

100-59-7538  
MOTC-IOT-99-H3DA005

# 臺灣近岸防救災預警系統技術 與作業化之研究(4/4)



交通部運輸研究所

中華民國 100 年 5 月

100-59-7538  
MOTC-IOT-99-H3DA005

# 臺灣近岸防救災預警系統技術 與作業化之研究(4/4)

著 者： 邱永芳、蘇青和、李俊穎

交通部運輸研究所

中華民國 100 年 5 月



100

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究  
(4/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1010000783

定價 500 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(4/4)

/邱永芳、蘇青和、李俊穎著.--初版.-- 臺北市：

交通部運輸研究所， 民 100.05

面 ； 公分

ISBN 978-986-02-7608-4 (平裝)

1. 海難救助 2. 海洋氣象 3. 港埠資訊系統查詢系統

557.49029

100006210

臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(4/4)

著 者：邱永芳、蘇青和、李俊穎

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](http://www.ihmt.gov.tw) (中文版>中心出版品)

電 話：(04) 26587176

出版年月：中華民國 100 年 5 月

印 刷 者：良機事務機器有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 100 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：500 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 臺中市中山路 6 號•電話：(04) 22260330

GPN：1010000783

ISBN：978-986-02-7608-4 (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(4/4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                           |                                                              |
| 國際標準書號（或叢刊號）<br>ISBN978-986-02-7608-4(平裝)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 政府出版品統一編號<br>1010000783 | 運輸研究所出版品編號<br>100-59-7538 | 計畫編號<br>99-H3DA005                                           |
| 主辦單位：港灣技術研究中心<br>主管：邱永芳<br>計畫主持人：邱永芳    共同主持人：蘇青和    協同主持人：李俊穎<br>研究人員：陳明宗、單誠基、劉清松<br>參與人員：錢爾潔、陳正義、馬維倫、張麗瓊<br>聯絡電話：04-26587175    傳真號碼：04-26564415                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                           | 研究期間<br>自 99 年 01 月<br>至 99 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： <p>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。</p> <p>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，風場及氣壓場預報模式由與中央氣象局合作同步提供即時資訊，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本系統，以供系統提供更精確的海象資訊，並作為後續計畫進一步改善參考。</p> <p>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，迅速且精確的提供港區之水位預警資訊。配合數值模式推算長期颱風波浪及暴潮水位，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及港口航運安全所需之資訊。</p> |                         |                           |                                                              |
| 出版日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 頁數                      | 定價                        | 本 出 版 品 取 得 方 式                                              |
| 100 年 5 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 492                     | 500                       | 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價購。 |
| 機密等級：<br><input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密<br>（解密條件： <input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密，<br><input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密）<br><input checked="" type="checkbox"/> 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**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                     |                                         |                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TITLE:</b> Technology and Operation of an Early Warning System for Near-shore Disaster Prevention and Rescue (IX)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                     |                                         |                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>ISBN (OR ISSN)</b><br>ISBN978-986-02-7608-4<br>(pbk)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER</b><br>1010000783 | <b>IOT SERIAL NUMBER</b><br>100-59-7538 | <b>PROJECT NUMBER</b><br>99-H3DA005                                                                                                                                                                                           |
| <b>DIVISION:</b> HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER<br><b>DIVISION DIRECTOR:</b> Yung-Fang Chiu<br><b>PRINCIPAL INVESTIGATOR:</b> Yung-Fang Chiu, Ching-Ho Su<br><b>PROJECT STAFF:</b> Chun-Ying Lee, Ming-Chung Chen, Chen-Chi Shan, Ching-Sung Liu<br>Er-Jier Chien, Cheng-Yi Chen, Wei-Lun Ma, Lee-Chung Chang<br><b>TEL:</b> 886-4-26587133<br><b>FAX:</b> 886-4-26564415                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                     |                                         | <b>PROJECT PERIOD</b><br>FROM January 2009<br>TO December 2009                                                                                                                                                                |
| <b>KEY WORDS:</b> Near-shore area, Disaster Prevention and Rescue, Forecast system, Wind-wave forecast, Storm surge forecast, Flow forecast, Tsunami                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                     |                                         |                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>ABSTRACT:</b><br><p>This project is based on National Technology Development Plan. The MOTC, encouraging ocean and shoreline technology development to get 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 early 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 on site observed data in the previous years.</p> <p>The tasks this year are to raise early warning accuracy and operational functions improvement about waves, tides, currents' numerical simulation and pollution control respectfully. In model development aspect, aside from wind field and pressure forecast model supplied real-time information by Central Weather Bureau, all localized wave, water level, current field, and tsunami models are continuously verified. Early warning system assessment work will take an automatic operation approach to proceed with whole year and utilize on site 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, reference points for improving numerical simulation in the future.</p> <p>Estimated results of the project: Localize modeling techniques on wave, tide, currents and dispersions. Integration of the defense system including wind predictions, wave and tide forecast systems, and dispersion simulation system. Integration of the observations and the model predictions for the use of flooding warning system. Providing wave and tide information for the navigations of the 7 harbors.</p> |                                                     |                                         |                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>DATE OF PUBLICATION</b><br>May 2011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>NUMBER OF PAGES</b><br>492                       | <b>PRICE</b><br>500                     | <b>CLASSIFICATION</b><br><input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL<br><input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET<br><input checked="" type="checkbox"/> 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(4/4)

## 目 錄

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 中英文摘要 .....                   | I     |
| 目 錄 .....                     | III   |
| 圖目錄 .....                     | V     |
| 表目錄 .....                     | XX    |
| 第一章 前言 .....                  | 1-1   |
| 1.1 計畫背景 .....                | 1-1   |
| 1.2 研究計畫內容及成果 .....           | 1-4   |
| 第二章 臺灣環島風場及氣壓場預報模式 .....      | 2-1   |
| 2.1 中央氣象局預報 NFS 風場及氣壓場 .....  | 2-1   |
| 2.2 臺灣環島風場及氣壓風模式場 .....       | 2-3   |
| 2.3 年度侵臺颱風 .....              | 2-5   |
| 2.4 預報風場的檢核 .....             | 2-13  |
| 第三章 臺灣環島及近岸波浪模式 .....         | 3-1   |
| 3.1 臺灣環島及近岸波浪數值模擬系統網格架構 ..... | 3-1   |
| 3.2 臺灣環島風浪模式的簡介 .....         | 3-13  |
| 3.3 臺灣主要港口近岸及港內波浪模擬 .....     | 3-49  |
| 3.4 基隆港近岸海象波浪數值模擬 .....       | 3-78  |
| 3.5 小 結 .....                 | 3-112 |
| 第四章 臺灣環島及近岸水動力模式 .....        | 4-1   |
| 4.1 臺灣環島全域水動力數值模式 .....       | 4-3   |
| 4.2 台灣主要港口近岸海流模式 .....        | 4-11  |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 4.3 基隆港近岸海流數值模擬.....              | 4-11       |
| 4.4 小結 .....                      | 4-53       |
| <b>第五章 臺灣沿岸海嘯特性分析.....</b>        | <b>5-1</b> |
| 5.1 國內外之地震與海嘯紀錄.....              | 5-1        |
| 5.2 海嘯數值模式之精進.....                | 5-14       |
| 5.3 臺灣海嘯早期預警系統之建置.....            | 5-39       |
| 5.4 小結 .....                      | 5-67       |
| <b>第六章 臺灣主要商港作業化海象模擬成果評估.....</b> | <b>6-1</b> |
| 6.1 作業化海象模擬說明 .....               | 6-1        |
| 6.2 臺灣主要港口海氣象現場觀測及蒐集.....         | 6-9        |
| 6.3 2010 年作業化海象模擬與實測結果比較.....     | 6-21       |
| 6.4 臺灣主要港灣環境資訊系統.....             | 6-34       |
| <b>第七章 結論與建議.....</b>             | <b>8-1</b> |
| 7.1 結論 .....                      | 8-2        |
| 7.2 建議.....                       | 8-5        |
| <b>參考文獻.....</b>                  | <b>參-1</b> |
| 附錄 I 2010 年風浪模式推算各港波動分佈.....      | 附 1-1      |
| 附錄 II 水動力模式簡介.....                | 附 2-1      |
| 附錄 III 2010 年分月作業化評估表.....        | 附 3-1      |
| 附錄 IV 期末報告審查意見處理情形表.....          | 附 4-1      |
| 附錄 V 期末簡報.....                    | 附 5-1      |

## 圖目錄

|          |                                          |      |
|----------|------------------------------------------|------|
| 圖 1.2.1  | 臺灣近岸防救災預警系統架構圖 .....                     | 1-7  |
| 圖 1.2.2  | TaiCOMS 系統下相關模式架構圖 .....                 | 1-8  |
| 圖 2.1.1  | RC/MC/HC 風場的推算範圍圖 .....                  | 2-1  |
| 圖 2.2.1  | NFS 風場模式西太平洋(45km)風場向量及氣壓分佈圖 ....        | 2-3  |
| 圖 2.2.2  | NFS 風場模式臺灣海域(15km)風場向量及氣壓分佈圖 ....        | 2-4  |
| 圖 2.3.1  | 萊羅克颱風路徑圖 .....                           | 2-6  |
| 圖 2.3.2  | 南修颱風路徑圖 .....                            | 2-7  |
| 圖 2.3.3  | 莫蘭蒂颱風路徑圖 .....                           | 2-8  |
| 圖 2.3.4  | 凡那比颱風路徑圖 .....                           | 2-9  |
| 圖 2.3.5  | 梅姬颱風路徑圖 .....                            | 2-10 |
| 圖 2.4.1  | 2004/06/23 00HR 之 RC/MC 風速分佈圖 .....      | 2-12 |
| 圖 2.4.2  | 2004 年 7 月與 8 日 RC/MC/HC 風速比較圖 .....     | 2-12 |
| 圖 2.4.3  | RC/MC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/07/01 00HR) ..... | 2-13 |
| 圖 2.4.4  | RC/MC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/08/01 00HR) ..... | 2-13 |
| 圖 2.4.5  | MC/HC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/07/01 00HR) ..... | 2-14 |
| 圖 2.4.6  | MC/HC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/08/01 00HR) ..... | 2-14 |
| 圖 2.4.7  | MC 與 RC 風場嵌合情形 (2005/08/30 00:00) .....  | 2-15 |
| 圖 2.4.8  | MC 與 RC 風場嵌合情形 (2005/09/01 00:00) .....  | 2-15 |
| 圖 2.4.9  | MC 與 RC 風場嵌合情形 (2005/08/30 00:00) .....  | 2-16 |
| 圖 2.4.10 | MC 與 RC 風場嵌合情形 (2005/09/01 00:00) .....  | 2-16 |
| 圖 2.4.11 | MC 與 RC 風場嵌合比較 (2005/08/30 00:00) .....  | 2-17 |
| 圖 2.4.12 | MC 與 RC 風場嵌合比較 (2005/09/01 00:00) .....  | 2-18 |

|          |                                      |      |
|----------|--------------------------------------|------|
| 圖 3.1.1  | 臺灣近岸海象數值模擬及預警系統架構圖.....              | 3-3  |
| 圖 3.1.2  | 西太平洋(大尺度)預報模式範圍.....                 | 3-3  |
| 圖 3.1.3  | 臺灣周圍海域預報模式(中尺度)範圍.....               | 3-4  |
| 圖 3.1.4  | 近岸預報模式範圍示意圖—花蓮港.....                 | 3-5  |
| 圖 3.1.5  | 近岸預報模式範圍示意圖—安平港.....                 | 3-5  |
| 圖 3.2.1  | 風浪模式之計算範圍.....                       | 3-7  |
| 圖 3.2.2  | 風浪遠域模式之波高分佈圖.....                    | 3-7  |
| 圖 3.2.3  | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 RC 風場分佈及向量圖.....  | 3-15 |
| 圖 3.2.4  | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 MC 局部風場分佈及向量圖.... | 3-16 |
| 圖 3.2.5  | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算示性波高分佈圖.... | 3-16 |
| 圖 3.2.6  | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算平均週期分佈圖.... | 3-17 |
| 圖 3.2.7  | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算譜峰週期分佈圖.... | 3-17 |
| 圖 3.2.8  | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算平均波向分佈圖.... | 3-18 |
| 圖 3.2.9  | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAM 推算示性波高分佈圖..  | 3-18 |
| 圖 3.2.10 | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAM 推算平均週期分佈圖.   | 3-19 |
| 圖 3.2.11 | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAM 推算譜峰週期分佈圖.   | 3-19 |
| 圖 3.2.12 | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAM 推算平均波向分佈圖.   | 3-20 |
| 圖 3.2.13 | 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAM 推算主波方向分佈圖.   | 3-20 |
| 圖 3.2.14 | 2005~2010 年所有颱風期間最大波向分佈圖.....        | 3-31 |
| 圖 3.2.15 | 2005~2010 年所有颱風期間最大週期分佈圖.....        | 3-32 |
| 圖 3.2.16 | 2005~2010 年所有颱風期間最大示性波高分佈圖.....      | 3-33 |
| 圖 3.3.1  | REF/DIF 數值計算網格座標系統.....              | 3-52 |
| 圖 3.3.2  | 港域波浪模式計算領域示意圖.....                   | 3-54 |
| 圖 3.3.3  | 國內七大港口地理位置及港區示意圖.....                | 3-58 |



|          |                                 |      |
|----------|---------------------------------|------|
| 圖 3.3.4  | 基隆港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍 ..... | 3-59 |
| 圖 3.3.5  | 臺北港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍 ..... | 3-59 |
| 圖 3.3.6  | 臺中港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍 ..... | 3-60 |
| 圖 3.3.7  | 安平港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍 ..... | 3-60 |
| 圖 3.3.8  | 高雄港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍 ..... | 3-61 |
| 圖 3.3.9  | 花蓮港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍 ..... | 3-61 |
| 圖 3.3.10 | 蘇澳港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍 ....  | 3-62 |
| 圖 3.3.11 | 基隆港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分佈圖 ....  | 3-62 |
| 圖 3.3.12 | 臺北港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分佈圖 ....  | 3-63 |
| 圖 3.3.13 | 臺中港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分佈圖 ....  | 3-63 |
| 圖 3.3.14 | 安平港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分佈圖 ....  | 3-64 |
| 圖 3.3.15 | 高雄港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分佈圖 ....  | 3-64 |
| 圖 3.3.16 | 蘇澳港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分佈圖 ....  | 3-65 |
| 圖 3.3.17 | 花蓮港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分佈圖 ....  | 3-65 |
| 圖 3.3.18 | 基隆港港域非結構三角元素粗網格及水深分佈圖 .....     | 3-66 |
| 圖 3.3.19 | 臺北港港域非結構三角元素粗網格及水深分佈圖 .....     | 3-66 |
| 圖 3.3.20 | 臺中港港域非結構三角元素粗網格及水深分佈圖 .....     | 3-67 |
| 圖 3.3.21 | 安平港港域非結構三角元素粗網格及水深分佈圖 .....     | 3-67 |
| 圖 3.3.22 | 花蓮港港域非結構三角元素粗網格及水深分佈圖 .....     | 3-68 |
| 圖 3.3.23 | 蘇澳港港域非結構三角元素粗網格及水深分佈圖 .....     | 3-68 |
| 圖 3.3.24 | 基隆港波高觀測值與模式波高模擬結果比較.....        | 3-69 |
| 圖 3.3.25 | 臺北港波高觀測值與模式波高模擬結果比較.....        | 3-69 |
| 圖 3.3.26 | 臺中港波高觀測值與模式波高模擬結果比較.....        | 3-70 |
| 圖 3.3.27 | 安平港波高觀測值與模式波高模擬結果比較.....        | 3-70 |

|          |                                                 |      |
|----------|-------------------------------------------------|------|
| 圖 3.3.28 | 高雄港波高觀測值與模式波高模擬結果比較.....                        | 3-71 |
| 圖 3.3.29 | 花蓮港波高觀測值與模式波高模擬結果比較.....                        | 3-71 |
| 圖 3.3.30 | 蘇澳港波高觀測值與模式波高模擬結果比較.....                        | 3-72 |
| 圖 3.3.31 | 近岸基隆港區波浪模擬結果.....                               | 3-73 |
| 圖 3.3.32 | 近岸蘇澳港區波浪模擬結果.....                               | 3-73 |
| 圖 3.3.33 | 近岸花蓮港區波浪模擬結果.....                               | 3-74 |
| 圖 3.3.34 | 近岸高雄港區波浪模擬結果.....                               | 3-74 |
| 圖 3.3.35 | 近岸安平港區波浪模擬結果.....                               | 3-75 |
| 圖 3.3.36 | 近岸臺中港區波浪模擬結果.....                               | 3-75 |
| 圖 3.3.37 | 近岸臺北港區波浪模擬結果.....                               | 3-76 |
| 圖 3.3.38 | 商港港域波浪模擬結果.....                                 | 3-77 |
| 圖 3.4.1  | 基隆港東防波堤延伸工程施工現況.....                            | 3-81 |
| 圖 3.4.2  | 基隆港西 18、19 貨櫃碼頭延建工程完工後現況 .....                  | 3-81 |
| 圖 3.4.3  | 基隆港港池外廓及港池配置現況.....                             | 3-82 |
| 圖 3.4.4  | 基隆港港內、外觀測站儀器安裝佈置示意圖.....                        | 3-82 |
| 圖 3.4.5  | 基隆港港內、外測站 2009 年 12 月份示性波波高及週期之時<br>序列比較圖 ..... | 3-84 |
| 圖 3.4.6  | 基隆港港內、外測站 2009 年 1 月份示性波波高及週期之時<br>序列比較圖 .....  | 3-85 |
| 圖 3.4.7  | 基隆港港內、外測站 2009 年 2 月份示性波波高及週期之時<br>序列比較圖 .....  | 3-86 |
| 圖 3.4.8  | 基隆港港內、外測站 2009 年 3 月份示性波波高及週期之時<br>序列比較圖 .....  | 3-87 |
| 圖 3.4.9  | 基隆港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分佈圖 ...                     | 3-89 |
| 圖 3.4.10 | 基隆港近岸波浪場模擬結果之波高分佈與波向向量平面圖....                   | 3-90 |

|           |                                                                  |       |
|-----------|------------------------------------------------------------------|-------|
| 圖 3.4.11  | 基隆港波浪觀測值之波高與模式模擬結果之波高比較..                                        | 3-90  |
| 圖 3.4.12  | 基隆港波浪觀測值之波向與模式模擬結果之波高比較 .                                        | 3-91  |
| 圖 3.4.13  | 基隆港東防波堤伸工程及西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程<br>施工前之港池形狀及其粗網格分佈圖.....            | 3-94  |
| 圖 3.4.14  | 基隆港東防波堤伸工程及西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程<br>施工後之港池形狀及其粗網格分佈圖.....            | 3-95  |
| 圖 3.4.16  | 基隆港港域波浪數值模式邊界反射係數配置示意圖 .....                                     | 3-96  |
| 圖 3.4.17  | 港內波高遮蔽係數 $K_d$ 值計算區位及網格節點分佈圖...                                  | 3-97  |
| 圖 3.4.18a | 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪<br>週期 8 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$ ).....   | 3-98  |
| 圖 3.4.18b | 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波<br>浪週期 8 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$ ).....  | 3-98  |
| 圖 3.4.19a | 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪<br>週期 9 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$ ).....   | 3-99  |
| 圖 3.4.19b | 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波<br>浪週期 9 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$ ).....  | 3-99  |
| 圖 3.4.20a | 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪<br>週期 10 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$ ).....  | 3-100 |
| 圖 3.4.20b | 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波<br>浪週期 10 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$ )..... | 3-100 |
| 圖 3.4.21a | 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪<br>週期 11 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$ ).....  | 3-101 |
| 圖 3.4.21b | 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波<br>浪週期 11 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$ )..... | 3-101 |
| 圖 3.4.22  | 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 A 之平均<br>波高遮蔽係數 $K_d$ 值之比較圖(波浪正向入射情況).....  | 3-102 |

|                                                                      |       |
|----------------------------------------------------------------------|-------|
| 圖 3.4.23 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 B 之平均波高遮蔽係數 $K_d$ 值之比較圖(波浪正向入射情況)..... | 3-102 |
| 圖 3.4.24 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 C 之平均波高遮蔽係數 $K_d$ 值之比較圖(波浪正向入射情況)..... | 3-103 |
| 圖 3.4.25 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 D 之平均波高遮蔽係數 $K_d$ 值之比較圖(波浪正向入射情況)..... | 3-103 |
| 圖 3.4.26 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 E 之平均波高遮蔽係數 $K_d$ 值之比較圖(波浪正向入射情況)..... | 3-104 |
| 圖 3.4.27a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪週期 8 秒，波向 NNE) .....               | 3-105 |
| 圖 3.4.27b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪週期 8 秒，波向 NNE) .....              | 3-105 |
| 圖 3.4.28a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪週期 9 秒，波向 NNE) .....               | 3-106 |
| 圖 3.4.28b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪週期 9 秒，波向 NNE) .....              | 3-106 |
| 圖 3.4.29a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪週期 10 秒，波向 NNE) .....              | 3-107 |
| 圖 3.4.29b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪週期 10 秒，波向 NNE) .....             | 3-107 |
| 圖 3.4.30a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪週期 11 秒，波向 NNE) .....              | 3-108 |
| 圖 3.4.30b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分佈情形(波浪週期 11 秒，波向 NNE) .....             | 3-108 |
| 圖 3.4.31 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 A 之平均波高遮蔽係數 $K_d$ 值之比較圖(NNE 波向).....   | 3-109 |

|                                                                    |       |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| 圖 3.4.32 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 B 之平均波高遮蔽係數 $K_d$ 值之比較圖(NNE 波向)..... | 3-109 |
| 圖 3.4.33 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 C 之平均波高遮蔽係數 $K_d$ 值之比較圖(NNE 波向)..... | 3-110 |
| 圖 3.4.34 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 D 之平均波高遮蔽係數 $K_d$ 值之比較圖(NNE 波向)..... | 3-110 |
| 圖 3.4.35 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 E 之平均波高遮蔽係數 $K_d$ 值之比較圖(NNE 波向)..... | 3-111 |
| 圖 4.1.3 COHERENS 前處理流程.....                                        | 4-4   |
| 圖 4.1.4 COHERENS 計算流程.....                                         | 4-5   |
| 圖 4.1.5 凡那比颱風侵臺時西太平洋大尺度風場氣壓場分佈圖 ....                               | 4-7   |
| 圖 4.1.6 凡那比颱風侵臺時近海風場氣壓場分佈圖.....                                    | 4-7   |
| 圖 4.1.7 凡那比颱風侵臺時大尺度水位分佈圖.....                                      | 4-8   |
| 圖 4.1.8 凡那比颱風侵臺時中尺度水位分佈圖.....                                      | 4-8   |
| 圖 4.1.9 凡那比颱風侵臺時大尺度流速向量場.....                                      | 4-9   |
| 圖 4.1.10 凡那比颱風侵臺時中尺度流速向量場.....                                     | 4-9   |
| 圖 4.2.1 基隆港水動力模式之有限元素格網分佈圖.....                                    | 4-13  |
| 圖 4.2.2 臺北港水動力模式之有限元素格網分佈圖.....                                    | 4-13  |
| 圖 4.2.3 臺中港水動力模式之有限元素格網分佈圖.....                                    | 4-14  |
| 圖 4.2.4 安平港水動力模式之有限元素格網分佈圖.....                                    | 4-14  |
| 圖 4.2.5 高雄港水動力模式之有限元素格網分佈圖.....                                    | 4-15  |
| 圖 4.2.6 花蓮港水動力模式之有限元素格網分佈圖.....                                    | 4-15  |
| 圖 4.2.7 蘇澳港水動力模式之有限元素格網分佈圖.....                                    | 4-16  |
| 圖 4.2.8 臺北港水位模擬結果與觀測值之比較.....                                      | 4-19  |
| 圖 4.2.9 臺北港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較 .....                              | 4-19  |

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| 圖 4.2.9(續 1) 臺北港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較 ..... | 4-19 |
| 圖 4.2.10 臺中港水位模擬結果與觀測值之比較.....             | 4-20 |
| 圖 4.2.11 臺中港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較 .....     | 4-20 |
| 圖 4.2.11(續 1) 臺中港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較 ...  | 4-20 |
| 圖 4.2.12 安平港水位模擬結果與觀測值之比較.....             | 4-21 |
| 圖 4.2.13 安平港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較 .....     | 4-21 |
| 圖 4.2.13(續 1) 安平港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較 ...  | 4-21 |
| 圖 4.2.14 高雄港水位模擬結果與觀測值之比較.....             | 4-22 |
| 圖 4.2.15 高雄港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較 .....     | 4-22 |
| 圖 4.2.15(續 1) 高雄港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較 ...  | 4-22 |
| 圖 4.2.16 花蓮港水位模擬結果與觀測值之比較.....             | 4-23 |
| 圖 4.2.17 花蓮港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較 .....     | 4-23 |
| 圖 4.2.17(續 1) 花蓮港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較 ...  | 4-23 |
| 圖 4.2.18 蘇澳港水位模擬結果與觀測值之比較.....             | 4-24 |
| 圖 4.2.19 蘇澳港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較 .....     | 4-24 |
| 圖 4.2.19(續 1) 蘇澳港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較 ...  | 4-24 |
| 圖 4.3.1 基隆港水動力修正模式之模擬範圍.....               | 4-26 |
| 圖 4.3.2 基隆港水動力修正模式新建之有限元素分佈圖.....          | 4-26 |
| 圖 4.3.3 基隆港現況港域港口附近三角形元素分佈圖.....           | 4-27 |
| 圖 4.3.4 基隆港數值計算網格加密後之有限元素分佈圖.....          | 4-27 |
| 圖 4.3.5 基隆港舊外廓防波堤配置港域及港口附近三角形元素分佈圖.        | 4-28 |
| 圖 4.3.6 基隆港水動力修正模式東西邊界之潮位邊界條件時序圖.          | 4-29 |
| 圖 4.3.7 基隆港港內、外觀測站儀器安裝佈置示意圖.....           | 4-32 |
| 圖 4.3.8 基隆港外海海流觀測資料歷線圖(2009/12).....       | 4-33 |

|                                                                              |      |
|------------------------------------------------------------------------------|------|
| 圖 4.3.9(續 1) 基隆港外海海流觀測資料歷線圖(2010/01).....                                    | 4-34 |
| 圖 4.3.10(續 2) 基隆港外海海流觀測資料歷線圖(2010/02).....                                   | 4-35 |
| 圖 4.3.11(續 3) 基隆港外海海流觀測資料歷線圖(2010/03).....                                   | 4-36 |
| 圖 4.3.12 基隆港外海海流觀測資料能譜分析結果圖.....                                             | 4-37 |
| 圖 4.3.13 基隆港 2010 年東西向海流觀測值與天文潮流預測值之比較...                                    | 4-38 |
| 圖 4.3.14 基隆港 2010 年南北向海流觀測值與天文潮流預測值之比較...                                    | 4-39 |
| 圖 4.3.15 基隆港水動力修正模式港口外海流測點之水位、潮流模擬結果與觀測資料之天文潮位及天文潮流(O1,K1,M2,S2)分析結果之比較..... | 4-40 |
| 圖 4.3.16 基隆港港口附近流況向量分佈圖.....                                                 | 4-43 |
| 圖 4.3.16(續 1) 基隆港港口附近流況向量分佈圖.....                                            | 4-43 |
| 圖 4.3.16(續 2) 基隆港港口附近流況向量分佈圖.....                                            | 4-44 |
| 圖 4.3.16(續 3) 基隆港港口附近流況向量分佈圖.....                                            | 4-44 |
| 圖 4.3.16(續 4) 基隆港港口附近流況向量分佈圖.....                                            | 4-45 |
| 圖 4.3.16(續 5) 基隆港港口附近流況向量分佈圖.....                                            | 4-45 |
| 圖 4.3.16(續 6) 基隆港港口附近流況向量分佈圖.....                                            | 4-46 |
| 圖 4.3.16(續 7) 基隆港港口附近流況向量分佈圖.....                                            | 4-46 |
| 圖 4.3.17 漲潮時段東防波堤堤頭及其西側流況之流線.....                                            | 4-47 |
| 圖 4.3.18 退潮時段東防波堤堤頭及其西側流況之流線.....                                            | 4-47 |
| 圖 4.3.19 漲潮時段東防波堤延伸段興建前、興建後流場向量之比較..                                         | 4-48 |
| 圖 4.3.20 退潮時段東防波堤延伸段興建前、興建後流場向量之比較..                                         | 4-48 |
| 圖 4.3.21 東防波堤延伸工程前、後，基隆港外海海流測點流速模擬結果之比較.....                                 | 4-49 |
| 圖 4.3.22 無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間漲潮流況與流速差分佈情形.....                               | 4-50 |
| 圖 4.3.23 無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間退潮流況與                                           |      |

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| 流速差分佈情形 .....                                       | 4-50 |
| 圖 4.3.24 無風場及有風場作用下，基隆港外海小潮期間漲潮流況與<br>流速差分佈情形 ..... | 4-51 |
| 圖 4.3.25 無風場及有風場作用下，基隆港外海小潮期間退潮流況與<br>流速差分佈情形 ..... | 4-51 |
| 圖 5.1.2 板塊交界處發生錯動後引起海嘯之示意圖 .....                    | 5-2  |
| 圖 5.1.3 臺灣本島海域附近之斷層分佈圖 .....                        | 5-3  |
| 圖 5.1.4 臺灣地區 1900~2006 年地震震央分佈圖 .....               | 5-4  |
| 圖 5.1.5 西南海域附近之斷層分佈圖 .....                          | 5-5  |
| 圖 5.1.6 Hiroo Kanamori 座標系統之示意圖 .....               | 5-7  |
| 圖 5.1.7 臺灣海嘯事件之震源分佈 .....                           | 5-9  |
| 圖 5.2.1 傳統格林函數與互逆格林函數之示意圖 .....                     | 5-15 |
| 圖 5.2.2a 互逆格林函數驗證之計算區域圖 .....                       | 5-18 |
| 圖 5.2.2b 海嘯高度預報點(r 點)位置圖 .....                      | 5-18 |
| 圖 5.2.3 模式在 r 點設定 1m 初始水位 .....                     | 5-19 |
| 圖 5.2.4 r 點初始水位傳播 1 小時後 .....                       | 5-19 |
| 圖 5.2.5 r 點初始水位傳播 3 小時後 .....                       | 5-20 |
| 圖 5.2.6 互逆 GF 驗證點的位置圖 .....                         | 5-20 |
| 圖 5.2.7 GF 與互逆 GF 一致性之驗證 .....                      | 5-21 |
| 圖 5.2.8 COMCOT 海嘯模式結果與互逆格林函數之比較 .....               | 5-22 |
| 圖 5.2.9 RGF 測試案例在 s 點的海嘯起始高度 .....                  | 5-23 |
| 圖 5.2.10 於高雄港接收點 r 的海嘯高度預報 .....                    | 5-23 |
| 圖 5.2.11 假設震央位置 .....                               | 5-25 |
| 圖 5.2.12 馬尼拉海溝 33 個子斷層之分佈圖 .....                    | 5-26 |
| 圖 5.2.13 臺中港在測試案例( $M_w=8.0$ )下可能產生之最大波高及到          |      |



|                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------|------|
| 達時間 .....                                                 | 5-27 |
| 圖 5.2.14 臺北港在測試案例( $M_w=8.0$ )下可能產生之最大波高及到<br>達時間 .....   | 5-28 |
| 圖 5.2.15 花蓮港在測試案例( $M_w=8.0$ )下可能產生之最大波高及到<br>達時間 .....   | 5-29 |
| 圖 5.2.16 高雄港在測試案例( $M_w=8.0$ )下可能產生之最大波高及到<br>達時間 .....   | 5-30 |
| 圖 5.2.17 基隆港在測試案例( $M_w=8.0$ )下可能產生之最大波高及到<br>達時間 .....   | 5-31 |
| 圖 5.2.18 蘇澳港在測試案例( $M_w=8.0$ )下可能產生之最大波高及到<br>達時間 .....   | 5-32 |
| 圖 5.2.19 各港在測試案例( $M_w=8.0$ ) 180 分鐘內之最大波高 .....          | 5-33 |
| 圖 5.2.20 各港在測試案例( $M_w=8.0$ ) 180 分鐘內之最大波高之到達<br>時間 ..... | 5-33 |
| 圖 5.2.21 基隆港之放大率 .....                                    | 5-35 |
| 圖 5.2.22 蘇澳港之放大率 .....                                    | 5-35 |
| 圖 5.2.23 花蓮港之放大率 .....                                    | 5-36 |
| 圖 5.2.24 臺中港之放大率 .....                                    | 5-36 |
| 圖 5.2.25 高雄港之放大率 .....                                    | 5-37 |
| 圖 5.2.26 臺北港之放大率 .....                                    | 5-37 |
| 圖 5.3.1 海嘯早期預警系統之初步規劃圖 .....                              | 5-39 |
| 圖 5.3.2 GUI 程式設計環境 .....                                  | 5-40 |
| 圖 5.3.3 視窗化操作系統之建立與排版 .....                               | 5-41 |
| 圖 5.3.4 視窗化介面之編譯完成圖 .....                                 | 5-41 |
| 圖 5.3.5 視窗化介面之計算成果圖 .....                                 | 5-42 |

|          |                                      |      |
|----------|--------------------------------------|------|
| 圖 5.3.6  | 視窗化系統之計算範圍圖 .....                    | 5-45 |
| 圖 5.3.7  | 國內各主要港口之位置 .....                     | 5-45 |
| 圖 5.3.8  | 高雄港之預報點位圖 .....                      | 5-46 |
| 圖 5.3.9  | 基隆港之預報點位圖 .....                      | 5-47 |
| 圖 5.3.10 | 臺中港之預報點位圖 .....                      | 5-47 |
| 圖 5.3.11 | 花蓮港之預報點位圖 .....                      | 5-48 |
| 圖 5.3.12 | 臺北港之預報點位圖 .....                      | 5-48 |
| 圖 5.3.13 | 蘇澳港之預報點位圖 .....                      | 5-49 |
| 圖 5.3.14 | 美國 USGS 資料庫 .....                    | 5-50 |
| 圖 5.3.15 | 中央氣象局網站之即時地震資料 .....                 | 5-51 |
| 圖 5.3.16 | 新視窗化作業介面 .....                       | 5-52 |
| 圖 5.3.17 | 遠域海嘯對高雄港之影響測試成果圖 .....               | 5-52 |
| 圖 5.3.18 | 蘭嶼地震震央位址圖 .....                      | 5-53 |
| 圖 5.3.19 | 花蓮港於蘭嶼地震之預報成果圖 .....                 | 5-54 |
| 圖 5.3.20 | 蘇澳港於蘭嶼地震之預報成果圖 .....                 | 5-54 |
| 圖 5.3.21 | 基隆港於蘭嶼地震之預報成果圖 .....                 | 5-55 |
| 圖 5.3.22 | 本中心基隆港觀測站儀器安裝位置 .....                | 5-56 |
| 圖 5.3.23 | 測站之實測水位 .....                        | 5-57 |
| 圖 5.3.24 | 海嘯預報系統之操作介面 .....                    | 5-58 |
| 圖 5.3.25 | 分析用之實測水位資料 .....                     | 5-59 |
| 圖 5.3.26 | 經過濾潮汐後之水位 .....                      | 5-60 |
| 圖 5.3.27 | 由 EEMD 分解出較高頻的 IMF 分量(C1 至 C6) ..... | 5-61 |
| 圖 5.3.28 | 由 EEMD 分解出較低頻的 IMF 分量、餘訊 R 及潮位 ..    | 5-61 |
| 圖 5.3.29 | 預報系統預測智利海嘯 (Mw=8.6)於基隆港之預報結果 .....   | 5-63 |

|          |                                        |      |
|----------|----------------------------------------|------|
| 圖 5.3.30 | 預報系統計算結果( $M_w=8.6$ )與實測資料之比較圖 .....   | 5-63 |
| 圖 5.3.31 | 預報系統預測智利海嘯 ( $M_w=8.8$ )於基隆港之預報結果..... | 5-65 |
| 圖 5.3.32 | 預報系統計算結果( $M_w=8.8$ )與實測資料之比較圖 .....   | 5-65 |
| 圖 6.1.1  | 主要模式涵蓋範圍 .....                         | 6-3  |
| 圖 6.1.2  | 臺灣海域附近波浪模式網格.....                      | 6-4  |
| 圖 6.1.3  | 臺灣海域附近水動力模式網格.....                     | 6-4  |
| 圖 6.1.4  | 近岸海象數值模擬及預警系統線上作業流程.....               | 6-6  |
| 圖 6.1.5  | 近岸海象數值模擬及預警系統每日線上作業範例.....             | 6-6  |
| 圖 6.1.6  | 近岸海象數值模擬及預警系統線上作業成果評估流程 ....           | 6-7  |
| 圖 6.2.1  | 商港位置圖 .....                            | 6-11 |
| 圖 6.2.2  | 臺北港海氣象觀測位置圖 .....                      | 6-11 |
| 圖 6.2.3  | 基隆港海氣象觀測位置圖 .....                      | 6-12 |
| 圖 6.2.4  | 蘇澳港海氣象觀測位置圖 .....                      | 6-12 |
| 圖 6.2.5  | 花蓮港海氣象觀測位置圖 .....                      | 6-13 |
| 圖 6.2.6  | 高雄港海氣象觀測位置圖 .....                      | 6-13 |
| 圖 6.2.7  | 布袋港海氣象觀測位置圖 .....                      | 6-14 |
| 圖 6.2.8  | 安平港海氣象觀測位置圖 .....                      | 6-14 |
| 圖 6.2.9  | 臺中港海氣象觀測位置圖 .....                      | 6-15 |
| 圖 6.3.1  | 梅姬颱風風速比較(RC).....                      | 6-21 |
| 圖 6.3.2  | 梅姬颱風風向比較(RC).....                      | 6-22 |
| 圖 6.3.3  | 梅姬颱風風速比較(MC).....                      | 6-23 |
| 圖 6.3.4  | 梅姬颱風風向比較(MC).....                      | 6-24 |
| 圖 6.3.5  | 梅姬颱風波高比較(WAM) .....                    | 6-25 |
| 圖 6.3.6  | 梅姬颱風波向比較(WAM) .....                    | 6-26 |

|          |                         |      |
|----------|-------------------------|------|
| 圖 6.3.7  | 梅姬颱風週期比較(WAM) .....     | 6-27 |
| 圖 6.3.8  | 梅姬颱風波高比較(SWAN).....     | 6-28 |
| 圖 6.3.9  | 梅姬颱風波向比較(SWAN).....     | 6-29 |
| 圖 6.3.10 | 梅姬颱風週期比較(SWAN).....     | 6-30 |
| 圖 6.3.11 | 梅姬颱風潮位比較(模擬) .....      | 6-31 |
| 圖 6.3.12 | 梅姬颱風流速比較(模擬).....       | 6-32 |
| 圖 6.3.13 | 梅姬颱風流向比較(模擬).....       | 6-33 |
| 圖 6.4.1  | 港灣環境資訊網系統架構圖 .....      | 6-34 |
| 圖 6.4.2  | 海氣象觀測之海情資料庫作業流程.....    | 6-35 |
| 圖 6.4.3  | 近岸數值模擬系統傳輸流程圖 .....     | 6-36 |
| 圖 6.4.4  | 玫瑰圖 .....               | 6-37 |
| 圖 6.4.5  | 歷線圖 .....               | 6-37 |
| 圖 6.4.6  | 長條圖 .....               | 6-38 |
| 圖 6.4.7  | 數值預報與即時觀測資料數據繪圖流程圖..... | 6-38 |
| 圖 6.4.8  | 港灣環境資訊網首頁資訊.....        | 6-40 |
| 圖 6.4.9  | 西太平洋或臺灣近海動畫頁面 .....     | 6-41 |
| 圖 6.4.10 | 港口一般資訊頁面 .....          | 6-42 |
| 圖 6.4.11 | 風速歷線圖 .....             | 6-43 |
| 圖 6.4.12 | 風向歷線圖 .....             | 6-43 |
| 圖 6.4.13 | 波高歷線圖 .....             | 6-44 |
| 圖 6.4.14 | 波浪週期歷線圖 .....           | 6-44 |
| 圖 6.4.15 | 波向歷線圖 .....             | 6-45 |
| 圖 6.4.16 | 潮汐歷線圖 .....             | 6-45 |
| 圖 6.4.17 | 海流歷線圖 .....             | 6-46 |

|          |             |      |
|----------|-------------|------|
| 圖 6.4.18 | 歷史颱風查詢..... | 6-46 |
|----------|-------------|------|

## 表目錄

|            |                                              |      |
|------------|----------------------------------------------|------|
| 表 2.1.1    | NFS 預報風場模式(RC/MC/HC)基本資料 .....               | 2-2  |
| 表 2.3.1    | 2009 年侵臺颱風記錄表 .....                          | 2-5  |
| 表 3.2.1    | 不同堤體之透過係數參數表 .....                           | 3-12 |
| 表 3.2.2    | 2005 年~2010 年中央氣象局發佈之颱風警報 .....              | 3-13 |
| 表 3.2.2(續) | 2005 年~2010 年中央氣象局發佈之颱風警報 .....              | 3-14 |
| 表 3.2.3    | 各商港波浪觀測站位置座標 .....                           | 3-21 |
| 表 3.2.4    | 基隆港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010) .....              | 3-24 |
| 表 3.2.5    | 臺北港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010) .....              | 3-25 |
| 表 3.2.6    | 臺中港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010) .....              | 3-26 |
| 表 3.2.7    | 安平港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010) .....              | 3-27 |
| 表 3.2.8    | 高雄港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010) .....              | 3-28 |
| 表 3.2.9    | 花蓮港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010) .....              | 3-29 |
| 表 3.2.10   | 蘇澳港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010) .....              | 3-30 |
| 表 3.2.11   | 2005~2010 年颱風時期各商港相關參數參考值 .....              | 3-34 |
| 表 3.2.12a  | 基隆港颱風時期最大波向統計表(2005~2010) .....              | 3-35 |
| 表 3.2.12b  | 臺北港颱風時期最大波向統計表(2005~2010) .....              | 3-35 |
| 表 3.2.12c  | 臺中港颱風時期最大波向統計表(2005~2010) .....              | 3-36 |
| 表 3.2.12d  | 安平港颱風時期最大波向統計表(2005~2010) .....              | 3-36 |
| 表 3.2.12e  | 高雄港颱風時期最大波向統計表(2005~2010) .....              | 3-37 |
| 表 3.2.12f  | 花蓮港颱風時期最大波向統計表(2005~2010) .....              | 3-37 |
| 表 3.2.12g  | 蘇澳港颱風時期最大波向統計表(2005~2010) .....              | 3-38 |
| 表 3.2.13   | 2005 年~2009 年颱風時期安平港相對於高雄港之各相關<br>參數比值 ..... | 3-38 |

|              |                                            |      |
|--------------|--------------------------------------------|------|
| 表 3.2.14a    | 基隆港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....           | 3-40 |
| 表 3.2.14b    | 基隆港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....           | 3-40 |
| 表 3.2.15a    | 臺北港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....           | 3-41 |
| 表 3.2.15b    | 臺北港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....           | 3-41 |
| 表 3.2.16a    | 臺中港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....           | 3-42 |
| 表 3.2.16b    | 臺中港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....           | 3-42 |
| 表 3.2.17a    | 安平港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....           | 3-43 |
| 表 3.2.17b    | 安平港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....           | 3-43 |
| 表 3.2.18a    | 高雄港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....           | 3-44 |
| 表 3.2.18b    | 高雄港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....           | 3-44 |
| 表 3.2.19a    | 花蓮港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....           | 3-45 |
| 表 3.2.19b    | 花蓮港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....           | 3-45 |
| 表 3.2.20a    | 蘇澳港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....           | 3-46 |
| 表 3.2.20b    | 蘇澳港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....           | 3-46 |
| 表 3.2.21     | 2005~2010 年冬季季風時期各商港相關參數參考值 .....          | 3-47 |
| 表 3.2.22     | 各商港夏季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....           | 3-48 |
| 表 3.3.1      | 近岸區域波浪模式數值計算網格資料.....                      | 3-58 |
| 表 3.3.2      | 港域波浪模擬之數值計算網格資料.....                       | 3-58 |
| 表 3.4.1      | 基隆港港外及港內各測站示性波波高、週期及波向等重要<br>統計量之統計表 ..... | 3-83 |
| 表 3.4.2      | 港內外波高及示性波高比統計表 .....                       | 3-88 |
| 表 4.3.1      | 基隆港 2010 年天文潮流調和分析成果表.....                 | 4-31 |
| 表 4.3.2(續 1) | 基隆港 2010 年天文潮流調和分析成果表 .....                | 4-31 |
| 表 4.3.3(續 2) | 基隆港 2010 年天文潮流調和分析成果表 .....                | 4-32 |

|         |                                              |      |
|---------|----------------------------------------------|------|
| 表 5.1.1 | 今村與飯田海嘯規模之分級表.....                           | 5-8  |
| 表 5.1.2 | NGDC 海嘯事件資料庫中臺灣海嘯之歷史紀錄 .....                 | 5-9  |
| 表 5.1.3 | 可能發生過或侵襲過臺灣之海嘯紀錄.....                        | 5-10 |
| 表 5.1.4 | 西元 1500~2010 年傷亡人數超過千人之海嘯事件 .....            | 5-11 |
| 表 5.2.1 | 互逆格林函數模擬案例之斷層參數表.....                        | 5-23 |
| 表 5.2.2 | 假設震央之地層參數.....                               | 5-25 |
| 表 5.2.3 | 各港在 180 分鐘內在測試案例(Mw=8.0)下所產生之最大水位及到達時間 ..... | 5-33 |
| 表 5.3.1 | 馬尼拉海溝 33 個子斷層之斷層參數表.....                     | 5-43 |
| 表 5.3.2 | 各港預報點位之水深.....                               | 5-49 |
| 表 5.3.3 | 美國國家地震資訊中心發布最初發布之智利地震 FMT 解.....             | 5-62 |
| 表 5.3.4 | 美國國家地震資訊中心修正的智利地震 FMT 解 .....                | 5-64 |
| 表 6.1.1 | 中央氣象局風場 NFS 風場資料格式 .....                     | 6-1  |
| 表 6.1.2 | Taicoms 大尺度及中尺度風、波及流場資料格式 .....              | 6-2  |
| 表 6.2.1 | 觀測風力資料蒐集概況表.....                             | 6-16 |
| 表 6.2.2 | 觀測波浪資料蒐集概況表.....                             | 6-17 |
| 表 6.2.3 | 觀測潮汐資料蒐集概況表.....                             | 6-18 |
| 表 6.2.4 | 觀測海流資料蒐集概況表.....                             | 6-19 |
| 表 6.4.1 | 海象與統計圖表分析表.....                              | 6-39 |



# 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。

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，在運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱本中心)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時間過短，統計分析所得的結果及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. 建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供港口航運安全所需之流場資訊。
4. 配合本所港灣環境資訊室業務，建立近岸防救災預報系統，透過網路服務提供各界之使用。

## 1.2 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 1.2.1 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、中央氣象局及本中心為主要單位，又各單位之調查因其目標不同而有不同的觀測需求。水利署局以潮位觀測為主，中央氣象局以風、溫度、潮位為主，本中心以各國際港之風、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，多數已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)等。

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，加上本所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

本研究為四年期研究計畫，在前 3 年已完成的重要工作項目包括在模式系統的作業化建置方面，波浪模式部份：已完成建立 WAN 模式、SWAN 模式等 2 種風浪模式，波浪模式之大小網格最佳化及水深資料建立，並初步建置各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：建置大尺度及中尺度的本土化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：建置二維大尺度及中尺度全域環島作業化水動力模式，並初步建置各個港區附近海域之區域性近岸水動力模式；預報系統方面移轉於本所內部執行並配合本中心港灣環境資訊網站，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 小時模擬資訊。本計畫不執行風場的預報模擬，平時及颱風期間主要引用中央氣象局 NFS 海上風場模式配合風浪及水動力模式需求內插後所產生的全域即時預報風場及氣壓場。

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。並以基隆港為首先改善目標調整目前港區相關波浪及水動力模式內相關計算範圍網格參數。模式發展方面，風場及氣壓場預報模式續由中央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比對校驗。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。完成 96 年度至 99 年度三個年度之風場(氣壓)、波浪、水位及流場等全域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、安平港、基隆港、蘇澳港等七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 99 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)。建置海嘯早期預警系統。

目前 TaicomS 系統已經完全移轉在本中心執行，並配合本所『臺灣環境資訊網』展示相關數值成果，並建置及維護一個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。

本計畫在近海海象預報模擬系統的預報時間已能夠在完整取得中央氣象局提供風場及氣壓場預報後 6 小時之內完成。

波浪方面建立本土化大尺度及中尺度風浪預報模式，以提供環島藍色公路全年航行之風浪資訊需求。並建立小區域性之波浪模式，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大尺度及中尺度水位預報模式，迅速提供海岸水位之預警資訊。

流場方面建立大尺度及中尺度之流場模式，迅速的提供緊急海難、港口航運安全所需之流場預警。並建立各主要港口小區域性之潮流模式後續可作為提供港口航運安全所需之潮流資訊。

海嘯方面初步建置海嘯早期預警系統，探討海底地震發生後各主要港區受海嘯波影響可能之水位變化

最後在配合本中心臺灣環境資訊室建置計畫，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、水位及流場等預報及即時海象資訊，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。

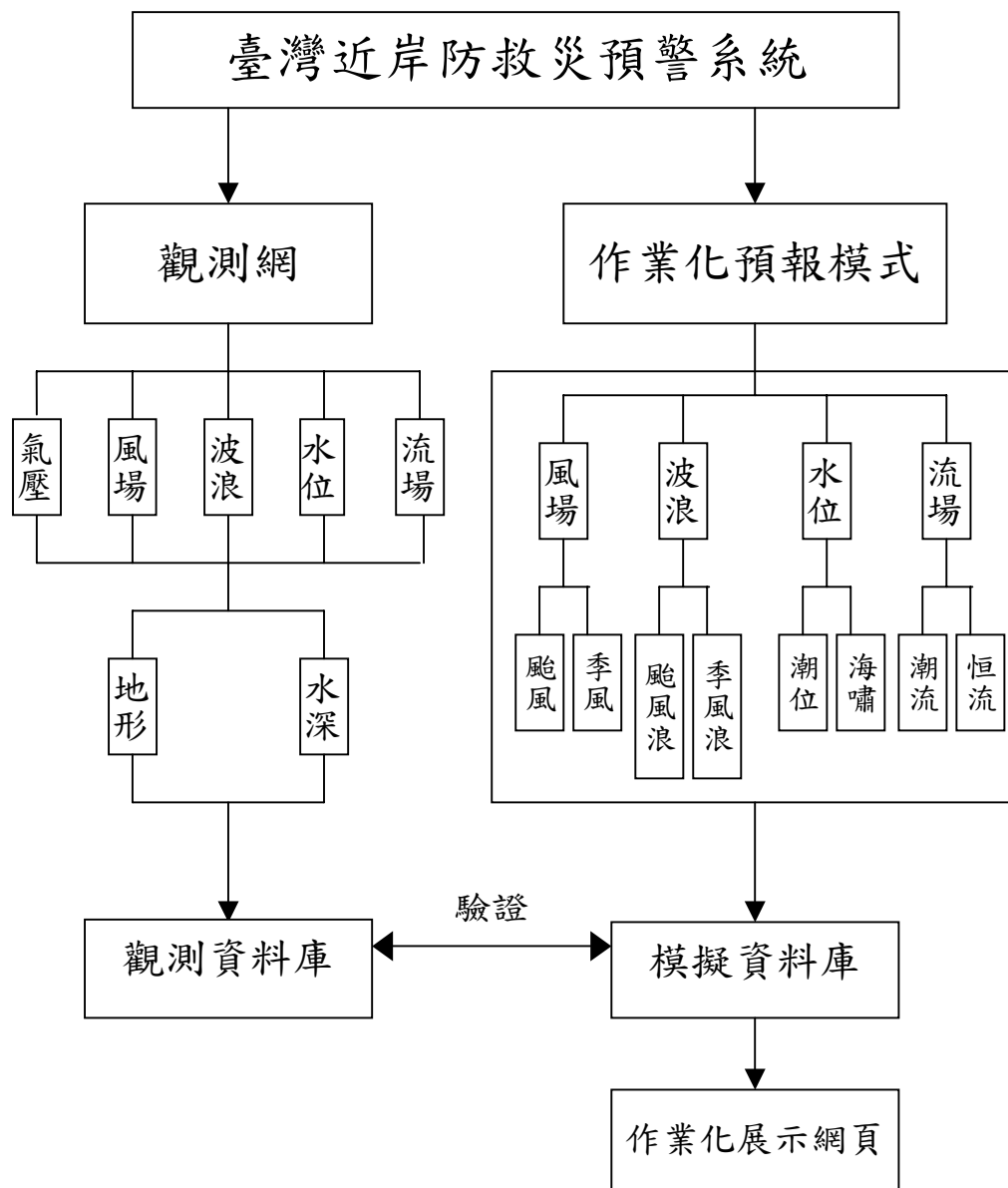


圖1.2.1 臺灣近岸防救災預警系統架構圖

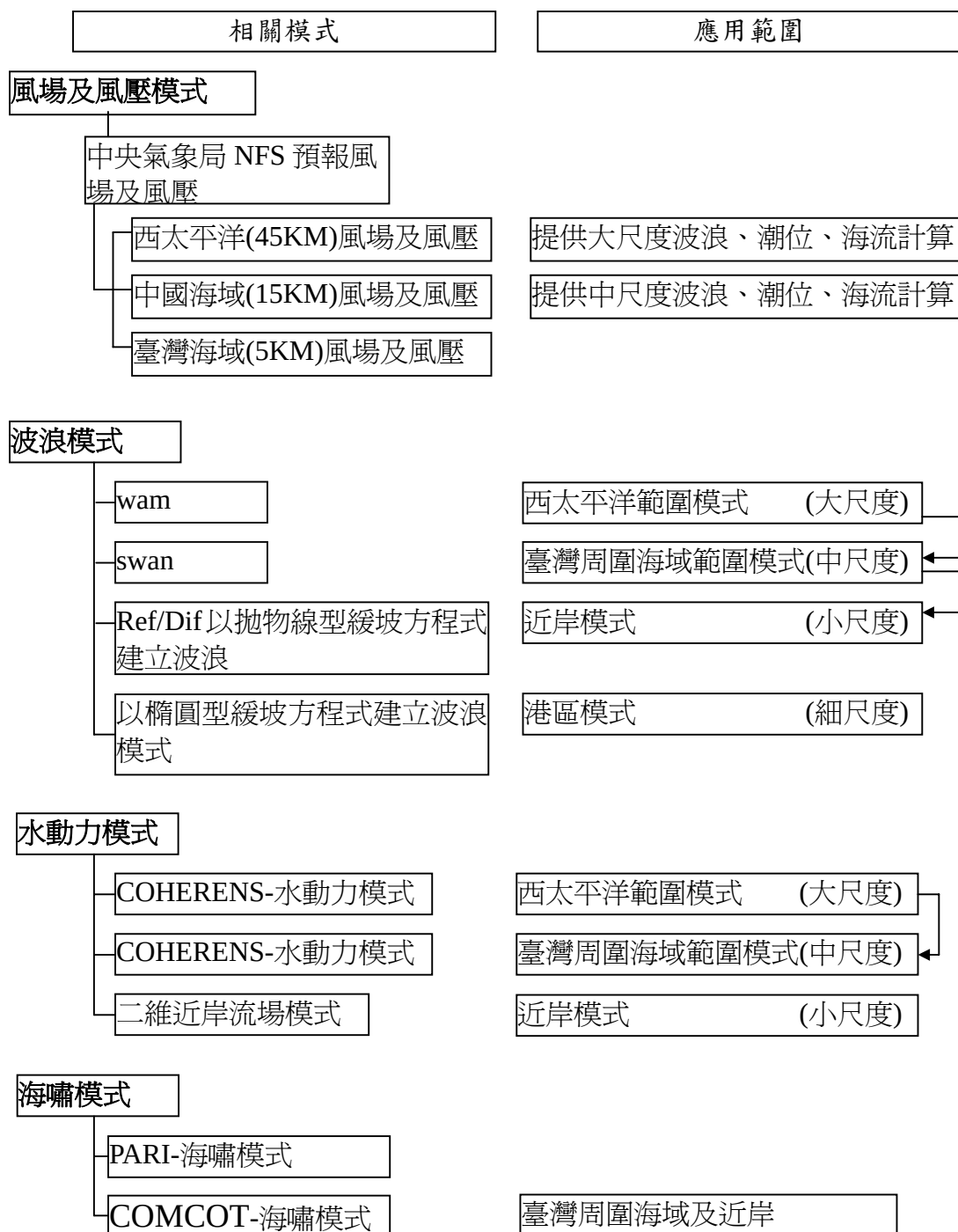


圖1.2.2 TaiCOMS系統下相關模式架構圖



## 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。

### 2.1 中央氣象局預報NFS風場及氣壓場

本中心透過合作關係取得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 2.1.1 所示，依據中央氣象局所提供的風場基本資料整理如表 2.1-1。

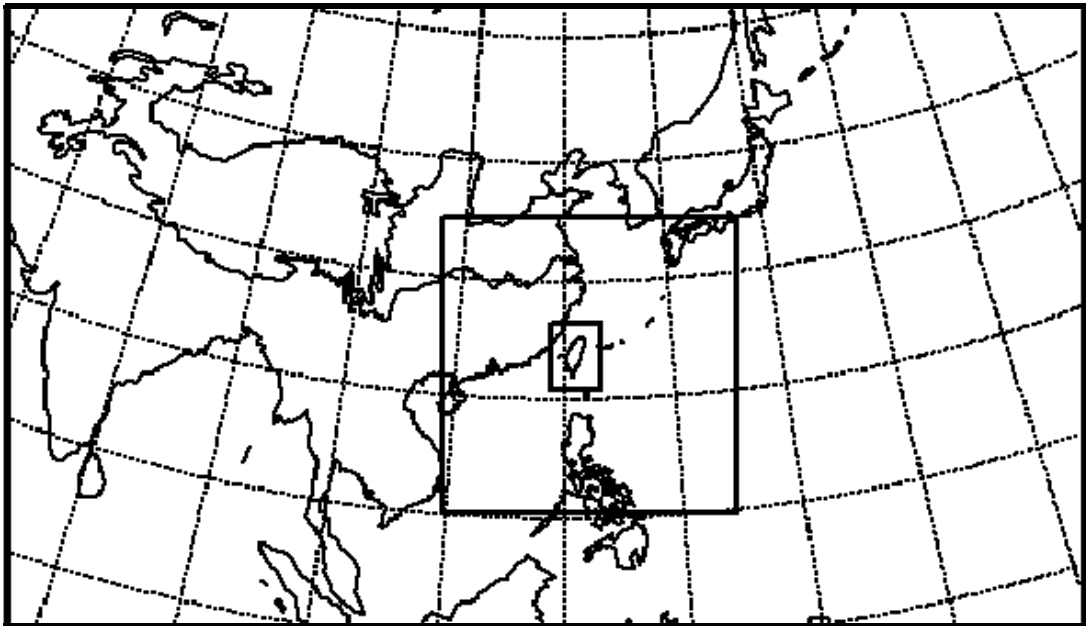


圖 2.1.1 RC/MC/HC 風場的推算範圍圖

表 2.1-1 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         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Semi operaton in 2000</li> <li>•Operation from 2001/01/08</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 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<br>221*127(45km) , 181*193(15km) ,91*121(5km)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Projection                 | Lambert conformal mapping                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Mapping information        | <p>Center (120E), true (10N, 40N)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•45KM MESH<br/>座標(114,71)位置位於(30°N , 120°E)<br/>底圖 下點(-5.34068°N·77.91867°E) 右上點(42.92812°N·180.2034°E)</li> <li>•15KM MESH<br/>座標(76,148)位置位於(30°N , 120°E)<br/>底圖 左下點(9.28194°N , 109.7727°E) 右上點(35.26665°N , 137.7342°E)<br/>座標(1,1)位置對應至 45KM MESH 之(89,22)座標位置</li> <li>•5KM MESH<br/>座標(28,199)位置位於(30°N , 120°E)<br/>底圖 左下點(20.78609°N , 118.6597°E) 右上點(26.33824°N , 123.2724°E)<br/>座標(1,1)位置對應至 15KM MESH 之(67,82)座標位置</li> </ul> |
| 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 <sup>th</sup> order diffusion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Moisture physics           | Kuo's cumulus parameterization,<br>Cloud ice&water microphysics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Planetary boundary layer   | TKE-εPBL scheme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Radiation parameterization | Longwave : Sasamori<br>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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## 2.2 臺灣環島風場及氣壓風模式場

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，目前本中心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)。為符合中心作業化需求，後處理所提供 NFS 二進位數值資料，並內插相關風場及氣壓場提供後續風浪計算及潮位計算使用，圖 2.2.1 至圖 2.2.2 為中央氣象局 NFS 預報風場模式提供 RC(大尺度)及 MC(中尺度)範圍資料，後續作業化後之預報風場向量及氣壓分佈圖，時間為 2010 年 9 月 19 日 8 點(凡那比颱風侵臺期間)。

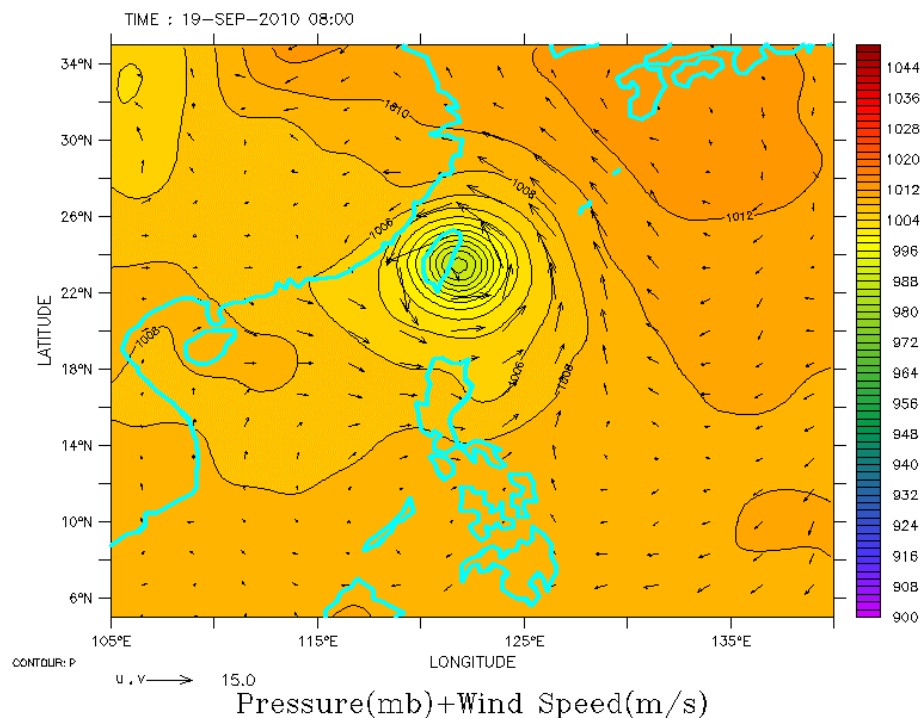


圖2.2.1 NFS風場模式西太平洋(45KM)風場向量及氣壓分佈圖

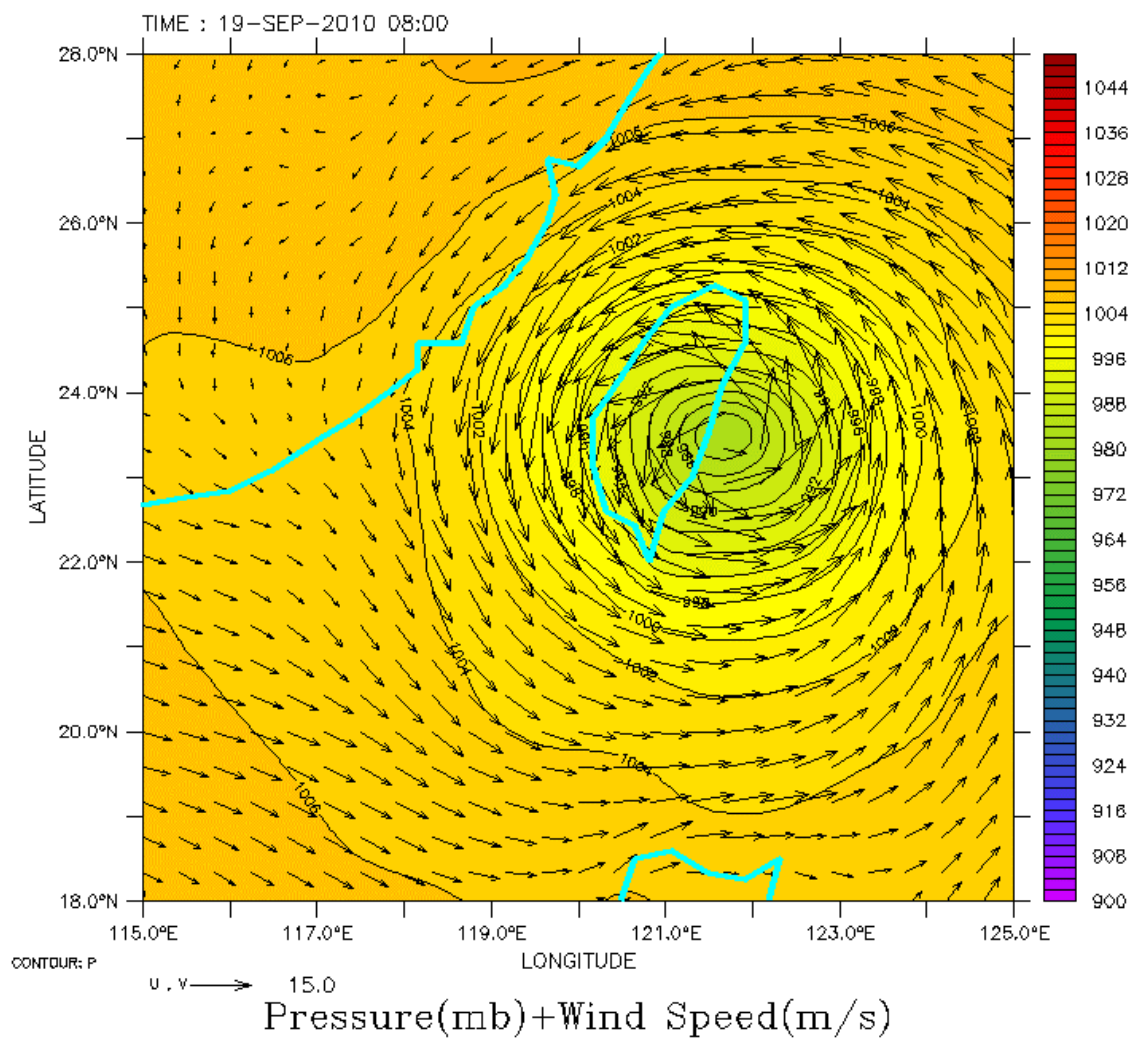


圖 2.2.2 NFS 風場模式臺灣海域(15KM) 風場向量及氣壓分佈圖

## 2.3 年度侵臺颱風

2010 年中央氣象局發佈侵台之颱風計有 5 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 2.3.5。

**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        | 近台強度 | 侵台路徑分類 | 近台近中心最低氣壓(hPa) | 近台近中心最大風速(m/s) | 七級風暴風半徑(km) | 十級風暴風半徑(km) | 警報發布報數 |
|------|---------------------|----------|-------------|------|--------|----------------|----------------|-------------|-------------|--------|
| 1006 | <a href="#">萊羅克</a> | LIONROCK | 08/31~09/02 | 輕度   | 9      | 990.0          | 23.0           | 100         | --          | 15     |
| 1008 | <a href="#">南修</a>  | NAMTHEUN | 08/30~08/31 | 輕度   | --     | 995.0          | 18.0           | 80          | --          | 9      |
| 1010 | <a href="#">莫蘭蒂</a> | MERANTI  | 09/09~09/10 | 輕度   | --     | 990.0          | 23.0           | 100         | --          | 10     |
| 1011 | <a href="#">凡那比</a> | FANAPI   | 09/17~09/20 | 中度   | 4      | 940.0          | 45.0           | 200         | 80          | 22     |
| 1013 | <a href="#">梅姬</a>  | MEGI     | 10/21~10/23 | 中度   | 9      | 935.0          | 48.0           | 250         | 100         | 24     |

| 中央氣象局颱風警報發布概況表 |                                                                                                             |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 名稱             | 萊羅克(LIONROCK)                                                                                               |
| 編號             | 1006                                                                                                        |
| 生成地點           | 東沙島海面                                                                                                       |
| 侵(近)台日期        | 2010 年 9 月 1 日                                                                                              |
| 發布時間           | 海上:2010 年 8 月 31 日 20 時 30 分    陸上:2010 年 9 月 1 日 2 時 30 分                                                  |
| 解除時間           | 海上:2010 年 9 月 2 日 14 時 30 分    陸上:2010 年 9 月 2 日 8 時 30 分                                                   |
| 發布報數           | 15                                                                                                          |
| 最大強度           | 輕度                                                                                                          |
| 近中心最大風速        | 23.0 (公尺/秒)                                                                                                 |
| 侵台路徑分類         | 9                                                                                                           |
| 登陸地段           | --                                                                                                          |
| 動態             | 生成後先向西北轉偏北方向移動，後因受到 8 號颱風南修影響，移動速度緩慢，31 日 20 時後速度加快並向東北轉北移動，9 月 1 日暴風圈接觸臺灣南部陸地後轉向偏西北移動，2 日 7 時左右由金門西南方進入福建。 |
| 災情             | 南部及東南部地區有輕微災情。                                                                                              |

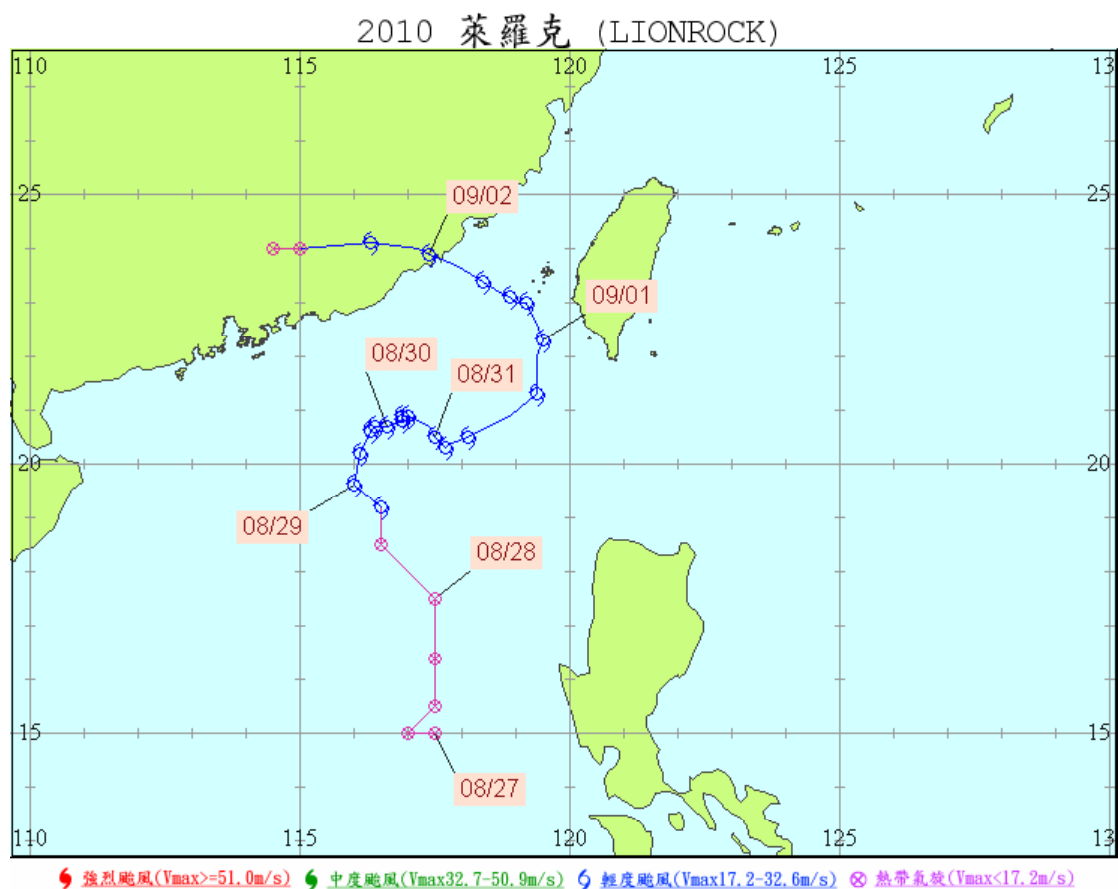


圖 2.3.1 萊羅克颱風路徑圖

| 中央氣象局颱風警報發布概況表 |                                                              |
|----------------|--------------------------------------------------------------|
| 名稱             | 南修(NAMTHEUN)                                                 |
| 編號             | 1008                                                         |
| 生成地點           | 台灣北部海面                                                       |
| 侵(近)台日期        | 2010 年 8 月 31 日                                              |
| 發布時間           | 海上:2010 年 8 月 30 日 22 時 30 分    陸上:2010 年 8 月 30 日 22 時 30 分 |
| 解除時間           | 海上:2010 年 8 月 31 日 20 時 30 分    陸上:2010 年 8 月 31 日 20 時 30 分 |
| 發布報數           | 9                                                            |
| 最大強度           | 輕度                                                           |
| 近中心最大風速        | 18.0 (公尺/秒)                                                  |
| 侵台路徑分類         | --                                                           |
| 登陸地段           | --                                                           |
| 動態             | 生成後向西緩慢移動，後因受到 6 號颱風萊羅克影響，逐漸轉向西南西移動，進入臺灣海峽後減弱為熱帶性低氣壓。        |
| 災情             | 未有重大災情發生。                                                    |

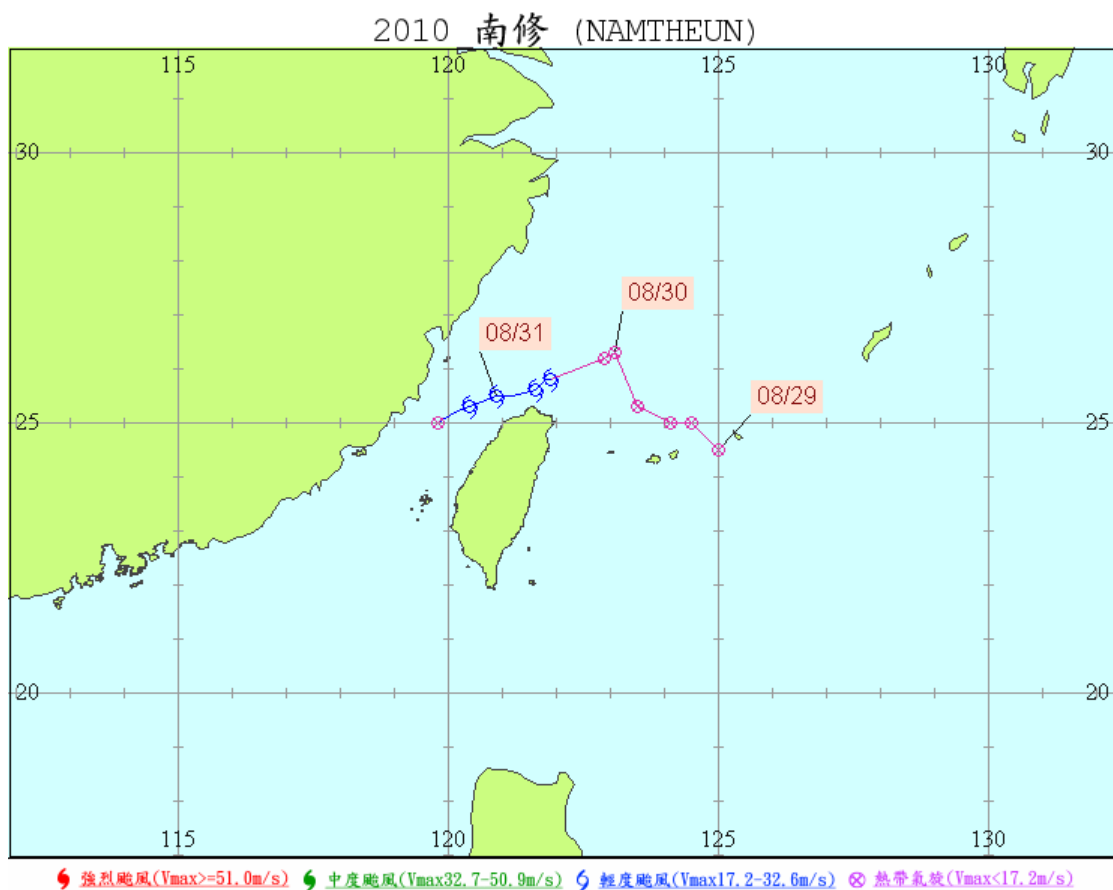


圖 2.3.2 南修颱風路徑圖

| 中央氣象局颱風警報發布概況表 |                                                             |
|----------------|-------------------------------------------------------------|
| 名稱             | 莫蘭蒂(MERANTI)                                                |
| 編號             | 1010                                                        |
| 生成地點           | 巴士海峽                                                        |
| 侵(近)台日期        | 2010 年 9 月 9 日                                              |
| 發布時間           | 海上:2010 年 9 月 9 日 10 時 0 分    陸上:2010 年 9 月 9 日 11 時 30 分   |
| 解除時間           | 海上:2010 年 9 月 10 日 11 時 30 分    陸上:2010 年 9 月 10 日 8 時 30 分 |
| 發布報數           | 10                                                          |
| 最大強度           | 輕度                                                          |
| 近中心最大風速        | 23.0 (公尺/秒)                                                 |
| 侵台路徑分類         | --                                                          |
| 登陸地段           | --                                                          |
| 動態             | 生成後偏北移動，10 日 4 時左右由福建進入大陸。                                  |
| 災情             | 未有重大災情發生。                                                   |

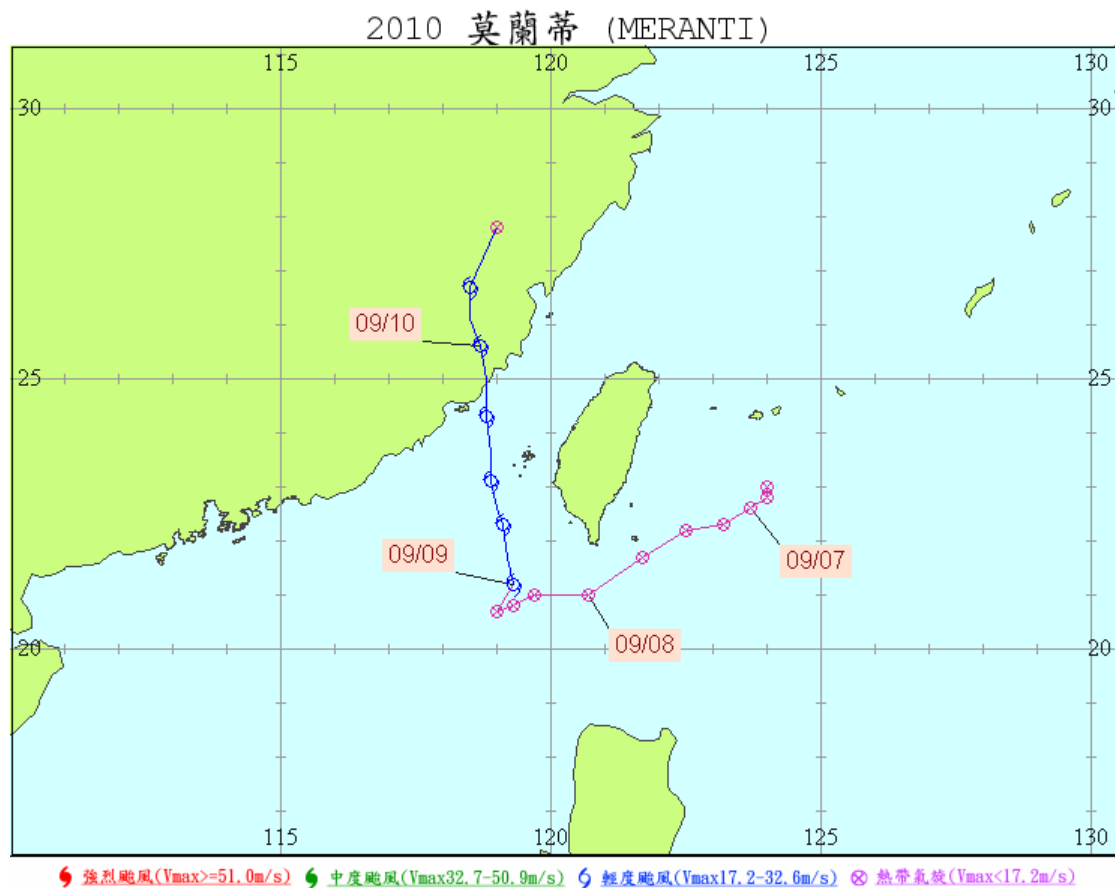


圖 2.3.3 莫蘭蒂颱風路徑圖



| 中央氣象局颱風警報發布概況表 |                                                                                                                               |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 名稱             | 凡那比(FANAPI)                                                                                                                   |
| 編號             | 1011                                                                                                                          |
| 生成地點           | 琉球南方海面                                                                                                                        |
| 侵(近)台日期        | 2010 年 9 月 19 日                                                                                                               |
| 發布時間           | 海上:2010 年 9 月 17 日 23 時 30 分    陸上:2010 年 9 月 18 日 5 時 30 分                                                                   |
| 解除時間           | 海上:2010 年 9 月 20 日 14 時 30 分    陸上:2010 年 9 月 20 日 14 時 30 分                                                                  |
| 發布報數           | 22                                                                                                                            |
| 最大強度           | 中度                                                                                                                            |
| 近中心最大風速        | 45.0 (公尺/秒)                                                                                                                   |
| 侵台路徑分類         | 4                                                                                                                             |
| 登陸地段           | 花蓮豐濱                                                                                                                          |
| 動態             | 生成後向東北緩慢移動，增強為中度颱風後緩慢向北轉北北西移動，之後轉為偏西移動，暴風圈接觸台灣陸地後逐漸轉向西南西至西南方向移動，19 日 8 時 40 分在花蓮縣豐濱鄉附近登陸，18 時左右由臺南附近進入臺灣海峽，20 日 7 時左右由福建進入大陸。 |
| 災情             | 受颱風影響，南部、東部地區降下豪雨，造成臺南、高雄及屏東等地區淹水，部分地區鐵、公路交通受阻。計有 2 人死亡，農損逾 45 億元。                                                            |

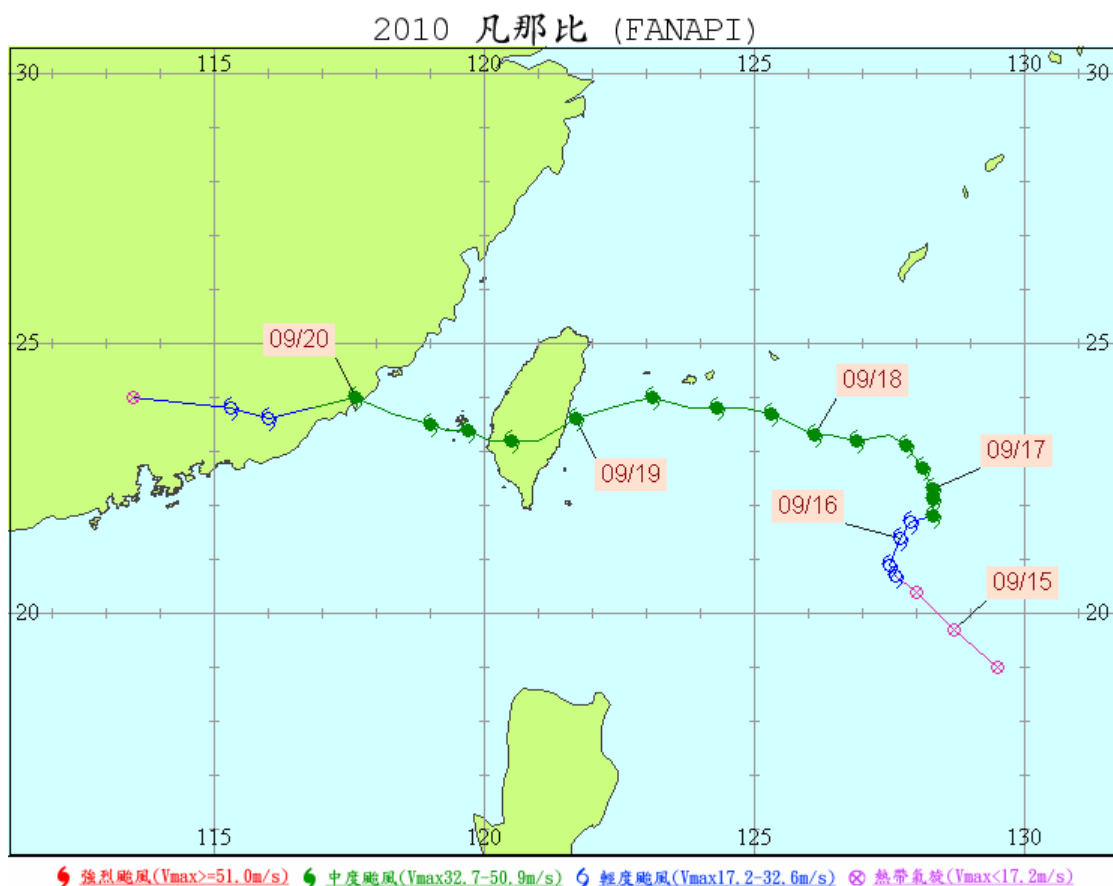


圖 2.3.4 凡那比颱風路徑圖

| 中央氣象局颱風警報發布概況表 |                                                                                                         |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 名稱             | 梅姬(MEGI)                                                                                                |
| 編號             | 1013                                                                                                    |
| 生成地點           | 關島西南西方海面                                                                                                |
| 侵(近)台日期        | 2010 年 10 月 22 日                                                                                        |
| 發布時間           | 海上:2010 年 10 月 21 日 2 時 30 分 陸上:2010 年 10 月 21 日 17 時 30 分                                              |
| 解除時間           | 海上:2010 年 10 月 23 日 23 時 30 分 陸上:2010 年 10 月 23 日 23 時 30 分                                             |
| 發布報數           | 24                                                                                                      |
| 最大強度           | 中度                                                                                                      |
| 近中心最大風速        | 48.0 (公尺/秒)                                                                                             |
| 侵台路徑分類         | 9                                                                                                       |
| 登陸地段           | --                                                                                                      |
| 動態             | 生成後先向西北轉西北西方向移動，強度逐漸增為強烈颱風之後由西轉西南西方向，穿過呂宋島後減弱為中度颱風並逐漸由西北西轉向偏北移動，進入臺灣海峽後轉向北北西移動，23 日 13 時 10 分左右由福建進入大陸。 |
| 災情             | 受東北季風及颱風影響，北臺灣降下豪雨，造成宜蘭地區淹水、土石流及蘇花公路多處坍方等嚴重災情。計有 38 人死亡，農損逾 13 億元。                                      |

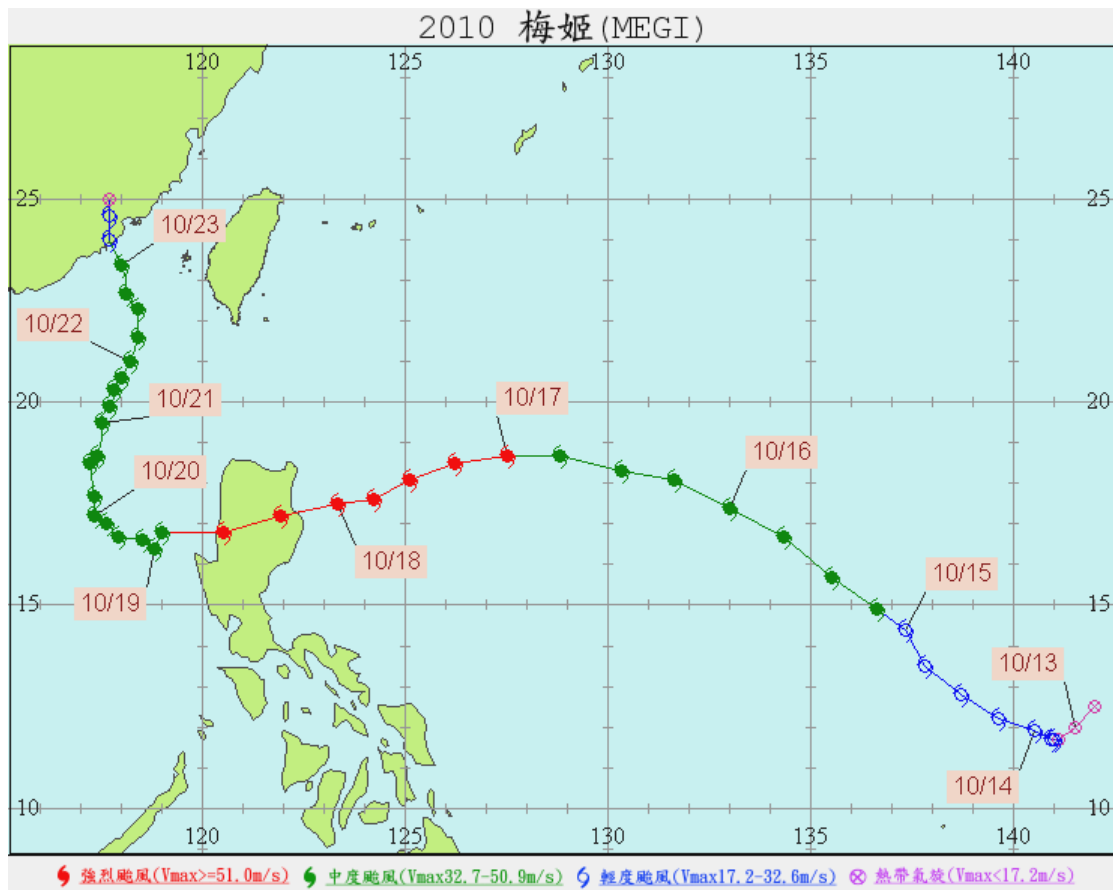


圖 2.3.5 梅姬颱風路徑圖

## 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。在本中心 98 年度進行相關預報風場的檢核工作以下簡述。

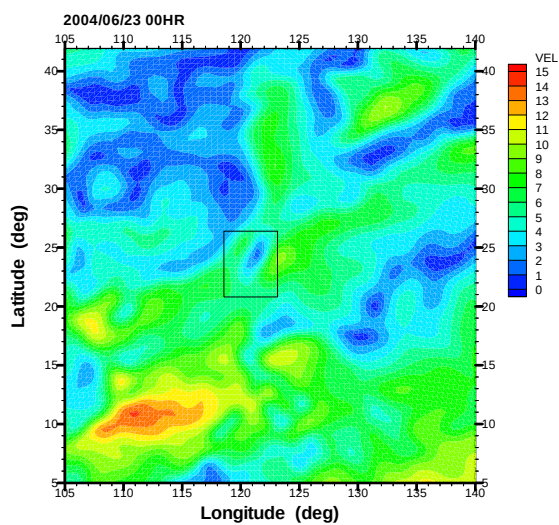
在遠域與近域的風浪推算中，還沒有考慮潮位與水流變化等影響因素之前，風場成為主要的外力，因此在檢討風浪推算的準確性時，也必須要瞭解風場的一致性。檢核風場的方式一般而言，均係以現場實際量測的風速及風向進行比對，但由於該項觀測多半是在海岸邊進行，除了因此明顯缺乏大洋的風速風向資料外，也在瞭解地形效應對風速風向的影響，以及數值風場的極限後，而忽略對風向的比較，僅對風速加以檢核。基於在利用 WAM 及 SWAN 進行巢狀連結計算時，常發現內外兩層在交界處有明顯的波高變化，而在進行各種可能的處理都未能得到有效改善的情形下，因此乃本計畫 98 年度重新檢查風場的一致性。

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)。圖 2.4.1 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 2.4.2 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 2.4.3 及圖 2.4.4 分別為其 RC-MC 鑲嵌風場之風速風向分佈圖；圖 2.4.5 及圖 2.4.6 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

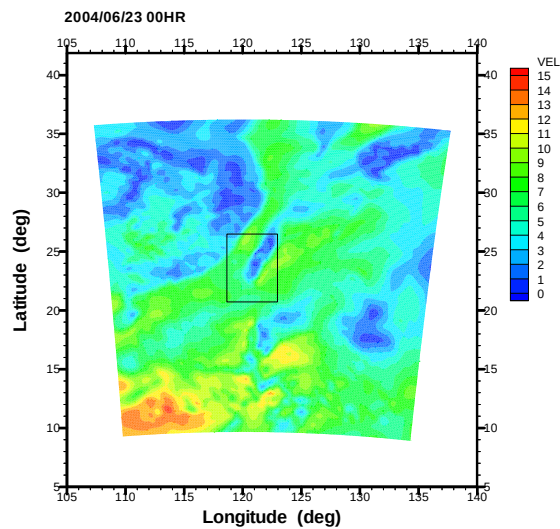
續性。從圖中的比較可以發現，在陸地上的部分由於各個風場模式所考慮的邊界效應精度不同，理所當然地在陸域部分有不同的風速及風向，此部分並非我們所顧慮。但是如果觀察與風浪計算直接相關的近岸水域風場的話，則發現圖 2.4.2 中的 RC 風場與 MC 風場的風速比值時大時小並無一定趨勢，而且劇烈變化的風場有較大的差異性。然而如果比較 MC 風場與 HC 風場時，則由圖 2.4.6 顯示 HC 風場明顯地小於 MC 風場。在外海的水域部分，兩個風場的風向分佈大致相近，但近岸地區則有較明顯地差異性。從圖 2.4.3 及 2.4.4 由於風速與風向的差異性在海岸地區更加明顯，對於小範圍的近岸風浪推算，其發生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  $1^\circ$  的邊界，則嵌合情形相當良好。圖 2.4.7 及圖 2.4.8 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 2.4.9 及圖 2.4.10 所示。圖 2.4.11 及圖 2.4.12 係沿著  $15^\circ\text{N}$ 、 $20^\circ\text{N}$ 、 $25^\circ\text{N}$  及  $30^\circ\text{N}$  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，計畫內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。

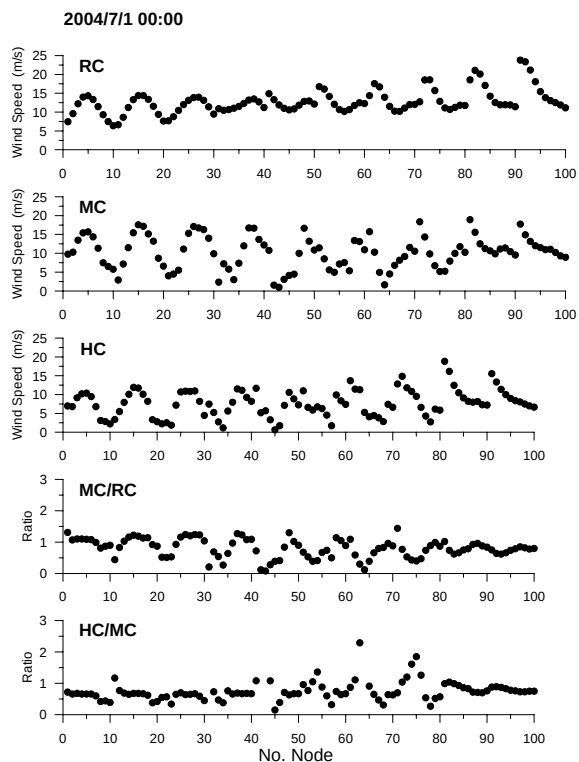


(a) RC 風場

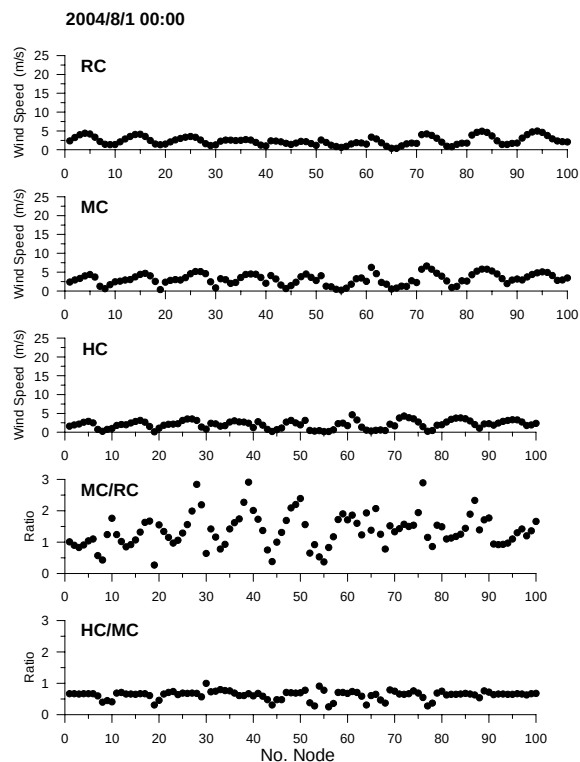


(b) MC 風場

圖 2.4.1 2004/06/23 00HR 之 RC/MC 風速分佈圖

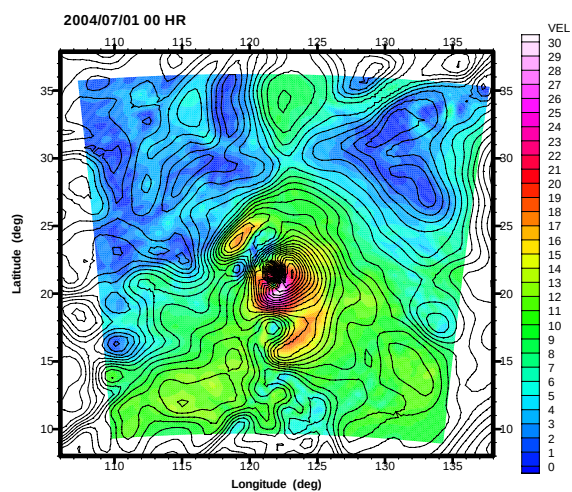


(a) 2004/07/01 00H

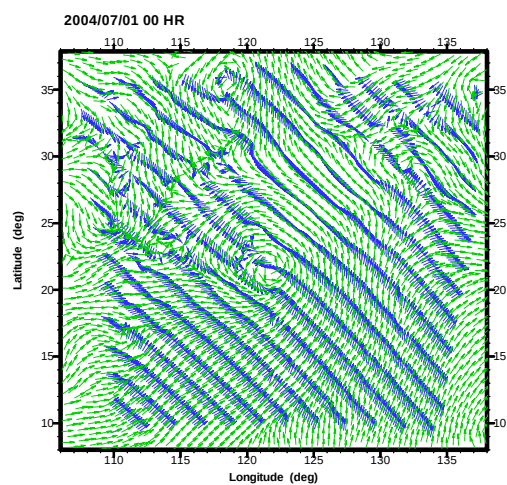


(b) 2004/08/01 00H

圖 2.4.2 2004 年 7 月與 8 月 RC/MC/HC 風速比較圖

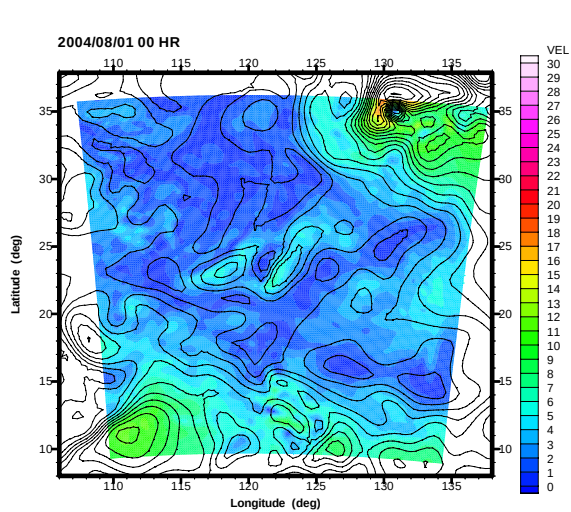


(a) 風速分佈

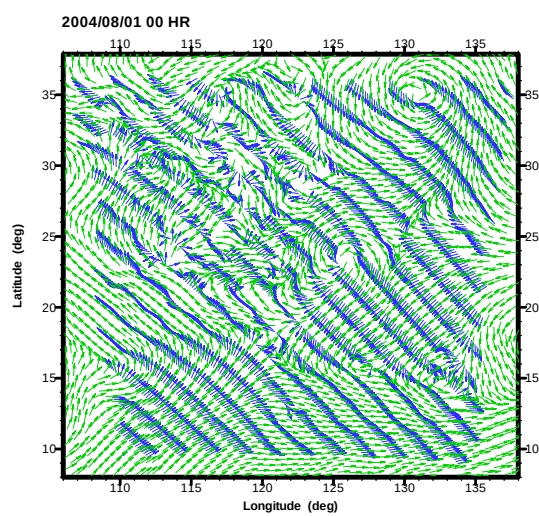


(b) 風向分佈

圖 2.4.3 RC/MC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/07/01 00HR)



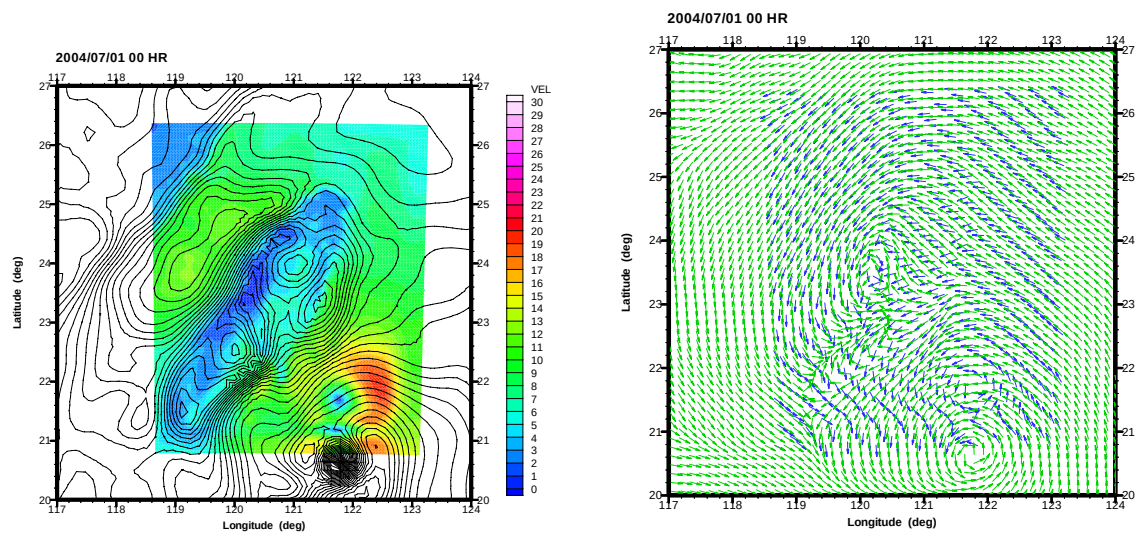
(a) 風速分佈



(b) 風向分佈

圖 2.4.4 RC/MC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/08/01 00HR)

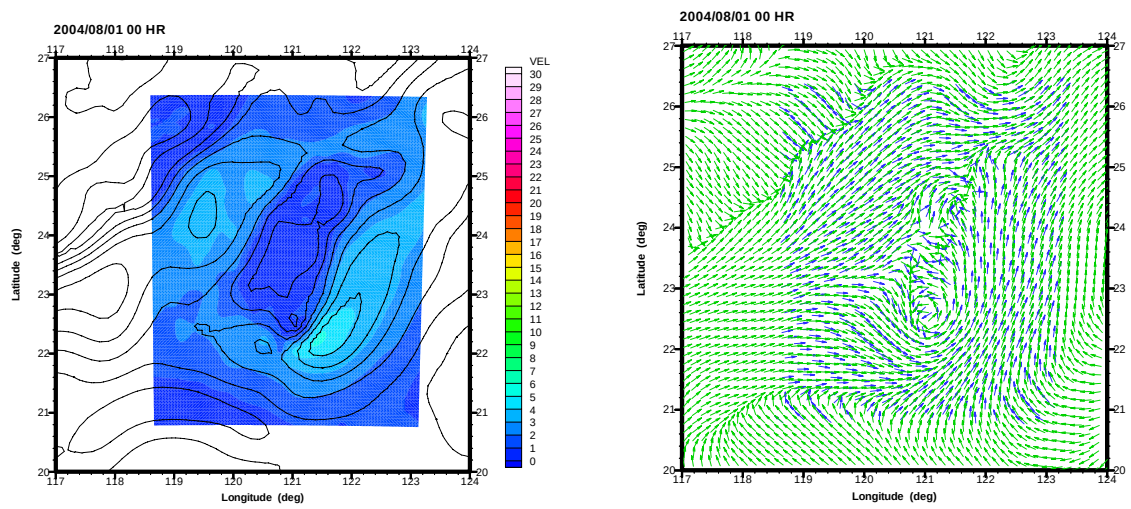




(a) 風速分佈

(b) 風向分佈

圖 2.4.5 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 2.4.6 MC/HC 鑲嵌風場風速/風向分佈(2004/08/01 00HR)

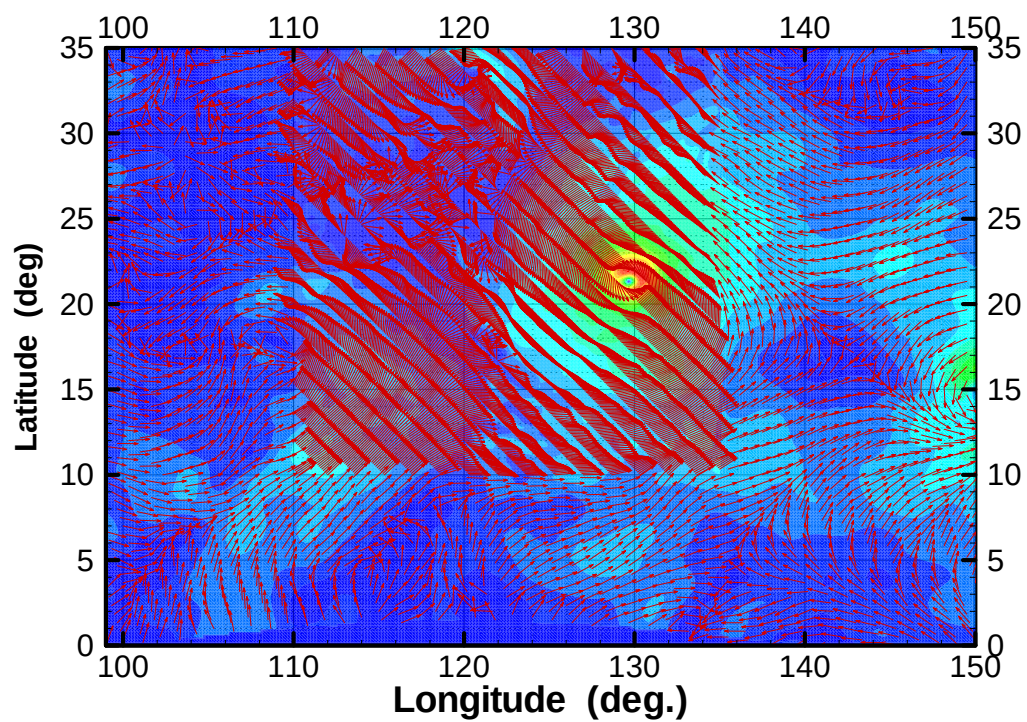


圖 2.4.7 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050830 00:00)

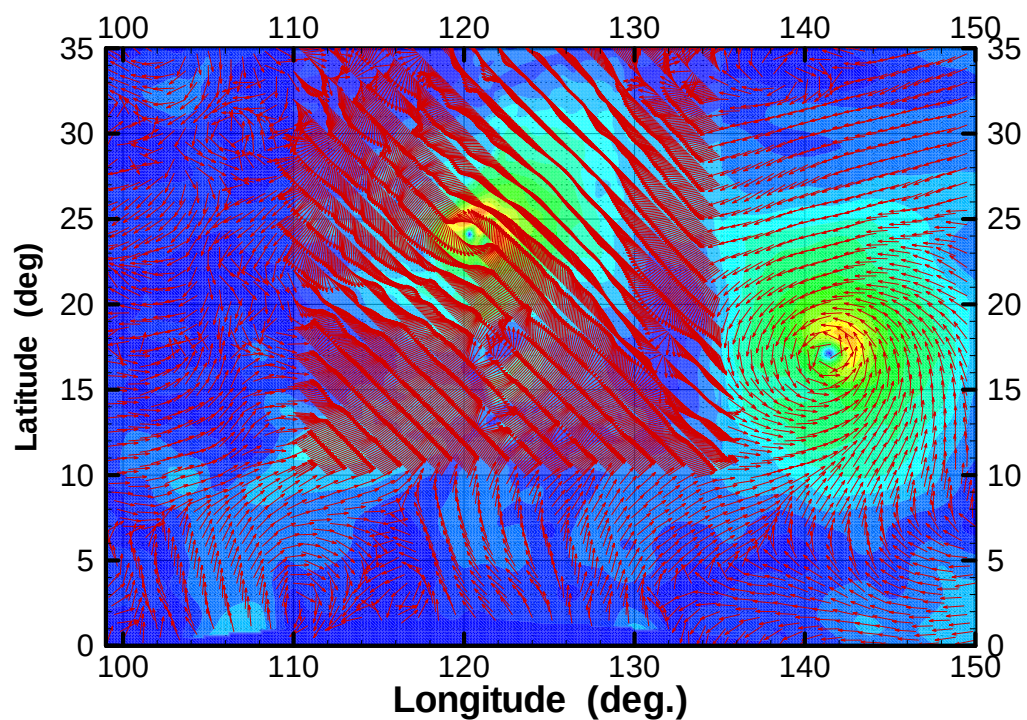


圖 2.4.8 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050901 00:00)



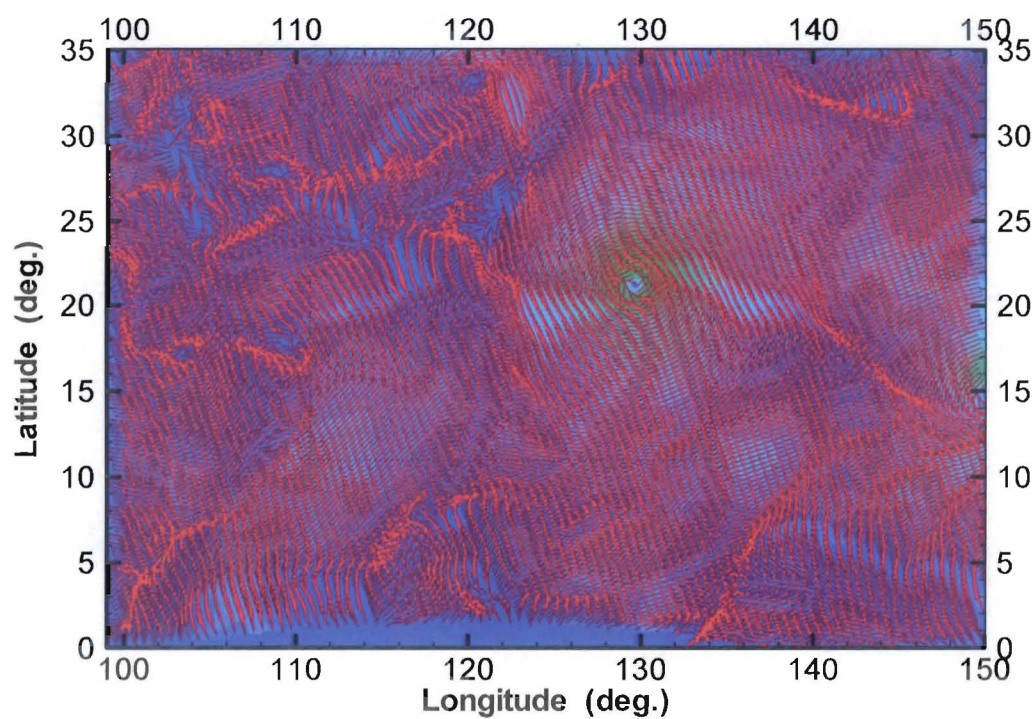


圖 2.4.9 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050830 00:00)

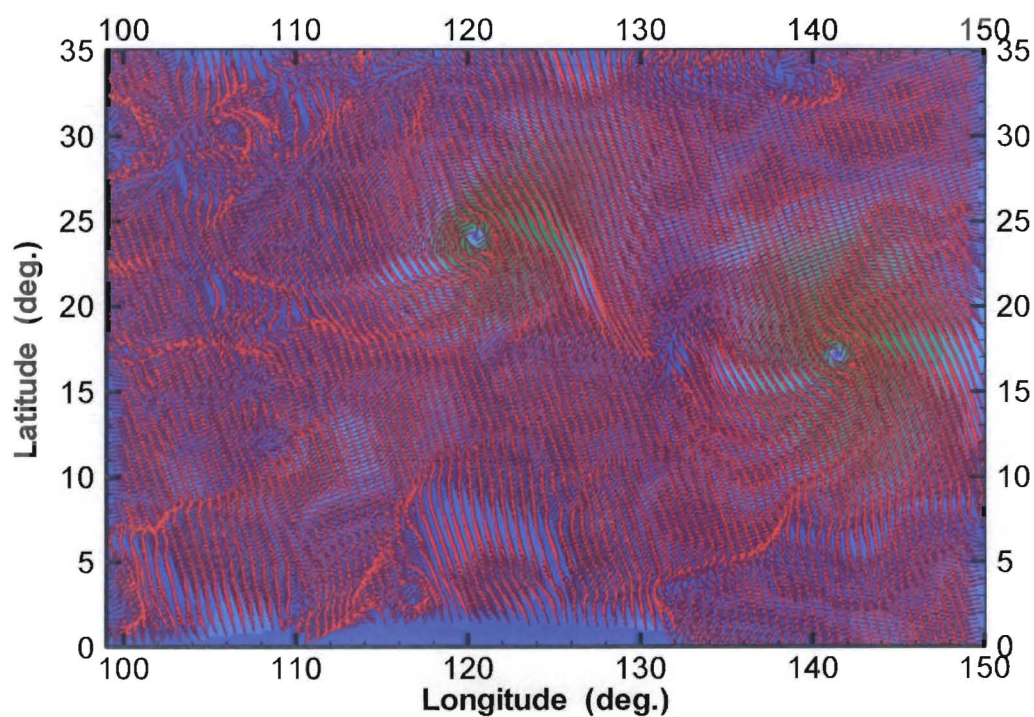
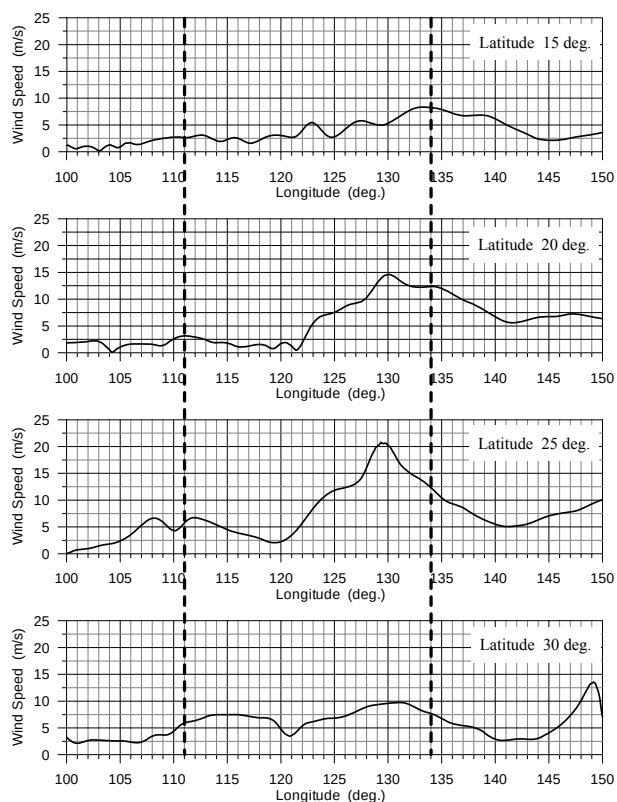
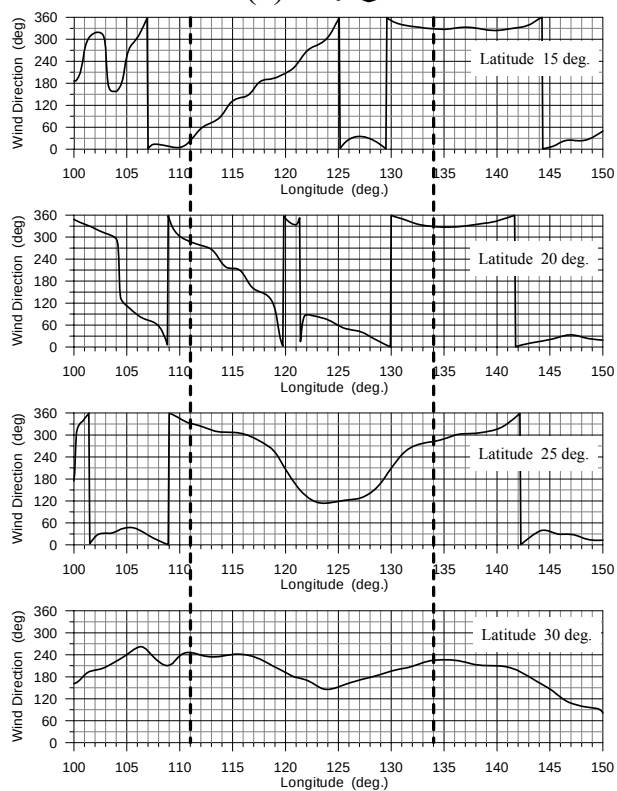


圖 2.4.10 MC 與 RC 風場嵌合情形(20050901 00:00)

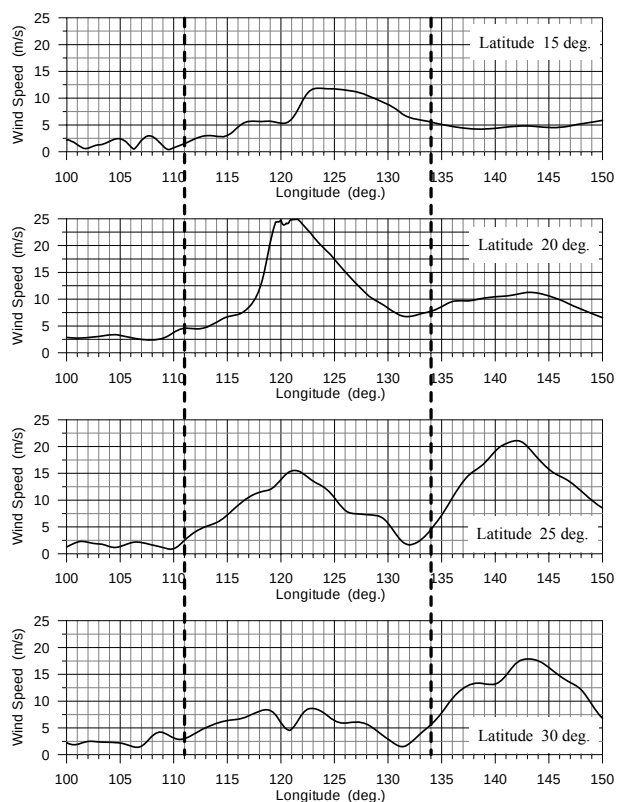


(a) 風速

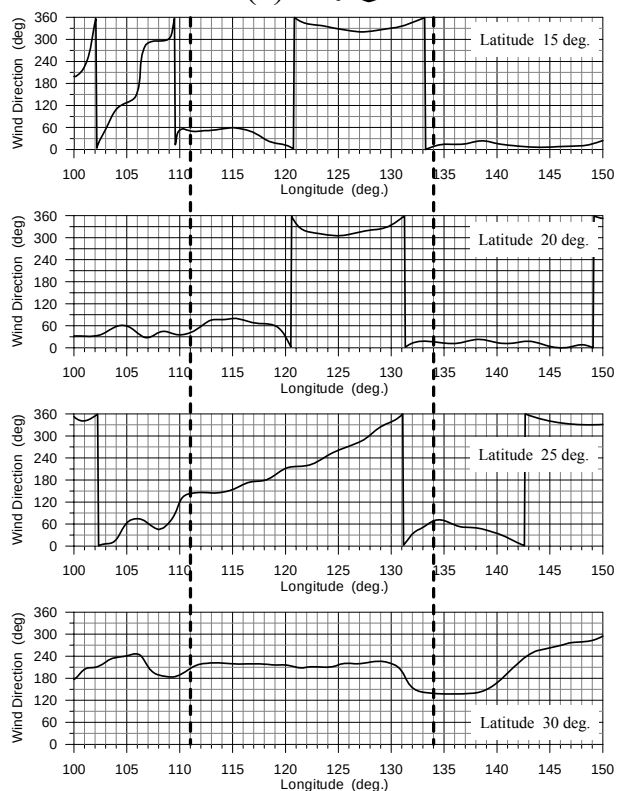


(b) 風向

圖 2.4.11 MC 與 RC 風場嵌合比較(20050830 00:00)



(a) 風速



(b) 風向

圖 2.4.12 MC 與 RC 風場嵌合比較(20050901 00:00)

## 第三章 臺灣環島及近岸波浪模式

### 3.1 臺灣環島及近岸波浪數值模擬系統網格架構

本計畫規劃四種尺度的網格點，包括西太平洋範圍(遠域)、臺灣周圍海域範圍(近域)、近岸海域範圍及港域範圍，以期將臺灣海域所有可能預報的海象狀況包含在其中。以下分別就各推算範圍的相關資料進行說明：

(1) 遠域波浪推算：以西太平洋海域為範圍，屬於大尺度的推算，其目的是希望得到較佳的近域波浪推算邊界參考輸入值，同時也考慮能涵蓋各種侵台的颱風路徑。地形水深所採用的美國海洋及大氣總署國家地理資料中心(NOAA NGDC/MGG)的 ETOPO2 水深地形資料，經重新整理後取解析度為  $0.2^\circ$  的地球座標弧形網格，引用資料範圍由北緯  $9^\circ$  至  $41^\circ$  及東經  $109^\circ$  至  $141^\circ$  (如圖 2.2 所示)。所使用的風場為由中央氣象局所提供的 RC 風場，經整理後其範圍涵蓋北緯  $0^\circ$  至  $35^\circ$  及東經  $99^\circ$  至  $150^\circ$ ，而解析度為  $0.166667^\circ$ 。主要應用的波浪推算模式是使用目前世界各國在海洋波浪預測模式評價相當好的 WAM 來模擬。本部分的計算及輸出格網解析度為  $0.2^\circ$ ，範圍涵蓋北緯  $10^\circ$  至  $35^\circ$ ，東經  $110^\circ$  至  $134^\circ$ 。

(2) 近域波浪推算：指的是臺灣周圍海域模式範圍(中尺度)，所採用的解析度為 1 分網格，範圍由北緯  $21^\circ$  至  $26^\circ$ ，東經由  $118^\circ$  至  $123^\circ$  (如圖 2.3 所示)，此部分模擬則可以提供近岸範圍模式的邊界條件，波浪預警部分採用以荷蘭 Delft 大學發展的近海風浪模式 SWAN 做為基礎並以適合臺灣海域的模式參數改善。近域波浪推算的輸入邊界條件是以巢狀計算的觀念，自遠域浪推算結果中擷取近域波浪推算範圍的邊界上各節點的代表波高、週期及方向，其間將會用到線性內插求值的處理。

(3) 近岸波浪推算：小尺度的近岸區域模式系統是依據個各商港地區不同特性來規劃，如圖 3.1.4 及圖 3.1.5 所示，圖中的藍色線為近岸波場的計算範圍示意。此一模式的輸入邊界條件係承接近岸波浪推

算的結果，由於近岸波浪推算採用的解析度為 1 分網格，一般在一個商港附近僅能得到一個計算節點，或者用線性內插方式計算得到指定座標點的波浪資料。而考量 SWAN 的計算結果可以為由頻譜換算的示性波高與平均週期以及主波方向，或者是一維或二維的頻譜與主波方向，以及考量有限的及時作業化時程，本部分初期係以各商港實測的波浪作為入射波的條件，並以其模擬計算結果與實測資料相比對，待發展成熟後，乃改採近岸波浪推算的結果作為輸入值。但有鑑於近岸的波浪往往受到地形的影響相當顯著，目前近岸波浪推算所採用的解析度可能仍然過大，而無法反應地形對波浪的影響效應；但從另一個角度來看，目前也沒有較正確且詳細的水深地形可供參考。本部分所使用波浪折繞射模式為 REF/DIF 模式，相關理論將於第 3.3 節說明。

(4) 港域波浪推算：如圖 3.1.4 及圖 3.1.5 所示，圖中的紅色線為港區波場計算範圍示意，本範圍的推算係承接近岸波浪推算的結果，同樣地由於執行時間的考量，所採用的為位於指定座標上的單點代表波浪，包括波高、週期及方向。所使用的模式是以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素法數值模式。

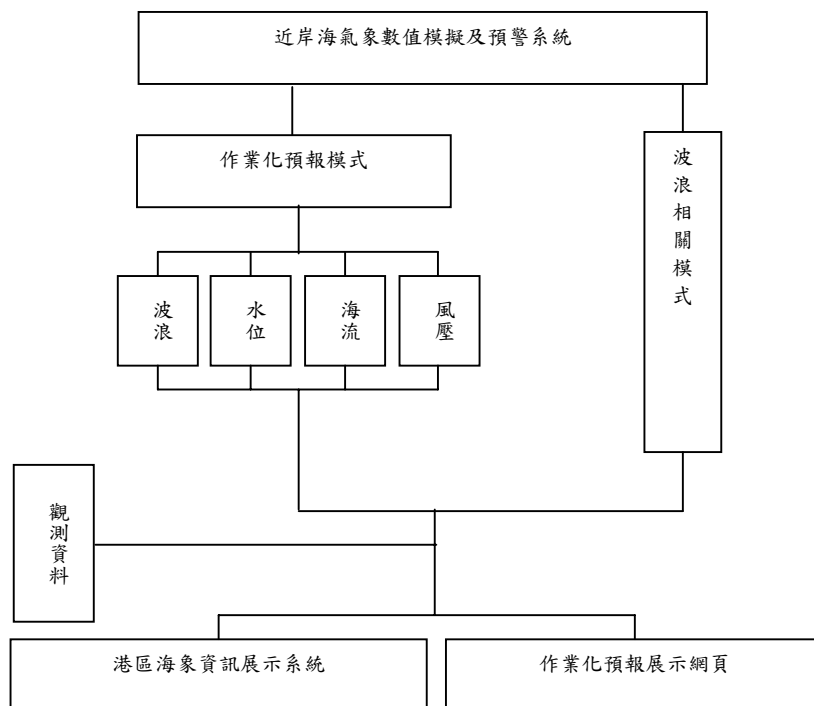


圖 3.1.1 臺灣近岸海象數值模擬及預警系統架構圖

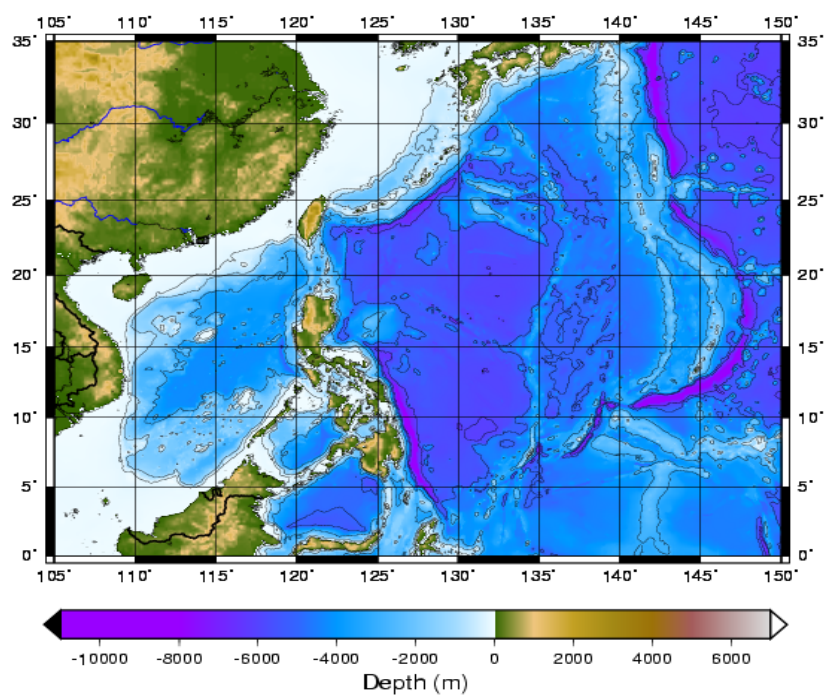


圖 3.1.2 西太平洋(大尺度)預報模式範圍



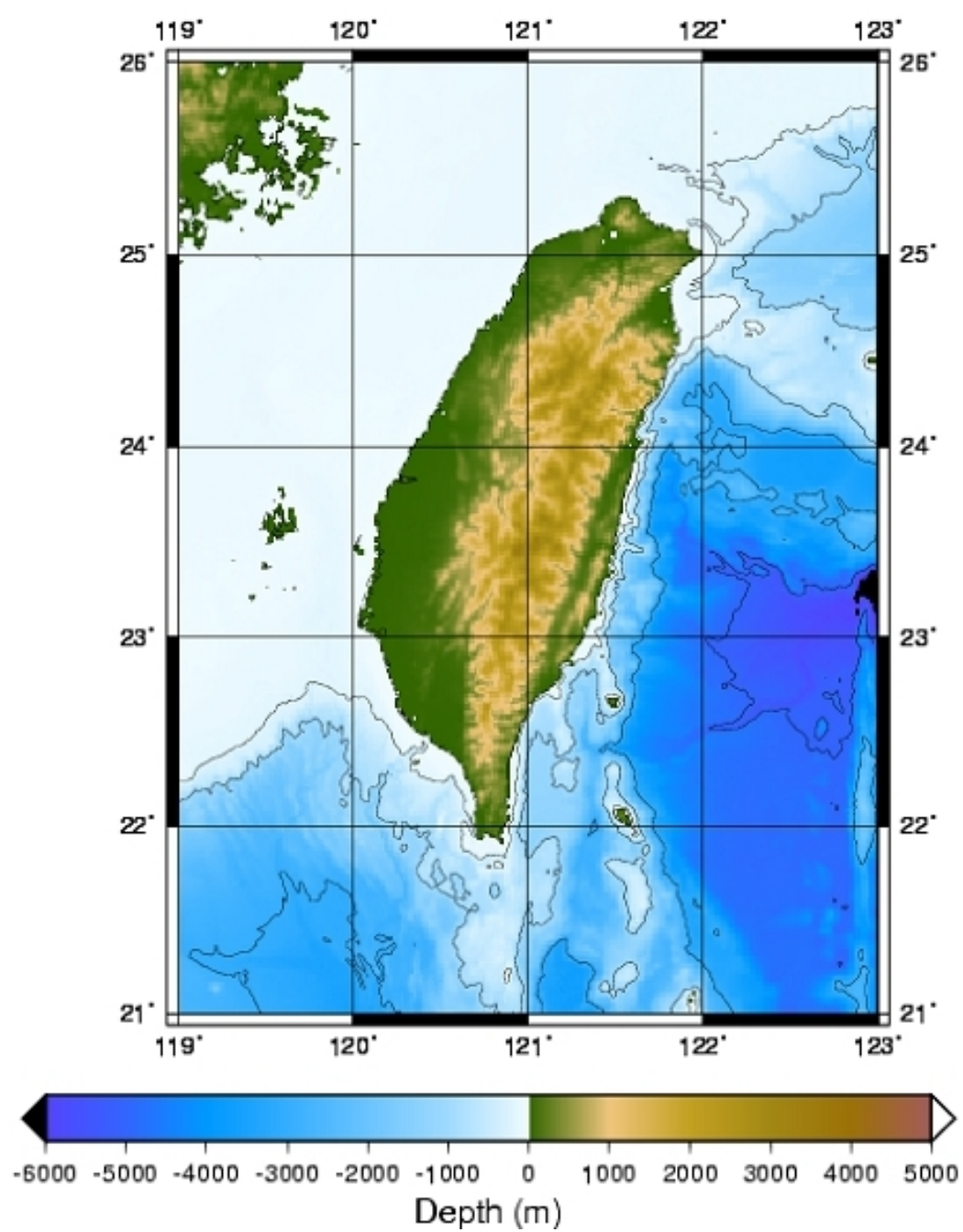


圖 3.1.3 臺灣周圍海域預報模式(中尺度)範圍

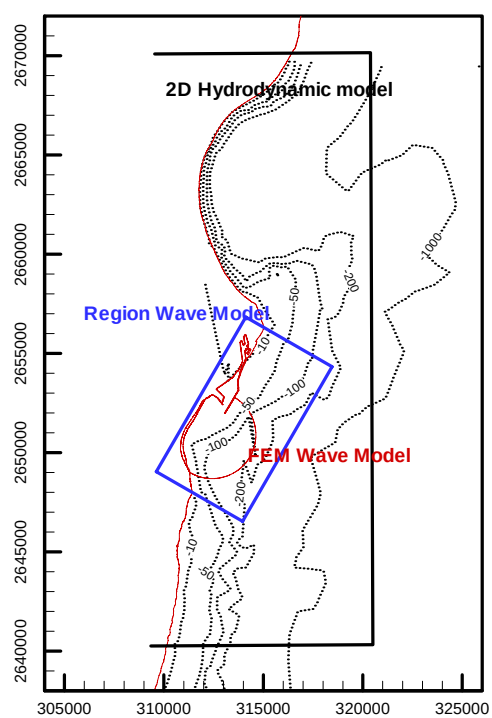


圖 3.1.4 近岸預報模式範圍示意圖--花蓮港

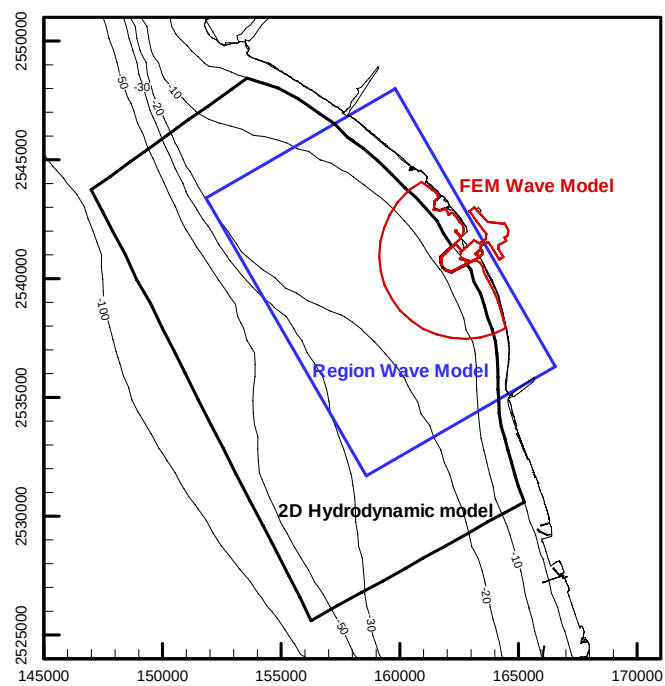


圖 3.1.5 近岸預報模式範圍示意圖--安平港



## 3.2 臺灣環島風浪模式的簡介

### 3.2.1 WAM 的理論簡述

目前使用的 WAM 模式經 WAMDI Group (1988) 在模式的物理過程和數值方法上加以改良，適用於遠域風浪之預報。WAM 模式所使用的基本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：

$$\frac{dF}{dt} + \frac{\partial}{\partial \phi}(\dot{\phi}F) + \frac{\partial}{\partial \lambda}(\dot{\lambda}F) + \frac{\partial}{\partial \theta}(\dot{\theta}F) = S_{tot} \quad (3.2.1)$$

式中， $F = F(f, \theta, \phi, \lambda)$  為頻譜密度， $f$  為波浪的頻率， $\theta$  為波浪的傳播方向， $\phi$  為緯度， $\lambda$  為經度。而  $\dot{\phi}$ 、 $\dot{\lambda}$  及  $\dot{\theta}$  分別為位置  $(\phi, \lambda)$  及波浪沿大圓路徑傳播方向角的變化率。 $C_\phi$ 、 $C_\lambda$  與  $C_\theta$  分別  $\phi$ 、 $\lambda$  與  $\theta$  領域之傳遞速度，在大範圍波場計算時，地球曲率會影響波浪的傳遞，為使模式適用於大範圍之計算，將式(3.1)從直角座標轉換為球面座標，其方程式為(WAMDI Group, 1988)：

$$\frac{\partial E}{\partial t} + (\cos \phi)^{-1} \frac{\partial}{\partial \phi}(C_\phi E) + \frac{\partial}{\partial \lambda}(C_\lambda E) + \frac{\partial}{\partial \theta}(C_\theta E) = S_{tot} \quad (3.2.2)$$

式中， $C_\phi$ 、 $C_\lambda$  與  $C_\theta$  分別  $\phi$ 、 $\lambda$  與  $\theta$  領域之傳遞速度，各領域的傳遞速度如下：

$$C_\phi = C_g \sin \theta / R, \quad C_\lambda = C_g \cos \theta / R \cos \phi \quad (3.2.3)$$

$$C_\theta = \frac{1}{k} \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left( \frac{\sin \theta}{\cos \phi} \frac{\partial d}{\partial \lambda} - \cos \theta \frac{\partial d}{\partial \phi} \right) / R \quad (3.2.4)$$

如同波譜的線性假設，源項  $S_{tot}$  可表示為不同波浪成長與消散的能量總和，即

$$S_{tot} = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + \dots \quad (3.2.5)$$

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。

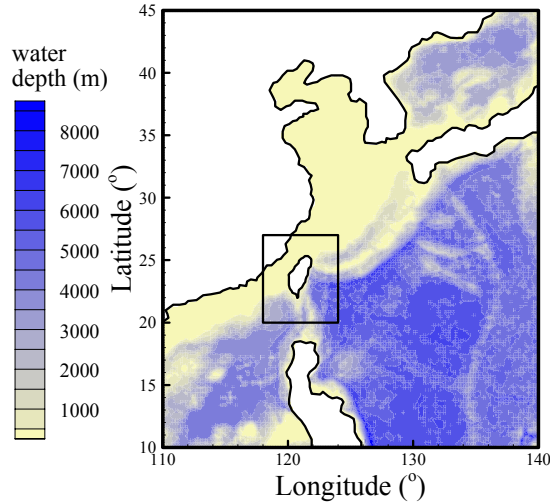


圖 3.2.1 風浪模式之計算範圍(方框為巢狀網格範圍)

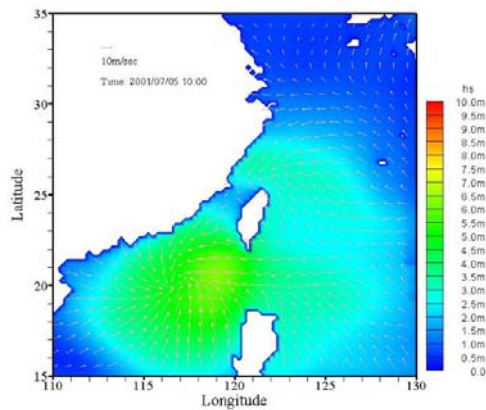


圖 3.2.2 風浪遠域模式之波高分佈圖

圖 3.2.1 為風浪模式計算範圍示意圖，圖中黑色方框為巢狀格網範圍，由圖中所示，風浪模式計算時先由遠域範圍計算，由遠域模式所得之結果經由內插方式，獲得近域範圍計算所需之邊界條件，再次計算近域範圍內之風浪，如此則可獲得近岸地區較為詳細與準確的風浪計算結果。圖 3.2.2 為遠域範圍內之波高分佈圖範例，圖中向量為風速與風向大小。

### 3.2.2 SWAN 的理論簡述

SWAN(Simulating WAVes Nearshore)風浪模式(Booij et al. 1996)，是由荷蘭 Delft 技術大學統合以往學者之研究並加以改良所發展而成，模式具有第三代風浪模式的特徵，且在能量成長與消散項的參數選擇上，比其它模式更具彈性；同時也提供第一代、第二代與第三代的相關波浪成長與消散參數，可供使用者應用。因此，模式具有可預報近岸海域風浪之功能。此模式也經過學者 Holthuijsen et al.(1997)和 Booij et al.(1998)應用實測風浪資料加以驗證。而歐等人(1999，2000，2001)也曾利用 SWAN 對侵襲台灣之颱風風浪做過一系列之研究與模擬，並且已有初步成果。

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)，它是屬於第三代的風浪預報模式。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。從 SWAN 的功能中可表現出下列的波浪傳播過程：

- (1) 在地理空間中的正線性傳播
- (2) 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
- (3) 由於對向海流引起的阻滯與反射
- (4) 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：

- (1) 因為風所引致的波浪生成
- (2) 因為白沫(whitecapping)所引致的波浪消散
- (3) 因為水深引起碎波(depth-induced wave breaking)所引致的波浪消散
- (4) 因為底床摩擦(bottom friction)所引致的波浪消散

(5) 波浪間的交互作用 (quadruplets and triads wave-wave interaction)

(6) 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 波浪推算中，不論非線性效應是否明顯，波浪均是利用二維的波浪作用力頻譜密度函數來描述。其理由是當在高度非線性的情形下，波浪作用力頻譜密度函數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。因此，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， $\sigma$  為相對頻率； $\theta$  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)

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \dots\dots\dots (3.2.6)$$

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  $\sigma$ -軸上以  $c_\sigma$  的速度位移；第五項係表示因為水深或流所引起的折射(在  $\theta$ -軸上以  $c_\theta$  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：

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta) \dots \dots \dots (3.2.7)$$

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  $S_{ds,w}(\sigma, \theta)$ 、底床摩擦  $S_{ds,b}(\sigma, \theta)$ 、及水深引起碎波  $S_{ds,br}(\sigma, \theta)$ 。

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

$$S_{ds,w}(\sigma, \theta) = -\Gamma \tilde{\sigma} \frac{k}{\tilde{k}} E(\sigma, \theta) \dots \dots \dots (3.2.8)$$

其中， $\Gamma$  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

$$S_{ds,b}(\sigma, \theta) = -C_{bottom} \frac{\sigma^2}{g^2 \sinh^2 kd} E(\sigma, \theta) \dots\dots\dots (3.2.9)$$

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

$$S_{ds,br}(\sigma, \theta) = \frac{D_{tot}}{E_{tot}} E(\sigma, \theta) \dots\dots\dots (3.2.10)$$

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

$$K_t = 0.5 \left[ 1 - \sin \left( \frac{\pi}{2\alpha} \left( \frac{F}{H_i} + \beta \right) \right) \right] \quad \text{for} \quad -\beta - \alpha < \frac{F}{H_i} < \alpha - \beta \dots\dots\dots (3.2.11)$$

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； $\alpha$  及  $\beta$  係數則與堤體的形狀有關，參考值如表 3.2-1。

表 3.2.1 不同堤體之透過係數參數表

| 堤 體 種 類   | $\alpha$ | $\beta$ |
|-----------|----------|---------|
| 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。

在 SWAN 波浪數值模式中，主要是利用有限差分法來求解，對於邊界之處理，SWAN 模式中假定波浪能量遇陸地邊界為完全消散，亦即無任何波浪能量反射，而外海開放邊界條件則假設沒有任何波能可以由邊界外進入，且波能可以由邊界內自由離開計算領域。

由於計算網格的大小會影響計算結果與精度，故其需要與解析問題互相配合。例如在模擬颱風波浪時，在颱風中心處所形成的波浪向外傳遞形成湧浪 (swell)，其可傳遞至相當遠的距離，因此計算領域亦需夠大才可模擬此一現象。較小計算網格距離固然可以提高波浪解析的精度，但計算時間較長。此外在海岸工程的應用上，複雜的地形與多變的海岸線也需要較小的網格距離才能加以描述，使近岸推算處的波浪能達到適當精度。巢狀網格 (nested grid) 與非結構性網格的應用可以有效解決網格大小問題。較粗的網格應用在起始計算領域，使得計算能快速模擬大範圍的波浪演變，較細的巢狀網格可以插入其中，以適當模擬海岸之波浪變化，如此可以更精確地預報波浪，也可以有效率地解決問題。

### 3.2.3 2005 年至 2010 年颱風波浪的模擬

為了改善波浪預報系統的計算精度與時效性，本研究進行作業化每一個過程的檢討，並在預報作業的程序中發現幾處缺失並已經進行改善。報告將以 2005 年至 2010 年颱風時期的波浪推算為主要資料進行相關的檢討。表 3.2-2 為期間中央氣象局曾經發佈颱風警報的歷史紀錄，一共發佈有 30 個颱風警報。使用 2005 年儲存至今風場資料進行計算。由於資料眾多，本報告僅列出 2009 年的部分結果，再針對本計畫的各項工作進行分項討論。

表 3.2.2 2005 年～2010 年中央氣象局發佈之颱風警報

| 名 稱              | 編 號  | 發 佈<br>時 間                                 | 解 除<br>時 間                                 | 最大<br>強度 |
|------------------|------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------|
| 海棠<br>(HAITANG)  | 0505 | 海上:2005/07/16 14:30<br>陸上:2005/07/16 23:30 | 海上:2005/07/20 02:30<br>陸上:2005/07/20 02:30 | 強烈       |
| 馬莎<br>(MATSA)    | 0509 | 海上:2005/08/03 08:30<br>陸上:2005/08/04 02:30 | 海上:2005/08/06 08:30<br>陸上:2005/08/05 20:30 | 中度       |
| 珊瑚<br>(SANVU)    | 0510 | 海上:2005/08/11 16:00<br>陸上:2005/08/13 02:30 | 海上:2005/08/13 20:30<br>陸上:2005/08/13 17:30 | 輕度       |
| 泰利<br>(TALIM)    | 0513 | 海上:2005/08/30 08:30<br>陸上:2005/08/30 20:30 | 海上:2005/09/01 23:30<br>陸上:2005/09/01 23:30 | 強烈       |
| 卡努<br>(KHANUN)   | 0515 | 海上:2005/09/09 17:30<br>陸上:2005/09/10 02:30 | 海上:2005/09/11 14:30<br>陸上:2005/09/11 05:30 | 中度       |
| 丹瑞<br>(DAMREY)   | 0518 | 海上:2005/09/21 10:30                        | 海上:2005/09/23 08:30                        | 中度       |
| 龍王<br>(LONGWANG) | 0519 | 海上:2005/09/30 20:30<br>陸上:2005/10/01 05:30 | 海上:2005/10/03 08:30<br>陸上:2005/10/03 08:30 | 強烈       |
| 珍珠<br>(CHANCHU)  | 0601 | 海上:2006/05/16 17:30<br>陸上:2006/05/17 02:30 | 海上:2006/05/18 17:30<br>陸上:2006/05/18 17:30 | 中度       |
| 艾維尼<br>(EWINIAR) | 0603 | 海上:2006/07/07 23:30                        | 海上:2006/07/09 05:30                        | 中度       |
| 碧利斯<br>(BILIS)   | 0604 | 海上:2006/07/12 02:30<br>陸上:2006/07/12 08:30 | 海上:2006/07/15 02:30<br>陸上:2006/07/15 02:30 | 輕度       |
| 凱米<br>(KAEMI)    | 0605 | 海上:2006/07/23 14:30<br>陸上:2006/07/23 23:30 | 海上:2006/07/26 02:30<br>陸上:2006/07/26 02:30 | 中度       |
| 桑美<br>(SAOMAI)   | 0608 | 海上:2006/08/09 02:30<br>陸上:2006/08/09 11:30 | 海上:2006/08/10 23:30<br>陸上:2006/08/10 23:30 | 中度       |
| 寶發<br>(BOPHA)    | 0609 | 海上:2006/08/07 20:30<br>陸上:2006/08/08 14:30 | 海上:2006/08/09 14:30<br>陸上:2006/08/09 11:30 | 輕度       |
| 珊珊<br>(SHANSHAN) | 0613 | 海上:2006/09/14 14:30                        | 海上:2006/09/16 14:30                        | 中度       |



表 3.2.2(續) 2005 年~2010 年中央氣象局發佈之颱風警報

| 名 稱               | 編 號  | 發 佈<br>時 間                                 | 解 除<br>時 間                                 | 最大<br>強度 |
|-------------------|------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------|
| 帕布<br>(PABUK)     | 0706 | 海上:2007/08/06 23:30<br>陸上:2007/08/07 05:30 | 海上:2007/08/08 14:30<br>陸上:2007/08/08 11:30 | 輕度       |
| 梧提<br>(WUTIP)     | 0707 | 海上:2007/08/08 11:30<br>陸上:2007/08/08 11:30 | 海上:2007/08/09 11:30<br>陸上:2007/08/09 11:30 | 輕度       |
| 聖帕<br>(SEPAT)     | 0708 | 海上:2007/08/16 08:30<br>陸上:2007/08/16 20:30 | 海上:2007/08/19 14:30<br>陸上:2007/08/19 14:30 | 強烈       |
| 韋帕<br>(WIPHA)     | 0712 | 海上:2007/09/17 05:30<br>陸上:2007/09/17 14:30 | 海上:2007/09/19 08:30<br>陸上:2007/09/19 08:30 | 中度       |
| 柯羅莎<br>(KROSA)    | 0715 | 海上:2007/10/04 17:30<br>陸上:2007/10/05 05:30 | 海上:2007/10/07 23:30<br>陸上:2007/10/07 20:30 | 強烈       |
| 米塔<br>(MITAG)     | 0723 | 海上:2007/11/26 05:30                        | 海上:2007/11/27 11:30                        | 中度       |
| 卡玫基<br>(KALMAEGI) | 0807 | 海上:2008/07/16 14:30<br>陸上:2008/07/17 02:30 | 海上:2008/07/18 23:30<br>陸上:2008/07/18 20:30 | 中度       |
| 鳳凰<br>(FUNG-WONG) | 0808 | 海上:2008/07/26 11:30<br>陸上:2008/07/27 02:30 | 海上:2008/07/29 11:30<br>陸上:2008/07/29 11:30 | 中度       |
| 如麗<br>(NURI)      | 0812 | 海上:2008/08/19 11:30                        | 海上:2008/08/21 08:30                        | 中度       |
| 辛樂克<br>(SINLUKU)  | 0813 | 海上:2008/09/11 08:30<br>陸上:2008/09/12 05:30 | 海上:2008/09/16 14:30<br>陸上:2008/09/15 20:30 | 強烈       |
| 哈格比<br>(HAGUPIT)  | 0814 | 海上:2008/09/21 14:30<br>陸上:2008/09/22 02:30 | 海上:2008/09/23 08:30<br>陸上:2008/09/23 02:30 | 中度       |
| 薔蜜<br>(JANGMI)    | 0815 | 海上:2008/09/26 23:30<br>陸上:2008/09/27 08:30 | 海上:2008/09/29 23:30<br>陸上:2008/09/29 17:30 | 強烈       |
| 蓮花<br>(LINFA)     | 0903 | 海上:2009/06/19 20:30<br>陸上:2009/06/20 23:30 | 海上:2009/06/22 08:30<br>陸上:2009/06/22 08:30 | 輕度       |
| 莫拉菲<br>(MOLAVE)   | 0906 | 海上:2009/07/16 22:00                        | 海上:2009/07/18 08:30                        | 輕度       |
| 莫拉克<br>(MORAKOT)  | 0908 | 海上:2009/08/05 20:30<br>陸上:2009/08/06 08:30 | 海上:2009/08/10 05:30<br>陸上:2009/08/10 05:30 | 中度       |
| 芭瑪<br>(PARMA)     | 0917 | 海上:2009/10/03 05:30<br>陸上:2009/10/04 05:30 | 海上:2009/10/06 17:30<br>陸上:2009/10/05 23:30 | 中度       |
| 萊羅克<br>(LIONROCK) | 1006 | 海上:2010/08/31 20:30<br>陸上:2010/09/01 02:30 | 海上:2010/09/02 14:30<br>陸上:2010/09/02 08:30 | 輕度       |
| 南修<br>(NAMTHEUM)  | 1008 | 海上:2010/08/30 22:30<br>陸上:2010/08/30 22:30 | 海上:2010/08/31 20:30<br>陸上:2010/08/31 20:30 | 輕度       |
| 莫蘭蒂<br>(MERANTI)  | 1010 | 海上:2010/09/09 10:00<br>陸上:2010/09/09 11:30 | 海上:2010/09/10 11:30<br>陸上:2010/09/10 08:30 | 輕度       |
| 凡那比<br>(FANAPI)   | 1011 | 海上:2010/09/17 23:30<br>陸上:2010/09/18 05:30 | 海上:2010/09/20 14:30<br>陸上:2010/09/20 14:30 | 中度       |
| 梅姬<br>(MEGI)      | 1013 | 海上:2010/10/21 02:30<br>陸上:2010/10/21 17:30 | 海上:2010/10/23 23:30<br>陸上:2010/10/23 23:30 | 中度       |

### 3.2.3.1 颱風時期的近岸波動模擬

圖 3.2.3 至圖 3.2.12 為 2009 年 6 月 7 日 12 時莫拉克颱風侵襲時期的 WAM 及 SWAN 的推算結果，圖 3.2.3 及 3.2.4 為 RC 及 MC 風場的速度分布圖與向量圖，為了便於觀察，圖 3.2.4 僅顯示與 SWAN 計算領域相同範圍的風場。圖 3.2.5 至圖 3.2.8 分別為 WAM 在該時段所推算的示性波高分佈、平均周期分佈、譜峰周期分佈、及平均波向分佈圖，圖 3.2.9 至圖 3.2.13 則為 SWAN 於該段所推算的示性波高分佈、平均周期分佈、譜峰周期分佈、平均波向分佈圖及主要波向分佈圖。從風場圖中可以看到颱風接近台灣時仍以颱風眼為中心逆時針方向變化，然而從圖 3.2.5 由 WAM 的局部推算的波高波向分佈結果，以及圖 3.2.9 由 SWAN 推算的波高波向分佈結果均有極大的差異性，其原因可能是台灣附近地形效應，並受限於計算網格大小。由於資料眾多(28 個颱風紀錄)，此處僅以莫拉克颱風為例說明。

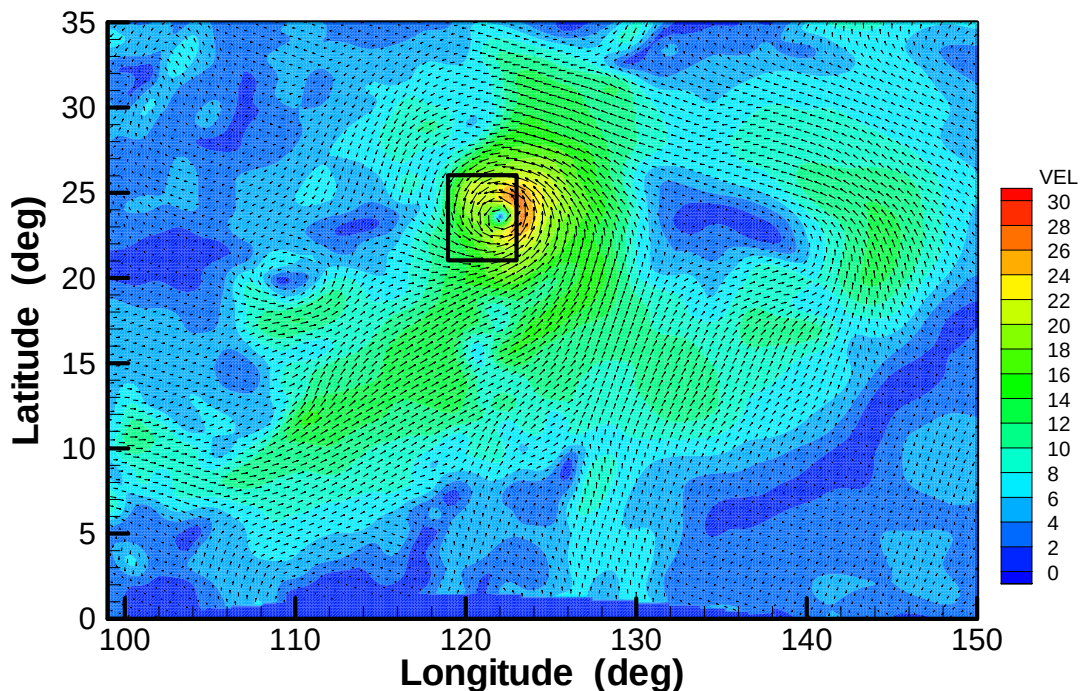


圖 3.2.3 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 RC 風場分佈及向量圖

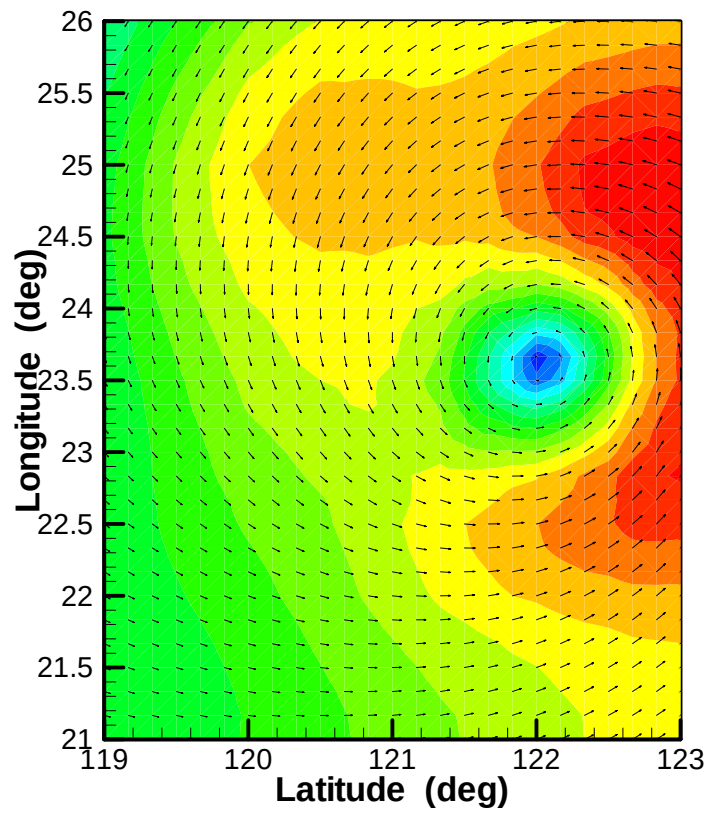


圖 3.2.4 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 MC 局部風場分佈及向量圖

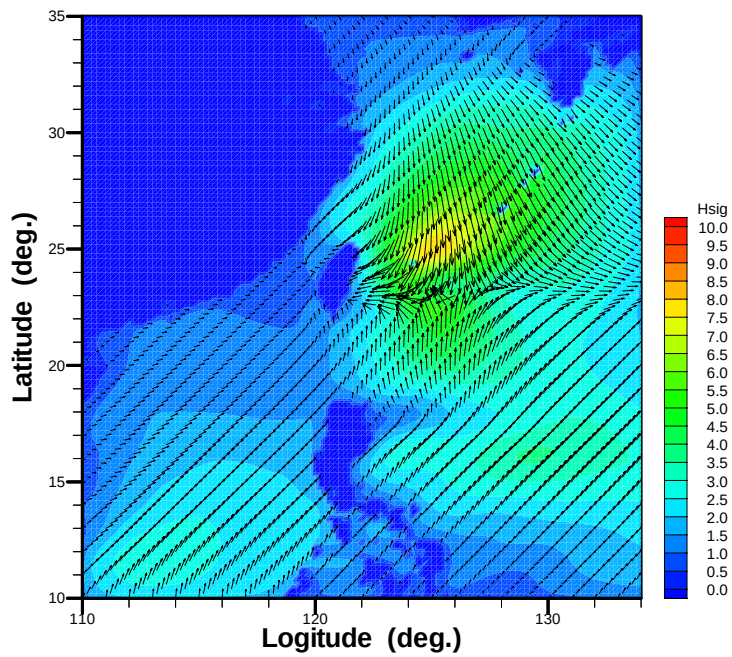


圖 3.2.5 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算示性波高分佈圖

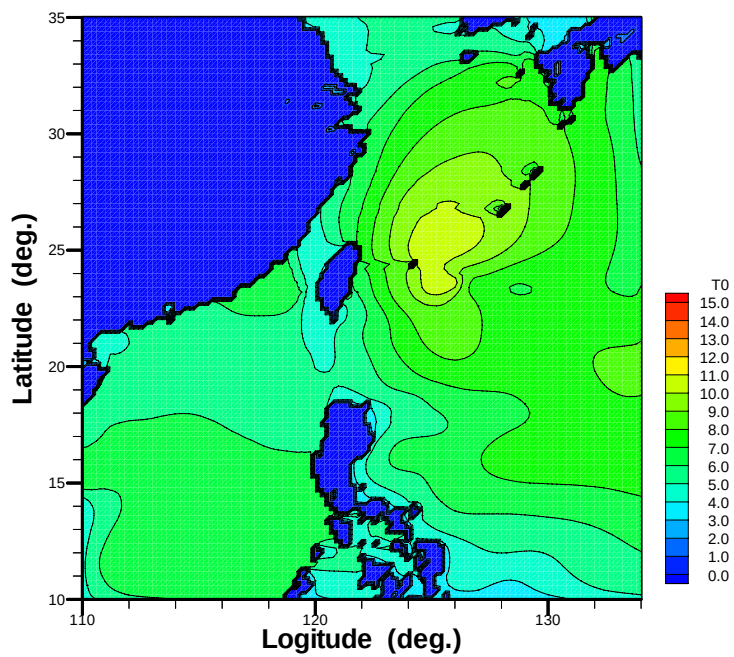


圖 3.2.6 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算平均週期分佈圖

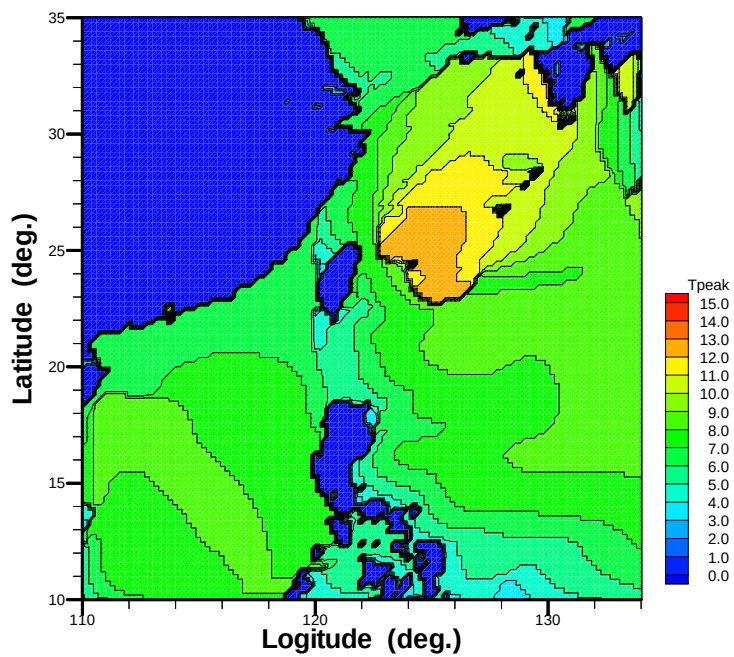


圖 3.2.7 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算譜峰周期分佈圖



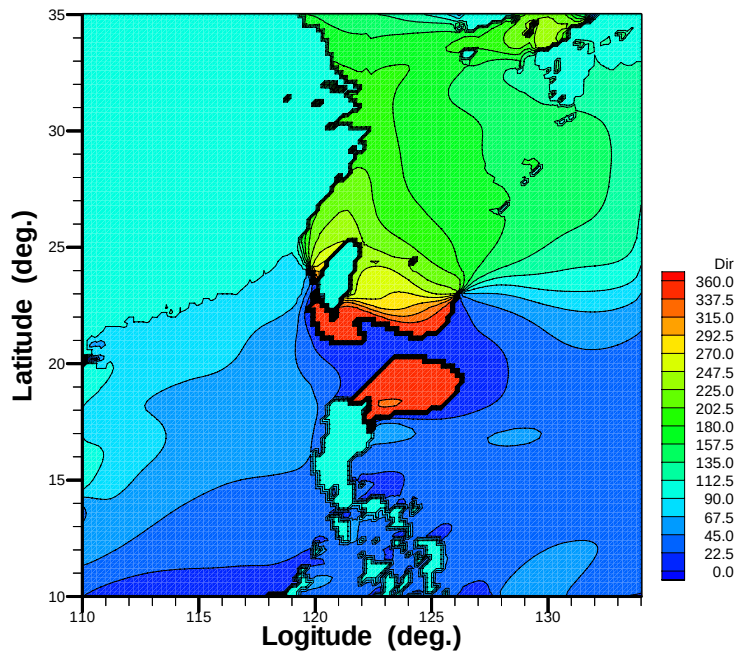


圖 3.2.8 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算平均波向分佈圖

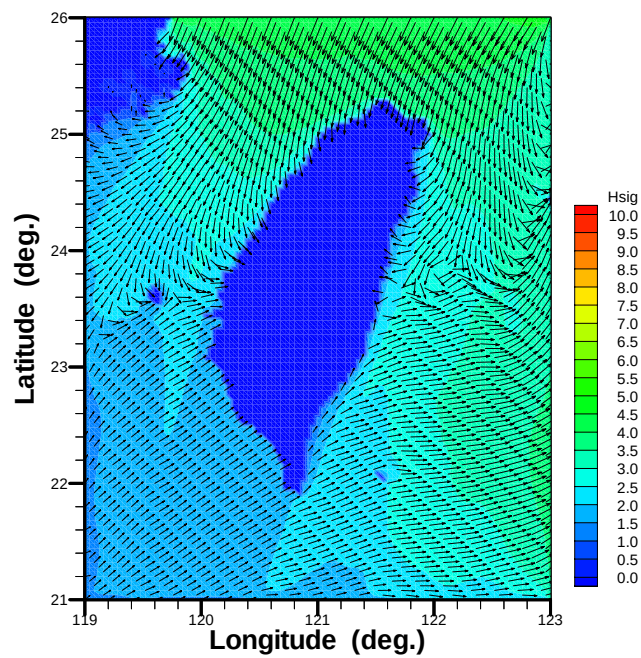


圖 3.2.9 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算示性波高分佈圖

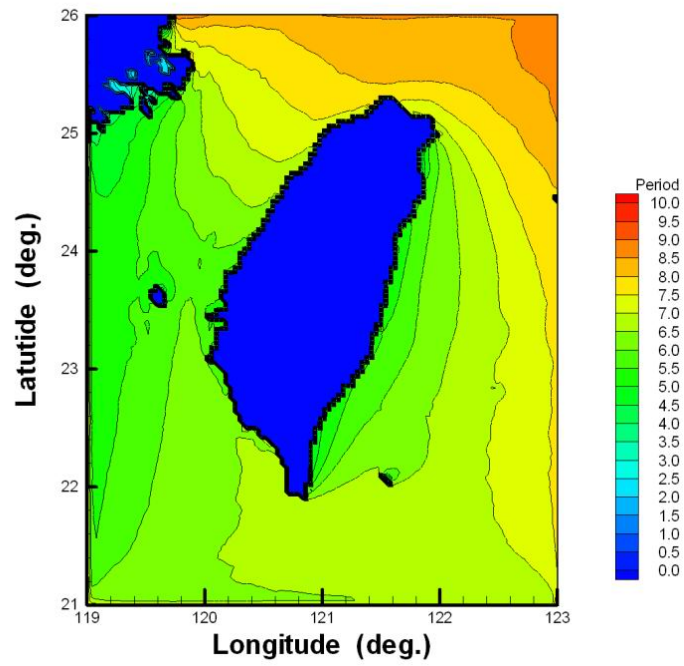


圖 3.2.10 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算平均週期分佈圖

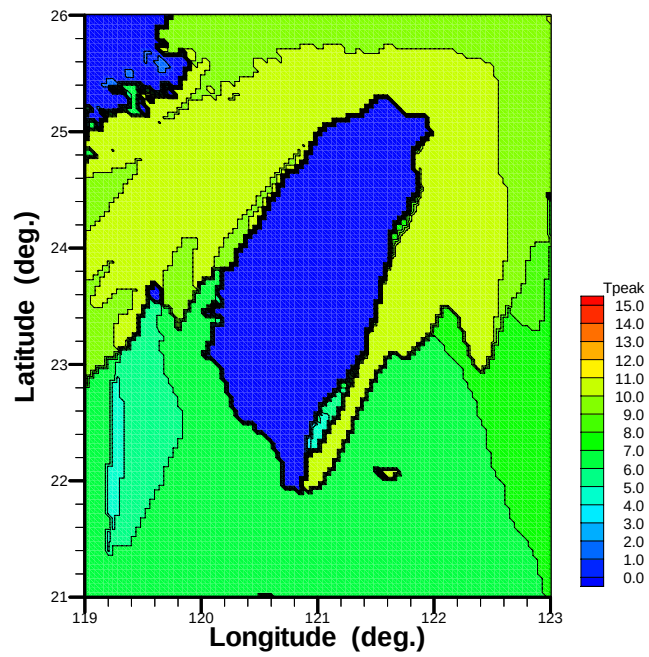


圖 3.2.11 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算譜峰周期分佈圖

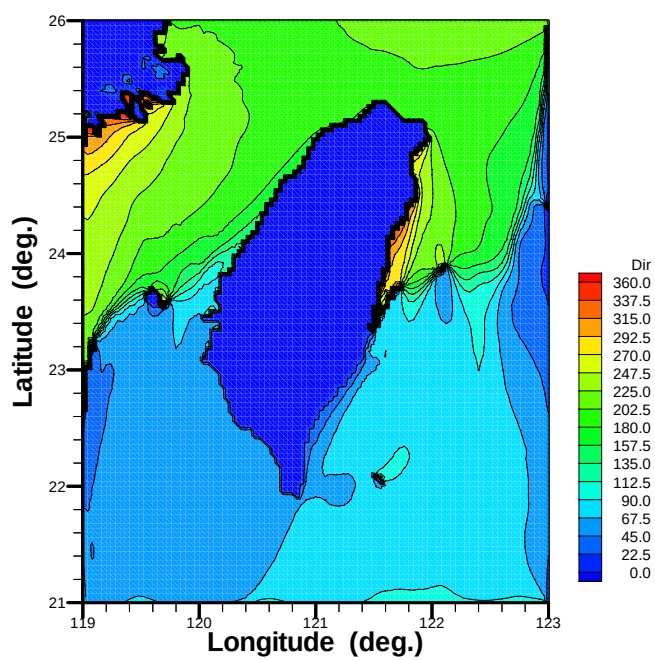


圖 3.2.12 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算平均波向分佈圖

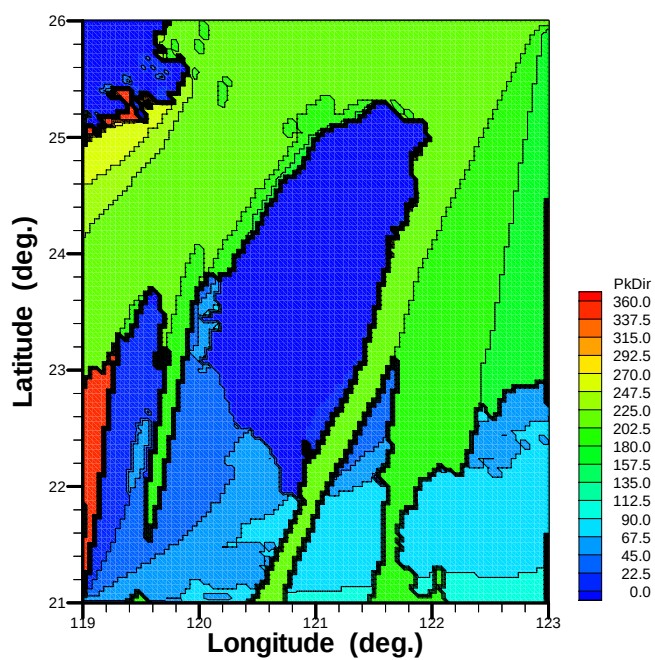


圖 3.2.13 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算主波方向分佈圖

### 3.2.2 七個商港的颱風時期波動模擬

本計畫曾以各個商港的測站為中心(座標經緯度如表 3.2-3 所示)擷取周圍 4 個節點的推算值，從比較發現地形的複雜與否直接影響了波浪代表性的選擇。以安平港而言，雖然四個節點均各自相鄰 4 公里，但是其不論是波高、週期或是波向都相當一致，僅有芭瑪颱風時由於路徑怪異而在波高及週期上有較大的變動，應該是安平港附近的海底地形較為均勻有關；花蓮港也是類似的情形，颱風路徑從北部通過時有稍大的差異性，應該是與其面對深邃的太平洋有關；高雄港在不同路徑的颱風作用下，4 個節點的波動值都有某一程度的差異性，究其原因可能係其附近地形(海岸線形狀)變化較大，造成遮蔽效應及波浪變形較大所致。基隆港由於周遭海岸地形變化非常劇烈，對每一個方向來的風與波都有某一不等程度的遮蔽及影響，因此每個颱風中，4 個節點的波動不一樣。此種情形也出現在蘇澳港及台北港，而台中港的波動情形大致均勻，但與颱風的路徑有關。

綜合而言，安平港、花蓮港及台中港外海的波動大致還均勻，在未來決定設計波浪時應該不致遭受到困難，而高雄港、基隆港、蘇澳港及台北港雖然 4 個節點的波動變化趨勢還一致，可是其值有稍大的差異性，需要再做進一步比較，以求得其代表性的波動值。

表 3.2.3 各商港波浪觀測站位置座標

| 商港名稱 | 東經經度    | 北緯緯度   |
|------|---------|--------|
| 基隆港  | 121.753 | 25.155 |
| 台北港  | 121.376 | 25.182 |
| 台中港  | 120.486 | 24.299 |
| 安平港  | 120.136 | 22.944 |
| 高雄港  | 120.288 | 22.614 |
| 花蓮港  | 121.627 | 23.974 |
| 蘇澳港  | 121.866 | 24.592 |



由於在 SWAN 的波浪推算中，格網大小為  $0.04^\circ$ ，也就是大約為 4 公里，由於國內的商港所佔據的海岸線大約為 3 到 6 公里，使得想要選擇作為入射波條件的參考點沒有太多選擇。為了便於觀察，圖幅的安排是以各個商港為主，附錄 I 圖 1~圖 27 分別顯示在 2010 年間五個颱風(萊羅克、南修、莫蘭帝、凡那比及梅姬，各颱風資料可參考 2.3 節)作用期間 7 個商港附近的波動情形，各圖中，上圖為平均波向及主波方向，中圖為平均週期及譜峰週期，下圖為示性波高。圖中亦顯示各個商港的實測波高及週期，從圖中看到推算波浪與實測波浪間的關係並非很穩定，其原因應該和颱風的路徑有關，未來有必要再從颱風的路徑上面檢討波浪推算的準確性。由於實測波浪可能充分表現當地的區域波浪變形特性，是全域波浪推算模式網格精度所不能計算的。但我們也必須要注意到實測波浪的資料僅屬於單點的波浪特性，它無法反應鄰近各點的波浪特性；而波浪推算則屬於網格平均性的資料。此種差異性可能造成實測波浪一直與推算波浪之間有差異性的原因，未來應該如何比對現場實測資料以及波浪推算結果，以及是否以『任選』最相近的一點即可以合理比較，應再研議。也是基於此一緣故，圖中並未比較波向。

表 3.2-4 至表 3.2-10 分別為 7 個商港於 2005 年~2009 年期間之颱風所發生的最大波動值，其中平均週期與平均波向是以發生最大示性波高的時間點所對應的值；而主波方向則是相對於最大譜峰週期，可提供討論設計波高之參考。原有的平均波向與主波方向的角度輸出是以直角座標系統為準，為了討論方便，此處改為以航海座標系統為基準，並以來向為基準，即 N 向為  $0^\circ$ 、NE 向為  $45^\circ$ 、E 向為  $90^\circ$ 、SE 向為  $135^\circ$ 、S 向為  $180^\circ$ 、SW 向為  $225^\circ$ 、W 向為  $270^\circ$  及 NW 向為  $315^\circ$ 。

為便於比較，圖 3.2.14 至圖 3.2.16 依序分別繪製了 7 個商港於 2005 年至 2010 年間 34 個颱風期間的最大平均波向(●)與主波方向(◇)、相對於最大示性波高的平均週期與譜峰週期、以及最大示性波高的分佈情形。其中，桑美(SAOMAI)及寶發(Bopha)，帕布(PABUK)及梧提(WUTIP)，萊羅克(LIONROCK)及南修(NAMTHEUM)因發生時間很

近，本計畫將其視為連續性的風浪一併推算。圖中各小圖由上而下分別為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港。表 3.2-11 列出各商港於颱風時期各相關參數的平均值與信賴區間，表 3.2.12a 至表 3.2.12g 為各商港於颱風時期的最大波向統計表。從圖 3.71 及表 3.12 中可以看到各個商港在這 5 年期間的颱風波浪方向都還算一致，應該是與地形對波浪傳輸方向的影響有關。基隆港不論是平均波向或者是主波方向都集中於 N-NE-ENE 之間；台北港的平均波向集中於 N-NW-WNW 之間，主波方向則集中於 N-NNW-NW 之間；台中港的平均波向集中於 N-WNW-W 之間，主波方向則集中於 SW-N-WNW 之間；安平港的平均波向集中於 SSE-S-SW-W 之間，主波方向則集中於 S-SW-W 之間；高雄港的平均波向集中於 SSE-S-SW-W 之間，主波方向則集中於 S-SW-W-NW 之間；花蓮港的平均波向集中於 ENE-N-ESE 之間，主波方向則集中於 NE-NNE-S-SE 之間；蘇澳港的平均波向集中於 ENE-E-ESE-SSE 之間，主波方向則集中於 NE-ENE-SE-S 之間。充分反映了地形效應對波向的影響。而圖 3.72 中顯示譜峰週期都大於平均週期，表 3.11 為該期間各商港颱風時期最大譜峰週期與最大示性波高所對應之平均週期之比值，台中港位於台灣西部的中間位置，其週期比大於 2.0；基隆港、台北港、安平港及高雄港的週期比大約在 1.8 至 1.9 之間；花蓮港及蘇澳港則因為面對太平洋，其週期比約在 1.67 左右。此種現象應仍與當地的地理特性有關，而值得注意的是高雄港與安平港不論是波向、週期或波高都極為相似。安平港相對於高雄港的各相關參數比值如表 3.13 所示，不論是波高、週期與波向的信賴區間與平均值的比值都在 3% 以下，顯示此二商港的波浪特性可能有相當強烈的相關性。從圖 3.73 可以看到推算各個颱風時期的最大示性波高多在 6m 以下，研判其原因可能是目前的波浪推算模式的網格解析度仍然太大而無法反應區域性的波浪變形特性，例如淺化、折射、繞射與碎波。

**表 3.2.4 基隆港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)**

| 颱風名稱                           | 編號           | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均波向(°)     | 譜峰<br>週期(s) | 主波方向(°)     |
|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 馬莎(MATSA)                      | 0509         | 3.85        | 8.68        | 21.58(NNE)  | 12.38       | 22.50(NNE)  |
| 珊瑚(SANVU)                      | 0510         | 1.53        | 5.75        | 77.97(ENE)  | 9.75        | 112.50(ESE) |
| 泰利(TALIM)                      | 0513         | 0.52        | 2.31        | 114.79(ESE) | 6.80        | 322.50(NW ) |
| 卡努(KHANUN)                     | 0515         | 3.13        | 5.77        | 72.00(ENE)  | 9.75        | 22.50(NNE)  |
| 丹瑞(DAMREY)                     | 0518         | 1.64        | 5.57        | 76.89(ENE)  | 7.67        | 67.50(ENE)  |
| 龍王(LONGWANG)                   | 0519         | 2.57        | 7.46        | 48.97(NE )  | 10.99       | 67.50(ENE)  |
| 珍珠(CHANCHU)                    | 0601         | 1.21        | 3.25        | 316.38(NW ) | 13.96       | 37.50(NE )  |
| 艾維尼(EWINIAR)                   | 0603         | 2.68        | 7.80        | 358.86(N )  | 12.38       | 337.50(NNW) |
| 碧利斯(BILIS)                     | 0604         | 2.35        | 4.72        | 325.23(NW ) | 10.99       | 307.50(NW ) |
| 凱米(KAEMI)                      | 0605         | 0.87        | 4.69        | 27.68(NNE)  | 9.75        | 67.50(ENE)  |
| 桑美(SAOMAI)及<br>寶發(Bopha)       | 0608<br>0609 | 3.03        | 8.34        | 12.63(NNE)  | 10.99       | 22.50(NNE)  |
| 珊珊(SHANSHAN)                   | 0613         | 3.05        | 7.51        | 6.89(N )    | 10.99       | 67.50(ENE)  |
| 帕布(PABUK)及<br>梧提(WUTIP)        | 0706<br>0707 | 5.70        | 7.95        | 69.35(ENE)  | 10.99       | 67.50(ENE)  |
| 聖帕(SEPAT)                      | 0708         | 2.53        | 5.20        | 67.69(ENE)  | 12.38       | 67.50(ENE)  |
| 韋帕(WIPHA)                      | 0712         | 3.14        | 7.92        | 23.75(NNE)  | 10.99       | 22.50(NNE)  |
| 柯羅莎(KROSA)                     | 0715         | 3.27        | 8.29        | 25.00(NNE)  | 13.96       | 52.50(NE )  |
| 米塔(MITAG)                      | 0723         | 3.93        | 8.54        | 22.68(NNE)  | 10.99       | 22.50(NNE)  |
| 卡玫基(KALMAEGI)                  | 0807         | 1.24        | 2.92        | 279.63(W )  | 6.80        | 322.50(NW ) |
| 鳳凰(FUNG-WONG)                  | 0808         | 3.85        | 8.97        | 355.32(N )  | 12.38       | 7.50(N )    |
| 如麗(NURI)                       | 0812         | 1.97        | 4.57        | 71.47(ENE)  | 9.75        | 337.50(NNW) |
| 辛樂克(SINLAKU)                   | 0813         | 4.06        | 9.96        | 6.32(N )    | 12.38       | 7.50(N )    |
| 哈格比(HAGUPIT)                   | 0814         | 3.33        | 5.67        | 71.24(ENE)  | 10.99       | 67.50(ENE)  |
| 薔蜜(JANGMI)                     | 0815         | 4.68        | 9.71        | 45.35(NE )  | 13.96       | 7.50(N )    |
| 蓮花 (LINF)                      | 0903         | 1.11        | 3.24        | 310.38(NW ) | 9.75        | 307.50(NW ) |
| 莫拉菲(MOLAVE)                    | 0906         | 2.40        | 4.71        | 86.93(E )   | 8.64        | 352.50(N )  |
| 莫拉克(MORAKOT)                   | 0908         | 5.16        | 10.51       | 10.58(N )   | 13.96       | 22.50(NNE)  |
| 芭瑪(PARMA)                      | 0917         | 3.12        | 8.60        | 30.72(NNE)  | 10.99       | 7.50(N )    |
| 萊羅克(LIONROCK)<br>及南修(NAMTHEUM) | 1006<br>1008 | 1.60        | 3.94        | 7.29(N )    | 10.99       | 337.50(NNW) |
| 莫蘭蒂(MERANTI)                   | 1010         | 1.57        | 5.20        | 8.50(N )    | 7.67        | 7.50(N )    |
| 凡那比(FANAPI)                    | 1011         | 3.20        | 3.90        | 354.88(N )  | 12.38       | 337.50(NNW) |
| 梅姬(MEGI)                       | 1013         | 2.32        | 4.10        | 24.14(NNE)  | 10.99       | 67.50(ENE)  |

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

表 3.2.5 台北港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)

| 颱風名稱                           | 編號           | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均波向(°)     | 譜峰<br>週期(s) | 主波<br>方向(°) |
|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 馬莎(MATSA)                      | 0509         | 3.58        | 8.83        | 353.91(N )  | 12.38       | 7.50(N )    |
| 珊瑚(SANVU)                      | 0510         | 0.87        | 3.32        | 264.20(W )  | 8.64        | 67.50(ENE)  |
| 泰利(TALIM)                      | 0513         | 0.84        | 4.52        | 295.71(WNW) | 6.80        | 307.50(NW ) |
| 卡努(KHANUN)                     | 0515         | 2.84        | 7.28        | 358.25(N )  | 9.75        | 352.50(N )  |
| 丹瑞(DAMREY)                     | 0518         | 0.93        | 3.17        | 241.46(WSW) | 7.67        | 67.50(ENE)  |
| 龍王(LONGWANG)                   | 0519         | 2.38        | 7.04        | 356.71(N )  | 10.99       | 52.50(NE )  |
| 珍珠(CHANCHU)                    | 0601         | 2.01        | 4.68        | 293.18(WNW) | 10.99       | 262.50(W )  |
| 艾維尼(EWINIAR)                   | 0603         | 3.21        | 6.84        | 330.15(NNW) | 12.38       | 322.50(NW ) |
| 碧利斯(BILIS)                     | 0604         | 4.54        | 6.34        | 278.25(W )  | 10.99       | 262.50(W )  |
| 凱米(KAEMI)                      | 0605         | 1.01        | 3.26        | 285.11(WNW) | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 桑美(SAOMAI)及<br>寶發(Bopha)       | 0608<br>0609 | 3.08        | 7.94        | 355.94(N )  | 10.99       | 352.50(N )  |
| 珊珊(SHANSHAN)                   | 0613         | 3.36        | 7.86        | 341.53(NNW) | 9.75        | 352.50(N )  |
| 帕布(PABUK)及<br>梧提(WUTIP)        | 0706<br>0707 | 2.75        | 4.63        | 66.78(ENE)  | 10.99       | 52.50(NE )  |
| 聖帕(SEPAT)                      | 0708         | 4.91        | 6.59        | 278.46(W )  | 12.38       | 52.50(NE )  |
| 韋帕(WIPHA)                      | 0712         | 3.23        | 5.60        | 305.00(NW ) | 10.99       | 247.50(WSW) |
| 柯羅莎(KROSA)                     | 0715         | 5.17        | 6.64        | 288.03(WNW) | 10.99       | 22.50(NNE)  |
| 米塔(MITAG)                      | 0723         | 3.57        | 8.00        | 358.73(N )  | 10.99       | 352.50(N )  |
| 卡玫基(KALMAEGI)                  | 0807         | 2.60        | 4.66        | 263.40(W )  | 6.80        | 307.50(NW ) |
| 鳳凰(FUNG-WONG)                  | 0808         | 5.72        | 7.71        | 297.15(WNW) | 12.38       | 337.50(NNW) |
| 如麗(NURI)                       | 0812         | 1.65        | 4.16        | 25.44(NNE)  | 9.75        | 322.50(NW ) |
| 辛樂克(SINLAKU)                   | 0813         | 5.36        | 6.96        | 288.60(WNW) | 12.38       | 337.50(NNW) |
| 哈格比(HAGUPIT)                   | 0814         | 2.85        | 5.14        | 37.62(NE )  | 10.99       | 322.50(NW ) |
| 薔蜜(JANGMI)                     | 0815         | 6.95        | 8.00        | 294.95(WNW) | 13.96       | 322.50(NW ) |
| 蓮花 (LINFA)                     | 0903         | 2.11        | 4.52        | 269.61(W )  | 8.64        | 307.50(NW ) |
| 莫拉菲(MOLAVE)                    | 0906         | 1.97        | 6.29        | 331.11(NNW) | 8.64        | 322.50(NW ) |
| 莫拉克(MORAKOT)                   | 0908         | 5.57        | 7.37        | 292.87(WNW) | 13.96       | 352.50(N )  |
| 芭瑪(PARMA)                      | 0917         | 2.54        | 6.95        | 354.33(N )  | 10.99       | 337.50(NNW) |
| 萊羅克(LIONROCK)<br>及南修(NAMTHEUM) | 1006<br>1008 | 2.11        | 3.71        | 323.05(NW ) | 12.38       | 307.50(NW ) |
| 莫蘭蒂(MERANTI)                   | 1010         | 1.75        | 5.28        | 349.81(N )  | 7.67        | 352.50(N )  |
| 凡那比(FANAPI)                    | 1011         | 3.57        | 5.59        | 324.64(NW ) | 10.99       | 307.50(NW ) |
| 梅姬(MEGI)                       | 1013         | 1.87        | 4.69        | 332.15(NNW) | 10.99       | 262.50(W )  |

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

表 3.2.6 台中港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)

| 颱風名稱                           | 編號           | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均<br>波向(°) | 譜峰<br>週期(s) | 主波<br>方向(°) |
|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 馬莎(MATSA)                      | 0509         | 2.37        | 6.45        | 344.89(NNW) | 12.38       | 7.50(N )    |
| 珊珊(SANVU)                      | 0510         | 1.19        | 5.55        | 257.96(WSW) | 8.64        | 217.50(SW ) |
| 泰利(TALIM)                      | 0513         | 0.96        | 4.64        | 269.00(W )  | 7.67        | 277.50(W )  |
| 卡努(KHANUN)                     | 0515         | 1.91        | 5.96        | 356.83(N )  | 9.75        | 352.50(N )  |
| 丹瑞(DAMREY)                     | 0518         | 1.31        | 3.61        | 223.45(SW ) | 6.80        | 217.50(SW ) |
| 龍王(LONGWANG)                   | 0519         | 1.57        | 6.61        | 359.52(N )  | 8.64        | 7.50(N )    |
| 珍珠(CHANCHU)                    | 0601         | 2.35        | 5.34        | 291.25(WNW) | 13.96       | 7.50(N )    |
| 艾維尼(EWINIAR)                   | 0603         | 1.81        | 7.56        | 346.70(NNW) | 10.99       | 352.50(N )  |
| 碧利斯(BILIS)                     | 0604         | 2.59        | 4.87        | 279.58(W )  | 10.99       | 292.50(WNW) |
| 凱米(KAEMI)                      | 0605         | 1.04        | 3.50        | 227.82(SW ) | 8.64        | 217.50(SW ) |
| 桑美(SAOMAI)及<br>寶發(Bopha)       | 0608<br>0609 | 1.94        | 7.49        | 356.12(N )  | 10.99       | 7.50(N )    |
| 珊珊(SHANSHAN)                   | 0613         | 2.08        | 6.17        | 349.41(N )  | 9.75        | 352.50(N )  |
| 帕布(PABUK)及<br>梧提(WUTIP)        | 0706<br>0707 | 1.21        | 3.09        | 81.73(E )   | 8.64        | 292.50(WNW) |
| 聖帕(SEPAT)                      | 0708         | 3.60        | 5.35        | 277.68(W )  | 10.99       | 292.50(WNW) |
| 韋帕(WIPHA)                      | 0712         | 2.03        | 5.57        | 351.30(N )  | 9.75        | 7.50(N )    |
| 柯羅莎(KROSA)                     | 0715         | 3.26        | 5.53        | 286.72(WNW) | 10.99       | 7.50(N )    |
| 米塔(MITAG)                      | 0723         | 2.29        | 5.46        | 8.88(N )    | 10.99       | 7.50(N )    |
| 卡玫基(KALMAEGI)                  | 0807         | 1.21        | 3.32        | 251.80(WSW) | 7.67        | 277.50(W )  |
| 鳳凰(FUNG-WONG)                  | 0808         | 4.33        | 6.76        | 270.92(W )  | 12.38       | 352.50(N )  |
| 如麗(NURI)                       | 0812         | 1.68        | 3.53        | 78.41(ENE)  | 10.99       | 217.50(SW ) |
| 辛樂克(SINLAKU)                   | 0813         | 3.63        | 6.01        | 285.26(WNW) | 12.38       | 352.50(N )  |
| 哈格比(HAGUPIT)                   | 0814         | 2.81        | 4.63        | 54.79(NE )  | 10.99       | 352.50(N )  |
| 薔蜜(JANGMI)                     | 0815         | 4.16        | 6.62        | 273.31(W )  | 13.96       | 352.50(N )  |
| 蓮花 (LINFA)                     | 0903         | 1.85        | 5.76        | 269.39(W )  | 10.99       | 292.50(WNW) |
| 莫拉菲(MOLAVE)                    | 0906         | 1.47        | 4.05        | 251.51(WSW) | 9.75        | 292.50(WNW) |
| 莫拉克(MORAKOT)                   | 0908         | 5.18        | 7.13        | 268.99(W )  | 13.96       | 352.50(N )  |
| 芭瑪(PARMA)                      | 0917         | 2.31        | 4.31        | 49.89(NE )  | 10.99       | 352.50(N )  |
| 萊羅克(LIONROCK)<br>及南修(NAMTHEUM) | 1006<br>1008 | 1.43        | 3.94        | 313.62(NW)  | 9.75        | 352.50(N )  |
| 莫蘭蒂(MERANTI)                   | 1010         | 1.23        | 4.68        | 351.68(N )  | 7.67        | 352.50(N )  |
| 凡那比(FANAPI)                    | 1011         | 2.60        | 4.21        | 299.66(WNW) | 12.38       | 352.50(N )  |
| 梅姬(MEGI)                       | 1013         | 2.56        | 5.34        | 291.49(WNW) | 10.99       | 292.50(WNW) |

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

**表 3.2.7 安平港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)**

| 颱風名稱                           | 編號           | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均<br>波向(°) | 譜峰<br>週期(s) | 主波<br>方向(°) |
|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 馬莎(MATSA)                      | 0509         | 2.42        | 4.98        | 180.60(S )  | 9.75        | 202.50(SSW) |
| 珊瑚(SANVU)                      | 0510         | 1.79        | 6.09        | 228.89(SW ) | 8.64        | 202.50(SSW) |
| 泰利(TALIM)                      | 0513         | 1.09        | 4.98        | 263.66(W )  | 7.67        | 187.50(S )  |
| 卡努(KHANUN)                     | 0515         | 1.42        | 3.73        | 181.80(S )  | 8.64        | 157.50(SSE) |
| 丹瑞(DAMREY)                     | 0518         | 1.53        | 4.00        | 199.62(SSW) | 8.64        | 172.50(S )  |
| 龍王(LONGWANG)                   | 0519         | 1.30        | 3.73        | 165.92(SSE) | 9.75        | 172.50(S )  |
| 珍珠(CHANCHU)                    | 0601         | 3.35        | 10.25       | 213.67(SSW) | 13.96       | 217.50(SW ) |
| 艾維尼(EWINIAR)                   | 0603         | 1.22        | 6.47        | 241.00(WSW) | 8.64        | 202.50(SSW) |
| 碧利斯(BILIS)                     | 0604         | 2.84        | 6.52        | 234.14(SW ) | 10.99       | 277.50(W )  |
| 凱米(KAEMI)                      | 0605         | 1.48        | 5.85        | 224.32(SW ) | 8.64        | 202.50(SSW) |
| 桑美(SAOMAI)及<br>寶發(Bopha)       | 0608<br>0609 | 1.35        | 3.25        | 119.04(ESE) | 9.75        | 202.50(SSW) |
| 珊珊(SHANSHAN)                   | 0613         | 1.11        | 4.24        | 265.78(W )  | 8.64        | 292.50(WNW) |
| 帕布(PABUK)及<br>梧提(WUTIP)        | 0706<br>0707 | 1.57        | 5.73        | 223.83(SW ) | 8.64        | 202.50(SSW) |
| 聖帕(SEPAT)                      | 0708         | 2.20        | 7.19        | 247.59(WSW) | 10.99       | 292.50(WNW) |
| 韋帕(WIPHA)                      | 0712         | 1.43        | 3.96        | 207.73(SSW) | 9.75        | 292.50(WNW) |
| 柯羅莎(KROSA)                     | 0715         | 2.28        | 4.86        | 279.50(W )  | 10.99       | 292.50(WNW) |
| 米塔(MITAG)                      | 0723         | 1.06        | 5.00        | 263.19(W )  | 10.99       | 292.50(WNW) |
| 卡玫基(KALMAEGI)                  | 0807         | 1.34        | 3.79        | 241.15(WSW) | 7.67        | 187.50(S )  |
| 鳳凰(FUNG-WONG)                  | 0808         | 4.85        | 6.73        | 237.79(WSW) | 9.75        | 232.50(SW ) |
| 如麗(NURI)                       | 0812         | 2.53        | 4.84        | 156.25(SSE) | 10.99       | 187.50(S )  |
| 辛樂克(SINLAKU)                   | 0813         | 3.08        | 5.27        | 254.99(WSW) | 6.80        | 277.50(W )  |
| 哈格比(HAGUPIT)                   | 0814         | 4.10        | 5.90        | 154.62(SSE) | 10.99       | 172.50(S )  |
| 薔蜜(JANGMI)                     | 0815         | 3.45        | 5.72        | 235.17(SW ) | 9.75        | 172.50(S )  |
| 蓮花 (LINFA)                     | 0903         | 2.54        | 6.14        | 251.88(WSW) | 10.99       | 262.50(W )  |
| 莫拉菲(MOLAVE)                    | 0906         | 2.92        | 4.97        | 151.64(SSE) | 9.75        | 202.50(SSW) |
| 莫拉克(MORAKOT)                   | 0908         | 5.27        | 6.97        | 240.47(WSW) | 10.99       | 232.50(SW ) |
| 芭瑪(PARMA)                      | 0917         | 3.01        | 5.19        | 152.68(SSE) | 10.99       | 172.50(S )  |
| 萊羅克(LIONROCK)<br>及南修(NAMTHEUM) | 1006<br>1008 | 1.36        | 3.40        | 264.99(W )  | 8.64        | 307.50(NW ) |
| 莫蘭蒂(MERANTI)                   | 1010         | 0.78        | 4.06        | 283.11(WNW) | 7.67        | 292.50(WNW) |
| 凡那比(FANAPI)                    | 1011         | 2.55        | 6.20        | 256.82(WSW) | 9.75        | 247.50(WSW) |
| 梅姬(MEGI)                       | 1013         | 2.76        | 8.13        | 260.62(W )  | 10.99       | 247.50(WSW) |

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

表 3.2.8 高雄港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)

| 颱風名稱                           | 編號           | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均<br>波向(°) | 譜峰<br>週期(s) | 主波<br>方向(°) |
|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 馬莎(MATSA)                      | 0509         | 2.36        | 5.20        | 183.72(S )  | 9.75        | 262.50(W )  |
| 珊瑚(SANVU)                      | 0510         | 1.87        | 6.39        | 229.22(SW ) | 8.64        | 217.50(SW ) |
| 泰利(TALIM)                      | 0513         | 1.06        | 5.00        | 262.88(W )  | 7.67        | 187.50(S )  |
| 卡努(KHANUN)                     | 0515         | 1.40        | 3.88        | 202.94(SSW) | 8.64        | 157.50(SSE) |
| 丹瑞(DAMREY)                     | 0518         | 1.48        | 3.99        | 199.96(SSW) | 8.64        | 172.50(S )  |
| 龍王(LONGWANG)                   | 0519         | 1.32        | 4.00        | 170.01(S )  | 9.75        | 307.50(NW ) |
| 珍珠(CHANCHU)                    | 0601         | 4.11        | 10.54       | 213.57(SSW) | 13.96       | 217.50(SW ) |
| 艾維尼(EWINIAR)                   | 0603         | 1.30        | 6.50        | 237.66(WSW) | 8.64        | 262.50(W )  |
| 碧利斯(BILIS)                     | 0604         | 3.04        | 6.68        | 234.42(SW ) | 10.99       | 262.50(W )  |
| 凱米(KAEMI)                      | 0605         | 1.58        | 6.25        | 219.64(SW ) | 8.64        | 217.50(SW ) |
| 桑美(SAOMAI)及<br>寶發(Bopha)       | 0608<br>0609 | 1.23        | 3.16        | 124.69(SE ) | 9.75        | 217.50(SW ) |
| 珊珊(SHANSHAN)                   | 0613         | 1.07        | 4.31        | 262.25(W )  | 8.64        | 307.50(NW ) |
| 帕布(PABUK)及<br>梧提(WUTIP)        | 0706<br>0707 | 1.68        | 6.13        | 225.96(SW ) | 8.64        | 202.50(SSW) |
| 聖帕(SEPAT)                      | 0708         | 2.24        | 7.33        | 247.50(WSW) | 10.99       | 307.50(NW ) |
| 韋帕(WIPHA)                      | 0712         | 1.37        | 3.86        | 206.00(SSW) | 9.75        | 307.50(NW ) |
| 柯羅莎(KROSA)                     | 0715         | 1.99        | 4.73        | 279.18(W )  | 10.99       | 307.50(NW ) |
| 米塔(MITAG)                      | 0723         | 1.03        | 5.03        | 262.78(W )  | 10.99       | 307.50(NW ) |
| 卡玫基(KALMAEGI)                  | 0807         | 1.62        | 4.07        | 242.01(WSW) | 7.67        | 202.50(SSW) |
| 鳳凰(FUNG-WONG)                  | 0808         | 5.00        | 6.88        | 241.62(WSW) | 9.75        | 247.50(WSW) |
| 如麗(NURI)                       | 0812         | 2.32        | 4.94        | 156.89(SSE) | 10.99       | 187.50(S )  |
| 辛樂克(SINLAKU)                   | 0813         | 3.15        | 5.44        | 250.45(WSW) | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 哈格比(HAGUPIT)                   | 0814         | 4.19        | 6.57        | 164.21(SSE) | 10.99       | 172.50(S )  |
| 薔蜜(JANGMI)                     | 0815         | 3.46        | 5.83        | 237.36(WSW) | 10.99       | 172.50(S )  |
| 蓮花 (LINFA)                     | 0903         | 2.60        | 6.29        | 251.30(WSW) | 10.99       | 262.50(W )  |
| 莫拉菲(MOLAVE)                    | 0906         | 2.61        | 4.87        | 153.45(SSE) | 9.75        | 262.50(W )  |
| 莫拉克(MORAKOT)                   | 0908         | 5.30        | 7.12        | 242.34(WSW) | 10.99       | 247.50(WSW) |
| 芭瑪(PARMA)                      | 0917         | 2.97        | 5.52        | 158.90(SSE) | 8.64        | 172.50(S )  |
| 萊羅克(LIONROCK)<br>及南修(NAMTHEUM) | 1006<br>1008 | 1.30        | 3.52        | 266.51(W )  | 8.64        | 307.50(NW ) |
| 莫蘭蒂(MERANTI)                   | 1010         | 0.78        | 3.97        | 282.68(WNW) | 7.67        | 307.50(NW ) |
| 凡那比(FANAPI)                    | 1011         | 2.61        | 5.79        | 256.42(WSW) | 9.75        | 247.50(WSW) |
| 梅姬(MEGI)                       | 1013         | 2.79        | 8.27        | 263.47(W )  | 10.99       | 262.50(W )  |

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

**表 3.2.9 花蓮港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)**

| 颱風名稱                           | 編號           | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均<br>波向(°) | 譜峰<br>週期(s) | 主波<br>方向(°) |
|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 馬莎(MATSA)                      | 0509         | 4.92        | 6.65        | 119.76(ESE) | 10.99       | 157.50(SSE) |
| 珊珊(SANVU)                      | 0510         | 2.24        | 6.14        | 114.62(ESE) | 9.75        | 142.50(SE ) |
| 泰利(TALIM)                      | 0513         | 0.97        | 3.06        | 170.21(S )  | 6.03        | 187.50(S )  |
| 卡努(KHANUN)                     | 0515         | 2.57        | 5.51        | 102.06(ESE) | 9.75        | 22.50(NNE)  |
| 丹瑞(DAMREY)                     | 0518         | 2.37        | 5.82        | 104.52(ESE) | 8.64        | 127.50(SE ) |
| 龍王(LONGWANG)                   | 0519         | 2.60        | 7.41        | 77.96(ENE)  | 10.99       | 52.50(NE )  |
| 珍珠(CHANCHU)                    | 0601         | 3.87        | 10.64       | 163.80(SSE) | 13.96       | 172.50(S )  |
| 艾維尼(EWINIAR)                   | 0603         | 1.08        | 3.80        | 68.38(ENE)  | 12.38       | 37.50(NE )  |
| 碧利斯(BILIS)                     | 0604         | 2.65        | 5.55        | 165.83(SSE) | 10.99       | 187.50(S )  |
| 凱米(KAEMI)                      | 0605         | 3.68        | 6.26        | 93.35(E )   | 9.75        | 37.50(NE )  |
| 桑美(SAOMAI)及<br>寶發(Bopha)       | 0608<br>0609 | 1.70        | 6.55        | 100.60(E )  | 10.99       | 22.50(NNE)  |
| 珊珊(SHANSHAN)                   | 0613         | 2.26        | 5.16        | 51.60(NE )  | 10.99       | 52.50(NE )  |
| 帕布(PABUK)及<br>梧提(WUTIP)        | 0706<br>0707 | 5.54        | 7.45        | 98.60(E )   | 10.99       | 97.50(E )   |
| 聖帕(SEPAT)                      | 0708         | 3.79        | 9.74        | 62.42(ENE)  | 12.38       | 52.50(NE )  |
| 韋帕(WIPHA)                      | 0712         | 2.38        | 5.55        | 136.00(SE ) | 9.75        | 22.50(NNE)  |
| 柯羅莎(KROSA)                     | 0715         | 4.34        | 10.79       | 57.45(ENE)  | 13.96       | 52.50(NE )  |
| 米塔(MITAG)                      | 0723         | 3.01        | 7.43        | 69.96(ENE)  | 10.99       | 67.50(ENE)  |
| 卡玫基(KALMAEGI)                  | 0807         | 2.12        | 5.19        | 145.57(SE ) | 7.67        | 142.50(SE ) |
| 鳳凰(FUNG-WONG)                  | 0808         | 3.61        | 8.30        | 89.23(E )   | 12.38       | 187.50(S )  |
| 如麗(NURI)                       | 0812         | 3.01        | 5.42        | 107.38(ESE) | 10.99       | 52.50(NE )  |
| 辛樂克(SINLAKU)                   | 0813         | 3.54        | 8.25        | 92.59(E )   | 10.99       | 67.50(ENE)  |
| 哈格比(HAGUPIT)                   | 0814         | 5.69        | 7.28        | 118.31(ESE) | 12.38       | 52.50(NE )  |
| 薔蜜(JANGMI)                     | 0815         | 5.02        | 9.96        | 82.11(E )   | 12.38       | 52.50(NE )  |
| 蓮花 (LINFA)                     | 0903         | 1.26        | 6.76        | 172.33(S )  | 9.75        | 187.50(S )  |
| 莫拉菲(MOLAVE)                    | 0906         | 4.19        | 6.20        | 113.90(ESE) | 8.64        | 127.50(SE ) |
| 莫拉克(MORAKOT)                   | 0908         | 3.17        | 5.64        | 193.29(SSW) | 10.99       | 172.50(S )  |
| 芭瑪(PARMA)                      | 0917         | 3.46        | 5.91        | 123.43(ESE) | 10.99       | 52.50(NE )  |
| 萊羅克(LIONROCK)<br>及南修(NAMTHEUM) | 1006<br>1008 | 1.66        | 3.22        | 72.81(ENE)  | 8.64        | 37.50(NE)   |
| 莫蘭蒂(MERANTI)                   | 1010         | 0.89        | 3.63        | 53.59(NE)   | 6.80        | 52.50(NE)   |
| 凡那比(FANAPI)                    | 1011         | 2.03        | 3.60        | 83.26(E)    | 9.75        | 142.50(SE)  |
| 梅姬(MEGI)                       | 1013         | 2.82        | 4.20        | 40.74(NE)   | 10.99       | 52.50(NE)   |

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。



**表 3.2.10 蘇澳港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)**

| 颱風名稱                           | 編號           | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均<br>波向(°) | 譜峰<br>週期(s) | 主波<br>方向(°) |
|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 馬莎(MATSA)                      | 0509         | 4.30        | 6.33        | 112.90(ESE) | 12.38       | 142.50(SE ) |
| 珊珊(SANVU)                      | 0510         | 2.17        | 5.83        | 110.76(ESE) | 9.75        | 127.50(SE ) |
| 泰利(TALIM)                      | 0513         | 1.02        | 3.19        | 166.80(SSE) | 6.03        | 172.50(S )  |
| 卡努(KHANUN)                     | 0515         | 2.92        | 5.53        | 99.62(E )   | 9.75        | 37.50(NE )  |
| 丹瑞(DAMREY)                     | 0518         | 2.29        | 5.46        | 109.33(ESE) | 8.64        | 142.50(SE ) |
| 龍王(LONGWANG)                   | 0519         | 2.54        | 7.17        | 73.67(ENE)  | 10.99       | 52.50(NE )  |
| 珍珠(CHANCHU)                    | 0601         | 4.02        | 10.89       | 139.72(SE ) | 13.96       | 127.50(SE ) |
| 艾維尼(EWINIAR)                   | 0603         | 1.35        | 5.51        | 62.93(ENE)  | 12.38       | 37.50(NE )  |
| 碧利斯(BILIS)                     | 0604         | 2.85        | 5.84        | 155.93(SSE) | 10.99       | 187.50(S )  |
| 凱米(KAEMI)                      | 0605         | 2.50        | 5.61        | 108.68(ESE) | 9.75        | 52.50(NE )  |
| 桑美(SAOMAI)及<br>寶發(Bopha)       | 0608<br>0609 | 1.59        | 6.02        | 98.25(E )   | 10.99       | 37.50(NE )  |
| 珊珊(SHANSHAN)                   | 0613         | 2.73        | 5.27        | 59.14(ENE)  | 10.99       | 52.50(NE )  |
| 帕布(PABUK)及<br>梧提(WUTIP)        | 0706<br>0707 | 6.60        | 8.02        | 92.28(E )   | 10.99       | 82.50(E )   |
| 聖帕(SEPAT)                      | 0708         | 3.52        | 9.84        | 66.70(ENE)  | 12.38       | 67.50(ENE)  |
| 韋帕(WIPHA)                      | 0712         | 2.42        | 5.59        | 132.12(SE ) | 9.75        | 37.50(NE )  |
| 柯羅莎(KROSA)                     | 0715         | 4.23        | 10.82       | 63.30(ENE)  | 13.96       | 67.50(ENE)  |
| 米塔(MITAG)                      | 0723         | 2.95        | 7.29        | 67.63(ENE)  | 10.99       | 37.50(NE )  |
| 卡玫基(KALMAEGI)                  | 0807         | 2.26        | 5.13        | 151.26(SSE) | 8.64        | 142.50(SE ) |
| 鳳凰(FUNG-WONG)                  | 0808         | 3.30        | 8.13        | 85.21(E )   | 12.38       | 172.50(S )  |
| 如麗(NURI)                       | 0812         | 2.48        | 4.91        | 105.85(ESE) | 10.99       | 52.50(NE )  |
| 辛樂克(SINLAKU)                   | 0813         | 3.31        | 8.00        | 89.01(E )   | 12.38       | 37.50(NE )  |
| 哈格比(HAGUPIT)                   | 0814         | 4.53        | 6.63        | 109.38(ESE) | 12.38       | 67.50(ENE)  |
| 薔蜜(JANGMI)                     | 0815         | 4.74        | 9.80        | 78.47(ENE)  | 12.38       | 67.50(ENE)  |
| 蓮花 (LINFA)                     | 0903         | 1.39        | 7.60        | 153.34(SSE) | 9.75        | 172.50(S )  |
| 莫拉菲(MOLAVE)                    | 0906         | 3.60        | 5.73        | 109.63(ESE) | 7.67        | 52.50(NE )  |
| 莫拉克(MORAKOT)                   | 0908         | 3.98        | 6.72        | 157.67(SSE) | 12.38       | 37.50(NE )  |
| 芭瑪(PARMA)                      | 0917         | 2.76        | 5.38        | 116.47(ESE) | 10.99       | 67.50(ENE)  |
| 萊羅克(LIONROCK)<br>及南修(NAMTHEUM) | 1006<br>1008 | 1.48        | 3.25        | 75.06(ENE)  | 8.64        | 67.50(ENE)  |
| 莫蘭蒂(MERANTI)                   | 1010         | 1.06        | 3.64        | 52.67(NE)   | 7.67        | 22.50(NNE)  |
| 凡那比(FANAPI)                    | 1011         | 1.87        | 3.54        | 72.48(ENE)  | 9.75        | 22.50(NNE)  |
| 梅姬(MEGI)                       | 1013         | 2.82        | 3.71        | 42.80(NE)   | 10.99       | 67.50(ENE)  |

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

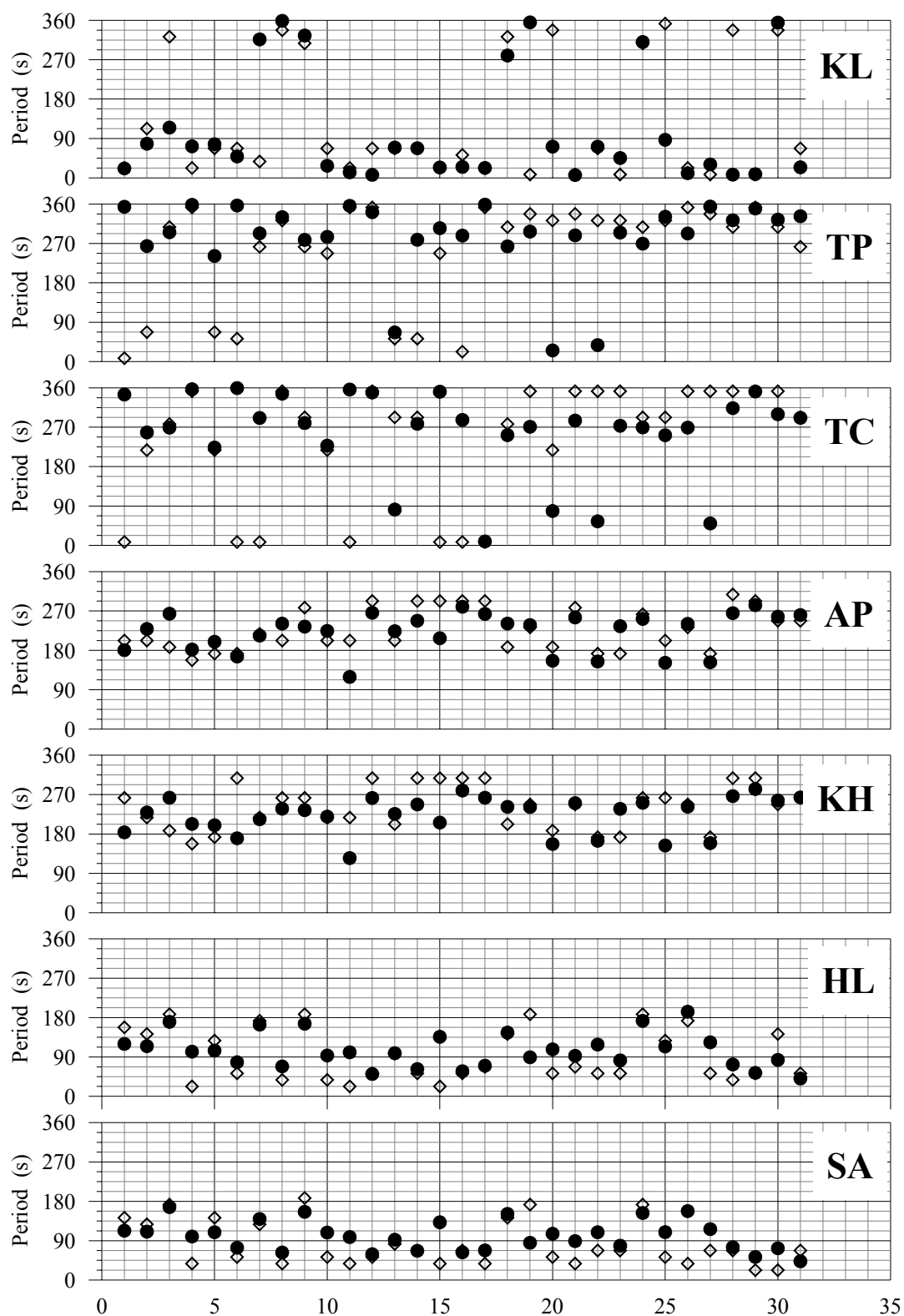


圖 3.2.14 2005 年~2010 年所有颱風期間最大波向分佈圖

(由上而下分別為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港，橫軸為 31 組颱風資料)

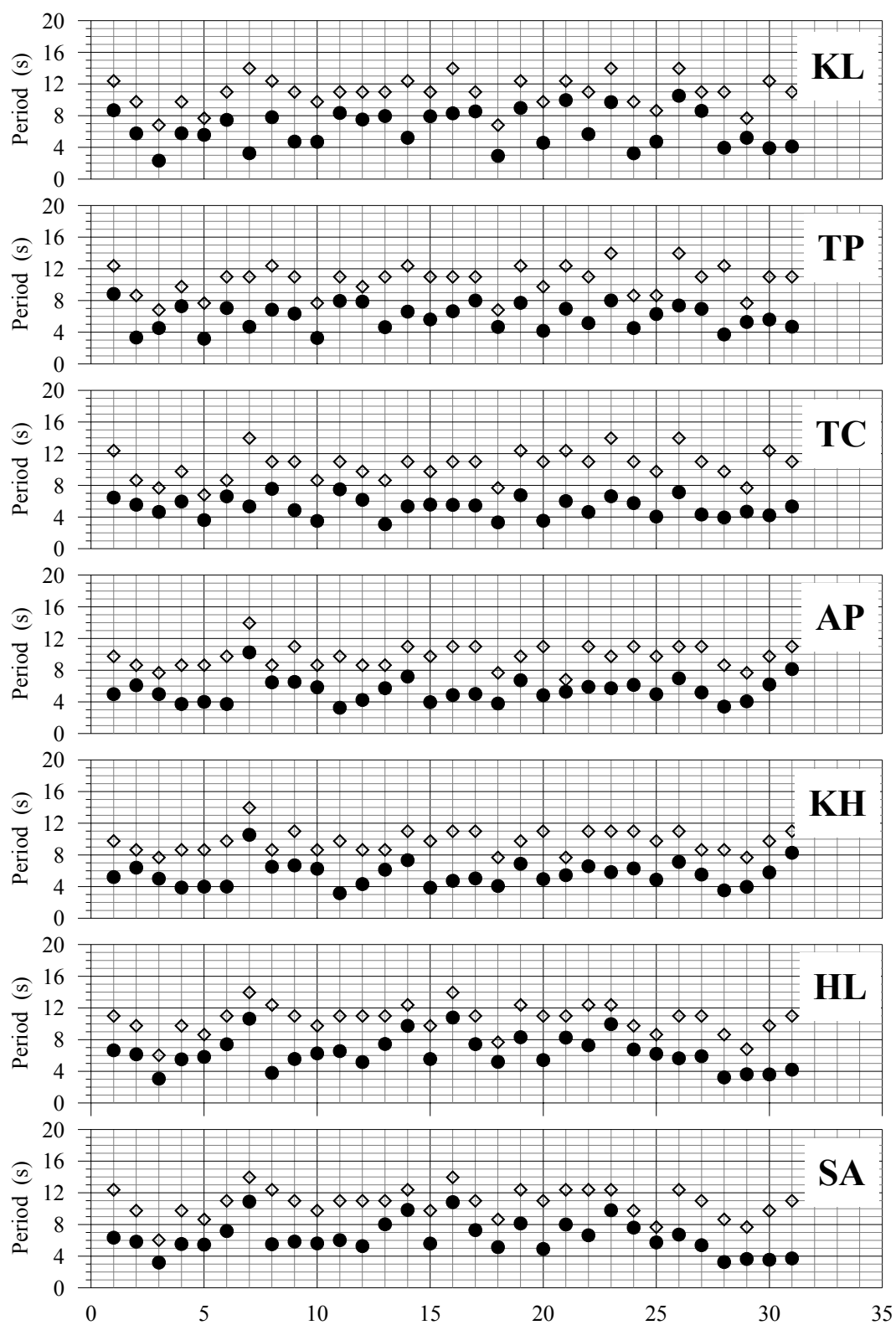


圖 3.2.15 2005 年~2010 年所有颱風期間最大週期分佈圖

(由上而下分別為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港，橫軸為 31 組颱風資料)

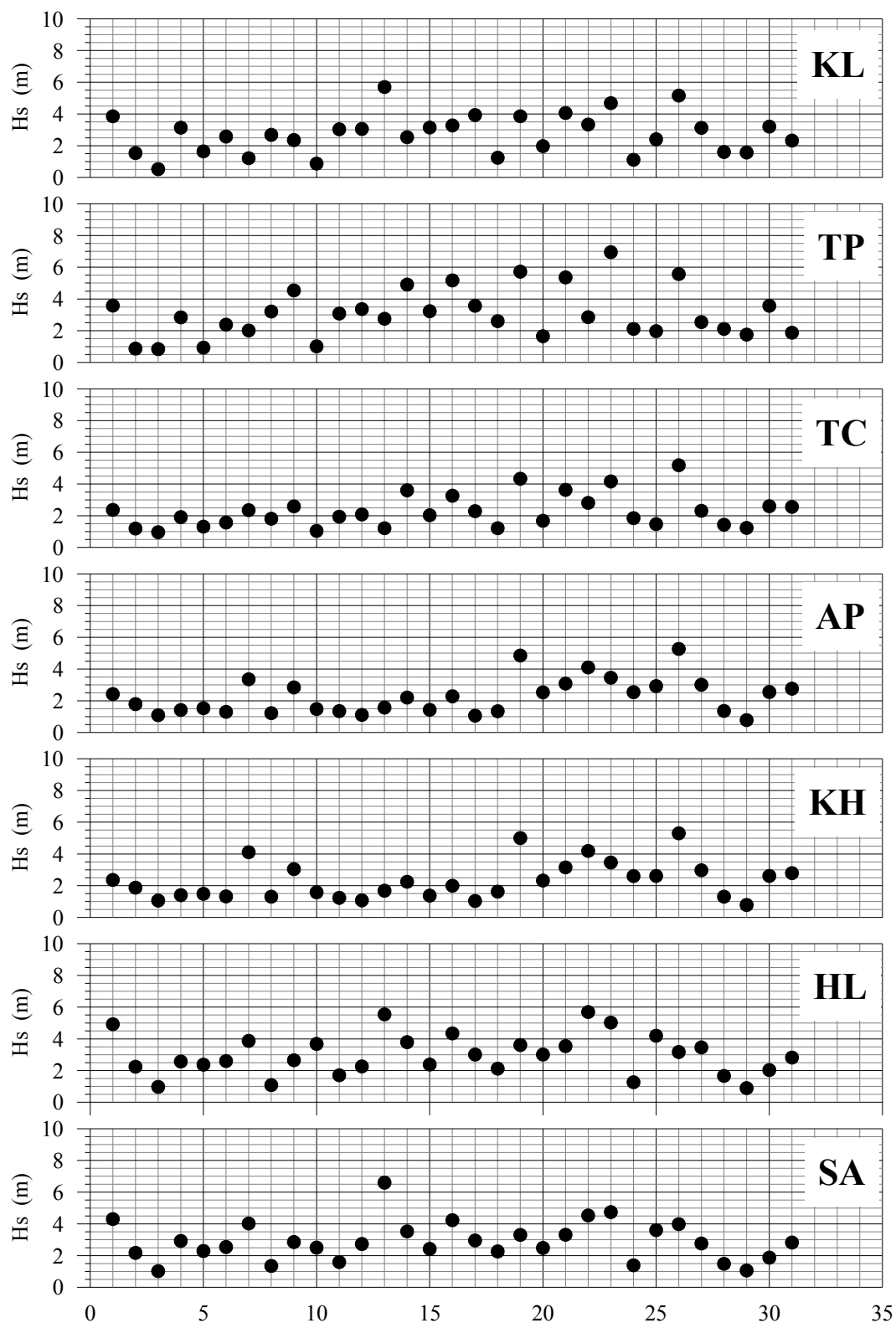


圖 3.2.16 2005 年~2010 年所有颱風期間最大示性波高分佈圖

(由上而下分別為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港，橫軸為 31 組颱風資料)

表 3.2.11 2005 年~2010 年颱風時期各商港各相關參數參考值

| 商港名稱 | 參數       | 最大示性波高(m) | 相對平均週期(s) | 最大譜峰週期(s) | 最大譜峰週期與相對平均週期比值 |
|------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| 基隆港  | 平均值      | 2.7291    | 6.3144    | 10.8806   | 1.9298          |
|      | 標準差      | 1.2595    | 2.3167    | 1.9747    | 0.7287          |
|      | 信賴區間     | 0.4434    | 0.8155    | 0.6951    | 0.2565          |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1625    | 0.1292    | 0.0639    | 0.1329          |
| 台北港  | 平均值      | 3.0620    | 5.9222    | 10.5107   | 1.8665          |
|      | 標準差      | 1.5658    | 1.6176    | 1.9280    | 0.4721          |
|      | 信賴區間     | 0.5512    | 0.5695    | 0.6787    | 0.1662          |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1800    | 0.0962    | 0.0646    | 0.0890          |
| 台中港  | 平均值      | 2.2566    | 5.2597    | 10.4958   | 2.0682          |
|      | 標準差      | 1.0494    | 1.2555    | 1.8892    | 0.4530          |
|      | 信賴區間     | 0.3694    | 0.4420    | 0.6650    | 0.1595          |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1637    | 0.0840    | 0.0634    | 0.0771          |
| 安平港  | 平均值      | 2.2569    | 5.4236    | 9.7013    | 1.8792          |
|      | 標準差      | 1.1308    | 1.5100    | 1.4650    | 0.4373          |
|      | 信賴區間     | 0.3981    | 0.5315    | 0.5157    | 0.1539          |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1764    | 0.0980    | 0.0532    | 0.0819          |
| 高雄港  | 平均值      | 2.2847    | 5.5505    | 9.6937    | 1.8401          |
|      | 標準差      | 1.1803    | 1.5690    | 1.4287    | 0.4405          |
|      | 信賴區間     | 0.4155    | 0.5523    | 0.5029    | 0.1551          |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1819    | 0.0995    | 0.0519    | 0.0843          |
| 花蓮港  | 平均值      | 2.9819    | 6.3574    | 10.5348   | 1.7717          |
|      | 標準差      | 1.2936    | 2.0660    | 1.8246    | 0.4819          |
|      | 信賴區間     | 0.4554    | 0.7273    | 0.6423    | 0.1696          |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1527    | 0.1144    | 0.0610    | 0.0957          |
| 蘇澳港  | 平均值      | 2.8898    | 6.3359    | 10.6980   | 1.7976          |
|      | 標準差      | 1.2324    | 2.0706    | 1.8528    | 0.4405          |
|      | 信賴區間     | 0.4338    | 0.7289    | 0.6522    | 0.1551          |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1501    | 0.1150    | 0.0610    | 0.0863          |

**表 3.2.12a 基隆港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)**

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| N    | 8    | 26%  | N    | 6    | 19%  |
| NNE  | 8    | 26%  | NNE  | 6    | 19%  |
| NE   | 2    | 6%   | NE   | 2    | 6%   |
| ENE  | 7    | 23%  | ENE  | 8    | 26%  |
| E    | 1    | 3%   | ESE  | 1    | 3%   |
| ESE  | 1    | 3%   | NW   | 4    | 13%  |
| W    | 1    | 3%   | NNW  | 4    | 13%  |
| NW   | 3    | 10%  |      |      |      |

**表 3.2.12b 台北港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)**

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| N    | 7    | 23%  | N    | 7    | 23%  |
| NNE  | 1    | 3%   | NNE  | 1    | 3%   |
| NE   | 1    | 3%   | NE   | 3    | 10%  |
| ENE  | 1    | 3%   | ENE  | 2    | 6%   |
| WSW  | 1    | 3%   | WSW  | 2    | 6%   |
| W    | 5    | 16%  | W    | 3    | 10%  |
| WNW  | 8    | 26%  |      |      |      |
| NW   | 3    | 10%  |      |      |      |
| NNW  | 4    | 13%  |      |      |      |

表 3.2.12c 台中港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| N    | 7    | 23%  | N    | 19   | 61%  |
| NE   | 2    | 6%   | SW   | 4    | 13%  |
| ENE  | 1    | 3%   | W    | 2    | 6%   |
| E    | 1    | 3%   | WNW  | 5    | 16%  |
| SW   | 2    | 6%   | NW   | 1    | 3%   |
| WSW  | 3    | 10%  |      |      |      |
| W    | 7    | 23%  |      |      |      |
| WNW  | 5    | 16%  |      |      |      |
| NW   | 1    | 3%   |      |      |      |
| NNW  | 2    | 6%   |      |      |      |

表 3.2.12d 安平港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| ESE  | 1    | 3%   | SSE  | 1    | 3%   |
| SSE  | 5    | 16%  | S    | 8    | 26%  |
| S    | 2    | 6%   | SSW  | 7    | 23%  |
| SSW  | 3    | 10%  | SW   | 3    | 10%  |
| SW   | 5    | 16%  | WSW  | 2    | 6%   |
| WSW  | 8    | 26%  | W    | 3    | 10%  |
| W    | 6    | 19%  | WNW  | 6    | 19%  |
| WNW  | 1    | 3%   | NW   | 1    | 3%   |

**表 3.2.12e 高雄港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)**

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| SE   | 1    | 3%   | SSE  | 1    | 3%   |
| SSE  | 4    | 13%  | S    | 6    | 19%  |
| S    | 2    | 6%   | SSW  | 2    | 6%   |
| SSW  | 4    | 13%  | SW   | 4    | 13%  |
| SW   | 4    | 13%  | WSW  | 4    | 13%  |
| WSW  | 9    | 29%  | W    | 6    | 19%  |
| W    | 6    | 19%  | NW   | 8    | 26%  |
| WNW  | 1    | 3%   |      |      |      |

**表 3.2.12f 花蓮港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)**

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| NE   | 3    | 10%  | NNE  | 3    | 10%  |
| ENE  | 6    | 19%  | NE   | 13   | 42%  |
| E    | 7    | 23%  | ENE  | 2    | 6%   |
| ESE  | 8    | 26%  | E    | 1    | 3%   |
| SE   | 2    | 6%   | SE   | 5    | 16%  |
| SSE  | 2    | 6%   | SSE  | 1    | 3%   |
| S    | 2    | 6%   | S    | 6    | 19%  |
| SSW  | 1    | 3%   |      |      |      |



表 3.2.12g 蘇澳港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| NE   | 2    | 6%   | NNE  | 2    | 6%   |
| ENE  | 9    | 29%  | NE   | 12   | 39%  |
| E    | 5    | 16%  | ENE  | 7    | 23%  |
| ESE  | 8    | 26%  | E    | 1    | 3%   |
| SE   | 2    | 6%   | SE   | 5    | 16%  |
| SSE  | 5    | 16%  | S    | 4    | 13%  |

表 3.2.13 2005 年~2009 年颱風時期安平港相對於高雄港之各相關參數比值

| 參 數          | 最大<br>示性波高(m) | 相對<br>平均週期(s) | 最大<br>譜峰週期(s) | 最大譜峰週期與<br>相對平均週期比值 |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| 平均值          | 0.9964        | 0.9791        | 1.0015        | 1.0245              |
| 標準差          | 0.0703        | 0.0355        | 0.0574        | 0.0761              |
| 信賴區間         | 0.0247        | 0.0125        | 0.0202        | 0.0268              |
| 信賴區間/平<br>均值 | 0.0248        | 0.0128        | 0.0202        | 0.0261              |

### 3.2.4 2005 年至 2010 年季風波浪的模擬

為了瞭解波浪預報對常時波浪的推算結果，本計畫針對 2005 年 1 月至 2010 年 10 月的所有風場進行波浪的推算。在考量區隔颱風波浪的前提下，本節主要針對該時期的季風波浪的模擬結果進行分析，其中包含夏季西南季風季節以 7 月為主，以及冬季冬季季風季節以翌年 12 月及該年 1 及 2 月為範圍。表 3.2-14 至表 3.2-20 所示依序為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港於推算期間冬季季風時期最大波浪參數值(表 a)及波向統計表(表 b)，表中的所示的角度及代碼均是以正北方向為  $0^\circ$  的航海座標系統所顯示的波浪來向。從各個表中可以看到，在冬季季風時期所推算的 17 個月裡，基隆港的最大平均波向以 NE、NNE 及 ESE 向為主，而最大主波方向則多分佈於 N 及 E 向為主。台北港的最大平均波向以 NNE 及 NE 向為主，但 SSE 及 NNW 亦佔相當比例，而最大主波方向則多分佈於 WSW、W 及 NW 向為主。台中港的最大平均波向以 W、WSW 及 WNW 為主，而最大主波方向則多分佈於 WSW 向。安平港的最大平均波向以 SW、SSW 及 WSW 為主，而最大主波方向則多分佈於 SSW 及 WSW 向。高雄港的最大平均波向以 SSW、SW 及 WSW 為主，而最大主波方向則多分佈於 SW 及 WSW 向。花蓮港的最大平均波向以 SSE、SE 及 NE 為主，而最大主波方向則多分佈於 SE、SSE 及 S 向。蘇澳港的最大平均波向以 SSE 及 SE 為主，而最大主波方向則多分佈於 SE 向。

表 3.2-21 為推算期間冬季季風時期針對各商港所推算之各相關參數最大值的統計值，各參數平均值之信賴區間均在 10% 以下。由於目前的統計分析方式僅係以各推算月份之全月份推算結果，擷取最大值進行分析，其代表性可能無法反應海象變化的時間特性，未來可能還需要設定各商港的極值統計分析的門檻值，使其更具意義。在東部及東北部海岸的基隆港、花蓮港與蘇澳港的平均波向及主波方向都相當集中，但其他商港如台北港、台中港、安平港及高雄港則相當分散，應與其位於相對較淺的水域以及台灣海峽內受到台灣的遮蔽與繞射效應有關。

**表 3.2.14a 基隆港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)**

| 月份      | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均波向(°)     | 譜峰<br>週期(s) | 主波方向(°)     |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2005/01 | 1.23        | 3.24        | 102.52(ESE) | 6.80        | 112.50(ESE) |
| 2005/02 | 1.53        | 3.65        | 43.42(NE )  | 7.67        | 352.50(N )  |
| 2005/12 | 1.91        | 4.04        | 52.23(NE )  | 6.80        | 7.50(N )    |
| 2006/01 | 2.36        | 4.36        | 33.58(NNE)  | 9.75        | 7.50(N )    |
| 2006/02 | 1.48        | 3.62        | 32.32(NNE)  | 6.80        | 7.50(N )    |
| 2006/12 | 2.48        | 4.59        | 87.42(E )   | 8.64        | 67.50(ENE)  |
| 2007/01 | 1.20        | 3.22        | 102.55(ESE) | 6.80        | 7.50(N )    |
| 2007/02 | 1.46        | 3.63        | 32.59(NNE)  | 6.80        | 7.50(N )    |
| 2007/12 | 1.26        | 3.34        | 31.78(NNE)  | 6.80        | 7.50(N )    |
| 2008/01 | 1.62        | 3.80        | 44.93(NE )  | 6.80        | 97.50(E )   |
| 2008/02 | 1.56        | 3.74        | 51.27(NE )  | 6.80        | 7.50(N )    |
| 2008/12 | 1.78        | 3.93        | 44.94(NE )  | 6.80        | 7.50(N )    |
| 2009/01 | 1.21        | 3.16        | 105.83(ESE) | 6.80        | 97.50(E )   |
| 2009/02 | 2.06        | 4.56        | 16.78(NNE)  | 7.67        | 7.50(N )    |
| 2009/12 | 1.49        | 3.62        | 37.41(NE )  | 6.80        | 7.50(N )    |
| 2010/01 | 1.30        | 3.39        | 45.59(NE )  | 7.67        | 82.50(E )   |
| 2010/02 | 1.62        | 3.79        | 34.63(NE )  | 7.67        | 7.50(N )    |

註：表列中之方向及方向代碼均為來向。

**表 3.2.14b 基隆港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)**

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| ESE  | 3    | 18%  | ESE  | 1    | 6%   |
| E    | 1    | 6%   | E    | 3    | 18%  |
| NE   | 8    | 47%  | ENE  | 1    | 6%   |
| NNE  | 5    | 29%  | N    | 12   | 71%  |

表 3.2.15a 台北港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

| 月份      | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均波向(°)     | 譜峰<br>週期(s) | 主波方向(°)     |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2005/01 | 1.18        | 3.03        | 106.72(ESE) | 7.67        | 37.50(NE )  |
| 2005/02 | 1.38        | 4.29        | 345.60(NNW) | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2005/12 | 1.53        | 3.59        | 42.06(NE )  | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2006/01 | 1.93        | 3.83        | 343.04(NNW) | 9.75        | 322.50(NW ) |
| 2006/02 | 1.40        | 3.48        | 18.57(NNE)  | 9.75        | 262.50(W )  |
| 2006/12 | 1.54        | 3.33        | 87.07(E )   | 8.64        | 322.50(NW ) |
| 2007/01 | 1.24        | 3.60        | 17.75(NNE)  | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 2007/02 | 1.21        | 3.36        | 357.68(N )  | 7.67        | 262.50(W )  |
| 2007/12 | 1.27        | 4.06        | 2.57(N )    | 7.67        | 52.50(NE )  |
| 2008/01 | 1.41        | 3.47        | 35.16(NE )  | 8.64        | 262.50(W )  |
| 2008/02 | 1.38        | 3.33        | 42.74(NE )  | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2008/12 | 1.30        | 3.28        | 32.41(NNE)  | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2009/01 | 1.20        | 3.04        | 104.13(ESE) | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 2009/02 | 2.25        | 4.50        | 0.99(N )    | 7.67        | 352.50(N )  |
| 2009/12 | 1.22        | 3.92        | 1.86(N )    | 7.67        | 262.50(W )  |
| 2010/01 | 1.34        | 3.62        | 2.79(N )    | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2010/02 | 1.38        | 4.32        | 356.79(N )  | 8.64        | 307.50(NW ) |

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

表 3.2.15b 台北港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| ESE  | 2    | 12%  | WSW  | 7    | 41%  |
| NNW  | 2    | 12%  | W    | 4    | 24%  |
| E    | 1    | 6%   | NW   | 3    | 18%  |
| NNE  | 3    | 18%  | N    | 1    | 6%   |
| NE   | 3    | 18%  | NE   | 2    | 12%  |

**表 3.2.16a 台中港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)**

| 月份      | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期<br>(s) | 平均波向(°)     | 譜峰<br>週期(s) | 主波方向(°)     |
|---------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| 2005/01 | 1.13        | 3.77            | 284.56(WNW) | 7.67        | 22.50(NNE)  |
| 2005/02 | 1.47        | 6.40            | 264.56(W )  | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2005/12 | 1.36        | 3.50            | 263.01(W )  | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2006/01 | 1.55        | 4.54            | 250.85(WSW) | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2006/02 | 1.84        | 3.98            | 302.75(WNW) | 9.75        | 247.50(WSW) |
| 2006/12 | 1.45        | 4.43            | 273.13(W )  | 8.64        | 352.50(N )  |
| 2007/01 | 1.22        | 3.58            | 266.42(W )  | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 2007/02 | 1.27        | 5.64            | 263.30(W )  | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 2007/12 | 1.26        | 3.66            | 285.07(WNW) | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 2008/01 | 1.61        | 5.29            | 272.89(W )  | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2008/02 | 1.51        | 3.66            | 352.44(N )  | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2008/12 | 1.37        | 3.90            | 244.78(WSW) | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2009/01 | 1.28        | 3.42            | 245.99(WSW) | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 2009/02 | 1.56        | 3.65            | 5.26(N )    | 7.67        | 352.50(N )  |
| 2009/12 | 1.15        | 3.44            | 254.49(WSW) | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 2010/01 | 1.36        | 4.53            | 266.02(W )  | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2010/02 | 1.33        | 3.87            | 277.03(W )  | 8.64        | 22.50(NNE)  |

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

**表 3.2.16b 台中港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)**

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| WSW  | 4    | 24%  | WSW  | 13   | 76%  |
| W    | 8    | 47%  | NNE  | 2    | 12%  |
| WNW  | 3    | 18%  | NNE  | 2    | 12%  |
| N    | 2    | 12%  |      |      |      |

**表 3.2.17a 安平港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)**

| 月份      | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均波向(°)     | 譜峰<br>週期(s) | 主波方向(°)     |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2005/01 | 1.56        | 4.20        | 210.26(SSW) | 8.64        | 202.50(SSW) |
| 2005/02 | 2.01        | 7.15        | 242.92(WSW) | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2005/12 | 2.46        | 3.90        | 211.85(SSW) | 9.75        | 217.50(SW ) |
| 2006/01 | 2.17        | 6.12        | 225.90(SW ) | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2006/02 | 2.41        | 7.07        | 235.66(SW ) | 9.75        | 247.50(WSW) |
| 2006/12 | 2.11        | 5.91        | 232.58(SW ) | 9.75        | 202.50(SSW) |
| 2007/01 | 1.79        | 5.35        | 218.22(SW ) | 9.75        | 202.50(SSW) |
| 2007/02 | 1.57        | 5.70        | 248.27(WSW) | 7.67        | 202.50(SSW) |
| 2007/12 | 1.73        | 4.01        | 189.37(S )  | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 2008/01 | 2.36        | 7.14        | 235.99(SW ) | 10.99       | 217.50(SW ) |
| 2008/02 | 1.99        | 6.33        | 230.04(SW ) | 9.75        | 217.50(SW ) |
| 2008/12 | 2.15        | 4.31        | 199.18(SSW) | 9.75        | 202.50(SSW) |
| 2009/01 | 1.95        | 4.22        | 215.20(SW ) | 9.75        | 202.50(SSW) |
| 2009/02 | 1.84        | 6.01        | 237.66(WSW) | 7.67        | 247.50(WSW) |
| 2009/12 | 1.79        | 4.37        | 223.68(SW ) | 7.67        | 202.50(SSW) |
| 2010/01 | 1.93        | 5.72        | 215.22(SW ) | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2010/02 | 1.68        | 6.47        | 232.00(SW ) | 8.64        | 247.50(WSW) |

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

**表 3.2.17b 安平港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)**

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| S    | 1    | 6%   | SSW  | 7    | 41%  |
| SSW  | 3    | 18%  | SW   | 3    | 18%  |
| SW   | 10   | 59%  | WSW  | 7    | 41%  |
| WSW  | 3    | 18%  |      |      |      |

**表 3.2.18a 高雄港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)**

| 月份      | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均波向(°)     | 譜峰<br>週期(s) | 主波方向(°)     |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2005/01 | 1.71        | 4.25        | 198.76(SSW) | 8.64        | 217.50(SW ) |
| 2005/02 | 2.06        | 7.18        | 243.26(WSW) | 8.64        | 247.50(WSW) |
| 2005/12 | 2.74        | 3.65        | 207.90(SSW) | 10.99       | 232.50(SW ) |
| 2006/01 | 2.26        | 6.48        | 226.06(SW ) | 9.75        | 247.50(WSW) |
| 2006/02 | 2.55        | 7.43        | 236.45(WSW) | 9.75        | 247.50(WSW) |
| 2006/12 | 2.21        | 5.34        | 232.65(SW ) | 9.75        | 217.50(SW ) |
| 2007/01 | 2.05        | 4.80        | 197.86(SSW) | 9.75        | 217.50(SW ) |
| 2007/02 | 1.53        | 5.80        | 250.75(WSW) | 8.64        | 217.50(SW ) |
| 2007/12 | 1.84        | 4.16        | 186.55(S )  | 8.64        | 217.50(SW ) |
| 2008/01 | 2.45        | 7.04        | 237.57(WSW) | 10.99       | 247.50(WSW) |
| 2008/02 | 2.18        | 5.45        | 207.91(SSW) | 9.75        | 217.50(SW ) |
| 2008/12 | 2.26        | 4.39        | 204.18(SSW) | 10.99       | 172.50(S )  |
| 2009/01 | 2.08        | 3.63        | 198.16(SSW) | 9.75        | 217.50(SW ) |
| 2009/02 | 1.99        | 4.99        | 231.72(SW ) | 8.64        | 217.50(SW ) |
| 2009/12 | 1.86        | 4.33        | 223.46(SW ) | 8.64        | 217.50(SW ) |
| 2010/01 | 2.13        | 5.93        | 212.29(SSW) | 9.75        | 217.50(SW ) |
| 2010/02 | 1.77        | 6.71        | 230.18(SW ) | 8.64        | 247.50(WSW) |

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

**表 3.2.18b 高雄港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)**

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| WSW  | 4    | 24%  | WSW  | 5    | 29%  |
| SW   | 5    | 29%  | SW   | 11   | 65%  |
| SSW  | 7    | 41%  | S    | 1    | 6%   |
| S    | 1    | 6%   |      |      |      |

表 3.2.19a 花蓮港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

| 月份      | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均波向(°)     | 譜峰<br>週期(s) | 主波方向(°)     |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2005/01 | 2.37        | 4.74        | 155.78(SSE) | 8.64        | 172.50(S )  |
| 2005/02 | 1.76        | 3.95        | 141.87(SE ) | 9.75        | 157.50(SSE) |
| 2005/12 | 3.34        | 4.84        | 153.64(SSE) | 10.99       | 157.50(SSE) |
| 2006/01 | 2.72        | 5.34        | 147.84(SSE) | 9.75        | 142.50(SE ) |
| 2006/02 | 2.60        | 4.65        | 151.19(SSE) | 9.75        | 172.50(S )  |
| 2006/12 | 2.70        | 4.81        | 103.28(ESE) | 10.99       | 142.50(SE ) |
| 2007/01 | 2.75        | 4.79        | 148.87(SSE) | 9.75        | 157.50(SSE) |
| 2007/02 | 1.89        | 4.04        | 45.95(NE )  | 8.64        | 142.50(SE ) |
| 2007/12 | 2.53        | 4.56        | 148.86(SSE) | 7.67        | 37.50(NE )  |
| 2008/01 | 1.95        | 4.01        | 48.07(NE )  | 10.99       | 142.50(SE ) |
| 2008/02 | 2.35        | 4.19        | 140.62(SE ) | 9.75        | 142.50(SE ) |
| 2008/12 | 2.39        | 4.26        | 146.08(SE ) | 10.99       | 142.50(SE ) |
| 2009/01 | 2.56        | 4.65        | 150.26(SSE) | 10.99       | 157.50(SSE) |
| 2009/02 | 1.96        | 4.07        | 47.16(NE )  | 8.64        | 142.50(SE ) |
| 2009/12 | 2.40        | 4.86        | 154.14(SSE) | 9.75        | 157.50(SSE) |
| 2010/01 | 2.29        | 4.45        | 151.20(SSE) | 9.75        | 172.50(S )  |
| 2010/02 | 1.72        | 3.75        | 140.63(SE ) | 8.64        | 157.50(SSE) |

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

表 3.2.19b 花蓮港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| SSE  | 9    | 53%  | SSE  | 6    | 35%  |
| SE   | 4    | 24%  | SE   | 7    | 41%  |
| ESE  | 1    | 6%   | S    | 3    | 18%  |
| NE   | 3    | 18%  | NE   | 1    | 6%   |



**表 3.2.20a 蘇澳港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)**

| 月份      | 示性<br>波高(m) | 平均<br>週期(s) | 平均波向(°)     | 譜峰<br>週期(s) | 主波方向(°)     |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2005/01 | 2.36        | 4.66        | 151.45(SSE) | 8.64        | 157.50(SSE) |
| 2005/02 | 2.03        | 4.21        | 148.05(SSE) | 9.75        | 142.50(SE ) |
| 2005/12 | 3.48        | 5.47        | 146.30(SSE) | 9.75        | 127.50(SE ) |
| 2006/01 | 2.79        | 5.10        | 139.89(SE ) | 9.75        | 127.50(SE ) |
| 2006/02 | 2.67        | 4.82        | 144.33(SE ) | 9.75        | 142.50(SE ) |
| 2006/12 | 2.71        | 4.78        | 99.69(E )   | 10.99       | 127.50(SE ) |
| 2007/01 | 2.74        | 4.78        | 148.67(SSE) | 9.75        | 142.50(SE ) |
| 2007/02 | 1.74        | 4.14        | 136.98(SE ) | 8.64        | 142.50(SE ) |
| 2007/12 | 2.48        | 4.64        | 145.15(SE ) | 7.67        | 157.50(SSE) |
| 2008/01 | 1.91        | 4.01        | 45.40(NE )  | 10.99       | 127.50(SE ) |
| 2008/02 | 2.26        | 4.45        | 151.65(SSE) | 9.75        | 127.50(SE ) |
| 2008/12 | 2.40        | 4.66        | 144.40(SE ) | 9.75        | 142.50(SE ) |
| 2009/01 | 2.55        | 4.76        | 143.03(SE ) | 9.75        | 127.50(SE ) |
| 2009/02 | 1.88        | 3.95        | 43.53(NE )  | 8.64        | 37.50(NE )  |
| 2009/12 | 2.39        | 4.94        | 147.10(SSE) | 9.75        | 142.50(SE ) |
| 2010/01 | 2.33        | 4.52        | 149.34(SSE) | 9.75        | 142.50(SE ) |
| 2010/02 | 1.88        | 4.08        | 141.67(SE ) | 8.64        | 142.50(SE ) |

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

**表 3.2.20b 蘇澳港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)**

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波 向  | 出現次數 | 出現比例 | 波 向  | 出現次數 | 出現比例 |
| SSE  | 7    | 41%  | SSE  | 2    | 12%  |
| SE   | 7    | 41%  | SE   | 14   | 82%  |
| E    | 1    | 6%   | NE   | 1    | 6%   |
| NE   | 2    | 12%  |      |      |      |

**表 3.2.21 2005 年~2009 年冬季季風時期各商港各相關參數參考值**

| 商港<br>名稱 | 參 數      | 最大<br>示性波高(m) | 相對<br>平均週期(s) | 最大<br>譜峰週期(s) | 最大譜峰週期與<br>相對平均週期比值 |
|----------|----------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| 基隆港      | 平均值      | 1.6207        | 3.7442        | 7.2876        | 1.9564              |
|          | 標準差      | 0.3861        | 0.4402        | 0.8310        | 0.1867              |
|          | 信賴<br>區間 | 0.1456        | 0.1660        | 0.3135        | 0.0704              |
| 台北港      | 平均值      | 1.4209        | 3.6494        | 8.3720        | 2.3234              |
|          | 標準差      | 0.2778        | 0.4416        | 0.6996        | 0.3153              |
|          | 信賴<br>區間 | 0.1048        | 0.1666        | 0.2639        | 0.1189              |
| 台中港      | 平均值      | 1.3961        | 4.1915        | 8.3073        | 2.0403              |
|          | 標準差      | 0.1821        | 0.8574        | 0.6097        | 0.3320              |
|          | 信賴<br>區間 | 0.0687        | 0.3234        | 0.2300        | 0.1252              |
| 安平港      | 平均值      | 1.9712        | 5.5290        | 9.0057        | 1.6945              |
|          | 標準差      | 0.2789        | 1.1515        | 0.9859        | 0.3928              |
|          | 信賴<br>區間 | 0.1052        | 0.4343        | 0.3719        | 0.1482              |
| 高雄港      | 平均值      | 2.0979        | 5.3850        | 9.5108        | 1.8637              |
|          | 標準差      | 0.3096        | 1.2499        | 0.8719        | 0.5005              |
|          | 信賴<br>區間 | 0.1168        | 0.4714        | 0.3289        | 0.1888              |
| 花蓮港      | 平均值      | 2.3689        | 4.4682        | 9.7288        | 2.1911              |
|          | 標準差      | 0.4181        | 0.4222        | 1.0262        | 0.2744              |
|          | 信賴<br>區間 | 0.1577        | 0.1593        | 0.3871        | 0.1035              |
| 蘇澳港      | 平均值      | 2.3877        | 4.5867        | 9.5099        | 2.0860              |
|          | 標準差      | 0.4338        | 0.4098        | 0.8402        | 0.2416              |
|          | 信賴<br>區間 | 0.1636        | 0.1546        | 0.3169        | 0.0911              |

表 3.2.22 各商港夏季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

| 商港名稱 | 月份      | 示性波高(m) | 平均週期(s) | 平均波向(°)      | 譜峰週期(s) | 主波方向(°)     |
|------|---------|---------|---------|--------------|---------|-------------|
| 基隆港  | 2005/07 | 4.86    | 5.69    | 357.12(N )   | 13.96   | 337.50(NNW) |
|      | 2006/07 | 2.59    | 3.47    | 355.38(N )   | 15.74   | 337.50(NNW) |
|      | 2007/07 | 2.88    | 4.94    | 13.79(NNE)   | 13.96   | 337.50(NNW) |
|      | 2008/07 | 4.18    | 4.31    | 347.86(NNW)  | 12.38   | 337.50(NNW) |
|      | 2009/07 | 1.74    | 4.48    | 8.53(N )     | 8.64    | 352.50(N )  |
|      | 2010/07 | 1.47    | 3.66    | 62.38(ENE)   | 7.67    | 37.50(NE )  |
| 台北港  | 2005/07 | 4.60    | 9.06    | 332.12(NNW)  | 13.96   | 322.50(NW ) |
|      | 2006/07 | 3.24    | 4.37    | 308.07(NW)   | 15.74   | 337.50(NNW) |
|      | 2007/07 | 2.59    | 7.71    | 324.16(NW)   | 13.96   | 322.50(NW ) |
|      | 2008/07 | 4.25    | 5.41    | 322.45(NW)   | 12.38   | 322.50(NW ) |
|      | 2009/07 | 2.29    | 3.96    | 319.70(NW)   | 8.64    | 322.50(NW ) |
|      | 2010/07 | 1.61    | 4.55    | 351.01(N)    | 7.67    | 22.50(NNE)  |
| 台中港  | 2005/07 | 3.43    | 7.14    | 307.33(NW )  | 13.96   | 352.50(N )  |
|      | 2006/07 | 2.41    | 4.98    | 286.79(WNW)  | 12.38   | 352.50(N )  |
|      | 2007/07 | 1.53    | 4.12    | 337.26(NNW)  | 13.96   | 352.50(N )  |
|      | 2008/07 | 2.80    | 4.69    | 332.38(NNW)  | 12.38   | 352.50(N )  |
|      | 2009/07 | 1.46    | 3.33    | 316.99(NW )  | 8.64    | 352.50(N )  |
|      | 2010/07 | 1.39    | 3.16    | 59.60(ENE)   | 7.67    | 7.50(N )    |
| 安平港  | 2005/07 | 4.42    | 4.33    | 264.25(W )   | 12.38   | 217.50(SW ) |
|      | 2006/07 | 2.62    | 6.67    | 257.44(WSW)  | 10.99   | 247.50(WSW) |
|      | 2007/07 | 1.45    | 3.43    | 255.95(WSW)  | 9.75    | 277.50(W )  |
|      | 2008/07 | 2.40    | 6.42    | 248.380(WSW) | 10.99   | 247.50(WSW) |
|      | 2009/07 | 1.39    | 3.58    | 236.04(SW )  | 9.75    | 292.50(WNW) |
|      | 2010/07 | 1.20    | 2.88    | 93.44(E )    | 8.64    | 292.50(WNW) |
| 高雄港  | 2005/07 | 4.51    | 5.17    | 264.49(W )   | 12.38   | 217.50(SW ) |
|      | 2006/07 | 2.63    | 6.37    | 259.94(W )   | 10.99   | 247.50(WSW) |
|      | 2007/07 | 1.43    | 3.27    | 267.07(W )   | 12.38   | 322.50(NW ) |
|      | 2008/07 | 2.44    | 6.53    | 249.63(WSW)  | 10.99   | 247.50(WSW) |
|      | 2009/07 | 1.35    | 3.47    | 200.45(SSW)  | 9.75    | 277.50(W )  |
|      | 2010/07 | 1.00    | 2.66    | 102.72(ESE)  | 8.64    | 307.50(NW ) |
| 花蓮港  | 2005/07 | 3.02    | 3.85    | 41.61(NE )   | 12.38   | 22.50(NNE)  |
|      | 2006/07 | 2.56    | 5.23    | 57.97(ENE)   | 13.96   | 22.50(NNE)  |
|      | 2007/07 | 2.14    | 5.41    | 70.41(ENE)   | 9.75    | 142.50(SE ) |
|      | 2008/07 | 2.18    | 4.30    | 84.19(E )    | 10.99   | 307.50(NW ) |
|      | 2009/07 | 1.41    | 3.62    | 151.26(SSE)  | 8.64    | 187.50(S )  |
|      | 2010/07 | 2.43    | 4.63    | 75.53(ENE)   | 7.67    | 67.50(ENE)  |
| 蘇澳港  | 2005/07 | 3.16    | 3.88    | 68.88(ENE)   | 13.96   | 112.50(ESE) |
|      | 2006/07 | 2.49    | 4.75    | 56.10(NE )   | 12.38   | 67.50(ENE)  |
|      | 2007/07 | 2.16    | 5.32    | 66.02(ENE)   | 9.75    | 22.50(NNE)  |
|      | 2008/07 | 2.13    | 4.36    | 61.34(ENE)   | 10.99   | 22.50(NNE)  |
|      | 2009/07 | 1.44    | 3.70    | 149.35(SSE)  | 8.64    | 22.50(NNE)  |
|      | 2010/07 | 2.30    | 4.75    | 80.55(E )    | 7.67    | 37.50(NE )  |

### 3.3 臺灣主要港口近岸及港內波浪模擬

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。

針對近岸海域小尺度網格波浪模擬，由於所考慮的模擬範圍較大，在兼顧作業化需求及運算速度之考量下，本計畫選取 Kirby and Dalrymple (1983) 依據拋物線型緩坡方程式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。由於此類型波浪模式本身不僅具有較快速且穩定的數值計算，同時可適用於較大的空間尺度之波浪場模擬，因此非常適合於本計畫之線上作業化，並可承接本計畫全域波浪預報模式 (WAN & SWAN) 預報模擬結果，將近海波浪推算至岸邊。

針對港口及港內波浪模擬，在考量港池形狀之不規則性及港池構造物對波浪反射之影響，本計畫選取以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素法波浪模式為本計畫之港域波浪模式，此類型波浪模式不僅可以準確地模擬波浪之折、繞現象，同時可以模擬波浪受到港域構造物影響所產生的反射現象。唯此類型波浪數值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，因而尚無法滿足本計畫 TaiCOMS 之線上作業需求，針對此問題本計畫另以建立港域波浪相關模式因應之。現階段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。針對本計畫所採用的近岸區域波浪模式及港域波浪模式之基本理論簡述如下：

### 3.3.1 近岸區域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，波浪傳播僅適用於給定波向之  $45^\circ$  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  $60^\circ$  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：

$$\begin{aligned} (C_g + U)A_x + VA_y + i(\bar{k} - k)(C_g + U)A + \frac{\sigma}{2} \left\{ \left( \frac{C_g + U}{\sigma} \right)_x + \left( \frac{V}{\sigma} \right)_y \right\} A \\ - \frac{i}{2\sigma} [(p - V^2)A_y]_y - \sigma \frac{k^2}{2} D|A|^2 A = 0 \end{aligned} \quad \dots (3.3.1)$$

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)， $\omega$  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

$$D = \frac{\cosh(4kh) + 8 - 2 \tanh^2(kh)}{8 \sinh^4(kh)} \quad \dots (3.3.2)$$

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：

$$\begin{aligned}
& (C_g + U)A_x - 2\Delta_1 VA_y + i(\bar{k} - a_0 k)(C_g + U)A + \left\{ \frac{\sigma}{2} \left( \frac{C_g + U}{\sigma} \right)_x - \Delta_1 \sigma \left( \frac{V}{\sigma} \right)_y \right\} A \\
& + i\Delta' \left\{ \left[ (p - V^2) \left( \frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_y - i\Delta_1 \left\{ \left[ UV \left( \frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_x + \left[ UV \left( \frac{A}{\sigma} \right)_x \right]_y \right\} \right\} \\
& + i\sigma \frac{k^2}{2} D|A|^2 A + \frac{\nu}{2} A + \frac{-b_1}{k} \left\{ \left[ (p - V^2) \left( \frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_{yx} + 2i \left[ \sigma V \left( \frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_x \right\} \\
& + b_1 \beta \left\{ 2i\omega U \left( \frac{A}{\sigma} \right)_x + 2i\sigma V \left( \frac{A}{\sigma} \right)_y - 2UV \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{xy} + \left[ (p - V^2) \left( \frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_y \right\} \\
& - \frac{i}{k} b_1 [(\omega V)_y + 3(\omega U)_x] \left( \frac{A}{\sigma} \right)_x - \Delta_2 \left[ \omega U \left( \frac{A}{\sigma} \right)_x + \frac{1}{2} \omega U_x \left( \frac{A}{\sigma} \right) \right] \\
& + ik\omega U(a_0 - 1) \left( \frac{A}{\sigma} \right) = 0
\end{aligned} \tag{3.3.3}$$

式中

$$\beta = \frac{k_x}{k^2} + \frac{\left| k(p - U^2) \right|_x}{2k^2(p - U^2)} \tag{3.3.4}$$

$$\Delta_1 = a_1 - b_1, \quad \Delta_2 = 1 + 2a_1 - 2b_1, \quad \Delta' = a_1 - b_1 \frac{\bar{k}}{k} \tag{3.3.5}$$

上述各式中， $\nu$ 為波浪消散因子，可依據能量消散特性給定不同的型式。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

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{i}{k} \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \nu A \tag{3.3.6}$$

式中 $i = \sqrt{-1}$ 。

本計畫 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 $\Delta x$ 及 $\Delta y$ 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 $(x, y)$  ( $x$ ,

y)，如圖 3.3.1 所示，惟模式計算所需之地形可以輸入具  $(x_i, y_j)$  座標，其中  $x_i = (i-1)\Delta x$ ， $y_j = (j-1)\Delta y$ 。

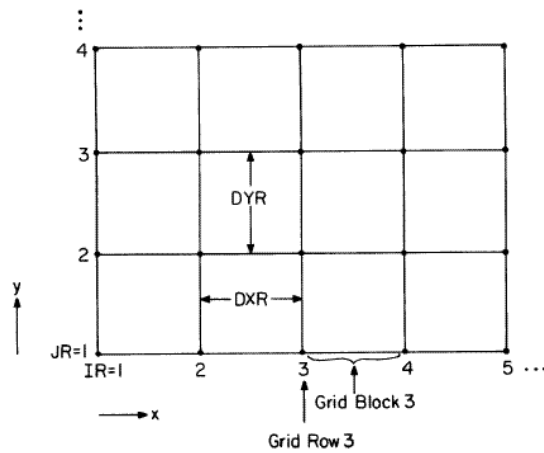


圖 3.3.1 REF/DIF 數值計算網格座標系統

### 3.3.2 港域波浪模式之基本理論

當波浪自外海傳播至港域時，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 4.2 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，且不考慮波浪的碎波現象。

如圖 3.3.2 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

$$\eta_j(x, y, t) = f_j(x, y)e^{i\omega t}, \quad j=1, 2 \quad \dots\dots\dots(3.3.7)$$

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， $\omega$  為入射波之角頻率  $\omega = 2\pi/T$ ， $T$  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：

$$\nabla^2 f_1 + K_1^2 f_1 = 0 \quad , \quad \text{在領域(I)內} \quad \dots\dots\dots(3.3.8)$$

$$\nabla \cdot (C_2 C_{2g} \nabla \phi) + (C_2 C_{2g} K_2^2 + i\omega\mu + iC_{2g}\omega\gamma)\phi = 0 \quad , \quad \text{在領域(II)內} \quad \dots\dots(3.3.9)$$

式中  $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$  為二維梯度運算子， $\mu$  為摩擦因子， $\gamma$  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( $=\kappa C_2$ )。其中  $\kappa$  定義為

$$\kappa = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2K_2 h_2}{\sinh 2K_2 h_2} \right) \quad \dots\dots\dots(3.3.10)$$

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

$$\mu = \frac{2\kappa\omega}{K_2} \left( \frac{2f_r}{3\pi} \frac{\alpha K_2^2}{(2K_2 h_2 + \sinh 2K_2 h_2) \sinh K_2 h_2} \right) \quad \dots\dots\dots(3.3.11)$$

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

$$\gamma = \frac{\chi}{h_2} \left( 1 - \frac{\Gamma^2 h_2^2}{4a^2} \right) \quad \dots\dots\dots(3.3.12)$$

式中  $\chi$  及  $\Gamma$  分別為經驗常數(其值分別採用 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：

$$f_1 = f_2 \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \quad \dots\dots\dots(3.3.13)$$

$$C_1 C_{1g} \frac{\partial f_1}{\partial n} = -C_2 C_{2g} \frac{\partial f_2}{\partial n} \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \quad \dots\dots\dots(3.3.14)$$

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：

$$\frac{\partial f_2}{\partial n} = -i\alpha K_2 f_2 \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_2 \text{ 上} \quad \dots\dots\dots(3.3.15)$$

式中  $n$  表示邊界面上離開領域向外之單位法線向量， $\alpha$  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：



$$\alpha = \frac{1 - K_r}{1 + K_r} \dots\dots\dots(3.3.16)$$

式中  $K_r$  為邊界之反射係數。

在領域(I)內波浪水位函數  $f_i$  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  $f_i$  可表示

$$f_i = f_I + f_R + f_S \dots\dots\dots(3.3.17)$$

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：

$$\lim_{K_1 r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left( \frac{\partial}{\partial r} + iK_1 \right) f_S = 0 \dots\dots\dots(3.3.18)$$

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  $\theta^\circ$  角度，其複數表示為：

$$\eta^I(x, y; t) = A^I e^{-i[K_1(x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0) - \omega t]} \dots\dots\dots(3.3.19)$$

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)。

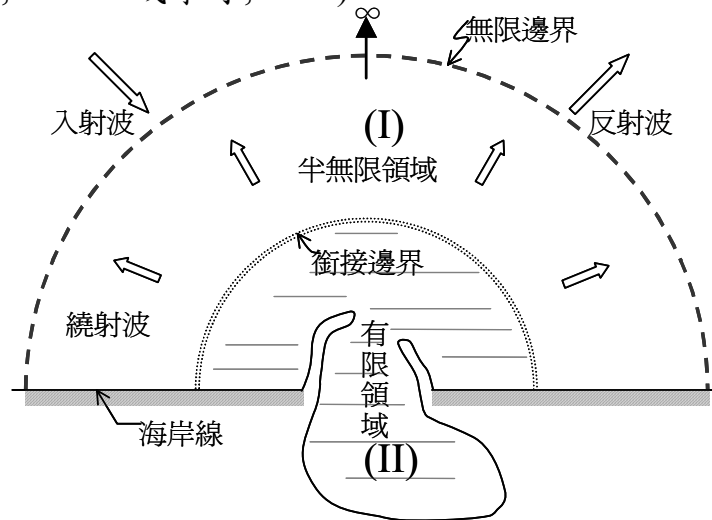


圖 3.3.2 港域波浪模式計算領域示意圖

### 3.3.3 歷年近岸港區及港內波浪模擬成果

本年度為四年期計畫「臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化研究」之第四年，以下僅將歷年研究近岸港區及港內波浪成果摘要整理敘述。

#### 3.3.3.1 近岸港區及港內波浪模式模擬範圍

本計畫小尺度波浪場模擬包括模擬範圍較大之各港區周圍近岸波浪場模擬及模擬範圍較小之各港域(港口及港內)波浪場模擬，前者數值計算方法為有限差分法，其模擬範圍為矩形領域；後者數值計算方法為有限元素法，其模擬範圍在港口及海岸線外為一半圓形領域。

針對各港區近岸港區波浪場模擬範圍及港域波浪場模擬範圍之選取說明如下：港區周圍近岸波浪模擬範圍大小之選取，除了考慮各港口面積大小及形狀外，同時需要考慮海岸線走向及波浪可能來向，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。另外，港域波浪模式模擬範圍之選取則考量各港口海岸地形、港口形狀與方向及兼顧模式理論之基本假設(如平直海岸線及半圓無限領域等)等因素。圖 3.3.4 至圖 3.3.10 所示分別為本計畫基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等七大港口近岸港區波浪模式及港域波浪模式模擬範圍，其中藍色粗線條之矩形範圍代表近岸港區波浪模式模擬範圍，紅色粗線條包圍之範圍代表港域波浪模式模擬範圍。

#### 3.3.3.2 近岸港區及港內波浪模式數值計算網格

本計畫採用 Kirby and Dalrymple (1983)所發展的有限差分法波浪折繞射模式(REF/DIF)模擬港區周圍近岸波浪場狀況，其數值計算方法係以方格網座標為基礎，如圖 3.3.1 所示，其中方格網座標 x 軸正向定義為向岸方向，y 軸定義為平行海岸方向且向上為正。本計畫針對基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等港口所選

取的近岸港區波浪場模擬範圍分別建立直角座標數值計算網格及地形水深分布如圖 3.3.11 至及圖 3.3.17 所示。圖中各港口數值計算網格之方格網間距為 10 m，點位 A、B、C、D 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。表 3.3.1 所列為各港口近岸港區波浪模擬數值計算網格相關參數，包括計算網格原點之二度分帶座標、座標轉換旋轉角度及數值計算網格大小等。

本計畫港域波浪模擬採用三角形元素構建非結構之數值計算網格，各港口非結構之數值計算網格產生程序說明如下：

步驟一：依各港口港域波浪模擬範圍以人為方法建構三角形元素節點，產生非結構之三角形網格，如圖 4.18 至圖 4.23 所示。圖中座標軸定義各港口外海邊界半圓之圓心為座標軸之原點，x 軸向右為正，y 軸向上為正。

步驟二：依據步驟一所產生的粗網格資料(邊界節點及內部節座標及水深)，給定適當之波浪週期條件(例如波浪週期 7 秒)及每個波長至少含有之節點數(例如 8 個)，利用三角網格自動生成程式可產生適合各港口港域波浪模擬所需之三角形元素非結構細網格及最佳化之節點編號。如表 3.3.2 所示為目前各港口港域波浪模擬所使用之三角形元素非結構細網格資料，包括三角形元素數目，節點數目、外海假想半圓邊界之半徑等。

### 3.3.3.3 近岸港區波浪模擬成果

本計畫近岸海象數值模擬作業系統除了延續原規劃之 72 小時數值模擬預報作業外，自 96 年起配合各港口海象觀測資訊及時傳輸網路建置，逐年構建港區即時(每小時)海象數值模擬作業系統。為達成各港口近岸港區波浪即時數值模擬作業目標，本計畫除了針對各港口近岸港區波浪模式進行模式校正外，並依據 2006 年各港口波浪觀測資料(波高、週期、波向)分別建立各港口近岸港區波浪模式之邊界模擬條件，並檢核波高觀測資料與模式模擬結果之差異，提出模式邊界波浪模擬條件與波高觀測資料間之校正關係，藉以提升數值模擬結果之準確性。

本計畫自 96 年度起逐年分別於 96 年度完成台中港、安平港及花蓮港等三港口近岸港區波浪模式校驗與即時數值模擬作業化測試，97 年度完成台北港及高雄港等港口近岸港區波浪模式校驗與即時數值模擬作業化測試，98 年度完成基隆港及蘇澳港等港口近岸港區波浪模式校驗。圖 3.3.24 至圖 3.3.30 所示分別為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等港口近岸港區波浪模式波高邊界條件校驗成果，圖中所示分別代表各港口波高觀測資料與近岸港區波浪模式模擬波高間之相關性，顯示各港口模擬波高與觀測波高之相關性以基隆港最為分散，其次為花蓮港；此一結果顯示目前基隆港及花蓮港近岸港區波浪模式仍有待進一步研究改善數值模擬結果。

有關各港口港區近岸波浪模擬成果較詳細資料可分別參考各年度(96、97、98)研究報告，圖 3.3.31 至 3.3.37 所示為現階段已完成近岸港區作業化輸出波高分布圖成果，後續將配合港灣環境資訊網線上呈現相關資訊以提供港區所需波浪。

#### 3.3.3.4 港域波浪模擬成果

依本計畫近岸海象數值模擬作業系統規劃，各港口港域波浪數值模擬作業化受到模式運算時間較費時之影響，需要另外建置各港口港域波浪模擬相關模式因應外，僅須在颱風侵臺期間進行數值模擬作業化測試。

本計畫分別於 96 年度完成台中港、安平港及花蓮港等三港口港域波浪模式之建置，96 年度完成台北港港域波浪模式之建置及 97 年度完成基隆港及蘇澳港等港口港域波浪模式之建置，其中高雄港因雙港口(一、二港口並存)問題目前尚未完成建置。另外，在港域波浪模擬相關模式問題上，本計畫已完成各槓區波高相關模式。上述相關研究成果可分別參考各年度(96、97、98)研究報告，圖 3.3.38 所示為本計畫執行期間各港口港域波浪模擬結果輸出之等波高分布圖。

表 3.3.1 近岸區域波浪模式數值計算網格資料

| 港口<br>名稱 | 原點座標(二度分帶) |           | 座標系統   | 網格大小<br>(10m) |
|----------|------------|-----------|--------|---------------|
|          | X(m)       | Y(m)      | 旋轉角度   |               |
| 基隆港      | 322539.0   | 2787360.0 | 256.0° | 621×731       |
| 台北港      | 278577.0   | 2784690.0 | -55.0° | 801×1301      |
| 台中港      | 198113.0   | 2696163.0 | -36.0° | 1001×1901     |
| 安平港      | 162072.0   | 2533583.0 | 60.0°  | 1001×501      |
| 高雄港      | 177877.0   | 2487555.0 | 38.0°  | 801×1701      |
| 花蓮港      | 316892.0   | 2655232.0 | 150.0° | 321×801       |
| 蘇澳港      | 341180.0   | 2725933.0 | 185.0° | 601×801       |

表 3.3.2 港域波浪模擬之數值計算網格資料

| 港口<br>名稱 | 數值計算之三角網格 |         | 外海假想邊界<br>半徑(m) | 最大水深<br>(m) |
|----------|-----------|---------|-----------------|-------------|
|          | 元素數目      | 節點數目    |                 |             |
| 基隆港      | 59,694    | 30,679  | 1000.0          | 50.0        |
| 台北港      | 268,830   | 135,484 | 3500.0          | 25.0        |
| 台中港      | 327,611   | 166,214 | 3500.0          | 23.0        |
| 安平港      | 100,728   | 51,159  | 2000.0          | 15.0        |
| 花蓮港      | 130,169   | 258,117 | 2200.0          | 100.0       |
| 蘇澳港      | 70,797    | 36,436  | 826.0           | 30.0        |

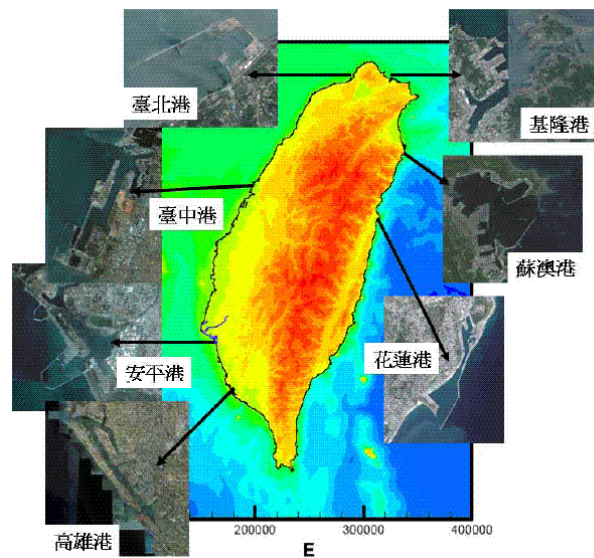


圖 3.3.3 國內七大港口地理位置及港區示意圖示意圖

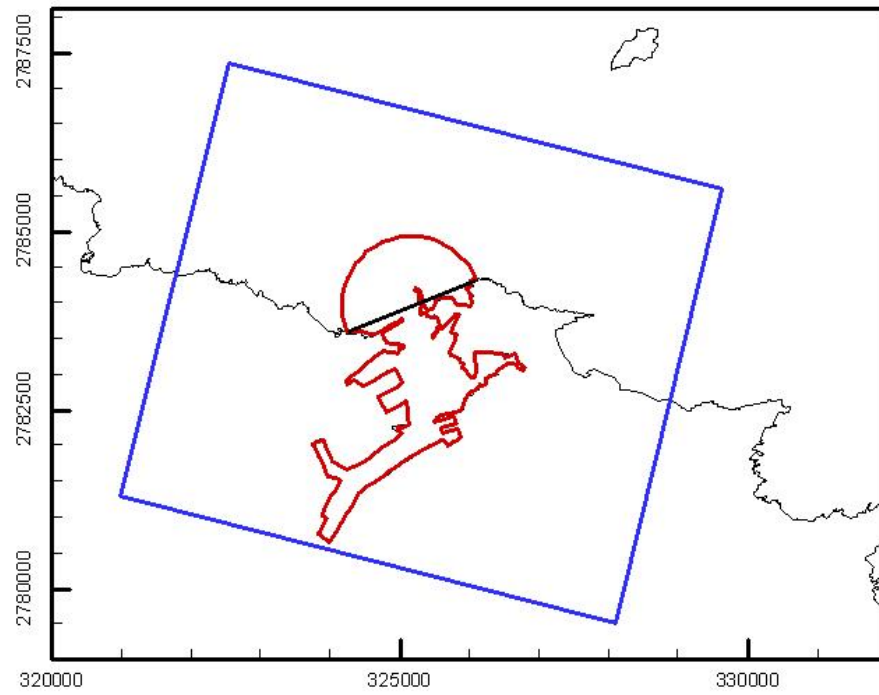


圖 3.3.4 基隆港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

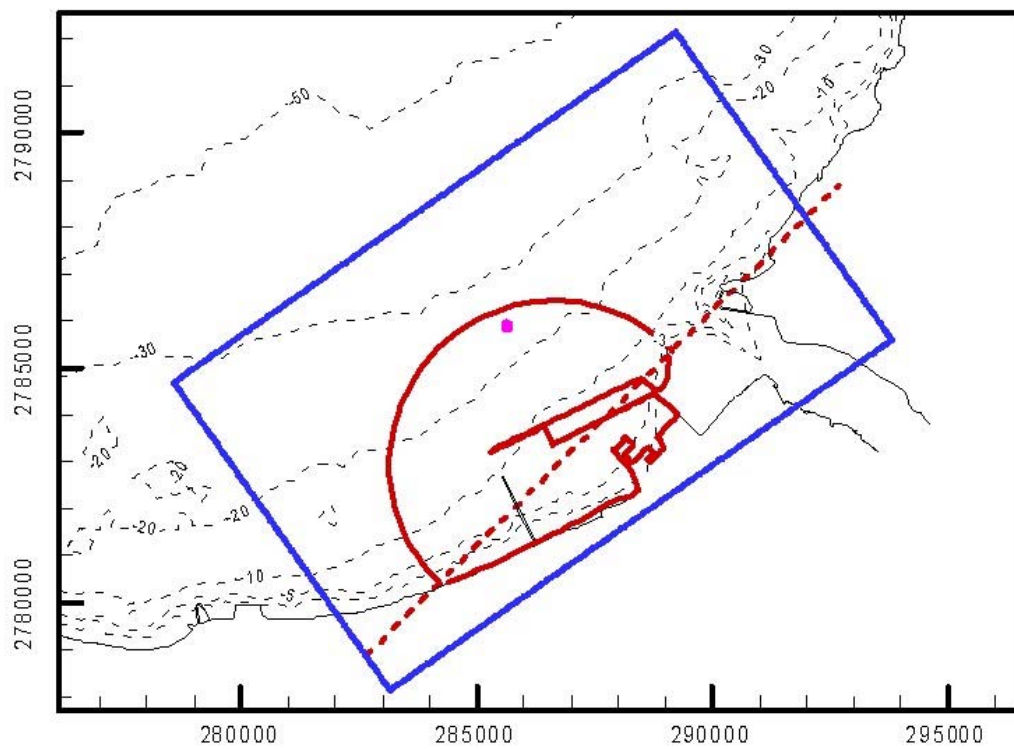


圖 3.3.5 台北港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

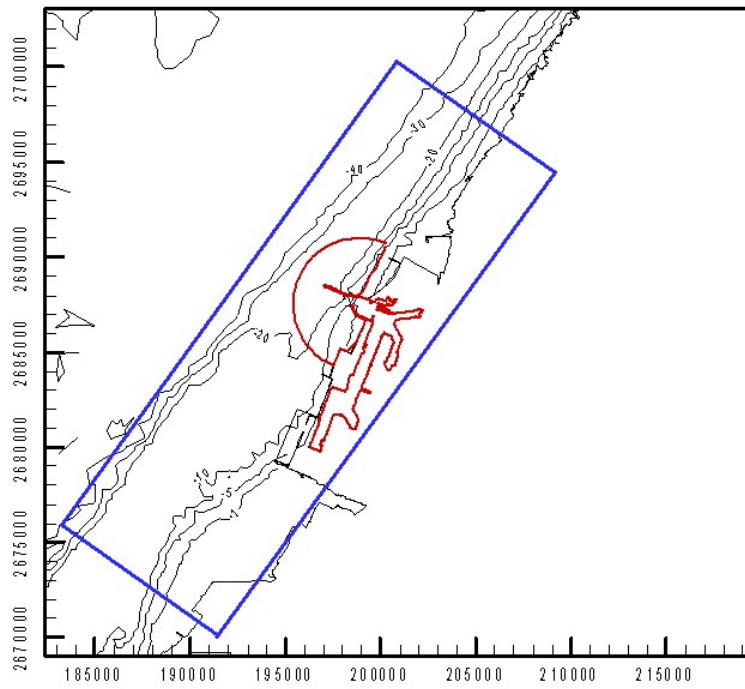


圖 3.3.6 台中港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

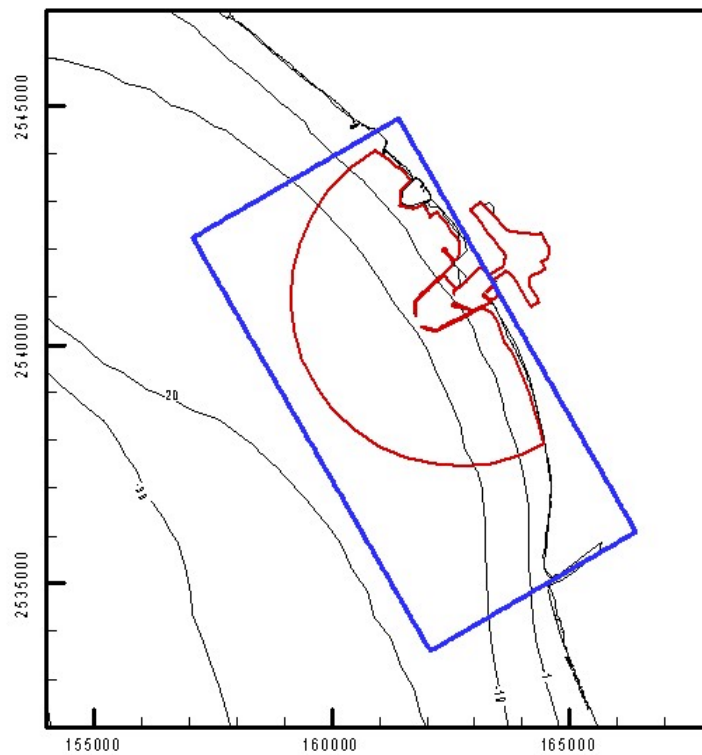


圖 3.3.7 安平港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍



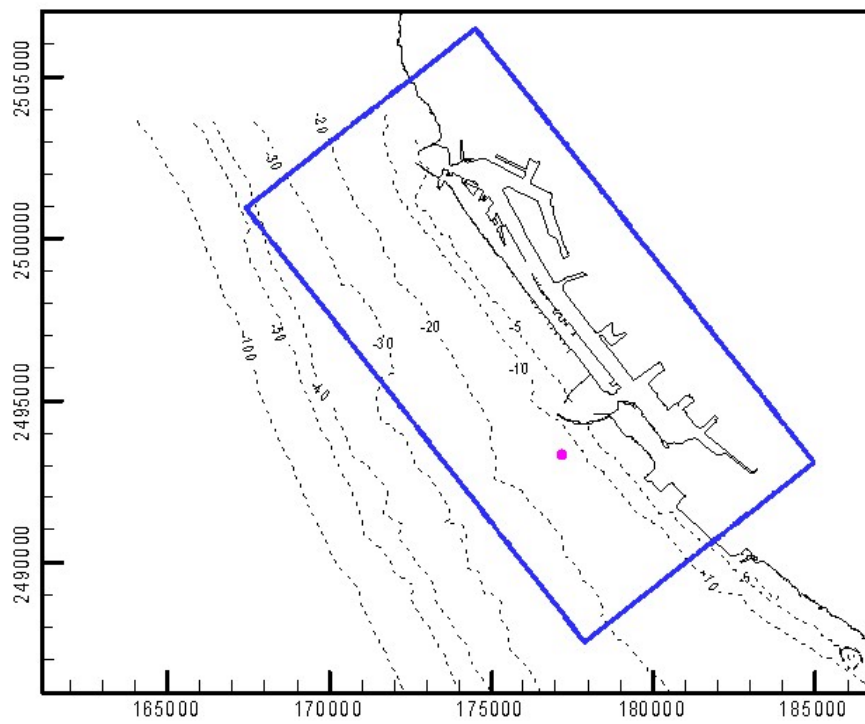


圖 3.3.8 高雄港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

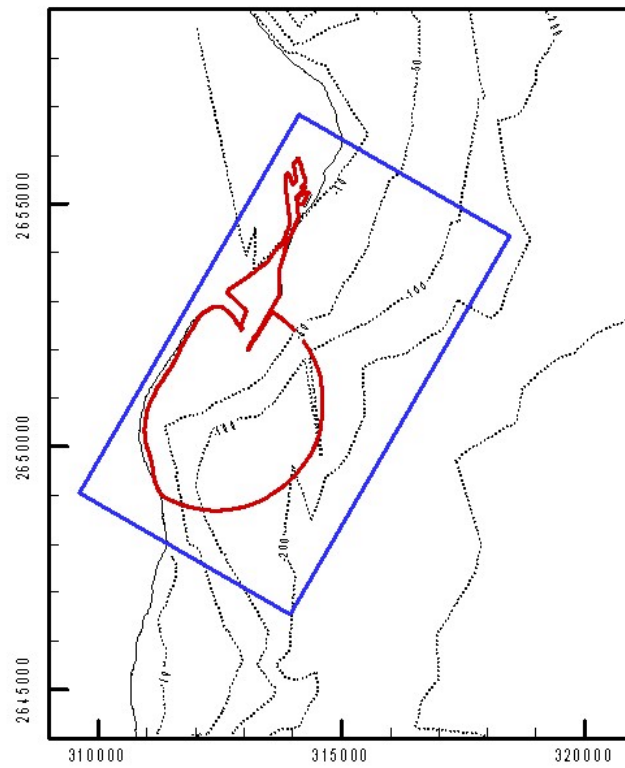


圖 3.3.9 花蓮港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍



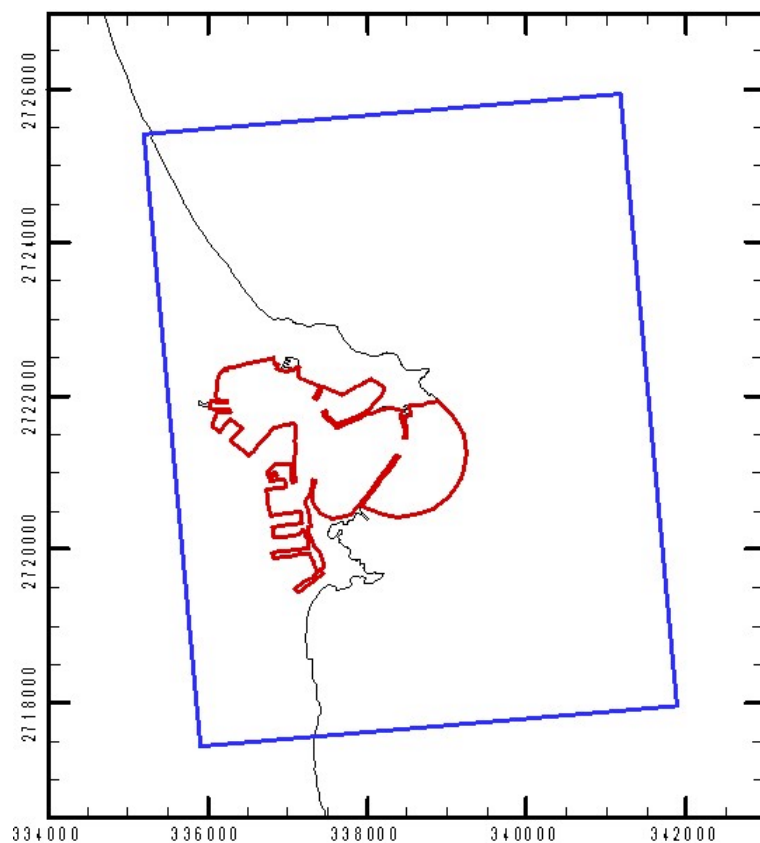


圖 3.3.10 蘇澳港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

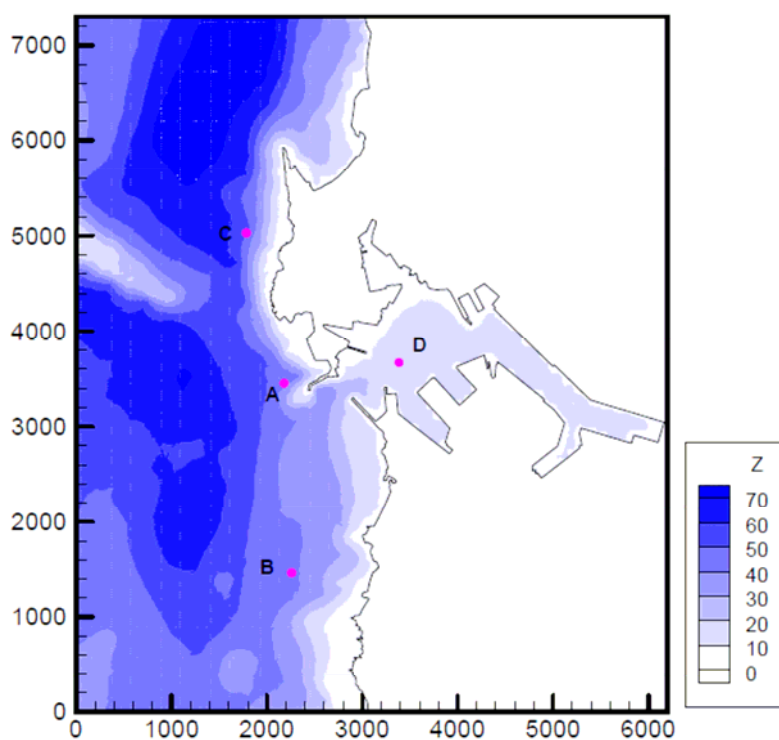


圖 3.3.11 基隆港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

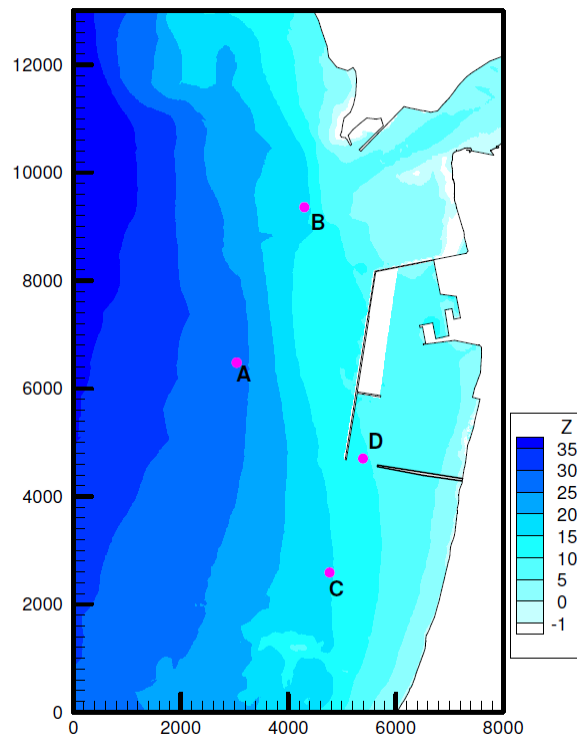


圖 3.3.12 台北港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

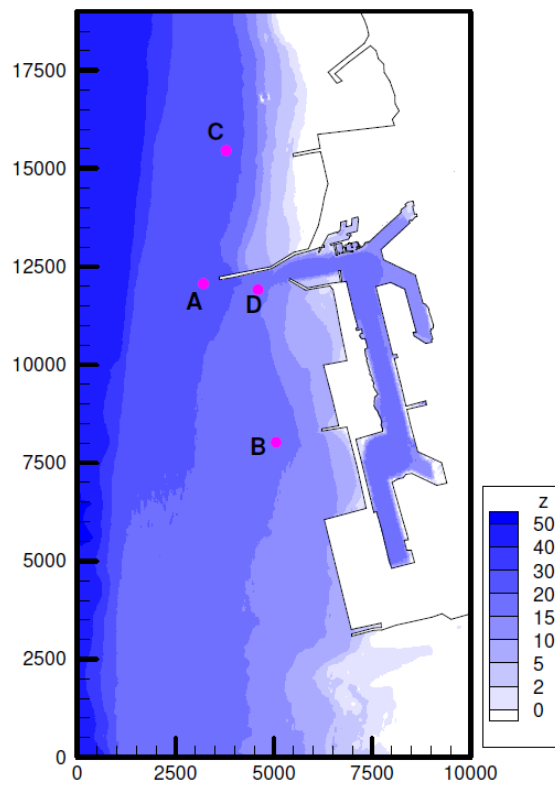


圖 3.3.13 台中港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

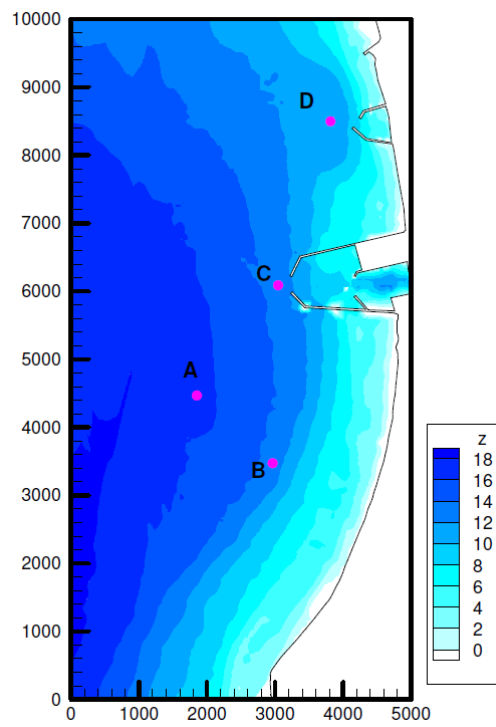


圖 3.3.14 安平港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

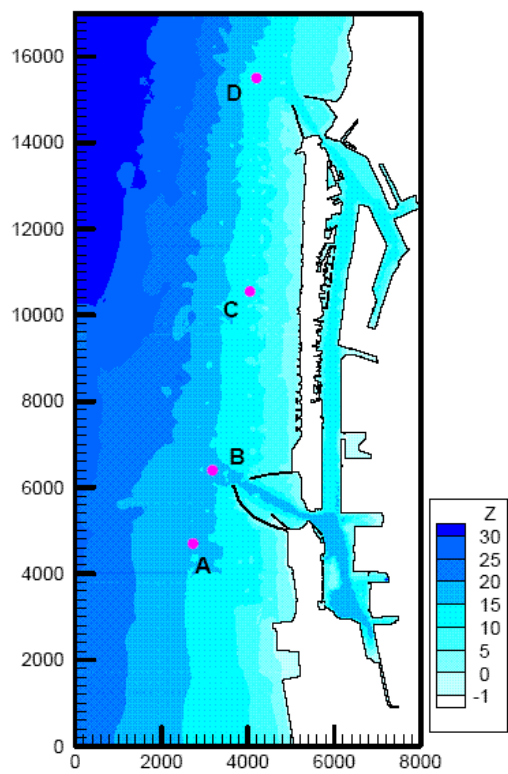


圖 3.3.15 高雄港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

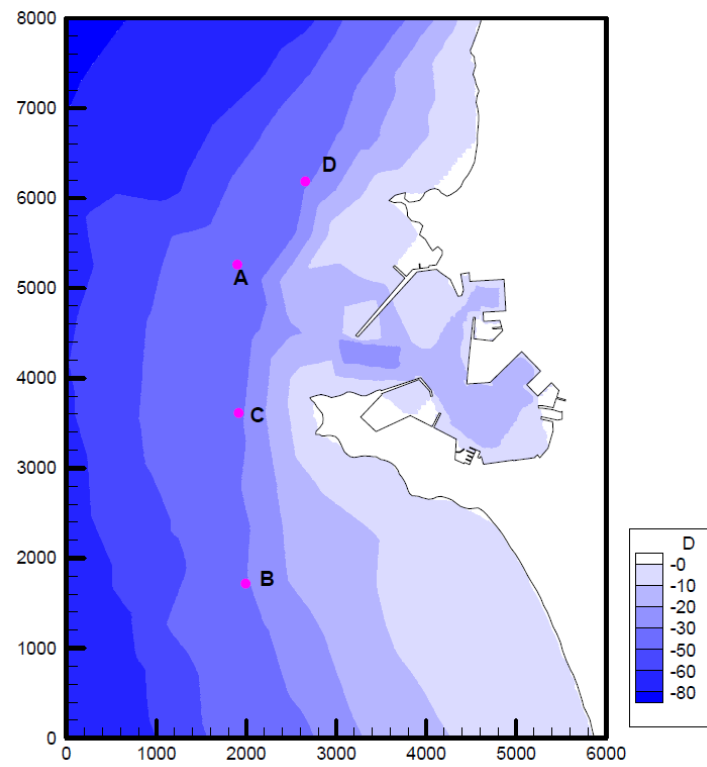


圖 3.3.16 蘇澳港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

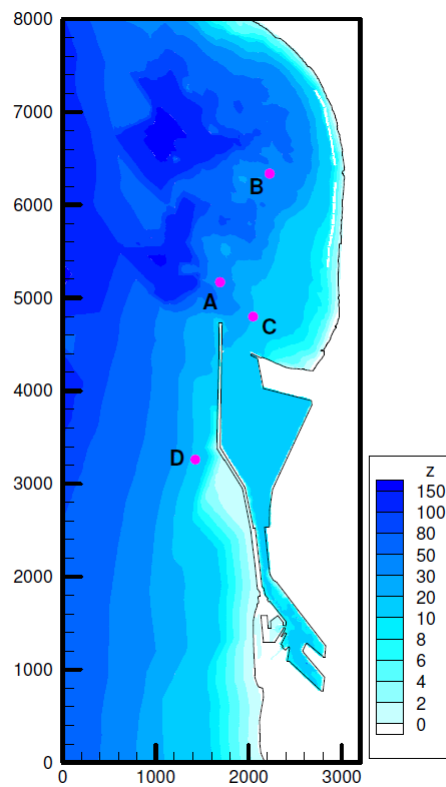


圖 3.3.17 花蓮港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

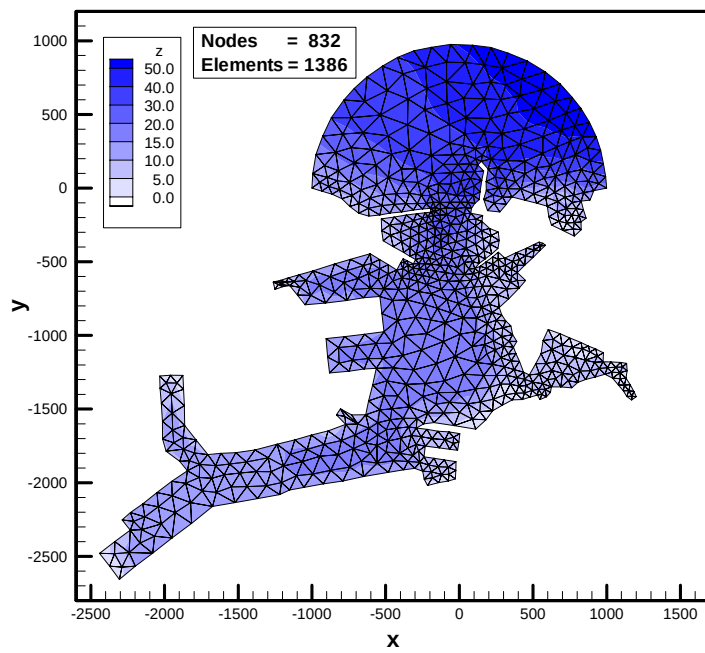


圖 3.3.18 基隆港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

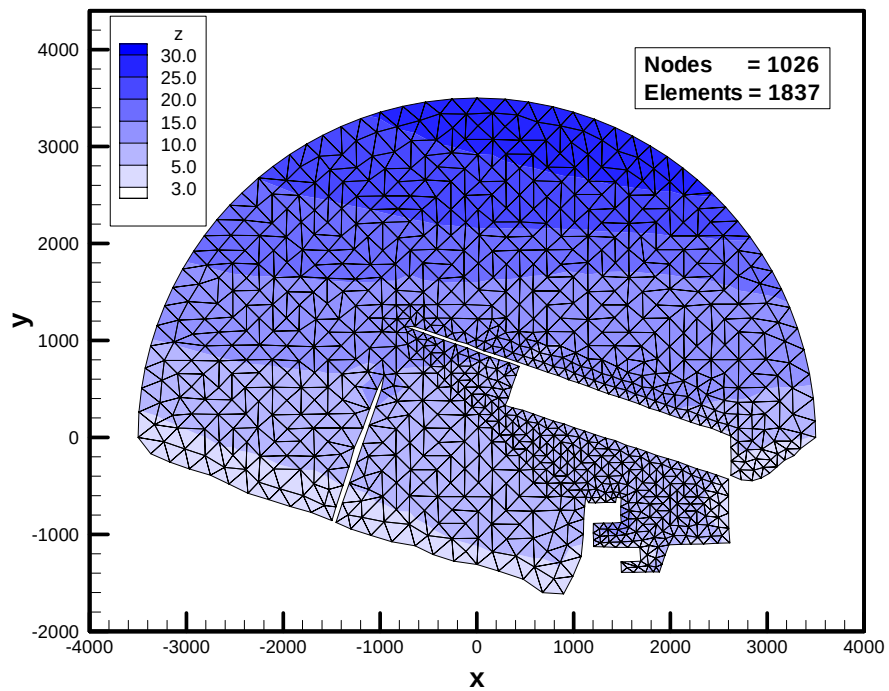


圖 3.3.19 台北港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

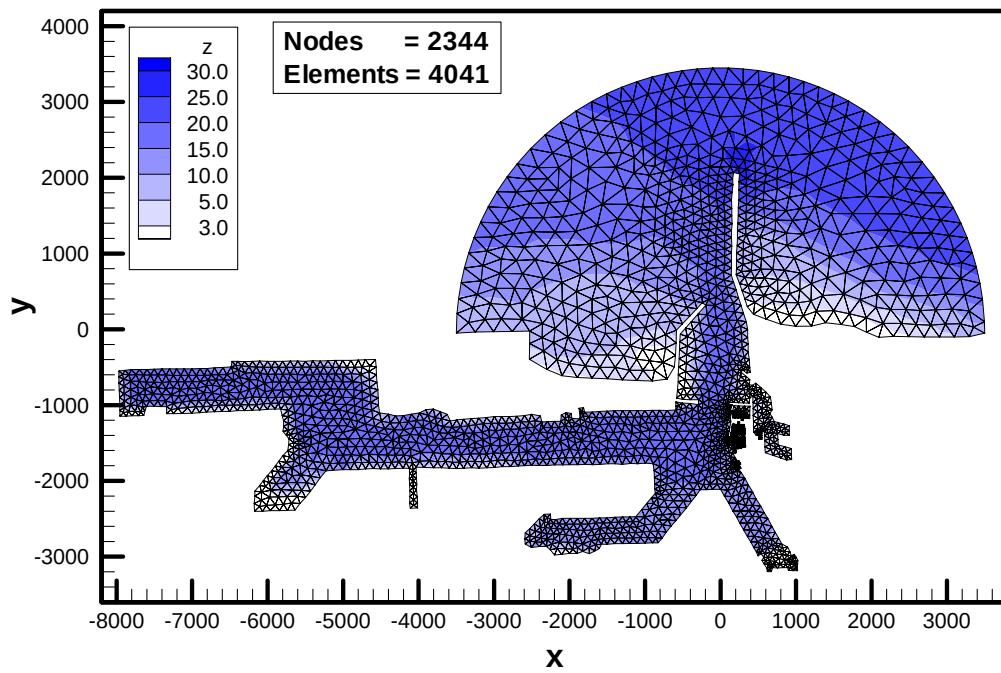


圖 3.3.20 台中港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

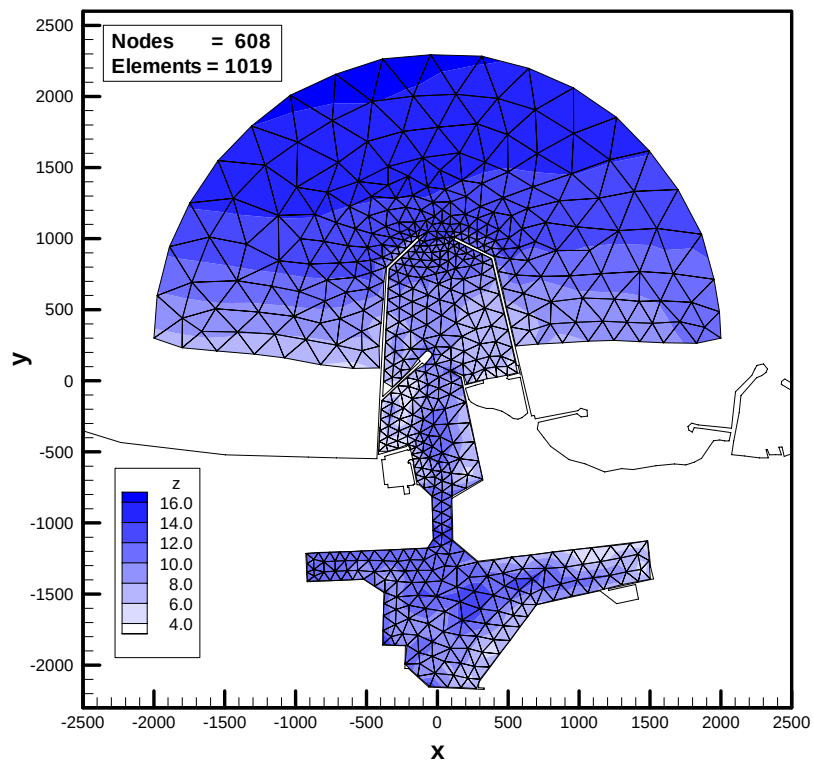


圖 3.3.21 安平港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

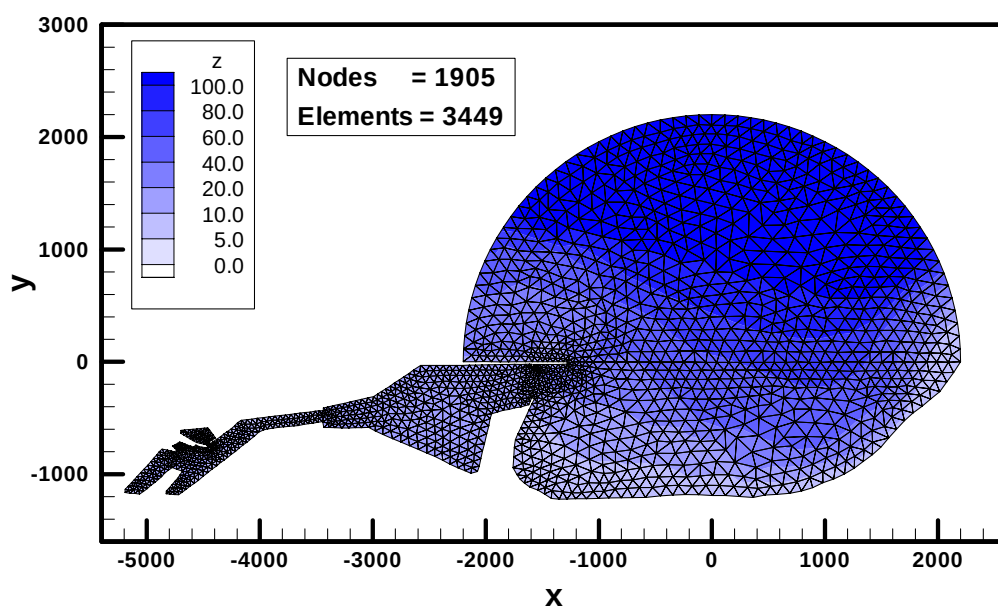


圖 3.3.22 花蓮港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

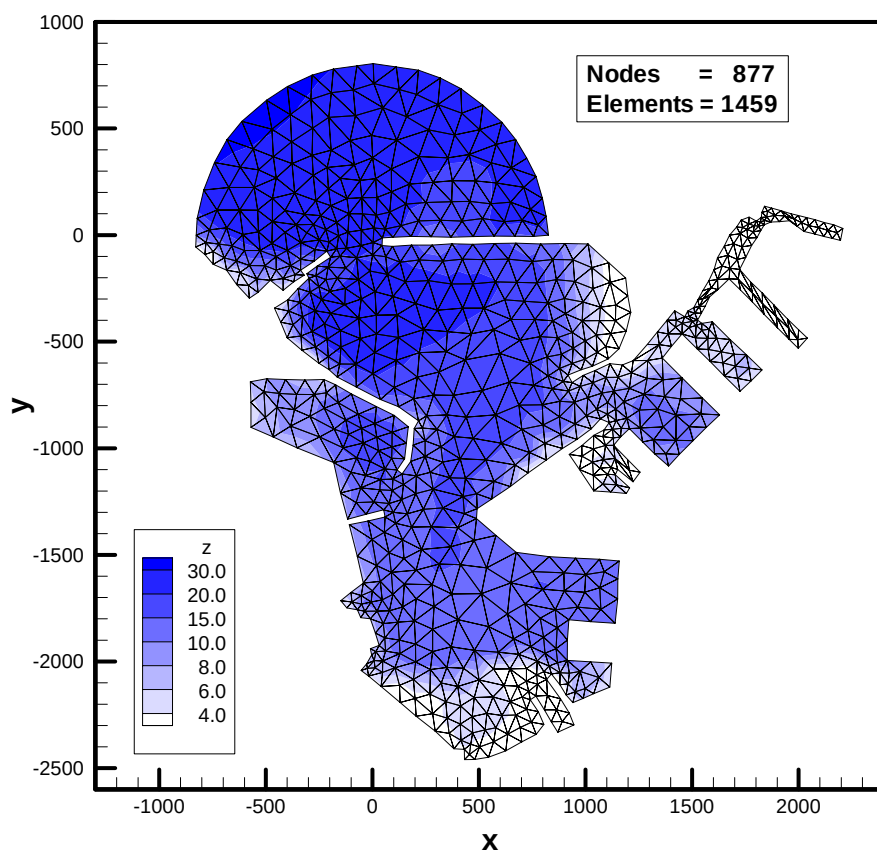


圖 3.3.23 蘇澳港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

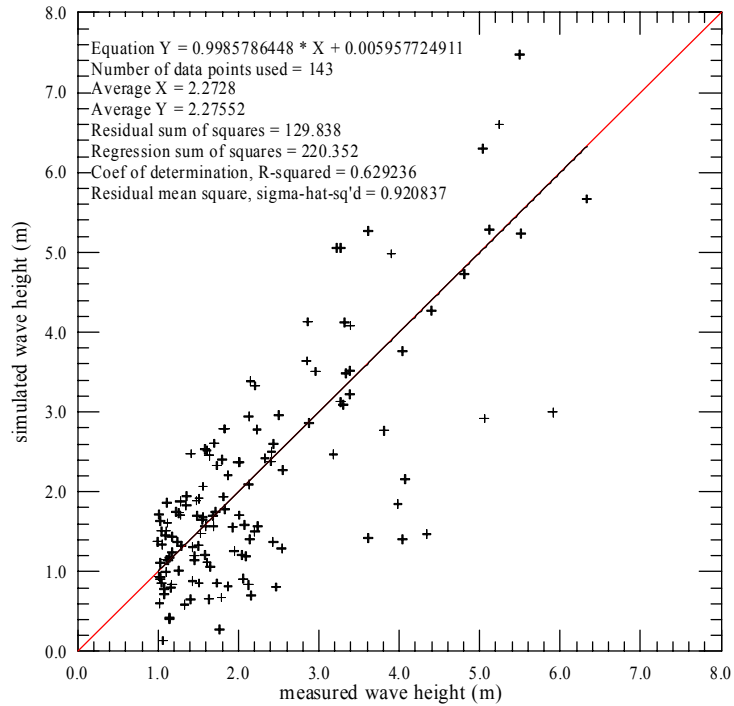


圖 3.3.24 基隆港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

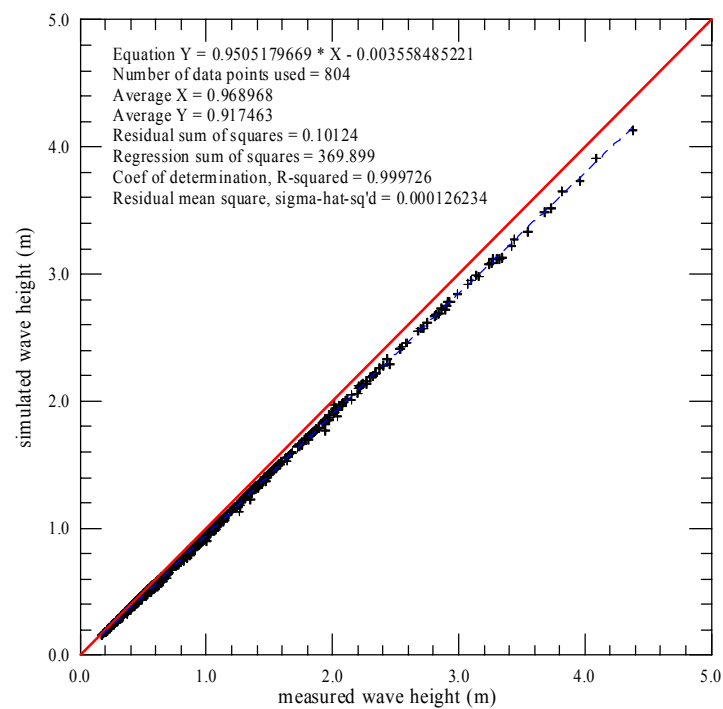


圖 3.3.25 台北港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較



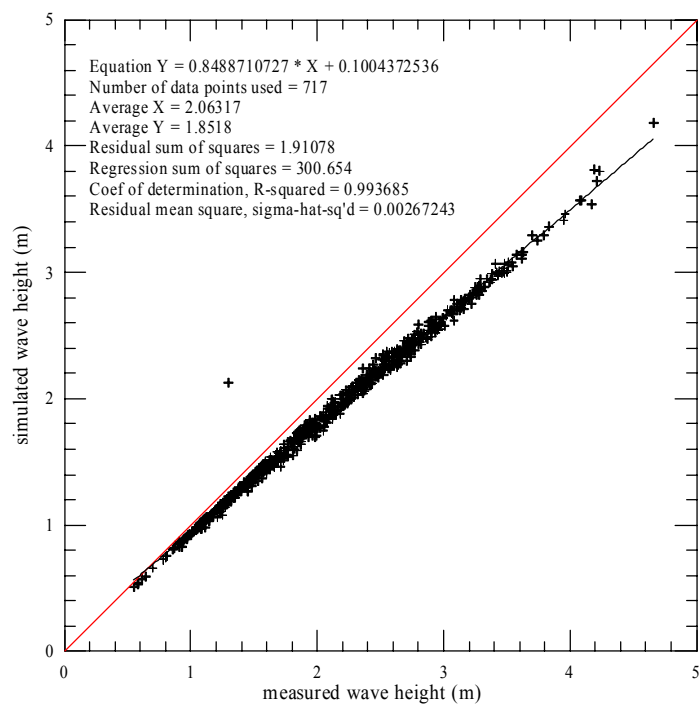


圖 3.3.26 台中港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

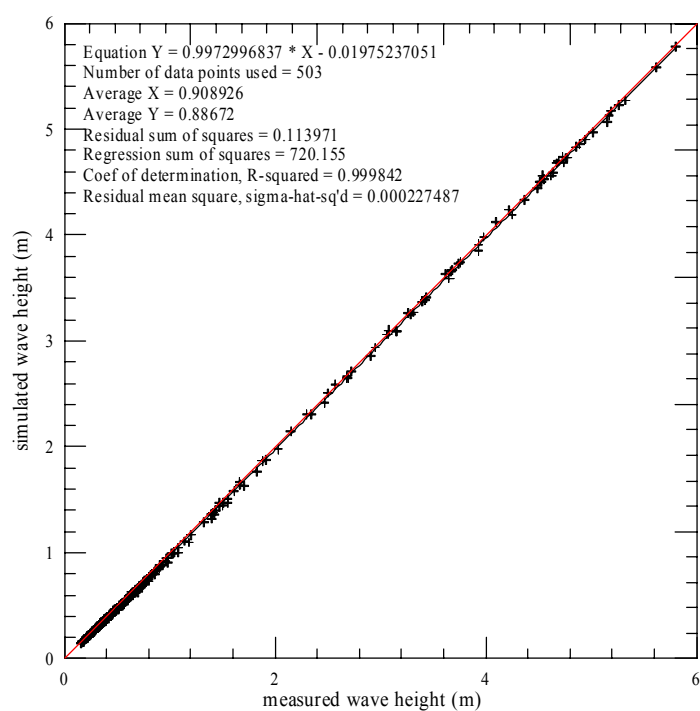


圖 3.3.27 安平港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

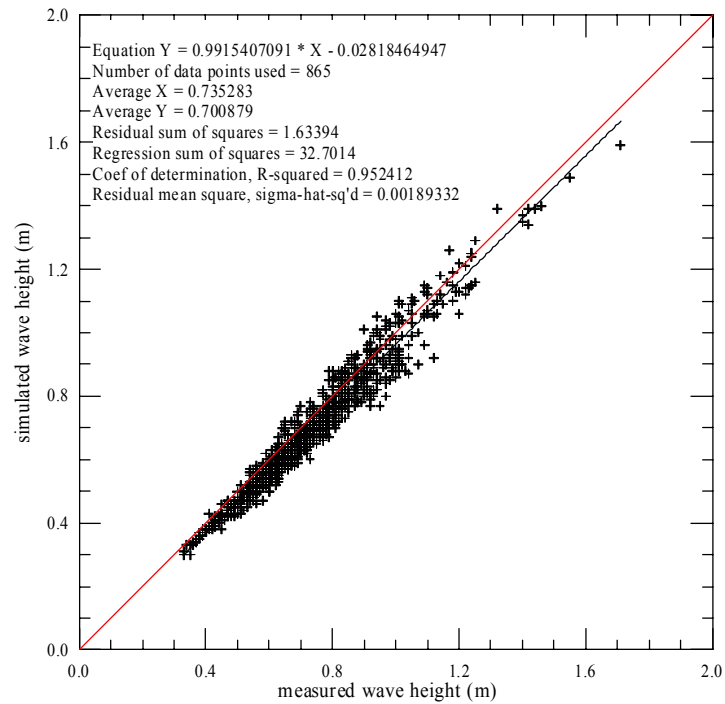


圖 3.3.28 高雄港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

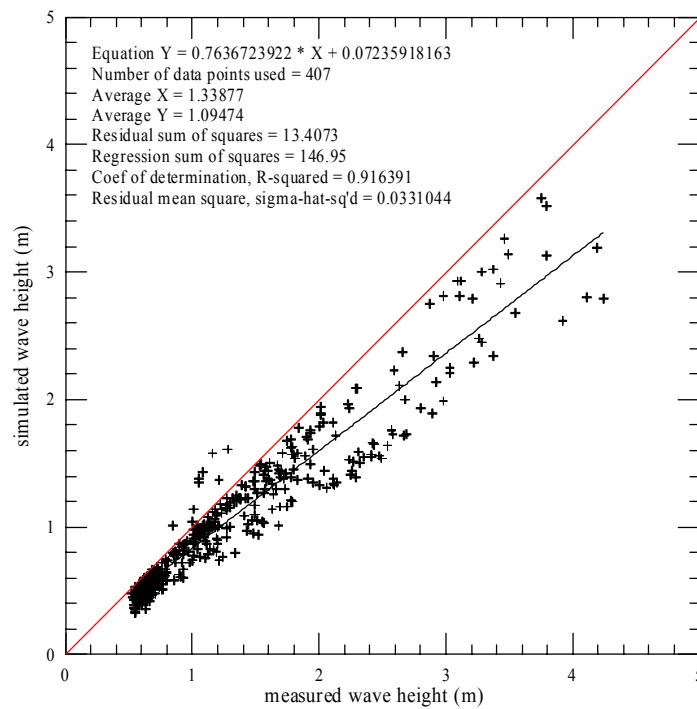


圖 3.3.29 花蓮港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

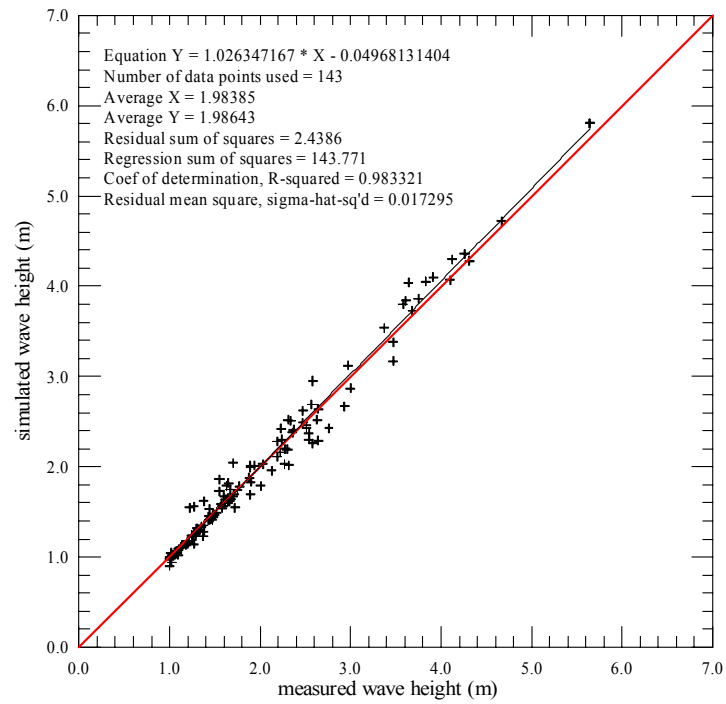


圖 3.3.30 蘇澳港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)之比較

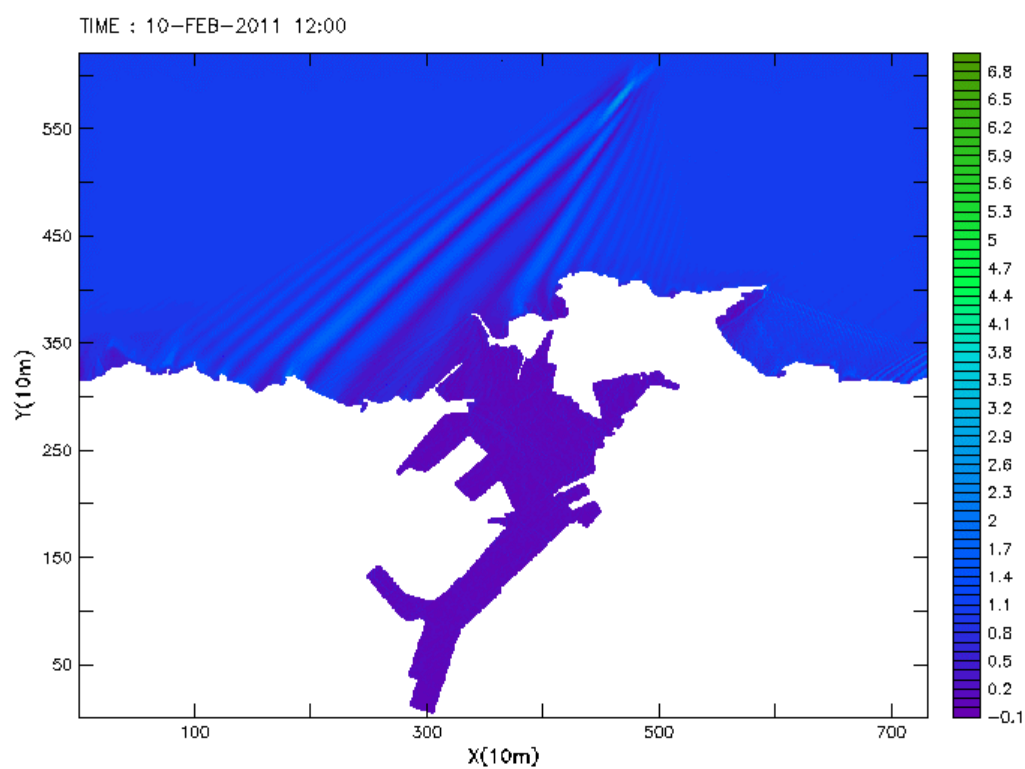


圖 3.3.31 近岸基隆港區波浪模擬結果

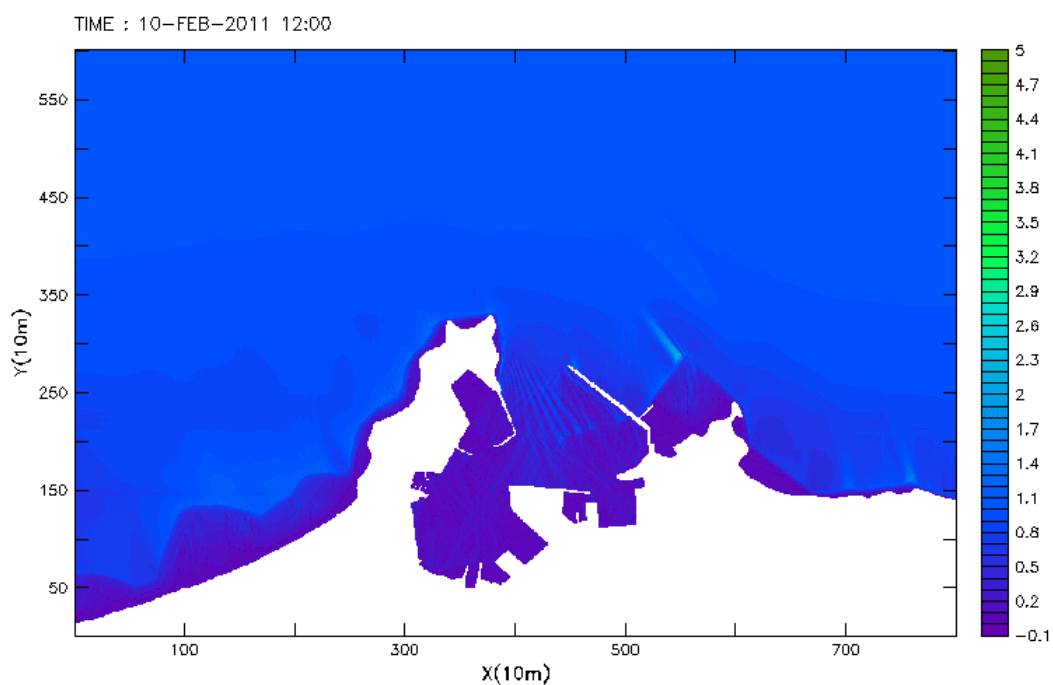


圖 3.3.32 近岸蘇澳港區波浪模擬結果

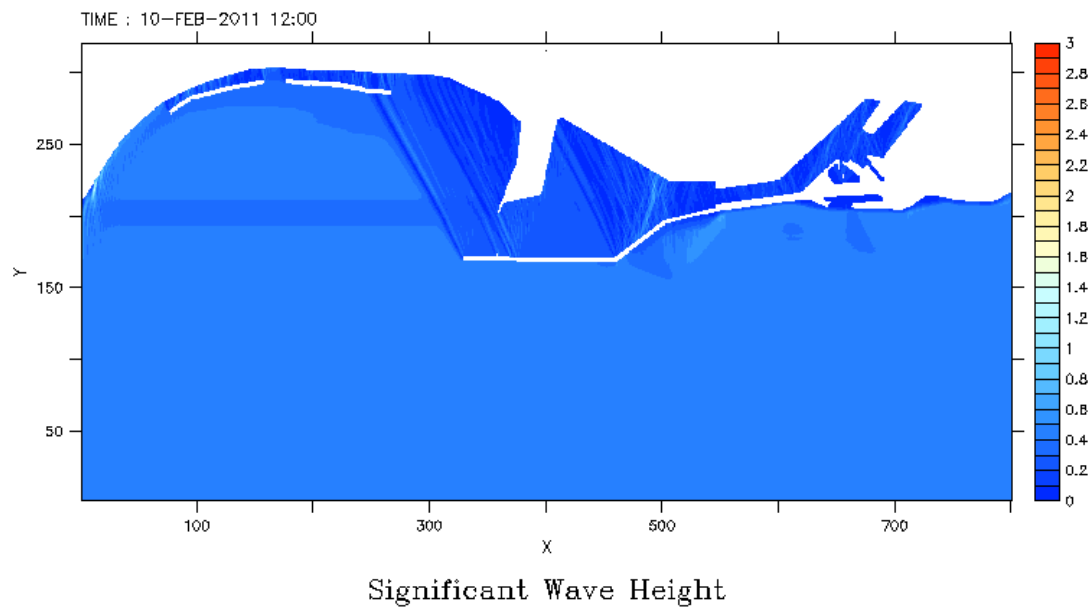


圖 3.3.33 近岸花蓮港區波浪模擬結果

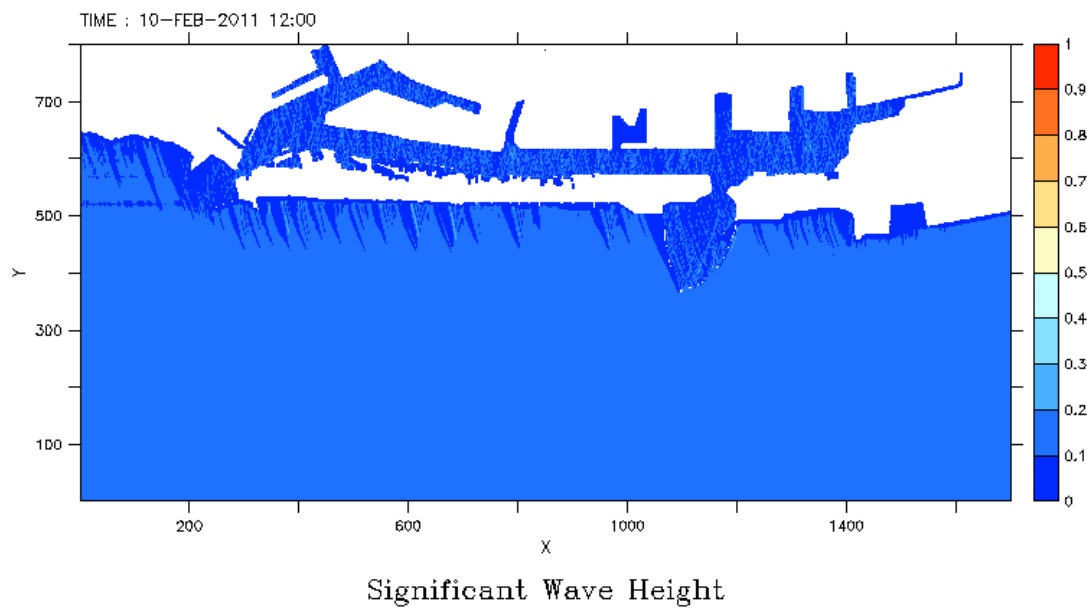


圖 3.3.34 近岸高雄港區波浪模擬結果

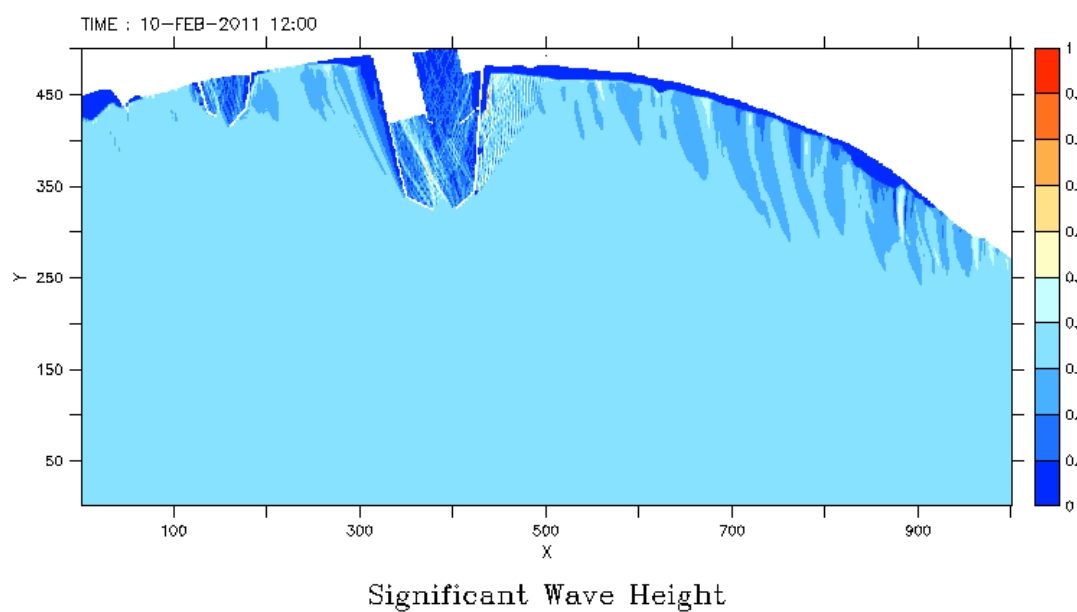


圖 3.3.35 近岸安平港區波浪模擬結果

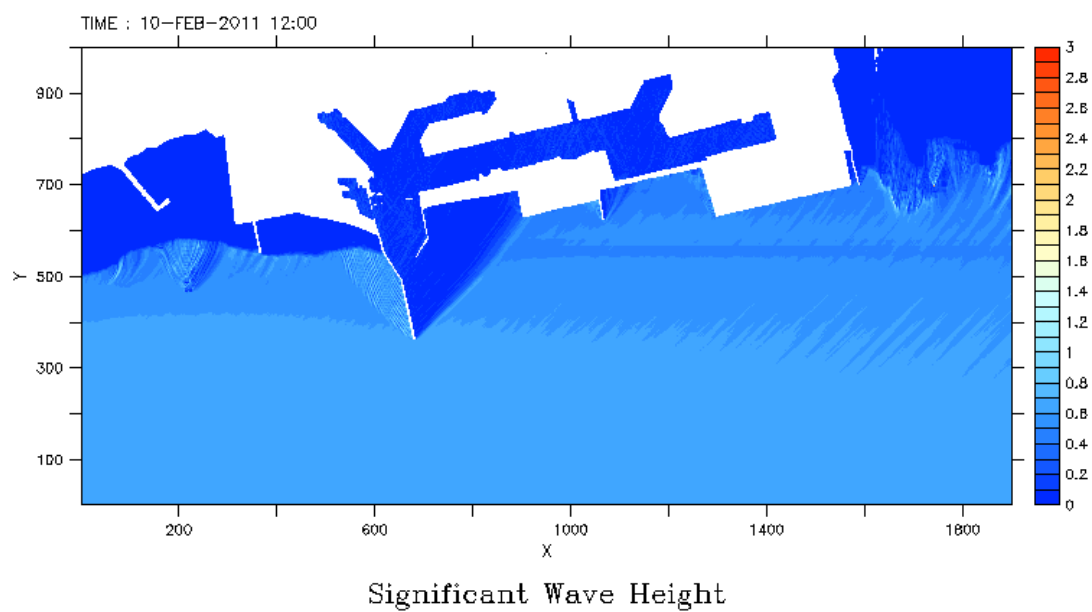


圖 3.3.36 近岸臺中港區波浪模擬結果

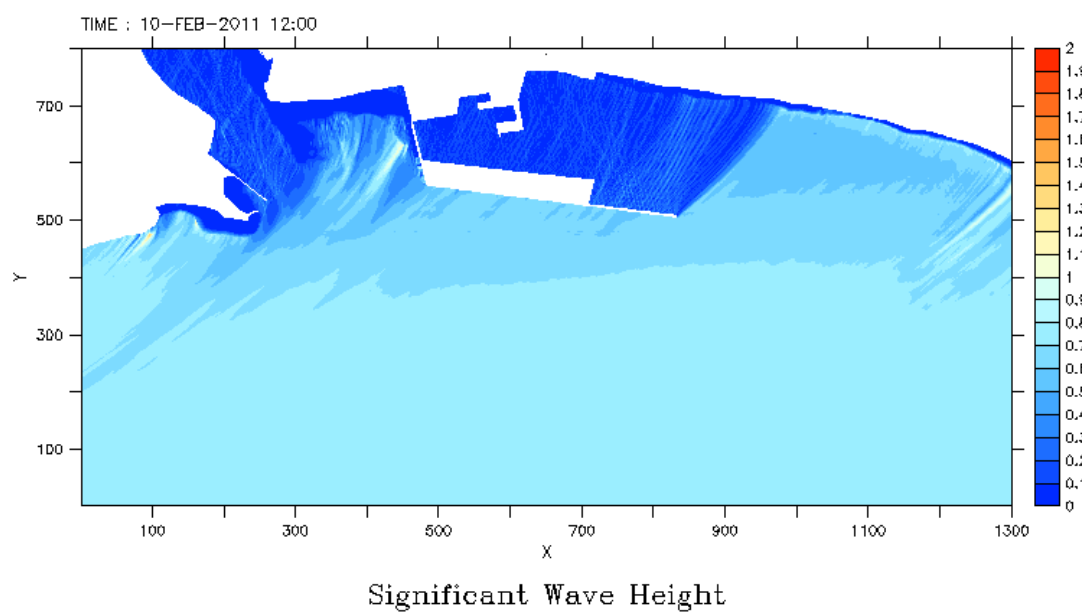
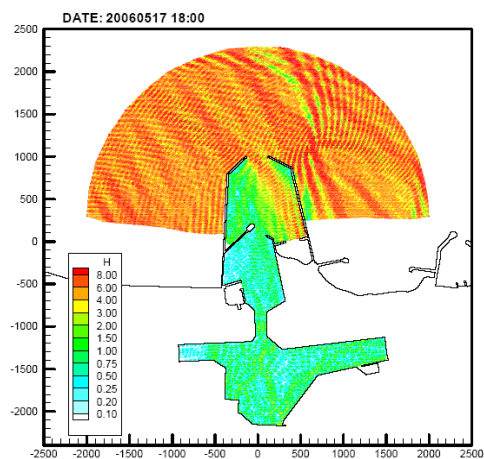
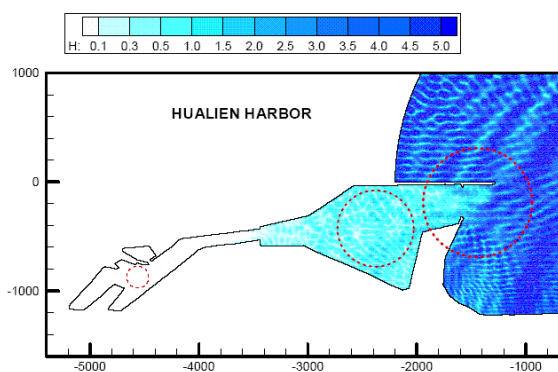


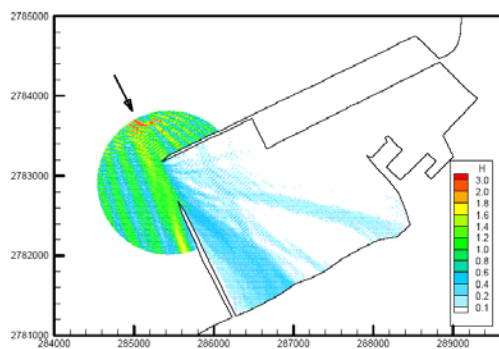
圖 3.3.37 近岸臺北港區波浪模擬結果



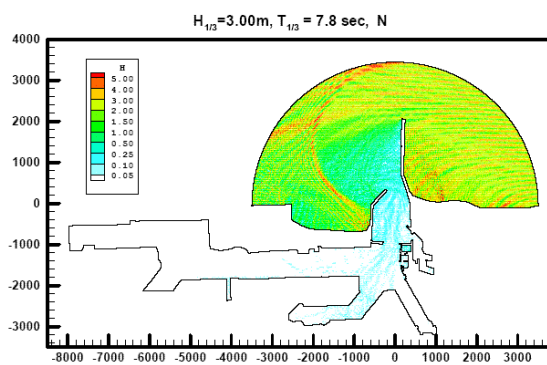
(a) 安平港



(b) 花蓮港



(c) 台北港



(d) 台中港

圖 3.3.38 商港港域波浪模擬結果



### 3.4 基隆港近岸海象波浪數值模

因應基隆港東防坡堤延伸工程已近完工(如圖 3.4.1 所示)，以及基隆港西 18、19 號貨櫃碼頭延建及後線場地填建工程完工(如圖 3.4.2 所示)，本年度本中心於 98 年 12 月至 99 年 4 月間針對基隆港進行港內、外海象觀測之波浪資料進行分析外，同時修正基隆港近岸港區周圍及港內波浪模式之港池外廓形狀及港池配置(如圖 3.4.3 所示)以符合現況情形。

針對上年度(98)本計畫近岸港區周圍波浪模擬結果得知：基隆港近岸港區周圍波浪場模擬結果明顯受到港口外海東北方向基隆嶼海底地形隆起之影響，致使近岸港區波浪模式之邊界條件不易由港口外海波浪觀測資料決定。因此本年度除了修正模式之港池外廓形狀外，並嘗試修改模式模擬範圍及模式邊界條件(波浪入射條件)，以期提升模式驗證之精確度。

本年度基隆港近岸海象—波浪數值模擬子系統建置主要包括近岸港區波浪模擬及港域波浪模擬兩部份。

#### 3.4.1 基隆港波浪資料

本中心於 98 年 12 月至 99 年 4 月間除了在基隆港外海現存海象觀測位置上持續進行海象觀測外，同時針對基隆港內分別選擇三個點位進行海象觀測。圖 3.4.5 所示為基隆港港內、外海象觀測位置分布示意圖，其中港內三測站分別位於西防波堤堤頭 W33(#1)離碼頭約 50 公尺水深 18 公尺處、東 22 碼頭堤頭 E22(#2)離碼頭約 50 公尺水深 9.5 公尺處及西 5 碼頭 W5(#3)離碼頭約 50 公尺水深 13.5 公尺處。

圖 3.4.6 至圖 3.4.7 所示分別為 98 年 12 月至 99 年 3 月間基隆港港外(1 測站)及港內(3 測站)示性波波高及週期之時序列比較圖，顯示外海波高明顯受到風面影響變化很大；港內波高普遍以測站#1 所量測波高值較大，測站#3 所量測波高值較小。表 3.4-1 所示為基隆港港外及港內各測站示性波波高、週期及波向等重要統計量之統計表，結果顯示觀測期間港口外海示性波波高最大值為 4.83 m，週期為 10.6 sec，波向為

NNE；觀測期間港口外海示性波波向主要集中於 N~E 之間，週期大於 10 sec 者以 3 月份所佔比例最高，約為 40.6%。

本年度基隆港近岸港區周圍波浪模擬將依據上述觀測資料進行模式之率定與驗證。

### 3.4.2 基隆港近岸港區波浪模式建置與模擬結果

本年度基隆港近岸港區波浪模式之數值計算網格修正包括：(1)東防波堤延伸工程依原東防波堤方向延長 200 公尺至水深 42 m 處，(2)西 18、19 號貨櫃碼頭延建及後線場地填建工程。上述計算網格修正結果如圖 3.4.14 所示，圖中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；數值計算網格之大小為 621×731，網格間距為 10 m；數值計算網格座標原點之二度分帶座標(TW67)及 Y 軸與方位正北之逆時針方向夾角如表 3.3-1 所列。

由於近岸港區波浪模擬需要給定波浪之週期、波高及波向等邊界條件，因此本計畫近岸海象數值模擬作業化系統對於近岸港區波浪模擬設定模式之波浪邊界條件來源有二，分別為來自大尺度西太平洋波浪模式(WAM)或中尺度臺灣海域波浪模式(SWAN)之模擬結果，及各港區外海波浪觀測資料。由於前者目前雖已納入每日 72 小時作業化模擬預報，惟相關模擬結果與驗證仍待改善，因此現階段主要針對採用港區外海波浪觀測資料為模式邊界條件之問題進行探討。

當採用港區外海波浪觀測資料為模式邊界條件時，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。

目前基隆港外海波浪觀測點位於基隆港港口附近(圖 3.4.9)之點位 A)，由 98 年度基隆港近岸波浪模擬結果顯示，基隆港港口附近波浪明

顯受到外海海底淺灘地形及港口防波堤影響，如圖 4.42 所示，導致模式波浪邊界條件校正結果不佳，因此建議將基隆港外海波浪觀測點位向西移或另外設置新的波浪觀測點。

由於本年度基隆港外海波浪觀測資料仍為原來測點，因此本計畫修正之基隆港近岸波浪模式仍採用基隆港外海波浪觀測資料共有 730 組，逕行直接模擬再輸出點位模擬結果與基隆港外海波浪觀測資料比較，如圖 3.4.11 及圖 3.4.12 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相關性仍然不佳，本計畫後續考量由上述 730 組模擬結果從波向、波高及週期等因素，分析是否可找到模式邊界條件較佳校正方法。



圖 3.4.1 基隆港東防波堤延伸工程施工現況



圖 3.4.2 基隆港西 18、19 貨櫃碼頭延建工程完工後現況

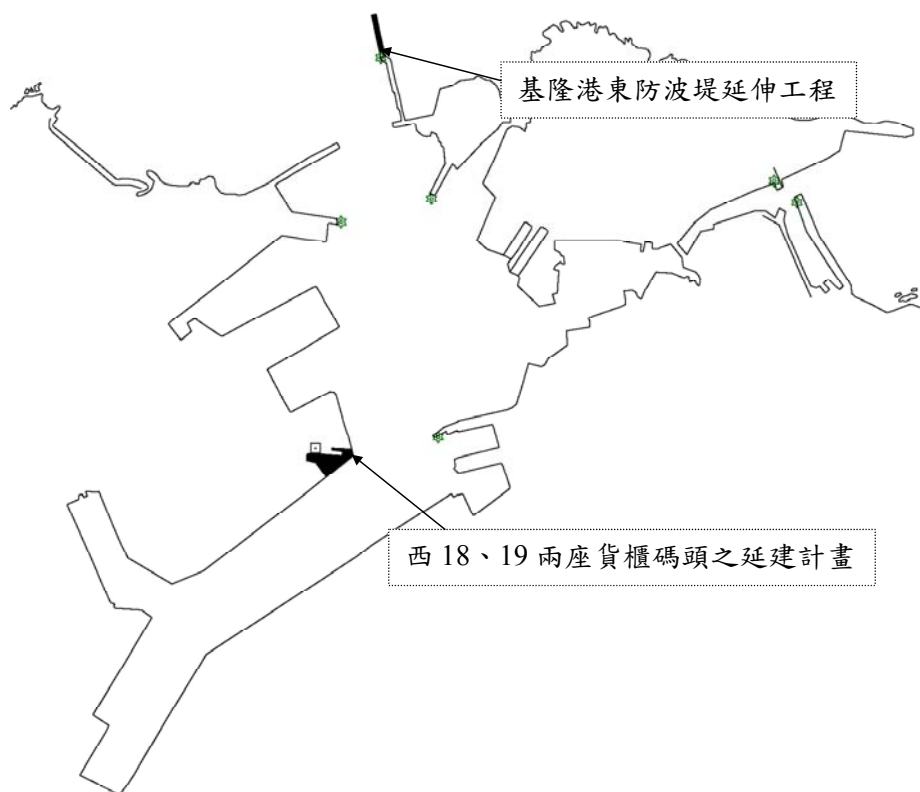


圖 3.4.3 基隆港港池外廓及港池配置現況

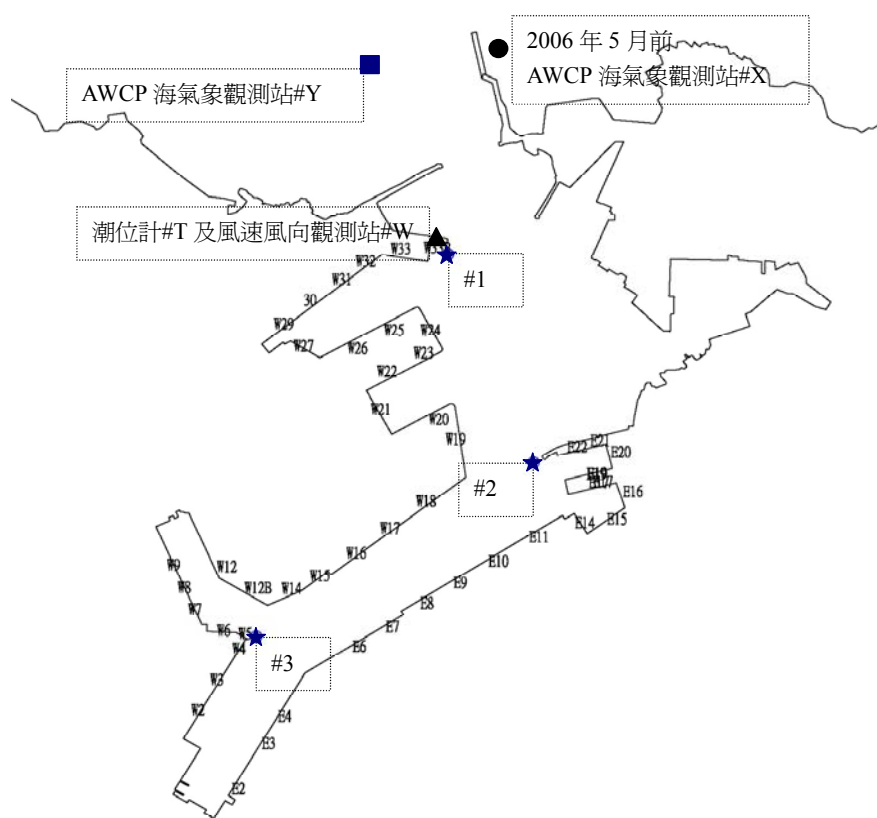


圖 3.4.4 基隆港港內、外觀測站儀器安裝佈置示意圖

表 3.4.1 基隆港港外及港內各測站示性波波高、週期及波向等重要統計量之統計表

| 觀測日期<br>(年/月) | 觀測站 | 觀測點數<br>(%) | H <sub>1/3</sub><br>平均<br>值<br>(m) | T <sub>1/3</sub><br>平均<br>值<br>(m) | H <sub>1/3</sub><br>最大<br>值<br>(m) | /週期<br>(s) | /波向<br>(來<br>向) | H <sub>1/3</sub><br><0.5m<br>(%) | H <sub>1/3</sub><br>0.5~1<br>m<br>(%) | H <sub>1/3</sub><br>1~5m<br>(%) | H <sub>1/3</sub><br>>5m<br>(%) | 波向<br>N~E<br>(%) | 波向<br>E~S<br>(%) | 波向<br>S~W<br>(%) | 波向<br>W~N<br>(%) | T <sub>1/3</sub><br>平均<br>值<br><6s<br>(%) | T <sub>1/3</sub><br>平均<br>值<br>6~8s<br>(%) | T <sub>1/3</sub><br>平均<br>值<br>8~10s<br>(%) | T <sub>1/3</sub><br>平均<br>值<br>>10s<br>(%) |
|---------------|-----|-------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 2009/12       | 0   | 348(100%)   | 1.66                               | 7.9                                | 3.69                               | 9.8        | NNE             | 16.4                             | 13.8                                  | 69.8                            | .0                             | 100.0            | .0               | .0               | .0               | 12.6                                      | 32.8                                       | 54.6                                        | .0                                         |
| 2009/12       | 1   | 343(100%)   | .45                                | 8.1                                | 1.08                               | 8.6        | NNE             | 58.3                             | 41.4                                  | .3                              | .0                             | 92.8             | 2.6              | .9               | 3.7              | .3                                        | 38.5                                       | 61.2                                        | .0                                         |
| 2009/12       | 2   | 342(100%)   | .53                                | 7.5                                | .88                                | 6.7        | WNW             | 43.9                             | 56.1                                  | .0                              | .0                             | .9               | 2.3              | 7.2              | 89.7             | 2.3                                       | 69.9                                       | 27.8                                        | .0                                         |
| 2009/12       | 3   | 342(100%)   | .31                                | 7.4                                | .58                                | 5.4        | SW              | 99.1                             | .9                                    | .0                              | .0                             | 27.6             | 58.0             | 9.8              | 4.6              | 11.1                                      | 60.8                                       | 28.1                                        | .0                                         |
| 2010/01       | 0   | 744(100%)   | 1.49                               | 7.9                                | 4.83                               | 10.3       | NNE             | 4.8                              | 33.6                                  | 61.6                            | .0                             | 100.0            | .0               | .0               | .0               | 4.7                                       | 44.9                                       | 47.2                                        | 3.2                                        |
| 2010/01       | 1   | 744(100%)   | .39                                | 8.2                                | 1.26                               | 9.2        | NNE             | 72.4                             | 26.9                                  | .7                              | .0                             | 96.4             | 1.1              | .1               | 2.4              | .0                                        | 37.4                                       | 60.8                                        | 1.9                                        |
| 2010/01       | 2   | 744(100%)   | .36                                | 7.6                                | 1.09                               | 8.8        | NW              | 81.3                             | 18.5                                  | .1                              | .0                             | 2.6              | .3               | .8               | 96.4             | .7                                        | 63.2                                       | 36.2                                        | .0                                         |
| 2010/01       | 3   | 744(100%)   | .16                                | 7.5                                | .87                                | 7.9        | S               | 99.6                             | .4                                    | .0                              | .0                             | 21.5             | 63.4             | 9.0              | 6.1              | 1.1                                       | 68.4                                       | 29.2                                        | 1.3                                        |
| 2010/02       | 0   | 672(100%)   | 1.38                               | 8.0                                | 4.26                               | 10.3       | NNE             | 20.8                             | 23.8                                  | 55.4                            | .0                             | 100.0            | .0               | .0               | .0               | 10.6                                      | 31.3                                       | 51.3                                        | 6.8                                        |
| 2010/02       | 1   | 672(100%)   | .36                                | 8.4                                | 1.09                               | 9.2        | NNE             | 74.9                             | 25.0                                  | .1                              | .0                             | 87.4             | 7.0              | 1.9              | 3.7              | .0                                        | 26.5                                       | 72.0                                        | 1.5                                        |
| 2010/02       | 2   | 672(100%)   | .33                                | 7.7                                | .86                                | 8.9        | NNW             | 83.9                             | 16.1                                  | .0                              | .0                             | 5.5              | .3               | 2.2              | 92.0             | 1.2                                       | 63.5                                       | 35.3                                        | .0                                         |
| 2010/02       | 3   | 672(100%)   | .14                                | 7.5                                | .50                                | 7.1        | NNW             | 99.9                             | .1                                    | .0                              | .0                             | 22.4             | 59.3             | 9.9              | 8.5              | 3.4                                       | 68.0                                       | 28.3                                        | .3                                         |
| 2010/03       | 0   | 744(100%)   | 1.33                               | 8.1                                | 4.09                               | 9.9        | NNE             | 16.1                             | 31.2                                  | 52.7                            | .0                             | 100.0            | .0               | .0               | .0               | 6.9                                       | 40.2                                       | 42.7                                        | 10.2                                       |
| 2010/03       | 1   | 744(100%)   | .34                                | 8.5                                | 1.02                               | 9.7        | NE              | 77.4                             | 22.4                                  | .1                              | .0                             | 91.5             | 3.8              | 1.1              | 3.6              | .0                                        | 25.8                                       | 72.0                                        | 2.2                                        |
| 2010/03       | 2   | 744(100%)   | .31                                | 7.8                                | .89                                | 8.2        | NNW             | 83.9                             | 16.1                                  | .0                              | .0                             | 9.5              | .1               | 2.0              | 88.3             | .4                                        | 61.2                                       | 38.4                                        | .0                                         |
| 2010/03       | 3   | 744(99%)    | .14                                | 7.6                                | .49                                | 8.1        | E               | 100.0                            | .0                                    | .0                              | .0                             | 22.8             | 54.2             | 13.5             | 9.5              | 1.5                                       | 69.8                                       | 28.1                                        | .7                                         |
| 2010/04       | 0   | 206(100%)   | 1.56                               | 8.1                                | 3.85                               | 10.2       | NNE             | 2.9                              | 31.1                                  | 66.0                            | .0                             | 100.0            | .0               | .0               | .0               | 6.3                                       | 38.8                                       | 44.2                                        | 10.7                                       |
| 2010/04       | 1   | 179(100%)   | .34                                | 8.4                                | .83                                | 9.2        | NE              | 76.5                             | 23.5                                  | .0                              | .0                             | 98.3             | 1.1              | .0               | .6               | .0                                        | 29.1                                       | 65.9                                        | 5.0                                        |
| 2010/04       | 2   | 179(100%)   | .35                                | 7.8                                | .84                                | 8.5        | NNW             | 77.7                             | 22.3                                  | .0                              | .0                             | 2.8              | .6               | .0               | 96.6             | 1.1                                       | 58.1                                       | 40.8                                        | .0                                         |
| 2010/04       | 3   | 179(100%)   | .13                                | 7.8                                | .40                                | 8.4        | E               | 100.0                            | .0                                    | .0                              | .0                             | 20.1             | 65.4             | 7.3              | 7.3              | .6                                        | 59.8                                       | 39.1                                        | .6                                         |

0：表示外海測站，1：表示#W33 測站，2：表示#E22 測站，3：表示#W5 測站觀測期間為 98 年 12 月至 99 年 4 月

Curves of Wave H1/3,T1/3

KL00 \_\_\_\_\_

KL10 ..... KL20 \_\_\_\_\_

KL30 .....

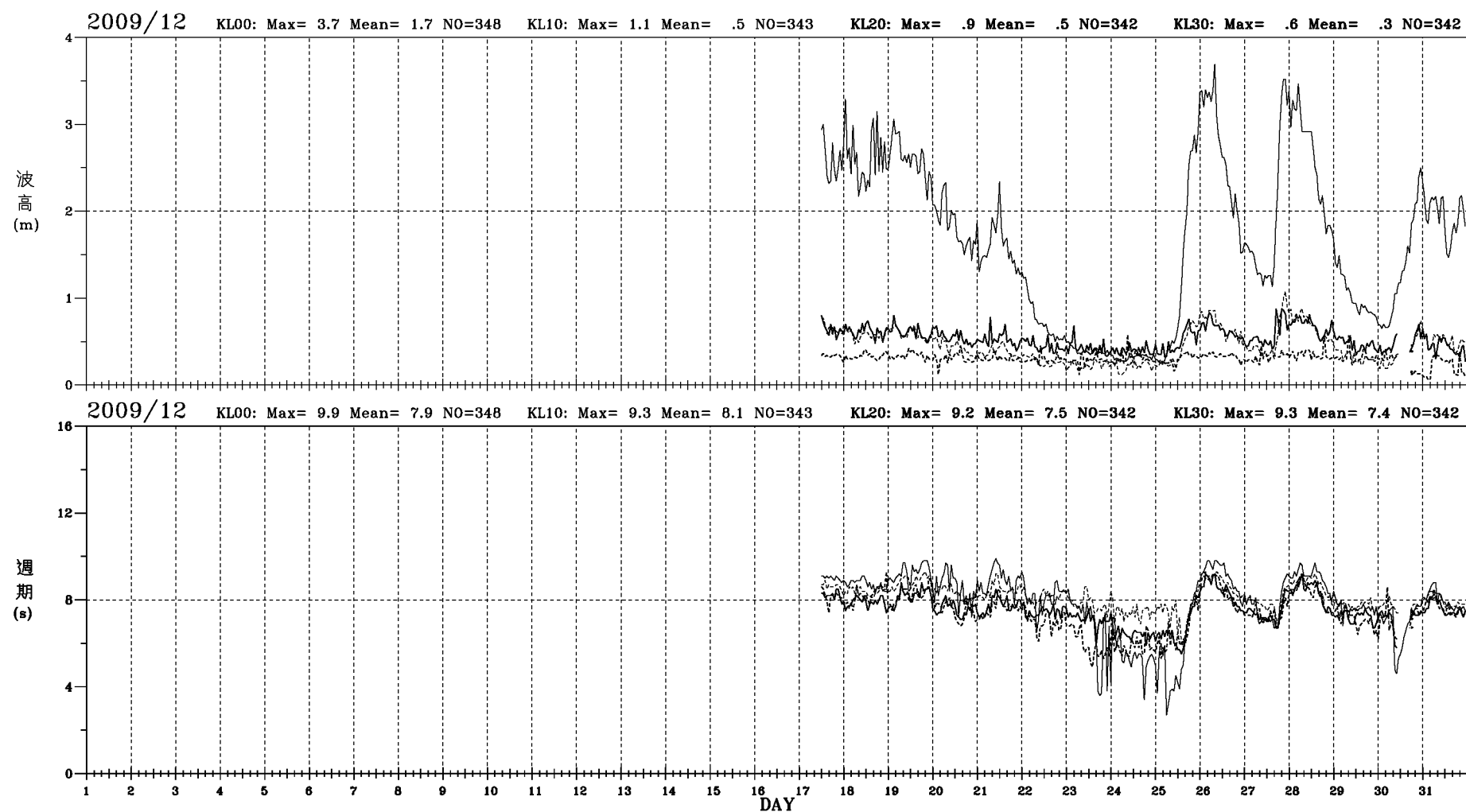


圖 3.4.5 基隆港港內、外測站 2009 年 12 月份示性波波高及週期之時序列比較圖

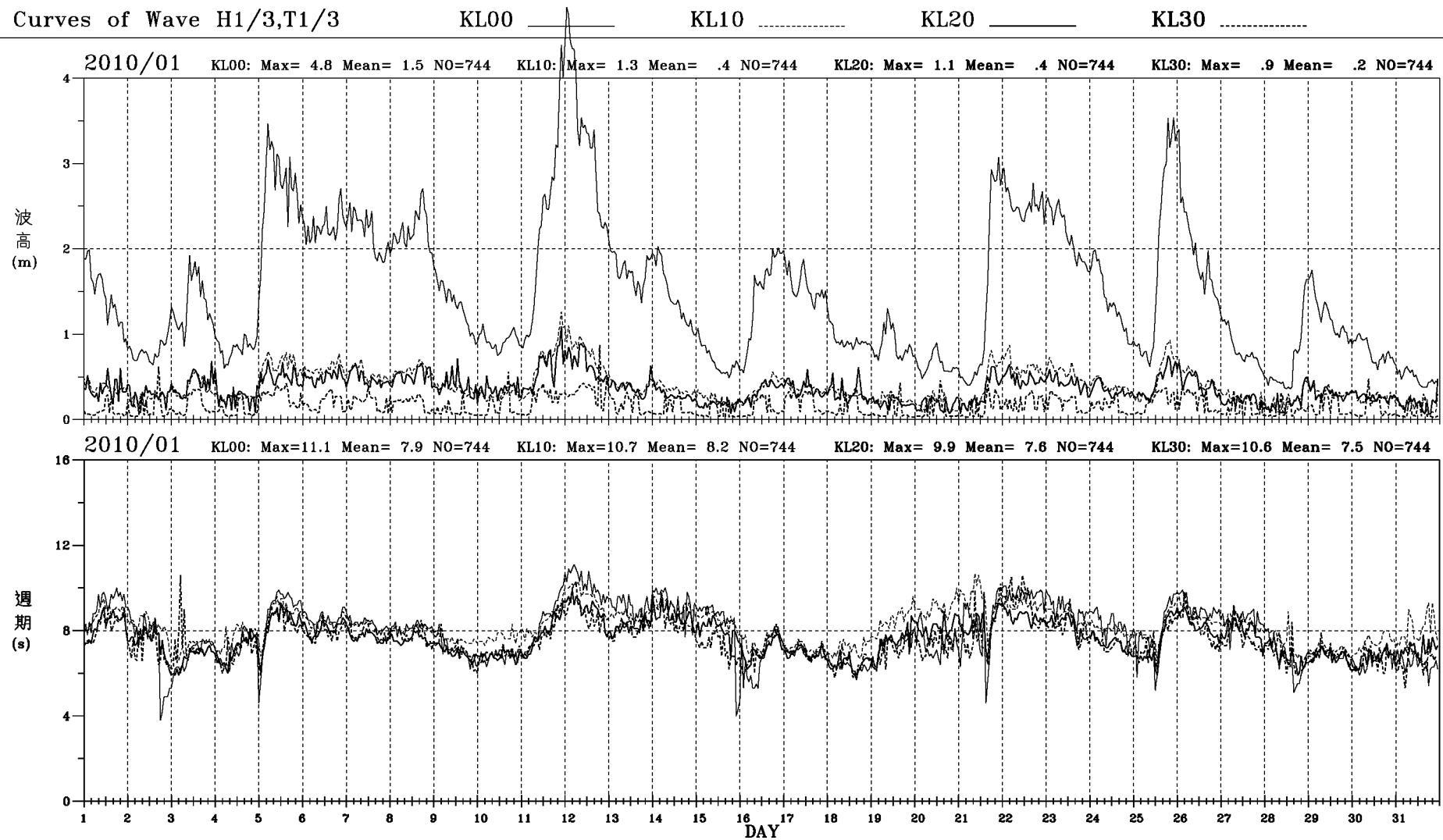


圖 3.4.6 基隆港港內、外測站 2010 年 1 月份示性波波高及週期之時序列比較圖



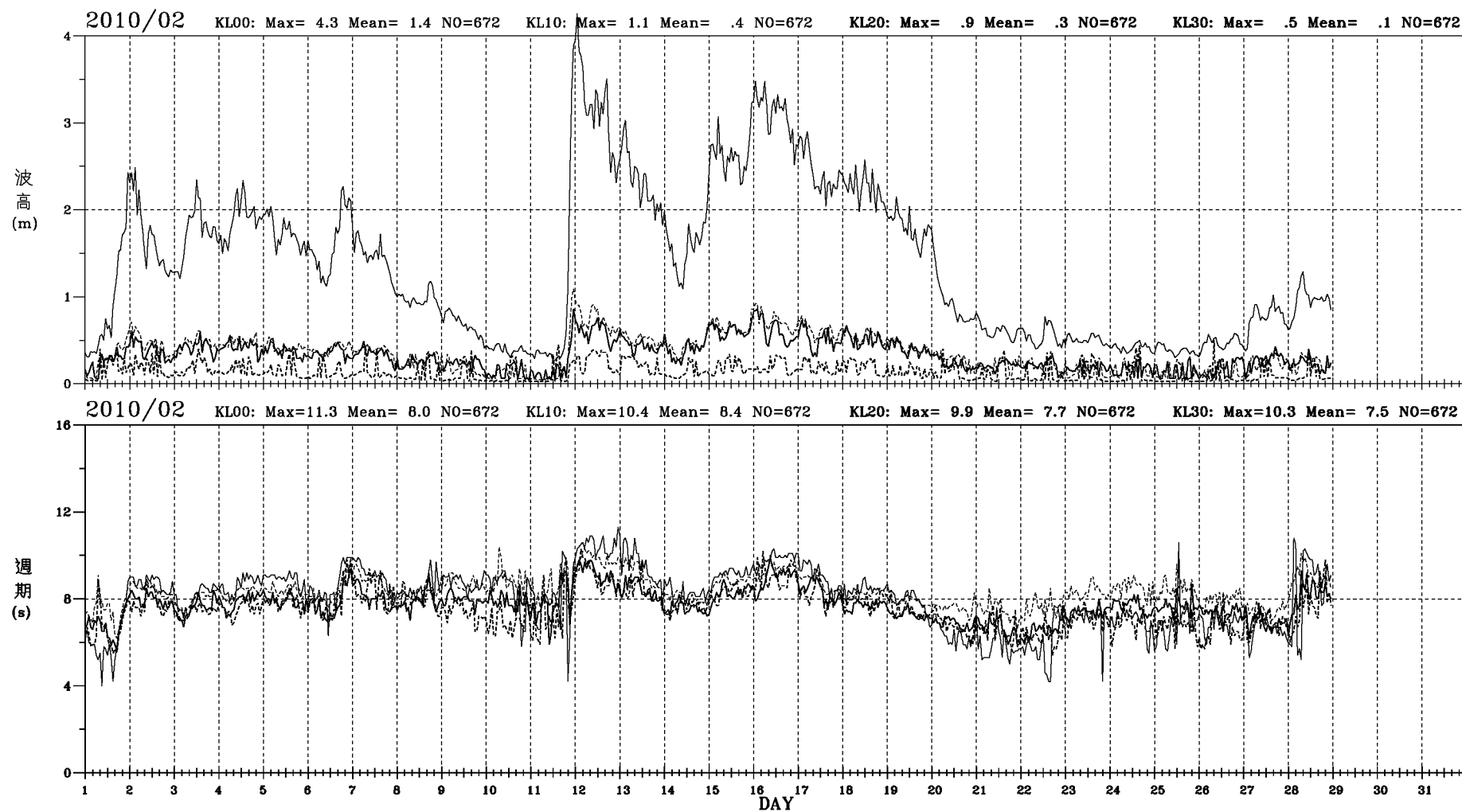


圖 3.4.7 基隆港港內、外測站 2010 年 2 月份示性波波高及週期之時序列比較圖

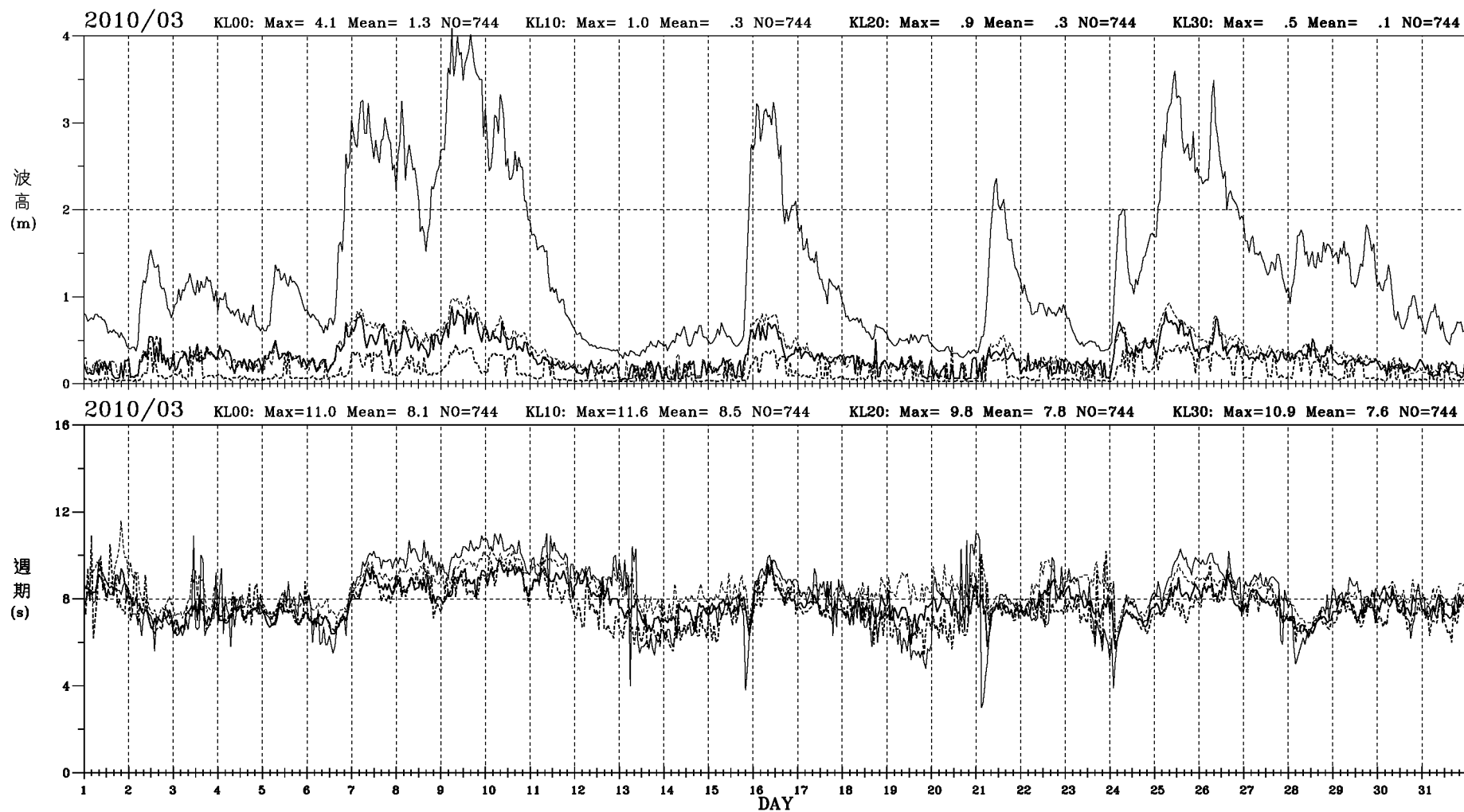


圖 3.4.8 基隆港港內、外測站 2010 年 3 月份示性波波高及週期之時序列比較圖

表 3.4.2 港內外波高及示性波高比統計表

| 港外觀測<br>波高範圍 | 觀測筆<br>數 | 港外觀測站                          |                                  |                  | 觀測站#1                          |                                  | 觀測站#2                          |                                  | 觀測站#3                          |                                  | 示性波高比     |           |       |
|--------------|----------|--------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-------|
|              |          | H <sub>1/3</sub><br>平均值<br>(m) | T <sub>1/3</sub><br>平均值<br>(sec) | 波向<br>平均值<br>(度) | H <sub>1/3</sub><br>平均值<br>(m) | T <sub>1/3</sub><br>平均值<br>(sec) | H <sub>1/3</sub><br>平均值<br>(m) | T <sub>1/3</sub><br>平均值<br>(sec) | H <sub>1/3</sub><br>平均值<br>(m) | T <sub>1/3</sub><br>平均值<br>(sec) | 觀測站<br>#1 | 觀測站<br>#2 | 觀測站#3 |
| >4m          | 12       | 4.33                           | 10.54                            | 21.71            | 0.98                           | 9.81                             | 0.78                           | 9.24                             | 0.31                           | 9.27                             | 0.23      | 0.18      | 0.07  |
| 3~4m         | 159      | 3.32                           | 9.77                             | 22.61            | 0.78                           | 9.31                             | 0.66                           | 8.82                             | 0.30                           | 8.72                             | 0.24      | 0.20      | 0.09  |
| 2~3m         | 546      | 2.45                           | 9.04                             | 22.68            | 0.60                           | 8.72                             | 0.52                           | 8.23                             | 0.24                           | 8.25                             | 0.24      | 0.21      | 0.10  |
| 1~2m         | 857      | 1.49                           | 7.95                             | 25.83            | 0.38                           | 8.07                             | 0.37                           | 7.52                             | 0.16                           | 7.52                             | 0.26      | 0.25      | 0.11  |
| 平均值          |          | 2.03                           | 8.53                             | 24.38            | 0.50                           | 8.43                             | 0.45                           | 7.91                             | 0.21                           | 7.91                             | 0.25      | 0.23      | 0.10  |

備註

1. 分析觀測時間為 98/12/17 12:00 至 99/4/8 10:00 共計 2687 小時(筆數)

2. 示性波高比=(港內 H<sub>1/3</sub>)/(港外 H<sub>1/3</sub>)

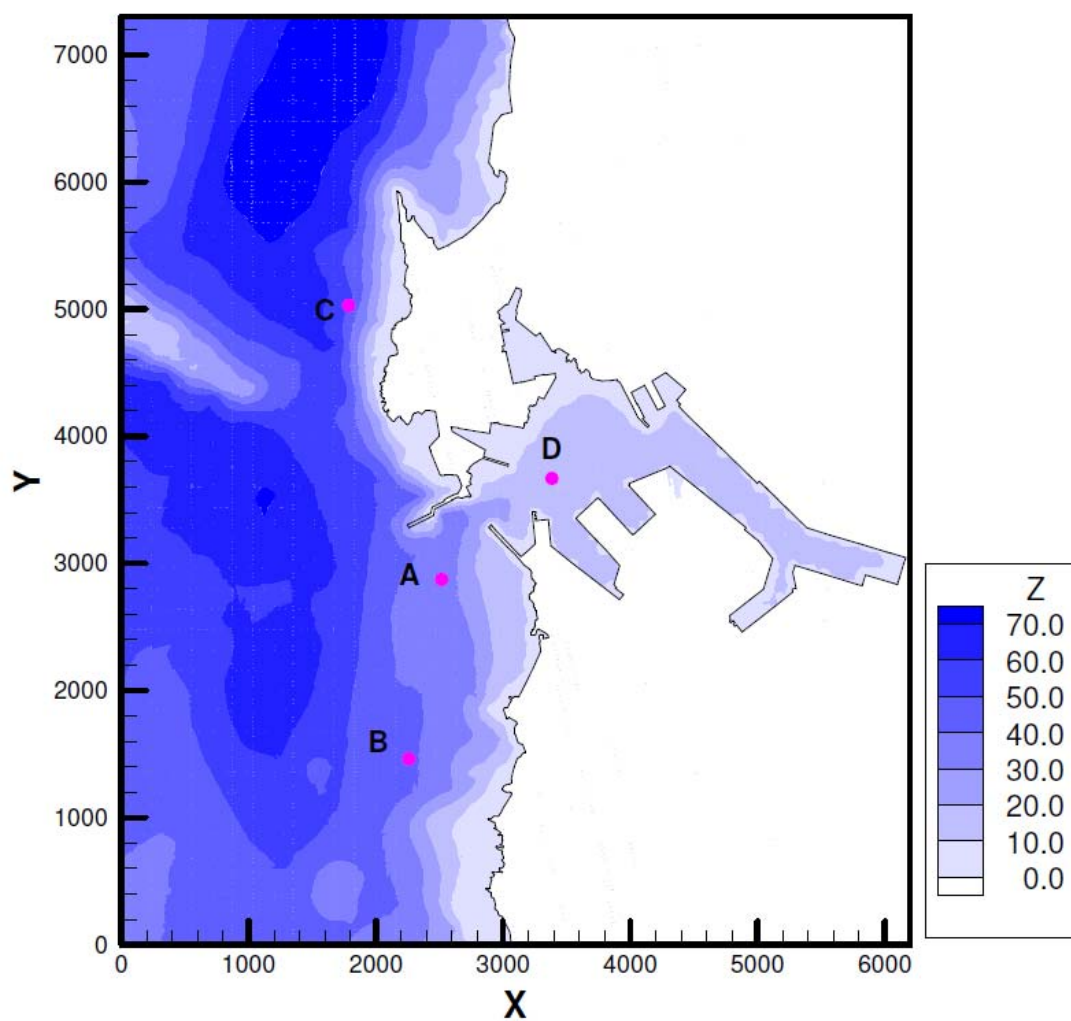


圖 3.4.9 基隆港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分布圖(點位 A~D 為模式模擬結果之輸出點位)

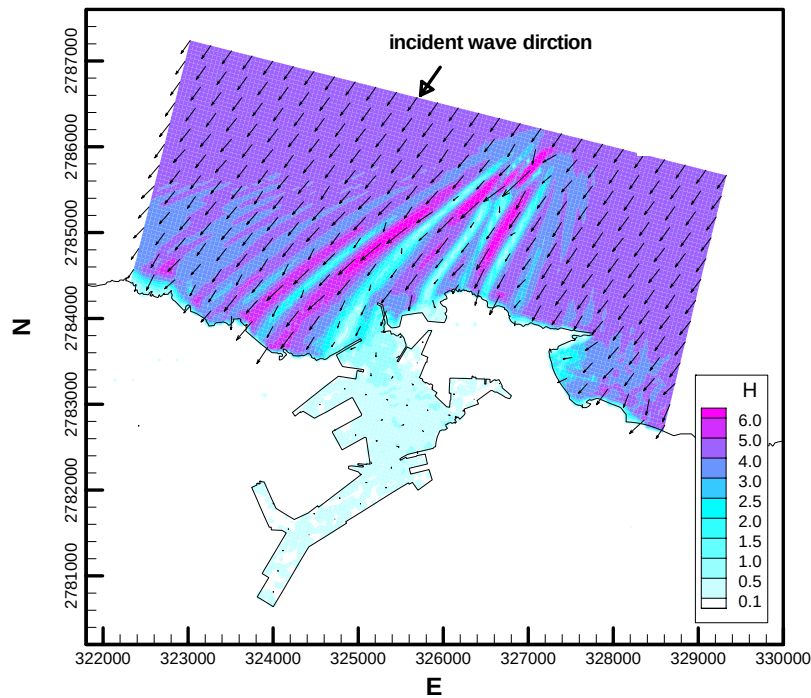


圖 3.4.10 基隆港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖  
(波浪資料觀測時間：2006091700， $H_{1/3} = 4.07\text{m}$ ， $T_{1/3} = 10.7\text{sec}$ ， $D = 35.4^\circ$ )

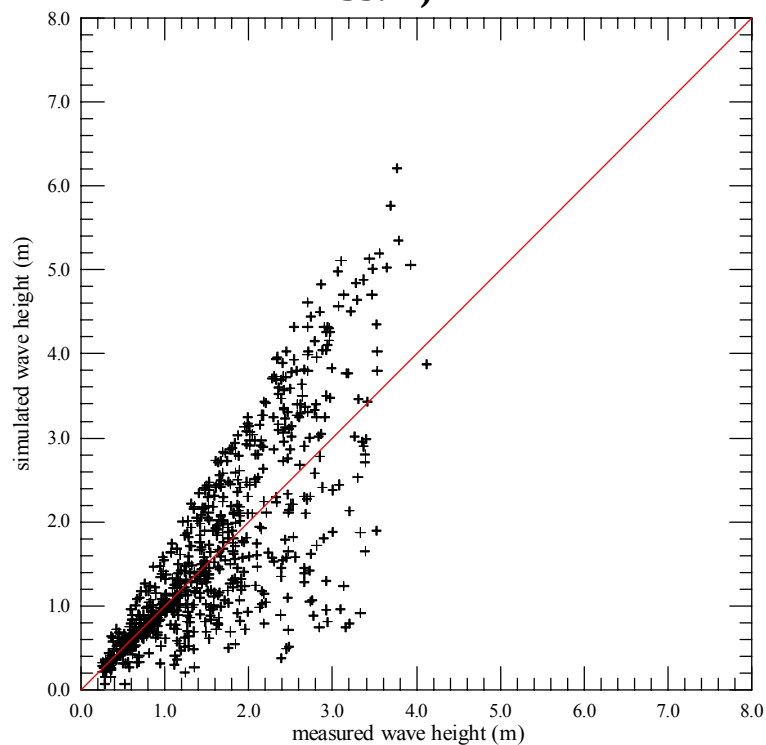


圖 3.4.11 基隆港波浪觀測值之波高與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

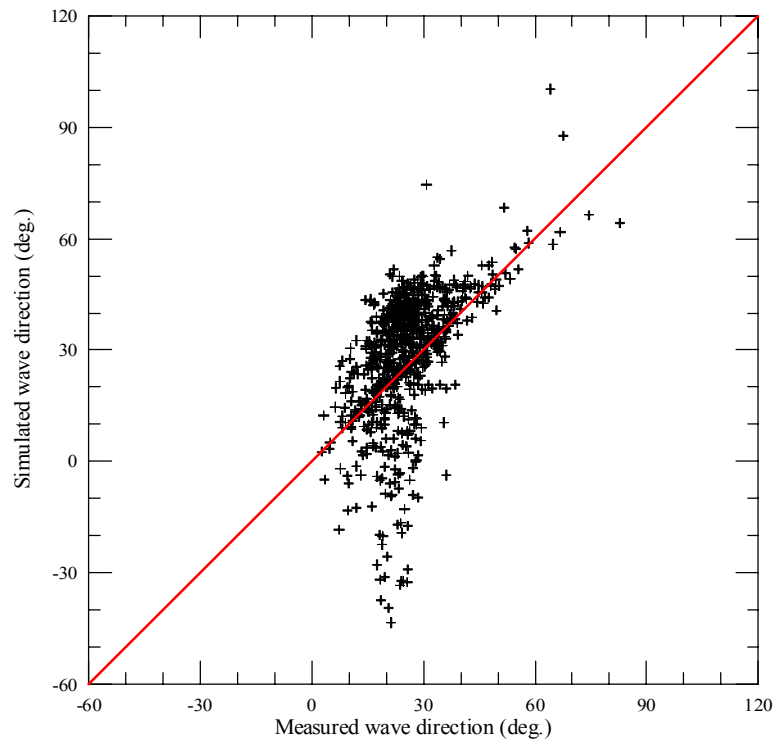


圖 3.4.12 基隆港波浪觀測值之波向與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

### 3.4.3 基隆港港域波浪模式建置與模擬結果

本年度計畫除了針對颱風期間進行基隆港、台北港、台中港、安平港、花蓮港及蘇澳港等港口港內波浪作業化模擬測試外，主要工作為配合基隆港波浪模擬子系統之建立。

#### (1) 基隆港港域波浪數值計算網格

由於上年度(98)所建置的基隆港港域波浪模式數值計算網格，並未考慮到東防波堤延伸工程及港內西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程完工後，將造成基隆港港口外廓形狀及港池碼頭配置改變之事實。因此本年度首要工作為配合基隆港波浪模擬子系統之建立，修正基隆港港域波浪模式數值計算網格，以期數值模擬能符合現況。圖 3.4.13 所示為上年度(98)本計畫針對基隆港所建置的三角形元素粗網格分布圖，圖 3.4.14 所示則為本年度考慮東防波堤延伸工程及港內西

18、19 號貨櫃碼頭延建工程完工後，修正之三角形元素粗網格分布圖。

基本上，本計畫港域波浪模式之數值計算三角形元素網格大小須滿足一個波長內至少涵蓋 8 至 10 個節點，才足以合理地描述波浪場之變化。因此本計畫數值計算細網格的產生，係以粗網格為基礎，利用三角網格自動生成程式，輸入波浪計算條件最小週期，此處採用波浪週期 8 秒，依地形水深條件產生符合需求(每個波長至少 8 個節點)的數值計算細網格。本年度修正後的數值計算細網格是由 38,554 個節點及 74,850 個三角元素組成的。此外，本計畫亦建置一由 55,047 個節點及 107,670 個三角元素組成更細之數值計算網格，以檢驗前述數值計算網格之模擬結果是否達到網格獨立之需求。圖 4.47 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。

## (2) 基隆港港域波浪模擬結果

由於基隆港外廓形狀及港池配置有變動，為瞭解基隆港東防波堤延長 200 公尺及西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程對基隆港靜穩可能造成的影響，本計畫乃針對基隆港舊有的外廓形狀及港池配置及現況分別進行港域波浪數值模擬。

基隆港港域波浪模式之邊界包括自然海岸線、防波堤、碼頭區及其他非碼頭區邊界等，由於邊界反射係數大小不僅與其構造有關，且與波浪週期關係密切，因此如何決定模式邊界反射係數大小在實際操作上相當困難。除非針對特定波浪條件進行模擬與驗證外，基於簡化理由，通常假設邊界反射係數為定值，且不受波浪週期影響而改變。目前基隆港港埠碼頭設施大多為直立壁，其反射率通常接近全反射，因此本計畫假設其反射係為 1.0；港口外防波堤及港內防波堤構造多為直立堤及消波塊，其反射率約介於 0.6~0.8 之間，本計畫對於外防波堤假設其反射係為 0.8，內防波堤反射係為 0.65；至於港內非碼頭區之其他邊界，則假設其反射係為 0.75，如圖 3.4.16 所示。

此外，為瞭解東防波堤延長段對港內波浪靜穩之影響，本計畫針對港內水域分別選取五個區位，如圖 3.4.17 所示，計算各區位上之平均波高遮蔽係數( $K_d$ )值，藉由  $K_d$  值變化情形評估外海波浪條件與東防波堤延長段對港內波浪靜穩之影響。本計畫定義平均波高遮蔽係數  $K_d$  值為區位內各節點波高平均值/(入射波高+反射波高)。圖 3.4.17 所示每個區位內含有為數不等之節點，其中 A、B、C 三點位代表港內波浪觀測位置，D 點代表東 11 碼頭(位於西 18 碼頭前方)，E 點代表西 18 碼頭延建段。

首先考慮波浪正向入射(波向 N 偏 W21.8°)之情況，針對週期為 8 至 18 秒(間隔 0.1 秒)之波浪進行數值模擬。圖 3.4.18 至圖 3.4.21 所示分別為波浪週期 8、9、10 及 11 秒條件下數值計算結果，現況及舊港池配置之波高分布圖，結果顯示東防波堤延伸 200 公尺對於正向入射波浪之遮蔽改善並不顯著。圖 3.4.22 至圖 3.4.23 所示分別為現況及舊港池配置在 A、B、C、D、E 區位內平均波高遮蔽係數( $K_d$ )值與波浪週期關係之比較圖，整體而言，東防波堤延長 200 公尺對於正向入射波浪之遮蔽效果改善並不顯著。由於本計畫以區域平均波高定義遮蔽係數  $K_d$  值，可能受到選取之區域範圍影響而導致  $K_d$  值與波浪週期間關係變動較大。此外，當波浪週期為 17.6~17.9 秒時，模擬結果顯示外海波浪似乎被阻擋在港外，港內波浪相當小，形成此一結果之原因，推測可能與港口寬度及外海地形水深條件有關，或者目前模式外海半圓假想邊界不夠遠，導致對於週期較大(或波長較長)之波浪模擬結果已失真，實際原因仍需進一步研究。

其次，考慮外海波浪波向為 NNE 之情況，本計畫亦針對週期為 8 至 18 秒(間隔 0.1 秒)之波浪進行數值模擬。圖 3.4.24 至圖 3.4.27 所示分別為波浪週期 8、9、10 及 11 秒條件下數值計算結果，現況及舊港池配置之波高分布圖，結果顯示針對 NNE 方向波浪，基隆港舊有的港池配置及現況東防波堤延伸 200 公尺均具有較佳之遮蔽效應。圖 3.4.28 至圖 3.4.29 所示分別為現況及舊港池配置在 A、B、C、D、E 區位內平均波高遮蔽係數( $K_d$ )值與波浪週期關係之比較圖，對



於 NNE 波向而言，東防波堤延伸 200 公尺後西 33 碼頭附近(區位 A) 之平均波高遮蔽係數( $K_d$ )值普遍有降低之趨勢，B、C、D 三區位平均波高遮蔽係數  $K_d$  則隨波浪週期不同而呈現增加或降低互見之情況。至於區位 E 現況模擬結果呈現  $K_d$  值增加之現象，主要是因為西 18、19 碼頭延建工程之因素造成的。此外，外海波浪波向為 NNE 時，波浪週期為 17.6~17.9 秒之模擬結果，並未呈現外海波浪被阻擋在港外之結果，港內波浪仍受到東防堤繞射波之影響。

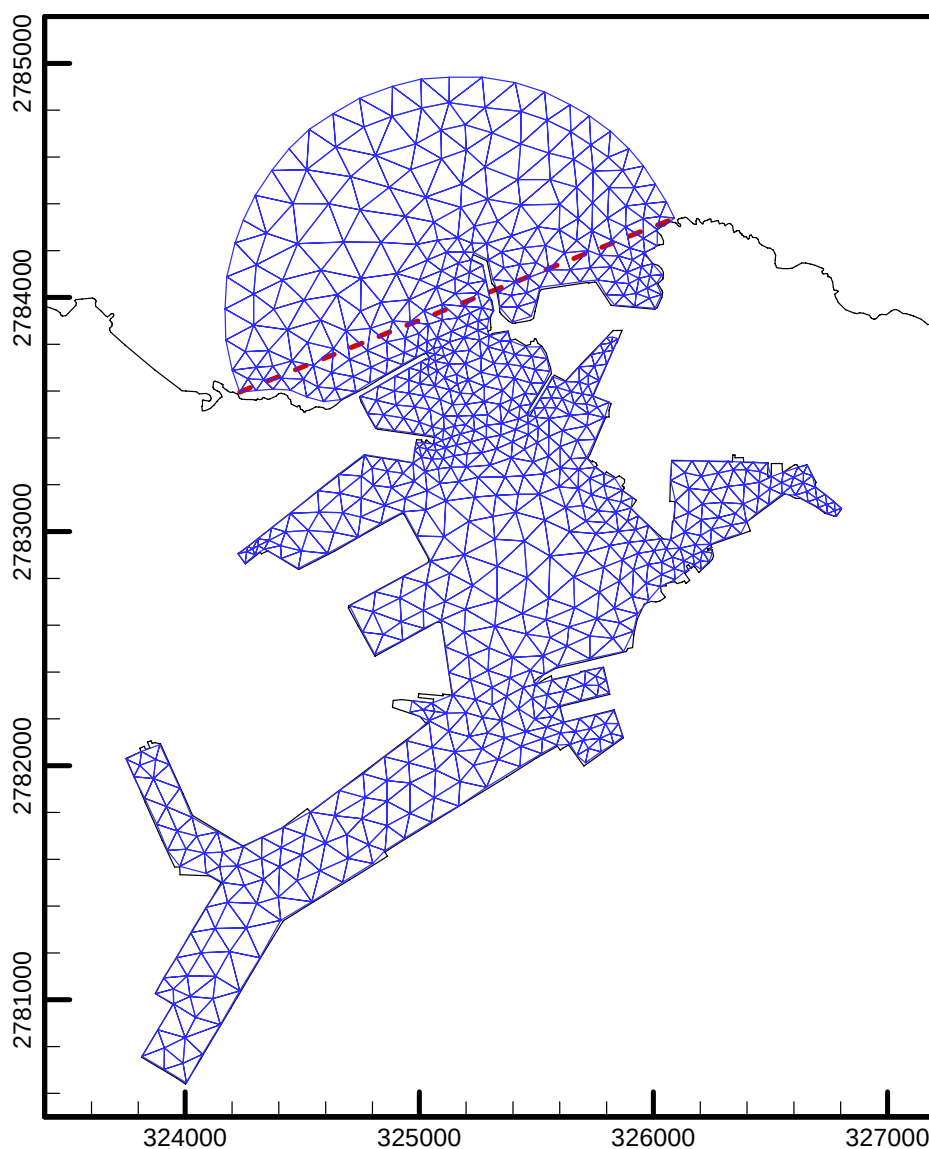


圖 3.4.13 基隆港東防波堤延伸工程及西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程  
施工前之港池形狀及其粗網格分布圖

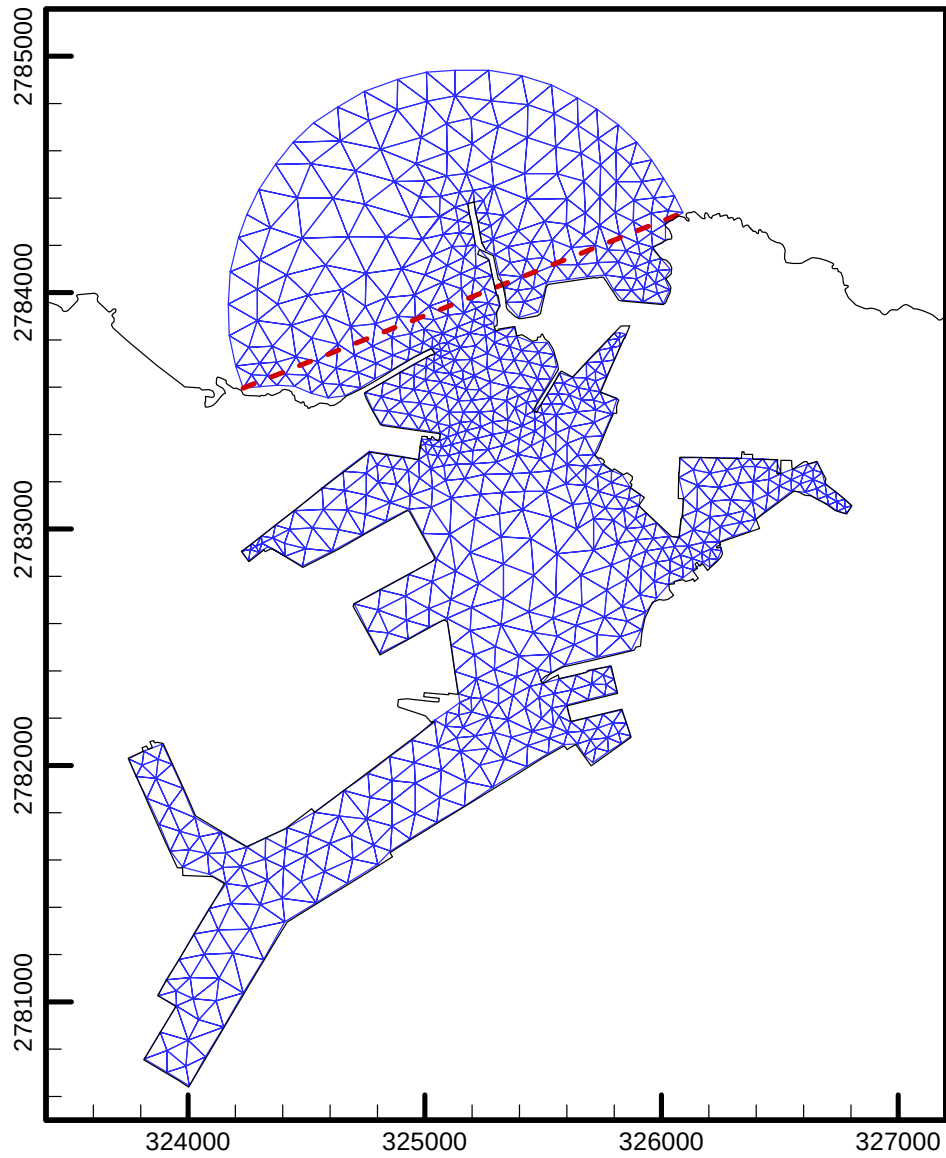


圖 3.4.14 基隆港東防波堤延伸工程及西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程施  
工後之港池形狀及其粗網格分布圖

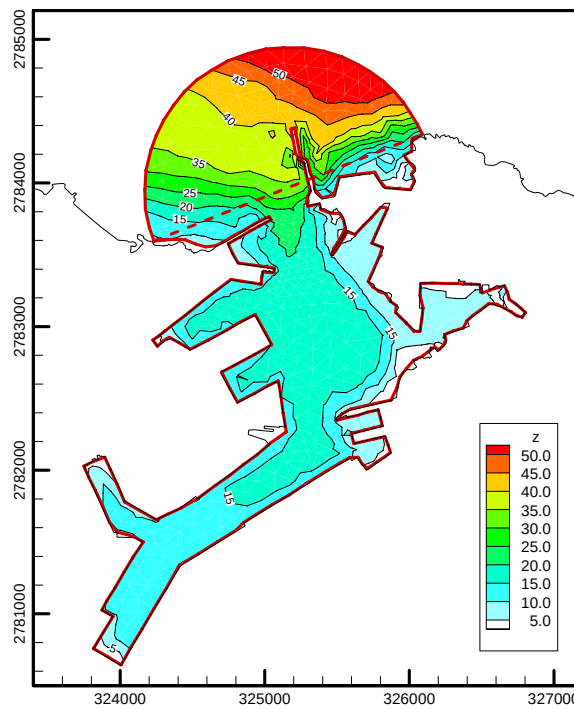


圖 3.4.15 基隆港港域波浪模式數值計算網格之水深分布情形

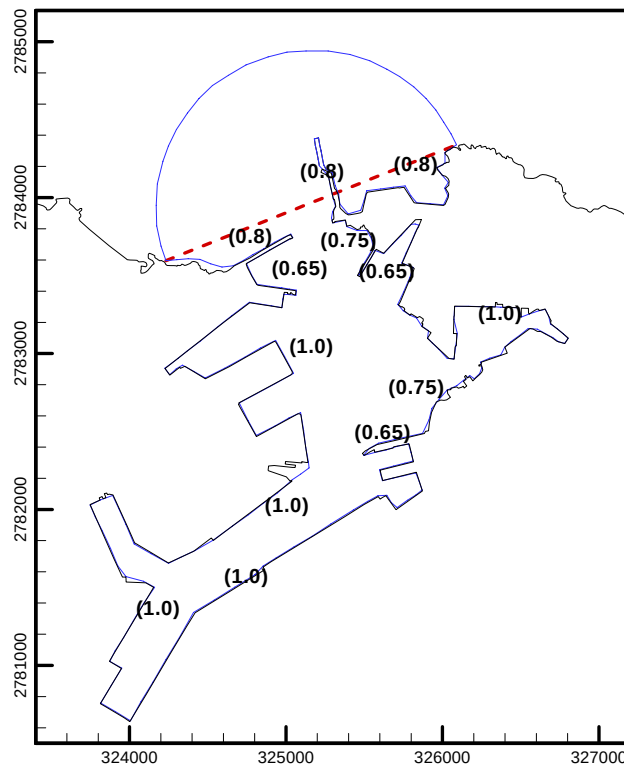


圖 3.4.16 基隆港港域波浪數值模式邊界反射係數配置示意圖

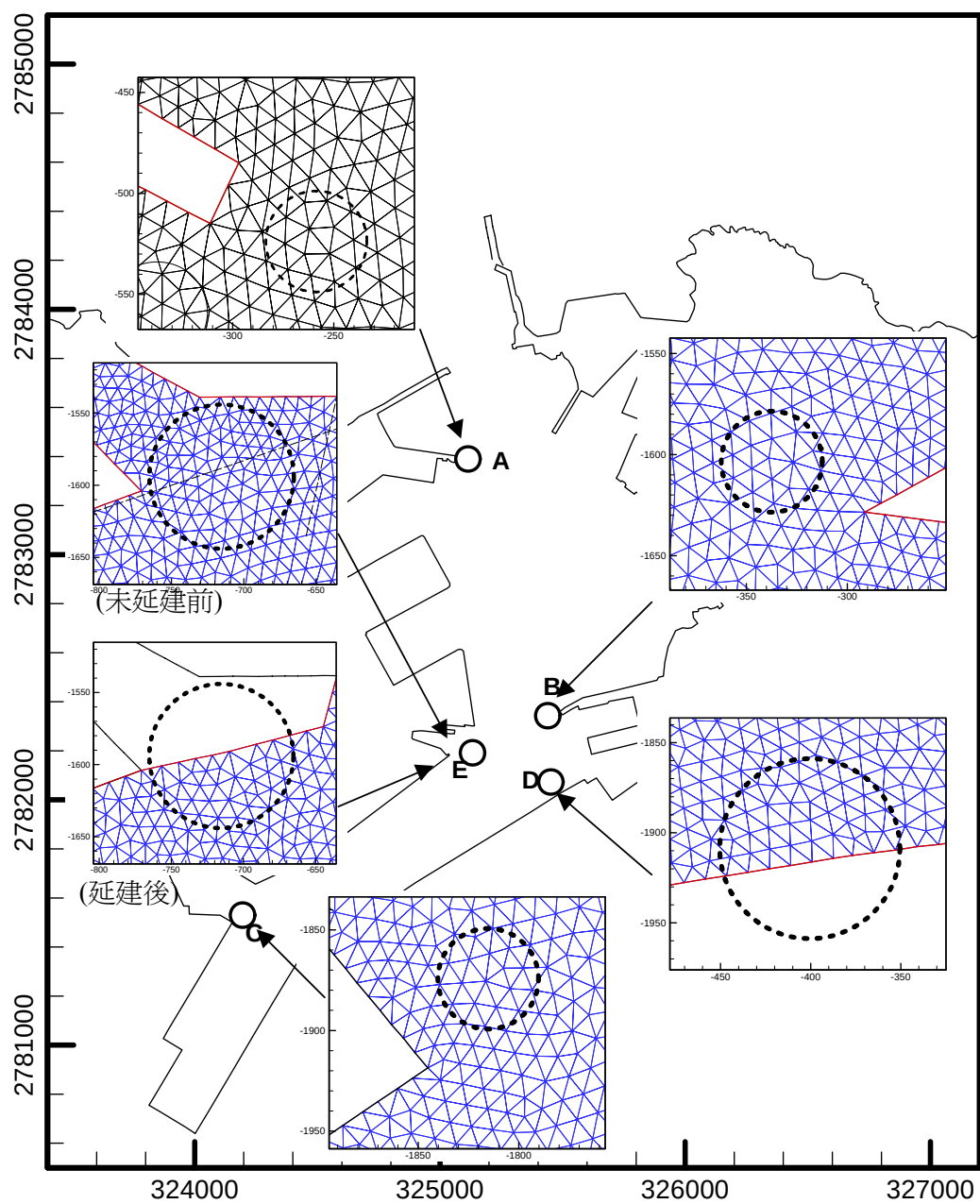


圖 3.4.17 港內波高遮蔽係數  $K_d$  值計算區位及網格節點分布圖

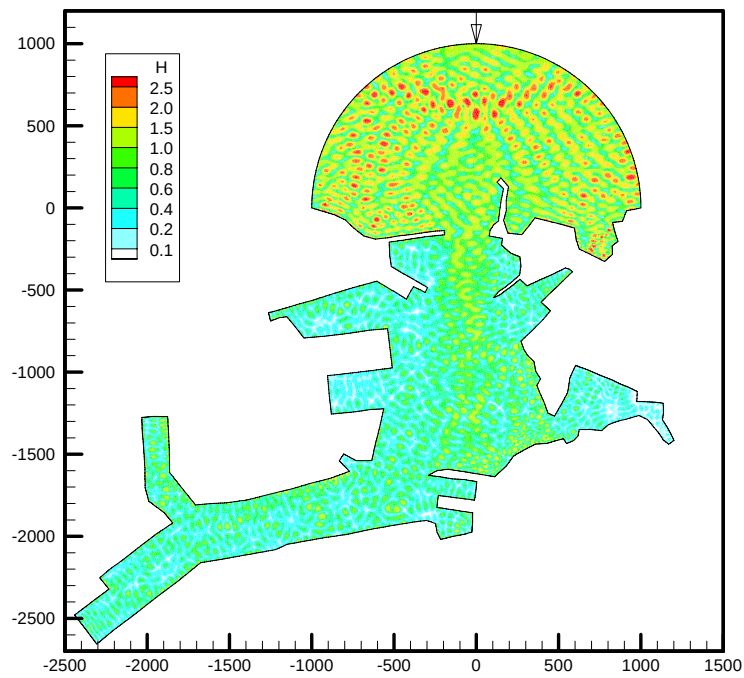


圖 3.4.18a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 N 偏 W21.8°)

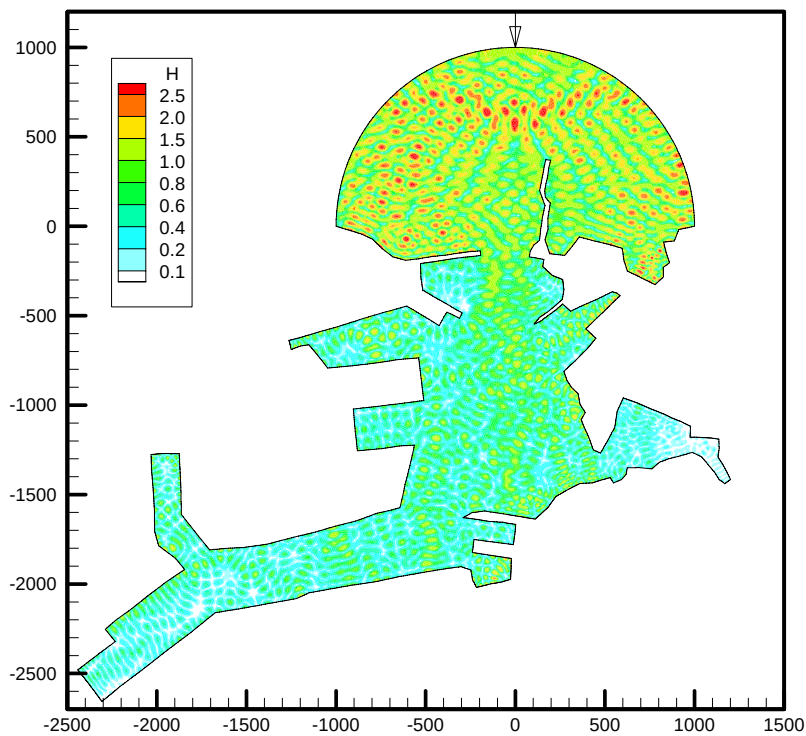


圖 3.4.18b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 N 偏 W21.8°)

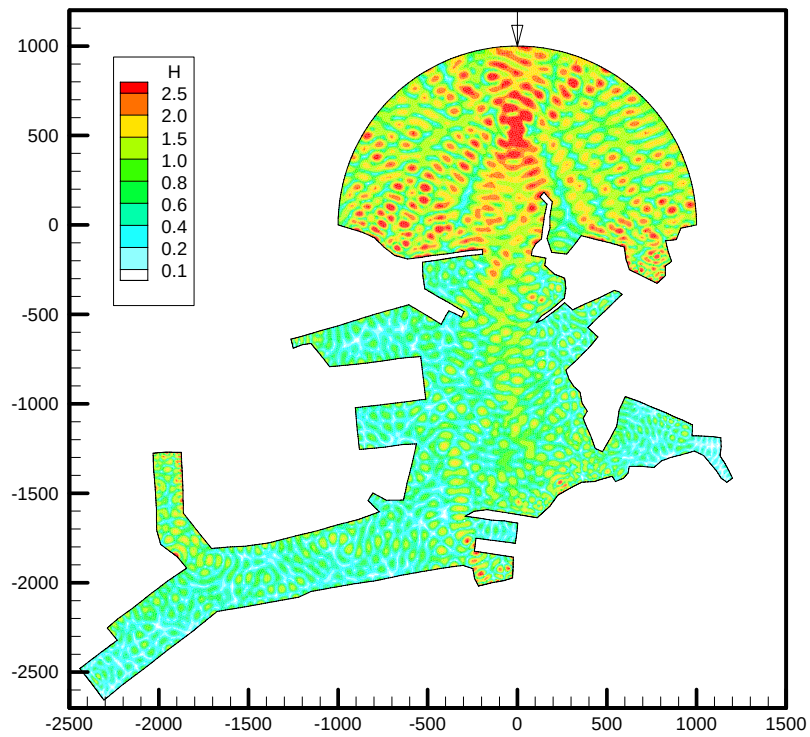


圖 3.4.19a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 9 秒，波向 N 偏 W21.8°)

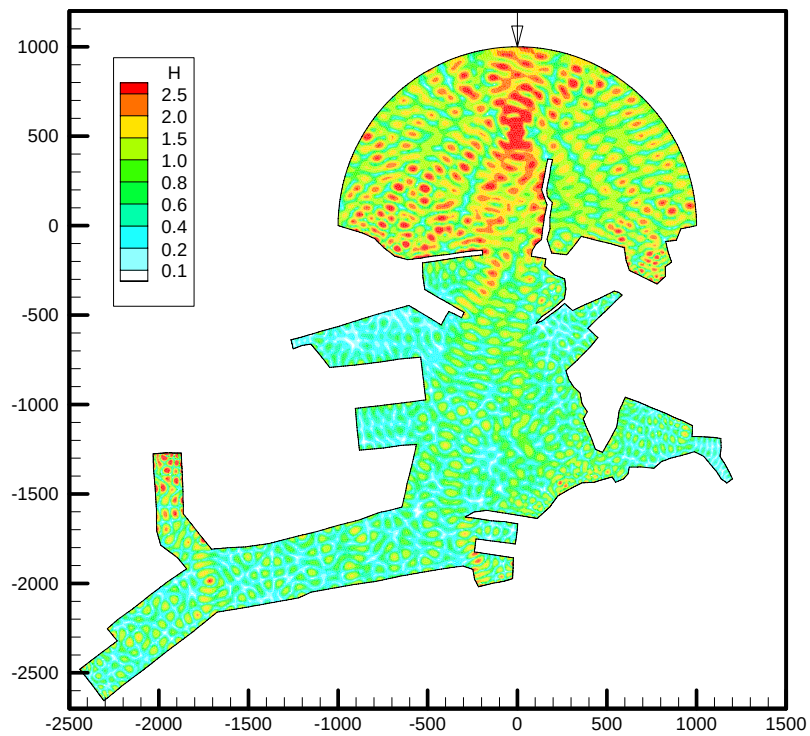


圖 3.4.19b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 9 秒，波向 N 偏 W21.8°)



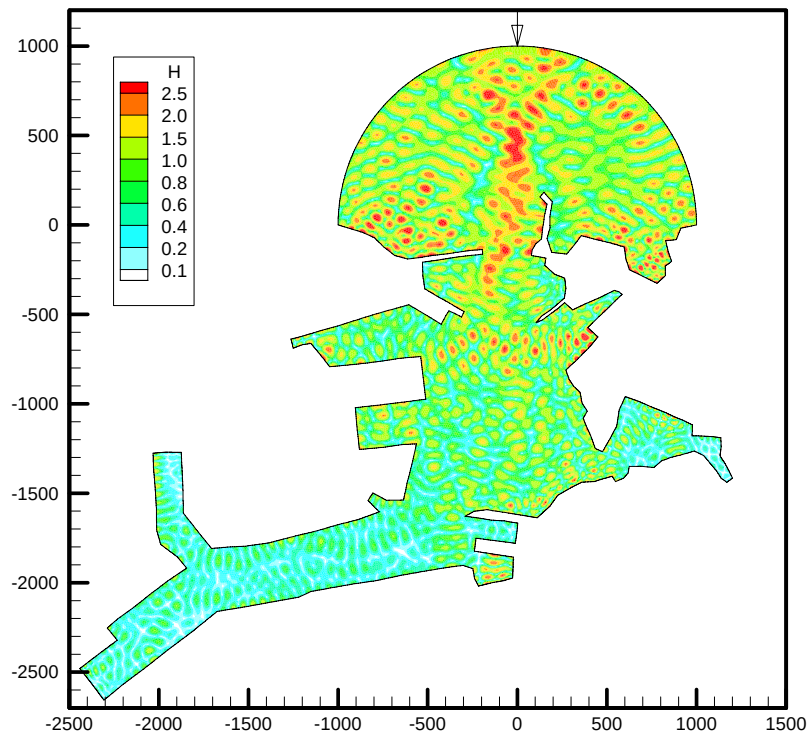


圖 3.4.20a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 N 偏 W21.8°)

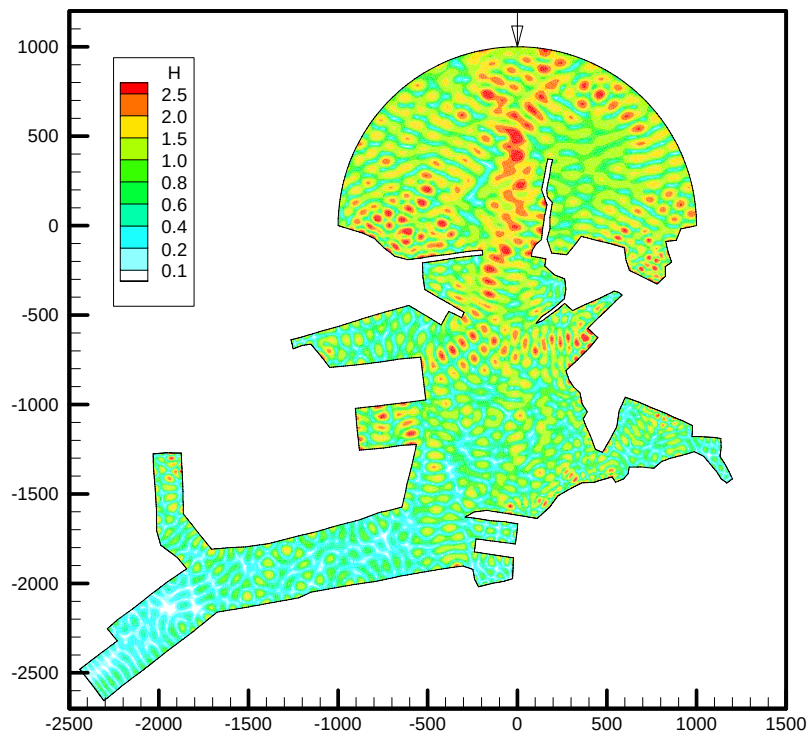


圖 3.4.20b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 N 偏 W21.8°)

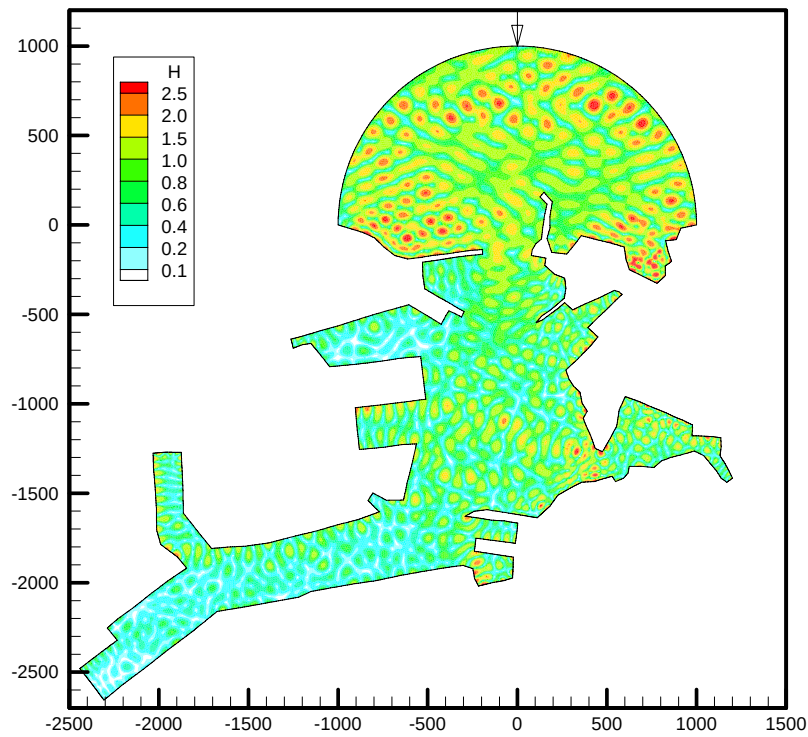


圖 3.4.21a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 N 偏 W21.8°)

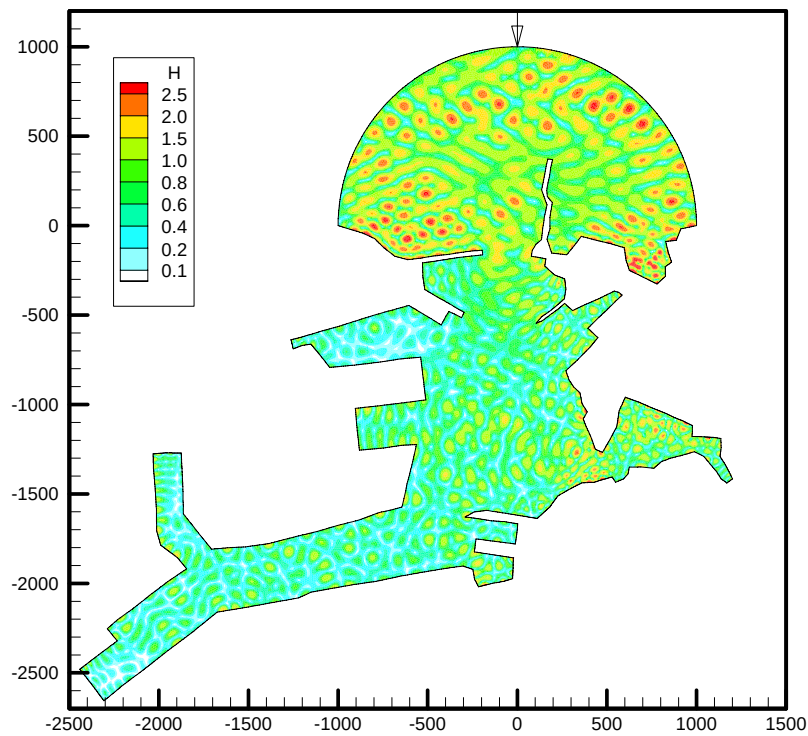


圖 3.4.21b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 N 偏 W21.8°)



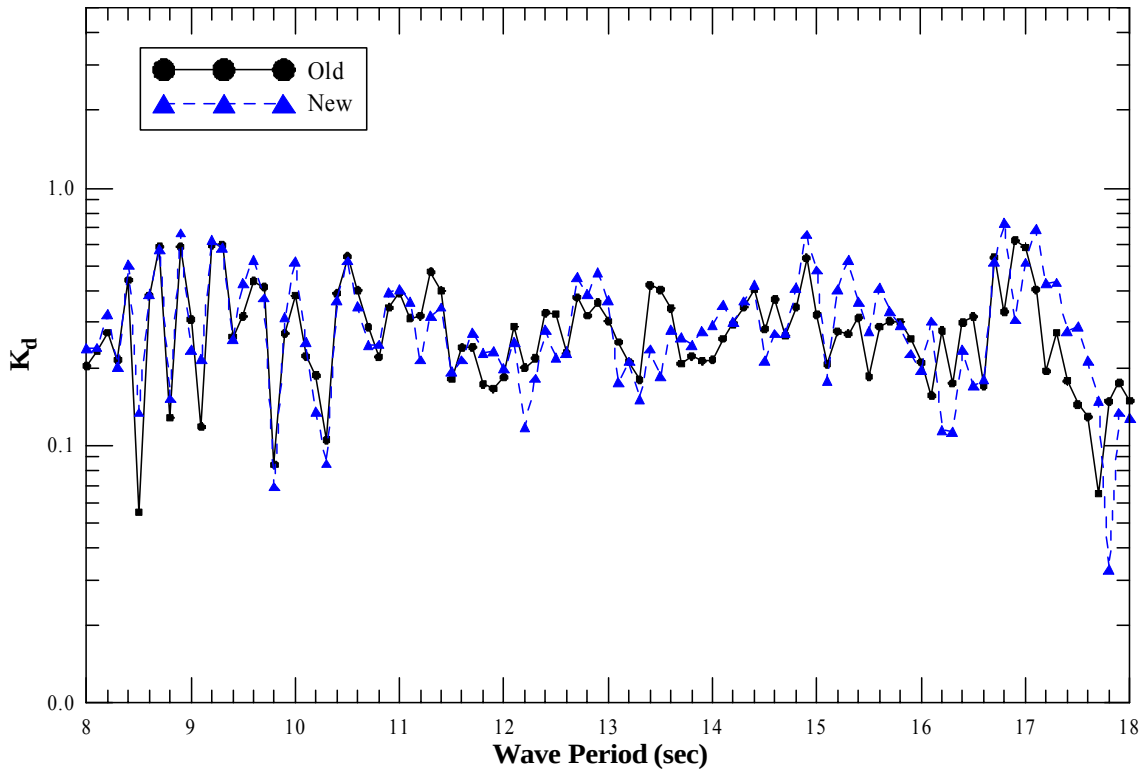


圖 3.4.22 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 A 之平均波高遮蔽係數  $K_d$  值之比較圖（波浪正向入射情況）

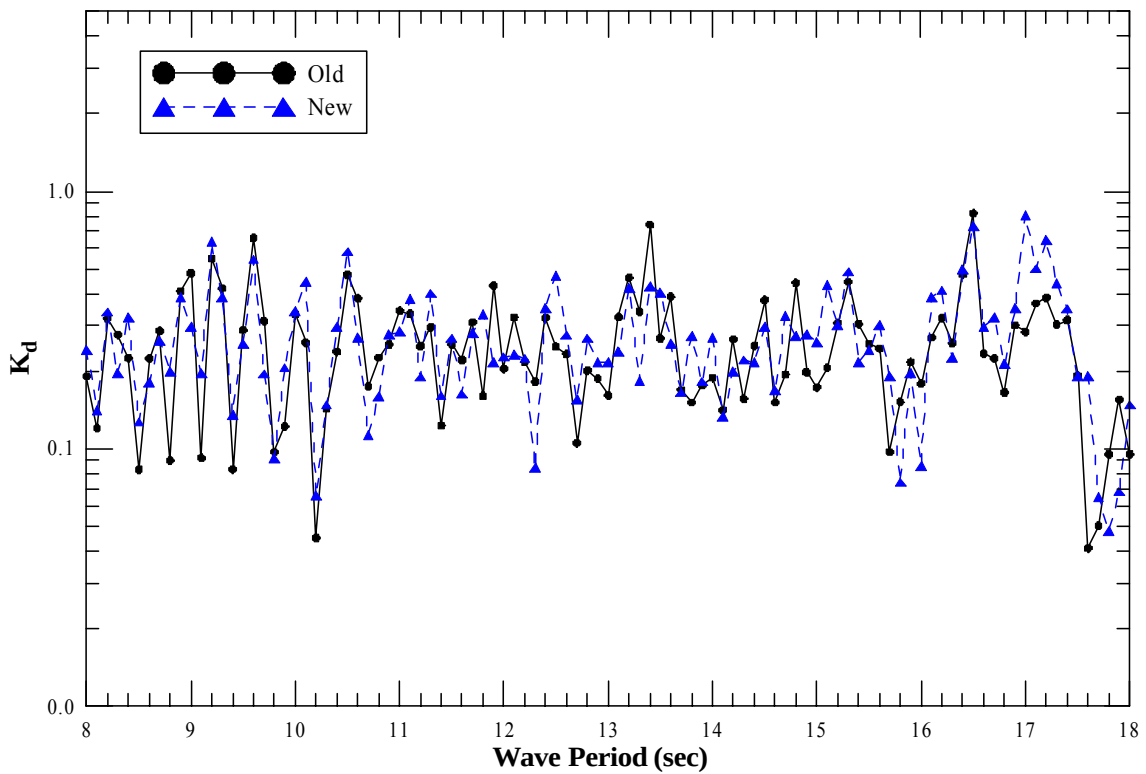


圖 3.4.23 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 B 之平均波高遮蔽係數  $K_d$  值之比較圖（波浪正向入射情況）

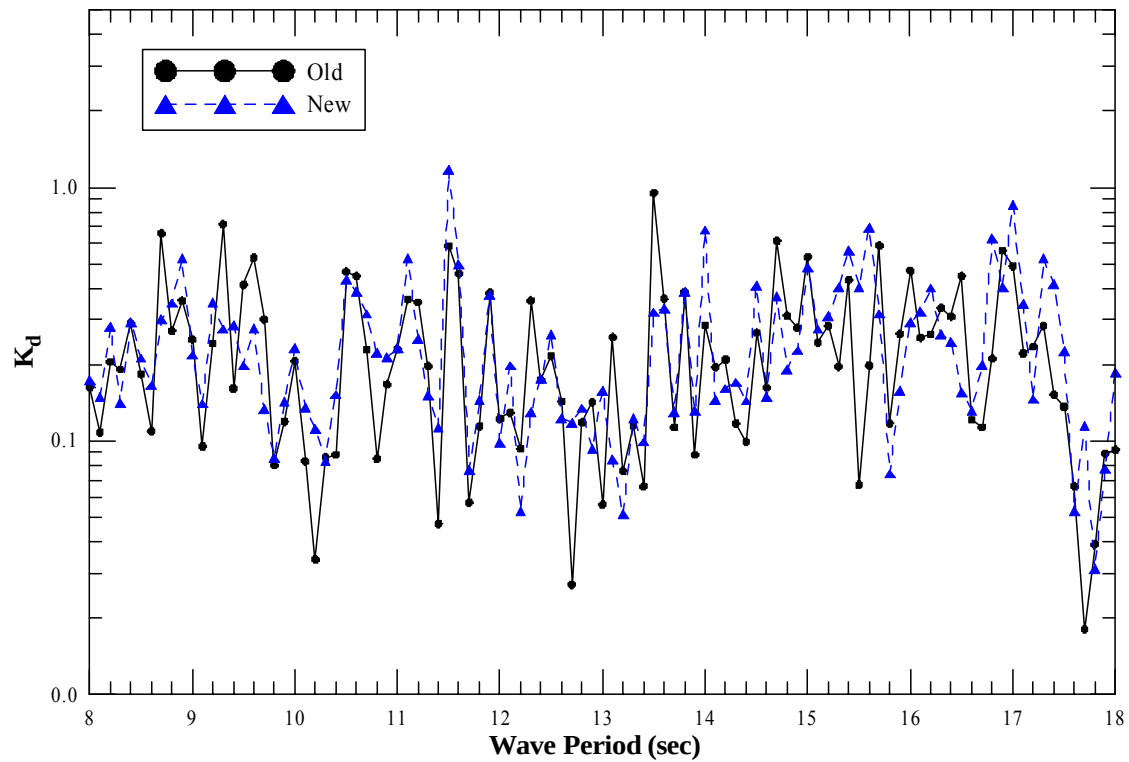


圖 3.4.24 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 C 之平均波高遮蔽係數  $K_d$  值之比較圖（波浪正向入射情況）

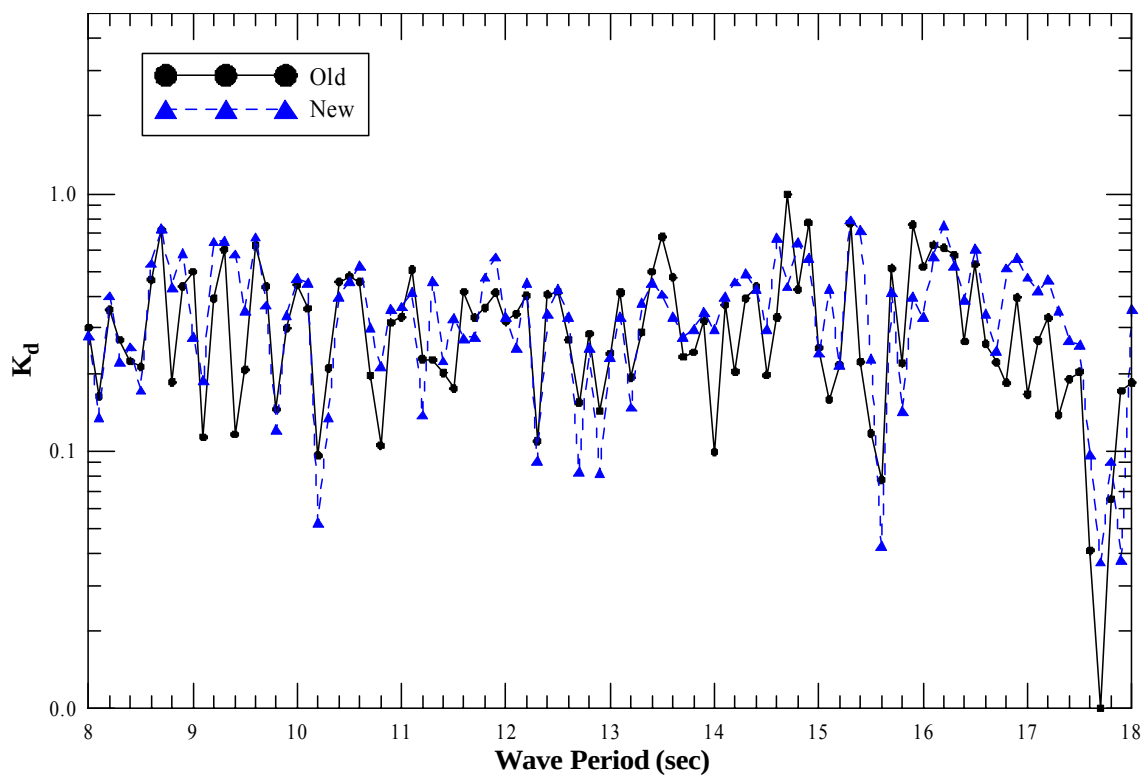


圖 3.4.25 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 D 之平均波高遮蔽係數  $K_d$  值之比較圖（波浪正向入射情況）

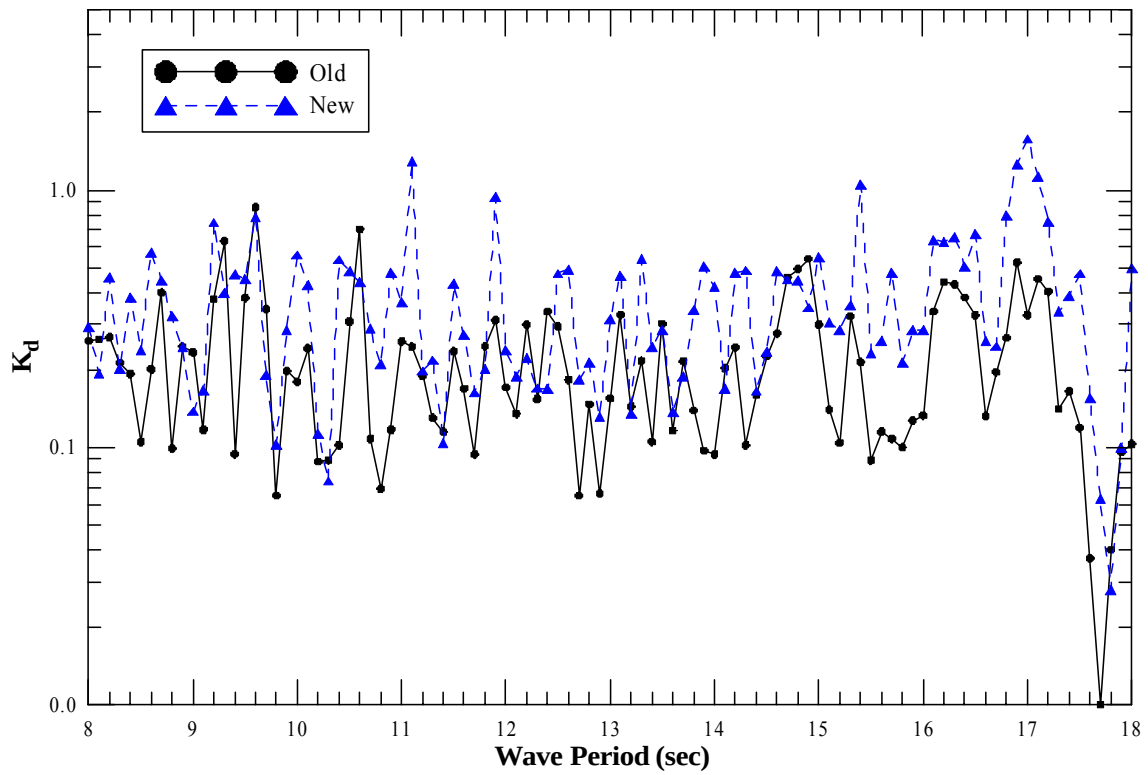


圖 3.4.26 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 E 之平均波高遮蔽係數  $K_d$  值之比較圖（波浪正向入射情況）

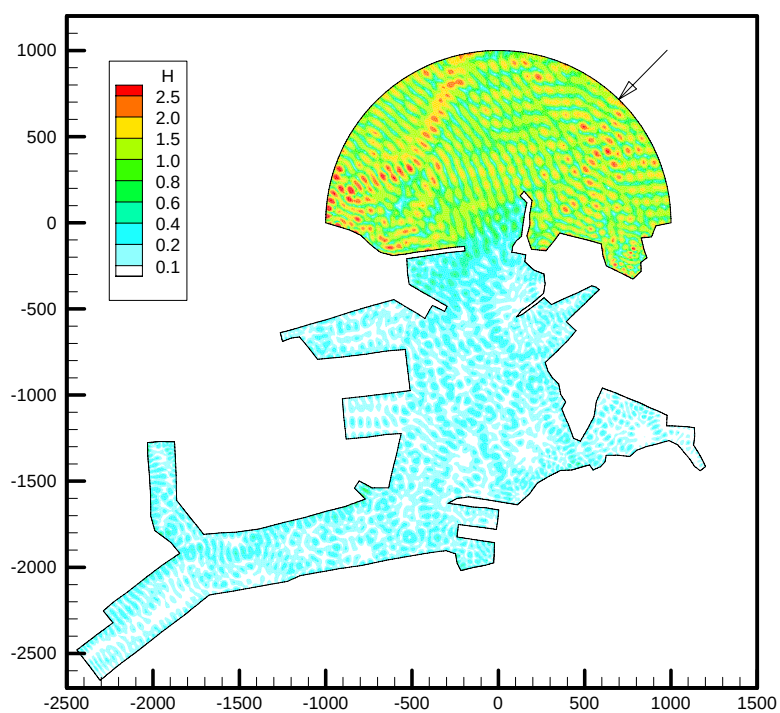


圖 3.4.27a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 NNE)

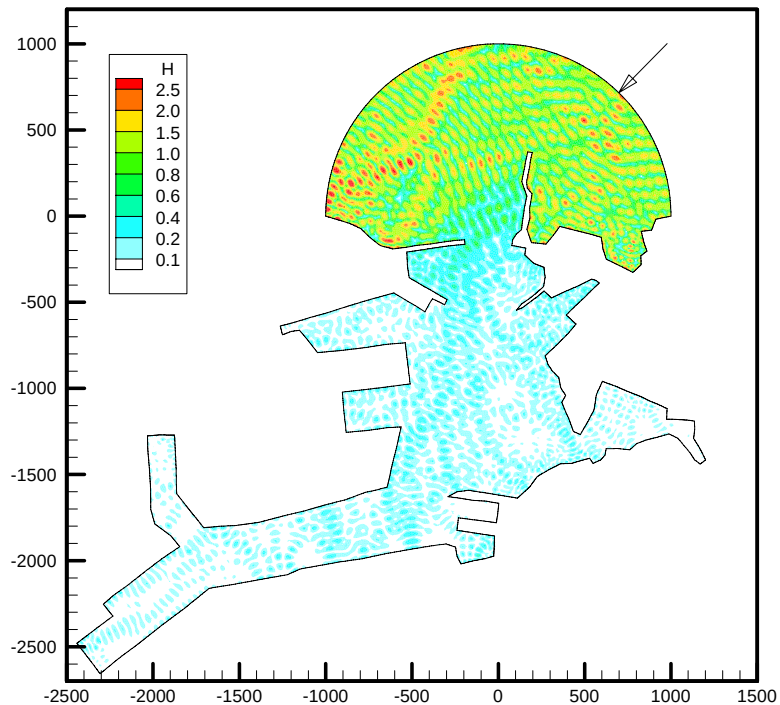


圖 3.4.27b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 NNE)

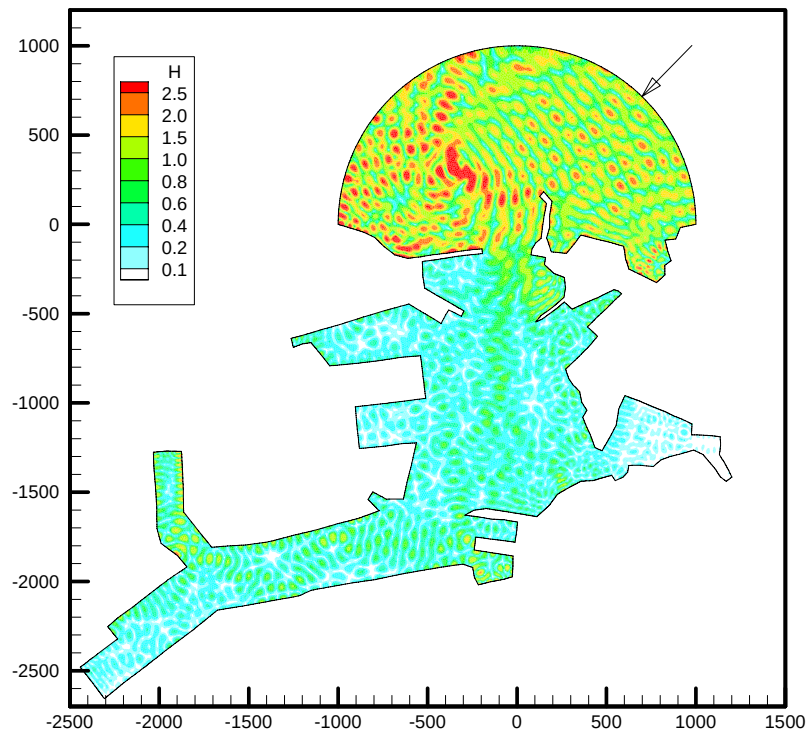


圖 3.4.28a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 9 秒，波向 NNE)

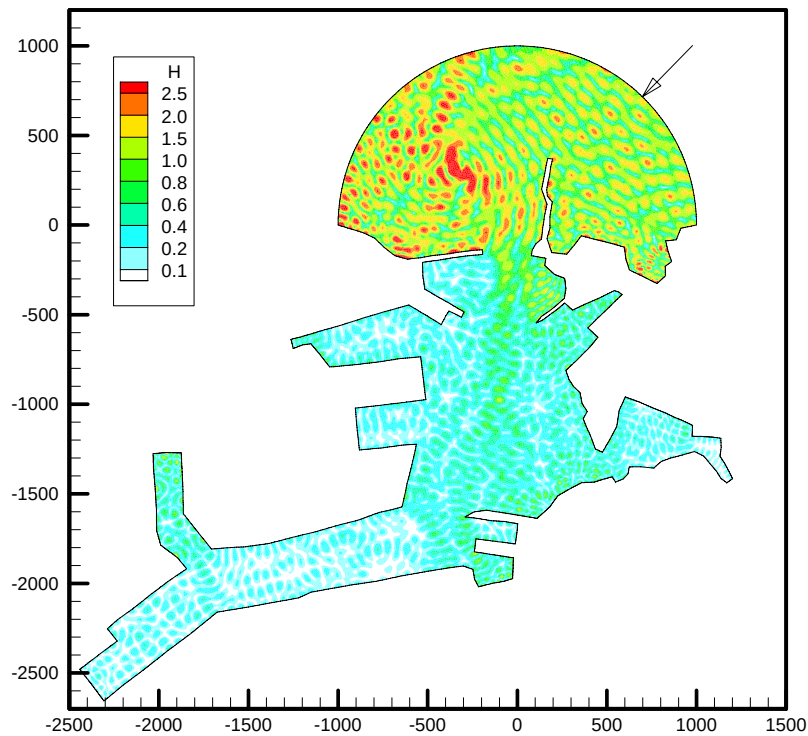


圖 3.4.28b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 9 秒，波向 NNE)

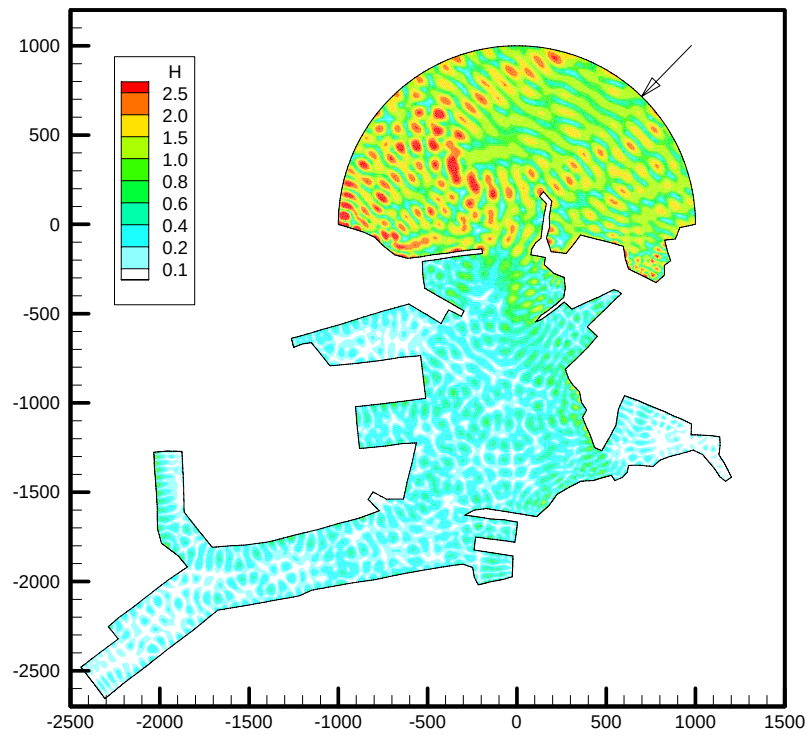


圖 3.4.29a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 NNE)

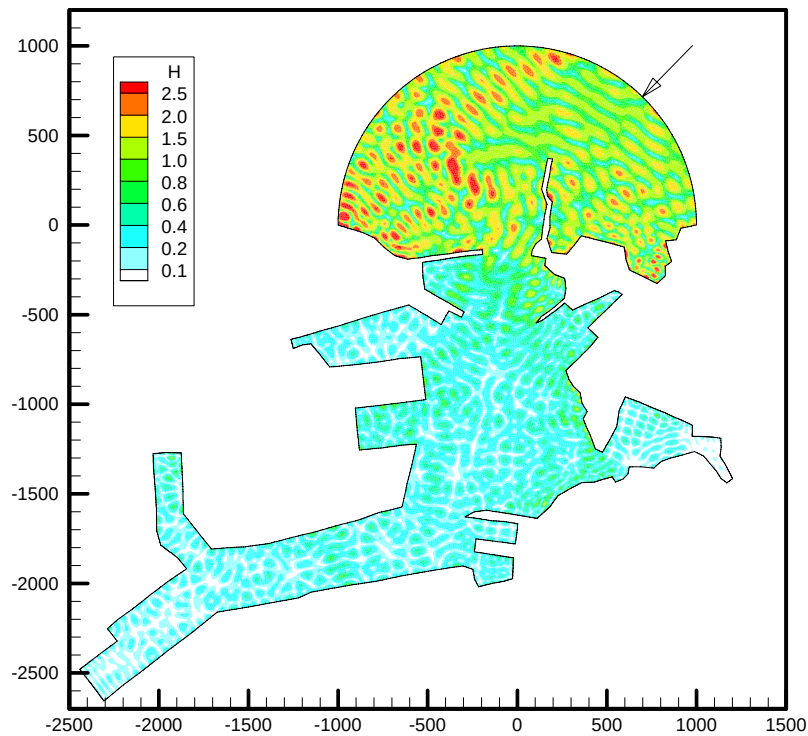


圖 3.4.29b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 NNE)

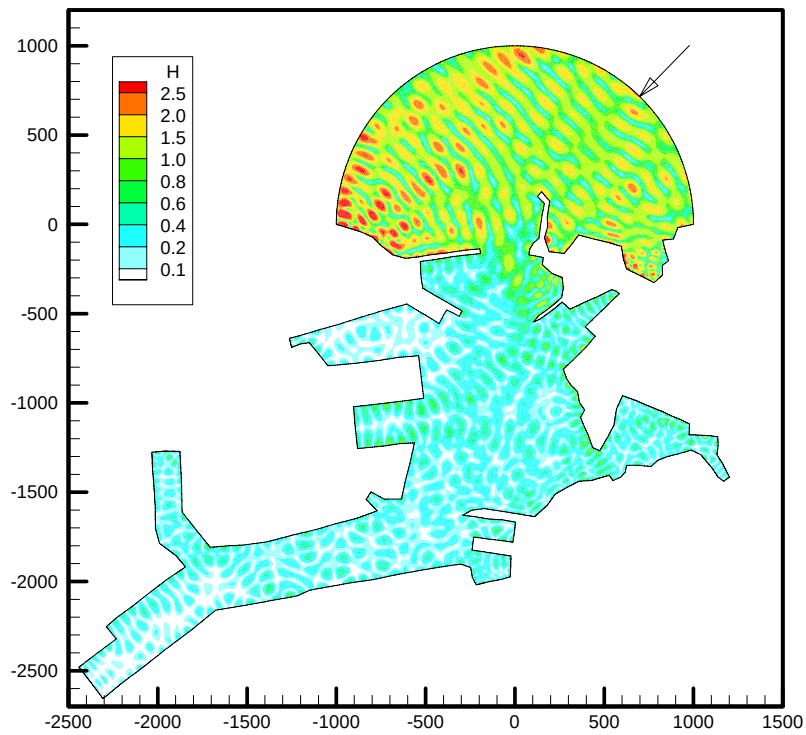


圖 3.4.30a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 NNE)

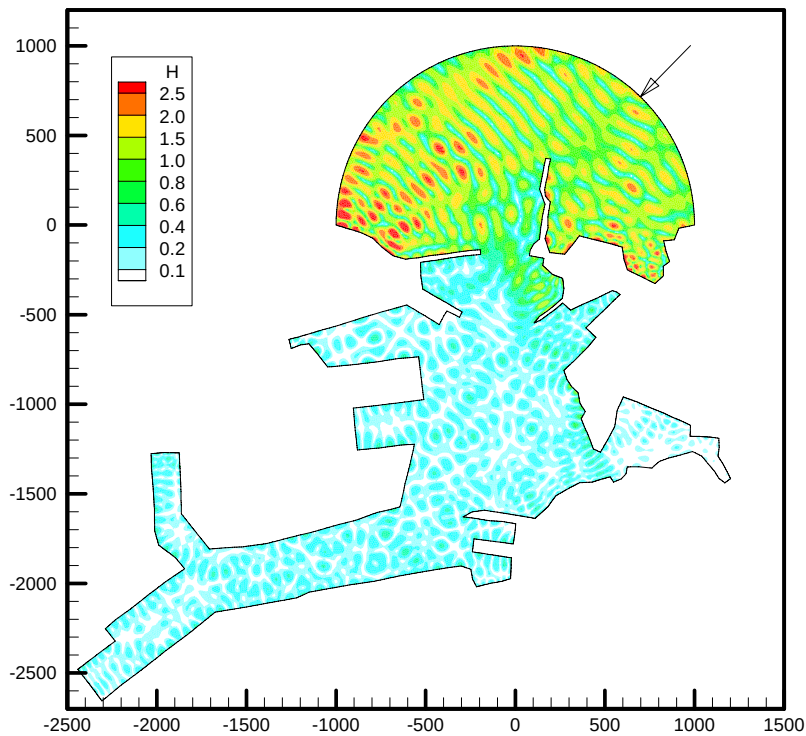


圖 3.4.30b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 NNE)

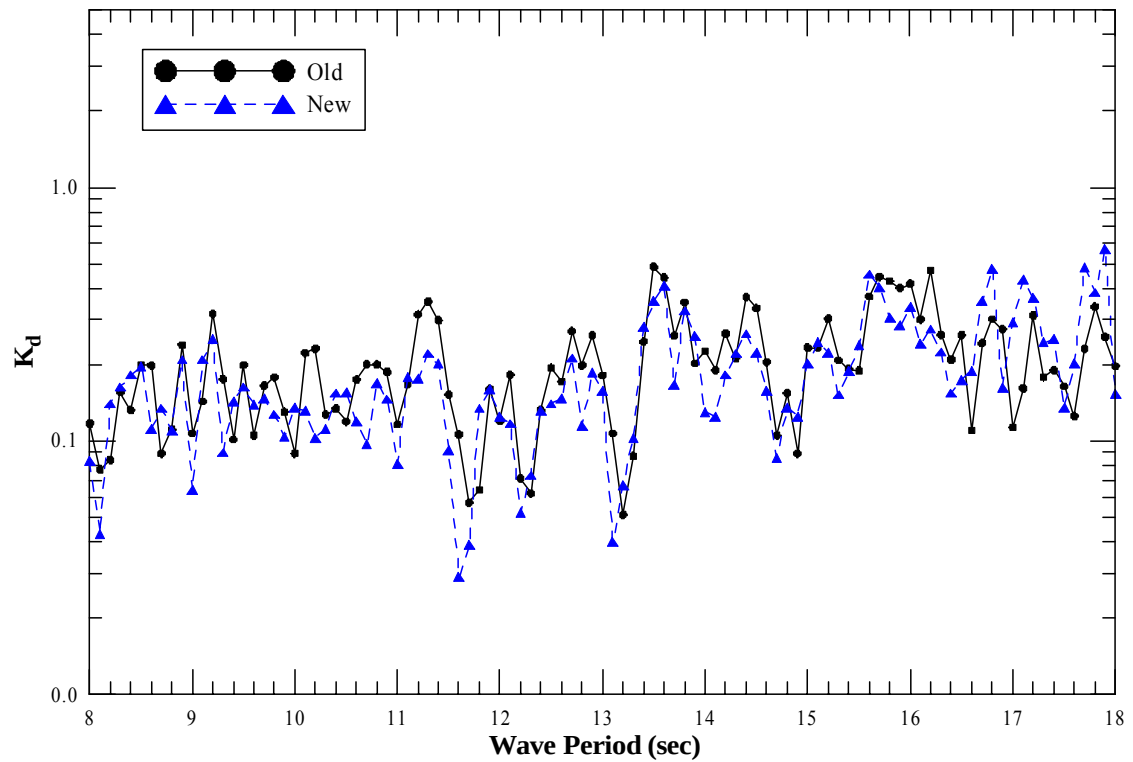


圖 3.4.31 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 A 之平均波高遮蔽係數  $K_d$  值之比較圖（NNE 波向）

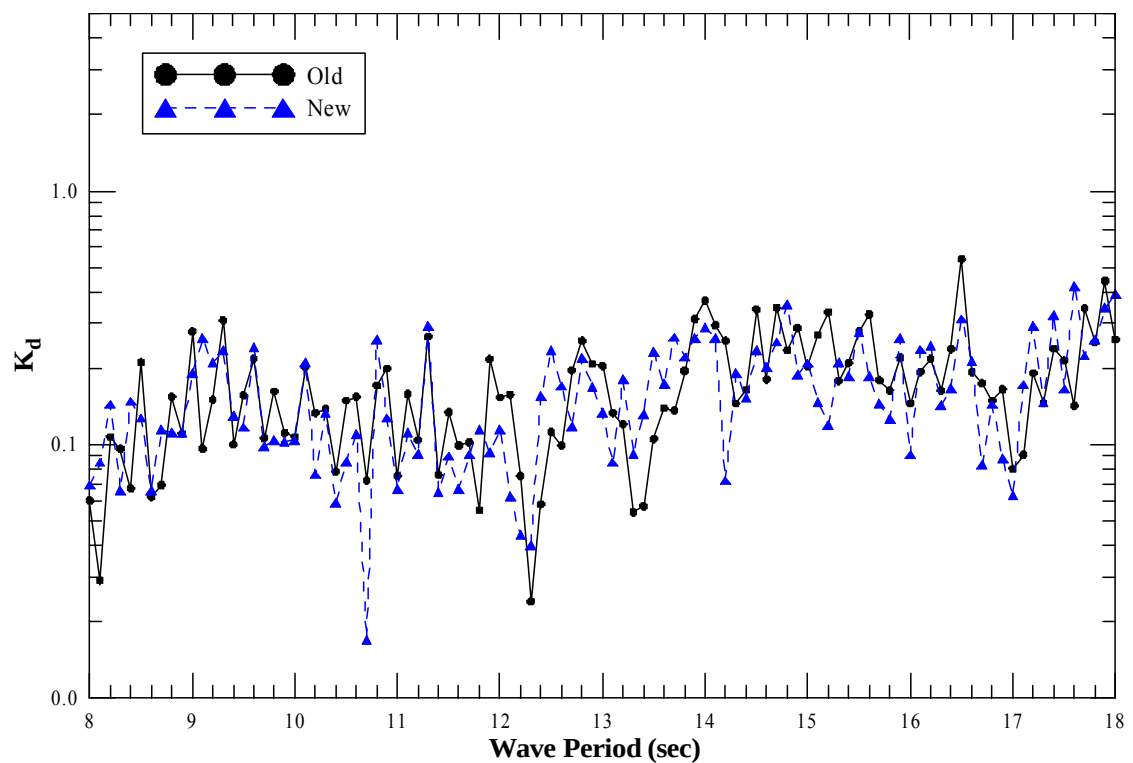


圖 3.4.32 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 B 之平均波高遮蔽係數  $K_d$  值之比較圖（NNE 波向）



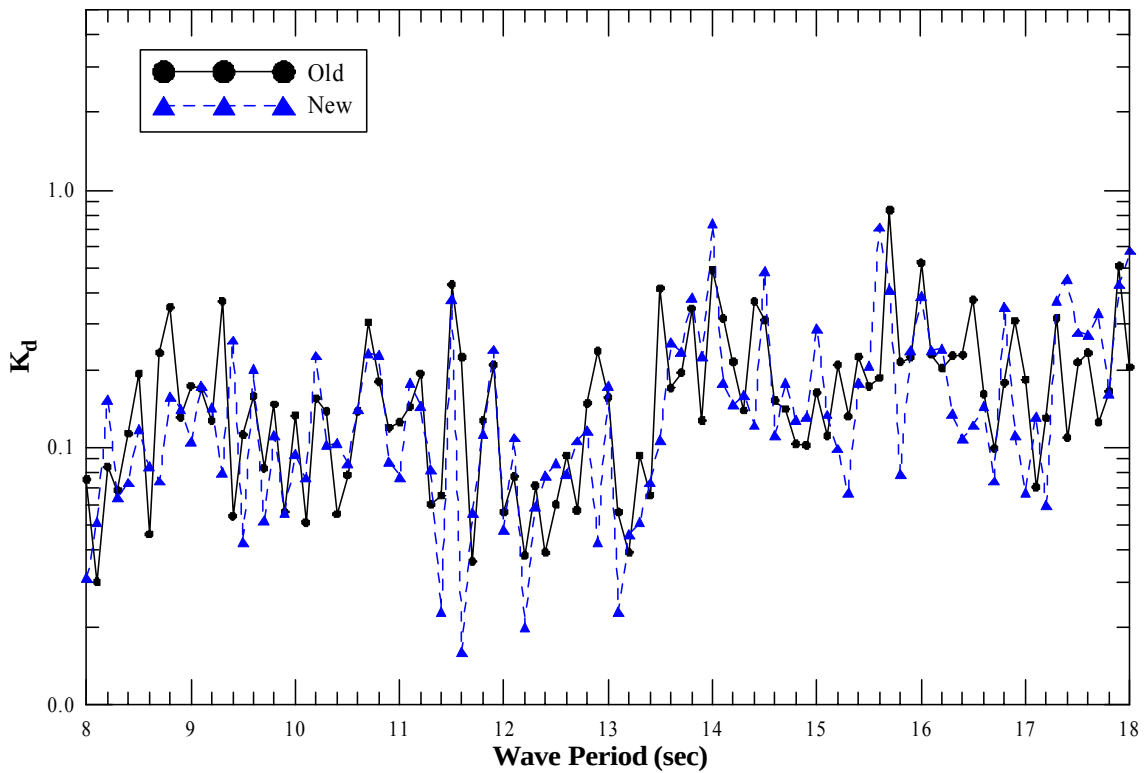


圖 3.4.33 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 C 之平均波高遮蔽係數  $K_d$  值之比較圖（NNE 波向）

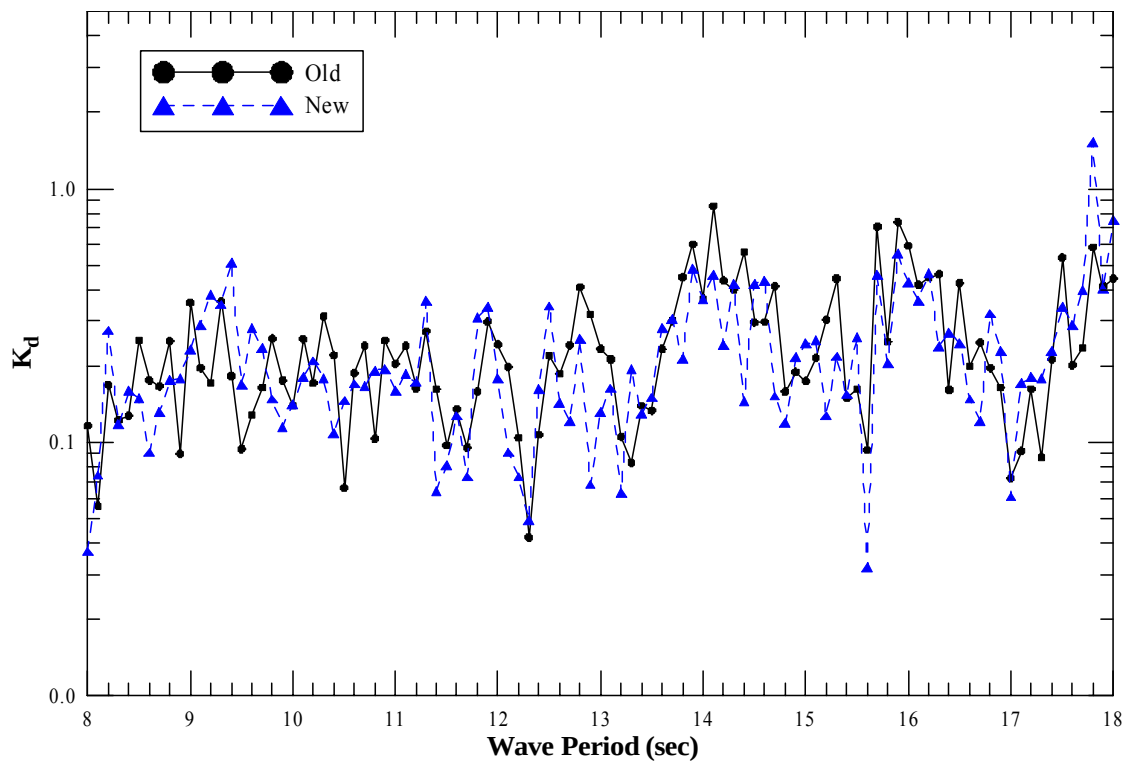


圖 3.4.34 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 D 之平均波高遮蔽係數  $K_d$  值之比較圖（NNE 波向）

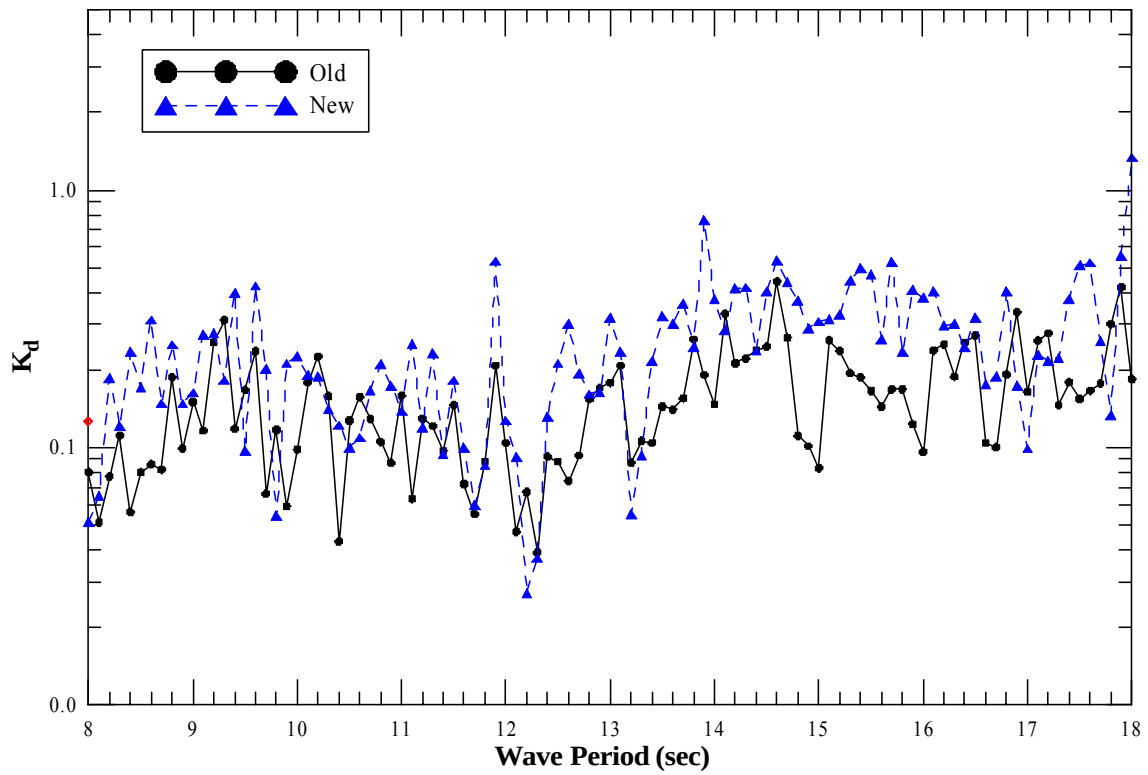


圖 3.4.35 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 E 之平均波高遮蔽係數  $K_d$  值之比較圖（NNE 波向）

### 3.5 小結

本四年期計畫本章節完成工作包括大尺度(西太平洋模式)與中尺度(臺灣海域全域模式)風浪模式之作業化預報及七大商港之波浪成果評估、小尺度之近岸海域及港區海象波浪數值模擬系統建置，依據全期工作成果可得到以下結論：

1.作業化預報港區模擬結果比對顯示，各港區波浪模擬結果與實測波浪在 SWAN 模式，作業化時間間距改為每小時一筆，較以往吻合，但仍受限於模式及網格解析度，比對結果仍有改善空間。

2.進行本年度的即時性波浪推算外，也對 2005 年至 2009 年各月份的風場進行波浪場的追算，發現波浪推算模式可以適切地反映出區域性的波動特性。

3.透過小尺度網格之構建提升近岸海域數值計算網格之解析度，測試作業化方式，後續應可完成作業化提供港灣環境資訊網使用。

4.透過細尺度網格配合基隆港現況進行基隆港配置調整前後港區波浪評估。考慮外海波浪波向為 NNE 之情況，數值計算結果顯示，基隆港舊有的港池配置及現況東防波堤延伸 200 公尺均具有較佳之遮蔽效應

## 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。

基於防救災及預警之目的，本部分近依本所需求的不同針對海象（水位、海流、波浪）預報模式分別建置大、中、小三種尺度數值模式。其中大尺度水位及海流數值模式配合中央氣象局 RC 風場範圍，稱之為西太平洋水動力模式；中尺度水位及海流數值模式則搭配中央氣象局 MC 風場範圍，稱之為台灣海域水動力模式；小尺度水位及海流數值模擬則依國內基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等七大商港分別建置。

大、中尺度水動力模式自 2003 年開始建置與測試，2005 年接收中央氣象局風、氣壓場數值預報資料進行作業化模擬與測試，自 2005 年起此一作業化模擬系統仍持續進行。

小尺度各港區水動力模式自 2006 年開始着手建置，規劃各港區水動力模式應銜接中尺度水動力模式模擬結果。2007 年完成台中港區水位及海流作業化模擬，2008 年完成高雄港區水位及海流作業化模擬。2009 年全面修正近岸水動力模擬架構，同時完成基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等七大商港近岸水動力模式初步建置與測試。本年度(2010)則針對基隆港修正原模式之缺失及模擬

結果之精確度，建置基隆港近岸及港區水位及海流模擬作業化系統。

本年度的工作重點，於精進小尺度(港區)模式，並以基隆港為標的調整改善小尺度模式；其次為延續維護近岸海象數值模擬作業系統，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，每日由中央氣象局下載全域風場資料，執行自動預報大尺度及中尺度流場模式，並以現場觀測水位資料提供使用者做為比較評估的根據。水動力流場計算已完成計算二維全域流場的資料，並上線即時作業。

#### 4.1 臺灣環島全域水動力數值模式

本計畫採用歐盟發展的三維數值模式 COHERENS (COupled Hydrodynamical Ecological model for REgioNal Shelf seas)為架構，作為西太平洋水動力模式及臺灣海域水動力模式之工具，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水動力模式。相關基本理論與模式介紹相關詳如附錄二。

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。主要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：

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

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

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

### 4.1.1 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。

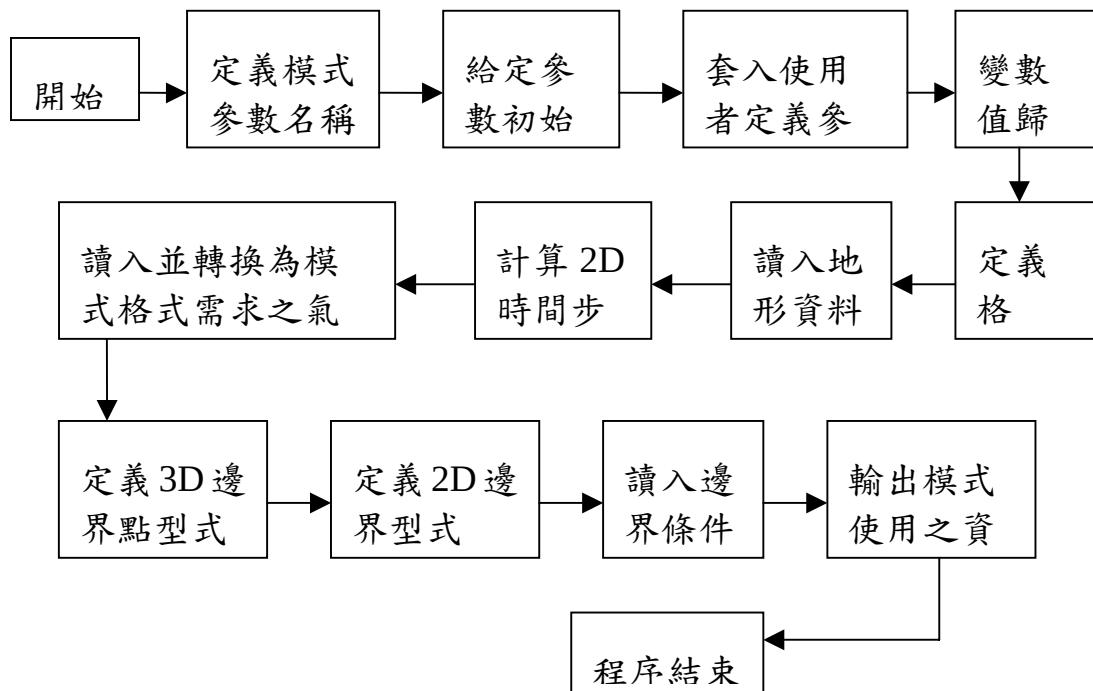


圖 4.1.3 COHERENS 前處理流程

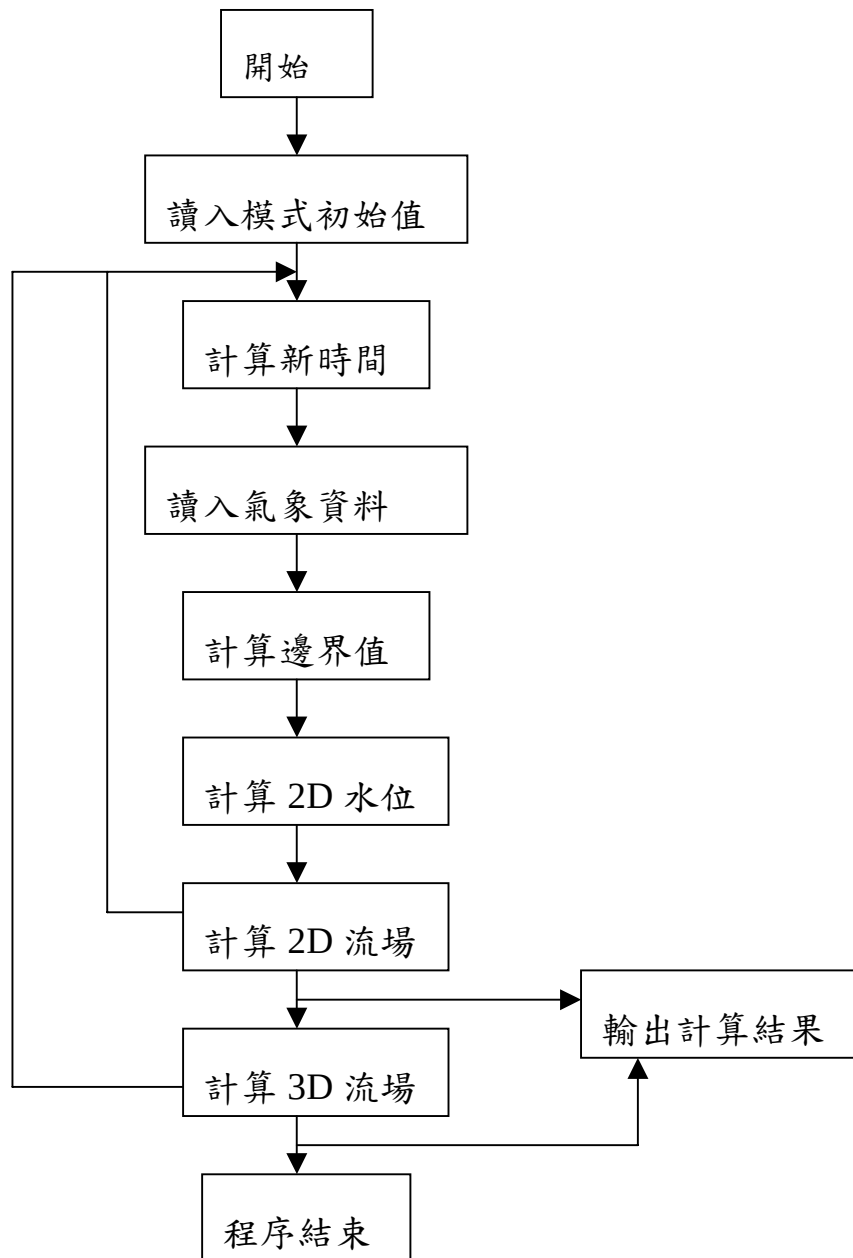


圖 4.1.4 COHERENS 計算流程



#### 4.1.2 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，以目前一般中階伺服器主機的運算速度來說，要當作預報模式是運算繁雜時間過久是不可行的，所以主要以完成二維水動力模式上線目標。本計畫已完成臺灣環島水位及海流計算二維全域流場的資料，並上線即時操作。

計畫內所建置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 分及 1 分解析度，時間步長為 20 秒。數值模擬範圍及數值計算網格如下：

##### (1)大尺度模式模擬範圍及計算網格

本計畫大尺度模式又稱為西太平洋模式，其模擬範圍為北緯  $0^{\circ}$  至  $35^{\circ}$ ，東經  $105^{\circ}$  至  $150^{\circ}$ ，數值計算網格大小為  $10' \times 10'$  (十分網格)。

##### (2)中尺度模式模擬範圍及計算網格

本計畫中尺度模式又稱為臺灣海域模式，其模擬範圍為北緯  $21^{\circ}$  至  $26^{\circ}$ ，東經  $116.5^{\circ}$  至  $125^{\circ}$ ，數值計算網格大小為  $1' \times 1'$  (一分網格)。

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，已取得中央氣象局每小時預報動態風場資料，配合上線作業均以此作為模式風場及氣壓的輸入值，並進行線上作業，展示圖 4.1.5~4.1.10 為 99 年 9 月 19 日上午 8 時，本系統所提供凡那比颱風侵台時，大尺度及中尺度風場資料、模擬水位及模擬流場範例。

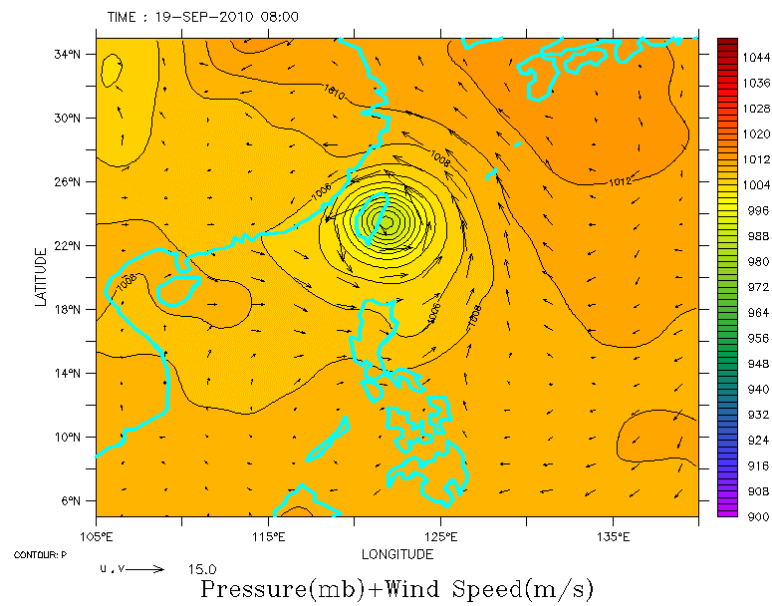


圖 4.1.5 凡那比颱風侵台時西太平洋大尺度風場氣壓場分佈圖

(根據中央氣象局預報資料繪製)

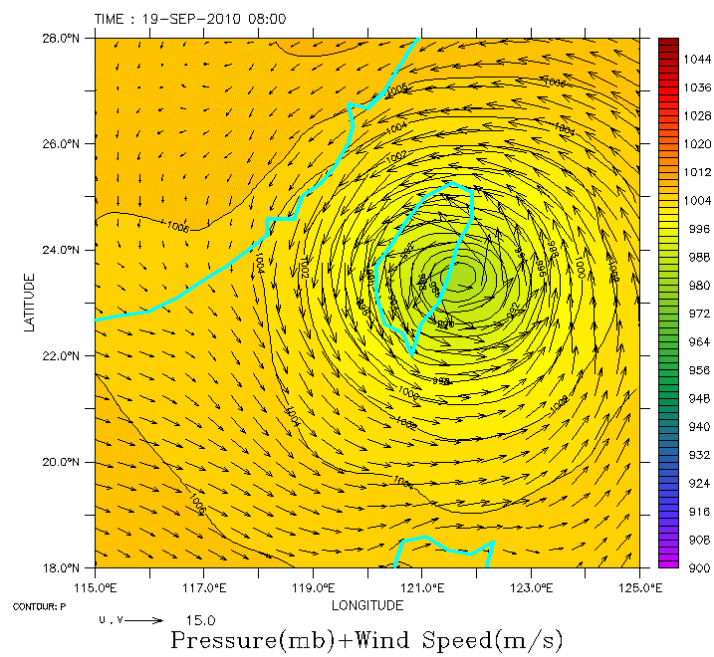


圖 4.1.6 凡那比颱風侵台時近海風場氣壓場分佈圖

(根據中央氣象局預報資料繪製)

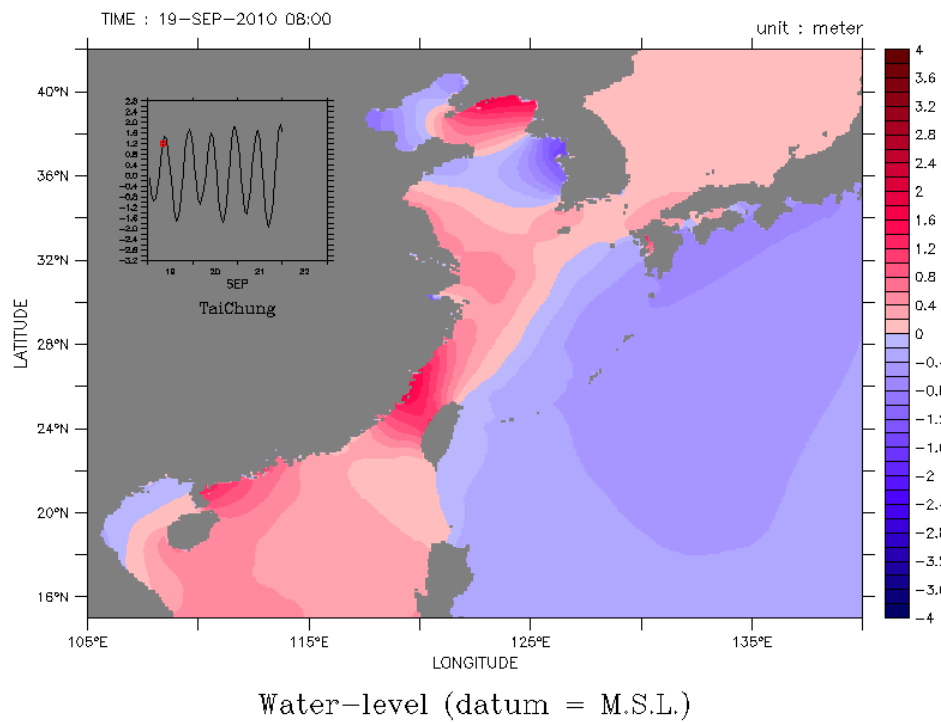


圖 4.1.7 凡那比颱風侵台時大尺度水位分佈場

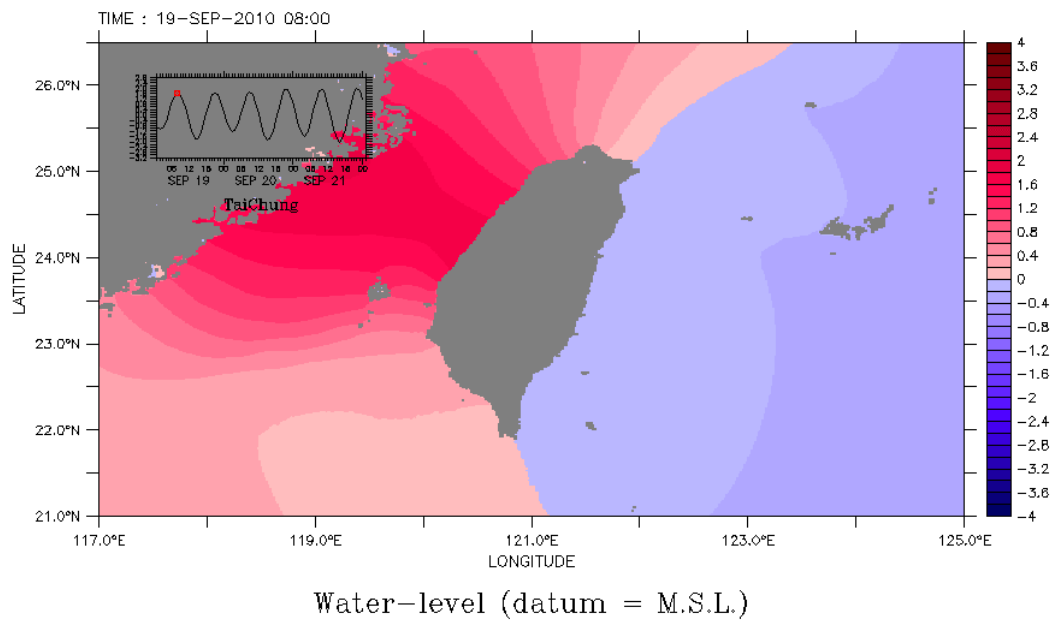


圖 4.1.8 凡那比颱風侵台時中尺度水位分佈場

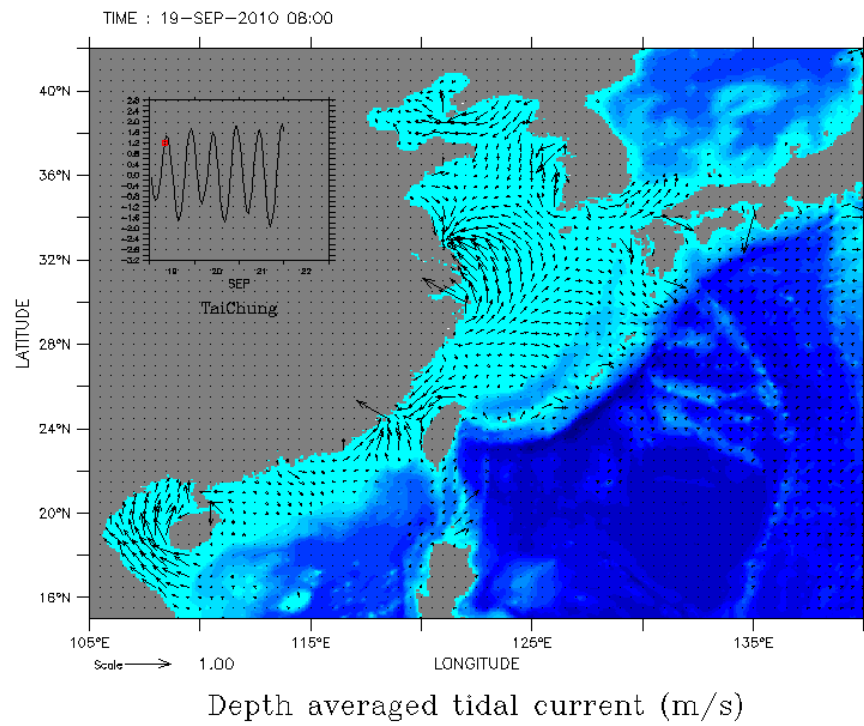


圖 4.1.9 凡那比颱風侵台時大尺度流速向量場

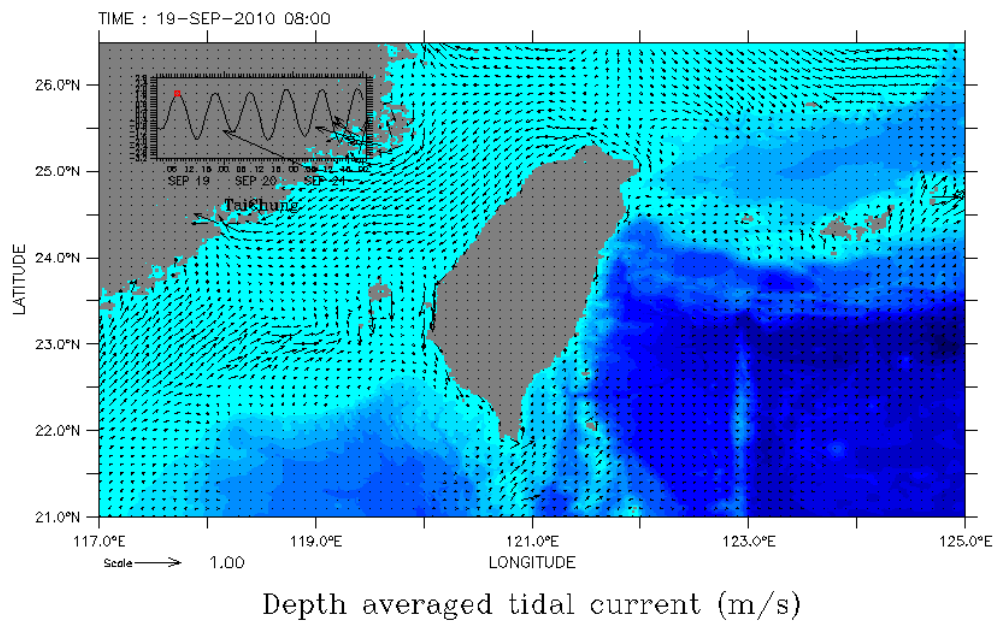


圖 4.1.10 凡那比颱風侵台時中尺度流速向量場

## 4.2 台灣主要港口近岸海流模式

各港區近岸水動力模式則採用二維有限元素水動力模式，其基本理論及控制方程式簡述如下：

假設水體為具有黏滯性之不可壓縮流體，並考慮地球自轉運動之影響，則描述二維平面流場之在水深積分連續方程式及運動方程式可表示如下

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = Q_0 \quad (4.2.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial(H^{-1}q_x^2)}{\partial x} + \frac{\partial(H^{-1}q_xq_y)}{\partial x} - fq_y \\ = -\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} (p^s + \rho g \eta) + \frac{1}{\rho_0} (\tau_x^s - \tau_x^b) + \left( \frac{\partial F_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial F_{xy}}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (4.2.2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial(H^{-1}q_xq_y)}{\partial x} + \frac{\partial(H^{-1}q_y^2)}{\partial y} + fq_x \\ = -\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} (p^s + \rho g \eta) + \frac{1}{\rho_0} (\tau_y^s - \tau_y^b) + \left( \frac{\partial F_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial F_{yy}}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (4.2.3)$$

其中

$$H = \int_{-h}^{\eta} dz = h + \eta \quad (4.2.4)$$

$$q_x = \int_{-h}^{\eta} u dz = \bar{u}H \quad (4.2.5)$$

$$q_y = \int_{-h}^{\eta} v dz = \bar{v}H \quad (4.2.6)$$

$$\bar{u} = \frac{1}{(h + \eta)} \int_{-h}^{\eta} u dz \quad (4.2.7)$$

$$\bar{v} = \frac{1}{(h + \eta)} \int_{-h}^{\eta} v dz \quad (4.2.8)$$

$$F_{ij} = E_{ij}(q_{j,i} + q_{i,j}) \quad i, j = x, y \quad (4.2.9)$$

$$\tau_i^b = C_f (q_x^2 + q_y^2)^{1/2} \frac{q_i}{H^2} \quad i = x, y \quad (4.2.10)$$

$$\tau_i^s = \rho_a C_d |U_{10}| U_i \quad i, j = x, y \quad (4.2.11)$$

此處

$h$  = 靜水深，

$\eta$  = 水位變化，

$u$  =  $x$  方向之水平流速，

$v$  =  $y$  方向之水平流速，

$Q_0$  = 以 Source 或 Sink 形式進出領域之流量，

$\rho_0$  = 流體平均密度，

$\rho_a$  = 空氣密度，

$p^s$  = 水面壓力，

$g$  = 重力常數，

$\tau_x^b$  =  $x$  方向之底床剪應力，

$\tau_y^b$  =  $y$  方向之底床剪應力，

$\tau_x^s$  =  $x$  方向之水面剪應力

$\tau_y^s$  =  $y$  方向之水面剪應力

$C_f$  = 底床擦係數，引用 Manning 公式可得  $C_f = \frac{n^2 g}{H^{1/3}}$ ，

$n$  = 曼寧係數，

$C_d$  = 風力係數，其值為  $C_d = (1.1 + 0.0536 U_{10}) 10^{-3}$ ，

$U_{10}$  = 海面上10公尺處之風速

$E_{ij}$  = 渦動黏滯係數(Eddy coefficient) ,

$f$  = 柯氏參數(Coriolis parameter) , 等於  $2\omega \sin \phi$  ,

$\omega$  = 地球自轉之位相速度 ,

$\phi$  = 計算領域所在位置之緯度 ,

本研究水動力模式採用有限元素法求解上述方程式，配合邊界條件利用加權殘差方法將上述方程式轉化成積分方程式，將所要計算之領域任意分割成許多副領域(稱之為元素)，利用線性三角形元素之形狀函數來描述計算領域中之函數變化，進而將積分方程式離散化，並簡化為聯立的數值方程組，藉以求解計算領域中所取元素節點上之函數值。有關模式有限元素法求解過程及其相關數值計算則詳列於附錄 II。

#### 4.2.1 近岸各港區水動力模式模擬範圍及計算網格

由於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。各港區模擬範圍及數值計算三角元素網格如圖 4.2.1 至圖 4.2.7 所示。

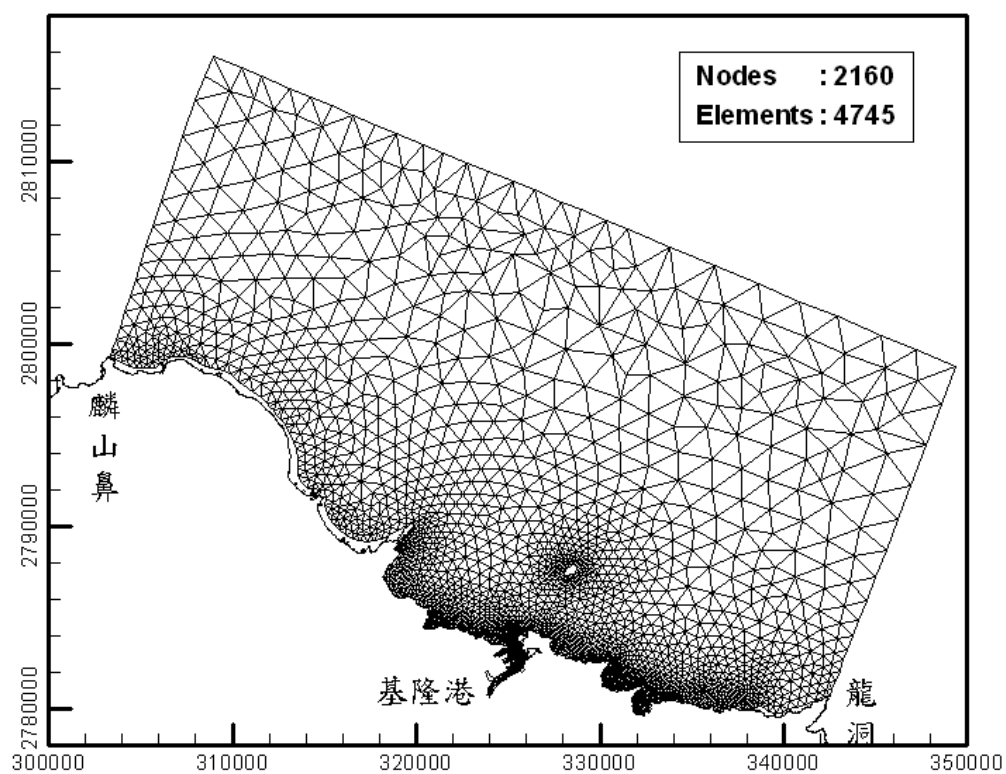


圖 4.2.1 基隆港水動力模式之有限元素格網分佈圖

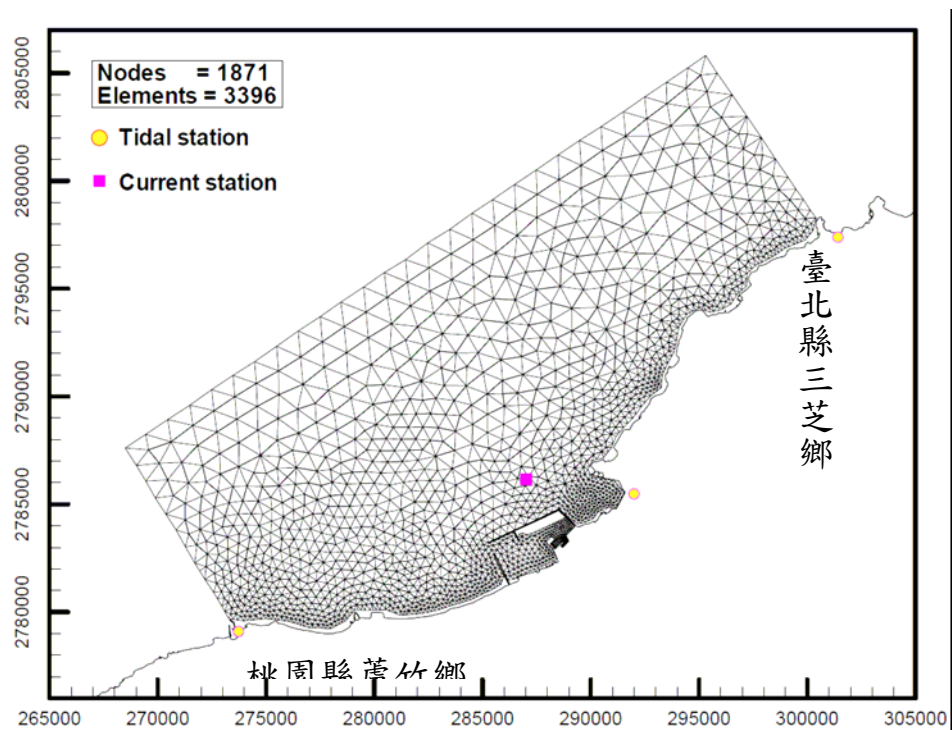


圖 4.2.2 臺北港水動力模式之有限元素格網分佈圖



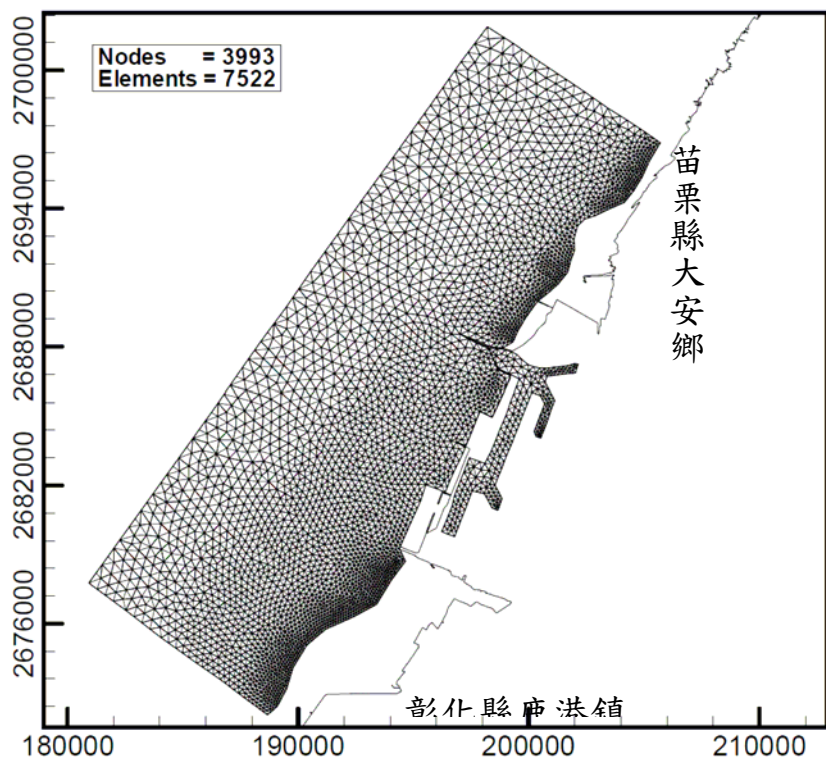


圖 4.2.3 臺中港水動力模式之有限元素格網分佈圖

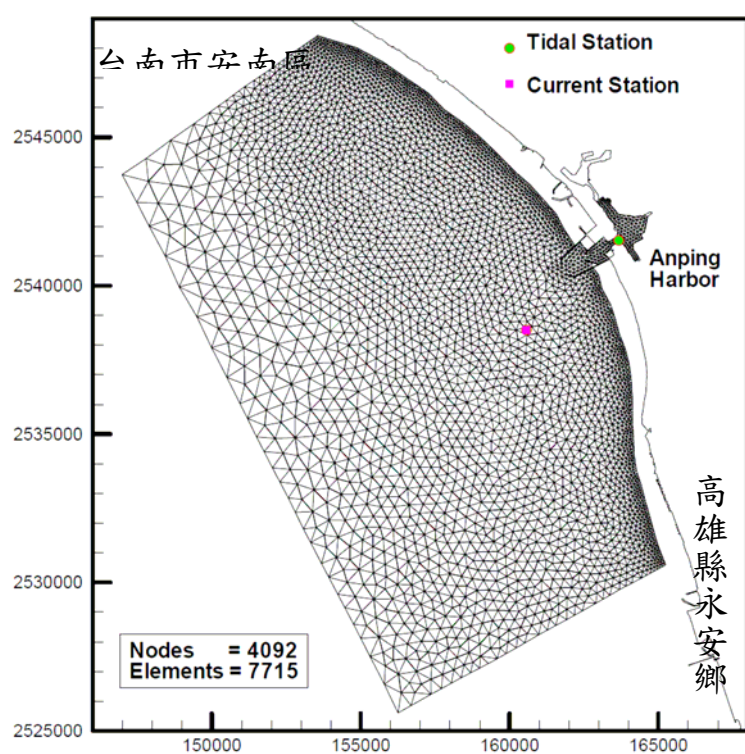


圖 4.2.4 安平港水動力模式之有限元素格網分佈圖

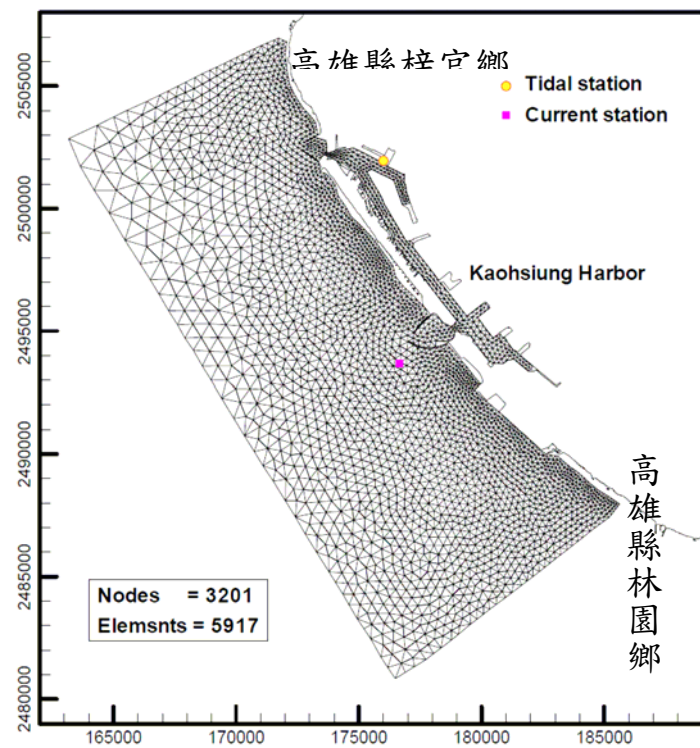


圖 4.2.5 高雄港水動力模式之有限元素格網分佈圖

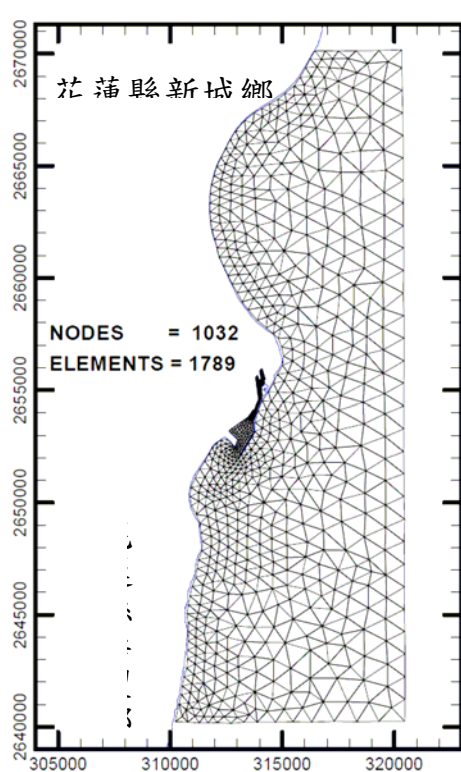


圖 4.2.6 花蓮港水動力模式之有限元素格網分佈圖

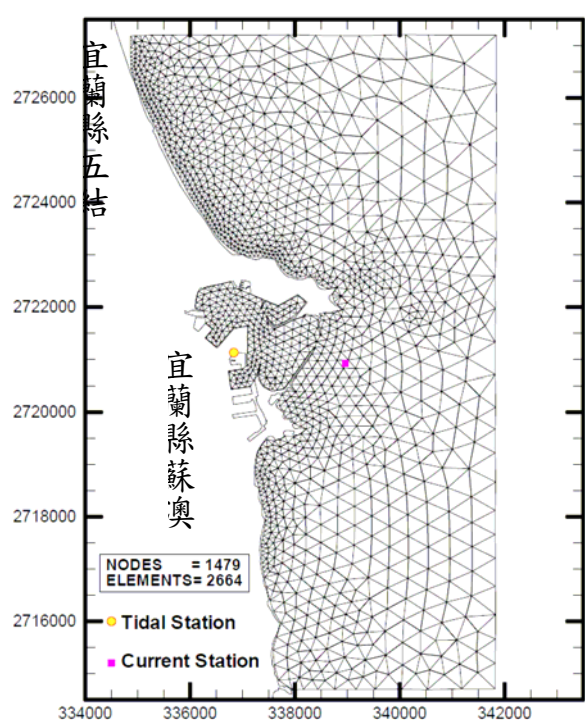


圖 4.2.7 蘇澳港水動力模式之有限元素格網分佈圖

## 4.2.2 數值模擬結果及驗證

基隆港水動力模式模擬結果及驗證則詳列於 4.3 節基隆港近岸水位及海流；以下僅針對台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等港口近岸水位及海流模擬成果及驗證。

(1) 臺北港：圖 4.2.8 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 2.9a、b 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。

(2)臺中港：圖 4.2.10 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 2.11a、b 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。由於前臺中港水動力模式之南、北邊界上缺乏實測潮位資料可供參考，因此在邊界條件決定過程中可能出現較大的相位誤差，導致模式模擬結果不理想，未來需進一步研究以改善臺中港近岸流場模擬之精確度。

(3)安平港：圖 4.2.12 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 2.13a、b 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，此可能受到模式底床摩擦係數影響，因此模式底床摩擦係數可能為安平港模式未來優先需要改進之處。

(4)高雄港：圖 4.2.14 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 2.15a、b 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。由於高雄港外海潮流變化相當複雜，因此針對目前所建置的高雄港水動力模式，不論是模擬範圍及邊界條件之設定均應重新檢討。

(5)花蓮港：圖 4.2.16 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 2.17a、b 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。

(6)蘇澳港：圖 4.2.18 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 4.2.19a、b 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。



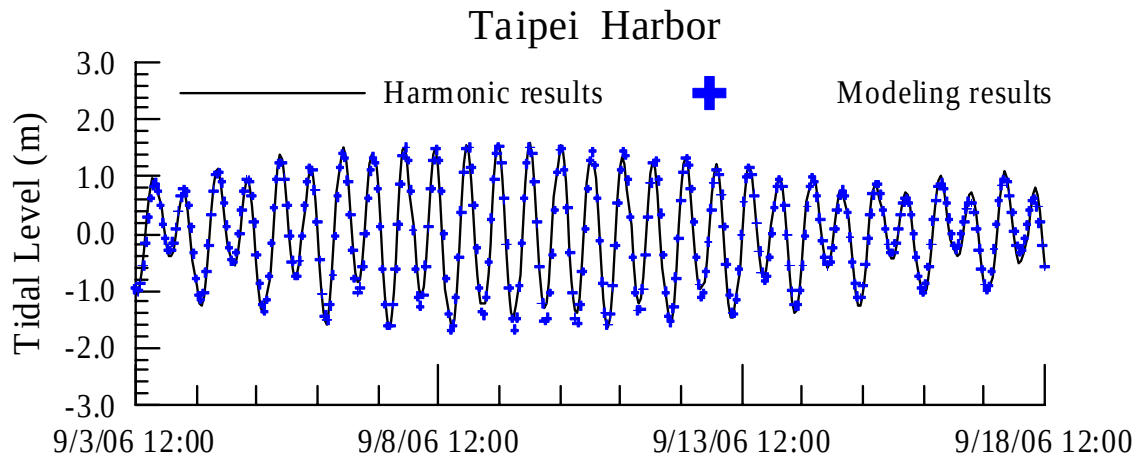


圖 4.2.8 臺北港水位模擬結果與觀測值之比較

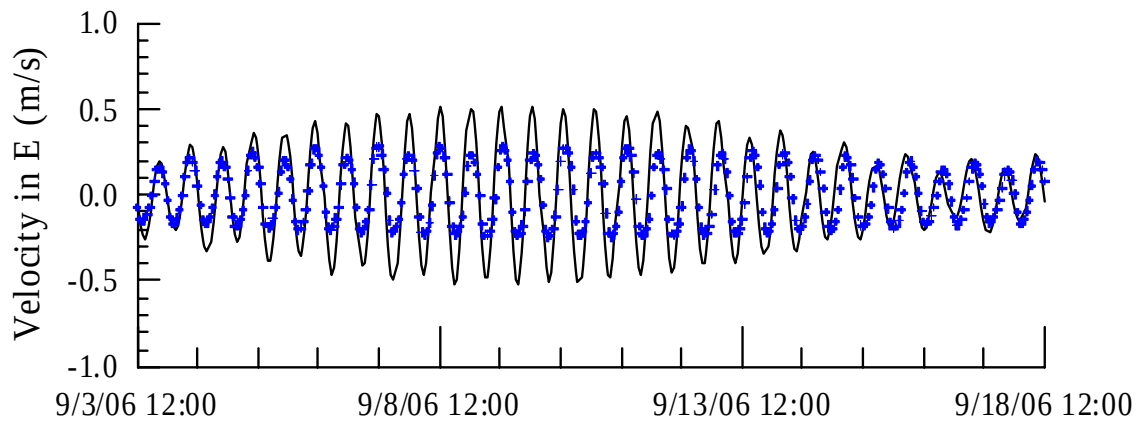


圖 4.2.9 臺北港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較

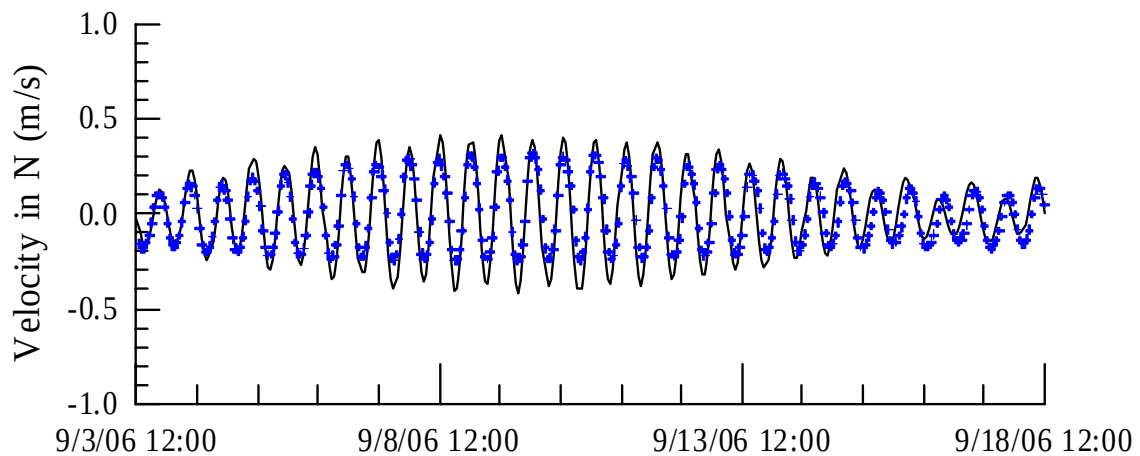


圖4.2.9 (續1)臺北港N-S方向流速模擬結果與觀測值之比較

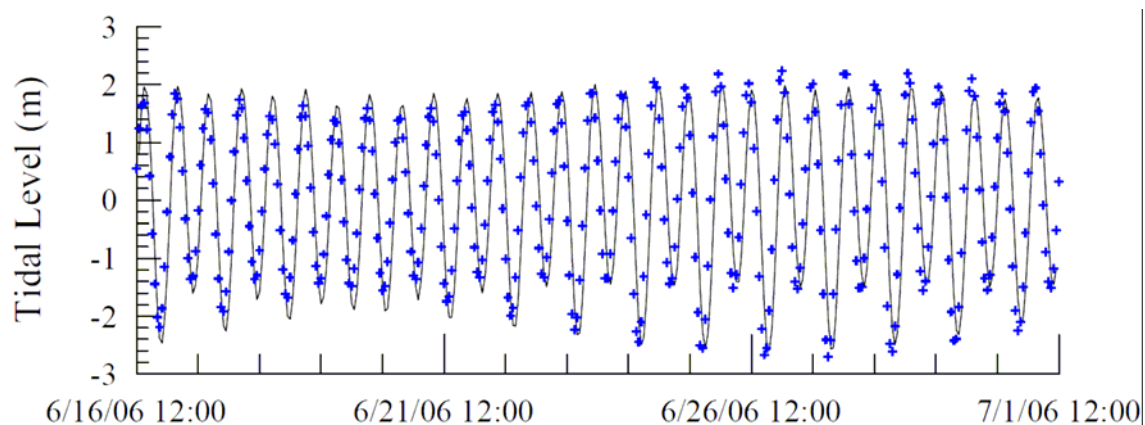


圖 4.2.10 臺中港水位模擬結果與觀測值之比較

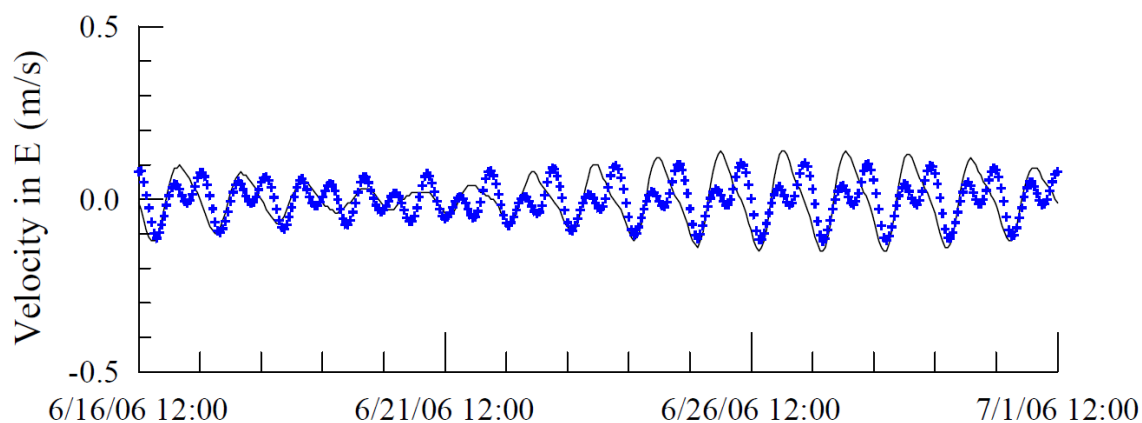


圖 4.2.11 臺中港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較

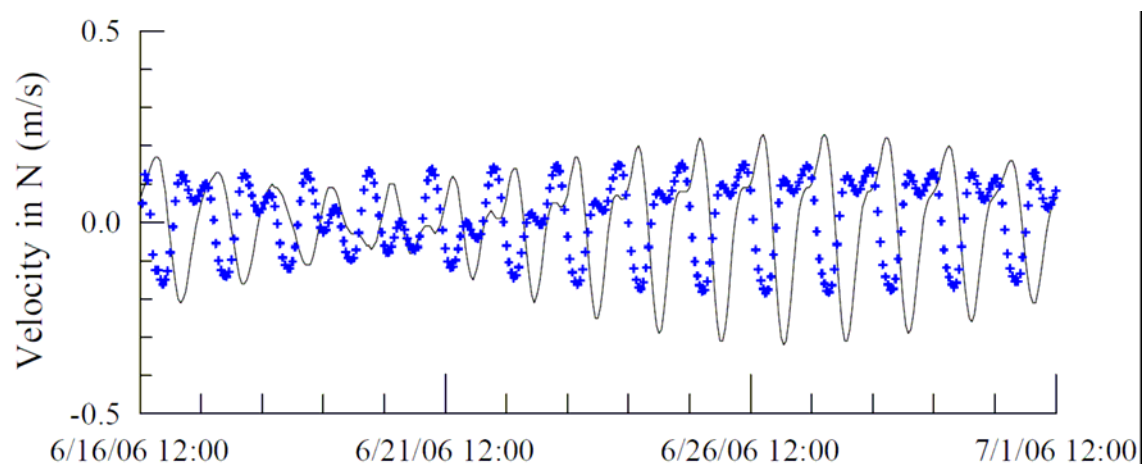


圖4. 2.11 (續1)臺中港N-S方向流速模擬結果與觀測值之比較

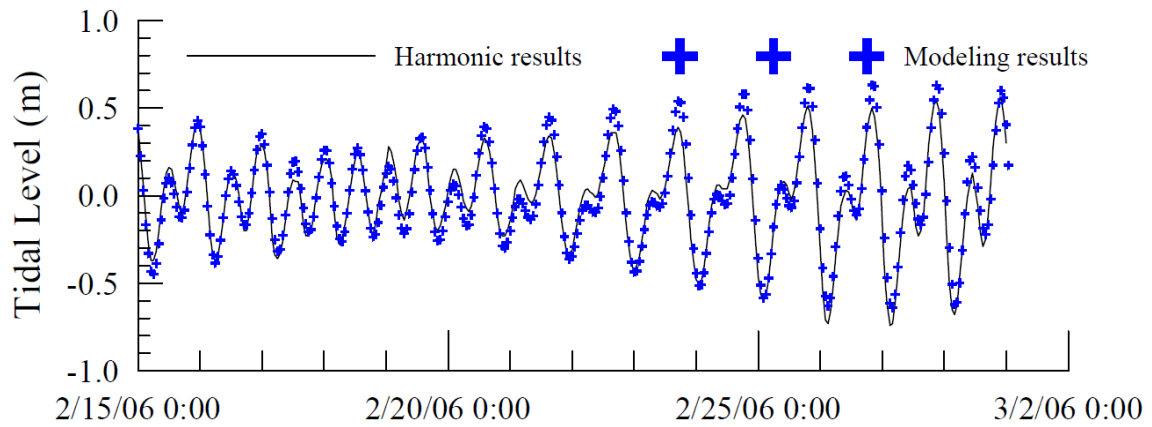


圖 4.2.12 安平港水位模擬結果與觀測值之比較

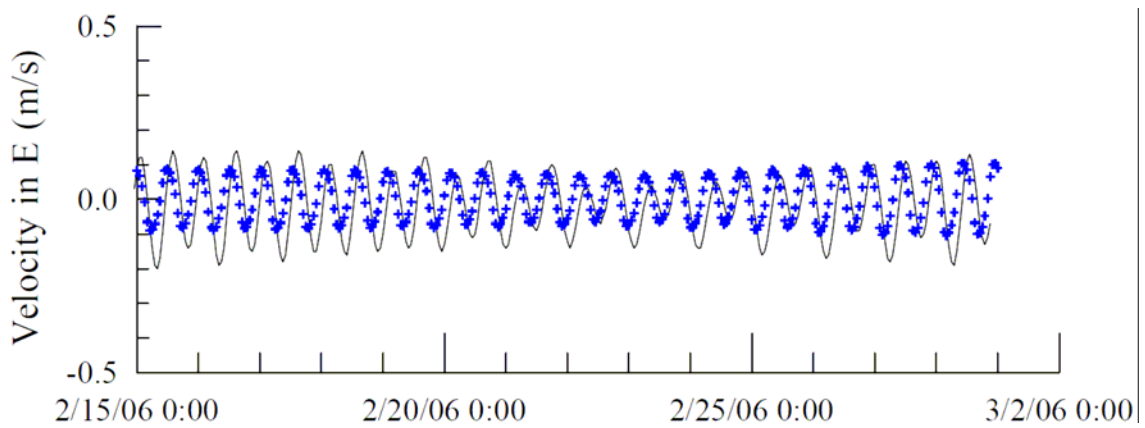


圖 4.2.13 安平港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較

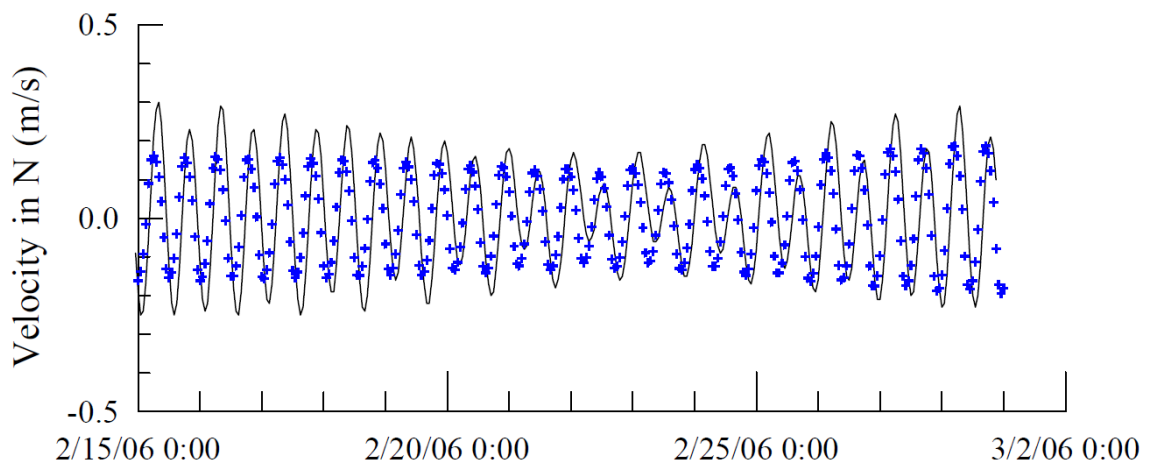


圖4. 2.13 (續1)安平港N-S方向流速模擬結果與觀測值之比較



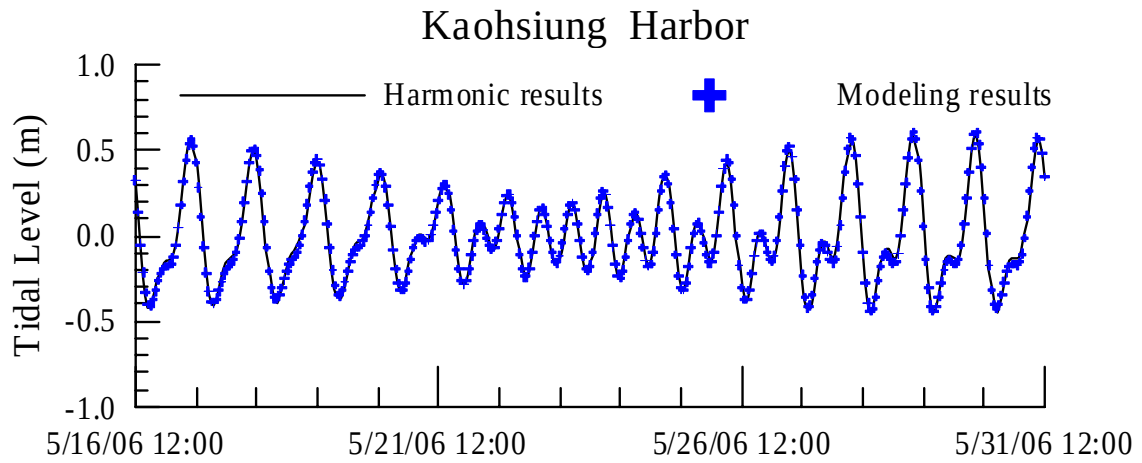


圖 4.2.14 高雄港水位模擬結果與觀測值之比較

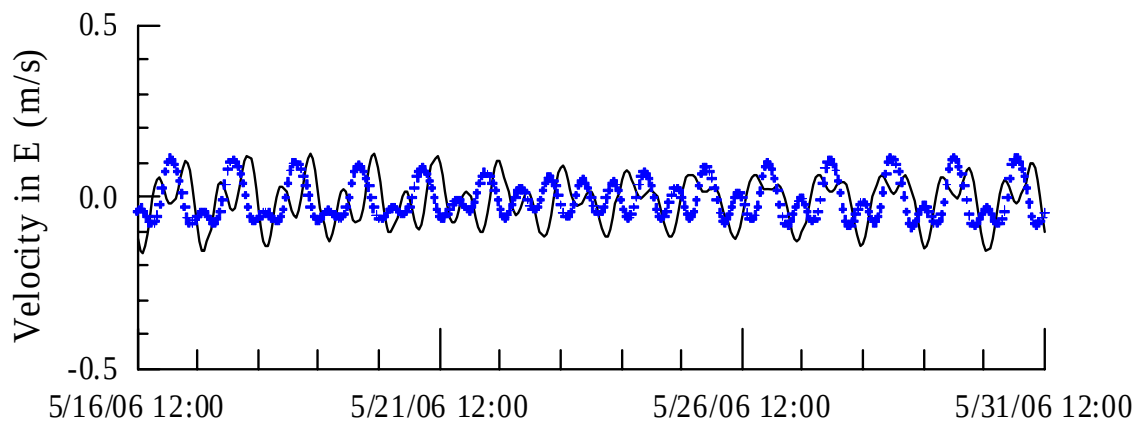


圖 4.2.15 高雄港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較

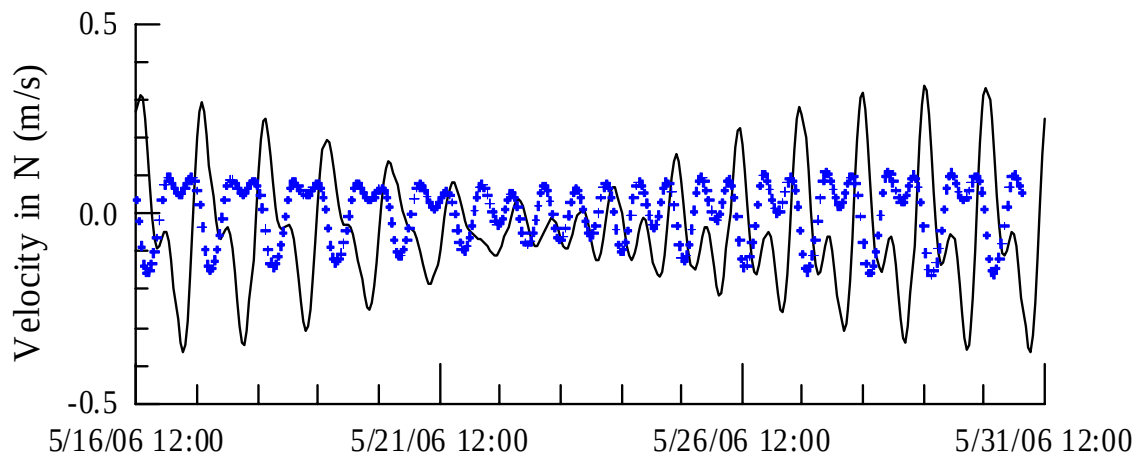


圖 4. 2.15 (續1)高雄港N-S方向流速模擬結果與觀測值之比較

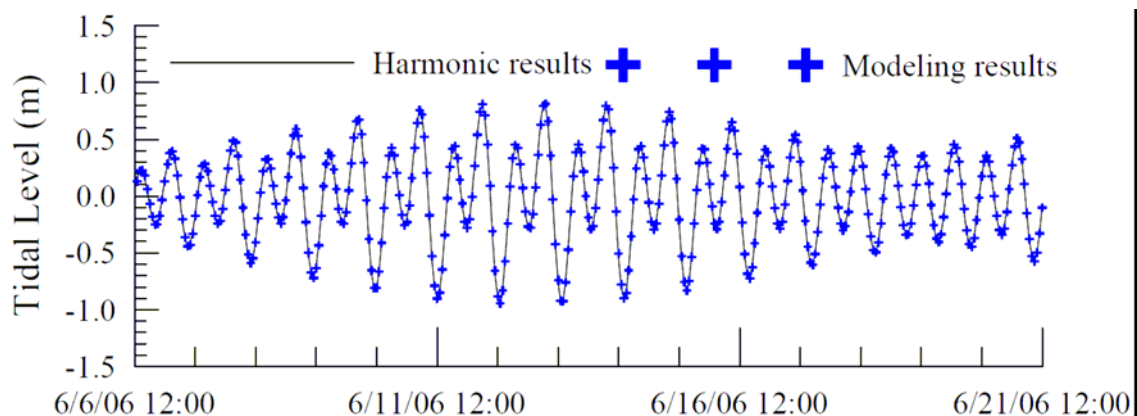


圖 4.2.16 花蓮港水位模擬結果與觀測值之比較

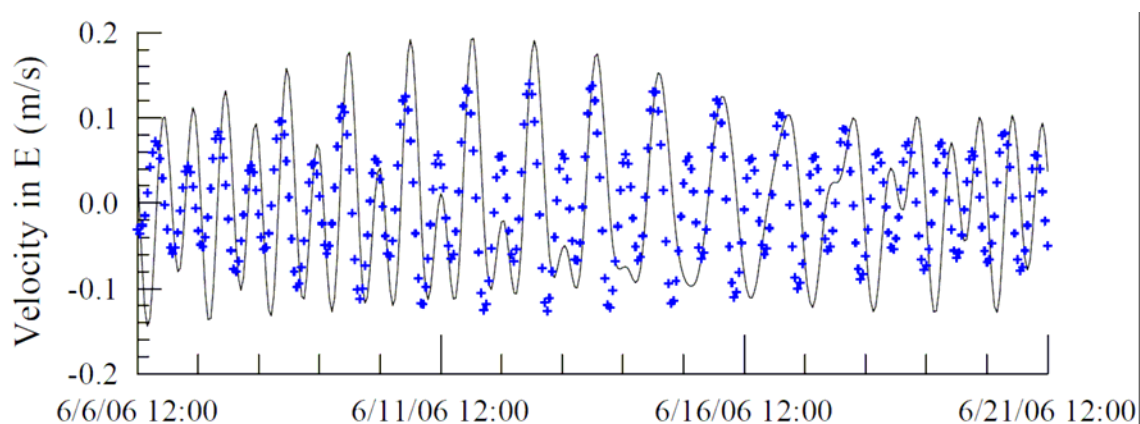


圖 4.2.17 花蓮港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較

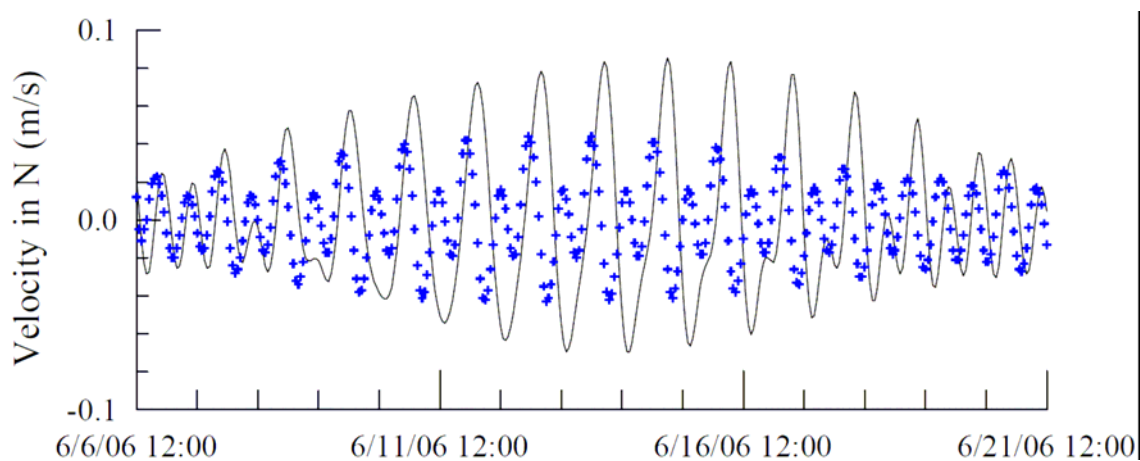


圖4. 2.17 (續1)花蓮港N-S方向流速模擬結果與觀測值之比較

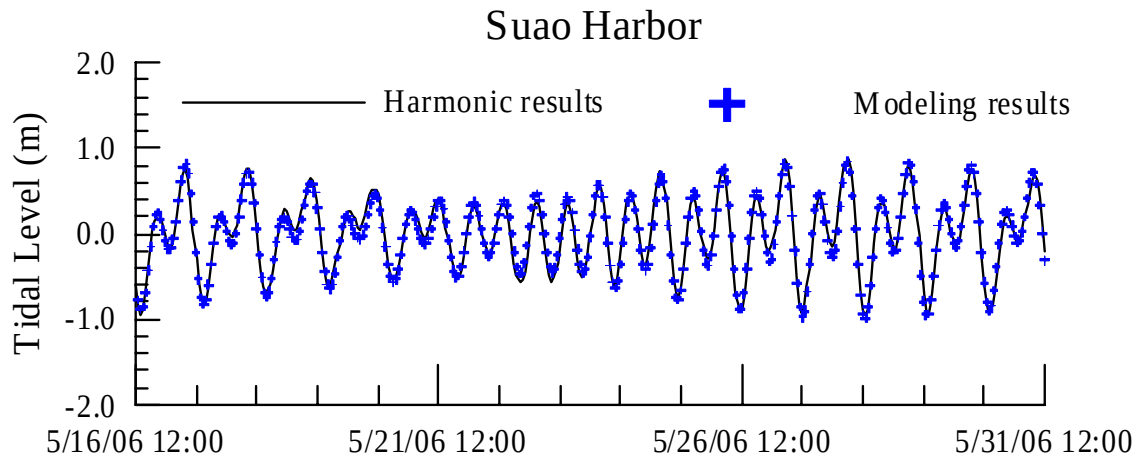


圖 4.2.18 蘇澳港水位模擬結果與觀測值之比較

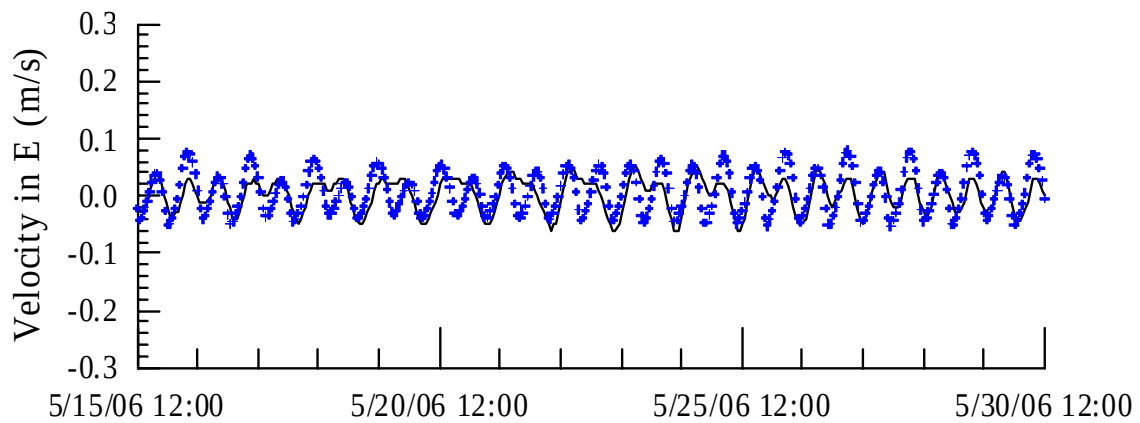


圖 4.2.19 蘇澳港 E-W 方向流速模擬結果與觀測值之比較

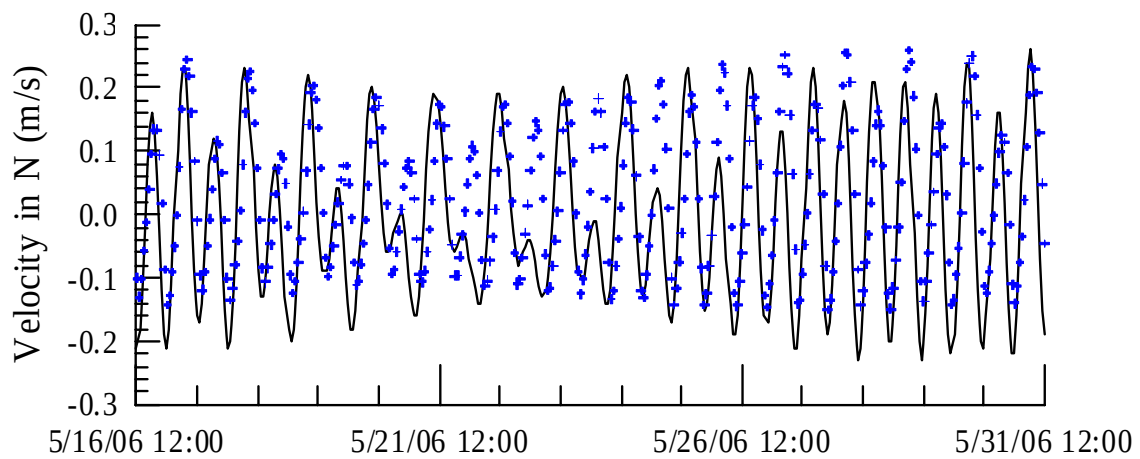


圖 4. 2.19 (續1) 蘇澳港 N-S 方向流速模擬結果與觀測值之比較

## 4.3 基隆港水動力模擬

基於上年度(98)基隆港水動力模式模擬結果驗證情況不佳，以及因應基隆港外廓東防波堤延長 200 公尺之現況與上年度建置基隆港水動力模式時參考舊有基隆港外廓防波堤配置之差異。本年度基隆港水動力修正模式主要針對數值計算網格修正模式模擬範圍及基隆港外廓東防波堤延長 200 公尺配置。

### 4.3.1 數值計算網格之建立

為改善基隆港近岸流場模擬結果之準確度，本年度基隆港水動力模式數值計算網格修正方向有三：一為擴大模式模擬範圍，將模式東西邊界分別設在龍洞及麟山鼻二潮位站附近如圖 4.3.1 所示；其次，針對基隆港舊有東防波堤在延伸 200 公尺後(現況)修正港口附近有限元素三角網格配置；最後，為驗證模式模擬結果之正確性，針對模式所採用的數值計算網格進行再加密，以提升網格之精密度。本年度基隆港水動力數值模擬所採用的三角元素數值計算網格如圖 4.3.2 所示，圖中模式採用的有限元素計算網格計有 4745 個三角形元素及 2610 個節點，其中基隆港東防波堤延長 200 公尺後港口附近三角形元素分布情形如圖 4.3.3 所示。同時，本計畫依據圖 4.3.2 所示之數值計算網格，配合地形水深變化情形進行三角網格加密，結果如圖 4.3.4 所示，圖中有限元素計算網格計有 12155 個三角形元素及 23264 個節點，加密後數值計算網格之節點及三角元素數目分別為模式採用的數值計算網格之 4.657 及 4.903 倍。

此外，為瞭解基隆港東防波堤延伸工程興建前後流場之變化，本計畫另依基隆港舊港口外廓防波堤配置修正港口附近三角形元素分布情形如圖 4.3.5 所示，舊港口外廓防波堤配置之有限元素計算網格計有 4748 個三角形元素及 2608 個節點。

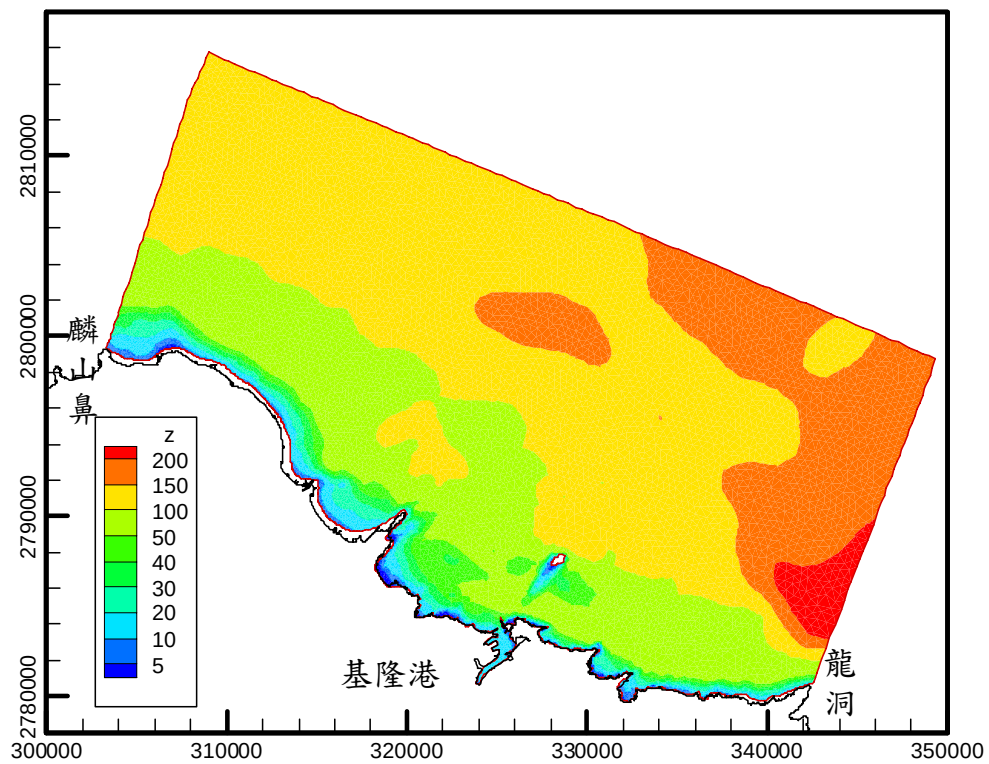


圖 4.3.1 基隆港水動力修正模式之模擬範圍

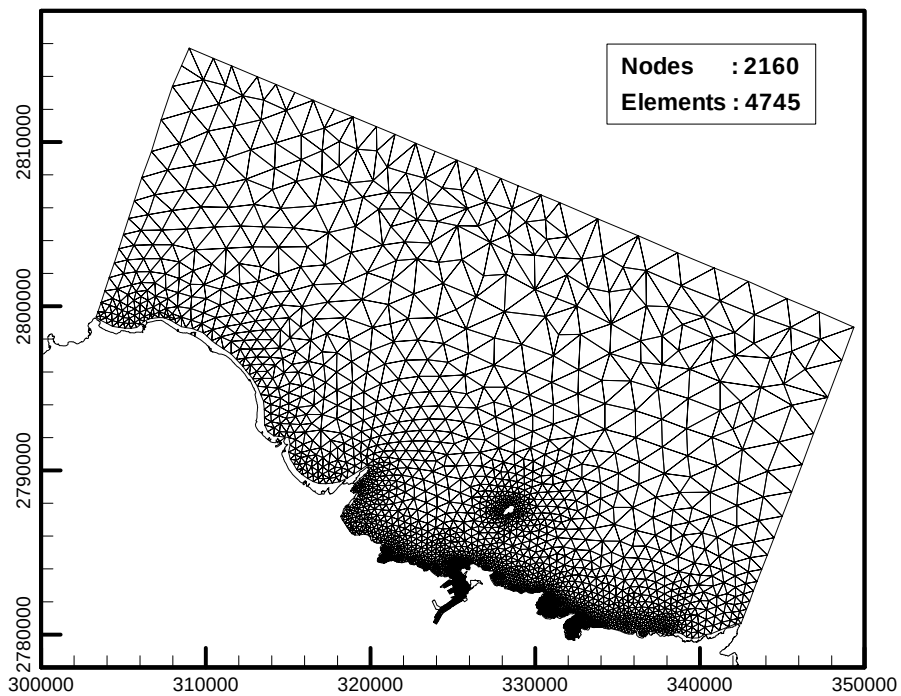


圖 4.3.2 基隆港水動力修正模式新建之有限元素分布圖

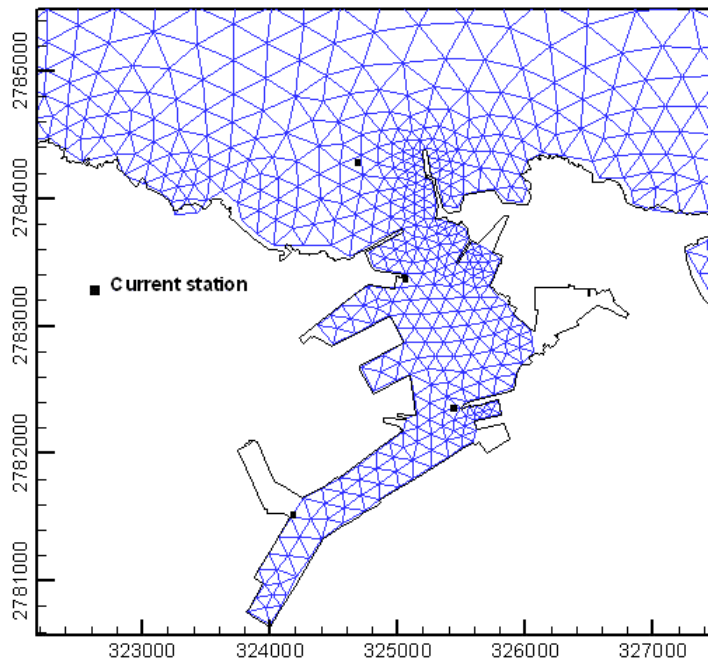


圖 4.3.3 基隆港現況港域及港口附近三角形元素分布圖(黑色方格點代表海流觀測點位)

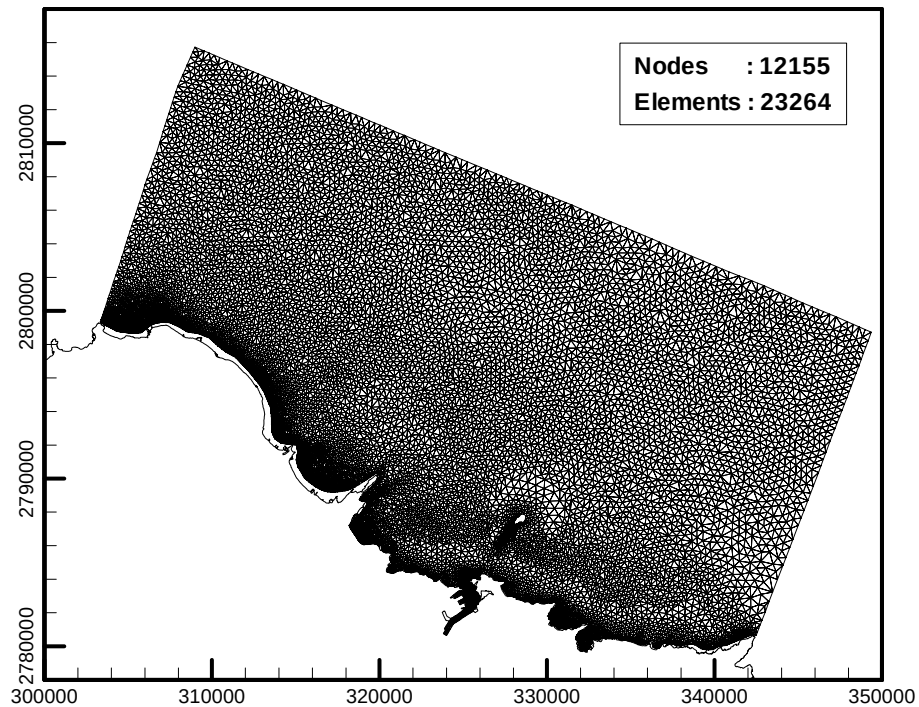


圖 4.3.4 基隆港數值計算網格加密後之有限元素分布圖

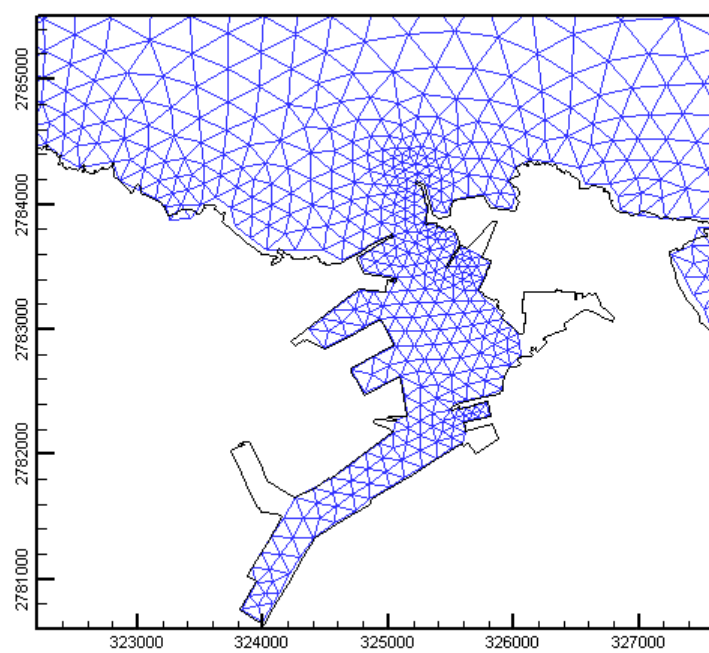


圖 4.3.5 基隆港舊外廓防波堤配置港域及港口附近三角形元素分佈圖



### 4.3.2 邊界條件之建立

在水動力數值模式中，模式邊界型態分為海域開放邊界及陸地邊界兩種，其中海域開放邊界通常採用水位(潮位)條件為模式之邊界條件；常見之陸地邊界條件分為不滑動邊界條件(即邊界節點流速等於零)及滑動邊界條件(即邊界節點垂直方向流速為零)，本計畫模式採用滑動邊界為陸地邊界條件。由於本年度基隆港水動力修正模式之東、西邊界分別位於龍洞及麟山鼻附近海岸，因此修正模式之東、西邊界海域開放邊界直接引用龍洞及麟山鼻潮位調和分析結果為模式之開放邊界條件如圖 4.6 所示。圖中潮位邊界條件分別為  $O_1$ 、 $K_1$ 、 $N_2$ 、 $M_2$  及  $S_2$  等五個主要分潮組成的，顯示東、西邊界上潮位型態、振幅及相位差異很大。離岸方向水位邊界條件則依據東、西邊界上各分潮振幅及相位以線性內插方式計算至邊界節點上。

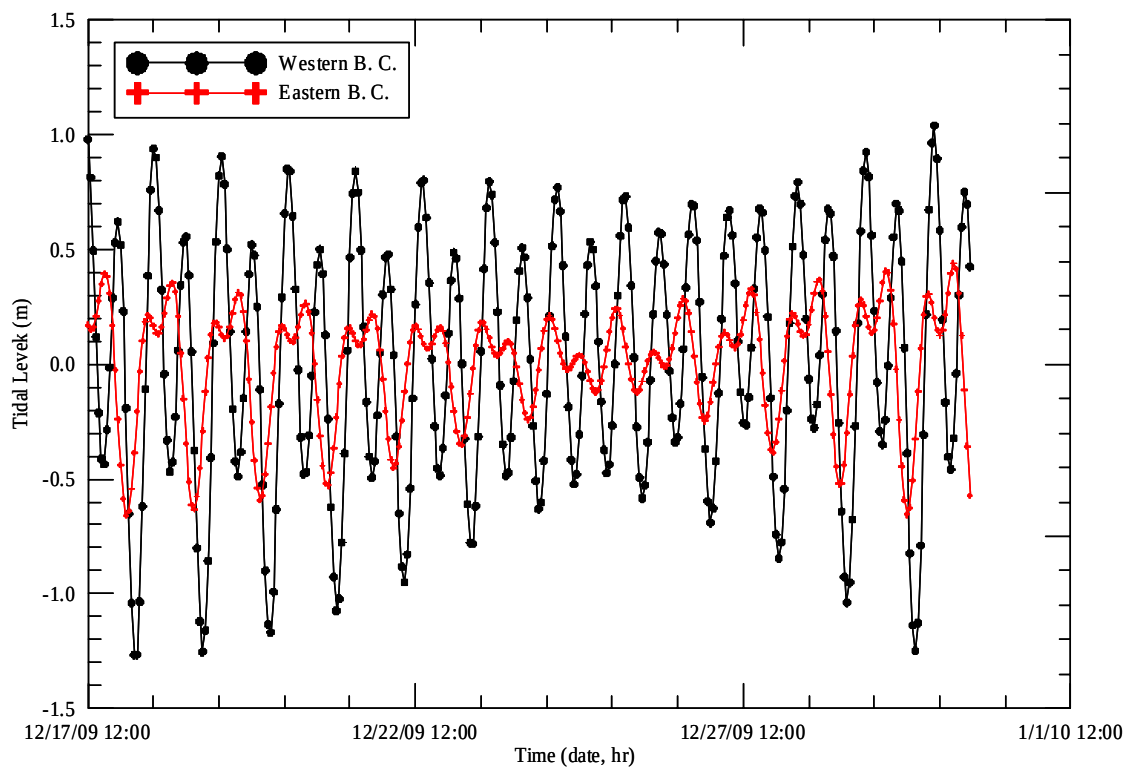


圖 4.3.6 基隆港水動力修正模式東西邊界之潮位邊界條件時序圖



### 4.3.3 模式參數率定與驗證

由於水動力模式數值計算之穩定性除了與三角元素大小、節點水深大小及時間項差分之間距 $\Delta t$  大小有關外，模式所使用的物理參數如渦動粘滯性係數及底床摩擦係數大小，以及模式模擬之起始條件等均會影響至模式計算之穩定性。因此相關參數值需進行率定與測試，而本計畫基隆港水動力模式最終採用的時間間距 $\Delta t$  為 1.0 sec。渦動粘滯性係數本計畫參考 Wang and Connor (1974)之假設，即

$$E_{xx} \sim ag(\tilde{\eta}/\tilde{u}) \cdot \tilde{x}$$

式中  $a$  為無因次係數，其合理的範圍為 0.1~0.01 之間(本計畫採用 0.02)； $g$  為重力加速度， $\tilde{\eta}$  為潮汐代表性潮差(本計畫採用 1.0)， $\tilde{u}$  為潮流代表性流速(本計畫採用 0.5)， $\tilde{x}$  為三角元素代表性邊界。底床摩擦係數隨水深而變，其值介於 0.0024~0.023 之間。

由於基隆港東防波堤延伸工程已近完工，為瞭解目前東防波堤延伸 200 公尺後，港口附近及港內流速變化情形，本中心除了在現有港外海象觀測點位持續觀測海流、波浪外，於基隆港內另擇三處(如圖 4.3.7 所示)佈放海流及波浪觀測儀器，並自 2009 年 12 月 17 日起進行為期 4 個月的海流及波浪觀測。圖 4.3.8 所示為基隆港外海測站海流觀測資料之逐月(自 2009 年 12 月至 2010 年 4 月)時序列圖，圖中分別繪出流速、流向與潮位、東西向流速分量、南北向流速分量及流矢向量圖。此外，海流相關統計資料如平均流速、最大流速、區間流速百分比及流向百分比等則標註於歷線圖上方。由圖中流向與潮位漲退關係得知外海測點漲潮時海流流向為西偏南方向，退潮時海流流向為東偏北方向。觀測期間最大流速為 74 cm/s，發生於 2009 年 3 月 1 日。

為瞭解基隆港外海潮流特性，本研究選取 2009 年 12 月 1 日至 2010 年 1 月 13 日基隆港外海測站海流觀測資料進行能譜分析，分析結果如圖 4.3.12 所示，結果顯示基隆港外海潮流能量以半日潮為主。有鑑於此，本研究選取全日潮( $O_1$ 、 $K_1$ )及半日潮( $M_2$ 、 $S_2$ )等四個主要分潮以調和分析方法分析基隆港外海海流觀測資料之天文潮成份流。圖 4.3.13

及圖 4.3.14 所示分別為基隆港外海東西向及南北向海流觀測資料與天文潮流分析結果之比較，圖中實線代表天文潮流( $O_1$ 、 $K_1$ 、 $M_2$ 、 $S_2$ )調和分析結果。表 4.3-1 所列分別為本年度基隆港外海東西向及南北向海流觀測資料之天文潮調和分析之成果表，結果顯示 2009 年 12 月至 2010 年 3 月天文潮流特性相當一致。

圖 4.3.15 所示為本年度基隆港水動力修正模式模擬之水位及潮流速度與基隆港外海觀測點位觀測資料之天文潮位、潮流調和分析結果之比較，圖中實線代表模式模擬結果，圓點代表觀測資料或觀測資料分析結果。模式驗證結果顯示本計畫基隆港水動力修正模式水位模擬結果與外海觀測資料相當一致性，模式大小潮流速變化趨勢亦與潮流調和分析結果相吻合，惟模式流速變化之尖峰值發生時間與觀測資料調和分析結果約有 1 至 2 小時的時間差。

**表4.3-1 基隆港2010年天文潮流調和分析成果表**

| 分潮<br>名稱       | 角頻率<br>(度/小時) | EW                                  |         | NS          |         |
|----------------|---------------|-------------------------------------|---------|-------------|---------|
|                |               | 振幅(m/s)                             | 位相角(度)  | 振幅(m/s)     | 位相角(度)  |
| O <sub>1</sub> | 13.94303513   | 0.0134                              | 194.050 | 0.0103      | 221.737 |
| K <sub>1</sub> | 15.04106903   | 0.0218                              | 14.947  | 0.0040      | 29.894  |
| M <sub>2</sub> | 28.98410416   | 0.2764                              | 198.470 | 0.0898      | 164.616 |
| S <sub>2</sub> | 30.00000000   | 0.0961                              | 350.149 | 0.0332      | 317.191 |
| 平均流速           |               | 0.1009 m/s                          |         | -0.0195 m/s |         |
| 觀測資料時間         |               | 2009/12/01 00:00 ~ 2010/01/20 00:00 |         |             |         |
| 原點時間           |               | 2009/12/26 11:00                    |         |             |         |

**表4.3-2 (續1)基隆港2010年天文潮流調和分析成果表**

| 分潮<br>名稱       | 角頻率<br>(度/小時) | EW                                  |         | NS          |         |
|----------------|---------------|-------------------------------------|---------|-------------|---------|
|                |               | 振幅(m/s)                             | 位相角(度)  | 振幅(m/s)     | 位相角(度)  |
| O <sub>1</sub> | 13.94303513   | 0.0039                              | 334.480 | 0.0047      | 6.712   |
| K <sub>1</sub> | 15.04106903   | 0.0119                              | 162.963 | 0.0048      | 127.142 |
| M <sub>2</sub> | 28.98410416   | 0.2666                              | 125.842 | 0.0928      | 97.816  |
| S <sub>2</sub> | 30.00000000   | 0.1252                              | 358.677 | 0.0397      | 331.054 |
| 平均流速           |               | 0.0945 m/s                          |         | -0.0261 m/s |         |
| 觀測資料時間         |               | 2010/01/22 00:00 ~ 2010/02/20 00:00 |         |             |         |
| 原點時間           |               | 2010/02/05 23:00                    |         |             |         |

表4.3-3 (續2)基隆港2010年天文潮流調和分析成果表

| 分潮<br>名稱       | 角頻率<br>(度/小時) | EW                                  |         | NS          |         |
|----------------|---------------|-------------------------------------|---------|-------------|---------|
|                |               | 振幅(m/s)                             | 位相角(度)  | 振幅(m/s)     | 位相角(度)  |
| O <sub>1</sub> | 13.94303513   | 0.0228                              | 269.784 | 0.0116      | 268.395 |
| K <sub>1</sub> | 15.04106903   | 0.0117                              | 251.787 | 0.0058      | 331.434 |
| M <sub>2</sub> | 28.98410416   | 0.2562                              | 132.199 | 0.0864      | 97.440  |
| S <sub>2</sub> | 30.00000000   | 0.1245                              | 351.896 | 0.0353      | 314.645 |
| 平均流速           |               | 0.0846 m/s                          |         | -0.0293 m/s |         |
| 觀測資料時間         |               | 2010/02/22 00:00 ~ 2010/03/20 00:00 |         |             |         |
| 原點時間           |               | 2010/03/07 11:00                    |         |             |         |

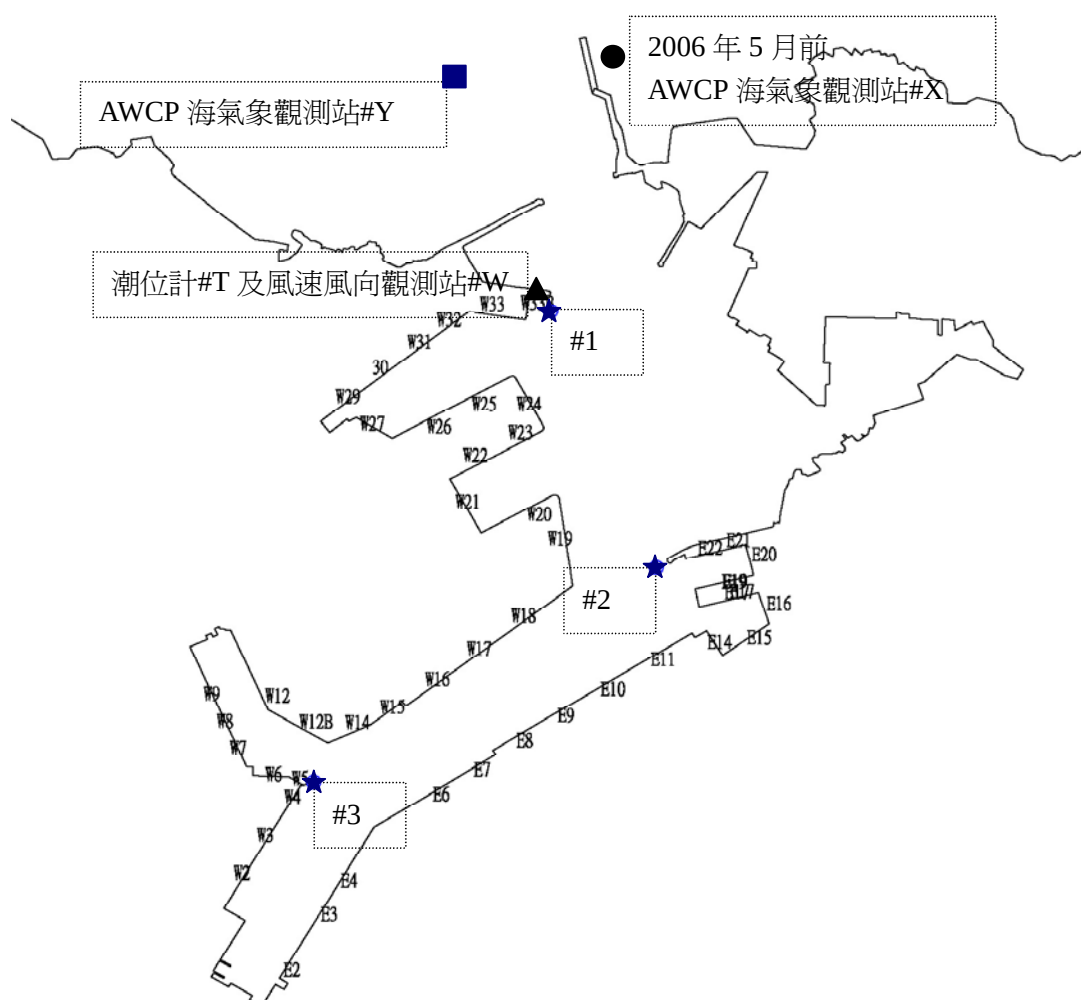


圖 4.3.7 基隆港港內、外觀測站儀器安裝佈置示意圖

2009/12 KL-0 MEAN= 17cm/s MAX= 67cm/s( E ) NO= 310( 42%)  
N~E:30% E~S:27% S~W:29% W~N:14% Vector Mean: 7cm/s(ESE)

<25cm/s:80% 25~50:19% 50~75: 1% ~100: 0% >100: 0%  
MAIN AXIS: E - W (32%) MAIN DIR: E (25%)

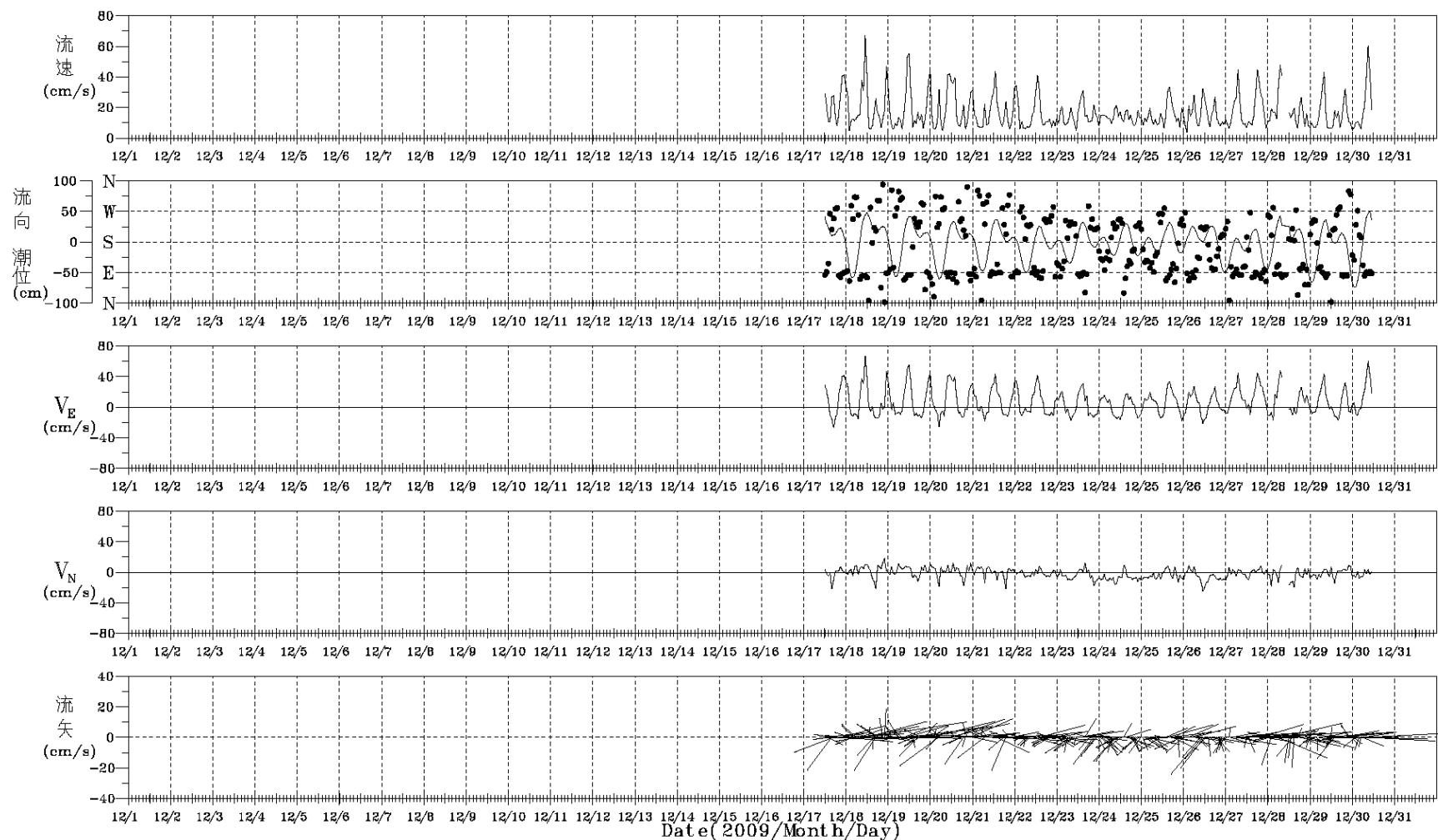


圖 4.3.8 基隆港外海海流觀測資料歷線圖(2009 年 12 月份)

2010/01 KL-0 MEAN= 17cm/s MAX= 66cm/s( E ) NO= 720( 97%)  
 N~E:30% E~S:27% S~W:30% W~N:13% Vector Mean: 6cm/s(ESE)

<25cm/s:81% 25~50:17% 50~75: 2% ~100: 0% >100: 0%  
 MAIN AXIS: E - W (32%) MAIN DIR: E (24%)

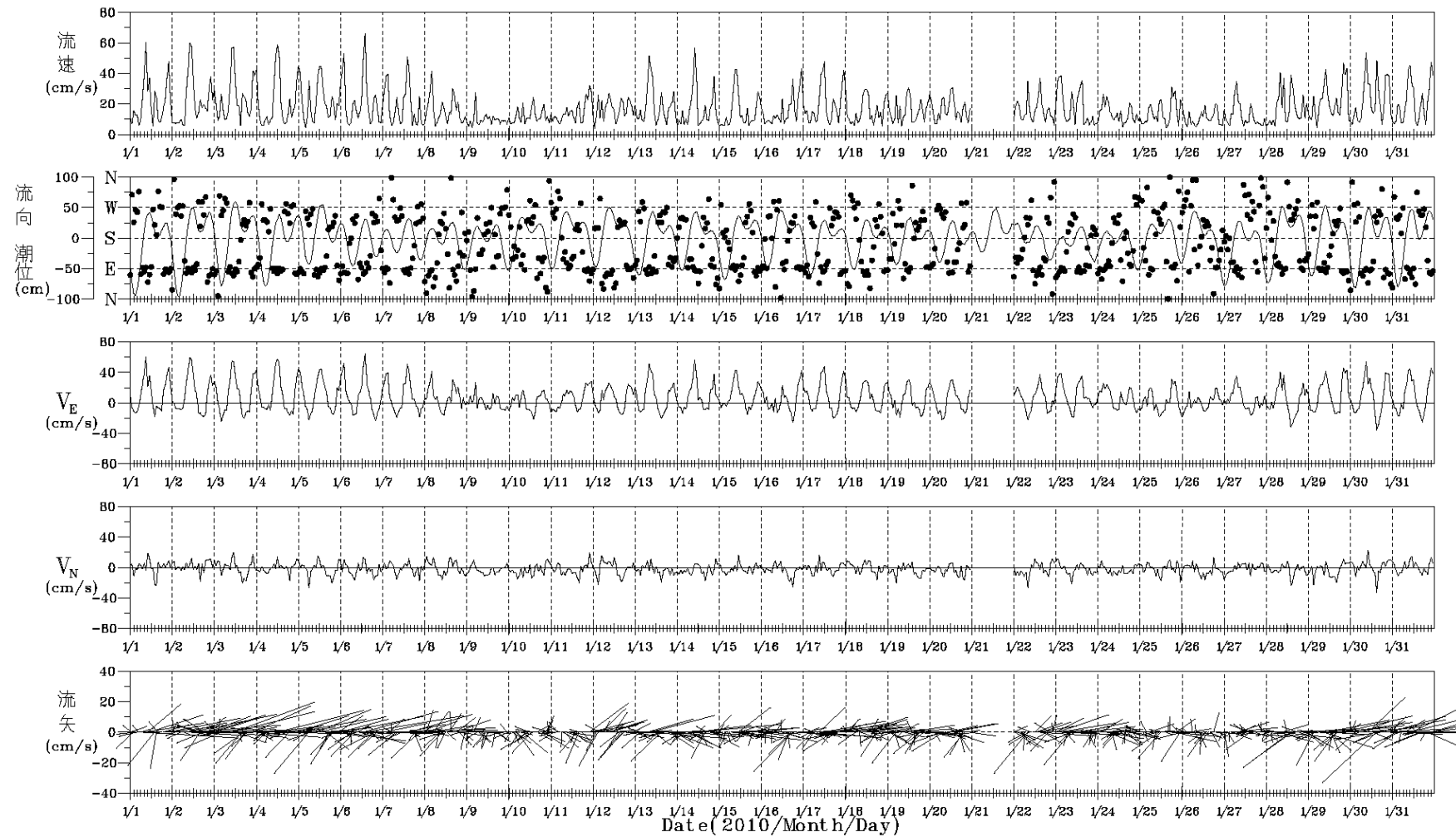


圖 4.3.9 (續 1)基隆港外海海流觀測資料歷線圖(2010 年 1 月份)

2010/02 KL-0 MEAN= 19cm/s MAX= 60cm/s(ENE) NO= 648( 96%)  
 N~E:26% E~S:27% S~W:39% W~N: 8% Vector Mean: 7cm/s(ESE)

<25cm/s:77% 25~50:20% 50~75: 3% ~100: 0% >100: 0%  
 MAIN AXIS: E - W (32%) MAIN DIR: E (24%)

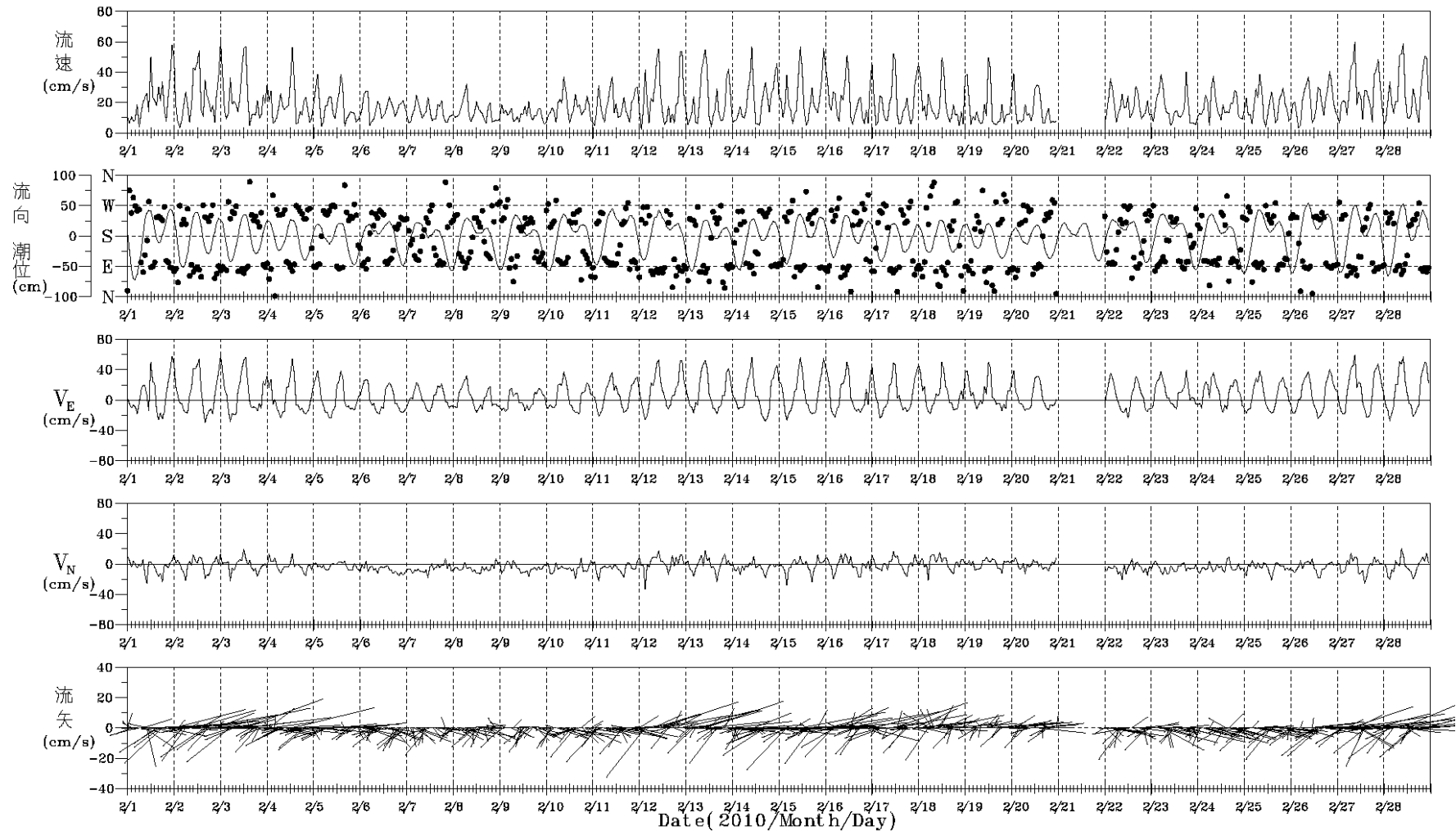


圖 4.3.10 (續 2)基隆港外海海流觀測資料歷線圖(2010 年 2 月份)

2010/03 KL-0 MEAN= 18cm/s MAX= 74cm/s( E ) NO= 720( 97%)  
 N~E:33% E~S:23% S~W:35% W~N: 9% Vector Mean: 6cm/s(ESE)

<25cm/s:78% 25~50:21% 50~75: 1% ~100: 0% >100: 0%  
 MAIN AXIS: E - W (29%) MAIN DIR: E (24%)

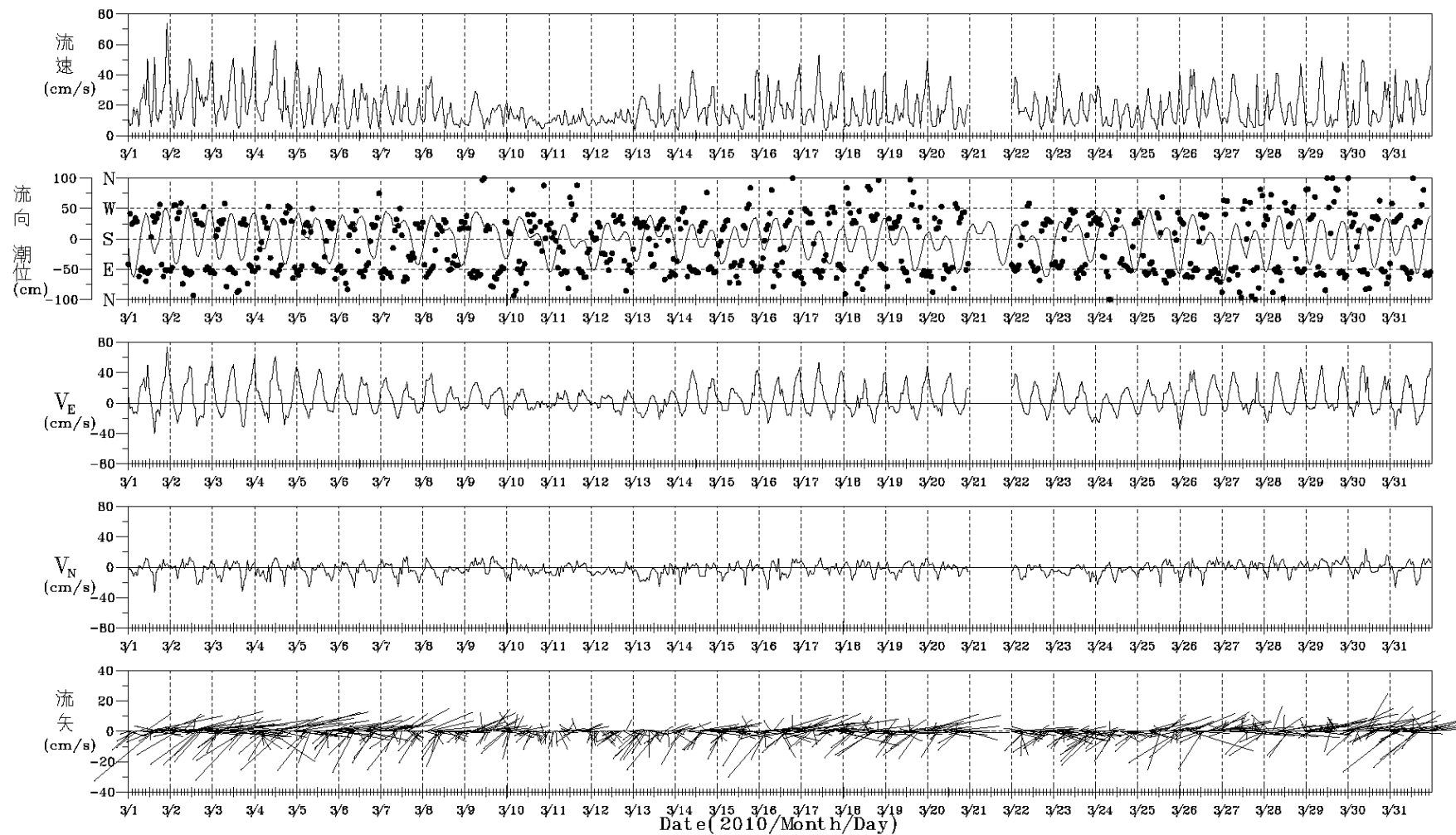
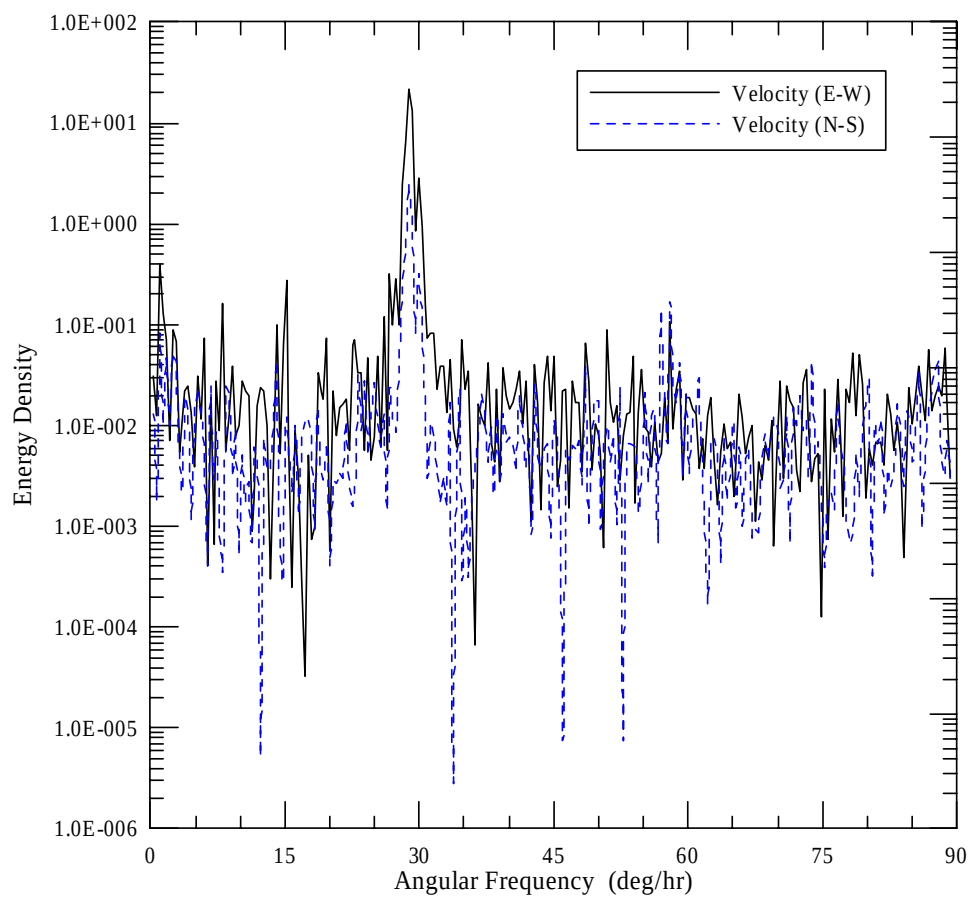


圖 4.3.11 (續 3)基隆港外海海流觀測資料歷線圖(2010 年 3 月份)



**圖 4.3.12 基隆港外海海流觀測資料能譜分析結果圖**  
**(2009/12/01 00:00 ~ 2010/01/13 00:00)**



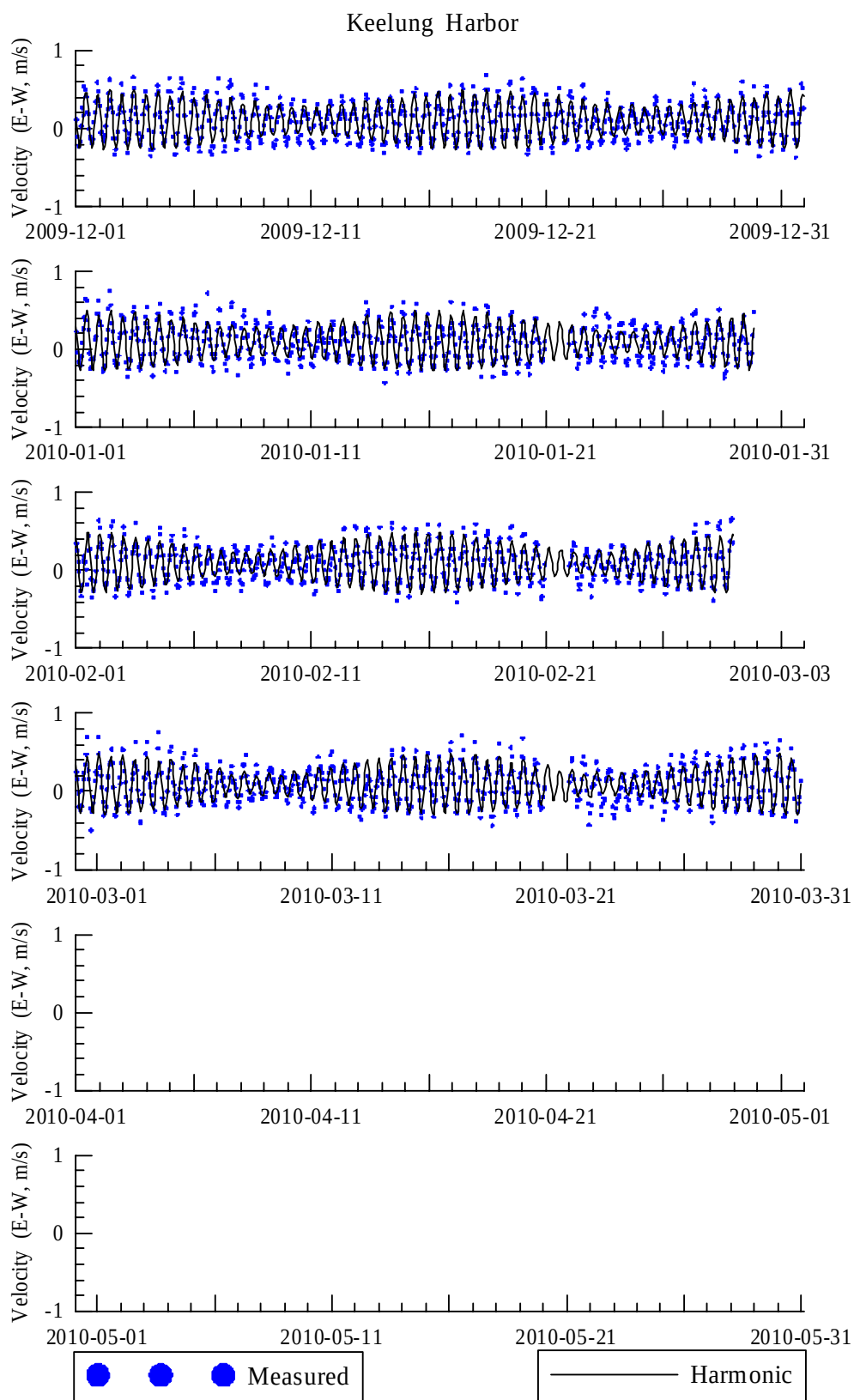


圖 4.3.13 基隆港 2010 年東西向海流觀測值與天文潮流預測值之比較

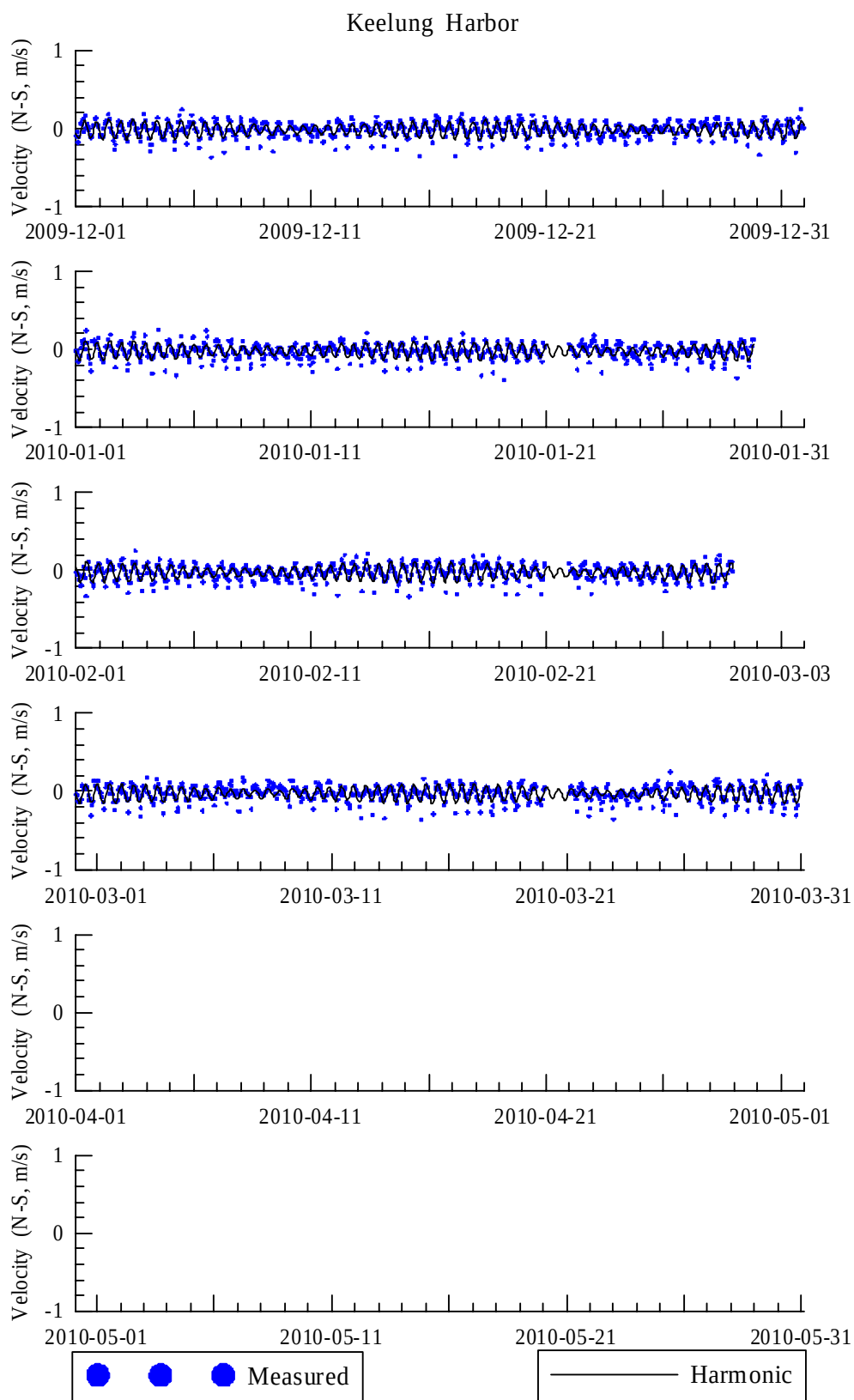


圖 4.3.14 基隆港 2010 年南北向海流觀測值與天文潮流預測值之比較

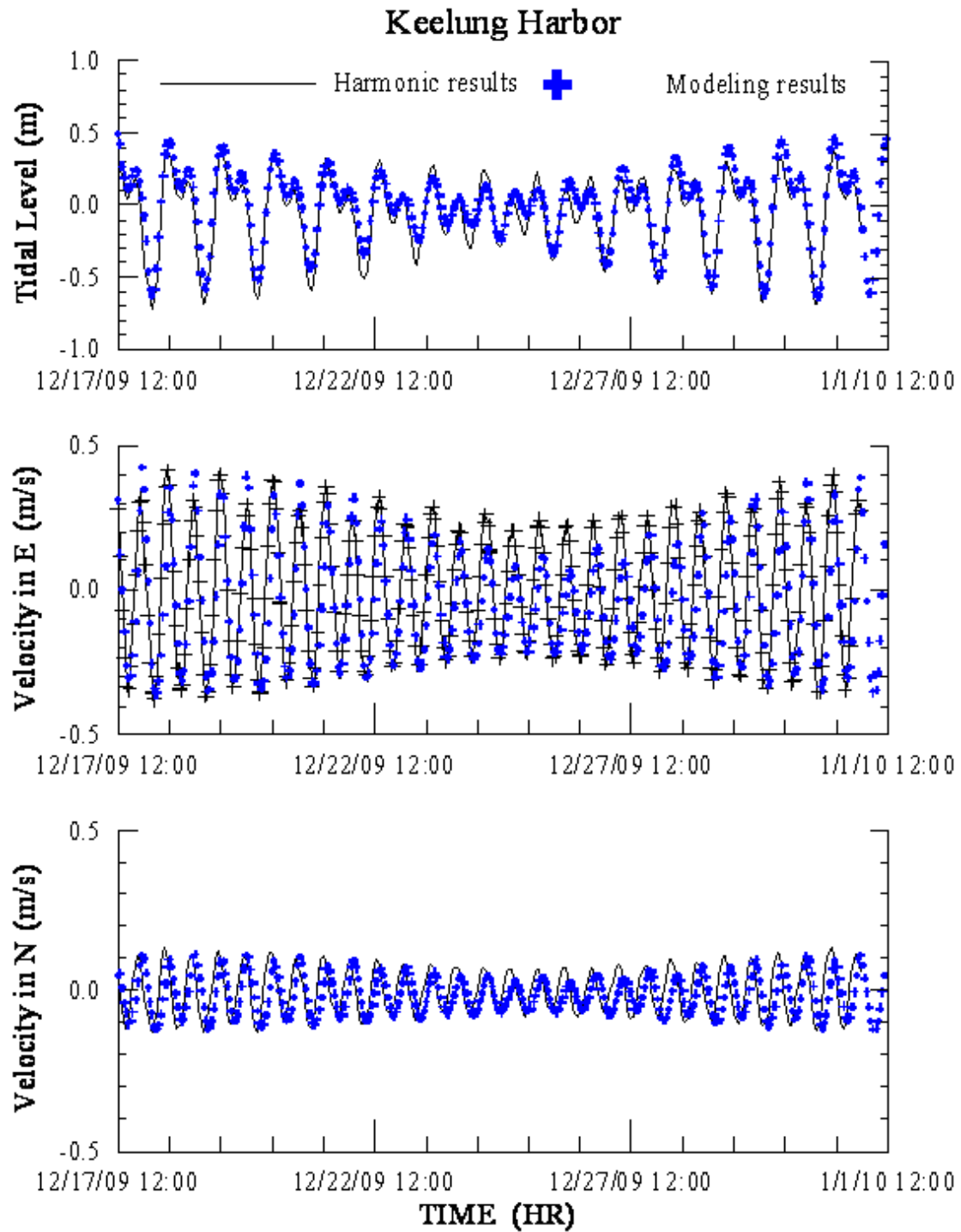


圖 4.3.15 基隆港水動力修正模式港口外海流測點之水位、潮流模擬結果與觀測資料之天文潮位及天文潮流(O1, K1, M2, S2)分析結果之比較

#### 4.3.4 基隆港港口流況模擬結果

為瞭解基隆港港口附近流況變化情況，本計畫依據上述模式驗證成果選取大潮時段(2009 年 12 月 19 日)每 3 時港口附近流況如圖 4.3.16 所示。由港口流況之向量平面分佈情形得知，基隆港外海潮流漲退潮流向大致上呈現漲潮向西偏北，退潮向東偏南；港口附近受到東防波堤影響，流速變小，流向大致上呈現漲潮向西偏南，退潮向東偏北。為進一步瞭解東防波堤堤頭外及其西側遮蔽區內之流況差異性，本計畫分別針對漲潮及退潮流場以“流線”表示東防波堤堤頭外及其西側遮蔽區內之流況，如圖 4.3.17 及圖 4.3.18 所示。流線顯示在東防波堤及其延伸段西側流場會呈現環狀流場，且環狀流場會隨流場流速強弱而改會其大小，其中漲潮階段環流流場為逆時方向，退潮階段環流流場為順時方向。

為瞭解東防波堤延伸工程興建前、後，基隆港港口附近之流場變化情形，本計畫另依 4.3.1 節針對東防波堤延伸工程未興建前所建置之數值計算網格(參考圖 4.3.5)，採用與 4.3.3 節基隆港現況流場模擬相同之邊界條件，模擬基隆港東防波堤延伸工程未興建前之流場變化。為瞭解東防波堤延伸工程興建、前後流況變化情形，本計畫分別選取漲退潮相同時段流場進行比較，如圖 4.3.19 及圖 4.3.20 所示，圖中紅色粗向量線代表東防波堤延伸段興建後流場。顯示凡受到防波堤延伸段影響之水域(如兩側遮蔽區及堤頭)，流向變化較為顯著，流速普遍有減緩現象，西防波堤外側及堤頭附近流速略增。圖 4.3.21 所示為目前海流觀測點位上東防波堤延伸段興建前、後，潮流東西向及南北向速度之比較，顯示東防波堤延伸段興建後觀測點之東西向流速有顯著減小，南北向流速有增大現象(大潮期間較顯著)。

#### 4.3.5 考慮風場效應之基隆港港口流況模擬結果

為瞭解風場對基隆港港口流況之影響，本計畫選取風速 10.0 m/s，風向為東北之均勻數值模擬，並比較有風場與無風場作用時流速大小之差異，如圖 4.3.22 至圖 4.3.25 所示。圖中所示速度向量場為無風

場作用時之流況，圖中等值分布圖代表有風場與無風場作用時流速差絕對值之分布情形。圖 4.3.22 及圖 4.3.23 所示分別代表大潮期間低潮位及高潮位時流速差分布情形(模式模擬時間約 36~60 小時間)，顯示在風場作用下，除了岸邊水深較淺處流速變化較大外，基隆嶼與平和島間之海底淺灘區亦有較大的流速變化。圖 4.3.24 及圖 4.3.25 所示分別代表小潮期間低潮位及高潮位時流速差分布情形(模式模擬時間約 156~180 小時間)，結果顯示除了上述流速變化較大的地區速度差值有增加之現象外，整體而言，在持續風場作用下流速差值有逐漸增加之趨勢。

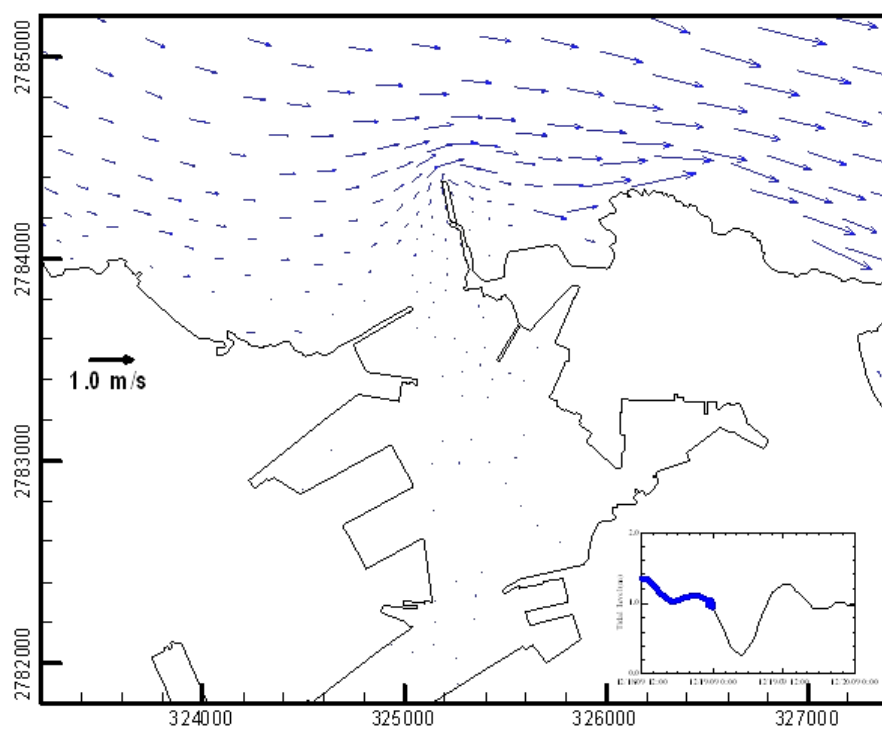


圖 4.3.16 基隆港港口附近流況向量分佈圖

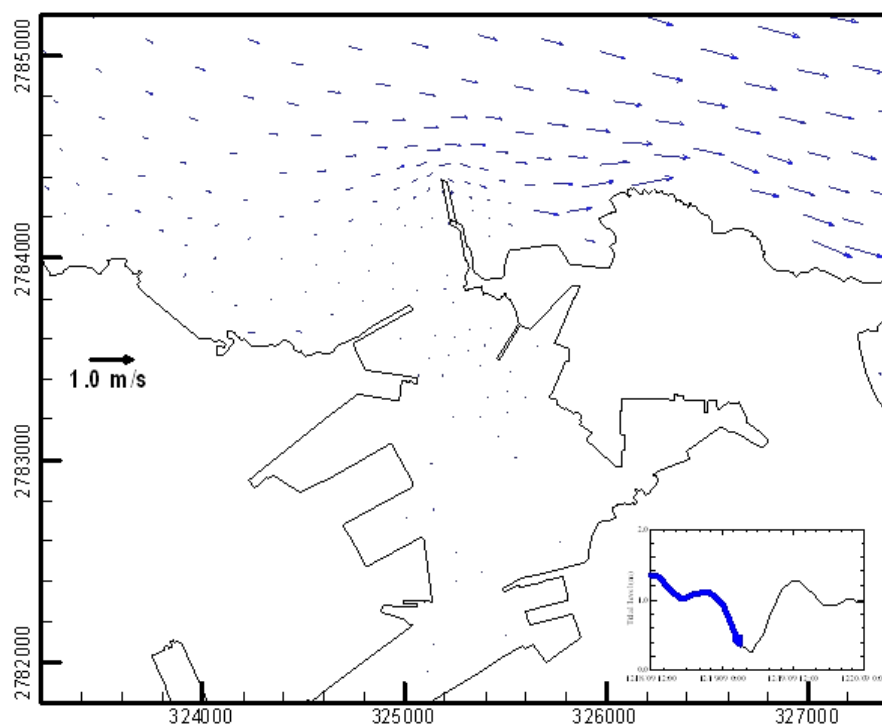


圖 4.3.16 (續 1) 基隆港港口附近流況向量分佈圖

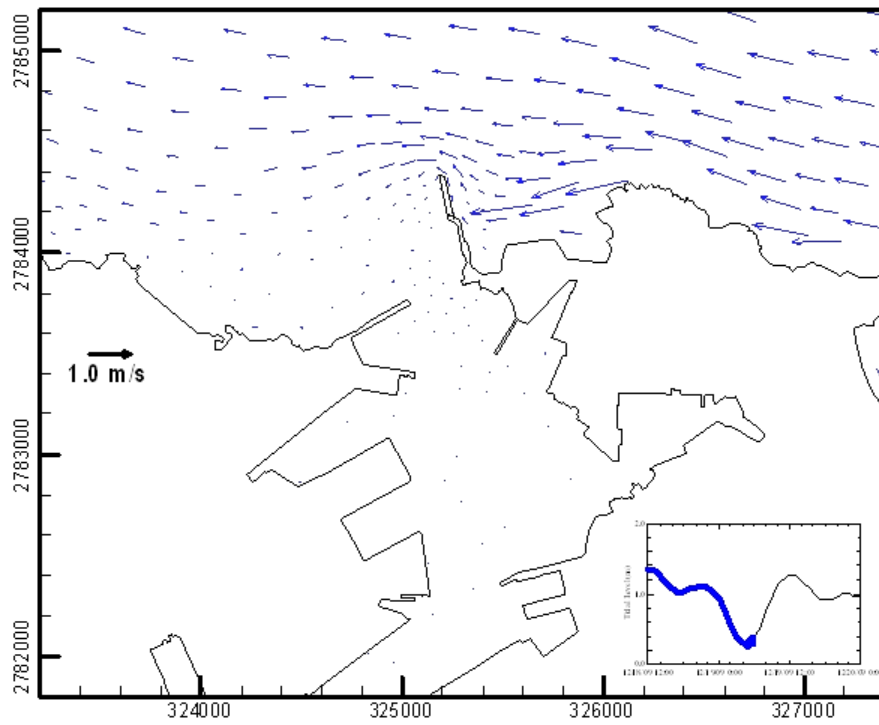


圖 4.3.16 (續 2) 基隆港港口附近流況向量分佈圖

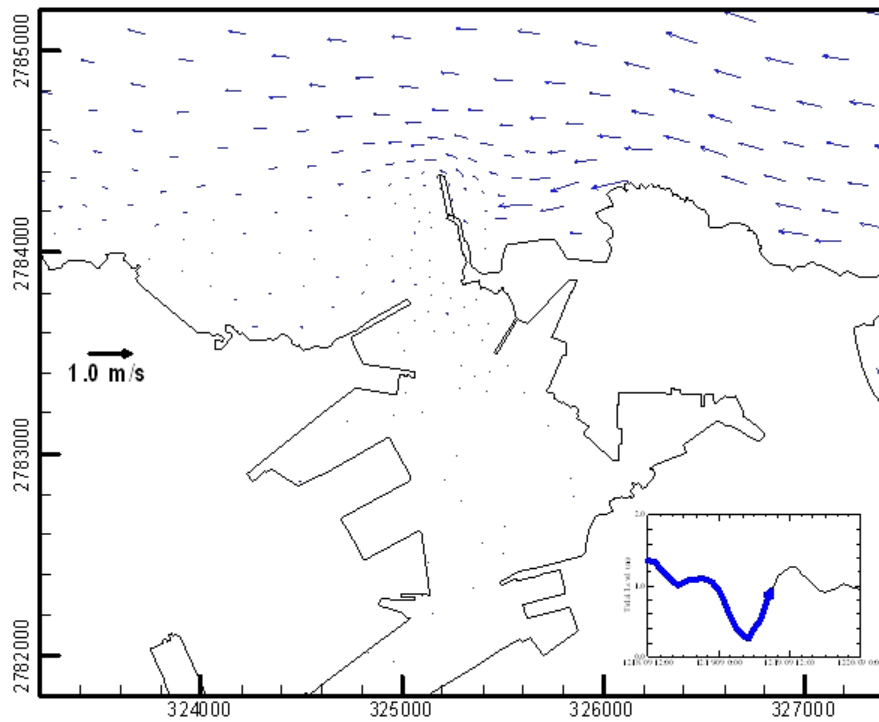


圖 4.3.16 (續 3) 基隆港港口附近流況向量分佈圖

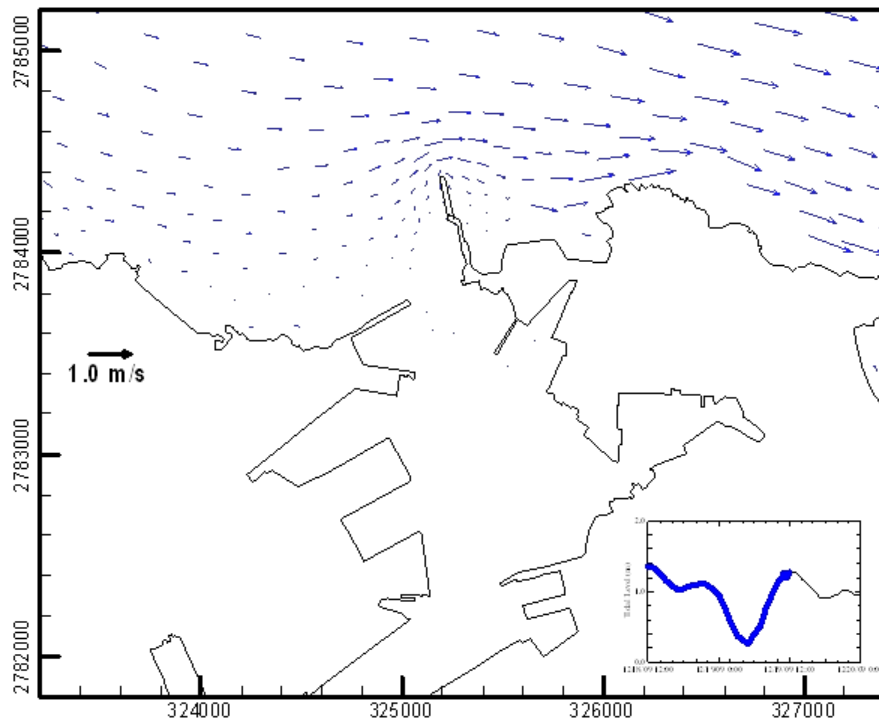


圖 4.3.16 (續 4) 基隆港港口附近流況向量分佈圖

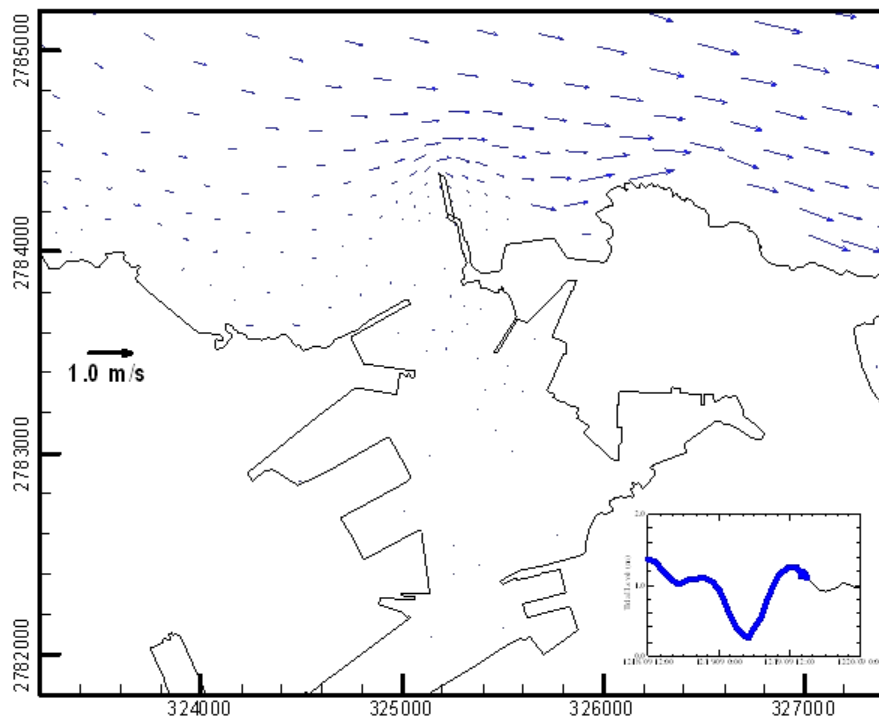


圖 4.3.16 (續 5) 基隆港港口附近流況向量分佈圖



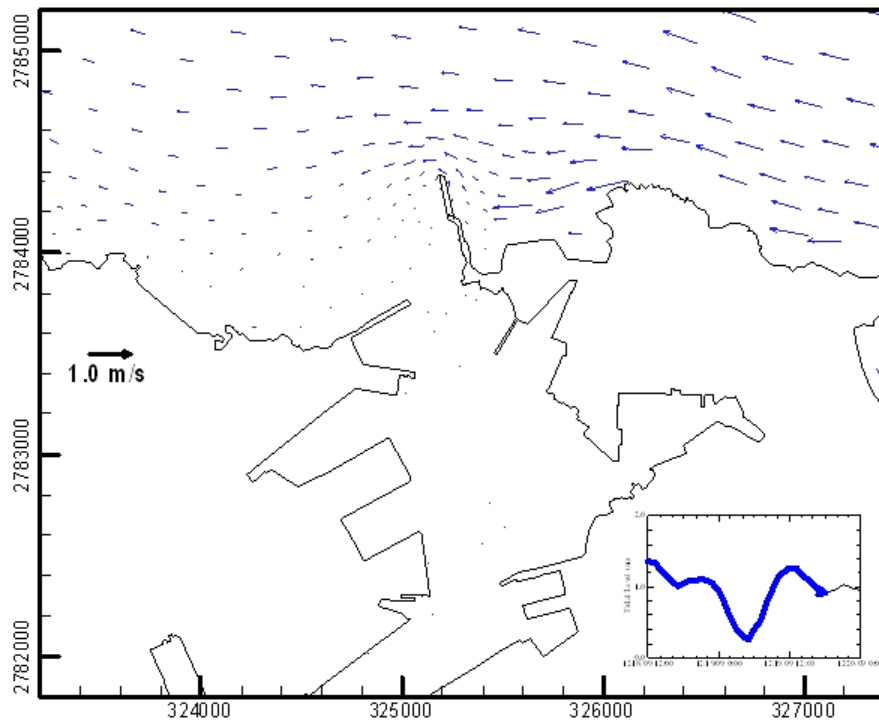


圖 4.3.16 (續 6) 基隆港港口附近流況向量分佈圖

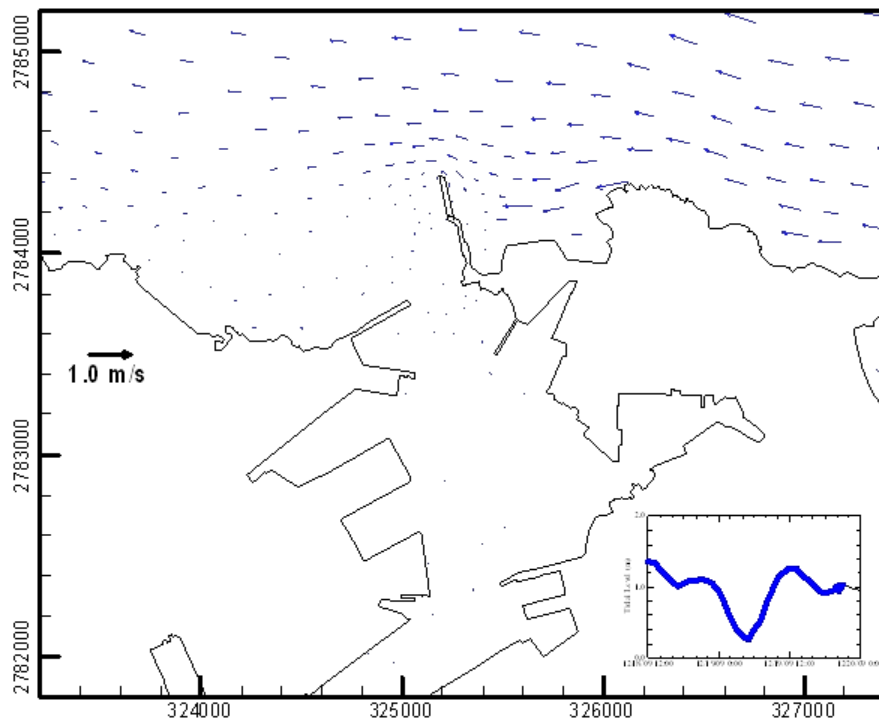


圖 4.3.16 (續 7) 基隆港港口附近流況向量分佈圖

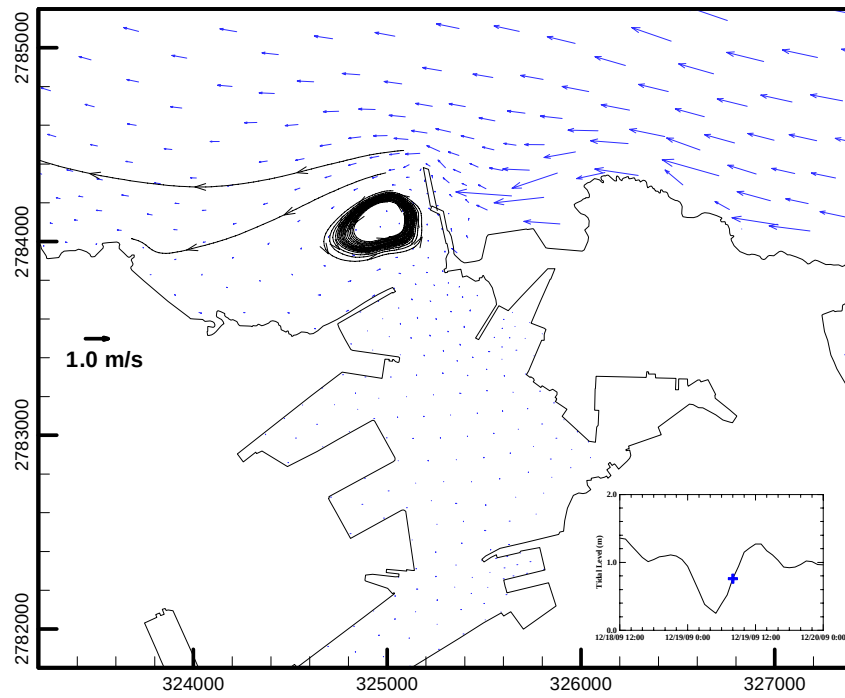


圖 4.3.17 漲潮時段東防波堤堤頭及其西側流況之流線(黑色實線)

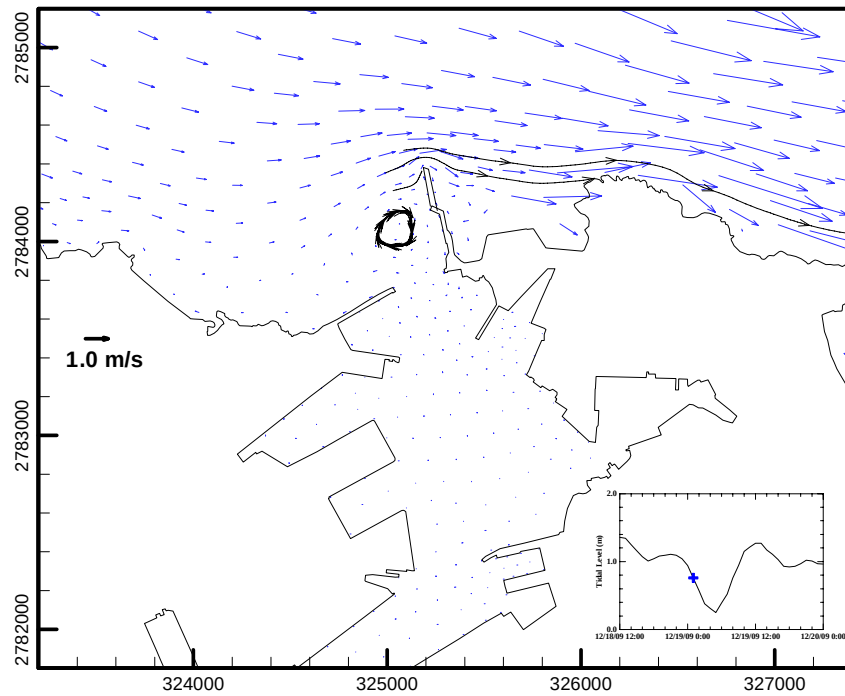


圖 4.3.18 退潮時段東防波堤堤頭及其西側流況之流線(黑色實線)

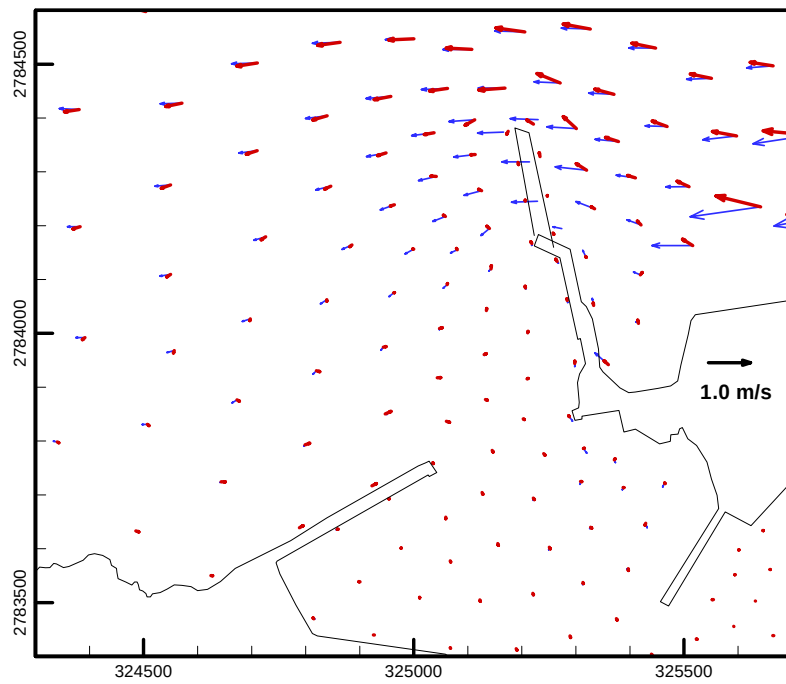


圖 4.3.19 漲潮時段東防堤延伸段興建前(細藍向量)、興建後(粗紅向量)流場向量之比較

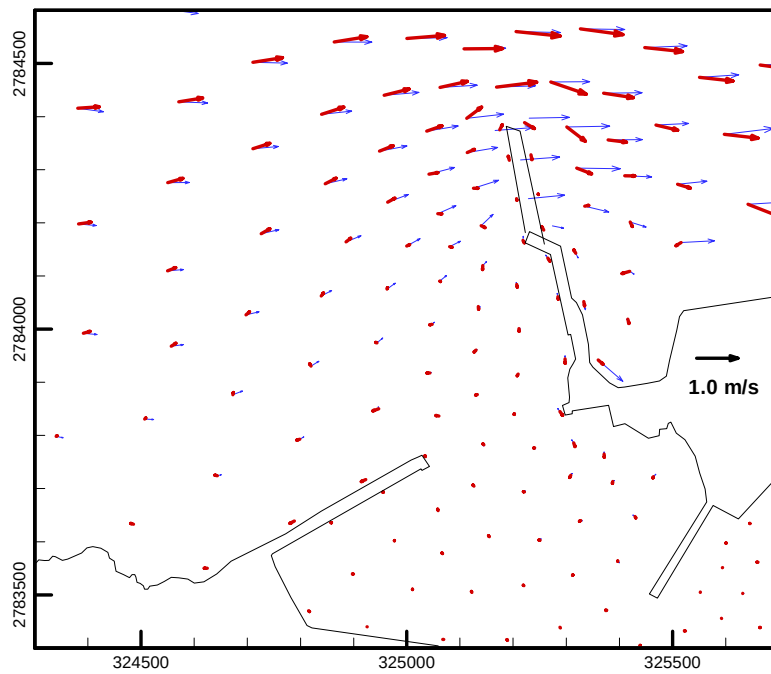


圖 4.3.20 退潮時段東防堤延伸段興建前(細藍向量)、興建後(粗紅向量)流場向量之比較

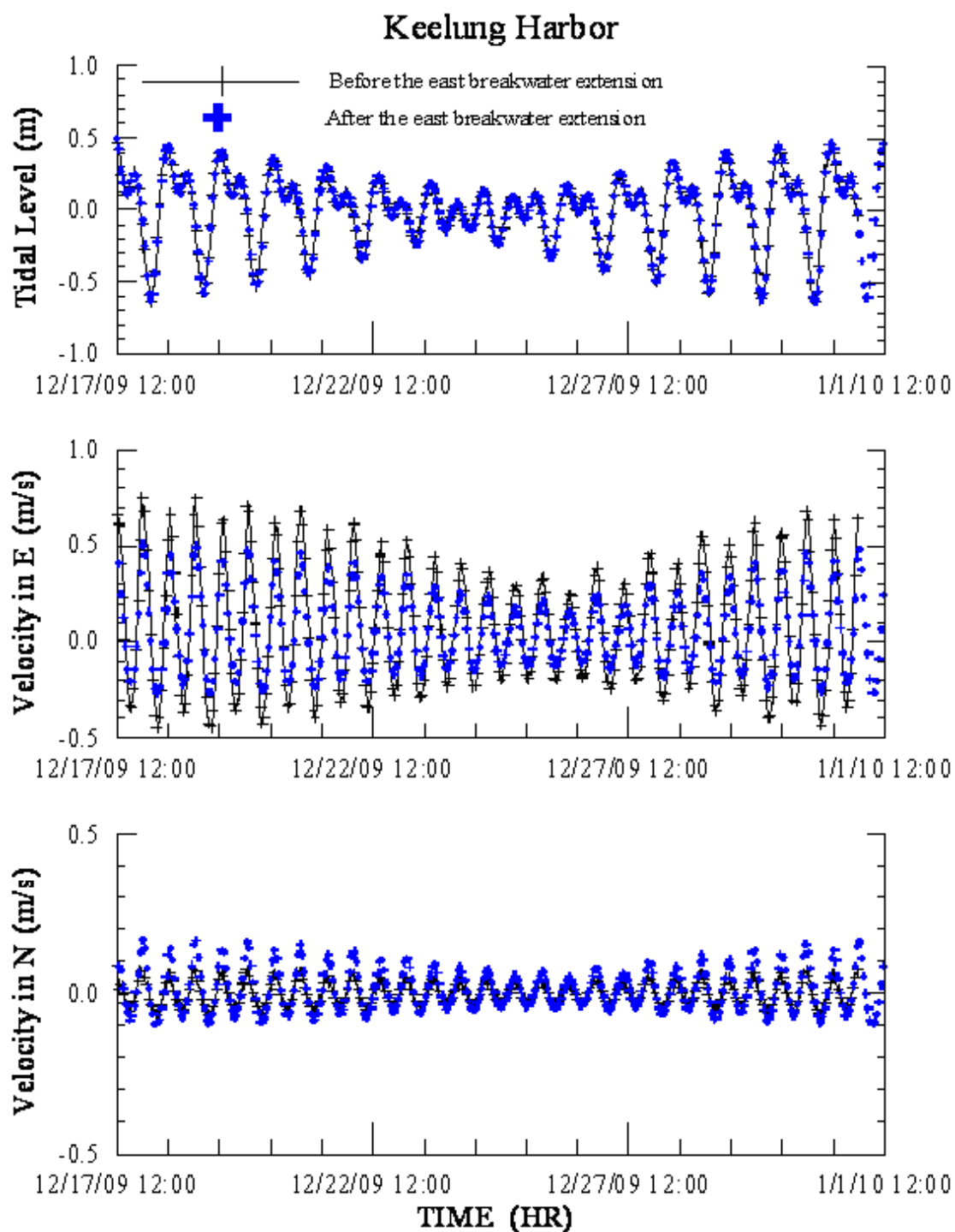


圖 4.3.21 東防波堤延伸工程前、後，基隆港外海海流測點流速模擬  
結果之比較

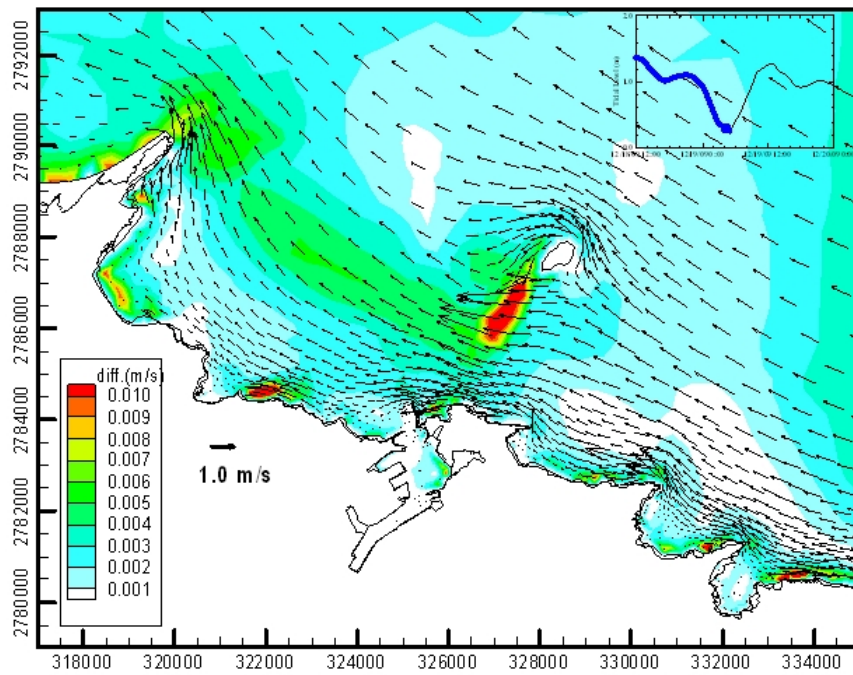


圖 4.3.22 無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間漲潮流況與流速差分布情形(風速為 10 m/s，風向為東北)

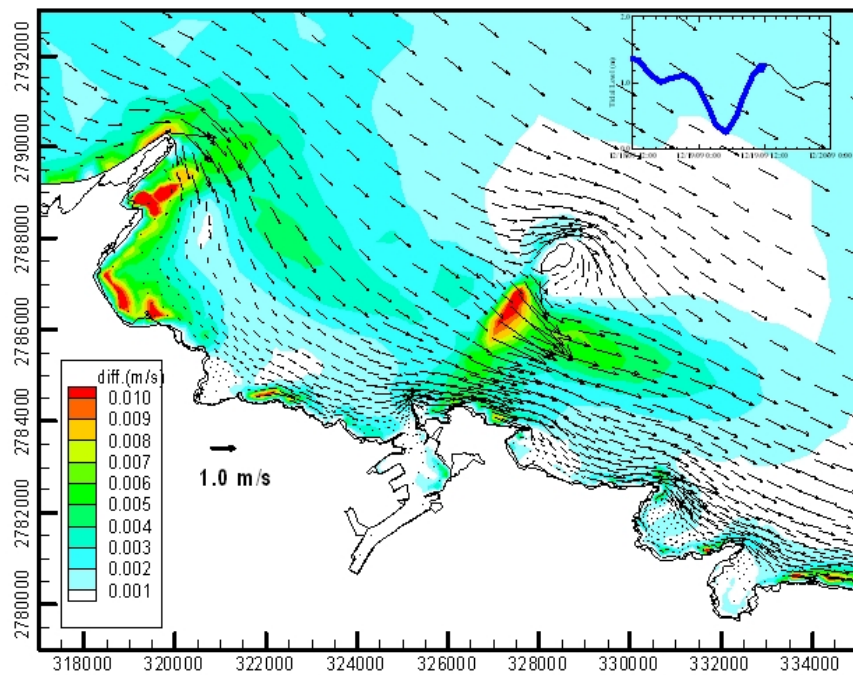


圖 4.3.23 無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間退潮流況與流速差分布情形(風速為 10 m/s，風向為東北)

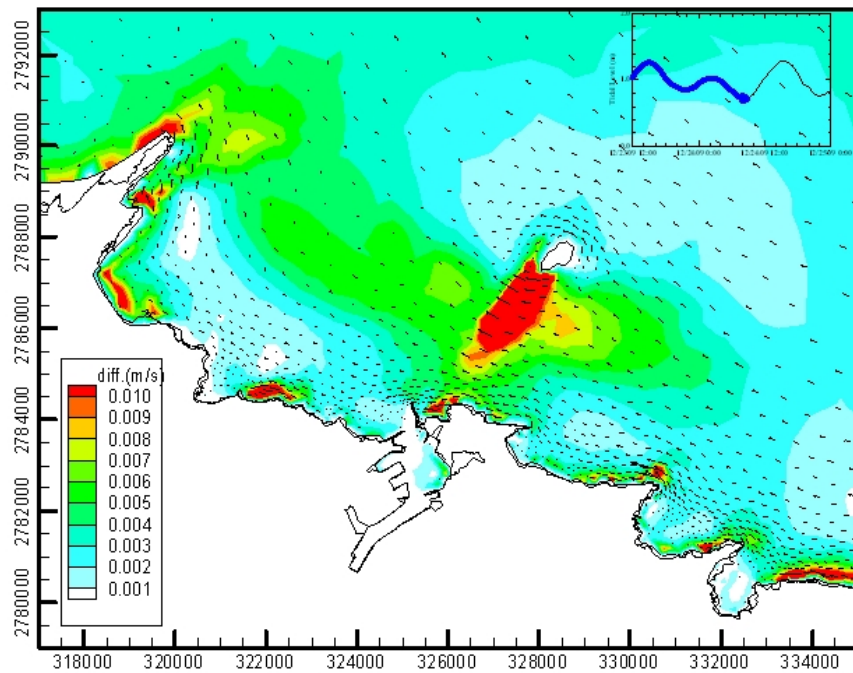


圖 4.3.24 無風場及有風場作用下，基隆港外海小潮期間漲潮流況與流速差分布情形(風速為 10 m/s，風向為東北)

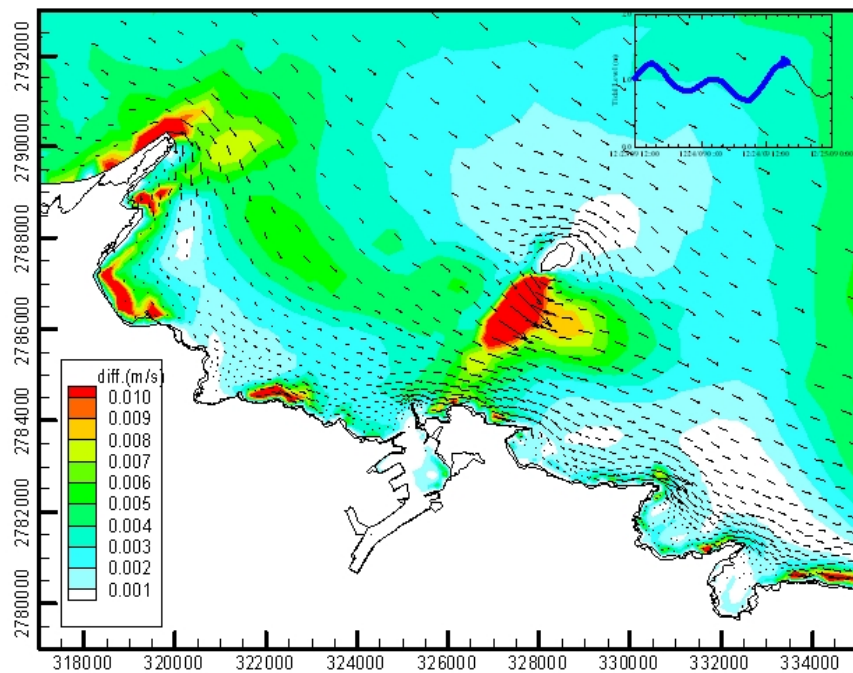


圖 4.3.25 無風場及有風場作用下，基隆港外海小潮期間退潮流況與流速差分布情形(風速為 10 m/s，風向為東北)

## 4.4 小結

本四年期計畫本章節完成工作包括大尺度(西太平洋模式)與中尺度(臺灣海域全域模式)水位及海流模式之作業化預報及七大商港之水位及海流成果評估、小尺度之近岸海域及港區海象(水位及海流)數值模擬系統建置，及七大商港近岸海域及港區水動力模式更新及流況模擬等項目。依據全期工作成果可得到以下結論：

1. 作業化預報港區模擬結果比對顯示，各港區水位模擬結果與實測水位相當吻合；海流模擬結果則受限於模式網格解析度，比對結果仍有改善空間。
2. 透過不規則網格(有限元素)之構建提升近岸海域數值計算網格之解析度，及配合邊界量測之潮位資料建置各港區水動力模式；有助於減少模式模擬結果與實測水位及海流資料間之差異。
3. 長期模擬結果評估，水位部分僅基隆港與花蓮港差距比較大，推測此部份為實測資料水準點偏移所導致，使得長期模擬的結果較作業評估來的差。海流部分實測資料調和分析出來的結果全日潮產生的潮流皆不大，不到 0.1m，主要的潮流成分還是以半日潮 M2 為主，流速可達 0.5m 左右。模式模擬結果則在花蓮港的部分顯著偏小。
4. 本年度基隆港水動力修正模式較符合現況港池外廓防波堤配置，有助於提升基隆港港口附近流況模擬之準確性；模擬結果顯示不論漲、退潮階段，在東防波堤及其延伸堤西側進港航道上均會形成環流流況，此一環流流況在漲潮階段呈現逆時鐘方向且範圍較大，退潮階段則呈現順時鐘方向且範圍較小。
5. 本年度基隆港水動力修正模式之流況模擬結果經與基隆港外海觀測資料之潮流分析結果比較，模式模擬結果之精確度較上年度模擬結果有顯著提升。
6. 在考慮風場效應之流況模擬結果部分，比較低潮位及高潮位時流速差分布情形，在大潮期間，顯示在風場作用下，除了岸邊水深較淺處流速變化較大外，基隆嶼與平和島間之海底淺灘區亦有較大的流速變化；在小潮期間，結果顯示除了上述流速變化較大的地區速度差值有增加之現象外，整體而言，在持續風場作用下流速差值有逐漸增加之趨勢。

## 第五章 臺灣海嘯特性分析

本年度之主要目的為精進現有視窗化操作介面，震源區自台灣近岸擴展至整個環太平洋地震帶，並蒐集其斷層資訊相關經驗值或參考值，同時也將建立國內八個港口之格林函數值；使其當遠域海嘯發生時，亦能即時評估最大波高及其到達時間，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。

### 5.1 國內外之地震與海嘯紀錄

#### 5.1.1 海嘯與地震之關係

海嘯為一種非由天氣因素所造成之長週期波；其成因甚多，如強烈之海底地震、海底山崩或是核爆；本研究僅討論由地震所產生者。地震之成因主要來自於地表斷層發生錯動所產生之巨大能量釋出。斷層系統一般可分為三類，即是斷層可水平移動之平移斷層及可上下移動之正斷層、逆斷層，如圖 5.1.1 所示。海底若發生地震時，斷層發生平移運動，則對海洋水體影響有限；但若是斷層發生上下錯動之行為，則有引發海嘯的可能，如圖 5.1.2 所示。對於海洋尺度而言，海底斷層所引發的海底地震可視為一個點波源，故海嘯即是由海底地震所引發的長週期波，是一種頻率介於潮波和湧浪之間的重力長波，其波長約為幾十至幾百公里，週期為 2 ~200 分。一般而言，海底發生地震時並不一定會引起海嘯，產生海嘯的地震保守估計要 6 級以上，震源深度最多不超過 100 公里。



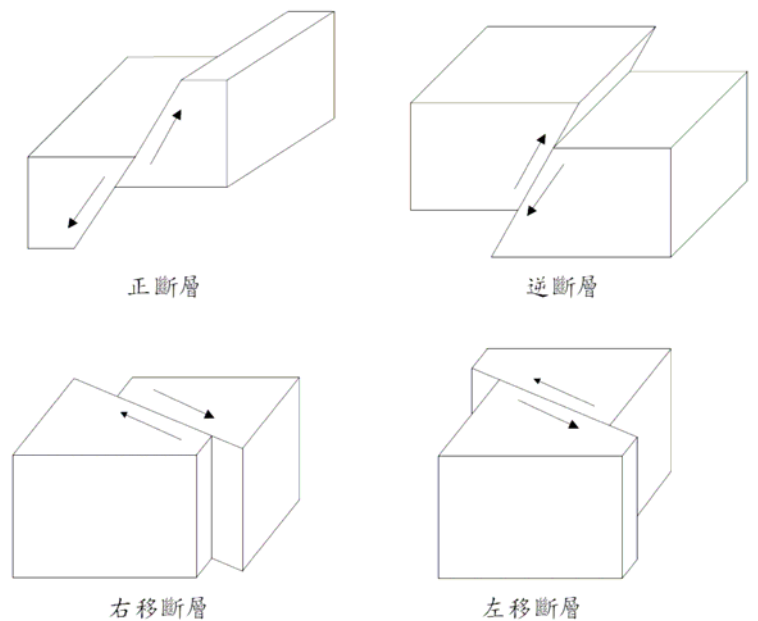


圖 5.1.1 斷層型態

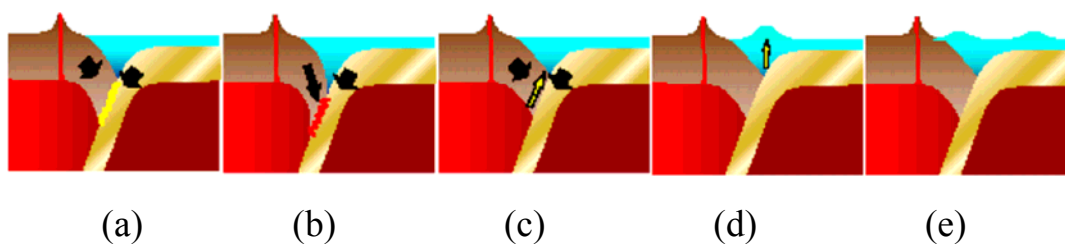


圖 5.1.2 板塊交界處發生錯動後引起海嘯之示意圖

(資料來源：邱等，2005)

### 5.1.2 台灣附近海嘯潛勢區域及斷層概述

圖 5.1.3 台灣本島海域附近之斷層分佈圖。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。

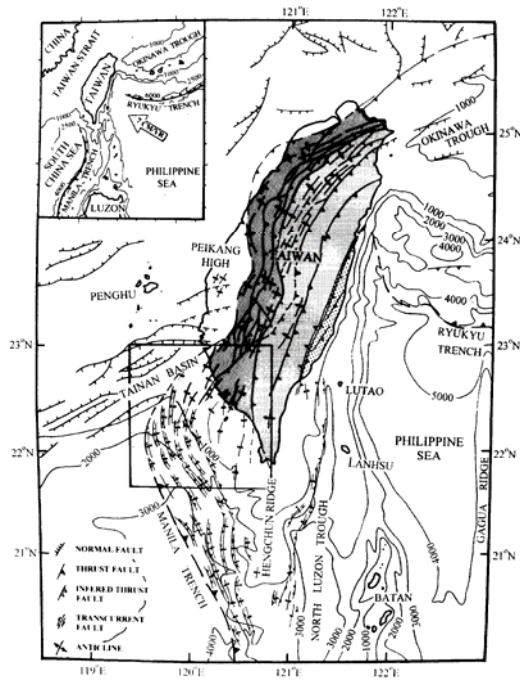


圖 5.1.3 台灣本島海域附近之斷層分佈圖(資料來源：Liu et al., 1997)

圖 5.1.4 為自中央氣象局及消防署資料顯示台灣自 1900~2006 所有地震之震央分佈。由此圖可觀察出，震源多在東部外海，但是由於東部海域其坡度陡峭，縱有海嘯產生，在地形效應的影響下，其淺化效應甚小，較無發生近岸區波浪水位突然升高的現象，也因此不論歷史記載或科學紀錄，台灣東岸海域雖有海嘯紀錄者，但也鮮少產生災情。是故，不論從斷層分佈、周邊海域地形以及歷史記載均顯示海嘯對東部海域之威脅遠較西南、東北海域為低。

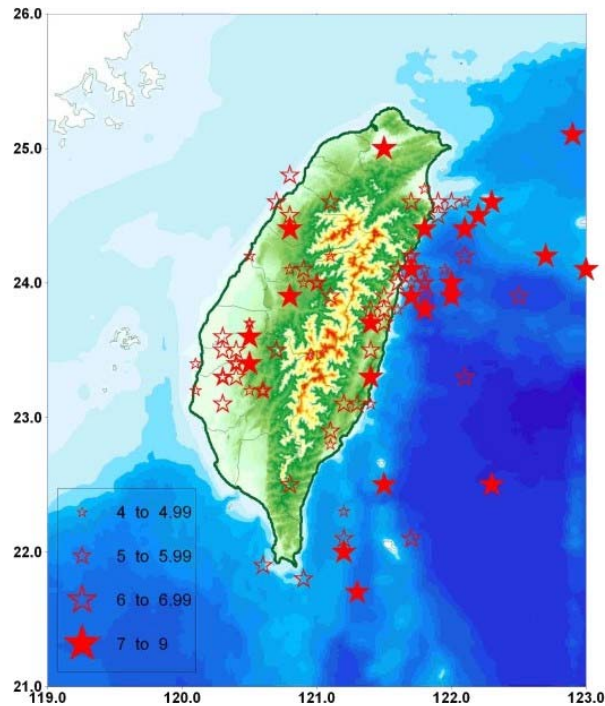


圖 5.1.4 台灣地區 1900 年~2006 年地震震央分佈圖(資料來源：中央氣象局網站)

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 兩起規模 6 以上之地震在此區產生，圖 5.1.5 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。

由圖 5.1.5 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。

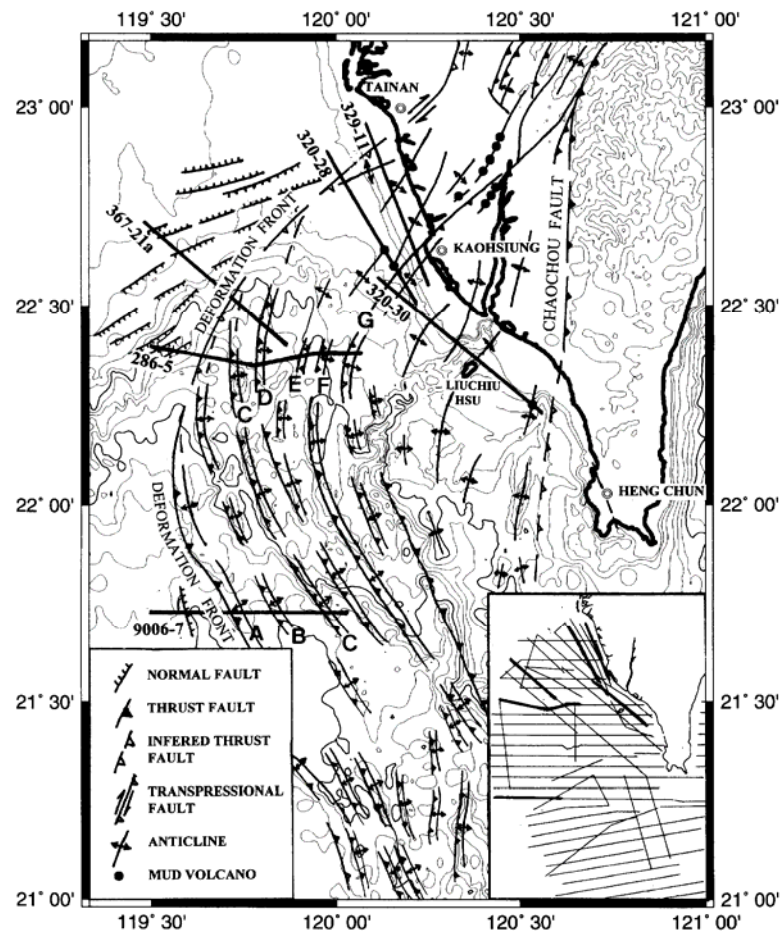


圖 5.1.5 西南海域附近之斷層分佈圖(資料來源：Liu et al., 1997)

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，故學者研究結果，例如江(1976)，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。

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。李等(2006)蒐集自 1076 年以來台灣之古海嘯紀錄發現，廣東、泉州一帶也疑似有海嘯之文獻記載。而該區之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。

以上是屬於近岸之海嘯可能發生之地點，遠域發生的海嘯仍然有可能會對台灣有影響。以歷史紀錄觀察，日本關東地區(含神戶)及北海道地區也是地震頻繁之區域，尤其是北海道地區也有多次海嘯發生之記錄。

### 5.1.3 斷層參數

海嘯之主要成因，是來自於斷層運動所引發的海底地震。故利用數值模式來模擬海嘯傳遞過程中，斷層行為的研判及參數設定，是一項重要的工作。斷層參數之意義，則如圖 5.1.6 所示(本研究採用 **Hiroo Kanamori** 座標系統)。再此一座標系統下，斷層參數資料說明如下：

N：緯度[degree]

E：經度[degree]

d：深度(depth)[km]

$\theta$ ：走向(strike)[degree]：由地理正北方向順時針旋轉到X1方向的夾角稱為走向，範圍 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 。

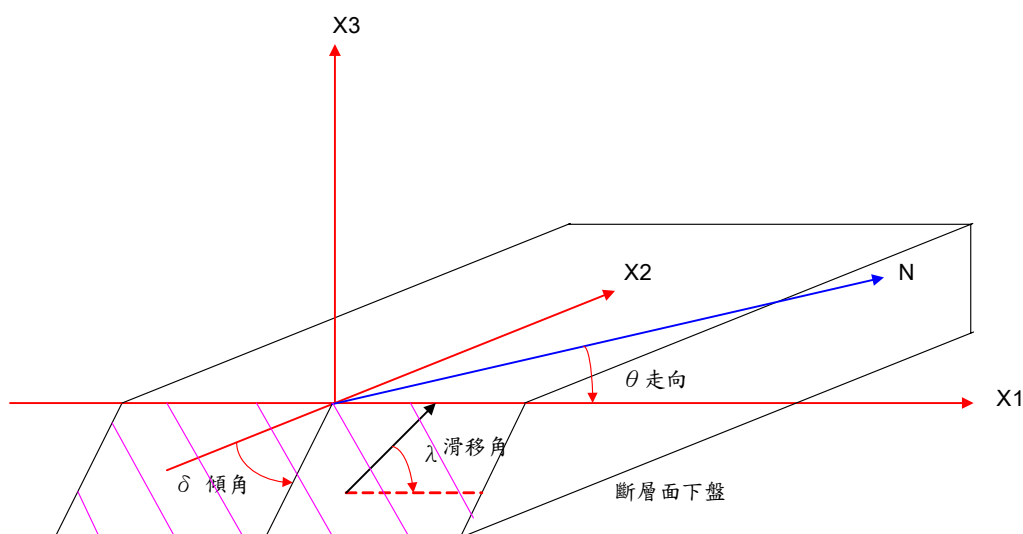
$\delta$ ：傾角(dip)[degree]：地面與斷層面間的夾角，即由X2方向向下旋轉到斷層面的角度稱為傾角，範圍 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。斷層面傾角 $\delta$ 與海嘯發生源擾動海水體積有關。

$\lambda$ ：滑移角(slip)[degree]：代表斷層面上盤相對於下盤的滑動方向，是在斷層面上由X1方向逆時針旋轉到此滑動方向的夾角。

L：斷層長度(length)[km]：即為斷層破裂面長度。

W：傾斜方向的寬度(width)[km]。

D：滑移量(dislocation)[m]：在地震發生時，斷層間之相對垂直或水平方向移動量。



**圖 5.1.6 Hiroo Kanamori 座標系統之示意圖**

以上這些數據必須事先得知，方得以透過模式模擬海嘯；但因海底斷層之位置及相關參數由於不如陸地斷層可以用地球物理之方式進行必要的探測及實地勘查，故對於海底斷層所掌握之資訊遠不如陸域斷層；目前主要採用震測資料求出最接近海底一公里內的斷層結構，配合海底地形推算該斷層的各項參數。故一般之方式是於地震發生後，利用美國哈佛中心地震矩張量解(Havard CMT)或是美國地調所 USGS 計算結果取得相關參數。必須提出說明的是，由 CMT 所得到的斷層數據中，並沒有包含斷層長度及寬度、斷層位移量等資料，必須靠適當的經驗公式或假設求之，我國的中央氣象局目前並無提供這方面的資訊。另一種得到斷層參數的方式是，從文獻中搜集相關之數據。

#### 5.1.4 台灣之海嘯歷史紀錄

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(請參閱徐明同，1981)

| 規模 | 說 明                          |
|----|------------------------------|
| 4  | 波高超過30m，被害區域達到沿岸500公里以上者。    |
| 3  | 波高超過10-20m，被害區域達到沿岸400公里以上者。 |
| 2  | 波高4-6m程度，可使部分房屋流失，人畜溺死者。     |
| 1  | 波高2m左右，損壞海濱的房屋，帶走船舶的程度。      |
| 0  | 波高1m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，根據許等(1996)研究結論顯示，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；近百年來，臺灣地區雖有海嘯事件發生，但均未對臺灣造成大規模之災害，加以海嘯發生機率不若地震高，是故缺乏國內相關災害統計資料可供研究；根據美國 NGDC 之天然災害資料庫顯示臺灣地區自西元 1500~2010 年共有 19 起海嘯事件，詳圖 5.1.7 所示；該資料庫之資訊與李等(2006)之搜集案例相較之下，案例較少同時災情亦不如文獻記載嚴重，這是因為科學記錄之案例著實不多，亦難顯示海嘯對台灣之潛勢威脅。從歷史文獻紀錄及斷層分佈綜合推測，其中被公認最具可信度之歷史海嘯事件，發生在台南(1721 年)、高雄(1781 年及 1866 年)、基隆(1867 年)及安平(1921 年)。

近年對台灣影響較大的海嘯事件是 2006.12.26 屏東海嘯，造成大約 0.6m 之水位變化，恆春半島陸地區域並未遭受產生太大之災情，但卻造成數條海底通訊電纜斷裂，使得對外連絡通訊蒙受嚴重之損失，其災損金額亦相當可觀(國家災害防救科技中心 2006)。

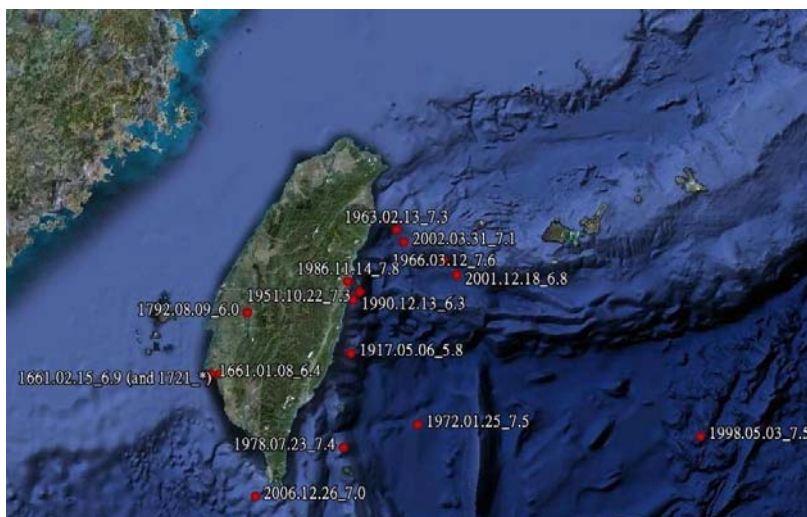


圖 5.1.7 臺灣海嘯事件之震源分佈

(資料來源：美國 NGDC 之 Natural Hazard Database.及 Google Earth)

表 5.1-2 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 |                          |        |        |
|------|----|----|----|----|-----|------|--------------------------|--------|--------|
| 年    | 月  | 日  | 時  | 分  | 秒   | 地震規模 | 震央位址                     | 緯度     | 經度     |
| 1661 | 1  | 8  |    |    |     | 6.4  | TAIWAN                   | 23     | 120.1  |
| 1661 | 2  | 15 |    |    |     | 6    | TAINAN                   | 23     | 120.2  |
| 1721 |    |    |    |    |     | *    | TAINAN                   | 23     | 120.2  |
| 1792 | 8  | 9  |    |    |     | 6    | TAINAN                   | 23.6   | 120.5  |
| 1853 | 10 | 29 |    |    |     |      | E. TAIWAN-RYUKYU ISLANDS |        |        |
| 1903 | 9  | 7  |    |    |     | *    | TAIWAN                   |        |        |
| 1917 | 5  | 6  | 12 | 19 |     | 5.8  | TAIWAN                   | 23.2   | 121.6  |
| 1922 | 9  | 1  | 19 | 16 | 6   | 7.6  | TAIWAN                   | 24.5   | 122    |
| 1951 | 10 | 22 | 5  | 43 | 1   | 7.3  | TAIWAN                   | 23.8   | 121.7  |
| 1963 | 2  | 13 | 8  | 50 | 4.5 | 7.3  | E. TAIWAN-RYUKYU ISLANDS | 24.4   | 122.1  |
| 1966 | 3  | 12 | 16 | 31 | 22  | 7.6  | E. TAIWAN-RYUKYU ISLANDS | 24.1   | 122.6  |
| 1972 | 1  | 25 | 2  | 6  | 23  | 7.5  | E. TAIWAN                | 22.5   | 122.3  |
| 1978 | 7  | 23 | 14 | 42 | 37  | 7.4  | TAIWAN                   | 22.282 | 121.51 |
| 1986 | 11 | 14 | 21 | 20 | 11  | 7.8  | TAIWAN                   | 23.901 | 121.57 |
| 1990 | 12 | 13 | 19 | 50 | 18  | 6.3  | TAIWAN                   | 23.722 | 121.63 |
| 1998 | 5  | 3  | 23 | 30 | 22  | 7.5  | TAIWAN: SOUTHEAST OF     | 22.306 | 125.31 |
| 2001 | 12 | 18 | 4  | 2  | 58  | 6.8  | TAIWAN                   | 23.954 | 122.73 |
| 2002 | 3  | 31 | 6  | 52 | 50  | 7.1  | TAIWAN                   | 24.279 | 122.18 |
| 2006 | 12 | 26 | 12 | 26 | 21  | 7    | TAIWAN                   | 21.799 | 120.55 |



表 5.1-3 可能發生過或侵襲過台灣之海嘯紀錄

| 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)<br>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)<br>Mt > 2, 信度 = 4 (游明聖, 1994)                               |
| 1792年8月9日   | 彰化地區         | (包澄瀾等, 1991)<br>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)<br>Mt = 2, 信度 = 4 (徐明同, 1981)<br>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)<br>(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)<br>(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)<br>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)<br>(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)                                              |

(摘自許明光、李起彤(1996))

### 5.1.5 國內外之海嘯災情紀錄

由於海嘯波在大洋傳遞時不易察覺，加以早期對於海嘯並無具體概念，往往在近岸抬升之過程中，造成許多傷亡。在已知之海嘯事件中，有多起海嘯傷亡超過千人以上，如表 5.1-4 所列。

**表 5.1-4 西元 1500~2010 年傷亡人數超過千人之海嘯事件**

| 發生時間       | 發生所在地     | 傷亡人數   | 地震規模 |
|------------|-----------|--------|------|
| 1512/10    | Japan     | 3700   | 8.8  |
| 1570/2/8   | Chile     | 2000   |      |
| 1575/12/16 | Chile     | 1300   | 8.5  |
| 1586/1/18  | Chile     | 8000   | 8.2  |
| 1605/2/3   | Japan     | 1000   | 7.9  |
| 1611/12/2  | Japan     | 5000   | 8.1  |
| 1674/2/17  | Indonesia | 2243   | 6.8  |
| 1687/10/20 | Peru      | 5000   | 8.5  |
| 1692/6/7   | Jamaica   | 2000   | 7.7  |
| 1696/7/25  | Japan     | 2450   |      |
| 1700/4/1   | Japan     | 1000   |      |
| 1700/4/16  | Japan     | 1000   | 7.0  |
| 1703/12/10 | Japan     | 5233   | 8.2  |
| 1707/10/28 | Japan     | 2000   | 8.4  |
| 1707/10/28 | Japan     | 30000  | 8.4  |
| 1721       | Taiwan    | 2000   |      |
| 1737/10/11 | India     | 300000 |      |
| 1741/8/29  | Japan     | 1475   |      |
| 1746/10/29 | Peru      | 4800   |      |
| 1751/5/20  | Japan     | 2100   | 6.6  |
| 1755/11/1  | Portugal  | 60000  | 8.5  |
| 1765/5     | China     | 10000  |      |
| 1766/3/8   | Japan     | 1700   | 6.9  |

|            |                  |        |     |
|------------|------------------|--------|-----|
| 1771/4/24  | Japan            | 13486  | 7.4 |
| 1783/2/6   | Italy            | 1500   | 5.9 |
| 1792/5/21  | Japan            | 4300   | 6.4 |
| 1815/11/22 | Indonesia        | 1200   | 7.0 |
| 1819/6/16  | India            | 1543   | 7.7 |
| 1854/12/24 | Japan            | 3000   | 8.4 |
| 1861/2/16  | Indonesia        | 1105   | 8.5 |
| 1868/8/13  | Chile            | 25000  | 8.5 |
| 1877/5/10  | Chile            | 2477   | 8.3 |
| 1883/8/27  | Indonesia        | 36000  |     |
| 1896/6/15  | Japan            | 27122  | 7.6 |
| 1899/9/29  | Indonesia        | 2460   | 7.8 |
| 1906/1/31  | Ecuador          | 1000   | 8.8 |
| 1923/9/1   | Japan            | 2144   | 7.9 |
| 1933/3/2   | Japan            | 3022   | 8.4 |
| 1944/12/7  | Japan            | 1223   | 8.1 |
| 1946/8/4   | Dominican        | 1790   | 8.1 |
| 1946/12/20 | Japan            | 1362   | 8.1 |
| 1951/8/3   | Nicaragua        | 1000   |     |
| 1960/5/22  | Chile            | 1223   | 9.5 |
| 1976/8/16  | Philippines      | 4456   | 8.1 |
| 1992/12/12 | Indonesia        | 2500   | 7.8 |
| 1998/7/17  | Papua New Guinea | 2183   | 7.0 |
| 2004/12/26 | Indonesia        | 227898 | 9.0 |

資料來源：美國 NGDC 之 Natural Hazard Database

在近幾年所發生最著名海嘯事件，當屬 2004 年南亞大海嘯；2009 年有薩摩亞海嘯，自 2010/1/1 至目前為止共發生 14 起海嘯事件，包含所羅門群島(2010/1/3)、海地(2010/1/12)、智利(2010/2/27)以及蘇門答臘海嘯(2010/10/25)，除一起是由火山活動所引起、一起未知原因外，其餘均為由海底地震所產生；雖然近幾年之數起海嘯傷亡不如南亞海嘯慘重，但是對於當地也產生不小之災情；1960 智利海嘯及南亞海嘯之案例證明了海嘯可傳遞相當遠的距離，對於遠域的國家而言仍是不可輕忽；1960 年智利海嘯橫跨太平洋，連太平洋西岸之日本也遭受波及，2004 年南亞海嘯雖發生在印尼外海，海嘯波橫跨印度洋，2 小時後襲擊印度洋西岸各國，遠在 1600 公里外之斯里蘭卡也造成慘重之災情；此一案例也促成了印度洋周邊國家開始研擬海嘯預警作業。

臺灣位於環太平洋地震帶，也有海嘯紀錄；臺灣北部海域有琉球海溝，長期以來由於缺乏相關震災紀錄，故一般咸信不會發生大地震；但今年年初平面媒體報導(自由時報，2010/3/18)，日本學者經過 GPS 之檢測，發現琉球海溝有發生地震規模 8 之潛在危機；鄰近台灣宜蘭海域之八重山群島、宮谷島一帶，也被認為有發生海嘯之疑慮；臺灣西南海域之馬尼拉海溝，經美國地調所 USGS(2006)認為是下一個「海嘯危險區」，經過海嘯模擬顯示，馬尼拉海溝發生海嘯時，其海嘯波在 30-40 分鐘內即可到達恆春半島；加以西南海域地形較為平緩，有利於海嘯之溯上，此區人口密集，重要設施林立，若有海嘯引起之災情，其嚴重程度可見一斑。

海嘯所造成之災害不同於其他天然災害，由於海嘯是整個水體被帶動且波長甚長，故能攜帶之水體通常會造成大範圍之溢淹，以 2004 年南亞海嘯東斯里蘭卡為例，可造成長度約 2.5km 之溢淹，後續衍生之衛生、心理及重建問題亦是甚為棘手之問題。其次是海嘯波之速度，雖然會因為地貌地物而造成速度之衰減，但實際上僅能削減部分之能量；換句話說，即使海嘯波已經造成溢淹，其速度仍可以對既設結構物有影響。

## 5.2 海嘯數值模式之精進

由海嘯數值模擬顯示，現行之海嘯數值模式之模擬程序及計算效率由於地震測報技術未得以進入應用階段以及計算方式之問題，故若應用在海嘯測報及早期預警上仍有實際上之困難，故本計劃研究重點之一在於尋找合理可行之方法提升目前海嘯模擬之計算效率。

傳統之海嘯數值模式必須依靠斷層模式來建立海嘯初始水位，也就是必須事先知道或猜測特定之震央，或是指定特定之傳播路徑，才能進行全域之平面模擬計算。此種以一個已知之震源(source)計算區域內所有點位(receivers)之反應(response)，稱為單波源全接收點式之運算(one-source-all-receivers)。這種運算方式以防災角度而言，有數項可供改進之問題：首先是初始條件之建立，初始水位仰賴於地震資訊，而目前地震之預報離應用階段仍有一段距離，故實務上預測震央是有困難的；另一方面，斷層參數也無法事先得知，必須在地震發生後，根據理論公式推求所需之參數，對於預報來說也是一項困難；最後是計算效率之問題，由於計算區域龐大，且必須計算所有點位之反應，所以電腦設備要求性能頗高，同時計算時間也相當久；但以防災角度而言，人口密集度高或是重要區域才是必須計算之點位，其餘之點位是可以忽略。

### 5.2.1 格林函數的計算模式及設定

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)；該研究結果指出利用線性系統中之可逆性可以降低對初始條件之依賴性及提高計算效率。

由於海嘯波在大洋中之傳遞，非線性效應可以忽略，所以可視為一個「線性系統」，一般數值模式中可以用線性淺水方程式(Linear shallow water equation)來描述傳遞行為；據此計算出各點之水位時序列變化，即稱為「格林函數」(Green's function)；以數學方式解釋，即是格林函數可視為是線性淺水方程式之通解；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50m的海域，線性淺水方程式依舊

能適用於描述其傳播過程(Shuto,1991)，故線性系統之可逆性仍可適用。「格林函數」之可逆性被稱為是「互逆格林函數」。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)是代表一個已知波源對區域內各點所產生的水位時序列變化。若s表示波源位置(source)，而r則為接收位置(receiver, 即是計算點位)，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5.2.1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 $s_i$ 來表示所有可能之震源，其GF即是由 $s_i$ 到r。由於格林函數具有可逆性，所以任一點 $s_i$ 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 $s_i$ 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。

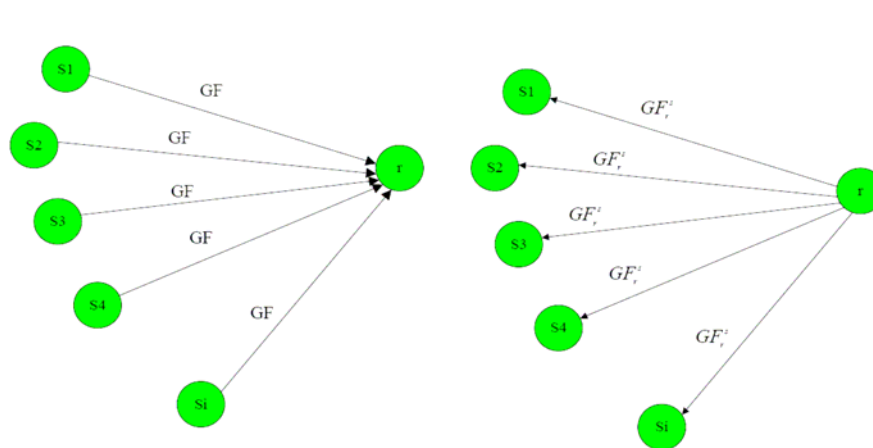


圖5.2.1 傳統格林函數與互逆格林函數之示意圖

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(5.2.1)式正規化便是r點傳播至各點的GF值，又因波源振幅為1m，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等同於s點對應r點的GF(5.2.2)式。只要透過(5.2.3)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。

$$GF_r^s = \frac{r\text{點水位}}{\text{波源}s\text{之初始水位}} \quad (5.2.1)$$

$$(GF_r^s)_t = (GF_r^s)_t \quad (5.2.2)$$

$$(H_r)_t = \sum_{r=1}^N (GF_r^s)_t \times H_s \quad (5.2.3)$$

其中(5.2.3)式的 $(H_r)_t$ 為各接收點(或是預報點位)r在時間t的水位變化， $(GF_r^s)_t$ 為各r點在時間t的GF， $H_s$ 各波源點的初始水位高度，N為所有r點的總數。 $(H_r)_t$ 即是傳統海嘯數值模式之結果，換句話說，(5.2.3)式可以得到與傳統海嘯模式相符之結果；對於(5.2.3)式而言， $(GF_r^s)_t$ 可以用海嘯數值模式在各個接收點處以單位振幅之方式計算出，故是一個已知之時序列資料；唯一的未知是 $H_s$ ，該項可由地震相關網站上即時擷取相關參數後帶入斷層模式中計算即可得到。透過互逆格林函數，可以以資料庫之方式先行計算單位波高之時序列變化，在海嘯發生後，即可初步了解最大波高及其到達時間，大幅度提升計算效率。

互逆格林函數另一個應用是評估震源對接收點位之影響程度。互逆格林函數之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，稱為最大放大率(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；本案例採用線性淺水方程式用以描述海嘯波在海域深度超過 50m的變化，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 5.2.2a)，網格點 481\*481，解析度 1 分。以高雄為例，首先在高雄港外水深 50m的定點s(圖 5.2.2b)，並且給予水位高度 1m當成波源振幅，經模式計算水位傳播 3 小時(圖 5.2.3-5.2.5)，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。

$$S_t + Q_x + R_y = 0 \quad (5.2.4)$$

$$Q_t + gdS_x = 0 \quad (5.2.5)$$

$$R_t + gdS_y = 0 \quad (5.2.6)$$

(5.2.4)~(5.2.6)式即是線性淺水方程式；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。



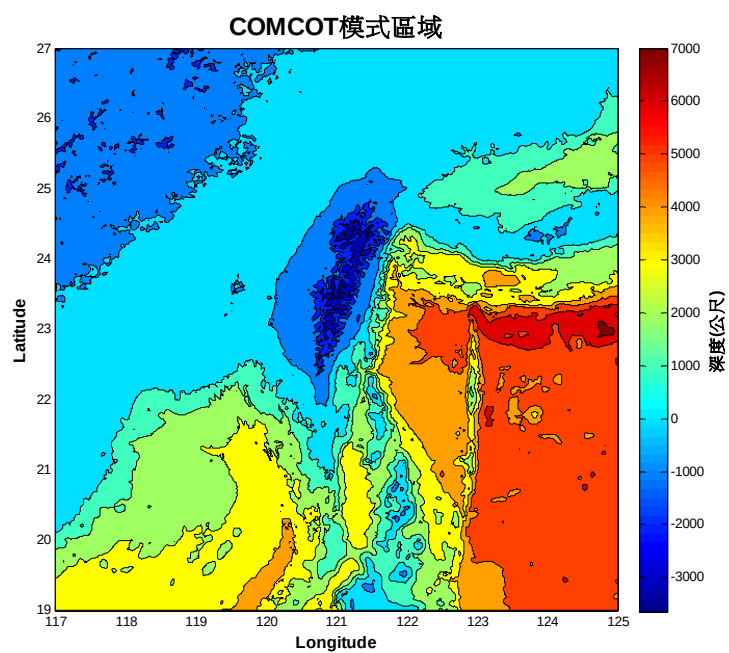


圖5.2.2a 互逆格林函數驗證之計算區域圖

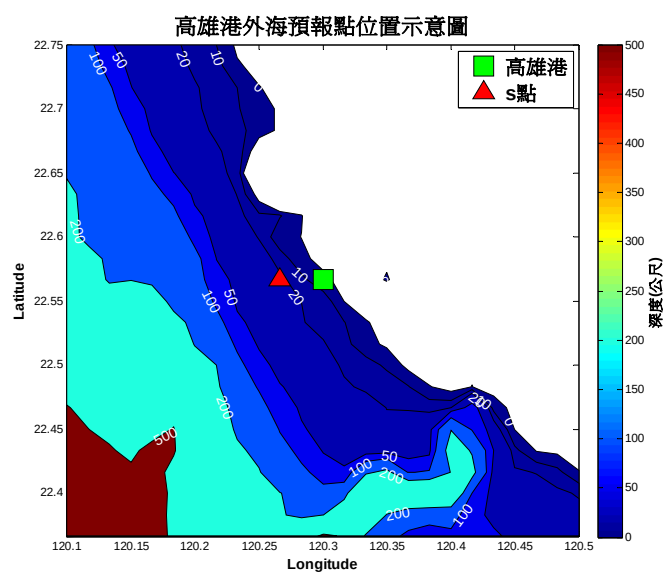


圖 5.2.2b 海嘯高度預報點(r點)位置圖

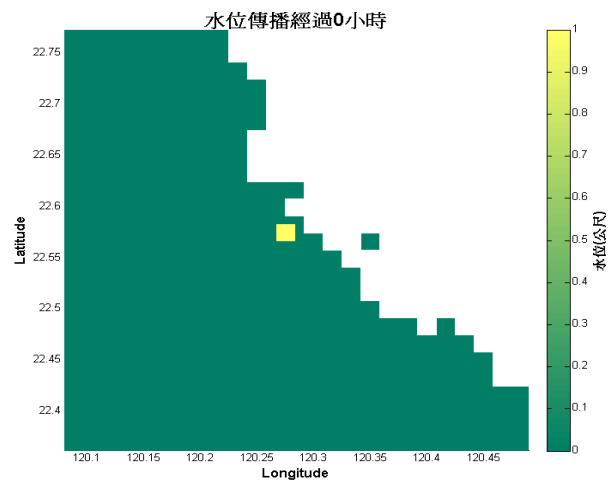


圖 5.2.3 模式在r點設定1m初始水位

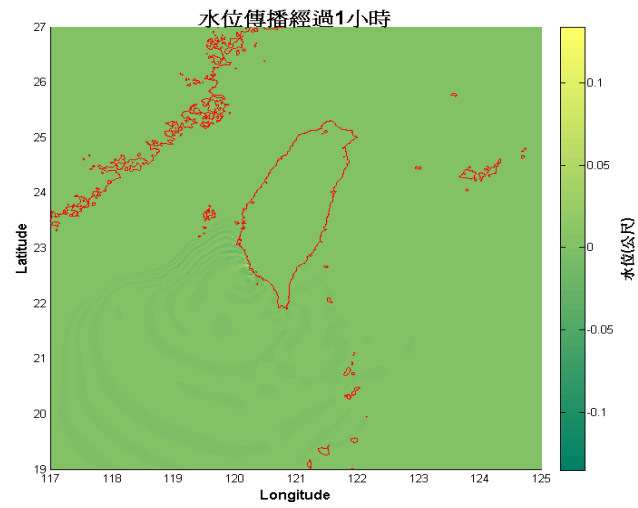


圖5.2.4 r點初始水位傳播1小時後

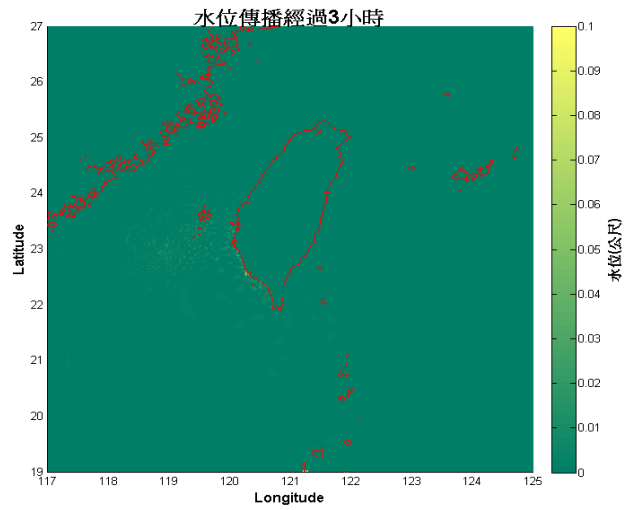


圖 5.2.5 r點初始水位傳播3小時後

### 5.2.2 互逆格林函數的驗證

為了驗證由模式所計算出的 GF 是否符合(5.2.3)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 5.2.6)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 5.2.7)，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。

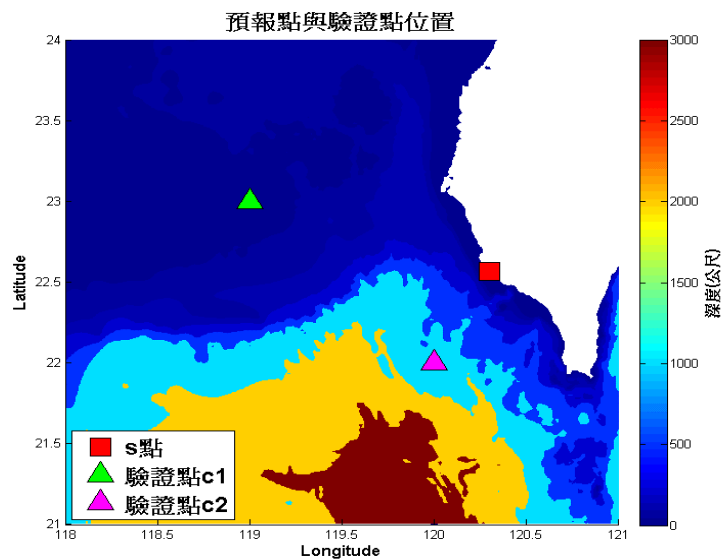


圖 5.2.6 互逆GF驗證點的位置圖

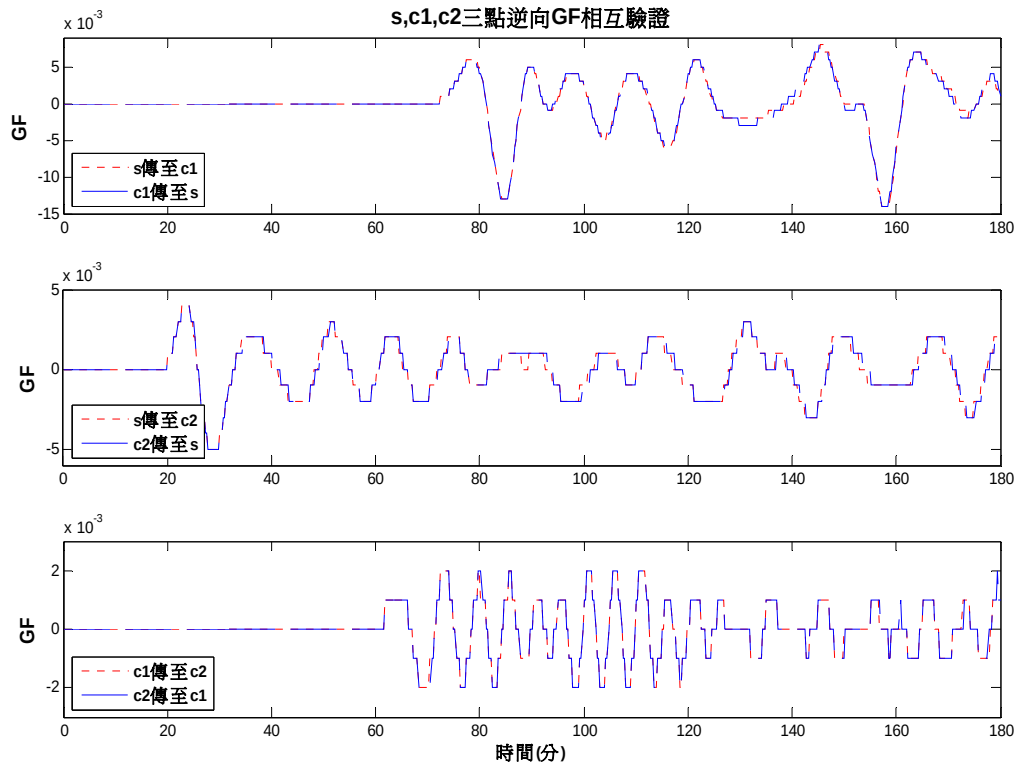


圖 5.2.7 GF 與互逆 GF 一致性之驗證

另外，也利用南亞海嘯之案例，將互逆格林函數之結果與海嘯數值模式之結果比較，如圖 5.2.8 所示。結果顯示，兩者甚為相符。在此必須強調的是，格林函數之概念雖可以提高海嘯模式計算效率等諸多優點，但不代表不需要海嘯數值模式；後續之海嘯早期預警系統資料庫之建立，仍舊依賴海嘯數值模式；此外，互逆格林函數之概念即是應用線性系統之可逆性，故在選擇接收點位時，就必須仔細考慮該點之水深是否符合線性之要求；如要計算港內之波高時，則必須使用其他方式加以估算。

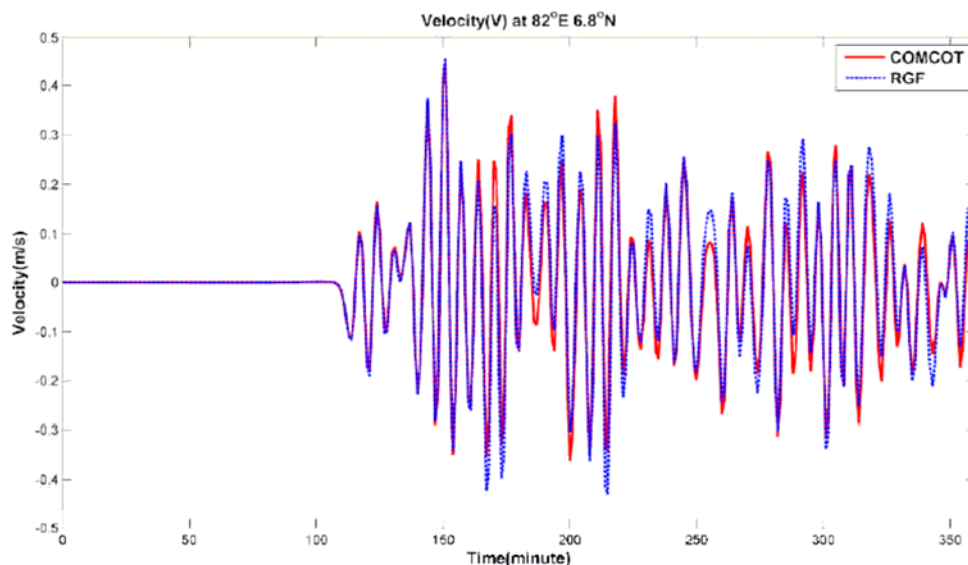


圖 5.2.8 COMCOT 海嘯模式結果與互逆格林函數之比較  
(斯里蘭卡 東經 82 度 北緯 6.8 度)

### 5.2.3 外海海嘯預報的格林函數應用(以高雄為例)

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 年屏東大地震斷層參數，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 5.2-1。

表 5.2-1 互逆格林函數模擬案例之斷層參數表

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

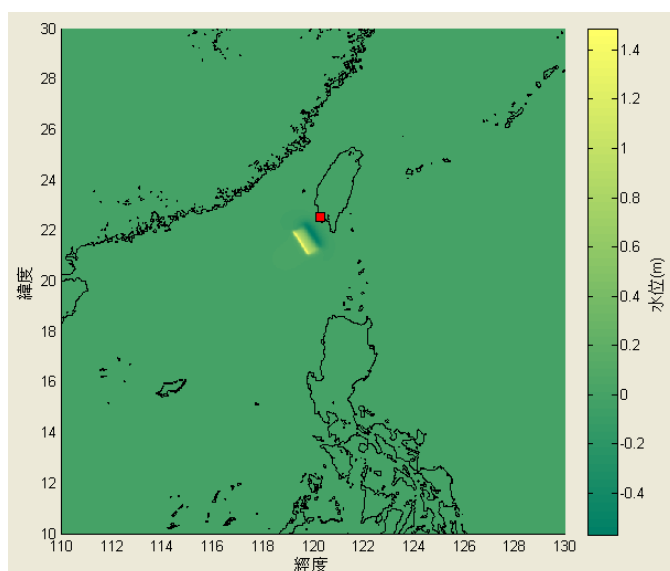


圖 5.2.9 RGF 測試案例在 s 點的海嘯起始高度

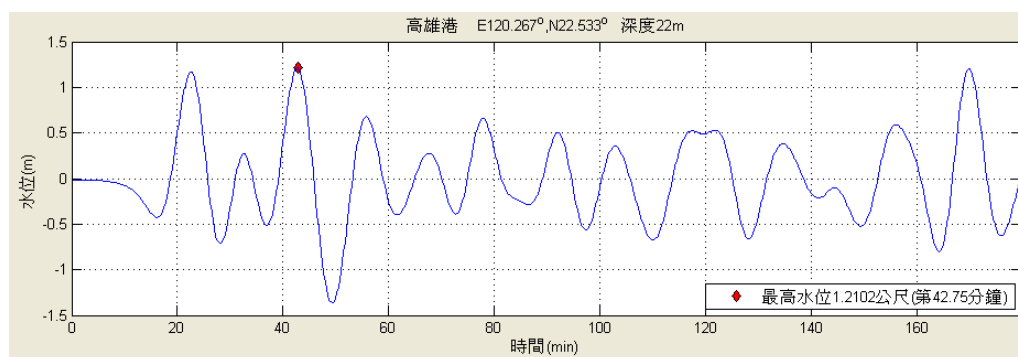


圖 5.2.10 於高雄港接收點 r 的海嘯高度預報

表 5.2-1 的參數代入斷層模式所得的海嘯起始水位如圖 5.2.9。經由 (5.2.13) 式計算出的 s 點預報水位結果如圖 5.2.10。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 1.2102m (接近第 42 分)，對高雄港近岸有明顯之影響。

## 5.2.4 利用互逆格林函數評估各國際港之水位及到達時間

### 5.2.4.1 計算範例

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 5.2.11 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 5.2-2 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。

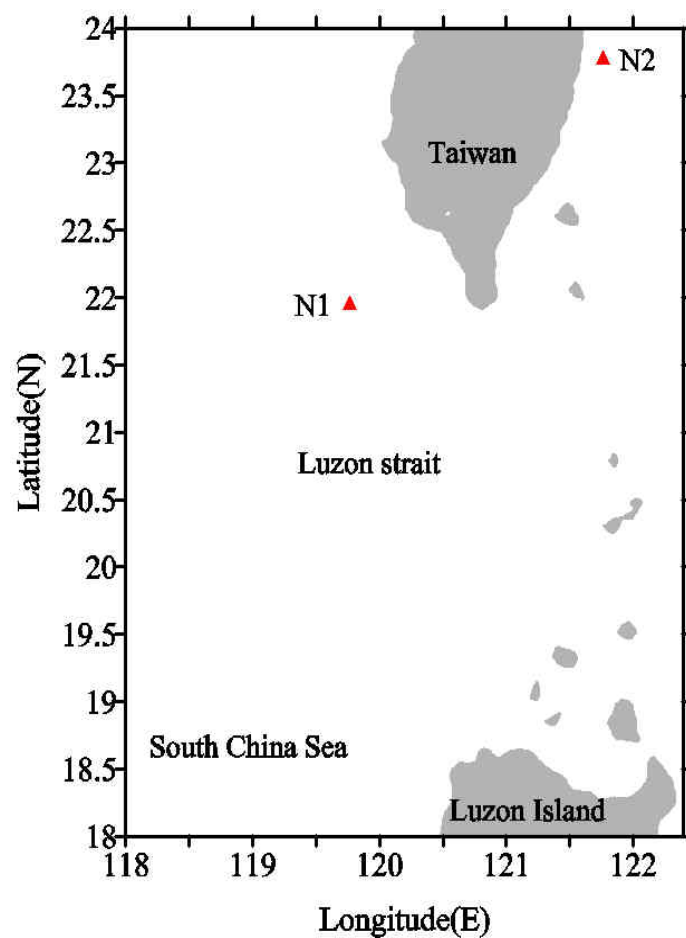


圖 5.2.11 假設震央位置

表5.2-2 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5.2-2之斷層參數參考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5.2.12所示。其中編號15~17之子斷層較為靠近台灣，即是N1點。

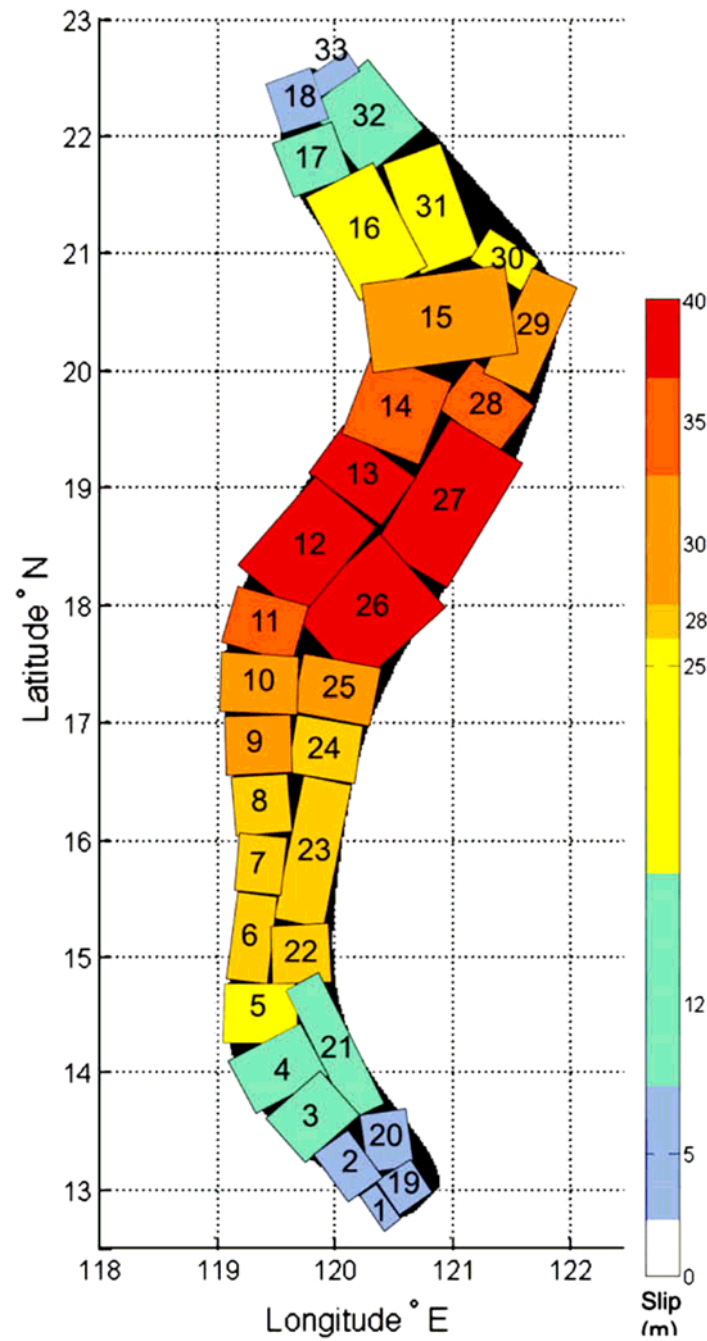
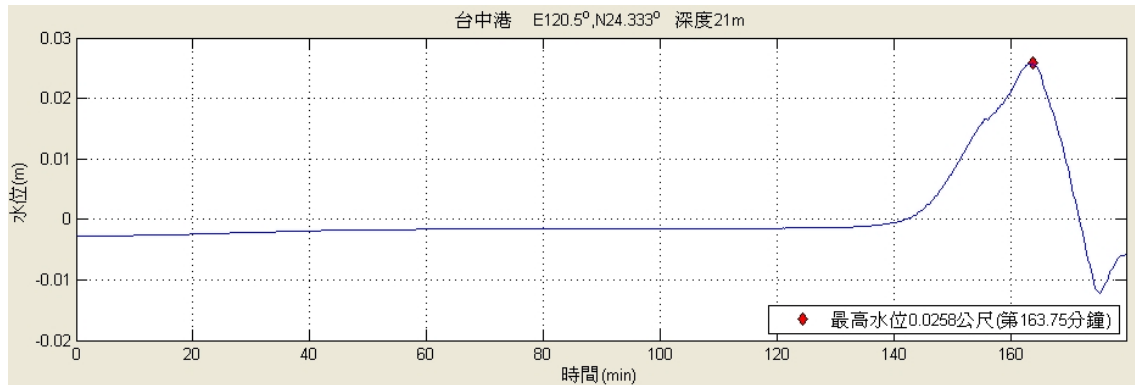


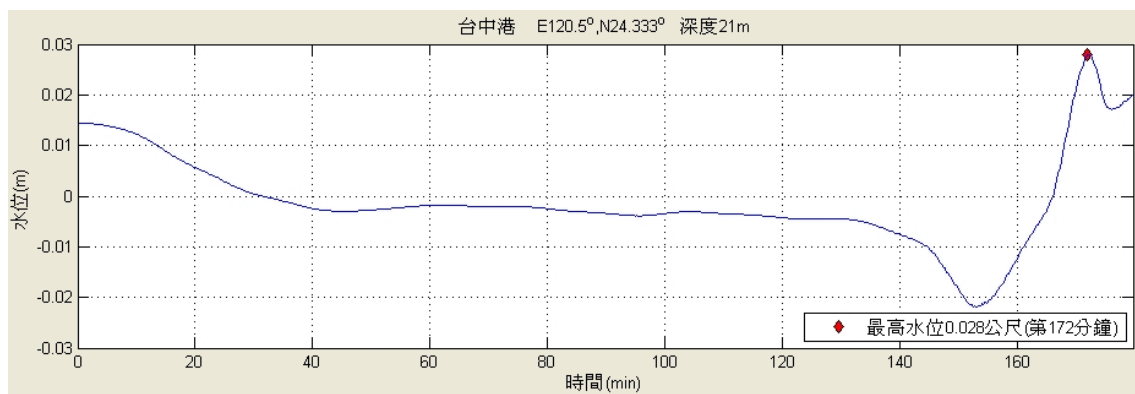
圖 5.2.12 馬尼拉海溝33個子斷層之分布圖  
(資料來源：Megawati et al.(2009))

#### 5.2.4.2 計算成果

圖5.2.13至圖5.2.18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5.2-3為各港最大水位及其到達時間之匯整，並以圖5.2.19~5.2.20表示。

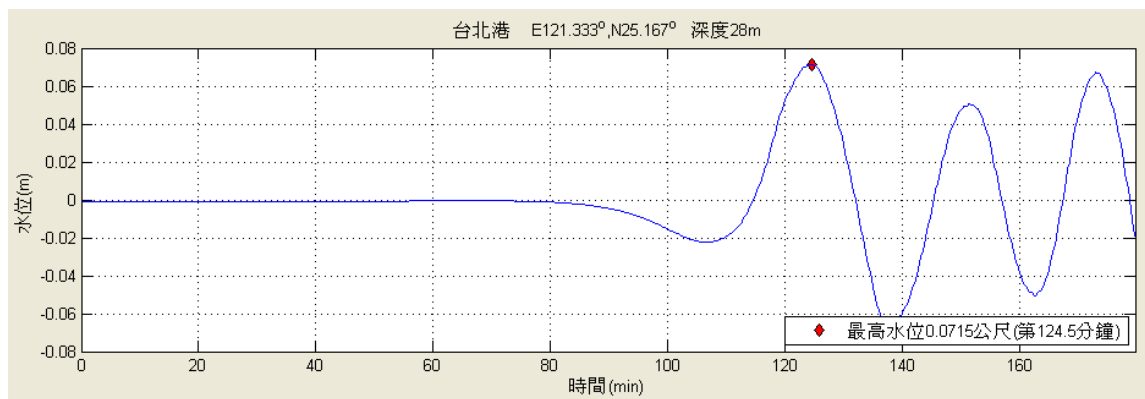


(a) 震源在西南部

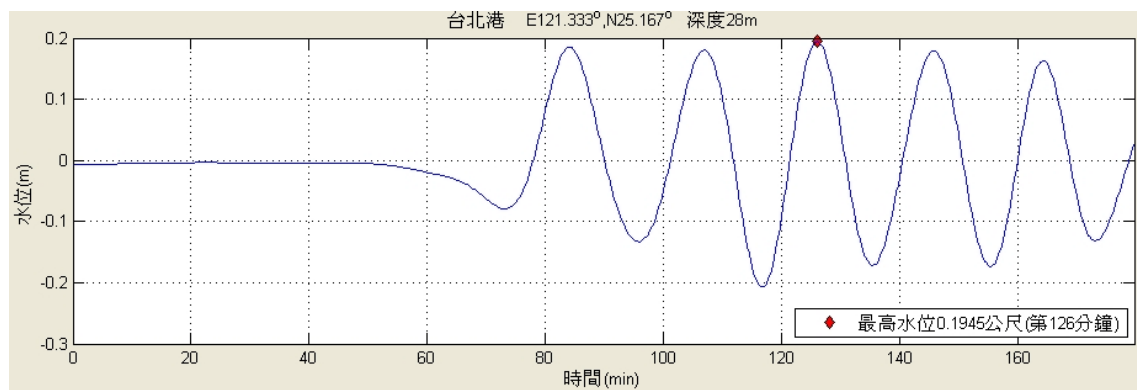


(b) 震源在東部

圖5.2.13 台中港在測試案例(Mw=8.0)下可能產生之最大波高及到達時間

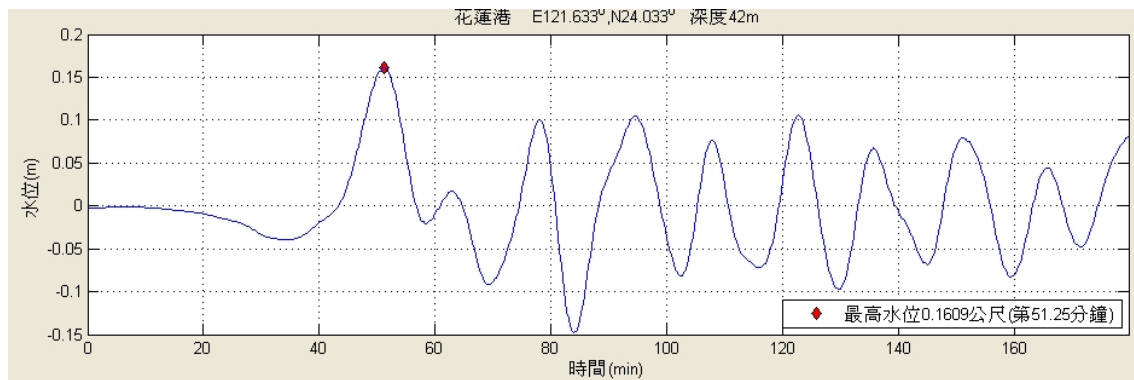


(a) 震源在西南部

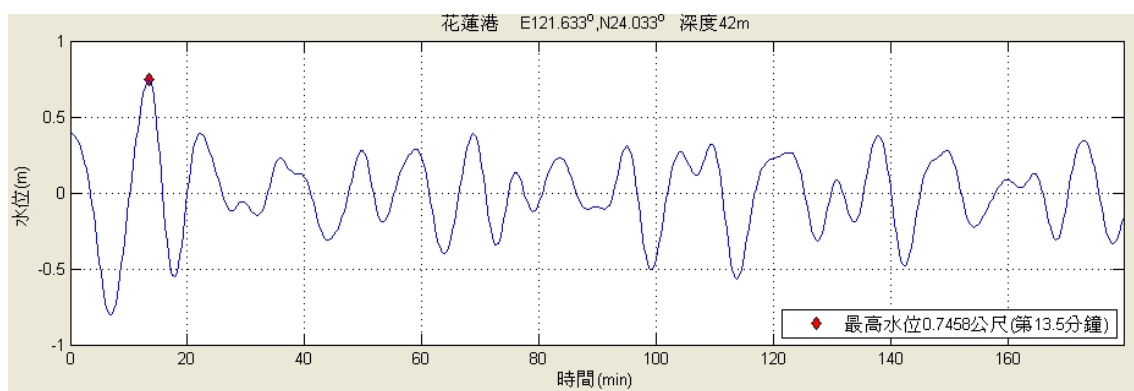


(b) 震源在東部

圖5.2.14 台北港在測試案例( $M_w=8.0$ )下可能產生之最大波高及到達時間

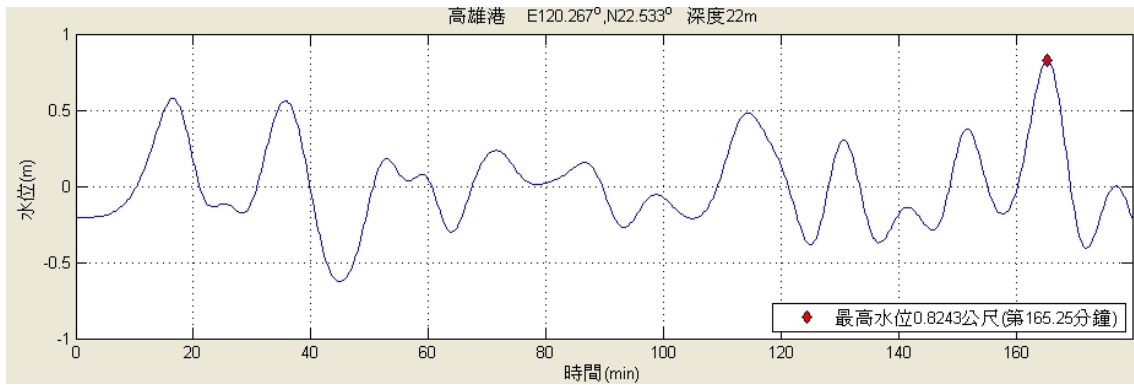


(a) 震源在西南部

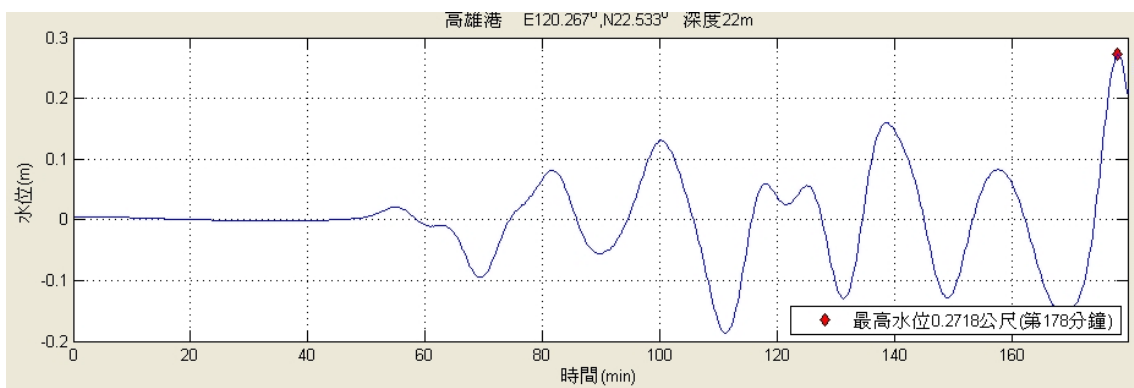


(b) 震源在東部

圖5.2.15 花蓮港在測試案例(Mw=8.0)下可能產生之最大波高及到達時間

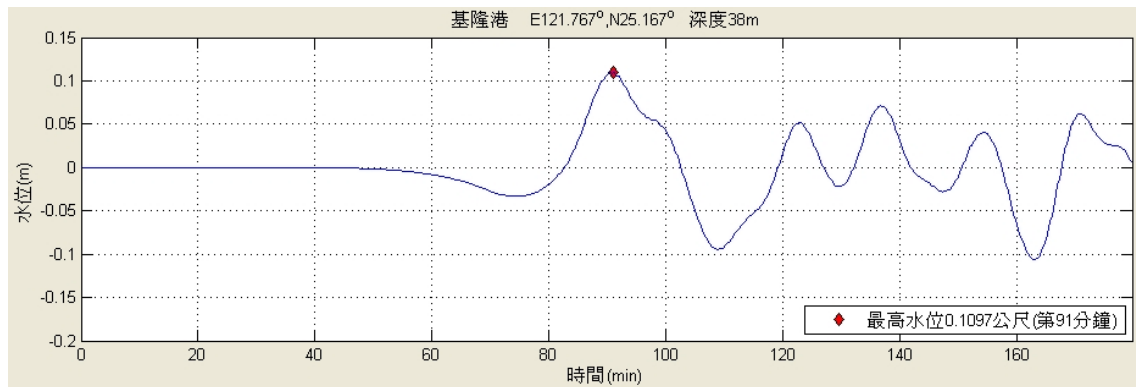


(a) 震源在西南部

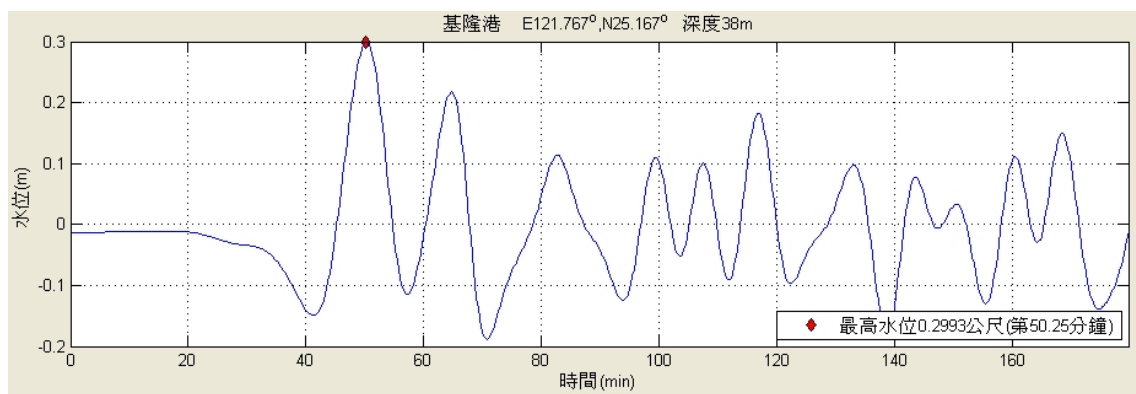


(b) 震源在東部

圖5.2.16 高雄港在測試案例(Mw=8.0)下可能產生之最大波高及到達時間

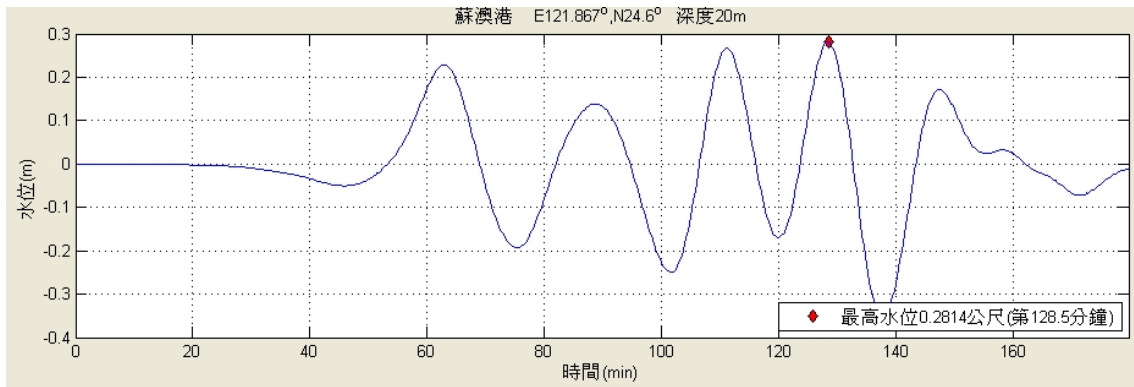


(a) 震源在西南部

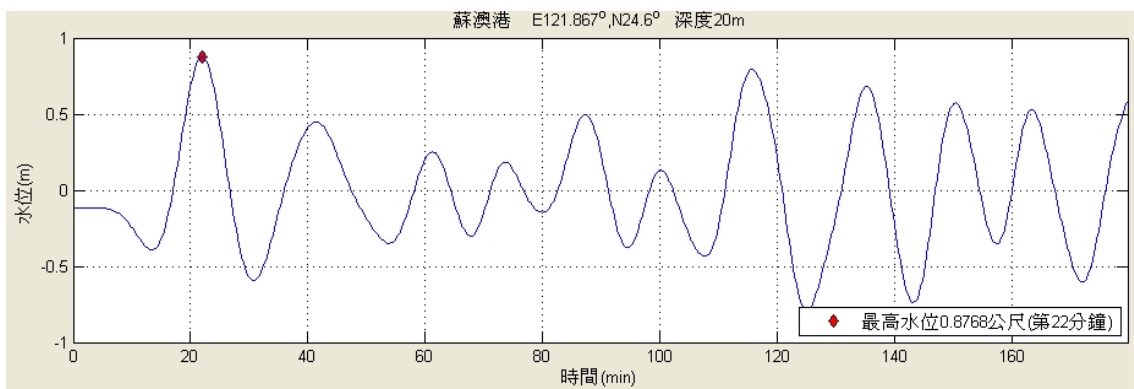


(b) 震源在東部

圖5.2.17 基隆港在測試案例(Mw=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5.2.18 蘇澳港在測試案例( $M_w=8.0$ )下可能產生之最大波高及到達時間

表5.2-3 各港在180分鐘內在測試案例(Mw=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<br>(m) | 到達時間<br>(min) | 最大水位<br>(m) | 到達時間<br>(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            |

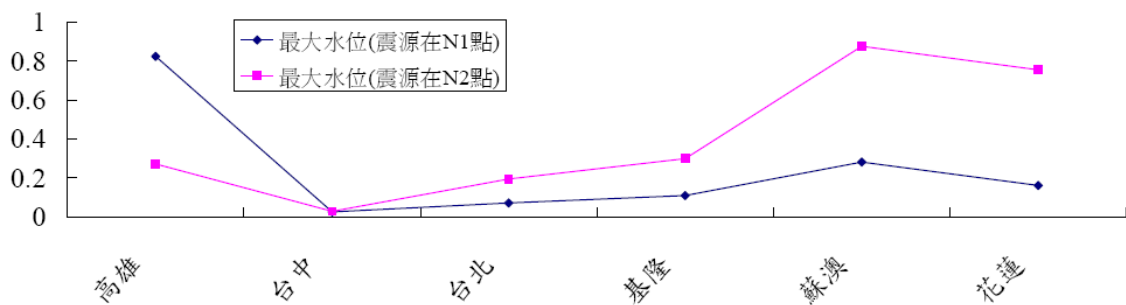


圖5.2.19 各港在測試案例(Mw=8.0)180分鐘內之最大波高

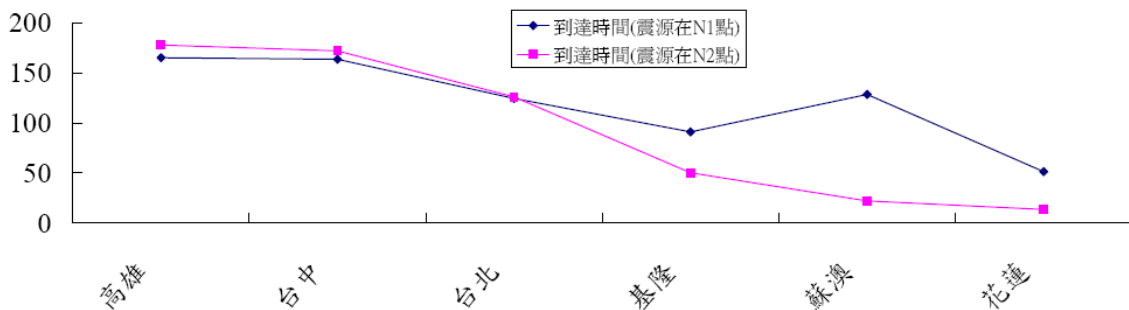


圖5.2.20 各港在測試案例(Mw=8.0)180分鐘內之最大波高之到達時間



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。

### 5.2.5 各港口之高威脅潛勢震源區域

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5.21~圖5.2.26即為六個港口之在六小時之內之放大率。

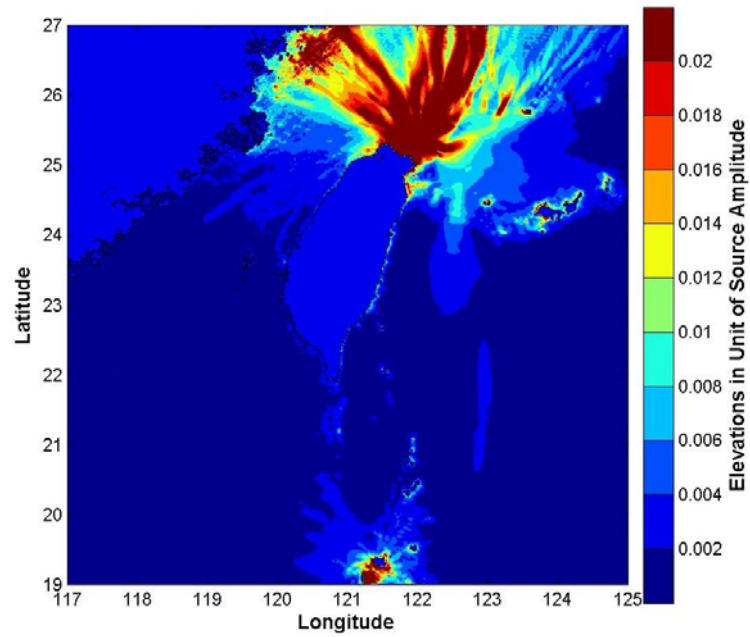


圖5.2.21 基隆港之放大率

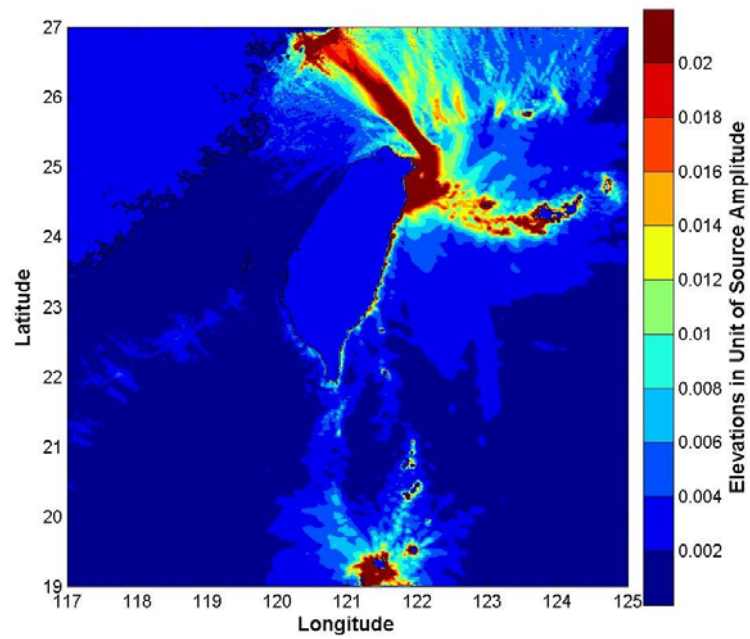


圖5.2.22 蘇澳港之放大率

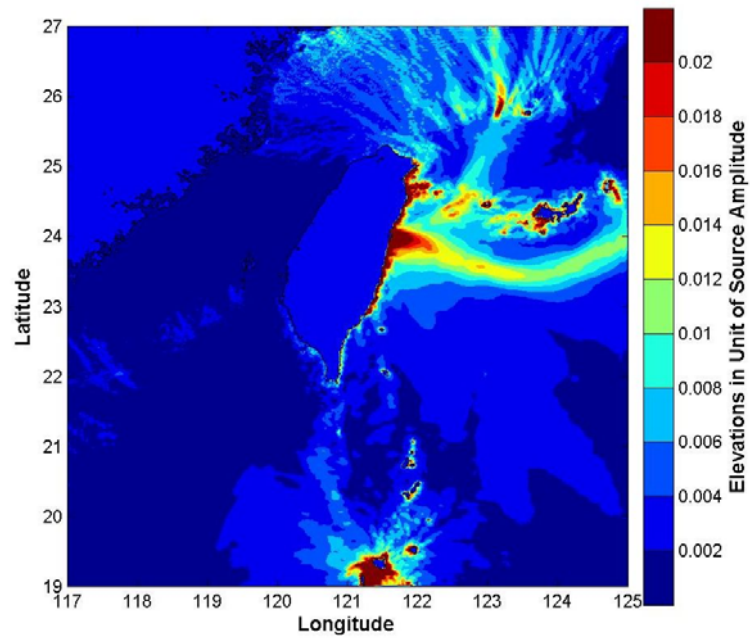


圖5.2.23 花蓮港之放大率

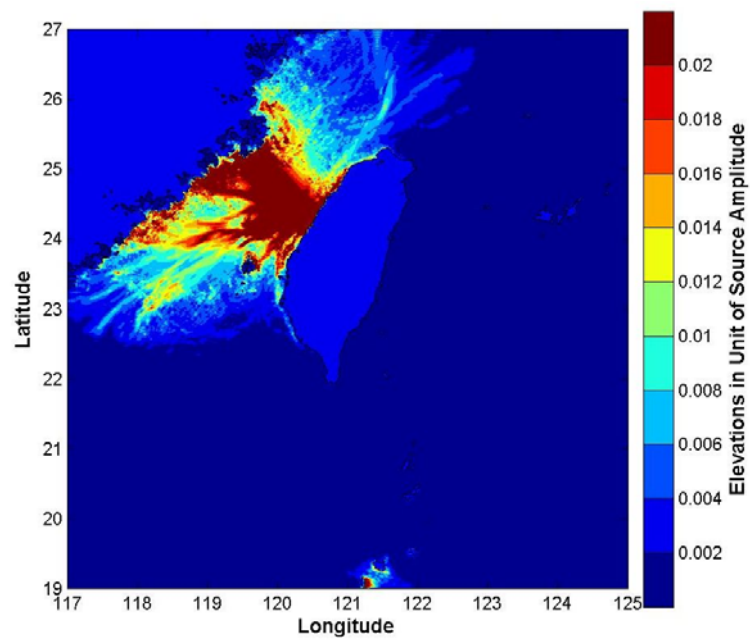


圖5.2.24 台中港之放大率

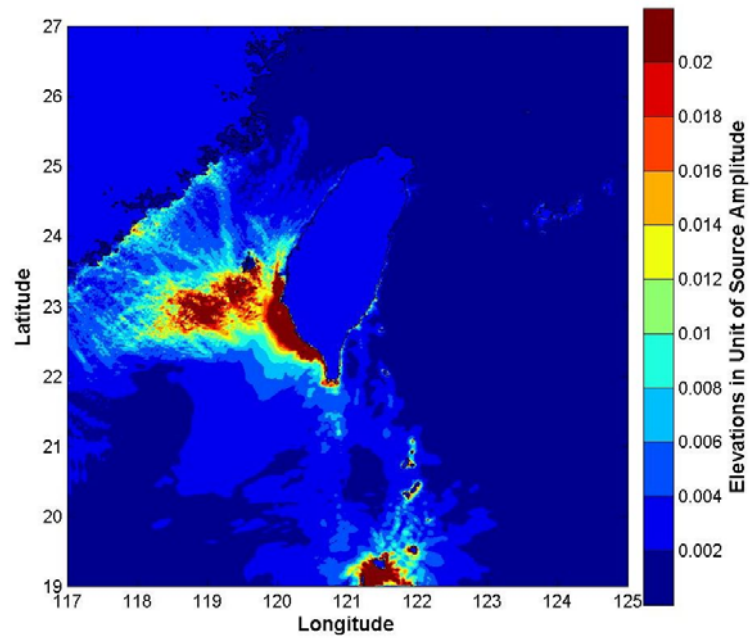


圖5.2.25 高雄港之放大率

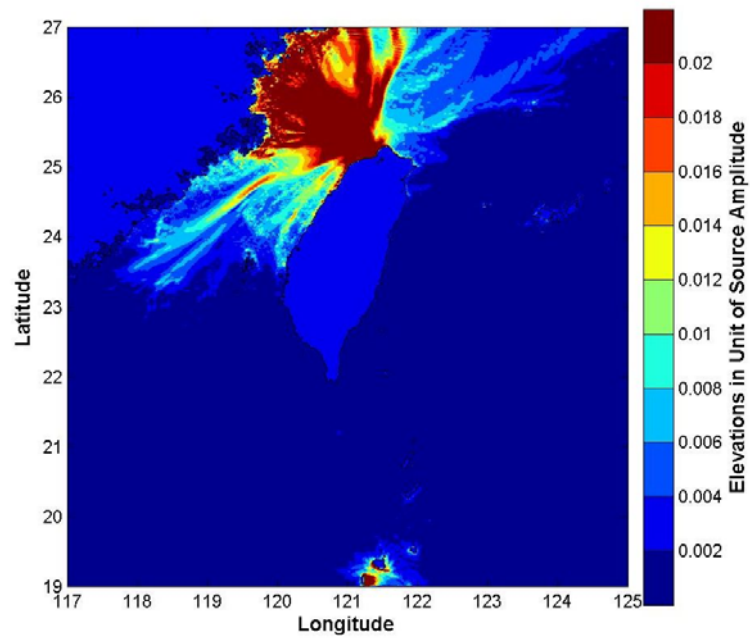


圖5.2.26 台北港之放大率

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。

## 5.3 臺灣海嘯早期預警系統之建置

### 5.3.1 視窗化操作系統規劃

由於互逆格林函數是由單位振幅所計算，故可以資料庫之型態事先建置完成，此一特點容易應用在海嘯早期預警系統上。對於海嘯預警而言，最重要的是第一波以及到達時間，一般遠域的海嘯可由水深估算到達台灣之時間，從太平洋東岸傳遞到台灣約需 28 小時左右，故即使遠域產生具有毀滅性之海嘯，台灣陸地也有足夠時間做後續應變之用。

故本計劃之海嘯早期預警之構想，即是利用互逆格林函數之高計算效率，在遠/近域海嘯發生後，能夠快速掌握可能之最大波高以及到達時間，提供給各港務局作為後續應變之作為之參考。其早期預警系統主要流程如圖 5.3.1 所示。本操作系統是由 Matlab 軟體所建構而成，該軟體提供了方便之數學運算指令及圖形繪製，更提供了內建之操作者介面設定程序。

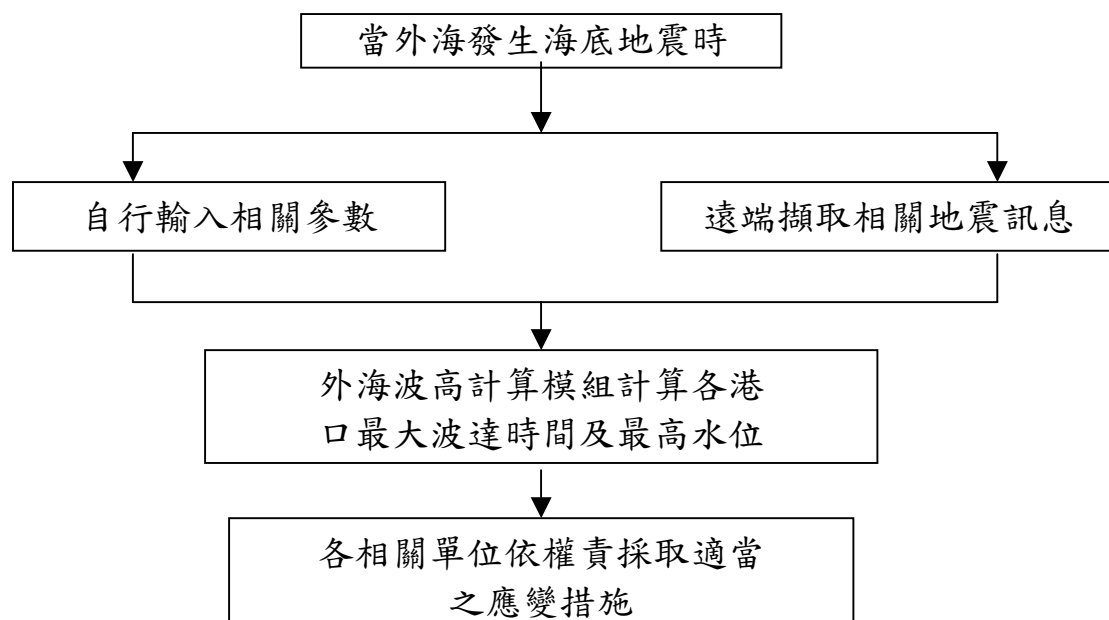


圖 5.3.1 海嘯早期預警系統之初步規劃圖

### 5.3.2 介面操作系統之建置

本計畫利用 Matlab 內建的介面設計模組 GUIDE (Graphic User Interface Design Environment)，提供使用者一個設計「圖形使用者介面」(Graphical User Interface, GUI) 的程式設計環境，建立近域之海嘯預警系統。它可以產生每一個控制物件的標準反應函式，使用者只要填入所需的指令或敘述。並利用滑鼠快速地拖曳出所需的介面物件及其大小；類似 VB 的物件導向概念。其基本建立程序如下：

- (1) 如圖 5.3.2 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。

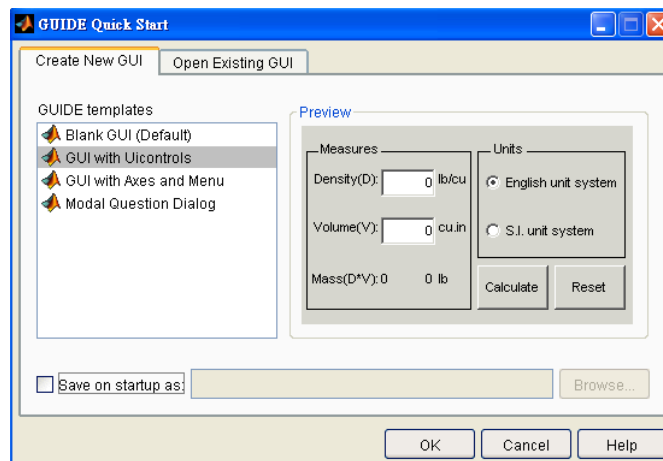


圖 5.3.2 GUI 程式設計環境

- (2) 利用左列的物件選單將所需子面板及物件拖曳到面板並進行排版，在介面主程式內撰寫特定物件的介面互動程式。如圖 5.3.3 所示。
- (3) 上圖為編譯完成後的執行畫面，於左上方的面板輸入相關斷層參數（斷層長度、寬度、滑移量等）。或是選擇直接輸入地震矩規模自動產生斷層經驗參數。
- (4) 輸入完成後點選確定按鈕之後便會根據斷層參數計算起始波源，並於右上圖輸出波源的水位分佈。如圖 5.3.4 所示。
- (5) 起始波源設定完成後，在預報時間長度的面板(左中)選擇 90 或 180 分鐘水位預報。



(6)最後於左下角面板選擇預報地點進行水位預報。如圖 5.3.5 所示。

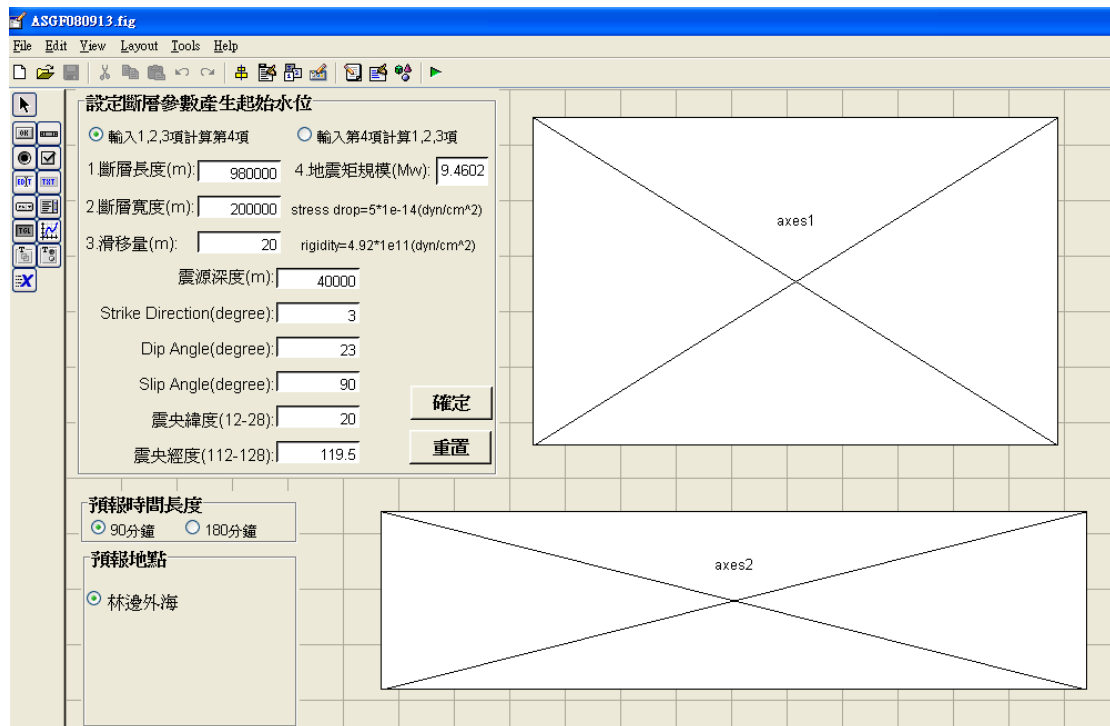


圖 5.3.3 視窗化操作系統之建立與排版

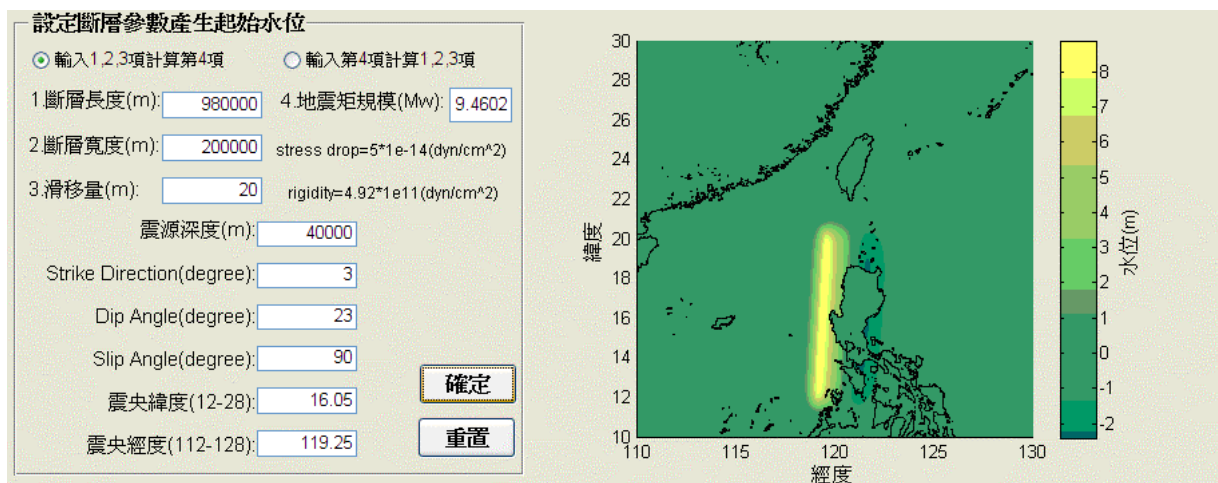


圖 5.3.4 視窗化介面之編譯完成圖



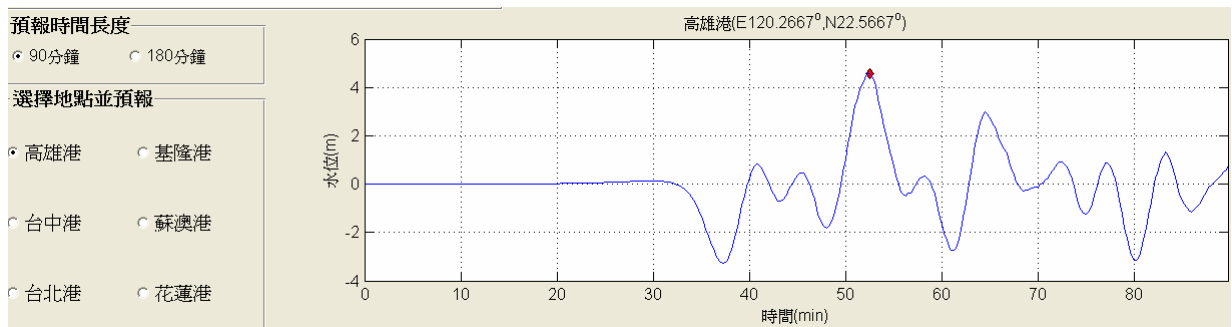


圖 5.3.5 視窗化介面之計算成果圖

### 5.3.3 參數之選擇

本系統之參數輸入方式有兩種，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。就地震警報而言，得知地震矩規模較為容易也較為一般人所接受；斷層長度等資料由於海底斷層探測比較不易，故斷層尺度之換算通常也經由經驗公式得出，其他之斷層參數(例如走向等)可參考 HCMT 等網站得知。表 5.1 為 Megawati et al.(2009)所建議之馬尼拉海溝 33 個子斷層之斷層參數表，實際進行參數輸入時，可供參考之用。

該系統初期僅考量近域海嘯對台灣之影響，目前可使用於震央範圍為東經 110~130 度，北緯 10~30 度之間，故一般而言，海嘯波約可在 30 分鐘至 1 小時之內到達台灣，故該系統初期最大預報時間為 3 小時，故預報時間為自海嘯波到達預報點位後之 90 分鐘至 180 分鐘，以近域海嘯而言，應屬足夠，但對於遠域海嘯之需求自是有改進之空間；至於遠域海嘯部份，則詳見次節所述。

海嘯成因眾多，本系統目前僅適用於因海底地震所產生之海嘯；在計算效率方面，以恆春地震為例，若不考慮近岸波浪非線性之模擬，則使用傳統海嘯數值模式進行全區域模擬且進行後續資料處理則約需 1~2 天；使用本系統計算相同案例，由於已事先完成資料庫運算及建置，故僅需於地震發生初期得知海嘯初始水位即可進行運算以及圖形畫輸出，僅需數分鐘即可完成計算作業；此外，本系統主應用程式及其他所需資料庫檔案約需 2GB 之空間，故適合於一般個人電腦與筆記

型電腦執行。

**表 5.3-1 馬尼拉海溝33個子斷層之斷層參數表**  
(請參閱Megawati et al., 2009)

| No. | Strike(degree) | Dip(degree) | Slip(degree) | Depth(km) | Length(km) | Width(km) |
|-----|----------------|-------------|--------------|-----------|------------|-----------|
| 1   | 324.46         | 21.78       | 90           | 7.5       | 40.41      | 19.3      |
| 2   | 325.2          | 11.26       | 90           | 7.5       | 54.19      | 38.68     |
| 3   | 318.66         | 6.55        | 90           | 7.5       | 54.09      | 66.93     |
| 4   | 332.4          | 5.79        | 90           | 7.5       | 54         | 75.68     |
| 5   | 0.26           | 6.47        | 90           | 7.5       | 53.89      | 67.52     |
| 6   | 7.39           | 11.5        | 90           | 7.5       | 80.59      | 37.51     |
| 7   | 5.85           | 10.01       | 90           | 7.5       | 53.56      | 43.13     |
| 8   | 355.99         | 8.46        | 90           | 7.5       | 53.43      | 51.06     |
| 9   | 358.34         | 7.18        | 90           | 7.5       | 53.28      | 60.09     |
| 10  | 2.5            | 6.16        | 90           | 7.5       | 53.14      | 69.93     |
| 11  | 16.26          | 6.52        | 90           | 7.5       | 52.99      | 65.93     |
| 12  | 40.34          | 5.93        | 90           | 7.5       | 105.57     | 72.15     |
| 13  | 35.93          | 5.36        | 90           | 7.5       | 52.6       | 79.67     |
| 14  | 21.46          | 5.7         | 90           | 7.5       | 78.62      | 74.61     |
| 15  | 352.23         | 3.28        | 90           | 7.5       | 78.24      | 129.36    |
| 16  | 332.43         | 6.25        | 90           | 7.5       | 103.81     | 67.36     |
| 17  | 339.52         | 7.62        | 90           | 7.5       | 51.68      | 54.86     |
| 18  | 341.26         | 9.89        | 90           | 7.5       | 46.82      | 41.97     |
| 19  | 326.63         | 28.87       | 90           | 35        | 37.5       | 37.27     |
| 20  | 351.15         | 25.45       | 90           | 35        | 54.14      | 43.11     |
| 21  | 333.5          | 30.86       | 90           | 35        | 134.88     | 34.22     |
| 22  | 357.94         | 20.98       | 90           | 35        | 53.76      | 53.11     |
| 23  | 11.3           | 24.22       | 90           | 35        | 133.84     | 45.09     |
| 24  | 9.3            | 18.22       | 90           | 35        | 53.29      | 61.36     |
| 25  | 10.9           | 15.85       | 90           | 35        | 53.15      | 70.96     |
| 26  | 47.78          | 12.76       | 90           | 35        | 105.9      | 88.63     |
| 27  | 30.91          | 14.73       | 90           | 35        | 131.68     | 75.92     |
| 28  | 37.06          | 16.31       | 90           | 35        | 52.41      | 67.88     |
| 29  | 24.75          | 23.79       | 90           | 35        | 104.39     | 44.85     |
| 30  | 302.02         | 31.89       | 90           | 35        | 51.99      | 31.66     |
| 31  | 340.64         | 19.63       | 90           | 35        | 103.67     | 55.05     |
| 32  | 320.54         | 16.07       | 90           | 35        | 77.33      | 67.83     |
| 33  | 326.04         | 24.96       | 90           | 35        | 21.26      | 41.86     |

### 5.3.4 操作系統介面之精進

利用所述之互逆格林函數建置近域早期海嘯預警系統，可提供國內基隆港、蘇澳港、花蓮港、安平港、高雄港、布袋港、臺中港、臺北港之個重要港口在台灣近岸有海嘯發生疑慮之時，於數分鐘之內提供外海處最大波高及到達時間，供各港務局做為後續應變作為之依據。將原有之介面系統擴大至遠域海嘯部分，即是將可能之震源區擴展至環太平洋地震帶。在此必須強調的是，本系統並無取代目前現行之海嘯預警流程及機制，僅是提供足夠之預警時間於各港務局作為應變作為之參考。

#### 5.3.4.1 各國際港之遠域格林函數及預測點位

前章已說明本系統仍須借助數值模型進行八個主要港口之格林函數資料庫之事前建置，資料檔為減少硬碟容量，故以nc檔格式儲存，總計需要1TB多之硬碟空間。模式計算範圍包含整個環太平洋地震帶，東經99度~西經69度，南緯48度~北緯67度，如圖5.6所示。網格為2分，最長計算時間為30小時(考量海嘯波自太平洋東岸傳遞至台灣所需之時間)。

圖5.7為主要港口之位置。前章雖有說明格林函數之最適水深為50m，但實際上受限於台灣東西兩岸地形不同，東岸陡峭西岸平緩，且離陸地亦不能過遠，故實務上之點位選擇仍須配合當地地形條件。

由於資料相當龐大，採用nc檔格式儲存，除了配合視窗介面外，此種檔案格式可有效降低所需硬碟空間，約比文字檔少50%，即是如此，八個港口之遠域格林函數仍需960GB。

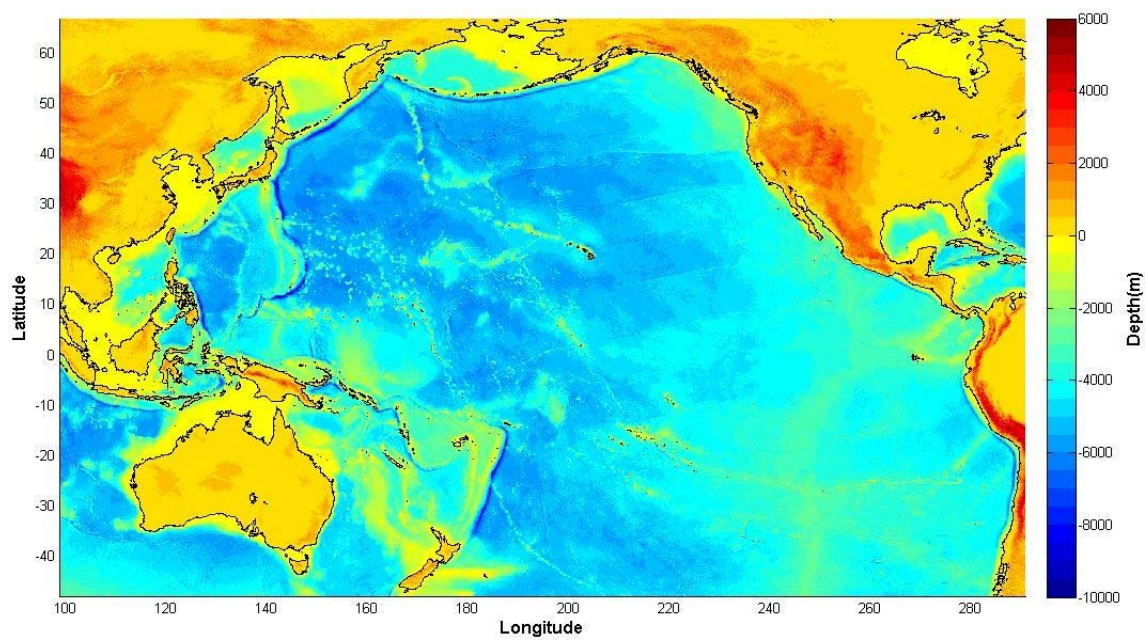


圖 5.3.6 視窗化系統之計算範圍圖

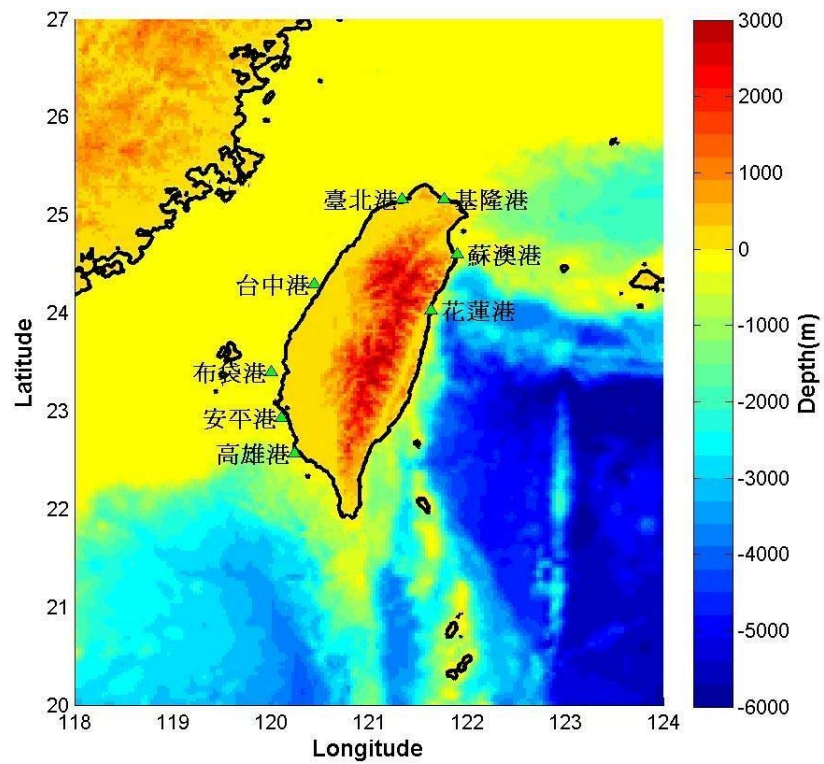


圖 5.3.7 國內各主要港口之位置

本節利用互逆格林函數計算高雄港、基隆港、台中港、花蓮港、台北港、蘇澳港外海之水位，各港口之預測點位如圖 5.3.8~5.3.13 所示。其位置及水深如表 5.3-2 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。

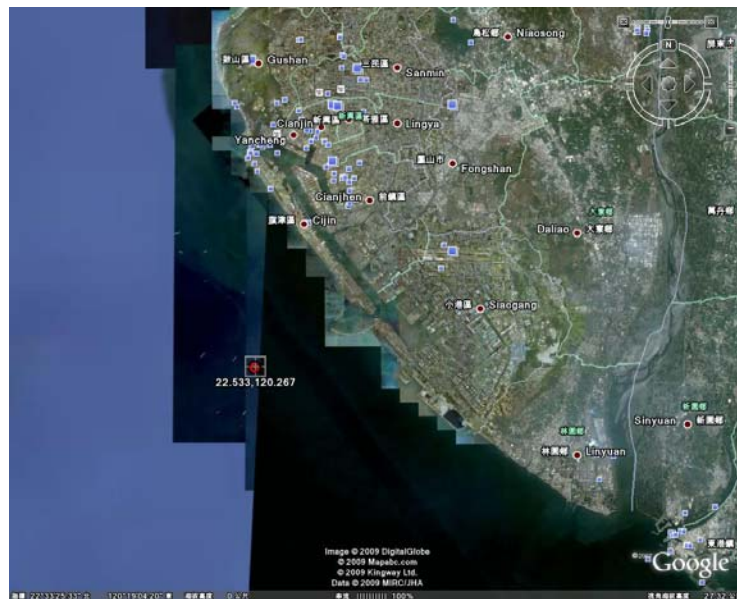


圖 5.3.8 高雄港之預報點位圖



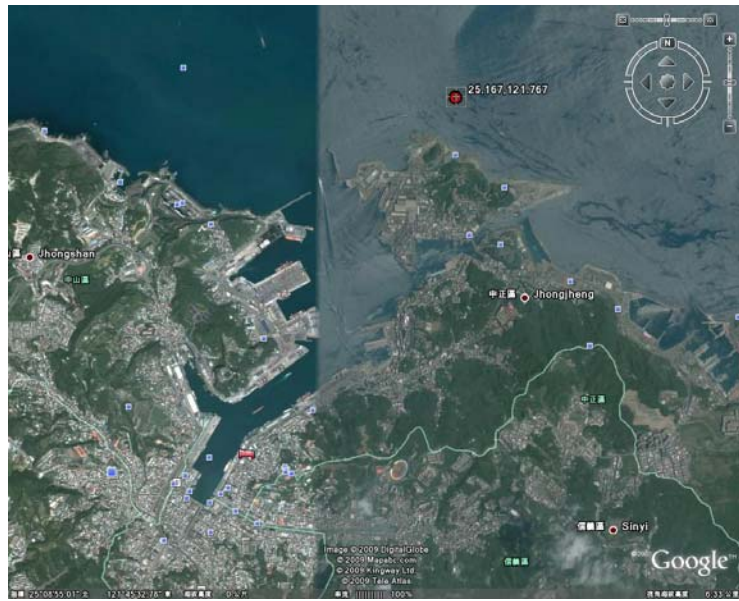


圖 5.3.9 基隆港之預報點位圖

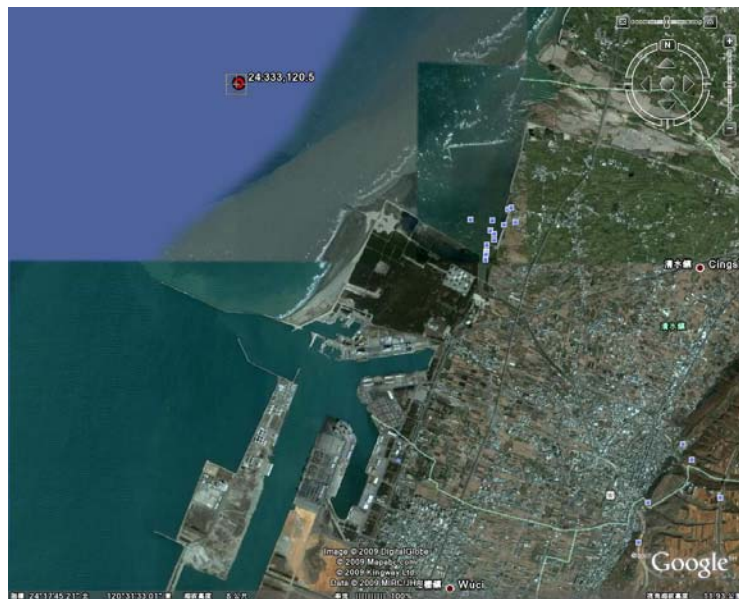


圖 5.3.10 台中港之預報點位圖

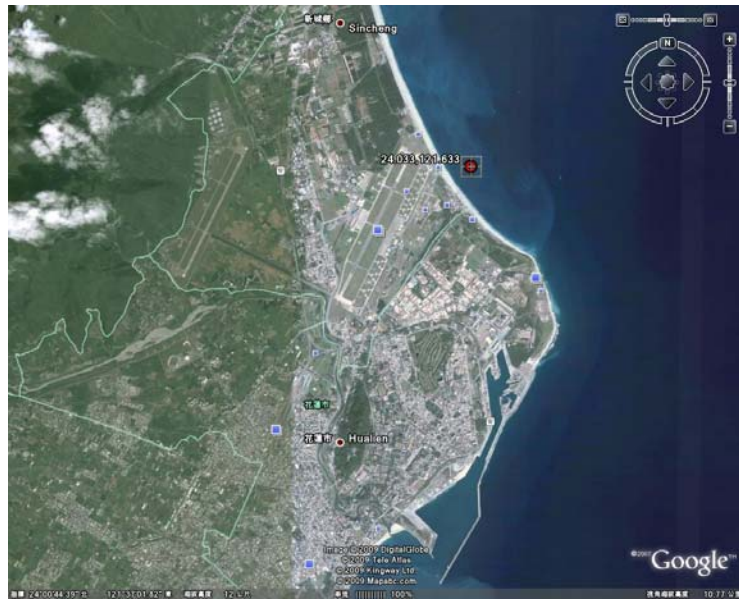


圖 5.3.11 花蓮港之預報點位圖

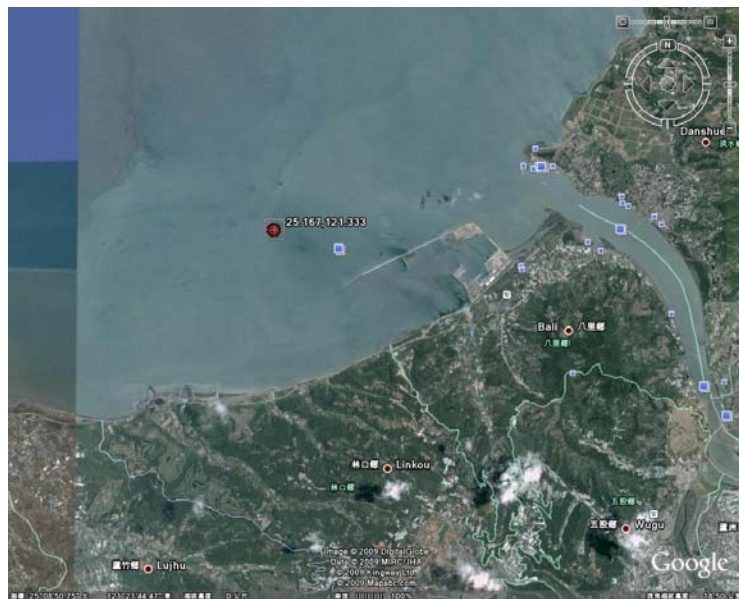


圖 5.3.12 台北港之預報點位圖

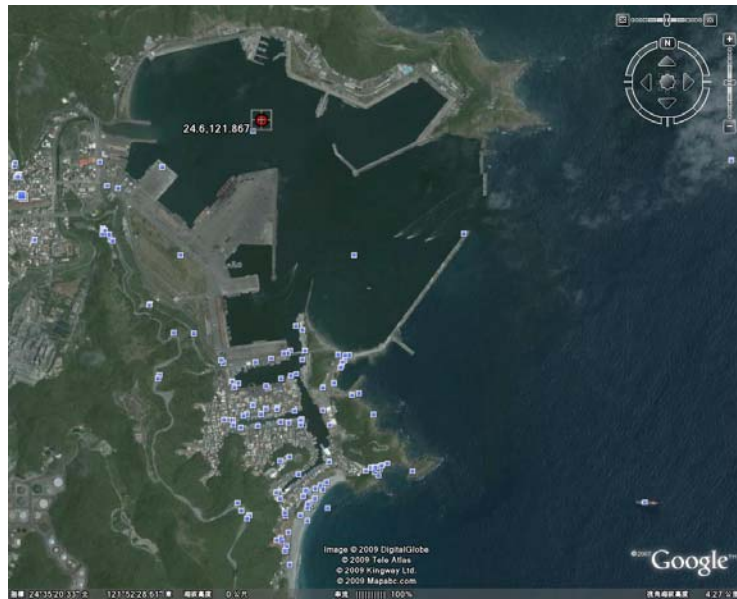


圖 5.3.13 蘇澳港之預報點位圖

資料來源：以上各圖取自 Google Earth

表 5.3-2 各港預報點位之水深

| 預報點位 | 水深(m) |
|------|-------|
| 高雄港  | 47m   |
| 安平港  | 21m   |
| 布袋港  | 27m   |
| 台中港  | 23m   |
| 台北港  | 21m   |
| 基隆港  | 23m   |
| 蘇澳港  | 25m   |
| 花蓮港  | 118m  |



#### 5.3.4.2 海嘯預警系統之精進-遠域海嘯部分及資料擷取

本年度計畫欲精進前年之近域海嘯預警系統，使之可能震源區擴展至環太平洋地震帶部分，由於幅員遼闊，故原設計介面之配置也一併進行重整；使用者於操作介面上可輸入相關地層參數及選擇計算點位；系統可於介面上顯示震央位址、初始水位及計算點位3小時之內之水位變化；遠端資料來源仍是即時擷取美國USGS之地震即時資料，當有地震資料時，系統可自動擷取即時資料進行後續預報作業。

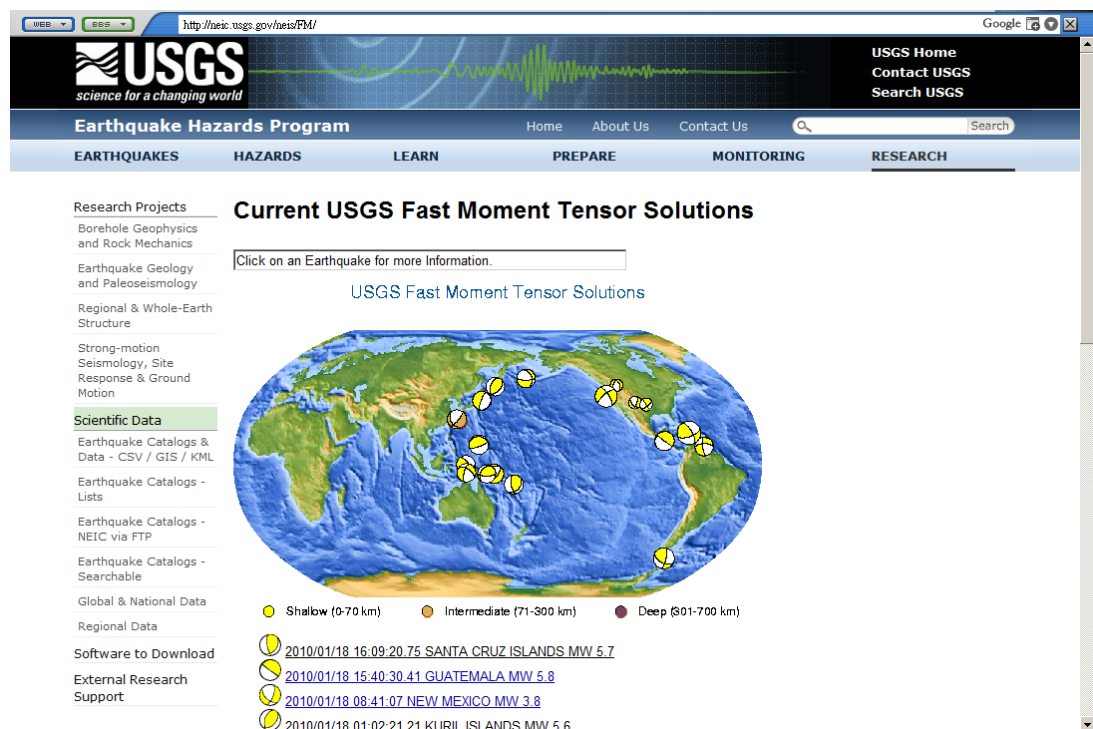


圖 5.3.14 美國 USGS 資料庫

NEIC 之地震資料庫約在地震發生後約 1 小時可遠端擷取其參數；但是這對於震央發生在台灣周邊海域恐有不及，因此在台灣區附近(東經 119 度~123 度，北緯 21 度~26 度)採用中央氣象局之地震即時資料 (<http://cwbsnbb.cwb.gov.tw/CMT/quick/quick.html>，如圖 5.3.15 所示)，約在地震後 5 分鐘即可獲得相關訊息，其他區域仍使用 NEIC 之資料。圖 5.3.16-圖 5.3.17 為遠域海嘯預警系統之圖示說明。

## Quick CMT Reports:

[Recent Qcmt Distribution In Taiwan](#)

| <a href="#">Subscribe Quick CMT</a> |             |       |        |             |      |            |          |           |        |                                                                                     |                                                                                                   |
|-------------------------------------|-------------|-------|--------|-------------|------|------------|----------|-----------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Date                                | Time(UT)    | Lat.  | Lon.   | Dep.        | Mw   | Strike     | Dip      | Slip      | Misfit | CMT                                                                                 | Detail                                                                                            |
| 2010-11-10                          | 9:36:58.70  | 22.87 | 121.26 | 18.00<br>18 | 3.70 | 216<br>344 | 39<br>63 | 135<br>60 | 0.504  |  | <a href="#">Trace</a><br><a href="#">Map</a><br><a href="#">Image</a><br><a href="#">Solution</a> |
| 2010-11-09                          | 18:30:52.90 | 24.55 | 121.82 | 9.80<br>12  | 3.70 | 96<br>6    | 71<br>89 | 1<br>161  | 0.581  |  | <a href="#">Trace</a><br><a href="#">Map</a><br><a href="#">Image</a><br><a href="#">Solution</a> |
| 2010-11-08                          | 13:1:21.30  | 23.22 | 120.41 | 19.90<br>17 | 4.50 | 337<br>218 | 42<br>67 | 37<br>126 | 0.584  |  | <a href="#">Trace</a><br><a href="#">Map</a><br><a href="#">Image</a><br><a href="#">Solution</a> |
| 2010-11-06                          | 0:22:6.50   | 24.04 | 121.93 | 57.30<br>59 | 3.40 | 127<br>27  | 64<br>69 | 23<br>152 | 0.651  |  | <a href="#">Trace</a><br><a href="#">Map</a><br><a href="#">Image</a><br><a href="#">Solution</a> |
| 2010-11-04                          | 18:22:25.50 | 22.05 | 121.61 | 42.20<br>44 | 3.60 | 257<br>11  | 33<br>75 | 153<br>60 | 0.712  |  | <a href="#">Trace</a><br><a href="#">Map</a><br><a href="#">Image</a><br><a href="#">Solution</a> |

圖5.3.15 中央氣象局網站之即時地震資料

精進後之視窗介面較原有之介面少了斷層長寬及滑移量，此一方式並不影響預報之結果，此乃因斷層長寬及滑移量是經由地震矩規模及彈性半空間錯移模型計算而來，故實際上僅需要得知地震矩規模即可。

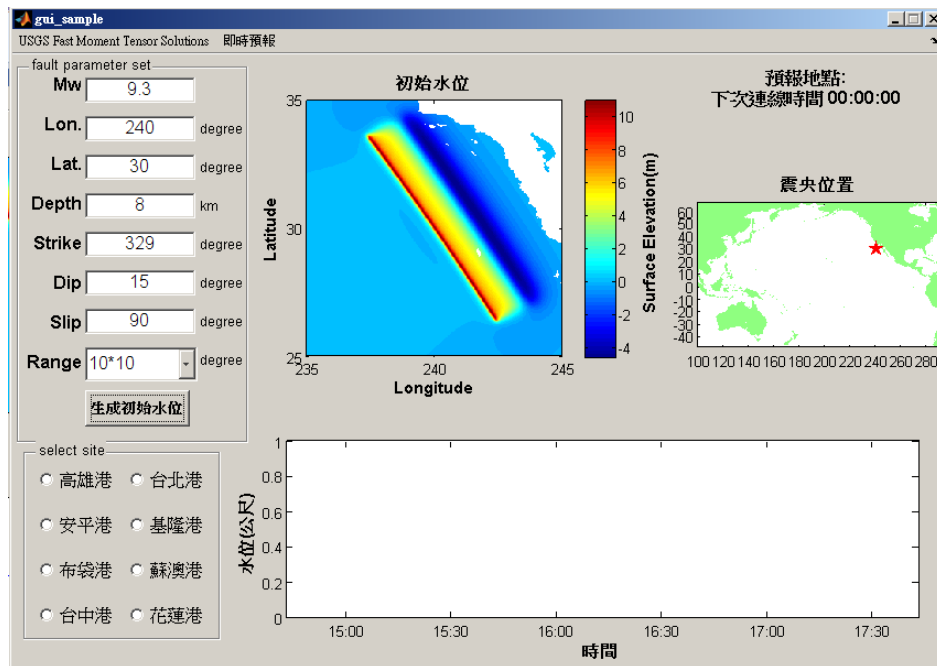


圖 5.3.16 新視窗化作業介面

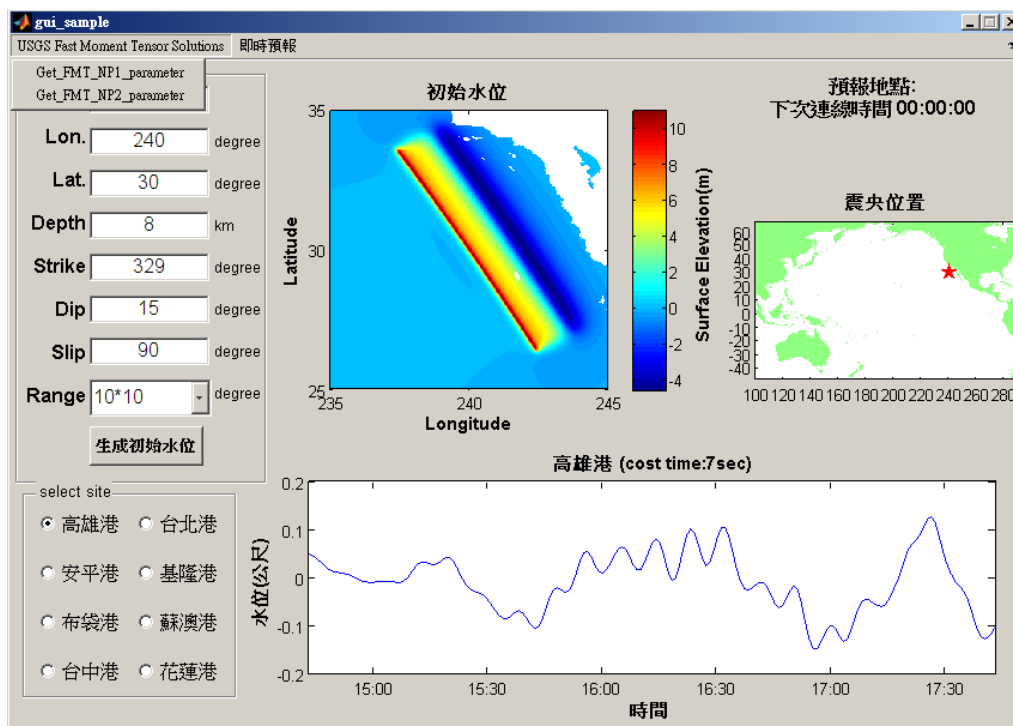


圖 5.3.17 遠域海嘯對高雄港之影響測試成果圖

### 5.3.4.3 實例操作

本節將利用2010年4月26日蘭嶼地震之案例作為操作範例，並經由系統計算出對於基隆及蘇澳港之影響；該起地震為本年第43起區域型地震，發生時間為2010年4月26日早上10點59分51秒，震央為東經123.74度，北緯22.15度，即是台東蘭嶼地震站東方225.9公里，震源深度73.4公里，芮氏規模6.8，如圖5.3.18所示。圖5.3.19~圖5.3.21即為系統計算出花蓮、蘇澳、基隆等三港之三小時內之水位變化。

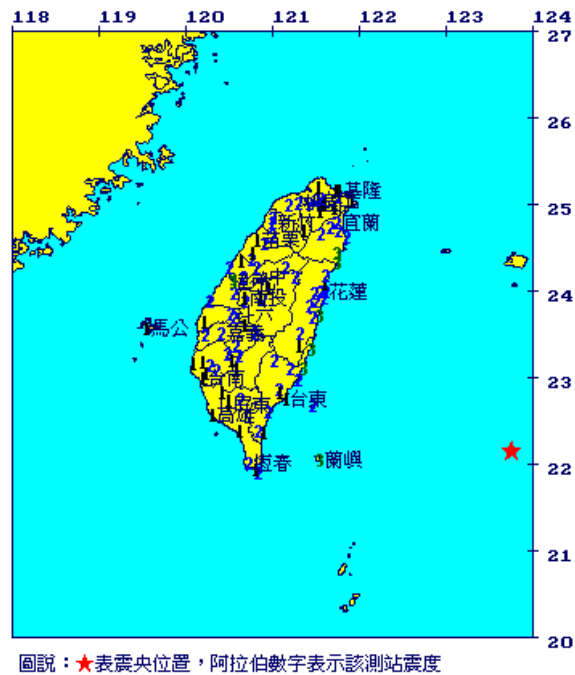


圖5.3.18 蘭嶼地震震央位址圖

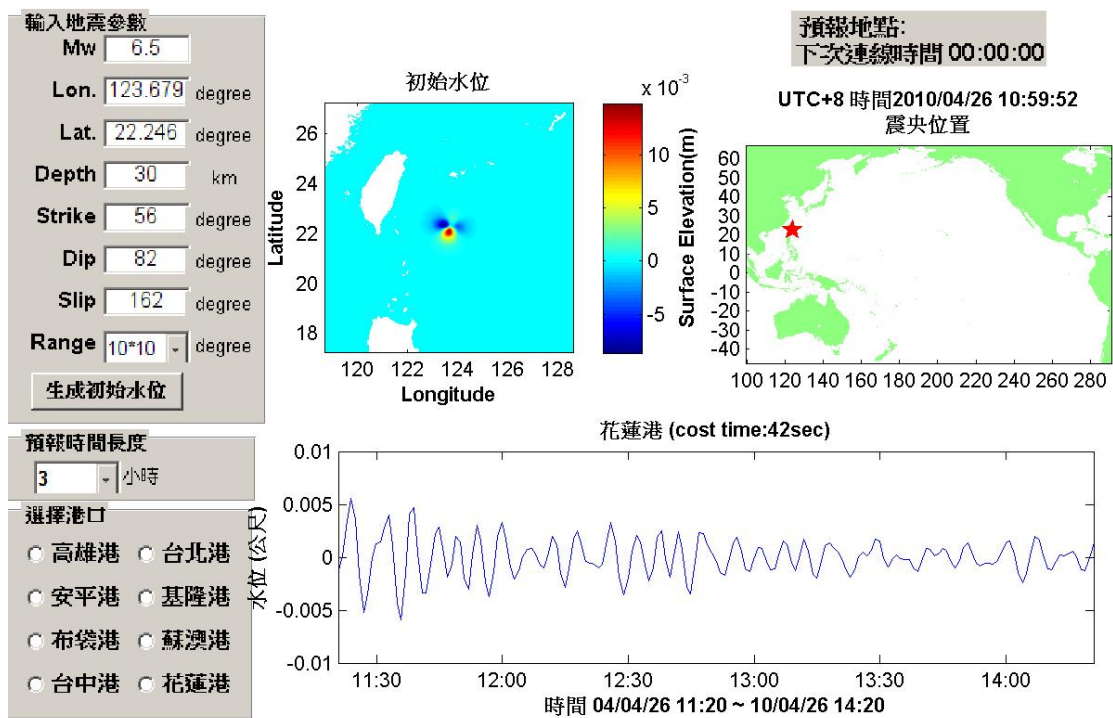


圖5.3.19 花蓮港於蘭嶼地震之預報成果圖

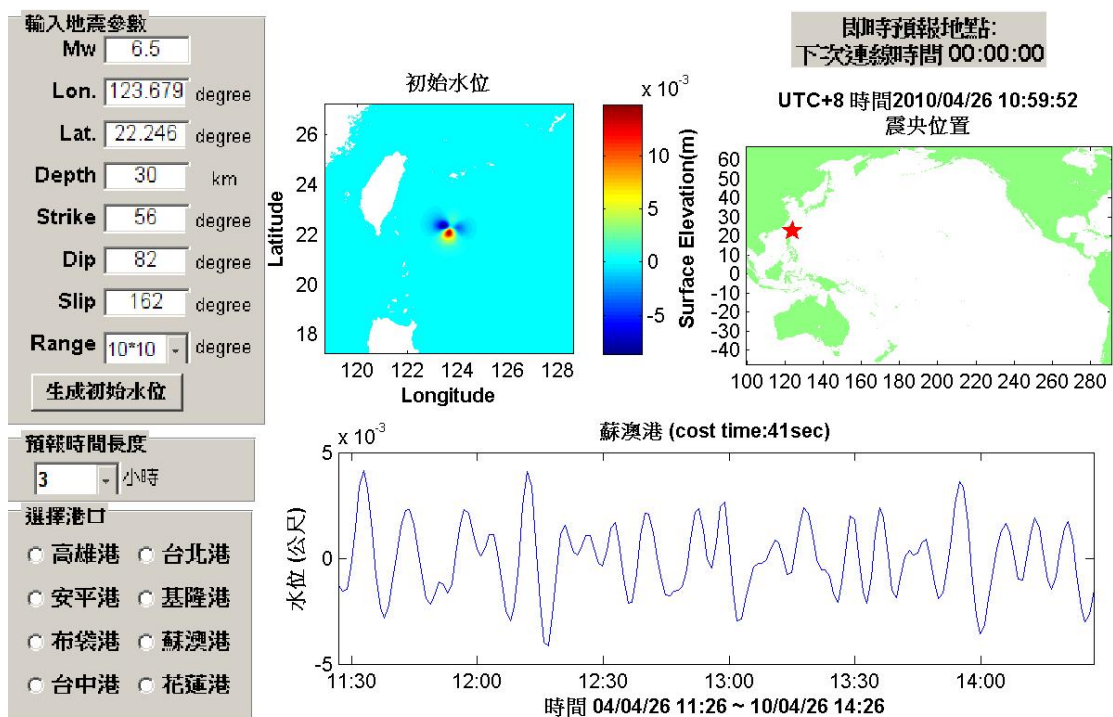


圖5.3.20 蘇澳港於蘭嶼地震之預報成果圖



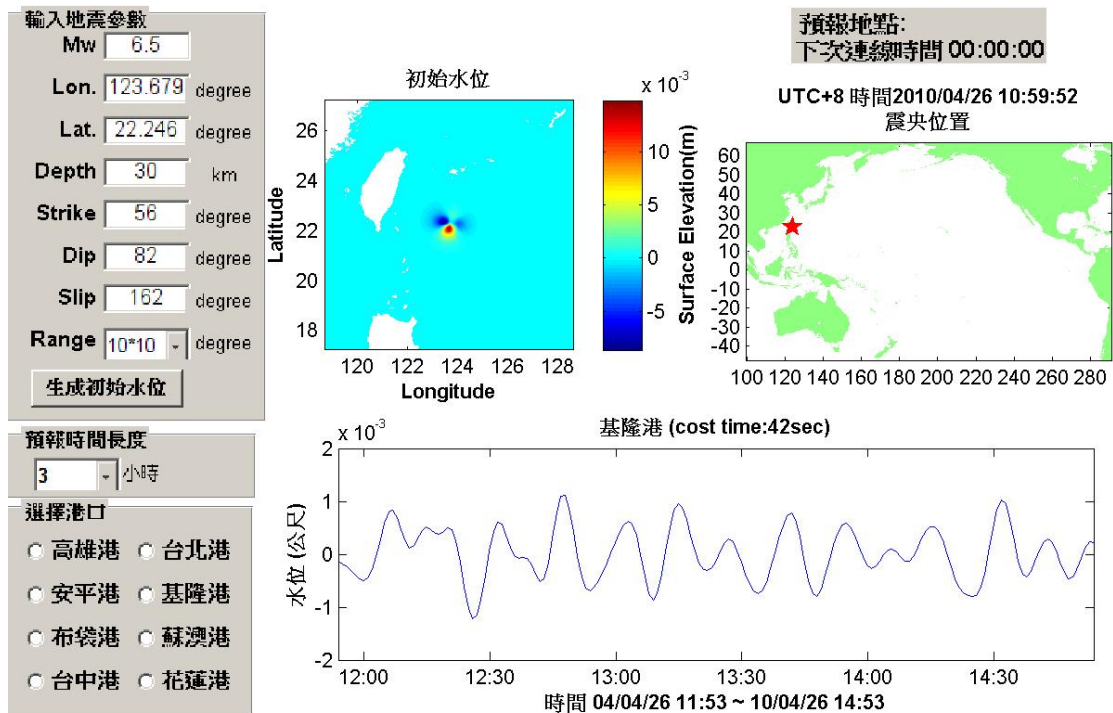


圖5.3.21 基隆港於蘭嶼地震之預報成果圖

由圖可以觀察出，該起地震對花蓮港影響較為明顯，其水位變化約為1公分左右，其餘兩港約為0.5~0.7公分左右；另外，也可以發現，地震發生時，花蓮港由於距離震央較短且預報點位較靠近岸邊，水位退卻變化幾乎無法顯示，故計算之水位變化是類似波峰先到達；蘇澳港雖有短暫之水位退卻變化，但不甚明顯，基隆港則會產生較為明顯之水位退卻後，波峰才會到達。

### 5.3.5 海嘯預警系統的驗證

前節所述之互逆格林函數雖可證明與傳統海嘯數值模式計算結果十分相符，但仍缺乏與海嘯實例之比較；本節將說明本年度利用本中心在基隆港外所佈放之ADCP系統所量測到2009年智利海嘯之水位變化，與本系統所計算之結果作為驗證。

台灣時間2010年27日下午2點34分於智利發生芮氏規模8.8之大地震，夏威夷太平洋海嘯警報中心即針對智利與秘魯沿岸發布最高層級海嘯警報，另外環太平洋53個國家和地區，包括部分亞洲地沿岸區亦

在警報範圍內。根據太平洋海嘯警報中心的紀錄智利沿海地區出現數十公分至2米多的海嘯高度，美國及墨西哥東海岸、夏威夷都觀測到數十公分的海嘯高度。而日本氣象廳的沿岸觀測紀錄有1米多的海嘯高度。

驗證之方法利用總體經驗模態分解法 (Ensemble Empirical Mode Decomposition, 簡稱EEMD)的方式解析智利地震所引起海嘯傳達至基隆港外的水位觀測資料，藉以了解海嘯到達時間以及海嘯高度。同時將美國國家地震資訊中心(U.S. ,National Earthquake Information Center)對智利地震估算的FMT解(Fast Moment Tensor solution)代入海嘯預報系統，藉以計算基隆港附近海嘯的預報水位。最後比較海嘯預報系統產生的水位與EEMD解析出的海嘯水位兩者的差異。

#### 5.3.5.1基隆港水位資料來源與總體經驗模態分解法(EEMD)

本中心在基隆港東防波堤外水深44m處設置的剖面海流表面波浪與潮汐之監測系統(Acoustic Wave and Current Profile system, 簡稱AWCP系統)，設置地點如圖5.3.22所示。儀器設定的觀測頻率為1Hz，紀錄每小時的第10至第44分鐘觀測水位及水分子運動速度。根據中央氣象局預測，海嘯波從智利外海約需經過26小時後抵達基隆，其時間為2010年2月28日下午四點多。故此研究取2010年2月28日的水位資料(圖5.3.23)來進行驗證海嘯的水位高度。



圖 5.3.22 本中心基隆港觀測站儀器安裝位置

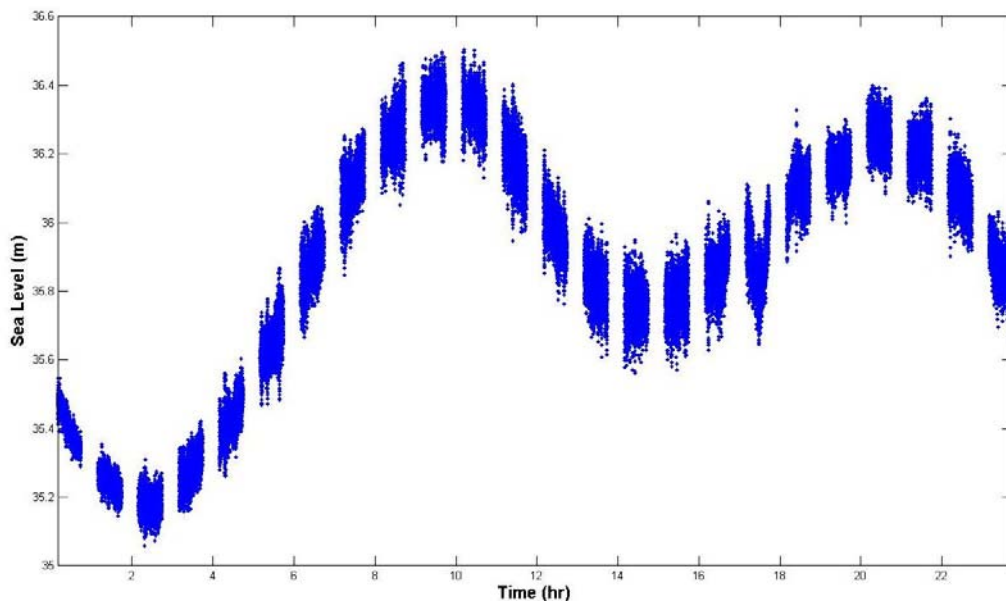


圖 5.3.23 測站之實測水位

傳統之經驗模態分解法會產生混模(mode mixing)問題，即在同一個IMF 裡會有不同尺度的訊號混雜，或者是同一尺度的訊號出現在不同的IMF。產生混模的主要原因是部分訊號在整段時序資料中呈現斷斷續續的分布，而非連續性分布；加以海面水位變化的資訊常是非線性(nonlinear)與非穩態(nonstationary)，所以不適合傅立葉系列的分析方法，故本研究利用Wu and Huang(2008) 之EEMD分析法。此方法能將原始訊號分解成多個本質模態函數(Intrinsic Mode Function，簡稱IMF)。EEMD的基本作法就是把一組白噪序列(white noise series)加入目標訊號分解後可得到一組IMF分量，再將多組不同白噪序列分別加入目標訊號分解出各自的IMF分量組，分別將每個IMF分量組其相對應的IMF分量加總平均後求得一組IMF分量，此IMF組即為最終的結果。本文使用國立中央大學數據分析方法研究中心所提供的EEMD分析程式，而加入的白噪組數設定為500組。

本文使用的海嘯預報系統基本運作分為地震引起初始波源生成與互逆格林函數計算預報水位兩部分。前者利用美國國家地震資訊中心的FMT解代入Mansinha and Smylie(1971)提出的彈性半空間錯移模型



(elastic half-space dislocation model)，此斷層模式主要是計算走向滑距及傾向滑距在垂直地表方向的分量，即垂直位移的總量，藉以獲得地震引發的海嘯初始水位。

海嘯預報系統的操作介面如圖5.3.24所示，操作步驟首先要產生初始水位，在左上"輸入地震參數"的選單輸入地震規模(Mw)，震央經度(Lon.)，震央經度(Lat.)，深度(Depth)，斷層走向(Strike)，傾角(Dip)，滑移角(Slip)，並選擇起始水位生成的範圍(Range)，最後按下"生成初始水位"的按鈕便會呈現地震造成的初始水位，以及震央位置的示意圖。其後於"預報時間長度"的選單中選擇預報水位時間長度，水位顯示的起始時間由互逆格林函數估計的第一波到達時間來決定。最後於"選擇港口"的選單點選所需的水位預報地點來產生預報水位，時間解析為1分鐘。目前提供八個港口在地震發生後28小時內的預報功能，容許的海嘯初始水位區域在經度東經100到西經70度，南緯47度與北緯66度。

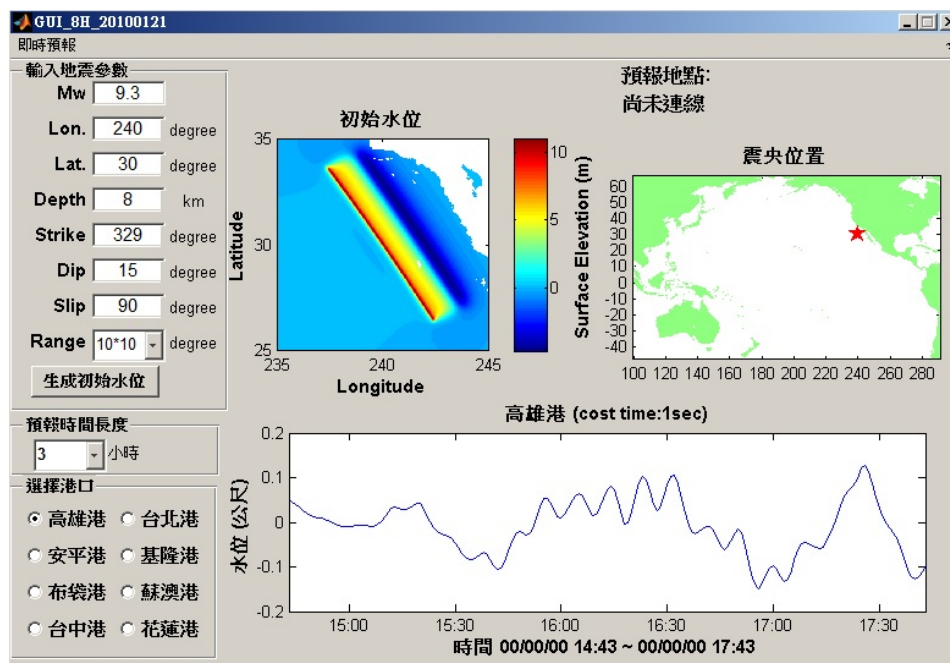


圖 5.3.24 海嘯預報系統之操作介面

### 5.3.5.2 驗證結果

由前章可知，海嘯波自太平洋傳至台灣時，基隆港是由波谷先至；

由水位資料(圖5.25)大略可看出第一波海嘯較明顯的波谷到達時間在2010年2月28日的下午5~6點之間，故取下午5點10~44分之水位來分析海嘯水位。由於海嘯波及潮汐同屬於長週期波，若考慮海嘯的周期大於資料觀測的時間長度34分鐘，則EEMD分解水位所得的海嘯分量容易和長周期的潮汐分量的訊號一起被分到餘訊(residual signal)，故有必要先濾除潮汐訊號。

由圖5.25可知下午3~7點大致處於漲潮時期，為避開海嘯的影響，在此僅用下午3點10~44分和下午6點10~44分兩個時段的水位資料求取線性迴歸參數，藉以計算潮位(圖5.25之藍線)。將5點10~44分時段之水位扣除潮位後可得到濾潮後之水位(圖5.26)，以該水位進行EEMD分析，此時的餘訊便可代表海嘯的訊號。

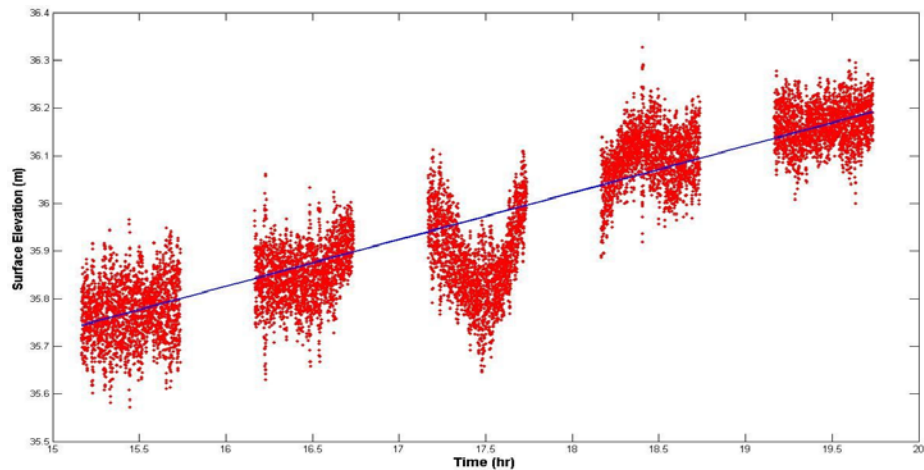


圖 5.3.25 分析用之實測水位資料

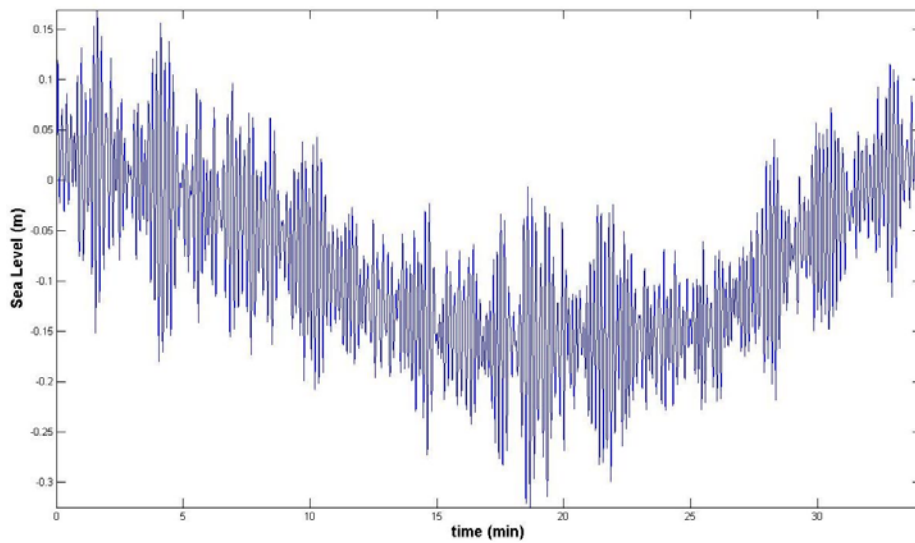


圖 5.3.26 經過濾潮汐後之水位

將濾潮後的水位經過 EEMD 分析的結果得到 8 個 IMF 分量和 1 個餘訊(C6、C7)，由於海嘯屬於長周期的波動，故較高頻的 6 個 IMF 分量(C1 到 C6)應非海嘯的影響。另外低頻的兩個 IMF 分量 C7 和 C8，其周期約 20 分鐘，由於相位相近基本上可視為同一分量，兩者加乘的水位波高 2.8 公分，波谷 4.3 公分。與 C7、C8 相較起來，餘訊對水位的影響較大，其水位最大值 5 公分，最小值約 13.5 公分，基本上可視為海嘯造成的水位。

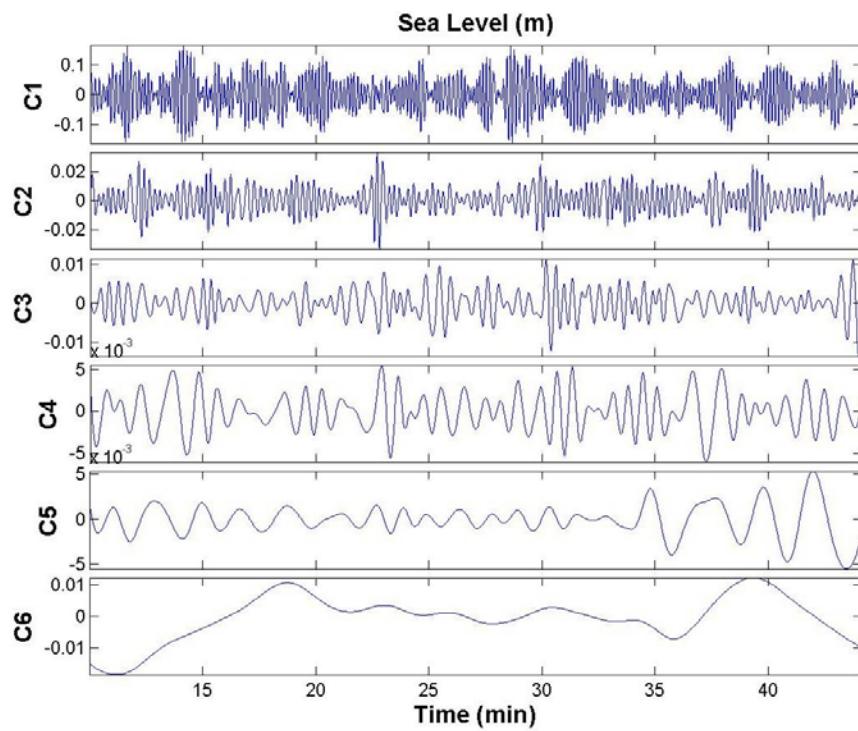


圖 5.3.27 由 EEMD 分解出較高頻的 IMF 分量(C1 至 C6)

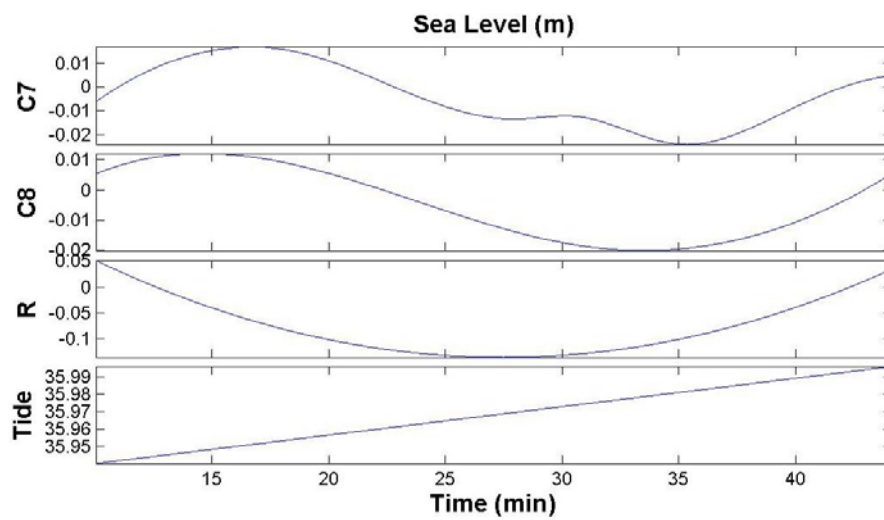


圖 5.3.28 由 EEMD 分解出較低頻的 IMF 分量、餘訊 R 及潮位

本文利用海嘯預報系統產生的海嘯發生後水位與之前EEMD所分解的海嘯水位作比較。根據美國國家地震資訊中心發布最初發布的FMT解(表5.3)，輸入地震參數後，選擇預報時間長度為5小時(2010/2/28 13:34至18:34)，預報地點為基隆港。輸入結果如圖5.29，結果顯示海嘯第一波的波峰為7.1公分，波谷為14.2公分，取下午5點10~44分的預報系統水位與EEMD的海嘯餘訊，以及下午 5點1~35分的水位作比較(圖5.30)，能清楚的了解波谷之水位相近，而預報時間比實際波谷到達時間先到9分鐘。

**表 5.3-3 美國國家地震資訊中心發布最初發布之智利地震 FMT 解**

```

USGS Centroid Moment Tensor Solution
10/02/27 06:34:09.75
BIO-BIO, CHILE
Epicenter: -35.988 -72.782
MW 8.6

USGS CENTROID MOMENT TENSOR
10/02/27 06:35:27.29
Centroid: -35.757 -72.389
Depth 36 No. of sta:189
Moment Tensor; Scale 10**21 Nm
Mrr= 7.40 Mtt=-0.53
Mpp=-6.87 Mrt= 0.06
Mrp=-5.95 Mtp=-0.76
Principal axes:
T Val= 9.57 Plg=69 Azm= 84
N -0.48 3 183
P -9.08 19 274

Best Double Couple:Mo=9.3*10**21
NP1:Strike= 11 Dip=25 Slip= 98
NP2: 182 65 86

```

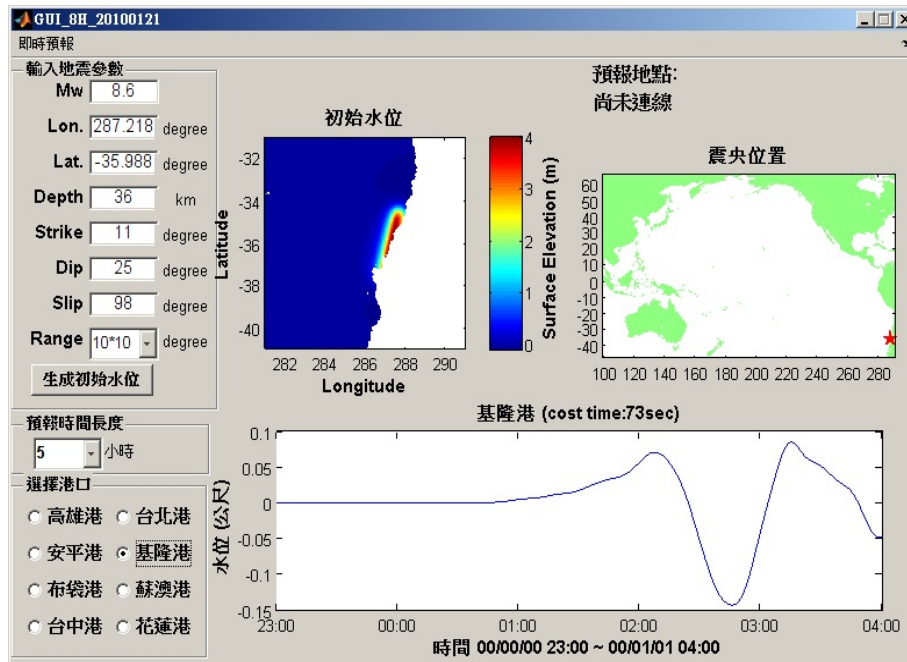


圖 5.3.29 預報系統預測智利海嘯(Mw=8.6)於基隆港之預報結果

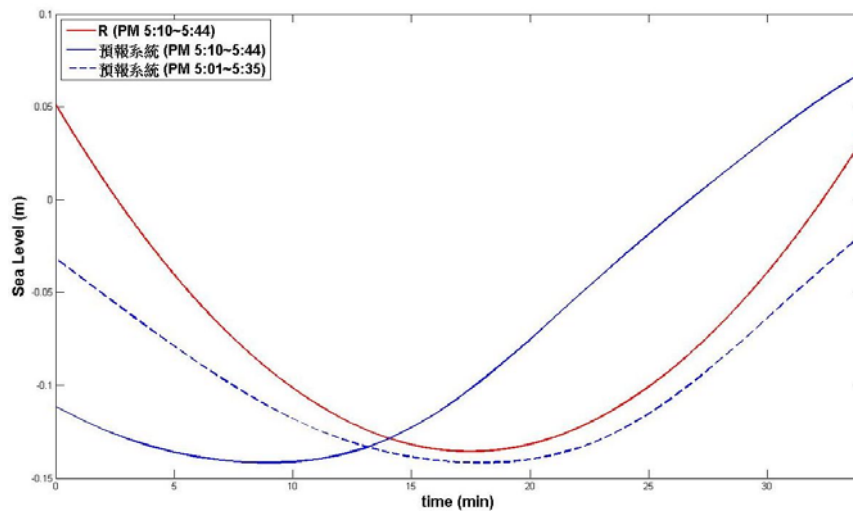


圖 5.3.30 預報系統計算結果(Mw=8.6)與實測資料之比較圖。(藍實線：下午 5 點 10~44 分預報系統計算結果；紅實線：EEMD 的海嘯餘訊；藍虛線：及下午 5 點 1~35 分預報系統計算結果)



美國國家地震資訊中心事後將智利地震規模由 8.6 重新上修成 8.8，在此將修正後的 FMT 解(表 5.2)同樣帶入作計算(輸入如圖 5.31 所示)，結果顯示海嘯第一波的波峰由 7.1 公分增為 12.4 公分，波谷由 14.2 公分增為 27 公分，另外與下午 5 點 10~44 分海嘯餘訊水位的比較(圖 5.32)可看出波高相差 13 公分，而預報系統比海嘯餘訊的波谷到達時間先到 11 分鐘。

**表 5.3-4 美國國家地震資訊中心修正的智利地震 FMT 解**

```

10/02/27 06:34:08.34
OFFSHORE BIO-BIO, CHILE
Epicenter: -36.027 -72.834
MW 8.8

USGS CENTROID MOMENT TENSOR
10/02/27 06:35:27.50
Centroid: -35.766 -72.473
Depth 30 No. of sta:187
Moment Tensor; Scale 10**22 Nm
Mrr= 1.13 Mtt=-0.06
Mpp=-1.07 Mrt= 0.09
Mrp=-1.43 Mtp=-0.12
Principal axes:
T Val= 1.84 Plg=63 Azm= 80
N -0.06 4 180
P -1.78 26 | 272

Best Double Couple:Mo=1.8*10**22
NP1:Strike= 14 Dip=19 Slip= 104
NP2: 179 71 85

```

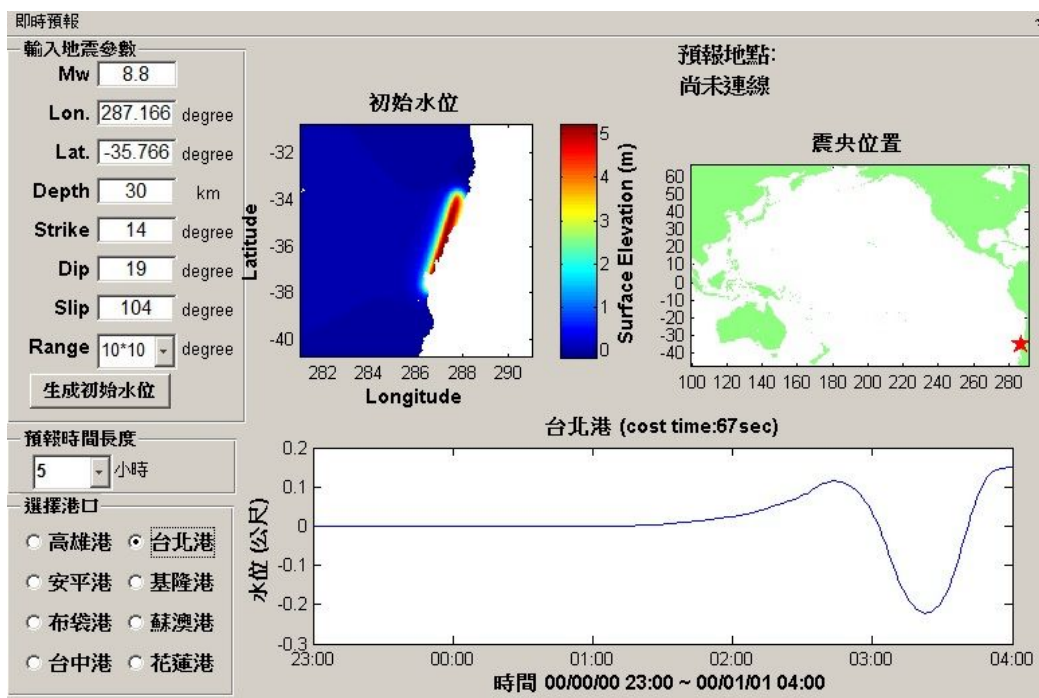


圖 5.3.31 預報系統預測智利海嘯(Mw=8.8)於基隆港之預報結果

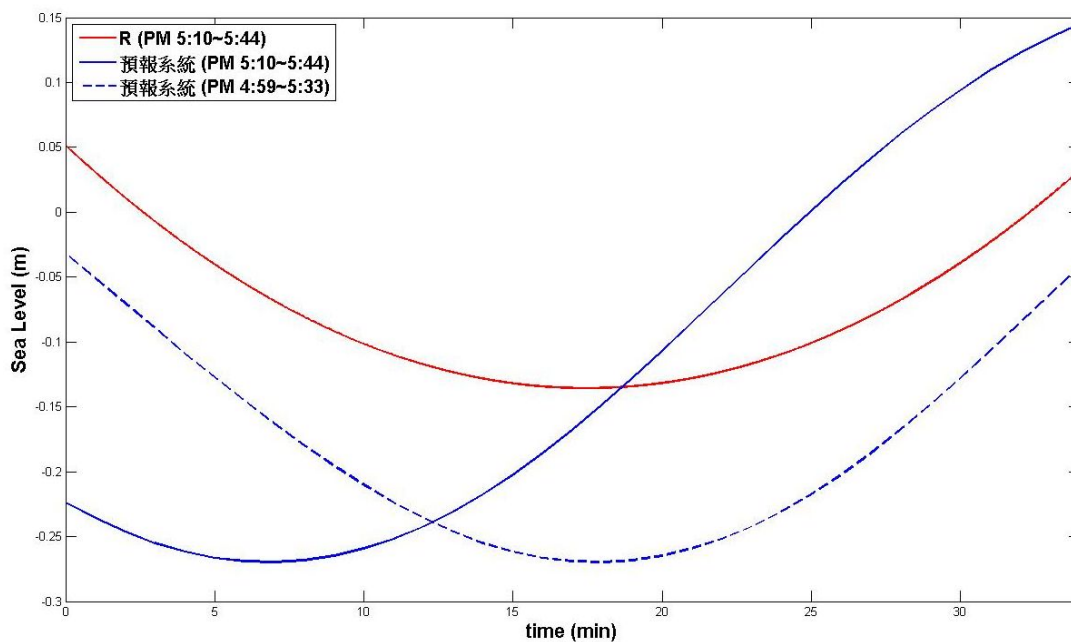


圖 5.3.32 預報系統計算結果(Mw=8.8)與實測資料之比較圖。(藍實線：下午 5 點 10~44 分預報系統計算結果；紅實線：EEMD 的海嘯餘訊；藍虛線：及下午 5 點 1~35 分預報系統計算結果)



圖 5.3.32 中，可看出系統預測之水位較實測水位為高；而與圖 5.3.30 之結果比較下，顯然地震矩規模 8.6 之結果較為接近實測值；這是因為海嘯初始水位與地震矩規模成正相關，故在地震矩規模 8.8 時系統計算出之海嘯水位會較大。在防災角度而言，預測之水位高於實測水位，其結果雖偏向於保守，但也增加了安全性。

## 5.4 小結

本章節計畫主要目的是利用海嘯數值模式模擬遠/近域海嘯對國內各商港之影響、精進本土化之海嘯數值模式以及建立海嘯早期預警系統，以降低海嘯災害之風險，其結果除了加強對海嘯之學術研究外，更可應用於各相關單位，其資訊可供作為制定應變作為之依據，主要結論如下。

海嘯與地震之關係部份：臺灣東部外海是強震較頻繁的區域，但是東部沿海地形陡峭，淺化作用不明顯縱有海嘯侵襲，歷史上造成災害之機率並不高；至於西部沿岸由於地震較容易發生在造山帶前緣，因此臺灣海峽發生強震的機率不高，要產生大海嘯的機率也不大。所以整體而言，最值得注意的區域有西南部高屏沿海低窪地區，以及東北外海（包括龜山島）。

海嘯數值模擬部份：研究期間分別使用 PARI 與 COMCOT 海嘯數值模式，來模擬計算臺灣周邊海域的海嘯威脅與在 98 年度模擬高雄市溢淹情形。海嘯威脅不僅只於海嘯本身的波高及能量，本身的傳播方向、海底地形作用及震源遠近，都將帶來不同的影響。

海嘯模式精進部份：應用 Xu(2007)之結論以及線性系統之可逆性，採用互逆格林函數計算方式，經與南亞海嘯泰國及斯里蘭卡數值結果比較顯示，兩者結果相當符合，證明此方法可以有效降低對地震資訊之依賴性、降低記憶容量需求以及提升計算效率，結合傳統海嘯模式後可實際應用於海嘯測報作業中。產生放大率圖顯示各港口前再威脅。

海嘯早期預警系統之建置：透過互逆格林函數法之特性有助於海嘯波高資料庫之建立，利用 Matlab 軟體撰寫而成之介面以及遠端擷取之功能，可結合為一「遠/近域海嘯早期預警系統」，其計算範圍可包含環太平洋地震帶，波高資料庫也涵蓋國內各重要港口。

## 第六章 臺灣主要商港作業化海象模擬成果評估

### 6.1 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(大尺度)，SWAN－台灣周圍海域波浪模式，REF/DIF－近岸波浪模式(小尺度)。(3)水位模式：西太平洋海域複合潮模式(大尺度)、台灣海域複合潮模式(中尺度)。(4)海流模式：西太平洋海流模式(大尺度)，台灣海域海流模式(中中尺度)，各模式主要涵蓋範圍如圖 6.1.1 所示。

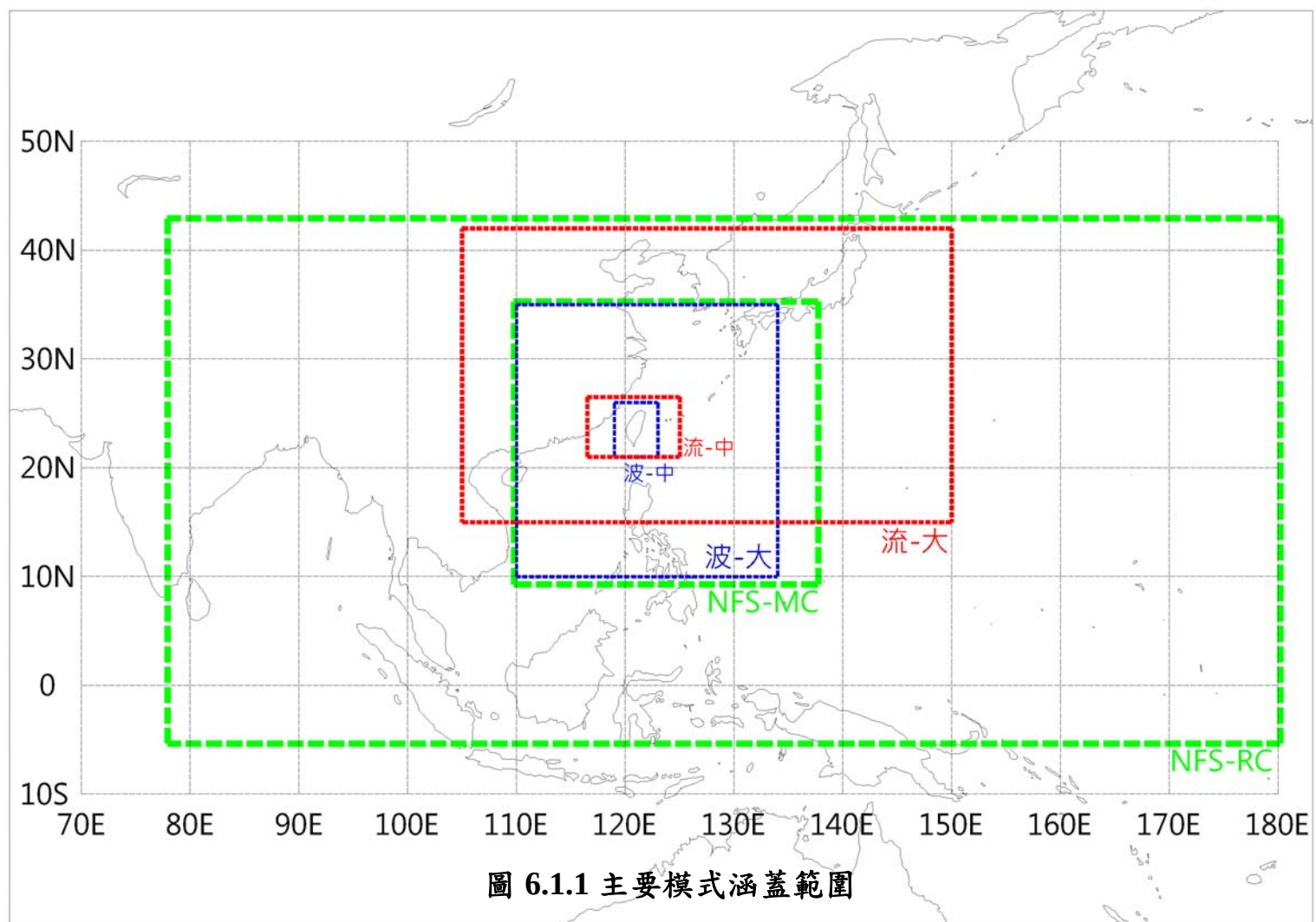
TaicomS 資料網格資訊，主要預報風場資料來自於中央氣象局風場 NonHydrostatic Model(NFS) RC/MC/HC，其資料格式，為二進位 grib 格式。

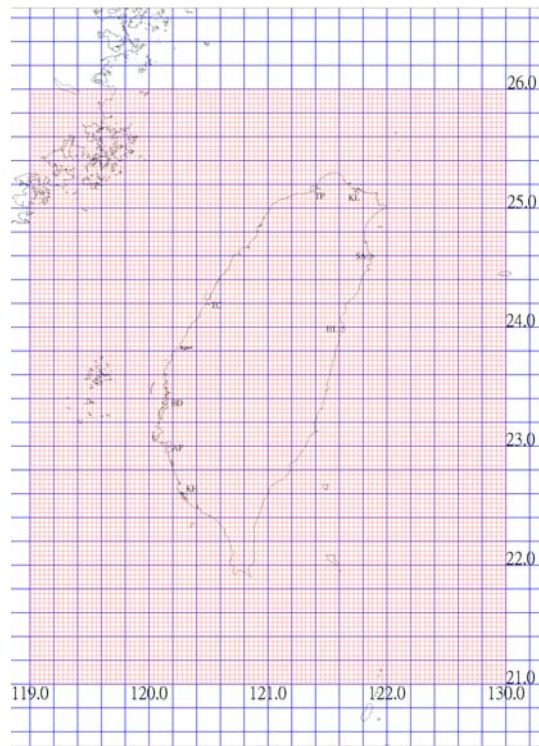
表 6.1-1 中央氣象局風場 NFS 風場資料格式

| DMS FLAP | 座標系統                      | DIMENSION | RESOLUTION | 格點位置                                                                                                                                                    |
|----------|---------------------------|-----------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RC       | Lambert conformal mapping | 221*127   | 45KM       | Center(120E), true(10N,40N)<br>座標(114,71)位置位於(30N,120E)<br>底圖 左下點(-5.34068N,77.91867E)<br>右上點(42.92812N,180.2034E)                                      |
| MC       | Lambert conformal mapping | 181*193   | 15KM       | Center(120E), true(10N,40N)<br>座標(76,148)位置位於(30N,120E)<br>底圖 左下點(9.28194N,109.7727E)<br>右上點(35.26665N,137.7342E)<br>座標(1,1)對應至 45KM MESH 之(89,22)座標位置  |
| HC       | Lambert conformal mapping | 91*121    | 5KM        | Center(120E), true(10N,40N)<br>座標(28,199)位置位於(30N,120E)<br>底圖 左下點(20.78609N,118.6597E)<br>右上點(26.33824N,123.2724E)<br>座標(1,1)對應至 15KM MESH 之(67,82)座標位置 |

表 6.1-2 Taicoms 大尺度及中尺度風、波及流場資料格式

|    | 模式             | DIMENSION | 模式格網                | 格點位置                                  |
|----|----------------|-----------|---------------------|---------------------------------------|
| 風場 | 採用 NFS RC 風場內插 | 307*211   | 1/6 度<br>=0.166667  | 底圖 左下點(0N,99E)<br>右上點(35N,150E)       |
|    | 採用 NFS MC 風場內插 | 301*301   | 1/12 度<br>=0.083333 | 底圖 左下點(10N,110E)<br>右上點(35N,134E)     |
| 波場 | WAM            | 121*126   | 0.2 度<br>(約 20 公里)  | 底圖 左下點(10N,110E)<br>右上點(35N,134E)     |
|    | SWAN           | 101*126   | 0.04 度<br>(約 5 公里)  | 底圖 左下點(21N,119E)<br>右上點(26N,123E)     |
| 流場 | COHERENS-西太平洋  | 541*325   | 1/12 度<br>=0.083333 | 底圖 左下點(15N,105E)<br>右上點(42N,150E)     |
|    | COHERENS-臺灣近海  | 511*331   | 1/60 度<br>=0.016667 | 底圖 左下點(21N,116.5E)<br>右上點(26.5N,125E) |





藍色實線-WAM 模式(大尺度)， 紅色實線-SWAN 模式 (中尺度)

**圖 6.1.2 臺灣海域附近波浪模式網格**



藍色實線-水動力模式(大尺度)， 紅色實線-水動力模式(中尺度)

**圖 6.1.3 臺灣海域附近水動力模式網格**

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 6.1.4。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 6.1.5 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 6.1.6 為本年度規劃進行之線上預報成果評估的流程。

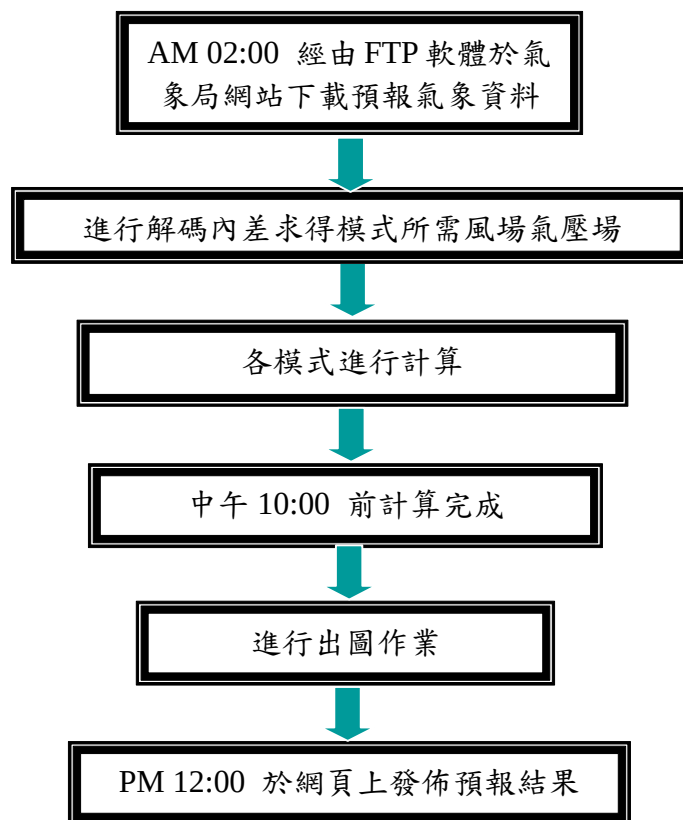


圖 6.1.4 近岸海象數值模擬及預警系統線上作業流程

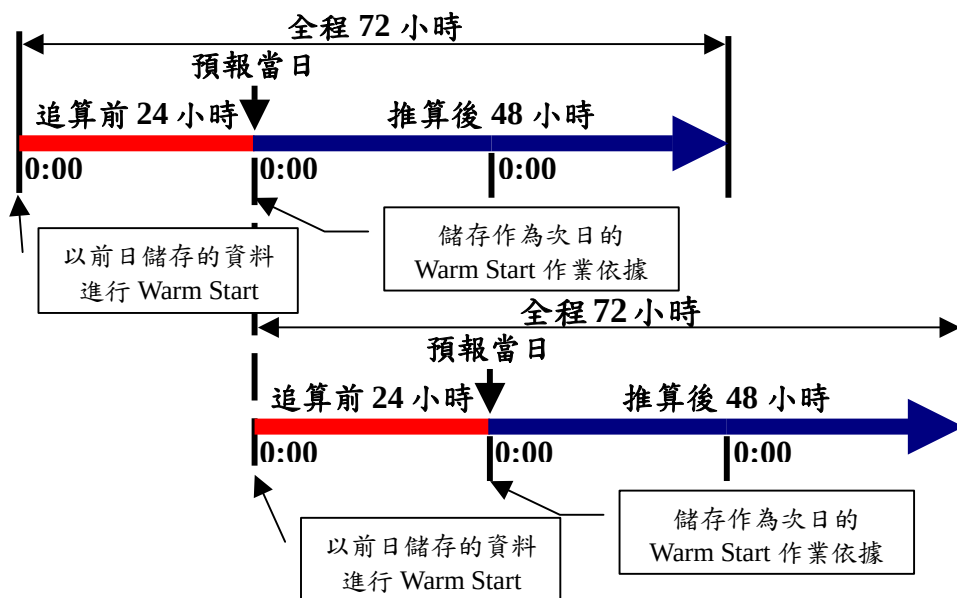


圖 6.1.5 近岸海象數值模擬及預警系統每日線上作業範例



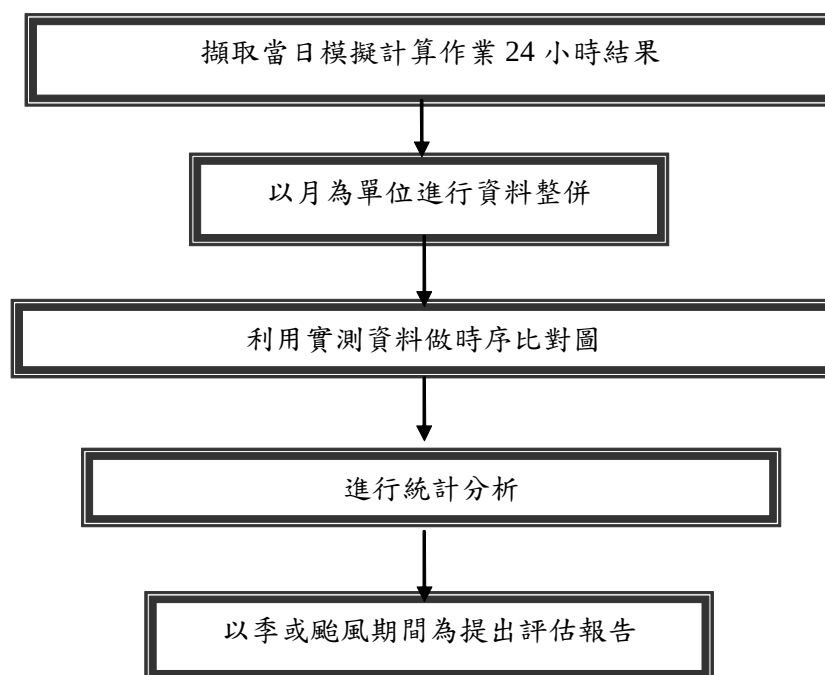


圖 6.1.6 近岸海象數值模擬及預警系統線上作業成果評估流程

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 WAM 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，並彙整本中心的觀測資料，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－2010 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－2010 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。

## 6.2 臺灣主要港口海氣象現場觀測及蒐集

二十多年來港本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、布袋港及安平港等 8 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 6.2.1~圖 6.2.9 所示，各測站歷年觀測風資料蒐集概況如表 6.2-1。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 6.2.1~圖 6.2.9 所示，同樣歷年觀測風資料蒐集概況如表 6.2-1。

### (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，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 6.2.1~圖 6.2.9 所示，各測站歷年觀測波浪資料蒐集概況如表 6.2-2。

### (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、布袋港及安平港等 8 個主要港，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 6.2.1~圖 6.2.9 所示，各測站歷年觀測潮汐資料蒐集概況如表 6.2.3。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 6.2.1~圖 6.2.7 所示，同樣歷年觀測潮汐資料蒐集概況如表 6.2-3。

#### **(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 6.2.1~圖 6.2.9 所示，各測站歷年觀測波浪資料蒐集概況如表 6.2-4。

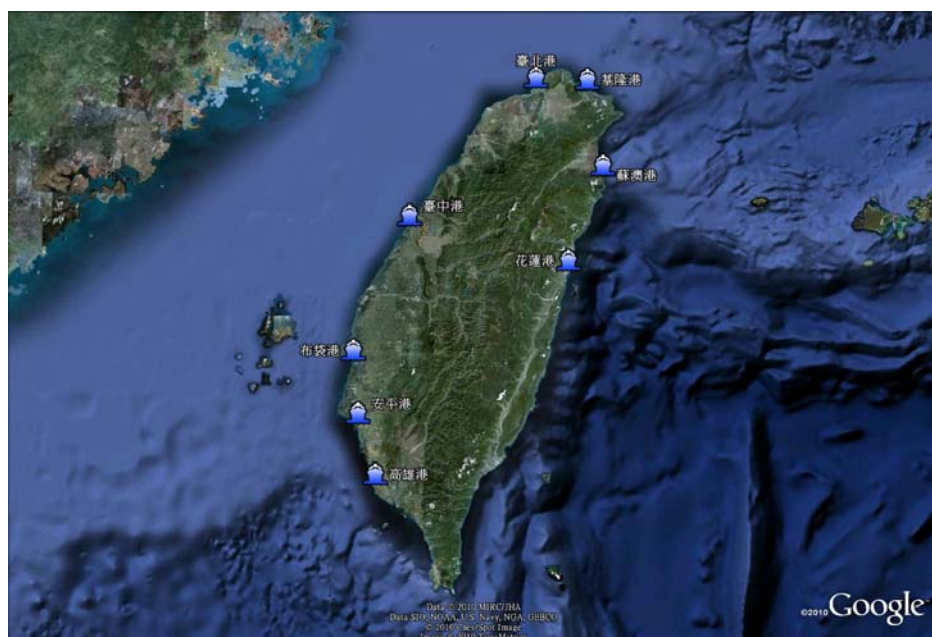
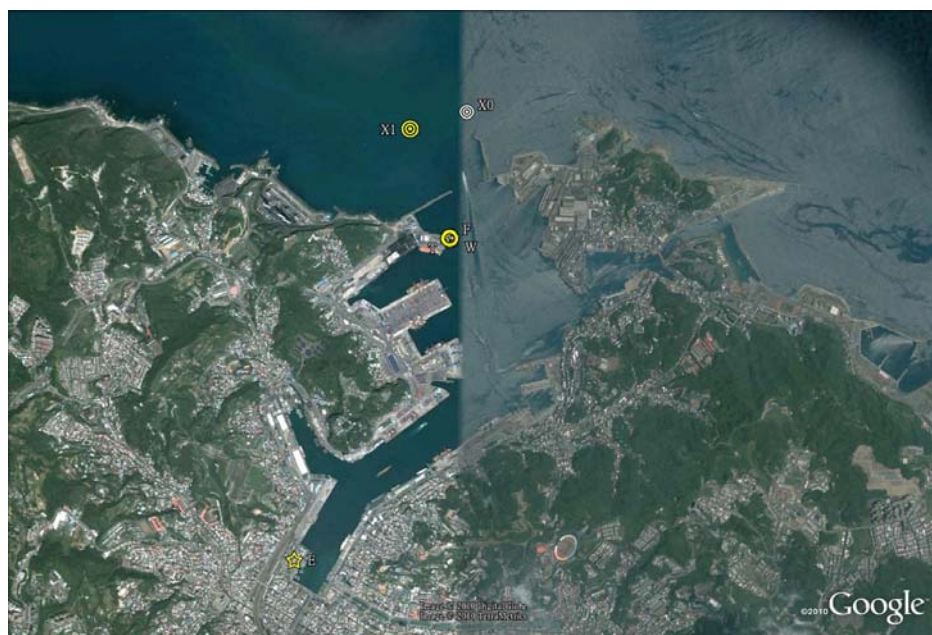


圖 6.2.1 商港位置圖



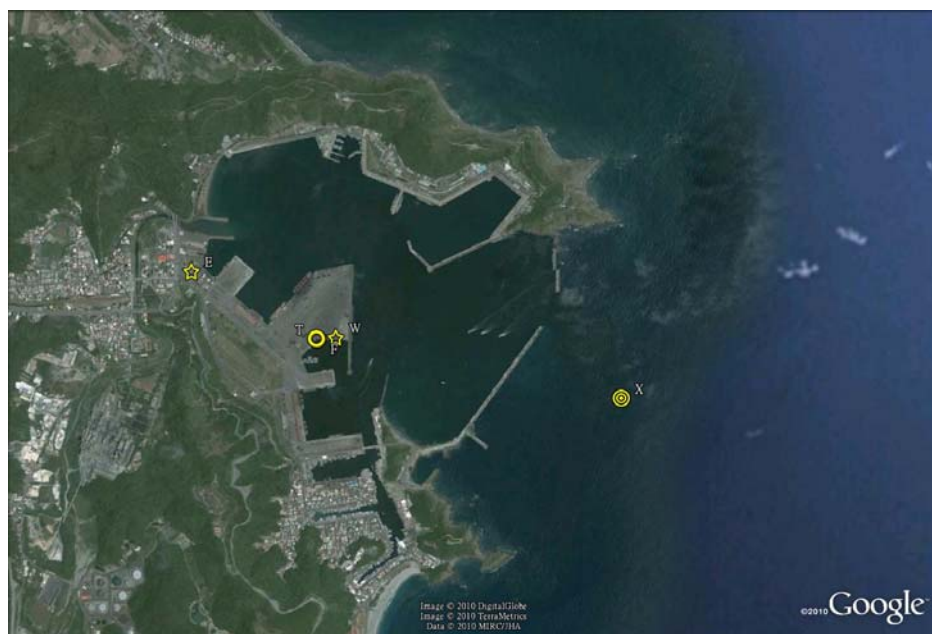
☆ 風速儀    ⊙ 潮位計    ⬡ 觀測樁

圖 6.2.2 台北港海氣象觀測位置圖



☆ 風速儀    ◎ 潮位計    ◎ 波流儀

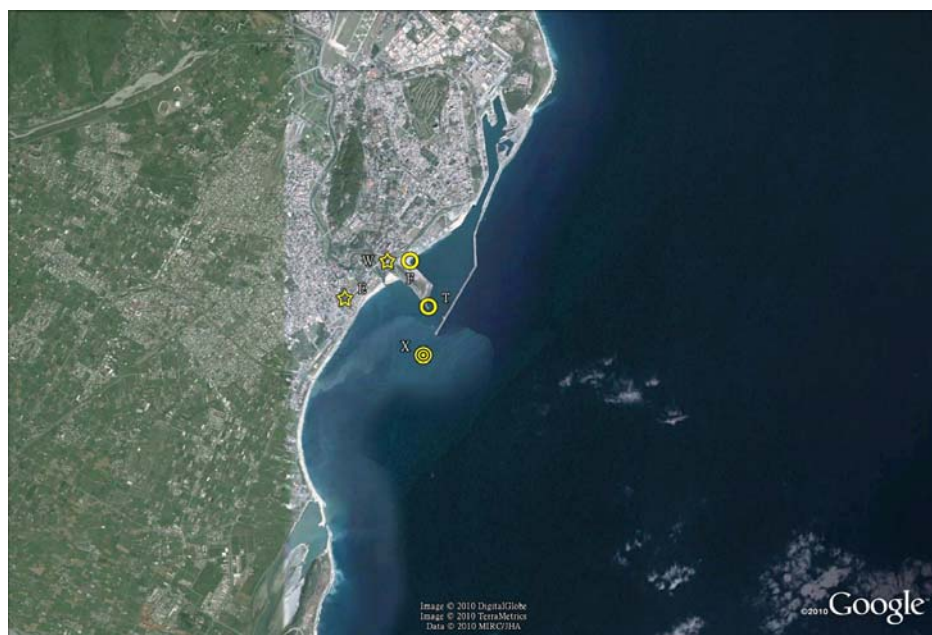
圖 6.2.3 基隆港海氣象觀測位置圖



☆ 風速儀    ◎ 潮位計    ◎ 波流儀

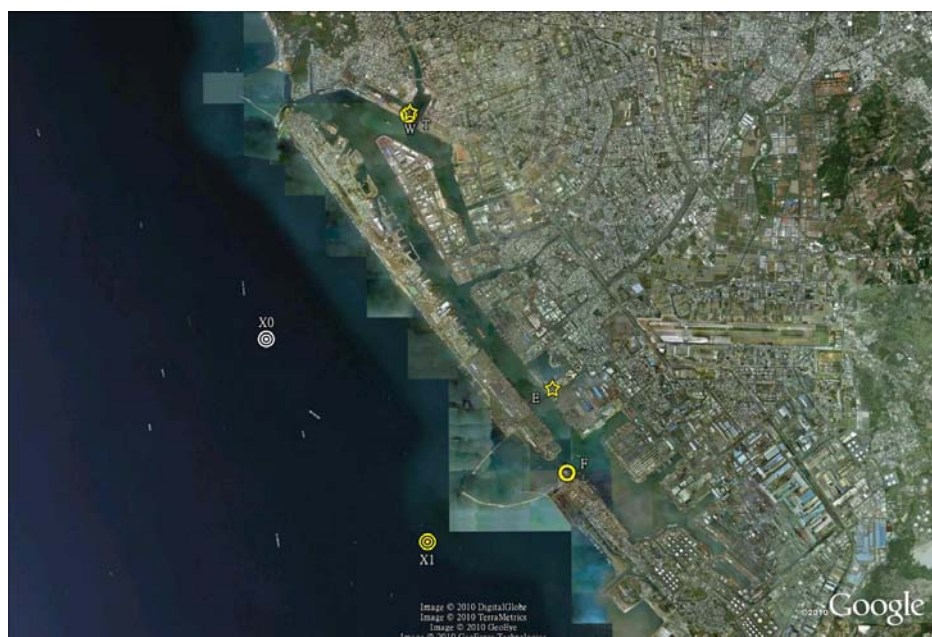
圖 6.2.4 蘇澳港海氣象觀測位置圖





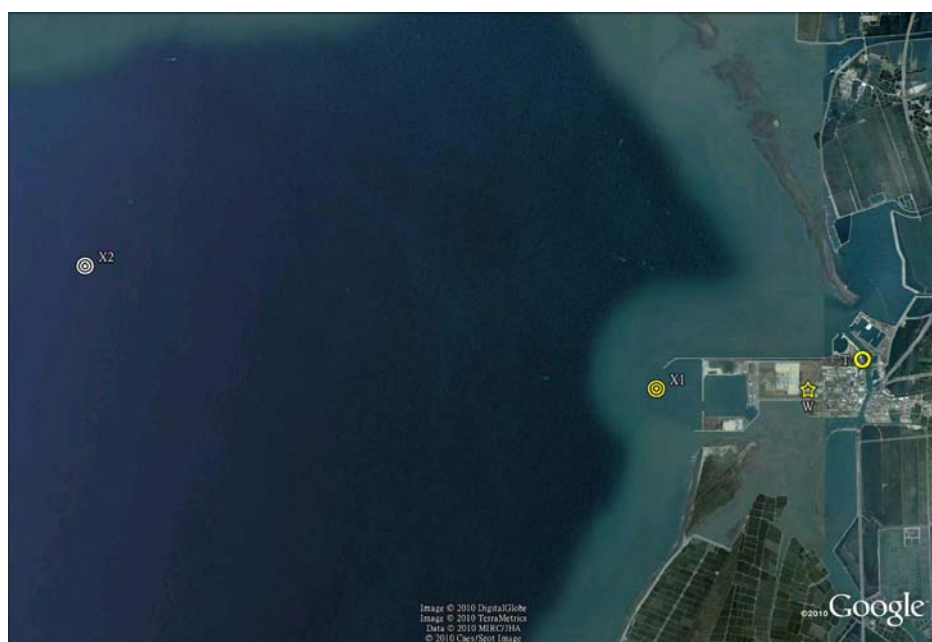
☆ 風速儀    ◎ 潮位計    ◎ 波流儀

圖 6.2.5 花蓮港海氣象觀測位置圖

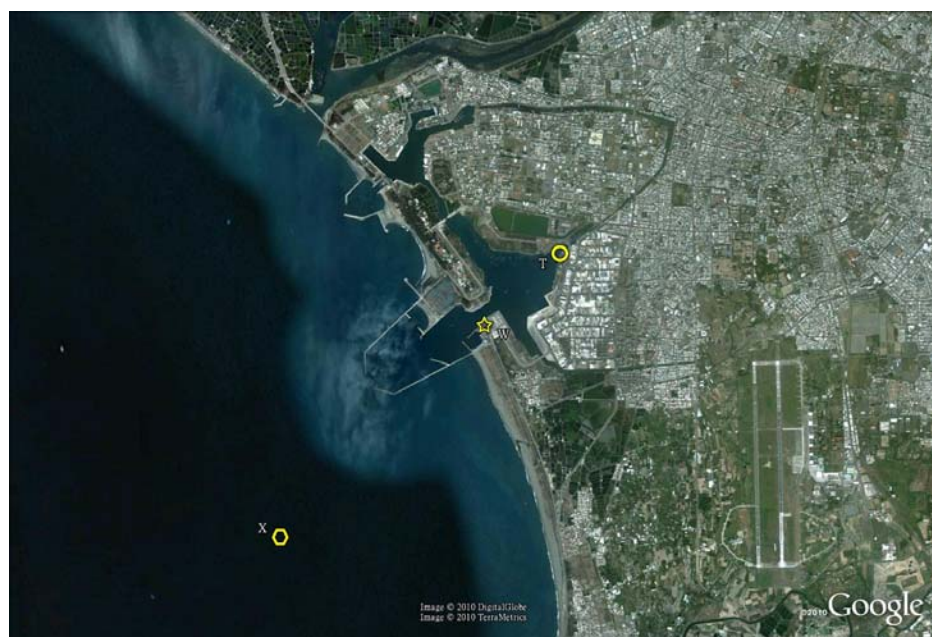


☆ 風速儀    ◎ 潮位計    ◎ 波流儀

圖 6.2.6 高雄港海氣象觀測位置圖

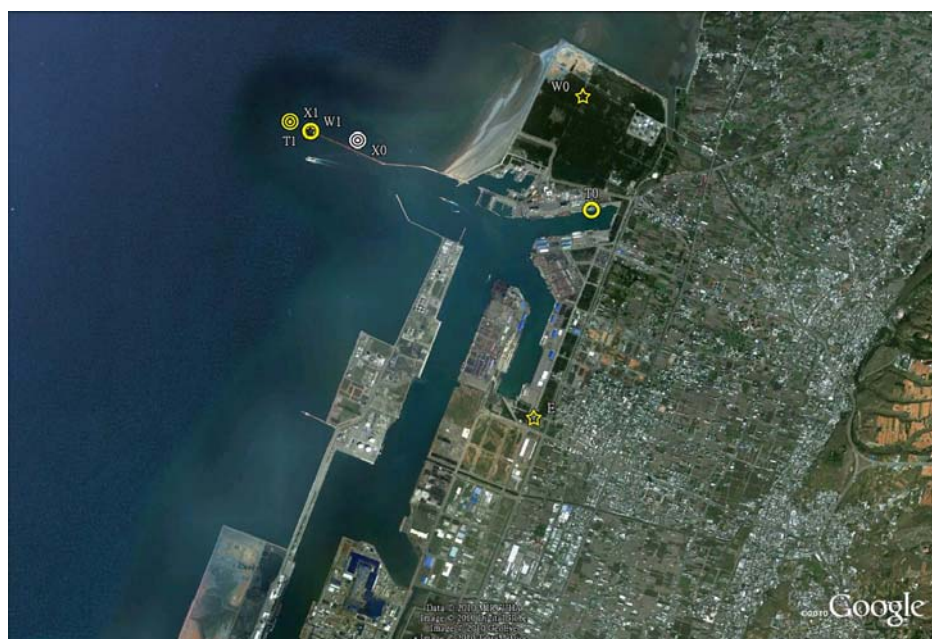


☆ 風速儀    ◎ 潮位計    ◎ 波流儀  
圖 6.2.7 布袋港海氣象觀測位置圖



☆ 風速儀    ◎ 潮位計    觀測樁  
圖 6.2.8 安平港海氣象觀測位置圖





☆ 風速儀    ◎ 潮位計    ◎◎ 波流儀  
 圖 6.2.9 台中港海氣象觀測位置圖

表 6.2-1 觀測風力資料蒐集概況表

| 序號 | 港區名稱    | 測站 | 觀測期間                  | 觀測單位  | 備註(觀測儀器)             |
|----|---------|----|-----------------------|-------|----------------------|
| 1  | 台北港(TP) | X0 | 1996/10-2004/09       | 港研中心  | 舊觀測樁 Young Brand 風速計 |
| 2  | 台北港(TP) | X1 | 2005/01-2009/11(觀測中)  | 港研中心  | 新觀測樁 Young Brand 風速計 |
| 3  | 台北港(TP) | E  | 2004/01-2009/11(觀測中)  | 中央氣象局 | Young Brand 風速計      |
| 4  | 台北港(TP) | W  | 2009/08-2009/11       | 港研中心  | Young Brand 風速計      |
| 5  | 基隆港(KL) | W  | 2002/06-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | Young Brand 風速計      |
| 6  | 基隆港(KL) | E  | 1999/01-2009/11 (觀測中) | 中央氣象局 |                      |
| 7  | 蘇澳港(SA) | W  | 2003/06-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | Young Brand 風速計      |
| 8  | 蘇澳港(SA) | E  | 1999/01-2009/11 (觀測中) | 中央氣象局 |                      |
| 9  | 花蓮港(HL) | W  | 2002/06-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | Young Brand 風速計      |
| 10 | 花蓮港(HL) | E  | 1981/02-2009/11 (觀測中) | 中央氣象局 | 0                    |
| 11 | 高雄港(KH) | W  | 2002/06-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | Young Brand 風速計      |
| 12 | 高雄港(KH) | E  | 1999/01-2009/11 (觀測中) | 中央氣象局 | 0                    |
| 13 | 安平港(AP) | X  | 1999/10-2009/11(觀測中)  | 港研中心  | 觀測樁 Young Brand 風速計  |
| 14 | 安平港(AP) | W  | 2009/08-2009/11(觀測中)  | 港研中心  | Young Brand 風速計      |
| 15 | 布袋港(PT) | W  | 2006/08-2009/11(觀測中)  | 港研中心  | Young Brand 風速計      |
| 16 | 臺中港(TC) | W0 | 1981/02-2009/11(觀測中)  | 港研中心  | Young Brand 風速計      |
| 17 | 臺中港(TC) | E  | 1996/09-2009/11 (觀測中) | 中央氣象局 |                      |
| 18 | 臺中港(TC) | W1 | 新增                    | 港研中心  |                      |

表 6.2-2 觀測波浪資料蒐集概況表

| 序號 | 港區名稱    | 測站 | 觀測期間                  | 觀測單位 | 備註(觀測儀器) |
|----|---------|----|-----------------------|------|----------|
| 1  | 台北港(TP) | X0 | 1996/10-2004/09       | 港研中心 | S4 舊觀測樁  |
| 2  | 台北港(TP) | X1 | 2004/12-2009/11(觀測中)  | 港研中心 | S4 新觀測樁  |
| 3  | 基隆港(KL) | X0 | 2001/06-2006/05       | 港研中心 | AWCP     |
| 4  | 基隆港(KL) | X1 | 2006/08-2009/11 (觀測中) | 港研中心 | AWCP     |
| 5  | 蘇澳港(SA) | X  | 2002/08-2009/11(觀測中)  | 港研中心 | AWCP     |
| 6  | 花蓮港(HL) | X  | 2000/09-2009/11 (觀測中) | 港研中心 | AWCP     |
| 7  | 高雄港(KH) | X0 | 2000/12-2005/08       | 港研中心 | AWCP     |
| 8  | 高雄港(KH) | X1 | 2005/08-2009/11 (觀測中) | 港研中心 | AWCP     |
| 9  | 安平港(AP) | X  | 1999/10-2009/11(觀測中)  | 港研中心 | S4 觀測樁   |
| 10 | 布袋港(PT) | X1 | 2006/06-2009/11(觀測中)  | 港研中心 | AWCP     |
| 11 | 布袋港(PT) | X2 | 2007/06-2007/09       | 港研中心 | AWCP     |
| 12 | 臺中港(TC) | X0 | 1999/10-2000/08       | 港研中心 | AWCP     |
| 13 | 臺中港(TC) | X1 | 2003/07-2009/11 (觀測中) | 港研中心 | AWCP     |

表 6.2-3 觀測潮汐資料蒐集概況表

| 序號 | 港區名稱    | 測站 | 觀測期間                  | 觀測單位  | 備註(觀測儀器)      |
|----|---------|----|-----------------------|-------|---------------|
| 1  | 台北港(TP) | X0 | 1996/10-2004/09       | 港研中心  | S4 舊觀測樁       |
| 2  | 台北港(TP) | X1 | 2005/01-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | S4 新觀測樁       |
| 3  | 台北港(TP) | F  | 1994/10-2009/11 (觀測中) | 水利署   | Water Log 潮位計 |
| 4  | 台北港(TP) | T  | 2009/09-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | Water Log 潮位計 |
| 5  | 基隆港(KL) | T  | 2002/07-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | Water Log 潮位計 |
| 6  | 基隆港(KL) | X0 | 2001/06-2006/05       | 港研中心  | AWCP          |
| 7  | 基隆港(KL) | X1 | 2006/08-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | AWCP          |
| 8  | 蘇澳港(SA) | T0 | 1994/07-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | Water Log 潮位計 |
| 9  | 蘇澳港(SA) | F  | 1981/01-2009/11(觀測中)  | 中央氣象局 |               |
| 10 | 蘇澳港(SA) | X  | 2002/08-2009/11(觀測中)  | 港研中心  | AWCP          |
| 11 | 花蓮港(HL) | F  | 2001/07-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | Water Log 潮位計 |
| 12 | 花蓮港(HL) | T  | 1980/01-2009/11(觀測中)  | 中央氣象局 | 0             |
| 13 | 花蓮港(HL) | X  | 2000/09-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | AWCP          |
| 14 | 高雄港(KH) | T  | 2003/06-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | Water Log 潮位計 |
| 15 | 高雄港(KH) | F  | 1988/01-2009/11(觀測中)  | 高雄港務局 |               |
| 16 | 高雄港(KH) | X0 | 2000/12-2005/08       | 港研中心  | AWCP          |
| 17 | 高雄港(KH) | X1 | 2005/08-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | AWCP          |
| 18 | 安平港(AP) | X  | 1999/10-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | 觀測樁           |
| 19 | 安平港(AP) | T  | 2008/08-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | Water Log 潮位計 |
| 20 | 布袋港(PT) | X1 | 2006/06-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | AWCP          |
| 21 | 布袋港(PT) | X2 | 2007/06-2007/09       | 港研中心  | AWCP          |
| 22 | 布袋港(PT) | T  | 2008/08-2009/11(觀測中)  | 港研中心  | Water Log 潮位計 |
| 23 | 臺中港(TC) | T0 | 1989/12-2009/11(觀測中)  | 港研中心  | Water Log     |
| 24 | 臺中港(TC) | T1 | 新增                    | 港研中心  |               |
| 25 | 臺中港(TC) | X0 | 1999/10-2000/08       | 港研中心  | AWCP          |
| 26 | 臺中港(TC) | X1 | 2003/07-2009/11 (觀測中) | 港研中心  | AWCP          |

表 6.2-4 觀測海流資料蒐集概況表

| 序號 | 港區名稱    | 測站 | 觀測期間                  | 觀測單位 | 備註(觀測儀器) |
|----|---------|----|-----------------------|------|----------|
| 1  | 台北港(TP) | X0 | 1996/10-2004/09       | 港研中心 | S4 舊觀測樁  |
| 2  | 台北港(TP) | X1 | 2004/12-2009/11(觀測中)  | 港研中心 | S4 新觀測樁  |
| 3  | 基隆港(KL) | X0 | 2001/06-2006/05       | 港研中心 | AWCP     |
| 4  | 基隆港(KL) | X1 | 2006/08-2009/11 (觀測中) | 港研中心 | AWCP     |
| 5  | 蘇澳港(SA) | X  | 2002/08-2009/11(觀測中)  | 港研中心 | AWCP     |
| 6  | 花蓮港(HL) | X  | 2000/09-2009/11 (觀測中) | 港研中心 | AWCP     |
| 7  | 高雄港(KH) | X0 | 2000/12-2005/08       | 港研中心 | AWCP     |
| 8  | 高雄港(KH) | X1 | 2005/08-2009/11 (觀測中) | 港研中心 | AWCP     |
| 9  | 安平港(AP) | X  | 1999/10-2009/11(觀測中)  | 港研中心 | S4 觀測樁   |
| 10 | 布袋港(PT) | X1 | 2006/06-2009/11(觀測中)  | 港研中心 | AWCP     |
| 11 | 布袋港(PT) | X2 | 2007/06-2007/09       | 港研中心 | AWCP     |
| 12 | 臺中港(TC) | X0 | 1999/10-2000/08       | 港研中心 | AWCP     |
| 13 | 臺中港(TC) | X1 | 2003/07-2009/11 (觀測中) | 港研中心 | AWCP     |

### 6.3 2010 年作業化海象模擬與實測結果比較

在駐點專案助理協助整理風力、波浪、水位、潮流模擬成果評估項目，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 2009 年 12 月至 2010 年 11 月的資料，評估表格附錄 III 如表 1.1 至表 1.11 為與風場相關的評估；而表 1.12 至表 1.22 則為與波場有關的評估成果；表 1.23 至表 1.11 為水位相關的評估；而表 1.12 至表 1.22 則為與流場有關的評估成果；表至表相關作業化成果眾多以 2010 年梅姬颱風歷線圖說明如下：

風場模擬成果評估項目包括各港區風力觀測及 RC 與 MC 預報資料相關統計結果，以及繪製預報與觀測水位歷線之比較圖(如圖 6.3.1 至圖 6.3.4 所示)歷線比較圖，雖然風速值各港口略有差異，但相關趨勢仍佳。

波浪模擬成果評估項目包括各港區波浪觀測及 WAM 及 SWAN 相關統計結果，以及繪製預報與觀測水位歷線之比較圖(如圖 6.3.5 至圖 6.3.6 所示)，相關趨勢可知中尺度 SWAN 結果較大尺度 WAM 模式佳。

水位模擬成果評估項目包括各港區水位觀測及中尺度水位預報偏差值等統計結果，以及繪製預報與觀測水位歷線之比較圖(如圖 6.3.7 所示)，現階段水位預報以可符合目前需求。

流場模擬成果評估項目包括各港區流場觀測及中尺度流場模擬結果資料相關統計結果，以及繪製預報與觀測水位歷線之比較圖(如圖 6.3.8 及 6.3.9 所示)，由歷線圖相關趨勢可知中尺度流場由於受限於作業化網格大小，故除台北港較佳外其餘港口相關性不佳，仍待將港區流場作業化後再進行相關評估。

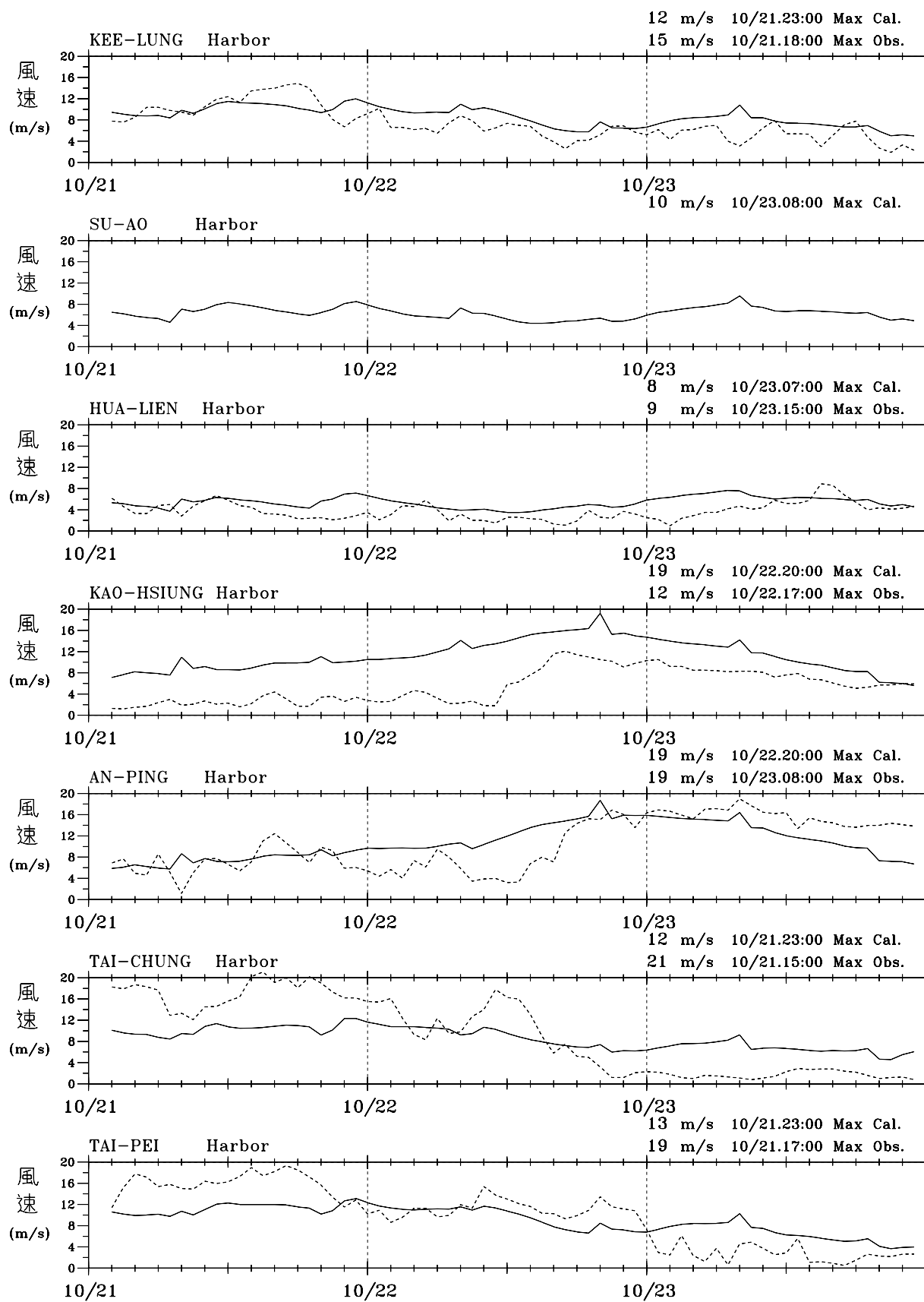


圖 6.3.1 梅姬颱風風速比對 (實線:RC, 虛線: 觀測)

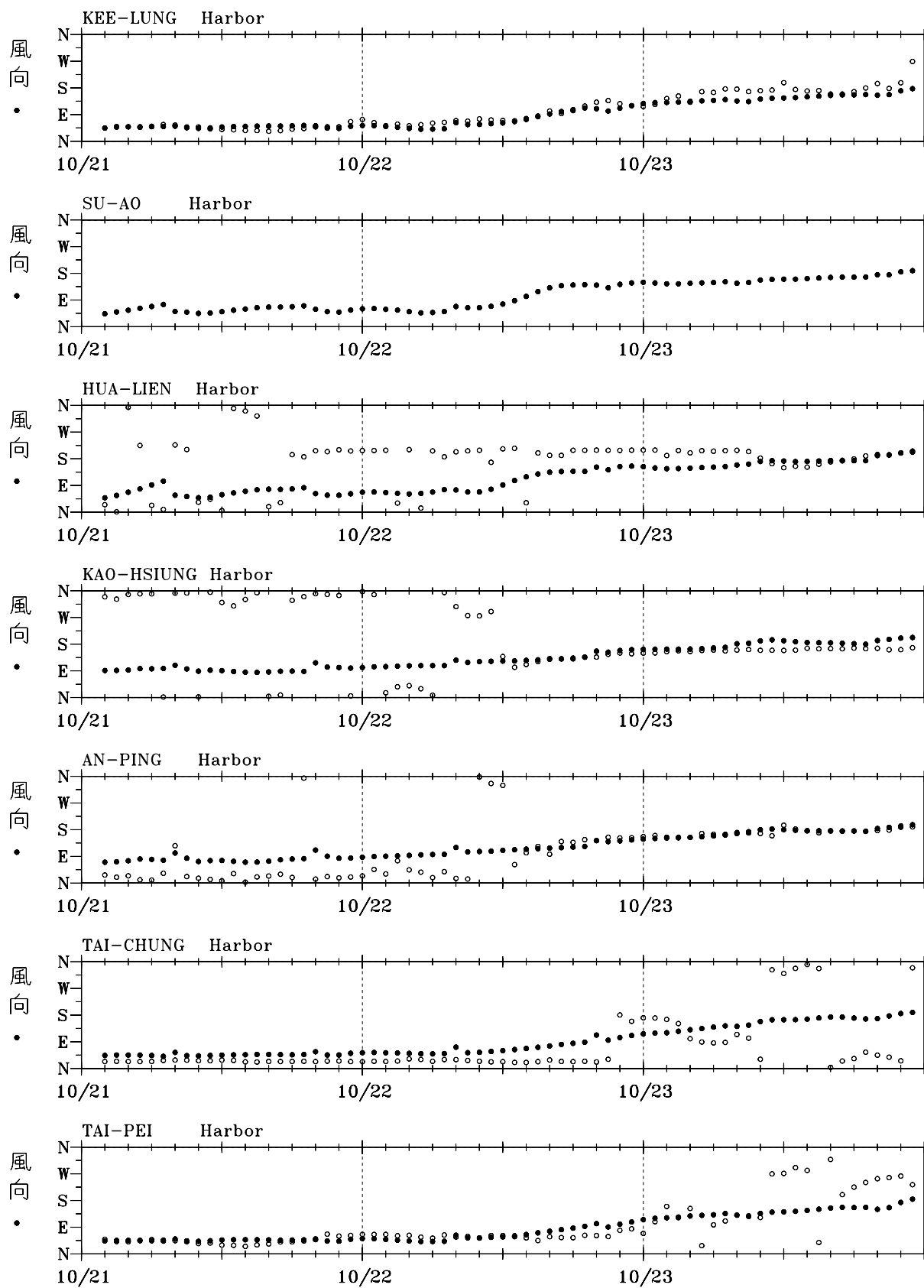


圖 6.3.2 梅姬颱風風向比較 (實圓:RC, 虛圓:觀測)



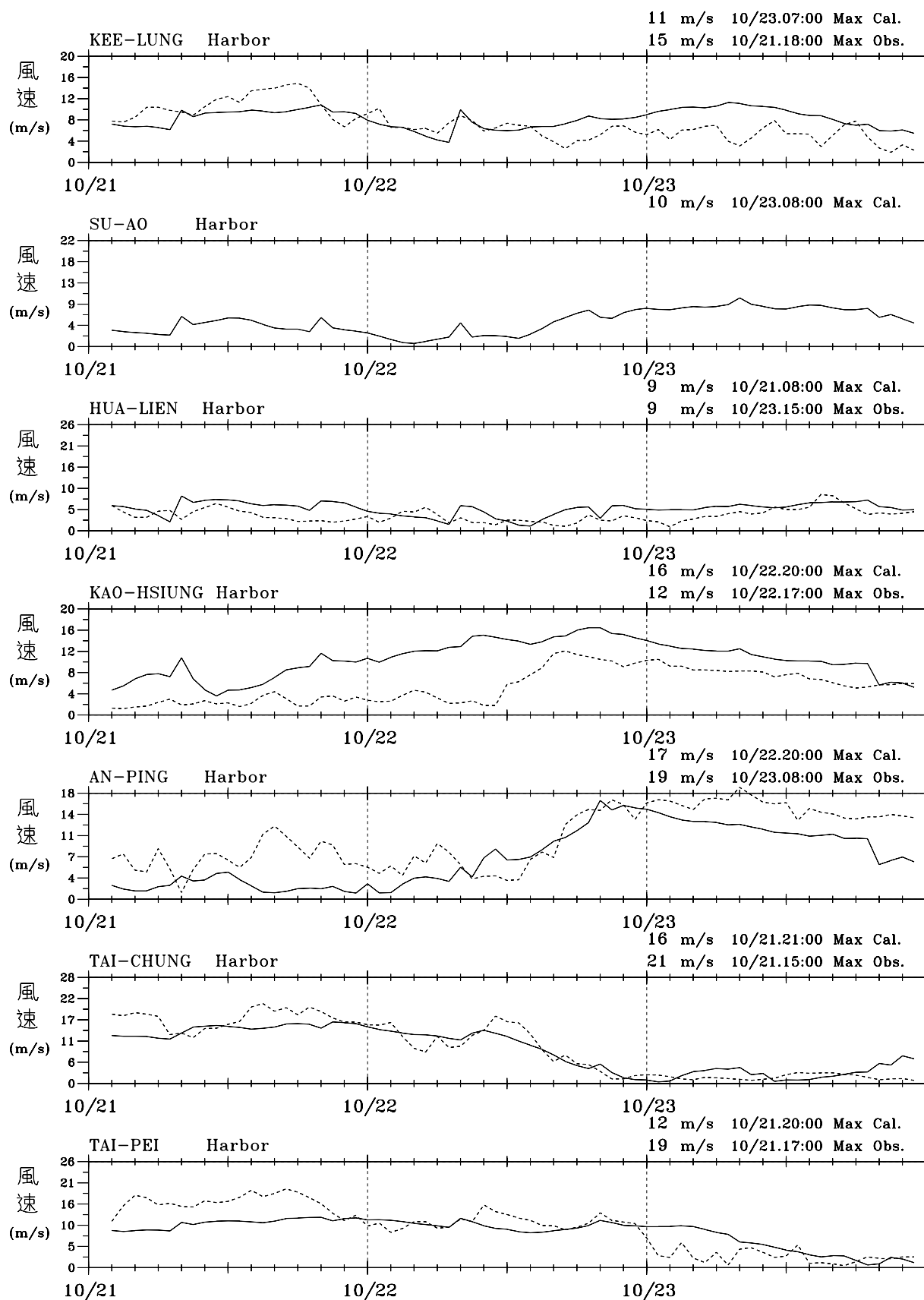


圖 6.3.3 梅姬颱風風速比對 (實線:MC, 虛線: 觀測)

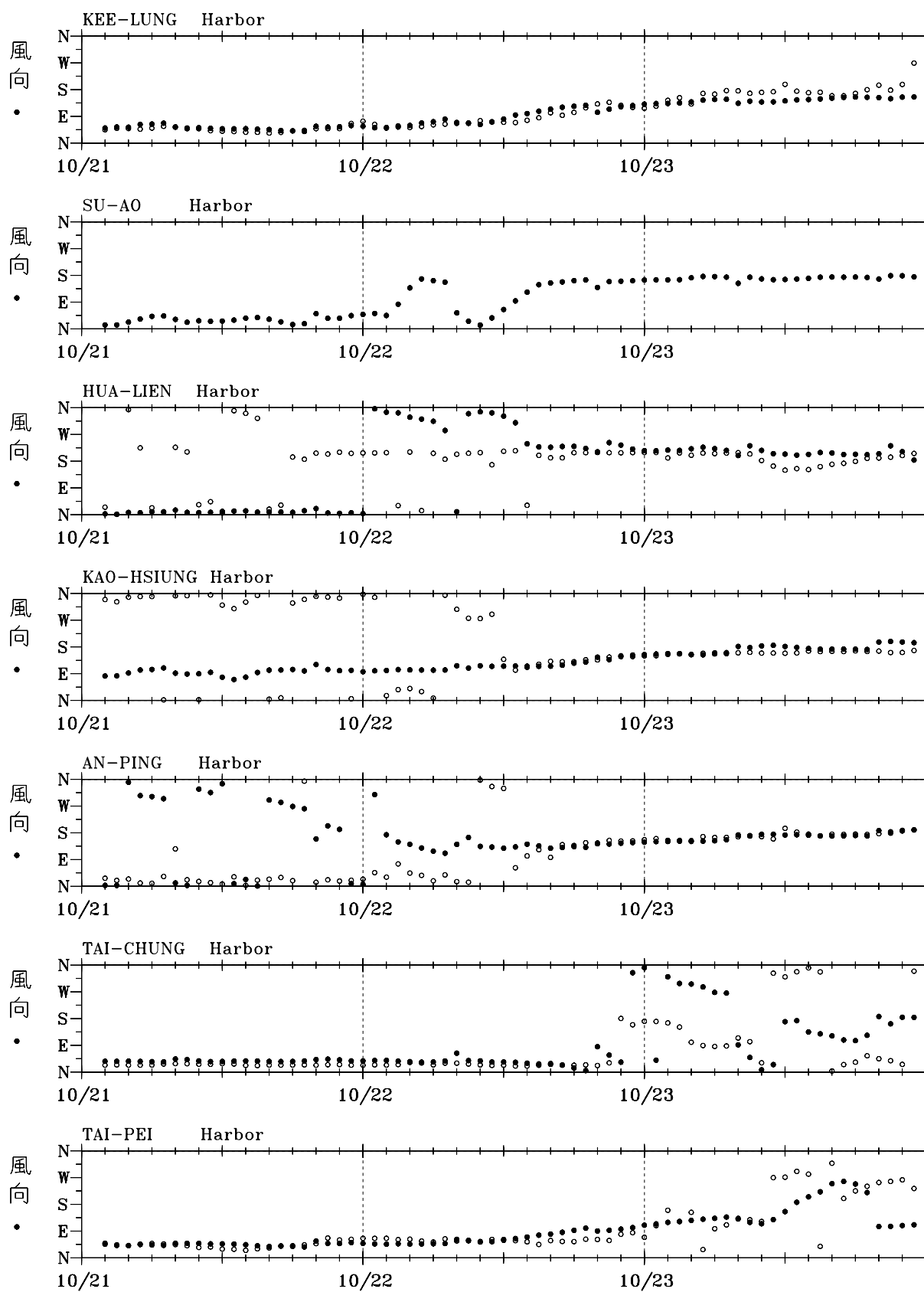


圖 6.3.4 梅姬颱風風向比較 (實圓:MC, 虛圓: 觀測)

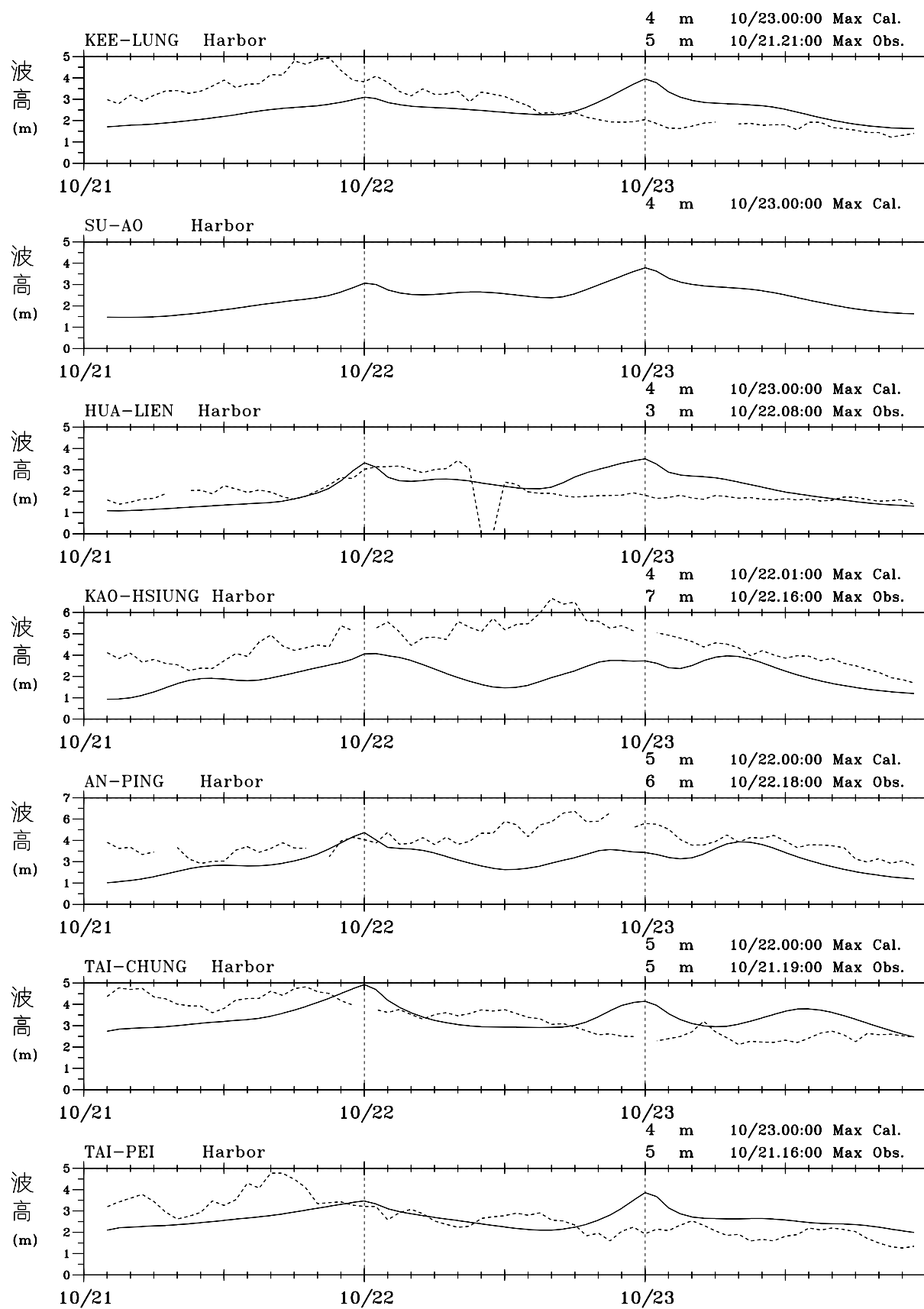


圖 6.3.5 梅姬颱風波高比較 (實線:WAM, 虛線: 觀測)

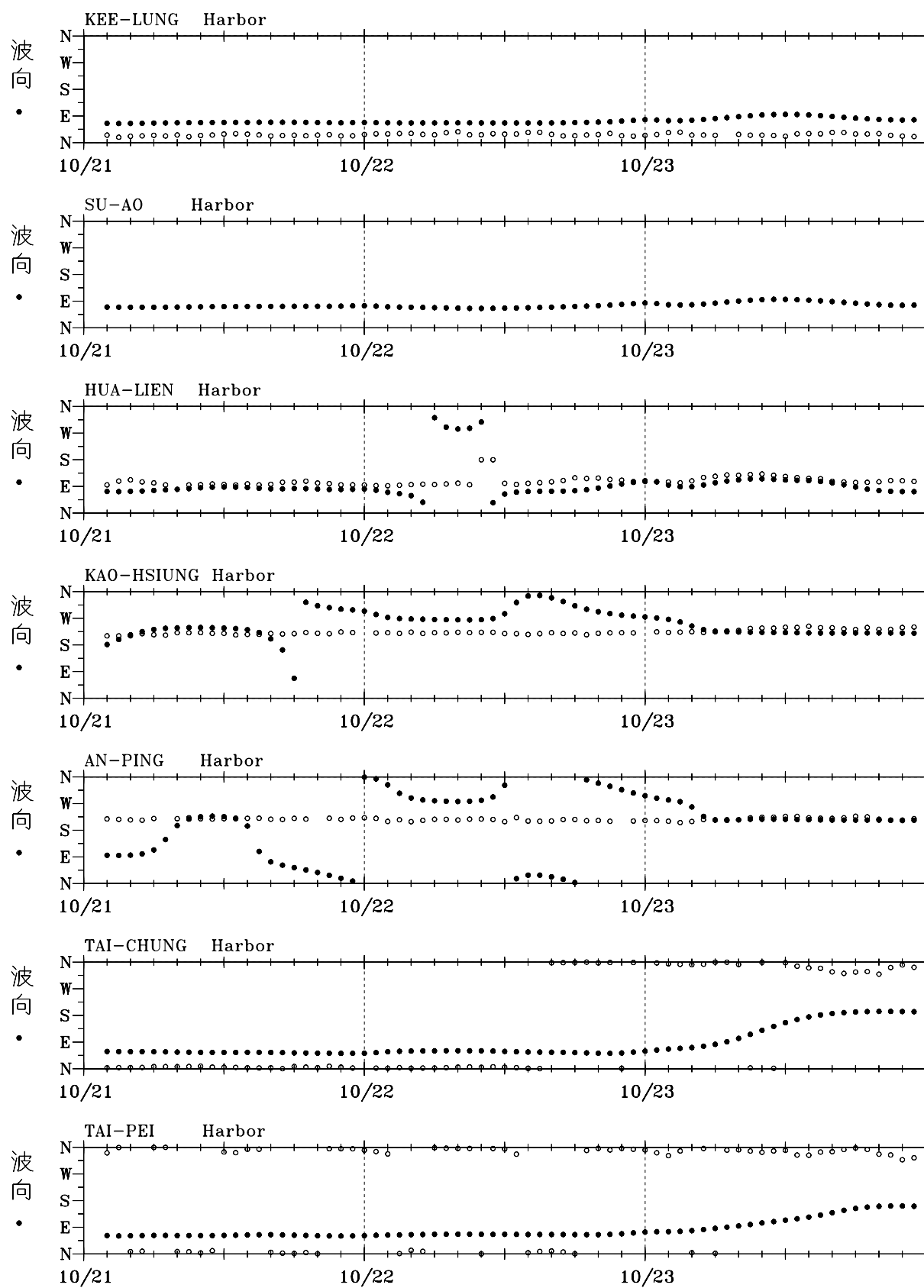


圖 6.3.6 梅姬颱風波向比較 (實圓:WAM, 虛圓: 觀測)

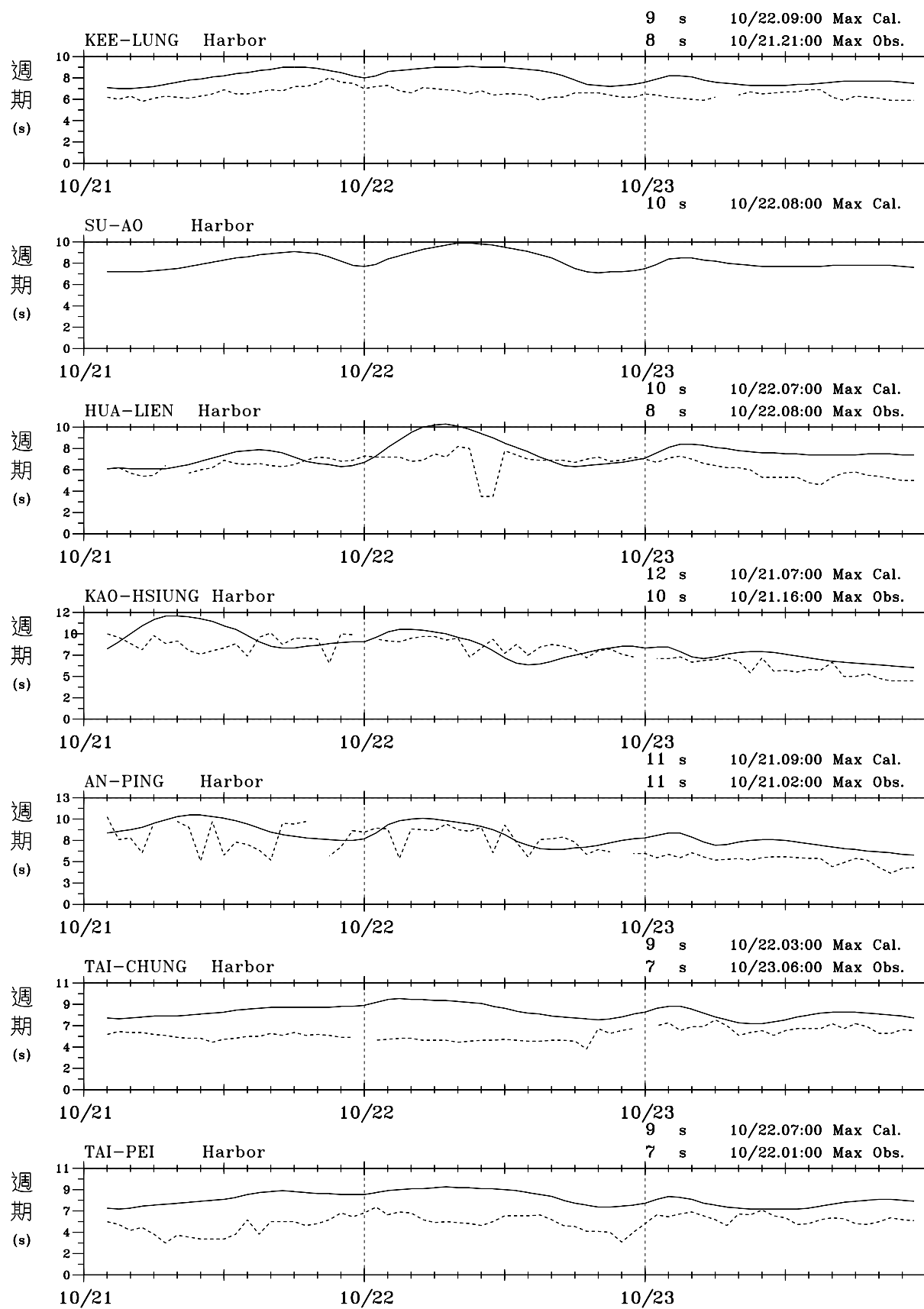


圖 6.3.7 梅姬颱風週期比較 (實圓: WAM, 虛線: 觀測)

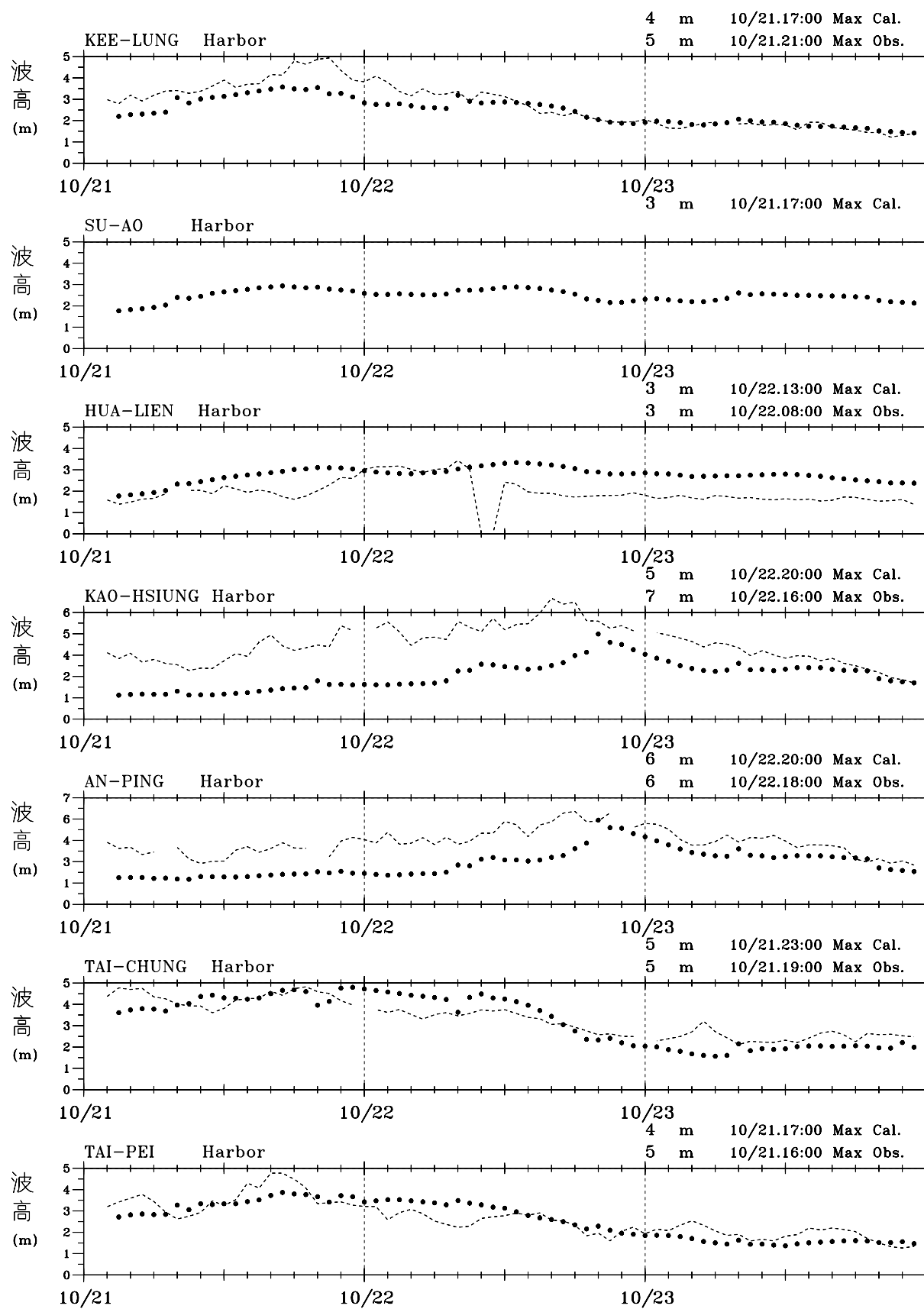


圖 6.3.8 梅姬颱風波高比較 (實線:SWAN, 虛線:觀測)

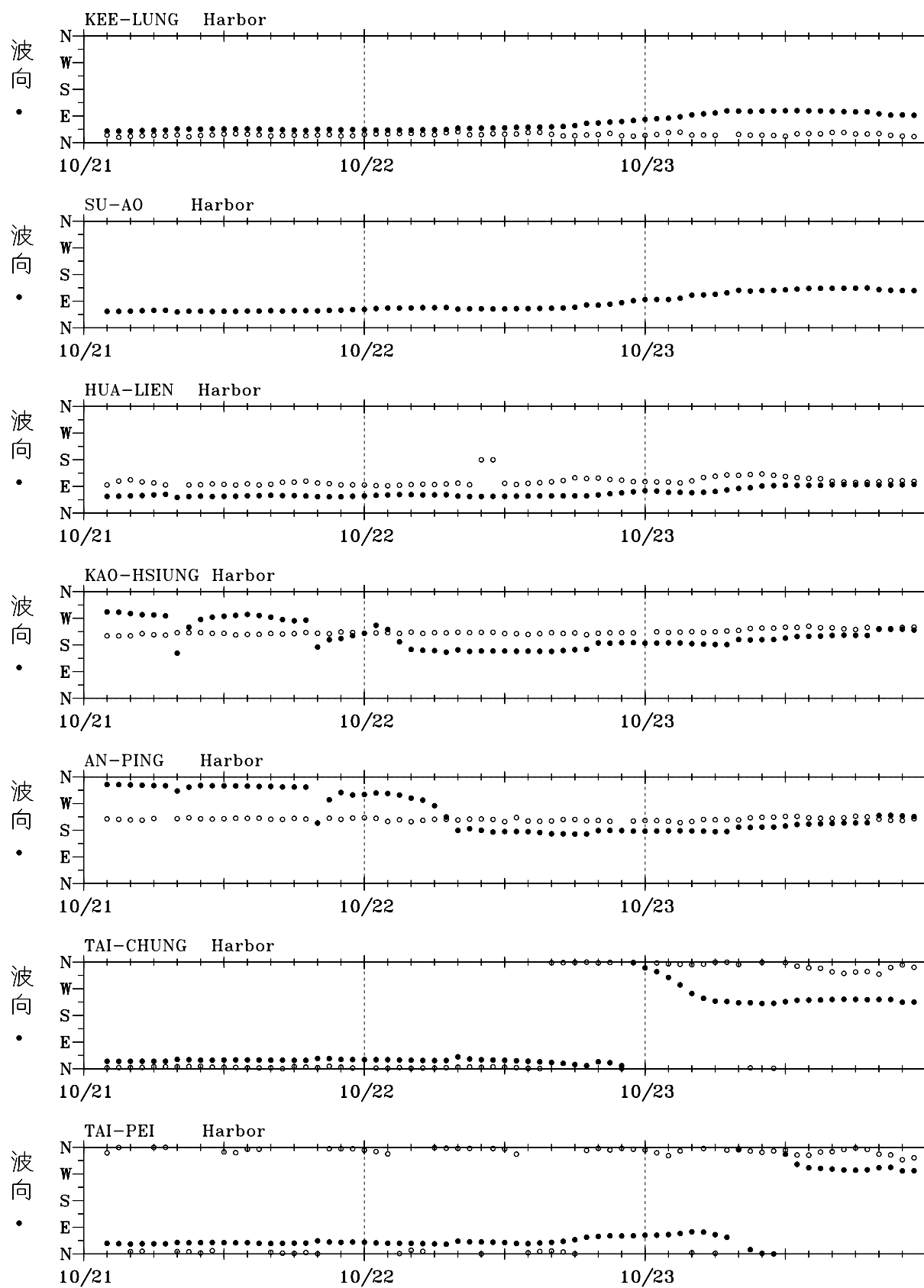


圖 6.3.9 梅姬颱風波向比較 (實圓:SWAN, 虛圓: 觀測)

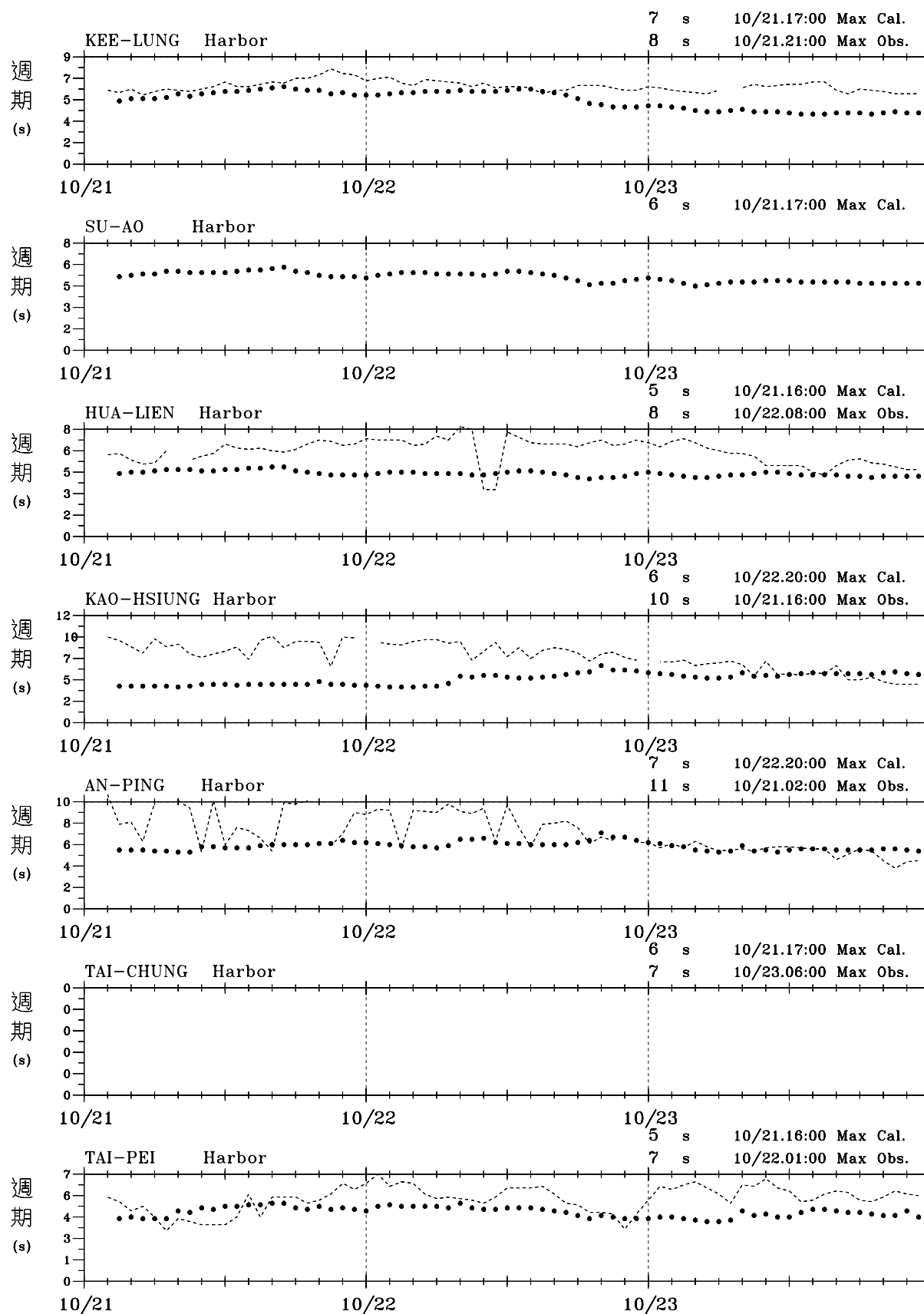


圖 6.3.10 梅姬颱風週期比較 (實線:SWAN, 虛線: 觀測)



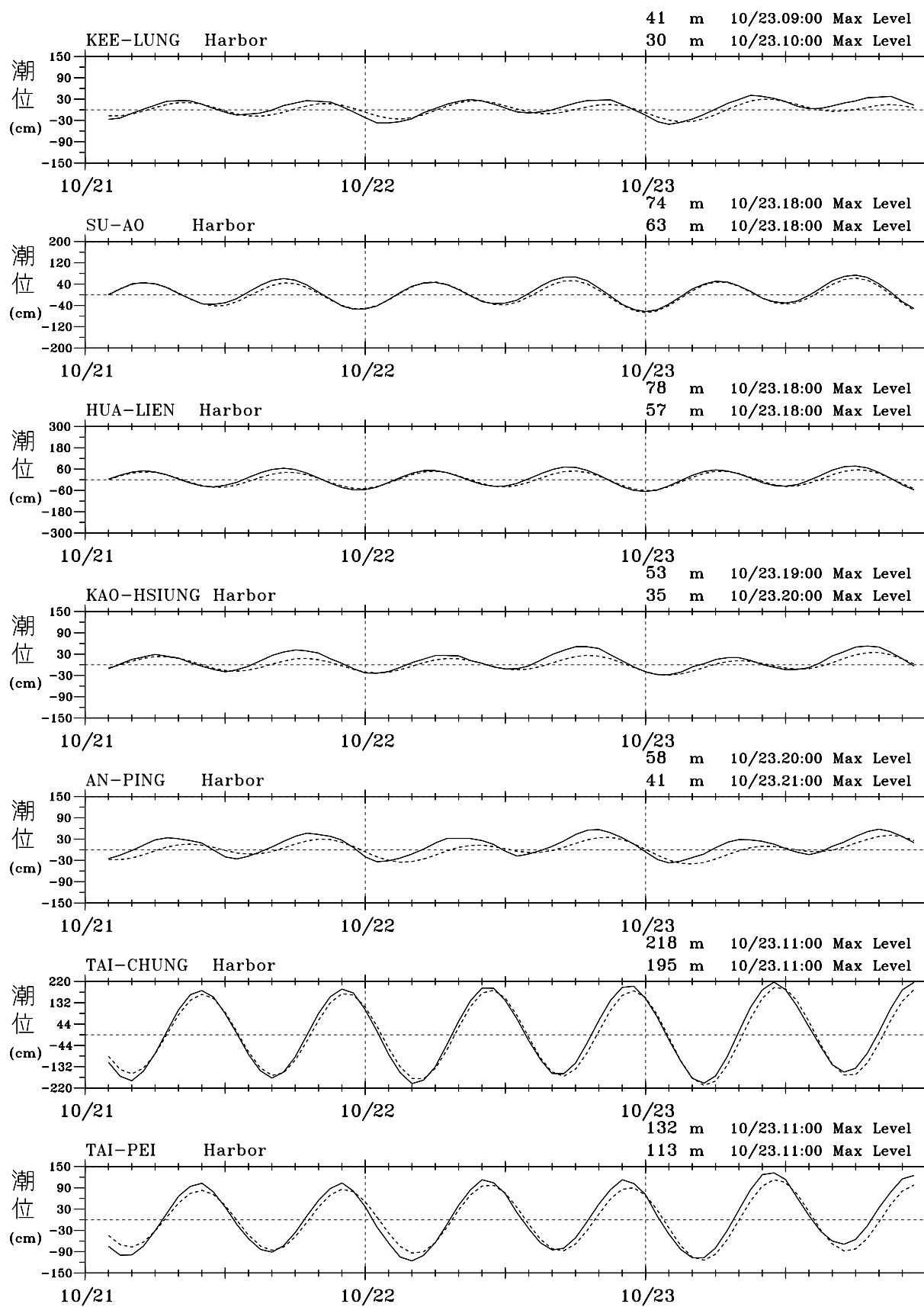


圖 6.3.11 梅姬颱風潮位比對 (實線: 模擬, 虛線: 觀測 1)

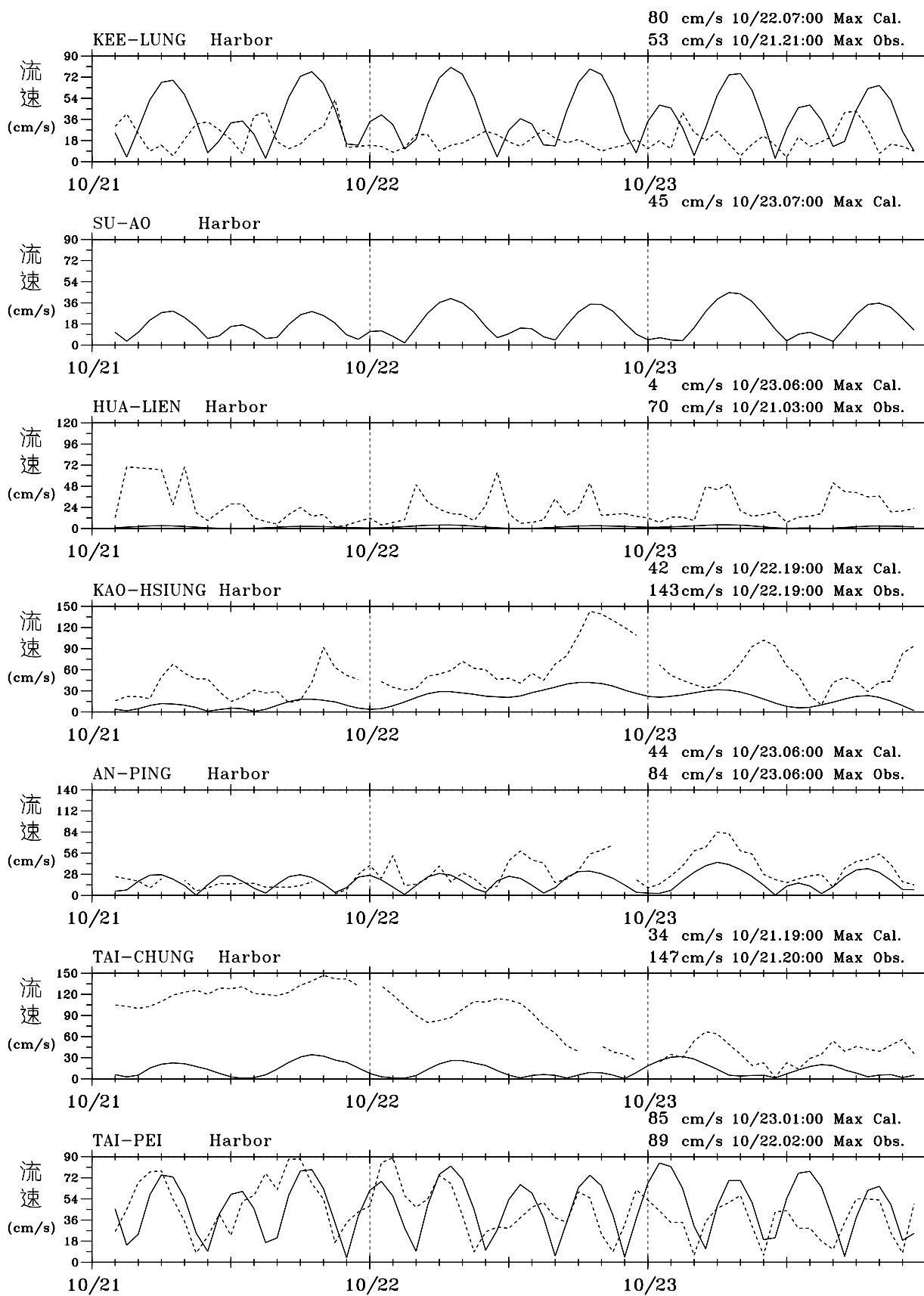


圖 6.3.12 梅姬颱風流速比對 (實線: 模擬, 虛線: 觀測)

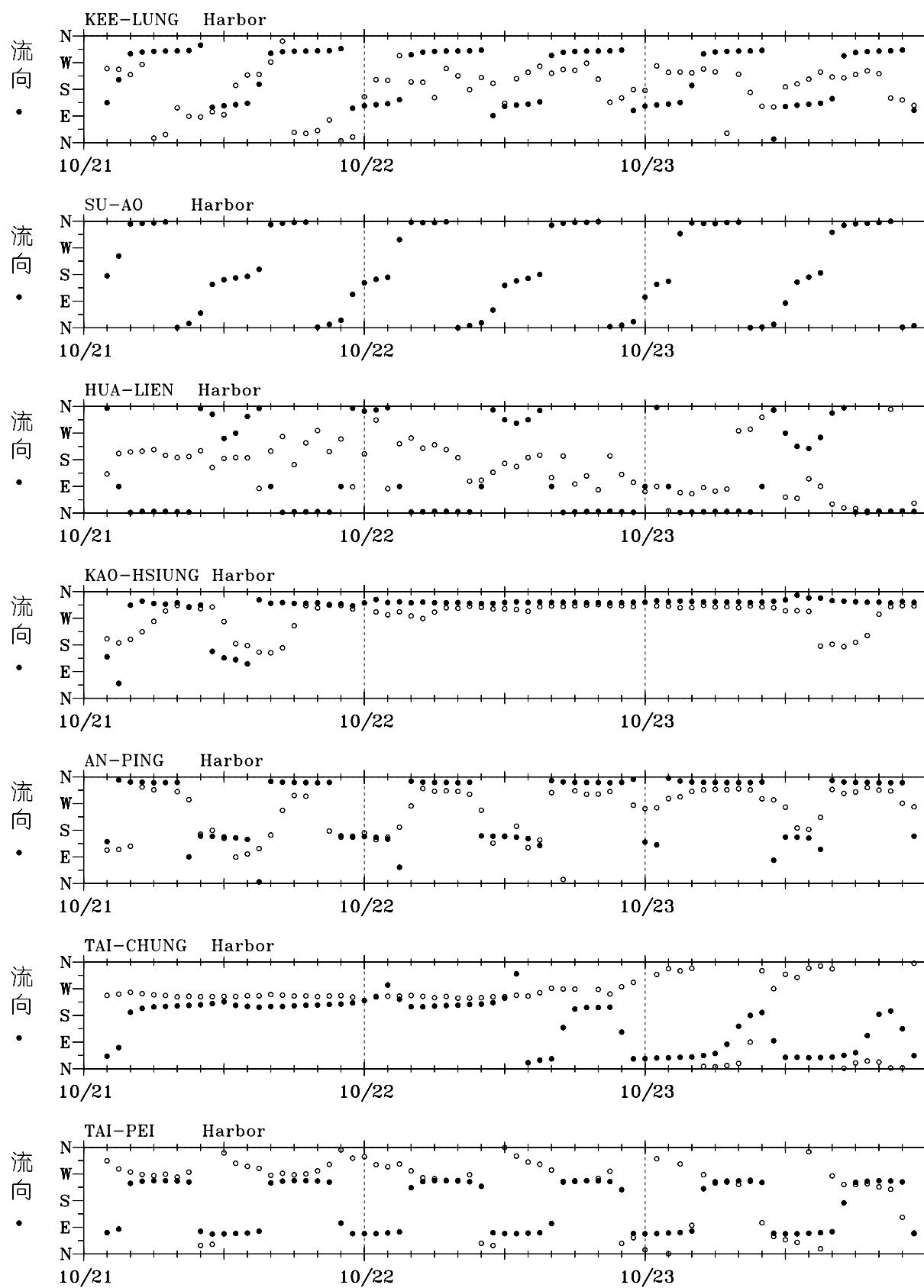


圖 6.3.13 梅姬颱風流向比對 (實圓: 模擬, 虛圓: 觀測)

## 6.4 臺灣主要港灣環境資訊系統

本計畫配合本所港灣環境資訊室建置，維持每日定時自動蒐集數值預報子系統相關資料包括 72 小時模擬及即時模擬等預報資料相關風、波、潮及流數值模擬結果，以提供外界使用。

### 6.4.1 港灣環境資訊系統概觀

港灣環境資訊系統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6.4.1所示：

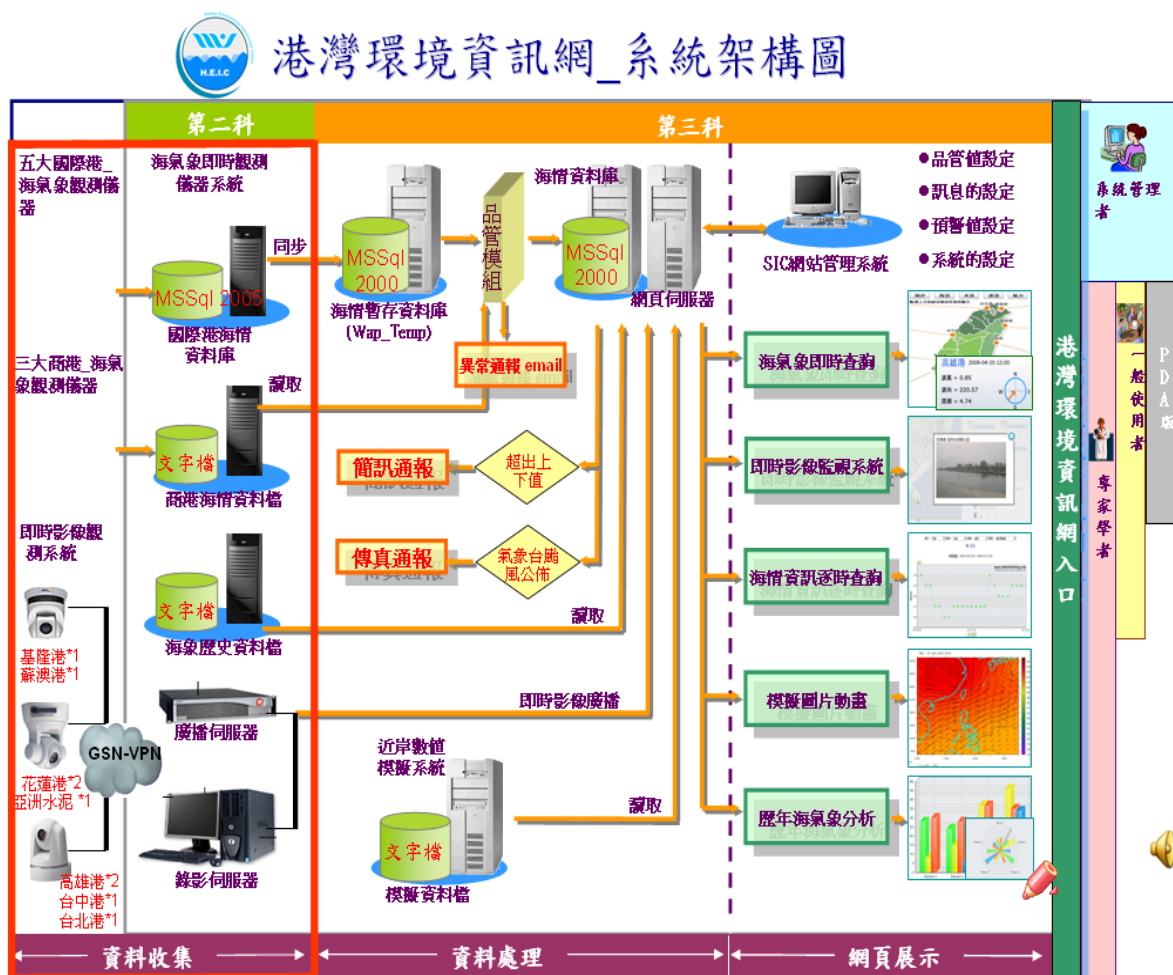


圖 6.4.1 港灣環境資訊網系統架構圖

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、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 6.4.2。

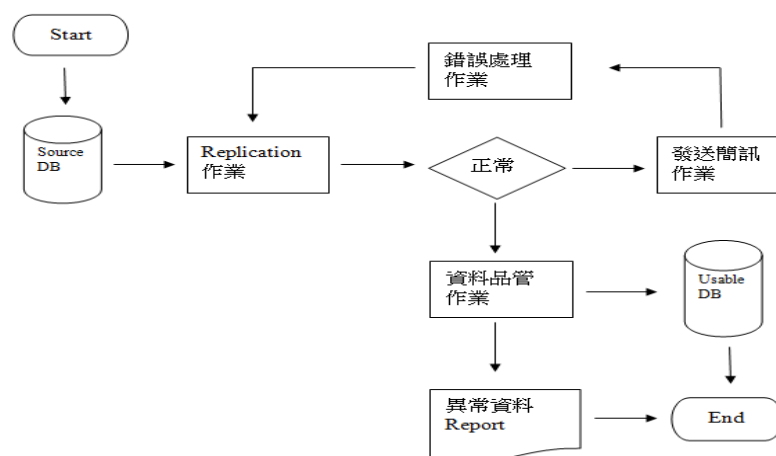


圖 6.4.2 海氣象觀測之海情資料庫作業流程

現階段數值預測模式系統提供至中心之港灣環境資訊網內運作，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 6.4.3 所示。

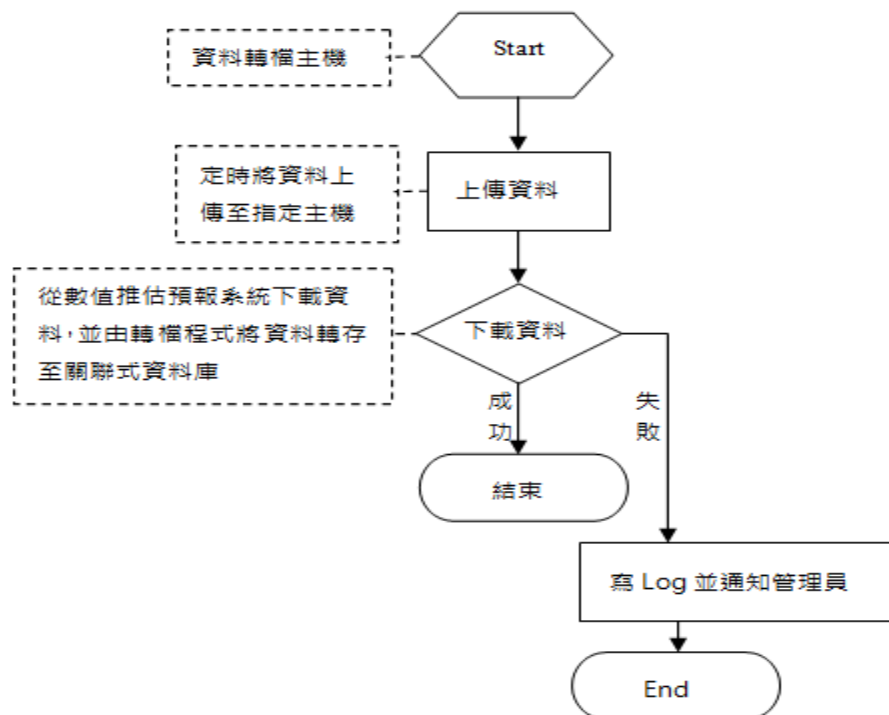


圖 6.4.3 近岸數值模擬系統傳輸流程圖

視窗化展現，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 6.4.4~圖 6.4.6 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 6.4.7 所示。

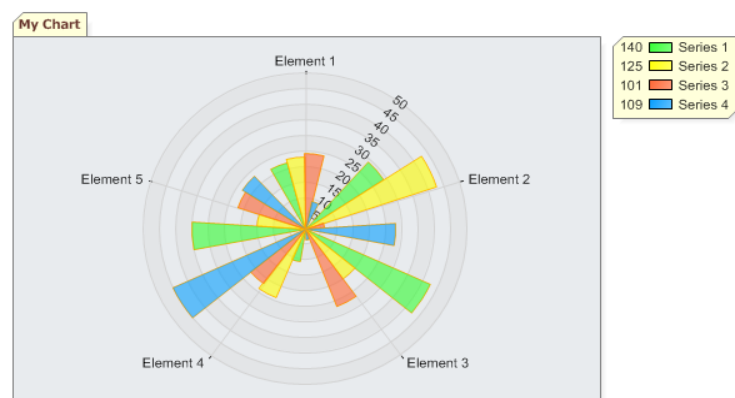


圖 6.4.4 玫瑰圖

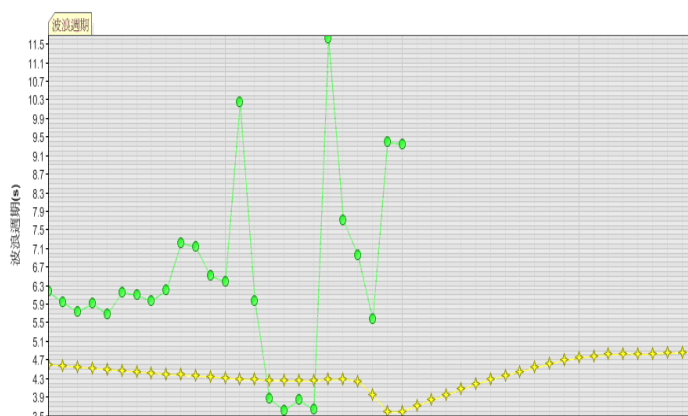


圖 6.4.5 歷線圖

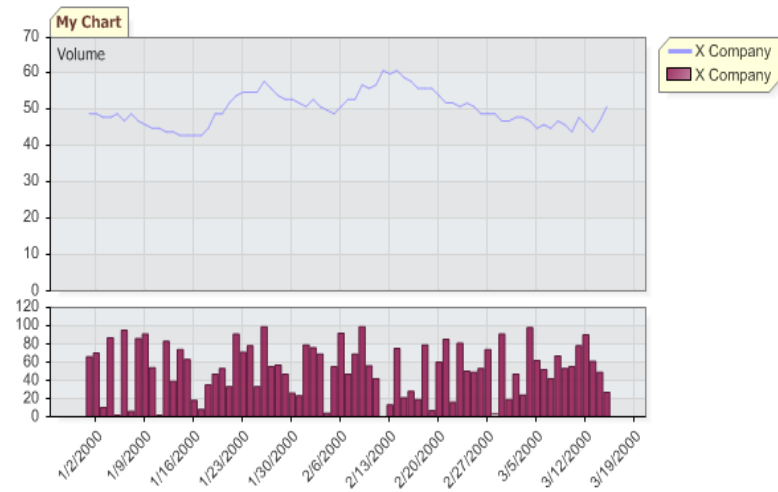


圖 6.4.6 長條圖

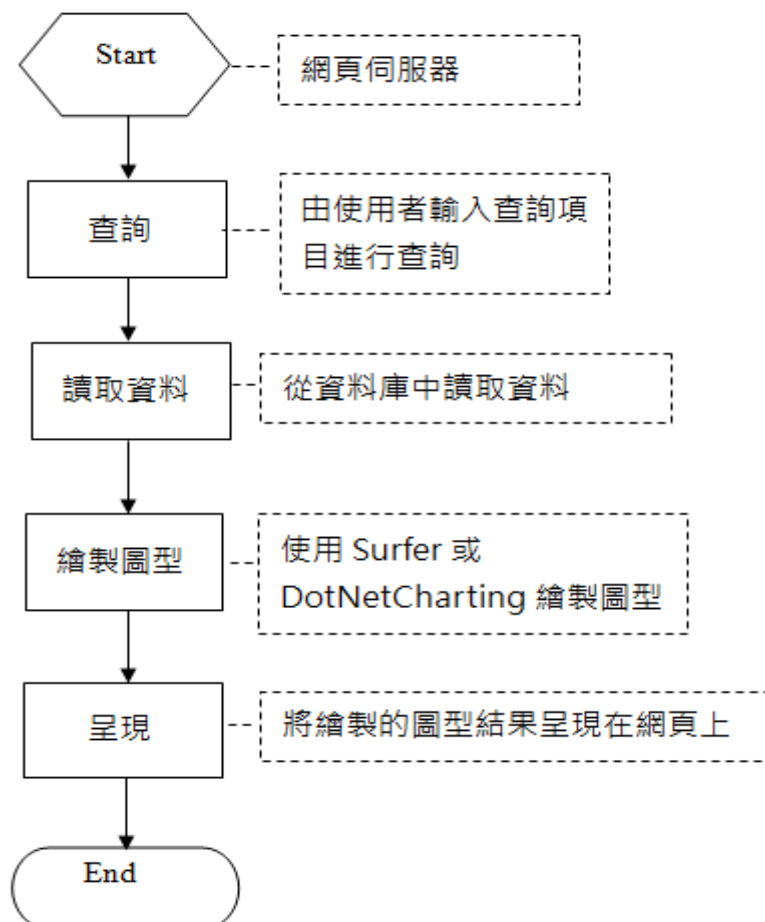


圖 6.4.7 數值預報與即時觀測資料數據繪圖流程圖



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 6.4-1 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<br>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。

## 6.4.2 港灣環境資訊系統展示內容

海情資料室為整合五大國際港(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)及各港口歷史統計資料等來源，以網際網路方式 <http://isohe.ihmt.gov.tw/index.aspx> 展示，主要建置於 MSSQL 資料庫，採用 Silverlight 及 DotNetCharting 軟體工具將資料視覺化，相關系統展示成果如下所述

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、海流、水溫、波浪、風力資訊依照各港口顯示目前資料庫最後時間的資料，操作畫面如圖 6.4.8 所示。

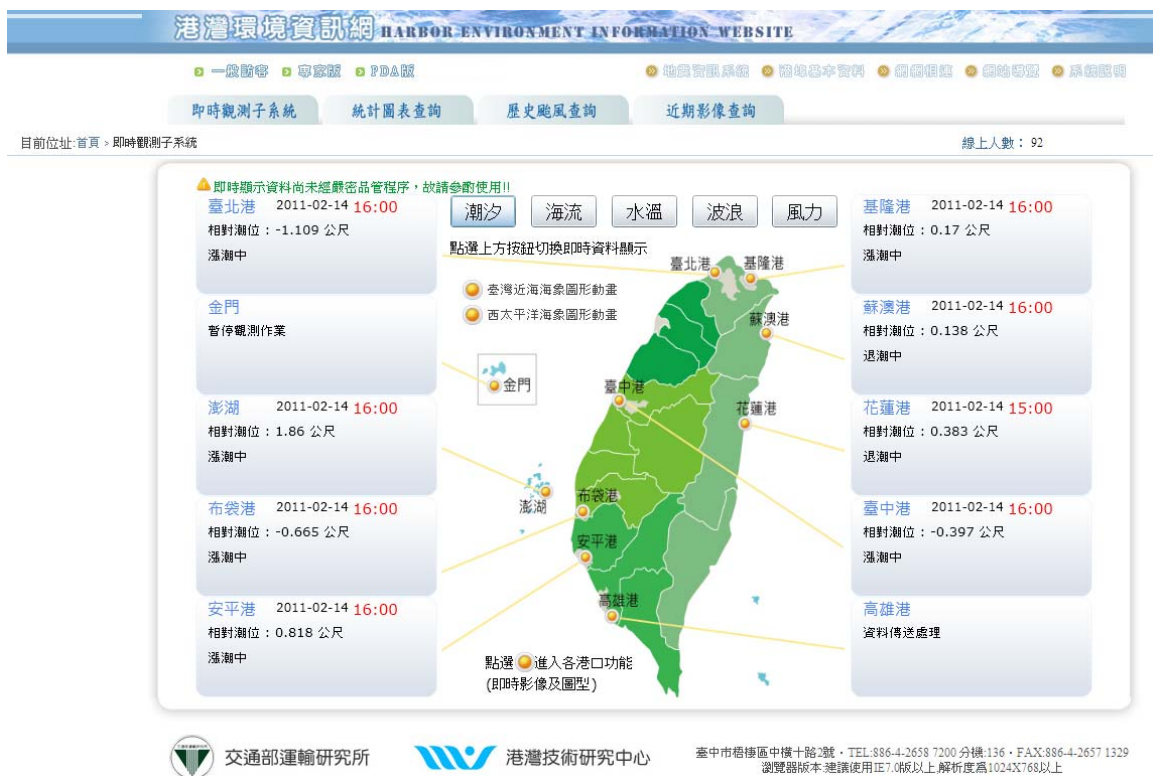


圖 6.4.8 港灣環境資訊網首頁資訊

動畫模擬資訊可選擇由本計畫所提供西太平洋或台灣近海 72 小時模擬資訊，以下拉式選擇海象顯示，包含氣壓及風速向量場分佈圖、波高分佈圖、波浪週期分佈圖、波高分佈圖、水位分佈圖及流速向量場分佈圖，操作畫面如圖 6.4.9 所示。

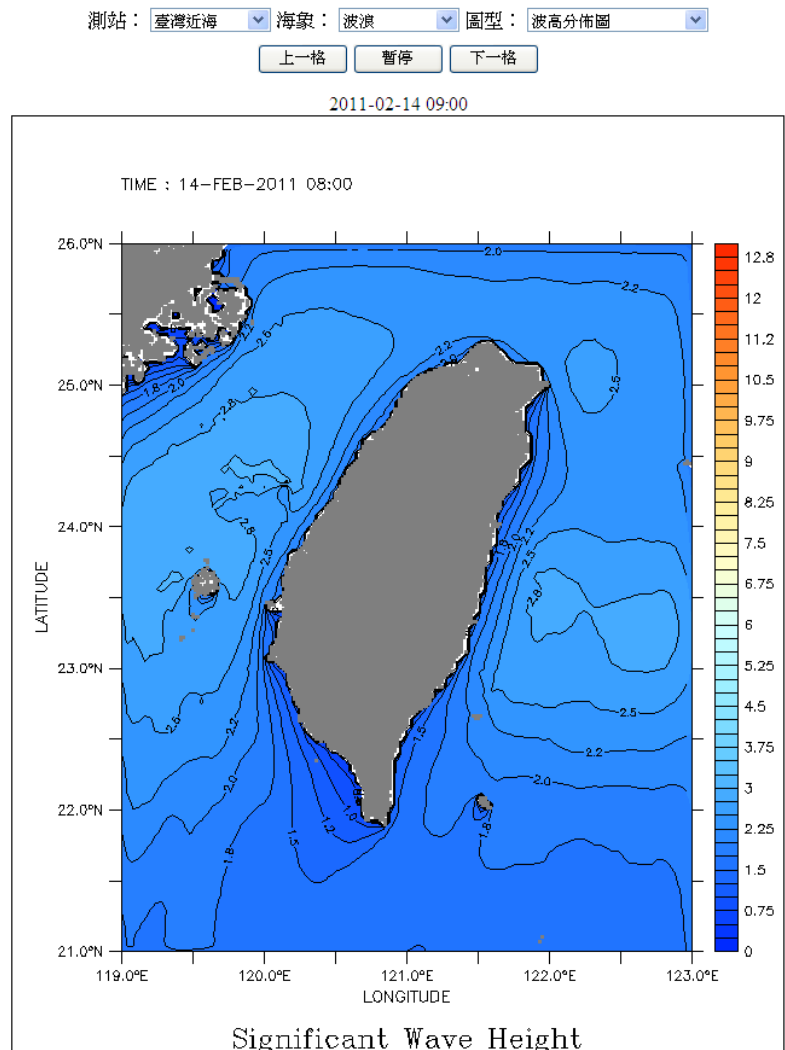


圖 6.4.9 西太平洋或台灣近海動畫頁面

港灣資訊包含國際港或商港各海氣象歷線圖及即時影像，一般資訊頁介面設計如圖 6.4.10 所示。



圖 6.4.10 港口一般資訊頁面

海氣象歷線圖可由圖 6.4.10 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、風向等資訊展示出測站有關風力之前一日歷線圖資訊。歷線圖及數據介面設計以 2010 年凡那比(FANAPI)侵台時間網站提供相關歷線圖，如圖 6.4.11～圖 6.4.18 所示。



圖 6.4.11 風速歷線圖



圖 6.4.12 風向歷線圖



圖 6.4.13 波高歷線圖



圖 6.4.14 波浪週期歷線圖





圖 6.4.15 波向歷線圖

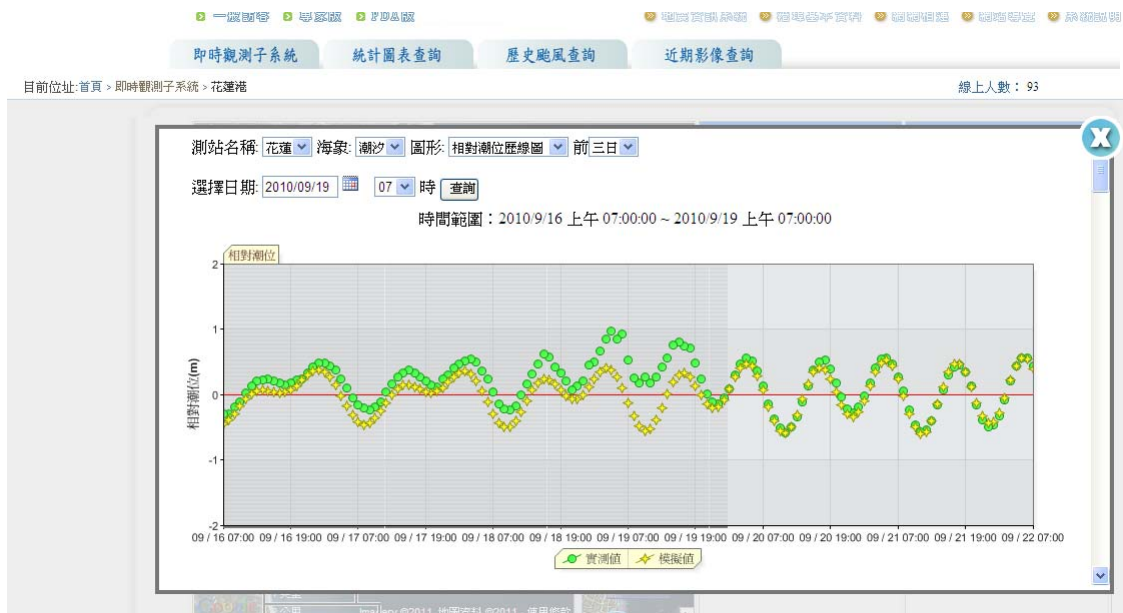


圖 6.4.16 潮汐歷線圖

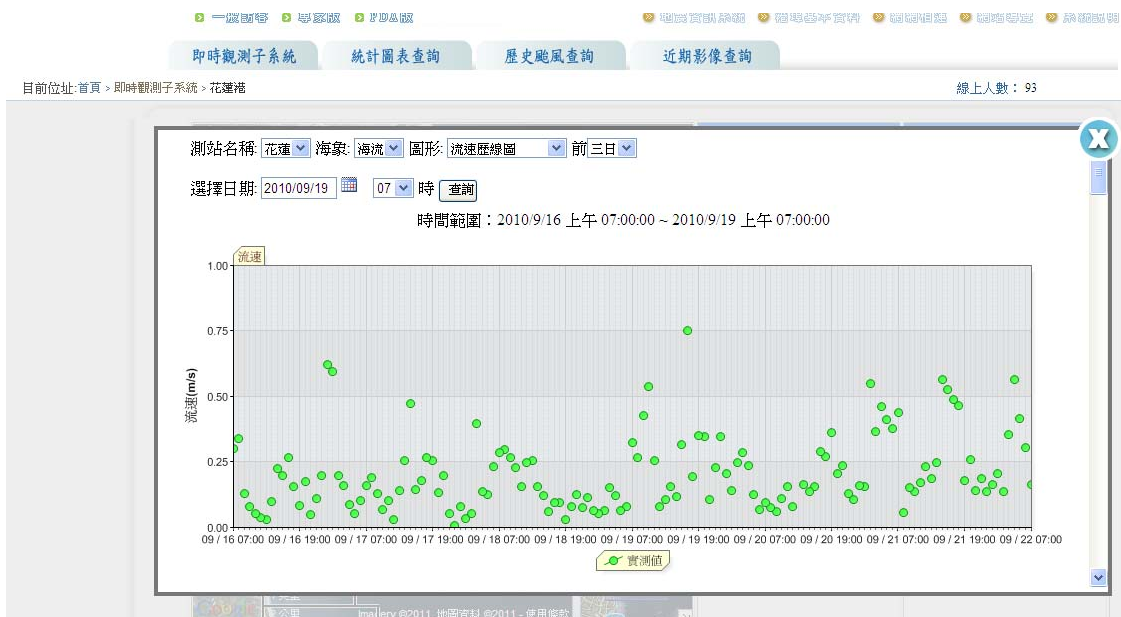


圖 6.4.17 海流歷線圖

歷史颱風查詢使用者可查詢選錄的颱風相關海氣象模擬動畫，並下載相關資料如圖 6.4.18 所示。

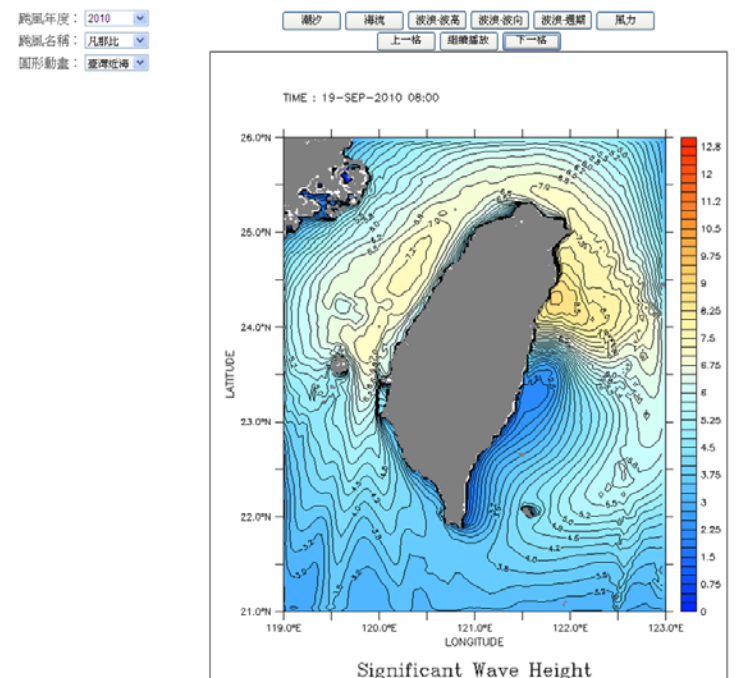


圖 6.4.18 歷史颱風查詢



## 第七章 結論與建議

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。建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供緊急海難、港口航運安全所需之流場預警資訊。建立臺灣海嘯早期預警系統，迅速提供海嘯發生時對港區水位變化影響。

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。

### 7.1 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。預報風場及氣壓場方面，由中央氣象局每日同步提供即時 NFS 預報風場及氣壓場資訊。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。98 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  $1^{\circ}$  左右，後續延續計畫可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。波浪模式維持正式上線後進行每日 72 小時預報，並完成全年度評估成果。精進波浪自動化預報系統：本年度重新檢核相關作業化系統內部參數，於 99 年 6 月後調整 WAM 結合 SWAN 模式部份輸入條件後，各港區風浪波高波向等已有明顯改善；並於 99 年 8 月後調整 SWAN 時間間距由原本三小時一筆改為每小時一筆。本計畫除了進行本年度的即時性波浪推算外，也對 2005 年至 2009 年各月份的風場進行波浪場的追算。
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，加上本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，全域二維海流模式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作業化預報港區模擬結果比對顯示，各港區水位模擬結果與實測水位相當吻合；海流模擬結果則受限於模式網格解析度，比對結果仍有改善空間。
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。本計畫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，初步完成七大

商港水位及流場之模擬，並進行模擬結果的驗證。本年度基隆港水動力修正模式之流況模擬結果經與基隆港外海觀測資料之潮流分析結果比較，模式模擬結果之精確度較上年度模擬結果有顯著提升。

9. 在考慮風場效應之流況模擬結果部分，比較低潮位及高潮位時流速差分布情形，在大潮期間，顯示在風場作用下，除了岸邊水深較淺處流速變化較大外，基隆嶼與平和島間之海底淺灘區亦有較大的流速變化；在小潮期間，結果顯示除了上述流速變化較大的地區速度差值有增加之現象外，整體而言，在持續風場作用下流速差值有逐漸增加之趨勢。
10. 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，互逆格林函數法之特性有助於海嘯波高資料庫之建立，利用 Matlab 軟體撰寫而成之介面以及遠端擷取之功能，可結合為一「遠/近域海嘯早期預警系統」，其計算範圍可包含環太平洋地震帶，波高資料庫也涵蓋國內各重要港口。目前海嘯波高資料庫亦於中心內部運作。該系統經與 2010 年智利海嘯基隆港實測水位比較後，証實預測之水位變化及到達時間與實測資料十分接近。。
11. 目前 TaicomS 系統已經完全在本中心執行維護，並整合入中心『港灣環境資訊系統』展示相關查詢成果，彙整展示七個主要商港現場觀測及數值模擬計算時間及空間所得之港區附近海域海象觀測與預報資訊比對提供使用者參考，亦可作為模式修正的資訊。

## 7.2 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。
3. 對 2005 年~2009 年的颱風時期的數值模擬推算，並針對 7 個商港進行的討論與比較中，可以發現波浪推算模式可以適切地反映出區域性的波動特性。未來可藉由數值模式的擴大模擬推算，以及與現場實測波動的比較而更瞭解台灣附近海域的波動特性。
4. 波浪預報中的相關輸出參數由於離散化的過程而可能產生與實測值間的偏差，應在檢討各比較參數的適切性。例如，譜峰週期與主波方向因屬於離散化的處理結果，例如理論頻譜的成分波分割，以及方向分佈的分割，其譜峰週期與主波方向角度都會被簡化成其成分波的代表週期及波向，因此直接與實測的譜峰週期及波向相比較可能會有較大的差異，應再檢討，以免誤解為推算不正確。
5. 考慮以單一計算領域與單一模式及較高解析度的方式進行波浪的推算，並考慮其對颱風波浪推算的影響。
6. 持續進行數值模式的校驗，討論各港區的作業化預報結果，提高近岸及港區海流模式準確率，以達到實用的標準。

## 參考文獻

1. 林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和等， 2011， "近岸海象數值模擬及預警系統之建立 -波浪部分(4/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心， 研究報告， MOTC-IOT- 99- H3DB001a。
2. 李兆芳、劉正琪、邱永芳、蘇青和等， 2011， "近岸海象數值模擬及預警系統之建立 -水動力部分(4/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告， MOTC-IOT- 99- H3DB001b。
3. 陳冠宇、陳陽益、邱永芳、蘇青和等，2011， "臺灣沿岸海嘯影響範圍與淹水潛勢分析(4/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告， MOTC-IOT- 99- H3DB002。
4. 林廷燦、曾惠君、簡仲璟等，2011， "港灣環境資訊服務系統整合及建置(3/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告， MOTC-IOT- 99- H3DB003。
5. 何良勝、蘇青和等，2011，"台灣主要港口海域長期性海象觀測及資料特性應用研究(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-99-H2DA001。
6. 邱永芳、蘇青和等，2010，"臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究(3/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，MOTC-IOT-98-H3DA003。
7. 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。
8. 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。

9. 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。
10. 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。
11. 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。
12. 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。
13. 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。
14. 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。
15. 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。
16. 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。
17. 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。
18. 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。

19. 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.
20. Bretschneider, C.L., 1952, The generation and decay of wind waves in deep water. *Transaction American Geophysical Union*, Vol. 33, No. 3, 381-389.
21. 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.
22. 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.
23. Deo, M.C., Sridhar Naidu, C., 1999, Real time wave forecasting using neural networks. *Ocean Engineering*, Vol. 26, No. 3, 191-203.
24. 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.
25. Groves, G. W., and Reynolds, R. W., 1975, An orthogonalized convolution method of tide prediction. *J. Geophys. Res.*, 80, 4131-4138.
26. 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.
27. 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.
28. 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.

29. 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. 2<sup>nd</sup> ERS-1 Symp.*, ESA SP-361, 21-25.
30. 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.
31. Hedges, T. S., 1976, An empirical modification to linear wave theory, *Proc. Inst. Civ. Eng.*, 61, pp. 575-579.
32. 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.
33. Hopfield, J.J., and Tank, D., 1985, Neural computation of decision in optimization problems. *Biological Cybernetics*, Vol. 51, pp. 141-152.
34. 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.
35. 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.
36. 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.
37. Kirby, J. T. and Dalrymple R. A., 1983, The propagation of weakly nonlinear waves in the presence of varying depth and currents, *Proc. 20<sup>th</sup> Congress I.A.H.R.*, Moscow.
38. 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.

- 39.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.
- 40.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.
- 41.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.
- 42.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.
- 43.Lee, T.L., and D.S. Jeng, 2002. Application of artificial neural networks in tide forecasting, *Ocean Engineering*, Vol. 29, pp. 1003-1022.
- 44.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.
- 45.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.
- 46.Miles, J.W., 1960, On the generation of surface waves by turbulent shear flows. *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 7, pp. 469-478.
- 47.Phillips, O.M., 1957, On the generation of waves by turbulent wind. *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 2, pp. 417-445.

48. 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.
49. 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.
50. 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.
51. X. Wang and Liu, P. L.-F.(2007): Cornell Multigrid Coupled Tsunami model (COMCOT) User Manual, Cornell University.
52. 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 I**

### **2010 年風浪模式推算各港波動分佈**

## 2010 颱風時期波動模擬

本附錄為後續推算 2010 年颱風期間，應用本系統 WAM 和 SWAN 模式與中央氣象局提供之 nfs 風場計算結果。模擬座標點如下：

表 1 各商港波浪觀測站位置座標

| 商港名稱 | 東經經度    | 北緯緯度   |
|------|---------|--------|
| 基隆港  | 121.753 | 25.155 |
| 台北港  | 121.376 | 25.182 |
| 台中港  | 120.486 | 24.299 |
| 安平港  | 120.136 | 22.944 |
| 高雄港  | 120.288 | 22.614 |
| 花蓮港  | 121.627 | 23.974 |
| 蘇澳港  | 121.866 | 24.592 |

圖 1~圖 27 分別顯示在 2010 年間五個颱風(萊羅克、南修、莫蘭帝、凡那比及梅姬)作用期間 7 個商港附近的波動情形，各圖中，上圖為平均波向及主波方向，中圖為平均週期及譜峰週期，下圖為示性波高。圖中亦顯示各個商港的實測波高及週期，從圖中看到推算波浪與實測波浪間的關係並非很穩定，其原因應該和颱風的路徑有關，未來有必要再從颱風的路徑上面檢討波浪推算的準確性。由於實測波浪可能充分表現當地的區域波浪變形特性，是全域波浪推算模式網格精度所不能計算的。

# 20100830\_Lionrock & Namtheum\_KL

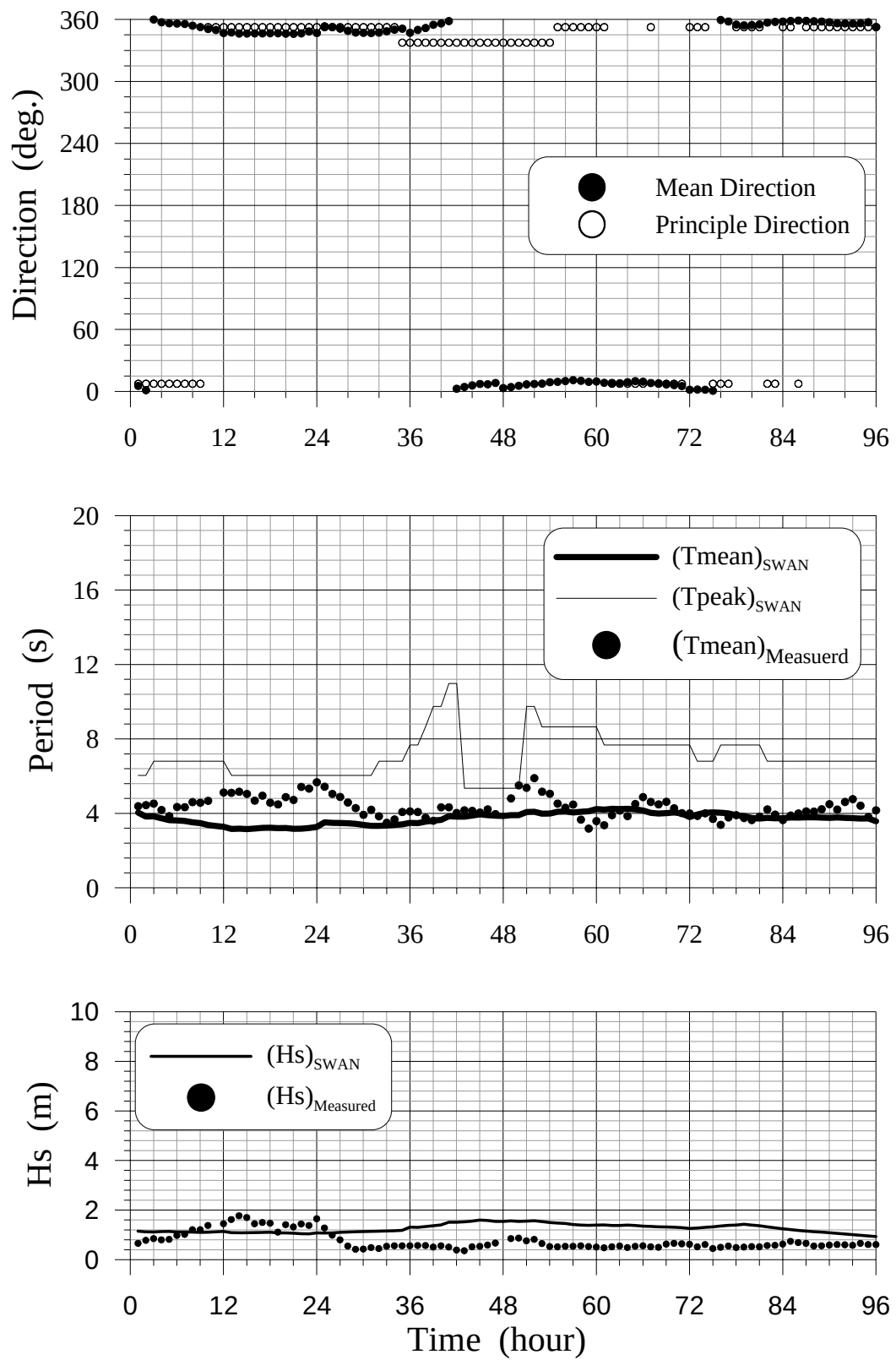


圖 1 2010 年萊羅克及南修颱風期間基隆港的波動分佈圖

# 20100909\_Meranti\_KL

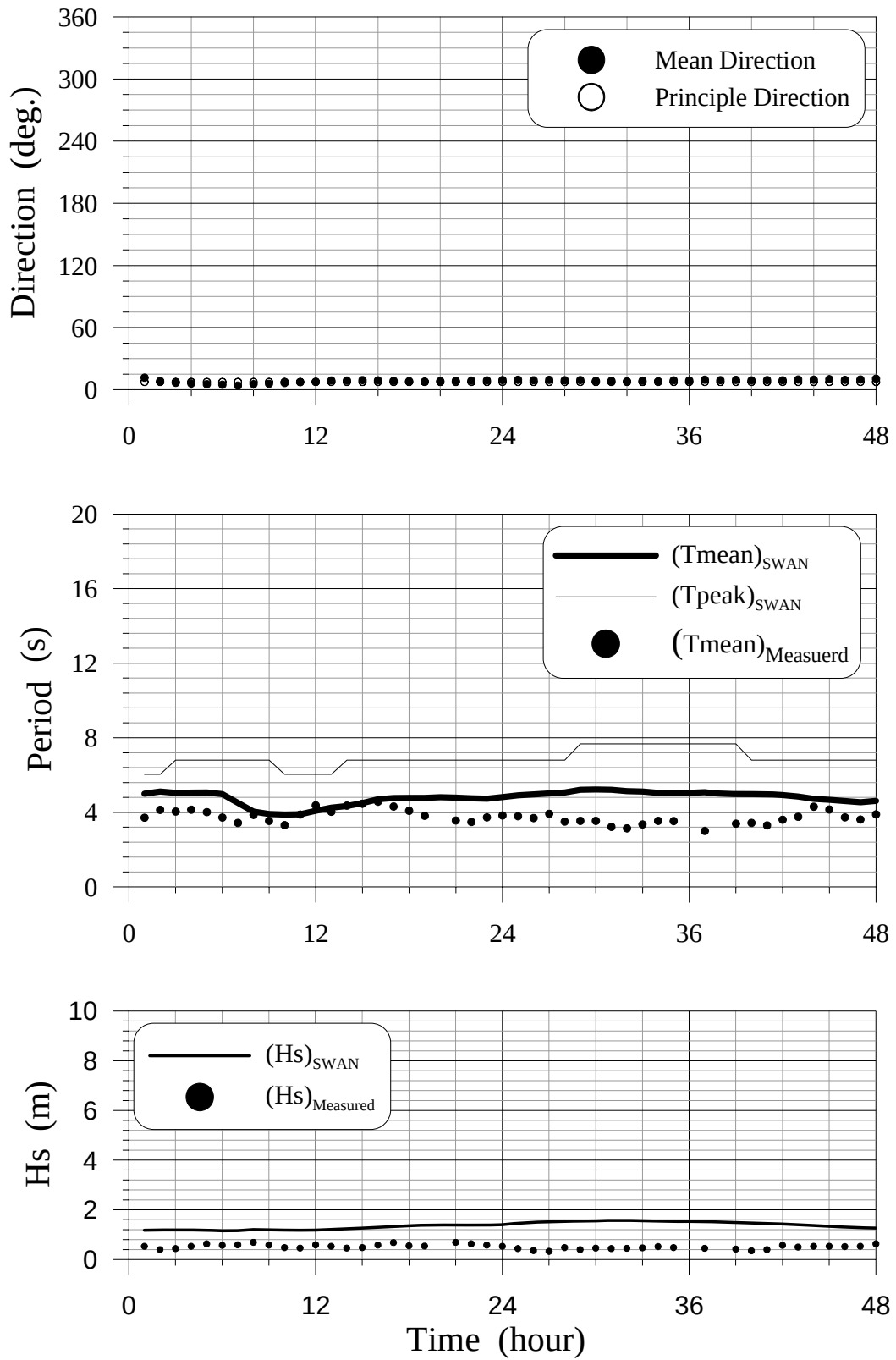


圖 2 2010 年莫蘭帝颱風期間基隆港的波動分佈圖

20100917\_Fanapi\_KL

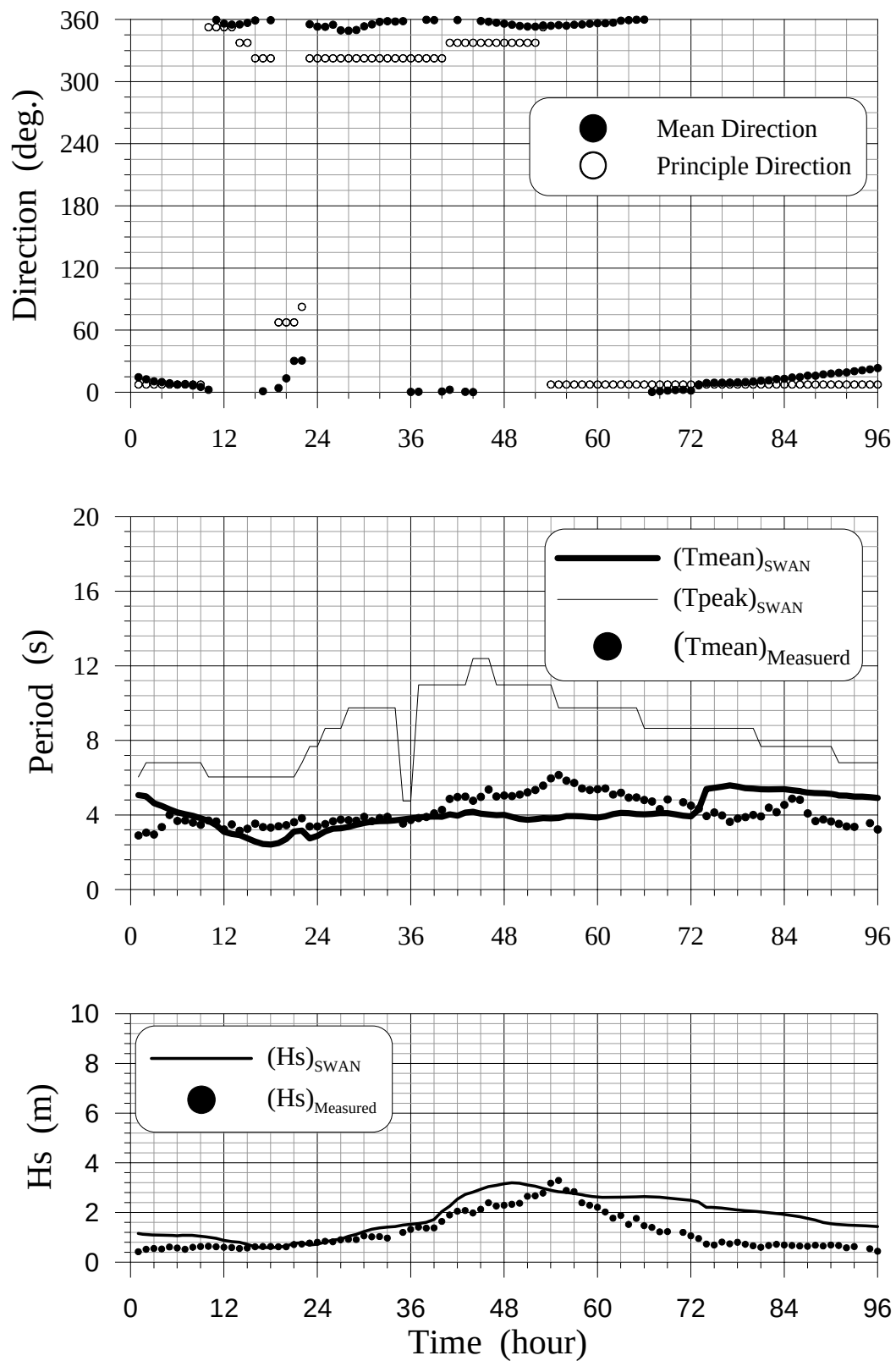


圖 3 2010 年凡那比颱風期間基隆港的波動分佈圖



# 20101021\_Megi\_KL

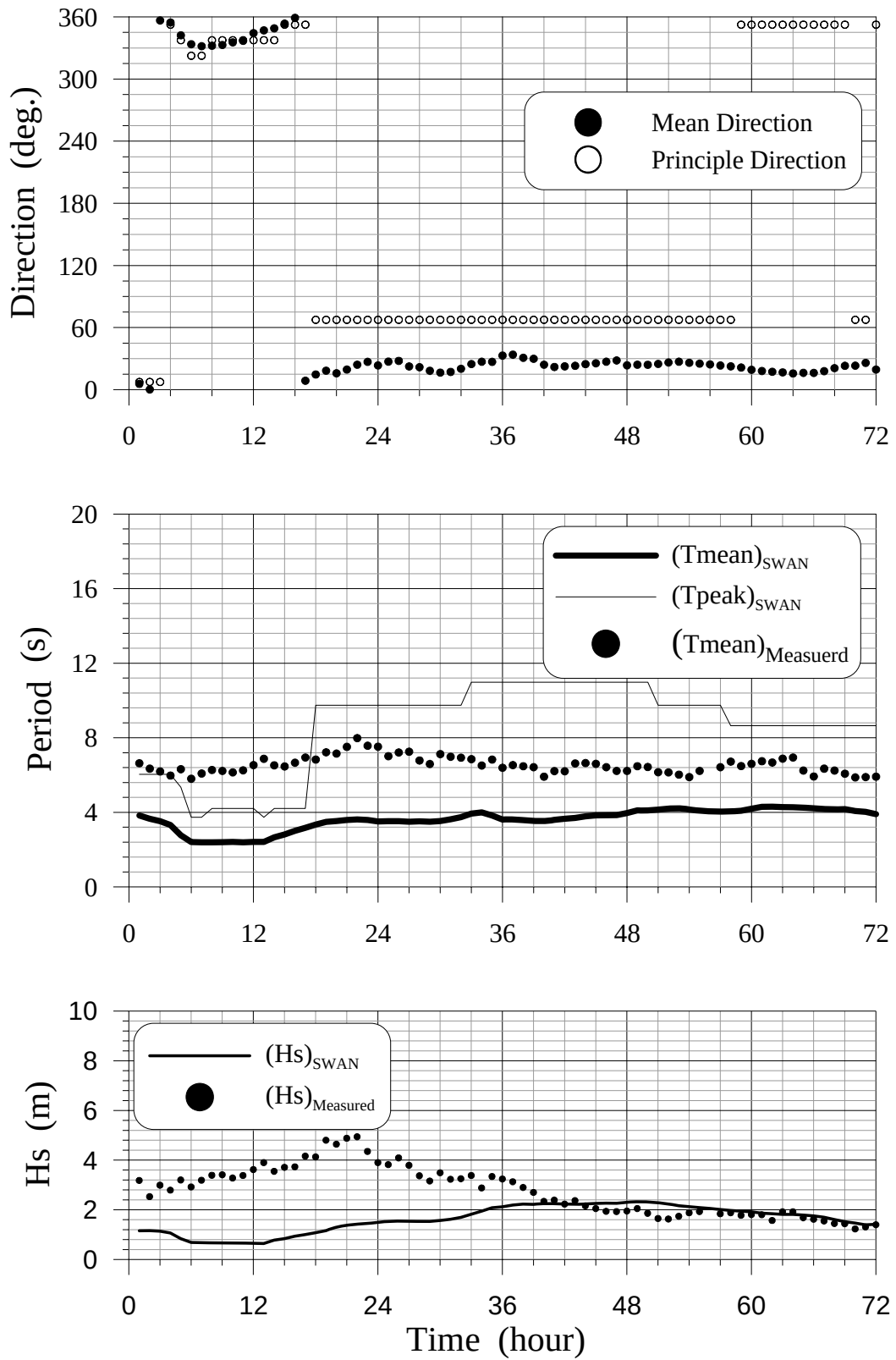


圖 4 2010 年梅姬颱風期間基隆港的波動分佈圖

# 20100830\_Lionrock & Namtheum\_TP

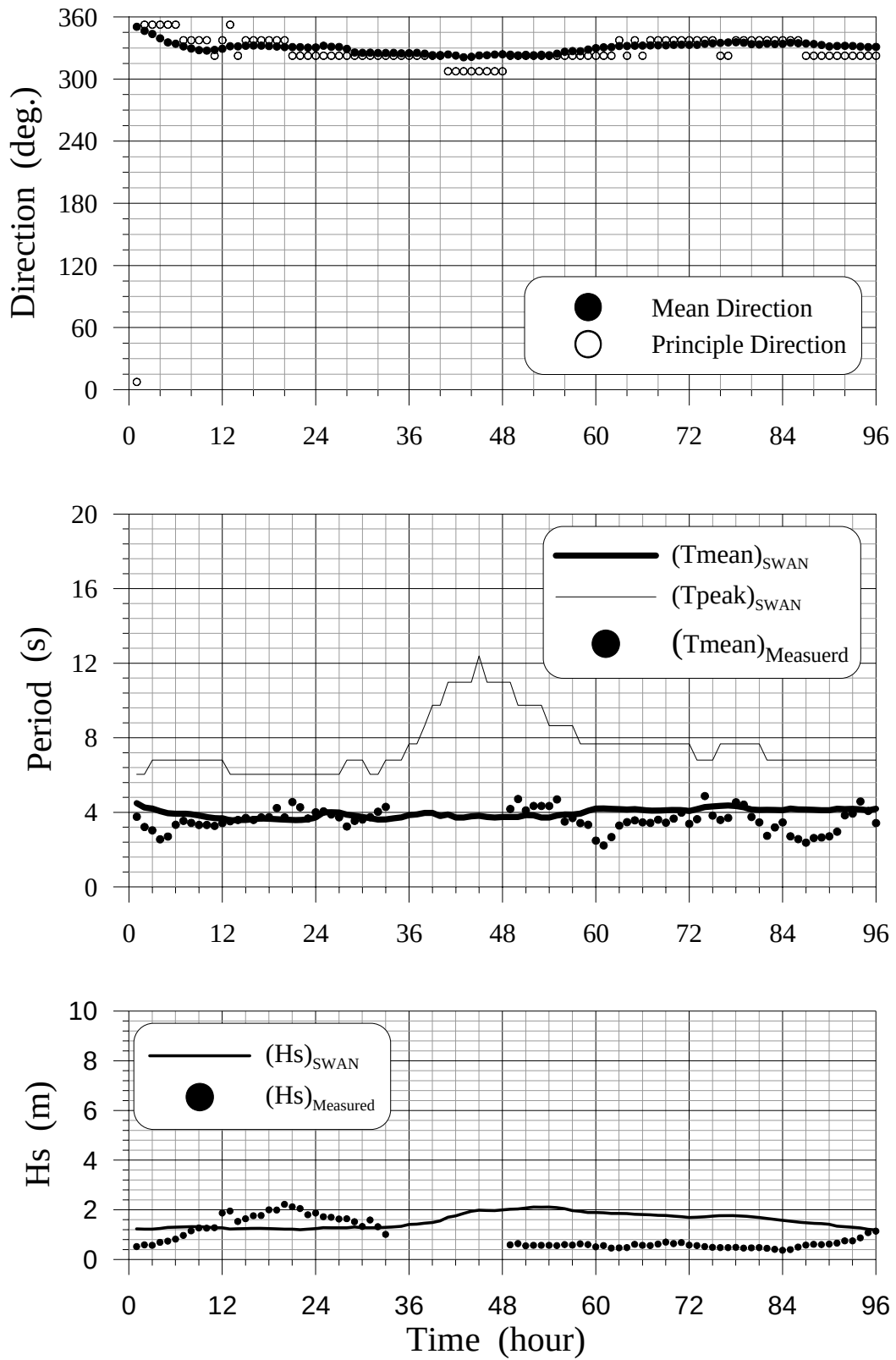


圖 5 2010 年萊羅克及南修颱風期間台北港的波動分佈圖

# 20100909\_Meranti\_TP

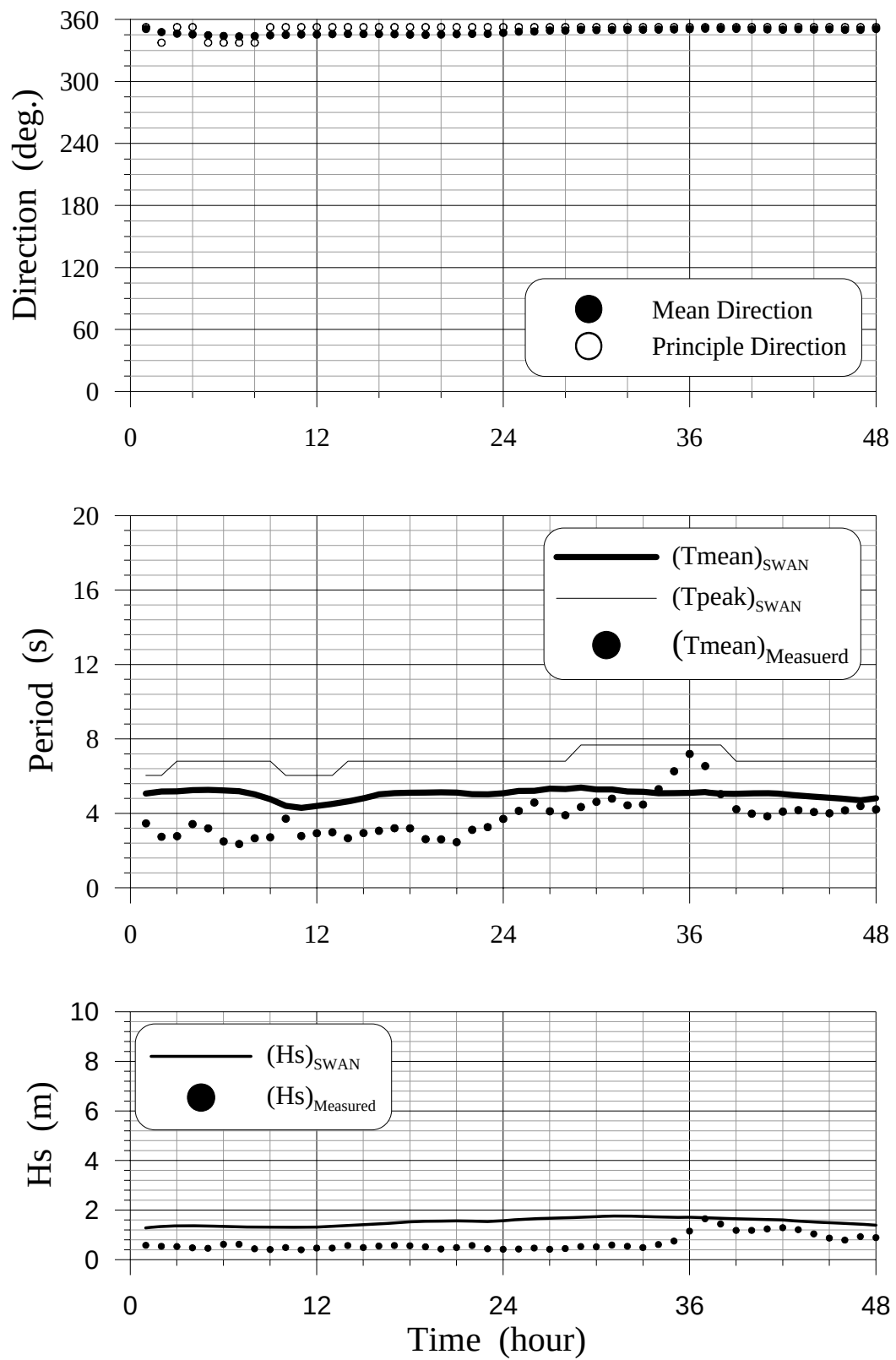


圖 6 2010 年莫蘭帝颱風期間台北港的波動分佈圖

20100917\_Fanapi\_TP

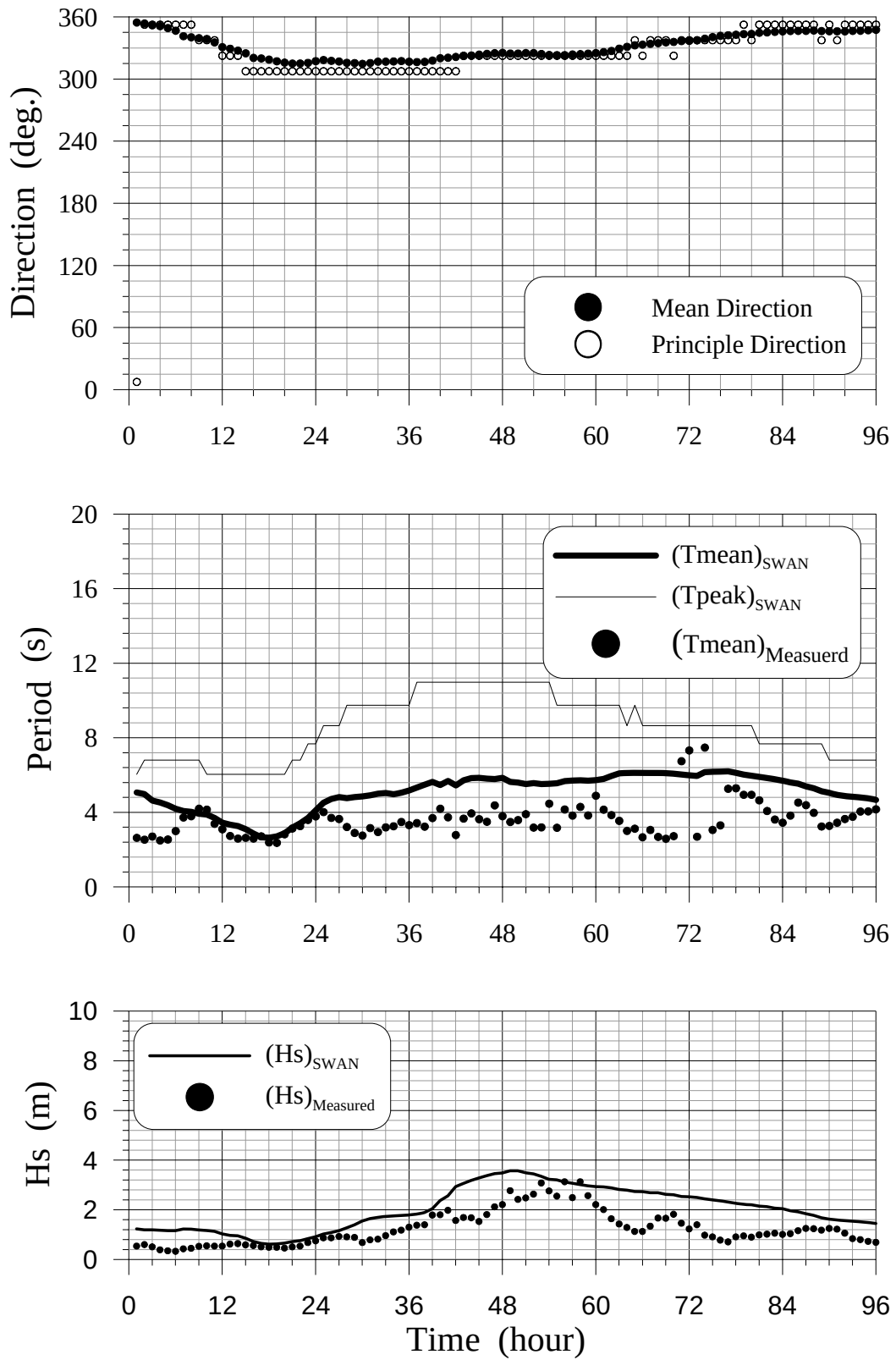


圖 7 2010 年凡那比颱風期間台北港的波動分佈圖

20101021\_Megi\_TP

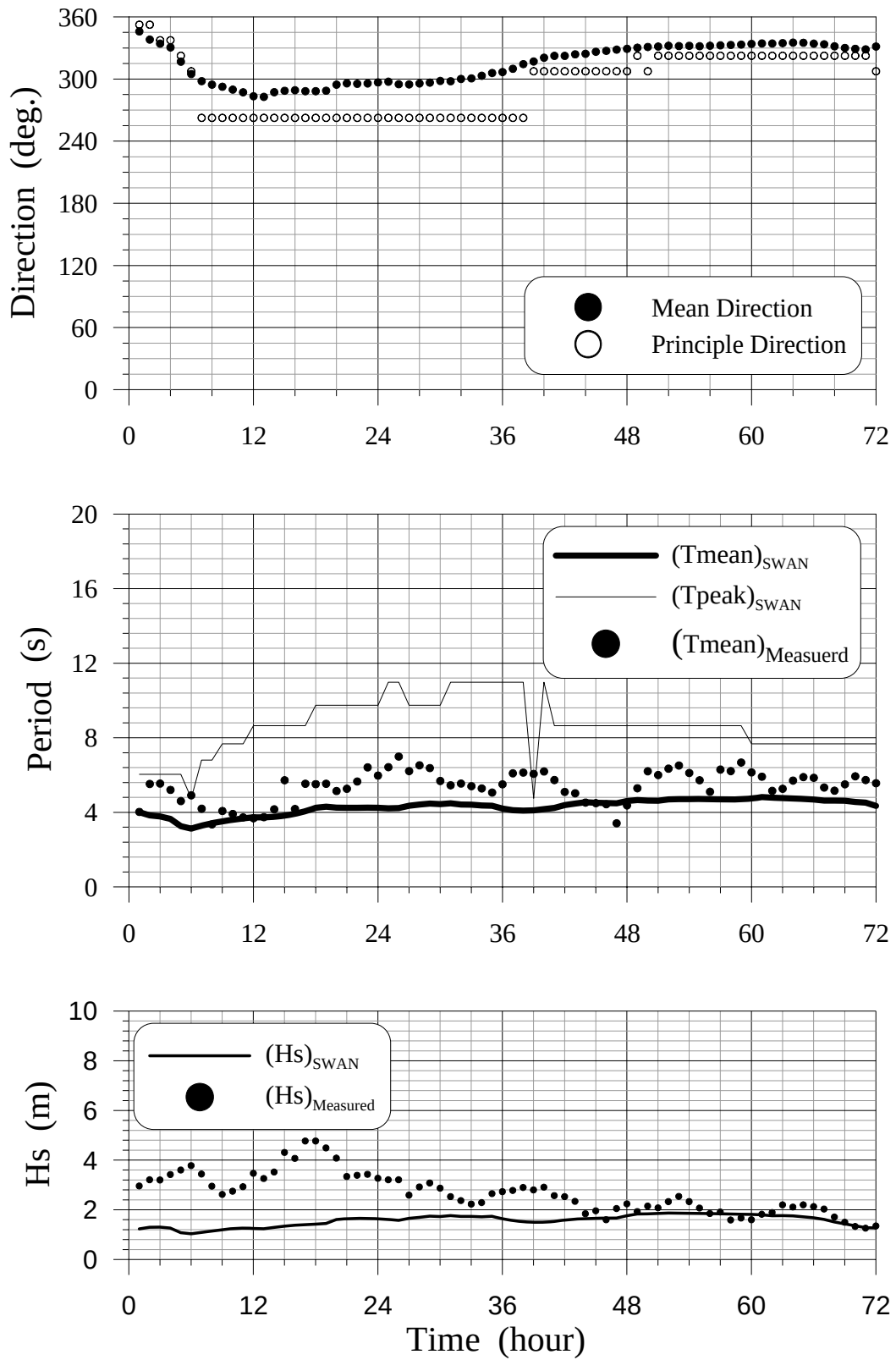


圖 8 2010 年梅姬颱風期間台北港的波動分佈圖

# 20100830\_Lionrock & Namtheum\_TC

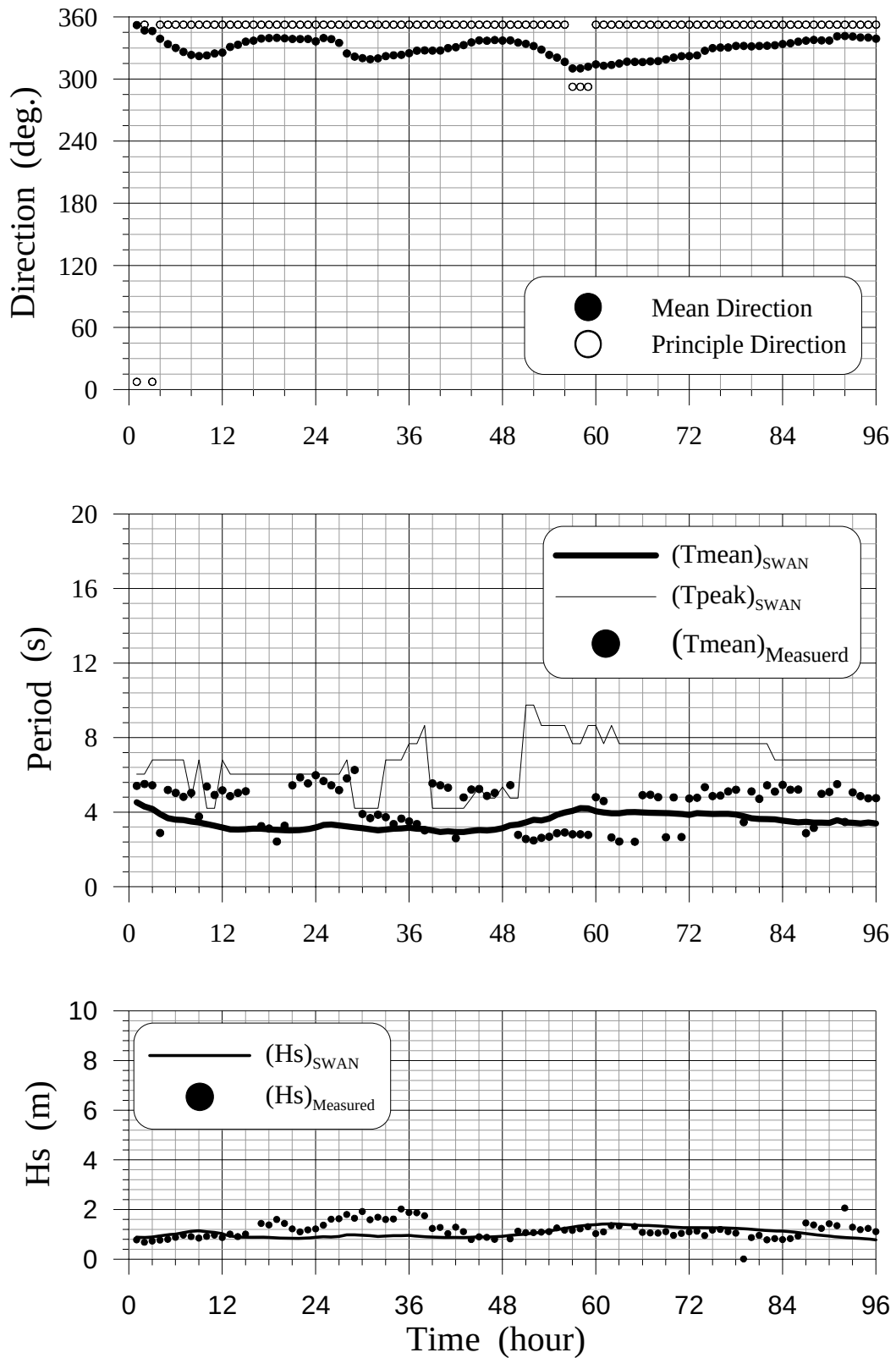


圖 9 2010 年萊羅克及南修颱風期間台中港的波動分佈圖

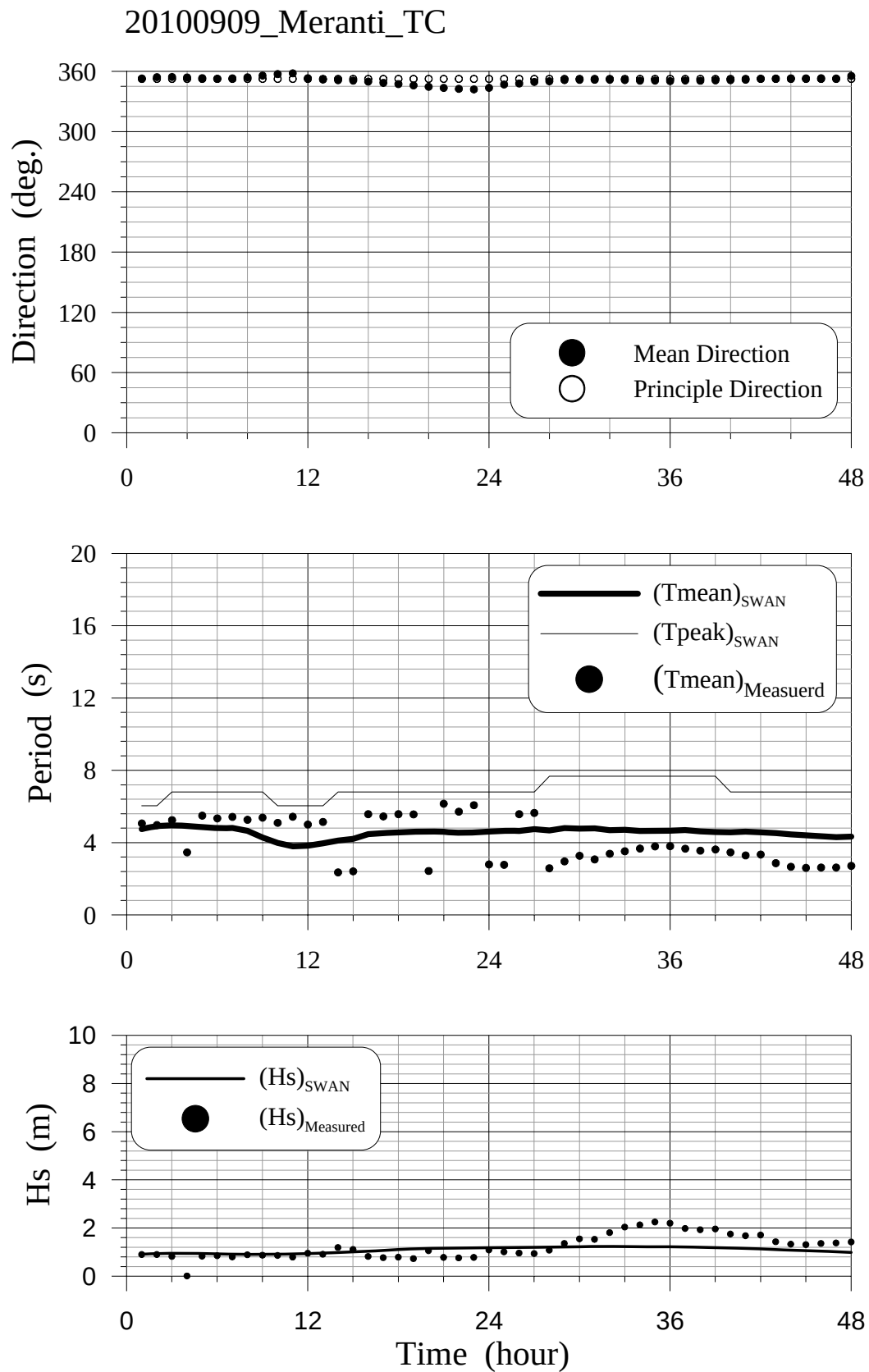


圖 10 2010 年莫蘭帝颱風期間台中港的波動分佈圖

# 20100917\_Fanapi\_TC

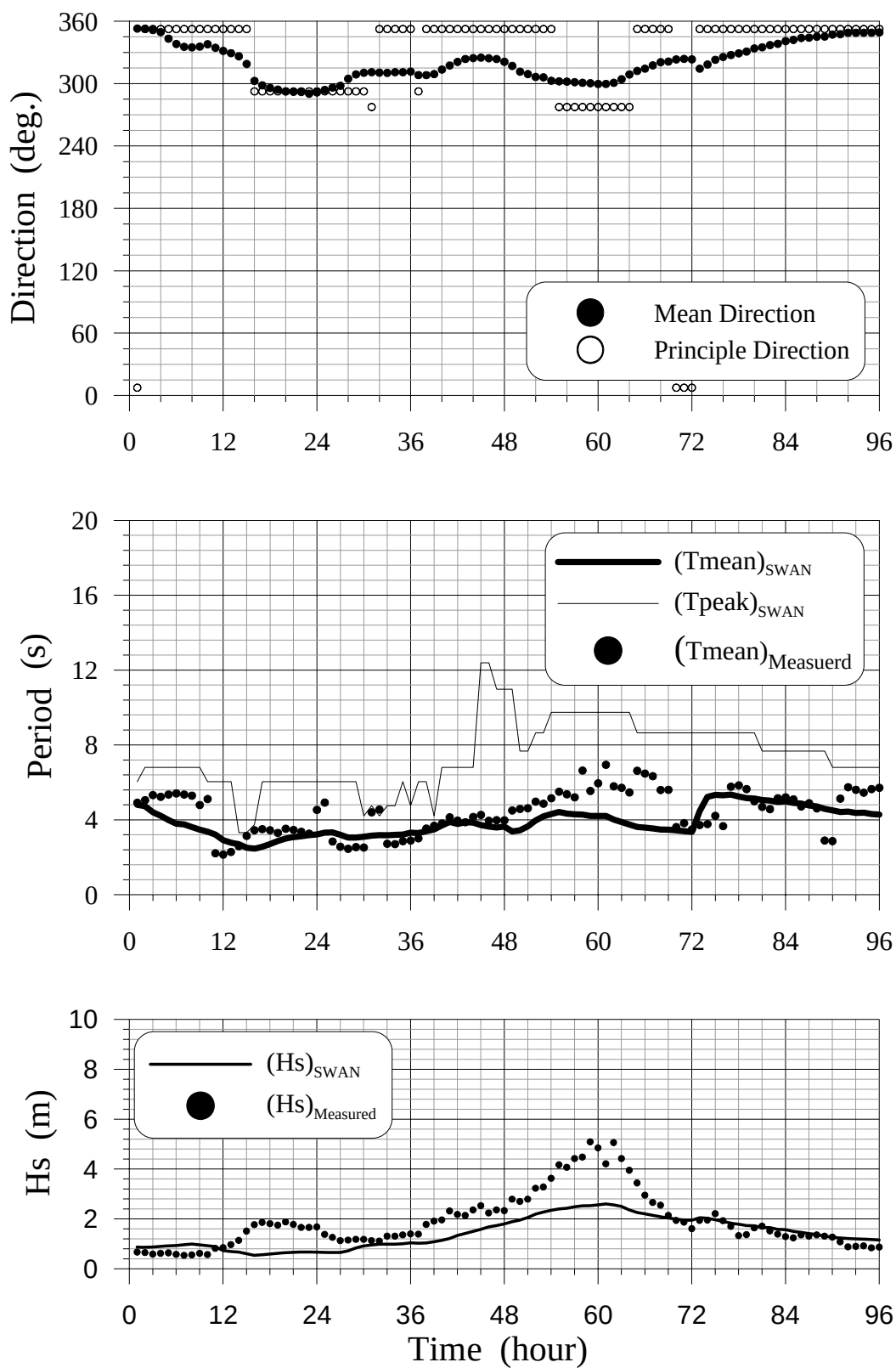


圖 11 2010 年凡那比颱風期間台中港的波動分佈圖



# 20101021\_Megi\_TC

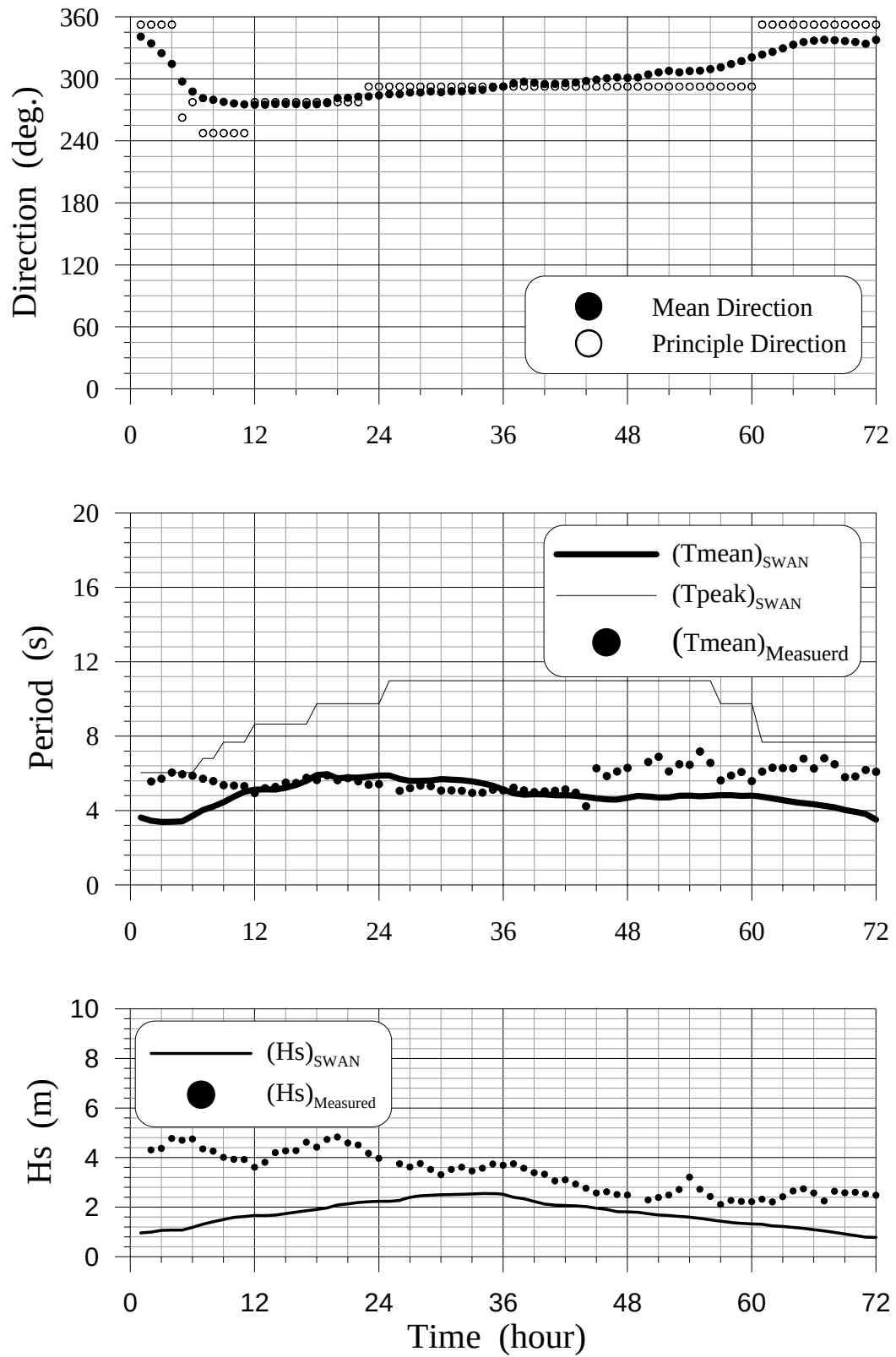


圖 12 2010 年梅姬颱風期間台中港的波動分佈圖

# 20100830\_Lionrock & Namtheum\_AP

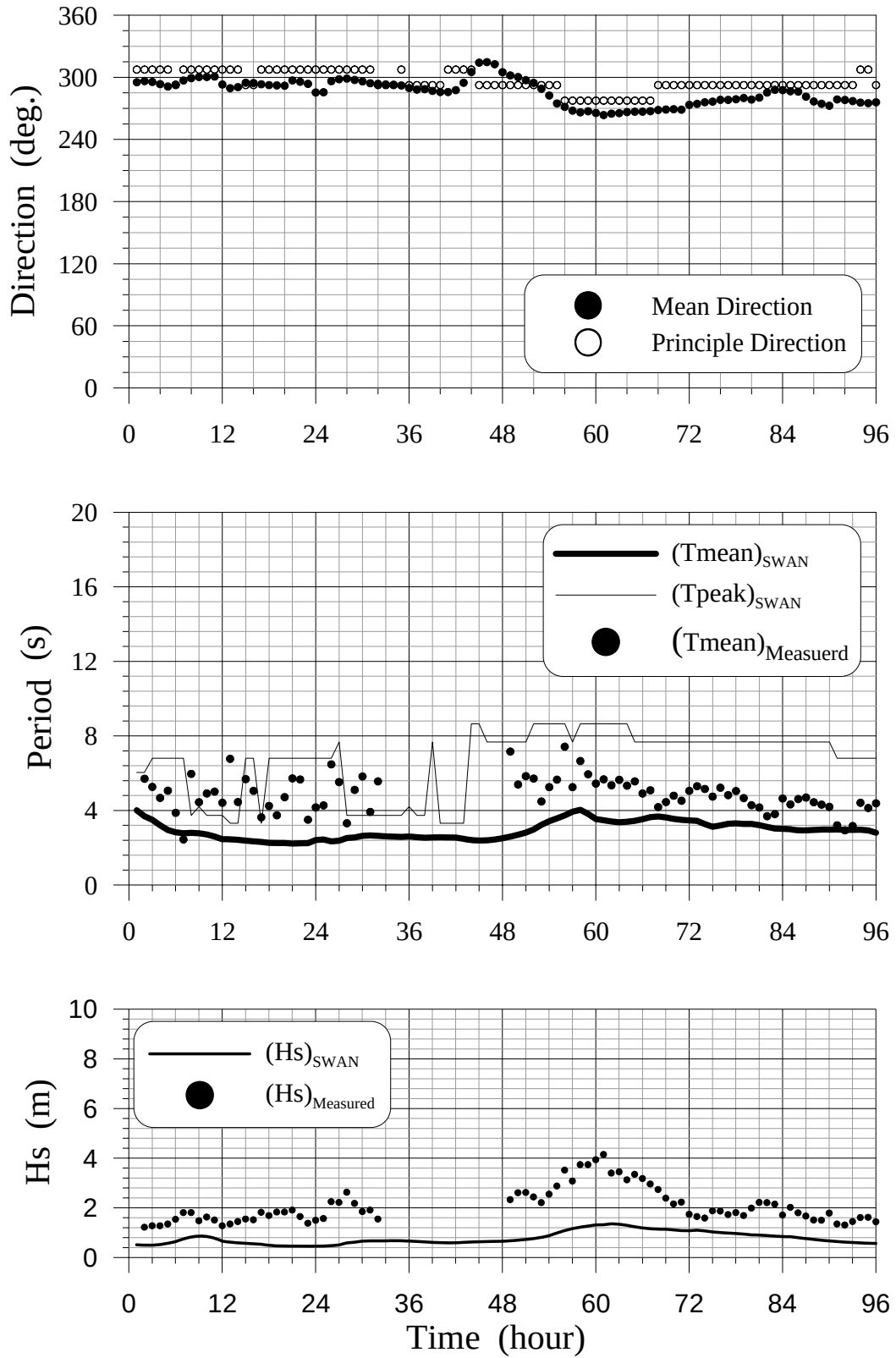


圖 13 2010 年萊羅克及南修颱風期間安平港的波動分佈圖

# 20100909\_Meranti\_AP

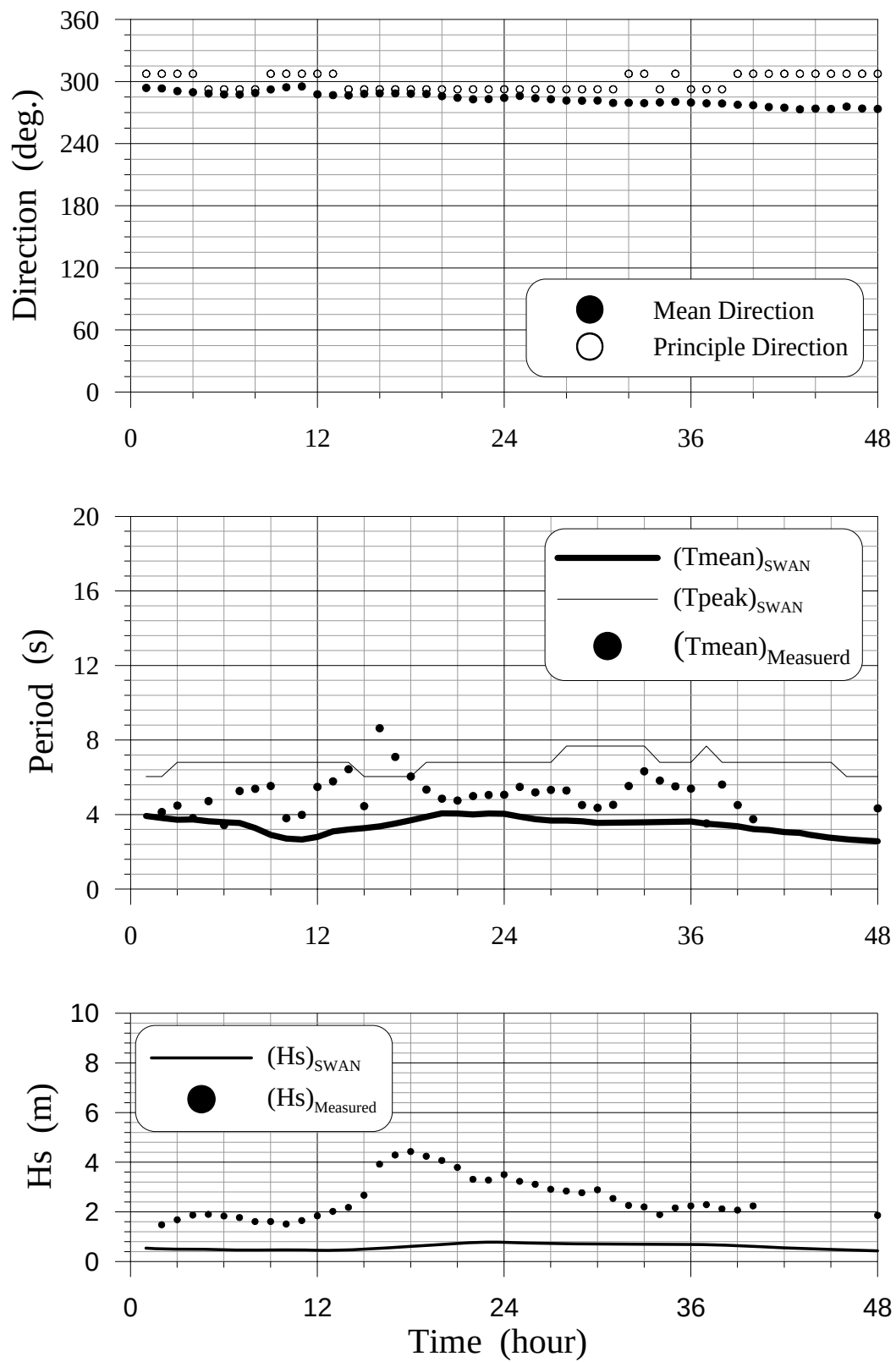


圖 14 2010 年莫蘭帝颱風期間安平港的波動分佈圖

20100917\_Fanapi\_AP

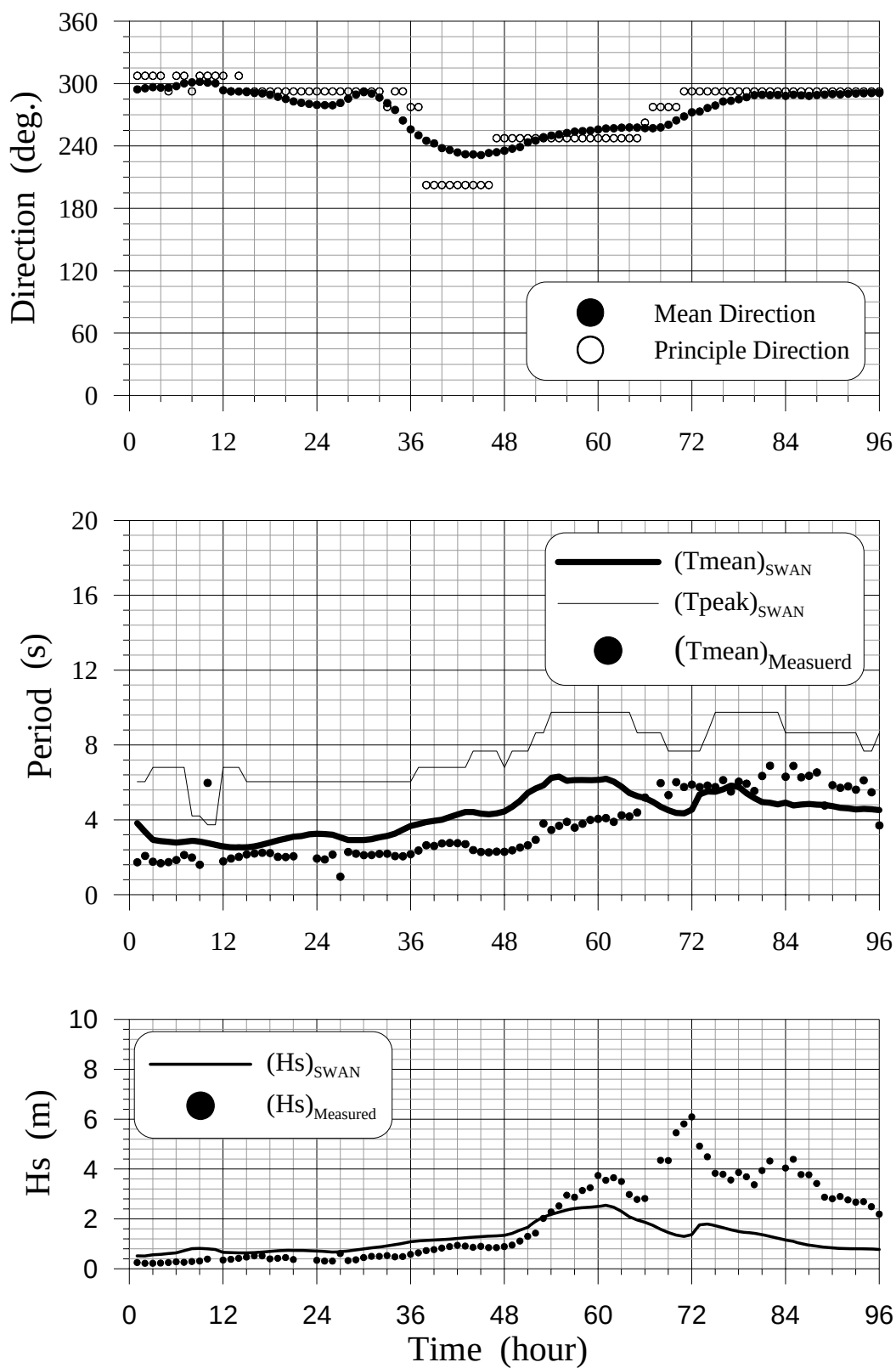


圖 15 2010 年凡那比颱風期間安平港的波動分佈圖

# 20101021\_Megi\_AP

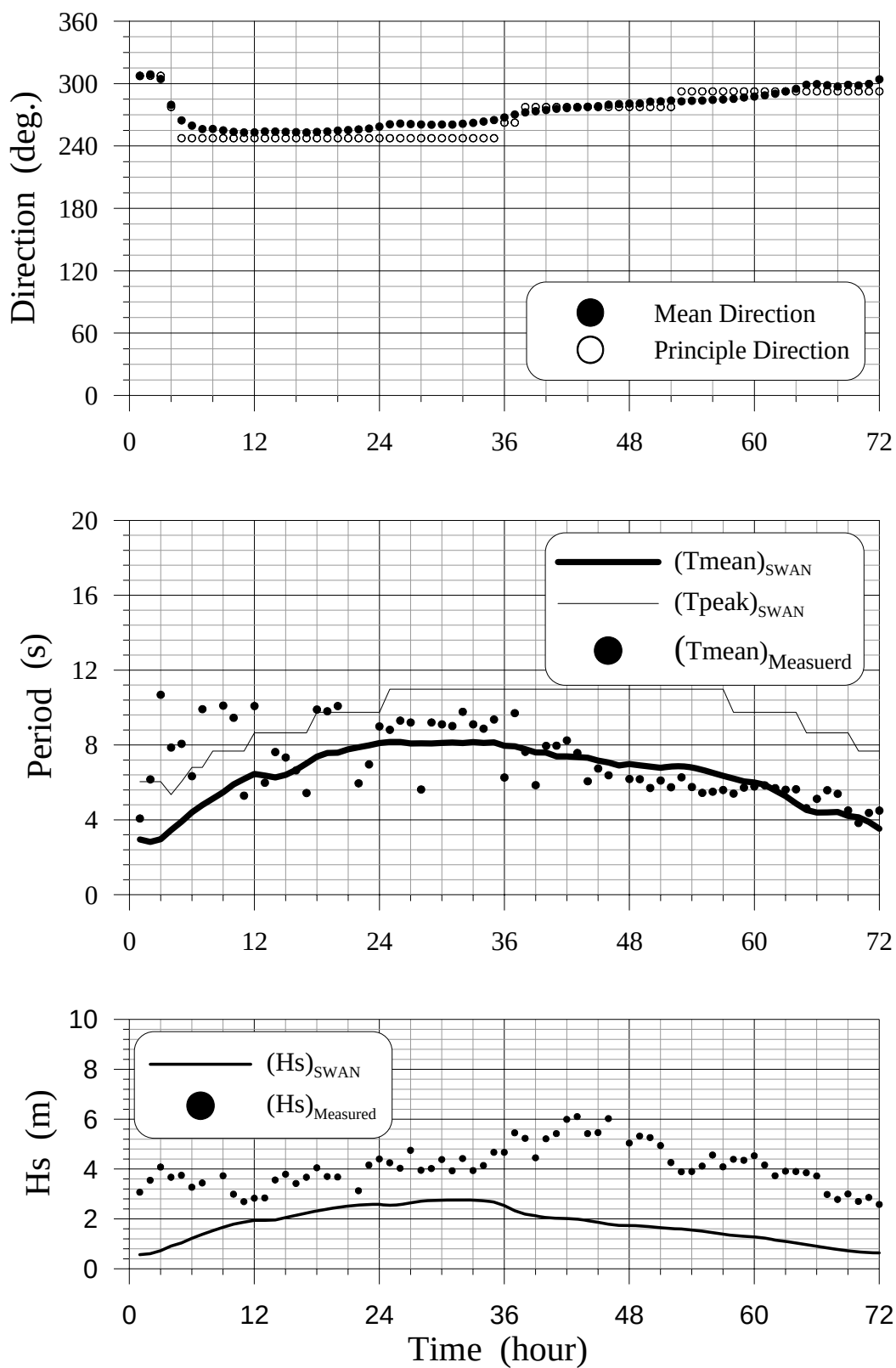


圖 16 2010 年梅姬颱風期間安平港的波動分佈圖

# 20100830\_Lionrock & Namtheum\_KH

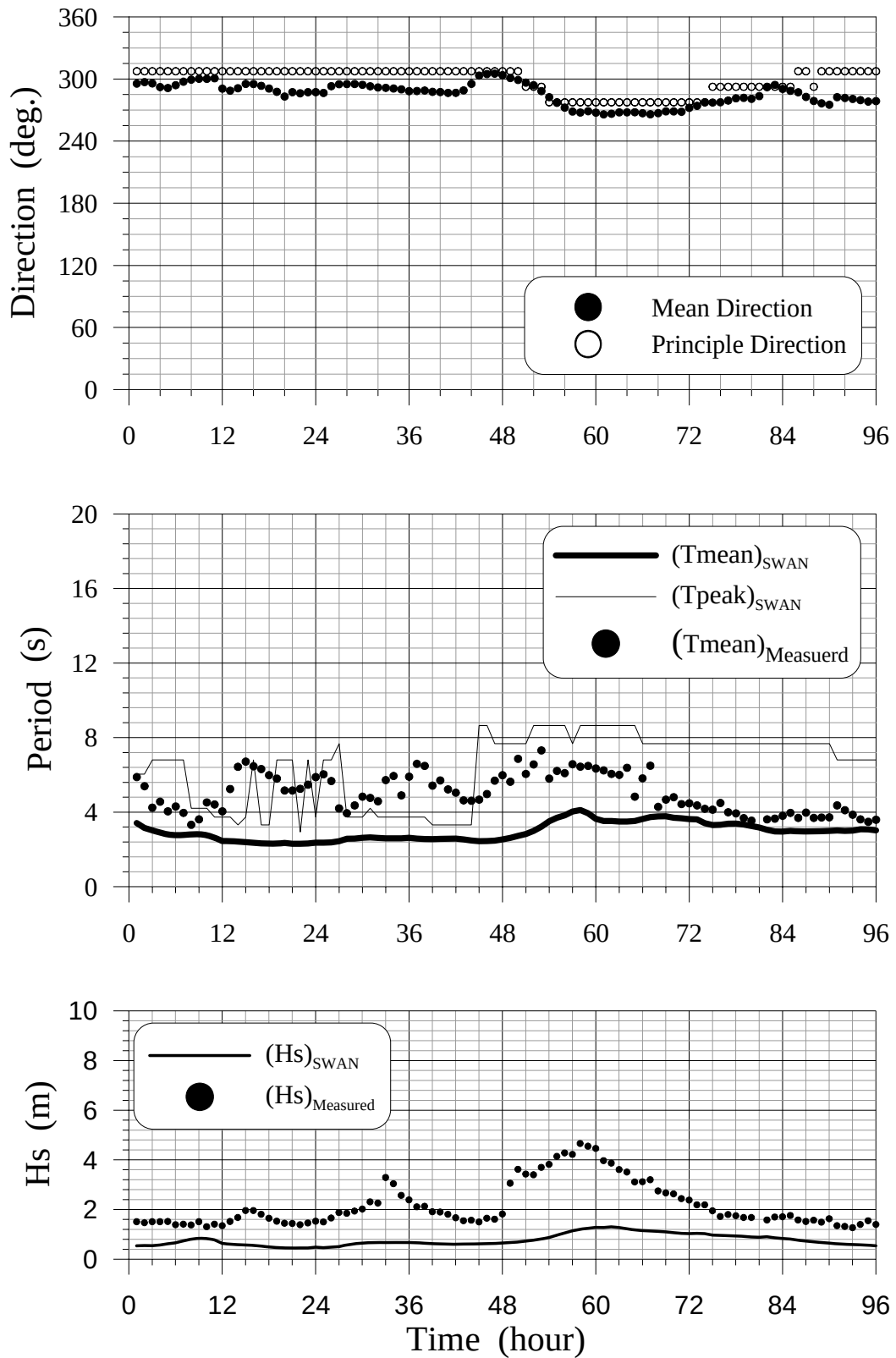


圖 17 2010 年萊羅克及南修颱風期間高雄港的波動分佈圖

# 20100909\_Meranti\_KH

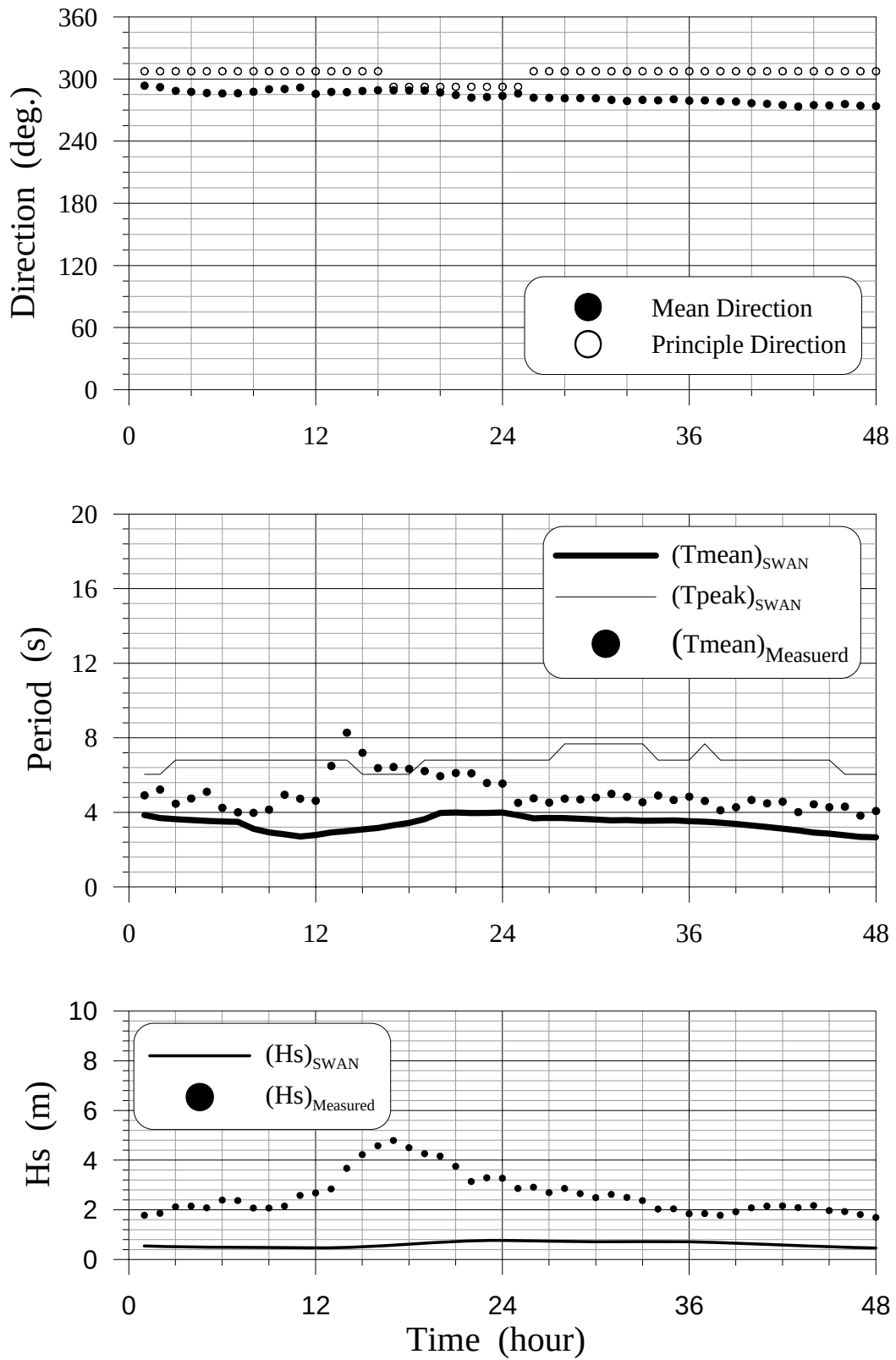


圖 18 2010 年莫蘭帝颱風期間高雄港的波動分佈圖

20100917\_Fanapi\_KH

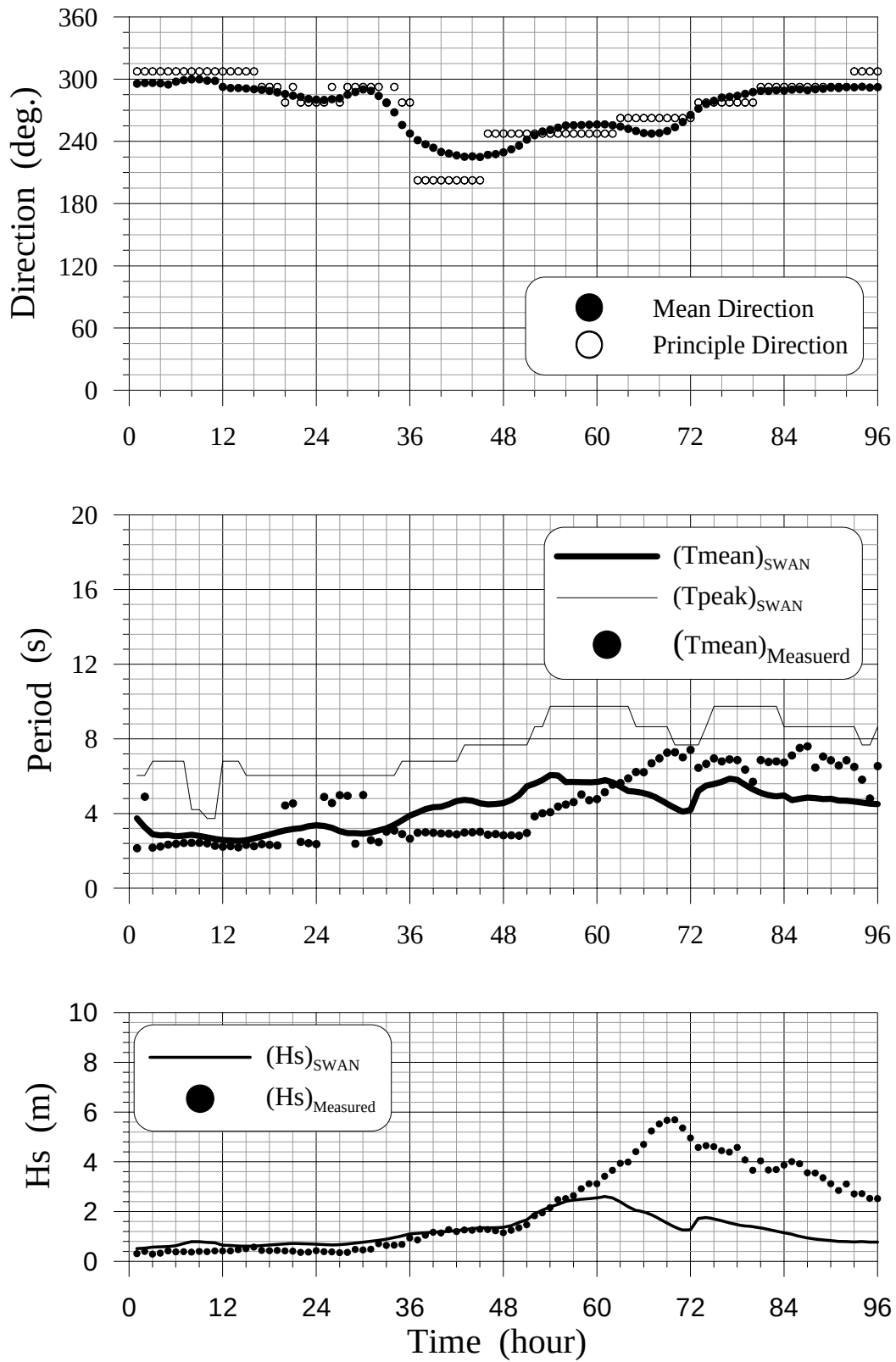


圖 19 2010 年凡那比颱風期間高雄港的波動分佈圖



# 20101021\_Megi\_KH

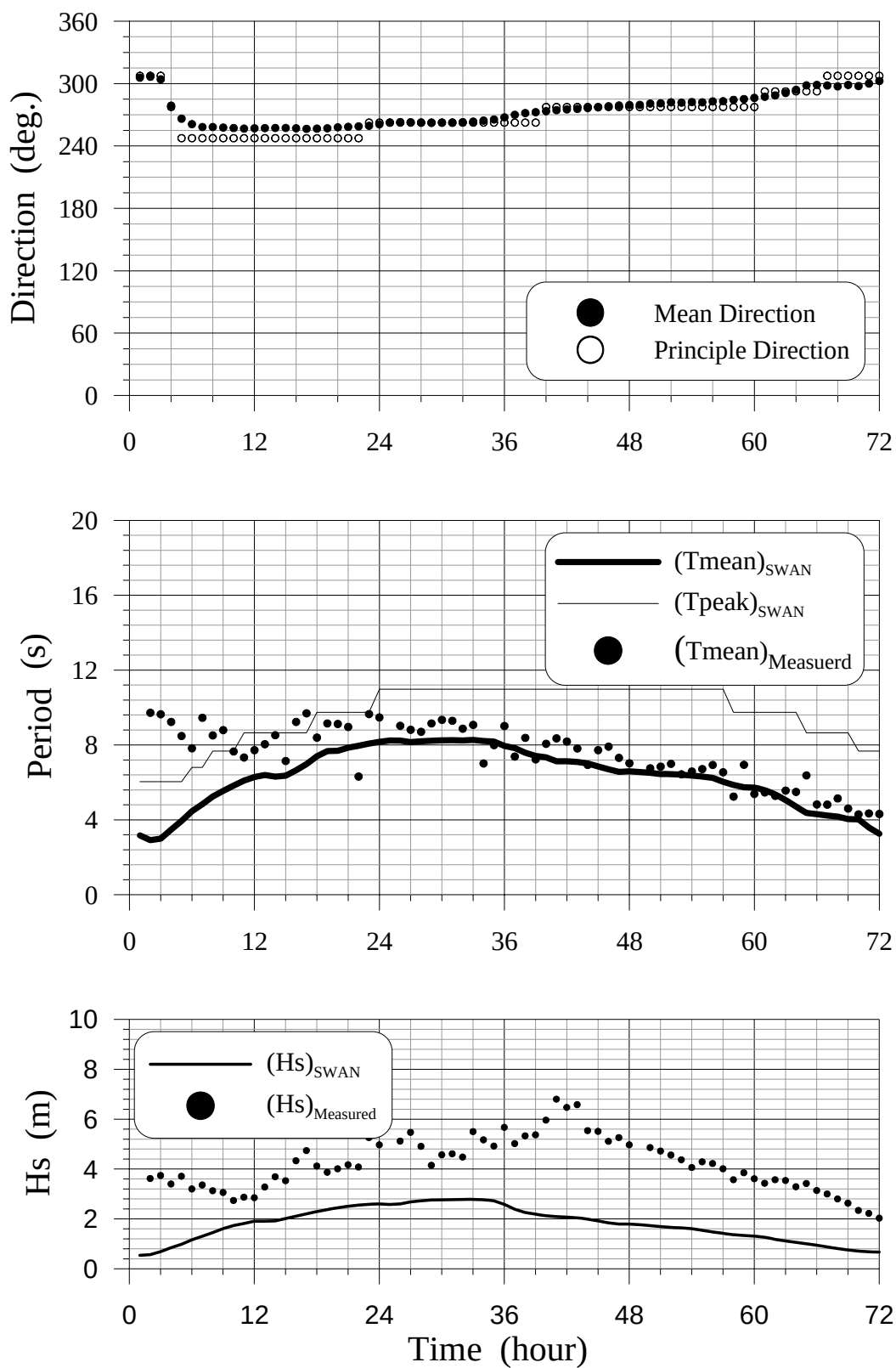


圖 20 2010 年梅姬颱風期間高雄港的波動分佈圖

# 20100830\_Lionrock & Namtheum\_HL

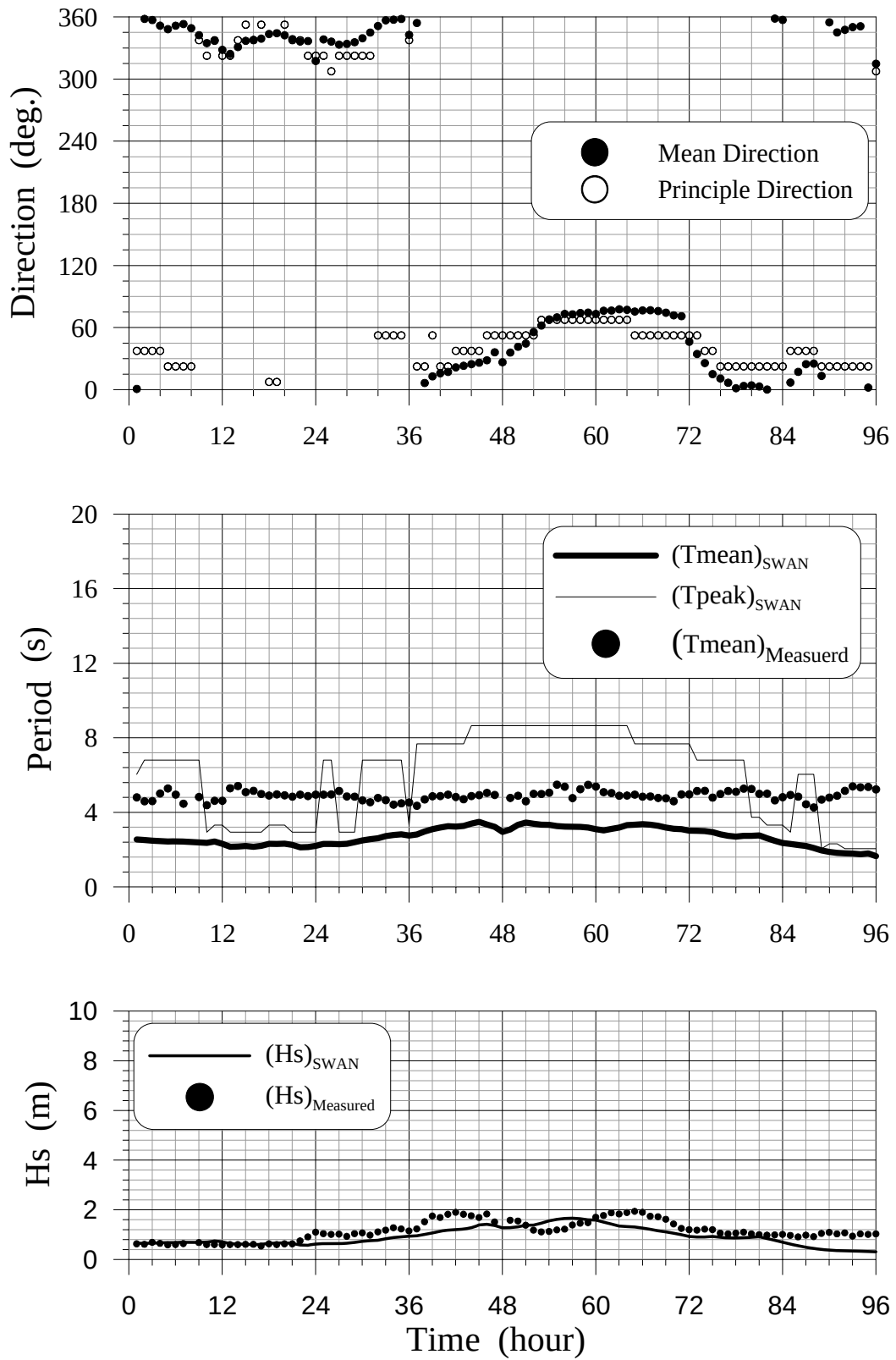


圖 21 2010 年萊羅克及南修颱風期間花蓮港的波動分佈圖

# 20100909\_Meranti\_HL

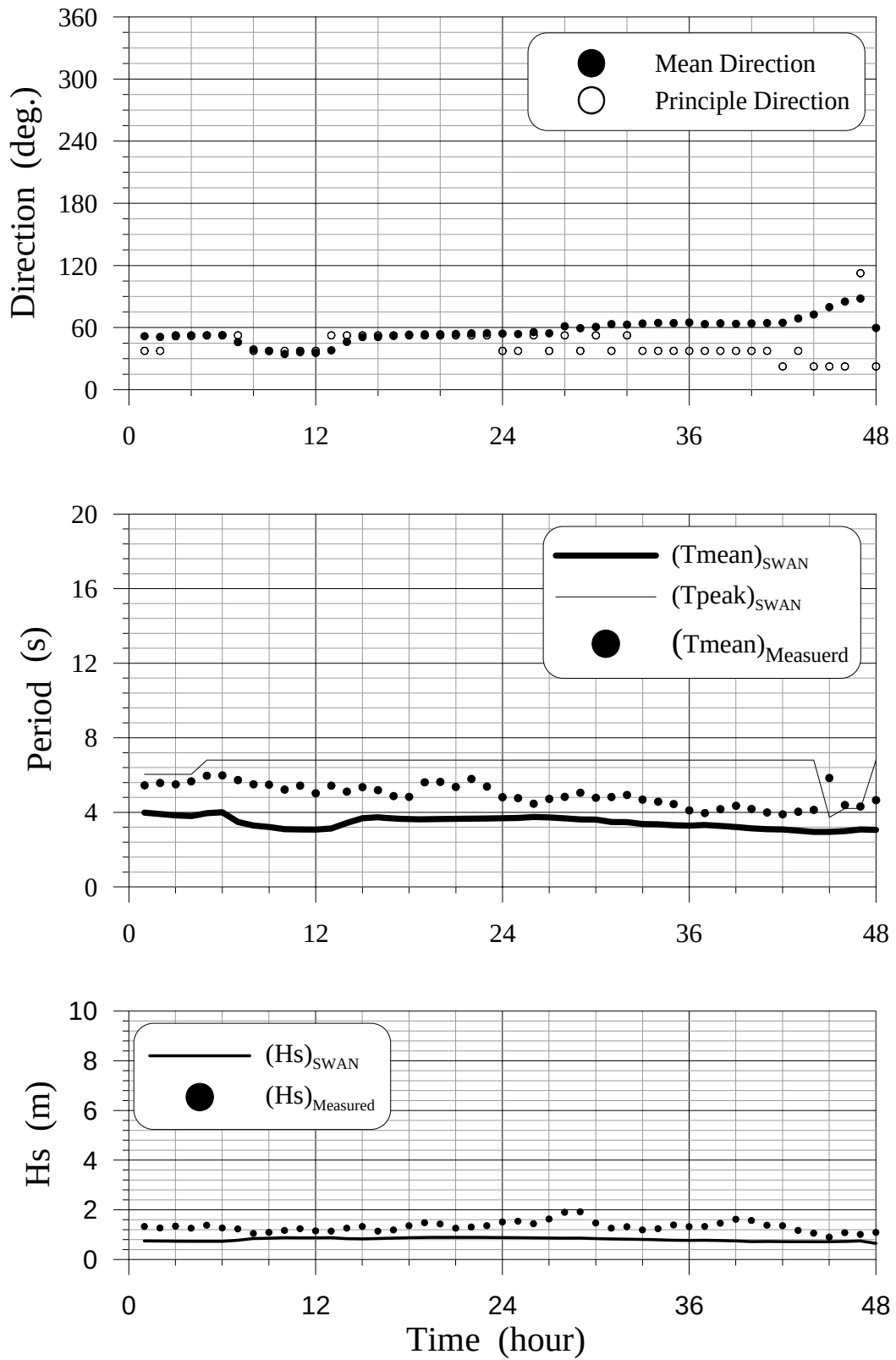


圖 22 2010 年莫蘭帝颱風期間花蓮港的波動分佈圖

20100917\_Fanapi\_HL

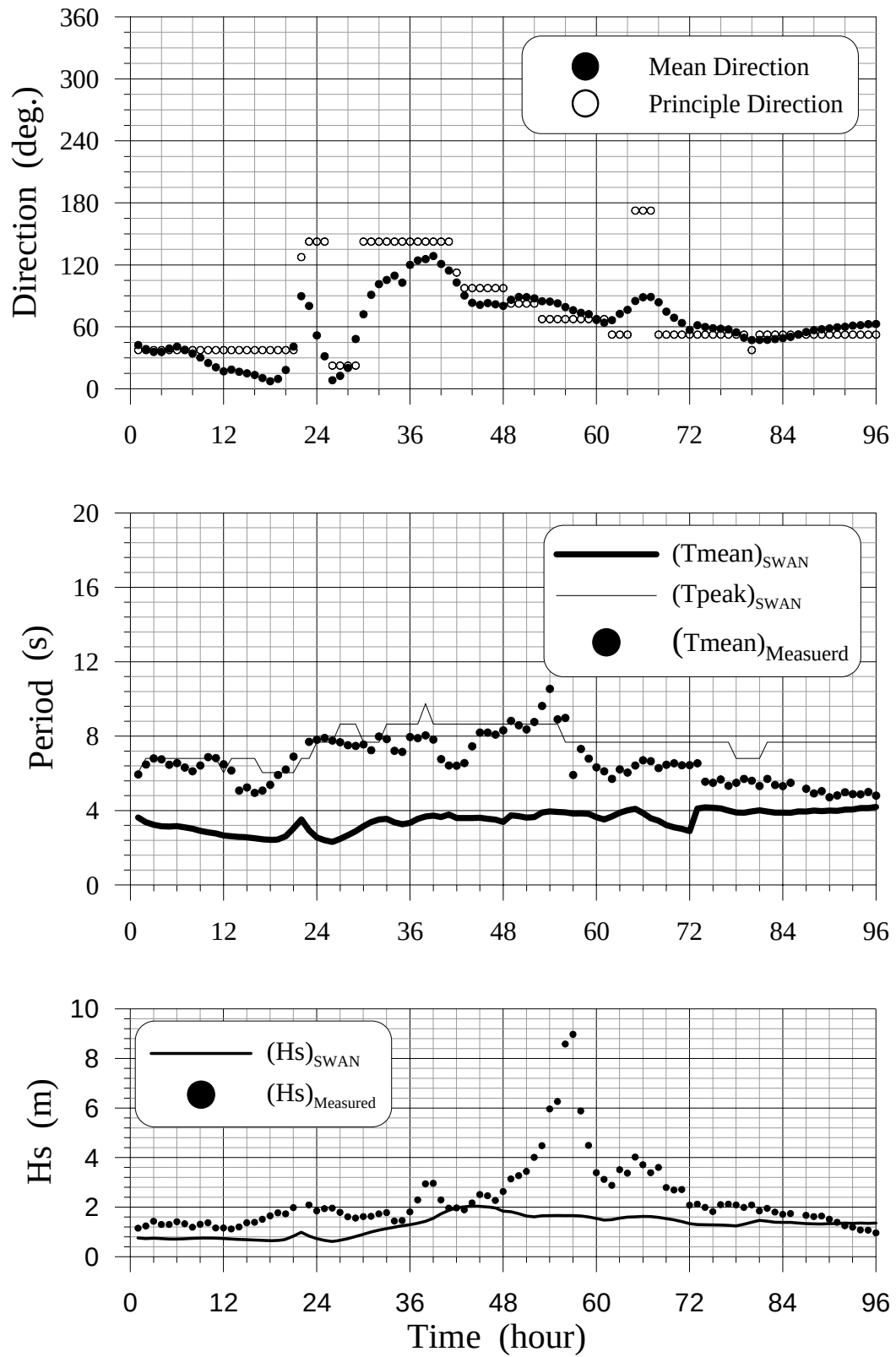


圖 23 2010 年凡那比颱風期間花蓮港的波動分佈圖

20101021\_Megi\_HL

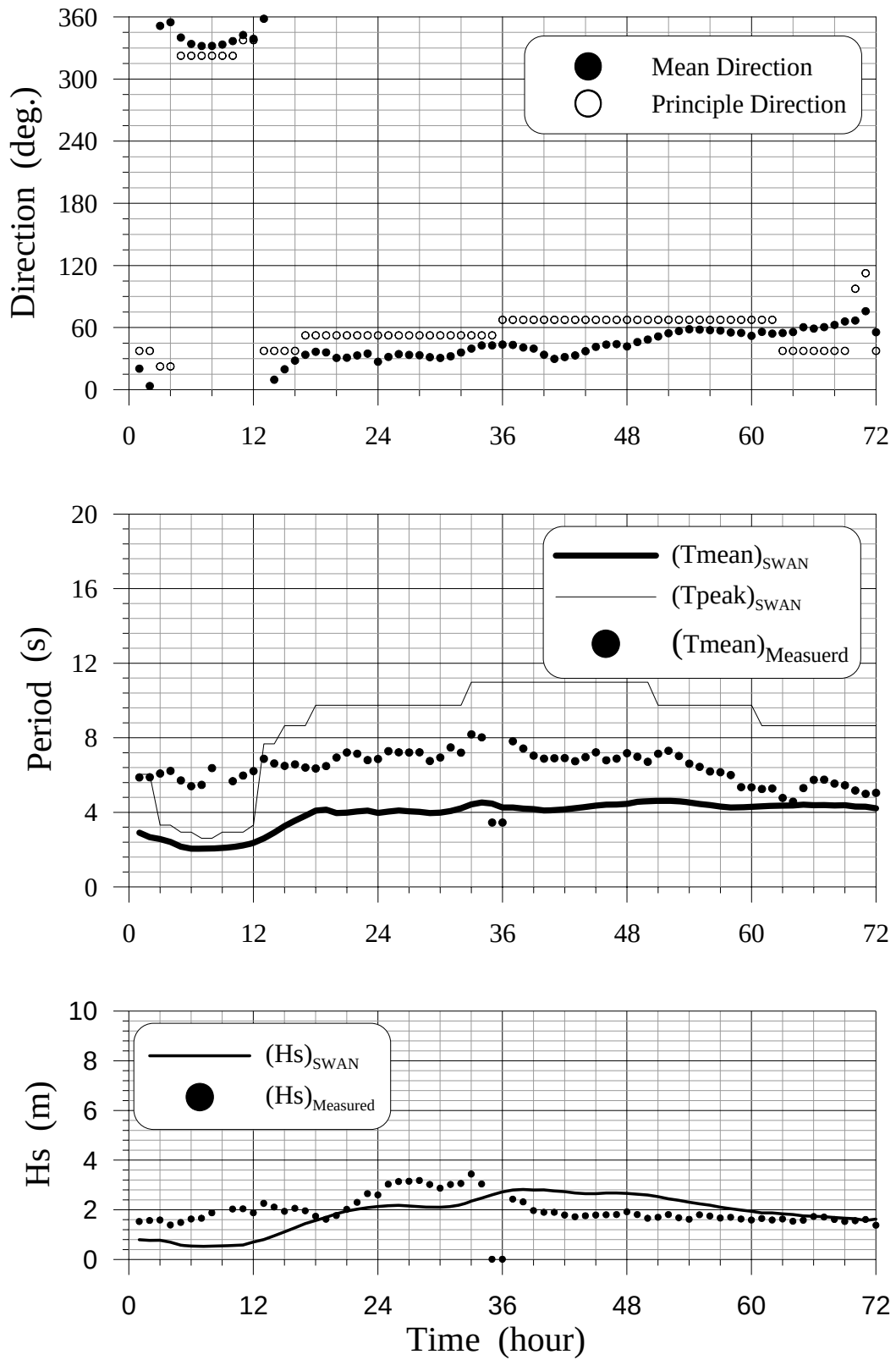


圖 24 2010 年梅姬颱風期間花蓮港的波動分佈圖

# 20100830\_Lionrock & Namtheum\_SA

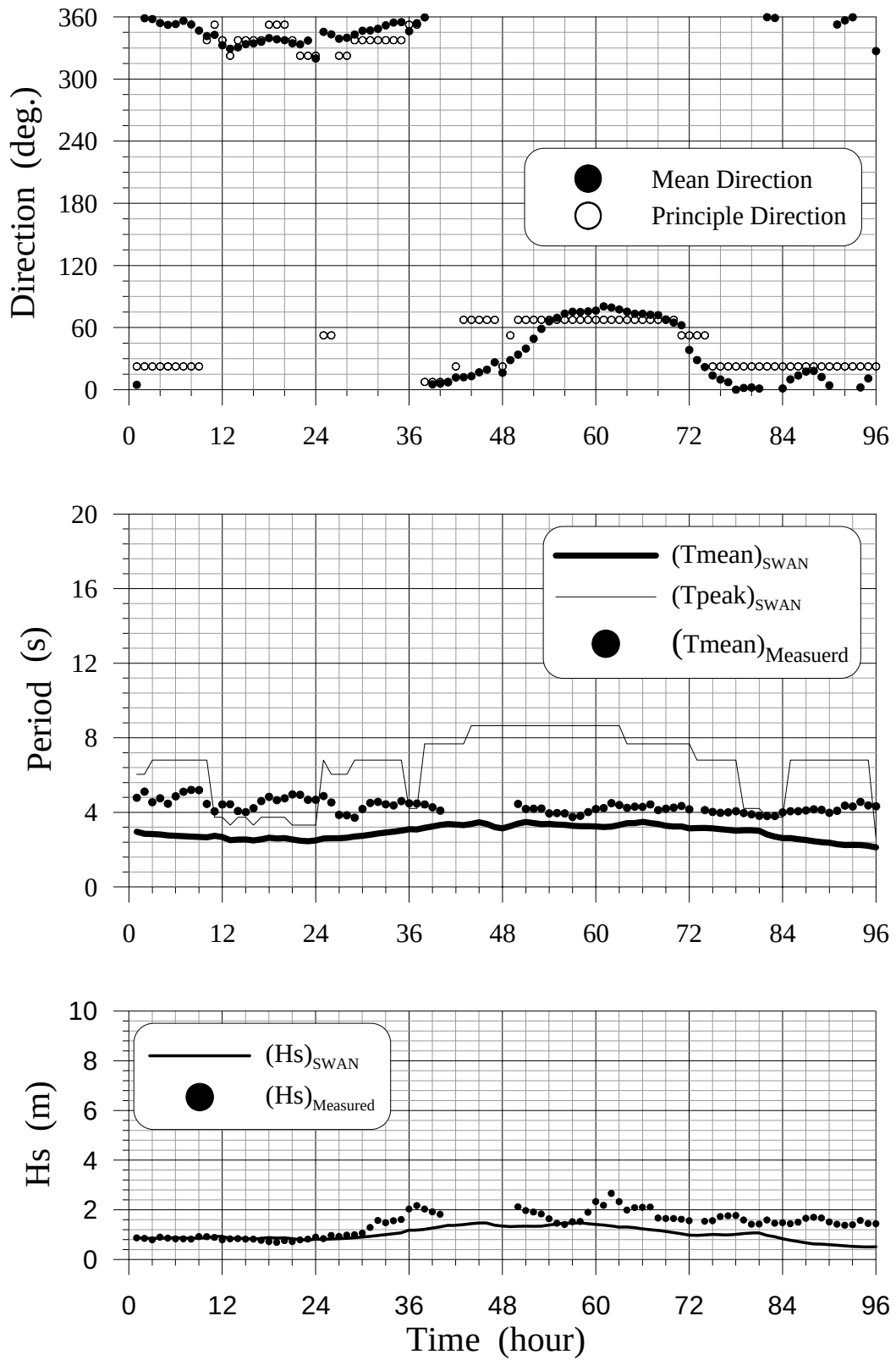


圖 25 2010 年萊羅克及南修颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

20100909\_Meranti\_SA

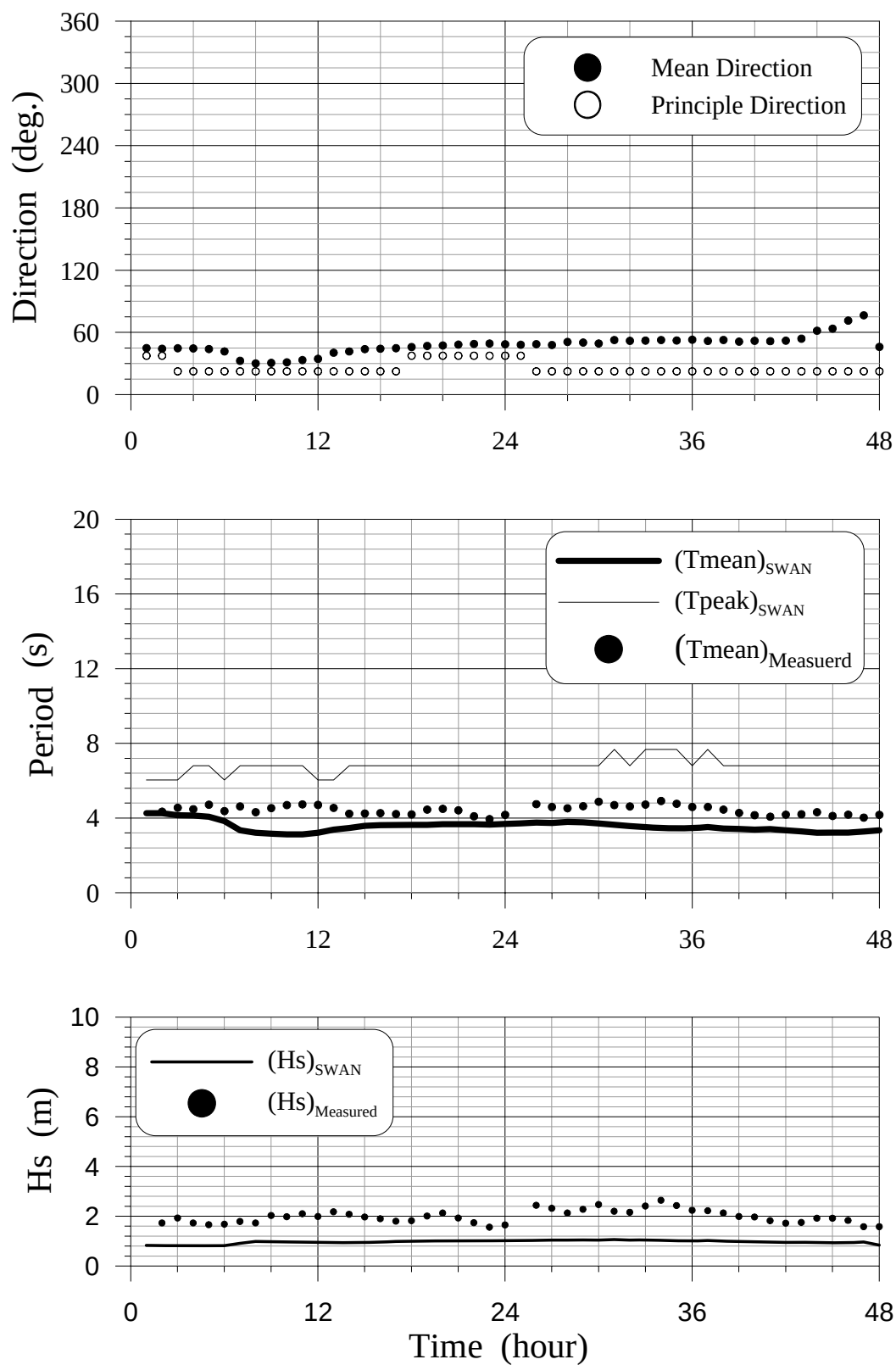


圖 26 2010 年莫蘭帝颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

20100917\_Fanapi\_SA

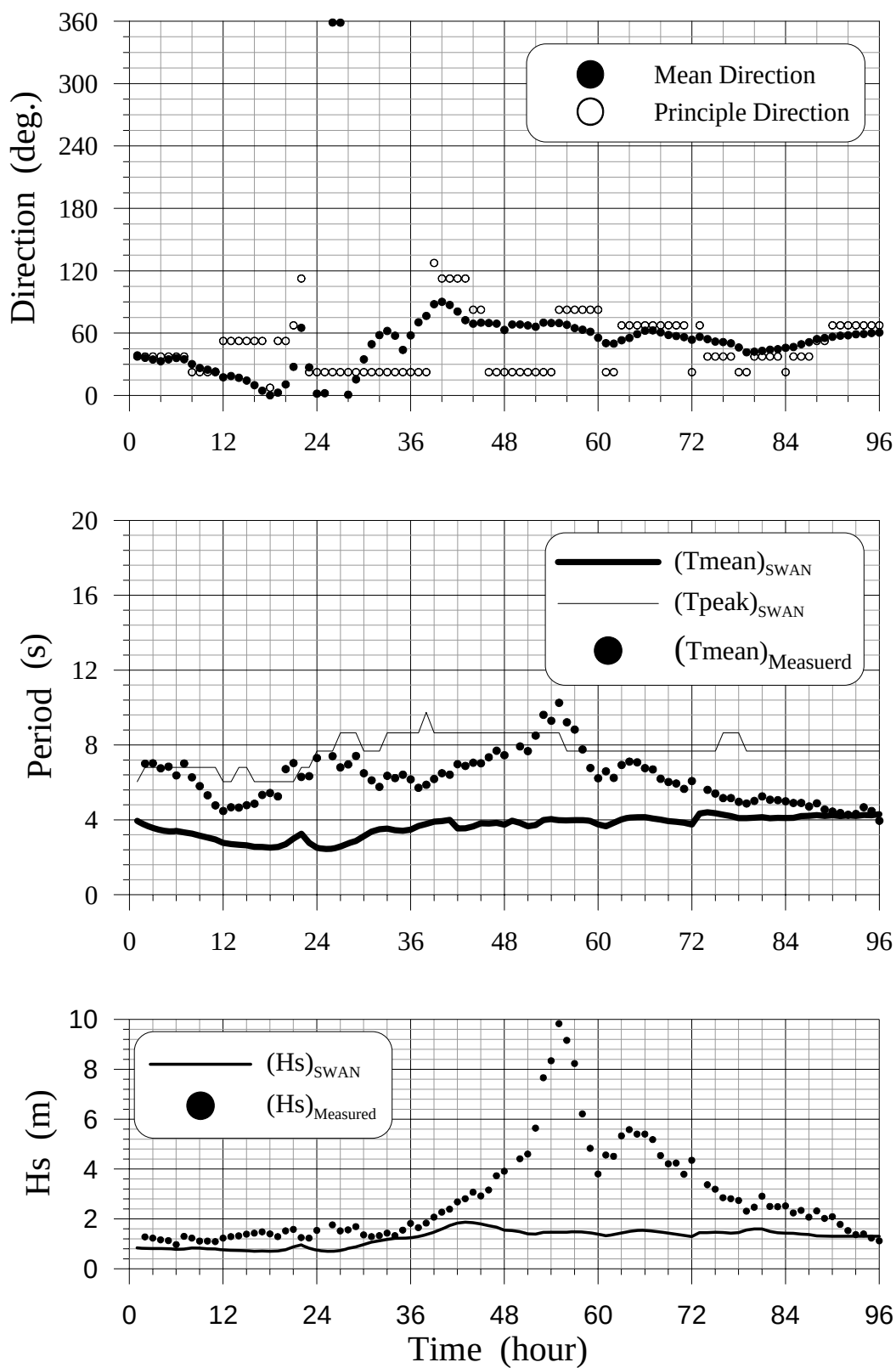


圖 27 2010 年凡那比颱風期間蘇澳港的波動分佈圖



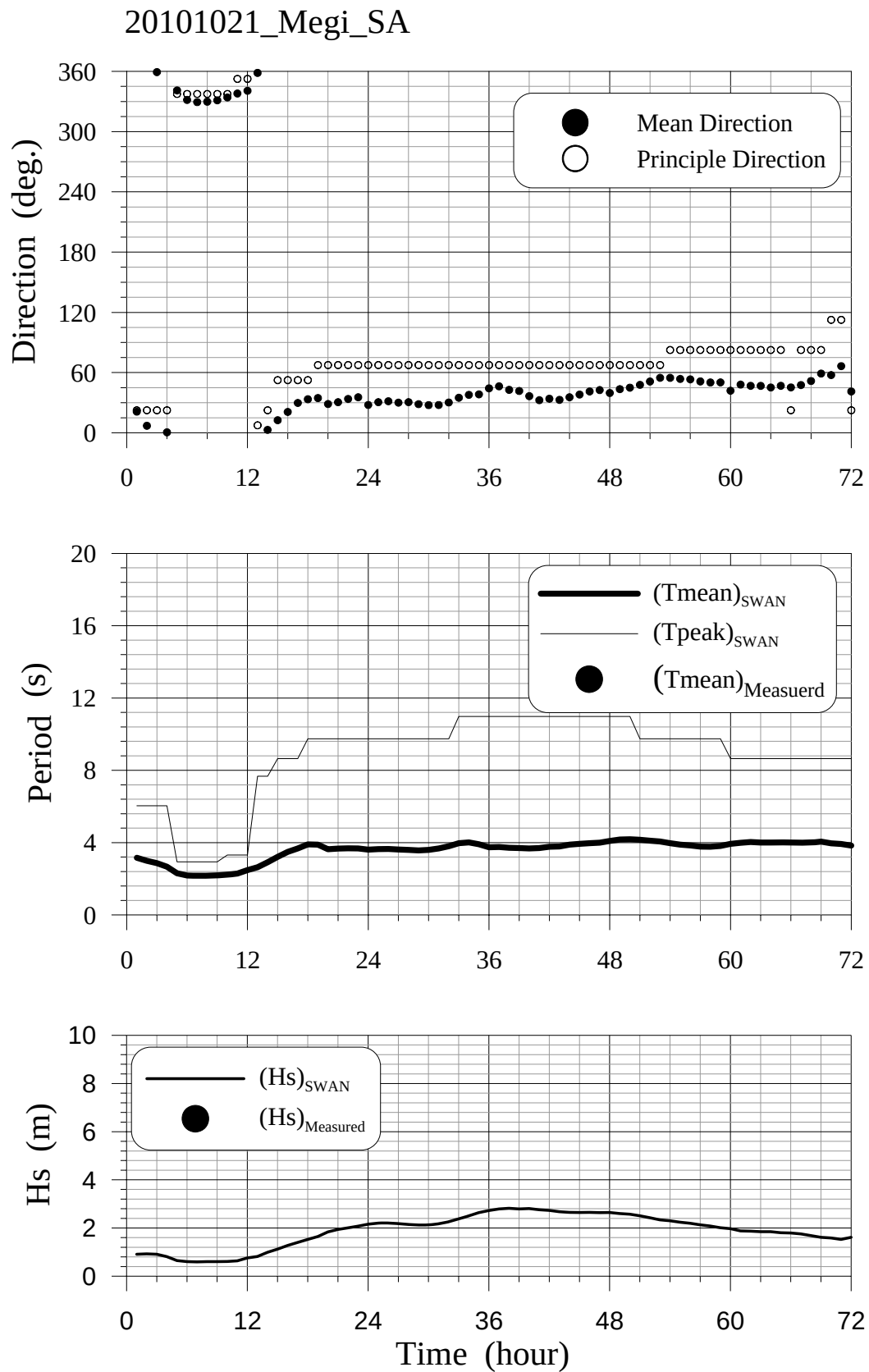


圖 28 2010 年梅姬颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

## 附錄 II

### 水動力模式簡介

# 1. COHERENS 模式

本節針對如何建置西太平洋及台灣海域水位及海流模式相關程序進行詳細說明。

## 1.1 模式基本理論

本計畫利用 COHERENS 模式建置西太平洋及台灣海域水位及海流模式，其中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的格點表示，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。基本的控制方程式如下

動量方程式：

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x_1} + v \frac{\partial u}{\partial x_2} + w \frac{\partial u}{\partial x_3} - fv \\ = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_1} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left( v_T \frac{\partial u}{\partial x_3} \right) + \frac{\partial}{\partial x_1} \tau_{11} + \frac{\partial}{\partial x_2} \tau_{21} \end{aligned} \quad (1.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x_1} + v \frac{\partial v}{\partial x_2} + w \frac{\partial v}{\partial x_3} + fu \\ = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x_2} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left( v_T \frac{\partial v}{\partial x_3} \right) + \frac{\partial}{\partial x_1} \tau_{12} + \frac{\partial}{\partial x_2} \tau_{22} \end{aligned} \quad (1.2)$$

壓力平衡方程式：

$$\frac{\partial p}{\partial x_3} = -\rho g \quad (1.3)$$

連續方程式：

$$\frac{\partial u}{\partial x_1} + \frac{\partial v}{\partial x_2} + \frac{\partial w}{\partial x_3} = 0 \quad (1.4)$$

其中，水平剪力定義如下：

$$\tau_{11} = 2\nu_H \frac{\partial u}{\partial x_1} \quad (1.5)$$

$$\tau_{21} = \tau_{12} = \nu_H \left( \frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{\partial v}{\partial x_1} \right) \quad (1.6)$$

$$\tau_{22} = 2\nu_H \frac{\partial v}{\partial x_2} \quad (1.7)$$

水平格點分布採用 Arakawa-C Grid (Arakawa, 1979) 交錯網格(如圖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2所示）。經過座標轉換後， $(\tilde{t}, \tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{x}_3) = (t, x_1, x_2, Lf(\sigma))$ ，其中  $\sigma = \frac{x_3 + h}{H}$ ，方程式可轉換如下：

連續方程式：

$$\frac{1}{J} \frac{\partial J}{\partial \tilde{t}} + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial(\tilde{x}_1)} (Ju) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial(\tilde{x}_2)} (Jv) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial(\tilde{x}_3)} (Jw) = 0 \quad (1.8)$$

動量方程式：

$$\begin{aligned} & \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{t}} (Ju) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial(\tilde{x}_1)} (Ju^2) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial(\tilde{x}_2)} (Juv) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial(\tilde{x}_3)} (Juw) - fv = \\ & -g \frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{x}_1} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \rho_a}{\partial \tilde{x}_1} + Q_1 + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3} \left( \frac{\nu_T}{J} \frac{\partial u}{\partial \tilde{x}_3} \right) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1} (J\tau_{11}) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2} (J\tau_{21}) \end{aligned} \quad (1.9)$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial t} (Jv) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial (\tilde{x}_2)} (Jv^2) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial (\tilde{x}_1)} (Juv) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial (\tilde{x}_3)} (Ju\tilde{w}) + fw = \\ & -g \frac{\partial \zeta}{\partial \tilde{x}_2} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \rho_a}{\partial \tilde{x}_2} + Q_2 + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_3} \left( \frac{v_T}{J} \frac{\partial v}{\partial \tilde{x}_3} \right) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_1} (J\tau_{12}) + \frac{1}{J} \frac{\partial}{\partial \tilde{x}_2} (J\tau_{22}) \end{aligned} \quad (1.10)$$

壓力平衡方程式：

$$\frac{1}{J} \frac{\partial q_d}{\partial \tilde{x}_3} = -g \left( \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \right) \quad (1.11)$$

其中

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

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

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

#### A. 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，於其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：

- (1). 底層摩擦力而造成的紊流
- (2). 表層風場所造成的紊流

- (3). 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
- (4). 季節循環造成溫度的不同產生的變化，包括斜溫層的升降
- (5). 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

## B. 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，

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

## C. 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。

## D. 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：

$$\rho_0 \frac{V_T}{J} \left( \frac{\partial u}{\partial \tilde{x}_3}, \frac{\partial v}{\partial \tilde{x}_3} \right) = (\tau_{s1}, \tau_{s2}) = \rho_a C_D^s (U_{10}^2 + V_{10}^2)^{1/2} (U_{10}, V_{10}) \quad (1.12)$$

其中  $U_{10}$  及  $V_{10}$  為水表面上方 10 公尺的風速， $\rho_a$  為空氣密度。

### 2、底層邊界

底層邊界剪力同樣也是由水平流速所造成，表示如下：

$$\frac{\rho_0 V_T}{J} \left( \frac{\partial u}{\partial \tilde{x}_3}, \frac{\partial v}{\partial \tilde{x}_3} \right) = (\tau_{b1}, \tau_{b2}) \quad (1.13)$$

在模式中有三種計算方式可以選擇：

- (1). 底層無剪力
- (2). 二次方摩擦方程式
- (3). 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：

- (1). 無水流進入

(2). 使用調和分析之形式輸入水位

(3). 使用調和分析之形式輸入流速

(4). 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：

(1). 固定常數  $C_D^s = 0.0013$  (可自行設定)

(2). Large and Pond (1981)

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

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

(3). Smith and Banke (1975)

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

(4). Geernaert et al. (1986)

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



(5). 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)

## 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 1.1。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。

$$E_{vap} = Q_{la} / L_V \quad (1.14)$$

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 ( $\text{J kg}^{-1}$ )， $T_S$  為水表面之水溫 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

$$Q_{sol} = Q_{CS} (1 - 0.62 f_C + 0.0019 \gamma_{\theta, \max}) (1 - A_S) \quad (1.15)$$

$$Q_{nsol} = Q_{la} + Q_{se} + Q_{lw} \quad (1.16)$$

$Q_{CS}$  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。

## E. 其他特色

為了加快計算的進行，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。

整體說來，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方法而獲得。
- (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 1 即為使用之參數。

## F. 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 1-3，一為計算流程，如圖 1-4。

## 1.2 模式設定

由於目前並無法取得洋流的資訊，因此模式僅做潮流的模擬及輸入氣象條件，將氣象潮加入。模式邊界點為輸入八個分潮，包含四個主要全日潮 Q1、O1、P1、K1 及四個主要半日潮 N2、M2、S2、K2。資料來源為 TOPEX 衛星資料產生大洋中各分潮的振幅及相位。由於三維計算需要大量的時間，目前團隊所擁有的計算主機並無法負荷如此龐大的計算量，因此在垂直的部份僅使用單層，進行二維的運算。

模式地形的設定，西太平洋模式解析度為  $1/12$  度，範圍為東經 105~140 度，北緯 0~42 度，計算時間間隔為 10 秒；台灣海域模式解析度為  $1/60$  度，範圍為東經 117~123 度，北緯 18~26 度，計算時間間隔為 5 秒。

表 1.1 使用之參數

|                    |                                       |
|--------------------|---------------------------------------|
| $\nu_T, \lambda_T$ | 垂直渦流 (eddy) 黏滯係數                      |
| $\nu_H, \lambda_H$ | 水平擴散係數                                |
| $\rho$             | 水體密度 ( $\text{kg/m}^3$ )              |
| $\rho_0$           | reference density ( $\text{kg/m}^3$ ) |
| $f$                | 科氏力                                   |
| $g$                | 重力加速度 ( $\text{m/s}^2$ )              |
| $u, v, w$          | x、y 及 z 方向流速 ( $\text{m/s}$ )         |
| $x_1, x_2, x_3$    | 代表 X、Y、Z 方向                           |
| $h$                | 水深 (m)                                |
| $\zeta$            | 水位變化 (m)                              |
| $H$                | $h + \zeta$                           |
| $t$                | 時間                                    |
| $p_a$              | 大氣壓力 ( $\text{N/m}^2$ )               |
| $C_D^s$            | 拖曳係數                                  |
| $\rho_a$           | 空氣密度 ( $\text{kg/m}^3$ )              |
| $U_{10}, V_{10}$   | x 及 y 方向風速 ( $\text{m/s}$ )           |
| $Q_{sol}$          | 太陽幅射能 ( $\text{W/m}^2$ )              |
| $Q_{nsol}$         | 水體能量散失 ( $\text{W/m}^2$ )             |
| $Q_{la}$           | 潛熱散失                                  |
| $Q_{se}$           | 水表面之熱交換                               |
| $Q_{lw}$           | 長波幅射散失                                |

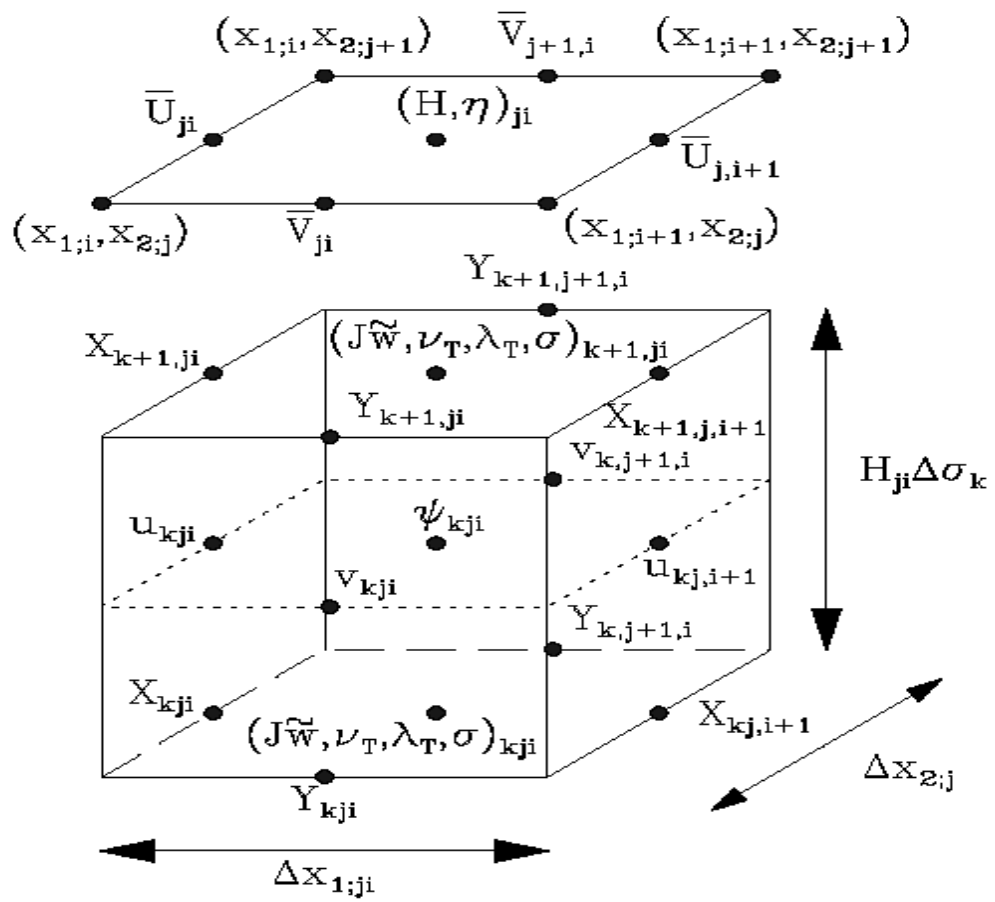


圖 1-1 二維及三維的格點分佈

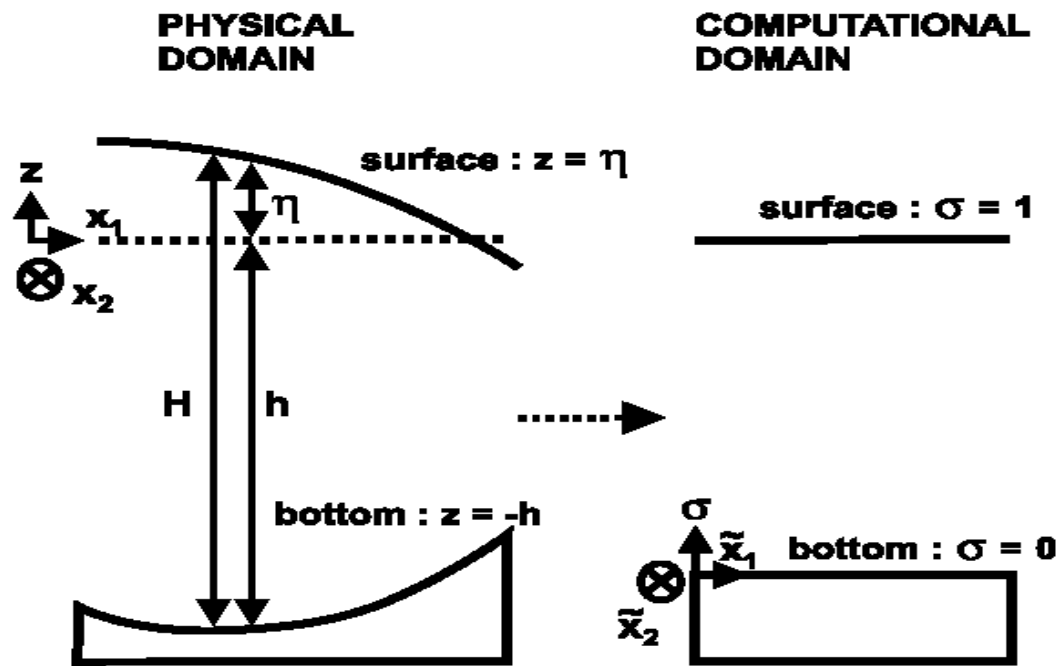


圖 1-2 垂直方向之 $\sigma$ 座標系統

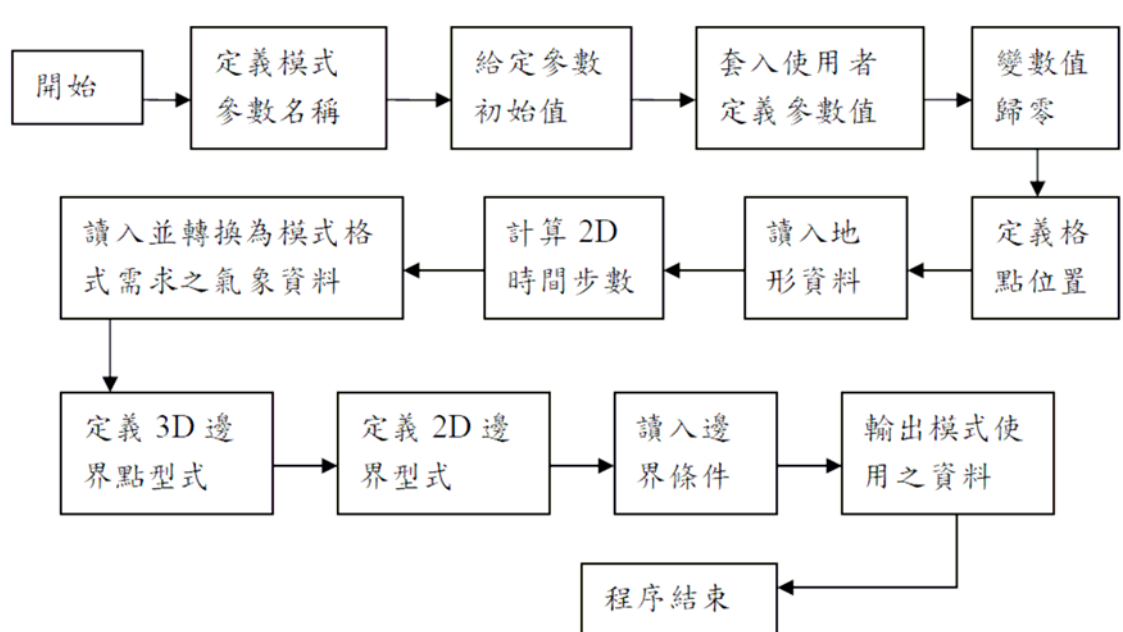


圖 1-3 前處理流程

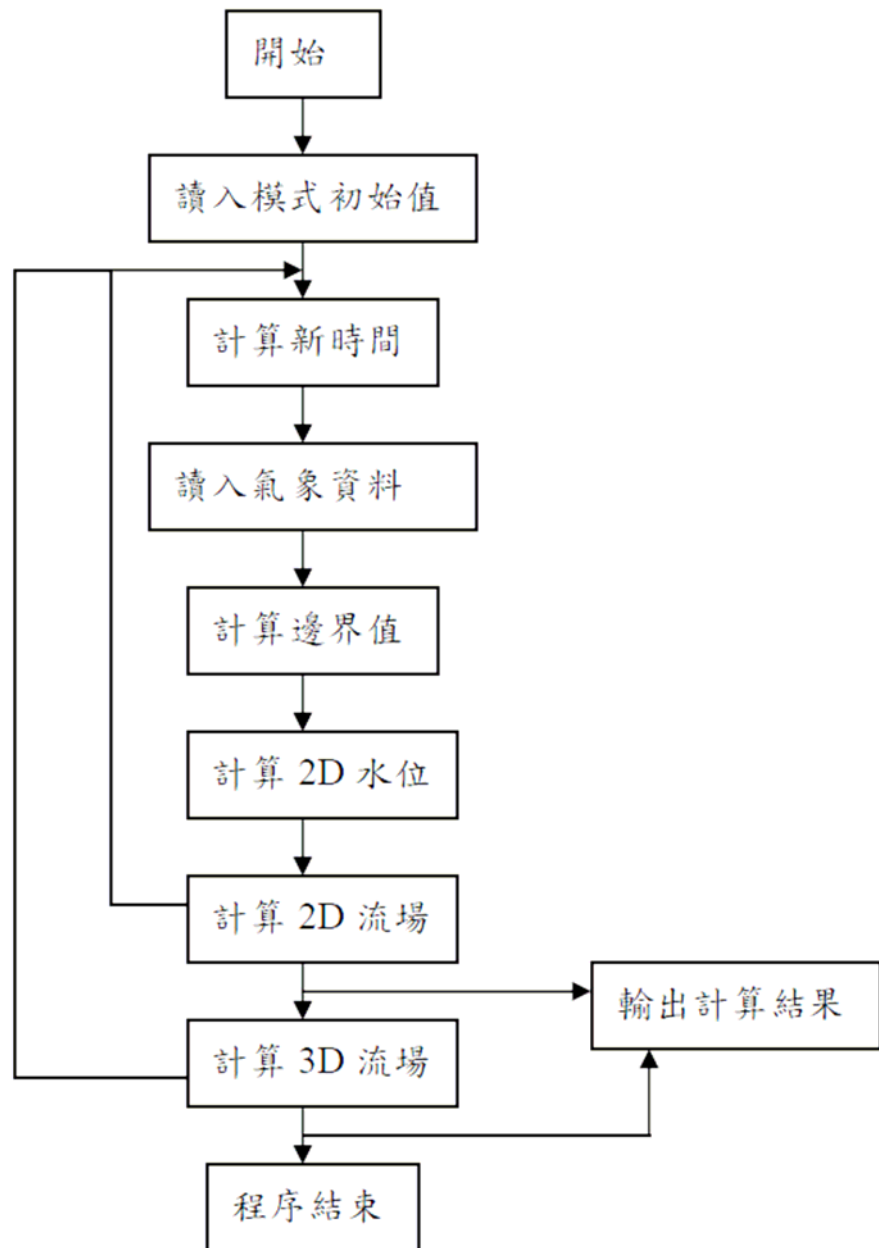


圖 1-4 計算流程

## 2 潮流模式

本節針對如何以有限元素法求解二維水深積分水動力控制方程式相關程序進行詳細說明。

### 2.1 水動力控制方程式

假設水體為具有黏滯性之不可壓縮流體，並考慮地球自轉運動之影響，則描述二維平面流場之連續方程式及運動方程式可表示如下：

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = Q_0 \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial(H^{-1}q_x^2)}{\partial x} + \frac{\partial(H^{-1}q_xq_y)}{\partial x} - fq_y \\ = -\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} (p^s + \rho g \eta) + \frac{1}{\rho_0} (\tau_x^s - \tau_x^b) + \left( \frac{\partial F_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial F_{xy}}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial(H^{-1}q_xq_y)}{\partial x} + \frac{\partial(H^{-1}q_y^2)}{\partial y} + fq_x \\ = -\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} (p^s + \rho g \eta) + \frac{1}{\rho_0} (\tau_y^s - \tau_y^b) + \left( \frac{\partial F_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial F_{yy}}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (2.3)$$

其中

$$H = \int_{-h}^{\eta} dz = h + \eta$$

$$q_x = \int_{-h}^{\eta} u dz = \bar{u}H$$

$$q_y = \int_{-h}^{\eta} v dz = \bar{v}H$$

$$\bar{u} = \frac{1}{(h + \eta)} \int_{-h}^{\eta} u dz$$



$$\bar{v} = \frac{1}{(h + \eta)} \int_{-h}^{\eta} v dz$$

$$F_{ij} = E_{ij} (q_{j,i} + q_{i,j}) \quad i, j = x, y$$

$$\tau_i^b = C_f (q_x^2 + q_y^2)^{1/2} \frac{q_i}{H^2} \quad i = x, y$$

$$\tau_i^s = \rho_a C_d |U_{10}| U_i \quad i, j = x, y$$

此處

$h$  = 靜水深，

$\eta$  = 水位變化，

$u$  =  $x$  方向之水平流速，

$v$  =  $y$  方向之水平流速，

$Q_0$  = 以 Source 或 Sink 形式進出領域之流量，

$\rho_0$  = 流體平均密度，

$\rho_a$  = 空氣密度，

$p^s$  = 水面壓力，

$g$  = 重力常數，

$\tau_x^b$  =  $x$  方向之底床剪應力，

$\tau_y^b$  =  $y$  方向之底床剪應力，

$\tau_x^s$  =  $x$  方向之水面剪應力

$\tau_y^s$  =  $y$  方向之水面剪應力

$C_f$  = 底床擦係數，引用 Manning 公式可得  $C_f = \frac{n^2 g}{H^{1/3}}$ ，

$n$  = 曼寧係數，

$C_d$  = 風力係數，其值為  $C_d = (1.1 + 0.0536 U_{10}) 10^{-3}$ ，

$U_{10}$  = 海面上10公尺處之風速

$E_{ij}$  = 渦動黏滯係數(Eddy coefficient) ,

$f$  = 柯氏參數(Coriolis parameter) , 等於  $2\omega \sin \phi$  ,

$\omega$  = 地球自轉之位相速度 ,

$\phi$  = 計算領域所在位置之緯度 ,

問題之初始條件為

$$\eta(x, y, t) = \eta_0(x, y) \quad \text{或} \quad H(x, y, t) = H_0(x, y) \quad (2.3a)$$

$$q_x(x, y, t) = q_{x0}(x, y) \quad \text{及} \quad q_y(x, y, t) = q_{y0}(x, y) \quad (2.3b)$$

式中  $\eta_0$ 、 $H_0$ 、 $q_{x0}$  及  $q_{y0}$  分別代表時間  $t = 0$  時之水位、水深及  $x$ 、 $y$  方向流量。

問題之邊界條件則考慮流量邊界條件如下：

$$q_n = \alpha_{nx} q_x + \alpha_{ny} q_y = \hat{q}_n \quad (2.4a)$$

$$q_s = -\alpha_{ny} q_x + \alpha_{nx} q_y = \hat{q}_s \quad (2.4b)$$

或

$$q_x = \alpha_{nx} q_n - \alpha_{ny} q_s \quad (2.5a)$$

$$q_y = \alpha_{nx} q_s + \alpha_{ny} q_n \quad (2.5b)$$

式中  $\alpha_{nx}$  及  $\alpha_{ny}$  為方向導數，下標  $n$  及  $s$  分別表示法線及切線方向， $\hat{q}_n$  及  $\hat{q}_s$  表示給定之邊界條件。

此外，內應力項之邊界條件為

$$F_x = \alpha_{nx} F_{xx} + \alpha_{ny} F_{yx} = \hat{F}_x \quad (2.6a)$$

$$F_y = \alpha_{nx} F_{xy} + \alpha_{ny} F_{yy} = \hat{F}_y \quad (2.6b)$$

式中  $\hat{F}_x$  及  $\hat{F}_y$  表示給定之邊界條件。

## 2.2 有限元素法方程式

本計畫二維有限元素水動力模式係採用葛金斯加權殘差有限元素數值方法求解二維水動力系統控制方程式(2.1)~(2.3)式及其邊界值問題。依據 Stokes 理論(2.1)~(2.3)式可改寫成下列積分方程式：

$$\iint_A \left[ \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} - Q_0 \right] \delta H \, dA = 0 \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} & \iint_A \left[ \frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial (H^{-1} q_x^2)}{\partial x} + \frac{\partial (H^{-1} q_y q_x)}{\partial y} - f q_y + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} (P^s + \rho g \eta) \right] \delta q_x \, dA \\ & - \iint_A \left[ \frac{\tau_x^s - \tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x - F_{xx} \frac{\partial (\delta q_x)}{\partial x} - F_{yx} \frac{\partial (\delta q_x)}{\partial y} \right] dA - \int_{\partial A} F'_x \delta q_x \, dL = 0 \end{aligned} \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} & \iint_A \left[ \frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial (H^{-1} q_x q_y)}{\partial x} + \frac{\partial (H^{-1} q_y^2)}{\partial y} + f q_x + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} (P^s + \rho g \eta) \right] \delta q_y \, dA \\ & - \iint_A \left[ \frac{\tau_y^s - \tau_y^b}{\rho_0} \delta q_y - F_{xy} \frac{\partial (\delta q_y)}{\partial x} - F_{yy} \frac{\partial (\delta q_y)}{\partial y} \right] dA - \int_{\partial A} F'_y \delta q_y \, dL = 0 \end{aligned} \quad (2.9)$$

式中 A 代表計算領域， $\partial A$  代表計算領域 A 之邊界，dA 及 dL 分別代表面積分及線積分之微小單元， $\delta H$ 、 $\delta q_x$  及  $\delta q_y$  分別為權函數(weighting function)， $F'_x$  及  $F'_y$  分別代表邊界上的內應力量。

常見求解上述積分方程式(2.7)~(2.9)式之方法為有限元素近似法，即將計算領域分割成有限個次領域(subdomain)稱之為元素(element)，各元素之間以節點(nodes)連接，節點上的未知數稱為自由度(degree of freedom)。本計畫採用含有三個節點之三角形元素分割計算領域，在每個元素內上述物理量 H、 $q_x$  及  $q_y$  可以分別用線性內插函數(或

稱為形狀函數) $N_j^e$  ( $j = 1, 2, 3$ ，對應於三角元素三個節點)及節點上未知函數 $H_j^e$ 、 $q_{xj}^e$ 及 $q_{yj}^e$ 近似表示，即

$$H^e = N_1^e H_1^e + N_2^e H_2^e + N_3^e H_3^e = \{N^e\}^T \{H^e\} = \{H^e\}^T \{N^e\} \quad (2.10)$$

$$q_x^e = N_1^e q_{x1}^e + N_2^e q_{x2}^e + N_3^e q_{x3}^e = \{N^e\}^T \{q_x^e\} = \{q_x^e\}^T \{N^e\} \quad (2.10a)$$

$$q_y^e = N_1^e q_{y1}^e + N_2^e q_{y2}^e + N_3^e q_{y3}^e = \{N^e\}^T \{q_y^e\} = \{q_y^e\}^T \{N^e\} \quad (2.10b)$$

上述表示式中 $\{H^e\}$ 、 $\{q_x^e\}$ 、 $\{q_y^e\}$ 及 $\{N^e\}$ 之轉置矩陣分別為

$$\{H^e\}^T = \{H_1^e, H_2^e, H_3^e\}$$

$$\{q_x^e\}^T = \{q_{x1}^e, q_{x2}^e, q_{x3}^e\}$$

$$\{q_y^e\}^T = \{q_{y1}^e, q_{y2}^e, q_{y3}^e\}$$

$$\{N^e\}^T = \{N_1^e, N_2^e, N_3^e\}$$

其中三角元素之線性內插函數 $N_j^e$ 計算如下

$$N_j^e = (a_j + b_j x + c_j y) / 2\Delta^e, \quad j = 1, 2, 3$$

$$a_i = x_j^e y_k^e - x_k^e y_j^e$$

$$b_i = y_j^e - y_k^e$$

$$c_i = x_k^e - x_j^e$$

$$\Delta^e = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & x_1^e & y_1^e \\ 1 & x_2^e & y_2^e \\ 1 & x_3^e & y_3^e \end{vmatrix}$$

式中 $(x_j^e, y_j^e)$ 為三角元素節點j之座標(如附錄圖 2-1 所示)，(2.14)式代表座標之線性函數。

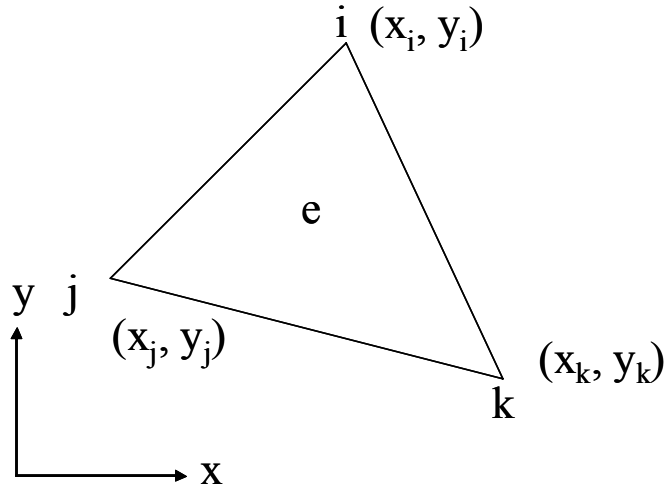


圖 2-1 三角形元素座標定義

(2.8)式各項積分式之計算說明如下：

$$\begin{aligned} \iint_A \frac{\partial H}{\partial t} \delta H \square dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial H}{\partial t} \delta H \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \{ N^e \}^T \frac{\partial \{ H^e \}}{\partial t} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [M_h^e] \frac{\partial \{ H^e \}}{\partial t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \frac{\partial q_x}{\partial x} \delta H \square dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial q_x}{\partial x} \delta H \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \frac{\partial \{ N^e \}^T}{\partial x} \{ q_x^e \} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [G_x^e] \{ q_x^e \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \frac{\partial q_y}{\partial y} \delta H \square dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial q_y}{\partial y} \delta H \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \frac{\partial \{ N^e \}^T}{\partial y} \{ q_y^e \} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [G_y^e] \{ q_y^e \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\iint_A Q_0 \delta H dA &= \sum_{e \in A} \iint_e (Q_0 \delta H) dA^e \\
&= \sum_{e \in A} \{\delta H^e\}^T \iint_e \{N^e\} \{N^e\}^T \{Q_0^e\} dA^e = \sum_{e \in A} \{\delta H^e\}^T [M_h^e] \{Q_0^e\}
\end{aligned}$$

其中

$$[M_h^e] = \iint_e \{N^e\} \{N^e\}^T dA^e = \frac{\Delta^e}{12} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$[G_x^e] = \iint_e \{N^e\} \frac{\partial \{N^e\}^T}{\partial x} dA^e = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{bmatrix}$$

$$[G_y^e] = \iint_e \{N^e\} \frac{\partial \{N^e\}^T}{\partial y} dA^e = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix}$$

將上述各項積分離散式代入積分方程式(2.7)式，則(2.7)式可簡化成

$$\sum_{e \in A} \{\delta H^e\}^T \left\{ [M_h^e] \frac{\partial \{H^e\}}{\partial t} + [G_x^e] \{q_x^e\} + [G_y^e] \{q_y^e\} - [M_h^e] \{Q_0^e\} \right\} = 0$$

定義陣列  $\{\delta H\}$  及  $\{H\}$  分別為全部的  $\{\delta H^e\}$  及  $\{H^e\}$  結合後之整體陣列 (global array)，陣列  $\{q\}$  為  $\{q_x^e\}$  及  $\{q_y^e\}$  合併後之整體陣列，則(2.14)式可結合成一矩陣方程式如下

$$\{\delta H\}^T \left\{ [M_h] \frac{\partial \{H\}}{\partial t} + [G_h] \{q\} + \{R_h\} \right\} = 0 \quad (2.11)$$

式中整體矩陣  $[M_h]$ 、 $[G_h]$  及  $\{H^e\}$  分別為元素矩陣  $[M_h^e]$ 、 $[G_x^e]$  與  $[G_y^e]$  以及  $[M_h^e] \{Q_0^e\}$  結合後之整體矩陣，其中整體矩陣  $[M_h]$  為一對稱矩陣。

由於陣列 $\{\delta H\}^T$ 為任意函數，故可得到

$$\left\{ [M_h] \frac{\partial \{H\}}{\partial t} + [G_h] \{q\} + \{R_h\} \right\} = 0 \quad (2.12)$$

(2.8)式各項積分式之計算說明如下：

$$\iint_A \left( \frac{\partial q_x}{\partial t} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial q_x}{\partial t} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T [M_h^e] \frac{\partial \{q_x^e\}}{\partial t}$$

定義  $\hat{q}_{ij} = H^{-1} q_i q_j$  ,  $i, j = x, y$

$$\iint_A \left( \frac{\partial H^{-1} q_x^2}{\partial x} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial H^{-1} q_x^2}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T [G_x^e] \{ \hat{q}_{xx}^e \}$$

$$\iint_A \left( \frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial y} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial y} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T [G_y^e] \{ \hat{q}_{yx}^e \}$$

$$\iint_A (f q_y \delta q_x) dA = \sum_{e \in A} \iint_e (f q_y \delta q_x) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T f [M_h^e] \{ q_y^e \}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \left( \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^s}{\partial x} \delta q_x \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^s}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T [M_h^e] \{ H^e \} \frac{(b_1 p_1 + b_2 p_2 + b_3 p_3)}{2 \rho_0 \Delta^e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \left( g H \frac{\partial \eta}{\partial x} \delta q_x \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( g H \frac{\partial \eta}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T [M_h^e] \{ H^e \} \frac{g(b_1 \eta_1^e + b_2 \eta_2^e + b_3 \eta_3^e)}{2 \Delta^e} \end{aligned}$$

$$\iint_A \left( \frac{\tau_x^s}{\rho_0} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\tau_x^s}{\rho_0} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T \frac{1}{\rho_0} [M_h^e] \{ \tau_x^{se} \}$$

$$\iint_A \left( \frac{\tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T \frac{1}{\rho_0} [M_h^e] \{ \tau_x^{be} \}$$

$$\iint_A \left( F_{xx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( F_{xx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T \frac{E_{xx} \bar{H}}{12 \Delta^e} [M_{bb}^e] \{ \bar{u}^e \}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \left( F_{yx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( F_{yx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T \frac{E_{yx} \bar{H}}{24 \Delta^e} \left\{ [M_{cb}^e] \{ \bar{v}^e \} + [M_{cc}^e] \{ \bar{u}^e \} \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_{\partial A} (F'_x \delta q_x) dL &= \sum_{\partial e \in \partial A} \int_{\partial e} (F'_x \delta q_x) dL^e = \sum_{\partial e \in \partial A} \{ \delta q_x^e \}^T \int_{\partial e} \{ N^e \} \{ N^e \}^T \{ F'_x \} dL^e \\ &= \sum_{\partial e \in \partial A} \{ \delta q_x^e \}^T \frac{L^e}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \{ F'_x \} \end{aligned}$$

其中  $\bar{H}^e = (H_1^e + H_2^e + H_3^e)$  ,  $(\bar{u}, \bar{v}) = H^{-1}(q_x, q_y)$

$$[M_{bb}^e] = \begin{bmatrix} b_1^2 & b_1 b_2 & b_1 b_3 \\ b_2 b_1 & b_2^2 & b_2 b_3 \\ b_3 b_1 & b_3 b_2 & b_3^2 \end{bmatrix}$$

$$[M_{cb}^e] = \begin{bmatrix} c_1 b_1 & c_1 b_2 & c_1 b_3 \\ c_2 b_1 & c_2 b_2 & c_2 b_3 \\ c_3 b_1 & c_3 b_2 & c_3 b_3 \end{bmatrix}$$

$$[M_{cc}^e] = \begin{bmatrix} c_1^2 & c_1 c_2 & c_1 c_3 \\ c_2 c_1 & c_2^2 & c_2 c_3 \\ c_3 c_1 & c_3 c_2 & c_3^2 \end{bmatrix}$$

同理(2.9)式各項積分式之計算如下：

$$\iint_A \left( \frac{\partial q_y}{\partial t} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T [M_h^e] \frac{\partial \{ q_y^e \}}{\partial t}$$

$$\iint_A \left( \frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial x} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T [G_x^e] \{ \hat{q}_{xy}^e \}$$



$$\iint_A \left( \frac{\partial H^{-1} q_y^2}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T [G_y^e] \{ \hat{q}_{yy}^e \}$$

$$\iint_A (f q_x \delta q_y) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T f [M_h^e] \{ q_x^e \}$$

$$\iint_A \left( \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^s}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T [M_h^e] \{ H^e \} \frac{(c_1 p_1 + c_2 p_2 + c_3 p_3)}{2 \rho_0 \Delta^e}$$

$$\iint_A \left( g H \frac{\partial \eta}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T [M_h^e] \{ H^e \} \frac{g(c_1 \eta_1^e + c_2 \eta_2^e + c_3 \eta_3^e)}{2 \Delta^e}$$

$$\iint_A \left( \frac{\tau_y^s}{\rho_0} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{1}{\rho_0} [M_h^e] \{ \tau_{yy}^{se} \}$$

$$\iint_A \left( \frac{\tau_y^b}{\rho_0} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{1}{\rho_0} [M_h^e] \{ \tau_{yy}^{be} \}$$

$$\iint_A \left( F_{yx} \frac{\partial \delta q_y}{\partial y} \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{E_{xy} \bar{H}}{24 \Delta^e} \{ [M_{cb}^e] \{ \bar{u}^e \} + [M_{bb}^e] \{ \bar{v}^e \} \}$$

$$\iint_A \left( F_{yy} \frac{\partial \delta q_y}{\partial y} \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{E_{yy} \bar{H}}{12 \Delta^e} [M_{cc}^e] \{ \bar{v}^e \}$$

$$\int_{\partial A} (F_y' \delta q_y) dL = \sum_{\partial e \in \partial A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{L^e}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \{ F_y'^e \}$$

將上述各項積分式分別代入(2.8)式及(2.9)式並且將其組合成一整體矩陣方程式如下：

$$[M_m] \frac{\partial \{q\}}{\partial t} + [G_m] \{q\} + [K_m] \{\eta\} + \{R_m\} = 0 \quad (2.15)$$

以上推導得知透過有限元素空間座標積分可以將原積分方程式(2.7)~(2.9)離散化成求解一階時間項常微分方程組(2.12)式及(2.13)式。

一般而言，求解上述一階時間項常微分方程組(2.12)式及(2.137)式之方法甚多，原則上以求解方法之精確性、穩定性及效率為主要考量因素。本研究採用時間分離(split-time)之前項差分方法求解(2.12)式及(2.13)式，有關求解之程序說明如下：

先將一階時間項常微分方程組(2.12)式及(2.13)式重組成

$$[M_h] \frac{\partial \{H\}}{\partial t} = \{P_h\} \quad (2.14)$$

$$[M_m] \frac{\partial \{q\}}{\partial t} = \{P_m\} \quad (2.15)$$

式中陣列 $\{P_h\}$ 及 $\{P_m\}$ 之元素通常為 $H$ 、 $q$ 及 $t$ 之函數。

求解上時間項採用梯型法則計算且 $H$ 及 $q$ 分別在時間序列上交錯排列，即 $H$ 及 $q$ 分別在時間 $t_{n-\frac{1}{2}}$ 及 $t_n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )上求解，則(2.14)式及(2.15)式可改寫成

$$[M_h] \left\{ \{H\}_{n+\frac{1}{2}} - \{H\}_{n-\frac{1}{2}} \right\} = \Delta t \left\{ P_h \left( \{H\}_{n-\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_n \right) \right\} \quad (2.16)$$

$$[M_m] \left\{ \{q\}_{n+1} - \{q\}_n \right\} = \Delta t \left\{ P_m \left( \{H\}_{n+\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_{n+\frac{1}{2}} \right) \right\} \quad (2.17)$$

或

$$\{H\}_{n+\frac{1}{2}} = \{H\}_{n-\frac{1}{2}} + \Delta t [M_h]^{-1} \left\{ P_h \left( \{H\}_{n-\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_n \right) \right\} \quad (2.18)$$

$$\{q\}_{n+1} = \{q\}_n + \Delta t [M_m]^{-1} \left\{ P_m \left( \{H\}_{n+\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_{n+\frac{1}{2}} \right) \right\} \quad (2.19)$$

因此當初始條件 $\{H\}_{n-\frac{1}{2}}$ 及 $\{q\}_n$ 已知時，可由(2.18)式直接求解 $\{H\}_{n+\frac{1}{2}}$ ，再由(2.19)式求解 $\{q\}_{n+1}$ ，然後重複上述步驟連續求解。

依據 Wang and Connor (1974)研究結果指出上述求解方法之穩定性條件(stability condition)為

$$\Delta t < 1.5\Delta t_{cr} = 1.5 \Delta s^* / U^* \quad (2.20)$$

式中  $\Delta s^*$  為代表性網格大小， $U^* = \sqrt{2gH}$ 。

## 附錄 III

### 2010 年分月作業化評估表

表 1 2010 年每月七商港觀測及預報風場資料蒐集率統計表

| 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         |
|-----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 741 (99.6%) | 0 ( .0%)    | 743 (99.9%) | 740 (99.5%) | 743 (99.9%) | 742 (99.7%) | 730 (98.1%) |
| 2009/12 月 | RC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2009/12 月 | MC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 740 (99.5%) | 329 (44.2%) | 743 (99.9%) | 465 (62.5%) | 637 (85.6%) | 743 (99.9%) | 743 (99.9%) |
| 2010/ 1 月 | RC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | MC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 669 (99.6%) | 603 (89.7%) | 671 (99.9%) | 668 (99.4%) | 670 (99.7%) | 671 (99.9%) | 671 (99.9%) |
| 2010/ 2 月 | RC   | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 (100%)  |
| 2010/ 2 月 | MC   | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 739 (99.3%) | 729 (98.0%) | 744 ( 100%) | 741 (99.6%) | 744 ( 100%) | 743 (99.9%) | 743 (99.9%) |
| 2010/ 3 月 | RC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | MC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 718 (99.7%) | 521 (72.4%) | 719 (99.9%) | 712 (98.9%) | 719 (99.9%) | 719 (99.9%) | 719 (99.9%) |
| 2010/ 4 月 | RC   | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 4 月 | MC   | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 743 (99.9%) | 232 (31.2%) | 744 ( 100%) | 731 (98.3%) | 743 (99.9%) | 743 (99.9%) | 743 (99.9%) |
| 2010/ 5 月 | RC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 5 月 | MC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 717 (99.6%) | 682 (94.7%) | 719 (99.9%) | 698 (96.9%) | 719 (99.9%) | 719 (99.9%) | 719 (99.9%) |
| 2010/ 6 月 | RC   | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 6 月 | MC   | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 738 (99.2%) | 688 (92.5%) | 743 (99.9%) | 739 (99.3%) | 742 (99.7%) | 743 (99.9%) | 739 (99.3%) |
| 2010/ 7 月 | RC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 7 月 | MC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 741 (99.6%) | 536 (72.0%) | 743 (99.9%) | 707 (95.0%) | 743 (99.9%) | 744 ( 100%) | 731 (98.3%) |
| 2010/ 8 月 | RC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 8 月 | MC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 350 (48.6%) | 231 (32.1%) | 352 (48.9%) | 341 (47.4%) | 352 (48.9%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | RC   | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | MC   | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/10 月 | OBS1 | 743 (99.9%) | 689 (92.6%) | 635 (85.3%) | 744 ( 100%) | 507 (68.1%) | 743 (99.9%) | 743 (99.9%) |
| 2010/10 月 | RC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/10 月 | MC   | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | 718 (99.7%) | 712 (98.9%) | 720 ( 100%) | 719 (99.9%) | 174 (24.2%) | 691 (96.0%) | 691 (96.0%) |
| 2010/11 月 | RC   | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/11 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)

1.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 2 2010 年每月七商港觀測及預報風場平均風速統計表

| 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         |
|-----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 4.6 (99.6%) | * ( * )     | 2.7 (99.9%) | 3.7 (99.5%) | 4.3 (99.9%) | 7.6 (99.7%) | 7.0 (98.1%) |
| 2009/12 月 | RC   | 6.2 ( 100%) | 5.5 ( 100%) | 4.6 ( 100%) | 4.4 ( 100%) | 5.3 ( 100%) | 6.2 ( 100%) | 4.0 (100%)  |
| 2009/12 月 | MC   | 5.7 ( 100%) | 6.9 ( 100%) | 3.1 ( 100%) | 6.0 ( 100%) | 4.3 ( 100%) | 6.0 ( 100%) | 3.5 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 4.3 (99.5%) | 6.2 (44.2%) | 2.4 (99.9%) | 3.4 (62.5%) | 4.4 (85.6%) | 7.8 (99.9%) | 6.5 (99.9%) |
| 2010/ 1 月 | RC   | 6.2 ( 100%) | 5.1 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 4.2 ( 100%) | 5.1 ( 100%) | 6.1 ( 100%) | 3.8 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | MC   | 5.9 ( 100%) | 6.1 ( 100%) | 3.2 ( 100%) | 5.2 ( 100%) | 3.8 ( 100%) | 6.0 ( 100%) | 3.5 (100%)  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 3.8 (99.6%) | 5.8 (89.7%) | 2.7 (99.9%) | 3.0 (99.4%) | 3.7 (99.7%) | 6.5 (99.9%) | 6.2 (99.9%) |
| 2010/ 2 月 | RC   | 5.4 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 3.9 ( 100%) | 3.8 ( 100%) | 4.4 ( 100%) | 5.4 ( 100%) | 3.8 (100%)  |
| 2010/ 2 月 | MC   | 4.9 ( 100%) | 5.9 ( 100%) | 3.4 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 3.6 ( 100%) | 5.2 ( 100%) | 3.9 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 3.9 (99.3%) | 5.2 (98.0%) | 2.5 ( 100%) | 3.8 (99.6%) | 4.3 ( 100%) | 6.6 (99.9%) | 5.6 (99.9%) |
| 2010/ 3 月 | RC   | 5.4 ( 100%) | 4.4 ( 100%) | 4.4 ( 100%) | 4.2 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 5.2 ( 100%) | 3.9 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | MC   | 5.2 ( 100%) | 5.6 ( 100%) | 3.8 ( 100%) | 5.1 ( 100%) | 3.9 ( 100%) | 5.1 ( 100%) | 4.0 (100%)  |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 3.7 (99.7%) | 5.6 (72.4%) | 2.5 (99.9%) | 3.5 (98.9%) | 3.7 (99.9%) | 6.7 (99.9%) | 5.5 (99.9%) |
| 2010/ 4 月 | RC   | 5.2 ( 100%) | 4.2 ( 100%) | 4.0 ( 100%) | 3.9 ( 100%) | 4.4 ( 100%) | 5.2 ( 100%) | 3.4 (100%)  |
| 2010/ 4 月 | MC   | 5.0 ( 100%) | 5.5 ( 100%) | 3.2 ( 100%) | 4.5 ( 100%) | 3.4 ( 100%) | 5.5 ( 100%) | 3.6 (100%)  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 2.8 (99.9%) | 2.7 (31.2%) | 2.4 ( 100%) | 2.8 (98.3%) | 3.2 (99.9%) | 4.9 (99.9%) | 4.5 (99.9%) |
| 2010/ 5 月 | RC   | 4.0 ( 100%) | 3.3 ( 100%) | 3.4 ( 100%) | 2.8 ( 100%) | 3.2 ( 100%) | 4.0 ( 100%) | 3.0 (100%)  |
| 2010/ 5 月 | MC   | 3.9 ( 100%) | 4.2 ( 100%) | 3.4 ( 100%) | 3.3 ( 100%) | 2.8 ( 100%) | 4.1 ( 100%) | 3.1 (100%)  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 2.6 (99.6%) | 4.0 (94.7%) | 2.2 (99.9%) | 2.6 (96.9%) | 3.1 (99.9%) | 5.3 (99.9%) | 4.7 (99.9%) |
| 2010/ 6 月 | RC   | 4.1 ( 100%) | 4.6 ( 100%) | 3.9 ( 100%) | 3.5 ( 100%) | 3.3 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 3.7 (100%)  |
| 2010/ 6 月 | MC   | 3.1 ( 100%) | 5.9 ( 100%) | 2.8 ( 100%) | 4.1 ( 100%) | 2.7 ( 100%) | 4.8 ( 100%) | 3.0 (100%)  |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 2.9 (99.2%) | 3.3 (92.5%) | 2.5 (99.9%) | 3.0 (99.3%) | 3.8 (99.7%) | 6.0 (99.9%) | 4.2 (99.3%) |
| 2010/ 7 月 | RC   | 4.6 ( 100%) | 4.3 ( 100%) | 4.6 ( 100%) | 3.4 ( 100%) | 3.5 ( 100%) | 5.0 ( 100%) | 3.9 (100%)  |
| 2010/ 7 月 | MC   | 4.0 ( 100%) | 5.5 ( 100%) | 3.9 ( 100%) | 4.2 ( 100%) | 3.4 ( 100%) | 5.0 ( 100%) | 3.3 (100%)  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 2.9 (99.6%) | 2.7 (72.0%) | 2.2 (99.9%) | 2.9 (95.0%) | 3.3 (99.9%) | 5.4 ( 100%) | 3.7 (98.3%) |
| 2010/ 8 月 | RC   | 4.1 ( 100%) | 3.2 ( 100%) | 3.3 ( 100%) | 2.7 ( 100%) | 3.3 ( 100%) | 4.1 ( 100%) | 2.5 (100%)  |
| 2010/ 8 月 | MC   | 4.3 ( 100%) | 4.0 ( 100%) | 3.2 ( 100%) | 3.2 ( 100%) | 3.0 ( 100%) | 4.6 ( 100%) | 3.2 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 3.7 (48.6%) | 2.4 (32.1%) | 3.7 (48.9%) | 3.1 (47.4%) | 5.8 (48.9%) | 6.0 ( 100%) | 6.0 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | RC   | 5.3 ( 100%) | 4.2 ( 100%) | 4.6 ( 100%) | 3.7 ( 100%) | 4.6 ( 100%) | 5.0 ( 100%) | 4.3 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | MC   | 5.6 ( 100%) | 4.8 ( 100%) | 4.8 ( 100%) | 4.3 ( 100%) | 4.5 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 4.8 (100%)  |
| 2010/10 月 | OBS1 | 5.7 (99.9%) | 8.0 (92.6%) | 2.6 (85.3%) | 3.9 ( 100%) | 4.1 (68.1%) | 9.5 (99.9%) | 6.3 (99.9%) |
| 2010/10 月 | RC   | 7.3 ( 100%) | 6.8 ( 100%) | 5.6 ( 100%) | 5.0 ( 100%) | 5.8 ( 100%) | 7.5 ( 100%) | 5.0 (100%)  |
| 2010/10 月 | MC   | 6.5 ( 100%) | 8.7 ( 100%) | 3.5 ( 100%) | 5.8 ( 100%) | 4.4 ( 100%) | 7.5 ( 100%) | 3.7 (100%)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | 4.3 (99.7%) | 7.2 (98.9%) | 2.4 ( 100%) | 3.5 (99.9%) | 3.1 (24.2%) | 8.5 (96.0%) | 6.1 (96.0%) |
| 2010/11 月 | RC   | 7.1 ( 100%) | 6.3 ( 100%) | 5.2 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 5.7 ( 100%) | 7.2 ( 100%) | 4.1 (100%)  |
| 2010/11 月 | MC   | 6.5 ( 100%) | 7.5 ( 100%) | 2.8 ( 100%) | 5.1 ( 100%) | 3.8 ( 100%) | 7.5 ( 100%) | 3.6 (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3 2010 年每月七商港觀測及預報風場主要風向 (%) 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         |
|-----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | NE (27.0%)  | * ( * )     | N (60.0%)   | SSW (47.0%) | WNW40.0%    | NE (34.1%)  | NNE (56.2%) |
| 2009/12 月 | RC   | NNE (32.8%) | NE (53.0%)  | NE (30.0%)  | NNE (35.1%) | NNE (33.5%) | NNE (29.6%) | NNE (35.2%) |
| 2009/12 月 | MC   | NNE (28.2%) | NE (50.1%)  | NNE (17.3%) | N (33.9%)   | NNE (28.1%) | NE (34.0%)  | N (25.4%)   |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | NE (17.5%)  | NNE (60.2%) | N (52.6%)   | SSW (44.9%) | WNW36.3%    | NE (27.7%)  | NNE (48.3%) |
| 2010/ 1 月 | RC   | NE (29.3%)  | NE (47.8%)  | ENE (37.1%) | NE (29.6%)  | NE (25.3%)  | NE (32.4%)  | NE (29.6%)  |
| 2010/ 1 月 | MC   | NE (22.6%)  | NE (48.4%)  | NNE (20.7%) | N (35.3%)   | NNE (22.6%) | NE (26.9%)  | NNE (27.3%) |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | NE (18.1%)  | NNE (57.7%) | N (50.2%)   | SSW (57.2%) | WNW36.7%    | NE (29.4%)  | NNE (44.1%) |
| 2010/ 2 月 | RC   | NNE (27.1%) | NNE (24.6%) | NE (16.8%)  | NNE (23.1%) | NNE (26.0%) | NNE (24.9%) | NNE (25.7%) |
| 2010/ 2 月 | MC   | NNE (22.5%) | NE (28.9%)  | NE (16.4%)  | N (30.5%)   | N (25.1%)   | NE (22.8%)  | NNE (22.8%) |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | NNE (18.9%) | NNE (45.3%) | N (35.6%)   | SSW (44.8%) | WNW23.0%    | NE (21.8%)  | NNE (34.2%) |
| 2010/ 3 月 | RC   | NNE (15.2%) | NE (18.8%)  | ENE (14.0%) | SSW (17.2%) | NNE (13.0%) | NNE (14.9%) | NNE (13.3%) |
| 2010/ 3 月 | MC   | NNE (12.1%) | NNE (24.6%) | ENE (11.4%) | NNE (27.2%) | S (16.3%)   | NE (15.1%)  | N (16.1%)   |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | NE (13.2%)  | NNE (51.8%) | N (37.8%)   | SSW (41.7%) | WNW28.9%    | NE (26.6%)  | NNE (32.5%) |
| 2010/ 4 月 | RC   | NNE (15.1%) | NE (21.4%)  | ENE (15.3%) | NE (20.6%)  | NE (14.0%)  | ENE (16.0%) | NNE (18.3%) |
| 2010/ 4 月 | MC   | NNE (13.3%) | NE (24.0%)  | N (13.1%)   | NNE (35.3%) | NNE (15.7%) | ENE (18.2%) | N (16.9%)   |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | NNE (12.9%) | NNE (17.2%) | N (17.1%)   | SSW (44.9%) | WNW21.0%    | NE (18.3%)  | NNE (16.2%) |
| 2010/ 5 月 | RC   | ESE (12.5%) | NNE (13.2%) | WSW (11.4%) | SSW (12.5%) | SE (13.4%)  | NE (13.0%)  | N (12.0%)   |
| 2010/ 5 月 | MC   | SE (13.2%)  | SSW (15.1%) | W (10.8%)   | NE (20.3%)  | SSE (13.8%) | W (13.2%)   | NW (10.6%)  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | SSW (14.5%) | S (25.8%)   | W (13.6%)   | SSW (54.7%) | WNW24.3%    | NE (18.9%)  | S (13.9%)   |
| 2010/ 6 月 | RC   | SW (22.2%)  | SW (31.7%)  | SW (20.6%)  | SSW (17.8%) | SW (16.3%)  | SW (32.2%)  | SW (23.9%)  |
| 2010/ 6 月 | MC   | WSW ( 9.9%) | SSW (24.7%) | W (11.7%)   | S (22.9%)   | SSE (14.7%) | WSW (20.6%) | S (12.9%)   |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | SW (15.6%)  | S (30.4%)   | W (14.7%)   | SSW (48.8%) | S (24.5%)   | SW (21.0%)  | SSW (13.9%) |
| 2010/ 7 月 | RC   | SW (25.3%)  | SW (37.2%)  | WSW (23.3%) | S (22.3%)   | S (19.1%)   | SW (38.8%)  | WSW (24.7%) |
| 2010/ 7 月 | MC   | SSE (20.4%) | SSW (34.4%) | W (14.9%)   | S (34.3%)   | S (27.8%)   | WSW (30.1%) | S (16.9%)   |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | SSE (15.4%) | SSE (17.5%) | W (12.7%)   | SSW (48.1%) | WNW21.8%    | ESE (14.9%) | ESE (17.1%) |
| 2010/ 8 月 | RC   | ESE (16.3%) | SW (14.9%)  | E (14.7%)   | SSW (12.8%) | ESE (14.1%) | E (17.2%)   | S (13.7%)   |
| 2010/ 8 月 | MC   | ESE (21.2%) | SSW (20.7%) | SSE (12.1%) | S (18.5%)   | SSE (21.5%) | E (18.1%)   | S (15.6%)   |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | SSE (26.3%) | SSE (17.7%) | S (17.3%)   | SSW (51.3%) | S (41.2%)   | NE (15.3%)  | NNW (12.5%) |
| 2010/ 9 月 | RC   | SE (16.5%)  | NE (18.9%)  | SE (16.0%)  | S (16.1%)   | SSE (15.4%) | NE (16.8%)  | SSE (15.0%) |
| 2010/ 9 月 | MC   | SE (23.5%)  | NE (18.5%)  | SE (15.0%)  | SSW (19.9%) | SSE (26.7%) | ENE (16.9%) | SSE (18.5%) |
| 2010/10 月 | OBS1 | NE (30.5%)  | NNE (71.8%) | NNW (24.7%) | SSW (44.4%) | WNW31.4%    | NE (43.9%)  | NNE (42.4%) |
| 2010/10 月 | RC   | ENE (27.0%) | NE (47.8%)  | E (25.4%)   | NE (20.6%)  | ENE (21.0%) | NE (32.7%)  | ENE (22.0%) |
| 2010/10 月 | MC   | ENE (20.7%) | NE (47.0%)  | E (12.2%)   | NNE (32.8%) | NNE (20.0%) | NE (32.0%)  | N (16.9%)   |
| 2010/11 月 | OBS1 | ENE (34.3%) | NNE (69.4%) | NNW (38.2%) | SSW (43.0%) | WNW42.5%    | ENE (34.0%) | NNE (47.8%) |
| 2010/11 月 | RC   | ENE (34.0%) | NE (58.2%)  | ENE (49.4%) | NE (45.3%)  | ENE (35.0%) | NE (39.6%)  | NE (32.8%)  |
| 2010/11 月 | MC   | ENE (36.5%) | NE (47.2%)  | NNE (17.6%) | N (39.2%)   | NE (23.1%)  | ENE (45.8%) | N (31.4%)   |

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 4 2010 年每月七商港觀測及預報風場東西分量平均風速統計表

| 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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | -2.6 (99.6%) | * ( * )      | .2 (99.9%)   | -.8 (99.5%)  | 2.1 (99.9%)  | -5.4 (99.7%) | -1.4 (98.1%) |
| 2009/12 月 | RC   | -3.2 ( 100%) | -3.3 ( 100%) | -3.4 ( 100%) | -2.0 ( 100%) | -2.4 ( 100%) | -3.6 ( 100%) | -2.1 (100%)  |
| 2009/12 月 | MC   | -2.9 ( 100%) | -4.1 ( 100%) | -1.3 ( 100%) | -.3 ( 100%)  | -.6 ( 100%)  | -3.8 ( 100%) | -1.0 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | -2.4 (99.5%) | -2.5 (44.2%) | .3 (99.9%)   | -.6 (62.5%)  | 1.7 (85.6%)  | -5.0 (99.9%) | -1.4 (99.9%) |
| 2010/ 1 月 | RC   | -3.5 ( 100%) | -3.1 ( 100%) | -3.9 ( 100%) | -2.1 ( 100%) | -2.7 ( 100%) | -3.7 ( 100%) | -2.4 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | MC   | -3.1 ( 100%) | -3.6 ( 100%) | -1.6 ( 100%) | .5 ( 100%)   | -.6 ( 100%)  | -3.9 ( 100%) | -.9 (100%)   |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | -1.1 (99.6%) | -2.2 (89.7%) | .2 (99.9%)   | -.2 (99.4%)  | 1.4 (99.7%)  | -3.1 (99.9%) | -1.2 (99.9%) |
| 2010/ 2 月 | RC   | -1.4 ( 100%) | -1.2 ( 100%) | -1.2 ( 100%) | .0 ( 100%)   | -.6 ( 100%)  | -1.5 ( 100%) | -.8 (100%)   |
| 2010/ 2 月 | MC   | -1.3 ( 100%) | -2.2 ( 100%) | -1.4 ( 100%) | .1 ( 100%)   | .1 ( 100%)   | -1.3 ( 100%) | -1.5 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | -1.5 (99.3%) | -1.7 (98.0%) | .5 ( 100%)   | -.9 (99.6%)  | .8 ( 100%)   | -3.6 (99.9%) | -.7 (99.9%)  |
| 2010/ 3 月 | RC   | -1.9 ( 100%) | -1.4 ( 100%) | -2.3 ( 100%) | -.7 ( 100%)  | -1.2 ( 100%) | -1.9 ( 100%) | -1.2 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | MC   | -1.7 ( 100%) | -1.8 ( 100%) | -1.5 ( 100%) | -.2 ( 100%)  | -.3 ( 100%)  | -1.9 ( 100%) | -.6 (100%)   |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | -1.3 (99.7%) | -1.7 (72.4%) | .5 (99.9%)   | -.9 (98.9%)  | .8 (99.9%)   | -3.4 (99.9%) | -.5 (99.9%)  |
| 2010/ 4 月 | RC   | -2.0 ( 100%) | -1.2 ( 100%) | -1.8 ( 100%) | -1.0 ( 100%) | -1.4 ( 100%) | -2.0 ( 100%) | -.7 (100%)   |
| 2010/ 4 月 | MC   | -2.0 ( 100%) | -1.5 ( 100%) | -.4 ( 100%)  | -.9 ( 100%)  | -1.1 ( 100%) | -2.2 ( 100%) | .0 (100%)    |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | -.7 (99.9%)  | .2 (31.2%)   | 1.0 ( 100%)  | -.7 (98.3%)  | .1 (99.9%)   | -1.3 (99.9%) | .8 (99.9%)   |
| 2010/ 5 月 | RC   | -1.2 ( 100%) | .2 ( 100%)   | .7 ( 100%)   | -.2 ( 100%)  | -.8 ( 100%)  | -.8 ( 100%)  | .7 (100%)    |
| 2010/ 5 月 | MC   | -.9 ( 100%)  | .4 ( 100%)   | .5 ( 100%)   | -1.0 ( 100%) | -1.1 ( 100%) | -.4 ( 100%)  | .8 (100%)    |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | -.4 (99.6%)  | -.3 (94.7%)  | .6 (99.9%)   | -.3 (96.9%)  | .2 (99.9%)   | -.4 (99.9%)  | -.1 (99.9%)  |
| 2010/ 6 月 | RC   | .6 ( 100%)   | 1.1 ( 100%)  | 1.3 ( 100%)  | .9 ( 100%)   | .4 ( 100%)   | 1.0 ( 100%)  | 1.5 (100%)   |
| 2010/ 6 月 | MC   | -.1 ( 100%)  | .7 ( 100%)   | .8 ( 100%)   | -.7 ( 100%)  | -.9 ( 100%)  | 1.2 ( 100%)  | .6 (100%)    |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | .0 (99.2%)   | .6 (92.5%)   | .7 (99.9%)   | -.4 (99.3%)  | -.2 (99.7%)  | 2.9 (99.9%)  | .5 (99.3%)   |
| 2010/ 7 月 | RC   | 1.4 ( 100%)  | 2.3 ( 100%)  | 1.0 ( 100%)  | 1.2 ( 100%)  | .8 ( 100%)   | 2.0 ( 100%)  | 1.5 (100%)   |
| 2010/ 7 月 | MC   | -.1 ( 100%)  | 2.5 ( 100%)  | .2 ( 100%)   | .1 ( 100%)   | -.9 ( 100%)  | 2.6 ( 100%)  | 1.2 (100%)   |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | -.8 (99.6%)  | .3 (72.0%)   | .4 (99.9%)   | -.5 (95.0%)  | .0 (99.9%)   | -.6 ( 100%)  | -.1 (98.3%)  |
| 2010/ 8 月 | RC   | -1.7 ( 100%) | -.2 ( 100%)  | -.6 ( 100%)  | -.4 ( 100%)  | -1.2 ( 100%) | -1.4 ( 100%) | .2 (100%)    |
| 2010/ 8 月 | MC   | -2.1 ( 100%) | 1.1 ( 100%)  | .3 ( 100%)   | .1 ( 100%)   | -1.2 ( 100%) | -1.6 ( 100%) | 1.7 (100%)   |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | -.7 (48.6%)  | -.1 (32.1%)  | -.5 (48.9%)  | -.1 (47.4%)  | .0 (48.9%)   | -3.0 ( 100%) | .0 (100%)    |
| 2010/ 9 月 | RC   | -3.2 ( 100%) | -1.9 ( 100%) | -1.2 ( 100%) | -1.4 ( 100%) | -2.2 ( 100%) | -3.2 ( 100%) | -1.0 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | MC   | -3.5 ( 100%) | -.7 ( 100%)  | -.4 ( 100%)  | -.1 ( 100%)  | -1.4 ( 100%) | -3.3 ( 100%) | .7 (100%)    |
| 2010/10 月 | OBS1 | -3.8 (99.9%) | -3.1 (92.6%) | .6 (85.3%)   | -1.1 ( 100%) | 1.3 (68.1%)  | -6.5 (99.9%) | -1.0 (99.9%) |
| 2010/10 月 | RC   | -4.7 ( 100%) | -4.5 ( 100%) | -4.0 ( 100%) | -2.8 ( 100%) | -3.4 ( 100%) | -5.1 ( 100%) | -3.0 (100%)  |
| 2010/10 月 | MC   | -4.4 ( 100%) | -4.5 ( 100%) | -1.2 ( 100%) | -.6 ( 100%)  | -1.5 ( 100%) | -5.7 ( 100%) | .5 (100%)    |
| 2010/11 月 | OBS1 | -3.1 (99.7%) | -2.7 (98.9%) | .8 ( 100%)   | -1.0 (99.9%) | 2.4 (24.2%)  | -6.6 (96.0%) | -1.2 (96.0%) |
| 2010/11 月 | RC   | -5.4 ( 100%) | -4.4 ( 100%) | -4.2 ( 100%) | -3.3 ( 100%) | -4.2 ( 100%) | -5.6 ( 100%) | -2.5 (100%)  |
| 2010/11 月 | MC   | -5.2 ( 100%) | -4.2 ( 100%) | -.5 ( 100%)  | -.8 ( 100%)  | -2.2 ( 100%) | -6.3 ( 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 5 2010 年每月七商港觀測及預報風場南北分量平均風速統計表

| 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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | -2.1 (99.6%) | * ( * )      | -2.4 (99.9%) | -.6 (99.5%)  | -1.9 (99.9%) | -3.9 (99.7%) | -6.4 (98.1%) |
| 2009/12 月 | RC   | -4.1 ( 100%) | -3.9 ( 100%) | -2.2 ( 100%) | -2.8 ( 100%) | -3.3 ( 100%) | -4.2 ( 100%) | -2.8 (100%)  |
| 2009/12 月 | MC   | -3.3 ( 100%) | -4.8 ( 100%) | -1.7 ( 100%) | -5.0 ( 100%) | -3.2 ( 100%) | -3.5 ( 100%) | -2.6 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | -1.3 (99.5%) | -5.4 (44.2%) | -2.0 (99.9%) | -.2 (62.5%)  | -1.6 (85.6%) | -3.3 (99.9%) | -6.0 (99.9%) |
| 2010/ 1 月 | RC   | -2.9 ( 100%) | -3.2 ( 100%) | -1.8 ( 100%) | -1.8 ( 100%) | -2.1 ( 100%) | -3.2 ( 100%) | -2.2 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | MC   | -1.8 ( 100%) | -4.2 ( 100%) | -1.8 ( 100%) | -3.9 ( 100%) | -1.9 ( 100%) | -2.5 ( 100%) | -2.6 (100%)  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | -2.0 (99.6%) | -4.1 (89.7%) | -1.7 (99.9%) | .6 (99.4%)   | -1.9 (99.7%) | -3.5 (99.9%) | -4.0 (99.9%) |
| 2010/ 2 月 | RC   | -2.4 ( 100%) | -1.4 ( 100%) | -.9 ( 100%)  | -.9 ( 100%)  | -1.7 ( 100%) | -2.4 ( 100%) | -1.2 (100%)  |
| 2010/ 2 月 | MC   | -2.0 ( 100%) | -1.8 ( 100%) | -1.4 ( 100%) | -2.6 ( 100%) | -2.0 ( 100%) | -2.3 ( 100%) | -1.6 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | -1.5 (99.3%) | -3.8 (98.0%) | -.8 ( 100%)  | .5 (99.6%)   | -1.0 ( 100%) | -2.6 (99.9%) | -3.5 (99.9%) |
| 2010/ 3 月 | RC   | -1.6 ( 100%) | -1.6 ( 100%) | .2 ( 100%)   | .1 ( 100%)   | -.6 ( 100%)  | -1.9 ( 100%) | -.3 (100%)   |
| 2010/ 3 月 | MC   | -.8 ( 100%)  | -2.8 ( 100%) | -.3 ( 100%)  | -1.2 ( 100%) | -.7 ( 100%)  | -1.9 ( 100%) | -1.1 (100%)  |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | -1.2 (99.7%) | -4.1 (72.4%) | -.8 (99.9%)  | .0 (98.9%)   | -1.2 (99.9%) | -2.2 (99.9%) | -3.5 (99.9%) |
| 2010/ 4 月 | RC   | -1.4 ( 100%) | -1.5 ( 100%) | -.5 ( 100%)  | .1 ( 100%)   | -.5 ( 100%)  | -1.7 ( 100%) | -.9 (100%)   |
| 2010/ 4 月 | MC   | -.8 ( 100%)  | -2.3 ( 100%) | -.6 ( 100%)  | -1.2 ( 100%) | -.7 ( 100%)  | -1.6 ( 100%) | -1.3 (100%)  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | -.2 (99.9%)  | -.2 (31.2%)  | -.1 ( 100%)  | .4 (98.3%)   | -.3 (99.9%)  | -.6 (99.9%)  | -1.1 (99.9%) |
| 2010/ 5 月 | RC   | .3 ( 100%)   | -.1 ( 100%)  | .5 ( 100%)   | 1.0 ( 100%)  | .6 ( 100%)   | .1 ( 100%)   | .0 (100%)    |
| 2010/ 5 月 | MC   | .4 ( 100%)   | -.1 ( 100%)  | -.1 ( 100%)  | -.4 ( 100%)  | -.2 ( 100%)  | -.2 ( 100%)  | -.3 (100%)   |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | -.6 (99.6%)  | .2 (94.7%)   | .2 (99.9%)   | 1.0 (96.9%)  | -.6 (99.9%)  | -.3 (99.9%)  | .9 (99.9%)   |
| 2010/ 6 月 | RC   | .6 ( 100%)   | 1.4 ( 100%)  | 1.8 ( 100%)  | 1.3 ( 100%)  | .7 ( 100%)   | .9 ( 100%)   | 1.5 (100%)   |
| 2010/ 6 月 | MC   | .0 ( 100%)   | 1.7 ( 100%)  | .7 ( 100%)   | .5 ( 100%)   | .0 ( 100%)   | .3 ( 100%)   | .9 (100%)    |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | .9 (99.2%)   | 1.7 (92.5%)  | .2 (99.9%)   | 1.8 (99.3%)  | 2.4 (99.7%)  | 2.0 (99.9%)  | 1.3 (99.3%)  |
| 2010/ 7 月 | RC   | 3.1 ( 100%)  | 2.8 ( 100%)  | 2.5 ( 100%)  | 2.4 ( 100%)  | 2.5 ( 100%)  | 3.3 ( 100%)  | 2.4 (100%)   |
| 2010/ 7 月 | MC   | 2.4 ( 100%)  | 3.2 ( 100%)  | 1.6 ( 100%)  | 2.9 ( 100%)  | 2.4 ( 100%)  | 2.0 ( 100%)  | 1.7 (100%)   |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | .6 (99.6%)   | .2 (72.0%)   | .1 (99.9%)   | 1.4 (95.0%)  | 1.4 (99.9%)  | .0 ( 100%)   | .8 (98.3%)   |
| 2010/ 8 月 | RC   | 1.1 ( 100%)  | .3 ( 100%)   | 1.5 ( 100%)  | 1.0 ( 100%)  | 1.2 ( 100%)  | .9 ( 100%)   | 1.2 (100%)   |
| 2010/ 8 月 | MC   | 1.5 ( 100%)  | .2 ( 100%)   | 1.0 ( 100%)  | 1.2 ( 100%)  | 1.6 ( 100%)  | .4 ( 100%)   | .8 (100%)    |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 1.8 (48.6%)  | .0 (32.1%)   | 2.0 (48.9%)  | 2.2 (47.4%)  | 4.5 (48.9%)  | -.9 ( 100%)  | .5 (100%)    |
| 2010/ 9 月 | RC   | .7 ( 100%)   | -.3 ( 100%)  | 1.9 ( 100%)  | 1.0 ( 100%)  | 1.1 ( 100%)  | .2 ( 100%)   | 1.5 (100%)   |
| 2010/ 9 月 | MC   | 1.6 ( 100%)  | -2.0 ( 100%) | 1.8 ( 100%)  | .4 ( 100%)   | 1.7 ( 100%)  | -.4 ( 100%)  | 1.4 (100%)   |
| 2010/10 月 | OBS1 | -2.9 (99.9%) | -7.0 (92.6%) | -.8 (85.3%)  | -.6 ( 100%)  | -1.7 (68.1%) | -6.0 (99.9%) | -4.0 (99.9%) |
| 2010/10 月 | RC   | -3.9 ( 100%) | -4.1 ( 100%) | -.8 ( 100%)  | -2.4 ( 100%) | -2.8 ( 100%) | -4.3 ( 100%) | -1.6 (100%)  |
| 2010/10 月 | MC   | -2.7 ( 100%) | -6.6 ( 100%) | -.1 ( 100%)  | -4.5 ( 100%) | -2.3 ( 100%) | -3.7 ( 100%) | -1.1 (100%)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | -1.0 (99.7%) | -6.4 (98.9%) | -2.0 ( 100%) | -.8 (99.9%)  | -1.4 (24.2%) | -3.7 (96.0%) | -5.7 (96.0%) |
| 2010/11 月 | RC   | -3.5 ( 100%) | -4.1 ( 100%) | -2.6 ( 100%) | -2.6 ( 100%) | -2.6 ( 100%) | -3.8 ( 100%) | -2.8 (100%)  |
| 2010/11 月 | MC   | -2.0 ( 100%) | -5.8 ( 100%) | -1.7 ( 100%) | -4.7 ( 100%) | -2.0 ( 100%) | -2.9 ( 100%) | -3.0 (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 6 2010 年每月七商港觀測及預報風場最大風速 (風向) 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        |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 11.9 ( NE )  | * ( * )      | 6.2 ( N )    | 10.5 ( NE )  | 10.4 ( NNE ) | 15.5 ( NNE ) | 14.9 (NE)  |
| 2009/12 月 | RC   | 11.1 ( NNE ) | 10.3 ( NNE ) | 7.9 ( ENE )  | 9.3 ( NNE )  | 10.1 ( N )   | 10.8 ( NNE ) | 8.4 (NNE)  |
| 2009/12 月 | MC   | 10.4 ( N )   | 14.5 ( NNE ) | 7.4 ( SE )   | 12.7 ( NNE ) | 10.1 ( N )   | 10.1 ( NE )  | 8.8 ( N )  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 12.1 ( NE )  | 14.9 ( NNE ) | 5.8 ( N )    | 10.3 ( NE )  | 12.1 ( NNE ) | 15.4 ( NE )  | 17.1 ( N ) |
| 2010/ 1 月 | RC   | 12.9 ( NNE ) | 11.0 ( NE )  | 9.5 ( ENE )  | 9.4 ( NNE )  | 10.8 ( NNE ) | 12.6 ( NNE ) | 8.9 (NE)   |
| 2010/ 1 月 | MC   | 11.5 ( NNE ) | 14.8 ( NE )  | 7.6 ( ESE )  | 12.2 ( NNE ) | 9.7 ( N )    | 10.8 ( NNE ) | 9.4 ( N )  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 10.7 ( NNE ) | 14.7 ( NNE ) | 6.6 ( NNE )  | 11.1 ( NE )  | 10.0 ( NNE ) | 17.7 ( NE )  | 14.4 (NNE) |
| 2010/ 2 月 | RC   | 11.2 ( NNE ) | 9.1 ( NE )   | 8.8 ( E )    | 7.6 ( NNE )  | 9.2 ( NNE )  | 11.1 ( NNE ) | 8.2 (NNE)  |
| 2010/ 2 月 | MC   | 10.4 ( NE )  | 13.1 ( NE )  | 8.7 ( SSE )  | 10.9 ( NNE ) | 8.1 ( NNE )  | 10.8 ( NNE ) | 9.0 ( N )  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 11.4 ( NNE ) | 19.8 ( NNE ) | 7.5 ( N )    | 10.9 ( S )   | 11.8 ( NNE ) | 17.2 ( NE )  | 19.0 (NNE) |
| 2010/ 3 月 | RC   | 12.8 ( N )   | 10.8 ( NE )  | 9.1 ( NE )   | 10.7 ( NNE ) | 11.0 ( N )   | 12.4 ( N )   | 9.7 ( N )  |
| 2010/ 3 月 | MC   | 10.9 ( N )   | 15.4 ( NE )  | 9.0 ( SE )   | 13.5 ( NNE ) | 10.5 ( NNW ) | 10.9 ( E )   | 11.3 ( N ) |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 10.5 ( NNE ) | 16.7 ( NNE ) | 8.7 ( S )    | 11.2 ( SSE ) | 10.6 ( NNE ) | 18.0 ( NE )  | 12.9 (NNE) |
| 2010/ 4 月 | RC   | 11.7 ( NE )  | 10.2 ( NE )  | 9.3 ( ENE )  | 8.2 ( NE )   | 9.6 ( NE )   | 11.9 ( NE )  | 7.8 ( S )  |
| 2010/ 4 月 | MC   | 11.3 ( ENE ) | 12.8 ( NE )  | 9.0 ( SSE )  | 10.5 ( NNE ) | 8.0 ( NNE )  | 12.4 ( ENE ) | 8.8 ( N )  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 7.7 ( SSE )  | 10.3 ( NNE ) | 7.9 ( WSW )  | 7.8 ( NE )   | 10.0 ( SSE ) | 13.5 ( WSW ) | 13.9 (SSW) |
| 2010/ 5 月 | RC   | 11.1 ( WSW ) | 11.2 ( SW )  | 10.4 ( SW )  | 9.7 ( SW )   | 9.0 ( WSW )  | 11.9 ( SW )  | 9.9 (SW)   |
| 2010/ 5 月 | MC   | 9.1 ( SSE )  | 12.3 ( S )   | 8.3 ( SW )   | 8.8 ( NNE )  | 7.1 ( NNW )  | 13.6 ( WSW ) | 7.7 ( N )  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 9.5 ( NNE )  | 13.7 ( NNE ) | 7.9 ( SSW )  | 8.3 ( NE )   | 9.6 ( S )    | 15.1 ( WSW ) | 12.3 (NNE) |
| 2010/ 6 月 | RC   | 8.4 ( WSW )  | 9.1 ( SW )   | 7.9 ( ESE )  | 7.6 ( WSW )  | 6.4 ( NNE )  | 9.6 ( SW )   | 8.1 (SW)   |
| 2010/ 6 月 | MC   | 7.7 ( WSW )  | 10.6 ( NNE ) | 7.5 ( SSW )  | 10.2 ( SSW ) | 7.4 ( NNE )  | 11.2 ( WSW ) | 6.8 (NNW)  |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 9.0 ( SSE )  | 8.3 ( NNE )  | 7.8 ( S )    | 13.5 ( S )   | 12.9 ( S )   | 16.2 ( WSW ) | 13.5 (SW)  |
| 2010/ 7 月 | RC   | 9.1 ( WSW )  | 9.1 ( SW )   | 8.9 ( SW )   | 7.0 ( WSW )  | 6.3 ( WSW )  | 10.0 ( SW )  | 9.2 (SW)   |
| 2010/ 7 月 | MC   | 9.7 ( SE )   | 11.1 ( S )   | 9.5 ( SE )   | 10.3 ( S )   | 8.0 ( SSE )  | 12.2 ( WSW ) | 8.0 ( S )  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 7.8 ( ENE )  | 12.3 ( NNE ) | 5.4 ( SSE )  | 8.8 ( NE )   | 10.0 ( S )   | 15.5 ( SSW ) | 9.4 (NW)   |
| 2010/ 8 月 | RC   | 9.0 ( ESE )  | 7.6 ( ENE )  | 7.3 ( SW )   | 6.5 ( SW )   | 7.6 ( SSW )  | 8.9 ( E )    | 5.8 (SSE)  |
| 2010/ 8 月 | MC   | 10.4 ( S )   | 11.9 ( NE )  | 7.8 ( SSE )  | 9.1 ( S )    | 7.2 ( S )    | 10.3 ( E )   | 7.2 (SW)   |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 9.3 ( SSE )  | 9.9 ( NNE )  | 12.7 ( SSE ) | 12.3 ( SSE ) | 17.4 ( S )   | 24.3 ( ESE ) | 28.7 ( S ) |
| 2010/ 9 月 | RC   | 23.1 ( ENE ) | 24.3 ( NNE ) | 15.9 ( SSW ) | 17.5 ( E )   | 25.4 ( E )   | 22.9 ( ENE ) | 18.8 (NNW) |
| 2010/ 9 月 | MC   | 23.3 ( E )   | 27.1 ( NNE ) | 20.3 ( SSW ) | 28.3 ( E )   | 26.7 ( E )   | 23.7 ( ENE ) | 19.0 (SSW) |
| 2010/10 月 | OBS1 | 14.9 ( NE )  | 22.6 ( NNE ) | 12.1 ( SE )  | 14.1 ( NE )  | 9.2 ( WNW )  | 19.3 ( NE )  | 19.0 (SSE) |
| 2010/10 月 | RC   | 14.3 ( NNE ) | 14.0 ( NE )  | 19.3 ( SSE ) | 12.5 ( N )   | 13.2 ( N )   | 14.2 ( NE )  | 18.7 (SE)  |
| 2010/10 月 | MC   | 15.9 ( NNE ) | 20.4 ( NE )  | 16.5 ( SE )  | 16.3 ( NNE ) | 11.8 ( N )   | 15.4 ( NNE ) | 16.8 (SE)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | 12.0 ( NE )  | 17.6 ( NNE ) | 5.3 ( N )    | 10.0 ( NE )  | 6.5 ( WNW )  | 16.2 ( NE )  | 12.4 ( N ) |
| 2010/11 月 | RC   | 11.4 ( NE )  | 10.9 ( NE )  | 10.3 ( ENE ) | 9.7 ( NNE )  | 10.1 ( NE )  | 11.4 ( NE )  | 8.6 (NE)   |
| 2010/11 月 | MC   | 10.2 ( NE )  | 15.4 ( NE )  | 6.9 ( E )    | 11.6 ( N )   | 8.4 ( NNE )  | 11.4 ( ENE ) | 8.4 (NNE)  |

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 2010 年每月七商港觀測及預報風場最大風速 (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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 11.9 (03/06) | * ( * )      | 6.2 (27/21)  | 10.5 (16/07) | 10.4 (25/16) | 15.5 (27/19) | 14.9 (09/08) |
| 2009/12 月 | RC   | 11.1 (27/22) | 10.3 (03/13) | 7.9 (31/22)  | 9.3 (03/14)  | 10.1 (03/13) | 10.8 (16/04) | 8.4 (16/05)  |
| 2009/12 月 | MC   | 10.4 (16/04) | 14.5 (03/14) | 7.4 (24/14)  | 12.7 (03/14) | 10.1 (03/13) | 10.1 (26/10) | 8.8 (16/05)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 12.1 (11/21) | 14.9 (13/15) | 5.8 (03/03)  | 10.3 (13/01) | 12.1 (25/13) | 15.4 (21/19) | 17.1 (12/09) |
| 2010/ 1 月 | RC   | 12.9 (11/22) | 11.0 (25/22) | 9.5 (25/23)  | 9.4 (25/22)  | 10.8 (11/22) | 12.6 (11/22) | 8.9 (25/22)  |
| 2010/ 1 月 | MC   | 11.5 (11/22) | 14.8 (25/22) | 7.6 (20/04)  | 12.2 (12/10) | 9.7 (12/15)  | 10.8 (11/22) | 9.4 (12/19)  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 10.7 (17/02) | 14.7 (12/17) | 6.6 (19/05)  | 11.1 (12/01) | 10.0 (15/05) | 17.7 (11/21) | 14.4 (17/19) |
| 2010/ 2 月 | RC   | 11.2 (16/10) | 9.1 (12/10)  | 8.8 (14/02)  | 7.6 (16/10)  | 9.2 (16/10)  | 11.1 (16/10) | 8.2 (12/07)  |
| 2010/ 2 月 | MC   | 10.4 (11/22) | 13.1 (12/20) | 8.7 (24/14)  | 10.9 (16/12) | 8.1 (16/12)  | 10.8 (12/01) | 9.0 (18/02)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 11.4 (09/09) | 19.8 (25/21) | 7.5 (09/21)  | 10.9 (05/19) | 11.8 (25/06) | 17.2 (15/21) | 19.0 (25/17) |
| 2010/ 3 月 | RC   | 12.8 (09/10) | 10.8 (25/22) | 9.1 (25/23)  | 10.7 (25/22) | 11.0 (09/10) | 12.4 (09/10) | 9.7 (09/19)  |
| 2010/ 3 月 | MC   | 10.9 (09/12) | 15.4 (25/23) | 9.0 (13/16)  | 13.5 (25/23) | 10.5 (25/17) | 10.9 (29/16) | 11.3 (09/19) |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 10.5 (15/11) | 16.7 (13/17) | 8.7 (11/12)  | 11.2 (11/17) | 10.6 (07/04) | 18.0 (13/18) | 12.9 (15/15) |
| 2010/ 4 月 | RC   | 11.7 (13/22) | 10.2 (13/22) | 9.3 (14/02)  | 8.2 (13/22)  | 9.6 (13/22)  | 11.9 (13/22) | 7.8 (11/16)  |
| 2010/ 4 月 | MC   | 11.3 (13/20) | 12.8 (13/21) | 9.0 (11/16)  | 10.5 (23/15) | 8.0 (07/13)  | 12.4 (13/20) | 8.8 (15/19)  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 7.7 (01/13)  | 10.3 (10/15) | 7.9 (23/14)  | 7.8 (24/04)  | 10.0 (19/14) | 13.5 (22/18) | 13.9 (28/20) |
| 2010/ 5 月 | RC   | 11.1 (23/11) | 11.2 (23/10) | 10.4 (23/19) | 9.7 (23/14)  | 9.0 (23/11)  | 11.9 (23/11) | 9.9 (23/12)  |
| 2010/ 5 月 | MC   | 9.1 (01/04)  | 12.3 (23/10) | 8.3 (23/17)  | 8.8 (23/17)  | 7.1 (24/00)  | 13.6 (23/12) | 7.7 (14/20)  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 9.5 (05/11)  | 13.7 (05/17) | 7.9 (28/14)  | 8.3 (05/16)  | 9.6 (27/15)  | 15.1 (18/10) | 12.3 (04/21) |
| 2010/ 6 月 | RC   | 8.4 (18/10)  | 9.1 (14/19)  | 7.9 (03/06)  | 7.6 (15/07)  | 6.4 (05/18)  | 9.6 (18/10)  | 8.1 (14/07)  |
| 2010/ 6 月 | MC   | 7.7 (15/01)  | 10.6 (04/20) | 7.5 (26/07)  | 10.2 (26/06) | 7.4 (06/15)  | 11.2 (18/10) | 6.8 (06/15)  |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 9.0 (22/16)  | 8.3 (21/17)  | 7.8 (13/16)  | 13.5 (24/16) | 12.9 (24/16) | 16.2 (04/09) | 13.5 (27/02) |
| 2010/ 7 月 | RC   | 9.1 (04/07)  | 9.1 (28/01)  | 8.9 (27/12)  | 7.0 (28/02)  | 6.3 (28/02)  | 10.0 (04/07) | 9.2 (27/14)  |
| 2010/ 7 月 | MC   | 9.7 (16/19)  | 11.1 (27/22) | 9.5 (15/19)  | 10.3 (27/13) | 8.0 (16/18)  | 12.2 (06/10) | 8.0 (20/19)  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 7.8 (07/16)  | 12.3 (08/17) | 5.4 (14/05)  | 8.8 (08/15)  | 10.0 (01/15) | 15.5 (31/04) | 9.4 (09/15)  |
| 2010/ 8 月 | RC   | 9.0 (06/20)  | 7.6 (07/22)  | 7.3 (09/19)  | 6.5 (31/08)  | 7.6 (31/08)  | 8.9 (07/13)  | 5.8 (31/23)  |
| 2010/ 8 月 | MC   | 10.4 (31/08) | 11.9 (08/20) | 7.8 (31/23)  | 9.1 (31/08)  | 7.2 (31/08)  | 10.3 (06/20) | 7.2 (09/14)  |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 9.3 (03/12)  | 9.9 (07/18)  | 12.7 (09/17) | 12.3 (10/15) | 17.4 (01/13) | 24.3 (20/00) | 28.7 (19/23) |
| 2010/ 9 月 | RC   | 23.1 (19/08) | 24.3 (19/08) | 15.9 (19/20) | 17.5 (19/08) | 25.4 (19/08) | 22.9 (19/08) | 18.8 (19/08) |
| 2010/ 9 月 | MC   | 23.3 (19/08) | 27.1 (19/08) | 20.3 (19/20) | 28.3 (19/08) | 26.7 (19/08) | 23.7 (19/08) | 19.0 (19/20) |
| 2010/10 月 | OBS1 | 14.9 (21/18) | 22.6 (26/16) | 12.1 (22/17) | 14.1 (26/17) | 9.2 (29/00)  | 19.3 (21/17) | 19.0 (23/08) |
| 2010/10 月 | RC   | 14.3 (27/20) | 14.0 (26/22) | 19.3 (22/20) | 12.5 (27/22) | 13.2 (28/10) | 14.2 (25/22) | 18.7 (22/20) |
| 2010/10 月 | MC   | 15.9 (27/20) | 20.4 (27/20) | 16.5 (22/20) | 16.3 (27/12) | 11.8 (28/11) | 15.4 (27/20) | 16.8 (22/20) |
| 2010/11 月 | OBS1 | 12.0 (25/09) | 17.6 (15/11) | 5.3 (25/05)  | 10.0 (26/01) | 6.5 (01/00)  | 16.2 (15/17) | 12.4 (19/15) |
| 2010/11 月 | RC   | 11.4 (15/11) | 10.9 (25/22) | 10.3 (15/23) | 9.7 (25/22)  | 10.1 (15/11) | 11.4 (15/11) | 8.6 (25/23)  |
| 2010/11 月 | MC   | 10.2 (15/10) | 15.4 (25/20) | 6.9 (27/22)  | 11.6 (25/22) | 8.4 (25/22)  | 11.4 (17/20) | 8.4 (19/20)  |

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8 2010 年每月七商港觀測及 MC 預報風速偏差統計表

| 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           |
|-----------|------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | 1.1 (99.6%) | * ( * )      | .3 (99.9%)   | 2.3 (99.5%)  | .0 (99.9%)   | -1.6 (99.7%)  | -3.5 (98.1%)  |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | 2.1 (99.6%) | * ( * )      | 1.6 (99.9%)  | 3.4 (99.5%)  | 1.7 (99.9%)  | 3.0 (99.7%)   | 4.1 (98.1%)   |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | 5.7 (99.6%) | * ( * )      | 5.6 (99.9%)  | 8.6 (99.5%)  | -6.7 (99.9%) | -10.1 (99.7%) | -11.6 (98.1%) |
| 2009/12 月 | 平均比值 | 1.5 (99.6%) | * ( * )      | 1.3 (99.9%)  | 2.1 (99.5%)  | 1.1 (99.9%)  | 1.0 (99.7%)   | .5 (98.1%)    |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | 1.6 (99.5%) | .3 (44.2%)   | .8 (99.9%)   | 2.0 (62.5%)  | -.5 (85.6%)  | -1.7 (99.9%)  | -3.0 (99.9%)  |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | 2.3 (99.5%) | 2.7 (44.2%)  | 1.8 (99.9%)  | 3.4 (62.5%)  | 1.9 (85.6%)  | 3.0 (99.9%)   | 3.7 (99.9%)   |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | 7.1 (99.5%) | 7.4 (44.2%)  | 6.7 (99.9%)  | 9.9 (62.5%)  | -8.6 (85.6%) | -9.5 (99.9%)  | -10.4 (99.9%) |
| 2010/ 1 月 | 平均比值 | 1.6 (99.5%) | 1.3 (44.2%)  | 1.7 (99.9%)  | 2.0 (62.5%)  | 1.0 (85.6%)  | .9 (99.9%)    | .6 (99.9%)    |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | 1.1 (99.6%) | .2 (89.7%)   | .7 (99.9%)   | 1.9 (99.4%)  | -.1 (99.7%)  | -1.3 (99.9%)  | -2.3 (99.9%)  |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | 2.1 (99.6%) | 2.4 (89.7%)  | 1.8 (99.9%)  | 3.1 (99.4%)  | 1.7 (99.7%)  | 3.4 (99.9%)   | 3.5 (99.9%)   |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | 6.1 (99.6%) | -7.8 (89.7%) | 5.8 (99.9%)  | 8.9 (99.4%)  | -5.6 (99.7%) | -12.6 (99.9%) | -11.3 (99.9%) |
| 2010/ 2 月 | 平均比值 | 1.6 (99.6%) | 1.3 (89.7%)  | 1.7 (99.9%)  | 2.1 (99.4%)  | 1.1 (99.7%)  | 1.2 (99.9%)   | .8 (99.9%)    |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | 1.2 (99.3%) | .4 (98.0%)   | 1.2 ( 100%)  | 1.3 (99.6%)  | -.4 ( 100%)  | -1.4 (99.9%)  | -1.7 (99.9%)  |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | 2.4 (99.3%) | 2.4 (98.0%)  | 2.3 ( 100%)  | 2.9 (99.6%)  | 2.1 ( 100%)  | 3.4 (99.9%)   | 3.1 (99.9%)   |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | 6.0 (99.3%) | -8.6 (98.0%) | 6.9 ( 100%)  | 9.2 (99.6%)  | -8.6 ( 100%) | -13.7 (99.9%) | -9.3 (99.9%)  |
| 2010/ 3 月 | 平均比值 | 1.7 (99.3%) | 1.4 (98.0%)  | 2.0 ( 100%)  | 1.8 (99.6%)  | 1.1 ( 100%)  | 1.1 (99.9%)   | 1.0 (99.9%)   |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | 1.3 (99.7%) | .0 (72.4%)   | .7 (99.9%)   | 1.0 (98.9%)  | -.2 (99.9%)  | -1.2 (99.9%)  | -1.9 (99.9%)  |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | 2.2 (99.7%) | 2.6 (72.4%)  | 1.8 (99.9%)  | 2.5 (98.9%)  | 1.8 (99.9%)  | 3.2 (99.9%)   | 3.0 (99.9%)   |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | 5.6 (99.7%) | -8.9 (72.4%) | 6.8 (99.9%)  | -8.4 (98.9%) | -7.9 (99.9%) | -12.8 (99.9%) | -8.9 (99.9%)  |
| 2010/ 4 月 | 平均比值 | 1.6 (99.7%) | 1.3 (72.4%)  | 1.7 (99.9%)  | 1.7 (98.9%)  | 1.1 (99.9%)  | 1.1 (99.9%)   | .9 (99.9%)    |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | 1.2 (99.9%) | .9 (31.2%)   | 1.0 ( 100%)  | .5 (98.3%)   | -.4 (99.9%)  | -.8 (99.9%)   | -1.3 (99.9%)  |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | 2.1 (99.9%) | 2.0 (31.2%)  | 1.9 ( 100%)  | 2.1 (98.3%)  | 1.7 (99.9%)  | 2.8 (99.9%)   | 2.4 (99.9%)   |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | 7.4 (99.9%) | -6.2 (31.2%) | 5.8 ( 100%)  | 8.1 (98.3%)  | -7.6 (99.9%) | -9.2 (99.9%)  | -9.0 (99.9%)  |
| 2010/ 5 月 | 平均比值 | 1.6 (99.9%) | 1.6 (31.2%)  | 1.8 ( 100%)  | 1.6 (98.3%)  | 1.0 (99.9%)  | 1.2 (99.9%)   | 1.0 (99.9%)   |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | .6 (99.6%)  | 1.9 (94.7%)  | .6 (99.9%)   | 1.5 (96.9%)  | -.3 (99.9%)  | -.5 (99.9%)   | -1.6 (99.9%)  |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | 1.7 (99.6%) | 3.0 (94.7%)  | 1.4 (99.9%)  | 2.6 (96.9%)  | 1.6 (99.9%)  | 3.1 (99.9%)   | 2.5 (99.9%)   |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | 6.4 (99.6%) | 7.4 (94.7%)  | 6.1 (99.9%)  | 9.1 (96.9%)  | -6.2 (99.9%) | 9.1 (99.9%)   | -8.3 (99.9%)  |
| 2010/ 6 月 | 平均比值 | 1.4 (99.6%) | 1.7 (94.7%)  | 1.6 (99.9%)  | 2.2 (96.9%)  | 1.1 (99.9%)  | 1.3 (99.9%)   | .8 (99.9%)    |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | 1.1 (99.2%) | 2.1 (92.5%)  | 1.5 (99.9%)  | 1.2 (99.3%)  | -.3 (99.7%)  | -.9 (99.9%)   | -.9 (99.3%)   |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | 2.1 (99.2%) | 2.8 (92.5%)  | 2.3 (99.9%)  | 2.6 (99.3%)  | 2.1 (99.7%)  | 2.5 (99.9%)   | 2.3 (99.3%)   |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | 6.5 (99.2%) | 6.7 (92.5%)  | 7.9 (99.9%)  | -8.8 (99.3%) | -8.0 (99.7%) | -8.6 (99.9%)  | -9.0 (99.3%)  |
| 2010/ 7 月 | 平均比值 | 1.5 (99.2%) | 1.7 (92.5%)  | 2.0 (99.9%)  | 1.8 (99.3%)  | 1.2 (99.7%)  | 1.0 (99.9%)   | 1.4 (99.3%)   |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | 1.3 (99.6%) | 1.6 (72.0%)  | 1.0 (99.9%)  | .3 (95.0%)   | -.3 (99.9%)  | -.8 ( 100%)   | -.4 (98.3%)   |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | 2.2 (99.6%) | 2.4 (72.0%)  | 1.9 (99.9%)  | 2.0 (95.0%)  | 1.9 (99.9%)  | 2.6 ( 100%)   | 1.9 (98.3%)   |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | 8.1 (99.6%) | 8.5 (72.0%)  | 5.4 (99.9%)  | 7.0 (95.0%)  | -6.2 (99.9%) | -10.5 ( 100%) | -6.3 (98.3%)  |
| 2010/ 8 月 | 平均比值 | 1.6 (99.6%) | 1.8 (72.0%)  | 1.8 (99.9%)  | 1.3 (95.0%)  | 1.1 (99.9%)  | 1.1 ( 100%)   | 2.1 (98.3%)   |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | 1.7 (48.6%) | 1.1 (32.1%)  | 1.5 (48.8%)  | .8 (47.4%)   | -1.2 (48.9%) | -1.1 ( 100%)  | -1.3 (100%)   |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | 2.8 (48.6%) | 1.9 (32.1%)  | 2.8 (48.8%)  | 2.1 (47.4%)  | 2.6 (48.9%)  | 3.0 ( 100%)   | 3.2 (100%)    |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | 8.7 (48.6%) | 5.3 (32.1%)  | 11.2 (48.8%) | 6.8 (47.4%)  | -8.7 (48.9%) | -11.8 ( 100%) | -16.9 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | 平均比值 | 1.6 (48.6%) | 1.7 (32.1%)  | 1.9 (48.8%)  | 1.5 (47.4%)  | 1.0 (48.9%)  | 1.1 ( 100%)   | 1.1 (100%)    |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | .8 (99.9%)  | .3 (92.6%)   | 1.0 (85.3%)  | 1.8 ( 100%)  | -.4 (68.1%)  | -2.1 (99.9%)  | -2.6 (99.9%)  |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | 2.5 (99.9%) | 2.7 (92.6%)  | 2.8 (85.3%)  | 3.6 ( 100%)  | 1.6 (68.1%)  | 3.4 (99.9%)   | 3.6 (99.9%)   |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | 8.0 (99.9%) | 8.4 (92.6%)  | 13.3 (85.3%) | 13.6 ( 100%) | -7.7 (68.1%) | -9.4 (99.9%)  | -11.3 (99.9%) |
| 2010/10 月 | 平均比值 | 1.5 (99.9%) | 1.3 (92.6%)  | 1.7 (85.3%)  | 1.8 ( 100%)  | 1.0 (68.1%)  | 1.0 (99.9%)   | .7 (99.9%)    |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | 2.2 (99.7%) | .4 (98.9%)   | .4 ( 100%)   | 1.6 (99.9%)  | .9 (24.2%)   | -.8 (96.0%)   | -2.6 (96.0%)  |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | 2.8 (99.7%) | 3.2 (98.9%)  | 1.5 ( 100%)  | 2.6 (99.9%)  | 1.7 (24.2%)  | 2.7 (96.0%)   | 3.4 (96.0%)   |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | 6.5 (99.7%) | 8.8 (98.9%)  | 5.7 ( 100%)  | 7.4 (99.9%)  | 4.0 (24.2%)  | -7.9 (96.0%)  | -9.8 (96.0%)  |
| 2010/11 月 | 平均比值 | 1.9 (99.7%) | 1.3 (98.9%)  | 1.4 ( 100%)  | 1.7 (99.9%)  | 1.5 (24.2%)  | 1.1 (96.0%)   | .7 (96.0%)    |

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: m/s

表 9 2010 年每月七商港觀測及 MC 預報風向偏差統計表

| 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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | 42.4 (99.5%) | * ( * )      | 51.2 (99.9%) | 80.7 (99.3%) | 63.8 (99.9%) | 29.8 (99.6%) | 30.9 (98.0%) |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | 60.1 (99.5%) | * ( * )      | 65.4 (99.9%) | 101.1(99.3%) | 76.7 (99.9%) | 45.3 (99.6%) | 43.4 (98.0%) |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | 178.0(99.5%) | * ( * )      | 178.9(99.9%) | 179.3(99.3%) | 179.7(99.9%) | 174.9(99.6%) | 179.0(98.0%) |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | 41.5 (99.3%) | 33.1 (44.1%) | 51.5 (99.9%) | 84.3 (62.5%) | 63.4 (85.6%) | 33.6 (99.9%) | 31.3 (99.6%) |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | 60.2 (99.3%) | 52.2 (44.1%) | 66.2 (99.9%) | 101.1(62.5%) | 78.5 (85.6%) | 51.0 (99.9%) | 44.2 (99.6%) |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | 179.4(99.3%) | 171.4(44.1%) | 179.8(99.9%) | 177.9(62.5%) | 178.7(85.6%) | 179.9(99.9%) | 179.3(99.6%) |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | 59.7 (99.4%) | 26.4 (89.7%) | 49.0 (99.9%) | 88.4 (99.4%) | 60.9 (99.6%) | 43.0 (99.9%) | 34.3 (99.9%) |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | 79.5 (99.4%) | 44.3 (89.7%) | 63.9 (99.9%) | 106.8(99.4%) | 74.8 (99.6%) | 62.5 (99.9%) | 48.4 (99.9%) |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | 179.7(99.4%) | 179.6(89.7%) | 180.0(99.9%) | 179.8(99.4%) | 179.3(99.6%) | 179.1(99.9%) | 179.7(99.9%) |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | 56.5 (99.3%) | 35.6 (98.0%) | 65.1 (99.9%) | 64.5 (99.5%) | 65.3 ( 100%) | 42.4 (99.9%) | 45.1 (99.9%) |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | 76.0 (99.3%) | 54.2 (98.0%) | 80.9 (99.9%) | 88.2 (99.5%) | 83.9 ( 100%) | 58.8 (99.9%) | 61.1 (99.9%) |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | 180.0(99.3%) | 177.0(98.0%) | 179.6(99.9%) | 179.6(99.5%) | 179.8( 100%) | 175.5(99.9%) | 179.4(99.9%) |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | 45.6 (99.7%) | 29.7 (72.4%) | 51.1 (99.9%) | 61.4 (98.9%) | 77.7 (99.9%) | 40.1 (99.7%) | 39.8 (99.7%) |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | 65.1 (99.7%) | 46.0 (72.4%) | 67.8 (99.9%) | 87.2 (98.9%) | 93.9 (99.9%) | 58.0 (99.7%) | 54.2 (99.7%) |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | 179.9(99.7%) | 177.1(72.4%) | 178.0(99.9%) | 179.8(98.9%) | 178.8(99.9%) | 179.9(99.7%) | 178.9(99.7%) |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | 57.2 (99.9%) | 37.6 (31.2%) | 59.4 ( 100%) | 63.7 (98.1%) | 67.5 (99.9%) | 49.1 (99.9%) | 53.3 (99.9%) |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | 75.5 (99.9%) | 52.7 (31.2%) | 77.9 ( 100%) | 86.2 (98.1%) | 86.0 (99.9%) | 65.7 (99.9%) | 70.9 (99.9%) |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | 179.7(99.9%) | 165.7(31.2%) | 179.4( 100%) | 179.8(98.1%) | 180.0(99.9%) | 179.0(99.9%) | 179.7(99.9%) |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | 57.9 (99.6%) | 26.9 (94.7%) | 65.6 (99.7%) | 79.0 (96.9%) | 73.5 (99.9%) | 43.1 (99.9%) | 40.2 (99.9%) |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | 77.8 (99.6%) | 43.4 (94.7%) | 86.1 (99.7%) | 100.6(96.9%) | 91.3 (99.9%) | 61.6 (99.9%) | 53.4 (99.9%) |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | 180.0(99.6%) | 177.1(94.7%) | 179.8(99.7%) | 179.7(96.9%) | 180.0(99.9%) | 179.1(99.9%) | 179.2(99.9%) |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | 61.7 (99.2%) | 36.5 (92.5%) | 58.4 (99.9%) | 51.3 (99.2%) | 56.1 (99.7%) | 29.8 (99.9%) | 46.6 (99.3%) |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | 80.8 (99.2%) | 54.8 (92.5%) | 77.1 (99.9%) | 72.8 (99.2%) | 76.4 (99.7%) | 43.3 (99.9%) | 64.0 (99.3%) |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | 179.0(99.2%) | 179.5(92.5%) | 180.0(99.9%) | 179.7(99.2%) | 179.8(99.7%) | 173.3(99.9%) | 179.0(99.3%) |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | 45.9 (99.6%) | 46.1 (72.0%) | 57.3 (99.9%) | 54.5 (95.0%) | 64.7 (99.9%) | 35.8 (99.9%) | 63.6 (98.3%) |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | 64.8 (99.6%) | 63.0 (72.0%) | 74.1 (99.9%) | 75.5 (95.0%) | 84.8 (99.9%) | 50.3 (99.9%) | 82.0 (98.3%) |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | 179.2(99.6%) | 179.4(72.0%) | 179.4(99.9%) | 180.0(95.0%) | 176.9(99.9%) | 179.7(99.9%) | 179.6(98.3%) |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | 46.6 (48.5%) | 61.1 (32.1%) | 50.9 (48.9%) | 40.5 (47.4%) | 43.4 (48.9%) | 37.9 ( 100%) | 51.8 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | 62.5 (48.5%) | 75.9 (32.1%) | 71.1 (48.9%) | 60.3 (47.4%) | 65.0 (48.9%) | 56.4 ( 100%) | 70.6 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | 179.7(48.5%) | 177.2(32.1%) | 177.0(48.9%) | 175.2(47.4%) | 179.4(48.9%) | 179.9( 100%) | 178.9(100%)  |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | 26.4 (99.6%) | 22.0 (92.6%) | 67.2 (85.2%) | 83.2 ( 100%) | 75.1 (68.1%) | 21.5 (99.9%) | 49.8 (99.9%) |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | 38.6 (99.6%) | 39.2 (92.6%) | 84.7 (85.2%) | 104.0( 100%) | 90.9 (68.1%) | 36.0 (99.9%) | 68.1 (99.9%) |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | 170.4(99.6%) | 179.4(92.6%) | 179.8(85.2%) | 179.9( 100%) | 178.2(68.1%) | 176.3(99.9%) | 179.6(99.9%) |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | 34.1 (99.7%) | 22.9 (98.8%) | 47.7 (99.9%) | 85.3 (99.9%) | 113.1(24.2%) | 19.9 (96.0%) | 31.4 (96.0%) |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | 51.3 (99.7%) | 38.9 (98.8%) | 62.8 (99.9%) | 106.2(99.9%) | 117.3(24.2%) | 33.8 (96.0%) | 45.9 (96.0%) |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | 179.0(99.7%) | 179.9(98.8%) | 180.0(99.9%) | 179.9(99.9%) | 176.9(24.2%) | 178.5(96.0%) | 175.8(96.0%) |

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

表 10 2010 年每月七商港觀測及 MC 預報風速東西分量偏差統計表

| 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           |
|-----------|------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | -3 (99.6%)   | * ( * )      | -1.5 (99.1%)  | .5 (99.2%)   | -2.6 (99.7%)  | 1.6 (99.6%)   | .4 (97.7%)    |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | 2.6 (99.6%)  | * ( * )      | 2.3 (99.1%)   | 2.5 (99.2%)  | 3.9 (99.7%)   | 2.9 (99.6%)   | 2.0 (97.7%)   |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | -7.2 (99.6%) | * ( * )      | -6.3 (99.1%)  | -6.7 (99.2%) | -10.7 (99.7%) | -8.0 (99.6%)  | -12.1 (97.7%) |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | -7 (99.3%)   | -1.5 (44.1%) | -1.8 (99.5%)  | 1.1 (62.5%)  | -2.1 (85.5%)  | 1.1 (99.7%)   | .5 (99.6%)    |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | 2.7 (99.3%)  | 2.2 (44.1%)  | 2.5 (99.5%)   | 2.6 (62.5%)  | 3.8 (85.5%)   | 3.1 (99.7%)   | 1.9 (99.6%)   |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | -6.8 (99.3%) | -5.5 (44.1%) | -9.5 (99.5%)  | 7.8 (62.5%)  | -9.8 (85.5%)  | -14.4 (99.7%) | -6.4 (99.6%)  |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | -.2 (99.6%)  | -.2 (89.7%)  | -1.5 (99.4%)  | .3 (99.1%)   | -1.3 (99.1%)  | 1.8 (99.9%)   | -.3 (99.6%)   |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | 3.0 (99.6%)  | 1.6 (89.7%)  | 2.3 (99.4%)   | 2.3 (99.1%)  | 3.2 (99.1%)   | 3.7 (99.9%)   | 2.4 (99.6%)   |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | 10.4 (99.6%) | 6.0 (89.7%)  | -6.7 (99.4%)  | 8.5 (99.1%)  | -9.0 (99.1%)  | 15.6 (99.9%)  | -8.9 (99.6%)  |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | -.2 (99.1%)  | .0 (97.7%)   | -2.0 (99.3%)  | .6 (99.3%)   | -1.1 (99.7%)  | 1.8 (99.7%)   | .1 (99.6%)    |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | 3.0 (99.1%)  | 1.9 (97.7%)  | 3.2 (99.3%)   | 2.4 (99.3%)  | 3.0 (99.7%)   | 3.7 (99.7%)   | 2.5 (99.6%)   |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | 7.7 (99.1%)  | -4.9 (97.7%) | -10.5 (99.3%) | 6.8 (99.3%)  | -9.8 (99.7%)  | 11.1 (99.7%)  | 7.4 (99.6%)   |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | -.7 (99.7%)  | .1 (71.9%)   | -.9 (99.2%)   | .0 (98.6%)   | -1.8 (99.6%)  | 1.2 (99.9%)   | .4 (99.6%)    |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | 2.7 (99.7%)  | 1.8 (71.9%)  | 2.1 (99.2%)   | 2.1 (98.6%)  | 3.3 (99.6%)   | 3.4 (99.9%)   | 2.3 (99.6%)   |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | 8.8 (99.7%)  | 6.3 (71.9%)  | -6.6 (99.2%)  | 5.6 (98.6%)  | -10.2 (99.6%) | 12.0 (99.9%)  | 10.2 (99.6%)  |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | -.2 (99.7%)  | .9 (30.8%)   | -.5 (99.1%)   | -.3 (97.8%)  | -1.2 (99.3%)  | .8 (99.5%)    | .0 (99.6%)    |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | 2.7 (99.7%)  | 1.8 (30.8%)  | 2.4 (99.1%)   | 2.1 (97.8%)  | 2.4 (99.3%)   | 3.4 (99.5%)   | 2.3 (99.6%)   |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | 8.8 (99.7%)  | 5.8 (30.8%)  | 8.6 (99.1%)   | 5.7 (97.8%)  | 8.3 (99.3%)   | 13.1 (99.5%)  | -11.5 (99.6%) |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | .3 (99.4%)   | 1.1 (94.4%)  | .2 (98.9%)    | -.5 (96.8%)  | -1.1 (99.7%)  | 1.6 (99.6%)   | .7 (99.6%)    |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | 2.3 (99.4%)  | 1.9 (94.4%)  | 2.0 (98.9%)   | 2.1 (96.8%)  | 2.0 (99.7%)   | 3.4 (99.6%)   | 2.6 (99.6%)   |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | 8.4 (99.4%)  | 5.9 (94.4%)  | 6.4 (98.9%)   | -5.7 (96.8%) | -6.7 (99.7%)  | 10.1 (99.6%)  | 9.5 (99.6%)   |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | -.1 (98.8%)  | 1.8 (91.9%)  | -.5 (99.6%)   | .5 (99.1%)   | -.7 (99.6%)   | -.3 (99.9%)   | .6 (99.3%)    |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | 2.8 (98.8%)  | 2.4 (91.9%)  | 2.9 (99.6%)   | 1.9 (99.1%)  | 1.5 (99.6%)   | 2.8 (99.9%)   | 2.7 (99.3%)   |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | 11.8 (98.8%) | 6.6 (91.9%)  | -9.7 (99.6%)  | 5.4 (99.1%)  | -5.9 (99.6%)  | 10.3 (99.9%)  | 14.5 (99.3%)  |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | -1.3 (99.5%) | .9 (71.9%)   | -.1 (99.2%)   | .6 (94.9%)   | -1.2 (99.3%)  | -1.0 ( 100%)  | 1.8 (98.0%)   |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | 2.7 (99.5%)  | 2.1 (71.9%)  | 2.1 (99.2%)   | 1.9 (94.9%)  | 2.2 (99.3%)   | 2.7 ( 100%)   | 3.1 (98.0%)   |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | 8.2 (99.5%)  | 8.1 (71.9%)  | -7.2 (99.2%)  | 5.2 (94.9%)  | -7.1 (99.3%)  | -10.8 ( 100%) | 12.8 (98.0%)  |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | -2.2 (48.3%) | 1.0 (31.8%)  | -1.1 (48.8%)  | 1.0 (46.8%)  | -1.3 (48.9%)  | -.2 (99.7%)   | .7 (99.4%)    |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | 3.0 (48.3%)  | 2.2 (31.8%)  | 2.9 (48.8%)   | 1.8 (46.8%)  | 1.9 (48.9%)   | 2.9 (99.7%)   | 2.9 (99.4%)   |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | -8.3 (48.3%) | -6.0 (31.8%) | -8.5 (48.8%)  | 5.1 (46.8%)  | -5.4 (48.9%)  | -11.1 (99.7%) | -17.6 (99.4%) |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | -.6 (99.3%)  | -1.2 (92.5%) | -2.0 (85.1%)  | .5 (99.7%)   | -2.9 (68.1%)  | .8 (99.9%)    | 1.5 (99.7%)   |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | 2.9 (99.3%)  | 2.2 (92.5%)  | 3.7 (85.1%)   | 2.7 (99.7%)  | 4.0 (68.1%)   | 2.6 (99.9%)   | 2.6 (99.7%)   |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | -8.0 (99.3%) | -6.0 (92.5%) | -16.7 (85.1%) | 7.8 (99.7%)  | -9.0 (68.1%)  | -10.6 (99.9%) | -7.9 (99.7%)  |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | -2.1 (99.7%) | -1.5 (98.8%) | -1.3 (99.3%)  | .2 (99.6%)   | -5.4 (24.2%)  | .0 (96.0%)    | 1.3 (96.0%)   |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | 3.3 (99.7%)  | 2.2 (98.8%)  | 2.2 (99.3%)   | 2.2 (99.6%)  | 5.5 (24.2%)   | 2.6 (96.0%)   | 2.0 (96.0%)   |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | -8.2 (99.7%) | -6.5 (98.8%) | -7.6 (99.3%)  | -6.9 (99.6%) | -9.3 (24.2%)  | -13.2 (96.0%) | 5.4 (96.0%)   |

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位 : m/s

表 11 2010 年每月七商港觀測及 MC 預報風速南北分量偏差統計表

| 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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | -1.2 (99.5%) | * ( * )      | .7 (99.9%)   | -4.4 (99.5%)  | -1.3 (99.7%)  | .4 (99.7%)    | 3.8 (98.1%)  |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | 2.4 (99.5%)  | * ( * )      | 1.8 (99.9%)  | 5.4 (99.5%)   | 2.7 (99.7%)   | 2.7 (99.7%)   | 4.5 (98.1%)  |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | -8.1 (99.5%) | * ( * )      | 6.7 (99.9%)  | -12.9 (99.5%) | -7.4 (99.7%)  | 8.3 (99.7%)   | 12.7 (98.1%) |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | -.5 (99.5%)  | 1.0 (44.1%)  | .2 (99.2%)   | -4.3 (62.4%)  | -.6 (85.5%)   | .7 (99.9%)    | 3.3 (99.7%)  |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | 2.5 (99.5%)  | 3.0 (44.1%)  | 1.7 (99.2%)  | 5.3 (62.4%)   | 2.6 (85.5%)   | 3.0 (99.9%)   | 4.1 (99.7%)  |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | 7.9 (99.5%)  | 8.1 (44.1%)  | 5.2 (99.2%)  | -14.4 (62.4%) | -8.5 (85.5%)  | 10.6 (99.9%)  | 10.3 (99.7%) |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | -.1 (99.3%)  | 1.9 (89.4%)  | .3 (99.6%)   | -3.2 (99.4%)  | -.1 (99.4%)   | 1.3 (99.7%)   | 2.4 (99.9%)  |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | 2.4 (99.3%)  | 2.8 (89.4%)  | 2.0 (99.6%)  | 5.0 (99.4%)   | 2.4 (99.4%)   | 2.9 (99.7%)   | 3.8 (99.9%)  |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | 7.9 (99.3%)  | 12.0 (89.4%) | -6.0 (99.6%) | -12.6 (99.4%) | 7.1 (99.4%)   | 12.1 (99.7%)  | 12.5 (99.9%) |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | .6 (99.1%)   | 1.0 (97.6%)  | .6 (99.7%)   | -1.7 (99.6%)  | .3 ( 100%)    | .7 (99.7%)    | 2.4 (99.6%)  |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | 2.9 (99.1%)  | 2.7 (97.6%)  | 2.2 (99.7%)  | 4.1 (99.6%)   | 2.9 ( 100%)   | 2.9 (99.7%)   | 3.8 (99.6%)  |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | 9.3 (99.1%)  | 8.5 (97.6%)  | 7.0 (99.7%)  | -14.9 (99.6%) | -8.6 ( 100%)  | 10.2 (99.7%)  | 9.7 (99.6%)  |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | .3 (99.3%)   | 1.5 (72.2%)  | .2 (99.6%)   | -1.2 (98.6%)  | .5 (99.4%)    | .6 (99.7%)    | 2.2 (99.9%)  |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | 2.3 (99.3%)  | 2.7 (72.2%)  | 1.9 (99.6%)  | 3.5 (98.6%)   | 2.7 (99.4%)   | 3.1 (99.7%)   | 3.6 (99.9%)  |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | 7.5 (99.3%)  | 8.9 (72.2%)  | -6.8 (99.6%) | -10.3 (98.6%) | -9.7 (99.4%)  | 10.9 (99.7%)  | 12.2 (99.9%) |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | .6 (99.7%)   | 1.3 (31.2%)  | .1 (99.7%)   | -.8 (98.1%)   | .1 (99.7%)    | .4 (99.3%)    | .8 (99.9%)   |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | 2.3 (99.7%)  | 2.1 (31.2%)  | 2.0 (99.7%)  | 2.8 (98.1%)   | 2.5 (99.7%)   | 2.7 (99.3%)   | 2.9 (99.9%)  |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | 6.9 (99.7%)  | 6.4 (31.2%)  | 7.8 (99.7%)  | -9.5 (98.1%)  | -8.9 (99.7%)  | 15.8 (99.3%)  | 8.6 (99.9%)  |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | .6 (99.2%)   | 1.8 (94.6%)  | .4 (99.6%)   | -.5 (96.8%)   | .6 (99.9%)    | .7 (99.9%)    | .1 (99.7%)   |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | 1.9 (99.2%)  | 2.9 (94.6%)  | 1.9 (99.6%)  | 3.9 (96.8%)   | 2.5 (99.9%)   | 2.4 (99.9%)   | 2.6 (99.7%)  |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | 5.8 (99.2%)  | 7.7 (94.6%)  | 7.9 (99.6%)  | 11.3 (96.8%)  | 7.5 (99.9%)   | 14.4 (99.9%)  | 8.8 (99.7%)  |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | 1.5 (99.1%)  | 1.3 (92.5%)  | 1.4 (99.7%)  | 1.1 (99.2%)   | .1 (99.7%)    | .0 (99.6%)    | .4 (98.9%)   |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | 2.6 (99.1%)  | 2.5 (92.5%)  | 2.6 (99.7%)  | 3.3 (99.2%)   | 3.1 (99.7%)   | 2.0 (99.6%)   | 2.6 (98.9%)  |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | 7.5 (99.1%)  | 6.9 (92.5%)  | 11.7 (99.7%) | 9.1 (99.2%)   | -11.1 (99.7%) | -6.4 (99.6%)  | 10.3 (98.9%) |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | .8 (99.5%)   | .4 (71.9%)   | .8 (99.1%)   | -.2 (94.9%)   | .3 (99.5%)    | .3 (99.9%)    | -.1 (98.1%)  |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | 2.1 (99.5%)  | 2.6 (71.9%)  | 2.3 (99.1%)  | 2.4 (94.9%)   | 2.7 (99.5%)   | 2.5 (99.9%)   | 2.5 (98.1%)  |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | 10.0 (99.5%) | -8.1 (71.9%) | 7.9 (99.1%)  | -8.5 (94.9%)  | -8.7 (99.5%)  | -11.8 (99.9%) | 12.1 (98.1%) |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | 1.4 (48.6%)  | .1 (31.9%)   | 1.4 (48.5%)  | .2 (47.4%)    | -1.0 (48.9%)  | .5 (99.7%)    | .8 (99.7%)   |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | 2.8 (48.6%)  | 2.4 (31.9%)  | 2.8 (48.5%)  | 2.3 (47.4%)   | 3.3 (48.9%)   | 2.9 (99.7%)   | 3.9 (99.7%)  |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | 8.1 (48.6%)  | -6.8 (31.9%) | 11.1 (48.5%) | -6.7 (47.4%)  | 9.1 (48.9%)   | 12.0 (99.7%)  | 16.4 (99.7%) |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | .2 (99.9%)   | .7 (92.5%)   | .8 (84.8%)   | -3.9 ( 100%)  | -.4 (67.9%)   | 2.3 (99.5%)   | 2.8 (99.6%)  |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | 1.9 (99.9%)  | 2.7 (92.5%)  | 2.2 (84.8%)  | 5.9 ( 100%)   | 2.3 (67.9%)   | 3.5 (99.5%)   | 4.3 (99.6%)  |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | 5.5 (99.9%)  | 8.4 (92.5%)  | 9.3 (84.8%)  | -19.6 ( 100%) | 8.8 (67.9%)   | 9.1 (99.5%)   | 11.3 (99.6%) |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | -1.1 (98.9%) | .5 (98.9%)   | .2 (99.4%)   | -3.9 (99.9%)  | -.6 (24.0%)   | .7 (95.7%)    | 2.8 (96.0%)  |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | 2.2 (98.9%)  | 3.0 (98.9%)  | 1.6 (99.4%)  | 4.7 (99.9%)   | 1.9 (24.0%)   | 2.8 (95.7%)   | 3.6 (96.0%)  |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | 7.0 (98.9%)  | 8.0 (98.9%)  | 6.7 (99.4%)  | -11.0 (99.9%) | 4.7 (24.0%)   | 9.0 (95.7%)   | 10.0 (96.0%) |

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位 : m/s

表 12 2010 年每月七商港觀測及預報波浪資料蒐集率統計表

| 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         |
|-----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 721 (96.9%) | 739 (99.3%) | 741 (99.6%) | 728 (97.8%) | 719 (96.6%) | 741 (99.6%) | 712 (95.7%) |
| 2009/12 月 | WAM  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2009/12 月 | SWAN | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 728 (97.8%) | 738 (99.2%) | 740 (99.5%) | 729 (98.0%) | 715 (96.1%) | 698 (93.8%) | 700 (94.1%) |
| 2010/ 1 月 | WAM  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | SWAN | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 661 (98.4%) | 667 (99.3%) | 670 (99.7%) | 653 (97.2%) | 657 (97.8%) | 663 (98.7%) | 668 (99.4%) |
| 2010/ 2 月 | WAM  | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 (100%)  |
| 2010/ 2 月 | SWAN | 224 (33.3%) | 224 (33.3%) | 224 (33.3%) | 224 (33.3%) | 224 (33.3%) | 224 (33.3%) | 224 (33.3%) |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 721 (96.9%) | 737 (99.1%) | 743 (99.9%) | 728 (97.8%) | 188 (25.3%) | 736 (98.9%) | 637 (85.6%) |
| 2010/ 3 月 | WAM  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | SWAN | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 700 (97.2%) | 713 (99.0%) | 712 (98.9%) | 696 (96.7%) | 163 (22.6%) | 714 (99.2%) | 714 (99.2%) |
| 2010/ 4 月 | WAM  | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 4 月 | SWAN | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 731 (98.3%) | 729 (98.0%) | 737 (99.1%) | 733 (98.5%) | 450 (60.5%) | 720 (96.8%) | 724 (97.3%) |
| 2010/ 5 月 | WAM  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 5 月 | SWAN | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 697 (96.8%) | 705 (97.9%) | 717 (99.6%) | 702 (97.5%) | 695 (96.5%) | 708 (98.3%) | 714 (99.2%) |
| 2010/ 6 月 | WAM  | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 6 月 | SWAN | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) | 240 (33.3%) |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 721 (96.9%) | 730 (98.1%) | 740 (99.5%) | 420 (56.5%) | 717 (96.4%) | 730 (98.1%) | 743 (99.9%) |
| 2010/ 7 月 | WAM  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 7 月 | SWAN | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) | 248 (33.3%) |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 722 (97.0%) | 737 (99.1%) | 720 (96.8%) | 719 (96.6%) | 716 (96.2%) | 691 (92.9%) | 723 (97.2%) |
| 2010/ 8 月 | WAM  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 8 月 | SWAN | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 692 (96.1%) | 698 (96.9%) | 700 (97.2%) | 709 (98.5%) | 679 (94.3%) | 707 (98.2%) | 686 (95.3%) |
| 2010/ 9 月 | WAM  | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | SWAN | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/10 月 | OBS1 | 728 (97.8%) | 704 (94.6%) | 707 (95.0%) | 729 (98.0%) | 504 (67.7%) | 651 (87.5%) | 630 (84.7%) |
| 2010/10 月 | WAM  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/10 月 | SWAN | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | 694 (96.4%) | 673 (93.5%) | 682 (94.7%) | 709 (98.5%) | 476 (66.1%) | 574 (79.7%) | 518 (71.9%) |
| 2010/11 月 | WAM  | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/11 月 | SWAN | 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)

1.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 13 2010 年每月七商港觀測及預報波浪平均示性波高統計表

| 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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 1.59 (96.9%) | 1.98 (99.3%) | .68 (99.6%)  | 1.29 (97.8%) | 1.22 (96.6%) | 1.36 (99.6%) | .57 (95.7%)  |
| 2009/12 月 | SWAN | 1.47 (33.3%) | 1.33 (33.3%) | .51 (33.3%)  | 1.46 (33.3%) | 1.49 (33.3%) | 1.34 (33.3%) | .67 (33.3%)  |
| 2009/12 月 | WAM  | 1.04 ( 100%) | .87 ( 100%)  | .45 ( 100%)  | .88 ( 100%)  | 1.05 ( 100%) | .83 ( 100%)  | .64 (100%)   |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 1.50 (97.8%) | 2.08 (99.2%) | .68 (99.5%)  | 1.46 (98.0%) | 1.38 (96.1%) | 1.32 (93.8%) | .58 (94.1%)  |
| 2010/ 1 月 | SWAN | 1.67 (33.3%) | 1.50 (33.3%) | .49 (33.3%)  | 1.61 (33.3%) | 1.67 (33.3%) | 1.52 (33.3%) | .70 (33.3%)  |
| 2010/ 1 月 | WAM  | 1.19 ( 100%) | .97 ( 100%)  | .53 ( 100%)  | 1.08 ( 100%) | 1.23 ( 100%) | .90 ( 100%)  | .71 (100%)   |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 1.37 (98.4%) | 1.78 (99.3%) | .52 (99.7%)  | 1.29 (97.2%) | 1.30 (97.8%) | 1.27 (98.7%) | .49 (99.4%)  |
| 2010/ 2 月 | SWAN | 1.12 (33.3%) | .96 (33.3%)  | .52 (33.3%)  | 1.15 (33.3%) | 1.19 (33.3%) | 1.02 (33.3%) | .59 (33.3%)  |
| 2010/ 2 月 | WAM  | .86 ( 100%)  | .74 ( 100%)  | .40 ( 100%)  | .75 ( 100%)  | .89 ( 100%)  | .71 ( 100%)  | .54 (100%)   |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 1.33 (96.9%) | 1.77 (99.1%) | .60 (99.9%)  | 1.33 (97.8%) | 1.24 (25.3%) | 1.17 (98.9%) | .53 (85.6%)  |
| 2010/ 3 月 | SWAN | 1.40 (33.3%) | 1.19 (33.3%) | .65 (33.3%)  | 1.38 (33.3%) | 1.43 (33.3%) | 1.27 (33.3%) | .80 (33.3%)  |
| 2010/ 3 月 | WAM  | 1.01 ( 100%) | .90 ( 100%)  | .62 ( 100%)  | .96 ( 100%)  | 1.10 ( 100%) | .83 ( 100%)  | .77 (100%)   |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 1.23 (97.2%) | 1.74 (99.0%) | .54 (98.9%)  | 1.28 (96.7%) | 1.12 (22.6%) | 1.16 (99.2%) | .49 (99.2%)  |
| 2010/ 4 月 | SWAN | 1.29 (33.3%) | 1.21 (33.3%) | .59 (33.3%)  | 1.23 (33.3%) | 1.28 (33.3%) | 1.24 (33.3%) | .70 (33.3%)  |
| 2010/ 4 月 | WAM  | 1.07 ( 100%) | .89 ( 100%)  | .57 ( 100%)  | .98 ( 100%)  | 1.13 ( 100%) | .84 ( 100%)  | .69 (100%)   |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | .66 (98.3%)  | 1.24 (98.0%) | .65 (99.1%)  | .87 (98.5%)  | 1.03 (60.5%) | .74 (96.8%)  | .62 (97.3%)  |
| 2010/ 5 月 | SWAN | .80 (33.3%)  | .88 (33.3%)  | .70 (33.3%)  | .79 (33.3%)  | .81 (33.3%)  | .90 (33.3%)  | .78 (33.3%)  |
| 2010/ 5 月 | WAM  | .65 ( 100%)  | .64 ( 100%)  | .64 ( 100%)  | .76 ( 100%)  | .80 ( 100%)  | .55 ( 100%)  | .63 (100%)   |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | .58 (96.8%)  | 1.18 (97.9%) | .69 (99.6%)  | .77 (97.5%)  | .85 (96.5%)  | .82 (98.3%)  | .67 (99.2%)  |
| 2010/ 6 月 | SWAN | .65 (33.3%)  | 1.03 (33.3%) | .79 (33.3%)  | 1.02 (33.3%) | .95 (33.3%)  | .99 (33.3%)  | .85 (33.3%)  |
| 2010/ 6 月 | WAM  | .54 ( 100%)  | 1.00 ( 100%) | .75 ( 100%)  | .57 ( 100%)  | .58 ( 100%)  | .88 ( 100%)  | .81 (100%)   |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | .35 (96.9%)  | .93 (98.1%)  | .93 (99.5%)  | .79 (56.5%)  | .96 (96.4%)  | .76 (98.1%)  | .90 (99.9%)  |
| 2010/ 7 月 | SWAN | .57 (33.3%)  | .85 (33.3%)  | .94 (33.3%)  | .92 (33.3%)  | .92 (33.3%)  | .90 (33.3%)  | .94 (33.3%)  |
| 2010/ 7 月 | WAM  | .43 ( 100%)  | .91 ( 100%)  | .77 ( 100%)  | .42 ( 100%)  | .46 ( 100%)  | .88 ( 100%)  | .78 (100%)   |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | .46 (97.0%)  | .94 (99.1%)  | .76 (96.8%)  | .77 (96.6%)  | .87 (96.2%)  | .58 (92.9%)  | .69 (97.2%)  |
| 2010/ 8 月 | SWAN | .57 ( 100%)  | .76 ( 100%)  | .63 ( 100%)  | .67 ( 100%)  | .69 ( 100%)  | .65 ( 100%)  | .66 (100%)   |
| 2010/ 8 月 | WAM  | .45 ( 100%)  | .55 ( 100%)  | .53 ( 100%)  | .37 ( 100%)  | .47 ( 100%)  | .53 ( 100%)  | .52 (100%)   |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | .75 (96.1%)  | 1.24 (96.9%) | 1.24 (97.2%) | 1.09 (98.5%) | 1.33 (94.3%) | .79 (98.2%)  | 1.11 (95.3%) |
| 2010/ 9 月 | SWAN | .91 ( 100%)  | 1.14 ( 100%) | .91 ( 100%)  | .98 ( 100%)  | 1.05 ( 100%) | .86 ( 100%)  | 1.02 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | WAM  | .71 ( 100%)  | .70 ( 100%)  | .65 ( 100%)  | .54 ( 100%)  | .70 ( 100%)  | .67 ( 100%)  | .66 (100%)   |
| 2010/10 月 | OBS1 | 1.87 (97.8%) | 2.54 (94.6%) | 1.08 (95.0%) | 1.55 (98.0%) | 1.46 (67.7%) | 1.73 (87.5%) | 1.02 (84.7%) |
| 2010/10 月 | SWAN | 1.78 ( 100%) | 2.40 ( 100%) | 1.02 ( 100%) | 1.76 ( 100%) | 1.70 ( 100%) | 1.83 ( 100%) | 1.35 (100%)  |
| 2010/10 月 | WAM  | 1.66 ( 100%) | 1.50 ( 100%) | .69 ( 100%)  | 1.46 ( 100%) | 1.64 ( 100%) | 1.32 ( 100%) | .95 (100%)   |
| 2010/11 月 | OBS1 | 1.45 (96.4%) | 2.35 (93.5%) | .74 (94.7%)  | 1.46 (98.5%) | 1.47 (66.1%) | 1.46 (79.7%) | .59 (71.9%)  |
| 2010/11 月 | SWAN | 1.38 ( 100%) | 2.00 ( 100%) | .76 ( 100%)  | 1.12 ( 100%) | 1.24 ( 100%) | 1.47 ( 100%) | 1.07 (100%)  |
| 2010/11 月 | WAM  | 1.14 ( 100%) | .95 ( 100%)  | .40 ( 100%)  | 1.12 ( 100%) | 1.16 ( 100%) | .83 ( 100%)  | .56 (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14 2010年每月七商港觀測及預報波浪主要波向(%)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         |
|----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12月 | OBS1 | NNE (76.1%) | NNE (54.5%) | W (34.0%)   | ESE (52.1%) | ENE (40.3%) | N (58.4%)   | WNW (37.9%) |
| 2009/12月 | WAM  | SSW (51.3%) | SSW (77.8%) | SSE (26.5%) | SW (36.8%)  | SSW (51.6%) | SSW (73.0%) | S (59.7%)   |
| 2009/12月 | SWAN | SSW (53.2%) | SW (48.8%)  | N (12.9%)   | SSW (49.6%) | SSW (56.9%) | SW (50.0%)  | WNW (24.2%) |
| 2010/1月  | OBS1 | NNE (83.8%) | N (51.2%)   | W (29.3%)   | ESE (52.9%) | ENE (49.8%) | N (58.9%)   | WNW (34.6%) |
| 2010/1月  | WAM  | SSW (40.6%) | SSW (85.5%) | NNW (14.8%) | SW (38.3%)  | SSW (35.2%) | SSW (74.6%) | S (61.2%)   |
| 2010/1月  | SWAN | SSW (46.0%) | SW (47.2%)  | NW (15.3%)  | SSW (44.8%) | SSW (50.4%) | SW (49.2%)  | WNW (14.9%) |
| 2010/2月  | OBS1 | NNE (67.9%) | N (50.2%)   | WNW (47.9%) | ESE (47.6%) | ENE (33.8%) | N (55.1%)   | WNW (40.1%) |
| 2010/2月  | WAM  | SSW (36.5%) | SSW (57.6%) | NNW (39.6%) | SW (26.3%)  | SSW (25.9%) | SSW (56.5%) | S (35.7%)   |
| 2010/2月  | SWAN | SSW (41.5%) | SW (33.9%)  | WNW (21.4%) | SSW (43.8%) | SSW (43.9%) | SW (39.7%)  | WNW (32.1%) |
| 2010/3月  | OBS1 | NNE (67.1%) | N (48.3%)   | WNW (18.7%) | SE (44.6%)  | NE (27.3%)  | N (42.1%)   | WNW (25.3%) |
| 2010/3月  | WAM  | SSW (26.1%) | SSW (49.3%) | NNW (23.3%) | SW (22.6%)  | SSW (25.3%) | SSW (49.1%) | S (35.1%)   |
| 2010/3月  | SWAN | SSW (37.5%) | SW (29.0%)  | NNE (17.7%) | SSW (28.6%) | SSW (31.5%) | SW (36.7%)  | WNW (16.5%) |
| 2010/4月  | OBS1 | NNE (60.7%) | N (46.1%)   | WNW (33.2%) | ESE (50.7%) | ENE (38.7%) | N (38.7%)   | W (40.2%)   |
| 2010/4月  | WAM  | SW (28.8%)  | SSW (47.9%) | NNW (25.6%) | SW (27.4%)  | SW (26.3%)  | SSW (32.9%) | S (22.6%)   |
| 2010/4月  | SWAN | SW (32.9%)  | SW (32.9%)  | NNW (20.0%) | SSW (30.7%) | SSW (36.7%) | SW (39.2%)  | WNW (19.6%) |
| 2010/5月  | OBS1 | NE (60.3%)  | NNE (44.7%) | SW (17.6%)  | SE (55.9%)  | ENE (23.6%) | N (24.9%)   | SW (38.8%)  |
| 2010/5月  | WAM  | W (24.6%)   | NE (48.4%)  | NE (32.3%)  | NNW (24.3%) | WNW (27.2%) | ENE (32.9%) | NE (32.3%)  |
| 2010/5月  | SWAN | W (19.0%)   | NNE (20.6%) | N (20.6%)   | E (19.0%)   | ESE (22.2%) | NNE (14.9%) | N (19.8%)   |
| 2010/6月  | OBS1 | NE (47.2%)  | W (31.8%)   | WSW (54.4%) | SSE (31.0%) | ENE (26.5%) | W (31.5%)   | SW (60.8%)  |
| 2010/6月  | WAM  | NE (32.8%)  | SSW (45.6%) | SSW (54.9%) | WSW (26.0%) | NE (27.2%)  | SSW (59.2%) | SSW (53.8%) |
| 2010/6月  | SWAN | NE (18.8%)  | NNE (26.7%) | SSW (30.0%) | SSE (33.8%) | SSE (47.1%) | WSW (45.4%) | SSW (36.7%) |
| 2010/7月  | OBS1 | NE (55.6%)  | W (43.7%)   | WSW (47.2%) | SE (58.1%)  | S (25.9%)   | W (39.3%)   | SW (57.7%)  |
| 2010/7月  | WAM  | ESE (24.4%) | SSW (76.3%) | SSW (36.6%) | W (24.7%)   | W (31.5%)   | SSW (65.5%) | SSW (46.6%) |
| 2010/7月  | SWAN | SE (23.5%)  | SW (46.8%)  | SW (35.1%)  | SSE (52.8%) | SSE (79.0%) | WSW (57.3%) | SW (33.9%)  |
| 2010/8月  | OBS1 | NE (61.1%)  | NNE (33.8%) | SW (36.3%)  | SE (54.5%)  | ESE (29.2%) | W (22.6%)   | SW (55.7%)  |
| 2010/8月  | WAM  | E (25.7%)   | SW (41.9%)  | SSW (31.6%) | NE (23.5%)  | E (26.2%)   | SSW (33.3%) | SW (30.0%)  |
| 2010/8月  | SWAN | E (28.9%)   | NNE (30.6%) | SSW (21.9%) | S (25.3%)   | SSE (37.8%) | WSW (22.7%) | SSW (22.3%) |
| 2010/9月  | OBS1 | NE (56.2%)  | NNE (29.9%) | SW (21.0%)  | SE (51.3%)  | ENE (21.5%) | NNE (19.4%) | SW (34.1%)  |
| 2010/9月  | WAM  | ESE (31.2%) | ENE (22.1%) | SSW (46.1%) | NNE (17.9%) | ESE (19.5%) | SSW (20.6%) | SSW (35.0%) |
| 2010/9月  | SWAN | NE (25.8%)  | NNE (34.0%) | WNW (21.5%) | SSE (21.1%) | SSE (32.6%) | NE (25.6%)  | S (23.1%)   |
| 2010/10月 | OBS1 | NNE (75.3%) | N (53.6%)   | W (34.9%)   | ESE (47.9%) | ENE (44.8%) | N (40.3%)   | W (30.6%)   |
| 2010/10月 | WAM  | NE (38.6%)  | ENE (46.6%) | SSW (14.0%) | NE (32.4%)  | NE (32.5%)  | ENE (41.8%) | E (36.6%)   |
| 2010/10月 | SWAN | NE (38.2%)  | NNE (77.7%) | NW (50.9%)  | NE (33.3%)  | NE (33.9%)  | NE (48.1%)  | NNW (66.9%) |
| 2010/11月 | OBS1 | NNE (74.8%) | N (56.0%)   | W (50.9%)   | E (51.3%)   | ENE (60.1%) | N (42.0%)   | W (46.9%)   |
| 2010/11月 | WAM  | NNE (45.7%) | ENE (61.5%) | E (34.0%)   | NNE (68.1%) | NNE (51.8%) | ENE (55.8%) | E (64.2%)   |
| 2010/11月 | SWAN | NE (44.2%)  | NNE (81.0%) | NW (77.6%)  | NE (63.6%)  | NE (56.0%)  | NE (49.2%)  | NNW (81.5%) |

OBS1: 臺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 15 2010 年每月七商港觀測及預報波浪平均示性週期統計表

| 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         |
|-----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 4.9 (96.9%) | 3.6 (99.3%) | 3.9 (99.6%) | 5.4 (97.8%) | 5.1 (96.6%) | 3.7 (99.6%) | 2.6 (95.7%) |
| 2009/12 月 | SWAN | 3.7 (33.3%) | 3.3 (33.3%) | 2.4 (33.3%) | 3.6 (33.3%) | 3.7 (33.3%) | 3.4 (33.3%) | 2.6 (33.3%) |
| 2009/12 月 | WAM  | 5.4 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 4.2 ( 100%) | 5.5 ( 100%) | 5.5 ( 100%) | 5.0 ( 100%) | 4.8 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 4.9 (97.8%) | 4.0 (99.2%) | 3.8 (99.5%) | 5.7 (98.0%) | 5.3 (96.1%) | 3.8 (93.8%) | 2.6 (94.1%) |
| 2010/ 1 月 | SWAN | 3.8 (33.3%) | 3.5 (33.3%) | 2.3 (33.3%) | 3.8 (33.3%) | 3.9 (33.3%) | 3.6 (33.3%) | 2.5 (33.3%) |
| 2010/ 1 月 | WAM  | 5.8 ( 100%) | 5.1 ( 100%) | 4.4 ( 100%) | 6.0 ( 100%) | 5.9 ( 100%) | 5.3 ( 100%) | 5.0 (100%)  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 4.7 (98.4%) | 3.4 (99.3%) | 3.3 (99.7%) | 5.5 (97.2%) | 5.2 (97.8%) | 3.7 (98.7%) | 2.2 (99.4%) |
| 2010/ 2 月 | SWAN | 3.3 (33.3%) | 3.0 (33.3%) | 2.4 (33.3%) | 3.4 (33.3%) | 3.5 (33.3%) | 3.1 (33.3%) | 2.5 (33.3%) |
| 2010/ 2 月 | WAM  | 5.4 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 4.1 ( 100%) | 5.4 ( 100%) | 5.4 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 4.4 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 4.8 (96.9%) | 3.5 (99.1%) | 3.6 (99.9%) | 5.4 (97.8%) | 4.7 (25.3%) | 3.8 (98.9%) | 2.6 (85.6%) |
| 2010/ 3 月 | SWAN | 3.5 (33.3%) | 3.2 (33.3%) | 2.6 (33.3%) | 3.6 (33.3%) | 3.6 (33.3%) | 3.3 (33.3%) | 2.8 (33.3%) |
| 2010/ 3 月 | WAM  | 5.5 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 4.3 ( 100%) | 5.6 ( 100%) | 5.6 ( 100%) | 5.2 ( 100%) | 4.7 (100%)  |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 4.7 (97.2%) | 3.6 (99.0%) | 3.3 (98.9%) | 5.5 (96.7%) | 5.5 (22.6%) | 3.8 (99.2%) | 2.4 (99.2%) |
| 2010/ 4 月 | SWAN | 3.6 (33.3%) | 3.4 (33.3%) | 2.7 (33.3%) | 3.4 (33.3%) | 3.6 (33.3%) | 3.4 (33.3%) | 2.8 (33.3%) |
| 2010/ 4 月 | WAM  | 5.7 ( 100%) | 5.2 ( 100%) | 4.5 ( 100%) | 5.8 ( 100%) | 5.8 ( 100%) | 5.3 ( 100%) | 4.9 (100%)  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 4.0 (98.3%) | 2.7 (98.0%) | 3.5 (99.1%) | 5.0 (98.5%) | 4.6 (60.5%) | 3.4 (96.8%) | 2.8 (97.3%) |
| 2010/ 5 月 | SWAN | 3.0 (33.3%) | 3.2 (33.3%) | 2.9 (33.3%) | 2.8 (33.3%) | 2.9 (33.3%) | 3.2 (33.3%) | 3.0 (33.3%) |
| 2010/ 5 月 | WAM  | 5.1 ( 100%) | 4.6 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 5.1 ( 100%) | 5.2 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 4.7 (100%)  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 3.7 (96.8%) | 2.6 (97.9%) | 3.9 (99.6%) | 4.8 (97.5%) | 4.6 (96.5%) | 3.5 (98.3%) | 3.1 (99.2%) |
| 2010/ 6 月 | SWAN | 2.9 (33.3%) | 3.0 (33.3%) | 3.3 (33.3%) | 3.5 (33.3%) | 3.6 (33.3%) | 3.1 (33.3%) | 3.3 (33.3%) |
| 2010/ 6 月 | WAM  | 4.2 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 5.0 ( 100%) | 4.3 ( 100%) | 4.5 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 5.0 (100%)  |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 3.2 (96.9%) | 3.0 (98.1%) | 4.5 (99.5%) | 4.8 (56.5%) | 4.4 (96.4%) | 3.2 (98.1%) | 3.6 (99.9%) |
| 2010/ 7 月 | SWAN | 2.5 (33.3%) | 2.8 (33.3%) | 3.5 (33.3%) | 3.3 (33.3%) | 3.4 (33.3%) | 2.8 (33.3%) | 3.5 (33.3%) |
| 2010/ 7 月 | WAM  | 3.6 ( 100%) | 4.8 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 4.2 ( 100%) | 4.0 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 4.7 (100%)  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 3.3 (97.0%) | 3.8 (99.1%) | 4.2 (96.8%) | 4.8 (96.6%) | 4.4 (96.2%) | 3.4 (92.9%) | 3.6 (97.2%) |
| 2010/ 8 月 | SWAN | 2.5 ( 100%) | 2.8 ( 100%) | 2.8 ( 100%) | 3.0 ( 100%) | 2.9 ( 100%) | 2.5 ( 100%) | 2.9 (100%)  |
| 2010/ 8 月 | WAM  | 4.1 ( 100%) | 4.5 ( 100%) | 4.5 ( 100%) | 4.6 ( 100%) | 4.4 ( 100%) | 4.1 ( 100%) | 4.7 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 4.0 (96.1%) | 4.5 (96.9%) | 4.0 (97.2%) | 5.4 (98.5%) | 4.8 (94.3%) | 3.5 (98.2%) | 3.6 (95.3%) |
| 2010/ 9 月 | SWAN | 3.0 ( 100%) | 3.3 ( 100%) | 3.0 ( 100%) | 3.3 ( 100%) | 3.2 ( 100%) | 3.0 ( 100%) | 3.2 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | WAM  | 4.7 ( 100%) | 5.1 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 4.9 ( 100%) | 4.9 (100%)  |
| 2010/10 月 | OBS1 | 5.1 (97.8%) | 4.6 (94.6%) | 4.2 (95.0%) | 5.8 (98.0%) | 5.3 (67.7%) | 4.0 (87.5%) | 3.6 (84.7%) |
| 2010/10 月 | SWAN | 4.3 ( 100%) | 4.5 ( 100%) | 3.6 ( 100%) | 4.1 ( 100%) | 4.4 ( 100%) | 3.9 ( 100%) | 4.1 (100%)  |
| 2010/10 月 | WAM  | 6.3 ( 100%) | 5.6 ( 100%) | 4.6 ( 100%) | 6.4 ( 100%) | 6.4 ( 100%) | 5.6 ( 100%) | 5.4 (100%)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | 4.8 (96.4%) | 4.4 (93.5%) | 3.3 (94.7%) | 5.7 (98.5%) | 5.4 (66.1%) | 3.9 (79.7%) | 2.9 (71.9%) |
| 2010/11 月 | SWAN | 3.7 ( 100%) | 4.2 ( 100%) | 3.2 ( 100%) | 3.4 ( 100%) | 3.6 ( 100%) | 3.5 ( 100%) | 3.6 (100%)  |
| 2010/11 月 | WAM  | 5.4 ( 100%) | 4.7 ( 100%) | 3.5 ( 100%) | 5.9 ( 100%) | 5.6 ( 100%) | 4.6 ( 100%) | 4.6 (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 16 2010 年每月七商港觀測及預報波浪最大示性波高 (波向, 週期) 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           |
|-----------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 4.1 ( NNE, 7) | 3.7 ( NNE, 5) | 1.1 ( WNW, 4) | 2.9 ( E, 6)   | 2.2 ( ENE, 6) | 3.8 ( N, 4)   | .9 ( WNW, 1)  |
| 2009/12 月 | WAM  | 2.3 ( SSW, 7) | 1.9 ( SSW, 6) | 1.5 ( N, 5)   | 1.7 ( SW, 6)  | 2.1 ( SSW, 8) | 1.9 ( SSW, 7) | 1.5 ( N, 5)   |
| 2009/12 月 | SWAN | 2.7 ( SW, 5)  | 2.6 ( SW, 5)  | 1.2 ( WNW, 4) | 3.0 ( SW, 5)  | 2.8 ( SW, 5)  | 2.6 ( SW, 5)  | 1.4 ( WNW, 4) |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 4.8 ( NNE, 7) | 4.1 ( N, 6)   | 1.4 ( SSW, 6) | 2.6 ( ESE, 7) | 2.3 ( ENE, 7) | 4.1 ( N, 6)   | 3.0 ( SW, 4)  |
| 2010/ 1 月 | WAM  | 2.7 ( SSW, 7) | 2.2 ( SSW, 7) | 1.5 ( N, 5)   | 1.9 ( SSW, 7) | 2.5 ( SSW, 7) | 2.4 ( SSW, 7) | 1.5 ( N, 5)   |
| 2010/ 1 月 | SWAN | 3.3 ( SSW, 6) | 3.4 ( SW, 5)  | 1.5 ( WNW, 4) | 3.5 ( SW, 6)  | 3.4 ( SW, 5)  | 3.0 ( SW, 5)  | 1.6 ( WNW, 4) |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 4.3 ( NNE, 7) | 4.1 ( N, 6)   | 1.0 ( S, 3)   | 2.4 ( E, 7)   | 2.3 ( SSW, 5) | 4.1 ( N, 7)   | 1.3 ( SSW, 3) |
| 2010/ 2 月 | WAM  | 2.5 ( SSW, 7) | 2.1 ( SSW, 6) | .8 ( NNW, 4)  | 1.7 ( SSW, 7) | 2.3 ( SSW, 7) | 2.3 ( SSW, 7) | 1.3 ( S, 6)   |
| 2010/ 2 月 | SWAN | 2.9 ( SW, 5)  | 2.4 ( SW, 5)  | 1.2 ( WNW, 3) | 3.1 ( SSW, 6) | 3.0 ( SSW, 6) | 2.5 ( SW, 5)  | 1.5 ( WNW, 4) |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 4.1 ( NNE, 7) | 4.6 ( N, 6)   | 1.5 ( NW, 4)  | 3.8 ( ESE, 7) | 1.8 ( SSW, 5) | 3.7 ( N, 4)   | 1.4 ( WNW, 3) |
| 2010/ 3 月 | WAM  | 3.0 ( SSW, 8) | 2.3 ( SSW, 7) | 1.5 ( SSE, 6) | 2.4 ( SSW, 8) | 3.0 ( SSW, 8) | 2.4 ( SSW, 7) | 2.2 ( S, 6)   |
| 2010/ 3 月 | SWAN | 3.7 ( SW, 6)  | 3.5 ( SW, 6)  | 1.9 ( WNW, 4) | 4.1 ( SW, 6)  | 3.8 ( SW, 6)  | 3.4 ( SW, 6)  | 2.1 ( WNW, 4) |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 3.8 ( NNE, 7) | 4.3 ( N, 6)   | 1.2 ( NW, 4)  | 2.6 ( E, 6)   | 1.8 ( ENE, 5) | 3.3 ( NNE, 5) | 1.2 ( WNW, 3) |
| 2010/ 4 月 | WAM  | 2.8 ( SSW, 8) | 2.4 ( SSW, 7) | 1.5 ( N, 5)   | 1.8 ( SW, 9)  | 2.6 ( SSW, 8) | 2.5 ( SSW, 7) | 1.5 ( N, 5)   |
| 2010/ 4 月 | SWAN | 3.0 ( SW, 6)  | 2.6 ( SW, 5)  | 1.2 ( N, 5)   | 3.0 ( SSW, 5) | 3.0 ( SSW, 6) | 2.7 ( SW, 5)  | 1.4 ( SSW, 3) |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 1.7 ( NNE, 5) | 2.5 ( NNE, 4) | 3.0 ( SW, 5)  | 1.9 ( SE, 7)  | 4.5 ( ESE, 4) | 2.0 ( N, 4)   | 3.5 ( SW, 5)  |
| 2010/ 5 月 | WAM  | 1.2 ( WNW, 5) | 2.1 ( NE, 6)  | 1.8 ( NE, 6)  | 1.5 ( N, 5)   | 1.5 ( N, 5)   | 2.2 ( ENE, 6) | 1.9 ( NE, 6)  |
| 2010/ 5 月 | SWAN | 1.5 ( SW, 4)  | 2.3 ( NE, 5)  | 1.7 ( NNE, 4) | 2.6 ( ENE, 5) | 2.2 ( ENE, 5) | 1.9 ( NNE, 4) | 2.0 ( NNE, 4) |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 2.3 ( NNE, 5) | 2.9 ( NNE, 5) | 1.5 ( WSW, 5) | 2.1 ( E, 7)   | 2.0 ( NE, 6)  | 2.2 ( NNE, 4) | 1.7 ( WSW, 2) |
| 2010/ 6 月 | WAM  | 1.3 ( NE, 7)  | 2.4 ( SSW, 7) | 1.9 ( S, 7)   | 1.0 ( W, 5)   | 1.3 ( NE, 7)  | 2.2 ( SSW, 6) | 2.1 ( S, 7)   |
| 2010/ 6 月 | SWAN | 1.8 ( NE, 4)  | 2.2 ( NNE, 4) | 1.7 ( SSW, 6) | 2.4 ( S, 5)   | 2.0 ( SSE, 5) | 2.2 ( WSW, 4) | 1.7 ( SSW, 5) |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | .9 ( NE, 5)   | 1.7 ( W, 3)   | 2.6 ( SW, 5)  | 2.2 ( SSE, 5) | 3.0 ( SSW, 6) | 2.4 ( WSW, 4) | 2.8 ( SW, 5)  |
| 2010/ 7 月 | WAM  | 1.1 ( WSW, 4) | 2.4 ( SSW, 6) | 1.6 ( SW, 6)  | 1.3 ( W, 6)   | 1.1 ( W, 7)   | 2.2 ( SSW, 7) | 1.8 ( SW, 6)  |
| 2010/ 7 月 | SWAN | 1.1 ( SE, 3)  | 2.3 ( SW, 4)  | 1.8 ( SW, 6)  | 2.2 ( SSE, 5) | 1.7 ( SSE, 5) | 2.4 ( WSW, 5) | 1.8 ( SW, 6)  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 1.8 ( NNE, 5) | 3.0 ( NNE, 5) | 3.3 ( WSW, 6) | 2.0 ( ESE, 7) | 2.2 ( E, 6)   | 2.2 ( N, 4)   | 2.6 ( SW, 3)  |
| 2010/ 8 月 | WAM  | 1.5 ( E, 6)   | 1.5 ( W, 5)   | 2.1 ( SSW, 6) | 1.5 ( W, 5)   | 1.5 ( W, 5)   | 1.3 ( E, 5)   | 1.9 ( S, 6)   |
| 2010/ 8 月 | SWAN | 1.6 ( ENE, 4) | 3.2 ( NNE, 5) | 1.3 ( S, 4)   | 2.4 ( S, 5)   | 2.1 ( S, 5)   | 1.5 ( ENE, 3) | 1.3 ( WSW, 4) |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 3.3 ( NE, 6)  | 5.1 ( N, 6)   | 5.7 ( WSW, 7) | 9.0 ( ESE, 6) | 9.8 ( E, 10)  | 3.1 ( NNE, 4) | 6.1 ( SW, 6)  |
| 2010/ 9 月 | WAM  | 2.8 ( N, 7)   | 2.3 ( S, 6)   | 2.5 ( SW, 7)  | 2.6 ( N, 8)   | 3.0 ( N, 8)   | 2.1 ( ESE, 6) | 2.6 ( SSW, 6) |
| 2010/ 9 月 | SWAN | 6.4 ( E, 7)   | 7.3 ( NNE, 7) | 4.8 ( SW, 6)  | 7.5 ( E, 8)   | 7.8 ( ESE, 7) | 5.7 ( NE, 7)  | 5.3 ( NW, 7)  |
| 2010/10 月 | OBS1 | 6.1 ( NNE, 9) | 5.0 ( N, 6)   | 6.8 ( SW, 8)  | 4.0 ( E, 9)   | 4.1 ( ESE, 8) | 5.1 ( N, 7)   | 6.1 ( SW, 8)  |
| 2010/10 月 | WAM  | 4.7 ( N, 10)  | 4.9 ( NE, 9)  | 3.7 ( WNW, 9) | 4.7 ( N, 11)  | 4.9 ( N, 10)  | 3.9 ( ENE, 7) | 4.7 ( N, 8)   |
| 2010/10 月 | SWAN | 5.2 ( NNE, 7) | 5.9 ( NNE, 7) | 4.8 ( S, 6)   | 4.8 ( NNE, 6) | 4.5 ( NNE, 7) | 4.8 ( NNE, 7) | 5.5 ( S, 7)   |
| 2010/11 月 | OBS1 | 3.2 ( NNE, 6) | 4.3 ( N, 6)   | 1.3 ( W, 3)   | 2.6 ( ESE, 7) | 2.3 ( ENE, 6) | 3.4 ( NE, 4)  | 1.4 ( W, 4)   |
| 2010/11 月 | WAM  | 2.5 ( NE, 7)  | 2.0 ( NE, 6)  | 1.5 ( W, 5)   | 2.2 ( NNE, 7) | 2.4 ( NE, 8)  | 1.8 ( NE, 6)  | 1.5 ( W, 5)   |
| 2010/11 月 | SWAN | 2.9 ( NE, 5)  | 4.0 ( NNE, 6) | 1.4 ( NW, 4)  | 2.7 ( NE, 5)  | 2.8 ( NE, 5)  | 2.9 ( NE, 5)  | 2.2 ( NNW, 5) |

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(來向,s)

表17 2010 年每月七商港觀測及預報波浪最大示性波高 (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         |
|----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12月 | OBS1 | 4.1 (16/07) | 3.7 (26/04) | 1.1 (03/15) | 2.9 (03/13) | 2.2 (03/14) | 3.8 (16/03) | .9 (30/19)  |
| 2009/12月 | WAM  | 2.3 (16/18) | 1.9 (26/06) | 1.5 (04/01) | 1.7 (03/22) | 2.1 (16/20) | 1.9 (16/17) | 1.5 (04/01) |
| 2009/12月 | SWAN | 2.7 (19/06) | 2.6 (19/12) | 1.2 (28/03) | 3.0 (19/12) | 2.8 (19/12) | 2.6 (19/06) | 1.4 (28/03) |
| 2010/ 1月 | OBS1 | 4.8 (12/01) | 4.1 (25/22) | 1.4 (20/07) | 2.6 (13/02) | 2.3 (12/17) | 4.1 (12/00) | 3.0 (27/12) |
| 2010/ 1月 | WAM  | 2.7 (22/01) | 2.2 (22/05) | 1.5 (15/01) | 1.9 (13/05) | 2.5 (12/08) | 2.4 (22/01) | 1.5 (15/01) |
| 2010/ 1月 | SWAN | 3.3 (26/12) | 3.4 (26/06) | 1.5 (12/15) | 3.5 (26/03) | 3.4 (13/12) | 3.0 (26/06) | 1.6 (12/15) |
| 2010/ 2月 | OBS1 | 4.3 (12/01) | 4.1 (12/05) | 1.0 (24/15) | 2.4 (18/06) | 2.3 (25/17) | 4.1 (12/02) | 1.3 (24/16) |
| 2010/ 2月 | WAM  | 2.5 (12/09) | 2.1 (12/09) | .8 (25/17)  | 1.7 (13/02) | 2.3 (12/12) | 2.3 (12/08) | 1.3 (12/17) |
| 2010/ 2月 | SWAN | 2.9 (13/03) | 2.4 (13/09) | 1.2 (17/21) | 3.1 (13/00) | 3.0 (13/00) | 2.5 (13/03) | 1.5 (17/21) |
| 2010/ 3月 | OBS1 | 4.1 (09/06) | 4.6 (16/09) | 1.5 (09/20) | 3.8 (27/05) | 1.8 (05/18) | 3.7 (09/09) | 1.4 (25/14) |
| 2010/ 3月 | WAM  | 3.0 (10/05) | 2.3 (16/10) | 1.5 (10/07) | 2.4 (10/07) | 3.0 (10/06) | 2.4 (10/06) | 2.2 (10/07) |
| 2010/ 3月 | SWAN | 3.7 (26/09) | 3.5 (26/03) | 1.9 (09/12) | 4.1 (26/03) | 3.8 (26/03) | 3.4 (26/09) | 2.1 (09/21) |
| 2010/ 4月 | OBS1 | 3.8 (07/11) | 4.3 (13/20) | 1.2 (15/15) | 2.6 (15/17) | 1.8 (02/16) | 3.3 (02/06) | 1.2 (13/16) |
| 2010/ 4月 | WAM  | 2.8 (07/18) | 2.4 (13/23) | 1.5 (13/01) | 1.8 (08/02) | 2.6 (07/20) | 2.5 (07/13) | 1.5 (13/01) |
| 2010/ 4月 | SWAN | 3.0 (08/03) | 2.6 (08/03) | 1.2 (12/03) | 3.0 (08/03) | 3.0 (08/03) | 2.7 (08/03) | 1.4 (14/00) |
| 2010/ 5月 | OBS1 | 1.7 (10/16) | 2.5 (10/17) | 3.0 (28/20) | 1.9 (03/16) | 4.5 (13/09) | 2.0 (07/13) | 3.5 (28/21) |
| 2010/ 5月 | WAM  | 1.2 (03/03) | 2.1 (23/13) | 1.8 (24/00) | 1.5 (21/01) | 1.5 (21/01) | 2.2 (23/14) | 1.9 (23/23) |
| 2010/ 5月 | SWAN | 1.5 (04/03) | 2.3 (23/18) | 1.7 (23/18) | 2.6 (23/18) | 2.2 (23/18) | 1.9 (23/18) | 2.0 (23/18) |
| 2010/ 6月 | OBS1 | 2.3 (05/11) | 2.9 (05/15) | 1.5 (26/02) | 2.1 (05/21) | 2.0 (05/22) | 2.2 (05/10) | 1.7 (15/23) |
| 2010/ 6月 | WAM  | 1.3 (05/13) | 2.4 (27/01) | 1.9 (27/02) | 1.0 (15/04) | 1.3 (05/14) | 2.2 (18/13) | 2.1 (27/00) |
| 2010/ 6月 | SWAN | 1.8 (05/12) | 2.2 (05/15) | 1.7 (18/15) | 2.4 (26/06) | 2.0 (26/06) | 2.2 (14/18) | 1.7 (18/18) |
| 2010/ 7月 | OBS1 | .9 (24/17)  | 1.7 (28/07) | 2.6 (27/04) | 2.2 (27/04) | 3.0 (26/20) | 2.4 (04/11) | 2.8 (27/17) |
| 2010/ 7月 | WAM  | 1.1 (05/10) | 2.4 (05/22) | 1.6 (06/02) | 1.3 (05/23) | 1.1 (06/06) | 2.2 (06/00) | 1.8 (06/01) |
| 2010/ 7月 | SWAN | 1.1 (16/18) | 2.3 (05/18) | 1.8 (06/03) | 2.2 (27/18) | 1.7 (27/18) | 2.4 (06/09) | 1.8 (06/03) |
| 2010/ 8月 | OBS1 | 1.8 (30/13) | 3.0 (07/18) | 3.3 (31/08) | 2.0 (07/22) | 2.2 (07/13) | 2.2 (30/19) | 2.6 (31/03) |
| 2010/ 8月 | WAM  | 1.5 (07/11) | 1.5 (01/01) | 2.1 (31/23) | 1.5 (01/01) | 1.5 (01/01) | 1.3 (07/21) | 1.9 (31/23) |
| 2010/ 8月 | SWAN | 1.6 (07/08) | 3.2 (07/20) | 1.3 (31/23) | 2.4 (31/08) | 2.1 (31/08) | 1.5 (06/20) | 1.3 (01/01) |
| 2010/ 9月 | OBS1 | 3.3 (19/06) | 5.1 (19/10) | 5.7 (19/21) | 9.0 (19/08) | 9.8 (19/06) | 3.1 (19/07) | 6.1 (19/23) |
| 2010/ 9月 | WAM  | 2.8 (18/21) | 2.3 (20/14) | 2.5 (20/08) | 2.6 (18/17) | 3.0 (18/19) | 2.1 (20/06) | 2.6 (20/10) |
| 2010/ 9月 | SWAN | 6.4 (19/08) | 7.3 (19/08) | 4.8 (19/20) | 7.5 (19/08) | 7.8 (19/08) | 5.7 (19/08) | 5.3 (19/12) |
| 2010/10月 | OBS1 | 6.1 (26/23) | 5.0 (26/14) | 6.8 (22/16) | 4.0 (28/16) | 4.1 (18/13) | 5.1 (27/16) | 6.1 (22/18) |
| 2010/10月 | WAM  | 4.7 (28/22) | 4.9 (22/00) | 3.7 (22/01) | 4.7 (18/03) | 4.9 (28/21) | 3.9 (23/00) | 4.7 (22/00) |
| 2010/10月 | SWAN | 5.2 (27/20) | 5.9 (27/20) | 4.8 (22/20) | 4.8 (28/16) | 4.5 (27/20) | 4.8 (27/20) | 5.5 (22/20) |
| 2010/11月 | OBS1 | 3.2 (25/14) | 4.3 (15/19) | 1.3 (13/08) | 2.6 (13/12) | 2.3 (19/12) | 3.4 (15/09) | 1.4 (23/15) |
| 2010/11月 | WAM  | 2.5 (15/17) | 2.0 (15/17) | 1.5 (11/01) | 2.2 (15/19) | 2.4 (15/19) | 1.8 (15/16) | 1.5 (11/01) |
| 2010/11月 | SWAN | 2.9 (15/10) | 4.0 (01/20) | 1.4 (17/20) | 2.7 (15/11) | 2.8 (15/10) | 2.9 (15/22) | 2.2 (17/20) |

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 18 2010 年每月七商港觀測及預報波浪最大示性週期 (波向, 波高) 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             |
|-----------|------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 7.3 ( S , .01)  | 5.7 ( NNW, 1)  | 4.8 ( SW, 1)    | 7.0 ( ESE, 2)   | 7.5 ( ESE, 2)   | 5.8 ( NNW, .31) | 4.7 ( WNW, 1)   |
| 2009/12 月 | WAM  | 7.5 ( SSW, 2)   | 6.8 ( SSW, 2)  | 6.0 ( NNE, 1)   | 7.9 ( SW, 1)    | 7.7 ( SSW, 2)   | 7.0 ( SSW, 2)   | 6.3 ( SSW, 1)   |
| 2009/12 月 | SWAN | 6.9 ( SSW, 2)   | 4.8 ( SW, 3)   | 4.2 ( N, 1)     | 6.0 ( SSW, 2)   | 6.7 ( SSW, 2)   | 5.9 ( SW, 2)    | 4.1 ( NNW, 1)   |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 7.6 ( NNE, 4)   | 5.7 ( NNE, 1)  | 5.8 ( SW, 1)    | 7.0 ( ESE, 2)   | 7.3 ( S , .01)  | 6.2 ( N, 4)     | 5.7 ( W, 1)     |
| 2010/ 1 月 | WAM  | 7.6 ( SSW, 3)   | 6.9 ( SSW, 2)  | 6.7 ( WNW, .43) | 7.0 ( WNW, 2)   | 7.9 ( NW, 2)    | 7.3 ( SSW, 2)   | 6.7 ( S, 1)     |
| 2010/ 1 月 | SWAN | 5.9 ( SSW, 3)   | 5.4 ( SW, 3)   | 4.2 ( NNE, 1)   | 6.4 ( SSW, 3)   | 6.1 ( S, 3)     | 5.2 ( SW, 3)    | 3.9 ( WNW, 2)   |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 7.3 ( NNE, 4)   | 8.5 ( N , .15) | 4.6 ( WNW, 1)   | 7.7 ( E, 2)     | 6.5 ( ENE, 2)   | 7.0 ( N, 4)     | 3.4 ( WSW, .49) |
| 2010/ 2 月 | WAM  | 7.4 ( SSW, 2)   | 6.6 ( SSW, 2)  | 6.2 ( SSE, 1)   | 7.5 ( SSW, 1)   | 7.6 ( SSW, 2)   | 6.9 ( SSW, 2)   | 6.5 ( S, 1)     |
| 2010/ 2 月 | SWAN | 5.6 ( SSW, 2)   | 4.6 ( SW, 2)   | 4.4 ( NNE, 1)   | 5.7 ( S, 2)     | 6.0 ( SSW, 2)   | 5.0 ( SW, 2)    | 4.2 ( NNE, 1)   |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 7.0 ( NNE, 4)   | 6.0 ( NNE, 5)  | 5.3 ( WSW, .39) | 6.2 ( ESE, 2)   | 7.3 ( S , .01)  | 5.3 ( NNE, 1)   | 9.0 ( SW, .02)  |
| 2010/ 3 月 | WAM  | 8.1 ( SSW, 3)   | 6.9 ( SSW, 2)  | 6.2 ( SSE, 1)   | 8.7 ( SSW, 2)   | 8.3 ( SSW, 3)   | 7.3 ( SSW, 2)   | 6.9 ( S, 1)     |
| 2010/ 3 月 | SWAN | 6.2 ( SSW, 3)   | 5.6 ( SW, 4)   | 4.6 ( NE, 1)    | 6.2 ( SSW, 4)   | 6.3 ( SSW, 4)   | 5.6 ( SW, 3)    | 4.7 ( NE, 1)    |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 7.0 ( NNE, 4)   | 8.5 ( N , .10) | 4.7 ( SSW, .43) | 6.8 ( ESE, 1)   | 7.3 ( S , .01)  | 5.8 ( N, 1)     | 5.0 ( WSW, 1)   |
| 2010/ 4 月 | WAM  | 8.4 ( SSW, 3)   | 7.7 ( SSW, 1)  | 6.1 ( NNE, 1)   | 8.6 ( SW, 2)    | 8.6 ( SSW, 2)   | 7.9 ( SSW, 2)   | 7.1 ( S, 1)     |
| 2010/ 4 月 | SWAN | 5.9 ( SSW, 3)   | 4.8 ( SW, 2)   | 4.7 ( N, 1)     | 5.5 ( SSW, 3)   | 5.7 ( SSW, 3)   | 5.1 ( SW, 2)    | 4.8 ( N, 1)     |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 7.3 ( S , .01)  | 6.1 ( NNW, 1)  | 5.9 ( SW, 2)    | 6.9 ( SE, 2)    | 7.3 ( S , .01)  | 5.2 ( NNW, 1)   | 6.2 ( SSW, 1)   |
| 2010/ 5 月 | WAM  | 7.1 ( W, 1)     | 6.5 ( NE, 1)   | 6.5 ( NE, 1)    | 7.5 ( W, 1)     | 7.1 ( W, 1)     | 7.1 ( WSW, .38) | 4.4 ( ENE, 2)   |
| 2010/ 5 月 | SWAN | 4.8 ( W, 1)     | 4.9 ( W, 1)    | 5.1 ( ENE, 1)   | 5.0 ( ENE, 3)   | 5.1 ( E, 2)     | 5.0 ( W, 1)     | 4.9 ( ENE, 1)   |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 7.5 ( NE, 1)    | 8.7 ( S , .03) | 5.9 ( SW, .48)  | 7.5 ( SE, 2)    | 7.3 ( S , .01)  | 7.0 ( S , .01)  | 5.3 ( SW, 1)    |
| 2010/ 6 月 | WAM  | 6.8 ( NE, 1)    | 7.2 ( SSW, 2)  | 7.5 ( S, 2)     | 7.0 ( NE, 1)    | 6.8 ( NE, 1)    | 6.7 ( ENE, 1)   | 7.4 ( S, 2)     |
| 2010/ 6 月 | SWAN | 4.7 ( NE, 2)    | 4.4 ( NNE, 2)  | 5.7 ( SSW, 2)   | 5.8 ( SSE, 2)   | 5.9 ( SSE, 2)   | 4.2 ( NNE, 2)   | 4.8 ( SSW, 2)   |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 5.8 ( NNE, .36) | 6.2 ( W, 1)    | 8.1 ( SW, 2)    | 6.4 ( SE, 1)    | 7.3 ( S , .01)  | 5.1 ( NNE, 1)   | 7.8 ( SW, 2)    |
| 2010/ 7 月 | WAM  | 5.1 ( ESE, 1)   | 6.6 ( SSW, 2)  | 6.2 ( SW, 2)    | 7.3 ( WSW, .03) | 5.5 ( W, 1)     | 6.6 ( SSW, 2)   | 6.4 ( SSW, 2)   |
| 2010/ 7 月 | SWAN | 3.3 ( E, 1)     | 4.4 ( SW, 2)   | 5.8 ( SW, 2)    | 5.1 ( SSE, 1)   | 5.2 ( S, 1)     | 4.6 ( WSW, 2)   | 5.6 ( SW, 2)    |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 5.7 ( N, 2)     | 9.0 ( W , .03) | 7.3 ( WSW, 1)   | 6.9 ( ESE, 2)   | 7.3 ( S , .01)  | 8.0 ( NNE, .30) | 0.8 ( SW, 1)    |
| 2010/ 8 月 | WAM  | 6.5 ( ENE, .36) | 6.8 ( SW, .46) | 6.8 ( SW, 1)    | 7.1 ( NE, .26)  | 6.6 ( ENE, .39) | 5.9 ( S , .31)  | 6.8 ( SW, 1)    |
| 2010/ 8 月 | SWAN | 3.9 ( E, 1)     | 5.1 ( NNE, 3)  | 4.2 ( WSW, 1)   | 4.9 ( S, 2)     | 4.6 ( S, 2)     | 3.6 ( W, 1)     | 4.1 ( WSW, 1)   |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 7.3 ( S , .01)  | 8.8 ( N , .04) | 8.3 ( SSW, 4)   | 10.5 ( ESE, 6)  | 10.3 ( E, 10)   | 7.5 ( N, 1)     | 8.6 ( SSW, 4)   |
| 2010/ 9 月 | WAM  | 7.3 ( N, 3)     | 7.5 ( WSW, 1)  | 7.1 ( WSW, 2)   | 7.7 ( N, 3)     | 7.6 ( NNW, 3)   | 6.8 ( NE, 1)    | 7.3 ( WSW, 2)   |
| 2010/ 9 月 | SWAN | 7.1 ( E, 6)     | 7.1 ( NNE, 7)  | 6.3 ( WNW, 5)   | 7.5 ( E, 8)     | 7.3 ( ESE, 8)   | 6.6 ( NE, 6)    | 6.6 ( NW, 5)    |
| 2010/10 月 | OBS1 | 8.6 ( NNE, 6)   | 7.2 ( N, 3)    | 9.7 ( SSW, 4)   | 8.9 ( ESE, 3)   | 8.6 ( ENE, 4)   | 7.0 ( NNW, 3)   | 10.7 ( SW, 4)   |
| 2010/10 月 | WAM  | 10.2 ( N, 5)    | 9.4 ( ENE, 4)  | 11.6 ( WSW, 2)  | 11.0 ( NNW, 5)  | 10.2 ( N, 4)    | 9.1 ( ENE, 3)   | 10.9 ( SW, 2)   |
| 2010/10 月 | SWAN | 7.4 ( NNE, 5)   | 6.8 ( NNE, 6)  | 6.4 ( S, 5)     | 6.4 ( NNE, 5)   | 7.2 ( NNE, 5)   | 7.3 ( N, 5)     | 7.1 ( S, 6)     |
| 2010/11 月 | OBS1 | 6.5 ( NNE, 3)   | 5.9 ( NNE, 2)  | 5.1 ( W, 1)     | 7.2 ( ESE, 2)   | 7.3 ( S , .01)  | 5.6 ( NNE, 3)   | 5.2 ( WSW, 1)   |
| 2010/11 月 | WAM  | 7.8 ( NE, 2)    | 6.5 ( ENE, 1)  | 5.9 ( WSW, 1)   | 7.9 ( NE, 2)    | 7.9 ( NE, 2)    | 6.6 ( ENE, 2)   | 5.9 ( WSW, 1)   |
| 2010/11 月 | SWAN | 5.6 ( NNE, 2)   | 5.9 ( NNE, 4)  | 4.8 ( W, 1)     | 5.0 ( NE, 2)    | 5.5 ( NE, 2)    | 5.3 ( NNE, 3)   | 5.2 ( NNW, 2)   |

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(來向,m)

表 19 2010 年每月七商港觀測及預報波浪最大示性週期 (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          |
|-----------|------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 7.3 ( 09/14)  | 5.7 ( 25/00) | 4.8 ( 13/01)  | 7.0 ( 04/05)  | 7.5 ( 02/09)  | 5.8 ( 25/04) | 4.7 (01/10)  |
| 2009/12 月 | WAM  | 7.5 ( 16/19)  | 6.8 ( 17/02) | 6.0 ( 04/19)  | 7.9 ( 17/07)  | 7.7 ( 16/22)  | 7.0 ( 16/18) | 6.3 (26/13)  |
| 2009/12 月 | SWAN | 6.9 ( 26/06)  | 4.8 ( 19/12) | 4.2 ( 04/09)  | 6.0 ( 26/03)  | 6.7 ( 26/03)  | 5.9 ( 26/03) | 4.1 (04/09)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 7.6 ( 12/05)  | 5.7 ( 19/22) | 5.8 ( 18/04)  | 7.0 ( 12/08)  | 7.3 ( 04/02)  | 6.2 ( 12/00) | 5.7 (27/17)  |
| 2010/ 1 月 | WAM  | 7.6 ( 22/04)  | 6.9 ( 22/05) | 6.7 ( 11/14)  | 8.0 ( 11/04)  | 7.9 ( 11/05)  | 7.3 ( 22/03) | 6.7 (22/09)  |
| 2010/ 1 月 | SWAN | 5.9 ( 22/06)  | 5.4 ( 26/06) | 4.2 ( 15/03)  | 6.4 ( 22/06)  | 6.1 ( 22/03)  | 5.2 ( 26/06) | 3.9 (12/15)  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 7.3 ( 12/01)  | 8.5 ( 16/12) | 4.6 ( 14/00)  | 7.7 ( 07/02)  | 6.5 ( 07/10)  | 7.0 ( 12/02) | 3.4 (28/05)  |
| 2010/ 2 月 | WAM  | 7.4 ( 13/08)  | 6.6 ( 13/10) | 6.2 ( 12/17)  | 7.5 ( 13/14)  | 7.6 ( 13/11)  | 6.9 ( 13/08) | 6.5 (13/15)  |
| 2010/ 2 月 | SWAN | 5.6 ( 16/03)  | 4.6 ( 12/21) | 4.4 ( 26/03)  | 5.7 ( 12/06)  | 6.0 ( 16/06)  | 5.0 ( 13/03) | 4.2 (26/06)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 7.0 ( 09/22)  | 6.0 ( 16/08) | 5.3 ( 18/06)  | 7.2 ( 17/01)  | 7.3 ( 03/09)  | 5.3 ( 10/23) | 9.0 (23/14)  |
| 2010/ 3 月 | WAM  | 8.1 ( 10/12)  | 6.9 ( 16/11) | 6.2 ( 10/13)  | 8.7 ( 10/15)  | 8.3 ( 10/13)  | 7.3 ( 10/11) | 6.9 (16/17)  |
| 2010/ 3 月 | SWAN | 6.2 ( 10/06)  | 5.6 ( 26/03) | 4.6 ( 05/03)  | 6.2 ( 10/06)  | 6.3 ( 10/06)  | 5.6 ( 26/09) | 4.7 (05/03)  |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 7.0 ( 07/11)  | 8.5 ( 08/08) | 4.7 ( 01/00)  | 6.8 ( 04/02)  | 7.3 ( 06/20)  | 5.8 ( 01/02) | 5.0 (06/17)  |
| 2010/ 4 月 | WAM  | 8.4 ( 07/21)  | 7.7 ( 08/09) | 6.1 ( 12/20)  | 8.6 ( 08/04)  | 8.6 ( 07/23)  | 7.9 ( 08/00) | 7.1 (08/00)  |
| 2010/ 4 月 | SWAN | 5.9 ( 14/03)  | 4.8 ( 16/00) | 4.7 ( 12/03)  | 5.5 ( 14/03)  | 5.7 ( 14/03)  | 5.1 ( 14/06) | 4.8 (12/06)  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 7.3 ( 27/14)  | 6.1 ( 05/06) | 5.9 ( 24/04)  | 6.9 ( 03/17)  | 7.3 ( 25/21)  | 5.2 ( 14/22) | 6.2 (27/00)  |
| 2010/ 5 月 | WAM  | 7.1 ( 04/21)  | 6.5 ( 25/05) | 6.5 ( 30/20)  | 7.5 ( 05/02)  | 7.1 ( 04/19)  | 7.1 ( 17/09) | 6.4 (24/03)  |
| 2010/ 5 月 | SWAN | 4.8 ( 15/21)  | 4.9 ( 16/00) | 5.1 ( 10/03)  | 5.0 ( 23/18)  | 5.1 ( 23/12)  | 5.0 ( 15/21) | 4.9 (10/03)  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 7.5 ( 18/06)  | 8.7 ( 15/11) | 5.9 ( 30/17)  | 7.5 ( 04/05)  | 7.3 ( 14/09)  | 7.0 ( 25/10) | 5.3 (30/00)  |
| 2010/ 6 月 | WAM  | 6.8 ( 05/12)  | 7.2 ( 27/04) | 7.5 ( 27/05)  | 7.0 ( 05/16)  | 6.8 ( 05/12)  | 6.7 ( 05/12) | 7.4 (27/03)  |
| 2010/ 6 月 | SWAN | 4.7 ( 05/06)  | 4.4 ( 05/12) | 5.7 ( 18/15)  | 5.8 ( 15/06)  | 5.9 ( 15/06)  | 4.2 ( 05/06) | 4.8 (18/15)  |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 5.8 ( 08/09)  | 6.2 ( 17/23) | 8.1 ( 16/20)  | 6.4 ( 23/12)  | 7.3 ( 06/20)  | 5.1 ( 24/00) | 7.8 (17/00)  |
| 2010/ 7 月 | WAM  | 5.1 ( 27/06)  | 6.6 ( 06/02) | 6.2 ( 06/05)  | 7.3 ( 16/00)  | 6.5 ( 06/01)  | 6.6 ( 06/00) | 6.4 (06/02)  |
| 2010/ 7 月 | SWAN | 3.3 ( 07/21)  | 4.4 ( 05/18) | 5.8 ( 06/03)  | 5.1 ( 04/06)  | 5.2 ( 04/06)  | 4.6 ( 06/09) | 5.6 (06/03)  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 5.7 ( 30/23)  | 9.0 ( 28/02) | 7.3 ( 26/10)  | 6.9 ( 07/08)  | 7.3 ( 26/17)  | 8.0 ( 24/04) | 10.8 (27/10) |
| 2010/ 8 月 | WAM  | 6.5 ( 30/00)  | 6.8 ( 26/14) | 6.8 ( 26/08)  | 7.1 ( 29/20)  | 6.6 ( 30/00)  | 5.9 ( 26/21) | 6.8 (26/07)  |
| 2010/ 8 月 | SWAN | 3.9 ( 06/20)  | 5.1 ( 07/20) | 4.2 ( 01/01)  | 4.9 ( 31/08)  | 4.6 ( 31/08)  | 3.6 ( 01/01) | 4.1 (01/01)  |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 7.3 ( 28/22)  | 8.8 ( 16/13) | 8.3 ( 09/13)  | 10.5 ( 19/05) | 10.3 ( 19/06) | 7.5 ( 20/01) | 8.6 (09/15)  |
| 2010/ 9 月 | WAM  | 7.3 ( 18/20)  | 7.5 ( 01/06) | 7.1 ( 01/13)  | 7.7 ( 18/17)  | 7.6 ( 18/17)  | 6.8 ( 19/08) | 7.3 (01/14)  |
| 2010/ 9 月 | SWAN | 7.1 ( 19/08)  | 7.1 ( 19/08) | 6.3 ( 19/11)  | 7.5 ( 19/08)  | 7.3 ( 19/08)  | 6.6 ( 19/08) | 6.6 (19/11)  |
| 2010/10 月 | OBS1 | 8.6 ( 26/16)  | 7.2 ( 23/06) | 9.7 ( 21/01)  | 8.9 ( 29/05)  | 8.6 ( 29/10)  | 7.0 ( 22/01) | 10.7 (21/02) |
| 2010/10 月 | WAM  | 10.2 ( 28/23) | 9.4 ( 22/03) | 11.6 ( 21/07) | 11.0 ( 18/00) | 10.2 ( 18/00) | 9.1 ( 22/07) | 10.9 (21/09) |
| 2010/10 月 | SWAN | 7.4 ( 28/15)  | 6.8 ( 27/20) | 6.4 ( 22/20)  | 6.4 ( 27/10)  | 7.2 ( 27/20)  | 7.3 ( 28/15) | 7.1 (22/20)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | 6.5 ( 16/07)  | 5.9 ( 02/04) | 5.1 ( 12/18)  | 7.2 ( 13/07)  | 7.3 ( 04/11)  | 5.6 ( 23/02) | 5.2 (13/16)  |
| 2010/11 月 | WAM  | 7.8 ( 16/05)  | 6.5 ( 16/10) | 5.9 ( 11/13)  | 7.9 ( 16/09)  | 7.9 ( 16/05)  | 6.6 ( 16/03) | 5.9 (11/12)  |
| 2010/11 月 | SWAN | 5.6 ( 01/00)  | 5.9 ( 01/20) | 4.8 ( 11/01)  | 5.0 ( 01/00)  | 5.5 ( 01/00)  | 5.3 ( 01/00) | 5.2 (15/08)  |

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20 2010 年每月七商港觀測及 SWAN 預報示性波高偏差統計表

| 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           |
|-----------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | -.12 (32.5%)  | -.65 (33.2%)  | -.17 (33.2%)  | .18 (32.7%)   | .27 (32.5%)   | -.03 (33.1%)  | .10 (30.8%)   |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | .80 (32.5%)   | .87 (33.2%)   | .29 (33.2%)   | .61 (32.7%)   | .70 (32.5%)   | .67 (33.1%)   | .27 (30.8%)   |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | -3.05 (32.5%) | -2.94 (33.2%) | -.78 (33.2%)  | -1.54 (32.7%) | 2.10 (32.5%)  | -3.17 (33.1%) | .84 (30.8%)   |
| 2009/12 月 | 平均比值 | 1.19 (32.5%)  | .98 (33.2%)   | .75 (33.2%)   | 1.16 (32.7%)  | 2.70 (32.5%)  | 1.18 (33.1%)  | 1.20 (30.8%)  |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | .18 (32.9%)   | -.57 (32.9%)  | -.19 (33.3%)  | .17 (32.5%)   | .29 (31.7%)   | .22 (31.3%)   | .09 (27.7%)   |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | .85 (32.9%)   | 1.00 (32.9%)  | .31 (33.3%)   | .79 (32.5%)   | .83 (31.7%)   | .79 (31.3%)   | .33 (27.7%)   |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | -2.66 (32.9%) | -2.87 (32.9%) | -.89 (33.3%)  | 2.25 (32.5%)  | 2.21 (31.7%)  | 2.37 (31.3%)  | -2.02 (27.7%) |
| 2010/ 1 月 | 平均比值 | 1.35 (32.9%)  | 1.50 (32.9%)  | .74 (33.3%)   | 1.15 (32.5%)  | 2.69 (31.7%)  | 1.44 (31.3%)  | 1.21 (27.7%)  |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | -.24 (32.9%)  | -.81 (33.0%)  | .00 (33.3%)   | -.13 (32.3%)  | -.11 (32.7%)  | -.26 (32.6%)  | .11 (33.3%)   |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | .69 (32.9%)   | 1.04 (33.0%)  | .27 (33.3%)   | .51 (32.3%)   | .53 (32.7%)   | .69 (32.6%)   | .28 (33.3%)   |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | -3.46 (32.9%) | -3.18 (33.0%) | .86 (33.3%)   | 1.44 (32.3%)  | 1.68 (32.7%)  | -3.01 (32.6%) | .83 (33.3%)   |
| 2010/ 2 月 | 平均比值 | 1.09 (32.9%)  | 1.20 (33.0%)  | 1.07 (33.3%)  | .87 (32.3%)   | .90 (32.7%)   | 1.08 (32.6%)  | 1.30 (33.3%)  |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | .06 (32.5%)   | -.60 (32.7%)  | .05 (33.3%)   | .05 (32.5%)   | -.30 ( 8.5%)  | .11 (32.8%)   | .29 (28.5%)   |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | .88 (32.5%)   | .96 (32.7%)   | .33 (33.3%)   | .65 (32.5%)   | .54 ( 8.5%)   | .82 (32.8%)   | .42 (28.5%)   |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | -2.56 (32.5%) | -3.39 (32.7%) | .89 (33.3%)   | 2.11 (32.5%)  | -1.00 ( 8.5%) | -2.34 (32.8%) | 1.01 (28.5%)  |
| 2010/ 3 月 | 平均比值 | 1.38 (32.5%)  | .73 (32.7%)   | 1.16 (33.3%)  | 1.01 (32.5%)  | 1.37 ( 8.5%)  | 2.16 (32.8%)  | 4.31 (28.5%)  |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | .05 (32.8%)   | -.53 (33.1%)  | .05 (33.1%)   | -.04 (32.4%)  | .12 ( 7.5%)   | .08 (33.2%)   | .21 (32.6%)   |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | .79 (32.8%)   | .93 (33.1%)   | .33 (33.1%)   | .60 (32.4%)   | .89 ( 7.5%)   | .75 (33.2%)   | .33 (32.6%)   |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | -2.47 (32.8%) | -3.02 (33.1%) | .87 (33.1%)   | 1.50 (32.4%)  | 3.04 ( 7.5%)  | -2.66 (33.2%) | .88 (32.6%)   |
| 2010/ 4 月 | 平均比值 | 1.32 (32.8%)  | 2.26 (33.1%)  | 1.26 (33.1%)  | .96 (32.4%)   | 24.66 ( 7.5%) | 1.41 (33.2%)  | 1.61 (32.6%)  |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | .14 (32.7%)   | -.36 (32.5%)  | .04 (33.1%)   | -.09 (32.8%)  | -.22 (20.2%)  | .17 (32.3%)   | .15 (32.5%)   |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | .40 (32.7%)   | .57 (32.5%)   | .44 (33.1%)   | .39 (32.8%)   | .63 (20.2%)   | .47 (32.3%)   | .48 (32.5%)   |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | -1.20 (32.7%) | -1.71 (32.5%) | -2.07 (33.1%) | 1.39 (32.8%)  | -3.80 (20.2%) | -1.28 (32.3%) | -2.42 (32.5%) |
| 2010/ 5 月 | 平均比值 | 1.39 (32.7%)  | .76 (32.5%)   | 1.39 (33.1%)  | .94 (32.8%)   | 1.47 (20.2%)  | 1.49 (32.3%)  | 1.62 (32.5%)  |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | .08 (31.7%)   | -.13 (32.5%)  | .09 (33.2%)   | .24 (32.2%)   | .10 (32.2%)   | .16 (33.1%)   | .18 (33.2%)   |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | .22 (31.7%)   | .40 (32.5%)   | .29 (33.2%)   | .50 (32.2%)   | .37 (32.2%)   | .39 (33.1%)   | .37 (33.2%)   |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | -.67 (31.7%)  | 1.36 (32.5%)  | 1.08 (33.2%)  | 1.76 (32.2%)  | 1.18 (32.2%)  | 1.07 (33.1%)  | 1.20 (33.2%)  |
| 2010/ 6 月 | 平均比值 | 1.33 (31.7%)  | 1.87 (32.5%)  | 1.17 (33.2%)  | 1.42 (32.2%)  | 1.38 (32.2%)  | 1.27 (33.1%)  | 1.34 (33.2%)  |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | .22 (32.1%)   | -.08 (32.7%)  | .01 (33.1%)   | .21 (19.0%)   | -.04 (32.5%)  | .12 (32.8%)   | .04 (33.3%)   |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | .29 (32.1%)   | .38 (32.7%)   | .56 (33.1%)   | .52 (19.0%)   | .44 (32.5%)   | .28 (32.8%)   | .57 (33.3%)   |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | .88 (32.1%)   | 1.28 (32.7%)  | -1.77 (33.1%) | 1.80 (19.0%)  | -1.76 (32.5%) | 1.07 (32.8%)  | -1.80 (33.3%) |
| 2010/ 7 月 | 平均比值 | 1.73 (32.1%)  | 3.09 (32.7%)  | 1.20 (33.1%)  | 2.74 (19.0%)  | 1.06 (32.5%)  | 1.16 (32.8%)  | 1.24 (33.3%)  |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | .10 (97.0%)   | -.18 (99.1%)  | -.14 (96.8%)  | -.09 (96.6%)  | -.18 (96.2%)  | .08 (92.9%)   | -.03 (97.2%)  |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | .27 (97.0%)   | .40 (99.1%)   | .50 (96.8%)   | .28 (96.6%)   | .31 (96.2%)   | .35 (92.9%)   | .42 (97.2%)   |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | -1.23 (97.0%) | -1.41 (99.1%) | -2.54 (96.8%) | 1.18 (96.6%)  | -1.22 (96.2%) | -1.82 (92.9%) | -1.95 (97.2%) |
| 2010/ 8 月 | 平均比值 | 1.43 (97.0%)  | 1.27 (99.1%)  | 1.05 (96.8%)  | 1.02 (96.6%)  | .91 (96.2%)   | 1.30 (92.9%)  | 1.18 (97.2%)  |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | .16 (96.1%)   | -.11 (96.9%)  | -.32 (97.2%)  | -.11 (98.5%)  | -.27 (94.3%)  | .07 (98.2%)   | -.08 (95.3%)  |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | .49 (96.1%)   | .42 (96.9%)   | .63 (97.2%)   | .44 (98.5%)   | .68 (94.3%)   | .35 (98.2%)   | .51 (95.3%)   |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | 3.58 (96.1%)  | 2.89 (96.9%)  | -2.70 (97.2%) | -4.75 (98.5%) | -6.57 (94.3%) | 3.25 (98.2%)  | -2.55 (95.3%) |
| 2010/ 9 月 | 平均比值 | 1.50 (96.1%)  | 1.70 (96.9%)  | .84 (97.2%)   | .92 (98.5%)   | .99 (94.3%)   | 1.15 (98.2%)  | 1.10 (95.3%)  |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | -.10 (97.8%)  | -.14 (94.6%)  | -.05 (95.0%)  | .21 (98.0%)   | .03 (67.7%)   | -.12 (87.5%)  | .23 (84.7%)   |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | .51 (97.8%)   | .74 (94.6%)   | .72 (95.0%)   | .66 (98.0%)   | .60 (67.7%)   | .52 (87.5%)   | .85 (84.7%)   |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | -2.16 (97.8%) | 3.12 (94.6%)  | -3.78 (95.0%) | 3.24 (98.0%)  | 1.94 (67.7%)  | 1.88 (87.5%)  | -2.83 (84.7%) |
| 2010/10 月 | 平均比值 | .96 (97.8%)   | 3.13 (94.6%)  | 1.58 (95.0%)  | 2.19 (98.0%)  | 1.15 (67.7%)  | .94 (87.5%)   | 1.59 (84.7%)  |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | -.08 (96.4%)  | -.34 (93.5%)  | .02 (94.7%)   | -.33 (98.5%)  | -.31 (66.1%)  | .07 (79.7%)   | .52 (71.9%)   |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | .39 (96.4%)   | .71 (93.5%)   | .22 (94.7%)   | .50 (98.5%)   | .47 (66.1%)   | .41 (79.7%)   | .60 (71.9%)   |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | -1.33 (96.4%) | 2.97 (93.5%)  | 1.09 (94.7%)  | 1.48 (98.5%)  | 1.75 (66.1%)  | -1.38 (79.7%) | 1.54 (71.9%)  |
| 2010/11 月 | 平均比值 | 1.00 (96.4%)  | 5.56 (93.5%)  | 2.15 (94.7%)  | .88 (98.5%)   | 1.61 (66.1%)  | 1.12 (79.7%)  | 1.91 (71.9%)  |

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: m



表21 2010 年每月七商港觀測及 SWAN 預報波向偏差統計表

| 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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | 159.8(32.5%) | 147.7(33.2%) | 63.6(33.2%)  | 94.2(32.7%)  | 125.4(32.5%) | 145.6(32.8%) | 37.5(30.8%)  |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | 161.2(32.5%) | 149.3(33.2%) | 80.0(33.2%)  | 99.2(32.7%)  | 130.4(32.5%) | 147.0(32.8%) | 49.0(30.8%)  |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | 180.0(32.5%) | 179.9(33.2%) | 178.1(33.2%) | 164.8(32.7%) | 176.3(32.5%) | 179.3(32.8%) | 160.2(30.8%) |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | 163.5(32.9%) | 148.1(32.8%) | 60.9(33.3%)  | 81.2(32.4%)  | 116.0(31.7%) | 142.4(31.3%) | 49.0(27.7%)  |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | 164.2(32.9%) | 149.4(32.8%) | 78.3(33.3%)  | 87.9(32.4%)  | 122.0(31.7%) | 144.1(31.3%) | 62.8(27.7%)  |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | 179.9(32.9%) | 180.0(32.8%) | 177.4(33.3%) | 163.6(32.4%) | 167.6(31.7%) | 179.7(31.3%) | 179.0(27.7%) |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | 149.5(32.9%) | 131.1(33.0%) | 68.6(33.3%)  | 75.7(32.1%)  | 110.1(32.6%) | 132.6(32.6%) | 62.7(33.3%)  |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | 152.6(32.9%) | 135.6(33.0%) | 90.5(33.3%)  | 83.5(32.1%)  | 119.0(32.6%) | 136.6(32.6%) | 84.2(33.3%)  |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | 180.0(32.9%) | 180.0(33.0%) | 179.3(33.3%) | 173.8(32.1%) | 179.7(32.6%) | 179.8(32.6%) | 175.9(33.3%) |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | 151.2(32.5%) | 125.5(32.7%) | 91.7(33.3%)  | 59.0(32.5%)  | 68.8(8.5%)   | 139.2(32.8%) | 78.7(28.5%)  |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | 153.2(32.5%) | 133.8(32.7%) | 107.0(33.3%) | 70.6(32.5%)  | 82.9(8.5%)   | 142.6(32.8%) | 96.9(28.5%)  |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | 180.0(32.5%) | 179.9(32.7%) | 179.6(33.3%) | 164.6(32.5%) | 160.8(8.5%)  | 179.8(32.8%) | 178.9(28.5%) |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | 153.5(32.8%) | 122.9(33.1%) | 83.0(33.1%)  | 73.9(31.9%)  | 93.4(7.5%)   | 135.6(33.2%) | 70.2(32.6%)  |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | 155.3(32.8%) | 129.4(33.1%) | 97.0(33.1%)  | 84.2(31.9%)  | 106.2(7.5%)  | 139.2(33.2%) | 85.9(32.6%)  |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | 179.6(32.8%) | 179.8(33.1%) | 178.9(33.1%) | 166.3(31.9%) | 162.5(7.5%)  | 179.9(33.2%) | 178.5(32.6%) |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | 123.1(32.7%) | 81.0(32.5%)  | 98.3(33.1%)  | 60.1(32.8%)  | 64.8(20.2%)  | 82.6(32.3%)  | 102.6(32.5%) |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | 130.5(32.7%) | 99.0(32.5%)  | 110.5(33.1%) | 68.9(32.8%)  | 80.8(20.2%)  | 96.8(32.3%)  | 114.2(32.5%) |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | 179.4(32.7%) | 179.8(32.5%) | 179.3(33.1%) | 175.2(32.8%) | 169.9(20.2%) | 179.4(32.3%) | 179.6(32.5%) |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | 43.5(31.5%)  | 52.5(32.5%)  | 29.7(33.2%)  | 29.8(32.2%)  | 28.8(32.2%)  | 26.5(33.1%)  | 32.3(33.2%)  |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | 52.7(31.5%)  | 65.7(32.5%)  | 34.9(33.2%)  | 35.7(32.2%)  | 35.2(32.2%)  | 36.0(33.1%)  | 42.6(33.2%)  |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | 150.8(31.5%) | 162.4(32.5%) | 97.2(33.2%)  | 78.9(32.2%)  | 119.2(32.2%) | 136.2(33.1%) | 127.7(33.2%) |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | 68.8(32.0%)  | 54.0(32.5%)  | 29.5(33.1%)  | 16.6(19.0%)  | 29.4(32.5%)  | 41.3(32.8%)  | 25.1(33.3%)  |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | 73.8(32.0%)  | 62.6(32.5%)  | 34.9(33.1%)  | 20.3(19.0%)  | 35.3(32.5%)  | 60.3(32.8%)  | 33.3(33.3%)  |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | 178.5(32.0%) | 177.5(32.5%) | 92.1(33.1%)  | 80.3(19.0%)  | 90.2(32.5%)  | 176.9(32.8%) | 172.6(33.3%) |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | 56.7(96.9%)  | 46.7(98.8%)  | 34.4(96.8%)  | 29.2(96.6%)  | 28.4(96.1%)  | 46.1(92.9%)  | 35.0(97.2%)  |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | 63.3(96.9%)  | 64.4(98.8%)  | 47.3(96.8%)  | 34.7(96.6%)  | 35.3(96.1%)  | 61.4(92.9%)  | 47.7(97.2%)  |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | 165.8(96.9%) | 179.7(98.8%) | 177.0(96.8%) | 92.9(96.6%)  | 128.1(96.1%) | 177.6(92.9%) | 168.1(97.2%) |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | 51.8(96.1%)  | 45.7(96.8%)  | 62.9(97.2%)  | 36.4(98.2%)  | 30.0(94.3%)  | 56.3(97.9%)  | 49.1(95.3%)  |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | 61.4(96.1%)  | 61.6(96.8%)  | 82.2(97.2%)  | 45.1(98.2%)  | 39.2(94.3%)  | 72.4(97.9%)  | 56.7(95.3%)  |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | 151.8(96.1%) | 177.2(96.8%) | 179.8(97.2%) | 173.8(98.2%) | 150.2(94.3%) | 178.9(97.9%) | 144.7(95.3%) |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | 25.5(97.8%)  | 24.7(94.6%)  | 44.1(95.0%)  | 45.4(97.7%)  | 25.7(67.7%)  | 34.4(87.4%)  | 67.6(84.7%)  |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | 32.9(97.8%)  | 38.5(94.6%)  | 52.6(95.0%)  | 49.5(97.7%)  | 32.2(67.7%)  | 40.9(87.4%)  | 72.4(84.7%)  |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | 94.7(97.8%)  | 174.7(94.6%) | 168.5(95.0%) | 123.8(97.7%) | 134.5(67.7%) | 176.0(87.4%) | 138.2(84.7%) |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | 22.4(96.4%)  | 19.0(93.5%)  | 46.4(94.7%)  | 52.1(98.2%)  | 22.1(65.8%)  | 34.2(79.7%)  | 72.4(71.9%)  |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | 29.4(96.4%)  | 30.6(93.5%)  | 52.4(94.7%)  | 54.5(98.2%)  | 30.8(65.8%)  | 40.5(79.7%)  | 74.4(71.9%)  |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | 113.4(96.4%) | 179.6(93.5%) | 167.8(94.7%) | 126.4(98.2%) | 167.6(65.8%) | 155.1(79.7%) | 164.5(71.9%) |

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

表 22 2010 年每月七商港觀測及 SWAN 預報示性週期偏差統計表

| 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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | -1.2 (32.5%) | -3 (33.2%)   | -1.5 (33.2%) | -1.7 (32.7%) | -1.3 (32.5%) | -3 (33.1%)   | -1 (30.8%)   |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | 1.5 (32.5%)  | .8 (33.2%)   | 1.7 (33.2%)  | 2.0 (32.7%)  | 1.7 (32.5%)  | .8 (33.1%)   | .6 (30.8%)   |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | -3.8 (32.5%) | -3.5 (33.2%) | -3.3 (33.2%) | -3.8 (32.7%) | -4.1 (32.5%) | -2.4 (33.1%) | -1.9 (30.8%) |
| 2009/12 月 | 平均比值 | .8 (32.5%)   | .9 (33.2%)   | .6 (33.2%)   | .7 (32.7%)   | .7 (32.5%)   | .9 (33.1%)   | 1.0 (30.8%)  |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | -1.1 (32.9%) | -5 (32.9%)   | -1.5 (33.3%) | -1.9 (32.5%) | -1.4 (31.7%) | -2 (31.3%)   | -1 (27.7%)   |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | 1.3 (32.9%)  | 1.1 (32.9%)  | 1.7 (33.3%)  | 2.2 (32.5%)  | 1.7 (31.7%)  | .8 (31.3%)   | .6 (27.7%)   |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | -3.6 (32.9%) | -3.7 (32.9%) | -3.5 (33.3%) | -4.9 (32.5%) | -4.1 (31.7%) | -2.5 (31.3%) | -2.2 (27.7%) |
| 2010/ 1 月 | 平均比值 | .8 (32.9%)   | .9 (32.9%)   | .6 (33.3%)   | .7 (32.5%)   | .7 (31.7%)   | 1.0 (31.3%)  | 1.0 (27.7%)  |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | -1.4 (32.9%) | -4 (33.0%)   | -9 (33.3%)   | -2.1 (32.3%) | -1.7 (32.7%) | -6 (32.6%)   | .2 (33.3%)   |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | 1.6 (32.9%)  | 1.1 (33.0%)  | 1.1 (33.3%)  | 2.3 (32.3%)  | 2.0 (32.7%)  | .9 (32.6%)   | .7 (33.3%)   |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | -4.8 (32.9%) | -4.4 (33.0%) | -2.2 (33.3%) | -3.9 (32.3%) | -3.3 (32.7%) | -2.2 (32.6%) | 1.9 (33.3%)  |
| 2010/ 2 月 | 平均比值 | .7 (32.9%)   | 1.0 (33.0%)  | .7 (33.3%)   | .6 (32.3%)   | .7 (32.7%)   | .9 (32.6%)   | 1.1 (33.3%)  |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | -1.3 (32.5%) | -3 (32.7%)   | -1.0 (33.3%) | -1.9 (32.5%) | -1.8 ( 8.5%) | -5 (32.8%)   | .3 (28.5%)   |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | 1.5 (32.5%)  | 1.1 (32.7%)  | 1.4 (33.3%)  | 2.1 (32.5%)  | 2.0 ( 8.5%)  | 1.0 (32.8%)  | .9 (28.5%)   |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | -4.1 (32.5%) | -3.7 (32.7%) | -2.9 (33.3%) | -3.8 (32.5%) | -5.3 ( 8.5%) | -2.6 (32.8%) | 3.3 (28.5%)  |
| 2010/ 3 月 | 平均比值 | .7 (32.5%)   | 1.0 (32.7%)  | .7 (33.3%)   | .7 (32.5%)   | .6 ( 8.5%)   | .9 (32.8%)   | 1.2 (28.5%)  |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | -1.1 (32.8%) | -2 (33.1%)   | -6 (33.1%)   | -2.1 (32.4%) | -1.8 ( 7.5%) | -4 (33.2%)   | .4 (32.6%)   |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | 1.4 (32.8%)  | 1.1 (33.1%)  | 1.1 (33.1%)  | 2.3 (32.4%)  | 2.1 ( 7.5%)  | .9 (33.2%)   | .9 (32.6%)   |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | -4.1 (32.8%) | -3.7 (33.1%) | -3.0 (33.1%) | -4.3 (32.4%) | -5.2 ( 7.5%) | -2.6 (33.2%) | 2.9 (32.6%)  |
| 2010/ 4 月 | 平均比值 | .8 (32.8%)   | 1.0 (33.1%)  | .8 (33.1%)   | .6 (32.4%)   | .7 ( 7.5%)   | .9 (33.2%)   | 1.2 (32.6%)  |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | -1.0 (32.7%) | .4 (32.5%)   | -7 (33.1%)   | -2.2 (32.8%) | -1.7 (20.2%) | -2 (32.3%)   | .1 (32.5%)   |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | 1.2 (32.7%)  | 1.1 (32.5%)  | 1.3 (33.1%)  | 2.4 (32.8%)  | 1.9 (20.2%)  | .8 (32.3%)   | 1.3 (32.5%)  |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | -3.0 (32.7%) | -3.0 (32.5%) | -3.3 (33.1%) | -3.9 (32.8%) | -4.1 (20.2%) | -2.2 (32.3%) | -3.7 (32.5%) |
| 2010/ 5 月 | 平均比值 | .8 (32.7%)   | 1.3 (32.5%)  | .9 (33.1%)   | .6 (32.8%)   | .6 (20.2%)   | 1.0 (32.3%)  | 1.2 (32.5%)  |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | -.8 (31.7%)  | .4 (32.5%)   | -6 (33.2%)   | -1.4 (32.2%) | -1.0 (32.2%) | -.4 (33.1%)  | .1 (33.2%)   |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | 1.0 (31.7%)  | 1.0 (32.5%)  | .9 (33.2%)   | 1.7 (32.2%)  | 1.4 (32.2%)  | .8 (33.1%)   | 1.0 (33.2%)  |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | -4.4 (31.7%) | -3.4 (32.5%) | -2.7 (33.2%) | -3.7 (32.2%) | -4.5 (32.2%) | -2.4 (33.1%) | -2.7 (33.2%) |
| 2010/ 6 月 | 平均比值 | .8 (31.7%)   | 1.2 (32.5%)  | .9 (33.2%)   | .7 (32.2%)   | .8 (32.2%)   | .9 (33.1%)   | 1.1 (33.2%)  |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | -.7 (32.1%)  | -.2 (32.7%)  | -.9 (33.1%)  | -1.2 (19.0%) | -1.1 (32.5%) | -.4 (32.8%)  | -.1 (33.3%)  |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | 1.0 (32.1%)  | 1.6 (32.7%)  | 1.8 (33.1%)  | 1.6 (19.0%)  | 1.5 (32.5%)  | .9 (32.8%)   | 1.6 (33.3%)  |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | -3.5 (32.1%) | -4.0 (32.7%) | -5.7 (33.1%) | -3.8 (19.0%) | -3.6 (32.5%) | -3.3 (32.8%) | -5.3 (33.3%) |
| 2010/ 7 月 | 平均比值 | .8 (32.1%)   | 1.1 (32.7%)  | .8 (33.1%)   | .8 (19.0%)   | .8 (32.5%)   | .9 (32.8%)   | 1.1 (33.3%)  |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | -.8 (97.0%)  | -1.0 (99.1%) | -1.3 (96.8%) | -1.8 (96.6%) | -1.6 (96.2%) | -.8 (92.9%)  | -.7 (97.2%)  |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | 1.0 (97.0%)  | 2.0 (99.1%)  | 1.7 (96.8%)  | 2.0 (96.6%)  | 1.7 (96.2%)  | 1.6 (92.9%)  | 1.7 (97.2%)  |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | -3.8 (97.0%) | -6.8 (99.1%) | -4.6 (96.8%) | -4.4 (96.6%) | -4.9 (96.2%) | -6.1 (92.9%) | -8.2 (97.2%) |
| 2010/ 8 月 | 平均比值 | .8 (97.0%)   | .9 (99.1%)   | .7 (96.8%)   | .6 (96.6%)   | .7 (96.2%)   | .8 (92.9%)   | .9 (97.2%)   |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | -1.0 (96.1%) | -1.2 (96.9%) | -1.0 (97.2%) | -2.1 (98.5%) | -1.6 (94.3%) | -.5 (98.2%)  | -.4 (95.3%)  |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | 1.2 (96.1%)  | 2.0 (96.9%)  | 1.3 (97.2%)  | 2.4 (98.5%)  | 1.9 (94.3%)  | 1.0 (98.2%)  | 1.2 (95.3%)  |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | -4.5 (96.1%) | -6.5 (96.9%) | -4.0 (97.2%) | -5.1 (98.5%) | -5.6 (94.3%) | -3.4 (98.2%) | -4.2 (95.3%) |
| 2010/ 9 月 | 平均比值 | .8 (96.1%)   | .8 (96.9%)   | .8 (97.2%)   | .6 (98.5%)   | .7 (94.3%)   | .9 (98.2%)   | 1.0 (95.3%)  |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | -.9 (97.8%)  | -.1 (94.6%)  | -.7 (95.0%)  | -1.8 (98.0%) | -1.4 (67.7%) | -.4 (87.5%)  | .4 (84.7%)   |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | 1.1 (97.8%)  | 1.1 (94.6%)  | 1.5 (95.0%)  | 2.0 (98.0%)  | 1.6 (67.7%)  | 1.0 (87.5%)  | 1.6 (84.7%)  |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | -2.9 (97.8%) | -3.6 (94.6%) | -5.6 (95.0%) | -4.2 (98.0%) | -4.0 (67.7%) | 2.7 (87.5%)  | -5.3 (84.7%) |
| 2010/10 月 | 平均比值 | .8 (97.8%)   | 1.0 (94.6%)  | .9 (95.0%)   | .7 (98.0%)   | .7 (67.7%)   | .9 (87.5%)   | 1.2 (84.7%)  |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | -1.2 (96.4%) | -.2 (93.5%)  | -.1 (94.7%)  | -2.2 (98.5%) | -1.9 (66.1%) | -.3 (79.7%)  | .8 (71.9%)   |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | 1.3 (96.4%)  | .9 (93.5%)   | .7 (94.7%)   | 2.4 (98.5%)  | 2.0 (66.1%)  | .7 (79.7%)   | 1.2 (71.9%)  |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | -3.6 (96.4%) | -2.9 (93.5%) | -3.5 (94.7%) | -4.2 (98.5%) | -5.1 (66.1%) | -2.5 (79.7%) | -3.1 (71.9%) |
| 2010/11 月 | 平均比值 | .8 (96.4%)   | 1.0 (93.5%)  | 1.0 (94.7%)  | .6 (98.5%)   | .7 (66.1%)   | .9 (79.7%)   | 1.3 (71.9%)  |

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位 : s

表23 2010 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         |
|----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12月 | OBS1 | 731 (98.3%) | 740 (99.5%) | 741 (99.6%) | 738 (99.2%) | 726 (97.6%) | 740 (99.5%) | 711 (95.6%) |
| 2009/12月 | OBS2 | 742 (99.7%) | 743 (99.9%) | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2009/12月 | MED  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  |
| 2010/ 1月 | OBS1 | 735 (98.8%) | 743 (99.9%) | 740 (99.5%) | 737 (99.1%) | 726 (97.6%) | 697 (93.7%) | 700 (94.1%) |
| 2010/ 1月 | OBS2 | 740 (99.5%) | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 743 (99.9%) | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/ 1月 | MED  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  |
| 2010/ 2月 | OBS1 | 669 (99.6%) | 671 (99.9%) | 670 (99.7%) | 658 (97.9%) | 666 (99.1%) | 663 (98.7%) | 669 (99.6%) |
| 2010/ 2月 | OBS2 | 669 (99.6%) | 671 (99.9%) | 671 (99.9%) | 671 (99.9%) | 671 (99.9%) | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/ 2月 | MED  | 672 (100%)  | 672 (100%)  | 672 (100%)  | 672 (100%)  | 672 (100%)  | 672 (100%)  | 672 (100%)  |
| 2010/ 3月 | OBS1 | 738 (99.2%) | 741 (99.6%) | 743 (99.9%) | 735 (98.8%) | 192 (25.8%) | 735 (98.8%) | 637 (85.6%) |
| 2010/ 3月 | OBS2 | 739 (99.3%) | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/ 3月 | MED  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  |
| 2010/ 4月 | OBS1 | 712 (98.9%) | 718 (99.7%) | 713 (99.0%) | 712 (98.9%) | 162 (22.5%) | 714 (99.2%) | 714 (99.2%) |
| 2010/ 4月 | OBS2 | 718 (99.7%) | 719 (99.9%) | 719 (99.9%) | 655 (91.0%) | 719 (99.9%) | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/ 4月 | MED  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  |
| 2010/ 5月 | OBS1 | 735 (98.8%) | 737 (99.1%) | 737 (99.1%) | 738 (99.2%) | 441 (59.3%) | 720 (96.8%) | 724 (97.3%) |
| 2010/ 5月 | OBS2 | 743 (99.9%) | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 743 (99.9%) | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/ 5月 | MED  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  |
| 2010/ 6月 | OBS1 | 703 (97.6%) | 714 (99.2%) | 717 (99.6%) | 711 (98.8%) | 708 (98.3%) | 708 (98.3%) | 714 (99.2%) |
| 2010/ 6月 | OBS2 | 718 (99.7%) | 719 (99.9%) | 719 (99.9%) | 719 (99.9%) | 713 (99.0%) | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/ 6月 | MED  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  |
| 2010/ 7月 | OBS1 | 733 (98.5%) | 742 (99.7%) | 740 (99.5%) | 435 (58.5%) | 736 (98.9%) | 730 (98.1%) | 743 (99.9%) |
| 2010/ 7月 | OBS2 | 738 (99.2%) | 743 (99.9%) | 743 (99.9%) | 743 (99.9%) | 742 (99.7%) | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/ 7月 | MED  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  |
| 2010/ 8月 | OBS1 | 734 (98.7%) | 742 (99.7%) | 724 (97.3%) | 736 (98.9%) | 733 (98.5%) | 690 (92.7%) | 723 (97.2%) |
| 2010/ 8月 | OBS2 | 741 (99.6%) | 743 (99.9%) | 743 (99.9%) | 737 (99.1%) | 742 (99.7%) | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/ 8月 | MED  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  |
| 2010/ 9月 | OBS1 | 712 (98.9%) | 702 (97.5%) | 708 (98.3%) | 714 (99.2%) | 680 (94.4%) | 707 (98.2%) | 638 (88.6%) |
| 2010/ 9月 | OBS2 | 719 (99.9%) | 719 (99.9%) | 519 (72.1%) | 717 (99.6%) | 718 (99.7%) | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/ 9月 | MED  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  |
| 2010/10月 | OBS1 | 739 (99.3%) | 709 (95.3%) | 711 (95.6%) | 740 (99.5%) | 504 (67.7%) | 651 (87.5%) | 630 (84.7%) |
| 2010/10月 | OBS2 | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 739 (99.3%) | 744 (100%)  | 678 (91.1%) | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/10月 | MED  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  | 744 (100%)  |
| 2010/11月 | OBS1 | 710 (98.6%) | 687 (95.4%) | 687 (95.4%) | 716 (99.4%) | 477 (66.3%) | 574 (79.7%) | 518 (71.9%) |
| 2010/11月 | OBS2 | 718 (99.7%) | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 720 (100%)  | 0 (.0%)     | 0 (.0%)     |
| 2010/11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24 2010年每月七商港觀測及預報潮位平均水位統計表

| 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         |
|----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12月 | OBS1 | .00 (98.3%) | .00 (99.5%) | .00 (99.6%) | .00 (99.2%) | .00 (97.6%) | .00 (99.5%) | .00 (95.6%) |
| 2009/12月 | OBS2 | .00 (99.7%) | .00 (99.9%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2009/12月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/ 1月 | OBS1 | .00 (98.8%) | .00 (99.9%) | .00 (99.5%) | .00 (99.1%) | .00 (97.6%) | .00 (93.7%) | .00 (94.1%) |
| 2010/ 1月 | OBS2 | .00 (99.5%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (99.9%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/ 1月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/ 2月 | OBS1 | .00 (99.6%) | .00 (99.9%) | .00 (99.7%) | .00 (97.9%) | .00 (99.1%) | .00 (98.7%) | .00 (99.6%) |
| 2010/ 2月 | OBS2 | .00 (99.6%) | .00 (99.9%) | .00 (99.9%) | .00 (99.9%) | .00 (99.9%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/ 2月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/ 3月 | OBS1 | .00 (99.2%) | .00 (99.6%) | .00 (99.9%) | .00 (98.8%) | .00 (25.8%) | .00 (98.8%) | .00 (85.6%) |
| 2010/ 3月 | OBS2 | .00 (99.3%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/ 3月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/ 4月 | OBS1 | .00 (98.9%) | .00 (99.7%) | .00 (99.0%) | .00 (98.9%) | .00 (22.5%) | .00 (99.2%) | .00 (99.2%) |
| 2010/ 4月 | OBS2 | .00 (99.7%) | .00 (99.9%) | .00 (99.9%) | .00 (91.0%) | .00 (99.9%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/ 4月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/ 5月 | OBS1 | .00 (98.8%) | .00 (99.1%) | .00 (99.1%) | .00 (99.2%) | .00 (59.3%) | .00 (96.8%) | .00 (97.3%) |
| 2010/ 5月 | OBS2 | .00 (99.9%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (99.9%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/ 5月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/ 6月 | OBS1 | .00 (97.6%) | .00 (99.2%) | .00 (99.6%) | .00 (98.8%) | .00 (98.3%) | .00 (98.3%) | .00 (99.2%) |
| 2010/ 6月 | OBS2 | .00 (99.7%) | .00 (99.9%) | .00 (99.9%) | .00 (99.9%) | .00 (99.0%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/ 6月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/ 7月 | OBS1 | .00 (98.5%) | .00 (99.7%) | .00 (99.5%) | .00 (58.5%) | .00 (98.9%) | .00 (98.1%) | .00 (99.9%) |
| 2010/ 7月 | OBS2 | .00 (99.2%) | .00 (99.9%) | .00 (99.9%) | .00 (99.9%) | .00 (99.7%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/ 7月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/ 8月 | OBS1 | .00 (98.7%) | .00 (99.7%) | .00 (97.3%) | .00 (98.9%) | .00 (98.5%) | .00 (92.7%) | .00 (97.2%) |
| 2010/ 8月 | OBS2 | .00 (99.6%) | .00 (99.9%) | .00 (99.9%) | .00 (99.1%) | .00 (99.7%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/ 8月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/ 9月 | OBS1 | .00 (98.9%) | .00 (97.5%) | .00 (98.3%) | .00 (99.2%) | .00 (94.4%) | .00 (98.2%) | .00 (88.6%) |
| 2010/ 9月 | OBS2 | .00 (99.9%) | .00 (99.9%) | .00 (72.1%) | .00 (99.6%) | .00 (99.7%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/ 9月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/10月 | OBS1 | .00 (99.3%) | .00 (95.3%) | .00 (95.6%) | .00 (99.5%) | .00 (67.7%) | .00 (87.5%) | .00 (84.7%) |
| 2010/10月 | OBS2 | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (99.3%) | .00 ( 100%) | .00 (91.1%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/10月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |
| 2010/11月 | OBS1 | .00 (98.6%) | .00 (95.4%) | .00 (95.4%) | .00 (99.4%) | .00 (66.3%) | .00 (79.7%) | .00 (71.9%) |
| 2010/11月 | OBS2 | .00 (99.7%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | * (   *)    | * (*)       |
| 2010/11月 | MED  | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 ( 100%) | .00 (100%)  |

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

表 25 2010 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          |
|-----------|------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | .61 (03/11) | 2.44 (05/00) | .79 (04/20)  | 1.00 (03/18)  | 1.11 (03/18) | 1.63 (03/11) | 1.04 (04/21) |
| 2009/12 月 | OBS2 | .61 (04/12) | 2.49 (05/00) | .79 (04/20)  | 1.02 (03/18)  | 1.02 (04/18) | * ( * )      | * ( * )      |
| 2009/12 月 | MED  | .51 (30/09) | 2.20 (05/13) | .81 (04/20)  | .91 (04/19)   | .87 (04/19)  | 1.48 (04/12) | .80 (04/21)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | .60 (03/12) | 2.56 (30/23) | .76 (01/20)  | .94 (30/18)   | .97 (02/19)  | 1.67 (03/13) | .73 (01/20)  |
| 2010/ 1 月 | OBS2 | .69 (03/12) | 2.62 (03/00) | .79 (02/20)  | 1.04 (31/19)  | 1.10 (31/19) | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/ 1 月 | MED  | .55 (02/12) | 2.54 (30/23) | .85 (02/20)  | .99 (31/19)   | .96 (31/19)  | 1.62 (02/12) | .86 (02/21)  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | .54 (26/09) | 2.61 (01/00) | .68 (27/18)  | .92 (28/18)   | .94 (27/17)  | 1.60 (28/10) | .68 (27/19)  |
| 2010/ 2 月 | OBS2 | .64 (26/09) | 2.61 (01/00) | .73 (27/19)  | .98 (28/18)   | 1.02 (27/17) | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/ 2 月 | MED  | .55 (26/09) | 2.66 (28/23) | .73 (26/18)  | .90 (28/18)   | .86 (28/18)  | 1.54 (01/12) | .78 (27/19)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | .56 (02/10) | 2.73 (01/23) | .54 (01/20)  | .91 (01/19)   | .88 (01/18)  | 1.68 (01/23) | .69 (27/18)  |
| 2010/ 3 月 | OBS2 | .60 (02/10) | 2.77 (02/00) | .60 (01/20)  | 1.00 (01/19)  | .98 (01/18)  | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/ 3 月 | MED  | .55 (01/21) | 2.70 (02/00) | .64 (01/20)  | .91 (01/19)   | .88 (01/19)  | 1.61 (03/00) | .71 (01/21)  |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | .50 (07/05) | 2.45 (01/00) | .55 (17/09)  | .75 (28/05)   | .76 (02/07)  | 1.52 (02/00) | .56 (30/09)  |
| 2010/ 4 月 | OBS2 | .53 (22/05) | 2.50 (02/01) | .58 (30/07)  | 23.47 (20/12) | .82 (30/06)  | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/ 4 月 | MED  | .51 (28/21) | 2.53 (01/00) | .62 (19/10)  | .82 (29/06)   | .77 (29/06)  | 1.59 (01/00) | .65 (19/11)  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | .48 (16/00) | 2.17 (27/23) | .59 (17/09)  | .82 (16/07)   | .84 (15/06)  | 1.46 (16/00) | .60 (28/08)  |
| 2010/ 5 月 | OBS2 | .52 (28/23) | 2.19 (29/00) | .61 (28/07)  | .84 (16/07)   | .92 (15/06)  | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/ 5 月 | MED  | .49 (30/00) | 2.26 (27/23) | .72 (29/08)  | .85 (29/06)   | .81 (29/06)  | 1.40 (26/22) | .72 (28/08)  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | .49 (13/23) | 2.15 (14/12) | .62 (13/07)  | .84 (13/06)   | .88 (15/07)  | 1.41 (14/00) | .65 (13/08)  |
| 2010/ 6 月 | OBS2 | .52 (24/22) | 2.19 (14/12) | .63 (13/08)  | .87 (13/06)   | .91 (14/07)  | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/ 6 月 | MED  | .54 (24/21) | 2.22 (15/13) | .78 (14/08)  | .89 (15/07)   | .86 (15/07)  | 1.46 (14/00) | .78 (14/09)  |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | .48 (23/22) | 2.43 (15/13) | .67 (13/08)  | 1.02 (21/11)  | .90 (13/06)  | 1.53 (15/01) | .64 (27/08)  |
| 2010/ 7 月 | OBS2 | .51 (23/22) | 2.43 (15/13) | .66 (27/07)  | .91 (13/07)   | .93 (13/06)  | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/ 7 月 | MED  | .46 (10/21) | 2.37 (14/13) | .79 (13/08)  | .89 (13/07)   | .84 (13/07)  | 1.46 (14/00) | .79 (13/09)  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | .48 (09/22) | 2.52 (12/12) | 1.05 (05/10) | .87 (11/07)   | .94 (11/06)  | 1.55 (12/00) | .64 (10/08)  |
| 2010/ 8 月 | OBS2 | .52 (09/22) | 2.47 (12/12) | .66 (09/06)  | .92 (09/05)   | .96 (09/05)  | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/ 8 月 | MED  | .50 (08/21) | 2.53 (12/12) | .78 (09/06)  | .93 (10/06)   | .88 (10/06)  | 1.52 (12/00) | .81 (09/07)  |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | .45 (10/10) | 2.74 (09/11) | .56 (29/23)  | .90 (09/06)   | .86 (08/05)  | 1.62 (10/12) | .62 (09/09)  |
| 2010/ 9 月 | OBS2 | .48 (05/20) | 2.74 (09/11) | 4.13 (29/23) | .93 (08/06)   | .92 (08/05)  | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/ 9 月 | MED  | .48 (09/09) | 2.62 (09/11) | .68 (07/06)  | .87 (08/06)   | .83 (08/06)  | 1.62 (10/12) | .71 (08/08)  |
| 2010/10 月 | OBS1 | .55 (28/14) | 2.61 (08/11) | .86 (28/22)  | .93 (26/19)   | .87 (26/19)  | 1.61 (25/12) | .51 (10/22)  |
| 2010/10 月 | OBS2 | .57 (25/12) | 2.64 (08/11) | 4.89 (03/02) | .89 (26/19)   | .86 (09/19)  | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/10 月 | MED  | .52 (08/09) | 2.63 (08/11) | .61 (26/20)  | .84 (09/19)   | .81 (09/19)  | 1.62 (09/12) | .61 (26/22)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | .53 (28/15) | 2.64 (06/11) | .67 (07/20)  | .83 (23/19)   | .88 (08/19)  | 1.67 (07/11) | .60 (07/21)  |
| 2010/11 月 | OBS2 | .58 (25/14) | 2.64 (05/22) | .67 (07/20)  | .87 (23/19)   | .98 (07/18)  | * ( * )      | * ( * )      |
| 2010/11 月 | MED  | .49 (06/09) | 2.46 (06/11) | .73 (23/20)  | .89 (07/18)   | .84 (07/18)  | 1.52 (06/11) | .72 (23/21)  |

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 26 2010 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          |
|-----------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | -.83 (05/04)  | -2.94 (05/06) | -.52 (04/03)  | -1.00 (05/02) | -1.02 (30/23) | -1.90 (05/06) | -.86 (31/02) |
| 2009/12 月 | OBS2 | -.83 (05/05)  | -2.96 (05/07) | -.52 (04/04)  | -.99 (05/02)  | -1.09 (04/01) | * ( * )       | * ( * )      |
| 2009/12 月 | MED  | -.82 (04/03)  | -2.79 (04/06) | -.65 (05/04)  | -1.04 (04/01) | -1.00 (04/01) | -1.69 (04/05) | -.80 (05/04) |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | -.96 (02/04)  | -3.04 (02/05) | -.54 (01/02)  | -1.11 (02/01) | -1.12 (02/01) | -2.02 (02/05) | -.78 (01/03) |
| 2010/ 1 月 | OBS2 | -.93 (02/04)  | -3.00 (02/06) | -.55 (01/02)  | -1.09 (02/01) | -1.13 (02/01) | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/ 1 月 | MED  | -.82 (01/03)  | -2.83 (02/06) | -.67 (01/02)  | -1.01 (01/00) | -.99 (01/01)  | -1.68 (01/04) | -.81 (01/03) |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | -.72 (01/04)  | -3.02 (01/06) | -.51 (01/03)  | -1.10 (01/01) | -1.07 (01/01) | -1.84 (01/06) | -.66 (01/04) |
| 2010/ 2 月 | OBS2 | -.72 (13/03)  | -3.01 (01/06) | -.51 (01/04)  | -1.09 (01/01) | -1.05 (01/01) | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/ 2 月 | MED  | -.68 (13/02)  | -2.76 (01/06) | -.55 (13/02)  | -.88 (01/01)  | -.86 (01/02)  | -1.61 (01/06) | -.69 (28/02) |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | -.69 (27/01)  | -2.86 (01/05) | -.52 (25/23)  | -.98 (31/13)  | -.90 (01/00)  | -1.75 (01/05) | -.65 (10/00) |
| 2010/ 3 月 | OBS2 | -.74 (27/01)  | -2.85 (01/05) | -.53 (25/23)  | -1.01 (31/13) | -.95 (31/13)  | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/ 3 月 | MED  | -.64 (25/23)  | -2.69 (01/05) | -.52 (31/14)  | -.91 (31/13)  | -.86 (31/13)  | -1.56 (01/05) | -.66 (31/15) |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | -.70 (30/16)  | -2.72 (01/18) | -.44 (01/15)  | -1.04 (01/14) | -.96 (01/13)  | -1.72 (01/18) | -.59 (03/18) |
| 2010/ 4 月 | OBS2 | -.69 (30/16)  | -2.71 (01/19) | -.47 (30/15)  | -4.48 (01/14) | -.98 (30/13)  | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/ 4 月 | MED  | -.70 (29/15)  | -2.68 (29/18) | -.60 (30/15)  | -.97 (29/13)  | -.94 (29/13)  | -1.63 (29/17) | -.73 (29/15) |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | -.71 (17/17)  | -2.64 (15/18) | -.50 (16/16)  | -.93 (14/12)  | -1.46 (13/10) | -1.64 (15/17) | -.67 (16/17) |
| 2010/ 5 月 | OBS2 | -.75 (01/17)  | -2.66 (17/19) | -.49 (01/17)  | -.94 (01/14)  | -.98 (01/14)  | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/ 5 月 | MED  | -.75 (27/14)  | -2.70 (28/17) | -.60 (27/14)  | -.98 (15/13)  | -.95 (15/13)  | -1.63 (27/16) | -.76 (28/15) |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | -.75 (14/16)  | -2.79 (15/19) | -.53 (14/16)  | -.96 (13/13)  | -1.02 (13/13) | -1.71 (14/18) | -.72 (14/17) |
| 2010/ 6 月 | OBS2 | -.74 (12/15)  | -2.76 (15/19) | -.52 (14/16)  | -.98 (13/13)  | -1.00 (14/14) | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/ 6 月 | MED  | -.78 (13/15)  | -2.78 (14/18) | -.64 (14/15)  | -1.03 (13/13) | -1.02 (13/13) | -1.66 (14/18) | -.80 (14/16) |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | -.80 (11/14)  | -2.91 (13/18) | -.55 (11/14)  | -1.11 (18/03) | -1.06 (12/13) | -1.80 (12/17) | -.74 (11/15) |
| 2010/ 7 月 | OBS2 | -.82 (12/15)  | -2.86 (13/18) | -.56 (10/14)  | -1.06 (12/13) | -1.07 (13/13) | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/ 7 月 | MED  | -.81 (12/15)  | -2.88 (13/18) | -.66 (11/14)  | -1.04 (12/13) | -1.02 (12/13) | -1.75 (12/17) | -.81 (12/15) |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | -.77 (10/15)  | -3.03 (10/17) | -.63 (08/20)  | -.99 (10/12)  | -1.01 (10/12) | -1.87 (10/17) | -.67 (08/14) |
| 2010/ 8 月 | OBS2 | -.77 (10/15)  | -3.02 (11/18) | -.45 (10/15)  | -1.10 (21/21) | -1.04 (11/13) | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/ 8 月 | MED  | -.71 (08/13)  | -2.85 (11/18) | -.60 (10/14)  | -.95 (11/13)  | -.91 (10/13)  | -1.65 (10/17) | -.74 (10/15) |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | -.68 (06/13)  | -2.74 (08/17) | -.58 (06/13)  | -1.07 (11/02) | -.92 (07/11)  | -1.69 (08/16) | -.66 (06/13) |
| 2010/ 9 月 | OBS2 | -.65 (06/13)  | -2.74 (08/17) | -7.19 (15/15) | -.93 (11/02)  | -.91 (08/12)  | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/ 9 月 | MED  | -.62 (06/13)  | -2.64 (08/17) | -.53 (06/12)  | -.85 (12/02)  | -.80 (12/02)  | -1.50 (08/16) | -.69 (06/13) |
| 2010/10 月 | OBS1 | -.66 (10/04)  | -2.76 (09/05) | -.59 (10/03)  | -1.00 (09/00) | -1.00 (10/01) | -1.68 (09/05) | -.62 (11/05) |
| 2010/10 月 | OBS2 | -1.14 (21/13) | -2.76 (10/06) | -1.27 (13/07) | -.99 (10/01)  | -.97 (10/01)  | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/10 月 | MED  | -.75 (13/07)  | -2.68 (10/06) | -.60 (15/09)  | -.94 (13/01)  | -1.32 (13/03) | -1.53 (10/06) | -.75 (13/06) |
| 2010/11 月 | OBS1 | -.73 (10/06)  | -2.95 (07/05) | -.58 (23/03)  | -1.00 (07/00) | -.96 (08/01)  | -1.82 (08/05) | -.72 (23/04) |
| 2010/11 月 | OBS2 | -.77 (10/05)  | -3.00 (08/06) | -.53 (23/03)  | -1.03 (07/00) | -.98 (07/00)  | * ( * )       | * ( * )      |
| 2010/11 月 | MED  | -.74 (09/04)  | -2.80 (08/06) | -.59 (07/02)  | -.97 (08/01)  | -.94 (08/01)  | -1.64 (09/06) | -.75 (09/04) |

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27 2010 年每月七商港觀測1站及中尺度預報水位偏差統計表

| 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          |
|----------|------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12月 | 平均偏差 | .00 (98.3%)  | .00 (99.5%)  | .00 (99.3%)   | .00 (99.1%)   | .00 (97.4%)  | .00 (99.5%)  | .00 (95.4%)  |
| 2009/12月 | 標準偏差 | .10 (98.3%)  | .21 (99.5%)  | .10 (99.3%)   | .08 (99.1%)   | .13 (97.4%)  | .14 (99.5%)  | .21 (95.4%)  |
| 2009/12月 | 最大偏差 | -.26 (98.3%) | -.50 (99.5%) | -.25 (99.3%)  | -.22 (99.1%)  | -.31 (97.4%) | .36 (99.5%)  | -.53 (95.4%) |
| 2010/ 1月 | 平均偏差 | .00 (98.8%)  | .00 (99.9%)  | .00 (99.5%)   | .00 (99.1%)   | .00 (97.6%)  | -.01 (93.5%) | .00 (94.1%)  |
| 2010/ 1月 | 標準偏差 | .10 (98.8%)  | .19 (99.9%)  | .09 (99.5%)   | .08 (99.1%)   | .09 (97.6%)  | .14 (93.5%)  | .09 (94.1%)  |
| 2010/ 1月 | 最大偏差 | -.31 (98.8%) | .57 (99.9%)  | -.28 (99.5%)  | -.24 (99.1%)  | .23 (97.6%)  | -.43 (93.5%) | -.32 (94.1%) |
| 2010/ 2月 | 平均偏差 | .00 (99.6%)  | .00 (99.9%)  | .00 (98.1%)   | .00 (97.9%)   | .00 (99.1%)  | .01 (98.5%)  | .00 (97.6%)  |
| 2010/ 2月 | 標準偏差 | .08 (99.6%)  | .19 (99.9%)  | .08 (98.1%)   | .08 (97.9%)   | .08 (99.1%)  | .13 (98.5%)  | .08 (97.6%)  |
| 2010/ 2月 | 最大偏差 | -.25 (99.6%) | .48 (99.9%)  | .20 (98.1%)   | .24 (97.9%)   | .27 (99.1%)  | -.34 (98.5%) | .22 (97.6%)  |
| 2010/ 3月 | 平均偏差 | .00 (99.1%)  | -.01 (99.6%) | .00 (99.6%)   | .00 (98.7%)   | .02 (25.5%)  | .00 (98.8%)  | -.01 (85.5%) |
| 2010/ 3月 | 標準偏差 | .11 (99.1%)  | .19 (99.6%)  | .08 (99.6%)   | .10 (98.7%)   | .07 (25.5%)  | .14 (98.8%)  | .16 (85.5%)  |
| 2010/ 3月 | 最大偏差 | -.32 (99.1%) | .61 (99.6%)  | .27 (99.6%)   | -.28 (98.7%)  | .21 (25.5%)  | .43 (98.8%)  | -.44 (85.5%) |
| 2010/ 4月 | 平均偏差 | .00 (97.4%)  | .00 (99.7%)  | .00 (98.8%)   | .00 (98.6%)   | .00 (22.5%)  | .00 (99.2%)  | .00 (99.2%)  |
| 2010/ 4月 | 標準偏差 | .09 (97.4%)  | .16 (99.7%)  | .08 (98.8%)   | .08 (98.6%)   | .12 (22.5%)  | .11 (99.2%)  | .08 (99.2%)  |
| 2010/ 4月 | 最大偏差 | -.30 (97.4%) | .47 (99.7%)  | -.20 (98.8%)  | -.22 (98.6%)  | -.33 (22.5%) | -.33 (99.2%) | -.28 (99.2%) |
| 2010/ 5月 | 平均偏差 | .00 (98.7%)  | .00 (98.9%)  | .00 (98.8%)   | .00 (99.1%)   | .01 (59.3%)  | -.01 (96.8%) | -.01 (96.9%) |
| 2010/ 5月 | 標準偏差 | .07 (98.7%)  | .10 (98.9%)  | .08 (98.8%)   | .06 (99.1%)   | .07 (59.3%)  | .08 (96.8%)  | .09 (96.9%)  |
| 2010/ 5月 | 最大偏差 | .20 (98.7%)  | .28 (98.9%)  | -.21 (98.8%)  | .20 (99.1%)   | .86 (59.3%)  | .24 (96.8%)  | -.27 (96.9%) |
| 2010/ 6月 | 平均偏差 | .00 (97.5%)  | .00 (99.0%)  | .00 (99.6%)   | .00 (98.8%)   | .00 (98.2%)  | .00 (98.3%)  | .00 (99.2%)  |
| 2010/ 6月 | 標準偏差 | .06 (97.5%)  | .11 (99.0%)  | .09 (99.6%)   | .06 (98.8%)   | .07 (98.2%)  | .08 (98.3%)  | .09 (99.2%)  |
| 2010/ 6月 | 最大偏差 | .16 (97.5%)  | -.35 (99.0%) | .24 (99.6%)   | .19 (98.8%)   | -.60 (98.2%) | -.25 (98.3%) | .28 (99.2%)  |
| 2010/ 7月 | 平均偏差 | .00 (98.4%)  | .00 (99.6%)  | .00 (98.7%)   | .01 (58.3%)   | .00 (98.0%)  | .00 (98.0%)  | .00 (99.7%)  |
| 2010/ 7月 | 標準偏差 | .09 (98.4%)  | .12 (99.6%)  | .11 (98.7%)   | .13 (58.3%)   | .08 (98.0%)  | .11 (98.0%)  | .12 (99.7%)  |
| 2010/ 7月 | 最大偏差 | -.28 (98.4%) | -.34 (99.6%) | -.31 (98.7%)  | -1.44 (58.3%) | .19 (98.0%)  | -.30 (98.0%) | -.36 (99.7%) |
| 2010/ 8月 | 平均偏差 | .00 (98.4%)  | .00 (99.7%)  | .00 (97.2%)   | .00 (98.9%)   | .00 (98.5%)  | .00 (92.6%)  | .00 (96.8%)  |
| 2010/ 8月 | 標準偏差 | .07 (98.4%)  | .12 (99.7%)  | .53 (97.2%)   | .07 (98.9%)   | .08 (98.5%)  | .09 (92.6%)  | .08 (96.8%)  |
| 2010/ 8月 | 最大偏差 | -.23 (98.4%) | -.35 (99.7%) | -1.35 (97.2%) | .28 (98.9%)   | -.38 (98.5%) | -.27 (92.6%) | -.28 (96.8%) |
| 2010/ 9月 | 平均偏差 | .00 (98.9%)  | -.02 (97.4%) | .00 (96.4%)   | .00 (97.8%)   | .01 (94.3%)  | .01 (97.9%)  | -.01 (88.6%) |
| 2010/ 9月 | 標準偏差 | .09 (98.9%)  | .15 (97.4%)  | .13 (96.4%)   | .13 (97.8%)   | .11 (94.3%)  | .11 (97.9%)  | .09 (88.6%)  |
| 2010/ 9月 | 最大偏差 | .45 (98.9%)  | .44 (97.4%)  | .43 (96.4%)   | -.37 (97.8%)  | -.35 (94.3%) | .52 (97.9%)  | .43 (88.6%)  |
| 2010/10月 | 平均偏差 | .00 (99.3%)  | -.02 (95.3%) | .00 (95.4%)   | .00 (99.5%)   | .00 (67.7%)  | .01 (87.5%)  | .01 (84.7%)  |
| 2010/10月 | 標準偏差 | .11 (99.3%)  | .24 (95.3%)  | .17 (95.4%)   | .14 (99.5%)   | .12 (67.7%)  | .13 (87.5%)  | .08 (84.7%)  |
| 2010/10月 | 最大偏差 | .45 (99.3%)  | -.80 (95.3%) | -.48 (95.4%)  | -.57 (99.5%)  | -.64 (67.7%) | .54 (87.5%)  | .25 (84.7%)  |
| 2010/11月 | 平均偏差 | .00 (98.5%)  | -.01 (95.4%) | .00 (95.1%)   | .00 (99.4%)   | .01 (66.3%)  | .00 (79.7%)  | .00 (71.9%)  |
| 2010/11月 | 標準偏差 | .10 (98.5%)  | .23 (95.4%)  | .10 (95.1%)   | .09 (99.4%)   | .08 (66.3%)  | .25 (79.7%)  | .11 (71.9%)  |
| 2010/11月 | 最大偏差 | -.27 (98.5%) | -.57 (95.4%) | -.30 (95.1%)  | -.24 (99.4%)  | .23 (66.3%)  | .61 (79.7%)  | -.32 (71.9%) |

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位: m

表28 2010 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         |
|-----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 731 (98.3%) | 740 (99.5%) | 741 (99.6%) | 737 (99.1%) | 725 (97.4%) | 741 (99.6%) | 712 (95.7%) |
| 2009/12 月 | MED  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 735 (98.8%) | 743 (99.9%) | 740 (99.5%) | 737 (99.1%) | 726 (97.6%) | 698 (93.8%) | 700 (94.1%) |
| 2010/ 1 月 | MED  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 669 (99.6%) | 671 (99.9%) | 670 (99.7%) | 658 (97.9%) | 666 (99.1%) | 663 (98.7%) | 670 (99.7%) |
| 2010/ 2 月 | MED  | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 ( 100%) | 672 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 738 (99.2%) | 741 (99.6%) | 743 (99.9%) | 735 (98.8%) | 192 (25.8%) | 736 (98.9%) | 637 (85.6%) |
| 2010/ 3 月 | MED  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 711 (98.8%) | 718 (99.7%) | 713 (99.0%) | 712 (98.9%) | 162 (22.5%) | 714 (99.2%) | 714 (99.2%) |
| 2010/ 4 月 | MED  | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 733 (98.5%) | 737 (99.1%) | 737 (99.1%) | 738 (99.2%) | 459 (61.7%) | 720 (96.8%) | 724 (97.3%) |
| 2010/ 5 月 | MED  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 702 (97.5%) | 714 (99.2%) | 717 (99.6%) | 711 (98.8%) | 707 (98.2%) | 708 (98.3%) | 714 (99.2%) |
| 2010/ 6 月 | MED  | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 733 (98.5%) | 740 (99.5%) | 740 (99.5%) | 435 (58.5%) | 736 (98.9%) | 730 (98.1%) | 743 (99.9%) |
| 2010/ 7 月 | MED  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 733 (98.5%) | 736 (98.9%) | 731 (98.3%) | 736 (98.9%) | 733 (98.5%) | 691 (92.9%) | 723 (97.2%) |
| 2010/ 8 月 | MED  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 712 (98.9%) | 695 (96.5%) | 708 (98.3%) | 714 (99.2%) | 680 (94.4%) | 707 (98.2%) | 686 (95.3%) |
| 2010/ 9 月 | MED  | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 ( 100%) | 720 (100%)  |
| 2010/10 月 | OBS1 | 739 (99.3%) | 709 (95.3%) | 711 (95.6%) | 740 (99.5%) | 504 (67.7%) | 651 (87.5%) | 630 (84.7%) |
| 2010/10 月 | MED  | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 ( 100%) | 744 (100%)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | 710 (98.6%) | 683 (94.9%) | 687 (95.4%) | 716 (99.4%) | 477 (66.3%) | 574 (79.7%) | 518 (71.9%) |
| 2010/11 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

MED: 中尺度水動力模式預報流速資料



表29 2010 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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 17.7 (98.3%) | 37.0 (99.5%) | 26.3 (99.6%) | 14.3 (99.1%) | 13.8 (97.4%) | 41.6 (99.6%) | 17.8 (95.7%) |
| 2009/12 月 | MED  | 36.3 ( 100%) | 13.7 ( 100%) | 6.9 ( 100%)  | 1.5 ( 100%)  | 14.6 ( 100%) | 45.8 ( 100%) | 16.7 (100%)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 15.7 (98.8%) | 37.0 (99.9%) | 19.6 (99.5%) | 16.6 (99.1%) | 16.0 (97.6%) | 40.0 (93.8%) | 13.6 (94.1%) |
| 2010/ 1 月 | MED  | 37.5 ( 100%) | 13.0 ( 100%) | 7.0 ( 100%)  | 1.5 ( 100%)  | 15.3 ( 100%) | 46.9 ( 100%) | 17.0 (100%)  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 17.0 (99.6%) | 36.3 (99.9%) | 20.9 (99.7%) | 14.6 (97.9%) | 16.1 (99.1%) | 36.2 (98.7%) | 16.4 (99.7%) |
| 2010/ 2 月 | MED  | 36.3 ( 100%) | 11.8 ( 100%) | 7.0 ( 100%)  | 1.3 ( 100%)  | 14.5 ( 100%) | 45.9 ( 100%) | 16.8 (100%)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 17.0 (99.2%) | 34.2 (99.6%) | 20.5 (99.9%) | 16.4 (98.8%) | 17.5 (25.8%) | 38.8 (98.9%) | 17.2 (85.6%) |
| 2010/ 3 月 | MED  | 38.5 ( 100%) | 12.8 ( 100%) | 7.4 ( 100%)  | 1.3 ( 100%)  | 15.6 ( 100%) | 48.0 ( 100%) | 17.4 (100%)  |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 16.9 (98.8%) | 30.1 (99.7%) | 20.6 (99.0%) | 16.9 (98.9%) | 16.5 (22.5%) | 39.5 (99.2%) | 17.2 (99.2%) |
| 2010/ 4 月 | MED  | 37.1 ( 100%) | 11.4 ( 100%) | 7.1 ( 100%)  | 1.3 ( 100%)  | 14.8 ( 100%) | 46.8 ( 100%) | 17.0 (100%)  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 14.5 (98.5%) | 25.4 (99.1%) | 20.2 (99.1%) | 15.5 (99.2%) | 17.8 (61.7%) | 39.0 (96.8%) | 18.0 (97.3%) |
| 2010/ 5 月 | MED  | 35.9 ( 100%) | 11.5 ( 100%) | 7.0 ( 100%)  | 1.5 ( 100%)  | 14.4 ( 100%) | 45.8 ( 100%) | 16.9 (100%)  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 11.4 (97.5%) | 33.4 (99.2%) | 19.2 (99.6%) | 13.0 (98.8%) | 16.1 (98.2%) | 39.2 (98.3%) | 18.7 (99.2%) |
| 2010/ 6 月 | MED  | 35.4 ( 100%) | 11.8 ( 100%) | 6.8 ( 100%)  | 1.6 ( 100%)  | 14.1 ( 100%) | 45.4 ( 100%) | 16.7 (100%)  |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 13.4 (98.5%) | 30.1 (99.5%) | 19.3 (99.5%) | 16.1 (58.5%) | 16.5 (98.9%) | 39.0 (98.1%) | 19.4 (99.9%) |
| 2010/ 7 月 | MED  | 35.7 ( 100%) | 12.1 ( 100%) | 7.4 ( 100%)  | 1.7 ( 100%)  | 14.7 ( 100%) | 45.7 ( 100%) | 16.9 (100%)  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 15.6 (98.5%) | 24.5 (98.9%) | 31.1 (98.3%) | 25.5 (98.9%) | 14.8 (98.5%) | 39.7 (92.9%) | 23.3 (97.2%) |
| 2010/ 8 月 | MED  | 36.4 ( 100%) | 11.3 ( 100%) | 7.0 ( 100%)  | 1.3 ( 100%)  | 14.5 ( 100%) | 46.3 ( 100%) | 17.0 (100%)  |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 17.8 (98.9%) | 22.2 (96.5%) | 40.2 (98.3%) | 21.1 (99.2%) | 18.4 (94.4%) | 33.7 (98.2%) | 26.5 (95.3%) |
| 2010/ 9 月 | MED  | 37.0 ( 100%) | 11.8 ( 100%) | 9.3 ( 100%)  | 1.3 ( 100%)  | 16.4 ( 100%) | 46.4 ( 100%) | 17.2 (100%)  |
| 2010/10 月 | OBS1 | 15.3 (99.3%) | 48.7 (95.3%) | 29.4 (95.6%) | 24.9 (99.5%) | 17.8 (67.7%) | 41.2 (87.5%) | 22.2 (84.7%) |
| 2010/10 月 | MED  | 37.1 ( 100%) | 14.9 ( 100%) | 8.2 ( 100%)  | 1.5 ( 100%)  | 16.0 ( 100%) | 45.5 ( 100%) | 16.7 (100%)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | 15.7 (98.6%) | 34.2 (94.9%) | 23.7 (95.4%) | 23.7 (99.4%) | 19.1 (66.3%) | 44.4 (79.7%) | 17.2 (71.9%) |
| 2010/11 月 | MED  | 37.3 ( 100%) | 12.4 ( 100%) | 6.8 ( 100%)  | 1.4 ( 100%)  | 15.0 ( 100%) | 46.3 ( 100%) | 16.9 (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 30 2010 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         |
|-----------|------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | E (27.6%)  | WSW(41.8%)  | SSE (40.6%) | WSW(15.6%)  | N (16.3%)   | ENE (22.4%) | SSE (18.5%) |
| 2009/12 月 | MED  | NW (41.8%) | SW (38.0%)  | NW (38.6%)  | N (43.4%)   | N (31.5%)   | WSW(46.0%)  | NNW(46.5%)  |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | E (23.7%)  | WSW(34.2%)  | SSE (27.8%) | WSW(14.7%)  | N (16.4%)   | WSW(26.2%)  | SE (18.7%)  |
| 2010/ 1 月 | MED  | NW (43.4%) | SW (28.9%)  | SE (39.4%)  | N (46.0%)   | N (33.9%)   | WSW(45.6%)  | NNW(46.4%)  |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | E (21.4%)  | WSW(27.1%)  | SSE (23.6%) | ENE (19.5%) | N (16.2%)   | NE (21.3%)  | S (25.7%)   |
| 2010/ 2 月 | MED  | NW (40.9%) | SW (28.4%)  | SE (37.2%)  | N (33.5%)   | N (32.1%)   | ENE (44.0%) | NNW(46.9%)  |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | E (23.8%)  | WSW(24.7%)  | SSE (20.3%) | ENE (18.0%) | N (23.4%)   | WSW(24.9%)  | S (15.1%)   |
| 2010/ 3 月 | MED  | NW (42.9%) | SW (29.6%)  | NW (37.1%)  | N (38.7%)   | N (33.2%)   | WSW(44.9%)  | NNW(46.2%)  |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | E (28.6%)  | WSW(23.8%)  | SSE (21.5%) | SW (17.1%)  | N (21.0%)   | WSW(25.5%)  | SSE (17.8%) |
| 2010/ 4 月 | MED  | NW (42.6%) | SSW (26.4%) | SE (37.1%)  | N (43.2%)   | N (32.5%)   | WSW(44.6%)  | NNW(46.8%)  |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | E (19.2%)  | N (27.7%)   | SSE (21.3%) | SW (18.6%)  | N (20.9%)   | NE (32.2%)  | SE (15.1%)  |
| 2010/ 5 月 | MED  | NW (39.8%) | SSW (27.8%) | SE (39.4%)  | SSW (28.5%) | N (31.6%)   | ENE (44.9%) | NNW(46.6%)  |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | E (14.4%)  | N (34.9%)   | NW (15.2%)  | ENE (18.1%) | N (15.4%)   | NE (30.8%)  | SSE (14.3%) |
| 2010/ 6 月 | MED  | NW (41.0%) | SW (24.6%)  | SE (38.5%)  | S (28.9%)   | S (31.1%)   | ENE (44.9%) | NNW(46.4%)  |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | WSW(15.8%) | N (48.4%)   | SSE (18.2%) | ENE (17.0%) | N (18.5%)   | NE (35.1%)  | NW (13.6%)  |
| 2010/ 7 月 | MED  | NW (38.3%) | NE (29.8%)  | SE (35.2%)  | S (35.1%)   | S (32.9%)   | ENE (44.9%) | NNW(46.6%)  |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | WSW(23.2%) | N (36.5%)   | SSE (18.7%) | ENE (16.8%) | N (20.6%)   | NE (34.9%)  | SE (19.9%)  |
| 2010/ 8 月 | MED  | NW (41.8%) | SSW (25.5%) | SE (36.8%)  | N (28.4%)   | N (33.5%)   | ENE (44.8%) | NNW(46.4%)  |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | WSW(20.4%) | N (24.6%)   | NW (25.4%)  | ENE (16.5%) | N (19.1%)   | NE (26.9%)  | SE (18.7%)  |
| 2010/ 9 月 | MED  | NW (42.8%) | SSW (25.7%) | NW (37.1%)  | SSW (33.2%) | N (39.4%)   | ENE (44.3%) | NNW(48.2%)  |
| 2010/10 月 | OBS1 | SW (20.2%) | WSW(44.6%)  | NW (24.1%)  | SW (14.1%)  | SSW (15.1%) | WSW(31.5%)  | NW (20.2%)  |
| 2010/10 月 | MED  | NW (46.8%) | SW (31.7%)  | NW (36.4%)  | N (52.4%)   | N (35.9%)   | WSW(44.8%)  | NNW(45.6%)  |
| 2010/11 月 | OBS1 | SW (21.8%) | WSW(32.5%)  | SE (32.3%)  | SW (19.8%)  | N (14.5%)   | WSW(29.1%)  | NW (23.7%)  |
| 2010/11 月 | MED  | NW (45.8%) | SSW (24.9%) | SE (40.3%)  | N (53.1%)   | N (37.1%)   | WSW(45.7%)  | NNW(46.0%)  |

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31 2010 年每月七商港觀測及預報海流東西分量平均流速統計表

| 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          |
|-----------|------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 7.6 (98.3%)   | -27.6 (99.5%) | 6.6 (99.6%)   | -3.6 (99.1%) | -2.4 (97.4%) | -1.9 (99.6%)  | 3.6 (95.7%)  |
| 2009/12 月 | MED  | -8.5 ( 100%)  | -3.3 ( 100%)  | -.1 ( 100%)   | -.1 ( 100%)  | .4 ( 100%)   | -1.1 ( 100%)  | .2 (100%)    |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 6.3 (98.8%)   | -23.7 (99.9%) | 5.8 (99.5%)   | -3.2 (99.1%) | -3.9 (97.6%) | -4.1 (93.8%)  | 4.4 (94.1%)  |
| 2010/ 1 月 | MED  | -9.4 ( 100%)  | -1.8 ( 100%)  | .0 ( 100%)    | -.1 ( 100%)  | .4 ( 100%)   | -.9 ( 100%)   | .2 (100%)    |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 5.4 (99.6%)   | -18.5 (99.9%) | 3.5 (99.7%)   | -1.2 (97.9%) | -3.6 (99.1%) | -2.1 (98.7%)  | -.7 (99.7%)  |
| 2010/ 2 月 | MED  | -7.2 ( 100%)  | -.9 ( 100%)   | .0 ( 100%)    | .0 ( 100%)   | .2 ( 100%)   | .5 ( 100%)    | .1 (100%)    |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 5.4 (99.2%)   | -17.3 (99.6%) | 2.2 (99.9%)   | .3 (98.8%)   | -1.4 (25.8%) | -.6 (98.9%)   | .0 (85.6%)   |
| 2010/ 3 月 | MED  | -8.5 ( 100%)  | -1.6 ( 100%)  | -.4 ( 100%)   | .0 ( 100%)   | .3 ( 100%)   | .3 ( 100%)    | .2 (100%)    |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 6.5 (98.8%)   | -14.3 (99.7%) | 2.7 (99.0%)   | -2.0 (98.9%) | -2.3 (22.5%) | -1.5 (99.2%)  | 1.1 (99.2%)  |
| 2010/ 4 月 | MED  | -7.8 ( 100%)  | .2 ( 100%)    | .0 ( 100%)    | .0 ( 100%)   | .1 ( 100%)   | .5 ( 100%)    | .1 (100%)    |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 2.3 (98.5%)   | -5.2 (99.1%)  | 1.7 (99.1%)   | -.6 (99.2%)  | -1.3 (61.7%) | .8 (96.8%)    | 5.8 (97.3%)  |
| 2010/ 5 月 | MED  | -6.1 ( 100%)  | .6 ( 100%)    | .3 ( 100%)    | .0 ( 100%)   | -.1 ( 100%)  | 2.0 ( 100%)   | .1 (100%)    |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 1.3 (97.5%)   | -7.1 (99.2%)  | -3.2 (99.6%)  | 2.3 (98.8%)  | -1.7 (98.2%) | -1.8 (98.3%)  | -1.1 (99.2%) |
| 2010/ 6 月 | MED  | -5.8 ( 100%)  | .1 ( 100%)    | .1 ( 100%)    | .0 ( 100%)   | -.2 ( 100%)  | .9 (99.9%)    | .1 (100%)    |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | -3.3 (98.5%)  | -.4 (99.5%)   | -2.1 (99.5%)  | 4.1 (58.5%)  | -.8 (98.9%)  | 4.5 (98.1%)   | .6 (99.9%)   |
| 2010/ 7 月 | MED  | -4.5 ( 100%)  | 1.5 ( 100%)   | -.4 ( 100%)   | .0 ( 100%)   | -.6 ( 100%)  | 2.0 ( 100%)   | .0 (100%)    |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | -7.5 (98.5%)  | .1 (98.9%)    | -4.5 (98.3%)  | 5.4 (98.9%)  | -3.1 (98.5%) | .0 (92.9%)    | 2.4 (97.2%)  |
| 2010/ 8 月 | MED  | -6.6 ( 100%)  | .8 ( 100%)    | .0 ( 100%)    | .0 ( 100%)   | -.3 ( 100%)  | 1.2 ( 100%)   | .1 (100%)    |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | -6.1 (98.9%)  | -4.8 (96.5%)  | -14.2 (98.3%) | 5.2 (99.2%)  | -2.6 (94.4%) | -5.0 (98.2%)  | -.5 (95.3%)  |
| 2010/ 9 月 | MED  | -7.5 ( 100%)  | -.5 ( 100%)   | -1.0 ( 100%)  | -.1 ( 100%)  | -.4 ( 100%)  | 1.7 ( 100%)   | -.2 (100%)   |
| 2010/10 月 | OBS1 | -1.9 (99.3%)  | -38.1 (95.3%) | -8.4 (95.6%)  | -1.9 (99.5%) | -5.0 (67.7%) | -12.1 (87.5%) | -2.6 (84.7%) |
| 2010/10 月 | MED  | -11.2 ( 100%) | -3.3 ( 100%)  | -1.0 ( 100%)  | -.1 ( 100%)  | .7 ( 100%)   | -1.9 ( 100%)  | .0 (100%)    |
| 2010/11 月 | OBS1 | -2.5 (98.6%)  | -23.0 (94.9%) | 9.2 (95.4%)   | -3.9 (99.4%) | -6.6 (66.3%) | -4.7 (79.7%)  | .0 (71.9%)   |
| 2010/11 月 | MED  | -10.7 ( 100%) | -1.3 ( 100%)  | .3 ( 100%)    | -.1 ( 100%)  | .4 ( 100%)   | -2.0 ( 100%)  | .3 (100%)    |

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站流 EW 資料

MED: 中尺度水動力模式預報流 EW 資料 單位 : cm/s

表 32 2010 年每月七商港觀測及預報海流南北分量平均流速統計表

| 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          |
|-----------|------|--------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | -1.4 (98.3%) | -8.9 (99.5%)  | -15.2 (99.6%) | -8 (99.1%)   | 1.1 (97.4%) | .4 (99.6%)   | -6.8 (95.7%) |
| 2009/12 月 | MED  | 6.4 ( 100%)  | -4.2 ( 100%)  | .4 ( 100%)    | -1 ( 100%)   | .9 ( 100%)  | -2.3 ( 100%) | 1.7 (100%)   |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | -1.5 (98.8%) | 1.1 (99.9%)   | -11.4 (99.5%) | 1.4 (99.1%)  | 2.4 (97.6%) | .3 (93.8%)   | -4.6 (94.1%) |
| 2010/ 1 月 | MED  | 7.1 ( 100%)  | -2.5 ( 100%)  | .3 ( 100%)    | .1 ( 100%)   | 2.4 ( 100%) | -2.3 ( 100%) | 1.7 (100%)   |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | -2.3 (99.6%) | 4.1 (99.9%)   | -7.9 (99.7%)  | .0 (97.9%)   | 2.6 (99.1%) | 1.7 (98.7%)  | -6.7 (99.7%) |
| 2010/ 2 月 | MED  | 5.2 ( 100%)  | -1.4 ( 100%)  | .3 ( 100%)    | -1 ( 100%)   | 1.2 ( 100%) | -1.7 ( 100%) | 1.9 (100%)   |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | -2.4 (99.2%) | 4.9 (99.6%)   | -4.6 (99.9%)  | .9 (98.8%)   | 3.8 (25.8%) | 1.8 (98.9%)  | -5.2 (85.6%) |
| 2010/ 3 月 | MED  | 6.3 ( 100%)  | -2.3 ( 100%)  | .9 ( 100%)    | .2 ( 100%)   | 2.3 ( 100%) | -2.0 ( 100%) | 1.8 (100%)   |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | -1.8 (98.8%) | 5.6 (99.7%)   | -6.6 (99.0%)  | -8 (98.9%)   | 5.3 (22.5%) | 2.8 (99.2%)  | -5.9 (99.2%) |
| 2010/ 4 月 | MED  | 5.7 ( 100%)  | -.3 ( 100%)   | .4 ( 100%)    | .2 ( 100%)   | 2.4 ( 100%) | -1.8 ( 100%) | 1.9 (100%)   |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | -2.3 (98.5%) | 18.0 (99.1%)  | -3.5 (99.1%)  | -4 (99.2%)   | 5.7 (61.7%) | 4.9 (96.8%)  | -4.8 (97.3%) |
| 2010/ 5 月 | MED  | 4.3 ( 100%)  | .4 ( 100%)    | .0 ( 100%)    | -2 ( 100%)   | 2.1 ( 100%) | -1.2 ( 100%) | 1.8 (100%)   |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | -2.9 (97.5%) | 26.4 (99.2%)  | -.1 (99.6%)   | 1.0 (98.8%)  | 2.2 (98.2%) | 5.6 (98.3%)  | -1.7 (99.2%) |
| 2010/ 6 月 | MED  | 4.1 ( 100%)  | .1 ( 100%)    | .2 ( 100%)    | -.5 ( 100%)  | .5 ( 100%)  | -1.4 ( 100%) | 2.0 (100%)   |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | -2.3 (98.5%) | 27.9 (99.5%)  | -1.1 (99.5%)  | 3.1 (58.5%)  | 5.4 (98.9%) | 9.9 (98.1%)  | -1.7 (99.9%) |
| 2010/ 7 月 | MED  | 2.9 ( 100%)  | 1.7 ( 100%)   | 1.0 ( 100%)   | -.6 ( 100%)  | .9 ( 100%)  | -1.1 ( 100%) | 2.1 (100%)   |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | -4.2 (98.5%) | 21.4 (98.9%)  | -8.5 (98.3%)  | 6.7 (98.9%)  | 4.6 (98.5%) | 7.9 (92.9%)  | -4.5 (97.2%) |
| 2010/ 8 月 | MED  | 4.7 ( 100%)  | .5 ( 100%)    | .5 ( 100%)    | .0 ( 100%)   | 3.4 ( 100%) | -1.5 ( 100%) | 1.9 (100%)   |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | -6.5 (98.9%) | 11.2 (96.5%)  | -.8 (98.3%)   | 2.5 (99.2%)  | 4.1 (94.4%) | 4.8 (98.2%)  | 2.2 (95.3%)  |
| 2010/ 9 月 | MED  | 5.6 ( 100%)  | -1.1 ( 100%)  | 2.0 ( 100%)   | -1 ( 100%)   | 5.8 ( 100%) | -1.5 ( 100%) | 2.9 (100%)   |
| 2010/10 月 | OBS1 | -5.3 (99.3%) | -10.0 (95.3%) | -2.4 (95.6%)  | -7.1 (99.5%) | .1 (67.7%)  | 2.6 (87.5%)  | -1.4 (84.7%) |
| 2010/10 月 | MED  | 8.7 ( 100%)  | -4.8 ( 100%)  | 1.7 ( 100%)   | .4 ( 100%)   | 2.9 ( 100%) | -2.7 ( 100%) | 2.1 (100%)   |
| 2010/11 月 | OBS1 | -7.3 (98.6%) | -1.1 (94.9%)  | -14.4 (95.4%) | -5.4 (99.4%) | .9 (66.3%)  | 2.2 (79.7%)  | -3.5 (71.9%) |
| 2010/11 月 | MED  | 8.3 ( 100%)  | -2.1 ( 100%)  | -.2 ( 100%)   | .3 ( 100%)   | 3.8 ( 100%) | -2.7 ( 100%) | 1.5 (100%)   |

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站流 NS 資料

MED: 中尺度水動力模式預報流 NS 資料 單位 : cm/s

表33 2010 年每月七商港觀測及預報流場最大流速 (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        |
|-----------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 67.0 ( ENE) | 109.0(WSW)  | 98.0 ( SE)  | 53.0 (WSW)  | 58.0 ( N )  | 108.0( NE)  | 64.0 (S )  |
| 2009/12 月 | MED  | 90.0 ( NW)  | 39.4 ( SW)  | 17.9 ( NW)  | 5.0 ( SSW)  | 44.9 ( S )  | 104.0( ENE) | 33.5 (NNW) |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 66.0 ( E)   | 113.0(WSW)  | 79.0 ( SSE) | 72.0 ( W )  | 62.0 ( N )  | 109.0( NE)  | 80.0 (SE)  |
| 2010/ 1 月 | MED  | 89.2 ( NW)  | 37.8 ( SW)  | 18.8 ( NW)  | 4.7 ( SSW)  | 42.3 ( N )  | 109.4( ENE) | 35.4 (NNW) |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 60.0 ( ENE) | 117.0(WSW)  | 78.0 ( SE)  | 58.0 ( NE)  | 64.0 ( N )  | 95.0 ( NE)  | 42.0 (SE)  |
| 2010/ 2 月 | MED  | 91.7 ( NW)  | 32.2 ( SW)  | 18.7 ( NW)  | 4.2 ( SSW)  | 38.1 ( N )  | 108.1( ENE) | 36.3 (NNW) |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 59.0 ( E)   | 131.0( SW)  | 75.0 (NNW)  | 49.0 ( W )  | 55.0 (NNW)  | 99.0 ( NE)  | 64.0 (SSE) |
| 2010/ 3 月 | MED  | 93.7 ( NW)  | 42.2 ( SW)  | 22.4 ( NW)  | 3.4 ( S )   | 40.6 ( N )  | 107.7( ENE) | 37.1 (NNW) |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 60.0 ( E)   | 85.0 (WSW)  | 72.0 ( SE)  | 72.0 (WSW)  | 80.0 ( N )  | 103.0( ENE) | 55.0 (SE)  |
| 2010/ 4 月 | MED  | 89.1 ( NW)  | 29.6 ( NE)  | 21.2 ( NW)  | 3.6 ( SSW)  | 37.6 ( N )  | 102.2( ENE) | 35.6 (NNW) |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 49.0 ( W )  | 84.0 ( N )  | 83.0 ( NW)  | 41.0 (WSW)  | 78.0 ( S )  | 99.0 ( NE)  | 57.0 (ESE) |
| 2010/ 5 月 | MED  | 80.6 ( NW)  | 31.4 ( NE)  | 22.8 ( NW)  | 4.7 ( SSW)  | 39.5 ( N )  | 102.2( ENE) | 35.2 (NNW) |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 55.0 ( ENE) | 76.0 ( N )  | 115.0( NW)  | 42.0 ( ENE) | 59.0 (NNW)  | 99.0 ( NE)  | 64.0 (NW)  |
| 2010/ 6 月 | MED  | 81.7 ( NW)  | 35.8 ( NE)  | 20.1 ( NW)  | 5.8 ( S )   | 36.6 ( N )  | 105.9( ENE) | 34.6 (NNW) |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 54.0 (WSW)  | 93.0 ( NNE) | 115.0( NW)  | 71.0 ( N )  | 56.0 ( N )  | 107.0( NE)  | 70.0 (SE)  |
| 2010/ 7 月 | MED  | 87.6 ( NW)  | 34.3 ( NE)  | 25.2 ( NW)  | 6.0 ( S )   | 41.4 ( N )  | 106.1( ENE) | 36.6 (NNW) |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 62.0 ( W )  | 63.0 ( N )  | 117.0( NW)  | 82.0 (NNW)  | 52.0 (NNW)  | 118.0( NE)  | 70.0 (SE)  |
| 2010/ 8 月 | MED  | 90.0 ( NW)  | 34.1 ( NE)  | 18.8 ( NW)  | 4.0 ( SSW)  | 38.3 ( N )  | 107.1( ENE) | 36.4 (NNW) |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 158.0( S )  | 119.0( W )  | 140.0( NW)  | 75.0 ( E )  | 125.0( SSW) | 95.0 ( ENE) | 104.0(NNW) |
| 2010/ 9 月 | MED  | 94.1 ( NW)  | 37.0 ( SW)  | 39.2 ( SE)  | 4.0 ( SSW)  | 54.1 ( N )  | 106.2( ENE) | 42.1 (NNW) |
| 2010/10 月 | OBS1 | 64.0 ( S )  | 166.0(WSW)  | 143.0( NW)  | 90.0 (WSW)  | 58.0 ( N )  | 105.0(WSW)  | 84.0 (NW)  |
| 2010/10 月 | MED  | 92.8 ( NW)  | 51.2 ( SW)  | 41.9 ( NW)  | 4.8 ( SSW)  | 48.3 (WNW)  | 101.3( ENE) | 44.1 (NNW) |
| 2010/11 月 | OBS1 | 53.0 ( E)   | 103.0(WSW)  | 72.0 ( SE)  | 83.0 ( SW)  | 117.0( NW)  | 106.0( NE)  | 53.0 (SSE) |
| 2010/11 月 | MED  | 91.3 ( NW)  | 37.4 ( SW)  | 16.9 ( NW)  | 4.5 ( SSW)  | 39.6 ( N )  | 100.4( ENE) | 34.7 (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 34 2010 年每月七商港觀測及預報流場最大流速 (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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | OBS1 | 67.0 (17/10) | 109.0(16/11) | 98.0 (27/13) | 53.0 (30/19) | 58.0 (12/15) | 108.0(05/02) | 64.0 (06/03) |
| 2009/12 月 | MED  | 90.0 (04/09) | 39.4 (03/09) | 17.9 (03/20) | 5.0 (03/14)  | 44.9 (03/14) | 104.0(05/03) | 33.5 (04/08) |
| 2010/ 1 月 | OBS1 | 66.0 (06/14) | 113.0(12/12) | 79.0 (02/16) | 72.0 (25/15) | 62.0 (04/07) | 109.0(02/01) | 80.0 (27/12) |
| 2010/ 1 月 | MED  | 89.2 (31/08) | 37.8 (13/08) | 18.8 (31/20) | 4.7 (01/14)  | 42.3 (01/07) | 109.4(31/02) | 35.4 (31/07) |
| 2010/ 2 月 | OBS1 | 60.0 (03/00) | 117.0(16/10) | 78.0 (15/09) | 58.0 (21/10) | 64.0 (02/06) | 95.0 (03/03) | 42.0 (21/16) |
| 2010/ 2 月 | MED  | 91.7 (02/10) | 32.2 (16/10) | 18.7 (24/15) | 4.2 (12/13)  | 38.1 (01/09) | 108.1(01/03) | 36.3 (01/08) |
| 2010/ 3 月 | OBS1 | 59.0 (04/00) | 131.0(26/07) | 75.0 (05/14) | 49.0 (03/21) | 55.0 (02/04) | 99.0 (30/13) | 64.0 (24/21) |
| 2010/ 3 月 | MED  | 93.7 (29/07) | 42.2 (26/05) | 22.4 (13/18) | 3.4 (01/14)  | 40.6 (01/08) | 107.7(01/02) | 37.1 (02/08) |
| 2010/ 4 月 | OBS1 | 60.0 (15/22) | 85.0 (07/12) | 72.0 (12/22) | 72.0 (02/09) | 80.0 (03/21) | 103.0(01/14) | 55.0 (26/12) |
| 2010/ 4 月 | MED  | 89.1 (29/20) | 29.6 (30/16) | 21.2 (19/10) | 3.6 (29/01)  | 37.6 (30/21) | 102.2(28/13) | 35.6 (01/20) |
| 2010/ 5 月 | OBS1 | 49.0 (25/20) | 84.0 (23/13) | 83.0 (28/11) | 41.0 (24/03) | 78.0 (13/03) | 99.0 (15/13) | 57.0 (17/15) |
| 2010/ 5 月 | MED  | 80.6 (15/21) | 31.4 (28/15) | 22.8 (28/07) | 4.7 (30/03)  | 39.5 (01/21) | 102.2(28/14) | 35.2 (28/19) |
| 2010/ 6 月 | OBS1 | 55.0 (17/11) | 76.0 (10/12) | 115.0(28/12) | 42.0 (01/07) | 59.0 (04/09) | 99.0 (15/15) | 64.0 (24/18) |
| 2010/ 6 月 | MED  | 81.7 (14/21) | 35.8 (15/16) | 20.1 (28/08) | 5.8 (16/04)  | 36.6 (13/20) | 105.9(14/15) | 34.6 (14/20) |
| 2010/ 7 月 | OBS1 | 54.0 (18/16) | 93.0 (27/17) | 115.0(27/11) | 71.0 (31/12) | 56.0 (13/04) | 107.0(11/12) | 70.0 (16/04) |
| 2010/ 7 月 | MED  | 87.6 (13/21) | 34.3 (27/15) | 25.2 (14/08) | 6.0 (09/00)  | 41.4 (25/19) | 106.1(13/15) | 36.6 (13/20) |
| 2010/ 8 月 | OBS1 | 62.0 (04/21) | 63.0 (12/21) | 117.0(09/18) | 82.0 (17/15) | 52.0 (13/19) | 118.0(09/12) | 70.0 (27/03) |
| 2010/ 8 月 | MED  | 90.0 (12/21) | 34.1 (08/12) | 18.8 (11/08) | 4.0 (09/01)  | 38.3 (10/20) | 107.1(11/14) | 36.4 (11/20) |
| 2010/ 9 月 | OBS1 | 158.0(03/21) | 119.0(19/13) | 140.0(09/22) | 75.0 (19/17) | 125.0(19/06) | 95.0 (09/14) | 104.0(09/20) |
| 2010/ 9 月 | MED  | 94.1 (09/20) | 37.0 (19/17) | 39.2 (19/11) | 4.0 (19/10)  | 54.1 (20/17) | 106.2(09/14) | 42.1 (09/20) |
| 2010/10 月 | OBS1 | 64.0 (05/20) | 166.0(26/15) | 143.0(22/19) | 90.0 (15/01) | 58.0 (10/05) | 105.0(26/08) | 84.0 (23/06) |
| 2010/10 月 | MED  | 92.8 (09/08) | 51.2 (27/11) | 41.9 (22/18) | 4.8 (28/17)  | 48.3 (13/08) | 101.3(09/02) | 44.1 (23/06) |
| 2010/11 月 | OBS1 | 53.0 (07/10) | 103.0(15/19) | 72.0 (17/14) | 83.0 (15/02) | 117.0(03/14) | 106.0(07/01) | 53.0 (06/13) |
| 2010/11 月 | MED  | 91.3 (07/08) | 37.4 (09/11) | 16.9 (07/20) | 4.5 (25/16)  | 39.6 (06/07) | 100.4(07/02) | 34.7 (07/07) |

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35 2010 年每月七商港觀測及中尺度預報流速偏差統計表

| 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           |
|-----------|------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | 18.6 (98.3%)   | -23.3 (99.3%)  | -19.4 (99.6%)  | -12.7 (97.3%) | .8 (97.4%)     | 4.1 (99.5%)   | -1.2 (95.7%)  |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | 29.9 (98.3%)   | 32.1 (99.3%)   | 26.2 (99.6%)   | 15.5 (97.3%)  | 13.0 (97.4%)   | 23.0 (99.5%)  | 12.8 (95.7%)  |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | 70.0 (98.3%)   | -83.5 (99.3%)  | -92.5 (99.6%)  | -52.7 (97.3%) | -47.4 (97.4%)  | -61.7 (99.5%) | -40.3 (95.7%) |
| 2009/12 月 | 平均比值 | 4.1 (98.3%)    | .6 (99.3%)     | .5 (99.6%)     | .2 (97.3%)    | 1.9 (97.4%)    | 1.6 (99.5%)   | 1.5 (95.7%)   |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | 21.7 (98.5%)   | -24.1 (99.7%)  | -12.6 (99.2%)  | -15.0 (98.8%) | -.7 (97.6%)    | 7.6 (93.5%)   | 3.6 (93.8%)   |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | 31.5 (98.5%)   | 32.8 (99.7%)   | 18.9 (99.2%)   | 17.7 (98.8%)  | 13.7 (97.6%)   | 24.3 (93.5%)  | 11.6 (93.8%)  |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | 79.7 (98.5%)   | -97.9 (99.7%)  | -75.5 (99.2%)  | -51.5 (98.8%) | -46.3 (97.6%)  | 65.5 (93.5%)  | -63.5 (93.8%) |
| 2010/ 1 月 | 平均比值 | 4.7 (98.5%)    | .6 (99.7%)     | .7 (99.2%)     | .2 (98.8%)    | 1.6 (97.6%)    | 1.7 (93.5%)   | 1.9 (93.8%)   |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | 19.2 (98.8%)   | -24.5 (99.7%)  | -13.9 (99.7%)  | -13.4 (97.0%) | -1.6 (98.8%)   | 9.7 (98.7%)   | .3 (99.0%)    |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | 30.1 (98.8%)   | 33.6 (99.7%)   | 20.5 (99.7%)   | 16.2 (97.0%)  | 13.6 (98.8%)   | 24.3 (98.7%)  | 12.1 (99.0%)  |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | 74.6 (98.8%)   | -99.4 (99.7%)  | -68.7 (99.7%)  | -57.4 (97.0%) | -60.2 (98.8%)  | 59.0 (98.7%)  | -35.2 (99.0%) |
| 2010/ 2 月 | 平均比值 | 3.8 (98.8%)    | .5 (99.7%)     | .6 (99.7%)     | .2 (97.0%)    | 1.5 (98.8%)    | 2.1 (98.7%)   | 1.5 (99.0%)   |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | 21.4 (99.1%)   | -21.4 (99.6%)  | -13.1 (99.9%)  | -15.1 (98.5%) | -1.6 (25.8%)   | 9.3 (98.7%)   | .5 (85.6%)    |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | 33.1 (99.1%)   | 32.2 (99.6%)   | 20.0 (99.9%)   | 17.5 (98.5%)  | 14.3 (25.8%)   | 25.2 (98.7%)  | 11.7 (85.6%)  |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | 76.4 (99.1%)   | -114.3 (99.6%) | -74.1 (99.9%)  | -47.5 (98.5%) | -39.3 (25.8%)  | -64.8 (98.7%) | -50.0 (85.6%) |
| 2010/ 3 月 | 平均比值 | 4.3 (99.1%)    | .7 (99.6%)     | .7 (99.9%)     | .1 (98.5%)    | 2.0 (25.8%)    | 1.9 (98.7%)   | 1.5 (85.6%)   |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | 20.0 (98.3%)   | -18.7 (99.7%)  | -13.6 (99.0%)  | -15.6 (97.9%) | -2.4 (22.5%)   | 7.1 (99.2%)   | -.2 (99.2%)   |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | 31.8 (98.3%)   | 27.3 (99.7%)   | 20.8 (99.0%)   | 18.2 (97.9%)  | 13.6 (22.5%)   | 23.6 (99.2%)  | 11.6 (99.2%)  |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | 76.5 (98.3%)   | -72.9 (99.7%)  | -65.8 (99.0%)  | -71.1 (97.9%) | -50.6 (22.5%)  | -70.9 (99.2%) | -36.6 (99.2%) |
| 2010/ 4 月 | 平均比值 | 4.3 (98.3%)    | .7 (99.7%)     | .7 (99.0%)     | .1 (97.9%)    | 1.4 (22.5%)    | 1.8 (99.2%)   | 1.4 (99.2%)   |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | 21.2 (98.3%)   | -13.9 (99.1%)  | -13.3 (98.4%)  | -14.1 (97.8%) | -2.0 (61.6%)   | 6.6 (96.8%)   | -1.2 (97.3%)  |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | 31.4 (98.3%)   | 21.8 (99.1%)   | 20.2 (98.4%)   | 16.1 (97.8%)  | 15.8 (61.6%)   | 22.1 (96.8%)  | 11.9 (97.3%)  |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | 74.8 (98.3%)   | -75.7 (99.1%)  | -81.1 (98.4%)  | -39.8 (97.8%) | -65.6 (61.6%)  | 57.2 (96.8%)  | -38.6 (97.3%) |
| 2010/ 5 月 | 平均比值 | 4.5 (98.3%)    | .8 (99.1%)     | .6 (98.4%)     | .1 (97.8%)    | 1.6 (61.6%)    | 1.6 (96.8%)   | 1.4 (97.3%)   |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | 23.7 (96.8%)   | -21.7 (99.0%)  | -12.4 (99.6%)  | -11.4 (97.9%) | -2.1 (98.2%)   | 6.0 (98.1%)   | -2.1 (98.9%)  |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | 31.9 (96.8%)   | 27.2 (99.0%)   | 19.7 (99.6%)   | 13.7 (97.9%)  | 14.7 (98.2%)   | 22.3 (98.1%)  | 11.9 (98.9%)  |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | 75.7 (96.8%)   | -66.9 (99.0%)  | -112.7 (99.6%) | -39.2 (97.9%) | -57.4 (98.2%)  | 74.3 (98.1%)  | -48.9 (98.9%) |
| 2010/ 6 月 | 平均比值 | 5.4 (96.8%)    | .5 (99.0%)     | .7 (99.6%)     | .2 (97.9%)    | 1.7 (98.2%)    | 1.6 (98.1%)   | 1.3 (98.9%)   |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | 22.1 (98.4%)   | -18.0 (99.5%)  | -11.9 (99.5%)  | -14.4 (57.9%) | -1.9 (98.8%)   | 6.9 (98.0%)   | -2.6 (99.3%)  |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | 31.2 (98.4%)   | 25.6 (99.5%)   | 20.6 (99.5%)   | 19.3 (57.9%)  | 13.7 (98.8%)   | 25.6 (98.0%)  | 12.2 (99.3%)  |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | 84.6 (98.4%)   | -70.6 (99.5%)  | -110.1 (99.5%) | -70.8 (57.9%) | -44.5 (98.8%)  | -75.3 (98.0%) | -39.7 (99.3%) |
| 2010/ 7 月 | 平均比值 | 5.1 (98.4%)    | .7 (99.5%)     | .8 (99.5%)     | .2 (57.9%)    | 1.5 (98.8%)    | 1.9 (98.0%)   | 1.3 (99.3%)   |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | 20.8 (98.4%)   | -13.2 (98.9%)  | -24.1 (98.3%)  | -24.2 (98.7%) | -.3 (98.1%)    | 6.8 (92.7%)   | -6.4 (97.2%)  |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | 32.7 (98.4%)   | 19.9 (98.9%)   | 29.9 (98.3%)   | 30.0 (98.7%)  | 12.2 (98.1%)   | 26.3 (92.7%)  | 14.2 (97.2%)  |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | 84.3 (98.4%)   | -53.2 (98.9%)  | -109.7 (98.3%) | -81.3 (98.7%) | -42.0 (98.1%)  | -73.0 (92.7%) | -49.7 (97.2%) |
| 2010/ 8 月 | 平均比值 | 4.3 (98.4%)    | .8 (98.9%)     | .4 (98.3%)     | .1 (98.7%)    | 1.6 (98.1%)    | 1.8 (92.7%)   | 1.1 (97.2%)   |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | 19.0 (98.9%)   | -10.4 (96.5%)  | -30.9 (98.3%)  | -19.7 (98.1%) | -2.0 (94.3%)   | 13.0 (98.2%)  | -11.0 (88.6%) |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | 34.0 (98.9%)   | 19.7 (96.5%)   | 41.2 (98.3%)   | 24.5 (98.1%)  | 17.4 (94.3%)   | 28.4 (98.2%)  | 19.1 (88.6%)  |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | -138.4 (98.9%) | -106.8 (96.5%) | -127.7 (98.3%) | -73.7 (98.1%) | -109.3 (94.3%) | -73.1 (98.2%) | -81.9 (88.6%) |
| 2010/ 9 月 | 平均比值 | 4.7 (98.9%)    | .9 (96.5%)     | .4 (98.3%)     | .1 (98.1%)    | 1.7 (94.3%)    | 2.4 (98.2%)   | .9 (88.6%)    |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | 21.8 (99.1%)   | -33.8 (95.0%)  | -21.2 (95.6%)  | -23.4 (98.8%) | -1.6 (67.7%)   | 4.9 (87.5%)   | -5.2 (84.7%)  |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | 33.7 (99.1%)   | 47.8 (95.0%)   | 29.0 (95.6%)   | 29.0 (98.8%)  | 15.4 (67.7%)   | 26.1 (87.5%)  | 11.6 (84.7%)  |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | 87.8 (99.1%)   | -134.9 (95.0%) | -101.1 (95.6%) | -88.3 (98.8%) | -55.7 (67.7%)  | -70.3 (87.5%) | -44.4 (84.7%) |
| 2010/10 月 | 平均比值 | 4.4 (99.1%)    | .6 (95.0%)     | .4 (95.6%)     | .1 (98.8%)    | 1.5 (67.7%)    | 1.6 (87.5%)   | 1.0 (84.7%)   |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | 21.7 (98.6%)   | -21.8 (94.9%)  | -17.0 (95.3%)  | -22.3 (99.2%) | -3.4 (66.3%)   | 2.1 (79.7%)   | -.5 (71.8%)   |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | 32.4 (98.6%)   | 29.4 (94.9%)   | 22.4 (95.3%)   | 26.7 (99.2%)  | 17.2 (66.3%)   | 29.5 (79.7%)  | 7.6 (71.8%)   |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | 82.3 (98.6%)   | -98.6 (94.9%)  | -70.5 (95.3%)  | -81.3 (99.2%) | -114.6 (66.3%) | 72.9 (79.7%)  | -23.8 (71.8%) |
| 2010/11 月 | 平均比值 | 3.9 (98.6%)    | .6 (94.9%)     | .5 (95.3%)     | .1 (99.2%)    | 1.5 (66.3%)    | 1.6 (79.7%)   | 1.2 (71.8%)   |

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: cm/s

表36 2010 年每月七商港觀測及中尺度預報流向偏差統計表

| 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          |
|-----------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | 89.3 (98.0%) | 74.0 (98.9%) | 104.8(98.9%) | 84.2 (89.4%) | 94.2 (96.2%) | 36.6 (99.5%) | 49.6 (94.8%) |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | 102.2(98.0%) | 94.2 (98.9%) | 125.0(98.9%) | 96.3 (89.4%) | 110.5(96.2%) | 62.8 (99.5%) | 73.1 (94.8%) |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | 178.3(98.0%) | 179.7(98.9%) | 180.0(98.9%) | 179.9(89.4%) | 180.0(96.2%) | 179.7(99.5%) | 179.8(94.8%) |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | 90.4 (98.7%) | 77.6 (99.6%) | 100.7(98.9%) | 85.2 (89.5%) | 87.9 (96.9%) | 37.1 (93.7%) | 58.5 (93.4%) |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | 103.4(98.7%) | 94.5 (99.6%) | 119.9(98.9%) | 98.2 (89.5%) | 105.0(96.9%) | 62.7 (93.7%) | 81.0 (93.4%) |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | 179.9(98.7%) | 179.6(99.6%) | 180.0(98.9%) | 180.0(89.5%) | 180.0(96.9%) | 179.9(93.7%) | 180.0(93.4%) |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | 90.4 (99.6%) | 84.2 (99.4%) | 94.3 (98.7%) | 85.8 (91.1%) | 96.6 (98.2%) | 41.0 (98.5%) | 76.9 (99.0%) |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | 102.2(99.6%) | 102.3(99.4%) | 115.7(98.7%) | 98.2 (91.1%) | 112.1(98.2%) | 65.5 (98.5%) | 97.6 (99.0%) |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | 179.2(99.6%) | 179.9(99.4%) | 179.9(98.7%) | 179.3(91.1%) | 179.9(98.2%) | 179.7(98.5%) | 179.5(99.0%) |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | 89.1 (98.5%) | 82.4 (98.7%) | 91.7 (99.5%) | 89.6 (89.9%) | 85.3 (25.5%) | 38.5 (98.8%) | 62.7 (85.5%) |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | 100.6(98.5%) | 99.2 (98.7%) | 113.8(99.5%) | 102.2(89.9%) | 103.7(25.5%) | 63.6 (98.8%) | 82.8 (85.5%) |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | 179.0(98.5%) | 179.1(98.7%) | 179.9(99.5%) | 180.0(89.9%) | 179.3(25.5%) | 179.7(98.8%) | 179.9(85.5%) |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | 87.9 (98.8%) | 87.5 (98.6%) | 96.8 (98.6%) | 91.3 (89.7%) | 93.5 (22.1%) | 36.8 (99.2%) | 55.2 (98.8%) |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | 100.6(98.8%) | 103.7(98.6%) | 115.5(98.6%) | 105.7(89.7%) | 111.3(22.1%) | 62.5 (99.2%) | 74.1 (98.8%) |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | 177.7(98.8%) | 179.5(98.6%) | 179.9(98.6%) | 178.5(89.7%) | 179.6(22.1%) | 179.8(99.2%) | 179.8(98.8%) |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | 82.6 (98.3%) | 89.6 (98.4%) | 104.5(98.4%) | 94.9 (92.9%) | 96.3 (61.6%) | 36.2 (96.8%) | 69.5 (96.6%) |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | 95.3 (98.3%) | 104.6(98.4%) | 121.5(98.4%) | 107.2(92.9%) | 114.1(61.6%) | 61.1 (96.8%) | 88.0 (96.6%) |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | 179.2(98.3%) | 180.0(98.4%) | 179.9(98.4%) | 179.8(92.9%) | 179.6(61.6%) | 179.6(96.8%) | 179.8(96.6%) |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | 79.6 (97.4%) | 86.4 (98.8%) | 98.1 (99.4%) | 91.4 (95.4%) | 98.5 (96.7%) | 40.8 (98.2%) | 50.0 (98.8%) |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | 94.2 (97.4%) | 101.2(98.8%) | 116.1(99.4%) | 104.2(95.4%) | 114.1(96.7%) | 67.8 (98.2%) | 67.8 (98.8%) |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | 179.1(97.4%) | 179.8(98.8%) | 180.0(99.4%) | 179.6(95.4%) | 179.9(96.7%) | 179.0(98.2%) | 179.4(98.8%) |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | 79.7 (98.3%) | 86.1 (98.4%) | 96.7 (98.9%) | 96.7 (56.7%) | 96.8 (97.4%) | 39.0 (98.0%) | 50.5 (99.5%) |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | 93.4 (98.3%) | 102.5(98.4%) | 116.0(98.9%) | 107.7(56.7%) | 113.3(97.4%) | 63.6 (98.0%) | 67.4 (99.5%) |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | 179.9(98.3%) | 179.6(98.4%) | 180.0(98.9%) | 179.5(56.7%) | 179.8(97.4%) | 179.8(98.0%) | 179.5(99.5%) |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | 79.6 (98.3%) | 91.7 (97.7%) | 73.6 (98.0%) | 92.9 (94.9%) | 84.1 (97.0%) | 40.9 (92.7%) | 45.1 (96.8%) |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | 91.6 (98.3%) | 108.0(97.7%) | 94.1 (98.0%) | 104.9(94.9%) | 102.4(97.0%) | 65.1 (92.7%) | 63.1 (96.8%) |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | 179.8(98.3%) | 179.9(97.7%) | 180.0(98.0%) | 180.0(94.9%) | 179.6(97.0%) | 180.0(92.7%) | 177.6(96.8%) |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | 82.1 (98.6%) | 85.0 (95.4%) | 81.2 (98.1%) | 84.4 (92.9%) | 84.5 (92.6%) | 45.3 (98.1%) | 43.7 (88.5%) |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | 93.9 (98.6%) | 99.6 (95.4%) | 103.5(98.1%) | 97.6 (92.9%) | 102.3(92.6%) | 68.6 (98.1%) | 63.2 (88.5%) |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | 179.1(98.6%) | 179.9(95.4%) | 179.9(98.1%) | 180.0(92.9%) | 179.9(92.6%) | 180.0(98.1%) | 179.9(88.5%) |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | 83.9 (99.1%) | 70.8 (95.0%) | 83.4 (95.4%) | 86.2 (86.6%) | 99.4 (67.1%) | 48.3 (87.5%) | 40.3 (84.3%) |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | 94.6 (99.1%) | 87.8 (95.0%) | 105.1(95.4%) | 100.9(86.6%) | 113.5(67.1%) | 75.0 (87.5%) | 56.3 (84.3%) |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | 179.5(99.1%) | 179.8(95.0%) | 179.7(95.4%) | 179.3(86.6%) | 179.8(67.1%) | 179.8(87.5%) | 179.0(84.3%) |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | 92.5 (98.6%) | 83.5 (94.3%) | 83.2 (95.1%) | 78.5 (87.6%) | 83.8 (65.3%) | 52.8 (79.6%) | 37.3 (71.4%) |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | 102.9(98.6%) | 100.6(94.3%) | 109.5(95.1%) | 92.7 (87.6%) | 99.5 (65.3%) | 83.2 (79.6%) | 53.0 (71.4%) |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | 179.3(98.6%) | 179.8(94.3%) | 180.0(95.1%) | 179.8(87.6%) | 179.6(65.3%) | 180.0(79.6%) | 174.8(71.4%) |

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



表37 2010 年每月七商港觀測及中尺度預報流速東西分量偏差統計表

| 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           |
|-----------|------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | -16.5 (98.0%)  | 24.5 (98.5%)  | -6.7 (98.4%)  | 3.2 (86.8%)   | 2.9 (95.0%)   | .6 (99.3%)    | -3.4 (94.1%)  |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | 45.2 (98.0%)   | 33.4 (98.5%)  | 18.3 (98.4%)  | 14.0 (86.8%)  | 9.9 (95.0%)   | 27.3 (99.3%)  | 8.2 (94.1%)   |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | -111.9 (98.0%) | 78.9 (98.5%)  | -71.2 (98.4%) | 51.1 (86.8%)  | 44.3 (95.0%)  | 100.8 (99.3%) | -38.7 (94.1%) |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | -15.9 (97.7%)  | 22.0 (99.3%)  | -5.9 (98.4%)  | 2.2 (87.9%)   | 4.3 (95.8%)   | 3.7 (93.5%)   | -4.1 (92.7%)  |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | 44.9 (97.7%)   | 33.0 (99.3%)  | 15.9 (98.4%)  | 15.6 (87.9%)  | 11.8 (95.8%)  | 30.2 (93.5%)  | 7.6 (92.7%)   |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | -120.1 (97.7%) | 90.0 (99.3%)  | -49.4 (98.4%) | 49.2 (87.9%)  | 51.1 (95.8%)  | 87.4 (93.5%)  | -46.4 (92.7%) |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | -13.0 (98.2%)  | 17.8 (99.3%)  | -3.6 (98.5%)  | .5 (86.5%)    | 3.8 (96.7%)   | 3.1 (98.4%)   | .8 (98.4%)    |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | 44.8 (98.2%)   | 32.5 (99.3%)  | 17.5 (98.5%)  | 14.2 (86.5%)  | 11.8 (96.7%)  | 30.7 (98.4%)  | 9.5 (98.4%)   |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | -116.5 (98.2%) | 93.6 (99.3%)  | -50.8 (98.5%) | 55.6 (86.5%)  | 53.6 (96.7%)  | 103.7 (98.4%) | 39.8 (98.4%)  |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | -14.1 (98.1%)  | 15.9 (98.7%)  | -2.7 (99.1%)  | -.1 (86.8%)   | 1.4 (25.4%)   | .9 (98.7%)    | .2 (84.7%)    |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | 45.6 (98.1%)   | 30.4 (98.7%)  | 16.8 (99.1%)  | 15.2 (86.8%)  | 8.7 (25.4%)   | 29.8 (98.7%)  | 9.5 (84.7%)   |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | -120.1 (98.1%) | 104.6 (98.7%) | -56.4 (99.1%) | 48.4 (86.8%)  | 30.4 (25.4%)  | 93.8 (98.7%)  | -36.0 (84.7%) |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | -14.3 (98.3%)  | 14.5 (98.5%)  | -2.8 (97.9%)  | 1.8 (88.5%)   | 2.6 (22.1%)   | 2.0 (99.0%)   | -1.0 (98.3%)  |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | 44.2 (98.3%)   | 27.9 (98.5%)  | 15.5 (97.9%)  | 15.2 (88.5%)  | 9.5 (22.1%)   | 28.7 (99.0%)  | 8.5 (98.3%)   |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | -110.6 (98.3%) | 78.0 (98.5%)  | -47.0 (97.9%) | 63.4 (88.5%)  | 33.4 (22.1%)  | 100.0 (99.0%) | -35.7 (98.3%) |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | -8.6 (97.8%)   | 5.9 (98.0%)   | -1.5 (97.2%)  | .5 (88.6%)    | 1.1 (60.9%)   | 2.0 (96.5%)   | -5.6 (96.2%)  |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | 37.8 (97.8%)   | 15.6 (98.0%)  | 17.0 (97.2%)  | 13.9 (88.6%)  | 10.4 (60.9%)  | 26.9 (96.5%)  | 12.9 (96.2%)  |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | -87.9 (97.8%)  | 50.3 (98.0%)  | 55.5 (97.2%)  | 38.5 (88.6%)  | -40.9 (60.9%) | 103.9 (96.5%) | -41.0 (96.2%) |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | -6.8 (96.3%)   | 7.3 (98.5%)   | 3.4 (98.9%)   | -2.6 (88.9%)  | 1.7 (95.4%)   | 2.5 (97.9%)   | 1.1 (98.3%)   |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | 34.7 (96.3%)   | 17.7 (98.5%)  | 15.9 (98.9%)  | 11.7 (88.9%)  | 11.3 (95.4%)  | 29.5 (97.9%)  | 10.4 (98.3%)  |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | -102.6 (96.3%) | 69.4 (98.5%)  | 74.9 (98.9%)  | -37.3 (88.9%) | -51.0 (95.4%) | 99.5 (97.9%)  | 38.5 (98.3%)  |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | -.8 (97.3%)    | 1.9 (98.3%)   | 1.9 (98.1%)   | -4.4 (52.3%)  | .2 (96.6%)    | -2.0 (97.8%)  | -.5 (98.7%)   |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | 33.9 (97.3%)   | 12.2 (98.3%)  | 15.1 (98.1%)  | 16.9 (52.3%)  | 10.4 (96.6%)  | 28.0 (97.8%)  | 12.3 (98.7%)  |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | -96.1 (97.3%)  | 36.0 (98.3%)  | 78.5 (98.1%)  | -60.9 (52.3%) | 40.8 (96.6%)  | 81.9 (97.8%)  | 42.7 (98.7%)  |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | 1.2 (97.7%)    | .8 (97.3%)    | 4.4 (97.7%)   | -4.6 (87.0%)  | 2.8 (95.8%)   | 1.3 (92.6%)   | -2.3 (96.4%)  |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | 35.3 (97.7%)   | 12.3 (97.3%)  | 20.4 (97.7%)  | 23.5 (87.0%)  | 10.3 (95.8%)  | 30.9 (92.6%)  | 13.7 (96.4%)  |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | -93.5 (97.7%)  | 41.6 (97.3%)  | 75.9 (97.7%)  | -72.4 (87.0%) | 39.6 (95.8%)  | 94.6 (92.6%)  | -48.9 (96.4%) |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | -1.0 (98.2%)   | 4.4 (95.3%)   | 13.2 (97.8%)  | -5.3 (90.3%)  | 2.2 (91.3%)   | 6.5 (97.6%)   | .2 (88.2%)    |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | 35.8 (98.2%)   | 17.4 (95.3%)  | 31.0 (97.8%)  | 20.4 (90.3%)  | 12.0 (91.3%)  | 35.8 (97.6%)  | 16.9 (88.2%)  |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | -87.6 (98.2%)  | 111.0 (95.3%) | 106.0 (97.8%) | -74.6 (90.3%) | 59.3 (91.3%)  | 118.9 (97.6%) | 67.2 (88.2%)  |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | -9.0 (98.3%)   | 35.1 (94.5%)  | 7.4 (94.9%)   | 1.5 (86.0%)   | 5.6 (66.5%)   | 10.2 (87.2%)  | 2.5 (83.6%)   |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | 37.2 (98.3%)   | 47.7 (94.5%)  | 22.5 (94.9%)  | 23.0 (86.0%)  | 14.4 (66.5%)  | 38.3 (87.2%)  | 12.6 (83.6%)  |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | -111.8 (98.3%) | 131.0 (94.5%) | 76.5 (94.9%)  | -86.6 (86.0%) | -51.3 (66.5%) | 137.0 (87.2%) | 43.4 (83.6%)  |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | -8.5 (98.2%)   | 21.8 (93.9%)  | -8.9 (94.4%)  | 3.5 (87.5%)   | 6.9 (64.7%)   | 2.3 (79.6%)   | .3 (71.3%)    |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | 39.4 (98.2%)   | 30.3 (93.9%)  | 16.6 (94.4%)  | 21.4 (87.5%)  | 17.9 (64.7%)  | 38.8 (79.6%)  | 7.9 (71.3%)   |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | -100.3 (98.2%) | 90.6 (93.9%)  | -50.2 (94.4%) | -68.6 (87.5%) | 88.0 (64.7%)  | 105.4 (79.6%) | 26.5 (71.3%)  |

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位 : cm/s

表 38 2010 年每月七商港觀測及中尺度預報流速南北分量偏差統計表

| 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           |
|-----------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2009/12 月 | 平均偏差 | 8.0 (97.4%)   | 4.8 (98.7%)   | 15.6 (99.2%)  | .6 (96.5%)    | -.3 (96.6%)   | -2.8 (98.8%)  | 8.3 (94.9%)   |
| 2009/12 月 | 標準偏差 | 25.0 (97.4%)  | 21.2 (98.7%)  | 28.9 (99.2%)  | 8.3 (96.5%)   | 21.2 (96.6%)  | 11.1 (98.8%)  | 16.4 (94.9%)  |
| 2009/12 月 | 最大偏差 | 58.9 (97.4%)  | -59.9 (98.7%) | 80.2 (99.2%)  | -39.0 (96.5%) | -69.1 (96.6%) | 40.9 (98.8%)  | 48.3 (94.9%)  |
| 2010/ 1 月 | 平均偏差 | 8.8 (97.3%)   | -3.7 (98.9%)  | 11.7 (98.7%)  | -1.3 (97.7%)  | -.1 (96.9%)   | -2.5 (93.5%)  | 6.4 (93.4%)   |
| 2010/ 1 月 | 標準偏差 | 25.9 (97.3%)  | 23.8 (98.9%)  | 22.0 (98.7%)  | 10.1 (97.7%)  | 21.9 (96.9%)  | 10.4 (93.5%)  | 15.8 (93.4%)  |
| 2010/ 1 月 | 最大偏差 | 58.3 (97.3%)  | -64.9 (98.9%) | 68.2 (98.7%)  | -36.1 (97.7%) | -71.0 (96.9%) | -31.6 (93.5%) | -48.0 (93.4%) |
| 2010/ 2 月 | 平均偏差 | 7.5 (97.5%)   | -5.5 (99.6%)  | 8.4 (98.5%)   | -.1 (95.1%)   | -1.3 (97.8%)  | -3.2 (97.6%)  | 8.8 (98.5%)   |
| 2010/ 2 月 | 標準偏差 | 24.7 (97.5%)  | 26.2 (99.6%)  | 22.5 (98.5%)  | 9.4 (95.1%)   | 22.8 (97.8%)  | 10.5 (97.6%)  | 19.9 (98.5%)  |
| 2010/ 2 月 | 最大偏差 | 69.9 (97.5%)  | -68.5 (99.6%) | 70.8 (98.5%)  | 38.5 (95.1%)  | -67.2 (97.8%) | -38.3 (97.6%) | -49.1 (98.5%) |
| 2010/ 3 月 | 平均偏差 | 8.2 (97.3%)   | -7.1 (99.3%)  | 5.4 (98.5%)   | -.8 (96.6%)   | -1.9 (25.8%)  | -3.8 (97.8%)  | 6.9 (85.1%)   |
| 2010/ 3 月 | 標準偏差 | 26.9 (97.3%)  | 25.7 (99.3%)  | 22.2 (98.5%)  | 10.9 (96.6%)  | 23.3 (25.8%)  | 11.3 (97.8%)  | 17.5 (85.1%)  |
| 2010/ 3 月 | 最大偏差 | 64.7 (97.3%)  | -72.0 (99.3%) | -73.5 (98.5%) | -36.3 (96.6%) | -69.3 (25.8%) | -36.8 (97.8%) | -53.0 (85.1%) |
| 2010/ 4 月 | 平均偏差 | 7.6 (97.2%)   | -5.8 (99.0%)  | 7.0 (98.5%)   | 1.0 (96.3%)   | -3.7 (22.4%)  | -4.6 (99.0%)  | 7.9 (98.8%)   |
| 2010/ 4 月 | 標準偏差 | 25.9 (97.2%)  | 22.6 (99.0%)  | 23.4 (98.5%)  | 12.2 (96.3%)  | 22.3 (22.4%)  | 10.5 (99.0%)  | 15.8 (98.8%)  |
| 2010/ 4 月 | 最大偏差 | 57.2 (97.2%)  | -65.7 (99.0%) | 65.2 (98.5%)  | 35.5 (96.3%)  | -50.4 (22.4%) | 35.7 (99.0%)  | -45.6 (98.8%) |
| 2010/ 5 月 | 平均偏差 | 6.7 (96.8%)   | -17.8 (98.4%) | 3.5 (97.8%)   | .2 (97.0%)    | -4.1 (61.4%)  | -5.8 (96.4%)  | 6.5 (96.6%)   |
| 2010/ 5 月 | 標準偏差 | 24.7 (96.8%)  | 27.2 (98.4%)  | 22.6 (97.8%)  | 11.0 (97.0%)  | 26.4 (61.4%)  | 11.4 (96.4%)  | 17.2 (96.6%)  |
| 2010/ 5 月 | 最大偏差 | 60.5 (96.8%)  | -76.8 (98.4%) | -66.6 (97.8%) | -28.6 (97.0%) | 95.9 (61.4%)  | 41.3 (96.4%)  | 45.9 (96.6%)  |
| 2010/ 6 月 | 平均偏差 | 6.7 (95.4%)   | -26.6 (98.2%) | .3 (99.0%)    | -1.5 (95.7%)  | -2.2 (96.8%)  | -7.1 (97.6%)  | 3.7 (98.8%)   |
| 2010/ 6 月 | 標準偏差 | 24.1 (95.4%)  | 33.8 (98.2%)  | 21.5 (99.0%)  | 10.4 (95.7%)  | 24.4 (96.8%)  | 12.0 (97.6%)  | 14.5 (98.8%)  |
| 2010/ 6 月 | 最大偏差 | 54.1 (95.4%)  | -73.9 (98.2%) | -84.2 (99.0%) | -30.2 (95.7%) | 81.4 (96.8%)  | -36.6 (97.6%) | -47.6 (98.8%) |
| 2010/ 7 月 | 平均偏差 | 4.7 (97.7%)   | -26.2 (99.5%) | 2.1 (98.4%)   | -3.9 (56.3%)  | -4.5 (98.3%)  | -10.9 (97.3%) | 3.7 (98.7%)   |
| 2010/ 7 月 | 標準偏差 | 25.1 (97.7%)  | 32.8 (99.5%)  | 22.8 (98.4%)  | 13.4 (56.3%)  | 24.3 (98.3%)  | 15.1 (97.3%)  | 13.6 (98.7%)  |
| 2010/ 7 月 | 最大偏差 | 69.1 (97.7%)  | -83.2 (99.5%) | -90.1 (98.4%) | -71.0 (56.3%) | -78.7 (98.3%) | -43.4 (97.3%) | -42.1 (98.7%) |
| 2010/ 8 月 | 平均偏差 | 8.9 (97.7%)   | -20.8 (98.4%) | 9.0 (97.8%)   | -6.8 (96.0%)  | -1.2 (97.4%)  | -9.4 (92.6%)  | 6.3 (96.8%)   |
| 2010/ 8 月 | 標準偏差 | 26.8 (97.7%)  | 27.7 (98.4%)  | 27.4 (97.8%)  | 20.7 (96.0%)  | 19.7 (97.4%)  | 15.0 (92.6%)  | 13.8 (96.8%)  |
| 2010/ 8 月 | 最大偏差 | 64.4 (97.7%)  | -74.1 (98.4%) | -86.4 (97.8%) | -78.6 (96.0%) | -63.2 (97.4%) | -47.9 (92.6%) | -44.6 (96.8%) |
| 2010/ 9 月 | 平均偏差 | 11.8 (98.1%)  | -12.3 (95.7%) | 2.8 (98.2%)   | -2.4 (96.3%)  | 2.1 (94.0%)   | -6.3 (97.8%)  | 1.0 (88.5%)   |
| 2010/ 9 月 | 標準偏差 | 31.7 (98.1%)  | 22.6 (95.7%)  | 34.2 (98.2%)  | 15.7 (96.3%)  | 24.7 (94.0%)  | 12.9 (97.8%)  | 16.0 (88.5%)  |
| 2010/ 9 月 | 最大偏差 | 147.6 (98.1%) | -64.2 (95.7%) | -92.8 (98.2%) | -51.3 (96.3%) | 95.2 (94.0%)  | -49.6 (97.8%) | -60.1 (88.5%) |
| 2010/10 月 | 平均偏差 | 14.1 (98.4%)  | 5.3 (94.2%)   | 4.1 (94.6%)   | 7.6 (95.8%)   | 2.2 (67.6%)   | -5.4 (87.2%)  | 3.9 (84.3%)   |
| 2010/10 月 | 標準偏差 | 28.8 (98.4%)  | 23.4 (94.2%)  | 26.5 (94.6%)  | 19.9 (95.8%)  | 24.9 (67.6%)  | 12.7 (87.2%)  | 10.6 (84.3%)  |
| 2010/10 月 | 最大偏差 | 92.4 (98.4%)  | -64.0 (94.2%) | 80.5 (94.6%)  | 71.8 (95.8%)  | -59.9 (67.6%) | -38.0 (87.2%) | 39.0 (84.3%)  |
| 2010/11 月 | 平均偏差 | 15.7 (97.9%)  | -1.1 (94.2%)  | 14.4 (94.9%)  | 5.5 (96.4%)   | 3.4 (65.7%)   | -5.1 (79.4%)  | 4.8 (71.5%)   |
| 2010/11 月 | 標準偏差 | 28.9 (97.9%)  | 22.6 (94.2%)  | 22.8 (94.9%)  | 17.9 (96.4%)  | 22.3 (65.7%)  | 16.3 (79.4%)  | 9.2 (71.5%)   |
| 2010/11 月 | 最大偏差 | 66.2 (97.9%)  | -64.7 (94.2%) | 60.3 (94.9%)  | 57.0 (96.4%)  | 92.9 (65.7%)  | -45.3 (79.4%) | -25.0 (71.5%) |

[註]: 偏差=預報值-觀測值, 單位 : cm/s

## 附錄 IV

### 期末報告審查意見處理情形表

# 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(4/4)

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                         | 處理情形                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>一、梁乃匡委員</p> <p>1. 本計畫執行內容龐大，參與人員也很多，是港研中心指標性的計畫，對近岸防救災預警系統很有幫助。</p>                                                                                                                                                                                                    | <p>1. 感謝委員嘉許。</p>                                                                                                                                                      |
| <p>二、郭一羽委員</p> <p>1. 重點是資料的可靠性和有用性，故資料的正確性判斷與使用者的要求要持續進行。。</p> <p>2. 海嘯的模擬必需同時考慮發生來源地點的可能性。</p> <p>3. 「近岸」防災有否考慮陸地上的淹水模擬？</p> <p>4. 本計畫對海岸防災非常重要，內容考慮週全。</p> <p>5. 系統整合的介面要特別留意。</p>                                                                                      | <p>1. 謝謝委員意見，將持續進行相關作業化評估增加資料可靠性和有用性。</p> <p>2. 謝謝委員意見，後續計畫依委員意見修正。</p> <p>3. 目前本計畫主要以近岸海域及港區為主，並未考慮陸域淹水模擬。</p> <p>4. 感謝委員肯定。</p> <p>5. 謝謝委員意見，系統整合介面為本計畫重點，將持續留意。</p> |
| <p>二、莊甲子委員</p> <p>1. 本研究為建立一套適用於台灣海域之近岸海域防救災預警系統以達成政府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之政策，四年研究成果可謂已達成本方案之目標。值得肯定。</p> <p>2. 本研究已建立了多項本土化之預報模式如波浪、水位等，可迅速提供港口航運安全及海岸溢淹等之預警資訊，研究成效顯著。</p> <p>3. 基隆港之波高與波向模擬與實測結果（圖 3.4.11 及圖 3.4.12）比較其相關性尚不甚理想。其可能產生誤差原因建議作進一步之研究。</p> | <p>1. 感謝委員嘉許。</p> <p>2. 感謝委員嘉許。</p> <p>3. 謝謝委員意見，目前評估結果為基隆港受外海地形及龜山島影響，故外海與港口前計算相關性較不理想，後續計畫仍將進一步改善。</p>                                                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>4. 部分文章中之文號與圖號不符（如 p3-78，p3-79，p3-80，p4-13，p5-44 等）建議更正。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>4. 依委員意見修正。</p>                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>四、陳文俊委員</p> <p>1. SWAN 模式風場於實際應用上能否採用中央氣象局於颱風發佈後之風場之模擬風浪？</p> <p>2. 近岸防災以小區域模式之模擬結果為主要之參考依據，未來可加強小區域模式之驗證與改良。</p> <p>3. 震源於東部對台中港之影響比西部震源大，原因為何？建議敘述，另外 8 級地震對台中港最大僅 2.8 公分，如此是否表示 8 級以下對台中港不會造成影響？花蓮港最大水位到達時間為 13.5 分鐘建議敘述預先防災之需要敘述，以免不及因應。</p> <p>4. 作業化展示中建議加入其防災預警之功能，以突顯與本案之連結。</p> <p>5. 本案內容豐碩，執行成果甚多，且已能提供各港作為預警查詢，具應用價值。</p> <p>6. 加強於近岸防救災預警系統方面之敘述與成果具焦。</p> | <p>1. 謝謝委員意見，目前 SWAN 模式實際應用以中央氣象局每日預報之風場推算，颱風期間風場亦包含其中。</p> <p>2. 謝謝委員意見，後續計畫將加強小區域模式之驗證。</p> <p>3. 謝謝委員意見。此為近域海嘯情境模擬探討，主要假設震央位置位西南及東部外海影響，各港口水位變化及最大水位到達時間。而真實情形仍受地震不同參數影響。</p> <p>4. 依委員意見修正。</p> <p>5. 感謝委員嘉許。</p> <p>6. 依委員意見修正。</p> |
| <p>五、江文山委員</p> <p>1. p1-1 倒數第二行文字錯誤。</p> <p>2. p1-2 “本所”未定義，“不足為憑”言重了。</p> <p>3. p3-1 “圖 2.4 與圖 2.5”錯誤</p> <p>4. p3-31 圖軸說明錯誤。</p> <p>5. p3-48 表中是否排除颱風條件。</p> <p>6. p3-60 安平漁港已打通，其對流場會有影響。</p> <p>7. p3-69-p3-72 比較的前提條件請說明。</p>                                                                                                                                         | <p>1. 依委員意見修正。</p> <p>2. 依委員意見修正。</p> <p>3. 依委員意見修正。</p> <p>4. 依委員意見修正。</p> <p>5. 謝謝委員意見，目前僅整理夏季季風期間 7 月份資料，尚未排除颱風條件。</p> <p>6. 謝謝委員意見，後續計畫內將調整安平港整體配置。</p> <p>7. 謝謝委員意見，依委員意見修正。</p>                                                    |

|                                                                 |              |
|-----------------------------------------------------------------|--------------|
| 8. 3.4 節中圖表號錯誤。                                                 | 8. 依委員意見修正。  |
| 9. p3-91 基隆港內西 18、19 碼頭延建港內波浪討論，若能配合實測結果更完整。                    | 9. 依委員意見修正。  |
| 10. p4-6 海流模式中，並無洋流輸入，因此 p1-5 文字應做修正。                           | 10. 依委員意見修正。 |
| 11. p4-34 圖錯誤。                                                  | 11. 依委員意見修正。 |
| 12. 計畫內容詳實、完整，值得肯定。                                             | 12. 感謝委員嘉許。  |
| <p>六、主席裁示：</p> <p>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。</p> |              |

## 附錄 V

### 期末簡報

# 臺灣近岸防救災預警系統技術與 作業化之研究(4/4)

邱永芳、蘇青和、李俊穎

簡報日期：100年3月2日

1

## 臺灣近岸防救災預警系統技術與 作業化之研究(4/4)

- 1、前言
- 2、港區海氣象現場觀測
- 3、風場模式
- 4、波浪模式
- 4、水位及流場模式
- 5、海嘯模式
- 6、線上預報作業及網頁展示

2



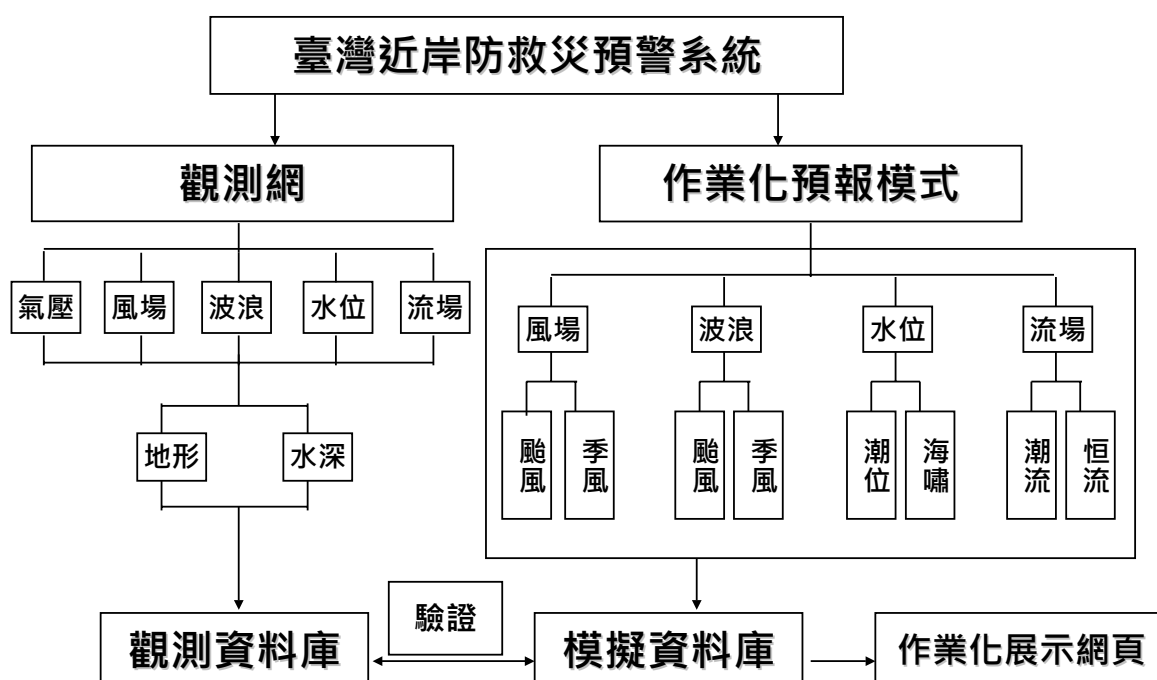
## 前言

- 目的：建立適用於臺灣海象預警系統。
  - 建立區域性之風浪模式，提供港口航運安全所需之風浪參考預警資訊。
  - 建立區域性之水位模式，提供海岸溢淹之參考預警資訊。
  - 建立區域性之流場模式，提供緊急海難、港口航運安全所需之流場參考預警資訊。
  - 建立海嘯模式，提供港口海嘯預警資訊
  - 配合本所港灣環境資訊網業務，建立近岸防救災預報系統，並透過網路資訊系統界面，以利各界之使用。

3

## 前言

- 系統架構



4

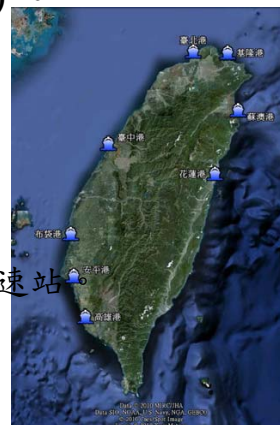
## 前言

- 研究重點：
  - 精進主要商港海氣象數值預報系統。
    - 以基隆港為今年度主要改善目標
  - 建置主要商港海嘯預警早期預報系統。
  - 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。

5

## 港區海氣象現場觀測

- 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。
    - 觀測樁設即時監測站(AWCP:波、潮、流)及風速站。
    - 港內另設潮位站。
    - 每小時回傳中心。
  - 布袋港
    - 自記式觀測站(AWCP:波、潮、流)
    - 港內另設風速站及潮位站。(目前非即時監測)。



6

## 港區海氣象現場觀測



臺北港



基隆港



蘇澳港



安平港



花蓮港



臺中港



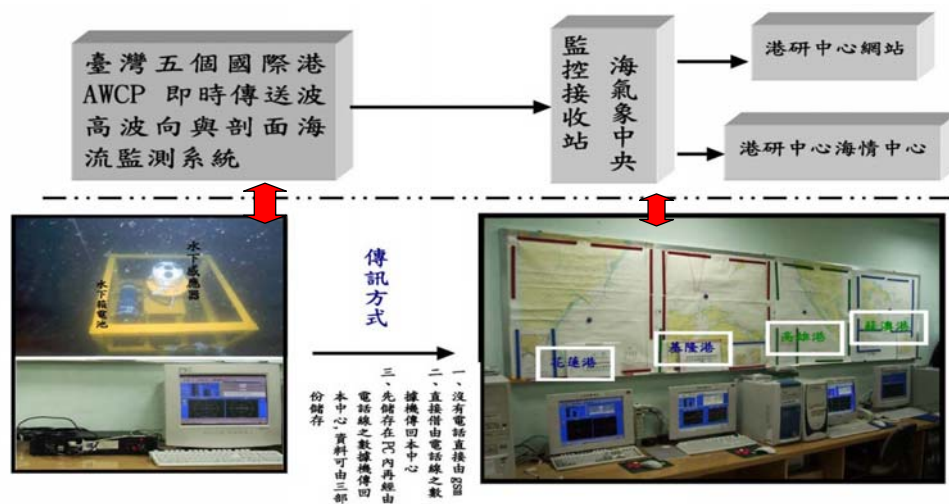
布袋港



高雄港

## 港區海氣象現場觀測

### 即時監測系統示意圖



## 風場及氣壓模式

- 海面風場及氣壓場：
  - 中央氣象局NFS預報風場及氣壓模式提供三種不同尺度(RC 45km,MC 15km,HC 5km)。
  - 目前主要採用RC及MC風場，內插後作為各港風場預報資料與推算風浪及氣象潮位。

9

## 風場及氣壓模式

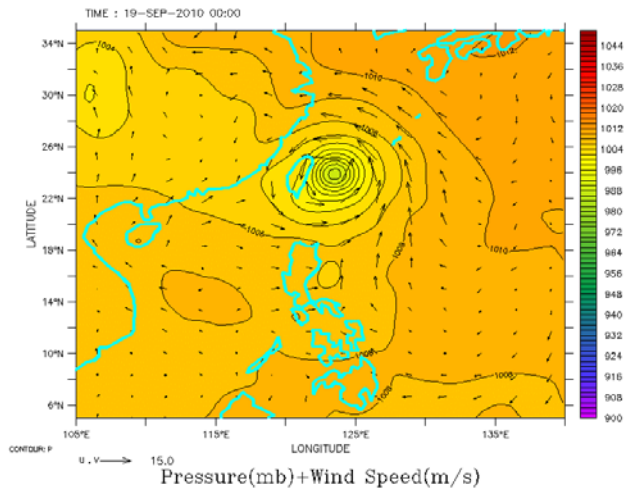
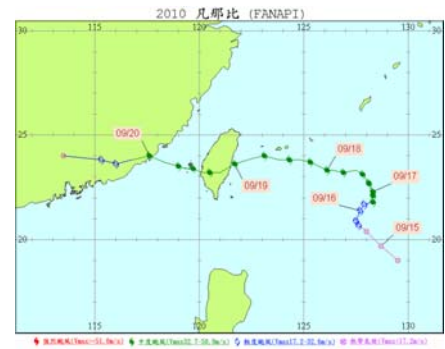
### • 2010年侵臺颱風記錄表

| 編號   | 中文名稱       | 英文名稱     | 警報期間        | 近台強度 | 侵台路徑分類 | 近台近中心最低氣壓(hPa) | 近台近中心最大風速(m/s) | 七級風暴風半徑(km) | 十級風暴風半徑(km) | 警報發布報數 |
|------|------------|----------|-------------|------|--------|----------------|----------------|-------------|-------------|--------|
| 1006 | <u>萊羅克</u> | LIONROCK | 08/31~09/02 | 輕度   | 9      | 990.0          | 23.0           | 100         | --          | 15     |
| 1008 | <u>南修</u>  | NAMTHEUN | 08/30~08/31 | 輕度   | --     | 995.0          | 18.0           | 80          | --          | 9      |
| 1010 | <u>莫蘭蒂</u> | MERANTI  | 09/09~09/10 | 輕度   | --     | 990.0          | 23.0           | 100         | --          | 10     |
| 1011 | <u>凡那比</u> | FANAPI   | 09/17~09/20 | 中度   | 4      | 940.0          | 45.0           | 200         | 80          | 22     |
| 1013 | <u>梅姬</u>  | MEGI     | 10/21~10/23 | 中度   | 9      | 935.0          | 48.0           | 250         | 100         | 24     |

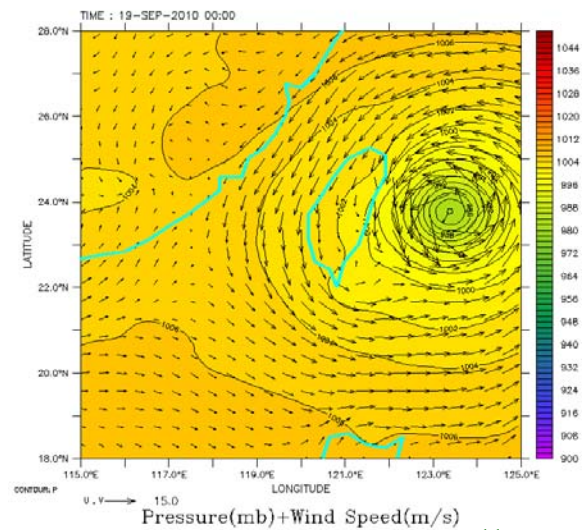
10

## 風場及氣壓模式

### • 凡那比颱風



RC(20100919~20100921)

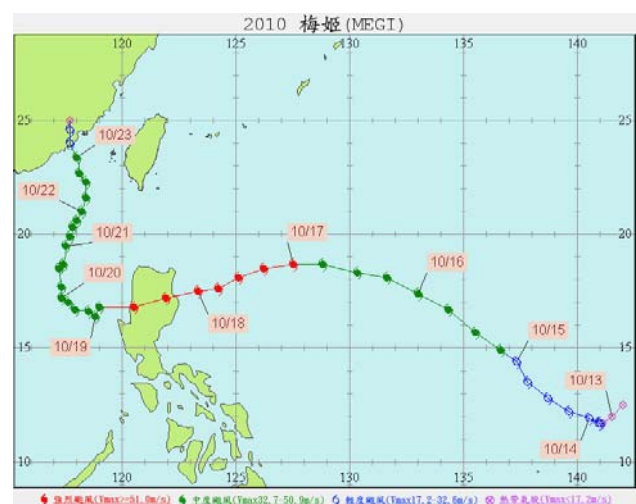


MC(20100919~20100921)

11

## 風場及氣壓模式

### • 梅姬 – 10/21~10/23



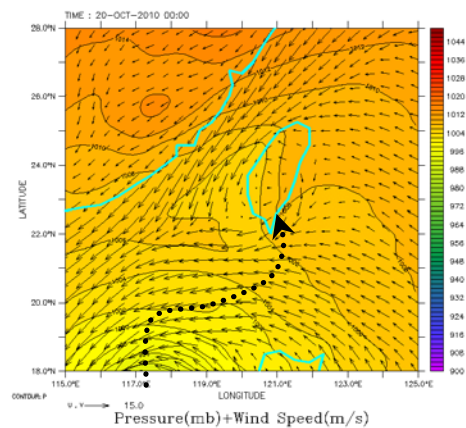
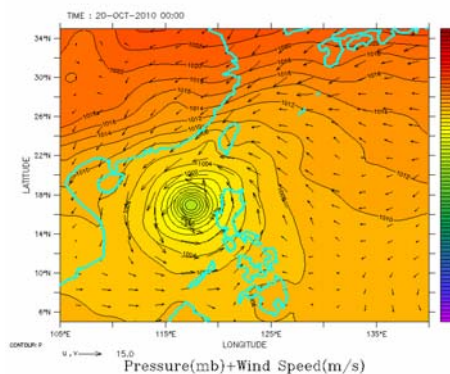
12



## 風場及氣壓模式

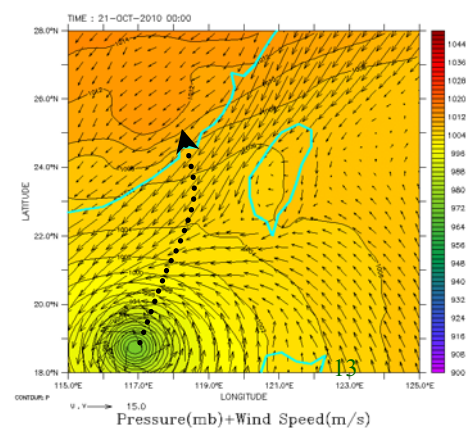
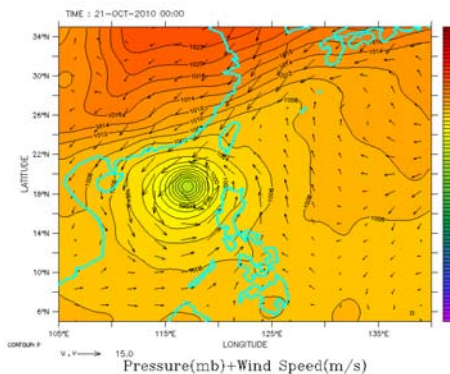
21日

預報風場



22日

預報風場



路徑受預報時間影響調整

## 風場及氣壓模式

### • 風場預報與觀測比較

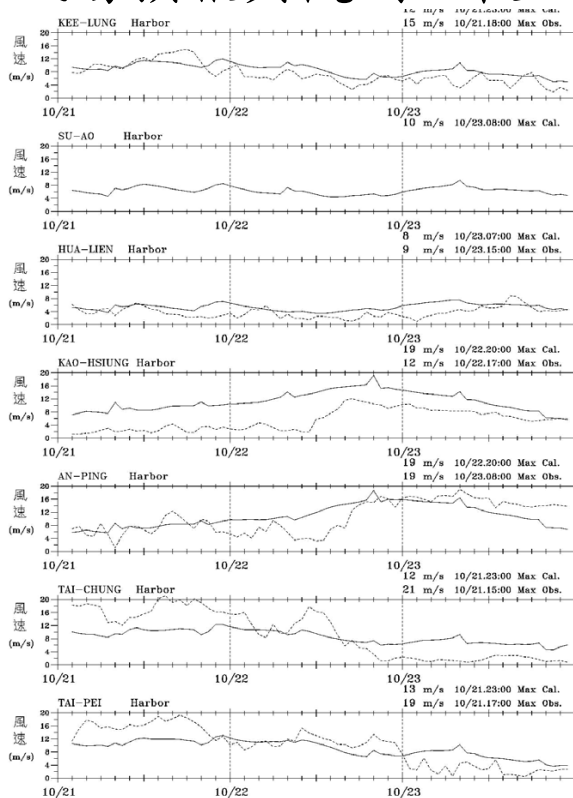


圖 6.3.1 梅姬颱風風速比對 (實線:RC, 虛線:觀測)

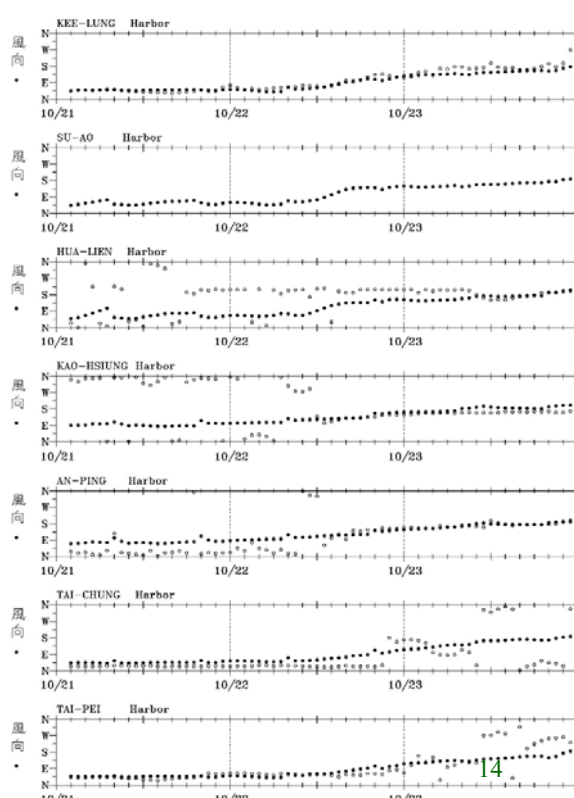


圖 6.3.2 梅姬颱風風向比較 (實圖:RC, 虛圖:觀測)

## 風場及氣壓模式

### • 風場預報與觀測比較

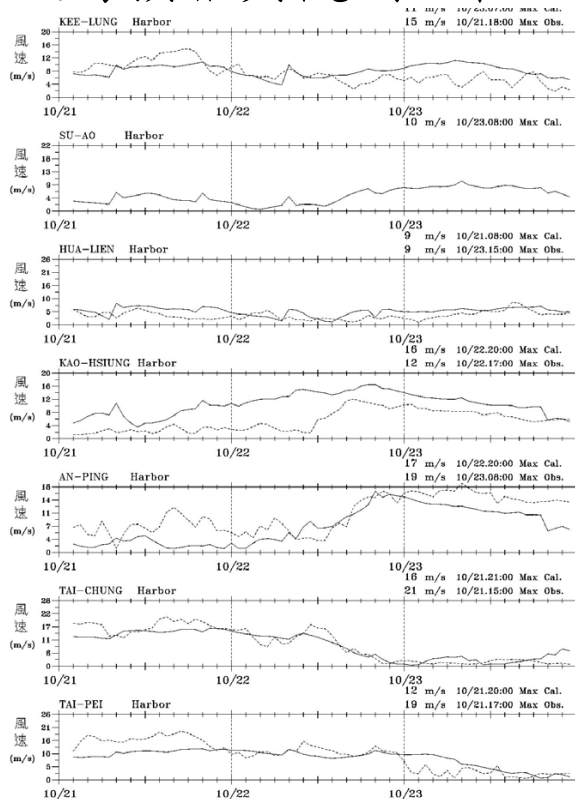


圖 6.3.3 梅姬颱風風速比對 (實線:MC, 虛線:觀測)

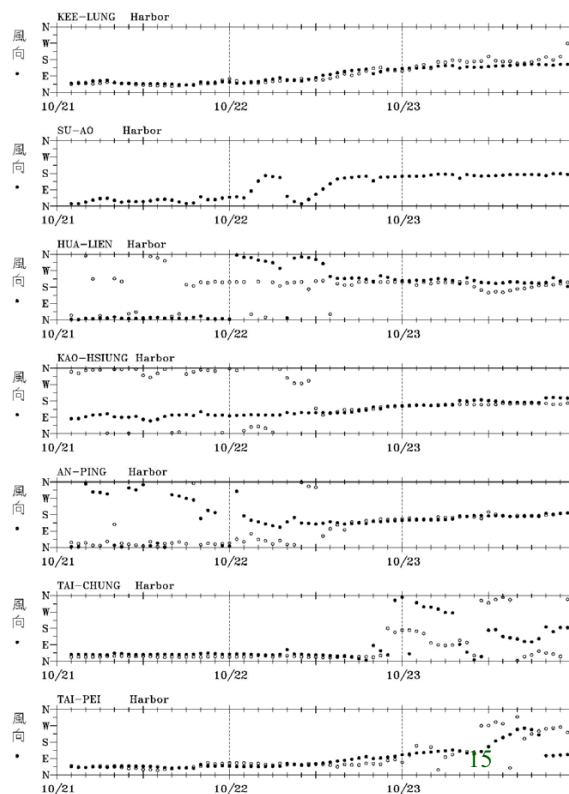


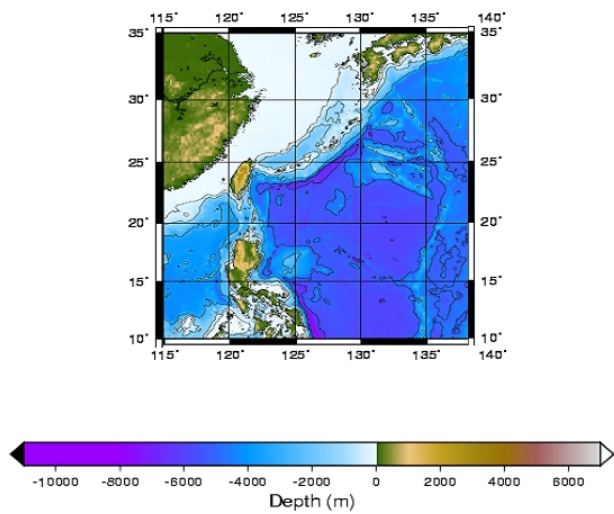
圖 6.3.4 梅姬颱風風向比較 (實圖:MC, 虛圖:觀測)

## 波場模式

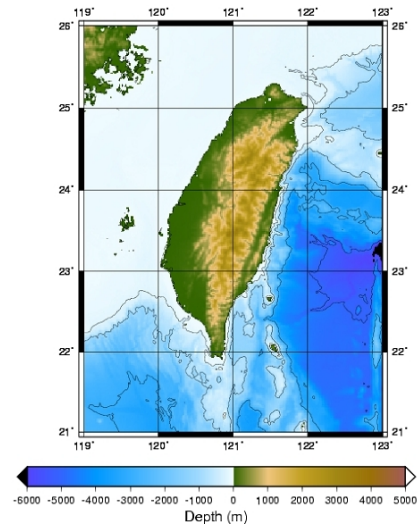
- WAM風浪模式：歐洲波浪預報群研發，西太平洋海域(大域，大網格：20分)。
- SWAM風浪模式：荷蘭 Delft 大學發展，臺灣海域(中域，小網格：1分)。
- REF/DIF近岸波浪模式：Kirby發展，近岸海域(小域，小網格:10m)。
- MSE近岸港區波浪模式：Mild-Slope Eq.: 各港區(細域，細網格：10m~50m)。

## 波場模式

### • 計算範圍



西太平洋(遠域)預報模式範圍

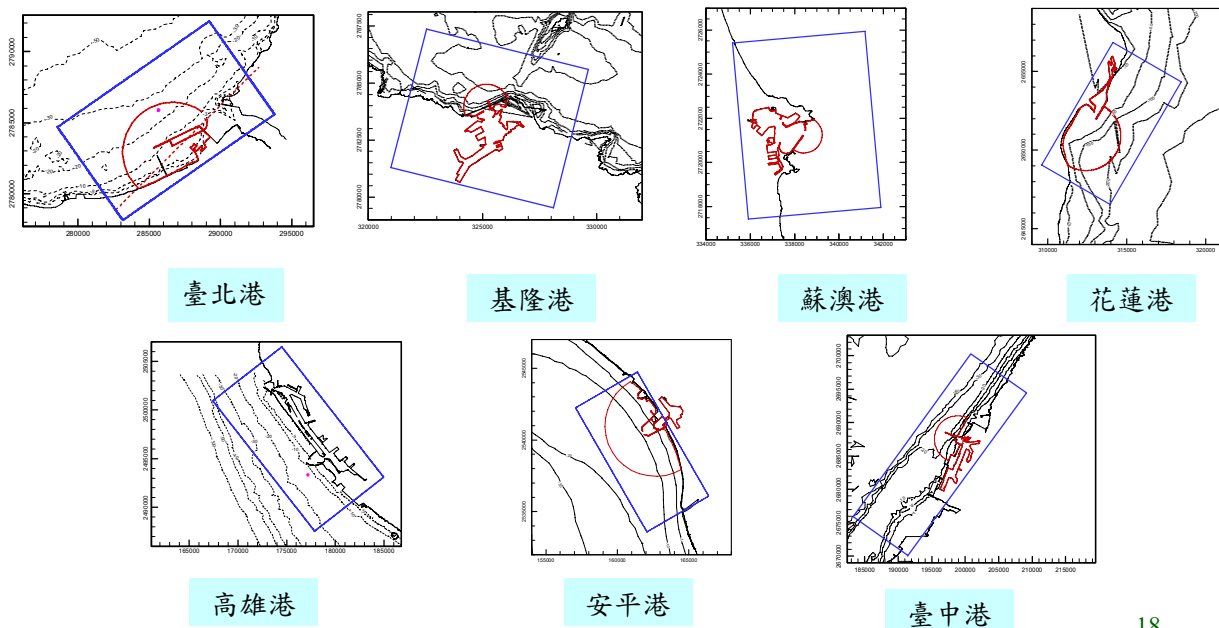


台灣周圍海域預報模式(近域)範圍

17

## 波場模式

### • 計算範圍



藍色線：REF/DIF近岸波浪模式  
紅色線：MSE港區波浪模式

近岸及港區模式範圍圖

18



## 波場模式

### • 近岸區域波浪模式數值計算網格資料

| 港口<br>名稱 | 原點座標(二度分帶) |           | 座標系統<br>旋轉角度 | 網格大小<br>(10m) |
|----------|------------|-----------|--------------|---------------|
|          | X(m)       | Y(m)      |              |               |
| 基隆港      | 322539.0   | 2787360.0 | 256.0°       | 621×731       |
| 台北港      | 278577.0   | 2784690.0 | -55.0°       | 801×1301      |
| 台中港      | 198113.0   | 2696163.0 | -36.0°       | 1001×1901     |
| 安平港      | 162072.0   | 2533583.0 | 60.0°        | 1001×501      |
| 高雄港      | 177877.0   | 2487555.0 | 38.0°        | 801×1701      |
| 花蓮港      | 316892.0   | 2655232.0 | 150.0°       | 321×801       |
| 蘇澳港      | 341180.0   | 2725933.0 | 185.0°       | 601×801       |

19

## 波場模式

### • 港域波浪模擬之數值計算網格資料

| 港口<br>名稱 | 數值計算之三角網格 |         | 外海假想邊界<br>半徑(m) | 最大水深<br>(m) |
|----------|-----------|---------|-----------------|-------------|
|          | 元素數目      | 節點數目    |                 |             |
| 基隆港      | 59,694    | 30,679  | 1000.0          | 50.0        |
| 台北港      | 268,830   | 135,484 | 3500.0          | 25.0        |
| 台中港      | 327,611   | 166,214 | 3500.0          | 23.0        |
| 安平港      | 100,728   | 51,159  | 2000.0          | 15.0        |
| 花蓮港      | 130,169   | 258,117 | 2200.0          | 100.0       |
| 蘇澳港      | 70,797    | 36,436  | 826.0           | 30.0        |

20

## 波場模式

- 波場預報與觀測比較-梅姬
- WAM模式

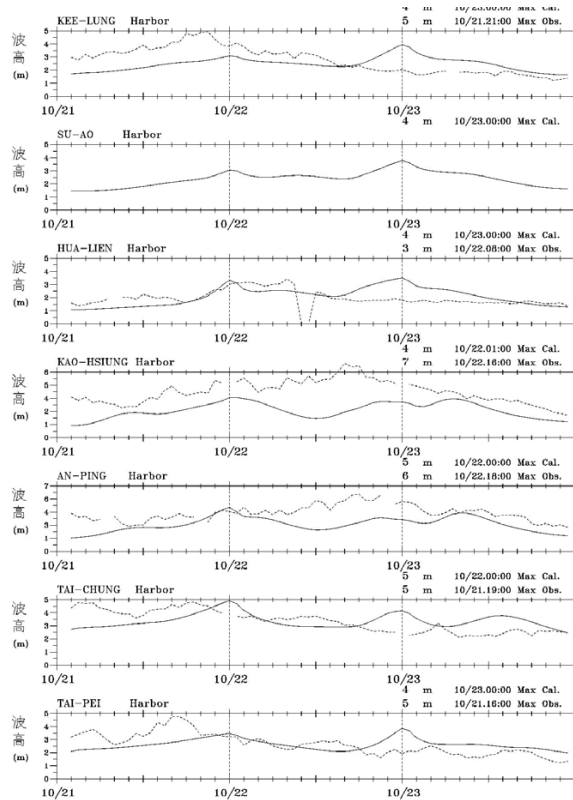


圖 6.3.5 梅姬颱風波高比較 (實線:WAM, 虛線: 觀測)

## 波場模式

- 波場預報與觀測比較-梅姬

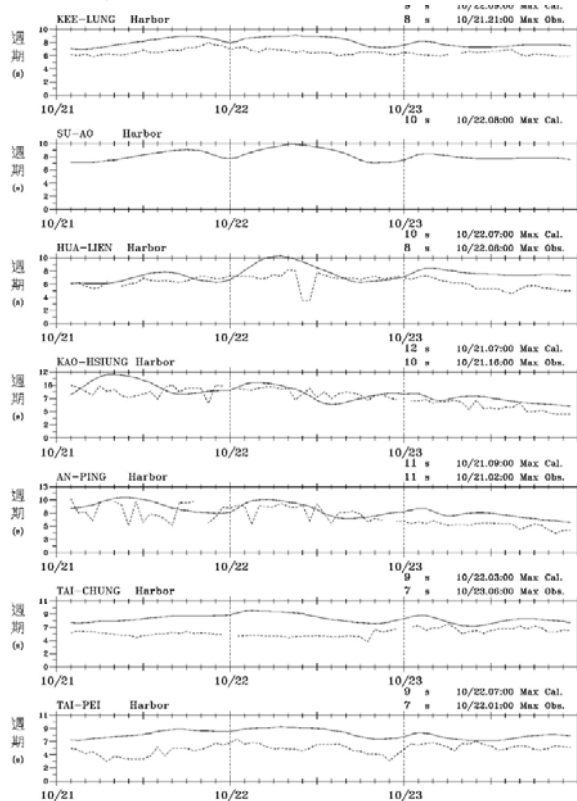


圖 6.3.7 梅姬颱風波期比較 (實圖: WAM, 虛線: 觀測)

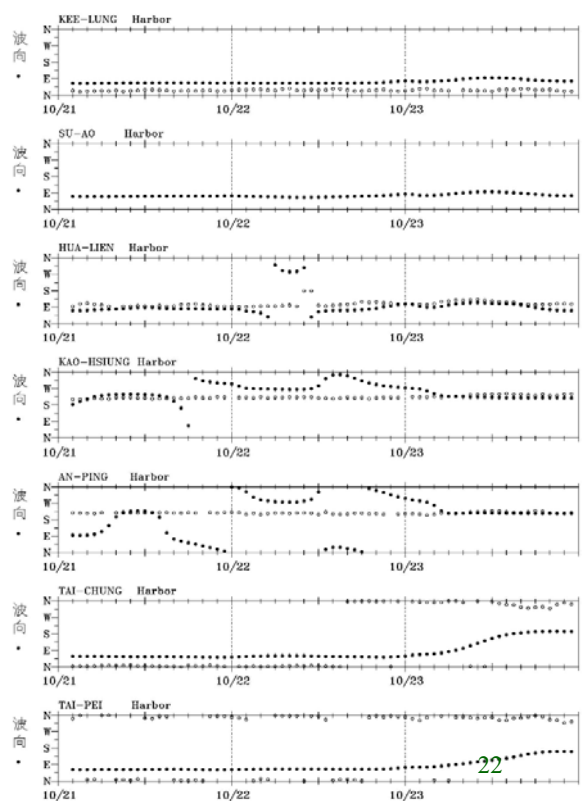


圖 6.3.6 梅姬颱風波向比較 (實圖:WAM, 虛圖: 觀測)

## 波場模式

- 波場預報與觀測比較-梅姬
- SWAN模式

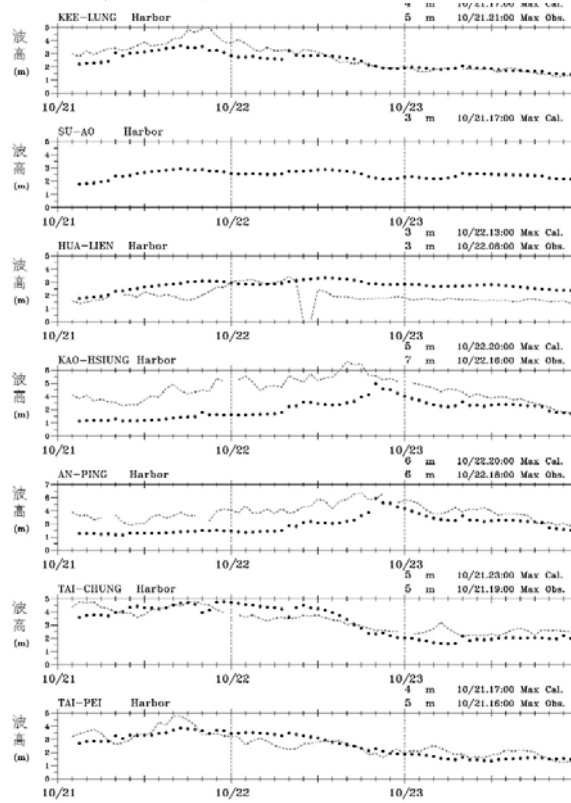


圖 6.3.8 梅姬颱風波高比較 (實線:SWAN 虛線:觀測)

23

## 波場模式

- 波場預報與觀測比較-梅姬

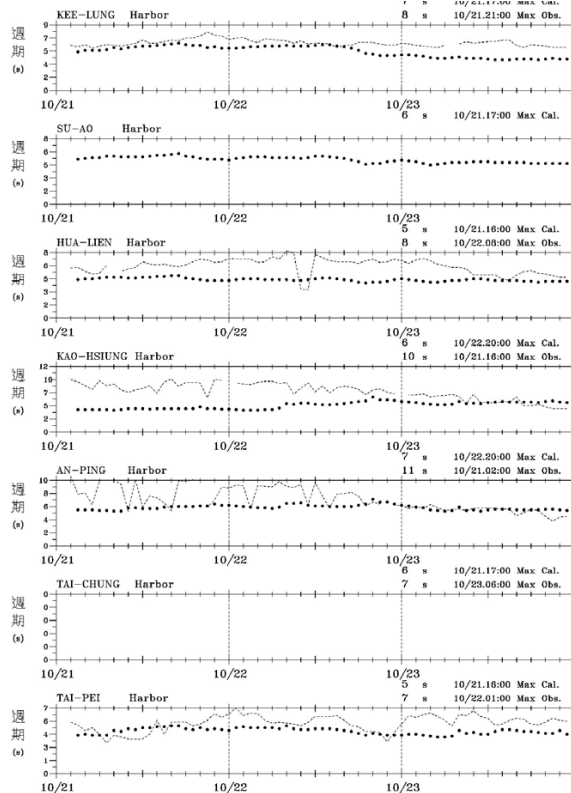


圖 6.3.10 梅姬颱風週期比較 (實線:SWAN, 虛線:觀測)

附5-12

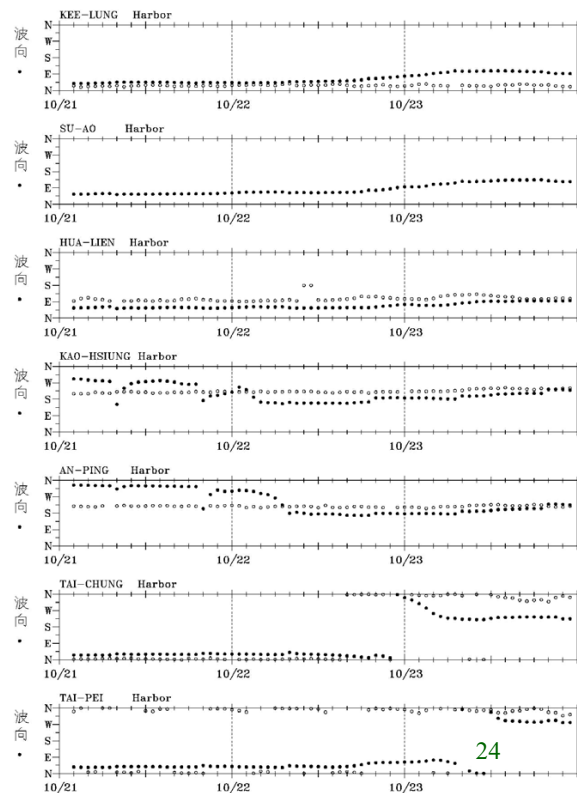


圖 6.3.9 梅姬颱風波向比較 (實圓:SWAN, 虛圓:觀測)

24

## 波場模式

### • 2005年至2010年颱風波浪的模擬

| 名 稱           | 編號   | 發 佈 時 間                                  | 解 除 時 間                                  | 最大強度 |
|---------------|------|------------------------------------------|------------------------------------------|------|
| 海棠 (HAITANG)  | 0505 | 海上:2005/7/16 14:30<br>陸上:2005/7/16 23:30 | 海上:2005/7/20 2:30<br>陸上:2005/7/20 2:30   | 強烈   |
| 馬莎 (MATSA)    | 0509 | 海上:2005/8/3 8:30<br>陸上:2005/8/4 2:30     | 海上:2005/8/6 8:30<br>陸上:2005/8/5 20:30    | 中度   |
| 珊珊 (SANVU)    | 0510 | 海上:2005/8/11 16:0<br>陸上:2005/8/13 2:30   | 海上:2005/8/13 20:30<br>陸上:2005/8/13 17:30 | 輕度   |
| 泰利 (TALIM)    | 0513 | 海上:2005/8/30 8:30<br>陸上:2005/8/30 20:30  | 海上:2005/9/1 23:30<br>陸上:2005/9/1 23:30   | 強烈   |
| 卡努 (KHANUN)   | 0515 | 海上:2005/9/9 17:30<br>陸上:2005/9/10 2:30   | 海上:2005/9/11 14:30<br>陸上:2005/9/11 5:30  | 中度   |
| 丹瑞 (DAMREY)   | 0518 | 海上:2005/9/21 10:30                       | 海上:2005/9/23 8:30                        | 中度   |
| 龍王 (LONGWANG) | 0519 | 海上:2005/9/30 20:30<br>陸上:2005/10/1 5:30  | 海上:2005/10/3 8:30<br>陸上:2005/10/3 8:30   | 強烈   |
| 珍珠 (CHANCHU)  | 0601 | 海上:2006/5/16 17:30<br>陸上:2006/5/17 2:30  | 海上:2006/5/18 17:30<br>陸上:2006/5/18 17:30 | 中度   |
| 艾維尼 (EWINIAR) | 0603 | 海上:2006/7/7 23:30                        | 海上:2006/7/9 5:30                         | 中度   |
| 碧利斯 (BILIS)   | 0604 | 海上:2006/7/12 2:30<br>陸上:2006/7/12 8:30   | 海上:2006/7/15 2:30<br>陸上:2006/7/15 2:30   | 輕度   |
| 凱米 (KAEMI)    | 0605 | 海上:2006/7/23 14:30<br>陸上:2006/7/23 23:30 | 海上:2006/7/26 2:30<br>陸上:2006/7/26 2:30   | 中度   |
| 桑美 (SAOMAI)   | 0608 | 海上:2006/8/9 2:30<br>陸上:2006/8/9 11:30    | 海上:2006/8/10 23:30<br>陸上:2006/8/10 23:30 | 中度   |
| 寶發 (BOPHA)    | 0609 | 海上:2006/8/7 20:30<br>陸上:2006/8/8 14:30   | 海上:2006/8/9 14:30<br>陸上:2006/8/9 11:30   | 輕度   |
| 珊珊 (SHANSHAN) | 0613 | 海上:2006/9/14 14:30                       | 海上:2006/9/16 14:30                       | 中度   |
| 帕布 (PABUK)    | 0706 | 海上:2007/8/6 23:30<br>陸上:2007/8/7 5:30    | 海上:2007/8/8 14:30<br>陸上:2007/8/8 11:30   | 輕度   |
| 梧提 (WUTIP)    | 0707 | 海上:2007/8/8 11:30<br>陸上:2007/8/8 11:30   | 海上:2007/8/9 11:30<br>陸上:2007/8/9 11:30   | 輕度   |
| 聖帕 (SEPAT)    | 0708 | 海上:2007/8/16 8:30<br>陸上:2007/8/16 20:30  | 海上:2007/8/19 14:30<br>陸上:2007/8/19 14:30 | 強烈   |
| 韋帕 (WIPHA)    | 0712 | 海上:2007/9/17 5:30<br>陸上:2007/9/17 14:30  | 海上:2007/9/19 8:30<br>陸上:2007/9/19 8:30   | 中度   |

| 名 稱            | 編號   | 發 佈 時 間                                   | 解 除 時 間                                    | 最大強度  |
|----------------|------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|
| 柯羅莎 (KROSA)    | 0715 | 海上:2007/10/4 17:30<br>陸上:2007/10/5 5:30   | 海上:2007/10/7 23:30<br>陸上:2007/10/7 20:30   | 強烈    |
| 米塔 (MITAG)     | 0723 | 海上:2007/11/26 5:30                        | 海上:2007/11/27 11:30                        | 中度    |
| 卡玫基 (KALMAEGI) | 0807 | 海上:2008/7/16 14:30<br>陸上:2008/7/17 2:30   | 海上:2008/7/18 23:30<br>陸上:2008/7/18 20:30   | 中度    |
| 鳳凰 (FUNG-WONG) | 0808 | 海上:2008/7/26 11:30<br>陸上:2008/7/27 2:30   | 海上:2008/7/29 11:30<br>陸上:2008/7/29 11:30   | 中度    |
| 如麗 (NURI)      | 0812 | 海上:2008/8/19 11:30                        | 海上:2008/8/21 8:30                          | 中度    |
| 辛樂克 (SINLAKU)  | 0813 | 海上:2008/9/11 8:30<br>陸上:2008/9/12 5:30    | 海上:2008/9/16 14:30<br>陸上:2008/9/15 20:30   | 強烈    |
| 哈格比 (HAGUPIT)  | 0814 | 海上:2008/9/21 14:30<br>陸上:2008/9/22 2:30   | 海上:2008/9/23 8:30<br>陸上:2008/9/23 2:30     | 中度    |
| 薔蜜 (JANGMI)    | 0815 | 海上:2008/9/26 23:30<br>陸上:2008/9/27 8:30   | 海上:2008/9/29 23:30<br>陸上:2008/9/29 17:30   | 強烈    |
| 達尼 (LINFA)     | 0903 | 海上:2009/6/19 20:30<br>陸上:2009/6/20 23:30  | 海上:2009/6/22 8:30<br>陸上:2009/6/22 8:30     | 輕度    |
| 莫拉菲 (MOLAVE)   | 0906 | 海上:2009/7/16 22:00                        | 海上:2009/7/18 8:30                          | 輕度    |
| 莫拉克 (MORAKOT)  | 0908 | 海上:2009/8/5 20:30<br>陸上:2009/8/6 8:30     | 海上:2009/8/10 5:30<br>陸上:2009/8/10 5:30     | 中度    |
| 芭瑪 (PARMA)     | 0917 | 海上:2009/10/3 5:30<br>陸上:2009/10/4 5:30    | 海上:2009/10/6 17:30<br>陸上:2009/10/5 23:30   | 中度    |
| 萊羅克 (LIONROCK) | 1006 | 海上:2010/8/31 20:30<br>陸上:2010/9/1 2:30    | 海上:2010/9/2 14:30<br>陸上:2010/9/2 8:30      | 輕度    |
| 南修 (NAMTHEUM)  | 1008 | 海上:2010/8/30 22:30<br>陸上:2010/8/30 22:30  | 海上:2010/8/31 20:30<br>陸上:2010/8/31 20:30   | 輕度    |
| 莫蘭蒂 (MERANTI)  | 1010 | 海上:2010/9/9 10:00<br>陸上:2010/9/9 11:30    | 海上:2010/9/10 11:30<br>陸上:2010/9/10 8:30    | 輕度    |
| 凡那比 (FANAPI)   | 1011 | 海上:2010/9/17 23:30<br>陸上:2010/9/18 5:30   | 海上:2010/9/20 14:30<br>陸上:2010/9/20 14:30   | 中度    |
| 梅姬 (MEGI)      | 1013 | 海上:2010/10/21 2:30<br>陸上:2010/10/21 17:30 | 海上:2010/10/23 23:30<br>陸上:2010/10/23 23:30 | 25 中度 |

## 波場模式

### • 2005年至2010年颱風波浪的模擬

— 2005年~2010年颱風時期各商港各相關參數參考值

| 商港名稱 | 參 數      | 最大<br>示性波高(m) | 相對<br>平均週期(s) | 最大<br>譜峰週期(s) | 最大譜峰週期與<br>相對平均週期比值 |
|------|----------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| 基隆港  | 平均值      | 2.7291        | 6.3144        | 10.8806       | 1.9298              |
|      | 標準差      | 1.2595        | 2.3167        | 1.9747        | 0.7287              |
|      | 信賴區間     | 0.4434        | 0.8155        | 0.6951        | 0.2565              |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1625        | 0.1292        | 0.0639        | 0.1329              |
| 台北港  | 平均值      | 3.0620        | 5.9222        | 10.5107       | 1.8665              |
|      | 標準差      | 1.5658        | 1.6176        | 1.9280        | 0.4721              |
|      | 信賴區間     | 0.5512        | 0.5695        | 0.6787        | 0.1662              |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1800        | 0.0962        | 0.0646        | 0.0890              |
| 台中港  | 平均值      | 2.2566        | 5.2597        | 10.4958       | 2.0682              |
|      | 標準差      | 1.0494        | 1.2555        | 1.8892        | 0.4530              |
|      | 信賴區間     | 0.3694        | 0.4420        | 0.6650        | 0.1595              |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1637        | 0.0840        | 0.0634        | 0.0771              |
| 安平港  | 平均值      | 2.2569        | 5.4236        | 9.7013        | 1.8792              |
|      | 標準差      | 1.1308        | 1.5100        | 1.4650        | 0.4373              |
|      | 信賴區間     | 0.3981        | 0.5315        | 0.5157        | 0.1539              |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1764        | 0.0980        | 0.0532        | 0.0819              |
| 高雄港  | 平均值      | 2.2847        | 5.5505        | 9.6937        | 1.8401              |
|      | 標準差      | 1.1803        | 1.5690        | 1.4287        | 0.4405              |
|      | 信賴區間     | 0.4155        | 0.5523        | 0.5029        | 0.1551              |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1819        | 0.0995        | 0.0519        | 0.0843              |
| 花蓮港  | 平均值      | 2.9819        | 6.3574        | 10.5348       | 1.7717              |
|      | 標準差      | 1.2936        | 2.0660        | 1.8246        | 0.4819              |
|      | 信賴區間     | 0.4554        | 0.7273        | 0.6423        | 0.1696              |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1527        | 0.1144        | 0.0610        | 0.0957              |
| 蘇澳港  | 平均值      | 2.8898        | 6.3359        | 10.6980       | 1.7976              |
|      | 標準差      | 1.2324        | 2.0706        | 1.8528        | 0.4405              |
|      | 信賴區間     | 0.4338        | 0.7289        | 0.6522        | 0.1551              |
|      | 信賴區間/平均值 | 0.1501        | 0.1150        | 0.0610        | 0.0863              |



## 波場模式

### • 2005年至2010年颱風波浪的模擬

– 2005年~2009年颱風時期各商港的主要波向分佈

台北港

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波向   | 出現次數 | 出現比例 | 波向   | 出現次數 | 出現比例 |
| N    | 6    | 22%  | N    | 6    | 22%  |
| NNE  | 1    | 4%   | NNE  | 1    | 4%   |
| NE   | 1    | 4%   | NE   | 3    | 11%  |
| ENE  | 1    | 4%   | ENE  | 2    | 7%   |
| WSW  | 1    | 4%   | WSW  | 2    | 7%   |
| W    | 5    | 19%  | W    | 2    | 7%   |
| WNW  | 8    | 30%  | NW   | 8    | 30%  |
| NW   | 1    | 4%   | NNW  | 3    | 11%  |
| NNW  | 3    | 11%  |      |      |      |

台中港

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波向   | 出現次數 | 出現比例 | 波向   | 出現次數 | 出現比例 |
| N    | 6    | 22%  | N    | 16   | 59%  |
| NE   | 2    | 7%   | SW   | 4    | 15%  |
| ENE  | 1    | 4%   | W    | 2    | 7%   |
| E    | 1    | 4%   | WNW  | 5    | 19%  |
| SW   | 2    | 7%   |      |      |      |
| WSW  | 3    | 11%  |      |      |      |
| W    | 7    | 26%  |      |      |      |
| WNW  | 3    | 11%  |      |      |      |
| NNW  | 2    | 7%   |      |      |      |

安平港

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波向   | 出現次數 | 出現比例 | 波向   | 出現次數 | 出現比例 |
| ESE  | 1    | 4%   | SSE  | 1    | 4%   |
| SSE  | 5    | 19%  | S    | 8    | 30%  |
| S    | 2    | 7%   | SSW  | 7    | 26%  |
| SSW  | 3    | 11%  | SW   | 3    | 11%  |
| SW   | 5    | 19%  | WSW  | 3    | 11%  |
| WSW  | 7    | 26%  | W    | 5    | 19%  |
| W    | 4    | 15%  |      |      |      |



| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波向   | 出現次數 | 出現比例 | 波向   | 出現次數 | 出現比例 |
| N    | 5    | 19%  | N    | 5    | 19%  |
| NNE  | 7    | 26%  | NNE  | 6    | 22%  |
| NE   | 2    | 7%   | NE   | 2    | 7%   |
| ENE  | 7    | 26%  | ENE  | 7    | 26%  |
| E    | 1    | 4%   | ESE  | 1    | 4%   |
| ESE  | 1    | 4%   | NW   | 4    | 15%  |
| W    | 1    | 4%   | NNW  | 2    | 7%   |
| NW   | 3    | 11%  |      |      |      |

基隆港

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波向   | 出現次數 | 出現比例 | 波向   | 出現次數 | 出現比例 |
| NE   | 1    | 4%   | NNE  | 3    | 11%  |
| ENE  | 5    | 19%  | NE   | 10   | 37%  |
| E    | 6    | 22%  | ENE  | 2    | 7%   |
| ESE  | 8    | 30%  | E    | 1    | 4%   |
| SE   | 2    | 7%   | SE   | 4    | 15%  |
| SSE  | 2    | 7%   | SSE  | 1    | 4%   |
| S    | 1    | 4%   | S    | 6    | 22%  |
| SSW  | 2    | 7%   |      |      |      |

蘇澳港

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波向   | 出現次數 | 出現比例 | 波向   | 出現次數 | 出現比例 |
| ENE  | 7    | 26%  | NE   | 12   | 44%  |
| E    | 5    | 19%  | ENE  | 5    | 19%  |
| ESE  | 8    | 30%  | SE   | 5    | 19%  |
| SE   | 2    | 7%   | S    | 4    | 15%  |
| SSE  | 5    | 19%  |      |      |      |

花蓮港

高雄港

| 平均波向 |      |      | 主波方向 |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 波向   | 出現次數 | 出現比例 | 波向   | 出現次數 | 出現比例 |
| SE   | 1    | 4%   | SSE  | 1    | 4%   |
| SSE  | 4    | 15%  | S    | 6    | 22%  |
| S    | 2    | 7%   | SSW  | 2    | 7%   |
| SSW  | 4    | 15%  | SW   | 4    | 15%  |
| SW   | 4    | 15%  | WSW  | 3    | 11%  |
| WSW  | 8    | 30%  | W    | 5    | 19%  |
| W    | 4    | 15%  | NW   | 6    | 22%  |

27

## 波場模式

### • 2005年至2010年季風波浪的模擬

– 2005年~2009年冬季季風時期各商港各相關參數參考值

| 商港名稱 | 參數   | 最大示性波高<br>(m) | 相對平均週期<br>(s) | 最大譜峰週期<br>(s) | 最大譜峰週期與<br>相對平均週期比值 |
|------|------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| 基隆港  | 平均值  | 1.6207        | 3.7442        | 7.2876        | 1.9564              |
|      | 標準差  | 0.3861        | 0.4402        | 0.8310        | 0.1867              |
|      | 信賴區間 | 0.1456        | 0.1660        | 0.3135        | 0.0704              |
| 台北港  | 平均值  | 1.4209        | 3.6494        | 8.3720        | 2.3234              |
|      | 標準差  | 0.2778        | 0.4416        | 0.6996        | 0.3153              |
|      | 信賴區間 | 0.1048        | 0.1666        | 0.2639        | 0.1189              |
| 台中港  | 平均值  | 1.3961        | 4.1915        | 8.3073        | 2.0403              |
|      | 標準差  | 0.1821        | 0.8574        | 0.6097        | 0.3320              |
|      | 信賴區間 | 0.0687        | 0.3234        | 0.2300        | 0.1252              |
| 安平港  | 平均值  | 1.9712        | 5.5290        | 9.0057        | 1.6945              |
|      | 標準差  | 0.2789        | 1.1515        | 0.9859        | 0.3928              |
|      | 信賴區間 | 0.1052        | 0.4343        | 0.3719        | 0.1482              |
| 高雄港  | 平均值  | 2.0979        | 5.3850        | 9.5108        | 1.8637              |
|      | 標準差  | 0.3096        | 1.2499        | 0.8719        | 0.5005              |
|      | 信賴區間 | 0.1168        | 0.4714        | 0.3289        | 0.1888              |
| 花蓮港  | 平均值  | 2.3689        | 4.4682        | 9.7288        | 2.1911              |
|      | 標準差  | 0.4181        | 0.4222        | 1.0262        | 0.2744              |
|      | 信賴區間 | 0.1577        | 0.1593        | 0.3871        | 0.1035              |
| 蘇澳港  | 平均值  | 2.3877        | 4.5867        | 9.5099        | 2.0860              |
|      | 標準差  | 0.4338        | 0.4098        | 0.8402        | 0.2416              |
|      | 信賴區間 | 0.1636        | 0.1546        | 0.3169        | 0.0911              |

28

## 波場模式

### • 2005年至2010年季風波浪的模擬

- 七個商港夏季季風最大示性波高、平均週期及波向、譜峰週期及主波方向

| 商港名稱 | 月 份     | 示性波高<br>(m) | 平均週期<br>(s) | 平均波向<br>(°)  | 譜峰週期<br>(s) | 主波方向<br>(°)  |
|------|---------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 基隆港  | 2005/07 | 4.86        | 5.69        | 357.12 (N )  | 13.96       | 337.50 (NNW) |
|      | 2006/07 | 2.59        | 3.47        | 355.38 (N )  | 15.74       | 337.50 (NNW) |
|      | 2007/07 | 2.88        | 4.94        | 13.79 (NNE)  | 13.96       | 337.50 (NNW) |
|      | 2008/07 | 4.18        | 4.31        | 347.86 (NNW) | 12.38       | 337.50 (NNW) |
|      | 2009/07 | 1.74        | 4.48        | 8.53 (N )    | 8.64        | 352.50 (N )  |
|      | 2010/07 | 1.47        | 3.66        | 62.38 (ENE)  | 7.67        | 37.50 (NE )  |
|      | 2010/07 | 4.60        | 9.06        | 332.12 (NNW) | 13.96       | 322.50 (NW ) |
| 台北港  | 2006/07 | 3.24        | 4.37        | 308.07 (NW)  | 15.74       | 337.50 (NNW) |
|      | 2007/07 | 2.59        | 7.71        | 324.16 (NW)  | 13.96       | 322.50 (NW ) |
|      | 2008/07 | 4.25        | 5.41        | 322.45 (NW)  | 12.38       | 322.50 (NW ) |
|      | 2009/07 | 2.29        | 3.96        | 319.70 (NW)  | 8.64        | 322.50 (NW ) |
|      | 2010/07 | 1.61        | 4.55        | 351.01 (N)   | 7.67        | 22.50 (NNE)  |
|      | 2005/07 | 3.43        | 7.14        | 307.33 (NW ) | 13.96       | 352.50 (N )  |
|      | 2006/07 | 2.41        | 4.98        | 286.79 (WNW) | 12.38       | 352.50 (N )  |
| 台中港  | 2007/07 | 1.53        | 4.12        | 337.26 (NNW) | 13.96       | 352.50 (N )  |
|      | 2008/07 | 2.80        | 4.69        | 332.38 (NNW) | 12.38       | 352.50 (N )  |
|      | 2009/07 | 1.46        | 3.33        | 316.99 (NW ) | 8.64        | 352.50 (N )  |
|      | 2010/07 | 1.39        | 3.16        | 59.60 (ENE)  | 7.67        | 7.50 (N )    |

| 商港名稱 | 月 份     | 示性波高<br>(m) | 平均週期<br>(s) | 平均波向<br>(°)   | 譜峰週期<br>(s) | 主波方向<br>(°)  |
|------|---------|-------------|-------------|---------------|-------------|--------------|
| 安平港  | 2005/07 | 4.42        | 4.33        | 264.25 (W )   | 12.38       | 217.50 (SW ) |
|      | 2006/07 | 2.62        | 6.67        | 257.44 (WSW)  | 10.99       | 247.50 (WSW) |
|      | 2007/07 | 1.45        | 3.43        | 255.95 (WSW)  | 9.75        | 277.50 (W )  |
|      | 2008/07 | 2.40        | 6.42        | 248.380 (WSW) | 10.99       | 247.50 (WSW) |
|      | 2009/07 | 1.39        | 3.58        | 236.04 (SW )  | 9.75        | 292.50 (WNW) |
|      | 2010/07 | 1.20        | 2.88        | 93.44 (E )    | 8.64        | 292.50 (WNW) |
|      | 2010/07 | 4.51        | 5.17        | 264.49 (W )   | 12.38       | 217.50 (SW ) |
| 高雄港  | 2006/07 | 2.63        | 6.37        | 259.94 (W )   | 10.99       | 247.50 (WSW) |
|      | 2007/07 | 1.43        | 3.27        | 267.07 (W )   | 12.38       | 322.50 (NW ) |
|      | 2008/07 | 2.44        | 6.53        | 249.63 (WSW)  | 10.99       | 247.50 (WSW) |
|      | 2009/07 | 1.35        | 3.47        | 200.45 (SSW)  | 9.75        | 277.50 (W )  |
|      | 2010/07 | 1.00        | 2.66        | 102.72 (ESE)  | 8.64        | 307.50 (NW ) |
|      | 2005/07 | 3.02        | 3.85        | 41.61 (NE )   | 12.38       | 22.50 (NNE)  |
|      | 2006/07 | 2.56        | 5.23        | 57.97 (ENE)   | 13.96       | 22.50 (NNE)  |
| 花蓮港  | 2007/07 | 2.14        | 5.41        | 70.41 (ENE)   | 9.75        | 142.50 (SE ) |
|      | 2008/07 | 2.18        | 4.30        | 84.19 (E )    | 10.99       | 307.50 (NW ) |
|      | 2009/07 | 1.41        | 3.62        | 151.26 (SSE)  | 8.64        | 187.50 (S )  |
|      | 2010/07 | 2.43        | 4.63        | 75.53 (ENE)   | 7.67        | 67.50 (ENE)  |
|      | 2005/07 | 3.16        | 3.88        | 68.88 (ENE)   | 13.96       | 112.50 (ESE) |
|      | 2006/07 | 2.49        | 4.75        | 56.10 (NE )   | 12.38       | 67.50 (ENE)  |
|      | 2007/07 | 2.16        | 5.32        | 66.02 (ENE)   | 9.75        | 22.50 (NNE)  |
| 蘇澳港  | 2008/07 | 2.13        | 4.36        | 61.34 (ENE)   | 10.99       | 22.50 (NNE)  |
|      | 2009/07 | 1.44        | 3.70        | 149.35 (SSE)  | 8.64        | 29.50 (NNE)  |
|      | 2010/07 | 2.30        | 4.75        | 80.55 (E )    | 7.67        | 37.50 (NE )  |

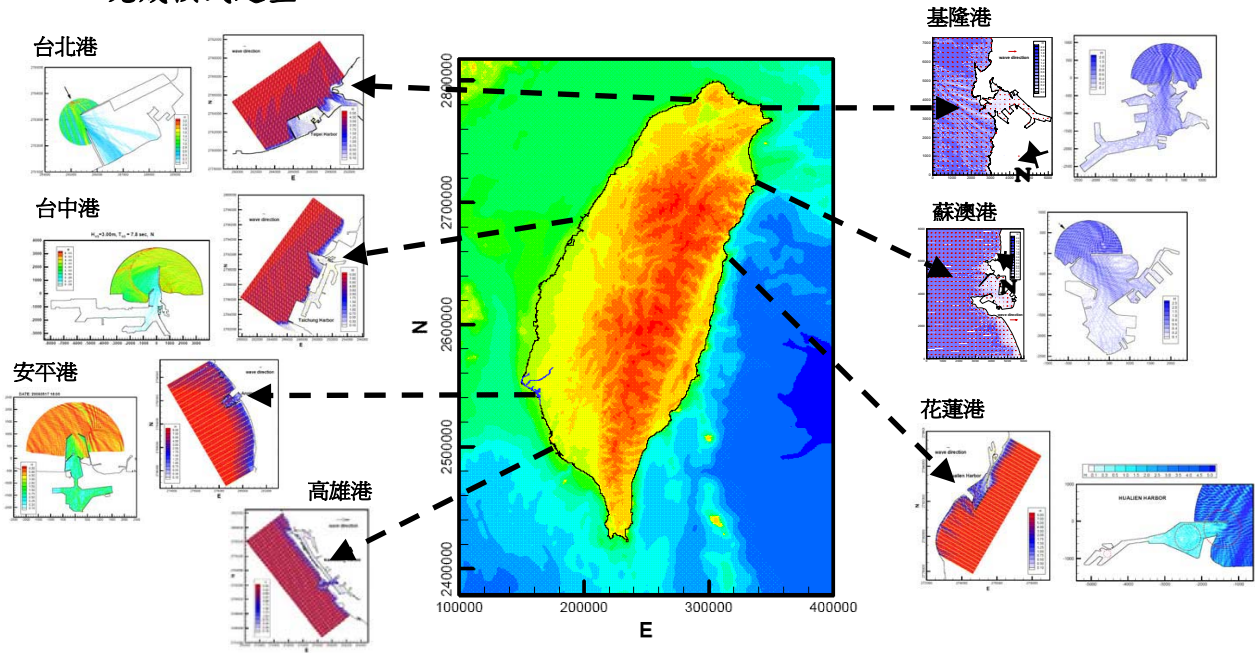
## 波場模式

### • 2005年至2010年季風波浪的模擬

- 推算期間冬季季風時期針對各商港所推算之各相關參數最大值的統計值，各參數平均值之信賴區間均在10%以下。
- 由於目前的統計分析方式僅係以各推算月份之全月份推算結果，擷取最大值進行分析，其代表性可能無法反應海象變化的時間特性，未來可能還需要設定各商港的極值統計分析的門檻值，使其更具意義。
- 在東部及東北部海岸的基隆港、花蓮港與蘇澳港的平均波向及主波方向都相當集中但其他商港如台北港、台中港、安平港及高雄港則相當分散，應與其位於相對較淺的水域以及台灣海峽內受到台灣的遮蔽與繞射效應有關。

## 波場模式

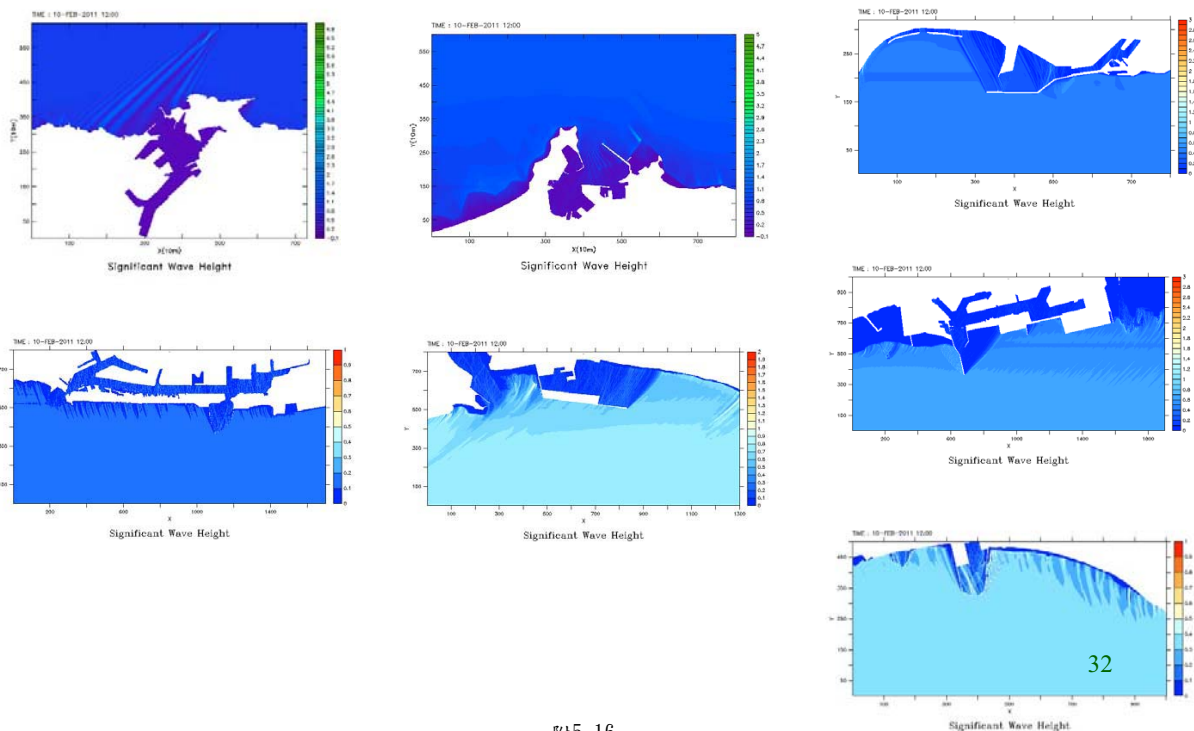
- 近岸及港區波浪模擬研究成果
  - 完成模式建置



31

## 波場模式

- 近岸及港區波浪模擬研究成果
  - 作業化建置，由SWAN預報結果提供各港外海示性波高、週期

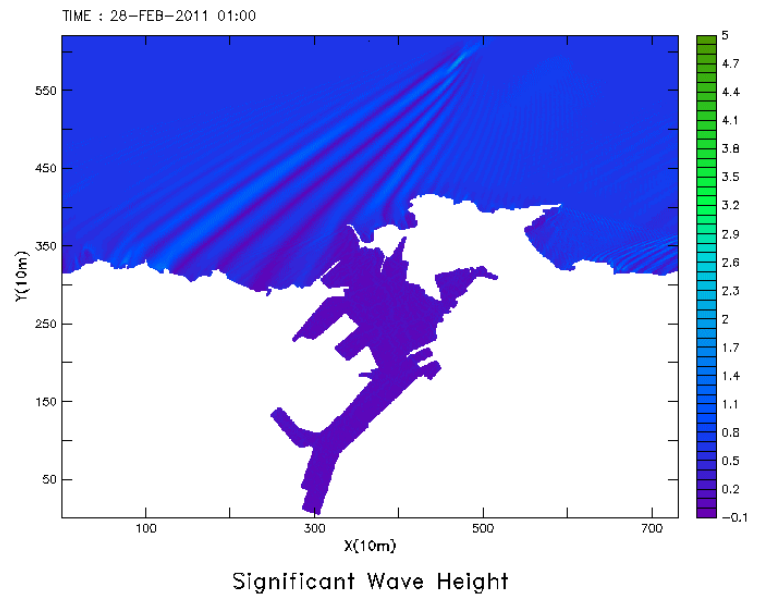
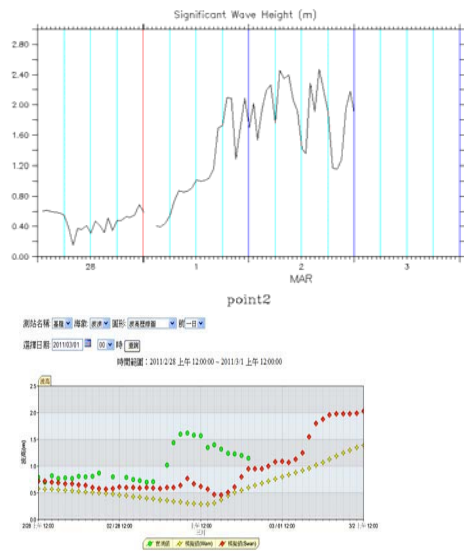


32



## 波場模式

- 近岸及港區波浪模擬研究成果
  - 作業化建置

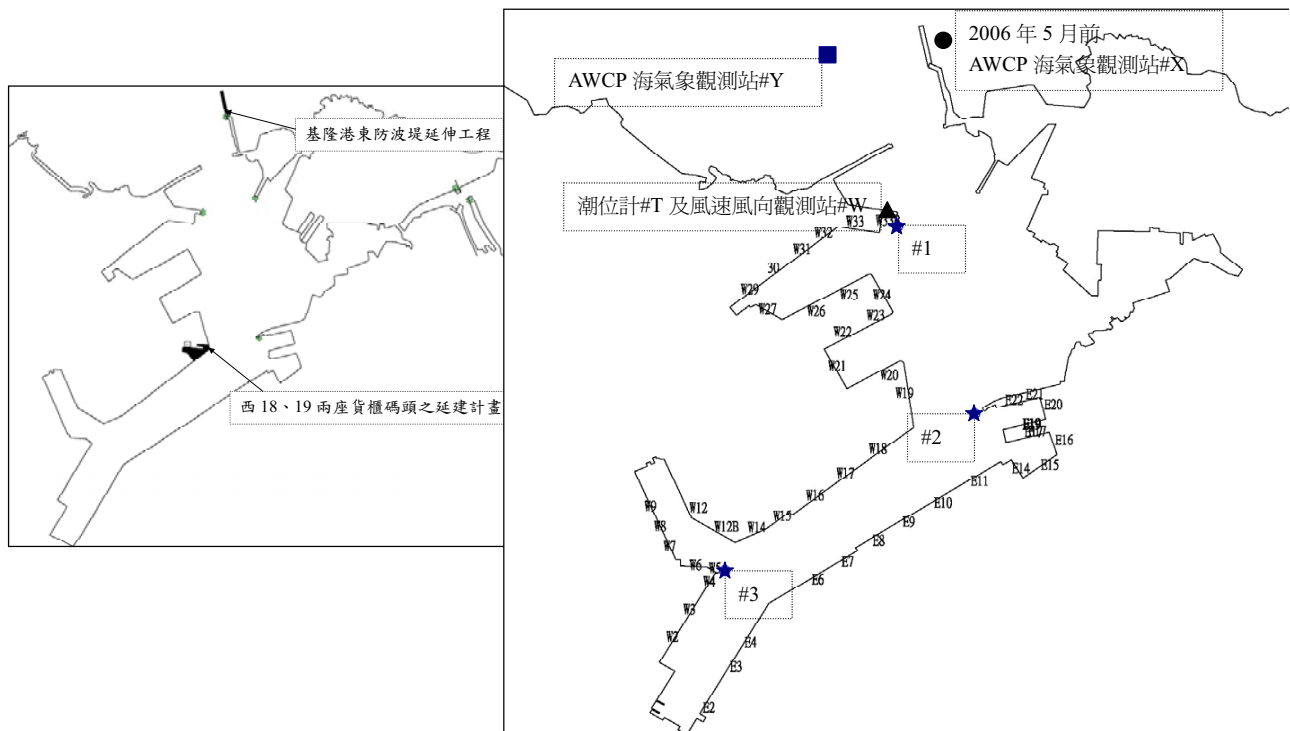


- 目前主要受到計算網格不夠細，周期過小時不能作業。
- 因基隆港受外海地形影響，後續將提供區域性的歷時資料。

33

## 波場模式

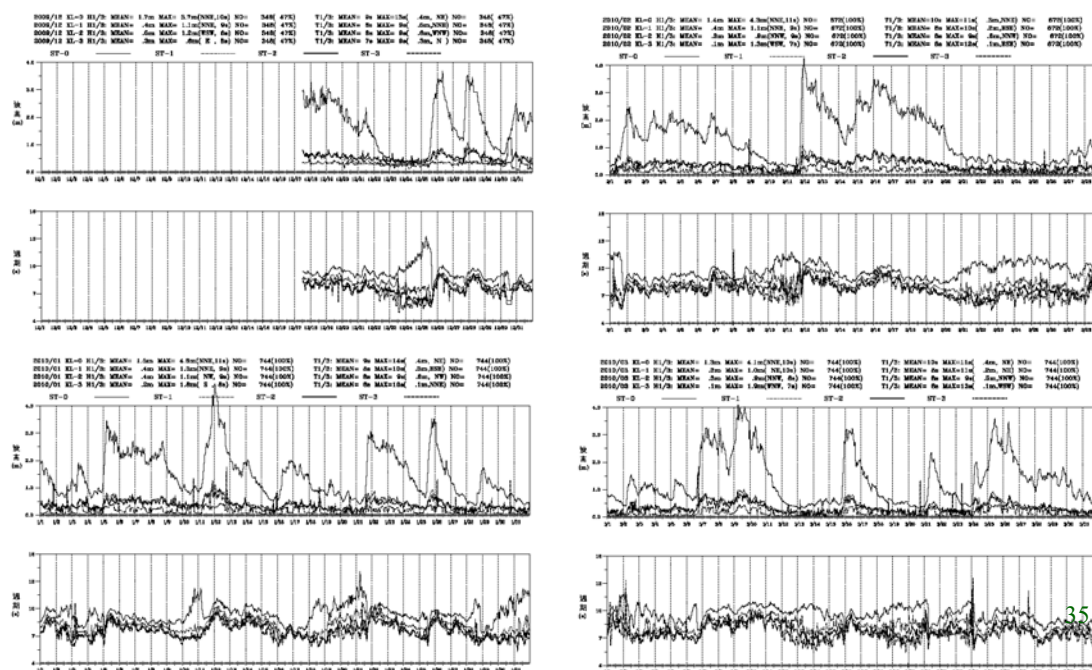
- 基隆港近岸及港區波浪數值





## 波場模式

### — 基隆港港內、外測站2009年12月份至2010年3月示性波波高及週期之時序列比較圖



## 波場模式

### • 港內外波高及示性波高比統計表

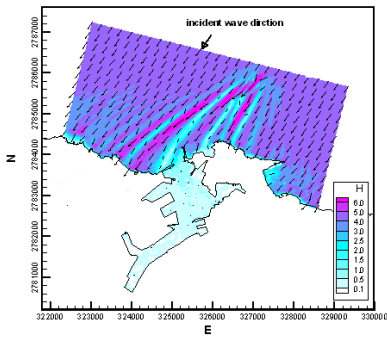
| 港外觀測<br>波高範圍 | 港外觀測站    |       |       |       | 觀測站#1 |      | 觀測站#2 |      | 觀測站#3 |      | 示性波高比   |         |         |
|--------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|---------|---------|---------|
|              | 觀測<br>筆數 | H1/3  | T1/3  | 波向    | H1/3  | T1/3 | H1/3  | T1/3 | H1/3  | T1/3 | 觀測<br>站 | 觀測<br>站 | 觀測<br>站 |
|              |          | 平均    | 平均    | 平均    | 平均    | 平均   | 平均    | 平均   | 平均    | 平均   |         |         |         |
|              |          | 值     | 值     | 值     | 值     | 值    | 值     | 值    | 值     | 值    |         |         |         |
|              | (m)      | (sec) | (度)   | (m)   | (sec) | (m)  | (sec) | (m)  | (sec) | #1   | #2      | #3      |         |
| >4m          | 12       | 4.33  | 10.54 | 21.71 | 0.98  | 9.81 | 0.78  | 9.24 | 0.31  | 9.27 | 0.23    | 0.18    | 0.07    |
| 3~4m         | 159      | 3.32  | 9.77  | 22.61 | 0.78  | 9.31 | 0.66  | 8.82 | 0.3   | 8.72 | 0.24    | 0.2     | 0.09    |
| 2~3m         | 546      | 2.45  | 9.04  | 22.68 | 0.6   | 8.72 | 0.52  | 8.23 | 0.24  | 8.25 | 0.24    | 0.21    | 0.1     |
| 1~2m         | 857      | 1.49  | 7.95  | 25.83 | 0.38  | 8.07 | 0.37  | 7.52 | 0.16  | 7.52 | 0.26    | 0.25    | 0.11    |
| 平均值          |          | 2.03  | 8.53  | 24.4  | 0.5   | 8.43 | 0.45  | 7.91 | 0.21  | 7.91 | 0.25    | 0.23    | 0.1     |

備註

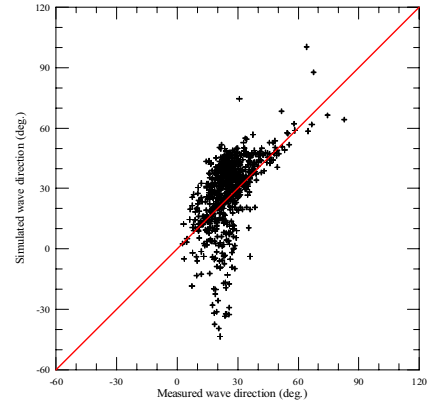
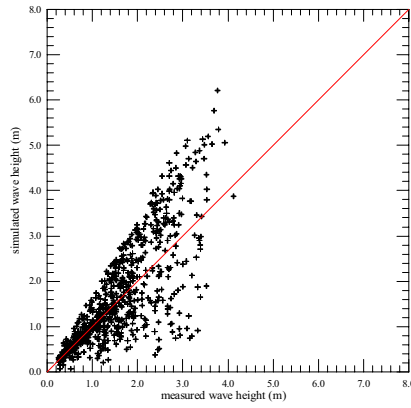
1. 分析觀測時間為98/12/17 12:00至99/4/8 10:00共計2687小時(筆數)
2. 示性波高比=(港內 $H_{1/3}$ )/(港外 $H_{1/3}$ )

## 波場模式

### 基隆港近岸波浪模擬結果



基隆港近岸波浪模擬結果  
( $H_{1/3} = 4.07\text{m}$ ,  $T_{1/3} = 10.7\text{sec}$ ,  
 $D = 35.4^\circ$ )



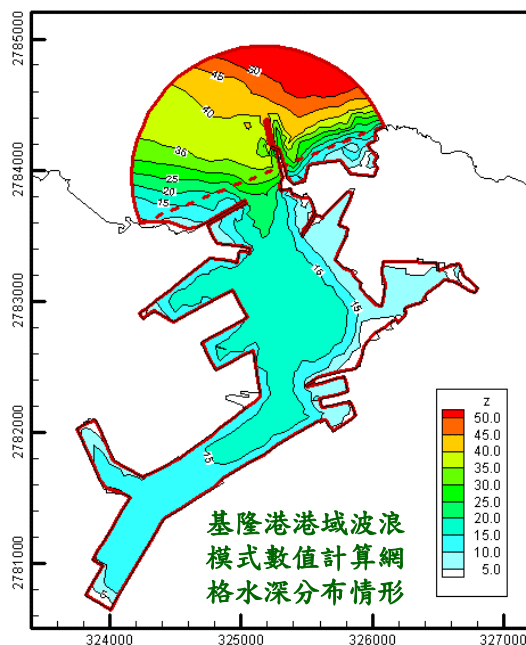
波高觀測值與模擬結果之比較

波向觀測值與模擬結果之比較

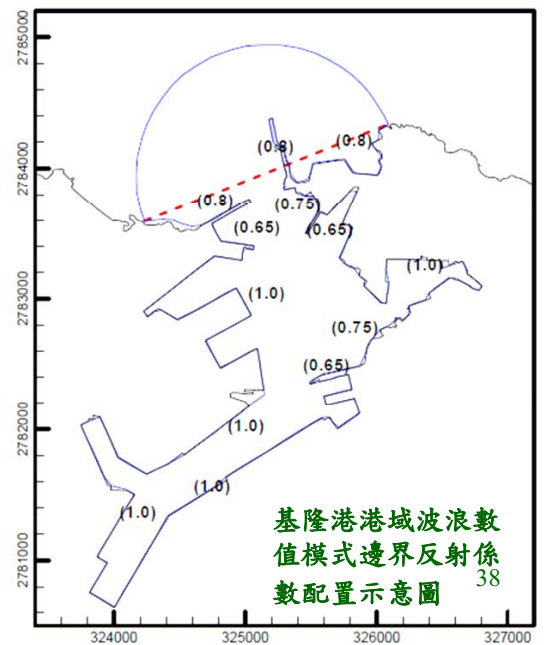
37

## 波場模式

### 基隆港港域波浪數值計算細網格



基隆港港域波浪  
模式數值計算網  
格水深分布情形

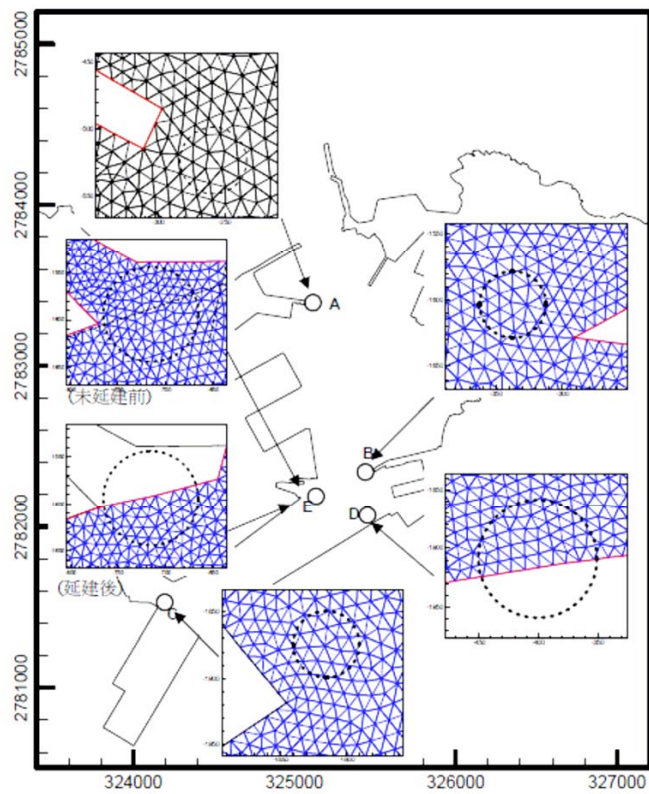


基隆港港域波浪數  
值模式邊界反射係  
數配置示意圖

38

## 波場模式

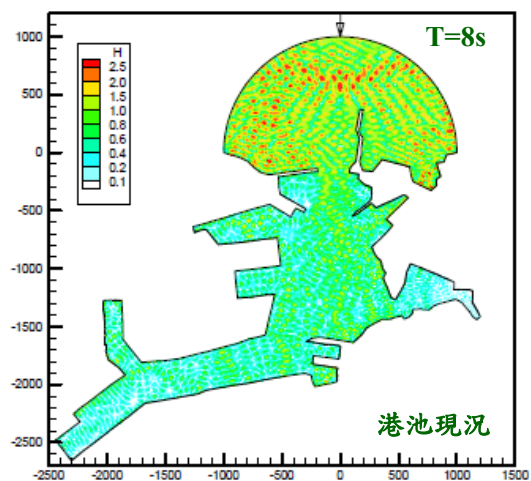
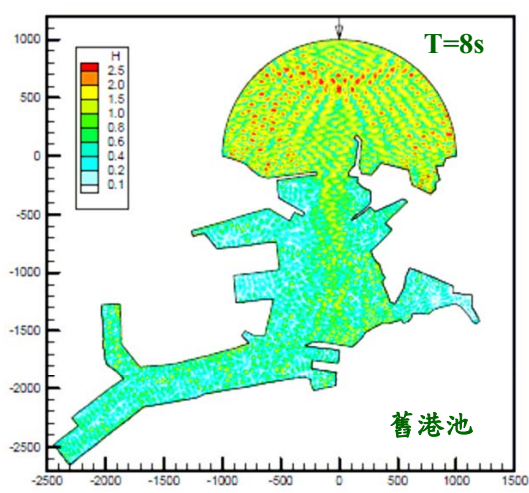
- 基隆港港域波浪數值計算細網格



39

## 波場模式

- 基隆港港域波浪數值計算細網格
  - 波浪週期8~18秒、波向N偏W21.8°



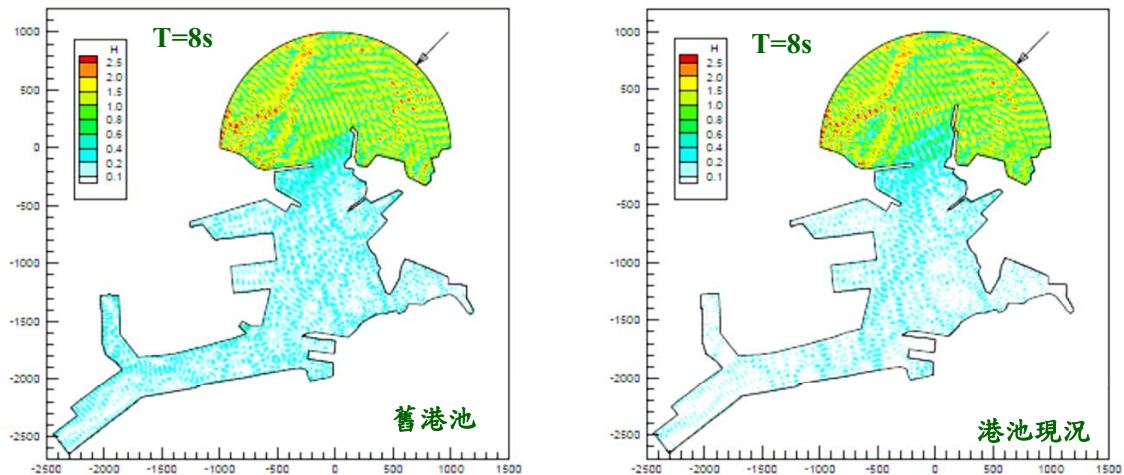
東防波堤延伸200公尺對於正向入射波浪之遮蔽改善並不顯著

附5-20

40

## 波場模式

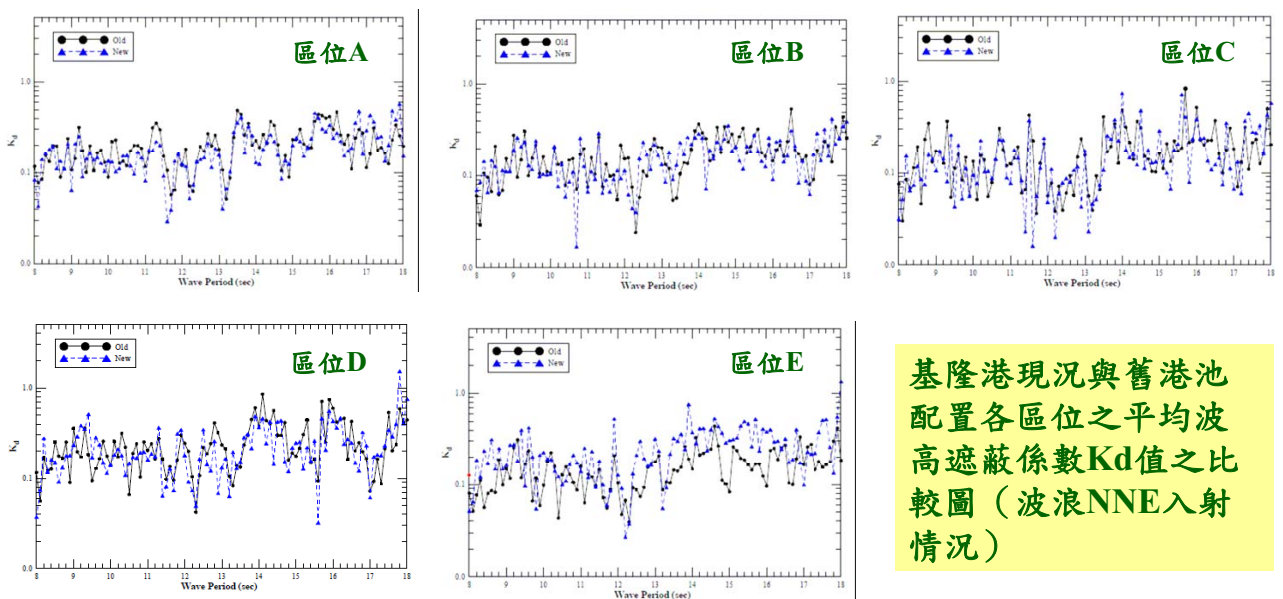
- 基隆港港域波浪數值計算細網格  
— 波浪週期8~18秒、波向NNE



41

不論東防波堤是否延伸200公尺對NNE方向波浪均有較佳之遮蔽效應

## 波場模式



基隆港現況與舊港池  
配置各區位之平均波  
高遮蔽係數Kd值之比較圖（波浪NNE入射  
情況）

東防波堤延伸200公尺後西33碼頭附近(區位A)之平均波高遮蔽係數(Kd)值普遍有降低之趨勢。至於區位E現況模擬結果呈現Kd值增加之現象，主要是因為西18、19碼頭延建工程之因素造成的

42



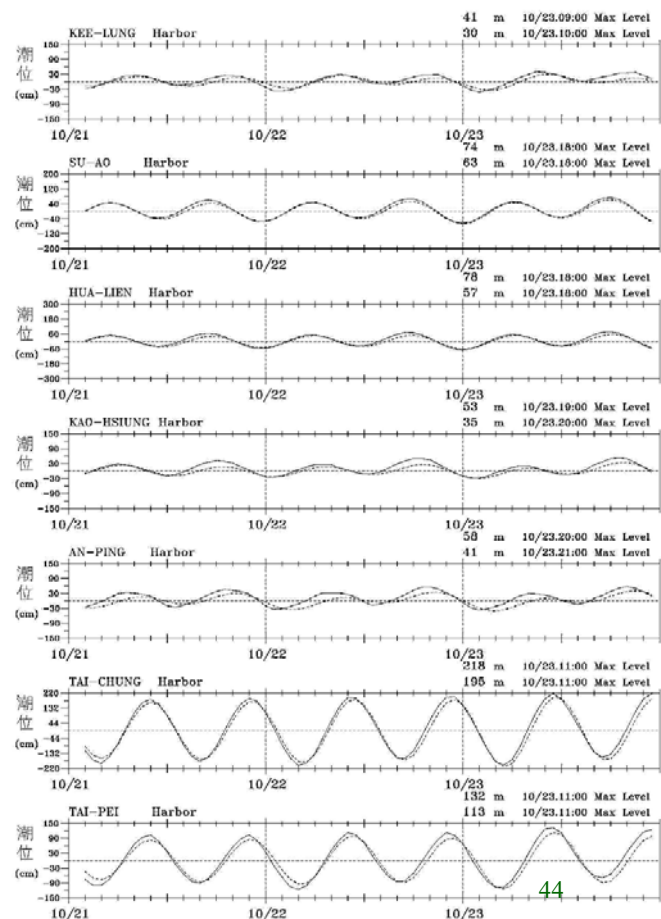
## 水位及海流模式

- 預報模式分別建置大、中、小三種尺度數值模式
  - (a)大尺度模式—西太平洋水位及海流模式
  - (b)中尺度模式—台灣海域水位及海流模式
  - (C)小尺度模式—七大商港潮流模式
- 全域水位及海流模式(大尺度及中尺度)
  - 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)。暴潮模式:風場及氣壓場作為表面驅動力。
  - 2D海流模式:得到垂直方向平均之潮流與風驅流

43

## 水位及海流模式

- 水位預報與觀測比較-梅姬颱風



## 水位及海流模式

### • 海流預報與觀測比較-梅姬颱風

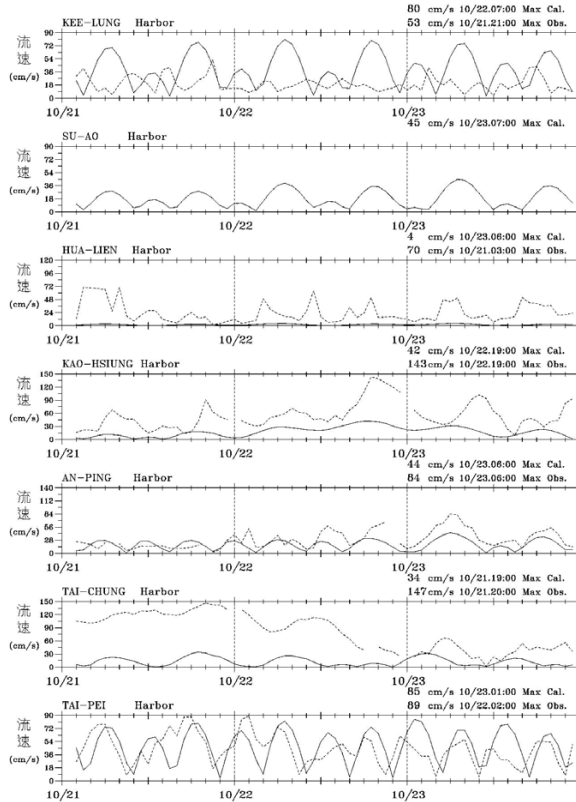


圖 6.3.12 梅姬颱風流速比對 (實線: 模擬, 虛線: 觀測)

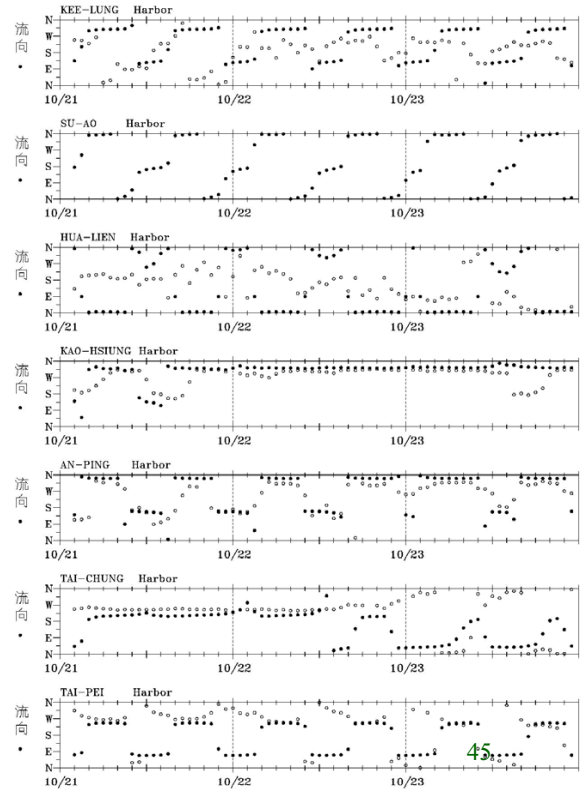


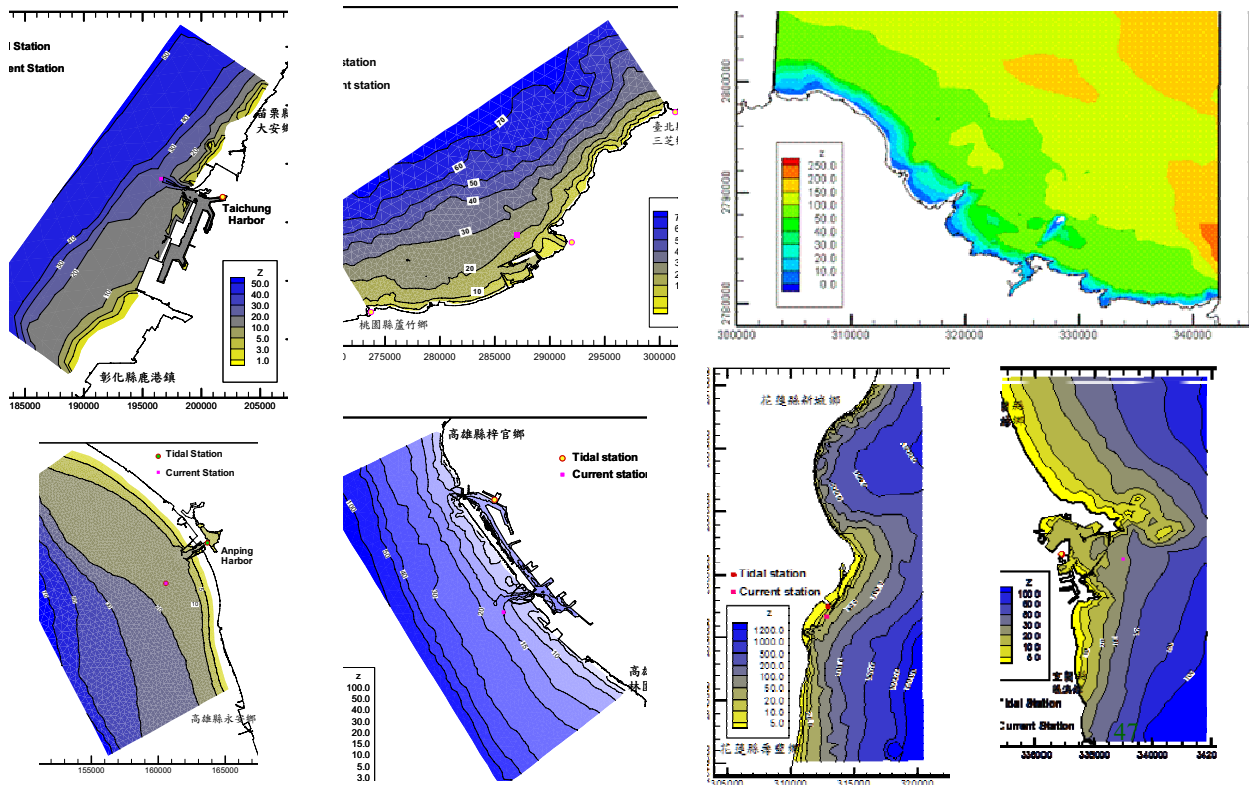
圖 6.3.13 梅姬颱風流向比對 (實圓: 模擬, 虛圓: 觀測)

## 水位及海流模式

- 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：
  - 網格解析度需足反映地形變化。
  - 運算速度需符合線上作業及災害預警。

## 水位及海流模式

### • 七大商港地形水深資料



## 水位及海流模式

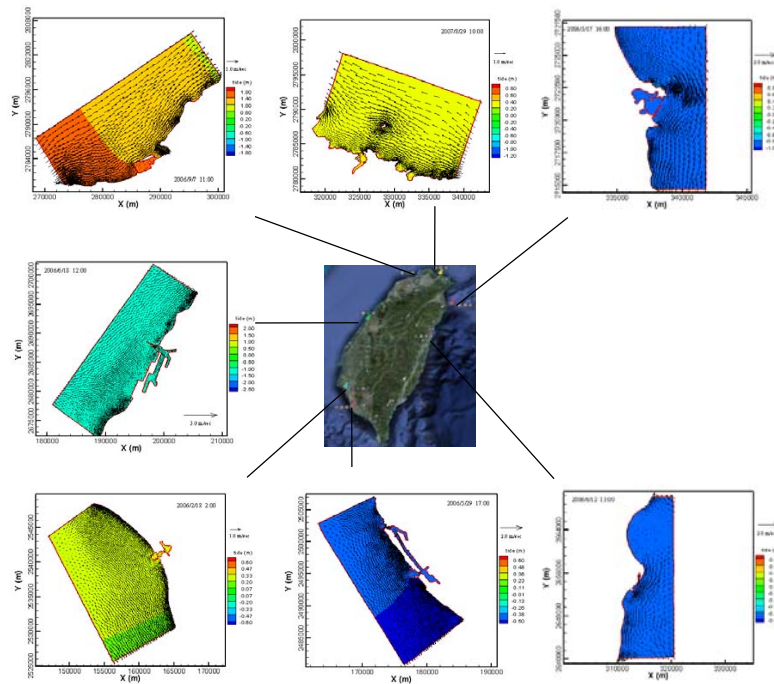
### • 潮汐

- 蒐集七大商港及其鄰近潮位站 2006~2008年潮汐資料，進行資料補遺和分析。
- 共十七個潮位站龍洞、基隆、麟山鼻、臺北、竹圍、(外埔)、臺中、(鹿港)、將軍、安平、永安、高雄、東港、石梯、花蓮、蘇澳、梗枋
- 今年度增加分析
  - 龍洞、麟山鼻、竹圍 三個測站 2009年的潮位資料，進行潮位資料調和分析。



## 水位及海流模式

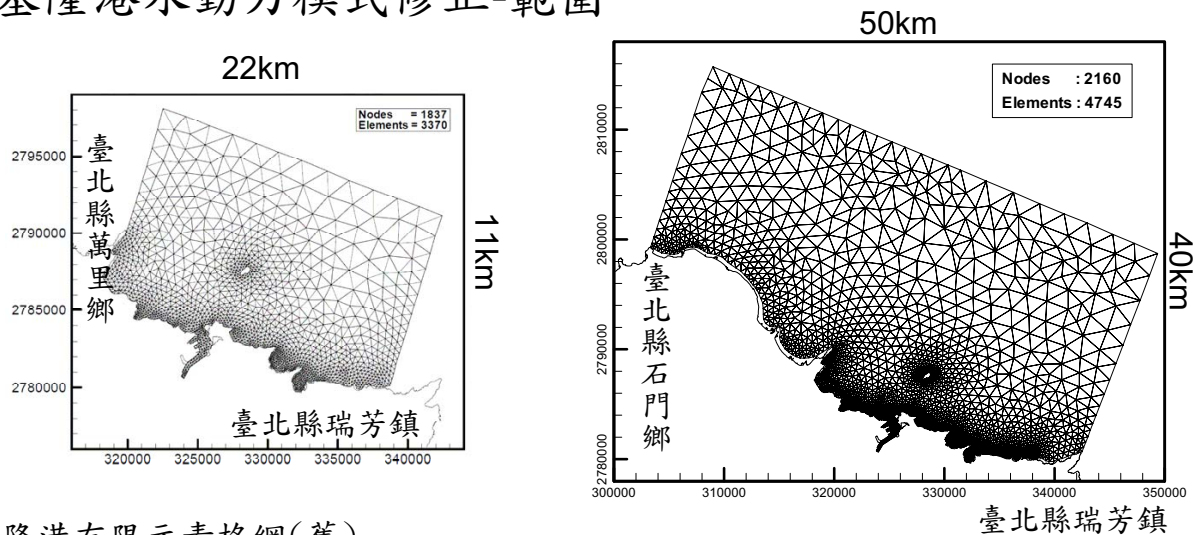
- 模式建置



49

## 水位及海流模式

- 基隆港水動力模式修正-範圍



基隆港有限元素格網(舊)

基隆港新建有限元素格網

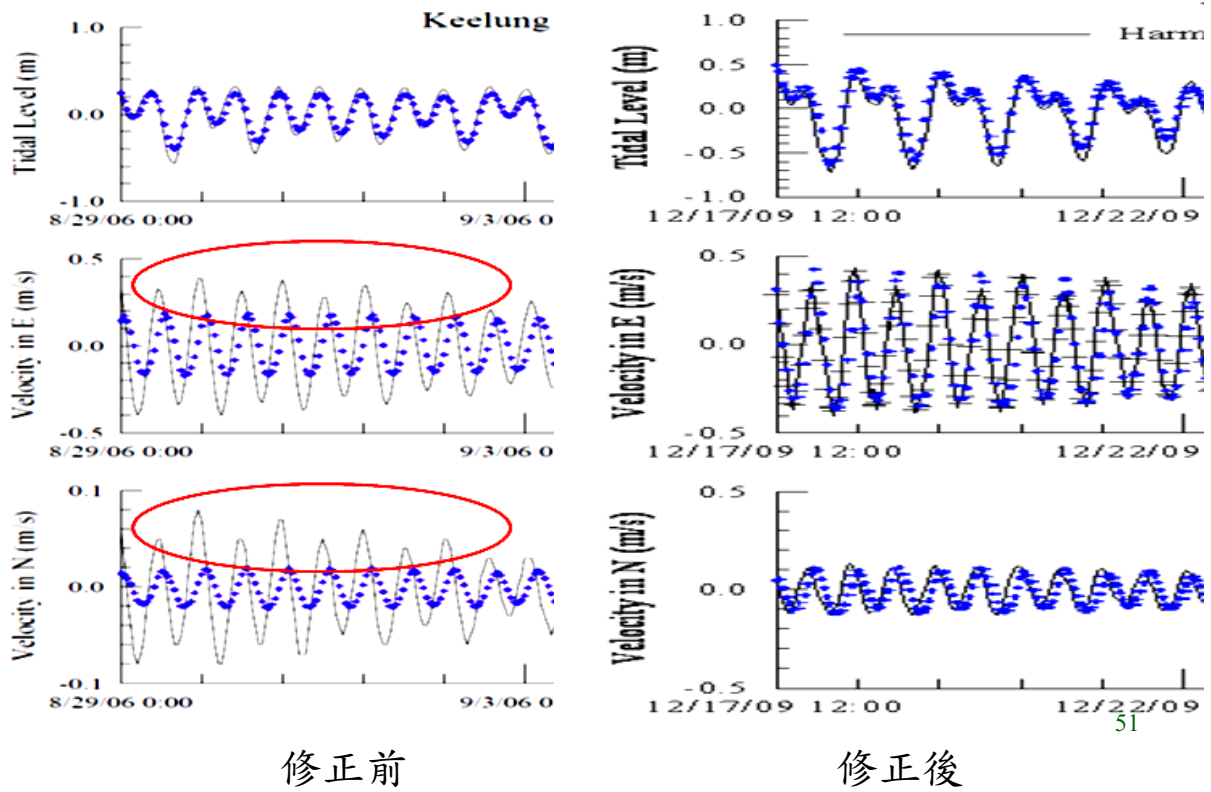
修正後的節點數由1837增加至2610，  
修正後的元素個數由3370增加至4745。

50



## 水位及海流模式

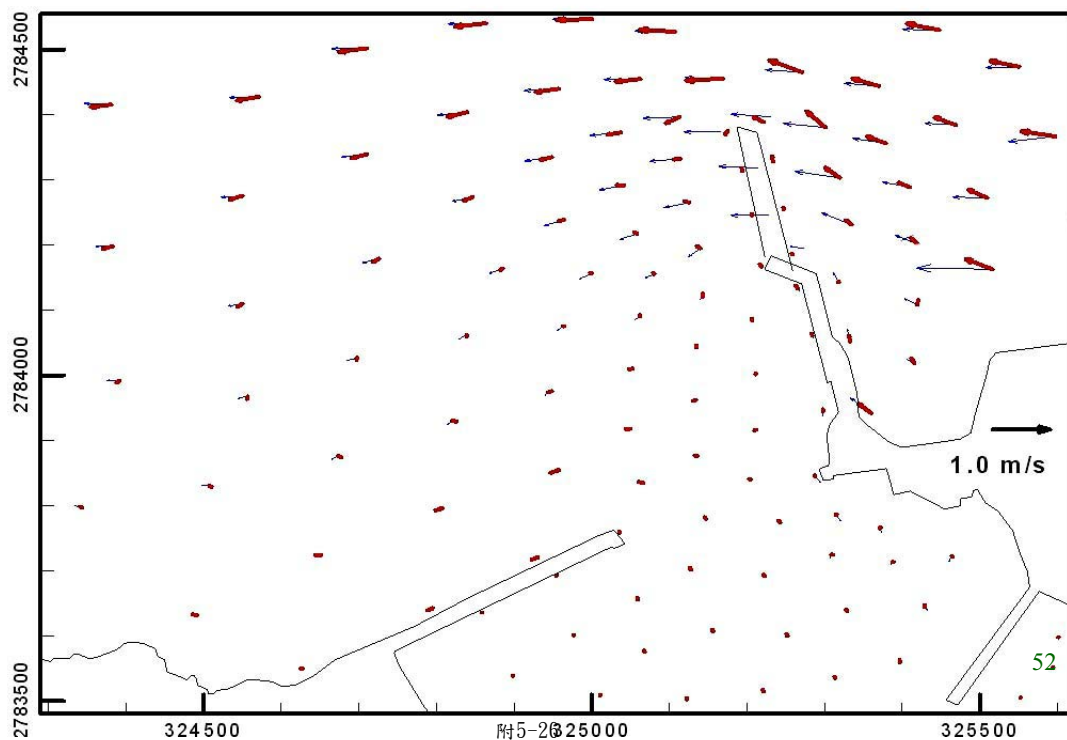
### 基隆港水動力模式修正



## 水位及海流模式

### 基隆港水動力模式修正

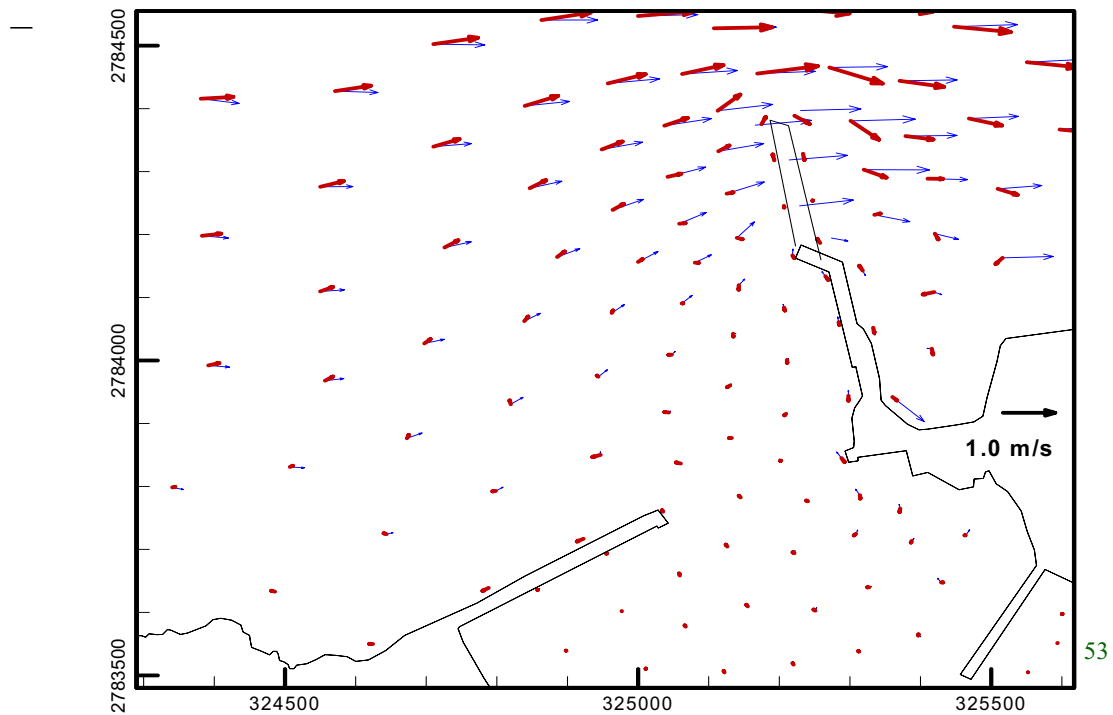
— 漲潮時段東防堤延伸段興建前(藍)、興建後(紅)流場之比較



## 水位及海流模式

- 基隆港水動力模式修正

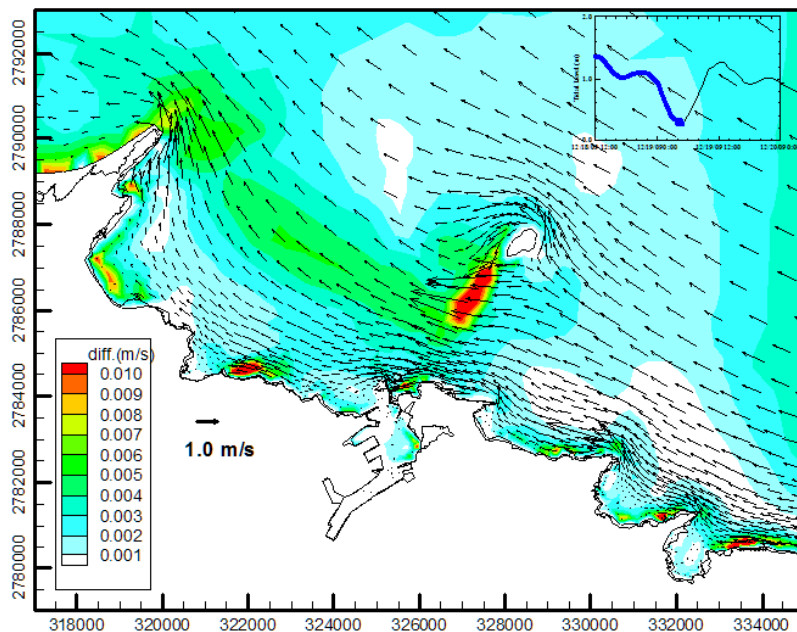
- 退潮時段東防堤延伸段興建前(藍)、興建後(紅)流場之比較



## 水位及海流模式

- 風場效應

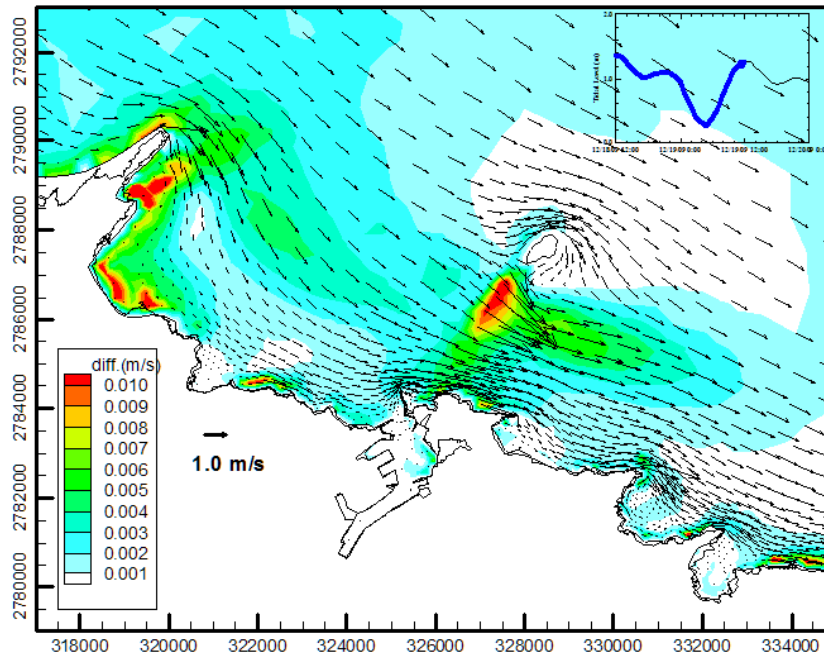
- 水深較淺處效應較大，持續作用持續增加



無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間漲潮流況與流速差分布情形(風速為10 m/s，風向為東北)

## 水位及海流模式

- 風場效應



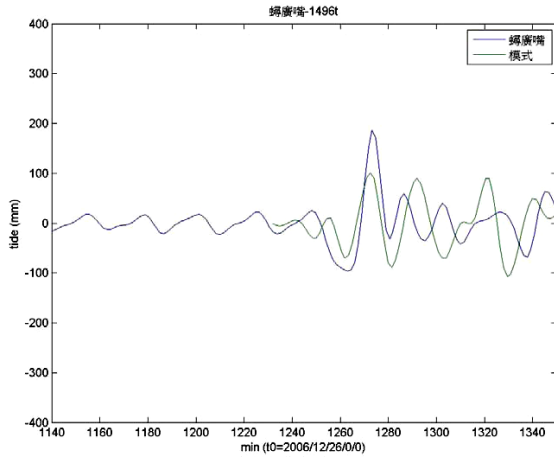
無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間退潮流況與流速差分布情形(風速為10 m/s，風向為東北)

## 海嘯模式

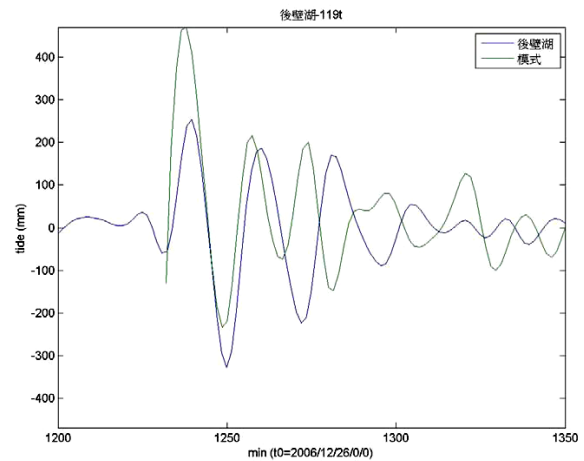
- PARI海嘯模式(日本港灣空港研究所)-
  - 採用非線性淺水方程式。經過南亞海嘯及日本北海道海嘯測試，與實測相符。
- COMCOT海嘯模式(美國康乃爾大學土木與環境工程學系)-
  - 採用非線性Boussinesq方程式所推導。較佳之運算效率
- 格林函數演算模式(Shuto,1991)，線性系統中具有對稱性及可逆性，線性淺水方程式適用在水深大於50公尺之範圍，以提高預報效率。

## 海嘯模式

- 利用PARI 模式模擬屏東海嘯事件  
－ 水位比對結果



模擬結果與蟳廣嘴潮位站水位之比對



模擬結果與後壁湖潮位站水位之比對

57

## 海嘯模式

- 利用COMCOT 建立高雄港/市溢淹模型

起始水位波峰約13.0米，波谷約5.0米深，海嘯傳播方向為東偏北(波谷)~西偏南(波峰)方向傳播。

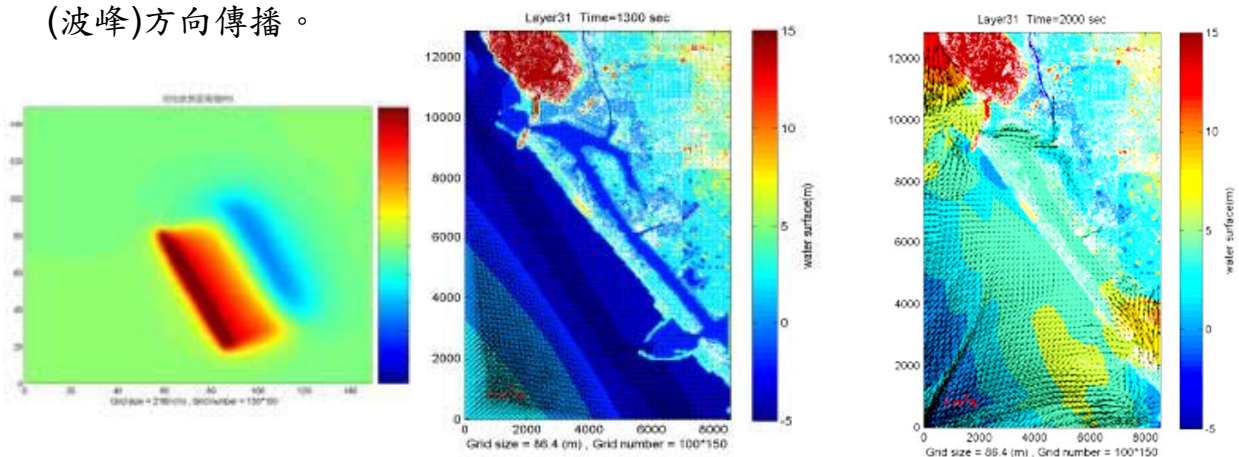


圖 4.27(a) 時間=1300 秒

圖 4.27(h) 時間=2000 秒

■地震發生時間起算，第一前導波約1300 秒後(即21 分鐘後)到達測站04(高雄市旗津區中段離岸處)；約1450 秒後到達測站03(高雄市旗津區中段近岸處)。此後海嘯開始溯上溢淹至高雄市旗津區全區，同時間也經由高雄港第一港口與第二港口進入港區內。港區內水位變化於短時間內突增，因此會順著海嘯的傳播方向溢淹擴散至高雄市區內。

## 海嘯模式

- PARI及COMCOT的限制

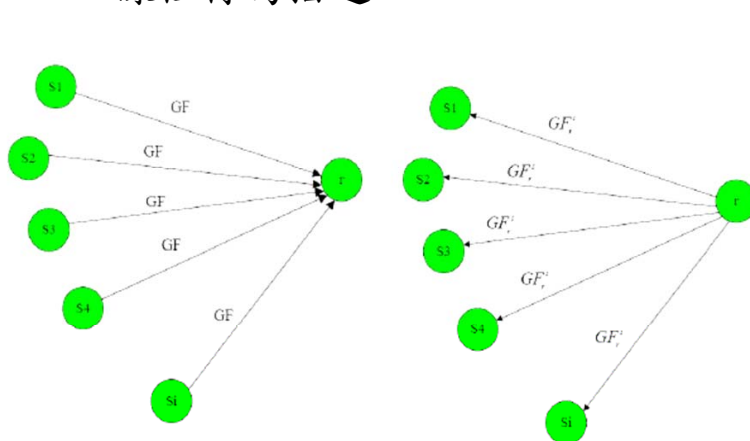
- 此種模式往往受限於計算區域，需用超級電腦進行平行處理運算
- 另外，初始條件(即斷層參數)無法事先得知，必須先假設可能的地震源及海嘯傳遞路徑
- 對於預報之時效及資料庫建立有困難。

59

## 海嘯模式

- 互逆格林函數之應用

- 格林函數(Green's function)可視為SWE之通解，物理意義就是水位時序變化。
- 格林函數在線性系統有對稱性及可逆性(Loomis, 1979)
- Shuto (1991)：在水深大於50公尺之範圍，海嘯傳遞可用一線性行為描述

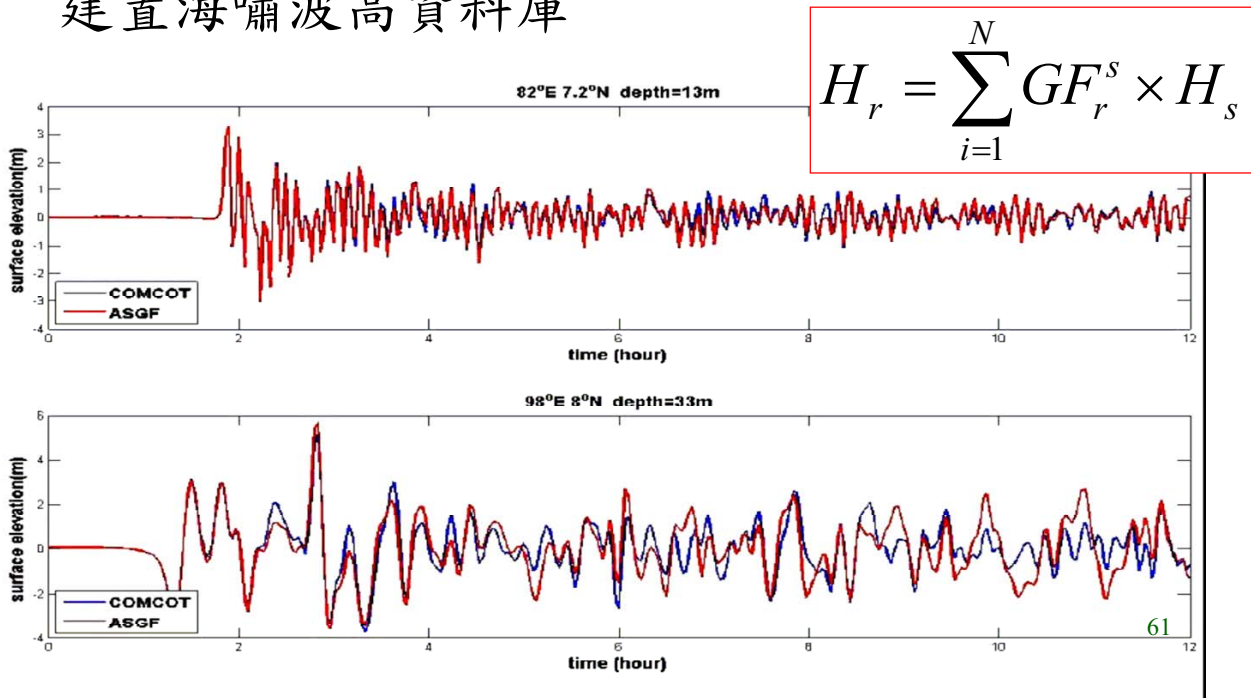


$$GF_s^r = GF_r^s$$



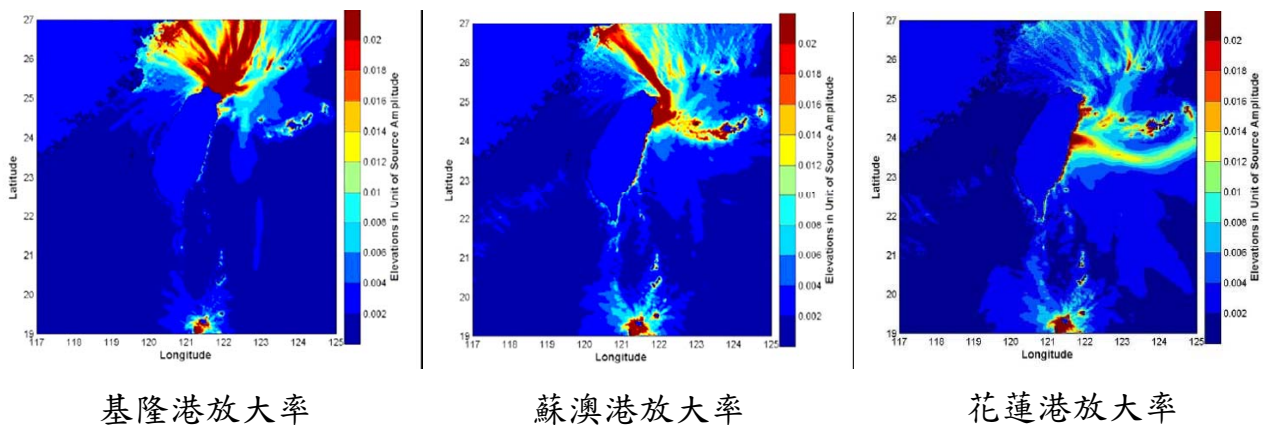
## 海嘯模式

- 利用格林函數在線性系統中之可逆性及對稱性，可得到與傳統海嘯模式相同之結果，並且能事先建置海嘯波高資料庫



## 海嘯模式

- 互逆格林函數之應用—威脅性評估
  - 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)。



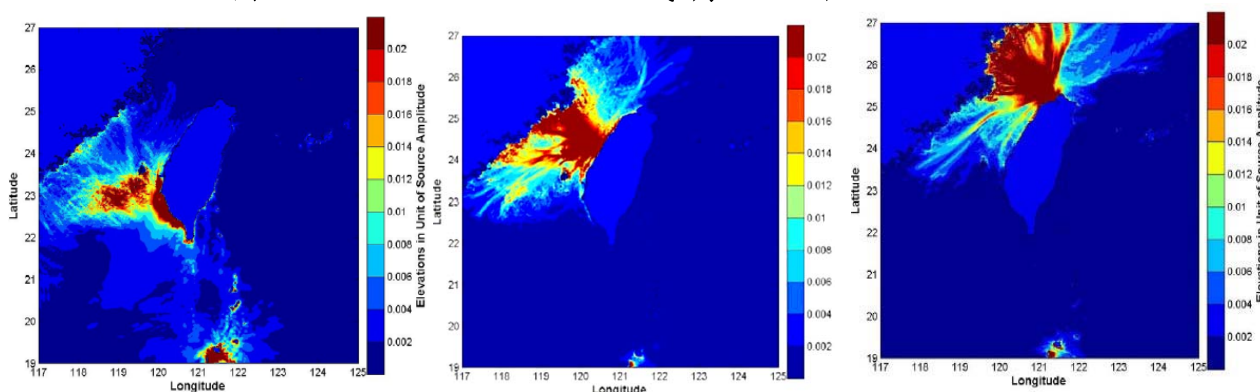
基隆港放大率

蘇澳港放大率

花蓮港放大率

## 海嘯模式

### • 互逆格林函數之應用—威脅性評估



高雄港放大率

臺中港放大率

臺北港放大率

台北、基隆、蘇澳三港位於台灣北部，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；

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。

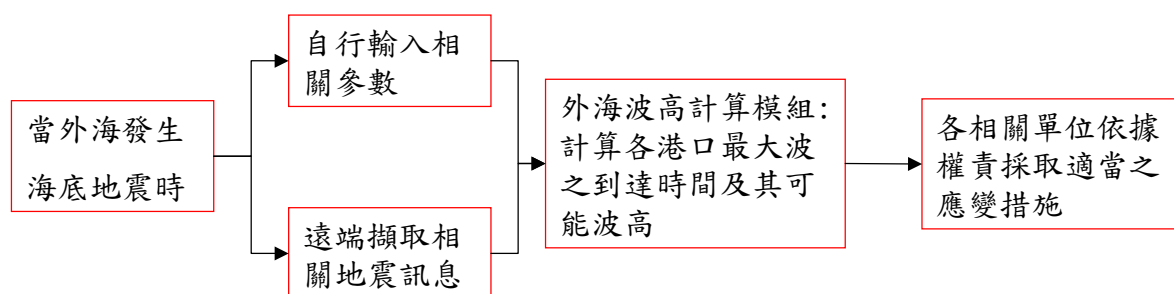
63

## 海嘯模式

### • 海嘯早期預警系統之建置

#### — 互逆格林函數之優點

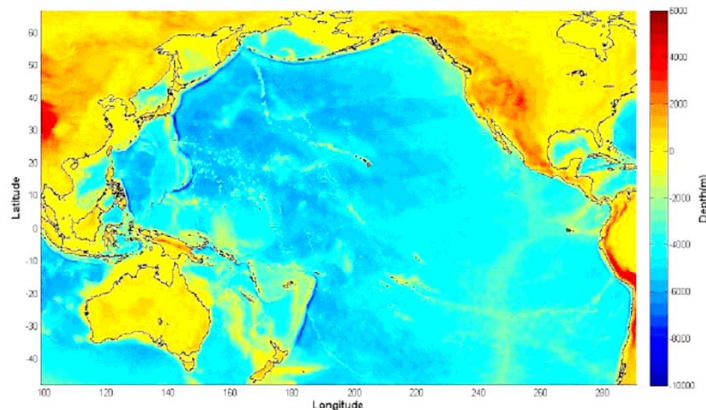
- 可針對重點區域計算並彙整海嘯波高資料庫。
- 避免做大規模之數學運算。
- 一般個人電腦即可操作
- 可計算最大波高/第一波波高及其到達時間



64

## 海嘯模式

- 利用Matlab之GUI介面設計及配置視窗介面。
  - 潛勢震源擴展至環太平洋區域
  - 遠端擷取功能
  - 八港之遠域格林函數之建置



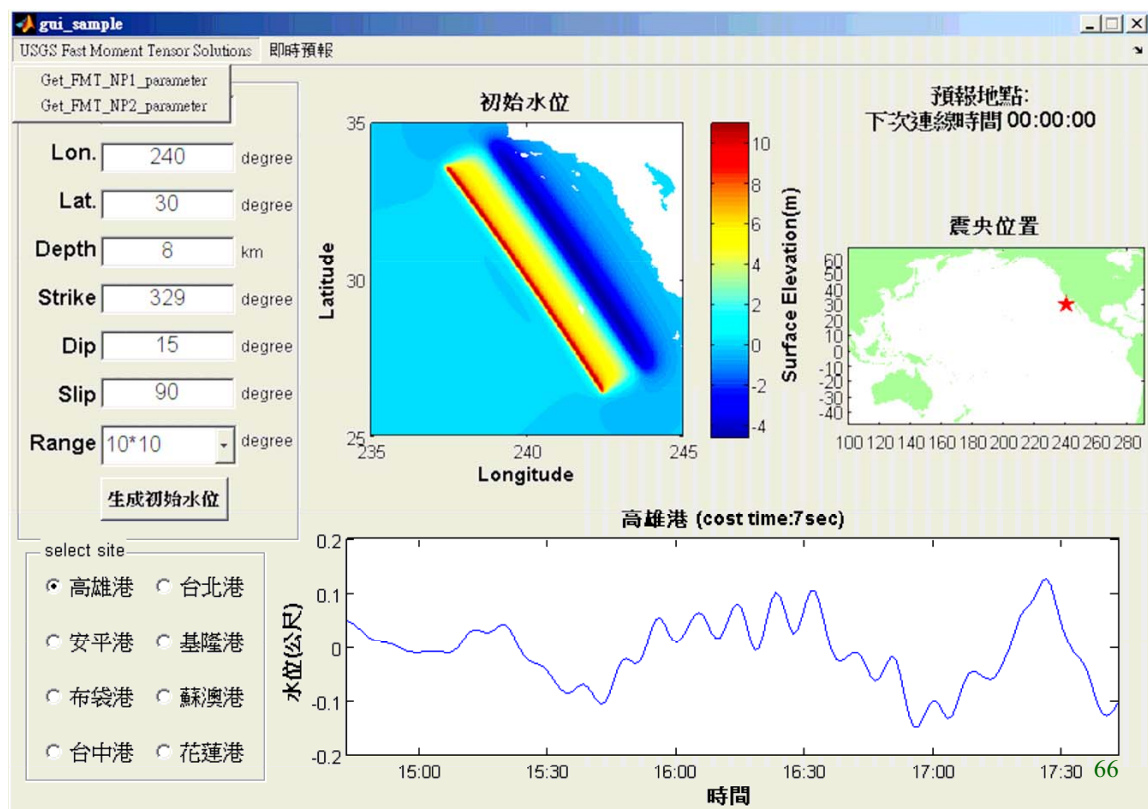
■資料檔為減少硬碟容量，故以nc檔格式儲存，總計需要1000GB之硬碟空間。

■模式計算範圍包含整個環太平洋地震帶，東經99度~西經69度，南緯48度~北緯67度

■網格為2分，最長計算時間為30小時(考量海嘯波自太平洋東岸傳遞至台灣所需之時間)。

65

## 海嘯模式



附5-33

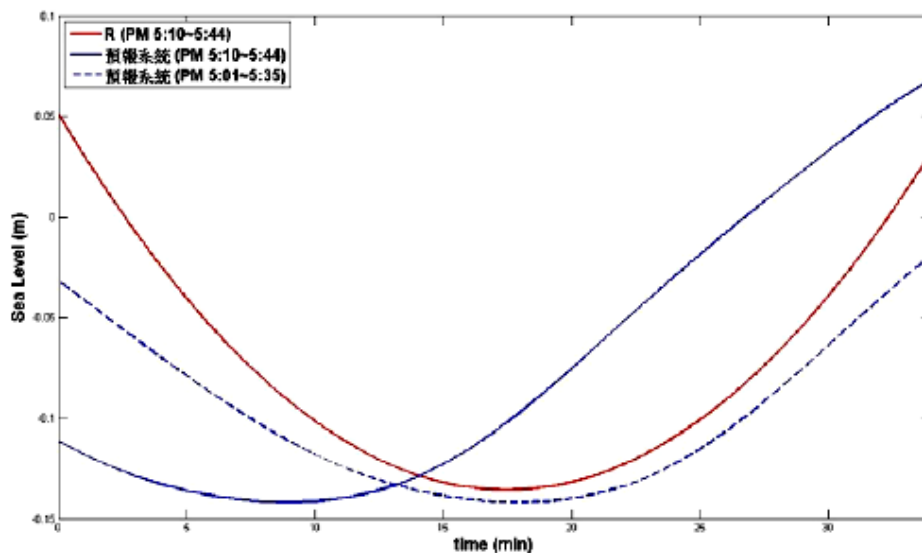


## 海嘯模式

- 海嘯預警系統的驗證-智利海嘯
  - 台灣時間2010年2月27日下午2點34分於智利發生芮氏規模8.8之大地震。
  - 根據太平洋海嘯警報中心的紀錄智利沿海地區出現數十公分至2米多的海嘯高度，美國及墨西哥東海岸、夏威夷都觀測到數十公分的海嘯高度。
  - 而日本氣象廳的沿岸觀測紀錄有1米多的海嘯高度。
- 在基隆港東防波堤外水深44公尺處設置AWCP；
  - 儀器設定的觀測頻率為1Hz。根據中央氣象局預測，海嘯波從智利外海約需經過26小時後抵達基隆，其時間為2010年2月28日下午四點多。故此研究取2010年2月28日的水位資料來進行驗證海嘯的水位高度

67

## 海嘯模式



系統結果顯示海嘯第一波的波峰為7.1公分，波谷為14.2公分，取下午5點10~44分的預報系統水位與EEMD的海嘯餘訊，以及下午5點1~35分的水位作比較，能清楚的了解波谷之水位相近，而預報時間比實際波谷到達時間先到9分鐘。

68

## 海嘯模式

- 1.模式模擬高雄市外海發生地震矩規模為9.所引發之海嘯；結果顯示溢淹範圍北至高雄市左營區、三民區；東至高雄市小港區、高雄縣鳳山市與高雄市交界處附近，其受災範圍甚廣；且高雄港受到如此規模的海嘯侵襲，高雄港區內的水位變化持續震盪變化約五小時。
- 2.放大率圖顯示，並非所有海嘯都會對六個國際港產生威脅。
- 3.互逆格林函數法之特性有助於海嘯波高資料庫之建立，利用Matlab 軟體撰寫而成之介面以及遠端擷取之功能，可結合為一「遠/近域海嘯早期預警系統」，其計算範圍可包含環太平洋地震帶，波高資料庫也涵蓋國內各重要港口。

69

## 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。

70

## 線上預報作業及網站展示

### • 軟硬體環境

作業系統：

SUSE Linux Enterprise

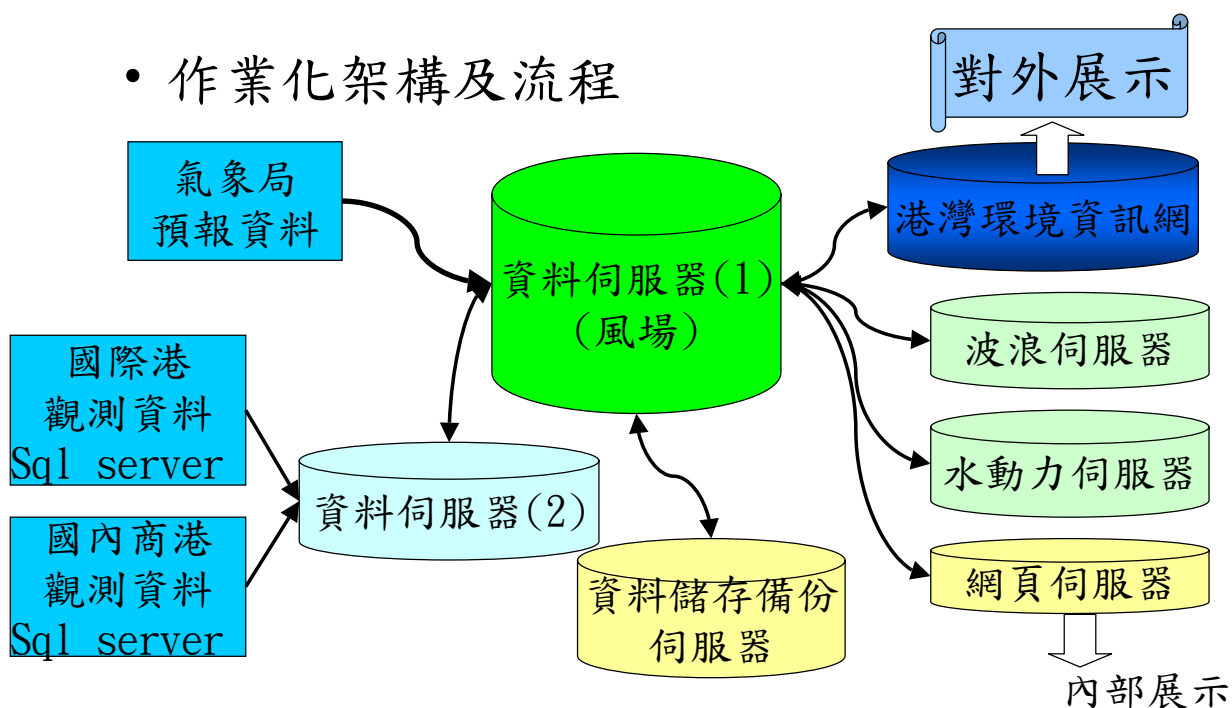
| 伺服器     |          |
|---------|----------|
| SuSe-01 | 網頁伺服器    |
| SuSe-02 | 資料伺服器(1) |
| SuSe-03 | 資料伺服器(2) |
| SuSe-04 | 水動力伺服器   |
| SuSe-05 | 波場伺服器    |



71

## 線上預報作業及網站展示

### • 作業化架構及流程

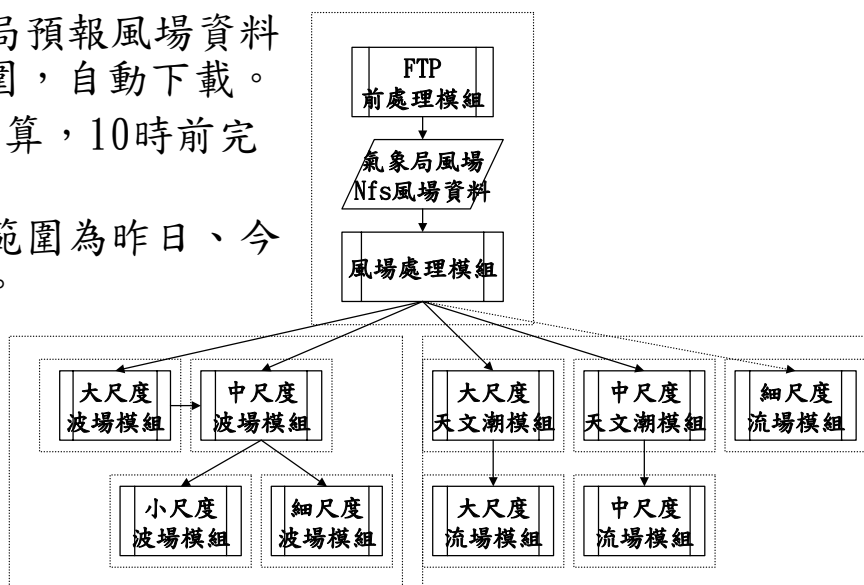


72

## 線上預報作業及網站展示

### • 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，10時前完成預報
- 模擬時間範圍為昨日、今日、明日。



73

## 線上預報作業及網站展示

### • 主要模式網格

#### – NFS風場資料格式 grib

| DMS<br>FLAP | 座標系統                            | DIMENSION | RESOLUTION | 格點位置                                                                                                                                                    |
|-------------|---------------------------------|-----------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RC          | Lambert<br>conformal<br>mapping | 221*127   | 45KM       | Center(120E), true(10N,40N)<br>座標(114,71)位置位於(30N,120E)<br>底圖 左下點(-5.34068N,77.91867E)<br>右上點(42.92812N,180.2034E)                                      |
| MC          | Lambert<br>conformal<br>mapping | 181*193   | 15KM       | Center(120E), true(10N,40N)<br>座標(76,148)位置位於(30N,120E)<br>底圖 左下點(9.28194N,109.7727E)<br>右上點(35.26665N,137.7342E)<br>座標(1,1)對應至 45KM MESH 之(89,22)座標位置  |
| HC          | Lambert<br>conformal<br>mapping | 91*121    | 5KM        | Center(120E), true(10N,40N)<br>座標(28,199)位置位於(30N,120E)<br>底圖 左下點(20.78609N,118.6597E)<br>右上點(26.33824N,123.2724E)<br>座標(1,1)對應至 15KM MESH 之(67,82)座標位置 |

## 線上預報作業及網站展示

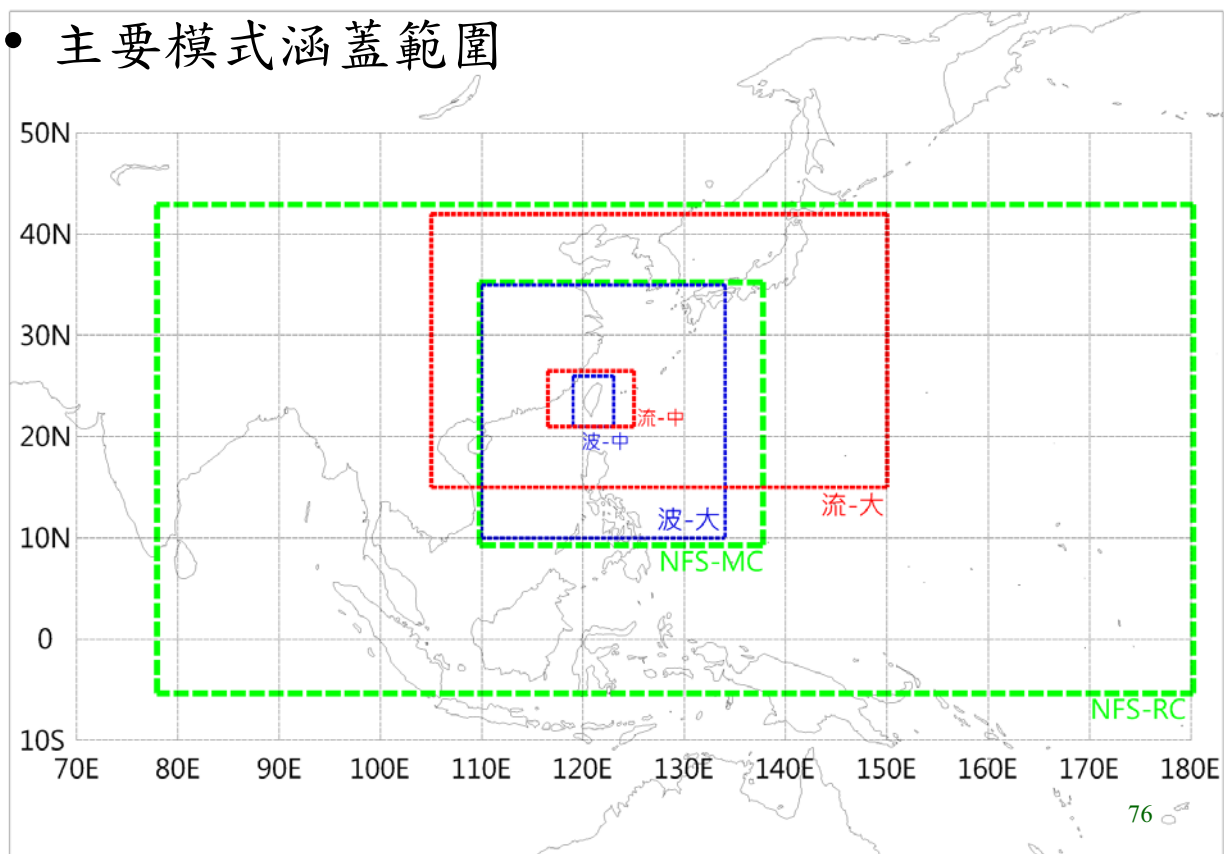
- 主要模式網格
  - taicom資料格式 netcdf

|    | 模式             | DIMENSION | 模式格網                | 格點位置                                  |
|----|----------------|-----------|---------------------|---------------------------------------|
| 風場 | 採用 NFS RC 風場內插 | 307*211   | 1/6 度<br>=0.166667  | 底圖 左下點(0N,99E)<br>右上點(35N,150E)       |
|    | 採用 NFS MC 風場內插 | 301*301   | 1/12 度<br>=0.083333 | 底圖 左下點(10N,110E)<br>右上點(35N,134E)     |
| 波場 | WAM            | 121*126   | 0.2 度<br>(約 20 公里)  | 底圖 左下點(10N,110E)<br>右上點(35N,134E)     |
|    | SWAN           | 101*126   | 0.04 度<br>(約 5 公里)  | 底圖 左下點(21N,119E)<br>右上點(26N,123E)     |
| 流場 | COHERENS-西太平洋  | 541*325   | 1/12 度<br>=0.083333 | 底圖 左下點(15N,105E)<br>右上點(42N,150E)     |
|    | COHERENS-臺灣近海  | 511*331   | 1/60 度<br>=0.016667 | 底圖 左下點(21N,116.5E)<br>右上點(26.5N,125E) |

75

## 線上預報作業及網站展示

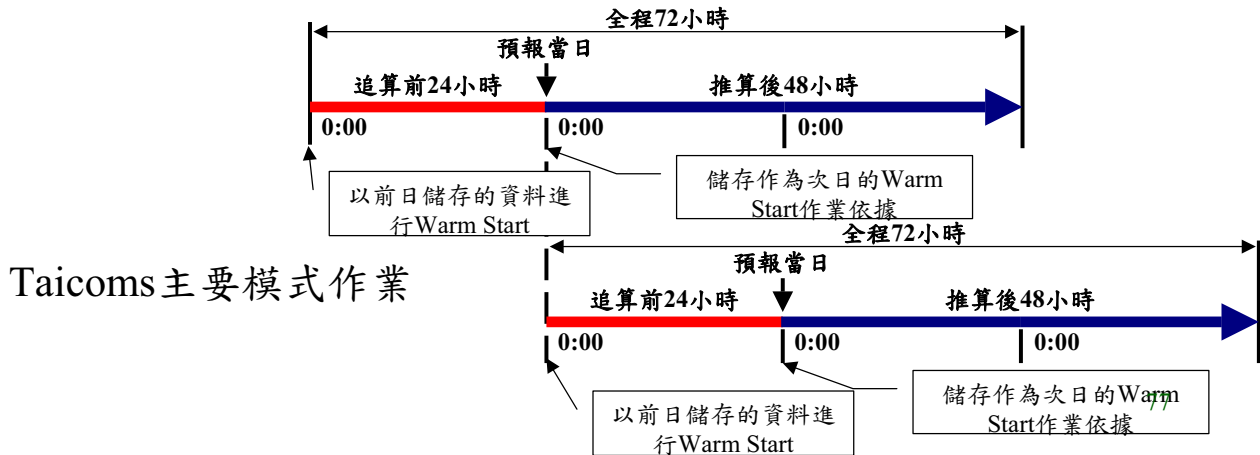
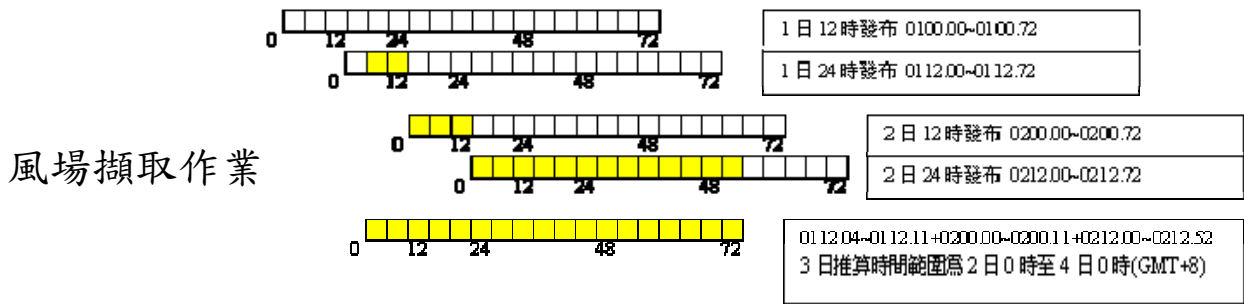
- 主要模式涵蓋範圍



76

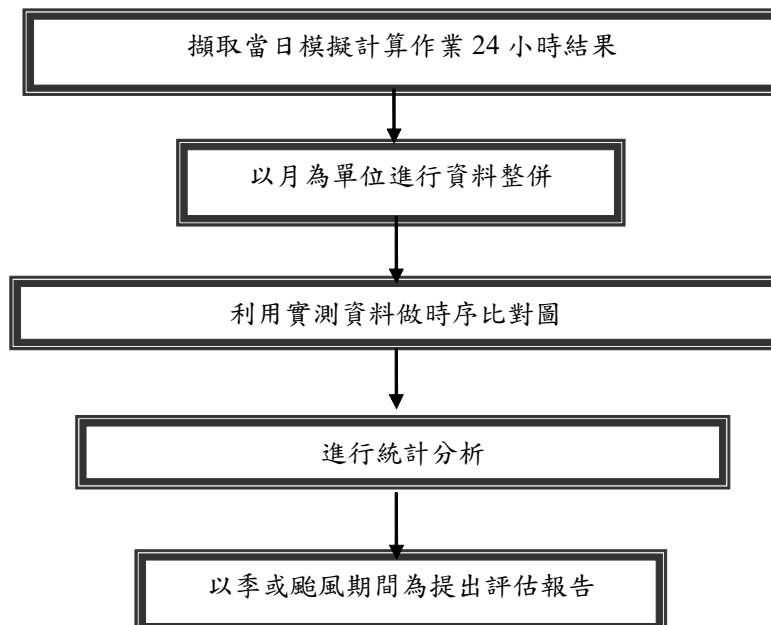
## 線上預報作業及網站展示

### • 每日作業流程



## 線上預報作業及網站展示

### • 線上作業成果評估流程

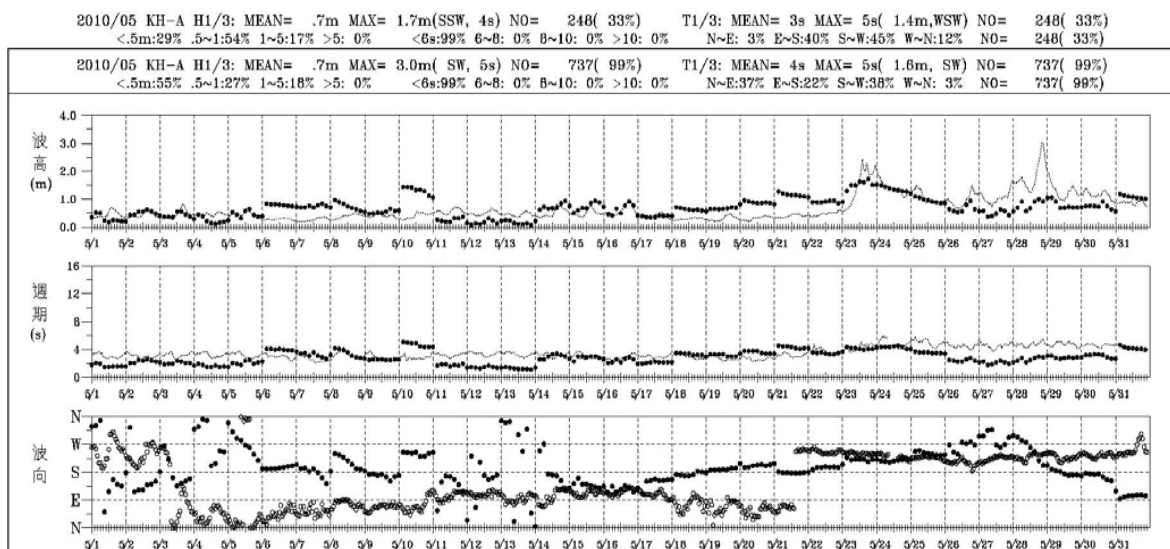




## 線上預報作業及網站展示

### 線上作業協助改善

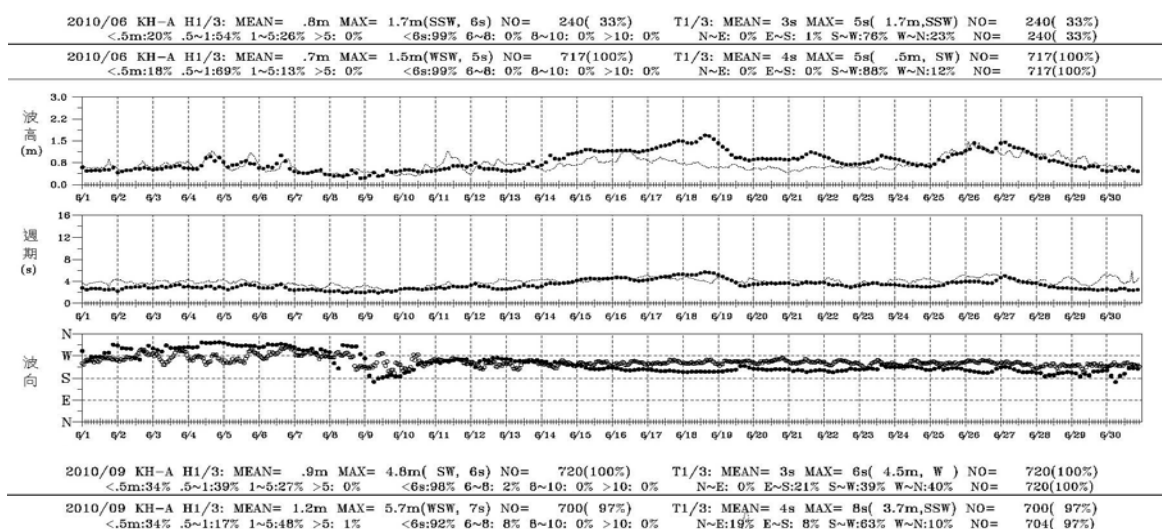
- 於去年初，察覺相關作業化問題，並於6月1日修改
- 於201008，加密SWAN作業化時距由3小時1筆改1小時1筆為，並於8月1日修改



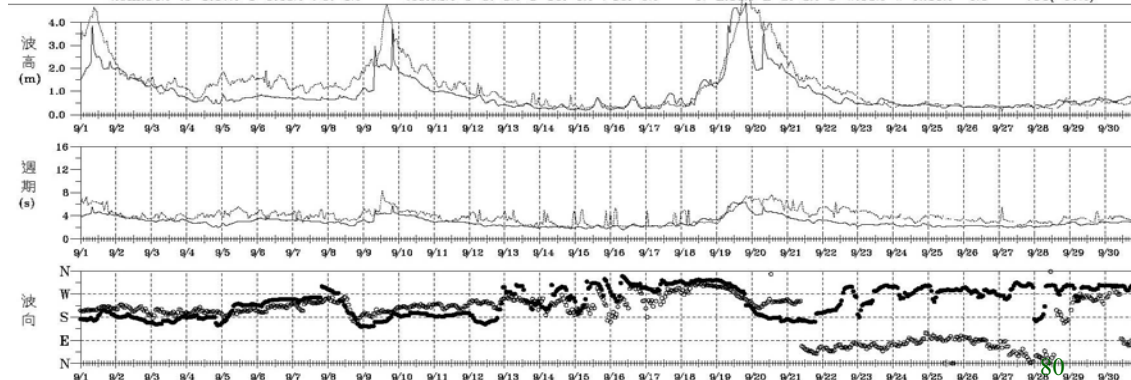
5月份高雄港模擬與觀測比較圖

79

6月



9月



80





## 線上預報作業及網站展示

### — 2010年凡那比(FANAPI)侵台時間提供相關歷線圖



簡報完畢  
敬請指教