7. GPS 浮標施放時間重疊已修正。另「基站地面高」修正為「基站高程」；「陸上基站高」修正為「基站儀器高」，詳 P5-71。
8. P5-92 圖 5-78 內容說明有誤，請修正。	8. 已修正，詳 P5-92。
9.技術研習照片請納入附圖。	9. 依各章節論述皆為照片隨文方式。
10.簡報部分內容較報告書詳細或豐富，如投稿文件增加 1 篇期刊請納入工作總報告書。	10. 投稿文件已加入，詳 P5-130 與附錄七。
十一、白敏思課長(書面資料)	
1.報告書中有關本中心名稱,請統一修正為內政部國土測繪中心。	1. 已修正。
2.報告書內容屬行政流程敘述或直接引用規格書部分建議精簡，如 1-1 後半段文字應可省略；另 2-2 相關檢核表、5-5 投稿文件全文、5-6 研習照片可置於附錄。	2. 已精簡並將相關檢核表、投稿文件全文改放附錄。依各章節論述皆為照片隨文方式。
3.潮位模式測試作業小節建議加入 GPS 浮標施放位置圖。	3. 已加入 GPS 浮標施放位置圖，詳 P5-71。
4.請補充說明外業測試資料回饋至模式後其精度變化情形，來驗證以 GPS 浮標外海潮位觀測方式是否可作為未來提升模式精度之方法。	4. 以短暫之實測數據納入潮位模式作模式之修正實無法達成顯見之成果，要有長期實測數據之納入才有成效。
十二、經濟部水利署王仲豪工程司（書面資料）	
1.P5-35 表 5-5「箔子寮潮位站」之管理機關非本署(水利署)， 請查明後修正。	1. 已修正為中央氣象局，詳如 P5-35。
2. P5-45 及 P5-52 表 5-6 及表 5-7，站號 1496 之站名有誤，請修正。	2. 已修正，詳如 P5-45 及 P5-52。
3.P6-4 建議二內容敘及「…建議調整令各潮位站資料基準一致…」，調整各潮位站資料基準	3. 已修正詳 P6-5。

應不屬內政部國土測繪中心業務範疇,建議修正。 4.P5-3 表 5-1 內容,有關本署所轄芳苑及嘉和潮位站觀測資料闕漏之原因,係為淤積之問題,非數據傳輸故障所致,請修正。	4. 已修正,詳如 P5-3。

附錄二

需求訪談紀錄

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」需求訪談紀錄

日期：98 年 8 月 6 日（星期四）下午 2 時

訪談地點：本中心地形及海洋測量課

廠商訪談人員：計畫主持人顏沛華副教授

本中心列席人員：林志清課長、蔡季欣技正、楊枝安課員、李佩珊課員、謝東發技士

國土測繪中心：

1.工作計畫書需將各工作項目的作業方法、作業規劃、進度管制與品質管控等詳細敘明，以利本中心可依工作計畫書進行工作督導與進度管控。

2.辦理本案規格標作業時，採購評選委員所提問題（如委員意見彙整表），請於工作計畫書回應與說明。

3.本案規格書納入工作計畫書附件，以利審查委員比對工作計畫書是否依據規格書相關要求辦理。

4.本案所需潮位資料（96-97 年）已由中央氣象局無償提供，請廠商依規定填妥本中心「測繪數值資料檔管制同意書」後，洽本案承辦員辦理資料交付事宜。本中心所交付關於本案之相關資料，請派專人保管，並建立資料取用管制之安全措施，本中心將不定期派員前往查核。如該潮位資料經檢查有中斷情形，請書面提報本中心研討。

5.本中心將不定時派員監督瞭解各項作業之執行，執行進度符合時，則定時（每 2 個月）召開 1 次非正式工作會議；執行進度落後，則每月召開 1 次（含）以上正式工作會議，進行進度管控。

6.工作計畫書請依本次需求訪談紀錄、本案規格書要求項目與份數製作，於決標次日（98 年 7 月 21 日）起 30 個日曆天（98 年 8 月 20 日，以本中心收文時間為準）內，送本中心審查。

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會：

1.請國土測繪中心配合發文各潮位站主管機關，同意現場調查。

2.請國土測繪中心協助提供潮位站位置資料。







需求訪談照片

附錄三

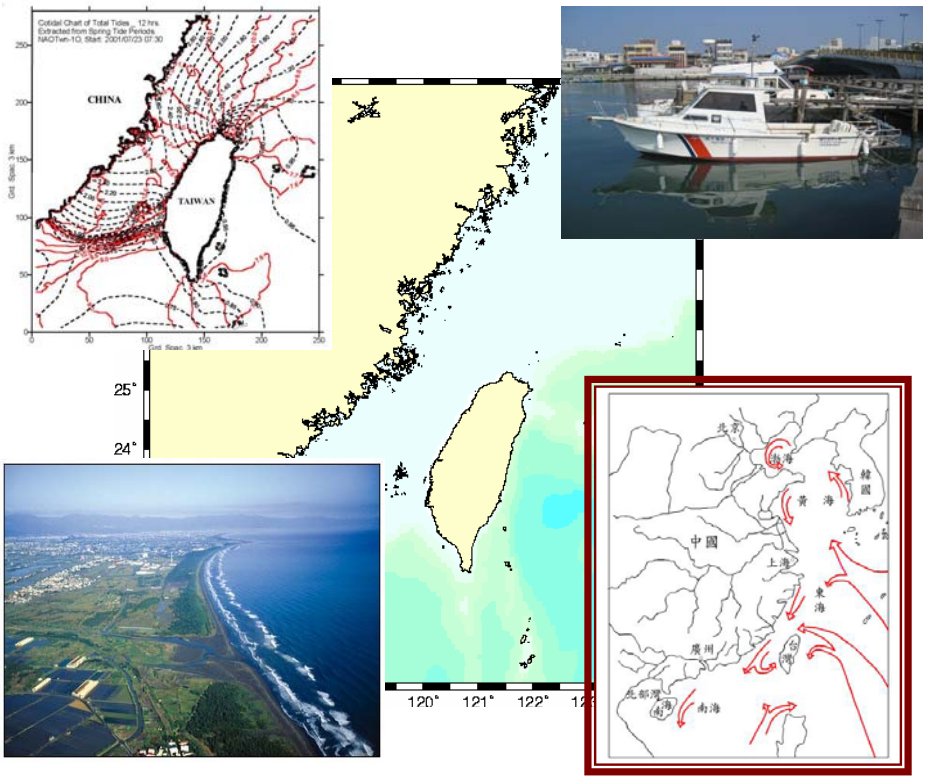
工作計畫書再修正本

內政部國土測繪中心

98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

工 作 計 畫 書

(再修正稿)



委辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

中華民國 98 年 10 月 14 日

內政部國土測繪中心

98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

工作計畫書再修正稿

目　錄

目 錄---------- 目-1

表目錄---------- 目-3

圖目錄---------- 目-4

相關名詞說明---------- 目-5

第一章 前 言----------1-1

第二章 作業規劃及辦理期程----------2-1

2-1 作業範圍----------2-1

2-2 委託工作項目及內容----------2-1

2-3 作業期程----------2-6

第三章 工作計畫----------3-1

3-1 提報工作計畫書----------3-1

3-2 資料蒐集彙整----------3-4

3-3 建立臺灣網格化潮位分區----------3-20

3-4 潮位模式(測試版)模擬演算----------3-23

3-5 臺灣西部實地測試作業----------3-24

3-6 技術研習活動----------3-26

3-7 投稿----------3-27

第四章 工作進度及品質管制----------4-1

4-1 預定工作進度----------4-1

4-2 品質管制----------4-1

4-3 資安管控----------4-4

第五章 人員組織----------5-1

5-1 組織架構----------5-1

5-2 人力配置----------5-2

附錄 參考文獻----------參-1

附件1 內政部國土測繪中心「98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」委託辦理案需求規格書----------附1-1

附件2 內政部國土測繪中心「98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」需求訪談紀錄----------附2-1

附件3 內政部國土測繪中心「98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」各工作項目驗收檢核表格----------附3-1

表目錄

表2-1 各階段時程控管----------2-8
表3-1 潮位站調查表----------3-2
表3-2 潮流模式之優缺點比較----------3-10
表3-3 麥寮站調和常數表(推算92年)----------3-12

圖目錄

圖1-1 水深測量潮位改正示意圖----------1-1
圖1-2 台灣海域等潮區(同潮圖)圖例----------1-2
圖1-3 潮汐分區作水深測量潮位改正示意圖----------1-3
圖2-1 作業範圍----------2-1
圖2-2 測試區辦理範圍----------2-5
圖2-3 GPS浮標---------- 2-5
圖3-1 內外模相嵌示意圖----------3-8
圖3-2 觀測資料調和分析結果例----------3-13
圖3-3 以調和分析進行潮位預報例----------3-13
圖3-4 以潮汐數據2~5天(m=2~5)往後預測之成果例----------3-19
圖3-5 台灣海峽等潮時圖例----------3-22
圖3-6 台灣海峽等潮位圖例----------3-22
圖3-7 台灣海峽等潮區圖例----------3-23
圖3-8 互動式展示軟體例----------3-24
圖3-9 新竹香山海域氣象局資料浮標----------3-25
圖4-1 預定進度甘梯圖----------4-3
圖4-2 本工作預定進度S累積曲線----------4-4

相關名詞說明

等潮差圖：聯結具有相同滿潮位的不同地點連線(等振幅線，co-amplitude lines)所組成之圖形謂之等潮位圖。因振幅的兩倍相當於潮差，故由等振幅線繪製之等潮位圖可用等潮差線(co-range lines)替代而繪製等潮差圖。

等潮時圖：由諸多等潮時線(co-phase lines)組合而成之圖形謂之等潮時圖，等潮時線之繪製係將某一特定海域空間之特定期間內，聯結同時發生滿潮位時刻的不同地點連線所組成。

等潮區圖：又稱為同潮圖(co-tidal chart)，係由等潮位或等潮差圖及等潮時圖二者疊合而成。

潮位分區：以分離區塊作海道測量區域劃分，每個區域具有相似的潮汐特性並配有一潮汐改正值，該改正值通常調整自適當鄰近參考測站的潮位紀錄，在大範圍海域測深時，可以潮汐分區獲得之潮汐改正值作潮高修正而得正確之水深值。

卡門濾波法：由系統方程式（System Equation）結合觀測方程式（Observation Equation）重覆執行「預測→鑑定→更新」的時序列過程，其每一步過程皆基於最小誤差變異數的假設下執行，其理論是於1960年由Kalman所發表。

柯氏力(Coriolis force)：因地球自轉產生之力，會對大環境水流造成影響而轉動，這種轉動在北半球是逆針向，而在南半球是順針向。

雷諾應力(Reynold stress)：在流體運動中因黏滯性產生之能量消散或轉移項，在紊流情況下，通常指因紊流擾動項造成之額外能量損失。

調和分析：任一波動型式可以不同振幅及相位之正弦波(sin wave)及餘弦波(cos wave)合成，調和分析法將潮汐序列視為波動，故潮汐為各種週期分潮的組和。應用上就主要分潮進行分析，主要原理是利用最小二乘法讓實際潮位與調和潮位誤差值達到最小。

二階蛙跳有限差分法：為數值計算有限差分法技巧之一，其穩定性較高，尤其模式中的控制方程包含傳輸速度較快的表面重力波及傳輸速度較慢的內部重力波情況下，在數值計算上採用1/2 時間之區分計算，並將結果相互回饋交替計算。

第一章 前 言

潮汐變化對港灣工程、水深調查、航海、漁業、養殖、遊憩或國防軍事上均有重要的影響。而潮汐資料之收集及分析對水深測量而言更形重要，因潮位修正誤差為水深測量重大誤差源之一，為修正離岸水深測量之測深數據，離岸海域潮位站之設置或為可行之方，惟設立於離岸海域潮位站的測潮方式與近岸地區之潮位站有很大不同，離岸地區測潮(水位)儀器因地形、氣候及海況因素，潮位引測有諸多限制，故潮位站大多設立於沿岸或港口內，測深數據也大多以沿岸或港內潮位站之潮汐變化修正之。惟港內之潮時及潮位與離岸地區並不相同，因此在離岸海域如何獲得正確潮位資料以進行潮位改正是從事海洋水深測量必須解決的課題。

臺灣地區四面環海，海域潮汐受太平洋天文潮與海峽內淺水化效應影響，造成近岸與離岸海域有顯著的潮時及潮位差異。而海底地形為海岸防護規劃、近岸工程施工及空間資訊科學、近海水文研究之基本資訊，故快速、精確、有效率的測繪海底地形是海岸監測、規劃、設計、施工、環評及研究的重要基礎工作，惟水深測量測深資料內含施測當時之潮汐效應，因此，在進行水深測量時，測深資料應以製圖基準(最低潮位面或基隆中潮面)修正量測數據(圖 1-1)，以得到實際的海床高程。

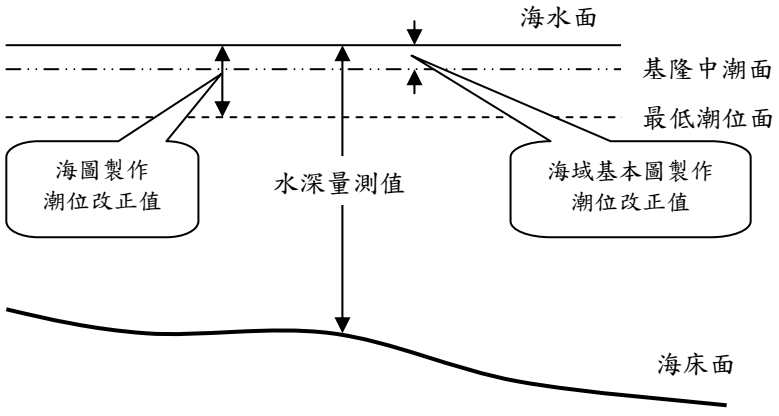


圖 1-1 水深測量潮位改正示意圖

對水深測量潮位改正方面，美國 NOAA(National Ocean and Atmospheric Administration)係以潮汐模式推算結果繪製等潮時線(co-phase lines)及等潮差線(co-range line)圖，並利用該二組曲線之交錯繪出等潮區圖(co-tidal chart，或稱同潮圖，圖 1-2)，於水深測量時即利用各等潮區與鄰近參考潮位站之潮時及潮位關係進行離岸地區水深測量之潮位修正(圖 1-3)。因具潮時及潮位關係等潮區圖之繪製有賴潮汐模式之推算，而潮汐又有區域特性，各國家適用之潮汐模式或不盡相同，近年來臺灣學界雖利用全球潮汐模式(global tide model)及區域潮汐模式(local-area tide model)從事臺灣周圍海域潮汐分析研究，惟將其研究成果針對台灣地區離岸水域作水深測量之潮汐修正應用則並不多見，究其原因，一方面或因模式網格解析度不足，等潮區圖繪製有其困難；另方面由於目前兩岸分治，潮汐基準不同，又無法同時取得海峽兩岸之潮汐數據一併分析，繪製之等潮區圖信賴度尚有極大之進步空間！

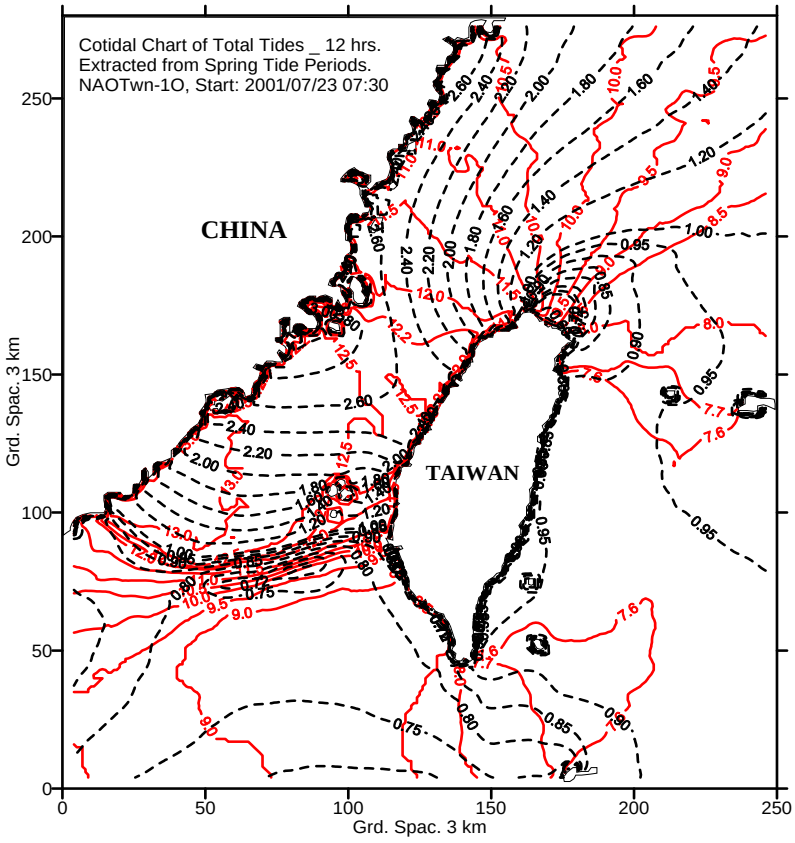


圖 1-2 台灣海域等潮區(同潮圖)圖例

(摘自：莊文傑、江中權，台灣四周海域旋轉潮波系統之同潮圖，第 28 屆海洋工程研討會)

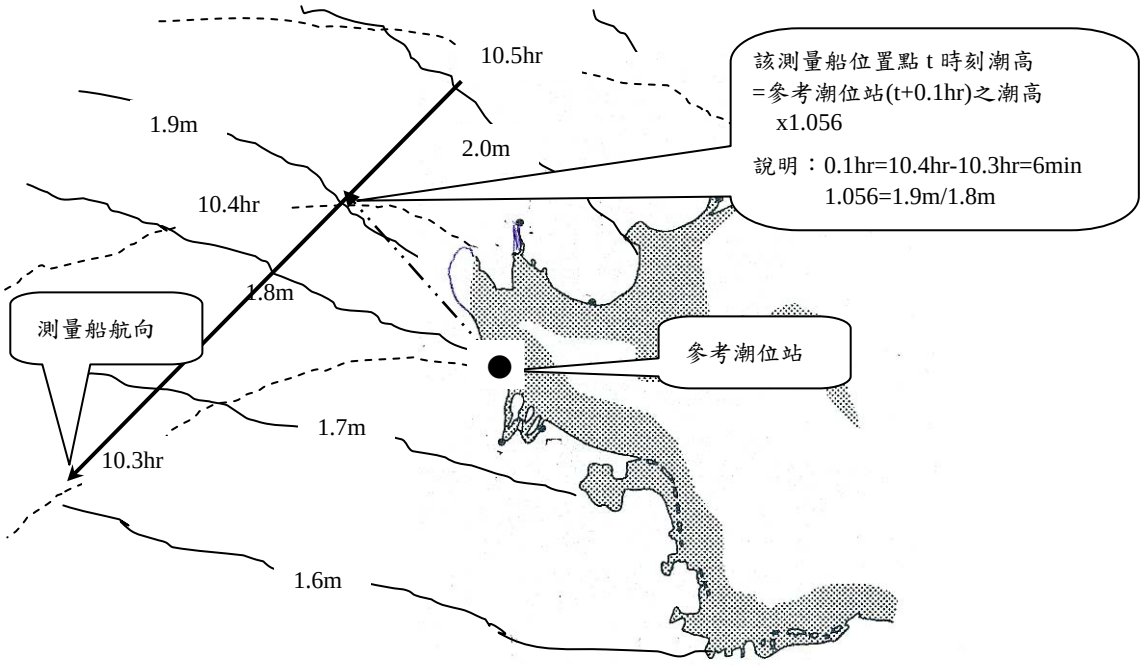


圖 1-3 潮汐分區作水深測量潮位改正示意圖

而我國海域基本圖之測量範圍涵蓋近岸、領海及鄰接區海域，目前測深資料的潮位修正模式一般係用最鄰近潮位站之潮汐觀測資料辦理，此種修正模式易因近岸與外海潮位不同造成外海處水深測量的誤差。故本計畫擬分析臺灣海域近岸及離岸潮汐的差異，建立潮位分區（tidal zone），並以臺灣西部海域進行測試作業，據以建立水深測量修正模式，提升海域水深測量精度，提供後續辦理海域測量應用及科學研究分享使用。

由於本案工作跨足海域測量、潮位分區、模式研發、適用評估及驗潮測試等，工作項目繁多且需相關儀器設備與專業技術，故由 貴中心以公開評選方式，委外辦理「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」案；經由 98 年 7 月 9 日公開評選，由本會取得優先議價權，而於 7 月 21 日完成議價，並於 7 月 31 日完成簽約，今即按契約書附件 1：需求規格書工作項目及 8 月 6 日需求訪談會議紀錄相關規定，於決標次日起 30 個日曆天(98 年 8 月 20 日)交付，而該工作計畫書已於 8 月 19 日以成大水基字第 171 號

函發文，並送達工作計畫書十份及電子檔二份。

原工作計畫書 貴中心以 8 月 26 日測形字第 0980008149 號函退回，經本案臨時小組於 9 月 3 日討論，由本案主持人及計畫督導協助修正再重製，並於 9 月 16 日以成大水基字第 188 號函發文提送工作計畫書修正稿十份及電子檔二份。

後依 貴中心 10 月 2 日測形字第 0980900249 號函復之審查結果，再度修正工作計畫書，並以成大水基字第 201 號函於 10 月 14 日提送工作計畫書三份及電子檔二份報請 貴中心確認。

第二章 作業規劃及辦理期程

2-1 作業範圍：

本案作業範圍涵蓋本島內水、領海及鄰接區海域，建立等潮時區、等潮位區及潮位分區作業，辦理區域如圖 2-1 藍色、水藍色與黃色圖幅範圍，不含金門、馬祖、東沙、南沙；另應辦理測試作業，於臺灣西部測試區以桃園彰化間為限。

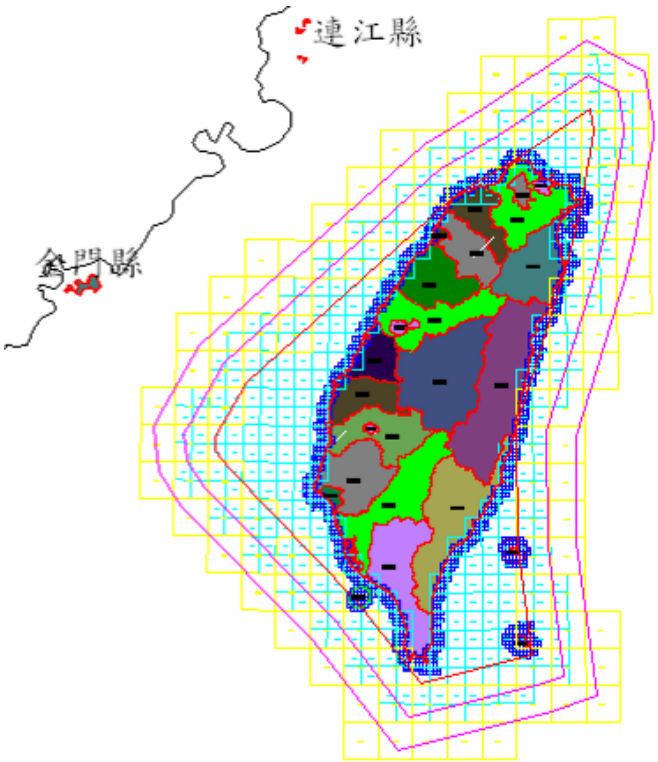


圖 2-1 作業範圍

2-2 委託工作項目及內容

一、提報工作計畫書

1. 辦理需求訪談

廠商需於決標次日起20個日曆天內，以書面通知並至 貴中心(邀標

單位)辦理本案需求訪談，訪談內容需計畫主持人到場，現場做成訪談紀錄，經 貴中心確認後，納入工作計畫書。

2. 提報工作計畫書

廠商應於決標次日起30個日曆天內提送工作計畫書交付 貴中心，並經審定通過後依計畫書執行相關內容,工作計畫書應至少包含以下項目：

(1) 潮位資料分析理論與方法。
(2) 潮位站調查表設計規劃。
(3) 建立臺灣網格化潮位分區作業方法。
(4) 潮位模式程式設計規劃。
(5) 臺灣西部實地測試作業規劃與作業方法。
(6) 技術研習活動規劃。
(7) 投稿文件方向及大綱。

二、資料蒐集彙整

1. 文獻資料蒐集：

(1) 蒐集國內外潮位模式之文獻。

(2) 蒐集基隆、麟山鼻、淡水(油車口)、台北港、竹圍、新竹、後龍(外埔)、台中港、芳苑、麥寮港、箔子寮、塭港、東石、將軍、高雄港、永安、東港、嘉和、小琉球、恆春(蟳廣嘴)、恆春(後壁湖)、綠島、蘭嶼、大武、台東(富岡)、成功、石梯、花蓮港、蘇澳港、頭城(烏石港)、龍洞、馬公、馬祖、金門(料羅灣)、水頭等共35個各潮位站相關資料，資料需包含：

- 潮位站資料：

潮位站管理機關、潮位站相片、潮位儀種類、潮位站設立時間、潮位站坐標(採TWD97系統)等資訊，其中潮位站坐標應以GPS或其他可靠定位儀器辦理現場測量，如潮位站因位於離島或海上或管理機關不同意進入等因素致無法測量時，該潮位站坐標資料可經 貴中心同意後排除。

- 潮位資料：

  蒐集96-97年(96.01.01～97.12.31)之潮位資料，資料由 貴中心發文請相關單位提供為原則，惟無法提供時，由廠商自行購置；另因資料管理機關所管資料有中斷情形或其他因素致廠商付費仍無法取得，該資料可經 貴中心同意後排除。

- 其他資料：可能會影響本案成果資料。

2. 資料彙整分析報告

(1) 依據國內外之文獻資料，彙整分析各潮位模式之原理與適用區域，並提出臺灣西部海域適用模式。

(2) 設計潮位站調查表及填載下列資訊：各潮位站資料，並加入潮汐屬性、潮位變動趨勢情形說明。

三、建立臺灣網格化潮位分區

依據本案所蒐集資料，將涵蓋本島內水、領海及鄰接區海域，建立等潮時區、等潮位區與潮位分區作業。

1. 建立等潮時區與等潮位區

(1) 依據本案所蒐集資料，進行等潮時區與等潮位區劃分工作，其中等潮時區密度為6分鐘，等潮位區密度為0.1公尺。

(2) 製作等潮時區、等潮位區與等潮區A0尺寸彩色圖(上光面膠)

各1張，其基準站不拘，惟須於圖面說明。

2. 建立潮位分區

依據本案所建立之等潮時區與等潮位區資料，建立1分(1海里)網格潮位分區，並分析網格潮位之精度，提出分析報告。

3. 潮位模式程式(測試版)

撰寫程式計算臺灣各潮位站與各潮位模式網格潮位連動資料，並將程式提供 貴中心使用，如程式係於其他軟體上加值開發，則需交付該軟體（需為正版軟體，保固同本案要求）予 貴中心使用，不得要求增加費用，程式需視窗化及具備下列功能。

(1) 顯圖：顯示等潮時圖（6 分鐘間隔）、等潮位圖（0.1 公尺間隔）與等潮區圖。

(2) 資料格式：須蒐集主要測深資料計算軟體，研擬合適資料格式，並具備資料輸出功能。

(3) 資料提供間隔：資料時間間隔以 6 分鐘為原則。

(4) 出圖：程式應具出圖功能。

(5) 坐標輸入與輸出需同時具備顯示經緯度與TWD97坐標功能。

四、臺灣西部實地測試作業

1. 測試區範圍與勘選

本案測試區範圍以臺灣西部桃園與彰化間為限(圖2-2)，需選擇跨潮時區地點設2個(含)以上潮位站，潮位站點位需可全天辦理驗潮作業，辦理本項工作需以書面通知 貴中心，廠商需製作勘選紀錄 (相關紀錄與文件納入測試報告) 。

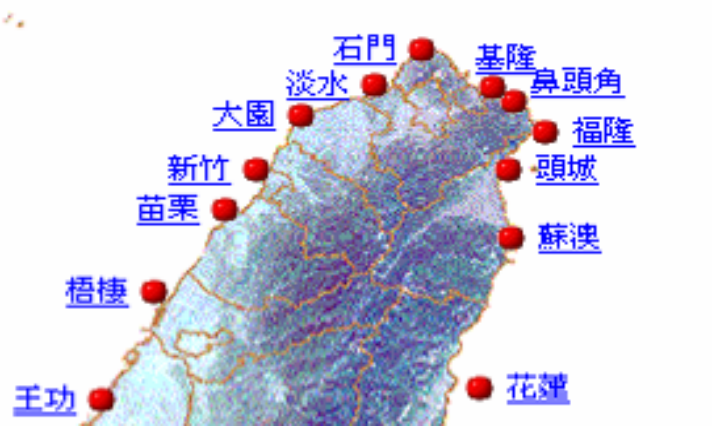


圖2-2 測試區辦理範圍

2. 潮位模式測試作業

(1) 潮位模式測試工作:廠商需提出合適方法辦理實地測試(以服務建議書、工作計畫書提出方法辦理),測試工作需同時與本案所勘選之潮位站進行聯測，同時於潮位站附近加測驗潮，海面測試點需3點(含)以上，測試點應平均分布於不同水深值。

(2) GPS浮標測試工作：由 貴中心提供GPS浮標(圖2-3)交由廠商辦理實地測試，測試工作需同時與本案所勘選之潮位站進行聯測，同時於潮位站附近加測驗潮，以船隻將GPS浮標攜往海面測試點進行觀測與資料蒐集，辦理點數需3點(含)以上，每點需進行13小時(含)以上連續觀測，觀測累計中斷時間不得超過1小時，測試點應平均分布於不同水深值。



圖2-3 GPS浮標

(3) 潮位模式測試作業報告：廠商依測試結果撰寫報告，內容需詳列各工作內容與時程，並進行結果精度分析，研擬具體建議，提供建立全臺灣潮位模式參考。

(4) 潮位模式程式：加入測試作業資訊，進行資料計算與潮位模式程式（測試版）修正，並將程式提供 貴中心使用。

五、技術研習活動

廠商應提供至少 1 次 5 小時之技術研習活動，課程內容應包括潮位模式理論、潮位對水深測量影響、實地測試作業研習，活動日期、場地（需可容納 50 個以上學員空間）、課程及相關細節需由 貴中心同意始得為之，活動應於合約期程內辦理完竣，活動所需經費（場地、儀器設備、船租、講師、教材、餐費）由廠商負責。

六、投稿文件及工作總報告書

1. 投稿文件：本工作成果需彙整成投稿文件，國內(外)期刊至少 1 篇、研討會論文至少 1 篇。

2. 工作總報告書：工作總報告書彙整本案所有成果（電子成果除外），內容另需包含：前言、作業期程、作業內容及方法、使用儀器及設備、作業執行與成果、結論與建議、其他相關資料及附件。以 Microsoft WORD 格式編製，版面採 A4 直式橫書、編目錄、章節、頁次、並加封面裝釘成冊。

2-3 作業期程：

據邀標文件述明，作業期程起算以決標完成次日(7 月 22 日)為起算日，作業期程計 420 個日曆天，分 3 階段辦理。

依邀標文件要求，各階段之預期交付成果如下：

階段	繳交項目與份數	繳交日期
第 1 階段	1. 工作計畫書。(書面 10 份，電子檔 2 份)	於決標次日起 30 個日曆天內繳交。
	2. 資料彙整分析報告。(書面 3 份，電子檔 2 份)	於決標次日起 120 個日曆天內繳交。
第 2 階段	1. 等潮時圖、等潮位圖、等潮區圖各 1 份。	於決標次日起 270 個日曆天內繳交。
	2. 潮位分區分析報告。(併入期中報告書)	
	3. 潮位模式程式(測試版)。(1 式)	
	4. 期中報告書。(書面 10 份，電子檔 2 份)	
第 3 階段	1. 臺灣西部潮位模式測試作業報告。(併入工作總報告書)	於決標次日起 420 個日曆天內繳交。
	2. 技術研習活動簽到簿與相關文件。(併入工作總報告書)	
	3. 投稿文件 2 份。(併入工作總報告書)	
	4. 本案資料電子檔。(電子檔 1 份)	
	5. 潮位模式程式。(1 式)	
	6. 工作總報告書。(書面 10 份，電子檔 2 份)	

本計畫各階段時程控管如下表 2-1，又本案驗收係採分階段方式辦理，第 1 階段採書面驗收，第 2、3 階段採書面驗收與上機驗收，各階段驗收檢核表格建置於附件 3。

表 2-1 各階段時程控管

階 段	工　作　項　目	數 量	財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會時程控管
第一階段	1. 工作計畫書 (1) 書面 (2) 電子檔	 10 份 2 份	98 年 8 月 20 日
	2. 資料彙整分析報告 (1) 書面 (2) 電子檔	 3 份 2 份	98 年 11 月 18 日
第二階段	1. 等潮時紙圖 等潮位紙圖 等潮區紙圖 2. 潮位分區分析報告 (併入期中報告書)	1 紙 1 紙 1 紙 1 式	99 年 4 月 17 日
	3. 潮位模式程式(測試版)	1 式	
	4. 期中報告書 (1) 書面 (2) 電子檔	 10 份 2 份	
第三階段	1. 臺灣西部潮位模式測試作業報告（併入工作總報告書）	1 式	99 年 9 月 14 日
	2. 技術研習活動簽到簿與相關文件（併入工作總報告書）	1 式	
	3. 投稿文件 （併入工作總報告書）	2 份	
	4. 本案資料電子檔	1 份	
	5. 潮位模式程式	1 式	
	6. 工作總報告書 (3) 書面 (4) 電子檔	 10 份 2 份	

第三章 工作方法

3-1 提報工作計畫書

一、辦理需求訪談

需求訪談會議需於決標次日起 20 個日曆天(98 年 8 月 10 日)內以書面通知 貴中心辦理，而該項工作本會已於 8 月 4 日以(98)成大水基字第一五二號函發文，並獲 貴中心安排於 98 年 8 月 6 日(星期四) 下午 2 時召開需求訪談會議，會議內容詳附件 2。

二、提報工作計畫書

工作計畫書需於決標次日起 30 個日曆天(98 年 8 月 20 日)交付，而該工作計畫書已於 8 月 19 日以成大水基字第一七一號函發文，並送達工作計畫書十份及電子檔二份。

原工作計畫書 貴中心以 8 月 26 日測形字第 0980008149 號函退回，經本案臨時小組於 9 月 3 日討論，由本案主持人及計畫督導協助修正再重製，今即補送本工作計畫書修正稿，內容含以下項目：

1. 潮位資料分析理論與方法

   簡述 MIKE21 模式、POM 模式、NAO99b 模式及 FEM 模式、調和分析預報潮位、卡門濾波法之理論與方法，詳 3-2 節內容。

2. 潮位站調查表設計規劃

   潮位站調查表設計如下表 3-1。

表 3-1 潮位站調查表

<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td></td><td colspan="2">設 站 日 期</td><td>年 月 日</td></tr>
<tr><td>潮位站編號</td><td></td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td></td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td></td><td>橫坐標 E (m)</td><td></td></tr>
<tr><td>潮位站管理機關</td><td></td><td colspan="2">參考水準點高程(m)</td><td></td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td></td><td colspan="2">調 查 日 期</td><td>年 月 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">圖 1</td><td colspan="3">圖 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">近照</td><td colspan="3">遠照</td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>潮位站調查人員</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

3. 建立臺灣網格化潮位分區作業方法

潮汐分區主要在建立同潮圖，由已知岸邊潮位站(參考潮位站)與待測區之時間差及振幅比例做為施測區潮汐特性之推估及改正，NOAA 建議以潮汐模式推算各網格之潮汐特性，利用統計資料之平均高潮間隙(MHWI)諸值繪製等潮時線，以統計資料之平均潮差(MN) 諸值繪製等潮位線，再疊合等潮時線及等潮位線構成同潮圖。故水深測量作業期間參考潮位站之現測潮位值，可因測區所在潮汐分區之改正參數而得以延伸，並據以估計測區的潮位值作水深測量之潮高修正，詳 3-3 節內容。

4. 潮位模式程式設計規劃

潮位模式設計成可演算任一坐標位置之潮汐水位變動，同時具備顯圖、出圖、顯示經緯度與 TWD97 坐標功能之視窗化軟體，詳 3-4 節內容。

5. 臺灣西部實地測試作業規劃與作業方法

西部實地測試作業選定桃園與彰化間海域，選擇跨潮位分區之 2 處岸邊潮位站辦理驗潮作業，同時選定不同水深值之海面測試點 3 點與上述 2 處岸邊潮位站進行聯測。另由 貴中心提供 GPS 浮標辦理 13 小時(含)以上連續觀測之實地測試，測試期間亦同時與勘選之潮位站進行聯測及驗潮，詳 3-5 節內容。

6. 技術研習活動規劃

擬於 99 年 8 月中旬辦理 1 次 5 小時之技術研習活動，課程內容包括潮汐模式理論、潮位對水深測量影響、實地測試作業研習，詳 3-6 節內容。

7. 投稿文件方向及大綱

本計畫之成果將彙整成投稿文件，於國內(外)研討會中發表 1 篇，另投稿期刊論文 1 篇。詳 3-7 節內容。

3-2 資料蒐集彙整

一、文獻資料蒐集

經由網站或由參考文獻或藉蒐集潮位站資料之便，蒐集國內外潮位模式諸文獻評估之。

另製作如上表 3-1 之潮位站調查表，由作業人員攜赴 35 個潮位站現場，利用數位相機、掌上形 GPS 等從事潮位站管理機關、潮位站相片、潮位儀種類、潮位站設立時間、潮位站坐標(採 TWD97 大地基準)等之資訊蒐集並記載於表中。

又依邀標書規定蒐集 96-97 年(96.01.01～97.12.31)之潮位資料(已由邀標單位無償提供)。

二、資料彙整分析報告

1. 文獻彙整分析

依據國內外文獻，彙整分析目前被普遍使用且獲好評之 MIKE21 模式、POM and/or NAO99b 模式及 FEM 模式原理與適用區域，並提出臺灣西部海域適用之潮位模式，另傳統之調和分析潮位模式為建立等潮區圖(同潮圖)不可或缺之步驟，在此亦彙整說明之，惟傳統之調和分析潮位模式需要有 369 天連續逐日逐時數據，在外海驗潮儀之設置上有諸多限制，要完整取得外海驗潮儀 369 天連續逐日逐時數據建構潮汐預測模式誠屬不易，故本研究團隊提出以卡門濾波觀點之短期潮汐預測模式，該卡門濾波短期潮汐預測模式可搭配短期設置於外海之驗潮儀作業，二者相輔相

成可從事精度優良之短期潮汐預測，該預測值為 POM and/or NAO99b 模式作資料同化之重大助力，對潮位站不足地區，或因兩岸分治現實無法取得對岸潮汐資料等情況，卡門濾波短期潮汐預測模式提供了解決之方！

以下簡述 MIKE21 模式、POM 模式、NAO99b 模式及 FEM 模式、調和分析預報潮位、卡門濾波法之理論與方法：

(1) MIKE21_HD 水動力計算模式(丹麥)[13]

A. 控制方程式：

- 連續方程式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial q}{\partial y}=I-e \tag{1}$$

- x 方向運動方程式

$$\begin{aligned}&\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{p^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{pq}{h}\right)+gh\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 h^2}\\&-\frac{1}{\rho_w}\left[\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xx})+\frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{xy})\right]-\Omega q-f_w V V_x+\frac{h}{\rho}\frac{\partial}{\partial x}(P_a)=0\end{aligned} \tag{2}$$

- y 方向運動方程式

$$\begin{aligned}&\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{q^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{pq}{h}\right)+gh\frac{\partial \zeta}{\partial y}+\frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 h^2}\\&-\frac{1}{\rho_w}\left[\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{yx})+\frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{yy})\right]-\Omega q-f_w V V_y+\frac{h}{\rho}\frac{\partial}{\partial y}(P_a)=0\end{aligned} \tag{3}$$

式中，$p(x,y,t)$ 與 $q(x,y,t)$ 分別為 x 及 y 向之流量強度，I 為單位平面源流之大小，e 為蒸發損失率，C 為 Chezy 阻力係數，f_w 為風摩擦係數，V 、V_x 與 V_y 分別為風速及其在 x 及 y 方向之速

度分量，Ω 為柯氏力參數，$P_a(x,y,t)$ 為大氣壓力。

B. 邊界條件

依據 Matsumoto 等人 (2000)針對 NAO Tide 提出的 NAO.99b 模式的輸出結果，針對選定之模擬時段，將其設定於開放海域邊界上。初始之計算潮位在全計算海域內皆設定為零，同時，相對應之開放海域邊界潮汐序列亦配合修整自零水位起動，亦即採用軟起動(soft start)方式以設定初始計算條件，藉以避免模擬計算起動時，瞬間水位變動所造成數值衝擊波(numerical shocks)之不穩定影響。

C. 數值方法

引用丹麥水力研究所 (Danish Hydraulic Institute)使用之交替方向隱式(alternating direction implicit) 有限差分法以求解式(1)至(3)之控制方程式 (DHI, 2002)。求解計算中，各計算網格位置上之時空變量並以雙向刮掃 (double sweep)方式處理計算。

(2) POM 模式(美國)

A. 控制方程式：

- 連續方程式

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0 \tag{4}$$

- 水平方向動力方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+u\frac{\partial v}{\partial y}+u\frac{\partial w}{\partial z}-fv=\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial z}(K_M\frac{\partial u}{\partial z})+F_u \tag{5}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+v\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+v\frac{\partial w}{\partial z}+fu=\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}(K_M\frac{\partial v}{\partial z})+F_v \quad (6)$$

- 垂直方向動力方程式

$$\rho g=-\frac{\partial p}{\partial z} \quad (7)$$

式中，u 與 v 分別為水平方向的流速，w 為垂直方向的流速，ρ 為流體密度，K_M 為動量垂直渦漩混合擴散係數 (vertical eddy viscosity diffusity of turbulent momentum mixing)，g 為重力加速度，f 為柯氏力參數，F_x 為 x 方向之雷諾應力，F_y 為 y 方向之雷諾應力。

B. 邊界條件

根據模擬地區的潮位觀測資料進行調和分析，以得到該地區的各分潮調和常數，利用這些調和常數作為模式輸入條件，以求得模式起始條件與開放邊界條件。

C. 數值模式

POM 模式採用二階蛙跳有限差分法，此方法穩定性比前向有限差分法和後向有限差分法為高。模式中的控制方程包含傳輸速度較快的表面重力波，及傳輸速度較慢的內部重力波，也就是在數值計算上區分為計算正壓流的外部模式及計算斜壓流的內部模式，這種方法即為所謂的 mode splitting，如圖 3-1 所示。

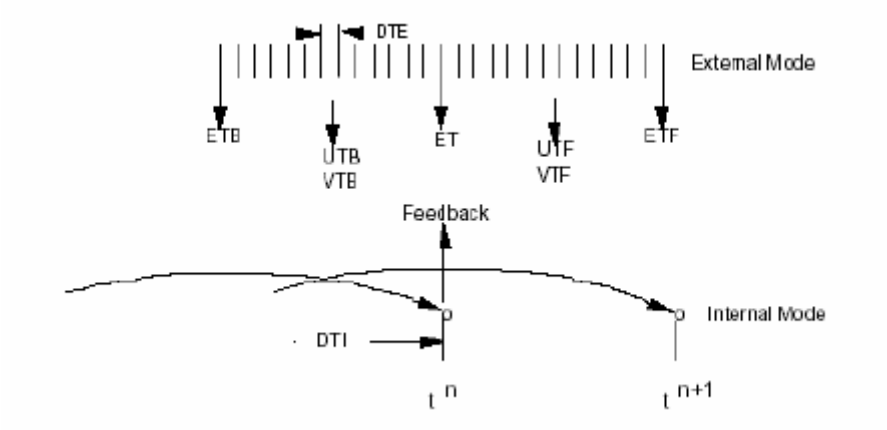


圖 3-1 內外模相嵌示意圖

(3) NAO99b 模式(日本)[19]

NAO 潮汐預報模式(NationalAstronomical Observatory)係 Matsumoto et al. (2000)應用衛星測高儀資料，結合水動力模式與資料同化(assimilating)技術研發而成。其為空間解析度及相關應用性考量，該模式設計上包含環球及區域模式兩部分：環球模式(NAOTIDE)具有 0.5 度的空間解析度，可針對環球特定海域地點、特定期間之逐時潮位進行預報；而區域模式(NAOTIDEJ)則可針對日本鄰近細部海域進行特定期間之逐時潮位預報，其空間解析度為 5 分，細部海域包括東經 110 度至 165 度、北緯 20 度至 65 度之範圍。整體模式中，NAO99b 及 NAO99Jb 模式使用 *M2* 、*S2* 、*K1* 、*O1* 、*N2* 、*P1* 、*K2*、*Q1*、*M1*、*J1*、*OO1*、*2N2*、*Mu2*、*Nu2*、*L2* 、*T2* 等共 16 個主要分潮常數據以進行短期的逐時潮位預報；而 NAO99L 模式則使用 *Mtm* 、*Mf* 、*Msf* 、*Mm* 、*MSm* 、*Ssa* 、*Sa* 等共 7 個主要分潮常數以進行長期逐時潮位預報。張、黃(2001)曾針對 NAO99b 模式進行應用評估，確認其在臺灣西海岸之短期逐時潮位預報上具有相當的準確性。

(4)有限元素法 (Finite Element Method, FEM) 模式(台灣)

FEM 模式為本土化之模式，由國立成功大學特聘教授及本基金會董事長許泰文教授團隊所研發，其成果中華顧問工程司(今台灣世曦工程顧問股份有限公司)亦引用之，FEM 模式簡述如下：

A. 控制方程式：

- 質量守恆方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial[u(h+\eta)]}{\partial x}+\frac{\partial[v(h+\eta)]}{\partial y}=0 \qquad (8)$$

- 動量守恆方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+g\frac{\partial \eta}{\partial x}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial p_a}{\partial x}-fv+\tau_x^B-\tau_x^S=F_x \qquad (9)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+g\frac{\partial \eta}{\partial y}+\frac{1}{\rho}\frac{\partial p_a}{\partial y}+fu+\tau_y^B-\tau_y^S=F_y \qquad (10)$$

式中 x、y 為卡式坐標軸，u、v 為流體質點在 x、y 軸方向上之平均流速，η 為水位變化，h 為水深，ρ 為流體密度，p_a 為海面大氣壓力，g 為重力加速度，f 為科氏力參數($f=2\omega\sin\phi$)，ω 為地球旋轉角速度，ϕ 為緯度，t 為時間。τ_x^B，τ_y^B 為 x、y 方向底床剪應力。

B. 邊界條件

利用巢狀格網方式，在最外層之遠域格網，採用含三維流場效應之 POM 模式進行遠域流場模擬，針對選定之模擬時段，將其設定於開放海域邊界上。初始之計算潮位在全計

算海域內皆設定為零，同時，相對應之開放海域邊界潮汐序列亦配合修整自零水位起動，亦即採用軟起動(soft start)方式以設定初始計算條件，藉以避免模擬計算起動時，瞬間水位變動所造成數值衝擊波(numerical shocks)之不穩定影響。

C. 數值模式

利用有限元素法來求解潮流模式，由於有限元素之不規則格網之便利性，能適切的描述海岸的變化。

表 3-2 為潮流模式之優缺點比較，據初步評估，以 POM and/or NAO99b 模式為最可行，其為套裝模組，原始碼亦已釋出，在作資料同化相當方便,可修正擬建構海域之潮流模式,尤其 NAO99b 模式之作業方式，其可建置成互動式架構，正適合本案委辦單位之需求。

表 3-2 潮流模式之優缺點比較

潮流模式	優　　點	缺　　點
MIKE21_HD (丹麥)	1. 現有套裝模組，使用方便 2. 可作潮、流之推估	1. 無法自行修改模組 2. 每年需編列預算更新模組 3. 水深方向變化無法模擬
POM 模式 (美國)	1. 現有套裝模組，使用方便 2. 可描述三維潮流現象 3. 可作潮、流之推估	1. 計算所需記憶體容量較大及計算時間較久。 2. 模擬區域較小
NAO99b 模式 (日本)	1. 現有套裝模組，使用方便 2. 原始碼已釋出 3. 為海岸工程界所肯定	1. 僅能從事潮汐之推估
FEM 模式 (台灣)	1. 本土自行研發模組，可自行修改模組 2. 考慮台灣附近海域之劇烈變化地形，故以三維流場之 POM 模式進行遠域模擬 3. 可作潮、流之推估	1. 水深方向變化無法模擬

(5) 調和分析預報潮位

地球繞太陽運行的軌道為橢圓，月球繞地球運行的軌道也是橢圓。依據克卜勒定律，地球繞太陽的速率並非固定值。地球與日月運行的相關位置，每 18.6 年重現一次，因此各種潮位面的訂定應有 19 年以上的潮位觀測資料加以計算得之。然而長期觀測且資料品管優良之固定潮位站不多見，因此有以十三個陰曆月的潮汐紀錄進行調和分析，求出各分潮的振幅及相位角（如表 3-3），即可決定當地的潮汐特性及推算未來之潮汐水位。

- 調和分析法

調和分析法乃基於天文潮理論，將潮汐視為各種週期分潮的總和。理論上潮汐包括無限多的分潮成份，但應用上僅能就主要分潮進行分析（常見60分潮如表3-3所示）。其主要原理是利用最小二乘法讓實際潮位與調和潮位誤差值達到最小。設有N組(x_t, y_t)加以線性迴歸，而x、y的關係式為$y_t = a_0 + a_1 x_t + \varepsilon_t$，其中$a_0$、$a_1$為常數係數，利用最小二乘法可求得最小誤差值$\varepsilon_t$的解。在此之調和分析是將上列之關係式代換為

$$\eta = a_0 + \sum_{i=1}^{n}\left[a_1 \cos(\omega_i t) + b_i \sin(\omega_i t)\right] \qquad (11)$$

其中η為調和潮位，ω_i為頻率，t為時間，代入各種天文潮種頻率，以觀測資料經迴歸分析，求得調和係數a_0、a_i、b_i、振幅為$\sqrt{a_i^2 + b_i^2}$、相位為$tan^{-1}(a_i / b_i)$，便可得調和分析結果。圖2即為多種分潮調和分析成果，顯示該地潮汐變動約略有6種潮汐分潮為主要組成成分，其餘分潮成分比例較少。

當潮汐由調和分析得到各分潮之調和參數後，包括各分潮之振幅及相位角等，即可進行潮汐之預報（圖3-3）。

● 潮型判斷

由於潮汐可視為多種分潮的組成，因此對於某一地區之潮型可用分潮振幅比值（K_1+O_1）/（M_2+S_2）來代表（法國制）。當比值小於0.5者，視為半日潮型，大於1.25者為全日潮型，介於兩者之間為混合潮型。亦有採用（K_1+O_1）/M_2之比值來代表（美國制），若該值小於0.5者為半日潮型，若該值大於2.0者則歸類為全日潮型。因此，當調和分析得到各分潮之調和參數後，另將取主要分潮之振幅做潮型之判斷。

表3-3 麥寮站調和常數表（推算92年）

分潮名稱	角頻率 (deg/hr)	振幅 (m)	相位遲角 (deg)	分潮名稱	角頻率 (deg/hr)	振幅 (m)	相位遲角 (deg)
S_a	0.041069	0.17488	231.7528	M_2	28.98410	1.34142	42.7195
S_{sa}	0.082137	0.01289	55.9291	MKS_2	29.06624	0.00798	110.0508
M_m	0.544375	0.01713	251.5409	λ_2	29.45562	0.02791	336.9387
M_{sf}	1.015896	0.01286	216.6407	L_2	29.52848	0.10979	94.5518
M_f	1.098033	0.00628	355.5078	T_2	29.95893	0.03035	25.6362
$2Q_1$	12.85429	0.00318	313.9612	S_2	30.00000	0.35747	31.1157
σ_1	12.92714	0.00669	63.1715	R_2	30.04107	0.01309	147.0356
Q_1	13.39866	0.03641	335.3694	K_2	30.08214	0.08348	204.7185
ρ_1	13.47151	0.00794	98.6249	MSN_2	30.54437	0.01476	306.2774
O_1	13.94303	0.18809	29.5894	KJ_2	30.62651	0.00219	122.4843
MP1	14.02517	0.00411	313.7115	*2SM2*	31.01589	0.01358	236.5122
M1	14.49205	0.01417	126.9186	MO3	42.92714	0.01361	109.7202
$\chi 1$	14.56955	0.00494	81.2149	M3	43.47616	0.0012	234.1405
π_1	14.91786	0.00665	12.2594	SO_3	43.94304	0.00638	78.7625
P_1	14.95893	0.08068	25.6753	MK_3	44.02517	0.00825	279.7754
S_1	15.00000	0.00166	278.859	SK_3	45.04107	0.00283	248.8447
K_1	15.04107	0.22665	196.1673	MN_4	57.42383	0.01615	57.2428
ϕ_1	15.08213	0.00126	46.2434	M_4	57.96820	0.03631	109.0089
φ_1	15.12321	0.0034	356.678	SN_4	58.43972	0.0045	20.2418
θ_1	15.51259	0.00175	290.6078	MS_4	58.98410	0.0266	96.186
J_1	15.58544	0.01183	255.3055	MK_4	59.06623	0.00652	274.4466
SO_1	16.05696	0.00478	227.712	S_4	60.00000	0.00323	75.482
OO_1	16.13910	0.00462	25.1479	SK_4	60.08213	0.00116	240.0464
OQ_2	27.34169	0.00444	190.8653	$2MN_6$	86.40794	0.0128	311.8828
MNS_2	27.42383	0.02405	146.433	M_6	86.95232	0.02058	17.8187
$2N_2$	27.89535	0.01414	269.6835	MSN_6	87.42383	0.00401	308.2868
μ_2	27.96821	0.06082	223.2628	$2MS_6$	87.96820	0.01981	18.6219
N_2	28.43973	0.26552	341.0086	$2MK_6$	88.05034	0.00499	195.0256
ν_2	28.51258	0.06809	108.6881	$2SM_6$	88.98410	0.00436	22.826
OP_2	28.90196	0.02071	230.9363	MSK_6	89.06624	0.00171	147.272

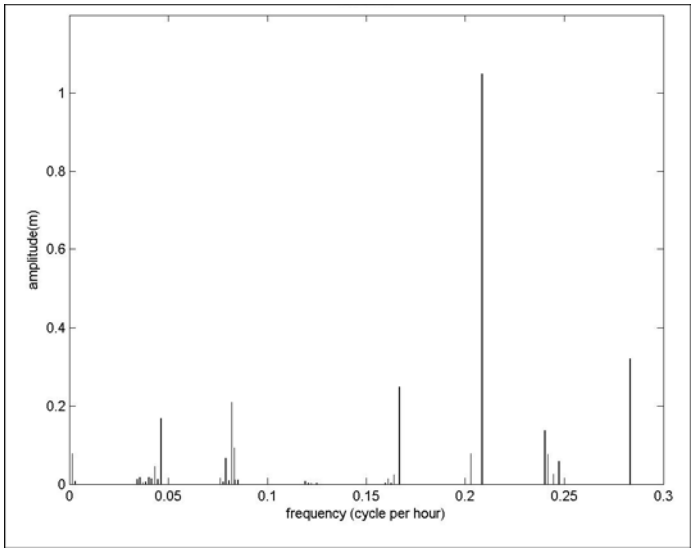


圖3-2 觀測資料調和分析結果例

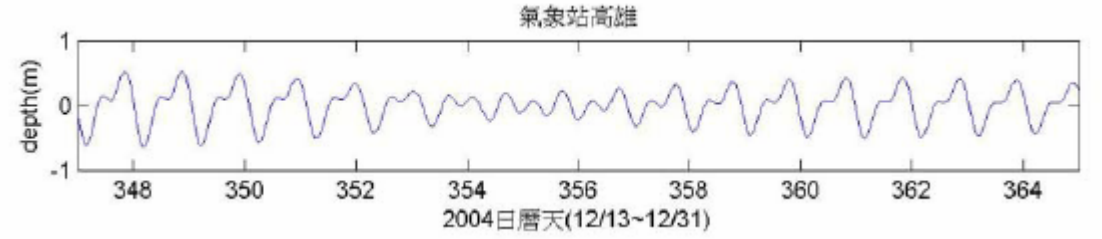


圖3-3 以調和分析進行潮位預報例

(6) 以卡門濾波法進行潮位預測[3][4][12]

以調和分析法預測潮汐需要長期的潮汐資料，一般需要369天逐日逐時的資料來分析20至30分潮，甚至需要幾年的資料來獲得高精度的預測，若僅分析出數個分潮時，還需要15至29天的資料。因此，本案計畫團隊另外提出以Kalman濾波法進行潮位預測，不須保存很長之潮汐資料，僅以少數幾天(1~5天)數據即可作短期預測，克服調和分析法需要長期觀測資料方能預測的困難，在經濟時效及精確度之考量下，為一適合短期潮汐之即時預測方法。對於潮位即時之預測採用卡門濾波法，因其具有下列優勢：

- 不假定機率過程為定常性。
- 系統的狀態量係經觀測系統而測得，觀測值輸入系統後，能修正系統輸出變數及參數值。
- 演算時無須保存以往的資料，如施以逐項計算，即可求得最適宜之解答。
- 其理論完備，可用以預測觀測輸出值，且可定出模式參數之特性。

卡門濾波法是由一系統方程式（System Equation）結合觀測方程式（Observation Equation）重覆執行「預測→鑑定→更新」的時序列過程，且其每一步過程皆基於最小誤差變異數的假設下執行。其理論是於1960年，由Kalman發表，並且同時對卡門濾波下一簡單的定義：「卡門濾波為一最適遞迴資料處理演算（Optimal recursive data processing algorithm）」。目前已被成功地應用於各研究領域。

卡門濾波為一遞迴程序，而遞迴之意義即卡門濾波不需對過去資料做再處理，每個新的量測值都視為可立即採用且不需要儲存於記憶體中之資料。而濾波最主要的目的則是對受噪音破壞之訊息求得最適之推估值，其即時線上（real time on line）的特性在動態環境中物理量之預測上為一強有力之應用工具。卡門濾波法為一時間數列，有下列兩個方程式：

A. 狀態方程式（State Equation）

$$X(t+1) = \Phi(t+1,t) \cdot X(t) + V(t) \tag{12}$$

B. 觀測方程式（Measurement Equation）

$$Z(t) = M(t) \cdot X(t) + W(t) \tag{13}$$

上列諸式中：

X(t+1) ：為 t+1 時刻之狀態向量，n 維

Φ(t+1,t) ：為 t 時刻至 t+1 之時刻狀態變遷矩陣，n × n 階

X(t) ：為 t 時刻之狀態向量，n 維

V(t) ：系統干擾向量，n 維

Z(t) ：自觀測系統所得之變量，m 維

M(t) ：系統觀測矩陣，m × n 階

W(t) ：觀測誤差向量，m 維

其演算方法乃是利用（13）式之觀測方程式求出觀測系統之輸出變量，然後利用（12）式狀態方程式求出下一時刻之狀態向量，狀態向量求出後在將其代入觀測方程式求出下一時刻觀測系統之輸出變量，如此反覆之運算，即可得到每一時刻之系統輸出值。

為建立本案所建議卡門濾波法之潮位預測模式，因此將上式諸變量定義如下：

Z(t)：為實際潮位值

X(t)：為調和分析潮汐方程式中之調和常數 a_0 、 a_1 、 $a_2 \ldots\ldots$ 、 a_k 、 b_1 、 $b_2 \ldots b_k$

Φ(t+1,t)：令為 1 之單位矩陣

V(t)：系統干擾向量

M(t)：為相位角與時間乘積之正、餘弦函數矩陣

W(t)：觀測誤差向量，即

$$Z(t)=\begin{bmatrix} Y_{1+24t} \\ Y_{2+24t} \\ Y_{3+24t} \\ Y_{4+24t} \\ . \\ . \\ . \\ Y_{m-1+24t} \\ Y_{m+24t} \end{bmatrix} \qquad X(t)=\begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} \tag{14}$$

$$M(t)=\begin{bmatrix} 1 & \cos(w_1(1+24t)) & \cos(w_2(1+24t)) & . & . & . & \sin(w_1(1+24t)) & \sin(w_2(1+24t)) & ... \\ 1 & \cos(w_1(2+24t)) & \cos(w_2(2+24t)) & . & . & . & \sin(w_1(2+24t)) & \sin(w_2(2+24t)) & ... \\ 1 & \cos(w_1(3+24t)) & \cos(w_2(3+24t)) & . & . & . & \sin(w_1(3+24t)) & \sin(w_2(3+24t)) & ... \\ . & . & . & . & . & . & . & . & ... \\ . & . & . & . & . & . & . & . & ... \\ . & . & . & . & . & . & . & . & ... \\ . & . & . & . & . & . & . & . & ... \\ 1 & \cos(w_1(m+24t)) & \cos(w_2(m+24t)) & . & . & . & \sin(w_1(m+24t)) & \sin(w_2(m+24t)) & ... \end{bmatrix} \tag{15}$$

式中，m＝ 所固定輸入天數 × 24

T＝ 資料進來天數

t＋1＝ 演算次數（t=0,1,2,3……N）

利用卡門濾波法對未來一週之潮汐作預測，曾以高雄港81年1月至4月之潮位紀錄來作驗證。驗證結果發現由卡門濾波法作預測，其均方根誤差（Mean Square Error）不僅大多維持在0.1公尺左右，效率係數（Coefficient of Efficiency）亦大多高達0.8以上，與調和分析最小二乘法所作之預測相當，然調和分析最小二乘法在運算中卻須花很大的記憶容量以保存以往的潮汐數據而卡門濾波法卻不須保存很長之潮汐資料(1~5天)，即可達到相當優良之效果。如圖3-4所示。

2. 潮汐紀錄之補遺

臺灣環島各近岸驗潮站的實測潮位紀錄，不可避免地，常會因儀器故障及維護需要等特定因素而有不等期間斷續缺漏情形，而由邀標單位無償提供96-97年(96.01.01～97.12.31)之潮位資料難免亦有缺漏情事，為配合本案需求，本案將從事缺漏潮位之補遺。

針對此一不定期間斷續缺漏潮位之補遺課題，國內迄今尚無一致性的補遺對策，目前所最被普遍採用的方法，大多係以調和分析為基礎，並區分為外差及內差兩種。其中，採用外差補遺方法，係以過去不同期間但具連續性的長期實測紀錄為依據，故對於現況潮位缺漏期間的氣象影響特性(莊等，2006)，常無法準確反映，致會使分析及補遺誤差偏大；所以，在實際應用上，直接依據目前既有可得有限期間之實測潮位紀錄(通常為全一年)，採用內差補遺方法，納入當年不同海氣象因素所造成氣象潮位的變化影響，應具有較多的便利性與準確性。

而本計畫擬採用卡門濾波法(4個主要分潮)搭配IOS模式進行潮位缺漏數據補遺，首先以缺漏數據前少數幾天(1~5天)數據作短期預測，先補遺缺漏之數據，再將一整年(369天)之潮位數據(含已初步補遺之數據) 以IOS_TidHgAnalysis.f程式作調和分析取得60個分潮之調和常數值(含分潮名稱、振幅及相位角)，再將其合成，以IOS_TidHgPrediction.f程式從事原缺漏處之潮位預測，進而以比對該補遺數據之合理性及評估其準確度。

定義準確度評估基準係以平方根誤差(*RMS*)及相關係數(r ：correl. coef.)為之，其定義如下：

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - y_i)^2}{N-1}} \tag{16}$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left[\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{N}(y_i - \bar{y})^2\right]^{1/2}} \tag{17}$$

式中，x_i 與y_i 分別表示逐時之實測與預報值，N 為實測紀錄總數，而$\bar{x}$ 、$\bar{y}$ 分別為紀錄期間所對應之平均值。

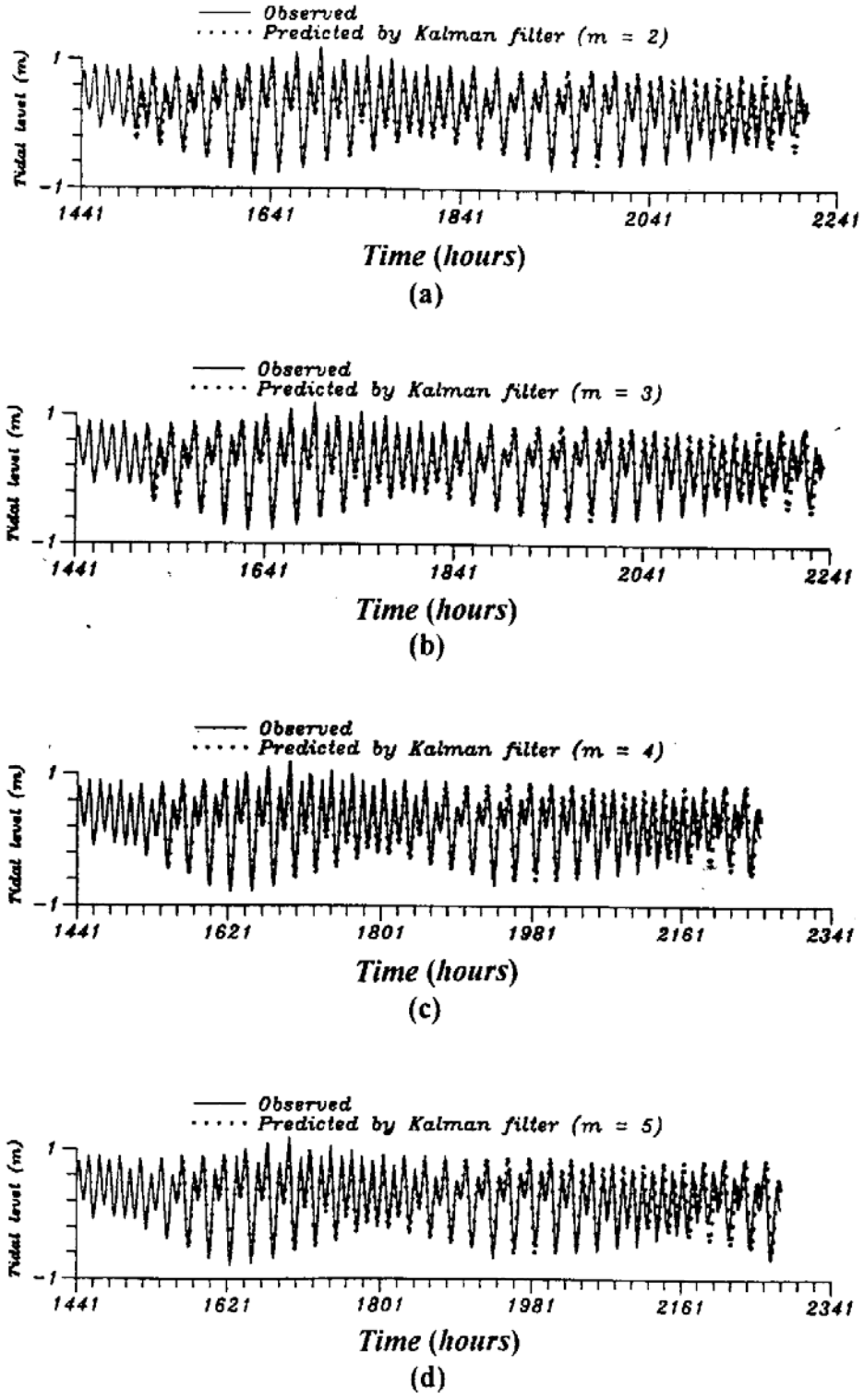


圖3-4 以潮汐數據2~5天(m=2~5)往後預測之成果例

3-3 建立臺灣網格化潮位分區

一、潮位分區意義

依照美國陸軍工兵署海道測量工程手冊定義，潮位分區是以分離區塊作海道測量區域劃分，每個區域具有相似的潮汐特性並分配有一個潮汐改正值，每個分區以時間差或水位差等值線做地理上的區隔，區隔界限可以根據測量形式、位置及潮汐特性作適度改變。潮汐改正值通常調整自適當鄰近參考測站的潮位紀錄，在大範圍海域測深時，以潮汐分區獲得之潮汐改正值可應用在測量船隻上而修正得正確之水深值。

另根據美國海洋及大氣總署(NOAA)在 2006 年發布的海道測量標準報告書(NOS，2006)中定義潮汐分區為自主要或次要潮位站獲得至平均最低低湖面(MLLW)的潮位值，經由改正方法扣除水深量測數據中海水面至海圖基準面的水深值稱作潮汐分區法。NOAA 並建議以潮汐模式推算各網格潮汐特性統計資料之平均高潮間隙(MHWI)諸值繪製等潮時線，以各網格潮汐特性統計資料之平均潮差(MN) 諸值繪製等潮位線。

綜合歸納得潮汐分區之定義為：由已知岸邊潮位站作用時間差及振幅比例做為施測區潮汐特性之推估及改正。故水深測量作業期間參考潮位站之現測潮位值，可因測區所在潮汐分區之改正參數而得以延伸估計測區的潮位值，分區內的潮汐可由鄰近潮位站觀測之數值加入該潮汐分區的振幅改正係數及相位差加以推算。

以下簡述本案建立臺灣網格化潮位分區之步驟：

二、建立等潮時區與等潮位區

由諸多等振幅線(co-amplitude lines)組合而成之等潮位圖及等潮時線

(co-phase lines)組合而成之等潮時圖可分別建構得等潮位區及等潮時區，等潮位圖及等潮時圖之作法如下：

1. 以台灣四週海域為演算區域，在海域範圍建立 1 分(約 1 浬)大小網格，經度從 117^0E~125^0E 共 481 格點，緯度由 18^0N~27^0N 共 541 格點。

2. 選定執行演算之潮汐模式(NAO99b 模式)，模式基準面為平均海水面，數據時區取 GMT+8(hr)。

3. 輸入邊界條件及起始條件後模式執行演算每一網格點一整年之水位變動，並輸出各網格點一整年之水位數據。

4. 以每一網格點為單位，將一整年之水位數據作調和分析(可以 IOS_TidHgAnalysis.f 程式為之)。

5. 經由調和分析可得各網格點 60 個分潮之調和常數值(含分潮名稱、振幅及相位角)。

6. 取出主導分潮計算各網格點之平均高潮間隙(MHWI)，由各網格點平均高潮間隙諸值以 GIS 軟體繪製等潮時線(圖 3-5)。

7. 以各網格點潮汐特性統計資料計算平均潮差(MN)，由各網格點平均潮差諸值以 GIS 軟體繪製等潮位線(圖 3-6)。

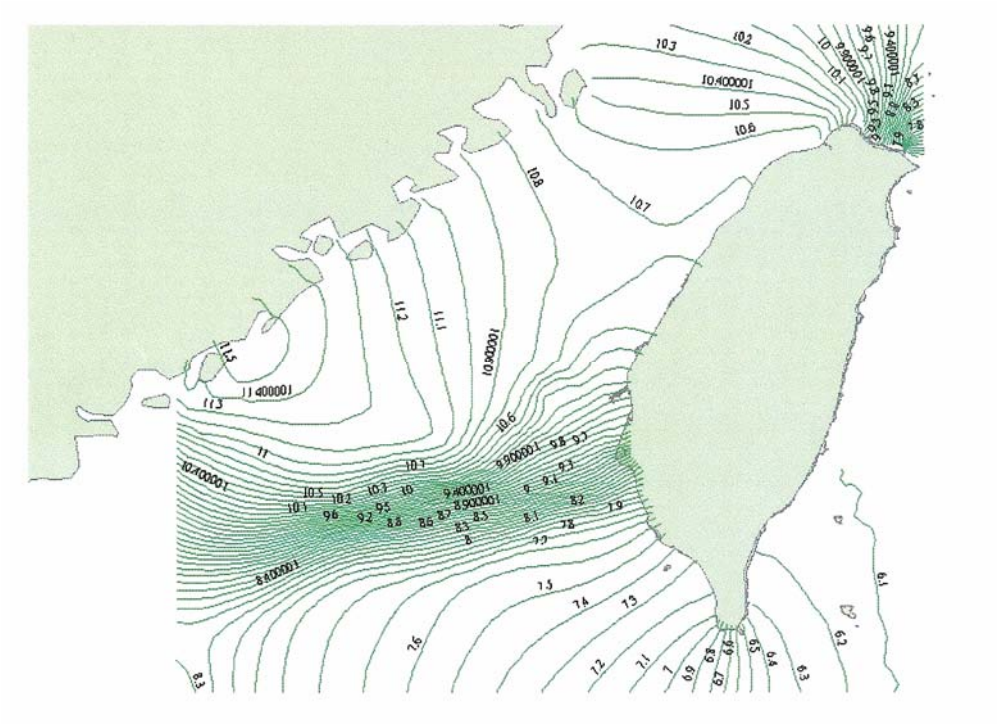


圖 3-5 台灣海峽等潮時圖例

(摘自李孟霖(2007)，「運用潮位模式進行水深測量之潮位修正研究」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文)

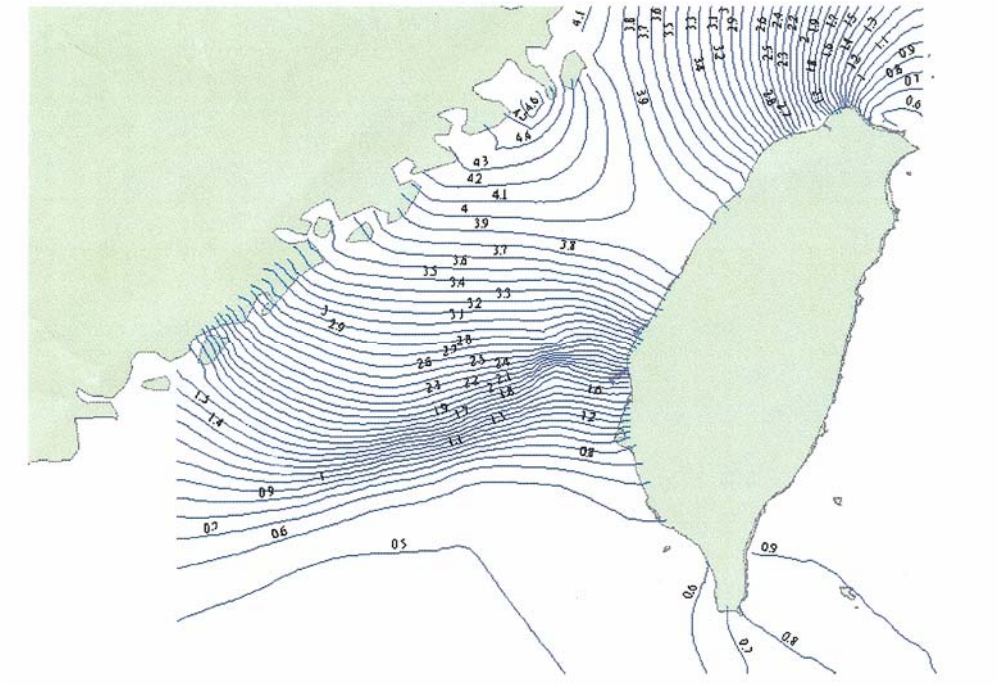


圖 3-6 台灣海峽等潮位圖例

(摘自李孟霖(2007)，「運用潮位模式進行水深測量之潮位修正研究」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文)

三、建立潮位分區

將等潮時圖與等潮位圖疊合即可繪出台灣海峽等潮區圖(同潮圖，圖 3-7)，其中二組曲線相交而包圍之不規則狀多邊形即為台灣海峽潮位分區之區塊。

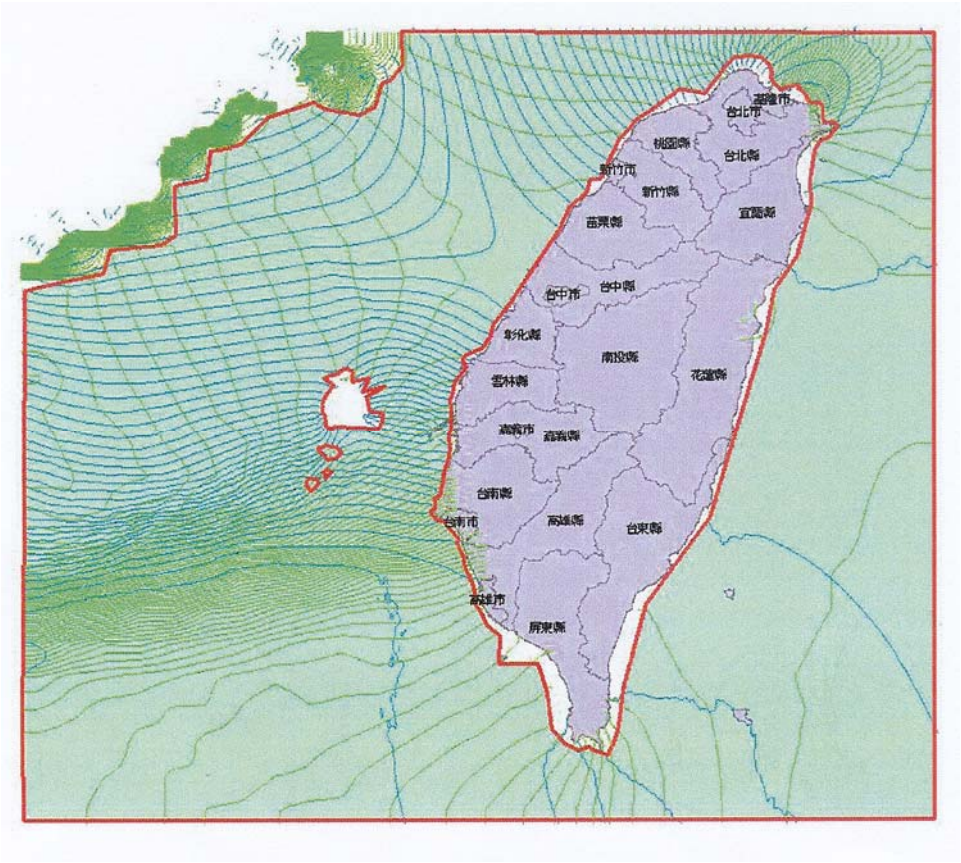


圖 3-7 台灣海峽等潮區圖例

(摘自王韋樺(2009)，「潮時及潮位特性之研究~以高雄港及台灣海峽中部為例」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文)

3-4 潮位模式（測試版）模擬演算

潮位模式（測試版）可模擬演算任一坐標位置之潮汐水位變動，目前在台灣普遍被應用之三種潮汐模式中，除了 MIKE21 模式無法取得原始碼(source code)外，其餘兩種：POM 模式及 NAO99b 模式皆可取得原始碼，故在局部區域應用時，較易以局部區域之岸邊潮位站實測潮

位作資料同化而修正該二模式，經初步評估，本計畫擬以 NAO99b 模式從事台灣西部海域潮位模式（測試版）之模擬演算。

又為符合邀標書需求，將撰寫具備顯圖、出圖、顯示經緯度與 TWD97 坐標功能之視窗化軟體，同時併入潮位模式(NAO99b 模式)網格潮位之連動資料，直接以 NAO99b 潮汐模式作加值利用，在輸入水深測量時之航跡起訖點坐標後即可得起訖點間之潮汐序列，可用該潮汐序列直接作水深測量潮位修正，不必再以潮汐分區的振幅改正係數及相位差來推算潮高改正值。該視窗化軟體擬仿傚海洋大學海洋環境資訊系海岸模式應用研究室發展之軟體以互動式之概念開發之(單機版，圖 3-8)。

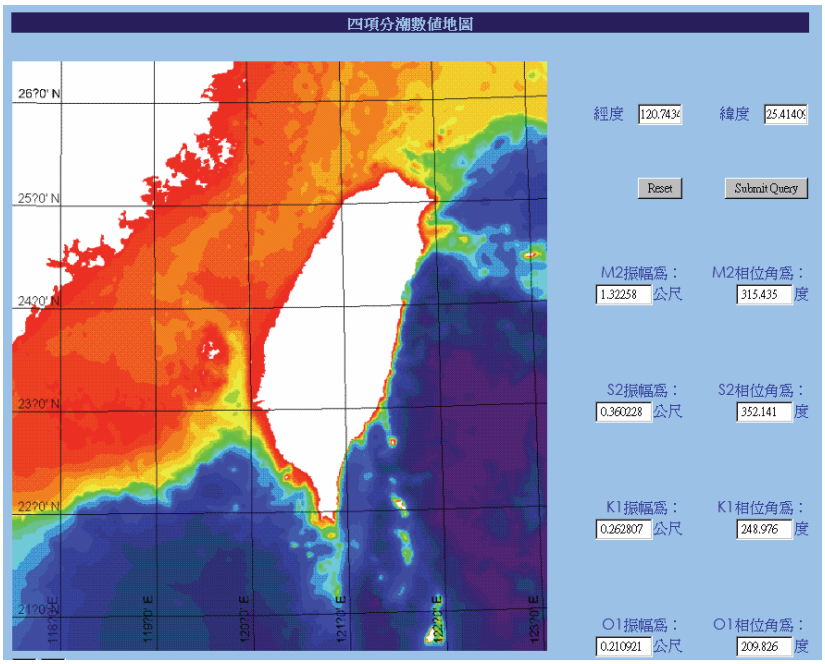


圖 3-8 互動式展示軟體例

(摘自海洋大學海洋環境資訊系海岸模式應用研究室網址 http://140.121.165.75/)

3-5 臺灣西部實地測試作業

一、測試區範圍與勘選

臺灣西部實地測試作業之測試區勘選初步規劃以彰化以北之桃、竹、苗海域為主，北自桃園永安漁港海域起，南至苗栗青天泉海域止，兩處相距約 30km 之海域範圍為本案測試區範圍。

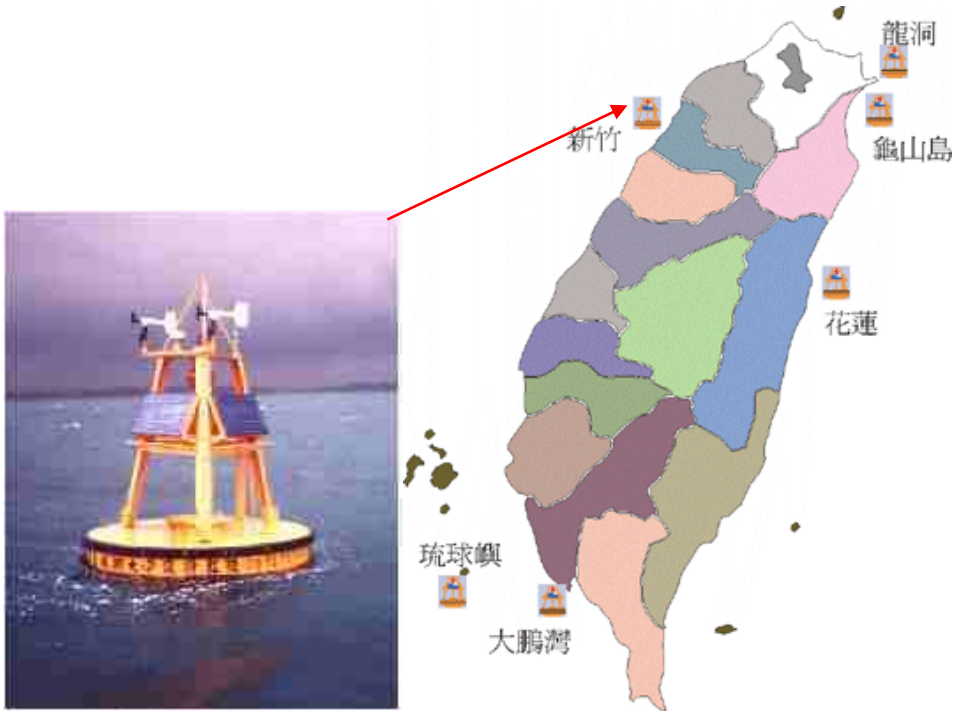


圖 3-9 新竹香山海域氣象局資料浮標

二、潮位模式測試作業

1. 潮位模式測試工作

(1) 本計畫擬以選定之潮汐模式(NAO99b 模式)從事驗潮測試，選定桃園永安漁港至苗栗青天泉海域兩處相距約 30km 海域範圍，跨越潮汐分區之 2 處潮位站作驗潮測試，而海面測試點 3 點因無海上潮位站，故該 3 處海上驗潮測試擬先從事離岸較近(約 5~6km)海域之無驗潮修正水深測量，該作業省略潮位觀測步驟，可直接得到底床高程。再經由水深之量測(測深儀法或測深繩法)，反算當時之潮高。

在三處測試現場進行觀測同時，本案勘選之 2 處潮位站亦進行驗潮，而本案選定之潮汐模式亦執行試算，推算 2 處潮位站及 3 處測試現場之潮位序列，該潮位序列資料與潮位站及現場觀測之實測潮位序列進行比對。

(2) 於離岸 5~6 公里內以約略平行海岸線實施約 6 公里(約 3 海里)長測線之 RTK GPS/單音束測深儀之水深測量作業(無驗潮修正之水深測量)，同時以 NAO99b 模式及同潮圖從事水深測量之潮高修正，以無驗潮修正之水深測量數據為基準，比較潮汐模式(NAO99b 模式)及同潮圖修正之結果。

2. GPS 浮標測試工作

該三處 GPS 浮標將分期以船隻將其攜往海面測試點進行觀測與資料蒐集，每點需進行 13 小時(含)以上連續觀測，觀測累計中斷時間不得超過 1 小時，測試點將平均分布於離岸 5~6 公里內不同水深處(約 10/15/20 公尺水深處)，一處擬安置於新竹香山海域氣象局資料浮標(由國立成功大學近海水文中心設計、製作、安置，圖 3-11)旁，可減少 GPS 浮標流失機率，另二處則擬安置於桃園永安海域及苗栗青天泉海域範圍。在三處 GPS 浮標於現場進行觀測與資料蒐集同時，本案勘選之二處潮位站亦進行聯測並加驗潮，進行 GPS 浮標之測試工作。

3-6 技術研習活動

本計畫擬於 99 年 8 月中旬辦理 1 次 5 小時之技術研習活動，課程內容包括潮汐模式理論、潮位對水深測量影響、實地測試作業研習，講員擬聘請具現場經驗之學者專家擔任，技術研習課程初步安排如下：

節 次	時 間	課 程 內 容	擬聘講員	地 點
0	08:30~09:00	報到		成功大學
1	09:10~10:00	潮汐模式理論 (潮汐概論、潮汐模式簡介)	莊文傑	成功大學
2	10:10~11:00	潮位對水深測量影響一 (水深測量之潮位修正)	顏沛華	成功大學
3	11:10~12:00	潮位對水深測量影響二 (潮位分區方法及應用)	顏沛華	成功大學
午餐休息				成功大學
4~5	13:30~15:20	實地測試作業研習 (含無驗潮修正之水深測量及以模式從事水深測量之潮高修正)	顏沛華 呂珍謀	安平外海
6	15:30~16:00	綜合座談	顏沛華 許泰文	安平碼頭

3-7 投稿

將本計畫成果需彙整成投稿文件，於國內(外)研討會中發表至少 1 篇，另投稿期刊論文至少 1 篇。投稿題目初步擬訂如下：

1. 卡門濾波法搭配 IOS 模式進行潮位缺漏數據補遺之研究

投稿摘要：潮位缺漏數據之補遺方式國內迄今尚無一致性的補遺對策，目前所最被普遍採用的方法係作調和分析。本文擬採用卡門濾波法(4個主要分潮)以缺漏數據前少數幾天(1~5天)數據作短期預測補遺缺漏之數據，再將一整年(369天)之潮位數據(含已初步補遺之數據) 以IOS模式作調和分析取得個分潮之調和常數，再將其合成，以IOS模式從事原缺漏處之潮位預測，進而以比對該補遺數據之合理性及評估該合成模式之補遺準確度。

2. 以 NAO99b 模式及同潮圖從事水深測量潮高修正之比較

投稿摘要：以潮汐分區(Tidal Zone)獲取潮位改正數據其方法係以水深測

量作業期間其測區所在潮汐分區之改正參數估計測區的潮位值，分區內的潮高改正值可由鄰近潮位站觀測之數值加入該潮汐分區的振幅改正係數及相位差加以推算。此種水深測量潮位之修正方式效率不高，事先需花費龐大心力建置潮汐分區並建立屬性資料(平均高潮間隙及平均潮差)，而 NAO99b 潮汐模式在作加值利用後，可輸入航跡起訖點坐標而估算出潮汐序列，故可用該潮汐序列直接作水深測量潮高修正。本文即探討該二潮高修正方式之優劣。

第四章 工作進度及品質管制

4-1 預定工作進度

本計畫預定工作執行進度以旬為單位編制如圖4-1之甘梯圖。

4-2 品質管制

工作執行期間,將由本計畫之專案助理蔡宗旻博士生及崔潤明助理兼為本項工作聯絡人,隨時與 貴中心承辦人員聯繫,商請 貴中心提供現有相關成果資料、商討工作進行方針或商請 貴中心出具公函請其他單位配合辦理本計畫,以掌握工作進度,並適時將各階段工作成果提送貴中心參考。

各階段進度管制得當,可確保人力投入適時適所,因本計畫所需人力資源較大,有模式研發、有現場調查、又有展示系統,相關作業環環相扣,進度管控益形重要,工作小組人力由專案助理調配各階段工作,並擬定各項作業所佔用進度百分比,以S累積曲線圖表示本工作預定進度(圖4-2)。由不定期進行的工作進度報告中,繪製目前進度S曲線,藉以瞭解專案進度概況,以確保工作能如期完成,亦能避免時間因調配不當,使研究成果品質降低之可能。

為確保各項工作項目進度順利,由本研究團隊專業人員組成臨時小組,每月定時(每月第一週之週四,或視需要隨時)開會針對本案各項工作管理、困難問題處理、數據資料審查等進度及任務分派予以檢討及掌控,並視需要商請 貴中心召開工作會報,以確保工作如期完工並達本案精度要求:

1. 每月第一週之週四由本會內部自行舉行工作會議,將由本會執行長呂珍謀副教授主持,檢討工作執行情形,包含預定及實際工作進

度、待協調及解決之問題事項等資料，以便確實掌握實際進度與預定進度之差距。

2. 指派專人與 貴中心及查核單位聯繫，加強協調相關事宜。

3. 對外業人員加強實施安全及教育訓練，以提高工作效率。

4. 內業人員對各項作業原始數據應保留記錄，以備查詢。

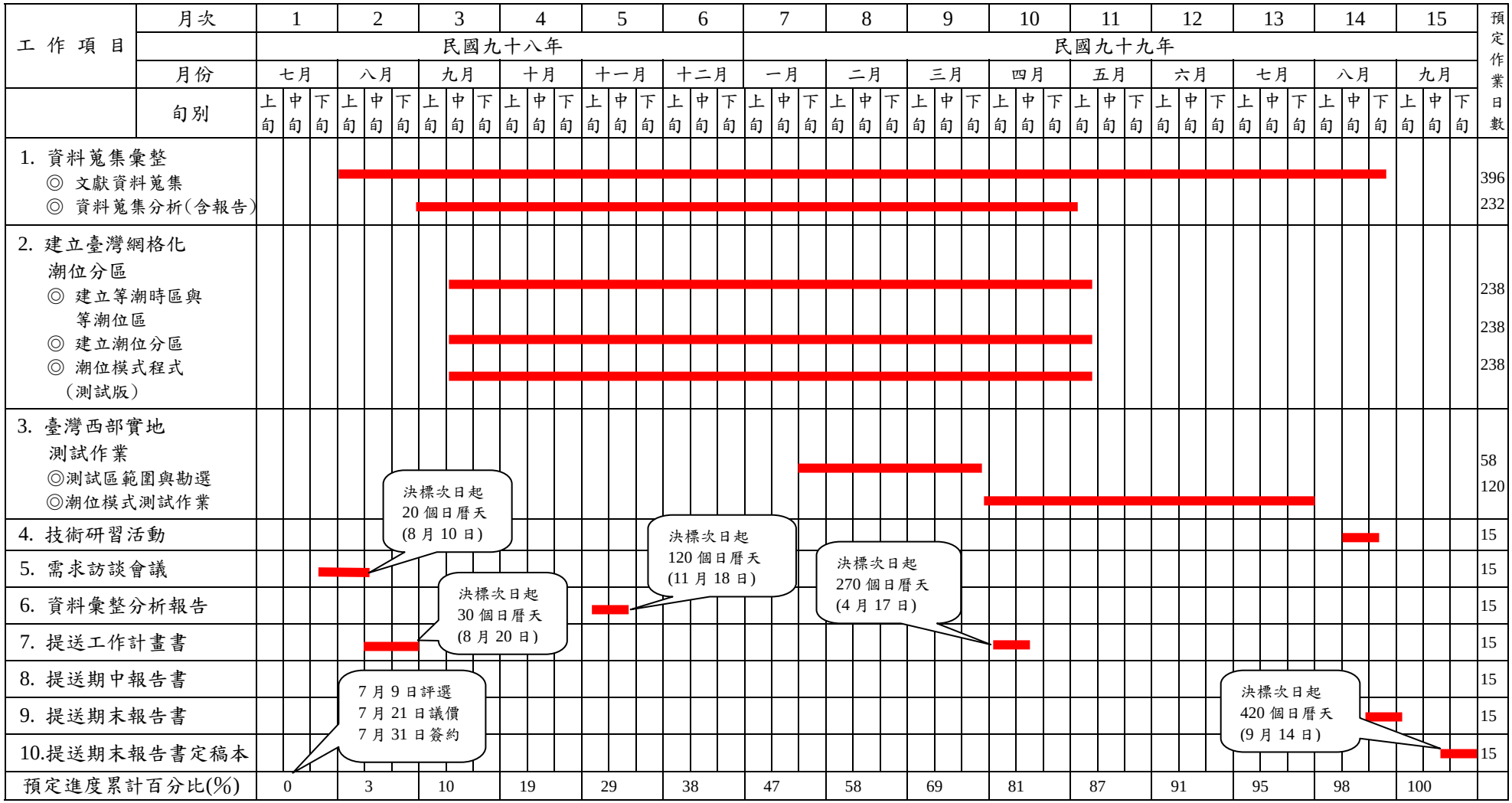

工作項目
月次
民國九十八年
民國九十九年
月份
七月 八月 九月 十月 十一月 十二月 一月 二月 三月 四月 五月 六月 七月 八月 九月
旬別
預定作業日數
1. 資料蒐集彙整
◎ 文獻資料蒐集
◎ 資料蒐集分析(含報告)
396
232
2. 建立臺灣網格化潮位分區
◎ 建立等潮時區與等潮位區
◎ 建立潮位分區
◎ 潮位模式程式（測試版）
238
238
238
3. 臺灣西部實地測試作業
◎測試區範圍與勘選
◎潮位模式測試作業
58
120
4. 技術研習活動
15
5. 需求訪談會議
15
6. 資料彙整分析報告
15
7. 提送工作計畫書
15
8. 提送期中報告書
15
9. 提送期末報告書
15
10.提送期末報告書定稿本
15
決標次日起 20 個日曆天 (8 月 10 日)
決標次日起 30 個日曆天 (8 月 20 日)
決標次日起 120 個日曆天 (11 月 18 日)
決標次日起 270 個日曆天 (4 月 17 日)
7 月 9 日評選
7 月 21 日議價
7 月 31 日簽約
決標次日起 420 個日曆天 (9 月 14 日)
預定進度累計百分比(%)
0 3 10 19 29 38 47 58 69 81 87 91 95 98 100
註：預定進度
檢核點 ▲
▲(工作計畫書)
▲(資料分析報告)
▲(期中報告)
▲(期末報告)

圖 4-1 預定進度甘梯圖

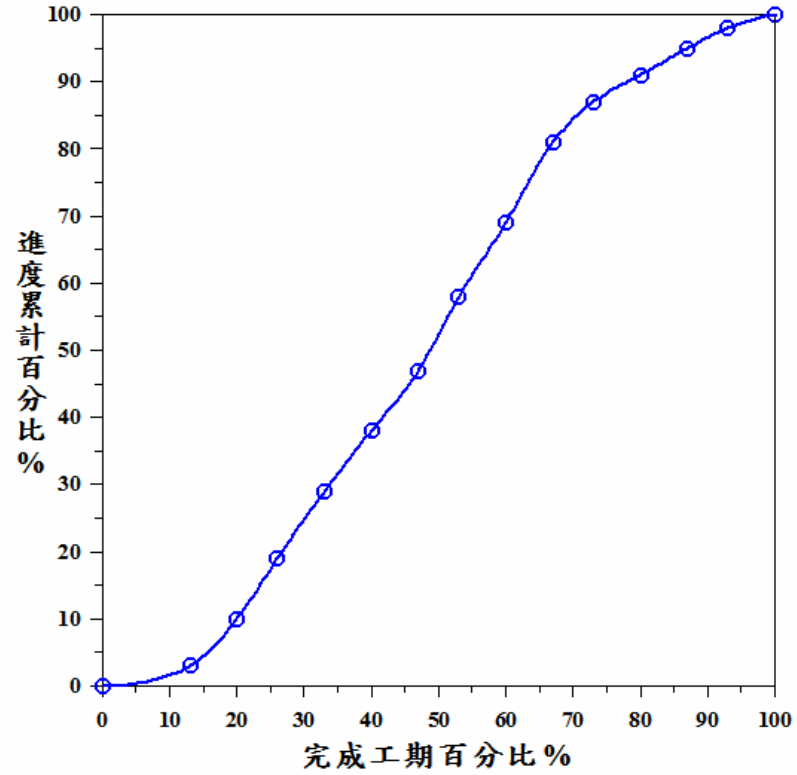


圖 4-2 本工作預定進度 S 累積曲線

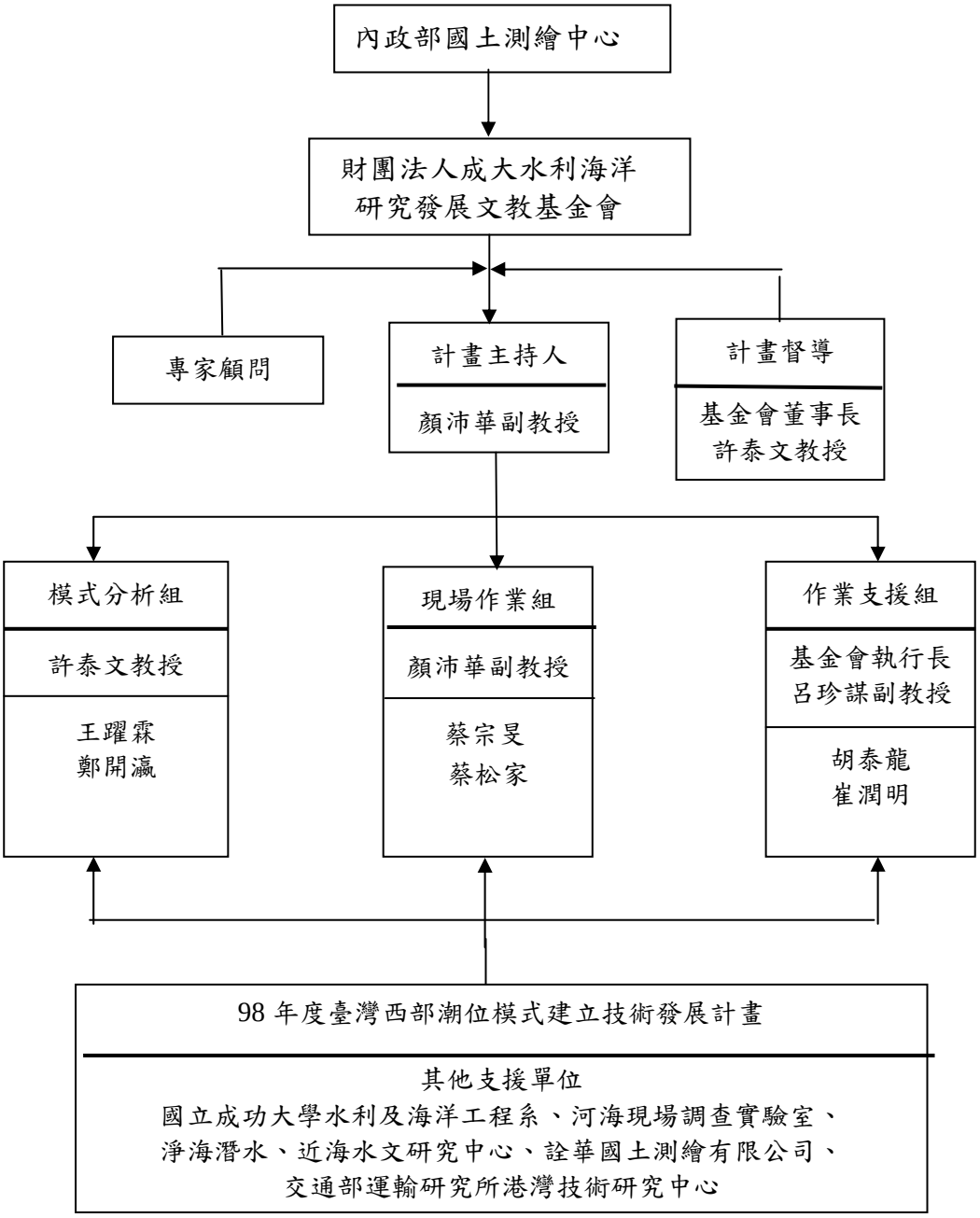
4-3 資安管控

本案計畫內容(含蒐集之 35 站 96~97 年潮位資料...等)儲存於計畫主持人及助理電腦之特定資料夾(國土測繪中心案)中，該等電腦及資料夾皆設密碼保護，電腦本身亦灌有防駭防毒軟體以確保資安！

第五章 人員組織

5-1 組織架構

本計畫之工作組織架構及其他支援能力如下圖所示：



5-2 人力配置

類　別	姓　名	服務單位及職稱	最高 學歷科系	擬任 工作內容
計畫督導	許泰文	財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會 董事長 國立成功大學教授	博　士	計畫督導 模式分析
計畫督導	呂珍謀	財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會 執行長 國立成功大學副教授	博　士	進度控管 作業支援
主持人	顏沛華	財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會 研究員 國立成功大學副教授	博　士	計畫協調進度控管 計畫執行 報告撰寫
專案助理	蔡宗旻	財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會 研究助理	博士生	計畫聯絡 資料分析 現場調查
專案助理	蔡松家	財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會 研究助理	碩　士	計畫聯絡 資料分析
專案助理	鄭開瀛	財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會 研究助理	碩士生	現場調查 資料分析
兼任研究員	王躍霖	財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會 兼任助理	碩　士	現場調查 資料分析
文　書	胡泰龍	財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會 文書	碩　士	行政助理
會　計	崔潤明	財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會 研究助理	學　士	行政助理 計畫聯絡
計畫專家	曾應鉅	淨海潛水 潛水教練	專科畢業	潛水錨錠作業
計畫顧問	黃仰澤	詮華國土測繪有限公司 董事長	碩　士	GPS 浮標及潮位站聯測
計畫顧問	莊文傑	交通部港灣技術研究中心研究員	博　士	模式分析 (已發函並獲機關同意)

附錄 參考文獻

1. 劉肖孔 (1983) ，「中國海域三度空間數值模式」，行政院科技顧問組，共156 頁。

2. 李賢文 (1989) ，「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，港灣技術研究所，第179-195 頁。

3. 李秀芳(1993)，「卡門濾波應用於短期潮汐之即時預測」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。

4. 顏沛華、李友平、李秀芳(1994)，「卡門濾波應用於短期潮汐之即時預測」，第七屆水利工程研討會。

5. 劉文俊 (1996) ，「台灣的潮汐」，ISBN 957 -97179-5 -8，自版，共283 頁。

6. 林琿、閻國年、宋志堯 (2000) ，「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。

7. 莊文傑、江中權 (2000) ，「台灣四周海域海流數值模擬研究」，MOTC-IOT- IHMT-NA8916 基本研究報告，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，共282 頁。

8. 張憲國、黃金維 (2001) ，「以NAO99b 潮汐模式預測台灣西岸潮汐之評估」，第23 屆海洋工程研討會論文集，台灣海洋工程學會，國立成功大學，第105 -111 頁。

9. 莊文傑、江中權 (2005) ，「臺灣四周海域的潮波系統」，第27 屆海洋

工程研討會論文集，台灣海洋工程學會，國立中興大學，第154 -161 頁。

10. 李孟霖(2007)，「運用潮位模式進行水深測量之潮位修正研究」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。

11. 王韋樺(2009)，「潮時及潮位特性之研究~以高雄港及台灣海峽中部為例」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。

12. Yen, P. H, C. D. Jan, Y. P. Lec and H. F. Lee (1996)，“Application of Kalman filter to short-term tide level prediction, ” Journal of Waterways, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, Vol. 122, No. 5, PP226-231.

13. DHI (1998)，“MIKE21_HD Coastal Hydraulics and Oceanography Hydro-dynamic Module,” *User Guide and Reference Manual*, Release 2.7, Danish Hydraulic Institute.

14. 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*, Vol. 58, No.6, pp. 837-850.

15. Jan, S., Chern, C. S., Wang, J. and Chao, S. Y.(2004)，“The Anomalous Amplification of M2 Tide in the Taiwan Strait,” *Geophysical Research Letters,*Vol. 31, L07308, pp. 1-4.

16. Juang, W. J., Lin, M. C. and Liou, W. J. (2001)，“Peculiar Appearance of Nearly Symmetrical Flooding Time along the Western Coast of Taiwan,”*The Chinese Journal of Mechanics*, Vol. 17, No. 4,pp. 211-220.

17. 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*, Vol. 56, pp. 625-642.

18. Lin, M. C., Juang, W. J. and Tsay, T. K. (2001)，"Anomalous Amplification of Semidiurnal Tides along the Western Coast of Taiwan," *Ocean Engineering*, Vol. 28, No. 9, pp. 1171-1198.

19. Matsumoto, K., Takanezawa, T. and Ooe, M. (2000)，"Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model around Japan," *J. Oceanography*,Vol. 56, pp. 567-581.

附件 1

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」委託辦理案需求規格書

壹、前言

臺灣海域潮汐受太平洋天文潮與海峽內淺水化效應影響，因潮汐變化極大，造成近岸與離岸海域有顯著潮時及潮位的差異。我國海域基本圖測量範圍涵蓋近岸、領海及鄰接區海域，測深資料的潮位修正模式係引用最鄰近潮位站之潮汐觀測資料辦理，此種修正模式易因近岸與外海潮位不同造成水深測量誤差。本計畫分析臺灣海域近岸及離岸潮汐的差異，建立潮位分區（Tidal Zone），並以臺灣西部海域進行測試作業，據以建立水深測量修正模式，提升海域水深測量精度，提供後續辦理海域測量應用及科學研究分享使用。

貳、作業期程與範圍

（一）**作業期程**：決標次日起 420 個日曆天，分 3 階段辦理。

（二）**作業範圍**：本案作業範圍涵蓋本島內水、領海及鄰接區海域，建立等潮時區、等潮位區及潮位分區作業，辦理區域如圖 1 藍色、水藍色與黃色圖幅範圍，不含金門、馬祖、東沙、南沙；另應辦理測試作業，於臺灣西部測試區以桃園彰化間為限。

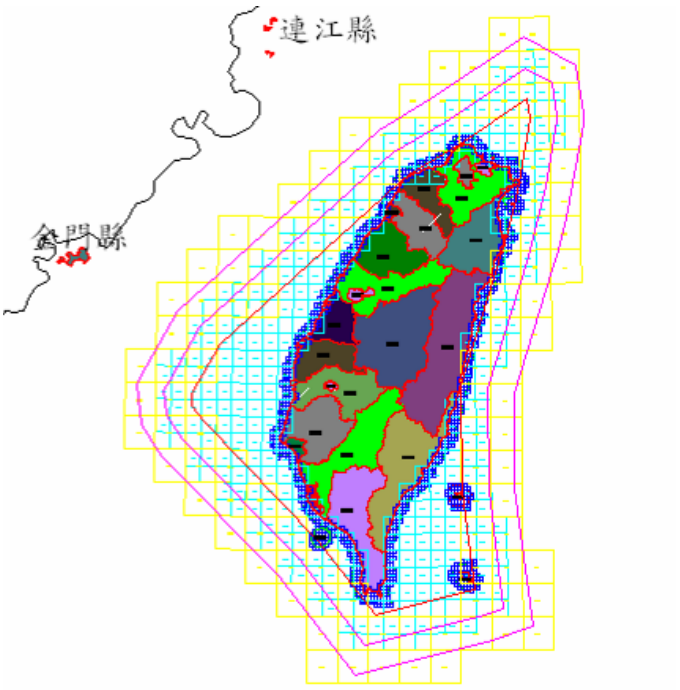


圖 1 作業範圍

參、工作項目

一、提報工作計畫書

（一）辦理需求訪談

廠商需於決標次日起20個日曆天內，以書面通知並至本中心辦理本案需求訪談，訪談內容需計畫主持人到場，現場做成訪談紀錄，經本中心確認後，納入工作計畫書。

（二）提報工作計畫書

廠商應於決標次日起30個日曆天內提送工作計畫書交付本中心，並經本中心審定通過後依計畫書執行相關內容，工作計畫書應至少包含以下項目：

1.潮位資料分析理論與方法。

2.潮位站調查表設計規劃。

3.建立臺灣網格化潮位分區作業方法。

4.潮位模式程式設計規劃。

5.臺灣西部實地測試作業規劃與作業方法。

6.技術研習活動規劃。

7.投稿文件方向及大綱。

二、資料蒐集彙整

（一）文獻資料蒐集

1.蒐集國內外潮位模式之文獻。

2.蒐集基隆、麟山鼻、淡水（油車口）、台北港、竹圍、新竹、後龍（外埔）、台中港、芳苑、麥寮港、箔子寮、塭港、東石、將軍、高雄港、永安、東港、嘉和、小琉球、恆春（蟳廣嘴）、恆春（後壁湖）、綠島、蘭嶼、大武、台東（富岡）、成功、石梯、花蓮港、蘇澳港、頭城（烏石港）、龍洞、馬公、馬祖、金門（料羅灣）、水頭等共35個各潮位站相關資料，資料需包含：

（1）潮位站資料：潮位站管理機關、潮位站相片、潮位儀種類、潮位站設立時間、潮位站坐標（採TWD97系統）等資訊，其中潮位站坐標應以GPS或其他可靠定位儀器辦理現場測量，如潮位站因位於離島或海上或管理機關不同意進入等因素致無法測

量時，該潮位站坐標資料可經本中心同意後排除。

（2）潮位資料：蒐集96-97年（96.01.01～97.12.31）之潮位資料，資料由本中心發文請相關單位提供為原則，惟無法提供時，由廠商自行購置；另因資料管理機關所管資料有中斷情形或其他因素致廠商付費仍無法取得，該資料可經本中心同意後排除。。

（3）其他資料：可能會影響本案成果資料。

（二）資料彙整分析報告

1.依據國內外之文獻資料，彙整分析各潮位模式之原理與適用區域，並提出臺灣西部海域適用模式。

2.設計潮位站調查表及填載下列資訊：各潮位站資料，並加入潮汐屬性、潮位變動趨勢情形說明。

三、建立臺灣網格化潮位分區

依據本案所蒐集資料，將涵蓋本島內水、領海及鄰接區海域，建立等潮時區、等潮位區與潮位分區作業。

（一）建立等潮時區與等潮位區

1.依據本案所蒐集資料，進行等潮時區與等潮位區劃分工作，其中等潮時區密度為6分鐘，等潮位區密度為0.1公尺。

2.製作等潮時區、等潮位區與等潮區A0尺寸彩色圖（上光面膠）各1張，其基準站不拘，惟須於圖面說明。

（二）建立潮位分區

依據本案所建立之等潮時區與等潮位區資料，建立1分（1海里）網格潮位分區，並分析網格潮位之精度，提出分析報告。

（三）潮位模式程式（測試版）

撰寫程式計算臺灣各潮位站與各潮位模式網格潮位連動資料，並將程式提供本中心使用，如程式係於其他軟體上加值開發，則需交付該軟體（需為正版軟體，保固同本案要求）予本中心使用，不得要求增加費用，程式需視窗化及具備下列功能。

1.顯圖：顯示等潮時圖（6 分鐘間隔）、等潮位圖（0.1 公尺間隔）與等潮區圖。

2.資料格式：須蒐集主要測深資料計算軟體，研擬合適資料格式，並

具備資料輸出功能。

3.資料提供間隔：資料時間間隔以 6 分鐘為原則。

4.出圖：程式應具出圖功能。

5.坐標輸入與輸出需同時具備顯示經緯度與 TWD97 坐標功能。

四、臺灣西部實地測試作業

（一）測試區範圍與勘選

本案測試區範圍以臺灣西部桃園與彰化間為限（圖2），需選擇跨潮時區地點設2個（含）以上潮位站，潮位站點位需可全天辦理驗潮作業，辦理本項工作需以書面通知本中心，廠商需製作勘選紀錄。（相關紀錄與文件納入測試報告）

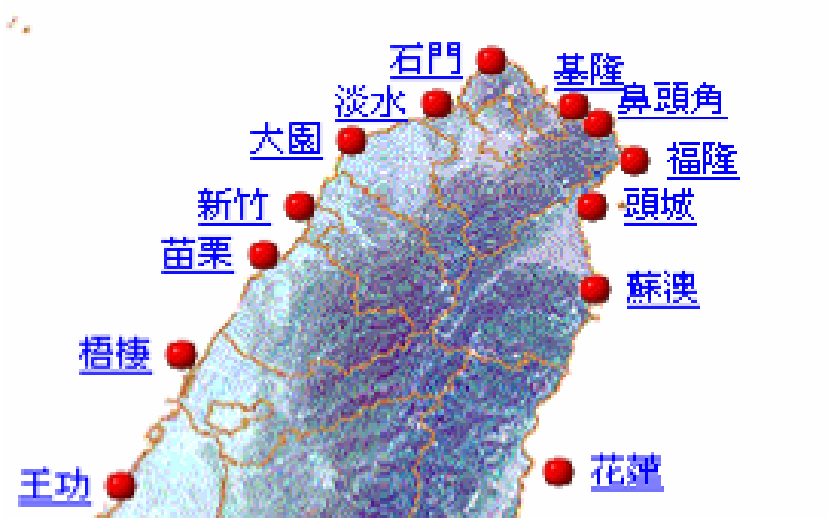


圖2 測試區辦理範圍

（二）潮位模式測試作業

1.潮位模式測試工作：廠商需提出合適方法辦理實地測試（以服務建議書、工作計畫書提出方法辦理），測試工作需同時與本案所勘選之潮位站進行聯測，同時於潮位站附近加測驗潮，海面測試點需3點（含）以上，測試點應平均分布於不同水深值。

2. GPS 浮標測試工作：由本中心提供 GPS 浮標（圖 3）交由廠商辦理實地測試，測試工作需同時與本案所勘選之潮位站進行聯測，同時於潮位站附近加測驗潮，以船隻將 GPS 浮標攜往海面測試點進行觀測與資料蒐集，辦理點數需 3 點（含）以上，每點需進行 13 小

時（含）以上連續觀測，觀測累計中斷時間不得超過 1 小時，測試點應平均分布於不同水深值。

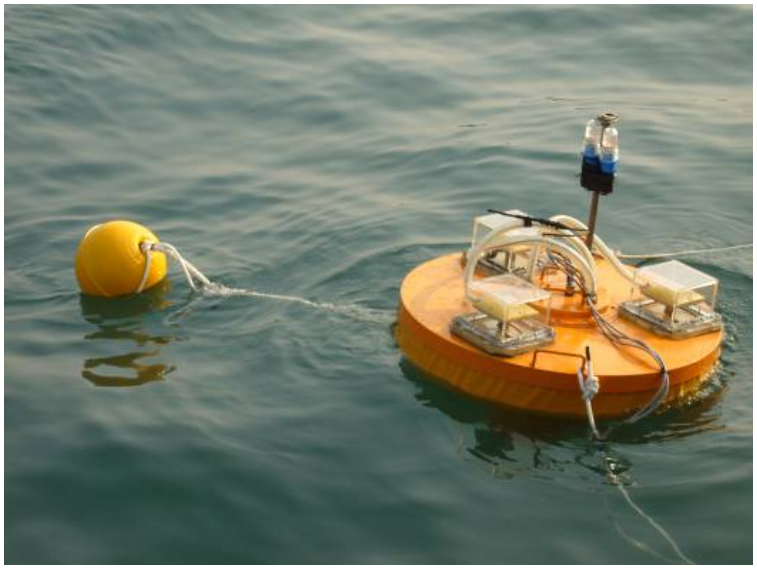


圖3 GPS浮標

3.潮位模式測試作業報告：廠商依測試結果撰寫報告，內容需詳列各工作內容與時程，並進行結果精度分析，研擬具體建議，提供建立全臺灣潮位模式參考。

4.潮位模式程式：加入測試作業資訊，進行資料計算與潮位模式程式（測試版）修正，並將程式提供本中心使用。

五、技術研習活動

廠商應提供至少 1 次 5 小時之技術研習活動，課程內容應包括潮位模式理論、潮位對水深測量影響、實地測試作業研習，活動日期、場地（需可容納 50 個以上學員空間）、課程及相關細節需由本中心同意始得為之，活動應於合約期程內辦理完竣，活動所需經費（場地、儀器設備、船租、講師、教材、餐費）由廠商負責。

六、投稿文件及工作總報告書

（一）投稿文件：本工作成果需彙整成投稿文件，國內(外)期刊至少 1 篇、研討會論文至少 1 篇。

（二）工作總報告書：工作總報告書彙整本案所有成果（電子成果除外），內容另需包含：前言、作業期程、作業內容及方法、使用儀器及設備、

作業執行與成果、結論與建議、其他相關資料及附件。以 Microsoft WORD 格式編製，版面採 A4 直式橫書、編目錄、章節、頁次、並加封面裝釘成冊。

肆、工作時程及應交付成果

作業期限為決標次日起420個日曆天，共分3階段辦理，廠商應於工作完成後應將成果整理彙編，並送交校核及保管，相關規範如下：

一、提交之報告與圖說以中文編纂，單位以公制為原則。

二、成果繳交地點：內政部國土測繪中心。

三、各階段成果繳交項目及日期：

（一）第 1 階段作業：廠商應依下列規定交付成果：

1.廠商應於決標次日起 30 個日曆天內交付工作計畫書 10 份（含 word 格式電子檔 1 式 2 份），並配合本中心進行工作計畫書審查。

2.廠商應於決標次日起120個日曆天內交付資料彙整分析報告3份（含 word 格式電子檔 1 式 2 份）。

（二）第 2 階段作業：廠商應於決標次日起 270 個日曆天內交付下列成果：

1.等潮時紙圖、等潮位紙圖、等潮區紙圖各 1 份。

2.潮位分區分析報告。

3.潮位模式程式(測試版)1 式。

4.期中報告書：第 1 階段資料彙整分析報告併本階段書面部分，彙整為期中報告書，期中報告書應繳交 10 份（含 word 格式電子檔 1 式 2 份），並配合本中心進行期中報告審查。期中報告內容應包含：

（1）資料彙整分析報告。

（2）潮位分區分析報告。

（3）潮位模式程式規劃與測試報告。

（4）目前工作進度。

（5）工作遭遇困難及解決方案。

（6）相關資料附件等。

（三）第 3 階段作業：廠商除應於 420 個日曆天內交付下列成果：

1.臺灣西部潮位模式測試作業報告。

2.技術研習活動簽到簿與相關文件。

3.投稿文件 2 份。

4.本案資料電子檔 1 份：含本案所蒐集之資料、外業資料、計算成果、潮位模式程式（含安裝檔）及各階段電子檔成果與簡報，以 2.5 吋外接硬碟儲存方式繳交。

5.潮位模式程式 1 式。

6.工作總報告書：期中報告書併本階段成果書面部分，彙整為工作總報告書，報告書應繳交 10 份（含 word 格式電子檔 1 式 2 份），並配合本中心進行工作總報告書審查，工作總報告書內容應包含：

（1）前言。

（2）作業期程。

（3）作業內容及方法。

（4）使用儀器及設備。

（5）作業執行與成果。

（6）結論與建議。

（7）其他相關資料及附件。（本項資料可燒錄於光碟，附於工作總報告書內）

四、各階段工作時程及交付成果表如下：

階段	繳交項目與份數	繳交日期
第 1 階段	1.工作計畫書。（書面 10 份，電子檔 2 份）	於決標次日起 30 個日曆天內繳交。
	2.資料彙整分析報告。（書面 3 份，電子檔 2 份）	於決標次日起 120 個日曆天內繳交。
第 2 階段	1.等潮時紙圖、等潮位紙圖、等潮區紙圖各 1 份。	於決標次日起 270 個日曆天內繳交。
	2.潮位分區分析報告。（併入期中報告書）	
	3.潮位模式程式(測試版)。（1 式）	
	4.期中報告書。（書面 10 份，電子檔 2 份）	
第 3 階段	1.臺灣西部潮位模式測試作業報告。（併入工作總報告書）	於決標次日起 420 個日曆天內繳交。
	2.技術研習活動簽到簿與相關文件。（併入工作總報告書）	

	3.投稿文件 2 份。(併入工作總報告書)	
	4.本案資料電子檔。(電子檔 1 份)	
	5.潮位模式程式。(1 式)	
	6.工作總報告書。(書面 10 份，電子檔 2 份)	

五、各階段繳交之工作計畫書、期中報告書、工作總報告書均為初稿，廠商應配合本中心審查意見辦理修正，工作計畫書、期中報告書修正本數量為 3 份(含 word 格式電子檔 1 式 2 份)，工作總報告書修正本為 5 份(含 word 格式電子檔 1 式 2 份)，提交之工作計畫書、期中報告書、工作總報告書格式採 A4 雙面列印（含書背)。

伍、驗收辦法

本案屬分階段完工使用或繳交，分階段計算逾期違約金。廠商應於各期期限內完成各項成果，否則按逾期日數計算逾期違約金。倘廠商繳交之成果有短缺（含)，則由本中心直接退回廠商處，不辦理驗收，並於補正後再送交本中心，據以辦理驗收事宜，驗收所需之設備（含軟體）由廠商負擔。

本案驗收採分階段方式辦理，若驗收不合格，退還廠商補正，廠商應於規定期限內完成修正再送本中心辦理驗收。驗收符合通過標準時，其審查所發現之問題，仍必須完全改正，經審查確定無誤後才可錄存最後成果。

一、第 1 階段驗收：採書面驗收

（一）檢查成果格式、內容、份數，資料需全部符合需求規格書規定。

（二）審查工作計畫書，廠商應依審查意見辦理修正。

二、第 2 階段驗收：採書面驗收與上機驗收

（一）書面驗收：

1.檢查成果格式、內容、份數，資料需全部符合需求規格書規定。

2.審查期中報告書，廠商應依審查意見辦理修正。

（二）上機驗收：潮位模式程式（測試版）功能應全部符合本需求規格書要求。

三、第 3 階段驗收：採書面驗收與上機驗收

（一）書面驗收：

1.檢查成果格式、內容、份數，資料需全部符合需求規格書規定。

2.審查工作總報告書，廠商應依審查意見辦理修正。

（二）上機驗收：潮位模式程式功能應全部符合本需求規格書要求。

陸、付款方式

一、完成第 1 階段作業，成果經驗收合格，由本中心撥付本案總價款 20%（四捨五入計算至千元）。

二、完成第 2 階段作業，成果經驗收合格，由本中心撥付本案總價款 40%（四捨五入計算至千元）。

三、完成第 3 階段作業，成果經驗收合格，由本中心撥付本案總價款 40%（餘款）。

柒、附則

一、廠商應至少指派 1 位專職（全職）人員，並有固定辦公處所，負責專案執行期間之聯絡及協調工作；與本中心相關人員對階段成果內容、工作進度及有關事項進行說明、研討，並參加本中心召開之會議。

二、廠商須於自決標次日起，每月 10 日前檢送前月工作進度報表至本中心，以利進度管制，內容包含實際工作進度、工作協調事項及工作遭遇困難等，本中心得視需要召開工作會報。

三、本中心負責各項工作之監督及查核作業，廠商應確實配合辦理。本中心得於合約執行期間內派員至廠商作業地點監督瞭解各項作業之執行，並得依合約規定隨時針對廠商作業提出改善建議，廠商應立即辦理。

四、有關逾期日數之計算方式，以各期成果全數驗收合格當日（以本中心通知日期為準）減去契約規定應繳交成果日期後，再扣除同意展延工期天數與行政作業時間為逾期天數。上述所稱行政作業時間，係自廠商每次成果繳交完竣當日（以本中心收文日期為準）起至本中心以書面通知廠商改善成果（驗收不合格時）或成果驗收合格日（以本中心發文日期為準）止。

五、廠商於本案工作期間自本中心取得之資料及本案蒐集成果（含紙圖及數

值檔)，應於合約完成後交予本中心，廠商不得留存私自使用、轉錄或散播於第三者，亦不得作任何形式之加值使用。

六、GPS 浮標由本中心交由廠商辦理本案工作，廠商應盡保管之責，若遺失或操作不當致生損毀（壞)，廠商應付賠償責任，另 GPS 浮標未經本中心同意不得移做其他用途使用。

七、本案自最後一次驗收合格次日起 1 年內為保固期，保固期間內遇有成果疑義等情事,廠商應於接獲本中心通知 20 日曆天內辦理補正完竣並檢附證明資料送交本中心，必要時得至實地確認。

八、廠商利用本案產製之資料投稿相關期刊或研討會論文時，應書面徵得本中心同意。

附件 2

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」需求訪談紀錄

日期：98 年 8 月 6 日（星期四）下午 2 時

訪談地點：本中心地形及海洋測量課

廠商訪談人員：計畫主持人顏沛華副教授

本中心列席人員：林志清課長、蔡季欣技正、楊枝安課員、李佩珊課員、謝東發技士

國土測繪中心：

1.工作計畫書需將各工作項目的作業方法、作業規劃、進度管制與品質管控等詳細敘明，以利本中心可依工作計畫書進行工作督導與進度管控。

2.辦理本案規格標作業時，採購評選委員所提問題（如委員意見彙整表），請於工作計畫書回應與說明。

3.本案規格書納入工作計畫書附件，以利審查委員比對工作計畫書是否依據規格書相關要求辦理。

4.本案所需潮位資料（96-97 年）已由中央氣象局無償提供，請廠商依規定填妥本中心「測繪數值資料檔管制同意書」後，洽本案承辦員辦理資料交付事宜。本中心所交付關於本案之相關資料，請派專人保管，並建立資料取用管制之安全措施，本中心將不定期派員前往查核。如該潮位資料經檢查有中斷情形，請書面提報本中心研討。

5.本中心將不定時派員監督瞭解各項作業之執行，執行進度符合時，則定時（每 2 個月）召開 1 次非正式工作會議；執行進度落後，則每月召開 1 次（含）以上正式工作會議，進行進度管控。

6.工作計畫書請依本次需求訪談紀錄、本案規格書要求項目與份數製作，於決標次日（98 年 7 月 21 日）起 30 個日曆天（98 年 8 月 20 日，以本中心收文時間為準）內，送本中心審查。

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會：

1.請國土測繪中心配合發文各潮位站主管機關，同意現場調查。

2.請國土測繪中心協助提供潮位站位置資料。

採購評選委員意見彙整表

（一）張嘉強委員

1.建議選擇部分潮位站以不同長度資料（長天期&短天期）進行模式差異比較。

2.說明水深測量作業時，選擇不同驗潮站所產生之差異性，及解決方案。

3.本案所提供之成果圖會採用何種高程系統？

4.說明 GPS 資料浮標之用途（驗證或資料蒐集）、浮標之離岸距離及資料計算方式。

5.成果所提供之潮位模式程式，說明為何採用海洋大學發展之軟體上加值開發？

6.實地測試經費編列 117,4 萬，說明其構想。

7.技術研習活動中海上現場測試實習內容為何？

（二）張裕民委員

1.研究團隊提出採 Kalman 濾波法進行潮位預測，其觀測天數較短是否會有發散之問題？致造成預估值不準確，是否可分散或加強觀測天數辦理。

2.本案現場驗證太少，建議現場驗證將近岸、離岸分區辦理。

（三）白敏思委員

1.請補充服務建議書中「品質暨進度管制小組」之組成與工作內容。

2.服務建議書中有關有限元素法模式（Finite Element Method, FEM）之動量守恆方程式之 g 值如何給定？

3.說明潮位模式與地形之相關性與影響，如海底地形摩擦阻力之影響。

4.p.13 對策中建議於 12 海里內佈放適當數量 GPS 浮標，說明浮標數量與佈放地點。

5.建議潮位模式採簡單易懂方式來設計。

（四）劉正倫委員

1.GPS 浮標只有 1 座，但要進行 3 個地點測試，說明如何辦理？

2.本案報告書請以單一章節提出海域基本圖水深測量之潮位修正方式，及說明本案成果是否可直接提供海域基本圖、潮間帶水深測量成果修正應用。

「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」服務建議書採購評選審查意見

98.07.09

審 查 意 見	回 覆 說 明
一、張嘉強委員：	
1. 建議選擇部分潮位站以不同長度資料（長天期&短天期）進行模式差異比較。	1. Kalman 濾波法可以不同長度資料進行模式差異比較，其結果已發表於 1996 年 ASCE 期刊(服務建議書附錄，p.59)；本案重點在水深測量作業時潮高修正方法之探討。
2. 說明水深測量作業時，選擇不同驗潮站所產生之差異性，及解決方案。	2. 本案目標係以同潮圖或模式作水深測量作業時之潮高修正，基本上與不同驗潮站之差異性較無直接相關。
3. 本案所提供之成果圖會採用何種高程系統？	3. 將採用 TWVD2001 高程基準。
4. 說明 GPS 資料浮標之用途（驗證或資料蒐集）、浮標之離岸距離及資料計算方式。	4. GPS 浮標需辦理 3 點（10/20/30 公尺水深）測試，每點進行 13 小時（含）觀測，同時與勘選之潮位站進行聯測，並加測驗潮；其用途在測試 GPS 資料浮標充當外海驗潮站之可行性；該浮標擬設於離岸 5~6 公里內，俾與無驗潮修正水深測量之結果比對。
5. 成果所提供之潮位模式程式，說明為何採用海洋大學發展之軟體上加值開發？	5. 所謂採用海洋大學發展之軟體加值開發係仿傚其互動式之方式為之。
6. 實地測試經費編列 117,4 萬，說明其構想。	6. 經費編列 117,4 萬詳服務建議書第 2 號明細表(p.44)，其分為兩項工作，其一為潮位模式應用於現場之實地測試，其二為 GPS 浮標測試，其執行構想詳服務建議書(p.36~37)及工作計畫書(p.38~39)。
7. 技術研習活動中海上現場測試實習內容為何？	7. 海上現場測試實習內容擬從事無驗潮修正之水深測量及以模式從事水深測量之潮高修正。

二、張裕民委員：	
1. 研究團隊提出採 Kalman 濾波法進行潮位預測，其觀測天數較短是否會有發散之問題？致造成預估值不準確，是否可分散或加強觀測天數辦理。	1. Kalman 濾波法進行潮位預測其引用觀測天數之長短不會有發散之問題。Kalman 濾波法之優勢在於應用短觀測天數即能預測精度良好之潮位，這對海上儀器(GPS 浮標)流失之風險能降低許多。
2. 本案現場驗證太少，建議現場驗證將近岸、離岸分區辦理。	2. 現場驗證將在近岸及離岸 5~6 公里處為之。
三、白敏思委員	
1. 請補充服務建議書中「品質暨進度管制小組」之組成與工作內容。	1. 此為臨時小組，由執行長召開品質暨進度管制會議(p.46)。
2. 服務建議書中有關有限元素法模式（Finite Element Method, FEM）之動量守恆方程式之 g 值如何給定？	2. g 值係給予定值(9.8m/sec)。
3. 說明潮位模式與地形之相關性與影響，如海底地形摩擦阻力之影響。	3. 潮位模式輸入條件之一為水深值，海底摩擦阻力在深水海域影響並不顯著，在近岸處地形影響已反應在用於資料同化之沿岸潮位站之潮汐紀錄中。
4. p.13 對策中建議於 12 海里內佈放適當數量 GPS 浮標，說明浮標數量與佈放地點。	4. 此非本案執行內容，僅提出建議，於 12 海里(約 22 公里)內沿海岸線以每 30 公里佈放一處 GPS 浮標為原則。
5. 建議潮位模式採簡單易懂方式來設計。	5. 遵照辦理，將採簡單易懂方式設計。
四、劉正倫委員	
1. GPS 浮標只有 1 座，但要進行 3 個地點測試，說明如何辦理？	1. 擬分不同時間分期作業。
2. 本案報告書請以單一章節提出海域基本圖水深測量之潮位修正方式，及說明本案成果是否可直接提供海域基本圖、潮間帶水深測量成果修正應用。	2. 海域基本圖水深測量潮位修正方式以單一章節說明於工作計畫書 2-3 節中(p.10~12)。本案成果可直接提供海域基本圖水深測量潮位修正應用，惟潮間帶測量則不適用。

檔　　號：
保存年限：

內政部國土測繪中心　函

機關地址：40873台中市黎明路2段497號4樓
聯絡人及電話：謝東發(04)22522966轉379
傳真電話：(04)22540324
電子郵件信箱：55356@mail.nlsc.gov.tw

70101
台南市大學路1號
受文者：財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

裝

發文日期：中華民國98年10月2日
發文字號：測形字第0980900249號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：如主旨

主旨：貴基金會所送本中心「98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」案工作計畫書經審查結果如會議紀錄（附件），請依會議結論辦理，不另行文。

說明：復　貴基金會98年9月16日（98）成大水基字第188號函。

訂

正本：本案工作小組、財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
副本：本中心秘書室、政風室、會計室、地形及海洋測量課

主任林燕山

本案依據分層負責規定授權業務主管決行

線

第1頁 共1頁

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」工作計畫書審查會議紀錄

一、時間：98 年 10 月 1 日（星期四）上午 10 時

二、地點：本中心地形及海洋測量課

三、主席：林總幹事志清　　記錄：謝東發

四、出(列)席人員：如簽到簿

五、討論事項：審查本中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」案廠商（財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會）所提工作計畫書成果。

六、結論：

（一）財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會提送本案工作計畫書成果，經審查其成果資料項目與份數均符合契約書規範。

（二）本案工作計畫書請財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會依與會人員意見（如附件）修正後通過，並於 98 年 10 月 14 日前送修正後之書面成果 1 式 3 份、電子檔 1 式 2 份至本中心。

七、臨時動議之案由及決議：無

八、散會時間：上午 11 時 10 分

內政部國土測繪中心

98 年度「臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」案

工作計畫書審查會議簽到簿

時間：98 年 10 月 1 日（星期四）上午 10 時	
地點：本中心地形及海洋測量課	
主席：林總幹事志清	記錄：謝東發
出席人員	簽到處
蔡幹事季欣	
梁幹事朝億	
楊幹事枝安	
莊幹事峰輔	
高幹事一傑	
李幹事佩珊	
謝幹事東發	

列席人員	簽到處
秘書室	
政風室	
會計室	

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」工作計畫書審查意見

1. 表 2-1 各階段時程控管表示方式未妥，及表格內之序號有錯誤，請修正。(p.2-8)

   回應說明：已修正(p.2-8)。

2. 表 3-1 潮位站調查表未列潮位儀種類、潮位站設立時間等欄位，請修正並加列工作人員欄位。(p.3-2)

   回應說明：已修正(p.3-2)。

3. 依契約規定本中心 GPS 浮標只提供辦理 GPS 浮標測試工作，請修正潮位模式測試工作內容，並需符合契約書作業規定。

   回應說明：已修正(p.3-25~26)。

4. 本中心所提供之 GPS 浮標，依契約規定廠商應盡保管之責，若遺失或操作不當致生損毀（壞），廠商應付賠償責任；另資料蒐集長度請依契約規定辦理。請依上開規定修正 GPS 浮標測試工作內容。

   回應說明：已修正(p.3-26)。

5. 請補充有限元素法(FEM)模式提出或使用單位等相關資訊。(p.3-9)

   回應說明：已補充(p.3-9)。

6. 測試區勘選與潮位模式測試工作所列工作範圍內容不一致，請查明是否有誤繕。(p.3-25)

   回應說明：已修正(p.3-25)。

7. 投稿文件只列投稿題目，請補充大綱或概要。(p.3-27)

   回應說明：已補充(p.3-27~28)。

8. 圖 4-1 預定進度甘特圖，請補充各工作項目作業天數，並加入檢核點資料。(p.4-3)

回應說明：已修正(p.4-2)。

9. 5-1 組織架構與 5-2 人力配置內容請修正為一致，另請查明黃仰澤先生(計畫顧問)是否為測量技師、港研中心研究員列計畫顧問是否合適。(p.5-1~2)

回應說明：已修正(p.5-1~2)。

10.工作計畫書內容(含圖、文)如有引用其他文獻，請註明出處。

回應說明：謹遵辦理。

11.補充說明本案資料(含本中心提供資料與本案成果)保管方式。

回應說明：已補充(p.4-4)。

12.工作計畫書請增列相關名詞解釋。

回應說明：已補充(p.目-5~6)。

13.本案所繳送之電子檔成果光碟(含各階段成果)，請製作光碟封面。(電子檔)

回應說明：謹遵辦理。

14.本審查意見修正情形，請於工作計畫書回應與說明。

回應說明：謹遵辦理。

附件 3

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」各工作項目驗收檢核表格

附表 1 工作項目一 驗收檢核表

一、提報工作計畫書 驗收檢核表			
檢核項目	檢核判別	改正日期	審查意見
1-1 辦理需求訪談(書面驗收) 1. 是否於決標次日起 20 個日曆天內辦理? 辦理日期：_____ 2. 是否有書面通知甲方? 發文文號：_____ 3. 計畫主持人是否到場? 4. 有無製作訪談紀錄?	合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
1-2 提報工作計畫書(書面驗收) 1. 是否於決標次日起 30 個日曆天內辦理? 辦理日期：_____ 發文文號：_____ 2. 工作計畫書是否包含以下項目? (1) 潮位資料分析理論與方法 (2) 潮位站調查表設計規劃 (3) 建立臺灣網格化潮位分區作業方法 (4) 潮位模式程式設計規劃 (5) 臺灣西部實地測試作業規劃與作業方法 (6) 技術研習活動規劃 (7) 投稿文件方向及大綱	合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
甲方檢核人員：	檢核地點：		
檢核日期：	計畫主持人：		

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」
各工作項目驗收檢核表格

附表 2 工作項目二 驗收檢核表

二、資料蒐集彙整 驗收檢核表			
檢核項目	檢核判別	改正日期	審查意見
2-1 文獻資料蒐集(書面驗收) 1. 有無蒐集國內外潮位模式之文獻? 2. 有無蒐集 35 個各潮位站相關資料? (1) 潮位站：_____ (2) 潮位站管理機關註記 (3) 是否附上潮位站相片 (4) 潮位儀種類註記 (5) 潮位站設立時間註記 (6) 潮位站坐標(TWD97 系統)註記 3. 有無蒐集到 96~97 年潮位資料?	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
2-2 潮位資料蒐集(書面驗收) 1. 有無排除潮位站? 排除潮位站：_____ 2. 有無排除潮位資料? 排除潮位站：_____	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
2-3 資料彙整分析報告(書面驗收) 1. 有無潮位模式原理說明? 2. 有無臺灣西部海域適用模式說明? 適用模式：_____ 3. 有無潮位站調查表設計? 4. 有無註記潮位站資料(詳 2-1)? 5. 是否具潮汐屬性說明? 6. 是否繳交書面 3 份，電子檔 2 份?	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
甲方檢核人員：	檢核地點：		
檢核日期：	計畫主持人：		

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」
各工作項目驗收檢核表格

附表 3 工作項目三 驗收檢核表

三、建立臺灣格網化潮位分區 驗收檢核表			
檢核項目	檢核判別	改正日期	審查意見
3-1 建立等潮時區與等潮位區(書面驗收) 1. 等潮時區密度是否為 6 分鐘? 2. 等潮位區密度是否為 0.1 公尺? 3. 是否各有 1 張等潮時、等潮位與等潮區紙圖? 4. 圖是否為 A0 尺寸? 5. 圖是否為彩色圖? 6. 圖面是否上光面膠?	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
3-2 建立潮位分區(書面驗收) 1. 是否以 1 分(1 海里)建置分區? 2. 是否提出潮位分區精度分析報告?(併入期中報告書)	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
3-3 潮位模式程式(測試版，上機驗收） 1. 是否為正版軟體? 1. 是否能顯示等潮時圖(6 分鐘間隔)? 2. 是否能顯示等潮位圖(0.1 公尺間隔)? 3. 有無研擬合適資料格式，並具資料輸出功能? 4. 潮位是否提供 6 分鐘間隔資料? 5. 是否具出圖功能? 6. 坐標輸入與輸出是否同時具備顯示經緯度與 TWD97 坐標功能?	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
甲方檢核人員：	檢核地點：		
檢核日期：	計畫主持人：		

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」
各工作項目驗收檢核表格

附表 4 工作項目四 驗收檢核表

四、臺灣西部實地測試作業 驗收檢核表			
檢核項目	檢核判別	改正日期	審查意見
4-1 測試區範圍與勘選(書面驗收) 1. 測試範圍是否介於桃園與彰化間? 2. 是否具二個跨潮時區之潮位站? 潮位站 1：_____ 潮位站 2：_____ 3. 有無以書面通知甲方? 發文文號：_____ 4. 是否建立勘選紀錄?	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
4-2 潮位模式測試作業(書面及上機驗收) 1. 是否提出合適方法辦理測試? 2. 是否與勘選之潮位站進行聯測? 3. 二潮位站有無同時加測驗潮? 4. 海面測試點是否 3 點（含）以上? 坐標 1：_____,_____ 坐標 2：_____,_____ 坐標 3：_____,_____ 5. 海面測試點是否分布於不同水深? 水深：____/____/____公尺	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
4-3 GPS 浮標測試工作(書面驗收) 1. 辦理點數是否 3 點(含)以上?(同上) 2. 每點是否進行 13 小時（含）以上連續觀測? 3. 測試點是否分布於不同水深? (同上)	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
4-4 潮位模式測試作業報告(書面驗收) 1. 有無工作內容與時程敘述? 2. 有無精度分析? 3. 有無研擬具體建議?	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
4-5 潮位模式程式(書面及上機驗收) 1. 有無加入測試作業資訊? 2. 是否交付潮位模式程式操作手冊?	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
甲方檢核人員：	檢核地點：		
檢核日期：	計畫主持人：		

內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」
各工作項目驗收檢核表格

附表 5 工作項目五/六 驗收檢核表

五、技術研習活動 六、投稿文件 驗收檢核表			
檢核項目	檢核判別	改正日期	審查意見
5-1 技術研習活動(書面驗收) 1. 是否為 5 小時之技術研習活動? 2. 課程內容是否包括下列內容? (1) 潮位模式理論 (2) 潮位對水深測量影響 (3) 實地測試作業研習 3. 有無以書面通知甲方? 發文文號：_____ 4. 有無提供技術研習資料? 5. 有無研習活動簽到簿與相關文件?	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
6-1 投稿文件(書面驗收) 1. 是否有國內(外)期刊 1 篇? 期刊：_____ 稿件：_____ 2. 是否有研討會論文 1 篇? 研討會：_____ 稿件：_____	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
甲方檢核人員：	檢核地點：		
檢核日期：	計畫主持人：		

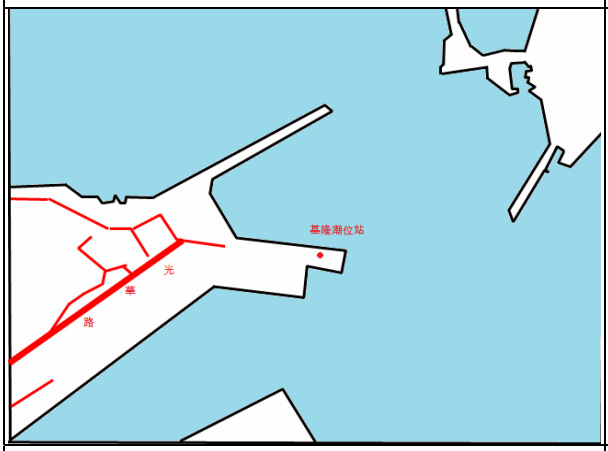
內政部國土測繪中心「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」
各工作項目驗收檢核表格

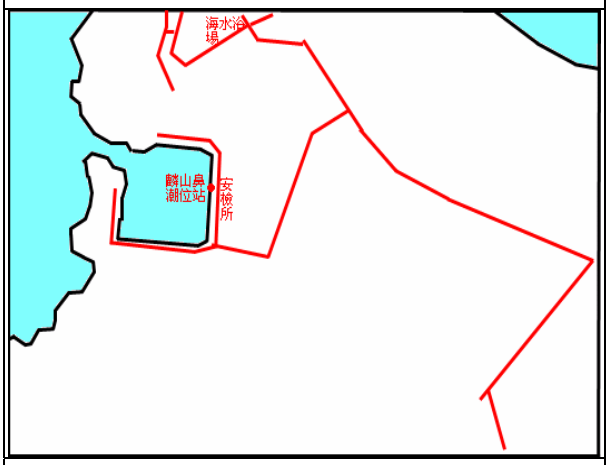
附表 6 期中報告、工作總報告書 驗收檢核表

七、 期中報告、工作總報告書 驗收檢核表			
檢核項目	檢核判別	改正日期	審查意見
7-1 期中報告(書面驗收) 1. 繳交份數是否合約規定? (1) 報告書 10 份 (2) 電子檔 2 份 2. 報告內容是否包括下列內容? (1) 資料彙整分析報告 (2) 潮位分區分析報告 (3) 潮位模式程式規劃與測試報告 (4) 目前工作進度 (5) 工作遭遇困難及解決方案 (6) 相關資料附件等	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
8-1 工作總報告書(書面驗收) 1. 繳交份數是否合約規定? (1) 報告書 10 份 (2) 電子檔 2 份 2. 報告內容是否包括下列內容? (1) 前言 (2) 作業期程 (3) 作業內容及方法 (4) 使用儀器及設備 (5) 作業執行與成果 (6) 結論與建議 (7) 其他相關資料及附件	 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□ 合格□ 不合格□		
甲方檢核人員：	檢核地點：		
檢核日期：	計畫主持人：		

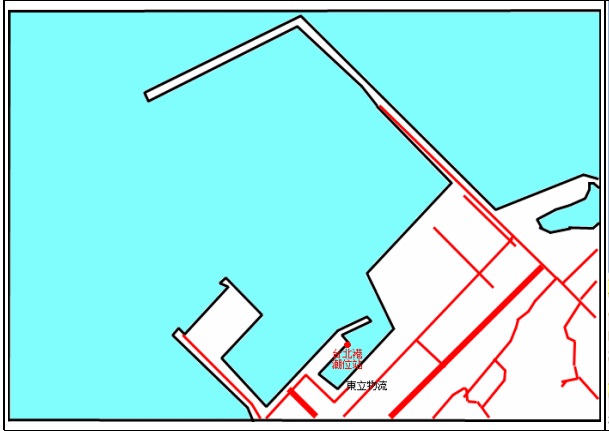
附錄四

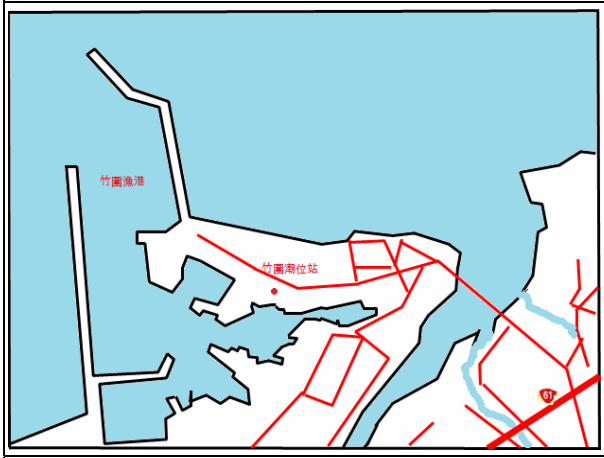
潮位站基本資料表

<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>基隆潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2007 年 11 月 19 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1516</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2783181</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG01</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>325847</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>0.503</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月 13 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.97)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：基隆市基隆港西 33 號碼頭
2. 交通： 由中山高速公路北上，出大業隧道後，進入基隆市區，在第一個出口右轉，經由出口匝道，進入基隆市區，此時基隆港和航運大樓在左側。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">詹世印</td></tr>
</table>

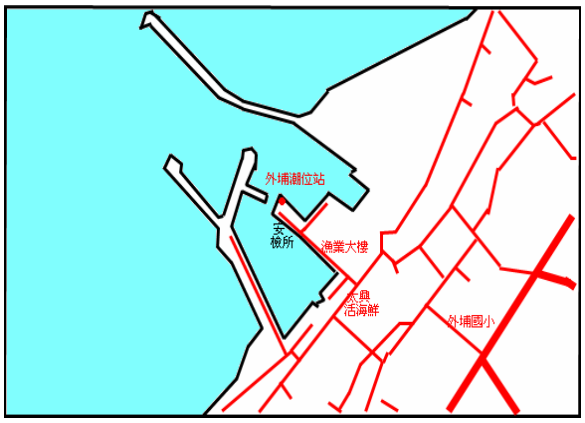
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>麟山鼻潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2003 年 11 月 01 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1206</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2797337</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG02</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>301414</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.684</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.49)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：台北縣石門鄉下員坑麟山鼻岬角
2. 交通：沿台 2 省道，23 公里處進入麟山鼻岬角，直走至海水浴場前，岔路左轉到達麟山鼻漁港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

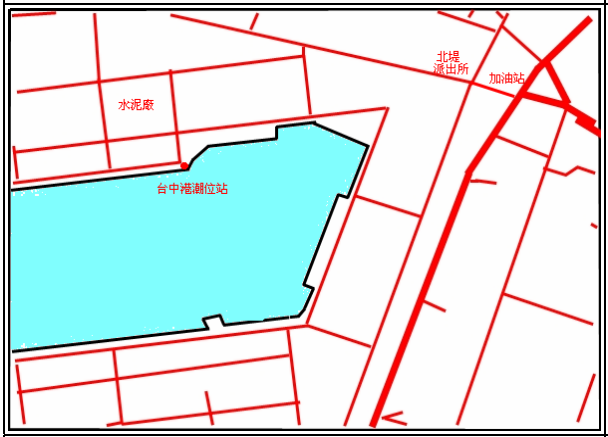
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>淡水(油車口)潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>1999 年 06 月 28 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1102</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2785309</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG31</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>292822</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>5.971</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Druck PTX 1830 壓力式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月 14 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.41)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：台北縣淡水鎮淡水河油車口
2. 交通：驅車由捷運站中正路往淡水沙崙方向至淡水漁會停車場即可抵達。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">詹世印</td></tr>
</table>

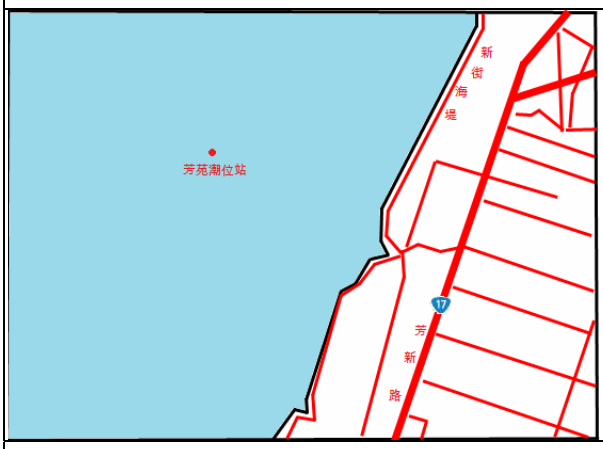
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>台北港潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2007 年 12 月 04 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1306</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2783008</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG37</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>289572</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.554</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.39)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：台北縣八里鄉台北港
2. 交通：中山高速公路五股交流道下接新五路（往八里方向），中興路右轉，上臺 64 快速道路，到達臺北港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

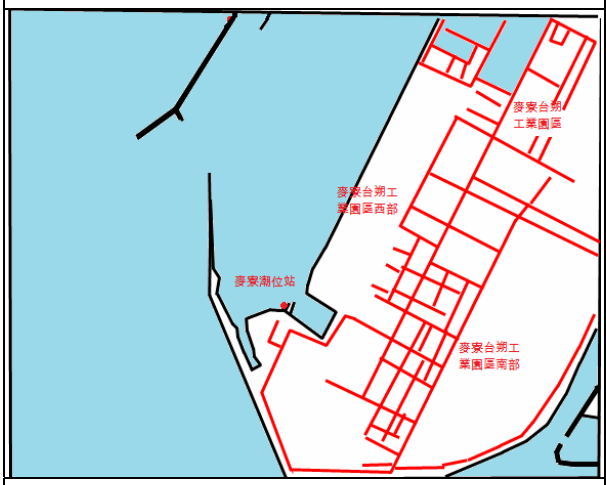
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>竹圍潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2003 年 11 月 01 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1116</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2778890</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG04</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>274545</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.292</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月 13 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.31)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1.地址：桃園縣大園鄉竹圍漁港
2.交通：由西濱快速道路 61 北上至 30km 見竹圍漁港指示牌下交流道，循連絡道續行由彩紅橋進入漁港區到達竹圍漁港安檢所下車，步行 50 公尺即達。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">詹世印</td></tr>
</table>

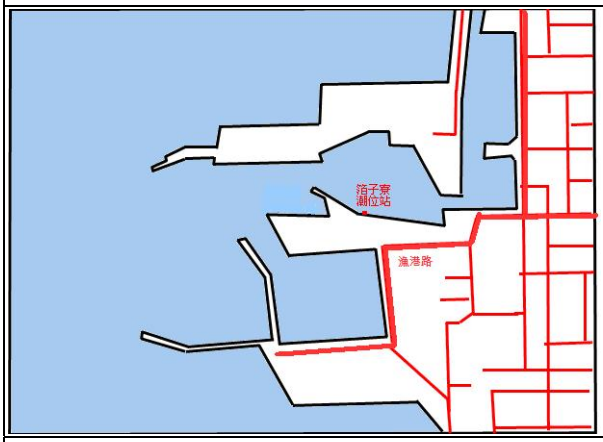
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>新竹潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>1992 年 05 月 27 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>112</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2749023</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG05</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>241976</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>3.452</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Druck PTX 1830 壓力式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月 01 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.21)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：新竹縣新竹市新竹漁港
2. 交通：國道三號竹林交流道（往芎林方向）台 68 線東西向快速道路，接西濱快速道路，於東大路右轉，直行到達新竹漁港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

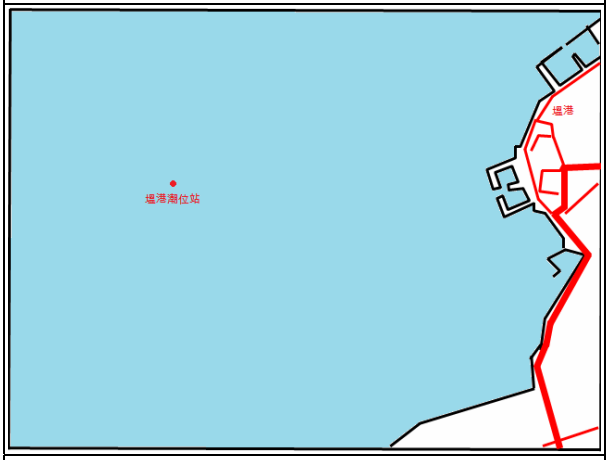
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>後龍(外埔)潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2003 年 06 月 27 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>113</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2727193</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG06</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>226855</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>3.723</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Druck PTX 1830 壓力式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月 01 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.20)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：苗栗縣後龍鎮海埔里後龍漁港
2. 交通：西濱快速道路於 99.6 公里處下平交匝道接苗 8 線西行至底即可到達。或苗栗段縣道 126 西行到底，0.5 公里處，警察局旁直走即可到達。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵，詹世印</td></tr>
</table>

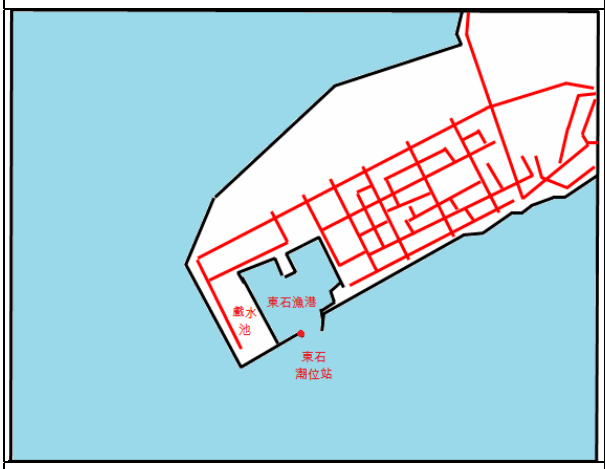
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>台中港潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>1992 年 01 月　日</td></tr>
<tr><td>潮位站編號</td><td>1436</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2686986</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG07</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>202601</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>3.514</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>內政部</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月 01 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.21)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：台中縣梧棲鎮台中港
2. 交通：國道 3 號接中港系統交流道西清水出口下，接國道 4 號於台中環線清水端（台中港）出口下交流道，走台 11 線臨海路，到底即到達台中港北堤。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

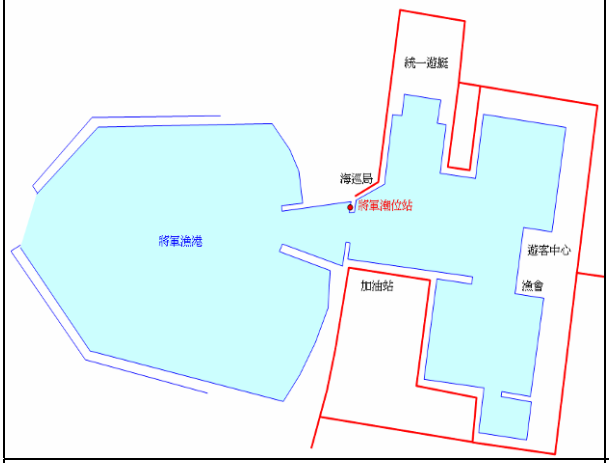
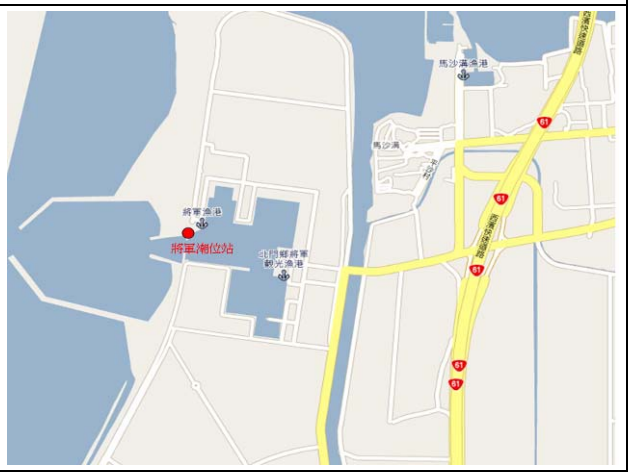
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>芳苑潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2000 年 11 月　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1446</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2645757</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG38</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>178450</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>無資料</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月 01 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.24)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：彰化縣芳苑鄉新街村西邊堤防外潮間帶內
2. 交通：由台 17 線南下至芳苑鄉新街村見新中路右轉，沿村中道路抵達新街海堤，到出入海管制站停車。下車後沿潮間帶水泥路步行 700 公尺，潮位站位於潮間帶內。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、崔潤明(坐標資料來自中央氣象局，僅提供導引使用參考)</td></tr>
</table>

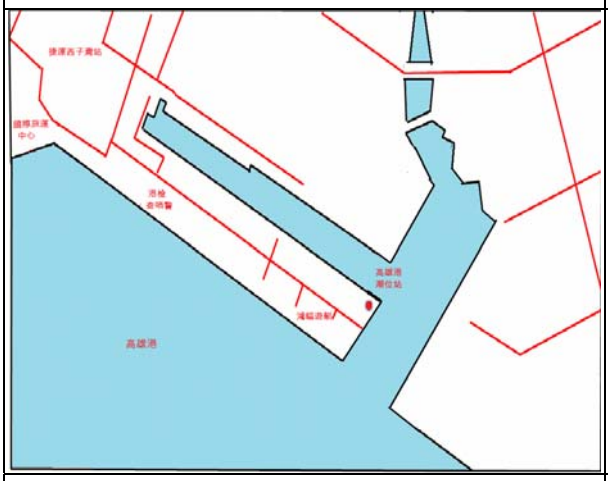
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>麥寮潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2005 年 10 月　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1455、1456</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2629876</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG39</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>165381</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>無資料</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月 13 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.26)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：雲林縣麥寮鄉麥寮工業區專用港
2. 交通：由國道 1 下西螺交流道，轉縣 154 至麥寮工業區後，依路標行駛至麥寮工業專用港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">詹世印</td></tr>
</table>

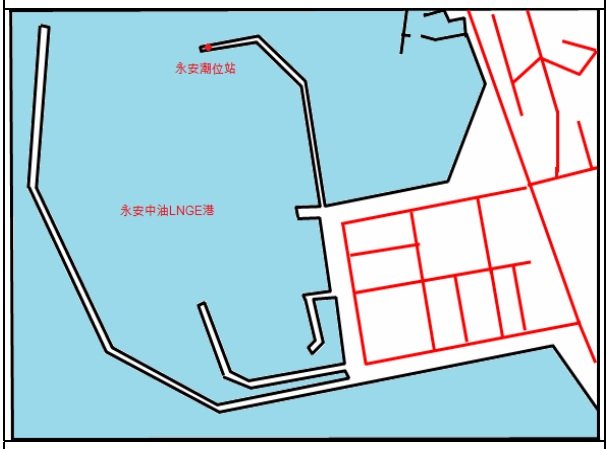
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>箔子寮潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2004 年 01 月 01 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1156</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2613061</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG08</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>161997</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>4.396</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月 01 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.27)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：雲林縣四湖鄉箔子寮漁港
2. 交通：由中山高速公路下斗南交流道接 158 甲縣道，後接台 17 線往南右轉 160 線直行抵三條崙海水浴場，往南經產業道路即達。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、崔潤明</td></tr>
</table>

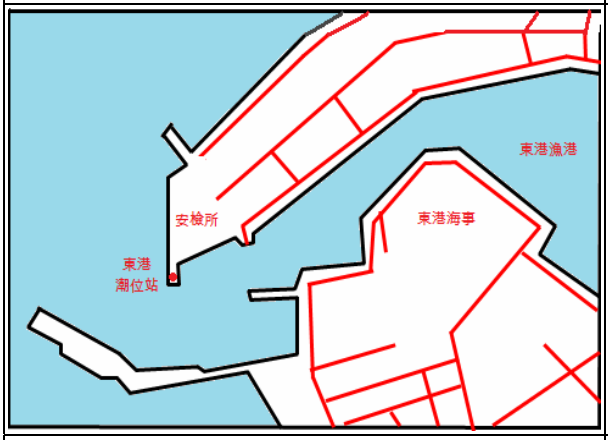
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>塭港潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2003 年 06 月 19 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1366</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2596229</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG09</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>160359</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>5.851</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月　日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.31)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：嘉義縣東石鄉塭港村漁港近海觀測樁
2. 交通：由濱海快速道路(台61)南下至東石一交流道（261.8km）下交流道右轉縣166道路往東石方向至縣166及縣168交會處，見東石鄉農會右轉前行500公尺，見東石鄉老人文康中心左轉前行800公尺，見塭港國小指示牌，依指示牌前行，見塭港漁港安檢所停車。下車後走上堤防，潮位站位於潮間帶內。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、胡泰龍(坐標資料來自中央氣象局，僅提供導引使用參考)</td></tr>
</table>

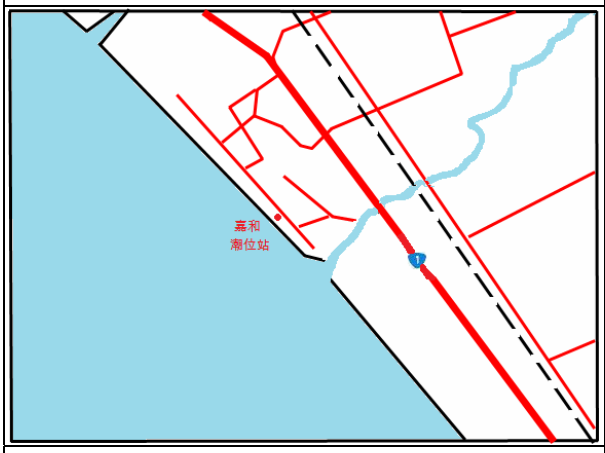
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>東石潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>1999 年 03 月 11 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1162</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2594292</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG10</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>161922</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>0.761</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Druck 1830 壓力式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月 01 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.31)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：嘉義縣東石鄉東石漁港
2. 交通：北上中山高轉入 82 號東西向快速公路，往西行下太保交流道後，右轉往縣政府方向接 168 縣道，即可抵達東石漁人碼頭。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、崔潤明</td></tr>
</table>

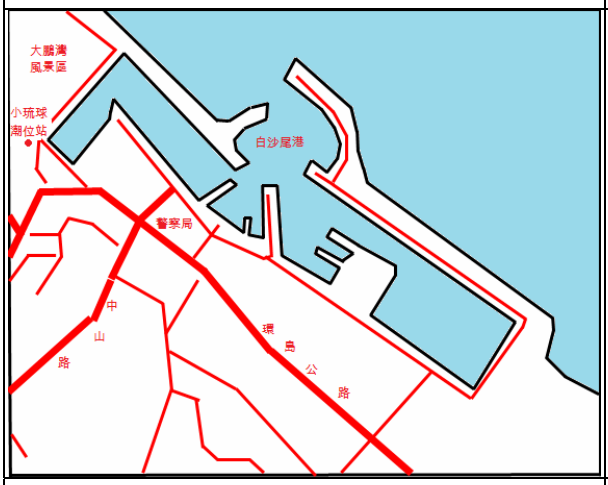
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>將軍潮位站</td><td colspan="2">設站日期</td><td>2002 年 01 月 01 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1176</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2568714</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG32</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>157885</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程(m)</td><td>2.430</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調查日期</td><td>2009 年 10 月 23 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.83)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：臺南縣北門鄉平沙村將軍漁港。
2. 交通：台 17 線轉南 18 線，依路標前進約 5-10 分鐘，即可抵達。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、林英爵</td></tr>
</table>

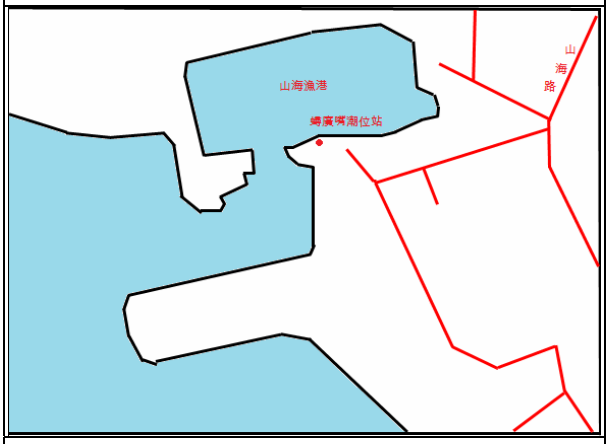
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>高雄潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>1993 年　　月　　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1486</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2501764</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG12</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>176833</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>1.483</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>內政部</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=1.14)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：高雄市鼓山區高雄港 10 號碼頭
2. 交通：高雄市鼓山區七賢三路轉蓬萊路直走約 5-10 分鐘，進入港區至 10 號碼頭，即可抵達。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、崔潤明</td></tr>
</table>

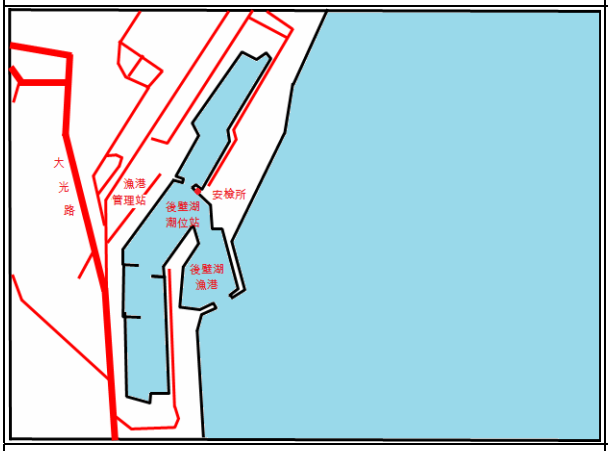
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>永安潮位站/氣象站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2003 年 09 月　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1786</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2524447</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG11X</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>167618</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>4.203</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">全日潮型(FF=1.86)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：高雄縣永安鄉永安中油天然氣廠 LNG 港北側防波堤堤頭
2. 交通：台 17 線轉新華路，接液化天然氣接收站聯絡道路抵達中油天然氣廠，入廠後依路標前進至北側防波堤堤頭即達。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、崔潤明</td></tr>
</table>

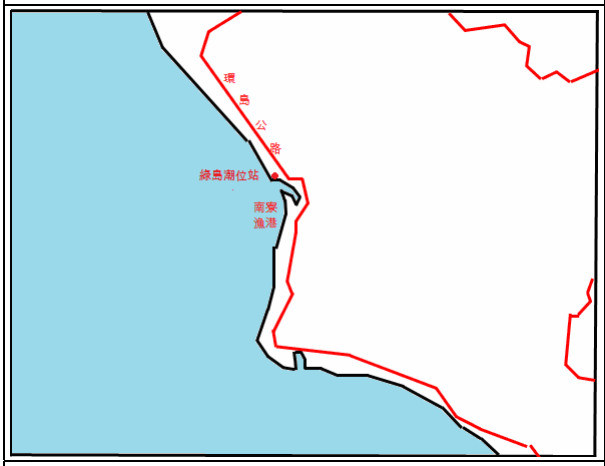
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>東港潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2003 年 12 月 10 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1186</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2485172</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG33</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>192203</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.478</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=1.01)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：屏東縣東港鎮東港漁港
2. 交通：東港鎮中山路接新生三路直走到底，下車步行 5-10 分鐘至安檢所旁堤頭，既可抵達。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、崔潤明</td></tr>
</table>

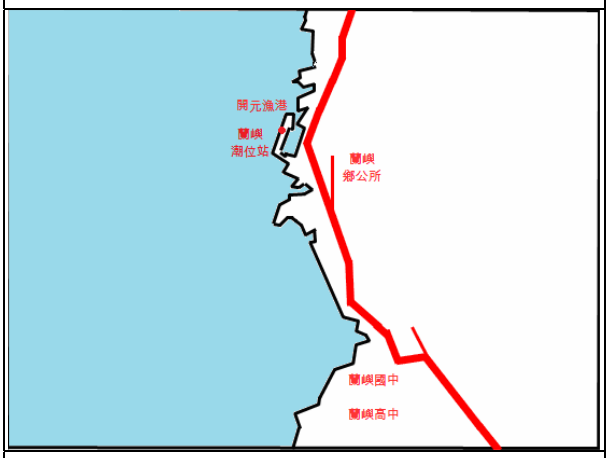
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>嘉和潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2003 年 08 月　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1795</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2469070</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG13</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>211836</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>7.469</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>壓力式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 月 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.88)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：屏東縣枋山鄉嘉祿堂的海堤上
2. 交通：南下台 1 線右轉國中路後接枋山路，順著小徑至海堤，後沿著海堤即可抵達潮位站。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、崔潤明</td></tr>
</table>

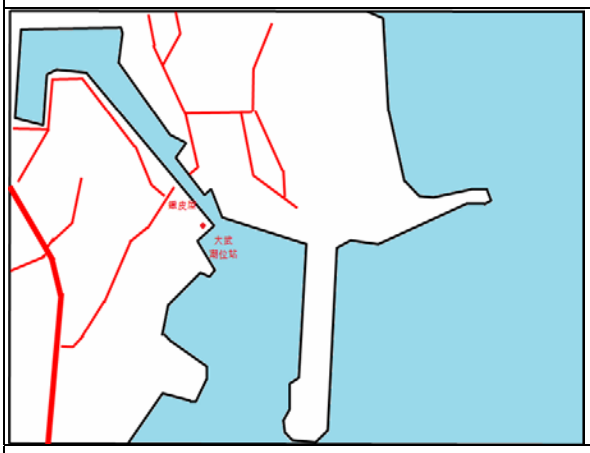
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>小琉球潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2002 年 01 月 01 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1386</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2472836</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG74</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>186262</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>3.430</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月　日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=1.06)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：屏東縣琉球鄉琉球漁港
2. 交通：由國道一號高速公路南下，由小港機場出口沿省道十七號公路往東港行駛即可抵達東港碼頭，再搭交通船到小琉球。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲(申請排除調查作業，僅作資料蒐集。坐標資料來自中央氣象局，僅提供導引使用參考)</td></tr>
</table>

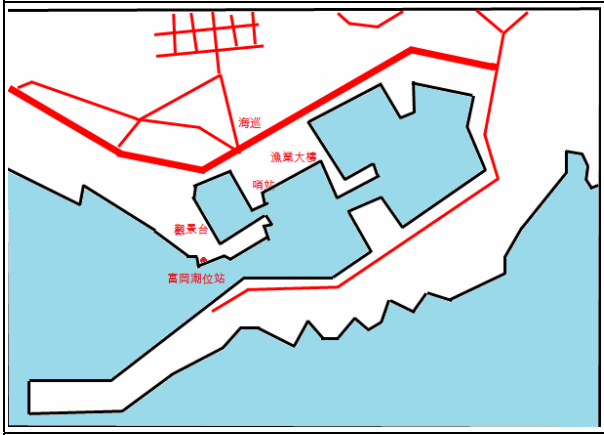
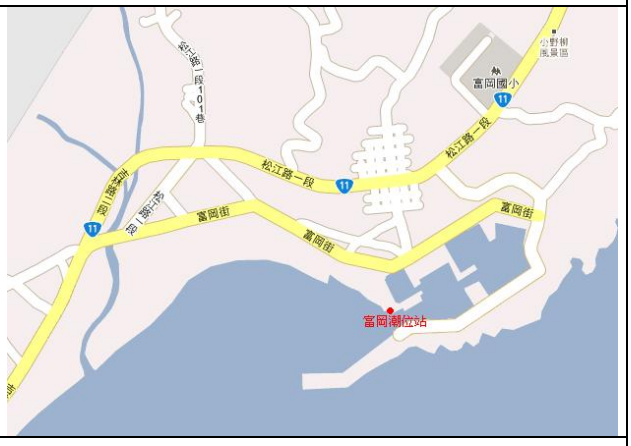
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>恆春(蟳廣嘴)潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2000 年 10 月　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1496</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2432007</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG14</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>220263</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>1.800</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.85)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：屏東縣恆春鎮山海漁港
2. 交通：台 26 線南下至天鵝湖飯店右轉直走到底，右轉往關山方向前 行約 2 公里遇到 T 字路口往萬里桐右轉進去，往前約 3 分鐘車程會看到【山海漁港】招牌，往左側進入遇到圓環在往左邊進入，看到黑松海產左轉滑下坡就抵達漁港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、崔潤明</td></tr>
</table>

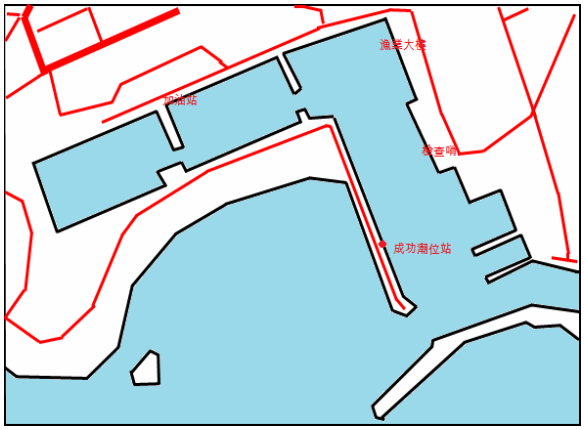
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>恆春(後壁湖)潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2007 年 11 月 19 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1196</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2427579</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG34</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>223685</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>1.886</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.84)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：屏東縣恆春鎮後壁湖海巡隊前方
2. 交通：南下中山高速公路由小港機場下交流道沿台 17 線往南直走至水底寮接屏鵝路，即可到達。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲、崔潤明</td></tr>
</table>

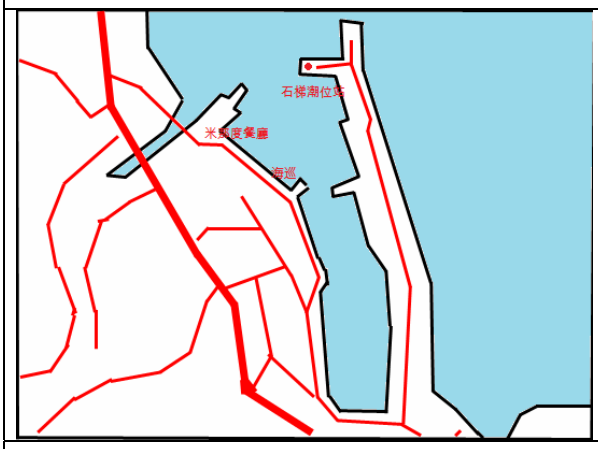
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>綠島潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2001 年 10 月　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1676</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2506955</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG76</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>297762</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.650</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月　日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.62)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：台東縣綠島鄉南寮漁港北防波堤碼頭
2. 交通：由台東航空站搭飛機，台東-綠島航線(德安航空)。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲(申請排除調查作業，僅作資料蒐集。坐標資料來自中央氣象局，僅提供導引使用參考)</td></tr>
</table>

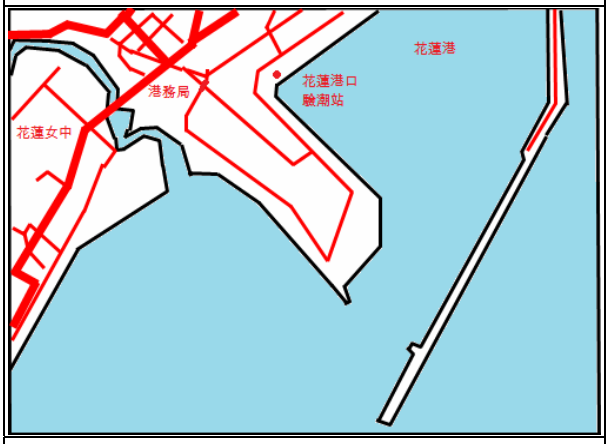
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>蘭嶼潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2007 年 11 月 18 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1396</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2440250</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG75-1</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>301573</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.368</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月　　日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.61)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：台東縣蘭嶼鄉開元漁港
2. 交通：由台東富岡漁港搭乘交通船行駛來回蘭嶼開元港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲(申請排除調查作業，僅作資料蒐集。坐標資料來自中央氣象局，僅提供導引使用參考)</td></tr>
</table>

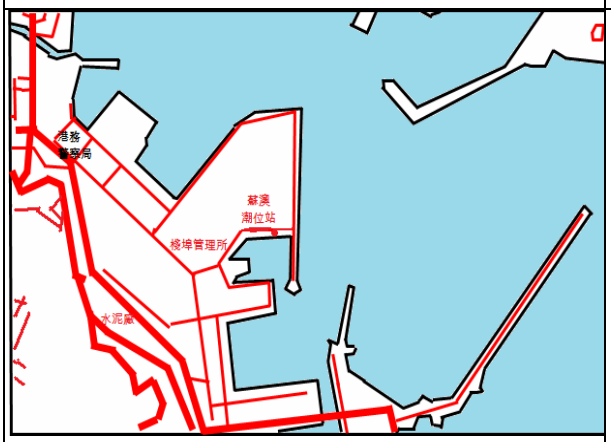
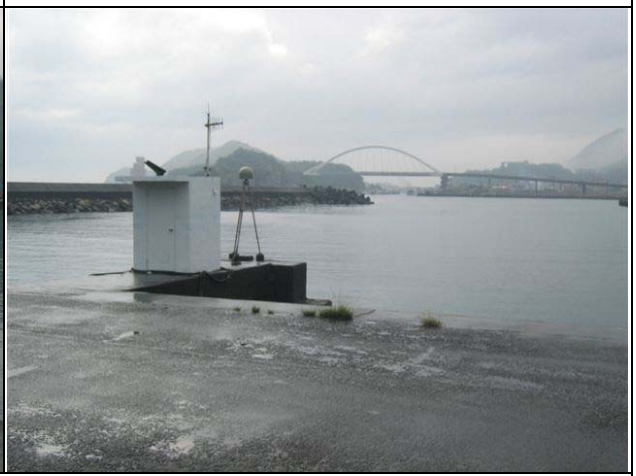
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>大武潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2003 年 09 月　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1596</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2470908</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG15</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>239289</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>3.005</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 30 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.75)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：台東縣大武鄉尚武村大武漁港
2. 交通：從台東市轉台九省道往南行駛，約 450 公里處，在尚武村 7-11 對面進入，行駛下去即到達。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

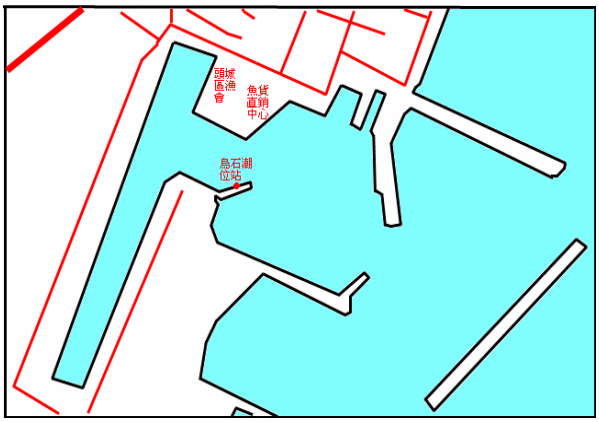
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>台東(富岡)潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2000 年 10 月　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1585、1586</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2521130</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG16-1</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>269727</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.329</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 30 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.64)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：台東市富岡街富岡漁港
2. 交通：由台東市轉台 11 號省道，往北行駛約 163.5K 接富岡街，進入富岡漁港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

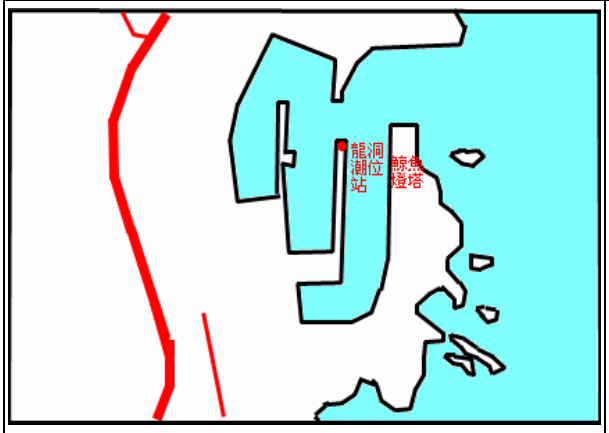
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>成功潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2002 年 01 月 01 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1276</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2555102</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG17-1</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>288923</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.666</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 30 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.61)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：台東縣成功鎮新港漁港
2. 交通：由台東市轉台 11 省道，約 116 公里處轉五權路至水產試驗所台東分所，依新港漁港指標前進約 150 公尺。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

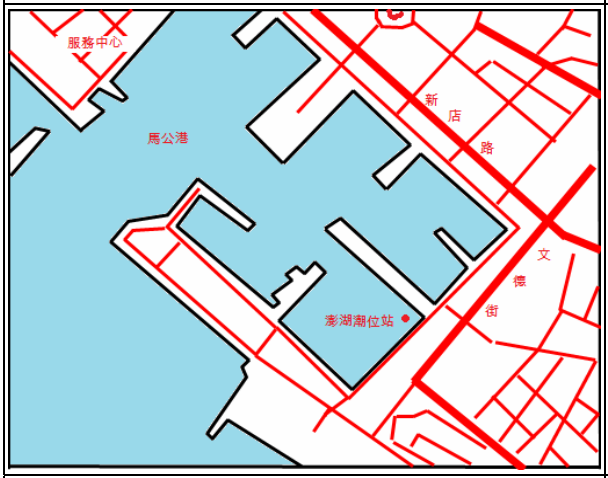
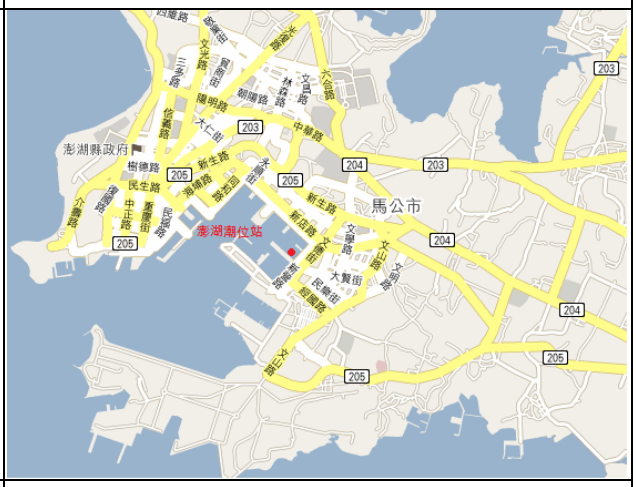
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>石梯潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2001 年 11 月　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1566</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2599164</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG18</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>301699</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>4.282</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 30 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.58)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：花蓮縣石梯灣石梯漁港
2. 交通：由花蓮出發，沿濱海公路南下，往豐濱、長濱、台東方向，在台 11 線 64.5 公里處， 行程約為 1 小時 10 分鐘。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

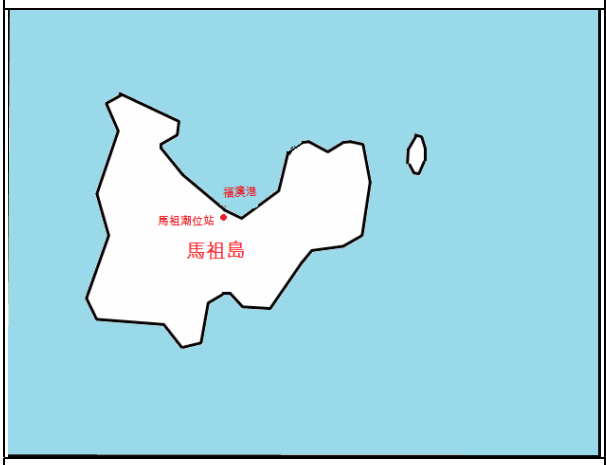
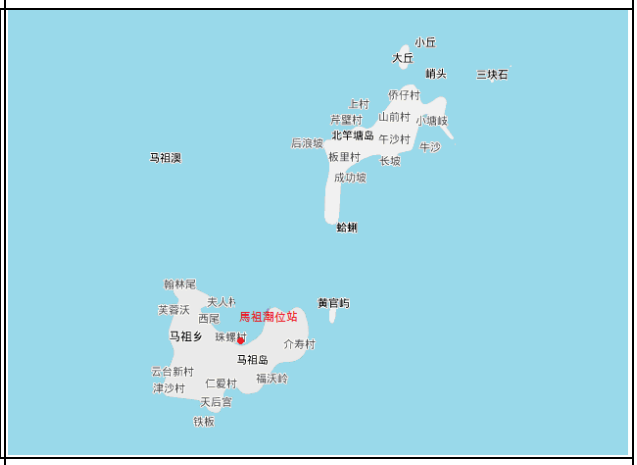
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>花蓮港口驗潮站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2003 年 12 月 05 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1256</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2653004</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG19</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>313468</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.491</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>交通部中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 30 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.57)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：花蓮縣花蓮市花蓮港
2. 交通：花蓮火車站直行，右轉國聯一路，左轉中山路，直行到底，左轉海岸路（台 11 省道）、直行約 800 公尺到達花蓮港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

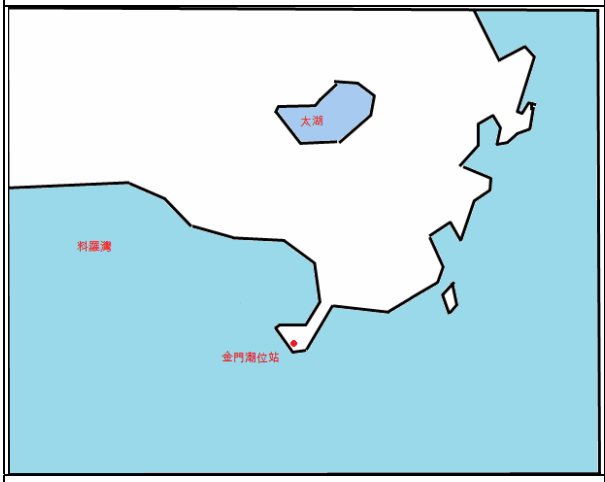
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>蘇澳潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2005 年 10 月 18 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1246</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2720918</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG20</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>337813</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.212</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=0.60)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：宜蘭縣蘇澳鎮蘇澳港
2. 交通：由國道 5 號下蘇澳交流道，接濱海公路（台 2 省道）往蘇澳方向，直走經過蘭陽隧道左轉即可到達蘇澳港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

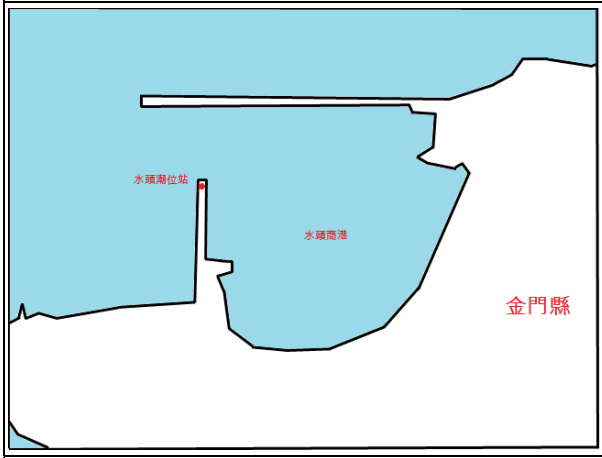
<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>頭城(烏石港)潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2006 年 01 月 14 日</td></tr>
<tr><td>潮位站編號</td><td>1236</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2751328</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG35</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>334648</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.024</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=1.05)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：宜蘭縣頭城鎮烏石港
2. 交通：由國道五號北宜高速公路，過雪山隧道由頭城交流道下往台 2 庚線方向接省道 2 號，過頭城火車站即可到達烏石港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>龍洞潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2001 年 04 月 26 日</td></tr>
<tr><td>潮位站編號</td><td>1226</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2776880</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG21</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>342599</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.789</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 10 月 31 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">混合潮型(FF=1.06)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：台北縣貢寮鄉和美村遊艇港
2. 交通：由國道一號八堵交流道下接省道台 62 線，轉台 2 省道上，龍洞四季灣休息站進入到達遊艇港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">林英爵、詹世印</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>澎湖(馬公)潮位站</td><td>設　站　日　期</td><td colspan="2">2007 年 11 月 25 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1356</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2607198</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG73</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>104829</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>1.839</td><td>潮位站管理機關</td><td colspan="2">中央氣象局</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>音波式潮位儀</td><td>調　查　日　期</td><td colspan="2">2009 年 11 月　　日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.41)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：澎湖縣馬公市馬公港
2. 交通：可從台北、台中、台南、嘉義、高雄機場搭乘台灣一馬公航線至馬公。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲(申請排除調查作業，僅作資料蒐集。坐標資料來自中央氣象局，僅提供導引使用參考)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>馬祖潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>1998 年　　月　　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1926</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2894798</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG71-1</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>344252</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>2.423</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>內政部</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月　　日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.20)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：連江縣南竿鄉福澳港
2. 交通：可搭乘北竿、東引、莒光之交通船，以及往來東引、基隆之台馬輪至福澳港。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲(申請排除調查作業，僅作資料蒐集。坐標資料來自中央氣象局，僅提供導引使用參考)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>金門 (料羅灣) 潮位站</td><td colspan="2">設 站 日 期</td><td>2000 年 11 月 日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1956</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2700396</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>TG72X</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>192191</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>3.736</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>音波式潮位儀</td><td colspan="2">調 查 日 期</td><td>2009 年 11 月 日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.25)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：金門縣金湖鎮料羅灣金門港務處大樓前南岸碼頭上
2. 交通：自金城沿中央公路、環島南路可抵。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲(申請排除調查作業，僅作資料蒐集。坐標資料來自中央氣象局，僅提供導引使用參考)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>潮位站名稱</td><td>水頭潮位站</td><td colspan="2">設　站　日　期</td><td>2003 年 09 月　日</td></tr>
<tr><td>中央氣象局代碼</td><td>1966</td><td rowspan="2">TWD 97 坐標</td><td>縱坐標 N (m)</td><td>2701846</td></tr>
<tr><td>參考水準點</td><td>KM28</td><td>橫坐標 E (m)</td><td>177915</td></tr>
<tr><td>參考水準點高程 (m)</td><td>4.143</td><td colspan="2">潮位站管理機關</td><td>經濟部水利署</td></tr>
<tr><td>潮位儀種類</td><td>Aquatrak 音波式潮位儀</td><td colspan="2">調　查　日　期</td><td>2009 年 11 月　日</td></tr>
<tr><td>潮型分析結果</td><td colspan="4">半日潮型(FF=0.26)</td></tr>
<tr><td colspan="2">位置詳圖</td><td colspan="3">位置略圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">照片 1</td><td colspan="3">照片 2</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>潮位站地址</td><td colspan="4">1. 地址：金門縣金城鎮水頭商港東防波堤堤頭
2. 交通：於金城可搭 6、7 路公車，在「水頭」、「水頭圓環」或「水頭村莊」站下車。</td></tr>
<tr><td>調查人員及備註</td><td colspan="4">黃建哲(申請排除調查作業，僅作資料蒐集。坐標資料來自中央氣象局，僅提供導引使用參考)</td></tr>
</table>

附錄五

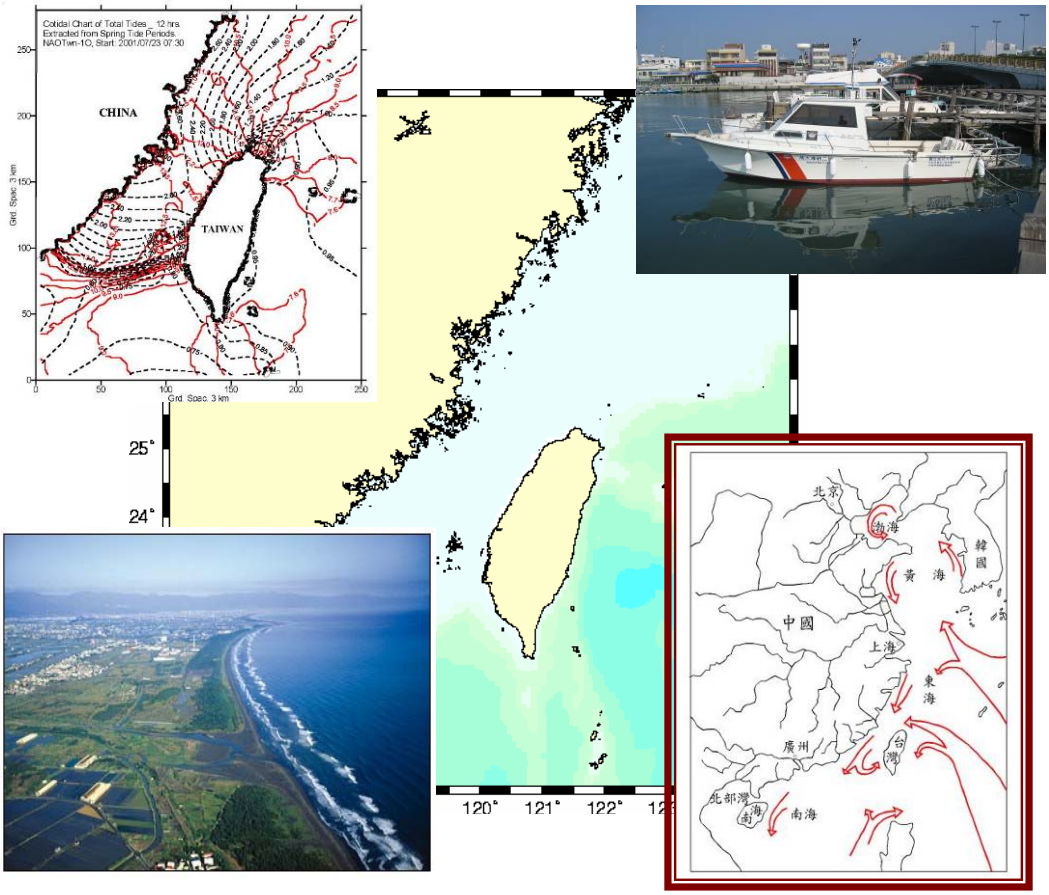
技術研習活動計畫書

內政部國土測繪中心
National Land Surveying and Mapping Center

內政部國土測繪中心

98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

技術研習活動計畫書



委辦機關：內政部國土測繪中心
執行單位：財團法人成大水利海洋
研究發展文教基金會

中華民國 99 年 6 月

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金

一、計畫背景

臺灣海域潮汐受天文潮與海峽內淺水化效應影響，潮汐變化極大，造成近岸與離岸海域有顯著潮時及潮位的差異，目前國內測深資料的潮位修正方法係引用最鄰近潮位站之潮汐觀測資料辦理，此種修正方式易因近岸與外海潮位不同，致影響水深測量成果精度。

內政部國土測繪中心為解決潮位差異對水深測量成果之影響，於 98 年度委託本基金會執行「臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」，分析臺灣海域近岸及離岸潮汐的差異，建立潮位分區（Tidal Zone），並以臺灣西部海域(桃園彰化間為限)進行測試作業，據以建立水深測量修正模式，提升海域水深測量精度，提供後續辦理海域測量應用及科學研究分享使用。

依內政部國土測繪中心「98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」委託辦理案需求規格書工作項目規定，本基金會應提供至少1次5小時之技術研習活動，課程內容應包括潮位模式理論、潮位對水深測量影響、實地測試作業研習，活動日期、場地（需可容納50個以上學員空間）、課程及相關細節需由　貴中心同意始得為之，活動應於合約期程內辦理完竣，活動所需經費（場地、儀器設備、船租、講師、教材、餐費）由本基金會負責。爰此本基金會研擬本計畫書，作為「98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」案技術研習活動執行之依據。

二、研習活動日期、地點

1. 研習活動日期~99 年 6 月 25 日(星期五)

本基金會於99年6月7日(成大水基字第101號函)函請 貴中心就6月25日、7月2日、7月9日擇一日期或由貴中心指定日期辦理本技術研習活動，經 貴中心回函(99年6月9日測形字第0990005857號函)指示於99年6月25日（星期五）辦理。

2. 研習活動地點~臺南市維悅統茂酒店(東悅坊)及觀光遊艇碼頭

（1）室內研習：

- 場地：臺南市維悅統茂酒店~東悅坊(照片 1)
- 地址：臺南市安平區慶平路 539 號 B1
- 電話：062997755
- 場地交通說明(圖 1)：

南下：中山高(下永康交流道右轉）--> 中正南路 --> 右轉中華北路 --> 直走中華西路 --> 右轉安平路 --> 左轉華平路過望月橋 --> 右轉慶平路即達。

北上：中山高(下仁德交流道左轉）--> 東門路 --> 左轉林森路 --> 直走至健康路三段 --> 右轉國平路到底即達。

（2）室外研習：

- 場地：臺南市觀光遊艇碼頭(照片 2)

- 場地交通說明(圖 2)：

由維悅統茂酒店沿慶平路步行約 850m 可達(備有停車場)。





圖 1 室內研習場地交通說明



圖 2 室外研習場地交通說明



照片 1 維悅統茂酒店



照片 2 觀光遊艇海之戀號

三、研習活動內容

技術研習活動內容如下表 1 所示，包括潮汐模式理論、潮位對水深測量影響、潮位模式之程式規劃與測試、實地測試作業研習(計 6 小時)。

表 1 技術研習活動內容

研習項目	課 程 內 容	預計時間	地 點
1	潮汐模式理論 (潮汐概論、台灣環海潮汐特性、潮汐模式簡介)	1	維悅統茂酒店
2	潮位對水深測量影響 (水深測量之潮位修正、潮位分區方法及應用、潮位模式應用)	1	維悅統茂酒店
3	潮位模式之程式規劃與測試 (系統開發工具、系統架構、操作說明、系統測試)	1	維悅統茂酒店
4	實地測試作業研習 (含無驗潮修正之水深測量及以模式從事水深測量之潮高修正)	2.5	觀光遊艇碼頭、內港及安平外海
5	綜合座談	0.5	觀光遊艇碼頭

四、講座簡介及課程時間表

1. 講座簡介

(1) 莊文傑：交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員

(2) 顏沛華：成大水利及海洋工程系副教授

(3) 蔡宗旻：成大水利及海洋工程研究所博士生

(4) 龔興南：詮華國土測繪有限公司地理資訊部程式設計師

(5) 許泰文：前成大水利及海洋工程系教授兼系主任、所長，兼海洋事務所所長

2. 課程時間表

技術研習活動時間表如下表 2 所示：

表 2 技術研習活動時間表(99 年 6 月 25 日星期五)

節 次	時 間	課 程 內 容	講 座	地 點
0	09:00~09:20	報到	專案助理	維悅統茂酒店
	09:20~09:30	長官致詞	林燕山主任 許泰文教授	
1	09:30~10:20	潮汐模式理論 (潮汐概論、台灣環海潮汐特性、潮汐模式簡介)	莊文傑	
2	10:30~11:20	潮位對水深測量影響 (水深測量之潮位修正、潮位分區方法及應用、潮位模式應用)	顏沛華	
3	11:30~12:20	潮位模式之程式規劃與測試 (系統開發工具、系統架構、操作說明、系統測試)	龔興南	
12:20~13:10 午餐休息			-	
13:10~13:30 步行或開車至觀光遊艇碼頭			-	觀光遊艇碼頭
4	13:30~14:30	內港作業研習 (含無驗潮修正之水深測量及以模式從事水深測量之潮高修正)	顏沛華 蔡宗旻	安平內港浮台
5	14:30~16:00	出港作業研習	顏沛華 專案助理	安平外海
6	16:00~16:30	綜合座談	顏沛華 許泰文	觀光遊艇碼頭

五、課程內容概述

1. 潮汐模式理論

簡述潮汐概論、台灣環海潮汐特性及簡介諸潮汐模式，特別對本案採用之 NAO99b 模式提出說明。

2. 潮位對水深測量影響

簡述水深測量之誤差源、常用之潮位修正方法、如何應用潮位分區方法及潮位模式作水深測量之潮位修正。

3. 潮位模式之程式規劃與測試

簡述本案繳交之潮位模式系統開發工具、系統架構、操作說明、系統測試等。

4. 內港作業研習

在安平內港浮台上定點作無驗潮修正之水深測量及以潮位模式從事水深測量之潮高修正示範。

5. 出港作業研習

搭乘觀光漁船出港體驗。

6. 綜合座談

對本次研習活動提出建議及檢討。

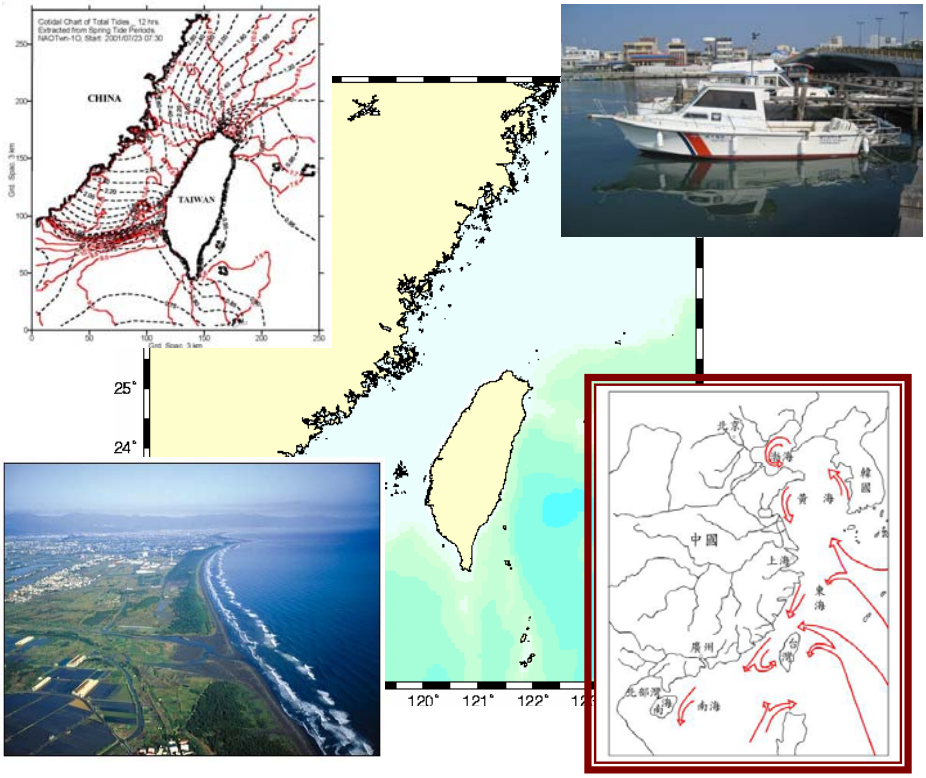
附錄六

技術研習資料

內政部國土測繪中心

98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

技術研習資料



委辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

中華民國 99 年 6 月 25 日

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金

98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫
技術研習活動

日　　期：2010 年 6 月 25 日

地　　點： 台南市維悅統茂酒店及觀光遊艇碼頭(漁人碼頭)

委辦機關：內政部國土測繪中心

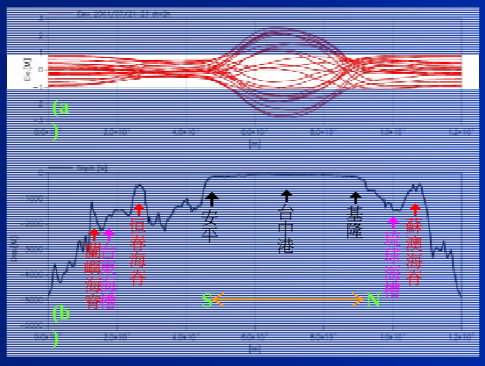
執行單位：財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

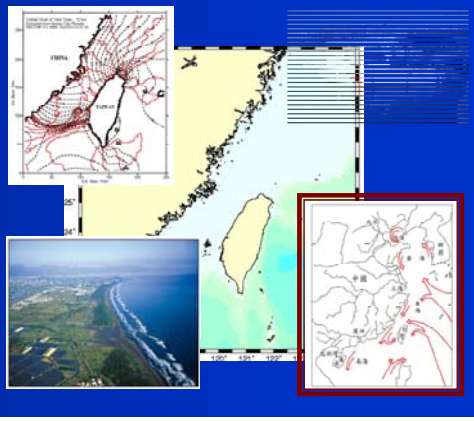
技術研習活動時間表

節 次	時 間	課 程 內 容	講 座	地 點
0	09:00~09:20	報 到	專案助理	維悅統茂酒店 B1
	09:20~09:30	致 詞	單位長官	
1	09:30~10:20	潮汐模式理論 (潮汐概論、台灣環海潮汐特性、潮汐模式簡介)	莊文傑	
2	10:30~11:20	潮位對水深測量影響 (水深測量之潮位修正、潮位分區方法及應用、潮位模式應用)	顏沛華	
3	11:30~12:20	潮位模式之程式規劃與測試 (系統開發工具、系統架構、操作說明、系統測試)	龔興南	
12:20~13:10 午餐休息			-	
13:10~13:30 步行或開車至觀光遊艇(漁人)碼頭			-	觀光遊艇(漁人)碼頭
4	13:30~14:30	內港作業研習 (含無驗潮修正之水深測量及以模式從事水深測量之潮高修正)	顏沛華 蔡宗旻	安平內港浮台
5	14:30~16:00	出港作業研習	顏沛華 專案助理	安平外海
6	16:00~16:30	綜合座談	顏沛華 許泰文	觀光遊艇(漁人)碼頭

98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫
技術研習活動
–潮汐模式理論–

莊 文 傑
交通部運輸研究所
港灣技術研究中心 研究員

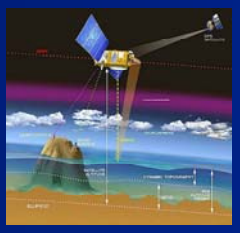


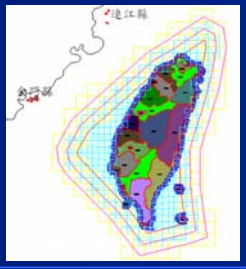


2010年6月25日星期五

潮汐模式理論
–內容概要–

- 潮汐概論
- 台灣環海潮汐特性
- 潮汐模式簡介
  - 特別針對本案採用之NAO99b模式





※我國海域基本圖測量範圍涵蓋近岸、領海及鄰接區海域，測深資料的潮位修正一般用最鄰近潮位站之潮汐觀測資料辦理，此種修正模式易因近岸與外海潮位不同造成水深測量的誤差。







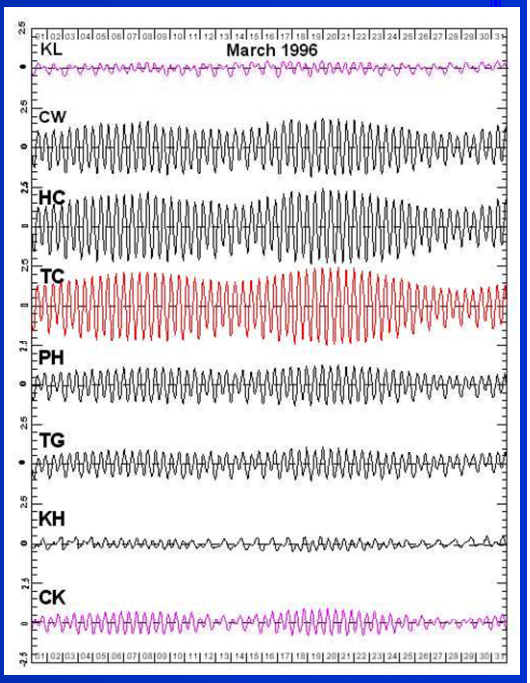


2010年6月25日星期五

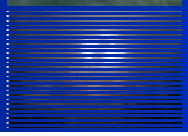
潮汐概論

- **潮汐**：海面水位之規律性漲落升降現象。在早上的稱爲「潮」；在晚上的稱爲「汐」。它是海洋的呼吸律動。
- **天文潮**：潮汐之驅動動力_引潮力主要來自天體彼此間之相對運動者。
- **氣象潮、氣壓潮、暴風潮或風浪潮**









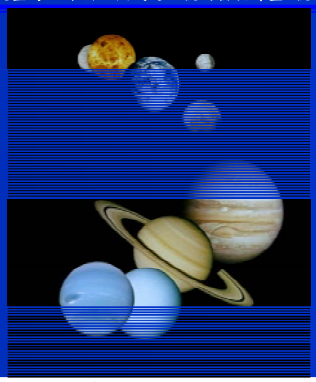
大海的呼吸

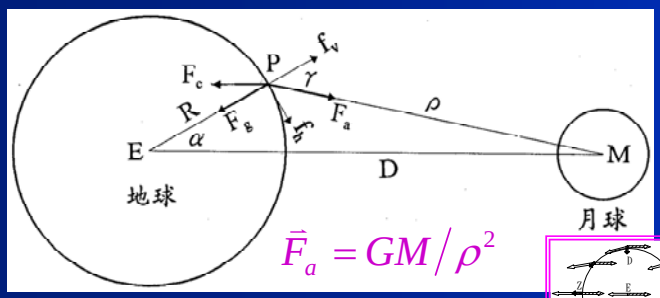
2010年6月25日星期五

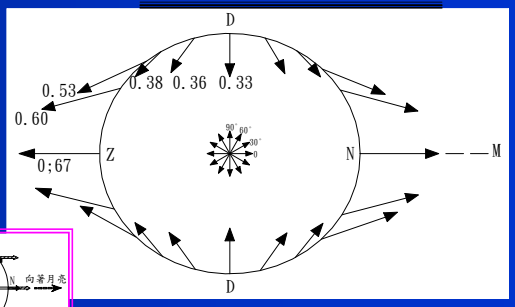
財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

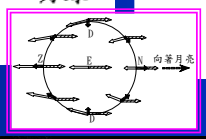
潮汐概論

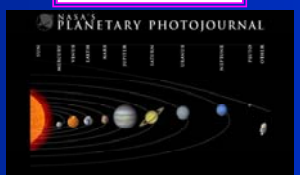
- **潮汐(天文潮) 形成的動力：**
  - **天體彼此間相對運動之引力：**
    離心力 ＋ 萬有引力 (Newton,1687)
    == 引潮力 (Laplace,1776)







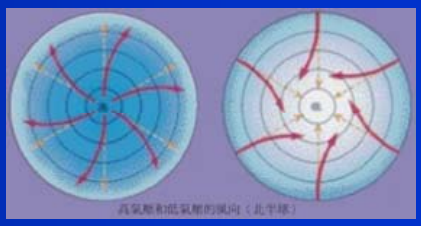




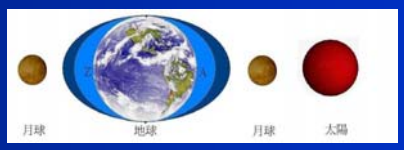
2010年6月25日星期五

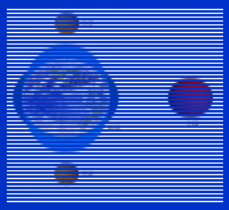
潮汐概論

- 影響潮汐運動的作用力
  - 地球自轉之偏向力：科氏力
    - 在地球上移動的物體都會受地球自轉產生的偏向力的影響而有偏向的趨勢，在北半球偏右，在南半球偏左，這種偏向力稱爲科氏力。
    - 因爲受「科氏力」的影響，北半球高壓的氣流是以順時針的方向偏右旋出去，低壓的氣流是以逆時針的方向偏左旋到中心。



- 影響潮汐變化之因子
  - 天體相對運動位置
    - 月球繞地球的軌道面（白道）和地球繞太陽的軌道面（黃道）有5°8.8'的交角。白道升交點沿黃道向西移動，約18.6年可繞行一周。地軸和黃道面的角度雖爲23°27.3'，但也不是一直不變的，而是以黃極爲軸做週期性的圓錐形運動，週期約爲25800年。
    - 地球的自轉 與公轉；月球繞地球的運動
  - 海岸地形與海水深度
  - 氣象
  - 海流



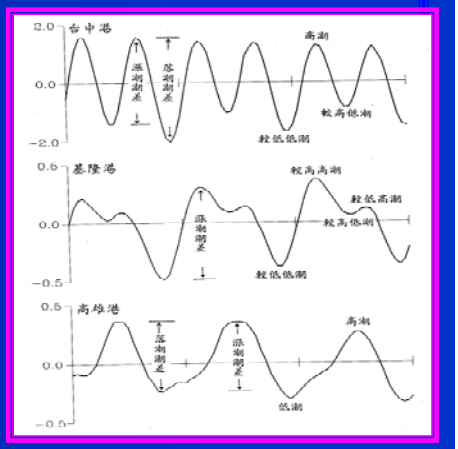


2010年6月25日星期五

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

潮汐概論_名詞定義

- 漲潮、退潮、滿潮、乾潮、平潮：
  - 當海面上升時稱為**漲潮**；海面下降時稱為**退潮**。從漲潮轉為退潮時，海面達到相對最高水位狀態，稱為**高潮或滿潮**；從退潮轉為漲潮時，海面達到相對最低水位狀態，稱為**低潮或乾潮**；在漲、退潮期間，有一段很短的時間，潮汐水位接近靜止海平面狀態，稱為**停潮或平潮**。
- 潮汐週期、半日潮、全日潮、混合潮、潮差、大潮、小潮：
  - 在某一特定地點的潮汐律動水位中，某一高潮至下一次相鄰高潮；或低潮至下一次相鄰低潮的相隔時間稱為**一潮汐週期**。通常，潮汐週期各地都不一樣，但**平均約為12時25分**。高潮和相鄰的低潮之水位差稱為**潮差**。潮差也有週期性，即潮差會由小變大，再由大變小，**週期平均約為14.77日**。潮差相對最大時稱為**大潮**；相對最小時稱為**小潮**。每天有兩次高潮兩次低潮稱為**日雙潮或半日潮**，兩次高潮之較高水位稱為**較高高潮**，較低的稱為**較低高潮**，兩次低潮也可分為**較高低潮**和**較低低潮**；每天僅有一次高潮一次低潮稱為**日單潮或全日潮**。而實際的潮汐漲落現象並不單純為半日潮或全日潮時，此種潮汐稱為**混合潮**。

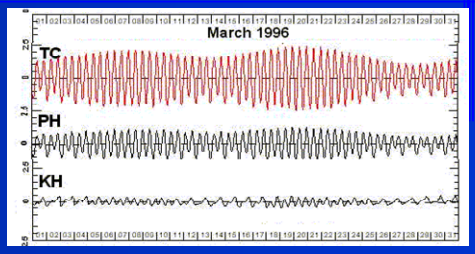


劉文俊，1999，“台灣的潮汐”

2010年6月25日星期五

潮汐概論_分類

- 依天體(太陽_地球_月亮)間之相對位置
  - 大潮（朔或望以後一至三日）
  - 小潮（在上、下弦以後一至三日）
- 分潮
  - 引潮力來源不同與大小差異；地球面上陸地形狀與海洋水深變化的複雜影響，因此，實際上海洋的潮汐應是由許多小水位變動成分所組成，每成分稱為**分潮**（constituent），**各分潮並具有其特定之週期**。
- 分潮之分類：
  - 依據**天體主要引潮力來源的不同**，大致可區分爲**太陰潮**(lunar tides)、**太陽潮**(solar tides)和**日月合成潮**(lunisolar tides)等三類。
  - 依據**潮汐週期長短來區分**，則可區分爲**長週期潮**、**全日潮**、**半日潮**、**1/3日週潮**、**1/4日週潮**等類型。而**依據分潮來劃分**，則潮汐一般含有：**主太陰半日潮**、**主太陽半日潮**、**主太陰橢率潮**、**主太陰全日潮**、**主太陽全日潮**及**主太陽日週潮**等六個主要分潮分量。
  - 當潮汐自大洋傳向淺海的過程中，**由於陸地形狀與海洋水深變化的影響**，促使潮汐波動(潮波)及波形傳播速度(波速)發生變化，因而衍生**倍潮**(overtides)及**複合潮**(compond tides)。**倍潮之角頻率(週期的倒數)通常爲主要分潮角頻率之整數倍**，如 $\mathbf{M_4}$ (1/4太陰日週潮)和$\mathbf{S_6}$ (1/6太陽日週潮)等；而**複合潮之角頻率則爲兩個分潮或倍潮的和或差**，如$\mathbf{MS_4}$的角頻率由$\mathbf{M_2}$與$\mathbf{S_2}$分潮角頻率的和構成，$\mathbf{2MS_2}$的角頻率則爲$\mathbf{M_4}$與$\mathbf{S_2}$分潮角頻率的差。

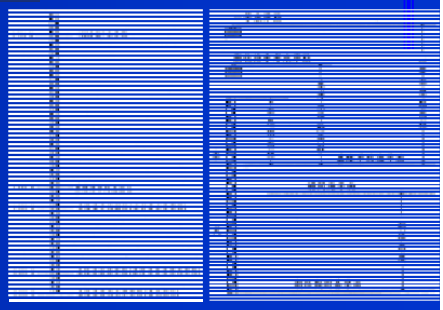


潮別	分潮代號 Name	分潮名稱 Constituents	頻率 (1/T) (Cycles/hour)	週期 (T) (Hours/cycle)
半日週潮	K_2	日月合成半日週潮 Luna-solar semi-diurnal	0.0835614924	11.96723480
	S_2	主太陽半日週潮 Principal solar	0.0833333333	12.00000000
	M_2	主太陰半日週潮 Principal lunar	0.0805114007	12.42060120
	N_2	主太陰橢率潮 Large lunar elliptic	0.0789992488	12.65834821
	$2N_2$	二次太陰橢率潮 Lunar elliptic second order	0.0774870970	12.90537443
	O_2		0.0774613089	12.90967083
	$2NS_2$		0.0746651643	13.39312663
日週潮	K_1	日月合成日週潮 Luna-solar diurnal	0.0417807462	23.93446961
	P_1	主太陽日週潮 Principal solar diurnal	0.0415525871	24.06589023
	O_1	主太陰日週潮 Principal lunar diurnal	0.0387306544	25.81934169
	Q_1	主太陰橢率潮 Larger lunar elliptic	0.0372185026	26.86835660
倍潮	S_4	太陽 1/4 日週潮 Solar 1/4 over tides	0.1666666667	6.00000000
	M_4	太陰 1/4 日週潮 Lunar 1/4 over tides	0.1610228013	6.21030060
長週期潮	Mm	太陰月週潮 Lunar monthly	0.0015121518	661.30926802
	Sa	太陽年週潮 Solar annual	0.0001140741	8766.23177391

2010年6月25日星期五

潮汐概論_水位基準

- 平均水位：一個水域的平均水面高度。
- 平均潮位：某一地點於十九年週期間，所有水位高度的平均值。
- 平均低潮位：所有低潮水位高度的平均值(M.L.W.)。
- 平均大潮較低低潮位：所有大潮時，較低低潮之平均高度 (L.L.W.S.)。
- 平均較低低潮位：所有較低低潮之平均高度 (M.L.L.W.)。
- 平均大潮高潮：所有大潮時，其高潮之平均高度 (M.H.W.S.)
- 平均小潮高潮：所有小潮時，其高潮之平均高度 (M.H.W.N.)
- 平均較高高潮：所有較高高潮高度的平均值 (M.H.H.W.)
- 平均高潮：所有高潮高度的平均值 (M.H.W.)
- 月潮間隙：**月球中天過某地方子午線或格林威治子午線之時間，與次一高潮或低潮之時間間隔，稱爲高潮間隙或低潮間隙。所有高潮間隙之平均數稱爲平均月高潮間隙或高潮間隙**；所有低潮間隙之平均數稱爲平均月低潮間隙或低潮間隙。當有週日不等時，有可分爲較高高潮間隙、較低高潮間隙、較高低潮間隙、較低低潮間隙。
- 平衡潮：假設海水只在月球和太陽起潮力的影響下，所形成的潮汐；而不考慮海底水深地形、海底摩擦、海水密度、海流、慣性、氣壓等其他影響因素。
- 無潮點：無潮汐漲落之地點，即同潮時線聚會點。
- 調和分析：將某地觀測所得之潮汐資料，分解成許多有固定週期的單一分潮，所採用的數學方法。
- 驗潮站：觀測潮汐的地點。可分爲主驗潮站和次驗潮站兩種。主驗潮站是指有長期的完整的觀測記錄，可據以分析當地潮汐特性者；而次驗潮站則是爲特定目的而做短期觀測，以求取所需資料者。



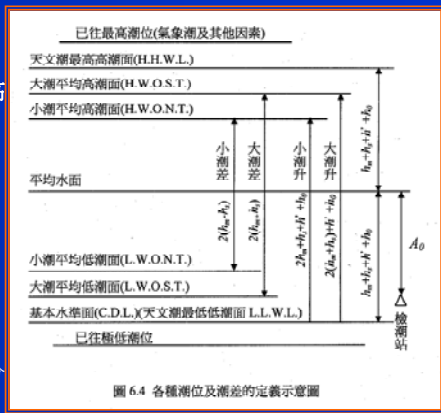
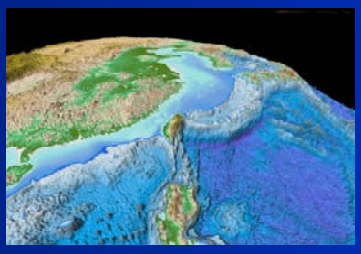


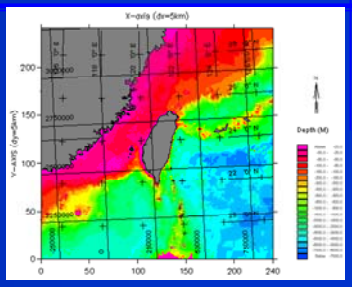
圖 6.4 各種潮位及潮差的定義示意圖

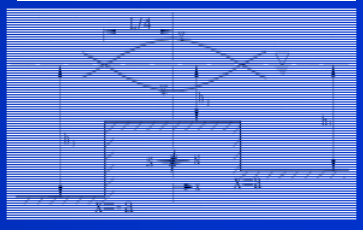
劉文俊，1999，“台灣的潮汐”

台灣環海潮汐特性

- 臺灣鄰近海域水深地形特性
  - 座落東亞大陸棚架邊緣，臺灣東部海岸為陸棚邊緣之一部分。
  - 總體而言，臺灣海峽相對於台灣東部海域之地形，其只不過是深海中一水深極淺之狹長潛沒陸架平台而已。
- 淺水長波：
  - 潮汐為長週期波動，主要之構成成分有半日型及全日型兩類，半日型分潮代表週期約12小時，在平均水深僅約80米之台灣海峽水域，其代表波長約1,200公里，具長波特性。即使在深達5,000米之太平洋海域，其波動仍屬淺水長波之範疇。







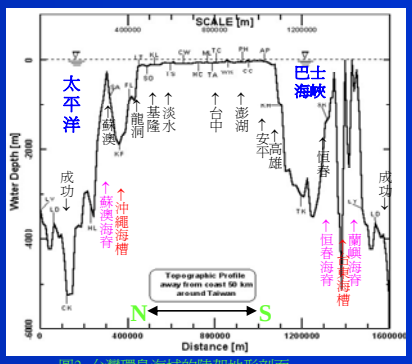


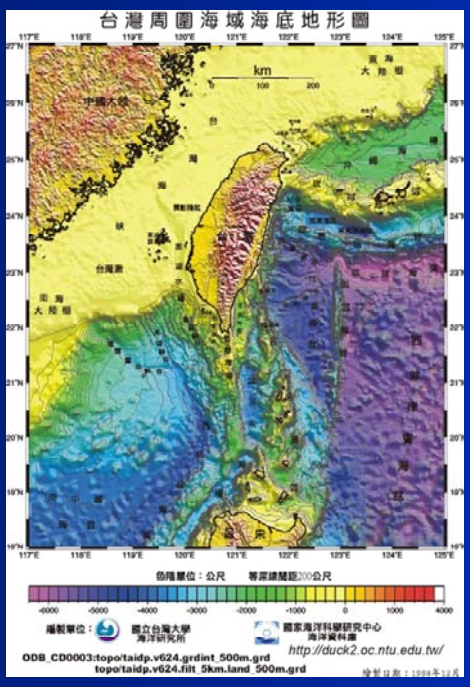
圖2 台灣環島海域的陸架地形剖面

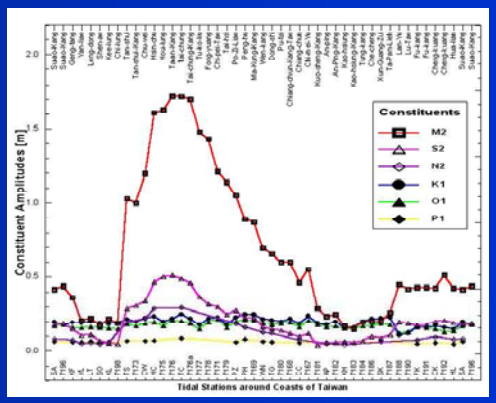
2010年6月25日星期五

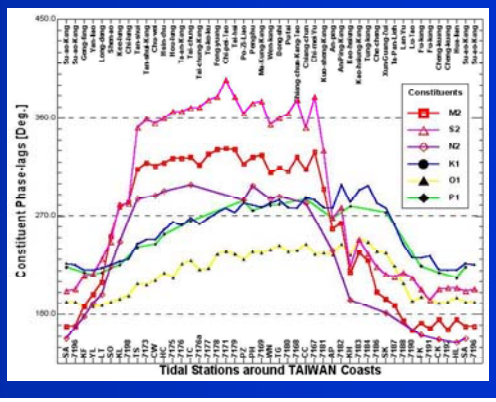
財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

台灣環海潮汐特性

- 分潮振幅(潮差)與相位(潮時)





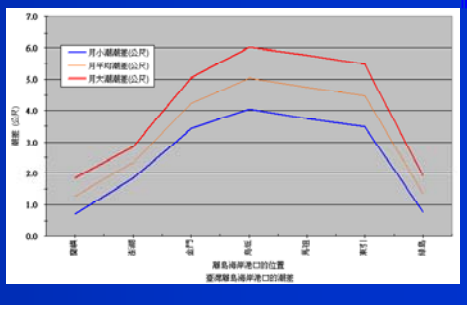


2010年6月25日星期五

台灣環海潮汐特性

潮差

- 在台灣環島海域，潮差以台灣北部海域最小、南部次之，中西部海域潮差最大。其中值得注意的是，環島潮差約呈紡錘型；南北約具對稱特性。



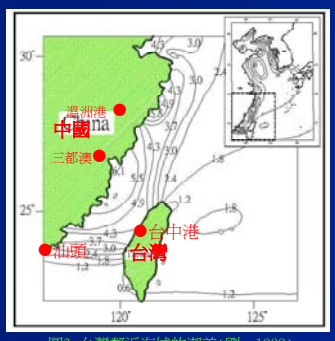
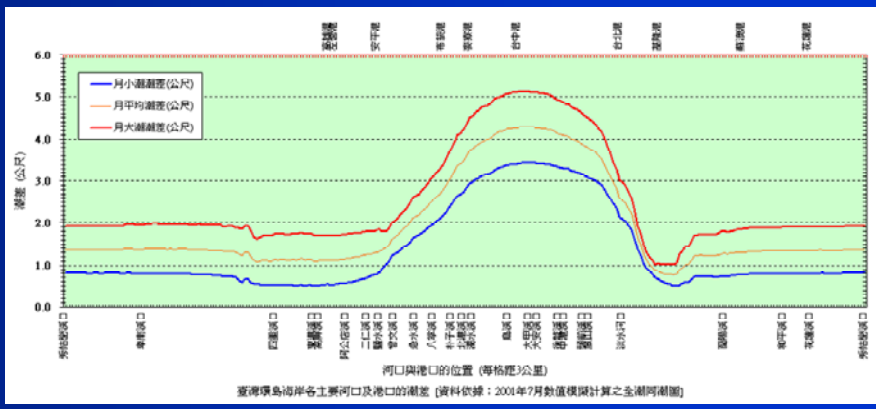


圖3 台灣鄰近海域的潮差(劉，1999)



2010年6月25日星期五

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

台灣環海潮汐特性

潮時

- 台灣東部潮時最早，南端之南灣與北端之福隆相當，高雄與鼻頭角近似，將軍與石門、淡水潮時相同，近中部海域之澎湖、台西則與台中港相當。

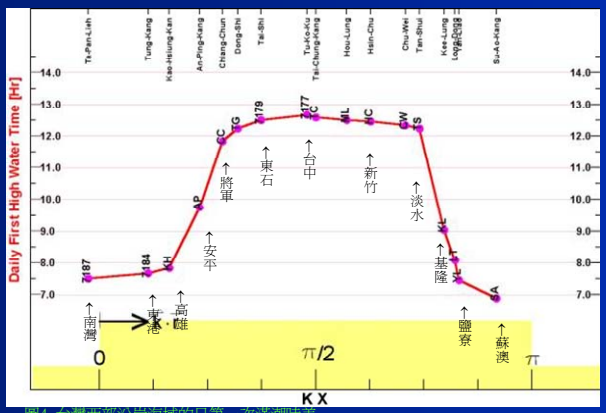
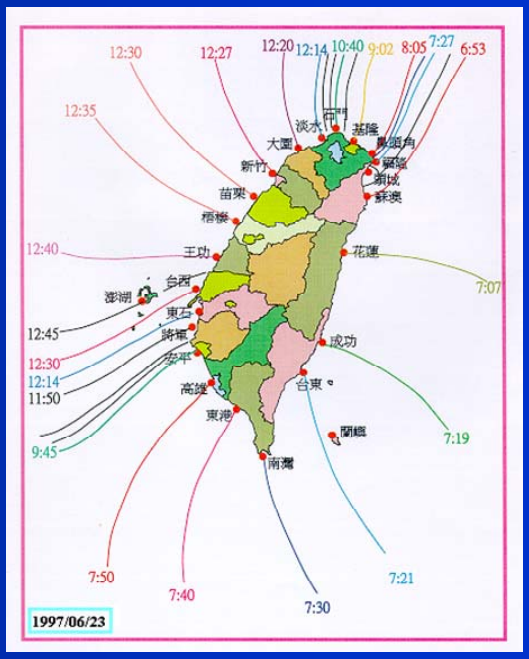


圖4 台灣西部沿岸海域的日第一次滿潮時差



2010年6月25日星期五

台灣環海潮汐特性

潮型

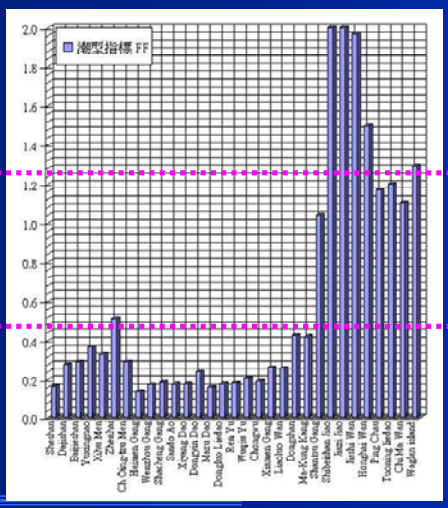
法國制潮型指標

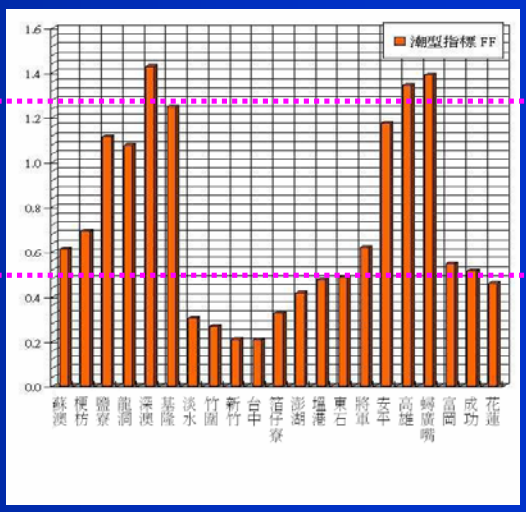
$$FF = \frac{A_{O_1} + A_{K_1}}{A_{M_2} + A_{S_2}}$$

$FF < 0.5$, 半日潮型

$0.5 \le FF < 1.25$, 混合潮型

$FF \ge 1.25$, 全日潮型



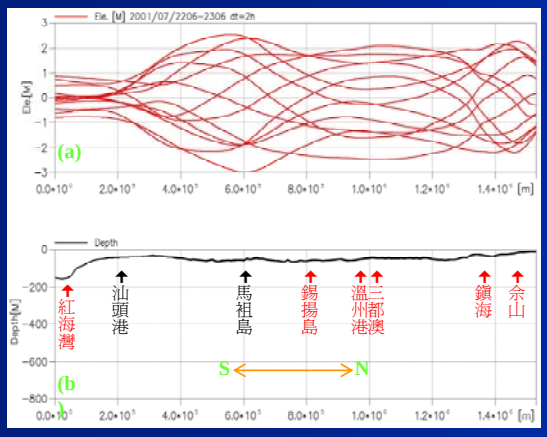


2010年6月25日星期五

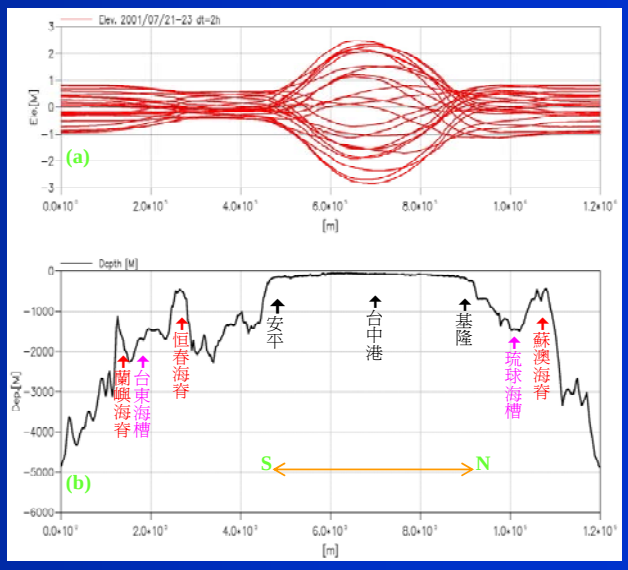
台灣環海潮汐特性

環島潮波振盪型態

- 陸架地形顯著影響
- 部分重複駐波型態



中國近海沿岸之真實潮波振盪型態(a)及水深地形剖面(b)



台灣環島近海沿岸之真實潮波振盪型態(a)及水深地形剖面(b)

中國沿岸

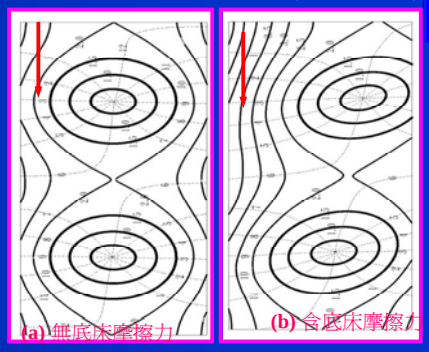
臺灣沿岸

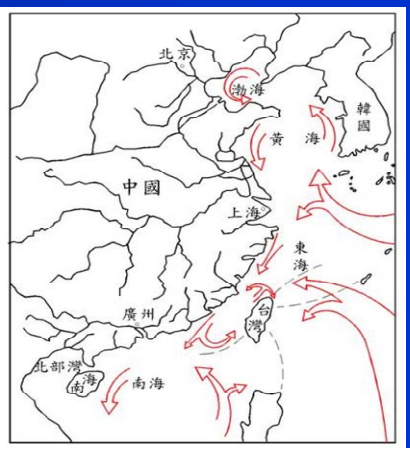
2010年6月25日星期五

台灣環海潮汐特性

- 相交會凱文波與潮波傳遞路徑
  - 臺灣四周海域的真實潮波系統，具有**逆時鐘方向的旋轉潮波特性**。由西向東入射臺灣東部海域的真實潮波，其在臺灣海峽的主要行進方向爲由北而南，且其與繞經臺灣南端海岸而直接西行之入射潮，在臺灣海峽南端的臺灣淺灘南側海域相匯合。
  - 臺灣海峽海域潮波相向交會現象，其主要的潮波成分，係來自於**東海及南海的入射潮波及其因東亞陸架緣地形效應所分別衍生的反射潮波**。且由於科氏力效應，入、反射潮波成分皆具有行進凱文波的特性。
  - 類比於矩形海峽內的旋轉潮波系統，**臺灣海峽東北及西南海域展現的小潮差，係該海域存在近似無潮點**之故，，且北端的無潮點恰位在基隆近海；而臺灣海峽中段海域的大潮差現象，應係**相向交會凱文波具近似協振盪共振特性**之展現。
  - 臺灣海峽海域內的真實潮波系統，明顯具有相向行進凱文波相交會之旋轉潮波特性，但其**相交會機制主要來自於入、反射潮波，而非繞射潮波**。
  - 臺灣海峽兩岸的邊界及**底床摩擦效應**，對真實潮波系統的型態具重要的影響。

週期相同之兩相向行進凱文波相交會所構成的旋轉潮波系統。實線表示潮位；虛線表示潮時。(林琿 等，2000)

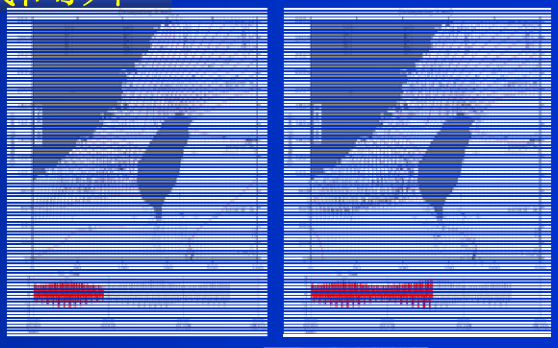


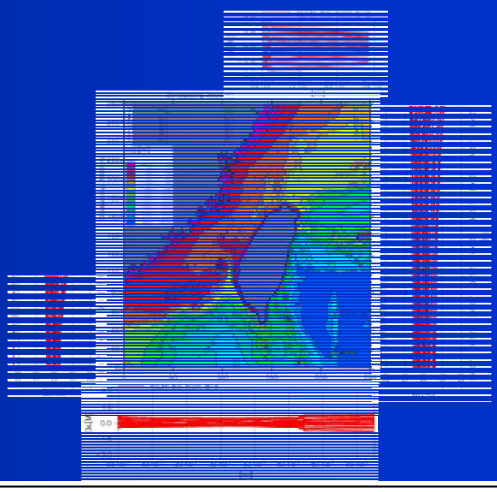


2010年6月25日星期五

潮汐模式簡介

- 潮汐水動力模式
  - 控制方程式系統
  - 模式計算海域建置
  - 潮汐趨動之邊界條件
  - 模式參數率定
  - 計算結果驗證
- 提供模式海域任意時、空之潮位與流速資訊。





2010年6月25日星期五

潮汐模式簡介

- 國內目前普遍使用之潮位模式：
  - **IOS模式、MIKE21_HD模式、POM 模式、 NAO99b模式**
  - **相關應用研究：**
    - 劉肖孔(1983)，「中國海域三度空間數值模式」，與「太平洋之海流模式」銜接，從事暴潮、天文潮及潮流等課題之應用研究 。
    - Li (1987)、李賢文(1989)，**採用**經水深積分處理簡化之二維水動力系統模式，引用Ogura (1933)提供之調和分析常數，透過內差方式處理開放海域邊界條件，並據以研究台灣周圍海域潮流與潮汐水位之變化。
    - 詹森 等(1999)曾採用Semtner (1986)依據傳統三維模式所研發之海洋環流模式，並結合富基、東引、後壁潮及中國大陸沿岸南端之東山島水位迴報(hindcast)資料，進行台灣海峽之潮汐與潮流數值模擬。
    - IOS 模式，加拿大海洋科學研究所**Foreman (1977)**研發，源碼開放，大多為國內學研單位採用以配合實測潮位資料，進行天文潮位之調和分析及預報。
    - MIKE21_HD 模式，丹麥水力研究所**(D.H.I., 1994)**研發之二維水動力模式，為源碼保護之商業套裝軟體。莊文傑(2000)結合韓國、日本、菲律賓及中國大陸等地部分潮汐測站之潮位迴報資料據以設定邊界條件，進而針對台灣環島海域進行潮汐與潮流之數值模擬計算與系列研究。
    - POM 模式，美國普林斯頓大學**Blumberg & Mellor (1987)**研發，源碼開放，大多為國內學研單位採用以進行潮汐與潮流數值模擬計算。
    - NAO99b 模式，日本天文觀測所**Matsumoto et al. (2000)**研發，源碼開放，大多為國內學研單位採用以配合水動力模式，提供開放海域之逐時預報潮位。

2010年6月25日星期五

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

潮汐模式簡介

- MIKE21_HD**模式(丹麥)**
  - **水深積分二維非線性淺水波控制方程式：**

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial q}{\partial y}=I-e$$

$$\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{p^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{pq}{h}\right)+gh\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2\cdot h^2}$$
$$-\frac{1}{\rho_w}\left[\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xx})+\frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{xy})\right]-\Omega q-f_w V V_x+\frac{h}{\rho}\frac{\partial}{\partial x}(P_a)=0$$

$$\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{q^2}{h}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{pq}{h}\right)+gh\frac{\partial \zeta}{\partial y}+\frac{gq\sqrt{p^2+q^2}}{C^2\cdot h^2}$$
$$-\frac{1}{\rho}\left[\frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{yy})+\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xy})\right]+\Omega p-f_w V V_y+\frac{h}{\rho}\frac{\partial}{\partial y}(P_a)=0$$

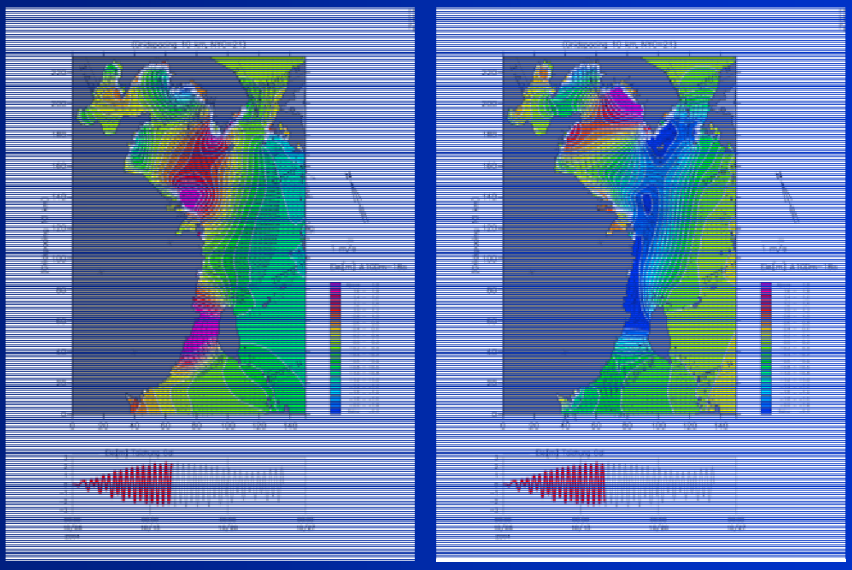
- **邊界條件：**
  - 大範圍海域之邊界控制條件設定、取用皆有其不準確性與困難度。
  - 萃取自日本NAO99b模式之海域預報結果
- **前後置處理模組**
  - 交替方向隱式 (A.D.I.)有限差分法；
  - 計算穩定；
  - 具完善的前後置處理模組。

- 莊文傑、江中權（2000），「**台灣四周海域海流數值模擬研究**」，基本研究報告MOTC-IOT-IHMT-NA8916，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，共257頁。
- 莊文傑、江中權（2003），「**台灣海峽海域潮波振盪型態之確認**」，第二十五屆海洋工程研討會論文集，台灣海洋工程學會，基隆， 31-38。
- 莊文傑、江中權(2005），「**臺灣海峽的水深地形對潮波振盪之影響研究**」， MOTC-IOT-93-H3DA004基本研究報告，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，共438頁。

2010年6月25日星期五

潮汐模式簡介

- MIKE21_HD模式應用於東亞海域之潮波模擬計算

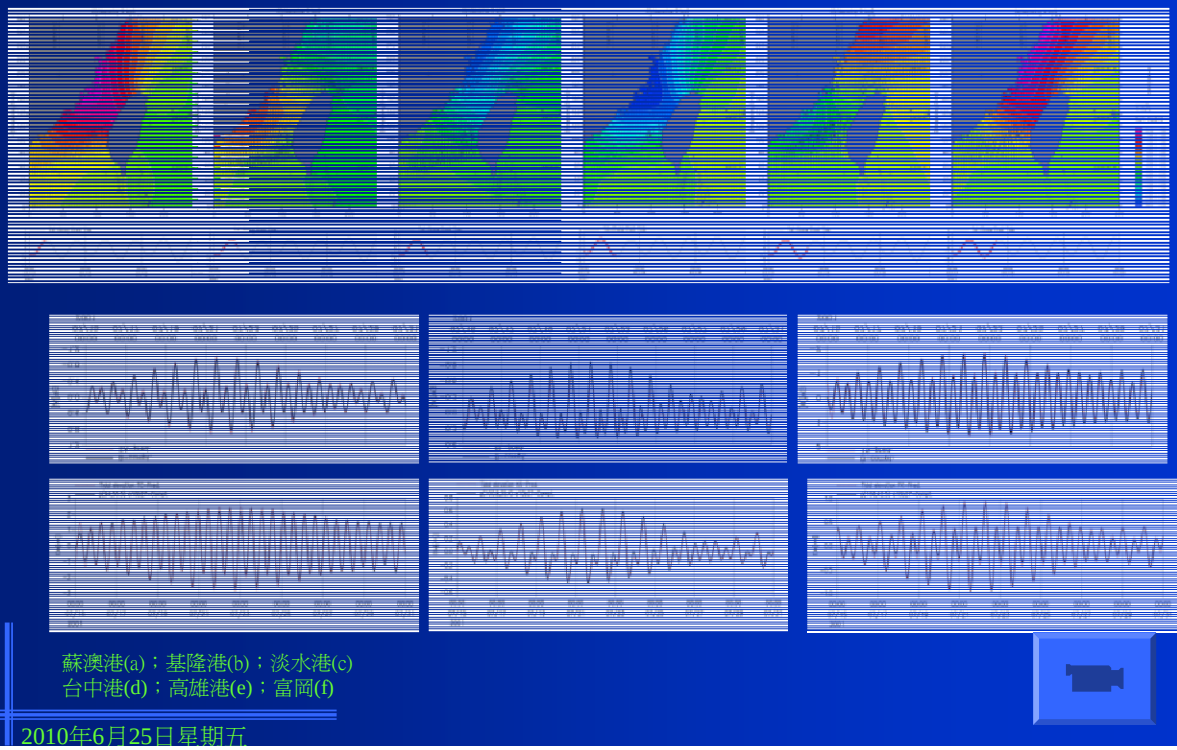


2010年6月25日星期五

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

潮汐模式簡介

- MIKE21_HD模式應用於潮位模擬計算結果與驗證



蘇澳港(a)；基隆港(b)；淡水港(c)
台中港(d)；高雄港(e)；富岡(f)

2010年6月25日星期五

潮汐模式簡介

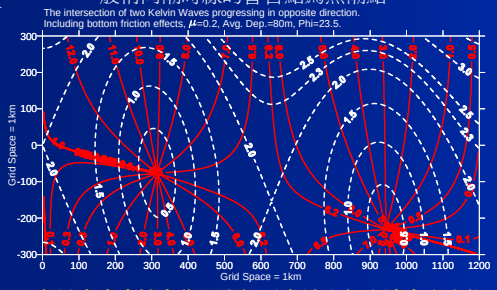
❑ 同潮圖

➢ 等潮位線

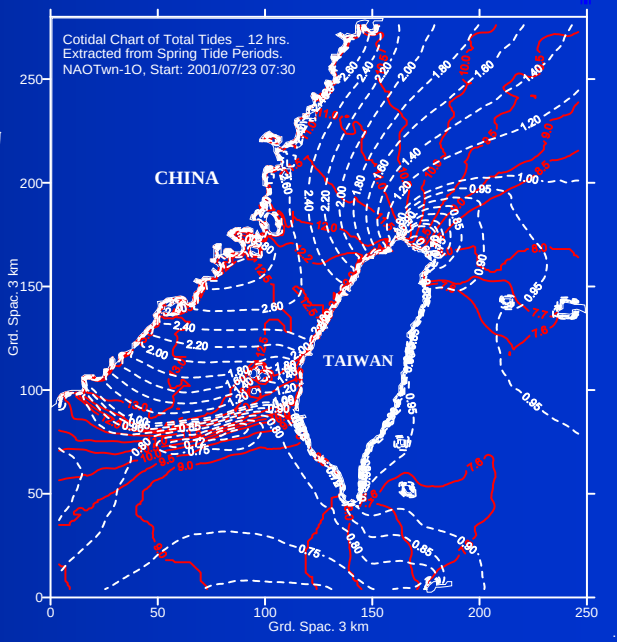
- 在某一特定海域空間之特定期間內(針對單一頻率之分潮，則爲其週期)，聯結具有相同滿潮位的不同地點連線所組成，又因振幅(單一頻率分潮之滿潮位)的兩倍通常相當於潮差，故有時也用等潮差線來代替等振幅線 。

➢ 等潮時線

- 在某一特定海域空間之特定期間內，由聯結同時發生滿潮位的不同地點連線所組成。在某些特定之海域，當同潮時線具有會合點時，由於在會合點處不存在滿潮和乾潮，或潮波振幅是近似於零，故而一般稱同潮時線的會合點爲無潮點



考量底床摩擦力作用之矩形海峽內凱文波交會之旋轉潮波系統同潮圖(白：同振幅線；紅：同潮時線)



臺灣環島海域真實旋轉潮波系統之同潮圖
(白：同振幅線；紅：同潮時線)

莊文傑、江中權（2006），台灣四周海域旋轉潮波系統之同潮圖，第28屆海洋工程研討會

2010年6月25日星期五

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

潮汐模式簡介

❑ POM模式(美國)

➢ 水深向σ-座標三維水動力控制方程式：

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial UD}{\partial x}+\frac{\partial VD}{\partial y}+\frac{\partial \omega}{\partial \sigma}=0$$

$$\frac{\partial UD}{\partial t}+\frac{\partial U^2D}{\partial x}+\frac{\partial UVD}{\partial y}+\frac{\partial U\omega}{\partial \sigma}-fVD+gD\frac{\partial \eta}{\partial x}$$
$$=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_M}{D}\frac{\partial U}{\partial \sigma}\right]-\frac{gD^2}{\rho_0}\frac{\partial}{\partial x}\int_\sigma^0 \rho d\sigma+\frac{gD}{\rho_0}\frac{\partial D}{\partial x}\int_\sigma^0 \sigma\frac{\partial \rho}{\partial \sigma}d\sigma+DF_x$$

$$\frac{\partial VD}{\partial t}+\frac{\partial VUD}{\partial x}+\frac{\partial V^2D}{\partial y}+\frac{\partial V\omega}{\partial \sigma}+fUD+gD\frac{\partial \eta}{\partial y}$$
$$=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_M}{D}\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right]-\frac{gD^2}{\rho_o}\int_\sigma^o\left[\frac{\partial \rho'}{\partial y}-\frac{\sigma'}{D}\frac{\partial D}{\partial y}\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'}\right]d\sigma'+F_y$$

$$\frac{\partial \theta D}{\partial t}+\frac{\partial \theta UD}{\partial x}+\frac{\partial \theta VD}{\partial y}+\frac{\partial \theta \omega}{\partial \sigma}=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{K_H}{D}\frac{\partial \theta}{\partial \sigma}\right)+DF_\theta$$

$$\frac{\partial SD}{\partial t}+\frac{\partial SUD}{\partial x}+\frac{\partial SVD}{\partial y}+\frac{\partial S\omega}{\partial \sigma}=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{K_H}{D}\frac{\partial S}{\partial \sigma}\right)+DF_S$$

➢邊界條件：

萃取自日本NAO99b模式之海域預報輸出結果

➢內、外模組

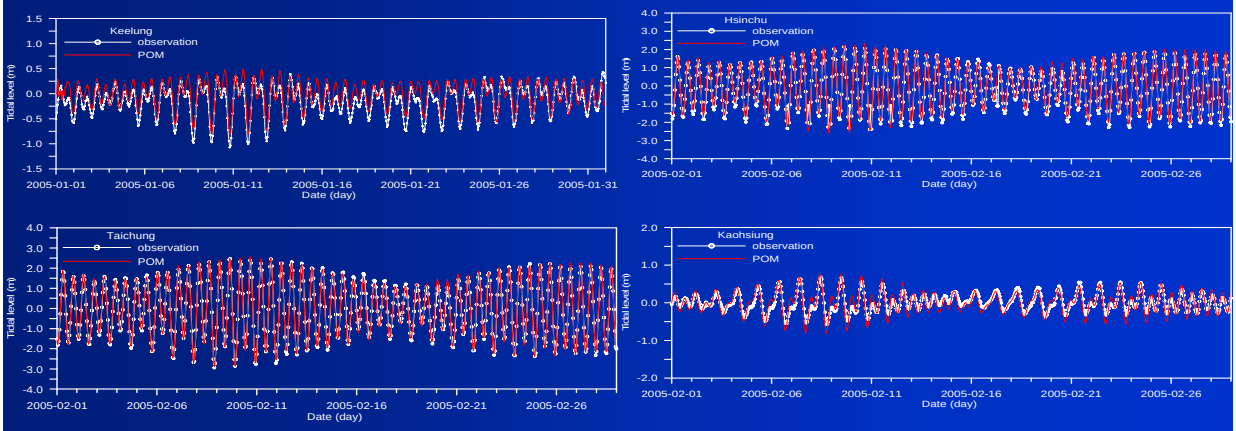
外模採二維方式計算表面波之快速變化，計算時距小；內模採三維方式計算內波之較緩慢變化，計算時距大。

❖任華堂(2000)，「 POM模式在台灣海峽的應用」， 河海大學碩士論文。
❖葉姍霈 (2002)，「臺灣海域高解析度潮汐模式之建立—敏感度試驗」，國立成功大學水利暨海洋工程學研究所碩士論文。
❖林意淳(2004)，「 POM模式應用於河口水動力計算之研究」，國立成功大學水利暨海洋工程學研究所碩士論文。

2010年6月25日星期五

潮汐模式簡介

- POM模式應用於潮位模擬計算結果之驗證



應用POM模式模擬計算2005年2月臺灣鄰近海域之潮流流場於臺灣西部海岸部分驗潮站位上之計算(紅實線)與實測(白標點線)潮位之驗證比較
(a)基隆 (b)新竹
(c)台中 (d)高雄

莊文傑、廖建明 (2009)「潮殘餘流與台灣西海岸長期沖淤潛勢之研究(2/2)－臺灣環島海域潮殘餘流之數值模擬」，MOTC-IOT-97-H3DA002基本研究報告，交通部運輸研究所，共140頁。

2010年6月25日星期五

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

潮汐模式簡介

- **NAO (National Astronomical Observatory in Japan)**全球潮汐模式**NAO99b** ：
  - NAO **潮汐模式係 Matsumoto et al. (2000) 應用TOPEX/POSEIDON衛星測高儀資料，結合水動力模式與資料同化**(assimilation)**技術研發而成。**
  - **該模式設計上包含環球及區域模式兩部分：環球模式**(NAOTIDE)**具有0.5 度的空間解析度；區域模式**(NAOTIDEJ) **之空間解析度為5 分，細部海域包括東經**110 **度至**165**度、北緯**20 **度至**65 **度之範圍，完整涵蓋臺灣鄰近海域。**
  - 提供包含$\mathbf{M_2}$, $\mathbf{S_2}$, $\mathbf{N_2}$, K_2, L_2, T_2, $\mathbf{K_1}$, $\mathbf{O_1}$, $\mathbf{P_1}$, J_1, M_1, Q_1, OO_1, $2N_2$, MU_2, NU_2等共16個天文分潮之調和常數，因此，**可針對日本及臺灣鄰近細部海域進行特定期間之逐時潮位預報。**
  - 準確性評估與應用研究
    - 張憲國、黃金維 (2001)「以NAO99b潮汐模式預測台灣西岸潮汐之評估」，第23屆海洋工程研討會論文集，台灣海洋工程學會，國立成功大學，第105 -111頁。
    - 劉美君 (2007)「台灣附近海域高解析度網格之潮汐調和常數」，國立臺灣海洋大學海洋環境資訊學系碩士學位論文，共82頁。
    - 劉美君、蔡政翰、蕭松山(2006)「臺灣附近海域一公里網格之潮汐調和常數」，第28 屆海洋工程研討會論文集，國立中山大學，PP.295~300.
    - 莊文傑、江中權 (2005)，「臺灣四周海域的潮波系統」，第27 屆海洋工程研討會論文集，臺灣海洋工程學會，台中，pp.154~161。
    - 莊文傑、江中權(2006)，「臺灣四周海域旋轉潮波系統之同潮圖」，第28屆海洋工程研討會論文集，臺灣海洋工程學會，高雄，pp.325~330。
    - 莊文傑、廖建明 (2009)「潮殘餘流與台灣西海岸長期沖淤潛勢之研究(2/2)－臺灣環島海域潮殘餘流之數值模擬」，MOTC-IOT-97-H3DA002基本研究報告，交通部運輸研究所，共140頁。

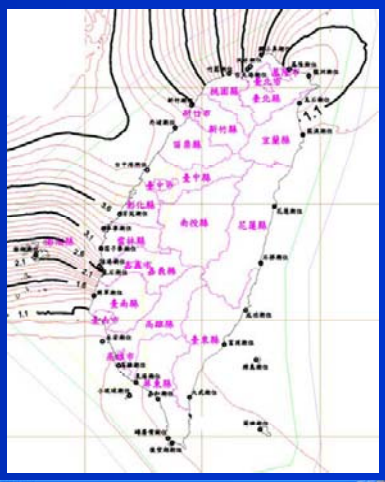
2010年6月25日星期五

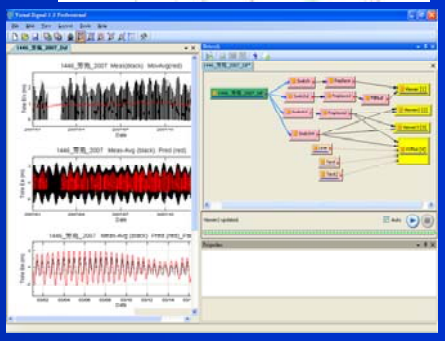
潮汐模式簡介

- NAO99b模式在臺灣鄰近海域及環島沿岸之適用性與準確性評估
  - 應用近岸35驗潮站2007~2008年之實測資料，確認近岸潮位預報之適用性與準確性。
  - 瞭解原模式空間解析度(0.5度及5分)之影響。
  - 瞭解近岸淺水地形效應之影響。
  - 準確性評估依據：

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_m - y_p)^2}{n-1}}$$

$$correl.\ coef. = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_{mi} - \bar{y}_m)(y_{pi} - \bar{y}_p)}{\left[\sum_{i=1}^{N}(y_{mi} - \bar{y}_m)^2 \sum_{i=1}^{N}(y_{pi} - \bar{y}_p)^2\right]^{1/2}}$$



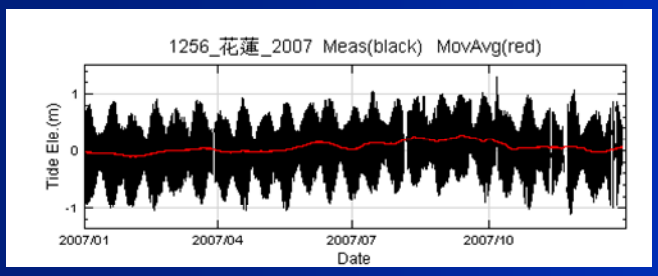


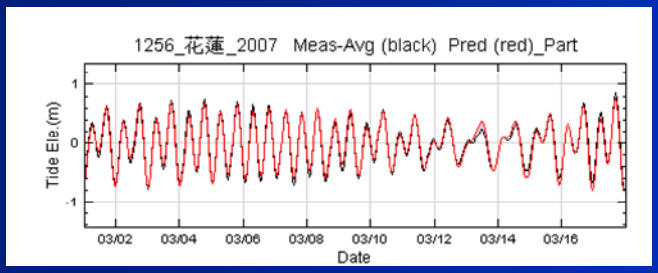
2010年6月25日星期五

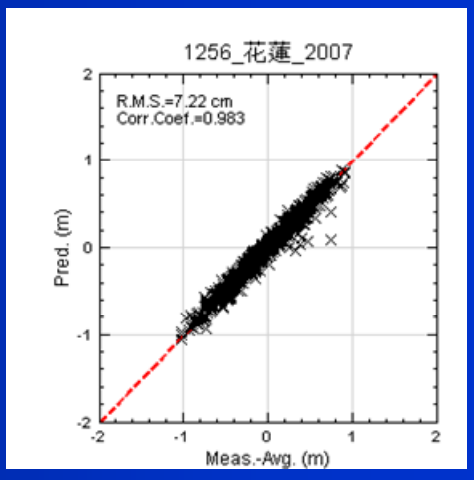
財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

潮汐模式簡介

- NAO99b模式應用於花蓮潮位預報之結果與誤差分析



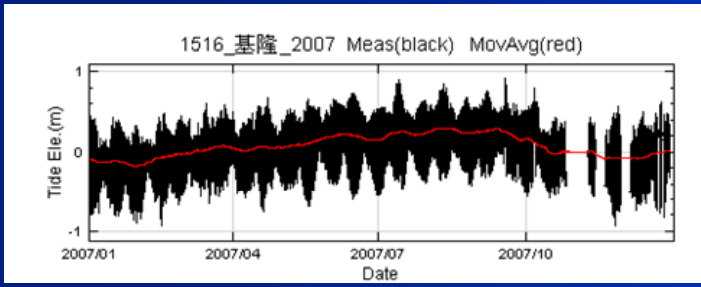


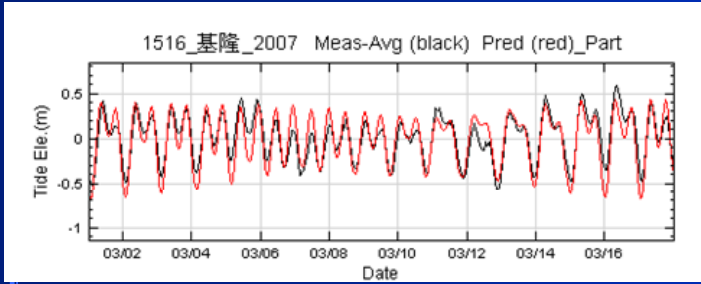


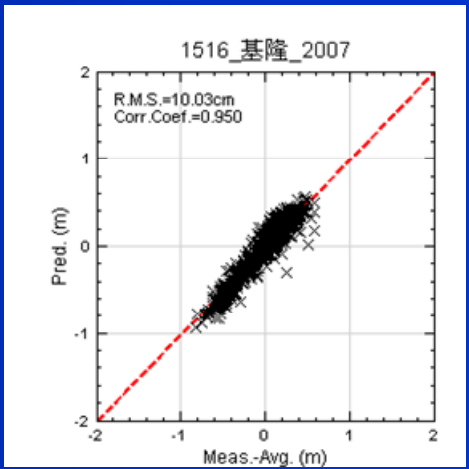
2010年6月25日星期五

潮汐模式簡介

- NAO99b模式應用於基隆潮位預報之結果與誤差分析





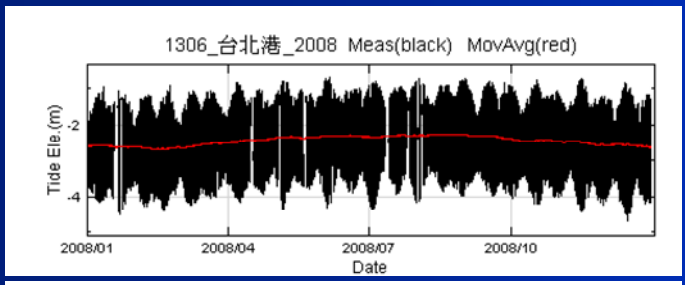


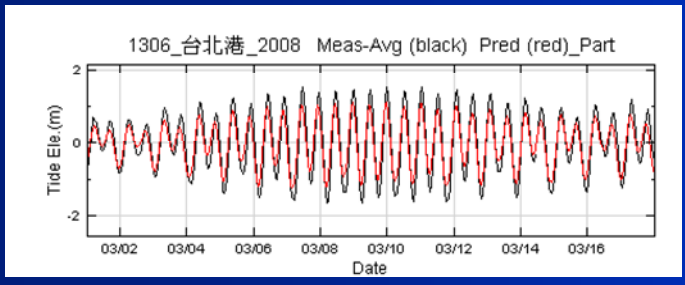
2010年6月25日星期五

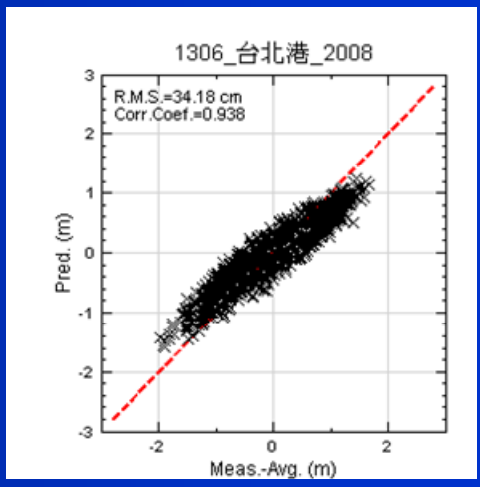
財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

潮汐模式簡介

- NAO99b模式應用於台北港潮位預報之結果與誤差分析



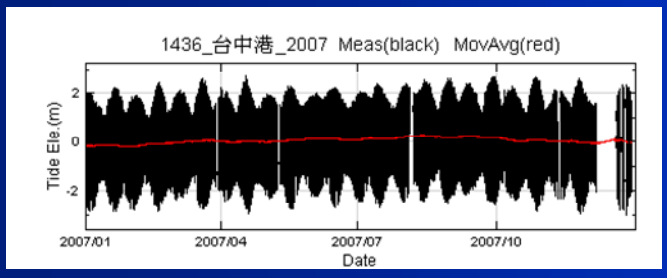


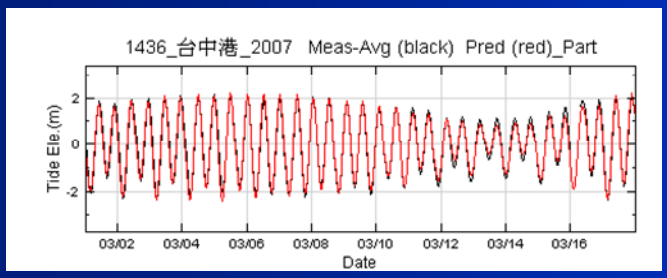


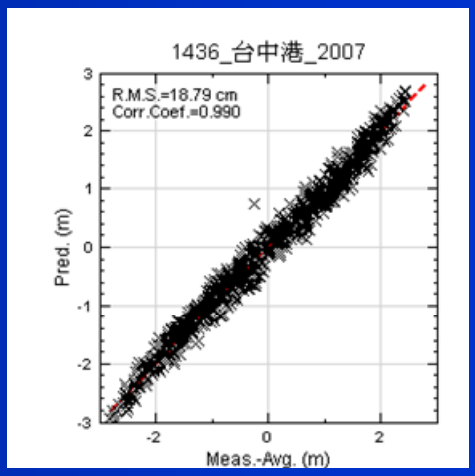
2010年6月25日星期五

潮汐模式簡介

- NAO99b模式應用於台中港潮位預報之結果與誤差分析



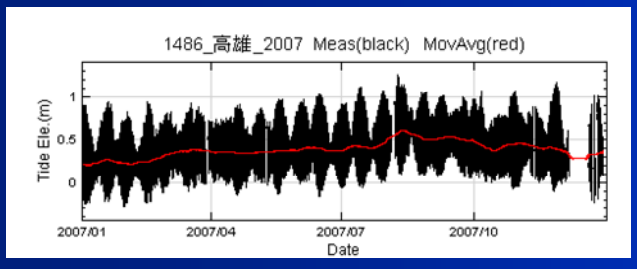


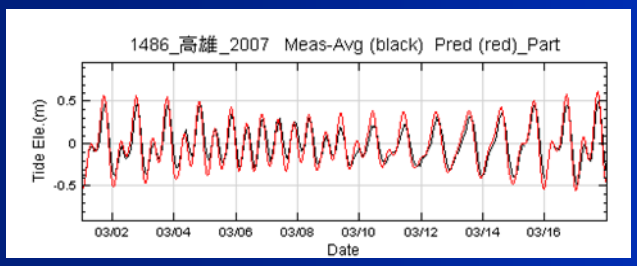


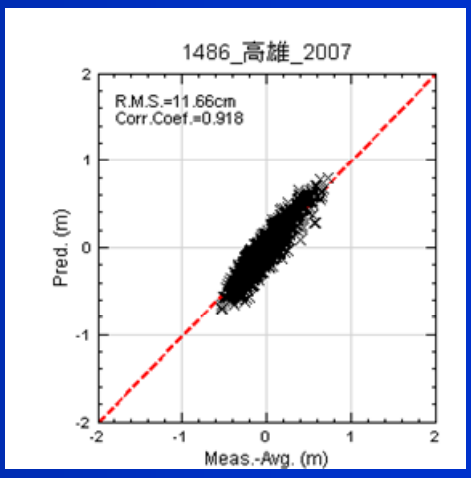
2010年6月25日星期五

潮汐模式簡介

- NAO99b模式應用於高雄港潮位預報之結果與誤差分析



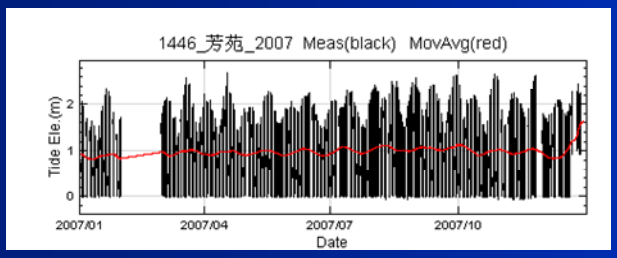


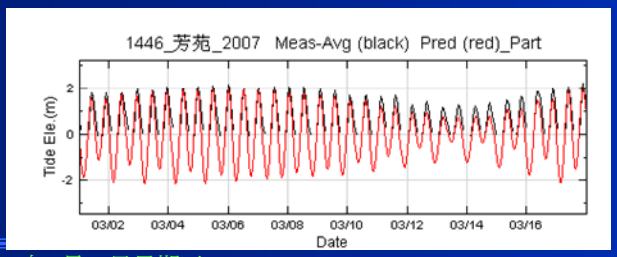


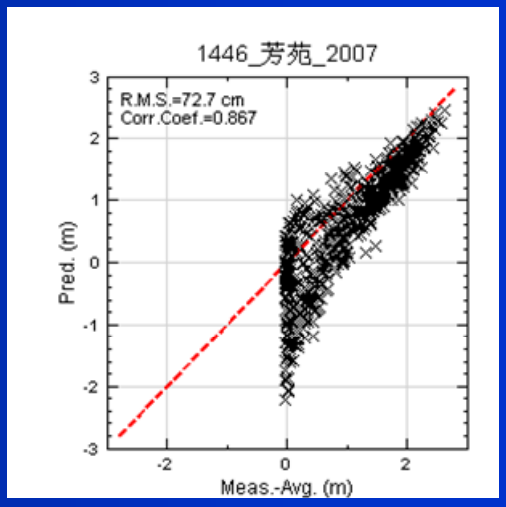
2010年6月25日星期五

潮汐模式簡介

- NAO99b模式應用於芳苑潮位預報之結果與誤差分析







2010年6月25日星期五

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

潮汐模式簡介

- NAO99b模式在臺灣環島沿岸35驗潮站之預報潮位誤差分析
  - 以2年之數據分析之，其均方根誤差介於9.6~ 40.8cm間，均方根誤差平均值爲19.7cm，標準偏差爲8.2cm。尚有43%測站之均方根誤差在15cm以內，除嘉和潮位站外，相關係數在0.785~0.986間。
  - 以2007全年、6月前半年、6月後半年三個時段分析之均方根誤差平均值分別爲19.8cm、18.3cm、20.2cm；以2008全年、6月前半年、6月後半年三個時段分析之均方根誤差平均值則分別爲21.6cm、20.9cm、22.4cm；除嘉和及芳苑潮位站外，相關係數在0.817~0.992間。
  - 臺灣環島沿岸35處驗潮站，麟山鼻至竹圍間之一小段及箔子寮至東石間一小段沿岸與馬祖、水頭、料羅灣等驗潮站，均方根誤差介在20至40公分外，其他大部分驗潮站，均方根誤差均小於20公分，基隆、高雄約在10公分，東部海岸更普遍低於10公分。
  - 麟山鼻至竹圍間偏大均方根誤差係因預報值較小，且預報值提前約0.7小時；箔子寮至東石間偏大誤差，係因預報值較大，且預報值提前約0.2小時。
  - 依據潮位精度分析及分時段潮位精度分析結果，初步確認實測潮位與NAO99b預報潮位吻合性尚不差。

Station	RMS(cm)	Corr.Coef	Gap_Pts	Tot_pts	Gaps_%
1516_基隆_2007	10.03	0.950	604	8761	6.89
1206_麟山鼻_2007	23.79	0.926	317	8761	3.62
1102_淡水_2007	40.79	0.817	432	8761	4.93
1306_台北港_2007	36.67	0.940	8184	8761	93.41
1116_竹圍_2007	27.59	0.959	498	8761	5.68
1112_新竹_2007	15.33	0.992	231	8761	2.64
1113_外埔_2007	18.35	0.991	1276	8761	14.56
1436_台中港_2007	18.79	0.990	468	8761	5.34
1446_芳苑_2007	72.70	0.867	3151	8761	35.97
1456_麥寮_2007	19.77	0.989	763	8761	8.71
1156_箔子寮_2007	30.04	0.980	211	8761	2.41
1366_塭仔_2007	38.04	0.971	94	8761	1.07
1162_東石_2007	40.30	0.968	509	8761	5.81
1176_將軍_2007	10.44	0.972	255	8761	2.91
1786_永安_2007	8.44	0.955	45	8761	0.51
1486_高雄_2007	11.66	0.918	468	8761	5.34
1186_東港_2007	15.98	0.850	162	8761	1.85
1386_小琉球_2007	13.36	0.893	169	8761	1.93
1496_鵝鑾鼻_2007	12.61	0.913	146	8761	1.67
1196_後壁湖_2007	8.52	0.967	275	8761	3.14
1596_大武_2007	8.35	0.975	363	8761	4.14
1586_富岡_2007	7.08	0.984	775	8761	8.85
1276_成功_2007	9.17	0.979	173	8761	1.97
1566_石梯_2007	9.28	0.974	557	8761	6.36
1256_花蓮_2007	7.22	0.983	197	8761	2.25
1246_蘇澳_2007	6.81	0.986	63	8761	0.72
1236_烏石_2007	18.13	0.871	217	8761	2.48
1226_龜山_2007	10.95	0.928	195	8761	2.23
1926_馬祖_2007	26.56	0.988	824	8761	9.41
1966_水頭_2007	24.25	0.985	219	8761	2.50
1956_料羅灣_2007	20.81	0.988	13	8761	0.15
1356_澎湖_2007	17.53	0.970	550	8761	6.28
1386_小琉球_2007	13.38	0.893	169	8761	1.93
1396_蘭嶼_2007	8.57	0.975	1803	8761	20.58
1676_綠島_2007	7.55	0.980	754	8761	8.61

2010年6月25日星期五

潮汐模式簡介

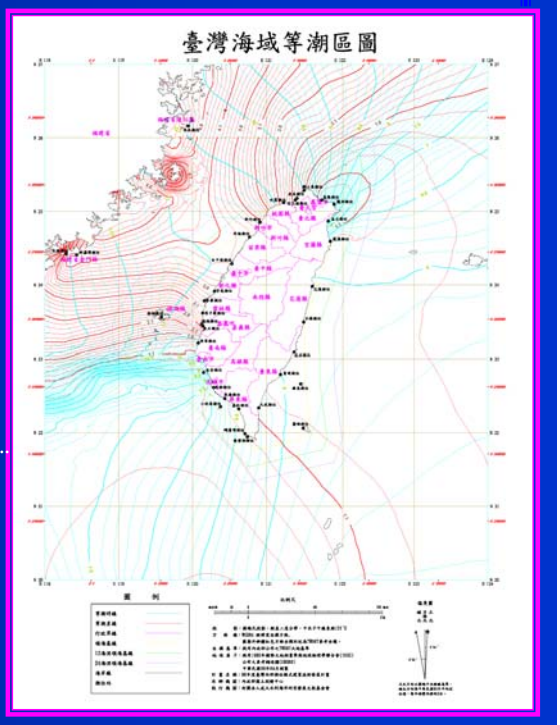
- NAO99b模式預報結果應用於臺灣環島海域潮汐同潮圖之製作
  - 以NAO99b模式，在台灣四週海域範圍，建立1分(約1浬)大小網格，進行年逐時潮位預報並作調和分析 ，經由調和分析可得各網格點60個分潮之調和常數值(含分潮名稱、振幅及相位角)。
  - 取出主導分潮，計算各網格點之平均高潮間隙(MHWI)，其可以M_2、M_4、M_6三個分潮加以推算(李孟霖，2007；王韋樺，2009) ：

$$MHWI(hr) = M_2\,phase(\deg) \times \frac{M_2\,period(\mathrm{hr})}{360^0}$$

$$= \frac{M_2\,phase(\deg)}{M_2\,speed} = \frac{M_2(\deg)}{28.98} + \frac{4B_4}{M_2} + \frac{6B_6}{M_2} + \ldots\ldots$$

式中，$B_4 = -M_4 \sin(2M_2^0 - M_4^0)$

$B_6 = -M_6 \sin(3M_2^0 - M_6^0)$



  - 計算各網格點之平均潮差，據以繪製等潮位線，其中，平均潮差 == 平均高潮位 — 平均低潮位。

2010年6月25日星期五

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
潮汐模式理論
98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫- 技術研習活動

結 語

- 臺灣環島海域，由於東亞大陸棚架地形水深之影響，潮型、潮時、潮差之變化均具特殊性，此外，潮汐尚具有半日潮協振盪共振之放大特性。
- 臺灣海峽海域之潮汐，實際上是兩相向行進凱文波相交會的結果，凱文波主行進方向為由北往南；由南而北之行進凱文波，實際係源自於陸架棚緣陡變水深地形所造成之反射波。
- NAO99b模式在臺灣海域之適用性，經以臺灣環島沿岸35處驗潮站實測潮位進行檢測，可發現僅僅在麟山鼻至竹圍間及箔子寮至東石間之一小段沿岸海域與馬祖、水頭、料羅灣等離島海域上，均方根誤差偏大，介在20至40公分外，其他大部分之近岸驗潮站，均方根誤差均小於20公分，基隆、高雄則僅約為10公分，東部海岸更普遍低於10公分。
- NAO99b模式為原始碼釋出之日本海域潮位預報模式，僅管如此，應用在臺灣鄰近海域及環島沿岸，其預報潮位與實測潮位符合性尚不差，尤其可建置成互動式架構，適合現階段臺灣鄰近離岸海域水深測量之潮位修正需求。

2010年6月25日星期五

研習課程註記

98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

技術研習~潮位對水深測量影響



顏沛華
國立成功大學水利及海洋工程系副教授

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

中華民國99年6月25日

國立成功大學河海現場調查實驗室

98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

- 前 言
- 水深測量之誤差
- 潮位分區之應用
- 潮位模式之應用
- 結論與建議

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

前 言

內政部國土測繪中心

□ 緣起與目的

- 海底地形為海岸防護規劃、近岸工程施工及空間資訊科學、近海水文研究之**基本資訊**。
- 海底地形資訊來自水深測量，惟測深資料內含施測當時之潮汐效應，在**進行水深測量時必須從事潮汐改正**，以得到實際的海床高程。
- 我國海域基本圖測量範圍涵蓋近岸、領海及鄰接區海域，測深資料的潮位修正一般用**鄰近岸邊潮位站**觀測資料辦理，此種修正模式易因**近岸與外海潮位不同**造成水深測量的誤差。
- 本計畫擬分析臺灣海域近岸及離岸潮汐的差異，除**建立潮位分區**（tidal zone），據以**建立水深測量修正模式**外，海域水深測量**直接利用潮位模式作潮高修正**，亦為本案之研究目的。

前 言

內政部國土測繪中心

□ 背景說明

1. 潮位修正誤差為水深測量重大誤差源之一。
2. 離岸海域潮位站之設置有諸多限制。
3. 測深數據也大多以沿岸**岸邊或港內潮位站**之潮汐變化修正之。
4. 沿岸或港內之潮時及潮位與離岸地區並不相同，在離岸海域如何獲得正確潮位資料以進行潮位改是從事海洋水深測量必須解決的課題。
5. 美國NOAA(National Ocean and Atmospheric Administration)於水深測量時利用各**等潮區**與鄰近參考潮位站之潮時及潮位關係進行離岸地區水深測量之潮位修正。
6. 本計畫分析臺灣海域近岸及離岸潮汐的差異，除建立潮位分區（tidal zone）外，並以臺灣西部海域進行測試作業，據以建立水深測量**潮位修正模式**，提升海域水深測量精度，提供後續辦理海域測量應用及科學研究分享使用。

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

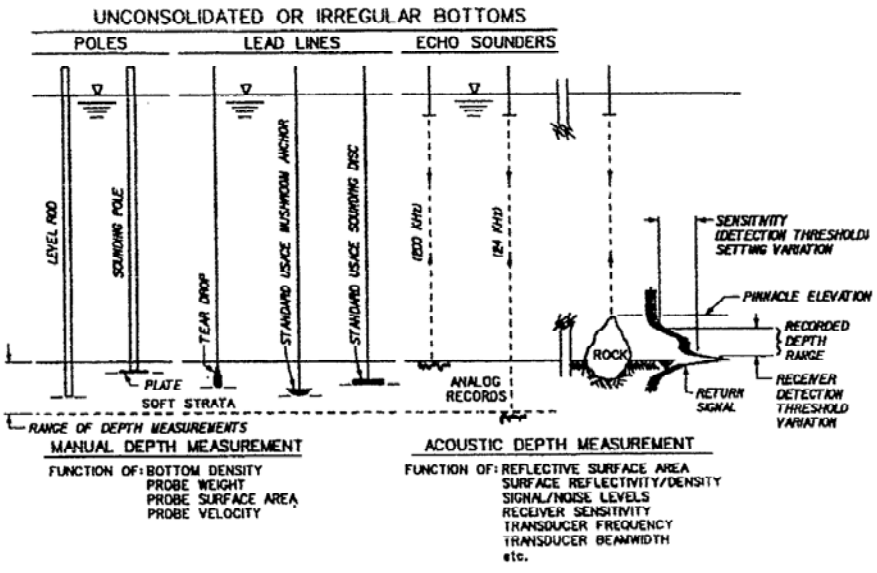
- 前 言
- 水深測量之誤差
- 潮位分區之應用
- 潮位模式之應用
- 結論與建議

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

水深測量之誤差

☐ 水深測量方法



財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

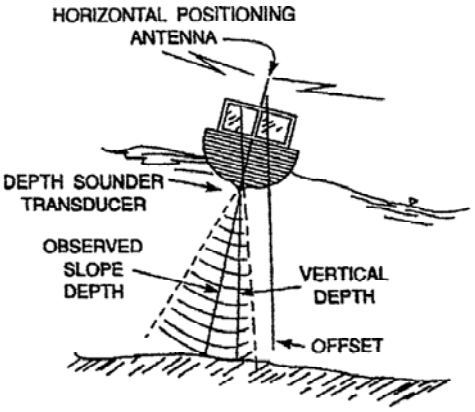
國立成功大學河海現場調查實驗室

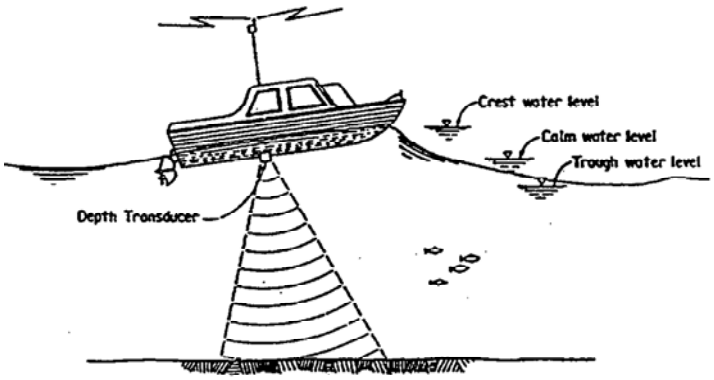
水深測量之誤差

☐ 水深測量誤差種類

船隻姿態誤差

對策：以motion sensor修正

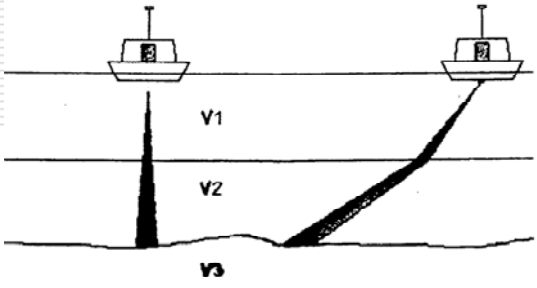


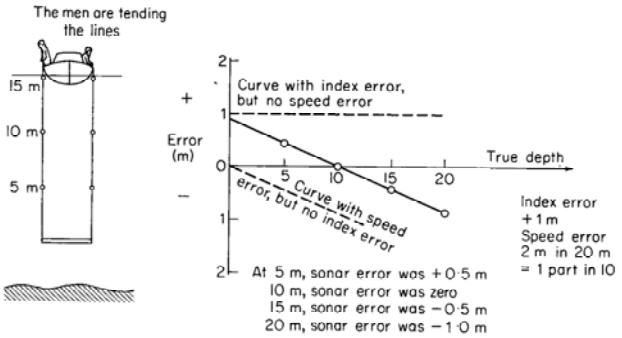


水深測量之誤差

☐ 水深測量誤差種類

聲速誤差





對策：作聲速改正

聲音為溫度、壓力、鹽度(Salinity)之函數，一般在海洋中，水溫增加1℃，聲速增加 4.5m/s；**鹽度增加** 1o/oo，**聲速增加**1.3m/s；**壓力增加**100m，**聲速增加**1.7m/s。

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
國立成功大學河海現場調查實驗室

水深測量之誤差

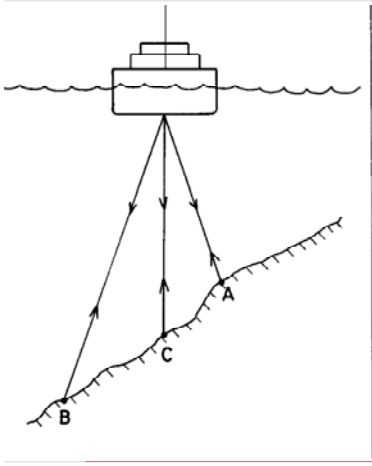
內政部國土測繪中心

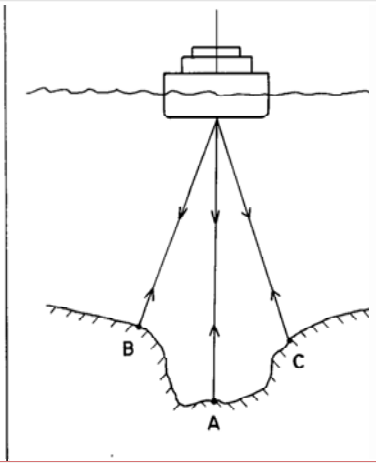
☐ 水深測量誤差種類

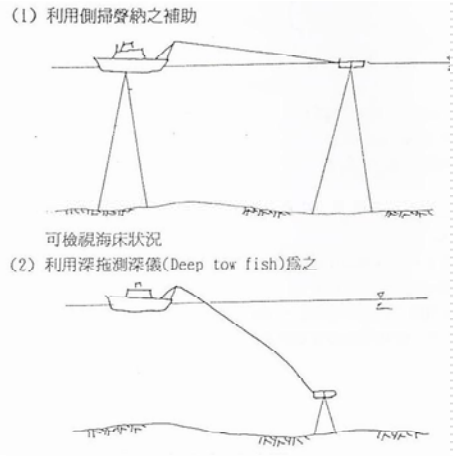
- **水深點取樣誤差**

  對策：音鼓側打

  以 側掃聲納檢視，或以Deep tow fish 測深







財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

水深測量之誤差

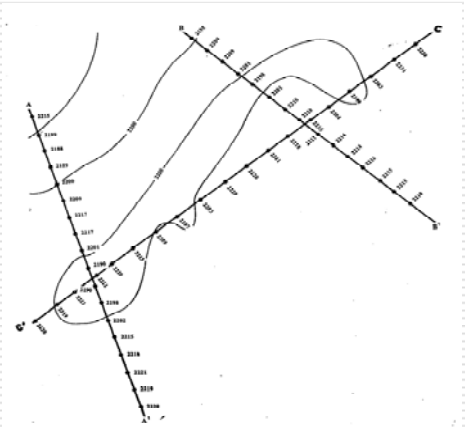
內政部國土測繪中心

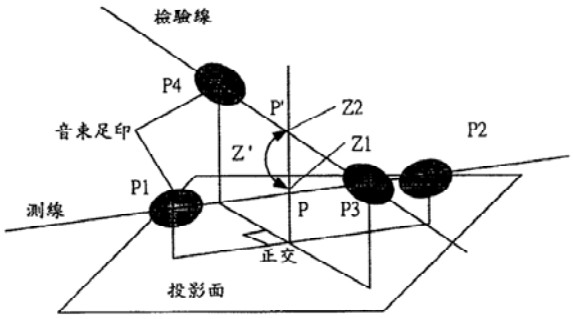
☐ 水深測量誤差種類

- **交錯測線交點水深之誤差**

  對策：作正交線檢定

  (Cross Line Check)





財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

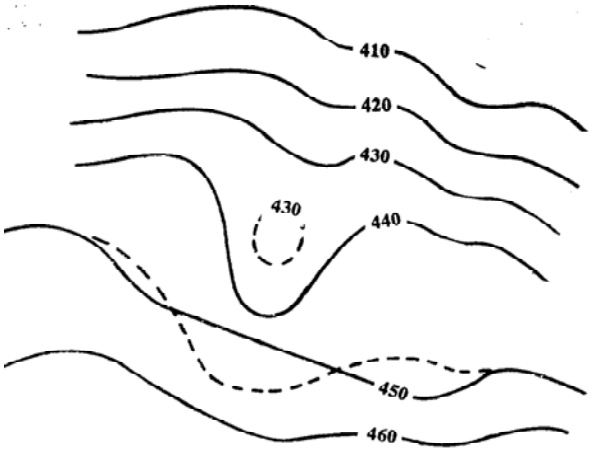
水深測量之誤差

內政部國土測繪中心

☐ 水深測量誤差種類

- 等深線繪圖誤差(1)

  對策：人工檢核





等深線圖之研判(一)

等深線圖之研判(二)

水深測量之誤差

內政部國土測繪中心

☐ 水深測量誤差種類

- 等深線繪圖誤差(2)

  對策：慎選繪圖軟體



圖6. 相同水深數據繪製之等深線圖(一)



圖8. 相同水深數據繪製之等深線圖(三)

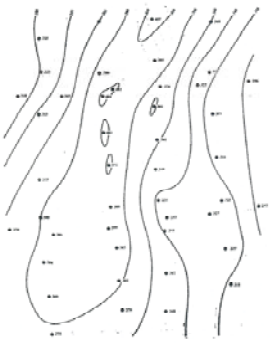


圖7. 相同水深數據繪製之等深線圖(二)

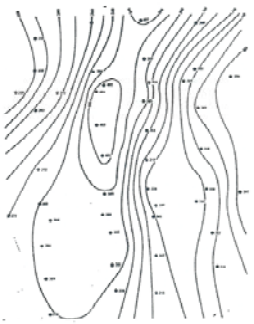


圖9. 相同水深數據繪製之等深線圖(四)

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
國立成功大學河海現場調查實驗室

水深測量之誤差

內政部國土測繪中心

☐ 水深測量誤差種類

潮汐誤差(1)

對策：作潮汐改正

由於測深作業常耗時日，作業過程必有潮汐之變化，為獲得正確之海底高程，測深時所得之水深值必須配合潮差加以修正(視用途選擇適當之潮位系統)，惟水深若超過200m，一般不再修正。

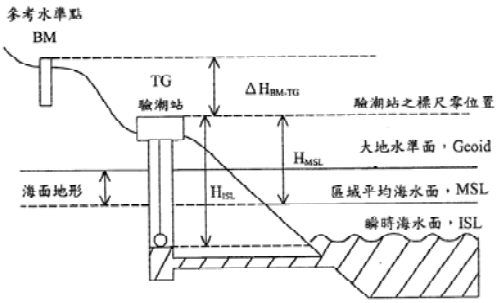
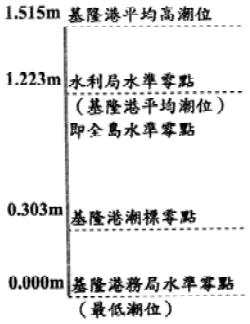


圖 3-6 驗潮站測定平均海水面示意圖



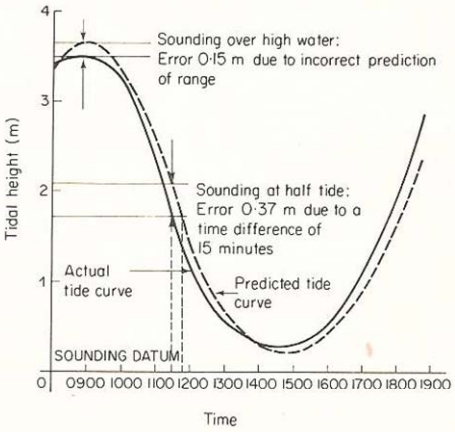
水深測量之誤差

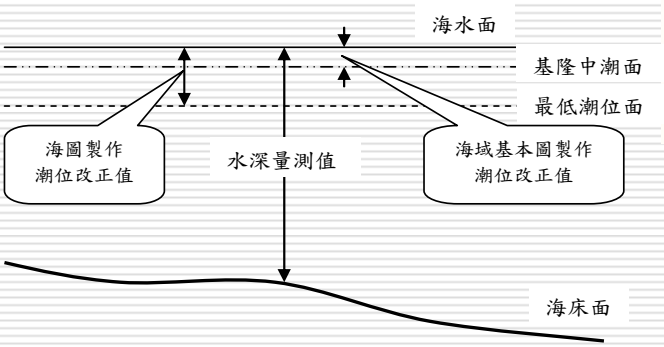
內政部國土測繪中心

☐ 水深測量誤差種類

潮汐誤差(2)

對策：岸邊潮位站修正
外海潮位儀修正
同潮圖修正
潮位模式直接修正





財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
國立成功大學河海現場調查實驗室

98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

前 言

水深測量之誤差

潮位分區之應用

潮位模式之應用

結論與建議

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位分區之應用

潮位分區目的

建立臺灣網格化潮位分區（tidal zone），據以建立水深測量之修正模式，提升海域水深測量精度，提供後續辦理海域測量應用及科學研究分享使用。

等潮位、等潮時及等潮區圖(1)

1. 等潮位圖

   由等振幅線(co-amplitude lines)組合而成之圖形謂之等潮位圖，聯結具有相同滿潮位的不同地點連線所組成，又因振幅的兩倍通常相當於潮差，故等振幅線可用等潮差線(co-range lines)來替代。

2. 等潮時圖

   由諸多等潮時線(co-phase lines)組合而成之圖形謂之等潮時圖，聯結同時發生滿潮位時刻的不同地點連線所組成。

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位分區之應用

□ 等潮位、等潮時及等潮區圖(2)

3. **等潮區圖**

又稱為同潮圖，係由等潮位圖及等潮時圖二者疊合而成(如圖2-1)，故以GIS或其他繪圖軟體即可呈現出海域空間於特定期間內，潮差及同時發生滿潮位時刻之等值線圖，將二者交錯疊合即可得台灣海域之等潮區圖(如圖2-2)。

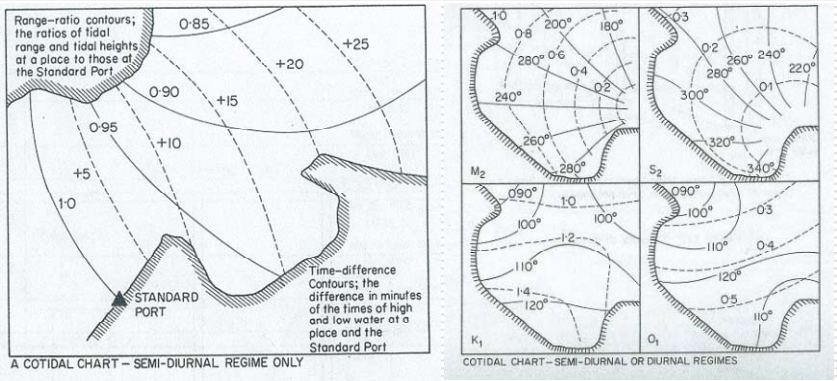


圖2-1

潮位分區之應用

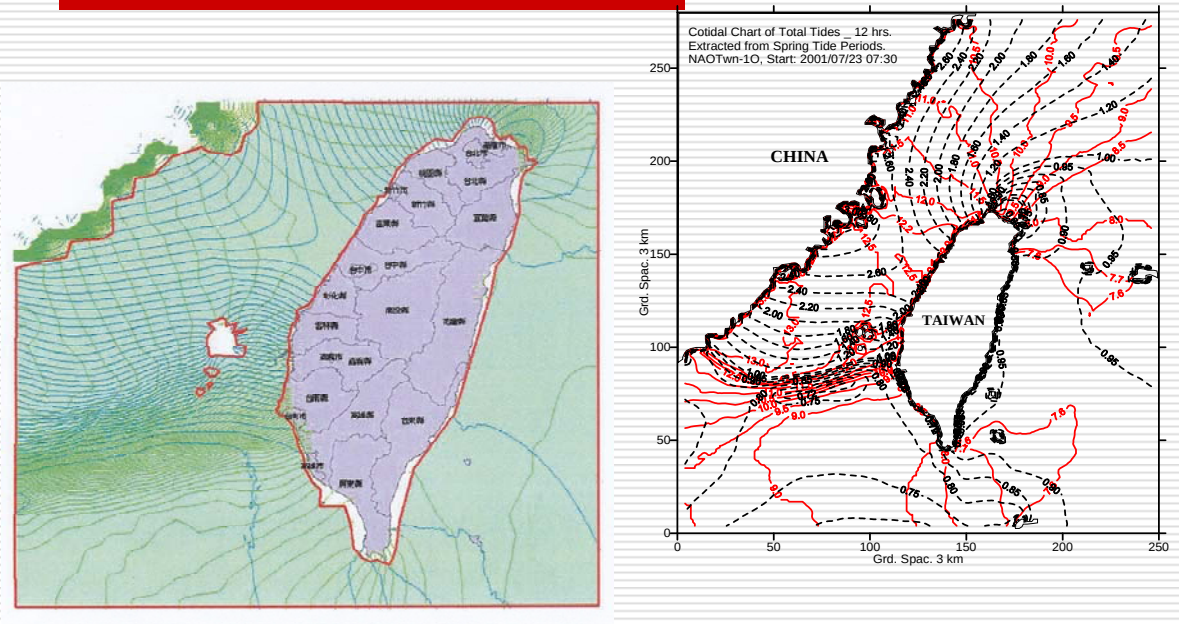


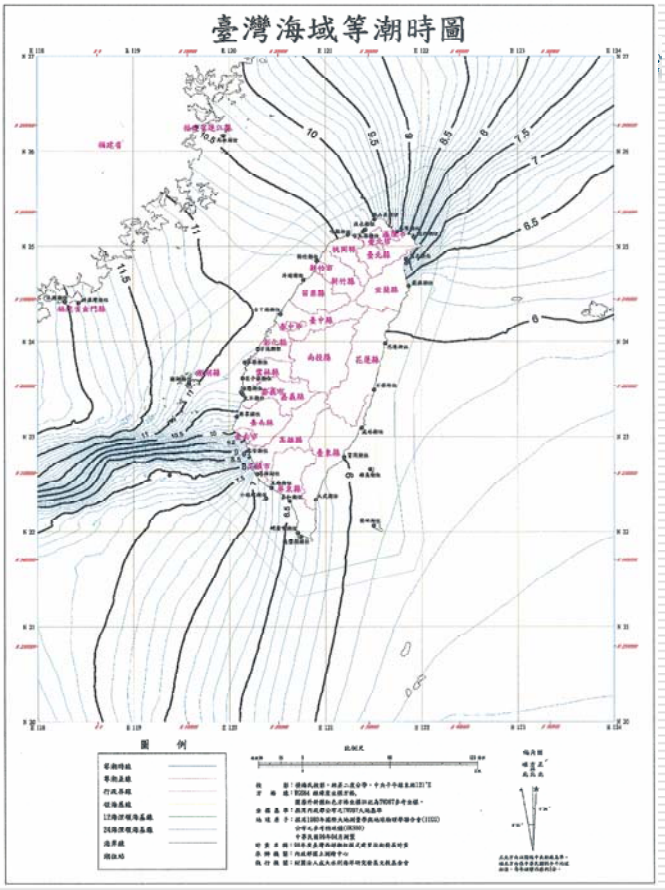
圖2-2

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位分區之應用

☐ 潮位分區方法

建立等潮時圖

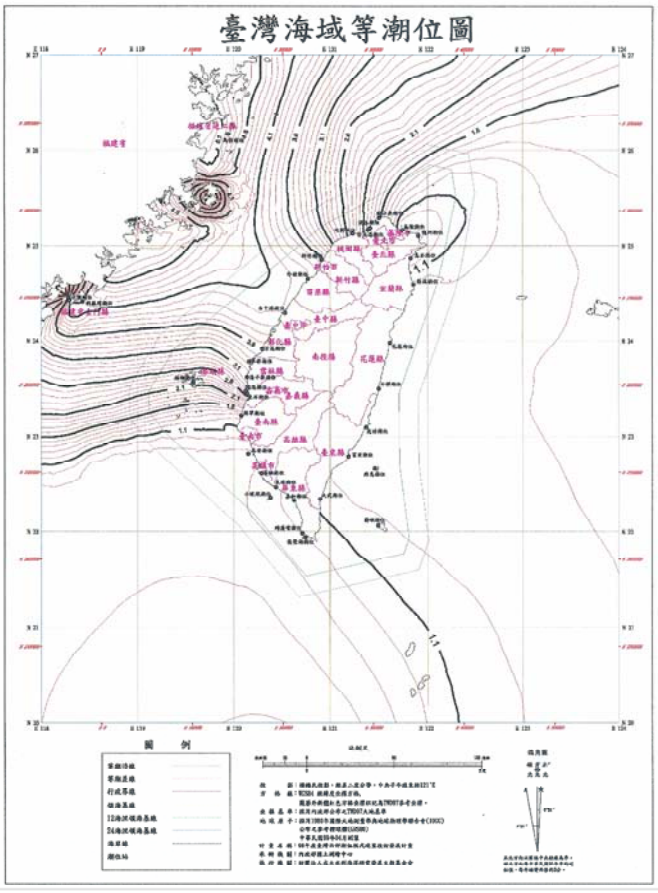


財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

潮位分區之應用

☐ 潮位分區方法

建立等潮位圖

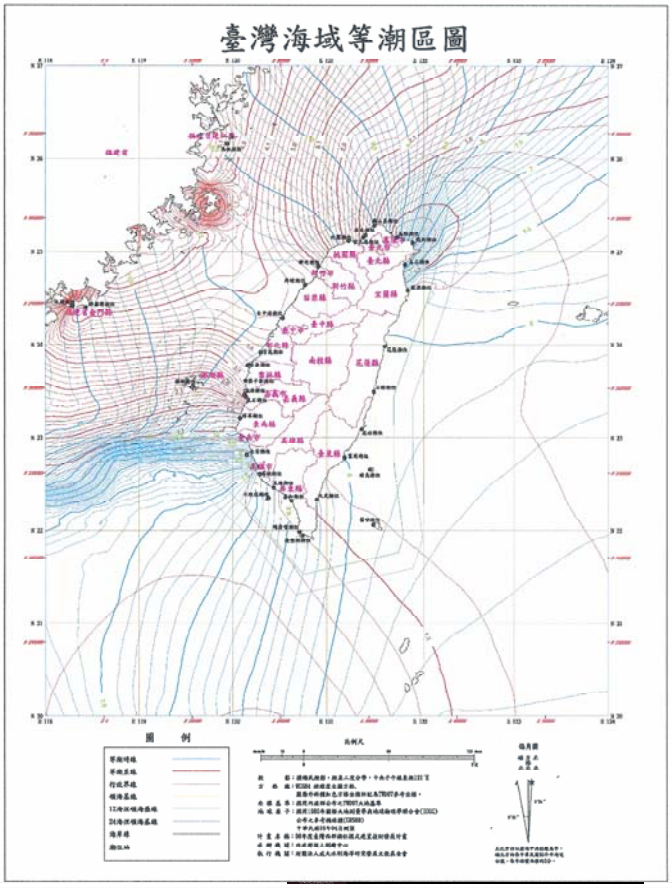


財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

潮位分區之應用

☐ 潮位分區方法

建立等潮區圖

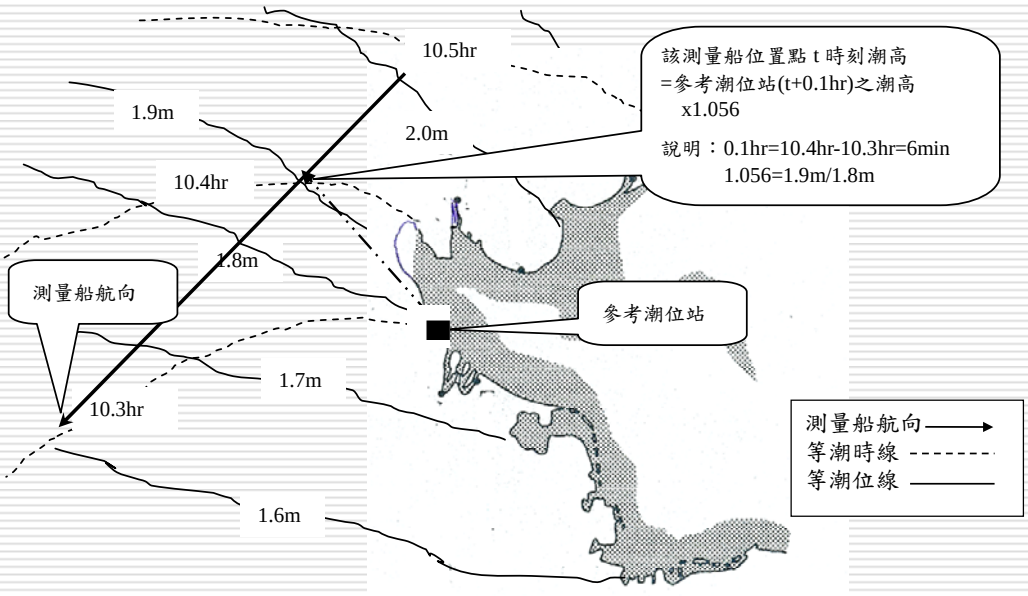


財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

潮位分區之應用

內政部國土測繪中心

☐ 潮位分區潮高修正方法



財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位分區之應用

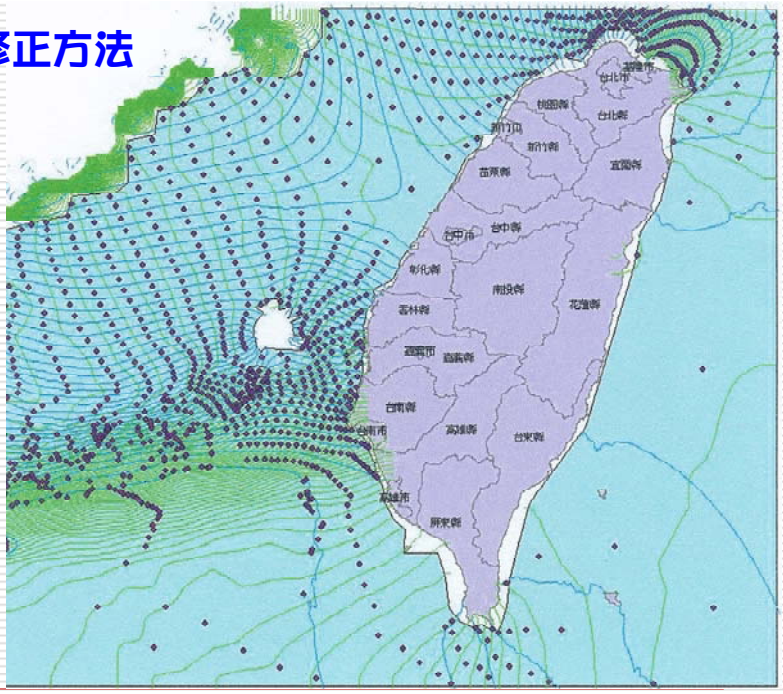
內政部國土測繪中心

□ 潮位分區潮高修正方法

建立分區重心位置

各重心配置二特徵值

1. **振幅比**
2. **潮時延遲**



財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位分區之應用

內政部國土測繪中心

□ 潮位精度分析結果

表 3-5 以花蓮潮位站為基準站推估待驗站之精度分析

		潮汐分區值		潮汐修正參數值		
站號	站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
1256	花蓮	1.2621	5.988	-	-	
1246	蘇澳	1.2269	6.093	0.972110	0.105	0.084
1586	富岡	1.2777	5.996	1.012360	0.008	0.077

1. **以花蓮為驗潮基準站推估蘇澳（約75km）及富岡潮位站（約150km）之均方根誤差約7~8cm，推估潮位值與實際觀測值甚為吻合。**
2. **對照臺灣海域等潮區圖發現此三站位址幾乎在同一潮汐分區上，由此推論即使與驗潮站距離稍遠，若能在同一潮汐分區內施行海上作業，其潮位修正精度應較可靠。**

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位分區之應用

內政部國土測繪中心

☐ 潮位精度分析結果

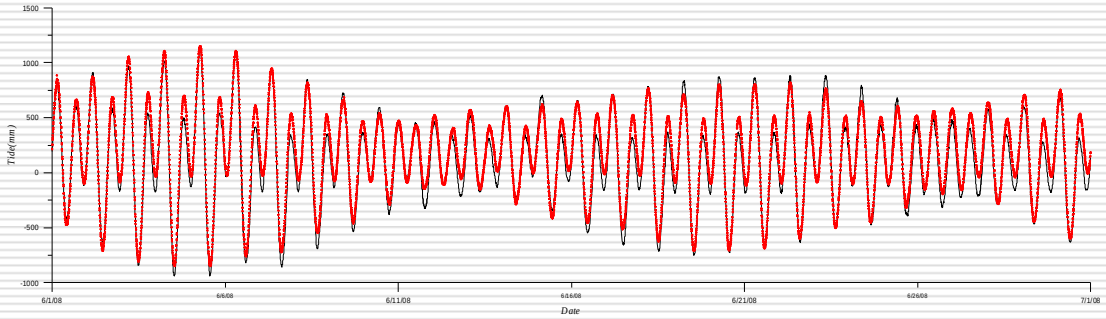


圖3-26 以花蓮驗潮站為基準站推估富岡潮位站之時序列比較圖
(黑線為實測，紅線為推估值)

潮位分區之應用

內政部國土測繪中心

☐ 潮位精度分析結果

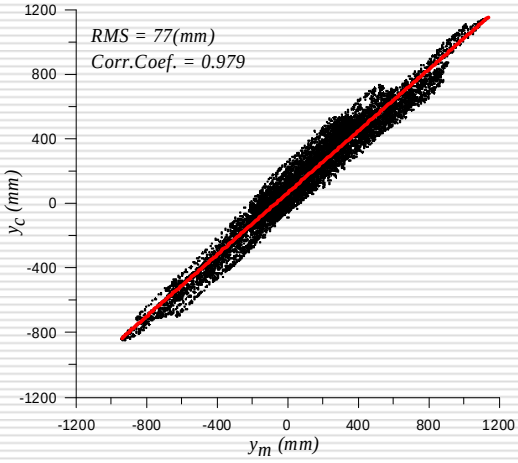


圖3-28 以花蓮驗潮站為基準站推估富岡潮位站之實測與推估值比較

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位分區之應用

□ 潮位精度分析結果

表 3-7 以臺中潮位站為基準站推估待驗站之精度分析(NAO99b 預報值)

		潮汐分區值		潮汐修正參數值		
站號	站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
1436	台中	3.9827	10.993	-	-	
112	新竹	3.6584	10.890	0.918573	-0.102	0.075
1156	箔子寮	3.1121	10.863	0.781405	-0.130	0.076
1366	塭港	2.7375	10.837	0.687348	-0.155	0.103

1. 以臺中為驗潮基準站（NAO99b預報值）推估新竹（約75km）、箔子寮（約90km）及塭港站（約110km）其均方根誤差約在7~10cm之間。
2. 此三站與基準站非在同一潮汐分區內，基準站及待驗站皆以模式預報，經由同潮圖之修正，推估潮位值與NAO99b預報值之時序列極為吻合。此間接說明NAO99b模式可直接用於海上測量作業之潮位修正。

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

- 前 言
- 水深測量之誤差
- 潮位分區之應用
- 潮位模式之應用 ←
- 結 論

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位模式之應用

內政部國土測繪中心

☐ 潮位模式直接作潮高修正

- 在同一潮汐分區，經由同潮圖之修正，施行海上作業時，其潮位修正精度較可靠。
- 非在同一潮汐分區內，若基準站及待驗站皆以模式模擬，經由同潮圖之修正，推估潮位值與NAO99b預報值之時序列極為吻合。
- 同潮圖之獲致又須藉由潮位模式之計算。

何不直接以潮位模式(NAO99b)作潮高修正？

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

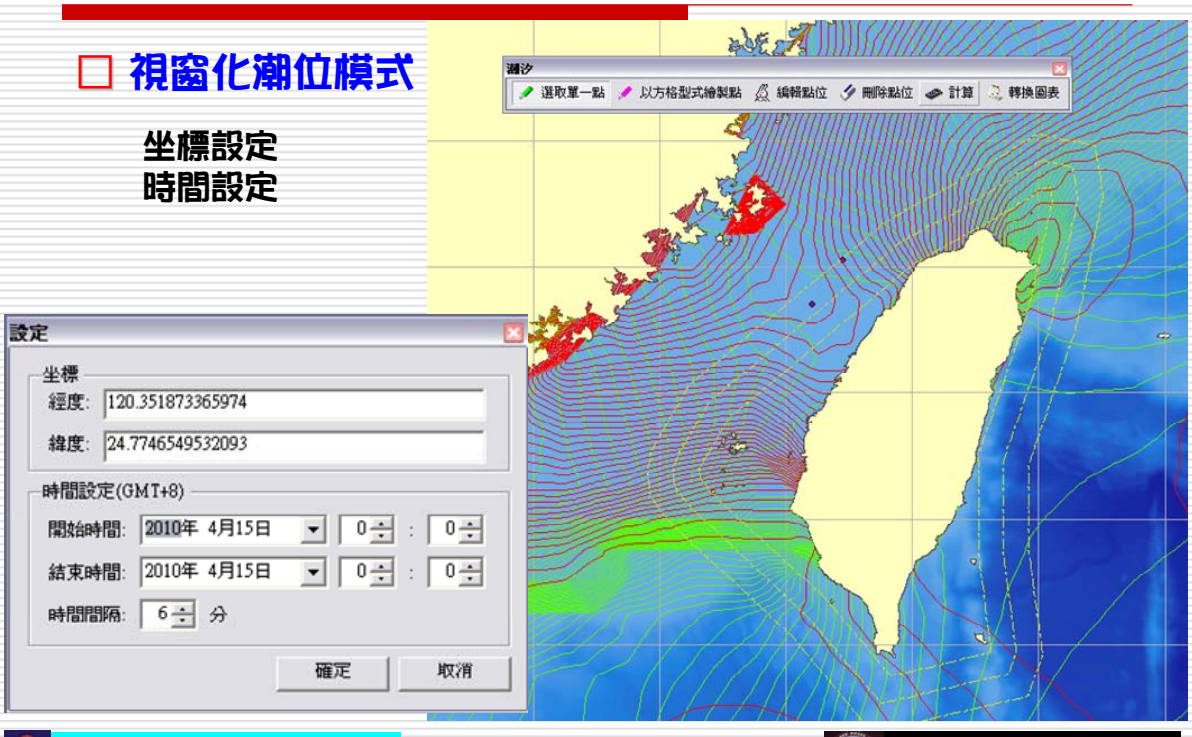
國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位模式之應用

內政部國土測繪中心

☐ 視窗化潮位模式

坐標設定
時間設定



財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

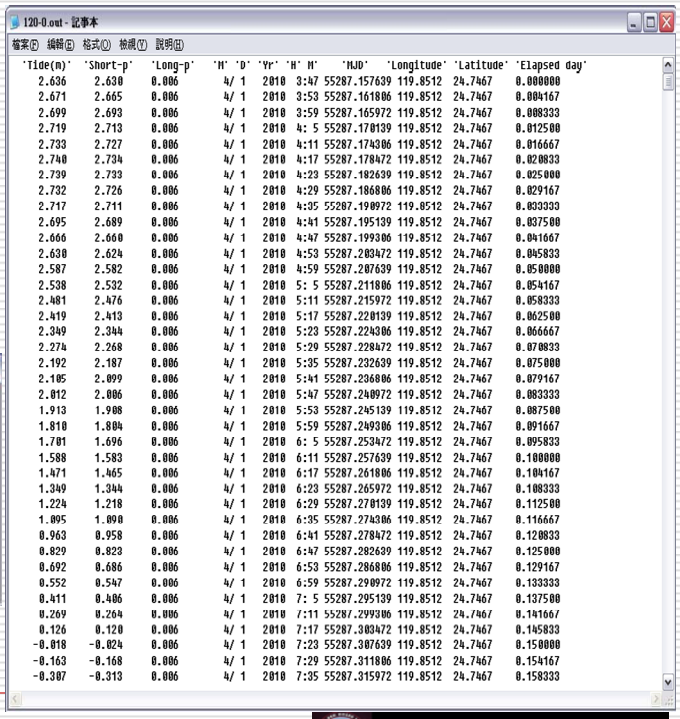
潮位模式之應用

內政部國土測繪中心

☐ 視窗化潮位模式

測深軟體潮位匯入輸出檔





'Tide(m)'	'Short-p'	'Long-p'	'M'	'D'	'Yr'	'H'	'M'	'MJD'	'Longitude'	'Latitude'	'Elapsed day'
2.636	2.630	0.006	4/	1	2010	3:	47	55287.157639	119.8512	24.7467	0.000000
2.671	2.665	0.006	4/	1	2010	3:	53	55287.161806	119.8512	24.7467	0.004167
2.699	2.693	0.006	4/	1	2010	3:	59	55287.165972	119.8512	24.7467	0.008333
2.719	2.713	0.006	4/	1	2010	4:	5	55287.170139	119.8512	24.7467	0.012500
2.733	2.727	0.006	4/	1	2010	4:	11	55287.174306	119.8512	24.7467	0.016667
2.740	2.734	0.006	4/	1	2010	4:	17	55287.178472	119.8512	24.7467	0.020833
2.739	2.733	0.006	4/	1	2010	4:	23	55287.182639	119.8512	24.7467	0.025000
2.732	2.726	0.006	4/	1	2010	4:	29	55287.186806	119.8512	24.7467	0.029167
2.717	2.711	0.006	4/	1	2010	4:	35	55287.190972	119.8512	24.7467	0.033333
2.695	2.689	0.006	4/	1	2010	4:	41	55287.195139	119.8512	24.7467	0.037500
2.666	2.660	0.006	4/	1	2010	4:	47	55287.199306	119.8512	24.7467	0.041667
2.630	2.624	0.006	4/	1	2010	4:	53	55287.203472	119.8512	24.7467	0.045833
2.587	2.582	0.006	4/	1	2010	4:	59	55287.207639	119.8512	24.7467	0.050000
2.538	2.532	0.006	4/	1	2010	5:	5	55287.211806	119.8512	24.7467	0.054167
2.481	2.476	0.006	4/	1	2010	5:	11	55287.215972	119.8512	24.7467	0.058333
2.419	2.413	0.006	4/	1	2010	5:	17	55287.220139	119.8512	24.7467	0.062500
2.349	2.344	0.006	4/	1	2010	5:	23	55287.224306	119.8512	24.7467	0.066667
2.274	2.268	0.006	4/	1	2010	5:	29	55287.228472	119.8512	24.7467	0.070833
2.192	2.187	0.006	4/	1	2010	5:	35	55287.232639	119.8512	24.7467	0.075000
2.105	2.099	0.006	4/	1	2010	5:	41	55287.236806	119.8512	24.7467	0.079167
2.012	2.006	0.006	4/	1	2010	5:	47	55287.240972	119.8512	24.7467	0.083333
1.913	1.908	0.006	4/	1	2010	5:	53	55287.245139	119.8512	24.7467	0.087500
1.810	1.804	0.006	4/	1	2010	5:	59	55287.249306	119.8512	24.7467	0.091667
1.701	1.696	0.006	4/	1	2010	6:	5	55287.253472	119.8512	24.7467	0.095833
1.588	1.583	0.006	4/	1	2010	6:	11	55287.257639	119.8512	24.7467	0.100000
1.471	1.465	0.006	4/	1	2010	6:	17	55287.261806	119.8512	24.7467	0.104167
1.349	1.344	0.006	4/	1	2010	6:	23	55287.265972	119.8512	24.7467	0.108333
1.224	1.218	0.006	4/	1	2010	6:	29	55287.270139	119.8512	24.7467	0.112500
1.095	1.090	0.006	4/	1	2010	6:	35	55287.274306	119.8512	24.7467	0.116667
0.963	0.958	0.006	4/	1	2010	6:	41	55287.278472	119.8512	24.7467	0.120833
0.829	0.823	0.006	4/	1	2010	6:	47	55287.282639	119.8512	24.7467	0.125000
0.692	0.686	0.006	4/	1	2010	6:	53	55287.286806	119.8512	24.7467	0.129167
0.552	0.547	0.006	4/	1	2010	6:	59	55287.290972	119.8512	24.7467	0.133333
0.411	0.406	0.006	4/	1	2010	7:	5	55287.295139	119.8512	24.7467	0.137500
0.269	0.264	0.006	4/	1	2010	7:	11	55287.299306	119.8512	24.7467	0.141667
0.126	0.120	0.006	4/	1	2010	7:	17	55287.303472	119.8512	24.7467	0.145833
-0.018	-0.024	0.006	4/	1	2010	7:	23	55287.307639	119.8512	24.7467	0.150000
-0.163	-0.168	0.006	4/	1	2010	7:	29	55287.311806	119.8512	24.7467	0.154167
-0.307	-0.313	0.006	4/	1	2010	7:	35	55287.315972	119.8512	24.7467	0.158333

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

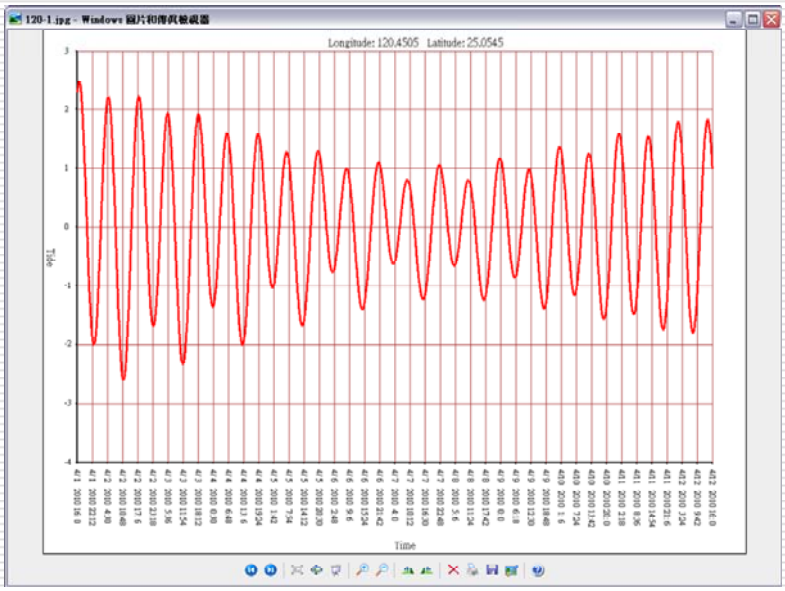
潮位模式之應用

內政部國土測繪中心

☐ 視窗化潮位模式

圖表轉換





財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

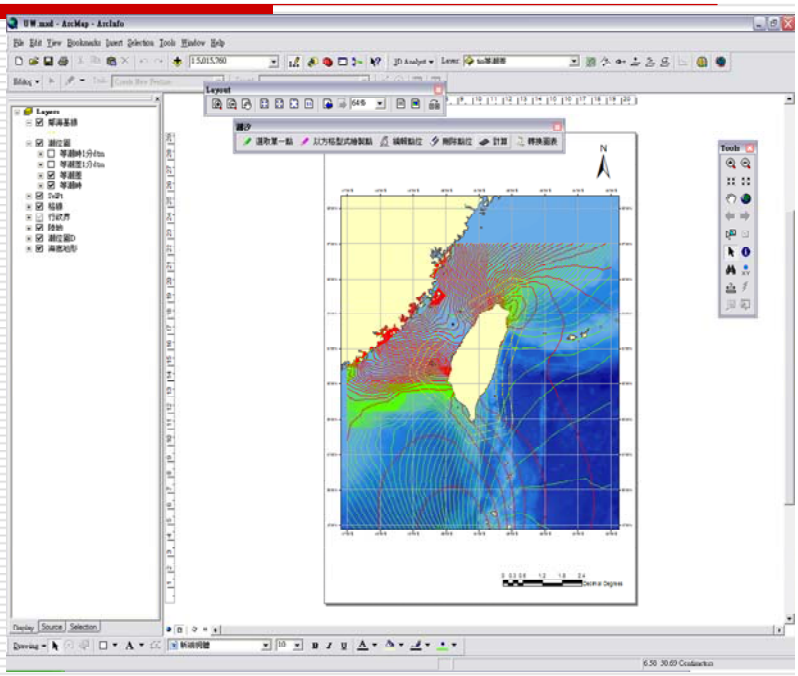
國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位模式之應用

內政部國土測繪中心

視窗化潮位模式

出圖操作視窗



財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

潮位模式之應用

內政部國土測繪中心

操作示範說明

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

98年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫

- 前 言
- 水深測量之誤差
- 潮位分區之應用
- 潮位模式之應用
- 結論與建議

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

結論與建議

□ 結論

- 由沿岸35處測站潮位精度分析及分時段潮位精度分析結果初步確認實測潮位與NAO99b預報潮位吻合性不差。
- NAO99b模式為套裝模組，原始碼亦已釋出，資料同化相當方便，可修正擬建構海域之潮流模式，尤其模式可建置成互動式架構，適合本案委辦單位之需求。
- 參考潮位站之選擇應以潮型 (潮汐特性)為研判依據，而與距離之遠近無直接相關。
- 潮位模式系統架構(測試版)含測點選取(點選單一點)、測區選取(以方格型式繪製)、編輯點位、刪除點位、潮位推算(計算)及繪圖(繪製潮位時序圖)。
- 該視窗化潮位模式可以直接從事水深測量之潮高修正。

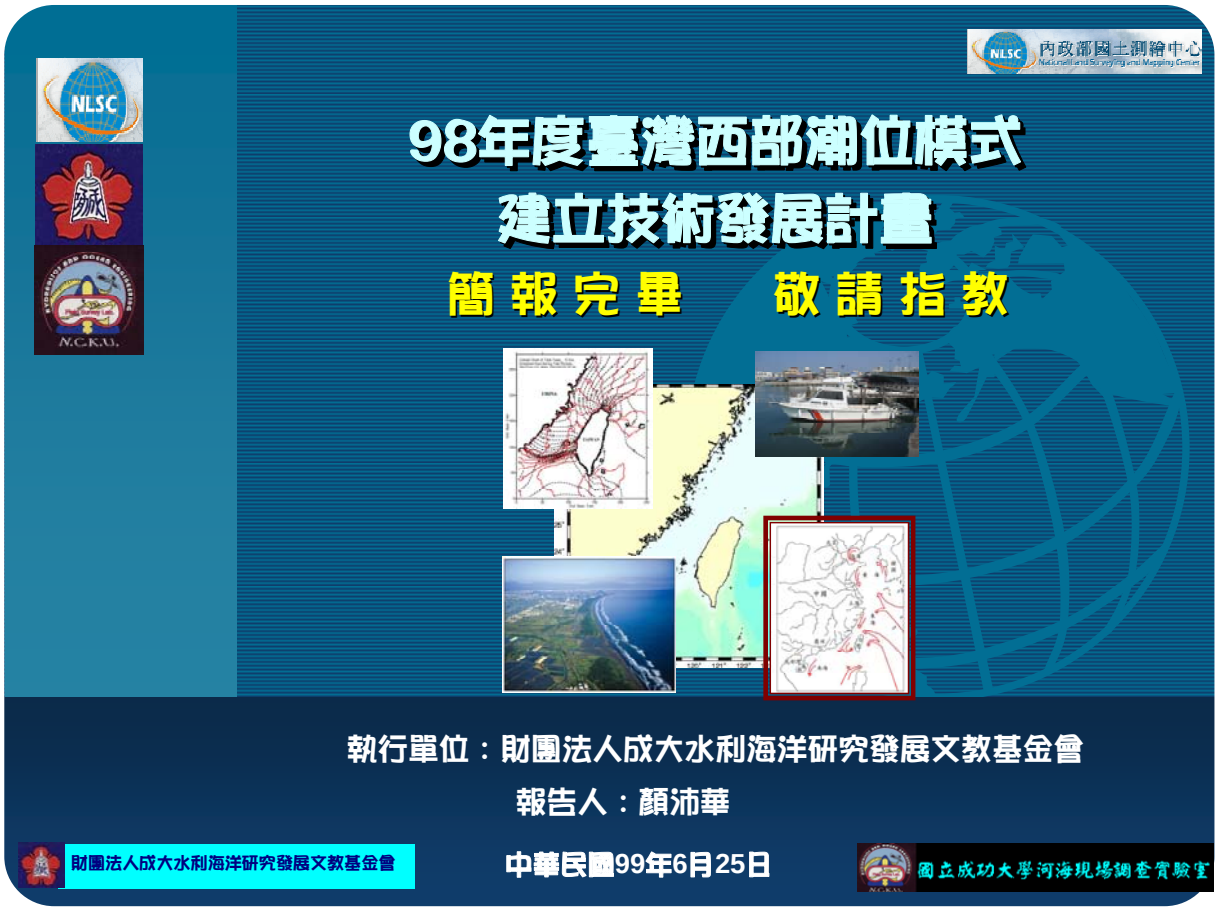
財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

國立成功大學河海現場調查實驗室

結論與建議

建議

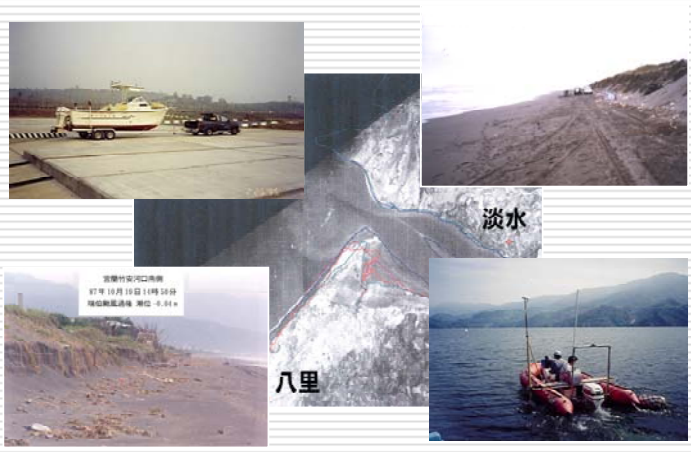
- 潮汐分區有賴模式之計算，若岸邊潮位站不足或目前兩岸分治現況，以模式計算之空間網格潮汐特性其正確性尚待驗證！
- 岸邊潮位站數量及適切位置之決定可利用台灣海峽四大分潮O1、K1、M2與S2之振幅與相位作主成分分析與群集分析可提供未來潮位站設置之參考。由新增潮位站之實測值併入資料同化處理可獲致更具代表性之空間網格潮汐特性。
- 中央氣象局資料浮標則建議更新其上之GPS為測量等級之儀器，其潮位實測數據亦一併納入作資料同化處理 。
- 因兩岸分治無法取得對岸潮位實測值則建議於12海浬領海內佈放適當數量之GPS浮標(GPS浮標間相距約20海浬)充當外海驗潮儀蒐集模式必要之數據。
- 各潮位站資料的基準應該一致，國土測繪中心雖已有作諸潮位站參考水準點之檢測，因此建議應調整令各潮位站資料基準一致。



研習課程註記

潮位模式之程式規劃與測試

龔興南
詮華國土測繪有限公司
地理資訊部程式設計師



中華民國 99年6月25日

1

第 一 章 導 論

1

GIS

GIS(Geographic Information System)即地理資訊系統，可以有相當多的變化。

這裡的定義是提供一個具有元件及功能的GIS。

GIS的功能

- ❑ 紀錄
- ❑ 查詢
- ❑ 展示
- ❑ 儲存
- ❑ 分析
- ❑ 輸出

2

記錄資料

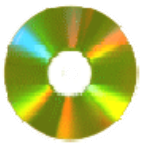


紙圖

480585.5 , 3769234
483194.1 , 3768432
485285.8 , 3768391

座標

GIS資料



數值資料

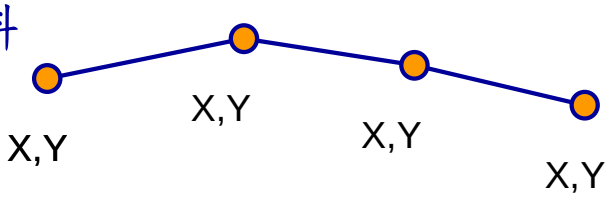


GPS

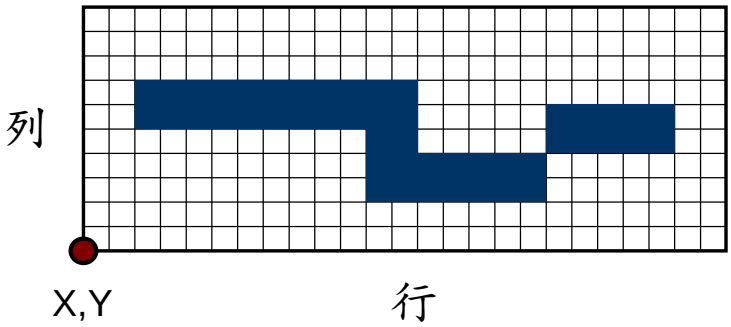
3

儲存資料

向量資料



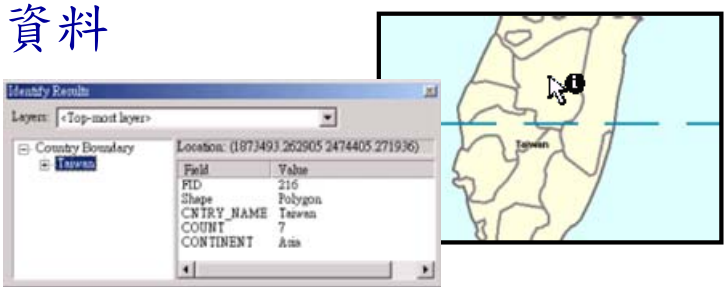
網格資料



4

查詢資料

辨識資料

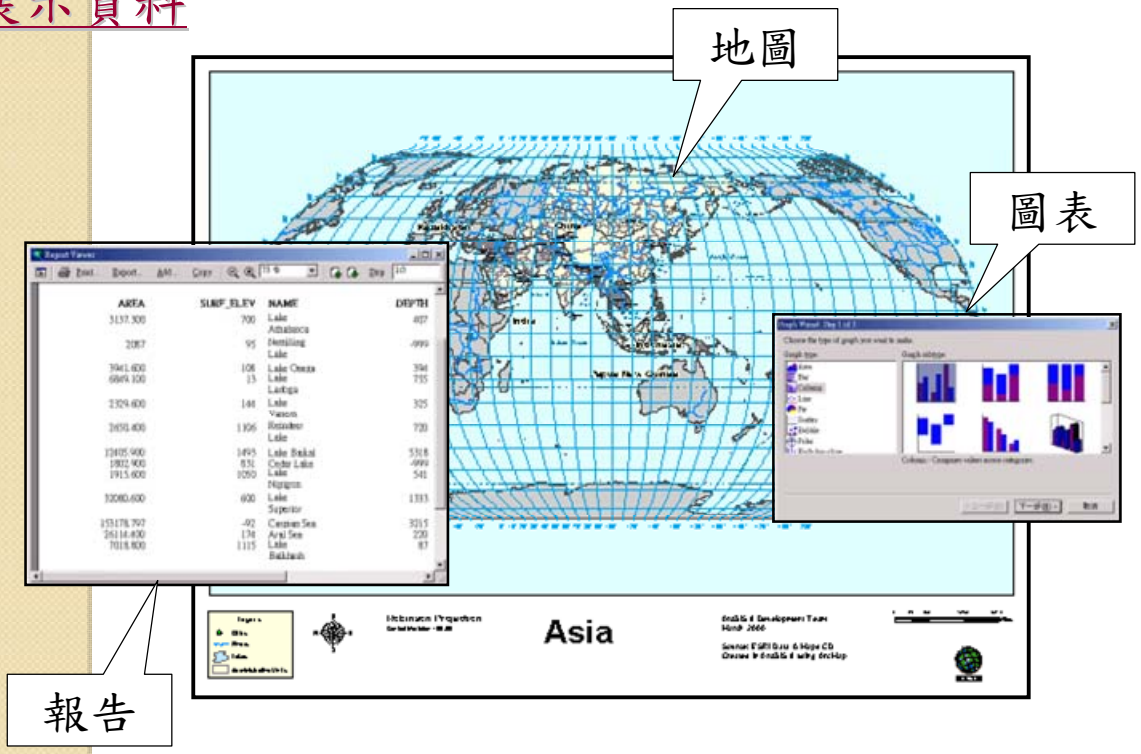


依條件辨識資料



5

展示資料



6

出圖



紙圖

網際網路



GIS資料

影像



avsun.jpg

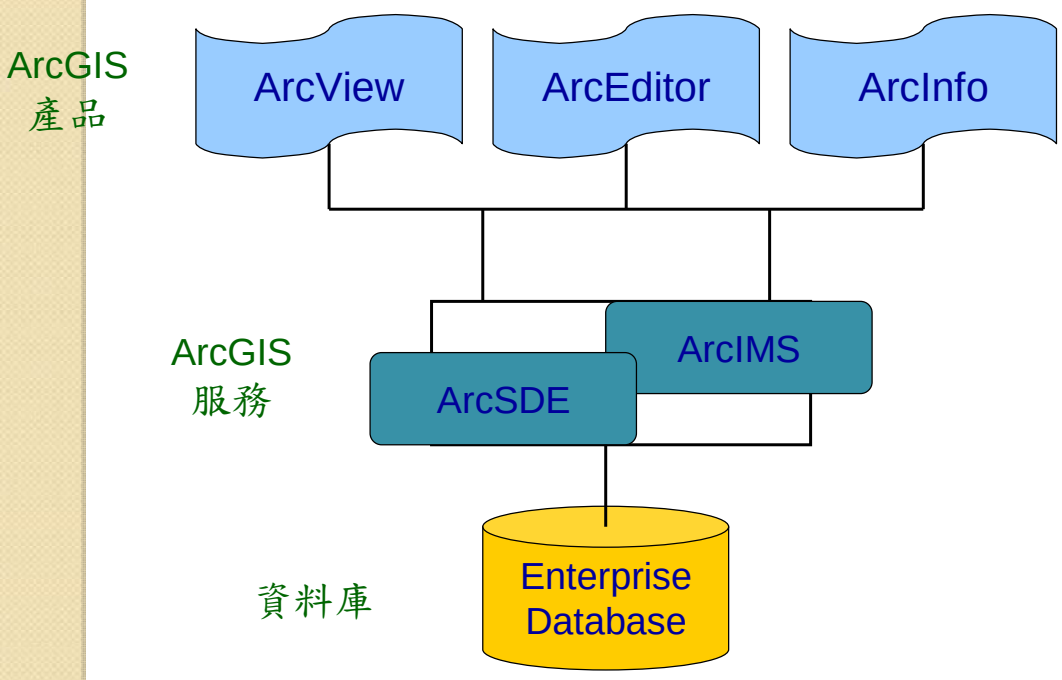


avsun.mxd

文件

7

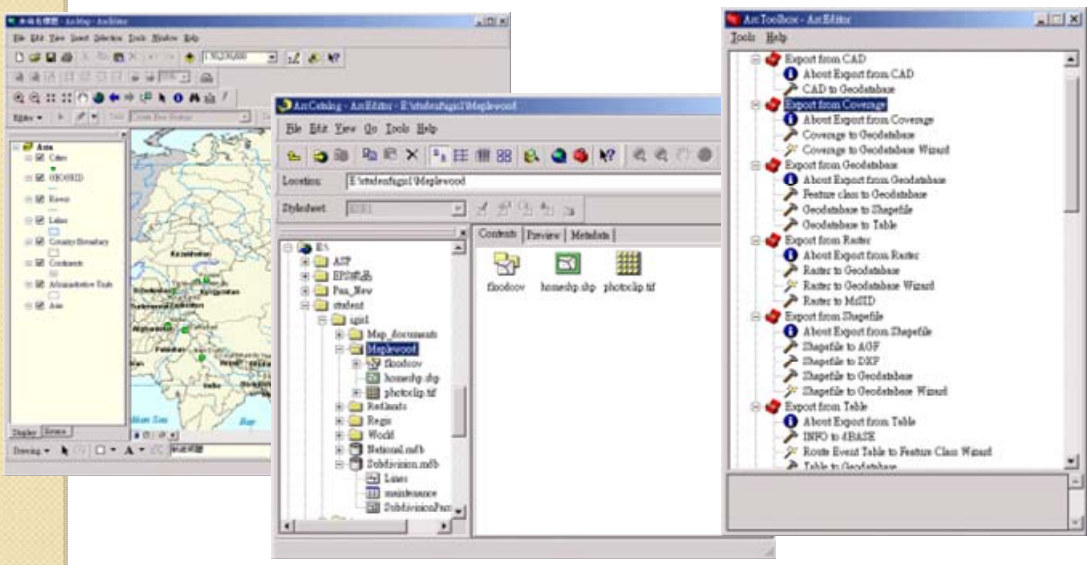
ArcGIS 概觀



8

ArcGIS 的應用

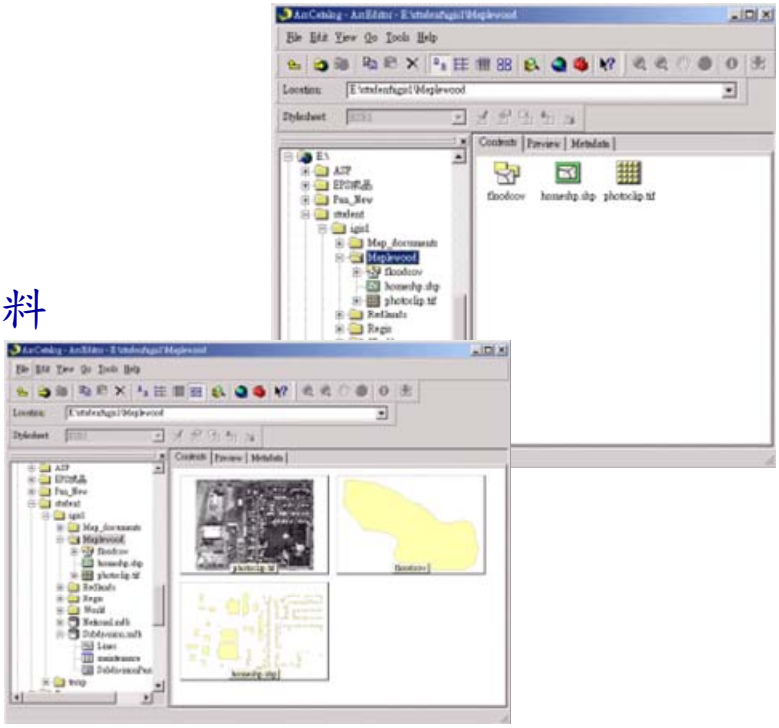
- ArcMap
- ArcCatalog
- ArcToolbox



9

ArcCatalog

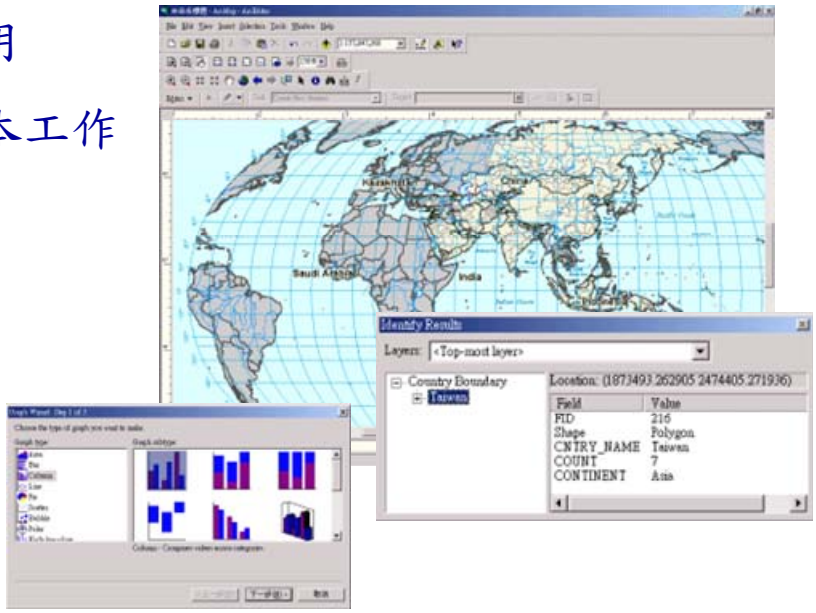
- 資料庫視窗
- 瀏覽資料
- 管理資料
- 增加及檢視資料



10

ArcMap

- 主要展示應用
- 執行繪圖基本工作
  - 展　示
  - 編　輯
  - 查　詢
  - 分　析
  - 圖　表
  - 報　告

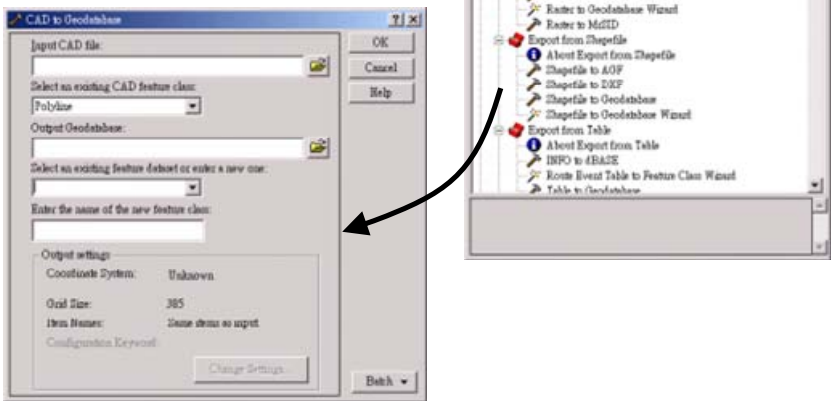


11

ArcToolbox

圖形處理功能

資料處理、分析及轉換

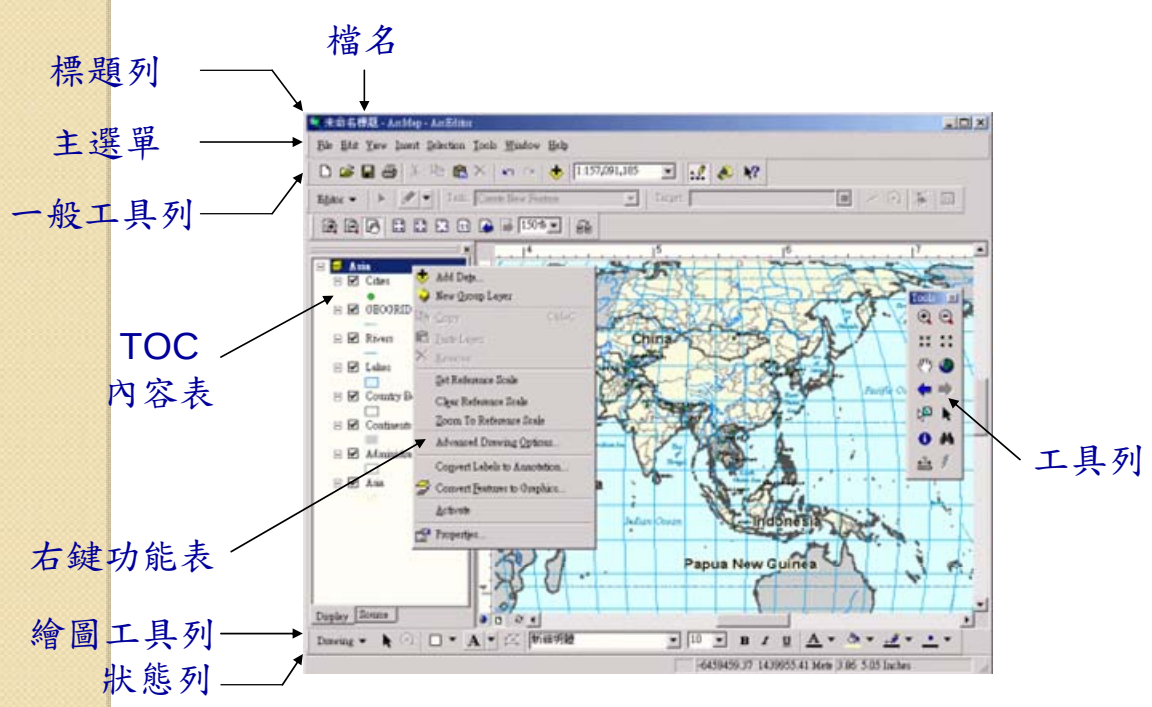


12

第 二 章　資料展示

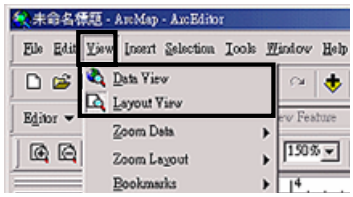
13

ArcMap 介面

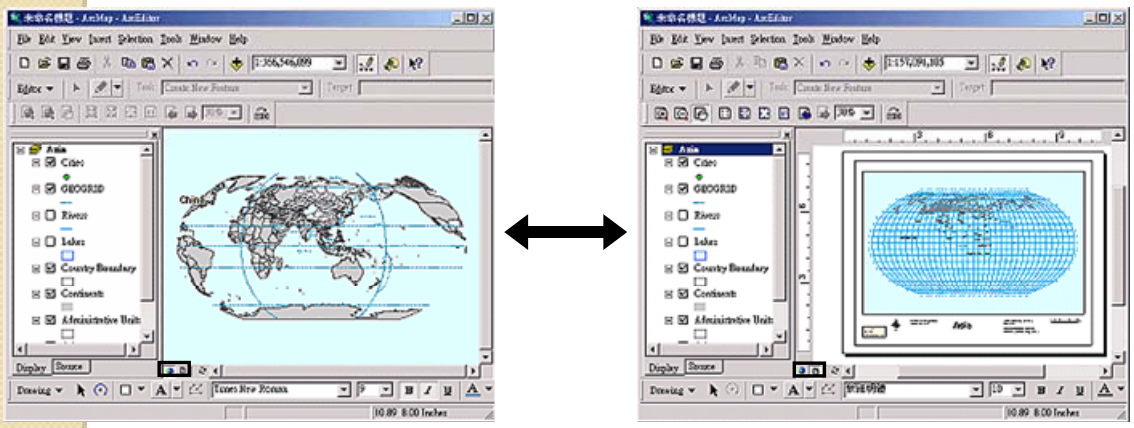


14

Data View(資料檢視)／Layout View(出圖檢視)



資料檢視　　出圖檢視



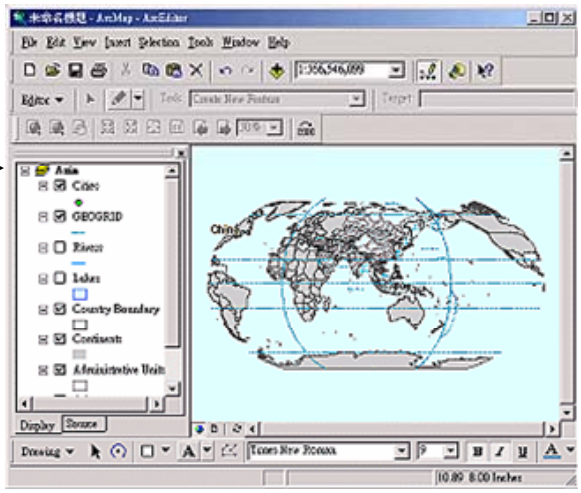
15

Layers(圖層), Data Frames(資料框架), Maps(地圖)

- **Layer**
  用以表現空間資料
- **Data Frame**
  由一個以上的圖層組織而成

資料框架 →

圖層 →

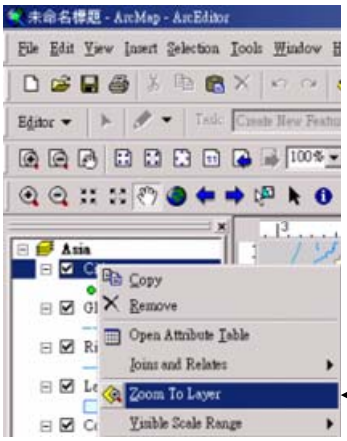


- **Map**
  包含資料框架、圖層及圖面元件

工具列



- 放大顯示
- 縮小顯示
- 固定比例放大顯示
- 固定比例縮小顯示
- 移動
- 全圖顯示
- 前一個視景
- 後一個視景
- 選擇圖徵游標
- 選擇物件游標
- 辨識資料
- 尋找
- 量距



縮放顯示至此一圖層範圍

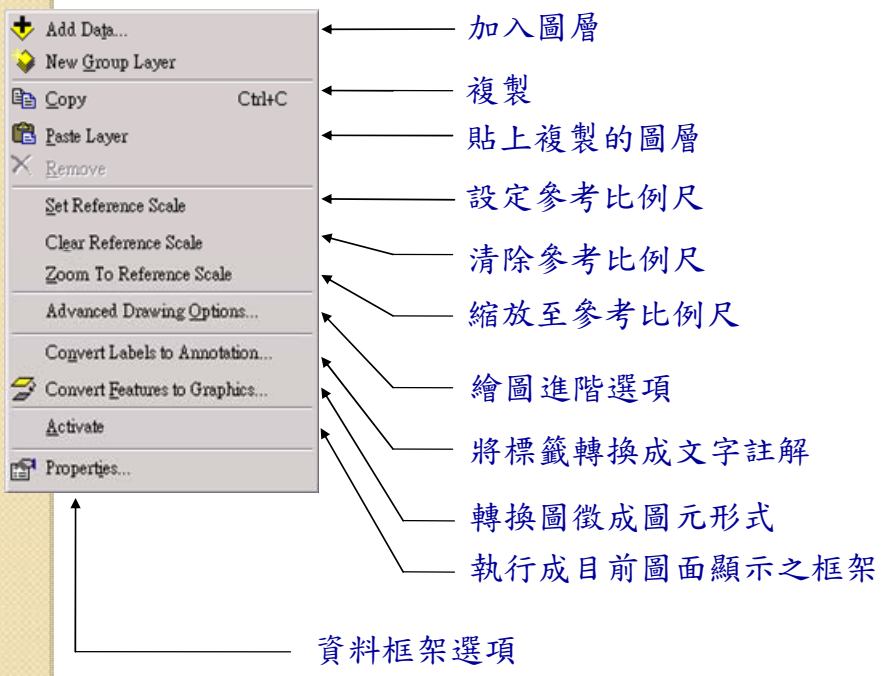
標準工具列



	開新檔案		復原
	開啟舊檔		重做
	儲存檔案		加入圖層
	列印	1:39,540	圖面顯示比例
	剪下		繪圖工具列
	複製		ArcCatalog
	貼上		功能求助
	刪除		

18

資料框架右鍵功能表



19

圖層右鍵功能表



複製圖層

移除圖層

開啟屬性內容表

加入**(Joins)**或連結**(Relates)**其他屬性表之欄位

縮放顯示至此一圖層範圍

設定可視之比例尺範圍**(**最大最小比例尺顯示範圍**)**

選取選項

標示標籤資料

將標籤轉換成文字註解

轉換圖徵成圖元形式

export data…將圖層輸出成**(.shp)**檔案格式

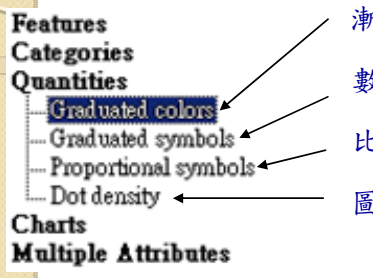
另存圖層檔案成**(.lyr)**檔案格式

圖層選項

20

依數量值顯示

- Quantities

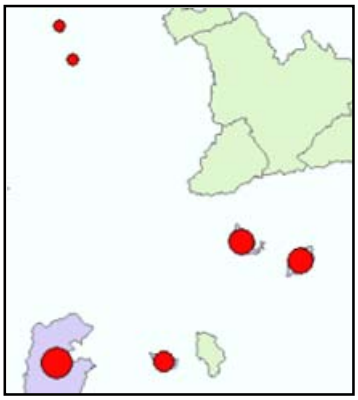


漸層色分類

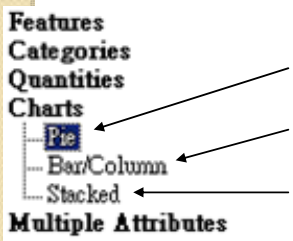
數量值分類

比例值分類

圖表分類



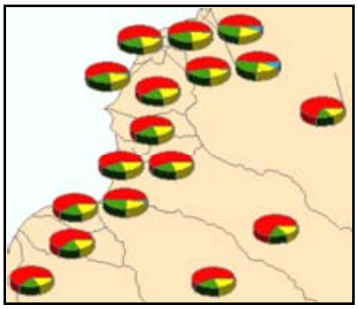
- Charts



圓餅圖

直方圖

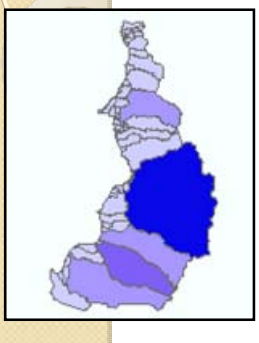
疊方圖



21

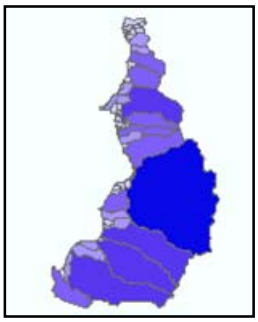
依數量值分類

依Quantities(數量分類)之Classify分類法細分:



組距相等
Equal interval

0.0 - 362.6
362.7 - 725.2
725.3 - 1087.8
1087.9 - 1450.4
1450.5 - 1813.0



自然分類
Natural breaks

0.0 - 31.5
31.6 - 98.5
98.6 - 346.6
346.7 - 803.5
803.6 - 1813.0



每組數量幾近相等
Quantile

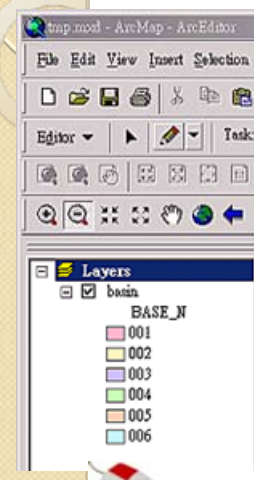
0.0 - 4.8
4.9 - 13.3
13.4 - 30.3
30.4 - 87.2
87.3 - 1813.0



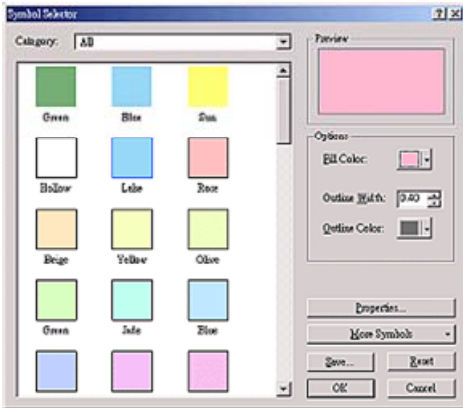
標準差
Standard deviation

0.0 - 230.6
230.7 - 488.9
489.0 - 1813.0

改變Symbol(符號)性質



按滑鼠左鍵





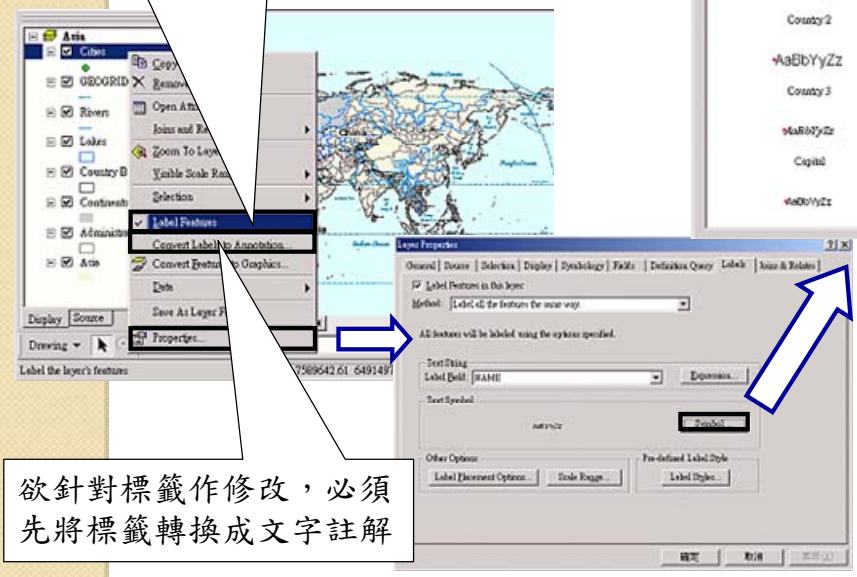


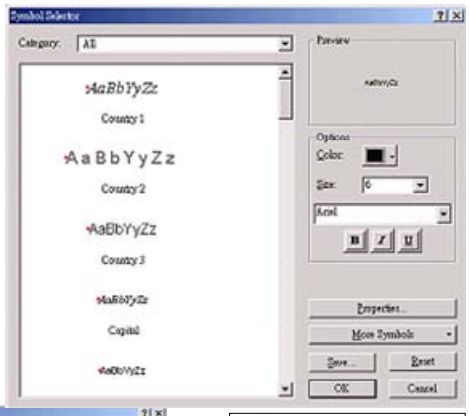
按滑鼠右鍵

此種修改方式無法修改外框顏色及填滿樣式

標籤

啟動此功能，只能單純顯示標籤，無法針對標籤作移動或修改之動作



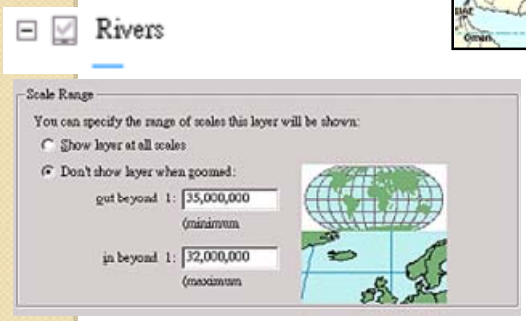


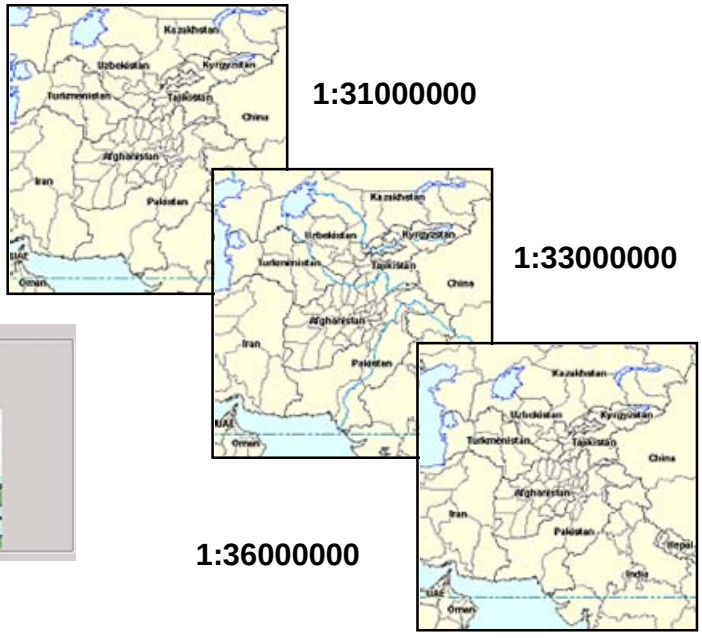
修改標籤屬性

欲針對標籤作修改，必須先將標籤轉換成文字註解

比例尺容許顯示

- 可設定圖層顯示的最大最小比例尺，避免比例尺太大時，資料顯示互相重疊。





- 比例尺範圍需在32,000,000~36,000,000才會將Rivers圖層秀出。

第 三 章　資料庫查詢

26

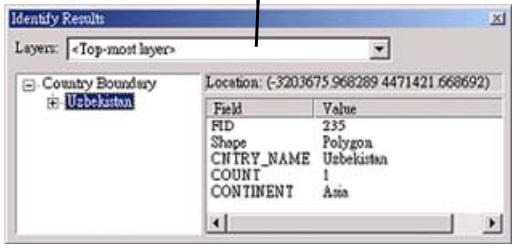
辨識資料

- 直接在圖面上點選圖徵，便可直接取的該圖徵的各欄位屬性資料
- 在突現視窗上的圖層(Layers)設定，可選擇顯示的條件內容

Visiable layers　勾選出現在圖面上的圖層
Selectable layers　無論是否勾選，可被選取的圖層
All layers　所有圖層
Top-most layers　最上層圖層



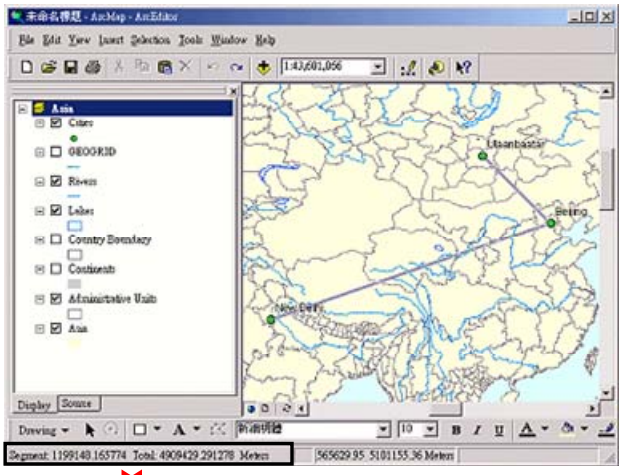


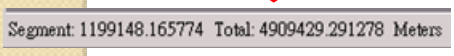


27

量距



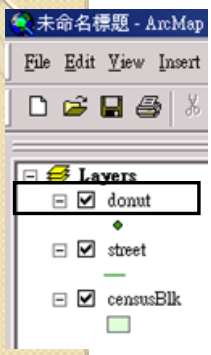




Segment: 最後點位與前一點間之距離

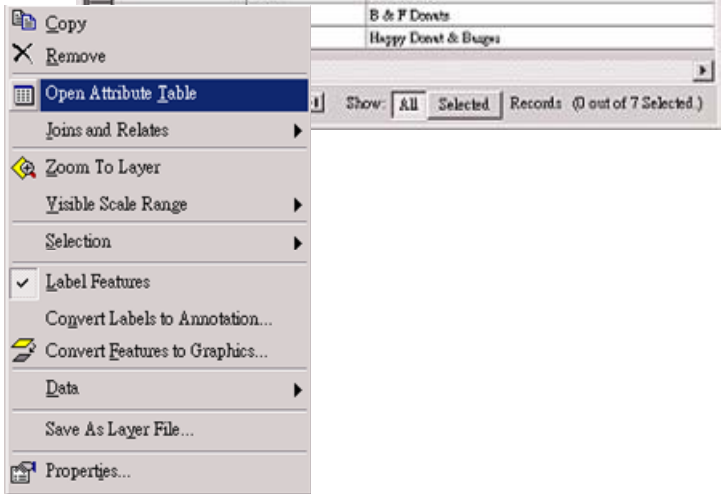
Total: 所有線段之總長

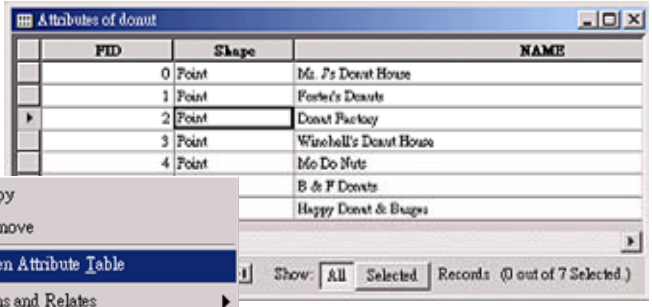
屬性表



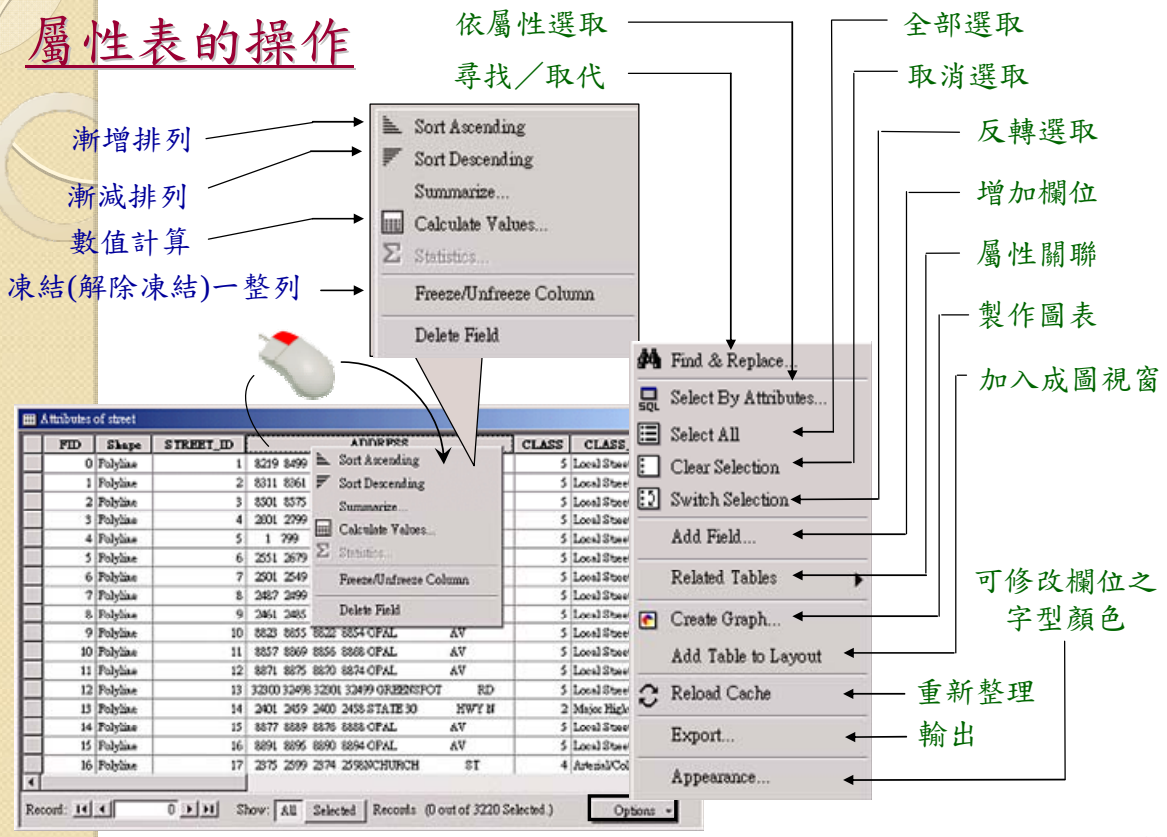
按下右鍵







屬性表的操作



30

第 四 章　潮汐系統使用說明

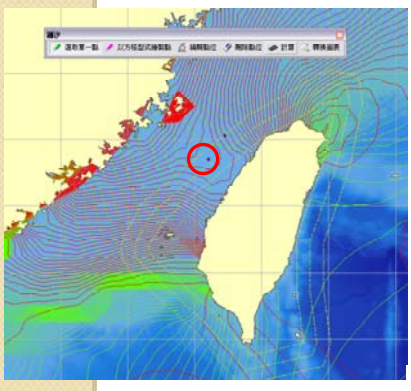
潮汐系統用途

- 用以預報潮位高低
- 用以修正海底地形測量

系統功能模組

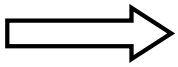
1. 建立潮位觀測點位資料
2. 觀測點位維護
3. 觀測點位潮位計算
4. GPS軌跡潮位計算
5. 潮位計算結果圖形顯示
6. 坐標查詢

建立觀測點位資料





於地圖上點選一點

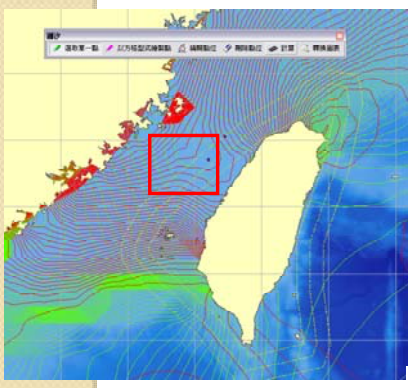




第一步、於地圖上點選一點

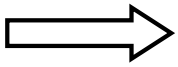
第二步、輸入所需要的資料

建立觀測點位資料





於地圖框選一個範圍





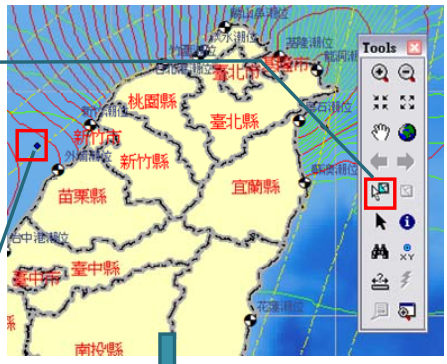
第一步、於地圖上框選一範圍

第二步、輸入所需要的資料

觀測點資料維護

1. 點選【選取】按鈕

2. 選取欲維護點位



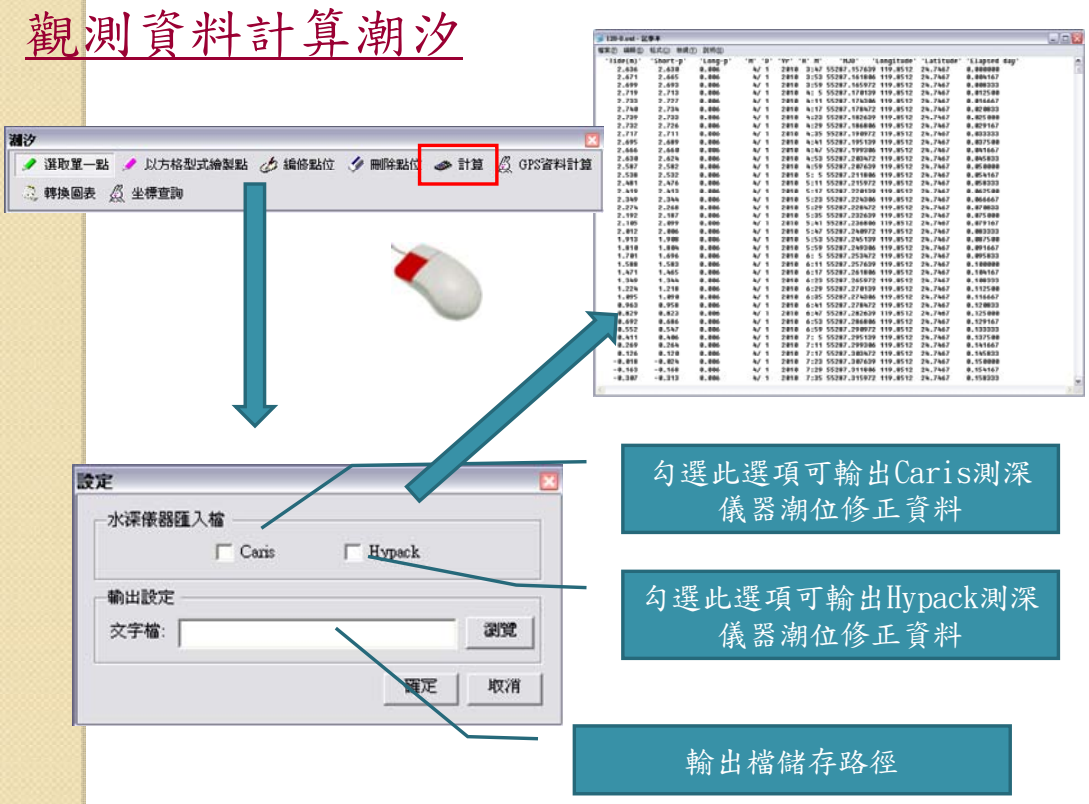




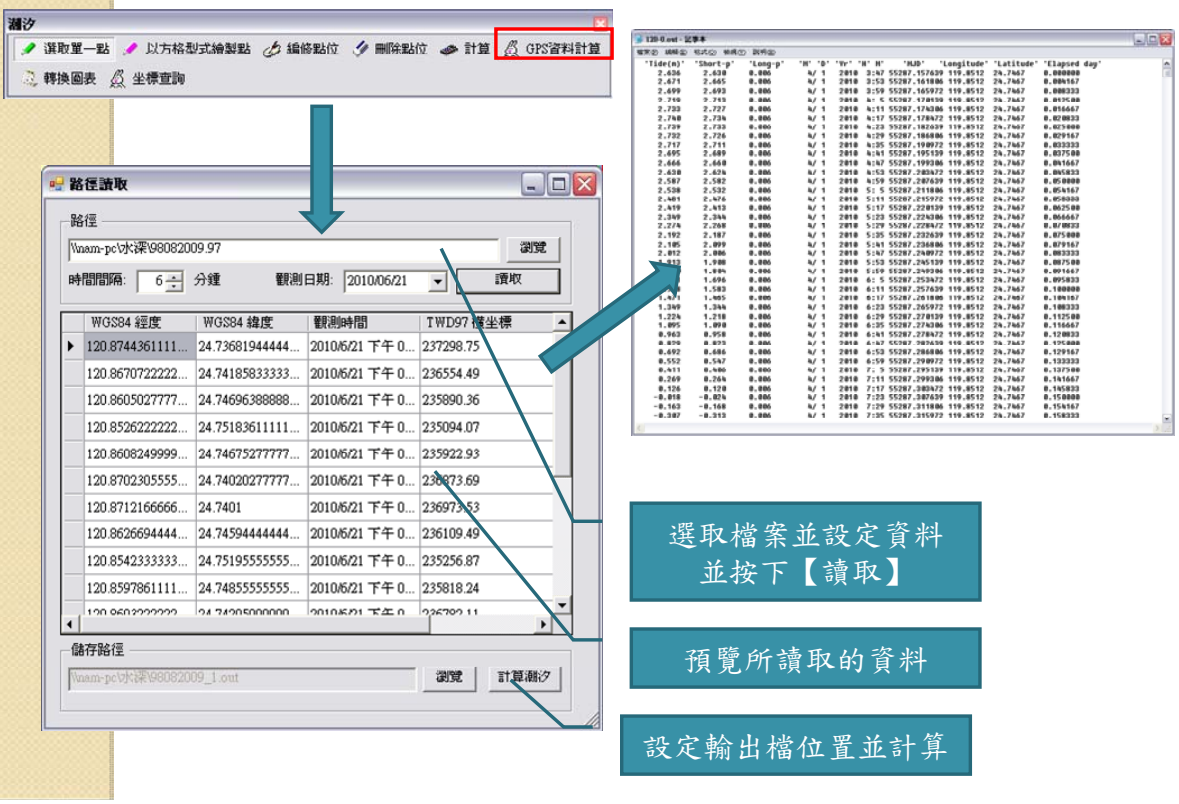
使用編修功能可更改資料

使用刪除功能則可刪除資料

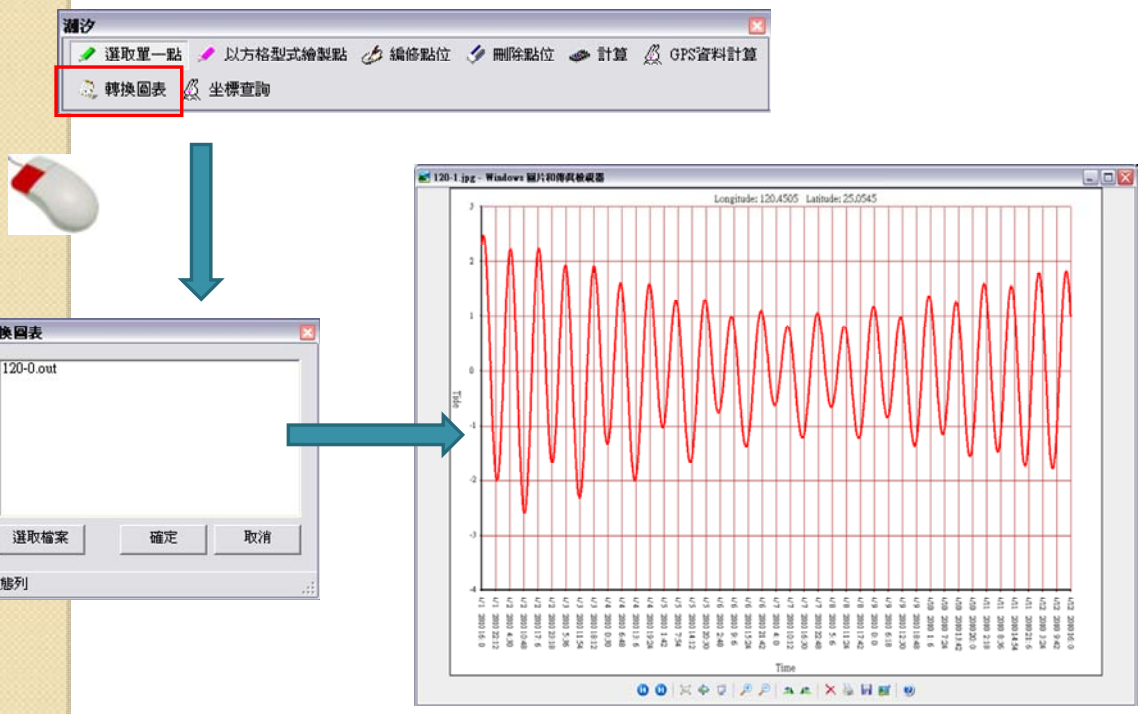
觀測資料計算潮汐



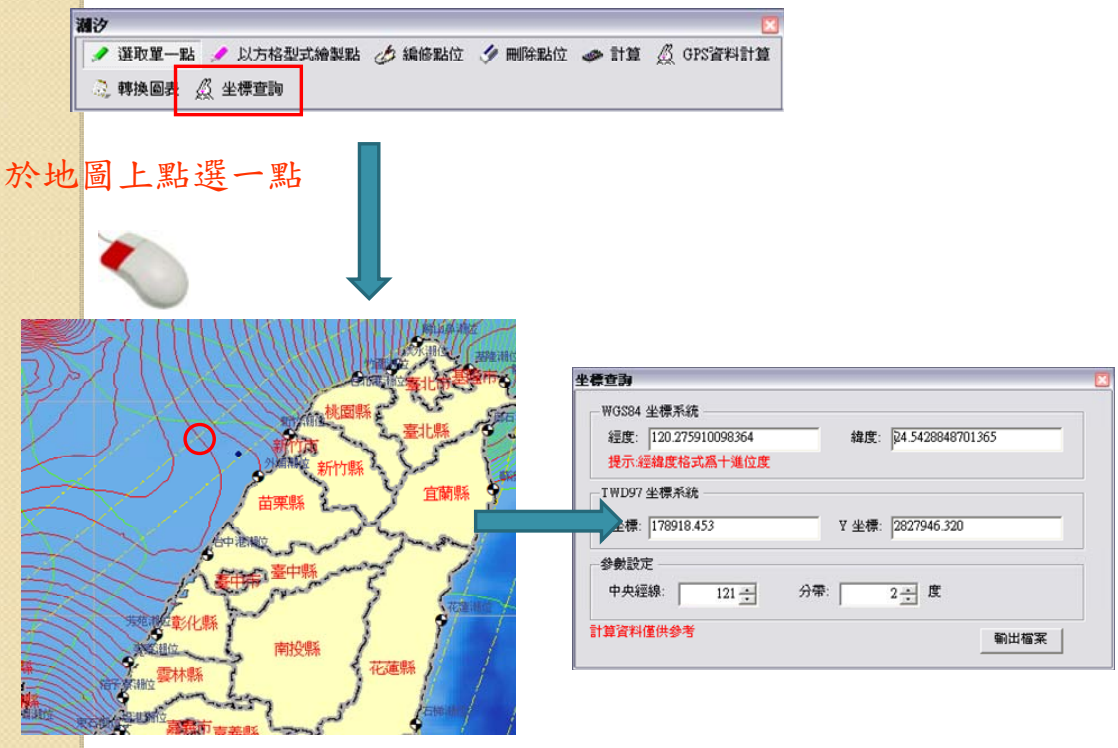
GPS軌跡潮位計算



潮位計算結果圖形顯示



坐標查詢



研習課程註記

內政部國土測繪中心「臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」

技術研習會簽到簿

序號	機關名稱	姓名	職稱	簽名處	備註
1	內政部國土測繪中心	林燕山	中心主任		
2	內政部國土測繪中心	林志清	課長	林志清	
3	內政部國土測繪中心	蔡季欣	技正	蔡季欣	
4	內政部國土測繪中心	游政恭	技士	游政恭	
5	內政部國土測繪中心	傅秉綱	技士	傅秉綱	
6	內政部國土測繪中心	施錦揮	技士	施錦揮	
7	內政部國土測繪中心	黃琦聆	課員	黃琦聆	
~~8~~	~~內政部國土測繪中心~~	~~李佩珊~~	~~課員~~		
9	內政部國土測繪中心	許吉川	測量助理	許吉川	
10	內政部國土測繪中心	謝東發	技士	謝東發	
11	內政部國土測繪中心	許陽碧	測量助理	許陽碧	
12	內政部國土測繪中心	林文勇	專員	林文勇	
13	內政部國土測繪中心	黃華尉	技士	黃華尉	
14	內政部國土測繪中心	高祥雯	隊長	高祥雯	
15	內政部國土測繪中心	陳隆輝	測驗助理	陳隆輝	
16	內政部國土測繪中心	蔡鳳正	測量助理	蔡鳳正	
17	內政部國土測繪中心	戴瑛秋	技士	戴瑛秋	

1

序號	機關名稱	姓名	職稱	簽名處	備註
18	內政部國土測繪中心	張盛南	專員	張盛南	
19	內政部國土測繪中心	胡明俊	技士	胡明俊	
20	內政部國土測繪中心	李劭瑋	技佐	李劭瑋	
21	內政部國土測繪中心	董守義	副隊長	董守義	
22	內政部國土測繪中心	方信發	技佐	方信發	
23	內政部國土測繪中心	吳嘉隆	技士	吳嘉隆	
24	內政部國土測繪中心	王健	技士	王健	
~~25~~	~~內政部國土測繪中心~~	~~黃華尉~~	~~技士~~		
26	內政部	陳俊廷	科員	陳俊廷	
~~27~~	~~海軍大氣海洋局~~	~~崔怡楓~~	~~中校~~		
~~28~~	~~海軍大氣海洋局~~	~~孫永大~~	~~中校~~		
29	海軍大氣海洋局	程國峰	少校	程國峰	
30	海軍大氣海洋局	許顥耀	士官長	許顥耀	
31	海軍大氣海洋局	蔡錦繡	聘員	蔡錦繡	
32	中央氣象局	劉光宗	技士	劉光宗	
33	交通部運輸研究所	莊文傑	研究員	莊文傑	
34	交通部運輸研究所	李俊穎	副研究員	李俊穎	
35	交通部基隆港務局	游泰然	工務員	游泰然	
36	交通部台中港務局	林達志	幫工程司	林達志	

序號	機關名稱	姓名	職稱	簽名處	備註
37	交通部高雄港務局	洪桂滿	測量隊 隊長	洪桂滿	
38	交通部花蓮港務局	李詩鴻	正工程司	李詩鴻	
39	交通部高雄港務局安平港分局	彭南雄	副工程司	彭南雄	
40	經濟部水利署	王仲豪	副工程司	王仲豪	
41	經濟部水利署	張家榮	副工程司	張家榮	
42	經濟部水利署水利規劃試驗所	邊孝倫	副工程司	邊孝倫	
43	經濟部水利署水利規劃試驗所	陳春伸	副工程司	陳春伸	
44	~~水利署第六河川局~~	~~鮑俊宏~~	~~工務員~~		
45	水利署第七河川局	陳春民	正工程司	陳春民	
46	水利署第八河川局	潘福周	技士	潘福周	
47	水利署第十河川局	周俊彬	副工程司	周俊彬	
48	近海水文中心	陳秋份	研究助理	陳秋份	
49	近海水文中心	王良生	研究助理	王良生	
50	成功大學			許泰文	
51	成功大學			關志偉	
52					
53					
54					
55					

附錄七

投稿期刊論文

以 NAO99b 潮位模式建立臺灣海域網格化潮位分區從事水深測量之潮高修正

Tide Correction Method during Depth Sounding by Using NAO99b Ocean Tide Model to Establish Tidal Grid Zones Surrounding Taiwan Maritime Space

蔡宗旻[1]　顏沛華[2]　莊文傑[3]　謝東發[4]

Tsung-Min Tsai　Pei-Hwa Yen　Wen-Jye Juang　Tung-Fa Hsieh

摘 要

本研究以 NAO99b 全球潮汐模式進行臺灣周圍海域格網化之潮位預報，並以 IOS 調合分析方法依各網格點計算平均潮差(Mn)諸值以繪製等潮位線；另求取主導分潮之平均高潮間隙(MHWI) 諸值繪製等潮時線，據此等潮位線及等潮時線之套疊建立臺灣網格化潮位分區圖。利用此潮汐分區(Tidal Zone)估計水深測量作業期間之測區潮位值(由鄰近潮位站所觀測之數值加入該潮汐分區之振幅改正係數及相位差加以推算)，藉以提升海域水深測量精度。另經桃、竹、苗外海實測結果顯示，其 RMS 值約在 10~16cm 之間，符合美國工兵署水深測量手冊一等水準測量在海岸地區規範說明之潮位修正誤差要求。

關鍵詞: NAO99b、IOS、潮位預報、等潮位、等潮時、等潮區圖

ABSTRACT

Ocean tide model NAO99b has been applied in this research to simulate offshore tide condition of each numerical grid point surrounding Taiwan maritime space. IOS model then performed harmonic analysis to calculate mean range of tide (Mn) and mean high water interval (MHWI) for drawing co-range lines and co-phase lines. Co-tidal chart can be obtained by overlapping these two lines and formed tidal grid zones with which can be potentially used for tide correction by using the tide amplitude ratio and tidal phase difference of the reference tidal station along the coast

[1]國立成功大學水利及海洋工程研究所博士研究生
[2]國立成功大學水利及海洋工程研究所副教授
[3]交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
[4]內政部國土測繪中心地形及海洋測量課技士

so as to improve the depth sounding accuracy. On-site test has been carried out with a GPS buoy located in between Taoyuan and Miaoli maritime space and result a RMS value of 10~16cm which conformed to U.S. Army Corps of Engineers tide correction standard.

Keywords: NAO99b; IOS; Tides forecasting; Co-range, Co-phase lines; Co-tidal chart..

一、前言

臺灣地區四面環海，海域潮汐受太平洋天文潮與海峽內淺水化效應影響，造成近岸與離岸海域有顯著的潮時及潮位差異。而海底地形為海岸防護規劃、近岸工程施工及空間資訊科學、近海水文研究之基本資訊，故快速、精確、有效率的測繪海底地形是海岸監測、規劃、設計、施工、環評及研究的重要基礎工作，惟水深測量測深資料內含施測當時之潮汐效應，因此，在進行水深測量時必須從事潮汐改正，即測深資料應以製圖基準(最低潮位面或基隆中潮面)修正量測數據，以得到實際的海床高程(圖 1)。

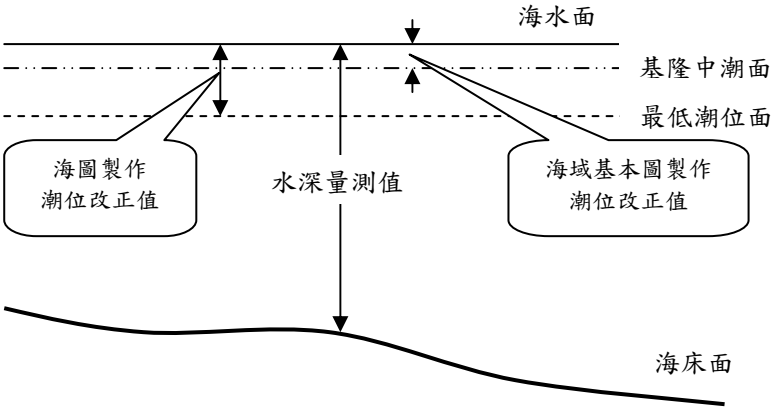


圖 1 水深測量潮位改正示意圖

潮位修正誤差為水深測量誤差來源之一，為了進行水深測量時的潮位改正，一般可藉由中央氣象局、交通部港務局、經濟部水利署及其他學術或相關研究機構設立於沿岸或港口內之觀測站進行修正。惟港內或沿岸處之潮時及潮位與離岸地區並不相同，即使以 RTK GPS 配合測深儀方式進行無驗潮修正之水深測量作業(省略潮位觀測步驟，可直接得到底床高程)，約略離岸 6 公里(約 3 海里)後，受海況條件、GPS 訊號接收遮蔽問題、無線電傳輸路徑及高程精度等之限制較不適用。若以無驗潮修正水深測量方法搭配海上潮位站之設置或為可行之方，惟設

立於離岸海域潮位站的測潮方式與近岸地區之潮位站不同，離岸地區測潮(水位)儀器因地形、氣候及海況因素，潮位引測有諸多限制，加上收放儀器作業及保存均較近岸地區困難，因此，如何利用潮位特性獲得離岸地區的潮位資料，進而達到潮位修正之目的，為本研究之目標。

潮汐現象是一種週期性的海洋運動，此種運動特徵，包含潮位的空間變化及其隨時間變化的傳播過程，一般可用同潮圖(co-tidal chart)或稱等潮區圖來描述。而同潮圖是由兩種不同的等值線所組成，一種為潮位的等振幅線(co-amplitude lines)，係將某一特定海域空間之特定期間內，由聯結不同地點而具有相同滿潮位的連線所組成，又因振幅的兩倍通常相當於潮差，故有時以等潮差線(co-range lines)來代替等振幅線；另一種則是等潮時線(co-phase lines)，即在某一特定海域空間之特定期間內，由聯結不同地點而同時發生滿潮位的連線所組成。另在某些特定之海域，當同潮時線具有會合點時，由於在會合點處，滿潮與乾潮的發生時間是不確定的，也就是說不存在滿潮和乾潮，或振幅是近似於零，故一般稱同潮時線的會合點為無潮點(amphidromic point) (莊文傑和江中權，2006)。

國內外即有研究以此概念建構同潮圖，來探討潮汐系統之運動行進及特性。劉肖孔(1983)、李賢文(1989)、Jan, S., et al. (2002, 2004)、莊文傑和江中權(2000，2005)等曾針對全日潮及半日潮建構臺灣鄰近海域的潮波同潮圖。Luther, D.S., et al. (1974) 提出了中太平洋海域主要分潮M2、S2、K1、O1之同潮圖。而美國國家海洋大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)亦依據潮汐特性，利用潮汐分區之概念，提出峽灣地區水深測量之潮位修正方法(NOS, 2000)。Richards, R.J., et al. (1999) 將所建立的潮汐分區概念，以RTK GPS方式搭配單音束（single-beam）、多音束（multi-beam）測深系統同步進行驗證。李孟霖(2007)及王韋樺(2009)也運用同潮圖來提供水深測量時之潮汐修正用，惟使用之潮汐模式與本研究不同。

我國海域基本圖之測量範圍涵蓋近岸、領海及鄰接區海域，測深資料的潮位修正一般係用最鄰近潮位站之潮汐觀測資料辦理，此種修正方式易因近岸與外海潮位不同造成水深測量的誤差，因而在海底地形測繪時，產生相鄰測帶的水深無法銜接或不一致的現象。故本研究即以 NAO99b 全球潮汐模式(Matsumoto, K., et al., 2000)進行臺灣周圍海域格網化之潮位預報，配合 IOS 調合分析模式(Foreman, M.G.G., 1977)來分析臺灣海域近岸及離岸潮汐的差異，據此建立潮位分區(tidal zone)，期以提升海域水深測量精度，提供後續辦理海域測量應用及科學研究分享使用。

二、臺灣海域潮汐特性概述

臺灣鄰近海域之水深地形如圖 2 所示。圖中色階愈藍表示水深愈深；色階愈紅表示水深愈淺，水深小於 20m 之水域以粉紅色色階表示。從圖中觀之，臺灣位於亞洲大陸棚架(continental shelf)邊緣上，澎湖群島羅列其內。臺灣海峽為一東北~西南走向之狹長型水道，總長度約達 600km，最窄寬度約僅 150km，平均水深不及 80m，水深變化相對而言甚不明顯。

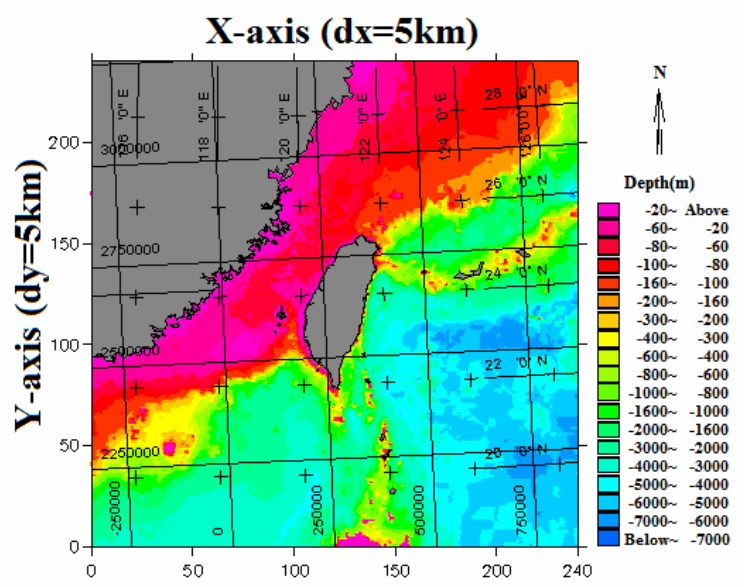


圖 2 臺灣鄰近海域之水深地形(莊文傑、江中權，2000)

潮汐為長週期性之波動，主要之構成成分一般可分為全日潮型、半日潮型及混合潮型等三類，目前在臺灣沿岸海域常用潮型指標之判別式，有法國制與美國制兩種類型，海洋工程界習慣以法國制為潮型判別依據，根據以上潮型之判別結果，臺灣環島潮位站之潮型指標如圖 3 所示。根據以上潮型之判別結果，再配合潮波在臺灣鄰近海域之主要傳遞路徑(圖 4)，綜合可知，臺灣東部海岸之潮型係以混合潮之大洋潮型展現，潮波分別通過臺灣南、北兩端海域時，因大陸棚架之水深變化及陸架地形之阻擋，大洋潮波開始轉變其潮型特性，並在臺灣南、北兩端之海域逐步展現為全日潮型。之後潮波傳遞進入臺灣海峽後，由於水域邊界之限制，外加陸架地形與潮波協振盪效應之影響，在臺灣西部海岸之潮型大多屬半日潮型。

統計上，為表示局部海域潮位之逐時升降現象，常以同一地點但不同時刻之潮位差值以顯示區域性之潮汐特性。以 1993 年臺灣四周海岸全年實測潮位分析為例(劉文俊，1996)，在平均潮差方面，以臺灣南部海域最小、北部次之、中西

部海域潮差最大。其中值得注意的是，基隆與高雄其潮差實際上頗為近似，而東石與成功亦甚相當。另在潮時部分，受陸架地形存在之影響，以臺灣東部及南部最早，基隆次之，臺中最晚，且就臺灣海峽而言，潮時呈現劇烈變化之海域，恰是陸架之邊緣位置所在。

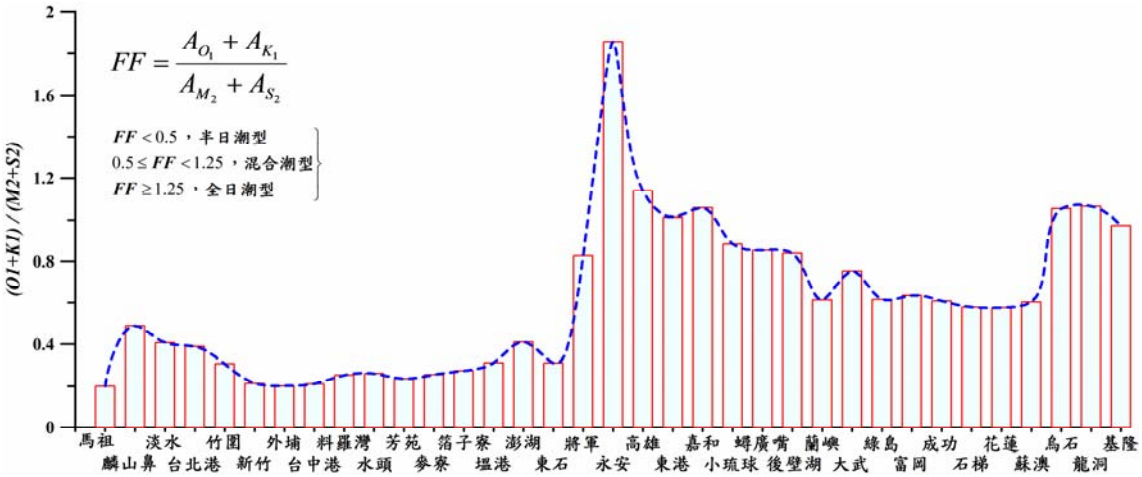


圖 3 臺灣環島部分潮位站潮型指標

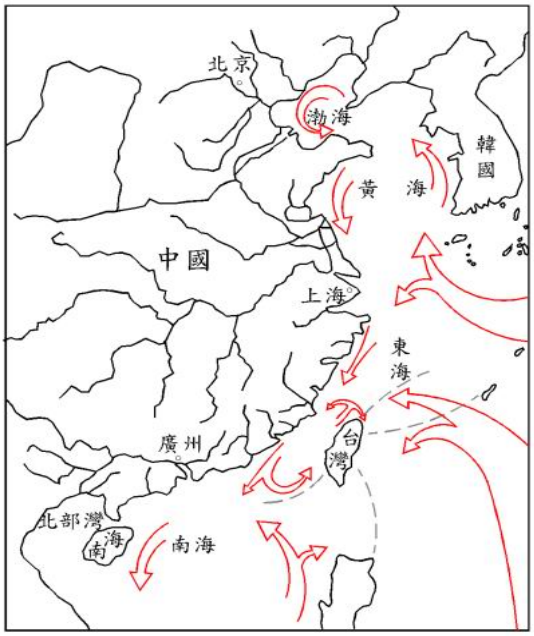


圖 4 臺灣鄰近海域潮波傳遞路徑(莊文傑、江中權，2000)

三、NAO99b 全球潮位模式

NAO (National Astronomical Observatory in Japan)全球潮汐模式係 Matsumoto, K., et al. (2000)應用 TOPEX/POSEIDON 衛星測高儀資料，結合水動力模式(Schwiderski, E.W., 1980)與資料同化(assimilation)技術研發而成，可預

測任何時間段、空間一點的潮汐特性。該模式設計上包含環球及區域模式兩部分：環球模式(NAOTIDE)具有 0.5 度的空間解析度；區域模式(NAOTIDEJ)之空間解析度為 5 分，細部海域包括東經 110 度至 165 度、北緯 20 度至 65 度之範圍，完整涵蓋臺灣鄰近海域。整體模式中，NAO99b 及 NAO99Jb 可提供包含 M2、S2、K1、O1、N2、P1、K2、Q1、M1、J1、OO1、2N2、Mu2、Nu2、L2、T2 等共 16 個天文分潮之調和常數，針對日本及臺灣鄰近細部海域進行特定期間之逐時潮位預報；而 NAO99L 模式則使用 Mtm、Mf、Msf、Mm、MSm、Ssa、Sa 等共 7 個主要分潮常數以進行長期逐時潮位預報。相關公式詳見 Matsumotoet, K., et al. (2000)。

Yanagi, T., et al. (1997)利用 TOPEX/POSEIDON 衛星測高資料求出東海及黃海中 8 個主要潮汐之分潮，並繪製等潮位及等潮時圖，所得分潮 M2、S2、K1 與 O1 之結果與附近驗潮站相符，顯示衛星測高資料可使用於大範圍海域。張憲國、黃金維(2001)曾針對該模式進行應用評估，確認其在臺灣西海岸之短期逐時潮位預報上具有相當的準確性。另國內潮汐與潮流水動力模式也普遍採用此模式建置外海潮位邊界條件(莊文傑和江中權，2005、2006；劉美君、蔡政翰和蕭松山，2006；莊文傑和廖建明，2009)。

四、臺灣網格化潮位分區建立

4.1 潮位分區的意義與概念

依照美國陸軍工兵署海道測量工程手冊定義(USACE, 2002)，潮位分區是以分離區塊作海道測量區域劃分，每一個區域具有相似的潮汐特性並分配有一個潮汐改正值，每一個分區以時間差或水位差等值線做地理上的區隔，區隔界限可以根據測量形式、位置及潮汐特性作適度改變。潮汐改正值通常調整自適當鄰近參考測站的潮位紀錄，在大範圍海域測深時，以潮汐分區獲得之潮汐改正值可應用在測量船隻上而修正得正確之水深值。

另根據美國國家海洋及大氣總署在 2006 年發布的海道測量標準報告書(NOS, 2006)中定義，潮汐分區為自主要或次要潮位站獲得至平均最低低潮面(MLLW)的潮位值，經由改正方法扣除水深量測數據中海水面至海圖基準面的水深值稱作潮汐分區法。NOAA 並建議以潮汐模式推算各網格潮汐特性統計資料之平均高潮間隙(MHWI)諸值繪製等潮時線，以各網格潮汐特性統計資料之平均潮差(Mn)諸值繪製等潮位線。

綜合歸納得潮汐分區之定義為：由已知岸邊潮位站作用時間差及振幅比例做

為施測區潮汐特性之推估及改正。故水深測量作業期間參考潮位站之現測潮位值，可因測區所在潮汐分區之改正參數而得以延伸估計測區的潮位值，分區內的潮汐可由鄰近岸邊潮位站觀測之數值加入該潮汐分區的振幅改正係數及相位差加以推算(圖 5)。

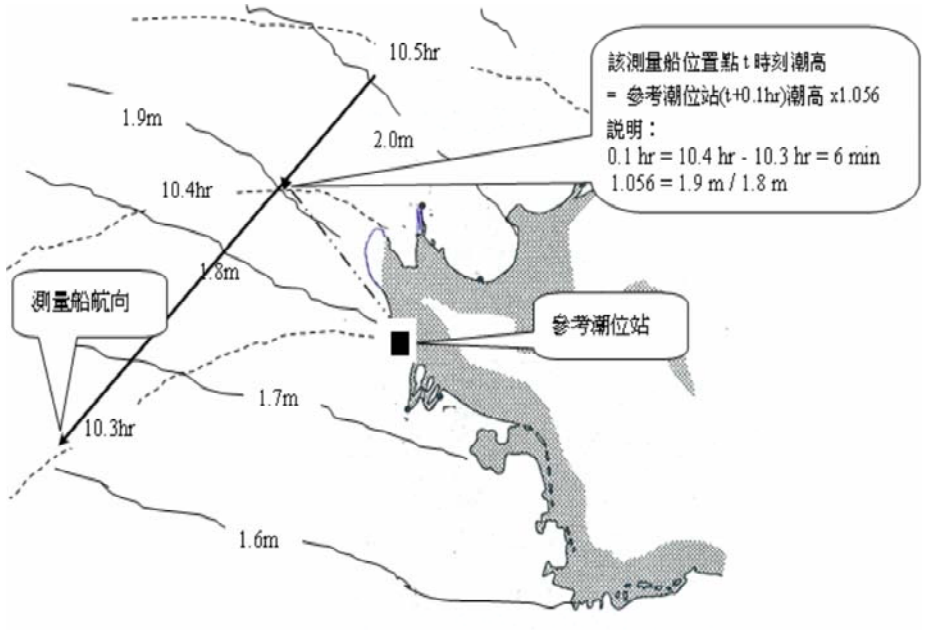


圖 5 潮汐分區作水深測量潮位改正示意圖

4.2 潮位分區方法

本研究臺灣海域網格化潮位分區圖作法如下：

- 以臺灣四周海域為演算區域，在海域範圍建立 1 分(約 1 浬)大小格網，經度從 117^0E~125^0E共 481 格點，緯度由 18^0N~27^0N共 541 格點。
- 以 NAO99b 為執行演算之潮汐模式，模式基準面為平均海水面，數據時區取 GMT+8(hr)。
- 輸入邊界條件(每 5 分格網點之坐標)及起始條件(時間)後，執行模式演算出 2007-2008 之水位變動數據。
- 配合 NAO99b 模式解析度，以 5 分網格為單位，將上述水位數據以 IOS 模式作調和分析，求得各網格點 60 個分潮之調和常數值(含分潮名稱、振幅及相位角)。
- 取出主導分潮，計算網格點之平均高潮間隙，由各網格點平均高潮間隙諸值內插至 1 分網格中，再繪製臺灣海域等潮時圖(圖 6)。

平均高潮間隙係以M_2、M_4、M_6三個分潮加以推算(Proudman Oceanographic Laboratory, 2008)：

$$\begin{aligned} MHWI(hr) &= M_2 phase(\deg) \times \frac{M_2 period(hr)}{360^0} \\ &= \frac{M_2 phase(\deg)}{M_2 speed} \\ &= \frac{M_2(\deg)}{28.98} + \frac{4B_4(\deg)}{M_2(speed)} + \frac{6B_6(\deg)}{M_2(speed)} + ... \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} B_4(\deg) &= -M_4^0(phase, \deg)\sin(2M_2^0 - M_4^0) \\ B_6(\deg) &= -M_6^0(phase, \deg)\sin(3M_2^0 - M_6^0) \end{aligned} \quad (2)$$

將上述各網格點之潮汐特性，統計資料計算平均潮差，由各網格點平均潮差諸值內插至 1 分網格中，再繪製臺灣海域等潮位圖(圖 7)。

- 平均潮差＝平均高潮位－平均低潮位，約等於振幅之 2 倍。
- 將等潮時圖與等潮位圖疊合，即可繪出臺灣海域等潮區圖(圖 8)，其中二組曲線相交而包圍之不規則狀多邊形即為臺灣海域潮位分區之區塊。

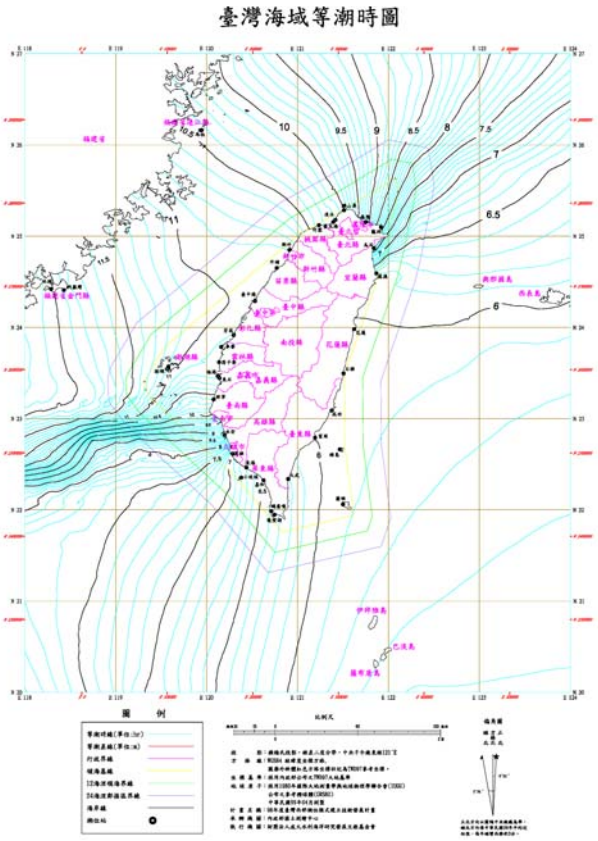


圖 6 臺灣海域等潮時圖

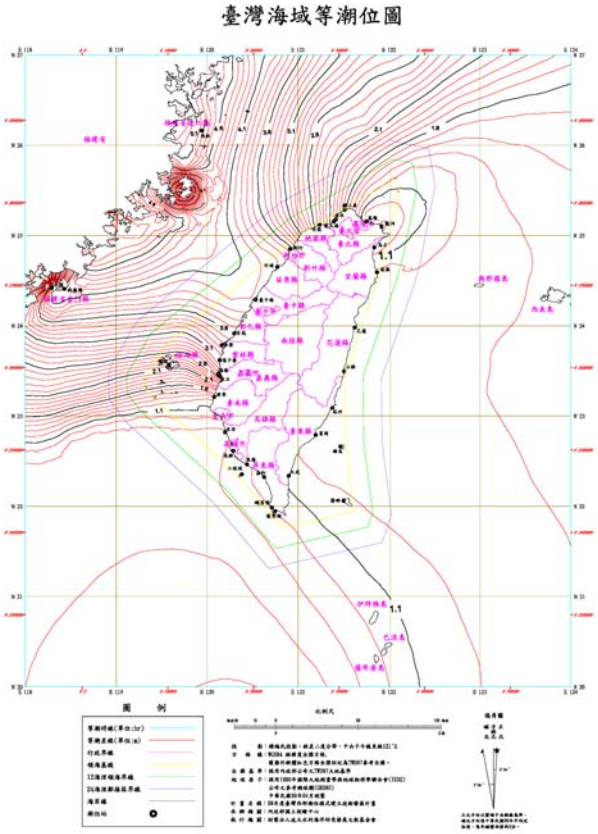


圖 7 臺灣海域等潮位圖

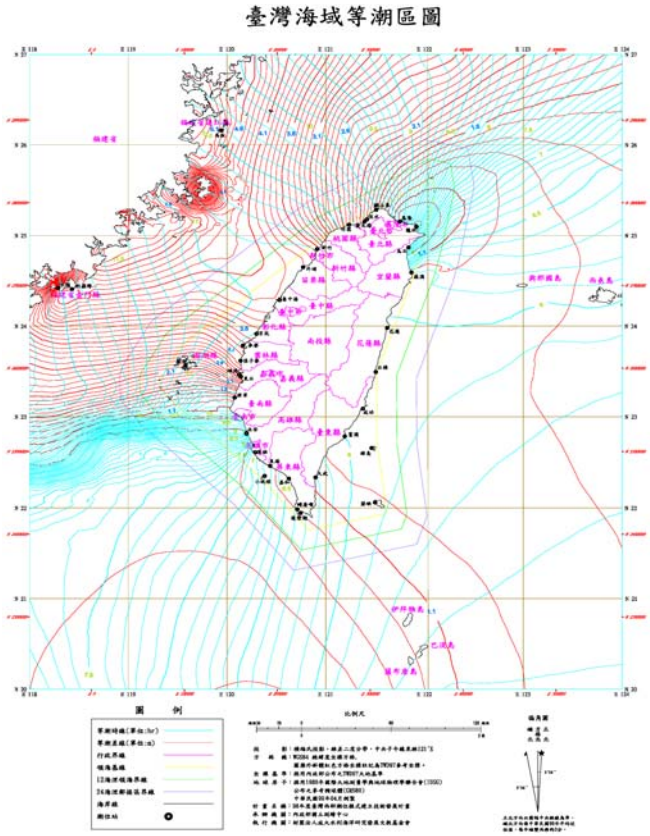


圖 8 臺灣海域等潮區圖

五、潮位分區之應用與分析結果

5.1 現場 GPS 浮標測試

本研究採用內政部國土測繪中心提供之 GPS 浮標(內政部國土測繪中心，2009；圖 9)，以船隻將其攜往海面測試點進行 13 小時以上連續觀測與資料蒐集，其中各測試點約分布於水深 10m(苗栗龍鳳漁港海域)、15m(桃園永安漁港海域)及 20m(新竹漁港海域)處。GPS 浮標測試之海域諸參數列於表 1。

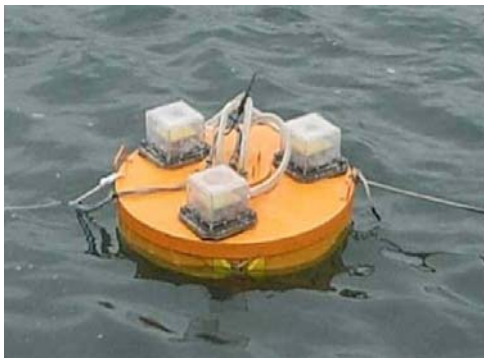


圖 9 GPS 浮標(內政部國土測繪中心，2009)

表 1　GPS 浮標測試參數表

地點	永安漁港海域	新竹漁港海域	龍鳳漁港海域
施放水深	15m	20m	10m
施放時間	2010/08/06 20:55 2010/08/07 10:13	2010/08/07 03:47 2010/08/08 18:14	2010/08/09 00:40 2010/08/09 17:19
施放坐標	東經 120 度 59.665 分	東經 120 度 51.881 分	東經 120 度 50.838 分
	北緯 24 度 59.106 分	北緯 24 度 46.046 分	北緯 24 度 43.450 分
浮標吃水深	0.21m(浮標已載入 0.21m 之設定)		
陸上定位儀器	瑞士 Leica GPS 衛星定位儀 SYSTEM 500(含 RTK 定位功能)		
海上 GPS 浮標	國土測繪中心提供		
陸上基站儀器高	115.5(+36)cm	101.3(+36)cm	96.5(+36)cm
陸上基站坐標	東經 121 度 0.960 分	東經 120 度 55.218 分	東經 120 度 51.461 分
	北緯 24 度 59.338 分	北緯 24 度 50.777 分	北緯 24 度 42.036 分
基站地面高	5.742m	3.413m	3.073m

5.2 潮位分區精度分析方法

本研究之潮位分區誤差分析，即以國內中央氣象局已設潮位站作為檢驗對象。在此以新竹潮位站為基準站，利用臺灣海域等潮區圖以跨分區之方式推算未知點潮位(新竹潮位站推算永安漁港海域、新竹漁港海域及龍鳳漁港海域)。即推

算GPS浮標施放位置處之潮位進行潮位分區之精度分析。

潮位分區精度分析分析步驟說明如下：

1. 利用臺灣海域等潮區圖求出所有預驗證之潮位站平均潮差與平均高潮間隙之數值。

2. 以基準潮位站與待驗潮位站之平均潮差比值決定潮位振幅比；平均高潮間隙差值為潮時延遲，此兩值即為潮汐修正參數值。

3. 利用上述潮汐修正參數值，先將參考基準站之實測潮位修正潮時延遲回同一時間點後，再修正潮位振幅比，即可推算出各待驗站之潮位值。

4. 最後再以均方根誤差(RMS) 分析結果作為潮位修正精確度判斷依據，其中RMS 愈小，代表誤差較小。

上述潮位分區精度分析評估基準係以均方根誤差(Root Mean Square of Error)及相關係數(corr. coef.)為之，其定義如下：

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_m - y_c)^2}{n-1}} \tag{3}$$

$$corr.coef. = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{mi} - \overline{y}_m)(y_{ci} - \overline{y}_c)}{\left[\sum_{i=1}^{n}(y_{mi} - \overline{y}_m)^2 \sum_{i=1}^{n}(y_{ci} - \overline{y}_c)^2\right]^{1/2}} \tag{4}$$

式中 y_{mi} 與 y_{ci} 分別表示逐時之實測與推估值，n 為實測紀錄總數，而 $\overline{y}_m$ 、$\overline{y}_c$ 分別為紀錄期間所對應之平均值。

5.3 GPS 浮標之潮位分區精度分析

本研究以中央氣象局新竹潮位站為基準，利用臺灣海域等潮區圖推算永安漁港海域、新竹漁港海域及龍鳳漁港海域之GPS浮標施放位置處的潮位精度分析結果說明如下。

由表2分析結果發現，以新竹潮位站為驗潮基準站推估永安漁港海域（約17km）、新竹漁港海域（約11km）及龍鳳漁港海域（約16km）之均方根誤差約10~16cm。再由圖10~圖15觀之，由同潮圖所推估之潮位值與實際GPS浮標之觀

測值甚為吻合。依據美國工兵署水深測量手冊中對於一等水準測量規範說明，內水(inland navigation water)的潮位修正誤差範圍約在3~5cm，海岸地區的潮位修正誤差範圍約在7~15cm來看，此精度結果屬可接受範圍內。

表 2 以新竹潮位站為基準站推估 GPS 浮標施放點之精度分析

	潮汐分區值	潮汐修正參數值			
站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
新竹潮位站	3.6584	10.890	-	-	-
永安漁港海域	3.234	10.726	0.884	-0.164	0.1545
新竹漁港海域	3.775	10.911	1.032	0.021	0.1008
龍鳳漁港海域	3.823	10.918	1.045	0.028	0.1419

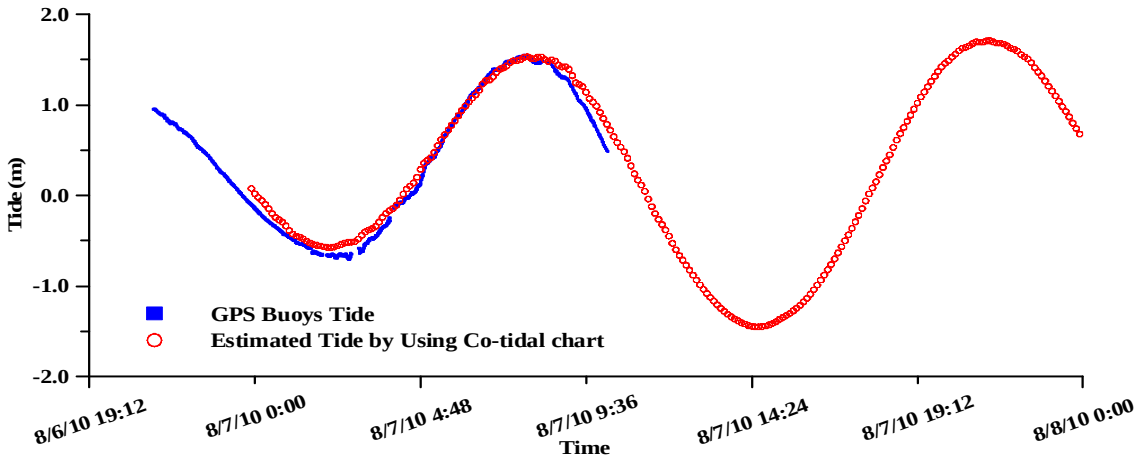


圖10 以新竹潮位站為基準站推估永安漁港海域之時序列比較圖

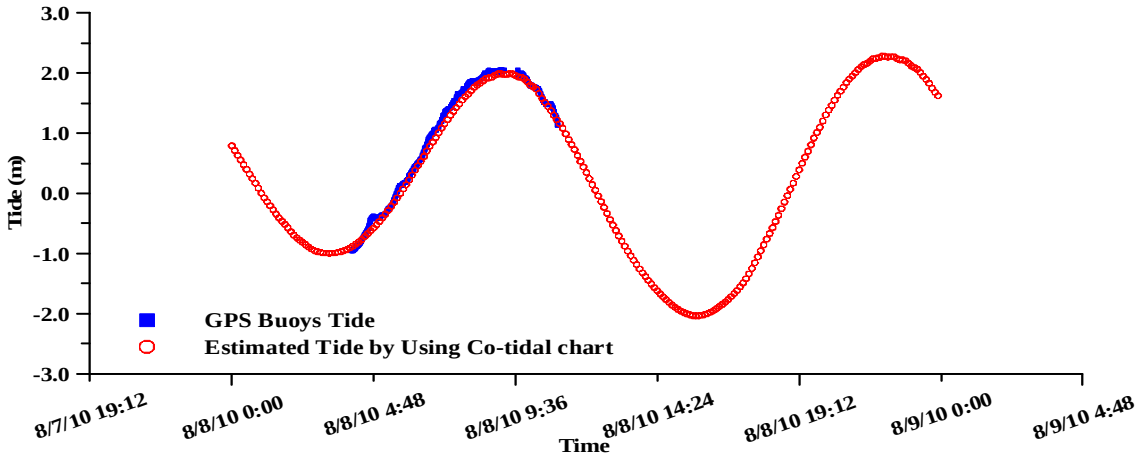


圖11 以新竹潮位站為基準站推估新竹漁港海域之時序列比較圖

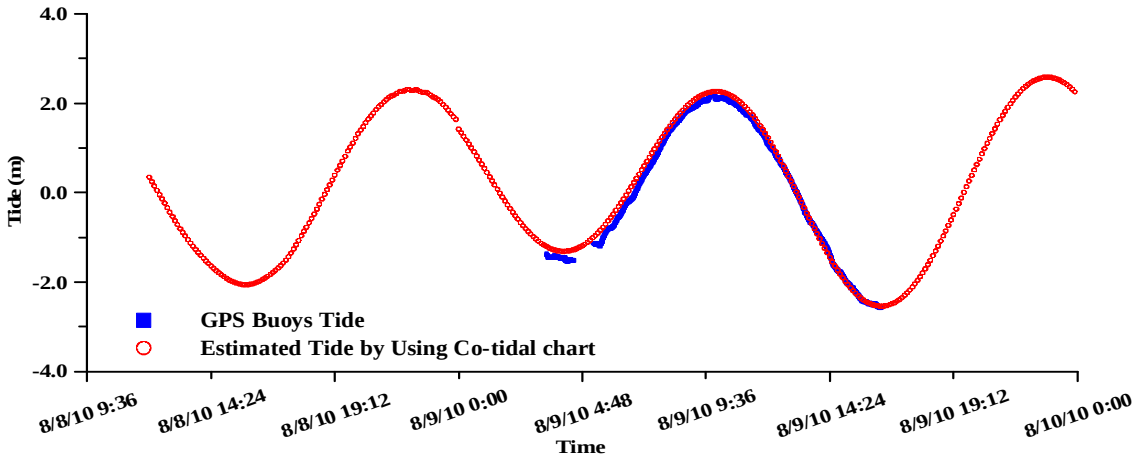


圖12 以新竹潮位站為基準站推估龍鳳漁港海域之時序列比較圖

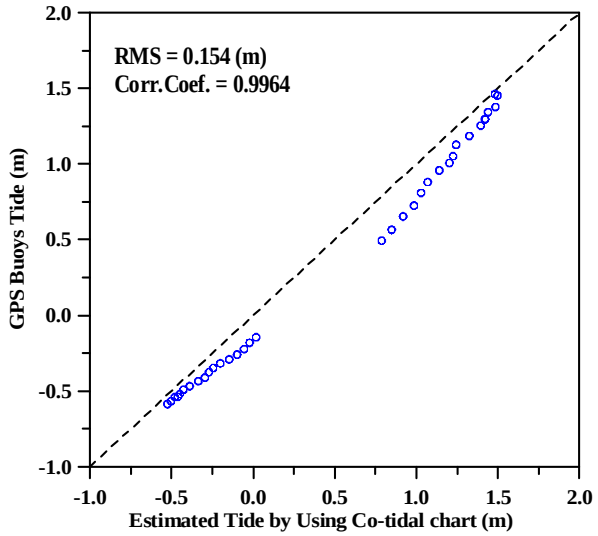


圖13 以新竹潮位站為基準站推估永安漁港海域之實測與推估值比較

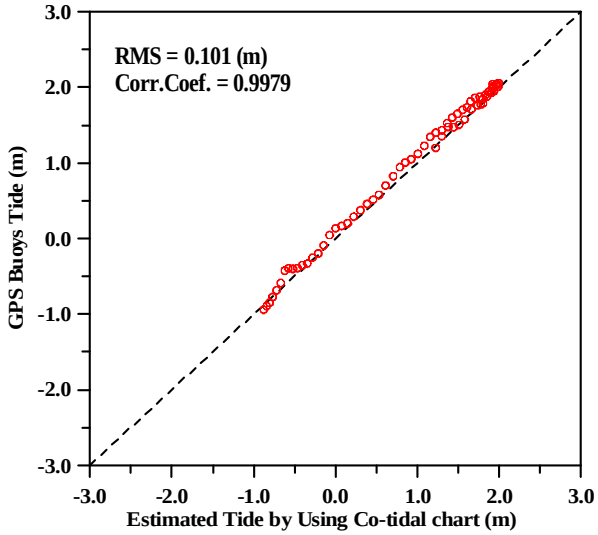


圖14 以新竹潮位站為基準站推估新竹漁港海域之實測與推估值比較

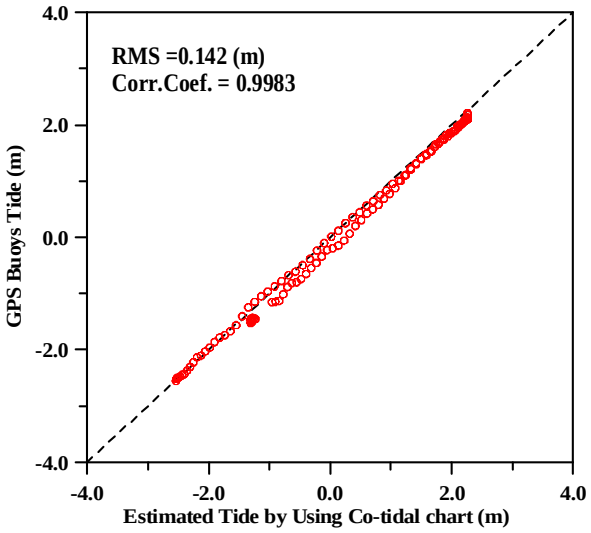


圖15 以新竹潮位站為基準站推估龍鳳漁港海域之實測與推估值比較

5.4 潮位站之潮位分區精度分析

本研究另以中央氣象局臺中潮位站為驗潮基準站，同樣利用臺灣海域等潮區圖嘗試推估將軍（約130km）、高雄（約180km）及基隆潮位站（約200km）之潮位，其均方根誤差約在17~28cm間(表3)。另由圖3發現此三站之潮型與臺中驗潮站已明顯不同（基隆站、將軍站及高雄站皆為混合潮，臺中站為半日潮），若刻意以一潮位振幅比來估算待驗站之潮位，可能因此影響其精度而無法達到修正目的。

表 3 以臺中潮位站為基準站推估待驗站之精度分析

		潮汐分區值		潮汐修正參數值		
站號	站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
1436	臺中	3.9827	10.993	-	-	-
1176	將軍	1.2823	10.405	0.321968	-0.588	0.173
1486	高雄	0.9333	6.947	0.234339	-4.046	0.281
1516	基隆	0.9823	9.213	0.246642	-1.780	0.228

六、結論與建議

1. 本研究利用 NAO99b 全球潮汐模式所建立之臺灣網格化潮位分區圖之適用性評估，經國內中央氣象局已設潮位站檢驗測試結果顯示，水深測量潮位修正之參考潮位站選擇與距離之遠近應較無直接相關，應以潮型 (潮汐特性)為研判依據，即可提升水深測量精度。

2. GPS 浮標三站與基準站間距離均超過 10km，然其精度結果卻在誤差範圍內，對照臺灣海域等潮區圖發現此三站位址與基準站，雖非在同一潮汐分區上，卻屬於相同潮型，正好驗證利用臺灣海域等潮區圖進行潮位修正時，盡量引用同潮位分區之驗潮站數據，若非在同一潮汐分區內施行海上作業時，則應避免使用不同潮型之驗潮站作為修正依據之論點。

3. 以等潮區圖之潮汐分區(tidal zone)獲取水深測量時之潮位改正數據在海圖測繪水深測量之作業上已行之有年，分區的作用是將具有相同潮汐特性的區域以及參考潮位站(reference tidal station)作區塊的劃分，應用於水深測量時可以確定作業區域在某潮位站的有效潮汐分區內，故對照該參考潮位站的改正值即可從事潮位修正。而所謂「相同潮汐特性」之獲致，基本上是利用潮汐模式給定邊界條件及起始條件後，利用現有岸邊潮位站之實測值作資料同化(模式檢定)處理，再據以推算空間網格上諸「潮汐特性」值；若岸邊潮位站不足，則空間網格潮汐特性之正確性尚待驗證！

4. 在較強勁風浪情況下，小型 GPS 浮標充當海上潮位站或有待探討其可行性，因其數據變動較大。倘若能更新其上之 GPS 為測量等級之儀器，並沿 12 海里領海界線內佈放適當數量(GPS 浮標間相距約 20 海里)之 GPS 浮標充當外海驗潮儀，將其所測得之實測潮位數據一併納入作資料同化處理，應可使臺灣海域等潮區圖更為適用。

致謝

本研究係內政部國土測繪中心研究計畫「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」之部分研究成果，承蒙國土測繪中心經費之補助使本研究得以順利完成，謹致謝忱。

參考文獻

1. 內政部國土測繪中心(2009)，平均海水面監測先期研究，期末報告。
2. 王韋樺(2009)，潮時及潮位特性之研究—以高雄港及臺灣海峽中部為例，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。
3. 李孟霖(2007)，運用潮位模式進行水深測量之潮位修正研究，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。
4. 李賢文(1989)，臺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，港灣技術研究所，第 179-195 頁。

5. 莊文傑、江中權(2000)，臺灣四周海域海流數值模擬研究，MOTC-IOT-IHMT-NA8916 基本研究報告，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，共 282 頁。
6. 莊文傑、江中權(2005)，臺灣四周海域的潮波系統，第 27 屆海洋工程研討會論文集，第 154-161 頁。
7. 莊文傑、江中權(2006)，臺灣四周海域旋轉潮波系統之同潮圖，第 28 屆海洋工程研討會論文集，第 325-330 頁。
8. 莊文傑、廖建明(2009)，潮殘餘流與臺灣西海岸長期沖淤潛勢之研究(2/2)－臺灣環島海域潮殘餘流之數值模擬，MOTC-IOT-97-H3DA002 基本研究報告，交通部運輸研究所，共 140 頁。
9. 張憲國、黃金維(2001)，以 NAO99b 潮汐模式預測臺灣西岸潮汐之評估，第 23 屆海洋工程研討會論文集，第 105 -111 頁。
10. 劉文俊 (1996)，臺灣的潮汐，共 283 頁。
11. 劉肖孔 (1983)，中國海域三度空間數值模式，行政院科技顧問組，共 156 頁。
12. 劉美君、蔡政翰、蕭松山(2006)，臺灣附近海域一公里網格之潮汐調和常數，第 28 屆海洋工程研討會論文集，第 295-300 頁。
13. Foreman, M.G.G., (1977), “Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction”, Pacific Marine Science Report 77-10, Patricia Bay, Sidney, B.C.
14. 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”, Journal of Oceanography, Vol. 58, No. 6, pp. 837-850.
15. Jan, S., Chern, C.S., Wang, J., and Chao, S.Y. (2004), “The Anomalous Amplification of M2 Tide in the Taiwan Strait”, Geophysical Research Letters, Vol. 31, L07308, pp. 1-4.
16. Luther, D.S., and Wunsch, C. (1974), “Tidal Charts of the Central Pacific Ocean”, Journal of Physical Oceanography, Vol. 5, pp. 222-230.
17. Matsumoto, K., Takanezawa, T., and Ooe, M. (2000), “Ocean Tide Model Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimetry Data into Hydrodynamical Model：A Global and a Regional Model around Japan”, Journal of Oceanography, Vol. 56, pp. 567-581.
18. National Ocean Service (2000), NOS Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Office of Coast Survey, Silver Spring, Maryland, pp.128.
19. NOS (2006), NOS Hydrographic Surveys Specifications and Deliverables,

NOAA, National Ocean Service.

20. Proudman Oceanographic Laboratory, National Tidal and Sea Level Facility, Sharing Knowledge, website.
21. Richards, R.J., Oswald, J., and Lockhart, D. (1999), “Tidal Zoning of Upper Cook Inlet, Alaska”, U.S. Hydrographic Conference 1999.
22. Schwiderski, E.W. (1980) “On Charting Global Ocean Tides”, Geophsics and Space physics, Vol. 18, No.1, pp. 243-265.
23. US Army Corps of Engineers(USACE) (2002), “Engineering and Design：Hydrographic Surveying”, Manual, EM- 1110-2-1003.
24. Yanagi, T., Morimoto, A., and Ichikawa, A. (1997) “Co-tidal and Co-range Charts for the East China Sea and the Yellow Sea Derived from Satellite Altimetric Data”, Journal of Oceanography, Vol. 53, pp. 303-309.

附錄八

研討會發表論文

第三十二屆海洋工程研討會投稿(1)全文

第 32 屆海洋工程研討會論文集　國立臺灣海洋大學　2010 年 11 月
Proceeding of the 32nd Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, November 2010

直接應用 NAO99b 全球潮汐模式預報臺灣環島沿岸潮位之適用性評估

顏沛華[1]　莊文傑[2]　蔡宗旻[3]　謝東發[4]　王詠祺[5]

[1] 國立成功大學水利及海洋工程學系副教授
[2] 國立成功大學水利及海洋工程學系博士生
[3] 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
[4] 內政部國土測繪中心地形及海洋測量課技士
[5] 國立成功大學海洋科技與事務研究所碩士生

摘要

本研究以 NAO99b 全球潮汐模式預報臺灣鄰近海域及環島沿岸驗潮站之潮位，評估其所預報潮位之適用性與準確性。經分析結果顯示該模式預報之潮位與實測潮位符合性尚不差，適合現階段臺灣鄰近離岸海域水深測量之潮位修正需求。

關鍵詞：NAO99b、潮位預報、調和常數、天文潮

Suitability Survey on Tidal Forecasting Using the NAO99b Model in Coast of Taiwan

Pei-Hwa Yen　Wen-Jye Juang　Tsung-Min Tsai*　Tung-Fa Hsieh　Yung-Chi Wang

* Doctoral Candidate, Department of Hydraulics and Ocean Engineering, National Cheng Kung University

ABSTRACT

This paper aims to evaluate the suitability and accuracy of tidal prediction using NAO99b model near the coastal tidal waters and tidal stations around Taiwan. The present results showed that the tide level values of the model prediction errors are compliant compared with the observed data. The NAO99b model applied to tidal forecasting is suitable for needs correction of depth sounding near offshore waters in Taiwan.

Keywords: NAO99b; Tidal forecasting; Harmonic constants; Astronomical tides

一、前言

潮汐是一種具有週期特性的海洋運動現象，其對於海岸休閒活動、船隻航行運輸、海岸工程設計、防災救難甚至於海域地形水深測量等皆有相當程度之影響。爲了瞭解臺灣沿岸海域之潮汐變化，中央氣象局、交通部港務局、經濟部水利署及其他學術或相關研究機構也都有設立觀測站進行潮位觀測作業，且隨著觀測技術的提升，其準確性已有一定的成熟度，使得相當完整的潮位紀錄，再利用此實測潮位資料，即可預報未來的潮汐變化情形。

臺灣四周海域的潮汐預報自 1944 年始由美國發布，1975 年才由國內海軍海洋測量局完成電腦預報及一貫作業系統(王，1975)，此後連(1977)也發表了潮汐預報電腦模型，此爲國內電腦模式預報潮汐之先驅。直至 1990 年潮汐資料經由國防部解除機密管制後，中央氣象局即在同年採用數值模式，配合調合分析結果，開始發布一周潮汐預報以供各界使用(劉，1999)。調和分析法自 Darwin(1907)發展至今已逾百年，其方法係以傅立葉級數來表示潮汐特性，並不與實際天文潮勢(tide-generating potential)之振幅及位相關連，其分析與推算方法較爲容易，

且精度也較爲被接受，故常被工程或研究人員所使用(張、黃，2001)。陳、黃(1990)即使用調和分析法探討臺灣附近海域的潮汐變化特性。惟調和分析法需要長期的觀測資料(至少一年以上)，當潮汐資料長度不足或資料品質不佳時，以調和分析法所獲得之分潮特性便有相當的誤差(張、黃，2001；張等，2006)。

不論調和分析法或其他需以實測資料方能分析分潮特性者，在無觀測站時，其潮汐特性便無法解析而瞭解(張、黃，2001)，於是便有學者利用人造衛星測高資料加上流體運動之力學模式，發展出可預測任何時間段、空間一點的潮汐特性。Matsumoto et al., (1995)利用高精度的 TOPEX/POSEIDON 衛星測高儀資料，結合潮位運動的力學方程式(Schwiderski, 1980)，發展出可計算全球各主要分潮特性分佈的數值模式，之後更進一步的改善更多分潮的潮汐模式，其預測潮汐的能力也更爲精確(Matsumotoet et al., 2000)。張、黃(2001)曾針對 NAO99b 模式進行應用評估，確認其在臺灣西海岸之短期逐時潮位預報上具有相當的準確性。

國內潮汐與潮流水動力模式則普遍採用此模式建置外海潮位邊界條件(莊、江，2005、2006；劉等，2006；莊、廖，2009)。然該潮位數值模式，雖經 219 個潮位站之實測數據混合 T/P 資料於模式中(Matsumotoet et al., 2000)，惟此潮位資料均位於日本及韓國沿岸，其模式是否適用於臺灣地形仍需加以評估。因此，本研究即以臺灣鄰近海域及環島沿岸之潮汐測站資料檢驗其模式適用性與準確性。

二、理論分析

NAO (National Astronomical Observatory in Japan)全球潮汐模式係 Matsumoto et al., (2000)應用 TOPEX/POSEIDON 衛星測高儀資料，結合水動力模式與資料同化(assimilation)技術研發而成。該模式設計上包含環球及區域模式兩部分：環球模式(NAOTIDE)具有 0.5 度的空間解析度；區域模式(NAOTIDEJ)之空間解析度爲 5 分，細部海域包括東經 110 度至 165 度、北緯 20 度至 65 度之範圍，完整涵蓋臺灣鄰近海域。整體模式中，NAO99b 及 NAO99Jb 可提供包含 M2、S2、K1、O1、N2、P1、K2、Q1、M1、J1、OO1、2N2、Mu2、Nu2、L2、T2 等共 16 個天文分潮之調和常數，針對日本及臺灣鄰近細部海域進行特定期間之逐時潮位預報；而 NAO99L 模式則使用 Mtm、Mf、Msf、Mm、MSm、Ssa、Sa 等共 7 個主要分潮常數以進行長期逐時潮位預報。相關推導詳見 Matsumotoet et al., 2000。

三、結果與討論

3.1 潮位精度分析

3.1.1 潮位精度評估基準

本研究乃利用 NAO99b 潮位模式進行臺灣鄰近海域及環島沿岸 35 驗潮站(圖 1)2007~2008 年之實測潮位資料進行分析比對，以確認近岸潮位預報之適用性與準確性。其中精度評估基準係以均方根誤差(Root Mean Square of Error)及相關係數(corr. coef.)爲之，其定義如下：

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_m - y_p)^2}{n-1}} \quad (1)$$

$$corr.coef. = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{mi} - \bar{y}_m)(y_{pi} - \bar{y}_p)}{\left[\sum_{i=1}^{n}(y_{mi} - \bar{y}_m)^2 \sum_{i=1}^{n}(y_{pi} - \bar{y}_p)^2\right]^{1/2}} \quad (2)$$

式中 y_{mi} 與 y_{pi} 分別表示逐時之實測與預報值，n 爲實測紀錄總數，而 $\bar{y}_m$ 、 $\bar{y}_p$ 分別爲紀錄期間所對應之平均值。

3.1.2 潮位修正精度評估門檻

水深測量潮位修正精度評估基準係以美國工兵署水深測量手冊內，對內水潮位修正之預估誤差(3~5cm)及在海岸地區潮位修正之預估誤差(7~15cm)作爲評估門檻，故均方根誤差宜在15cm以內。

3.2 潮位精度分析結果

將臺灣沿岸35處觀測站潮位逐時之2年實測值 y_m 與對應相同時刻以模式推估之預報值 y_p 進行分析比對，其精度之分析結果列於表 1。圖 2、圖 3 分別爲蘇澳、水頭潮位站之潮位精度分析成果圖。經由統計分析得知，當以 2 年之數據分析，其均方根誤差介於 9.6~40.8cm 間，RMS 平均值爲 19.7cm，

略高於潮位修正精度評估門檻。而標準偏差爲 8.2cm。尚有 43%測站之 RMS 值在 15cm 以內。而除嘉和潮位站外，相關係數在 0.785~0.986 間。



圖 1 臺灣鄰近海域及環島沿岸驗潮站位置圖

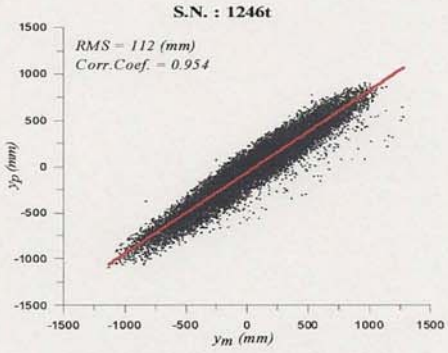


圖 2 蘇澳潮位站潮位精度分析

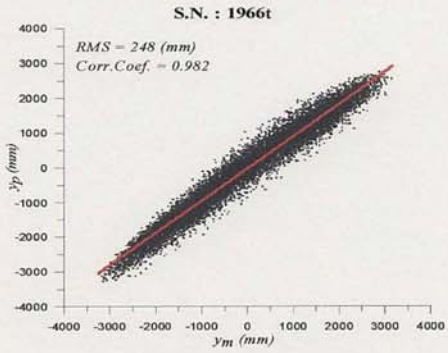


圖 3 水頭潮位站潮位精度分析

若將沿岸 35 處測站潮位逐時之 2 年實測值 y_m 區分爲 2007 全年、6 月前半年、6 月後半年三個時段，以及 2008 全年、6 月前半年、6 月後半年三個時段分析之，則 2007 全年、6 月前半年、6 月後半年三個時段之均方根誤差平均值分別爲 19.8cm、18.3cm、20.2cm，略高於潮位修正精度評估門檻，其標準偏差分別爲 13.8cm、14.6cm、13.2cm。而 2008 全年、6 月前半年、6 月後半年三個時段之均方根誤差平均值則分別爲 21.6cm、20.9cm、22.4cm，亦略高於潮位修正精度評估門檻，其標準偏差則分別爲 18.5cm、17.8cm、19.8cm。而除嘉和及芳苑潮位站外，相關係數在 0.643~0.993 間。表 1 爲沿岸 35 處潮位站分時段潮位精度分析結果。而部分潮位站實測值應用 360 小時移動平均移除趨勢線後之精度分析結果則繪製於圖 4。

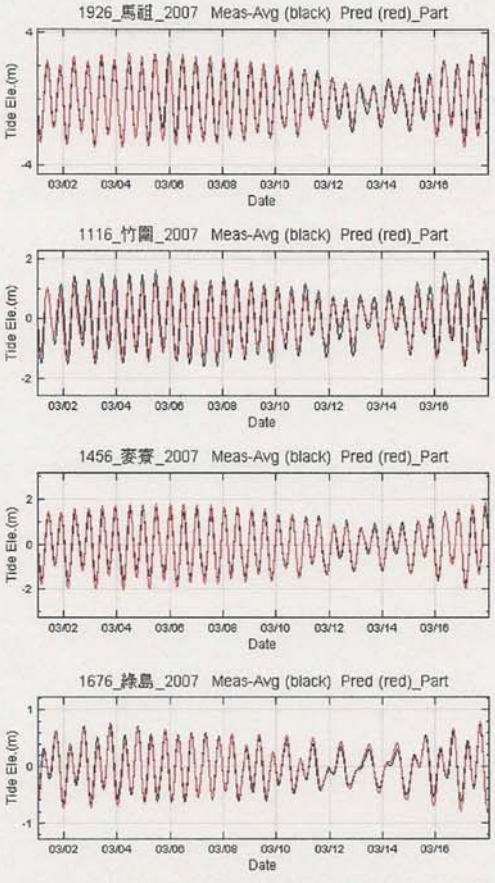


圖 4 馬祖、竹圍、麥寮及綠島潮位站實測潮位移動平均精度分析

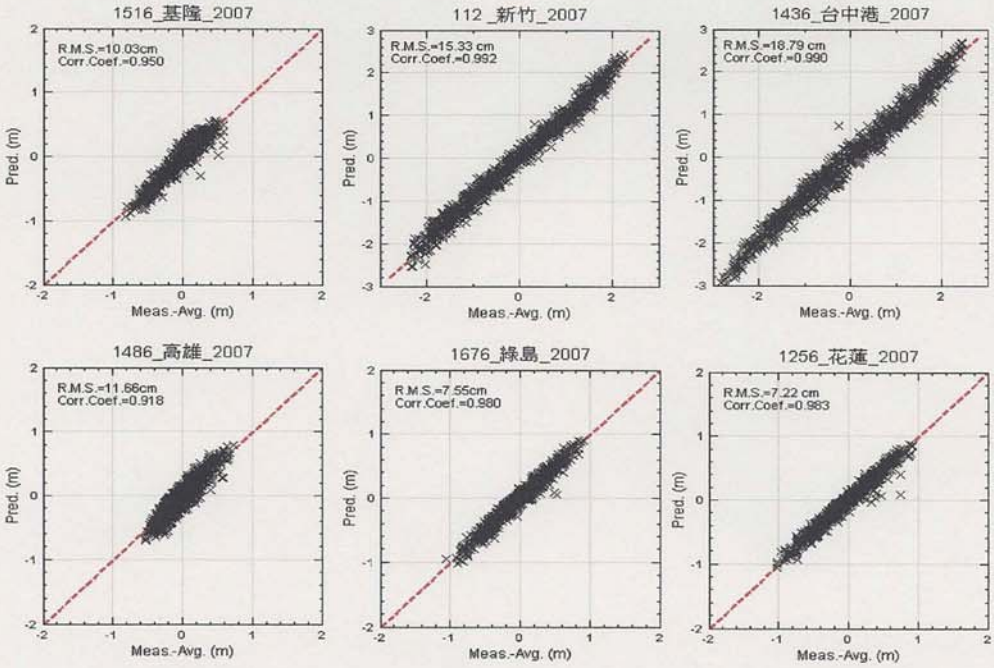


圖 5 模式模擬結果與實測比對之 100%線偏向比對圖

表1 沿岸35處潮位站分時段潮位精度分析成果

Name_Year	RMS(cm)	Corr. Coef.	Gaps%	Name_Year	RMS(cm)	Corr. Coef.	Gaps%
淡水_2007-2008	35.6	0.785	8.04	小琉球_2007-2008	15.1	0.856	2.17
竹圍_2007-2008	24.8	0.947	5.35	蘭嶼_2007-2008	12.7	0.934	20.11
新竹_2007-2008	19.3	0.986	3.51	台中港_2007-2008	20.9	0.987	7.69
外埔_2007-2008	21.4	0.985	16.01	芳苑_2007-2008	40.8	0.883	53.93
箔子寮_2007-2008	24.6	0.971	3.43	麥寮_2007-2008	20.7	0.982	4.46
東石_2007-2008	28.8	0.948	10.07	蟳蟧嘴_2007-2008	14.7	0.875	0.87
將軍_2007-2008	13.0	0.947	3.06	高雄_2007-2008	14.8	0.857	9.16
東港_2007-2008	17.4	0.812	7.06	基隆_2007-2008	16.1	0.853	7.06
後壁湖_2007-2008	10.8	0.934	4.63	石梯_2007-2008	11.7	0.953	3.50
麟山鼻_2007-2008	28.5	0.826	3.51	富岡_2007-2008	10.1	0.965	4.57
龍洞_2007-2008	15.0	0.854	1.79	大武_2007-2008	9.6	0.960	9.53
烏石_2007-2008	16.0	0.829	2.41	綠島_2007-2008	11.7	0.951	4.50
塭港_2007-2008	32.8	0.932	3.27	永安_2007-2008	12.2	0.898	0.28
蘇澳_2007-2008	11.2	0.954	1.61	嘉和_2007-2008	34.1	0.007	24.20
花蓮_2007-2008	11.2	0.956	1.59	馬祖_2007-2008	29.7	0.983	23.13
成功_2007-2008	10.5	0.962	1.28	料羅_2007-2008	24.2	0.983	0.68
台北港_2007-2008	23.0	0.927	48.27	水頭_2007-2008	24.8	0.982	2.15
澎湖_2007-2008	20.9	0.955	4.62				
淡水_2007	40.84	0.817	4.93	麟山鼻_2007	23.83	0.926	3.62
淡水_2008	42.9	0.781	11.13	麟山鼻_2008	24.33	0.926	3.4
竹圍_2007	27.67	0.959	5.68	台北港_2007	36.98	0.938	93.41
竹圍_2008	29.18	0.959	5.02	台北港_2008	34.22	0.938	3.26

新竹_2007	15.45	0.992	2.64	小琉球_2007	13.39	0.894	1.93
新竹_2008	16.19	0.991	4.38	小琉球_2008	13	0.898	2.4
外埔_2007	18.5	0.991	14.56	基隆_2007	10.04	0.95	6.89
外埔_2008	20.73	0.988	17.45	基隆_2008	10.29	0.946	7.22
箔子寮_2007	29.89	0.98	2.41	石梯_2007	9.33	0.974	6.36
箔子寮_2008	28.45	0.983	4.44	石梯_2008	8.8	0.976	0.65
東石_2007	40.14	0.968	5.81	富岡_2007	7.15	0.984	8.85
東石_2008	40.42	0.968	14.32	富岡_2008	7.24	0.983	0.31
將軍_2007	10.5	0.971	2.91	綠島_2007	7.66	0.98	8.61
將軍_2008	10.9	0.971	3.21	綠島_2008	7.62	0.98	0.41
東港_2007	15.98	0.851	1.85	永安_2007	8.49	0.955	0.51
東港_2008	15.83	0.854	12.26	永安_2008	8.34	0.955	0.06
後壁湖_2007	8.44	0.968	3.14	嘉和_2007	36.56	0.143	29.4
後壁湖_2008	9.61	0.958	6.12	嘉和_2008	36.36	0.063	19.01
台中港_2007	18.82	0.99	5.34	麥寮_2007	19.66	0.989	8.71
台中港_2008	17.41	0.992	10.04	麥寮_2008	18.67	0.99	0.23
料羅灣_2007	20.79	0.988	0.15	蟳蟾嘴_2007	12.56	0.914	1.67
料羅灣_2008	20.89	0.988	1.22	蟳蟾嘴_2008	13.22	0.902	0.07
芳苑_2007	72.85	0.867	35.97	水頭_2007	24.29	0.985	2.5
芳苑_2008	109.9	0.511	71.85	水頭_2008	23.34	0.987	1.8
龍洞_2007	10.96	0.928	2.23	澎湖_2007	17.57	0.97	6.28
龍洞_2008	10.33	0.935	1.35	澎湖_2008	14.87	0.979	2.97
烏石_2007	18.13	0.871	2.48	塭港_2007	37.89	0.971	1.07
烏石_2008	18.43	0.869	2.34	塭港_2008	38.39	0.957	5.46
蘇澳_2007	6.81	0.986	0.72	蘭嶼_2007	8.66	0.974	20.58
蘇澳_2008	7.01	0.984	2.5	蘭嶼_2008	30.25	0.778	19.65
花蓮_2007	7.31	0.983	2.25	高雄_2007	11.69	0.918	5.34
花蓮_2008	7.31	0.982	0.93	高雄_2008	12.84	0.895	12.97
成功_2007	9.25	0.979	1.97	馬祖_2007	26.35	0.988	9.41
成功_2008	9.06	0.978	0.59	馬祖_2008	33.59	0.979	36.82
大武_2007	8.4	0.974	4.14				
大武_2008	8.05	0.975	14.91				

另將 35 處觀測站潮位逐時之 2007 年實測值 y_m 與對應相同時刻以模式推估之預報值 y_p 點繪部分潮位站之結果如圖 5 所示，若實測潮位與推估潮位吻合，則大多數之實測點與推估點應遍佈於 45 度線鄰近，圖中結果顯示分別在臺灣北、中、南、東等 6 潮位站之預測精度與實測結果尚爲吻合。然經分析顯示仍有些潮位站基準不同、觀測數據品質不佳的情況，而導致分析比較時誤差偏高。

3.3 潮位精度分析討論

NAO99b 模式在臺灣海域之適用性，經以臺灣環島沿岸 35 處驗潮站實測潮位進行檢測，可發現僅僅在麟山鼻至竹圍間及箔子寮至東石間之一小段沿岸海域與馬祖、水頭、料羅灣等離島海域上，均方根誤差偏大，介在 20 至 40 公分外，其他大部分之近岸驗潮站，均方根誤差均小於 20 公分，基隆、高雄則僅約 10 公分，東部海岸更普遍低於 10 公分。

其中麟山鼻至竹圍間均方根誤差偏大係因預報值較小，且預報值提前約 0.7 小時；箔子寮至東石間誤差偏大係因預報值較大，且預報值提前約 0.2 小時。預報值較大，意即實測值偏小，從其年實測之平均潮差僅約 2 公尺判知，本段海岸之實測紀錄似乎偏小，因該處正常平均潮差應約 3 公尺。

據精度分析顯示，均方根誤差偏大之原因，應皆來自於原資料之品質或實測資料之缺漏與可靠性不足，或可能因測站位置之近岸影響，或潮位儀型式不同(解析度不同)導致 NAO99b 預報之誤差。另在

海岸地形變化較大的東北角或西南角，NAO99b 預報潮位結果較不理想，應是受限於地形效應無法完整描述海灣或海岬地形所致。

實測資料若含有氣溫影響的季節性因素除可從事分時段潮位精度分析外，亦可用移動平均法作 360 小時之移動平均來移除趨勢線再作潮位精度分析。

四、結論

僅管 NAO99b 模式爲原始碼釋出之日本海域潮位預報模式，應用在臺灣鄰近海域及環島沿岸之潮位精度分析結果初步確認，其預報潮位與實測潮位符合性尚不差，尤其可建置成互動式架構，適合現階段臺灣鄰近離岸海域水深測量之潮位修正需求。

謝誌

本論文係內政部國土測繪中心研究計畫「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」之部分研究成果，承蒙國土測繪中心經費之補助使本研究得以順利完成，謹致謝忱。

參考文獻

1. 王揚文(1975)「*潮汐電腦預報及推算一貫作業系統*」，海軍海洋測量局。
2. 連三郎(1977)「*潮汐預報電腦程式模型*」，臺灣大學海洋研究所。
3. 劉文俊(1999)「*臺灣的潮汐*」，第二版。
4. 張憲國、黃金維(2001)「以 NAO99b 潮汐模式預測臺灣西岸潮汐之評估」，*第 23 屆海洋工程研討會論文集*，第 105 -111 頁。
5. 陳怡發、黃煌煇(1990)「臺灣沿海潮汐資料之整理與分析」，*第五屆水利工程研討會論文集*，第 1050-1063 頁。
6. 莊文傑、江中權(2005)「臺灣四周海域的潮波系統」，*第 27 屆海洋工程研討會論文集*，第 154-161 頁。
7. 張國棟、謝佳紘、張孟勤、邱啓敏、蔡錦繡(2006)「潮位預測精度的改進」，*第 28 屆海洋工程研討會論文集*，第 289-294 頁。
8. 劉美君、蔡政翰、蕭松山(2006)「臺灣附近海域一公里網格之潮汐調和常數」，*第 28 屆海洋工程研討會論文集*，第 295-300 頁。
9. 莊文傑、江中權(2006)「臺灣四周海域旋轉潮波系統之同潮圖」，*第 28 屆海洋工程研討會論文集*，第 325-330 頁。
10. 莊文傑、廖建明 (2009)「潮殘餘流與台灣西海岸長期沖淤潛勢之研究(2/2)－臺灣環島海域潮殘餘流之數值模擬」，MOTC-IOT-97-H3DA002 基本研究報告，交通部運輸研究所，共 140 頁。
11. Darwin, G.H. (1907) "The Harmonic Analysis of Tidal Observation and on Tidal," *Ocean Tides and Lunar Disturbances of Gravity*, Vol. 1, pp. 463, Cambridge University Press, London.
12. Matsumoto, K. Ooe, M. and Sato, T. (1995) "Ocean Tide Model Obtained from TOPEX /POSEIDON Altimetry Data," *Journal of Geophysical Research*, Vol. 100, No. C12, pp. 25319-25330.
13. Matsumoto, K. Takanezawa, T. and Ooe, M. (2000) "Ocean Tide Model Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimetry Data into Hydrodynamical Model : A Global and a Regional Model around Japan," *Journal of Oceanography*, Vol. 56, pp. 567-581.
14. Schwiderski, E.W. (1980) "On Charting Global Ocean Tides, " *Geophsics and Space physics*, Vol. 18, No.1, pp. 243-265.

第三十二屆海洋工程研討會投稿(2)全文

第 32 屆海洋工程研討會論文集　國立臺灣海洋大學　2010 年 11 月
Proceeding of the 32nd Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Taiwan Ocean University, November 2010

以 NAO99b 模式建立臺灣海域網格化潮位分區之研究

顏沛華[1]　蔡宗旻[2]　莊文傑[3]　謝東發[4]　林明毅[5]

[1]國立成功大學水利及海洋工程學所副教授
[2]國立成功大學水利及海洋工程學所博士生
[3]交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
[4]內政部國土測繪中心地形及海洋測量課技士
[5]國立成功大學水利及海洋工程所碩士生

摘要

本研究以 NAO99b 全球潮汐模式進行臺灣周圍海域格網化之潮位預報，並以 IOS 調合分析方法依各網格點計算平均潮差(MR)諸值以繪製等潮位線；另求取主導分潮之平均高潮間隙(MHWI) 諸值繪製等潮時線，據此等潮位線及等潮時線之套疊建立臺灣網格化潮位分區圖，期能提升海域水深測量精度。另本文以臺灣東部爲例，探討本網格化潮位分區圖之適用性，其結果 RMS 小於 10 公分，尚爲吻合。

關鍵詞：潮位預報、等潮位、等潮時、等潮區圖、NAO99b、IOS

NAO99b Ocean Tide Model Applied to Establish Tidal Grid Zones in the Seas Near Taiwan

Pei-Hwa Yen　Tsung-Min Tsai*　Wen-Jye Juang　Tung-Fa Hsieh　Ming-Yi Lin

* Doctoral Candidate, Department of Hydraulics and Ocean Engineering, National Cheng Kung University

ABSTRACT

This paper aims to establish tidal grid zones in the seas near Taiwan by using NAO99b ocean tide model to forecast tides, and to calculate the mean range (MR) for drawing Co-range line using IOS model according to the grid points; the other to strike the mean high water interval (MHWI) of the leading sub-tidal for drawing Co-phase lines. The results demonstrated that overlaying all the Co-range line and Co-phase lines were Co-tidal chart, and this chart will probably find application in increasing accuracy for depth sounding on-site. The example explored the applicability of tidal grid zones in the east of Taiwan, the result is less than 10 cm RMS, yet for the match.

Keywords: Tides forecasting; Co-range line; Co-phase lines; Co-tidal chart; NAO99b; IOS

一、前言

臺灣地區四面環海，海域潮汐受太平洋天文潮與海峽內淺水化效應影響，造成近岸與離岸海域有顯著的潮時及潮位差異。而海底地形爲海岸防護規劃、近岸工程施工及空間資訊科學、近海水文研究之基本資訊，故快速、精確、有效率的測繪海底地形是海岸監測、規劃、設計、施工、環評及研究的重要基礎工作，惟水深測量測深資料內含施測當時之潮汐效應，因此，在進行水深測量時必須從事潮汐改正，即測深資料應以製圖基準(最低潮位面或基隆中潮面)修正量測數據，以得到實際的海床高程。

近年來雖因潮位觀測技術的提升，在時間解析度或精確度上都有很大的改善，使得潮位數據的品

質已趨於穩定、可靠。然而在離岸地區設立潮位觀測儀器仍易受地形、氣候、海況因素及潮位引測等諸多條件限制，加上收放儀器作業及保存均較近岸地區困難。因此，如何利用潮位特性獲得離岸地區的潮位資料，進而達到潮位修正之目的，爲本研究之目標。

潮汐現象是一種週期性的海洋運動，此種運動特徵，包含潮位的空間變化及其隨時間變化的傳播過程，一般可用同潮圖(co-tidal chart)或稱等潮區圖來描述。而同潮圖是由兩種不同的等值線所組成：一種爲潮位的等振幅線(co-amplitude lines)，係將某一特定海域空間之特定期間內，由聯結不同地點而具有相同滿潮位的連線所組成，又因振幅的兩倍通常相當於潮差，故有時以等潮差線(co-range lines)來代替等振幅線；另一種則是等潮時線(co-phase lines)，即在某一特定海域空間之特定期間內，由聯結不同地點而同時發生滿潮位的連線所組成。另在某些特定之海域，當同潮時線具有會合點時，由於在會合點處，滿潮與乾潮的發生時間是不確定的，也就是說不存在滿潮和乾潮，或振幅是近似於零，故一般稱同潮時線的會合點爲無潮點(amphidromic point) (莊、江，2006)。

國內外即有研究以此概念建構同潮圖，來探討潮汐系統之運動行進及特性(Luther et al., 1974；劉，1983；李，1989；Yanagi et al., 1997；Jan et al., 2002、2004；莊、江，2000、2005)。而美國國家海洋大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)亦依據潮汐特性，利用潮汐分區之概念，提出峽灣地區水深測量之潮位修正方法(Richards et al.,1999；Tronvig and Gill, 2001；Hess and Gill, 2001；Cisternelli and Gill, 2005)。國內李孟霖(2007)及王韋樺(2009)也運用同潮圖來提供水深測量時之潮汐修正用。

我國海域基本圖之測量範圍涵蓋近岸、領海及鄰接區海域，測深資料的潮位修正一般係用最鄰近潮位站之潮汐觀測資料辦理，此種修正方式易因近岸與外海潮位不同造成水深測量的誤差，因而在海底地形測繪時，產生相鄰測帶的水深無法銜接或不一致的現象。故本研究即以 NAO99b 全球潮汐模式(Matsumoto et al., 2000)進行臺灣周圍海域格網化之潮位預報，配合 IOS 調合分析模式(Foreman, 1977)來分析臺灣海域近岸及離岸潮汐的差異，據此建立潮位分區(tidal zone)，期以提升海域水深測量精度，提供後續辦理海域測量應用及科學研究分享使用。

二、臺灣網格化潮位分區建立

2.1 潮位分區

依照美國陸軍工兵署海道測量工程手冊定義，潮位分區是以分離區塊作海道測量區域劃分，每一個區域具有相似的潮汐特性並分配有一個潮汐改正值，每一個分區以時間差或水位差等值線做地理上的區隔，區隔界限可以根據測量形式、位置及潮汐特性作適度改變。潮汐改正值通常調整自適當鄰近參考測站的潮位紀錄，在大範圍海域測深時，以潮汐分區獲得之潮汐改正值可應用在測量船隻上而修正得正確之水深值。

另根據美國國家海洋及大氣總署在 2006 年發布的海道測量標準報告書(NOS，2006)中定義，潮汐分區爲自主要或次要潮位站獲得至平均最低低潮面(MLLW)的潮位值，經由改正方法扣除水深量測數據中海水面至海圖基準面的水深值稱作潮汐分區法。NOAA 並建議以潮汐模式推算各網格潮汐特性統計資料之平均高潮間隙(MHWI)諸值繪製等潮時線，以各網格潮汐特性統計資料之平均潮差(MR)諸值繪製等潮位線。

綜合歸納得潮汐分區之定義爲：由已知岸邊潮位站作用時間差及振幅比例做爲施測區潮汐特性之推估及改正。故水深測量作業期間參考潮位站之現測潮位值，可因測區所在潮汐分區之改正參數而得以延伸估計測區的潮位值，分區內的潮汐可由鄰近岸邊潮位站觀測之數值加入該潮汐分區的振幅改正係數及相位差加以推算(圖 1)。

2.2 潮位分區方法與成果

本研究臺灣海域網格化潮位分區圖作法如下：

- 以臺灣四周海域爲演算區域，在海域範圍建立 1 分(約 1 浬)大小格網，經度從 117^0E~125^0E 共 481 格點，緯度由 18^0N~27^0N 共 541 格點。
- 以 NAO99b 爲執行演算之潮汐模式，模式基準面爲平均海水面，數據時區取 GMT+8(hr)。
- 輸入邊界條件(每 5 分格網點之坐標)及起始條件

(時間)後，執行模式演算出 2007-2008 之水位變動數據。

- 配合 NAO99b 模式解析度，以 5 分網格爲單位，將上述水位數據以 IOS 模式作調和分析，求得各網格點 60 個分潮之調和常數值(含分潮名稱、振幅及相位角)。
- 取出主導分潮，計算網格點之平均高潮間隙，由各網格點平均高潮間隙諸值內插至 1 分網格中，再繪製臺灣海域等潮時圖。

平均高潮間隙係以 M_2、M_4、M_6 三個分潮加以推算：

$$MHWI(hr) = M_2 phase(\deg) \times \frac{M_2 period(hr)}{360^0}$$
$$= \frac{M_2 phase(\deg)}{M_2 speed}$$
$$= \frac{M_2(\deg)}{28.98} + \frac{4B_4(\deg)}{M_2(speed)} + \frac{6B_6(\deg)}{M_2(speed)} + \ldots\ldots \quad (1)$$

$$B_4(\deg) = -M_4^0(phase, \deg)\sin(2M_2^0 - M_4^0)$$
$$B_6(\deg) = -M_6^0(phase, \deg)\sin(3M_2^0 - M_6^0) \quad (2)$$

- 將上述各網格點之潮汐特性，統計資料計算平均潮差，由各網格點平均潮差諸值內插至 1 分網格中，再繪製臺灣海域等潮位圖。
- 平均潮差＝平均高潮位－平均低潮位，約等於振幅之 2 倍。
- 將等潮時圖與等潮位圖疊合，即可繪出臺灣海域等潮區圖(圖 2)，其中二組曲線相交而包圍之不規則狀多邊形即爲臺灣海域潮位分區之區塊。

2.3 NAO99b 全球潮位模式

NAO (National Astronomical Observatory in Japan)全球潮汐模式係 Matsumoto et al., (2000)應用 TOPEX/POSEIDON 衛星測高儀資料，結合水動力模式與資料同化(assimilation)技術研發而成。該模式設計上包含環球及區域模式兩部分：環球模式(NAOTIDE)具有 0.5 度的空間解析度；區域模式(NAOTIDEJ)之空間解析度爲 5 分，細部海域包括東經 110 度至 165 度、北緯 20 度至 65 度之範圍，完整涵蓋臺灣鄰近海域。整體模式中，NAO99b 及 NAO99Jb 可提供包含 M2、S2、K1、O1、N2、P1、K2、Q1、M1、J1、OO1、2N2、Mu2、Nu2、L2、T2 等共 16 個天文分潮之調和常數，針對日本及臺灣鄰近細部海域進行特定期間之逐時潮位預報；而 NAO99L 模式則使用 Mtm、Mf、Msf、Mm、MSm、Ssa、Sa 等共 7 個主要分潮常數以進行長期逐時潮位預報。相關推導詳見 Matsumotoet et al., (2000)。張、黃(2001)曾針對該模式進行應用評估，確認其在臺灣西海岸之短期逐時潮位預報上具有相當的準確性。



圖 1 潮汐分區作水深測量潮位改正示意圖

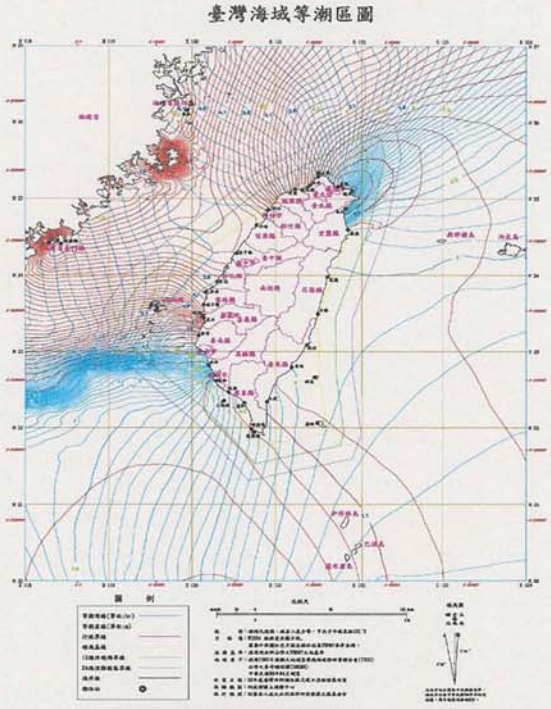


圖 2 臺灣海域等潮區圖

三、潮位分區精度分析

3.1 潮位分區精度分析方法

本研究之潮位分區誤差分析即以國內中央氣象局已設潮位站作爲檢驗對象。在此以花蓮潮位站爲基準站利用臺灣海域等潮區圖推算未知點潮位爲例(花蓮潮位站推算宜蘭蘇澳站及臺東富岡站)。考量海上地形變化因素，一般測量作業時間並不能太長，故本研究分析時段即取2008/06/01 0時至2008/06/30 24時。

潮位分區精度分析分析步驟說明如下：

1. 利用臺灣海域等潮區圖求出所有預驗證之潮位站平均潮差與平均高潮間隙之數值。
2. 以基準潮位站與待驗潮位站之平均潮差比值決定潮位振幅比；平均高潮間隙差值爲潮時延遲，此兩值即爲潮汐修正參數值。
3. 利用上述潮汐修正參數值，先將參考基準站之實測潮位修正潮時延遲回同一時間點後，再修正潮位振幅比，即可推算出各待驗站之潮位值。
4. 最後再以均方根誤差(RMS) 分析結果作爲潮位修正精確度判斷依據，其中RMS 愈小，代表誤差較小。

3.2 潮位分區精度評估基準

針對上述潮位分區精度分析評估基準係以均方根誤差(Root Mean Square of Error)及相關係數(corr. coef.)爲之，其定義如下：

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_m - y_c)^2}{n-1}} \tag{3}$$

$$corr.coef. = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{mi} - \bar{y}_m)(y_{ci} - \bar{y}_c)}{\left[\sum_{i=1}^{n}(y_{mi} - \bar{y}_m)^2 \sum_{i=1}^{n}(y_{ci} - \bar{y}_c)^2\right]^{1/2}} \tag{4}$$

式中 y_{mi} 與 y_{ci} 分別表示逐時之實測與推估值，n 爲實測紀錄總數，而 $\bar{y}_m$ 、$\bar{y}_c$ 分別爲紀錄期間所對應之平均值。

3.3 潮位分區精度分析結果

依據美國工兵署水深測量手冊中對於一等水準測量規範說明，內水(inland navigation water)的潮位修正誤差範圍約在 3~5cm，海岸地區的潮位修正誤差範圍約在 7~15cm，取決於離岸距離、離潮位站距離等因素。由表 1 分析結果發現，以花蓮爲驗潮基準站推估蘇澳(約 75km)及富岡潮位站(約 150km)之均方根誤差約 7~8cm，由圖 3~圖 6 觀之，推估潮位值與實際觀測值甚爲吻合。另此兩站與參考站間距離並不短，然其精度結果卻在誤差範圍內，對照臺灣海域等潮區圖發現此三站位址幾乎在同一潮汐分區上，由此推論即使與驗潮站距離稍遠，若能在同一潮汐分區內施行海上作業，其潮位修正精度應是較爲可靠的。

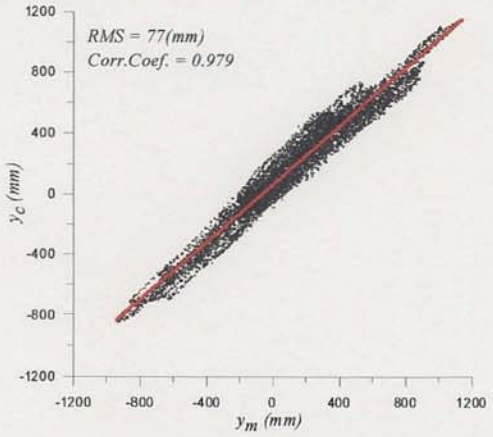


圖 3 以花蓮驗潮站爲基準站推估富岡潮位站之實測與推估值比較

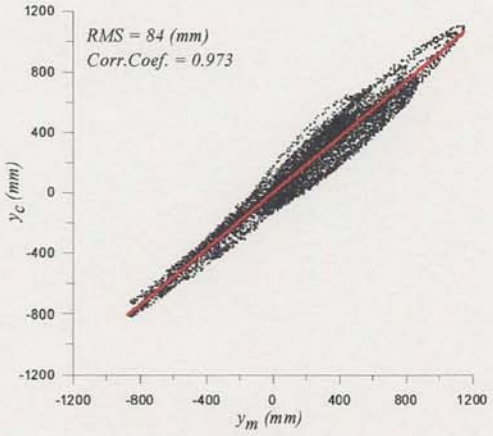


圖4 以花蓮驗潮站爲基準站推估蘇澳潮位站之實測與推估值比較

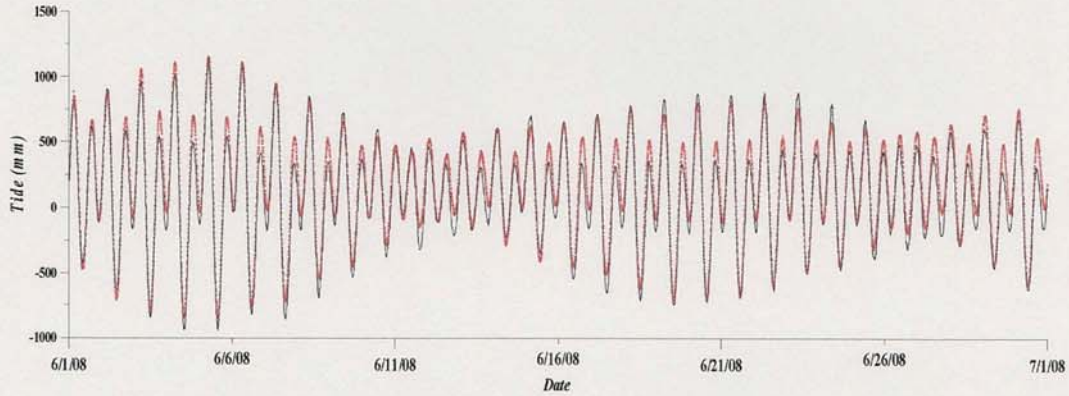


圖5 以花蓮驗潮站爲基準站推估富岡潮位站之時序列比較圖(黑線爲實測，紅線爲推估值)

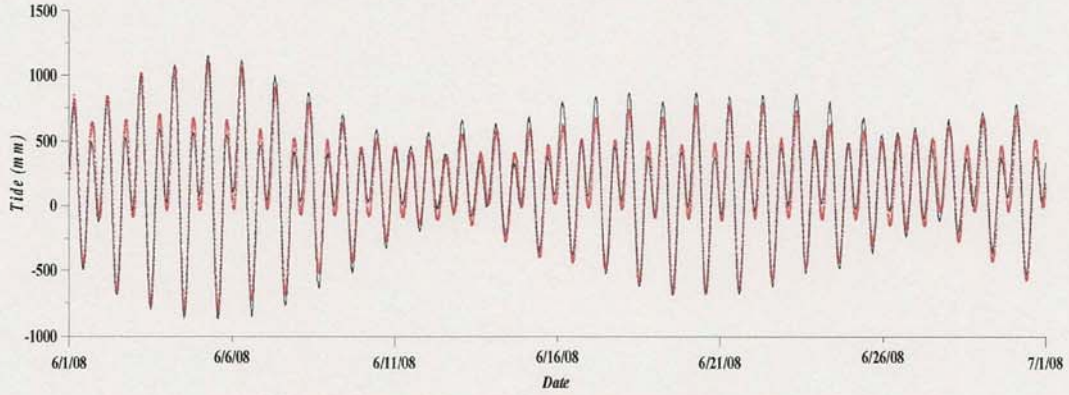


圖6 以花蓮驗潮站爲基準站推估蘇澳潮位站之時序列比較圖(黑線爲實測，紅線爲推估值)

表 1 以花蓮潮位站爲基準站推估待驗站之精度分析

		潮汐分區值		潮汐修正參數值		
站號	站名	潮差(m)	潮時(hr)	振幅比	潮時延遲(hr)	RMS(m)
1256	花蓮	1.2621	5.988	-	-	
1246	蘇澳	1.2269	6.093	0.972110	0.105	0.084
1586	富岡	1.2777	5.996	1.012360	0.008	0.077

四、結論

本研究利用 NAO99b 全球潮汐模式所建立之臺灣網格化潮位分區圖之適用性評估，雖尚未進行海上實際測試，然經國內中央氣象局已設潮位站檢驗測試結果顯示，水深測量潮位修正之參考潮位站選擇應以潮型 (潮汐特性)爲研判依據，即可提升水深測量精度，而與距離之遠近應較無直接相關。

謝誌

本論文係內政部國土測繪中心研究計畫「98 年度臺灣西部潮位模式建立技術發展計畫」之部分研究成果，承蒙國土測繪中心經費之補助使本研究得以順利完成，謹致謝忱。

參考文獻

1. 劉肖孔 (1983)「*中國海域三度空間數值模式*」，行政院科技顧問組，共 156 頁。

2. 李賢文(1989)「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*，港灣技術研究所，第 179-195 頁。
3. 莊文傑、江中權(2000)「*台灣四周海域海流數值模擬研究*」，MOTC-IOT-IHMT-NA8916 基本研究報告，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，共 282 頁。
4. 張憲國、黃金維(2001)「以 NAO99b 潮汐模式預測臺灣西岸潮汐之評估」，*第 23 屆海洋工程研討會論文集*，第 105 -111 頁。
5. 莊文傑、江中權(2005)「臺灣四周海域的潮波系統」，*第 27 屆海洋工程研討會論文集*，第 154-161 頁。
6. 莊文傑、江中權(2006)「臺灣四周海域旋轉潮波系統之同潮圖」，*第 28 屆海洋工程研討會論文集*，第 325-330 頁。
7. 李孟霖(2007)「*運用潮位模式進行水深測量之潮位修正研究*」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。
8. 王韋樺(2009)「*潮時及潮位特性之研究—以高雄港及台灣海峽中部爲例*」，國立中山大學海洋環境及工程學系研究所碩士論文。
9. Cisternelli, M. and Gill, S. (2005)"Implementation of TCARI into NOS Hydrographic Survey Operations," *U.S. Hydrographic Conference 2005.*
10. Foreman, M.G.G. (1977) "Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction, " Pacific Marine Science Report 77-10, Patricia Bay, Sidney, B.C.
11. Hess, K.W. and Gill, S.K. (2001) "Spatial Interpolation and the Generation and Display of Tidal Regimes in MapInfo," *U.S. Hydrographic Conference 2001.*
12. 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," *Journal of Oceanography*, Vol. 58, No. 6, pp. 837-850.
13. Jan, S. Chern, C.S. Wang, J. and Chao, S.Y. (2004) "The Anomalous Amplification of M_2 Tide in the Taiwan Strait," *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, L07308, pp. 1-4.
14. Luther, D.S. and Wunsch, C. (1974) "Tidal Charts of the Central Pacific Ocean," *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 5, pp. 222-230.
15. Matsumoto, K. Takanezawa, T. and Ooe, M. (2000) "Ocean Tide Model Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimetry Data into Hydrodynamical Model : A Global and a Regional Model around Japan," *Journal of Oceanography*, Vol. 56, pp. 567-581.
16. Richards, R.J. Oswald, J. and Lockhart, D. (1999) "Tidal Zoning of Upper Cook Inlet, Alaska," *U.S. Hydrographic Conference 1999.*
17. Tronvig, K.A. and Gill, S.K. (2001) "Complexities of Tidal Zoning for Key West, FL," *U.S. Hydrographic Conference 2001.*
18. Yanagi, T. Morimoto, A. and Ichikawa, A. (1997) "Co-tidal and Co-range Charts for the East China Sea and the Yellow Sea Derived from Satellite Altimetric Data," *Journal of Oceanography*, Vol. 53, pp. 303-309.