

99-34-7450

MOTC-IOT-98-H3DA005

臺灣近岸防救災預警系統技術 與作業化之研究(3/4)



交通部運輸研究所

中華民國 99 年 4 月

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究
(3/4)

交通部運輸研究所

GPN：1009901368

定價 400 元

99-34-7450
MOTC-IOT-98-H3DA005

臺灣近岸防救災預警系統技術 與作業化之研究(3/4)

著 者： 邱永芳、蘇青和

交通部運輸研究所

中華民國 99 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究.

(3/4) / 邱永芳, 蘇清和著. -- 初版. -- 臺

北市 : 交通部運輸研究所, 民 99. 04

面 ; 公分

參考書目:面

ISBN 978-986-02-3221-9(平裝)

1. 海難救助 2. 海洋氣象 3. 港埠資訊查詢系統

557.49029

99007689

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(3/4)

著 者：邱永芳、蘇青和

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04) 26587176

出版年月：中華民國 99 年 4 月

印 刷 者：良機事務機器有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：400 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1009901368

ISBN：978-986-02-3221-9 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(3/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-02-3221-9 (平裝)	政府出版品統一編號 1009901368	運輸研究所出版品編號 99-34-7450	計畫編號 98-H3DA005
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：邱永芳 共同主持人：蘇青和 協同主持人：李俊穎 研究人員：陳明宗、單誠基、劉清松 參與人員：錢爾潔、陳正義、馬維倫、張麗瓊 聯絡電話：04-26587175 傳真號碼：04-26564415			研究期間 自 98 年 01 月 至 98 年 12 月
關鍵詞：近岸、防救災、預警系統、風浪預報、暴潮預報、流場預報、海嘯			
摘要： 本計畫是依據係依行政院 95 年 4 月 28 日院臺字第 0950019240 號函核定「強化災害防救科技研發與落實運作方案」及相關國家科技發展計畫，在交通部有關促進海洋及海岸科技研發、建立良好海岸環境、減低海洋污染及海岸天然災害等目標，以擬建立一套適用於臺灣海域之近岸海域防救災預警系統。前幾個年度工作重點，包括海象觀測網分區規劃、建立本土化之風浪、水位、流場及擴散等數值模式及數值計算結果校驗。並建置作業化臺灣近岸海象預報系統---TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，包括數值預報系統自動化的建立及與現場觀測資料比對驗證。 本年度主要研究工作目標為近岸波潮流之模擬精度及作業化功能精進。模式發展方面，除風場及氣壓場預報模式，由氣象局同步提供即時資訊，各項本土化波浪模式、水位模式、流場模式及海嘯模式持續進行模式校驗。預警系統評估工作則以自動作業化方式進行全年推算，並取用現場觀測資料進行檢驗精度評估，而年度颱風期間列為評估重點。本年度計算結果將提供改進預警系統，以供系統提供更精確的海象資訊，並作為下年度進一步改善參考。 本研究計畫之成果及效益，波浪方面建立本土化之波浪預報模式，以提供環島藍色公路及各港務局於港口航運安全所需之風浪預警資訊。水位方面建立本土化之水位預報模式，迅速且精確的提供海岸溢淹之預警資訊。配合數值模式推算長期颱風波浪及暴潮水位，以檢討現有沿海防護設施的設計水位、設計波高標準，並做為海岸災害防護措施的依據。建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供緊急海難、油污擴散、港口航運安全所需之資訊。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
99 年 4 月	400	400	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價購買。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Technology and Operation of a Pre-warning System for Near-shore Disaster Prevention and Rescue (III)			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-02-3221-9 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009901368	IOT SERIAL NUMBER 99-34-7450	PROJECT NUMBER 98-H3DA005
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yung-Fang Chiu, Ching-Ho Su PROJECT STAFF: Chun-Ting Lee, Ming-Chung Chen, Chen-Chi Shan, Ching-Sung Liu, Er-Jier Chien, Cheng-Yi Chen, Wei-Lun Ma, Lee-Chung Chang TEL: 886-4-26587133 FAX: 886-4-26564415			PROJECT PERIOD FROM January 2009 TO December 2009
KEY WORDS: Near-shore area; Disaster Prevention and Rescue; Forecast system; Wind-wave forecast; Storm surge forecast; Flow forecast, Tsunami			
ABSTRACT: This project is based on the National Technology Development Plan. The MOTC, encouraging ocean and shoreline technology development with a goal of better shore environments, reduction of ocean pollution and prevention of shore against natural disasters, wants to set up a domestic prevention and rescue pre-warning system in Taiwan's surrounding waters. The tasks emphasized, such as oceanographic observation net partition plan, localization of winds, waves, water level, current-field, and diffusion's numerical simulation models accompanied result values verification, and also established Taiwan Coastal Operational Modeling System (TaiCOMS), including the numerical forecast system automatically created and compared with in-situ observed data in the previous years. The tasks this year are to raise pre-warning accuracy and operational function improvement about waves, tides, currents' numerical simulation and pollution control respectively. In the model development aspect, aside from wind field and pressure forecast model supplying real-time information from the Central Weather Bureau, all localized waves, water levels, current fields, diffusion, and tsunami models are continuously verified. Pre-warning system assessment work will take an automatic operation approach to proceed with whole year and utilize in-situ observed data to proceed with precision assessment, especially during the typhoon period. The present study can provide better information for use in coastal precaution system, and reference points for improving numerical simulation in the future. Estimated results of the project: Localize modeling techniques on waves, tides, currents and dispersions. Integration of the defense system, including wind predictions, wave and tide forecast systems, and the dispersion simulation system. Integration of the observations and the model predictions for the use of a flooding warning system. Providing wave and tide information for the navigation of 7 major harbors.			
DATE OF PUBLICATION April 2010	NUMBER OF PAGES 400	PRICE 400	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(3/4)

目 錄

中英文摘要	I
目錄	III
第一章 前言	1-1
1.1 計畫背景	1-1
1.2 國內外海氣象預報系統現況	1-4
1.3 研究計畫內容及成果	1-8
第二章 臺灣環島風場及氣壓場預報模式	2-1
2.1 臺灣環島風場模式	2-1
2.2 臺灣環島氣壓場模式	2-4
2.3 年度侵臺颱風	2-7
2.4 預報風場的檢核	2-12
第三章 臺灣環島及近岸波浪預報模式	3-1
3.1 臺灣環島風浪預報模式	3-1
3.2 臺灣近岸及港區波浪預報模式	3-13
3.3 臺灣七個主要港口近岸及港內波浪模擬	3-21
第四章 臺灣環島及近岸水動力模式	4-1
4.1 臺灣環島水動力模式	4-2
4.2 臺灣七個主要港口近岸水動力模式	4-17
第五章 臺灣沿岸海嘯特性分析	5-1
5.1 臺灣歷史之海嘯	5-1
5.2 臺灣附近海嘯潛勢區域及斷層概述	5-4

5.3 精進本土化海嘯數值模式	5-8
5.4 臺灣主要港口之格林函數及放大率	5-17
第六章 臺灣主要港灣環境資訊系統	6-1
6.1 港灣環境資訊系統概觀	6-3
6.2 港灣環境資訊系統展示內容	6-9
第七章 臺灣主要商港作業化海象模擬成果評估	7-1
7.1 作業化海象模擬說明	7-1
7.2 臺灣主要港口海氣象現場觀測及蒐集	7-4
7.3 2009 年分月海象模擬與實測結果的比較	7-18
7.4 2009 年颱風期間海象模擬與實測結果的比較	7-61
第八章 結論與建議	8-1
8.1 結論	8-2
8.2 建議	8-5
參考文獻	9-1
附錄 A 期末報告審查意見及辦理情形說明表	A-1
附錄 B 期末審查簡報	B-1

第一章 前言

1.1 計畫背景

災害防救科技研發與落實應用對整體工作效能的提升，具有關鍵性的影響。過去「防災國家型科技計畫」所累積的防救災科技研發成果尚不足以應付未來艱鉅的挑戰，需持續加強推動，始可有效減輕災害所造成之損失與衝擊。透過災害防救業務相關單位多次工作協商，共同研擬「強化災害防救科技研發與落實運作方案」，並於 95 年 4 月 28 日獲行政院以臺內字第 0950019240 號函核定。

整體研發推動涵蓋領域甚廣，包括地震、氣象、洪旱、坡地、人為、社會經濟、災害防救體系及災害防救教育等，參與單位有經濟部(水利署、地調所)、交通部(氣象局、運研所)、內政部(營建署、建研所、消防署)、教育部(顧問室)、農委會(水保局)、衛生署、環保署(毒管處)、勞委會(勞研所)、國家地震工程研究中心及國家災害防救科技中心等 14 個單位。本計畫即依行政院核定方案整體方案之總目標、重點工作、研發課題、執行期程與規劃經費等項目，以擬定研究目標及內容。

由於台灣之氣候、地理及地質等特殊情況，以及人為開發活動，致使整體環境之脆弱性增加，抗災能力相對較為薄弱，屬於高災害風險地區，將來勢必無法倖免各類災害之衝擊，應及早加強推動災害防救工作，而其中科技研發與落實應用實對整體工作效能的提升，具有關鍵性的影響。過去所累積的防救災科技研發成果尚不足以應付未來艱鉅的挑戰，唯有持續強化災害防救科技研發與成果落實應用，才能減輕將來面臨災害發生時的重大損失。

世界銀行 2005 年刊行 Natural Disaster Hotspots—A Global Risk Analysis 提及台灣曝露於三種或兩種天然災害下之人口與面積比例均為世界之冠。加以近年全球氣候變遷之影響，極端氣候事件發生頻率有日益增加之趨勢。例如，美國 Katrina 颶風、菲律賓土石流、台灣近年颱風豪雨事件，降雨量屢破紀錄，造成大規模重大災情；921 大地震

後，造成許多地區土石鬆動，容易引發土石流與坡地崩坍災害，甚至進一步導致水庫供水機能減損，引發原水濁度飆高，自來水無法正常供應；西南沿海地區長時期大量超抽地下水，導致大範圍地層下陷，此等地區極易淹水。此外，禽流感、恐怖攻擊、資通安全等新類型災害；長公路隧道、地下空間、高速鐵路等高風險設施空間；以及災害孤島、弱勢族群及高齡少子化社會防災對策等課題，致使我國未來所面對的災害型態具有災害大規模化、高頻率化、多樣化、複雜與複合化之趨勢。

臺灣四面環海，陸域面積約 3 萬 6 千平方公里，在這狹小的地區卻塞了 2 千 4 百萬的人口，因為如此，往海的那個方向發展就變得很自然了，所以很多人居住於海濱，為了保護人民的生命財產，必須在海岸興建人工建築物來抵擋海岸侵蝕、海水倒灌等等的災害，所以對於近海的海象狀況比需要有一定程度的了解；另一方面領海的面積約為 17 萬平方公里，比起陸域面積大上許多，提供了許多能源、資源及遊憩活動空間，如臺灣海峽廣大的漁場、填海造陸、各縣市政府推行的藍色公路等等，皆將人民的生活空間由陸地漸漸的推向海洋，所以為了讓政府決策單位及人民有一個依據，發展一套近岸海域海象預報系統是迫切需要的。

近海海水水位產生變化的原動力為由太陽及月球引力產生潮汐，由風及大氣壓力變化產生的風暴潮（可影響水位變化由數小時到數天），另外就是風產生的風浪（週期可達到 25 秒，波長範圍由 10 公尺到 1000 公尺）。波浪比起潮汐及風暴潮更有威力的地方就是波浪在碎波的同時會釋放出大量的能量，這個能量可以破壞岸邊的人工結構物，並且會造成海岸侵蝕；在各種浪中，以颱風產生的颱風浪最為值得注意，因為颱風的風力強大，在海面產生的風剪力也相對較大，所以可以產生週期較長且波高較高能量也較大的颱風浪，若再經由地形的淺化效應，使其波高加大，所造成的影響就更大了；另外一方面，波浪的產生不像潮汐一樣為週期性的，由於這種不確定因素，所以在本計畫中列為重點考量的因素。

預測波浪甚為複雜，在本所港灣技術研究中心的努力下已經在臺灣五大商港去建立觀測站來觀測及紀錄波浪的資料，並藉著解析的方法來重現波浪的產生情況，這種方式往往只適用於單點產生的波浪推算，對於整個臺灣海域全面的波浪情況便無法掌握了。

目前世界許多國家皆採用數值模式做為預報波浪的方式，國內也有一些學者開始進行這方面的研究，中央氣象局也引進美國海洋及大氣總署（NOAA）所發展的波浪預報模式 NWW3 做為海象波浪測報的工具。本所港灣技術研究中心長期為國內港灣建設、海岸開發及航運安全提供所需的資訊與服務，為保護和利用近岸海域，邁向 21 世紀的海洋國家，除近岸海域的使用外，應著重百姓生命財產的保護，以補往昔之不足。由於全球環境變遷，藉由過去觀測的資料加以統計分析所得的結果已不足為憑，各項迴歸週期之設計基準也將不足以應付新的自然條件所加諸之嚴酷挑戰。因此，近岸防救災系統的建立是在 21 世紀配合臺灣要邁向海洋國家最重要的施政項目之一。

本計畫係依行政院 95 年 4 月 28 日院臺字第 0950019240 號函核定「強化災害防救科技研發與落實運作方案」，整體方案之總目標、重點工作、研發課題、執行期程與規劃經費等項目，擬定各項計畫目標及內容。本研究擬以計畫執行期間，結合國內專家學者，藉由國外的發展經驗，擬建立一套適用於臺灣海域之近岸海域防救災預報系統。主要研究目的有以下幾項：

1. 建立本土化之風浪預報模式，以提供環島藍色公路全年航行之風浪資訊需求。並建立區域性之風浪模式，迅速的提供港口航運安全所需之風浪預警資訊。
2. 建立本土化之水位預報模式，以整合臺灣環島海岸觀測水位資料，及數值模擬結果，迅速且經確的提供海岸溢淹之預警資訊。
3. 配合數值模式推算長期颱風波浪及暴潮水位，以檢討現有沿海防護設施的設計水位、設計波高標準，並做為海岸災

害防護措施的依據。

4. 建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供緊急海難、油污擴散、港口航運安全所需之流場預警資訊。
5. 建立近岸與港區包括油污及不同污染物擴散數值模式，以能迅速正確掌控海岸各種污染擴散現象，以提供救災必要之資訊。
6. 配合本所海情中心業務，建立近岸防救災預報系統，並採用地理資訊系統之人性化操作界面，以利各界之使用。

1.2 國內外海氣象預報系統現況

數值模式的優點在於可以得到完整的時空特性並可根據過去的模擬參數預測未來的發展趨勢，由於現在電腦的運算能力比起從前強大許多，再加上數值計算方法的進步，使得數值模式的精度與執行效率較以往大幅的增加，所以世界各國，尤其是歐、美、日等先進國家，的近海預報系統皆已使用數值模式來模擬，臺灣鄰近的韓國、香港、泰國、新加坡等國亦都已有相當的發展，而國內中央氣象局海象測報中心，近幾年來致力於發展近海預報模式也有相當的成果。

近海預報模式包含了波浪、水位、流場等現象的預報。歐洲在這方面起步較早，所以近海預報系統也較為完備，美國現在亦以歐洲發展的基礎根據美國的地區特性加以改善成為美國本土性的近海預報模式系統，以下就國內外近海海象預報系統的發展情況概述如下：

1.2.1 挪威海氣象預報系統

挪威氣象中心（Norwegian Meteorological Institute, DNMI）發展的三維海洋模式 ECOM（Estuarine, Coastal and Ocean Model）預報風暴潮及海流情況（Engedahl, 1995；Martinsen et al., 1997），預報使用的平面網格解析度為 20 公里的卡氏座標系統，包含了大部分西北歐的大陸棚。在風暴潮的預報部分，ECOM 使用三維正壓項模擬（垂直分為 12 層），於海流預報則加入斜壓項分為 17 層，預報結果提供海流、海水

水位變化及溫度、鹽度等資料。同時，挪威氣象中心並使用 WAM 波浪模式做為預報波浪的工具，網格解析度為 0.45 度，範圍包含了北大西洋、北海，挪威海、格林蘭海及白令海。

預報的時程部分則是一天做兩次預報，分別在 00 及 12 UTC 預報未來 48 小時的海象狀況。其輸入的風場及氣壓場資料則是由挪威氣象中心執行的 HIRLAM 氣象預報模式所提供。

1.2.2 荷蘭海氣象預報系統

自 1990 年開始荷蘭皇家氣象研究所 (KNMI) 即使用一套由 Delft Hydraulics 及 Rijkswaterstaat (Gerritsen et al., 1995; Phillippart and Gebraad, 1997) 發展的 Dutch Continental Shelf Model (DCSM) 來預報潮汐及暴潮。模式模擬的範圍為西北歐洲大陸棚，網格解析度為緯度為 1/6 度，經度為 1/4 度。

自 1977 年起 KNMI 就已經開始預報北海的波浪，到了 1990 年，開始使用由第三代 WAM 修改的局部區域模式—NEDWAM 做為波浪預報的工具 (Komen et al., 1994; Voorrips et al., 1997)。模式的模擬範圍包含了北海、挪威海、格林蘭海及英吉利海峽，網格解析度則為 32 公里。風場則由 KNMI—HIRLAM 大氣模式產生。

自 1993 年起，風場由 KNMI 的 HIRLAM 大氣模式產生。預報的時間為每天四次，進行 12 小時的現況模擬並預報未來 48 小時的海象狀況。從 1998 年起使用浮標監測的波浪紀錄與預報模式的現況模擬結果進行資料同化過程，以達到較佳的預報效果。

1.2.3 比利時海氣象預報系統

自 1970 年代開始，隸屬比利時國家研究院的數值模式管理中心，MUMM (Management Unit of the North Sea Mathematical Model) 即使用垂直平均的 2D 水動力模式預報潮汐及風暴潮，預報範圍為北海 (Adam, 1979)，網格的解析度為北海北部使用 20 分網格大小，南部則使用 7 公里網格。1998 年新版本的 2D 水動力模式 (Yu et al, 1994)

在 MUMM 及 AWK (公共工程部海岸及航道工程處 Afdeling Waterwegen Kust; Ministry of the Flemish Government) 正式啟用 (Ozer et al., 1997; van den Eynde et al., 1998)。網格解析度為緯度方面為 2.5 分，經度方面則是 5 分。在風場及氣壓場的部分，使用英國氣象局 (UKMO) 所提供的資料。每天預報兩次，每次預報未來 4 天。

自 1992 年起，MUMM 及 AWK 使用由 GKSS (van den Eynde, 1992) 發展的第二代風浪模式 HYPAS 預報波浪。使用了波浪浮標監測記錄及衛星 ERS-1 波高計的資料進行模式線上校正，並使用 HTML 發展使用者介面，讓使用者可以很容易的讀取模式產生的資料，現在亦積極發展以 WAM 結合 SWAN 的近海波浪模式系統上線預報。

1.2.4 英國海氣象預報系統

自 1978 年開始，英國氣象局 (UKMO) 即使用由 POL (Proudman Oceanographic Laboratory) 發展的二維風暴潮模式與潮汐模式預報潮位變化，模擬的範圍自北緯 48 度至北緯 63 度，西經 12 度至東經 13 度，模式解析度在緯度方面為 1/9 度，經度方面為 1/6 度。模式預報時間為每天兩次，每次預報未來 36 小時。於 1999 年以後，使用新的模式來預報風暴潮，此模式已將潮汐的變化考慮進去，所以可以得到更為準確的暴潮水位。

對於波浪的預報，英國氣象局使用由 Golding (1983) 為基礎的第二代波浪模式，其後此模式由 Holt (1994) 來維持更新。此模式不但可以模擬大尺度的範圍，同時也可以模擬水深 200 公尺以內的大陸棚區。在大尺度範圍方面，使用的網格點為 0.833 度 X 0.56 度，風場部分使用同樣尺度的全球數值氣候預報模式 (NWP) 預報風場，並且使用 ERS-2 波高計的資料來做同化。此模式每天預報兩次，分別為 00 UTC 及 12 UTC，預報未來五天的波浪。小尺度區域模式，包含西北歐洲大陸棚、地中海、波羅的海及黑海，網格解析度為 0.4 度 X 0.25 度，也是每天預報兩次，分別於 0230 UTC 及 1430 UTC 做預報，預報時間亦為未來 48 小時，風場使用全球數值氣候預報模式 (NWP) 預報風場，

邊界部分則是使用大尺度模式的模擬結果。

1.2.5 美國海氣象預報系統

美國的近海海岸預報系統，目前是由 Ocean Modeling Branch of the National Weather Service's Environmental Modeling Center、the National Ocean Service's Coast Survey Development Lab、Princeton University、以及 Naval Oceanographic Office (NAVOCEANO) 所共同發展的 Regional Ocean Forecast System (ROFs)，此套系統是由 1991 年開始發展，並於 1993 年開始作實驗性的預報。此系統為一三維水動力模式，模擬的範圍為北緯 30 度至 47 度，由美國東岸海岸線向外延伸至西經 50 度，網格解析度為 20 公里，在近岸的部分則變為 10 公里，海水表面的驅動力則是由 NCEP (National Centers for Environmental Prediction) 的 Eta 中尺度大氣模式提供。此套系統一天預報一次，每次預報其後時間 48 小時。

在波浪的部分，則是使用由 NCPE 下的環境模式中心 (EMC) 中的海洋模式及分析部門 (MMAB) 所發展的 WAVEWATCH III，此模式為第三代風浪預報模式 WAM 修正版本，目前發展至 2.22 版本。

1.2.6 中央氣象局海氣象預報系統

中央氣象局海象測報中心的波浪預報是根據數值天氣預報所預測之海面風場，代入二種模式：一種是依據風向、風速、吹風歷時、風域長度與波高、週期關係之面積風域法；另一種是以能量平衡方程式為基礎之波譜數值模式。自民國八十四年起，每日提供一次上午八時之波浪分析圖及未來二十四小時波浪預報圖，波浪圖涵蓋範圍自東經 105 度至 140 度，北緯 5 度至 35 度，包括了臺灣海峽、東海、黃海、南海及部分西北太平洋海域，對於我國海域航行安全有相當大之助益。自九十年起改進為三十六小時預報，提供次日上午八時及下午八時之波浪預報圖，含 1 公尺以上波高等值線及波向。民國九十一年引進美國氣象局 NWW3 (NOAA Wave Watch III) 波浪模式並加以本土作

業化，與原先使用之 WAM 模式並行測試(中央氣象局海象測報中心網站資料)。另於民國九十二年底引用 SWAN 模式，研究東北角海岸模式範圍由東經 121.5 度到 122.5 度，北緯 24.5 度到 25.5 度，網格格點為 500 公尺，每天預報兩次，每次提供未來 24 小時及 36 小時的波浪預報場。

1.3 研究計畫內容及成果

參考各國近海海象預報系統的發展狀況，本計畫在上一期之研究期程已規劃完整的臺灣環島海象預報系統-TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，包括觀測網的架設、觀測資料即時監測、數值預報模式的建立、模式驗證及海氣象資料庫的整合等，系統架構如圖 1.1 所示。

預報為觀測最重要的目標，而觀測為預報系統建立之基礎。目前臺灣海氣象之調查，以水利署、中央氣象局及交通部運輸研究所為主要單位，又各單位之調查因其目標不同而有不同的觀測需求；水資源局以潮位觀測為主，中央氣象局以風、溫度、潮位為主，交通部運輸研究所各國際港之風、波、潮、流等為主要，各單位觀測網遍佈全臺灣，對於提供在臺灣近岸四周海域海氣象特性預測之數值模擬研究幫甚大。海氣象觀測站的分佈依數值模擬的需要，分成不同等級觀測，而其觀測點有依大尺度計算領域和小尺度計算領域不同需求而設立。有效觀測網後對數值模擬的檢驗，能提高精確度，同時不會重複觀測，簡省人力及資源之浪費。

過去幾年本中心在國內主要商港之即時海氣象觀測網已建置完成，歷年建置之海氣象資料庫內容豐富，海氣象資料及分析結果，除提供各港務局與其他公民營機構參考應用，並提供本計畫預報模式比對，以提昇預警精度。觀測網路部分預計可以得到的觀測資料為地形、水深、氣壓、颱風、風場(風速、風向)、波場(波高、週期及波向)、水位(天文潮位、暴潮位)及流場(流速、流向)等現場資料，經同步連線回

傳整理後統一輸入資料庫中以便未來提供查詢及模式的應用。

預報模式發展方面，為適用各種海象條件，整合規劃建置多種預報模式，包含了風場、波浪、水位、流場及擴散等模擬，其中風場的模擬包含了季風及颱風，同樣波浪的模擬包含了季風波浪及颱風波浪，水位的模擬則包含天文潮位、暴潮位潮位及地震產生之海嘯，海流的模擬則包含天文潮流、風驅流(暴潮流)、長週期恒流及波浪引起之沿岸流等。擴散模式主要重點為油污，其次為一般污染濃度。風場的部分由於氣象局可以提供資訊，所以本計畫不擬執行一般風場的預報模擬，颱風期間由氣象提供颱風路徑、中心最大風速與暴風半徑等資料，也引用中央氣象局 NFS 海上風場模式所產生的全域及時預報風場及氣壓場。

本研究為四年期研究計畫，在前 2 年已完成的重要工作項目包括：在模式系統的建置方面，波浪模式部份已完成建立 WAN 模式、SWAN 模式、類神經網路颱風波浪模式、半經驗颱風波浪模式等 4 種風浪模式，波浪模式之大小網格最佳化及水深資料建立。並完成幾個港區附近海域之區域性近岸波浪模式，以期有更準確、更有效率的預報臺灣沿岸海域的風浪。水位模式方面；建置本土化之潮汐及風暴潮水位預報模式，以臺灣環島海岸觀測水位資料，校驗數值模擬結果。海流模式方面已建立二維及三維全域水動力模式，並完成二維流場模式之驗證。預報系統方面則建置防救災預報系統網站，在完整取得中央氣象局每日預報氣象資料，也完成臺灣近海海域模式即時現報作業系統建置，包括風場(氣壓)、波浪、水位及流場等數值模式建置及自動化預報系統作業，每日提供包括 72 小時模擬及即時模擬等資訊。並完成 96 年度及 97 年度兩個年度之風場(氣壓)、波浪、水位及流場等預報模式作業化成果評估，及包括臺中港、高雄港、花蓮港、臺北港及安平港等五個主要商港口之港區及附近海域(港口)波場、水位及流場模擬作業。完成 97 年以前臺灣環島主要商港長期(約 4 年)風場、波場、水位及流場模擬結果，並分析重要據點之海象特性(包括季風及颱風)。

本年度主要工作目標為近岸波潮流之模擬技術之預警精度及作業

化功能改進。模式發展方面，除風場及氣壓場預報模式，由氣象局同步提供即時資訊，各項本土化波浪模式、水位模式、流場模式及海嘯模式持續進行模式校驗。預報系統評估工作則以自動作業化方式進行全年推算，並取用現場觀測資料進行檢驗精度評估，而颱風期間列為評估重點。由於港區為重要的航行據點，港區及港區附近的波浪及流場資訊對於航行安全相當重要，加上港研中心本身掌管台灣七大商港包括基隆、台北、台中、安平、高雄、蘇澳及花蓮的實測海象資訊，因此本研究規劃增加近岸海域及港區的模擬，使得近岸海象數值模擬及預警系統可以由外海延伸至港區，提供更完整的海象資訊。其次目前 Taicoms 系統已經完全在港研中心執行，並由中心『港灣環境資訊網』展示相關查詢成果，並建置及維護一個由關聯式資料庫管理系統所構成的海情資料庫，以彙整七個主要商港現場觀測及數值模擬計算所得之港區附近海域海象預報資訊。

本研究完成後希望在近海海象預報模擬系統的預報時間能夠在氣象局發佈氣象預報後三至六小時之內完成。波浪方面建立本土化之風浪預報模式，以提供環島藍色公路全年航行之風浪資訊需求。並建立區域性之風浪模式，迅速的提供港口航運安全所需之風浪預警資訊。水位方面建立本土化之水位預報模式，迅速且精確的提供海岸溢淹之預警資訊。配合數值模式推算長期颱風波浪及暴潮水位，以檢討現有沿海防護設施的設計水位、設計波高標準，並做為海岸災害防護措施的依據。建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供緊急海難、油污擴散、港口航運安全所需之流場預警及污染擴散資訊。最後在配合本所海情中心建置計畫，建立近岸防救災預報網路查詢系統，隨時提供各相關單位參考，平時提供風場、波浪、水位及流場等即時海象資訊，以供各港務局港口船舶交通航運安全使用，在颱風期間、地震發生或面臨緊急海難及各種海岸災害等防救時，也迅速提供救災必要資訊，以提昇港埠營運效能。

災害管理是一個跨領域、跨單位的整合性工作，涉及許多政府相關權責單位，其內容包含規劃、計畫實施、預警、緊急應變、救助…

等措施。災害管理可分成災前的減災、整備，災時的應變(或緊急應變)，以及災後的復原等四階段。同時由於各種災害特性的不同，所以災害管理的需求亦有差異。因此災害管理的目的，在於根據所蒐集的資料，利用各種災害模式進行不同之管理、分析及研判，包括災前的規劃、整備及監測方法、災害潛勢分析、危險度分析、風險評估、早期預警、損失評估、救災管理及災後復原重建規劃等等，以減少其不確定性及降低災害發生之可能；同時促使管理者或決策者，在充分掌握災情資訊的情況下，可制訂適當的災害防救規劃與相關措施，做出最佳的決策。本研究對於各種突發狀況，強化資訊綜整與分析研判機制，可以快速研擬緊急因應對策，並納入政府防救災體系中，將研發能量由「技術支援」提升至「政策支持」，配合政策需求，並以前瞻性觀點，探究環境脆弱層面與災害防救新增課題之跨領域研發工作，使政府面臨災害防救重大決策時，能夠及時獲得正確資訊。

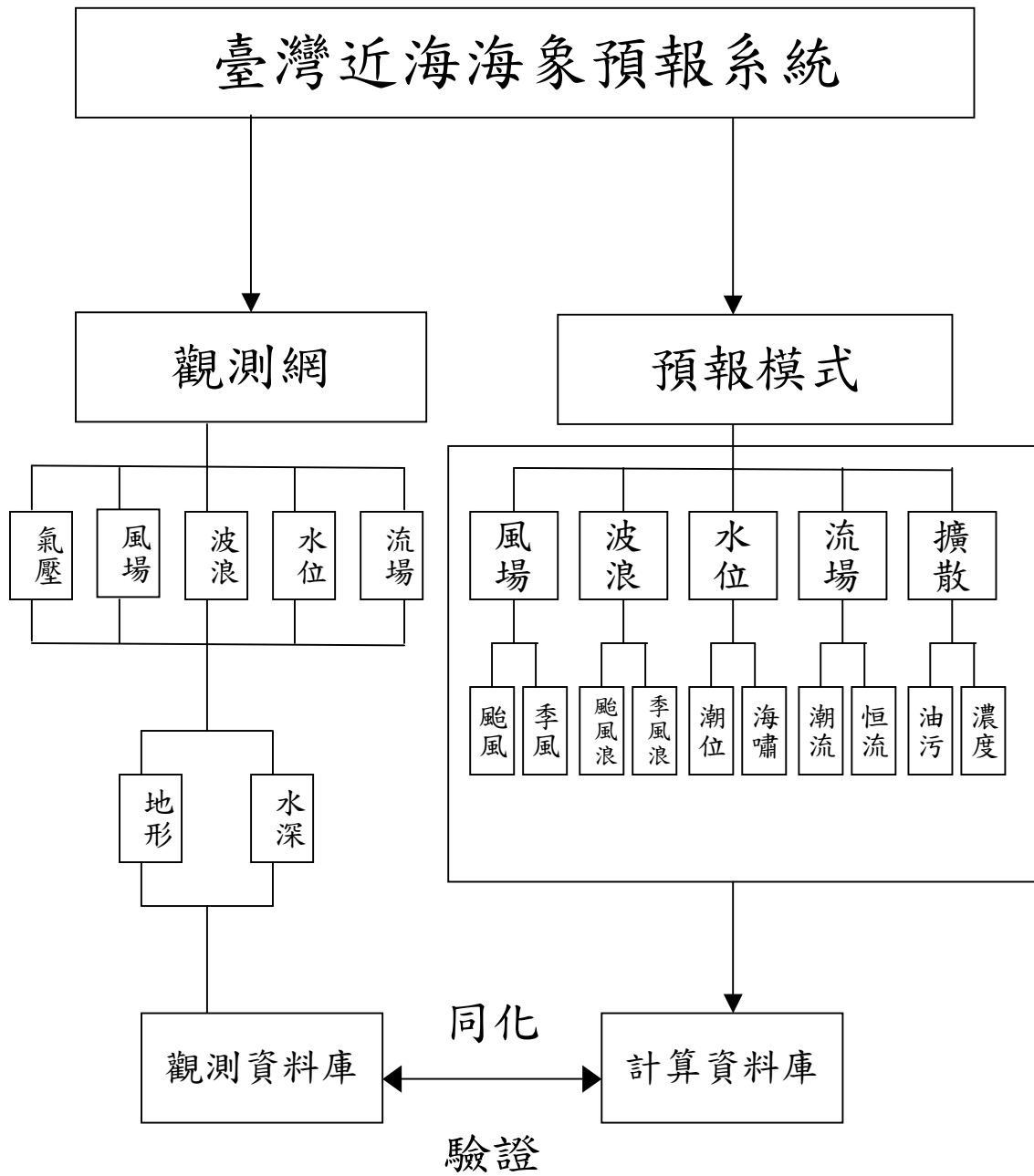


圖1.1 臺灣近海海象預報系統架構圖

第二章 臺灣環島風場及氣壓場預報模式

由於波浪及水位的預報皆會受到氣象條件的影響，特別是風速及氣壓的影響最大，因此本章節主要是探討這兩個因子的計算方法以及模擬的結果。全域風場方面主要以引用中央氣象局 NFS 預報風場為主。氣壓場的部分也取得中央氣象局預報 NFS 氣壓場。以下就風場及氣壓場兩部分做說明：

2.1 臺灣環島風場模式

現在歐洲（ECMWF）與美國（NOAA）皆有大型的氣象預報模式來預報全球的氣象資料，中央氣象局也在 2002 年完成臺灣海域動態氣象預報模式預報即時全域海上風場，目前本計畫已透過合作取得中央氣象局 NFS 預報風場即時資料。

中央氣象局 NFS 預報風場模式提供三種不同尺度範圍之風場(如圖 2.1.2)，西太平洋預報風場範圍為南緯 5 度至北緯 43 度，東經 78 度至東經 180 度，網格解析度為 45KM；中國海域預報風場範圍為北緯 9 度至北緯 35 度，東經 110 度至東經 138 度，網格解析度為 15KM；臺灣海域預報風場範圍為北緯 20 度至北緯 26 度，東經 119 度至東經 123 度，網格解析度為 5KM，以便得到更符合臺灣海域的風場狀況。圖 2.1.2 至圖 2.1.4 為央氣象局 NFS 預報風場模式三種不同尺度範圍之預報風場向量圖，時間為 2008 年 9 月 27 日凌晨 23 點(薔蜜強烈颱風侵臺期間)。

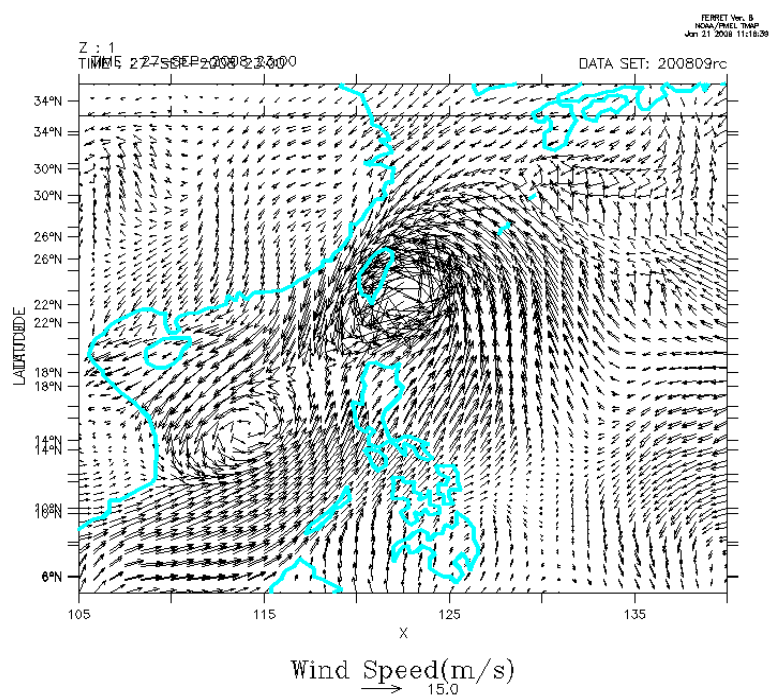


圖2.1.1 中央氣象局NFS風場模式西太平洋(45KM)風場向量圖

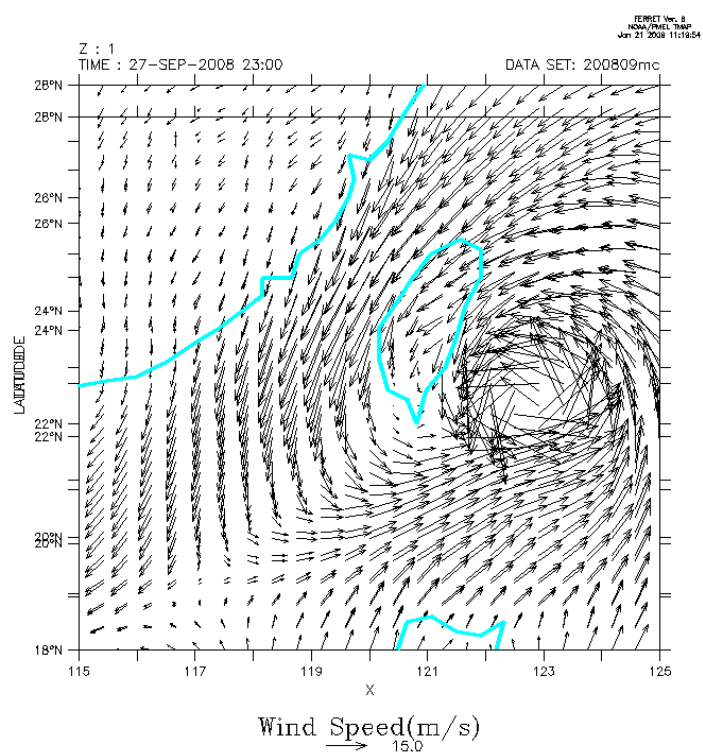


圖 2.1.2 中央氣象局 NFS 風場模式中中國海域(15KM)風場向量圖

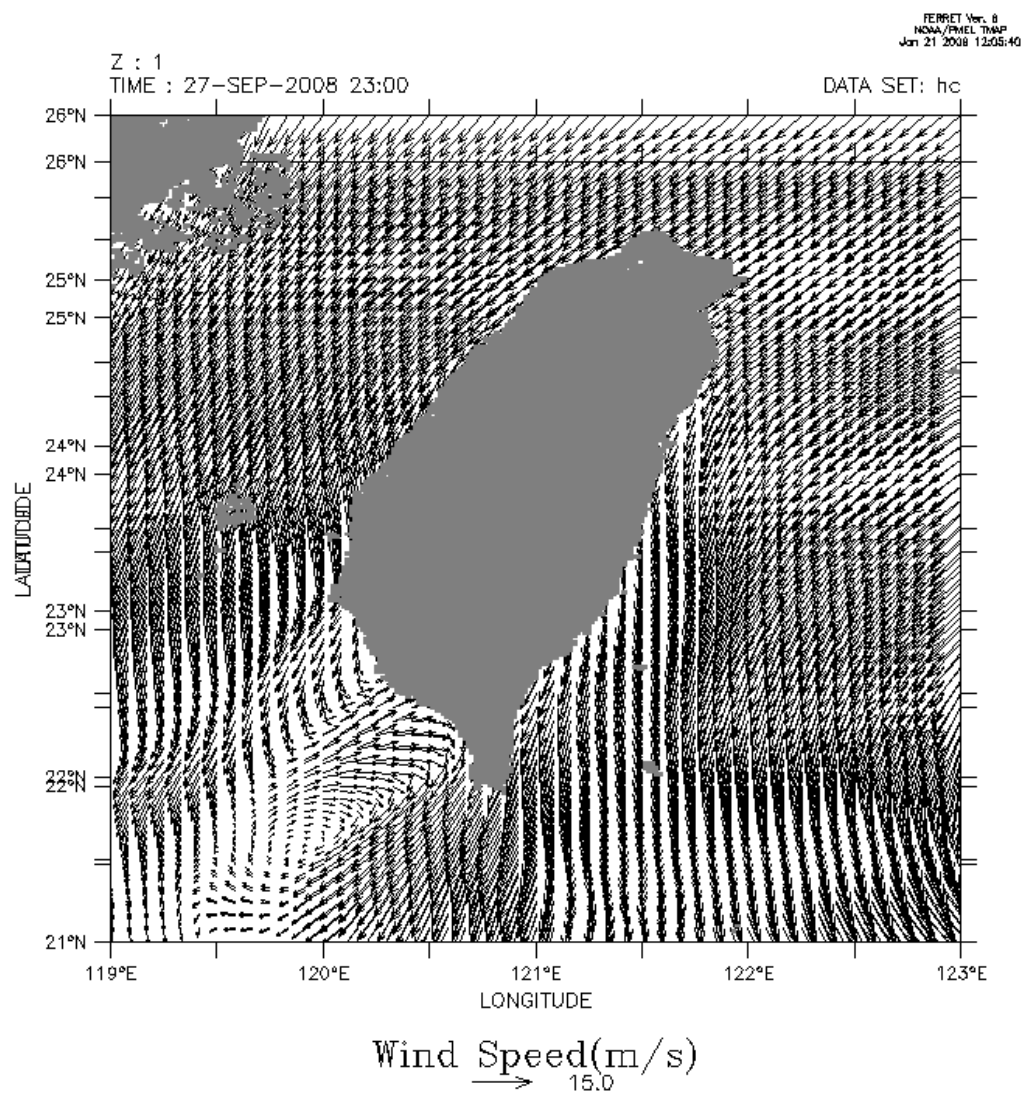


圖 2.1.3 中央氣象局 NFS 風場模式臺灣海域(5KM)風場向量圖

2.2 臺灣環島氣壓場模式

現在歐洲（ECMWF）與美國（NOAA）皆有大型的氣象預報模式來預報全球的氣象資料，中央氣象局也在 2002 年完成臺灣海域動態氣象預報模式預報即時全域海上風場，中央氣象局 NFS 預報氣壓模式提供三種不同尺度範圍與風場模式相同，西太平洋預報風場範圍為南緯 5 度至北緯 43 度，東經 78 度至東經 180 度，網格解析度為 45KM；中國海域預報風場範圍為北緯 9 度至北緯 35 度，東經 110 度至東經 138 度，網格解析度為 15KM；臺灣海域預報風場範圍為北緯 20 度至北緯 26 度，東經 119 度至東經 123 度，網格解析度為 5KM，以便得到更符合臺灣海域的風場狀況。圖 2.2.1 至圖 2.2.3 為央氣象局 NFS 預報氣壓場模式三種不同尺度範圍之預報等氣壓圖，時間為 2008 年 9 月 27 日凌晨 0 點(薔蜜強烈颱風侵臺期間)。

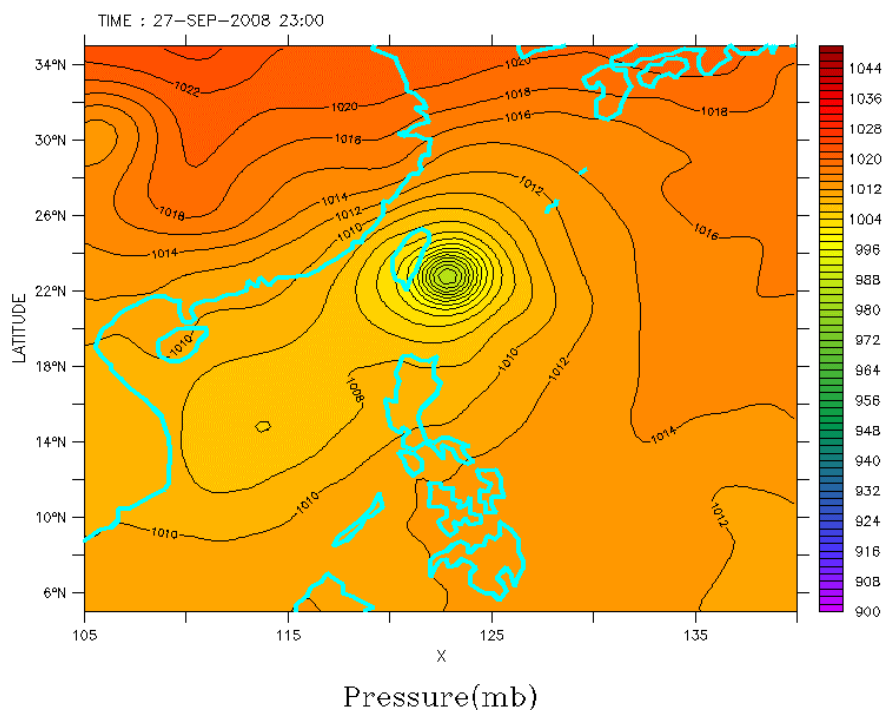


圖 2.2.1 中央氣象局 NFS 風壓模式西太平洋(45KM)等氣壓圖

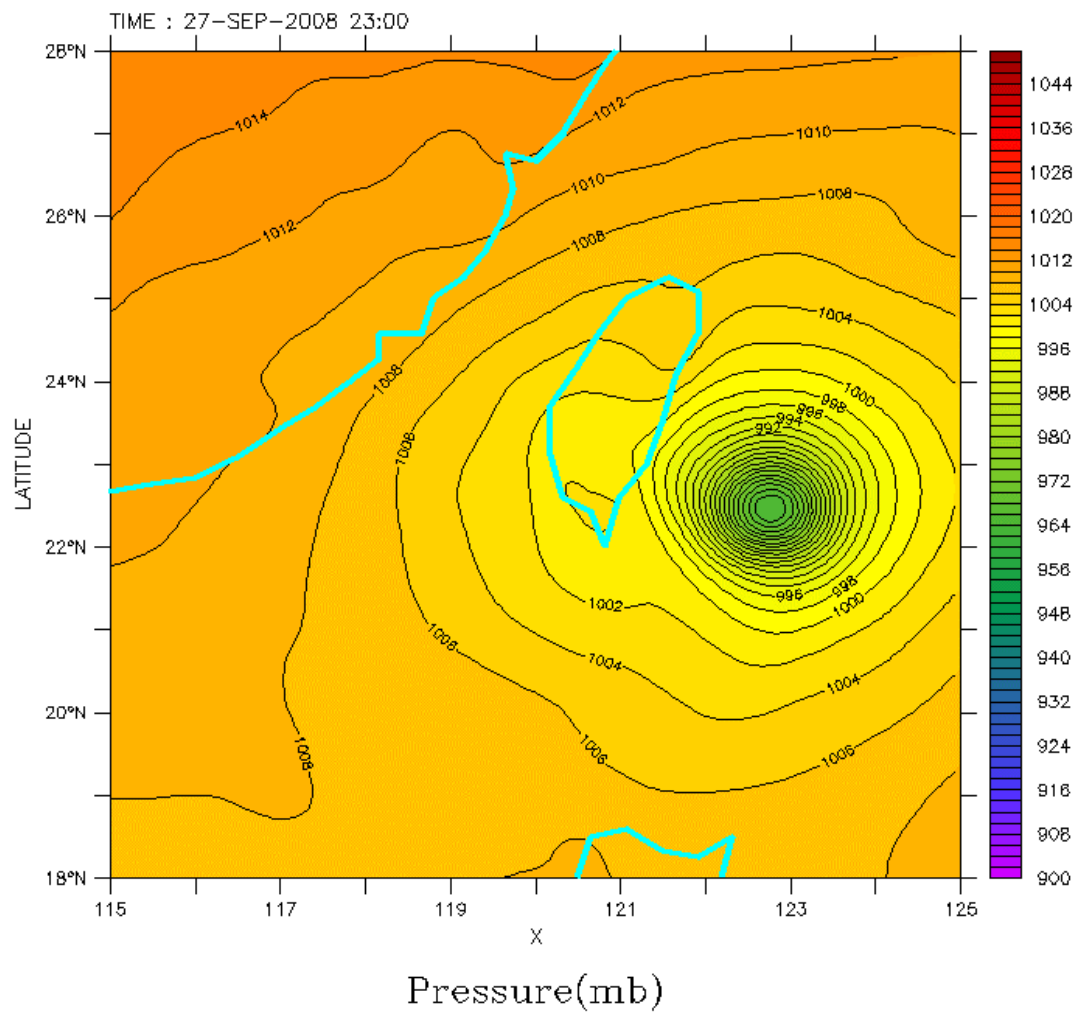


圖 2.2.2 中央氣象局 NFS 風壓模式中國海域(15KM)等氣壓圖

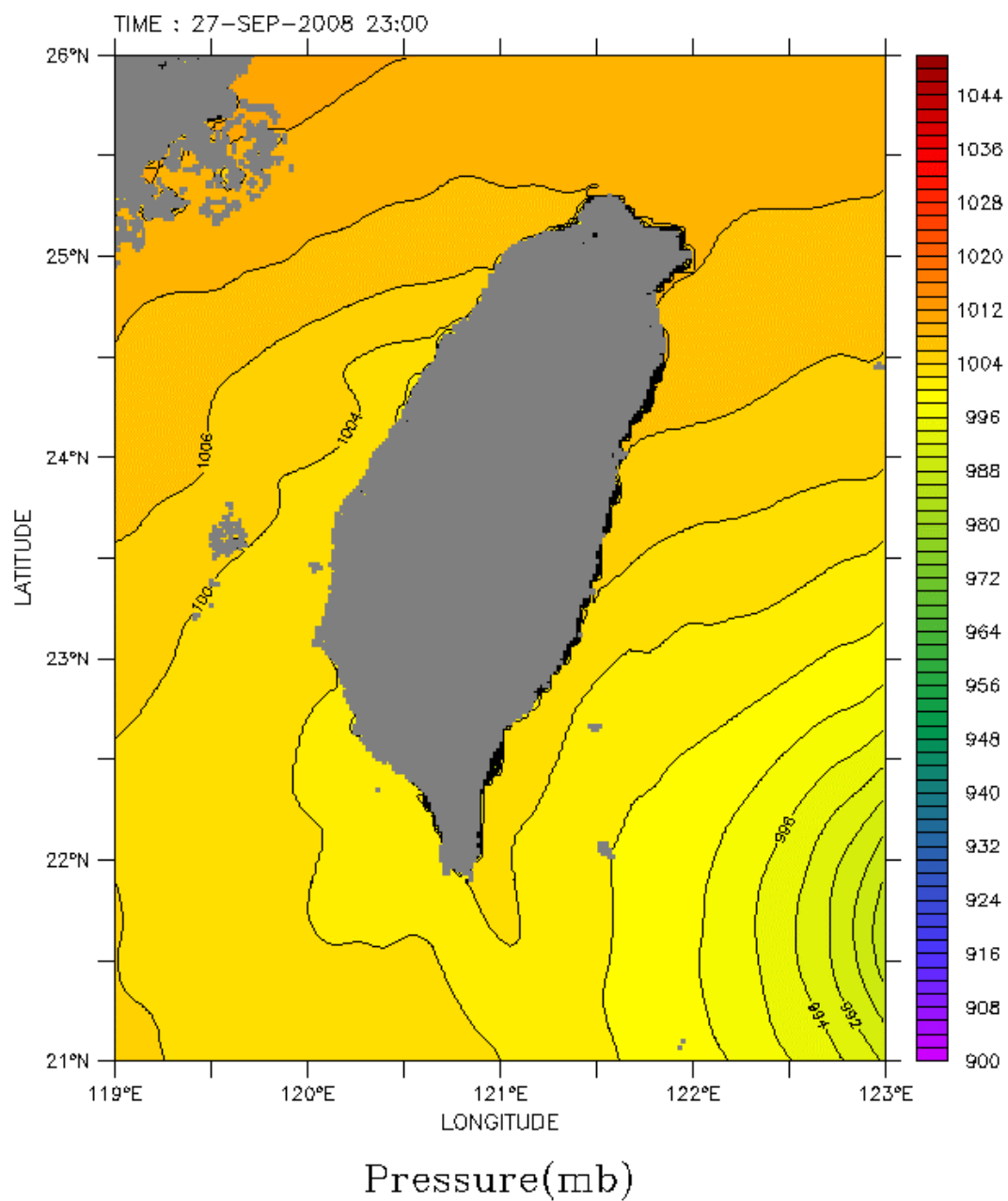


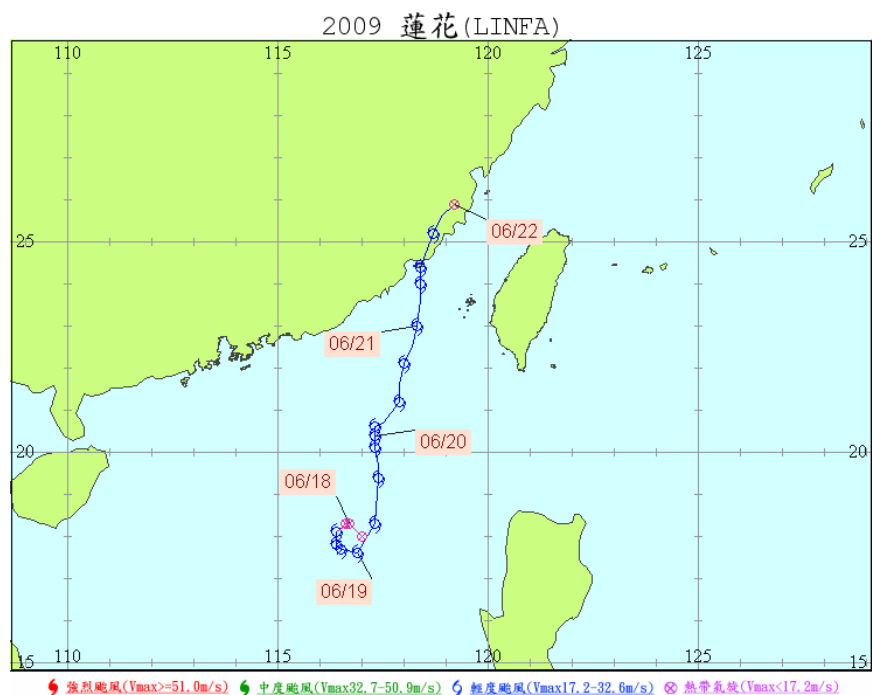
圖 2.2.3 中央氣象局 NFS 風壓模式臺灣海域(5KM)等氣壓圖

2.3 年度侵臺颱風

2009 年中央氣象局發佈侵台之颱風計有四個，如表 2.3.1，中央氣象局發佈之颱風路徑圖(包括概況表)如圖 2.3.1~圖 2.3.4。

表 2.3.1 2009 年侵臺颱風記錄表
(摘自中央氣象局網站 <http://www.cwb.gov.tw>)

編號	中文 名稱	英文 名稱	警報 期間	強度	近中心 最大風 速(m/s)	警報 發布 次數
200903	蓮花	LINFA	06/19~ 06/22	輕度	28.0	21
200906	莫拉菲	MOLAVE	07/16~ 07/18	輕度	28.0	13
200908	莫拉克	MORAKOT	08/05~ 08/10	中度	40.0	36
200917	芭瑪	PARMA	10/03~ 10/06	中度	43.0	29

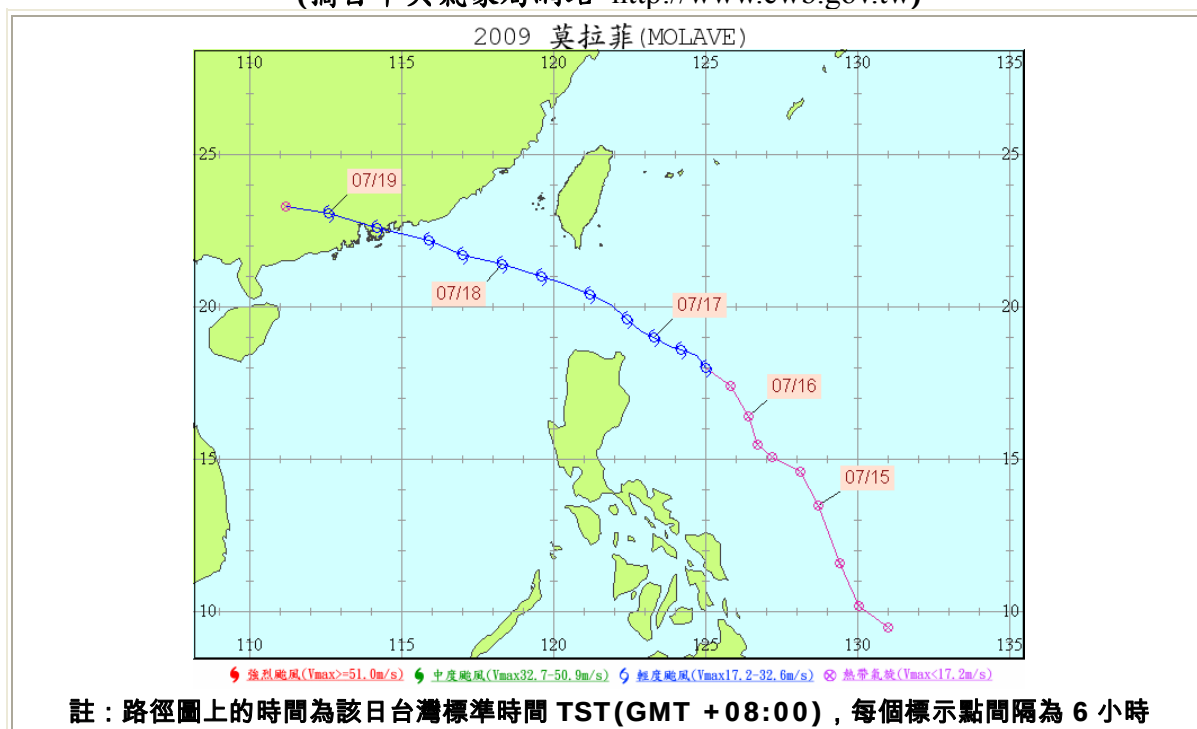


註：路徑圖上的時間為該日台灣標準時間 TST (GMT + 08:00)，每個標示點間隔為 6 小時

中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	蓮花(LINFA)
編號	0903
生成地點	菲律賓西方海面
侵(近)台日期	2009 年 6 月 21 日
發布時間	海上:2009 年 6 月 19 日 20 時 30 分 陸上:2009 年 6 月 20 日 23 時 30 分
解除時間	海上:2009 年 6 月 22 日 8 時 30 分 陸上:2009 年 6 月 22 日 8 時 30 分
發布報數	21
最大強度	輕度
近中心最大風速	28.0 (公尺/秒)
侵台路徑分類	--
登陸地段	未登陸
動態	生成後颱風中心先滯留打轉，而後向北緩慢移動，進入臺灣海峽南部時轉向北北東移動，於 21 日 22 時左右由廈門市附近進入大陸。
災情	未有重大災情發生，農損約 7.4 億元。

圖 2.3.1 2009 年 6 月蓮花颱風路徑圖

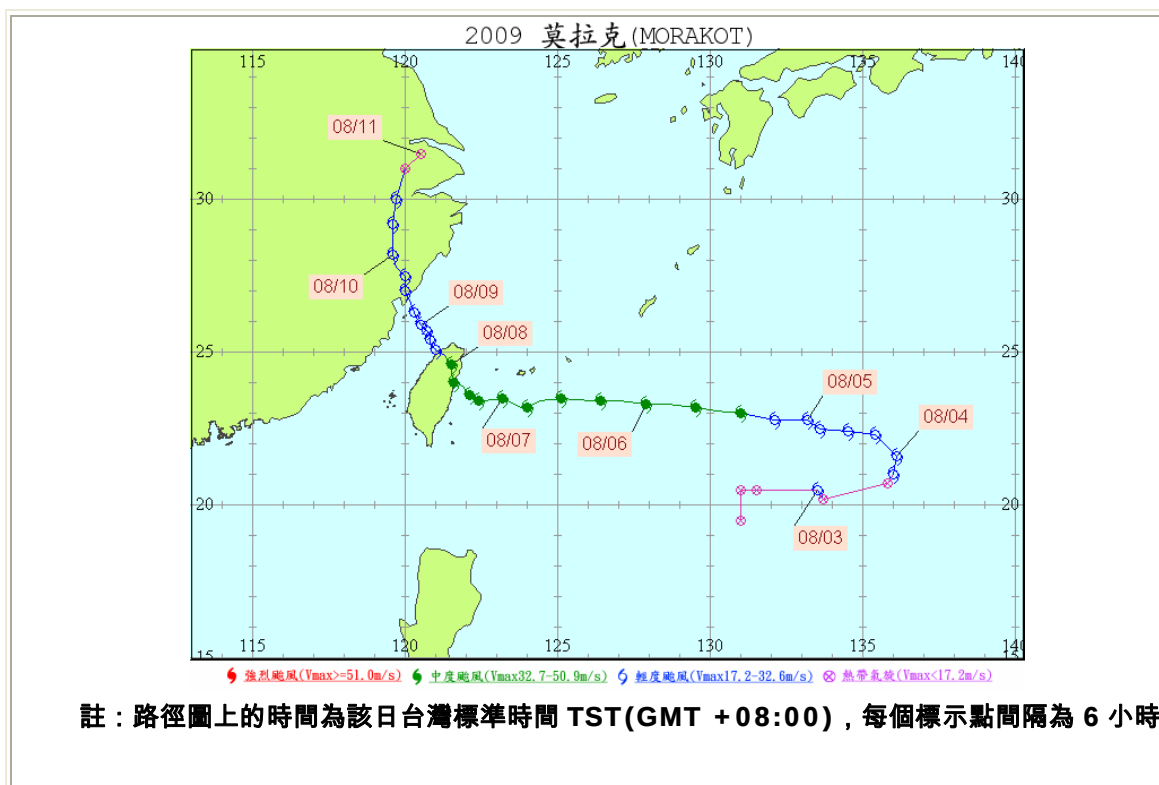
(摘自中央氣象局網站 <http://www.cwb.gov.tw>)



中央氣象局颱風警報發布概況表

名稱	莫拉菲(MOLAVE)
編號	0906
生成地點	菲律賓東方海面
侵(近)台日期	2009 年 7 月 17 日
發布時間	海上:2009 年 7 月 16 日 22 時 0 分
解除時間	海上:2009 年 7 月 18 日 8 時 30 分
發布報數	13
最大強度	輕度
近中心最大風速	28.0 (公尺/秒)
侵台路徑分類	--
登陸地段	未登陸
動態	生成後向西北西移動，通過臺灣海峽南部後朝東沙島東北方前進。
災情	--

圖 2.3.2 2009 年 7 月莫拉菲颱風路徑圖
(摘自中央氣象局網站 <http://www.cwb.gov.tw>)

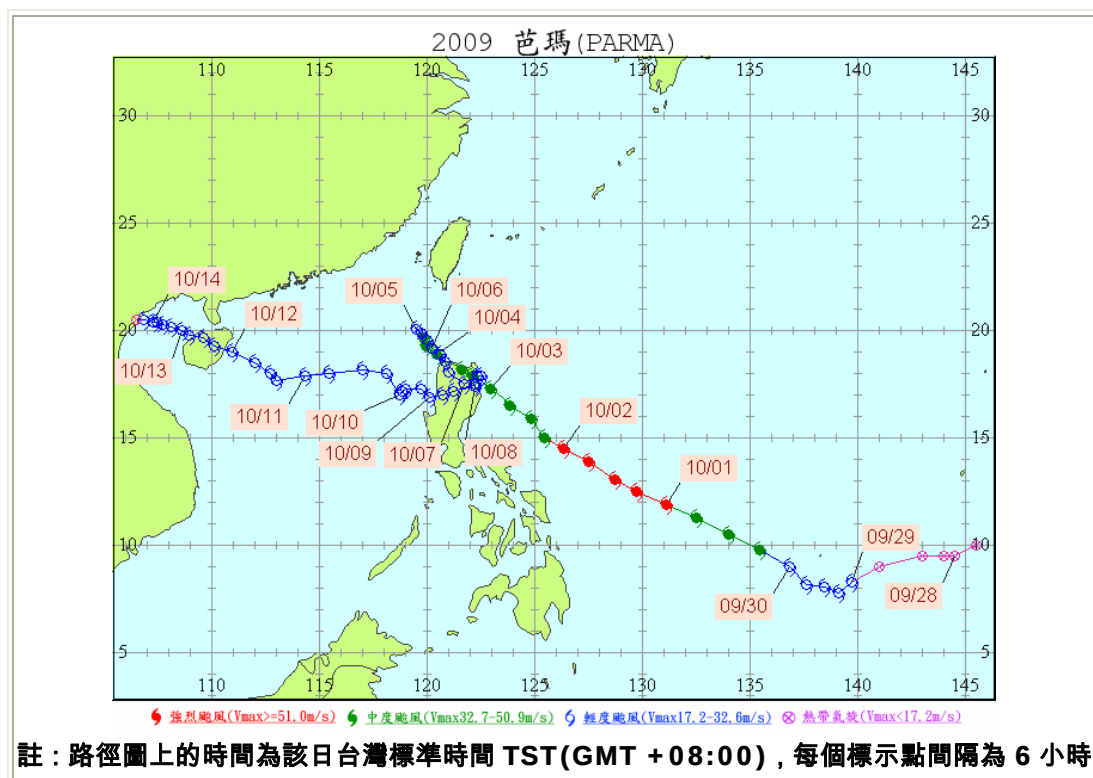


中央氣象局颱風警報發布概況表

名稱	莫拉克(MORAKOT)
編號	0908
生成地點	菲律賓東北方海面
侵(近)台日期	2009 年 8 月 8 日
發布時間	海上:2009 年 8 月 5 日 20 時 30 分 陸上:2009 年 8 月 6 日 8 時 30 分
解除時間	海上:2009 年 8 月 10 日 5 時 30 分 陸上:2009 年 8 月 10 日 5 時 30 分
發布報數	36
最大強度	中度
近中心最大風速	40.0 (公尺/秒)
侵台路徑分類	--
登陸地段	花蓮市附近
動態	5 日 20 時增強為中度颱風並向西移動，進入臺灣東部近海時受地形影響，速度略為減慢並轉向西北，7 日 23 時 50 分左右在花蓮市附近登陸，8 日 14 時左右在桃園附近出海，於 9 日 18 時 30 分左右在馬祖北方進入福建。
災情	受颱風及西南氣流影響，中南部、東部多處地區降下刷新歷史紀錄的雨量，引發嚴重水患，造成臺南、高雄、屏東及臺東等縣重大災情，鐵、公路多處路基流失造成交通中斷，多處地區發生嚴重土石流災害。計有 673 人死亡，26 人失蹤，農損逾 195 億元。

圖 2.3.3 2009 年 8 月莫拉克路徑圖

摘自中央氣象局網站 <http://www.cwb.gov.tw>)



中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	芭瑪(PARMA)
編號	0917
生成地點	菲律賓東方海面
侵(近)台日期	2009 年 10 月 5 日
發布時間	海上:2009 年 10 月 3 日 5 時 30 分 陸上:2009 年 10 月 4 日 5 時 30 分
解除時間	海上:2009 年 10 月 6 日 17 時 30 分 陸上:2009 年 10 月 5 日 23 時 30 分
發布報數	29
最大強度	中度
近中心最大風速	43.0 (公尺/秒)
侵台路徑分類	--
登陸地段	未登陸
動態	生成後向西北移動，3 日於呂宋島東北部登陸後持續向西北移動，進入巴士海峽後中心呈現滯留打轉，5 日晚間轉向東南移動，6 日於呂宋島西北部再次登陸，7 日於呂宋島東北部出海，8 日轉向西南 3 度登陸呂宋島，9 日於呂宋島西部出海朝海南島前進。
災情	受颱風外圍環流及東北季風共伴效應影響，東北部及東部地區降下超大豪雨，造成宜蘭地區嚴重災情，多處淹水、交通中斷。計有 1 人死亡，農損約 1.3 億元。

圖 2.3.4 2009 年 10 月芭瑪颱風路徑圖
(摘自中央氣象局網站 <http://www.cwb.gov.tw>)

2.4 預報風場的檢核

針對數值風場的一致性直接影響波浪推算的準確性，並針對同一時期的 RC、MC 及 HC 風場進行比較。以下簡述檢核內容。

在遠域與近域的風浪推算中，還沒有考慮潮位與水流變化等影響因素之前，風場成為主要的外力，因此在檢討風浪推算的準確性時，也必須要瞭解風場的一致性。檢核風場的方式一般而言，均係以現場實際量測的風速及風向進行比對，但由於該項觀測多半是在海岸邊進行，除了因此明顯缺乏大洋的風速風向資料外，也在瞭解地形效應對風速風向的影響，以及數值風場的極限後，而忽略對風向的比較，僅對風速加以檢核。基於在利用 NWW3 及 SWAN 進行巢狀連結計算時，常發現內外兩層在交界處有明顯的波高變化，而在進行各種可能的處理都未能得到有效改善的情形下，因此乃重新檢查風場的一致性。

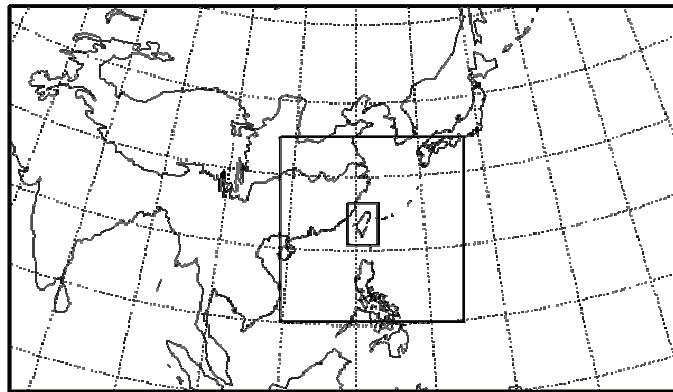


圖 2.4.1 RC/MC/HC 風場的推算範圍圖

中央氣象局目前所使用的風場共有三種，分別為 RC、MC 及 HC 風場(自 2004 年 4 月開始啟用)。各風場的解析度 RC 為 45km，MC 為 15km，而 HC 為 5km，計算領域也各有不同，如圖 2.4.1 所示，依據中央氣象局所提供的風場基本資料整理如表 2.4.1。圖 2.4.2 為 2004/06/23 00HR 的 RC 及 MC 風場的風速分佈，圖中的方框係台灣附近的水域。從圖中可以發現 RC 及 MC 風場的風速分佈從大趨勢來看還算一致，但是如以方框內的計算水域來觀察的話則有明顯不同。為了瞭解三種

風場的連續性，圖 2.4.3 顯示為 2004 年 7 月及 8 月兩個月的三種風場風速比較圖及風速比值圖，係以 RC 風場 45km 的網格以及 HC 風場的範圍，針對同時擁有三種風場資料的網格點(有 100 個格點)分別從三個不同的風場擷取風速風向資料進行比較。比較的方式除了列出其風速值以外，也比較 MC 及 HC 風場值與 RC 風場值的比值。圖 2.4.4 及圖 2.4.5 分別為其 RC-MC 鑲嵌風場之風速風向分佈圖；圖 2.4.6 及圖 2.4.7 則分別為 MC-HC 鑲嵌風場之風速風向分佈圖。例如 RC-MC 表示 RC 風場中鑲嵌 MC 風場，並擷取部分的範圍繪製風速風向分佈圖以瞭解組合中在交界面上的連續性。從圖中的比較可以發現，在陸地上的部分由於各個風場模式所考慮的邊界效應精度不同，理所當然地在陸域部分有不同的風速及風向，此部分並非我們所顧慮。但是如果觀察與風浪計算直接相關的近岸水域風場的話，則發現圖 2.4.3 中的 RC 風場與 MC 風場的風速比值時大時小並無一定趨勢，而且劇烈變化的風場有較大的差異性。然而如果比較 MC 風場與 HC 風場時，則由圖 3.5 顯示 HC 風場明顯地小於 MC 風場。在外海的水域部分，兩個風場的風向分佈大致相近，但近岸地區則有較明顯地差異性。從圖 2.4.4 及 2.4.5 由於風速與風向的差異性在海岸地區更加明顯，對於小範圍的近岸風浪推算，其發生誤差的可能性是可以預期的。

為了進一步改善風場的一致性，本計畫仍假設 MC 風場較能反映風場受臺灣地形之影響，並重新檢討其鑲嵌的方式，經多次測試以後，發現 MC 風場如果其計算範圍的四周各去除經緯度 1° 的邊界，則嵌合情形相當良好。圖 2.4.8 及圖 2.4.9 係 2005 年 8 月 30 日 0 時及 2005 年 8 月 31 日 12 時的風場嵌合情形。底層為風速嵌合後的等風速分佈，上層為嵌合後的風速向量，從分佈的情形來看，其嵌合情形相當良好。

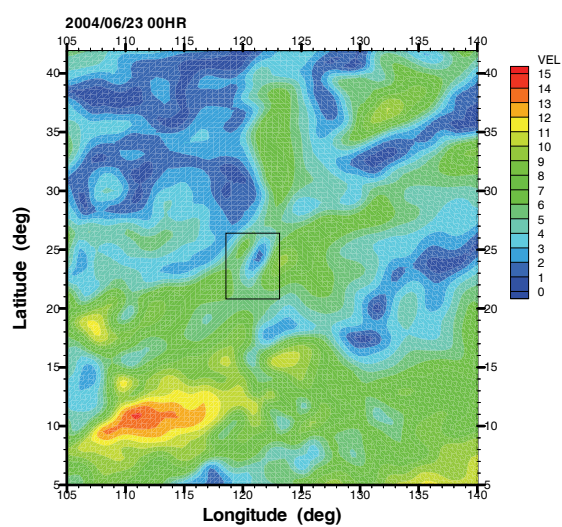
藉著此一鑲嵌的處理，本計畫亦乘機會進行格網加密的處理，也就是利用線性內插的方式，將 RC 風場加密成 MC 風場的解析度，如圖 2.4.10 及圖 2.4.11 所示。圖 2.4.12 及圖 2.4.13 係沿著 15°N 、 20°N 、 25°N 及 30°N 之橫剖面風速分佈，圖中的虛線乃 RC 風場與 MC 風場的嵌合邊界，從圖中可以發現，風速的變化相當平順。藉由風場的整合，本

計畫也進行了運用單一風場的波浪推算，並與原有的分別用兩個風場的推算方式相比較。

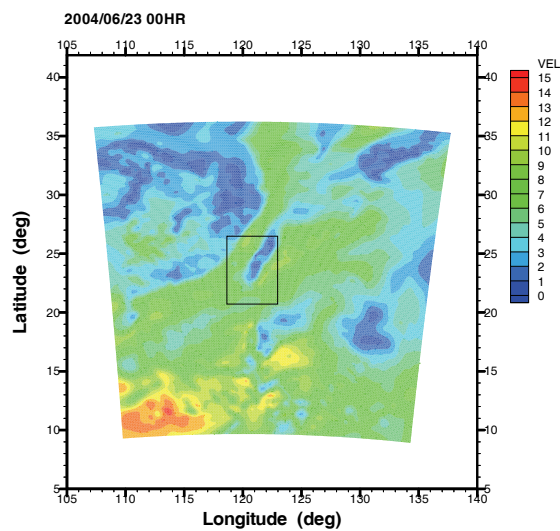
表 2.4.1 NFS 預報風場模式(RC/MC/HC)基本資料

資料整理：中央氣象局柳再明(2004/2/25)

Version	
Operational Status	•Semi operaton in 2000 •Operation from 2001/01/08
Operational/Research Group	NWP Group of Central Weather Bureau (CWB) in Taiwan
Model	Nonhydrostatic Forecast System (NFS)
Basic equations	Primitive equations
Grid type	Arakawa C-grid staggering with leap-frog time integration scheme
Integration domain	Regional, over the western North Pacific and Southern Chinese Sea 221*127(45km) , 181*193(15km) ,91*121(5km)
Projection	Lambert conformal mapping
Mapping information	Center (120E), true (10N, 40N) •45KM MESH 座標(114,71)位置位於(30°N , 120°E) 底圖 下點(-5.34068°N, 77.91867°E) 右上點(42.92812°N, 180.2034°E) •15KM MESH 座標(76,148)位置位於(30°N , 120°E) 底圖 左下點(9.28194°N , 109.7727°E) 右上點(35.26665°N , 137.7342°E) 座標(1,1)位置對應至 45KM MESH 之(89,22)座標位置 •5KM MESH 座標(28,199)位置位於(30°N , 120°E) 底圖 左下點(20.78609°N , 118.6597°E) 右上點(26.33824°N , 123.2724°E) 座標(1,1)位置對應至 15KM MESH 之(67,82)座標位置
Horizontal resolution	45/15/5 km
Vertical levels	30 vertical levels on sigma coordinates
Nested grids	level of nesting is 3 , one-way interactive
Forecast time	72 hour
Run time	00Z / 12Z (72h), 06Z/18Z(6h)
Initial fields	Last run of 6h forecast, keep 6h update cycle
First-guess analysis	Optimal Interpolation(OI)
Boundary conditions	GFS forecast to NFS 45km domain
Horizontal diffusion	4 th order diffusion
Moisture physics	Kuo's cumulus parameterization, Cloud ice&water microphysics
Planetary boundary layer	TKE-εPBL scheme
Radiation parameterization	Longwave : Sasamori Shortwave : Katayama
Land surface	Force restore method
Ocean surface	Optimal Interpolation with GFS reanalysis
Reference	Conference on Weather Analysis and Forecasting, 2000, p303-308
Remarks	This model configuration is used to simulate the weather pattern

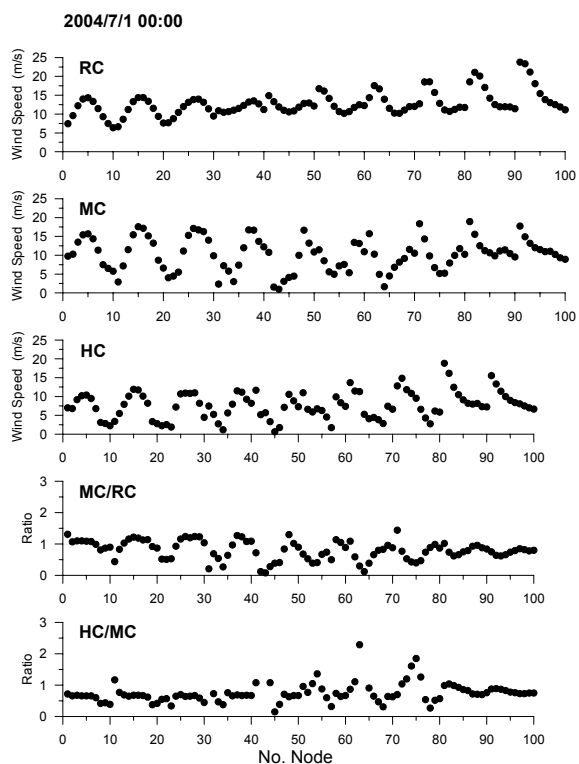


(a) RC 風場

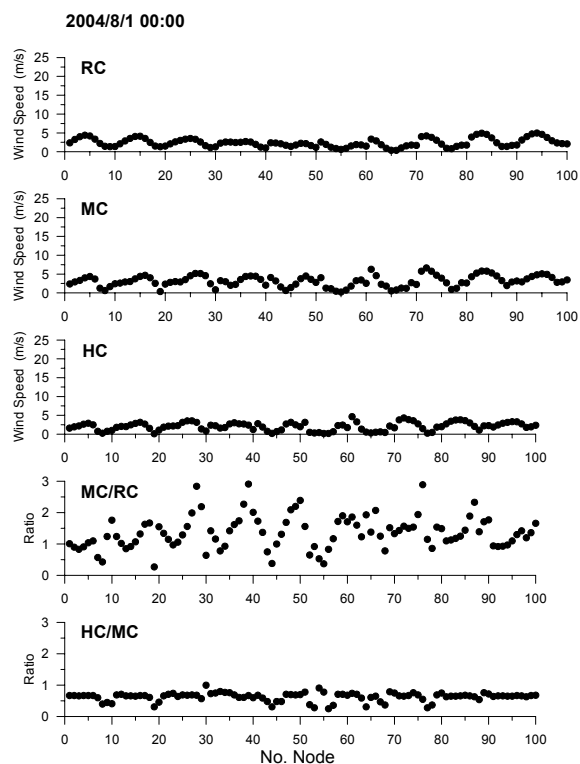


(b) MC 風場

圖 2.4.2 2004/06/23 00HR 之 RC/MC 風速分佈圖

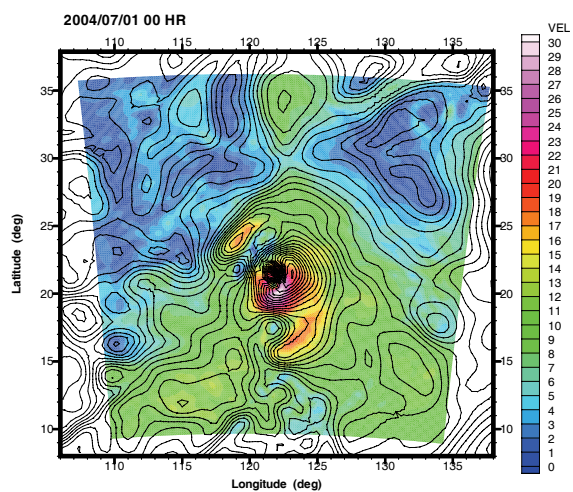


(a) 2004/07/01 00H

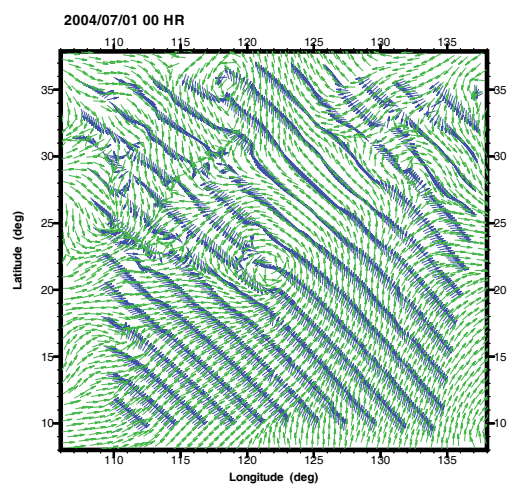


(b) 2004/08/01 00H

圖 2.4.3 2004 年 7 月與 8 月 RC/MC/HC 風速比較圖

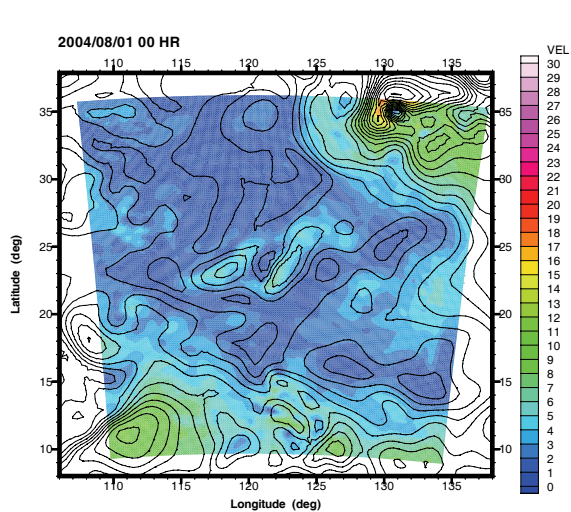


(a) 風速分佈

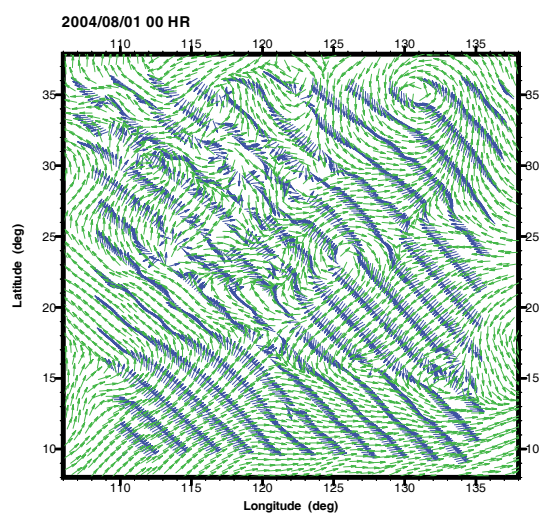


(b) 風向分佈

圖 2.4.4 RC/MC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/07/01 00HR)

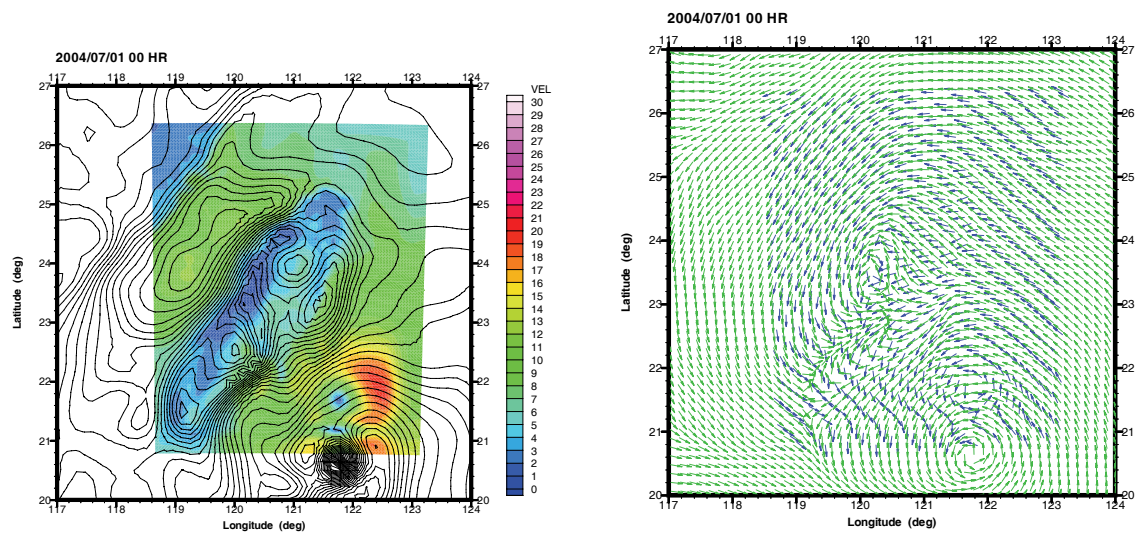


(a) 風速分佈



(b) 風向分佈

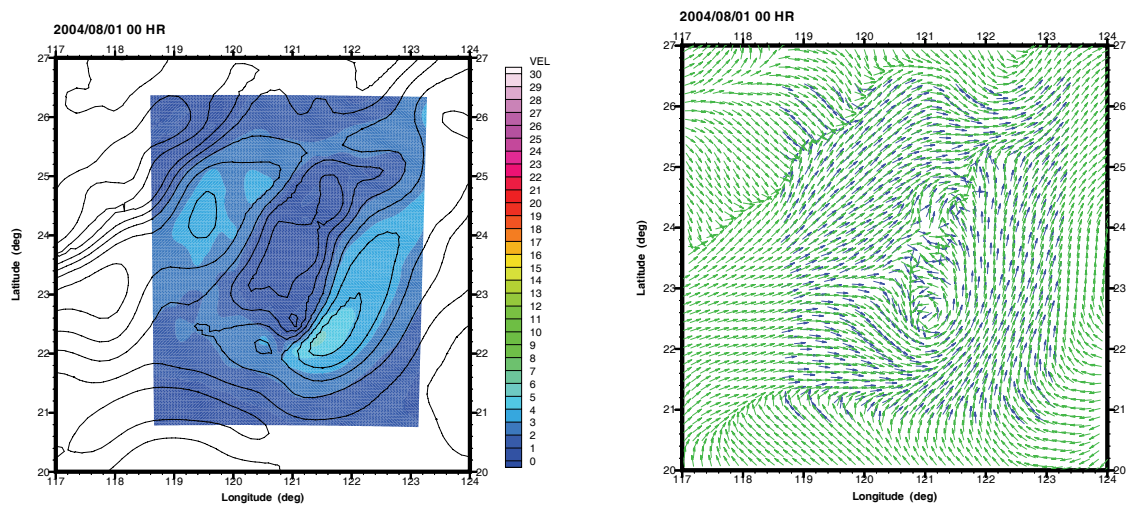
圖 2.4.5 RC/MC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/08/01 00HR)



(a) 風速分佈

(b) 風向分佈

圖 2.4.6 MC/HC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/07/01 00HR)



(a) 風速分佈

(b) 風向分佈

圖 2.4.7 MC/HC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/08/01 00HR)

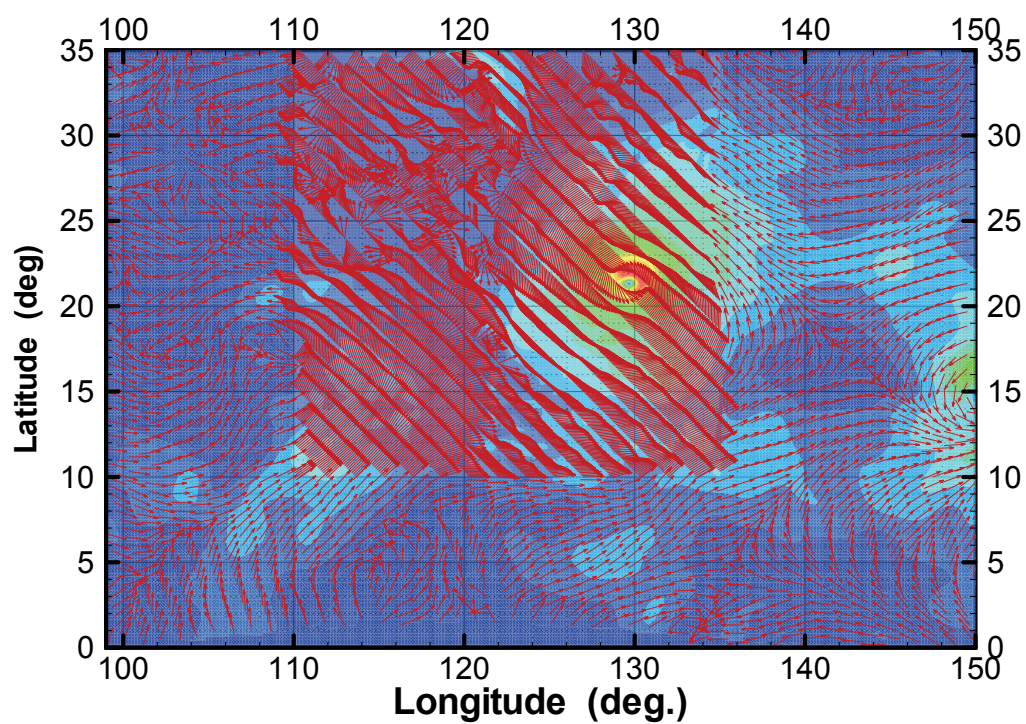


圖 2.4.8 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050830 00:00)

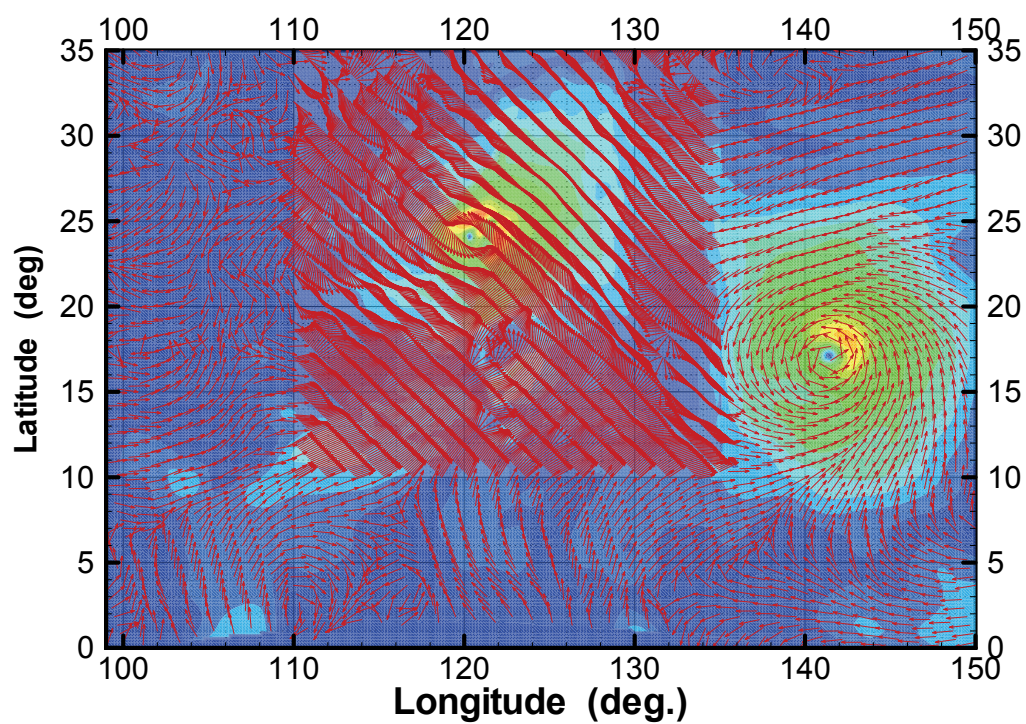


圖 2.4.9 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050901 00:00)

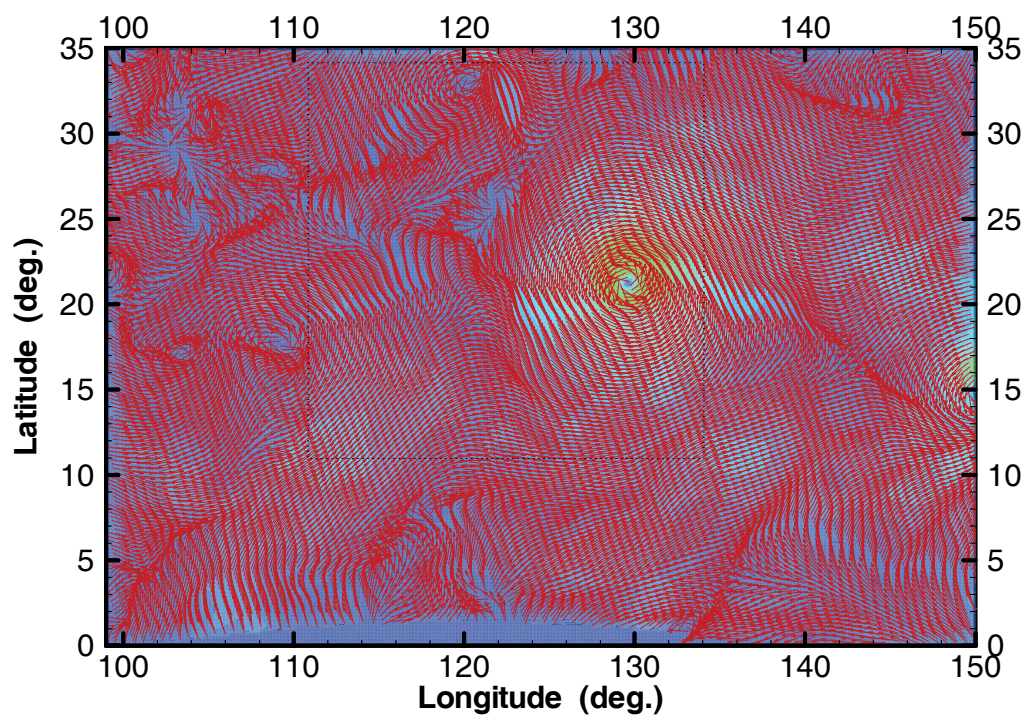


圖 2.4.10 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050830 00:00)

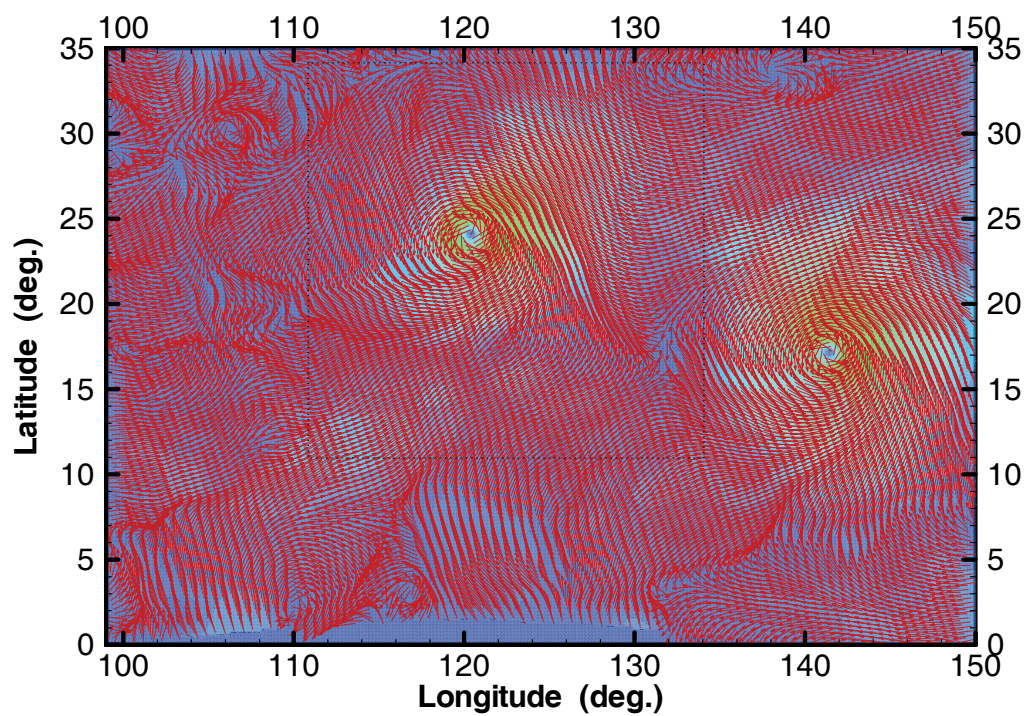
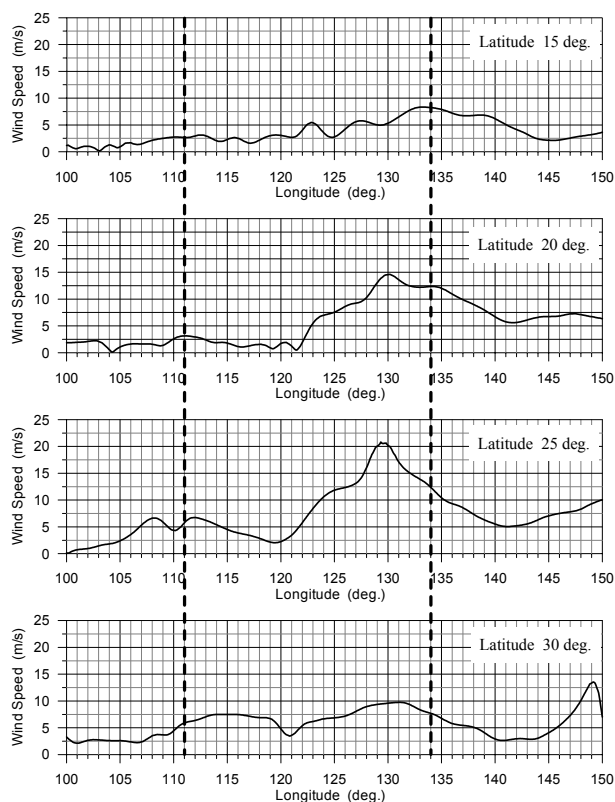
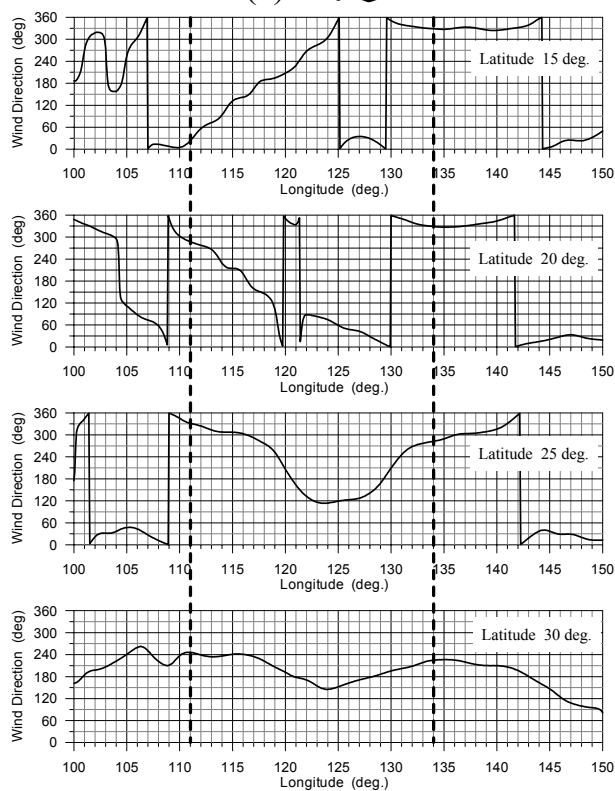


圖 2.4.11 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050901 00:00)

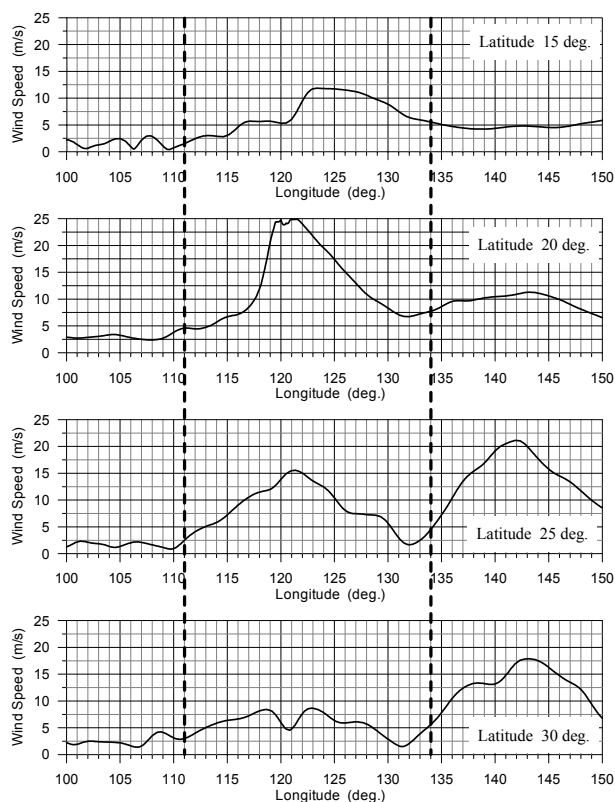


(a) 風速

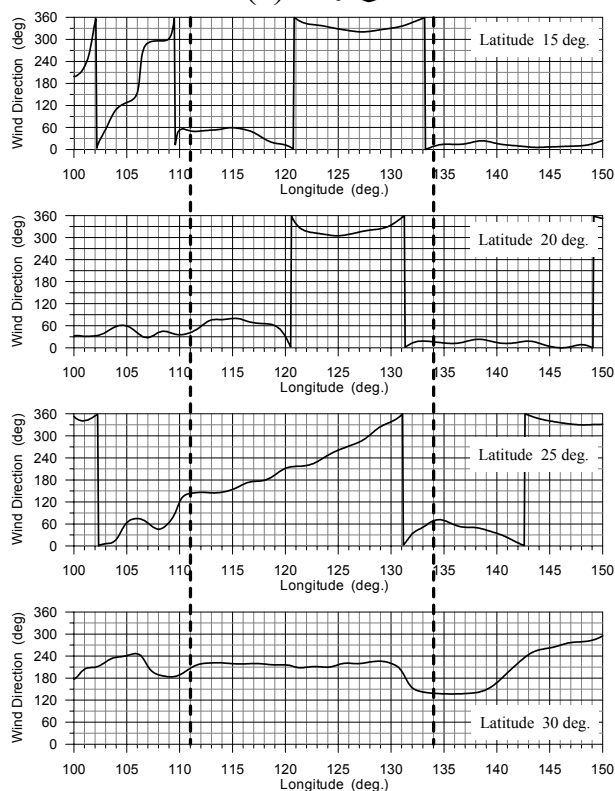


(b) 風向

圖 2.4.12 MC 與 RC 風場嵌合比較(20050830 00:00)



(a) 風速



(b) 風向

圖 2.4.13 MC 與 RC 風場嵌合比較(20050901 00:00)

第三章 臺灣環島及近岸波浪預報模式

3.1 臺灣環島風浪預報模式

3.1.1 WAM 風浪模式

3.1.1.1 WAM 模式基本理論及功能概述

本系統所使用的全域風浪模式是經過 WAMDI Group (1988)在模式的物理過程和數值方法上加以改良後，適用於遠域風浪預報的 WAM 模式(Wave Model)。WAM 模式所使用的基本控制方程式為波浪能量平衡方程式，此方程式能描述方向波譜在時間及空間上的變化過程。這些變化過程包括風傳遞到波浪的波能輸入條件、白沫效應、底床摩擦和波、波之非線性交互作用。其波浪能量平衡方程式可表示為：

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \nabla_h \cdot [(\bar{U} + \bar{C}_g)E] = S_{tot} \quad (3.1.1)$$

由於在計算大範圍波場時，地球曲率將會影響到波浪的傳遞，為使模式適用於大範圍之計算，將式(3.1.1)從直角座標轉換為球面座標，其方程式表示如下 (WAMDI Group, 1988)：

$$\frac{\partial E}{\partial t} + (\cos \phi)^{-1} \frac{\partial}{\partial \phi} (C_\phi E) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (C_\lambda E) + \frac{\partial}{\partial \theta} (C_\theta E) = S_{tot} \quad (3.1.2)$$

式中， ϕ 為緯度， λ 為經度， C_ϕ 、 C_λ 與 C_θ 分別 ϕ 、 λ 與 θ 領域之傳遞速度，各領域的傳遞速度如下：

$$C_\phi = C_g \sin \theta / R, \quad C_\lambda = C_g \cos \theta / R \cos \phi \quad (3.1.3)$$

$$C_\theta = \frac{1}{k} \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left(\frac{\sin \theta}{\cos \phi} \frac{\partial d}{\partial \lambda} - \cos \theta \frac{\partial d}{\partial \phi} \right) / R \quad (3.1.4)$$

如同波譜的線性假設，源項可表示為不同波浪成長與消散的能量總和，即

$$S_{tot} = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + \dots \quad (3.1.5)$$

式中 S_{in} 為風傳遞到波浪的波能輸入通量， S_{nl} 為波與波間之非線性交互作用波能傳遞通量， S_{ds} 為白沫效應所引起的波能消散通量。

當波浪傳遞至近岸地區時，由於水深變淺、地形變化顯著以及海流之作用，波浪可能受到碎波與底床摩擦影響導致波浪能量的衰減，而海流與地形變化也會使波浪在傳遞過程中產生頻率位移與折射效應。然而當波浪在遠域傳播時，這些現象並不顯著，而且波浪作用力在波浪傳遞過程中仍須保持守恆 (Bretherton 和 Garrett, 1968)，因此波浪作用力平衡方程式可退化成簡單的方程式。若不考慮波浪成長與消散情況時，波浪作用力平衡方程式可寫成：

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla_h \cdot [(\bar{U} + \bar{C}_g)N] = 0 \quad (3.1.6)$$

式中， $N(\sigma, \theta) = E(\sigma, \theta) / \sigma$ 為波浪作用力密度波譜， $E(\sigma, \theta)$ 為能量密度波譜。將 $E(\sigma, \theta)$ 代入式 (3.1.6)，則上式可改寫成

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \nabla_h \cdot [(\bar{U} + \bar{C}_g)E] = \frac{E}{\sigma} \left[\frac{\partial \sigma}{\partial t} + (\bar{U} + \bar{C}_g) \cdot \nabla_h \sigma \right] \quad (3.1.7)$$

上式當波浪角頻率不因時空而變化時，可進一步化簡為波浪能量平衡方程式。但如果波浪場中有流之作用時，則能量平衡方程式將不適用，不過波浪作用力平衡方程式仍然成立，故利用波浪作用平衡力方程式可較為適用於地形與海流變化劇烈之近岸地區。

3.1.1.2 WAM 模式硬體及作業系統規格

本計劃在應用 WAN 模式模擬臺灣環島遠域之波浪時，採用桌上型高速電腦計算，相關規格為 INTEL Pentium 4 CPU 2.80 GHz 之中央處理器，512 MB 之記憶體，作業系統為 Microsoft Windows XP。由於 WAM 模式利用 Fortran 90 程式語言發展，故利用標準 Fortran 90 程式語言編譯成相關程式執行檔，本計劃選擇之編譯程式為 Compaq Visual Fortran Professional Edition 6.6。

3.1.1.3 WAM 模式流程圖

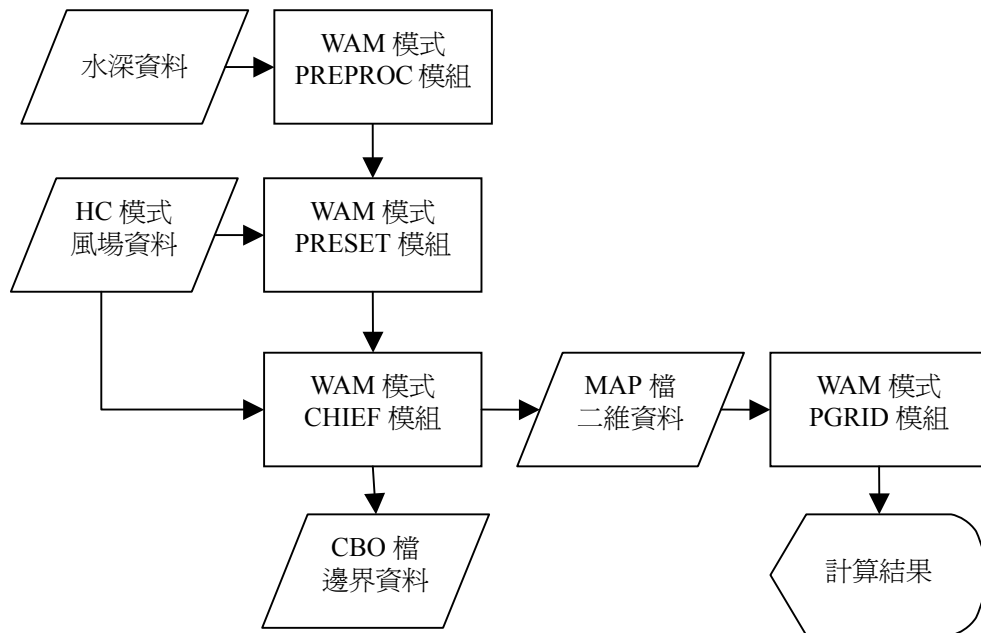


圖 3.1.1 WAM 風浪模式操作流程

3.1.1.4 WAM 模式相關程式檔說明

本計畫中所使用的版本是 WAM cycle 4 版本，其中包含數個模組 PREPROC、PRESET、CHIEF、BOUINT、PGRID、PSWGRID、PSPEC 及 PSWSPEC 等，根據本計劃執行需求，只使用到格網處理模組 PREPROC、初始值給定模組 PRESET、風浪計算模組 CHIEF 與後處理模組 PGRID。以下說明各模組之處理程序。

WAM 模式計算時，首先執行格網處理模組 PREPROC，程式檔名為 preproc.exe，此模組為模式計算前置作業之一，主要處理模式計算所需之格網水深資料、頻率帶及方位角、巢狀格網等相關資料，記錄於 ..\coarse 目錄下之 gridtai、ubuftai、bouctai。前置作業之二為初始值給定模組 PRESET，程式檔名為 preset.exe，此模組主要為 JONSWAP 波譜相關參數及風場輸入資料之設定，並將模式計算之初始條件記錄於 ..\coarse 目錄下之 blspanal、slatanal、lawianal。本計劃應用 WAM 模式進行長期波浪推算，因模式計算設定條件相同，故僅

於首次計算時執行此二模組，初始條件則紀錄於相關檔案中，供後續模式計算使用。

風浪計算模組 CHIEF，程式檔檔名為 wamodel.exe，此模組為模式計算之主軸，包含決定模式計算時間、座標系、考慮折射與否以及計算結果相關輸出內容。後處理模組 PGRID，程式檔檔名為 pgrid.exe，此模組則是將風浪計算模組計算輸出之二維資料，分析為簡易作業之格式。

3.1.1.5 WAM 模式計算範圍

本計畫應用 WAM 模式能快速模擬風浪能力與 SWAN 模式能解析近岸較小校格網之功能，利用兩者相互配合模擬海面風浪，使用 WAM 模式模擬大範圍海域風浪演變，利用 SWAN 模式內插 WAM 模式所計算出來的二維頻譜，獲得小範圍 SWAN 模式所需之邊界入射條件，使用巢狀網格進行計算，可清楚模擬出颱風波浪於近岸處的分佈情形。圖 3.1.2 顯示遠域波浪計算範圍及水深分佈圖。

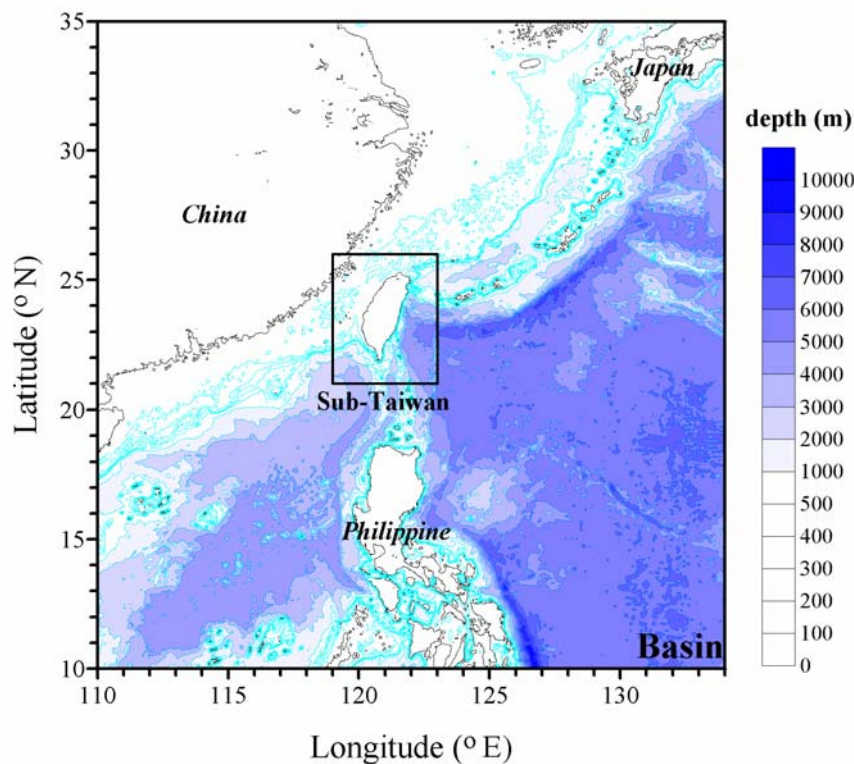


圖 3.1.2 遠域波浪計算範圍及水深分佈圖

3.1.2 SWAN 風浪模式

3.1.2.1 SWAN 的理論基礎

臺灣近岸海域的波浪模式係引用由荷蘭 Delft 技術大學所發展的波浪模式 SWAN 模式(Simulating WAve Nearshore, Booij et al., 1996)。在過去數十年中，有關波浪預報波浪的方法，從利用各種型式的經驗公式來推算波浪，發展至以波浪數值模式利用電子計算機的快速運算來更周延地預測波浪，目前已經發展到第三代的波浪模式，例如 SWAN、WAM 及 Wave Watch III 等模式即其中具有代表性的模式。目前這些模式在全世界有相當多的國家在使用這些模式進行海洋及近海的波浪預報。然而，由於考慮的尺度不同，這些模式中對波浪的物理過程的描述並不完整，尤其是波浪的傳遞和消長過程。SWAN 的使用手冊便指出該模式沒有考慮波浪的繞射以及因為波浪引起的流。

SWAN 模式是一個利用風、海底底床及海流狀況以獲得在海岸地區、湖泊或河口附近水域的合理預估的波浪參數的波浪數值模式，這個數值模式基本上是依據波浪作用力平衡方程式（wave action balance equation）或是沒有流作用下的能量平衡方程式，以及源流與沉流（source and sink），它是屬於第三代的波浪預報模式。此一模式係累積過去學者的研究成果為基礎加以整合及改良而成，它可以計算波浪在時間及空間領域中的傳遞、波與波的非線性交互作用、波浪受風的成長、碎波、因底床摩擦所造成的能量衰減、及受到海流及地形變化而產生的頻率位移、淺化與折射。因此，SWAN 模式具有推算近岸波浪的功能。

SWAN 的功能中可表現出下列的波浪傳播過程：

- (a) 在地理空間中的正線性傳播
- (b) 由於海底底床與水流在空間上的變化而引致的折射與淺化
- (c) 由於對向海流引起的阻滯與反射
- (d) 障礙物所引致的反射、阻滯或通過的情形以及下列有關波浪

的生成及消散過程：

- (a) 因為風所引致的波浪生成
- (b) 因為白沫(whitecapping)所引致的波浪消散
- (c) 因為水深引起碎波(depth-induced wave breaking)所引致的波浪消散
- (d) 因為底床摩擦(bottom friction)所引致的波浪消散
- (e) 波浪間的交互作用(quadruplets and triads wave-wave interaction)
- (f) 障礙物

此外，SWAN 也可以計算因為波浪所引致的平均海水面的上升 (wave-induced set-up)。

SWAN Cycle III 可以在直角座標及球面座標系統中進行定常 (stationary) 及部分非定常狀態 (optionally non-stationary) 的波浪模擬。定常狀態的模擬應用於短期的波浪作用，例如當波浪通過該水域的時間小於地理學上的條件（如波浪的邊界條件、風、潮位及暴潮等）。而類定常的模擬 (quasi-stationary) 則可以結合定常的 SWAN 計算模擬在時變序列上的定常狀況。

然而，我們也必須了解到 SWAN 並沒有考慮波浪的繞射。因此，SWAN 不應使用於在很短波長的距離內水深變化很大的場合，也因此 SWAN 不適用於島嶼或港灣附近的波浪模擬。SWAN 也不計算因為波浪引致的水流，該項水流必須被視為資料輸入的一部份。

在 SWAN 中，不論非線性效應是否明顯，波浪是利用二維的波浪作用力頻譜密度函數來描述。其理由是在高度非線性的情形下，它似乎可以比較合理且正確地預測波浪的二階頻譜矩的分布。SWAN 中所適用的頻譜是波浪作用力頻譜密度函數 $N(\sigma, \theta)$ (其中， σ 為相對頻率； θ 為波浪方向角)，而不是能量頻譜密度函數 $E(\sigma, \theta)$ ，主要是因為當有流的作用時，作用力密度可以守恆，但能量密度則否（例如，Whitham,

1974)。 $N(\sigma, \theta) = E(\sigma, \theta) / \sigma$ 。在 SWAN 中，此一頻譜可以隨著時間及空間而改變。其理論簡述如下，詳細的理論敘述可參考 SWAN 的使用手冊：

(1) 作用力平衡方程式(wave action balance equation)

波譜的發展過程可以用頻譜作用力平衡方程式來描述(Hasselmann et al., 1973)

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \quad (3.1.8)$$

其中，左式第一項表示作用力密度隨時間的變化率；第二及第三項為作用力在空間中分別以 c_x 及 c_y 的速度在 x -及 y -軸方向傳遞；第四項為受到水深及流的變化所導致相對頻率在 σ -軸上以 c_σ 的速度位移；第五項係表示因為水深或流所引起的折射(在 θ -軸上以 c_θ 的速度傳遞)；這些速度可以線性波理論計算而得(如，Whitham, 1974；Mei, 1983；Dingemans, 1997)。右式的 $S(=S(\sigma, \theta))$ 是以能量密度表示的來源項，包含能量的生成、衰減、及非線性的波浪交互作用。

(2) 風的能量輸入

風的能量傳入波的理論是以 Phillips(1957)的共鳴機制(resonance mechanism)以及 Miles(1957)的回饋機制(feed-back mechanism)來描述，其關係式如下：

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta) \quad (3.1.9)$$

其中， A 及 B 的係數值受到波浪頻率及方向，以及風速及風向的影響。流的影響也是以區域性的風速及風向來表示。

(3) 能量消散

SWAN 考慮的波浪能量的消散項包含了三個部分：飛沫(whitecapping) $S_{ds,w}(\sigma, \theta)$ 、底床摩擦 $S_{ds,b}(\sigma, \theta)$ 、及水深引起碎波 $S_{ds,b}(\sigma, \theta)$ 。

飛沫主要是由波形尖銳度(wave steepness)所控制，依據

Hasselmann(1974)所推導的 Pulse-based 模式，此一消散項可表為

$$S_{ds,w}(\sigma, \theta) = -\Gamma \tilde{\sigma} \frac{k}{\tilde{k}} E(\sigma, \theta) \quad (3.1.10)$$

其中， Γ 是與波形尖銳度有關的係數； $k = 2\pi / L$ 是波數； L 是波長； $\tilde{\sigma}$ 及 $\tilde{k}$ 分別為平均相對頻率及平均波數。

因為水深引致的能量消散的原因包含了底床摩擦、底床運動、底部滲漏、及因為底床不規則性所產生的逆向散射。對於屬砂質底床的大陸棚海域，其主要的消散機制應該是底床摩擦

$$S_{ds,b}(\sigma, \theta) = -C_{bottom} \frac{\sigma^2}{g^2 \sinh^2 kd} E(\sigma, \theta) \quad (3.1.11)$$

其中， C_{bottom} 為底床摩擦係數。由於底床摩擦所引致的平均水流對能量消散的影響並不在考慮範圍內，其原因是在於該項因子的影響程度尚無法掌握。

有關因為水深引致的碎波過程，至今我們的了解仍然有限，更遑論它的頻譜變化。目前可以掌握的是因為碎波所引致的總能量消散

$$S_{ds,br}(\sigma, \theta) = \frac{D_{tot}}{E_{tot}} E(\sigma, \theta) \quad (3.1.12)$$

其中， E_{tot} 是總波浪能量； D_{tot} (負值) 是依據 Battjes 及 Janssen(1978) 所提有關因為碎波導致的總能量消散。 D_{tot} 的值與碎波參數 $\gamma = H_{max} / d$ 有明顯關係，其中 H_{max} 為最大可能個別波高； d 為當地水深。

SWAN 可以估算透過一個結構體（如防波堤或壩）的波浪。這樣的結構物可能以兩種方式影響波浪場：其一，它可以沿著結構體的堤身局部性降低波高；其次，在結構體的端緣產生波浪的繞射。SWAN 本質上並不考慮繞射現象，但對於多方向不規則波場而言，除非波譜為窄頻，且在結構物附近一至二個波長的範圍內，波浪繞射效應並不顯著，因此 SWAN 仍可以很合理地計算結構物附近的波場。就 SWAN 的海底地形格點分割而言，因為結構物的橫斷面積相對太小而無法顯

示，因此往往將結構物視為一條線。如果防波堤是容許越波情形發生時，其透過係數可表為

$$K_t = 0.5 \left[1 - \sin \left(\frac{\pi}{2\alpha} \left(\frac{F}{H_i} + \beta \right) \right) \right] \quad \text{for} \quad -\beta - \alpha < \frac{F}{H_i} < \alpha - \beta \quad (3.1.13)$$

其中， $F=h-d$ 是堤體的乾舷高度； H_i 是入射波高； h 是冠牆高度； d 是平均水位； α 及 β 係數則與堤體的形狀有關，參考值如表 3.1.1。

表 3.1.1 不同堤體之透過係數參數表

堤 體 種 類	α	β
直立薄板	1.8	0.10
沉 箱	2.2	0.40
2:3 坡度的壩體	2.6	0.15

(4)非線性波浪交互作用

在深水區裡，四波交互作用(quadruplet wave-wave interaction)的現象主導了頻譜的發展。它將能量從譜峰處下低頻區傳遞（所以譜峰頻率向低頻方向移動）以及向高頻區傳遞（以白沫型式消散能量）。而在非常淺水區，三波交互作用將能量低頻區傳遞至高頻區而引起較高的諧波。

3.1.2.2 SWAN 模式硬體及作業系統規格

本計劃在應用 SWAN 模式模擬臺灣環島近域之波浪時，採用桌上型高速電腦計算，相關規格為 INTEL Pentium 4 CPU 2.80 GHz 之中央處理器，512 MB 之記憶體，作業系統為 Microsoft Windows XP。由於 SWAN 模式利用 Fortran 90 程式語言發展，故利用標準 Fortran 90 程式語言編譯成相關程式執行檔，本計劃選擇之編譯程式為 Compaq Visual Fortran Professional Edition 6.6。

3.1.2.3 SWAN 模式流程圖

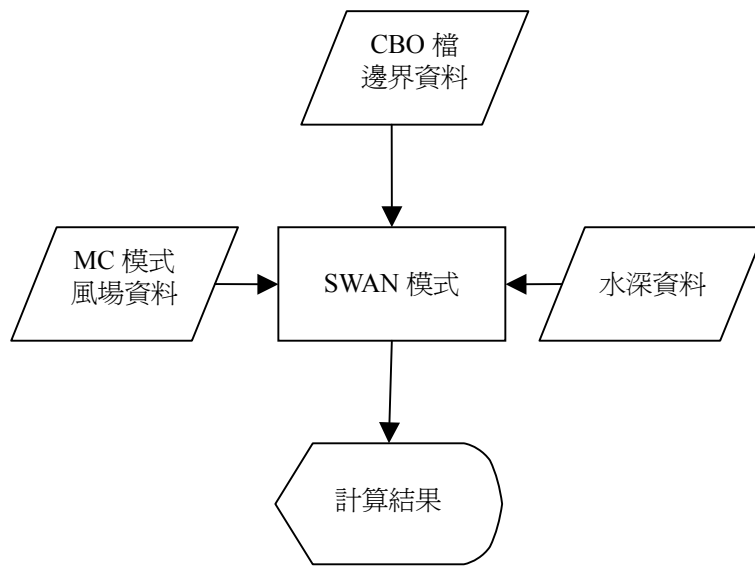


圖 3.1.3 SWAN 風浪模式操作流程

3.1.2.4 SWAN 模式相關程式檔說明

本計劃使用之 SWAN 模式為 SWAN cycle III Version 40.31 版本，模式執行程式包含模式處理批次檔 (swan.bat) 及風浪計算程式 (swannew.exe)。為便利計畫結束後相關人員之操作，本計劃建立模式處理之批次檔來進行模式計算，如此能簡易地完成模式計算過程。

模式程式檔之執行方式在 MS-DOS 環境下，路徑下須包括模式輸入檔、水深資料、風場資料及 CBO 檔邊界資料，執行批次檔 (D:\TaiCOMS\swan 01010100_swn) 即可完成模式計算。

3.1.2.5 SWAN 模式計算範圍

本計畫應用 WAM 模式能快速模擬風浪能力與 SWAN 模式能解析近岸較小校格網之功能，利用兩者相互配合模擬海面風浪，使用 WAM 模式模擬大範圍海域風浪演變，利用 SWAN 模式內插 WAM 模式所計算出來的二維頻譜，獲得小範圍 SWAN 模式所需之邊界入射條件，使用巢狀網格進行計算，可清楚模擬出颱風波浪於近岸處的分

佈情形。

以計算 2002 年 1 月份波浪為例，說明 SWAN 模式實例操作過程。SWAN 模式之計算範圍與數位化水深如圖 3.1.4 所示，南至北緯 21°，北至北緯 26°，西至中國大陸約在東經 119°，東至東經 123°，模式所應用的格網大小 $\Delta x = \Delta y = 0.04^\circ$ ，最小與最大頻率解析度為 0.05 Hz 和 1.0 Hz，並採指數遞增分佈共 25 個頻率帶，方向波譜之解析度採用 $\Delta\theta = 15^\circ$ ，共計 24 個方位角，計算時間間隔為 $\Delta t = 10$ 分鐘。

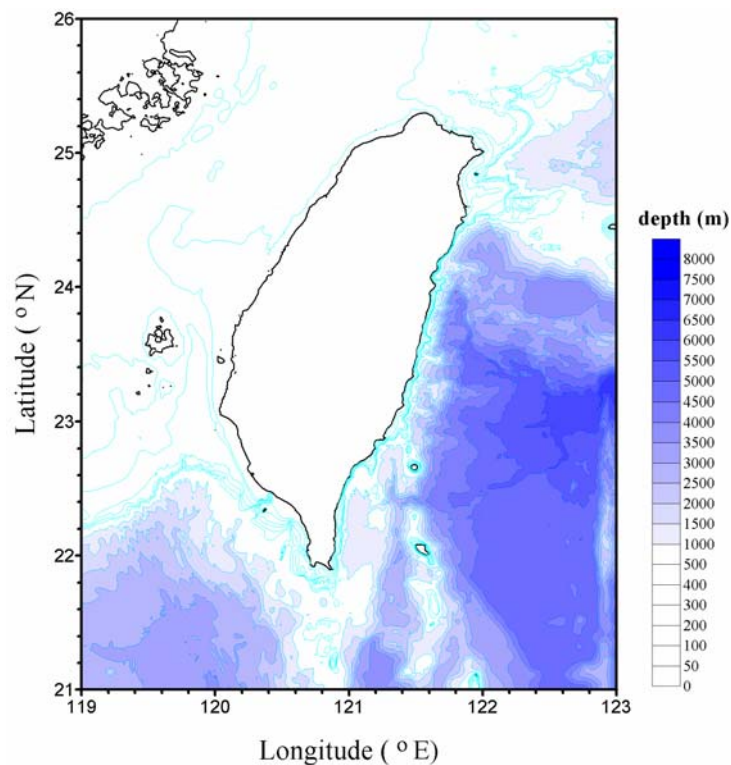


圖 3.1.4 臺灣附近海域計算範圍及水深分佈圖

地形水深檔檔名為 sub1_6hc.z，資料排列方式自左下往右排列，再由下往上排列。輸入風場範圍為南至北緯 10°，北至北緯 34°，西至中國大陸約在東經 110°，東至東經 135°，格網大小 $\Delta x = \Delta y = 0.2^\circ$ ，起始時間為 2002 年 1 月 1 日 0 時，每 3 小時輸入一筆風場資料，風場序列檔檔名為 wind_serial0201.dat。利用 WAM 模式生成之巢狀格網邊界檔檔名為 wam_nest0201.dat。模式計算結果輸出於

02010100_swn.dat，輸出起始時間為 2002 年 1 月 1 日 0 時，每 1 小時輸入一筆風場資料。依據上述計算條件進行模式設定模式相關輸入檔，如圖 3.1.3 所示。

3.2 臺灣近岸及港區波浪預報模式

本計畫目的在於建立適合臺灣海域波浪模擬系統，藉以模擬臺灣沿海之波浪狀況。由於外海波浪向近岸區傳遞時，受到水深變淺之影響，波浪會產生折射、繞射及淺化效應；此外，海岸構造物的反射及底床摩擦效應等，亦會對近岸波浪狀況影響。基於本計畫中尺度全域風浪模式SWAN無法精確地描述近岸地形及海岸構造物對波場之影響，因此在SWAN模式之下構建一近岸海域波浪模擬系統，模擬臺灣近岸海域波浪狀況。此一近岸海域波浪模式係構建在緩坡方程式(MSE)之基礎上，模式可以模擬波浪向岸傳遞之淺化、折射、繞射與反射現象，並可考慮碎波及底床摩擦等波能損失效應。

當外海波浪向近岸傳播時，受到海域水深變淺之影響，波浪本身會產生淺化效應（即波長變短，波高增大），導致波浪尖銳度變大，產生非線性效應。一旦波浪尖銳度增大至波形保存極限時，波浪即發生碎波現象，並釋出大量的波能。此外，在波浪傳播過程中，平面波浪受到底床地形變化或水中結構物之影響則會產生諸如折射，繞射及反射等現象，導致海面波浪形狀變得相當複雜。除上述物理現象外，底床之摩擦效應以及碎波所造成的波能損失均會改變波浪之形狀。因此，如何有效且精確地模擬波浪傳播過程所產生的波浪變形，一直為本計畫研究目標之一。

為了能夠預測外海風浪向岸傳播之波浪變化，本計畫在TaiCOMS架構下分別建置小尺度之近岸波浪模式(nearshore wave model)及近域港區波浪模式(nearfield harbor wave model)，以承接全域波浪模式(WAN & SWAN)預報模擬結果，將近海波浪推算至岸邊乃至港區內。其中小尺度近岸波浪模式主要目的為模擬外海波浪向近岸傳播過程中因地形及水深變化所產生的波浪變形，其物理機制主要有波浪之淺化效應、折繞射現象以及波浪碎波後波高減衰現象。近域港區波浪模式主要目的為模擬波浪傳播至港口及港內水域之波浪變化，著重於港口

之遮蔽及靜穩效應，其物理機制包括地形水深引起的淺化效應、港口或海岸結構物或港域形狀所引起的折射、繞射及反射等現象。

在近岸波浪場模擬方面，本計畫TaiCOMS基於線上模擬作業之效率需求，經評估後選取Kirby and Dalrymple (1983)所發展的波浪折繞射模式(REF/DIF)為本計畫之近岸區域波浪模式。由於REF/DIF模式係建立於拋物線型緩坡方程式之基礎上，模式本身具有較快的運算效率及穩定的數值計算，同時可適用於較大範圍之波浪場模擬，因此適用於本計畫TaiCOMS之線上模擬作業化。

由於REF/DIF模式無法有效地模擬波浪遇到結構物後之反射波浪，因此針對港口及港內波浪模擬，本計畫TaiCOMS選取以橢圓型緩坡方程式為基礎的波浪模式為本計畫之港域波浪模式。由於此類型之波浪模式對於數值計算網格之需求相當龐大且數值計算相當費時，因此較不利於大範圍波浪場之模擬，亦無法滿足本計畫TaiCOMS之線上模擬作業需求，因此本計畫港域波浪模擬重點主要針對颱風侵台期間所引起的大波浪進行相關數值模擬。

由於 REF/DIF 模式無法有效地模擬波浪遇到結構物後之反射波浪，因此針對港口及港內波浪模擬，本計畫 TaiCOMS 選取以橢圓型緩坡方程式為基礎的波浪模式為本計畫之港域波浪模式。由於此類型之波浪模式對於數值計算網格之需求相當龐大且數值計算相當費時，因此較不利於大範圍波浪場之模擬，亦無法滿足本計畫 TaiCOMS 之線上模擬作業需求，因此本計畫港域波浪模擬重點主要針對颱風侵台期間所引起的大波浪進行相關數值模擬。

3.2.1 近岸波浪模式之基本理論

Radder (1979)依據線性緩坡方程式之理論基礎，將波浪場分離成向前之進行波與向後之進行波(忽略向後之散射波)等兩種成份波，發展出拋物線型緩坡波浪模式。相較於橢圓型緩坡方程式及雙曲線型緩坡方程式，拋物線型緩坡模式具有下列優點：(1)模式下游端之邊界條件不

再是必要的，(2)具有高度數值運算效率。其缺點為受到垂直波向之橫向導數近似表示式之限制，波浪之傳播僅適用於給定波向之 45° 範圍內。

Booij (1981)採用 Lagrangian 求解方法發展出含波、流交互作用影響之拋物線型緩坡方程式，同時引入較多的項次代表側向導數之近似解，將拋物線波浪模式適用範圍提升至給定波向之 60° 範圍內。Kirby and Dalrymple (1983)先於 Booij (1981)之模式中增加非線性修正項，使其可以處理弱非線性波浪及較強流速等問題。模式之基本控制方程如下：

$$\begin{aligned} (C_g + U)A_x + VA_y + i(\bar{k} - k)(C_g + U)A + \frac{\sigma}{2} \left\{ \left(\frac{C_g + U}{\sigma} \right)_x + \left(\frac{V}{\sigma} \right)_y \right\} A \\ - \frac{i}{2\sigma} [(p - V^2)A_y]_y - \sigma \frac{k^2}{2} D|A|^2 A = 0 \end{aligned} \quad (3.2-1)$$

式中 $A(x,y)$ 為複數型式之自由表面波形振幅， A_x 及 A_y 分別為 x 及 y 方向之振幅分量， $\sigma = \omega - kU$ 為內在頻率(intrinsic frequency)， ω 為波浪之角頻率， $k(x,y)$ 為波浪週波數， $\bar{k}$ 為參考週波數(定義為沿 y 軸上週波數之平均值)， U 及 V 分別為 x 及 y 方向之平均流速度，參數 $p = CC_g$ ， C 為波浪之波速， C_g 為波浪群速度， D 為非線性影響項等於

$$D = \frac{\cosh(4kh) + 8 - 2 \tanh^2(kh)}{8 \sinh^4(kh)} \dots\dots\dots (3.2-2)$$

式中 h 為靜水深。Kirby (1986)進一步依據 minimax 原則將 Booij 之近似解延伸以提升模式適用性之範圍，使得模式可以處理較大角度波浪傳播問題。因此，REF/DIF 模式之基本方程式如下：

$$\begin{aligned}
& (C_g + U)A_x - 2\Delta_1 VA_y + i(\bar{k} - a_0 k)(C_g + U)A + \left\{ \frac{\sigma}{2} \left(\frac{C_g + U}{\sigma} \right)_x - \Delta_1 \sigma \left(\frac{V}{\sigma} \right)_y \right\} A \\
& + i\Delta' \left[\left(p - V^2 \right) \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_y - i\Delta_1 \left\{ \left[UV \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_x + \left[UV \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x \right]_y \right\} \\
& + i\sigma \frac{k^2}{2} D|A|^2 A + \frac{\nu}{2} A + \frac{-b_1}{k} \left\{ \left[\left(p - V^2 \right) \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_{yx} + 2i \left[\sigma V \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_x \right\} \\
& + b_1 \beta \left\{ 2i\omega U \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x + 2i\sigma V \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y - 2UV \left(\frac{A}{\sigma} \right)_{xy} + \left[\left(p - V^2 \right) \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_y \right\} \\
& - \frac{i}{k} b_1 \left[(\omega V)_y + 3(\omega U)_x \right] \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x - \Delta_2 \left[\omega U \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x + \frac{1}{2} \omega U_x \left(\frac{A}{\sigma} \right) \right] \\
& + ik\omega U(a_0 - 1) \left(\frac{A}{\sigma} \right) = 0
\end{aligned} \tag{3.2-3}$$

式中

$$\beta = \frac{k_x}{k^2} + \frac{\left[k(p - U^2) \right]_x}{2k^2(p - U^2)} \tag{3.2-4}$$

$$\Delta_1 = a_1 - b_1, \quad \Delta_2 = 1 + 2a_1 - 2b_1, \quad \Delta' = a_1 - b_1 \frac{\bar{k}}{k} \tag{3.2-5}$$

上述各式之中 ν 為波浪消散因子，而係數 a_0 , a_1 及 b_1 可依據所考慮的波浪入射角度範圍利用 Minimax approximation 決定之，此處模式所採用的係數值分別為 $a_0 = 0.994733$ ， $a_1 = -0.890065$ ， $b_1 = -0.451641$ 。

當考慮波浪受到底床摩擦影響以及波浪碎波所產生的波能損失，模式採用具有消散項的線性緩坡方程式處理，即

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{i}{k} \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \nu A \tag{3.2-6}$$

式中 $i = \sqrt{-1}$ ； ν 為波能消散因子，可依據能量消散特性給定不同的

型式。

REF/DIF 模式採用有限差分數值方法求解此一拋物線型方程式，亦即將計算領域分割成具 Δx 及 Δy 大小之矩形網格，並求解格點上之複數振幅 $A(x, y)$ ，振幅 A 所在之位置係以 (i, j) 表示而非以座標 (x, y) ，如圖 3.2-1 所示，惟模式計算所需之地形可以輸入具 (x, y) 座標，其中 $x = (i - 1)\Delta x$ ， $y = (j - 1)\Delta y$ 。

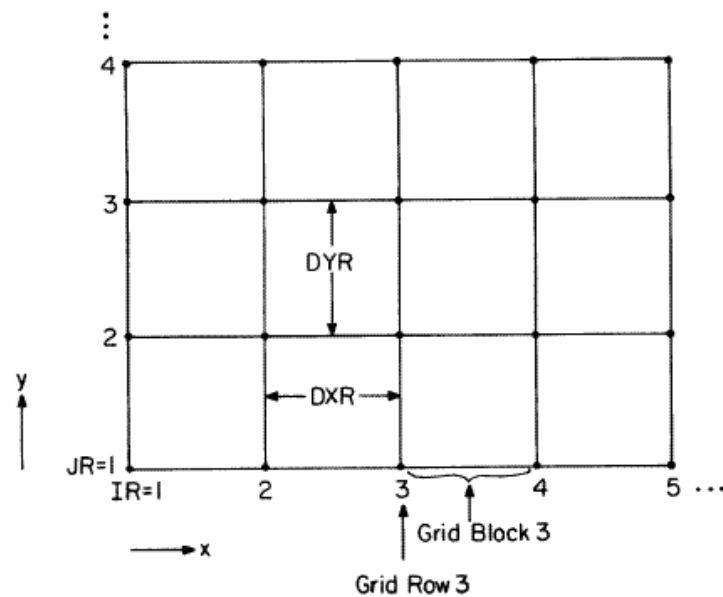


圖 3.2-1 REF/DIF 數值計算網格座標系統

3.2.2 港域波浪模式之基本理論

當波浪自外海傳播至港域時，由於受到水深地形變化以及海岸線、防波堤和港內岸壁等結構物之影響，波浪會產生繞射、折射及反射等現象。針對此一問題常見之求解方法是將整個問題的領域分為外海半無限領域和港池有限領域等兩個領域，如圖 3-2-1-2 所示；同時假設外海半無限領域為等水深，僅考慮港池有限領域則為緩變之不等深水域。

如圖 3.2-2 所示，所取之直角座標系統為 X 軸與海岸線重合， Y 軸向外海為正， Z 軸垂直紙面向上為正， $Z=0$ 為靜水面。外海半無限

領域及有限領域別以領域(I)及(II)稱之，領域(I)及領域(II)之相連邊界為半徑 R_0 之半圓，以 B_1 表示。領域(II)則包含了港池內及港外半徑 R_0 之半圓區內水域部分，其所包括的海岸邊界、防波堤邊界及港池岸壁邊界以 B_2 表示。假設領域(I)為等水深 h_1 ，領域(II)之水深變化為 $h_2(x, y)$ 。各領域內水位變化 $\eta_j(x, y, t)$ 可表示成

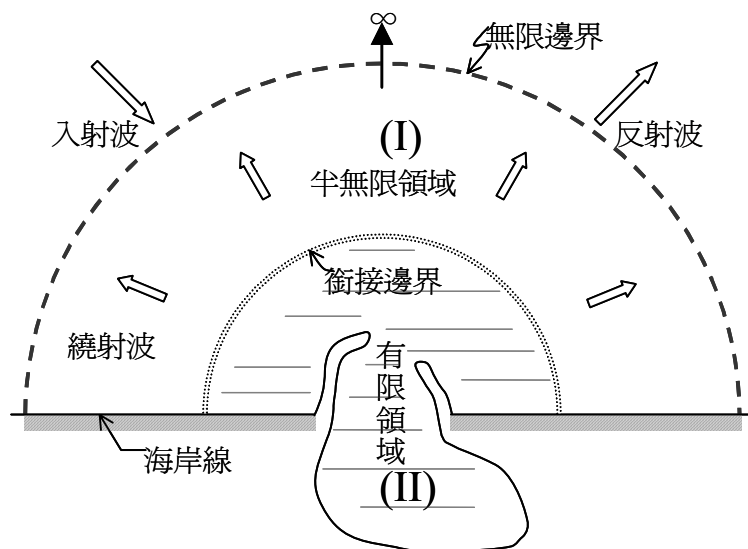


圖 3.2-2 港域波浪模式計算領域示意圖

$$\eta_j(x, y, t) = f_j(x, y)e^{i\omega t}, \quad j=1, 2 \quad (3.2-7)$$

式中 $f_1(x, y)$ 及 $f_2(x, y)$ 分別稱為領域(I)及領域(II)之波浪水位函數， ω 為入射波之角頻率($2\pi/T$)， T 為入射波之週期。所欲求解之波浪水位函數 $f_j(x, y)$ ， $j=1, 2$ 分別滿足下列控制方程式：

$$\nabla^2 f_1 + K_1^2 f_1 = 0, \quad \text{在領域(I)內} \quad (3.2-8)$$

$$\nabla \cdot (C_2 C_{2g} \nabla \phi) + (C_2 C_{2g} K_2^2 + i\omega\mu + iC_{2g}\omega\gamma)\phi = 0, \quad \text{在領域(II)內} \quad (3.2-9)$$

式中 $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$ 為二維梯度運算子， μ 為摩擦因子， γ 為考慮波浪碎波之碎波參數， K_1 及 K_2 分別為波浪在領域(I)及(II)內之波數， C_2

為波浪在領域(II)內之波速(= L_2/T)， C_{2g} 為群速度(= κC_2)。其中 κ 定義為

$$\kappa = 0.5[1 + 2K_2 h_2 / \sinh(2K_2 h_2)] \dots\dots\dots(3.2-10)$$

有關摩擦因子 μ 之計算可採用 Dalrymple et al. (1984)之表示式：

$$\mu = \frac{2\kappa\omega}{K_2} \left[\frac{2f_r}{3\pi} \frac{aK_2^2}{(2K_2 h_2 + \sinh 2K_2 h_2) \sinh K_2 h_2} \right] \dots\dots\dots(3.2-11)$$

式中 a 為波浪之振幅， f_r 為摩擦係數。碎波參數 γ 可採用下列計算式

$$\gamma = \frac{\chi}{h_2} \left(1 - \frac{\Gamma^2 h_2^2}{4a^2} \right) \dots\dots\dots(3.2-12)$$

式中 χ 及 Γ 分別為經驗常數(其值可分別採用 0.15 及 0.4)。

在領域(I)及(II)之交接假想邊界(B_1)上須滿足下列連續條件：

$$f_1 = f_2 \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \dots\dots\dots(3.2-13)$$

$$C_1 C_{1g} \frac{\partial f_1}{\partial n} = -C_2 C_{2g} \frac{\partial f_2}{\partial n} \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \dots\dots\dots(3.2-14)$$

此外，在一般海岸線或結構物邊界(B_2)上須滿足下列部份反射邊界條件：

$$\frac{\partial f_2}{\partial n} = -i\alpha K_2 f_2 \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_2 \text{ 上} \dots\dots\dots(3.2-15)$$

式中 $\bar{n}$ 表示邊界面上離開領域向外之單位法線向量， α 為消能係

數，其值與波浪入射角、相位及港池岸壁之反射係數有關， $\alpha=0$ 時表示港池岸壁為完全反射之情況(即 $\partial f_2/\partial n=0$)，而 $\alpha=1$ 則表示港池岸壁具有完全消能之作用。一般常用之計算式如下：

$$\alpha = \frac{1 - K_r}{1 + K_r} \dots\dots\dots(3.2-16)$$

式中 K_r 為邊界之反射係數。

在領域(I)內波浪水位函數 f_1 通常是由入射波 f_I 及受到直線海岸線影響產生的反射波 f_R 及受到防波堤配置和港池開口影響而向外傳播之散射波 f_S 等構成的，因此 f_1 可表示

$$f_1 = f_I + f_R + f_S \dots\dots\dots(3.2-17)$$

其中散射波 f_S 係由港池開口往外海方向輻射出去，在無窮遠處滿足波浪輻射條件：

$$\lim_{K_1 r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left(\frac{\partial}{\partial r} + iK_1 \right) f_S = 0 \dots\dots\dots(3.2-18)$$

假設入射波浪 $\eta^I(x, y, t)$ 之振幅為 A^I ，波長為 L_1 ，週波數為 K_1 ，波向為與正 X 軸成 θ_0 角度，其複數表示為：

$$\eta^I(x, y, t) = A^I e^{-i[K_1(x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0) - \omega t]} \dots\dots\dots(3.2-19)$$

針對上述邊界值問題，一般常採用混合方法求解(Mei, 1989)，即對於領域(I)使用理論解析法，領域(II)使用有限元素法合併求解(詳細求解過程請參考 Mei, 1989，或李等, 2002)。本計畫所使用的港域波浪模式係依據上述理論以有限元素法建構而成的港域有限元素波浪數值模式(FEWMH, Finite Element Wave Model in Harbor)。

3.3 臺灣七個主要港口近岸及港內波浪模擬

本計畫近岸港區周圍及港內波浪模主要針對國內七大港口：基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等進行港區周圍及港內波浪場模擬工作，各港口之地理位置如圖 3.3.1 所示。本年度為四年分期計畫之第三年，至 97 年度底本計畫已先後完成安平港、台中港、花蓮港、台北港及高雄港等 5 港口之港區周圍及港內波浪模擬之工作，如圖 3.3.2 及圖 3.3.3 所示。本年度計畫除了延續上述五港口港區周圍及港內波浪模擬作業化測試外，主要工作內容為基隆港及蘇澳港港區周圍及港內波浪模擬新建工作。圖 3.3.4 及圖 3.3.5 所示分別為本年度基隆港與蘇澳港近岸港區周圍波浪及港內波浪模擬範圍，其中基隆港與蘇澳港之港域波浪模式外海模擬半徑分別為 1500m 及 825m。

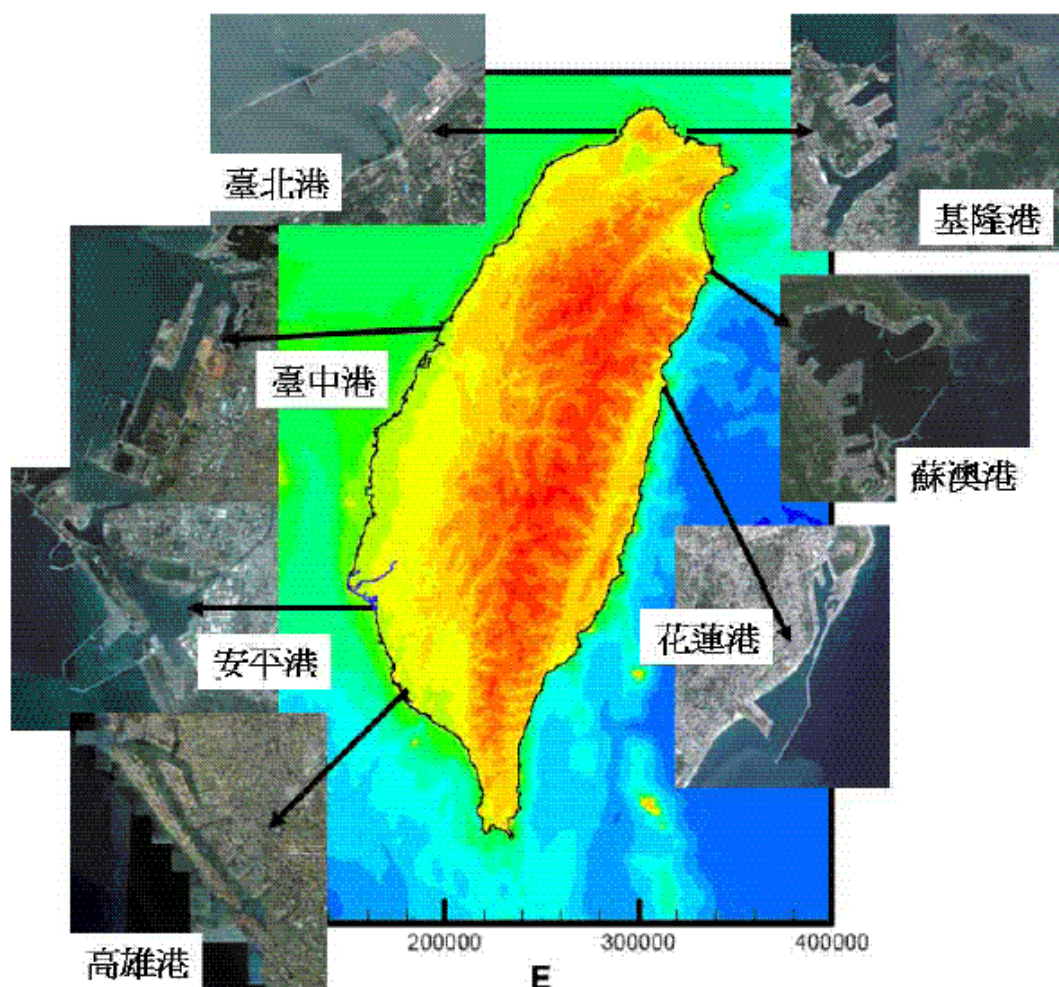
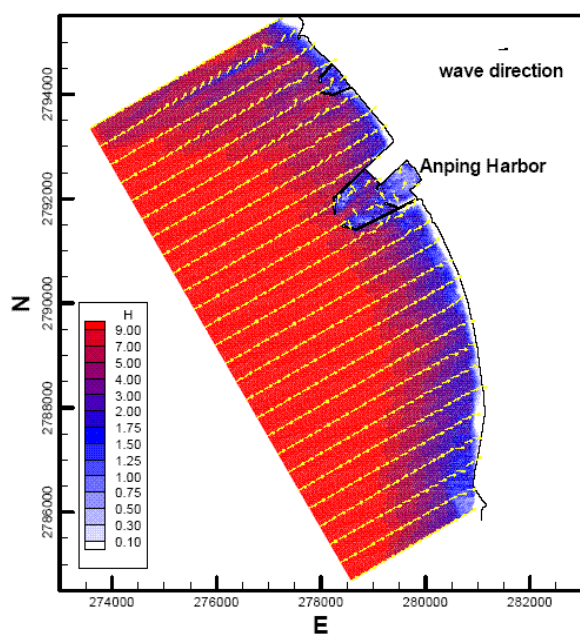
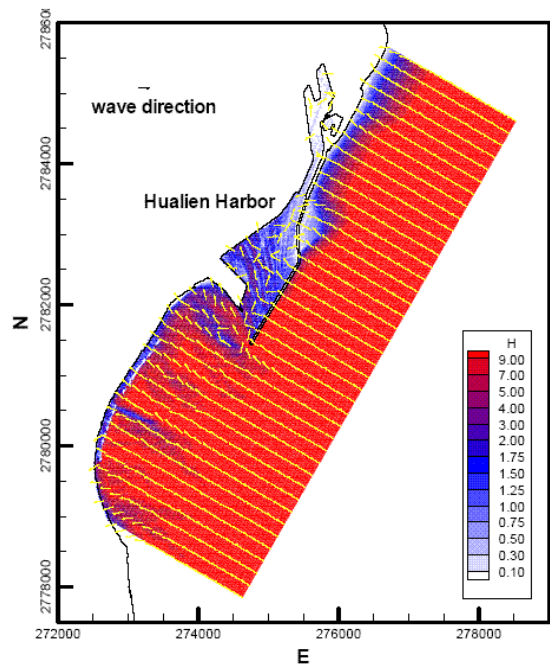


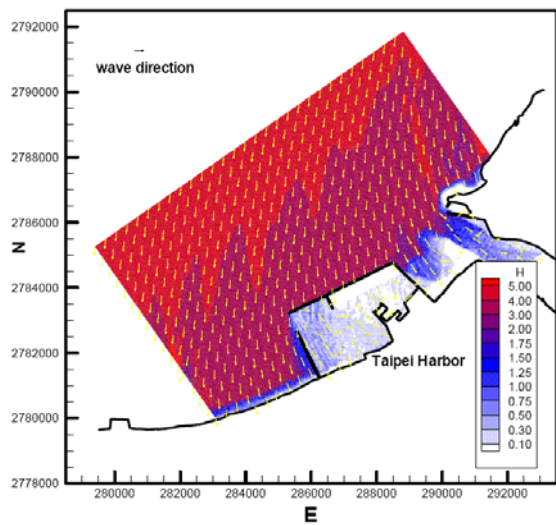
圖 3.3.1 國內七大港口地理位置及港區示意圖示意圖



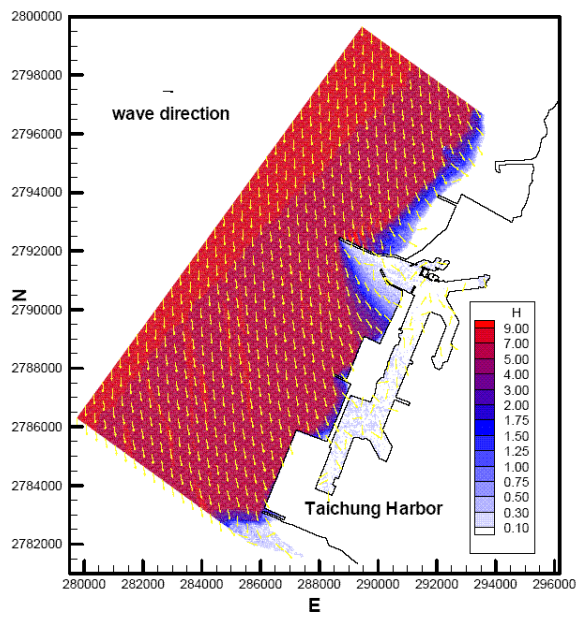
(a) 安平港



(b) 花蓮港

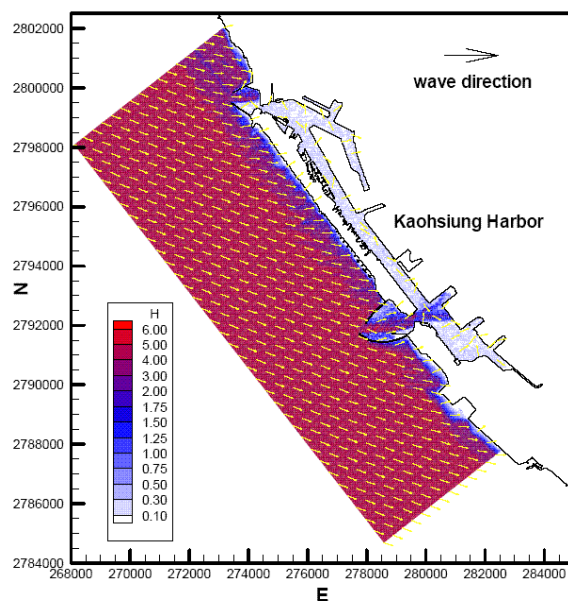


(c) 台北港



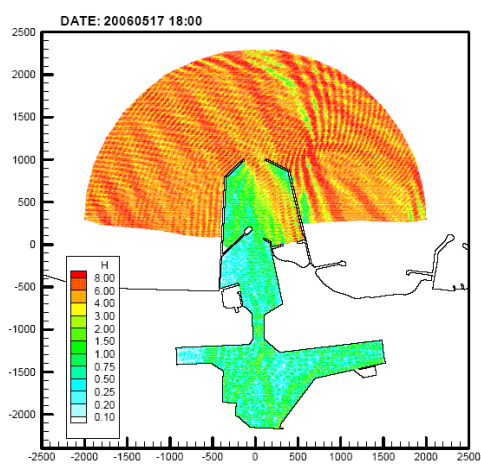
(d) 台中港

圖 3.3.2 近岸港區波浪模擬結果

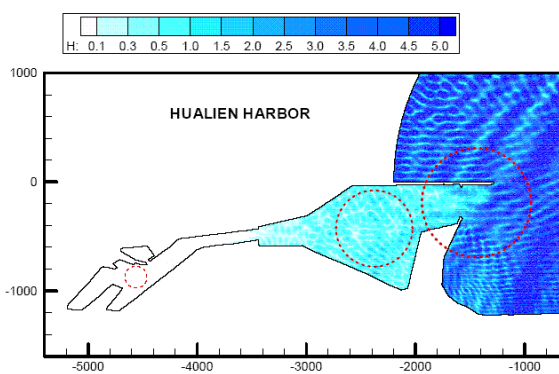


(e) 高雄港

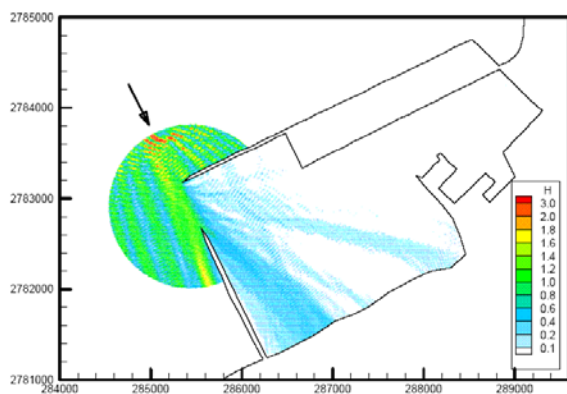
圖 3.3.2(續) 近岸港區波浪模擬結果



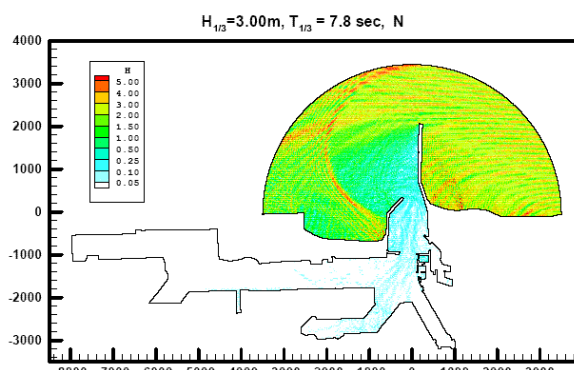
(a) 安平港



(b) 花蓮港



(c) 台北港



(d) 台中港

圖 3.3.3 商港港域波浪模擬結果

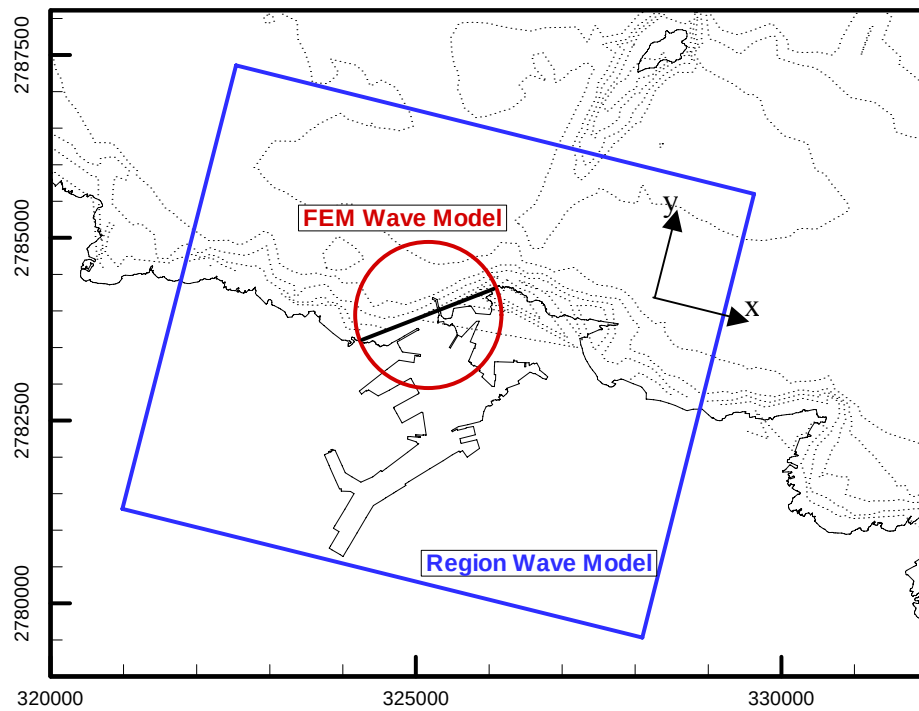


圖 3.3.4 基隆港近岸港區周圍波浪及港內波浪之模擬範圍

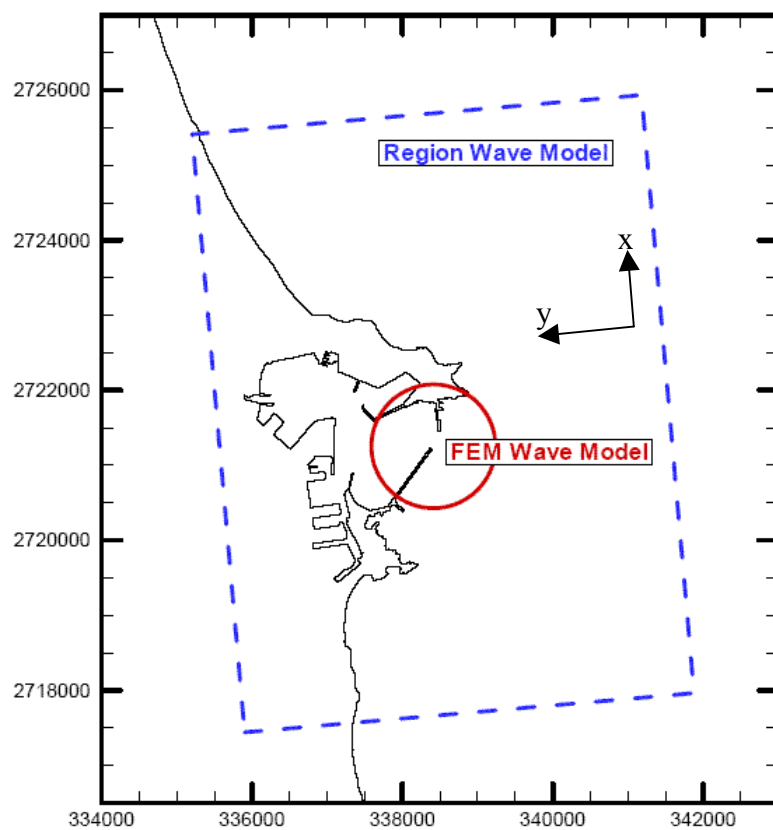


圖 3.3.5 蘇澳港近岸港區周圍波浪及港內波浪之模擬範圍

當外海波浪向近岸傳播時，受到海域水深變淺之影響，波浪本身會產生淺化效應（即波長變短，波高增大），導致波浪尖銳度變大，產生非線性效應。一旦波浪尖銳度增大至波形保存之極限時，波浪即發生碎波現象，並釋出大量的波能。此外，在波浪傳播過程中，平面波浪受到底床地形變化或水中結構物之影響則會產生諸如折射，繞射及反射等現象，導致海面波浪形狀變得相當複雜。除上述物理現象外，底床之摩擦效應以及碎波所造成的波能損失均會改變波浪之形狀。因此，如何有效且精確地模擬國內各主要港口及其周圍波浪狀況乃為本計畫目標之一。

3.3.1 基隆港及蘇澳港近岸港區周圍波浪數值計算網格

本計畫近岸波浪模式模擬範圍大小之選取，除了與各港口面積大小及形狀有關外，亦與海岸線走向及波浪來向有關，因此各港區周圍近岸波浪場模擬範圍之選取大致上依循沿岸方向距離約在 10km~20km 之間，離岸方向距離與地形水深有關約在 5km~10km 以內。依據上述原則，本計畫基隆港及蘇澳港近岸港區周圍波浪場模擬範圍如圖 3.3.6 及圖 3.3.7 所示，其中基隆港近岸波浪場模擬範圍在沿岸方向之距離為 7.3km，離岸方向之距離為 6.2km，外海邊界水深約介於 50m~60m 間；蘇澳港近岸波浪場模擬範圍在沿岸方向之距離為 8km，離岸方向之距離為 6km，外海邊界水深約介於 60m~80m 間。由於本計畫近岸波浪折繞射模式之數值計算方法係以方格網座標為基礎，因此需針對上述波浪場模擬範圍建立數值計算網格如圖 3.3.8 及圖 3.3.9 所示。圖中所示之座標為數值計算網格之(X,Y)直角座標系統，其中基隆港與蘇澳港數值計算網格之 Y 軸與方位正北之夾角分別為 256°及 185°(逆時針方向為正)，各計算網格原點之二度分帶座標分別為(322539，2787360)及(341180，2725933)；各數值計算網格之格點間距為 10 m，基隆港與蘇澳港數值計算網格之大小分別為 621×731 及 601×801。此外，圖中所示 A~D 點位代表數值模擬結果輸出之點位，其中點位 A 代表各港口波浪觀測點位置。

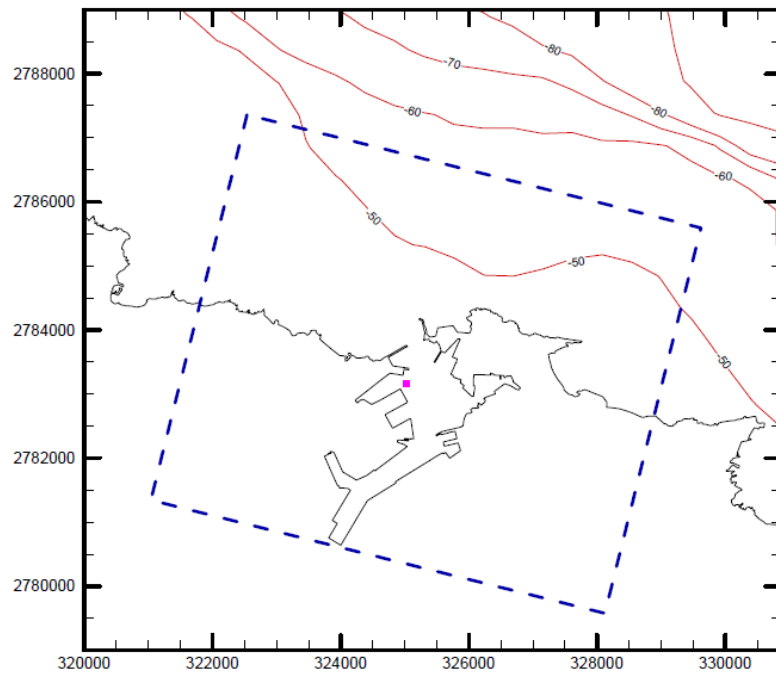


圖 3.3.6 基隆港近岸海域地形水深分布及近岸區域波浪模式模擬範圍
(虛線)示意圖

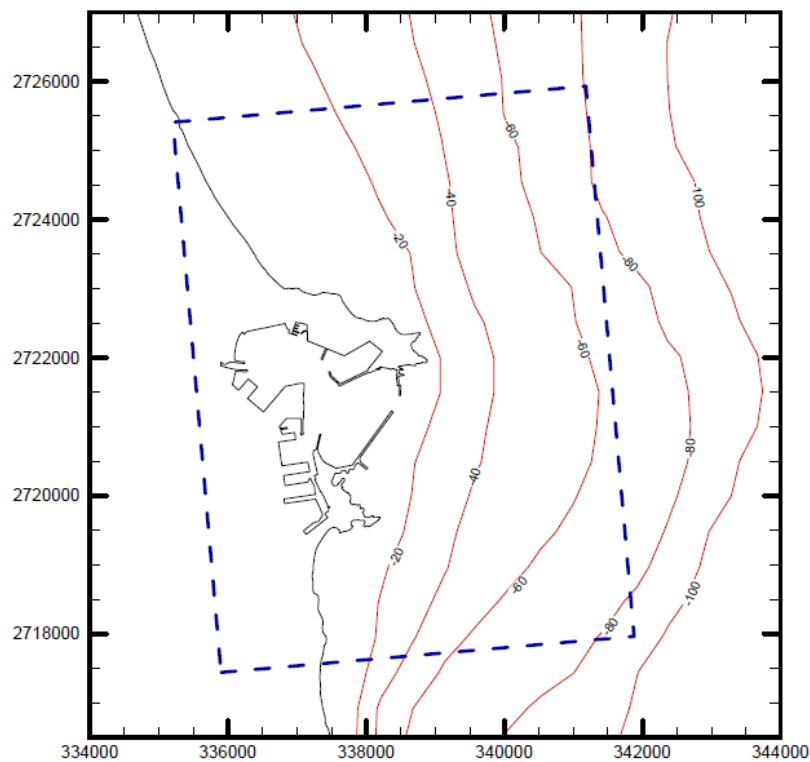


圖 3.3.7 蘇澳港近岸海域地形水深分布及近岸區域波浪模式模擬範圍
(虛線)示意圖

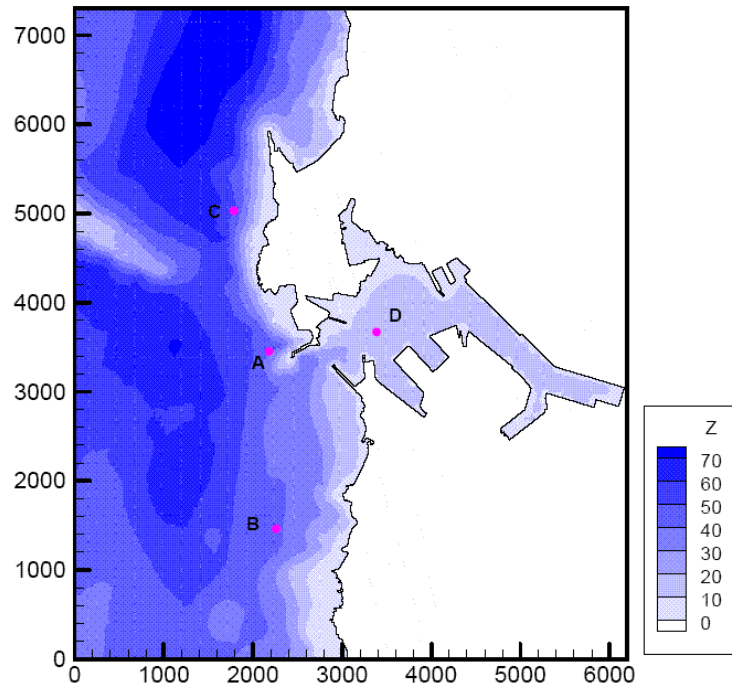


圖 3.3.8 基隆港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分布圖(點位 A~D 為模式模擬結果之輸出點位)

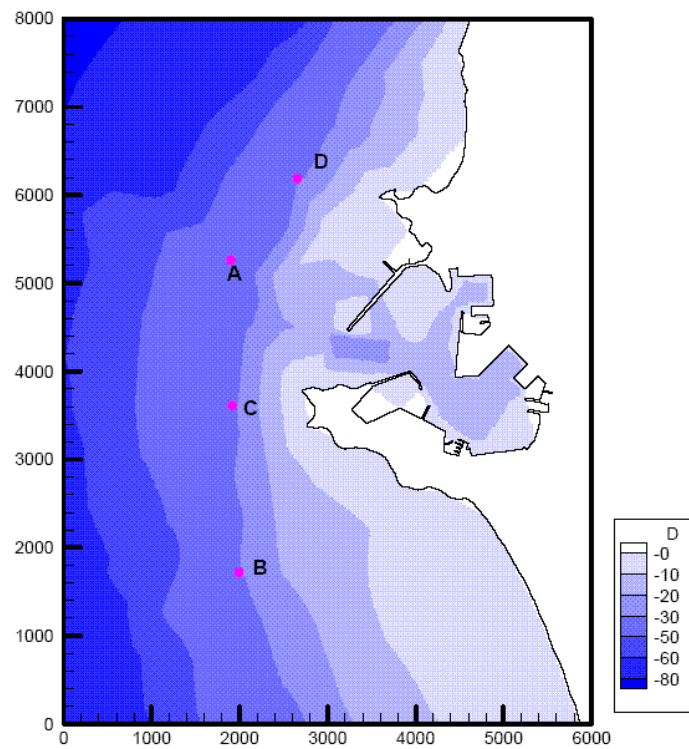


圖 3.3.9 蘇澳港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分布圖(點位 A~D 為模式模擬結果之輸出點位)

3.3.2 基隆港近岸港區周圍波浪模擬結果

在港區周圍近波浪場模擬工作上，本計畫先以港外波浪觀測資料為模式之輸入邊界條件進行系列波浪場數值模擬並輸出波浪觀測地點附近之波浪模擬結果，再依據波浪觀測資料與模式模擬結果，利用回歸分析方法求得模式邊界條件之校正因子。最後再依據校正後之邊界條件進行港區周圍近岸波浪場模擬，以提升模式模擬結果之精確度。

本計畫蒐集 2006 及 2007 年基隆港波浪觀測資料(示性波高 $H_{1/3}$ 、週期 $T_{1/3}$ 及波向)做為近岸區域波浪模擬之依據及模式相關參數之率定。依據 2006 年觀測資料之波高、週期及波向統計結果，如表 3.3.1 至表 3.3.3 所列，得知基隆港波浪主要波向以 NE 及 NNE 方向為主，二者合計約佔 83.7%；其次為 ENE 及 N 方向，二者合計約佔 12%。基隆港波浪示性波高分布以介於 0.5m~2.0m 間之波高分佈為主；波高 2.0m(含)以上者則約佔 30%，全年示性波高觀測最大值為 8.14 m。示性波週期主要介於 6.0sec~8.0sec 之間，週期 10.0sec 以上的波浪亦佔有相當之比率約 6.4%)，全年波浪觀測資料示性波週期最大值為 17.8sec。

本計畫依據上述波浪統計結果從波浪週期 6.0sec~12.0sec 間及波向 N~NE 間之波浪資料取樣共 144 組資料進行波浪場模擬。針對數值模擬結果，本計畫以觀測資料為橫座標，觀測點數值模擬結果為縱座標，點繪波浪觀測點位之觀測值與數值模擬結果間之對應關係如圖 3.3.10 及圖 3.3.11 所示。模擬結果顯示模式模擬之波高及波向值與觀測之波高及波向間誤差頗大，此一結果研判係受到地形因素之影響所致。為瞭解入射波向對基隆港近岸波浪場之影響，本計畫從上述 144 組波浪觀測資料模擬結果選取三組具代表性之波向模擬結果，分別繪出波高分布及波向向量平面圖，如圖 3.3.12 至圖 3.3.14 所示，圖中波向向量方向代表波浪傳播方向，向量長度代表波高值，間距為 250 m 或 25 個計算網格點。模式模擬結果顯示基隆嶼下方隆起的地形(詳見圖 3.3.8)對波浪場影響甚大，由於模式波浪觀測輸出點位位於隆起的地形之西南方向，因此當波浪入射波向在隆起地形之右側時，輸出點位之波浪模擬結果易出現偏大或偏小之現象；亦即當輸出點位位於波浪聚焦範圍內時波高模擬結果會大於波浪觀測值，反之波高模擬結果會小於波浪觀測值。當波浪入射波向在隆起地形之上方或偏左時，模式波浪觀測輸出點位之波高模擬結果與波浪觀測值之誤差會顯著縮小。由於模

式所模擬基隆港外海波浪之波高及波向變化相當大，因此本計畫採用直接以波浪觀測值率定模式邊界條件之方法是否適用於基隆港近岸港區波浪模擬仍需進一步研究，並找出可能之替代方法。

表 3.3.1 基隆港 2006 年波浪觀測資料波高統計結果

基 隆 港		
波高(m)	資料數	百分比
0.50	1429	23.71
1.00	1642	27.24
1.50	1072	17.79
2.00	821	13.62
2.50	416	6.90
3.00	262	4.35
3.50	163	2.70
4.00	94	1.56
4.50	56	0.93
5.00	30	0.50
5.50	18	0.30
6.00	4	0.07
6.50	2	0.03
7.00	1	0.02
合計	6010	99.72
The maximum wave height = 8.14 m		
Total number of waves = 6027		

表 3.3.2 基隆港 2006 年波浪觀測資料週期統計結果

基 隆 港		
週期(s)	資料數	百分比
5.00	89	1.48
5.50	252	4.18
6.00	555	9.21
6.50	742	12.31
7.00	779	12.93
7.50	968	16.06
8.00	701	11.63
8.50	447	7.42
9.00	571	9.47
9.50	288	4.78
10.00	155	2.57
10.50	57	0.95
11.00	71	1.18
11.50	47	0.78
12.00	56	0.93
合計	5778	95.87
Maximum wave period = 17.80 sec		
Total number of waves = 6027		

表 3.3.3 基隆港 2006 年波浪觀測資料波向統計結果

基隆港		
波向	資料數	百分比
N	102	1.69
NNE	2085	34.59
NE	2961	49.13
ENE	628	10.42
E	65	1.08
ESE	19	0.32
SE	14	0.23
SSE	20	0.33
S	11	0.18
SSW	17	0.28
WS	20	0.33
WSW	19	0.32
W	15	0.25
WNW	13	0.22
NW	15	0.25
NNW	23	0.38
合計	6027	100.00
Total number of waves = 6027		

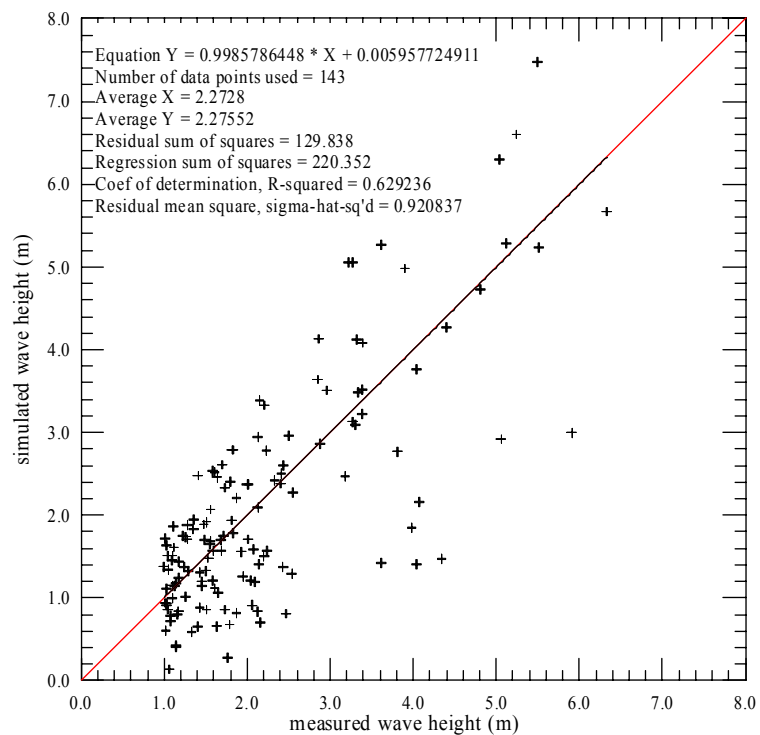


圖 3.3.10 基隆港波浪觀測值之波高與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

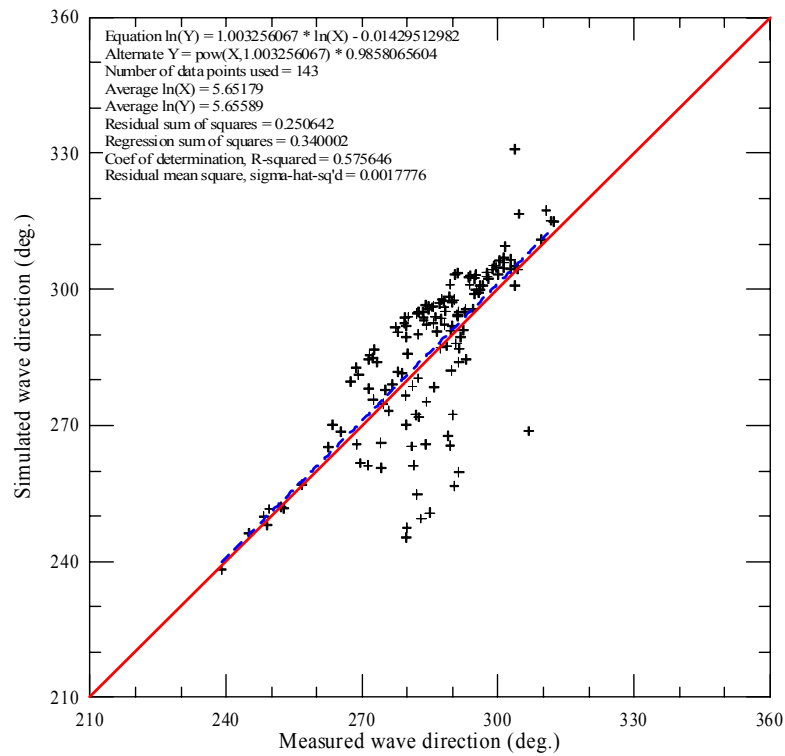


圖 3.3.11 基隆港波浪觀測值之波向與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

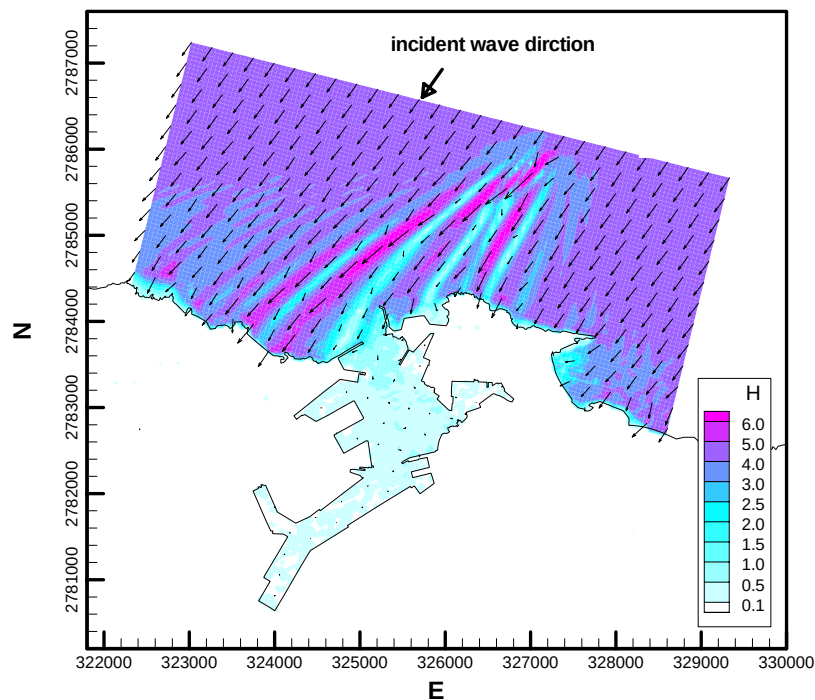


圖 3.3.12 基隆港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖
 (波浪資料觀測時間: 2006091700, $H_{1/3} = 4.07\text{m}$, $T_{1/3} = 10.7\text{sec}$, $D = 35.4^\circ$)

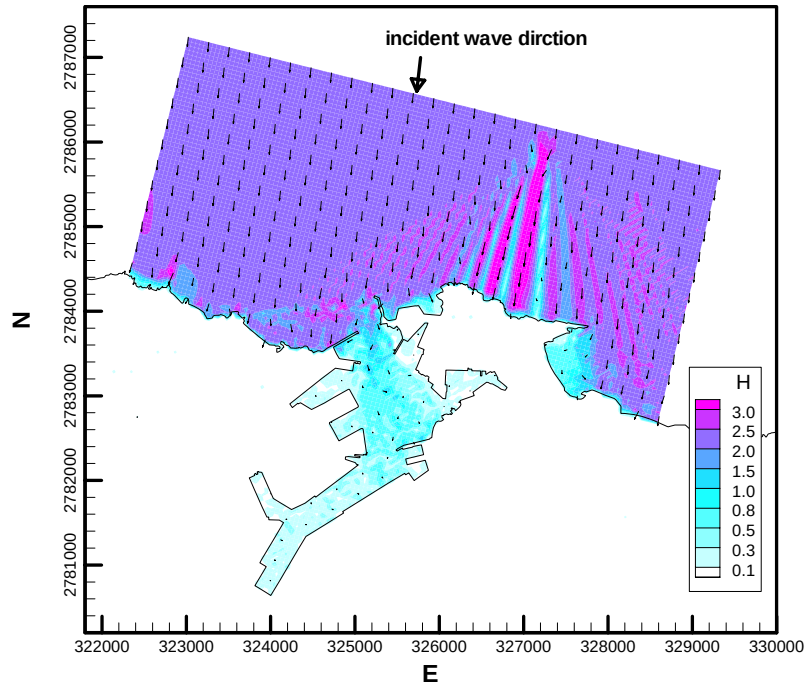


圖 3.3.13 基隆港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖
(波浪資料觀測時間：2006010102， $H_{1/3}=2.44\text{m}$ ， $T_{1/3}=7.6\text{sec}$ ， $D=6.5^\circ$)

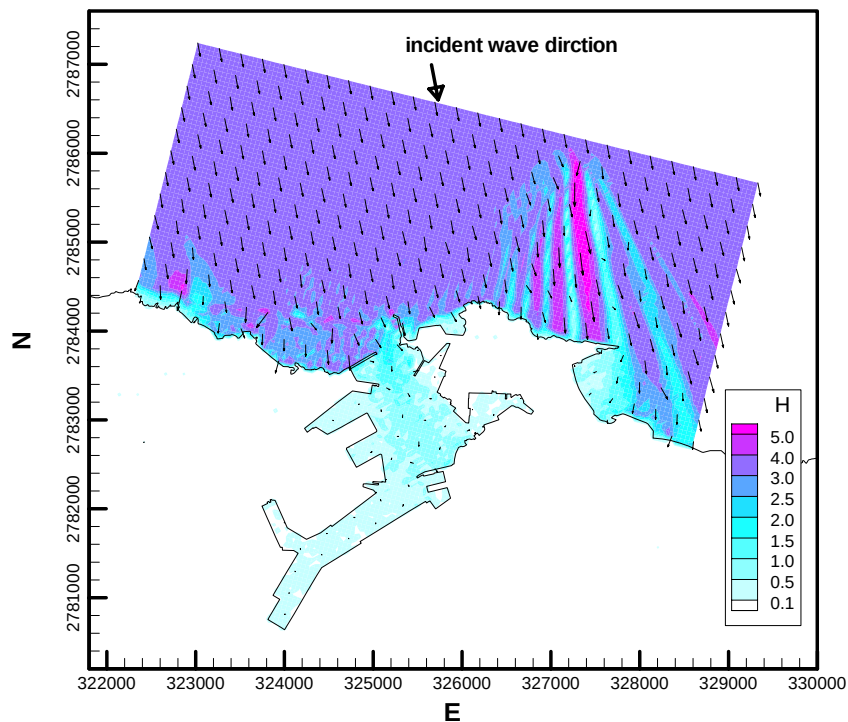


圖 3.3.14 基隆港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖
(波浪資料觀測時間：2006010613， $H_{1/3}=3.30\text{m}$ ， $T_{1/3}=9.3\text{sec}$ ， $D=349.1^\circ$)

3.3.3 蘇澳港近岸港區周圍波浪模擬結果

本計畫蒐集 2006 及 2007 年蘇澳港波浪觀測資料(示性波高 $H_{1/3}$ 、週期 $T_{1/3}$ 及波向)做為近岸區域波浪模擬之依據及模式相關參數之率定。表 3.3.4 至表 3.3.6 所列分別為蘇澳港 2006 年觀測資料之波高、週期及波向統計結果，得知蘇澳港波浪主要波向以 E 及 ESE 方向為主，二者合計約 58.0%；其次為 ENE 及 SE 方向，二者合計約佔 24%。蘇澳港波浪示性波高分布以介於 1.0m~2.0m 間之波高分佈為主約佔 82.6%；波高 2.0m 以上者有 463 筆資料約佔 6%，全年示性波高觀測最大值為 7.37 m。示性波週期主要介於 6.0sec~10.0sec 之間，週期 10.0sec 以上的波浪亦佔有相當之比率，全年波浪觀測資料示性波週期最大值為 17.0sec。

本計畫依據上述波浪統計結果從波浪週期 6.0sec~12.0sec 間及波向 ENE~SE 間之波浪資料取樣共 144 組資料進行波浪場模擬。為瞭解模擬結果與觀測資料間之對應關係，本計畫以觀測資料為橫座標，數值模擬結果為縱座標，點繪波浪觀測點位之觀測值與數值模擬結果間之對應關係如圖 3.3.15 及圖 3.3.16 所示。模擬結果顯示，蘇澳港近岸波浪模式模擬結果與觀測值間相關性非常高，意味本計畫採用蘇澳港波浪觀測資料模擬蘇澳港港區周圍波浪場具有高度的適當性。同樣地，本計畫從蘇澳港 144 組波浪場模擬結果選取三組具代表性之波向模擬結果，分別繪出波高分布及波向向量平面圖，如圖 3.3.17 至圖 3.3.19 所示，以瞭解地形水深與不同入射波向間之關係。圖 3.3.20 所示當蘇澳港近岸波浪模式之邊界條件經過校正後，模式模擬結果與觀測值間之相關性可獲得進一步提升。

表 3.3.4 蘇澳港 2006 年波浪觀測資料波高統計結果

蘇 澳 港		
波高(m)	資料數	百分比
0.50	869	11.34
1.00	3394	44.29
1.50	2101	27.42
2.00	836	10.91
2.50	251	3.28
3.00	86	1.12
3.50	54	0.70
4.00	34	0.44
4.50	19	0.25
5.00	9	0.12
5.50	6	0.08
6.00	2	0.03
6.50	1	0.01
7.00	1	0.01

合計	7663	100.00

The maximum wave height = 7.37 m
Total number of waves = 7663

表 3.3.5 蘇澳港 2006 年波浪觀測資料週期統計結果

蘇 澳 港		
週期(s)	資料數	百分比
5.00	98	1.28
5.50	255	3.33
6.00	475	6.20
6.50	618	8.06
7.00	754	9.84
7.50	854	11.14
8.00	872	11.38
8.50	786	10.26
9.00	771	10.06
9.50	524	6.84
10.00	361	4.71
10.50	228	2.98
11.00	202	2.64
11.50	218	2.84
12.00	150	1.96

合計	7166	93.51

Maximum wave period = 17.00 sec
Total number of waves = 7663

表 3.3.6 蘇澳港 2006 年波浪觀測資料波向統計結果

蘇 澳 港		
波向	資料數	百分比
N	1	0.01
NNE	2	0.03
NE	20	0.26
ENE	972	12.68
E	2828	36.90
ESE	1613	21.05
SE	870	11.35
SSE	684	8.93
S	444	5.79
SSW	175	2.28
WS	50	0.65
WSW	2	0.03
W	1	0.01
WNW	1	0.01
NW	0	0.00
NNW	0	0.00
合計	7663	100.00
Total number of waves = 7663		

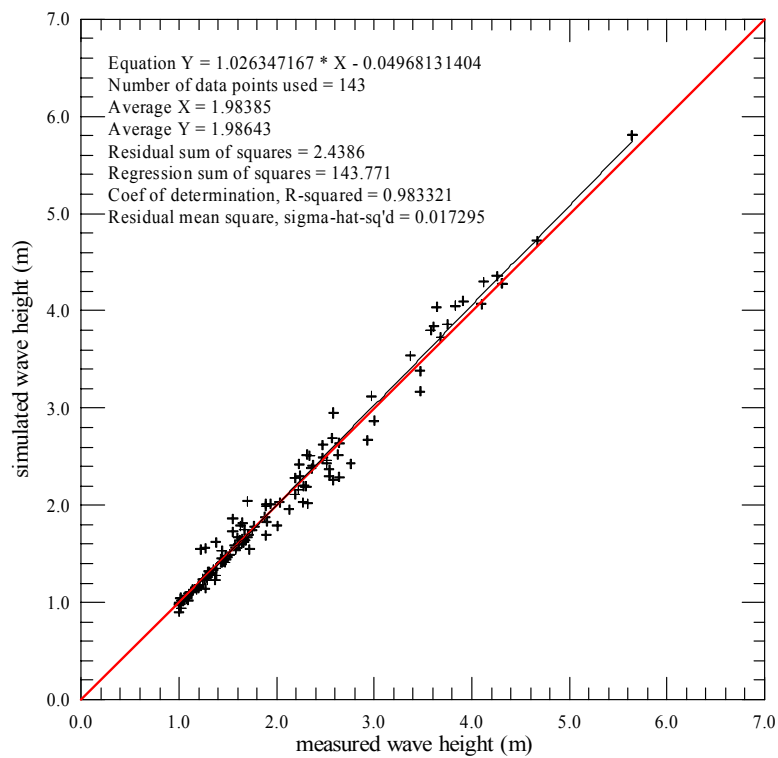


圖 3.3.15 蘇澳港波浪觀測值之波高與模式模擬值之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

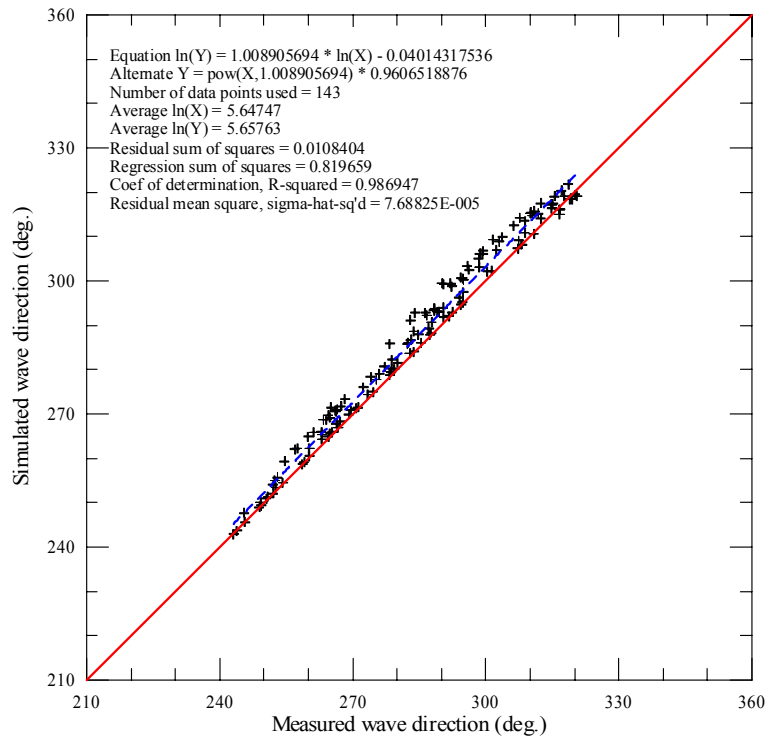


圖 3.3.16 蘇澳港波浪觀測值之波向與模式模擬值之波向之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

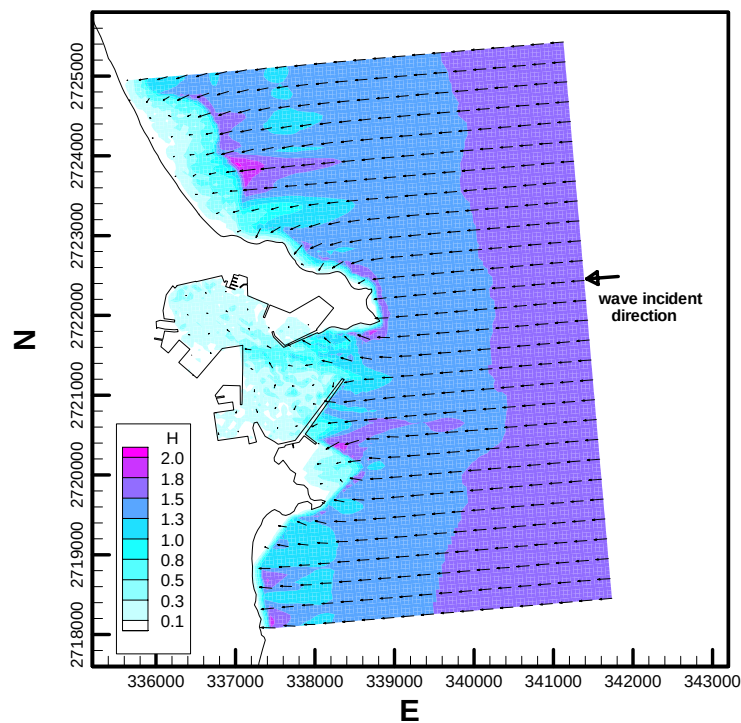


圖 3.3.17 蘇澳港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖
 (波浪資料觀測時間: 2006041315, $H_{1/3} = 1.52\text{m}$, $T_{1/3} = 7.3\text{sec}$, $D = 85.7^\circ$)

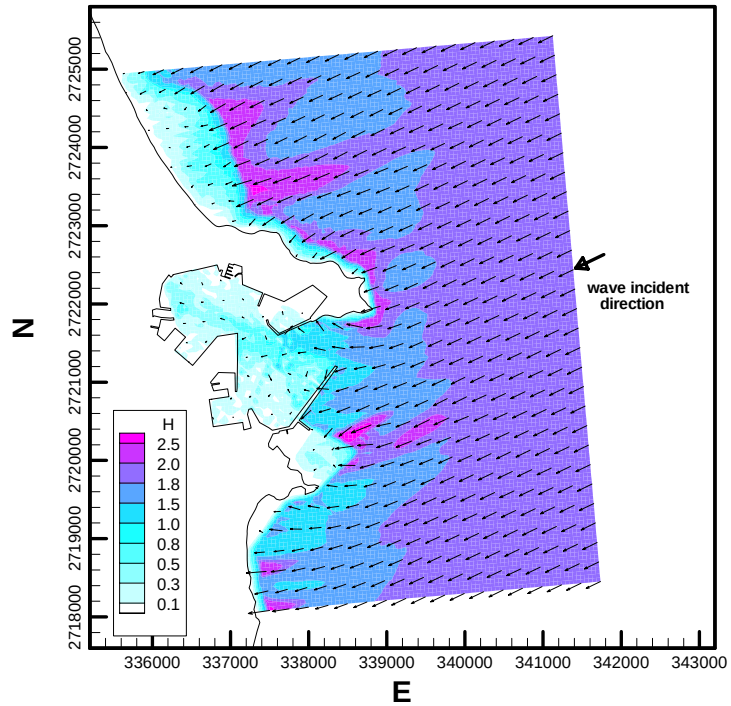


圖 3.3.18 蘇澳港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖
(波浪資料觀測時間：2006010513， $H_{1/3} = 1.94\text{m}$ ， $T_{1/3} = 9.1\text{sec}$ ， $D = 64.2^\circ$)

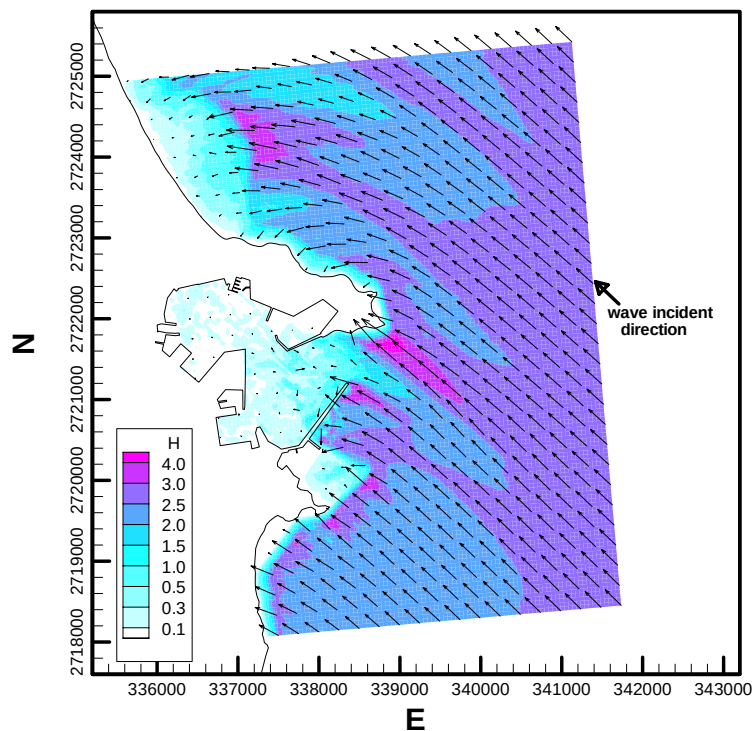


圖 3.3.19 蘇澳港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖
(波浪資料觀測時間：2006091500， $H_{1/3} = 2.64\text{m}$ ， $T_{1/3} = 11.9\text{sec}$ ， $D = 133.6^\circ$)

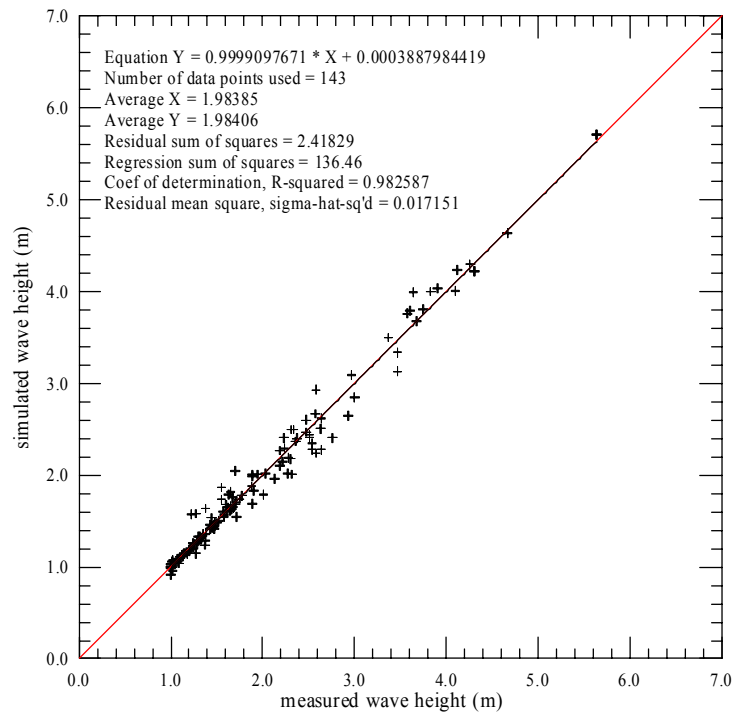


圖 3.3.20 蘇澳港波浪觀測值之波高與模式模擬值之波高之比較(邊界條件修正後模擬結果)

3.3.4 基隆港及蘇澳港港內波浪模擬

本年度計畫除了持續進行台北港、台中港、安平港、花蓮港及高雄港等五港口港內波浪模擬校正及作業化模擬測試外，主要工作內容為基隆港及蘇澳港港內波浪模擬新建工作。

一般而言，在港域波浪模擬方面，模式模擬範圍之選取除了需要配合海岸地形及港口形狀與方向等因素建置外，亦需能夠符合模式理論之基本假設，如半圓無限領域等。圖 3.3.4 所示之圓形計算範圍為本計畫基隆港港域波浪模式模擬範圍示意圖，圖中貫穿圓形範圍之虛線為模式之假想岸線位置，模式模擬之半圓領域半徑為 1.5 km。在有限元素法港域波浪模式中，數值網格大小基本上須滿足一個波長內至少涵蓋 6 至 10 個節點才足以合理地描述波浪場變化之要求，因此模式計算所需之有限元素網格數量除了與外海半圓假想領域大小有關外，亦與所欲模擬之波浪條件及地形水深關係密切。有鑑於此，本計畫針對常見之風浪(週期約 5、6sec)及颱風波浪、湧浪(週期約 9~11sec)分別規劃兩種不同元素大小及密度的數值計算網格，分別模擬一般風浪以及颱風波浪、湧浪等不同週期大小之波浪，以節省港域波浪模式數值計算之時間。於計畫中港域波浪模式數值網格之建立係先依據所選取的計算領域以人工方式建立適當的邊界節點及內部節點資料檔(包含座標及水深等資料)，再利用三角形網格自動生成程式將邊界節點及內部節點連結產生三角形元素網格資料(稱之為粗網格)，如圖 3.3.21 所示為基隆港港域波浪模擬範圍之三角形元素粗網格分佈圖。之後，再依據給定三角形元素細網格生成之波浪條件如入射波浪週期及每個波長之節點數產生新的邊界及內部節點資料檔，進而以程式產生滿足港域波浪模式計算所需之細網格資料。本計畫基隆港港域波浪模擬對於颱風波浪及湧浪波浪條件採用以週期為 8 秒之波浪條件產生的有限元素三角形網格共 30679 個節點及 59693 個元素。圖 3.3.22 所示為基隆港港域模式數值計算網格之水深分布情形，其中模擬範圍內最大水深約為 60 m。

圖 3.3.23 所示為本計畫針對蘇澳港所建置之三角形元素粗網格分佈圖，其中模式模擬之半圓領域半徑為 0.825 km。與前述基隆港港域波浪模擬之數值計算網格產生方式相同，當以週期為 8 秒之波浪條件所產生的數值計算網格共有 36436 個節點及 70796 個三角元素。蘇澳

港域水深之分布情形如圖 3.3.24 所示，顯示模式模擬範圍內最大水深約為 30 m。

由於港域波浪模式係採用有限元素法求解橢圓型緩坡方程式，因此面對龐大的數值計算網格時模式本身運算即相當費時，因此本計畫先針對特定週期及波向進行基隆港港域波浪模擬並率定模式邊界之反射係數。

圖 3.3.25 至圖 3.3.27 所示為波浪週期 8 秒，波浪入射角度分別為 225° 、 270° 及 315° 時模式模擬結果之波高平面分布情形。模擬結果顯示當波浪入射角度為 270° 時，港內波浪受入射波浪影響較為顯著，當波浪入射角度為 225° 時，受到外廓東防波堤遮蔽之影響，港內波浪顯著地偏小。圖 3.3.28 至圖 3.3.30 所示為波浪週期 10 秒，波浪入射角度分別為 225° 、 270° 及 315° 時模式模擬結果之波高平面分布情形。圖 3.3.31 至圖 3.3.33 所示為波浪週期 12 秒，波浪入射角度分別為 225° 、 270° 及 315° 時模式模擬結果之波高平面分布情形。上述模擬結果顯示當波浪週期為 10 秒、入射角度 270° 時港內波浪靜穩狀況最差。在週期相同條件下，波浪入射角度為 225° 時港內波浪靜穩狀況明顯地較波浪入射角度 270° 及 315° 之模擬結果為佳。

同樣地，蘇澳港港域波浪初步亦先針對特定週期及波向進行波浪場模擬，模式模擬之波高平面分布結果如圖 3.3.34 至圖 3.3.45 所示。其中圖 3.3.34 至圖 3.3.36 所示為波浪週期 8 秒條件下，入射波向分別為 225° 、 270° 及 315° 時模式之模擬結果，結果顯示此三種入射波向之波浪均會進入到港內，對港內波浪之靜穩度造成某種程度之影響。

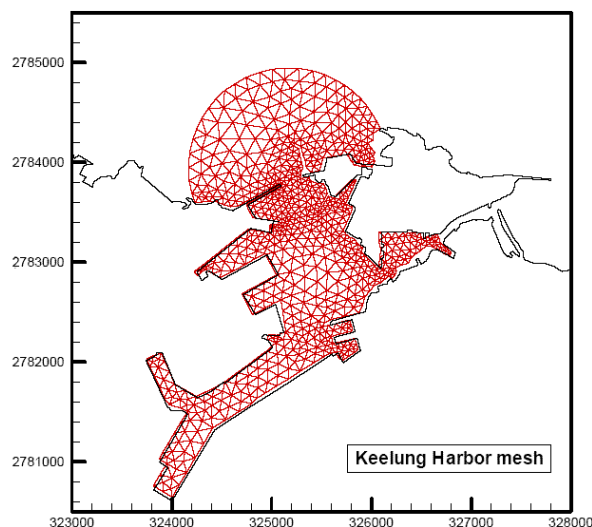


圖 3.3.21 基隆港港域波浪模式數值計算之粗網格分布圖

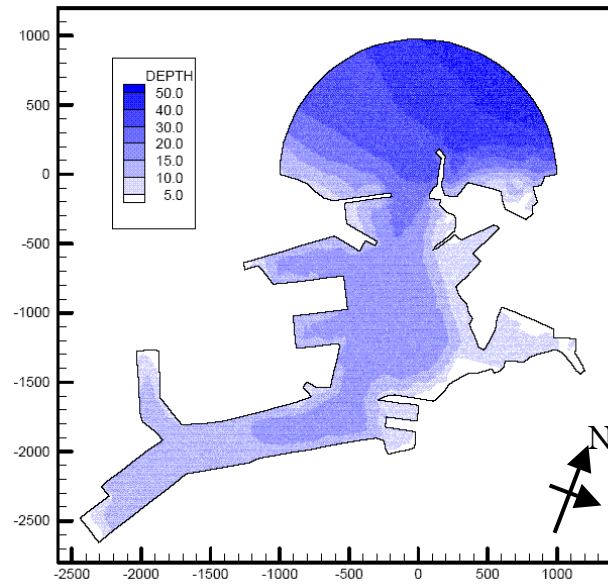


圖 3.3.22 基隆港港域波浪模式數值計算網格之水深分布情形

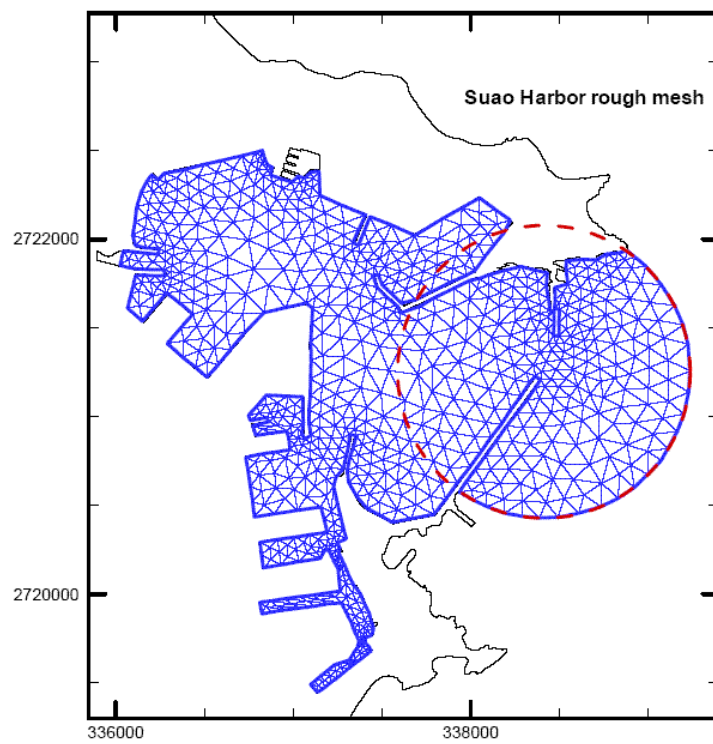


圖 3.3.23 蘇澳港港域波浪模式數值計算之粗網格分布圖

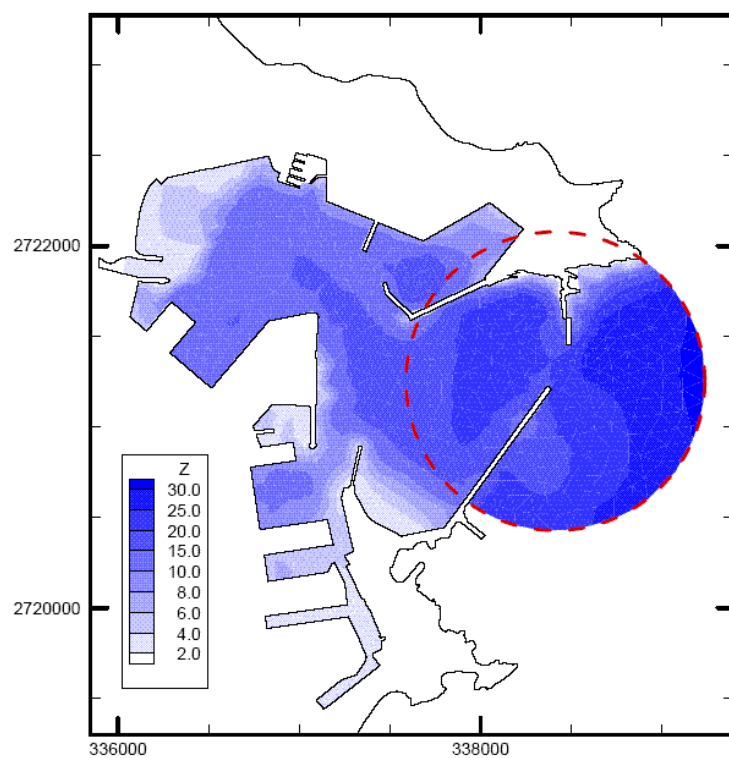


圖 3.3.24 蘇澳港港域波浪模式數值計算網格之水深分布情形

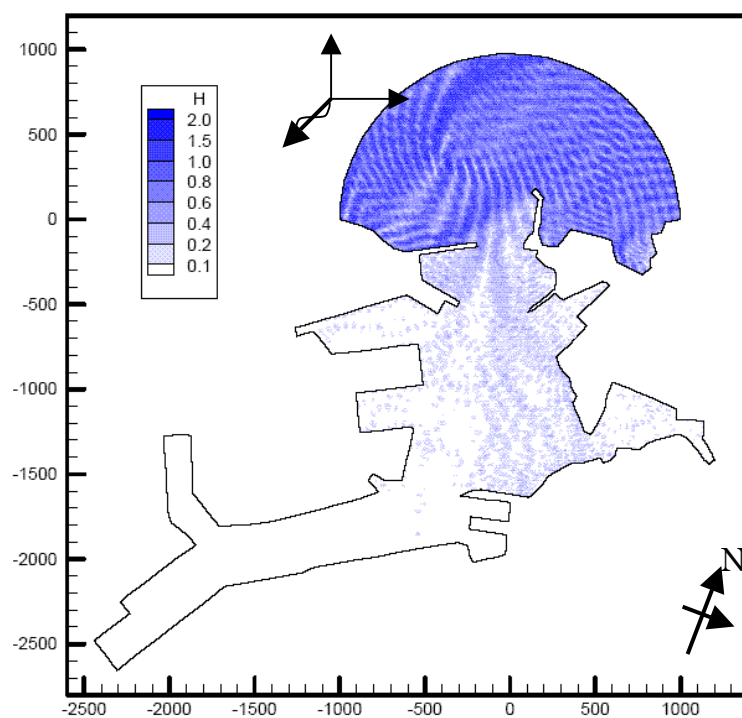


圖 3.3.25 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件:週期 8 秒，入射角 225°)

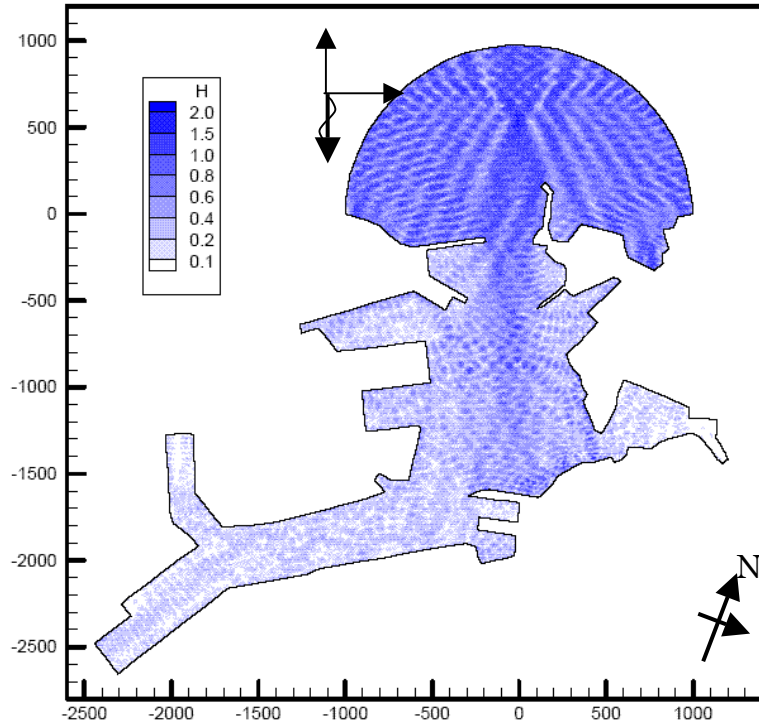


圖 3.3.26 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件:週期 8 秒，入射角 270°)

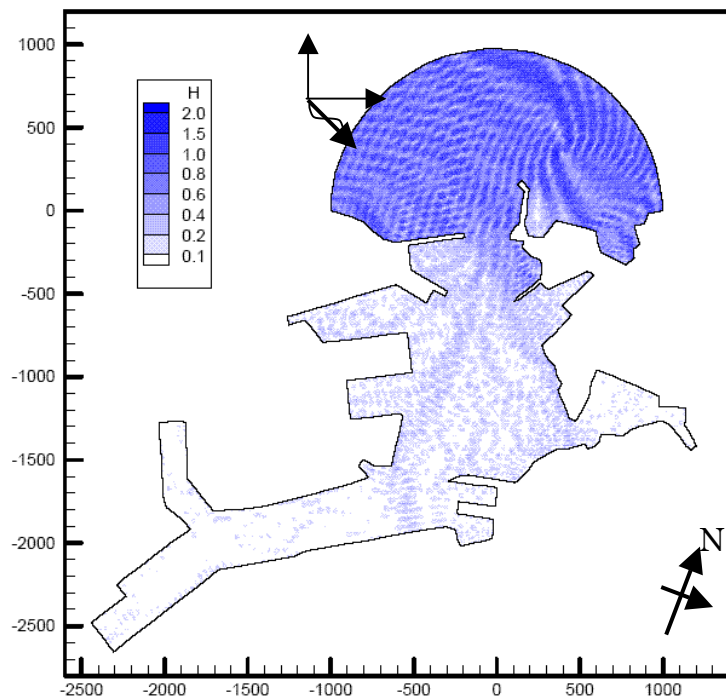


圖 3.3.27 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件:週期 8 秒，入射角 315°)

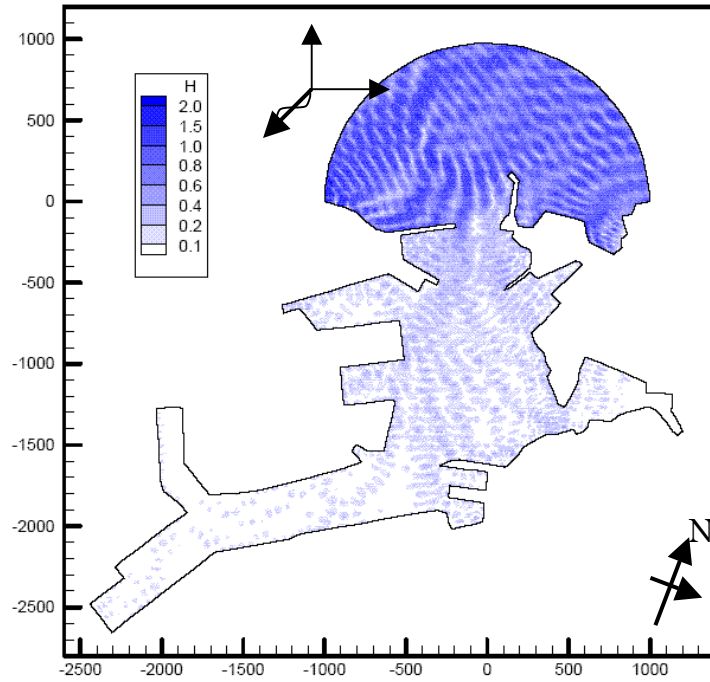


圖 3.3.28 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，入射角 225°)

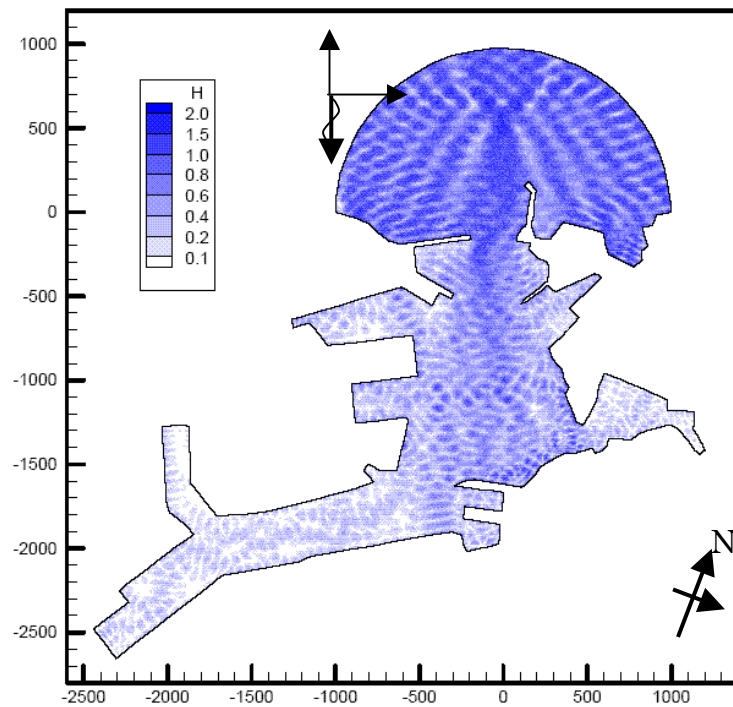


圖 3.3.29 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，入射角 270°)

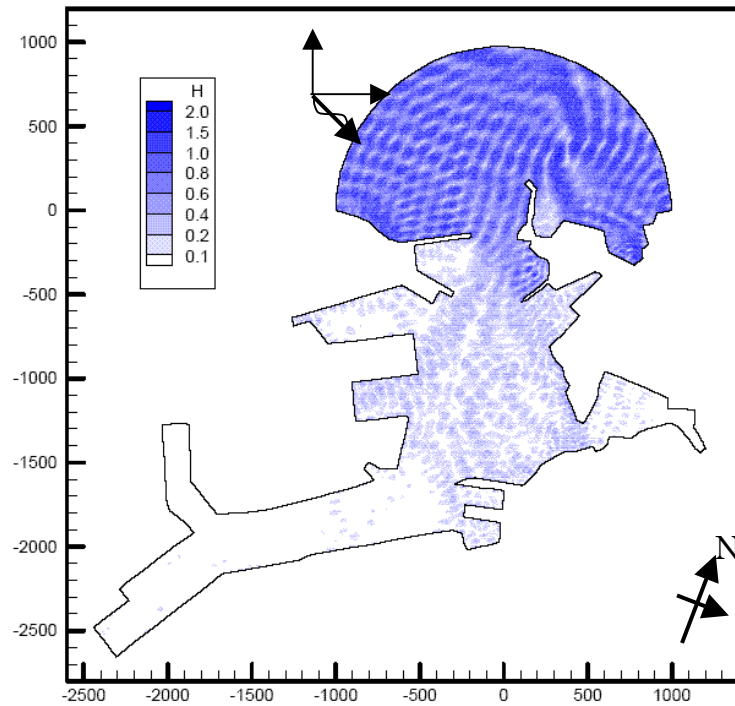


圖 3.3.30 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件:週期 10 秒，入射角 315°)

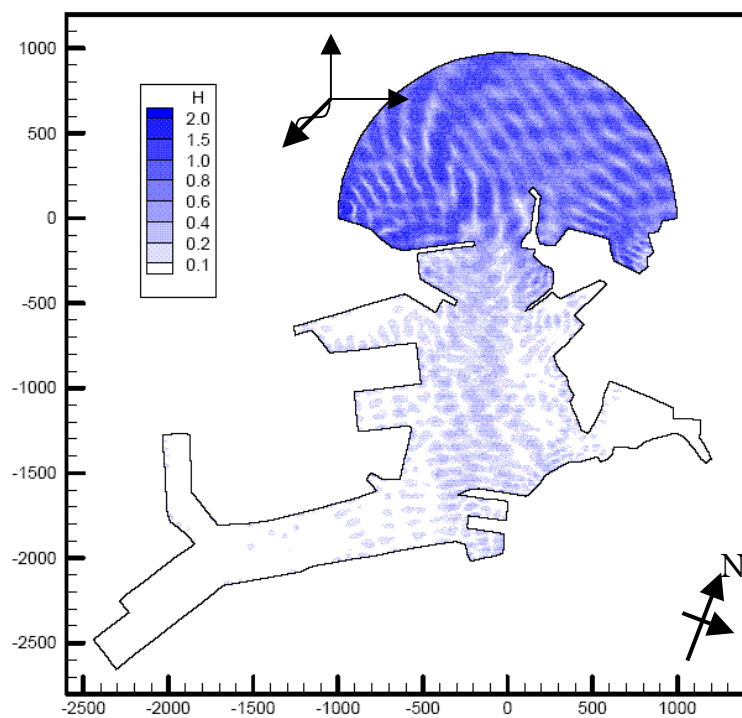


圖 3.3.31 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，入射角 225°)

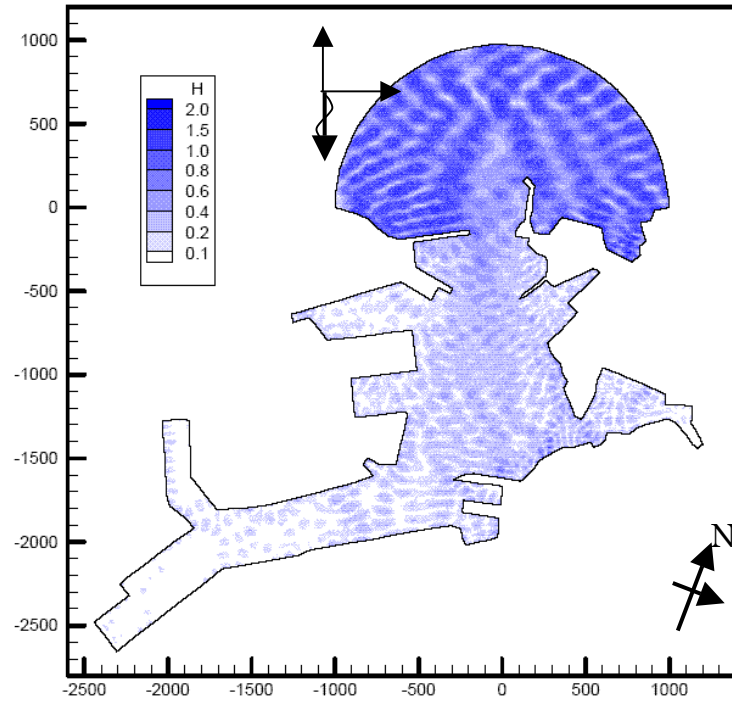


圖 3.3.32 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，入射角 270°)

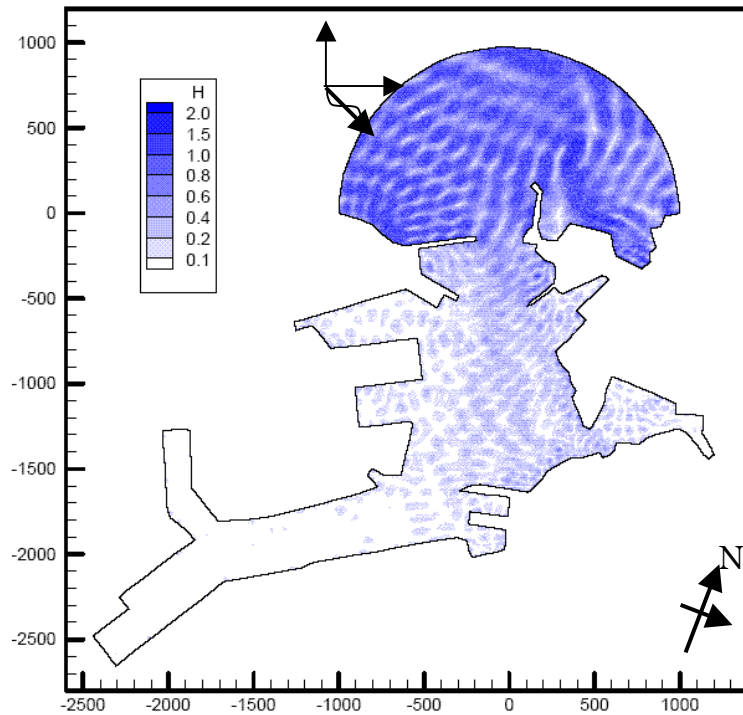


圖 3.3.33 基隆港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，入射角 315°)

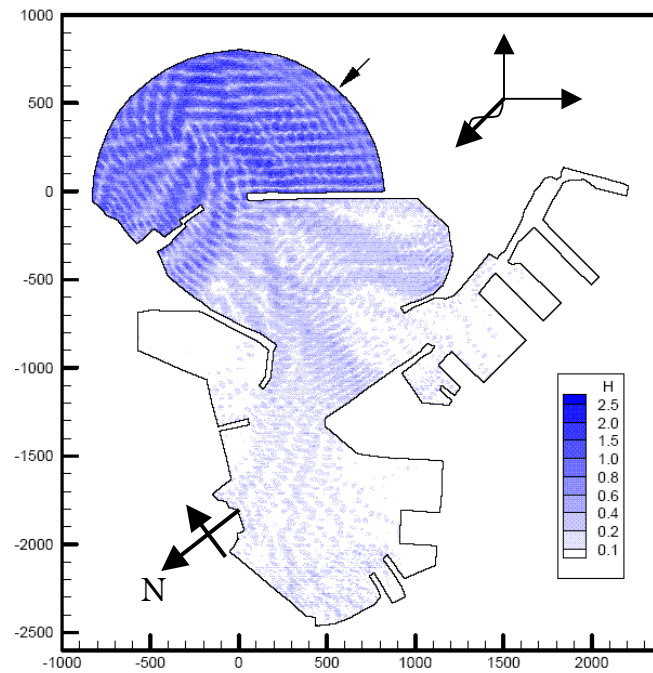


圖 3.3.34 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件:週期 8 秒，入射角 225°)

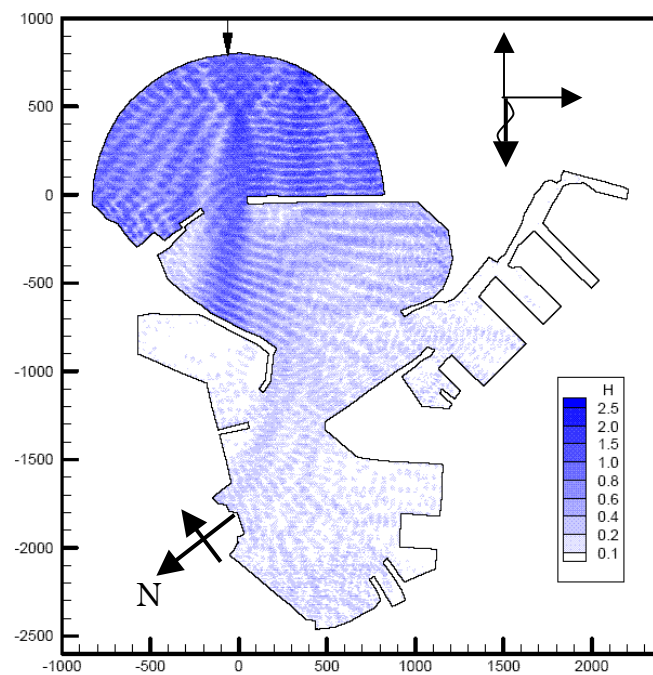


圖 3.3.35 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件:週期 8 秒，入射角 270°)

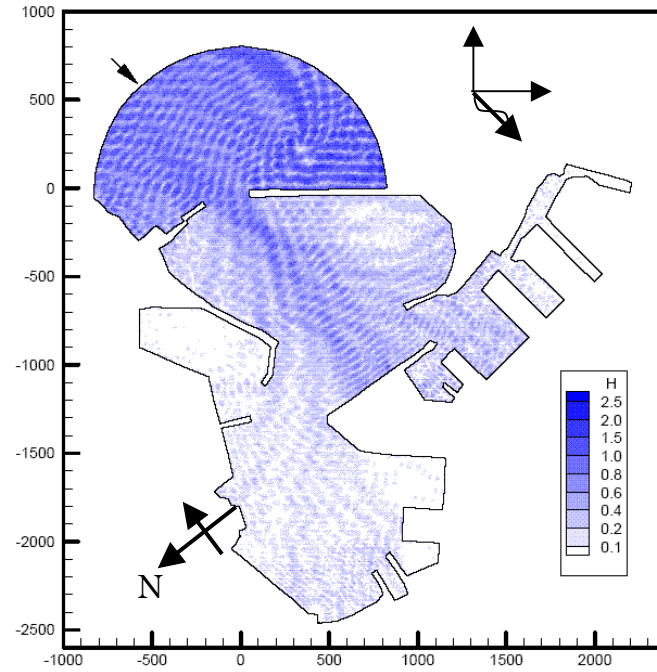


圖 3.3.36 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 8 秒，入射角 315°)

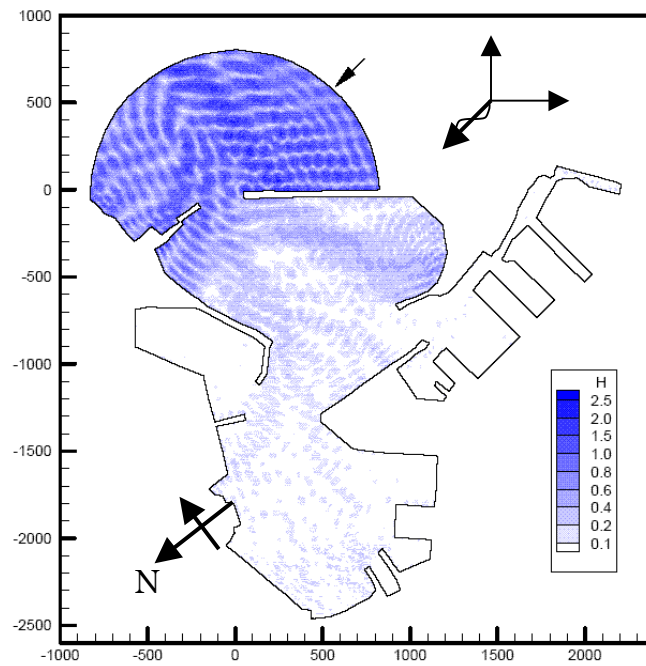


圖 3.3.37 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，入射角 225°)

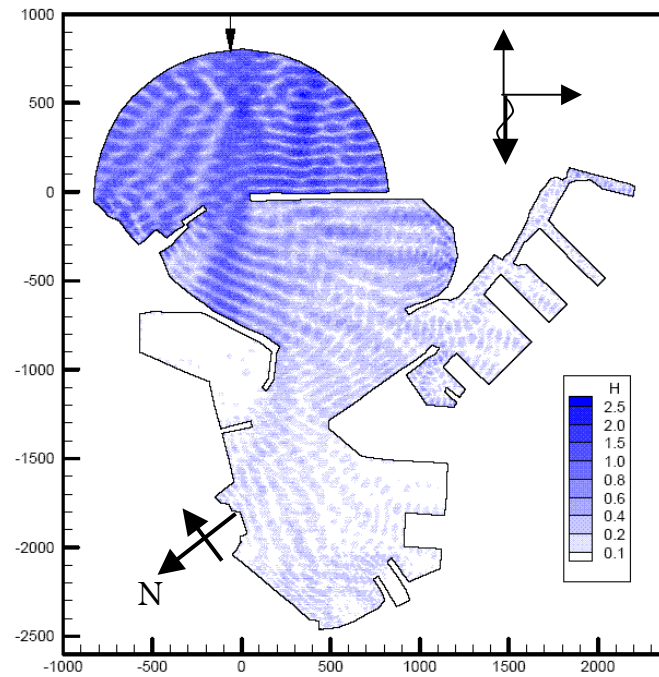


圖 3.3.38 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，入射角 270°)

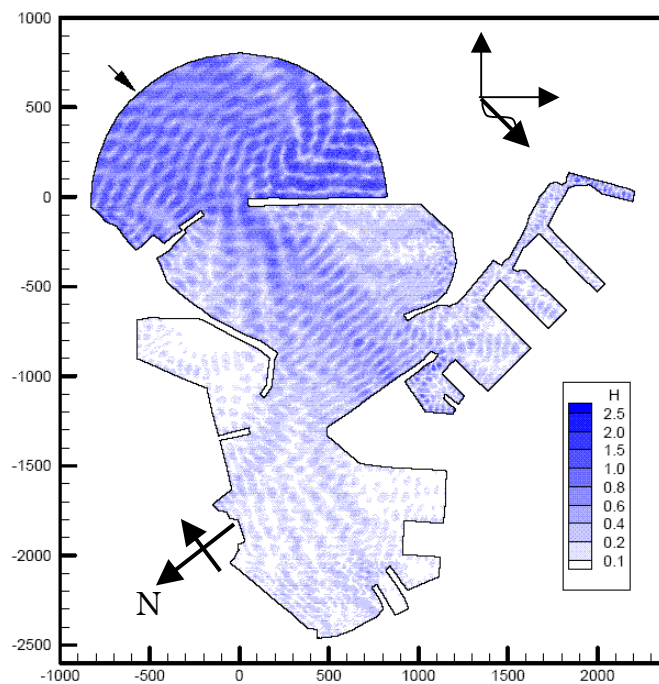


圖 3.3.39 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 10 秒，入射角 315°)

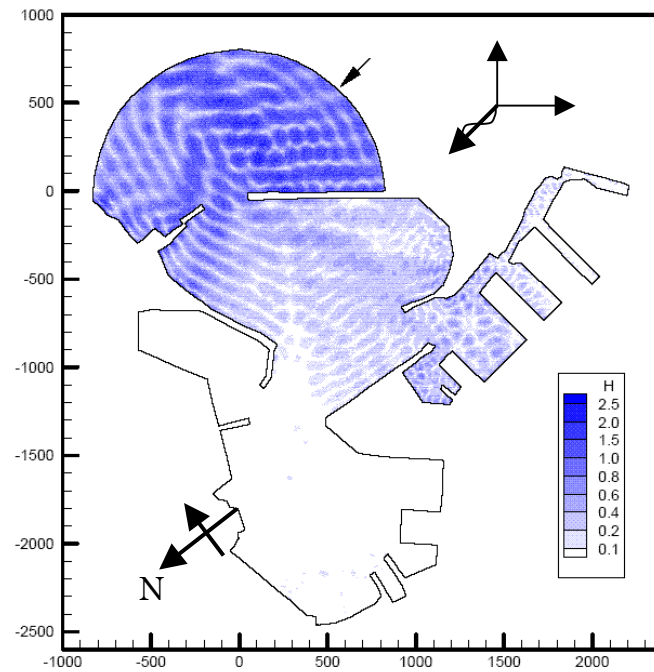


圖 3.3.40 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，入射角 225°)

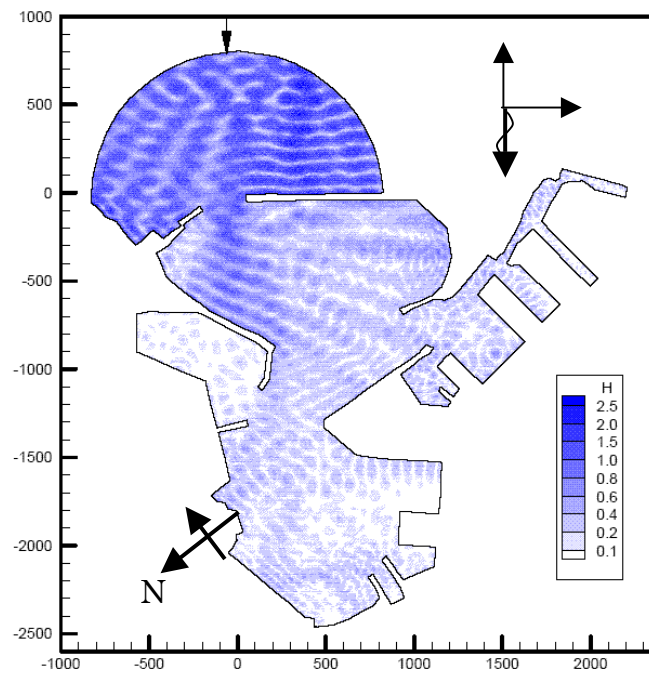


圖 3.3.41 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，入射角 270°)

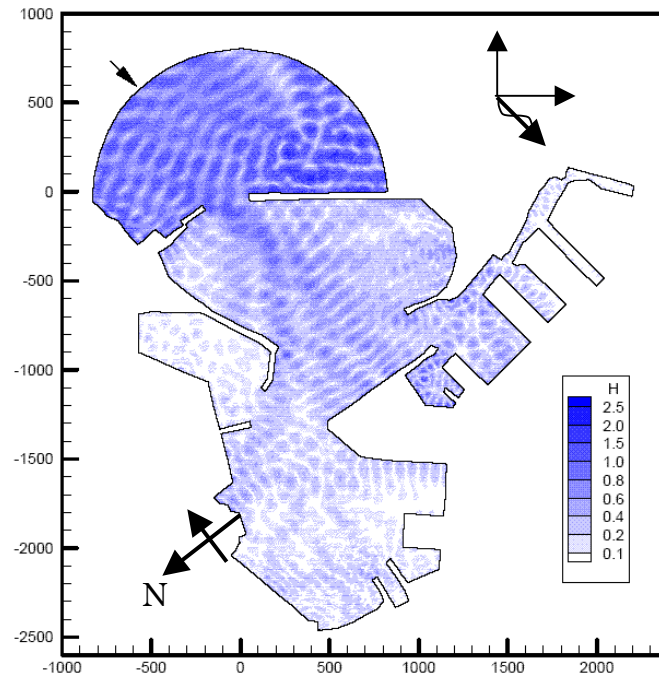


圖 3.3.42 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 12 秒，入射角 315°)

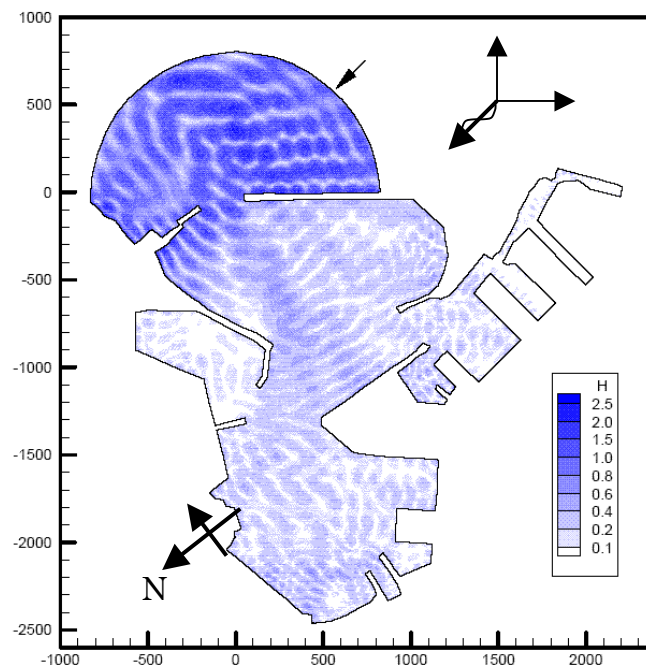


圖 3.3.43 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 14 秒，入射角 225°)

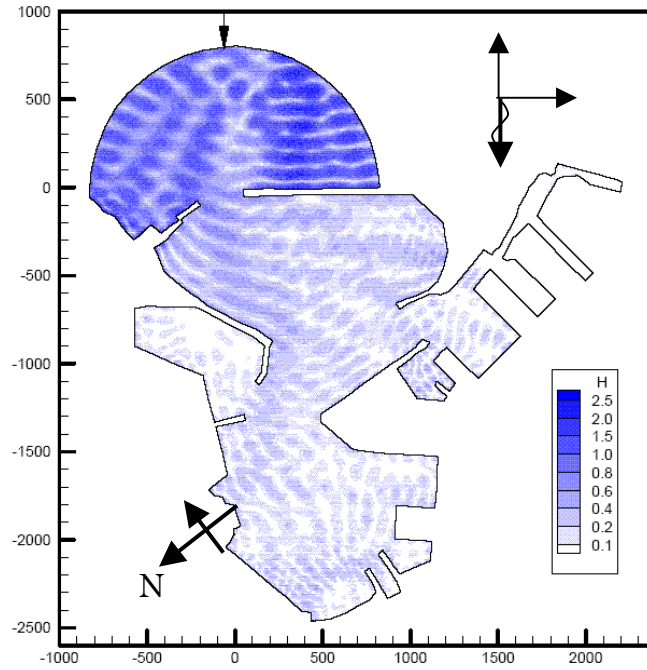


圖 3.3.44 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 14 秒，入射角 270°)

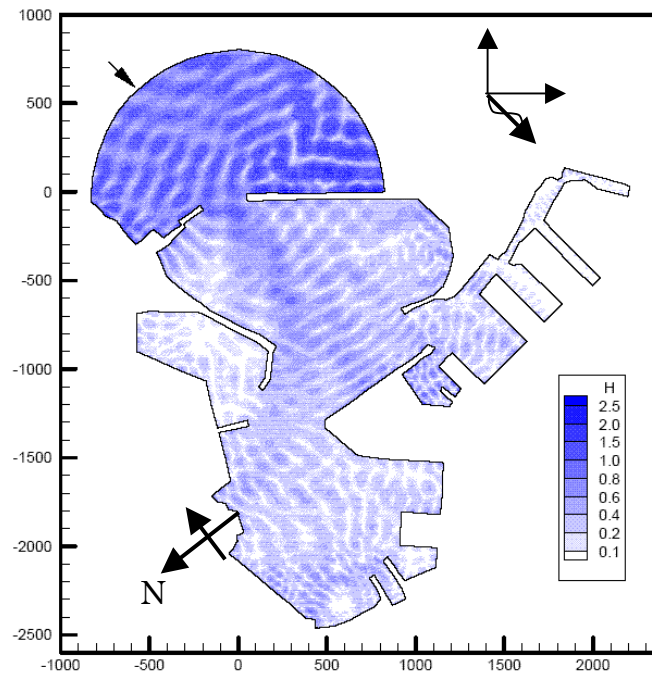


圖 3.3.45 蘇澳港港內波浪模擬結果之波高分布情形(波浪條件：週期 14 秒，入射角 315°)

3.3.5 颱風波浪模擬結果

本年度(98)中央氣象局發佈之侵臺颱風計有輕度颱風蓮花(LINFA, 2009/06/19~2009/06/22)、莫拉菲(MOLAVE, 2009/07/16~2009/07/18)、中度颱風莫拉克(MORAKOT, 2009/08/05~2009/08/10)及芭瑪(PARMA, 2009/10/03~2009/10/06)等。本計畫除了針對上述颱風侵臺期間依據各港口波浪觀測資料模擬近岸及港區波浪場，以校正模式模擬結果之準確度外，並選取中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港及蘇澳港近岸及港區波高模擬結果進行說明如下：

中度颱風莫拉克於2009年8月4日在菲律賓東北方約1000公里附近海面生成，5日增強為中度颱風，於6日17時左右暴風逐漸接近臺灣東部海域，颱風中心於7日23時50分在花蓮市附近登，直至8日14時左右於桃園附近出海，繼續向北北西緩慢移動，並於11日凌晨減弱為熱帶性低氣壓，其侵臺路徑如圖3.3.46所示。

中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港與蘇澳港波浪觀測資料如圖3.3.47及圖3.3.48所示，其中基隆港波浪觀測之最大示性波高為4.51 m，波浪週期最大值為14.3 sec，波向主要為東北向；蘇澳港波浪觀測之最大示性波高為7.15 m，波浪週期最大值為13.7 sec，波向變化分在於東北向至南南西向之間。

本計畫依據莫拉克颱風侵臺期間基隆港波浪觀測資料(2009/08/06 00:00:00~2009/08/11 00:00:00)，如圖3.3.47所示，以本年度新建之基隆港近岸區域波浪模式，模擬莫拉克颱風侵臺期間基隆港近岸區域每小時之波浪場。圖3.3.49所示為基隆港近岸區域波浪模式輸出點位A(詳見圖3.3.8)之波高模擬結果與波浪觀測資料之比較，結果顯示輸出點位A因位於基隆嶼南邊隆起地形之西南方，模式模擬之波浪場受到此隆起地形之影響，產生顯著的折繞現象，致使輸出點位A波高模擬結果與波高觀測值間相關性不佳。圖3.3.50所示為模式輸出點位B之波高模擬結果與波浪觀測資料之比較，結果顯示輸出點位B因遠離基隆嶼南邊隆起地形，因此受此隆起地形所產生的波浪繞射影響較小，故波高模擬結果有部份時段波高模擬結果與觀測點波高觀測值相關性

良好。圖 3.3.51 模式輸出點位 B、C、D(詳見圖 3.3.8)之波高模擬結果之時列圖，其中點位 D 位於基隆港內受到港口遮蔽之影響，波高呈現顯著降低之結果，惟點位 D 波高模擬結果之最大值仍可達 1.14 m。由於無法將每小時模擬結果之平面波高分佈及波向變化全部繪出，本計畫仍針對波浪觀測資料選出出現波高最大值及週期最大值之波浪場模擬結果，分別繪出其波高分佈及波向向量平面圖，如圖 3.3.52 及圖 3.3.53 所示。由於圖 3.3.52 及圖 3.3.53 所示波浪來向差異不太(約東北向)，因此波浪通過基隆外海隆起地形時，均會發生顯著折繞射現象。

同樣地，本計畫亦以本年度新建之蘇澳港近岸區域波浪模式，以蘇澳港外海波浪觀測資料為模式輸入條件，模擬莫拉克颱風侵臺期間每小時之波浪場。圖 3.3.54 所示為蘇澳港近岸區域波浪模式輸出點位 A(詳見圖 3.3.9)波高模擬結果與觀測點波高觀測值之比較，結果顯示模式模擬結果止於 2009 年 8 月 8 日 7 時；之後，因波浪波向(波浪來向)觀測值已超過模式設定之限制，即波向與數值計算網格 X 軸之夾角大於 70 度(相當於波向觀測值大於 165 度或小於 25 度)，以致模式無法針對該波浪條件進行波浪場模擬。僅就符合模式模擬限制之波高模擬結果而言，顯示輸出點位 A 之波高模擬結果與波浪觀測值二者相近似。圖 3.3.55 所示為模式輸出點位 A 之波向模擬結果與波浪觀測值之比較，結果顯示模式模擬結果與波浪觀測值相當吻合。圖 3.3.56 所示為模式其他輸出點位 B、C、D(詳見圖 3.3.9)之波高模擬結果之時列圖，顯示蘇澳港外海 B、C、D 等點位波高模擬結果差異不大。

針對莫拉克颱風侵臺期間蘇澳港區及其近岸波浪場模擬結果，本計畫分別選取波浪觀測資料中出現最大波高及週期最大值之波浪場模擬結果，分別繪出其波高分佈及波向向量平面圖，如圖 3.3.57 及圖 3.3.58 所示。由圖 3.3.57 所示波高分佈情形得知當波浪來自西南偏西時，在南防波堤堤頭及北方澳岬頭附近會出現波高顯著增大之現象，其中最大波高可達 9.0 m 以上。當波浪來自東北東時，波高除了在港口附近有顯著增大現象外，北方澳岬頭及其以北海岸波浪在近岸時均有增大現象。此外，圖中近岸波高呈現急遽減小之處代表波浪發生碎波之位置。

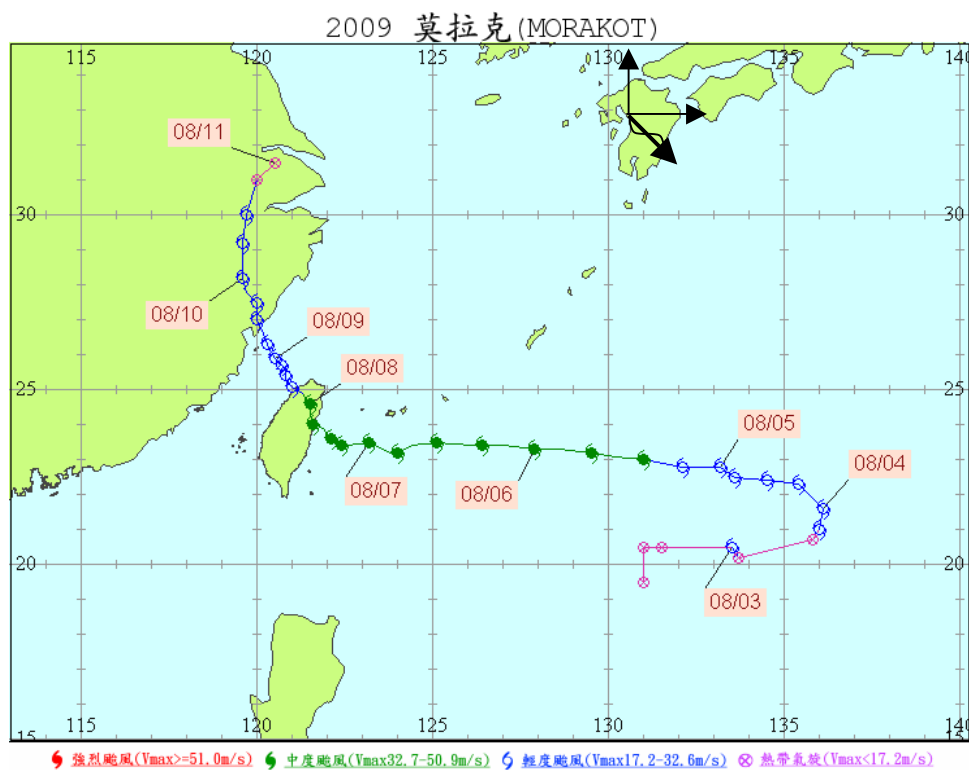


圖 3.3.46 中度颱風莫拉克(MORAKOT)侵臺路徑圖(圖片來源：中央氣象局網站)

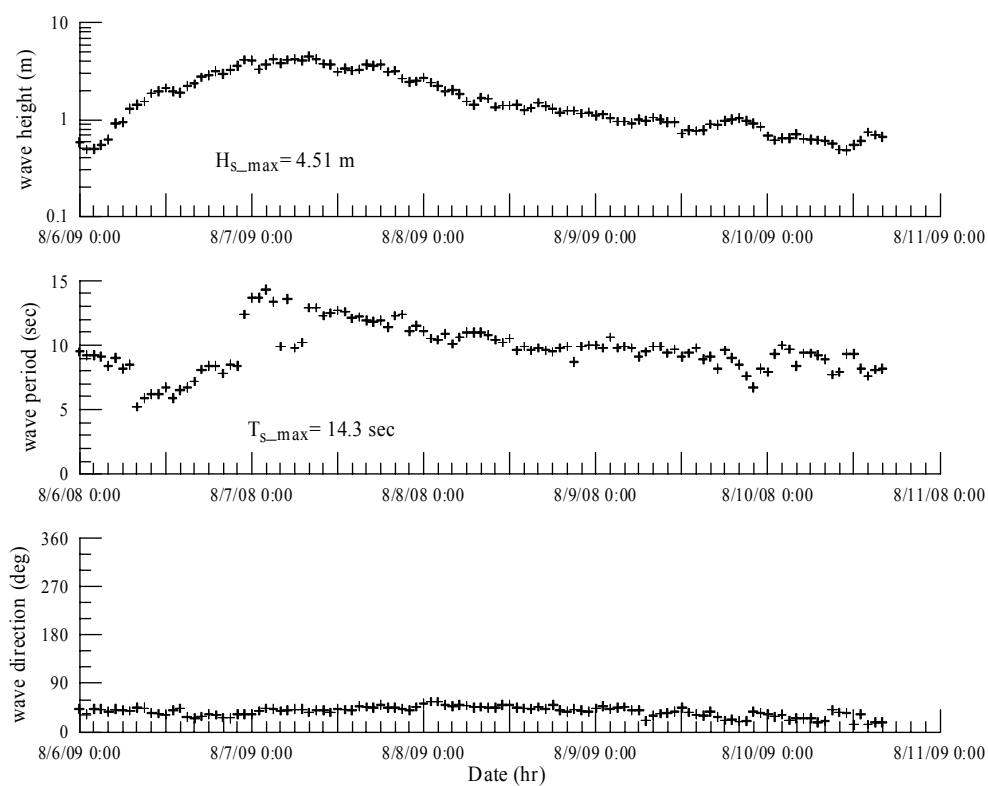


圖 3.3.47 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港波浪觀測資料時序列圖

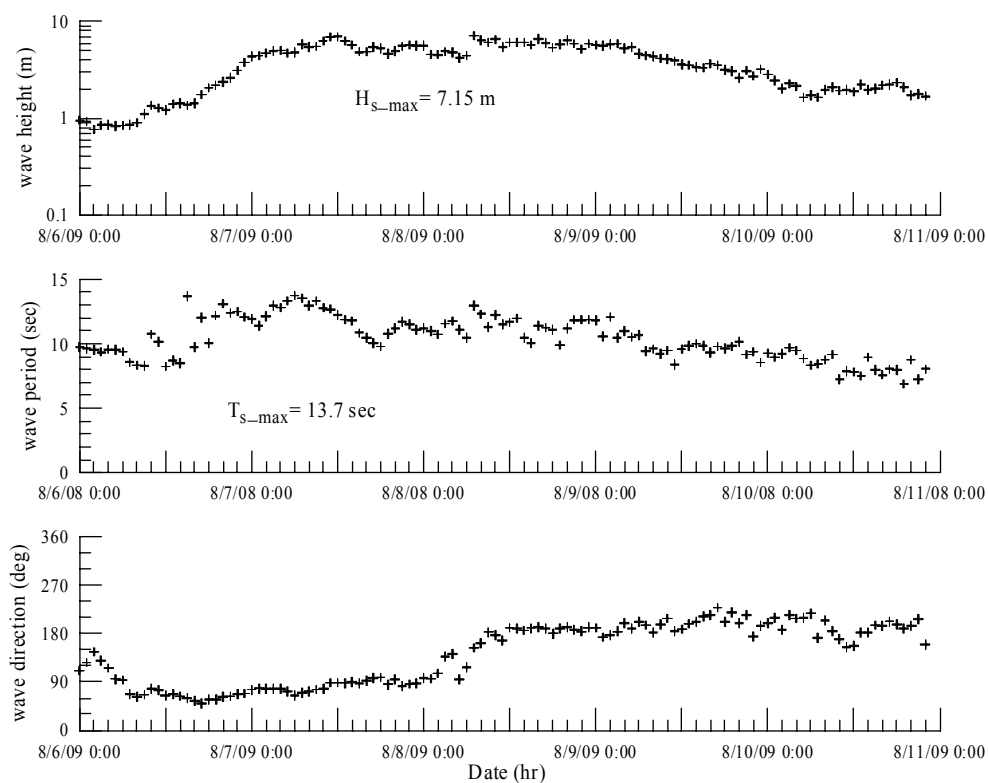


圖 3.3.48 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港波浪觀測資料時序列圖

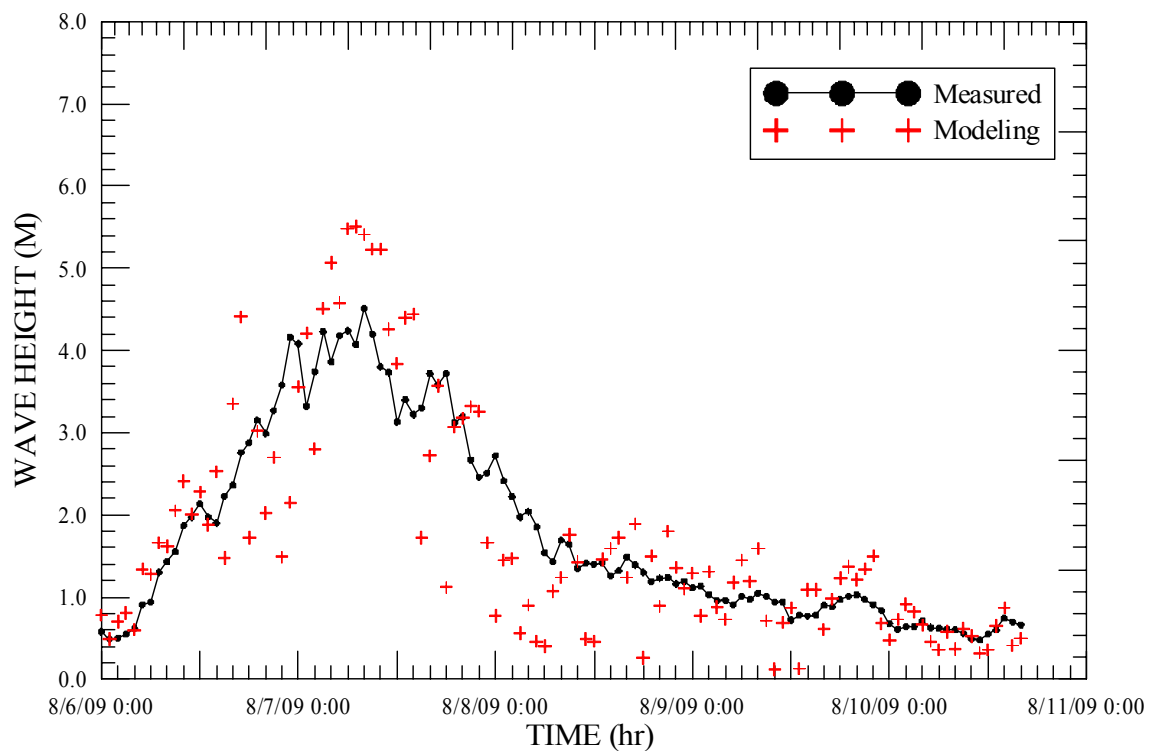


圖 3.3.49 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港波高觀測資料與模式模擬結果(輸出點位 A)之比較

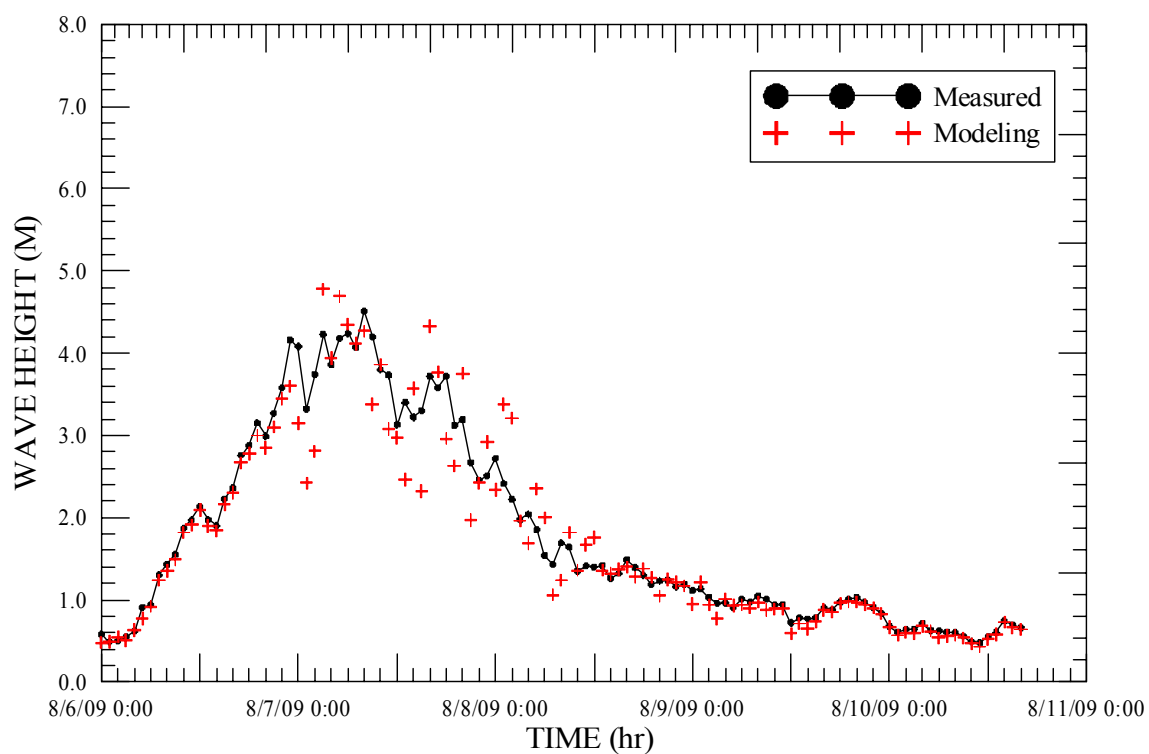


圖 3.3.50 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港波高觀測資料與模式模擬結果(輸出點位 B)之比較

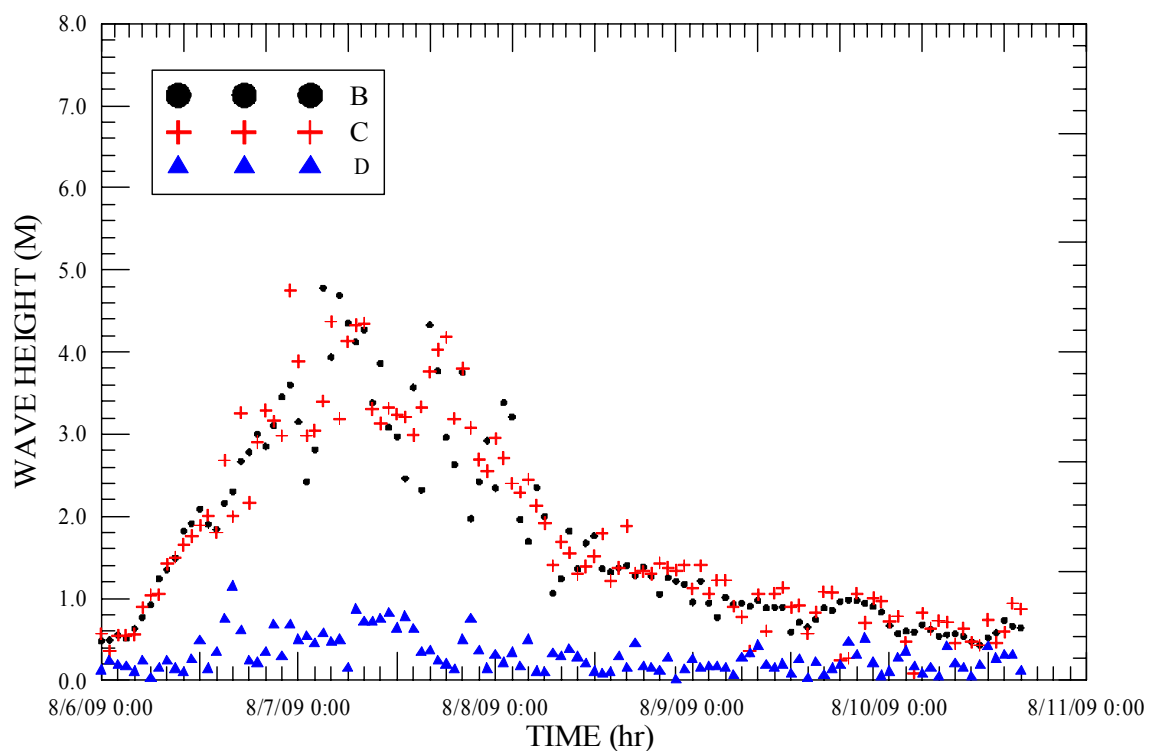


圖 3.3.51 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港近岸波浪模式輸出點位 B、C 及 D 之波高變化模擬結果

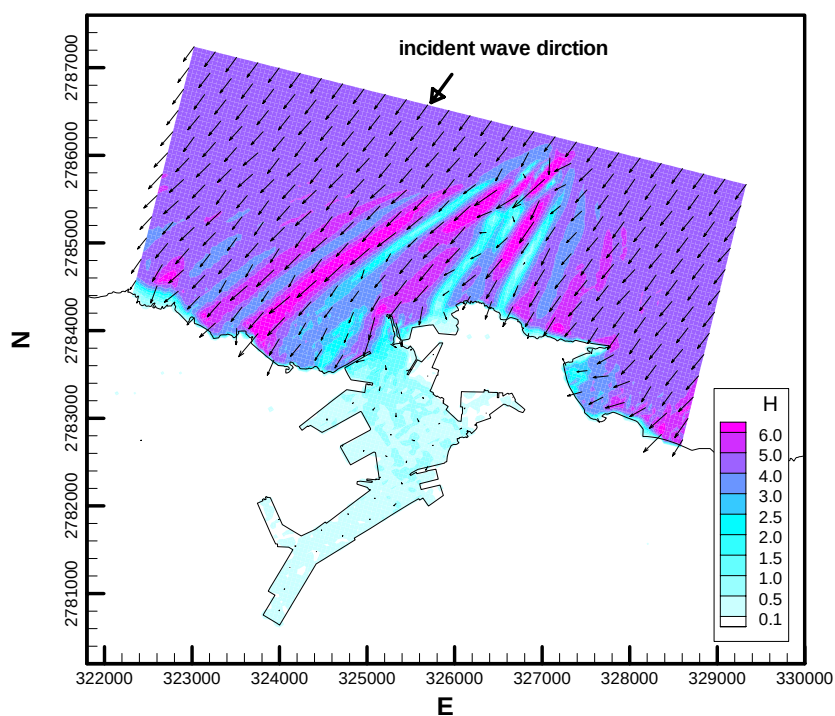


圖 3.3.52 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080711， $H_{1/3} = 4.51\text{m}$ ， $T_{1/3}=12.9\text{sec}$ ， $D = 36.3^\circ$)

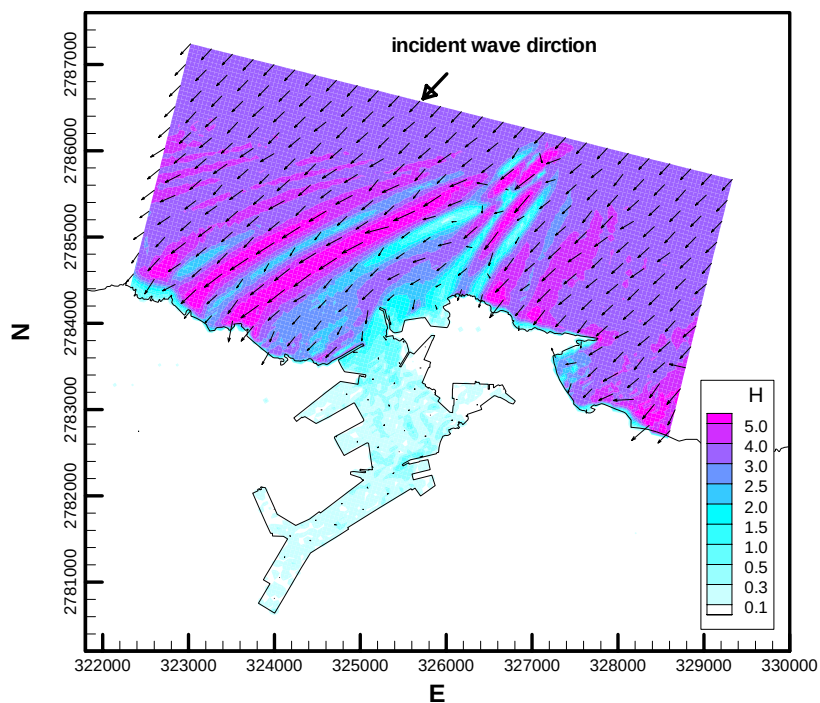


圖 3.3.53 中度颱風莫拉克侵臺期間基隆港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080704， $H_{1/3} = 3.74\text{m}$ ， $T_{1/3}=14.3\text{sec}$ ， $D = 43.5^\circ$)

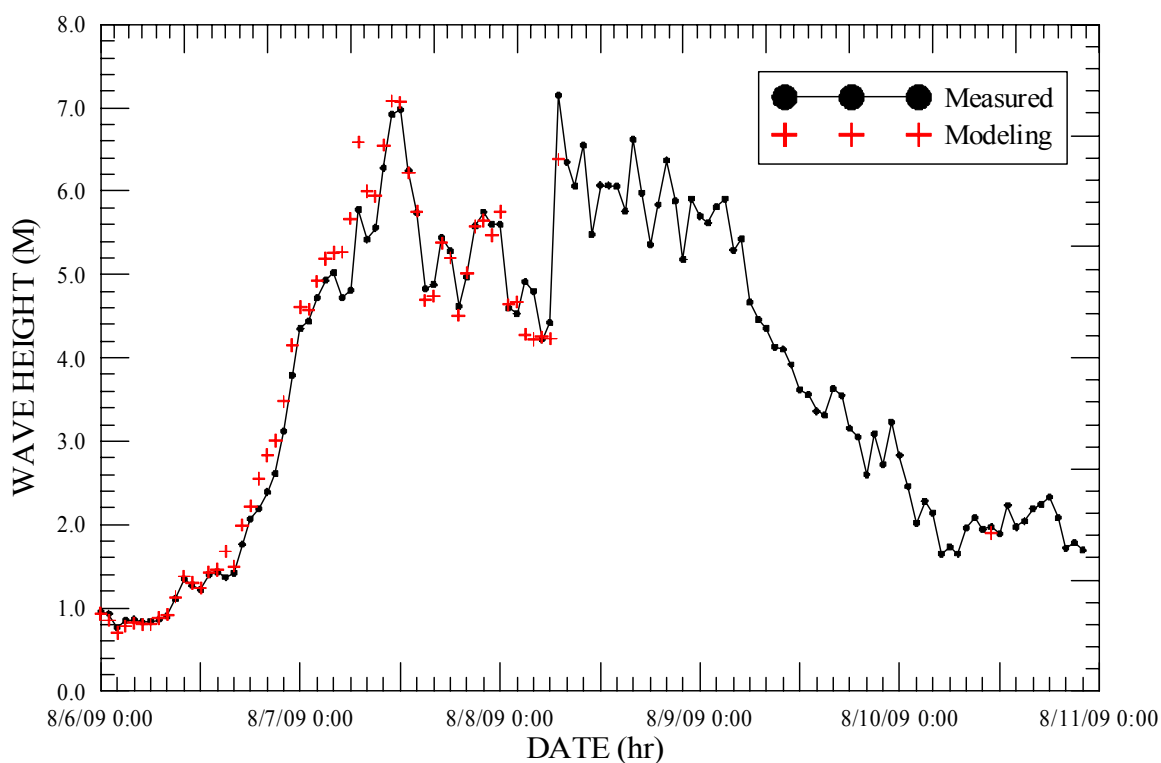


圖 3.3.54 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港波高觀測資料與模式模擬結果(輸出點位 A)之比較

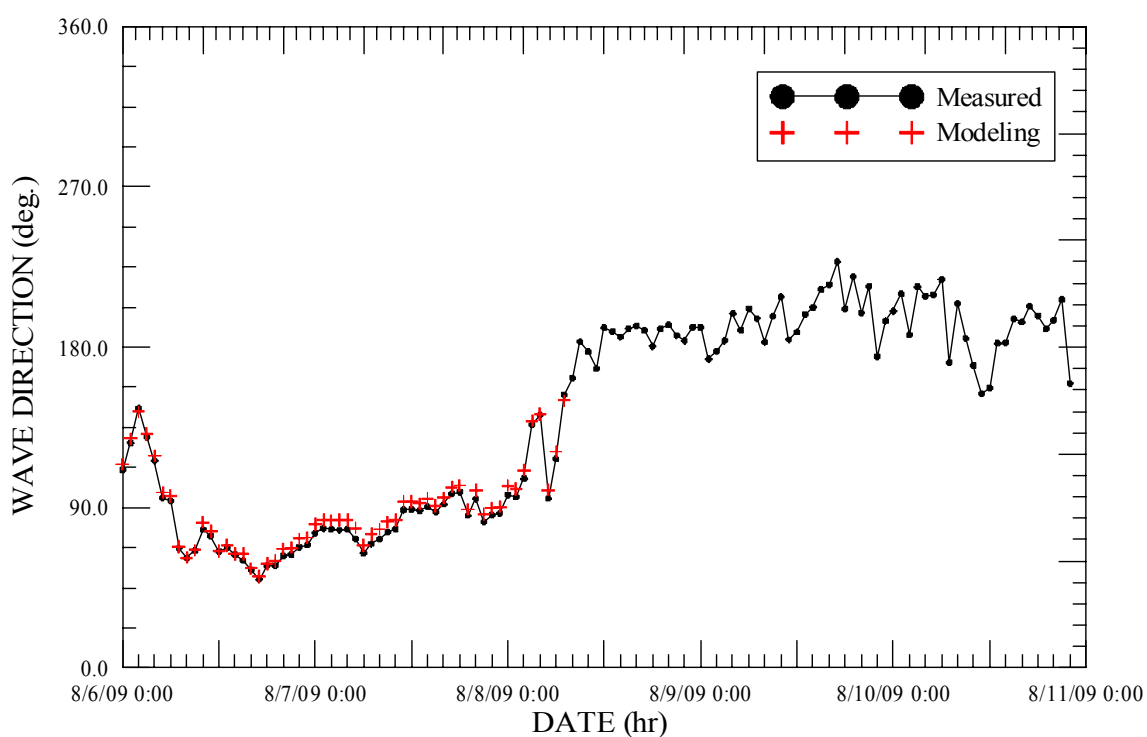


圖 3.3.55 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港波向觀測資料與模式模擬結果(輸出點位 A)之比較

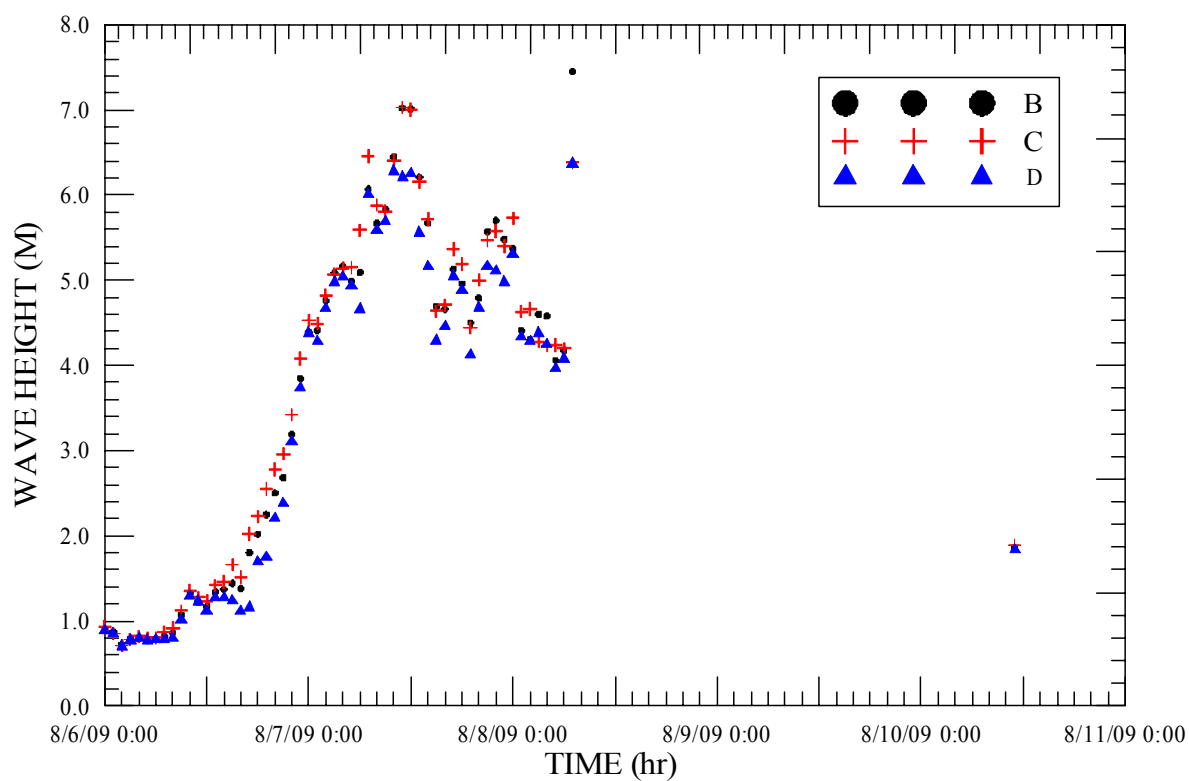


圖 3.3.56 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港近岸波浪模式輸出點位
B、C 及 D 之波高變化模擬結果

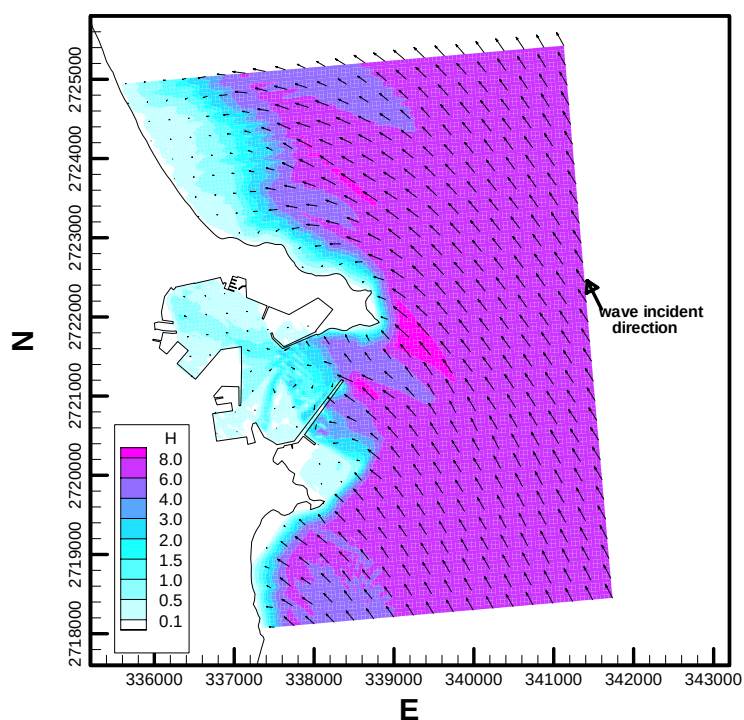


圖 3.3.57 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港近岸波浪場模擬結果(波浪
資料觀測時間：2009080807， $H_{1/3} = 7.15\text{m}$ ， $T_{1/3} = 12.96\text{sec}$ ， $D = 153.3^\circ$)

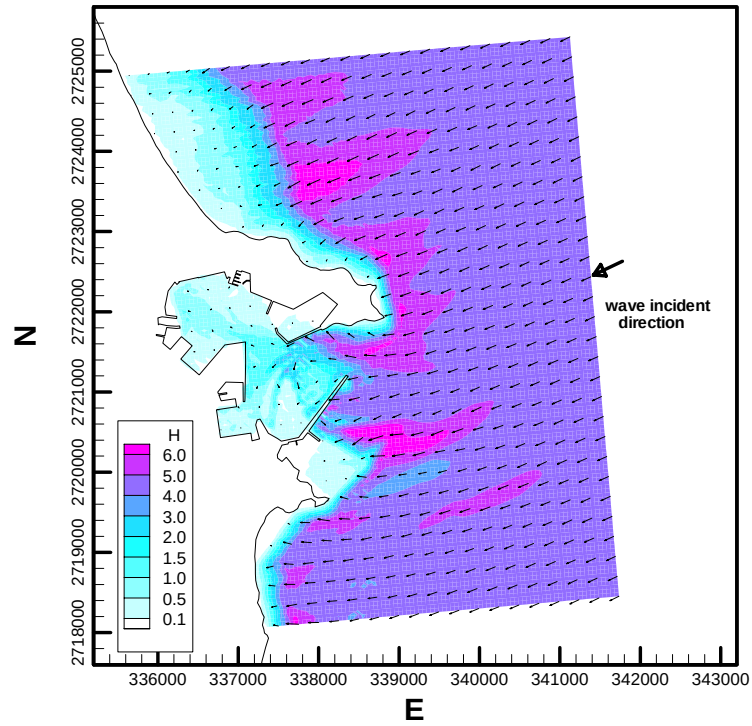


圖 3.3.58 中度颱風莫拉克侵臺期間蘇澳港近岸波浪場模擬結果(波浪資料觀測時間：2009080706， $H_{1/3} = 4.81\text{m}$ ， $T_{1/3} = 13.73\text{sec}$ ， $D = 64.5^\circ$)

第四章 臺灣環島及近岸水動力模式

水動力模式計算的項目包含即時水位計算及流場計算，水位變化的主要動力包含週期性的天文潮（潮汐部分）及突發性的氣象潮（風暴潮部分）。天文潮模式在國內外均有許多年的發展經驗，例如國內許多單位使用多年前由美國學者劉肖孔博士所建置的模式；風暴潮主要是由氣象參數中大氣壓力的變化與風場的驅動等因素所引發的海水水位異常變化的現象，與天文潮最大的差異點是其不具週期性，完全受到當時的氣象狀況影響，所以國內以往大多運用颱風數值模式模擬可能的暴潮偏差，且多為海事工程設計所需參數所做之計算，並沒有風暴潮即時預報的相關研究。

歐洲由於受到 1953 年風暴潮所造成的溢淹，北海沿岸國家均有非常嚴重的生命及財產的損失，即積極部署建置風暴潮預報的系統。剛開始是在北海沿岸設置一系列的氣象及海象即時觀測站網，並以統計的方法建立報潮水位的預警系統，稱之為關聯模式，數值模式的研究也快速發展，自 1960 年代以解析的方式，或以顯式法計算理想化的情況來探討風場的作用(Zundermann, 1960)，到複雜的數值模式(Dronkers, 1969; Abbott, 1973)，Lindertse and Liu (1978)為荷蘭建置風暴潮即時預報模式，歐洲各國也積極發展各自的線上作業預警數值模式，如英國(Heaps, 1976; Greenberg, 1977; Davies and Flather, 1978; and Flather, 1981)。

拜現今電腦科技進步神速，電腦所能提供的運算量比起以前有大幅度的進步，計算的方法也隨之大幅改進，因此許多國家所發展的水位預報數值模式皆已朝向將氣象條件（風速、風向及大氣壓力）的影響直接與天文潮波整合進以全域水動力方程式直接計算，在模式中達成動態平衡，使風暴潮與天文潮的相互影響可以被完整的考慮，如 Yu et al (1994) 為比利時發展的風暴潮線上即時作業預報模式。

本年度的工作重於改進水位模計算速度，以自動作業化方式進行模擬計算的長期線上自動操作，並利用現場觀測資料進行校驗及修正

模式。同時，亦將使用水位預報模式對本年度侵臺颱風進行模擬現報作業（nowcast），每日由中央氣象局下載域暴風場資料，執行自動預報，並以現場觀測水位資料提供使用者做為比較評估的根據。

流場計算已完成計算二維全域流場的資料，並上線即時操作；三維水動力模式由於計算複雜，所需要的運算能力並非是單一主機可以負擔，對於預報並無實質效益，因此待符合本計畫計算能力之平行計算主機建置完成後，再積極進行三維流場之計算與校驗。

4.1 臺灣環島水動力模式

本計畫使用歐盟發展的模式-COHERENS 作為水位及海流的計算工具，並配合發展適合臺灣海域颱風作用的颱風模式及參數率定，今年更與中央氣象局每日預報之動態封場結合，成為本土化應用之潮汐及風暴潮複合動力模式。

本模式之水動力模組以三維動量方程式、連續方程式描述海水的運動，動量方程式並採用水靜力平衡（hydrostatic equilibrium）的假設而簡化為僅考慮水平方向之動力傳輸，但仍然維持垂直方向的渦動擴散在水平動力方程中的影響。以顯式有限差分的數值方法將控制方程式在有限差分格點表示，進而根據各動力項之精度與穩定度之需求，以各種不同的數值方法進行演算。基本控制方程式如下（Luyten, 1999）：

動量方程式：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x_1} + v \frac{\partial u}{\partial x_2} + w \frac{\partial u}{\partial x_3} - fv = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_1} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(v_T \frac{\partial u}{\partial x_3} \right) + \frac{\partial}{\partial x_1} \tau_{11} + \frac{\partial}{\partial x_2} \tau_{21} \quad (4.1.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x_1} + v \frac{\partial v}{\partial x_2} + w \frac{\partial v}{\partial x_3} + fu = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_2} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(v_T \frac{\partial v}{\partial x_3} \right) + \frac{\partial}{\partial x_1} \tau_{12} + \frac{\partial}{\partial x_2} \tau_{22} \quad (4.1.2)$$

壓力平衡方程式：

$$\frac{\partial p}{\partial x_3} = -\rho g \quad (4.1.3)$$

連續方程式：

$$\frac{\partial u}{\partial x_1} + \frac{\partial v}{\partial x_2} + \frac{\partial w}{\partial x_3} = 0 \quad (4.1.4)$$

其中，水平剪力則定義如下：

$$\tau_{11} = 2\nu_H \frac{\partial u}{\partial x_1} \quad (4.1.7)$$

$$\tau_{21} = \tau_{12} = \nu_H \left(\frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{\partial v}{\partial x_1} \right) \quad (4.1.8)$$

$$\tau_{22} = 2\nu_H \frac{\partial v}{\partial x_2} \quad (4.1.9)$$

COHERENS 在水平格點分布採用 Arakawa-C Grid(Arakawa, 1979) 交錯網格(如圖 4.1.1 所示)，此方式使得流速及壓力、水位的計算點得以交錯開來，可以容易瞭解各計算點所得到的值，同時對於開放或海岸邊界條件的設定也變得較為容易。

若以卡式座標系統處理底層邊界的差分計算相當繁複且不易，所以 COHERENS 使用 Sigma 座標系統避免產生這樣的問題，將計算領域中垂直方向的座標，統一劃分成固定數目的層數，這樣的處理方式使得差分計算變得容易且易於了解 (如圖 4.1.2 所示)。經過座標轉換後，

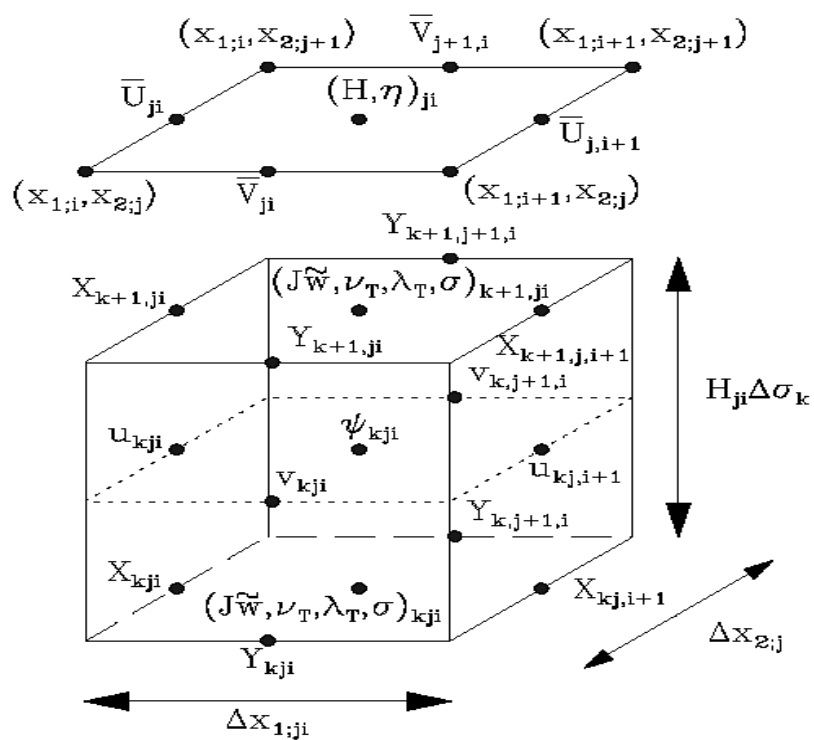


圖 4.1.1 二維及三維的格點分佈

(from COHERENS User Documentation)

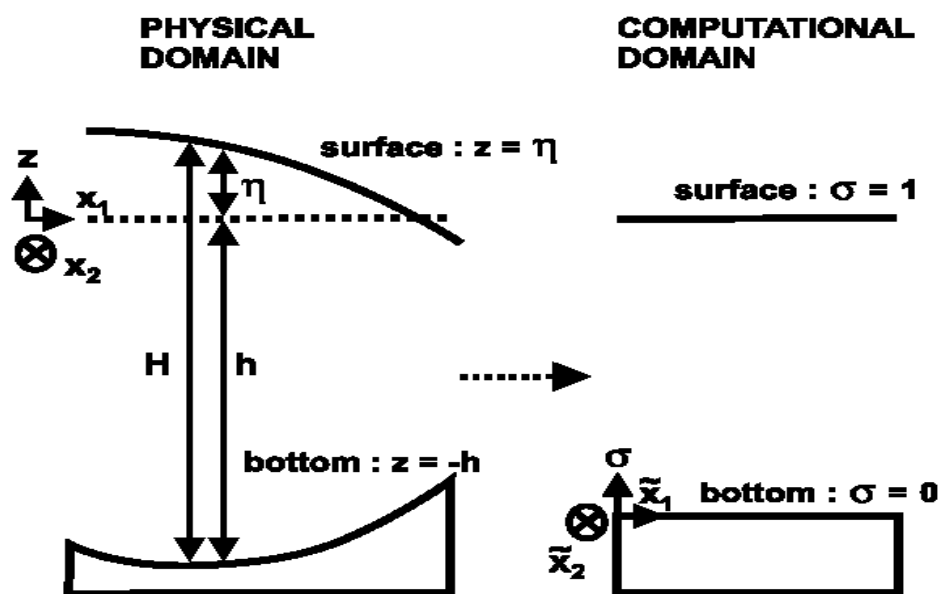


圖 4.1.2 垂直方向之 σ 座標系統

(from COHERENS User Documentation)

$(\tilde{t}, \tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{x}_3) = (t, x_1, x_2, Lf(\sigma))$ ，其中 $\sigma = \frac{x_3 + h}{H}$ ，方程式可轉換如下：

連續方程式：

$$\frac{1}{J} \frac{\partial J}{\partial t} + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1} (Ju) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2} (Jv) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3} (J\tilde{w}) = 0 \quad (4.1.10)$$

動量方程式：

$$\begin{aligned} & \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial t} (Ju) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1} (Ju^2) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2} (Juv) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3} (J\tilde{w}u) - f_v = \\ & -g \frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{x}_1} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \rho_a}{\partial \tilde{x}_1} + Q_1 + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3} \left(\frac{\nu_T}{J} \frac{\partial u}{\partial \tilde{x}_3} \right) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1} (J\tau_{11}) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2} (J\tau_{21}) \end{aligned} \quad (4.1.11)$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial t} (Jv) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2} (Jv^2) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1} (Juv) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3} (J\tilde{w}v) + f_u = \\ & -g \frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{x}_2} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \rho_a}{\partial \tilde{x}_2} + Q_2 + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3} \left(\frac{\nu_T}{J} \frac{\partial v}{\partial \tilde{x}_3} \right) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1} (J\tau_{12}) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2} (J\tau_{22}) \end{aligned} \quad (4.1.12)$$

壓力平衡方程式

$$\frac{1}{J} \frac{\partial q_d}{\partial \tilde{x}_3} = -g \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right) \quad (4.1.13)$$

其中

$$Q_i = -\frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_i} (Jq_d) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3} \left[q_d \left(\sigma \frac{\partial H}{\partial \tilde{x}_i} - \frac{\partial h}{\partial \tilde{x}_i} \right) \right]$$

$$J = H / \left(L \frac{df}{d\sigma} \right)$$

$$\tilde{w} = \frac{\partial \tilde{x}_3}{\partial t} + u \frac{\partial \tilde{x}_3}{\partial \tilde{x}_1} + v \frac{\partial \tilde{x}_3}{\partial \tilde{x}_2} + w \frac{\partial \tilde{x}_3}{\partial \tilde{x}_3}$$

4.1.1 紊流的計算

海洋流場模擬計算時，最常碰到的問題是如何在垂直交換過程中輸入一個合理的邊界層係數，通常也就是紊流系數的處理，這些系數不只影響了流場及溫鹽場計算的結果，相對地也影響了生物、沉積物及營養鹽計算的合理性，所以這些係數的給定是相當重要的。為了得到在模擬中得到合理的垂直擴散係數，有許多研究提供不同的數值方法進行演算，於 COHERENS 中也包含了數種常用的方法，最通用於海洋計算的是 2.5D Turbulence closure scheme (Mellor 和 Yamada, 1982)，這些數值方法涵蓋以下數個物理過程的影響：

- 底層摩擦力而造成的紊流
- 表層風場所造成的紊流
- 由於波和流在底層的交互作用加強底部摩擦而造成的紊流
- 季節循環造成溫度的不同產生的變化，包括斜溫層的升降
- 因河口淡水注入海水，在水層交界處引發剪應力造成的混合

4.1.2 水平擴散之計算

水平擴散係數則以通用的 Smagorinsky 參數化條件 (1963)，使用格點間隔大小設定，計算的方程式如下：

$$\nu_H = C_{m0} \Delta x_1 \Delta x_2 D_T, \quad \lambda_H = C_{s0} \Delta x_1 \Delta x_2 D_T$$

其中在模式中 C_{m0} 及 C_{s0} 之數值係數預設為相等的值，

$$D_T^2 = \left(\frac{\partial u}{\partial x_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x_2} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{\partial v}{\partial x_1} \right)^2, \quad \Delta x_1 \text{ 及 } \Delta x_2 \text{ 為格點的間隔大小。}$$

4.1.3 對流項的計算

對流項的計算會由於因為數值方法產生的誤差造成數值擴散，震盪，甚至有負值的產生，但是高階的數值方法又極為繁複耗時，所以 COHERENS 提供幾種常用的數值方法，提供使用者可以根據其應用的案例流場情況的需求，自行決定使用簡易的 Upwind scheme、Lax-Wendroff scheme，或複雜的 TVD superbee scheme 及 TVD monotonic scheme。模式預設的數值方法為第三種，即 TVD superbee scheme，此法雖然仍有些微程度的數值擴散現象，但計算結果仍然比其他三種的數值方法準確。由於計算中變數可大可小，當變數極小時，數值方法而造成的擴散過大會使得計算的結果不能呈現出合理結果，尤其是鋒面的計算，所以對流項的計算正確與否，顯得特別重要。

4.1.4 邊界條件

1. 表面邊界

水平流速的表面邊界為由風產生的剪力函數，表示如下：

$$\rho_0 \frac{v_T}{J} \left(\frac{\partial u}{\partial \tilde{x}_3}, \frac{\partial v}{\partial \tilde{x}_3} \right) = (\tau_{s1}, \tau_{s2}) = \rho_a C_D^s (U_{10}^2 + V_{10}^2)^{1/2} (U_{10}, V_{10}) \quad (4.1.14)$$

邊界其中 U_{10} 及 V_{10} 為水表面上方 10 公尺的風速， ρ_a 為空氣密度。

2. 底層

底層邊界剪力同樣也是由水平流速所造成，表示如下：

$$\frac{\rho_0 v_T}{J} \left(\frac{\partial u}{\partial \tilde{x}_3}, \frac{\partial v}{\partial \tilde{x}_3} \right) = (\tau_{b1}, \tau_{b2}) \quad (4.1.15)$$

在模式中有三種計算方式可以選擇：

- 底層無剪力
- 二次方摩擦方程式

- 線性摩擦方程式

3.開放邊界條件與陸地邊界條件

模式使用矩形格點，分成東西南北四個邊界，邊界條件可以設定為開放的海洋、河川以及陸地邊界。邊界的輸入型式分則有以下數種：

- 無水流進入
- 使用調和分析之形式輸入水位
- 使用調和分析之形式輸入流速
- 同時使用調和分析之形式輸入流速及水位

4.表層曳引係數(Surface Drag coefficient)

由前面的表層邊界敘述可以知道表面剪力主要是受到風場的吹拂而產生，其中將風速轉換成剪力最重要的就是曳引係數（drag coefficient） C_D^s 的選擇以及風速的大小。一般來說風速皆是取海表面上方 10m 之風速，而 drag coefficient 則可由前人所推算出的經驗式得到。模式提供了五種 drag coefficient 讓使用者選擇：

- 固定常數 $C_D^s = 0.0013$ (可自行設定)
- Large and Pond (1981)

$$C_D^s = 0.0012 \quad |U_{10}| < 11m/s$$

$$C_D^s = 10^{-3}(0.49 + 0.065|U_{10}|) \quad |U_{10}| \geq 11m/s$$

- Smith and Banke (1975)

$$C_D^s = 10^{-3}(0.63 + 0.066|U_{10}|)$$

- Geernaert et al. (1986)

$$C_D^s = 10^{-3}(0.43 + 0.097|U_{10}|)$$

- Charnock (1955)

$$\ln\left(\frac{z_a g}{a|U_{10}|^2}\right) - \ln C_D^s = \frac{\kappa}{(C_D^s)^{1/2}}$$

其中 $z_a = 10 \text{ m}$ ， $a = 0.014$ (Charnock's constant)

本計畫將引用觀測資料比較推算結果，擇較佳之參數。

5. 氣象參數

氣象參數包含表面風速、大氣溫度、大氣壓力、雲量遮蓋率、相對濕度、水氣蒸發量、太陽幅射能及水體能量消失等因子，表 2-1。模式中，氣象所造成之變化影響著水溫、生化反應（例如光合作用）、空氣與水表面間交換（例如氧氣交換）等變化。其中水氣蒸發量(E_{vap})、太陽幅射能 (Q_{SOL}) 及水體能量散失 (Q_{nsol})，由模擬時間、地點及氣候因素輸入方程式計算得知，其餘參數可由模擬地點當地資料提供。

$$E_{vap} = Q_{la} / L_V \quad (4.1.16)$$

其中 Q_{la} 為潛熱 (latent heat flux) 散失，

$L_V = 2.5008 \times 10^6 - 2300.T_S$ 為水氣蒸發所散失之能量 (J kg^{-1})，

T_S 為水表面之水溫 ($^{\circ}\text{C}$)。

$$Q_{SOL} = Q_{CS}(1 - 0.62f_C + 0.0019\gamma_{\theta, \max})(1 - A_S) \quad (4.1.17)$$

$$Q_{nsol} = Q_{la} + Q_{se} + Q_{lw} \quad (4.1.18)$$

Q_{CS} 為晴朗天氣下之總幅射能， f_C 為雲量遮蓋率 (0~1)， $\gamma_{\theta, \max}$ 為太陽在中午時之高角度， A_S 為水表面之反射率，一般海表面為 0.06。

4.1.5 其他特色

為了加快計算的進行，COHERENS 使用 Mode Splitting 方法。由於密度所造成內部重力波的傳遞並不像表面重力波那麼明顯，將受重力波速度限制的水深平均正壓模組（主要為水位變化）與受斜壓主導（主要為溫度、鹽度等之變化）的垂直循環分開計算。如此，雖然正壓模式因時間步長必須滿足數值穩定條件的限制，但是僅需計算一層，所以可使計算速度加快；每隔一段時間後，再以正壓模組計算之水位代入斜壓模組計算其垂直流場的變化。溫度及鹽度的傳輸模式亦同時以更新的垂直流場重新計算其溫、鹽場的分佈狀況。

表 4.1.1 即為 COHERENS 使用之參數，整體說來，COHERENS 中的水動力模組包含了以下數個特色：

1. 採用 Mode-splitting 的方法計算動量及連續方程式，加快計算的時間。
2. 溫度場及鹽度場的模擬。
3. 包含了光照的影響，表層水體因光照而產生的溫度變化可加入模式中。
4. 在動量及紊流方程式中密度的影響藉由 equation of state 來計算。
5. 紊流的影響藉由數種不同的演算法而獲得。
6. 包括了表面風場的影響。
7. 包含波流交互作用所造成底部剪應力的加強所造成的影響。
8. 利用不同的演算法來避免計算對流項時所造成的數值擴散。

表 4.1.1 COHERENS 中使用之參數

ν_T, λ_T	垂直渦流 (eddy) 黏滯係數
ν_H, λ_H	水平擴散係數
ρ	水體密度 (kg/m^3)
ρ_0	reference density (kg m^{-3})
F	科氏力
G	重力加速度 (m/s^2)
u, v, w	x、y 及 z 方向流速 (m/s)
x_1, x_2, x_3	代表 X、Y、Z 方向
H	水深 (m)
ζ	水位變化 (m)
H	$h + \zeta$
T	時間
p_a	大氣壓力 (N/m^2)
C_D^s	拖曳係數
ρ_a	空氣密度 (kg/m^3)
U_{10}, V_{10}	x 及 y 方向風速 (m/s)
Q_{sol}	太陽幅射能 (Wm^{-2})
Q_{nsol}	水體能量散失 (Wm^{-2})
Q_{la}	潛熱散失
Q_{se}	水表面之熱交換
Q_{lw}	長波幅射散失

4.1.6 COHERENS 運算流程

COHERENS 計算流程分為兩部分，一為產生初始值之前處理流程，如圖 4.1.3，一為計算流程，如圖 4.1.4。

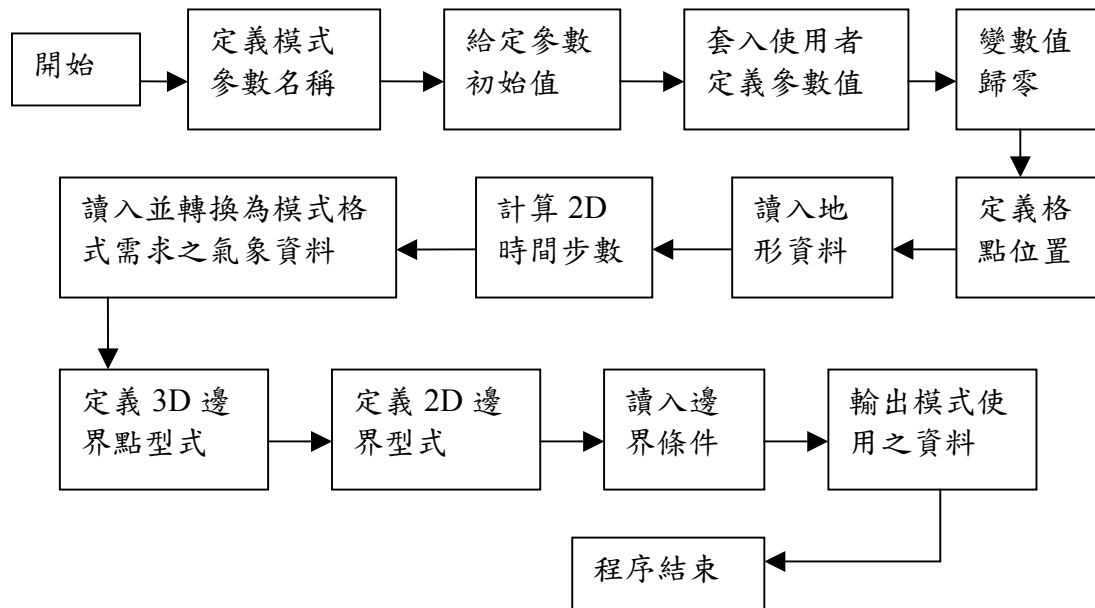


圖 4.1.3 COHERENS 前處理流程

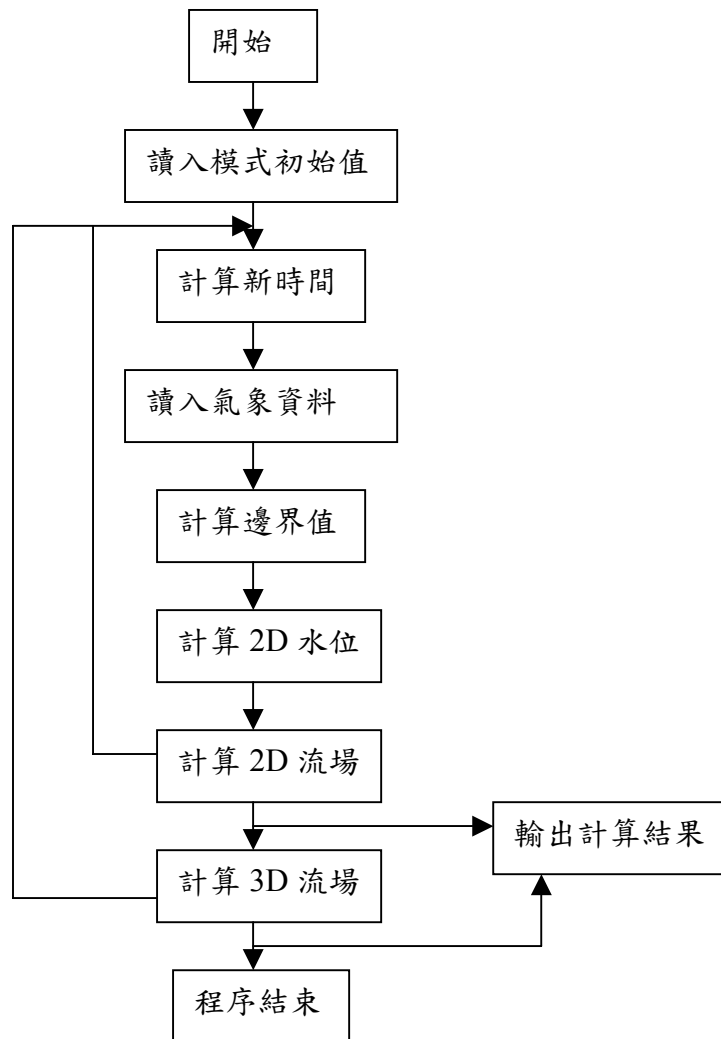


圖 4.1.4 COHERENS 計算流程

4.1.7 二維水位計算

由於二維水平動力模式計算較為迅速，且潮波運動是以重力波的形式傳遞，所以水位模擬可以二維水深平均的動力行為計算。由於二維模式的基本假設為垂直流速較水平流速小很多，因此垂直方向的變化可以忽略，將水深平均流速定義如下：

$$(\bar{U}, \bar{V}) = \int_0^L (u, v) d\tilde{x}_3 \quad (4.1.19)$$

所以二維水平動力控制方程式可以簡化為：

動量方程式

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial \overline{U}}{\partial \tilde{t}} + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_1}} \left(\frac{\overline{U}^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_2}} \left(\frac{\overline{V} \overline{U}}{H} \right) + f \overline{V} = \\
& -gH \frac{\partial \zeta}{\partial \widetilde{x_1}} - \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial \widetilde{x_1}} + \overline{Q_1} + \frac{1}{\rho_0} (\tau_{s1} - \tau_{b1}) + \frac{\partial \overline{\tau_{11}}}{\partial \widetilde{x_1}} + \frac{\partial \overline{\tau_{21}}}{\partial \widetilde{x_2}} - \overline{A_1}^h + \overline{D_1}^h
\end{aligned} \tag{4.1.20}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial \overline{V}}{\partial \tilde{t}} + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_1}} \left(\frac{\overline{U} \overline{V}}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_2}} \left(\frac{\overline{V}^2}{H} \right) - f \overline{U} = \\
& -gH \frac{\partial \zeta}{\partial \widetilde{x_2}} - \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial \widetilde{x_2}} + \overline{Q_2} + \frac{1}{\rho_0} (\tau_{s2} - \tau_{b2}) + \frac{\partial \overline{\tau_{12}}}{\partial \widetilde{x_1}} + \frac{\partial \overline{\tau_{22}}}{\partial \widetilde{x_2}} - \overline{A_2}^h + \overline{D_2}^h
\end{aligned} \tag{4.1.21}$$

連續方程式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{t}} + \frac{\partial \overline{U}}{\partial \widetilde{x_1}} + \frac{\partial \overline{V}}{\partial \widetilde{x_2}} = 0 \tag{4.1.22}$$

其中

$$(\overline{Q_1}, \overline{Q_2}) = \int_0^L J(Q_1, Q_2) dz$$

$$\tau_{11} = 2\overline{v_H} \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_1}} \left(\frac{\overline{U}}{H} \right)$$

$$\tau_{21} = \tau_{12} = \overline{v_H} \left[\frac{\partial}{\partial \widetilde{x_2}} \left(\frac{\overline{U}}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_1}} \left(\frac{\overline{V}}{H} \right) \right]$$

$$\tau_{22} = 2\overline{v_H} \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_2}} \left(\frac{\overline{V}}{H} \right)$$

$$\overline{v_H} = \int_0^L v_H J d\widetilde{x_3}$$

$$\overline{A_1}^h = \int_0^L \left[\frac{\partial}{\partial \widetilde{x_1}} (J u'^2) + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_2}} (J u' v') \right] d\widetilde{x_3}$$

$$\overline{A_2}^h = \int_0^L \left[\frac{\partial}{\partial \widetilde{x_1}} (J u' v') + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_2}} (J v'^2) \right] d\widetilde{x_3}$$

$$\overline{D_1}^h = \int_0^L \left\{ \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_1}} \left(2v_H J \frac{\partial u'}{\partial \widetilde{x_1}} \right) + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_2}} \left[v_H J \left(\frac{\partial u'}{\partial \widetilde{x_2}} + \frac{\partial v'}{\partial \widetilde{x_1}} \right) \right] \right\} d\widetilde{x_3}$$

$$\overline{D_2^h} = \int_0^L \left\{ \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_2}} \left(2\nu_H J \frac{\partial v'}{\partial \widetilde{x_1}} \right) + \frac{\partial}{\partial \widetilde{x_1}} \left[\nu_H J \left(\frac{\partial u'}{\partial \widetilde{x_2}} + \frac{\partial v'}{\partial \widetilde{x_1}} \right) \right] \right\} d\widetilde{x_3}$$

$$(u', v') = (u - \overline{U}/H, v - \overline{V}/H)$$

實際計算由於模式範圍相當大，為避免圓曲率的誤差，所以需將卡氏座標轉換成球面座標，網格格點皆是以經緯度來表示，二維水動力控制方程式改寫如下：

動量方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial \overline{U}}{\partial \widetilde{t}} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left(\frac{\overline{U}^2}{H} \right) + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\cos \phi \frac{\overline{V} \overline{U}}{H} \right) - \frac{\tan \phi}{R} \frac{\overline{U} \overline{V}}{H} = \\ 2\Omega \sin \phi \overline{V} - \frac{H}{R \cos \phi} \left(g \frac{\partial \zeta}{\partial \lambda} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial \lambda} \right) + \overline{Q_\lambda} + \frac{1}{\rho_0} (\tau_{s\lambda} - \tau_{b\lambda}) + \\ \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial \overline{\tau_{\lambda\lambda}}}{\partial \lambda} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (\cos \phi \overline{\tau_{\phi\lambda}}) - \frac{\tan \phi}{R} \overline{\tau_{\phi\lambda}} - \overline{A_\lambda^h} + \overline{D_\lambda^h} \end{aligned} \quad (4.1.23)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \overline{V}}{\partial \widetilde{t}} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left(\frac{\overline{V} \overline{U}}{H} \right) + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\cos \phi \frac{\overline{V}^2}{H} \right) + \frac{\tan \phi}{R} \frac{\overline{U}^2}{H} = \\ -2\Omega \sin \phi \overline{U} - \frac{H}{R} \left(g \frac{\partial \zeta}{\partial \phi} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial \phi} \right) + \overline{Q_\phi} + \frac{1}{\rho_0} (\tau_{s\phi} - \tau_{b\phi}) + \\ \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial \overline{\tau_{\lambda\phi}}}{\partial \lambda} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (\cos \phi \overline{\tau_{\phi\phi}}) + \frac{\tan \phi}{R} \overline{\tau_{\lambda\phi}} - \overline{A_\lambda^h} + \overline{D_\lambda^h} \end{aligned} \quad (4.1.24)$$

連續方程式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial \widetilde{t}} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial \overline{U}}{\partial \lambda} + \frac{1}{R \cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (\cos \phi \overline{V}) = 0 \quad (4.1.25)$$

本計畫西太平洋大範圍模式之潮汐邊界條件是利用全球潮汐模式 (Schwiderski, 1982) 資料產生邊界上各點之分潮振幅及相位，使用分潮為 O1、P1、Q1 及 K1 四個主要全日潮以及 N2、M2、S2 及 K2 四個主要半日潮，共 8 個分潮重組後輸入邊界。

風場及氣壓場輸入部分，去年度由於推算的颱風期間還未取得中央氣象局提供之動態預報風場，因此仍舊使用傳統之颱風風場模式模擬颱風時的風場及氣壓場，今年度已取得中央氣象局動態風場，為配

合上線作業，均以此作為模式風場及氣壓的輸入值，圖 4.1.5 為中央氣象局之動態風場資料氣壓場分佈圖範例。

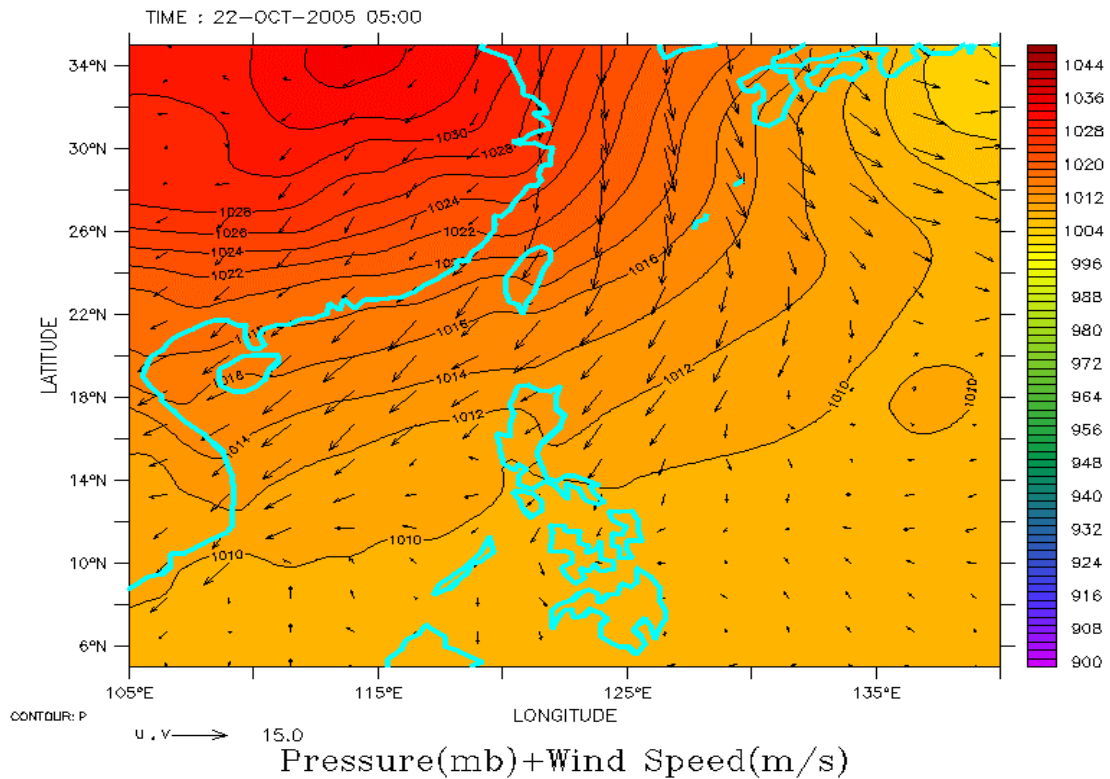


圖 4.1.5 氣象局之動態風場氣壓場

(根據中央氣象局預報資料繪製)

4.1.8 臺灣環島水位及海流計算

由於三維水動力模式需要的計算時間相當的長，以目前單一 PC 的運算速度來說，要當作預報模式是不可行的，所以在三維水動力模式部分僅為初步建置，主要目標仍是將二維水動力模式上線。臺灣環島二維水位及海流模式，此部分為水深平均流速，主要驅動力為潮汐及風驅流，並無洋流的輸入。目前模式計算網格大小為 10 分解析度，時間步長為 20 秒。

4.2 臺灣七個主要港口近岸海流模式

4.2.1 控制方程式

描述三維大範圍區域之流場在壓力為靜水壓之假設下其動量及連續方程式可表出為 (Leendertse, Alexander and Liu (1973))。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = fv - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) \quad (4.2.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -fu - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) \quad (4.4.2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} + \rho g = 0 \quad (4.2.3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4.2.4)$$

座標原點是在靜水位上， z 軸向上為正； u, v, w 分別為 x, y, z 三個方向之流速， f 為柯氏力 (Coriolis force) 係數； p 為壓力； ρ 為流體之密度在文中設為常數； g 為重力常數； $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yx}, \tau_{yy}, \tau_{yz}$ 為流體剪應力，第二個下標表示剪應力所在平面與之垂直之座標軸，第一個下標表示剪應力之方向。在水深積分模式中，式(4.2.1)~(4.2.3)水深方向流速 w 之值已假設遠小於水平方向流速 u 和 v 。有關大範圍流場中各物理量值的大小以及在動量方程式和連續方程式中各項值大小之說明可參閱 Pond and Pickard (1975)。

流場變數 x 之平均量可定義為

$$\overline{X} = \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} X dz \quad (4.2.5)$$

h 為水深其高程由 η 至 $-h$ 。式中之 X 分別令為 $u, v, \tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ 則可得

$\overline{u}, \overline{v}, \overline{\tau_{xx}}, \overline{\tau_{xy}}, \overline{\tau_{yy}}$ 之定義式子。利用式(4.2.5)之水深積分平均觀念，式(4.2.1)

之動量方程式其各項水深積分平均式可表示為

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \frac{\partial u}{\partial t} dz \cong \frac{\partial}{\partial t} \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} u dz = \frac{\partial \overline{u}}{\partial t} \quad (4.2.6)$$

式中 η, h 均假設不為時間函數。

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} u \frac{\partial u}{\partial x} dz \cong \overline{u} \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \frac{\partial u}{\partial x} dz = \overline{u} \frac{\partial \overline{u}}{\partial x} \quad (4.2.7)$$

式中假設速度 u 在此水深中之變化可忽略，且 η, h 不隨 x 而變化。

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} v \frac{\partial u}{\partial y} dz \cong \overline{v} \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \frac{\partial u}{\partial y} dz = \overline{v} \frac{\partial \overline{u}}{\partial y} \quad (4.2.8)$$

式中同樣地假設速度 v 在此水深中之變化可忽略，且 η, h 不為 y 的函數。

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} w \frac{\partial u}{\partial z} dz \cong \overline{w} \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \frac{\partial u}{\partial z} dz = \frac{\overline{w}}{h} \frac{\partial \overline{u}}{\partial z} (u|_{\eta} - u|_{-h}) \quad (4.2.9)$$

式中對於柯氏力則可表為

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} f v dz \cong f \overline{v} \quad (4.2.10)$$

如同前面說明之假設，剪應力項可表出為

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} dz \cong \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \tau_{xx} dz = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \overline{\tau_{xx}}}{\partial x} \quad (4.2.11)$$

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} dz \cong \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial y} \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \tau_{xy} dz = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \overline{\tau_{xy}}}{\partial y} \quad (4.2.12)$$

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} dz \cong \frac{1}{\rho} \frac{1}{h} (\tau_{xz}|_{\eta} - \tau_{xz}|_{-h}) \quad (4.2.13)$$

至於式(4.2.1)和式(4.2.2)中之壓力梯度(gradient)項則可作以下處理。式

(4.2.3)對水深積分

$$\int_{-h}^{\eta} \frac{\partial P}{\partial z} dz = - \int_{-h}^{\eta} \rho g dz \Rightarrow P|_{z=\eta} - P = \rho g z - \rho g \eta \quad (4.2.14)$$

設壓力在自由水面上($z = \eta$)相對為零，則得

$$P = \rho g (\eta - z) \quad (4.2.15)$$

式(4.2.15)和式(4.2.1)代入式(4.2.5)得

$$\frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} dz = \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{\rho} \rho g \frac{\partial \eta}{\partial x} dz = \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} g \frac{\partial \eta}{\partial x} dz = g \frac{\partial \eta}{\partial x} \quad (4.2.16)$$

由上述之推導，以水深積分觀念，則式(4.2.1)之動量方程式可改寫為

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\bar{w}}{h} (u|_{z'} - u|_z) \\ = f \bar{v} - g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \overline{\tau_{xx}}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{\tau_{xy}}}{\partial y} \right) + \frac{1}{\rho h} (\tau_{xz}|_{z'} - \tau_{xz}|_z) \end{aligned} \quad (4.2.17)$$

同理，式(4.2.2)之動量方程式可改寫為

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\bar{w}}{h} (v|_{z'} - v|_z) \\ = f \bar{u} - g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \overline{\tau_{yy}}}{\partial x} + \frac{\partial \overline{\tau_{xy}}}{\partial y} \right) + \frac{1}{\rho h} (\tau_{yz}|_{z'} - \tau_{yz}|_z) \end{aligned} \quad (4.2.18)$$

利用式(4.2.5)水深積分觀念，代入連續方程式(4.2.4)可表示為

$$\begin{aligned}
\frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) dz &\cong \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{\rho} \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} u dz + \frac{\partial}{\partial y} \frac{1}{\rho} \frac{1}{h} \int_{-h}^{\eta} v dz + \frac{1}{h} (w|_{\eta} - w|_{-h}) \\
&= \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{1}{h} (w|_{\eta} - w|_{-h}) \\
&= 0
\end{aligned}$$

故上式可另寫為

$$w|_{-h} = w|_{\eta} + h \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right) \quad (4.2.19)$$

由式(4.2.19)配合使用底床運動條件可利用水平速度表出垂直速度得

$$w|_{\eta} = -h \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right) \quad (4.2.20)$$

由自由水面之線性化運動條件得

$$w|_{\eta} = \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad (4.2.21)$$

式(4.2.21)代入式(4.2.20)得

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -h \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right) \quad (4.2.22)$$

4.2.2 水深積分有限元素方程式

利用有限元素法可將前述水深積分表示式改寫成有限元素方程式。由有限元素法流場水深變量可表為

$$\bar{X} = \Phi_{\alpha} X_{\alpha} \quad (4.2.23)$$

式中 Φ_{α} 表元素之形狀函數；希臘字母下標 α 表元素上第 α 個節點；由此以下重覆出現希臘字母均代表累加其上下限由 1 至元素上之節點個數。利用式(4.2.23)代入式(4.2.17)式(4.2.18)和式(4.2.22)並運用 Galerkin

加權殘差法及部分積分觀念把剪應力項之微分階數降低一階可得速度 $\bar{u}$ 和 $\bar{v}$ 及水位變化 η 之對時間的一階常微分方程式。

$$\left[M_{\alpha\beta} \right] \left\{ \dot{u}_\beta \right\} = \left\{ F_\alpha^x \right\} - g \left\{ N_{\alpha\beta}^x \right\} \left\{ \eta_\beta \right\} \quad (4.2.24)$$

$$\left[M_{\alpha\beta} \right] \left\{ \dot{v}_\beta \right\} = \left\{ F_\alpha^y \right\} - g \left\{ N_{\alpha\beta}^y \right\} \left\{ \eta_\beta \right\} \quad (4.2.25)$$

$$\left[M_{\alpha\beta} \right] \left\{ \dot{\eta}_\beta \right\} = \left\{ F_\alpha^z \right\} \quad (4.2.26)$$

代入式(4.2.24)式(4.2.25) 和式(4.2.26)中之係數分別為

$$M_{\alpha\beta} = \int_{\Omega} \Phi_\alpha \Phi_\beta d\Omega \quad (4.2.27)$$

$$K_{\alpha\beta\gamma} = \int_{\Omega} \Phi_\alpha \Phi_\beta \Phi_\gamma d\Omega \quad (4.2.28)$$

$$K_{\alpha\beta\gamma}^x = \int_{\Omega} \Phi_\alpha \Phi_\beta \Phi_{\gamma,x} d\Omega \quad (4.2.29)$$

$$K_{\alpha\beta\gamma}^y = \int_{\Omega} \Phi_\alpha \Phi_\beta \Phi_{\gamma,y} d\Omega \quad (4.2.30)$$

$$N_{\alpha\beta}^x = \int_{\Omega} \Phi_\alpha \Phi_{\beta,x} d\Omega \quad (4.2.31)$$

$$N_{\alpha\beta}^y = \int_{\Omega} \Phi_\alpha \Phi_{\beta,y} d\Omega \quad (4.2.32)$$

$$S_{\alpha\beta}^{xx} = 2 \int_{\Omega} \Phi_{\alpha,x} \Phi_{\beta,x} d\Omega + \int_{\Omega} \Phi_{\alpha,y} \Phi_{\beta,y} d\Omega \quad (4.2.33)$$

$$S_{\alpha\beta}^{yy} = \int_{\Omega} \Phi_{\alpha,x} \Phi_{\beta,x} d\Omega + 2 \int_{\Omega} \Phi_{\alpha,y} \Phi_{\beta,y} d\Omega \quad (4.2.34)$$

$$S_{\alpha\beta}^{xy} = \int_{\Omega} \Phi_{\alpha,x} \Phi_{\beta,y} d\Omega \quad (4.2.35)$$

$$S_{\alpha\beta}^{yx} = \int_{\Omega} \Phi_{\alpha,y} \Phi_{\beta,x} d\Omega \quad (4.2.36)$$

$$T_\beta^x = \left(\tau_{xz} \Big|_z \right)_\beta \quad (4.2.37)$$

$$T_{\beta}^y = \left(\tau_{yz} \Big|_z \right)_{\beta} \quad (4.2.38)$$

$$R_{\alpha}^x = \frac{1}{\rho} \int_{\Gamma} \Phi_{\alpha} \bar{\tau}_{xx} n_x d\Gamma + \frac{1}{\rho} \int_{\Gamma} \Phi_{\alpha} \bar{\tau}_{xy} n_y d\Gamma \quad (4.2.39)$$

$$R_{\alpha}^y = \frac{1}{\rho} \int_{\Gamma} \Phi_{\alpha} \bar{\tau}_{xy} n_x d\Gamma + \frac{1}{\rho} \int_{\Gamma} \Phi_{\alpha} \bar{\tau}_{yy} n_y d\Gamma \quad (4.2.40)$$

$$\begin{aligned} F_{\alpha}^x = & -K_{\alpha\beta\gamma}^x \bar{u}_{\beta} \bar{u}_{\gamma} - K_{\alpha\beta\gamma}^y \bar{v}_{\beta} \bar{u}_{\gamma} - \frac{1}{h} K_{\alpha\beta\gamma} \bar{w}_{\beta} \left(\bar{u}_{\gamma}' - \bar{u}_{\gamma} \right) \\ & + f M_{\alpha\beta} \bar{v}_{\beta} - \frac{A_1}{\rho} S_{\alpha\beta}^{xx} \bar{u}_{\beta} - \frac{A_1}{\rho} S_{\alpha\beta}^{yx} \bar{v}_{\beta} + \frac{1}{\rho h} M_{\alpha\beta} T_{\beta}^x + R_{\alpha}^x \end{aligned} \quad (4.2.41)$$

$$\begin{aligned} F_{\alpha}^y = & -K_{\alpha\beta\gamma}^x \bar{u}_{\beta} \bar{v}_{\gamma} - K_{\alpha\beta\gamma}^y \bar{v}_{\beta} \bar{v}_{\gamma} - \frac{1}{h} K_{\alpha\beta\gamma} \bar{w}_{\beta} \left(\bar{v}_{\gamma}' - \bar{v}_{\gamma} \right) \\ & + f M_{\alpha\beta} \bar{u}_{\beta} - \frac{A_1}{\rho} S_{\alpha\beta}^{xy} \bar{u}_{\beta} - \frac{A_1}{\rho} S_{\alpha\beta}^{yy} \bar{v}_{\beta} + \frac{1}{\rho h} M_{\alpha\beta} T_{\beta}^y + R_{\alpha}^y \end{aligned} \quad (4.2.42)$$

$$F_{\alpha}^z = -h \left(N_{\alpha\beta}^x \bar{u}_{\beta} + N_{\alpha\beta}^y \bar{v}_{\beta} \right) \quad (4.2.43)$$

其中 Ω 為元素之領域， Γ 為元素之邊界；下標 x 及 y 分別對 x 及 y 微分； n_x 及 n_y 則分別為元素邊界單位法線向量在 x 及 y 方向之分量。

4.2.3 線性三角形有限元素

本文中計算所使用之有限元素為線性三角形元素，取其三角形較之四邊形元素更能有效地模擬欲計算流場之任意地形，以及由元素計算之控制方程式係數能夠直接積分求得。使用面積座標之線性三角形元素其形狀函數為

$$\Phi_{\alpha} = \xi_{\alpha}; \alpha = 1, 2, 3 \quad (4.2.44)$$

式中 ξ_{α} ， $\alpha = 1, 2, 3$ 為描述三角形面積座標的三個座標。其使用於元素計算之相關積分公式為

$$\int_{\Omega} \xi_1^i \xi_2^j \xi_3^k d\Omega = \frac{i! j! k!}{(i + j + k + 2)!} 2a \quad (4.2.45)$$

利用式(4.2.45)則控制方程式之係數式(4.2.27)～(4.2.36)可直接積分求得

$$M_{\alpha\beta} = \begin{cases} \frac{a}{6} & ; \alpha = \beta \\ \frac{a}{12} & ; \alpha \neq \beta \end{cases} \quad (4.2.46)$$

$$K_{\alpha\beta\gamma} = \begin{cases} \frac{a}{10} & ; \alpha = \beta = \gamma \\ \frac{a}{30} & ; \alpha = \beta \text{ or } \beta = \gamma \text{ or } \alpha = \gamma \\ \frac{a}{60} & ; \alpha \neq \beta \neq \gamma \end{cases} \quad (4.2.47)$$

$$K_{\alpha\beta\gamma}^x = M_{\alpha\beta} b_\gamma \quad (4.2.48)$$

$$K_{\alpha\beta\gamma}^y = M_{\alpha\beta} c_\gamma \quad (4.2.49)$$

$$N_{\alpha\beta}^x = \frac{a}{3} b_\beta \quad (4.2.50)$$

$$N_{\alpha\beta}^y = \frac{a}{3} c_\beta \quad (4.2.51)$$

$$S_{\alpha\beta}^{xx} = a(2b_\alpha b_\beta + c_\alpha c_\beta) \quad (4.2.52)$$

$$S_{\alpha\beta}^{yy} = a(b_\alpha b_\beta + 2c_\alpha c_\beta) \quad (4.2.53)$$

$$S_{\alpha\beta}^{xy} = ab_\alpha c_\beta \quad (4.2.54)$$

$$S_{\alpha\beta}^{yx} = ac_\alpha b_\beta \quad (4.2.55)$$

式中 a 為三角形元素之面積可表出為

$$a = \frac{D}{2} = \frac{1}{2} \det \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix} \quad (4.2.56)$$

式中 (x_1, y_1) ， (x_2, y_2) 和 (x_3, y_3) 分別為三角形元素的三個頂點座標，依次取逆時針方向順序。

$$b_n = \frac{1}{D}(y_1 - y_m) \quad (4.2.57)$$

$$c_m = \frac{1}{D}(x_1 - x_n) \quad (4.2.58)$$

式中 1,m,n 分別從 1 到 3，而 $(1,m,n)$ 為 $(1,2,3)$ 之排列順序。利用式(4.2.46)～(4.2.58)可直接計算控制方程式(4.2.24)～(4.2.26)中之係數免除使用數值積分，對此一控制方程式含項數較多之問題可節省不少數值計算時間。

式(4.2.24)～(4.2.26)為對時間之一階常微分方程，可利用 Taylor 展開對時間做處理，在水位的部分採用顯式法，則式(4.2.26)可寫成

$$[M_{\alpha\beta}]\{\eta_\beta\}^{n+1} = [M_{\alpha\beta}]\{\eta_\beta\}^n + \Delta t\{F_\alpha^z\}^n \quad (4.2.59)$$

在流速的部分為讓程式更穩定故採用隱式法，則式(4.2.24)和式(4.2.25)可寫成

$$[M_{\alpha\beta}]\{\bar{u}_\beta\}^{n+1} - \Delta t\{F_\alpha^x\}^{n+1} = [M_{\alpha\beta}]\{\bar{u}_\beta\}^n - g[N_{\alpha\beta}^x]\{\eta_\beta\}^{n+1} \quad (4.2.60)$$

$$[M_{\alpha\beta}]\{\bar{v}_\beta\}^{n+1} - \Delta t\{F_\alpha^y\}^{n+1} = [M_{\alpha\beta}]\{\bar{v}_\beta\}^n - g[N_{\alpha\beta}^y]\{\eta_\beta\}^{n+1} \quad (4.2.61)$$

求解式(4.2.59)可得 $\{\eta_\beta\}^{n+1}$ ，再聯立式(4.2.60)和式(4.2.61)可求得 $\{\bar{u}_\beta\}^{n+1}$ 及 $\{\bar{v}_\beta\}^{n+1}$ 。

4.2.4 七個主要商港模擬範圍

由於近岸水位及流場之變化實際上受到潮汐、洋流、風力、氣壓及波浪等外力影響，為能準確地模擬各港口海域之潮汐及流場特性，本計畫將蒐集整理計畫中需要用到的各港口海象觀測資料，包括海域水深地形、潮位、海流及風場等海象資料。本年度主要針對各港口水深地形、潮位及海流進行蒐集與分析，相關資料蒐集與分析結果詳述如下。

本計畫近岸區域水動力數值模擬主要研究對象為基隆港、臺北港、臺中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等國內七大港口，其地理相關位置如圖 4.2.1 所示。由於本計畫近岸區域水動力模式主要模擬各港口港內、外潮汐水位及流場之變化情形，因此各港口模擬範圍之選取主要以各港口為中心，配合海岸線及地形水深變化進行規劃，離岸之開放邊界則儘量與海岸線平行。基於此，本計畫各港口水動力模式模擬範圍大小在沿岸方向約介於 20km~30km 之間，離岸距離在各港口約介於 10km~15km 之間。

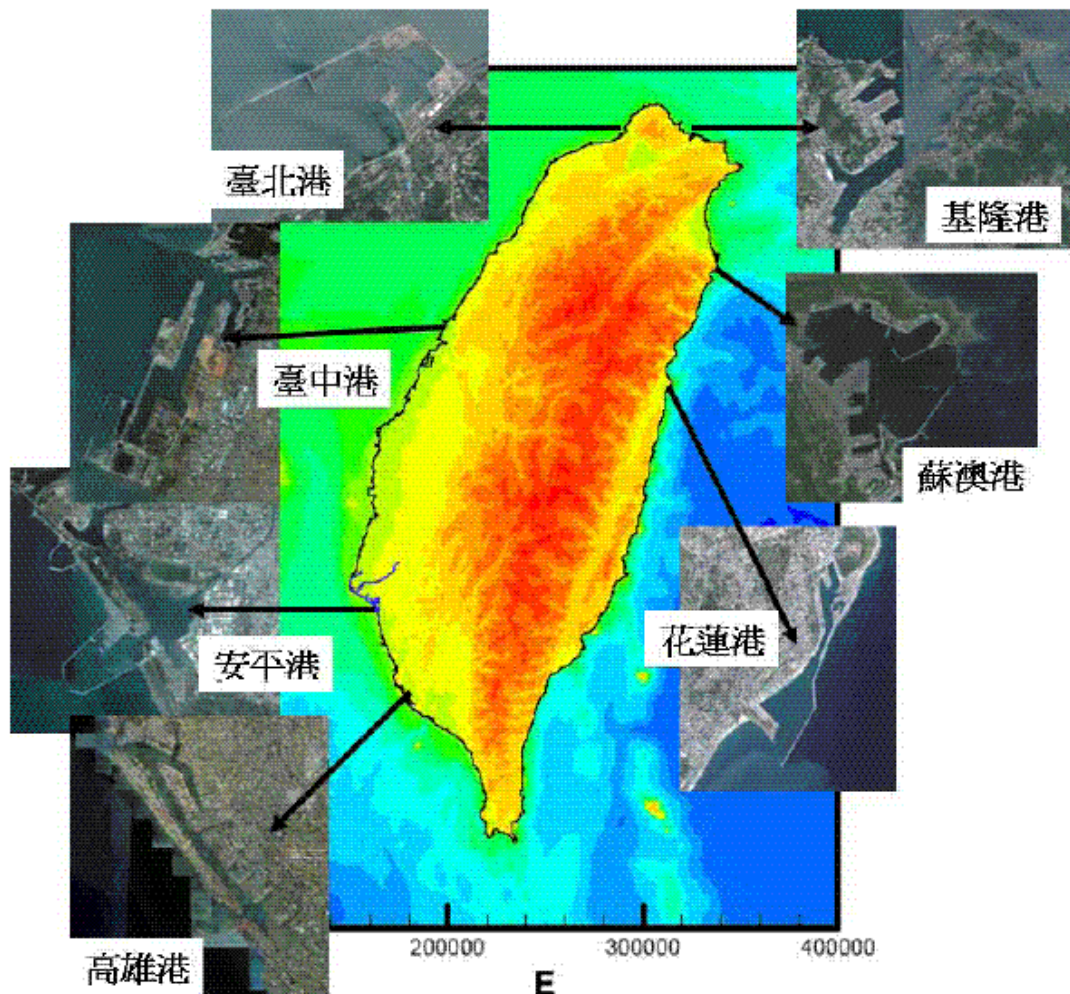


圖 4.2.1 國內七大港口地理位置及港區示意圖

(1)基隆港

基隆港位於台灣最北端，北臨太平洋，基隆嶼及和平島屏障於外，東西兩側分別與臺北縣瑞芳鎮及萬里鄉相鄰。基隆港模擬範圍東起臺北縣瑞芳鎮，西至臺北縣萬里鄉。模式所需之水深資料係依據海軍測量局出版之海圖(編號為 0353A 與 04513)建立數化水深資料，並將經緯度座標系統轉換成 TW67 二度分帶座標系統(以下各港口座標系統均採用 TW67)。圖 4.2.2 所示為基隆港水動力模式模擬範圍及其水深分佈

圖，顯示東側邊界水深變化相當複雜。由於基隆港水動力模式模擬範圍內僅有基隆港潮位站(位於東經 $121^{\circ}45'05''$ 、北緯 $25^{\circ}09'18''$)一處，而其鄰近潮位站分別位於東經 $121^{\circ}55'05''$ 、北緯 $25^{\circ}05'51''$ 之龍洞觀測站及東經 $121^{\circ}30'38''$ 、北緯 $25^{\circ}17'04''$ 處之麟山鼻觀測站，如圖 4.2.3 所示。本計畫除了蒐集基隆港內之潮流觀測資料外，亦將蒐集上述二潮位站觀測資料進行潮位調和分析，以做為建立基隆港水動力模式邊界條件之依據。此外，本計畫亦蒐集基隆港港外水位及海流觀測資料以做為模式模擬結果之驗證依據。

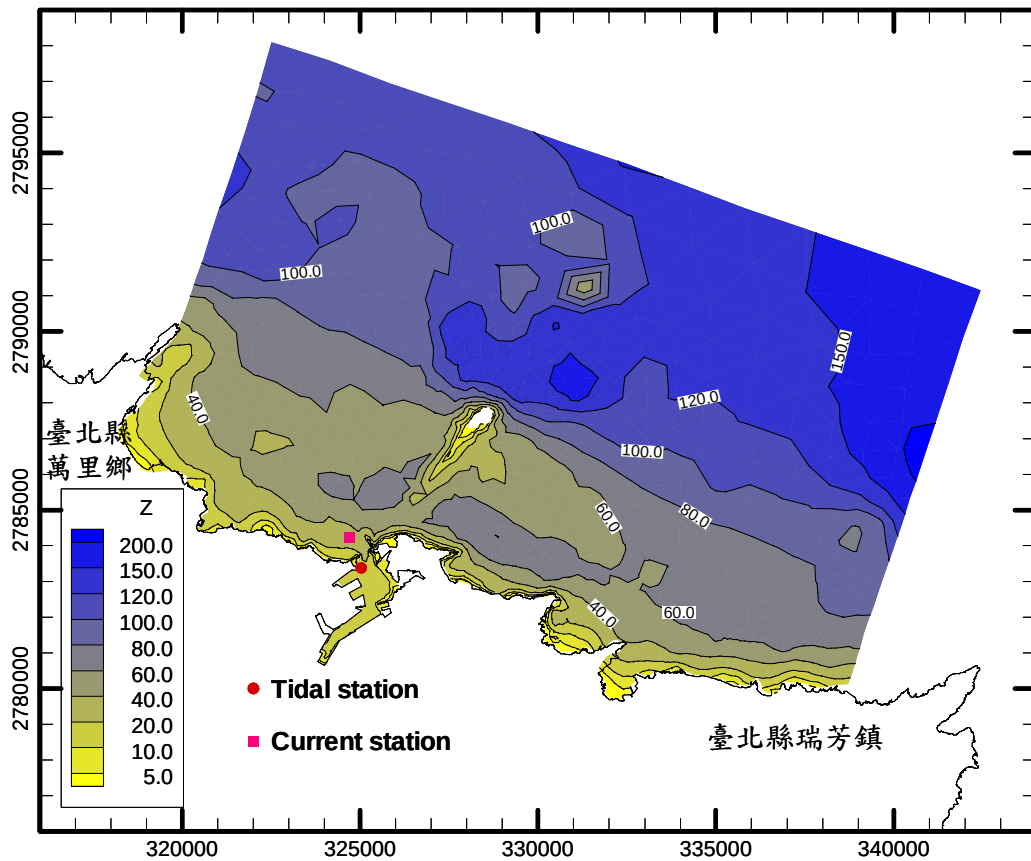


圖 4.2.2 基隆港模擬範圍及水深分佈圖

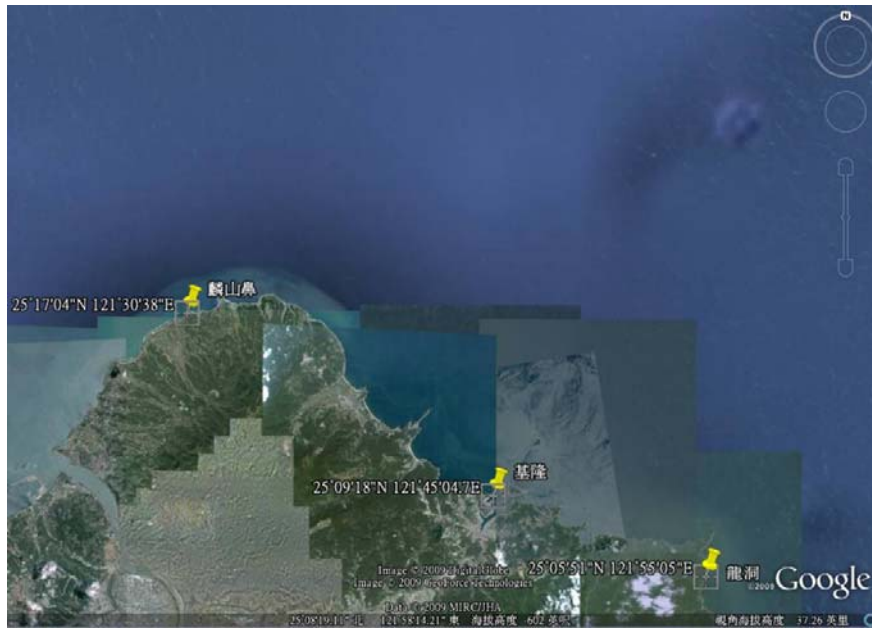


圖 4.2.3 基隆港周邊潮位站位置圖

(2) 臺北港

臺北港位置位於臺灣北端淡水河口西南岸，以觀音山為屏障，濱臨臺灣海峽。臺北港水動力模式模擬範圍與水深分佈如圖 4.2.4 所示，其中模擬範圍北起臺北縣三芝鄉麟山鼻潮位觀測站附近，南至桃園縣蘆竹鄉竹圍漁港附近；圖中水深分佈主要依據海軍測量局出版之海圖(編號 04512 與 04513)建立的，至於臺北港港內及港口附近水深則依據臺北港 96 年度水深量測資料修正。除了臺北港港內設有潮位觀測站外，鄰近臺北港在其北側東經 $121^{\circ}30'38''$ 、北緯 $25^{\circ}17'04''$ 之位置中央氣象局設有麟山鼻潮位站，在其南邊東經 $121^{\circ}14'07''$ 、北緯 $25^{\circ}07'12''$ 之位置則有竹圍漁港潮位站，如圖 4.2.5 所示。此外，淡水河口北側中央氣象局亦設置淡水潮位站。本計畫將蒐集上述各潮位站之觀測資料進行潮位調和分析，以做為建立臺北港水動力模式開放邊界之邊界條件依據；而緊鄰臺北港之水位及海流觀測站位於東經 $121^{\circ}22'41''$ 、北緯 $25^{\circ}10'44''$ (為港灣技術研究中心負責)，其所觀測之水位及海流資料將提供模式模擬結果驗證之依據。

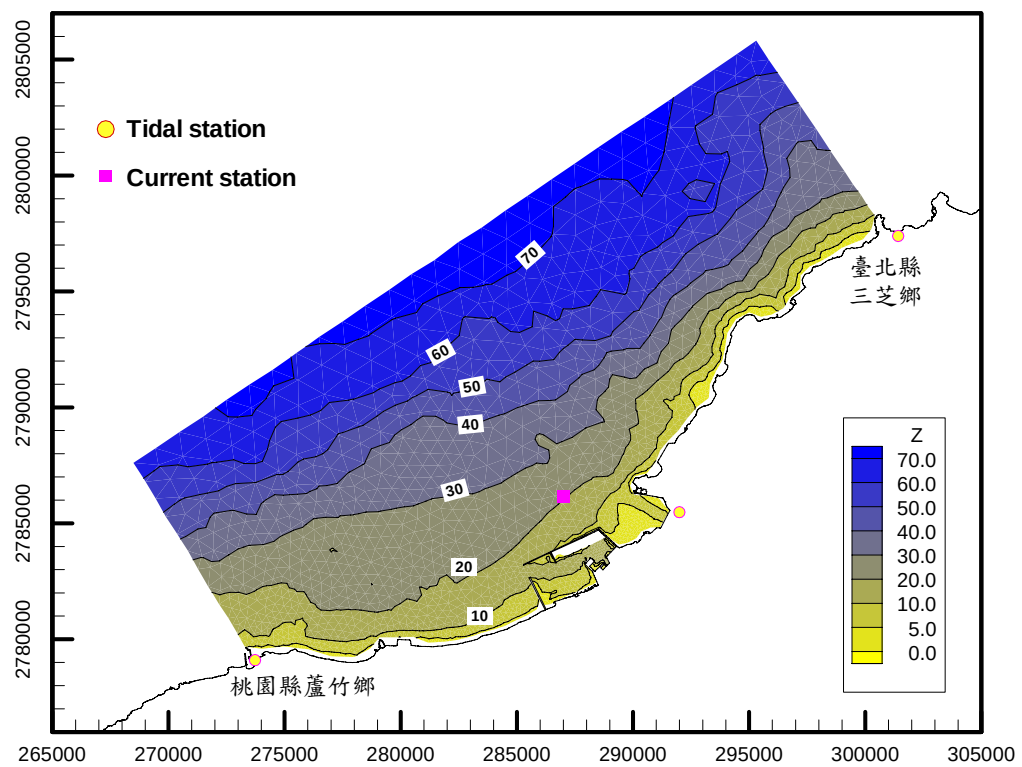


圖 4.2.4 臺北港模擬範圍與水深分佈圖

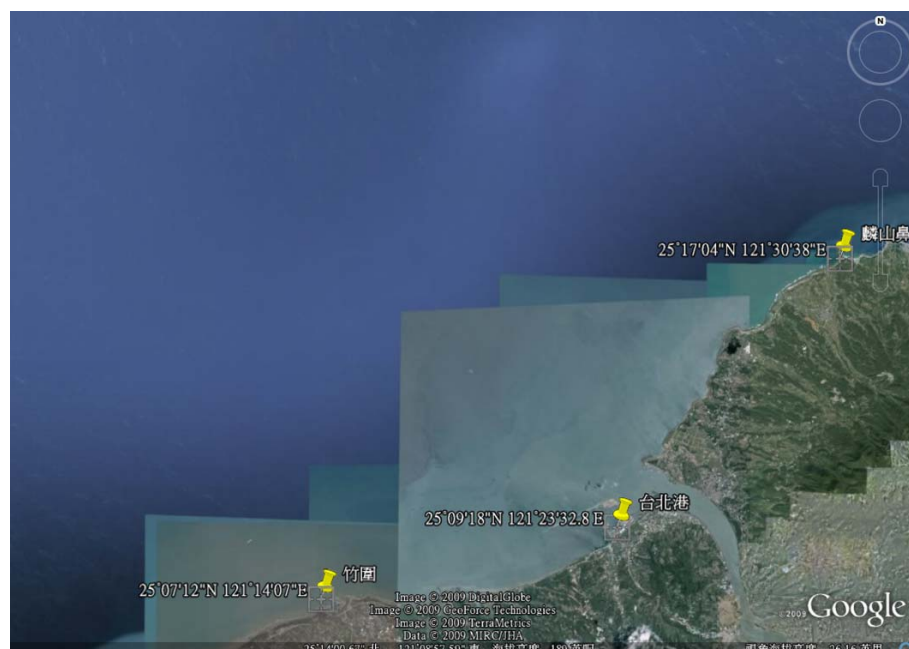


圖 4.2.5 臺北港周邊潮位站位置圖

(3)臺中港

臺中港位在臺灣西海岸的中央，北臨台中縣大甲鎮，南接台中縣大肚鄉，距離北部的基隆港約 110 哩；南部的高雄港約 120 哩航程。本計畫臺中港水動力模式模擬範圍及其水深分布情形如圖 4.2.6 所示，模擬範圍北起苗栗縣大安鄉，南至彰化縣鹿港鎮。圖中水深資料來源為海圖編號 04509 之數化水深資料，顯示除港口附近外，等水深線分布變化不大。此外，本計畫亦蒐集臺中港 95 年港域水深觀測資料，藉以修正數值模式中臺中港內及港口附近水深。除了臺中港港內設置之潮位站外，鄰近臺中港之潮位觀測站有中央氣象局所設置之外埔潮位站，如圖 4.2.7 所示，位於臺中港北邊東經 $120^{\circ}46'18''$ 、北緯 $24^{\circ}39'05''$ 處。本計畫將蒐集此二潮位站潮汐觀測資料進行潮位調和分析，以做為建置臺中港水動力模式邊界條件之依據；同時蒐集臺中港港口外之海象觀測資料(水位及流速)，做為臺中港水動力模式模擬結果驗證之依據。

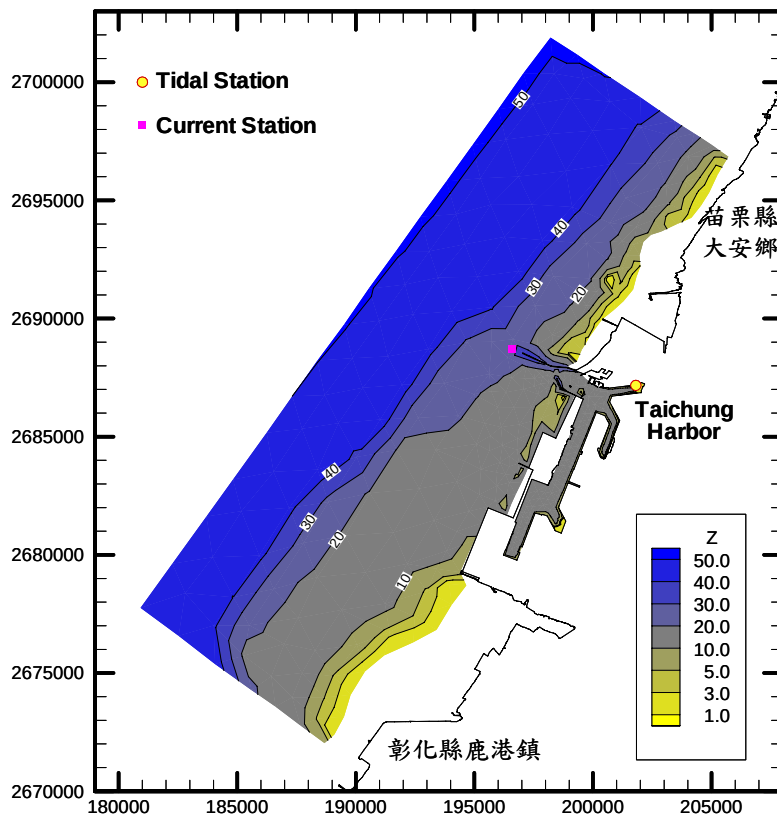


圖 4.2.6 臺中港模擬範圍與水深分佈圖

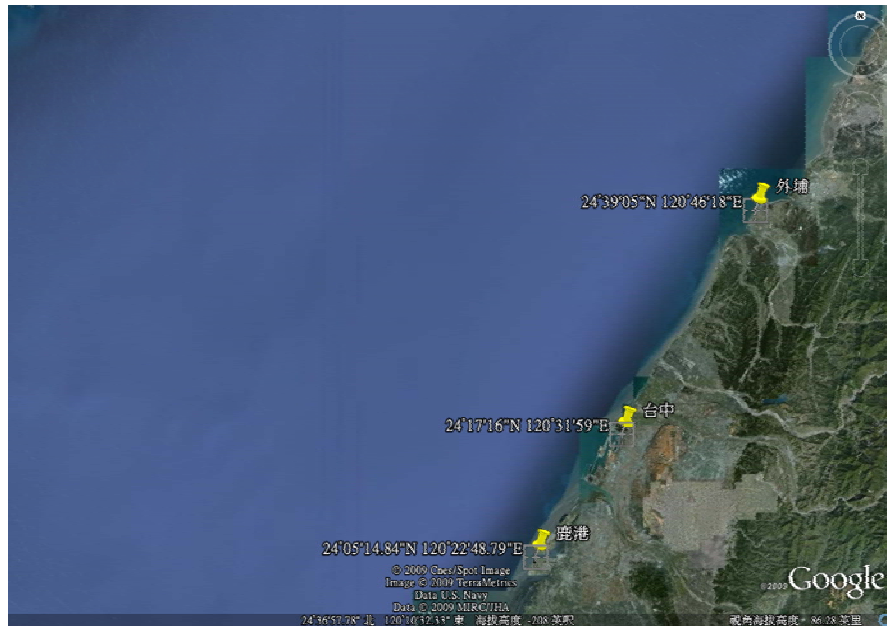


圖 4.2.7 臺中港周邊潮位站位置圖

(4)安平港

安平港位於臺灣西南海岸，南北兩側別有二仁溪、鹽水溪及曾文溪出海口。本計畫安平港水動力模式模擬範圍北起曾文溪口南岸(台南市安南區)，南至興達港附近海域(高雄縣永安鄉)，全長約 20 公里，如圖 4.2.8 所示。圖中水深資料係依據海圖編號 04505 與 04506 建置，依等水深線分布情形顯示模擬範圍內北側邊界水深變化較大，南側邊界水深線變化較為平緩。模擬範圍內現有安平港潮位站及安平港外海海象觀測樁，鄰近模擬區域之潮位觀測站北有將軍潮位站(位於東經 $120^{\circ}04'30''$ 、北緯 $23^{\circ}12'43''$)，南有中央氣象局設置於興達港之永安潮位(站位於東經 $120^{\circ}11'26''$ 、北緯 $22^{\circ}48'55''$)，如圖 4.2.9 所示。本計畫將蒐集上述三潮位站之潮汐觀測資料並進行潮位調和分析，再依據調和分析結果建置安平港水動力模式之邊界條件。

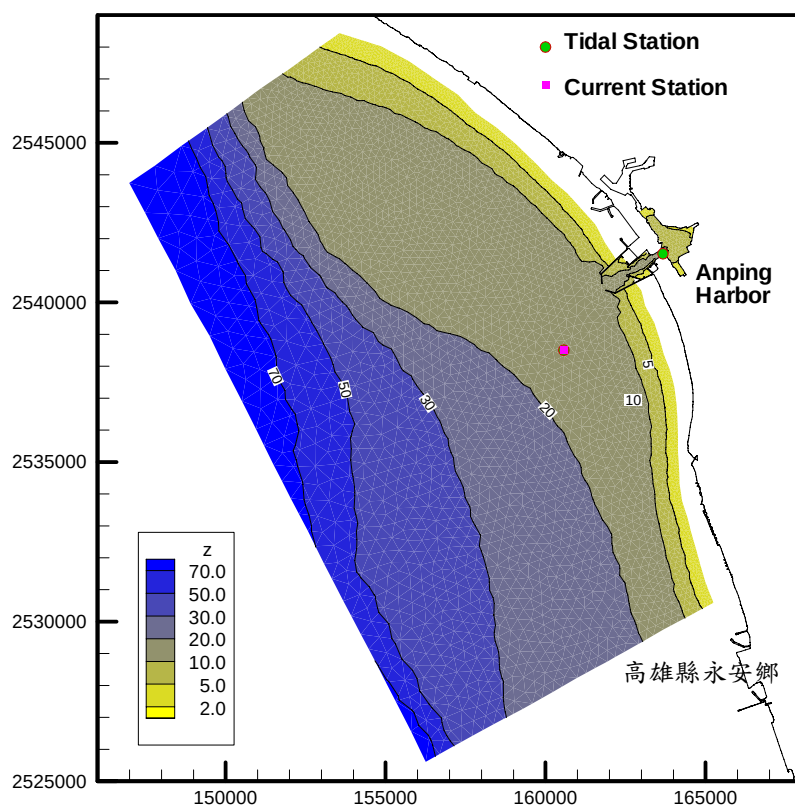


圖 4.2.8 安平港模擬範圍與水深分佈圖

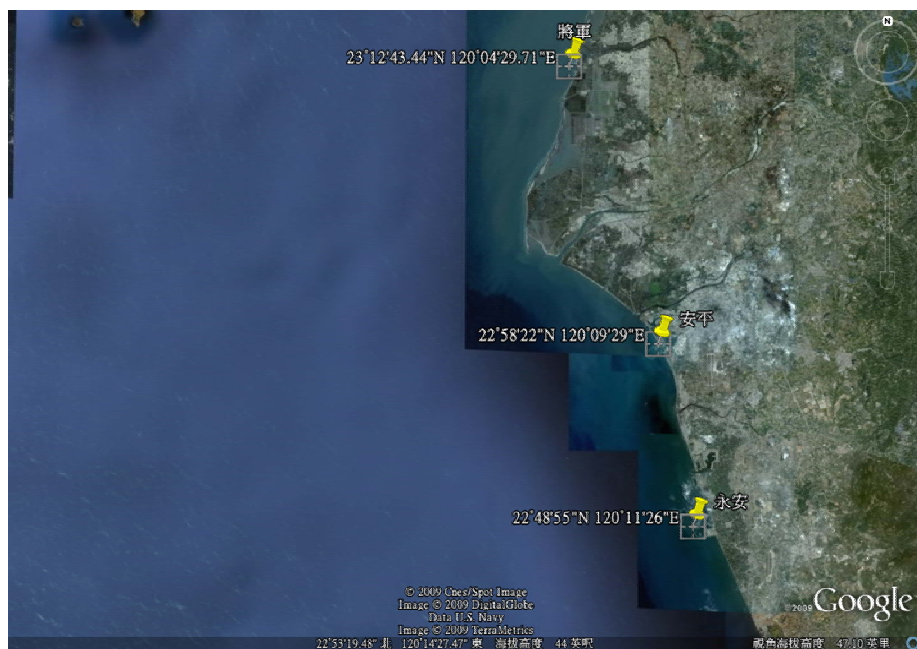


圖 4.2.9 安平港周邊潮位站位置圖

(5) 高雄港

高雄港位於東經 120 度 15 分，北緯 22 度 37 分，西北自高雄市旗山的第一港口，東南至紅毛港旁的第二港口，長達 12 公里，水域面積約 12.70 平方公里，外側以狹長沙洲（旗津半島）為天然屏障，港域遼闊，形勢天成，扼守台灣海峽南口，是台灣最重要的天然良港。圖 4.2.10 為高雄港模擬範圍及其水深地形分布情形，圖中水深資料為利用海軍測量局出版的海圖編號 04504 與 04505 所建立，模擬範圍北起高雄縣梓官鄉，南至高雄縣林園鄉。此外，本計畫亦蒐集高雄港 95 年港域水深測量資料，提供數值模式建立港域內水深資料。本計劃除了蒐集高雄港潮位資料外，同時蒐集位於高雄港北邊之永安潮位站(東經 $120^{\circ}11'26''$ 、北緯 $22^{\circ}48'55''$)，及南側之東港潮位站(東經 $120^{\circ}26'15''$ 、北緯 $22^{\circ}27'50''$)之潮汐資料，並進行潮位調和分析做為建立高雄港水動力模式邊界條件之依據，如圖 4.2.11 所示。此外，本計畫除了以高雄港港內潮位觀測資料，驗證高雄港水動力模式模擬結果外，亦蒐集高雄港二港口外海之海流觀測資料，進行模式模擬結果之驗證。

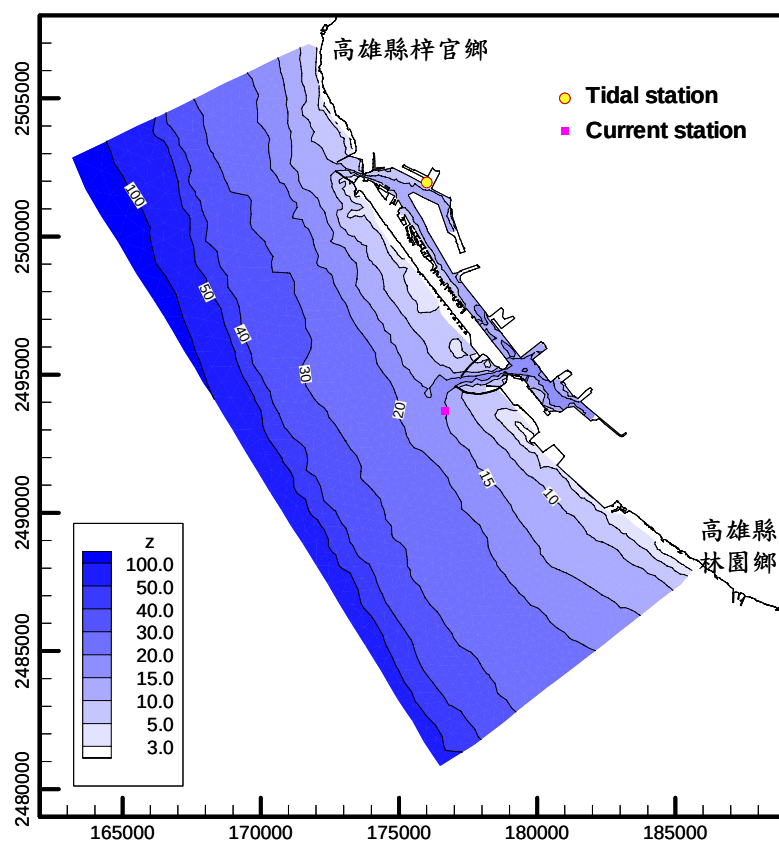


圖 4.2.10 高雄港模擬範圍與水深分佈圖

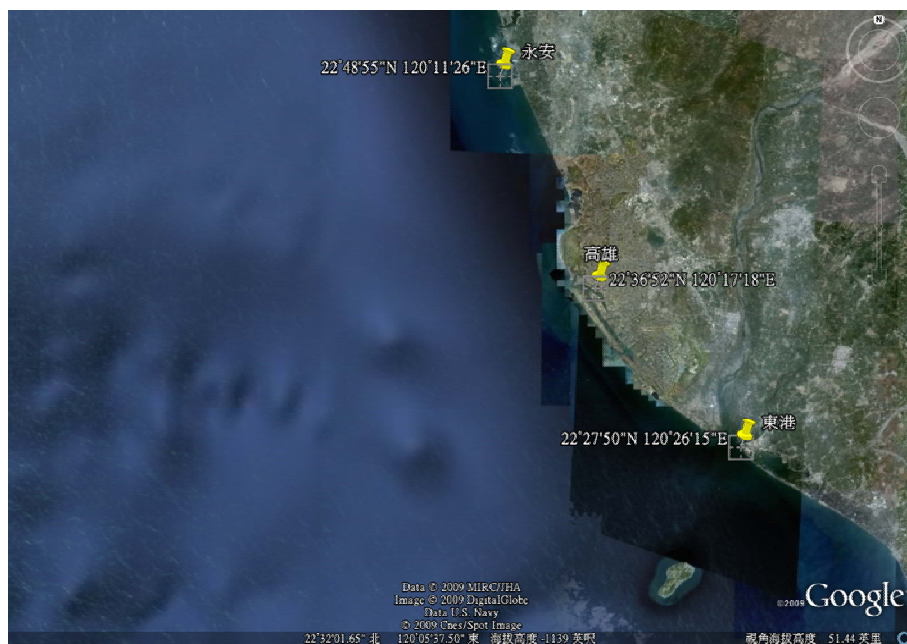


圖 4.2.11 高雄港周邊潮位站位置圖

(6) 花蓮港

花蓮港位於臺灣東部，緊鄰太平洋，海岸陡峭，近岸水深變化極大。本計畫水動力模式選取的模擬範圍如圖 4.2.12 所示，模擬範圍北起花蓮縣新城鄉，南至花蓮縣壽豐鄉。圖中水深分布情形係依據海圖編號 04518 之水深資料及花蓮港 97 年港域水深測量資料繪製，顯示模擬範圍內水深可達 1000 m 以上。鄰近花蓮港之潮位站分別為北邊之蘇澳港潮位站(東經 $121^{\circ}51'42''$ 、北緯 $24^{\circ}35'39''$)，及南邊石梯港潮位站(東經 $121^{\circ}30'58''$ 、北緯 $23^{\circ}29'08''$)，如圖 4.2.13 所示。本計畫將蒐集上述二潮位站及花蓮港內潮位站之潮汐觀測資料進行調和分析，並依據分析結果建立花蓮港水動力模式之邊界條件。此外，本計畫亦蒐集花蓮港港口外之海流觀測資料，做為模式模擬結果驗證之依據。

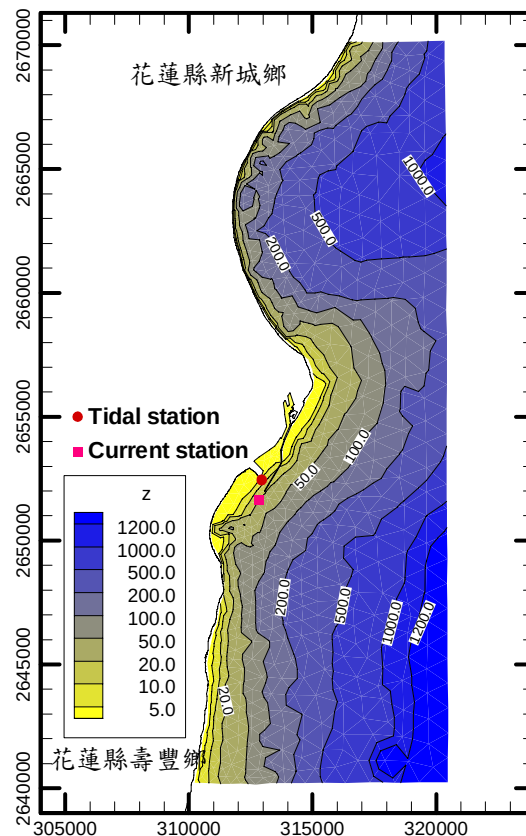


圖 4.2.12 花蓮港模擬範圍與水深分佈圖

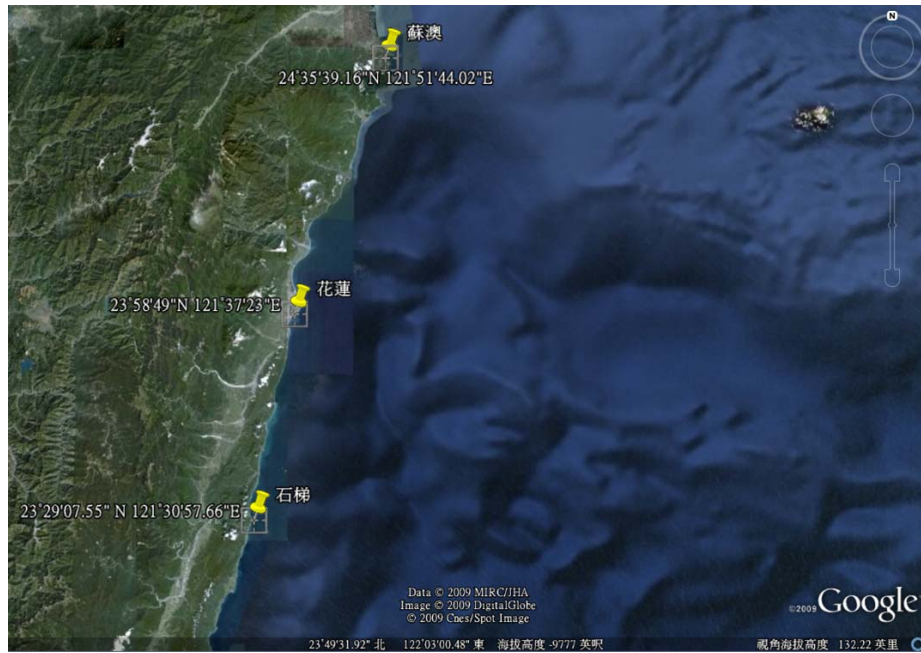


圖 4.2.13 花蓮港周邊潮位站位置圖

(7) 蘇澳港

蘇澳港位於臺灣東北部蘭陽平原之蘇澳灣內，是一個地理形勢極佳之天然港口。本計畫蘇澳港水動力模式之模擬範圍如圖 4.2.14 所示，北起宜蘭縣五結鄉，南至宜蘭縣蘇澳鎮。模擬範圍內之水深分佈係依據海圖編號 0351A 與 04516 之數化資料建立的，顯示除了鄰近蘇澳港北側之水域水深變化較複雜外，等水深線變化相當平緩。整體而言，模擬範圍內北側水域水深變化較緩，南端水域水深變化較陡。除了蘇澳港內設有潮位站外，鄰近模擬範圍之南、北邊界之潮位站分別為花蓮港潮位站(東經 $121^{\circ}37'23''$ 、北緯 $23^{\circ}58'49''$)及梗枋潮位站(東經 $121^{\circ}37'23''$ 、北緯 $23^{\circ}58'49''$)，如圖 4.2.15 所示。本計畫將蒐集上述三潮位站潮汐觀測資料進行調和分析，並依據分析結果建立蘇澳港水動力模式之邊界條件。同時，本計畫亦蒐集蘇澳港港口外之水位及海流資料進行模式模擬結果之驗證。

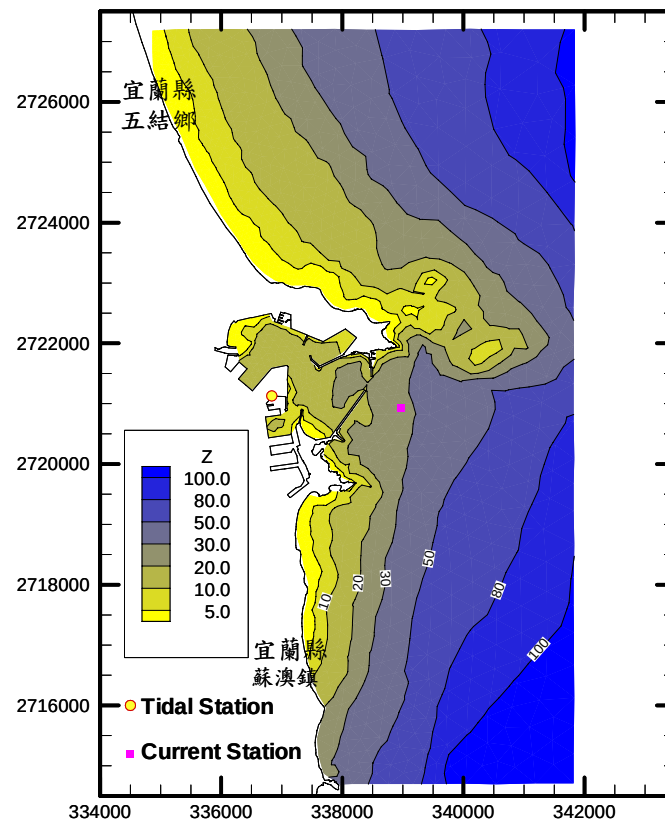


圖 4.2.14 蘇澳港模擬範圍與水深分佈圖

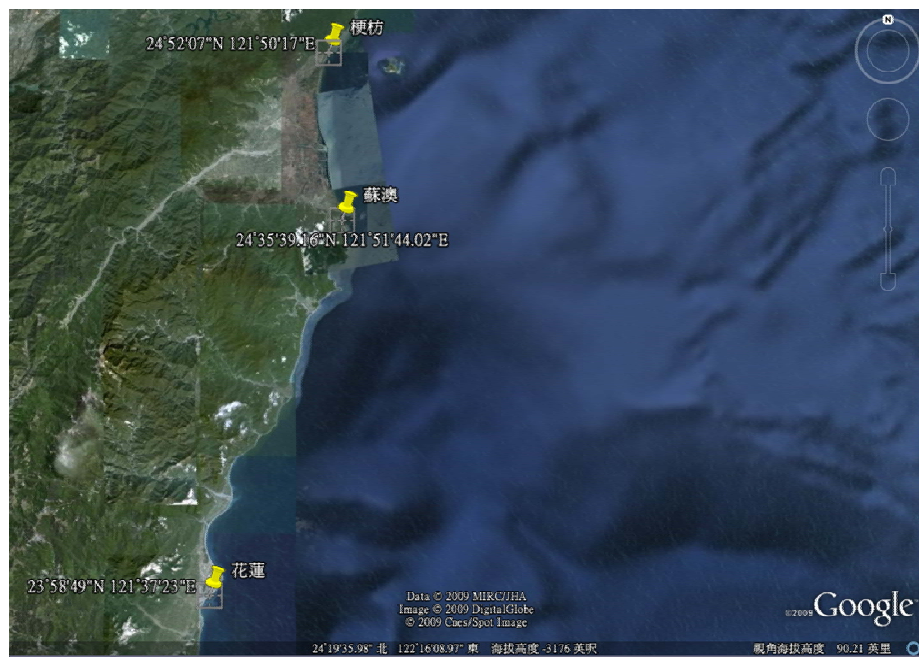


圖 4.2.15 蘇澳港周邊潮位站位置圖

4.2.5 數值模式計算前置作業

在進入數值模擬前需要一些資料準備齊全，本章將針對如何準備這些資料進行說明。需要準備的資料包含了計算格網及水深資料的建立，邊界條件的設定等，建立完這些資料後即可進行數值模擬。以下將以港為區分針對準備工作內容分別詳述之。

(1) 基隆港

基隆港的格網係依據基隆港模擬範圍及水深分佈圖建立，先以人工方式在流場模擬範圍內建立三角形元素格網，此稱之為粗格網，如圖 4.2.16 所示，由 1837 個格點構成 3370 個元素。之後，依初步建置之粗格網利用三角格網自動產生程式，配合水深條件產生基隆港水動力模式模擬水位及流場之數值計算格網，此格網稱之細格網或模式數值計算網格，如圖 4.2.17 所示，主要由 1991 個格點構成 3600 個元素。

在水動力數值模式中，邊界型態分為開放邊界及陸地邊界兩種，本計畫各港口海域開放邊界採用水位條件作為模式之邊界條件，陸地邊界條件採用滑動邊界條件(即邊界垂直方向流速為零)。因此，當數值計算格網完成後，首要工作為決定數值計算格網之開放邊界條件。針對基隆港開放邊界條件之決定步驟說明如下：首先針對所蒐集之潮位資料(龍洞、基隆港及麟山鼻)及海流觀測資料，依據資料之完整性或一致性及資料品質等因素，篩選適合長度(以一個月為基準)之潮位及海流資料進行相關的資料分析(以資料調和分析為主)，以作為基隆港水動力模式之開放邊界條件建立及基隆港水位與流場模擬結果之率定與驗證之依據。依上述原則，本計畫初步選取 2007 年 8 月 17 日至 2007 年 9 月 10 日之潮位及海流資料進行相關資料分析(各港口潮流分析結果另於第四章再詳述)。

圖 4.2.18 所示為基隆港東、西側鄰近潮位站龍洞及麟山鼻之潮汐

水位資料之時序列圖，顯示龍洞與麟山鼻間因距離相當遠，二者潮汐型態差異頗大。同前之調和分析方法，本計畫選取 O_1 、 K_1 、 N_2 、 M_2 及 S_2 等五個主要分潮進行水位調和分析，各分潮之振幅及相位角如表 4.2.1 所示。由於龍洞與麟山鼻之潮汐型態差異頗大，而基隆港潮汐型態與龍洞之潮汐型態較為接近，因此本計畫初步以基隆港與龍洞之水位調和分析結果(各分潮振幅及相位)以 E 方向座標為依據採內、外差方式，建立基隆港數值計算網格之開放邊界條件，如圖 4.2.19 所示為基隆港數值計算網格東西兩側之水位時序圖。

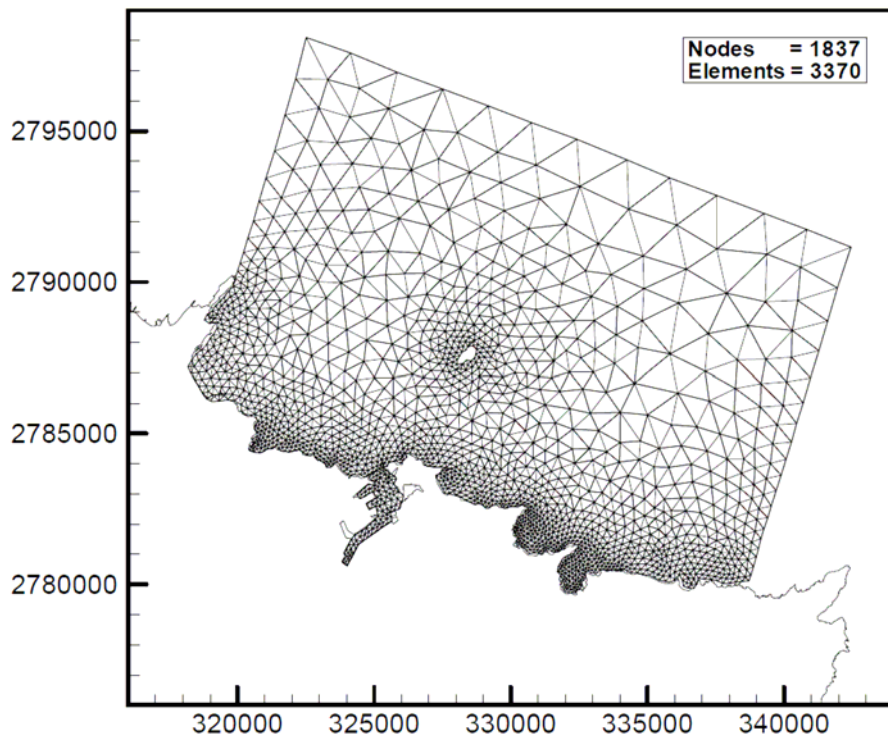


圖 4.2.16 基隆港水動力模式之有限元素粗格網分佈圖

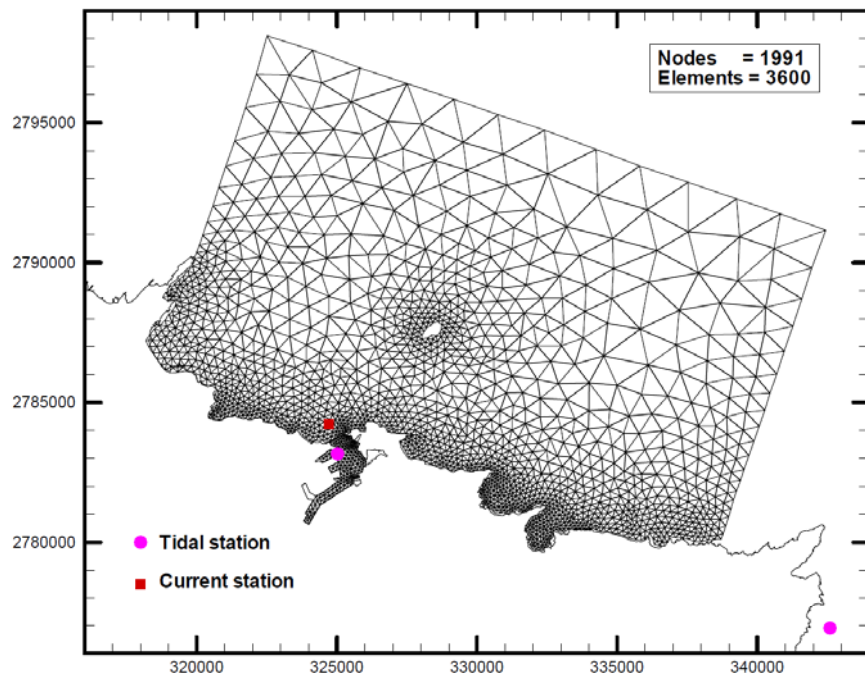


圖 4.2.17 基隆港水動力模式之有限元素細格網分佈圖

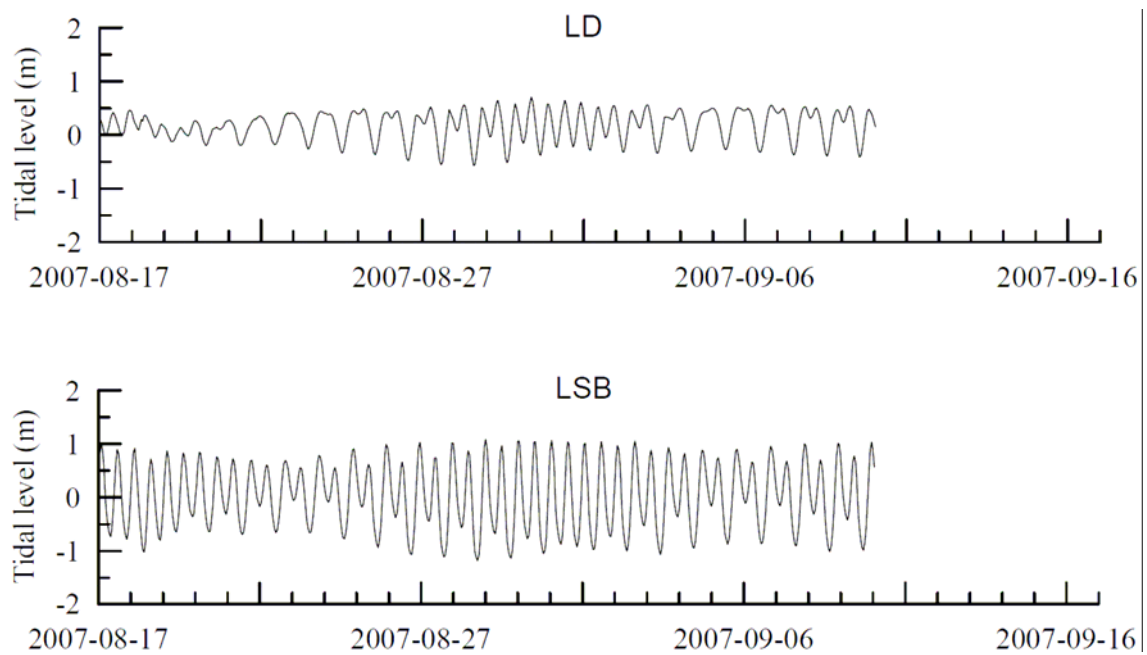


圖 4.2.18 基隆港上下游潮位站之潮位時序列圖

表4.2.1 基隆港上下游潮位站選取之分潮表

潮位站 名稱	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
龍洞	O1	13.9	0.1900	95.3
	K1	15.0	0.1833	347.4
	N2	28.4	0.0663	170.7
	M2	28.9	0.2226	235.1
	S2	30.0	0.1324	236.0
平均潮位=0.1738 m 原點時間：2007/08/29 00:00:00				
麟山鼻	O1	13.9	0.2106	112.0
	K1	15.0	0.2110	4.7
	N2	28.4	0.0996	254.2
	M2	28.9	0.7552	329.5
	S2	30.0	0.2624	353.3
平均潮位=0.0232 m 原點時間：2007/08/29 00:00:00				

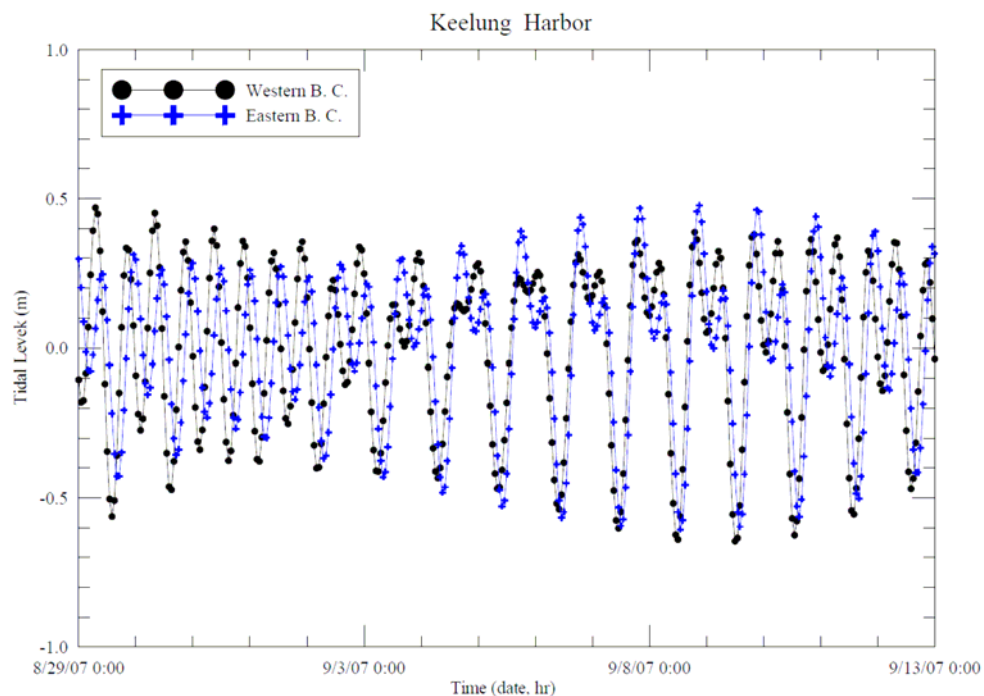


圖 4.2.19 基隆港水動力模式之邊界條件時序列圖

(2)臺北港

臺北港水動力模式數值計算格網係依據臺北港選取之模擬範圍及水深分佈(圖 4.2.4)所建立的。同理，先以人工方式在模擬範圍內建立三角形粗格網，再利用三角格網自動產生程式，配合水深條件產生臺北港水動力模式之數值計算格網，如圖 4.2.20 所示，主要由 1871 個格點構成 3396 個元素所構成。

臺北港數值計算格網之開放邊界條件建立步驟說明如下：首先首先針對所蒐集之潮位資料(麟山鼻、台北港及竹圍)及海流觀測資料，篩選出 2006 年 8 月 19 日至 2006 年 9 月 19 日之潮位及海流資料進行相關的資料分析。圖 4.2.21 所示分別為麟山鼻與竹圍潮汐水位之時間序列圖，顯示二者潮汐型相近似，僅振幅大小上之差異。針對上述潮位資料本計畫選取 MSF 、 O_1 、 K_1 、 N_2 、 M_2 及 S_2 等六個分潮進行水位調和分析，各分潮之振幅及相位角如表 3.2 所示。由於臺北港數值計算格網之南北側開放邊界分別位於竹圍及麟山鼻測站附近，因此本計畫直接引用表 4.2.2 之分析結果建立數值計算格網之南北側水位邊界條件，如圖 4.2.22 所示。至於，外海平行海岸之開放邊界之水位條件則依直線距離之原則線性內差至各節點邊界上。

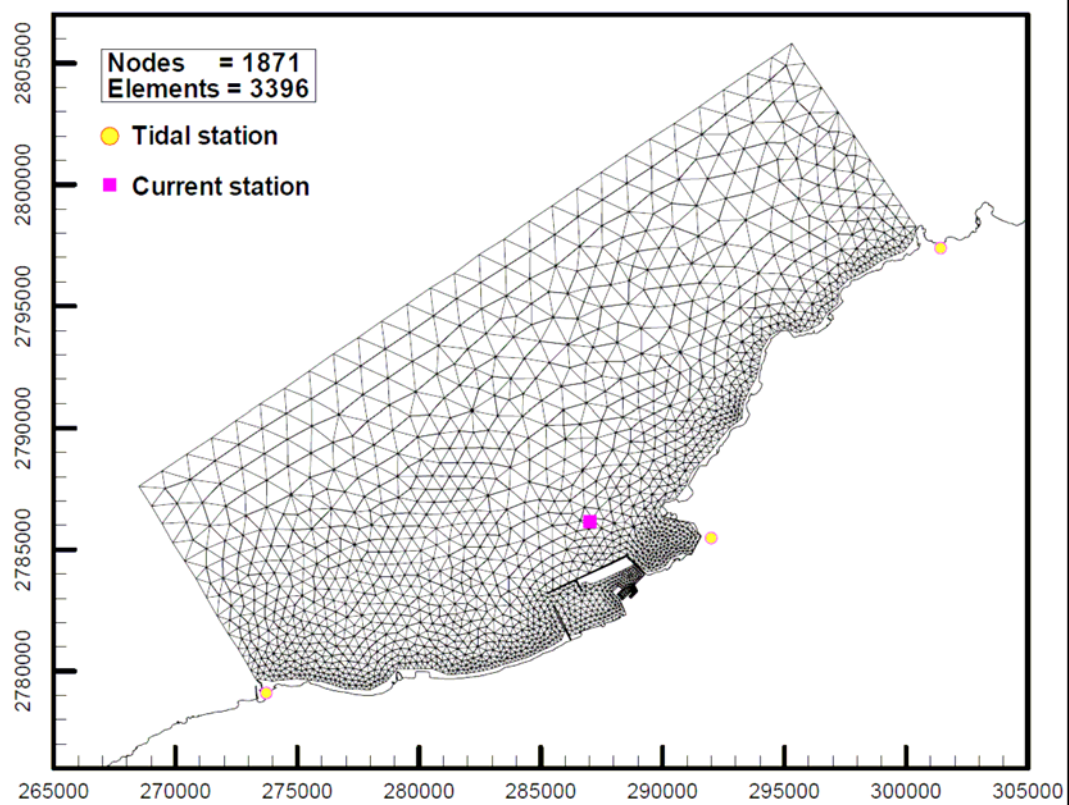


圖 4.2.20 臺北港水動力模式之有限元素格網分佈圖

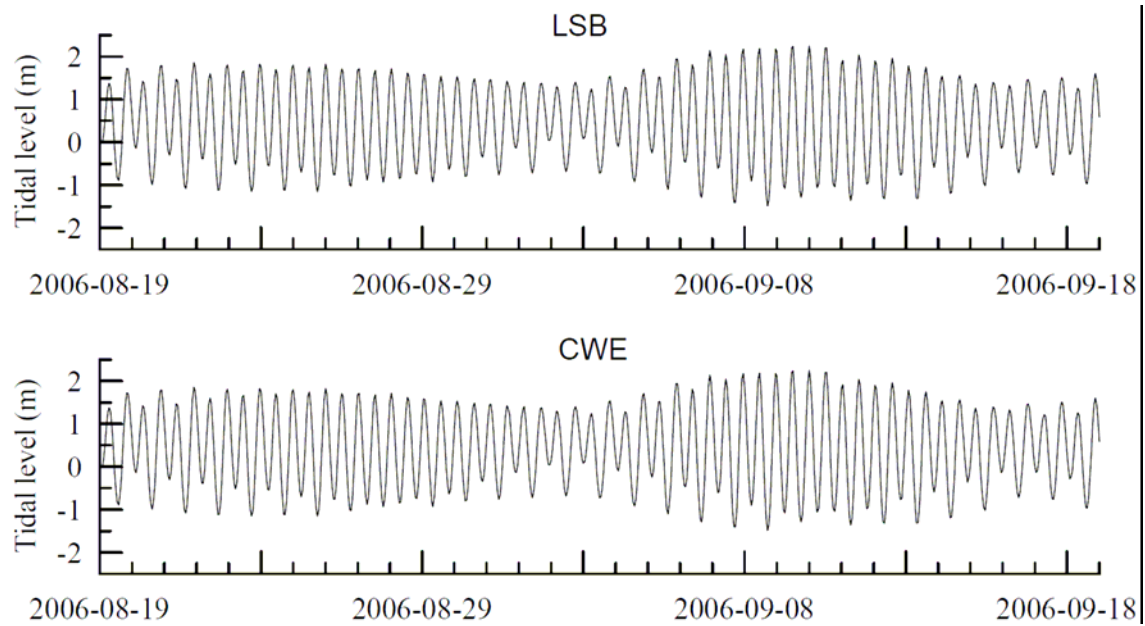


圖 4.2.21 臺北港上下游潮位站之潮位時序列圖

表4.2.2 臺北港上下游潮位站選取之分潮表

潮位站 名稱	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
麟山鼻	MSF	1.0	0.0888	359.5
	O1	13.9	0.2151	173.2
	K1	15.0	0.1923	181.6
	N2	28.4	0.1875	117.0
	M2	28.9	0.7327	205.6
	S2	30.0	0.2545	353.6
平均潮位 = 0.0256 m 原點時間：2006/09/03 12:00:00				
竹圍	MSF	1.0	0.0476	29.6
	O1	13.9	0.2193	178.4
	K1	15.0	0.1950	187.0
	N2	28.4	0.2825	121.1
	M2	28.9	1.1560	208.9
	S2	30.0	0.4278	0.4
平均潮位 = 0.4324 m 原點時間：2006/09/03 12:00:00				

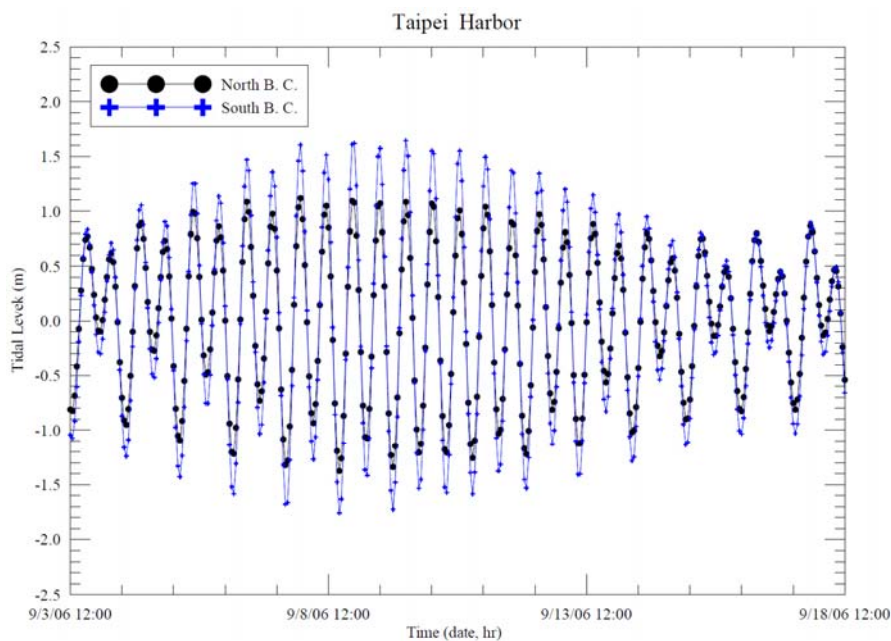


圖 4.2.22 臺北港水動力模式之邊界條件時序列圖

(3)臺中港

臺中港水動力模式數值計算格網之建立，如前述，先以人工方式在所選取的模擬範圍內(如圖 4.2.6 所示)建立三角形粗格網。之後，以建置之粗格網為基礎利用三角格網自動產生程式，配合水深條件產生臺中港水動力模式模擬水位及流場之數值計算格網，如圖 4.2.23 所示，主要由 3993 個節點及 7522 個元素所構成。

關於臺中港數值計算格網之開放邊界條件建立說明如下：如前述，先針對所蒐集之潮位資料(臺中港及外埔)及海流觀測資料，篩選出 2006 年 6 月 1 日至 2006 年 7 月 1 日之潮位及海流資料進行相關的資料分析。由於外埔漁港潮位資料於大潮期間低水位資料均有遺失現象，為避免調和分析資料補遺過程中影響分潮振幅及相位分析結果，本計畫初步先以臺中港潮位分析結果，配合潮流分析結果建立數值計算格網之開放邊界條件。

首先從位於臺中縣梧棲鄉境內的臺中港(TC)潮位站(東經 $120^{\circ}31'59''$ 、北緯 $24^{\circ}17'16''$)中選取約一個月的潮位資料，在此選擇 2006 年 6 月 1 日至 2006 年 7 月 1 日的潮位資料出來，如圖 4.2.24 所示。其次將此段潮位資料分別進行調和分析，依調和分析成果表，從中選取 O_1 、 K_1 、 M_2 及 S_2 等四個主要分潮之振幅及相位角如表 4.2.3 所示。依潮位站與邊界的距離，分別將五個分潮的振幅及相位角以內插或外插方法計算至模式開放邊界節點上。最後則是將五個主要分潮內插到邊界節點上的振幅及相位角合成為邊界條件，如圖 4.2.25 所示。當邊界節點上各分潮振幅及相位角已知時，模式即可計算邊界節點水位變化，以驅動流場流動。

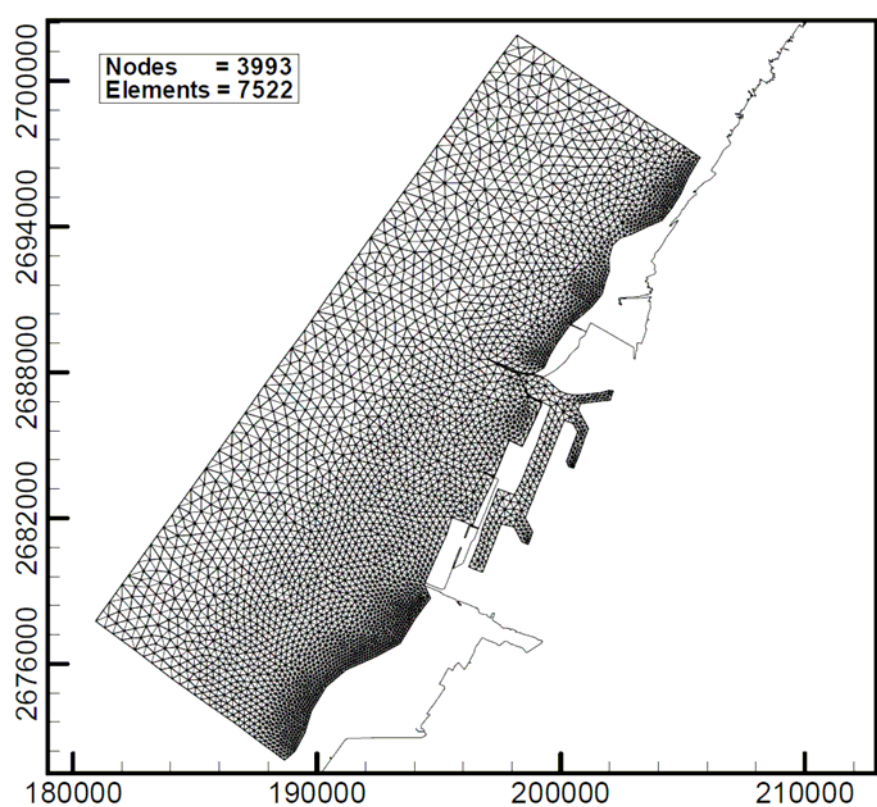


圖 4.2.23 臺中港水動力模式之有限元素格網分佈圖

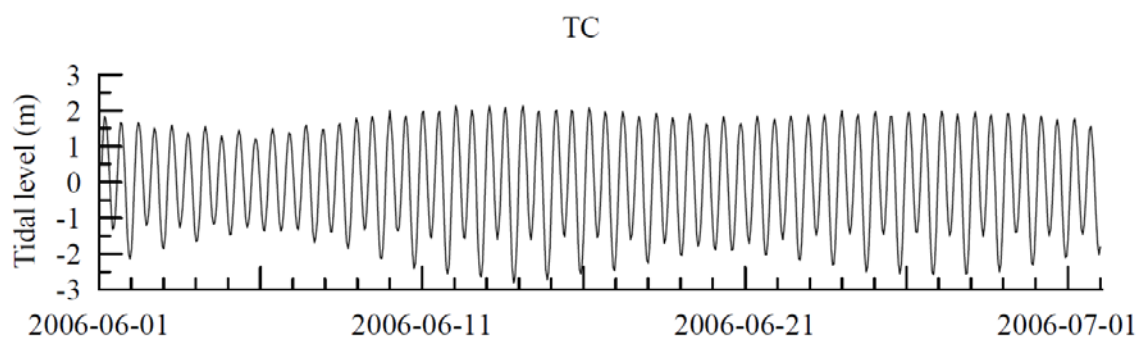


圖 4.2.24 臺中港上下游潮位站之潮位時序列圖

表4.2.3 臺中港上下游潮位站選取之分潮表

潮位站 名稱	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
臺中	O1	13.9	0.2483	349.7
	K1	15.0	0.3408	265.1
	M2	28.9	1.8081	91.4
	S2	30.0	0.3162	2.0
平均潮位 = -0.00246854 m				
原點時間：2006/06/16 12:00:00				

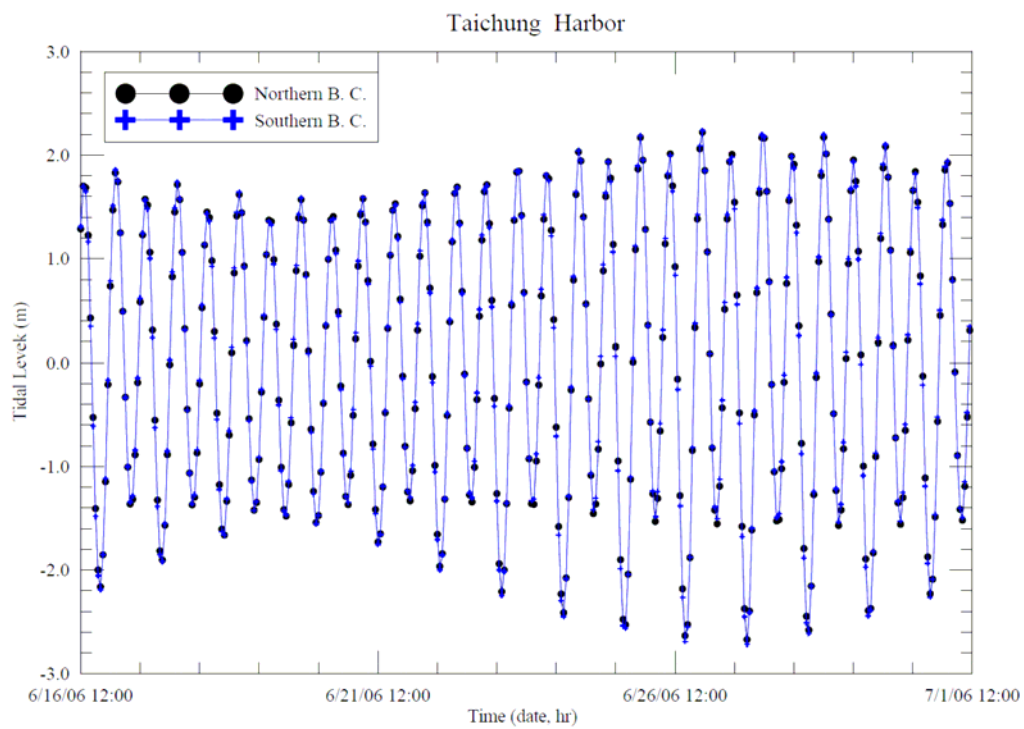


圖 4.2.25 臺中港水動力模式之邊界條件時序列圖

(4)安平港

如前述數值計算網格建立之原則，本計畫針對安平港水動力模式所建立的數值計算格網如圖 4.2.26 所示，主要由 4092 個節點及 7715 個元素所構成的。

安平港數值計算格網之開放邊界條件建立方式與前述方法相同，即先由所蒐集之潮位資料(如將軍、安平港及永安等)及潮流資料中，篩選出 2006 年 2 月 1 日至 2006 年 3 月 1 日之潮位及海流資料進行相關的資料分析。圖 4.2.27 所示分別為將軍及永安潮汐水位變化之時序圖，顯示二者潮汐型態略有差異，其中將軍潮汐型態偏向半日潮型，永安潮汐型態則偏向全日潮型。針對潮汐資料本計畫初步選取 O_1 、 K_1 、 N_2 、 M_2 及 S_2 等五個主要分潮進行調和分析，分析結果如表 4.2.4 所示。雖然上述將軍及永安潮汐型態略有差異，且安平港潮汐型態與永安潮位較為接近，但本計畫初步仍以上述永安及將軍之調和分析結果，配合 N 方向之座標利用線性內差方式，推估安平港數值計算格網離岸開放邊界節點之各分潮之振幅及相位差，以建立開放邊界節點之水位邊界條件。至於，南、北側邊界節點水位則依與外海節點水位同相位但振幅微量變化之原則建立，如圖 4.2.28 所示。

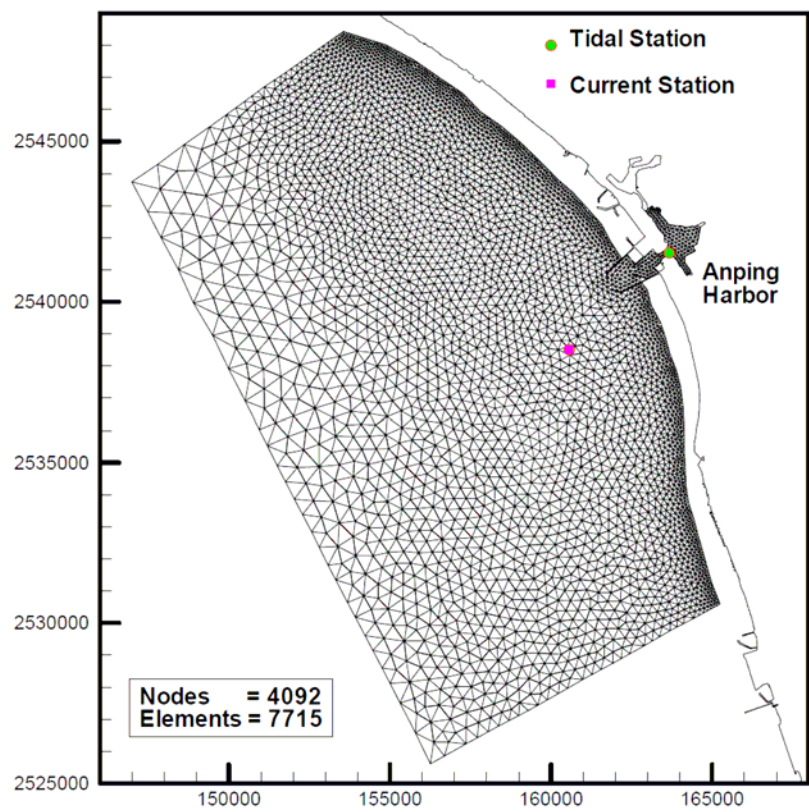


圖 4.2.26 安平港水動力模式之有限元素格網分佈圖

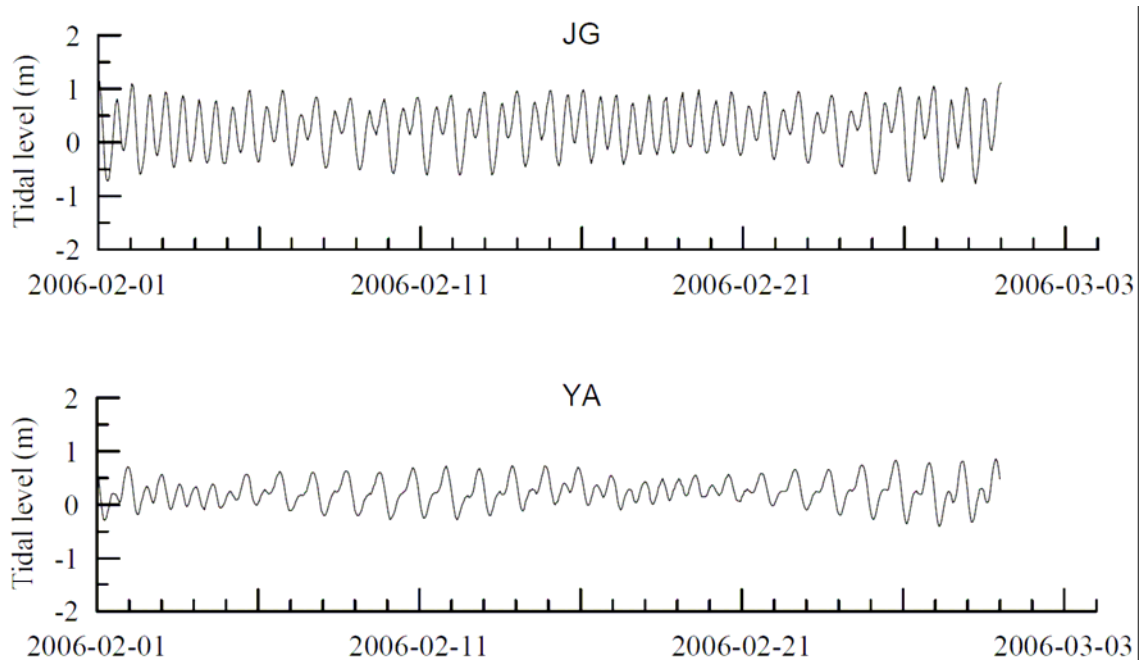


圖 4.2.27 安平港上下游潮位站之潮位時序列圖

表4.2.4 安平港上下游潮位站選取之分潮表

潮位站 名稱	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
將軍	O1	13.9	0.2036	347.9
	K1	15.0	0.2243	255.1
	N2	28.4	0.1350	178.2
	M2	28.9	0.4969	8.0
	S2	30.0	0.1464	25.3
平均潮位=0.2634 m 原點時間：2006/02/14 23:00:00				
永安	O1	13.9	0.1832	349.4
	K1	15.0	0.2038	256.9
	N2	28.4	0.0559	140.4
	M2	28.9	0.1921	318.2
	S2	30.0	0.0619	301.0
平均潮位=0.2455 m 原點時間：2006/02/14 23:00:00				

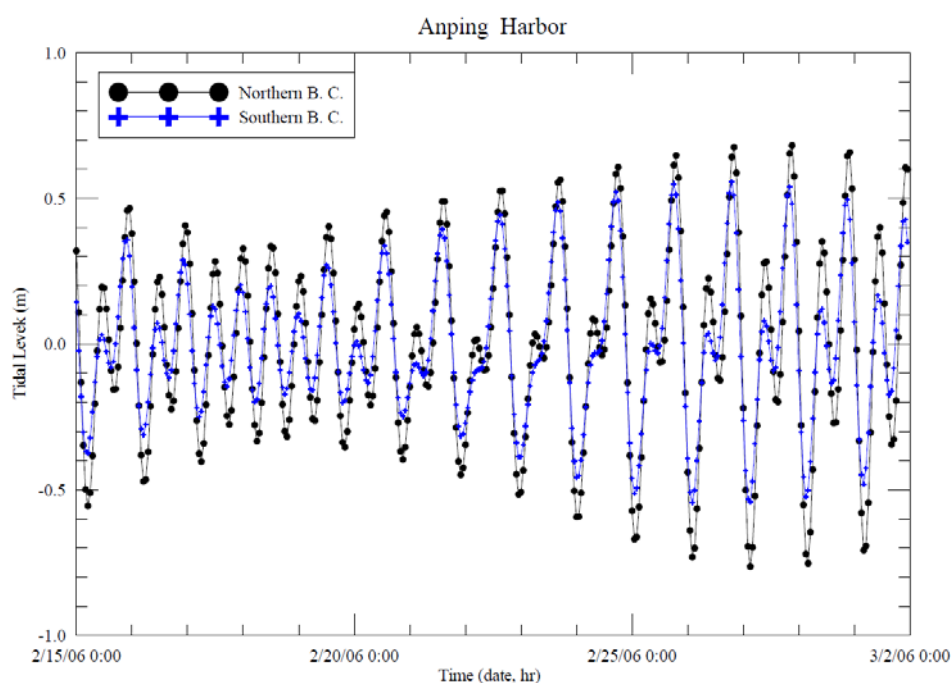


圖 4.2.28 安平港水動力模式之邊界條件時序列圖

(5)高雄港

依前述數值計算網格建立之原則，本計畫針對高雄港水動力模式模擬範圍建立之數值計算格網如圖 4.2.29 所示，主要由 3201 個節點及 5917 個元素所構成的。高雄港水動力模式數值計算格網之開放邊界條件建立說明如下：

首先由高雄港及鄰近模擬範圍之潮汐測站(永安及東港)蒐集之潮汐資料及高雄港二港口外海流觀測資料，篩選出 2006 年 5 月 16 日至 2006 年 6 月 16 日之潮位及海流資料進行相關的資料分析。其中永安及東港之潮汐水位時序列圖，如圖 4.2.30 所示，顯示二者潮汐型態相近似，但東港潮汐振幅略大於永安之潮汐振幅。在水位調和分析過程中，本計畫選取 O_1 、 K_1 、 M_2 及 S_2 等四個主要分潮進行調和分析。表 4.2.5 所示分別上述永安及東港之水位調和分析結果，其中振幅分析結果與前述現象一致，即東港潮汐振幅略大於永安。惟在表 4.2.5 之分析結果中，本計畫發現 O_1 及 M_2 分潮之相位差在兩地之間出現不合理之現象，即二分潮在兩地之間之相位差均遠大於其他分潮 K_1 及 S_2 在兩地之間之相位差，其造成原因為何仍須進一步探討。(註：本計畫另選其他時段資料分析亦有類似現象)

雖然東港潮位站距離高雄港模擬範圍之南側邊界較近，但經比較各潮位站水位調和分析結果發現高雄港與永安潮位站結果較近似。因此本計畫初步決定以永安港及高雄港水位調和分析結果以線性差分方式建立數值計算格網之開放邊界條件，如圖 4.2.31 所示。

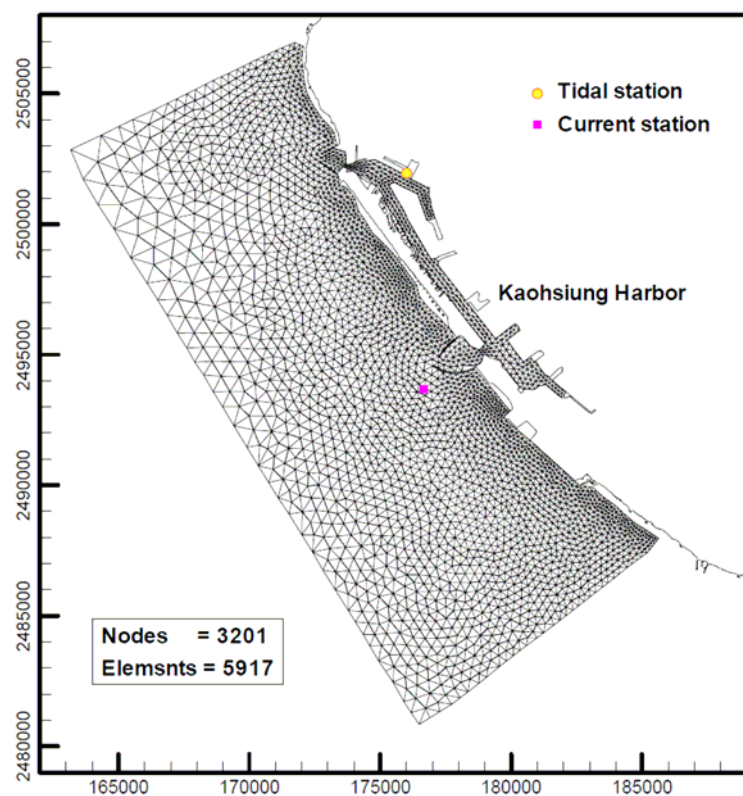


圖 4.2.29 高雄港水動力模式之有限元素格網分佈圖

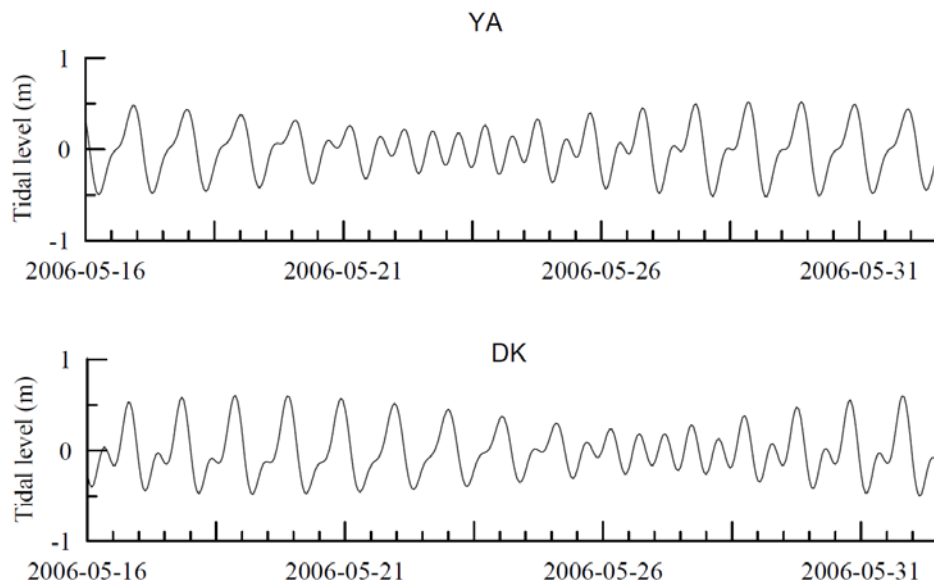


圖 4.2.30 高雄港上下游潮位站之潮位時序列圖

表4.2.5 高雄港上下游潮位站選取之分潮表

潮位站 名稱	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
永安	O1	13.9	0.1902	292.7
	K1	15.0	0.2159	301.7
	MU2	28.4	0.0025	218.3
	M2	28.9	0.1892	338.1
	S2	30.0	0.0471	227.3
平均潮位=0.0 m 原點時間：2006/05/16 12:00:00				
東港	O1	13.9	0.2013	198.2
	K1	15.0	0.2323	312.0
	MU2	28.4	0.0092	188.2
	M2	28.9	0.2033	218.6
	S2	30.0	0.0543	217.1
平均潮位=0.0 m 原點時間：2006/05/16 12:00:00				

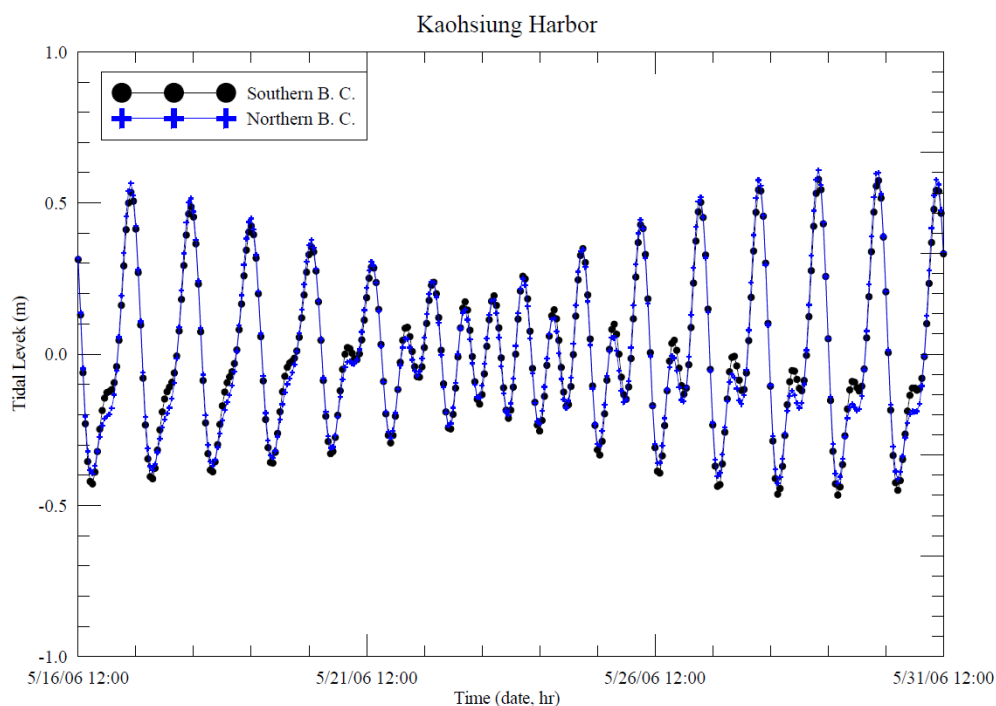


圖 4.2.31 高雄港水動力模式之邊界條件時序列圖

(6)花蓮港

本計畫依據前述花蓮港所選取之模擬範圍及水深資料(如圖 4.2.12 所示)，建立花蓮港水動力模式數值計算網格，如圖 4.2.32 所示，圖中網格係由 1032 個格點及 1789 個三角元素所構成的。花蓮港水動力模式數值計算網格之開放邊界條件建立說明如下：

本計畫先依據花蓮港及其鄰近潮位站(蘇澳港及石梯漁港)之潮汐資料，以及花蓮港口外海潮流觀測資料中，篩選出 2006 年 5 月 22 日至 2006 年 6 月 22 日之潮位及海流資料進行相關的資料分析。圖 4.2.33 所示分別為蘇澳港及石梯漁港潮汐水位時序列圖，顯示兩者之間水位變化極為相似。在水位調和分析上，本計畫選取 O_1 、 K_1 、 N_2 、 M_2 及 S_2 等五個分潮進行各測站水位調和分析，其中蘇澳港及石梯漁港水位調和分析結果如表 4.2.6 所示。依據各測站水位分析結果，本計畫初步選取蘇澳港及石梯漁港水位調和分析結果，利用線性內插方式建立各開放邊界節點上之潮汐分潮之振幅及相位差為模式開放邊界之水位邊界條件。圖 4.2.34 所示分別為花蓮港水動力模式數值計算網格之南、北邊界之水位變化時序列圖，結果顯示花蓮港水動力模式之南、北側邊界水位極為接近。

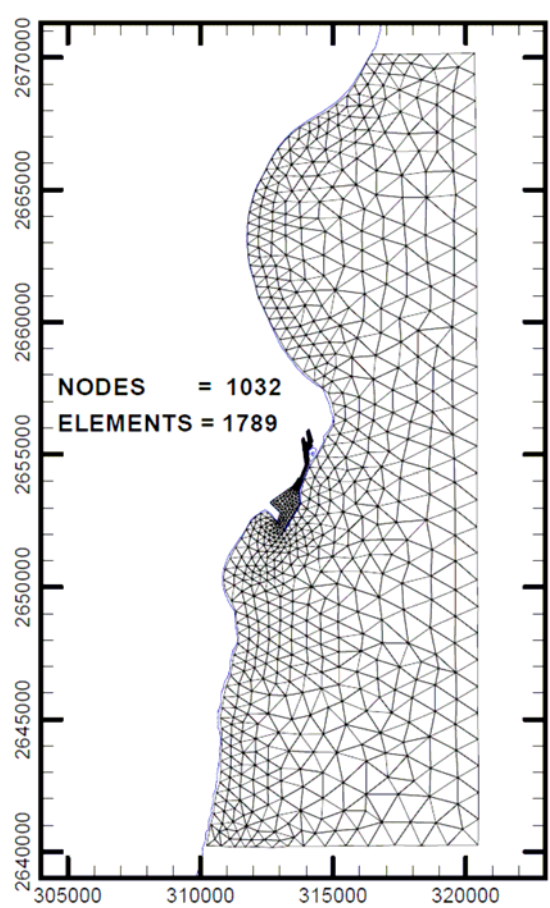


圖 4.2.32 花蓮港水動力模式之有限元素格網分佈圖

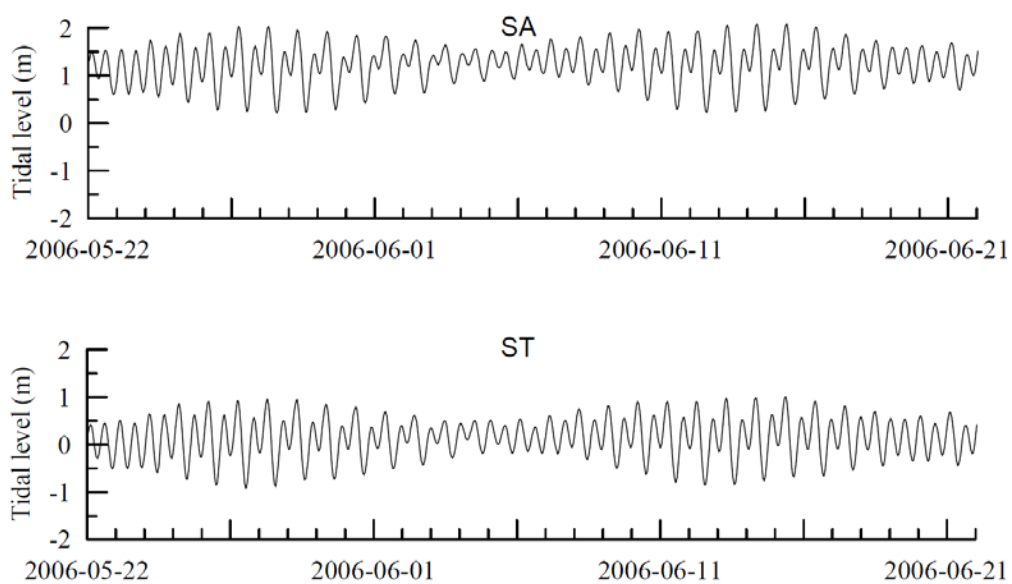


圖 4.2.33 花蓮港上下游潮位站之潮位時序列圖

表4.2.6 花蓮港上下游潮位站選取之分潮表

潮位站 名稱	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
蘇澳	O1	13.9	0.2110	57.3
	K1	15.0	0.2731	232.1
	N2	28.4	0.0602	248.4
	M2	28.9	0.4221	51.3
	S2	30.0	0.1194	188.5
平均潮位 = 1.2341 m 原點時間：2006/06/06 12:00:00				
石梯	O1	13.9	0.1775	57.8
	K1	15.0	0.2318	226.1
	N2	28.4	0.0755	248.1
	M2	28.9	0.4746	47.5
	S2	30.0	0.1252	187.0
平均潮位 = 0.1431 m 原點時間：2006/06/06 12:00:00				

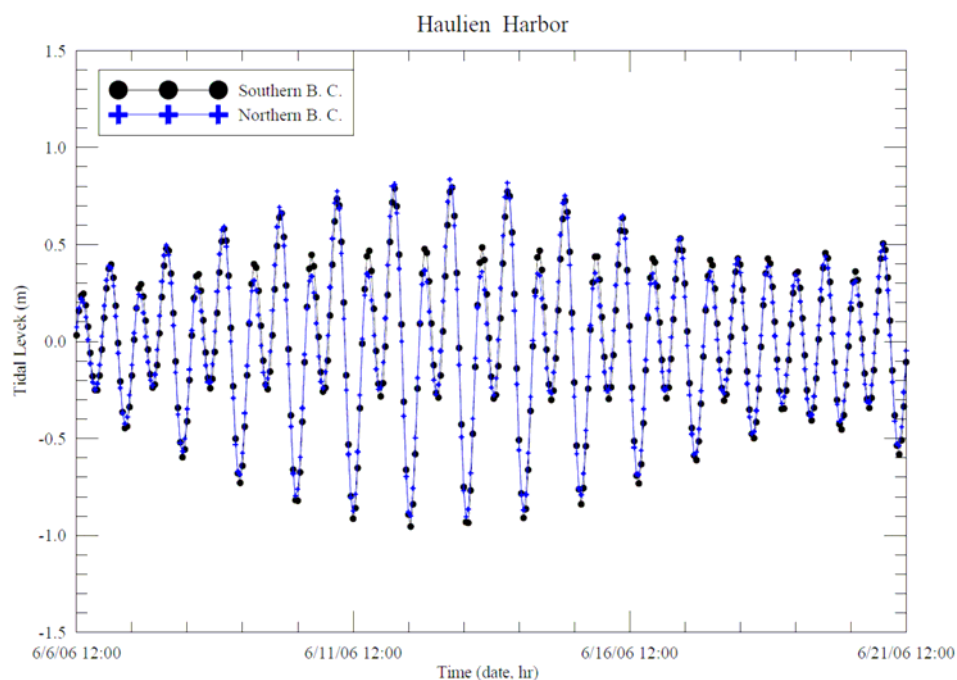


圖 4.2.34 花蓮港水動力模式之邊界條件時序列圖

(7)蘇澳港模式計算前置作業

本計畫同樣根據蘇澳港所選取之模擬範圍及水深資料(如圖 4.2.14 所示)，建立蘇澳港水動力模式數值計算網格，如圖 4.2.35 所示，圖中網格係由 1479 個格點及 2664 個三角元素所構成的。有關蘇澳港水動力模式數值計算格網之開放邊界條件建立說明如下：

本計畫依據蘇澳港及其鄰近潮位站(梗枋及花蓮港)之潮汐資料及蘇澳港海流觀測資料，初步選取 2006 年 5 月 1 日零時至 2006 年 6 月 1 日零時之間之水位及海流資料進行相關分析。圖 4.2.36 所示分別為梗枋及花蓮港在 2006 年 5 月 1 日零時至 2006 年 6 月 1 日零時之水位變化時序列圖，顯示二者之間潮汐型態略有差異，且花蓮港之潮差變化明顯地大於梗枋之潮差變化。在水位調和分析上，本計畫同樣選取 O_1 、 K_1 、 N_2 、 M_2 及 S_2 等五個分潮進行各測站水位調和分析，其中梗枋及花蓮港水位調和分析結果如表 4.2.7 所示，結果顯示花蓮港潮汐各分潮之振幅均大於梗枋潮汐之分潮振幅。同樣地，本計畫依據各測站水位分析結果，初步選取花蓮港及梗枋潮汐水位調和分析結果，利用線性內插方式建立各開放邊界節點上之潮汐分潮之振幅及相位差為模式開放邊界之水位邊界條件。圖 4.2.37 所示分別為蘇澳港水動力模式數值計算網格之南、北邊界之水位變化時序列圖，結果顯示蘇澳港南、北側邊界水位極為接近。

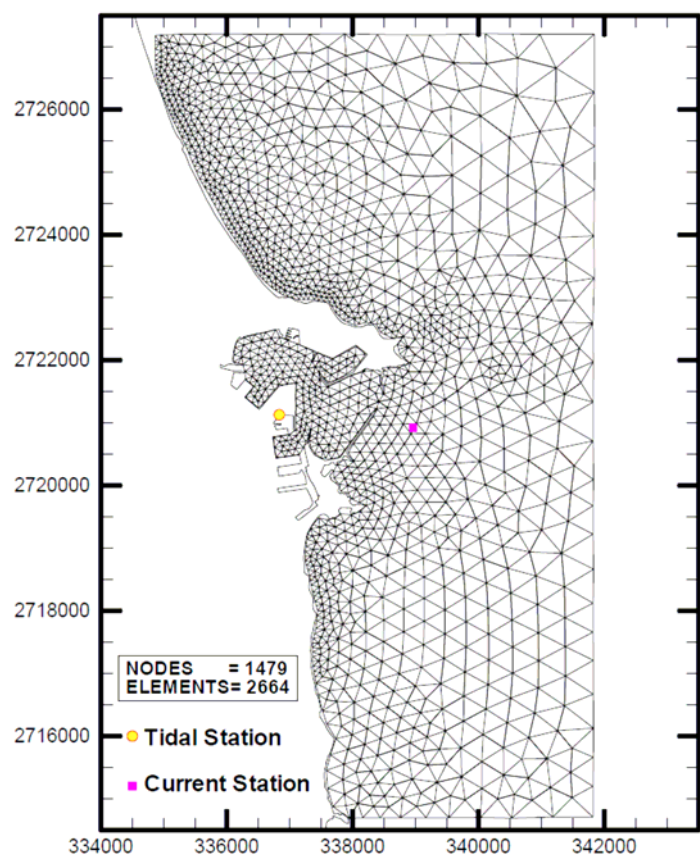


圖 4.2.35 蘇澳港水動力模式之有限元素格網分佈圖

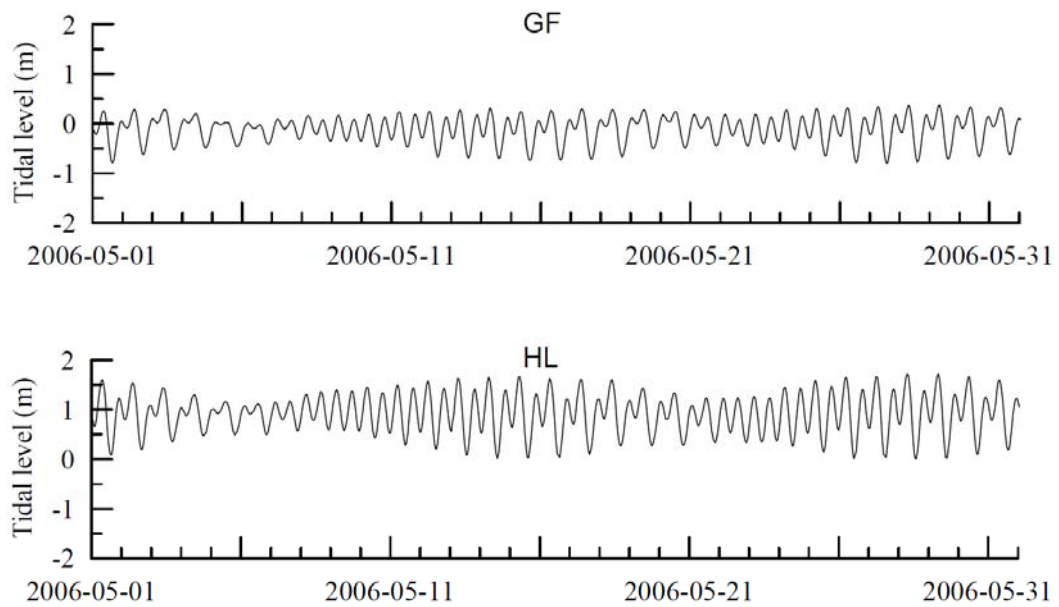


圖 4.2.36 蘇澳港上下游潮位站之潮位時序列圖

表4.2.7 蘇澳港上下游潮位站選取之分潮表

潮位站 名稱	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅(m)	位相角(度)
梗枋	O1	13.9	0.1385	242.0
	K1	15.0	0.1868	241.2
	N2	28.4	0.0419	190.1
	M2	28.9	0.2532	279.6
	S2	30.0	0.0985	198.3
平均潮位 = -0.1120 m 原點時間：2006/05/16 12:00:00				
花蓮	O1	13.9	0.1735	247.6
	K1	15.0	0.2051	241.6
	N2	28.4	0.0712	189.3
	M2	28.9	0.4324	264.8
	S2	30.0	0.1735	186.2
平均潮位 = 0.9187 m 原點時間：2006/05/16 12:00:00				

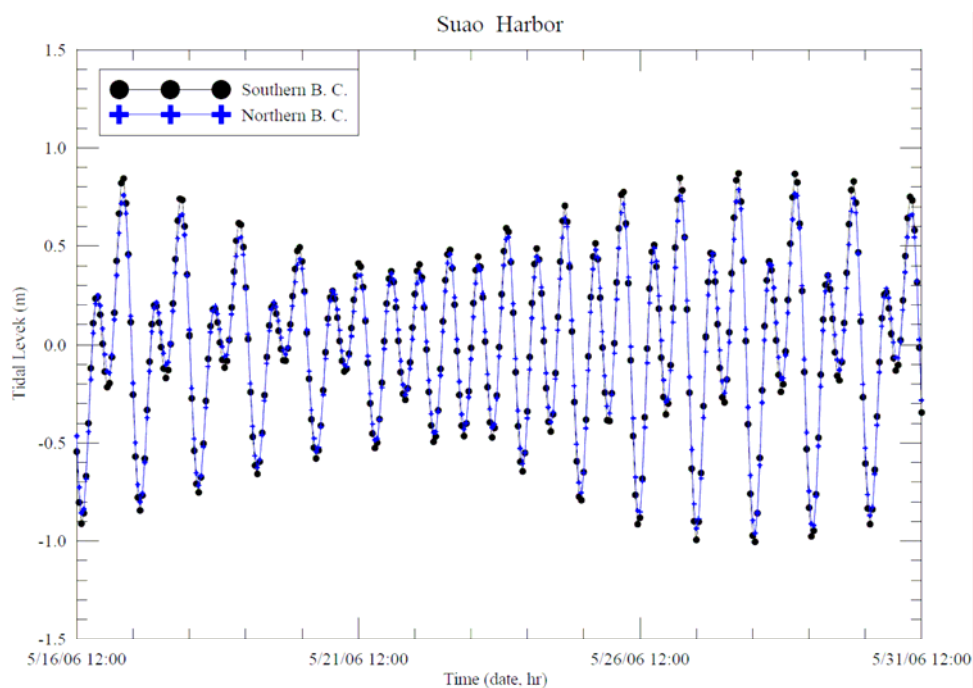


圖 4.2.37 蘇澳港水動力模式之邊界條件時序列圖

4.2.6 計算結果與討論

依據前置工作建立各港口水動力模式之輸入資料檔，利用水動力模式進行各港口水位及流場模擬工作。其中模式網格輸入檔案內容包含了數值計算網格資料、邊界條件、起始條件及相關參數值(如渦動粘滯性係數及底床摩擦係數)等。本章節內容主要針對各港口水位及流場模擬結果之驗證與相關參數之率定進行討論，關於各港口水動力模式模擬結果分述如下。

(1)基隆港

由於本計畫水動力模式在空間上採用有限元素方法求解，但對於時間項差分採取顯示法求解(其中連續方程式及動量方程式分別求解在不同時間段，即 $\frac{1}{2}\Delta t$ 及 Δt 時間上)，因此模式計算之穩定性與三角元素大小、節點水深大小及時間差分之間距 Δt 大小有關。此外，模式模擬之起始條件、渦動粘滯性係數及底床摩擦係數大小亦會影響至模式計算之穩定性。本計畫針對水動力模式相關參數，先假設固定之底床摩擦係數($C_f=0.027$)及固定之渦動粘滯性係數(如 $200.0 \text{ m}^2/\text{sec}$)進行模式測試。在模式之起始條件(或起始時間)之決定上，依經驗選擇在潮位漲潮至平均潮位附近之時間為模式之起始時間，此時模式之模擬起始條件可假設各節點之水位及流速值均為零。本計畫基隆港水動力模式經由初步模擬測試結果，模式之時間間距 $\Delta t=2.0 \text{ sec}$ ；在渦動係數大小率定上，除了港內及港口附近元素採用 $70.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ 外，其餘元素之渦動係數均採用 $250.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ 。

本計畫基隆港水動力模式率定與驗證之模擬結果輸出時間，係由 2007 年 8 月 29 日零時起至 2007 年 9 月 13 日零時為止共計 15 日。圖 4.2.38 所示為基隆港潮位站附近之水位模擬時序列結果與潮位站水位調和分析結果(扣除平均水位值之結果)之比較，結果顯示水位模擬結果與潮位站水位調和分析結果大致上吻合，惟潮差變化模式模擬結果略小於潮位站水位調和分析結果，因此未來在邊界水位調整上可以略微

修正東、西邊界上之振幅差因應。圖 4.2.39 及圖 4.2.40 所示分別海流測站附近節點之 E 方向與 N 方向流速模擬結果與海流觀測資料調和分析結果之比較(註：本計畫各港口海流調和分析主要選取 O_1 、 K_1 、 M_2 及 S_2 等四個主要分潮分別進行 E 方向與 N 方向流速調和分析)，由模式驗證結果顯示模式模擬之潮流在海流測站附近無顯著之大潮及小潮流速之變化情形，此與海流觀測資料調和分析結果大潮及小潮流速有顯著差異之情況不同。此外，模式模擬結果在海流測點附近 E 方向與 N 方向速度變化上，除了大潮時之速度大小明顯地小於海流 E 方向與 N 方向觀測資料之調和分析結果外，在相位變化上與觀測資料之調和分析結果間有著 2 至 3 小時之時間延遲，此一現象初步研判可能與基隆港水動力模式之西側邊界條件推估與實際現象有落差所致。針對基隆港水動力模式模擬結果與觀測資料間之差異性將列為本計畫下年度探討與改進之重點。

圖 4.2.41a、b 所示分別模式在海流觀測點附近流速與流向變化模擬結果與海流觀測資料調和分析結果之比較，顯示模擬結果與海流觀測調和分析結果有顯著流速大小上的差異外，流向變化上大致上吻合，但時間相位上仍有約 2 小時之延遲。針對目前所選取之海流驗證資料在模式驗證前半段大潮時間觀測值有顯著偏大之現象，此現象是否為基隆港潮流固有之特性，亦或為海流調和分析所產之誤差所致，均有待下年度計畫進一步探討。

圖 4.2.42 所示為基隆港 2007 年 9 月 3 日 12:00 至 2007 年 9 月 4 日 00:00 的流速軌跡圖，由圖中可以看到模擬出來的流向為 83.9 度，而其觀測值的流向為 81.6 度。另外，針對基隆港潮流模擬結果之平面向量圖，本計畫分別選取高潮(2007 年 9 月 2 日 16:00)、平潮(2007 年 9 月 2 日 12:00)及低潮(2007 年 9 月 2 日 07:00)時各一張圖置於報告內，如圖 4.2.43 所示，並於期末報告的投影片中以動畫進行展示。

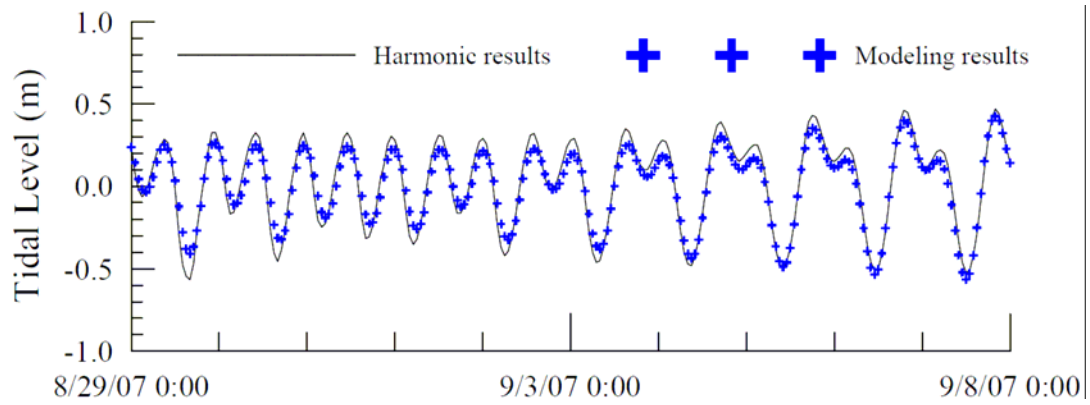


圖 4.2.38 基隆港水位模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2007/08/29 00:00~2007/09/08 00:00)

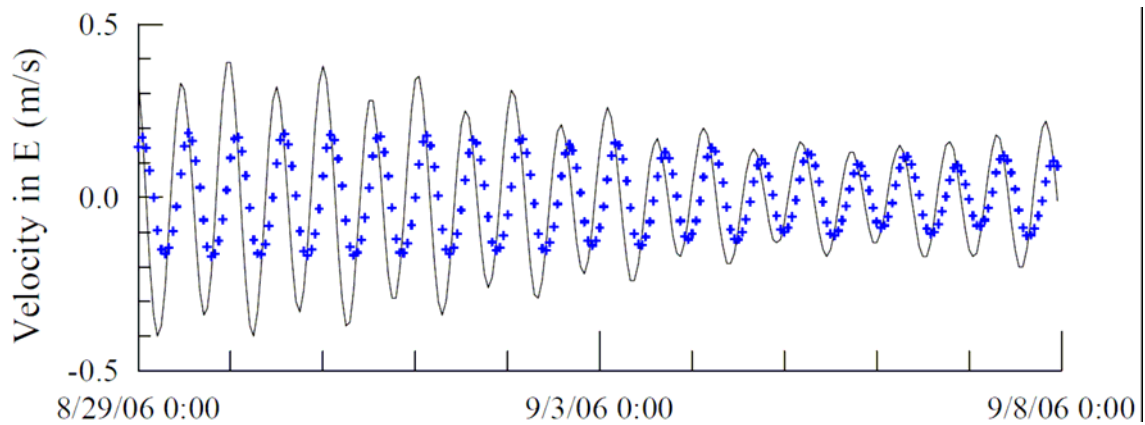
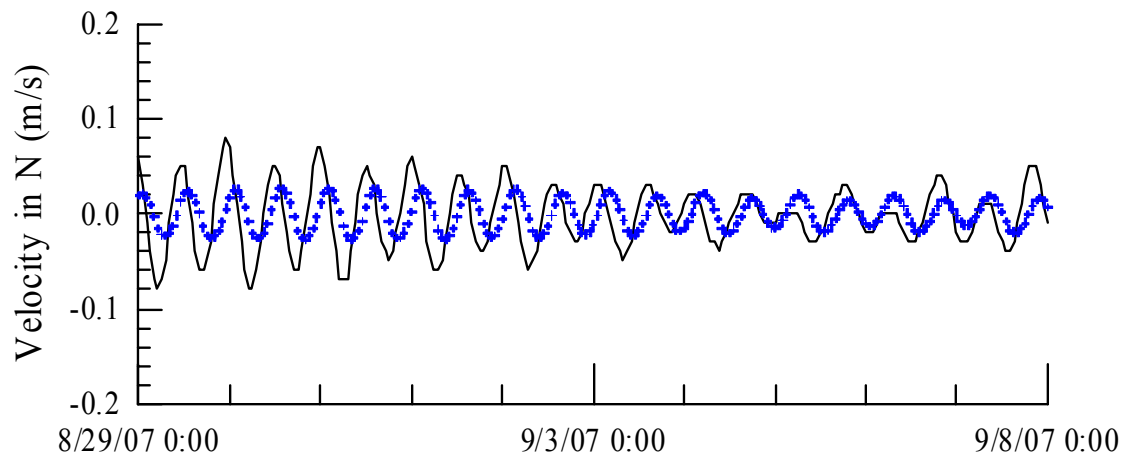
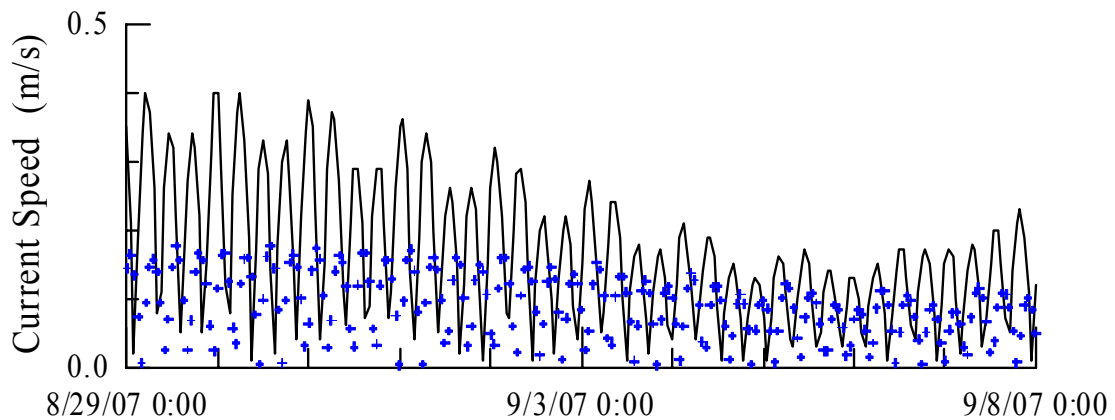


圖 4.2.39 基隆港 E 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2007/08/29 00:00~2006/09/08 00:00)



**圖 4.2.40 基隆港 N 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2007/08/29 00:00~2006/09/08 00:00)**



**圖 4.2.41a 基隆港流速大小模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2007/08/29 00:00~2006/09/08 00:00)**

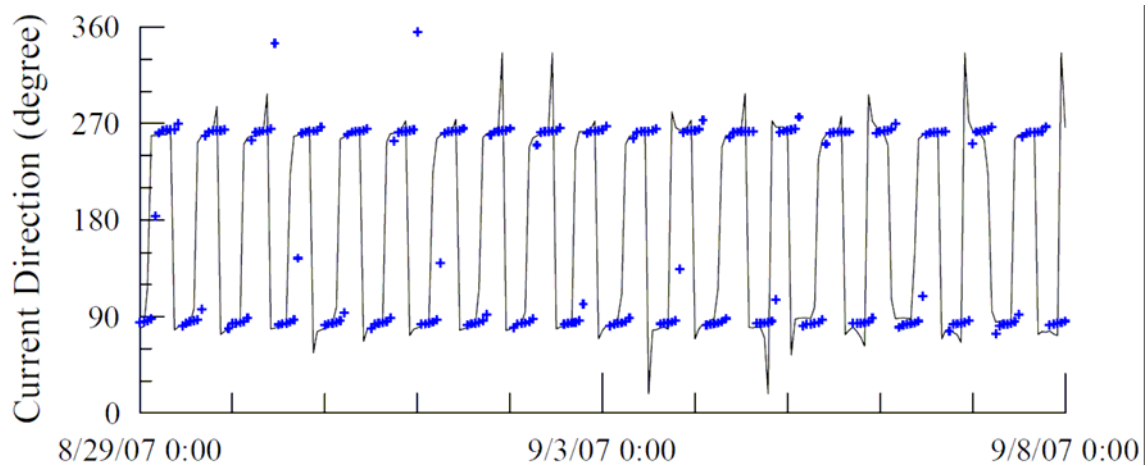


圖 4.2.41b 基隆港流向模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2007/08/29 00:00~2007/09/08 00:00)

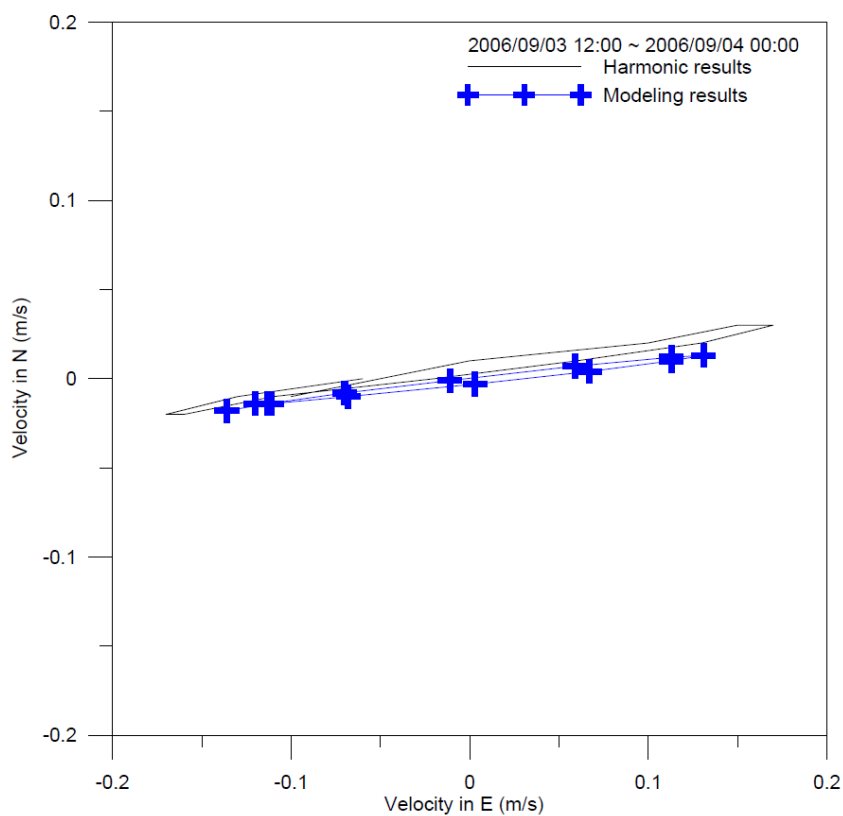


圖 4.2.42 基隆港流速軌跡圖(模擬時間 2006/09/03 12:00~2006/09/04 00:00)

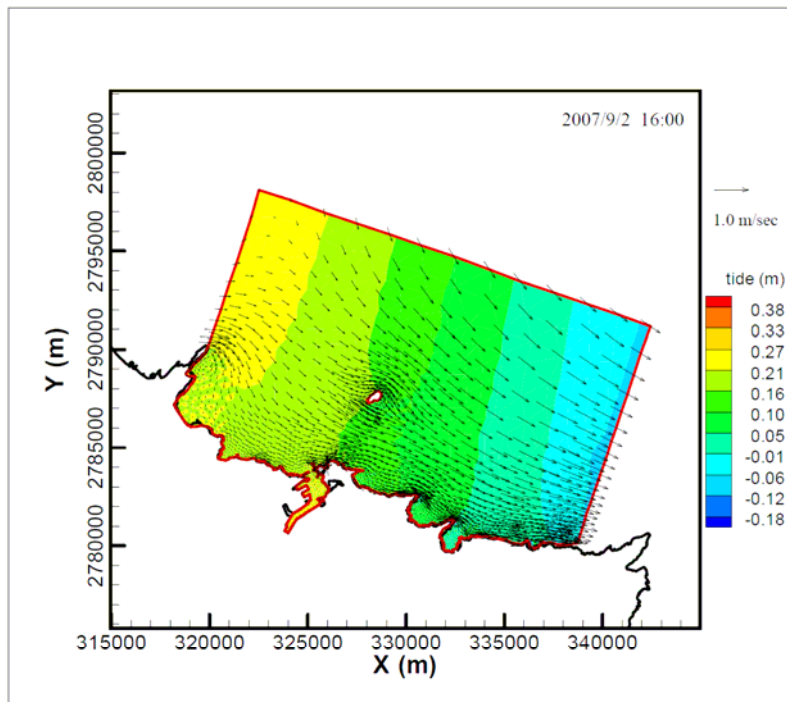


圖 4.2.43 基隆港高潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2007/09/02 16:00)

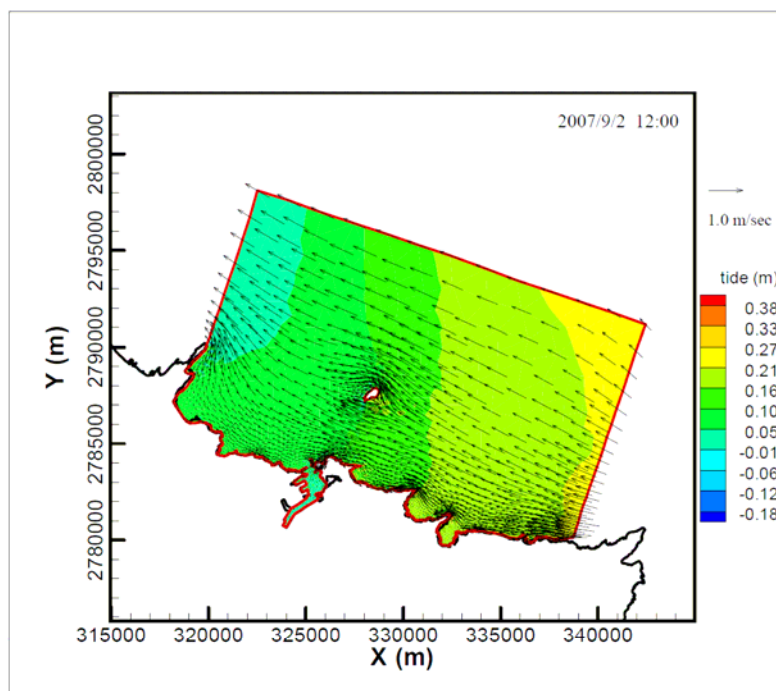


圖 4.2.43 (續 1)基隆港平潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2007/09/02 12:00)

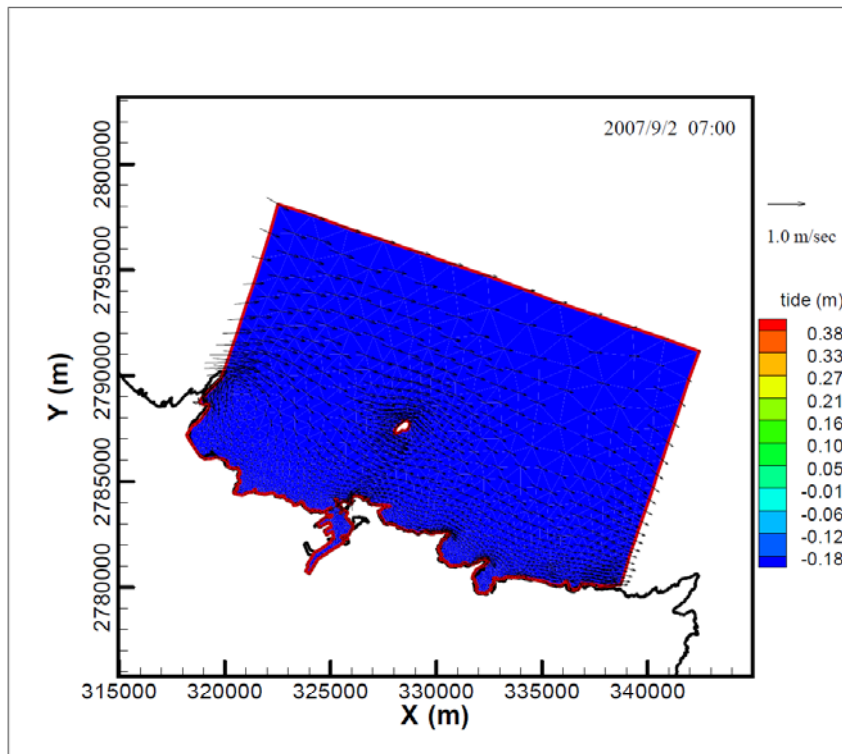


圖 4.2.43 (續 2)基隆港低潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2007/09/02 07:00)

(2)臺北港

如前面基隆港所述，本計畫在進行臺北港水動力模式模擬結果驗證之前，均會先針對模式之穩定度進行測試以率定模式相關重要參數設定值。本計畫臺北港水動力模式所使用相關參數說明如下：模式計算之時間間距 $\Delta t=1.0$ sec，所有元素之渦動係數值均採用固定值 $80.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ ，底床摩擦係數在率定過程中採用固定值($C_f=0.025$)，在模式驗證階段則假設底床摩擦係數值會隨元素水深值不同而給定不同係數。

本計畫臺北港水動力模式模擬結果輸出時間，係由 2006 年 9 月 3 日 12 時起至 2006 年 9 月 18 日 12 時止共計 15 日。圖 4.2.44 所示為臺北港潮位站附近之水位模擬結果時序列與潮位站水位調和分析結果(扣除平均水位值之結果)之比較，結果顯示水位模擬結果與潮位站水位調

和分析結果相當吻合。圖 4.2.45 及圖 4.2.46 所示分別臺北港海流測站附近節點之 E-W 方向與 N-S 方向流速大小模擬結果與海流觀測資料調和分析結果之比較，結果顯示臺北港水動力模式模擬結果與調和分析結果相當一致，僅東西向流速大小模式模擬結果較海流東西向觀測資料調和分析結果偏小(大潮期間較為顯著)，南北向流速模擬結果在則在大潮期間略小於海流南北向觀測資料之調和分析結果。圖 4.2.47a、b 所示分別臺北港水動力模式模擬海流觀測點附近之流速與流向變化情形與海流觀測資料調和分析結果之流速及流向之比較，結果顯示接近大潮時模式流速模擬結果與海流觀測資料調和分析結果有較大的偏差，流向變化模式模擬結果與觀測資料調和分析結果存在有一定的偏差，此現象應與前述 E-W 方向流速誤差有關。

圖 4.2.48 所示為臺北港 2006 年 9 月 3 日 12:00 至 2006 年 9 月 4 日 01:00 的流速軌跡圖，由圖中可以看到模擬出來的流向為 47.5 度，而其觀測值調和分析結果之流向為 56.4 度，顯示二者之間流向偏差為目前模式模擬結果與觀測值間主要差異，亦為未來模式邊界條件設定或相關參數修正之處。對於臺北港水位及流場分布模擬結果之平面向量圖，本計畫分別選擇高潮(2006 年 9 月 6 日 22:00)、平潮(2006 年 9 月 6 日 19:00)及低潮(2006 年 9 月 6 日 16:00)時各一張圖置於報告內，如圖 4.2.49 所示。

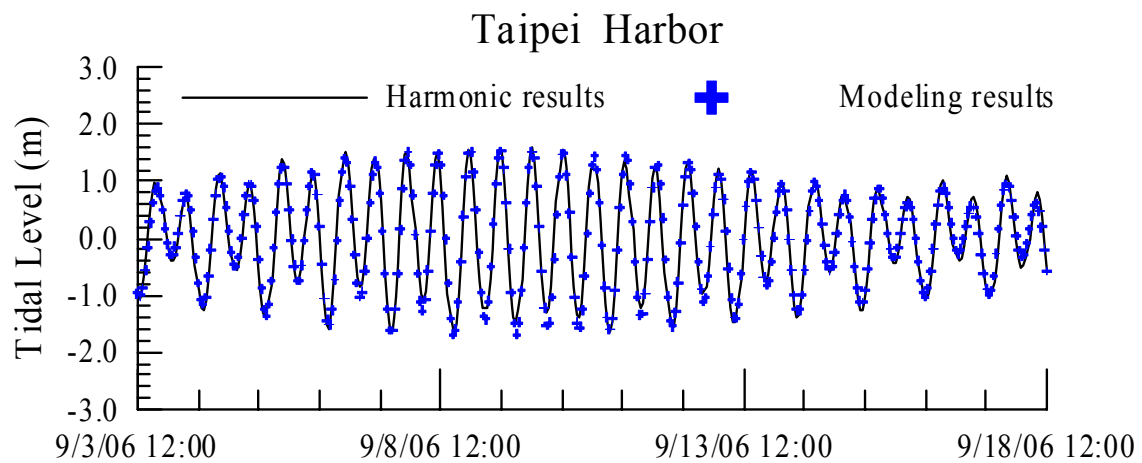


圖 4.2.44 臺北港水位模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/09/03 12:00~2006/09/18 12:00)

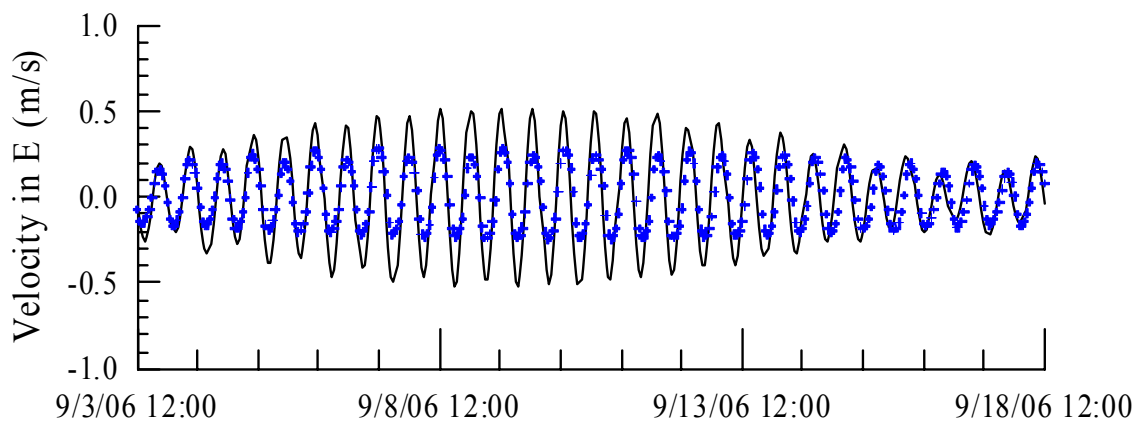
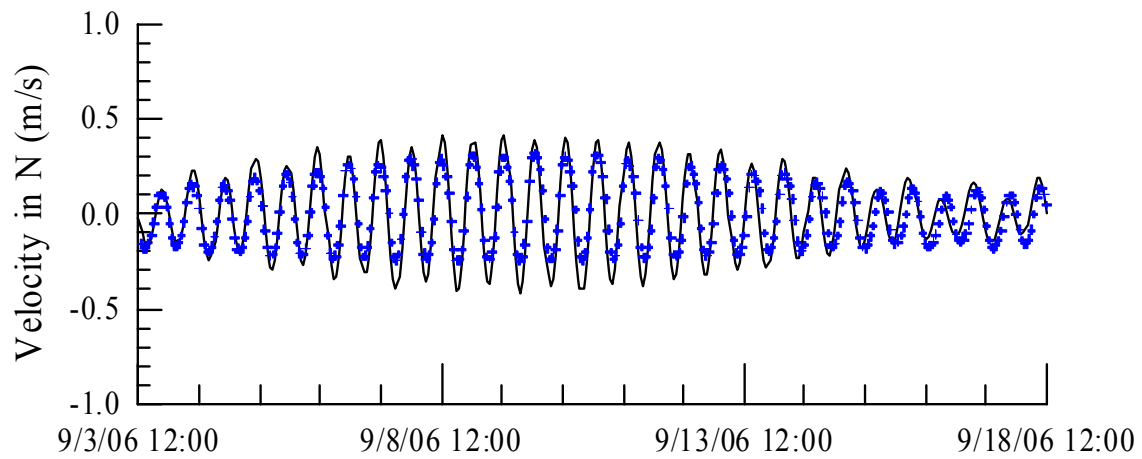
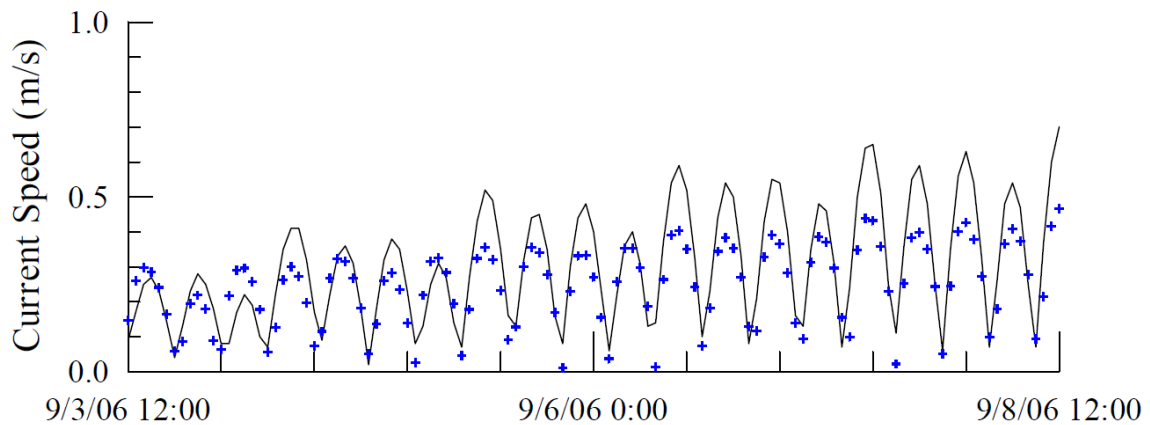


圖 4.2.45 臺北港 E 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/09/03 12:00~2006/09/18 12:00)



**圖 4.2.46 臺北港 N 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/09/03 12:00~2006/09/18 12:00)**



**圖 4.2.47a 臺北港流速大小模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/09/03 12:00~2006/09/08 12:00)**

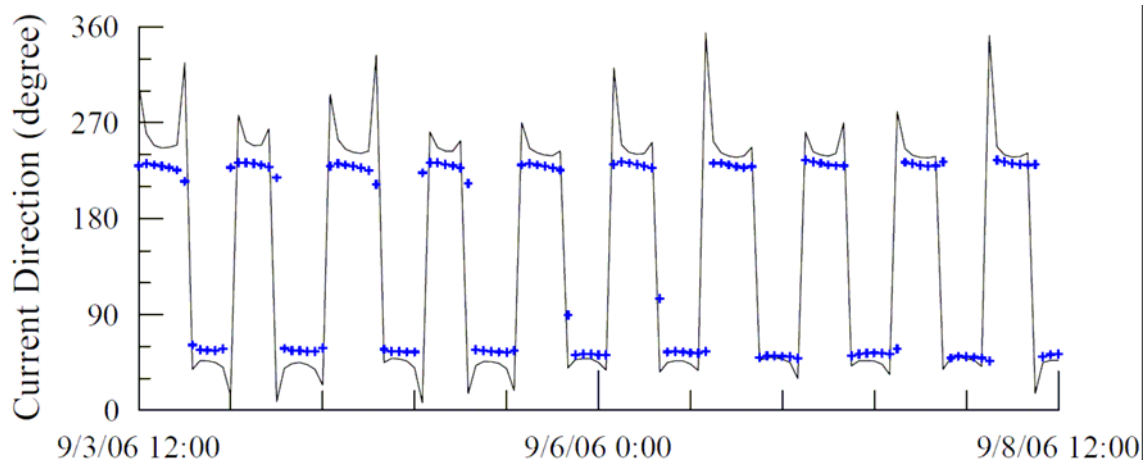


圖 4.2.47b 臺北港流向模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/09/03 12:00~2006/09/08 12:00)

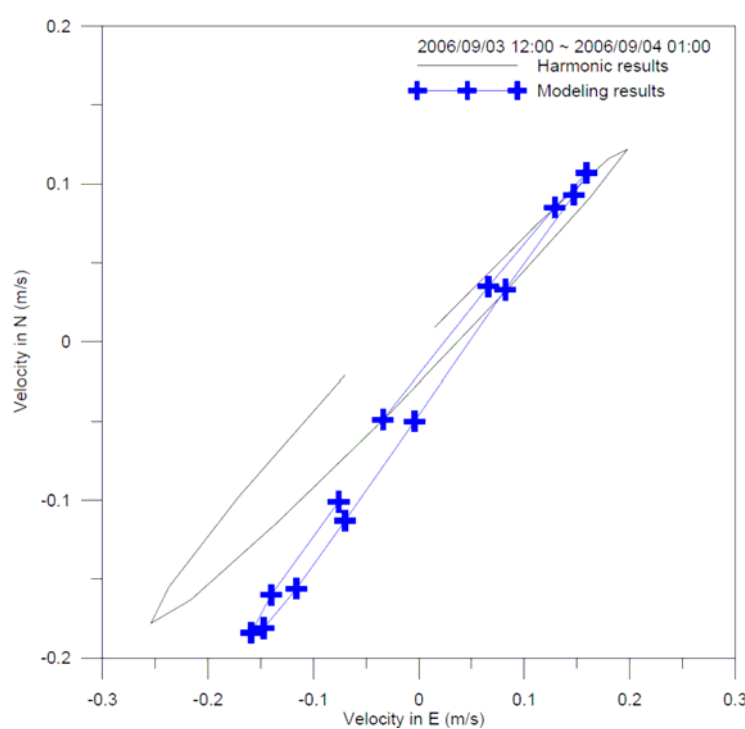


圖 4.2.48 臺北港流速軌跡圖(模擬時間 2006/09/03 12:00~2006/09/04 01:00)

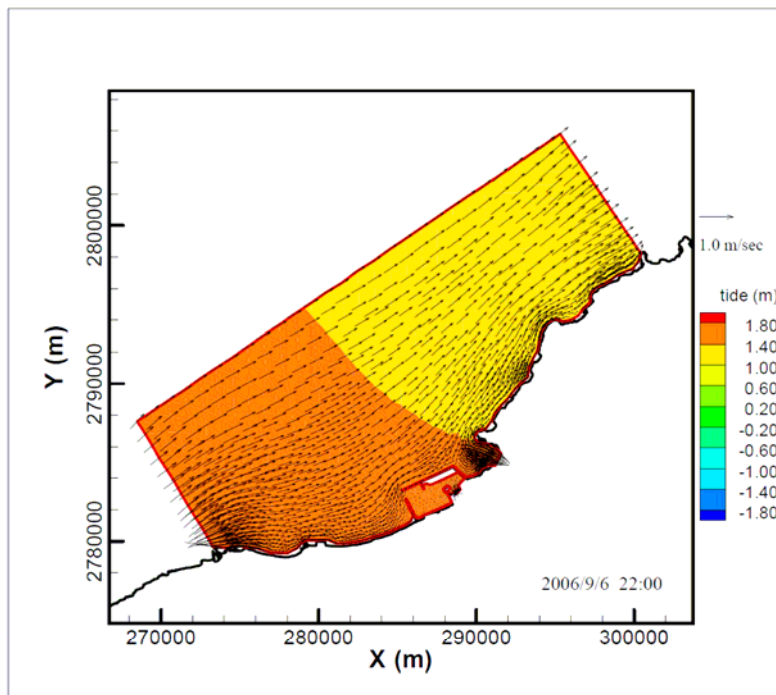


圖 4.2.49 臺北港高潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/09/06 22:00)

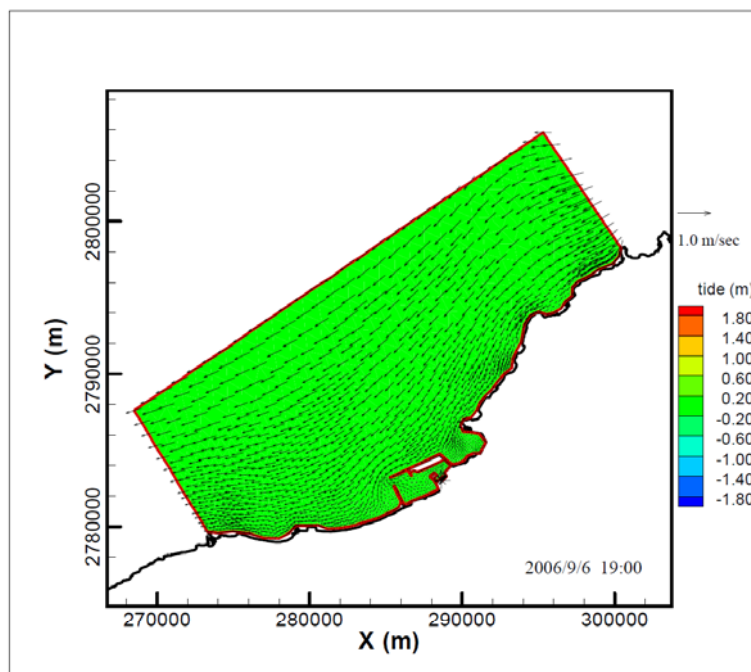


圖 4.2.49 (續 1) 臺北港平潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/09/06 19:00)

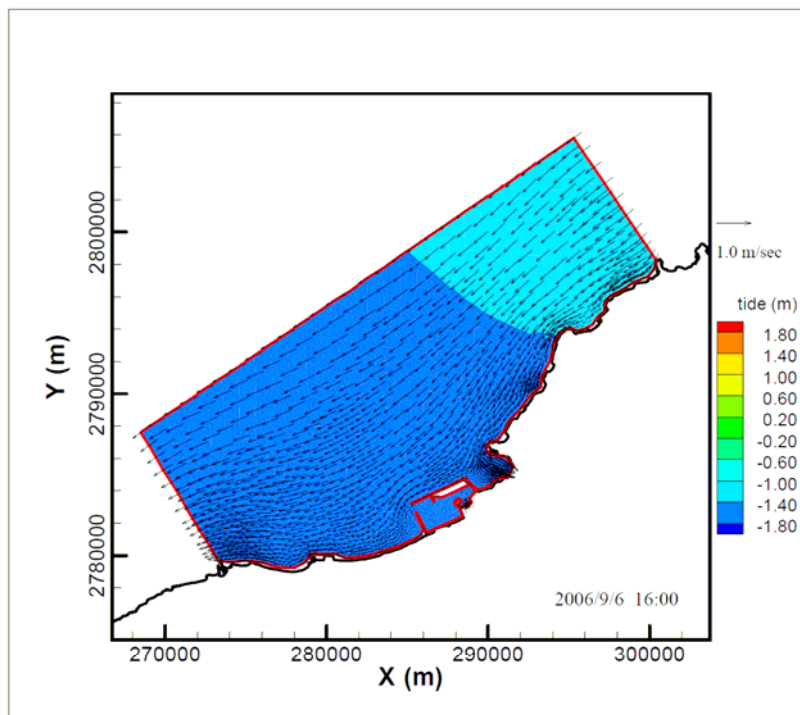


圖 4.2.49 (續 2)臺北港低潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/09/06 16:00)

(3)臺中港

針對臺中港水動力模式相關參數率定結果如下：模式計算之時間間距 $\Delta t=2.0$ sec，所有元素之渦動係數值均採用固定值 $100.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ ，底床摩擦係數在率定過程中採用固定值($C_f=0.025$)，在模式驗證階段則假設底床摩擦係數值會隨元素水深值不同而給定不同的係數率定值。

本計畫臺中港水動力模式模擬結果輸出時間，係由 2006 年 6 月 16 日 12 時起至 2006 年 7 月 1 日 12 時止共計 15 日。圖 4.2.50 所示為臺中港潮位站附近水位模擬結果之時序列與潮位站水位調和分析結果(扣除平均水位值之結果)之比較，結果顯示模式水位模擬結果與潮位站水位調和分析結果大致上吻合。圖 4.2.51 及圖 4.2.52 所示分別為臺中港海流測站附近節點之 E-W 方向與 N-S 方向流速大小模擬結果與海流觀測資料調和分析結果之比較，結果顯示臺中港水動力模式在海流觀測點附近之流況模擬與海流觀測資料調和分析結果有著顯著差異；其中

之一臺中港海流觀測資料調和分析結果呈現出全日潮潮流型態，此為目前臺中港水動力模式邊界條件設定無法完全模擬呈現出來，其二模式模擬之 E-W 方向與 N-S 方向流速變化與臺中港海流觀測資料調和分析結果間有顯著之相位差。由於臺中港潮汐水位呈現顯著之半日潮型態，但海流調和分析結果則呈現顯著之全日潮流型態，如圖 4.2.53 所示，全日潮流速大小為半日潮流速大小之數倍，流向則受到港口防波堤效應之影響呈現西北偏北—東南偏南之方向；至於半日潮偏小之原因則與半日潮在臺灣西海岸中部地區會合有關。檢視本計畫臺中港水動力模式開放邊界條件設定，受限於僅採用臺中港潮位站水位調和分析結果，(因鄰近臺中港之潮位站各有其觀測資料上之不足)，以試誤法決定南北兩側邊界分潮相位差，短時間實不易調整出理想之邊界條件。因此，臺中港水動力模式開放邊界條件設定方式應是本計畫未來需要進一步研究之處。

圖 4.2.54 為臺中港 2006 年 6 月 18 日 12:00 至 2006 年 6 月 19 日 12:00 的流速軌跡圖，由圖中可以看到模擬出來的流向為 25.8 度，而其觀測值的流向為 154.5 度，顯示二者之間差異頗大。圖 4.2.55 所示為臺中港水動力模式模擬之水位及流場平面向量圖，圖中流場分別代表高潮(2006 年 6 月 22 日 00:00)、平潮(2006 年 6 月 21 日 21:00)及低潮(2006 年 6 月 21 日 17:00)時之模擬結果。

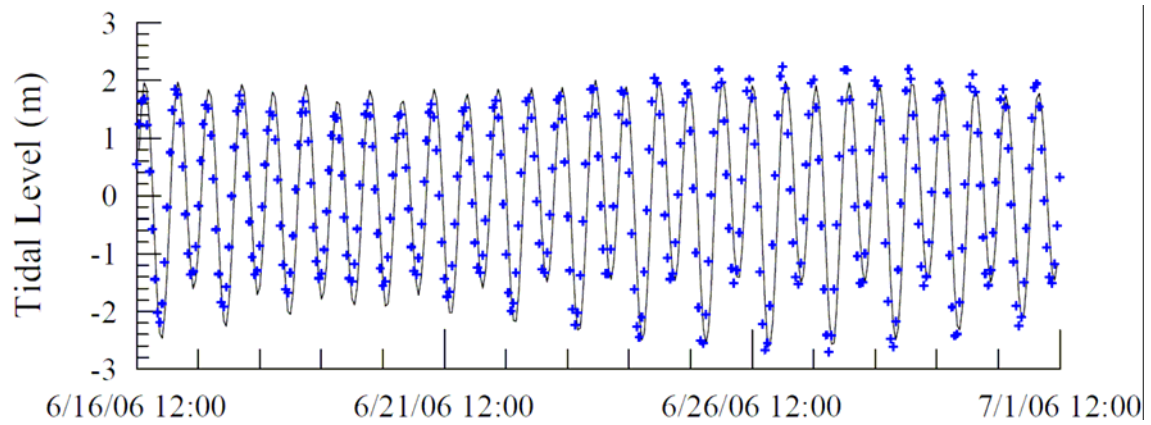


圖 4.2.50 臺中港水位模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/06/16 12:00~2006/07/01 12:00)

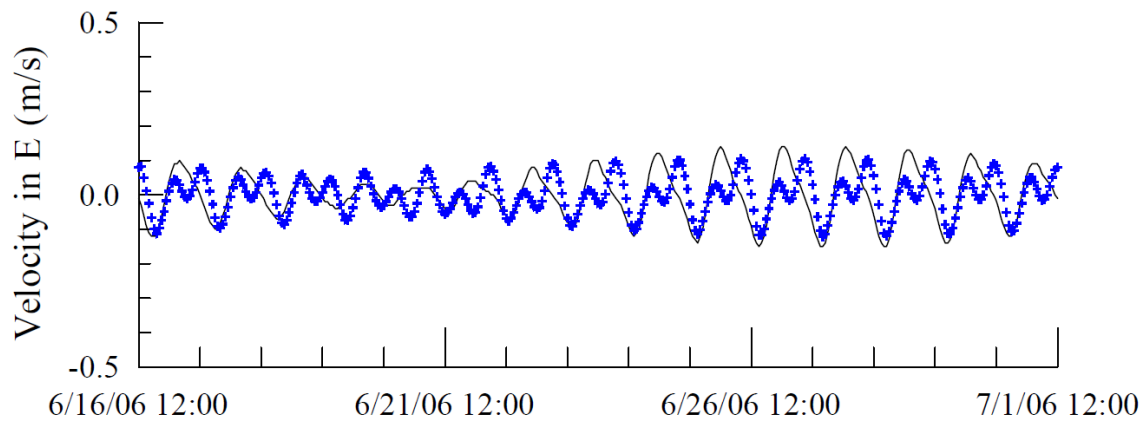


圖 4.2.51 臺中港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/06/16 12:00~2006/07/01 12:00)

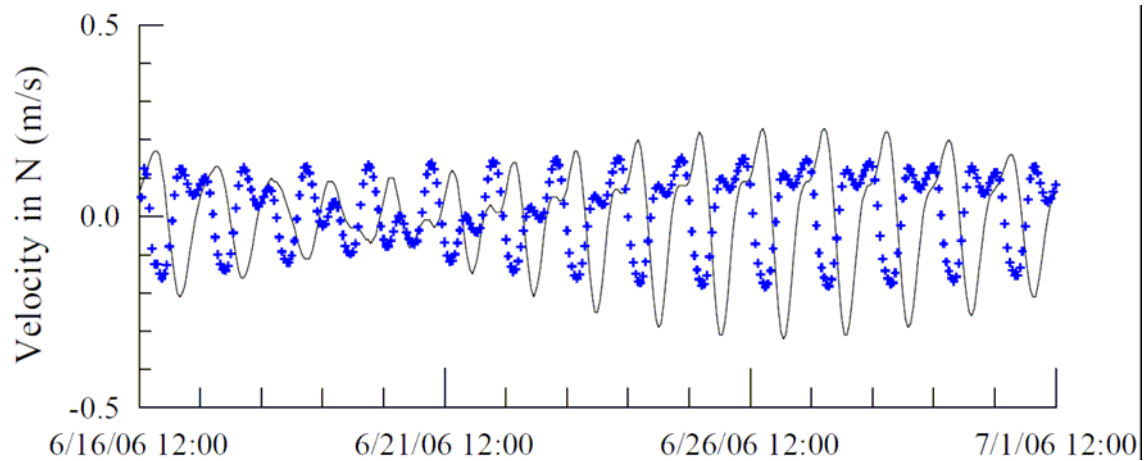


圖 4.2.52 臺中港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/06/16 12:00~2006/07/01 12:00)

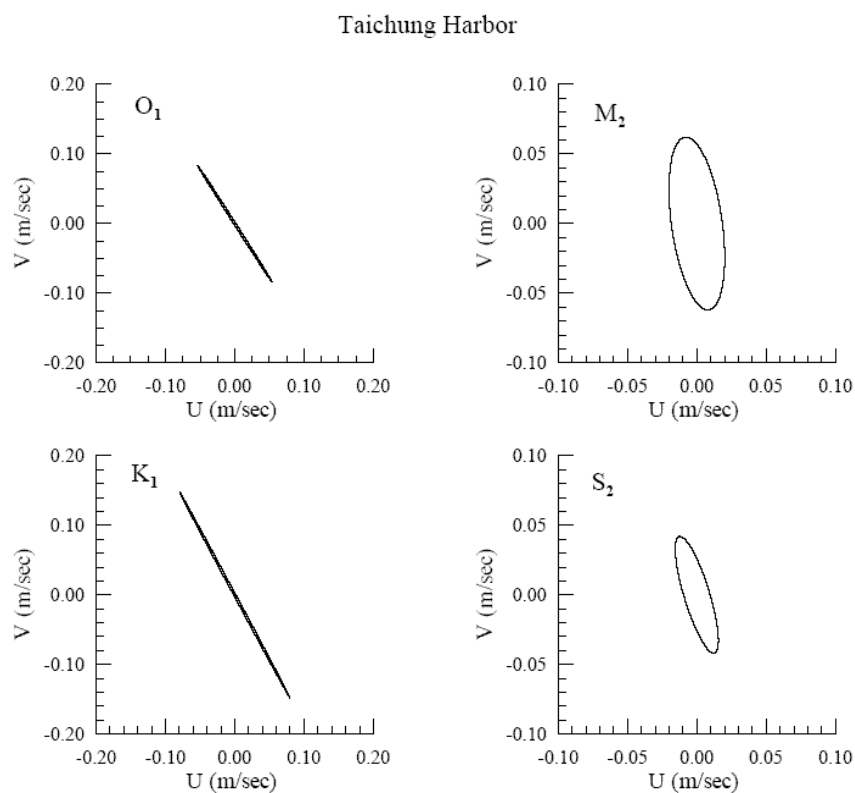


圖 4.2.53 臺中港海流觀測資料調和分析結果之分潮橢圓圖
(2006/06/01 00:00~2006/07/01 0:00)

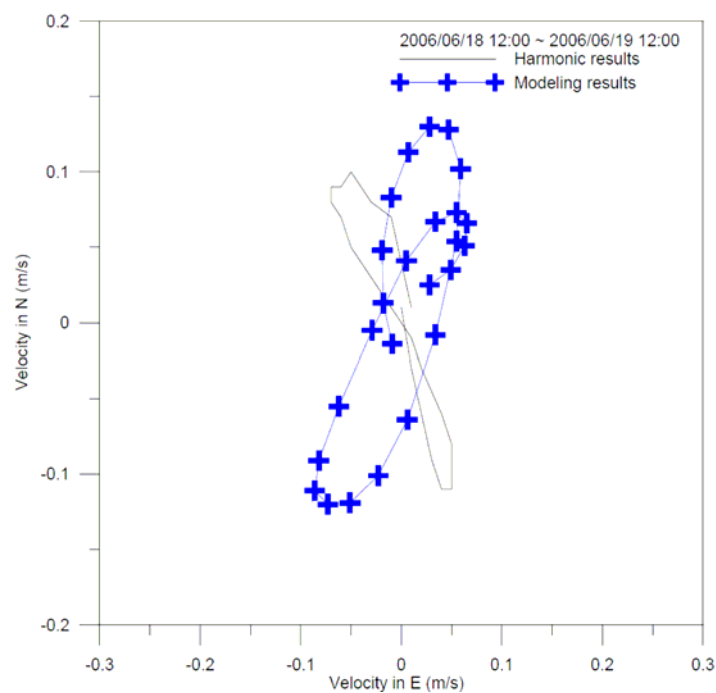


圖 4.2.54 臺中港各流速軌跡圖(模擬時間 2006/06/18
12:00~2006/06/19 12:00)

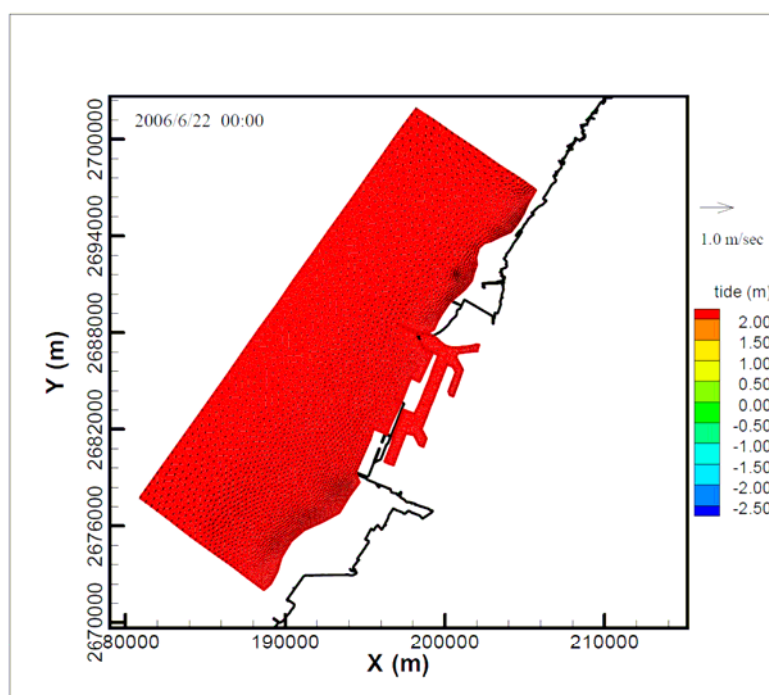


圖 4.2.55 臺中港高潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/06/22 00:00)

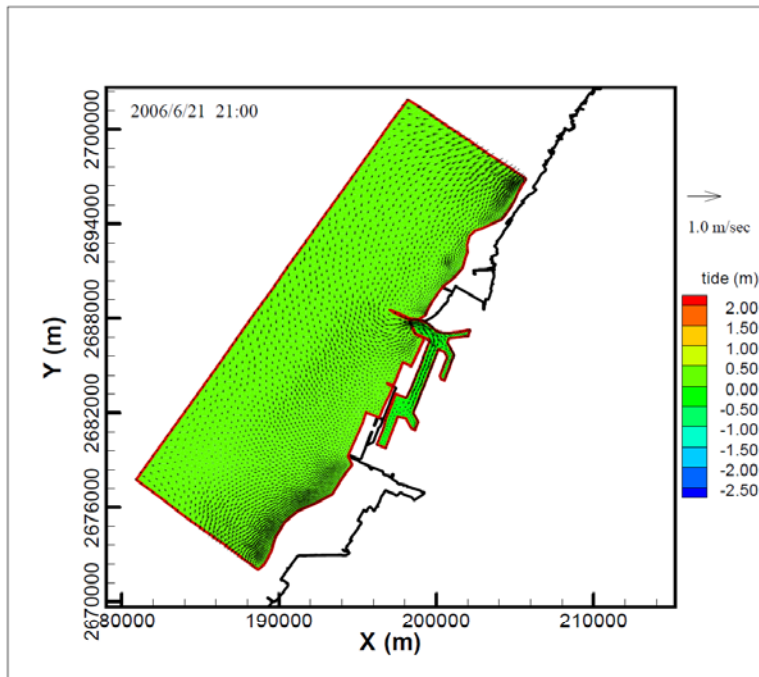


圖 4.2.55 (續 1)臺中港平潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/06/21 21:00)

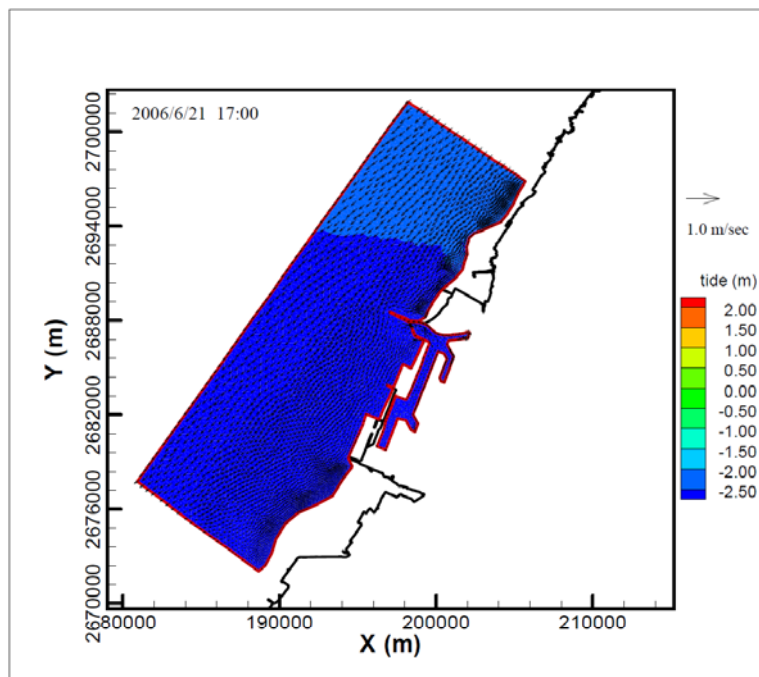


圖 4.2.55 (續 2)臺中港低潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/06/21 17:00)

(4)安平港

本計畫安平港水動力模式相關參數率定結果如下：模式計算之時間間距 $\Delta t=2.0$ sec，所有元素之渦動係數值均採用固定值 $100.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ ，底床摩擦係數在率定過程中採用固定值($C_f=0.025$)，在模式驗證階段則假設底床摩擦係數值會隨元素水深值不同而給定不同的係數率定值。模式模擬結果輸出時間自 2006 年 2 月 15 日零時起至 2006 年 3 月 2 日零時止共計 15 日。

圖 4.2.56 所示為安平港潮位站附近水位模擬結果之時序列與安平港潮位站水位調和分析結果(扣除平均水位值之結果)之比較，結果顯示模式水位模擬結果與潮位站水位調和分析結果大致上吻合。圖 4.2.57 及圖 4.2.58 所示分別安平港海流測站附近節點之 E-W 方向與 N-S 方向流速大小模擬結果與海流觀測資料調和分析結果之比較，結果顯示安平港水動力模式在海流觀測點附近之流況模擬結果在 E-W 方向流速大小與海流 E-W 方向觀測資料調和分析結果相近似，N-S 方向流速大小略小於海流 N-S 方向觀測資料調和分析結果；惟 E-W 與 N-S 方向流速變化之時間相位模擬結果與海流觀測資料調和分析結果均有時間相位之偏移現象發生。圖 4.2.59a、b 所示分別安平港水動力模式模擬海流觀測點附近之流速與流向變化情形與海流觀測資料調和分析結果之流速及流向之比較，顯示二者之間存在有些許之差異性。

針對安平港水動力模式模擬結果與觀測資料調和分析結果之間差異性，在模擬流速大小之差異上，未來模式可藉由率定底床摩擦係數達到改善之目的，但流速變化之相位差異則與模式邊界條件設定關係較為密切，因此針對安平港水動力模式未來可着重於開放邊界條件設定方式改善，以提升安平港水動力模式模擬結果之精確性。此外，針對所選取的海流觀測資料其調和分析結果，呈現出小潮期間流速偏大之現象，亦需進一步探討其合理性及其原因。

圖 4.2.60 所示為安平港 2006 年 2 月 22 日 13:00 至 2006 年 2 月 23 日 02:00 的流速軌跡圖，由圖中可以看到模擬出來的流向為 150.7° ，

而其觀測值的流向為 147.4 度，二者之間差異並不太大。圖 4.2.61 所示分別為安平港水動力模擬結果之平面流速向量圖，分別代表高潮(2006 年 2 月 27 日 21:00)、平潮(2006 年 2 月 28 日 01:00)及低潮(2006 年 2 月 28 日 04:00)時之流場分布模擬結果。

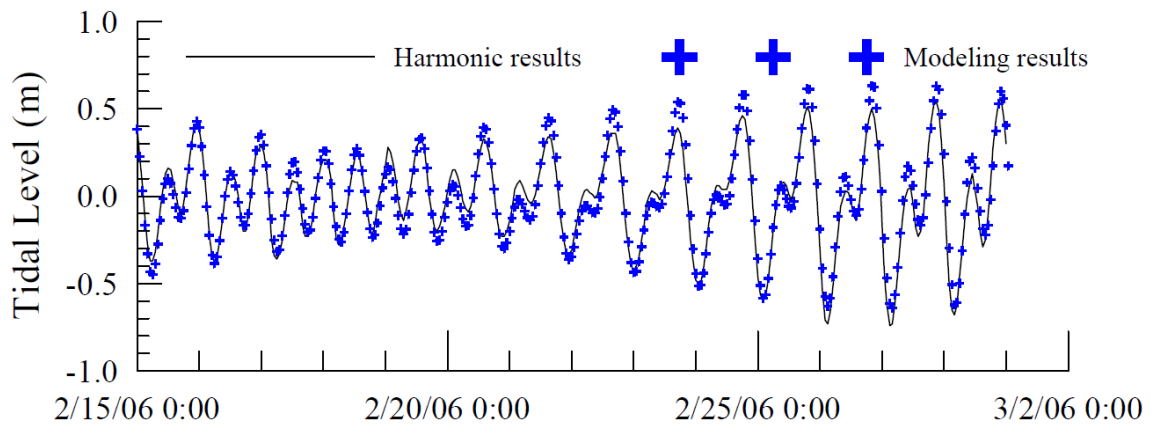


圖 4.2.56 安平港水位模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/02/15 00:00~2006/03/01 00:00)

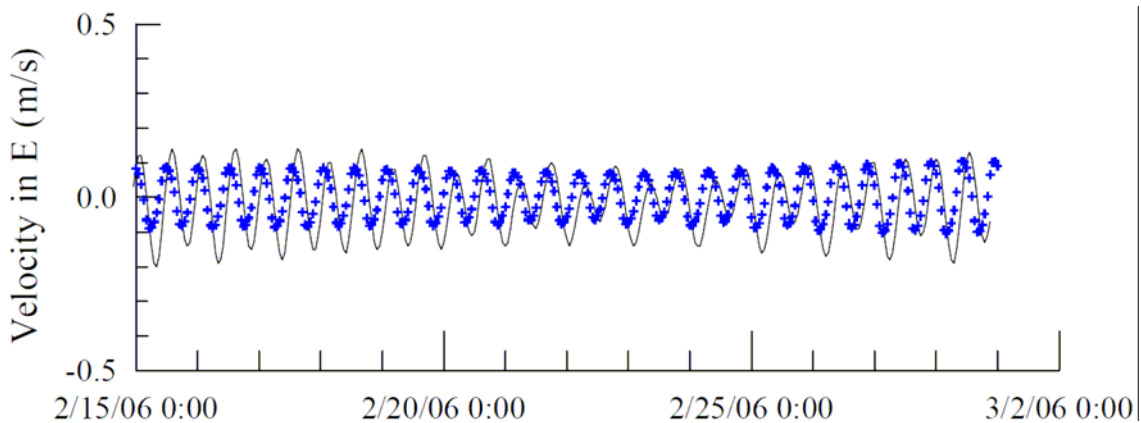


圖 4.2.57 安平港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/02/15 00:00~2006/03/01 00:00)

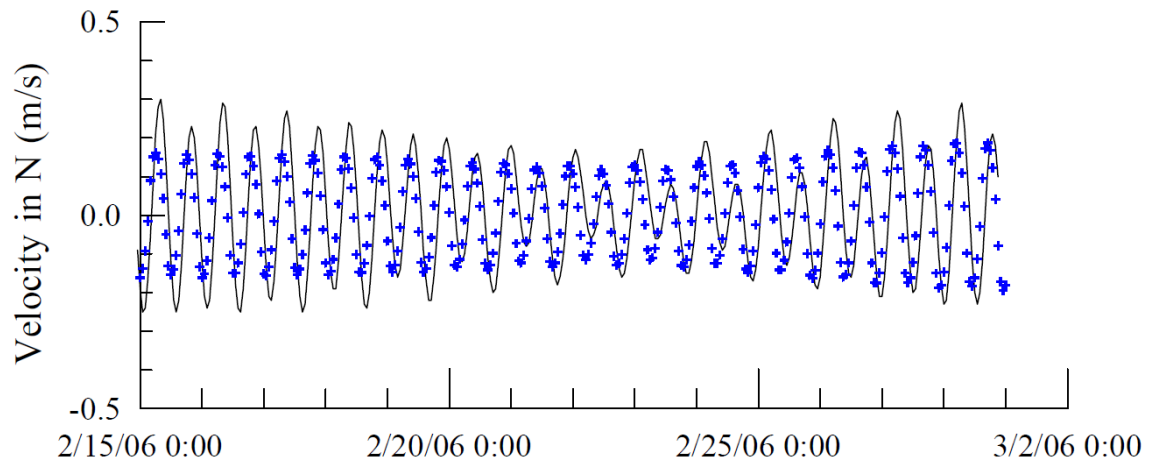


圖 4.2.58 安平港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/02/15 00:00~2006/03/01 00:00)

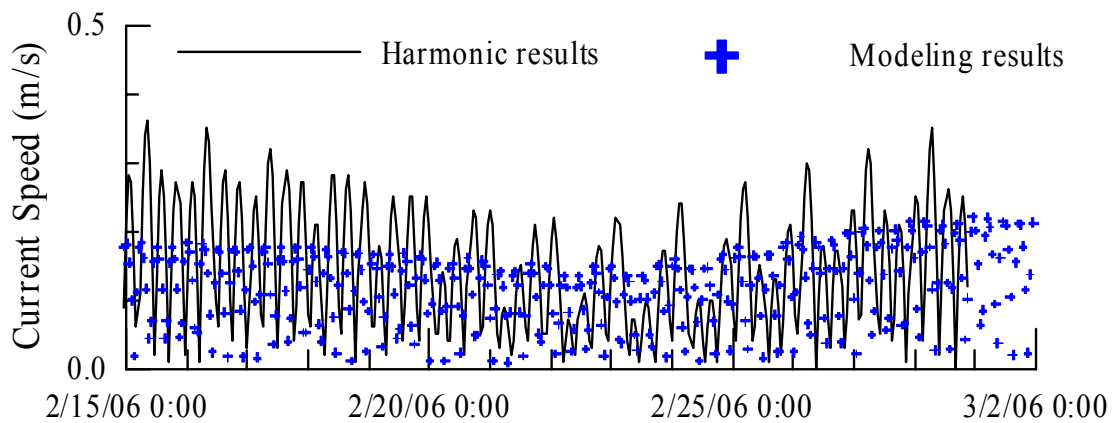


圖 4.2.59a 安平港流速大小模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/02/15 00:00~2006/03/01 00:00)

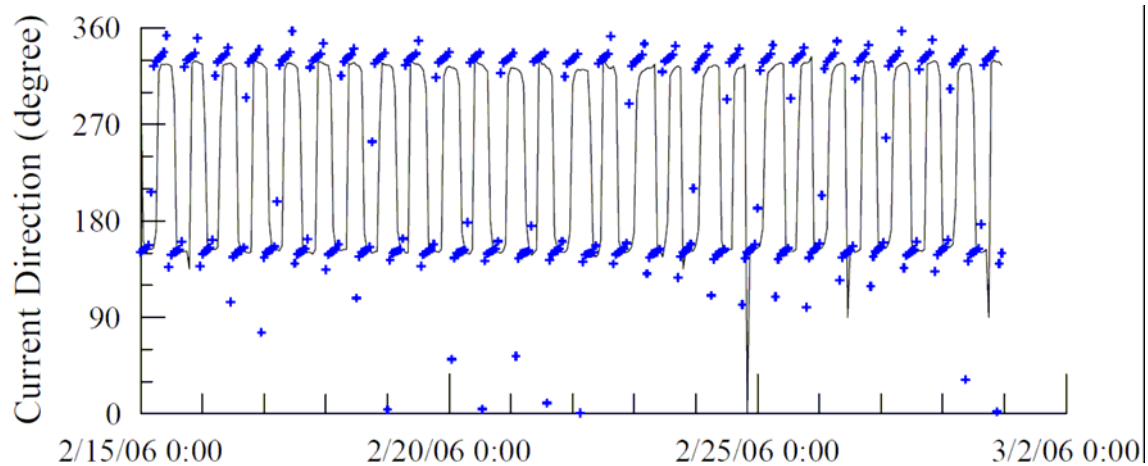


圖 4.2.59b 安平港流向變化模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/02/15 00:00~2006/03/01 00:00)

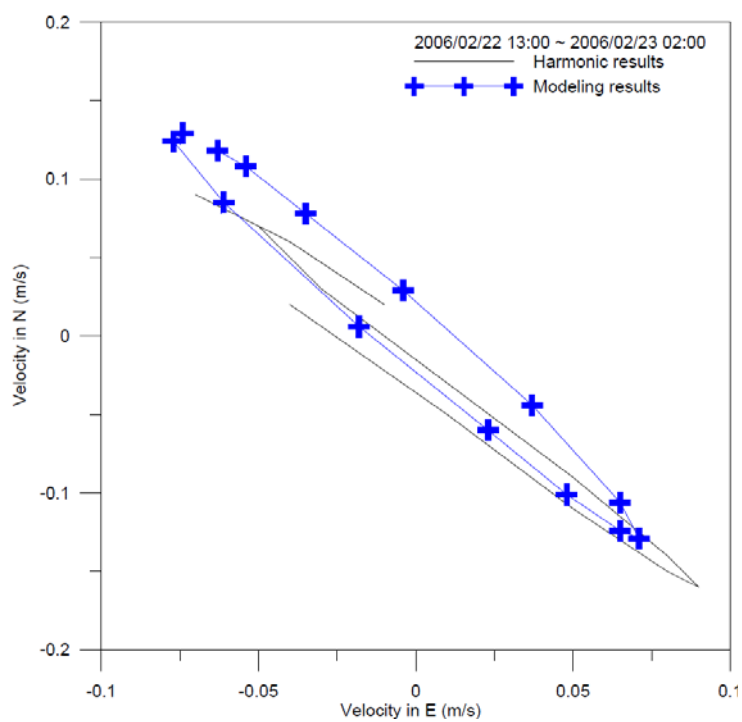


圖 4.2.60 安平港流速軌跡圖(模擬時間 2006/02/22 13:00~2006/02/23
02:00)

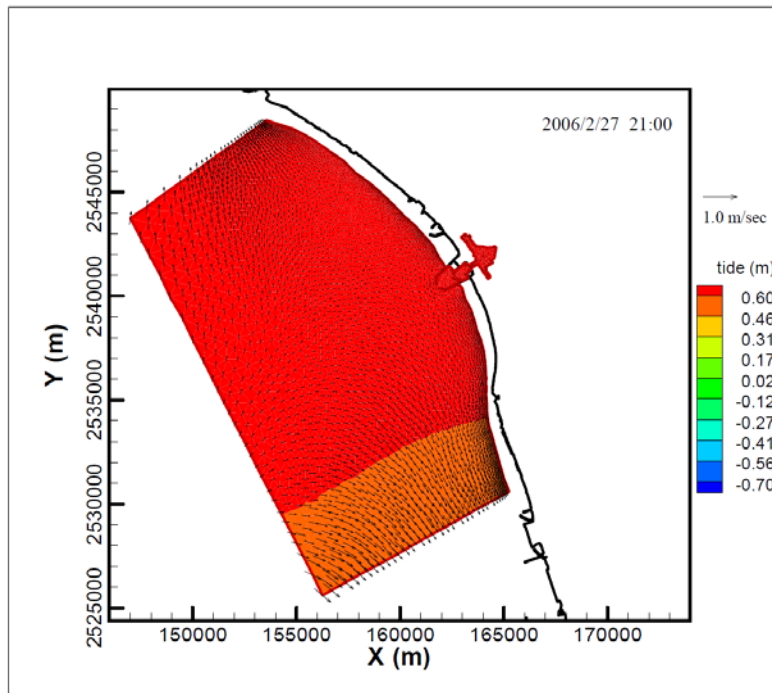


圖 4.2.61 安平港高潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/02/27 21:00)

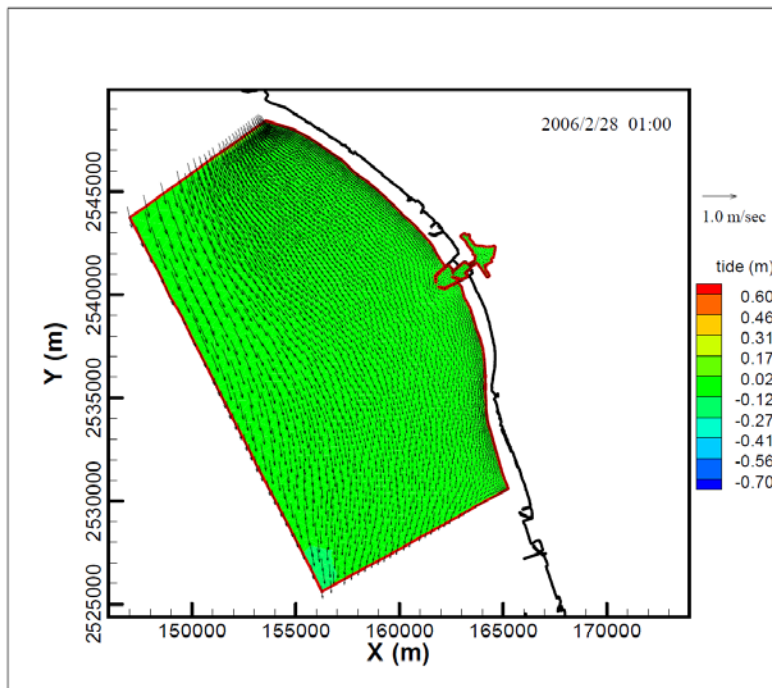


圖 4.2.61 (續 1)安平港平潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/02/28 01:00)

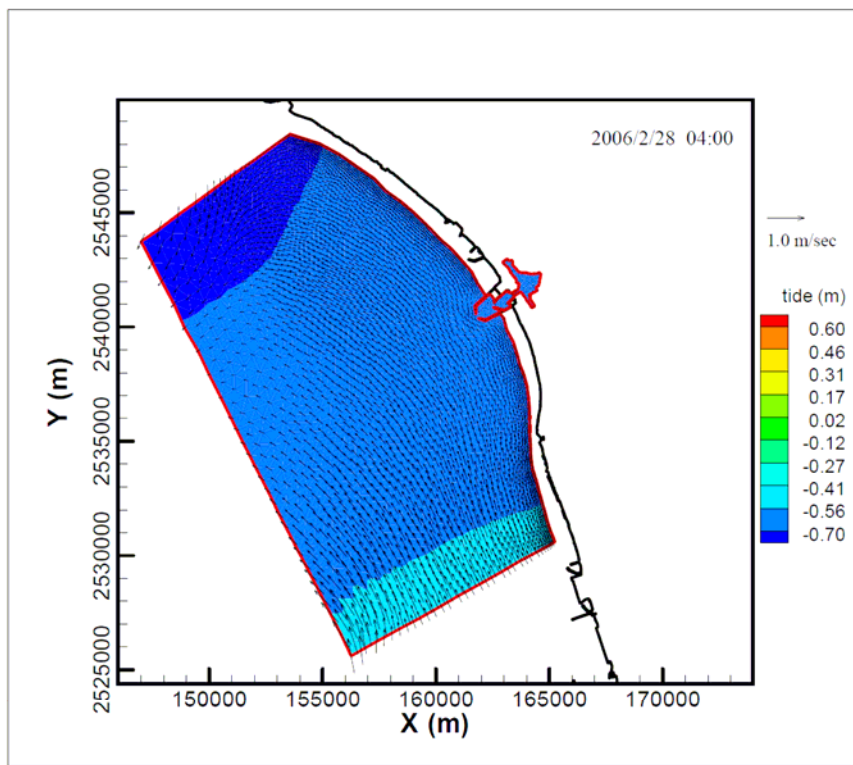


圖 4.2.61 (續 2)安平港低潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/02/28 04:00)

(5)高雄港

本計畫高雄港水動力模式相關參數率定結果如下：模式計算之時間間距 $\Delta t=2.0$ sec，所有元素之渦動係數值均採用固定值 $100.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ ，底床摩擦係數在率定過程中採用固定值($C_f=0.023$)，在模式驗證階段則假設底床摩擦係數值會隨元素水深值不同而給定不同的係數率定值。模式模擬結果輸出時間自 2006 年 5 月 16 日 12 時起至 2006 年 5 月 31 日 12 時止共計 15 日。

圖 4.2.62 所示為高雄港潮位站附近水位模擬結果之時序列與高雄港潮位站水位調和分析結果(扣除平均水位值之結果)之比較，結果顯示高雄港水動力模式水位模擬結果與高雄港潮位站水位調和分析結果相當吻合。圖 4.2.63 及圖 4.2.64 所示分別高雄港海流測站附近節點之 E-W 方向與 N-S 方向流速大小模擬結果與海流觀測資料調和分析結果之比

較，模擬結果顯在 E-W 方向流速大小上，模擬結果與觀測資料調和分析結果近似，但流速變化型態上則有出入；在 N-S 方向流速大小上，模擬結果明顯地小於觀測資料調和分析結果，尤其在大潮期間誤差頗大，且流速變化型態上與海流觀測資料調和分析結果亦有相當大的出入。深入分析模式模擬結果與海流觀測資料調和分析結果之差異原因，主要本計畫高雄港採用永安潮位站及高雄港潮位站調和分析結果所建立的開放邊界條件有效地反映觀測位置之潮流變化情形，有鑑於此，高雄港水動力模式南側開放邊界之水位條件可能需要進一步考慮鄰近東港潮位變化之影響。圖 4.2.65 所示為全日潮 O_1 及 K_1 之潮流振幅分別略大於半日潮 M_2 及 S_2 之潮流振幅，顯示在大潮期間全日潮與半日潮間在漲退潮階段會出現相位一致情形，導致 N-S 方向流速顯著增大現象，但在小潮期間呈現全日潮 O_1 及 K_1 之間相位相反現象，導致 N-S 方向流速偏向半日潮且流速較小。

圖 4.2.66 所示為高雄港 2006 年 5 月 23 日 12:00 至 2006 年 5 月 24 日 12:00 的流速軌跡圖，由圖中可以看到模擬出來的流向為 137.9 度，而其觀測值的流向為 155.9 度，二者之間相差約 18 度。圖 4.2.67 所示分別為高雄港水動力模式之模擬結果在高潮(2006 年 9 月 30 日 09:00)、平潮(2006 年 9 月 30 日 14:00)及低潮(2006 年 9 月 30 日 18:00)時之流速向量分布圖。

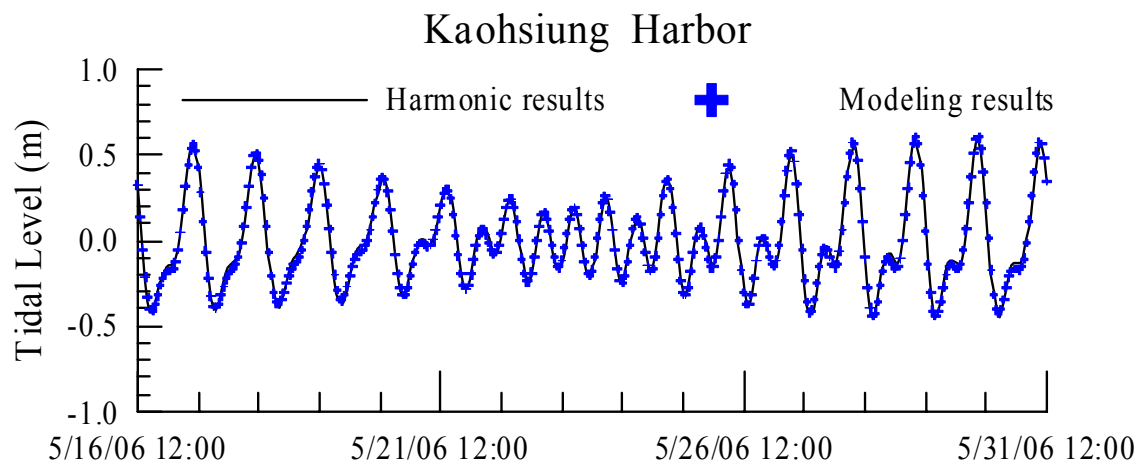


圖 4.2.62 高雄港水位模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/05/16 12:00~2006/05/31 12:00)

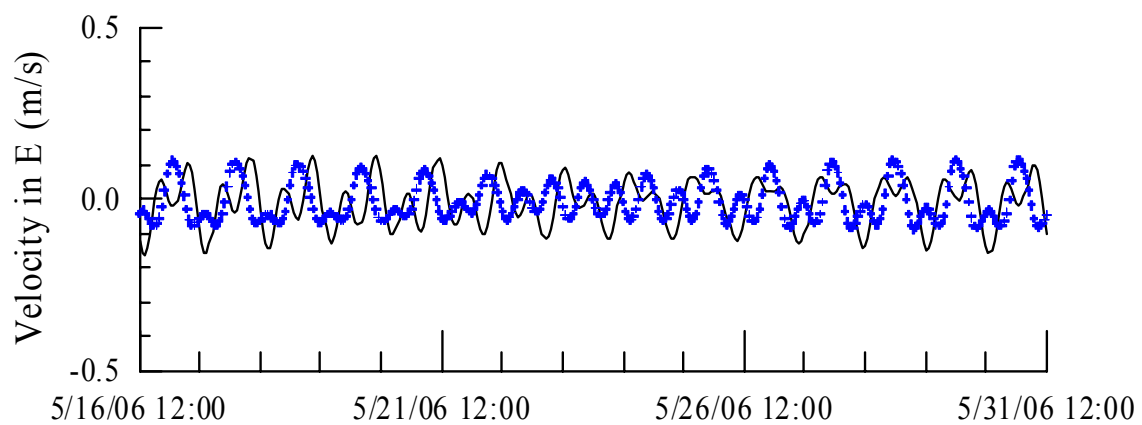


圖 4.2.63 高雄港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/05/16 12:00~2006/05/31 12:00)

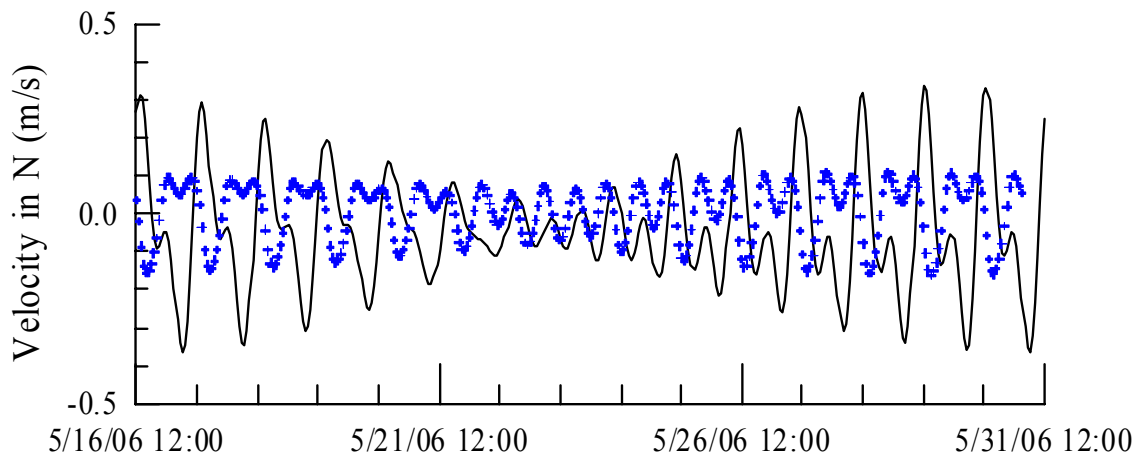


圖 4.2.64 高雄港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/05/16 12:00~2006/05/31 12:00)

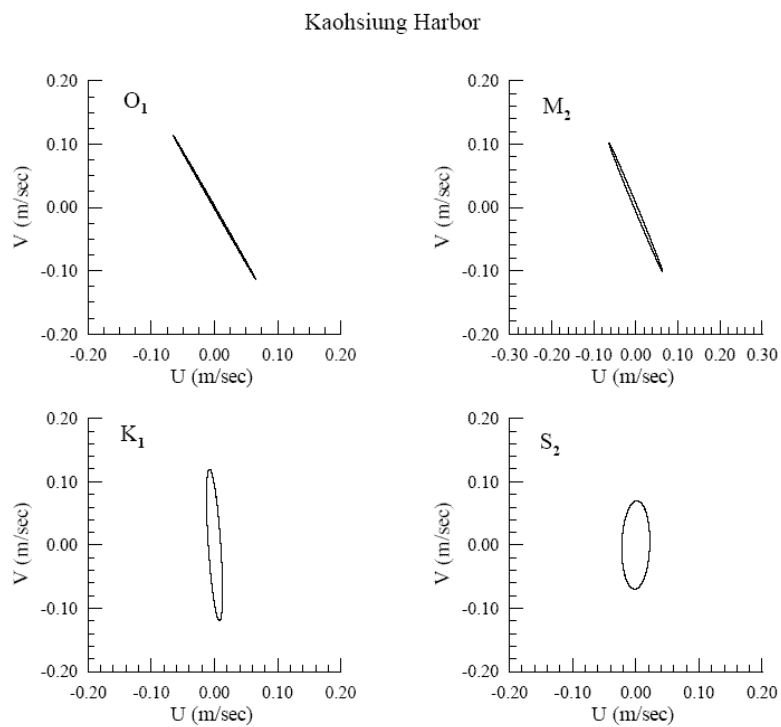


圖 4.2.65 高雄港海流觀測資料調和分析結果之分潮橢圓圖
2006/05/16 12:00~2006/05/31 12:00)

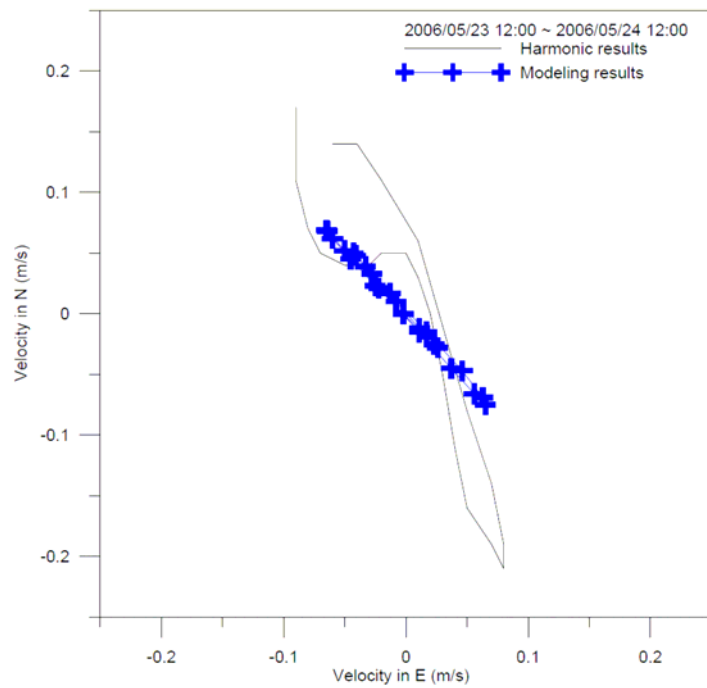


圖 4.2.66 高雄港流速軌跡圖(模擬時間 2006/05/23 12:00~2006/05/24 12:00)

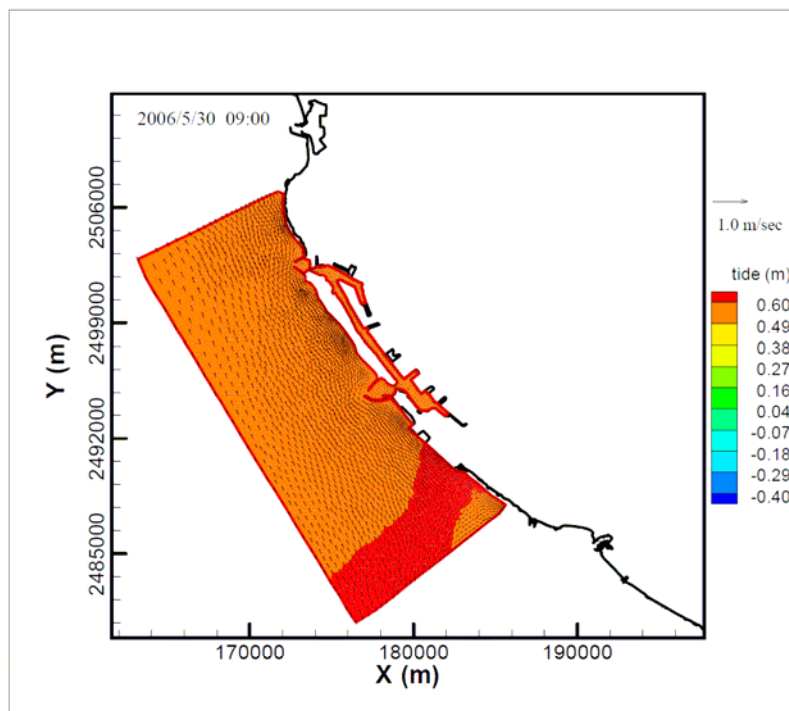


圖 4.2.67 高雄港高潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間 2006/05/30 09:00)

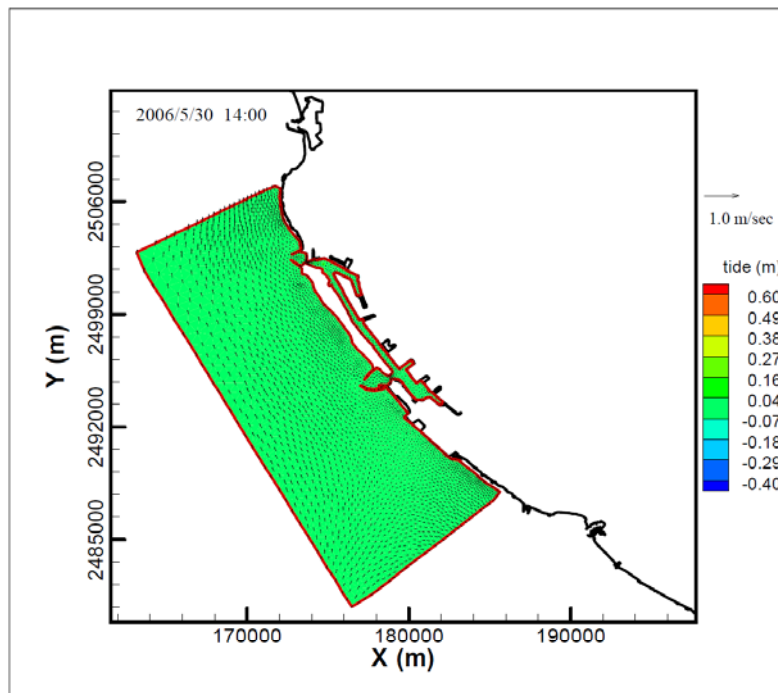


圖 4.2.67 (續 1)高雄港平潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/05/30 14:00)

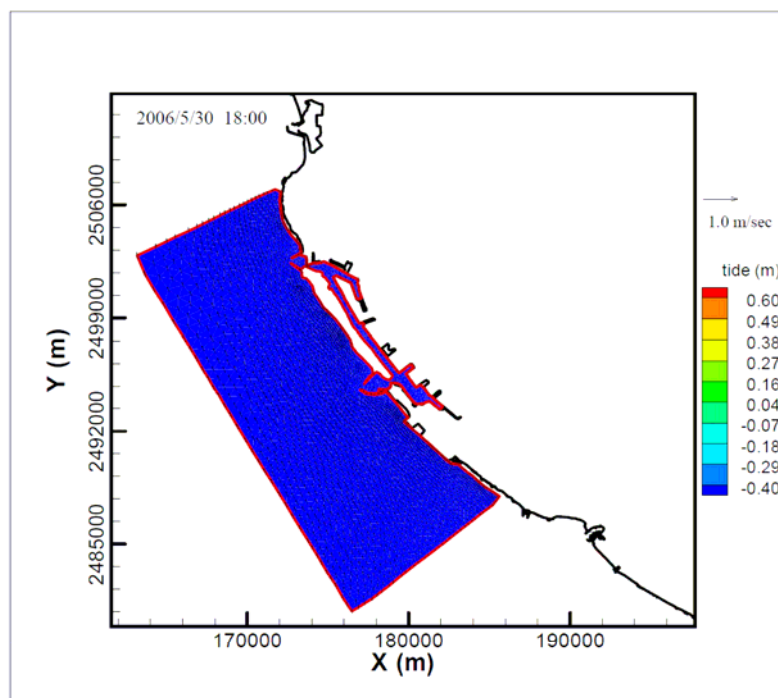


圖 4.2.67 (續 2)高雄港低潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/05/30 18:00)

(6)花蓮港

本計畫花蓮港水動力模式相關參數率定結果如下：模式計算之時間間距 $\Delta t=1.0$ sec，模式渦動係數大小率定結果，除了港內元素採用 $50.0\text{ m}^2/\text{sec}$ 外，其餘元素之渦動係數均採用 $250.0\text{ m}^2/\text{sec}$ 。底床摩擦係數在率定過程中採用固定值($C_f=0.020$)，在模式驗證階段則假設底床摩擦係數值會隨元素水深值不同而給定不同的係數率定值。模式模擬結果輸出時間自2006年6月6日12時起至2006年6月21日12時止共計15日。

圖 4.2.68 所示為花蓮港潮位站附近水位模擬結果之時序列與花蓮港潮位站水位調和分析結果(扣除平均水位值之結果)之比較，結果顯示二者之間相當吻合。圖 4.2.69 及圖 4.2.70 所示分別花蓮港海流測站附近節點之 E-W 方向與 N-S 方向流速大小模擬結果與花蓮港海流觀測資料調和分析結果之比較，結果顯示二者之潮流變化型態上仍有不一致性之差異存在，即在全日潮型態之潮流時，模式之邊界條件不足以反映出全日潮型態之流場。此與前述高雄港模擬結果相似，研判模式邊界條件設定仍存在有需要改進之地方。

圖 4.2.71a、b 所示分別花蓮港水動力模式模擬海流觀測點附近之流速與流向變化情形與海流觀測資料調和分析結果之流速及流向之比較，顯示流速大小變化上誤差頗大，流向間之差異相對地較小。圖 4.2.72 所示為花蓮港 2006 年 6 月 6 日 12:00 至 2006 年 6 月 7 日 00:00 的流速軌跡圖，由圖中可以看到模擬出來的流向為 56.9 度，而觀測值的流向約為 78.0 度，相差約 21.1 度。針對花蓮港水動力模擬結果，本計畫分別選擇高潮(2006 年 6 月 13 日 07:00)、平潮(2006 年 6 月 13 日 11:00)及低潮(2006 年 6 月 13 日 14:00)時流場模擬結果繪出流速向量分佈圖，如圖 4.2.73 所示。

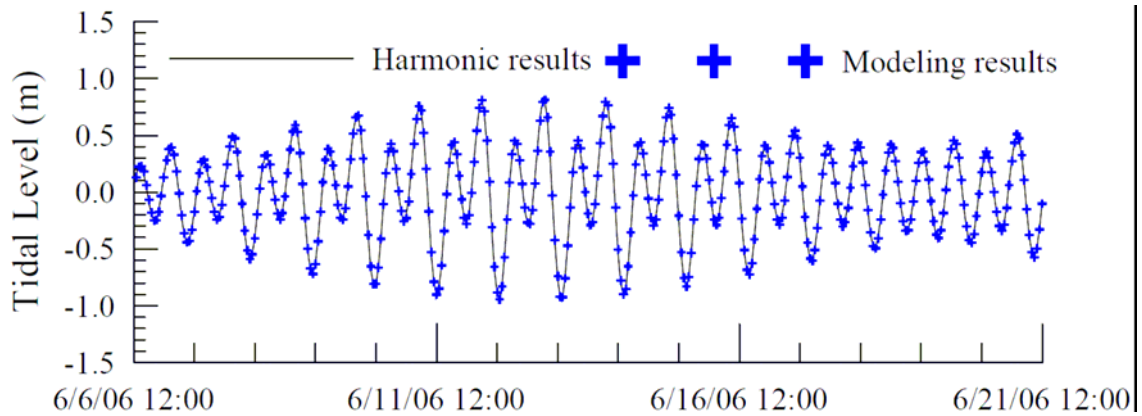


圖 4.2.68 花蓮港水位模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/06/06 12:00~2006/06/21 12:00)

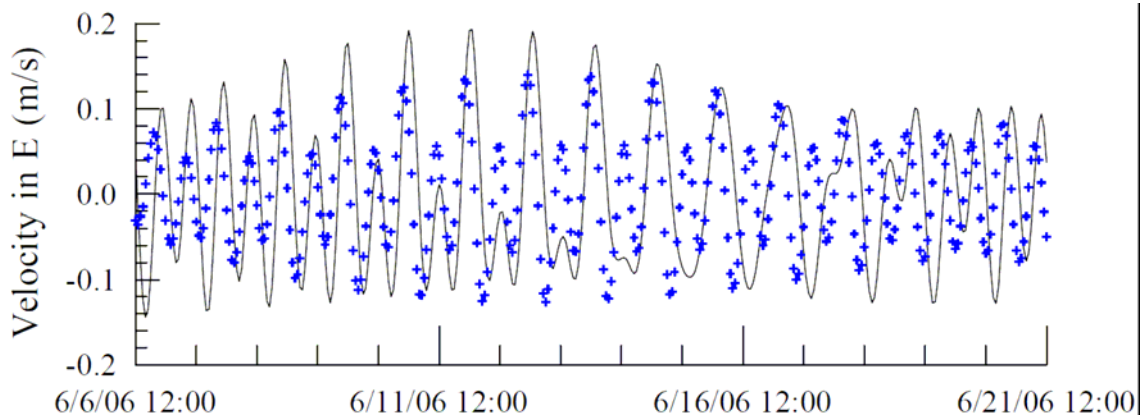


圖 4.2.69 花蓮港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/06/06 12:00~2006/06/21 12:00)

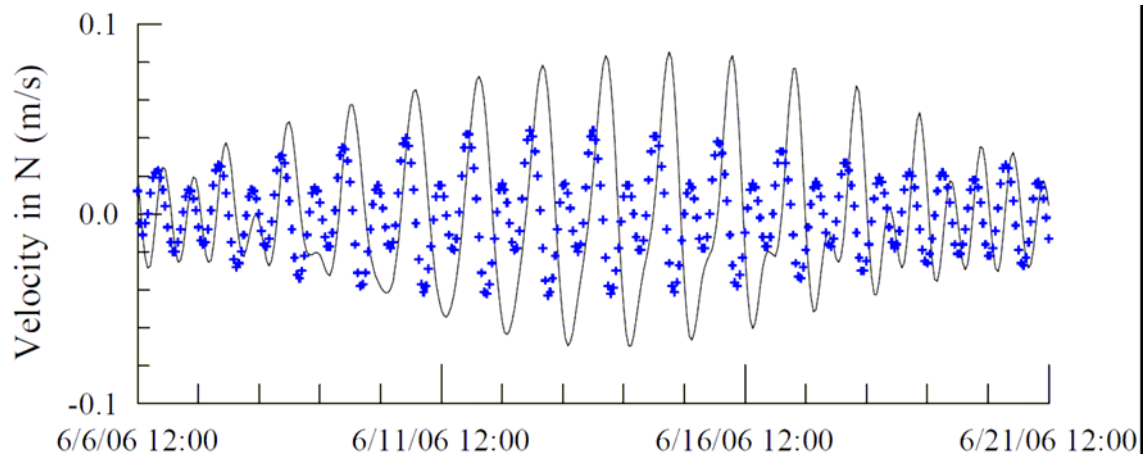


圖 4.2.70 花蓮港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/06/06 12:00~2006/06/21 12:00)

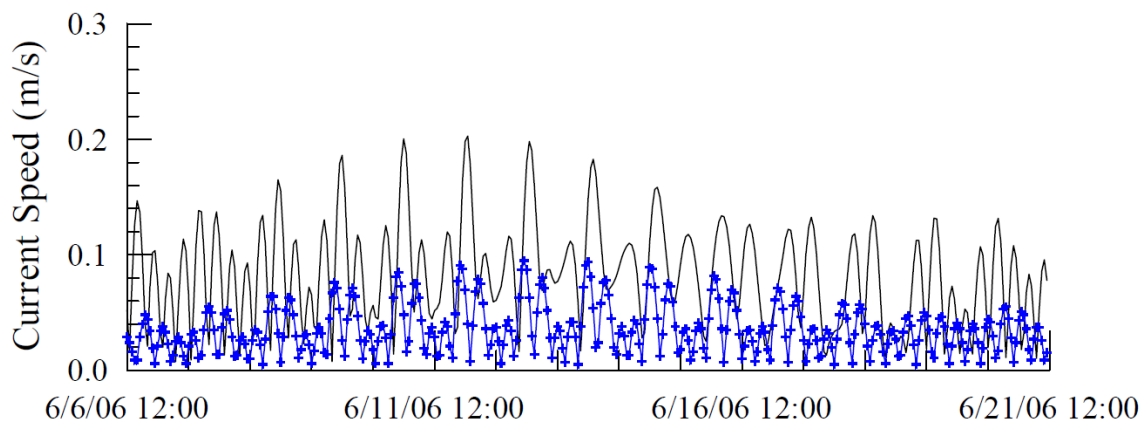


圖 4.2.71a 花蓮港流速大小模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/06/06 12:00~2006/06/21 12:00)

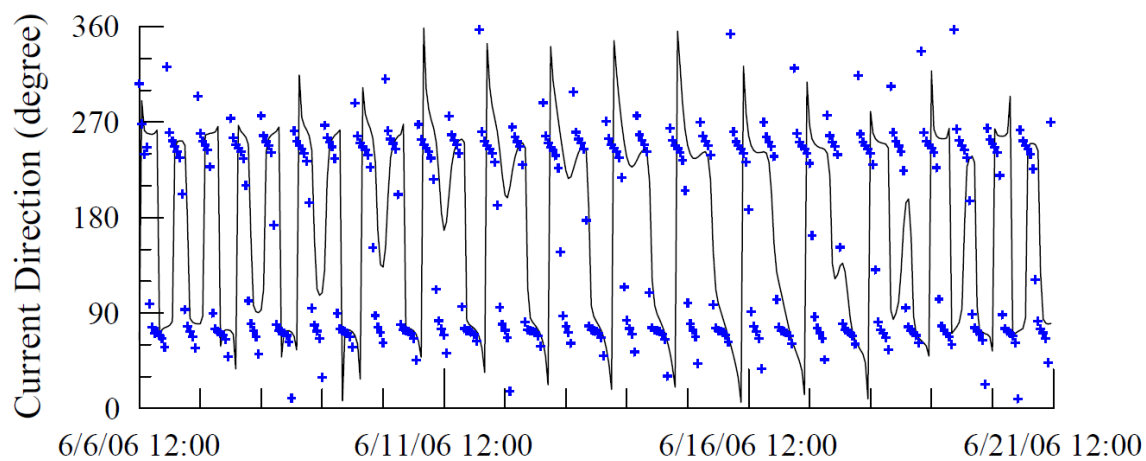


圖 4.2.72b 花蓮港流向模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/06/06 12:00~2006/06/21 12:00)

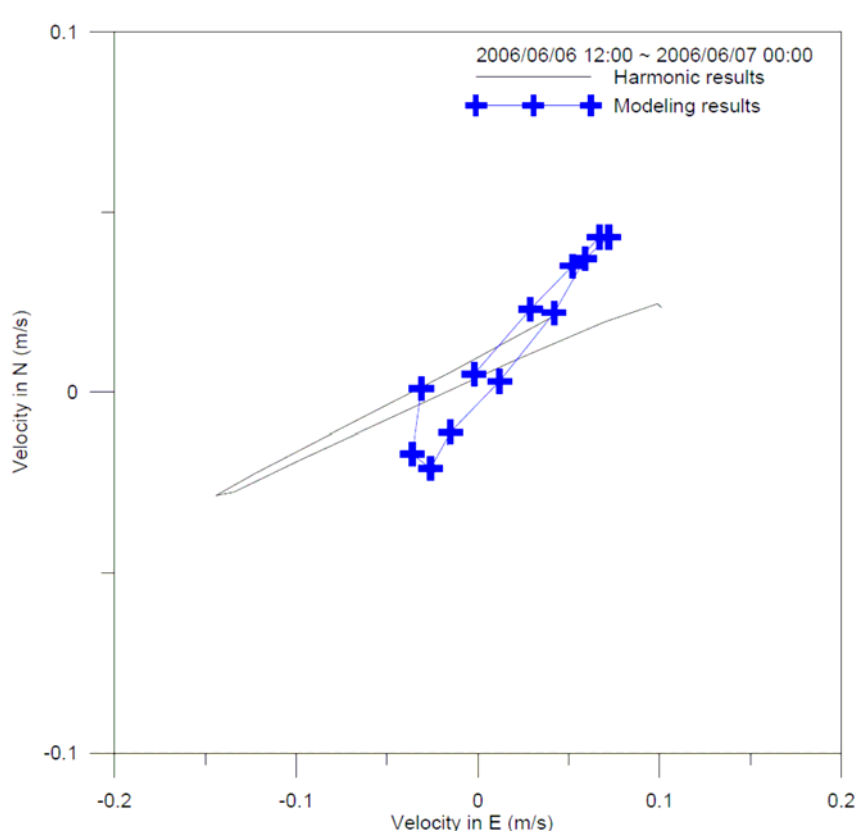


圖 4.2.72 花蓮港流速軌跡圖(模擬時間 2006/06/06 12:00~2006/06/07 00:00)

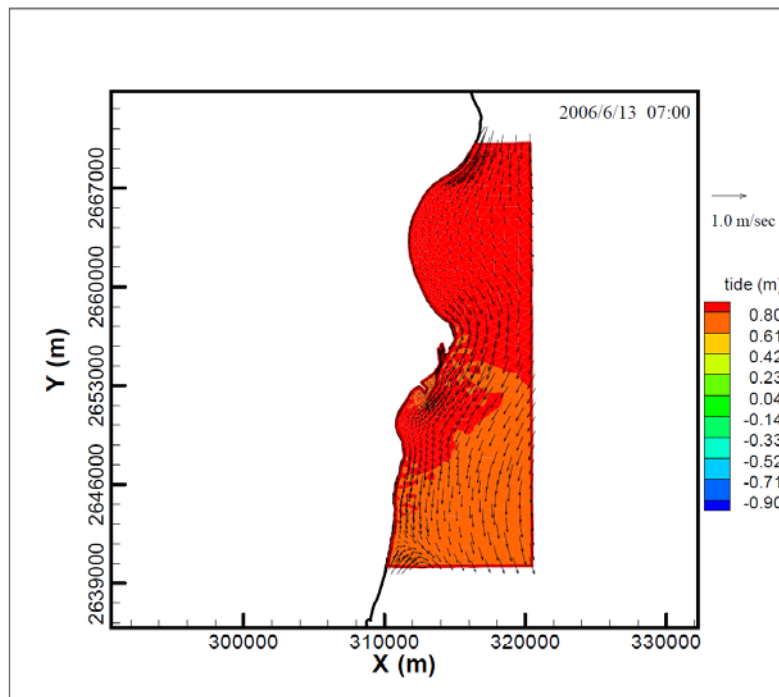


圖 4.2.73 花蓮港高潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/06/13 07:00)

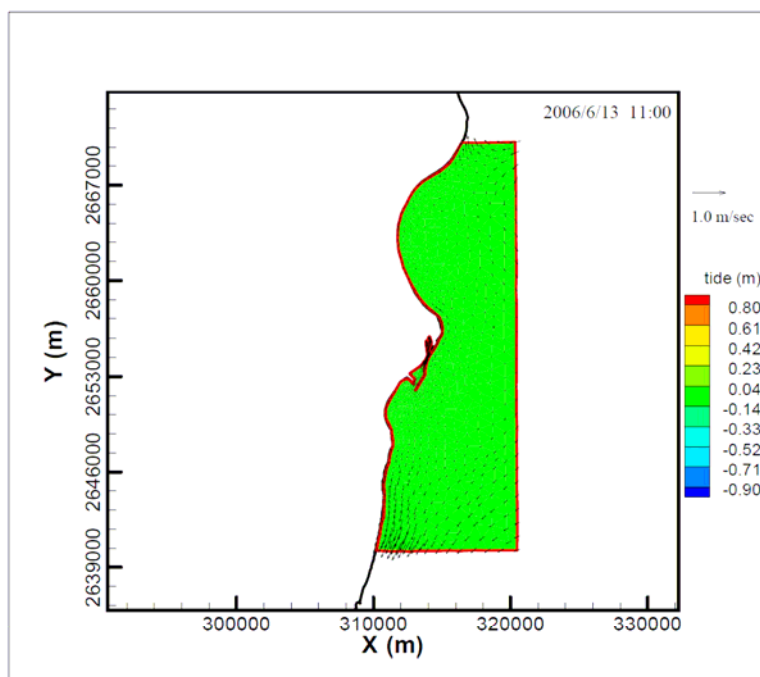


圖 4.2.73 (續)花蓮港平潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/06/13 11:00)

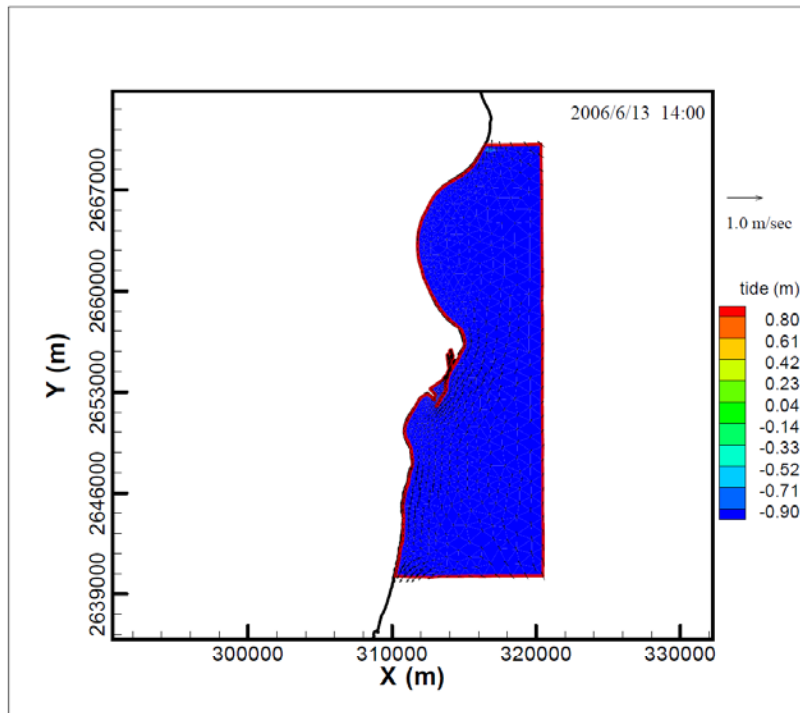


圖 4.2.73 (續)花蓮港低潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/06/13 14:00)

(7)蘇澳港

本計畫蘇澳港水動力模式相關參數率定結果如下：模式計算之時間間距 $\Delta t=2.0$ sec，模式渦動係數大小率定結果，所有元素之渦動係數均採用 $100.0 \text{ m}^2/\text{sec}$ 。底床摩擦係數在率定過程中採用固定值($C_f=0.023$)，在模式驗證階段則假設底床摩擦係數值會隨元素水深值不同而給定不同的係數率定值。模式模擬結果輸出時間自 2006 年 5 月 16 日 12 時起至 2006 年 5 月 31 日 12 時止共計 15 日。

圖 4.2.74 所示為蘇澳港潮位站附近水位模擬結果之時序列與蘇澳港潮位站水位調和分析結果(扣除平均水位值之結果)之比較，結果顯示二者相當吻合。圖 4.2.75 及圖 4.2.76 所示分別蘇澳港海流測站附近節點之 E-W 方向與 N-S 方向流速大小模擬結果與蘇澳港海流觀測資料調和分析結果之比較，結果顯示在 E-W 方向流速比較上，模式模擬結果略大於 E-W 方向海流觀測資料之調和分析結果；結果顯示在 N-S 方向

流速比較上，模式模擬結果與 N-S 方向海流觀測資料之調和分析結果近似。雖然蘇澳港水動力模擬結果驗證良好，但在部份全日潮流變化較顯著之時段上，模式模擬結果仍有改善之空間，如圖 4.2.77a、b 所示。

圖 4.2.78 所示為蘇澳港海流觀測點附近流速軌跡圖，由圖中可以知道 2006 年 5 月 16 日 12:00 至 23:00 間模擬出來的流向為 17.3 度，而其觀測的流向為 11.0 度，二者間在流向變化上仍存在少許差異。對於蘇澳港水動力模擬結果，本計畫分別選擇高潮(2006 年 05 月 19 日 11:00)、平潮(2006 年 05 月 19 日 14:00)及低潮(2006 年 05 月 19 日 18:00)時之流場模擬結果分別繪出流場之速度向量分布圖，如圖 4.2.79 所示。

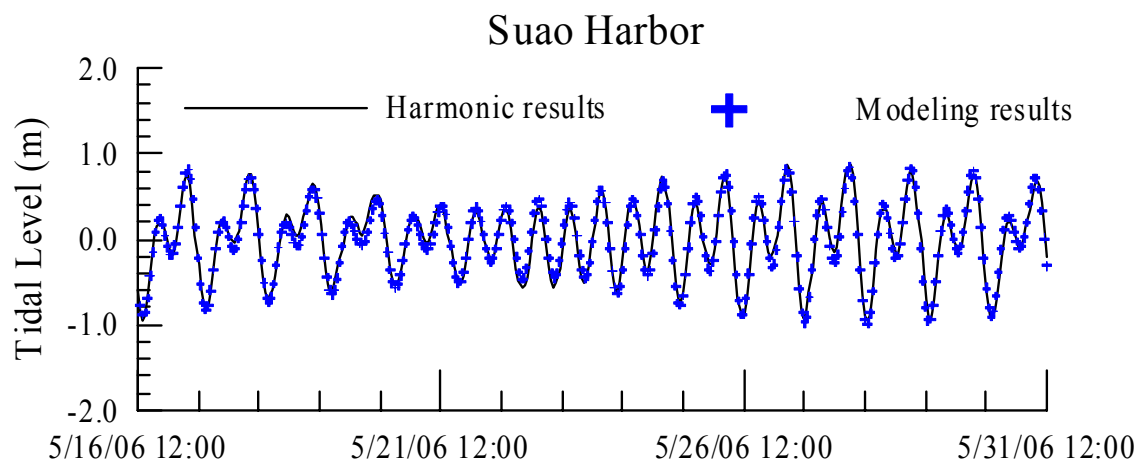


圖 4.2.74 蘇澳港水位模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/05/16 12:00~2006/05/31 12:00)

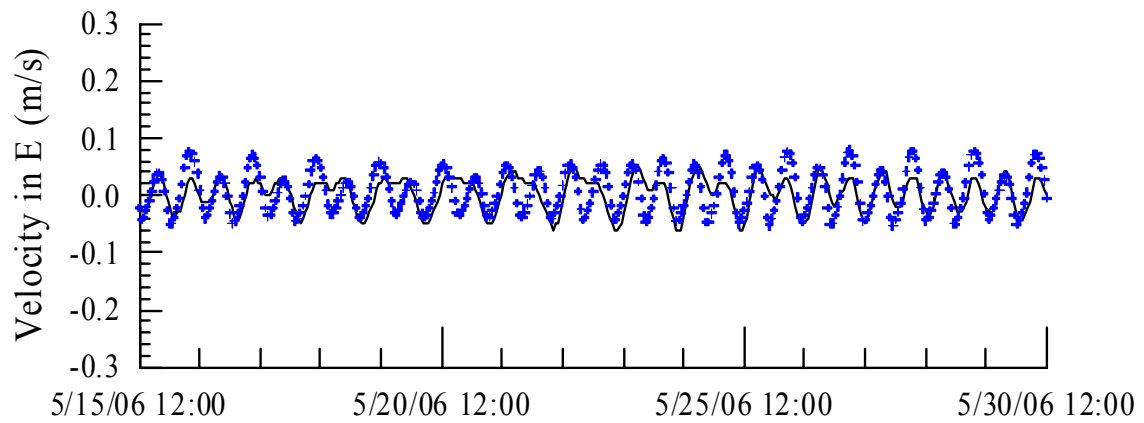


圖 4.2.75 蘇澳港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/05/16 12:00~2006/05/31 12:00)

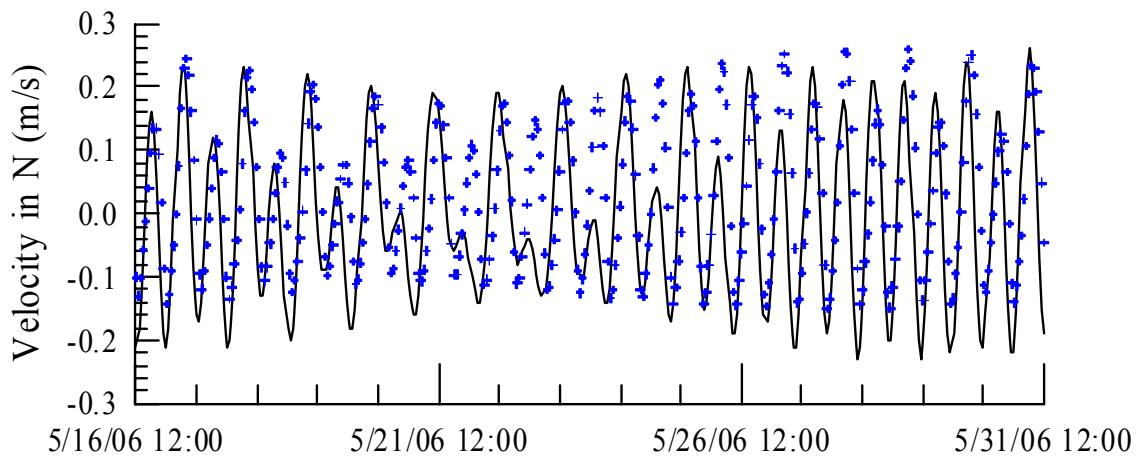


圖 4.2.76 蘇澳港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/05/16 12:00~2006/05/21 12:00)

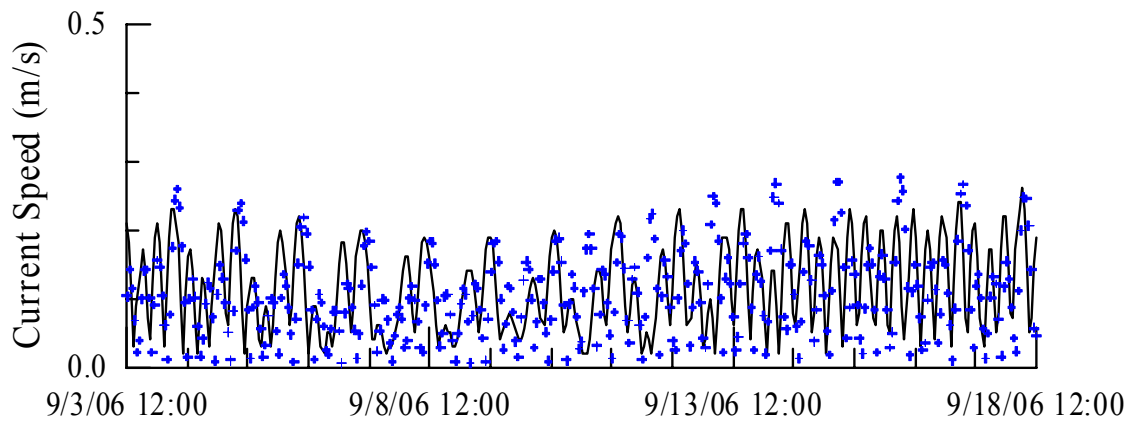


圖 4.2.77a 蘇澳港流速大小模擬結果與觀測值之比較(模擬時間
2006/05/16 12:00~2006/05/31 12:00)

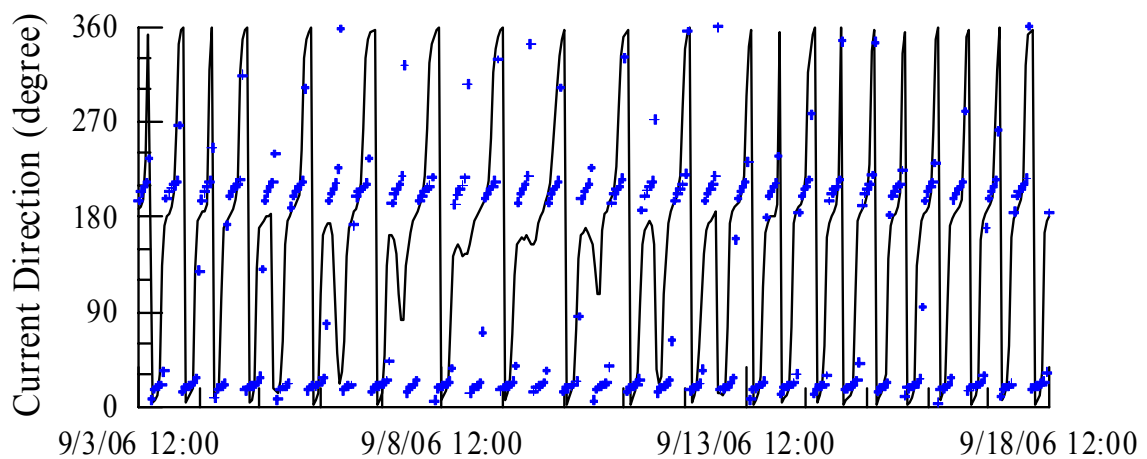


圖 4.2.77b 蘇澳港流向模擬結果與觀測值之比較(模擬時間 2006/05/16
12:00~2006/05/31 12:00)

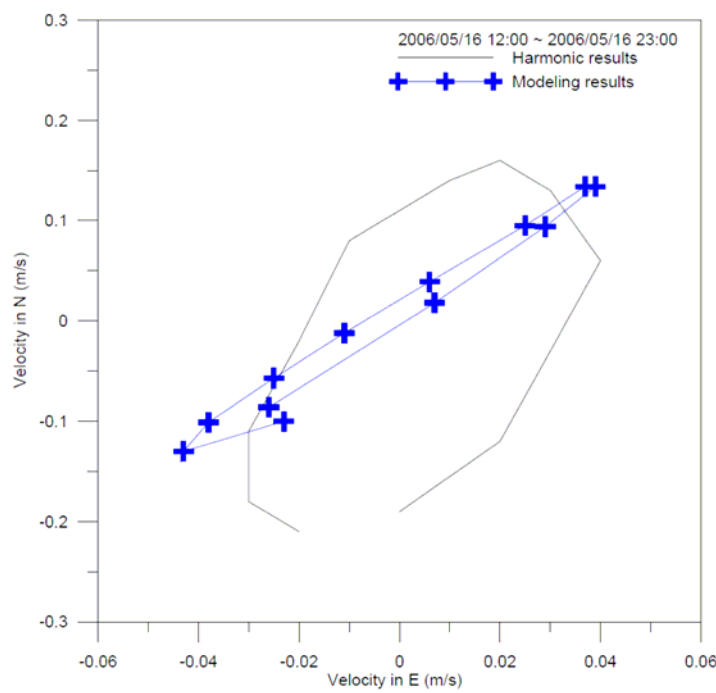


圖 4.2.78 蘇澳港流速軌跡圖(模擬時間 2006/05/16 12:00~2006/05/16 23:00)

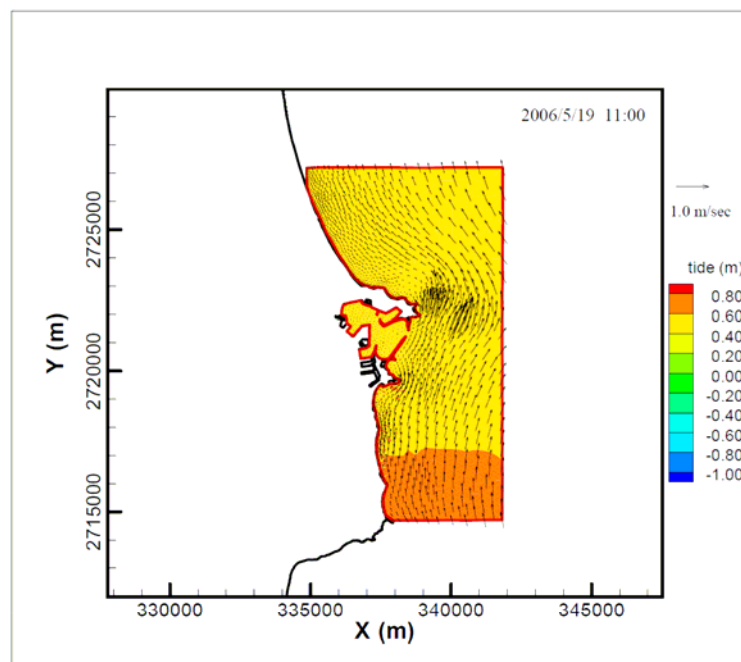


圖 4.2.79 蘇澳港高潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間 2006/05/19 11:00)

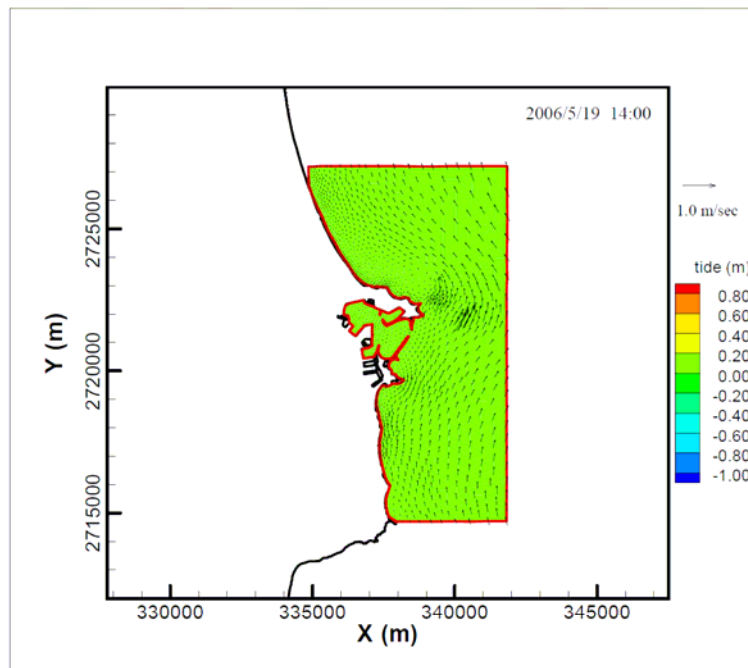


圖 4.2.79 (續 1)蘇澳港平潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/05/19 14:00)

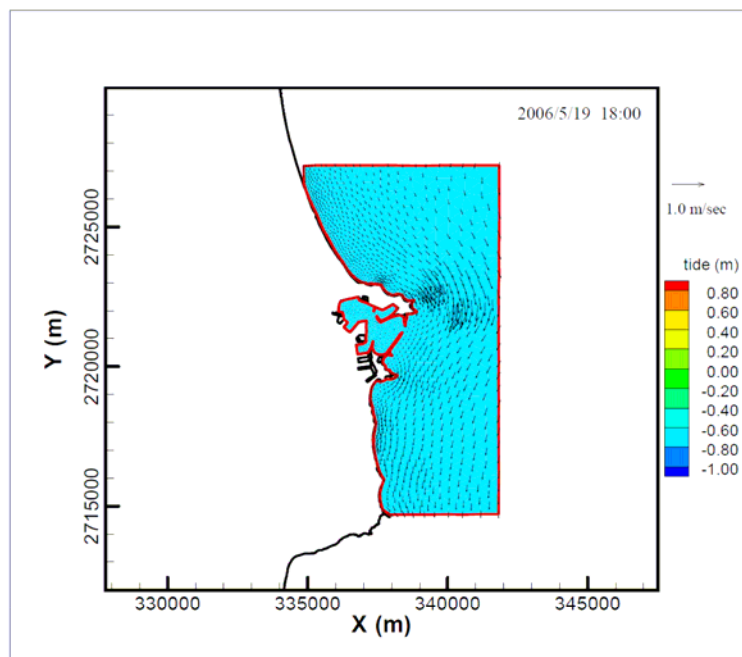


圖 4.2.79 (續 2)蘇澳港低潮時水位與流速模擬平面結果(模擬時間
2006/05/19 18:00)

第五章 臺灣沿岸海嘯特性分析

本年度之主要為改進現有海嘯數值模式，並蒐集台灣海峽及太平洋海嘯可能發生區域，模擬海嘯發生或鄰近國家發佈海嘯警報時，對台灣環島近岸及國內重要商港所產生的影響，並預測其可能之最大波高及流速分布。

5.1 臺灣歷史之海嘯

由於海嘯是一種罕見的天災，在早期科學記錄未必普遍，縱有其紀錄也難辨其真假，故海嘯之規模及可信度就必須做適當的分類；海嘯的大小多以海嘯規模表示。最常用的表示方法是今村(1942)與飯田(1958)所創之海嘯規模分級表(表5.1.1)。

表5.1.1 今村與飯田海嘯規模之分級表(取自徐明同(1981))

規模	說明
4	波高超過30公尺，被害區域達到沿岸500公里以上者。
3	波高超過10-20公尺，被害區域達到沿岸400公里以上者。
2	波高4-6公尺程度，可使部分房屋流失，人畜溺死者。
1	波高2公尺左右，損壞海濱的房屋，帶走船舶的程度。
0	波高1公尺左右，可能造成小災害者。
-1	波高50公分以下，通常無災害者。

我國對於海嘯研究起步甚晚，其相關資料及文獻記載也不甚完全，主要之資料來源多半都是歷史紀錄、地方傳言及中央氣象局之科學資料。也由於早期對於海嘯了解不多，故歷史文獻資料之可信度也多半需進一步考證。若將台灣及其鄰近地區的海嘯，不論海嘯可信度有多少都列入，則根據相關資料顯示(如表5.1.2)，台灣及附近地區共有數十個海嘯及疑似海嘯紀錄。但大部份的海嘯波高皆不大，也無重大之災情；從歷史文獻紀錄及斷層分佈綜合推測，基隆、安平及高雄曾

經發生大海嘯事件是可信度較高的歷史事件，表5.1.2所用之信度，意謂海嘯事件發生之可能性。

表 5.1.2 可能發生過或侵襲過台灣之海嘯紀錄
(摘自許明光、李起彤(1996))

時 間	海嘯侵襲之地區	出處及文獻所提供之信度、海嘯規模(Mt)或浪高(H)
1604年12月29日	台灣海峽北部	(包澄瀾等，1991)
1661年1月8日	安平	Mt = 1，信度 = 4 (包澄瀾等，1991) Mt = 0，信度 = 4 (游明聖，1994)
1721年1月5日	台南	Mt = -1，信度 = 4 (游明聖，1994)
1721年9月	台南	(包澄瀾等，1991)
1754年4月	淡水	Mt = 1，信度 = 3 (包澄瀾等，1991)
1781年4-5月	高雄地區	Mt = 1，信度 = 3 (包澄瀾等，1991) Mt > 2，信度 = 4 (游明聖，1994)
1792年8月9日	彰化地區	(包澄瀾等，1991) Mt > 2，信度 = 4 (游明聖，1994)
1866年6月11日	高雄地區	Mt = 0，信度 = 4 (游明聖，1994)
1867年6月11日	基隆地區	Mt = 2，信度 = 4 (包澄瀾等，1991) Mt = 2，信度 = 4 (徐明同，1981) Mt = 2，信度 = 4 (游明聖，1994)
1917年5月6日	台灣東部	Mt = -1，信度 = 4 (包澄瀾等，1991) (徐明同，1981)
1918年5月1日	基隆	(楊春生等，1983)
1921年9月	台南	(馬宗晉等，1994)
1951年10月22日	東北部海域	Mt = -1，信度 = 4 (徐明同，1981) (楊春生等，1983)
1963年2月13日	台灣東部	Mt = -1，信度 = 4 (羽鳥德太郎，1994)
1966年3月13日	台灣東部	Mt = -1，信度 = 4 (包澄瀾等，1991) Mt = 0，信度 = 4 (羽鳥德太郎，1994)
1972年1月25日	台灣東部	Mt = 0，信度 = 4 (羽鳥德太郎，1994)
1978年3月12日	蘭嶼	Mt = 0，信度 = 4 (羽鳥德太郎，1994) (李德貴，1981)
1986年11月15日	台灣東部	花蓮2公尺，石垣島0.3公尺，宮古島0.45公尺 (許明光等，1994)
1996年2月17日	台灣(海嘯源區在印尼)	成功0.55公尺，鹽寮0.3公尺，基隆0.36公尺 (氣象局海象測報中心徐月娟)

另外從美國地質資料中心之海嘯事件資料庫(National Geophysical Data Center；NGDC)檢索西元1500~2009年發生於臺灣附近海域之海嘯記錄，如表5.1.3所示，其震央發生位址則如圖5.1.1所示，由於年代久遠故些許震央位址受限於科學儀器而應有所偏差，但仍可以大致觀察出大部分之震央約台灣東岸125公里之海域內。根據此項紀錄顯示，當時最大之地震規模為7.8，發生於台灣東岸。

表 5.1.3 NGDC 海嘯事件資料庫中臺灣海嘯之歷史紀錄

發生時間						海嘯資訊				
						地震規模	國家	震央位址	緯度	經度
1661	1	8				<u>6.4</u>	TAIWAN	TAIWAN	23.000	120.100
1661	2	15				<u>6.0</u>	TAIWAN	TAINAN	23.000	120.200
1721						<u>*</u>	TAIWAN	TAINAN	23.000	120.200
1792	8	9				<u>6.0</u>	TAIWAN	TAINAN	23.600	120.500
1853	10	29					TAIWAN	E. TAIWAN-RYUKYU ISLANDS		
1903	9	7				<u>*</u>	TAIWAN	TAIWAN		
1917	5	6	12	19		<u>5.8</u>	TAIWAN	TAIWAN	23.200	121.600
1922	9	1	19	16	6.0	<u>7.6</u>	TAIWAN	TAIWAN	24.500	122.000
1951	10	22	5	43	1.0	<u>7.3</u>	TAIWAN	TAIWAN	23.800	121.700
1963	2	13	8	50	4.5	<u>7.3</u>	TAIWAN	E. TAIWAN-RYUKYU ISLANDS	24.400	122.100
1966	3	12	16	31	21.8	<u>7.6</u>	TAIWAN	E. TAIWAN-RYUKYU ISLANDS	24.100	122.600
1972	1	25	2	6	23.3	<u>7.5</u>	TAIWAN	E. TAIWAN	22.500	122.300
1978	7	23	14	42	36.9	<u>7.4</u>	TAIWAN	TAIWAN	22.282	121.512
1986	11	14	21	20	10.5	<u>7.8</u>	TAIWAN	TAIWAN	23.901	121.574
1990	12	13	19	50	17.8	<u>6.3</u>	TAIWAN	TAIWAN	23.722	121.627
1998	5	3	23	30	21.9	<u>7.5</u>	TAIWAN	TAIWAN: SOUTHEAST OF	22.306	125.308
2001	12	18	4	2	58.2	<u>6.8</u>	TAIWAN	TAIWAN	23.954	122.734
2002	3	31	6	52	50.4	<u>7.1</u>	TAIWAN	TAIWAN	24.279	122.179
2006	12	26	12	26	21.4	<u>7.0</u>	TAIWAN	TAIWAN	21.799	120.547

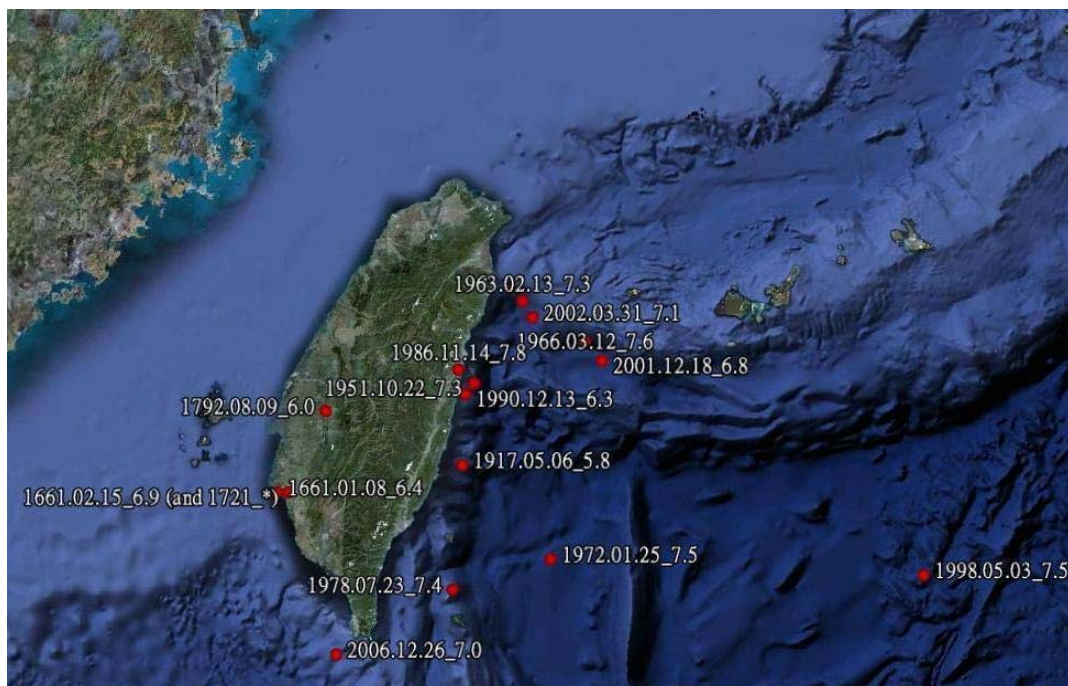


圖 5.1.1 台灣本島海域曾經引至海嘯之震央位址

5.2 臺灣附近海嘯潛勢區域及斷層概述

海嘯發生與逆斷層系統所產生的地震息息相關，圖5.2.1為台灣近海斷層之分佈圖。由此圖可以觀察得知，台灣位於板塊交界處，自沖繩海槽附近進入台灣本島後連接西南海域之馬尼拉斷層，宜蘭外海之金山斷層及沖繩海槽、台南市西側海域、以及西南海域斷層帶是主要斷層連續帶，其長度、寬度皆屬未知；以上斷層分佈皆與歷史上海嘯之記載相符，若以地震發生可能性而言，自然以基隆、安平及高雄周遭海域為最可能發生海嘯之地點，此三處地點正巧皆屬台灣重要商港及國際港，高雄市更屬全國經濟重鎮，若有發生海嘯之虞時，其對於該地威脅性也愈大。

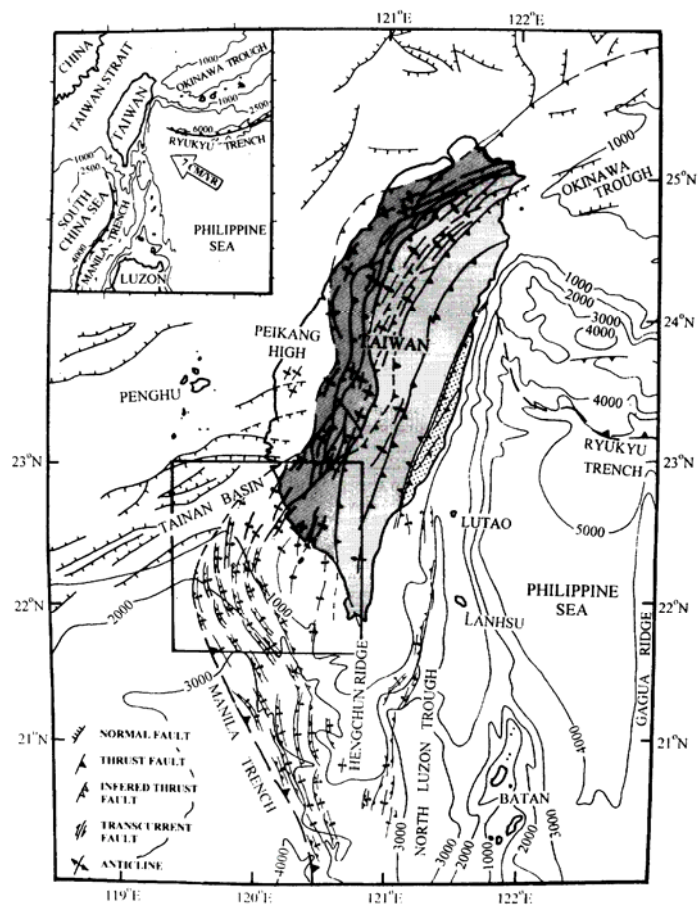


圖 5.2.1 台灣本島海域附近之斷層分佈圖(取自 LIU 等.1997)

臺灣西南部與南部海域雖然較少活動斷層，地震頻率及規模均較少，但2006年兩起規模6以上之地震在此區產生，圖5.2.2也顯示台灣西南海域有許多斷層帶。再加上位於臺灣南方的菲律賓與臺灣同屬於菲律賓海板塊與歐亞板塊的聚合帶，地震頻繁，呂宋島有許多活動斷層延伸至海域，大規模斷層活動可能引發海嘯，於數十分鐘至一小時即可到達臺灣西南部海域，衝擊臺灣南部及西南部海岸。美國地質協會(USGS)學者專家即認為是馬尼拉海溝下一個有可能發生海嘯的地點之一。

由圖5.2.2可以看出台灣陸地斷層其實往南延伸至海底，故對某些海底斷層，可以從陸地露頭推測之性質。其中馬尼拉海溝為重要之斷層系統，由此圖也可以看出馬尼拉海溝自呂宋島北方一路延伸至台灣海域。

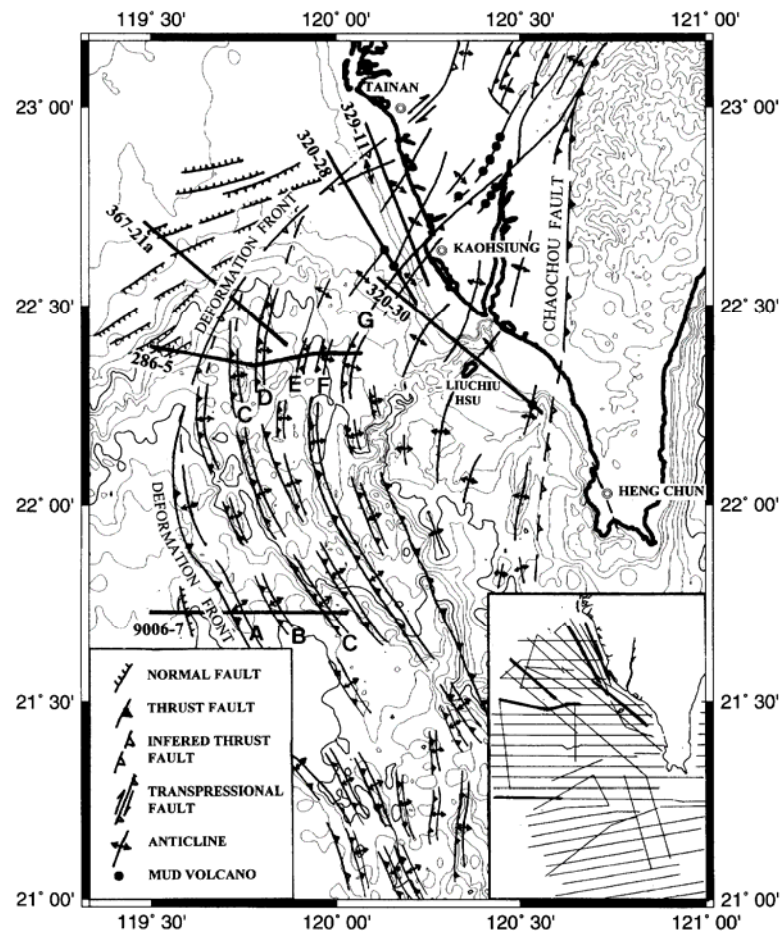


圖 5.2.2 西南海域附近之斷層分佈圖(取自 Liu 等.1997)

東北方海域主要是在宜蘭龜山島附近海域以及基隆外海之金山斷層。蘭陽平原位於台灣的東北部，外形為一個三角形向東開口的沖積盆地。由於沖繩海槽緊鄰在其東側，而且直觀上沖繩海槽與蘭陽平原間的地形特徵幾乎是相連接的，故研究認為蘭陽平原的構造成因應與沖繩海槽一致，即菲律賓海板塊沿著琉球弧溝系統向西北方向隱沒時，所引起沖繩海槽弧後張裂機制可往西延伸到蘭陽平原；其他的地質及地球物理觀測似乎也支持這一個模式(Tsai et al. 1975; Sibuet et al. 1998)。由圖5.2.3(江，1976; Sibuet, 1998)所示，位於蘭陽平原北部的盆地張列軸與沖繩海槽的第一期張裂中心相連接，主要的微震分佈呈現東北往西南方向。

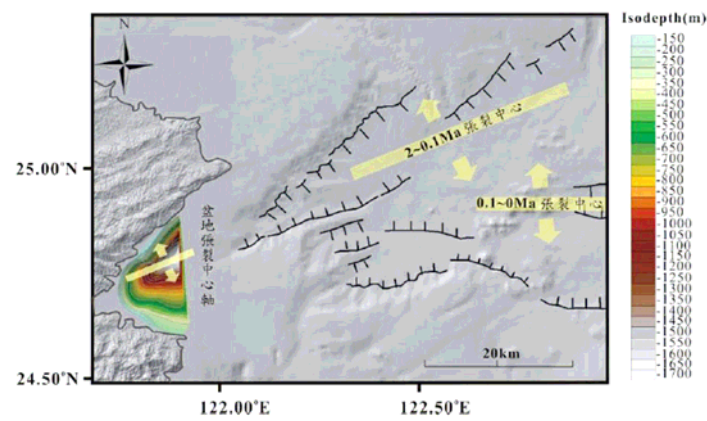


圖 5.2.3 整合基盤資料(江新春，1976)與海底地形(Sibuet，1998)
(黑色線段為沖繩海槽的斷層構造線，黃色長條與箭頭為沖繩海槽的張裂中心)

台灣東北方的琉球群島及日本海域均為地震頻繁地區，與台灣的距離在2000公里以內，這些海域發生的大規模地震活動所引發的海嘯亦將有可能侵襲台灣東北部。

至於台灣海峽西岸，中國大陸東南沿岸地震帶的地質構造，較重要的特徵是沿岸地區東西兩端分別出現西北向地震帶及東北偏東向地震帶交匯和疊加。東端即泉州至南澳一帶，主要是巴士系走滑地震帶(梁勞，1998)，而海嘯波的主要能量傳播方向與濱海斷裂帶伸延方向正交，因此這些海嘯影響台灣西部地區的機會甚大。

5.3 精進本土化海嘯數值模式

由於現行海嘯模式均必須假設斷層位址(即必須先得知初始條件)，方可藉此計算可能之影響範圍，即是由一點源計算全域之反應；這種模式最大缺點是計算效率，必須利用高規格電腦設備進行計算，對於預報及資料庫建立有困難；而且，就實務上來說，並非全域皆為防災之重點區域，計算全域之反應並不切實際；此外，預先得知可能之震央也是一困難點。Xu(2007)提出一種由可由受災區反算可能的斷層位址之格林函數演算模式，可有效避免傳統模式之問題，本年度計畫執行擬採用此一觀念進行其他港區之模擬。

本研究所採用之基本理論稱為互逆格林函數，其構想主要源自Xu(2007)；由前節可知，傳統海嘯模式之最大缺點，在於必須知道海嘯之震央、藉以海嘯之傳播路徑及受災範圍。但依照傳統模式運算進行實務海嘯預報作業在效率上顯有不及；Xu(2007)指出利用互逆格林函數可以降低對初始條件之依賴性及提高計算效率。

儘管海嘯波靠近近岸時會呈現高度非線性變化，但在水深深於50公尺的海域，線性淺水方程式能適用於描述其傳播過程(Shuto,1991)，故線性格林函數之可逆性仍可適用。格林函數的運用在傳統上觀察線性系統中波源所造成的反應，而格林函數通常以波源振幅表示，如果區域內各點的格林函數已經求得，只要計算起始波源的水位與其格林函數的乘積後進行加總，便可得知波源對各點所引起的水位變化。

上述的格林函數(Green's Function，以下以GF簡稱)是表現區域內各點對應波源所產生的反應。若s表示波源位置(source)，而r則為接收位置(receiver，即是計算點位)，傳統海嘯模式是屬於單波源全接收點(one-source-all-receiver)的形式，換句話說就是以一個已知之波源s計算所有點位r的反應，其GF即是由s到r；而其逆向的GF代表以r產生的單位波源振幅，在s所造成的反應。

Loomis(1979)觀察到GF及其互逆GF對於s和r是呈現對稱的形式，亦即相同的波源出現在s所造成對r的反應相當於出現在r所造成對s的

反應，Loomis所提的互逆特性可以提高計算各點GF的效益，只要計算s傳播後對所有r的GF，等同於得知當任何r出現波源時對s造成的反應。

以上由圖5.3.1說明其概念，對某一個接收點r而言，由於可能有許多未知震源，故用si來表示所有可能之震源，其GF即是由si到r。由於格林函數具有可逆性，所以任一點si之單位振幅對r所造成之反應(即是格林函數)等於r之單位振幅對si所造成的反應；所以當海嘯發生時，僅需利用相關斷層參數得知起始水位後，做簡單之乘積加總後即可獲得與傳統海嘯模式運算後相同之結果。

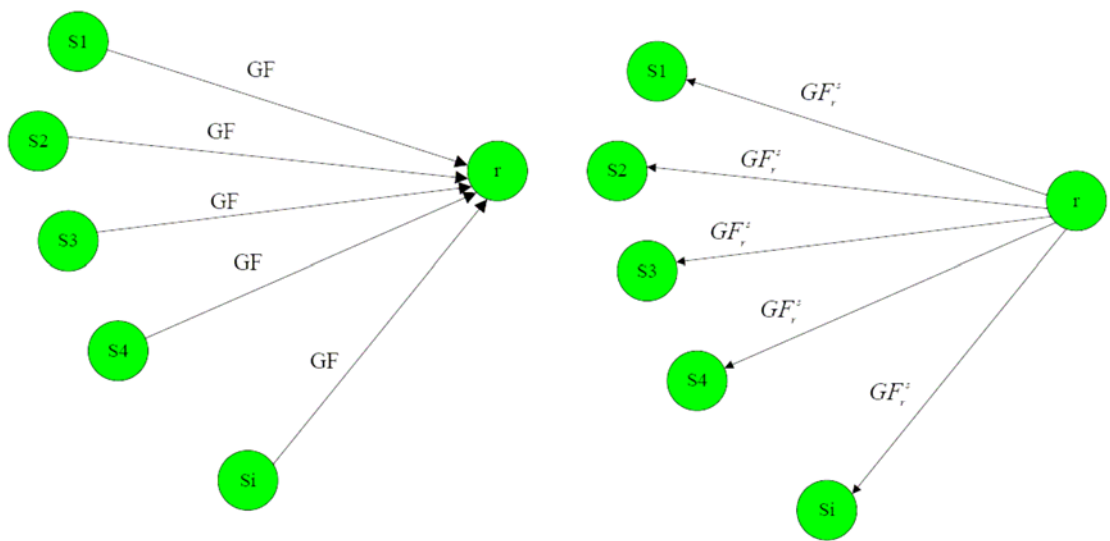


圖 5.3.1 傳統格林函數與互逆格林函數之示意圖

簡易之理論說明如下：為了解區域內任何s點發生海嘯時，其當地水位將對r點位置的造成多大的水位高度，故先計算所有r點對應s點的GF。首先將某一時段內各r點的水位經(5.1)式正規化便是r點傳播至各點的GF值，又因波源振幅為1公尺，所以模式計算後的水位值即為GF值。再根據GF的互逆性質，r點對應s點的GF等同s點對應r點的GF(5.2)式)。只要透過(5.3)式作簡單的乘積與加總就可到s點在海嘯發生後的該時段水位變化。

$$GF_r^s = \frac{r\text{點水位}}{\text{波源}s\text{之初始水位}} \quad (5.1)$$

$$GF_s^r = GF_r^s \quad (5.2)$$

$$H_{r,t} = \sum_{r=1}^N \sum_{t=1}^M (GF_{r,t} * H_{s,1}) \quad (5.3)$$

其中(5.3)式的 $H_{r,t}$ 為各接收點(或是預報點位)r在時間t的水位高度， $GF_{r,t}$ 為各r點在時間t的GF， $H_{s,1}$ 各波源點的初始水位高度，N為所有r點的總數，M為總時間長度。

Xu (2007)曾提出以互逆格林函數的最大絕對值代表可能有影響接收點之海嘯發生範圍及其危險程度，並稱此互逆格林函數的最大絕對值為最大放大率(max gain)。若格林函數最大值(最大放大率max gain)很大，即相對波高值很大，當地發生的海嘯會嚴重影響互逆格林函數的原點(即初始具單位水位高程的位置)。

有鑒於 2004 年南亞大海嘯所造成的災害，海嘯的預警便成為海岸防災重要的一環。對海嘯防災而言，人口密集的地點才是重點地區，而防災的目的在於有效減少生命財產損失。本計劃根據互逆GF的觀點(即RGF)，快速預報各港外的海嘯高度。

本計劃使用海嘯數值模式COMCOT (Liu et al.,1998)計算水位傳播，模式可選用的淺水方程式包含線性或非線性兩者，既然線性淺水方程式足以描述海嘯波在海域深度超過 50 公尺的變化，在此採用線性的部分(5.1)-(5.3)式)，不考慮非線性及摩擦力的影響。模式區域範圍在東經 117° 至 125°，北緯 19° 至 27° (圖 5.3.2)，網格點 481*481，解析度 1 分。以高雄為例，首先在高雄港外水深 50 公尺定點s(圖 5.3.3)，並且給予水位高度 1 公尺當成波源振幅，經模式計算水位傳播需 3 小時(圖 5.3.4-5.3.6)，除s點之外，所有的點皆視為接收點r，而s點即為之後海嘯高度預報的水位點。

$$S_t + Q_x + R_y = 0 \quad (5.4)$$

$$Q_t + gdS_x = 0 \quad (5.5)$$

$$R_t + gdS_y = 0 \quad (5.6)$$

其中 S 為水位高度， Q 、 R 各為 x 、 y 方向的流量， d 為總水深， g 為重力加速度。故對於接收點而言，其互逆格林函數值可事先建立資料庫，當地震發生時，僅需知道初始水位後，即可預測當地之實際水位。

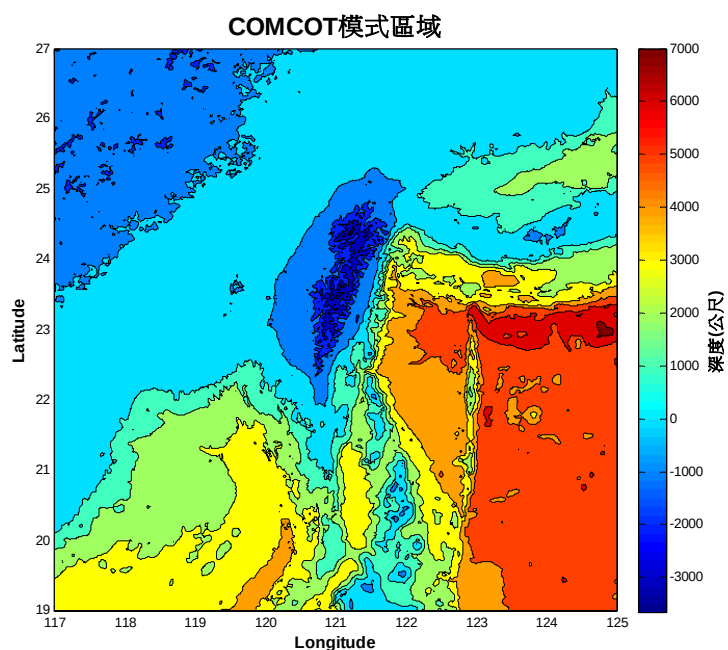


圖 5.3.2 海嘯數值模式計算區域圖

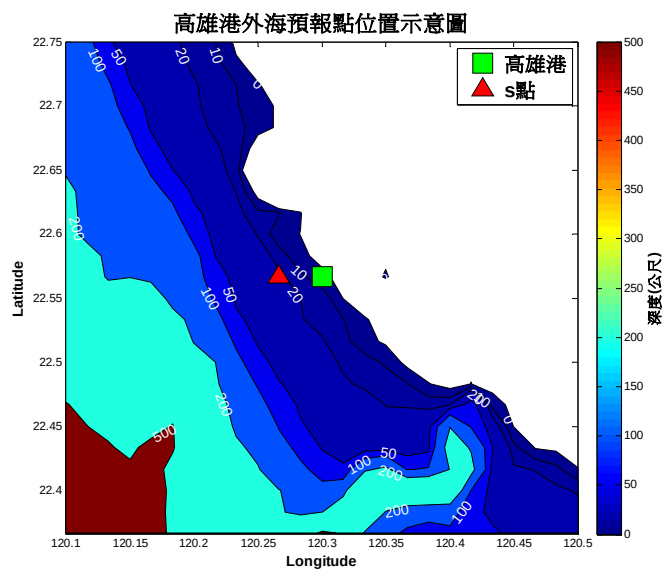


圖 5.3.3 海嘯高度預報點(r 點)位置圖

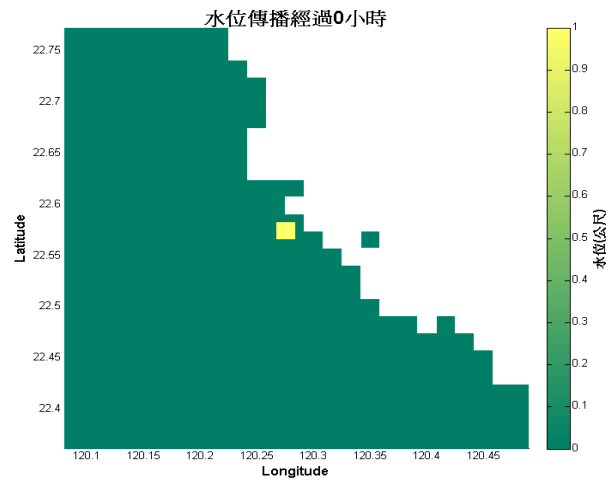


圖 5.3.4 模式在 r 點設定 1 公尺初始水位

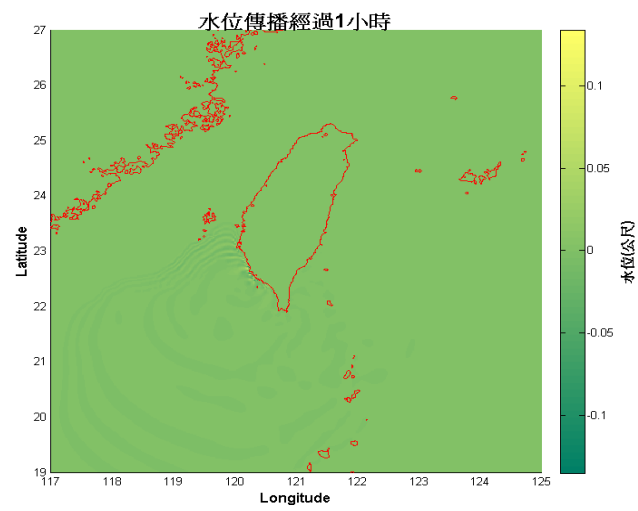


圖 5.3.5 r 點初始水位傳播 1 小時後

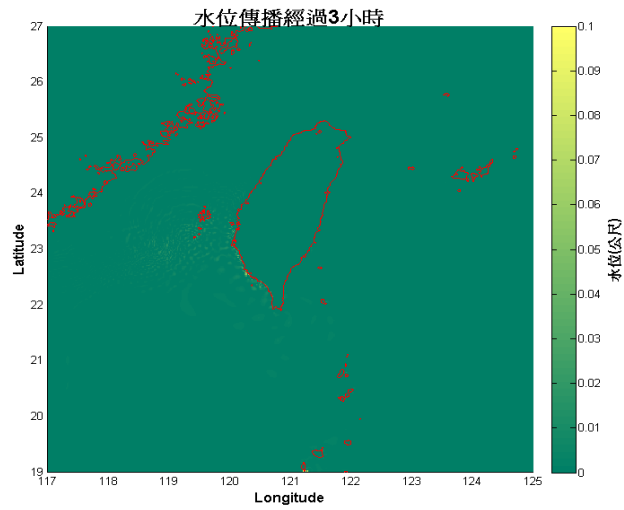


圖 5.3.6 r 點初始水位傳播 3 小時後

為了驗證由模式所計算出的 GF 是否符合(5.6)式，在此選擇 s 點設置起始波源進行模式水位傳播，之後各別在 c1 與 c2 點(圖 5.3.7)設置同樣波源進行傳播，由這三次模擬可得到 s、c1、c2 三點相互傳播的 GF (圖 5.3.8)，基本上互傳的結果相一致，儘管由數值模式計算產生的誤差導致了微小差異。

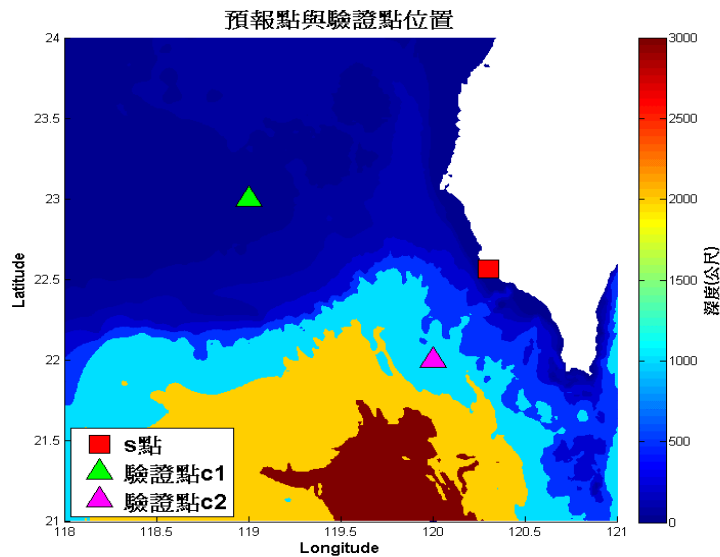


圖 5.3.7 互逆 GF 驗證點的位置圖

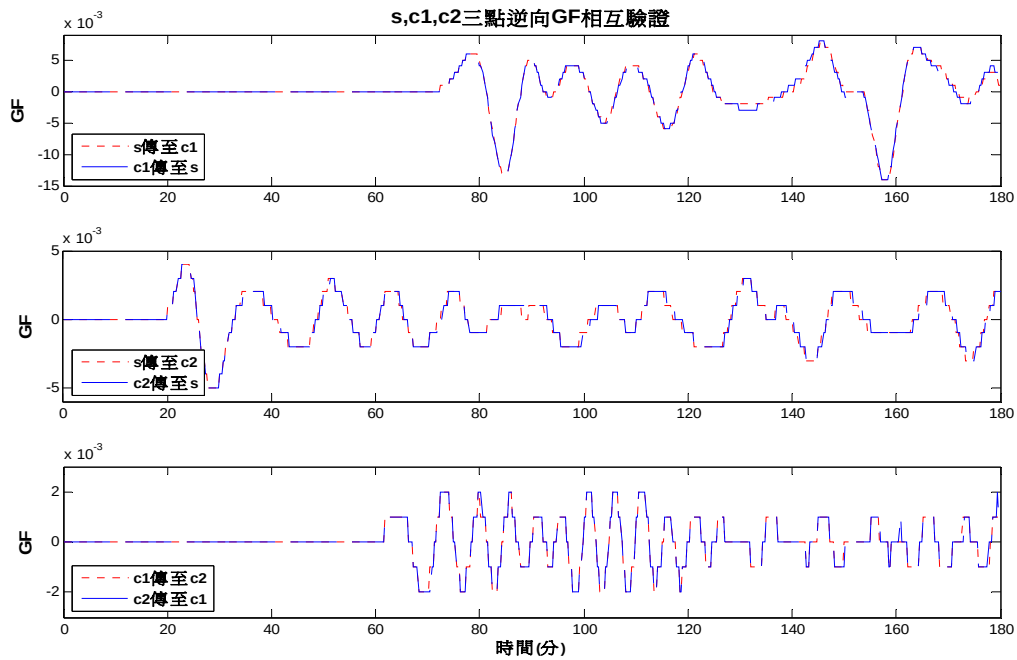


圖 5.3.8 利用 s、c1 及 c2 三點互相驗證 GF 與互逆 GF 的一致性

將波源區的所有格林函數乘上當地海床的垂直位移後相疊加，即可求出海嘯高度與到達時間。以下進行案例測試來了解發生海嘯對接收點r的水位影響，第一次試驗代入斷層模式所用的參數同陳(2007) 引用的 2006 年恆春大地震斷層參數，其參數來源為Harvard CMT世界地震網，使用的地震規模為Kanamori(1977)提出的地震矩規模(moment magnitude, Mw)，因第二場地震對水位影響不大(陳, 2007)，所以僅採用第一場地震的斷層參數。案例假設震央在東經 119.5°、北緯 21.5° 發生地震矩規模高達 8 的海底地震所引發的海嘯，斷層參數如表 5.3.2。

表 5.3.2 案例之斷層參數表

震央位置	東經 119.5° 北緯 21.5°
震源深度	5000 公尺
斷層長度	119735 公尺
斷層寬度	59867.4 公尺
平均滑移量	3.53 公尺
strike direction	329 度
dip angle	15 度
slip angle	110 度
地震矩規模	8.0

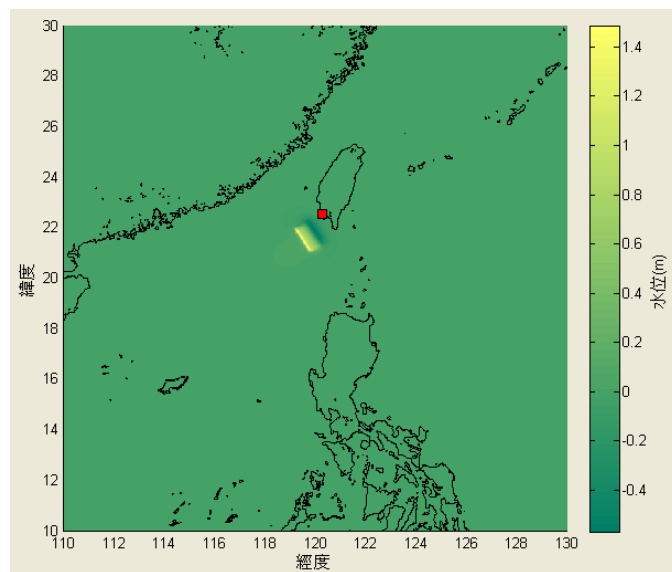


圖 5.3.9 在 s 點的海嘯起始高度

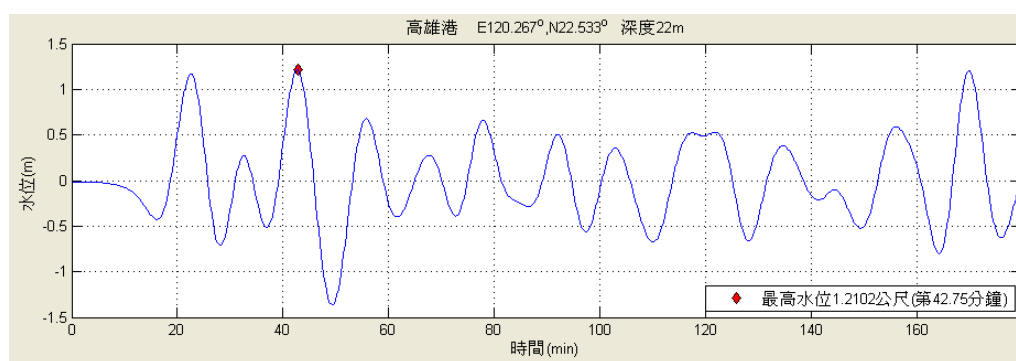


圖 5.3.10 於高雄港接收點 r 的海嘯高度預報

表 5.3.2 的參數代入斷層模式所得的海嘯起始水位如圖 5.3.9。經由 (3.9) 式計算出的 s 點預報水位結果如圖 5.3.10。預報結果顯示在接收點 r 處受海嘯作用引起的水位最大值達 1.2102 公尺(接近第 42 分)，對高雄港近岸有明顯之影響。

格林函數另一項應用為放大率(Max gain)。放大率有助於了解對接收點威脅最大的海嘯來源及危險程度，可以作為該接收點防災評估之參考。以基隆為例，若是求出在海洋裡每個點的最大放大率，可得其最大放大率分佈圖，如圖 5.3.11，顯示福建的海嘯對基隆影響甚大。

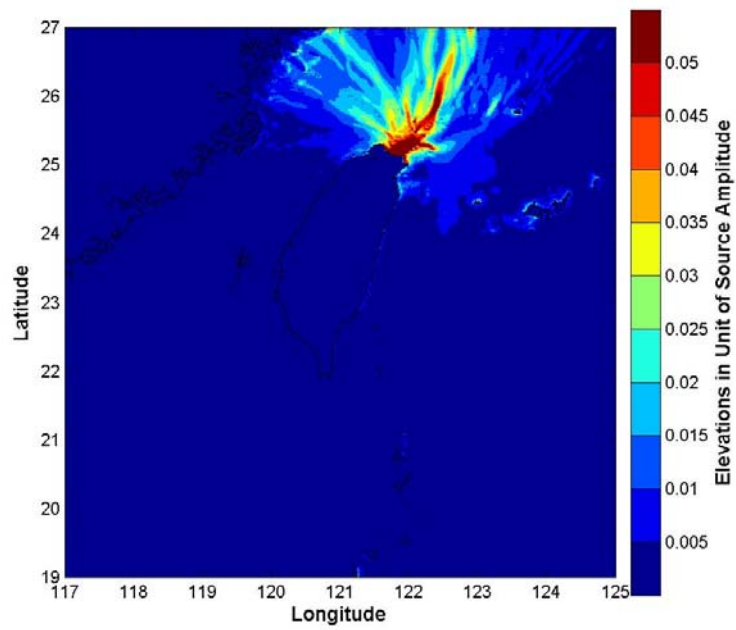


圖 5.3.11 基隆的最大放大率分佈圖
(顯示福建的海嘯對基隆影響甚大)

5.4 臺灣主要港口之格林函數及放大率

利用前所述之格林函數來計算高雄港、基隆港、台中港、花蓮港、台北港、蘇澳港外海之水位，六個港口之預測點位如圖5.4.1~5.4.6所示。其位置及水深如表5.4.1所示。因近岸之海嘯波高必須考慮地形等非線性作用，故預測點位之水深必須考量實際地形挑選符合互逆格林函數之要求，另外也必須配合網格之格點，故預測點之點位多選擇各港口之外海處。

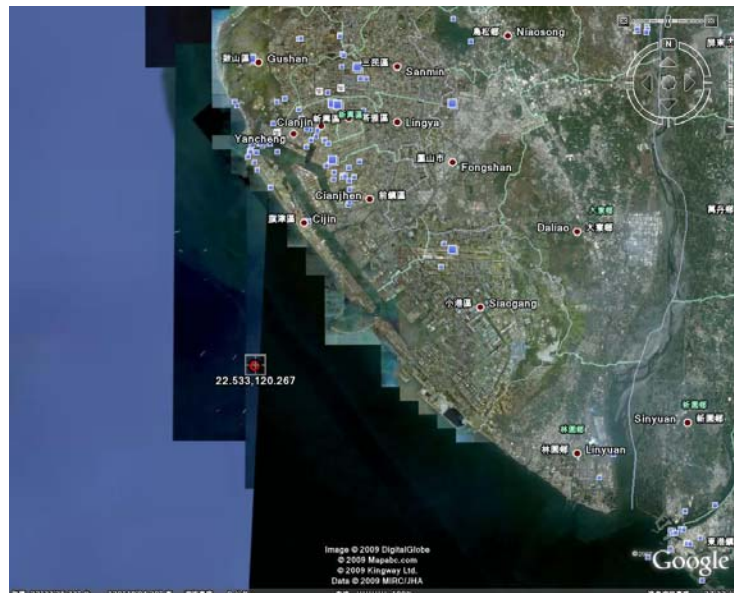


圖 5.4.1 高雄港

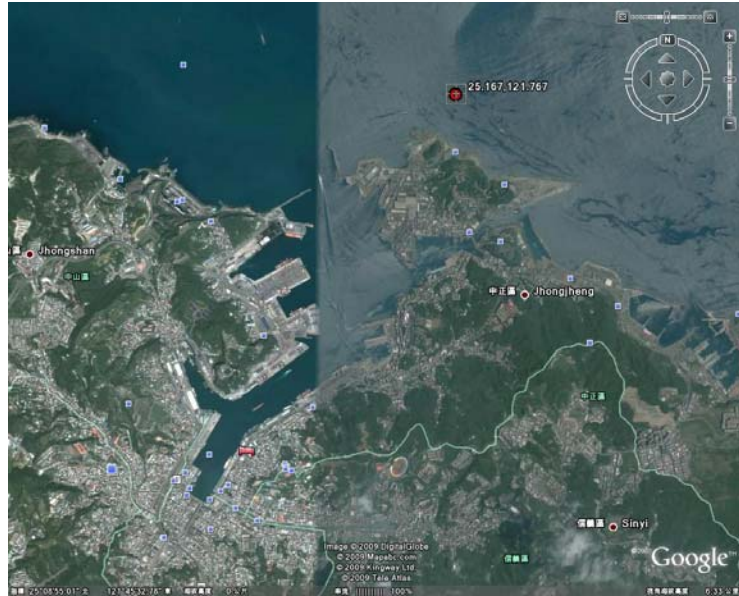


圖 5.4.2 基隆港

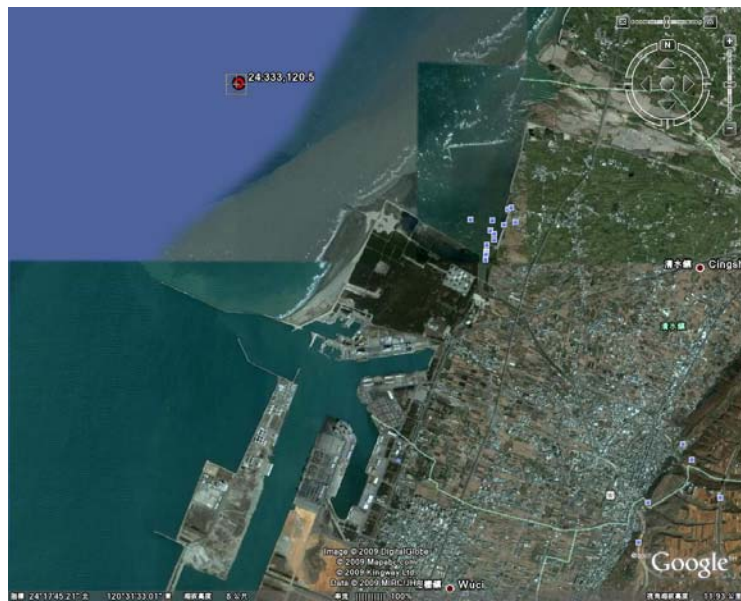


圖 5.4.3 台中港

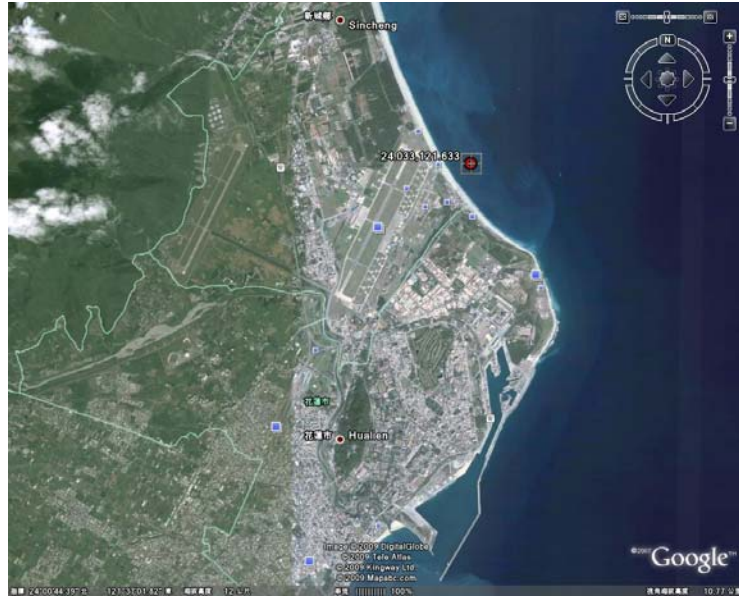


圖 5.4.4 花蓮港

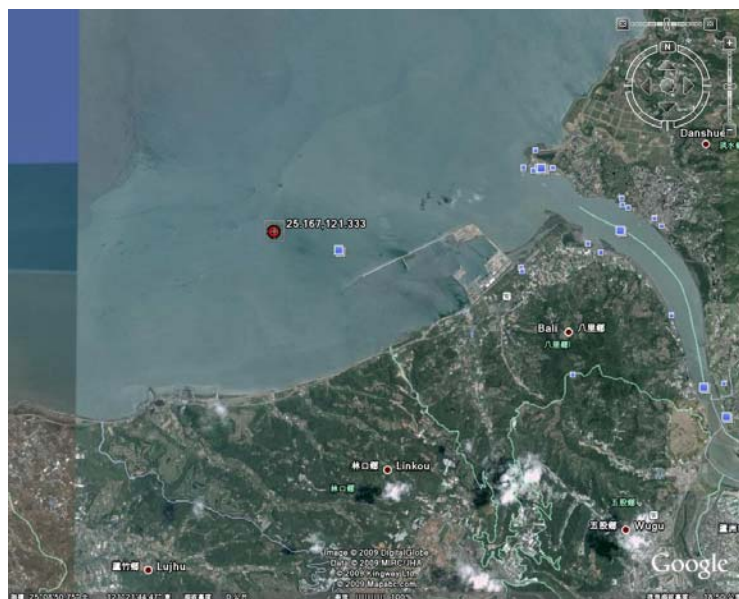


圖 5.4.5 台北港

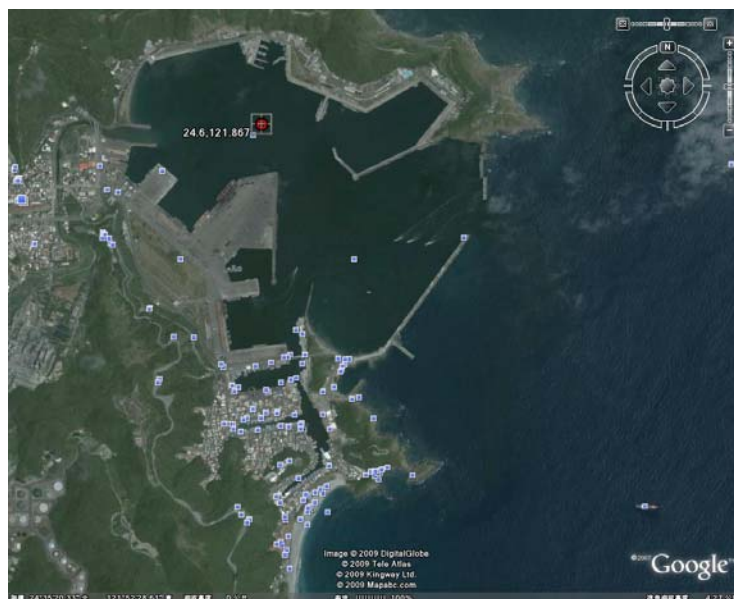


圖 5.4.6 蘇澳港

表 5.4.1 各港口計算點位、水深及離岸距離

港口	經度	緯度	該點水深 (m)	離岸距離 (km)
高雄	120.267	22.533	22	5.5
基隆	121.767	25.167	38	2.38
台中	120.5	24.333	21	4.3
花蓮	121.633	24.033	42	0.39
蘇澳	121.867	24.6	20	0.83
台北	121.333	25.167	28	4.54

傳統的海嘯模式運算，對不同之震央必須進行不同之計算，也就是說，每一次的運算都必須輸入不同的起始條件；應用第二章之方法計算海嘯水位時，仍必須應用傳統海嘯模式針對一個可能之震源進行一次全域之數值模擬；但下一次不同規模或是不同震央之地震卻不用再次進行全域運算，只需要將各點之格林函數做簡單之加總即可得知該點之水位。

本節將利用視窗化介面系統，以案例測試系統計算成果；二案例分別假設台灣西南部發生地震，震央位址為 $(119.98^{\circ}E, 21.72^{\circ}N)$ 以及2009.10.4發生於花蓮外海之地震，震央位址為 $(121.58^{\circ}E, 23.65^{\circ}N)$ (即在花蓮西林地震站東南方23公里處)，如圖5.4.7所示。震源深度兩案例均為29.2公里(此為花蓮外海地震之資料)，計算並說明相同地震矩規模及斷層參數下，發生於台灣西南海域與東部海域之地震對各港口之水位及到達時間之影響。

視窗化介面系統提供兩種不同參數輸入方式，一是輸入斷層長度、寬度及滑移量，計算地震矩規模；一是直接輸入地震矩規模，反算斷層長度、寬度及滑移量，計算地震矩規模，計算案例相關參數如同表5.4.2所示。本測試案例採用直接輸入地震矩規模方式，均假設為7.0。地形來自NOAA之ETOPO-2分精度之資料，預報時間分別有90分鐘及180分鐘之選擇，計算案例考量波浪傳遞時間故選擇為180分鐘。

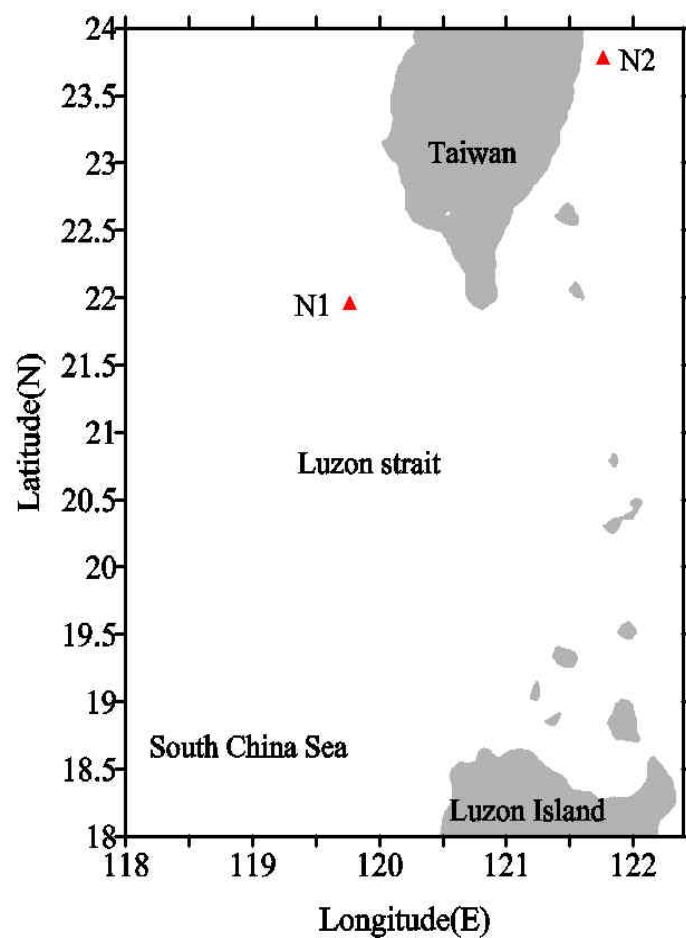


圖 5.4.7 假設震央位址

表5.4.2 假設震央之地層參數

假設震央	N1 (119.98° E, 21.72° N)	N2 (121.58° E, 23.65° N)
地震矩規模 Mw	8.0	
震源深度(km)	29.2	
Strike(degree)	338	
Dip(degree)	7	
Slip(degree)	90	

表5.4.2之斷層參數茲參考Kusnowidjaja Megawati et al.(2009)之斷層資料加以調整而來。該文獻將馬尼拉海溝分為33段子斷層，如圖5.4.8所示。其中編號15~17之子斷層較為靠近台灣，即是N1點。

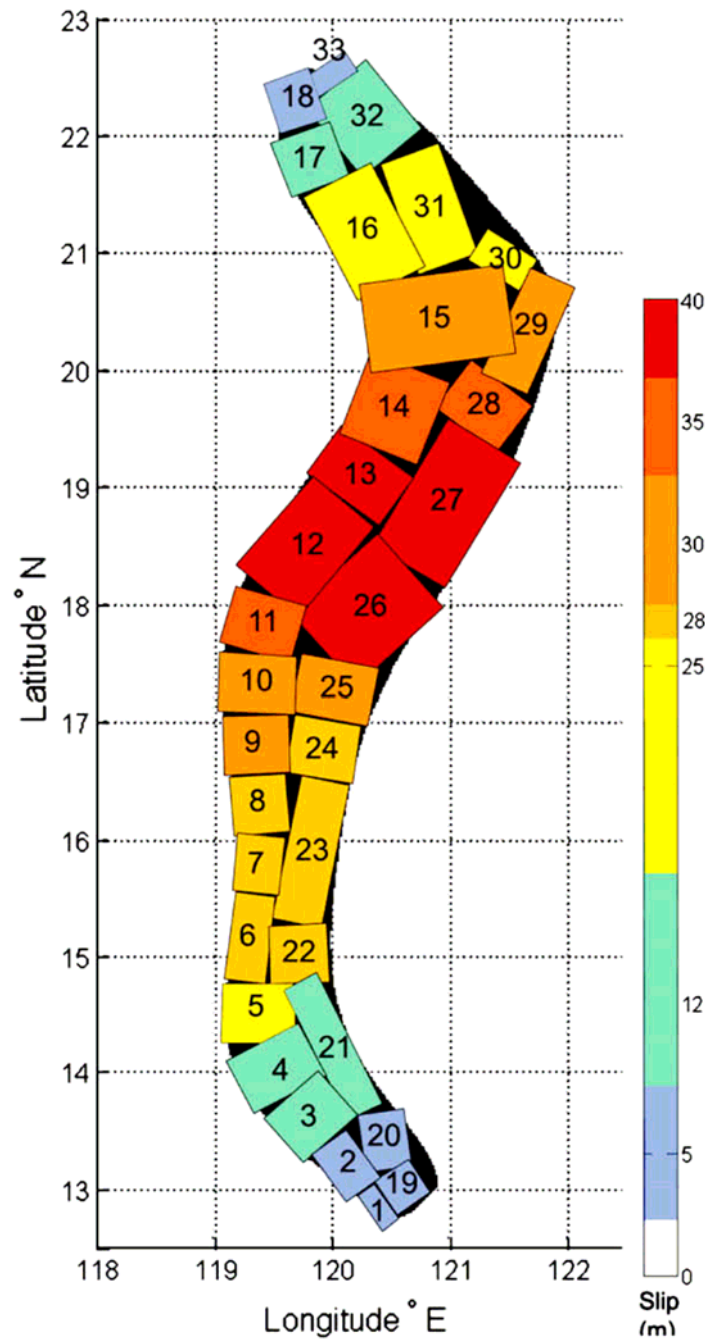
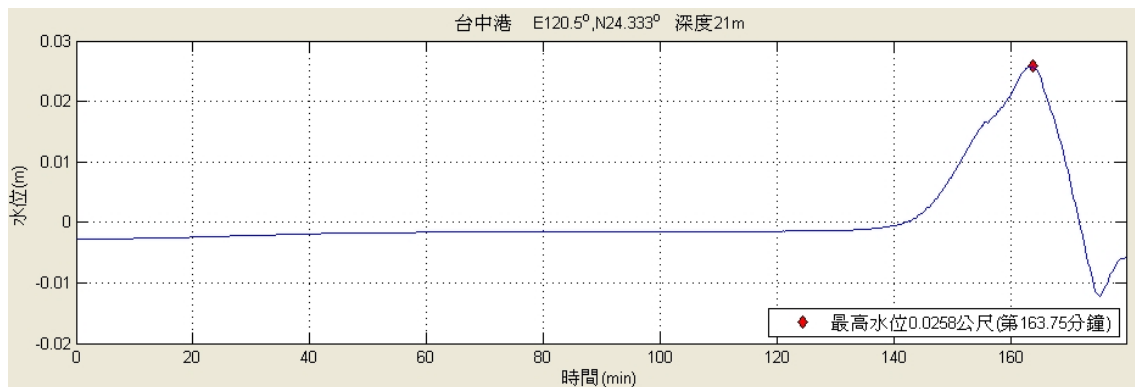
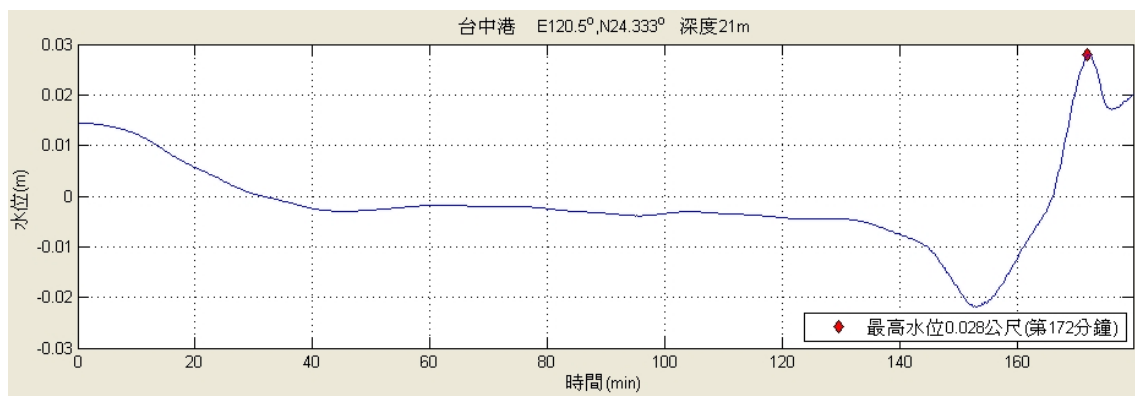


圖 5.4.8 馬尼拉海溝33個子斷層之分布圖(取自 Megawati et al.(2009))

圖5.4.9至圖5.4.14表示在地震矩規模8.0情形下，在180分鐘內，各港口可能出現之最大波高及到達時間。表5.4.3為各港最大水位及其到達時間之匯整，並以圖5.4.15表示。

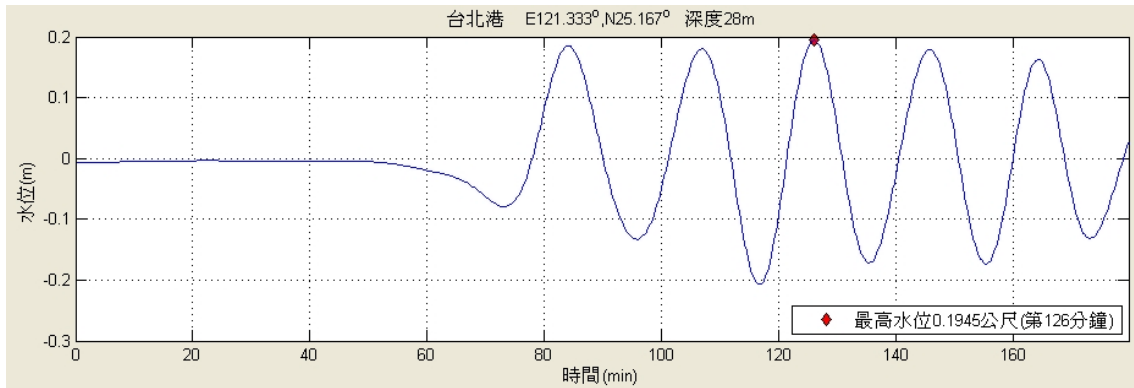


(a) 震源在西南部

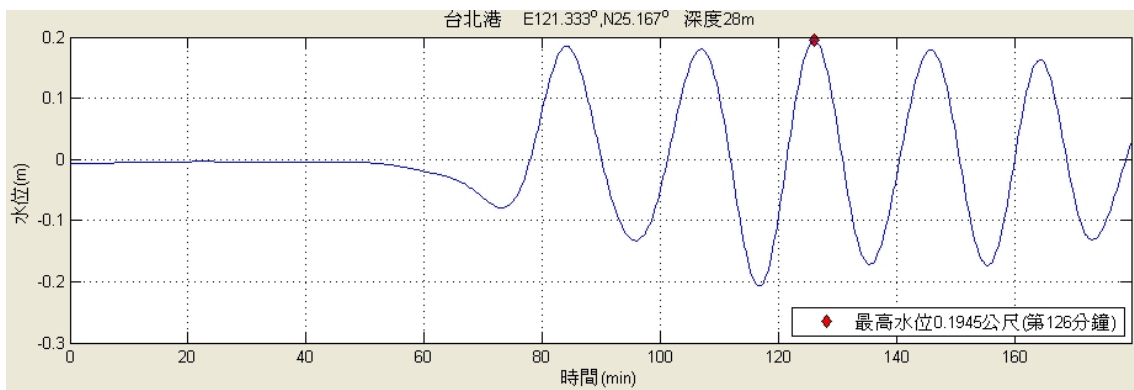


(b) 震源在東部

圖5.4.9 台中港在地震矩規模8.0下可能產生之最大波高及到達時間

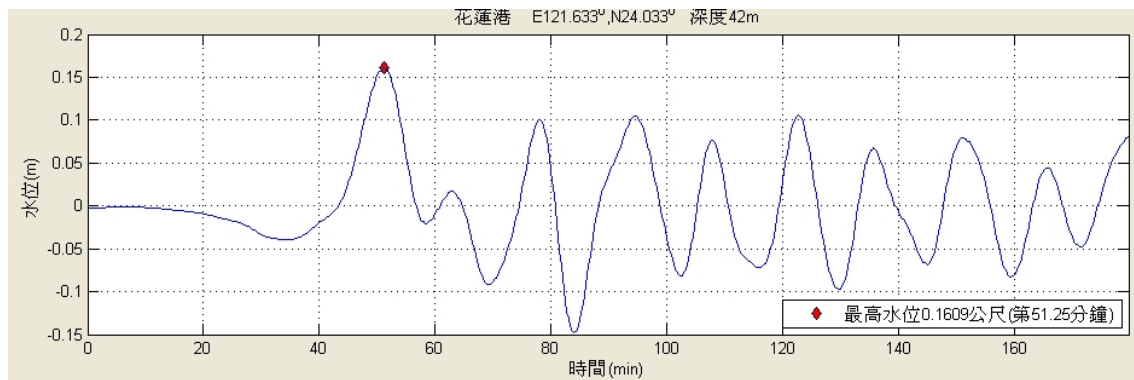


(a) 震源在西南部

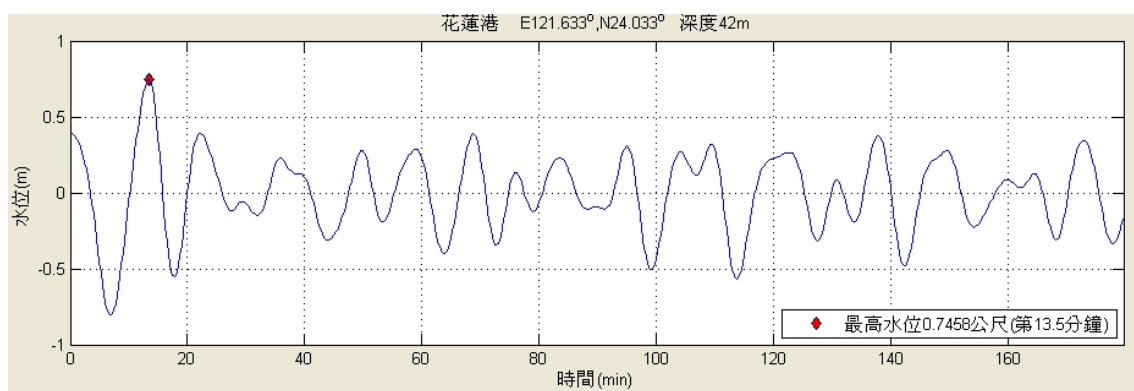


(b) 震源在東部

圖5.4.10 台北港在地震矩規模8.0下可能產生之最大波高及到達時間

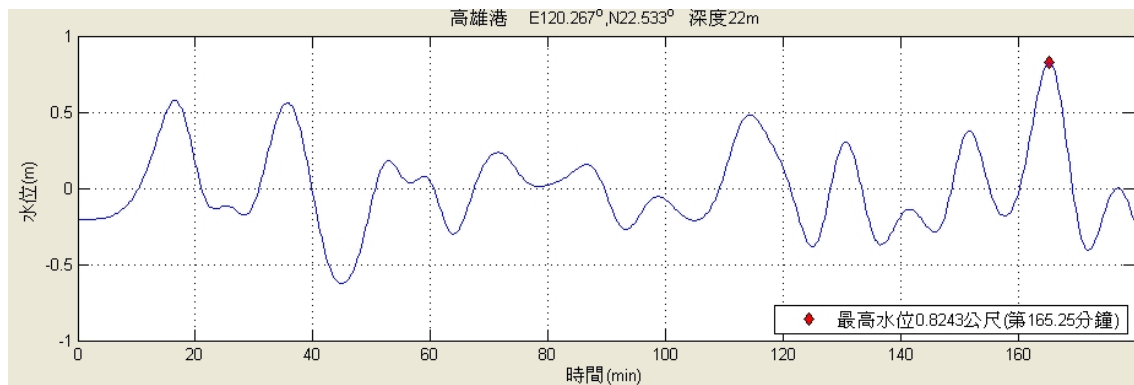


(a) 震源在西南部

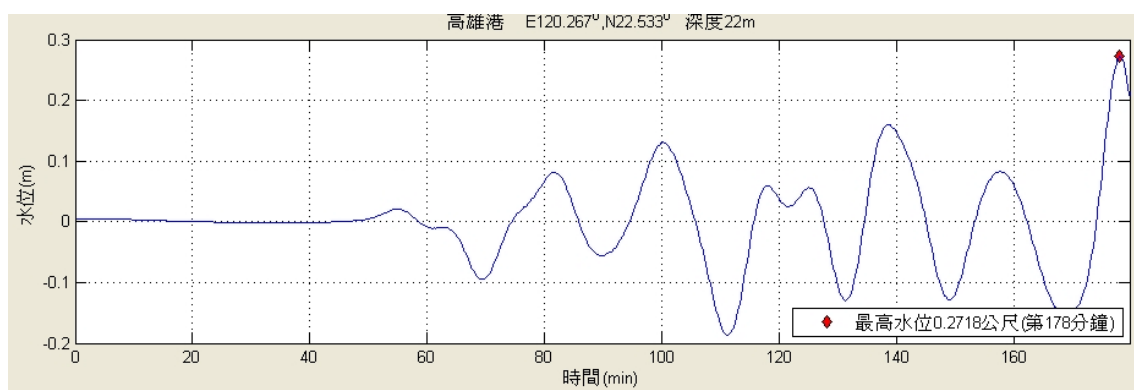


(b) 震源在東部

圖5.4.11 花蓮港在地震矩規模8.0下可能產生之最大波高及到達時間

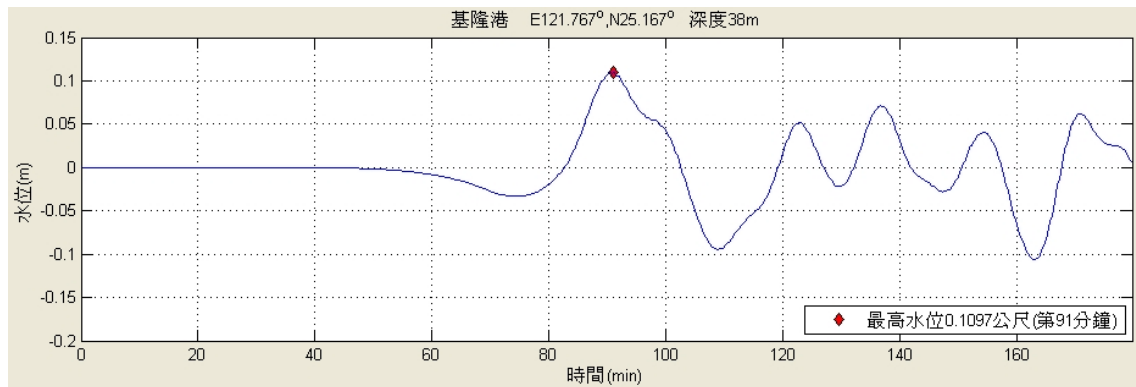


(a) 震源在西南部

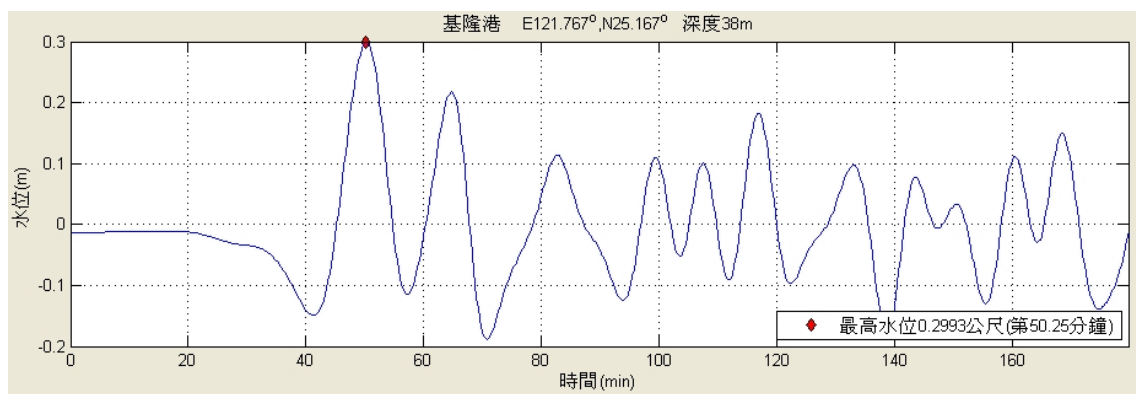


(b) 震源在東部

圖5.4.12 高雄港在地震矩規模8.0下可能產生之最大波高及到達時間

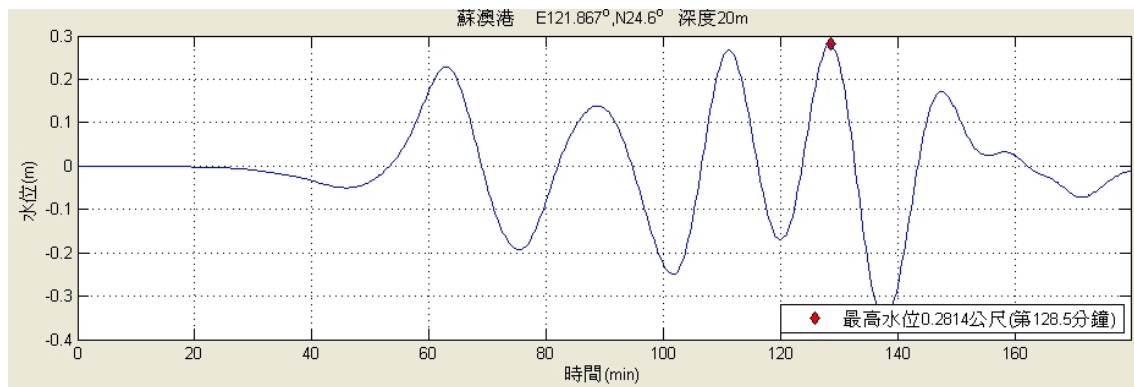


(a) 震源在西南部

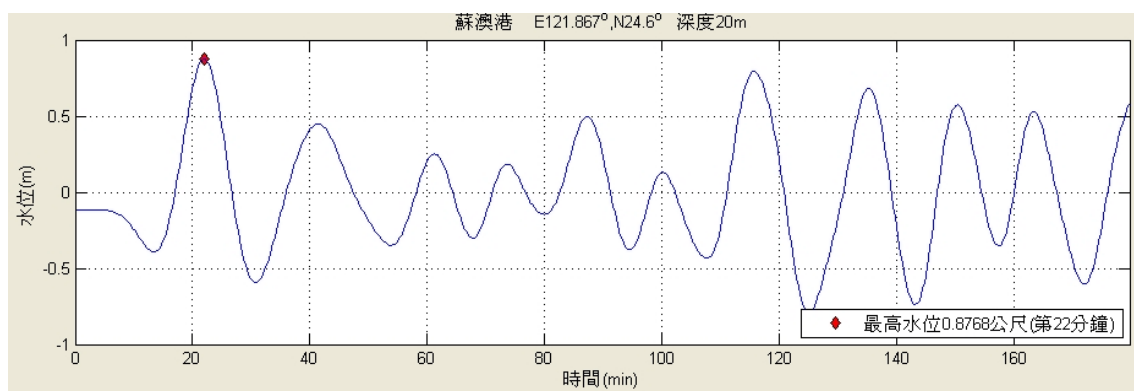


(b) 震源在東部

圖5.4.13 基隆港在地震矩規模7.0下可能產生之最大波高及到達時間



(a) 震源在西南部



(b) 震源在東部

圖5.4.14 蘇澳港在地震矩規模8.0下可能產生之最大波高及到達時間

表5.4.3 各港在180分鐘內在地震矩規模8.0下所產生之
最大水位及到達時間

港口	西南海域		東部外海	
	最大水位 (m)	到達時間 (min)	最大水位 (m)	到達時間 (min)
台中	0.0258	163.75	0.028	172
台北	0.0715	124.5	0.1945	126
花蓮	0.1609	51.25	0.7548	13.5
高雄	0.8243	165.25	0.2718	178
基隆	0.1097	91	0.2993	50.25
蘇澳	0.2814	128.5	0.8758	22

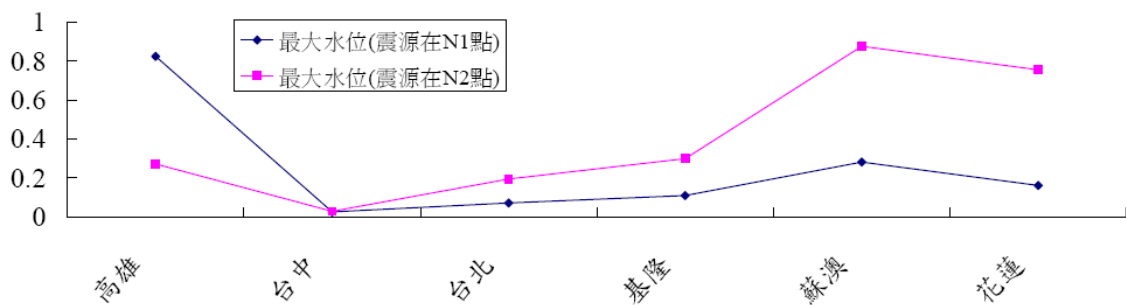


圖5.4.15 各港在180分鐘內之最大波高

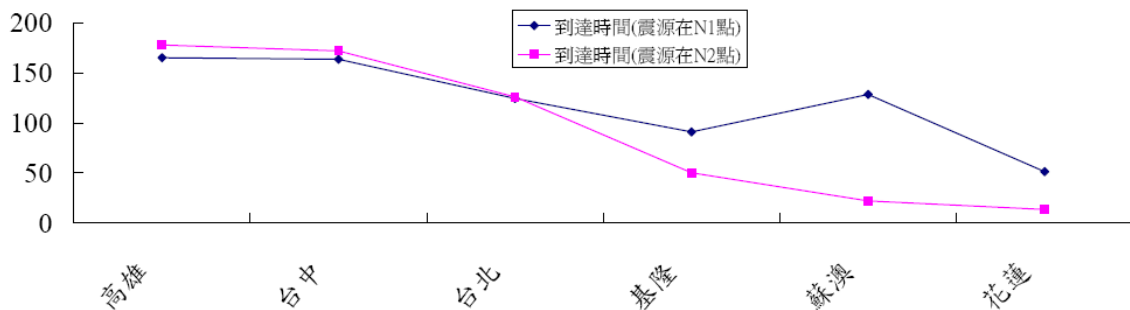


圖5.4.16 各港在180分鐘內之最大波高之到達時間

當N1點發生地震所產生之海嘯波，雖距離高雄港較近，但是最大水位之到達時間卻是在165分鐘左右出現；由時序列圖可發現，雖前兩個波之波高值得注意，但約3小時後仍有可能有另一波顯著之波高變化；除高雄港外，其餘各港之波高變化並不顯著。由於東西兩岸水深不同以及波浪之繞射，故海嘯波於東西兩岸之港口到達時間並不相同。

當N2點發生地震所產生之海嘯波，距離花蓮港較近，所以花蓮及蘇澳兩港，在1小時之內即可感受明顯之水位變化，另外，由於蘇澳港在模式中之取樣位置較花蓮港為淺，故其波高較花蓮港為大；另外，由於長軸方向是在太平洋東岸，故主要海嘯波能量是往太平洋及台灣東岸傳遞，在接觸陸地後往南北兩方向傳遞，由於東岸水深較深，海嘯波傳遞較快，故最大波到達時間是呈逆時針分佈，即是花蓮港、蘇澳港、基隆港，最後是高雄港。水位之變化也約略呈逆時針分佈並有繞射效應，台中港之水位變化甚小，高雄港之水位變化應是來自於繞射效應由南北兩端傳遞之海嘯波所造成。

故發生於西南外海與東部外海之地震所產生之海嘯對國內各港口之影響亦有不同。發生在東部外海時，花蓮港及蘇澳港第一波即是最大波，且兩港均可發現明顯之水位降低，預警時間僅有10-20分鐘；最大波到達時間約略呈逆時針走向，台中港由於繞射效應以及海嘯波能量已有明顯衰減，故水位變化不大；高雄港之水位變化應是主要受南北兩端之繞射效應所造成之。若西南海域發生海嘯時，則是高雄港所當其衝，雖前兩個波與最大波相差甚近，但最大波仍要3小時後才會出現，也就是說雖然在海嘯初期即可感受明顯之水位變化，但仍要注意後續之異常水位抬升，在這個情形下，台中港之水位變化依然不具威脅性。

互逆格林函數的最大絕對值代表可能有影響該地之海嘯發生範圍及其危險程度，並稱此互逆格林函數的最大絕對值為最大放大率 (max gain)。求出在範圍內每個點的最大放大率，可得其最大放大率分佈圖，放大率若很大，即相對波高值很大。即相對波高值很大，圖5.4.17~圖5.4.22即為六個港口之在六小時之內之放大率。

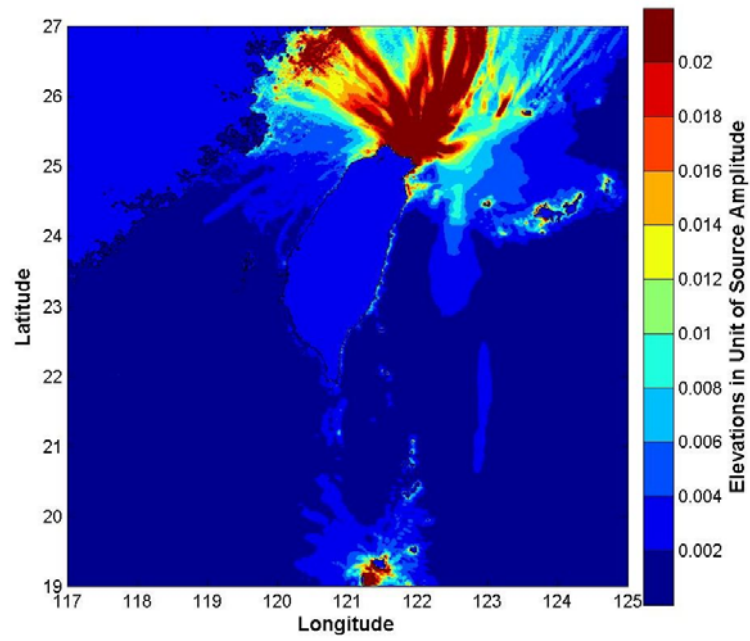


圖5.4.17 基隆港之放大率

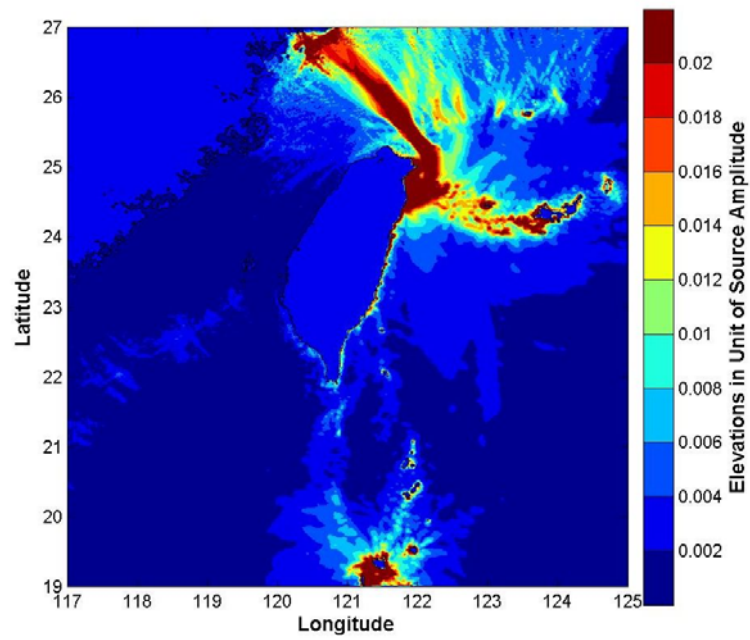


圖5.4.18 蘇澳港之放大率

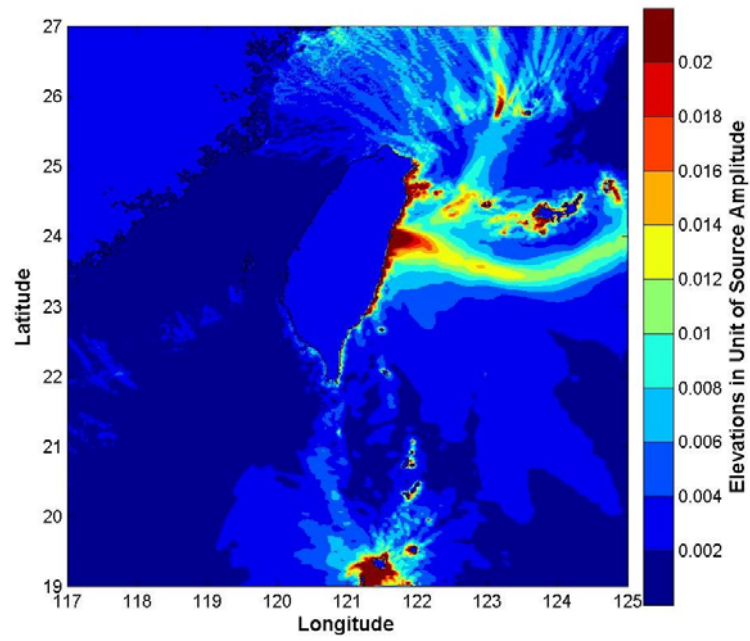


圖5.4.19 花蓮港之放大率

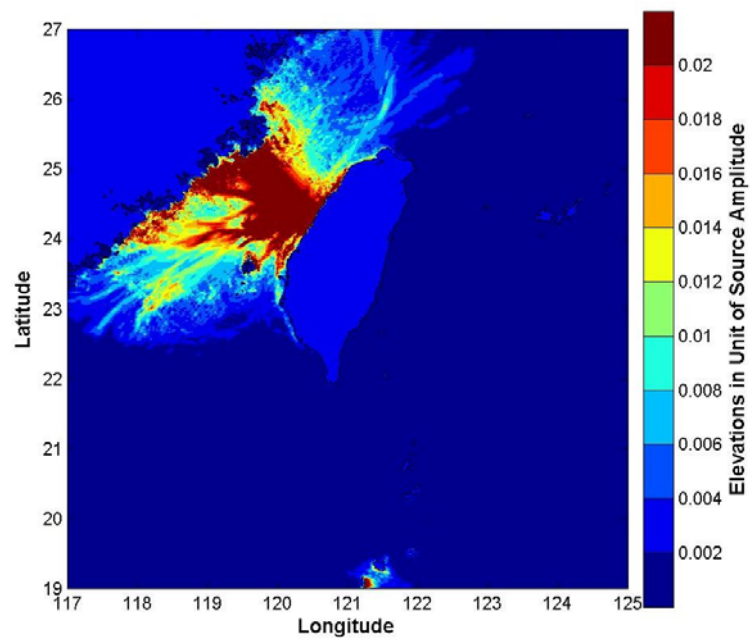


圖5.4.20 台中港之放大率

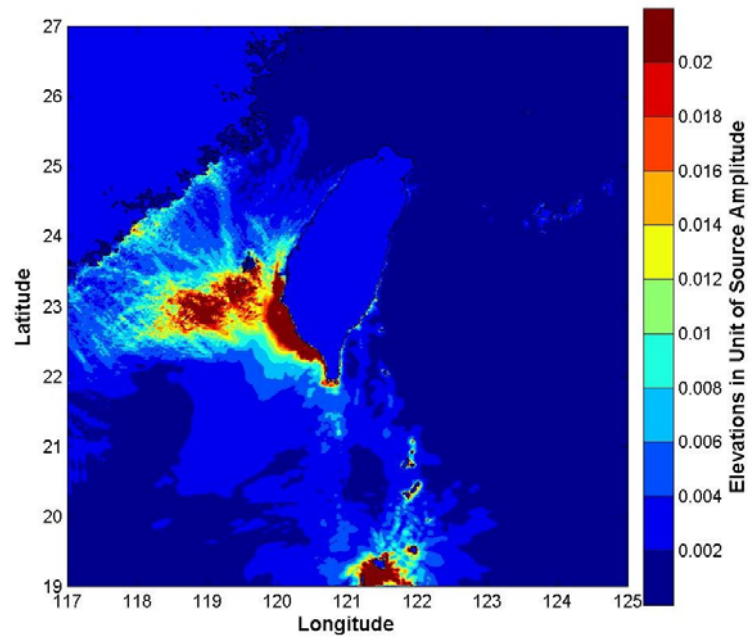


圖5.4.21 高雄港之放大率

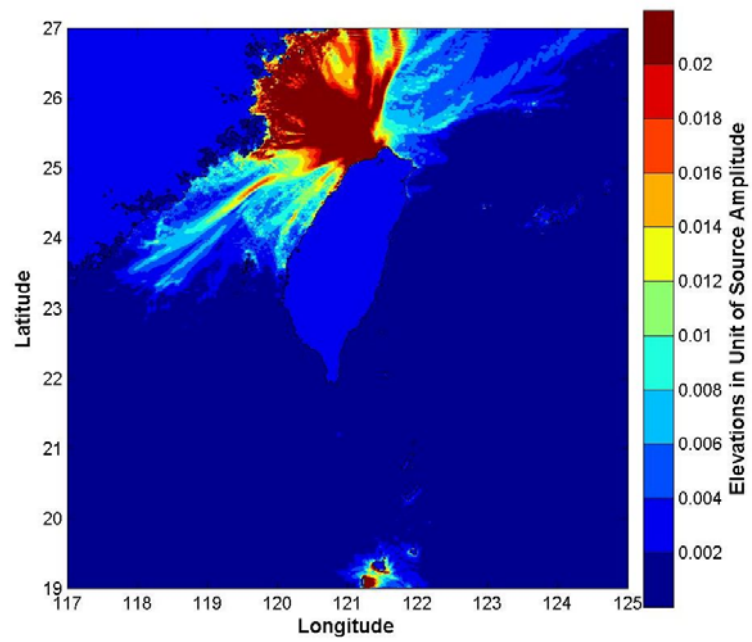


圖5.4.22 台北港之放大率

台北、基隆、蘇澳三港位於台灣北部，由以上各圖可以知道，對於這三個港口而言，發生在東海、琉球群島及龜山島一帶之海嘯最具威脅性；發生在花蓮外海之太平洋區域海嘯對花蓮港影響最大；發生在中國泉州附近海域之海嘯對台中港威脅性最大；海嘯若於澎湖及西南海域發生，則對高雄港產生較大的威脅；另外，除台中港外，發生在呂宋島海域附近之海嘯對其餘五個港口也具有威脅性。

進一步利用格林函數來探討各地層參數對地震矩規模以及最高水位之影響。在一般實際之地震測報作業，以直接發佈地震矩規模或是地震規模最容易為人所接受；此外，實際上斷層長度、寬度及滑移量並無法得知，故僅能用經驗公式或是常用之數值計算，其餘之地層參數多可以由地震相關資訊網站中得知；故本節主要探討斷層長度、寬度及滑移量對地震矩規模及最高水位之影響，測試案例與前相同均假設N1發生地震，預報時間為180分鐘，預報地點為高雄港。

圖5.4.23為滑移量對地震矩規模及最高水位之影響。單位滑移量增量為1公尺；由該圖可發現滑移量與最大水位為線性關係，其斜率約為0.07m/m；滑移量與地震矩規模為曲線關係，其割線斜率0.06。

圖5.4.24為斷層長度對地震矩規模及最高水位之影響。單位長度增量為200公尺；由該圖可發現滑移量與最大水位為線性關係，其斜率約為 2.38×10^{-6} m/m；滑移量與地震矩規模亦為線性關係，其斜率為 6.5×10^{-6} 。

圖5.4.25為斷層寬度對地震矩規模及最高水位之影響。單位寬度增量為200公尺；由該圖可發現滑移量與最大水位為線性關係，其斜率約為 1.5×10^{-5} m/m；滑移量與地震矩規模亦為線性關係，其斜率為 6.6×10^{-6} 。

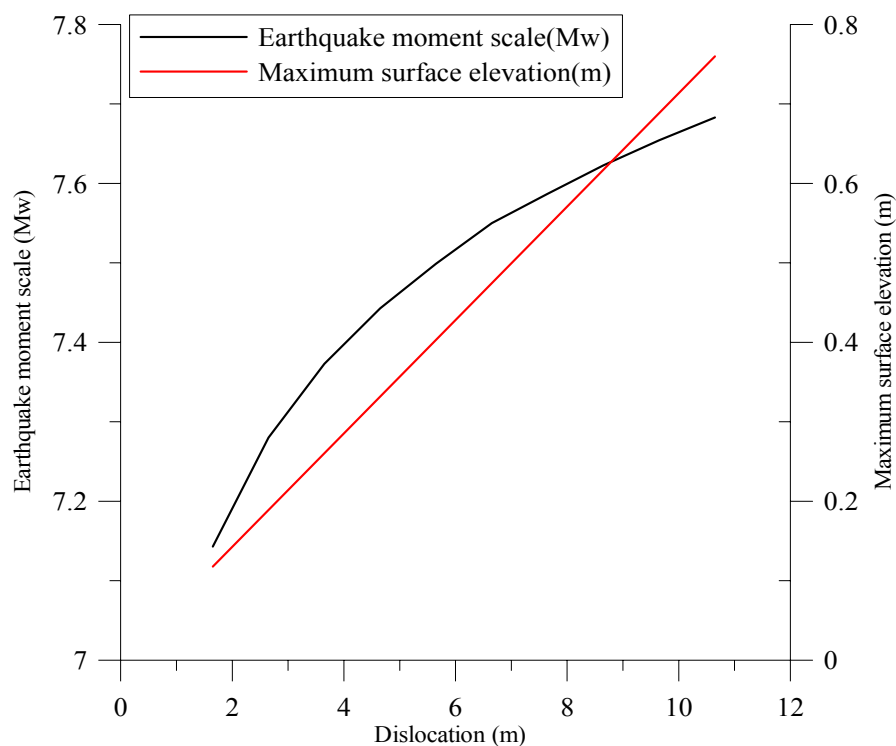


圖5.4.23 滑移量與地震矩規模及最大水位之關係

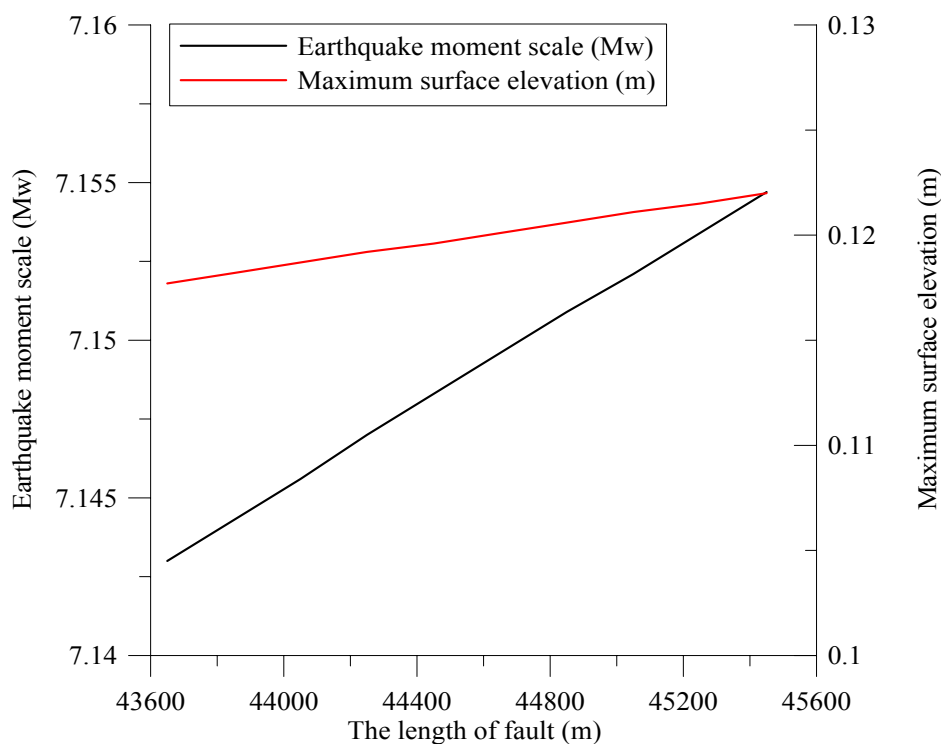


圖5.4.24 斷層長度與地震矩規模及最大水位之關係

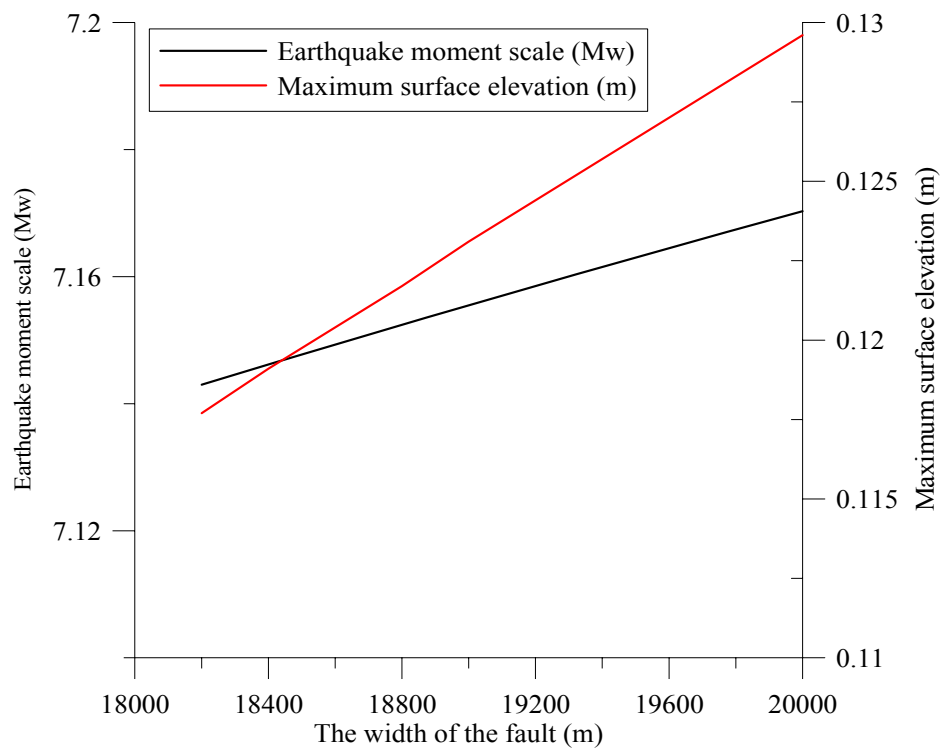


圖5.4.25 斷層寬度與地震矩規模及最大水位之關係

故以上簡單之分析可得知，滑移量對於地震矩規模以及最大水位值之影響遠大於斷層長度以及寬度。

第六章 臺灣主要港灣環境資訊系統

臺灣四周環海，開發海洋資源、發展航運、從事港灣建設及規劃等均需長期可靠之海氣象資料作為依據。此外，為提昇船舶進出港操航安全、船席機動調配及港埠運作效能等，目前各國際港口已著手進行船舶交通服務系統（VTS）之設置。在該系統中除了船舶動態管制與通訊外，有關港灣自然環境資訊的即時提供也是非常重要的需求。因此，將臺灣各國際港之海氣象與港灣水理資料，以靜態或動態方式，透過資訊網路即時提供給港灣管理單位、國內外船舶業者及有關人員查詢，是一項應積極配合之施政工作。

為達成國家經濟之永續發展目標，各項交通基礎建設是必須之前端工作，不僅陸運或空運，對四面環海之臺灣而言海運更形重要。隨著經濟發展海上運輸交通日益繁忙，因此海上航行交通安全也日漸受到重視。為了避免類似阿瑪斯號貨輪船難事故，應研擬如何提供海運交通安全所需之自然環境資訊方案。本計畫所進行之港灣環境資訊系統，除了對海運航行安全有正面助益外，對海上緊急災害救助（例如船難人員撤離）之對策研擬也有幫助，同時也降低對環境衝擊性不良影響（例如海面油污染）。

依前述動機，為順利將上述海氣象現場觀測即時資料與數值模式計算預報資訊加以系統整合，以建置港灣環境資訊系統，提供港埠管理單位、全國災害防救中心及中央主管機關查詢。藉此，迅速、準確獲得各港區海域之海氣象即時與預報資訊，擬定適當之因應對策。

港灣環境資訊網規劃與建置內容主要包括以下幾各項目：

- (1) 建置及維護一個由關聯式資料庫管理系統所構成的海情資料庫，以彙整七個主要商港現場觀測及數值模擬計算所得之港區附近海域海象預報資訊，包括風速(wind speed)、風向(wind direction)、潮位(tidal level)、波高(wave height)、週期(period)、流速(velocity)

of current)、流向(direction of current)及水溫(water degree)等。逐時及統計資料之查詢選單與圖表自動繪製功能更新。計畫執行期間網站需每日維持穩定提供相關資訊之查詢功能，並以颱風侵臺時期為重點。

- (2) 海氣象觀測子系統及數值預報子系統之整合介面控制。數值預報子系統之資料庫需彙整整個年度由風場(field of wind)、氣壓(atmospheric pressure)、波浪(waves)、潮汐(tidal level)、流場(field of flow)、擴散(spread)及海嘯(tsunami)等數值模式，於臺灣環島海域不同尺度之計算結果，包括數位資料、資料數據表、資料歷線圖、平面等值圖(如等水位、等波高、等週期、等向位、等風速、等流速、等污染濃度等)、平面向量圖(風向量、流向量或波向量等)、及各類統計表、統計圖(如方塊圖、玫瑰圖)等。
- (3) 港灣環境資訊網站需提供包括利用各種風場、氣壓、波浪、潮位、流場、擴散及海嘯等數值模式之計算結果，包括 72 小時模擬、12 小時模擬、即時模擬時等資訊。另提供典型歷年颱風成果、歷年詳細資訊(如資料數據表、資料歷線圖、平面等值圖)等查詢功能。
- (4) 港區地震觀測子系統之整合介面控制軟體建置。
- (5) 建置七個主要商港即時影像監視及傳輸通訊系統，並可透過網頁查看即時影像及作選擇性自動錄影與歷史影像查詢規劃。
- (6) PDA 版港灣環境資訊網頁維護；自動傳真與簡訊系統更新及維護；逐時及統計資料之查詢選單與圖表自動繪製功能更新。

6.1 港灣環境資訊系統概觀

本計畫整體共區分為海情資料庫、近岸數值模擬資料庫、港灣環境即時資訊展示、歷史資料查詢、歷史颱風等子系統，系統架構相關說明如圖6.1.1所示：

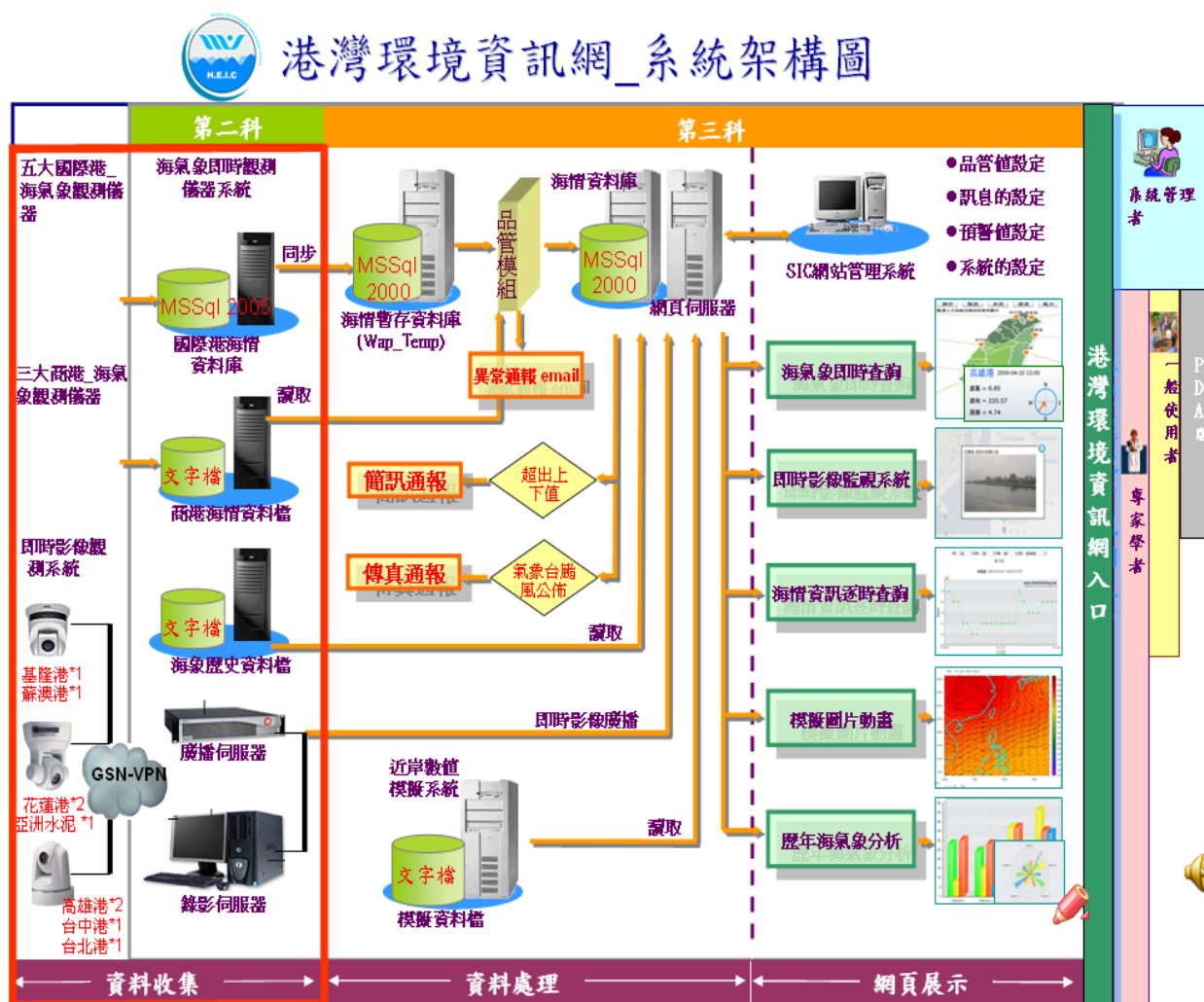


圖 6.1.1 港灣環境資訊網系統架構圖

海氣象觀測子系統之海情資料庫維護，持續彙整現場觀測之港區附近海域海象觀測資訊，包括風速、風向、潮位、波高、週期、流速及流向等。

維持每日定時自動蒐集數值預報子系統相關資料包括 72 小時模擬、12 小時模擬、即時模擬等預報資料，及海氣象觀測子系統之國內主要商港即時現場觀測資料。同時進行子系統間整合介面控制軟體功能之提昇與擴充，並以颱風侵臺時期為重點，其設計要點及流程圖說明如下：

- (1)配合海氣象現場觀測儀器所傳回數據資料建立 SQL 資料庫之後，以 Replication 機制每小時擷取資料後轉至暫存資料檔。
- (2)對於 Replication 機制過程中所產生之 Error Handling 結合現有簡訊發送系統進行相關訊息通報。
- (3)資料 Replication 轉至暫存資料檔後，以程式依數據資料作上、下限值的資料品管分析處理。
- (4)將判斷完成資料轉至正式資料庫中以為後續使用。

系統流程圖如下圖 6.1.2。

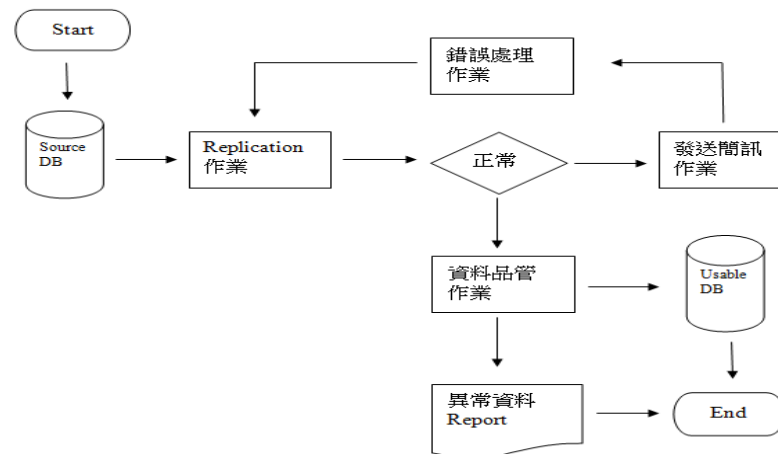


圖 6.1.2 海氣象觀測之海情資料庫作業流程

原港灣環境資訊網將海氣象即時觀測資料定時以 FTP 方式上傳至中山大學數值預測模式系統所指定相關位置，中山大學數值預測模式系統則於每日凌晨產生 72 小時數值預測資料，港灣環境資訊網再以 FTP 方式下載 72 小時數值預測資料進行後續相關處理。

配合港灣技術研究中心將中山大學數值預測模式系統移植至中心之海情中心內運作，使用網路芳鄰將即時數值資料，傳檔資料至指定主機，再由數值推估預報系統讀取使用。程式執行於資料轉檔主機，工作排程於每日定時自動執行，資料轉檔主機，工作排程每日定時自動執行，將數值推估預報系統所推估的 72 小時數值預測資料經過資料轉檔程式，將資料存入到關聯性資料庫中其程如圖 6.1.3 所示。

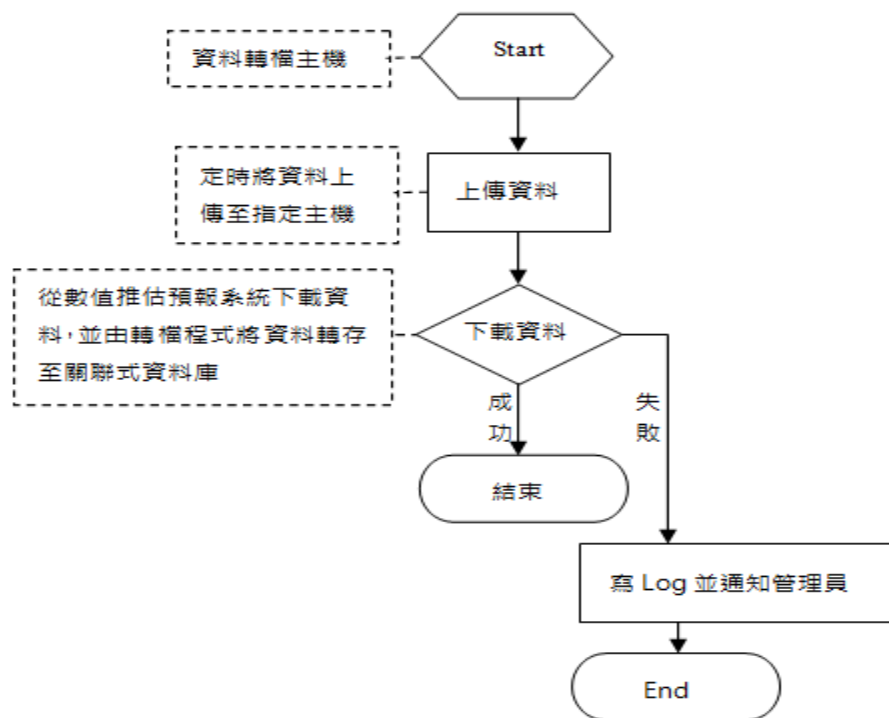


圖 6.1.3 近岸數值模擬系統傳輸流程圖

圖表模組使用 DotNetCharting 元件來展現歷線圖、玫瑰圖、長條圖等圖表元素。DotNetCharting 是一個 ASP.NET 圖表元件，對中文支持良好，而且操作方便，開發快速，可用於網站開發，方便連結資料庫，

能自動處理數據產生動態的繪製圖表。使用最新的微軟(Microsoft)技術，能超越現有的視覺製圖標準，並呈現比一般的動態圖表更強大的視覺效果解決方案。DotNetCharting 元件可輕易呈現多種圖型，如長條圖、雷達圖、圓餅圖、金字塔圖、玫瑰圖、歷線圖等如圖 6.1.4~圖 6.1.6 所示，以系統化的方式將資料分類，並將資料呈現的方式標準化，以物件導向的方式，將資料與呈現資料的方式分離，只要來源資料具有相同格式，即能套用對應的圖表顯示方式其繪圖流程如圖 6.1.7 所示。

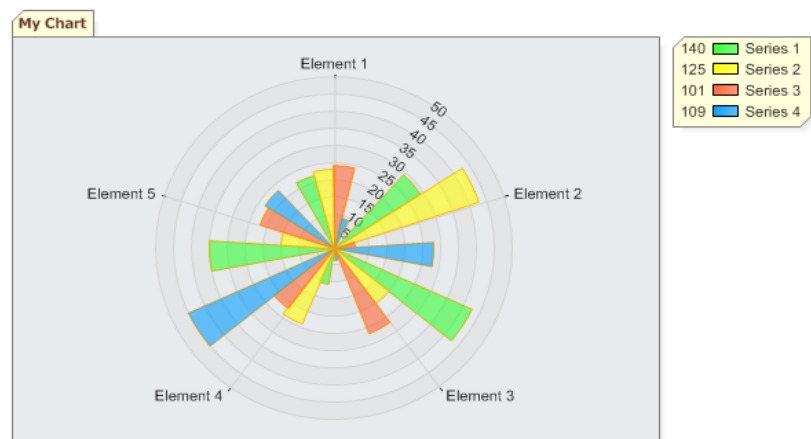


圖 6.1.4 玫瑰圖

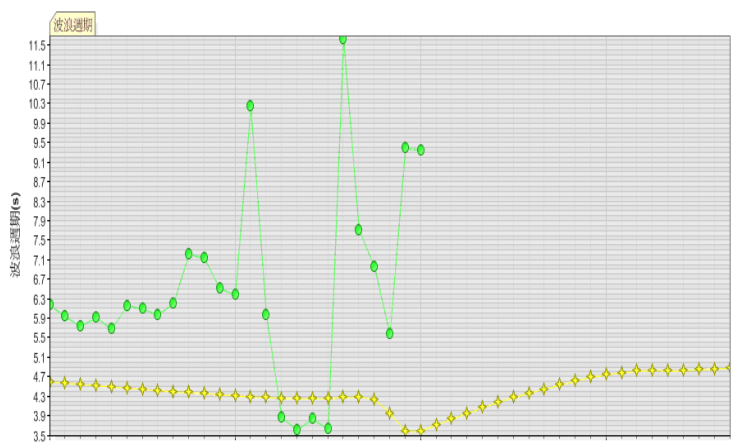


圖 6.1.5 歷線圖

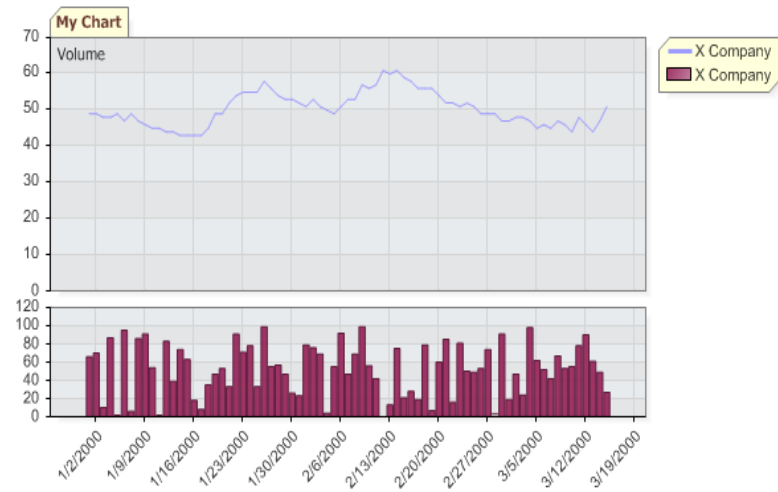


圖 6.1.6 長條圖

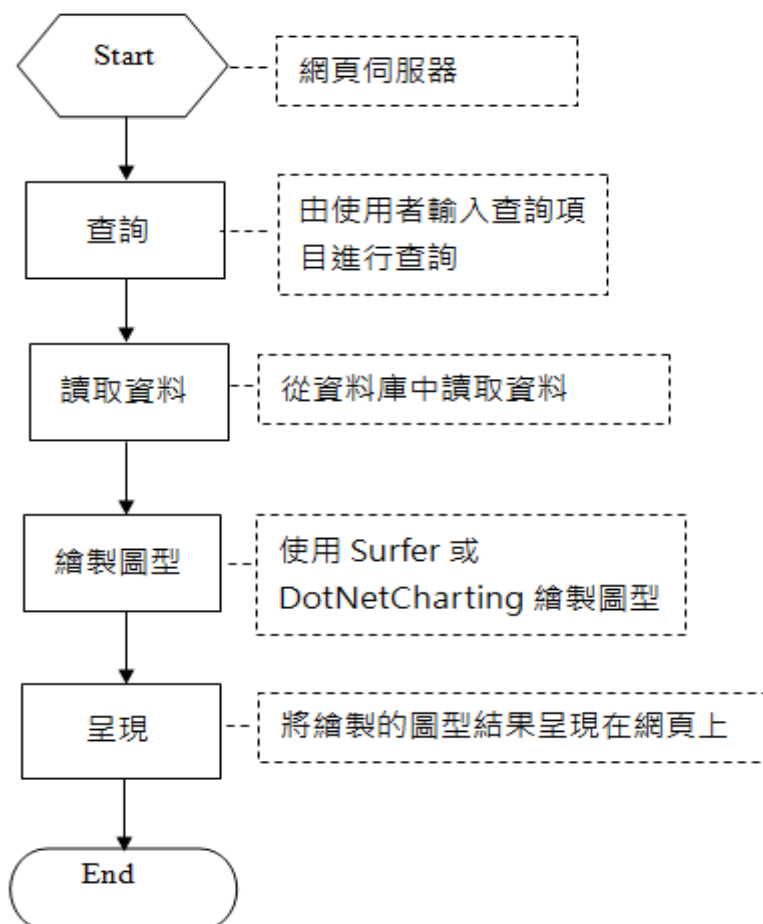


圖 6.1.7 數值預報與即時觀測資料數據繪圖流程圖

歷史資料查詢方面，依據風、潮、浪、流之歷史資料，經過品管及匯入機制，存入正式海情資料庫將歷史研究資料匯入資料庫中，提供專家查詢及分析之用。將年報資料依年度、海氣象種類、統計使用欄位、欄位範圍等維度篩選資料，設計為專家登入後使用的功能，並以圖表方式呈現如表 6.1.1 所示。

表 6.1.1 海象與統計圖表分析表

海象與統計圖表分析表									
	海流		溫度	潮汐	波浪			風力	
	1. 流速	2. 流向	3. 溫度	4. 潮位	5. 波高	6. 週期	7. 波向	8. 風速	9. 風向
資料數據表	V	V	V	V	V	V	V	V	V
圖型-方塊圖	V	--	V	V	V	V	--	V	--
圖型-玫瑰圖	--	V	--	--	--	--	V	--	V
方位		16方位					16方位		16方位
X區間規格	筆數	筆數	筆數	筆數	筆數	筆數	筆數	筆數	筆數
Y區間規格	X階流速	X階流速	X階溫度	X階潮位	X階波高	--	X階波高	X階風速	X階風速

資料查詢條件:	港區 &	大類 &	分類 &	年 &	統計別
各選項查詢期間 資料保留不需重選	基隆港	海流	流速	2009	年統計
	蘇澳港		流向	2008	第一季
	花蓮港	溫度	溫度	2007	第二季
	台中港	潮位	潮位	2006	第三季
	：	波浪	波高	：	第四季
	等		週期	等	一月
			波向		二月
		風力	風速		三月
			風向		四月
					五月
					六月
					七月
					八月
					九月
					十月
					十一月
					十二月

以系統管理方式依年度
設定各海象階數及每一
階範圍值

歷史颱風查詢方面颱風侵台後，系統管理人員由基隆港、花蓮港、高雄港、台北港及蘇澳港等影像設備擷取特定颱風期間歷史影像檔依年度-颱風名稱、測站分類，存放系統預先建立資料夾中供專家選擇上傳相關錄影檔、即時動畫及各海氣象作為展示內容。

6.2 港灣環境資訊系統展示內容

本計畫以海情資料庫為中心，整合五大國際港(蘇澳港、花蓮港、基隆港、高雄港、台中港)、三大商港(台北港、安平港、布袋港)及歷史資料等來源，以 Silverlight 及 DotNetCharting 將資料視覺化，相關系統展示成果如下所述：

(1) 資料庫設計

本計劃建置的資料庫以「資訊安全」、「資料整合」、「傳輸迅速」三大原則為基礎來設計軟體架構，輔以妥善利用中心既有資訊與網路設備以節省 IT 投資，避免不必要之支出與浪費。就「資訊安全」而言，中心現有網路透過防火牆過濾不必要之入侵或病毒攻擊網站伺服器(IIS 6.0)及海情資料庫(MSSQL)；就「資料整合」而言，將本中心二科的觀測資料定時同步匯入海情資料庫，透過資料品管程式展示最即時正確海情資料內容；就「傳輸迅速」而言，由於資料統一儲存於海情資料庫，外部特定使用者端皆可透過網路存取標準格式資料，不必再透過相關媒體、光碟以郵寄或運輸方式進行傳輸交換。

(2) 使用者介面設計

即時觀測子系統總覽，以台灣地圖展現三大國際港及五大商港的海氣象資訊，潮汐資訊依照各港口顯示目前資料庫最後時間的資料，其中包含時間、相對潮位高度等，當最後時間無資料時即顯示“目前無資料”，操作畫面如圖 6.2.1 所示。



圖 6.2.1 潮汐資訊

海流資訊依照各港口顯示目前資料庫最後時間的資料，其中包含時間、流速、流向等資訊，當最後時間無資料時即顯示“目前無資料”，另亦以圖示方式標示海流流向(向外)，方便使用者辨識了解，操作畫面如圖 6.2.2 所示。



圖 6.2.2 海流資訊

水溫資訊依照各港口顯示目前資料庫最後時間的資料，其中包含時間、溫度等，當最後時間無資料時即顯示“目前無資料”，操作畫面如圖 6.2.3 所示。



圖 6.2.3 水溫資訊

波浪資訊依照各港口顯示目前資料庫最後時間的資料，其中包含時間、波高、波向、周期等資訊，當最後時間無資料時即顯示“目前無資料”，另亦以圖示方式標示波浪浪向(向內)，方便使用者辨識了解，操作畫面如圖 6.2.4 所示。



圖 6.2.4 波浪資訊

風力資訊依照各港口顯示目前資料庫最後時間的資料，其中包含時間、風速、風向等資訊，當最後時間無資料時即顯示“目前無資料”，另亦以圖示方式標示風向(向內)，方便使用者辨識了解，操作畫面如圖 6.2.5 所示。



圖 6.2.5 風力資訊

動畫模擬資訊可選擇台灣近海或西太平洋，以下拉式選擇海象顯示，操作畫面如圖 6.2.6 所示。

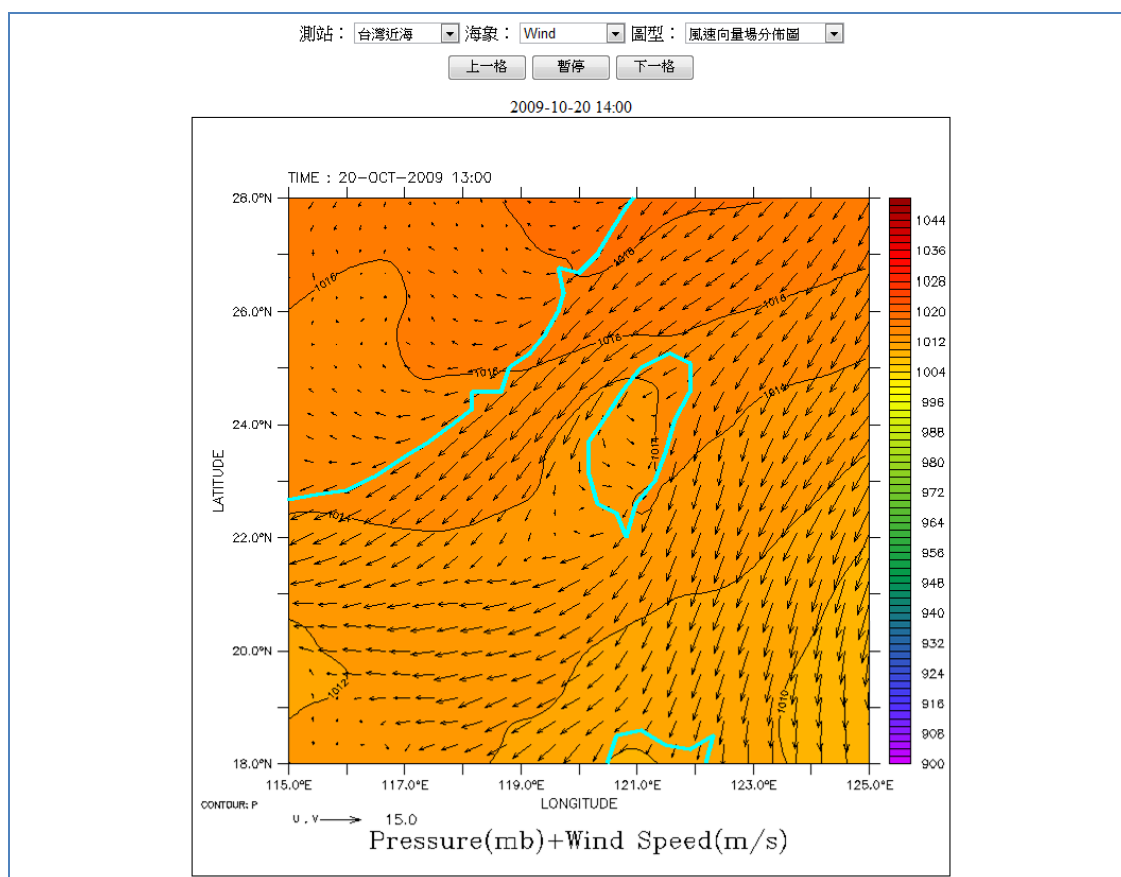


圖 6.2.6 圖形動畫

港灣資訊包含國際港或商港各海氣象歷線圖及即時影像，一般資訊網頁介面設計如圖 6.2.7 所示。



圖 6.2.7 港口一般資訊頁面

海氣象歷線圖可由圖 6.2.7 畫面點選“風力”、“海流”、“潮汐”、“波浪”、“水溫”等相關歷線圖按鈕，使用者亦可從下拉式選單直接點選“風力”、“海流”、“潮汐”、“波浪”、“溫度”等歷線圖資訊。所須資料使用者可從下拉選單選取前一日、二日、三日等，並於歷線圖上可將滑鼠移至該點位置即可顯現出該點位置之實際數值資料，對於該歷線圖上詳細資料可參考下方表列的數值資料，包括有時間、風速、風向等資訊展示測站有關風力之前一日歷線圖資訊。另外，系統會自動設定區間間隔，X 軸依據資料範圍，自動顯示區間間隔，讓資料顯示於適當位置，方便查看。歷線圖及數據介面設計如圖 6.2.8～圖 6.2.11 所示。

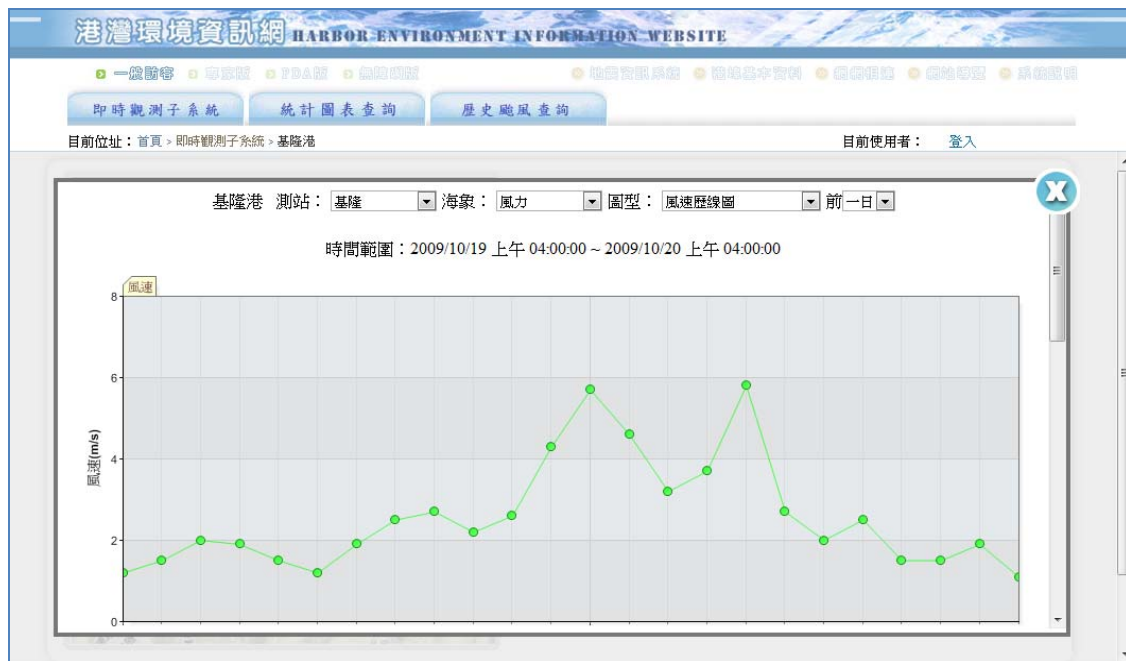


圖 6.2.8 風速歷線圖

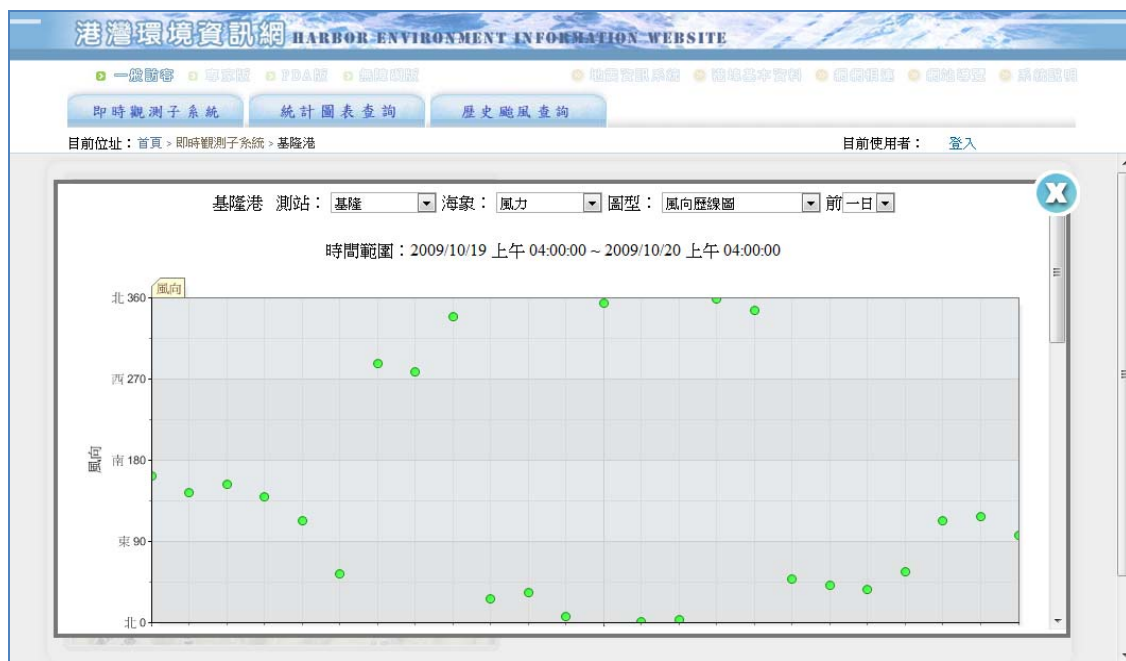


圖 6.2.9 風向歷線圖

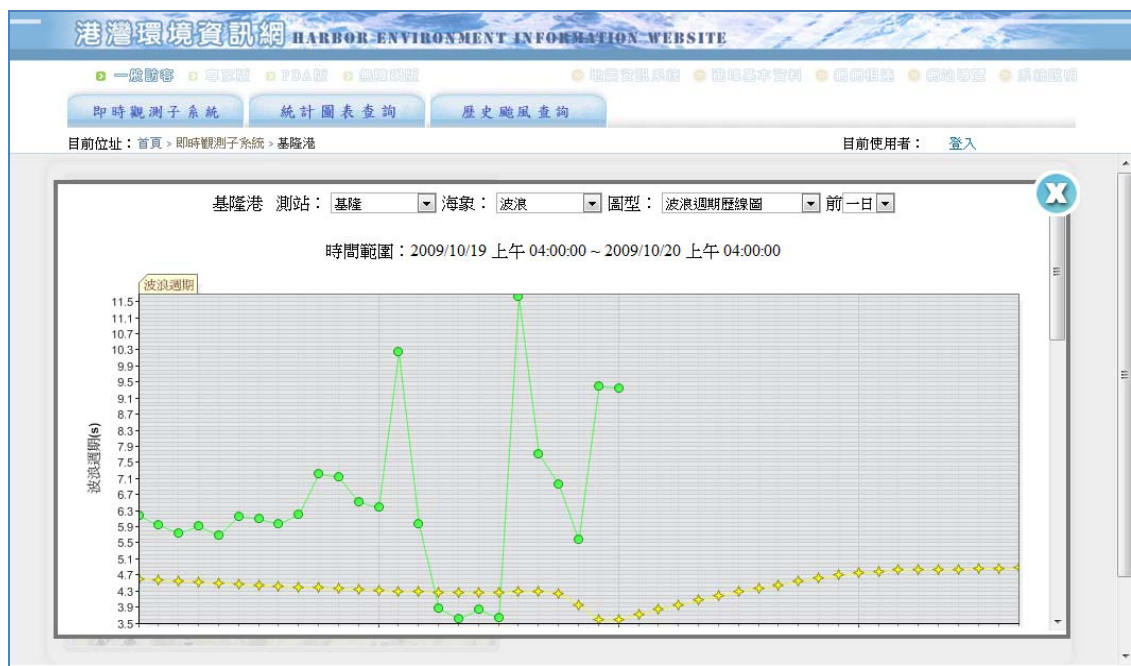


圖 6.2.10 波浪週期歷線圖

港灣環境資訊網 HARBOR ENVIRONMENT INFORMATION WEBSITE

一般簡報 專家版 FDA版 品質簡報 地震資訊系統 地震基本資料 震害簡報 震害摘要 系統圖說

即時觀測子系統 統計圖表查詢 歷史颱風查詢

目前位址：首頁 > 即時觀測子系統 > 基隆港 目前使用者：登入

波浪週期歷線圖 資料表

時間範圍：2009/10/19 上午 04:00:00 ~ 2009/10/20 上午 04:00:00

記錄站	記錄時間	波浪週期
1	2009-10-19 04:00:00	6.18
1	2009-10-19 05:00:00	5.94
1	2009-10-19 06:00:00	5.75
1	2009-10-19 07:00:00	5.92
1	2009-10-19 08:00:00	5.69
1	2009-10-19 09:00:00	6.17
1	2009-10-19 10:00:00	6.1
1	2009-10-19 11:00:00	5.98
1	2009-10-19 12:00:00	6.21
1	2009-10-19 13:00:00	7.23
1	2009-10-19 14:00:00	7.14
1	2009-10-19 15:00:00	6.52
1	2009-10-19 16:00:00	6.39

圖 6.2.11 歷線圖資料表

港口即時影像將於左上角顯示港灣名稱、日期、時間即時資訊，以每秒鐘兩張影像連續廣播畫面如圖 6.2.12 所示。



圖 6.2.12 港灣即時影像

專家統計圖表查詢使用者必須先登入系統如圖 6.2.13 後，才可使用專家統計圖表查詢功能，統計圖表查詢可依圖表類型、海氣象資料類型、統計使用欄位及範圍，以圖表的方式顯示資料如圖 6.2.14、圖 6.2.15，並提供專家列印的功能如圖 6.2.16。



The screenshot shows the login interface of the Harbor Environment Information Website. The header includes the site name in Chinese and English. Below the header is a navigation bar with several menu items. The main content area features a login form with fields for '使用者名稱' (Username) and '密碼' (Password), a checkbox for '記憶密碼供下次使用' (Remember password for next use), and a '登入' (Login) button. The page also displays '目前位址' (Current location) and '目前使用者' (Current user).

港灣環境資訊網 HARBOR ENVIRONMENT INFORMATION WEBSITE

一般訪客 專家版 FDA版 船舶資訊 地籍資訊系統 地籍基本資料 圖資管理 地籍管理 請您選擇

即時觀測子系統 統計圖表查詢 歷史颱風查詢

目前位址： 目前使用者： 登入

登入

使用者名稱：

密碼：

☐ 記憶密碼供下次使用。

登入

圖 6.2.13 登入後使用統計圖表查詢

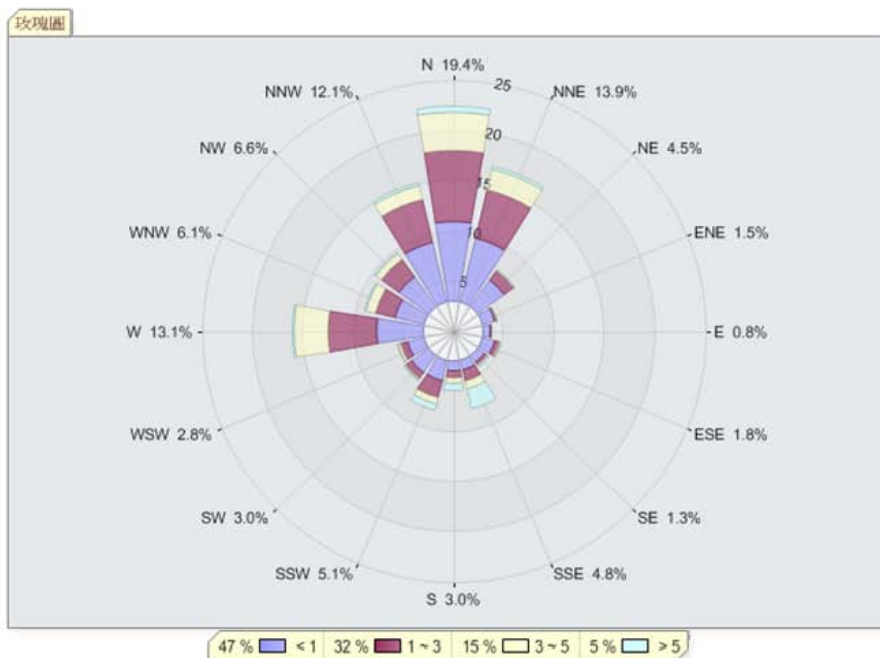


圖 6.2.14 直方圖展示波浪-波高



圖 6.2.15 玫瑰圖展示風力-風速

年份：2007 類型：風力 統計別：整年 測站：高雄 統計圖表種類：玫瑰圖



.netCHARTING Mentor (3 Suggestion(s))

Disabling | Hide Temporarily

方位/範圍	< 1	1 ~ 3	3 ~ 5	> 5	筆數合計
N	693	627	327	55	1702
NNE	577	431	185	26	1219
NE	286	96	11	1	394
ENE	113	14	2	2	131
E	64	8	2	0	74
ESE	113	34	5	6	158
SE	72	23	9	13	117
SSE	80	99	76	170	425
S	78	62	53	68	261
SSW	178	158	54	58	448
SW	184	63	12	6	265
WSW	150	60	27	6	243
W	407	429	290	19	1145
WNW	260	176	89	14	539
NW	330	177	60	13	580
NNW	530	385	124	25	1064

圖 6.2.16 專家列印統計查詢結果

歷史颱風查詢使用者可查詢專家選錄的颱風相關海氣象模擬動畫，並下載相關影像檔如圖 6.2.17 所示。

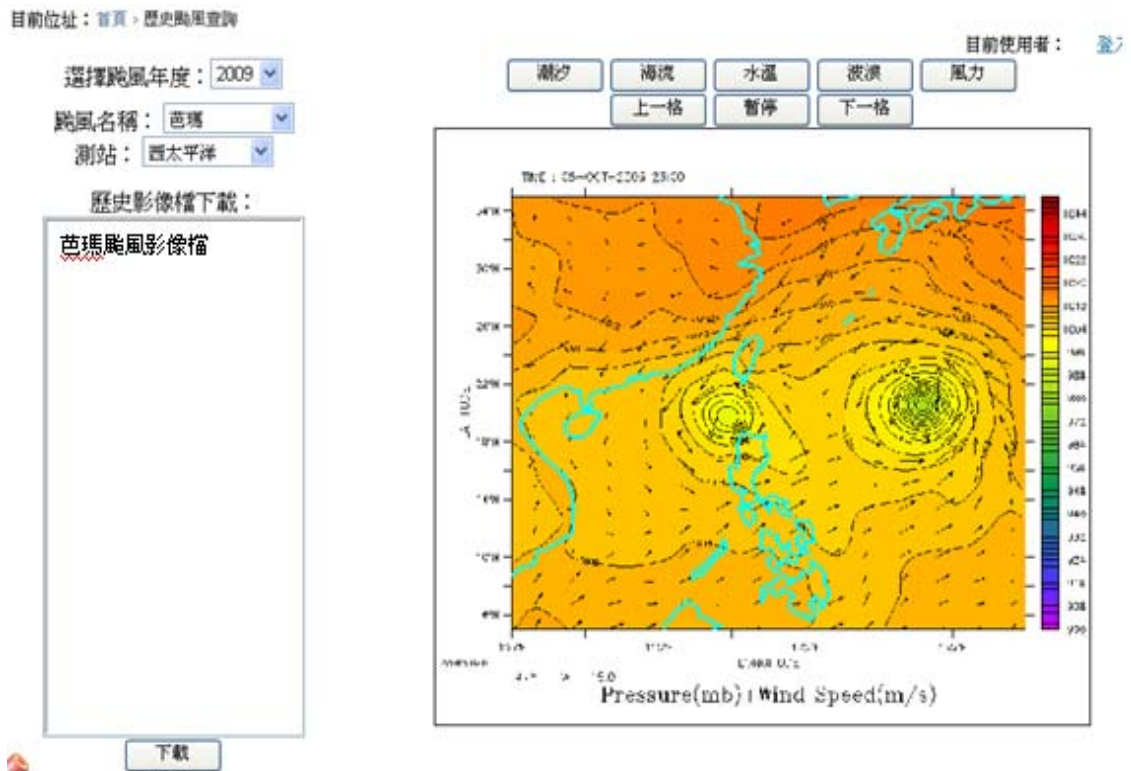


圖 6.2.17 歷史颱風查詢

系統管理者可透過管理介面調整系統參數，如圖 6.2.18 所示。資料新增/修改透過右上角階層式的路徑，達到一致的操作方法如圖 6.2.19 所示。

系統設定

SIC 網站管理系統

列表管理

列表資料

測站：全部 資料表名稱：全部

測站	資料表名稱	欄位名稱	上限值	下限值	預警值	是否啟用	維護
基隆	浪浪	波高	10	0	4	☒	修改 刪除
基隆	浪浪	波向	360	0	-1	☒	修改 刪除
基隆	浪浪	波週期	20	0	12	☒	修改 刪除
基隆	浪浪	流速	10	0	2.5	☒	修改 刪除
基隆	浪浪	流向	360	0	-1	☒	修改 刪除
基隆	水溫	溫度	35	0	-1	☒	修改 刪除
基隆	潮汐	潮位	10	-10	-1	☒	修改 刪除
基隆	風力	風向	360	0	-1	☒	修改 刪除
基隆	風力	風速	40	0	15	☒	修改 刪除

上一頁 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ... 下一頁

圖 6.2.18 系統管理介面



港灣技術研究中心

- 品管設定
- 品管資料表管理
- 商港即時資料主機
- 商港資料複製條件
- 商港資料匯入設定
- 模擬資料測站設定
- 模擬資料匯入設定
- 模擬套疊港口配對
- 首頁訊息管理
- 首頁訊息設定
- 潮位基準值設定
- 模擬動畫設定
- 模擬動畫種類管理
- 模擬動畫測站管理
- 統計範圍名稱管理
- 統計圖表範圍配對
- 腦風資料設定
- 使用者管理

品管設定

SIC 網站管理系統

列表管理

修改資料

修改資料

測站名稱：1

資料表名稱：History

欄位名稱：Tp

上限值：
(小數點第三位)

下限值：
(小數點第三位)

預警值：
(小數點第三位)

是否啟用：

☒ 啟用

☐ 停用

儲存

取消

圖 6.2.19 系統管理介面 – 修改資料

第七章 臺灣主要商港作業化海象模擬成果評估

7.1 作業化海象模擬說明

近岸海象數值模擬及預警系統最重要的功能便是每日進行模擬計算作業，提供臺灣主要七大港區每日的風場、氣壓、水位、波浪及海流資訊供使用者參考，目前已建置線上預報作業的模式包括(1)風壓模式：中央氣象局提供之 RC（西太平洋範圍）及 MC（台灣周圍海域）風壓場資料(2)波浪模式：WAM－西太平洋大範圍模式，SWAN－台灣周圍海域波浪模式，REF/DIF－近岸波浪模式，MSE－港區波浪模式。(3)水位模式：台灣海域複合潮模式(中域)。(4)海流模式：西太平洋海流模式(大域)，台灣海域海流模式(中域)。

本系統之表面氣壓及風場資訊以接收中央氣象局每日 0 點及中午 12 點的預報資訊時間為主，由於氣象預報資料計算完成至上傳仍需數小時，為考量模擬計算的時效性，目前規劃以前一日 12 時的預報資料作為氣象資料，期望能夠在每日凌晨 0 時開始之每日模擬欲警計算作業能在清晨 3 點以前下載取得前一日中午 12 時產生的 72 小時預報資料，經解碼重整及內差產出各模式所需氣象資料後，隨即開始進行各模式的計算作業，全部計算結果預計將會於中午 10 點以前完成，待圖表製作完成後，預計於每天下午 2 點即時更新網頁資料，如圖 7.1.1。每次模擬作業時間為三天（72 小時），其中包含 24 小時現報模擬（現報結果將與七大港即時觀測系統資料比對以便由使用者判斷本次模擬作業結果之可信度）及 48 小時預測模擬計算（僅提供模式計算結果），每日作業一次。圖 7.1.2 為即時現報作業範例，即 6 月 27 日下午兩點發佈的現報資料時間為 6 月 26 日 0 時至 6 月 28 日 0 時，此時會將 6 月 27 日 0 時的計算結果存檔，以作為 6 月 28 日的計算起始點（warm start data），如此便可以直接將每日的氣象條件引入模式進行計算，無須重新起使模式，如此更能模擬連續的波浪及水位結果。圖 7.1.3 為本年度規劃進行之線上預報成果評估的流程。

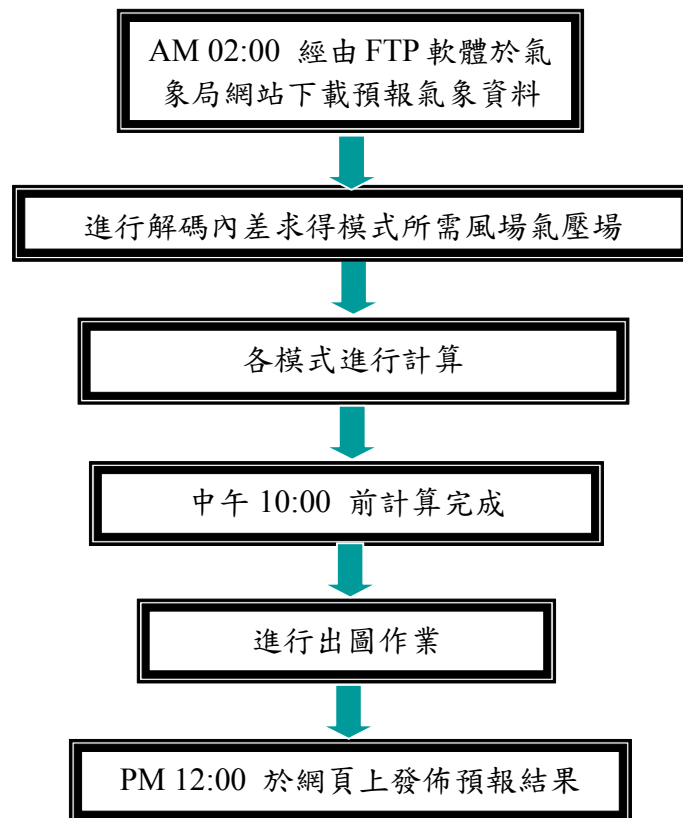


圖 7.1.1 近岸海象數值模擬及預警系統線上作業流程

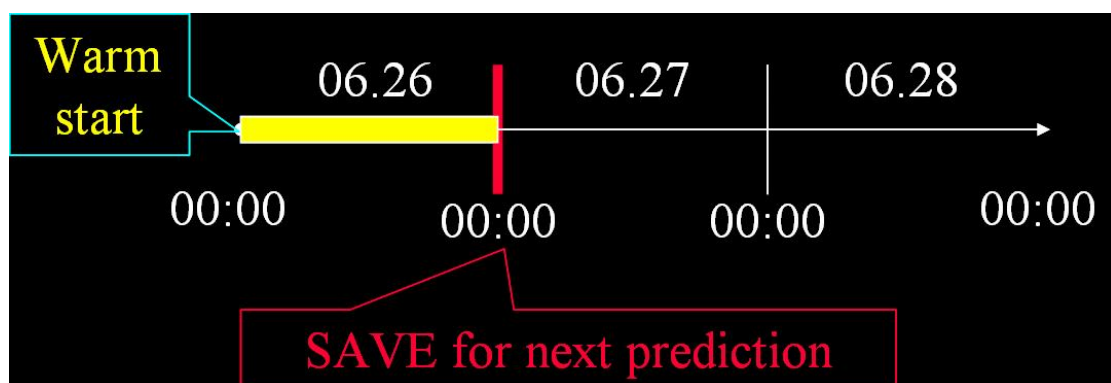


圖 7.1.2 近岸海象數值模擬及預警系統每日線上作業範例

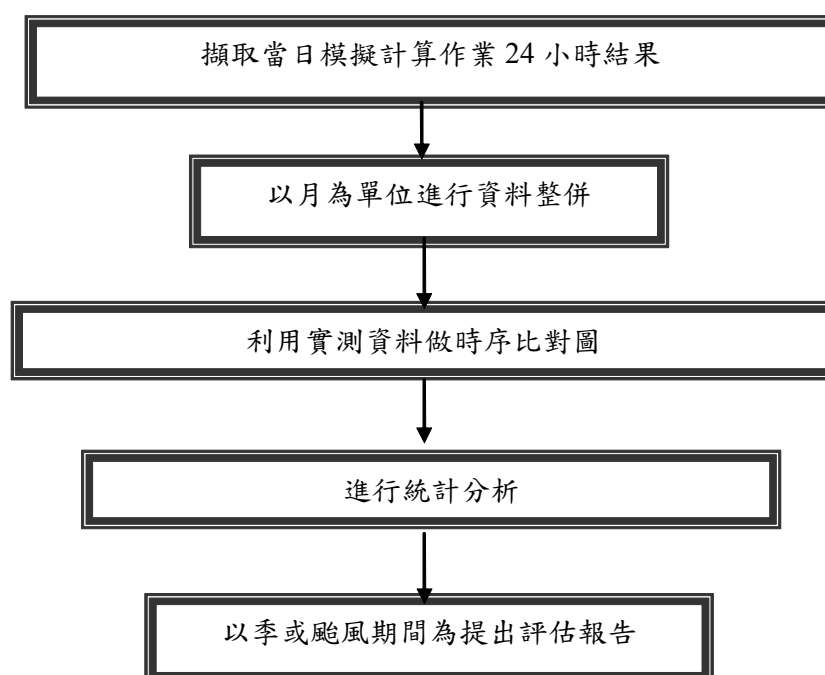


圖 7.1.3 近岸海象數值模擬及預警系統線上作業成果評估流程

有關七個商港作業化預報成果的評估分析主要分成兩個部份：其一為在本計畫駐點專案助理配合每日的預報作業彙整資料，並以月為單位整理相關報表，此外對於颱風的特殊事件則另建置分析報表進行評估，相關報表亦放置於 FTP 網站提供計畫參與人員下載評估及討論；其二為由駐點專案助理逐月提供已經整理過的相關資料檔案，包含數值模擬及實測資料，本計劃團隊依任務需求進行相關評估比對，以瞭解台灣環島近岸重要據點之風與波浪的特性。分析時段包含夏季、冬季等季節變化以及颱風季節的颱風影響。

由於預報作業涉及許多不確定性的影響因素，包含台灣附近的複雜風場與地形的變化、甚至模式本身所使用的理論或所設定參數，在在都需要以抽絲剝繭的精神一步一步檢討改進，目前 NWW3 及 SWAN 自從在網路提供自由下載後，仍陸陸續續提供新的版本即是一例。

有關計畫成果的展示，由於主要還是應該以 Taicom's 波浪預報系統的推算成果為主，因此目前所採用的操作模式是下載系統每天的預報資料，並彙整港研中心的觀測資料，製作標準資料檔，包括風場、波場、水位場及流場等進行評估作業。本年度風力及波浪季評估報告及颱風期間評估報告成果彙集成專冊—2009 年海象作業化預報成果(風力及波浪部份)。而水位及海流季評估報告及颱風期間評估報告成果彙集成專冊—2009 年海象流作業化預報成果(水位及海流部份)。本章節將針對風力、波浪、水位及海流等作業化預報成果評估進行摘要說明。

7.2 臺灣主要港口海氣象現場觀測及蒐集

二十多年來港研中心在臺灣地區幾個國內主商港，進行海氣地象等資料觀測站建立觀測系統，以期獲得較長期的海氣象資料，目前並已在各港口建立即時海氣象監測系統，將即時之海氣象資料，透過資訊網路提供各種方便的資訊服務。以下將簡略介紹風力、波浪、潮位及海流等海氣象資料，於七個主要商港設置觀測及蒐集情形。

(1)風力現場觀測及蒐集

風力大小直接影響到船隻在碼頭卸貨等港埠作業，風力也直接作用於船隻，對船隻進港操船安全也有影響。其次風力也是造成波浪之主要外力，而風吹海面引起之風吹流，皆為影響整個海面及港池之靜穩重要因素。季節來分 12 月、1 月及 2 月份風速較大，為典型冬季東北季風；3 月、4 月屬春季季風型態；7 月及 8 月屬夏季季風型態；9 月、10 月及 11 月屬秋季為夏、冬間之轉換期。

本中心於基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港及安平港等 7 個主要港口，安裝以 Young Brand 風速計為主之風速計，各港安裝位置如圖 7.2.1~圖 7.2.7 所示，各測站歷年觀測風資料蒐集概況如表 7.2.1。各港口也於隔年蒐集中央氣象局所屬之風速資料，氣象局各港安裝位置也如圖 7.2.1~圖 7.2.7 所示，同樣歷年觀測風資料蒐集

概況如表 7.2.1。

(2)波浪現場觀測及蒐集

波浪之觀測，本中心於基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港及安平港等 7 個主要港口，安裝以 NORTEK 剖面海流表面波浪與潮汐監測系統(AWCP)為主之潮波儀，各港安裝位置如圖 7.2.1~圖 7.2.7 所示，各測站歷年觀測波浪資料蒐集概況如表 7.2.2。

(3)潮位現場觀測及蒐集

潮汐觀測是海象調查中最基本的項目，也是港灣工程設計重要的參考數據，本中心於基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港及安平港等 7 個主要港口，在港口碼頭附近安裝以 Water Log 之潮位計，在港口附近海域安裝以 NORTEK 剖面海流表面波浪與潮汐監測系統(AWCP)為主之潮波儀，各港安裝位置如圖 7.2.1~圖 7.2.7 所示，各測站歷年觀測潮汐資料蒐集概況如表 7.2.3。各港口也於隔年蒐集中央氣象局所屬之潮汐資料，氣象局各港安裝位置也如圖 7.2.1~圖 7.2.7 所示，同樣歷年觀測潮汐資料蒐集概況如表 7.2.3。

(4)海流現場觀測及蒐集

海流之觀測，本中心於基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港及安平港等 7 個主要港口，安裝以 NORTEK 剖面海流表面波浪與潮汐監測系統(AWCP)為主之海流儀，各港安裝位置如圖 7.2.1~圖 7.2.7 所示，各測站歷年觀測波浪資料蒐集概況如表 7.2.4。

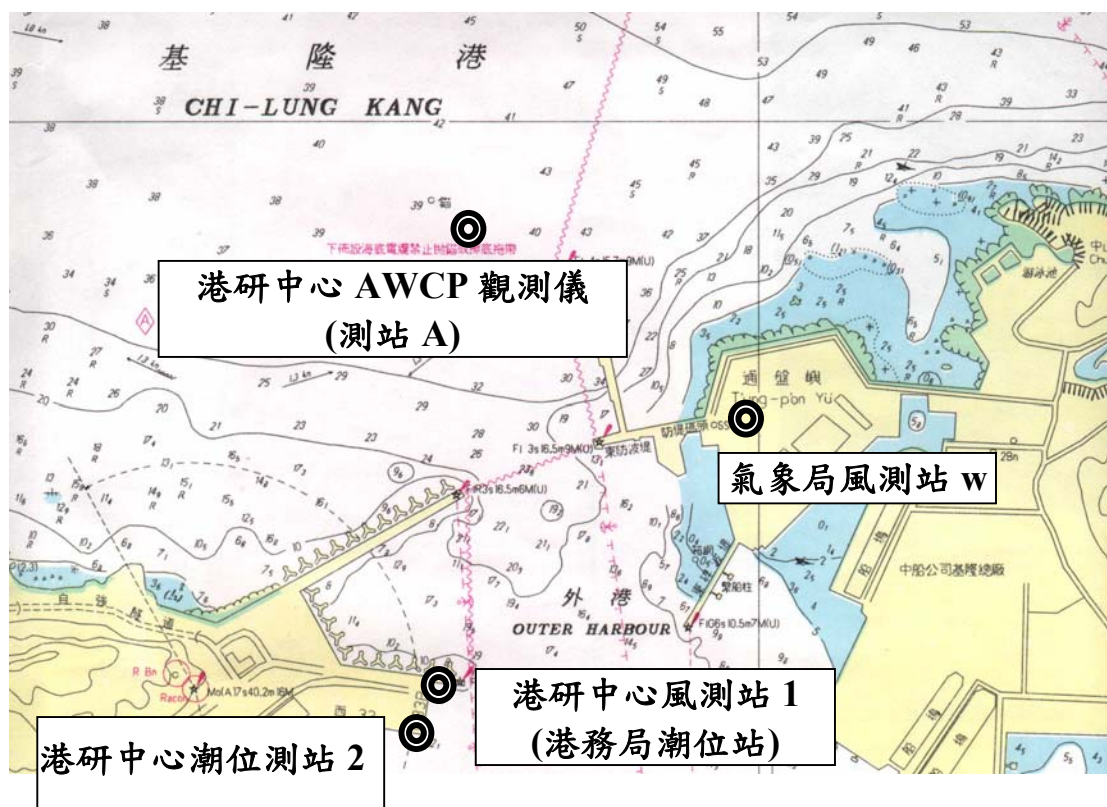


圖 7.2.1 基隆港風力、波浪、潮位及海流觀測站位置圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心臺中港觀測站儀器安裝位置圖

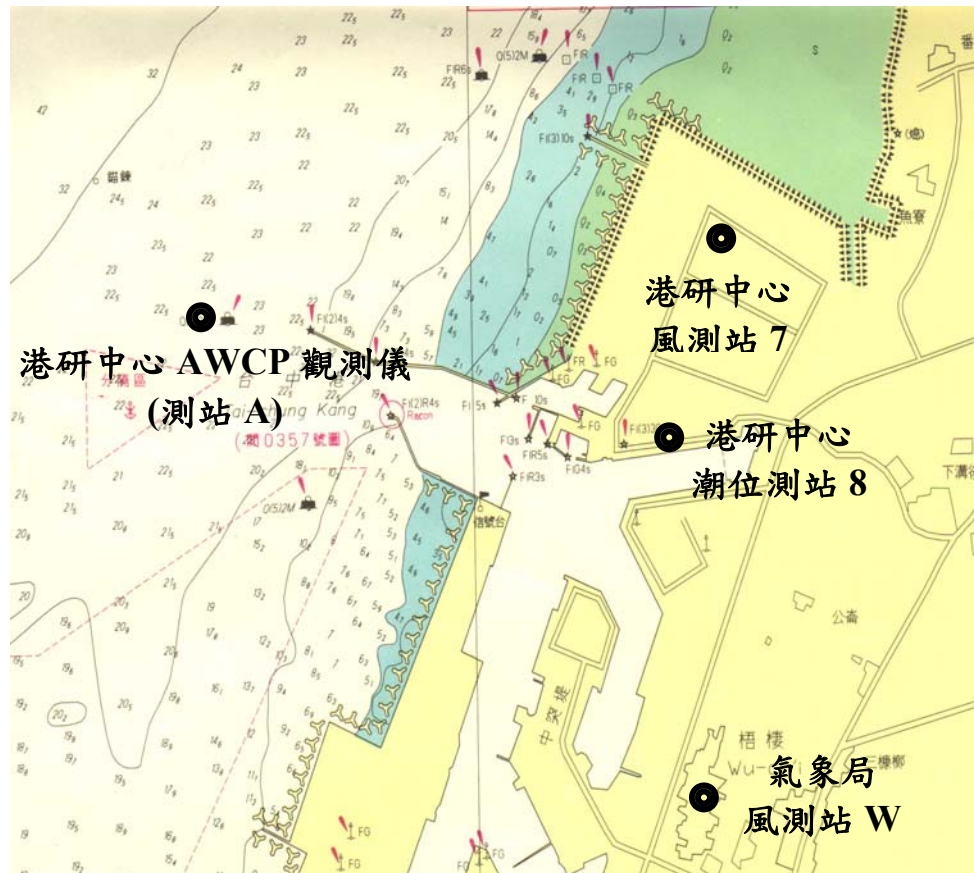


圖 7.2.3 臺中港風力、波浪、潮位及海流觀測站位置圖



圖 7.2.4 安平港風力、波浪、潮位及海流觀測站位置圖

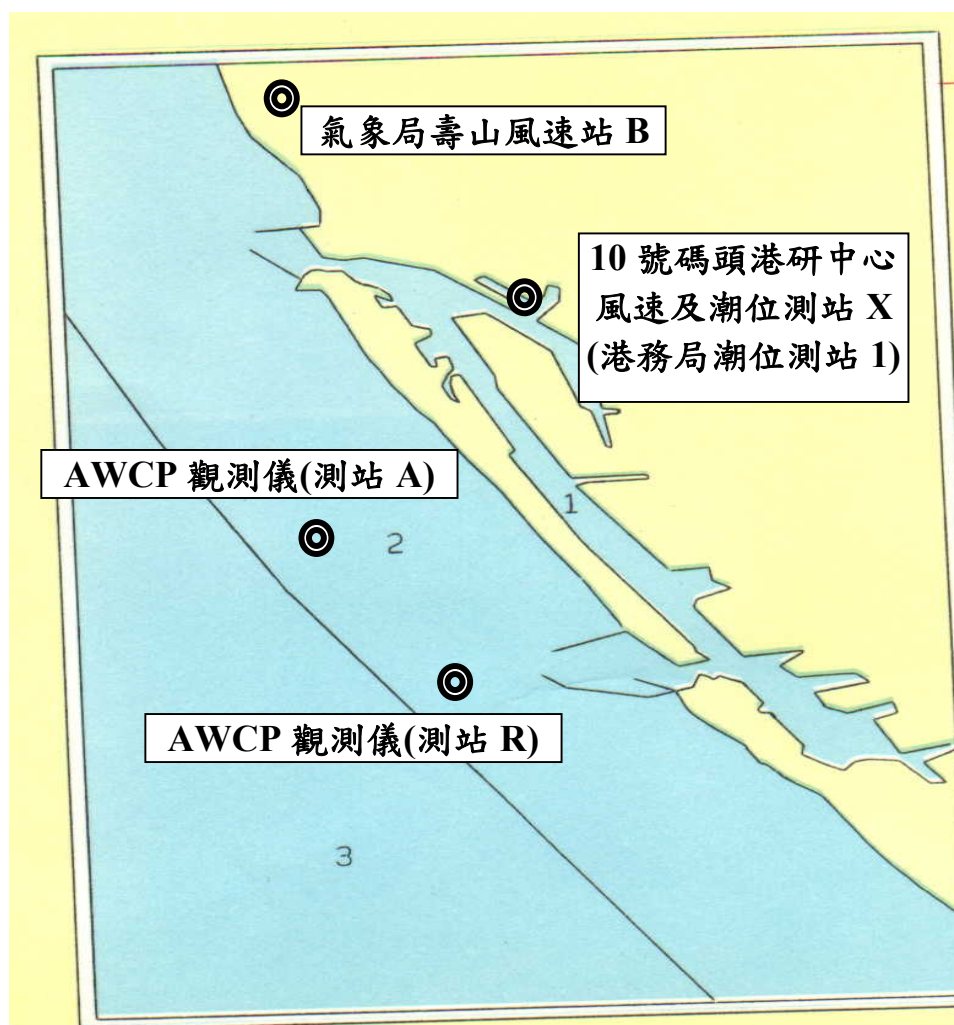


圖 7.2.5 高雄港風力、波浪、潮位及海流觀測站位置圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心花蓮港觀測站儀器安裝位置圖

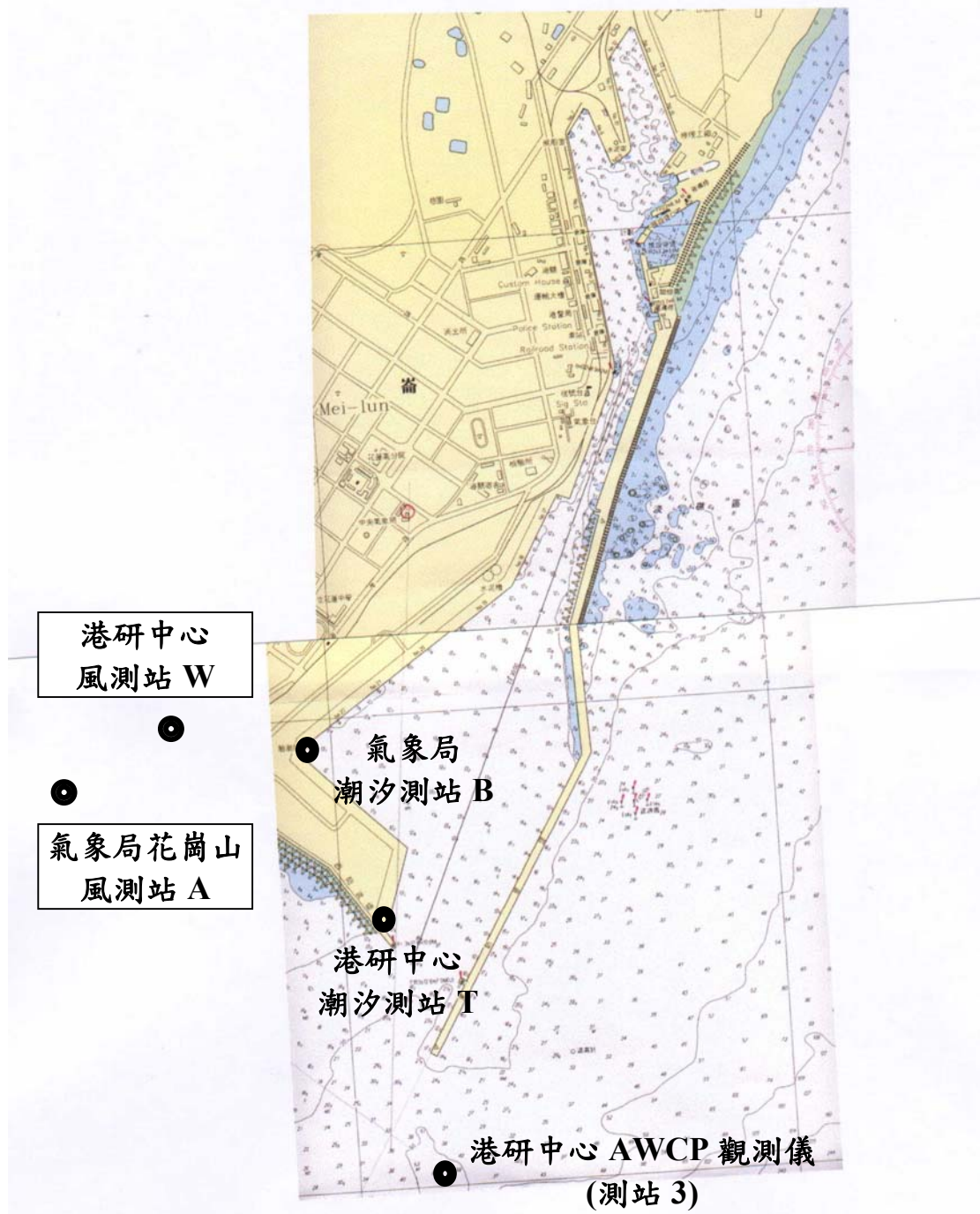


圖 7.2.6 花蓮港風力、波浪、潮位及海流觀測站位置圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心蘇澳港觀測站儀器安裝位置圖

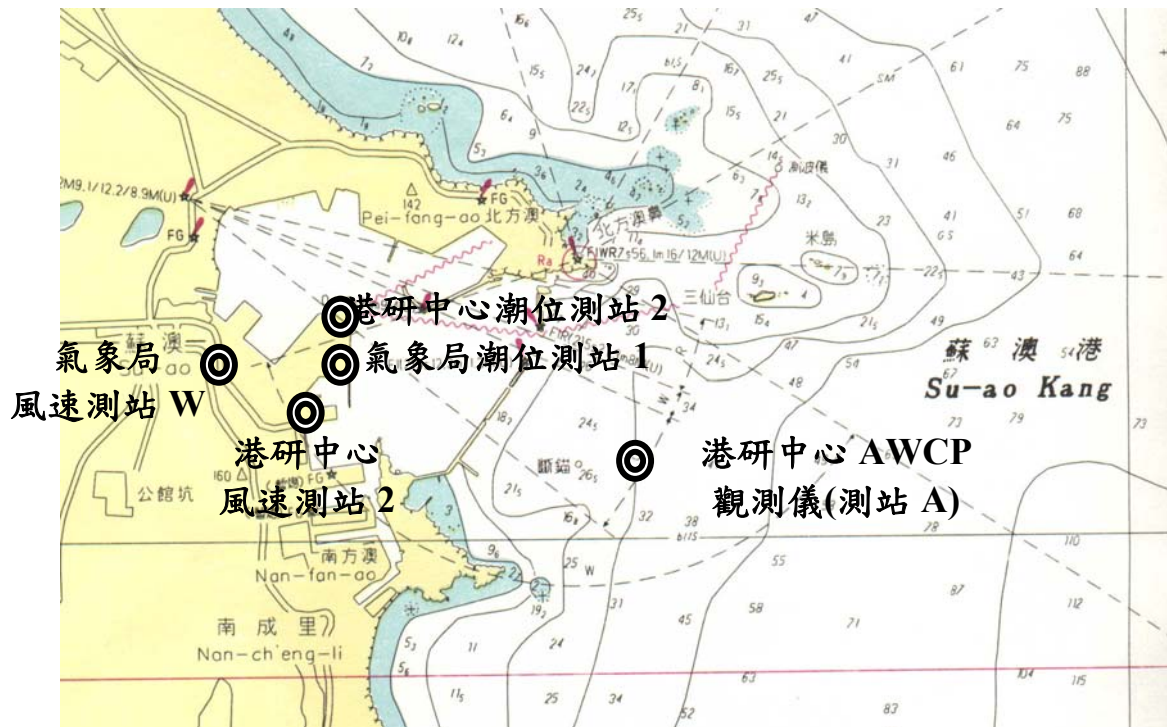


圖 7.2.7 蘇澳港風力、波浪、潮位及海流觀測站位置圖

表 7.2.1 台灣主要商港觀測風力資料蒐集概況表
(統計時間至 2009 年 11 月)

序 號	資料 類別	港區 名稱	測 站	精度 緯度	觀測 期間	觀測單位	備註 (觀測儀器)
1	風	基隆港 (KL)	1	25°08'28"N 121°44'23" E	2002/06-2009/11 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計
2	風	基隆港 (KL)	W	25°08'05"N 121°43'56" E	1999/01-2009/11 (觀測中)	中央氣象 局	
3	風	臺中港 (TC)	7	24°18'24"N 120°31'23" E	1981/02-2009/11 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計
4	風	臺中港 (TC)	W	24°15'31"N 121°30'54 E	1996/09-2009/11 (觀測中)	中央氣象 局	
5	風	高雄港 (KH)	X	22°36'54"N 120°17'19" E	2002/06-2009/11 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計
6	風	高雄港 (KH)	B	22°34'05"N 120°18'29" E	1999/01-2009/11 (觀測中)	中央氣象 局	
7	風	花蓮港 (HL)	W	23°58'53"N 121°36'43" E	2002/06-2009/11 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計
8	風	花蓮港 (HL)	A	23°58'23"N 121°36'13" E	1981/02-2009/11 (觀測中)	中央氣象 局	
9	風	蘇澳港 (SA)	2	24°35'33"N 121°51'57 E	2003/06-2009/11 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計
10	風	蘇澳港 (SA)	W	24°35'43"N 121°51'37 E	1999/01-2009/11 (觀測中)	中央氣象 局	
11	風	台北港 (TP)	1	25°10'44"N 121°22'41" E	1996/10-2004/09	港研中心 (舊觀測樁)	Young Brand 風速計
12	風	台北港 (TP)	A	25°10'54"N 121°22'32" E	2005/01-2009/11 (觀測中)	港研中心 (新觀測樁)	Young Brand 風速計
13	風	台北港 (TP)	W	25°09'56"N 121°26'24" E	2004/01-2009/11 (觀測中)	中央氣象 局	
14	風	安平港 (AP)	1	22°56'37"N 120°08'10" E	1999/10-2009/11 (觀測中)	港研中心 觀測樁	Young Brand 風速計

註：測站位置請參各港區位置示意圖。

表 7.2.2 台灣主要商港觀測波浪資料蒐集概況表
(統計時間至 2009 年 11 月)

序 號	資料 類別	港區 名稱	測 站	精度 緯度	觀測 期間	觀 測 單 位	備註 (觀測儀器)
1	波浪	基隆港 (KL)	A	25°10'00"N 121°44'50" E	2001/06-2006/05	港研中心	AWCP
2	波浪	基隆港 (KL)	A	25°09'50"N 121°44'50" E	2006/08-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
3	波浪	臺中港 (TC)	A	24°18'10"N 120°28'40" E	2003/08-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
4	波浪	臺中港 (TC)	A	24°18'00"N 120°29'10" E	1999/10-2000/08	港研中心	AWCP
5	波浪	高雄港 (KH)	A	22°34'29"N 120°15'40" E	2000/12-2005/08	港研中心	AWCP
6	波浪	高雄港 (KH)	R	22°32'30"N 120°17'40" E	2005/08-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
7	波浪	花蓮港 (HL)	3	23°58'00"N 121°37'30" E	2000/09-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
8	波浪	蘇澳港 (SA)	A	24°35'20"N 121°53'10" E	2002/08-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
9	波浪	台北港 (TP)	1	25°10'44"N 121°22'41" E	1996/10-2004/09	港研中心	S4 舊觀測樁
10	波浪	台北港 (TP)	A	25°10'54"N 121°22'32" E	2004/12-2009/11 (觀測中)	港研中心	S4 及 AWAC 新觀測樁
11	波浪	安平港 (AP)	1	22°56'37"N 120°08'10" E	1999/10-2009/11 (觀測中)	港研中心	S4 及 AWAC 觀測樁

註：測站位置請參各港區位置示意圖。

表 7.2.3 台灣主要商港觀測潮汐資料蒐集概況表
(統計時間至 2009 年 11 月)

序 號	資料 類別	港區 名稱	測 站	經度 緯度	觀測 期間	觀 測 單 位	備註 (觀測儀器)
1	潮位	基隆港 (KL)	1	25°08'28"N 121°44'23" E	1966/01-2009/11	基隆港務 局	浮筒式自記 式
2	潮位	基隆港 (KL)	2	25°08'28"N 121°44'23" E	2002/07-2009/11 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮 位計
3	潮位	基隆港 (KL)	A	25°10'00"N 121°44'50" E	2001/06-2006/05	港研中心	AWCP
4	潮位	基隆港 (KL)	A	25°09'50"N 121°44'50" E	2006/08-2009/11(觀測中)	港研中心	AWCP
5	潮位	臺中港 (TC)	8	24°17'15"N 120°31'58" E	1971/03-1981/01	台中港務 局	浮筒自記式
6	潮位	臺中港 (TC)	8	24°17'22.3"N 120°31'58" E	1981/02-1989/11	港研中心	浮筒自記式
7	潮位	臺中港 (TC)	8	24°17'22.3"N 120°31'28 E	1989/12-2009/11(觀測中)	港研中心	Water Log
8	潮位	臺中港 (TC)	A	24°18'00"N 120°29'10" E	1999/10-2000/08	港研中心	AWCP
9	潮位	臺中港 (TC)	A	24°18'10"N 120°28'30" E	2003/07-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
10	潮位	高雄港 (KH)	1	22°32'30"N 120°17'40" E	1971/01-2003/12 (觀測中)	高雄港務 局	
11	潮位	高雄港 (KH)	X	22°32'30"N 120°17'40" E	2003/06-2009/11 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮 位計
12	潮位	高雄港 (KH)	A	22°34'29"N 120°15'40" E	2000/12-2005/08	港研中心	AWCP
13	潮位	高雄港 (KH)	R	22°32'30"N 120°17'40" E	2005/08-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP

14	潮位	花蓮港 (HL)	T	23°58'31"N 121°37'07" E	2001/07-2009/11 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計
15	潮位	花蓮港 (HL)	B	23°59'36"N 121°37'42" E	1980/01-2009/11 (觀測中)	中央氣象局	
16	潮位	花蓮港 (HL)	3	23°58'00"N 121°37'30" E	2000/09-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
17	潮位	蘇澳港 (SA)	2	24°35'33"N 121°51'56" E	1994/07-2009/11 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計
18	潮位	蘇澳港 (SA)	1	24°36'04"N 121°51'32" E	1981/01-2009/11 (觀測中)	中央氣象局	
19	潮位	蘇澳港 (SA)	A	24°35'20"N 121°53'10" E	2002/08-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
20	潮位	台北港 (TP)	1	25°10'44"N 121°22'41" E	1996/10-2004/09	港研中心	S4 舊觀測樁
21	潮位	台北港 (TP)	A	25°10'54"N 121°22'32" E	2005/01-2009/11 (觀測中)	港研中心	S4 新觀測樁
22	潮位	台北港 (TP)	2	25°11'4"N 121°24'07" E	1994/10-2009/11 (觀測中)	水利署	
23	潮位	安平港 (AP)	1	22°56'37"N 120°08'10" E	1999/10-2009/11 (觀測中)	港研中心	S4 觀測樁
24	潮位	安平港 (AP)	A	22°59'02"N 120°12'50" E	2003/01-2009/11 (觀測中)	高雄港務局	
25	潮位	安平港 (AP)	T		2008/08-2009/11 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計

註：測站位置請參各港區位置示意圖。

表 7.2.4 台灣主要商港觀測海流資料蒐集概況表
(統計時間至 2009 年 11 月)

序 號	資料 類別	港區 名稱	測 站	精度 緯度	觀測 期間	觀 測 單 位	備註 (觀測儀器)
1	海流	基隆港 (KL)	A	25°10'00"N 121°44'50" E	2001/06-2006/05	港研中心	AWCP
2	海流	基隆港 (KL)	A	25°09'50"N 121°44'50" E	2006/08-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
3	海流	臺中港 (TC)	A	24°18'00"N 120°29'10" E	1999/10-2000/08	港研中心	AWCP
4	海流	臺中港 (TC)	A	24°18'10"N 120°28'40" E	2003/07-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
5	海流	高雄港 (KH)	A	22°34'29"N 120°15'40" E	2000/12-2005/08	港研中心	AWCP
6	海流	高雄港 (KH)	R	22°32'30"N 120°17'40" E	2005/08-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
7	海流	花蓮港 (HL)	3	23°58'00"N 121°37'30" E	2000/09-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
8	海流	蘇澳港 (SA)	A	24°35'20"N 121°53'10" E	2002/08-2009/11 (觀測中)	港研中心	AWCP
9	海流	台北港 (TP)	1	25°10'44"N 121°22'41" E	1996/10-2004/09	港研中心	S4 舊觀測樁
10	海流	台北港 (TP)	A	25°10'54"N 121°22'32" E	2004/12-2009/11 (觀測中)	港研中心	S4 新觀測樁
11	海流	安平港 (AP)	1	22°56'37"N 120°08'10" E	1999/10-2009/11 (觀測中)	港研中心	S4 觀測樁

註：測站位置請參各港區位置示意圖。

7.3 2009 年分月海象模擬與實測結果的比較

在駐點專案助理協助整理風力及波浪模擬成果評估項目，包括各港區觀測蒐集率、平均值、極端值以及模式預報與觀測值間偏差值等統計結果。目前整理的資料係自 2008 年 12 月至 2009 年 11 月的資料，評估表格如表 7.3.1 至表 7.3.11 為與風場相關的評估；而表 7.3.12 至表 7.3.22 則為與波場有關的評估成果。從各個統計表格中的數字可發現風場及波場的模擬與實測的結果之間仍有很大差異性，其可能原因已於前面章節討論，此處不再論述，未來將在方向的定義釐清後，重新整理相關圖表。

水位模擬成果評估項目包括各港區水位觀測及預報資料之蒐集率、平均值、極端值以及模式預報與觀測值間偏差值等統計結果，以及繪製預報與觀測水位歷線之比較圖(如圖 7.3.1 所示)、預報值與觀測值調和分析結果間之關係圖(如圖 7.3.2 所示，圖中橫座標為預報值，縱座標為觀測值調和分析結果)及預報值、調和分析值與觀測水位歷線比較圖等內容。

水位觀測及預報資料蒐集率統計之目的主要呈現系統觀測資料接收現況，並作為後續相關成果評估結果解讀之依據。表 7.3.23 所示為本計畫(2008 年 12 月~2009 年 11 月)水位觀測及預報資料蒐集率統計表，表中 OBS1 及 OBS2 分別代表港灣技術研究中心港區碼頭(臺北及安平例外)及海上(臺北及安平例外)所觀測之水位資料，MED 代表本計畫水位作業化預報資料。蒐集率統計結果顯示臺北港及安平港均無港區碼頭水位觀測資料，臺中港 2008 年 12 月至 2009 年 5 月缺少港區碼頭水位觀測資料，臺北港 2009 年 3 至 5 及 9 月、安平港 2009 年 9 月等缺少海上水位觀測資料。另外，表中數字代表當月時水位資料之接收數量，括號內之百分比代表資料蒐集率(接收數量/應接收數量)，其中本計畫水位作業化預報資料蒐集率為百分之百，代表本計畫作業化預報系統運作相當穩定。此外，港區碼頭潮位觀測資料蒐集率普遍優

於海上觀測資料。

表 7.3.24 至 7.3.25 所示分別為七大商港水位觀測及預報資料每月最高水位及最低水位之統計表。由統計結果顯示：基隆港年最高水位分別為 0.65m(12/12/01, OBS1)、0.71m(23/06/08, OBS2) 及 0.86m(07/06/03, MED)，僅 OBS2 觀測資料是出現在中度颱風莫拉克侵臺期間；臺中港及年最高水位分別為 3.88m(01/09/08, OBS1)、2.66m(13/25/07, OBS2)、2.62m(11/19/09, MED)，其中 OBS1 最大值出現於莫拉克颱風侵臺期間；高雄港年最高水位分別為 1.05m(09/25/06, OBS1)、0.83m(20/11/02, OBS2)及 0.93m(09/25/07, MED)，三者均非出現在颱風侵臺期間；花蓮港年最高水位分別為 1.06m(19/11/01, OBS1)、1.35m(07/07/08, OBS2)及 1.27m(01/17/08, MED)，其中 OBS2 觀測最大值出現在莫拉克颱風侵臺期間，但其值高出同時間 OBS1 觀測值 1.01m 許多；蘇澳港年最高水位分別為 1.04m(19/14/12/2008, OBS1)、1.44m(06/07/08, OBS2)及 1.38m(03/17/08, MED)，其中 OBS2 觀測最大值出現在莫拉克颱風侵臺期間；臺北港年最高水位分別為 1.71m(12/12/01, OBS1)及 1.56m (00/24/07, MED)，安平港年最高水位分別為 0.79m(20/11/01, OBS1)及 0.87m (07/17/08, MED)。由上述年最高水位統計結果或表 7.3.24 所示逐月最高水位統計結果顯示，觀測資料(OBS1 及 OBS2)之間或者模式與觀測資料之間高水位值甚少出現一致性。此乃由於中尺度數值模式僅考慮 O1、Q1、P1、K1、N2、M2、S2 及 K2 等 8 個分潮之影響，而潮位觀測資料為降低與模擬結果間之誤差或避免觀測值基準校正問題，採取去月平均值方式逐月分析潮位觀測資料，則可能導致年最高水位值分析結果無法代表真正之高水位。

在誤差分析上，本計畫採用平均誤差、標準偏差及最大偏差等三種方式呈現成果評估，七大港口水位觀測資料與模擬成果逐月誤差分析結果如表 7.3.26 所列。以標準偏差分析結果而言，各港口觀測值與模式模擬結果間之標準偏差約在 0.1 左右，僅少部份結果出現異常現象，探其原因多半觀測資料有誤，即未事先針對觀測資料進行評管所致。如臺中港 6 月份資料、臺北港 11 月份及安平港 10 月份觀測資料

等均呈現誤差分析之標準偏差偏大現象，且當月份之最大偏差值亦出現不合理的誤差值。此外，由於觀測資料及模式預報結果均未經過事先品管過濾異常值，因此導致各港口預報與觀測之間逐月最大偏差分析經常出現較大的誤差結果，皆可由各港口水位觀測值與模擬結果比對圖檢視出異常結果成因。顯示部份異常誤差是由於觀測值所致，亦有部份較大誤差則是由於模式預報值出現振盪現象所致，惟模式模擬結果何以出現振盪之原因，目前仍有待進一步探討。

海流模擬成果評估內容主要包括各港區海流觀測及預報資料之蒐集率、平均值、極端值及偏差值等統計值，以及繪製各種海流預報值與潮流觀測值之比較圖。其中海流平均值統計項目包括海流平均流速、海流主要流向及其百分比、東西向及南北向平均流速等項目；海流觀測與預報資料間之偏差統計分析項目分為流速大小、流向、東西向及南北向流速分量等，分析方法包括平均偏差、標準偏差、最大偏差及平均比值等統計值。本計畫海流預報值與潮流觀測值之比較圖，內容包括流速歷線比較圖、流向歷線比較圖、流矢向量比較圖、預報值與觀測值之關係圖、東西向(EW)及南北向(NS)流速歷線比較圖、各種歷線比較圖及向量分布比較圖等，有關本年度海流模擬成果評估簡述如下：

表 7.3.27 所示為本計畫(2008 年 12 月~2009 年 11 月)海流觀測及預報資料蒐集率之統計表，表中 OBS1 代表港灣技術研究中心所觀測之海流資料，MED 代表本計畫海流作業化模式預報資料，結果顯示海流模式預報資料蒐集率達百分之百，代表本計畫作業化預報系統運作正常。各港口海流觀測資料短缺較嚴重者分別臺中港及臺北港，各港口海流觀測資料每月接收率均無出現百分之百之情況。表 7.3.28 所示為各港口海流觀測及模式預測資料之每月平均流速統計值，表中括號內百分比代表資料之蒐集率。統計結果顯示各港口海流觀測資料之月平均流速除了臺中港及高雄港有出現較大變化外，其餘港口月平均流速無顯著之差異；各港口海流觀測月平均流速以臺北港及臺中港較大(平均可達 40cm/s 以上)，其次為高雄港(12 月平均流速達 35.2cm/s)。各港

口海流模式預測資料之月平均流速則無顯著變化，相較於各港口月平均流速觀測值，基隆港模式預測值顯著偏大，臺中港、高雄港及安平港模式預測值則明顯地偏小，其餘港口模式預測值與觀測值則相近。

表 7.3.29 所示為各港口海流觀測及模式預測資料每月主要流向統計值，表中英文符號代表流向，括號內百分比代表資料之蒐集率。結果顯示僅蘇澳港模式預測資料之主要流向與觀測資料主要流向較一致外，其餘各港口模式預測資料之月主要流向大多數與觀測資料分析結果不一致。表 7.3.30 及表 7.3.31 所示分別為各港口每月觀測及預報海流最大流速(流向)及發生時間(日/時)之統計表，其中值得注意的各港最大流速觀測值分別為臺中港最大流速觀測值為 306cm/s，發生於莫拉克颱風期間；高雄港最大流速觀測值為 164cm/s，發生於蓮花颱風期間；花蓮港最大流速觀測值為 78cm/s，發生於蓮花颱風期間；蘇澳港最大流速觀測值為 144cm/s，臺北港最大流速觀測值為 111cm/s，安平港最大流速觀測值為 211cm/s。

海流預報誤差分析結果如表 7.3.32 及表 7.3.33 所列，結果顯示模式各港口海流預報值與觀測值間差異頗大。由平均偏差分析結果，得知目前中尺度模式模擬結果，基隆港模式預報值遠大於觀測值，臺北港港模式預報值略大於觀測值；臺中港、高雄港及花蓮港預報值小於觀測值，蘇澳港及安平港模式預報值略小於觀測值。由於上述誤差分析採用模式預報值與海流觀測值直接進行誤差分析，二者之間出現誤差大之結果應可預期的。本計畫中尺度模式模擬之流場雖然包括了潮汐變化所引起的潮流及受氣壓、風場變化所產生的氣象潮流場，但仍受到中尺度網格解析度之限制，無法反應港口附近地形水深之變化及港口結構物影響之流場變化，故模式預報流速與實際情況會有較大的誤差。此外，本計畫模式採用的數值風、壓場之精確度亦會影響流場模擬結果。

有鑑於各港口海流觀測資料含蓋潮流、平均流、風驅流等成份，為瞭解各港口海流觀測資料中潮流特性，乃選取 O1、K1、M2 及 S2 等 4 個分潮進行調和分析，分離觀測資料中潮流成份流，再與模式預

報結果比較。圖 7.3.3 至圖 7.3.5 所示分別為蘇澳港、安平港及臺北港預報流速大小與觀測潮流成分(調和分析預測值)之比對圖，顯示模式預報流速與潮流調和分析預測值變化規律性較為一致。其中安平港模式預報流速與觀測資料之潮流成份相當接近，而臺北港模式預報流速則明顯地大於觀測資料之潮流成份。

表 7.3.1 2009 年各商港觀測及預報風場資料蒐集率月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	744 (100%)	0 (.0%)	744 (100%)	742 (99.7%)	744 (100%)	684 (91.9%)	743 (99.9%)
2008/12 月	RC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2008/12 月	MC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 1 月	OBS1	543 (73.0%)	0 (.0%)	542 (72.8%)	540 (72.6%)	543 (73.0%)	543 (73.0%)	543 (73.0%)
2009/ 1 月	RC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 1 月	MC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 2 月	OBS1	670 (99.7%)	0 (.0%)	672 (100%)	294 (43.8%)	668 (99.4%)	603 (89.7%)	603 (89.7%)
2009/ 2 月	RC	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)
2009/ 2 月	MC	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)
2009/ 3 月	OBS1	624 (83.9%)	288 (38.7%)	744 (100%)	666 (89.5%)	743 (99.9%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 3 月	RC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 3 月	MC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 4 月	OBS1	715 (99.3%)	720 (100%)	720 (100%)	717 (99.6%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 4 月	RC	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 4 月	MC	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 5 月	OBS1	731 (98.3%)	744 (100%)	744 (100%)	742 (99.7%)	672 (90.3%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 5 月	RC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 5 月	MC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 6 月	OBS1	718 (99.7%)	720 (100%)	720 (100%)	715 (99.3%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 6 月	RC	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 6 月	MC	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 7 月	OBS1	704 (94.6%)	524 (70.4%)	710 (95.4%)	708 (95.2%)	592 (79.6%)	296 (39.8%)	441 (59.3%)
2009/ 7 月	RC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 7 月	MC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 8 月	OBS1	739 (99.3%)	744 (100%)	742 (99.7%)	743 (99.9%)	744 (100%)	296 (39.8%)	441 (59.3%)
2009/ 8 月	RC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 8 月	MC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 9 月	OBS1	713 (99.0%)	709 (98.5%)	720 (100%)	717 (99.6%)	711 (98.8%)	296 (41.1%)	441 (61.3%)
2009/ 9 月	RC	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 9 月	MC	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/10 月	OBS1	713 (95.8%)	718 (96.5%)	719 (96.6%)	714 (96.0%)	702 (94.4%)	543 (73.0%)	298 (40.1%)
2009/10 月	RC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/10 月	MC	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/11 月	OBS1	718 (99.7%)	419 (58.2%)	720 (100%)	718 (99.7%)	720 (100%)	712 (98.9%)	709 (98.5%)
2009/11 月	RC	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/11 月	MC	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)

說明: 資料格式為資料蒐集筆數 (蒐集率百分數)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站風速資料

2.RC: NFS RC 預報風速資料

3.MC: NFS MC 預報風速資料

表 7.3.2 2009 年各商港之觀測及預報平均風速月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	4.7 (100%)	* (*)	2.6 (100%)	4.4 (99.7%)	4.6 (100%)	8.2 (91.9%)	6.8 (99.9%)
2008/12 月	RC	6.6 (100%)	6.3 (100%)	5.6 (100%)	5.0 (100%)	5.7 (100%)	6.7 (100%)	4.8 (100%)
2008/12 月	MC	6.3 (100%)	8.0 (100%)	3.3 (100%)	6.1 (100%)	4.3 (100%)	6.6 (100%)	4.1 (100%)
2009/ 1 月	OBS1	5.5 (73.0%)	* (*)	3.1 (72.8%)	4.3 (72.6%)	4.9 (73.0%)	8.8 (73.0%)	8.0 (73.0%)
2009/ 1 月	RC	7.0 (100%)	6.5 (100%)	5.3 (100%)	5.1 (100%)	5.9 (100%)	7.0 (100%)	4.9 (100%)
2009/ 1 月	MC	6.4 (100%)	8.6 (100%)	3.9 (100%)	6.8 (100%)	4.9 (100%)	6.7 (100%)	4.9 (100%)
2009/ 2 月	OBS1	3.5 (99.7%)	* (*)	2.5 (100%)	3.5 (43.8%)	3.8 (99.4%)	6.8 (89.7%)	5.2 (89.7%)
2009/ 2 月	RC	5.4 (100%)	4.8 (100%)	4.7 (100%)	3.6 (100%)	4.4 (100%)	5.4 (100%)	3.9 (100%)
2009/ 2 月	MC	5.1 (100%)	5.8 (100%)	3.5 (100%)	4.5 (100%)	3.4 (100%)	5.3 (100%)	3.9 (100%)
2009/ 3 月	OBS1	3.0 (83.9%)	5.7 (38.7%)	2.4 (100%)	3.6 (89.5%)	4.5 (99.9%)	7.6 (100%)	5.9 (100%)
2009/ 3 月	RC	5.3 (100%)	6.1 (100%)	3.2 (100%)	5.0 (100%)	3.9 (100%)	5.6 (100%)	3.7 (100%)
2009/ 3 月	MC	5.3 (100%)	6.1 (100%)	3.2 (100%)	5.1 (100%)	3.8 (100%)	5.6 (100%)	3.7 (100%)
2009/ 4 月	OBS1	3.8 (99.3%)	4.7 (100%)	2.5 (100%)	3.2 (99.6%)	4.1 (100%)	7.3 (100%)	5.1 (100%)
2009/ 4 月	RC	5.9 (100%)	4.5 (100%)	4.8 (100%)	4.0 (100%)	5.0 (100%)	5.8 (100%)	3.5 (100%)
2009/ 4 月	MC	5.9 (100%)	5.4 (100%)	3.0 (100%)	4.3 (100%)	3.9 (100%)	6.2 (100%)	3.3 (100%)
2009/ 5 月	OBS1	3.3 (98.3%)	3.6 (100%)	2.3 (100%)	3.2 (99.7%)	3.6 (90.3%)	6.2 (100%)	4.0 (100%)
2009/ 5 月	RC	4.5 (100%)	3.7 (100%)	3.1 (100%)	3.0 (100%)	3.7 (100%)	4.5 (100%)	2.4 (100%)
2009/ 5 月	MC	4.5 (100%)	4.8 (100%)	2.7 (100%)	3.6 (100%)	3.2 (100%)	4.9 (100%)	2.9 (100%)
2009/ 6 月	OBS1	2.3 (99.7%)	2.4 (100%)	3.3 (100%)	3.4 (99.3%)	3.6 (100%)	4.8 (100%)	5.5 (100%)
2009/ 6 月	RC	3.9 (100%)	3.9 (100%)	5.0 (100%)	3.9 (100%)	3.6 (100%)	3.9 (100%)	4.5 (100%)
2009/ 6 月	MC	3.4 (100%)	4.6 (100%)	4.6 (100%)	4.8 (100%)	3.7 (100%)	3.8 (100%)	4.3 (100%)
2009/ 7 月	OBS1	3.5 (94.6%)	2.4 (70.4%)	3.0 (95.4%)	3.4 (95.2%)	5.2 (79.6%)	5.4 (39.8%)	5.0 (59.3%)
2009/ 7 月	RC	4.4 (100%)	3.7 (100%)	4.4 (100%)	3.2 (100%)	3.5 (100%)	4.4 (100%)	3.8 (100%)
2009/ 7 月	MC	4.6 (100%)	4.7 (100%)	4.1 (100%)	3.8 (100%)	4.0 (100%)	4.7 (100%)	4.0 (100%)
2009/ 8 月	OBS1	3.1 (99.3%)	3.6 (100%)	3.2 (99.7%)	3.2 (99.9%)	3.9 (100%)	5.4 (39.8%)	5.0 (59.3%)
2009/ 8 月	RC	4.5 (100%)	4.3 (100%)	4.1 (100%)	3.5 (100%)	3.8 (100%)	4.7 (100%)	3.7 (100%)
2009/ 8 月	MC	4.0 (100%)	5.3 (100%)	4.1 (100%)	3.7 (100%)	3.0 (100%)	5.1 (100%)	4.3 (100%)
2009/ 9 月	OBS1	3.1 (99.0%)	3.8 (98.5%)	2.3 (100%)	3.1 (99.6%)	3.3 (98.8%)	5.4 (41.1%)	5.0 (61.3%)
2009/ 9 月	RC	5.4 (100%)	4.7 (100%)	3.8 (100%)	3.5 (100%)	4.3 (100%)	5.6 (100%)	2.8 (100%)
2009/ 9 月	MC	5.2 (100%)	5.6 (100%)	3.7 (100%)	3.6 (100%)	3.0 (100%)	6.4 (100%)	3.9 (100%)
2009/10 月	OBS1	4.8 (95.8%)	8.8 (96.5%)	2.2 (96.6%)	3.9 (96.0%)	4.9 (94.4%)	9.7 (73.0%)	5.8 (40.1%)
2009/10 月	RC	7.1 (100%)	6.7 (100%)	4.9 (100%)	5.0 (100%)	5.7 (100%)	7.4 (100%)	4.4 (100%)
2009/10 月	MC	6.4 (100%)	8.2 (100%)	2.9 (100%)	5.5 (100%)	4.0 (100%)	7.6 (100%)	3.7 (100%)
2009/11 月	OBS1	5.3 (99.7%)	13.7 (58.2%)	2.4 (100%)	4.1 (99.7%)	4.4 (100%)	8.9 (98.9%)	7.2 (98.5%)
2009/11 月	RC	7.3 (100%)	6.6 (100%)	5.4 (100%)	5.0 (100%)	5.9 (100%)	7.4 (100%)	4.9 (100%)
2009/11 月	MC	6.4 (100%)	7.9 (100%)	2.7 (100%)	6.1 (100%)	4.3 (100%)	7.1 (100%)	3.9 (100%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站風速資料

RC: NFS RC 預報風速資料

MC: NFS MC 預報風速資料 單位 : m/s

表 7.3.3 2009 年各商港之觀測及預報主要風向 (%) 月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	NW (23.7%)	* (*)	N (57.9%)	NE (21.2%)	WNW30.1%	NE (34.4%)	NNE (58.3%)
2008/12 月	RC	NNE (31.5%)	NE (56.5%)	NE (39.7%)	NE (36.8%)	NNE (29.0%)	NE (32.0%)	NE (36.3%)
2008/12 月	MC	NNE (22.3%)	NE (52.2%)	N (24.9%)	N (43.3%)	NNE (27.7%)	NE (29.4%)	N (34.8%)
2009/ 1 月	OBS1	NW (29.8%)	* (*)	N (57.9%)	NE (27.0%)	WNW30.0%	NE (37.8%)	NNE (64.8%)
2009/ 1 月	RC	NNE (30.2%)	NE (51.9%)	NE (32.9%)	NNE (39.7%)	NNE (28.8%)	NE (36.2%)	NNE (43.8%)
2009/ 1 月	MC	NNE (23.7%)	NE (46.6%)	N (36.8%)	N (40.7%)	N (39.5%)	NE (37.4%)	N (41.8%)
2009/ 2 月	OBS1	NNW(21.8%)	* (*)	N (43.8%)	SW (16.7%)	WNW18.4%	NE (37.8%)	NNE (34.7%)
2009/ 2 月	RC	NE (30.7%)	NE (36.9%)	ENE (27.8%)	NE (18.2%)	NE (20.8%)	NE (35.4%)	NNE (20.2%)
2009/ 2 月	MC	ENE (22.9%)	NNE (30.1%)	NNE (11.0%)	N (19.2%)	NNE (18.8%)	NE (29.6%)	N (24.0%)
2009/ 3 月	OBS1	CAL (35.6%)	NNE (37.2%)	N (46.8%)	SSW (31.1%)	WNW22.1%	NE (34.7%)	NNE (45.3%)
2009/ 3 月	RC	NE (17.5%)	NE (32.1%)	N (13.6%)	NNE (38.7%)	N (19.6%)	NE (27.6%)	N (25.3%)
2009/ 3 月	MC	NE (17.2%)	NE (31.9%)	N (14.4%)	NNE (38.4%)	N (20.3%)	NE (27.4%)	N (26.3%)
2009/ 4 月	OBS1	NW (13.0%)	NNE (34.3%)	N (30.7%)	SSW (56.6%)	WNW29.7%	ENE (20.7%)	NNE (31.3%)
2009/ 4 月	RC	ENE (16.7%)	NE (26.4%)	E (31.5%)	NE (19.0%)	ESE (16.3%)	ENE (22.9%)	ENE (13.1%)
2009/ 4 月	MC	ESE (15.4%)	NE (26.8%)	NNE (10.7%)	NNE (32.8%)	SSE (15.4%)	ENE (19.6%)	N (16.3%)
2009/ 5 月	OBS1	NNW(17.8%)	NNE (26.7%)	WNW(14.9%)	SSW (49.9%)	WNW23.5%	NE (26.0%)	NNE (19.8%)
2009/ 5 月	RC	NE (21.4%)	NE (24.6%)	E (27.6%)	NE (17.2%)	NE (17.5%)	NE (23.7%)	ESE (13.2%)
2009/ 5 月	MC	ENE (14.8%)	NNE (24.1%)	SE (9.8%)	NNE (23.7%)	SSE (19.0%)	ENE (23.1%)	NW (15.3%)
2009/ 6 月	OBS1	SE (17.7%)	SSW (18.8%)	S (13.2%)	SSW (43.9%)	S (19.9%)	S (10.7%)	S (16.8%)
2009/ 6 月	RC	SSW (16.3%)	SW (25.7%)	SW (18.1%)	SSW (28.6%)	SSW (25.6%)	SW (23.9%)	SSW (18.5%)
2009/ 6 月	MC	SSE (19.0%)	SSW (32.2%)	S (16.1%)	S (35.6%)	S (33.9%)	WSW(24.9%)	S (23.3%)
2009/ 7 月	OBS1	E (14.9%)	N (37.2%)	SSW (13.8%)	SSW (41.8%)	S (37.0%)	SW (14.5%)	NW (12.5%)
2009/ 7 月	RC	SW (18.1%)	SW (26.5%)	SSW (15.3%)	S (20.6%)	S (20.2%)	SW (25.3%)	SSW (17.7%)
2009/ 7 月	MC	SE (22.2%)	SSW (26.7%)	SSW (12.5%)	S (26.9%)	SSE (31.0%)	WSW(28.1%)	S (20.0%)
2009/ 8 月	OBS1	NE (11.9%)	N (43.5%)	NW (13.3%)	SSW (41.5%)	WNW20.8%	SW (14.5%)	NW (12.5%)
2009/ 8 月	RC	E (15.9%)	SW (13.0%)	SW (15.2%)	ENE (15.7%)	E (14.4%)	ENE (16.8%)	NW (14.0%)
2009/ 8 月	MC	ESE (17.7%)	SSW (17.3%)	WNW13.8%)	S (17.7%)	SSE (13.7%)	E (16.5%)	NW (15.5%)
2009/ 9 月	OBS1	NNE (18.1%)	NNE (35.1%)	W (17.4%)	SSW (50.3%)	WNW23.8%	SW (14.5%)	NW (12.5%)
2009/ 9 月	RC	ENE (30.1%)	ENE (32.1%)	E (29.2%)	NE (27.2%)	NE (23.8%)	ENE (38.3%)	ESE (16.9%)
2009/ 9 月	MC	E (25.1%)	NNE (28.1%)	E (12.2%)	NNE (26.3%)	SSE (16.4%)	ENE (32.6%)	W (18.6%)
2009/10 月	OBS1	NNW(25.5%)	NNE (80.6%)	N (39.1%)	SSW (35.7%)	WNW27.4%	NE (50.3%)	NNE (41.9%)
2009/10 月	RC	ENE (33.1%)	NE (55.5%)	ENE (34.8%)	NE (30.1%)	ENE (28.0%)	ENE (35.9%)	NNE (24.1%)
2009/10 月	MC	ENE (35.8%)	NNE (44.9%)	WNW12.0%)	NNE (39.7%)	NE (19.5%)	ENE (47.6%)	N (19.5%)
2009/11 月	OBS1	SSE (27.5%)	S (48.2%)	S (50.3%)	NNE (42.2%)	ESE (32.8%)	SW (44.0%)	SSW (50.5%)
2009/11 月	RC	NNE (26.9%)	NE (47.8%)	NE (36.3%)	NNE (28.2%)	NNE (26.5%)	NE (30.6%)	NNE (38.9%)
2009/11 月	MC	NNE (23.8%)	NE (40.6%)	N (19.7%)	N (40.0%)	NNE (29.0%)	NE (33.5%)	N (36.5%)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測 1 站風向資料

RC: NFS RC 預報風向資料

MC: NFS MC 預報風向資料

表7.3.4 2009年各商港之觀測及預報東西平均風速分量月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	OBS1	1.5 (100%)	* (*)	.1 (100%)	-7 (99.7%)	1.5 (100%)	-5.7 (91.9%)	-1.8 (99.9%)
2008/12月	RC	-3.7 (100%)	-4.0 (100%)	-4.4 (100%)	-2.9 (100%)	-3.0 (100%)	-4.0 (100%)	-3.0 (100%)
2008/12月	MC	-3.6 (100%)	-4.6 (100%)	-1.3 (100%)	.0 (100%)	-8 (100%)	-4.4 (100%)	-.9 (100%)
2009/ 1月	OBS1	2.4 (73.0%)	* (*)	.0 (72.8%)	-1.0 (72.6%)	2.3 (73.0%)	-5.7 (73.0%)	-2.1 (73.0%)
2009/ 1月	RC	-3.4 (100%)	-3.9 (100%)	-3.4 (100%)	-2.5 (100%)	-2.7 (100%)	-3.8 (100%)	-2.4 (100%)
2009/ 1月	MC	-3.0 (100%)	-4.9 (100%)	-.6 (100%)	-.4 (100%)	-.1 (100%)	-4.1 (100%)	-.8 (100%)
2009/ 2月	OBS1	.4 (99.7%)	* (*)	.4 (100%)	.1 (43.8%)	.4 (99.4%)	-3.8 (89.7%)	-.5 (89.7%)
2009/ 2月	RC	-2.8 (100%)	-2.1 (100%)	-3.6 (100%)	-1.3 (100%)	-2.0 (100%)	-2.7 (100%)	-2.2 (100%)
2009/ 2月	MC	-2.9 (100%)	-2.1 (100%)	-1.4 (100%)	.4 (100%)	-.8 (100%)	-3.0 (100%)	-.7 (100%)
2009/ 3月	OBS1	1.2 (83.9%)	-2.6 (38.7%)	.6 (100%)	-.7 (89.5%)	.9 (99.9%)	-4.4 (100%)	-.9 (100%)
2009/ 3月	RC	-2.3 (100%)	-2.3 (100%)	-.4 (100%)	-1.1 (100%)	-.8 (100%)	-2.8 (100%)	.0 (100%)
2009/ 3月	MC	-2.3 (100%)	-2.3 (100%)	-.3 (100%)	-1.0 (100%)	-.8 (100%)	-2.8 (100%)	.1 (100%)
2009/ 4月	OBS1	-.3 (99.3%)	-1.9 (100%)	.7 (100%)	-.4 (99.6%)	1.0 (100%)	-4.8 (100%)	-.3 (100%)
2009/ 4月	RC	-3.5 (100%)	-2.3 (100%)	-3.5 (100%)	-2.0 (100%)	-2.6 (100%)	-3.6 (100%)	-1.8 (100%)
2009/ 4月	MC	-3.4 (100%)	-1.9 (100%)	-.4 (100%)	-1.4 (100%)	-1.5 (100%)	-3.9 (100%)	.5 (100%)
2009/ 5月	OBS1	-.4 (98.3%)	-1.1 (100%)	1.2 (100%)	-.5 (99.7%)	.4 (90.3%)	-3.3 (100%)	.6 (100%)
2009/ 5月	RC	-2.8 (100%)	-1.6 (100%)	-2.1 (100%)	-1.3 (100%)	-2.0 (100%)	-2.8 (100%)	-.8 (100%)
2009/ 5月	MC	-2.8 (100%)	-1.0 (100%)	.2 (100%)	-1.0 (100%)	-1.4 (100%)	-3.1 (100%)	1.4 (100%)
2009/ 6月	OBS1	-.4 (99.7%)	.4 (100%)	.3 (100%)	-.4 (99.3%)	.0 (100%)	1.3 (100%)	.3 (100%)
2009/ 6月	RC	.6 (100%)	1.5 (100%)	.3 (100%)	1.1 (100%)	.4 (100%)	1.1 (100%)	.5 (100%)
2009/ 6月	MC	-.3 (100%)	1.5 (100%)	-.3 (100%)	.1 (100%)	-.7 (100%)	1.4 (100%)	.3 (100%)
2009/ 7月	OBS1	-1.7 (94.6%)	.6 (70.4%)	.4 (95.4%)	-.4 (95.2%)	-.3 (79.6%)	1.1 (39.8%)	.4 (59.3%)
2009/ 7月	RC	.0 (100%)	1.4 (100%)	-.6 (100%)	-.1 (100%)	-.4 (100%)	.6 (100%)	.0 (100%)
2009/ 7月	MC	-1.2 (100%)	2.4 (100%)	-.4 (100%)	.2 (100%)	-1.2 (100%)	1.0 (100%)	1.1 (100%)
2009/ 8月	OBS1	-.1 (99.3%)	.3 (100%)	1.5 (99.7%)	-.8 (99.9%)	-.2 (100%)	1.1 (39.8%)	.4 (59.3%)
2009/ 8月	RC	-1.8 (100%)	.1 (100%)	1.6 (100%)	.0 (100%)	-1.2 (100%)	-1.5 (100%)	1.7 (100%)
2009/ 8月	MC	-2.2 (100%)	.7 (100%)	2.4 (100%)	-.4 (100%)	-1.1 (100%)	-1.6 (100%)	2.6 (100%)
2009/ 9月	OBS1	-1.0 (99.0%)	-1.0 (98.5%)	.9 (100%)	-.5 (99.6%)	.4 (98.8%)	1.1 (41.1%)	.4 (61.3%)
2009/ 9月	RC	-4.5 (100%)	-3.4 (100%)	-2.8 (100%)	-2.5 (100%)	-3.3 (100%)	-4.8 (100%)	-1.5 (100%)
2009/ 9月	MC	-4.2 (100%)	-2.0 (100%)	-.3 (100%)	-.3 (100%)	-1.5 (100%)	-5.5 (100%)	2.4 (100%)
2009/10月	OBS1	1.3 (95.8%)	-3.4 (96.5%)	.8 (96.6%)	-.7 (96.0%)	.9 (94.4%)	-7.7 (73.0%)	-.8 (40.1%)
2009/10月	RC	-5.3 (100%)	-4.7 (100%)	-3.8 (100%)	-3.3 (100%)	-4.0 (100%)	-5.6 (100%)	-2.4 (100%)
2009/10月	MC	-5.0 (100%)	-4.0 (100%)	.1 (100%)	-.9 (100%)	-1.8 (100%)	-6.3 (100%)	1.1 (100%)
2009/11月	OBS1	-1.8 (99.7%)	3.3 (58.2%)	-.6 (100%)	1.4 (99.7%)	-1.5 (100%)	6.0 (98.9%)	1.3 (98.5%)
2009/11月	RC	-3.8 (100%)	-3.8 (100%)	-3.8 (100%)	-2.4 (100%)	-2.9 (100%)	-4.1 (100%)	-2.6 (100%)
2009/11月	MC	-3.7 (100%)	-4.3 (100%)	-.2 (100%)	.0 (100%)	-1.1 (100%)	-4.5 (100%)	-.1 (100%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站風 EW 資料

RC: NFS RC 預報風 EW 資料

MC: NFS MC 預報風 EW 資料 單位 : m/s

表7.3.5 2009年各商港之觀測及預報南北平均風速分量月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	OBS1	-3.4 (100%)	* (*)	-2.3 (100%)	-9 (99.7%)	-1.4 (100%)	-4.2 (91.9%)	-6.3 (99.9%)
2008/12月	RC	-4.1 (100%)	-4.5 (100%)	-2.9 (100%)	-3.1 (100%)	-3.3 (100%)	-4.3 (100%)	-3.3 (100%)
2008/12月	MC	-2.7 (100%)	-5.9 (100%)	-2.5 (100%)	-5.1 (100%)	-2.6 (100%)	-3.4 (100%)	-3.6 (100%)
2009/ 1月	OBS1	-3.9 (73.0%)	* (*)	-2.9 (72.8%)	-1.5 (72.6%)	-2.4 (73.0%)	-5.5 (73.0%)	-7.5 (73.0%)
2009/ 1月	RC	-5.2 (100%)	-4.9 (100%)	-3.4 (100%)	-3.8 (100%)	-4.3 (100%)	-5.3 (100%)	-3.9 (100%)
2009/ 1月	MC	-4.3 (100%)	-6.7 (100%)	-3.3 (100%)	-6.4 (100%)	-4.2 (100%)	-4.5 (100%)	-4.5 (100%)
2009/ 2月	OBS1	-1.9 (99.7%)	* (*)	-9 (100%)	.5 (43.8%)	-.4 (99.4%)	-3.1 (89.7%)	-3.4 (89.7%)
2009/ 2月	RC	-1.5 (100%)	-2.0 (100%)	-.2 (100%)	.1 (100%)	-.4 (100%)	-2.0 (100%)	-.6 (100%)
2009/ 2月	MC	-.7 (100%)	-3.2 (100%)	-.4 (100%)	-1.4 (100%)	-.6 (100%)	-2.0 (100%)	-1.5 (100%)
2009/ 3月	OBS1	-2.0 (83.9%)	-4.5 (38.7%)	-1.6 (100%)	-.1 (89.5%)	-1.9 (99.9%)	-3.5 (100%)	-5.1 (100%)
2009/ 3月	RC	-1.5 (100%)	-4.1 (100%)	-1.4 (100%)	-2.3 (100%)	-1.5 (100%)	-2.5 (100%)	-2.6 (100%)
2009/ 3月	MC	-1.5 (100%)	-4.2 (100%)	-1.4 (100%)	-2.3 (100%)	-1.5 (100%)	-2.5 (100%)	-2.6 (100%)
2009/ 4月	OBS1	-1.9 (99.3%)	-3.6 (100%)	-1.0 (100%)	.4 (99.6%)	-.2 (100%)	-.8 (100%)	-3.4 (100%)
2009/ 4月	RC	-.8 (100%)	-1.8 (100%)	-.3 (100%)	-.2 (100%)	-.2 (100%)	-1.3 (100%)	-.7 (100%)
2009/ 4月	MC	.3 (100%)	-3.0 (100%)	-.7 (100%)	-1.6 (100%)	-.2 (100%)	-1.1 (100%)	-1.4 (100%)
2009/ 5月	OBS1	-1.4 (98.3%)	-2.6 (100%)	-.4 (100%)	1.1 (99.7%)	.0 (90.3%)	-1.2 (100%)	-2.1 (100%)
2009/ 5月	RC	-.5 (100%)	-1.5 (100%)	.6 (100%)	.4 (100%)	.1 (100%)	-.9 (100%)	-.2 (100%)
2009/ 5月	MC	.4 (100%)	-2.9 (100%)	.3 (100%)	-.2 (100%)	.3 (100%)	-1.0 (100%)	-.8 (100%)
2009/ 6月	OBS1	-.2 (99.7%)	.2 (100%)	1.6 (100%)	1.8 (99.3%)	1.5 (100%)	.6 (100%)	2.7 (100%)
2009/ 6月	RC	2.2 (100%)	2.1 (100%)	3.5 (100%)	3.0 (100%)	2.6 (100%)	1.9 (100%)	3.3 (100%)
2009/ 6月	MC	1.6 (100%)	2.0 (100%)	3.2 (100%)	3.1 (100%)	2.4 (100%)	.6 (100%)	3.1 (100%)
2009/ 7月	OBS1	.0 (94.6%)	-.6 (70.4%)	1.1 (95.4%)	2.0 (95.2%)	4.2 (79.6%)	1.6 (39.8%)	.9 (59.3%)
2009/ 7月	RC	3.0 (100%)	2.0 (100%)	2.2 (100%)	2.4 (100%)	2.7 (100%)	2.7 (100%)	2.3 (100%)
2009/ 7月	MC	2.8 (100%)	1.8 (100%)	1.8 (100%)	2.6 (100%)	3.1 (100%)	1.3 (100%)	1.8 (100%)
2009/ 8月	OBS1	-1.3 (99.3%)	-2.4 (100%)	.3 (99.7%)	.7 (99.9%)	.7 (100%)	1.6 (39.8%)	.9 (59.3%)
2009/ 8月	RC	.5 (100%)	-.5 (100%)	1.1 (100%)	.7 (100%)	.7 (100%)	.1 (100%)	.7 (100%)
2009/ 8月	MC	.4 (100%)	-.9 (100%)	.6 (100%)	-.1 (100%)	.0 (100%)	-.3 (100%)	.3 (100%)
2009/ 9月	OBS1	-1.9 (99.0%)	-2.7 (98.5%)	.0 (100%)	.3 (99.6%)	-.2 (98.8%)	1.6 (41.1%)	.9 (61.3%)
2009/ 9月	RC	-1.0 (100%)	-2.3 (100%)	.2 (100%)	-.9 (100%)	-.6 (100%)	-1.4 (100%)	.0 (100%)
2009/ 9月	MC	.5 (100%)	-3.7 (100%)	.0 (100%)	-2.1 (100%)	.1 (100%)	-.9 (100%)	.1 (100%)
2009/10月	OBS1	-3.8 (95.8%)	-7.9 (96.5%)	-1.4 (96.6%)	-1.3 (96.0%)	-2.6 (94.4%)	-5.5 (73.0%)	-5.3 (40.1%)
2009/10月	RC	-3.7 (100%)	-4.5 (100%)	-2.2 (100%)	-2.9 (100%)	-2.9 (100%)	-4.0 (100%)	-2.9 (100%)
2009/10月	MC	-2.1 (100%)	-6.7 (100%)	-.9 (100%)	-4.9 (100%)	-2.1 (100%)	-3.0 (100%)	-2.5 (100%)
2009/11月	OBS1	3.8 (99.7%)	13.0 (58.2%)	1.8 (100%)	1.1 (99.7%)	2.0 (100%)	4.9 (98.9%)	6.0 (98.5%)
2009/11月	RC	-4.4 (100%)	-4.6 (100%)	-2.8 (100%)	-3.1 (100%)	-3.4 (100%)	-4.7 (100%)	-3.4 (100%)
2009/11月	MC	-3.2 (100%)	-5.7 (100%)	-1.5 (100%)	-4.9 (100%)	-2.8 (100%)	-3.7 (100%)	-3.2 (100%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站風 NS 資料

RC: NFS RC 預報風 NS 資料

MC: NFS MC 預報風 NS 資料 單位 : m/s

表 7.3.6 2009 年各商港之觀測及預報最大風速 (風向) 月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	14.7 (NW)	* (*)	6.8 (N)	12.9 (NE)	10.2 (NNW)	19.0 (NE)	15.6 (NNE)
2008/12 月	RC	14.4 (NNE)	13.6 (NE)	10.9 (NE)	11.9 (NNE)	12.8 (NNE)	14.3 (NNE)	12.0 (NNE)
2008/12 月	MC	12.8 (N)	16.9 (NE)	8.7 (N)	14.7 (N)	11.3 (NNW)	12.7 (NNE)	12.2 (N)
2009/ 1 月	OBS1	13.6 (NW)	* (*)	6.8 (N)	11.1 (NE)	10.0 (NW)	18.0 (NNE)	16.4 (NNE)
2009/ 1 月	RC	12.9 (N)	11.4 (NNE)	9.8 (NE)	10.0 (NNE)	11.0 (N)	12.9 (NNE)	9.8 (NNE)
2009/ 1 月	MC	11.1 (N)	16.4 (NE)	10.3 (N)	13.1 (N)	10.1 (NNW)	10.6 (NNE)	11.8 (NNE)
2009/ 2 月	OBS1	10.3 (NW)	* (*)	8.4 (SSE)	12.8 (SSE)	13.5 (S)	16.4 (NE)	13.0 (S)
2009/ 2 月	RC	10.5 (NNE)	10.2 (SSW)	8.7 (SSE)	8.9 (S)	9.1 (S)	10.4 (NE)	9.7 (SSE)
2009/ 2 月	MC	10.2 (ENE)	13.6 (NE)	9.9 (SE)	11.3 (SSW)	8.7 (S)	11.6 (ENE)	9.6 (N)
2009/ 3 月	OBS1	9.8 (NW)	14.1 (NNE)	8.4 (N)	11.6 (NE)	12.7 (NNE)	17.8 (NE)	19.8 (NNE)
2009/ 3 月	RC	11.0 (N)	15.6 (NE)	9.9 (N)	12.7 (NNE)	9.9 (NNW)	11.0 (N)	12.4 (N)
2009/ 3 月	MC	11.0 (N)	15.6 (NE)	9.9 (N)	12.7 (NNE)	9.9 (NNW)	11.0 (N)	12.4 (N)
2009/ 4 月	OBS1	10.4 (WNW)	14.8 (NNE)	7.4 (SSE)	9.4 (NE)	10.7 (NNE)	15.8 (W)	12.0 (N)
2009/ 4 月	RC	11.1 (SSW)	12.5 (SSW)	8.7 (SE)	8.9 (SSW)	9.8 (SSW)	12.1 (SSW)	9.5 (SSE)
2009/ 4 月	MC	9.9 (ESE)	16.2 (NE)	9.8 (SE)	11.6 (NE)	8.0 (NE)	12.4 (WSW)	9.1 (N)
2009/ 5 月	OBS1	8.5 (NNW)	12.2 (NNE)	7.3 (SSE)	8.9 (SE)	10.8 (SSE)	13.1 (ESE)	9.3 (NNE)
2009/ 5 月	RC	8.0 (NNE)	8.3 (NE)	8.2 (E)	7.1 (NE)	7.5 (NNE)	8.1 (NNE)	6.4 (ESE)
2009/ 5 月	MC	8.7 (ESE)	11.9 (NNE)	7.1 (SSE)	10.7 (NNE)	8.2 (N)	10.2 (E)	7.1 (SSW)
2009/ 6 月	OBS1	6.6 (NNW)	8.2 (NNE)	12.8 (S)	11.8 (SSE)	12.2 (S)	18.8 (WSW)	20.6 (S)
2009/ 6 月	RC	12.8 (S)	15.1 (SSW)	15.9 (S)	11.5 (SSW)	12.0 (SSW)	13.8 (SSW)	17.4 (SSE)
2009/ 6 月	MC	9.1 (SE)	13.7 (S)	14.6 (SE)	14.1 (SSW)	10.7 (SSE)	12.3 (SW)	15.7 (SSE)
2009/ 7 月	OBS1	14.5 (E)	6.8 (N)	12.6 (SSE)	13.4 (S)	15.9 (S)	15.4 (WSW)	17.0 (SSE)
2009/ 7 月	RC	13.3 (SE)	10.1 (SE)	16.5 (SE)	9.7 (SE)	11.5 (SE)	12.4 (SE)	15.8 (SE)
2009/ 7 月	MC	14.7 (SE)	9.9 (SW)	20.1 (SE)	9.6 (S)	11.8 (SE)	13.7 (SE)	17.9 (SE)
2009/ 8 月	OBS1	19.1 (NE)	26.2 (N)	14.6 (W)	22.8 (S)	24.3 (S)	15.4 (WSW)	17.0 (SSE)
2009/ 8 月	RC	21.5 (ENE)	20.5 (NNE)	17.9 (W)	19.2 (NNE)	22.3 (ENE)	20.8 (NE)	16.6 (NW)
2009/ 8 月	MC	19.3 (S)	24.3 (NNE)	18.0 (NW)	26.8 (NE)	21.0 (ENE)	21.0 (SSW)	18.9 (W)
2009/ 9 月	OBS1	7.9 (E)	13.8 (NNE)	8.6 (SSE)	9.1 (SSE)	9.1 (S)	15.4 (WSW)	17.0 (SSE)
2009/ 9 月	RC	9.1 (E)	8.4 (NE)	9.7 (E)	6.9 (NE)	7.6 (SE)	9.6 (E)	8.9 (SE)
2009/ 9 月	MC	9.5 (SE)	13.3 (NNE)	12.7 (E)	8.1 (NNE)	7.2 (S)	10.6 (ESE)	9.4 (S)
2009/10 月	OBS1	13.9 (NNW)	18.8 (NNE)	5.1 (W)	10.3 (NE)	14.2 (NE)	20.5 (NE)	11.2 (N)
2009/10 月	RC	11.6 (NNE)	11.9 (NE)	15.0 (E)	9.9 (NNE)	10.6 (N)	12.0 (NNE)	11.8 (E)
2009/10 月	MC	10.4 (NNE)	16.9 (NNE)	13.7 (E)	13.1 (N)	9.9 (N)	11.6 (ENE)	10.8 (N)
2009/11 月	OBS1	13.3 (SE)	21.6 (SSW)	5.6 (E)	14.4 (SW)	11.9 (S)	17.3 (SSW)	27.0 (S)
2009/11 月	RC	13.7 (NNE)	13.4 (NNE)	11.7 (NE)	12.0 (NNE)	12.1 (NNE)	13.7 (NNE)	12.1 (NNE)
2009/11 月	MC	11.9 (N)	18.3 (NE)	6.8 (N)	15.0 (NNE)	10.9 (N)	12.1 (NE)	10.6 (N)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站風速資料

RC: NFS RC 預報風速資料

MC: NFS MC 預報風速資料 單位 : m/s(來向)

表7.3.7 2009年各商港之觀測及預報最大風速 (日/時) 月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	OBS1	14.7 (05/02)	* (*)	6.8 (05/08)	12.9 (05/06)	10.2 (05/06)	19.0 (22/01)	15.6 (05/06)
2008/12月	RC	14.4 (22/10)	13.6 (22/10)	10.9 (05/07)	11.9 (22/10)	12.8 (22/10)	14.3 (22/10)	12.0 (05/07)
2008/12月	MC	12.8 (05/05)	16.9 (05/14)	8.7 (05/05)	14.7 (05/07)	11.3 (05/07)	12.7 (22/10)	12.2 (05/07)
2009/ 1月	OBS1	13.6 (23/14)	* (*)	6.8 (10/08)	11.1 (08/16)	10.0 (10/07)	18.0 (23/12)	16.4 (10/06)
2009/ 1月	RC	12.9 (23/16)	11.4 (23/17)	9.8 (01/22)	10.0 (10/10)	11.0 (23/18)	12.9 (23/16)	9.8 (09/10)
2009/ 1月	MC	11.1 (23/21)	16.4 (01/20)	10.3 (24/12)	13.1 (23/18)	10.1 (10/07)	10.6 (23/20)	11.8 (10/05)
2009/ 2月	OBS1	10.3 (20/06)	* (*)	8.4 (12/17)	12.8 (12/15)	13.5 (12/20)	16.4 (16/21)	13.0 (12/23)
2009/ 2月	RC	10.5 (20/10)	10.2 (13/04)	8.7 (13/02)	8.9 (13/03)	9.1 (13/03)	10.4 (16/22)	9.7 (13/02)
2009/ 2月	MC	10.2 (17/20)	13.6 (20/19)	9.9 (12/16)	11.3 (12/20)	8.7 (12/20)	11.6 (17/20)	9.6 (20/17)
2009/ 3月	OBS1	9.8 (29/19)	14.1 (25/12)	8.4 (14/03)	11.6 (13/21)	12.7 (13/23)	17.8 (13/17)	19.8 (14/02)
2009/ 3月	RC	11.0 (13/23)	15.6 (14/08)	9.9 (14/00)	12.7 (14/00)	9.9 (14/03)	11.0 (13/23)	12.4 (14/00)
2009/ 3月	MC	11.0 (13/23)	15.6 (14/08)	9.9 (14/00)	12.7 (14/00)	9.9 (14/03)	11.0 (13/23)	12.4 (14/00)
2009/ 4月	OBS1	10.4 (25/12)	14.8 (01/14)	7.4 (19/17)	9.4 (25/11)	10.7 (05/17)	15.8 (20/07)	12.0 (08/16)
2009/ 4月	RC	11.1 (20/07)	12.5 (20/07)	8.7 (19/22)	8.9 (20/07)	9.8 (20/07)	12.1 (20/07)	9.5 (20/02)
2009/ 4月	MC	9.9 (30/15)	16.2 (25/20)	9.8 (20/00)	11.6 (25/20)	8.0 (25/20)	12.4 (20/13)	9.1 (05/20)
2009/ 5月	OBS1	8.5 (27/00)	12.2 (05/17)	7.3 (21/09)	8.9 (21/15)	10.8 (16/13)	13.1 (01/10)	9.3 (04/05)
2009/ 5月	RC	8.0 (04/14)	8.3 (04/16)	8.2 (08/07)	7.1 (04/17)	7.5 (04/14)	8.1 (04/14)	6.4 (01/01)
2009/ 5月	MC	8.7 (01/19)	11.9 (04/17)	7.1 (20/17)	10.7 (27/04)	8.2 (27/03)	10.2 (01/16)	7.1 (20/17)
2009/ 6月	OBS1	6.6 (04/19)	8.2 (04/19)	12.8 (21/08)	11.8 (20/17)	12.2 (21/06)	18.8 (22/13)	20.6 (21/09)
2009/ 6月	RC	12.8 (22/08)	15.1 (22/08)	15.9 (21/08)	11.5 (22/08)	12.0 (22/08)	13.8 (22/08)	17.4 (21/08)
2009/ 6月	MC	9.1 (17/05)	13.7 (22/09)	14.6 (21/02)	14.1 (22/08)	10.7 (21/08)	12.3 (22/18)	15.7 (21/08)
2009/ 7月	OBS1	14.5 (18/11)	6.8 (23/15)	12.6 (18/13)	13.4 (18/07)	15.9 (18/08)	15.4 (03/17)	17.0 (18/12)
2009/ 7月	RC	13.3 (18/08)	10.1 (18/08)	16.5 (18/08)	9.7 (18/08)	11.5 (18/08)	12.4 (18/08)	15.8 (18/08)
2009/ 7月	MC	14.7 (18/08)	9.9 (24/17)	20.1 (18/08)	9.6 (19/16)	11.8 (18/08)	13.7 (18/09)	17.9 (18/08)
2009/ 8月	OBS1	19.1 (08/05)	26.2 (07/23)	14.6 (08/03)	22.8 (08/12)	24.3 (08/12)	15.4 (03/17)	17.0 (18/12)
2009/ 8月	RC	21.5 (07/20)	20.5 (07/20)	17.9 (08/05)	19.2 (07/08)	22.3 (07/20)	20.8 (07/20)	16.6 (07/20)
2009/ 8月	MC	19.3 (08/20)	24.3 (07/20)	18.0 (07/20)	26.8 (07/20)	21.0 (07/20)	21.0 (09/08)	18.9 (08/07)
2009/ 9月	OBS1	7.9 (28/04)	13.8 (03/17)	8.6 (14/12)	9.1 (14/14)	9.1 (14/12)	15.4 (03/17)	17.0 (18/12)
2009/ 9月	RC	9.1 (13/12)	8.4 (03/13)	9.7 (26/08)	6.9 (04/13)	7.6 (30/05)	9.6 (13/11)	8.9 (14/08)
2009/ 9月	MC	9.5 (30/06)	13.3 (01/16)	12.7 (27/16)	8.1 (04/12)	7.2 (14/10)	10.6 (27/15)	9.4 (14/17)
2009/10月	OBS1	13.9 (04/19)	18.8 (04/21)	5.1 (29/15)	10.3 (24/12)	14.2 (05/22)	20.5 (04/20)	11.2 (02/16)
2009/10月	RC	11.6 (06/16)	11.9 (06/17)	15.0 (04/20)	9.9 (06/19)	10.6 (24/18)	12.0 (06/16)	11.8 (04/20)
2009/10月	MC	10.4 (24/15)	16.9 (22/20)	13.7 (04/23)	13.1 (24/16)	9.9 (24/16)	11.6 (04/20)	10.8 (24/15)
2009/11月	OBS1	13.3 (17/17)	21.6 (02/08)	5.6 (27/13)	14.4 (02/16)	11.9 (02/20)	17.3 (17/15)	27.0 (08/08)
2009/11月	RC	13.7 (17/22)	13.4 (02/13)	11.7 (02/23)	12.0 (02/16)	12.1 (02/16)	13.7 (17/22)	12.1 (02/16)
2009/11月	MC	11.9 (17/04)	18.3 (17/20)	6.8 (17/01)	15.0 (02/15)	10.9 (02/14)	12.1 (17/20)	10.6 (17/08)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站風速資料

RC: NFS RC 預報風速資料

MC: NFS MC 預報風速資料 單位 : m/s(日/時)

表 7.3.8 2009 年各商港之觀測及 MC 預報風速各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	平均偏差	1.5 (100%)	* (*)	.7 (100%)	1.7 (99.7%)	-.2 (100%)	-1.7 (91.9%)	-2.7 (99.9%)
2008/12 月	標準偏差	2.8 (100%)	* (*)	1.7 (100%)	3.1 (99.7%)	1.7 (100%)	3.4 (91.9%)	3.5 (99.9%)
2008/12 月	最大偏差	-8.3 (100%)	* (*)	4.9 (100%)	10.1 (99.7%)	-6.1 (100%)	-11.3 (91.9%)	-9.2 (99.9%)
2008/12 月	平均比值	2.6 (100%)	* (*)	1.5 (100%)	1.6 (99.7%)	1.0 (100%)	1.0 (91.9%)	.7 (99.9%)
2009/ 1 月	平均偏差	1.0 (73.0%)	* (*)	.6 (72.8%)	2.7 (72.6%)	.1 (73.0%)	-2.1 (73.0%)	-3.2 (73.0%)
2009/ 1 月	標準偏差	2.1 (73.0%)	* (*)	1.7 (72.8%)	3.9 (72.6%)	1.6 (73.0%)	3.3 (73.0%)	3.9 (73.0%)
2009/ 1 月	最大偏差	6.6 (73.0%)	* (*)	4.5 (72.8%)	9.3 (72.6%)	5.3 (73.0%)	-10.2 (73.0%)	-9.9 (73.0%)
2009/ 1 月	平均比值	1.9 (73.0%)	* (*)	1.4 (72.8%)	1.9 (72.6%)	1.1 (73.0%)	.9 (73.0%)	.6 (73.0%)
2009/ 2 月	平均偏差	1.6 (99.7%)	* (*)	.9 (100%)	.8 (43.8%)	-.4 (99.4%)	-1.6 (89.7%)	-1.4 (89.7%)
2009/ 2 月	標準偏差	2.5 (99.7%)	* (*)	2.2 (100%)	2.6 (43.8%)	2.0 (99.4%)	3.1 (89.7%)	2.8 (89.7%)
2009/ 2 月	最大偏差	7.0 (99.7%)	* (*)	9.1 (100%)	6.7 (43.8%)	-7.2 (99.4%)	-9.9 (89.7%)	-8.9 (89.7%)
2009/ 2 月	平均比值	2.3 (99.7%)	* (*)	1.9 (100%)	1.5 (43.8%)	1.1 (99.4%)	1.0 (89.7%)	.9 (89.7%)
2009/ 3 月	平均偏差	2.3 (82.5%)	.6 (38.7%)	.8 (100%)	1.4 (89.5%)	-.7 (99.9%)	-2.0 (100%)	-2.2 (100%)
2009/ 3 月	標準偏差	3.5 (82.5%)	2.2 (38.7%)	1.8 (100%)	3.1 (89.5%)	1.8 (99.9%)	3.4 (100%)	3.3 (100%)
2009/ 3 月	最大偏差	10.8 (82.5%)	5.7 (38.7%)	5.9 (100%)	10.0 (89.5%)	-9.0 (99.9%)	-13.1 (100%)	-9.0 (100%)
2009/ 3 月	平均比值	9.9 (82.5%)	1.6 (38.7%)	1.7 (100%)	1.9 (89.5%)	.9 (99.9%)	.9 (100%)	.8 (100%)
2009/ 4 月	平均偏差	2.1 (99.3%)	.7 (100%)	.6 (100%)	1.0 (99.6%)	-.2 (100%)	-1.0 (100%)	-1.8 (100%)
2009/ 4 月	標準偏差	2.8 (99.3%)	2.5 (100%)	1.9 (100%)	2.6 (99.6%)	1.7 (100%)	2.8 (100%)	2.9 (100%)
2009/ 4 月	最大偏差	7.2 (99.3%)	8.7 (100%)	6.6 (100%)	8.4 (99.6%)	-7.2 (100%)	-9.0 (100%)	-7.9 (100%)
2009/ 4 月	平均比值	1.8 (99.3%)	1.7 (100%)	1.6 (100%)	1.6 (99.6%)	1.1 (100%)	1.1 (100%)	.9 (100%)
2009/ 5 月	平均偏差	1.3 (98.3%)	1.2 (100%)	.4 (100%)	.4 (99.7%)	-.4 (90.3%)	-1.2 (100%)	-1.2 (100%)
2009/ 5 月	標準偏差	2.3 (98.3%)	2.1 (100%)	1.6 (100%)	1.9 (99.7%)	2.0 (90.3%)	2.7 (100%)	2.2 (100%)
2009/ 5 月	最大偏差	6.7 (98.3%)	7.6 (100%)	-5.5 (100%)	7.0 (99.7%)	-7.8 (90.3%)	-7.2 (100%)	-8.0 (100%)
2009/ 5 月	平均比值	1.6 (98.3%)	1.9 (100%)	1.4 (100%)	1.4 (99.7%)	1.1 (90.3%)	1.0 (100%)	.9 (100%)
2009/ 6 月	平均偏差	1.1 (99.7%)	2.2 (100%)	1.3 (100%)	1.4 (99.3%)	.1 (100%)	-1.0 (100%)	-1.2 (100%)
2009/ 6 月	標準偏差	2.2 (99.7%)	3.1 (100%)	2.3 (100%)	3.0 (99.3%)	2.5 (100%)	2.6 (100%)	2.6 (100%)
2009/ 6 月	最大偏差	7.1 (99.7%)	10.7 (100%)	8.2 (100%)	10.4 (99.3%)	8.5 (100%)	-9.9 (100%)	-8.3 (100%)
2009/ 6 月	平均比值	1.6 (99.7%)	2.4 (100%)	1.7 (100%)	1.9 (99.3%)	1.4 (100%)	1.0 (100%)	1.0 (100%)
2009/ 7 月	平均偏差	1.0 (94.6%)	2.4 (70.4%)	1.2 (95.4%)	.5 (95.2%)	-.8 (79.6%)	-.8 (39.8%)	-1.0 (59.3%)
2009/ 7 月	標準偏差	2.2 (94.6%)	2.9 (70.4%)	2.7 (95.4%)	2.2 (95.2%)	2.3 (79.6%)	2.4 (39.8%)	2.2 (59.3%)
2009/ 7 月	最大偏差	7.6 (94.6%)	6.2 (70.4%)	15.9 (95.4%)	-8.6 (95.2%)	-7.9 (79.6%)	-6.8 (39.8%)	-6.5 (59.3%)
2009/ 7 月	平均比值	1.5 (94.6%)	2.4 (70.4%)	1.7 (95.4%)	1.5 (95.2%)	1.1 (79.6%)	1.0 (39.8%)	1.0 (59.3%)
2009/ 8 月	平均偏差	.9 (99.3%)	1.7 (100%)	.9 (99.7%)	.5 (99.9%)	-.9 (100%)	1.5 (39.8%)	.0 (59.3%)
2009/ 8 月	標準偏差	2.2 (99.3%)	3.4 (100%)	2.0 (99.7%)	2.8 (99.9%)	3.0 (100%)	5.6 (39.8%)	5.4 (59.3%)
2009/ 8 月	最大偏差	13.9 (99.3%)	18.6 (100%)	8.8 (99.7%)	-14.6 (99.9%)	-20.3 (100%)	16.7 (39.8%)	17.7 (59.3%)
2009/ 8 月	平均比值	1.5 (99.3%)	2.1 (100%)	1.4 (99.7%)	1.5 (99.9%)	1.0 (100%)	2.0 (39.8%)	1.7 (59.3%)
2009/ 9 月	平均偏差	2.1 (99.0%)	1.9 (98.5%)	1.4 (100%)	.4 (99.6%)	-.3 (98.8%)	.8 (41.1%)	-1.0 (61.3%)
2009/ 9 月	標準偏差	2.5 (99.0%)	2.9 (98.5%)	2.7 (100%)	1.9 (99.6%)	1.5 (98.8%)	3.2 (41.1%)	3.2 (61.3%)
2009/ 9 月	最大偏差	7.9 (99.0%)	8.4 (98.5%)	11.4 (100%)	5.9 (99.6%)	-6.3 (98.8%)	-8.7 (41.1%)	-12.0 (61.3%)
2009/ 9 月	平均比值	1.8 (99.0%)	2.1 (98.5%)	2.0 (100%)	1.4 (99.6%)	1.1 (98.8%)	1.6 (41.1%)	1.1 (61.3%)
2009/10 月	平均偏差	1.7 (95.8%)	-.4 (96.5%)	.7 (96.6%)	1.8 (96.0%)	-.9 (94.4%)	-2.1 (73.0%)	-2.3 (40.1%)
2009/10 月	標準偏差	2.9 (95.8%)	2.6 (96.5%)	2.1 (96.6%)	3.3 (96.0%)	2.6 (94.4%)	3.1 (73.0%)	3.1 (40.1%)
2009/10 月	最大偏差	-7.1 (95.8%)	7.2 (96.5%)	11.8 (96.6%)	10.4 (96.0%)	-11.9 (94.4%)	-10.7 (73.0%)	-7.9 (40.1%)
2009/10 月	平均比值	1.7 (95.8%)	1.1 (96.5%)	1.6 (96.6%)	1.9 (96.0%)	1.0 (94.4%)	.9 (73.0%)	.7 (40.1%)
2009/11 月	平均偏差	1.2 (99.7%)	-6.9 (58.2%)	.2 (100%)	1.9 (99.7%)	-.1 (100%)	-1.9 (98.9%)	-3.3 (98.5%)
2009/11 月	標準偏差	2.3 (99.7%)	11.2 (58.2%)	1.5 (100%)	3.2 (99.7%)	1.7 (100%)	3.2 (98.9%)	4.4 (98.5%)
2009/11 月	最大偏差	-8.3 (99.7%)	-20.6 (58.2%)	5.0 (100%)	10.9 (99.7%)	-7.9 (100%)	-10.1 (98.9%)	-25.1 (98.5%)
2009/11 月	平均比值	1.5 (99.7%)	.8 (58.2%)	1.4 (100%)	1.9 (99.7%)	1.0 (100%)	.9 (98.9%)	.6 (98.5%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: m/s

表7.3.9 2009年各商港之觀測及 MC 預報風向各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	平均偏差	63.1 (100%)	* (*)	39.9 (100%)	62.6 (99.7%)	67.3 (100%)	27.6 (91.9%)	25.6 (99.9%)
2008/12月	標準偏差	71.7 (100%)	* (*)	53.8 (100%)	72.9 (99.7%)	79.8 (100%)	43.2 (91.9%)	38.1 (99.9%)
2008/12月	最大偏差	178.3(100%)	* (*)	178.9(100%)	178.8(99.7%)	179.8(100%)	174.1(91.9%)	179.4(99.9%)
2009/ 1月	平均偏差	62.2 (72.8%)	* (*)	31.2 (72.8%)	61.4 (72.6%)	59.4 (73.0%)	23.1 (73.0%)	19.9 (73.0%)
2009/ 1月	標準偏差	67.5 (72.8%)	* (*)	45.4 (72.8%)	70.0 (72.6%)	68.5 (73.0%)	39.2 (73.0%)	31.3 (73.0%)
2009/ 1月	最大偏差	174.2(72.8%)	* (*)	174.9(72.8%)	172.4(72.6%)	179.8(73.0%)	178.7(73.0%)	163.5(73.0%)
2009/ 2月	平均偏差	74.0 (99.7%)	* (*)	55.5 (100%)	66.8 (43.8%)	64.7 (99.4%)	40.3 (89.7%)	41.8 (89.7%)
2009/ 2月	標準偏差	85.0 (99.7%)	* (*)	70.5 (100%)	80.4 (43.8%)	79.8 (99.4%)	58.2 (89.7%)	57.8 (89.7%)
2009/ 2月	最大偏差	179.5(99.7%)	* (*)	179.5(100%)	178.1(43.8%)	179.9(99.4%)	179.2(89.7%)	178.9(89.7%)
2009/ 3月	平均偏差	71.4 (83.9%)	24.2 (38.7%)	47.7 (99.9%)	67.2 (89.5%)	62.0 (99.6%)	34.6 (100%)	36.2 (100%)
2009/ 3月	標準偏差	82.4 (83.9%)	45.3 (38.7%)	63.4 (99.9%)	91.5 (89.5%)	79.0 (99.6%)	51.1 (100%)	51.4 (100%)
2009/ 3月	最大偏差	178.8(83.9%)	173.8(38.7%)	179.0(99.9%)	179.8(89.5%)	179.8(99.6%)	177.4(100%)	177.9(100%)
2009/ 4月	平均偏差	67.3 (99.3%)	30.8 (100%)	56.7 (99.9%)	79.8 (99.6%)	70.0 (100%)	36.7 (100%)	44.9 (100%)
2009/ 4月	標準偏差	77.7 (99.3%)	49.5 (100%)	74.3 (99.9%)	104.9(99.6%)	88.2 (100%)	54.3 (100%)	62.7 (100%)
2009/ 4月	最大偏差	178.3(99.3%)	177.9(100%)	179.9(99.9%)	179.9(99.6%)	179.6(100%)	179.9(100%)	179.8(100%)
2009/ 5月	平均偏差	72.1 (98.3%)	33.0 (100%)	68.1 (100%)	67.7 (99.7%)	72.5 (90.3%)	33.0 (99.7%)	58.2 (100%)
2009/ 5月	標準偏差	82.3 (98.3%)	54.3 (100%)	85.6 (100%)	91.4 (99.7%)	88.7 (90.3%)	49.1 (99.7%)	75.4 (100%)
2009/ 5月	最大偏差	179.6(98.3%)	177.6(100%)	179.9(100%)	179.7(99.7%)	180.0(90.3%)	179.3(99.7%)	179.3(100%)
2009/ 6月	平均偏差	75.9 (99.7%)	33.7 (100%)	50.3 (100%)	50.9 (99.3%)	62.3 (100%)	51.1 (100%)	43.1 (100%)
2009/ 6月	標準偏差	90.1 (99.7%)	54.1 (100%)	68.3 (100%)	72.7 (99.3%)	81.5 (100%)	68.5 (100%)	60.8 (100%)
2009/ 6月	最大偏差	178.1(99.7%)	179.2(100%)	177.6(100%)	179.8(99.3%)	180.0(100%)	179.6(100%)	179.9(100%)
2009/ 7月	平均偏差	80.6 (94.6%)	60.0 (70.4%)	53.5 (95.4%)	48.5 (95.2%)	45.1 (79.6%)	35.9 (39.8%)	50.0 (59.3%)
2009/ 7月	標準偏差	92.4 (94.6%)	81.8 (70.4%)	71.9 (95.4%)	69.1 (95.2%)	65.6 (79.6%)	50.8 (39.8%)	66.2 (59.3%)
2009/ 7月	最大偏差	179.8(94.6%)	179.0(70.4%)	179.9(95.4%)	179.6(95.2%)	179.5(79.6%)	176.1(39.8%)	179.0(59.3%)
2009/ 8月	平均偏差	82.8 (99.2%)	63.9 (99.9%)	44.9 (99.7%)	62.6 (99.9%)	60.8 (100%)	100.9(39.8%)	91.6 (59.3%)
2009/ 8月	標準偏差	94.1 (99.2%)	85.9 (99.9%)	64.0 (99.7%)	83.7 (99.9%)	79.9 (100%)	111.9(39.8%)	105.9(59.3%)
2009/ 8月	最大偏差	179.9(99.2%)	179.9(99.9%)	179.9(99.7%)	179.9(99.9%)	179.9(100%)	179.2(39.8%)	179.4(59.3%)
2009/ 9月	平均偏差	67.4 (98.9%)	34.9 (98.5%)	68.8 (100%)	90.0 (99.6%)	67.1 (98.8%)	105.2(41.1%)	70.4 (61.3%)
2009/ 9月	標準偏差	73.5 (98.9%)	55.3 (98.5%)	87.8 (100%)	109.3(99.6%)	85.4 (98.8%)	116.7(41.1%)	87.0 (61.3%)
2009/ 9月	最大偏差	179.1(98.9%)	179.7(98.5%)	180.0(100%)	180.0(99.6%)	179.9(98.8%)	179.8(41.1%)	179.1(61.3%)
2009/10月	平均偏差	76.1 (95.8%)	18.1 (96.5%)	62.1 (96.1%)	78.2 (95.8%)	73.7 (94.4%)	20.5 (72.8%)	51.8 (40.1%)
2009/10月	標準偏差	82.9 (95.8%)	34.8 (96.5%)	78.5 (96.1%)	101.9(95.8%)	89.8 (94.4%)	36.1 (72.8%)	64.2 (40.1%)
2009/10月	最大偏差	179.4(95.8%)	175.5(96.5%)	179.5(96.1%)	180.0(95.8%)	179.6(94.4%)	177.8(72.8%)	174.0(40.1%)
2009/11月	平均偏差	112.7(99.4%)	134.7(58.2%)	132.5(99.9%)	107.4(99.7%)	111.4(100%)	155.2(98.9%)	151.1(98.5%)
2009/11月	標準偏差	117.5(99.4%)	142.6(58.2%)	139.6(99.9%)	120.5(99.7%)	121.2(100%)	158.6(98.9%)	154.7(98.5%)
2009/11月	最大偏差	179.8(99.4%)	179.7(58.2%)	180.0(99.9%)	180.0(99.7%)	179.7(100%)	179.9(98.9%)	180.0(98.5%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位為度, 偏差大小範圍為 0-180度。

表 7.3.10 2009 年各商港之觀測及 MC 預報東西風速分量各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	平均偏差	-5.2 (99.7%)	* (*)	-1.4 (98.7%)	.8 (99.7%)	-2.3 (99.6%)	1.3 (91.9%)	1.0 (99.9%)
2008/12 月	標準偏差	6.1 (99.7%)	* (*)	2.1 (98.7%)	3.3 (99.7%)	4.2 (99.6%)	3.5 (91.9%)	2.0 (99.9%)
2008/12 月	最大偏差	-13.7 (99.7%)	* (*)	-6.4 (98.7%)	10.7 (99.7%)	11.1 (99.6%)	10.6 (91.9%)	5.9 (99.9%)
2009/ 1 月	平均偏差	-5.5 (72.7%)	* (*)	-.8 (71.9%)	.6 (72.6%)	-2.6 (72.7%)	1.6 (73.0%)	1.2 (72.7%)
2009/ 1 月	標準偏差	6.4 (72.7%)	* (*)	1.7 (71.9%)	3.1 (72.6%)	4.1 (72.7%)	2.8 (73.0%)	2.0 (72.7%)
2009/ 1 月	最大偏差	-14.4 (72.7%)	* (*)	-6.5 (71.9%)	8.2 (72.6%)	9.8 (72.7%)	6.6 (73.0%)	5.7 (72.7%)
2009/ 2 月	平均偏差	-3.3 (99.7%)	* (*)	-1.9 (99.3%)	.5 (43.6%)	-1.2 (98.8%)	1.0 (89.7%)	-.3 (89.7%)
2009/ 2 月	標準偏差	5.1 (99.7%)	* (*)	2.6 (99.3%)	2.6 (43.6%)	2.9 (98.8%)	3.0 (89.7%)	2.1 (89.7%)
2009/ 2 月	最大偏差	-11.3 (99.7%)	* (*)	-7.4 (99.3%)	6.0 (43.6%)	-9.6 (98.8%)	11.7 (89.7%)	-5.9 (89.7%)
2009/ 3 月	平均偏差	-3.6 (82.3%)	.1 (38.7%)	-1.0 (99.3%)	-.4 (89.2%)	-1.6 (99.2%)	1.6 (100%)	1.0 (99.9%)
2009/ 3 月	標準偏差	4.8 (82.3%)	1.8 (38.7%)	2.1 (99.3%)	2.6 (89.2%)	3.2 (99.2%)	3.3 (100%)	2.2 (99.9%)
2009/ 3 月	最大偏差	-11.5 (82.3%)	-7.3 (38.7%)	-8.7 (99.3%)	-8.3 (89.2%)	-8.9 (99.2%)	12.2 (100%)	7.1 (99.9%)
2009/ 4 月	平均偏差	-3.1 (99.2%)	.0 (99.6%)	-1.1 (98.9%)	-1.0 (99.4%)	-2.5 (99.7%)	1.0 (99.9%)	.8 (99.9%)
2009/ 4 月	標準偏差	4.8 (99.2%)	1.8 (99.6%)	2.4 (98.9%)	2.4 (99.4%)	3.7 (99.7%)	3.1 (99.9%)	2.3 (99.9%)
2009/ 4 月	最大偏差	-13.5 (99.2%)	7.7 (99.6%)	-7.1 (98.9%)	6.3 (99.4%)	-10.1 (99.7%)	12.0 (99.9%)	7.6 (99.9%)
2009/ 5 月	平均偏差	-2.4 (98.0%)	.1 (99.3%)	-1.0 (99.5%)	-.5 (99.6%)	-1.9 (90.2%)	.2 (100%)	.9 (99.7%)
2009/ 5 月	標準偏差	3.7 (98.0%)	1.5 (99.3%)	2.2 (99.5%)	2.3 (99.6%)	2.8 (90.2%)	2.5 (100%)	2.1 (99.7%)
2009/ 5 月	最大偏差	-11.4 (98.0%)	-3.9 (99.3%)	-8.7 (99.5%)	-6.5 (99.6%)	-7.8 (90.2%)	-9.6 (100%)	6.9 (99.7%)
2009/ 6 月	平均偏差	.1 (99.4%)	1.1 (100%)	-.7 (99.7%)	.5 (99.2%)	-.8 (99.4%)	.1 (99.3%)	.0 (99.7%)
2009/ 6 月	標準偏差	2.7 (99.4%)	1.8 (100%)	2.5 (99.7%)	2.0 (99.2%)	1.7 (99.4%)	3.2 (99.3%)	2.4 (99.7%)
2009/ 6 月	最大偏差	-7.5 (99.4%)	5.5 (100%)	-8.6 (99.7%)	-9.3 (99.2%)	-5.6 (99.4%)	9.7 (99.3%)	-8.8 (99.7%)
2009/ 7 月	平均偏差	.7 (94.6%)	2.1 (70.0%)	-.9 (95.3%)	.6 (94.9%)	-1.1 (79.2%)	.2 (39.8%)	.7 (59.0%)
2009/ 7 月	標準偏差	3.2 (94.6%)	2.6 (70.0%)	3.3 (95.3%)	2.1 (94.9%)	1.7 (79.2%)	2.8 (39.8%)	2.8 (59.0%)
2009/ 7 月	最大偏差	9.5 (94.6%)	6.5 (70.0%)	-18.7 (95.3%)	6.7 (94.9%)	-7.5 (79.2%)	7.9 (39.8%)	-12.1 (59.0%)
2009/ 8 月	平均偏差	-2.1 (98.9%)	.5 (98.1%)	1.0 (99.3%)	.4 (99.5%)	-.9 (99.5%)	-2.4 (39.8%)	2.2 (58.7%)
2009/ 8 月	標準偏差	4.2 (98.9%)	2.5 (98.1%)	2.1 (99.3%)	2.5 (99.5%)	1.9 (99.5%)	9.9 (39.8%)	4.8 (58.7%)
2009/ 8 月	最大偏差	-17.8 (98.9%)	19.0 (98.1%)	9.2 (99.3%)	13.8 (99.5%)	-8.1 (99.5%)	-23.2 (39.8%)	21.1 (58.7%)
2009/ 9 月	平均偏差	-3.2 (98.8%)	-1.0 (98.2%)	-1.2 (99.7%)	.2 (99.3%)	-1.9 (98.2%)	-6.4 (41.1%)	2.0 (60.8%)
2009/ 9 月	標準偏差	3.8 (98.8%)	2.2 (98.2%)	3.8 (99.7%)	2.3 (99.3%)	2.8 (98.2%)	8.6 (41.1%)	3.7 (60.8%)
2009/ 9 月	最大偏差	-8.6 (98.8%)	-6.1 (98.2%)	-14.8 (99.7%)	6.5 (99.3%)	-8.3 (98.2%)	-21.8 (41.1%)	12.5 (60.8%)
2009/10 月	平均偏差	-6.3 (95.8%)	-.7 (96.5%)	-.8 (95.6%)	-.3 (95.8%)	-2.7 (94.0%)	1.2 (72.6%)	2.2 (39.9%)
2009/10 月	標準偏差	6.7 (95.8%)	1.7 (96.5%)	2.8 (95.6%)	2.4 (95.8%)	4.8 (94.0%)	2.3 (72.6%)	3.0 (39.9%)
2009/10 月	最大偏差	-12.0 (95.8%)	-4.7 (96.5%)	-14.1 (95.6%)	8.5 (95.8%)	11.6 (94.0%)	7.6 (72.6%)	7.5 (39.9%)
2009/11 月	平均偏差	-1.9 (99.4%)	-6.8 (58.2%)	.3 (99.6%)	-1.4 (99.6%)	.4 (99.7%)	-10.5 (98.9%)	-1.4 (98.1%)
2009/11 月	標準偏差	4.8 (99.4%)	8.4 (58.2%)	2.6 (99.6%)	4.3 (99.6%)	2.7 (99.7%)	12.7 (98.9%)	4.1 (98.1%)
2009/11 月	最大偏差	-13.3 (99.4%)	-19.9 (58.2%)	8.2 (99.6%)	-14.5 (99.6%)	-10.4 (99.7%)	-24.2 (98.9%)	-23.3 (98.1%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位: m/s

表 7.3.11 2009 年各商港之觀測及 MC 預報南北風速分量各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	平均偏差	.7 (100%)	* (*)	-1 (99.9%)	-4.1 (99.7%)	-1.3 (100%)	.9 (91.8%)	2.6 (99.9%)
2008/12 月	標準偏差	2.5 (100%)	* (*)	1.6 (99.9%)	5.1 (99.7%)	2.8 (100%)	2.9 (91.8%)	3.6 (99.9%)
2008/12 月	最大偏差	8.4 (100%)	* (*)	-5.9 (99.9%)	-11.6 (99.7%)	-9.8 (100%)	7.8 (91.8%)	9.7 (99.9%)
2009/ 1 月	平均偏差	-.3 (73.0%)	* (*)	-.3 (72.8%)	-4.9 (72.6%)	-1.8 (72.8%)	1.1 (72.8%)	3.2 (72.8%)
2009/ 1 月	標準偏差	2.4 (73.0%)	* (*)	1.6 (72.8%)	5.8 (72.6%)	2.9 (72.8%)	3.1 (72.8%)	3.9 (72.8%)
2009/ 1 月	最大偏差	-6.5 (73.0%)	* (*)	5.1 (72.8%)	-12.6 (72.6%)	-8.1 (72.8%)	11.2 (72.8%)	10.1 (72.8%)
2009/ 2 月	平均偏差	1.2 (99.3%)	* (*)	.5 (99.9%)	-2.4 (43.8%)	-.2 (99.4%)	1.4 (89.7%)	2.2 (89.6%)
2009/ 2 月	標準偏差	2.7 (99.3%)	* (*)	2.2 (99.9%)	3.9 (43.8%)	3.0 (99.4%)	3.2 (89.7%)	3.4 (89.6%)
2009/ 2 月	最大偏差	10.5 (99.3%)	* (*)	6.4 (99.9%)	8.5 (43.8%)	10.5 (99.4%)	11.3 (89.7%)	9.9 (89.6%)
2009/ 3 月	平均偏差	.7 (81.9%)	.1 (38.7%)	.2 (100%)	-1.8 (89.4%)	.5 (99.9%)	1.0 (100%)	2.6 (99.7%)
2009/ 3 月	標準偏差	3.3 (81.9%)	2.0 (38.7%)	1.9 (100%)	4.8 (89.4%)	2.5 (99.9%)	3.3 (100%)	3.6 (99.7%)
2009/ 3 月	最大偏差	-10.8 (81.9%)	-5.8 (38.7%)	7.2 (100%)	-16.0 (89.4%)	7.8 (99.9%)	14.9 (100%)	9.8 (99.7%)
2009/ 4 月	平均偏差	2.1 (98.8%)	.5 (99.7%)	.3 (99.9%)	-2.0 (99.4%)	.0 (99.9%)	-.2 (99.7%)	2.0 (99.9%)
2009/ 4 月	標準偏差	3.6 (98.8%)	2.4 (99.7%)	1.9 (99.9%)	4.2 (99.4%)	2.4 (99.9%)	3.3 (99.7%)	3.5 (99.9%)
2009/ 4 月	最大偏差	8.4 (98.8%)	8.9 (99.7%)	6.9 (99.9%)	13.5 (99.4%)	8.1 (99.9%)	-10.8 (99.7%)	10.1 (99.9%)
2009/ 5 月	平均偏差	1.8 (98.0%)	-.3 (99.7%)	.7 (99.7%)	-1.3 (99.3%)	.3 (90.1%)	.1 (99.9%)	1.3 (99.3%)
2009/ 5 月	標準偏差	3.4 (98.0%)	2.1 (99.7%)	2.1 (99.7%)	3.0 (99.3%)	2.9 (90.1%)	2.7 (99.9%)	3.2 (99.3%)
2009/ 5 月	最大偏差	7.9 (98.0%)	-7.9 (99.7%)	7.8 (99.7%)	-8.5 (99.3%)	7.8 (90.1%)	-7.1 (99.9%)	11.0 (99.3%)
2009/ 6 月	平均偏差	1.8 (99.3%)	1.8 (99.7%)	1.6 (99.9%)	1.3 (99.3%)	.9 (99.7%)	.0 (100%)	.4 (99.9%)
2009/ 6 月	標準偏差	3.1 (99.3%)	3.1 (99.7%)	2.7 (99.9%)	3.7 (99.3%)	3.5 (99.7%)	2.4 (100%)	3.3 (99.9%)
2009/ 6 月	最大偏差	9.7 (99.3%)	10.7 (99.7%)	10.2 (99.9%)	12.9 (99.3%)	11.5 (99.7%)	9.8 (100%)	13.2 (99.9%)
2009/ 7 月	平均偏差	2.8 (94.4%)	3.1 (70.4%)	.8 (95.3%)	.7 (95.0%)	-.6 (79.4%)	-.1 (39.7%)	.2 (59.1%)
2009/ 7 月	標準偏差	4.5 (94.4%)	4.7 (70.4%)	2.3 (95.3%)	2.7 (95.0%)	2.9 (79.4%)	2.3 (39.7%)	2.8 (59.1%)
2009/ 7 月	最大偏差	11.1 (94.4%)	12.8 (70.4%)	8.0 (95.3%)	-10.7 (95.0%)	-8.1 (79.4%)	12.1 (39.7%)	-7.8 (59.1%)
2009/ 8 月	平均偏差	1.7 (99.1%)	1.5 (99.5%)	.3 (99.6%)	-.8 (99.9%)	-.7 (99.7%)	-.9 (39.8%)	.1 (59.3%)
2009/ 8 月	標準偏差	3.4 (99.1%)	6.4 (99.5%)	2.1 (99.6%)	4.2 (99.9%)	3.7 (99.7%)	5.3 (39.8%)	7.3 (59.3%)
2009/ 8 月	最大偏差	21.6 (99.1%)	21.2 (99.5%)	8.5 (99.6%)	-24.0 (99.9%)	-23.5 (99.7%)	18.5 (39.8%)	-18.8 (59.3%)
2009/ 9 月	平均偏差	2.4 (98.8%)	-1.1 (98.1%)	.0 (99.3%)	-2.4 (99.4%)	.3 (98.6%)	-3.5 (41.0%)	-.6 (61.0%)
2009/ 9 月	標準偏差	3.6 (98.8%)	3.0 (98.1%)	2.1 (99.3%)	3.9 (99.4%)	2.0 (98.6%)	4.8 (41.0%)	5.3 (61.0%)
2009/ 9 月	最大偏差	9.4 (98.8%)	9.6 (98.1%)	7.5 (99.3%)	-9.9 (99.4%)	5.4 (98.6%)	-14.2 (41.0%)	-21.6 (61.0%)
2009/10 月	平均偏差	1.5 (95.8%)	1.0 (96.4%)	.5 (96.4%)	-3.7 (96.0%)	.4 (94.2%)	2.1 (73.0%)	3.0 (40.1%)
2009/10 月	標準偏差	3.5 (95.8%)	2.7 (96.4%)	1.9 (96.4%)	5.4 (96.0%)	2.4 (94.2%)	3.5 (73.0%)	3.9 (40.1%)
2009/10 月	最大偏差	12.3 (95.8%)	6.9 (96.4%)	6.1 (96.4%)	-17.7 (96.0%)	10.1 (94.2%)	10.1 (73.0%)	12.3 (40.1%)
2009/11 月	平均偏差	-7.0 (99.3%)	-17.2 (58.2%)	-3.3 (99.7%)	-5.9 (99.7%)	-4.8 (100%)	-8.6 (98.9%)	-9.2 (98.3%)
2009/11 月	標準偏差	9.9 (99.3%)	20.1 (58.2%)	4.3 (99.7%)	9.8 (99.7%)	8.1 (100%)	11.5 (98.9%)	11.0 (98.3%)
2009/11 月	最大偏差	-20.9 (99.3%)	-35.7 (58.2%)	-10.9 (99.7%)	-24.0 (99.7%)	-21.4 (100%)	-24.7 (98.9%)	-31.1 (98.3%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位: m/s

表 7.3.12 2009 年各商港觀測及預報波浪資料蒐集率月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	727 (97.7%)	0 (.0%)	732 (98.4%)	713 (95.8%)	737 (99.1%)	717 (96.4%)	539 (72.4%)
2008/12 月	WAM	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2008/12 月	SWAN	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)
2009/ 1 月	OBS1	532 (71.5%)	0 (.0%)	429 (57.7%)	516 (69.4%)	33 (4.4%)	352 (47.3%)	448 (60.2%)
2009/ 1 月	WAM	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 1 月	SWAN	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)
2009/ 2 月	OBS1	660 (98.2%)	0 (.0%)	589 (87.6%)	649 (96.6%)	647 (96.3%)	446 (66.4%)	602 (89.6%)
2009/ 2 月	WAM	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)
2009/ 2 月	SWAN	224 (33.3%)	224 (33.3%)	224 (33.3%)	224 (33.3%)	224 (33.3%)	224 (33.3%)	224 (33.3%)
2009/ 3 月	OBS1	725 (97.4%)	0 (.0%)	536 (72.0%)	712 (95.7%)	717 (96.4%)	0 (.0%)	601 (80.8%)
2009/ 3 月	WAM	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 3 月	SWAN	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)
2009/ 4 月	OBS1	702 (97.5%)	0 (.0%)	713 (99.0%)	692 (96.1%)	700 (97.2%)	0 (.0%)	719 (99.9%)
2009/ 4 月	WAM	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 4 月	SWAN	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)
2009/ 5 月	OBS1	727 (97.7%)	0 (.0%)	737 (99.1%)	714 (96.0%)	725 (97.4%)	0 (.0%)	675 (90.7%)
2009/ 5 月	WAM	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 5 月	SWAN	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)
2009/ 6 月	OBS1	701 (97.4%)	284 (39.4%)	711 (98.8%)	693 (96.3%)	420 (58.3%)	583 (81.0%)	588 (81.7%)
2009/ 6 月	WAM	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 6 月	SWAN	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)
2009/ 7 月	OBS1	685 (92.1%)	704 (94.6%)	434 (58.3%)	688 (92.5%)	684 (91.9%)	700 (94.1%)	691 (92.9%)
2009/ 7 月	WAM	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 7 月	SWAN	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)
2009/ 8 月	OBS1	677 (91.0%)	736 (98.9%)	453 (60.9%)	716 (96.2%)	737 (99.1%)	422 (56.7%)	131 (17.6%)
2009/ 8 月	WAM	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 8 月	SWAN	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)
2009/ 9 月	OBS1	680 (94.4%)	714 (99.2%)	598 (83.1%)	703 (97.6%)	711 (98.8%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 9 月	WAM	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 9 月	SWAN	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)
2009/10 月	OBS1	723 (97.2%)	741 (99.6%)	725 (97.4%)	724 (97.3%)	726 (97.6%)	541 (72.7%)	300 (40.3%)
2009/10 月	WAM	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/10 月	SWAN	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)	248 (33.3%)
2009/11 月	OBS1	694 (96.4%)	714 (99.2%)	706 (98.1%)	707 (98.2%)	696 (96.7%)	712 (98.9%)	227 (31.5%)
2009/11 月	WAM	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/11 月	SWAN	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)	240 (33.3%)

說明: 資料格式為資料蒐集筆數 (蒐集率百分數)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站波高資料

2.WAM: WAN 預報波高資料

3.SWAN: SWAN 預報波高資料

表7.3.13 2009年各商港之觀測及預報平均示性波高月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	OBS1	1.54 (97.7%)	* (*)	.63 (98.4%)	1.51 (95.8%)	1.46 (99.1%)	1.28 (96.4%)	.60 (72.4%)
2008/12月	SWAN	2.02 (33.3%)	1.91 (33.3%)	.54 (33.3%)	2.03 (33.3%)	2.04 (33.3%)	1.86 (33.3%)	.80 (33.3%)
2008/12月	WAM	1.26 (100%)	1.05 (100%)	.52 (100%)	1.14 (100%)	1.28 (100%)	.98 (100%)	.76 (100%)
2009/ 1月	OBS1	1.78 (71.5%)	* (*)	.70 (57.7%)	1.56 (69.4%)	1.62 (4.4%)	1.67 (47.3%)	.69 (60.2%)
2009/ 1月	SWAN	1.94 (33.3%)	1.73 (33.3%)	.62 (33.3%)	1.83 (33.3%)	1.91 (33.3%)	1.83 (33.3%)	.82 (33.3%)
2009/ 1月	WAM	1.27 (100%)	1.08 (100%)	.51 (100%)	1.15 (100%)	1.29 (100%)	1.00 (100%)	.76 (100%)
2009/ 2月	OBS1	1.25 (98.2%)	* (*)	.59 (87.6%)	1.30 (96.6%)	1.47 (96.3%)	1.14 (66.4%)	.56 (89.6%)
2009/ 2月	SWAN	1.30 (33.3%)	1.25 (33.3%)	.55 (33.3%)	1.20 (33.3%)	1.29 (33.3%)	1.26 (33.3%)	.71 (33.3%)
2009/ 2月	WAM	.96 (100%)	.86 (100%)	.55 (100%)	.91 (100%)	1.02 (100%)	.78 (100%)	.65 (100%)
2009/ 3月	OBS1	1.40 (97.4%)	* (*)	.59 (72.0%)	1.27 (95.7%)	1.29 (96.4%)	* (*)	.52 (80.8%)
2009/ 3月	SWAN	1.38 (33.3%)	1.21 (33.3%)	.48 (33.3%)	1.33 (33.3%)	1.37 (33.3%)	1.28 (33.3%)	.62 (33.3%)
2009/ 3月	WAM	1.04 (100%)	.86 (100%)	.48 (100%)	.87 (100%)	1.05 (100%)	.82 (100%)	.63 (100%)
2009/ 4月	OBS1	1.02 (97.5%)	* (*)	.59 (99.0%)	1.17 (96.1%)	1.19 (97.2%)	* (*)	.58 (99.9%)
2009/ 4月	SWAN	1.35 (33.3%)	1.31 (33.3%)	.49 (33.3%)	1.26 (33.3%)	1.31 (33.3%)	1.33 (33.3%)	.71 (33.3%)
2009/ 4月	WAM	1.03 (100%)	.87 (100%)	.52 (100%)	.91 (100%)	1.04 (100%)	.79 (100%)	.63 (100%)
2009/ 5月	OBS1	.70 (97.7%)	* (*)	.59 (99.1%)	.94 (96.0%)	.99 (97.4%)	* (*)	.55 (90.7%)
2009/ 5月	SWAN	.91 (33.3%)	.85 (33.3%)	.35 (33.3%)	.82 (33.3%)	.87 (33.3%)	.90 (33.3%)	.48 (33.3%)
2009/ 5月	WAM	.65 (100%)	.46 (100%)	.34 (100%)	.65 (100%)	.70 (100%)	.44 (100%)	.36 (100%)
2009/ 6月	OBS1	.42 (97.4%)	.80 (39.4%)	1.24 (98.8%)	.86 (96.3%)	.86 (58.3%)	.66 (81.0%)	1.22 (81.7%)
2009/ 6月	SWAN	.79 (33.3%)	1.01 (33.3%)	1.00 (33.3%)	1.00 (33.3%)	.96 (33.3%)	.98 (33.3%)	1.10 (33.3%)
2009/ 6月	WAM	.59 (100%)	.88 (100%)	.87 (100%)	.78 (100%)	.79 (100%)	.75 (100%)	.88 (100%)
2009/ 7月	OBS1	.36 (92.1%)	.62 (94.6%)	.89 (58.3%)	.94 (92.5%)	1.14 (91.9%)	.65 (94.1%)	.94 (92.9%)
2009/ 7月	SWAN	.67 (33.3%)	.91 (33.3%)	1.00 (33.3%)	.87 (33.3%)	.83 (33.3%)	.81 (33.3%)	1.09 (33.3%)
2009/ 7月	WAM	.54 (100%)	.77 (100%)	.77 (100%)	.68 (100%)	.70 (100%)	.69 (100%)	.78 (100%)
2009/ 8月	OBS1	.63 (91.0%)	.96 (98.9%)	.47 (60.9%)	1.15 (96.2%)	1.24 (99.1%)	.92 (56.7%)	1.38 (17.6%)
2009/ 8月	SWAN	1.21 (33.3%)	1.20 (33.3%)	.95 (33.3%)	1.08 (33.3%)	1.10 (33.3%)	1.32 (33.3%)	1.00 (33.3%)
2009/ 8月	WAM	.84 (100%)	.92 (100%)	.94 (100%)	.99 (100%)	1.07 (100%)	.71 (100%)	.94 (100%)
2009/ 9月	OBS1	.88 (94.4%)	1.53 (99.2%)	1.06 (83.1%)	1.20 (97.6%)	1.22 (98.8%)	* (*)	* (*)
2009/ 9月	SWAN	1.17 (33.3%)	1.16 (33.3%)	.68 (33.3%)	1.08 (33.3%)	1.09 (33.3%)	1.15 (33.3%)	.88 (33.3%)
2009/ 9月	WAM	.89 (100%)	.78 (100%)	.75 (100%)	.92 (100%)	.98 (100%)	.60 (100%)	.79 (100%)
2009/10月	OBS1	1.56 (97.2%)	2.16 (99.6%)	.91 (97.4%)	1.80 (97.3%)	2.04 (97.6%)	1.42 (72.7%)	.94 (40.3%)
2009/10月	SWAN	2.16 (33.3%)	1.84 (33.3%)	.59 (33.3%)	1.73 (33.3%)	1.60 (33.3%)	1.95 (33.3%)	.83 (33.3%)
2009/10月	WAM	1.56 (100%)	1.28 (100%)	.67 (100%)	1.50 (100%)	1.63 (100%)	1.12 (100%)	.93 (100%)
2009/11月	OBS1	1.94 (96.4%)	2.21 (99.2%)	.71 (98.1%)	1.62 (98.2%)	1.52 (96.7%)	1.69 (98.9%)	.59 (31.5%)
2009/11月	SWAN	1.89 (33.3%)	1.76 (33.3%)	.51 (33.3%)	1.80 (33.3%)	1.74 (33.3%)	1.75 (33.3%)	.72 (33.3%)
2009/11月	WAM	1.45 (100%)	1.16 (100%)	.51 (100%)	1.21 (100%)	1.43 (100%)	1.10 (100%)	.76 (100%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站波高資料

SWAN: SWAN 預報波高資料

WAM: WAM 預報波高資料 單位 : m

表7.3.14 2009年各商港之觀測及預報主要波向(%) 月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	OBS1	NNE (62.9%)	* (*)	WNW (40.0%)	SE (54.1%)	E (36.8%)	N (69.6%)	W (38.8%)
2008/12月	WAM	NNE (36.8%)	NNE (76.5%)	N (26.8%)	NE (35.1%)	NNE (34.4%)	NNE (76.9%)	N (73.4%)
2008/12月	SWAN	NNE (59.3%)	NE (66.5%)	ESE (22.6%)	NNE (50.4%)	NNE (59.3%)	NE (64.9%)	E (39.7%)
2009/ 1月	OBS1	NNE (80.3%)	* (*)	WNW (38.9%)	ESE (45.6%)	ENE (93.9%)	N (94.0%)	WNW (40.5%)
2009/ 1月	WAM	NNE (51.7%)	NNE (91.4%)	N (20.3%)	NE (33.2%)	NNE (49.6%)	NNE (78.6%)	N (71.2%)
2009/ 1月	SWAN	NE (56.9%)	NE (65.3%)	ESE (45.3%)	NE (54.0%)	NNE (53.2%)	NE (77.8%)	E (41.5%)
2009/ 2月	OBS1	NNE (68.3%)	* (*)	WSW (21.1%)	SE (63.8%)	E (34.1%)	N (73.5%)	WSW (21.4%)
2009/ 2月	WAM	NE (35.0%)	NNE (67.1%)	SE (22.8%)	E (31.8%)	ENE (24.9%)	NNE (54.2%)	N (37.4%)
2009/ 2月	SWAN	NNE (49.1%)	NE (35.3%)	SE (16.5%)	NNE (50.4%)	NNE (52.2%)	NE (39.7%)	NNE (12.5%)
2009/ 3月	OBS1	NNE (60.0%)	* (*)	WNW (35.8%)	ESE (52.0%)	ENE (40.0%)	* (*)	WNW (39.8%)
2009/ 3月	WAM	NNE (34.9%)	NNE (74.5%)	SSE (21.2%)	NE (28.4%)	NNE (28.4%)	NNE (68.0%)	N (44.9%)
2009/ 3月	SWAN	NNE (41.5%)	NE (37.9%)	ESE (21.0%)	NNE (50.4%)	NNE (46.8%)	NE (38.7%)	ESE (27.4%)
2009/ 4月	OBS1	NE (70.9%)	* (*)	W (26.2%)	ESE (48.1%)	E (45.5%)	* (*)	W (22.1%)
2009/ 4月	WAM	NE (28.3%)	NNE (47.6%)	SSE (19.6%)	ENE (32.2%)	NE (30.4%)	NE (35.0%)	N (41.0%)
2009/ 4月	SWAN	NE (38.3%)	NE (49.2%)	SSE (21.3%)	NE (35.8%)	NE (34.6%)	NE (49.2%)	N (18.3%)
2009/ 5月	OBS1	NE (75.8%)	* (*)	SSW (26.5%)	SE (49.8%)	E (31.7%)	* (*)	SW (28.6%)
2009/ 5月	WAM	NE (33.1%)	NE (34.8%)	SSE (35.3%)	NE (28.1%)	NE (29.7%)	NE (31.3%)	SSE (26.1%)
2009/ 5月	SWAN	NE (32.3%)	NNE (32.3%)	SSW (20.6%)	NE (29.0%)	NNE (28.2%)	NE (26.2%)	N (19.4%)
2009/ 6月	OBS1	NE (63.6%)	W (39.4%)	SW (57.9%)	SSE (48.5%)	SE (26.0%)	N (20.4%)	SW (64.3%)
2009/ 6月	WAM	ESE (14.5%)	SW (72.4%)	SW (55.0%)	S (35.3%)	S (33.1%)	WSW (56.1%)	SW (52.9%)
2009/ 6月	SWAN	N (15.4%)	SW (30.4%)	SW (38.3%)	W (25.0%)	WNW (28.3%)	SSW (30.4%)	SW (35.4%)
2009/ 7月	OBS1	NE (60.4%)	WNW (36.4%)	WSW (38.5%)	SE (54.4%)	SE (24.3%)	W (37.9%)	SW (58.8%)
2009/ 7月	WAM	SE (40.5%)	SW (73.5%)	SW (38.3%)	S (36.4%)	S (34.9%)	WSW (61.0%)	SW (40.3%)
2009/ 7月	SWAN	NE (16.1%)	SSW (29.0%)	SW (42.7%)	WSW (21.4%)	W (27.8%)	SSW (33.1%)	SW (46.4%)
2009/ 8月	OBS1	NE (66.6%)	NNE (32.1%)	WSW (29.1%)	SE (51.8%)	ESE (21.9%)	W (28.9%)	SW (74.8%)
2009/ 8月	WAM	E (25.3%)	SW (50.7%)	SSW (27.2%)	ENE (20.7%)	SSE (22.8%)	WSW (36.0%)	SSW (31.6%)
2009/ 8月	SWAN	NE (19.4%)	SSW (16.5%)	SSW (31.5%)	NE (20.6%)	NE (27.8%)	S (22.2%)	SSW (29.4%)
2009/ 9月	OBS1	NE (60.1%)	NNE (68.5%)	SW (41.0%)	ESE (44.7%)	ENE (43.7%)	* (*)	* (*)
2009/ 9月	WAM	ENE (28.4%)	NE (40.4%)	SSW (34.9%)	ENE (31.8%)	ENE (26.8%)	NE (36.5%)	SSW (38.3%)
2009/ 9月	SWAN	ENE (43.8%)	ENE (26.3%)	S (33.8%)	NE (43.8%)	NE (44.6%)	ENE (38.3%)	SSE (18.3%)
2009/10月	OBS1	NNE (61.3%)	NNE (55.1%)	W (34.8%)	ESE (52.1%)	ENE (41.0%)	N (66.2%)	WSW (30.3%)
2009/10月	WAM	NE (40.7%)	NNE (53.0%)	N (19.1%)	ENE (29.6%)	NE (30.9%)	NE (50.8%)	N (60.5%)
2009/10月	SWAN	NE (51.2%)	NE (46.8%)	SSE (34.3%)	NNE (52.8%)	NNE (42.3%)	NE (41.5%)	ESE (21.4%)
2009/11月	OBS1	NNE (71.8%)	N (60.5%)	WNW (41.6%)	ESE (61.0%)	E (43.7%)	N (68.5%)	WNW (69.6%)
2009/11月	WAM	NE (30.6%)	NNE (64.9%)	N (22.6%)	NE (36.1%)	NNE (29.4%)	NNE (50.0%)	N (68.1%)
2009/11月	SWAN	NE (53.3%)	NE (63.3%)	SE (33.3%)	NE (42.5%)	NNE (44.6%)	NE (69.2%)	ESE (37.1%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站波向資料

WAM: WAN 預報波向資料

SWAN: SWAN 預報波向資料

表7.3.15 2009年各商港之觀測及預報平均波浪示性週期月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	OBS1	4.8 (97.7%)	* (*)	3.9 (98.4%)	5.8 (95.8%)	5.5 (99.1%)	3.7 (96.4%)	2.1 (72.4%)
2008/12月	SWAN	4.2 (33.3%)	3.9 (33.3%)	2.3 (33.3%)	4.1 (33.3%)	4.1 (33.3%)	3.9 (33.3%)	2.7 (33.3%)
2008/12月	WAM	5.7 (100%)	5.0 (100%)	4.1 (100%)	5.9 (100%)	5.8 (100%)	5.2 (100%)	4.8 (100%)
2009/ 1月	OBS1	5.1 (71.5%)	* (*)	3.9 (57.7%)	5.8 (69.4%)	5.9 (4.4%)	4.1 (47.3%)	2.2 (60.2%)
2009/ 1月	SWAN	4.1 (33.3%)	3.8 (33.3%)	2.4 (33.3%)	3.8 (33.3%)	4.1 (33.3%)	3.7 (33.3%)	2.7 (33.3%)
2009/ 1月	WAM	5.9 (100%)	5.1 (100%)	4.3 (100%)	6.1 (100%)	6.0 (100%)	5.3 (100%)	5.0 (100%)
2009/ 2月	OBS1	4.8 (98.2%)	* (*)	3.7 (87.6%)	5.6 (96.6%)	5.1 (96.3%)	3.7 (66.4%)	2.0 (89.6%)
2009/ 2月	SWAN	3.4 (33.3%)	3.3 (33.3%)	2.4 (33.3%)	3.3 (33.3%)	3.4 (33.3%)	3.3 (33.3%)	2.6 (33.3%)
2009/ 2月	WAM	5.4 (100%)	5.0 (100%)	4.4 (100%)	5.7 (100%)	5.6 (100%)	5.2 (100%)	4.7 (100%)
2009/ 3月	OBS1	4.8 (97.4%)	* (*)	3.6 (72.0%)	5.5 (95.7%)	5.0 (96.4%)	* (*)	1.9 (80.8%)
2009/ 3月	SWAN	3.8 (33.3%)	3.3 (33.3%)	2.3 (33.3%)	3.5 (33.3%)	3.7 (33.3%)	3.5 (33.3%)	2.4 (33.3%)
2009/ 3月	WAM	5.5 (100%)	4.9 (100%)	4.1 (100%)	5.5 (100%)	5.5 (100%)	5.2 (100%)	4.6 (100%)
2009/ 4月	OBS1	4.4 (97.5%)	* (*)	3.6 (99.0%)	5.2 (96.1%)	4.9 (97.2%)	* (*)	2.2 (99.9%)
2009/ 4月	SWAN	3.6 (33.3%)	3.4 (33.3%)	2.3 (33.3%)	3.4 (33.3%)	3.6 (33.3%)	3.6 (33.3%)	2.5 (33.3%)
2009/ 4月	WAM	5.3 (100%)	4.9 (100%)	4.4 (100%)	5.4 (100%)	5.4 (100%)	4.8 (100%)	4.8 (100%)
2009/ 5月	OBS1	4.1 (97.7%)	* (*)	3.8 (99.1%)	5.1 (96.0%)	4.7 (97.4%)	* (*)	2.0 (90.7%)
2009/ 5月	SWAN	2.9 (33.3%)	2.8 (33.3%)	2.1 (33.3%)	2.8 (33.3%)	2.9 (33.3%)	2.8 (33.3%)	2.3 (33.3%)
2009/ 5月	WAM	4.9 (100%)	4.3 (100%)	4.0 (100%)	5.1 (100%)	5.0 (100%)	4.3 (100%)	4.2 (100%)
2009/ 6月	OBS1	3.6 (97.4%)	3.6 (39.4%)	4.7 (98.8%)	4.6 (96.3%)	4.2 (58.3%)	3.1 (81.0%)	3.2 (81.7%)
2009/ 6月	SWAN	2.8 (33.3%)	3.1 (33.3%)	3.3 (33.3%)	3.0 (33.3%)	3.0 (33.3%)	3.0 (33.3%)	3.4 (33.3%)
2009/ 6月	WAM	4.5 (100%)	4.9 (100%)	5.1 (100%)	5.0 (100%)	5.1 (100%)	4.8 (100%)	5.0 (100%)
2009/ 7月	OBS1	3.4 (92.1%)	3.3 (94.6%)	4.2 (58.3%)	4.8 (92.5%)	4.3 (91.9%)	2.9 (94.1%)	2.8 (92.9%)
2009/ 7月	SWAN	2.6 (33.3%)	3.1 (33.3%)	3.5 (33.3%)	2.8 (33.3%)	2.9 (33.3%)	3.0 (33.3%)	3.5 (33.3%)
2009/ 7月	WAM	4.3 (100%)	5.0 (100%)	5.1 (100%)	4.7 (100%)	4.8 (100%)	4.6 (100%)	5.1 (100%)
2009/ 8月	OBS1	3.8 (91.0%)	4.5 (98.9%)	3.4 (60.9%)	5.5 (96.2%)	5.0 (99.1%)	3.3 (56.7%)	3.6 (17.6%)
2009/ 8月	SWAN	3.2 (33.3%)	3.2 (33.3%)	3.1 (33.3%)	2.9 (33.3%)	3.0 (33.3%)	3.4 (33.3%)	3.0 (33.3%)
2009/ 8月	WAM	5.0 (100%)	4.9 (100%)	5.3 (100%)	5.4 (100%)	5.4 (100%)	4.6 (100%)	5.2 (100%)
2009/ 9月	OBS1	4.6 (94.4%)	4.8 (99.2%)	5.1 (83.1%)	5.8 (97.6%)	5.2 (98.8%)	* (*)	* (*)
2009/ 9月	SWAN	3.7 (33.3%)	3.5 (33.3%)	2.8 (33.3%)	3.2 (33.3%)	3.4 (33.3%)	3.7 (33.3%)	3.0 (33.3%)
2009/ 9月	WAM	5.3 (100%)	5.4 (100%)	6.0 (100%)	5.9 (100%)	5.7 (100%)	4.9 (100%)	6.0 (100%)
2009/10月	OBS1	4.9 (97.2%)	4.9 (99.6%)	4.5 (97.4%)	6.3 (97.3%)	6.2 (97.6%)	3.7 (72.7%)	3.5 (40.3%)
2009/10月	SWAN	4.3 (33.3%)	4.1 (33.3%)	2.7 (33.3%)	3.9 (33.3%)	3.7 (33.3%)	4.2 (33.3%)	2.9 (33.3%)
2009/10月	WAM	6.3 (100%)	5.6 (100%)	5.4 (100%)	6.8 (100%)	6.7 (100%)	5.6 (100%)	5.7 (100%)
2009/11月	OBS1	5.4 (96.4%)	4.5 (99.2%)	4.0 (98.1%)	5.9 (98.2%)	5.5 (96.7%)	4.0 (98.9%)	2.5 (31.5%)
2009/11月	SWAN	4.1 (33.3%)	3.7 (33.3%)	2.5 (33.3%)	3.9 (33.3%)	3.9 (33.3%)	3.9 (33.3%)	2.7 (33.3%)
2009/11月	WAM	6.1 (100%)	5.2 (100%)	4.2 (100%)	6.2 (100%)	6.2 (100%)	5.5 (100%)	5.0 (100%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站週期資料

SWAN: SWAN 預報週期資料

WAM: WAM 預報週期資料 單位: s

表7.3.16 2009年各商港之觀測及預報最大示性波高 (波向, 週期) 月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	OBS1	5.8 (NNE, 8)	* (*)	1.1 (WNW, 4)	2.9 (ESE, 6)	2.7 (ENE, 5)	4.3 (N, 6)	1.1 (NW, 2)
2008/12月	SWAN	4.9 (NNE, 7)	4.5 (NE, 6)	1.9 (ESE, 4)	5.3 (NNE, 7)	5.1 (NNE, 7)	4.3 (NE, 6)	2.0 (E, 4)
2008/12月	WAM	3.7 (NNE, 9)	3.1 (NNE, 7)	1.7 (N, 6)	2.9 (NNE, 8)	3.6 (NNE, 9)	3.3 (N, 8)	2.6 (N, 7)
2009/ 1月	OBS1	4.1 (NNE, 7)	* (*)	1.2 (NW, 4)	2.8 (E, 7)	2.1 (ENE, 7)	2.8 (N, 4)	1.9 (WSW, 2)
2009/ 1月	SWAN	4.2 (NE, 6)	3.8 (NE, 5)	1.9 (ESE, 4)	4.3 (NE, 6)	4.2 (NE, 6)	3.7 (NE, 5)	2.0 (E, 4)
2009/ 1月	WAM	3.4 (NNE, 8)	2.8 (NNE, 7)	1.2 (N, 5)	2.4 (NNE, 8)	3.2 (NNE, 8)	2.9 (NNE, 8)	1.9 (N, 7)
2009/ 2月	OBS1	3.5 (NNE, 7)	* (*)	1.3 (SSE, 4)	3.2 (ENE, 5)	2.7 (SSE, 6)	3.0 (N, 6)	2.1 (S, 4)
2009/ 2月	SWAN	2.9 (NE, 5)	3.0 (NE, 5)	1.6 (W, 4)	3.0 (NE, 5)	2.9 (NE, 5)	2.8 (NE, 5)	1.6 (WNW, 4)
2009/ 2月	WAM	2.2 (NNE, 7)	1.8 (NNE, 6)	1.0 (SSE, 4)	1.5 (NE, 7)	2.1 (NNE, 7)	1.8 (NNE, 6)	1.3 (N, 6)
2009/ 3月	OBS1	4.1 (NNE, 7)	* (*)	1.6 (NW, 4)	2.7 (ESE, 7)	2.9 (ENE, 8)	* (*)	1.3 (NW, 2)
2009/ 3月	SWAN	4.1 (NNE, 7)	3.6 (NE, 6)	2.1 (ESE, 4)	4.4 (NE, 7)	4.3 (NNE, 7)	3.7 (NE, 6)	2.2 (ESE, 4)
2009/ 3月	WAM	3.2 (NNE, 8)	2.5 (NNE, 7)	1.6 (NNW, 6)	2.1 (NNE, 8)	3.0 (NNE, 8)	2.6 (NNE, 7)	2.3 (N, 7)
2009/ 4月	OBS1	2.9 (NNE, 6)	* (*)	1.1 (WNW, 5)	2.8 (ESE, 6)	2.4 (ENE, 6)	* (*)	1.5 (S, 4)
2009/ 4月	SWAN	2.8 (NE, 5)	2.6 (NE, 4)	2.0 (SSW, 5)	2.8 (NE, 5)	2.9 (NNE, 5)	2.6 (NE, 4)	2.2 (SSW, 5)
2009/ 4月	WAM	2.1 (NE, 7)	2.5 (SW, 6)	1.7 (WSW, 6)	1.7 (NE, 7)	2.0 (NE, 7)	2.3 (SW, 7)	1.8 (SW, 6)
2009/ 5月	OBS1	1.9 (NNE, 5)	* (*)	1.1 (SW, 6)	2.6 (SSE, 6)	2.1 (ENE, 7)	* (*)	1.1 (S, 1)
2009/ 5月	SWAN	2.3 (NNE, 5)	2.3 (NNE, 4)	.8 (WSW, 4)	2.2 (NE, 4)	2.0 (NNE, 4)	2.1 (NNE, 4)	1.6 (N, 3)
2009/ 5月	WAM	1.3 (E, 6)	1.2 (NNE, 5)	.7 (E, 4)	1.3 (E, 7)	1.3 (E, 6)	1.0 (NNE, 4)	1.0 (N, 5)
2009/ 6月	OBS1	1.7 (NNE, 5)	2.8 (W, 6)	6.4 (SW, 8)	2.6 (SE, 6)	2.2 (ENE, 6)	2.7 (WSW, 5)	7.0 (SW, 8)
2009/ 6月	SWAN	1.6 (SSE, 4)	3.7 (WSW, 5)	3.3 (WSW, 5)	2.5 (W, 4)	2.0 (W, 5)	2.5 (SSW, 5)	4.8 (WSW, 6)
2009/ 6月	WAM	1.5 (E, 7)	2.5 (SW, 6)	2.3 (SW, 7)	1.6 (ESE, 8)	1.8 (ESE, 7)	2.3 (WSW, 6)	2.0 (SW, 6)
2009/ 7月	OBS1	1.1 (NE, 2)	1.8 (W, 5)	3.5 (SW, 7)	4.1 (SSE, 8)	5.1 (S, 7)	2.0 (WSW, 4)	3.3 (SW, 8)
2009/ 7月	SWAN	2.4 (ENE, 4)	2.6 (W, 5)	2.8 (NW, 5)	3.8 (NW, 6)	3.7 (WNW, 6)	1.9 (E, 4)	3.3 (WNW, 5)
2009/ 7月	WAM	1.6 (ESE, 6)	1.5 (SW, 5)	1.5 (SSE, 5)	1.8 (SE, 7)	1.8 (SE, 6)	1.7 (WSW, 6)	1.5 (SSE, 5)
2009/ 8月	OBS1	4.5 (NE, 7)	7.8 (WSW, 6)	3.9 (SW, 7)	6.5 (ESE, 8)	7.2 (SSE, 9)	4.2 (N, 5)	3.3 (SW, 5)
2009/ 8月	SWAN	5.4 (SSE, 6)	5.5 (S, 7)	4.3 (SSE, 6)	5.6 (WSW, 7)	5.8 (WSW, 7)	6.1 (SSE, 8)	4.2 (S, 6)
2009/ 8月	WAM	5.8 (ENE, 10)	4.2 (NNE, 8)	4.8 (SW, 9)	5.7 (S, 10)	5.7 (S, 11)	3.6 (NNE, 8)	4.7 (WSW, 9)
2009/ 9月	OBS1	2.2 (NNE, 6)	3.3 (NNE, 7)	4.2 (SW, 10)	2.7 (SSE, 7)	2.5 (SE, 6)	* (*)	* (*)
2009/ 9月	SWAN	2.6 (NNE, 5)	2.8 (NE, 5)	1.7 (S, 6)	2.5 (NE, 5)	2.5 (NNE, 6)	2.6 (NNE, 5)	2.0 (SSW, 5)
2009/ 9月	WAM	2.1 (NE, 7)	1.7 (NE, 5)	2.4 (SSW, 10)	2.1 (ESE, 7)	2.2 (ESE, 7)	1.5 (NNE, 5)	2.4 (SSW, 10)
2009/10月	OBS1	3.8 (NNE, 7)	4.3 (NNE, 6)	3.1 (SSW, 8)	3.5 (SE, 7)	4.8 (E, 10)	3.2 (NNE, 4)	2.3 (SW, 5)
2009/10月	SWAN	4.9 (ENE, 7)	5.1 (NE, 6)	2.0 (SE, 5)	4.4 (ENE, 6)	4.8 (ENE, 6)	4.7 (NE, 6)	2.5 (N, 4)
2009/10月	WAM	2.9 (NE, 8)	3.1 (NNE, 7)	2.3 (SW, 11)	3.2 (ESE, 10)	3.1 (ESE, 10)	2.5 (NNE, 7)	2.5 (N, 7)
2009/11月	OBS1	5.2 (NNE, 8)	5.3 (N, 6)	1.4 (WNW, 5)	3.4 (ESE, 7)	2.5 (ENE, 7)	4.6 (N, 6)	1.1 (WNW, 2)
2009/11月	SWAN	6.1 (NE, 8)	5.6 (NE, 7)	1.2 (SE, 4)	6.1 (NE, 7)	5.5 (NE, 7)	5.3 (NE, 7)	2.0 (ENE, 5)
2009/11月	WAM	3.9 (NNE, 9)	3.3 (NNE, 8)	1.9 (N, 6)	2.9 (NNE, 8)	3.8 (NNE, 9)	3.2 (NNE, 8)	2.8 (N, 7)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站波高資料

SWAN: SWAN 預報波高資料

WAM: WAM 預報波高資料 單位: m(來向,s)

表 7.3.17 2009 年各商港之觀測及預報最大示性波高 (日/時) 月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	5.8 (05/03)	* (*)	1.1 (22/21)	2.9 (22/14)	2.7 (10/00)	4.3 (22/08)	1.1 (05/06)
2008/12 月	WAM	3.7 (22/08)	3.1 (05/06)	1.7 (05/09)	2.9 (22/12)	3.6 (22/09)	3.3 (05/05)	2.6 (05/09)
2008/12 月	SWAN	4.9 (23/00)	4.5 (23/00)	1.9 (05/06)	5.3 (05/12)	5.1 (23/00)	4.3 (23/00)	2.0 (05/06)
2009/ 1 月	OBS1	4.1 (23/13)	* (*)	1.2 (09/22)	2.8 (10/13)	2.1 (02/08)	2.8 (07/21)	1.9 (06/14)
2009/ 1 月	WAM	3.4 (23/22)	2.8 (24/03)	1.2 (10/06)	2.4 (24/06)	3.2 (24/02)	2.9 (23/21)	1.9 (24/05)
2009/ 1 月	SWAN	4.2 (10/09)	3.8 (01/00)	1.9 (24/12)	4.3 (24/03)	4.2 (10/09)	3.7 (02/00)	2.0 (24/12)
2009/ 2 月	OBS1	3.5 (20/12)	* (*)	1.3 (12/21)	3.2 (15/06)	2.7 (13/12)	3.0 (16/18)	2.1 (12/19)
2009/ 2 月	WAM	2.2 (20/16)	1.8 (20/18)	1.0 (12/22)	1.5 (20/21)	2.1 (20/17)	1.8 (20/16)	1.3 (20/21)
2009/ 2 月	SWAN	2.9 (21/03)	3.0 (21/00)	1.6 (13/03)	3.0 (21/00)	2.9 (21/03)	2.8 (21/06)	1.6 (12/18)
2009/ 3 月	OBS1	4.1 (14/01)	* (*)	1.6 (14/01)	2.7 (14/14)	2.9 (30/07)	* (*)	1.3 (14/05)
2009/ 3 月	WAM	3.2 (14/06)	2.5 (14/08)	1.6 (14/08)	2.1 (14/14)	3.0 (14/07)	2.6 (14/04)	2.3 (14/07)
2009/ 3 月	SWAN	4.1 (14/15)	3.6 (14/12)	2.1 (14/00)	4.4 (14/09)	4.3 (14/18)	3.7 (14/12)	2.2 (14/00)
2009/ 4 月	OBS1	2.9 (25/12)	* (*)	1.1 (09/16)	2.8 (02/08)	2.4 (01/23)	* (*)	1.5 (20/00)
2009/ 4 月	WAM	2.1 (02/00)	2.5 (20/11)	1.7 (20/19)	1.7 (02/03)	2.0 (02/01)	2.3 (20/12)	1.8 (20/18)
2009/ 4 月	SWAN	2.8 (02/12)	2.6 (02/00)	2.0 (20/06)	2.8 (02/12)	2.9 (02/12)	2.6 (02/09)	2.2 (20/15)
2009/ 5 月	OBS1	1.9 (26/21)	* (*)	1.1 (07/21)	2.6 (13/09)	2.1 (29/19)	* (*)	1.1 (16/10)
2009/ 5 月	WAM	1.3 (01/13)	1.2 (04/17)	.7 (01/05)	1.3 (01/09)	1.3 (01/12)	1.0 (04/12)	1.0 (05/19)
2009/ 5 月	SWAN	2.3 (08/06)	2.3 (07/18)	.8 (18/00)	2.2 (08/15)	2.0 (08/06)	2.1 (08/06)	1.6 (08/00)
2009/ 6 月	OBS1	1.7 (04/21)	2.8 (22/01)	6.4 (21/09)	2.6 (18/17)	2.2 (05/01)	2.7 (22/17)	7.0 (21/08)
2009/ 6 月	WAM	1.5 (18/17)	2.5 (22/05)	2.3 (04/21)	1.6 (18/14)	1.8 (18/16)	2.3 (22/07)	2.0 (22/13)
2009/ 6 月	SWAN	1.6 (05/09)	3.7 (21/03)	3.3 (21/06)	2.5 (22/15)	2.0 (22/15)	2.5 (04/18)	4.8 (21/06)
2009/ 7 月	OBS1	1.1 (07/17)	1.8 (20/08)	3.5 (18/22)	4.1 (18/02)	5.1 (18/06)	2.0 (01/12)	3.3 (18/21)
2009/ 7 月	WAM	1.6 (13/00)	1.5 (02/00)	1.5 (14/00)	1.8 (14/00)	1.8 (13/11)	1.7 (24/10)	1.5 (14/00)
2009/ 7 月	SWAN	2.4 (17/12)	2.6 (18/09)	2.8 (18/09)	3.8 (17/21)	3.7 (17/21)	1.9 (17/15)	3.3 (18/09)
2009/ 8 月	OBS1	4.5 (07/11)	7.8 (07/23)	3.9 (05/13)	6.5 (07/10)	7.2 (08/07)	4.2 (07/12)	3.3 (04/12)
2009/ 8 月	WAM	5.8 (07/10)	4.2 (07/21)	4.8 (08/20)	5.7 (08/21)	5.7 (08/21)	3.6 (07/12)	4.7 (08/21)
2009/ 8 月	SWAN	5.4 (10/00)	5.5 (07/21)	4.3 (07/21)	5.6 (07/21)	5.8 (07/21)	6.1 (07/21)	4.2 (07/21)
2009/ 9 月	OBS1	2.2 (29/05)	3.3 (29/03)	4.2 (30/01)	2.7 (20/11)	2.5 (13/14)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	WAM	2.1 (04/19)	1.7 (04/22)	2.4 (29/20)	2.1 (30/11)	2.2 (30/12)	1.5 (04/19)	2.4 (29/21)
2009/ 9 月	SWAN	2.6 (26/15)	2.8 (26/18)	1.7 (30/06)	2.5 (26/09)	2.5 (03/03)	2.6 (26/18)	2.0 (30/06)
2009/10 月	OBS1	3.8 (04/23)	4.3 (04/22)	3.1 (05/10)	3.5 (24/13)	4.8 (06/16)	3.2 (05/03)	2.3 (05/23)
2009/10 月	WAM	2.9 (07/01)	3.1 (06/00)	2.3 (01/00)	3.2 (22/20)	3.1 (23/00)	2.5 (06/00)	2.5 (05/20)
2009/10 月	SWAN	4.9 (22/18)	5.1 (03/21)	2.0 (24/15)	4.4 (22/18)	4.8 (22/18)	4.7 (03/21)	2.5 (04/21)
2009/11 月	OBS1	5.2 (17/18)	5.3 (17/18)	1.4 (02/21)	3.4 (03/13)	2.5 (18/06)	4.6 (17/14)	1.1 (22/13)
2009/11 月	WAM	3.9 (03/01)	3.3 (03/08)	1.9 (02/13)	2.9 (03/04)	3.8 (03/02)	3.2 (17/22)	2.8 (02/13)
2009/11 月	SWAN	6.1 (03/03)	5.6 (03/03)	1.2 (02/21)	6.1 (03/03)	5.5 (03/03)	5.3 (03/03)	2.0 (03/06)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站波高資料

WAM: WAM 預報波高資料

SWAN: SWAN 預報波高資料 單位 : m(日/時)

表7.3.18 2009年各商港觀測及預報最大平均波浪週期 (波向, 波高) 月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	OBS1	7.9 (NNE, 5)	* (*)	4.9 (SW, 1)	7.2 (SE, 2)	7.3 (S, .01)	6.4 (N, 3)	5.5 (WNW, 1)
2008/12月	SWAN	7.1 (NNE, 5)	6.1 (NE, 4)	4.3 (ESE, 2)	7.0 (NNE, 5)	7.2 (N, 4)	6.2 (NE, 4)	4.2 (E, 2)
2008/12月	WAM	8.9 (NNE, 4)	7.7 (NNE, 3)	6.2 (N, 2)	8.7 (NNE, 3)	9.0 (NNE, 4)	8.2 (NNE, 3)	7.1 (N, 3)
2009/ 1月	OBS1	7.5 (NNE, 3)	* (*)	4.7 (W, 1)	7.3 (ESE, 2)	7.3 (S, .01)	5.7 (N, 2)	5.6 (SSW, .34)
2009/ 1月	SWAN	6.4 (NE, 4)	5.7 (ENE, 4)	4.1 (ESE, 2)	6.3 (NE, 4)	6.4 (NNE, 4)	5.7 (NE, 4)	4.1 (E, 2)
2009/ 1月	WAM	8.3 (NNE, 3)	7.3 (NNE, 3)	5.8 (NNW, 1)	8.2 (NNE, 2)	8.4 (NNE, 3)	7.6 (NNE, 3)	6.8 (N, 2)
2009/ 2月	OBS1	7.3 (S, .01)	* (*)	8.4 (WNW, .04)	7.1 (ESE, 1)	7.3 (S, .01)	5.6 (N, 3)	5.0 (S, .27)
2009/ 2月	SWAN	5.3 (NE, 3)	5.0 (NE, 3)	4.4 (SW, 1)	5.0 (NE, 3)	5.2 (NE, 3)	4.9 (NE, 3)	4.4 (SW, 1)
2009/ 2月	WAM	7.2 (NE, 2)	6.7 (NNE, 1)	6.2 (SE, 1)	7.2 (NE, 1)	7.3 (NNE, 2)	7.1 (NNE, 1)	6.4 (N, 1)
2009/ 3月	OBS1	7.3 (S, .01)	* (*)	4.7 (W, 1)	7.5 (ESE, 2)	7.6 (ENE, 3)	* (*)	5.0 (NW, .36)
2009/ 3月	SWAN	7.8 (NNE, 3)	5.7 (NE, 4)	4.3 (ESE, 2)	7.1 (N, 3)	7.7 (N, 3)	6.2 (NE, 2)	4.3 (ESE, 2)
2009/ 3月	WAM	8.1 (NNE, 3)	6.9 (NNE, 2)	6.4 (NNW, 1)	8.0 (NNE, 2)	8.3 (NNE, 3)	7.3 (NNE, 3)	6.7 (N, 2)
2009/ 4月	OBS1	6.3 (NNE, 3)	* (*)	5.1 (SSW, .40)	6.8 (ESE, 2)	7.3 (S, .01)	* (*)	5.5 (SW, .26)
2009/ 4月	SWAN	5.1 (E, 1)	4.7 (SSW, 2)	4.6 (SSW, 2)	5.0 (NNE, 2)	5.0 (NE, 3)	5.1 (E, 1)	4.8 (SSW, 2)
2009/ 4月	WAM	6.8 (NE, 1)	6.8 (SW, 1)	6.6 (SW, 1)	7.2 (NE, 1)	7.0 (NE, 1)	6.6 (NE, 1)	6.6 (N, 1)
2009/ 5月	OBS1	6.8 (NE, 2)	* (*)	6.3 (SW, 1)	7.2 (SE, 2)	7.3 (S, .01)	* (*)	6.3 (SW, 1)
2009/ 5月	SWAN	4.5 (NNE, 2)	4.3 (NNE, 2)	3.8 (WSW, 1)	4.3 (NE, 2)	4.2 (NNE, 2)	4.2 (E, 1)	3.6 (WSW, 1)
2009/ 5月	WAM	7.4 (NE, 1)	6.7 (SSW, .17)	5.5 (NNW, .46)	7.4 (NE, 1)	7.4 (NE, 1)	7.3 (NE, 1)	5.7 (SSE, .38)
2009/ 6月	OBS1	7.3 (S, .01)	6.2 (W, 1)	8.4 (SW, 6)	7.4 (SE, 2)	7.3 (S, .01)	6.2 (W, 1)	8.4 (SW, 4)
2009/ 6月	SWAN	6.0 (ESE, 1)	4.9 (WSW, 4)	6.3 (SW, 2)	4.3 (W, 2)	4.6 (W, 2)	4.7 (SSW, 3)	6.2 (WSW, 5)
2009/ 6月	WAM	7.5 (ESE, 1)	6.7 (SW, 1)	7.3 (SW, 2)	7.7 (ESE, 2)	7.6 (ESE, 1)	6.4 (NE, .43)	7.4 (SW, 2)
2009/ 7月	OBS1	5.9 (NNE, 1)	5.5 (WNW, 1)	7.0 (SW, 4)	7.8 (SSE, 4)	6.9 (SSE, 3)	4.9 (W, 1)	7.9 (SW, 3)
2009/ 7月	SWAN	5.4 (ESE, 1)	4.5 (E, 1)	4.9 (WSW, 1)	5.6 (NW, 4)	5.7 (WNW, 4)	5.2 (SE, 2)	5.1 (WNW, 3)
2009/ 7月	WAM	6.7 (SE, 1)	7.6 (SSW, 1)	7.0 (SSW, 1)	7.0 (SE, 2)	6.8 (SE, 2)	7.2 (SW, .33)	6.9 (SSW, 1)
2009/ 8月	OBS1	7.3 (S, .01)	7.4 (NE, 3)	7.5 (SW, 4)	9.7 (SE, 6)	9.2 (ENE, 6)	7.2 (N, 1)	8.0 (SW, 3)
2009/ 8月	SWAN	8.0 (ESE, 2)	7.2 (S, 6)	6.5 (SSW, 4)	6.9 (WSW, 6)	7.2 (WSW, 6)	7.8 (SE, 6)	5.5 (S, 4)
2009/ 8月	WAM	10.7 (ENE, 5)	8.6 (NNE, 3)	10.2 (SSW, 4)	10.9 (ENE, 4)	11.3 (S, 5)	8.3 (NE, 3)	10.1 (SSW, 4)
2009/ 9月	OBS1	7.3 (S, .01)	6.9 (NNE, 3)	10.4 (WSW, 4)	9.4 (SSE, 2)	9.3 (ESE, 2)	* (*)	* (*)
2009/ 9月	SWAN	6.3 (NE, 3)	6.5 (SE, 2)	7.1 (S, 2)	5.6 (NNE, 2)	5.9 (NNE, 3)	6.4 (ESE, 2)	6.0 (S, 2)
2009/ 9月	WAM	7.7 (ENE, 2)	10.7 (SSW, 2)	10.9 (SW, 2)	7.7 (ENE, 2)	7.7 (ENE, 2)	8.0 (SSW, 1)	10.8 (SW, 2)
2009/10月	OBS1	11.1 (SSE, .14)	6.0 (N, 4)	9.1 (SW, 3)	8.9 (SE, 3)	10.1 (E, 5)	6.1 (N, 3)	7.7 (WSW, 2)
2009/10月	SWAN	6.6 (ENE, 5)	6.5 (SE, 2)	7.3 (S, 1)	6.1 (ENE, 4)	6.4 (NNE, 3)	6.4 (ESE, 2)	5.4 (S, 2)
2009/10月	WAM	9.8 (NE, 3)	11.1 (SW, 2)	10.9 (SW, 2)	10.7 (SE, 3)	10.2 (ESE, 3)	10.4 (SW, 1)	10.9 (SW, 2)
2009/11月	OBS1	8.5 (NNE, 3)	6.7 (N, 5)	5.1 (WNW, 1)	7.8 (ESE, 2)	7.3 (S, .01)	6.3 (N, 4)	4.4 (WNW, 1)
2009/11月	SWAN	7.5 (NE, 6)	6.7 (NE, 6)	4.0 (SSE, 1)	6.8 (NE, 6)	7.0 (NE, 6)	6.9 (NE, 5)	5.0 (ESE, 2)
2009/11月	WAM	10.2 (NE, 2)	10.1 (NE, 2)	8.1 (S, 1)	10.4 (NE, 2)	10.2 (NE, 2)	10.1 (NE, 2)	7.7 (N, 2)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站週期資料

SWAN: SWAN 預報週期資料

WAM: WAM 預報週期資料 單位: s(來向,m)

表 7.3.19 2009 年各商港之觀測及預報最大平均波浪週期 (日/時) 月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	7.9 (22/08)	* (*)	4.9 (03/05)	7.2 (02/20)	7.3 (22/12)	6.4 (05/05)	5.5 (01/14)
2008/12 月	WAM	8.9 (22/11)	7.7 (22/11)	6.2 (05/11)	8.7 (22/15)	9.0 (22/11)	8.2 (22/11)	7.1 (05/10)
2008/12 月	SWAN	7.1 (23/00)	6.1 (05/12)	4.3 (05/06)	7.0 (05/12)	7.2 (22/06)	6.2 (22/21)	4.2 (22/12)
2009/ 1 月	OBS1	7.5 (10/17)	* (*)	4.7 (01/11)	7.3 (02/08)	7.3 (01/05)	5.7 (11/03)	5.6 (13/05)
2009/ 1 月	WAM	8.3 (24/00)	7.3 (24/02)	5.8 (23/20)	8.2 (24/08)	8.4 (24/01)	7.6 (23/22)	6.8 (24/08)
2009/ 1 月	SWAN	6.4 (24/06)	5.7 (10/06)	4.1 (24/12)	6.3 (10/06)	6.4 (24/03)	5.7 (24/06)	4.1 (24/12)
2009/ 2 月	OBS1	7.3 (28/17)	* (*)	8.4 (18/16)	7.1 (01/08)	7.3 (27/11)	5.6 (16/18)	5.0 (03/16)
2009/ 2 月	WAM	7.2 (18/04)	6.7 (21/09)	6.2 (08/08)	7.2 (21/08)	7.3 (20/22)	7.1 (18/06)	6.4 (21/03)
2009/ 2 月	SWAN	5.3 (21/03)	5.0 (21/00)	4.4 (14/06)	5.0 (21/00)	5.2 (21/03)	4.9 (21/06)	4.4 (14/06)
2009/ 3 月	OBS1	7.3 (08/19)	* (*)	4.7 (15/00)	7.5 (10/15)	7.6 (30/07)	* (*)	5.0 (15/14)
2009/ 3 月	WAM	8.1 (14/08)	6.9 (14/10)	6.4 (14/11)	8.0 (14/12)	8.3 (14/11)	7.3 (14/07)	6.7 (14/10)
2009/ 3 月	SWAN	7.8 (14/06)	5.7 (14/12)	4.3 (14/00)	7.1 (14/03)	7.7 (14/03)	6.2 (14/03)	4.3 (14/00)
2009/ 4 月	OBS1	6.3 (26/00)	* (*)	5.1 (25/05)	6.8 (02/22)	7.3 (05/13)	* (*)	5.5 (25/14)
2009/ 4 月	WAM	6.8 (03/02)	6.8 (21/02)	6.6 (21/08)	7.2 (03/04)	7.0 (03/01)	6.6 (03/08)	6.6 (02/01)
2009/ 4 月	SWAN	5.1 (18/06)	4.7 (20/06)	4.6 (20/06)	5.0 (06/03)	5.0 (02/03)	5.1 (18/06)	4.8 (20/06)
2009/ 5 月	OBS1	6.8 (30/02)	* (*)	6.3 (08/01)	7.2 (03/09)	7.3 (02/17)	* (*)	6.3 (07/21)
2009/ 5 月	WAM	7.4 (30/09)	6.7 (10/03)	5.5 (05/01)	7.4 (30/12)	7.4 (30/10)	7.3 (30/12)	5.7 (09/23)
2009/ 5 月	SWAN	4.5 (08/06)	4.3 (07/18)	3.8 (18/00)	4.3 (08/15)	4.2 (08/06)	4.2 (27/03)	3.6 (17/21)
2009/ 6 月	OBS1	7.3 (10/21)	6.2 (21/10)	8.4 (21/00)	7.4 (18/21)	7.3 (03/15)	6.2 (22/00)	8.4 (20/03)
2009/ 6 月	WAM	7.5 (19/20)	6.7 (06/07)	7.3 (05/00)	7.7 (18/11)	7.6 (19/18)	6.4 (01/00)	7.4 (05/02)
2009/ 6 月	SWAN	6.0 (19/18)	4.9 (21/03)	6.3 (23/03)	4.3 (22/06)	4.6 (22/15)	4.7 (04/18)	6.2 (21/06)
2009/ 7 月	OBS1	5.9 (22/15)	5.5 (20/03)	7.0 (18/22)	7.8 (18/02)	6.9 (13/04)	4.9 (14/15)	7.9 (18/21)
2009/ 7 月	WAM	6.7 (13/21)	7.6 (20/03)	7.0 (19/10)	7.0 (14/06)	6.8 (13/20)	7.2 (20/11)	6.9 (19/13)
2009/ 7 月	SWAN	5.4 (14/06)	4.5 (13/12)	4.9 (04/00)	5.6 (17/21)	5.7 (17/21)	5.2 (13/21)	5.1 (18/09)
2009/ 8 月	OBS1	7.3 (01/18)	7.4 (07/09)	7.5 (05/10)	9.7 (07/04)	9.2 (07/07)	7.2 (08/11)	8.0 (04/08)
2009/ 8 月	WAM	10.7 (07/04)	8.6 (08/21)	10.2 (09/19)	10.9 (07/10)	11.3 (09/00)	8.3 (07/16)	10.1 (09/19)
2009/ 8 月	SWAN	8.0 (04/15)	7.2 (07/21)	6.5 (10/03)	6.9 (07/21)	7.2 (07/21)	7.8 (07/09)	5.5 (07/21)
2009/ 9 月	OBS1	7.3 (01/15)	6.9 (29/10)	10.4 (29/23)	9.4 (18/23)	9.3 (18/06)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	WAM	7.7 (05/07)	10.7 (30/23)	10.9 (30/23)	7.7 (05/05)	7.7 (05/05)	8.0 (30/23)	10.8 (30/22)
2009/ 9 月	SWAN	6.3 (03/03)	6.5 (30/21)	7.1 (30/03)	5.6 (03/03)	5.9 (03/03)	6.4 (30/21)	6.0 (30/03)
2009/10 月	OBS1	11.1 (01/12)	6.0 (04/19)	9.1 (01/01)	8.9 (21/06)	10.1 (06/16)	6.1 (08/04)	7.7 (01/00)
2009/10 月	WAM	9.8 (08/19)	11.1 (01/03)	10.9 (01/00)	10.7 (23/04)	10.2 (23/03)	10.4 (01/13)	10.9 (01/00)
2009/10 月	SWAN	6.6 (22/18)	6.5 (01/00)	7.3 (01/09)	6.1 (22/06)	6.4 (08/03)	6.4 (01/00)	5.4 (01/00)
2009/11 月	OBS1	8.5 (12/11)	6.7 (17/15)	5.1 (03/08)	7.8 (12/16)	7.3 (04/13)	6.3 (17/15)	4.4 (25/07)
2009/11 月	WAM	10.2 (12/20)	10.1 (13/01)	8.1 (01/18)	10.4 (12/22)	10.2 (12/20)	10.1 (12/22)	7.7 (03/15)
2009/11 月	SWAN	7.5 (03/03)	6.7 (03/03)	4.0 (02/18)	6.8 (03/03)	7.0 (03/03)	6.9 (03/03)	5.0 (02/15)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站週期資料

WAM: WAM 預報週期資料

SWAN: SWAN 預報週期資料 單位 : s(日/時)

表7.3.20 2009年各商港之觀測及 SWAN 預報示性波高各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	平均偏差	.48 (32.8%)	* (*)	-.09 (32.8%)	.52 (31.7%)	.58 (33.2%)	.54 (31.7%)	.20 (24.2%)
2008/12月	標準偏差	1.00 (32.8%)	* (*)	.29 (32.8%)	1.03 (31.7%)	1.10 (33.2%)	.93 (31.7%)	.35 (24.2%)
2008/12月	最大偏差	-3.20 (32.8%)	* (*)	1.24 (32.8%)	3.17 (31.7%)	4.52 (33.2%)	-2.67 (31.7%)	1.12 (24.2%)
2008/12月	平均比值	1.62 (32.8%)	* (*)	1.34 (32.8%)	1.30 (31.7%)	3.56 (33.2%)	1.67 (31.7%)	1.32 (24.2%)
2009/1月	平均偏差	.20 (24.1%)	* (*)	-.01 (19.4%)	.31 (22.8%)	1.33 (1.5%)	.45 (16.4%)	.16 (19.5%)
2009/1月	標準偏差	.80 (24.1%)	* (*)	.23 (19.4%)	.88 (22.8%)	1.45 (1.5%)	.81 (16.4%)	.31 (19.5%)
2009/1月	最大偏差	-2.84 (24.1%)	* (*)	.67 (19.4%)	2.41 (22.8%)	2.52 (1.5%)	1.86 (16.4%)	-1.43 (19.5%)
2009/1月	平均比值	1.27 (24.1%)	* (*)	.97 (19.4%)	2.52 (22.8%)	1.82 (1.5%)	1.37 (16.4%)	1.25 (19.5%)
2009/2月	平均偏差	.04 (32.9%)	* (*)	-.03 (28.7%)	-.10 (32.0%)	-.17 (30.2%)	.10 (21.7%)	.17 (29.9%)
2009/2月	標準偏差	.59 (32.9%)	* (*)	.44 (28.7%)	.47 (32.0%)	.51 (30.2%)	.43 (21.7%)	.41 (29.9%)
2009/2月	最大偏差	-2.67 (32.9%)	* (*)	1.39 (28.7%)	-2.35 (32.0%)	-1.71 (30.2%)	-1.43 (21.7%)	1.03 (29.9%)
2009/2月	平均比值	1.27 (32.9%)	* (*)	2.54 (28.7%)	.93 (32.0%)	.90 (30.2%)	1.32 (21.7%)	1.40 (29.9%)
2009/3月	平均偏差	-.03 (32.3%)	* (*)	-.09 (23.9%)	.07 (31.9%)	.09 (31.9%)	* (*)	.10 (26.9%)
2009/3月	標準偏差	.73 (32.3%)	* (*)	.27 (23.9%)	.59 (31.9%)	.69 (31.9%)	* (*)	.28 (26.9%)
2009/3月	最大偏差	-3.17 (32.3%)	* (*)	1.09 (23.9%)	2.40 (31.9%)	2.83 (31.9%)	* (*)	1.56 (26.9%)
2009/3月	平均比值	1.21 (32.3%)	* (*)	1.21 (23.9%)	1.03 (31.9%)	3.35 (31.9%)	* (*)	1.21 (26.9%)
2009/4月	平均偏差	.31 (32.4%)	* (*)	-.09 (33.2%)	.10 (32.2%)	.10 (32.6%)	* (*)	.13 (33.3%)
2009/4月	標準偏差	.72 (32.4%)	* (*)	.35 (33.2%)	.55 (32.2%)	.61 (32.6%)	* (*)	.34 (33.3%)
2009/4月	最大偏差	-1.92 (32.4%)	* (*)	1.31 (33.2%)	-1.53 (32.2%)	-1.52 (32.6%)	* (*)	1.29 (33.3%)
2009/4月	平均比值	1.48 (32.4%)	* (*)	.86 (33.2%)	1.11 (32.2%)	1.13 (32.6%)	* (*)	1.24 (33.3%)
2009/5月	平均偏差	.21 (32.8%)	* (*)	-.24 (32.9%)	-.12 (31.2%)	-.11 (32.7%)	* (*)	-.08 (30.2%)
2009/5月	標準偏差	.49 (32.8%)	* (*)	.32 (32.9%)	.44 (31.2%)	.38 (32.7%)	* (*)	.22 (30.2%)
2009/5月	最大偏差	1.77 (32.8%)	* (*)	-.84 (32.9%)	-2.31 (31.2%)	1.31 (32.7%)	* (*)	.64 (30.2%)
2009/5月	平均比值	1.56 (32.8%)	* (*)	.64 (32.9%)	.93 (31.2%)	1.31 (32.7%)	* (*)	.89 (30.2%)
2009/6月	平均偏差	.37 (32.5%)	.31 (13.1%)	-.24 (32.8%)	.14 (32.2%)	-.03 (19.6%)	.36 (26.8%)	-.14 (27.4%)
2009/6月	標準偏差	.49 (32.5%)	.69 (13.1%)	.81 (32.8%)	.42 (32.2%)	.37 (19.6%)	.77 (26.8%)	.69 (27.4%)
2009/6月	最大偏差	1.16 (32.5%)	3.13 (13.1%)	-3.94 (32.8%)	1.20 (32.2%)	1.52 (19.6%)	2.23 (26.8%)	-3.13 (27.4%)
2009/6月	平均比值	2.28 (32.5%)	1.65 (13.1%)	.96 (32.8%)	1.24 (32.2%)	2.07 (19.6%)	2.14 (26.8%)	1.03 (27.4%)
2009/7月	平均偏差	.31 (30.9%)	.31 (31.7%)	.05 (19.5%)	-.05 (30.9%)	-.29 (30.8%)	.18 (31.3%)	.17 (30.5%)
2009/7月	標準偏差	.45 (30.9%)	.41 (31.7%)	.47 (19.5%)	.61 (30.9%)	.79 (30.8%)	.51 (31.3%)	.43 (30.5%)
2009/7月	最大偏差	1.76 (30.9%)	1.77 (31.7%)	-1.53 (19.5%)	-2.58 (30.9%)	-3.87 (30.8%)	-1.44 (31.3%)	1.64 (30.5%)
2009/7月	平均比值	1.84 (30.9%)	1.60 (31.7%)	1.31 (19.5%)	1.22 (30.9%)	.97 (30.8%)	1.56 (31.3%)	1.39 (30.5%)
2009/8月	平均偏差	.62 (30.8%)	.24 (32.9%)	-.01 (20.4%)	-.05 (32.5%)	-.15 (32.9%)	1.04 (18.8%)	-.57 (6.2%)
2009/8月	標準偏差	1.23 (30.8%)	.81 (32.9%)	.54 (20.4%)	.52 (32.5%)	.53 (32.9%)	1.54 (18.8%)	.81 (6.2%)
2009/8月	最大偏差	4.51 (30.8%)	-4.11 (32.9%)	-3.04 (20.4%)	-2.08 (32.5%)	-2.81 (32.9%)	3.81 (18.8%)	-2.28 (6.2%)
2009/8月	平均比值	2.74 (30.8%)	1.61 (32.9%)	1.29 (20.4%)	1.12 (32.5%)	.87 (32.9%)	2.35 (18.8%)	.67 (6.2%)
2009/9月	平均偏差	.30 (31.8%)	-.38 (32.9%)	-.34 (27.5%)	-.11 (32.6%)	-.13 (33.3%)	* (*)	* (*)
2009/9月	標準偏差	.57 (31.8%)	.73 (32.9%)	.79 (27.5%)	.53 (32.6%)	.49 (33.3%)	* (*)	* (*)
2009/9月	最大偏差	2.05 (31.8%)	-2.32 (32.9%)	-3.56 (27.5%)	1.52 (32.6%)	1.40 (33.3%)	* (*)	* (*)
2009/9月	平均比值	1.89 (31.8%)	1.19 (32.9%)	.89 (27.5%)	1.53 (32.6%)	1.39 (33.3%)	* (*)	* (*)
2009/10月	平均偏差	.58 (32.7%)	-.32 (33.1%)	-.33 (32.4%)	-.06 (32.9%)	-.45 (32.7%)	.44 (24.3%)	.16 (13.4%)
2009/10月	標準偏差	1.00 (32.7%)	.84 (33.1%)	.54 (32.4%)	.73 (32.9%)	1.01 (32.7%)	.95 (24.3%)	.46 (13.4%)
2009/10月	最大偏差	3.13 (32.7%)	-2.22 (33.1%)	-2.23 (32.4%)	-2.57 (32.9%)	-3.28 (32.7%)	3.26 (24.3%)	1.44 (13.4%)
2009/10月	平均比值	1.44 (32.7%)	.86 (33.1%)	.68 (32.4%)	.94 (32.9%)	1.47 (32.7%)	1.31 (24.3%)	1.22 (13.4%)
2009/11月	平均偏差	-.05 (31.8%)	-.46 (33.1%)	-.20 (32.9%)	.17 (32.8%)	.21 (31.9%)	.05 (32.8%)	.12 (9.2%)
2009/11月	標準偏差	1.03 (31.8%)	1.05 (33.1%)	.27 (32.9%)	.89 (32.8%)	.92 (31.9%)	.92 (32.8%)	.23 (9.2%)
2009/11月	最大偏差	-3.33 (31.8%)	-3.20 (33.1%)	-.65 (32.9%)	3.67 (32.8%)	3.64 (31.9%)	-2.65 (32.8%)	.58 (9.2%)
2009/11月	平均比值	1.14 (31.8%)	2.26 (33.1%)	.72 (32.9%)	1.06 (32.8%)	4.97 (31.9%)	1.23 (32.8%)	1.22 (9.2%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: m

表 7.3.21 2009 年各商港之觀測及 SWAN 預報波向各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	平均偏差	10.6 (32.8%)	* (*)	138.6(32.8%)	93.2 (31.9%)	61.7 (33.1%)	37.7 (31.7%)	149.3(24.2%)
2008/12 月	標準偏差	13.7 (32.8%)	* (*)	142.8(32.8%)	95.0 (31.9%)	68.0 (33.1%)	40.0 (31.7%)	151.2(24.2%)
2008/12 月	最大偏差	43.8 (32.8%)	* (*)	179.5(32.8%)	143.9(31.9%)	164.4(33.1%)	72.9 (31.7%)	179.9(24.2%)
2009/ 1 月	平均偏差	11.4 (24.1%)	* (*)	143.9(19.2%)	82.2 (22.8%)	28.4 (1.5%)	40.6 (16.4%)	160.9(19.5%)
2009/ 1 月	標準偏差	13.8 (24.1%)	* (*)	147.5(19.2%)	85.9 (22.8%)	29.5 (1.5%)	41.5 (16.4%)	161.9(19.5%)
2009/ 1 月	最大偏差	33.2 (24.1%)	* (*)	179.9(19.2%)	144.2(22.8%)	41.0 (1.5%)	64.2 (16.4%)	179.9(19.5%)
2009/ 2 月	平均偏差	23.1 (32.9%)	* (*)	104.8(28.7%)	120.6(32.0%)	97.7 (30.1%)	40.5 (21.7%)	112.8(29.9%)
2009/ 2 月	標準偏差	32.5 (32.9%)	* (*)	114.6(28.7%)	124.1(32.0%)	106.6(30.1%)	49.1 (21.7%)	123.3(29.9%)
2009/ 2 月	最大偏差	100.6(32.9%)	* (*)	179.5(28.7%)	179.1(32.0%)	179.1(30.1%)	178.2(21.7%)	179.8(29.9%)
2009/ 3 月	平均偏差	20.4 (32.1%)	* (*)	122.1(23.9%)	103.1(31.9%)	79.6 (31.9%)	* (*)	121.0(26.9%)
2009/ 3 月	標準偏差	30.0 (32.1%)	* (*)	131.0(23.9%)	109.6(31.9%)	90.8 (31.9%)	* (*)	130.6(26.9%)
2009/ 3 月	最大偏差	98.7 (32.1%)	* (*)	179.8(23.9%)	179.3(31.9%)	179.7(31.9%)	* (*)	179.8(26.9%)
2009/ 4 月	平均偏差	27.6 (32.4%)	* (*)	96.1 (33.2%)	94.5 (32.1%)	72.7 (32.5%)	* (*)	119.1(33.3%)
2009/ 4 月	標準偏差	40.8 (32.4%)	* (*)	107.8(33.2%)	100.6(32.1%)	83.2 (32.5%)	* (*)	128.2(33.3%)
2009/ 4 月	最大偏差	168.4(32.4%)	* (*)	179.3(33.2%)	179.9(32.1%)	173.7(32.5%)	* (*)	179.7(33.3%)
2009/ 5 月	平均偏差	29.0 (32.8%)	* (*)	62.2 (32.9%)	117.8(30.8%)	90.1 (32.7%)	* (*)	93.5 (30.2%)
2009/ 5 月	標準偏差	37.9 (32.8%)	* (*)	75.6 (32.9%)	123.2(30.8%)	100.3(32.7%)	* (*)	104.6(30.2%)
2009/ 5 月	最大偏差	112.0(32.8%)	* (*)	177.2(32.9%)	179.7(30.8%)	180.0(32.7%)	* (*)	178.8(30.2%)
2009/ 6 月	平均偏差	80.0 (32.4%)	56.4 (13.1%)	40.7 (32.8%)	124.8(32.2%)	119.2(19.6%)	83.6 (26.8%)	48.6 (27.4%)
2009/ 6 月	標準偏差	94.0 (32.4%)	64.5 (13.1%)	54.5 (32.8%)	128.4(32.2%)	126.1(19.6%)	99.1 (26.8%)	64.3 (27.4%)
2009/ 6 月	最大偏差	179.9(32.4%)	139.0(13.1%)	178.2(32.8%)	179.9(32.2%)	179.1(19.6%)	178.8(26.8%)	165.1(27.4%)
2009/ 7 月	平均偏差	56.0 (30.9%)	72.1 (31.7%)	54.7 (19.5%)	128.4(30.9%)	125.9(30.8%)	87.0 (31.3%)	42.2 (30.5%)
2009/ 7 月	標準偏差	71.7 (30.9%)	80.2 (31.7%)	67.8 (19.5%)	131.4(30.9%)	130.6(30.8%)	98.2 (31.3%)	61.0 (30.5%)
2009/ 7 月	最大偏差	179.5(30.9%)	173.1(31.7%)	178.5(19.5%)	179.7(30.9%)	178.5(30.8%)	178.6(31.3%)	162.8(30.5%)
2009/ 8 月	平均偏差	60.2 (30.8%)	85.8 (32.9%)	61.7 (20.4%)	96.1 (32.5%)	83.8 (32.8%)	101.9(18.8%)	78.7 (6.2%)
2009/ 8 月	標準偏差	73.3 (30.8%)	100.8(32.9%)	75.2 (20.4%)	104.9(32.5%)	96.6 (32.8%)	113.4(18.8%)	87.8 (6.2%)
2009/ 8 月	最大偏差	175.7(30.8%)	179.1(32.9%)	178.5(20.4%)	178.8(32.5%)	179.7(32.8%)	177.8(18.8%)	176.5(6.2%)
2009/ 9 月	平均偏差	30.2 (31.8%)	53.7 (32.9%)	71.6 (27.5%)	100.6(32.6%)	55.6 (33.2%)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	標準偏差	36.7 (31.8%)	68.2 (32.9%)	80.4 (27.5%)	105.4(32.6%)	71.7 (33.2%)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	最大偏差	116.3(31.8%)	179.9(32.9%)	178.7(27.5%)	179.6(32.6%)	179.9(33.2%)	* (*)	* (*)
2009/10 月	平均偏差	20.0 (32.7%)	43.6 (33.1%)	103.1(32.4%)	88.0 (32.9%)	50.2 (32.4%)	55.0 (24.3%)	125.2(13.4%)
2009/10 月	標準偏差	26.4 (32.7%)	52.6 (33.1%)	110.4(32.4%)	91.8 (32.9%)	56.8 (32.4%)	63.3 (24.3%)	130.4(13.4%)
2009/10 月	最大偏差	75.5 (32.7%)	159.8(33.1%)	179.3(32.4%)	173.0(32.9%)	141.8(32.4%)	147.2(24.3%)	177.4(13.4%)
2009/11 月	平均偏差	17.8 (31.8%)	40.1 (32.9%)	114.6(32.9%)	88.9 (32.8%)	66.7 (31.9%)	43.3 (32.5%)	167.2(9.2%)
2009/11 月	標準偏差	23.2 (31.8%)	47.1 (32.9%)	123.6(32.9%)	93.2 (32.8%)	74.3 (31.9%)	49.0 (32.5%)	167.5(9.2%)
2009/11 月	最大偏差	65.6 (31.8%)	172.6(32.9%)	179.8(32.9%)	179.0(32.8%)	177.5(31.9%)	179.6(32.5%)	179.8(9.2%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位為度, 偏差大小範圍為 0-180 度。

表 7.3.22 2009 年各商港之觀測及 SWAN 預報平均波浪週期各種偏差月統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	平均偏差	-6 (32.8%)	* (*)	-1.6 (32.8%)	-1.7 (31.7%)	-1.4 (33.2%)	.2 (31.7%)	.5 (24.2%)
2008/12 月	標準偏差	1.0 (32.8%)	* (*)	1.7 (32.8%)	2.1 (31.7%)	1.8 (33.2%)	.8 (31.7%)	.7 (24.2%)
2008/12 月	最大偏差	-3.9 (32.8%)	* (*)	-3.0 (32.8%)	-3.6 (31.7%)	-4.4 (33.2%)	2.3 (31.7%)	-2.3 (24.2%)
2008/12 月	平均比值	.9 (32.8%)	* (*)	.6 (32.8%)	.7 (31.7%)	.8 (33.2%)	1.1 (31.7%)	1.3 (24.2%)
2009/ 1 月	平均偏差	-1.0 (24.1%)	* (*)	-1.3 (19.4%)	-2.0 (22.8%)	-1.2 (1.5%)	-.3 (16.4%)	.7 (19.5%)
2009/ 1 月	標準偏差	1.2 (24.1%)	* (*)	1.4 (19.4%)	2.3 (22.8%)	1.3 (1.5%)	.8 (16.4%)	.9 (19.5%)
2009/ 1 月	最大偏差	-3.3 (24.1%)	* (*)	-2.4 (19.4%)	-4.7 (22.8%)	-2.4 (1.5%)	-2.3 (16.4%)	-2.1 (19.5%)
2009/ 1 月	平均比值	.8 (24.1%)	* (*)	.7 (19.4%)	.7 (22.8%)	.8 (1.5%)	.9 (16.4%)	1.4 (19.5%)
2009/ 2 月	平均偏差	-1.4 (32.9%)	* (*)	-1.3 (28.7%)	-2.3 (32.0%)	-1.7 (30.2%)	-.4 (21.7%)	.7 (29.9%)
2009/ 2 月	標準偏差	1.5 (32.9%)	* (*)	1.6 (28.7%)	2.5 (32.0%)	1.8 (30.2%)	.7 (21.7%)	1.1 (29.9%)
2009/ 2 月	最大偏差	-3.3 (32.9%)	* (*)	-3.3 (28.7%)	-4.6 (32.0%)	-3.5 (30.2%)	-2.5 (21.7%)	2.9 (29.9%)
2009/ 2 月	平均比值	.7 (32.9%)	* (*)	.7 (28.7%)	.6 (32.0%)	.7 (30.2%)	.9 (21.7%)	1.4 (29.9%)
2009/ 3 月	平均偏差	-1.1 (32.3%)	* (*)	-1.3 (23.9%)	-2.0 (31.9%)	-1.3 (31.9%)	* (*)	.5 (26.9%)
2009/ 3 月	標準偏差	1.3 (32.3%)	* (*)	1.5 (23.9%)	2.2 (31.9%)	1.7 (31.9%)	* (*)	.8 (26.9%)
2009/ 3 月	最大偏差	-3.9 (32.3%)	* (*)	-2.8 (23.9%)	-4.0 (31.9%)	-4.8 (31.9%)	* (*)	-3.0 (26.9%)
2009/ 3 月	平均比值	.8 (32.3%)	* (*)	.6 (23.9%)	.6 (31.9%)	.7 (31.9%)	* (*)	1.3 (26.9%)
2009/ 4 月	平均偏差	-.8 (32.4%)	* (*)	-1.3 (33.2%)	-1.9 (32.2%)	-1.3 (32.6%)	* (*)	.3 (33.3%)
2009/ 4 月	標準偏差	1.1 (32.4%)	* (*)	1.5 (33.2%)	2.0 (32.2%)	1.5 (32.6%)	* (*)	.8 (33.3%)
2009/ 4 月	最大偏差	-3.2 (32.4%)	* (*)	-2.9 (33.2%)	-3.7 (32.2%)	-3.5 (32.6%)	* (*)	2.8 (33.3%)
2009/ 4 月	平均比值	.8 (32.4%)	* (*)	.6 (33.2%)	.6 (32.2%)	.7 (32.6%)	* (*)	1.2 (33.3%)
2009/ 5 月	平均偏差	-1.1 (32.8%)	* (*)	-1.8 (32.9%)	-2.3 (31.2%)	-1.8 (32.7%)	* (*)	.2 (30.2%)
2009/ 5 月	標準偏差	1.3 (32.8%)	* (*)	2.0 (32.9%)	2.4 (31.2%)	2.0 (32.7%)	* (*)	.8 (30.2%)
2009/ 5 月	最大偏差	-3.2 (32.8%)	* (*)	-4.1 (32.9%)	-4.3 (31.2%)	-4.2 (32.7%)	* (*)	-3.7 (30.2%)
2009/ 5 月	平均比值	.7 (32.8%)	* (*)	.6 (32.9%)	.6 (31.2%)	.6 (32.7%)	* (*)	1.2 (30.2%)
2009/ 6 月	平均偏差	-.8 (32.5%)	-.3 (13.1%)	-1.4 (32.8%)	-1.6 (32.2%)	-1.5 (19.6%)	.0 (26.8%)	.1 (27.4%)
2009/ 6 月	標準偏差	1.2 (32.5%)	.8 (13.1%)	1.9 (32.8%)	1.9 (32.2%)	1.7 (19.6%)	1.0 (26.8%)	1.4 (27.4%)
2009/ 6 月	最大偏差	-5.4 (32.5%)	-1.8 (13.1%)	-4.9 (32.8%)	-4.5 (32.2%)	-3.8 (19.6%)	-3.6 (26.8%)	-5.3 (27.4%)
2009/ 6 月	平均比值	.8 (32.5%)	.9 (13.1%)	.7 (32.8%)	.7 (32.2%)	.7 (19.6%)	1.0 (26.8%)	1.2 (27.4%)
2009/ 7 月	平均偏差	-.8 (30.9%)	-.2 (31.7%)	-1.0 (19.5%)	-2.0 (30.9%)	-1.4 (30.8%)	.1 (31.3%)	.7 (30.5%)
2009/ 7 月	標準偏差	1.1 (30.9%)	.7 (31.7%)	1.6 (19.5%)	2.2 (30.9%)	1.7 (30.8%)	.8 (31.3%)	1.3 (30.5%)
2009/ 7 月	最大偏差	-3.8 (30.9%)	-2.2 (31.7%)	-4.2 (19.5%)	-4.6 (30.9%)	-3.7 (30.8%)	2.9 (31.3%)	-3.4 (30.5%)
2009/ 7 月	平均比值	.8 (30.9%)	1.0 (31.7%)	.8 (19.5%)	.6 (30.9%)	.7 (30.8%)	1.1 (31.3%)	1.4 (30.5%)
2009/ 8 月	平均偏差	-.6 (30.8%)	-1.4 (32.9%)	-1.0 (20.4%)	-2.6 (32.5%)	-2.0 (32.9%)	.9 (18.8%)	-.7 (6.2%)
2009/ 8 月	標準偏差	1.4 (30.8%)	1.7 (32.9%)	1.3 (20.4%)	2.9 (32.5%)	2.2 (32.9%)	1.4 (18.8%)	1.7 (6.2%)
2009/ 8 月	最大偏差	-5.7 (30.8%)	-4.0 (32.9%)	-4.1 (20.4%)	-5.8 (32.5%)	-4.5 (32.9%)	4.2 (18.8%)	-5.3 (6.2%)
2009/ 8 月	平均比值	.8 (30.8%)	.7 (32.9%)	.7 (20.4%)	.5 (32.5%)	.6 (32.9%)	1.3 (18.8%)	.9 (6.2%)
2009/ 9 月	平均偏差	-.8 (31.8%)	-1.3 (32.9%)	-2.1 (27.5%)	-2.6 (32.6%)	-1.8 (33.3%)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	標準偏差	1.3 (31.8%)	1.8 (32.9%)	2.6 (27.5%)	2.8 (32.6%)	2.1 (33.3%)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	最大偏差	-4.0 (31.8%)	-3.8 (32.9%)	-7.7 (27.5%)	-6.3 (32.6%)	-6.8 (33.3%)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	平均比值	.8 (31.8%)	.8 (32.9%)	.6 (27.5%)	.6 (32.6%)	.7 (33.3%)	* (*)	* (*)
2009/10 月	平均偏差	-.6 (32.7%)	-.8 (33.1%)	-1.7 (32.4%)	-2.4 (32.9%)	-2.5 (32.7%)	.2 (24.3%)	-.2 (13.4%)
2009/10 月	標準偏差	1.1 (32.7%)	1.3 (33.1%)	2.1 (32.4%)	2.6 (32.9%)	3.0 (32.7%)	1.0 (24.3%)	1.1 (13.4%)
2009/10 月	最大偏差	-5.9 (32.7%)	-2.8 (33.1%)	-5.5 (32.4%)	-4.9 (32.9%)	-6.4 (32.7%)	2.8 (24.3%)	-3.5 (13.4%)
2009/10 月	平均比值	.9 (32.7%)	.8 (33.1%)	.6 (32.4%)	.6 (32.9%)	.6 (32.7%)	1.1 (24.3%)	1.0 (13.4%)
2009/11 月	平均偏差	-1.2 (31.8%)	-.8 (33.1%)	-1.5 (32.9%)	-2.1 (32.8%)	-1.6 (31.9%)	-.2 (32.8%)	.3 (9.2%)
2009/11 月	標準偏差	1.5 (31.8%)	1.2 (33.1%)	1.6 (32.9%)	2.3 (32.8%)	1.9 (31.9%)	.9 (32.8%)	.6 (9.2%)
2009/11 月	最大偏差	-3.7 (31.8%)	-3.2 (33.1%)	-3.0 (32.9%)	-5.0 (32.8%)	-4.4 (31.9%)	2.6 (32.8%)	-2.0 (9.2%)
2009/11 月	平均比值	.8 (31.8%)	.8 (33.1%)	.6 (32.9%)	.6 (32.8%)	.7 (31.9%)	1.0 (32.8%)	1.1 (9.2%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位 : s

Tide in TAI-PEI HARBOR

○ 1

● 8

● 15

● 22

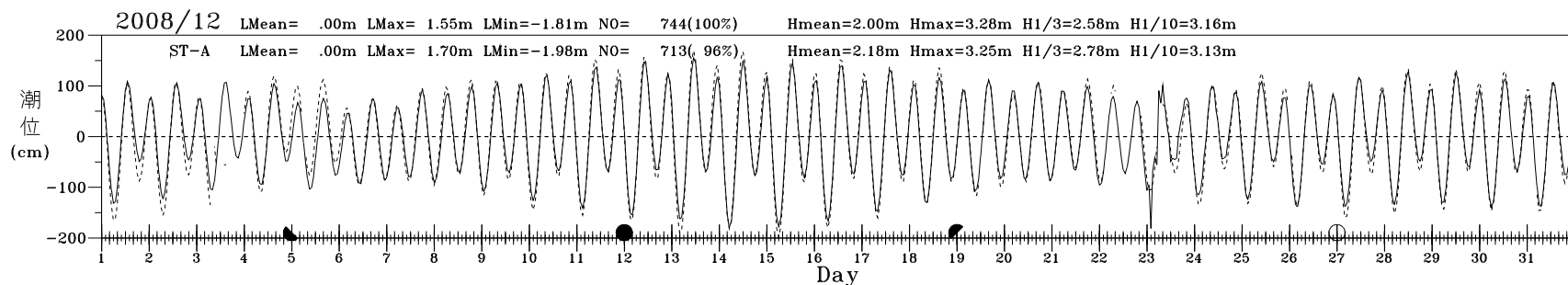


圖 7.3.1a 2008年12月臺北港潮位比對 (實線: 模式, 虛線: 觀測1)

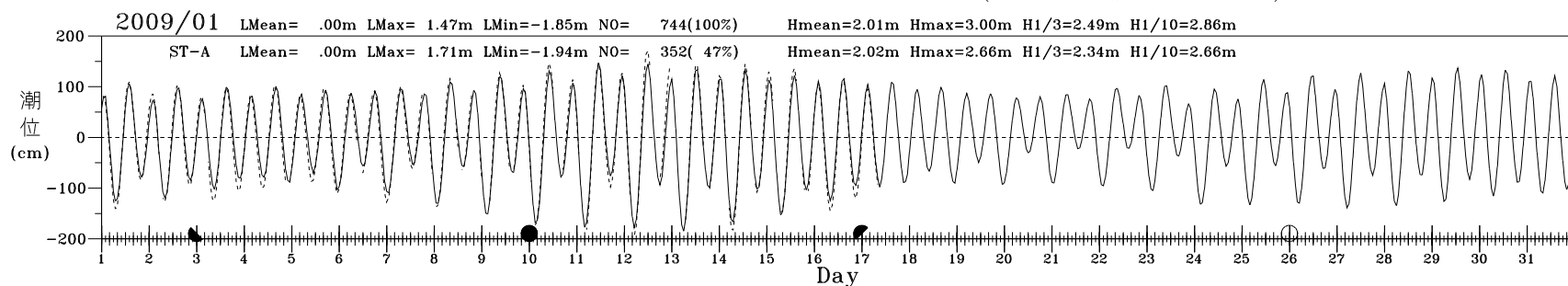


圖 7.3.1b 2009年01月臺北港潮位比對 (實線: 模式, 虛線: 觀測1)

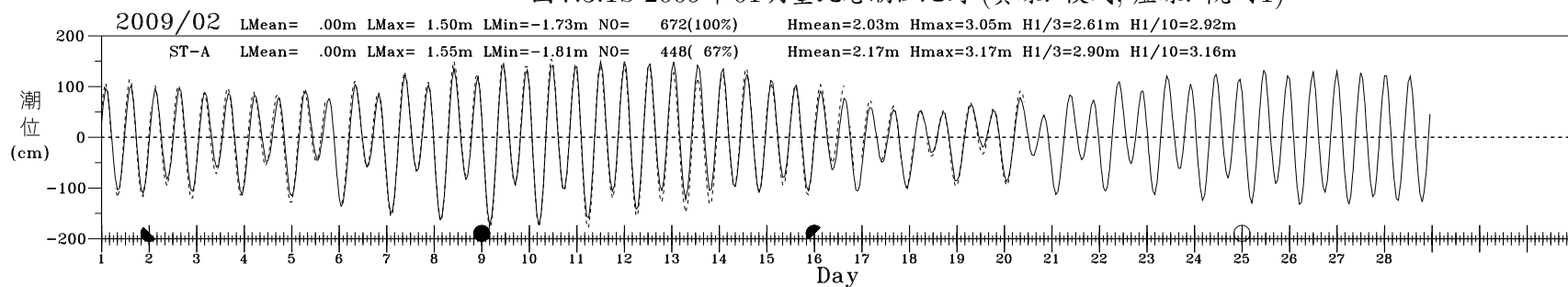


圖 7.3.1c 2009年02月臺北港潮位比對 (實線: 模式, 虛線: 觀測1)

T08CTPAB.S70 T091TPAB.S70 T092TPAB.S70
T08CTPA1.1H0 T091TPA1.1H0 T092TPA1.1H0

Institute of Harbor & Marine Technology

Tide in TAI-PEI HARBOR

○ 1

● 8

● 15

● 22

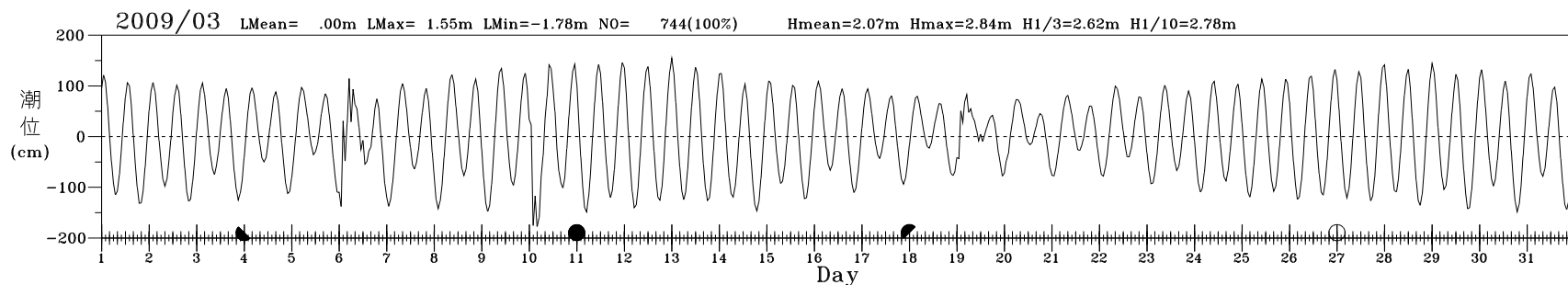


圖 7.3.1d 2009年03月臺北港潮位比對 (實線: 模式, 虛線: 觀測1)

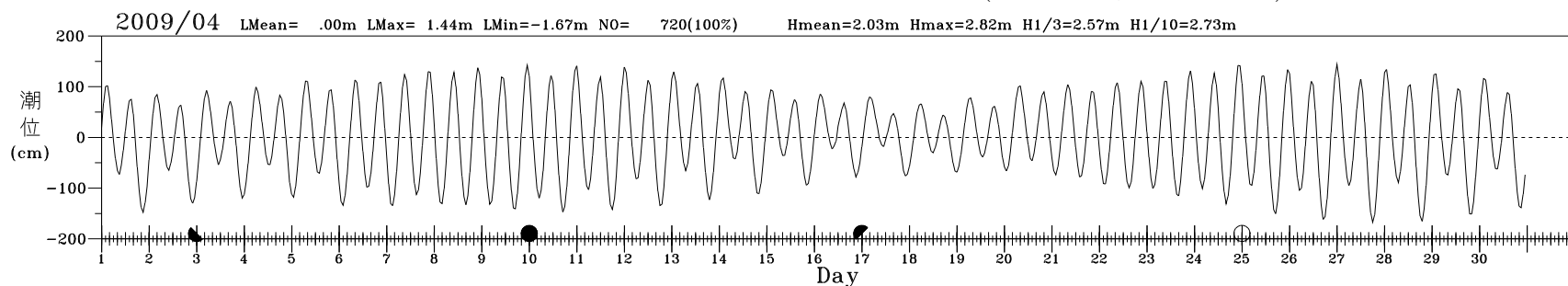


圖 7.3.1e 2009年04月臺北港潮位比對 (實線: 模式, 虛線: 觀測1)

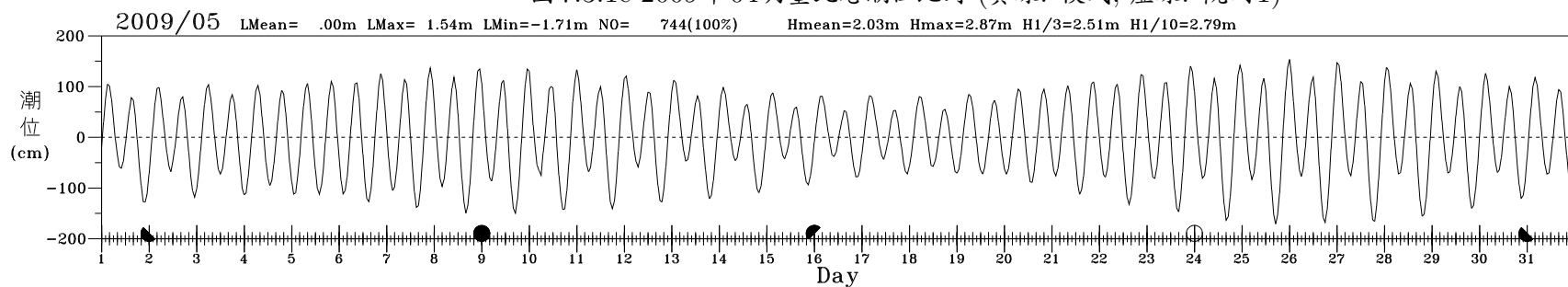


圖 7.3.1f 2009年05月臺北港潮位比對 (實線: 模式, 虛線: 觀測1)

T093TPAB.S70 T094TPAB.S70 T095TPAB.S70
T093TPA1.1H0 T094TPA1.1H0 T095TPA1.1H0

Institute of Harbor & Marine Technology

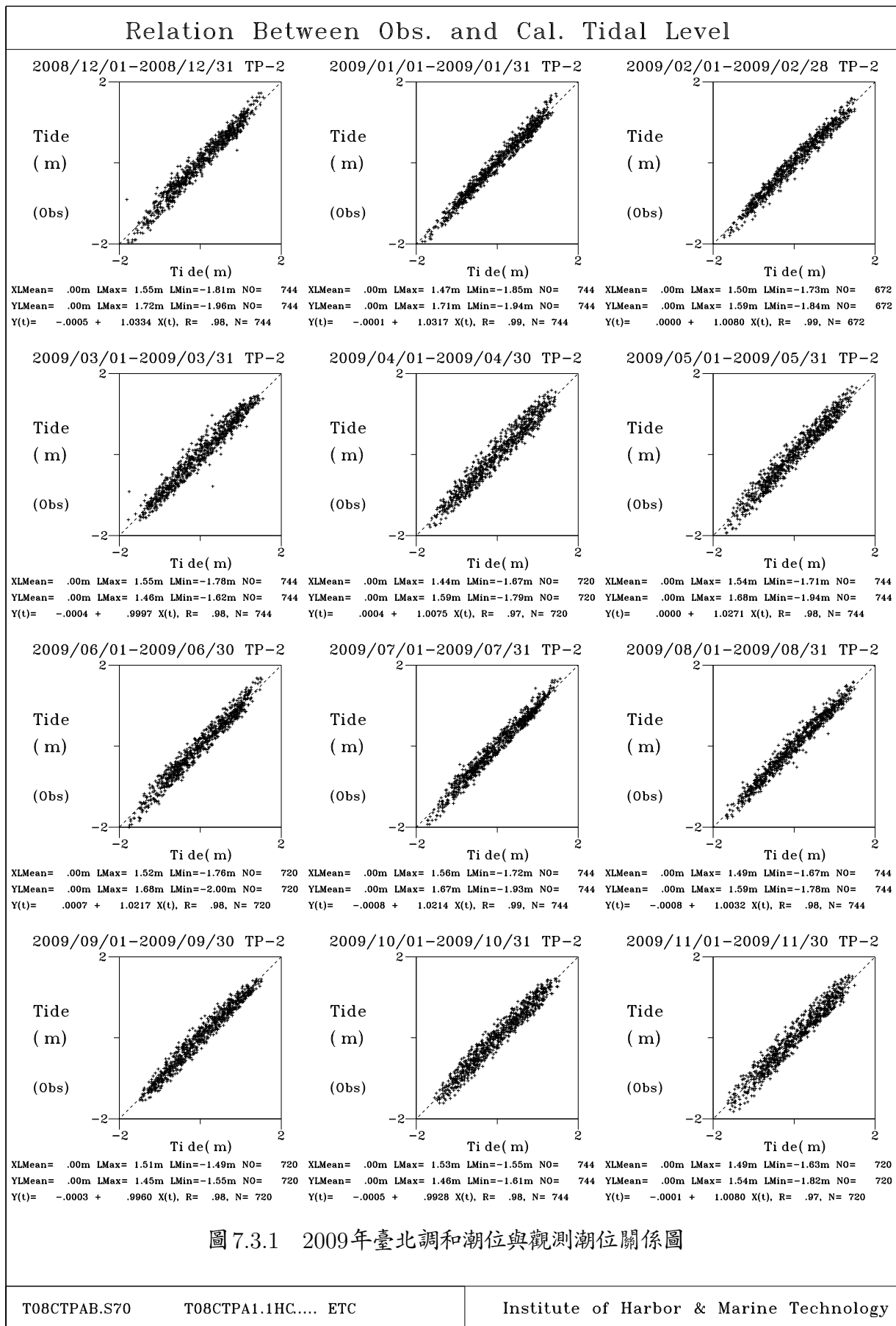


表 7.3.23 2009 年每月七商港觀測及預報潮位資料蒐集率統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	741 (99.6%)	0 (.0%)	733 (98.5%)	735 (98.8%)	738 (99.2%)	713 (95.8%)	547 (73.5%)
2008/12 月	OBS2	744 (100%)	733 (98.5%)	744 (100%)	744 (100%)	742 (99.7%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2008/12 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 1 月	OBS1	538 (72.3%)	0 (.0%)	429 (57.7%)	532 (71.5%)	33 (4.4%)	352 (47.3%)	460 (61.8%)
2009/ 1 月	OBS2	543 (73.0%)	538 (72.3%)	542 (72.8%)	543 (73.0%)	543 (73.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 1 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 2 月	OBS1	667 (99.3%)	0 (.0%)	598 (89.0%)	664 (98.8%)	650 (96.7%)	448 (66.7%)	602 (89.6%)
2009/ 2 月	OBS2	670 (99.7%)	557 (82.9%)	672 (100%)	672 (100%)	669 (99.6%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 2 月	MED	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)
2009/ 3 月	OBS1	737 (99.1%)	0 (.0%)	542 (72.8%)	734 (98.7%)	728 (97.8%)	0 (.0%)	601 (80.8%)
2009/ 3 月	OBS2	743 (99.9%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	741 (99.6%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 3 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 4 月	OBS1	713 (99.0%)	0 (.0%)	713 (99.0%)	708 (98.3%)	711 (98.8%)	0 (.0%)	719 (99.9%)
2009/ 4 月	OBS2	718 (99.7%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 4 月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 5 月	OBS1	735 (98.8%)	0 (.0%)	737 (99.1%)	737 (99.1%)	737 (99.1%)	0 (.0%)	688 (92.5%)
2009/ 5 月	OBS2	731 (98.3%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 5 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 6 月	OBS1	713 (99.0%)	284 (39.4%)	712 (98.9%)	708 (98.3%)	428 (59.4%)	589 (81.8%)	588 (81.7%)
2009/ 6 月	OBS2	718 (99.7%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	719 (99.9%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 6 月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 7 月	OBS1	702 (94.4%)	709 (95.3%)	435 (58.5%)	698 (93.8%)	685 (92.1%)	700 (94.1%)	691 (92.9%)
2009/ 7 月	OBS2	705 (94.8%)	255 (34.3%)	711 (95.6%)	474 (63.7%)	711 (95.6%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 7 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 8 月	OBS1	702 (94.4%)	741 (99.6%)	454 (61.0%)	732 (98.4%)	738 (99.2%)	422 (56.7%)	131 (17.6%)
2009/ 8 月	OBS2	739 (99.3%)	744 (100%)	742 (99.7%)	744 (100%)	734 (98.7%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 8 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 9 月	OBS1	699 (97.1%)	719 (99.9%)	602 (83.6%)	715 (99.3%)	715 (99.3%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 9 月	OBS2	713 (99.0%)	720 (100%)	719 (99.9%)	720 (100%)	720 (100%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 9 月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/10 月	OBS1	734 (98.7%)	743 (99.9%)	724 (97.3%)	736 (98.9%)	733 (98.5%)	541 (72.7%)	298 (40.1%)
2009/10 月	OBS2	713 (95.8%)	719 (96.6%)	719 (96.6%)	719 (96.6%)	718 (96.5%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/10 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/11 月	OBS1	707 (98.2%)	718 (99.7%)	706 (98.1%)	713 (99.0%)	705 (97.9%)	712 (98.9%)	227 (31.5%)
2009/11 月	OBS2	719 (99.9%)	719 (99.9%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/11 月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)

說明: 資料格式為資料蒐集筆數 (蒐集率百分數)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站潮位資料

OBS2: 港灣技術研究中心觀測 2 站潮位資料

MED: 中尺度水動力模式預報潮位資料

表 7.3.24 2009 年每月七商港觀測及預報潮位最高水位 (日/時) 統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	.61 (14/12)	* (*)	.77 (14/20)	1.01 (14/19)	1.04 (14/19)	1.70 (13/11)	.63 (12/19)
2008/12 月	OBS2	.64 (13/11)	2.48 (13/23)	.76 (14/20)	1.02 (14/19)	1.06 (14/18)	* (*)	* (*)
2008/12 月	MED	.72 (23/05)	2.32 (13/11)	.85 (14/20)	.96 (13/18)	.91 (13/18)	1.55 (13/11)	.83 (14/21)
2009/ 1 月	OBS1	.65 (12/12)	* (*)	.89 (11/19)	1.06 (12/19)	.56 (01/20)	1.71 (12/12)	.79 (11/20)
2009/ 1 月	OBS2	.63 (23/10)	2.58 (12/12)	.83 (11/20)	1.00 (12/19)	.99 (10/17)	* (*)	* (*)
2009/ 1 月	MED	.47 (22/09)	2.33 (11/23)	.81 (11/19)	.90 (11/18)	.86 (11/18)	1.47 (11/11)	.83 (11/20)
2009/ 2 月	OBS1	.56 (08/10)	* (*)	.77 (09/19)	.93 (09/18)	.99 (10/18)	1.54 (10/11)	.71 (09/20)
2009/ 2 月	OBS2	.55 (23/10)	2.57 (09/23)	.77 (09/19)	.95 (10/19)	.98 (09/18)	* (*)	* (*)
2009/ 2 月	MED	.45 (11/21)	2.54 (11/00)	.76 (08/18)	.89 (09/18)	.85 (09/18)	1.50 (12/00)	.79 (08/19)
2009/ 3 月	OBS1	.60 (06/07)	* (*)	.55 (31/10)	.87 (30/08)	.85 (30/08)	* (*)	.55 (07/17)
2009/ 3 月	OBS2	.65 (06/07)	2.51 (28/00)	.54 (05/14)	.85 (10/18)	.93 (30/08)	* (*)	* (*)
2009/ 3 月	MED	.86 (06/07)	2.60 (10/23)	.82 (06/15)	.82 (06/01)	.97 (06/04)	1.55 (13/00)	.72 (08/18)
2009/ 4 月	OBS1	.55 (05/07)	* (*)	.62 (28/09)	.87 (26/06)	.89 (26/06)	* (*)	.64 (28/10)
2009/ 4 月	OBS2	.54 (05/07)	2.35 (27/00)	.57 (28/09)	.82 (26/06)	.86 (26/06)	* (*)	* (*)
2009/ 4 月	MED	.47 (24/21)	2.41 (09/23)	.66 (28/09)	.82 (27/07)	.77 (27/07)	1.44 (27/00)	.68 (28/10)
2009/ 5 月	OBS1	.54 (27/00)	* (*)	.71 (25/07)	.91 (27/08)	.94 (27/07)	* (*)	.67 (26/09)
2009/ 5 月	OBS2	.57 (26/00)	2.33 (26/00)	.72 (26/08)	.95 (27/07)	.96 (27/07)	* (*)	* (*)
2009/ 5 月	MED	.53 (27/00)	2.30 (26/00)	.80 (27/08)	.91 (26/07)	.88 (26/07)	1.54 (26/00)	.79 (27/10)
2009/ 6 月	OBS1	.58 (23/23)	2.55 (25/12)	1.05 (25/09)	.93 (24/07)	.71 (09/06)	1.61 (25/00)	.76 (24/09)
2009/ 6 月	OBS2	.63 (21/22)	2.40 (24/12)	.79 (25/09)	.94 (24/07)	1.00 (23/06)	* (*)	* (*)
2009/ 6 月	MED	.56 (21/21)	2.28 (23/11)	.83 (24/08)	.92 (23/06)	.88 (23/06)	1.52 (25/00)	.82 (24/09)
2009/ 7 月	OBS1	.53 (21/22)	2.47 (25/13)	.58 (08/08)	.93 (24/07)	.93 (23/06)	1.61 (22/23)	.67 (22/08)
2009/ 7 月	OBS2	.54 (22/23)	2.66 (25/13)	.64 (21/06)	.70 (09/07)	.97 (24/07)	* (*)	* (*)
2009/ 7 月	MED	.48 (25/10)	2.46 (24/12)	.93 (25/09)	.95 (24/07)	.99 (25/09)	1.56 (24/00)	.81 (22/08)
2009/ 8 月	OBS1	.54 (06/23)	2.63 (22/12)	.72 (19/06)	1.01 (07/07)	1.00 (21/06)	1.48 (07/00)	.50 (03/06)
2009/ 8 月	OBS2	.71 (06/23)	2.60 (22/12)	.80 (08/09)	1.35 (07/07)	1.44 (07/06)	* (*)	* (*)
2009/ 8 月	MED	.50 (17/07)	2.57 (22/12)	.79 (17/05)	1.27 (17/01)	1.38 (17/03)	1.49 (22/12)	.87 (17/07)
2009/ 9 月	OBS1	.47 (15/19)	2.62 (19/11)	.54 (24/23)	.88 (20/07)	.82 (19/06)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	OBS2	.50 (15/20)	2.61 (19/11)	.53 (14/03)	.87 (20/19)	.91 (20/07)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	MED	.49 (19/09)	2.62 (19/11)	.60 (17/06)	.82 (19/06)	.77 (19/06)	1.51 (19/11)	.63 (17/07)
2009/10 月	OBS1	.51 (12/17)	2.53 (17/22)	.60 (09/23)	.74 (07/19)	.88 (20/19)	1.53 (20/12)	.65 (10/00)
2009/10 月	OBS2	.50 (07/12)	2.54 (17/22)	.62 (08/22)	.92 (06/18)	.88 (18/19)	* (*)	* (*)
2009/10 月	MED	.49 (18/09)	2.48 (18/11)	.63 (08/21)	.82 (06/19)	.78 (06/19)	1.53 (19/11)	.67 (08/22)
2009/11 月	OBS1	.56 (17/10)	2.35 (19/12)	.75 (03/19)	.88 (03/18)	.88 (02/17)	1.63 (16/10)	.50 (19/21)
2009/11 月	OBS2	.64 (11/17)	2.47 (05/12)	.66 (03/19)	.83 (05/19)	.85 (17/18)	* (*)	* (*)
2009/11 月	MED	.54 (10/17)	2.26 (16/10)	.72 (06/21)	.83 (05/19)	.81 (05/19)	1.49 (16/10)	.73 (06/22)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站潮位資料

OBS2: 港灣技術研究中心觀測 2 站潮位資料

MED: 中尺度水動力模式預報潮位資料 單位 : m(日/時)

表 7.3.25 2009 年每月七商港觀測及預報潮位最低水位 (日/時) 統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	-.92 (15/04)	* (*)	-.69 (14/03)	-1.04 (14/01)	-1.11 (13/00)	-1.98 (15/06)	-.66 (12/02)
2008/12 月	OBS2	-.95 (15/05)	-3.07 (15/06)	-.66 (14/04)	-1.04 (14/01)	-1.13 (14/01)	* (*)	* (*)
2008/12 月	MED	-.85 (14/03)	-2.95 (14/06)	-.69 (14/03)	-1.06 (14/01)	-1.04 (14/01)	-1.81 (23/02)	-.86 (15/04)
2009/ 1 月	OBS1	-.83 (11/03)	* (*)	-.85 (23/02)	-1.04 (12/01)	-.73 (01/03)	-1.94 (12/05)	-.74 (10/02)
2009/ 1 月	OBS2	-.88 (11/03)	-3.08 (13/06)	-.55 (10/02)	-1.11 (12/01)	-1.10 (12/01)	* (*)	* (*)
2009/ 1 月	MED	-.88 (11/02)	-2.98 (13/06)	-.71 (11/02)	-1.07 (12/01)	-1.05 (13/02)	-1.85 (13/06)	-.87 (13/04)
2009/ 2 月	OBS1	-.73 (09/02)	* (*)	-.47 (08/02)	-.97 (10/01)	-1.10 (10/01)	-1.81 (09/04)	-.61 (08/02)
2009/ 2 月	OBS2	-.77 (09/03)	-2.91 (11/06)	-.51 (21/01)	-1.01 (10/01)	-1.06 (10/01)	* (*)	* (*)
2009/ 2 月	MED	-.81 (09/02)	-2.83 (10/05)	-.67 (09/02)	-.99 (09/00)	-.97 (09/00)	-1.73 (09/04)	-.82 (09/02)
2009/ 3 月	OBS1	-.74 (08/01)	* (*)	-.54 (08/01)	-.91 (28/13)	-.87 (08/23)	* (*)	-.62 (08/01)
2009/ 3 月	OBS2	-.75 (08/00)	-2.67 (10/04)	-.53 (06/23)	-.89 (28/13)	-.88 (08/23)	* (*)	* (*)
2009/ 3 月	MED	-.81 (07/00)	-2.77 (10/05)	-.58 (08/00)	-.86 (29/14)	-1.05 (06/22)	-1.77 (10/04)	-.70 (08/01)
2009/ 4 月	OBS1	-.71 (27/16)	* (*)	-.45 (26/15)	-.89 (26/13)	-.97 (27/14)	* (*)	-.62 (26/16)
2009/ 4 月	OBS2	-.81 (02/21)	-2.84 (27/18)	-.48 (03/23)	-.95 (26/13)	-1.03 (27/14)	* (*)	* (*)
2009/ 4 月	MED	-.76 (28/17)	-2.71 (26/18)	-.61 (27/15)	-1.02 (26/13)	-.99 (26/13)	-1.67 (27/18)	-.76 (28/17)
2009/ 5 月	OBS1	-.76 (25/15)	* (*)	-.56 (26/16)	-1.04 (26/14)	-1.06 (26/13)	* (*)	-.75 (27/17)
2009/ 5 月	OBS2	-.76 (27/17)	-2.85 (27/19)	-.55 (27/17)	-1.03 (25/13)	-1.04 (26/14)	* (*)	* (*)
2009/ 5 月	MED	-.81 (25/15)	-2.80 (26/18)	-.66 (25/15)	-1.06 (25/13)	-1.03 (25/13)	-1.71 (25/17)	-.82 (25/15)
2009/ 6 月	OBS1	-.84 (24/16)	-3.07 (24/18)	-.58 (05/13)	-1.03 (23/13)	-.89 (09/13)	-1.93 (24/18)	-.83 (23/16)
2009/ 6 月	OBS2	-.86 (24/16)	-3.14 (24/18)	-.63 (24/16)	-1.03 (23/12)	-1.07 (24/13)	* (*)	* (*)
2009/ 6 月	MED	-.84 (24/15)	-2.95 (24/18)	-.70 (23/15)	-1.05 (24/13)	-1.02 (23/13)	-1.76 (24/18)	-.87 (23/15)
2009/ 7 月	OBS1	-.84 (21/14)	-3.22 (23/18)	-.44 (05/14)	-1.04 (22/12)	-1.04 (22/12)	-1.91 (23/18)	-.80 (23/16)
2009/ 7 月	OBS2	-.83 (21/14)	-3.03 (23/18)	-.60 (20/14)	-.94 (20/11)	-1.04 (22/13)	* (*)	* (*)
2009/ 7 月	MED	-.86 (21/14)	-2.93 (23/18)	-.69 (21/14)	-1.03 (21/12)	-1.00 (22/13)	-1.72 (22/17)	-.85 (21/14)
2009/ 8 月	OBS1	-.70 (19/14)	-2.96 (20/17)	-.80 (05/13)	-.87 (09/14)	-.98 (20/12)	-1.61 (18/15)	-.56 (05/15)
2009/ 8 月	OBS2	-.76 (19/14)	-2.99 (20/17)	-.62 (18/13)	-.94 (19/11)	-1.02 (19/12)	* (*)	* (*)
2009/ 8 月	MED	-.91 (17/12)	-2.85 (20/17)	-.90 (18/14)	-.98 (19/12)	-1.30 (17/09)	-1.67 (19/16)	-.88 (18/14)
2009/ 9 月	OBS1	-.66 (14/11)	-2.69 (17/16)	-.60 (16/13)	-.84 (17/11)	-.87 (17/11)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	OBS2	-.66 (14/11)	-2.73 (17/16)	-.59 (16/13)	-.89 (17/11)	-.88 (17/10)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	MED	-.63 (16/13)	-2.60 (17/16)	-.58 (16/12)	-.85 (21/01)	-.80 (21/01)	-1.49 (18/16)	-.70 (16/13)
2009/10 月	OBS1	-.65 (21/05)	-2.81 (19/05)	-.46 (21/04)	-.98 (20/01)	-.98 (07/01)	-1.75 (21/06)	-.49 (08/05)
2009/10 月	OBS2	-.70 (21/05)	-2.82 (19/05)	-.47 (13/11)	-1.04 (20/01)	-.96 (20/01)	* (*)	* (*)
2009/10 月	MED	-.65 (21/04)	-2.66 (20/06)	-.58 (20/03)	-.93 (20/01)	-.90 (20/01)	-1.55 (21/06)	-.72 (20/03)
2009/11 月	OBS1	-.84 (04/03)	-2.99 (05/06)	-.47 (18/03)	-.99 (05/01)	-1.07 (05/01)	-20.49 14/13)	-.51 (20/05)
2009/11 月	OBS2	-.94 (04/04)	-2.84 (05/06)	-.46 (17/03)	-1.04 (05/01)	-1.19 (05/01)	* (*)	* (*)
2009/11 月	MED	-.77 (04/03)	-2.68 (05/06)	-.64 (05/03)	-1.04 (04/01)	-1.01 (04/01)	-1.63 (04/05)	-.75 (05/04)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站潮位資料

OBS2: 港灣技術研究中心觀測 2 站潮位資料

MED: 中尺度水動力模式預報潮位資料 單位 : m(日/時)

表7.3.26 2009年每月七商港觀測及預報水位誤差分析統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	平均偏差	.00 (99.6%)	* (*)	.00 (98.4%)	.00 (98.7%)	.00 (99.2%)	.00 (95.8%)	.00 (73.4%)
2008/12月	標準偏差	.11 (99.6%)	* (*)	.11 (98.4%)	.10 (98.7%)	.11 (99.2%)	.19 (95.8%)	.10 (73.4%)
2008/12月	最大偏差	.79 (99.6%)	* (*)	.39 (98.4%)	-.79 (98.7%)	-.96 (99.2%)	1.63 (95.8%)	-.36 (73.4%)
2009/1月	平均偏差	-.01 (72.2%)	* (*)	-.01 (57.7%)	-.02 (71.5%)	-.02 (4.4%)	.01 (47.3%)	-.02 (61.6%)
2009/1月	標準偏差	.10 (72.2%)	* (*)	.23 (57.7%)	.10 (71.5%)	.07 (4.4%)	.15 (47.3%)	.11 (61.6%)
2009/1月	最大偏差	-.28 (72.2%)	* (*)	.66 (57.7%)	-.25 (71.5%)	-.14 (4.4%)	-.44 (47.3%)	.28 (61.6%)
2009/2月	平均偏差	.00 (99.3%)	* (*)	-.01 (88.7%)	.00 (98.8%)	-.01 (96.6%)	.00 (66.7%)	.00 (89.3%)
2009/2月	標準偏差	.10 (99.3%)	* (*)	.08 (88.7%)	.07 (98.8%)	.11 (96.6%)	.14 (66.7%)	.09 (89.3%)
2009/2月	最大偏差	.39 (99.3%)	* (*)	-.23 (88.7%)	-.23 (98.8%)	.28 (96.6%)	.34 (66.7%)	-.26 (89.3%)
2009/3月	平均偏差	.00 (97.4%)	* (*)	-.01 (72.7%)	.00 (98.4%)	.00 (97.7%)	* (*)	.00 (80.5%)
2009/3月	標準偏差	.12 (97.4%)	* (*)	.09 (72.7%)	.09 (98.4%)	.12 (97.7%)	* (*)	.09 (80.5%)
2009/3月	最大偏差	-1.05 (97.4%)	* (*)	-.52 (72.7%)	.79 (98.4%)	.85 (97.7%)	* (*)	-.30 (80.5%)
2009/4月	平均偏差	.00 (99.0%)	* (*)	.00 (98.9%)	.00 (96.8%)	.00 (98.8%)	* (*)	.00 (99.4%)
2009/4月	標準偏差	.10 (99.0%)	* (*)	.11 (98.9%)	.10 (96.8%)	.10 (98.8%)	* (*)	.11 (99.4%)
2009/4月	最大偏差	.30 (99.0%)	* (*)	-.27 (98.9%)	.26 (96.8%)	.27 (98.8%)	* (*)	-.34 (99.4%)
2009/5月	平均偏差	.00 (98.8%)	* (*)	.00 (98.9%)	.00 (98.9%)	.00 (99.1%)	* (*)	.00 (92.5%)
2009/5月	標準偏差	.07 (98.8%)	* (*)	.08 (98.9%)	.07 (98.9%)	.08 (99.1%)	* (*)	.08 (92.5%)
2009/5月	最大偏差	-.22 (98.8%)	* (*)	.22 (98.9%)	.24 (98.9%)	.23 (99.1%)	* (*)	-.22 (92.5%)
2009/6月	平均偏差	.00 (98.9%)	-.10 (39.4%)	.00 (98.8%)	.00 (98.2%)	.01 (59.4%)	.00 (81.8%)	.01 (81.5%)
2009/6月	標準偏差	.08 (98.9%)	.18 (39.4%)	.21 (98.8%)	.06 (98.2%)	.07 (59.4%)	.09 (81.8%)	.09 (81.5%)
2009/6月	最大偏差	.23 (98.9%)	-.45 (39.4%)	-.47 (98.8%)	.17 (98.2%)	-.23 (59.4%)	.23 (81.8%)	.32 (81.5%)
2009/7月	平均偏差	.00 (94.2%)	-.01 (95.3%)	.00 (57.7%)	.01 (93.7%)	.00 (92.1%)	.00 (94.1%)	.00 (92.5%)
2009/7月	標準偏差	.08 (94.2%)	.14 (95.3%)	.10 (57.7%)	.06 (93.7%)	.09 (92.1%)	.11 (94.1%)	.09 (92.5%)
2009/7月	最大偏差	.32 (94.2%)	.66 (95.3%)	.25 (57.7%)	-.53 (93.7%)	-.68 (92.1%)	.41 (94.1%)	-.27 (92.5%)
2009/8月	平均偏差	.00 (94.4%)	.00 (99.6%)	-.02 (61.0%)	.00 (98.3%)	.00 (99.1%)	.02 (56.6%)	.06 (17.6%)
2009/8月	標準偏差	.12 (94.4%)	.19 (99.6%)	.14 (61.0%)	.14 (98.3%)	.16 (99.1%)	.16 (56.6%)	.11 (17.6%)
2009/8月	最大偏差	-.60 (94.4%)	-1.03 (99.6%)	.80 (61.0%)	.88 (98.3%)	.97 (99.1%)	-.62 (56.6%)	.22 (17.6%)
2009/9月	平均偏差	.00 (96.9%)	.00 (99.9%)	.01 (83.6%)	.00 (98.9%)	.00 (97.6%)	* (*)	* (*)
2009/9月	標準偏差	.06 (96.9%)	.15 (99.9%)	.11 (83.6%)	.06 (98.9%)	.08 (97.6%)	* (*)	* (*)
2009/9月	最大偏差	.20 (96.9%)	-.43 (99.9%)	-.24 (83.6%)	.19 (98.9%)	.23 (97.6%)	* (*)	* (*)
2009/10月	平均偏差	.00 (98.7%)	.00 (99.9%)	.00 (97.3%)	.00 (98.0%)	.00 (98.5%)	-.01 (72.7%)	-.08 (39.9%)
2009/10月	標準偏差	.08 (98.7%)	.20 (99.9%)	.09 (97.3%)	.07 (98.0%)	.11 (98.5%)	.12 (72.7%)	.11 (39.9%)
2009/10月	最大偏差	-.26 (98.7%)	.55 (99.9%)	.23 (97.3%)	-.18 (98.0%)	-.30 (98.5%)	-.35 (72.7%)	-.27 (39.9%)
2009/11月	平均偏差	.00 (97.9%)	.00 (99.6%)	.00 (98.1%)	.00 (99.0%)	.00 (97.9%)	.00 (98.9%)	.00 (31.3%)
2009/11月	標準偏差	.11 (97.9%)	.27 (99.6%)	.10 (98.1%)	.09 (99.0%)	.09 (97.9%)	.76 (98.9%)	.08 (31.3%)
2009/11月	最大偏差	.25 (97.9%)	-.76 (99.6%)	-.33 (98.1%)	-.31 (99.0%)	-.31 (97.9%)	19.90 (98.9%)	-.24 (31.3%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位: m

表 7.3.27 2009 年每月七商港觀測及預報海流資料蒐集率統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	740 (99.5%)	0 (.0%)	733 (98.5%)	735 (98.8%)	738 (99.2%)	713 (95.8%)	547 (73.5%)
2008/12 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2008/12 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 1 月	OBS1	538 (72.3%)	0 (.0%)	429 (57.7%)	531 (71.4%)	33 (4.4%)	352 (47.3%)	460 (61.8%)
2009/ 1 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 1 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 2 月	OBS1	667 (99.3%)	0 (.0%)	598 (89.0%)	664 (98.8%)	652 (97.0%)	448 (66.7%)	602 (89.6%)
2009/ 2 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 2 月	MED	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)
2009/ 3 月	OBS1	736 (98.9%)	0 (.0%)	542 (72.8%)	734 (98.7%)	728 (97.8%)	0 (.0%)	601 (80.8%)
2009/ 3 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 3 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 4 月	OBS1	713 (99.0%)	0 (.0%)	712 (98.9%)	708 (98.3%)	711 (98.8%)	0 (.0%)	719 (99.9%)
2009/ 4 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 4 月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 5 月	OBS1	735 (98.8%)	0 (.0%)	737 (99.1%)	736 (98.9%)	737 (99.1%)	0 (.0%)	688 (92.5%)
2009/ 5 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 5 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 6 月	OBS1	713 (99.0%)	285 (39.6%)	712 (98.9%)	708 (98.3%)	428 (59.4%)	589 (81.8%)	588 (81.7%)
2009/ 6 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 6 月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/ 7 月	OBS1	702 (94.4%)	709 (95.3%)	435 (58.5%)	698 (93.8%)	685 (92.1%)	700 (94.1%)	690 (92.7%)
2009/ 7 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 7 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 8 月	OBS1	702 (94.4%)	688 (92.5%)	455 (61.2%)	731 (98.3%)	738 (99.2%)	422 (56.7%)	131 (17.6%)
2009/ 8 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 8 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/ 9 月	OBS1	698 (96.9%)	719 (99.9%)	602 (83.6%)	715 (99.3%)	715 (99.3%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 9 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/ 9 月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2009/10 月	OBS1	734 (98.7%)	743 (99.9%)	724 (97.3%)	736 (98.9%)	733 (98.5%)	541 (72.7%)	300 (40.3%)
2009/10 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/10 月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2009/11 月	OBS1	707 (98.2%)	718 (99.7%)	706 (98.1%)	713 (99.0%)	705 (97.9%)	712 (98.9%)	227 (31.5%)
2009/11 月	OBS2	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/11 月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)

說明: 資料格式為資料蒐集筆數 (蒐集率百分數)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站流速資料

OBS2: 港灣技術研究中心觀測 2 站流速資料

MED: 中尺度水動力模式預報流速資料

表 7.3.28 2009 年每月七商港觀測及預報海流平均流速統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	16.4 (99.5%)	* (*)	35.2 (98.5%)	14.7 (98.8%)	19.9 (99.2%)	40.6 (95.8%)	18.7 (73.5%)
2008/12 月	MED	35.6 (100%)	15.0 (100%)	7.0 (100%)	1.6 (100%)	15.4 (100%)	44.6 (100%)	16.3 (100%)
2009/ 1 月	OBS1	16.5 (72.3%)	* (*)	34.1 (57.7%)	15.1 (71.4%)	16.6 (4.4%)	43.9 (47.3%)	19.7 (61.8%)
2009/ 1 月	MED	36.3 (100%)	15.1 (100%)	6.9 (100%)	1.4 (100%)	14.7 (100%)	45.4 (100%)	16.6 (100%)
2009/ 2 月	OBS1	14.4 (99.3%)	* (*)	17.8 (89.0%)	16.7 (98.8%)	17.4 (97.0%)	41.3 (66.7%)	18.0 (89.6%)
2009/ 2 月	MED	36.7 (100%)	11.9 (100%)	7.1 (100%)	1.4 (100%)	14.9 (100%)	45.8 (100%)	16.7 (100%)
2009/ 3 月	OBS1	16.9 (98.9%)	* (*)	20.2 (72.8%)	16.2 (98.7%)	17.9 (97.8%)	* (*)	18.8 (80.8%)
2009/ 3 月	MED	36.8 (100%)	12.5 (100%)	7.4 (100%)	1.3 (100%)	15.6 (100%)	46.5 (100%)	17.0 (100%)
2009/ 4 月	OBS1	16.9 (99.0%)	* (*)	17.6 (98.9%)	15.2 (98.3%)	18.3 (98.8%)	* (*)	18.1 (99.9%)
2009/ 4 月	MED	36.5 (100%)	12.0 (100%)	7.1 (100%)	1.4 (100%)	15.2 (100%)	45.7 (100%)	16.7 (100%)
2009/ 5 月	OBS1	16.9 (98.8%)	* (*)	26.2 (99.1%)	15.4 (98.9%)	16.6 (99.1%)	* (*)	18.7 (92.5%)
2009/ 5 月	MED	35.8 (100%)	11.4 (100%)	6.9 (100%)	1.5 (100%)	14.5 (100%)	45.4 (100%)	16.7 (100%)
2009/ 6 月	OBS1	14.9 (99.0%)	46.0 (39.6%)	27.2 (98.9%)	14.2 (98.3%)	14.3 (59.4%)	33.2 (81.8%)	22.0 (81.7%)
2009/ 6 月	MED	35.8 (100%)	11.7 (100%)	8.1 (100%)	1.5 (100%)	14.7 (100%)	46.0 (100%)	17.1 (100%)
2009/ 7 月	OBS1	16.2 (94.4%)	40.1 (95.3%)	26.7 (58.5%)	14.9 (93.8%)	17.7 (92.1%)	37.9 (94.1%)	24.1 (92.7%)
2009/ 7 月	MED	35.4 (100%)	11.8 (100%)	8.5 (100%)	1.5 (100%)	15.8 (100%)	45.5 (100%)	16.9 (100%)
2009/ 8 月	OBS1	15.1 (94.4%)	39.0 (92.5%)	28.9 (61.2%)	15.8 (98.3%)	18.7 (99.2%)	38.6 (56.7%)	22.3 (17.6%)
2009/ 8 月	MED	35.5 (100%)	13.1 (100%)	8.8 (100%)	1.8 (100%)	15.6 (100%)	45.3 (100%)	16.6 (100%)
2009/ 9 月	OBS1	13.7 (96.9%)	28.7 (99.9%)	30.4 (83.6%)	14.6 (99.3%)	17.3 (99.3%)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	MED	36.7 (100%)	12.2 (100%)	7.7 (100%)	1.4 (100%)	15.2 (100%)	45.7 (100%)	16.7 (100%)
2009/10 月	OBS1	16.7 (98.7%)	49.0 (99.9%)	26.3 (97.3%)	17.9 (98.9%)	20.5 (98.5%)	45.8 (72.7%)	20.8 (40.3%)
2009/10 月	MED	36.8 (100%)	13.5 (100%)	6.9 (100%)	1.4 (100%)	15.0 (100%)	45.3 (100%)	16.6 (100%)
2009/11 月	OBS1	18.8 (98.2%)	51.7 (99.7%)	24.9 (98.1%)	14.5 (99.0%)	16.5 (97.9%)	42.9 (98.9%)	22.9 (31.5%)
2009/11 月	MED	36.4 (100%)	14.3 (100%)	6.7 (100%)	1.4 (100%)	14.7 (100%)	45.3 (100%)	16.5 (100%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站流速資料

MED: 中尺度水動力模式預報流速資料 單位 : cm/s

表 7.3.29 2009 年每月七商港觀測及預報海流主要流向 (%) 統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	E (23.4%)	* (*)	SSE (29.6%)	ENE (15.8%)	N (17.2%)	SW (22.3%)	SSE (26.1%)
2008/12 月	MED	NW (44.5%)	SW (44.8%)	SE (37.2%)	N (50.7%)	N (33.2%)	WSW (46.1%)	NNW(45.0%)
2009/ 1 月	OBS1	E (25.1%)	* (*)	S (35.4%)	ENE (18.1%)	SW (18.2%)	SW (27.8%)	SSE (30.0%)
2009/ 1 月	MED	NW (43.8%)	SW (48.4%)	SE (40.7%)	N (45.7%)	N (30.5%)	WSW (46.0%)	NNW(45.3%)
2009/ 2 月	OBS1	E (22.5%)	* (*)	SSE (22.4%)	ENE (15.4%)	N (17.5%)	SW (24.1%)	SSE (17.6%)
2009/ 2 月	MED	NW (45.7%)	SSW (26.0%)	NW (38.7%)	N (44.2%)	N (35.7%)	WSW (44.5%)	NNW(46.1%)
2009/ 3 月	OBS1	E (27.6%)	* (*)	SSE (27.5%)	WSW(15.8%)	N (22.0%)	* (*)	NNW(18.5%)
2009/ 3 月	MED	NW (41.9%)	SW (30.5%)	SE (36.2%)	N (40.5%)	N (32.3%)	WSW (43.4%)	NNW(45.7%)
2009/ 4 月	OBS1	E (25.0%)	* (*)	SSE (20.9%)	ENE (16.8%)	N (14.8%)	* (*)	SE (18.9%)
2009/ 4 月	MED	NW (43.3%)	NE (28.6%)	SE (37.6%)	N (45.0%)	N (37.6%)	WSW (44.4%)	NNW(46.8%)
2009/ 5 月	OBS1	E (20.0%)	* (*)	SE (27.5%)	ENE (14.5%)	N (19.4%)	* (*)	NNW(17.7%)
2009/ 5 月	MED	NW (41.4%)	SSW (26.2%)	SE (36.3%)	N (43.1%)	N (35.8%)	ENE (45.2%)	NNW(46.5%)
2009/ 6 月	OBS1	E (14.7%)	N (35.4%)	NW (18.0%)	E (12.3%)	N (18.2%)	NE (26.7%)	NNW(21.3%)
2009/ 6 月	MED	NW (38.6%)	SSW (25.1%)	NW (37.9%)	NNE (30.8%)	N (34.9%)	ENE (45.6%)	NNW(48.5%)
2009/ 7 月	OBS1	E (14.2%)	N (37.9%)	SSE (17.5%)	E (11.5%)	N (21.0%)	NE (26.1%)	NNW(23.2%)
2009/ 7 月	MED	NW (40.3%)	NE (27.0%)	NW (37.4%)	NNE (24.7%)	N (37.5%)	WSW (44.6%)	NNW(46.5%)
2009/ 8 月	OBS1	WSW(13.5%)	NNW(17.9%)	SSE (22.4%)	WSW(12.7%)	SSW (15.6%)	WSW(26.5%)	NNW(17.6%)
2009/ 8 月	MED	NW (41.7%)	NE (30.0%)	SE (42.9%)	S (29.8%)	N (32.0%)	WSW (44.1%)	NNW(45.0%)
2009/ 9 月	OBS1	SW (13.0%)	W (19.2%)	SSE (27.7%)	WSW(14.8%)	N (15.0%)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	MED	NW (46.1%)	NE (36.3%)	NW (39.4%)	N (49.7%)	N (41.5%)	WSW (45.7%)	NNW(46.4%)
2009/10 月	OBS1	E (18.7%)	WSW(47.9%)	SSE (27.1%)	WSW(14.7%)	SSW (17.2%)	WSW(26.8%)	SSE (17.3%)
2009/10 月	MED	NW (46.8%)	SW (28.9%)	SE (37.1%)	N (56.2%)	N (36.6%)	WSW (45.4%)	NNW(45.7%)
2009/11 月	OBS1	E (22.2%)	WSW(51.7%)	SSE (31.7%)	WSW(14.2%)	SSW (16.9%)	WSW(23.6%)	S (39.6%)
2009/11 月	MED	NW (45.0%)	SW (40.7%)	SE (41.0%)	N (43.5%)	N (34.2%)	WSW (44.9%)	NNW(45.1%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站流向資料

MED: 中尺度水動力模式預報流向資料

表 7.3.30 2009 年每月七商港觀測及預報海流最大流速 (流向) 統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	68.0 (ENE)	* (*)	77.0 (SSE)	56.0 (WSW)	144.0(SE)	97.1 (NNE)	54.3 (SSE)
2008/12 月	MED	89.8 (NW)	45.0 (SW)	43.6 (ENE)	5.1 (SSW)	56.4 (E)	104.5(ENE)	34.3 (SSE)
2009/ 1 月	OBS1	67.0 (E)	* (*)	78.0 (SSE)	52.0 (ENE)	41.0 (SW)	107.1(NE)	62.7 (NNW)
2009/ 1 月	MED	93.8 (NW)	48.6 (SW)	20.5 (SE)	5.3 (SSW)	43.6 (N)	105.8(ENE)	33.9 (NNW)
2009/ 2 月	OBS1	68.0 (E)	* (*)	56.0 (SSE)	56.0 (ENE)	60.0 (N)	109.2(ENE)	58.0 (SSE)
2009/ 2 月	MED	91.2 (NW)	32.0 (NE)	27.8 (NW)	4.0 (SSW)	40.9 (N)	106.7(ENE)	37.1 (NNW)
2009/ 3 月	OBS1	68.0 (E)	* (*)	57.0 (SSE)	55.0 (WSW)	67.0 (N)	* (*)	54.0 (NNW)
2009/ 3 月	MED	89.5 (NW)	60.9 (NE)	38.0 (NE)	5.9 (SSW)	68.2 (ENE)	112.7(E)	39.7 (NNW)
2009/ 4 月	OBS1	64.0 (E)	* (*)	63.0 (NW)	51.0 (E)	66.0 (SW)	* (*)	56.3 (SSE)
2009/ 4 月	MED	89.0 (NW)	35.5 (NE)	20.0 (NW)	4.0 (SSW)	39.8 (N)	99.2 (WSW)	33.8 (NNW)
2009/ 5 月	OBS1	52.0 (WSW)	* (*)	91.0 (SSE)	70.0 (ENE)	79.0 (SW)	* (*)	69.5 (NNW)
2009/ 5 月	MED	86.3 (NW)	32.4 (NE)	22.8 (NW)	4.6 (SSW)	39.7 (NNW)	105.5(ENE)	34.5 (NNW)
2009/ 6 月	OBS1	60.0 (WSW)	118.0(NNE)	164.0(NW)	78.0 (WSW)	62.0 (NNE)	103.6(ENE)	94.0 (NNW)
2009/ 6 月	MED	86.1 (NW)	38.0 (NE)	39.5 (NW)	5.4 (SSW)	47.0 (N)	106.6(ENE)	40.5 (NNW)
2009/ 7 月	OBS1	64.0 (ENE)	87.0 (NNW)	138.0(NW)	63.0 (ESE)	77.0 (N)	116.2(NE)	211.0(W)
2009/ 7 月	MED	88.4 (NW)	35.0 (NE)	35.5 (NW)	4.9 (S)	50.9 (N)	109.6(ENE)	38.1 (NNW)
2009/ 8 月	OBS1	62.0 (E)	306.0(NW)	117.0(NW)	66.0 (WSW)	94.0 (SSW)	111.3(WSW)	67.5 (NNW)
2009/ 8 月	MED	96.7 (NW)	48.0 (SW)	50.0 (WSW)	8.9 (SSW)	60.9 (WNW)	107.4(ENE)	40.7 (SSE)
2009/ 9 月	OBS1	70.0 (W)	82.0 (NNE)	110.0(NW)	56.0 (WSW)	71.0 (NNE)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	MED	90.7 (NW)	36.7 (NE)	23.2 (NNW)	3.4 (N)	40.9 (N)	100.7(ENE)	35.4 (NNW)
2009/10 月	OBS1	66.0 (E)	132.0(WSW)	90.0 (SSE)	74.0 (WSW)	86.0 (SSW)	108.0(SW)	89.0 (W)
2009/10 月	MED	90.1 (NW)	39.9 (SW)	25.1 (NW)	3.8 (SSW)	37.6 (N)	98.6 (ENE)	34.4 (NNW)
2009/11 月	OBS1	65.0 (E)	186.0(WSW)	89.0 (NW)	57.0 (W)	62.0 (SW)	104.0(ENE)	58.0 (SSE)
2009/11 月	MED	94.4 (NW)	52.1 (SW)	16.5 (NW)	4.2 (SSW)	41.2 (S)	98.1 (ENE)	33.5 (NNW)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站流速資料

MED: 中尺度水動力模式預報流速資料 單位 : cm/s(去向)

表 7.3.31 2009 年每月七商港觀測及預報海流最大流速 (日/時) 統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12 月	OBS1	68.0 (30/12)	* (*)	77.0 (16/21)	56.0 (05/02)	144.0(14/21)	97.1 (03/04)	54.3 (09/10)
2008/12 月	MED	89.8 (14/09)	45.0 (05/13)	43.6 (23/06)	5.1 (14/15)	56.4 (23/07)	104.5(13/01)	34.3 (23/10)
2009/ 1 月	OBS1	67.0 (10/09)	* (*)	78.0 (11/17)	52.0 (12/01)	41.0 (01/14)	107.1(14/03)	62.7 (14/09)
2009/ 1 月	MED	93.8 (13/09)	48.6 (10/08)	20.5 (25/01)	5.3 (10/13)	43.6 (11/07)	105.8(12/02)	33.9 (13/08)
2009/ 2 月	OBS1	68.0 (26/22)	* (*)	56.0 (08/14)	56.0 (11/02)	60.0 (22/04)	109.2(11/02)	58.0 (08/23)
2009/ 2 月	MED	91.2 (10/08)	32.0 (10/03)	27.8 (12/21)	4.0 (08/13)	40.9 (09/07)	106.7(10/02)	37.1 (12/21)
2009/ 3 月	OBS1	68.0 (29/11)	* (*)	57.0 (28/17)	55.0 (13/20)	67.0 (12/17)	* (*)	54.0 (11/07)
2009/ 3 月	MED	89.5 (12/08)	60.9 (10/03)	38.0 (06/07)	5.9 (06/09)	68.2 (06/04)	112.7(10/02)	39.7 (10/06)
2009/ 4 月	OBS1	64.0 (10/10)	* (*)	63.0 (01/15)	51.0 (11/19)	66.0 (11/00)	* (*)	56.3 (25/14)
2009/ 4 月	MED	89.0 (26/21)	35.5 (30/18)	20.0 (20/03)	4.0 (27/03)	39.8 (29/22)	99.2 (25/20)	33.8 (27/20)
2009/ 5 月	OBS1	52.0 (09/03)	* (*)	91.0 (11/04)	70.0 (12/06)	79.0 (23/22)	* (*)	69.5 (27/22)
2009/ 5 月	MED	86.3 (25/20)	32.4 (01/19)	22.8 (10/08)	4.6 (27/03)	39.7 (10/20)	105.5(26/15)	34.5 (26/20)
2009/ 6 月	OBS1	60.0 (27/18)	118.0(22/19)	164.0(21/07)	78.0 (21/04)	62.0 (02/00)	103.6(23/12)	94.0 (20/18)
2009/ 6 月	MED	86.1 (24/21)	38.0 (22/14)	39.5 (21/05)	5.4 (24/02)	47.0 (26/22)	106.6(24/15)	40.5 (21/17)
2009/ 7 月	OBS1	64.0 (22/09)	87.0 (23/15)	138.0(18/10)	63.0 (18/08)	77.0 (11/06)	116.2(25/15)	211.0(22/20)
2009/ 7 月	MED	88.4 (23/21)	35.0 (25/06)	35.5 (18/14)	4.9 (06/01)	50.9 (18/16)	109.6(23/14)	38.1 (25/21)
2009/ 8 月	OBS1	62.0 (07/11)	306.0(09/17)	117.0(05/08)	66.0 (10/10)	94.0 (07/12)	111.3(10/21)	67.5 (03/16)
2009/ 8 月	MED	96.7 (08/09)	48.0 (07/21)	50.0 (18/06)	8.9 (08/02)	60.9 (18/07)	107.4(21/14)	40.7 (08/01)
2009/ 9 月	OBS1	70.0 (12/22)	82.0 (14/07)	110.0(15/06)	56.0 (03/17)	71.0 (09/06)	* (*)	* (*)
2009/ 9 月	MED	90.7 (19/20)	36.7 (14/09)	23.2 (14/15)	3.4 (14/14)	40.9 (14/15)	100.7(18/13)	35.4 (21/08)
2009/10 月	OBS1	66.0 (01/21)	132.0(04/23)	90.0 (01/01)	74.0 (05/19)	86.0 (06/00)	108.0(07/08)	89.0 (13/11)
2009/10 月	MED	90.1 (05/08)	39.9 (07/10)	25.1 (05/07)	3.8 (20/15)	37.6 (05/08)	98.6 (19/02)	34.4 (18/06)
2009/11 月	OBS1	65.0 (13/20)	186.0(02/21)	89.0 (22/01)	57.0 (01/17)	62.0 (08/14)	104.0(04/02)	58.0 (19/14)
2009/11 月	MED	94.4 (03/08)	52.1 (02/20)	16.5 (05/21)	4.2 (19/15)	41.2 (17/13)	98.1 (06/03)	33.5 (05/08)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站流速資料

MED: 中尺度水動力模式預報流速資料 單位 : cm/s(日/時)

表7.3.32 2009年每月七商港觀測及預報海流流速偏差分析統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	平均偏差	19.1 (99.3%)	* (*)	-28.1 (98.5%)	-13.1 (98.7%)	-4.6 (99.1%)	4.1 (95.8%)	-2.8 (73.5%)
2008/12月	標準偏差	30.1 (99.3%)	* (*)	31.4 (98.5%)	15.8 (98.7%)	17.6 (99.1%)	22.6 (95.8%)	11.6 (73.5%)
2008/12月	最大偏差	69.8 (99.3%)	* (*)	-63.1 (98.5%)	-54.7 (98.7%)	-126.3 (99.1%)	-64.0 (95.8%)	-33.3 (73.5%)
2008/12月	平均比值	4.0 (99.3%)	* (*)	.3 (98.5%)	.2 (98.7%)	1.3 (99.1%)	1.7 (95.8%)	1.3 (73.5%)
2009/1月	平均偏差	18.9 (72.2%)	* (*)	-27.1 (57.7%)	-13.8 (70.3%)	-2.6 (4.4%)	4.3 (47.3%)	-3.2 (61.8%)
2009/1月	標準偏差	30.0 (72.2%)	* (*)	30.4 (57.7%)	16.2 (70.3%)	14.3 (4.4%)	24.1 (47.3%)	11.2 (61.8%)
2009/1月	最大偏差	68.8 (72.2%)	* (*)	-71.5 (57.7%)	-51.7 (70.3%)	-33.7 (4.4%)	60.1 (47.3%)	-31.2 (61.8%)
2009/1月	平均比值	4.3 (72.2%)	* (*)	.3 (57.7%)	.2 (70.3%)	1.6 (4.4%)	1.9 (47.3%)	1.2 (61.8%)
2009/2月	平均偏差	22.2 (99.0%)	* (*)	-10.8 (89.0%)	-15.3 (97.9%)	-2.7 (96.9%)	3.9 (66.7%)	-1.6 (89.6%)
2009/2月	標準偏差	32.3 (99.0%)	* (*)	16.5 (89.0%)	18.3 (97.9%)	13.7 (96.9%)	21.4 (66.7%)	9.2 (89.6%)
2009/2月	最大偏差	77.4 (99.0%)	* (*)	-52.9 (89.0%)	-55.5 (97.9%)	-45.3 (96.9%)	52.5 (66.7%)	-33.0 (89.6%)
2009/2月	平均比值	5.1 (99.0%)	* (*)	.8 (89.0%)	.2 (97.9%)	1.4 (96.9%)	1.6 (66.7%)	1.2 (89.6%)
2009/3月	平均偏差	19.7 (98.9%)	* (*)	-12.2 (72.8%)	-14.9 (98.1%)	-2.2 (97.8%)	* (*)	-1.6 (80.8%)
2009/3月	標準偏差	31.6 (98.9%)	* (*)	17.2 (72.8%)	17.8 (98.1%)	15.4 (97.8%)	* (*)	9.7 (80.8%)
2009/3月	最大偏差	75.4 (98.9%)	* (*)	-54.7 (72.8%)	-53.3 (98.1%)	-64.4 (97.8%)	* (*)	-30.5 (80.8%)
2009/3月	平均比值	4.3 (98.9%)	* (*)	.6 (72.8%)	.1 (98.1%)	1.6 (97.8%)	* (*)	1.2 (80.8%)
2009/4月	平均偏差	19.4 (98.9%)	* (*)	-10.4 (98.8%)	-13.8 (98.1%)	-3.2 (98.5%)	* (*)	-1.4 (99.9%)
2009/4月	標準偏差	31.2 (98.9%)	* (*)	15.1 (98.8%)	16.0 (98.1%)	15.9 (98.5%)	* (*)	10.8 (99.9%)
2009/4月	最大偏差	79.6 (98.9%)	* (*)	-61.2 (98.8%)	-48.9 (98.1%)	-60.5 (98.5%)	* (*)	-34.6 (99.9%)
2009/4月	平均比值	4.1 (98.9%)	* (*)	.6 (98.8%)	.1 (98.1%)	1.5 (98.5%)	* (*)	1.3 (99.9%)
2009/5月	平均偏差	18.9 (98.8%)	* (*)	-19.4 (99.1%)	-13.9 (98.4%)	-2.1 (98.8%)	* (*)	-2.1 (92.5%)
2009/5月	標準偏差	30.9 (98.8%)	* (*)	24.7 (99.1%)	16.5 (98.4%)	16.0 (98.8%)	* (*)	11.2 (92.5%)
2009/5月	最大偏差	81.8 (98.8%)	* (*)	-89.1 (99.1%)	-68.1 (98.4%)	-73.9 (98.8%)	* (*)	-40.3 (92.5%)
2009/5月	平均比值	3.6 (98.8%)	* (*)	.4 (99.1%)	.2 (98.4%)	1.7 (98.8%)	* (*)	1.3 (92.5%)
2009/6月	平均偏差	21.0 (98.9%)	-33.6 (39.6%)	-19.1 (98.9%)	-12.7 (97.6%)	-1.0 (59.3%)	12.2 (81.8%)	-5.3 (81.7%)
2009/6月	標準偏差	30.5 (98.9%)	41.4 (39.6%)	28.1 (98.9%)	15.4 (97.6%)	13.2 (59.3%)	25.2 (81.8%)	14.6 (81.7%)
2009/6月	最大偏差	75.7 (98.9%)	-112.3 (39.6%)	-131.8 (98.9%)	-77.5 (97.6%)	-52.4 (59.3%)	79.2 (81.8%)	-68.3 (81.7%)
2009/6月	平均比值	4.4 (98.9%)	.4 (39.6%)	.5 (98.9%)	.2 (97.6%)	1.8 (59.3%)	2.6 (81.8%)	1.1 (81.7%)
2009/7月	平均偏差	19.7 (94.2%)	-28.1 (95.3%)	-18.4 (58.5%)	-13.4 (93.0%)	-1.6 (91.9%)	8.0 (94.1%)	-6.8 (92.6%)
2009/7月	標準偏差	30.3 (94.2%)	33.4 (95.3%)	27.1 (58.5%)	16.1 (93.0%)	14.6 (91.9%)	24.2 (94.1%)	17.4 (92.6%)
2009/7月	最大偏差	76.3 (94.2%)	-78.3 (95.3%)	-106.8 (58.5%)	-61.5 (93.0%)	-70.7 (91.9%)	66.1 (94.1%)	-187.3 (92.6%)
2009/7月	平均比值	3.9 (94.2%)	.4 (95.3%)	.5 (58.5%)	.1 (93.0%)	1.5 (91.9%)	1.9 (94.1%)	1.0 (92.6%)
2009/8月	平均偏差	20.4 (94.2%)	-25.6 (92.5%)	-21.3 (61.2%)	-13.9 (97.4%)	-3.1 (99.2%)	5.3 (56.7%)	-6.9 (17.6%)
2009/8月	標準偏差	32.1 (94.2%)	48.9 (92.5%)	28.2 (61.2%)	17.1 (97.4%)	16.9 (99.2%)	22.4 (56.7%)	14.4 (17.6%)
2009/8月	最大偏差	95.7 (94.2%)	-276.7 (92.5%)	-104.0 (61.2%)	-64.5 (97.4%)	-69.2 (99.2%)	64.5 (56.7%)	-50.0 (17.6%)
2009/8月	平均比值	4.6 (94.2%)	.6 (92.5%)	.4 (61.2%)	.2 (97.4%)	1.5 (99.2%)	1.7 (56.7%)	1.0 (17.6%)
2009/9月	平均偏差	23.1 (96.7%)	-16.5 (99.9%)	-22.7 (83.6%)	-13.2 (98.3%)	-2.0 (99.3%)	* (*)	* (*)
2009/9月	標準偏差	33.9 (96.7%)	22.5 (99.9%)	29.9 (83.6%)	15.8 (98.3%)	15.3 (99.3%)	* (*)	* (*)
2009/9月	最大偏差	88.1 (96.7%)	-78.7 (99.9%)	-99.7 (83.6%)	-53.7 (98.3%)	-63.1 (99.3%)	* (*)	* (*)
2009/9月	平均比值	5.1 (96.7%)	.6 (99.9%)	.5 (83.6%)	.2 (98.3%)	1.6 (99.3%)	* (*)	* (*)
2009/10月	平均偏差	20.0 (98.5%)	-35.5 (99.9%)	-19.4 (97.2%)	-16.5 (98.3%)	-5.5 (98.5%)	3.9 (72.6%)	-3.6 (40.2%)
2009/10月	標準偏差	32.3 (98.5%)	44.0 (99.9%)	27.3 (97.2%)	19.8 (98.3%)	17.4 (98.5%)	24.3 (72.6%)	12.2 (40.2%)
2009/10月	最大偏差	85.1 (98.5%)	-124.7 (99.9%)	-85.3 (97.2%)	-71.5 (98.3%)	-79.4 (98.5%)	66.2 (72.6%)	-88.2 (40.2%)
2009/10月	平均比值	3.9 (98.5%)	.4 (99.9%)	.6 (97.2%)	.1 (98.3%)	1.3 (98.5%)	1.7 (72.6%)	1.0 (40.2%)
2009/11月	平均偏差	17.5 (98.2%)	-37.3 (99.7%)	-18.2 (98.1%)	-13.1 (98.5%)	-1.8 (97.9%)	2.3 (98.8%)	-8.8 (31.5%)
2009/11月	標準偏差	30.8 (98.2%)	49.5 (99.7%)	25.8 (98.1%)	15.7 (98.5%)	14.7 (97.9%)	22.4 (98.8%)	15.7 (31.5%)
2009/11月	最大偏差	72.7 (98.2%)	-144.9 (99.7%)	-85.9 (98.1%)	-56.4 (98.5%)	-50.2 (97.9%)	-60.4 (98.8%)	-33.2 (31.5%)
2009/11月	平均比值	3.6 (98.2%)	.4 (99.7%)	.6 (98.1%)	.2 (98.5%)	1.7 (97.9%)	1.5 (98.8%)	.9 (31.5%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: cm/s

表7.3.33 2009年每月七商港觀測及預報海流流向偏差分析統計表

年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2008/12月	平均偏差	85.4 (99.3%)	* (*)	89.7 (98.5%)	80.8 (89.7%)	94.1 (98.5%)	39.6 (95.8%)	48.6 (73.1%)
2008/12月	標準偏差	97.9 (99.3%)	* (*)	106.2(98.5%)	93.9 (89.7%)	110.8(98.5%)	64.3 (95.8%)	73.4 (73.1%)
2008/12月	最大偏差	177.3(99.3%)	* (*)	179.6(98.5%)	179.9(89.7%)	179.8(98.5%)	179.8(95.8%)	179.7(73.1%)
2009/ 1月	平均偏差	89.6 (71.8%)	* (*)	86.5 (57.4%)	85.9 (60.2%)	105.3(4.4%)	41.7 (47.3%)	49.7 (61.7%)
2009/ 1月	標準偏差	101.7(71.8%)	* (*)	105.3(57.4%)	98.1 (60.2%)	115.4(4.4%)	67.4 (47.3%)	73.8 (61.7%)
2009/ 1月	最大偏差	179.2(71.8%)	* (*)	179.3(57.4%)	178.8(60.2%)	175.1(4.4%)	178.6(47.3%)	178.6(61.7%)
2009/ 2月	平均偏差	91.4 (99.0%)	* (*)	104.3(88.5%)	85.1 (91.7%)	91.7 (96.0%)	38.0 (66.7%)	40.6 (89.3%)
2009/ 2月	標準偏差	102.9(99.0%)	* (*)	122.2(88.5%)	98.5 (91.7%)	108.8(96.0%)	64.8 (66.7%)	60.4 (89.3%)
2009/ 2月	最大偏差	179.2(99.0%)	* (*)	180.0(88.5%)	179.7(91.7%)	180.0(96.0%)	179.9(66.7%)	179.4(89.3%)
2009/ 3月	平均偏差	88.6 (98.8%)	* (*)	93.7 (72.7%)	92.6 (88.7%)	92.0 (96.2%)	* (*)	42.2 (80.6%)
2009/ 3月	標準偏差	101.1(98.8%)	* (*)	113.7 (72.7%)	105.3(88.7%)	109.8(96.2%)	* (*)	63.6 (80.6%)
2009/ 3月	最大偏差	179.4(98.8%)	* (*)	180.0(72.7%)	179.4(88.7%)	179.9(96.2%)	* (*)	179.1(80.6%)
2009/ 4月	平均偏差	87.0 (98.6%)	* (*)	84.3 (98.6%)	91.9 (91.3%)	86.2 (97.4%)	* (*)	45.1 (99.3%)
2009/ 4月	標準偏差	99.3 (98.6%)	* (*)	105.8(98.6%)	104.0(91.3%)	101.9(97.4%)	* (*)	66.9 (99.3%)
2009/ 4月	最大偏差	179.8(98.6%)	* (*)	179.9(98.6%)	178.3(91.3%)	179.8(97.4%)	* (*)	179.9(99.3%)
2009/ 5月	平均偏差	81.2 (98.5%)	* (*)	91.8 (98.7%)	88.7 (92.9%)	99.8 (97.8%)	* (*)	48.7 (91.7%)
2009/ 5月	標準偏差	94.5 (98.5%)	* (*)	113.9(98.7%)	100.8(92.9%)	115.8(97.8%)	* (*)	69.6 (91.7%)
2009/ 5月	最大偏差	177.8(98.5%)	* (*)	180.0(98.7%)	179.7(92.9%)	179.9(97.8%)	* (*)	178.2(91.7%)
2009/ 6月	平均偏差	78.2 (98.8%)	87.0 (39.4%)	91.4 (98.3%)	91.2 (95.3%)	94.8 (58.8%)	37.7 (81.8%)	41.6 (80.8%)
2009/ 6月	標準偏差	91.0 (98.8%)	104.7(39.4%)	111.6(98.3%)	102.0(95.3%)	111.3(58.8%)	62.2 (81.8%)	58.6 (80.8%)
2009/ 6月	最大偏差	177.6(98.8%)	179.5(39.4%)	179.9(98.3%)	179.5(95.3%)	179.8(58.8%)	179.9(81.8%)	180.0(80.8%)
2009/ 7月	平均偏差	80.8 (94.1%)	93.5 (94.4%)	84.9 (58.2%)	96.2 (90.2%)	92.2 (90.6%)	38.4 (93.8%)	41.5 (91.9%)
2009/ 7月	標準偏差	94.5 (94.1%)	109.4(94.4%)	106.0(58.2%)	107.2(90.2%)	110.5(90.6%)	64.1 (93.8%)	62.7 (91.9%)
2009/ 7月	最大偏差	179.9(94.1%)	179.9(94.4%)	180.0(58.2%)	178.3(90.2%)	179.9(90.6%)	179.9(93.8%)	179.4(91.9%)
2009/ 8月	平均偏差	79.6 (94.0%)	87.6 (91.7%)	102.1(60.9%)	89.0 (94.8%)	92.0 (97.6%)	40.4 (56.7%)	48.0 (17.6%)
2009/ 8月	標準偏差	94.4 (94.0%)	101.8(91.7%)	118.3(60.9%)	100.3(94.8%)	107.5(97.6%)	68.5 (56.7%)	70.5 (17.6%)
2009/ 8月	最大偏差	179.9(94.0%)	179.4(91.7%)	179.9(60.9%)	179.4(94.8%)	179.7(97.6%)	180.0(56.7%)	178.1(17.6%)
2009/ 9月	平均偏差	83.9 (96.8%)	81.5 (99.6%)	96.6 (83.3%)	94.1 (90.8%)	91.6 (97.9%)	* (*)	* (*)
2009/ 9月	標準偏差	97.1 (96.8%)	92.5 (99.6%)	116.3(83.3%)	104.9(90.8%)	108.6(97.9%)	* (*)	* (*)
2009/ 9月	最大偏差	179.6(96.8%)	180.0(99.6%)	180.0(83.3%)	179.1(90.8%)	179.9(97.9%)	* (*)	* (*)
2009/10月	平均偏差	87.8 (98.0%)	77.8 (99.6%)	91.3 (96.9%)	91.8 (86.0%)	91.2 (97.4%)	41.7 (72.7%)	60.1 (40.2%)
2009/10月	標準偏差	100.2(98.0%)	95.0 (99.6%)	113.8(96.9%)	106.5(86.0%)	107.8(97.4%)	69.6 (72.7%)	79.3 (40.2%)
2009/10月	最大偏差	179.0(98.0%)	179.6(99.6%)	180.0(96.9%)	180.0(86.0%)	179.9(97.4%)	179.8(72.7%)	179.8(40.2%)
2009/11月	平均偏差	82.8 (97.9%)	71.0 (99.4%)	99.9 (97.4%)	81.4 (87.2%)	92.0 (96.5%)	38.7 (98.8%)	73.9 (31.3%)
2009/11月	標準偏差	94.5 (97.9%)	89.4 (99.4%)	122.0(97.4%)	95.6 (87.2%)	108.0(96.5%)	65.8 (98.8%)	94.0 (31.3%)
2009/11月	最大偏差	179.7(97.9%)	179.9(99.4%)	179.9(97.4%)	179.7(87.2%)	179.6(96.5%)	180.0(98.8%)	179.3(31.3%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位為度, 偏差大小範圍為 0-180度。

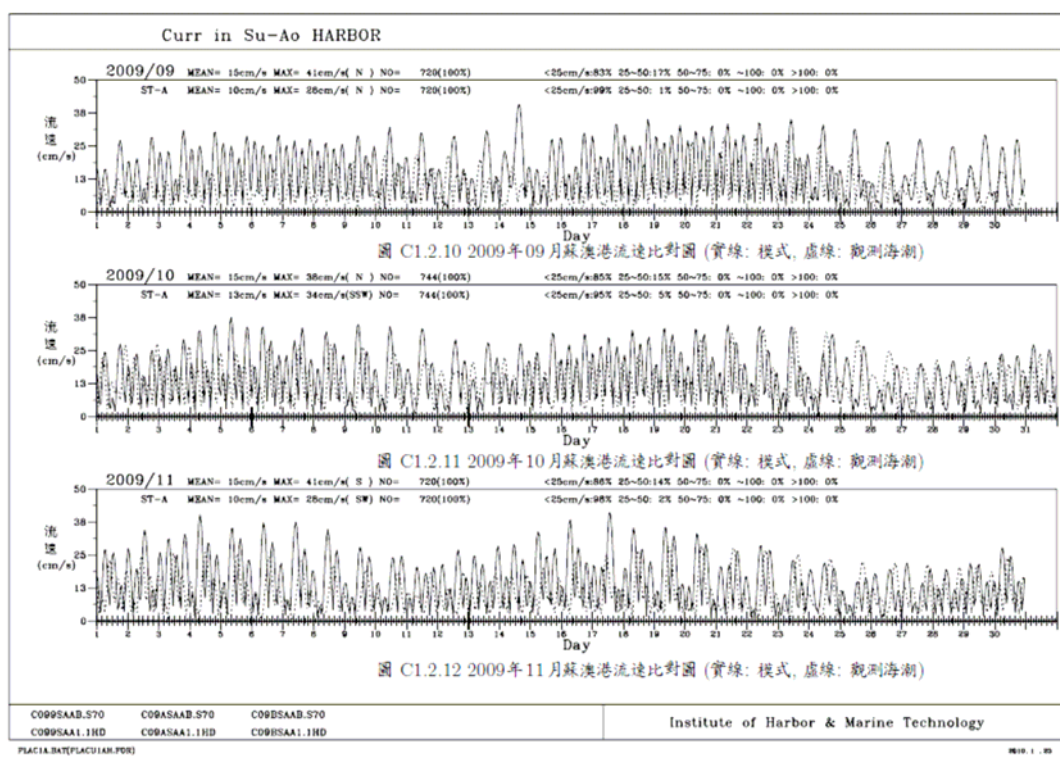


圖 7.3.3 2009 年蘇澳港預報流速與觀測潮流流速之比對圖

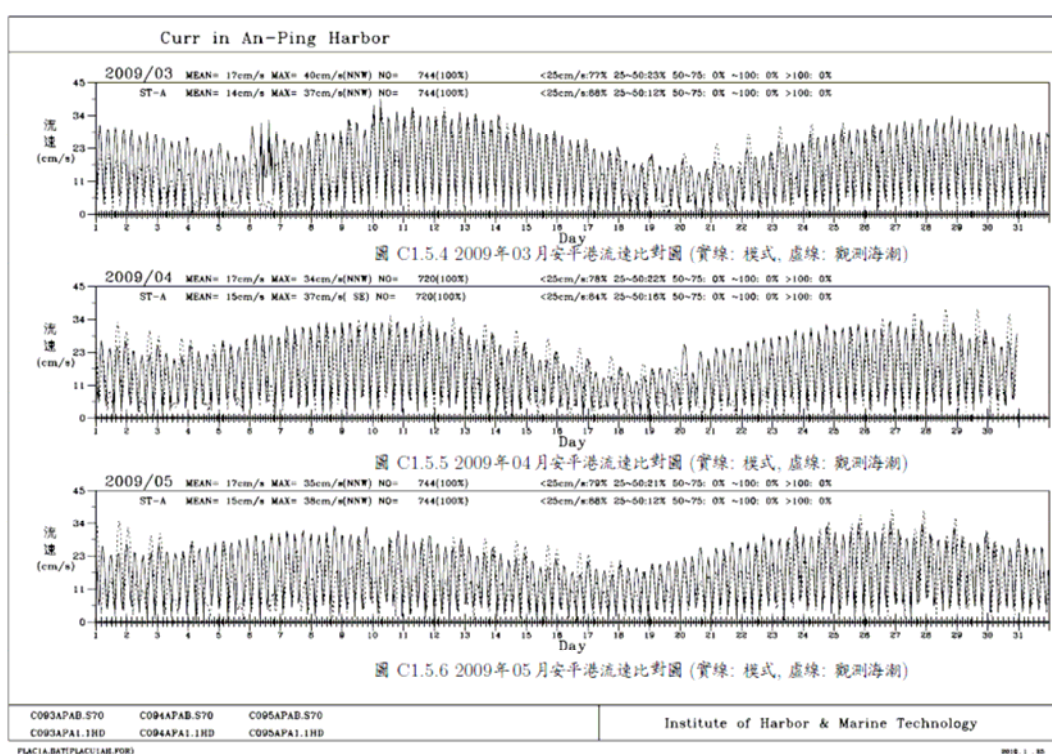


圖 7.3.4 2009 年安平港預報流速與觀測潮流流速之比對圖

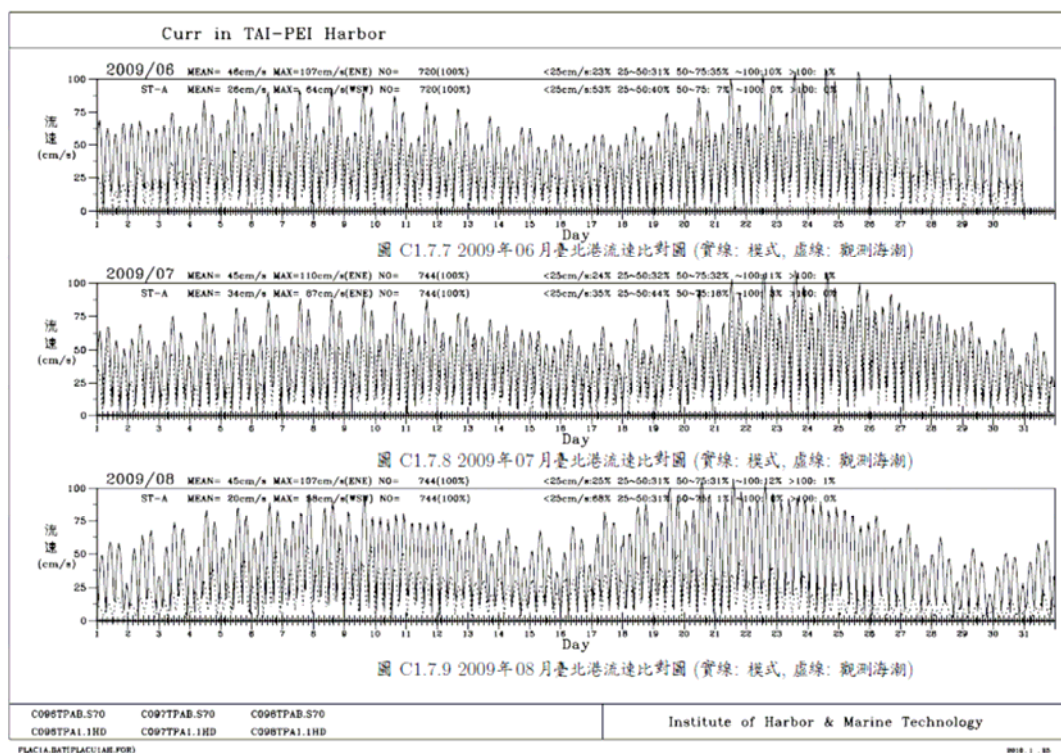


圖 7.3.5 2009 年臺北港預報流速與觀測潮流流速之比對圖

7.4 2009 年颱風期間海象模擬與實測結果的比較

在本計畫年度裡中央氣象局共計發佈了 4 個颱風警報，依序為 98 年 6 月的蓮花颱風、98 年 7 月的莫拉菲颱風、98 年 8 月的莫拉克颱風及 98 年 10 月的芭瑪颱風，相關颱風資訊如第二章第三節圖 2.3.1 至圖 2.3.4 所示。

圖 7.4.1 至圖 7.4.5、圖 7.4.6 至圖 7.4.10、圖 7.4.11 至圖 7.4.15、及圖 7.4.16 至圖 7.4.20 依序分別為蓮花颱風、莫拉菲颱風、莫拉克颱風及芭瑪颱風的平均風速、平均風向、示性波高、平均波浪週期及平均波向的時間序列圖，統計分析時間如表 7.4.1 所示，而相關分析圖表如表 7.4.2 至表 7.4.23 所示。

圖 7.4.21 所示為莫拉克颱風侵臺期間模式水位模擬結果與七大商港潮位觀測資料比對結果，圖大實線代表模式(中尺度)模擬結果，虛線代表各港口觀測資料。模擬結果顯示除了高雄港及安平港因觀測儀器故障無資料比對外，其餘各港口潮位比對結果以臺北港最佳。基隆港潮位在颱風登陸前水位模擬結果與觀測資料相當接近，但颱風登陸期間觀測資料明顯地下降，導致水位模擬結果與觀測資料呈現明顯地垂直落差。當颱風遠離後水位模擬結果與觀測資料再度逐漸趨於一致，此一現象亦出現在蘇澳港及花蓮港水位模擬結果與觀測資料比對。臺中港水位模擬結果則呈現出颱風登陸前水位模擬結果明顯地高於觀測資料，但颱風登陸期間及颱風離開本島後則呈現觀測資料明顯地高於模擬結果。一般而言，颱風侵臺期間受到低氣壓作用海水位會出現抬昇現象，但基隆港、蘇澳港及花蓮港水位觀測資料反而呈現下降現象，有違物理常規。另外，臺中港水位觀測資料雖然在颱風登陸期間水位出現顯著抬昇現象，但此一抬昇現象過於顯著且持續至颱風遠離均未回復，亦與實際現象有出入。由於觀測資料均選自於港研中心海上觀測資料，在水位資料處理上有經過去平均值處理以得到水位變化歷線；因此對於上述水位觀測結果不合理處推測可能是，水位資料處理過程出現不合理的判斷，或者水位觀測儀器(壓力式)受到颱風作用影響導致觀測資料失真。針對上述觀測資料之推測，本計畫將留待未來再進一步探究其原因。

圖 7.4.22 至圖 7.4.26 所示分別為莫拉克颱風侵臺期間基隆港、蘇澳港、花蓮港、臺中港及臺北港中尺度模式模擬之流速與觀測流速之比對結果。由於預報作業採用中尺度模式模擬臺灣四周海流流況，因此受到模式解析度之限制，無法充份反應港口附近地形及港口結構物之影響，因此模式模擬結果與觀測資料間比對易呈現出較大落差，其中以花蓮港及臺中港最為顯著。此外，莫拉克颱風侵臺期間臺中港海流觀測最大流速達到 3.06m/s，遠大於其他港口海流觀測值之最大流速；針對此一觀測資料之正確性，仍有待進一步評估及確認。

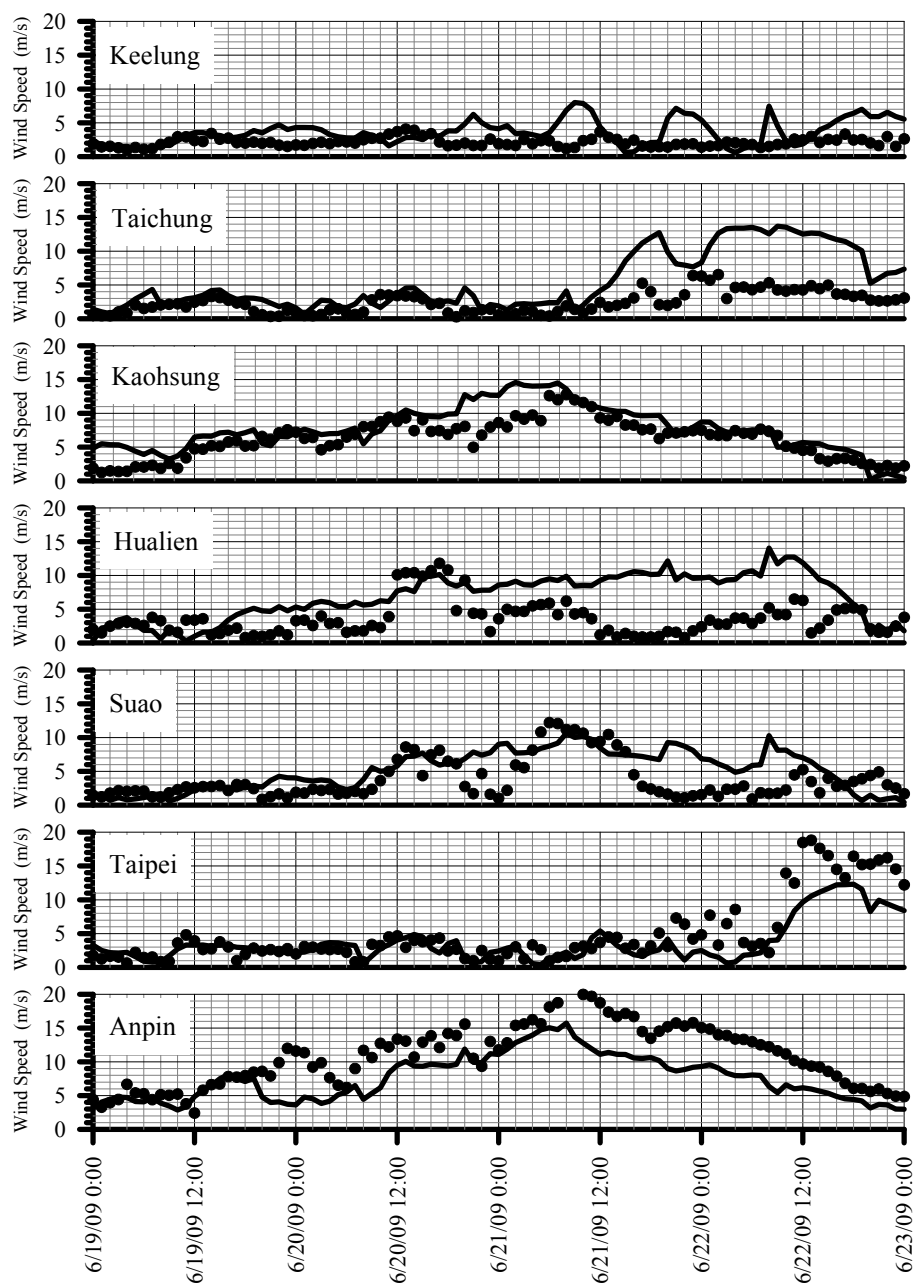


圖 7.4.1 蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖
(觀測:點，推算:直線)

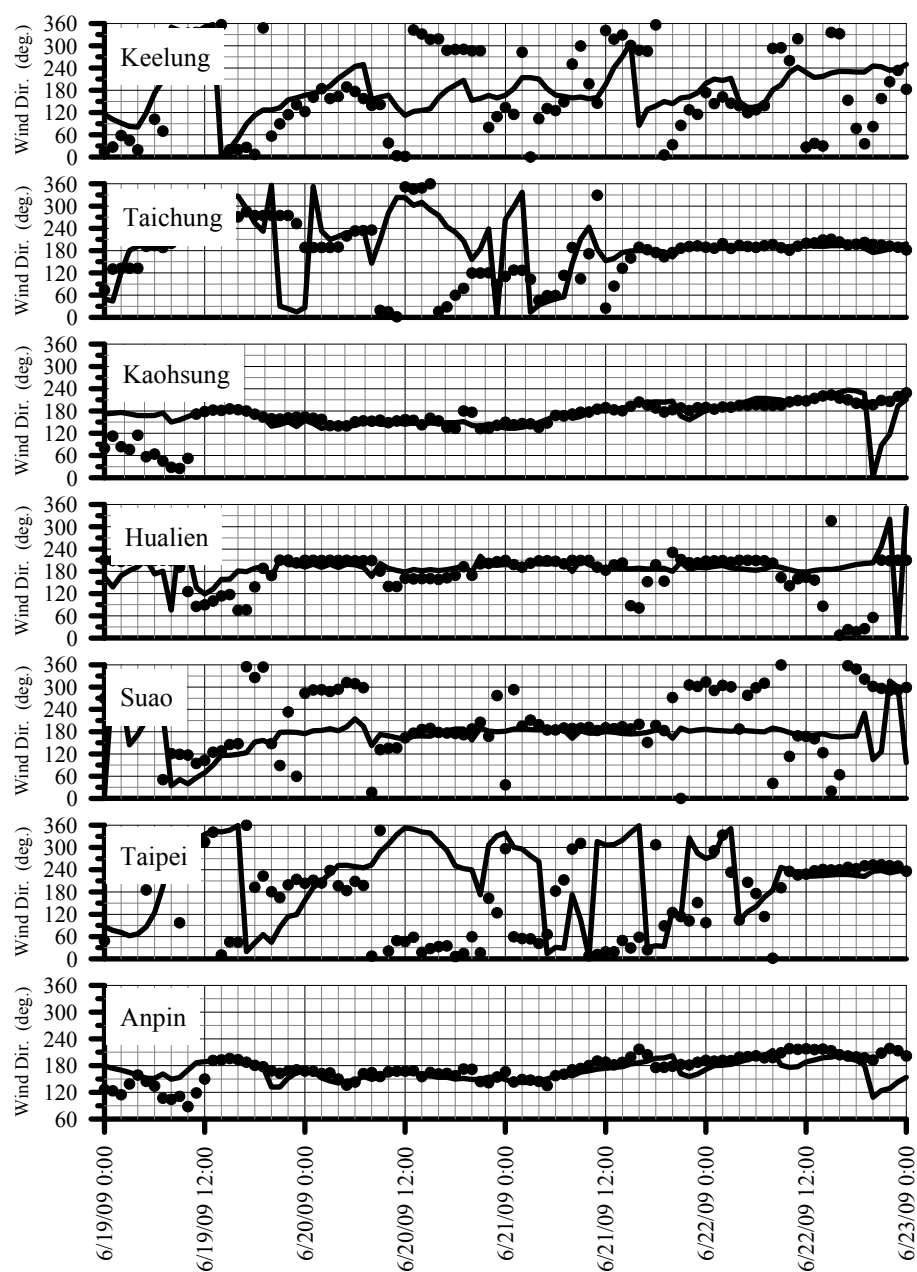


圖 7.4.2 蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖
(觀測:點，推算:直線)

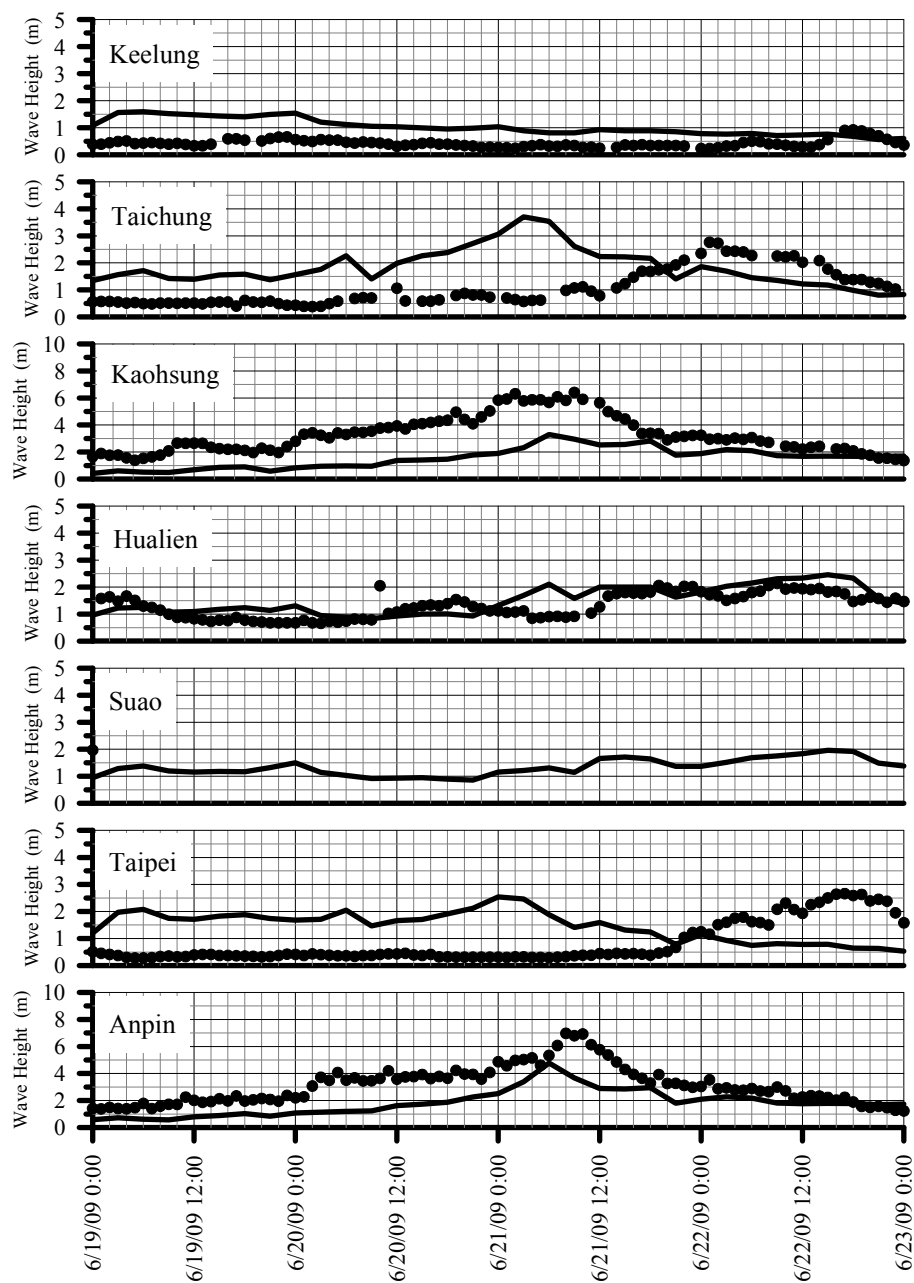


圖 7.4.3 蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖
(觀測:點，推算:直線)

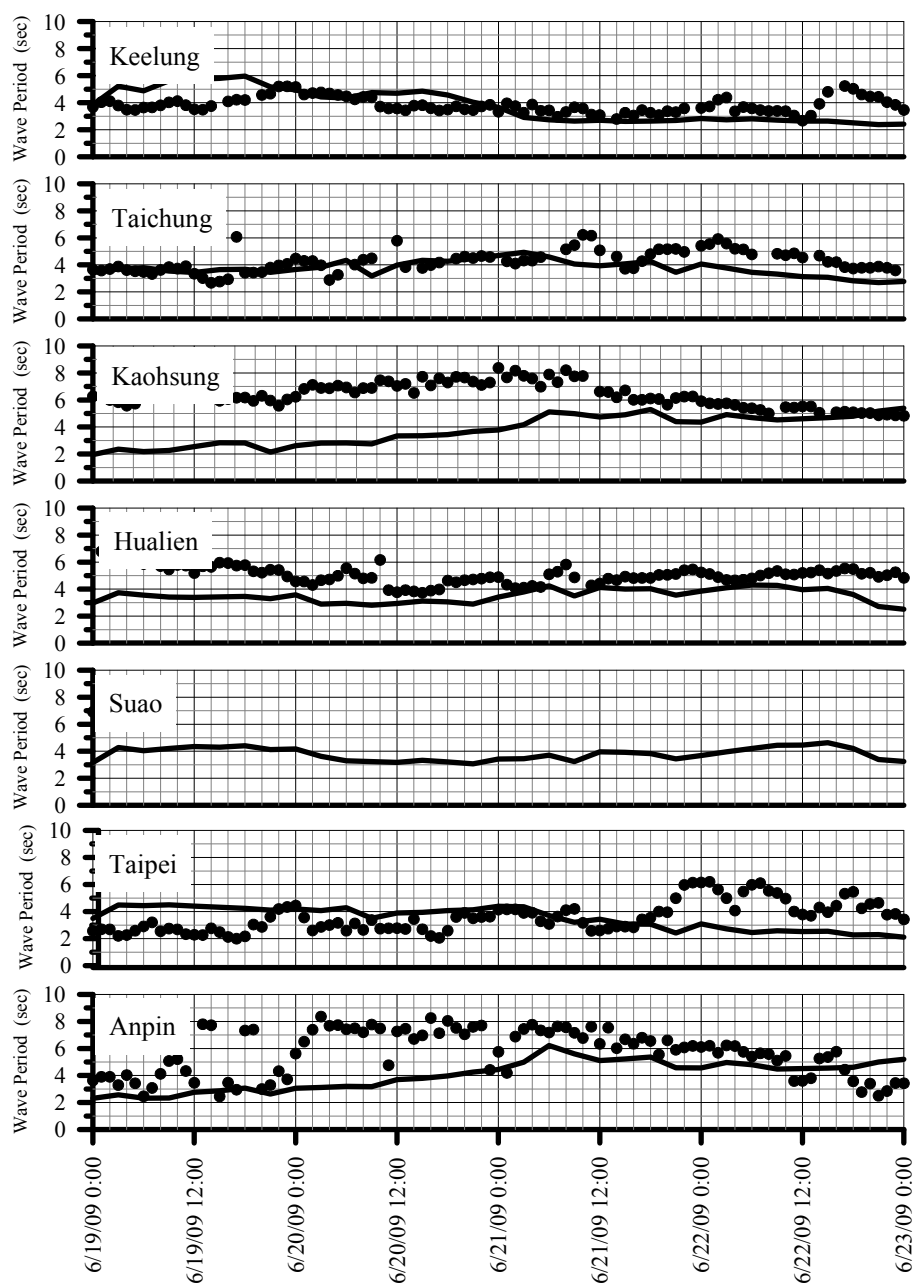


圖 7.4.4 蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖
(觀測:點，推算:直線)

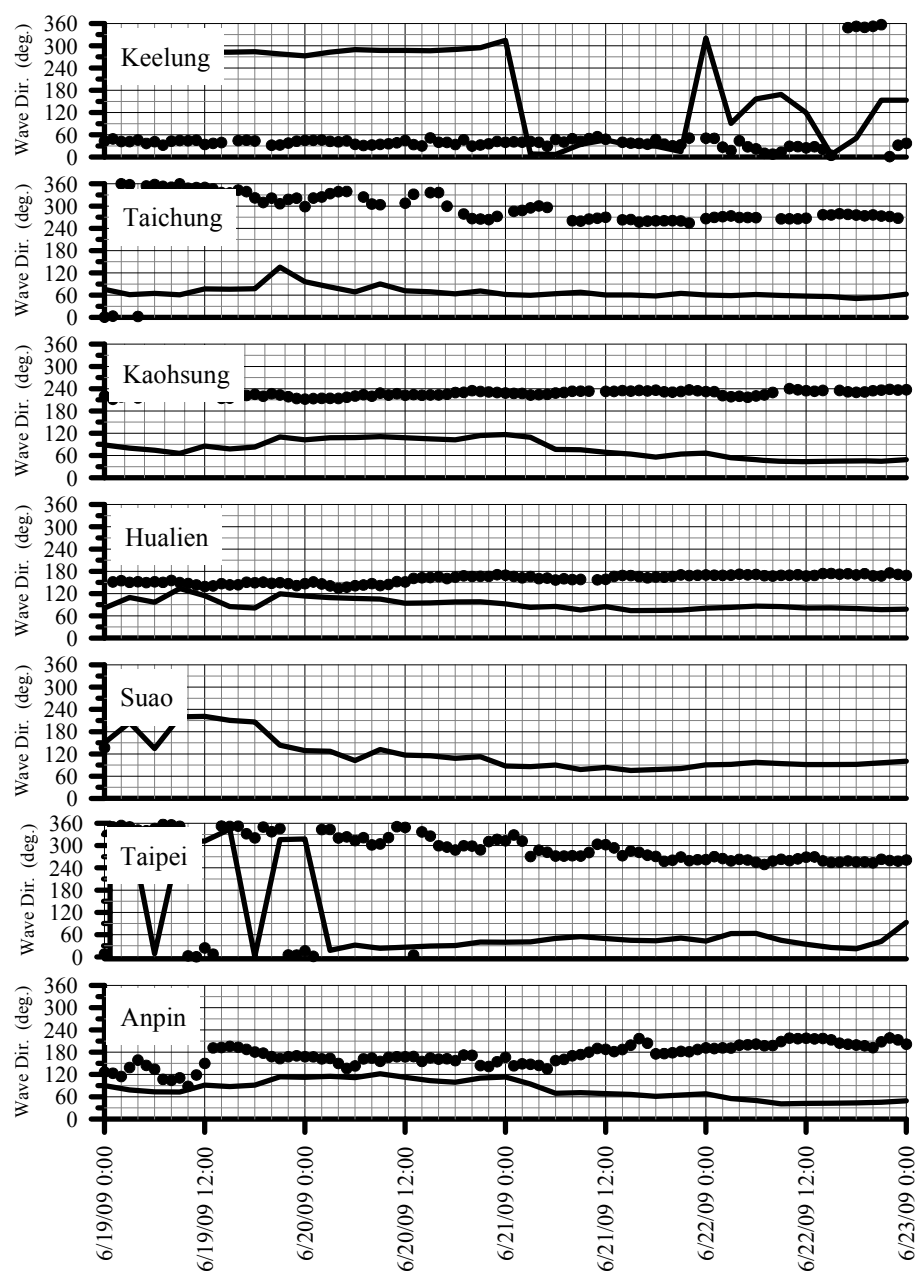


圖 7.4.5 蓮花颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖
(觀測:點，推算:直線)

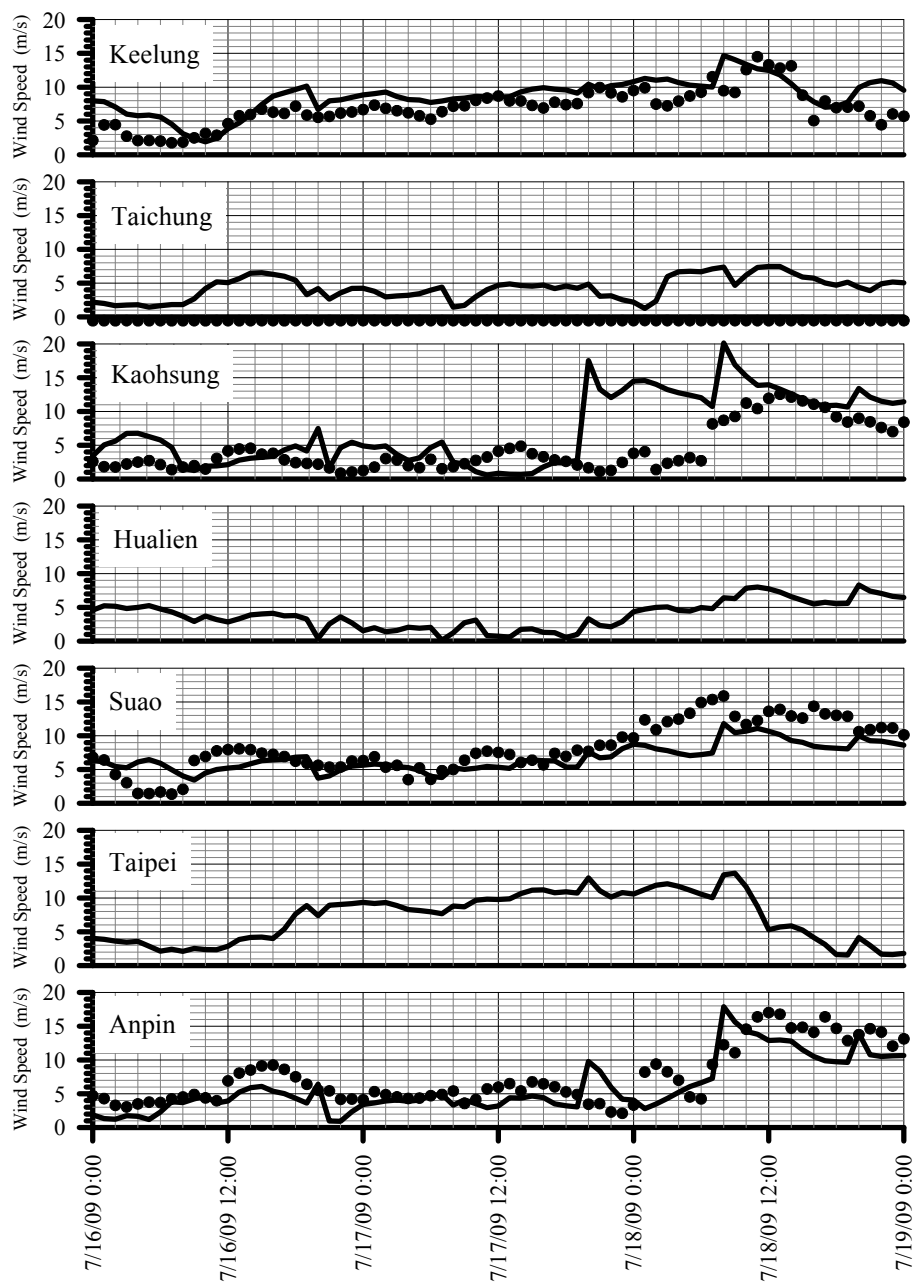


圖 7.4.6 莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖
(觀測:點，推算:直線)

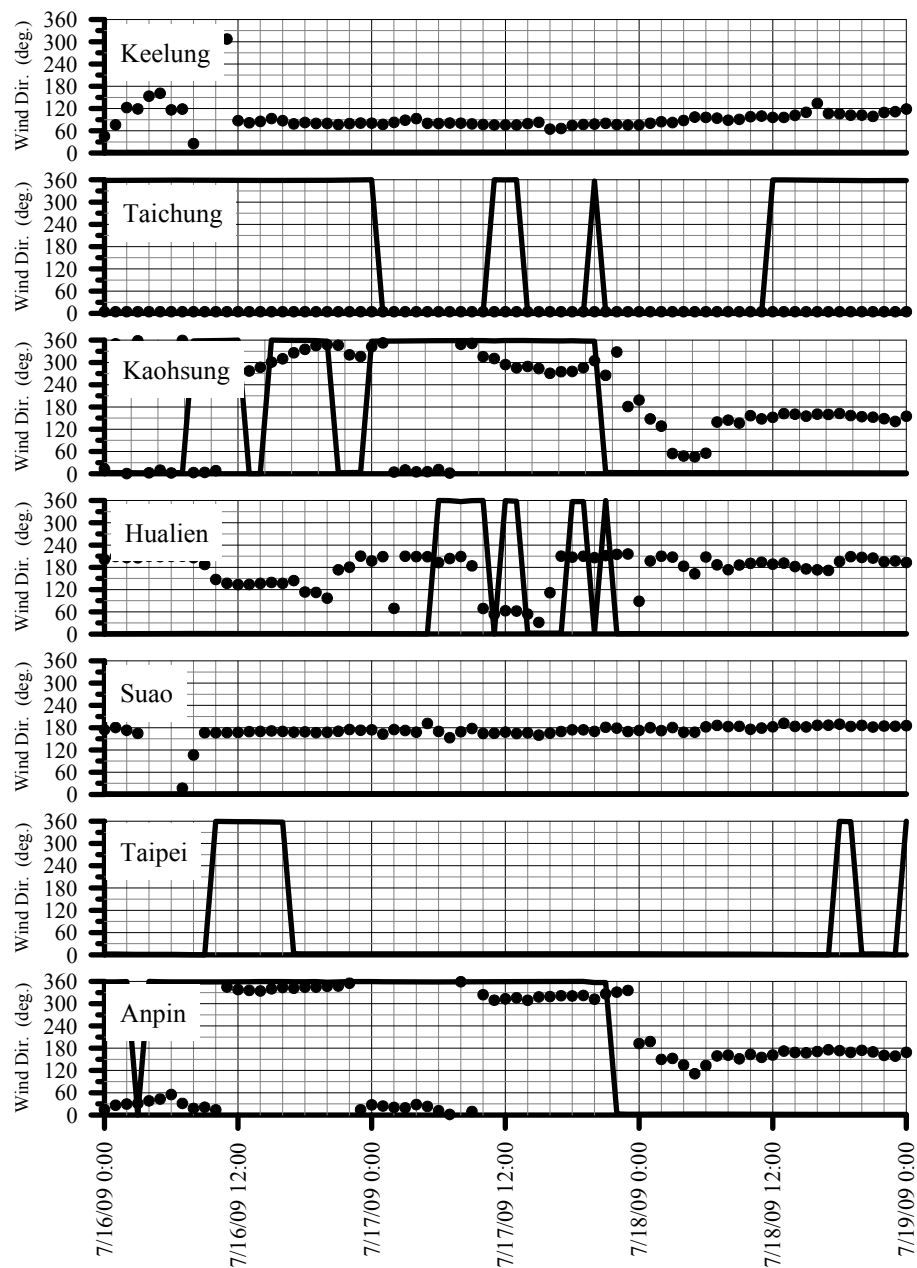


圖 7.4.7 莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖
(觀測:點，推算:直線)

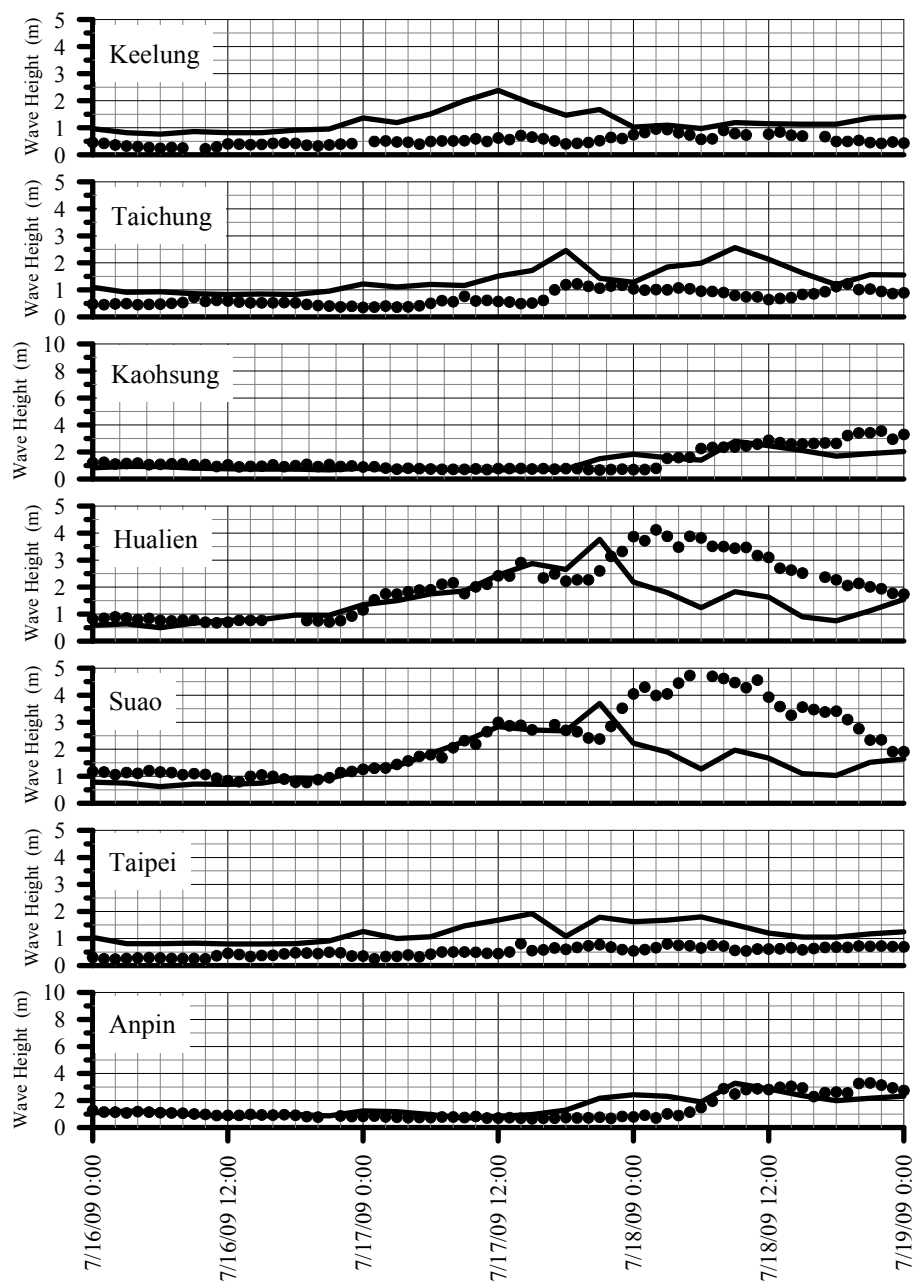


圖 7.4.8 莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖
(觀測:點，推算:直線)

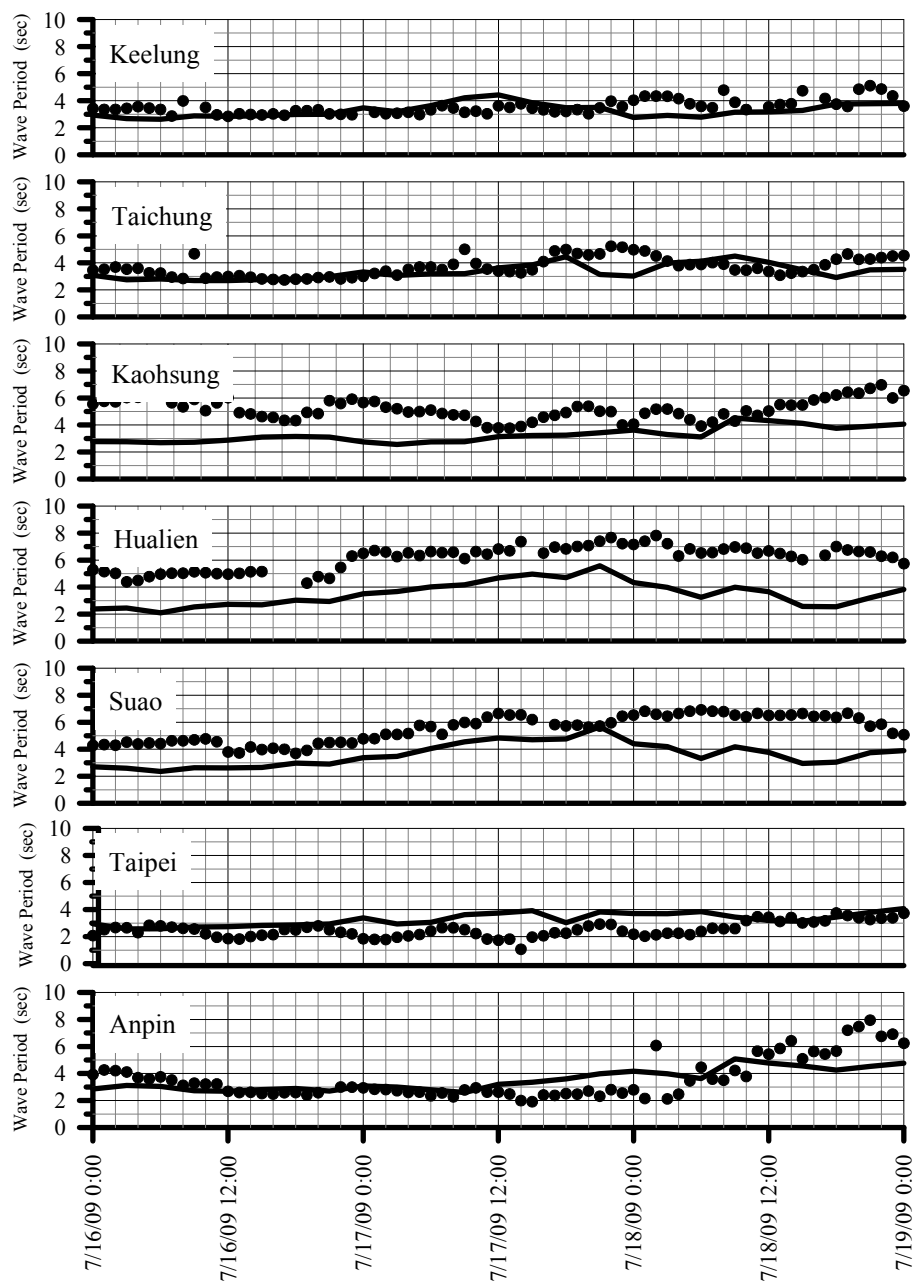


圖 7.4.9 莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖
(觀測:點，推算:直線)

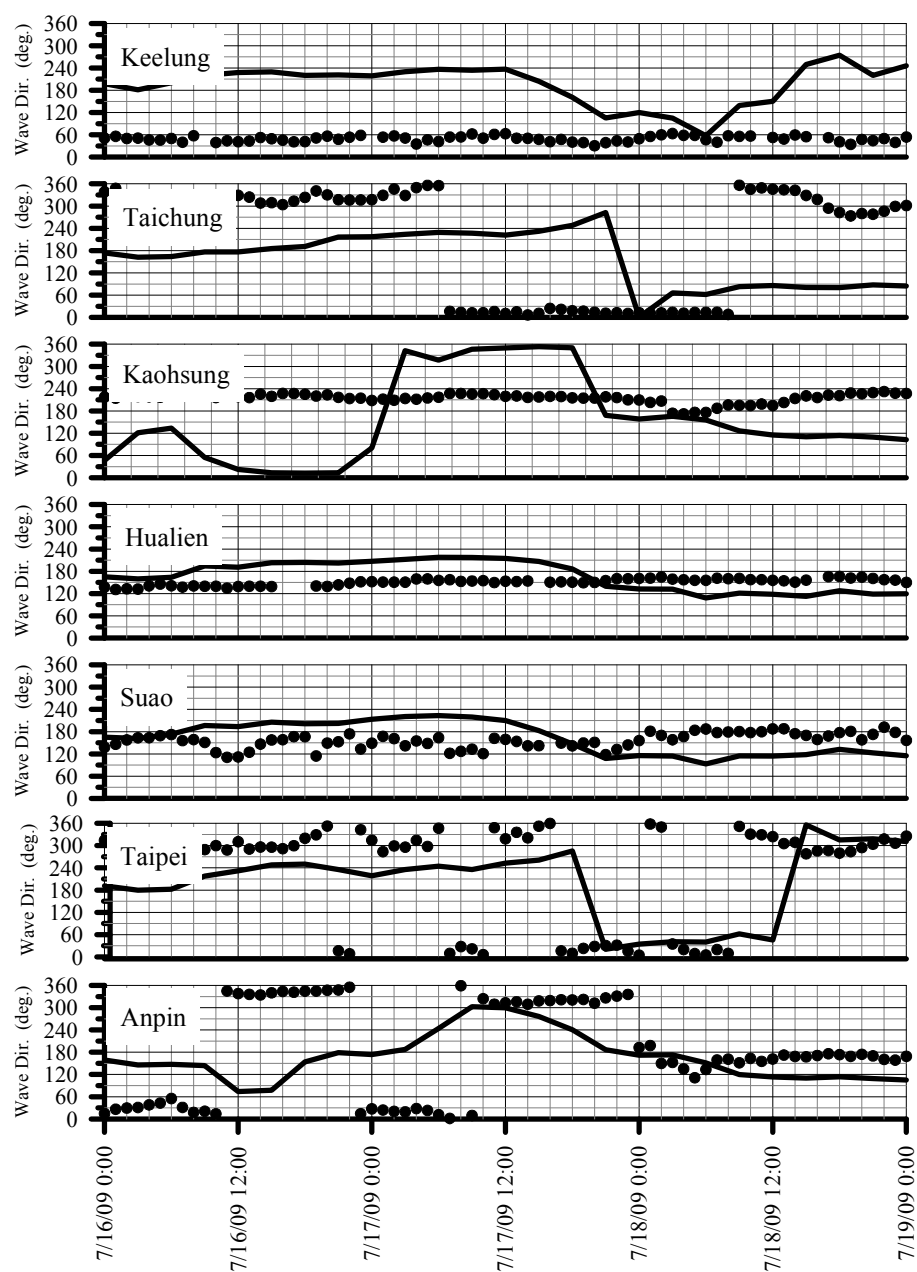


圖 7.4.10 莫拉菲颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖
(觀測:點，推算:直線)

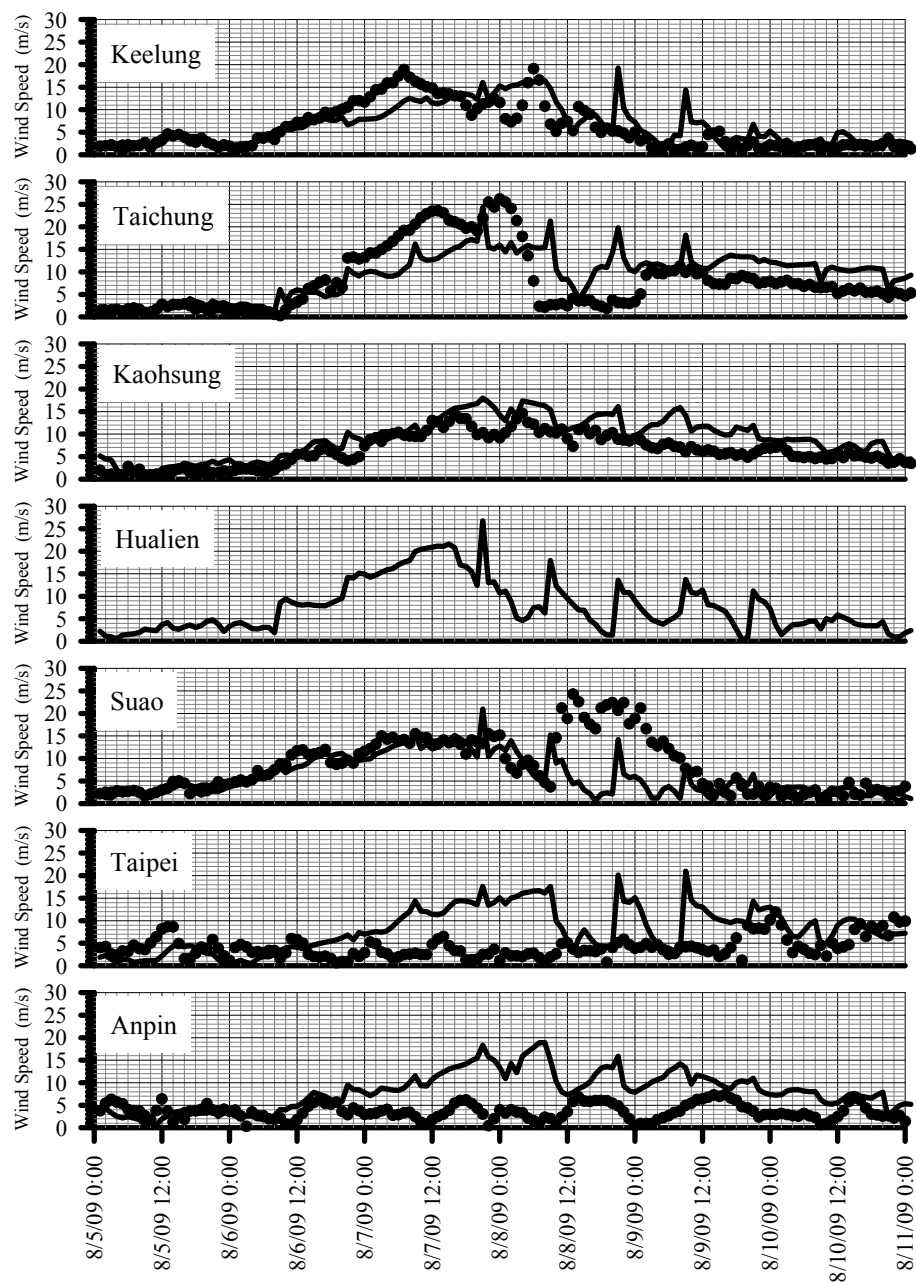


圖 7.4.11 莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖
(觀測:點，推算:直線)

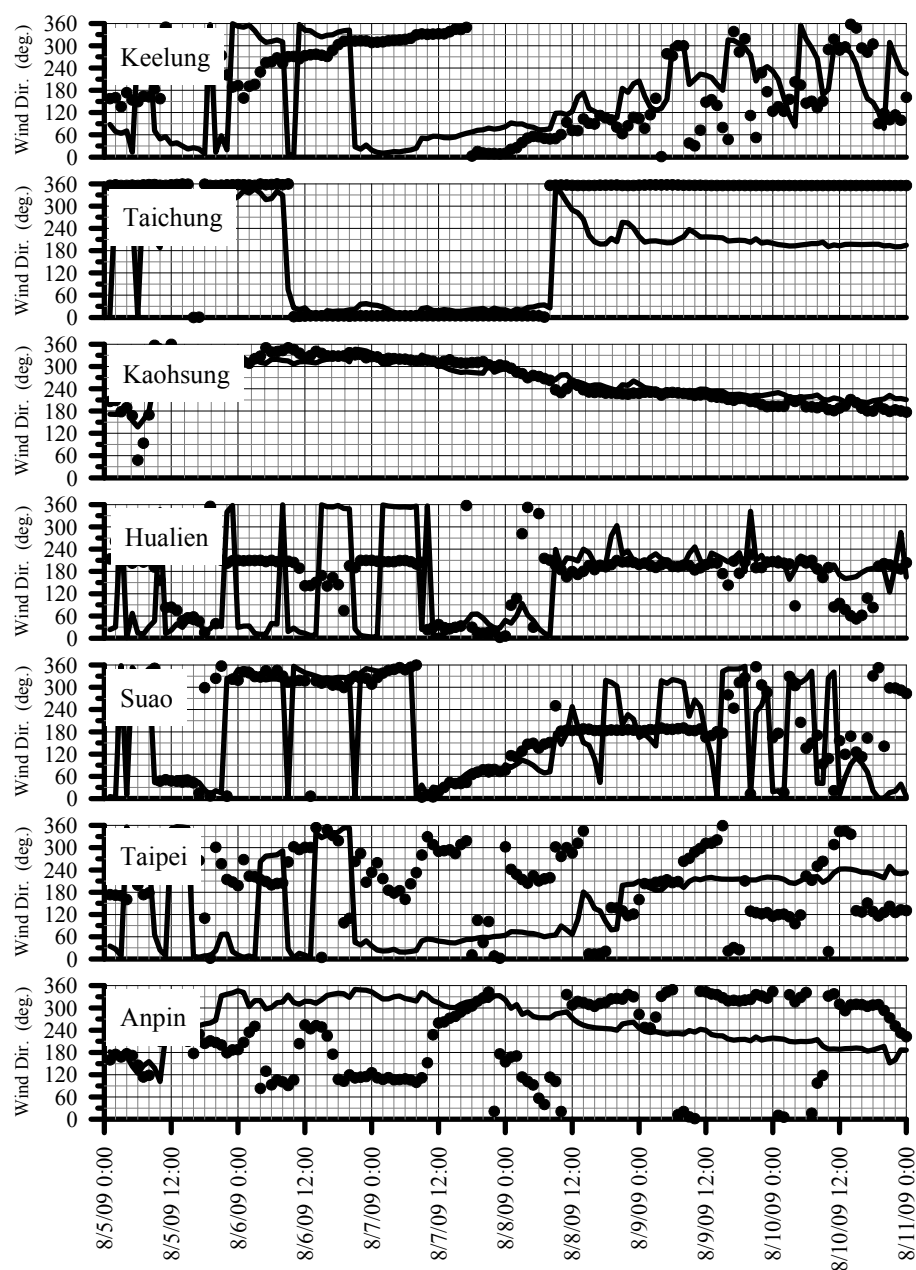


圖 7.4.12 莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖
(觀測:點，推算:直線)

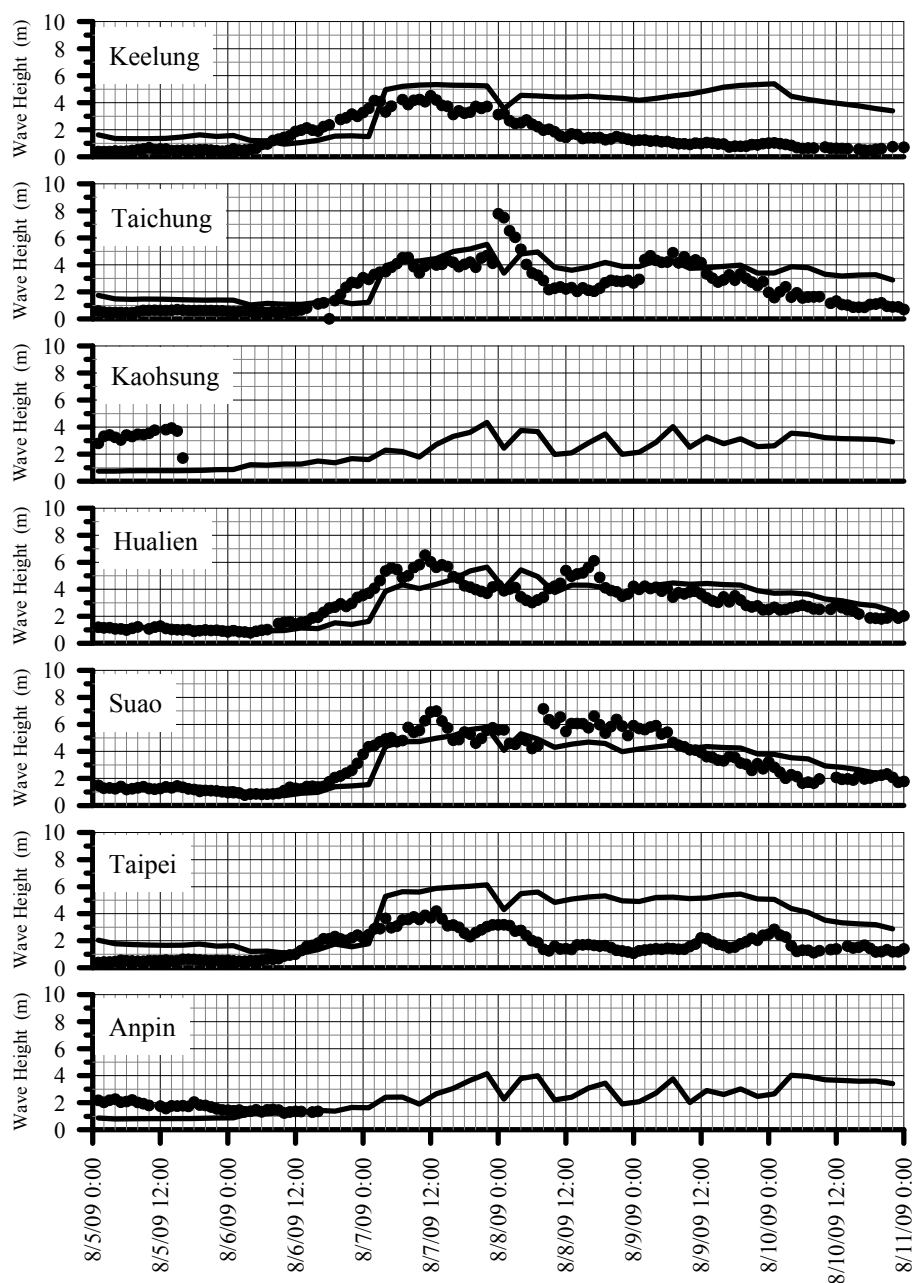


圖 7.3.13 莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖
(觀測:點，推算:直線)

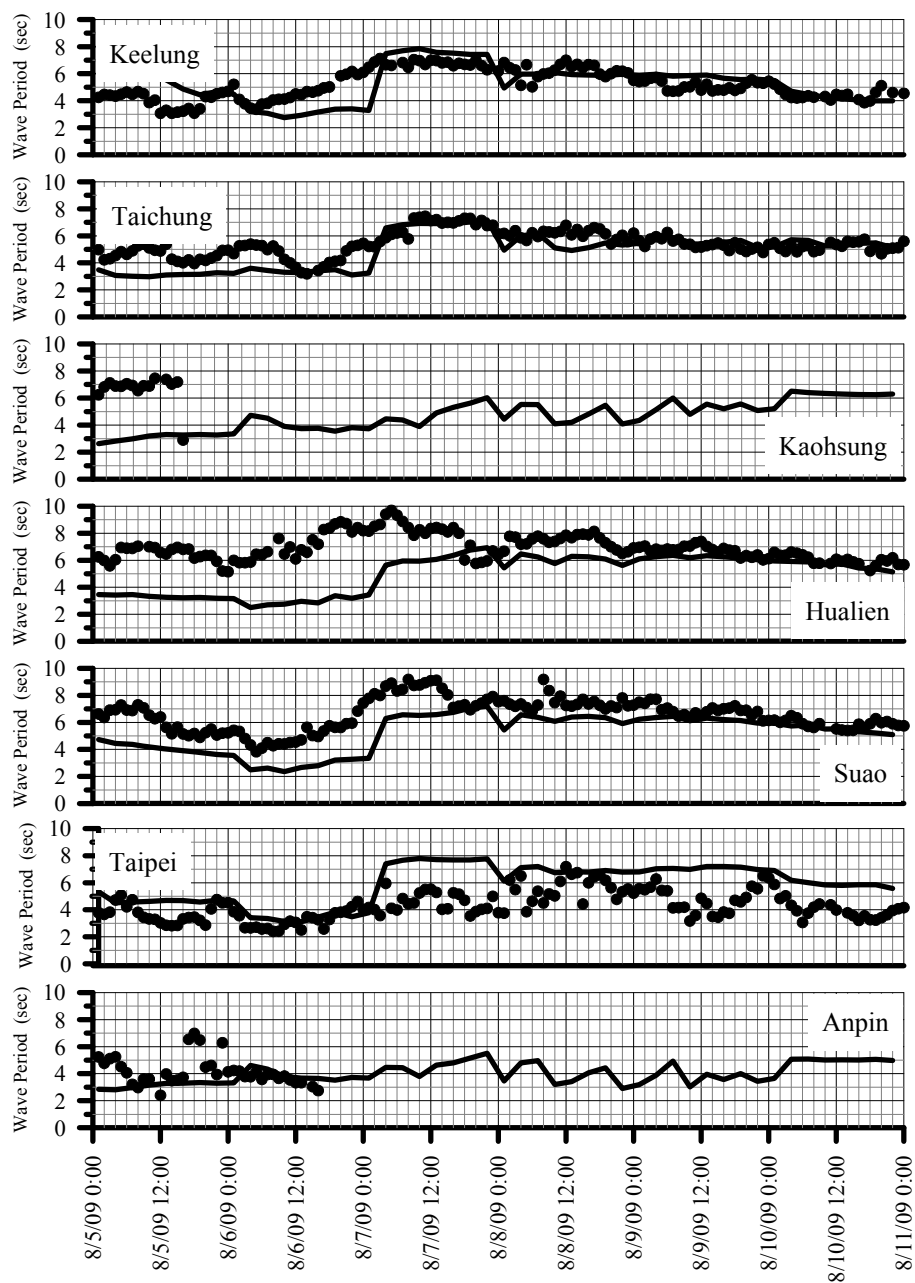


圖 7.4.14 莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖
(觀測:點，推算:直線)

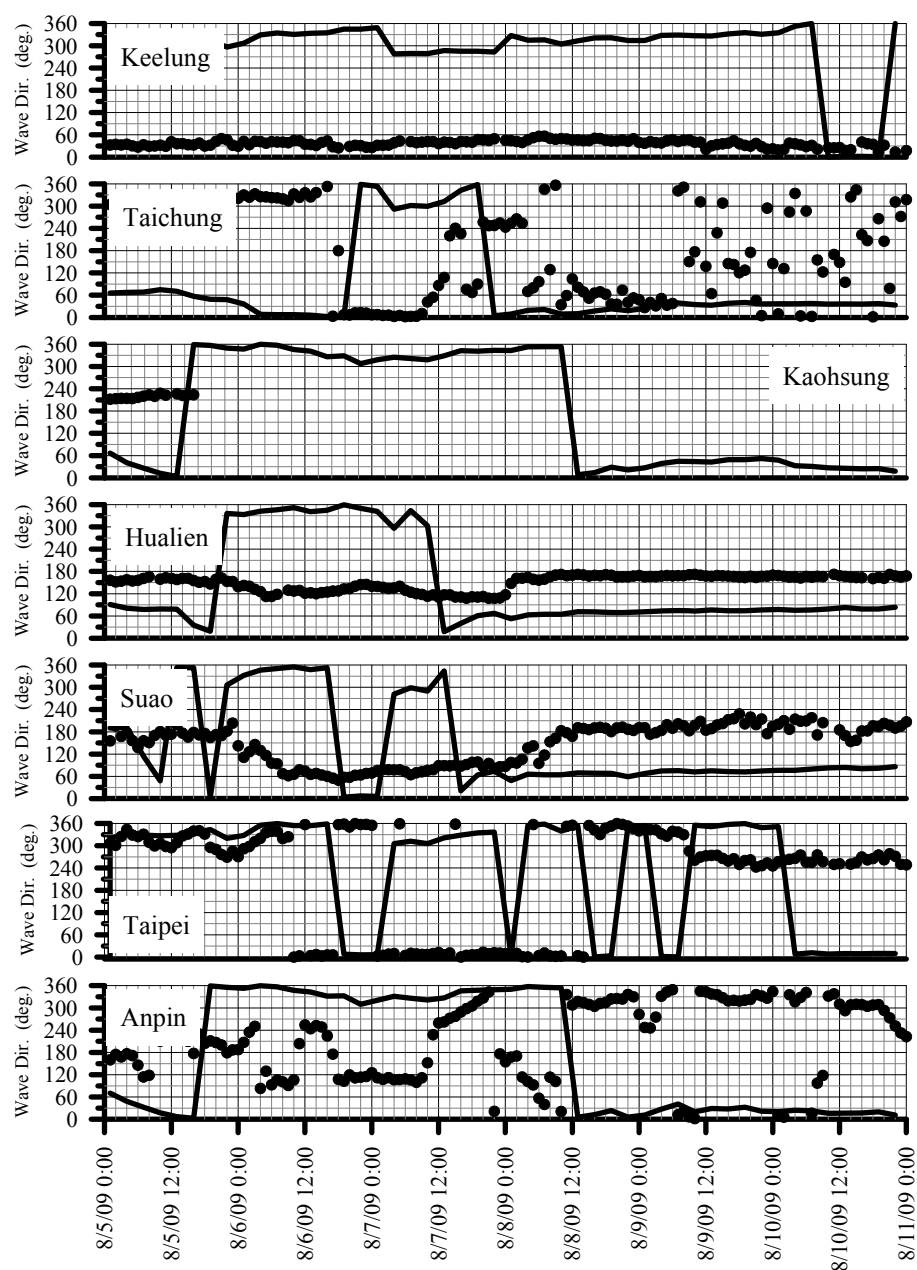


圖 7.4.15 莫拉克颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖
(觀測:點，推算:直線)

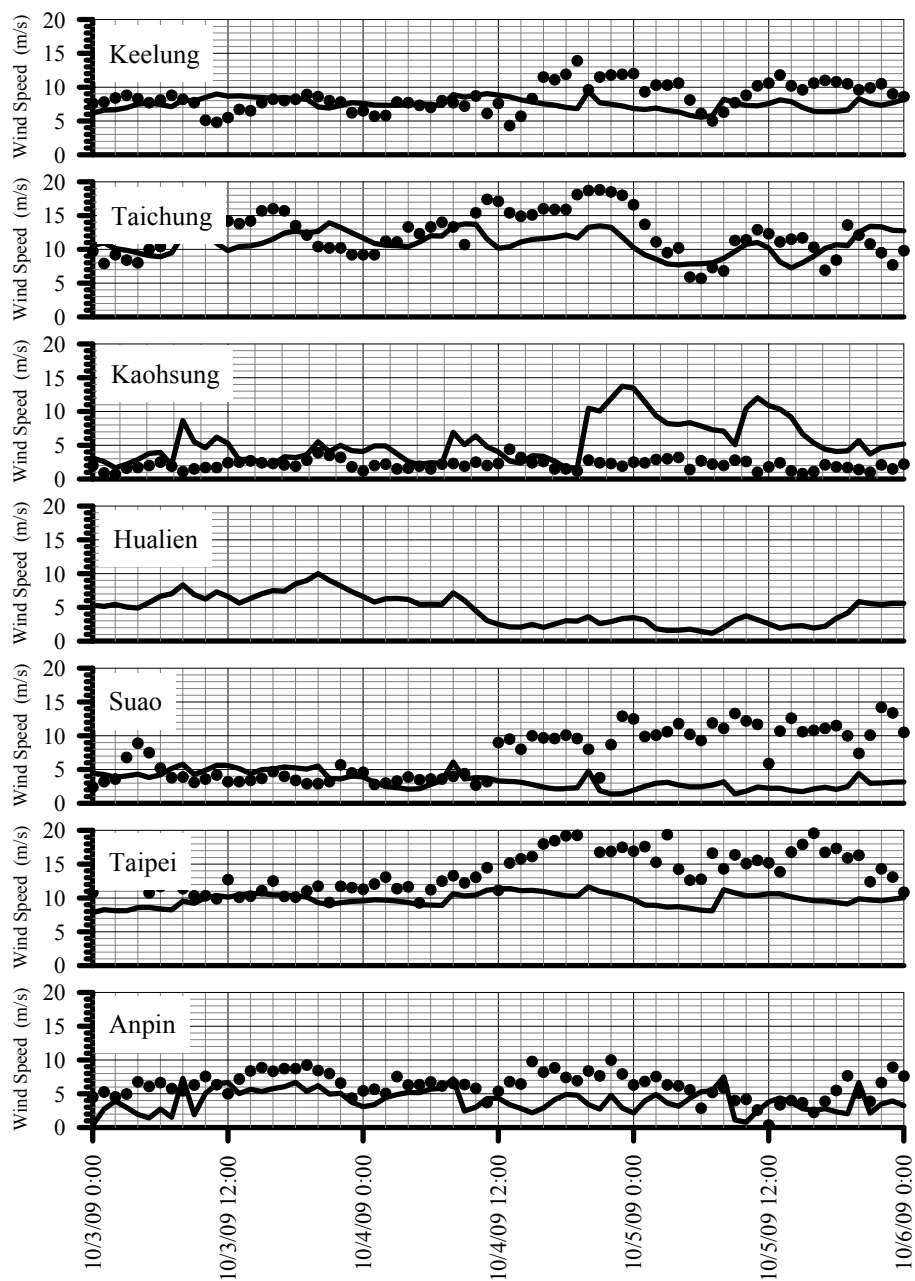


圖 7.4.16 芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算風速比較圖
(觀測:點，推算:直線)

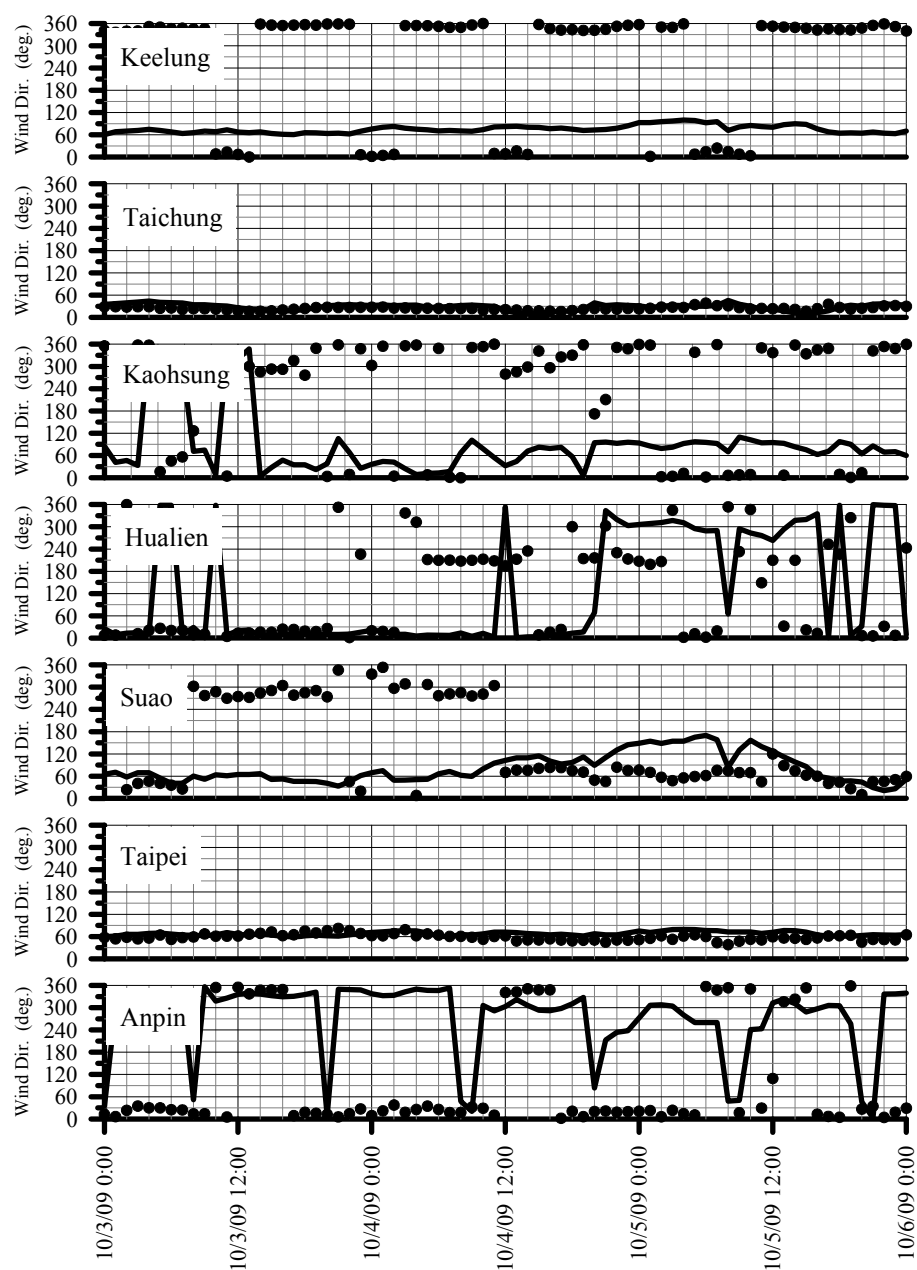


圖 7.4.17 芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算風向比較圖
(觀測:點，推算:直線)

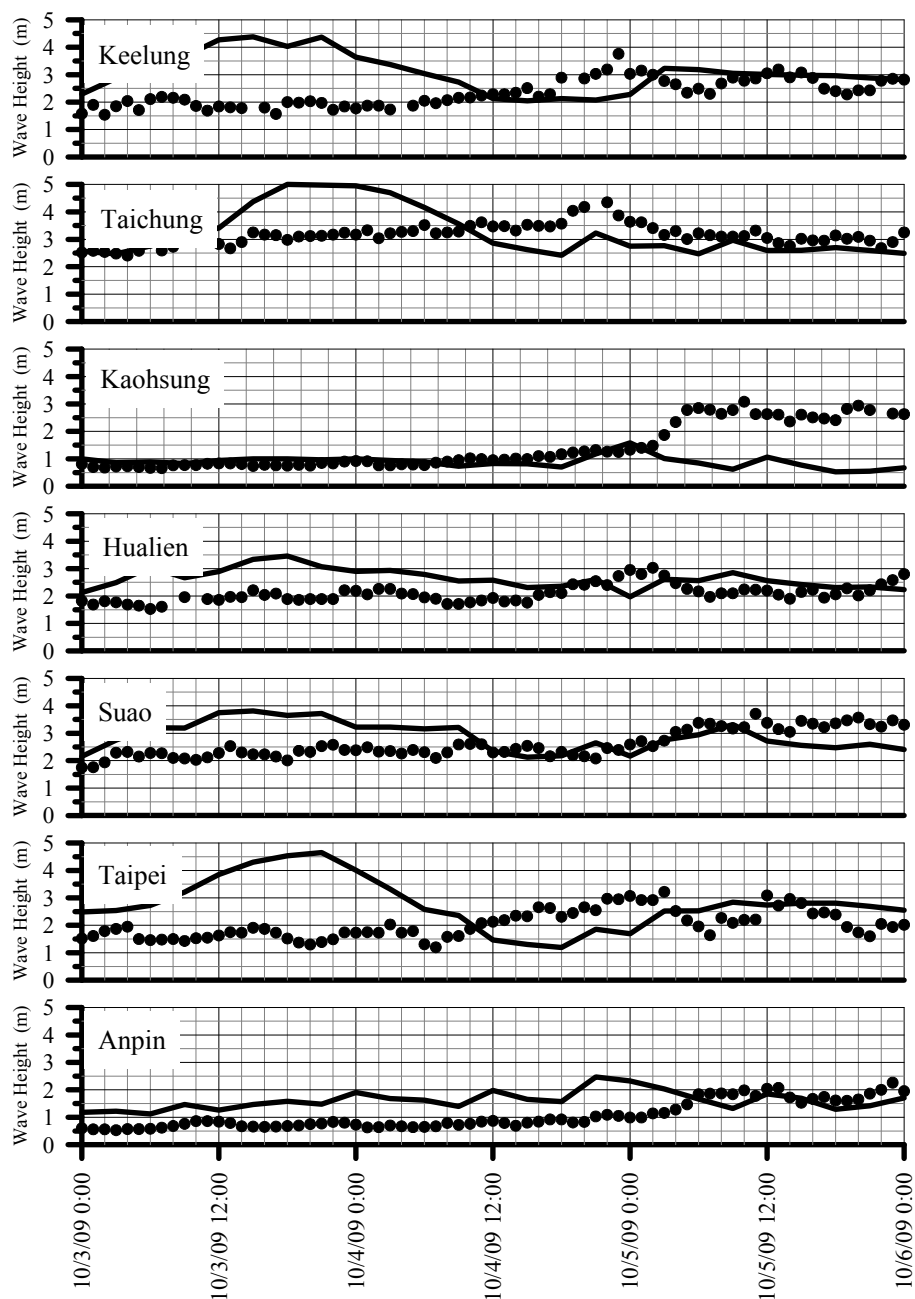


圖 7.4.18 芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算示性波高比較圖
(觀測:點，推算:直線)

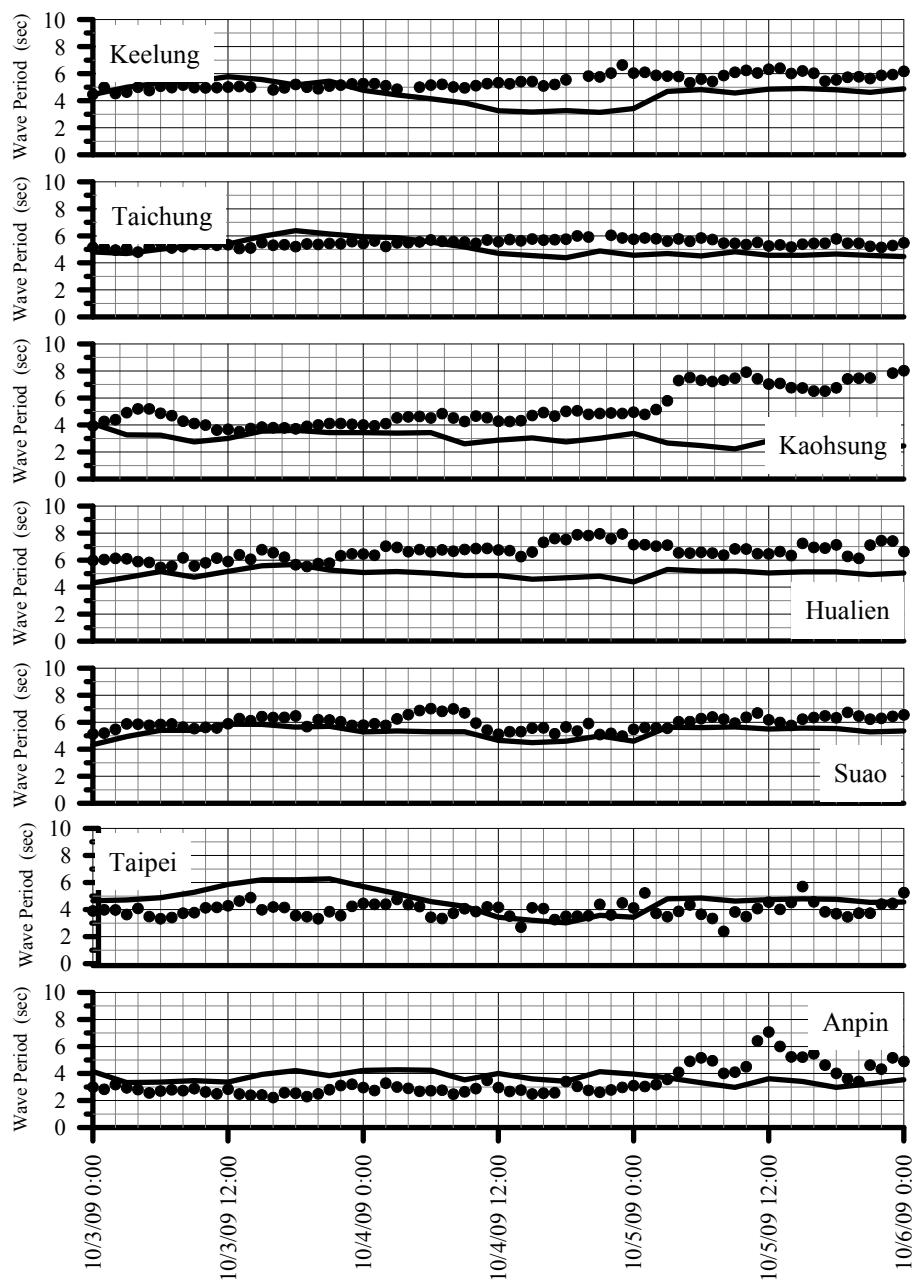


圖 7.4.19 芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算平均週期比較圖
(觀測:點，推算:直線)

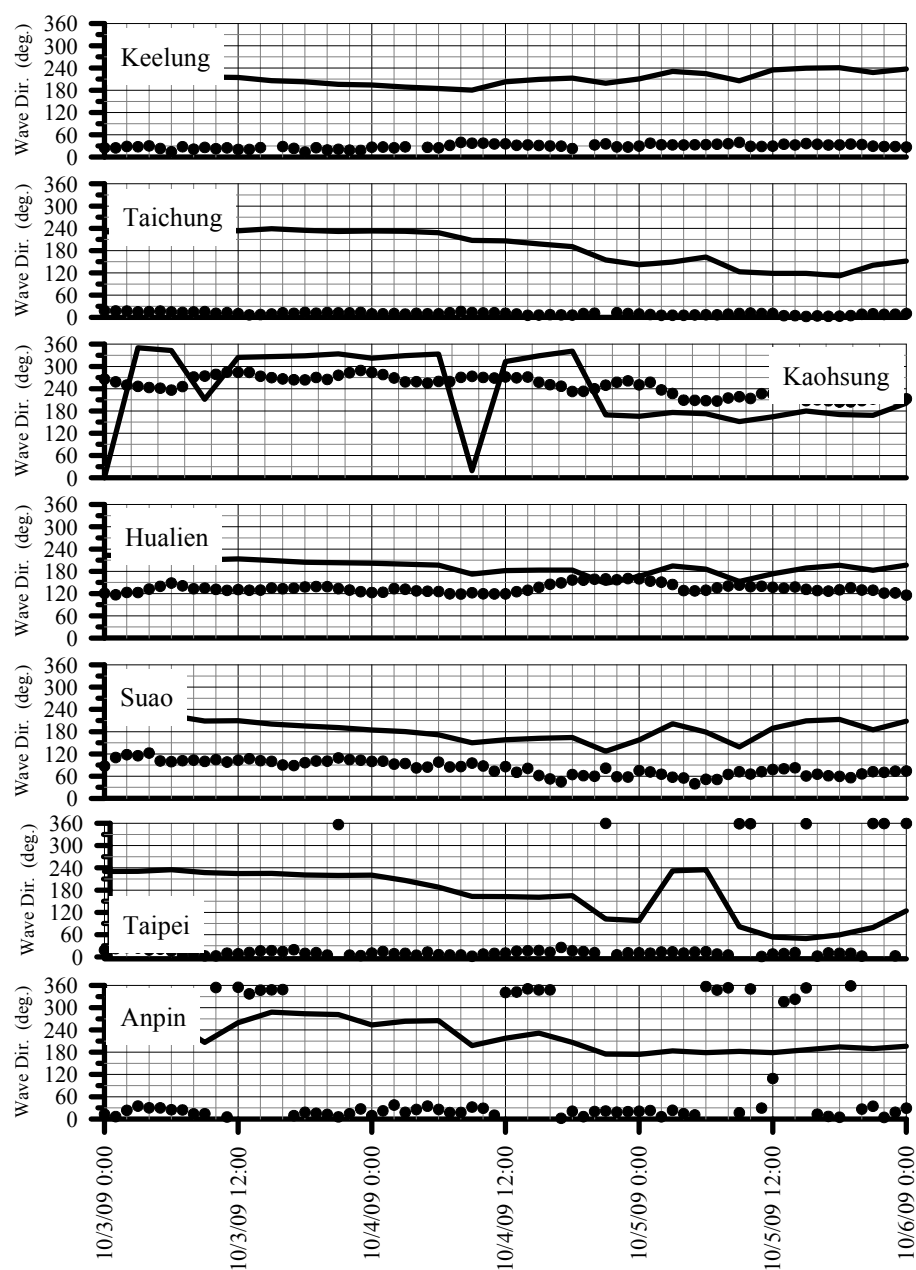


圖 7.4.20 芭瑪颱風侵台期間商港觀測及推算平均波向比較圖
(觀測:點，推算:直線)

表 7.4.1 2009 年中央氣象局發佈之颱風警報分析時間

颱風名稱	分析起迄時間
蓮 花	2009/6/19 0:00～2009/6/23 0:00
莫拉菲	2009/7/16 0:00～2009/7/19 0:00
莫拉克	2009/8/5 0:00～2009/8/11 0:00
芭 瑪	2009/10/3 0:00～2009/10/6 0:00

表 7.4.2 2009 年颱風時期各商港觀測及預報風場資料蒐集率統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)
蓮花	MC	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)
莫拉菲	OBS1	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	0(0.0%)	73(100.0%)
莫拉菲	MC	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)
莫拉克	OBS1	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)
莫拉克	MC	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)	145(100.0%)
芭瑪	OBS1	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)
芭瑪	MC	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)

說明：

1. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
2. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
3. 資料格式：資料蒐集筆數(蒐集率百分數)

表 7.4.3 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報平均風速及超越機率統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	2.1(42.3%)	2.4(44.3%)	6.3(57.7%)	3.6(41.2%)	3.8(32.0%)	4.9(22.7%)	10.9(51.5%)
蓮花	MC	3.6(42.3%)	5.5(35.1%)	7.7(41.2%)	6.9(55.7%)	5.2(52.6%)	3.7(26.8%)	7.6(47.4%)
莫拉菲	OBS1	6.9(50.7%)	-0.6(46.6%)	4.3(30.1%)	3.7(34.2%)	8.3(38.4%)	0.0(0.0%)	7.5(37.0%)
莫拉菲	MC	8.7(50.7%)	4.3(50.7%)	7.3(41.1%)	3.9(49.3%)	6.8(41.1%)	7.2(57.5%)	6.0(34.2%)
莫拉克	OBS1	5.9(37.2%)	8.2(34.5%)	6.4(46.2%)	5.2(31.0%)	8.5(45.5%)	4.1(38.6%)	3.6(46.2%)
莫拉克	MC	6.5(42.1%)	9.3(59.3%)	9.0(48.3%)	7.7(42.1%)	6.1(38.6%)	7.9(44.8%)	8.1(49.0%)
芭瑪	OBS1	8.5(45.2%)	12.3(46.6%)	2.1(49.3%)	4.1(52.1%)	7.2(50.7%)	13.8(43.8%)	6.2(54.8%)
芭瑪	MC	7.5(46.6%)	10.9(47.9%)	5.4(35.6%)	4.7(53.4%)	3.4(42.5%)	9.8(50.7%)	4.0(46.6%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：平均風速(超越機率百分數)

表 7.4.4 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報主要風向統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	SE(13.4%)	S(22.7%)	S(27.8%)	SSW(57.7%)	S(20.6%)	WSW(13.4%)	SSE(28.9%)
蓮花	MC	SSE(22.7%)	S(25.8%)	SSE(25.8%)	S(48.5%)	S(54.6%)	WSW(13.4%)	SSE(40.2%)
莫拉菲	OBS1	E(47.9%)	N(100.0%)	N(24.7%)	SSW(49.3%)	S(61.6%)	N(0.0%)	NNE(21.9%)
莫拉菲	MC	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)	N(100.0%)
莫拉克	OBS1	WNW(11.7%)	N(100.0%)	NW(22.8%)	SSW(49.7%)	S(21.4%)	WNW(14.5%)	NW(17.9%)
莫拉克	MC	NNE(12.4%)	SSW(30.3%)	NW(22.1%)	N(19.3%)	N(17.9%)	SW(18.6%)	NW(17.9%)
芭瑪	OBS1	N(64.4%)	NNE(95.9%)	N(49.3%)	NNE(34.2%)	ENE(26.0%)	ENE(54.8%)	NNE(49.3%)
芭瑪	MC	ENE(68.5%)	NNE(74.0%)	E(31.5%)	N(49.3%)	NE(27.4%)	ENE(98.6%)	NNW(27.4%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：主要風向(超越機率百分數)

表 7.4.5 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報東西平均風速分量統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	-0.1(44.3%)	0.4(48.5%)	-1.0(52.6%)	0.1(61.9%)	0.5(56.7%)	1.7(24.7%)	-0.8(45.4%)
蓮花	MC	0.1(44.3%)	1.0(56.7%)	-1.5(56.7%)	1.2(47.4%)	-0.3(55.7%)	1.6(40.2%)	-1.6(50.5%)
莫拉菲	OBS1	0.3(58.9%)	0.0(17.8%)	-1.2(71.2%)	-2.9(67.1%)	-8.0(61.6%)	0.0(0.0%)	-0.9(65.8%)
莫拉菲	MC	-5.2(50.7%)	1.4(50.7%)	-5.0(50.7%)	1.4(56.2%)	-2.1(52.1%)	-4.6(41.1%)	-0.7(58.9%)
莫拉克	OBS1	0.7(43.4%)	-0.2(70.3%)	4.1(42.8%)	-0.4(67.6%)	0.2(60.7%)	0.4(59.3%)	0.7(53.1%)
莫拉克	MC	-2.2(66.9%)	1.1(55.2%)	6.9(42.8%)	-0.3(53.8%)	-0.9(63.4%)	-0.7(61.4%)	5.3(41.4%)
芭瑪	OBS1	1.0(46.6%)	-4.9(57.5%)	0.4(31.5%)	0.1(46.6%)	-3.8(46.6%)	-11.5(60.3%)	-1.1(46.6%)
芭瑪	MC	-7.2(45.2%)	-5.2(42.5%)	-4.3(57.5%)	-0.3(45.2%)	-2.7(52.1%)	-9.0(43.8%)	1.6(60.3%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：平均風速(超越機率百分數)

表 7.4.6 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報南北平均風速分量統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	-0.4(46.4%)	1.3(42.3%)	5.5(58.8%)	2.6(43.3%)	1.9(36.1%)	0.8(45.4%)	10.0(50.5%)
蓮花	MC	2.3(51.5%)	3.9(39.2%)	6.8(46.4%)	6.5(54.6%)	4.7(55.7%)	0.4(40.2%)	7.0(51.5%)
莫拉菲	OBS1	6.5(56.2%)	0.6(53.4%)	0.4(38.4%)	0.0(37.0%)	0.5(57.5%)	0.0(0.0%)	0.6(58.9%)
莫拉菲	MC	6.7(49.3%)	-0.7(46.6%)	1.7(38.4%)	3.0(58.9%)	6.3(41.1%)	3.1(54.8%)	1.5(34.2%)
莫拉克	OBS1	-2.7(70.3%)	-8.2(65.5%)	0.4(50.3%)	0.5(71.7%)	0.2(37.2%)	0.8(52.4%)	-0.4(55.2%)
莫拉克	MC	-1.3(48.3%)	-0.2(44.8%)	0.8(52.4%)	-2.3(55.2%)	-3.0(59.3%)	0.3(40.7%)	0.2(54.5%)
芭瑪	OBS1	-8.4(57.5%)	-11.2(53.4%)	-1.6(43.8%)	-2.2(38.4%)	-3.2(56.2%)	-7.4(56.2%)	-5.9(47.9%)
芭瑪	MC	-2.0(42.5%)	-9.5(43.8%)	-1.5(46.6%)	-4.3(45.2%)	-0.9(42.5%)	-3.7(43.8%)	-2.5(52.1%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：平均風速(超越機率百分數)

表 7.4.7 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大風速(風向)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	4.1(NNW)	6.5(SSW)	12.8(S)	11.8(SSE)	12.2(S)	18.8(WSW)	20.6(S)
蓮花	MC	8.0(SSE)	13.7(S)	14.6(SE)	14.1(SSW)	10.7(SSE)	12.3(SW)	15.7(SSE)
莫拉菲	OBS1	14.5(E)	0.0(NaN)	12.6(SSE)	13.4(S)	15.9(S)	0.0(NaN)	17.0(SSE)
莫拉菲	MC	14.7(N)	7.5(N)	20.1(N)	8.3(N)	11.8(N)	13.7(N)	17.9(N)
莫拉克	OBS1	19.1(NE)	26.2(N)	14.6(W)	22.8(S)	24.3(S)	11.9(ESE)	7.4(NW)
莫拉克	MC	19.3(S)	24.3(NNE)	18.0(NW)	26.8(NE)	21.0(ENE)	21.0(SSW)	18.9(W)
芭瑪	OBS1	13.9(NNW)	18.8(NNE)	4.4(WNW)	6.9(NNE)	14.2(NE)	20.5(NE)	10.0(NNE)
芭瑪	MC	9.4(ENE)	13.9(NNE)	13.7(E)	10.0(N)	6.1(ENE)	11.6(ENE)	7.5(NE)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：最大風速(風向)

表 7.4.8 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大風速(日/時)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	4.1(19/14)	6.5(21/03)	12.8(20/09)	11.8(19/18)	12.2(20/07)	18.8(21/14)	20.6(20/10)
蓮花	MC	8.0(20/10)	13.7(21/10)	14.6(20/03)	14.1(21/09)	10.7(20/09)	12.3(21/19)	15.7(20/09)
莫拉菲	OBS1	14.5(17/12)	0.0(_NaN_)	12.6(17/14)	13.4(17/08)	15.9(17/09)	0.0(_NaN_)	17.0(17/13)
莫拉菲	MC	14.7(17/09)	7.5(17/14)	20.1(17/09)	8.3(17/21)	11.8(17/09)	13.7(17/10)	17.9(17/09)
莫拉克	OBS1	19.1(07/06)	26.2(07/00)	14.6(07/04)	22.8(07/13)	24.3(07/13)	11.9(09/01)	7.4(08/16)
莫拉克	MC	19.3(07/21)	24.3(06/21)	18.0(06/21)	26.8(06/21)	21.0(06/21)	21.0(08/09)	18.9(07/08)
芭瑪	OBS1	13.9(03/20)	18.8(03/22)	4.4(03/14)	6.9(02/21)	14.2(04/23)	20.5(03/21)	10.0(03/23)
芭瑪	MC	9.4(03/21)	13.9(02/22)	13.7(04/00)	10.0(02/21)	6.1(03/09)	11.6(03/21)	7.5(04/09)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. MC: 中央氣象局 MC 預報風場資料
4. 資料格式：最大風速(發生日時)

表 7.4.9 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報風速各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	1.8(39.2%)	3.2(34.0%)	1.9(39.2%)	4.0(38.1%)	2.4(38.1%)	1.9(26.8%)	3.5(49.5%)
蓮花	標準偏差	1.6(44.3%)	3.1(35.1%)	1.5(50.5%)	2.8(60.8%)	2.2(43.3%)	2.1(25.8%)	2.3(66.0%)
蓮花	最大偏差	6.7(1.0%)	10.7(1.0%)	7.1(1.0%)	10.5(1.0%)	8.6(1.0%)	8.8(1.0%)	8.3(1.0%)
蓮花	平均比值	1.8(38.1%)	2.5(42.3%)	1.3(36.1%)	2.9(30.9%)	2.0(32.0%)	1.0(37.1%)	0.7(39.2%)
莫拉菲	平均偏差	2.1(46.6%)	4.8(50.7%)	3.7(35.6%)	1.9(47.9%)	2.3(38.4%)	0.0(0.0%)	2.4(47.9%)
莫拉菲	標準偏差	1.5(60.3%)	1.7(100.0%)	3.7(35.6%)	1.4(60.3%)	1.8(52.1%)	0.0(0.0%)	1.6(68.5%)
莫拉菲	最大偏差	6.5(1.4%)	8.0(1.4%)	15.9(1.4%)	8.6(1.4%)	7.9(1.4%)	0.0(0.0%)	6.5(1.4%)
莫拉菲	平均比值	1.4(34.2%)	7.7(50.7%)	2.3(31.5%)	1.5(34.2%)	1.0(20.5%)	0.0(0.0%)	0.8(35.6%)
莫拉克	平均偏差	2.3(35.2%)	4.2(42.8%)	2.7(39.3%)	3.7(36.6%)	3.5(22.8%)	5.1(40.0%)	5.1(42.1%)
莫拉克	標準偏差	2.4(33.1%)	3.5(52.4%)	2.1(51.0%)	3.5(37.9%)	4.9(18.6%)	4.3(42.8%)	3.9(57.2%)
莫拉克	最大偏差	14.0(0.7%)	18.6(0.7%)	8.8(0.7%)	14.6(0.7%)	20.3(0.7%)	16.7(0.7%)	17.7(0.7%)
莫拉克	平均比值	1.4(36.6%)	1.7(29.7%)	1.5(44.1%)	2.1(35.9%)	0.9(40.0%)	2.7(34.5%)	3.2(31.0%)
芭瑪	平均偏差	2.1(41.1%)	2.8(49.3%)	3.4(35.6%)	1.9(39.7%)	4.7(45.2%)	4.1(46.6%)	2.7(47.9%)
芭瑪	標準偏差	1.6(50.7%)	1.7(67.1%)	3.0(38.4%)	1.4(52.1%)	3.7(49.3%)	2.8(60.3%)	1.6(69.9%)
芭瑪	最大偏差	7.1(1.4%)	6.9(1.4%)	11.8(1.4%)	5.1(1.4%)	11.9(1.4%)	10.7(1.4%)	7.6(1.4%)
芭瑪	平均比值	0.9(42.5%)	0.9(39.7%)	2.9(34.2%)	1.3(34.2%)	0.7(41.1%)	0.7(47.9%)	0.8(30.1%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風向偏差值(超越機率百分數)

表 7.4.10 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報風向各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	64.3(45.4%)	40.9(36.1%)	22.5(24.7%)	36.7(28.9%)	59.2(42.3%)	62.1(42.3%)	19.1(34.0%)
蓮花	標準偏差	47.0(53.6%)	45.6(30.9%)	33.3(14.4%)	42.6(25.8%)	53.6(43.3%)	50.4(50.5%)	20.9(29.9%)
蓮花	最大偏差	177.4(1.0%)	171.1(1.0%)	131.1(1.0%)	179.8(1.0%)	180.0(1.0%)	173.2(1.0%)	89.8(1.0%)
蓮花	平均比值	16.8(4.1%)	3.7(7.2%)	1.2(11.3%)	1.6(12.4%)	12.0(1.0%)	5.5(23.7%)	1.0(33.0%)
莫拉菲	平均偏差	89.3(39.7%)	101.7(57.5%)	102.0(52.1%)	72.0(41.1%)	124.5(69.9%)	0.0(0.0%)	106.5(61.6%)
莫拉菲	標準偏差	22.5(100.0%)	85.0(57.5%)	61.0(68.5%)	61.6(42.5%)	71.1(75.3%)	0.0(0.0%)	64.9(61.6%)
莫拉菲	最大偏差	159.3(1.4%)	175.3(1.4%)	178.2(1.4%)	179.9(1.4%)	179.9(1.4%)	0.0(0.0%)	177.1(1.4%)
莫拉菲	平均比值	0.0(57.5%)	45.5(57.5%)	10.3(12.3%)	0.4(13.7%)	0.0(23.3%)	0.0(0.0%)	8.0(26.0%)
莫拉克	平均偏差	80.7(51.0%)	82.5(49.0%)	20.0(38.6%)	56.8(35.2%)	53.7(37.9%)	74.8(52.4%)	70.8(43.4%)
莫拉克	標準偏差	45.0(74.5%)	65.3(51.0%)	17.4(46.2%)	56.6(35.2%)	51.5(40.0%)	45.6(72.4%)	45.6(62.1%)
莫拉克	最大偏差	178.7(0.7%)	174.7(0.7%)	113.9(0.7%)	178.7(0.7%)	174.8(0.7%)	167.6(0.7%)	168.9(0.7%)
莫拉克	平均比值	2.3(14.5%)	26.1(2.1%)	1.0(46.9%)	1.3(31.0%)	1.8(6.9%)	2.1(11.7%)	3.5(9.0%)
芭瑪	平均偏差	90.4(52.1%)	7.0(46.6%)	86.5(47.2%)	64.5(42.5%)	45.7(39.7%)	11.7(52.1%)	85.3(57.5%)
芭瑪	標準偏差	15.5(100.0%)	4.3(69.9%)	36.9(93.1%)	57.2(45.2%)	30.6(58.9%)	7.7(65.8%)	50.3(67.1%)
芭瑪	最大偏差	116.0(1.4%)	17.7(1.4%)	172.5(1.4%)	173.9(1.4%)	133.1(1.4%)	34.5(1.4%)	164.0(1.4%)
芭瑪	平均比值	8.1(17.8%)	1.2(56.2%)	5.9(23.6%)	7.4(16.4%)	1.2(46.6%)	1.2(50.7%)	16.6(30.1%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風向偏差值(超越機率百分數)

表 7.4.11 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報東西分量風速各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	1.9(40.2%)	1.2(43.3%)	1.5(37.5%)	1.7(40.2%)	1.4(45.4%)	3.2(46.4%)	2.3(45.4%)
蓮花	標準偏差	1.7(43.3%)	0.9(53.6%)	1.4(43.8%)	1.1(58.8%)	1.0(58.8%)	2.1(66.0%)	1.9(48.5%)
蓮花	最大偏差	7.4(1.0%)	3.4(1.0%)	7.6(1.0%)	4.4(1.0%)	5.2(1.0%)	8.6(1.0%)	8.8(1.0%)
蓮花	平均比值	5.7(11.3%)	10.3(8.2%)	5.9(6.2%)	2.4(20.6%)	5.7(4.1%)	7.5(6.2%)	1.4(16.5%)
莫拉菲	平均偏差	5.6(49.3%)	2.3(38.4%)	4.4(37.0%)	4.7(45.2%)	6.1(37.0%)	0.0(0.0%)	4.3(32.9%)
莫拉菲	標準偏差	3.2(76.7%)	1.7(53.4%)	4.6(37.0%)	3.9(49.3%)	3.6(76.7%)	0.0(0.0%)	3.6(41.1%)
莫拉菲	最大偏差	11.7(1.4%)	7.3(1.4%)	18.2(1.4%)	16.6(1.4%)	13.6(1.4%)	0.0(0.0%)	12.8(1.4%)
莫拉菲	平均比值	6.6(21.9%)	51.9(38.4%)	4.6(17.8%)	1.5(13.7%)	0.4(16.4%)	0.0(0.0%)	0.7(31.5%)
莫拉克	平均偏差	5.3(35.2%)	3.3(42.1%)	3.0(45.5%)	2.9(35.2%)	2.2(40.0%)	6.9(42.8%)	5.1(42.1%)
莫拉克	標準偏差	4.7(42.1%)	2.7(50.3%)	2.1(59.3%)	2.9(35.2%)	1.8(49.7%)	5.2(53.8%)	4.3(49.7%)
莫拉克	最大偏差	17.8(0.7%)	19.0(0.7%)	9.2(0.7%)	13.8(0.7%)	8.1(0.7%)	18.0(0.7%)	21.1(0.7%)
莫拉克	平均比值	3.0(22.1%)	38.1(11.7%)	9.3(8.3%)	4.1(20.7%)	2.0(18.6%)	6.1(17.2%)	5.1(26.9%)
芭瑪	平均偏差	8.1(49.3%)	1.5(49.3%)	5.1(35.2%)	1.7(37.0%)	6.2(63.0%)	2.6(42.5%)	3.2(50.7%)
芭瑪	標準偏差	1.5(100.0%)	0.9(64.4%)	3.4(63.4%)	1.2(57.5%)	2.8(80.8%)	1.8(64.4%)	1.8(76.7%)
芭瑪	最大偏差	12.0(1.4%)	3.2(1.4%)	14.1(1.4%)	5.1(1.4%)	11.6(1.4%)	7.6(1.4%)	7.0(1.4%)
芭瑪	平均比值	21.5(13.7%)	1.1(50.7%)	31.1(19.7%)	2.2(15.1%)	0.9(38.4%)	0.8(52.1%)	2.7(28.8%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風速偏差值(超越機率百分數)

表 7.4.12 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報南北分量風速各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	2.9(46.4%)	3.5(38.1%)	1.9(35.1%)	4.6(39.2%)	3.5(41.2%)	1.6(38.1%)	3.5(44.3%)
蓮花	標準偏差	2.1(59.8%)	3.0(41.2%)	1.7(41.2%)	3.3(62.9%)	2.8(52.6%)	1.4(44.3%)	2.2(60.8%)
蓮花	最大偏差	8.2(1.0%)	10.7(1.0%)	6.1(1.0%)	12.9(1.0%)	11.4(1.0%)	6.1(1.0%)	8.3(1.0%)
蓮花	平均比值	4.9(19.6%)	8.2(11.3%)	2.0(11.3%)	6.1(16.5%)	7.2(17.5%)	1.3(20.6%)	1.0(18.6%)
莫拉菲	平均偏差	2.1(46.6%)	3.1(46.6%)	2.6(49.3%)	3.6(43.8%)	5.8(41.1%)	0.0(0.0%)	3.9(46.6%)
莫拉菲	標準偏差	1.5(57.5%)	2.1(60.3%)	1.7(64.4%)	2.5(54.8%)	2.9(83.6%)	0.0(0.0%)	2.6(67.1%)
莫拉菲	最大偏差	5.7(1.4%)	6.9(1.4%)	7.8(1.4%)	9.9(1.4%)	13.0(1.4%)	0.0(0.0%)	10.0(1.4%)
莫拉菲	平均比值	1.3(20.5%)	5.5(46.6%)	9.1(16.4%)	14.0(4.1%)	19.3(12.3%)	0.0(0.0%)	2.9(27.4%)
莫拉克	平均偏差	3.7(37.2%)	9.1(46.2%)	1.8(38.6%)	5.8(36.6%)	4.4(31.0%)	5.3(44.1%)	6.8(54.5%)
莫拉克	標準偏差	3.0(50.3%)	7.2(53.1%)	1.5(44.1%)	5.5(39.3%)	5.5(24.8%)	3.7(60.0%)	3.8(71.7%)
莫拉克	最大偏差	21.6(0.7%)	21.2(0.7%)	8.2(0.7%)	24.0(0.7%)	23.5(0.7%)	18.4(0.7%)	15.4(0.7%)
莫拉克	平均比值	5.1(17.9%)	1.4(45.5%)	1.8(16.6%)	3.7(24.1%)	1.3(24.1%)	5.5(18.6%)	5.7(23.4%)
芭瑪	平均偏差	6.4(38.4%)	2.7(41.1%)	1.6(42.5%)	3.3(47.9%)	3.3(42.5%)	4.0(41.1%)	3.5(45.2%)
芭瑪	標準偏差	2.6(95.9%)	1.8(65.8%)	1.2(56.2%)	2.2(63.0%)	2.4(57.5%)	2.7(61.6%)	2.4(65.8%)
芭瑪	最大偏差	12.3(1.4%)	6.8(1.4%)	4.8(1.4%)	9.3(1.4%)	10.1(1.4%)	10.1(1.4%)	12.3(1.4%)
芭瑪	平均比值	0.3(50.7%)	0.9(37.0%)	1.6(35.6%)	1.4(35.6%)	7.0(6.8%)	0.6(35.6%)	0.8(20.5%)

說明：

1. 單位：風速(m/s)、風向(正北、來向)
2. 偏差值=|MC 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：風速偏差值(超越機率百分數)

表 7.4.13 2009 年颱風時期各商港觀測及預報波浪資料蒐集率統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	92(94.8%)	83(85.6%)	94(96.9%)	95(97.9%)	1(1.0%)	97(100.0%)	97(100.0%)
蓮花	SWAN	33(103.1%)	33(103.1%)	33(103.1%)	33(103.1%)	33(103.1%)	33(103.1%)	33(103.1%)
莫拉菲	OBS1	69(94.5%)	73(100.0%)	73(100.0%)	68(93.2%)	72(98.6%)	73(100.0%)	72(98.6%)
莫拉菲	SWAN	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)
莫拉克	OBS1	138(95.2%)	143(98.6%)	15(10.3%)	141(97.2%)	143(98.6%)	143(98.6%)	38(26.2%)
莫拉克	SWAN	49(102.1%)	49(102.1%)	49(102.1%)	49(102.1%)	49(102.1%)	49(102.1%)	49(102.1%)
芭瑪	OBS1	70(95.9%)	72(98.6%)	72(98.6%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)	73(100.0%)
芭瑪	SWAN	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)	25(104.2%)

說明：

1. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
2. SWAN: SWAN 預報波場資料
3. 資料格式：資料蒐集筆數(蒐集率百分數)

表 7.4.14 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報平均示性波高統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	0.4(41.3%)	1.1(38.6%)	3.3(42.6%)	1.3(48.4%)	2.0(100.0%)	0.8(27.8%)	3.1(45.4%)
蓮花	SWAN	1.0(42.4%)	1.8(39.4%)	1.6(54.5%)	1.5(45.5%)	1.3(45.5%)	1.5(54.5%)	1.8(36.4%)
莫拉菲	OBS1	0.5(39.1%)	0.7(43.8%)	1.4(30.1%)	2.0(50.0%)	2.3(47.2%)	0.5(47.9%)	1.4(26.4%)
莫拉菲	SWAN	1.2(36.0%)	1.4(44.0%)	1.2(40.0%)	1.5(48.0%)	1.6(44.0%)	1.2(40.0%)	1.6(40.0%)
莫拉克	OBS1	1.6(33.3%)	2.3(47.6%)	3.3(60.0%)	3.0(48.9%)	3.3(46.2%)	1.7(39.9%)	1.7(50.0%)
莫拉克	SWAN	3.4(61.2%)	3.0(61.2%)	2.3(53.1%)	3.0(57.1%)	3.1(53.1%)	3.7(53.1%)	2.4(53.1%)
芭瑪	OBS1	2.3(42.9%)	3.2(47.2%)	1.4(30.6%)	2.1(41.1%)	2.6(34.2%)	2.0(42.5%)	1.1(32.9%)
芭瑪	SWAN	3.1(40.0%)	3.2(32.0%)	0.9(48.0%)	2.6(40.0%)	2.9(48.0%)	2.8(40.0%)	1.6(48.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：示性波高(超越機率百分數)

表 7.4.15 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報主要波向統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	NE(64.1%)	W(45.8%)	SW(88.3%)	SSE(58.9%)	NaN(0.0%)	W(25.8%)	SW(90.7%)
蓮花	SWAN	WNW(39.4%)	ENE(81.8%)	ESE(33.3%)	E(57.6%)	E(42.4%)	NE(39.4%)	ENE(27.3%)
莫拉菲	OBS1	NE(78.3%)	NNE(28.8%)	SW(69.9%)	SSE(72.1%)	SSE(44.4%)	N(0.0%)	SW(62.5%)
莫拉菲	SWAN	SW(40.0%)	SW(28.0%)	ESE(24.0%)	SSW(28.0%)	ESE(32.0%)	SW(24.0%)	ESE(24.0%)
莫拉克	OBS1	NE(63.0%)	NW(21.7%)	NaN(0.0%)	SSE(52.5%)	S(28.0%)	N(38.5%)	NaN(0.0%)
莫拉克	SWAN	NNW(34.7%)	NE(34.7%)	NNE(28.6%)	ENE(44.9%)	ENE(38.8%)	N(63.3%)	NNE(36.7%)
芭瑪	OBS1	NNE(80.0%)	N(63.9%)	W(34.7%)	SE(64.4%)	E(37.0%)	N(61.6%)	W(28.8%)
芭瑪	SWAN	SSW(40.0%)	SW(40.0%)	NNW(32.0%)	SSW(40.0%)	SSW(32.0%)	SW(44.0%)	S(32.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：主要波向(超越機率百分數)

表 7.4.16 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報平均波浪週期統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	3.8(38.0%)	4.3(47.0%)	6.4(45.7%)	5.1(49.5%)	6.9(100.0%)	3.6(46.4%)	5.7(54.6%)
蓮花	SWAN	3.8(48.5%)	3.7(48.5%)	3.8(51.5%)	3.5(51.5%)	3.8(51.5%)	3.5(51.5%)	4.0(54.5%)
莫拉菲	OBS1	3.5(39.1%)	3.7(39.7%)	5.2(46.6%)	6.2(66.2%)	5.5(55.6%)	0.0(100.0%)	3.6(33.3%)
莫拉菲	SWAN	3.3(40.0%)	3.3(40.0%)	3.3(36.0%)	3.5(52.0%)	3.6(48.0%)	3.3(48.0%)	3.5(44.0%)
莫拉克	OBS1	5.2(45.7%)	5.4(44.1%)	6.7(80.0%)	6.9(41.8%)	6.6(52.4%)	4.3(43.4%)	4.2(34.2%)
莫拉克	SWAN	5.3(57.1%)	4.9(65.3%)	4.7(51.0%)	5.0(63.3%)	5.2(61.2%)	5.9(53.1%)	4.0(42.9%)
芭瑪	OBS1	5.4(42.9%)	5.5(47.2%)	5.2(29.2%)	6.6(49.3%)	6.0(47.9%)	4.0(50.7%)	3.4(32.9%)
芭瑪	SWAN	4.5(64.0%)	5.0(36.0%)	3.0(52.0%)	5.0(60.0%)	5.3(68.0%)	4.7(52.0%)	3.7(44.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：平均週期(超越機率百分數)

表 7.4.17 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大示性波高(週期、波向)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	0.9(5.0,NNW)	2.8(5.5,SSW)	6.4(7.8,S)	2.1(5.3,SSE)	2.0(6.9,S)	2.7(5.3,WSW)	7.0(7.6,S)
蓮花	SWAN	1.6(4.9,SSE)	3.7(4.9,S)	3.3(5.1,SE)	2.5(4.0,SSW)	2.0(4.6,SSE)	2.5(4.4,SW)	4.8(6.2,SSE)
莫拉菲	OBS1	0.9(4.3,E)	1.2(4.7,NaN)	3.5(7.0,SSE)	4.1(7.8,S)	5.1(6.9,S)	0.8(1.1,NaN)	3.3(7.9,SSE)
莫拉菲	SWAN	2.4(4.4,N)	2.6(4.5,N)	2.8(4.5,N)	3.8(5.6,N)	3.7(5.7,N)	1.9(3.9,N)	3.3(5.1,N)
莫拉克	OBS1	4.5(7.0,NE)	7.8(6.1,N)	3.9(7.0,W)	6.5(8.0,S)	7.2(9.2,S)	4.2(5.3,ESE)	2.3(5.2,NW)
莫拉克	SWAN	5.4(5.5,S)	5.5(7.2,NNE)	4.3(6.0,NW)	5.6(6.9,NE)	5.8(7.2,ENE)	6.1(7.8,SSW)	4.2(5.5,W)
芭瑪	OBS1	3.8(6.6,NNW)	4.3(6.0,NNE)	3.1(7.9,WNW)	3.0(5.8,NNE)	3.7(6.7,NE)	3.2(3.5,NE)	2.3(5.2,NNE)
芭瑪	SWAN	4.4(5.6,ENE)	5.1(6.1,NNE)	1.6(3.4,E)	3.5(5.7,N)	3.8(5.8,ENE)	4.7(6.3,ENE)	2.5(4.1,NE)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：示性波高(超越機率百分數)

表 7.4.18 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大示性波高(日/時)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	0.9(21/19)	2.8(21/02)	6.4(20/10)	2.1(21/10)	2.0(18/01)	2.7(21/18)	7.0(20/09)
蓮花	SWAN	1.6(18/07)	3.7(20/04)	3.3(20/07)	2.5(21/16)	2.0(21/16)	2.5(20/01)	4.8(20/07)
莫拉菲	OBS1	0.9(17/03)	1.2(16/20)	3.5(17/23)	4.1(17/03)	5.1(17/07)	0.8(16/15)	3.3(17/22)
莫拉菲	SWAN	2.4(16/13)	2.6(17/10)	2.8(17/10)	3.8(16/22)	3.7(16/22)	1.9(16/16)	3.3(17/10)
莫拉克	OBS1	4.5(06/12)	7.8(07/00)	3.9(04/14)	6.5(06/11)	7.2(07/08)	4.2(06/13)	2.3(04/04)
莫拉克	SWAN	5.4(09/01)	5.5(06/22)	4.3(06/22)	5.6(06/22)	5.8(06/22)	6.1(06/22)	4.2(06/22)
芭瑪	OBS1	3.8(04/00)	4.3(03/23)	3.1(04/11)	3.0(02/11)	3.7(04/12)	3.2(04/04)	2.3(05/00)
芭瑪	SWAN	4.4(02/16)	5.1(02/22)	1.6(04/01)	3.5(02/19)	3.8(02/16)	4.7(02/22)	2.5(03/22)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：示性波高(超越機率百分數)

表 7.4.19 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大平均週期(波高)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	5.2(0.9,NNW)	6.2(1.1,SSW)	8.4(5.8,S)	6.8(1.6,SSE)	6.9(2.0,S)	6.2(1.2,WSW)	8.4(3.7,S)
蓮花	SWAN	6.0(1.4,SSE)	4.9(3.7,S)	5.4(1.7,SE)	4.3(2.1,SSW)	4.6(2.0,SSE)	4.5(1.8,SW)	6.2(4.8,SSE)
莫拉菲	OBS1	5.1(0.4,E)	5.2(1.1,NaN)	7.0(3.5,SSE)	7.8(4.1,S)	6.9(5.1,S)	3.7(0.7,NaN)	7.9(3.3,SSE)
莫拉菲	SWAN	4.4(2.4,N)	4.5(2.6,N)	4.5(2.8,N)	5.6(3.8,N)	5.7(3.7,N)	4.1(1.2,N)	5.1(3.3,N)
莫拉克	OBS1	7.1(4.1,NE)	7.4(3.9,N)	7.5(3.8,W)	9.7(5.6,S)	9.2(5.8,S)	7.2(1.4,ESE)	7.0(2.0,NW)
莫拉克	SWAN	7.9(1.6,S)	7.2(5.5,NNE)	6.5(3.5,NW)	6.9(5.6,NE)	7.2(5.8,ENE)	7.8(5.6,SSW)	5.5(4.2,W)
芭瑪	OBS1	6.6(3.8,NNW)	6.0(4.3,NNE)	8.0(2.6,WNW)	7.9(2.5,NNE)	7.0(2.3,NE)	5.7(2.8,NE)	7.1(2.0,NNE)
芭瑪	SWAN	5.8(4.3,ENE)	6.4(5.0,NNE)	4.1(1.0,E)	5.7(3.5,N)	5.8(3.8,ENE)	6.3(4.7,ENE)	4.3(1.7,NE)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：平均週期(超越機率百分數)

表 7.4.20 2009 年颱風時期各商港之觀測及預報最大平均週期(日/時)統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	OBS1	5.2(21/18)	6.2(20/11)	8.4(20/01)	6.8(18/03)	6.9(18/01)	6.2(21/02)	8.4(19/04)
蓮花	SWAN	6.0(18/19)	4.9(20/04)	5.4(22/01)	4.3(21/07)	4.6(21/16)	4.5(18/10)	6.2(20/07)
莫拉菲	OBS1	5.1(17/22)	5.2(16/23)	7.0(17/23)	7.8(17/03)	6.9(17/07)	3.7(17/19)	7.9(17/22)
莫拉菲	SWAN	4.4(16/13)	4.5(17/10)	4.5(17/10)	5.6(16/22)	5.7(16/22)	4.1(18/01)	5.1(17/10)
莫拉克	OBS1	7.1(06/03)	7.4(06/11)	7.5(04/11)	9.7(06/05)	9.2(06/08)	7.2(07/12)	7.0(04/18)
莫拉克	SWAN	7.9(04/01)	7.2(06/22)	6.5(09/04)	6.9(06/22)	7.2(06/22)	7.8(06/10)	5.5(06/22)
芭瑪	OBS1	6.6(04/00)	6.0(03/23)	8.0(05/01)	7.9(03/22)	7.0(03/07)	5.7(04/16)	7.1(04/13)
芭瑪	SWAN	5.8(02/13)	6.4(02/19)	4.1(02/01)	5.7(02/19)	5.8(02/13)	6.3(02/22)	4.3(03/04)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. OBS1: 港灣技術研究中心觀測資料
3. SWAN: SWAN 預報波場資料
4. 資料格式：平均週期(超越機率百分數)

表 7.4.21 2009 年颱風時期各商港之觀測及 SWAN 預報波向各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	62.4(50.0%)	55.0(42.9%)	116.4(61.3%)	67.3(62.5%)	13.3(100.0%)	73.3(39.4%)	119.3(57.6%)
蓮花	標準偏差	37.4(75.0%)	38.7(50.0%)	52.1(83.9%)	23.8(96.9%)	0.0(100.0%)	46.9(63.6%)	48.1(87.9%)
蓮花	最大偏差	155.6(3.1%)	170.7(3.6%)	171.8(3.2%)	94.9(3.1%)	13.3(100.0%)	167.9(3.0%)	179.9(3.0%)
蓮花	平均比值	5.1(62.5%)	4.2(3.6%)	0.4(51.6%)	0.6(40.6%)	1.1(100.0%)	2.5(9.1%)	0.4(48.5%)
莫拉菲	平均偏差	96.9(52.2%)	85.5(52.0%)	89.5(56.0%)	43.4(47.8%)	47.7(52.0%)	65.4(52.0%)	69.3(58.3%)
莫拉菲	標準偏差	65.9(65.2%)	49.0(68.0%)	48.0(76.0%)	14.7(100.0%)	24.9(84.0%)	36.2(68.0%)	35.8(75.0%)
莫拉菲	最大偏差	178.7(4.3%)	164.6(4.0%)	170.5(4.0%)	64.3(4.3%)	93.8(4.0%)	122.8(4.0%)	152.1(4.2%)
莫拉菲	平均比值	4.0(56.5%)	4.7(24.0%)	0.7(40.0%)	1.1(56.5%)	1.1(48.0%)	3.4(20.0%)	0.8(45.8%)
莫拉克	平均偏差	91.8(47.9%)	78.8(47.9%)	91.0(50.0%)	76.4(66.7%)	92.8(56.2%)	93.8(53.2%)	89.8(64.3%)
莫拉克	標準偏差	34.4(93.8%)	47.5(72.9%)	61.9(50.0%)	32.3(89.6%)	42.0(81.2%)	60.5(68.1%)	47.4(64.3%)
莫拉克	最大偏差	166.4(2.1%)	170.5(2.1%)	172.8(16.7%)	161.0(2.1%)	174.3(2.1%)	174.5(2.1%)	157.1(7.1%)
莫拉克	平均比值	8.3(39.6%)	6.6(14.6%)	0.4(16.7%)	1.0(27.1%)	1.3(27.1%)	120.2(6.4%)	0.9(57.1%)
芭瑪	平均偏差	73.0(37.5%)	68.3(37.5%)	62.1(52.0%)	59.4(56.0%)	102.8(48.0%)	70.0(40.0%)	42.3(44.0%)
芭瑪	標準偏差	71.4(37.5%)	48.3(41.7%)	24.5(96.0%)	24.9(88.0%)	28.5(100.0%)	48.2(48.0%)	23.7(72.0%)
芭瑪	最大偏差	178.2(4.2%)	155.8(4.2%)	109.0(4.0%)	102.8(4.0%)	153.3(4.0%)	161.2(4.0%)	108.8(4.0%)
芭瑪	平均比值	8.1(33.3%)	21.3(45.8%)	1.0(48.0%)	1.5(56.0%)	2.3(40.0%)	17.7(28.0%)	0.9(36.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. 偏差值=|SWAN 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：示性波高偏差值(超越機率百分數)

表 7.4.22 2009 年颱風時期各商港之觀測及 SWAN 預報波向各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	62.4(50.0%)	55.0(42.9%)	116.4(61.3%)	67.3(62.5%)	13.3(100.0%)	73.3(39.4%)	119.3(57.6%)
蓮花	標準偏差	37.4(75.0%)	38.7(50.0%)	52.1(83.9%)	23.8(96.9%)	0.0(100.0%)	46.9(63.6%)	48.1(87.9%)
蓮花	最大偏差	155.6(3.1%)	170.7(3.6%)	171.8(3.2%)	94.9(3.1%)	13.3(100.0%)	167.9(3.0%)	179.9(3.0%)
蓮花	平均比值	5.1(62.5%)	4.2(3.6%)	0.4(51.6%)	0.6(40.6%)	1.1(100.0%)	2.5(9.1%)	0.4(48.5%)
莫拉菲	平均偏差	96.9(52.2%)	85.5(52.0%)	89.5(56.0%)	43.4(47.8%)	47.7(52.0%)	65.4(52.0%)	69.3(58.3%)
莫拉菲	標準偏差	65.9(65.2%)	49.0(68.0%)	48.0(76.0%)	14.7(100.0%)	24.9(84.0%)	36.2(68.0%)	35.8(75.0%)
莫拉菲	最大偏差	178.7(4.3%)	164.6(4.0%)	170.5(4.0%)	64.3(4.3%)	93.8(4.0%)	122.8(4.0%)	152.1(4.2%)
莫拉菲	平均比值	4.0(56.5%)	4.7(24.0%)	0.7(40.0%)	1.1(56.5%)	1.1(48.0%)	3.4(20.0%)	0.8(45.8%)
莫拉克	平均偏差	91.8(47.9%)	78.8(47.9%)	91.0(50.0%)	76.4(66.7%)	92.8(56.2%)	93.8(53.2%)	89.8(64.3%)
莫拉克	標準偏差	34.4(93.8%)	47.5(72.9%)	61.9(50.0%)	32.3(89.6%)	42.0(81.2%)	60.5(68.1%)	47.4(64.3%)
莫拉克	最大偏差	166.4(2.1%)	170.5(2.1%)	172.8(16.7%)	161.0(2.1%)	174.3(2.1%)	174.5(2.1%)	157.1(7.1%)
莫拉克	平均比值	8.3(39.6%)	6.6(14.6%)	0.4(16.7%)	1.0(27.1%)	1.3(27.1%)	120.2(6.4%)	0.9(57.1%)
芭瑪	平均偏差	73.0(37.5%)	68.3(37.5%)	62.1(52.0%)	59.4(56.0%)	102.8(48.0%)	70.0(40.0%)	42.3(44.0%)
芭瑪	標準偏差	71.4(37.5%)	48.3(41.7%)	24.5(96.0%)	24.9(88.0%)	28.5(100.0%)	48.2(48.0%)	23.7(72.0%)
芭瑪	最大偏差	178.2(4.2%)	155.8(4.2%)	109.0(4.0%)	102.8(4.0%)	153.3(4.0%)	161.2(4.0%)	108.8(4.0%)
芭瑪	平均比值	8.1(33.3%)	21.3(45.8%)	1.0(48.0%)	1.5(56.0%)	2.3(40.0%)	17.7(28.0%)	0.9(36.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. 偏差值=|SWAN 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：波向偏差值(超越機率百分數)

表 7.4.23 2009 年颱風時期各商港之觀測及 SWAN 預報平均週期各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	台北港	安平港
蓮花	平均偏差	0.9(43.8%)	0.8(50.0%)	2.8(58.1%)	1.5(50.0%)	3.7(100.0%)	1.5(45.5%)	1.9(36.4%)
蓮花	標準偏差	0.7(56.2%)	0.6(60.7%)	1.5(77.4%)	0.7(84.4%)	0.0(100.0%)	0.9(69.7%)	1.4(48.5%)
蓮花	最大偏差	2.5(3.1%)	1.8(3.6%)	4.7(3.2%)	2.8(3.1%)	3.7(100.0%)	3.5(3.0%)	5.3(3.0%)
蓮花	平均比值	1.0(43.8%)	0.9(50.0%)	0.6(41.9%)	0.7(46.9%)	0.5(100.0%)	1.1(51.5%)	0.8(36.4%)
莫拉菲	平均偏差	0.6(43.5%)	0.7(40.0%)	2.0(48.0%)	2.7(47.8%)	1.8(44.0%)	0.8(48.0%)	0.9(41.7%)
莫拉菲	標準偏差	0.5(47.8%)	0.6(40.0%)	1.0(80.0%)	0.6(100.0%)	0.8(92.0%)	0.6(60.0%)	0.7(50.0%)
莫拉菲	最大偏差	1.5(4.3%)	2.0(4.0%)	3.5(4.0%)	4.4(4.3%)	3.7(4.0%)	2.0(4.0%)	3.4(4.2%)
莫拉菲	平均比值	0.9(52.2%)	0.9(48.0%)	0.6(44.0%)	0.6(43.5%)	0.7(52.0%)	1.4(40.0%)	1.1(45.8%)
莫拉克	平均偏差	1.0(31.2%)	0.7(37.5%)	3.3(83.3%)	2.0(45.8%)	1.4(45.8%)	1.6(44.7%)	1.0(21.4%)
莫拉克	標準偏差	0.8(39.6%)	0.7(43.8%)	1.3(83.3%)	1.5(52.1%)	0.9(62.5%)	1.1(61.7%)	0.9(21.4%)
莫拉克	最大偏差	3.6(2.1%)	2.3(2.1%)	4.1(16.7%)	5.3(2.1%)	4.4(2.1%)	4.1(2.1%)	3.2(7.1%)
莫拉克	平均比值	1.1(45.8%)	0.9(58.3%)	0.5(16.7%)	0.7(56.2%)	0.8(52.1%)	1.4(48.9%)	0.9(42.9%)
芭瑪	平均偏差	1.1(45.8%)	0.7(41.7%)	2.3(32.0%)	1.6(52.0%)	0.7(48.0%)	1.1(40.0%)	1.2(44.0%)
芭瑪	標準偏差	0.8(58.3%)	0.4(75.0%)	1.8(40.0%)	0.7(84.0%)	0.4(80.0%)	0.6(84.0%)	0.7(76.0%)
芭瑪	最大偏差	2.6(4.2%)	1.4(4.2%)	5.6(4.0%)	3.1(4.0%)	1.7(4.0%)	2.6(4.0%)	3.5(4.0%)
芭瑪	平均比值	0.8(45.8%)	0.9(41.7%)	0.6(60.0%)	0.8(40.0%)	0.9(52.0%)	1.2(60.0%)	1.2(60.0%)

說明：

1. 單位：示性波高(m)、平均週期(sec)、波向(正北、來向)
2. 偏差值=|SWAN 預報值- 觀測值|
3. 比值=|MC 預報值÷ 觀測值|
4. 資料格式：平均週期偏差值(超越機率百分數)

Tidal level of Cal. and Obs. in Typhoon

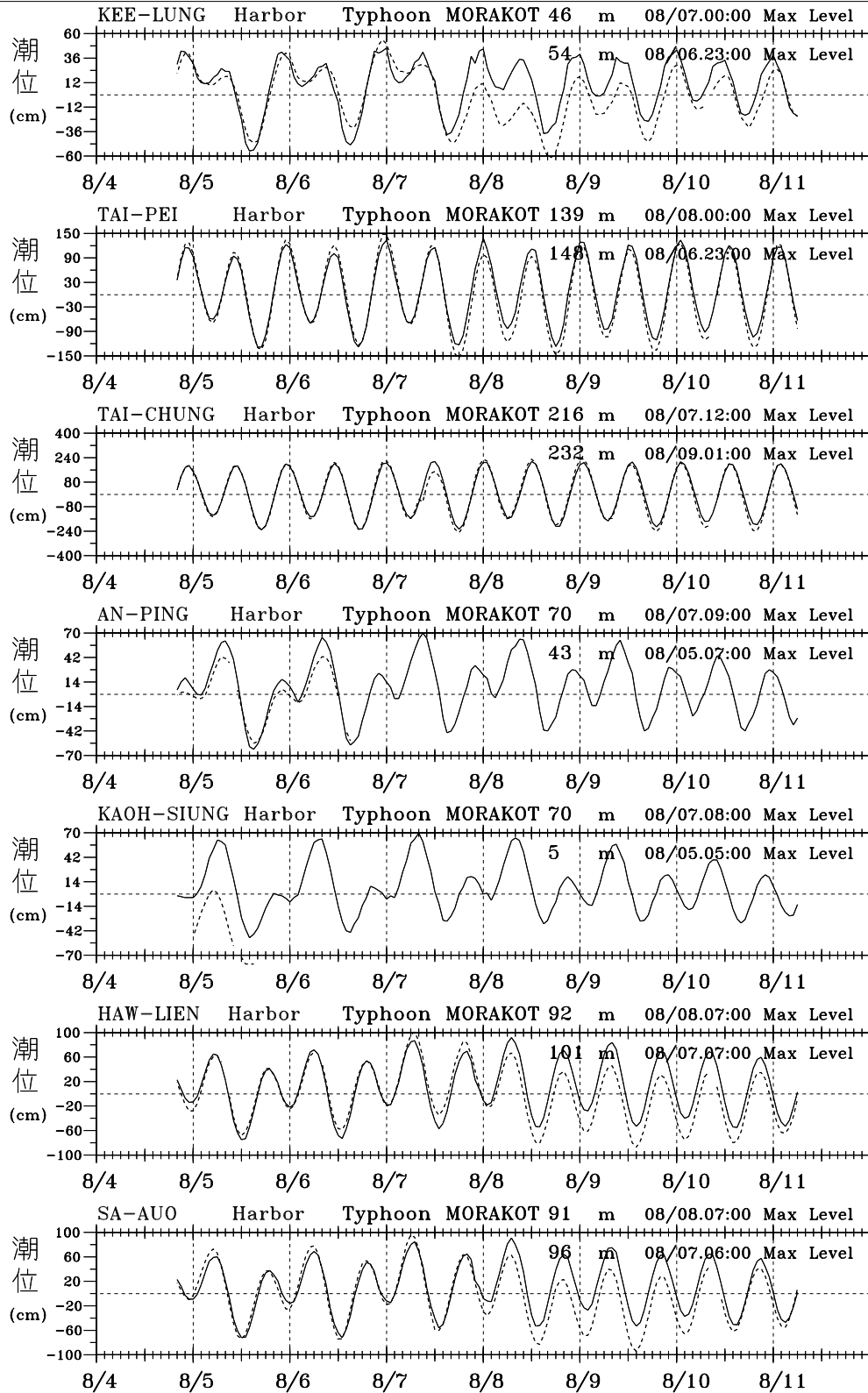


圖 7.4.21 莫拉克颱風潮位比對 (實線: 模式, 虛線: 觀測)

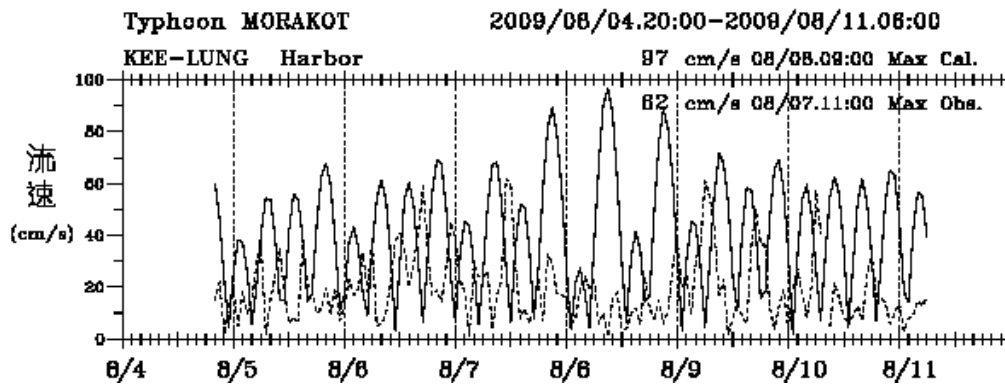


圖 7.4.22 2009 年中度颱風莫拉克基隆港流速模擬與觀測值比對

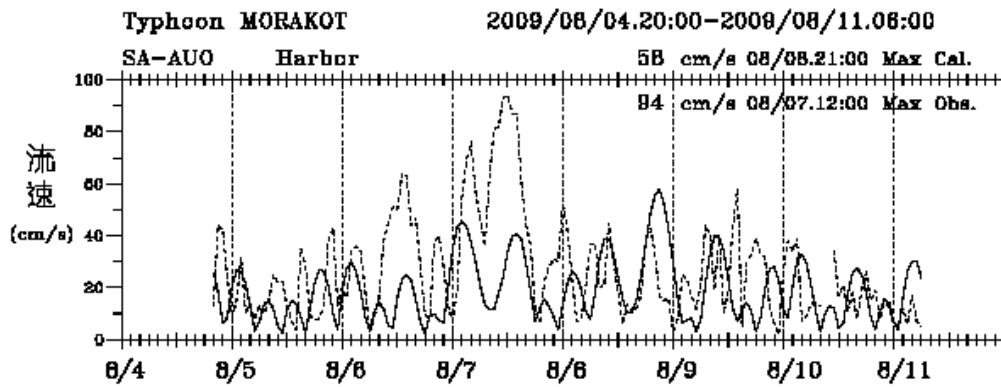


圖 7.4.23 2009 年中度颱風莫拉克蘇澳港流速模擬與觀測值比對

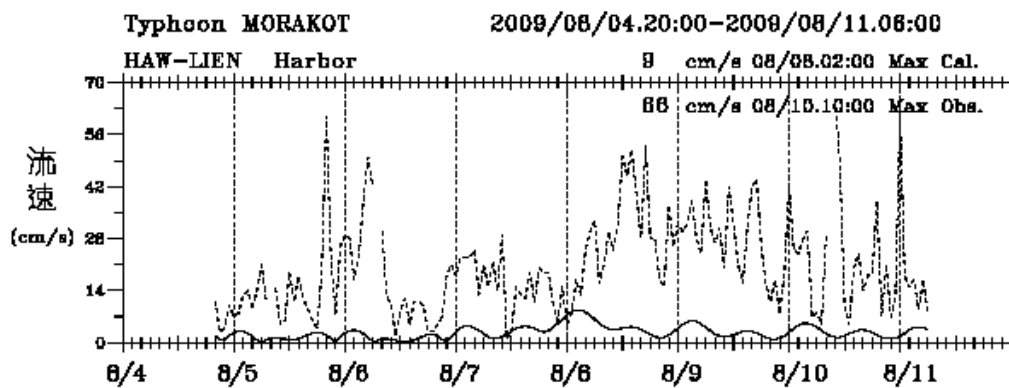


圖 7.4.24 2009 年中度颱風莫拉克花蓮港流速模擬與觀測值比對

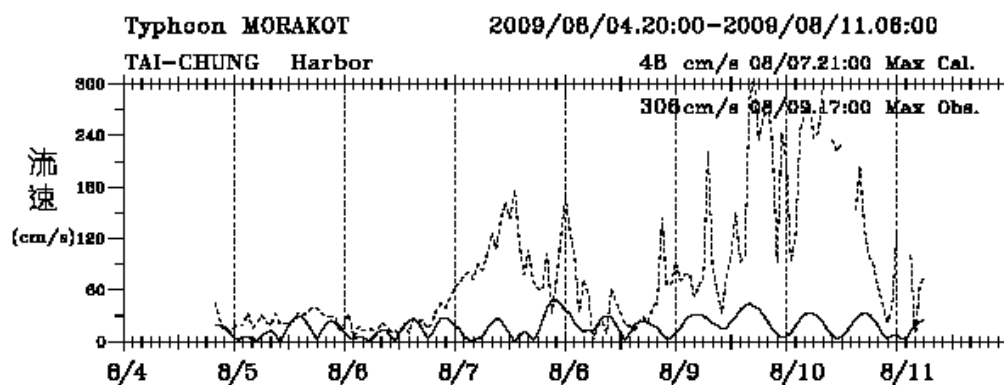


圖 7.4.25 2009 年中度颱風莫拉克臺中港流速模擬與觀測值比對

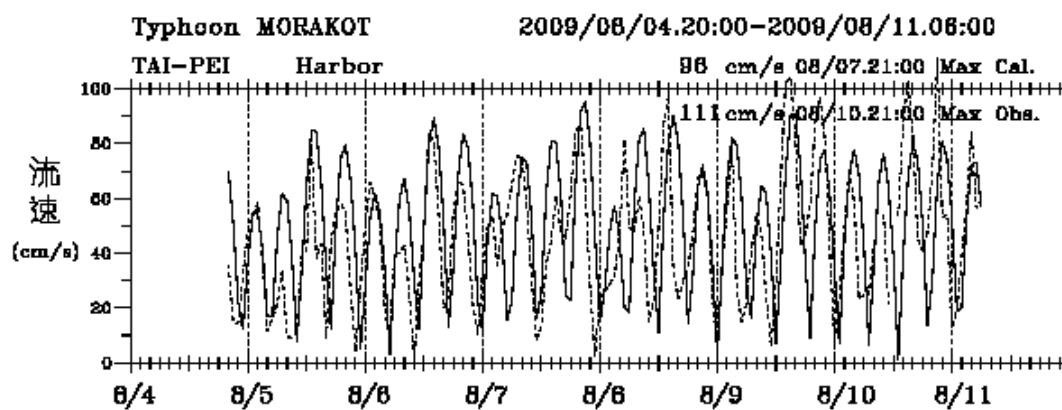


圖 7.4.26 2009 年中度颱風莫拉克臺北港流速模擬與觀測值比對

第八章 結論與建議

為保護和利用近岸海域，邁向 21 世紀的海洋國家，除近岸海域的使用外，應著重百姓生命財產的保護。由於全球環境變遷，藉由過去觀測的資料加以統計分析所得的結果已不足為憑，各項迴歸週期之設計基準也將不足以應付新的自然條件所加諸之嚴酷挑戰。因此，近岸防救災系統的建立是在 21 世紀配合臺灣要邁向海洋國家最重要的施政項目之一。

由於台灣地理環境特殊，無法避免颱風與地震等天然災害之發生，海岸每年因颱風侵襲，常有颱風暴潮溢淹、海水倒灌、海岸侵蝕、颱風波浪破壞海堤等災害發生；另外在人為災害方面，也常有海難或漏油等事故發生，但常因缺乏當地較精確海象資料資料，以致無法很快地提供救災資訊。基於為提供精確海象資料資料，即時採取適當之應變措施，達到搶災救災之目的，國內亟需一套可作業化之近岸防救災預警系統。

本計畫係依行政院 95 年 4 月 28 日院臺字第 0950019240 號函核定「強化災害防救科技研發與落實運作方案」，整體方案之總目標、重點工作、研發課題、執行期程與規劃經費等項目，擬定各項計畫目標及內容。擬以計畫執行期間，結合國內專家學者，藉由國外的發展經驗，擬建立一套適用於臺灣海域之近岸海域防救災預報系統。

本計畫主要研究成果效益，在波浪方面建立本土化之風浪預報模式，以提供環島藍色公路全年航行之風浪資訊需求。並建立區域性之風浪模式，迅速的提供港口航運安全所需之風浪預警資訊。水位方面建立本土化之水位預報模式，迅速且精確的提供海岸溢淹之預警資訊。配合數值模式推算長期颱風波浪及暴潮水位,以檢討現有沿海防護設施的設計水位、設計波高標準，並做為海岸災害防護措施的依據。建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供緊急海難、油污擴散、港口航運安全所需之流場預警及污染擴散資訊。最後在配合本所港灣環

境資訊網建置計畫，建立近岸防救災預報網路查詢系統，隨時提供各相關單位參考，以提昇港埠營運效能，同時對於各種突發狀況，可以快速研擬緊急因應對策。

8.1 結論

1. 本年度針對近岸波潮流之模擬精度及作業化功能改進。模式發展方面，除風場及氣壓場預報模式，由氣象局同步提供即時資訊，各項本土化波浪模式、水位模式、流場模式及海嘯模式持續進行模式校驗。預報系統評估工作則以自動作業化方式進行全年推算，並取用現場觀測資料進行檢驗精度評估，而颱風期間列為評估重點。
2. 有關海氣象長期觀測與預報系統之整合，包括相關觀測資料蒐集分析、與氣象局及水利署等單位協調、各種模組整合計算結果比對等皆是重點工作。有關預報模式作業化成果評估，各種海氣象波浪模式精確度、計算速度改進及成果評估，皆以自動作業化方式進行全年逐日預報結果，並取用七個主要商港及氣象局現場觀測資料進行校驗及精度評估等工作。
3. 風場為海象模式中的重要外力，有精確的風場預報模式才能獲致準確的波浪及流場推算。預報風場方面，由中央氣象局每日同步提供即時 NFS 預報風場資訊。氣壓場的部分也取得中央氣象局 NFS 即時預報氣壓場。72 小時預報風場成果評估部份，前 24 小時與各主要港口觀測資料之比較結果，顯示趨勢甚符合，但有部份港口偏小，另部份港口偏大之現象。本年度透過 MC 及 RC 風場的嵌合研究發現 MC 風場因邊界的影響所造成的差異性大約涵蓋 1° 左右，如果在 MC 風場四周各截去 1° 的話，不論是風向或風速方面，與 RC 風場鑲嵌的吻合度相當高。且藉此亦可用雙線性內插方式加密風場的格網。未來可以提供擴大近海風浪推算的可能性。

4. 波浪的模擬為海象預報中較複雜的，本年度已完成全域波浪預報模式系統的建置及驗證，包括大尺度的西太平洋海域 WAM 模式、中尺度臺灣海域 SWAN 模式、小尺度近岸波浪 REF/DIF 模式、細尺度港區波浪 FEMWVF 模式等四種尺度。波浪模式已正式上線進行每日 72 小時預報，並完成全年度評估成果。72 小時預報風場成果評估部份，前 24 小時與各主要港口觀測資料之比較結果，季風期間趨勢較符合，但颱風期間部份港口顯示與觀測值之誤差較大，透過兩種數值水深地形的比較發現其間具有明顯的差異性，該差異性對大尺度的風浪推算而言可能影響不大，但對於近岸地區的風浪推算則有明顯影響。透過地形水深的嵌合與雙線性內插的修正可以改善此種差異性，但無法完全消弭不同測量系統所導致的差異性。大體而言，本次的整合仍算成功。
5. 近岸區域及港區波浪預報為年度重點工作項目，由於港區為重要的航行據點，港區及港區附近的波場資訊對於航行安全相當重要，加上港研中心本身掌管台灣七大商港包括基隆、台北、台中、安平、高雄、蘇澳及花蓮的實測海象資訊，因此本研究加強近岸海域及港區的模擬，使得近岸海象數值模擬及預警系統可以由外海延伸至港區，提供更完整的海象資訊。近岸波浪場模擬方面，選取 Kirby and Dalrymple (1983) 所發展的波浪折繞射模式(REF/DIF)，模式係拋物線型緩坡方程式，可適用於較大範圍之波浪場模擬，因此適用於線上模擬作業化。針對港口及港內波浪模擬，選取以橢圓型緩坡方程式之模式，此類型之數值計算相當費時，因此較不利於大範圍波浪場之模擬，以建立相關模式改善線上模擬作業化。
6. 水位模式方面，全域模式分天文潮模式、全域暴潮模式及全域水位模式，全域天文潮模式主要為週期性水位變化，全域暴潮模式主要外力為颱風，全域水位模式則整合天文潮與暴潮，並使用歐盟發展的模式-COHERENS 作為水位計算，其次為計算

模式之順利運作及為配合計算精度之需求，分大尺度的西太平洋海域及中尺度臺灣海域(包括港口) 兩種計算範圍尺度，目前已正式上線預報，並完成年度評估成果。72 小時預報水位成果評估部份，前 24 小時與各主要港口觀測資料之比較結果，天文潮精度甚佳、颱風暴潮偏差與觀測值之誤差也不大。

7. 海流模式方面，全域模式分二維海流模式及三維海流模式，並使用歐盟發展的模式-COHERENS 作為海流計算，為計算模式之順利運作及為配合計算精度之需求，同樣分大尺度的西太平洋海域及中尺度臺灣海域(包括港口) 兩種計算範圍尺度，大中尺度也正式上線預報。二維模式，在預報作業上來說，較三維適用於線上操作的預報系統。
8. 近岸區域及港區海流模擬也為年度重點工作項目，基於中尺度臺灣海域值網格解析度，無法反映出近岸地形變化以及海岸結構物對流場之影響，為符合線上預報模擬作業需求，主要針對基隆港等七大港口建立各港口近域水位及流場數值模擬作業系統，模擬各港口水位及流場變化情形。本年度已完成工作內包括各港口及其鄰近潮位站潮位資料蒐集與分析，並建置各港口數值模擬所需之預測水位條件。完成基隆港等七港口三角形有限元素數值計算網格之建置。進行七大商港水位及流場之模擬，並進行模擬結果的驗證，同時率定相關參數及邊界條件。
9. 海嘯研究方面，本年度之主要目的為改進現有海嘯數值模式，並蒐集台灣海峽及太平洋海嘯可能發生區域，模擬海嘯發生或鄰近國家發佈海嘯警報時，對台灣環島近岸及國內重要商港所產生的影響，並預測其可能之最大波高及流速分布。本年度也已建立視窗化介面操作系統，配合格林函數法，可快速求得各國際港之最大波高及到達時間。研究顯示並非所有海嘯都會對六個國際港產生威脅；對基隆、台北、蘇澳等港口產生最大威脅的海嘯來源為東海、琉球群島及龜山島一帶；台灣東岸之太平洋海域之海嘯對花蓮港影響最大；泉州一帶海域產生海嘯對

台中港影響最大；澎湖海域及西南海域發生之海嘯則對高雄港會產生較大之威脅；發生在呂宋島附近海域之海嘯除了對台中港較無威脅性外，對其他各港口也會產生一定程度之威脅。

10. 目前 Taicoms 系統已經完全在港研中心執行，並由中心『港灣環境資訊網』展示相關查詢成果，並建置及維護一個由關聯式資料庫管理系統所構成的海情資料庫，以彙整七個主要商港現場觀測及數值模擬計算所得之港區附近海域海象預報資訊。網站提供台灣沿海各種風場、氣壓、波浪、水位及海流在時間及空間上完整的資料，模式預報資料與現場觀測資料的比對與展示可以提供使用者參考，亦可作為模式修正的資訊。

8.2 建議

1. 由於風場的合併可能會連帶刺激到波浪、水位場、流場預報程序的檢討。依目前的研究心得，雖然目前的波浪預報模式提供了格網內插的功能，使用者不需要擔心計算格網與風場、水位場、流場及地形格網的不一致性。但由於臺灣附近地形過於複雜，自動內插可能會引發不可預期的誤差，因此傾向於建議未來將所有的格網分割加以統一化，也就是讓每一個輸入的資料點與計算點完全相合，以便在控制計算下能掌握推算的結果，始能再深入探討其他影響因子對數值推算的影響。
2. 其次水位場與流場已經在相關研究中確認會影響要風波的推算，以及近岸的水位抬升，未來考慮進行相關的整合規劃。

參考文獻

1. 林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和等，2010，"近岸海象數值模擬及預警系統之建立 --波浪部分(3/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，MOTC-IOT- 98- H3DB001a。
2. 李兆芳、劉正琪、邱永芳、蘇青和等，2010，"近岸海象數值模擬及預警系統之建立 -水動力部分(3/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，MOTC-IOT- 98- H3DB001b。
3. 陳冠宇、陳陽益、邱永芳、蘇青和等，2010，"臺灣沿岸海嘯影響範圍與淹水潛勢分析(3/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，MOTC-IOT- 96- H3DB002。
4. 林廷燦、曾惠君、簡仲璟等，2010，"港灣環境資訊服務系統整合及建置(1/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，MOTC-IOT- 96- H3DB003。
5. 何良勝、蘇青和等，2010，"台灣主要港口海域長期性海象觀測及資料特性應用研究(1/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，MOTC- IOT-98-H2DA001。
6. 邱永芳、蘇青和等，2009，"臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(2/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，MOTC-IOT-97-H3DA003。
7. 邱永芳、蘇青和等，2008，"臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(1/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，MOTC-IOT-96-H3DA003。
8. 劉俊志、陳冠宇，2008，"以格林函數快速預報高雄港外海嘯高度"中華民國第30屆海洋工程研討會。
9. 劉俊志、陳冠宇，2008，"以逆向格林函數快速預報高雄港外海嘯

高度”天氣分析與預報研討會，中央氣象局。

- 10.蘇青和、吳基、廖慶堂、徐如娟，2003，「台北港港口區域潮汐及海流特性研究」，第二十五屆海洋工程研討會論文集，23 頁-30 頁。
- 11.李兆芳、劉正琪、張憲國，2001，港池振盪之數值模擬計算，海洋工程學刊，第一卷，第一期，1-22 頁。
- 12.廖建明、歐善惠、許泰文、方介群、臧效義，2002，應用 SWAN 模式模擬臺灣附近颱風波浪之特性，臺中，第二十四屆海洋工程研討會論文集，第 469-476 頁。
- 13.Booji, N., 1981, Gravity waves on water with non-uniform depth and current, Department of Civil Engineering, Delft University of Technique, Delft, The Netherlands, Report No. 81-1.
- 14.Bretschneider, C.L., 1952, The generation and decay of wind waves in deep water. *Transaction American Geophysical Union*, Vol. 33, No. 3, 381-389.
- 15.Connor, J and Wang, J. (1974). Finite Element Modeling of Hydrodynamic Circulation, in Numerical Methods in Fluid Dynamics, edited By Brebbia and Connor, Pentech Press.
- 16.Deleersnijder E., Norro A. and Wolanski E., 1992, A three-dimensional model of the water circulation around an island in shallow water. *Continental Shelf Research*, 12, 891-906.
- 17.Deo, M.C., Sridhar Naidu, C., 1999, Real time wave forecasting using neural networks. *Ocean Engineering*, Vol. 26, No. 3, 191-203.
- 18.Desai, S. D., 1996, Ocean tides from TOPEX/POSEIDON altimetry with some geophysical applications. Ph. D. dissertation submitted to the department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado, Boulder, CO.
- 19.Groves, G. W., and Reynolds, R. W., 1975, An orthogonalized convolution method of tide prediction. *J. Geophys. Res.*, 80, 4131-4138.

20. Hajime, M., Sakamoto, M., and Sakai, T., 1995, Neural network for stability analysis of rubble-mound breakwaters. *J. of Waterway Port, Coastal and Ocean Eng.*, ASCE, 97, 139–154.
21. Han, G. R. Hendry and Ikeda, M., 2000, Assimilating TOPEX/POSEIDON derived tides in a primitive equation model over the Newfoundland Shelf. *Cont. Shelf Res.*, 20, 83-108.
22. Hasselmann, K., S. Hasselmann, E. Bauer, C. Brüning, S. Lehner, H.C. Graber and P. Lionello, 1988, Development of a Satellite SAR Image Spectra and Altimeter Wave Height Data Assimilation System for ERS-1, Final Report ESA Study Contract No. 6875/87/HGE-I(SC), Max-Planck-Institut für Meteorologie, Report No. 19, 155.
23. Hasselmann, S., C. Brüning and P. Lionell, 1994, Towards a generalized optimal interpolation method for the assimilation of ERS-1 SAR retrieved wave spectra in a wave model, *Proc. 2nd ERS-1 Symp.*, ESA SP-361, 21-25.
24. Hasselmann, S., P. Lionello and K. Hasselmann, 1997, An Optimal Interpolation Scheme for the Assimilation of Spectral Wave Data, *J. Geophys. Res.*, 102, 15823-15836.
25. Hedges, T. S., 1976, An empirical modification to linear wave theory, *Proc. Inst. Civ. Eng.*, 61, pp. 575-579.
26. Hiraoka, T., H. Maeda and N. Ikoma, 1999, Two-stage prediction method of typhoon position by fuzzy modeling-fusion of outline prediction and detailed prediction systems, *Proceedings of IEEE SMC '99 Conference on Man, and Cybernetics*, Vol. 6, pp. 581 -585.
27. Hopfield, J.J., and Tank, D., 1985, Neural computation of decision in optimization problems. *Biological Cybernetics*, Vol. 51, pp. 141-152.
28. Hsu, T. W. and Wen C. C., 2001, A parabolic equation extended to account for rapidly varying topography, *Ocean Engineering*, Vol. 28, pp. 1479-1498.
29. Johnson, G.P. and F.C. Lin, 1996, Hurricane tracking via

- backpropagation neural network, Proceedings of 1996 IEEE International Conference on Neural Networks, Vol. 2, pp. 1103-1106.
30. Kirby, J. T., 1986, Higher-order approximations in the parabolic equation method for water waves, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 91, No. C1, pp. 933-952.
 31. Kirby, J. T. and Dalrymple R. A., 1983, The propagation of weakly nonlinear waves in the presence of varying depth and currents, *Proc. 20th Congress I.A.H.R.*, Moscow.
 32. Kirby, J. T. and Dalrymple R. A., 1991, *User's manual, combined refraction/diffraction model*, Center for Applied Coastal Research, Department of Civil Engineering, University of Delaware, Newark, De 19716, REF/DIF 1, version 2.3.
 33. Komen, G.J., 1985, Introduction to Wave Models and Assimilation of Satellite Data in Wave Models, In: The Use of Satellite Data in Climate Models, *Proc. Alpbach Conference, ESA Pub., ESA SP*, 244, 21-26.
 34. Komen, G. J., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann and P.A.E.M. Janssen, 1996, Dynamics and modeling of ocean waves, Cambridge University Press.
 35. Kumar, A., and Minocha, V. K., 2001, A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L., *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 127, pp. 54-55.
 36. Leendertse, J. J., Alexander, R. C. and Liu, S-K. (1973). A Three-Dimensional Model for Estuaries and Costal Seas: Volume 1, Principles of Computation, R-1417-OWRR, Rand, Santa Monica, CA., USA.
 37. Lee, T.L., and D.S. Jeng, 2002. Application of artificial neural networks in tide forecasting, *Ocean Engineering*, Vol. 29, pp. 1003-1022.
 38. Mandal S., 2001, A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L., *Journal of*

- Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 127, pp. 54-55.
39. Medina, J.R., 2001, A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L., *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 127, pp. 55-57.
 40. Miles, J.W., 1960, On the generation of surface waves by turbulent shear flows. *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 7, pp. 469-478.
 41. Phillips, O.M., 1957, On the generation of waves by turbulent wind. *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 2, pp. 417-445.
 42. Thomas, J.P., 1988, Retrieval of Energy Spectra from Measured Data for Assimilation into a Wave Model, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 114, 781-800.
 43. Tsai, C.P., and Lee, T.L., 1999, Back-Propagation Neural Network in Tidal-Level Forecasting, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 125, pp. 195-202.
 44. Voorrips, A.C., A.W. Heemink and G.J. Koman, 1999, Wave data assimilation with the Kalman filter, *Journal of Marine System*, 19, 267-291.
 45. X. Wang and Liu, P. L.-F.(2007): Cornell Multigrid Coupled Tsunami model (COMCOT) User Manual, Cornell University.
 46. Xu, Z.(2007), "The All-source Green's Function and its Applications to Tsunami," *Science of Tsunami Hazards*, 26(1), pp.59-69.

附錄 A 期末報告審查意見及辦理情形說明表

交通部運輸研究所自辦研究計畫 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(3/4)

參與審查人員 及其所提之意見	處理情形
一、梁乃匡委員 1. 本計畫工作內容非常廣，也很有應用價值，已經有很好成果，應予嘉許。 2. 計畫報告作者位包括實際貢獻的合作學者專家，不符合學術倫理精神。而且，委託合作計畫的報告第一作者也是中心同仁，對合作學者不公平責任也不明，應修改之，將對計畫的推動更有助力。	1. 感謝委員嘉許。 2. 感謝委員指正。
二、莊甲子委員 1. 本研究計畫名稱為台灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究，報告內容中對於防救災預警系統方面之著墨略顯不足，建議加以補強。 2. 第四章台灣環島及近岸水動力模式中有關表層曳引係數的計算提供了五種經驗計算式以供選擇使用，對於各經驗計算式之優劣性比較及各不同應用條件說明建議加以補充。 3. 各港波浪模式數值計算網格及模擬結果圖等之格網方位宜加固定以利結果比較驗證及參閱。 4. 部份項目模擬結果與實測值比較仍存在有明顯的大小差異，其誤差原因宜加補充說明以利後續研究之順利進行。 5. 本研究計畫內容廣泛，包含風場、氣壓場、波浪場、近岸流場等之模擬及驗證，各部分模式皆已確定，惟部分模式如海流模式之模擬結果與觀測值仍有明顯差異，應進一步加以探討修正。	1. 依委員意見修正。 2. 依委員意見修正。 3. 謝謝委員意見，未來將統一以上方正北繪圖。 4. 依委員意見修正。 5. 謝謝委員意見，改善精度為本計畫下年度工作重點。

三、李忠潘委員 1. p.1-11, 圖 1.1, 預報模式含氣壓, 請加氣壓場的檢核一節。 2. 圖.3.3.49~3.3.56, 各輸出點位的位置, 請標示於相關圖內。 3. 基隆港的觀測波高與模擬結果比蘇澳港的差, 請說明可能原因(近岸模式是否加入繞射效應?)。 4. 各港的水位預測值與實測值整體而言非常一致, 但是相對應的流場則有明顯的相位差, 及流速大小的差異。請說明可能原因, 及改善對策。 5. 實測流場可能對天文潮以外的趨動力比水位敏感, 故似乎可將其他外力加入模擬。 6. 海嘯發生與否, 與地震的成因直接相關, 因此, 可否將震源附近的條件加入模擬之中呢? 7. p.7-93, 圖 7.4.21, 颱風期間末期, 水位的預測值與模擬值偏差較大, 是否因風場造成的呢? 8. 圖 7.4.1~20 請標示實測及模擬符號。 9. 內容豐富, 已有不錯的成果, 具防災的實用價值。	1. 目前中心未有氣壓觀測資料, 未來將考慮增設此部份現場觀測。 2. 依委員意見修正。 3. 依委員意見修正。 4. 依委員意見修正。 5. 潮汐以外的趨動力如風力, 為本計畫下年度工作重點。 6. 震源附近的邊界條件設定如 P.5-14 表 5.3.2。 7. 基本水位不一致已更正。 8. 依委員意見修正。 9. 感謝委員肯定。
四、張金機委員 1. 波浪模式計算結果與觀測值比較蘇澳港非常好, 基隆港誤差極大, 建議探討原因。 2. p7-70 莫拉菲颱風蘇澳港觀測與計算結果比較顯示颱風過境後誤差極大, 其餘各港蓮花、莫拉菲、莫拉克颱風觀測與計算誤差均極大建議作探討。 3. p4-62~97 觀測值應為觀測資料調和分析結果, 流速模擬結果與調和分析值差異極大建議加以探討。 4. 流速觀測與模擬結果差異極大, 建議加以探討原因。 5. 研究範圍廣範, 資料蒐集豐富, 可提供防災預警所需資訊。	1. 依委員意見修正。 2. 依委員意見修正。 3. 依委員意見修正。 4. 依委員意見修正。 5. 依委員意見修正。

6. 數值模擬計算結果與觀測值差異較大部分，建議再加以探討。	6. 依委員意見修正。
六、主席裁示： 審查委員所提意見，請參考列入計畫之報告完稿修訂辦理。所提建議納入後續研究計畫參酌。	

附錄 B 期末審查簡報

臺灣近岸防救災預警系統技術 與作業化之研究(3/4)

計畫主持人:邱永芳

共同主持人:蘇青和

協同主持人:李俊穎

港灣技術研究中心

2010年3月17日

 港灣技術研究中心

臺灣近岸防救災預警系統技術與 作業化之研究(3/4)

- 1、前言
- 2、港區海氣象現場觀測
- 3、風場及波浪
- 4、潮位及流場
- 5、海嘯
- 6、線上預報作業及網站展示

 港灣技術研究中心

1、前言

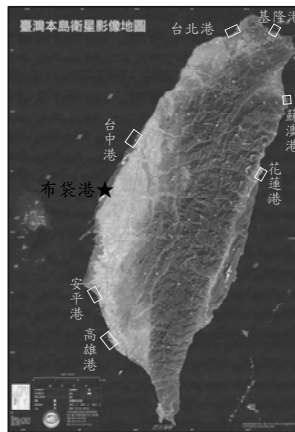
- ✿目的:建立適用於台灣海象預警系統。
 - 颱風及地震:提供暴潮溢淹、波浪破壞、海嘯災害等天然災害資訊。
 - 航運及環境:提供有關海難、漏油等人為災害資訊。
 - 提供精確海象資料，即時採取應變措施，達到搶災救災目的。

1、前言(續1)

- ✿研究重點:
 - 精進海氣象數值預報系統。
 - 主要商港海氣象即時觀測站資料蒐集。
 - 線上預報作業化及成果評估改善。
 - 環境資訊網站展示系統更新。

2、港區海氣象現場觀測

港研中心觀測站



港灣技術研究中心

8個主要商港海氣象觀測站現況

✿ 5個國際港(基隆港、蘇澳港、花蓮港、台中港、高雄港)

- 外海至少1即時監測站(AWCP:波、潮、流)。
- 港內另增設:風速站及潮位站。
- 每小時回傳中心。

✿ 3個國內港(台北港、安平港、布袋港)

- 台北港、安平港設置觀測樁。
- 觀測樁設2個即時監測站(S4及AWCP:波、潮、流)及2個即時風速站。每小時回傳中心。港內增設:潮位站。
- 布袋港自記式觀測站(AWCP:波、潮、流),港內另增設風速站及潮位站。(目前非即時監測)。

港灣技術研究中心

3、風場及波浪

3.1 風場及氣壓模式(中央氣象局)

☼ 海面風場：

- 中央氣象局NFS預報風場模式提供三種不同尺度(45km,15km,5km)[圖1]。

☼ 海面氣壓：

- 中央氣象局NFS預報氣壓場模式提供三種不同尺度(45km,15km,5km)[圖2]。

☼ NFS 每日預報兩次：

- 每日0時 及 中午12時上線
- 每次預報72小時。

2009年侵台颱風(4個)

編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	強度	近中心最大風速(m/s)	警報發布次數
200903	蓮花	LINFA	06/19~06/22	輕度	28.0	21
200906	莫拉菲	MOLAVE	07/16~07/18	輕度	28.0	13
200908	莫拉克	MORAKOT	08/05~08/10	中度	40.0	36
200917	芭瑪	PARMA	10/03~10/06	中度	43.0	29

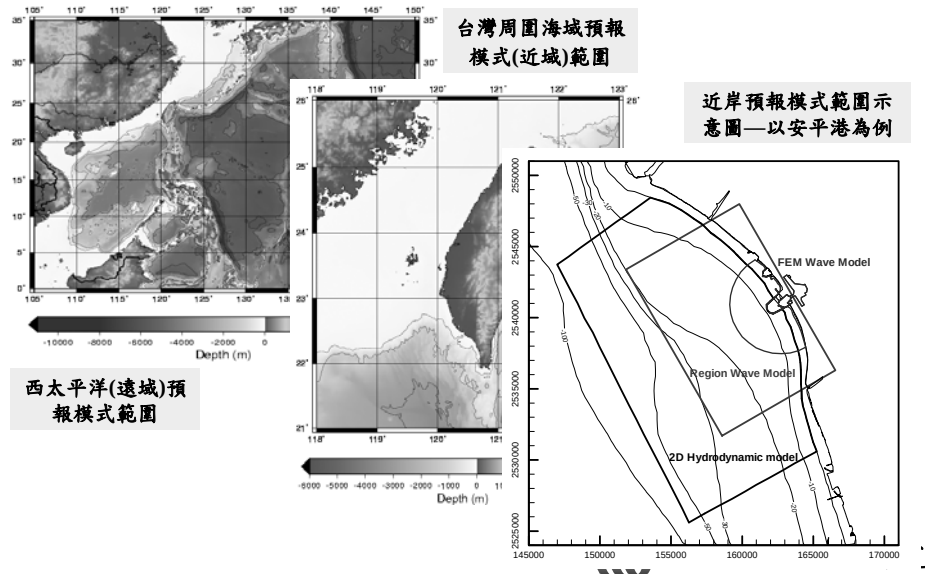
3.2 波場模式

- ✿ WAM風浪模式:歐洲波浪預報群研發,西太平洋海域(大域,大網格:20分)[圖1]。
- ✿ SWAM風浪模式:荷蘭 Delft 大學發展,臺灣海域(中域,小網格:1分) [圖2]。
- ✿ REF/DIF近岸波浪模式: Kirby發展,近岸海域(小域,小網格:200m) [圖3]。
- ✿ MSE近岸港區波浪模式: Mild-Slope Eq.: 各港區(細域,細網格:10m~50m) [圖4]。

[N]

港灣技術研究中心

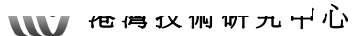
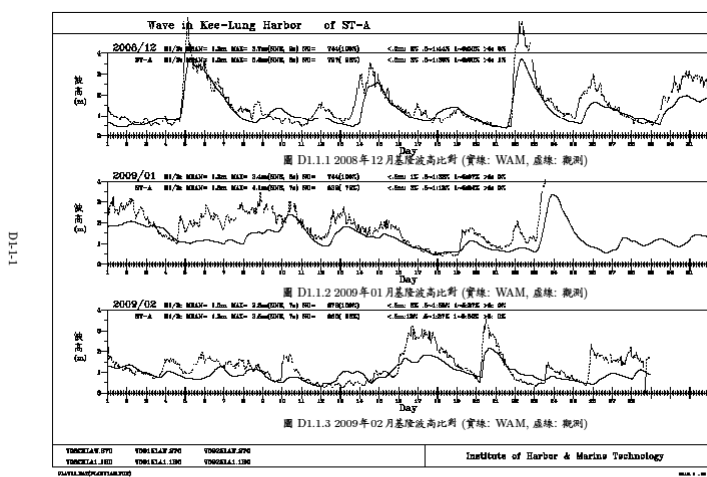
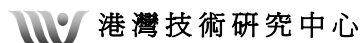
4種計算網格



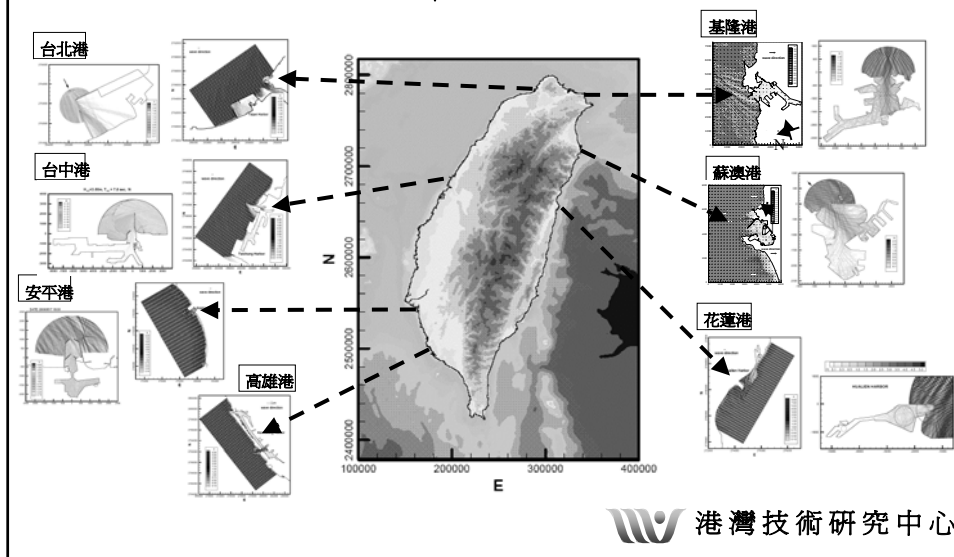
波場預報與觀測比較

WAM(SWAN)季風波浪模擬與觀測比較

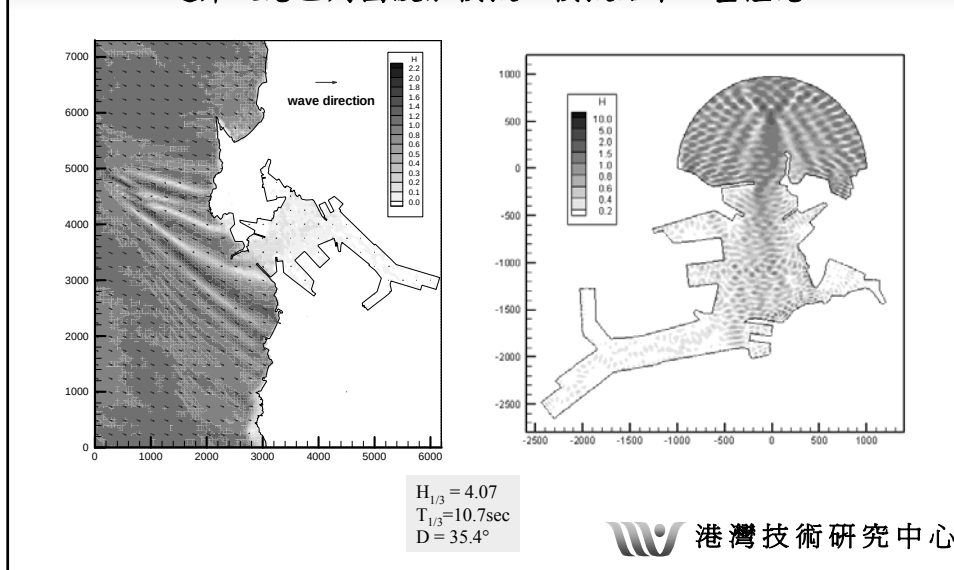
WAM(SWAN)颱風波浪模擬與觀測比較



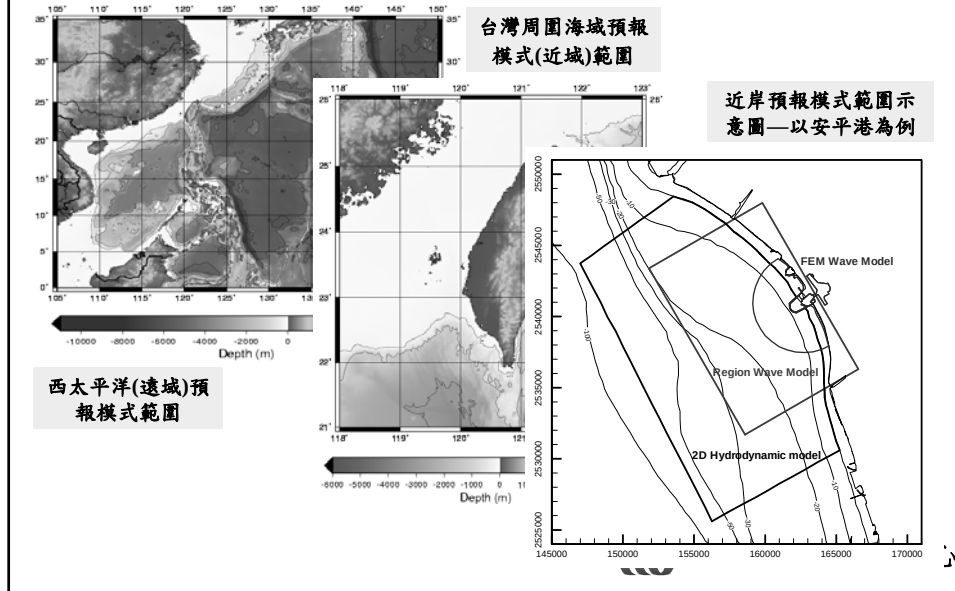
七大港口近岸及港區波浪模擬



近岸及港區周圍波浪模擬—模擬結果—基隆港



4. 潮位及海流



4.1 潮位模式

✿ 全域水位模式：引用歐盟發展模式—COHERENS。

- 天文潮模式(週期性水位變化): 邊界潮位利用Global Ocean Model (Schwiderski, 1982) 8個分潮(4全日潮+4半日潮)。大域範圍: 同WAN模式，中域同SWAN模式。
- 暴潮模式: 颱風風場及氣壓場作為表面驅動力。

4.2 海流模式

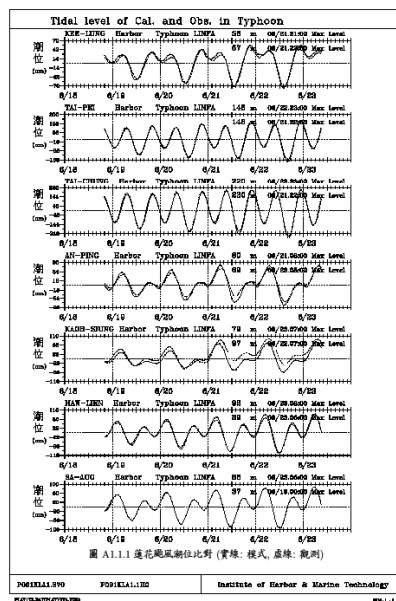
- ✱ 全域海流模式：引用歐盟發展模式—COHERENS(大、中尺度)。
- 2D海流模式：得到垂直方向平均之潮流與風驅流→提供油污擴散模式。
- 3D海流模式：垂直方向分多層(流場、溫度或鹽度不同)→提供溫鹽擴散模式。

 港灣技術研究中心

潮位與海流 預報與觀測比較

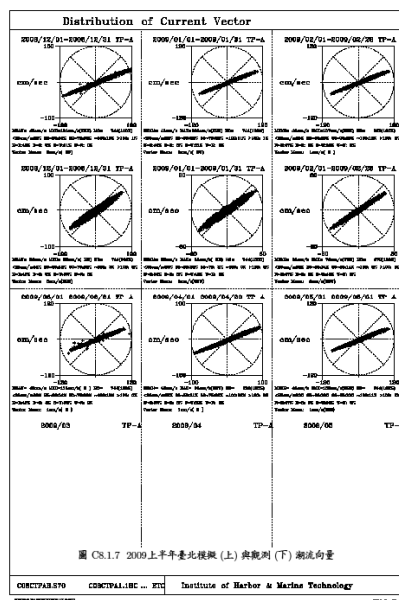
- ✱ 潮位(中尺度)模擬與觀測比較
- ✱ 流場(中尺度)模擬與觀測比較

 港灣技術研究中心



A1-1-1

台灣技術研究中心



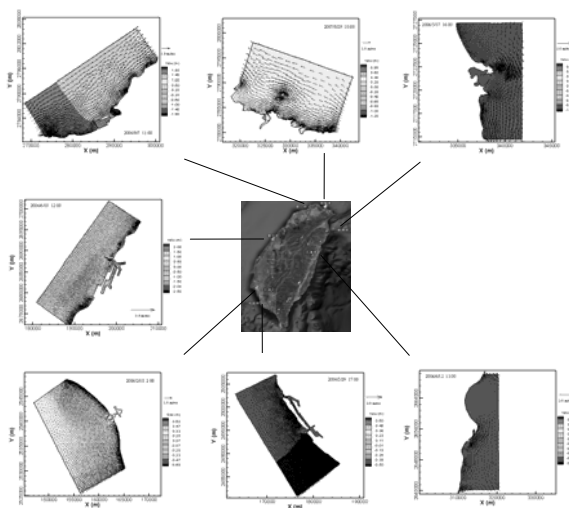
CS-1-7

台灣技術研究中心

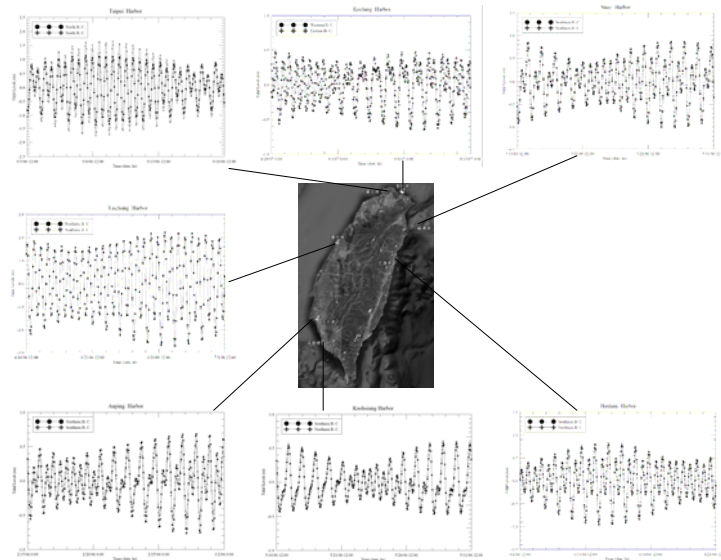
近岸及港區流場模擬(小域)

- 中域流場模式網格解析度，無法反映近岸地形變化及結構物影響。建構2D有限元素法近岸水理模式考慮因素：
 1. 網格解析度需足反映地形變化。
 2. 運算速度需符合線上作業及災害預警。

七各主要商港潮流模擬

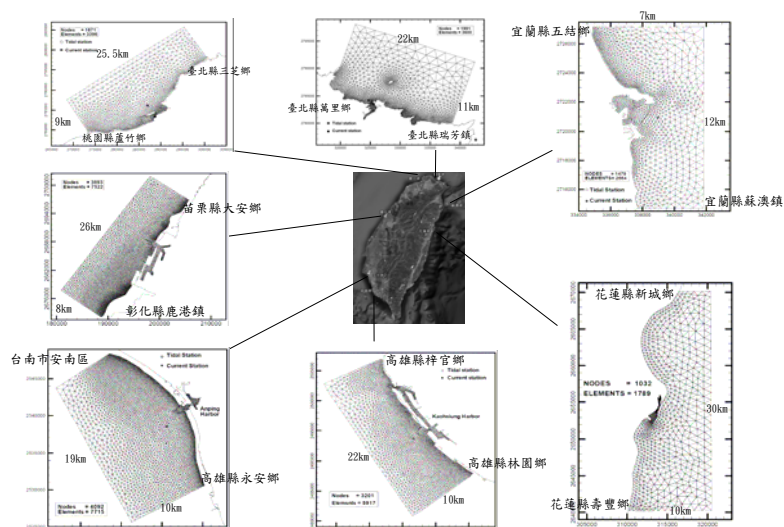


模式上下游潮汐邊界條件時序列圖(約15天)



港灣技術研究中心

模式計算範圍與網格



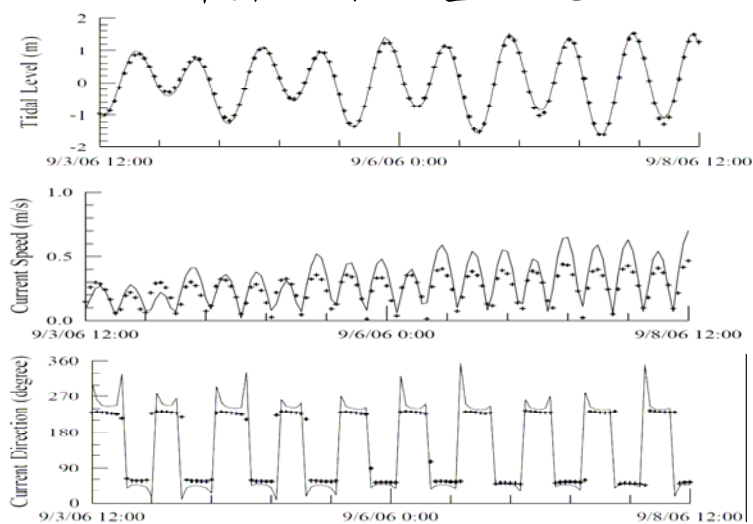
港灣技術研究中心

近岸海流預報與觀測比較

✿七主要港口流場(小尺度)模擬
與觀測比較

港灣技術研究中心

計算結果--臺北港



結果顯示模擬結果大致一致。

港灣技術研究中心

5.海嘯模式

- ✿ **PARI海嘯模式**(日本港灣空港研究所)- 採用非線性淺水方程式。經過南亞海嘯及日本北海道海嘯測試，與實測相符。
- ✿ **COMCOT海嘯模式**(美國康乃爾大學土木與環境工程學系)- 採用非線性Boussinesq方程式所推導。較佳之運算效率
- ✿ **格林函數演算模式(Shuto,1991)**，線性系統中具有對稱性及可逆性，線性淺水方程式適用在水深大於50公尺之範圍，以提高預報效率。

 港灣技術研究中心

PARI及COMCOT的限制

- 屬於one-source-all-receiver type，即是由一點震源推算全區域的反應
- 此種模式往往受限於計算區域，需用超級電腦或平行處理運算
- 另外，初始條件(即斷層參數)無法事先得知，必須先假設可能的地震源及海嘯傳遞路徑
- 所以，對於預報之時效及資料庫建立有困難。

 港灣技術研究中心

格林函數演算海嘯模式

- Xu(2007)-A.S.G.F, 屬於all-source-one-receiver type的格林函數，即是由可能的受災區域推算某些點位的反應
- 由格林定理，由受災區到地震源與由地震源到受災區的格林函數相同
- 可得到當地海嘯波高到達時間及相對波高值。
- 對於預報有相當大助益。

 港灣技術研究中心

視窗化操作介面之海嘯波高查詢系統

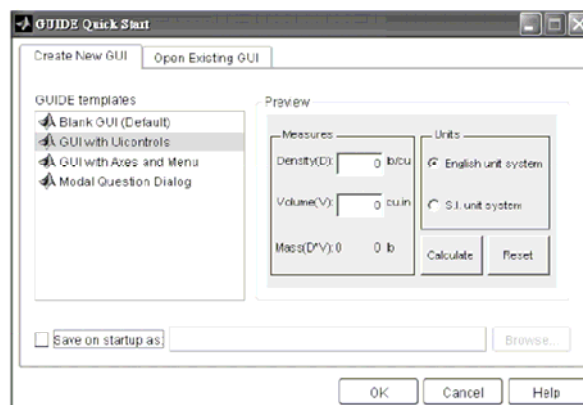


圖 4.1 GUI程式設計環境

- (1)如圖所示。在Matlab的命令視窗鍵入'guide'便可啟動GUIDE設計模組並選擇起始介面的面板。

 港灣技術研究中心

6.線上預報作業及網站展示

線上預報作業化

目的：以作業化方式，自動整合呈現數值及觀測成果。

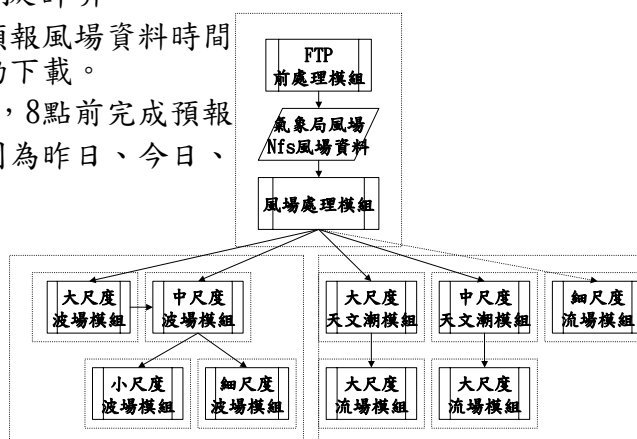
資料特性：檔案大、模組及作業流程多、常須配合模式及環境所需調整，作業化管理不易。

 港灣技術研究中心

線上預報作業化

🔧 每日作業化模擬計算

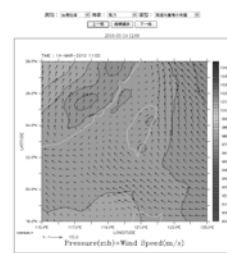
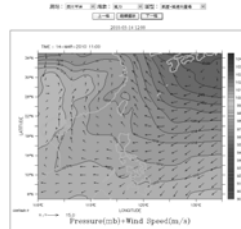
- 配合氣象局預報風場資料時間及範圍，自動下載。
- 每日3時計算，8點前完成預報
- 模擬時間範圍為昨日、今日、明日。



 港灣技術研究中心

網站展示

風場展示

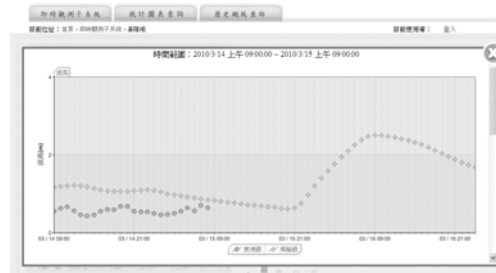
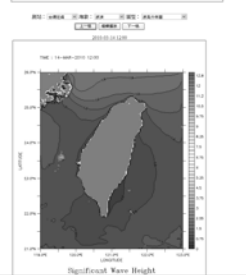
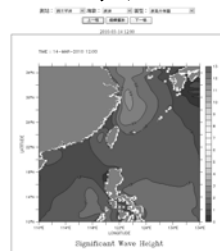


時間範圍	時間	風速 (m/s)	風向 (度)
2010/3/14 上午 09:00:00 - 2010/3/15 上午 09:00:00	2010/3/14 09:00:00	0.0	0.0
	2010/3/14 10:00:00	1.7	0.0
	2010/3/14 11:00:00	2.0	0.0
	2010/3/14 12:00:00	1.9	0.0
	2010/3/14 13:00:00	2.2	0.0
	2010/3/14 14:00:00	2.0	0.0
	2010/3/14 15:00:00	1.1	0.0
	2010/3/14 16:00:00	1.5	0.0
	2010/3/14 17:00:00	1.4	0.0
	2010/3/14 18:00:00	1.4	0.0
	2010/3/14 19:00:00	1.7	0.0
	2010/3/14 20:00:00	1.9	0.0

港灣技術研究中心

網站展示

波場展示

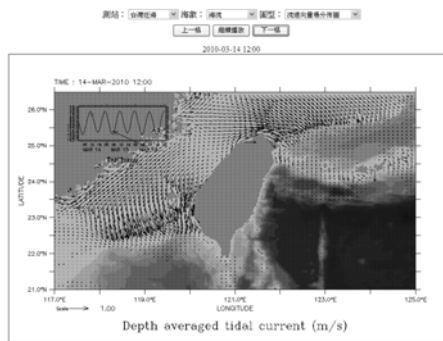
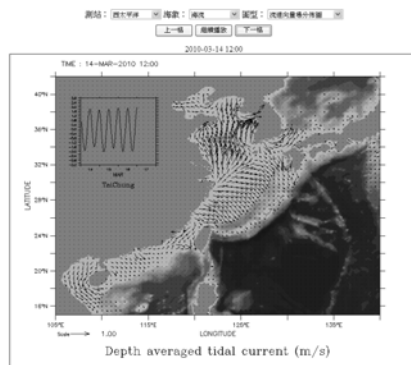


時間範圍	時間	波高 (m)	波向 (度)
2010/3/14 上午 09:00:00 - 2010/3/15 上午 09:00:00	2010/3/14 09:00:00	0.00	0.0
	2010/3/14 10:00:00	0.42	0.0
	2010/3/14 11:00:00	0.46	0.0
	2010/3/14 12:00:00	0.76	0.0
	2010/3/14 13:00:00	0.95	0.0
	2010/3/14 14:00:00	0.43	0.0
	2010/3/14 15:00:00	0.46	0.0
	2010/3/14 16:00:00	0.19	0.0
	2010/3/14 17:00:00	0.16	0.0
	2010/3/14 18:00:00	0.76	0.0
	2010/3/14 19:00:00	0.27	0.0
	2010/3/14 20:00:00	0.00	0.0

港灣技術研究中心

網站展示

🌀 流場展示



港灣技術研究中心

簡報完畢
敬請指正！

港灣技術研究中心