

113-010-7D49  
IOT-112-H3C006

# 海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4) —建置高雄海域模組



交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

113-010-7D49  
IOT-112-H3C006

# 海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4) —建置高雄海域模組

著者：李兆芳、江朕榮、傅怡釧、林雅雯、劉正琪、謝佳紘

交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月



GPN : 1011300202  
定價 400 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

海氣象預測模擬系統之維運與精進. (2/4)：建置高雄海域模組/李兆芳, 江朕榮, 傅怡釧, 林雅雯, 劉正琪, 謝佳紘著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運輸研究所, 民 113.03

面；公分

ISBN 978-986-531-560-3(平裝)

1.CST: 海洋氣象 2.CST: 港埠管理 3.CST: 管理資訊系統

444.94

113001404

海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)－建置高雄海域模組

著者：李兆芳、江朕榮、傅怡釧、林雅雯、劉正琪、謝佳紘

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市松山區敦化北路 240 號

網址：[www.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw) (中文版>數位典藏>本所出版品)

電話：(04)2658-7200

出版年月：中華民國 113 年 3 月

印刷者：綠凌興業社

版(刷)次冊數：初版一刷 50 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：400 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

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

五南文化廣場：40042 臺中市區中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1011300202

ISBN：978-986-531-560-3 (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分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

## 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                           |                            |                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 出版品名稱：海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)－建置高雄海域模組                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                           |                            |                                                              |
| 國際標準書號（或叢刊號）<br>ISBN 978-986-531-560-3 (平裝)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 政府出版品統一編號<br>1011300202                                                                                   | 運輸研究所出版品編號<br>113-010-7D49 | 計畫編號<br>IOT-112-H3C006                                       |
| 本所主辦單位：運技中心<br>主管：蔡立宏<br>計畫主持人：林雅雯<br>研究人員：傅怡釗<br>聯絡電話：04-26587134<br>傳真號碼：04-26564415                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 合作研究單位：國立成功大學<br>計畫主持人：李兆芳<br>共同主持人：江朕榮<br>研究人員：劉正琪、謝佳紘<br>地址：70101 臺南市東區大學路 1 號<br>聯絡電話：06-2371938 轉 301 |                            | 研究期間<br>自 112 年 2 月<br><br>至 112 年 12 月                      |
| 關鍵詞：海象模擬、颱風波浪、暴潮、高雄海域                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                           |                            |                                                              |
| <p>摘要：</p> <p>本計畫屬於運技中心 112 年科技綱要計畫「陸運及港灣設施防災技術研究(2/4)」之分項計畫「港灣環境災防創新應用研究」下執行之子計畫。</p> <p>計畫除了持續維運海象模擬作業化系統正常運作以外，本(112)年度研究主要課題包括高雄海域基本資料蒐集分析、風浪模組及水動力模組建置及其他相關海象模擬之改善等。</p> <p>本(112)年度成果包括完成風場處理系統及臺海風浪模擬系統作業化程式校修，澎湖海域風浪、水動力模組模擬結果校驗，臺灣周圍海域風浪(含颱風波浪)、水位(含暴潮)等模擬結果之校驗，112 年度 9 海域主要港口模擬與觀測成果比對及月報提供運技中心內參，高雄海域 111 年潮汐、海流、波浪等海象資料基本統計及分析，新建高雄海域風浪、水動力模組及相關模擬參數率定等。</p> <p>成果效益及應用情形：</p> <p>本計畫相關研究成果及數值模擬經驗，將能夠應用至其他離島海域，達到完善臺灣周圍海域「海氣象模擬預測系統」之目標。於平時提供港區、海岸公路等相關海象模擬資訊，另於颱風侵襲期間，相關結果可做為防災預警之評估依據，以輔助船舶進出及海岸公路行車安全等重要資訊。</p> |                                                                                                           |                            |                                                              |
| 出版日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 頁數                                                                                                        | 定價                         | 本出版品取得方式                                                     |
| 113 年 3 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 359                                                                                                       | 400                        | 凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。 |
| 備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                           |                            |                                                              |

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                              |                                   |                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| TITLE: Maintenance and advancing of sea meteorology prediction simulation system (2/4) –Establishing Kaohsiung seas module                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                              |                                   |                                                              |
| ISBN(OR ISSN)<br>978-986-531-560-3 (pbk)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER<br>1011300202 | IOT SERIAL NUMBER<br>113-010-7D49 | PROJECT NUMBER<br>IOT-112-H3C006                             |
| DIVISION: Transportation Technology Research Center<br>DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ya-Wen Lin<br>PROJECT STAFF: Yi-Chuan Fu<br>PHONE: (04) 26587134<br>FAX: (04) 26564415                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                              |                                   | PROJECT PERIOD<br><br>FROM February 2023<br>TO December 2023 |
| RESEARCH AGENCY: National Cheng Kung University<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jaw-Fang Lee<br>CO-PROJECT INVESTIGATOR: Chen-Jung Chiang<br>PROJECT STAFF: Cheng-Chi Liu, Chia-Hon Shieh<br>ADDRESS: NO.1, University Road, Tainan, Taiwan 70101, R.O.C.<br>PHONE: (06) 2371938 ext. 301                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                              |                                   |                                                              |
| KEY WORDS: SEA METEOROLOGY SIMULATION, TYPHOON WAVE, STORM SURGE, KAOHSIUNG SEA AREA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                              |                                   |                                                              |
| ABSTRACT:<br><p>This project belongs to a sub-item project “Innovative Application Research on Harbor Environment Disaster Prevention” under the 2023 Outline Science Technology program “Disaster Prevention Technology Research of Land Transportation and Harbor Facilities” of the Transportation Technology Research Center.</p> <p>In addition to maintaining normal operation of the sea meteorology simulation system, the main topics this year focuses on collecting and analysis of basic data of Kaohsiung seas, establishment of wind module and hydrodynamic module, and improvements of other related sea meteorology simulation.</p> <p>Research results this year include: finishing wind field processing system and verifying operational procedure for wind wave simulation system of Taiwan seas, and verifying simulation results of wind wave and hydrodynamic modules for Penghu sea area; verifying simulation results of wind waves (including typhoon waves) and water levels (including storm surges) of sea areas surrounding Taiwan; comparisons of simulation and observatory results of main harbors in 9 sea areas and providing monthly reports to Transportation Technology Research Center for reference; providing statistics and analysis of sea meteorology including tides, currents, and waves for Kaohsiung sea area 2022; establishment of wind wave and hydrodynamic modules and calibrations of related simulation parameters.</p> <p>Research results and numerical simulation experiences in this project can be applied to other outlying islands to improving the "sea meteorology simulation and forecast system" for sea areas surrounding Taiwan. During normal times, the present results can provide relevant sea meteorology simulation information for port areas and coastal highways. During typhoon periods, the present results can also provide as evaluation basis for disaster prevention and early warning and can assist ship navigation and car driving safety on coastal highways.</p> |                                              |                                   |                                                              |
| DATE OF PUBLICATION<br>March 2024                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | NUMBER OF PAGES<br>359                       | PRICE<br>400                      |                                                              |
| The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                              |                                   |                                                              |

# 目 錄

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 中文摘要.....                      | I    |
| 英文摘要.....                      | II   |
| 目 錄 .....                      | III  |
| 圖 目 錄.....                     | V    |
| 表 目 錄.....                     | XII  |
| 第一章 緒論.....                    | 1-1  |
| 1.1 計畫緣起及目的.....               | 1-1  |
| 1.2 計畫重要性.....                 | 1-1  |
| 1.3 計畫沿革.....                  | 1-2  |
| 1.4 研究範圍及對象.....               | 1-4  |
| 1.5 研究內容及工作項目 .....            | 1-5  |
| 第二章 臺灣近岸海象模擬作業化系統維運與改善研究 ..... | 2-1  |
| 2.1 海象模擬作業化系統簡介.....           | 2-1  |
| 2.2 海象模擬作業化系統校修與維運 .....       | 2-32 |
| 2.3 海象模擬作業化系統改善研究.....         | 2-45 |
| 第三章 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗 .....        | 3-1  |
| 3.1 臺灣周圍海域風浪模擬與觀測.....         | 3-1  |
| 3.2 冬季風浪模擬與校驗.....             | 3-5  |
| 3.3 颱風波浪模擬與校驗.....             | 3-16 |
| 第四章 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗 .....       | 4-1  |
| 4.1 臺灣周圍海域水位模擬與觀測.....         | 4-1  |
| 4.2 臺灣周圍海域水位模擬與校驗.....         | 4-26 |
| 4.3 臺灣周圍海域暴潮模擬與校驗.....         | 4-36 |
| 第五章 臺灣近岸海象預測作業化成果評估 .....      | 5-1  |
| 5.1 風力預測成果評估.....              | 5-8  |
| 5.2 波浪預測成果評估.....              | 5-9  |
| 5.3 潮位預測成果評估.....              | 5-10 |

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| 5.4 海流預測成果評估.....                 | 5-11        |
| <b>第六章 高雄海域基本資料蒐集與分析 .....</b>    | <b>6-1</b>  |
| 6.1 地理位置.....                     | 6-1         |
| 6.2 潮汐.....                       | 6-2         |
| 6.3 海流.....                       | 6-5         |
| 6.4 波浪.....                       | 6-22        |
| 6.5 地形水深.....                     | 6-30        |
| <b>第七章 高雄海域風浪及水動力模組建置 .....</b>   | <b>7-1</b>  |
| 7.1 高雄海域風浪模組建置.....               | 7-1         |
| 7.2 高雄海域風浪模擬測試.....               | 7-5         |
| 7.3 高雄海域水動力模組建置.....              | 7-9         |
| <b>第八章 結論與建議 .....</b>            | <b>8-1</b>  |
| 8.1 結論.....                       | 8-1         |
| 8.2 建議.....                       | 8-2         |
| 8.3 預期效益與應用情形.....                | 8-2         |
| <b>參考文獻.....</b>                  | <b>參-1</b>  |
| <b>附錄一 相關波浪模式基本理論介紹 .....</b>     | <b>附1-1</b> |
| <b>附錄二 水動力模式基本理論介紹 .....</b>      | <b>附2-1</b> |
| <b>附錄三 8商港2022年天文潮調和常數表 .....</b> | <b>附3-1</b> |
| <b>附錄四 歷次工作會議紀要 .....</b>         | <b>附4-1</b> |
| <b>附錄五 期中報告審查意見處理情形表 .....</b>    | <b>附5-1</b> |
| <b>附錄六 期末報告審查意見處理情形表 .....</b>    | <b>附6-1</b> |
| <b>附錄七 期末簡報資料 .....</b>           | <b>附7-1</b> |
| <b>附錄八 計畫教育訓練及成果行銷推廣活動 .....</b>  | <b>附8-1</b> |

## 圖目錄

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| 圖 1.1 本計畫研究對象高雄港及鄰近海域圖.....           | 1-5  |
| 圖 2.1 臺灣近岸海象預測系統 2.0 整體架構圖.....       | 2-1  |
| 圖 2.2 海象模擬作業化系統 2.0 之整體架構圖.....       | 2-2  |
| 圖 2.3 風場處理作業系統組成架構圖.....              | 2-4  |
| 圖 2.4 氣象署 WRF 成員 M04 水平網格模擬範圍圖.....   | 2-5  |
| 圖 2.5 西太平洋風壓場(WE01)風場輸出範圍圖.....       | 2-5  |
| 圖 2.6 臺灣海域風壓場(WE02)風場輸出範圍圖.....       | 2-6  |
| 圖 2.7 每日 1 次海象作業化模擬預報風壓場之組合示意圖.....   | 2-6  |
| 圖 2.8 每日 4 次海象作業化模擬之預報風壓場組合示意圖.....   | 2-7  |
| 圖 2.9 臺海風浪模擬子系統模擬架構及組成圖.....          | 2-10 |
| 圖 2.10 大尺度遠域風浪模組模擬範圍圖.....            | 2-10 |
| 圖 2.11 中尺度近域風浪模組模擬範圍圖.....            | 2-11 |
| 圖 2.12 小尺度澎湖海域(PH sea)風浪模組模擬範圍圖.....  | 2-11 |
| 圖 2.13 小尺度金門海域(KM sea)風浪模組之模擬範圍圖..... | 2-12 |
| 圖 2.14 小尺度馬祖海域(MZ sea)風浪模組之模擬範圍圖..... | 2-12 |
| 圖 2.15 小尺度東南海域(SE sea)風浪模組之模擬範圍圖..... | 2-13 |
| 圖 2.16 小尺度西南海域(SW sea)風浪模組之模擬範圍圖..... | 2-13 |
| 圖 2.17 小尺度花蓮海域(HL sea)風浪模組之模擬範圍圖..... | 2-14 |
| 圖 2.18 小尺度蘇澳海域(SA sea)風浪模組之模擬範圍圖..... | 2-14 |
| 圖 2.19 小尺度基隆海域(KL sea)風浪模組之模擬範圍圖..... | 2-15 |
| 圖 2.20 風浪模式 WAM 之模式架構及執行流程圖.....      | 2-15 |
| 圖 2.21 風浪模式 SWAN 之模式執行架構及流程圖.....     | 2-16 |
| 圖 2.22 基隆港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖.....     | 2-17 |
| 圖 2.23 臺北港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖.....     | 2-18 |
| 圖 2.24 臺中港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖.....     | 2-18 |
| 圖 2.25 布袋港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖.....     | 2-19 |
| 圖 2.26 安平港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖.....     | 2-19 |
| 圖 2.27 高雄港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖.....     | 2-20 |
| 圖 2.28 花蓮港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖.....     | 2-20 |
| 圖 2.29 蘇澳港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖.....     | 2-21 |
| 圖 2.30 港區近岸波浪模擬系統之整體模擬架構圖.....        | 2-21 |

|                                              |      |
|----------------------------------------------|------|
| 圖 2.31 基隆港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖 .....               | 2-23 |
| 圖 2.32 花蓮港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖 .....               | 2-24 |
| 圖 2.33 蘇澳港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖 .....               | 2-24 |
| 圖 2.34 港區靜穩模擬系統之整體模擬架構圖 .....                | 2-25 |
| 圖 2.35 水動力模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程圖 .....          | 2-27 |
| 圖 2.36 臺海暴潮模組模擬範圍示意圖 .....                   | 2-27 |
| 圖 2.37 臺海暴潮模組三角元素網格分布圖 .....                 | 2-28 |
| 圖 2.38 基隆港海域水動力模組之模擬範圍及水深分布圖 .....           | 2-28 |
| 圖 2.39 臺北港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖 .....             | 2-29 |
| 圖 2.40 臺中港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖 .....             | 2-29 |
| 圖 2.41 安平港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖 .....             | 2-30 |
| 圖 2.42 花蓮港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖 .....             | 2-30 |
| 圖 2.43 蘇澳港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖 .....             | 2-31 |
| 圖 2.44 澎湖海域水動力模組之模擬範圍及水深分布圖 .....            | 2-31 |
| 圖 2.45 金門海域水動力模組之模擬範圍及水深分布圖 .....            | 2-32 |
| 圖 2.46 臺灣海域風浪模擬之波高及波向分布圖 .....               | 2-41 |
| 圖 2.47 澎湖海域風浪模擬之波高及波向分布圖 .....               | 2-41 |
| 圖 2.48 東南海域風浪模擬之波高及波向分布圖 .....               | 2-42 |
| 圖 2.49 金門海域風浪模擬之波高及波向分布圖 .....               | 2-42 |
| 圖 2.50 馬祖海域風浪模擬之波高及波向分布圖 .....               | 2-43 |
| 圖 2.51 花蓮海域風浪模擬之波高及波向分布圖 .....               | 2-43 |
| 圖 2.52 蘇澳海域風浪模擬之波高及波向分布圖 .....               | 2-44 |
| 圖 2.53 基隆海域風浪模擬之波高及波向分布圖 .....               | 2-44 |
| 圖 2.54 澎湖風浪模組既有 AWAC 測站檢核點位置分布圖 .....        | 2-45 |
| 圖 2.55 澎湖風浪模組新設資料浮標檢核點位置圖 .....              | 2-46 |
| 圖 2.56 澎湖海域冬季(1、2 月)風浪模擬結果與資料浮標觀測值比較圖 .....  | 2-49 |
| 圖 2.57 2023 年侵臺颱風杜蘇芮行進路徑圖 .....              | 2-50 |
| 圖 2.58 杜蘇芮颱風侵臺期間(2506~2600)澎湖海域波高模擬歷線圖 ..... | 2-50 |
| 圖 2.59 杜蘇芮颱風侵臺期間(2606~2700)澎湖海域波高模擬歷線圖 ..... | 2-50 |
| 圖 2.60 杜蘇芮颱風侵臺期間(2706~2800)澎湖海域波高模擬歷線圖 ..... | 2-51 |
| 圖 2.61 杜蘇芮颱風侵臺期間(2806~2900)澎湖海域波高模擬歷線圖 ..... | 2-51 |
| 圖 2.62 杜蘇芮颱風侵臺期間(2906~3000)澎湖海域波高模擬歷線圖 ..... | 2-51 |



|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| 圖 2.63 杜蘇芮颱風侵臺期間澎湖海域觀測值與模擬值比較圖 .....        | 2-52 |
| 圖 2.64 澎湖海域水動力模組水位及海流檢核點位置圖 .....           | 2-53 |
| 圖 2.65 澎湖資料浮標 2023 年 1 月海流觀測歷線圖 .....       | 2-56 |
| 圖 2.66 澎湖資料浮標 2023 年 2 月海流觀測歷線圖 .....       | 2-57 |
| 圖 2.67 澎湖資料浮標 2023 年 1 月天文潮流調和分析結果圖 .....   | 2-58 |
| 圖 2.68 澎湖資料浮標 2023 年 2 月天文潮流調和分析結果圖 .....   | 2-58 |
| 圖 2.69 澎湖海域水動力模組檢核點天文潮水位與調和分析預測值比較圖 .....   | 2-59 |
| 圖 2.70 澎湖海域水動力模組檢核點天文潮流速與調和分析值比較圖 ...       | 2-59 |
| 圖 2.71 臺海暴潮模組檢核點天文潮流速與調和分析值比較圖 .....        | 2-60 |
| 圖 2.72 臺海暴潮模組檢核點天文潮流速與調和分析值比較圖 .....        | 2-61 |
| 圖 2.73 臺海暴潮模組修正之非結構計算網格圖 .....              | 2-61 |
| 圖 3.1 TaiCOMS 2.0「臺海風浪模擬子系統」三層巢狀網格範圍圖 ..... | 3-2  |
| 圖 3.2 運技中心主要商港波浪觀測站位置圖 .....                | 3-4  |
| 圖 3.3 花蓮港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖 .....     | 3-8  |
| 圖 3.4 蘇澳港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖 .....     | 3-9  |
| 圖 3.5 基隆港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖 .....     | 3-10 |
| 圖 3.6 臺北港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖 .....     | 3-11 |
| 圖 3.7 臺中港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖 .....     | 3-12 |
| 圖 3.8 布袋港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖 .....     | 3-13 |
| 圖 3.9 安平港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖 .....     | 3-14 |
| 圖 3.10 高雄港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖 .....    | 3-15 |
| 圖 3.11 2022 年強烈颱風軒嵐諾行進路徑圖 .....             | 3-16 |
| 圖 3.12 2022 年中度颱風梅花行進路徑圖 .....              | 3-17 |
| 圖 3.13 2022 年中度颱風尼莎行進路徑圖 .....              | 3-17 |
| 圖 3.14 2023 年中度颱風瑪娃行進路徑圖 .....              | 3-17 |
| 圖 3.15 2023 年中度颱風杜蘇芮行進路徑圖 .....             | 3-18 |
| 圖 3.16 2023 年中度颱風卡努行進路徑圖 .....              | 3-18 |
| 圖 3.17 2023 年中度颱風蘇拉行進路徑圖 .....              | 3-18 |
| 圖 3.18 軒嵐諾颱風侵臺期間示性波高模擬值、觀測值歷線圖 .....        | 3-21 |
| 圖 3.19 軒嵐諾颱風侵臺期間平均週期模擬值、觀測值歷線圖 .....        | 3-22 |
| 圖 3.20 軒嵐諾颱風侵臺期間譜峰週期模擬值、觀測值歷線圖 .....        | 3-23 |
| 圖 3.21 軒嵐諾颱風侵臺期間平均波向模擬值、觀測值歷線圖 .....        | 3-24 |

|                                          |      |
|------------------------------------------|------|
| 圖 3.22 杜蘇芮颱風侵臺期間示性波高模擬值與觀測值歷線圖 .....     | 3-27 |
| 圖 3.23 杜蘇芮颱風侵臺期間平均週期模擬值與觀測值歷線圖 .....     | 3-28 |
| 圖 3.24 杜蘇芮颱風侵臺期間譜峰週期模擬值與觀測值歷線圖 .....     | 3-29 |
| 圖 3.25 杜蘇芮颱風侵臺期間平均波向模擬值與觀測值歷線圖 .....     | 3-30 |
| 圖 4.1 臺海暴潮模組之模擬範圍圖 .....                 | 4-2  |
| 圖 4.2 臺海暴潮模組之三角形元素網格圖 .....              | 4-2  |
| 圖 4.3 臺海暴潮模組採用的天文潮水位邊界條件圖 .....          | 4-3  |
| 圖 4.4 各商港運技中心主要潮位站位置圖 .....              | 4-4  |
| 圖 4.5 花蓮港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖 .....  | 4-6  |
| 圖 4.6 蘇澳港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖 .....  | 4-7  |
| 圖 4.7 基隆港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖 .....  | 4-8  |
| 圖 4.8 臺北港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖 .....  | 4-9  |
| 圖 4.9 臺中港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖 .....  | 4-10 |
| 圖 4.10 布袋港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖 ..... | 4-11 |
| 圖 4.11 安平港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖 ..... | 4-12 |
| 圖 4.12 高雄港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖 ..... | 4-13 |
| 圖 4.13 花蓮港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖 .....       | 4-14 |
| 圖 4.14 蘇澳港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖 .....       | 4-15 |
| 圖 4.15 基隆港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖 .....       | 4-16 |
| 圖 4.16 臺北港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖 .....       | 4-17 |
| 圖 4.17 臺中港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖 .....       | 4-18 |
| 圖 4.18 布袋港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖 .....       | 4-19 |
| 圖 4.19 安平港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖 .....       | 4-20 |
| 圖 4.20 高雄港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖 .....       | 4-21 |
| 圖 4.21 2022 年軒嵐諾颱風期間潮位偏差分析歷線圖 .....      | 4-23 |
| 圖 4.22 2023 年杜蘇芮颱風期間潮位偏差分析歷線圖 .....      | 4-25 |
| 圖 4.23 2023 年卡努颱風期間潮位偏差分析歷線圖 .....       | 4-25 |
| 圖 4.24 花蓮港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖 ..... | 4-28 |
| 圖 4.25 蘇澳港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖 ..... | 4-29 |
| 圖 4.26 基隆港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖 ..... | 4-30 |
| 圖 4.27 臺北港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖 ..... | 4-31 |
| 圖 4.28 臺中港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖 ..... | 4-32 |
| 圖 4.29 布袋港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖 ..... | 4-33 |

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| 圖 4.30 安平港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖.....         | 4-34 |
| 圖 4.31 高雄港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖.....         | 4-35 |
| 圖 4.32 杜蘇芮颱風期間高雄港暴潮偏差模擬預測值與觀測預測值比較圖.....        | 4-37 |
| 圖 4.33 杜蘇芮颱風期間安平港暴潮偏差模擬預測值與觀測預測值比較圖.....        | 4-37 |
| 圖 4.34 杜蘇芮颱風期間布袋港暴潮偏差模擬預測值與觀測預測值比較圖.....        | 4-37 |
| 圖 4.35 杜蘇芮颱風期間 072800 模擬，28 日 1 時氣壓等壓線分布圖 ..... | 4-38 |
| 圖 4.36 杜蘇芮颱風期間 072800 模擬，28 日 3 時氣壓等壓線分布圖 ..... | 4-38 |
| 圖 4.37 杜蘇芮颱風期間 072800 模擬，28 日 5 時氣壓等壓線分布圖 ..... | 4-39 |
| 圖 4.38 杜蘇芮颱風期間 072800 模擬，28 日 7 時氣壓等壓線分布圖 ..... | 4-39 |
| 圖 5.1 花蓮港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 .....                | 5-3  |
| 圖 5.2 蘇澳港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 .....                | 5-4  |
| 圖 5.3 基隆港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 .....                | 5-4  |
| 圖 5.4 臺北港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 .....                | 5-5  |
| 圖 5.5 臺中港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 .....                | 5-5  |
| 圖 5.6 布袋港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 .....                | 5-6  |
| 圖 5.7 安平港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 .....                | 5-6  |
| 圖 5.8 高雄港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 .....                | 5-7  |
| 圖 5.9 馬祖福澳港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 .....              | 5-7  |
| 圖 5.10 2023 年 5 月 9 商港觀測風速與小尺度模式比較圖 .....       | 5-13 |
| 圖 5.11 2023 年 5 月 9 商港觀測風向與小尺度模式比較圖 .....       | 5-14 |
| 圖 5.12 2023 年 5 月臺北港觀測風力玫瑰圖 .....               | 5-15 |
| 圖 5.13 2023 年 5 月臺北港模擬風力玫瑰圖 .....               | 5-15 |
| 圖 5.14 2023 年 5 月 9 商港觀測波高與中尺度 SWAN 模式比較圖 ..... | 5-16 |
| 圖 5.15 2023 年 5 月 9 商港觀測週期與中尺度 SWAN 模式比較圖 ..... | 5-17 |
| 圖 5.16 2023 年 5 月 9 商港觀測波向與中尺度 SWAN 模式比較圖 ..... | 5-18 |
| 圖 5.17 2023 年 5 月 9 商港觀測水位與中尺度暴潮模式比較圖 .....     | 5-19 |
| 圖 5.18 2023 年 5 月 9 商港觀測流速與中尺度暴潮模式比較圖 .....     | 5-20 |
| 圖 5.19 2023 年 5 月 9 商港觀測流向與中尺度暴潮模式比較圖 .....     | 5-21 |
| 圖 6.1 高雄港現況圖 .....                              | 6-2  |
| 圖 6.2 運技中心高雄港潮位及 AWAC 測站位置分布圖 .....             | 6-3  |

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| 圖 6.3 高雄港 2022 年逐時潮位歷線圖 .....             | 6-4  |
| 圖 6.4a 2022 年高雄港一港口逐時流速、流向歷線圖 .....       | 6-14 |
| 圖 6.4b 2022 年高雄港一港口逐時流速、流向歷線圖 .....       | 6-15 |
| 圖 6.5 高雄港一港口 2022 年 1 月海流流速、流向玫瑰圖 .....   | 6-16 |
| 圖 6.6 高雄港一港口 2022 年 2 月海流流速、流向玫瑰圖 .....   | 6-16 |
| 圖 6.7 高雄港一港口 2022 年 3 月海流流速、流向玫瑰圖 .....   | 6-17 |
| 圖 6.8 高雄港一港口 2022 年 4 月海流流速、流向玫瑰圖 .....   | 6-17 |
| 圖 6.9 高雄港一港口 2022 年 5 月海流流速、流向玫瑰圖 .....   | 6-18 |
| 圖 6.10 高雄港一港口 2022 年 6 月海流流速、流向玫瑰圖 .....  | 6-18 |
| 圖 6.11 高雄港一港口 2022 年 7 月海流流速、流向玫瑰圖 .....  | 6-19 |
| 圖 6.12 高雄港一港口 2022 年 8 月海流流速、流向玫瑰圖 .....  | 6-19 |
| 圖 6.13 高雄港一港口 2022 年 9 月海流流速、流向玫瑰圖 .....  | 6-20 |
| 圖 6.14 高雄港一港口 2022 年 10 月海流流速、流向玫瑰圖 ..... | 6-20 |
| 圖 6.15 高雄港一港口 2022 年 11 月海流流速、流向玫瑰圖 ..... | 6-21 |
| 圖 6.16 高雄港一港口 2022 年 12 月海流流速、流向玫瑰圖 ..... | 6-21 |
| 圖 6.17 高雄港一港口 2022 年全年海流流速、流向玫瑰圖 .....    | 6-22 |
| 圖 6.18 高雄港一港口波浪示性波高時序列歷線圖 .....           | 6-26 |
| 圖 6.19 高雄港一港口波浪平均週期時序列歷線圖 .....           | 6-27 |
| 圖 6.20 高雄港一港口波浪平均波向時序列歷線圖 .....           | 6-28 |
| 圖 6.21 輕度颱風芙蓉行進路線圖 .....                  | 6-29 |
| 圖 6.22 高雄港一港口 2022 年全年波浪波高、波向分布玫瑰圖 .....  | 6-29 |
| 圖 6.23 港務公司 111 年高雄港港區水深資料調查範圍圖 .....     | 6-31 |
| 圖 6.24 港務公司 111 年高雄港外海水深資料調查範圍圖 .....     | 6-32 |
| 圖 6.25 五萬分之一海圖之圖號及圖幅範圍圖 .....             | 6-33 |
| 圖 6.26 海圖 04501 出風鼻至車城泊地海域水深分布圖 .....     | 6-33 |
| 圖 6.27 海圖 04502 車城泊地至枋寮泊地海域水深分布圖 .....    | 6-34 |
| 圖 6.28 海圖 04504 枋寮泊地至高雄港海域水深分布圖 .....     | 6-34 |
| 圖 6.29 海圖 04505 高雄港至安平港海域水深分布圖 .....      | 6-35 |
| 圖 6.30 臺灣周圍海域 200 公尺網格間距地形水深分布圖 .....     | 6-36 |
| 圖 7.1 臺海風浪模擬系統之架構及模擬流程圖 .....             | 7-1  |
| 圖 7.2 高雄海域風浪模組模擬範圍圖 .....                 | 7-2  |
| 圖 7.3 高雄海域風浪模組計算網格水深分布圖 .....             | 7-3  |
| 圖 7.4 高雄海域風浪模組計算網格水深分布圖 .....             | 7-5  |

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| 圖 7.5 高雄港一港口 KHAW01 測站示性波高觀測值之歷線圖.....     | 7-6  |
| 圖 7.6 高雄港二港口 KHAW08 測站示性波高觀測值之歷線圖.....     | 7-6  |
| 圖 7.7 杜蘇芮侵臺期間高雄海域一港口 26 日 4 次波高模擬歷線圖.....  | 7-7  |
| 圖 7.8 杜蘇芮侵臺期間高雄海域一港口 27 日 4 次波高模擬歷線圖.....  | 7-7  |
| 圖 7.9 杜蘇芮侵臺期間高雄海域一港口 28 日 4 次波高模擬歷線圖.....  | 7-7  |
| 圖 7.10 杜蘇芮侵臺期間高雄海域二港口 26 日 4 次波高模擬歷線圖..... | 7-8  |
| 圖 7.11 杜蘇芮侵臺期間高雄海域二港口 27 日 4 次波高模擬歷線圖..... | 7-8  |
| 圖 7.12 杜蘇芮侵臺期間高雄海域二港口 28 日 4 次波高模擬歷線圖..... | 7-8  |
| 圖 7.13 臺海水動力模擬系統之架構及模擬流程圖 .....            | 7-9  |
| 圖 7.14 高雄海域水動力模組之模擬範圍圖.....                | 7-10 |
| 圖 7.15 高雄海域水動力模組新建非結構計算網格圖 .....           | 7-11 |
| 圖 7.16 高雄海域水動力模組新建網格水深分布圖 .....            | 7-12 |
| 圖 7.17 高雄海域潮位及海流測站及模組輸出點位置圖 .....          | 7-14 |
| 圖 7.18 高雄海域水動力模組水位模擬值與觀測值比對圖 .....         | 7-14 |
| 圖 7.19 高雄海域水動力模組新建非結構計算網格圖 .....           | 7-15 |



## 表 目 錄

|                                                  |      |
|--------------------------------------------------|------|
| 表 2-1 氣象署 WRF 成員 M04 水平兩層巢狀網格資訊表 .....           | 2-3  |
| 表 2-2 TaiCOMS 海象模擬作業化系統之風壓場資料格式 .....            | 2-4  |
| 表 2-3 風浪模擬系統組成風浪模組之特性綜整表 .....                   | 2-9  |
| 表 2-4 主要商港港區近岸波浪模組之數值參考網格基本資料表 .....             | 2-17 |
| 表 2-5 主要商港港域波浪模組之數值計算不規則網格基本資料 .....             | 2-22 |
| 表 2-6 本計畫小尺度水動力模組之數值計算不規則網格資訊表 .....             | 2-26 |
| 表 2-7 112 年度伺服器維護紀錄.....                         | 2-34 |
| 表 2-8 2023 年 1、2 月澎湖海域波浪觀測與模擬資料統計表 .....         | 2-47 |
| 表 2-9 杜蘇芮颱風侵臺期間澎湖海域波浪觀測與模擬資料統計表 .....            | 2-48 |
| 表 2-10 澎湖資料浮標 2023 年 1 月天文分潮流速調和常數表.....         | 2-54 |
| 表 2-11 澎湖資料浮標 2023 年 2 月天文分潮流速調和常數表.....         | 2-54 |
| 表 3-1 臺海風浪模擬系統三層巢狀網格之資訊表 .....                   | 3-1  |
| 表 3-2 波浪測站及風浪模擬系統測站輸出點位之坐標資訊表 .....              | 3-3  |
| 表 3-3 2023 年 1、2 月 8 海域波浪觀測資料統計特性表.....          | 3-3  |
| 表 3-4 2023 年 1、2 月 8 港口海域風浪模擬資料平均值統計表.....       | 3-7  |
| 表 3-5 2023 年 1、2 月冬季風浪模擬值與觀測值校驗成果表 .....         | 3-7  |
| 表 3-6 軒嵐諾颱風侵臺期間各港波浪參數平均值統計表 .....                | 3-20 |
| 表 3-7 軒嵐諾颱風侵臺期間波浪模擬值校驗成果表 .....                  | 3-20 |
| 表 3-8 杜蘇芮颱風侵臺期間各海域波浪參數統計特性表 .....                | 3-26 |
| 表 3-9 2023 年杜蘇芮颱風侵臺期間波浪模擬值校驗成果表 .....            | 3-26 |
| 表 4-1 各港 2022 年逐時潮位資料之平均潮位高程表 .....              | 4-4  |
| 表 4-2 2022 年各港潮位調和分析值與觀測值逐月誤差分析表 .....           | 4-5  |
| 表 4-3 2022 年氣象署發布侵臺警報之颱風資訊表 .....                | 4-23 |
| 表 4-4 2023 年氣象署發布侵臺警報之颱風資訊表(統計至 8 月底).....       | 4-24 |
| 表 4-5 2023 年臺海天文潮模擬值與各港調和分析預測值之誤差分<br>析表.....    | 4-26 |
| 表 4-6 歷年(2021~) 各港天文潮模擬值與調和分析預測值之年均方根<br>誤差..... | 4-27 |
| 表 5-1 本年度觀測風力資料蒐集率逐月統計表 .....                    | 5-2  |
| 表 5-2 本年度觀測波浪及海流資料蒐集率逐月統計表 .....                 | 5-2  |
| 表 5-3 本年度海氣象觀測水位資料蒐集率逐月統計表 .....                 | 5-3  |

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| 表 5-4 臺北港 2023 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s).....      | 5-8  |
| 表 5-5 臺北港 2023 年度風力實測與模擬差值統計表(單位 m/s).....      | 5-8  |
| 表 5-6 臺北港 2023 年度實測風速發生頻率(%)分析表 .....           | 5-9  |
| 表 5-7 基隆港 2023 年度 AWAC 波高實測與模擬資料統計表(單位 m) ..... | 5-9  |
| 表 5-8 基隆港 2023 年度 AWAC 波浪實測與模擬差值統計表 .....       | 5-10 |
| 表 5-9 基隆港 2023 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m).....        | 5-10 |
| 表 5-10 基隆港 2023 年度潮位實測與模擬差值統計表(單位 m).....       | 5-11 |
| 表 5-11 基隆港 2023 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 m/s).....     | 5-11 |
| 表 5-12 基隆港 2023 年度流速實測與模擬差值統計表(單位 m/s).....     | 5-12 |
| 表 6-1 高雄港 2022 年逐月及全年代表性潮位統計表 .....             | 6-3  |
| 表 6-2 高雄港一港口 2022 年 1 月流速、流向聯合機率分布表.....        | 6-6  |
| 表 6-3 高雄港一港口 2022 年 2 月流速、流向聯合機率分布表.....        | 6-6  |
| 表 6-4 高雄港一港口 2022 年 3 月流速、流向聯合機率分布表.....        | 6-7  |
| 表 6-5 高雄港一港口 2022 年 4 月流速、流向聯合機率分布表.....        | 6-7  |
| 表 6-6 高雄港一港口 2022 年 5 月流速、流向聯合機率分布表.....        | 6-8  |
| 表 6-7 高雄港一港口 2022 年 6 月流速、流向聯合機率分布表.....        | 6-8  |
| 表 6-8 高雄港一港口 2022 年 7 月流速、流向聯合機率分布表.....        | 6-9  |
| 表 6-9 高雄港一港口 2022 年 8 月流速、流向聯合機率分布表.....        | 6-9  |
| 表 6-10 高雄港一港口 2023 年 9 月流速、流向聯合機率分布表 .....      | 6-10 |
| 表 6-11 高雄港一港口 2022 年 10 月流速、流向聯合機率分布表.....      | 6-10 |
| 表 6-12 高雄港一港口 2022 年 11 月流速、流向聯合機率分布表.....      | 6-11 |
| 表 6-13 高雄港一港口 2022 年 12 月流速、流向聯合機率分布表 .....     | 6-11 |
| 表 6-14 高雄港一港口 2022 年全年流速、流向聯合機率分布表 .....        | 6-12 |
| 表 6-15 高雄港一港口 2022 年逐月及全年主要流速流向統計表 .....        | 6-13 |
| 表 6-16 一港口 2022 年逐月及全年主要分潮橢圓長軸振幅、方位角 .....      | 6-13 |
| 表 6-17 高雄港一港口 2022 年逐月及年波浪平均值統計表 .....          | 6-23 |
| 表 6-18 高雄港一港口(2022 年逐月及年波浪極值統計表 .....           | 6-23 |
| 表 6-19 高雄港一港口 2022 年逐月及年波浪分布範圍統計表 .....         | 6-24 |
| 表 6-20 高雄港一港口 2022 年波高-週期及波高-波向聯合機率分布表...       | 6-25 |
| 表 7-1 本計畫遠域、近域及近海三層巢狀網格建置之資訊表 .....             | 7-3  |



# 第一章 緒論

## 1.1 計畫緣起及目的

臺灣四面環海，地狹人稠、陸上資源有限，為了能夠合理且有效地規劃與開發近岸生活圈，政府長期積極推動規劃近岸海域的開發與利用，致力於保護與維護沿海的百姓生命財產及海上運輸的安全。由於我國為海島型國家，各類物資及人員運輸多仰賴海洋交通，惟因海上觀測資訊不足及海象變化大，以致時有海事事件發生，如近年來的海洋拉拉號、百麗客輪及南韓世越號客輪等航安事件；此外，沿海陸上運輸則易受颱風浪襲影響，如臺東海岸公路(南興段)及花蓮(人定勝天段)等路段公路等路段。顯示海氣象對於海上及臨海陸上通行安全影響極大，尤其惡劣的海氣象如颱風引起之強風、大浪與暴潮等，往往是造成船隻觸礁、碰撞、甚至傾覆等海難事件，及造成海岸公路浪襲、掏刷及路面損壞等之主因。

基於保護臺灣周遭水域航行船舶與人員安全，以及水環境維護等考量，交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)於民國 92 年起著手整合近岸海象數值模擬與海象觀測資料之研究計畫，發展推動近岸/近海防救災相關海象預測系統。

本(112)年度計畫目的即針對運研所運輸技術研究中心(以下簡稱運技中心)「臺灣近岸海象預測系統 2.0」(TaiCOMS 2.0)進行維護，配合近年港灣工程完工，修正模式港型以提供臺灣及離島主要港口港域及海岸公路鄰近海域之風力、波浪、水位及流場海象模擬資料。

## 1.2 計畫重要性

本計畫係配合交通部推動科學技術發展之目標：

1. 推動現代化氣象及海象觀測，提升地震測報效能、拓展強震即時警報資訊於防災之應用；發展精緻化氣象預報、開創多元化氣象服務管道，以提升氣象服務水準，並達成防災、減災及促進經濟

發展之目標，並配合運輸系統管理及資訊服務之整合應用，為健康臺灣提供優質氣象資訊。

2. 推動海岸災害防救科技發展，精進海岸與港灣災害防救科技研發，強化基礎設施中有關環境資料庫之調查蒐集與建置及應用。

本計畫屬於交通部運輸研究所 111~114 年科技綱要計畫「陸運及港灣設施防災技術研究」之分項計畫「港灣環境災防創新應用研究」下執行之子計畫。本計畫之重要性如下：

1. 每年對於運研所發展之海象模擬作業化系統，提供維護及改善工作。
2. 提供「港灣環境資訊系統」臺灣周圍海域及商港區域較細緻風浪、潮流資訊。
3. 提供港區內靜穩分析及預測資訊，俾利港務單位辦理工程設計業務、輔助船舶管理及促進進出港航行安全。
4. 擴充發展商港外廓防波堤越波模組，以提供港務單位災防應變使用。

本計畫「臺灣近岸海象預測系統 2.0」相關模擬成果整合於運技中心「港灣環境資訊系統」，平時提供風場、波浪、水位及流場等即時海象資訊，以供各港務單位港口船舶交通航運安全使用，於颱風期間或面臨緊急海難及各種海岸災害(包括海岸公路)等防救時，亦可迅速提供救災必要海象模擬資訊。

### 1.3 計畫沿革

運技中心自民國 92 年起著手於整合近岸海象數值模擬與海象觀測資料之研究計畫，建構適用於臺灣四周海域之海象數值模擬作業化系統。初期以建置風、波浪及潮(含暴潮)等海象模擬預測模式為目標，其中風場部分確認由於交通部中央氣象署(以下簡稱氣象署)提供 NFS (Non-hydrostatic Forest System)非靜力預報模式所產生的全域即時預報風場及氣壓場資訊。在前期計畫既有的研究基礎上，民國 96 年著手「近岸海象數值模擬及預警系統之建置」4 年期(96~99)計畫，目標在整合商港即時觀測資料、近岸海象模擬作業化系統及海氣象資料庫(含網路查詢系統)等，提

供港口航運安全所需之海象預警資訊。上述研究係由中山大學陳陽益教授及李忠潘教授所組成的跨領域研究團隊及運技中心研究人員共同進行合作研究，除了參考國內外近海海象預測系統及相關海象數值模式的發展與應用以外，並依據臺灣周圍海域海象特性及模擬需求，規劃不同尺度與解析度之數值計算網格及其適用的相關海象數值模式。在研究團隊整合研究下，陸續完成相關軟、硬體之建置，以及海象數值模擬相關作業化模組開發。同時由運技中心與國立中山大學共同合作於民國 96 年取得「臺灣近岸海象預報系統(Taiwan Coastal Operational Modeling System)」之專利，並將整個近岸海象數值模擬作業化系統移轉至運技中心運作與維護至今。

由於臺灣附近水域的地形與環境複雜，仍有諸多影響因子需要持續進行研究與改善，運技中心另於 4 年期計畫(民國 100~103 年)進行「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究」分項研究計畫，分別於 100 年及 101 年同時進行「提昇海岸及港灣海域波浪模擬技術之研究」與「提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究」等合作研究計畫；102 年整合成「提昇海岸及港灣海域海象模擬技術之研究」合作研究計畫，103 年改為「臺灣主要商港海象模擬技術之精進及系統維運」合作研究計畫。目的為了提升海岸及港灣海域海象模擬技術之研究，除了進行現有波浪、潮位及海流等海象預測系統的維護，以及相關預測與實測資料的比較分析以外，並將進一步探討水位對風浪預測的影響與系統建置，此外，也進行近岸海象預測系統的改善尋求其他可能方案。

運技中心在 104 年科技計畫「海洋防災科技及永續發展計畫(3/4)」綱要計畫之分項計畫，持續推動「港灣海象模擬暨溢淹資訊建置之研究」兩年期計畫，分別於 104 年辦理「海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」及 105 年辦理「105 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」等合作研究計畫。除了針對現有臺灣主要商港海象預報系統進行校修及維運，執行預測與實測資料之比較分析以外，並完成離島澎湖海域波浪、水位及流場等海象模擬子系統，提供臺灣本島與澎湖群島間細緻化海域海象模擬資訊。於 106 年科技綱要計畫「綠色海洋與航安科技發展計畫」之分項計畫「海象模擬作業化及防災應用技術之研發」下，延續前期「港灣海象模擬暨溢淹資訊建置之研究」續辦理「港灣海象模擬

技術及預警系統研發」，持續細緻化東南區域，臺東富崗漁港、綠島南寮漁港及蘭嶼開元漁港海域的海象模擬資訊。

於 107~110 年 4 年期科技計畫「海洋及交通運輸防災技術研究」之分項計畫「港灣環境資訊整合及防災應用研究」下，續辦資訊系統服務計畫，即 107~110 年「海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」。除了針對現有臺灣主要商港海象預測系統進行校修及維運，執行預測與實測資料之比較分析外，107 年開發東南海域小尺度風浪及水動力模組；108 及 109 年完成東部海域，包括花蓮海域及蘇澳海域小尺度風浪組建置，並以花蓮港為對象著手研究長浪對港域靜穩之影響，結合風浪模擬預測系統建置港域靜穩模擬預測系統；110 年針對基隆海域完成小尺度基隆海域風浪模組及水動力模組建置，並利用花蓮港及蘇澳港港內、外波浪觀測資料，校修花蓮港及蘇澳港港域波浪模組相關參數值，除了達成優化花蓮港及蘇澳港港內靜穩模擬目的外，完成「臺灣近岸海象預測系統 2.0」架構建置。

111 年起運技中心在年期(111~114 年)計畫「陸運及港灣設施防災技術研究」於分項計畫「港灣環境災防創新應用研究」下，持續辦理「臺灣近岸海象預測系統 2.0」維運，系統相關模組改善等工作；如 111 年計畫完成臺海暴潮模組改善、港區近岸波浪模擬系統升級改版及基隆海域海象模擬系統建置等。

## 1.4 研究範圍及對象

本計畫研究內容包含風力、波浪、水位及海流等海氣象資訊，研究範圍除了臺灣周圍海域及離島澎湖海域外，本(112)年度將以高雄海域為重點研究對象，其範圍包括高雄港及其鄰近海域，如圖 1.1 所示。

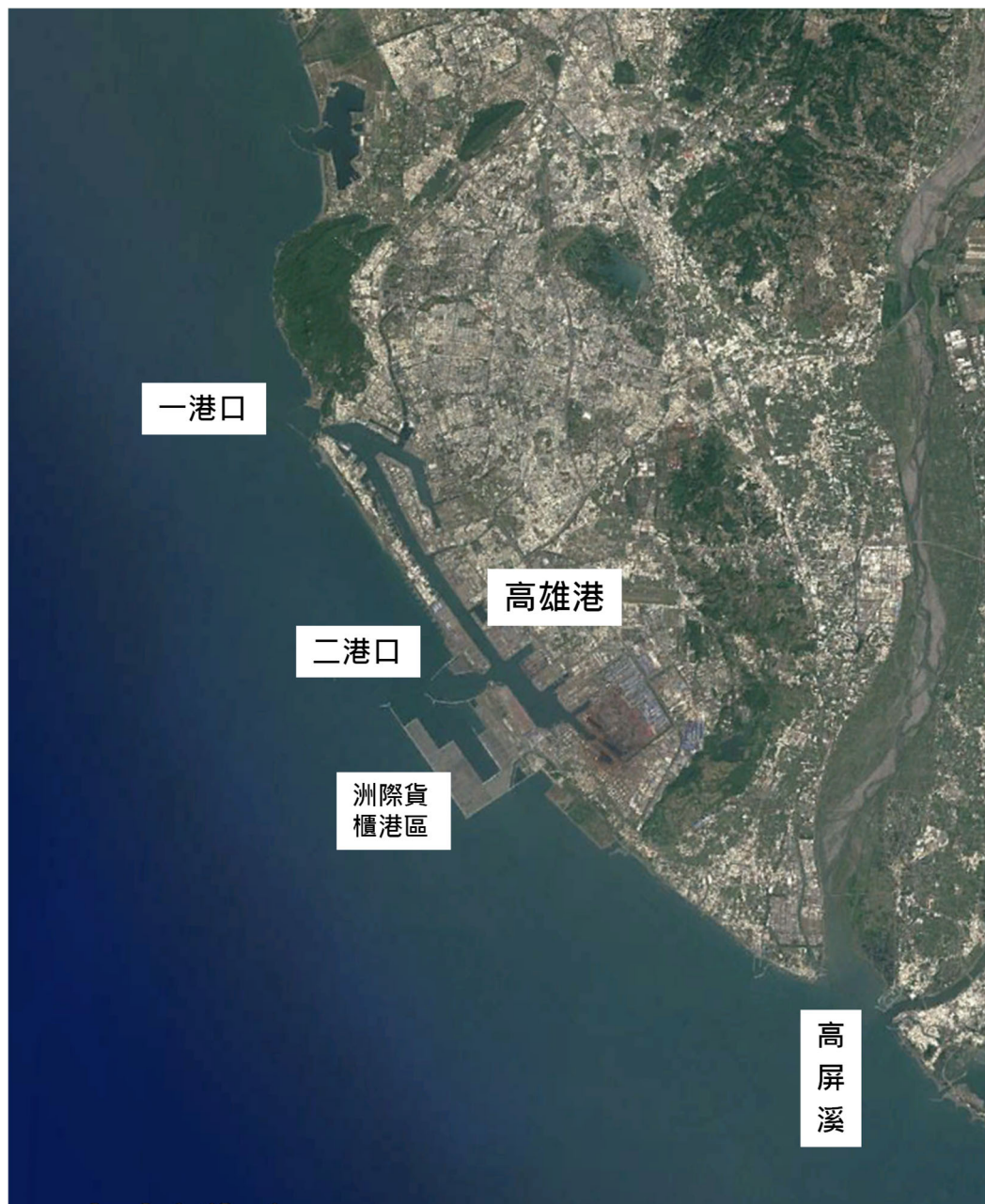


圖 1.1 本計畫研究對象高雄港及鄰近海域圖

## 1.5 研究內容及工作項目

本計畫「海氣象預測模擬系統之維運與精進」研究期程為 111 年~114 年，本(112)年度重點為建置高雄海域模組，相關工作項目及研究內容說明如下：

1. 海象模擬作業化系統校修與維運：維護運研所「臺灣近岸海象預測系統 2.0」(TaiCOMS 2.0)正常運作，每年配合系統軟硬體設備

更新，辦理各模式測試、上線、資料統計、繪圖輸出等相關工作。

2. 海象模擬作業化系統改善研究：本(112)年度需辦理澎湖海域風浪及水動力模組校驗工作，並納入作業化系統執行，另因應氣象署風場資料變更為 grib2 格式修改系統風場處理子系統，以及視需要辦理其他模組改善、作業化流程新增或修訂工作。
3. 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗：依據運技中心風浪觀測資料(或中央氣象署、水利署)校驗模式模擬結果，作為後續模式修正之依據，並針對本年度或歷史颱風資料進行模擬與評估。
4. 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗：依據運技中心(或中央氣象署、水利署)水位及海流觀測資料校驗模式模擬結果，並針對本年度或歷史颱風資料進行模擬與評估，作為後續模式修正之依據。
5. 海象模擬作業化系統預測成果評估：針對運研所運技中心於臺灣本島及離島(馬祖)等 9 個主要商港觀測之風力、波浪、水位及流場資料，進行當年度預測成果評估工作並產製評估報告。
6. 高雄海域基本資料蒐集與分析：高雄海域海象特性及地形水深蒐集及分析。
7. 高雄海域風浪模組建置：因應高雄港務分公司辦理「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫」對應高雄港型改變，調整風浪模組之高雄港模型並新建高雄海域風浪模組，應用高雄港觀測資料完成模式驗證工作。
8. 高雄海域水動力模組建置：因應高雄港務分公司辦理「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫」對應高雄港型改變，調整水動力模組內之高雄港模型，並新建高雄海域水動力模組，應用高雄港觀測資料完成模式驗證工作。
9. 為建立相關數值模擬系統及數值預測系統之模式計算、資料庫維護管理、資料統計及繪圖等工作，需派碩士級(含)以上專業人員 1 員至運研所運技中心駐點服務，其人員工作期間為履約時限(自簽約日起算)。

10. 針對計畫重要成果，製作可供相關會議或活動展示之海報或影片電子檔。
11. 將本期計畫成果投稿臺灣季刊、國內外期刊或學術研討會。
12. 辦理成果行銷推廣活動:配合參與行政院國家科學及技術委員會辦理政府防災科技推動計畫之計畫成果展。
13. 參考「政府研究資訊系統(GRB)」之「績效指標(實際成果)資料格式」及「佐證資料格式」，就本計畫成果之特性，選填合適績效指標項目，並以量化或質化方式，說明本計畫主要研究/計畫成果及重大突破。
  - (1) 論文：投稿期刊(或研討會)論文 1 篇。
  - (2) 研究報告：完成 1 本研究報告。





## 第二章 臺灣近岸海象模擬作業化系統維運與改善研究

### 2.1 海象模擬作業化系統簡介

本計畫「臺灣近岸海象預測系統 2.0」(TaiCOMS 2.0)之整體架構如圖 2.1 所示，包含商港長期海象觀測、海象模擬作業化系統 2.0 及港灣環境資訊網等三部份。其中各商港長期海象觀測項目包括風力、波浪、水位、海流及地形水深等；海象模擬作業化系統 2.0 每日執行海象模擬專責模擬預測各商港包括風場、波浪、水位及流場等海象資訊。各商港海象觀測及模擬預測資訊匯流至『港灣環境資訊網』，透過平台展示及提供各界參考及引用。

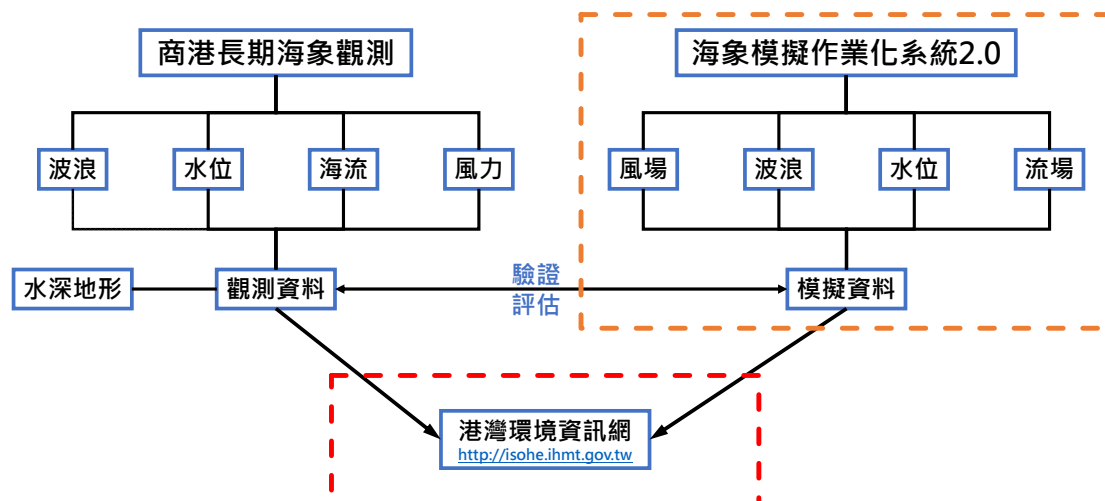


圖 2.1 臺灣近岸海象預測系統 2.0 整體架構圖

本計畫海象模擬作業化系統 2.0 係由風場處理系統、波浪模擬系統、水動力模擬系統等 3 個子系統所組成，整體架構如圖 2.2 所示，各系統介紹如下：

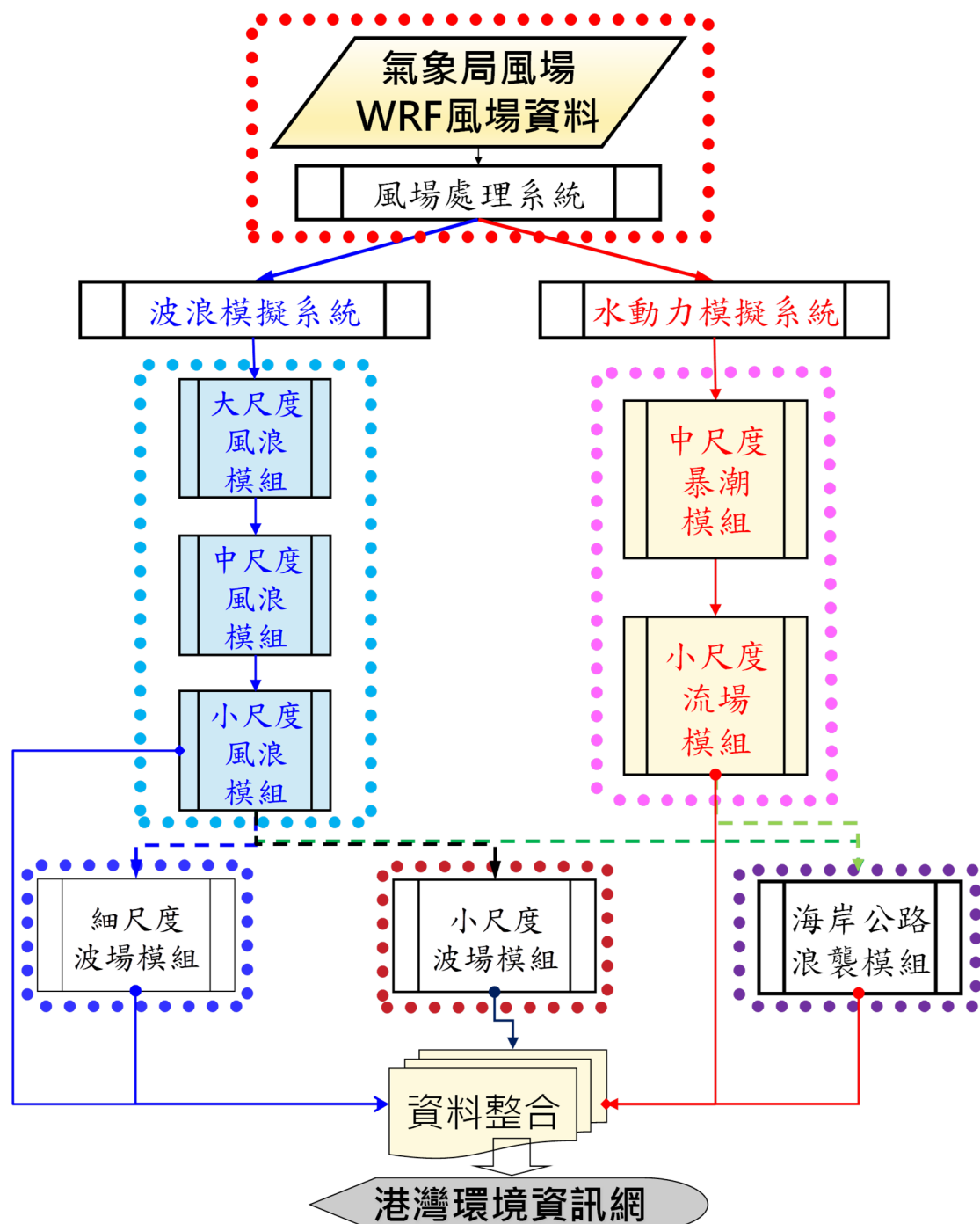


圖 2.2 海象模擬作業化系統 2.0 之整體架構圖

### 2.1.1 風場處理作業系統

本計畫風場處理作業系統主要功能為針對氣象署提供的天氣數值預報資料執行下載、解碼、重組，產出波浪模擬系統及水動力模擬系統所需之風、壓場預測資料，以及提供港灣環境資訊網展示之風、壓場預測資訊。本計畫風場處理作業系統係建構在 Linux 作業系統下，其整體架構如圖 2.3 所示，顯示風場處理作業系統自氣象署伺服器下載 WRF (Weather

Research and Forecasting)成員 M04 天氣數值預報資料，經解碼後得到 M04 水平方向解析度 15km 及 3km 網格之逐時預報資料(WD1 及 WD2)。M04 成員 15km 及 3km 網格資訊，如表 2-1 所列，水平方向涵蓋範圍如圖 2.4 所示。之後，作業系統針對 M04 預報資料進行重組及內插程序，產生滿足本計畫海象模擬所需每日 1 次作業化風壓場及 4 次作業化風壓場等資料。

**表 2-1 氣象署 WRF 成員 M04 水平兩層巢狀網格資訊表**

| DMS<br>FLAP | 坐標系統                            | dimension | resolution | 格點位置                                                                                                                                                                            |
|-------------|---------------------------------|-----------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| WD01        | Lambert<br>conformal<br>mapping | 661×385   | 15 km      | Center(120E), true (10N, 40N) ,<br>坐標(340,214)位置位於(30N,120E) ,<br>中心點坐標為(331,192)位置位於<br>(26.926N,118.5908E)<br>底圖 左下點(-5.693677°N,78.02554°E)<br>右上點(43.28705°N,-179.5461°E)   |
| WD02        | Lambert<br>conformal<br>mapping | 1,158×673 | 3km        | Center(120E), true (10N, 40N) ,<br>坐標(522,547)位置位於(30N,120E) ,<br>中心點坐標為(579.5,337)位置位於<br>(24.1285N,121.7601E)<br>底圖 左下點(14.02224°N,105.2500°E)<br>右上點(32.12021°N,140.91388°E) |

本計畫海象模擬作業化風壓場資料內容，包括海面 10m 高度風場及海面氣壓場資料，依資料範圍及網格解析度區分為西太平洋風場及氣壓(以 WE01 表示)及臺灣海域風場及氣壓(WE02)兩種類型，相關網格資訊如表 2-2 所列：

1. 西太平洋風場及氣壓(WE01)：資料範圍為北緯 10°至 40°，東經 105°至 150°，網格解析度採用 1/6°(或 10')之球面坐標規則網格，網格大小為 271×181。由 WRF 成員 M04 水平方向解析度 15km 網格資料(WD01)產出，如圖 2.5 所示。
2. 臺灣海域風場及氣壓(WE02)：資料範圍為北緯 20°至 29°，東經 116°至 125°，網格解析度採用 1/30°(或 2')之球面坐標規則網格，網格大小為 271×271。由 WRF 成員 M04 水平方向解析度 3km 網格資料(WD02)產出，如圖 2.6 所示。

表 2-2 TaiCOMS 海象模擬作業化系統之風壓場資料格式

| 模式              | dimension | 模式格網<br>度(°)   | 格點位置                           |
|-----------------|-----------|----------------|--------------------------------|
| 西太平洋風壓場<br>WE01 | 271×181   | 1/6° ≈ 0.167°  | 左下點(10N,105E)<br>右上點(40N,150E) |
| 臺灣海域風壓場<br>WE02 | 271×271   | 1/30° ≈ 0.033° | 左下點(20N,116E)<br>右上點(29N,125E) |

系統風壓場資料重組目的為產生每日 1 次及每日 4 次海象模擬預測所需之作業化風壓場資料檔，前者發布時間為每日 3 時，後者發布時間為每日 3、9、15 及 21 時；二者重組方式分別如圖 2.7 及圖 2.8 所示，其中

1. 每日 1 次風場及氣壓：資料時間長度為 73 小時(即 0 ~ 72 時)，代表昨日、今日及明日模擬預測風壓場，其中前 24 小時提供每日 1 報海象追算模擬使用，後 48 小時代表系統預測之作業化風壓場。
2. 每日 4 次風場及氣壓：資料時間長度為 56 小時(即 0 ~ 55 時)，其中前 6 小時提供每日 4 報海象追算模擬使用，後 48 小時代表系統預測之作業化風壓場。

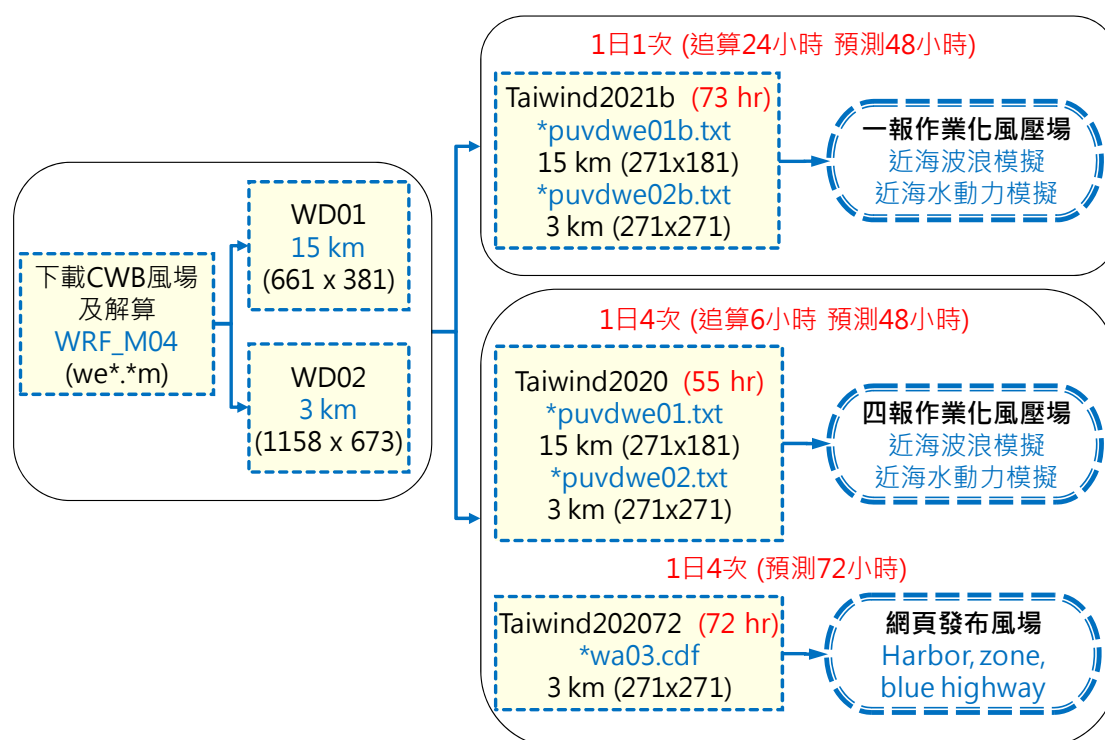


圖 2.3 風場處理作業系統組成架構圖

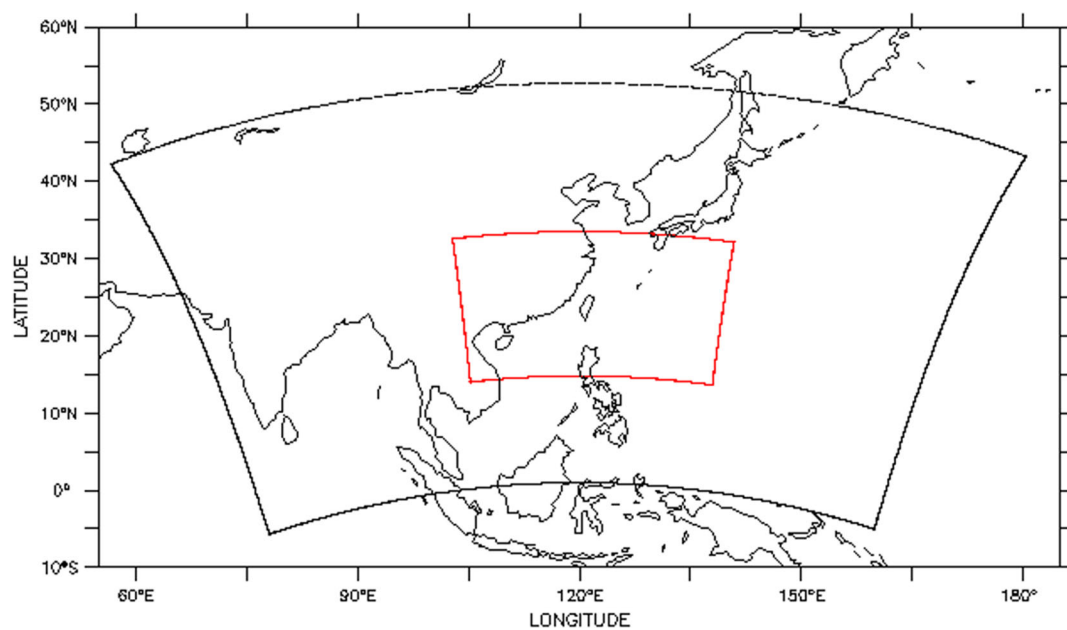


圖 2.4 氣象署 WRF 成員 M04 水平網格模擬範圍圖

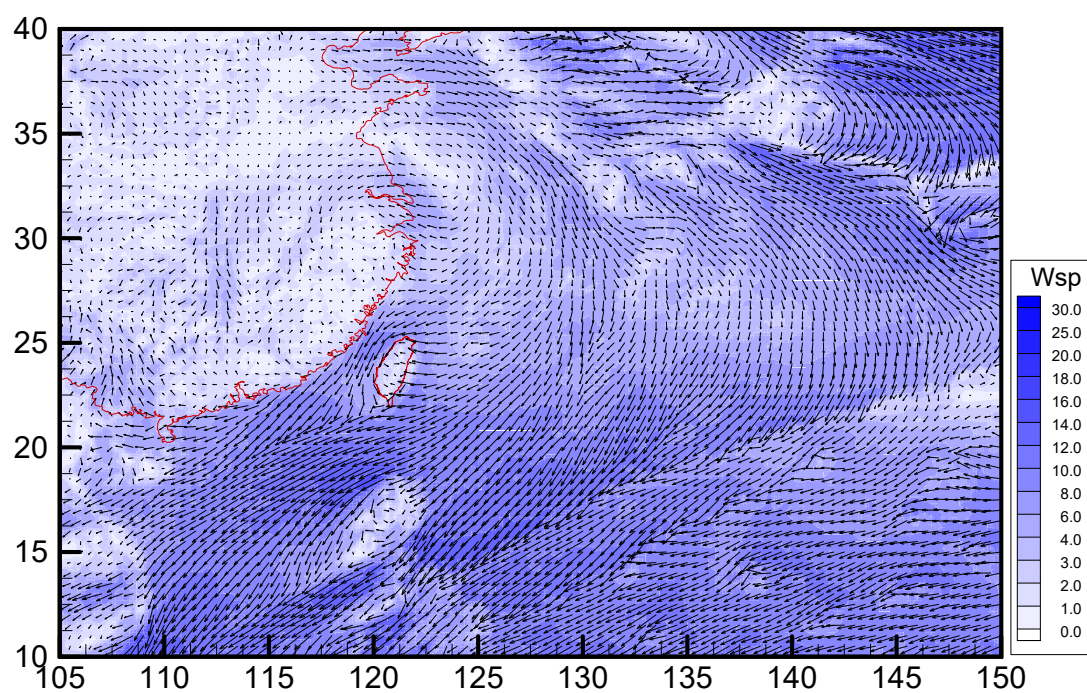


圖 2.5 西太平洋風壓場(WE01)風場輸出範圍圖



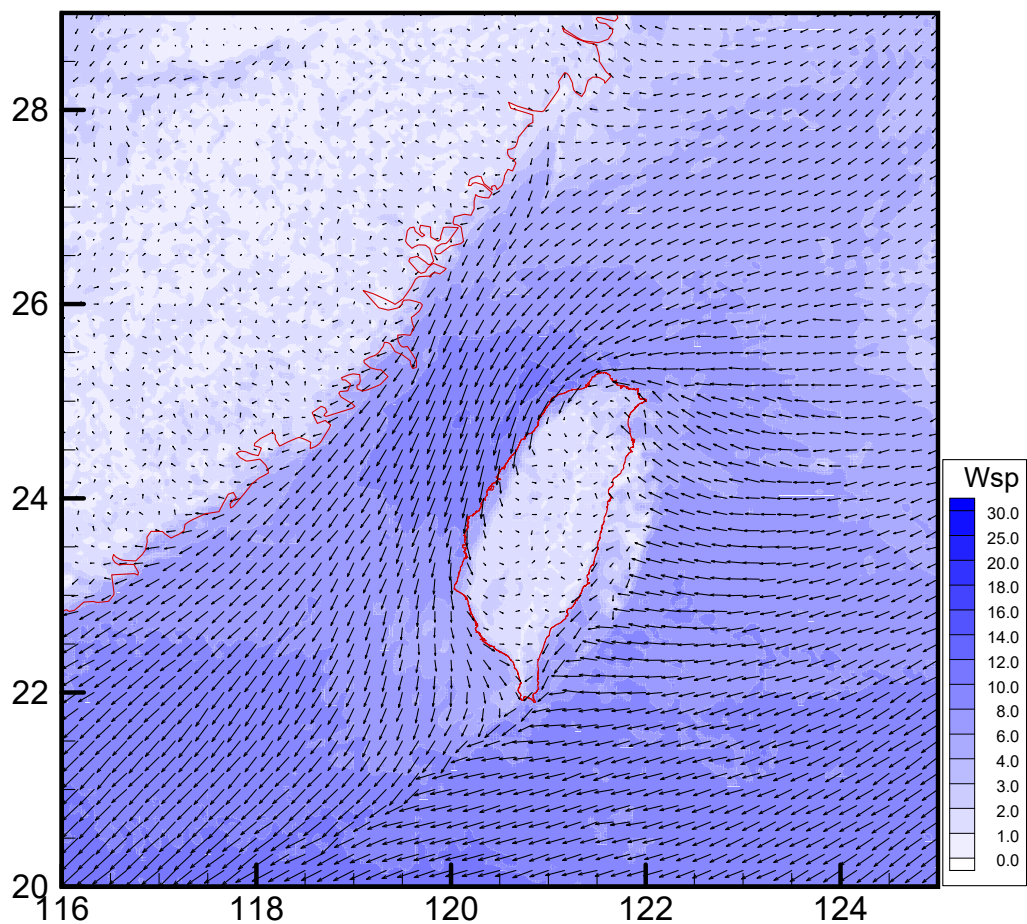


圖 2.6 臺灣海域風壓場(WE02)風場輸出範圍圖

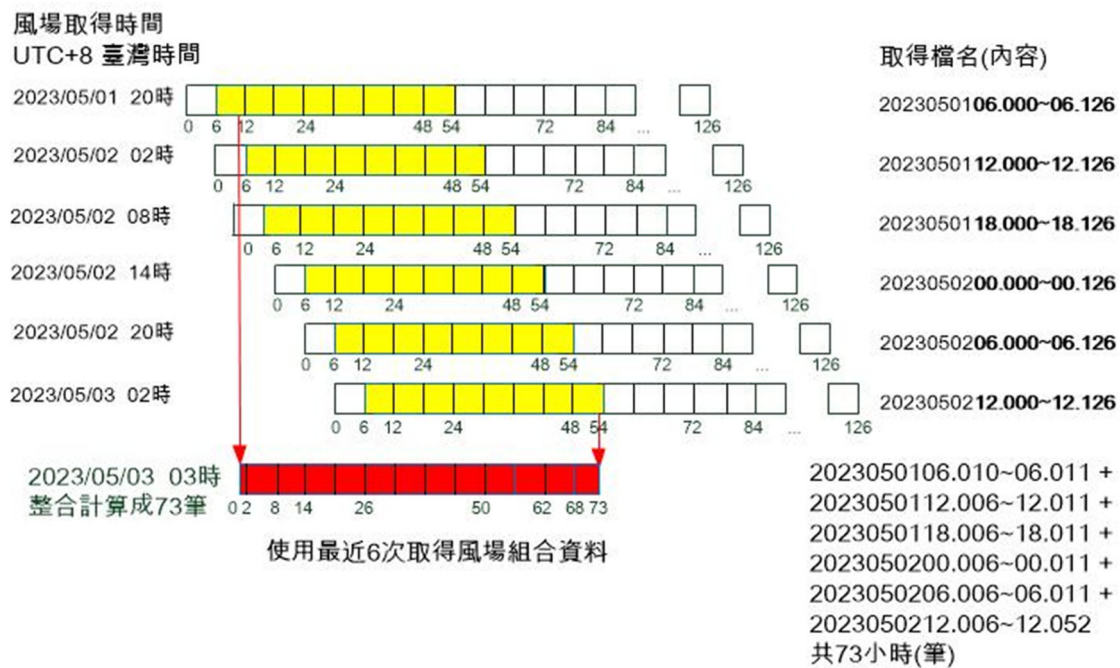
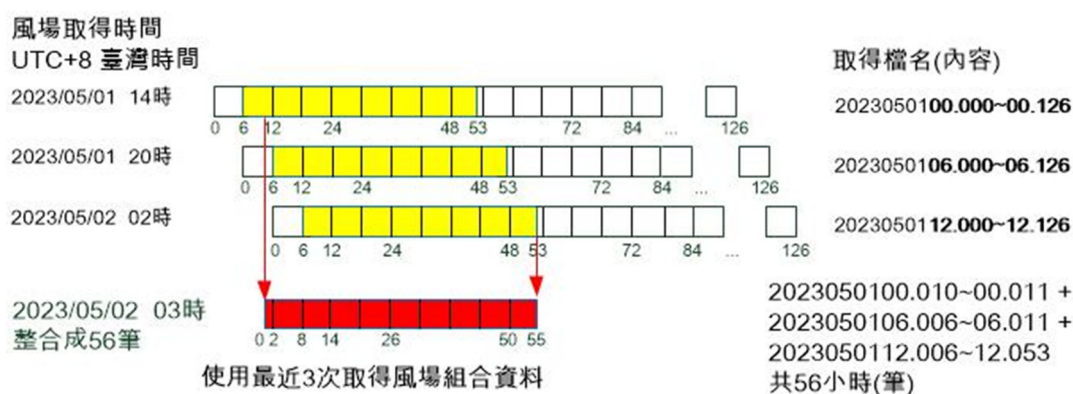


圖 2.7 每日 1 次海象作業化模擬預報風壓場之組合示意圖



備註：每次擷取並整合成56小時(筆)風力資料如紅色線，提供波浪及水動力預報

圖 2.8 每日 4 次海象作業化模擬之預報風壓場組合示意圖

## 2.1.2 波浪模擬系統

波浪模擬系統主要目的為提供國內主要商港航安及維運所需之波浪模擬預測資訊，因應波浪特性及模擬需求，採用多尺度及多模式方式建構波浪模擬系統，爰依波浪模組尺度由大至小，依序區分為臺海風浪模擬、港區近岸波浪模擬及港區靜穩模擬等 3 個子系統，分述如下：

### 一、臺海風浪模擬子系統：

考量臺灣地理位置、海域特性等因素，採用三層巢狀網格方式模擬臺灣周圍海域風浪，整體模擬架構如圖 2.9 所示；其組成包括大尺度遠域風浪模組(1 個)、中尺度近域風浪模組(1 個)及小尺度近海風浪模組(8 個)。各風浪模組網格資訊、核心數值模式、輸入及輸出等資訊如表 2-3 所列。各模組之特性及功用如下：

1. 遠域風浪模組：模擬範圍為西太平洋北緯  $10^{\circ}$  至  $35^{\circ}$ ，東經  $110^{\circ}$  至  $145^{\circ}$  之海域，如圖 2.10 所示；數值計算格網採用  $0.2^{\circ}$  (或  $12'$ ) 之地球弧形網格，屬於大尺度風浪模組或稱西太平洋範圍風浪模組。遠域風浪模組使用的數值模式為海洋波浪預測模式 WAM (Wave Modeling)，模式相關介紹參考附錄一。目的除了提供西太平洋範圍遠域風浪場模擬資訊外，主要功能為產生作業系統近域風浪模擬所需之開放邊界條件。
2. 近域風浪模組：以臺灣周圍海域為對象，模擬範圍為北緯  $20.6^{\circ}$  至  $28^{\circ}$  及東經  $117.6^{\circ}$  至  $123.6^{\circ}$  之海域，如圖 2.11 所示；數值計算格

網採用  $0.04^\circ$  (或  $2.4'$ ) 之球面坐標規則網格，又稱中尺度風浪模組。近域風浪模組使用的數值模式為荷蘭 Delft 大學所發展之近海風浪模式 SWAN (Simulating WAVes Nearshore)，模式簡介詳附錄一。目的提供(1)臺灣周圍海域較高解析度與較精確的風浪場模擬資訊，(2)提供各近海風浪模組所需的開放邊界條件，(3)提供港灣環境資訊網各商港主要風浪模擬預測資訊。

3. 近海風浪模組：計有離島澎湖海域、金門海域、馬祖海域及臺灣本島東南海域、西南海域、花蓮海域、蘇澳海域及基隆海域等 8 個模組，各模組之模擬範圍及水深分布，如圖 2.12~圖 2.19 所示；各模組數值計算格網採用解析度  $0.008^\circ$  之數值計算網格，又稱為小尺度風浪模組。同近域風浪模組採用近海風浪模式 SWAN，利用巢狀網格概念由近域風浪模組提供開放邊界上風浪模擬之方向波譜資料作為邊界條件。主要功用包括(1)提供臺灣近海或海上航安更細緻化風浪模擬結果，(2)提供港灣環境資訊網各商港更細緻化風浪模擬預測資訊。

臺海風浪模擬子系統係建置在 Windows 系統下，在設計上整合各模組模擬輸入檔之生成、作業化模擬流程及模擬結果後處理程序，透過 Fortran 程式編撰並整合成一個風浪模擬作業化執行程式(.EXE)。其中風浪模式 WAM 及 SWAN 在本計畫設計之模擬流程，分別如圖 2.20 及圖 2.21 所示，其中模擬流程區分為冷啟動及熱啟動 2 類型，近海風浪模組則利用不同視窗同步執行方式為之。



表 2-3 風浪模擬系統組成風浪模組之特性綜整表

| 屬性  | 模組名稱     | 模擬範圍/解析度                                             | 核心波浪模式                     | 輸入                                           | 輸出                                            |
|-----|----------|------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 大尺度 | 遠域風浪模組   | 東經：110°~145°<br>北緯：10°~35°<br>解析度：0.2°               | 海洋波浪預測模式<br>WAM<br>(參考附錄一) | WE01 風場                                      | 每次作業化模擬結果(逐時平面波場資料、中尺度模組巢狀邊界風浪資料及各港區外海風浪模擬資料) |
| 中尺度 | 近域風浪模組   | 東經：117.6°~123.6°<br>北緯：20.6°~28.0°<br>解析度：0.04°      | 近海風浪模式<br>SWAN<br>(參考附錄一)  | WE02 風場<br><br>巢狀邊界風浪條件<br>(由遠域風浪模組風浪模擬結果提供) | 每次作業化模擬結果(逐時平面波場資料及各港區外海、重要波浪測站等風浪時序列模擬資料)    |
| 小尺度 | 澎湖海域風浪模組 | 東經：119.00°~120.48°<br>北緯：22.80°~24.20°<br>解析度：0.008° | 近海風浪模式<br>SWAN             | WE02 風場<br><br>巢狀邊界風浪條件<br>(由近域風浪模組風浪模擬結果提供) | 每次作業化模擬結果(逐時平面波場資料及重要港口外海風浪時序列模擬資料)           |
|     | 馬祖海域風浪模組 | 東經：119.44°~120.84°<br>北緯：25.72°~26.72°<br>解析度：0.008° |                            |                                              |                                               |
|     | 金門海域風浪模組 | 東經：117.80°~118.88°<br>北緯：24.04°~24.72°<br>解析度：0.008° |                            |                                              |                                               |
|     | 東南海域風浪模組 | 東經：120.76°~122.00°<br>北緯：21.52°~23.00°<br>解析度：0.008° |                            |                                              |                                               |
|     | 西南海域風浪模組 | 東經：119.80°~121.88°<br>北緯：21.52°~22.52°<br>解析度：0.008° |                            |                                              |                                               |
|     | 花蓮海域風浪模組 | 東經：121.40°~122.40°<br>北緯：23.28°~24.24°<br>解析度：0.008° |                            |                                              |                                               |
|     | 蘇澳海域風浪模組 | 東經：121.64°~122.40°<br>北緯：24.24°~25.12°<br>解析度：0.008° |                            |                                              |                                               |
|     | 基隆海域風浪模組 | 東經：121.56°~122.40°<br>北緯：25.00°~25.80°<br>解析度：0.008° |                            |                                              |                                               |

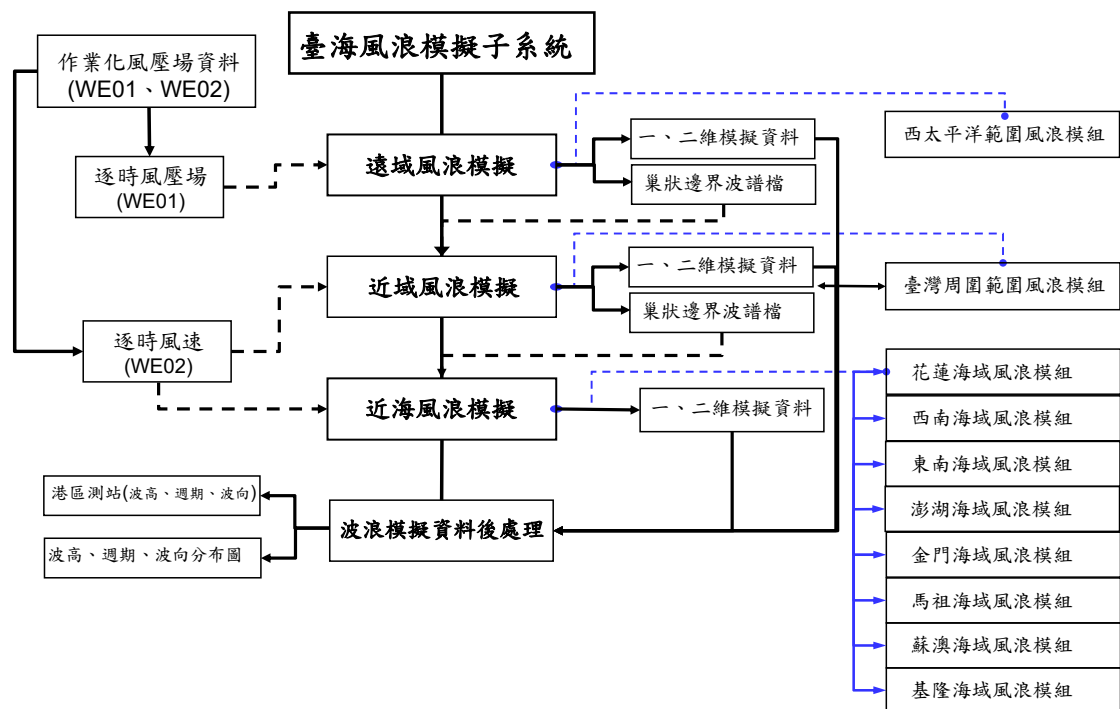


圖 2.9 臺海風浪模擬子系統模擬架構及組成圖

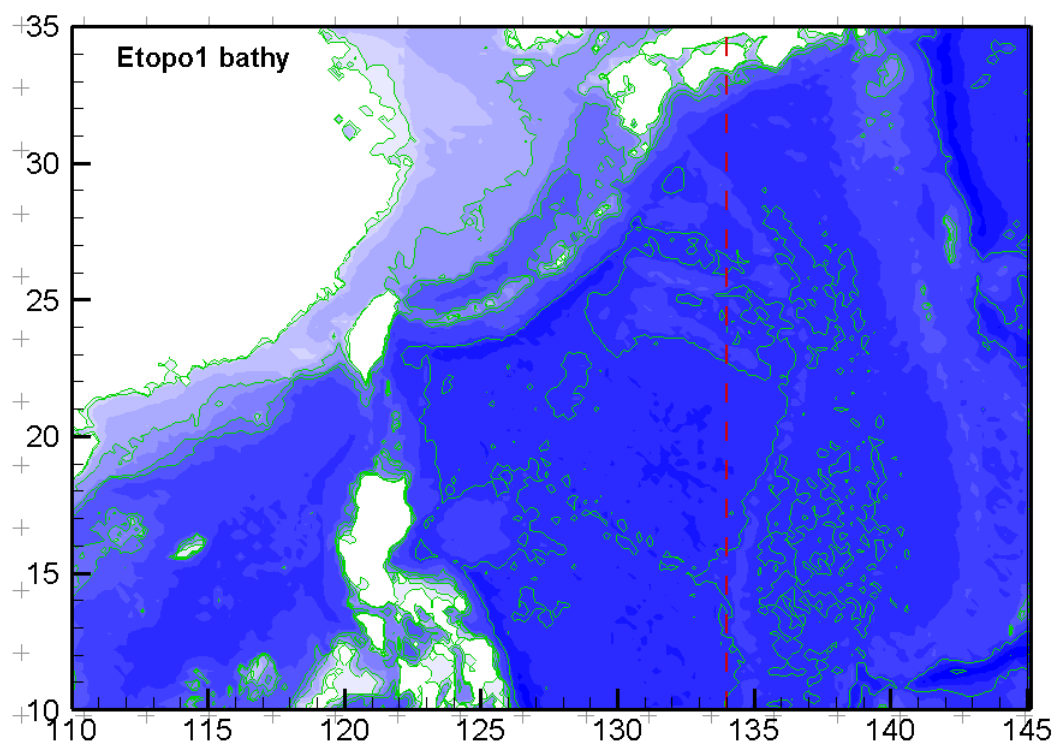


圖 2.10 大尺度遠域風浪模組模擬範圍圖

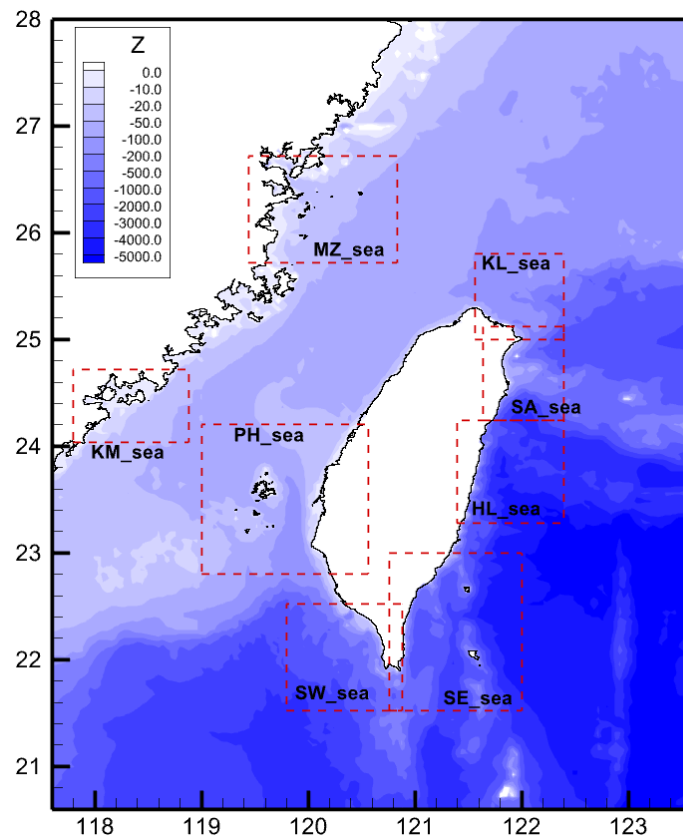


圖 2.11 中尺度近域風浪模組模擬範圍圖

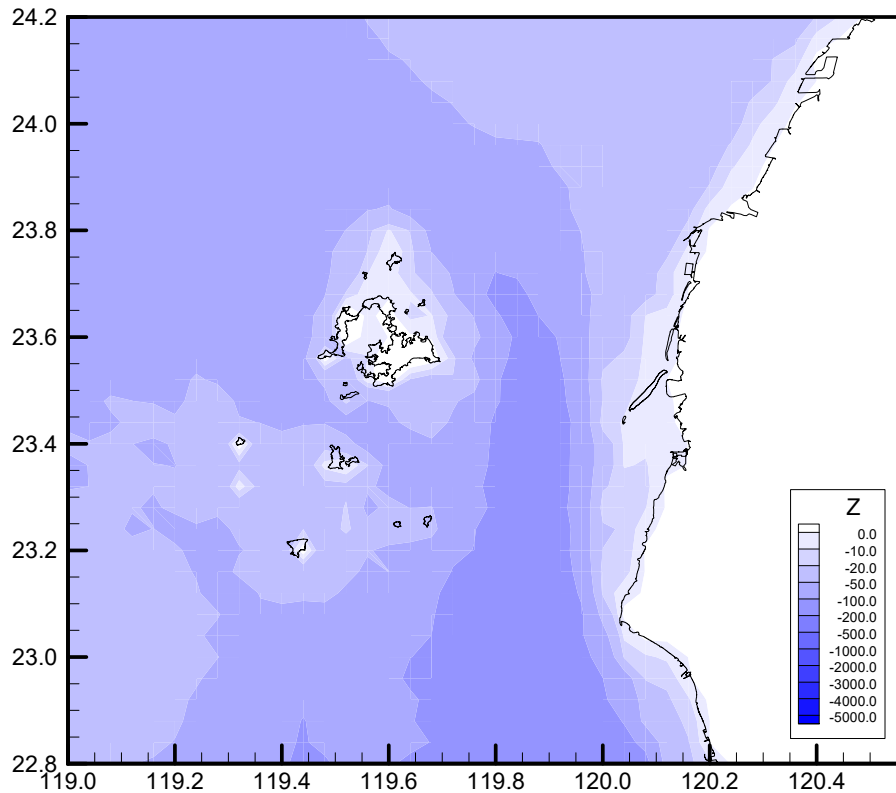


圖 2.12 小尺度澎湖海域(PH sea)風浪模組模擬範圍圖

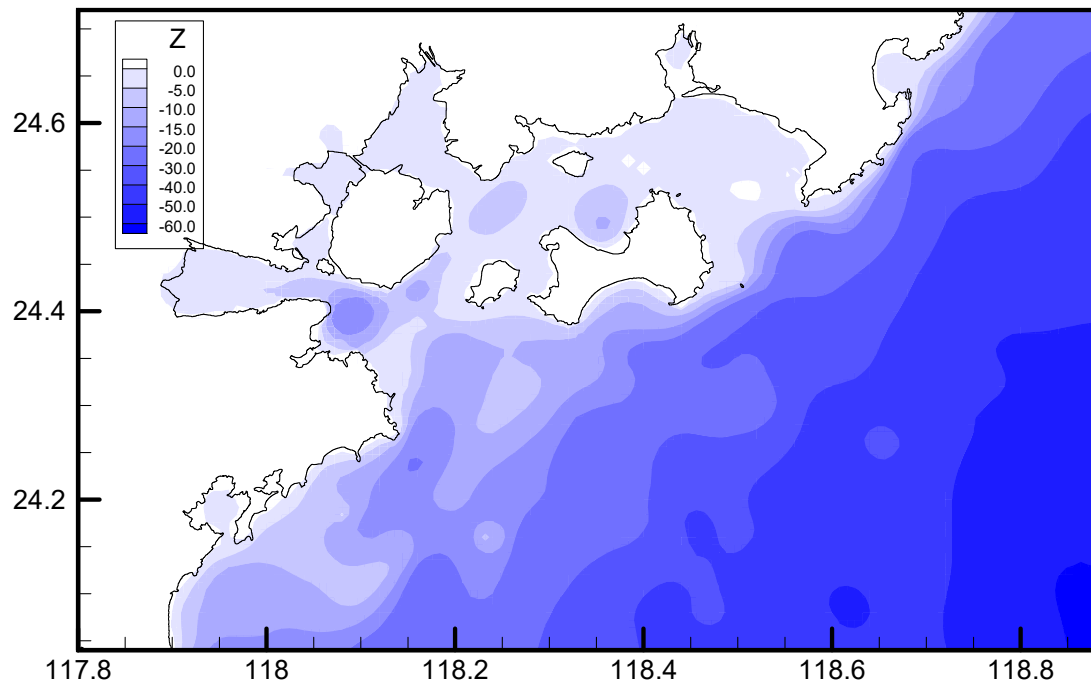


圖 2.13 小尺度金門海域(KM sea)風浪模組之模擬範圍圖

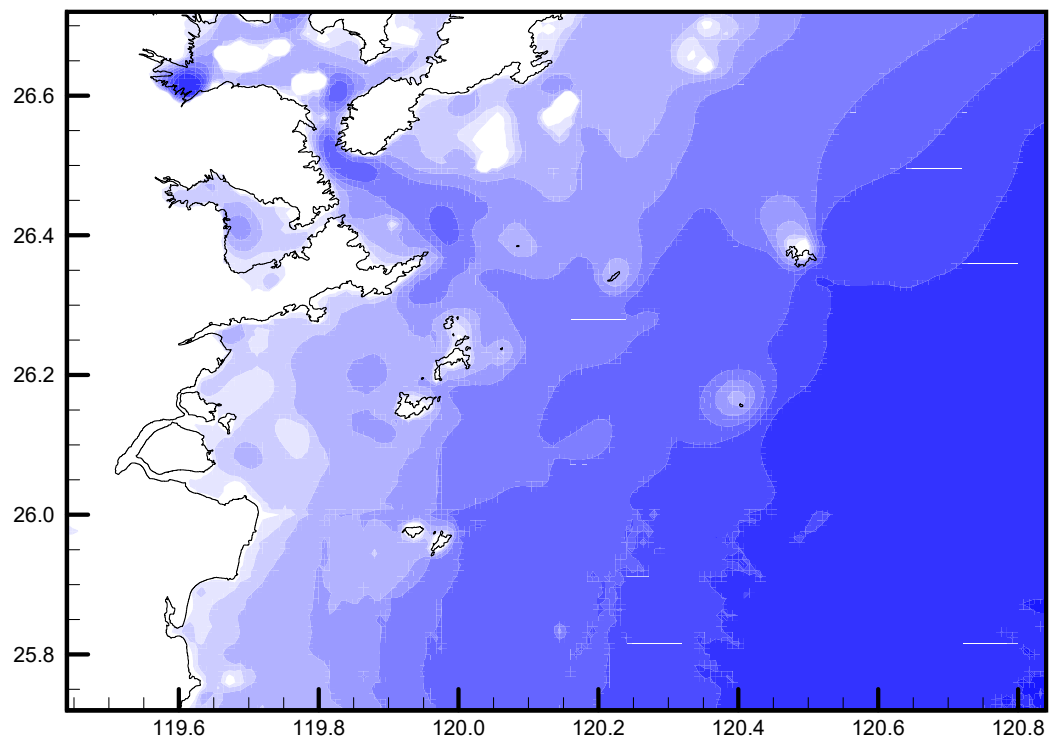


圖 2.14 小尺度馬祖海域(MZ sea)風浪模組之模擬範圍圖

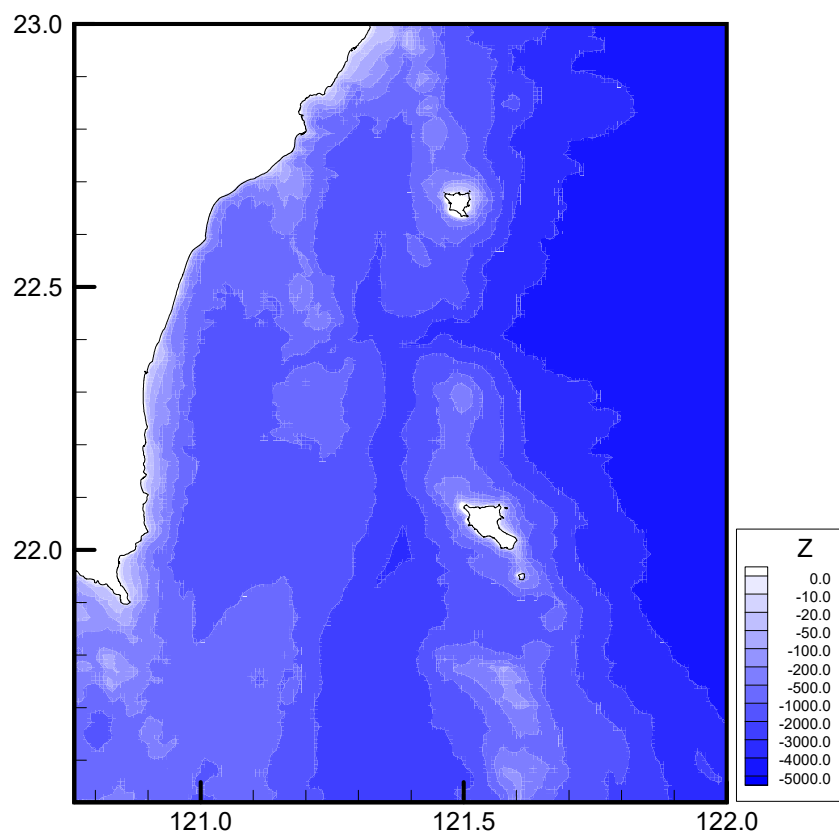


圖 2.15 小尺度東南海域(SE sea)風浪模組之模擬範圍圖

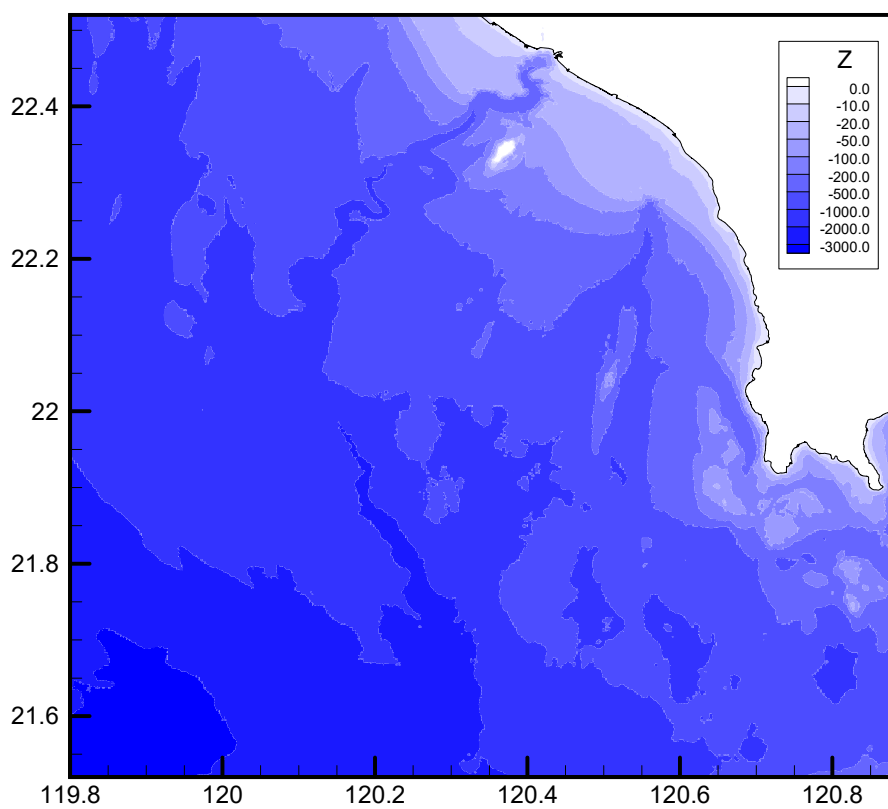


圖 2.16 小尺度西南海域(SW sea)風浪模組之模擬範圍圖

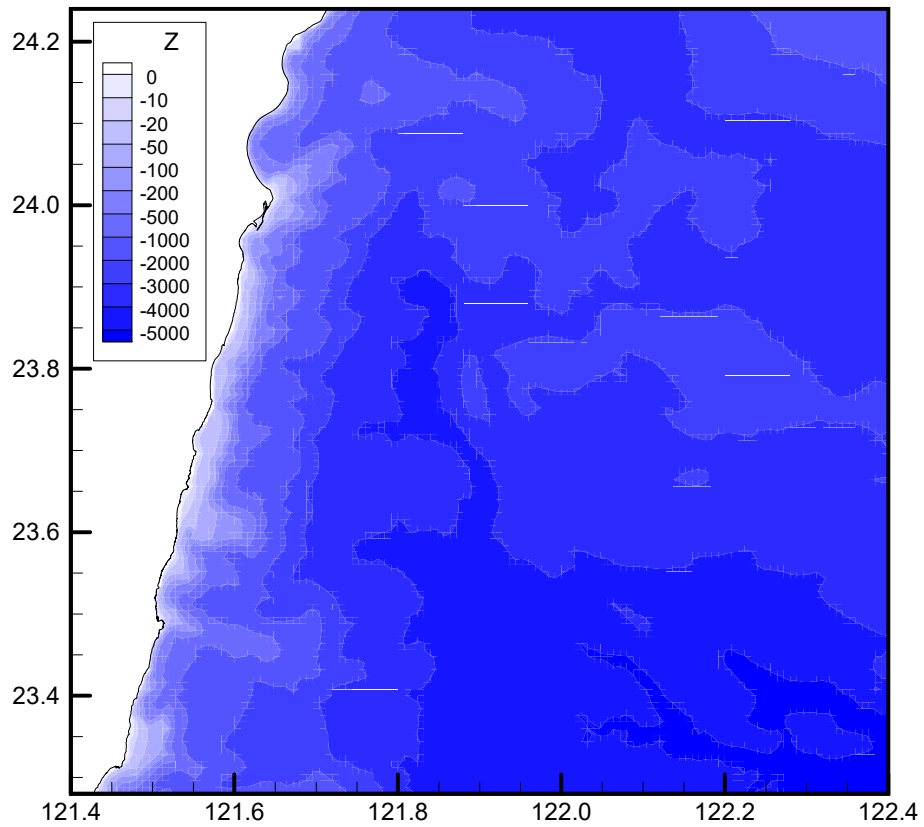


圖 2.17 小尺度花蓮海域(HL sea)風浪模組之模擬範圍圖

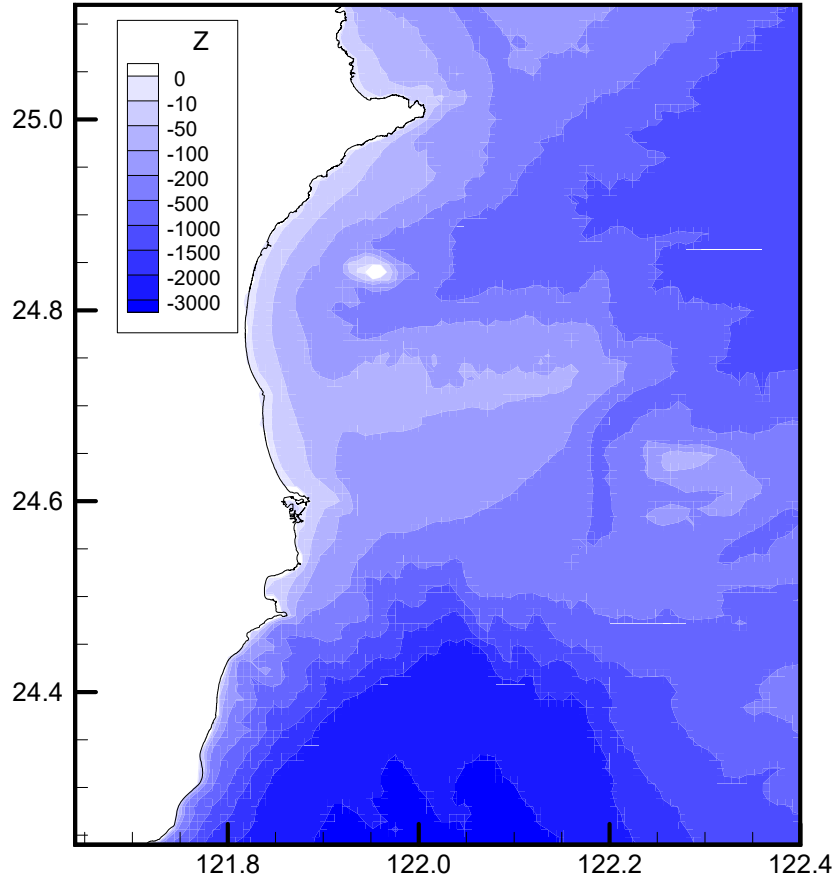


圖 2.18 小尺度蘇澳海域(SA sea)風浪模組之模擬範圍圖

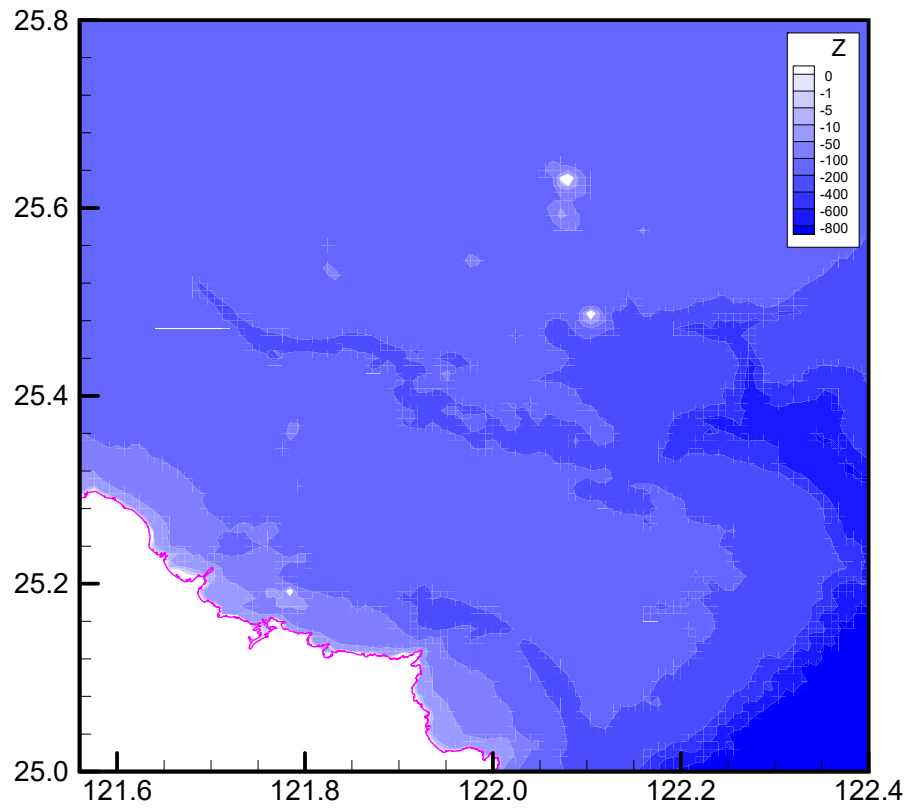


圖 2.19 小尺度基隆海域(KL sea)風浪模組之模擬範圍圖

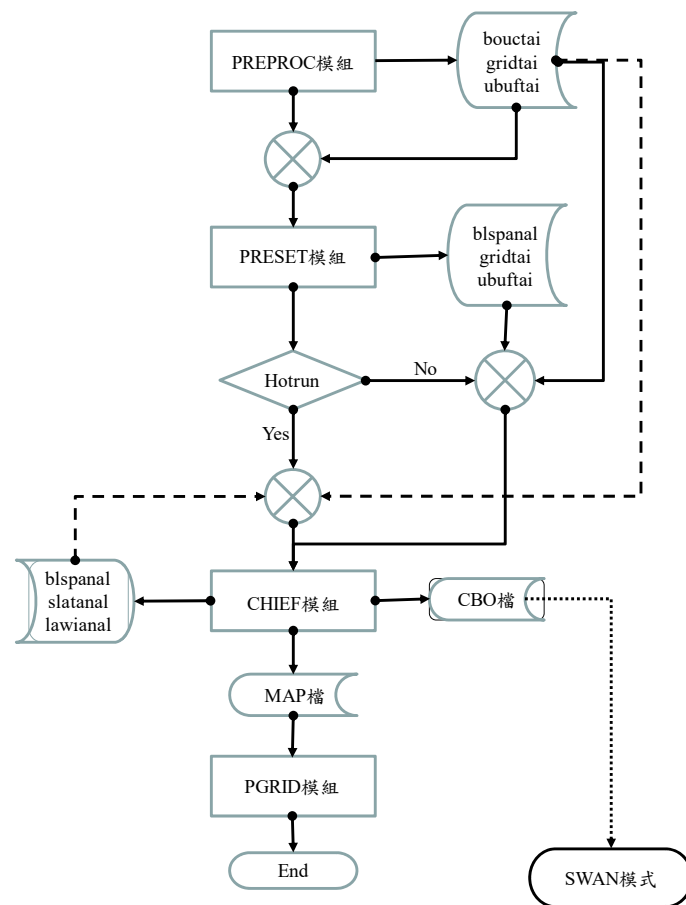


圖 2.20 風浪模式 WAM 之模式架構及執行流程圖

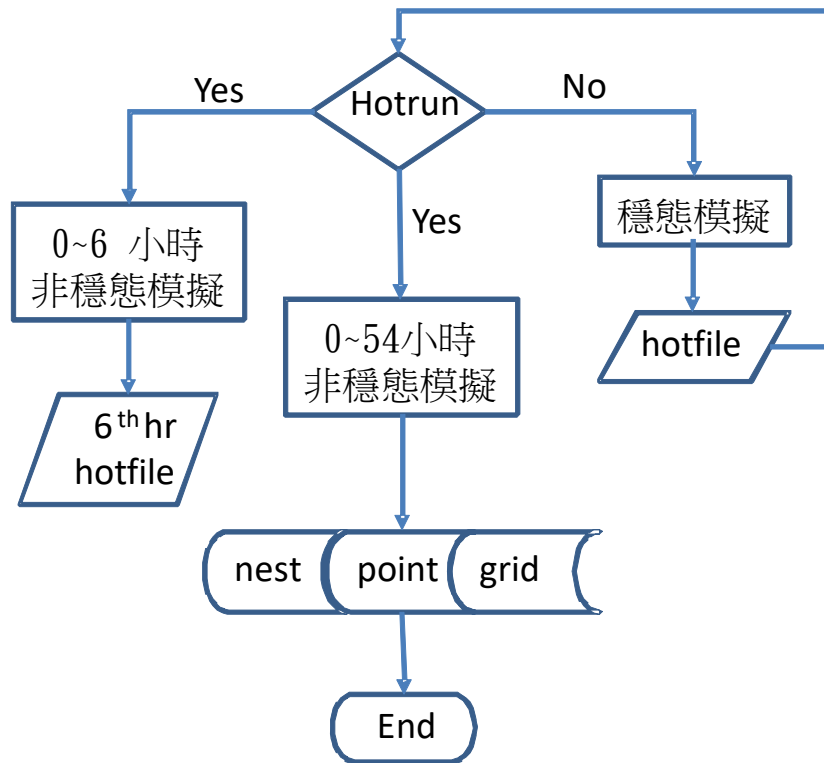


圖 2.21 風浪模式 SWAN 之模式執行架構及流程圖

## 二、港區近岸波浪模擬子系統：

以基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等 8 個主要商港為模擬對象，針對各商港近岸海域建置小尺度近岸波浪模組，各商港近岸海域波浪模擬範圍，如圖 2.22~圖 2.29 所示；各商港近岸波浪模組計算網格之相關資料，如表 2-4 所列，採用解析度為 10 m 之規則網格，又稱為小尺度近岸波浪模組。整合大尺度遠域風浪模組、中尺度近域風浪模組及各港區小尺度近岸波浪模組，強化風浪模擬與港區近岸波浪模擬之關聯性，建構成「港區近岸波浪模擬系統」如圖 2.30 所示；其中近域風浪模組主要模擬目的為提供各商港近岸及港域波浪模組之預測模擬條件(示性波高、譜峰週期、波向等)做為各商港近岸波浪場模擬之依據。整體作業化模擬建構在 Windos 系統下，每日 4 次(間隔 6 小時)利用 TaiCOMS 2.0 系統產出之作業化風壓場資料(WE01、WE02)，依序執行遠域風浪模擬(WAM)、近域風浪模擬(SWAN)及 8 個主要港口逐時(55 小時)近岸波浪場模擬(同步執行)，待各港口近岸波浪場模擬結束後，再執行各港口波浪場模擬結果後處理，產出逐時平面波浪場圖(波高分

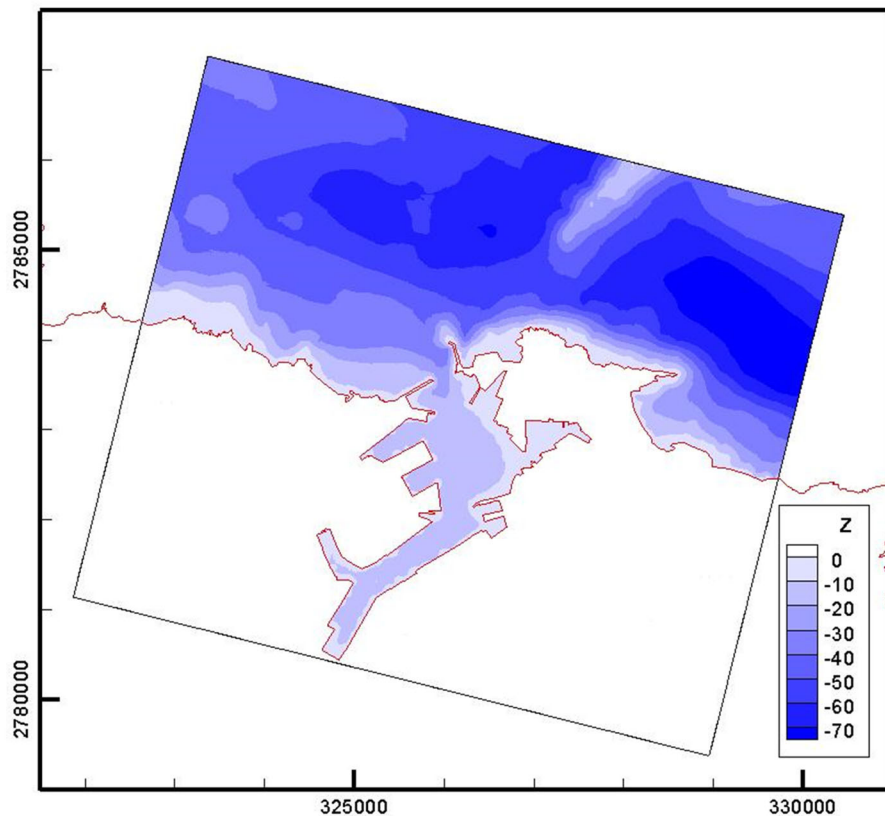


布、波向流矢)及特定點位逐時波浪模擬資訊檔(波高、譜峰週期及波向)，交由「港灣環境資訊網」展出。

因各港近岸海域波浪模擬主要考慮波浪受到地形水深變化之影響，因此，核心數值模式採用 Kirby and Dalrymple (1983)依據拋物線型緩坡方程式所發展的波浪折、繞射數值模式(REF/DIF 1)，其基本理論說明參考附錄一。

**表 2-4 主要商港港區近岸波浪模組之數值參考網格基本資料表**

| 近岸波浪模組<br>名稱 | 原點坐標(tw97 二度分帶) |             | 坐標系統<br>旋轉角度 | 網格大小<br>(10m) |
|--------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|
|              | X(m)            | Y(m)        |              |               |
| 基隆港(KLshore) | 322,539.0       | 2,787,360.0 | 256.0°       | 621× 731      |
| 臺北港(TPshore) | 278,577.0       | 2,784,690.0 | -55.0°       | 801×1,301     |
| 臺中港(TCshore) | 198,113.0       | 2,696,163.0 | -36.0°       | 1,001×1,901   |
| 布袋港(BDshore) | 150,038.7       | 2,579,393.8 | 11.00°       | 1,601× 901    |
| 安平港(APshore) | 160,526.8       | 2,531,091.8 | 31.44°       | 1,401×1,041   |
| 高雄港(KHshore) | 177,877.0       | 2,487,555.0 | 38.0°        | 801×1,701     |
| 蘇澳港(SAshore) | 342,011.8       | 2,725,729.3 | 185.00°      | 601× 801      |
| 花蓮港(HLshore) | 316,892.0       | 2,655,232.0 | 150.0°       | 321× 801      |



**圖 2.22 基隆港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖**

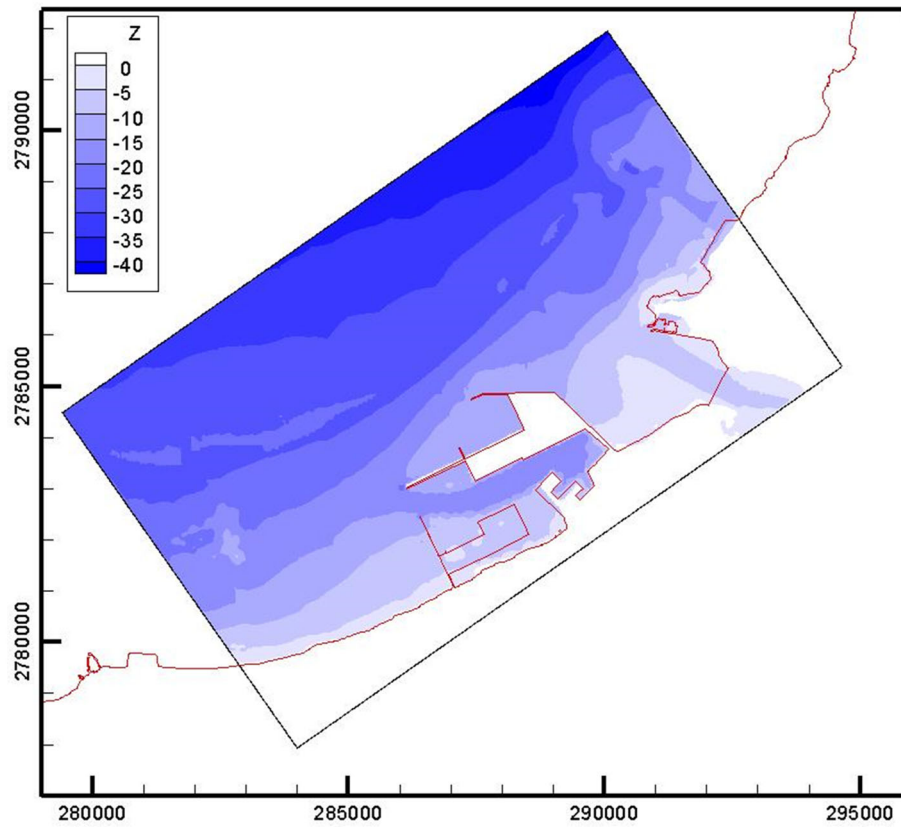


圖 2.23 臺北港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

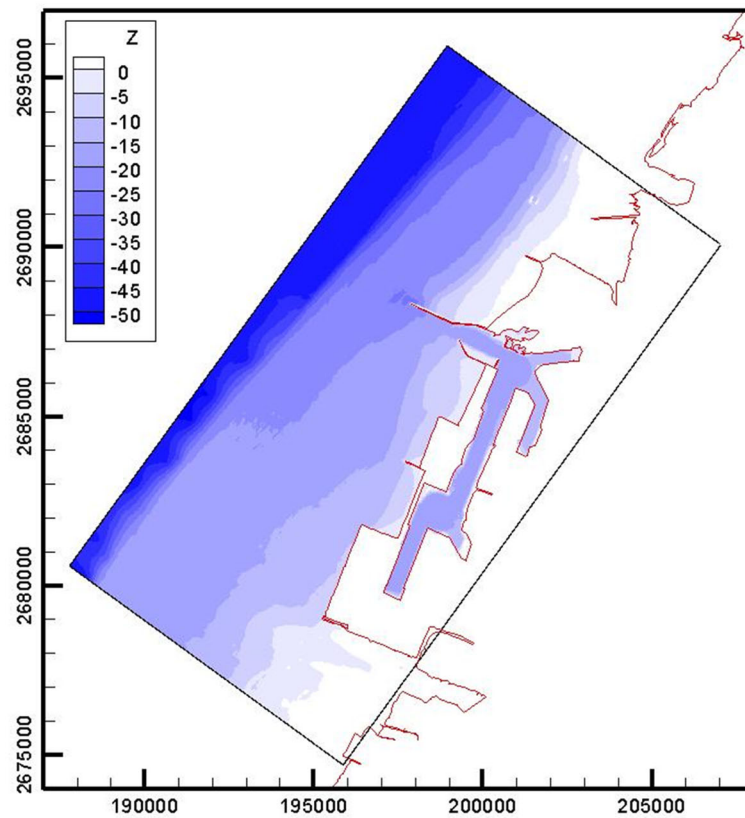


圖 2.24 臺中港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

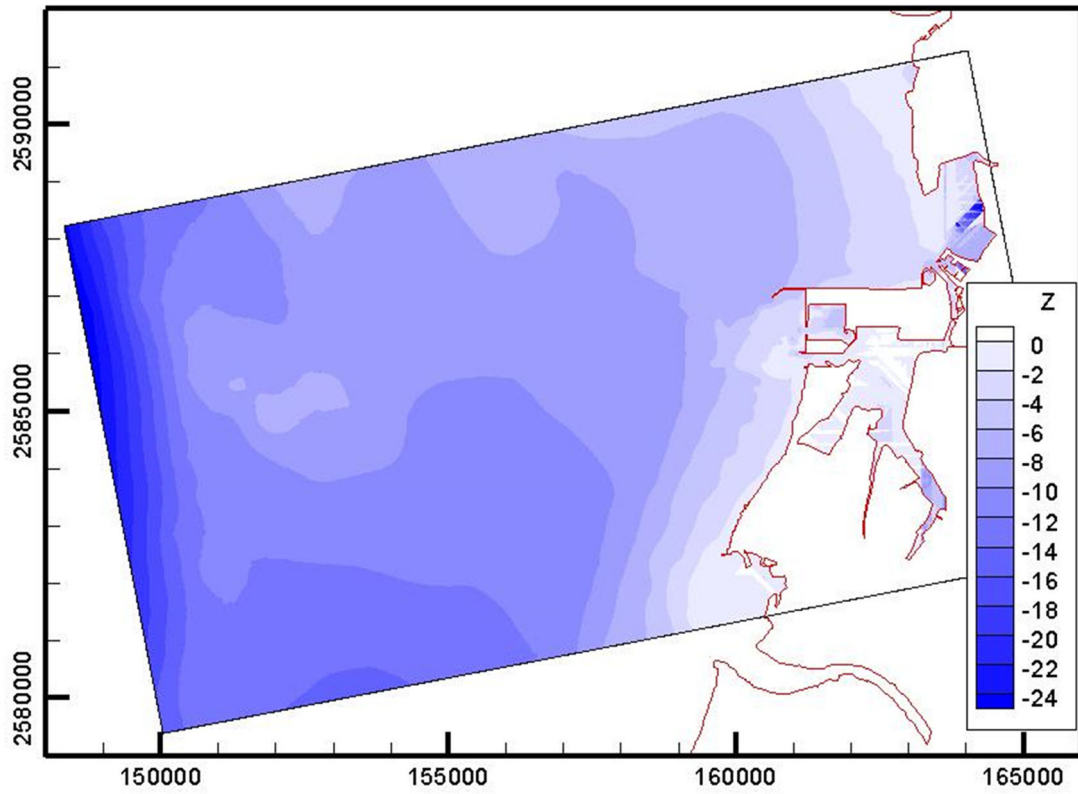


圖 2.25 布袋港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

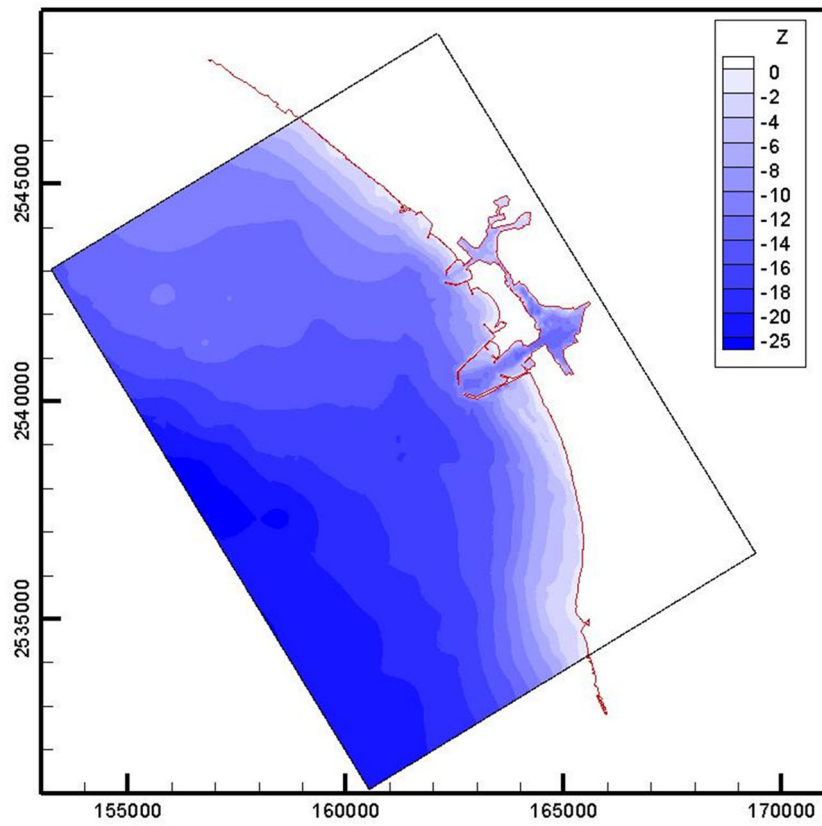


圖 2.26 安平港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

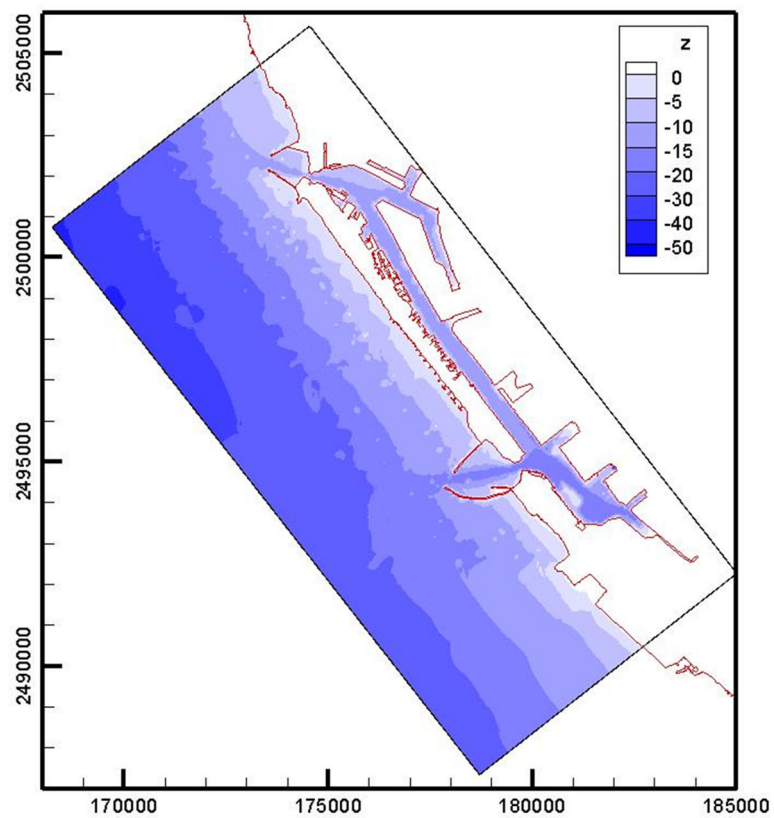


圖 2.27 高雄港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

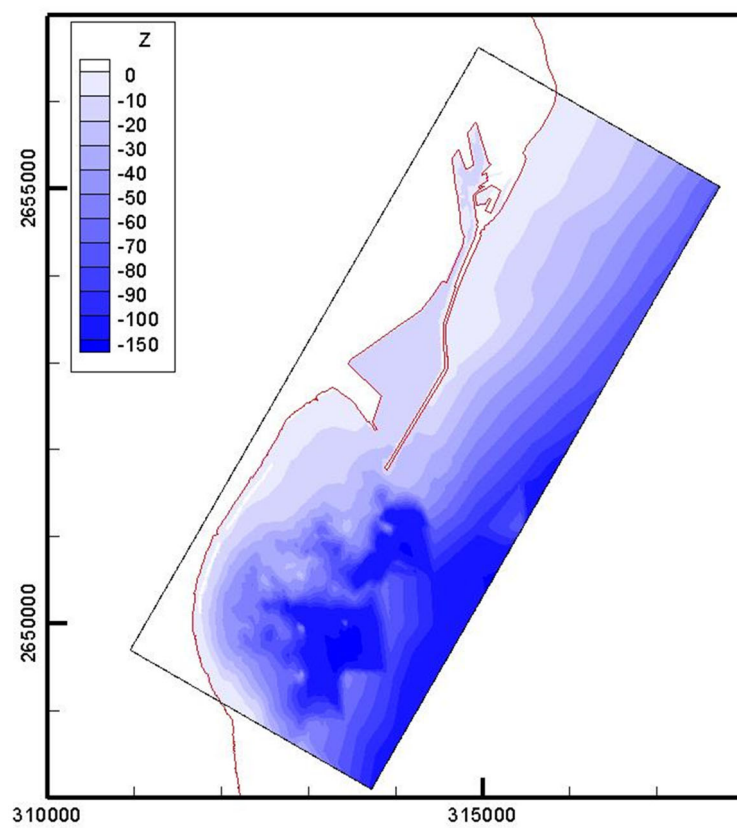


圖 2.28 花蓮港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

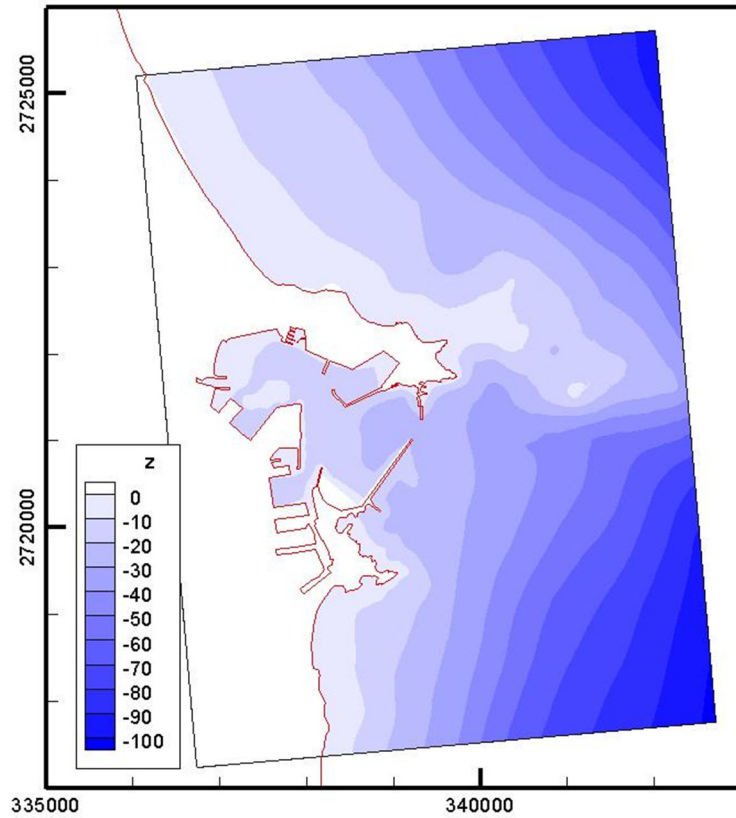


圖 2.29 蘇澳港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

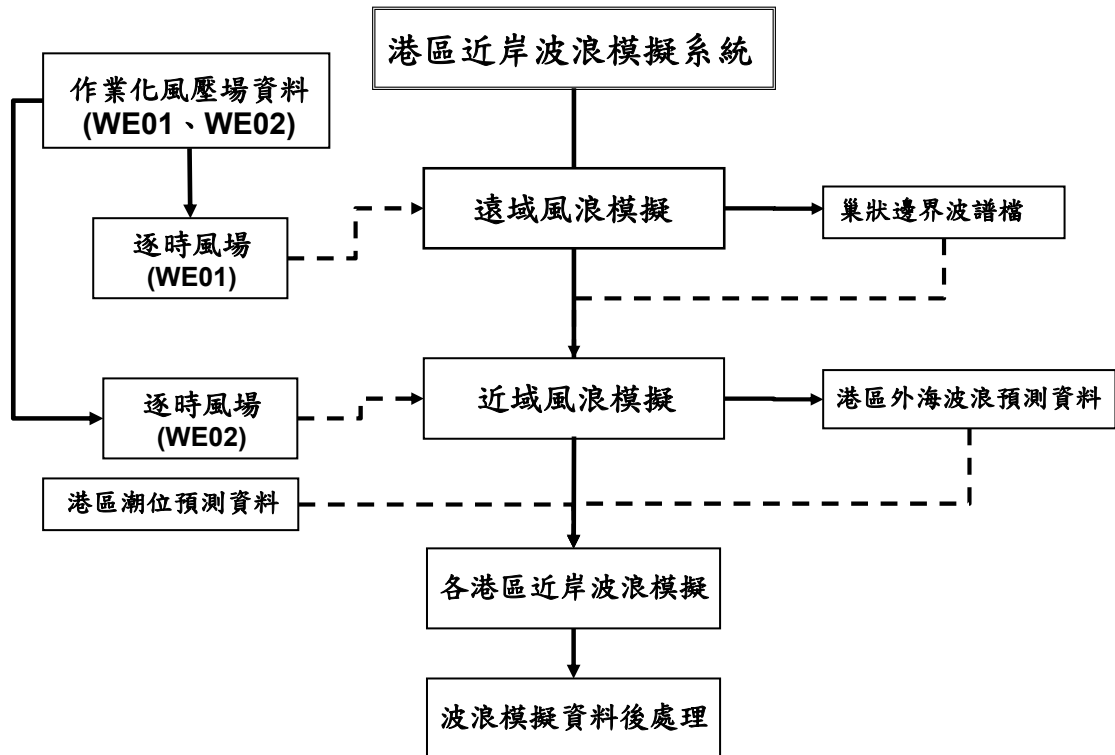


圖 2.30 港區近岸波浪模擬系統之整體模擬架構圖

### 三、港區靜穩模擬子系統：

以基隆港、花蓮港及蘇澳港等3港域為對象，針對港口及港域建置非結構性細尺度網格港域靜穩模組，藉以模擬預測港外海波浪進到港域內波浪場變化情形。基隆港、花蓮港及蘇澳港等3港區靜穩模組模擬範圍，如圖 2.31~圖 2.33 所示，各港區採用的非結構性三角元素網格資訊，如表 2-5 所列，網格解析度適用週期 8 秒以上波浪。整合大尺度遠域風浪模組、中尺度近域風浪模組、小尺度近海風浪模組及細尺度港域靜穩模組，強化風浪模擬與港域波浪模擬之關聯性，建構成「港區靜穩波浪模擬系統」，如圖 2.34 所示；其中近海風浪模組主要模擬目的為提供各商港港域波浪模組之預測模擬條件(示性波高、譜峰週期、波向等)做為各商港港域波浪場模擬之依據。整體作業化模擬建構在 Windos 系統下，每日 4 次作業化模擬流程參照港區近岸波浪模擬子系統。

考量港域波浪會受到港口構造物存在及地形水深變化等因素影響，產生波浪折射、繞射、反射及波能損失等作用，因此港域波浪模擬系統採用的數值模式屬於以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素港域波浪模式，模式理論簡介參考附錄一。

**表 2-5 主要商港港域波浪模組之數值計算不規則網格基本資料**

| 波浪模組<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        | 128,240   | 65,243  | 1,000.0         | 50.0        |
| 花蓮港        | 258,117   | 130,169 | 2,200.0         | 100.0       |
| 蘇澳港        | 99,069    | 50,843  | 826.0           | 30.0        |

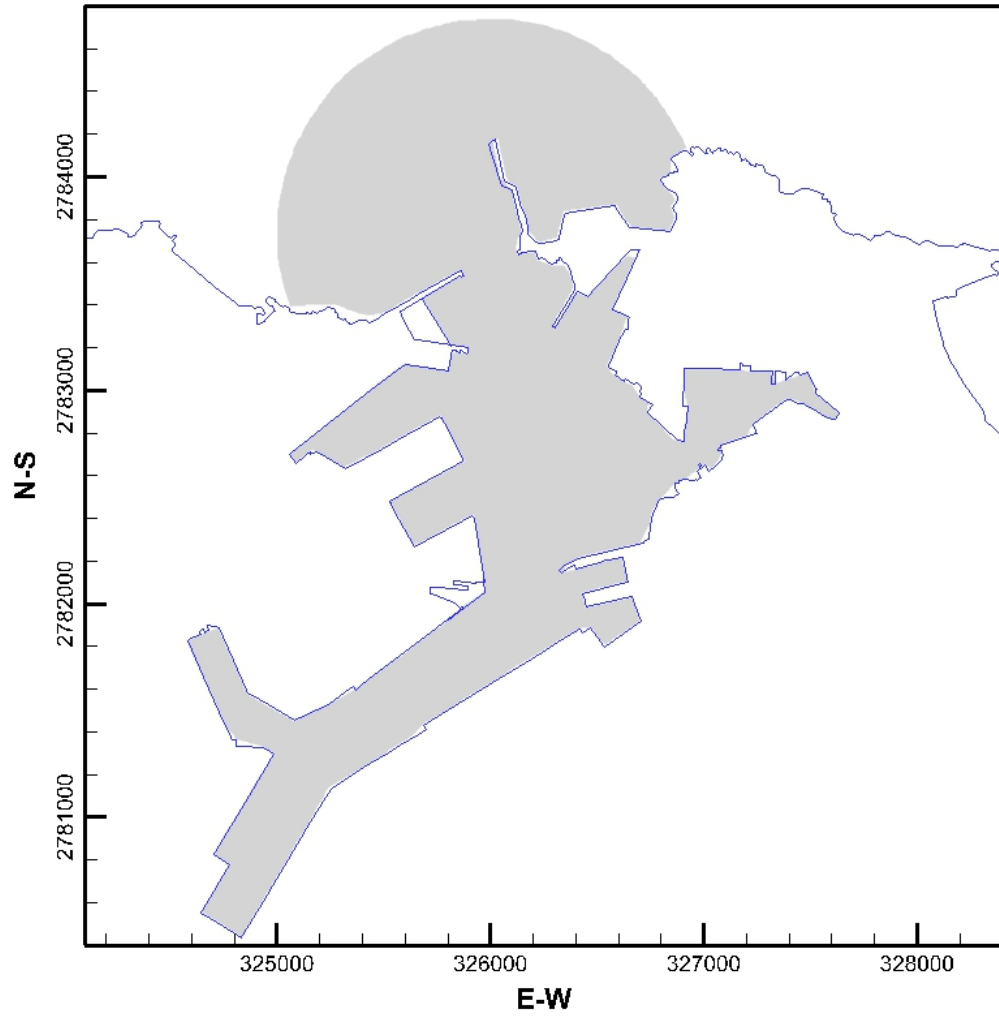


圖 2.31 基隆港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖



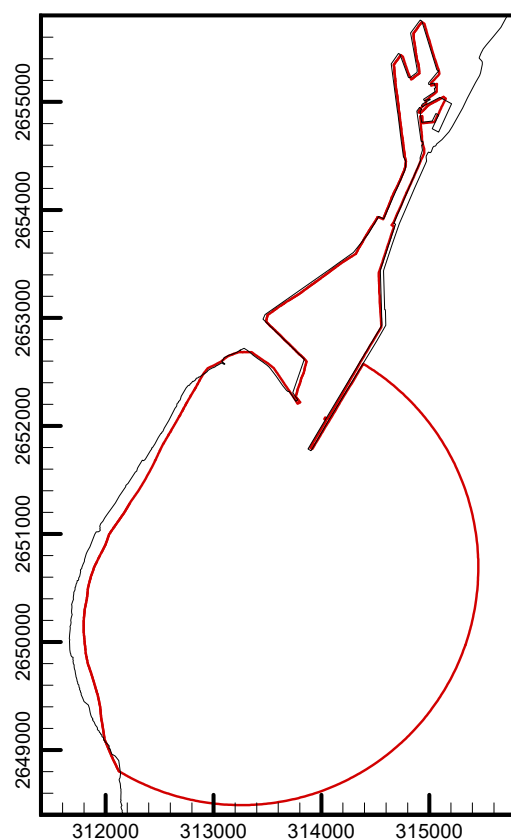


圖 2.32 花蓮港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖

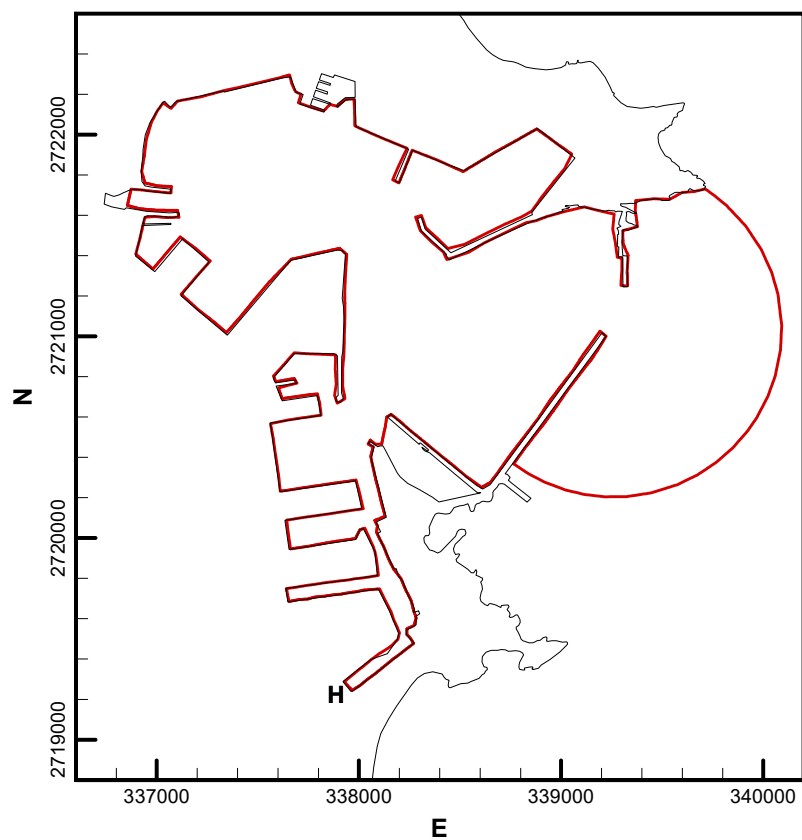


圖 2.33 蘇澳港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖



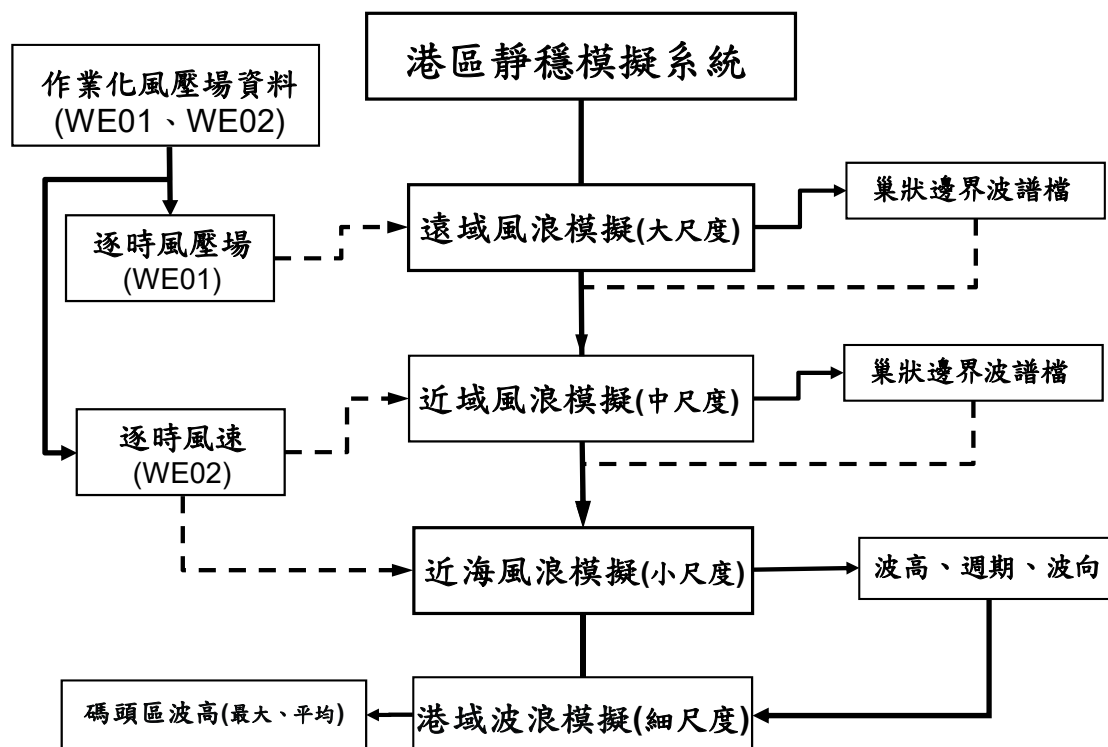


圖 2.34 港區靜穩模擬系統之整體模擬架構圖

### 2.1.3 水動力模擬系統

水動力模擬主要目的為提供國內主要商港航安及維運所需之水位及流場預測資訊。臺海水動力模擬子系統組成架構及作業化模擬流程，如圖 2.35 所示，顯示整體組成架構包含 1 個中尺度暴潮模組及數個小尺度港區近岸海域水動力模組。整體作業化模擬流程主要關鍵包括：(1)利用作業化風壓場及預測的天文潮水位邊界條件啟動中尺度水動力模擬，(2)利用中尺度水動力模擬結果產生小尺度模組開放邊界水位預測資料啟動小尺度水動力模擬。

本計畫水動力模擬採用的數值模式屬於水深積分平均之二維有限元素水動力模式(Finite Element Hydraulic Dynamic Model, FEHDM)，模式之基本理論介紹參考附錄二。有關臺海水動力模擬子系統各模組之模擬範圍及網格資訊說明如下：

1. 中尺度暴潮模組：以臺灣周圍海域為模擬範圍，稱為臺灣周圍海域暴潮模組(簡稱臺海暴潮模組)，涵蓋北緯  $21^{\circ}$  至  $26.5^{\circ}$ ，東經  $116.5^{\circ}$  至  $125^{\circ}$  海域，如圖 2.36 所示，圖中坐標採用為 6 度分帶坐標系統。模組採用的數值計算網格，係由不規則三角形元素構

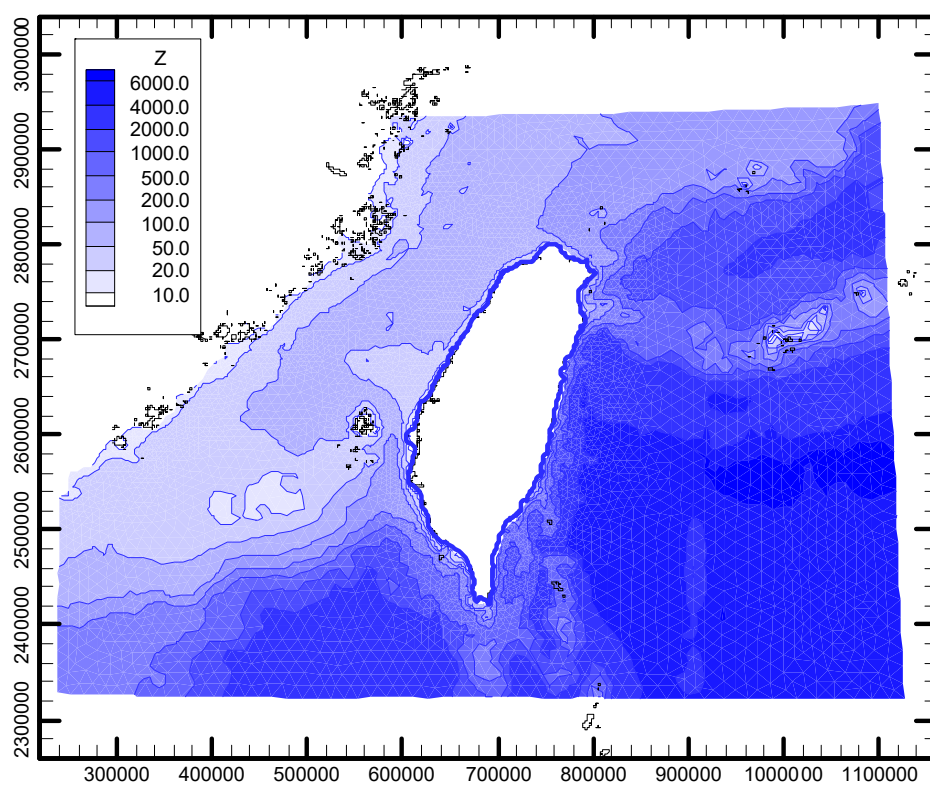
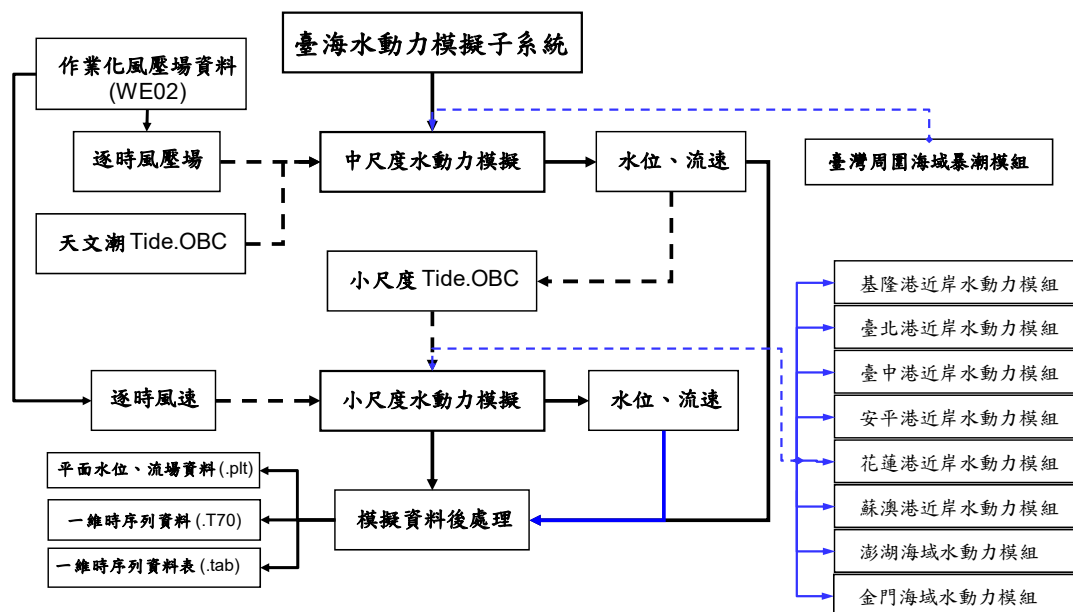
成，計有由 8,237 個節點及 15,800 個三角形元素，如圖 2.37 所示。

2. 小尺度水動力模組：計有基隆海域、臺北港、臺中港、安平港、花蓮港、蘇澳港、澎湖海域及金門海域等 8 個小尺度水動力模組，各模組之模擬範圍分別如圖 2.38~圖 2.45 所示，各模組採用的不規則三角網格資訊，整理如表 2-6 所列。

本計畫水動力模擬子系統係建置在 Windows 系統下，採用每日 1 報方式設計，透過 Fortran 程式語言編撰各模組每日作業化模擬控制變數輸入檔、作業化模擬執行流程及模擬結果後處理程序，並整合成一個水動力模擬作業化執行程式(.EXE)。同樣地，為縮短作業模擬時間，小尺度水動力模組執行方式採用不同視窗同步為之設計。

**表 2-6 本計畫小尺度水動力模組之數值計算不規則網格資訊表**

| 水動力模組<br>名稱 | 三角形元素數值計算網格 |       | 最小水深<br>(m) | 最大水深<br>(m) |
|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|
|             | 元素數目        | 節點數目  |             |             |
| 基隆海域        | 18,626      | 9,610 | 3.0         | 200.0       |
| 臺北港         | 4,341       | 2,389 | 3.0         | 100.0       |
| 臺中港         | 9,300       | 4,973 | 4.0         | 60.0        |
| 安平港         | 13,696      | 7,481 | 3.0         | 50.0        |
| 花蓮港         | 3,014       | 1,653 | 4.0         | 2,000.0     |
| 蘇澳港         | 3,989       | 2,132 | 3.0         | 700.0       |
| 澎湖海域        | 7,807       | 4,159 | 3.0         | 130.0       |
| 金門海域        | 13,745      | 7,097 | 4.0         | 50.0        |



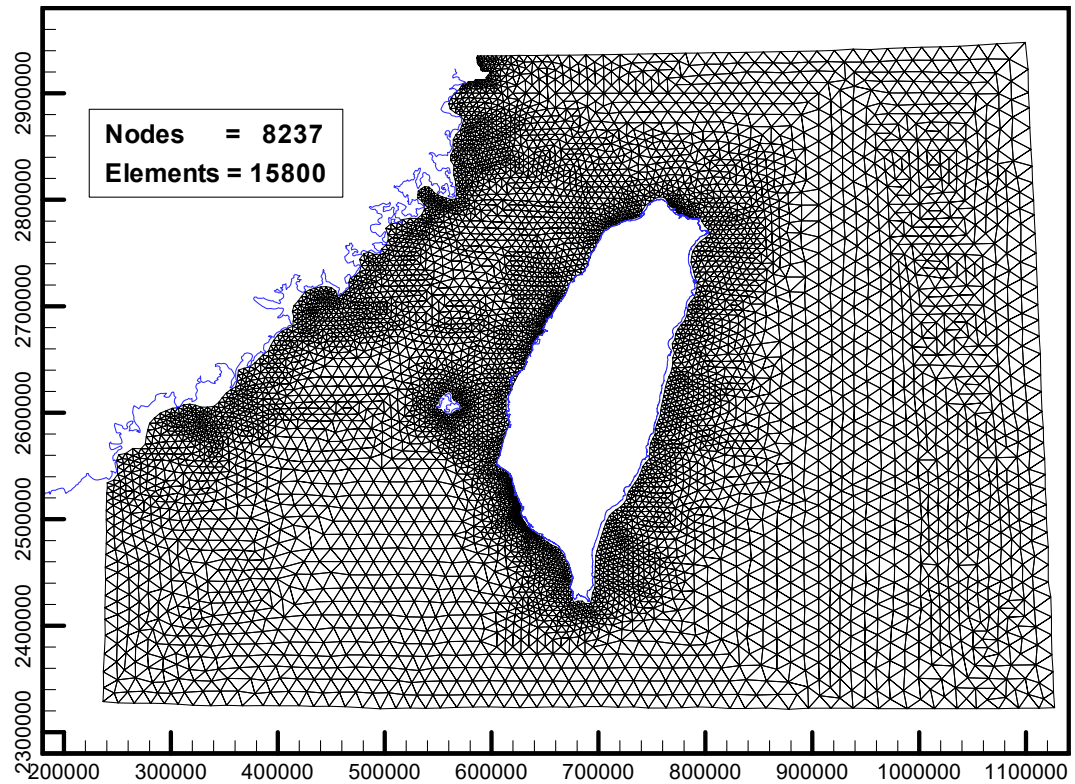


圖 2.37 臺海暴潮模組三角元素網格分布圖

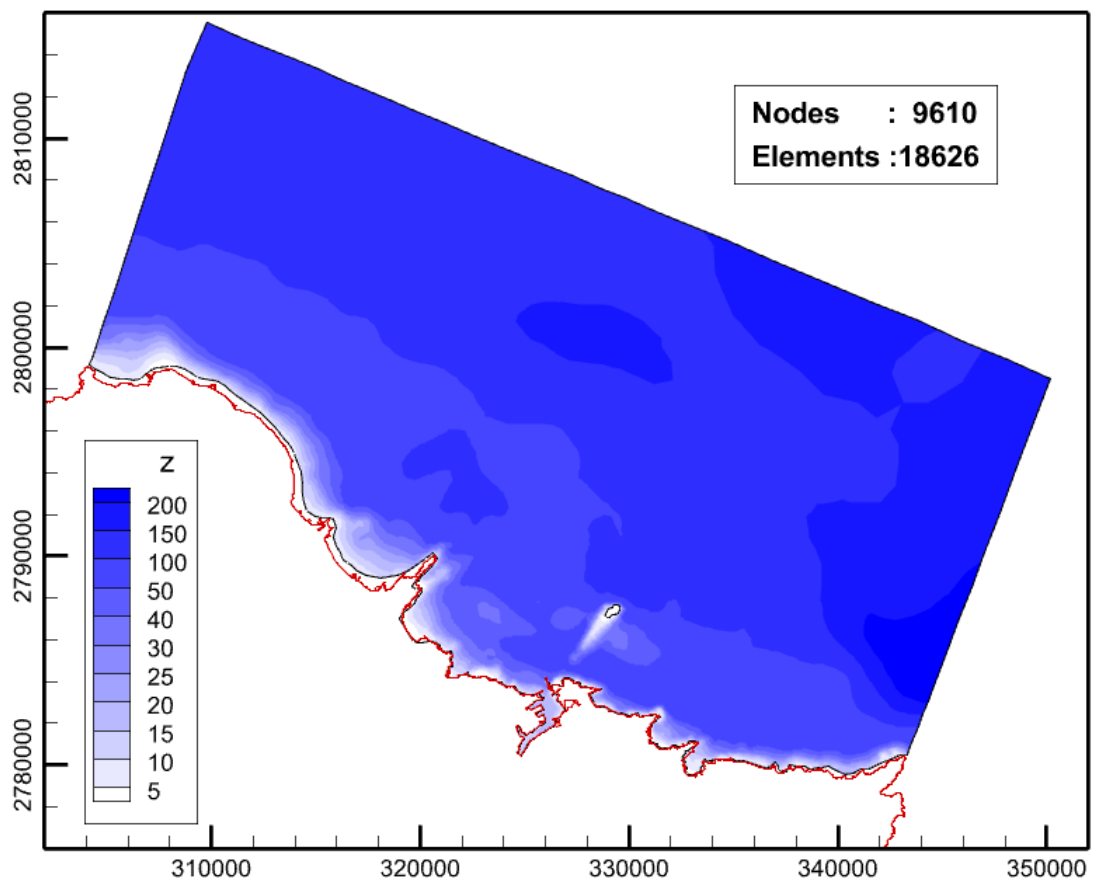


圖 2.38 基隆港海域水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

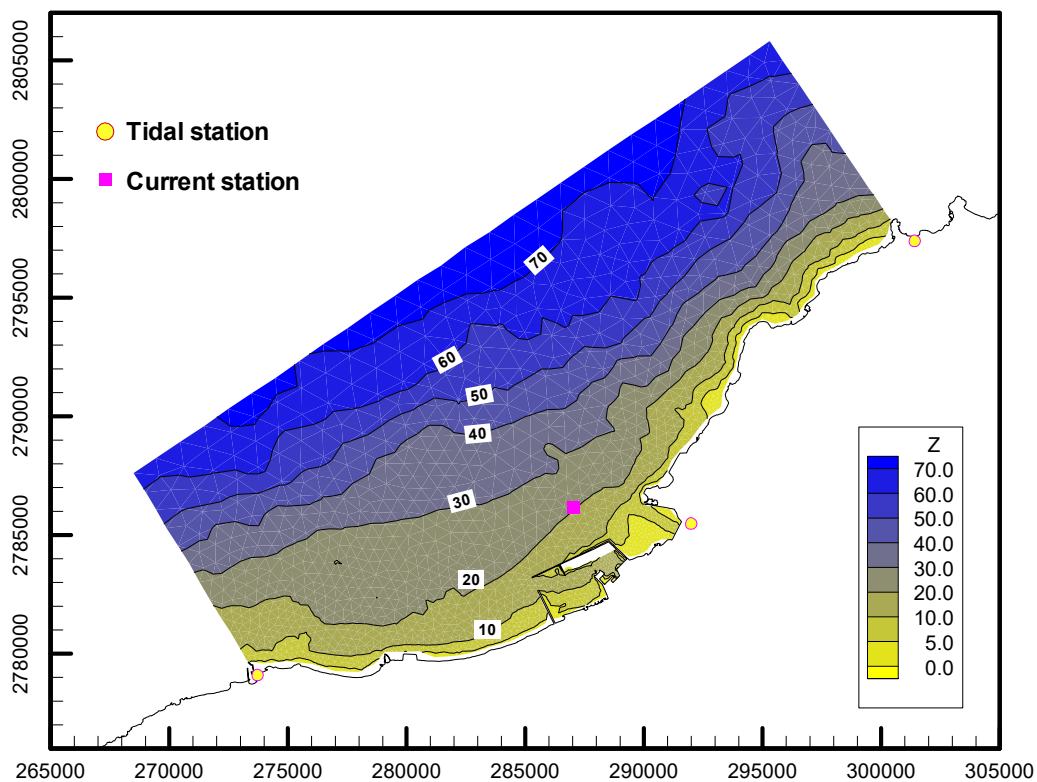


圖 2.39 臺北港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

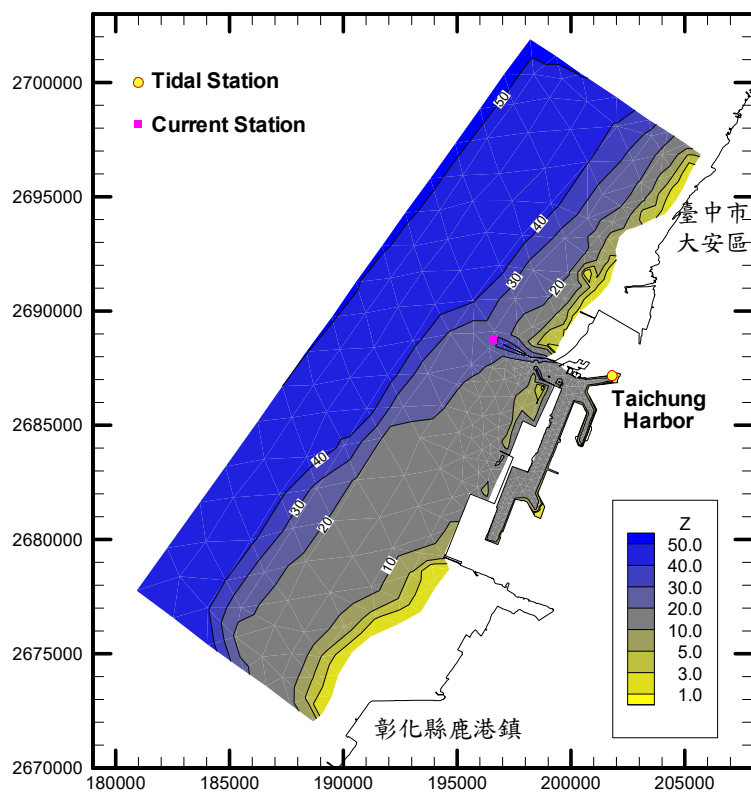


圖 2.40 臺中港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

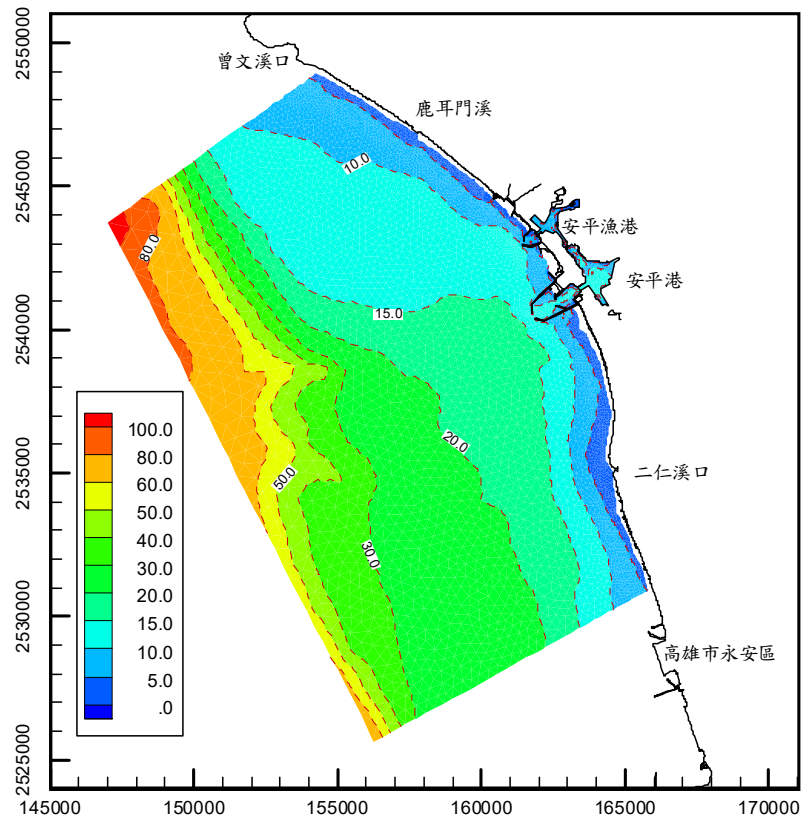


圖 2.41 安平港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

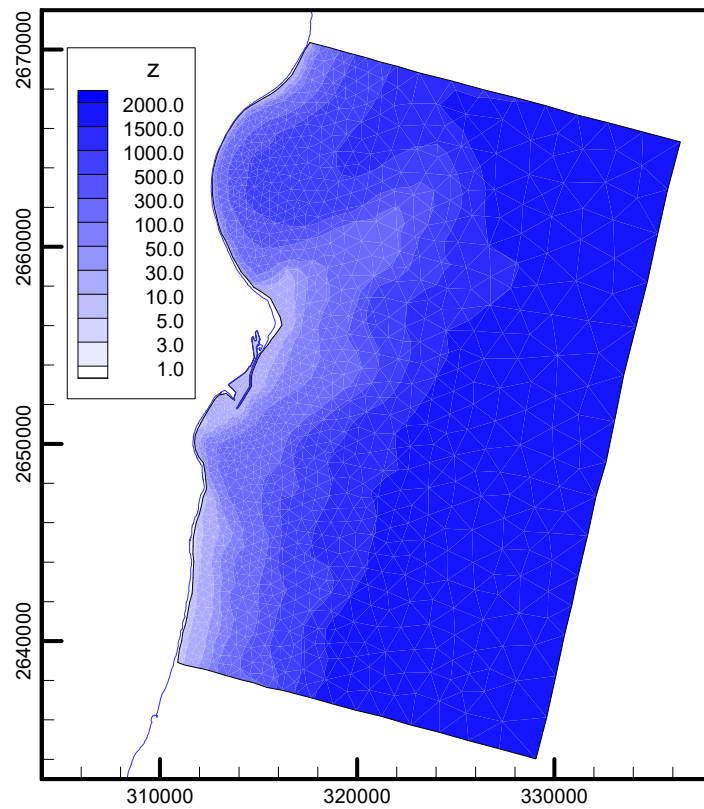


圖 2.42 花蓮港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖



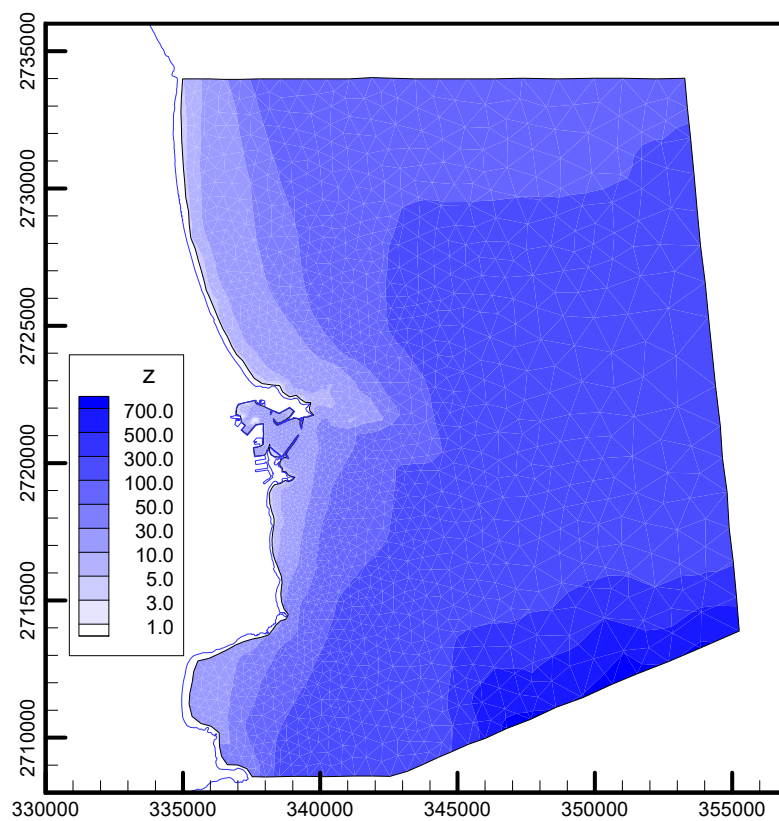


圖 2.43 蘇澳港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

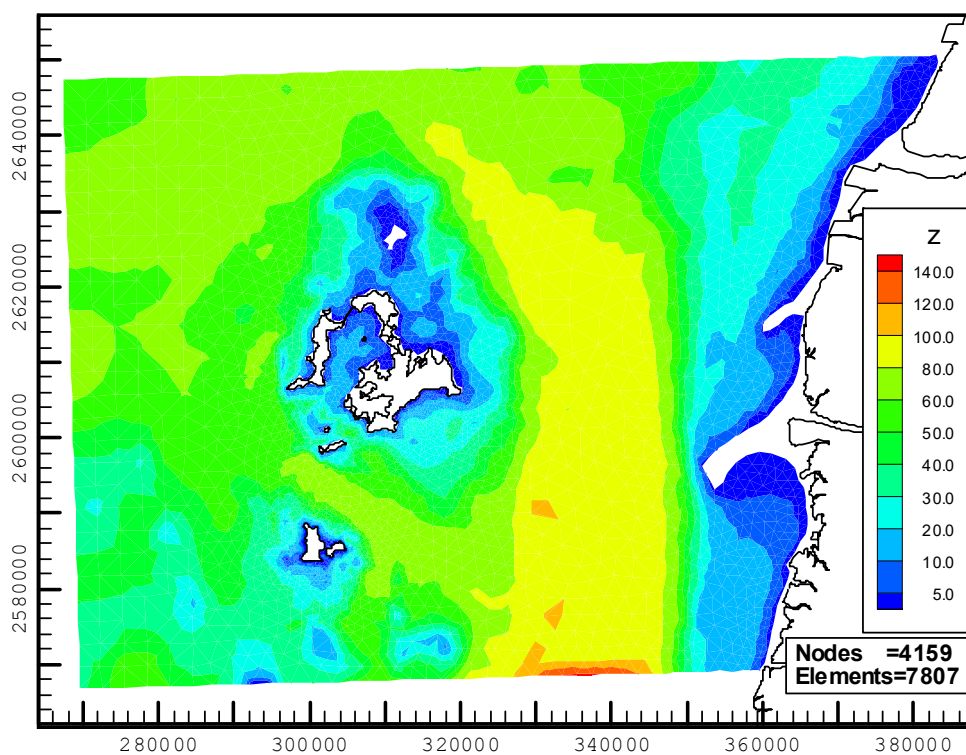


圖 2.44 澎湖海域水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

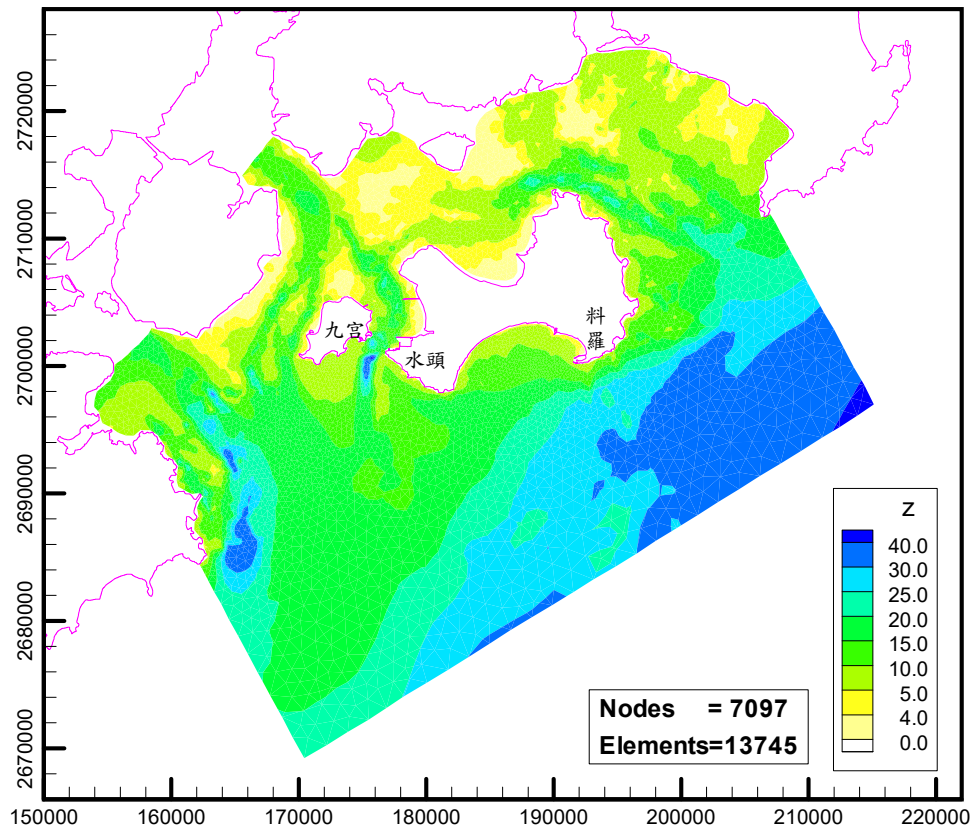


圖 2.45 金門海域水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

## 2.2 海象模擬作業化系統校修與維運

### 2.2.1 作業化系統軟硬體維運紀事

TaiCOMS 2.0 海象模擬作業化系統依伺服器(硬體)規劃區分為風場、臺海水動力模擬子系統、臺海風浪模擬子系統、近岸風浪模擬子系統、海嘯模擬子系統、花蓮及臺東海岸公路浪襲模擬子系統、馬祖港內波浪推算子系統及資料儲存備份伺服器等。伺服器作業系統包括 Windows 10 (ACP4000MB 研華工業電腦)、Windows Server 2016、Windows Server 2019 及 Windows 2012 R2 版本等作業系統。Linux 作業系統原採用為 SUSE Linux Enterprise Server 12 版本，本(112)年度轉換為 Ubuntu 22.04 LTS。

本(112)年度伺服器維護紀錄(111 年 9 月至 112 年 8 月)，如表 2-7 所示，表中累計維護次數達 72 次。本年度常見維護事件整理如下：

1. 風場不定時有缺漏資料情形。因應方案為：



- (1) 片段資料缺漏(24 小時內)，程式可自動利用前次預報資料補齊。
- (2) 資料缺漏過多無法補齊時，整體系統暫停運作，通知氣象署補檔，待人工補齊後再行運作。
2. 伺服器盤點、更新及報廢，伺服器內所需程式安裝及模組移轉。
3. 配合臺灣環境資訊系統輸出展示所需實測點之模擬點位資料。
4. 配合模式驗證所需比對之點位輸出所需之模擬點位資料。
5. 定期整理硬碟空間，進行資料備份及更新硬碟櫃儲存空間。
6. 配合年度高低壓用電安全檢查及斷電維護。
7. 更新海嘯預警系統、花蓮及臺東海岸公路浪襲預警系統、馬祖港內波浪推算系統，並配合輸出所需模擬資料。
8. 配合本所運技中心 90 天必須更新一次伺服器管理員密碼。
9. 每月進行 windows update 月套件更新。

此外，本(112)年度完成特殊維護事件如下：

1. 新風場伺服器安裝 Linux Ubuntu 22.04 LTS 作業系統，安裝、移轉所需軟體及作業化。
2. 新水動力伺服器安裝 Windows Server 2019 作業系統，安裝、移轉所需軟體及作業化、並報廢 3 臺老舊伺服器。
3. Windows 版「港區近岸波浪模擬作業化系統」，移轉及測試完成，上線取代 Linux 版 REF/DIF 波浪折繞射模組。
4. 「新版風浪處理子系統」已納入本所海象模擬作業化系統上線測試。
5. 新增 SWAN 波浪推算系統作業化澎湖浮標點位(P8)。
6. 新增馬祖 MetPak 多參數風力模擬點位，包括南竿 M1、東莒 M2 及東引 M3 點位。
7. 氣象署提供之原風場預報產品(grib1 格式)於 6 月 26 日下線，完成修改新風場預報產品(grib2 格式)風場處理系統工作，配合相關輸入/輸出程式修改(如各模擬讀取風場資料檔案：1 日 1 次及 1 日 4 次 SWAN 模組輸入檔 taiwind2021b、1 日 4 次 SWAN 模組輸入檔

taiwind2020，及 1 日 1 次水動力模組輸入檔 taiwind2020b)，上線作業化並產出相關模擬圖資，供本所「港灣環境資訊網」即時展示。

8. 氣象署提供之原風場預報產品(grib1 格式)於 6 月 26 日下線，完成修改新風場預報產品(grib2 格式)風場處理系統工作，配合相關輸入/輸出程式修改(如各模擬讀取風場資料檔案：1 日 1 次及 1 日 4 次 SWAN 模組輸入檔 taiwind2021b、1 日 4 次 SWAN 模組輸入檔 taiwind2020，及 1 日 1 次水動力模組輸入檔 taiwind2020b)，上線作業化並產出相關模擬圖資，供本所「港灣環境資訊網」即時展示。
9. 因應 9 月 15 日氣象局升格為氣象署，下載風場原始資料連線網域，由原來 pds.cwb.gov.tw 調整為 pds.cwa.gov.tw。
10. 配合運技中心二樓及三樓機房不斷電系統(UPS)更新，進行停機檢查及斷電維護工作。
11. 安裝新版繪圖軟體 Tecplot 112 R1。

表 2-7 112 年度伺服器維護紀錄

| 日期  |      |   | 主機  | 維護項目   | 問題描述                                                             | 處理結果                                                                                                                                                 |
|-----|------|---|-----|--------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 111 | 9/2  | 五 | 221 | 其他:請描述 | 氣象署供應異常，未於正常期間提供 wd090200.001~064m                               | 使用 wd2022090206.064m 補 090200.*m 預報資料，手動補 run 波流 1 日 4 次模擬                                                                                           |
| 111 | 9/5  | 一 | 214 | 程式維護   | 對應 chrome 瀏覽器 105 版, 更新 chrome 瀏覽器，更新海嘯和浪襲系統的 chromedriver.exe 檔 | 浪襲系統 1 日 1 報和 1 日 4 報在 dist 目錄內<br>海嘯系統在 database 目錄的 dist 目錄內<br>main_address_id.mat 取代海嘯系統 database 目錄內的同名檔<br>Get8H_OneRun_150810.exe 取代海嘯系統同名執行檔 |
| 111 | 9/19 | 一 | 214 | 程式維護   | 網址辨識的關鍵字重新設定                                                     | 取代同名檔<br>Get8H_OneRun_150810.exe                                                                                                                     |
| 111 | 9/20 | 二 | all | 其他:請描述 | windows update                                                   | 月套件更新完成                                                                                                                                              |

| 日期  |       |   | 主機      | 維護項目   | 問題描述                                                                                                                    | 處理結果                                                              |
|-----|-------|---|---------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 111 | 9/21  | 三 | 221     | 其他:請描述 | 氣象署由於汰換 UPS，導致風場中斷，未於正常資料期間提供 wd092000 及 092100.*m                                                                      | 使用 wd111092006 及 092106.*m 補 092000 及 092100.*m 預報資料，手動補 run 波流模擬 |
| 111 | 9/23  | 五 | 214     | 其他:請描述 | 原海嘯程式最大波高顯示 0.003(原值 0.0039，無條件捨去變成 0.003)修正程式後將進位為 0.004m                                                              | 取代同名檔 Get8H_OneRun_150810.exe                                     |
| 111 | 9/26  | 一 | 213.215 | 其他:請描述 | 111 年度報廢 213 金門波流及 215 備援及 HYCOM 伺服器                                                                                    | 將 2 臺伺服器搬至存放地點二廠棚以進行報廢                                            |
| 111 | 9/28  | 三 | 221     | 其他:請描述 | 氣象署供應異常，未於正常資料期間提供 wd092700 及 092800.*m                                                                                 | 使用 wd111092706 及 092806.*m 補 092700 及 092800.*m 預報資料，手動補 run 波流模擬 |
| 111 | 9/29  | 四 | 221     | 其他:請描述 | BATS 網站出現深度 1km,地震深度下限合理值從 2km 改為 1km，更新 Get8H_OneRun_150810.exe；並修正 USGS 網站抓不到震度和深度，更新 database 目錄的 sub_address_id.mat | 已測試完成並上線                                                          |
| 111 | 10/13 | 四 | all     | 其他:請描述 | windows update                                                                                                          | 月套件更新完成                                                           |
| 111 | 10/26 | 三 | 214     | 程式維護   | 對應 chrome 瀏覽器 107 版,更新 chrome 瀏覽器，更新 chromedriver.exe 海嘯和浪襲系統的同名檔                                                       | 已測試完成並上線                                                          |
| 111 | 11/11 | 五 | 214     | 程式維護   | 程式出現 bug 一直重複執行舊檔案，刪除 D:\Tsunami\taicoms\WebConnectTemp 目錄再重新執行，更新同名檔 Get8H_OneRun_150810.exe                           | 已測試完成並上線                                                          |
| 111 | 11/7  | 一 | 216     | 程式維護   | 由於原本抽取之花蓮 SWAN 小尺度 HL 點位受到防波堤影響波高偏小，改為鄰近點位 PC 作呈現                                                                       | 已測試完成並上線                                                          |
| 111 | 11/18 | 五 | 215     | 硬體安裝   | 新機 215 已設置完成，未來取代 211 進行水動力模擬，已安裝軟體 fortran、rar、adobe、                                                                  | 先安裝 2009 版 tecplot，新版尚待更新                                         |

| 日期  |       |   | 主機      | 維護項目    | 問題描述                                                                                                                                                                                     | 處理結果                                |
|-----|-------|---|---------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|     |       |   |         |         | fileziller 等等                                                                                                                                                                            |                                     |
| 111 | 11/30 | 三 | 214     | 程式維護    | 1 日 4 次浪襲讀取 log.txt 檔失敗，更新 chwws4p.exe 改為不斷讀取到成功為止                                                                                                                                       | 已測試完成並上線，由於此狀況不常見，1 日 1 次浪襲的部份有遇到再改 |
| 111 | 12/9  | 五 | all     | 例行性斷電測試 | 中心於 12/10(六)進行高低壓用電安全檢查，於 12/9(五)16:00 後伺服器全面斷電，待 12/12(一)再復歸                                                                                                                            | 12/12(一)停電後恢復排程                     |
| 111 | 12/15 | 四 | 214     | 程式維護    | 對應 chrome 瀏覽器 108 版，更新 chrome 瀏覽器，更新 chromedriver.exe 海嘯和浪襲系統的同名檔 C:\Users\使用者名稱\AppData\Local\Temp 目錄中，如果有大量 scoped_dir 開頭的目錄,可以刪除(chrome driver107 版跑最新的 108 版 chorme 可能有 bug 未將暫存檔移除) | 已測試完成並上線                            |
| 111 | 12/16 | 五 | 215     | 程式維護    | 211 移機至新機 215 進行水動力模擬測試                                                                                                                                                                  | 已測試完成並上線                            |
| 111 | 12/19 | 一 | 221     | 重設作業系統  | 於水動力新機 215 建立 heiw 帳號，並於風場伺服器之間設置網路芳鄰 fstab                                                                                                                                              | 已測試完成並上線                            |
| 111 | 12/21 | 三 | 218.220 | 程式維護    | 波浪出圖程式更新                                                                                                                                                                                 | 已測試完成並上線                            |
| 112 | 1/3   | 二 | 211     | 程式維護    | 水動力跨年問題                                                                                                                                                                                  | 冰啟動及熱啟動後即恢復作業化                      |
| 112 | 1/11  | 三 | 216.220 | 備份      | 清理 216.220 伺服器磁碟並備份                                                                                                                                                                      |                                     |
| 112 | 1/17  | 二 | all     | 其他:請描述  | 更新各伺服器管理員密碼                                                                                                                                                                              | 更新完成                                |
| 112 | 1/17  | 二 | 214     | 程式維護    | 更新馬祖靜穩度重算 re 執行檔，及馬祖靜穩度 54 小時檔名補齊 00 部份 (FA010_re.exe、MA010_re.exe、ZZ010_re.exe)                                                                                                         | 已測試完成並上線                            |
| 112 | 1/31  | 二 | 214     | 程式維護    | 由於水動力跨年問題，冷啟動部份無第 1 天資料只有後 2 天資料，1 日 1 次浪襲可用,但 1 日 4 次無法使用,修改為皆可適用                                                                                                                       | 已測試完成並上線                            |

| 日期  |      |   | 主機      | 維護項目   | 問題描述                                                                                             | 處理結果                                                   |
|-----|------|---|---------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 112 | 2/1  | 三 | 213     | 重設作業系統 | 整理 213 新風場 Linux 伺服器                                                                             |                                                        |
| 112 | 2/6  | 一 | 213     | 程式維護   | 設定 213 新風場 Linux 伺服器自動連線 CWB_FTP 下載 grib2 風場資料                                                   |                                                        |
| 112 | 2/9  | 四 | 214     | 程式維護   | 對應 chrome 瀏覽器 110 版, 更新 chrome 瀏覽器, 更新 chromedriver.exe 海嘯和浪襲系統的同名檔                              | 目前伺服器為 windows server 2012R2 版, 最新只能更新 109 版, 已測試完成並上線 |
| 112 | 2/10 | 五 | 213     | 程式維護   | 測試 Linux 近岸波浪(harbor wave)由 221 移轉至 213                                                          | 已測試完成並上線                                               |
| 112 | 2/15 | 三 | 215     | 程式維護   | 測試水動力模組執行 1 日 4 次                                                                                | 已測試完成並上線                                               |
| 112 | 2/21 | 二 | 214     | 程式維護   | 修正海嘯程式連結 BATS 網站 bug                                                                             | 已測試完成並上線                                               |
| 112 | 2/23 | 四 | 218.220 | 程式維護   | 測試 SWAN 近岸波浪 Nswave 程式                                                                           |                                                        |
| 112 | 3/6  | 一 | 214     | 程式維護   | 網頁擷取有誤, 修正程式 bug                                                                                 | 已測試完成並上線                                               |
| 112 | 3/20 | 一 | 215     | 其他:請描述 | 安裝 2019R1 版 tecplot(9/30 到期)                                                                     | 已測試完成並上線                                               |
| 112 | 3/23 | 四 | 218     | 其他:請描述 | 安裝 111R1 版 tecplot                                                                               | 已測試完成並上線, 水工所提供軟體                                      |
| 112 | 3/23 | 四 | 221     | 其他:請描述 | 每日風場中斷, 以 wd112032118 補遺 032112 及部份 2106                                                         | 已通報氣象署                                                 |
| 112 | 3/27 | 一 | 221     | 其他:請描述 | 每日風場中斷, 缺少 wd112032506~2618, 以鄰近檔案補遺                                                             | 已通報氣象署                                                 |
| 112 | 3/28 | 二 | 213.221 | 程式維護   | 新增馬祖 MetPak 多參數風力點位 (119.94264 26.16173 南竿 M1 119.96808 25.95833 東莒 M2 120.48395 26.36363 東引 M3) | 已測試完成並上線                                               |
| 112 | 3/28 | 二 | 221     | 其他:請描述 | 每日風場中斷, 以 wd112032712 補遺 032718                                                                  | 已通報氣象署                                                 |
| 112 | 3/30 | 四 | 214     | 程式維護   | 海嘯程式重覆擷取網頁資料, 刪除 WebConnectRecord.mat, 更新同名檔 Get8H_OneRun_150810.exe, 可以避開一直重複擷取的情況              | 已測試完成並上線                                               |
| 112 | 4/10 | 一 | 214     | 程式維護   | BATS 網頁擷取後無出圖 bug, 更新同名檔                                                                         | 已測試完成並上線                                               |

| 日期  |      |   | 主機      | 維護項目   | 問題描述                                                                                   | 處理結果                                |
|-----|------|---|---------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|     |      |   |         |        | Get8H_OneRun_150810.exe                                                                |                                     |
| 112 | 4/10 | 一 | 213.221 | 其他:請描述 | 連線氣象署 FTP 下載速度慢，導致完整下載風場後需要補 run 4/8-4/10 波潮流模擬                                        | 已通報氣象署，氣象署調整設定並重啟 PDS 服務            |
| 112 | 4/11 | 二 | 213.221 | 其他:請描述 | 每日風場中斷，上午 9 點前需有 112041018 共 127 檔 (000~126m)，PDS 上的 15KM 風場/738 及 3KM 風場/570 都只到 048m | 已通報氣象署補檔                            |
| 112 | 4/12 | 三 | all     | 其他:請描述 | 中心伺服器盤點                                                                                |                                     |
| 112 | 4/17 | 一 | 213.221 | 其他:請描述 | 每日風場中斷，缺少 wd112041406~部份 1506，以 wd112041400 補遺 1406~1418，以 1506 補遺 1500                | 已通報氣象署                              |
| 112 | 4/20 | 四 | 213.221 | 程式維護   | 設定 autoftp_waveattack.sh 浪襲資料自動上傳成大 FTP                                                | 已測試完成並上線                            |
| 112 | 4/21 | 五 | 213.221 | 其他:請描述 | 每日風場中斷，上午 9 點前需有 112041018 共 127 檔 (000~126m)，PDS 上的 15KM 風場/738 及 3KM 風場/570 都只到 090m | 已通報氣象署                              |
| 112 | 4/26 | 三 | 213     | 程式維護   | 設定 mount 至各浪流伺服器及風場作業化程式                                                               |                                     |
| 112 | 4/28 | 五 | 213     | 程式維護   | 新的風場預報資料(grib2 格式)檔案大小不穩定，尚在尋找系統問題                                                     | 先修正風場下載程式並優化程序，以降低抓取過多及過大檔案方式做為因應措施 |
| 112 | 5/1  | 一 | 221     | 其他:請描述 | 每日風場中斷，以 wd112050100 補遺 0106~0118                                                      | 已通報氣象署                              |
| 112 | 5/3  | 三 | 213     | 程式維護   | 修改 calrc.f 及 calmc.f 由於氣壓 P 資料為百帕，WPC 後面加上/100.                                        | 已測試完成並上線                            |
| 112 | 5/8  | 一 | 221     | 其他:請描述 | 每日風場中斷，以 wd112050706 補遺 0712~0718                                                      | 已通報氣象署                              |
| 112 | 5/10 | 三 | 221     | 其他:請描述 | 每日風場中斷，以 wd112050906 補遺 0912~0918                                                      | 已通報氣象署                              |
| 112 | 5/15 | 一 | 221     | 其他:請描述 | 每日風場中斷，缺少 wd112051312~1406，以鄰近檔案補遺                                                     | 已通報氣象署                              |
| 112 | 5/23 | 五 | 221     | 其他:請描述 | 修改 1 日 1 次及 1 日 4 次風場組合示意圖                                                             |                                     |

| 日期  |      |   | 主機          | 維護項目    | 問題描述                                                           | 處理結果                                             |
|-----|------|---|-------------|---------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 112 | 6/1  | 四 | 216.218     | 程式維護    | 新增 SWAN 澎湖浮標點位 P8                                              | 測試完成並上線                                          |
| 112 | 6/2  | 二 | 221         | 其他:請描述  | 每日風場中斷，以 wd112060101 補遺 0106~0118                              | 已通報氣象署                                           |
| 112 | 6/5  | 一 | 221         | 其他:請描述  | 每日風場中斷，缺 wd112060306.037m~060418.126m，檔案缺少太多無法補遺，改使用 grib2 資料  | 已通報氣象署，移至 213 風場新機使用 grib2 資料，請網頁人員至 213 擷取作業化資料 |
| 112 | 6/9  | 五 | 218.220     | 備份      | 清理 216.218.220 伺服器磁碟並備份                                        |                                                  |
| 112 | 6/14 | 三 | all         | 其他:請描述  | windows update                                                 | 更新完成                                             |
| 112 | 6/15 | 四 | all         | 其他:請描述  | 更新各伺服器管理員密碼                                                    | 更新完成                                             |
| 112 | 6/26 | 一 | 213         | 其他:請描述  | 氣象署提供之原風場預報產品(grib1 格式)定於 6 月 26 日下線                           | 持續新風場預報產品(grib2 格式)測試比對及修改風場處理系統工作               |
| 112 | 7/3  | 一 | 213         | 其他:請描述  | 每日風場中斷，以鄰近檔案補遺                                                 | 補算 6/30~7/3                                      |
| 112 | 7/10 | 一 | 213         | 其他:請描述  | 每日風場中斷，以鄰近檔案補遺                                                 | 補算 7/9~7/10                                      |
| 112 | 7/14 | 五 | 215         | 程式維護    | 有資安漏洞疑慮，移除 Python2.5.1                                         |                                                  |
| 112 | 7/18 | 二 | 216.220     | 程式維護    | 新增 216 澎湖浮標點位(P8)1 日 4 次中小尺度 SWAN，及 220 中尺度 SWAN 輸出點位          | 測試完成並上線                                          |
| 112 | 7/24 | 一 | all         | 其他:請描述  | 海氣象資料庫調整會議                                                     | 依討論結果修改資料庫於年底上線                                  |
| 112 | 7/24 | 一 | 213         | 程式維護    | 新增 9 站中小尺度風力點位 S4、H2、B2、I2、C1、K1、P8、1T、1L 等                    | 由 41 站新增至 50 站，已測試完成並上線                          |
| 112 | 8/7  | 一 | 213         | 其他:請描述  | 每日風場中斷缺檔眾多，且 wd112080618 風場大小不一，以鄰近檔案補遺                        | 補算 8/5~8/7                                       |
| 112 | 8/10 | 四 | 216.218.220 | 程式維護    | 配合基隆 KL 主副站位置移動 SWAN 輸出點位                                      | 測試完成並上線                                          |
| 112 | 8/11 | 五 | all         | 例行性斷電測試 | 中心於 8/12(六)進行高壓電氣設備斷路器汰換，於 8/11(五)16:00 後伺服器全面斷電, 待 8/14(一)再復歸 | 8/14(一)斷電後恢復排程                                   |

| 日期  |      |   | 主機  | 維護項目   | 問題描述                             | 處理結果                                           |
|-----|------|---|-----|--------|----------------------------------|------------------------------------------------|
| 112 | 8/23 | 三 | all | 程式維護   | 波、潮、流觀測站移動位置或新增站點於 SWAN 及水動力模擬系統 | 測試完成並上線                                        |
| 112 | 8/28 | 一 | 213 | 其他:請描述 | 每日風場大小有誤，以鄰近檔案補遺                 | 氣象署表示有其他單位也在使用 cwbpds，資料有誤也不會刪掉或重放，補算 7/9~7/10 |

## 2.2.2 臺海風浪模擬系統作業化程式校修

本(112)年度臺海風浪模擬系統作業化程式校修內容如下：

### 1. 新增基隆海域風浪模擬：

依據 111 年計畫成果將基隆海域風浪模組納入臺海風浪模擬系統，修正臺海風浪模擬系統作業化程式碼及相關設定，產生新的作業化執行程式。

### 2. 風浪模擬輸出點位校修：

依據運技中心布袋港、安平港、高雄港、澎湖港、馬祖港等更新波浪測站位置資訊，校修系統相關風浪模組模擬資料校驗點位。

### 3. 刪除藍色公路風浪模擬資訊輸出：

配合港灣環境資訊網站展出內容，刪除藍色公路風浪模擬資訊輸出功能。

### 4. 繪圖巨集指令(mcr)校修：

因應作業系統更新繪圖軟體 Tecplot，修訂各風浪模組模擬結果有關波高-波向分布繪圖巨集指令檔案內容及繪圖程式。各風浪模組模擬結果之波高-波向分布圖，如圖 2.46~圖 2.53 所示。



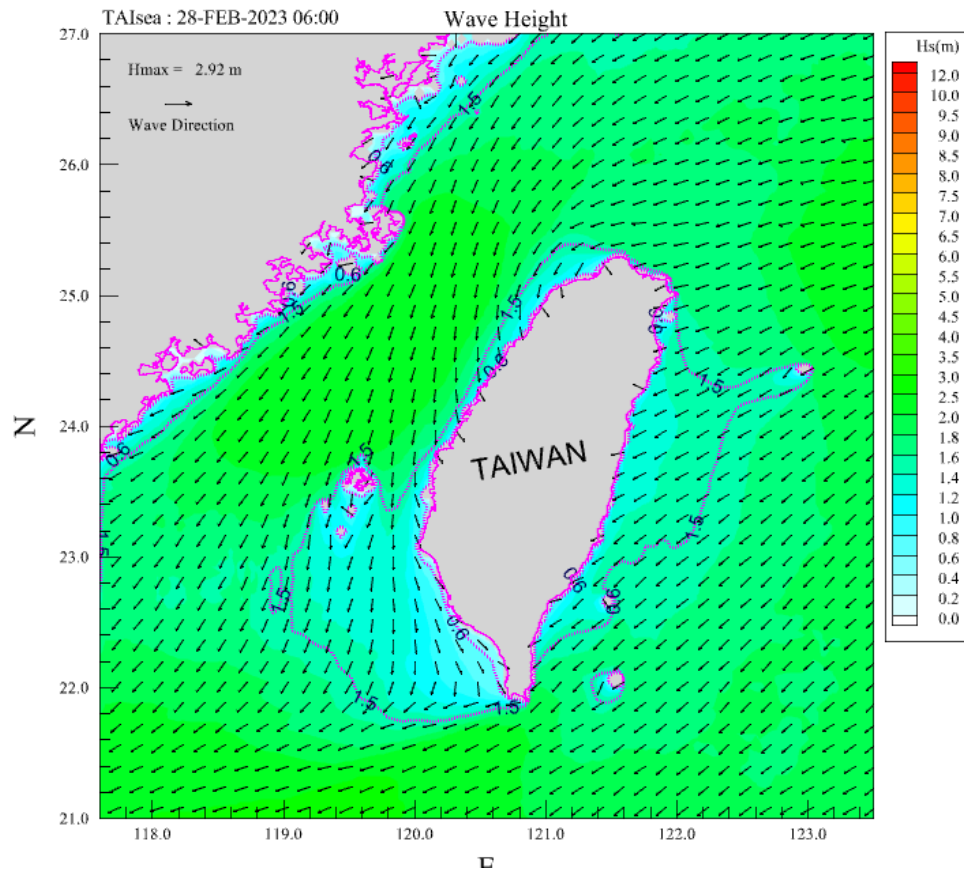


圖 2.46 臺灣海域風浪模擬之波高及波向分布圖

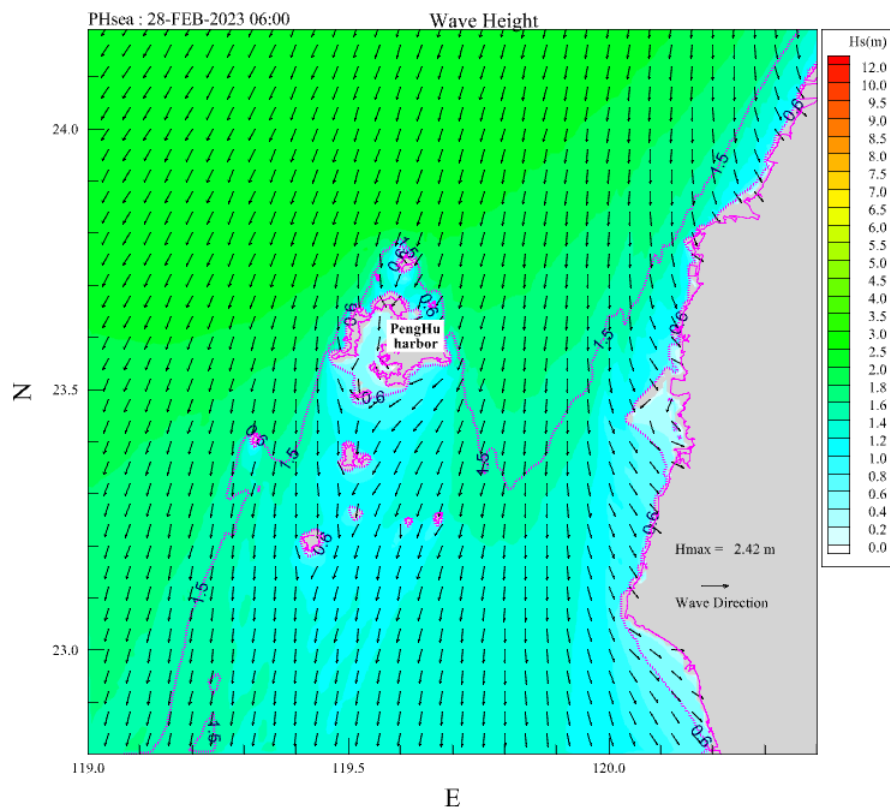


圖 2.47 澎湖海域風浪模擬之波高及波向分布圖

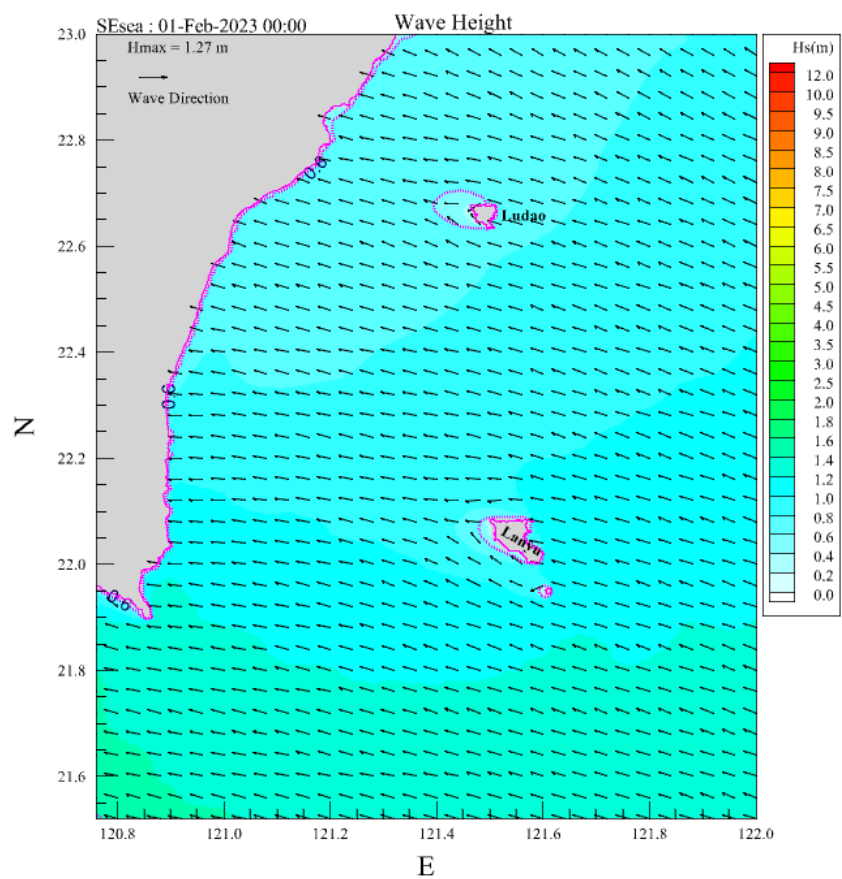


圖 2.48 東南海域風浪模擬之波高及波向分布圖

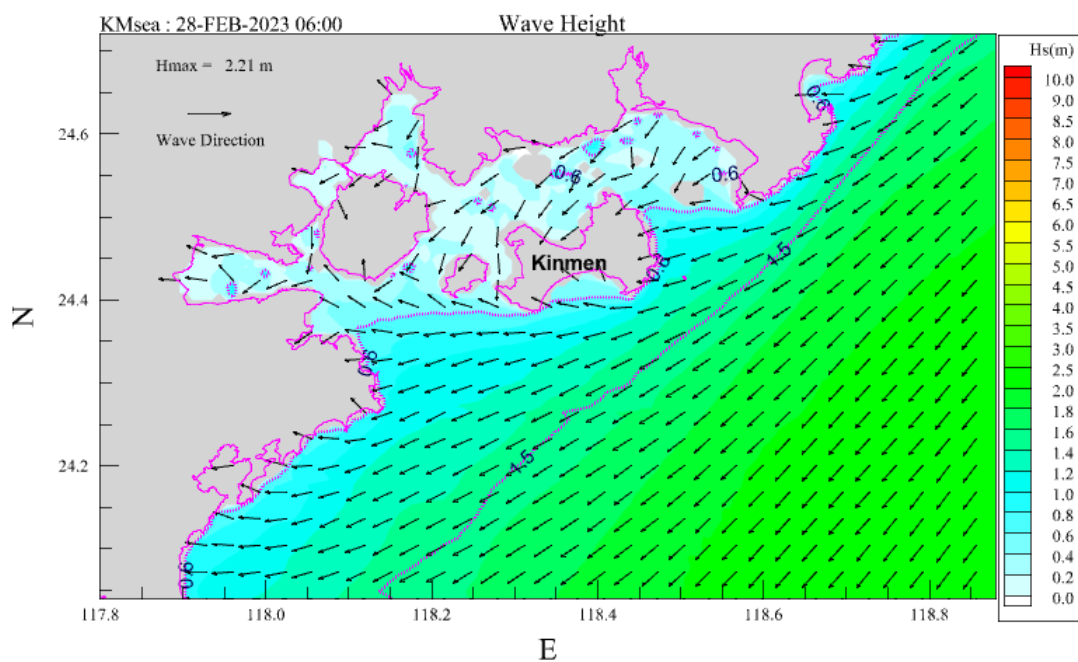


圖 2.49 金門海域風浪模擬之波高及波向分布圖

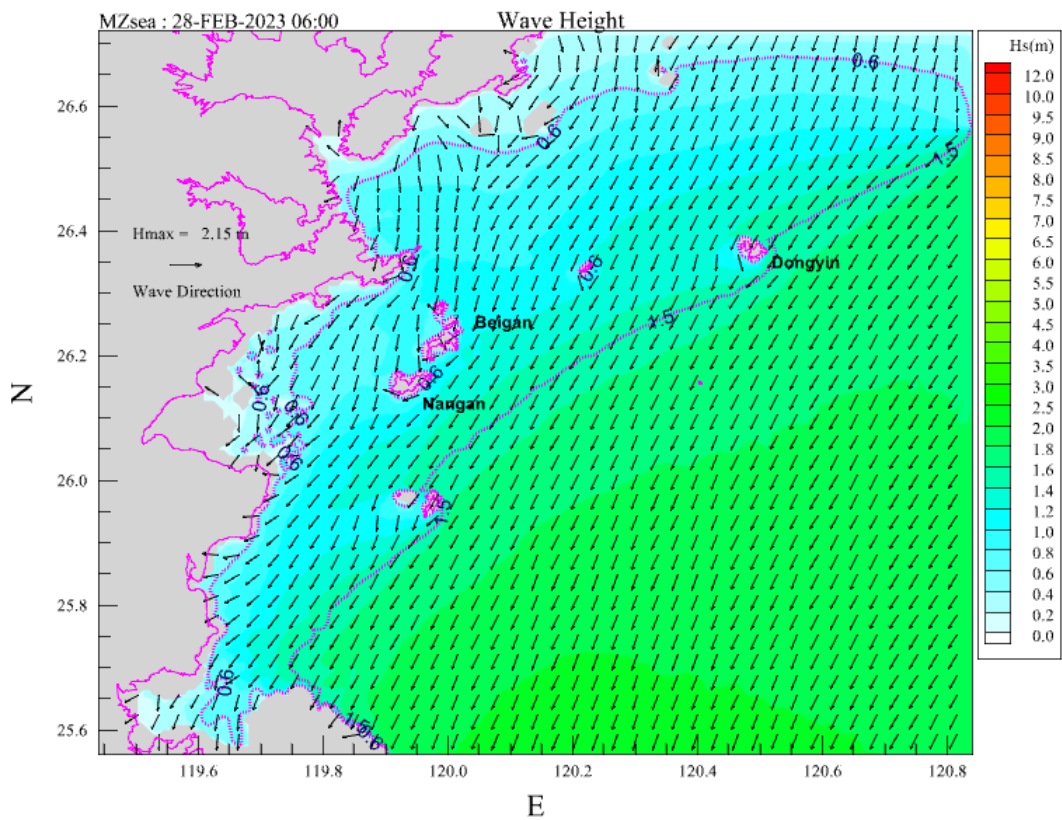


圖 2.50 馬祖海域風浪模擬之波高及波向分布圖

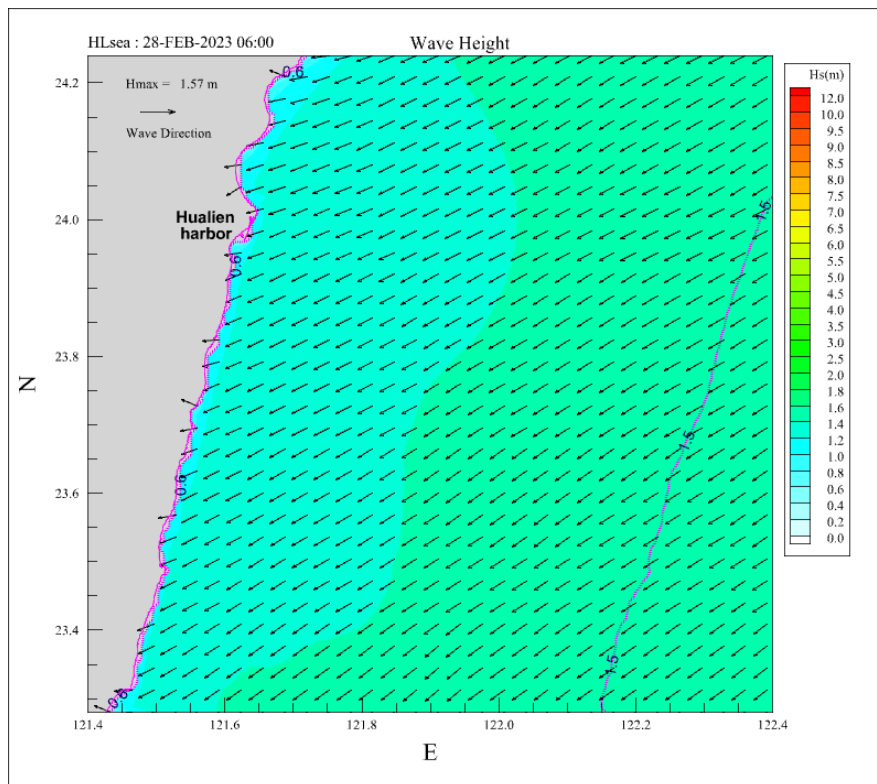


圖 2.51 花蓮海域風浪模擬之波高及波向分布圖

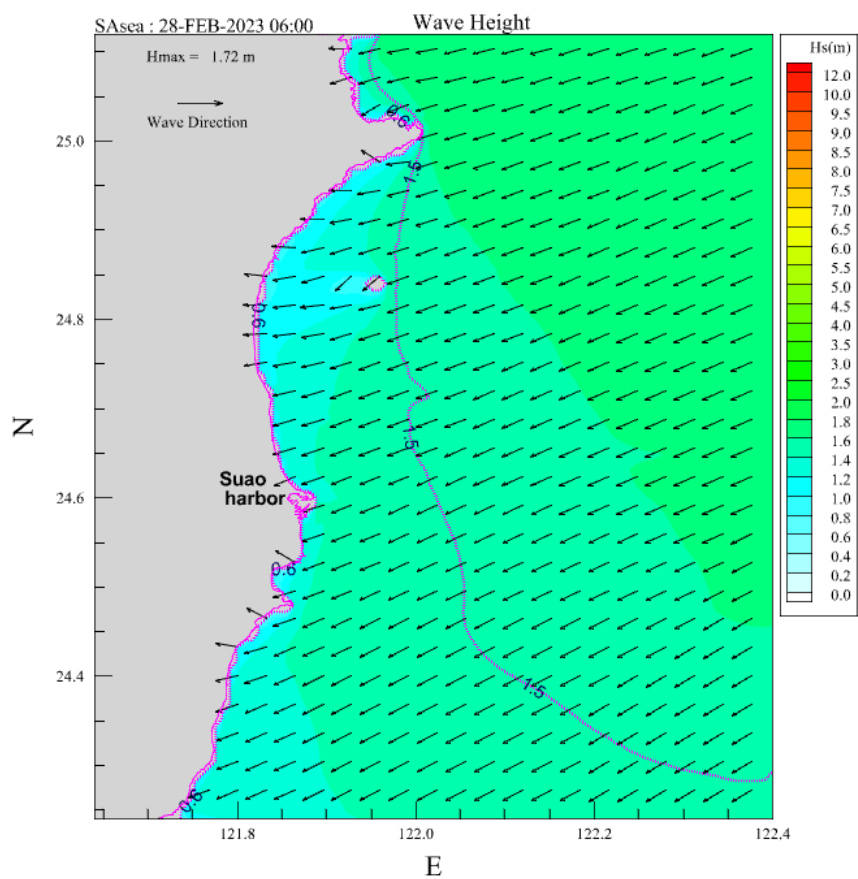


圖 2.52 蘇澳海域風浪模擬之波高及波向分布圖

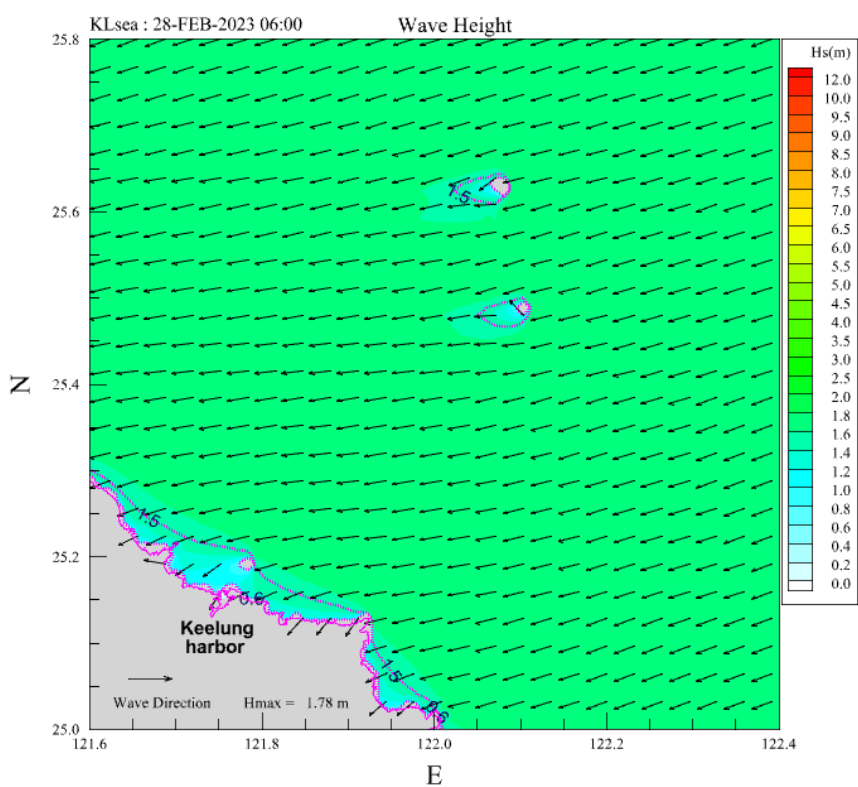


圖 2.53 基隆海域風浪模擬之波高及波向分布圖

## 2.3 海象模擬作業化系統改善研究

### 2.3.1 澎湖海域風浪模組校驗

運技中心已於 111 年 9 月於澎湖龍門尖山港區外海東南側鄰近澎湖水道設置新的資料浮標(PHBU01)，如圖 2.54 所示；測站位置(119.6889, 23.5308)與原 AWAC 測站位置(119.6753, 23.5558)有明顯差異，二者相距約 3 km，遠超過小尺度風浪模組網格解析度(0.8 km)。

#### 1. 澎湖海域風浪模組校驗點位修正：

本計畫澎湖海域風浪模組模擬範圍(詳圖 2.12)，模擬範圍涵蓋東經 119.00°~120.48°、北緯 22.80°~24.20° 海域，數值計算網格解析度為 0.008°。本(112)年度運技中心欲以新設資料浮標波浪觀測資料做為澎湖海域風浪模組模擬結果校驗之標的，因此，本計畫將原澎湖海域風浪模組檢核點位(119.672, 23.552)調整至資料浮標鄰近網格點位(119.688, 23.536)，如圖 2.55 所示。

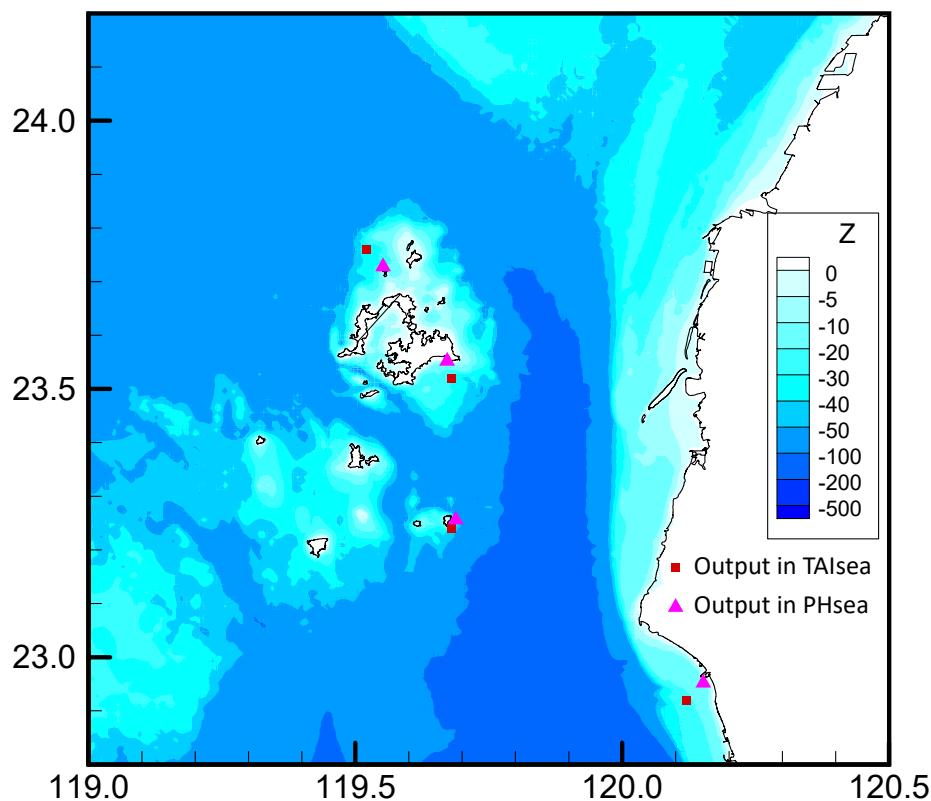


圖 2.54 澎湖風浪模組既有 AWAC 測站檢核點位置分布圖



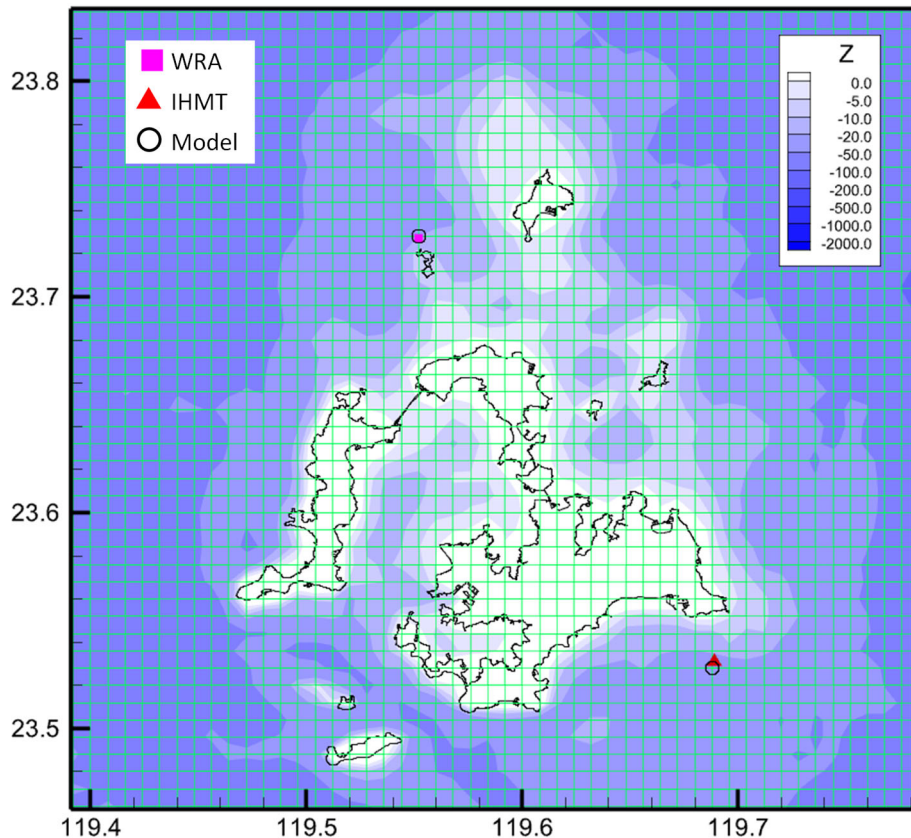


圖 2.55 澎湖風浪模組新設資料浮標檢核點位置圖

## 2. 冬季季風波浪模擬結果校驗：

本計畫蒐集運技中心澎湖資料浮標(PHBU01) 112 年 1、2 月波浪逐時觀測資料進行統計，如表 2-8 所列；得知 1-2 月示性波高觀測平均值為 1.16 m，平均週期觀測平均值為 5.25 s，譜峰週期觀測平均值為 7.89 s，譜峰波向觀測平均值為 68.9°；

本計畫利用 112 年 1 月 1 日 0 時~3 月 1 日 0 時每日 4 次(0、6、12 及 18 時)作業化模擬風場，以臺海風浪模擬系統重製澎湖海域風浪模擬結果。進一步選取追算時段(即每報 1~6 時)模擬結果(1 月 3 日 0 時~2 月 28 日 23 時)與澎湖資料浮標(PHBU01)觀測值比較，如圖 2.56 所示。澎湖海域風浪模組檢核點 1、2 月風浪模擬資料之平均統計特性，詳表 2-8；表中模擬值冬季風浪之示性波高平均值略高於觀測結果，平均週期及譜峰週期平均值則低於觀測結果。

模擬值與觀測值相關係數分析顯示，澎湖海域風浪模組示性波高模擬值與觀測值間相關係數  $R$  為 0.84，譜峰週期模擬值與觀測值間相關係數為 0.75，代表模擬值與觀測值間具高度相關性(即  $R \geq$

0.7)。平均週期模擬值與觀測值間相關係數僅為 0.37，判斷與資料浮標觀測之平均週期變化，隨示性波高變化之趨勢不明顯有關。

**表 2-8 112 年 1、2 月澎湖海域波浪觀測與模擬資料統計表**

| 示性波高(m)<br>(H <sub>s</sub> ) |       | 平均週期(s)<br>(T <sub>m</sub> ) |       | 譜峰週期(s)<br>(T <sub>p</sub> ) |       | 波向(°)<br>(D <sub>m</sub> ) |       |
|------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|----------------------------|-------|
| 平均值                          | 標準差   | 平均值                          | 標準差   | 平均值                          | 標準差   | 平均值                        | 標準差   |
| 1.16                         | 0.569 | 5.25                         | 0.485 | 7.89                         | 1.405 | 68.9* <sup>1</sup>         | 60.54 |
| 1.71                         | 0.812 | 3.90                         | 0.682 | 7.00                         | 1.613 | 63.8* <sup>2</sup>         | 26.83 |

\*1 譜峰波向，\*2 平均波向。

### 3. 颱風波浪模擬結果校驗：

本計畫選取西太平洋第 5 號颱風杜蘇芮(7 月 20 日~28 日)為模擬對象，其行進路徑如圖 2.57 所示，屬於第 7 類侵臺路徑，通過巴士海峽、沿西部臺灣海峽北上。侵臺期間杜蘇芮颱風中心氣壓最低可達 935 百帕、近中心最大風速達 48 m/s、相當於 15 級風、十級風暴風半徑最高可達 100 km，對澎湖海域產生直接影響。

本計畫同樣利用 112 年 7 月 20 日 0 時~31 日 0 時每日 4 次(0、6、12 及 18 時)作業化模擬風場，以臺海風浪模擬系統重製杜蘇芮颱風期間澎湖海域風浪模組風浪模擬結果。針對杜蘇芮颱風侵臺期間(7 月 25 日 0 時~29 日 23 時)，系統每報澎湖海域風浪模組檢核點示性波高模擬預測值與觀測值之比較，如圖 2.58~圖 2.62 所示。本計畫進一步選取每報追算時段波浪模擬值與澎湖資料浮標(PHBU01)觀測值比對，如圖 2.63 所示。依據杜蘇芮颱風侵臺期間(7 月 25 日~30 日)波浪觀測值與模擬值之平均值統計結果(表 2-9)顯示，除了平均週期模擬值平均低於觀測值外，示性波高及譜峰週期之模擬平均值均大於觀測值。模擬值與觀測值間相關係數分析顯示，示性波高相關係數 R 為 0.96，平均週期相關係數為 0.825，代表模擬值與觀測值間具有高度相關性；譜峰週期相關係數 R 為 0.292，代表模擬值與觀測值呈現出低度相關性(即  $R < 0.3$ )。

表 2-9 杜蘇芮颱風侵臺期間澎湖海域波浪觀測與模擬資料統計表

|               | 示性波高(m)<br>(H <sub>s</sub> ) |       | 平均週期(s)<br>(T <sub>m</sub> ) |       | 譜峰週期(s)<br>(T <sub>p</sub> ) |       | 平均波向(°)<br>(D <sub>m</sub> ) |       |
|---------------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|               | 平均值                          | 標準差   | 平均值                          | 標準差   | 平均值                          | 標準差   | 平均值                          | 標準差   |
| PHBU01<br>觀測值 | 1.80                         | 1.589 | 6.63                         | 1.378 | 9.66                         | 2.292 | —*1                          | —     |
| PHsea<br>模擬值  | 2.32                         | 1.85  | 5.56                         | 2.034 | 11.38                        | 4.861 | 78.2                         | 134.3 |

\*1 資料浮標觀測值為譜峰波向。



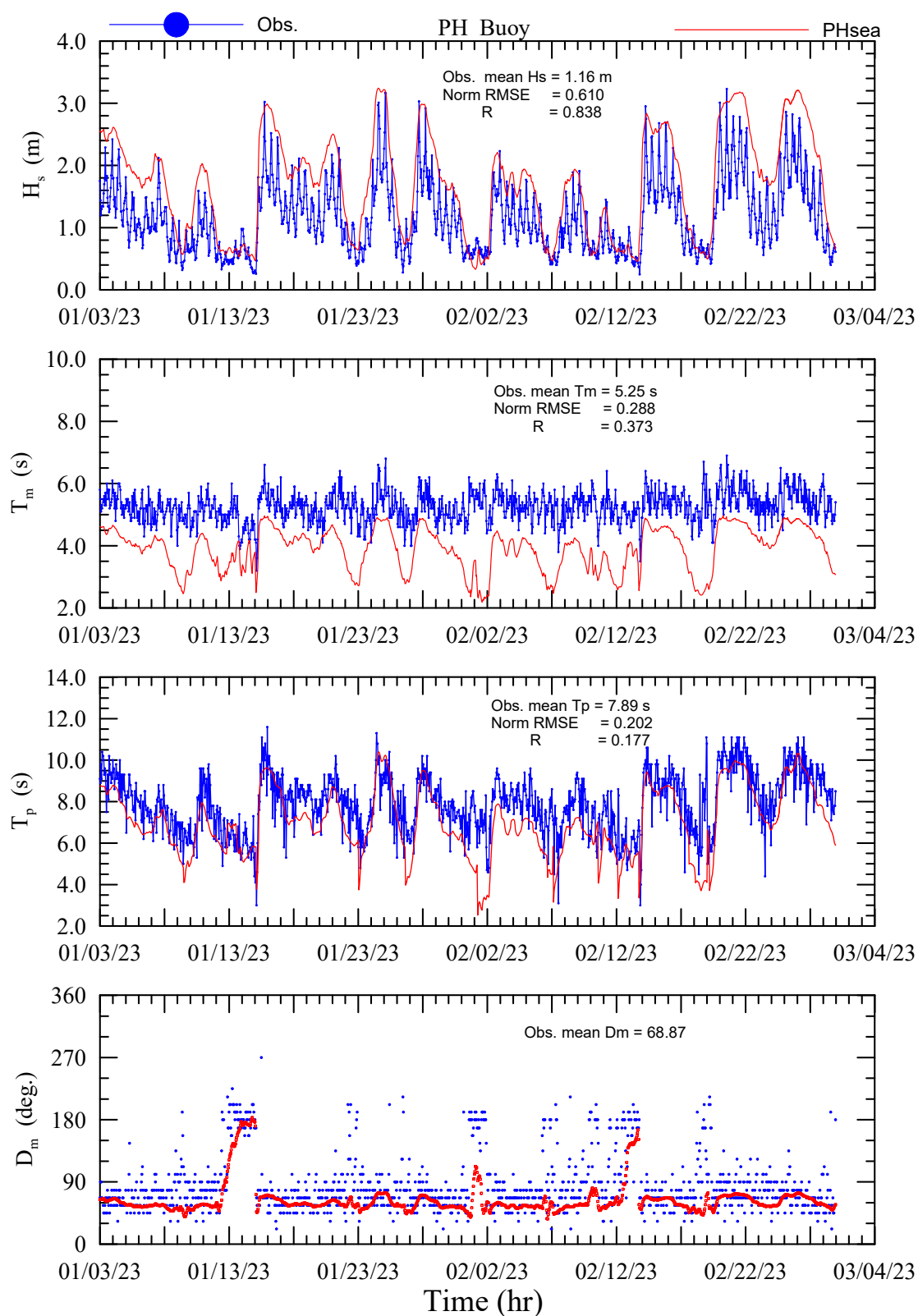


圖 2.56 澎湖海域冬季(1、2 月)風浪模擬結果與資料浮標觀測值比較圖

202305 杜蘇芮(DOKSURI)

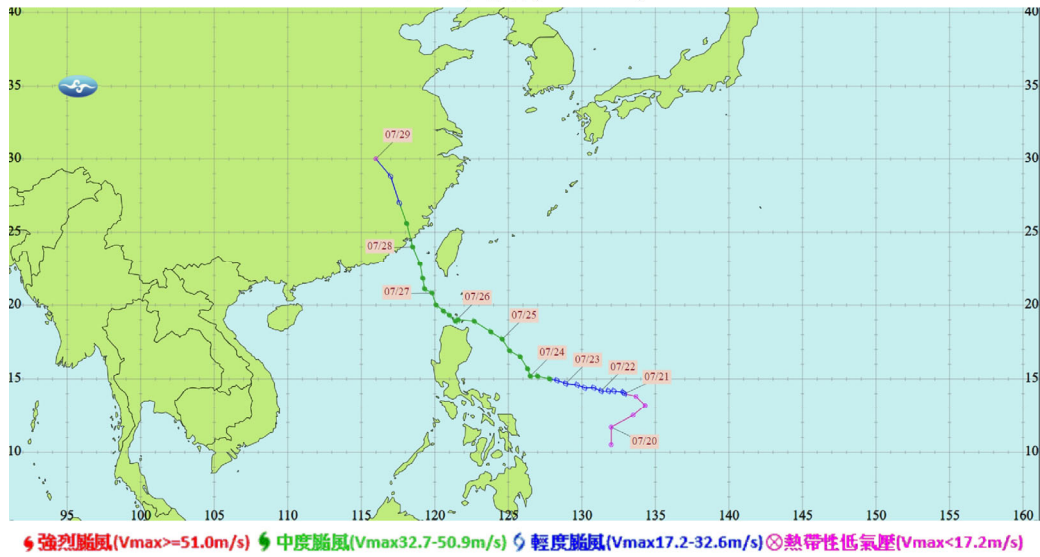


圖 2.57 112 年侵臺颱風杜蘇芮行進路徑圖

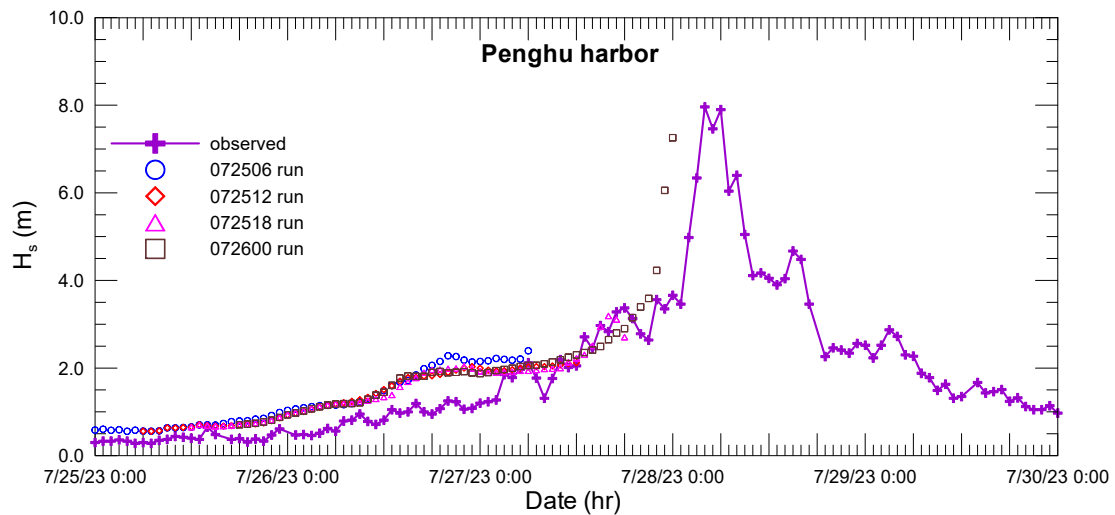


圖 2.58 杜蘇芮颱風侵臺期間(2506~2600)澎湖海域波高模擬歷線圖

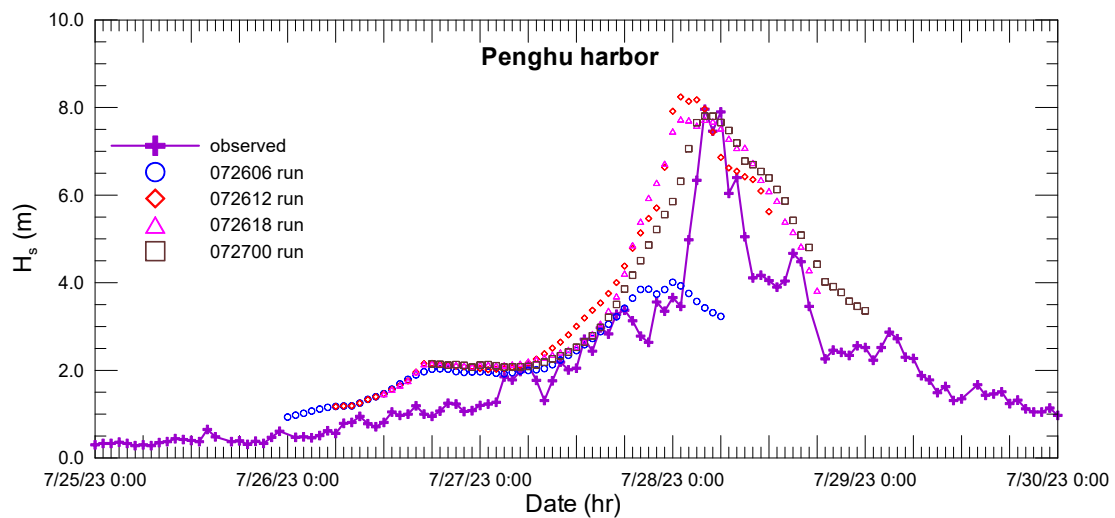


圖 2.59 杜蘇芮颱風侵臺期間(2606~2700)澎湖海域波高模擬歷線圖

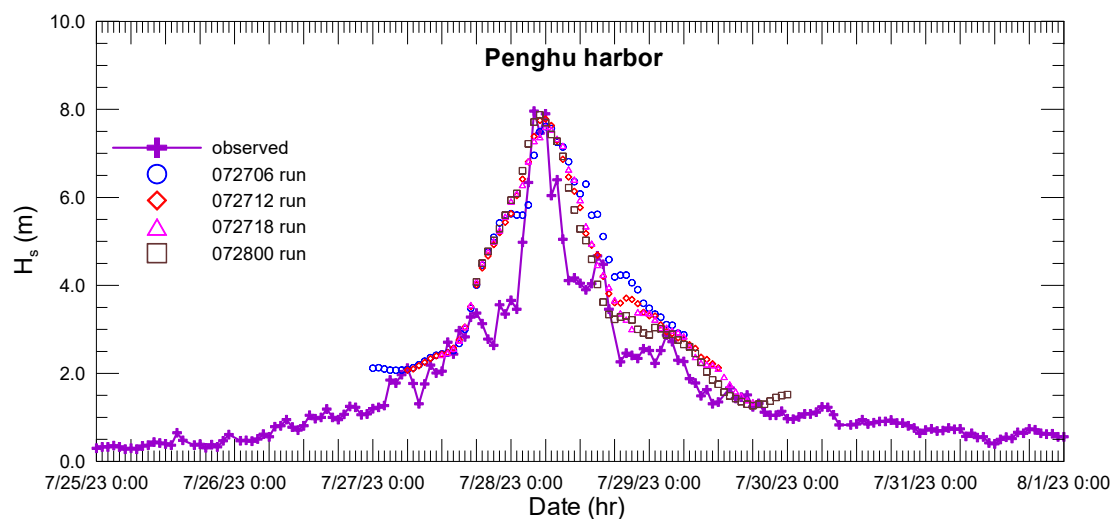


圖 2.60 杜蘇芮颱風侵臺期間(2706~2800)澎湖海域波高模擬歷線圖

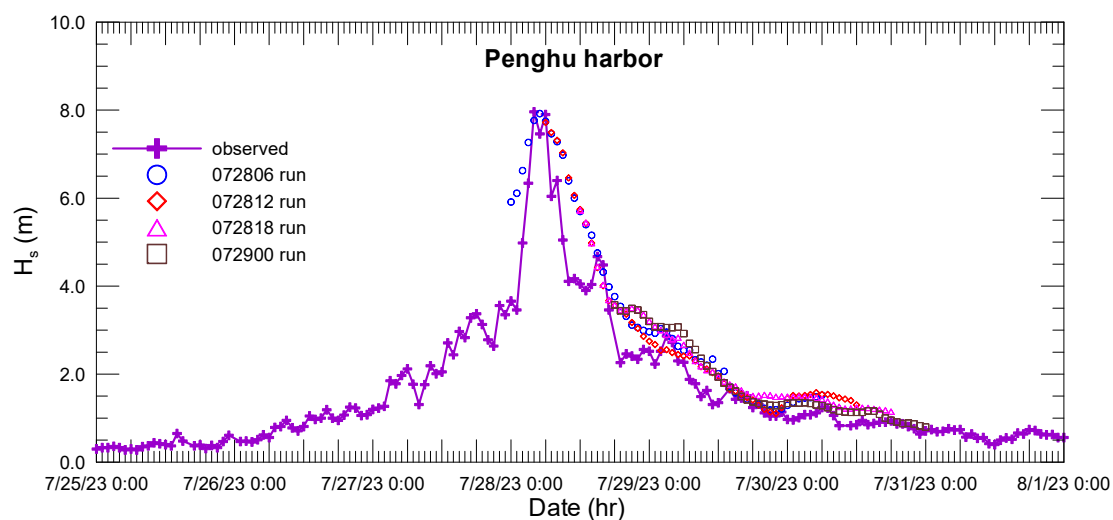


圖 2.61 杜蘇芮颱風侵臺期間(2806~2900)澎湖海域波高模擬歷線圖

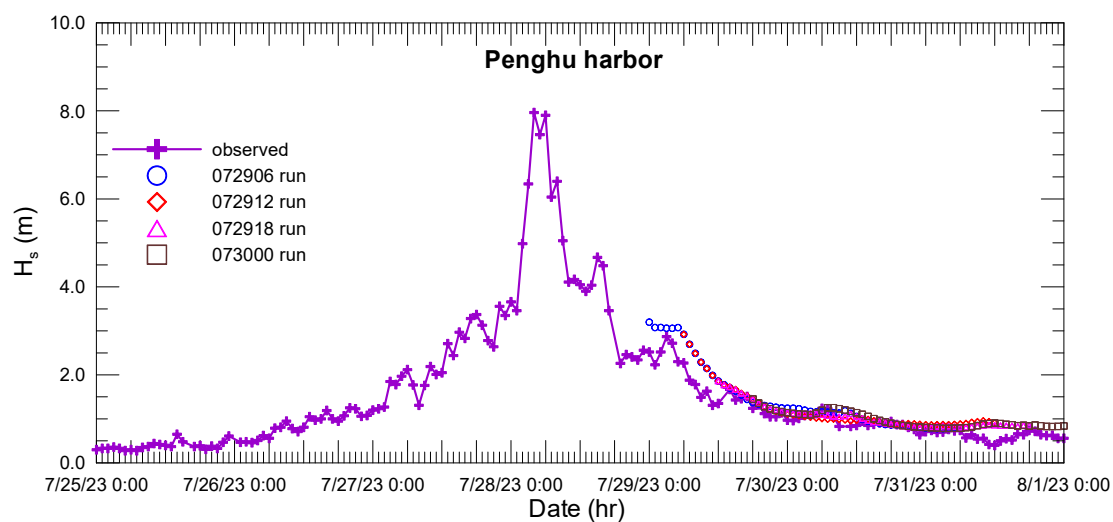


圖 2.62 杜蘇芮颱風侵臺期間(2906~3000)澎湖海域波高模擬歷線圖

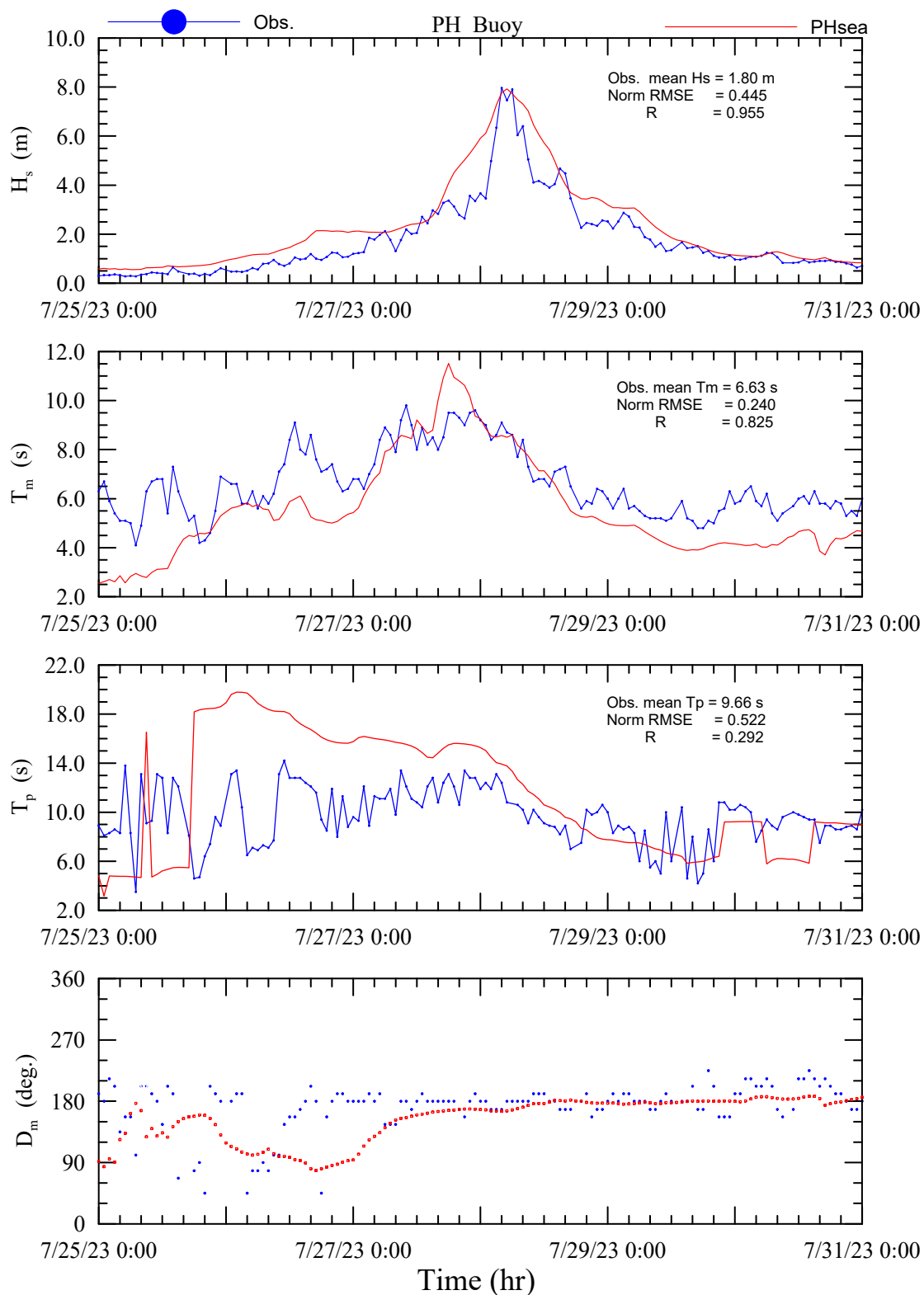


圖 2.63 杜蘇芮颱風侵臺期間澎湖海域觀測值與模擬值比較圖

### 2.3.2 澎湖海域水動力模組校驗

目前運技中心潮位觀測站包括馬公港潮位站(PHTD03、PHTD04)及龍門港潮位站(PHTD02、PHTD05)，原海流觀測之 AWAC 測站已中止觀測；本(112)年度運技中心在龍門尖山港區外海東南側鄰近澎湖水道新設資料浮標(PHBU01)觀測波浪及海流。

#### 1. 澎湖海域水動力模組校驗點位修正：

本計畫澎湖海域水動力模組模擬範圍及水深分布，如圖 2.44 所示，數值計算網格採用非結構之三角形元素網格，計有 4,159 個節點及 7,807 個三角形元素。水動力模擬結果校驗內容包括水位及流速，其中水位模擬檢核點分別位於鄰近馬公港及龍門港，如圖 2.64 所示；原海流模擬檢核點位於水利署資料浮標附近，今因應運技中心資料浮標設置，本計畫將澎湖海域水動力模組海流檢核點，調整到龍門港外海鄰近運技中心資料浮標之網格點，詳圖 2.64 所示。

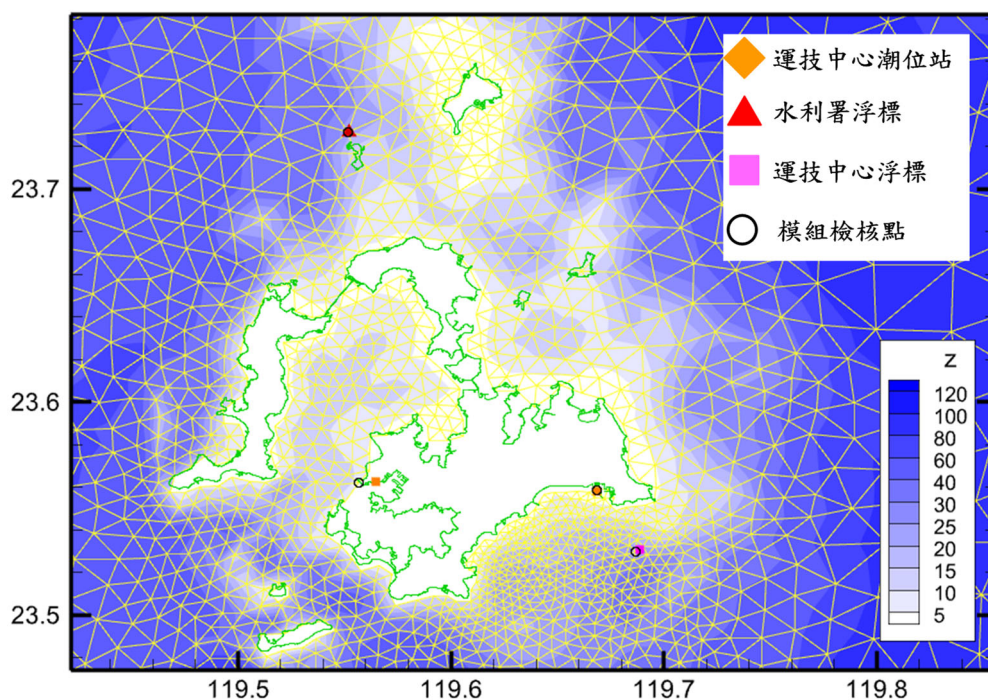


圖 2.64 澎湖海域水動力模組水位及海流檢核點位置圖

#### 2. 海流觀測資料分析：

針對運技中心資料浮標海流觀測結果，本計畫選取 112 年 1、2 月逐時觀測資料，如圖 2.65 及圖 2.66 所示，顯示測站受到地形影響

海流流速分量以東西向為主，海流流向(去向)往東(退潮)佔比明顯大於西向(漲潮)佔比。針對海流觀測資料之東西向及南北向分量時序列資料，本計畫利用調和分析方法，分別求取天文潮分潮東西向及南北向分量之調和常數(振幅及相位角)。依據東西向及南北向分量調和分析結果，本計畫利用主要分潮調和常數，如表 2-10 及表 2-11 所列，可得到資料浮標測站觀測之天文潮成份流，如圖 2.67 及圖 2.68 所示。

**表 2-10 澎湖資料浮標 112 年 1 月天文分潮流速調和常數表**

| 112 年 1 月 1 日 0 時~31 日 23 時 |            |         |        |              |            |        |        |
|-----------------------------|------------|---------|--------|--------------|------------|--------|--------|
| 東西向速度分量(m/s)                |            |         |        | 南北向速度分量(m/s) |            |        |        |
| 分潮                          | 角頻率        | 振幅(m/s) | 相位角(°) | 分潮           | 角頻率        | 振幅(M)  | 相位角(°) |
| Z0                          | 0.00000000 | 0.2024  | 0.00   | Z0           | 0.00000000 | 0.0135 | 0.00   |
| MSF                         | 0.00282193 | 0.0707  | 188.03 | MSF          | 0.00282193 | 0.0178 | 197.59 |
| O1                          | 0.03873065 | 0.0071  | 73.88  | O1           | 0.03873065 | 0.0147 | 50.60  |
| K1                          | 0.04178075 | 0.0251  | 188.48 | K1           | 0.04178075 | 0.0074 | 302.85 |
| N2                          | 0.07899925 | 0.0624  | 304.79 | N2           | 0.07899925 | 0.0236 | 50.17  |
| M2                          | 0.08051140 | 0.3055  | 58.60  | M2           | 0.08051140 | 0.0518 | 166.42 |
| S2                          | 0.08333334 | 0.0644  | 253.80 | S2           | 0.08333334 | 0.0138 | 357.98 |

**表 2-11 澎湖資料浮標 112 年 2 月天文分潮流速調和常數表**

| 112 年 2 月 1 日 0 時~28 日 23 時 |            |         |        |              |            |        |        |
|-----------------------------|------------|---------|--------|--------------|------------|--------|--------|
| 東西向速度分量(m/s)                |            |         |        | 南北向速度分量(m/s) |            |        |        |
| 分潮                          | 角頻率        | 振幅(m/s) | 相位角(°) | 分潮           | 角頻率        | 振幅(M)  | 相位角(°) |
| Z0                          | 0.00000000 | 0.1876  | 0.00   | Z0           | 0.00000000 | 0.0033 | 0.00   |
| MSF                         | 0.00282193 | 0.0762  | 187.99 | MSF          | 0.00282193 | 0.0253 | 34.78  |
| O1                          | 0.03873065 | 0.0115  | 287.05 | O1           | 0.03873065 | 0.0051 | 180.34 |
| K1                          | 0.04178075 | 0.0159  | 27.79  | K1           | 0.04178075 | 0.0080 | 209.87 |
| N2                          | 0.07899925 | 0.0666  | 327.89 | N2           | 0.07899925 | 0.0307 | 76.10  |
| M2                          | 0.08051140 | 0.2798  | 57.15  | M2           | 0.08051140 | 0.0536 | 158.15 |
| S2                          | 0.08333334 | 0.1108  | 250.47 | S2           | 0.08333334 | 0.0294 | 32.23  |

### 3. 水位及流速模擬值校驗：

考量水動力模組模擬之海流主要成份為天文潮流，因此，本計畫規劃利用前述資料浮標海流觀測值，經調和分析得到的主要分潮成份流流速資料，校驗澎湖海域水動力模組檢核點流速模擬結果。在不考慮氣象因素情境下，本計畫先利用臺海暴潮模組模擬 112 年



1、2 月天文潮水位變化，產生澎湖海域水動力模組開放邊界節點逐時天文潮水位預測值，做為澎湖海域水動力模組開放邊界輸入條件。據此，本計畫澎湖海域水動力模組水位及流速之模擬結果，可視為天文潮水位及潮流流速。

在水位校驗方面，本計畫利用馬公港潮位站及龍門港潮位站 112 年 1 月天文潮水位預測值，與澎湖海域水動力模組天文潮水位模擬值比對，如圖 2.69 所示，顯示二者高度近似；其中馬公港檢核點水位模擬值與調和分析預測值之均方根誤差為 0.12m，相關係數  $R$  為 0.989，呈現高度相關性；龍門港檢核點水位模擬值與調和分析預測值之均方根誤差為 0.09m，相關係數  $R$  為 0.993，同樣呈現高度相關性。

在流速校驗方面，本計畫利用澎湖資料浮標 112 年 1 月主要分潮東西向及南北向速度分量之調和分析值，與澎湖海域水動力模組天文潮流速模擬值比對，如圖 2.70 所示；顯示東西向流速模擬值略大於調和分析值，南北向流速明顯大於調和分析值，模擬值與調和分析值之相位變化大致上吻合。流速東西向分量之模擬值與調和分析值之均方根誤差為 0.117m/s，相關係數  $R$  為 0.909，呈現高度相關性；流速南北向分量之模擬值與調和分析值之均方根誤差為 0.13m/s，相關係數  $R$  為 0.215，屬於低度相關性。

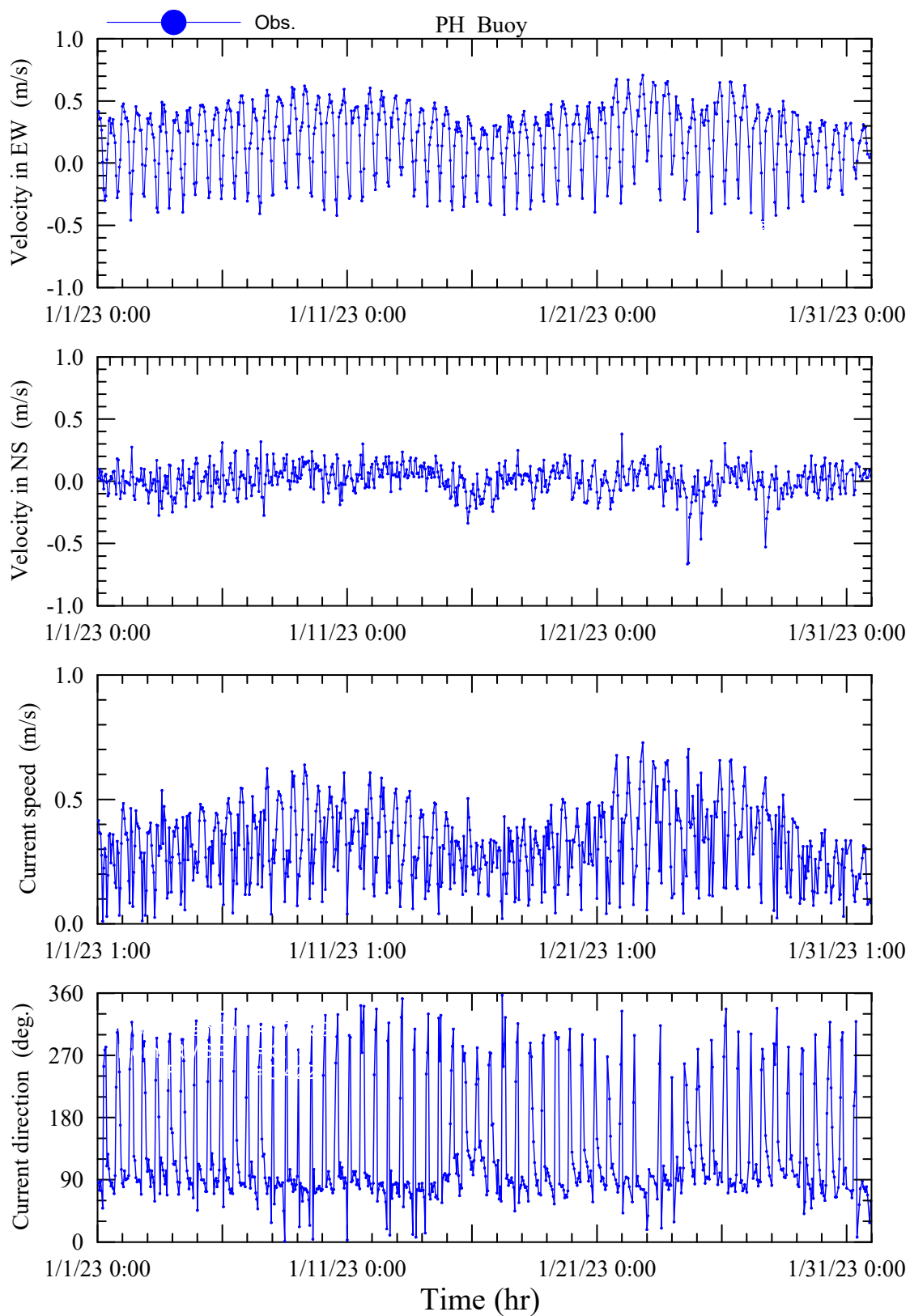


圖 2.65 澎湖資料浮標 112 年 1 月海流觀測歷線圖



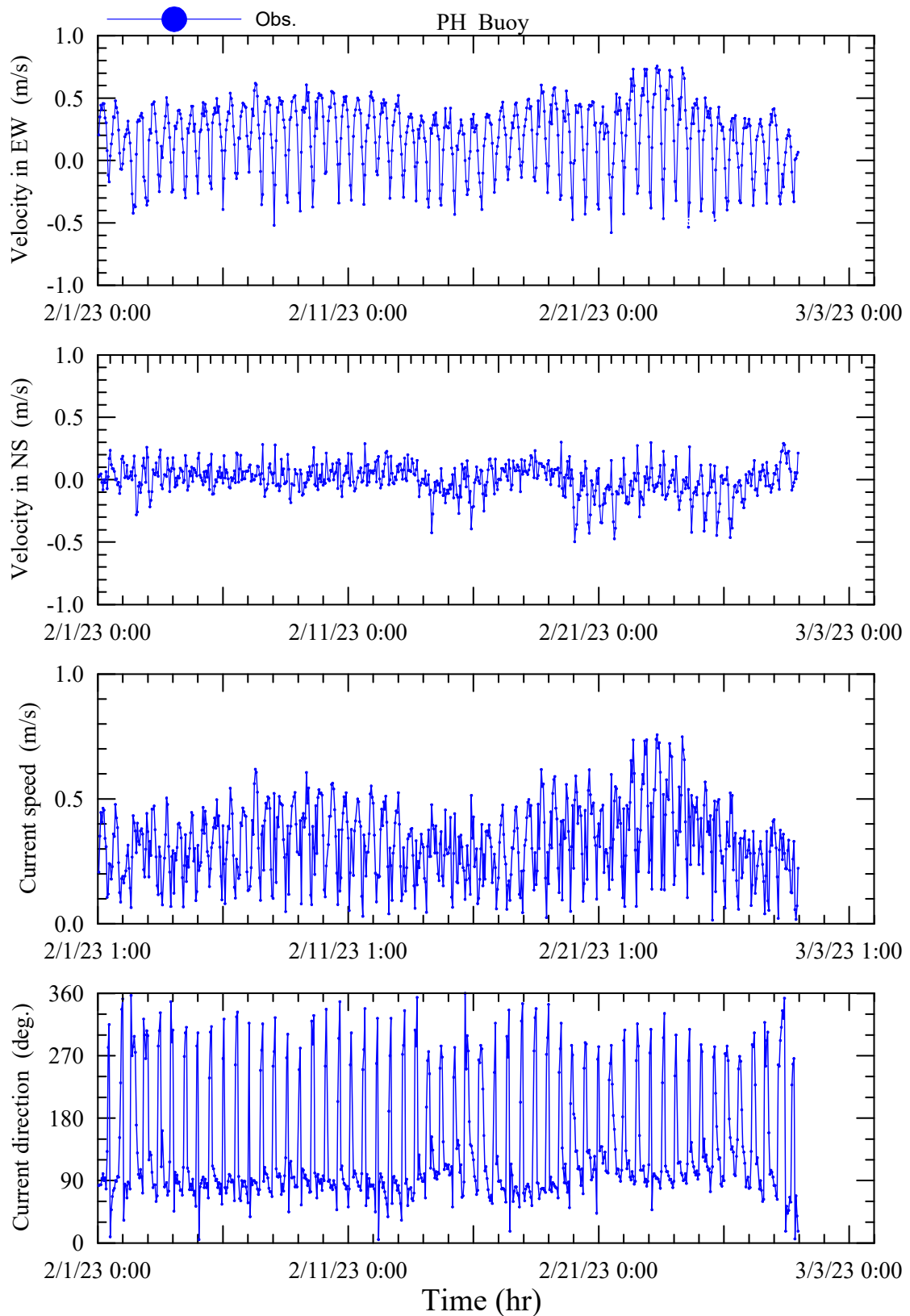


圖 2.66 澎湖資料浮標 112 年 2 月海流觀測歷線圖

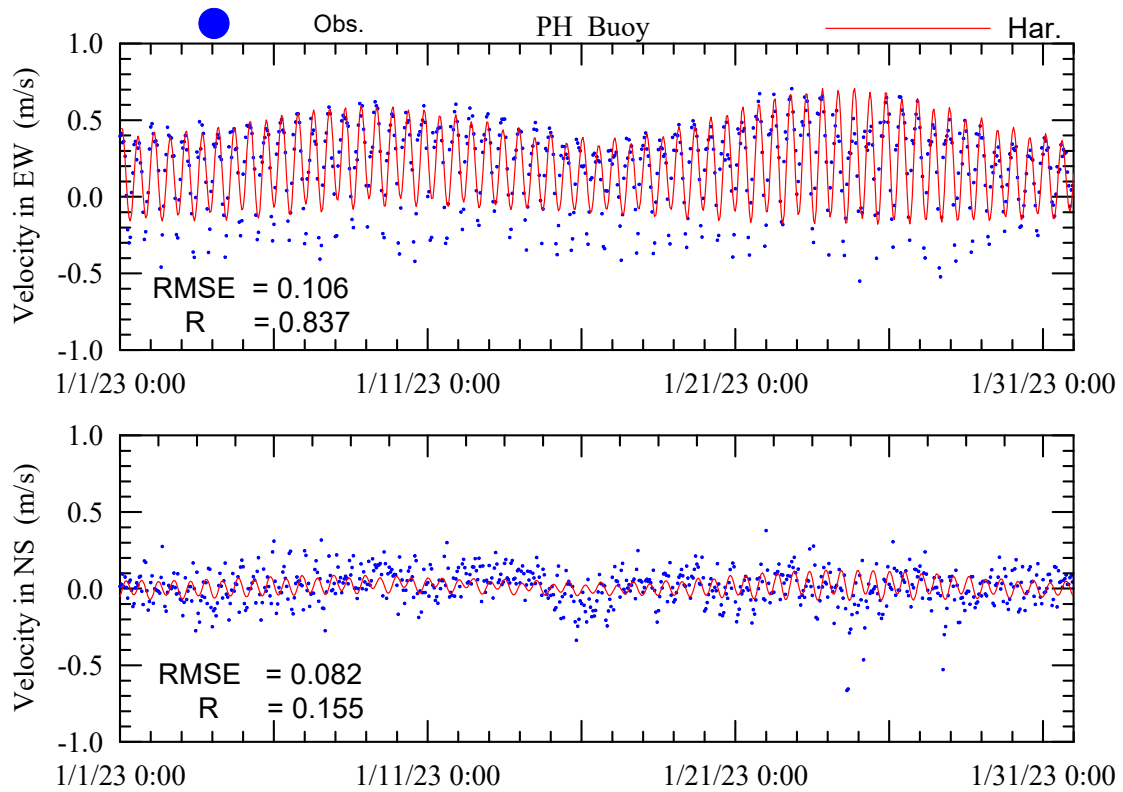


圖 2.67 澎湖資料浮標 112 年 1 月天文潮流調和分析結果圖

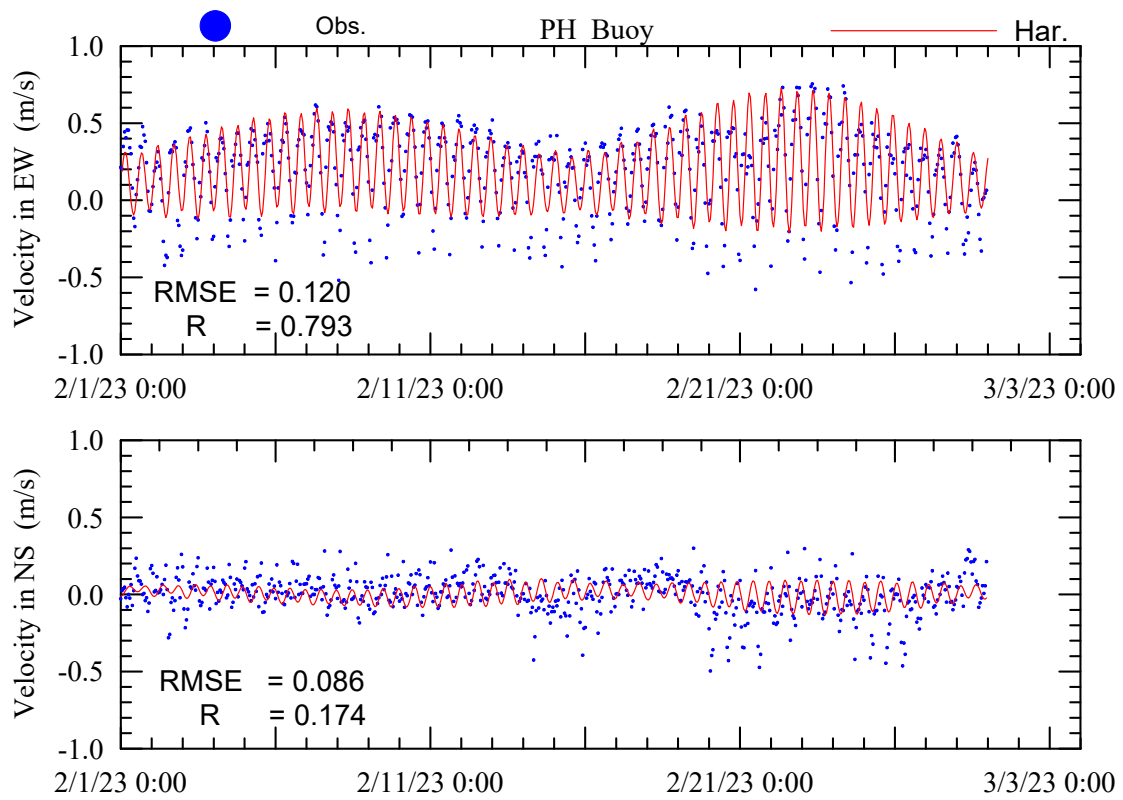


圖 2.68 澎湖資料浮標 112 年 2 月天文潮流調和分析結果圖

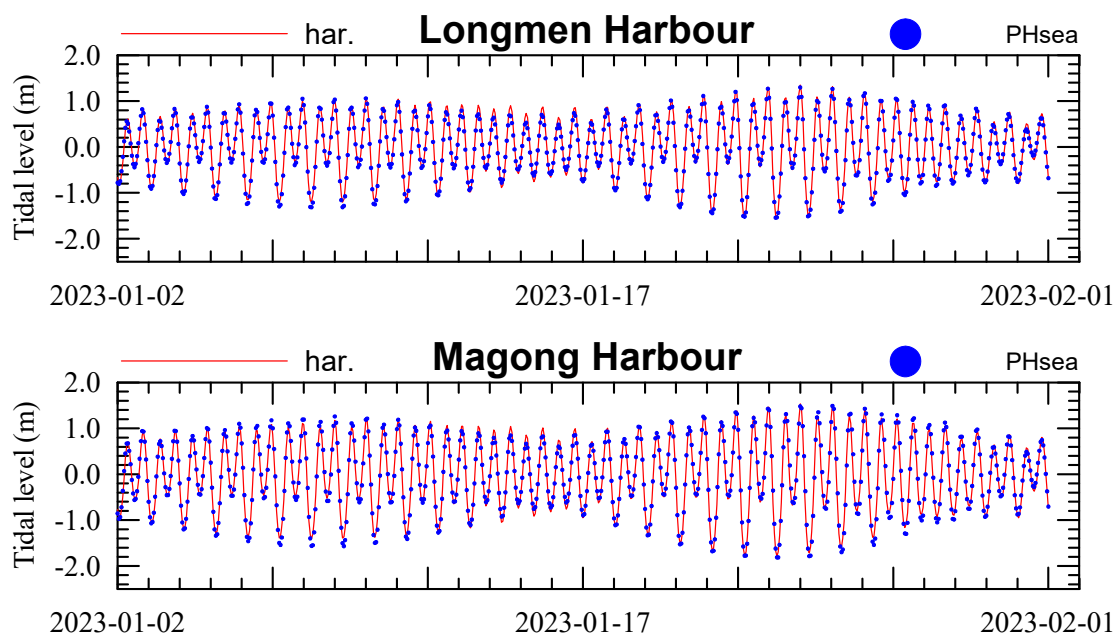


圖 2.69 澎湖海域水動力模組檢核點天文潮水位與調和分析預測值比較圖

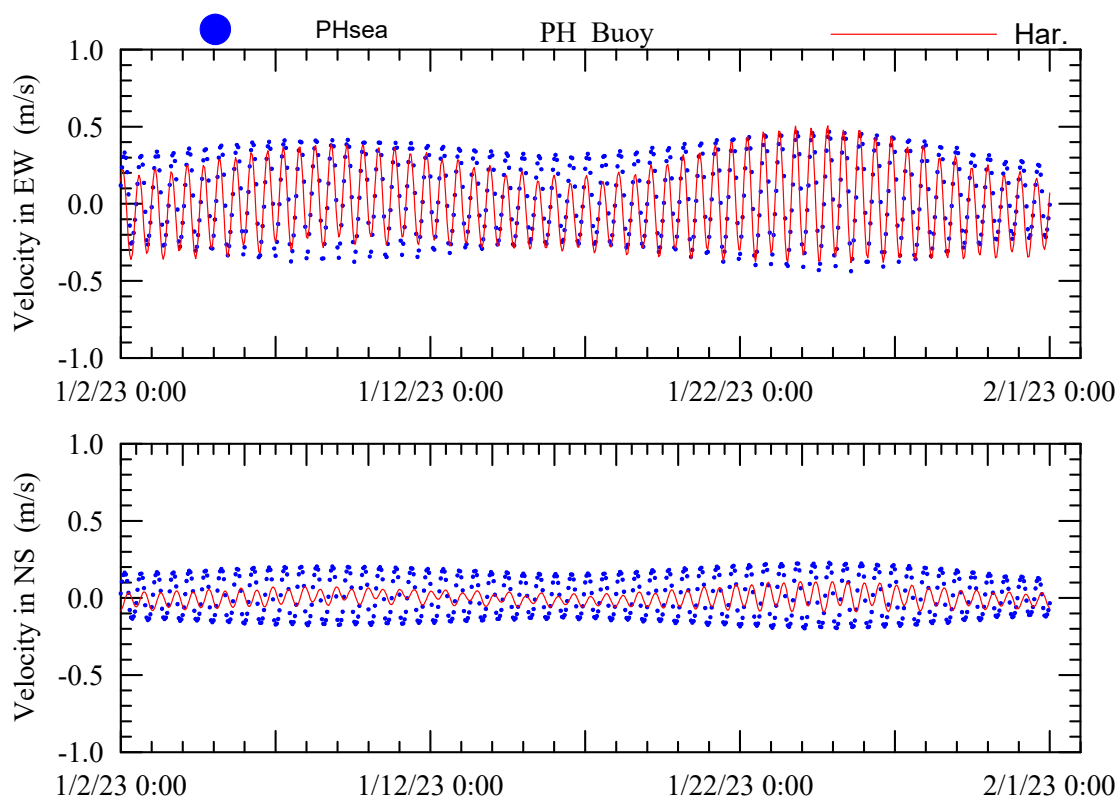


圖 2.70 澎湖海域水動力模組檢核點天文潮流速與調和分析值比較圖

### 2.3.3 臺海暴潮模組數值計算網格調整

因應「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫」使高雄港型改變，及配合小尺度高雄海域水動力模組建置之需求，本計畫評估臺海暴潮模組在高雄港附近海域之數值計算網格有調整之需求(必要)。此外，考量外傘頂沙洲形狀及位置有顯著改變，可能影響布袋港潮位模擬結果，本計畫同樣針對布袋港附近海域數值計算網格檢討及調整。

本計畫針對臺海暴潮模組在高雄港及布袋港鄰近海域，計算網格調整後分布情形，分別如圖 2.71 及圖 2.72 所示；本計畫依據調整後節點數(8,380 個)重新產生三角元素非結構計算網格，如圖 2.73 所示，共計有 16,071 個三角形元素。

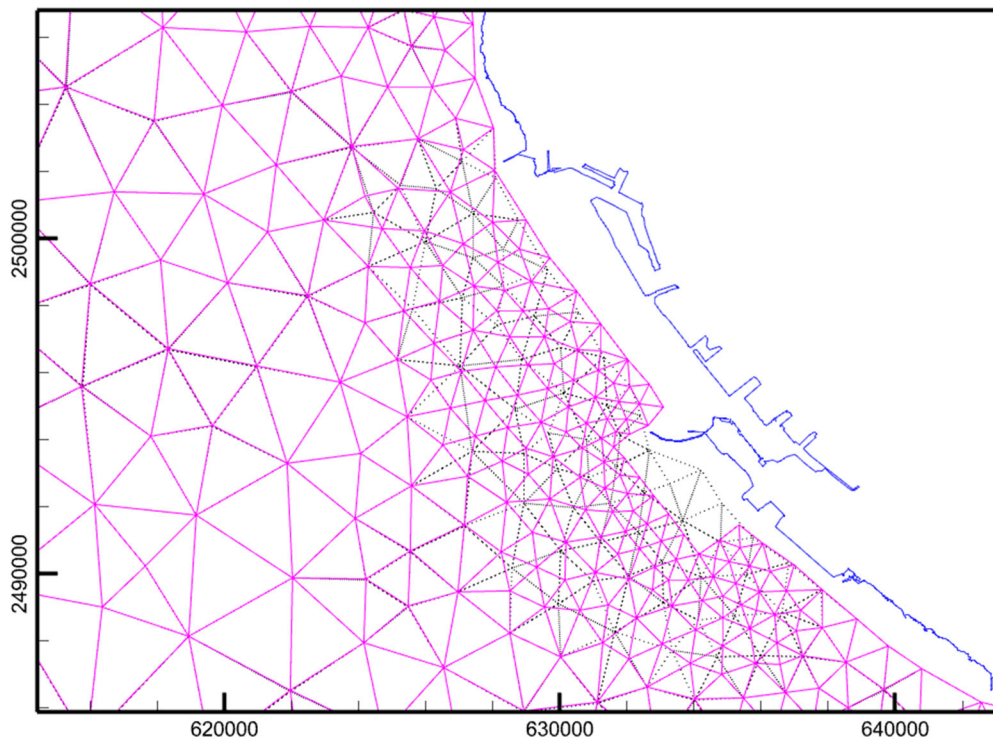


圖 2.71 臺海暴潮模組檢核點天文潮流速與調和分析值比較圖



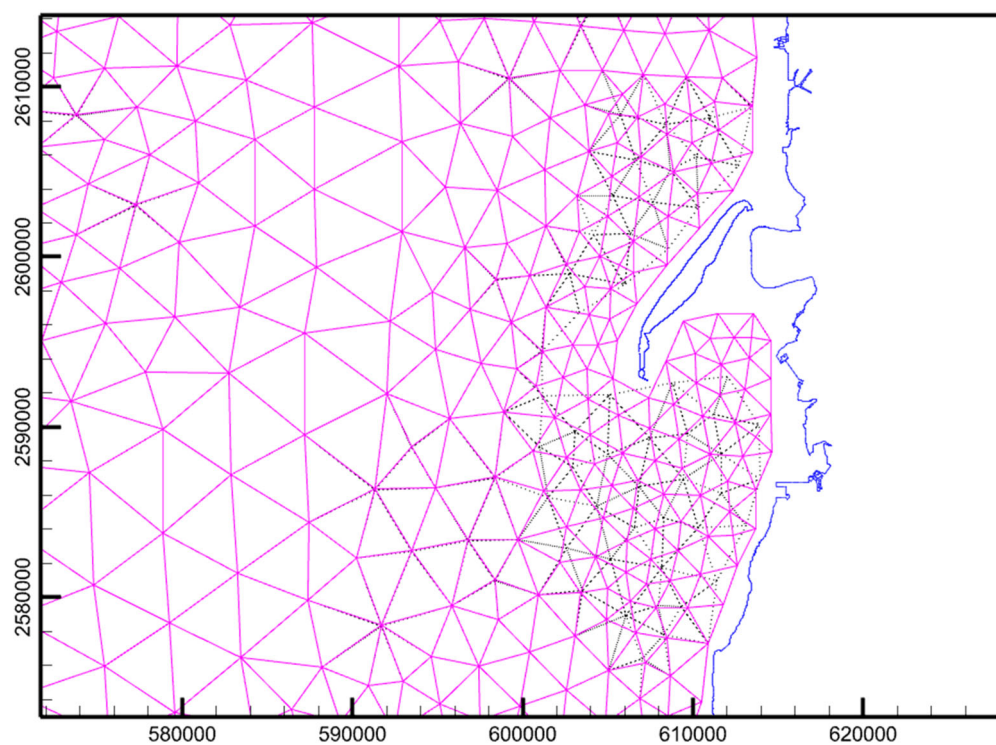


圖 2.72 臺海暴潮模組檢核點天文潮流速與調和分析值比較圖

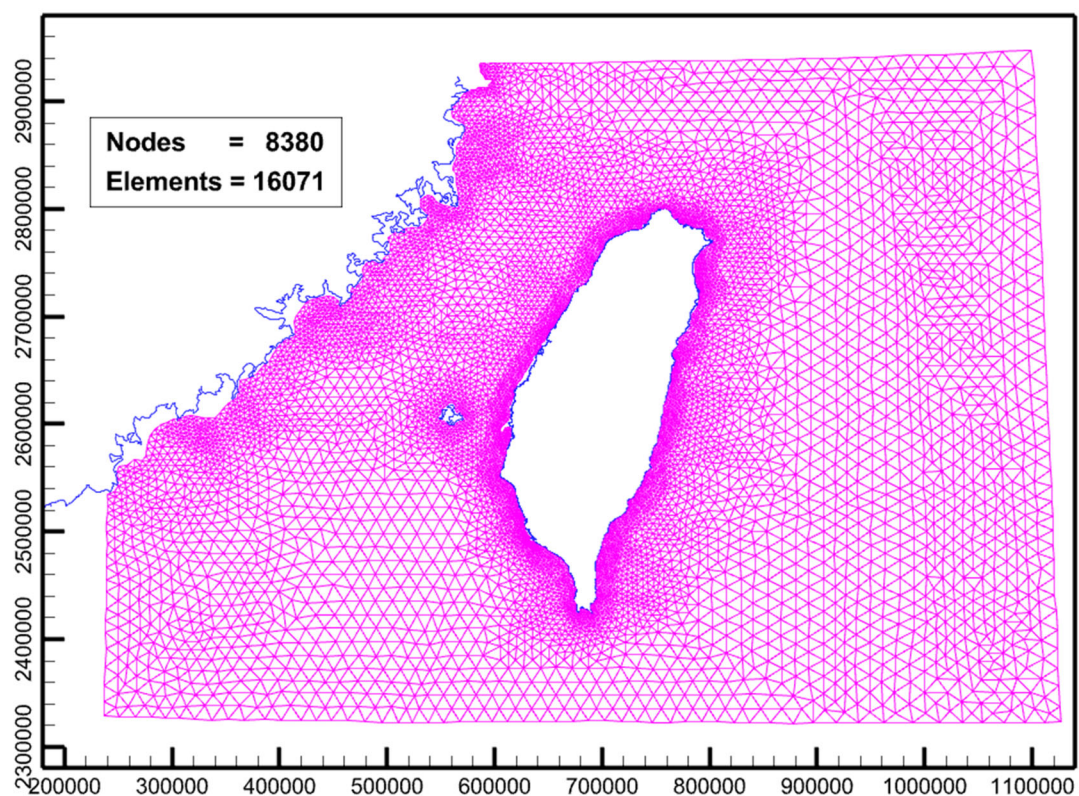


圖 2.73 臺海暴潮模組修正之非結構計算網格圖

#### 2.3.4 氣象署 WRF 氣象場資料修正程序

本(112)年度因應氣象署 WRF 氣象場資料提供格式由 grib1 調整為 grib2，本計畫於5月份開始調整風場資料解碼程序之解碼程式，由 wgrib1 改成 wgrib2，程式及程序修正於5月中完成，並於5月底程序線上自動作業測試完成，目前每日皆可穩定抓取氣象署之 grib2 封裝之檔案。

新程序測試過程中遇到之問題及解決方案說明如下：

1. 氣象署資料剛轉換成 grib2 時，因其封裝處理程序有問題，因此會有部分檔案容量過大，導致抓取時間過長，可能會延誤預報時程。本計畫修正抓取的 shell 程序檔，新增抓取檔案大小判斷，避免抓下過大之檔案，且因氣象署已修正其資料封裝程序，目前無檔案容量過大之問題。
2. 目前抓取氣象署 WRF 資料檔程序為每個小時執行一次，若遇上網路速度較慢，前一個程序未能於時限內抓取完檔案，新的程序又啟動執行，此會導致檔案重複下載容量疊加，此部分則透過延長啟動資料抓取程序，由原每小時啟動程序調整為每 2 小時啟動，降低因網路速度問題，導致的檔案容量大小不對。

## 第三章 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

### 3.1 臺灣周圍海域風浪模擬與觀測

#### 3.1.1 臺灣周圍海域風浪模擬

目前運技中心針對臺灣周圍海域風浪模擬，係採用 TaiCOMS 2.0「臺海風浪模擬子系統」進行每日 4 次模擬預測。此風浪模擬系統採用三層巢狀網格，如圖 3.1 所示，包含大尺度遠域風浪模組、中尺度近域風浪模組及數個小尺度近岸風浪模組，如澎湖海域、金門海域、馬祖海域、東南海域、西南海域、花蓮海域、蘇澳海域及基隆海域等 8 個小尺度風浪模組，各模組模擬範圍及網格資訊，如表 3-1 所列。本計畫依據氣象署提供的區域決定性天氣預報系統 WRF M04 風場每日 4 報之天氣預報數值資料，經風場處理系統產生的每日 4 次作業化組合風場，模擬臺灣周圍海域風浪。

表 3-1 臺海風浪模擬系統三層巢狀網格之資訊表

| 風浪模組<br>名稱     | 範圍               |                  | 解析度<br>(°) | 格點數     |
|----------------|------------------|------------------|------------|---------|
|                | 經度(°)<br>最小值/最大值 | 緯度(°)<br>最小值/最大值 |            |         |
| 遠域風浪模組         | 110.0/145.00     | 10.0/35.00       | 0.2        | 176×126 |
| 近域風浪模組         | 117.60/123.60    | 20.60/28.00      | 0.04       | 151×186 |
| 澎湖海域<br>近岸風浪模組 | 119.00/120.56    | 22.80/24.20      | 0.008      | 186×176 |
| 金門海域<br>近岸風浪模組 | 117.80/118.88    | 24.04/24.72      | 0.008      | 136×086 |
| 馬祖海域<br>近岸風浪模組 | 119.44/120.84    | 25.56/26.72      | 0.008      | 176×146 |
| 東南海域<br>近岸風浪模組 | 120.76/122.00    | 21.52/23.00      | 0.008      | 156×186 |
| 西南海域<br>近岸風浪模組 | 119.80/120.88    | 21.52/22.52      | 0.008      | 136×126 |
| 花蓮海域<br>近岸風浪模組 | 121.40/122.40    | 23.28/24.24      | 0.008      | 126×121 |
| 蘇澳海域<br>近岸風浪模組 | 121.64/122.40    | 24.24/25.12      | 0.008      | 96×111  |
| 基隆海域<br>近岸風浪模組 | 121.56/122.40    | 25.00/25.80      | 0.008      | 106×101 |

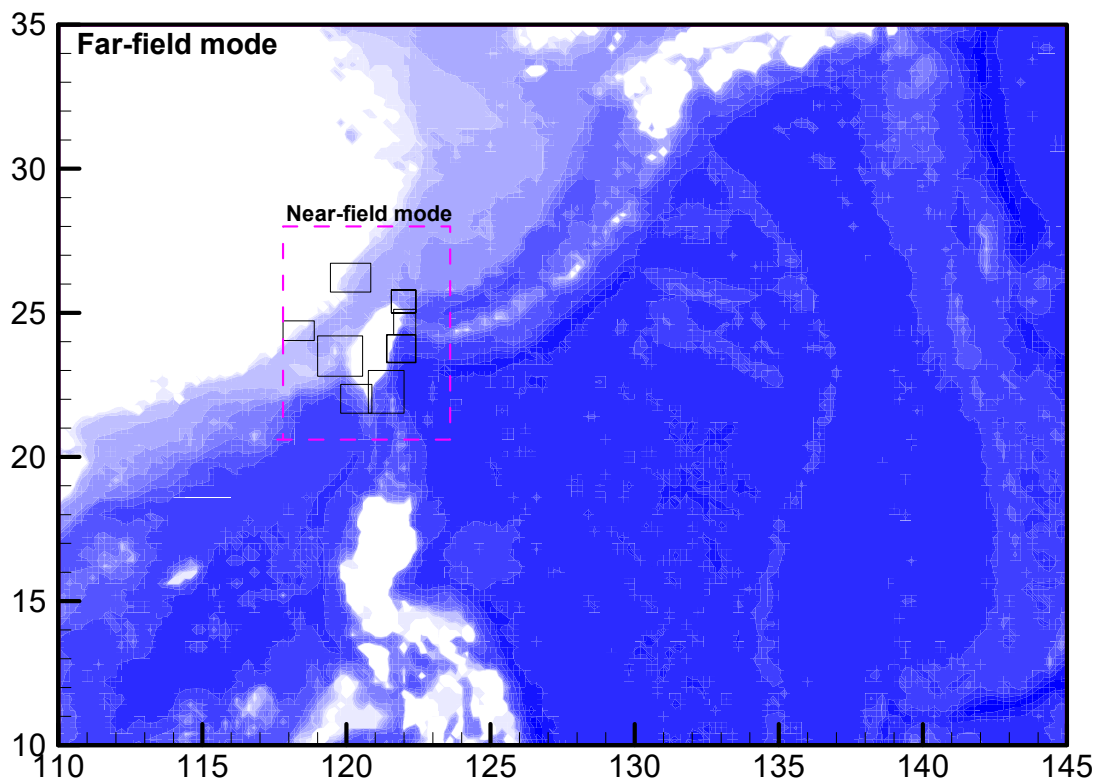


圖 3.1 TaiCOMS 2.0「臺海風浪模擬子系統」三層巢狀網格範圍圖

### 3.1.2 臺灣周圍海域風浪觀測

運技中心波浪觀測目前在臺灣本島及澎湖海域測站分布情形，如圖 3.2 所示，分別位於花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺中港、高雄港、臺北港、布袋港、安平港及澎湖港龍門港區等海域。各港既設波浪觀測站之座標如表 3-2 所列，顯示各港波浪觀測以底碇式 AWAC 測站為主，其中布袋港(BDAW01)測站目前停測狀，臺北港資料浮標(TPBU01)為新設測站，布袋港(BDBU01)及安平港(APBU01)屬於小型浮球觀測站。

本計畫蒐集花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺中港、高雄港(一港口)、臺北港、布袋港及安平港等 8 港海域波浪觀測資料，分析 2023 年冬季(1、2 月)波浪觀測資料之統計特性，如表 3-3 所列，表中觀測資料以 AWAC 測站為主，僅布袋港為小型浮球觀測資料。各港 2023 年冬季風浪示性波高( $H_s$ )平均值以臺中港海域 2.09m 最高，安平港海域 0.54m 最小；示性波高之標準偏差以基隆港海域 0.906m 最大，安平港海域 0.129m 最小。最大示性波高觀測值以基隆港海域 5.76m 為最大，臺北港海域 5.15m 次之，均發生於同一鋒面。冬季波浪平均週期平均值以花蓮港海域 5.79sec 最高，蘇澳港海域 5.44sec 次之，高雄港海域 3.73sec 最小。花蓮港與蘇澳港海域譜



峰週期平均值相近，約為 8.9sec，基隆港海域平均譜峰週期 7.9sec 次之，高雄港海域平均譜峰週期 6.5sec 最小。臺北港波向之平均值約為 250° 與以往分析結果(如 2022 年 16.9°)有顯著差異，因此本計畫推論臺北港 AWAC 觀測資料可能有誤。

表 3-2 波浪測站及風浪模擬系統測站輸出點位之坐標資訊表

| 波浪測站 |          |          |         | 中尺度網格   |        | 小尺度網格   |        | 備註         |
|------|----------|----------|---------|---------|--------|---------|--------|------------|
| 港口   | 測站代號     | 經度       | 緯度      | 經度      | 緯度     | 經度      | 緯度     |            |
| 基隆港  | KLAW01   | 121.7498 | 25.1628 | 121.760 | 25.200 | 121.760 | 25.200 | 主站         |
| 臺北港  | TPAW01   | 121.3745 | 25.1814 | 121.360 | 25.200 | —       | —      |            |
|      | TPBU01*1 | 121.3503 | 25.1659 | 121.360 | 25.200 | —       | —      |            |
| 臺中港  | TCAW01   | 120.4819 | 24.3033 | 120.440 | 24.320 | —       | —      | 主站         |
| 布袋港  | BDBU01*2 | 120.1169 | 23.3736 | 120.117 | 23.374 | 120.117 | 23.374 | AWAC 停測    |
| 安平港  | APAW01   | 120.1466 | 22.9598 | 120.144 | 22.960 | 120.149 | 22.960 |            |
|      | APBU01*2 | 120.1486 | 22.9596 | 120.144 | 22.960 | 120.149 | 22.960 |            |
| 高雄港  | KHAW01   | 120.2537 | 22.5419 | 120.240 | 22.640 | —       | —      | 一港口主站      |
|      | KHAW08   | 120.2819 | 22.6164 | 120.280 | 22.520 | —       | —      | 二港口主站      |
| 花蓮港  | HLAW01   | 121.6260 | 23.9672 | 121.640 | 23.960 | 121.624 | 23.968 | 主站         |
| 蘇澳港  | SAAW01   | 121.8854 | 24.5901 | 121.920 | 24.600 | 121.888 | 24.592 | 主站         |
| 澎湖港  | PHBU01*1 | 119.6889 | 23.5308 | 119.680 | 23.520 | 119.688 | 23.536 | 2022/09 啟用 |

\*1、資料浮標；\*2、浮球

表 3-3 2023 年 1、2 月 8 海域波浪觀測資料統計特性表

|           | 花蓮             | 蘇澳             | 基隆             | 臺中             | 高雄             | 臺北             | 布袋             | 安平             |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 資料數       | 1413           | 1343           | 1245           | 1395           | 1376*1         | 1414           | 1416           | 1416           |
| 蒐集率       | 99.8           | 94.8           | 87.9           | 98.5           | 97.1           | 99.9           | 100            | 100            |
| 示性波高平均(m) | 1.57           | 1.51           | 1.66           | <b>2.09</b>    | 0.80           | 1.79           | 0.56           | <b>0.54</b>    |
| 標準偏差(m)   | 0.471          | 0.368          | 0.906          | 0.835          | 0.184          | <b>0.967</b>   | 0.251          | <b>0.129</b>   |
| 平均週期平均(s) | <b>5.79</b>    | 5.44           | 5.24           | 4.59           | <b>3.73</b>    | 5.47           | —*2            | 3.81           |
| 標準偏差(s)   | 0.633          | 0.680          | <b>0.813</b>   | 0.665          | <b>0.465</b>   | 0.575          | —              | 0.552          |
| 譜峰週期平均(s) | 8.85           | <b>8.89</b>    | 7.89           | 7.11           | <b>6.48</b>    | 7.27           | 7.79           | 6.72           |
| 標準偏差(s)   | <b>1.036</b>   | 1.252          | 1.242          | 1.128          | <b>1.798</b>   | 1.252          | 1.626          | 1.270          |
| 平均波向平均(°) | 92.7           | 79.6           | 19.5           | 23.3           | <b>275</b>     | 250.7*4        | 292            | 270            |
| 標準偏差(°)   | 14.3           | 16.4           | <b>7.2</b>     | 9.8            | 24.2           | 99.57*4        | 26.4           | <b>27.4</b>    |
| 最大波高(m)   | 3.51           | 2.90           | <b>5.76</b>    | 4.17           | 1.49           | 5.15           | 1.38           | <b>1.09</b>    |
| 最大波高發生時間  | 01/27<br>19:00 | 01/01<br>01:00 | 01/24<br>12:00 | 01/24<br>09:00 | 01/24<br>09:00 | 01/24<br>07:00 | 01/24<br>13:00 | 02/12<br>17:00 |
| 來源        | AWAC           | AWAC           | AWAC           | AWAC           | AWAC           | AWAC           | FBall*3        | AWAC           |

\*1 一港口主站；\*2 未提供；\*3 小型浮球式；\*4 資料有疑慮。

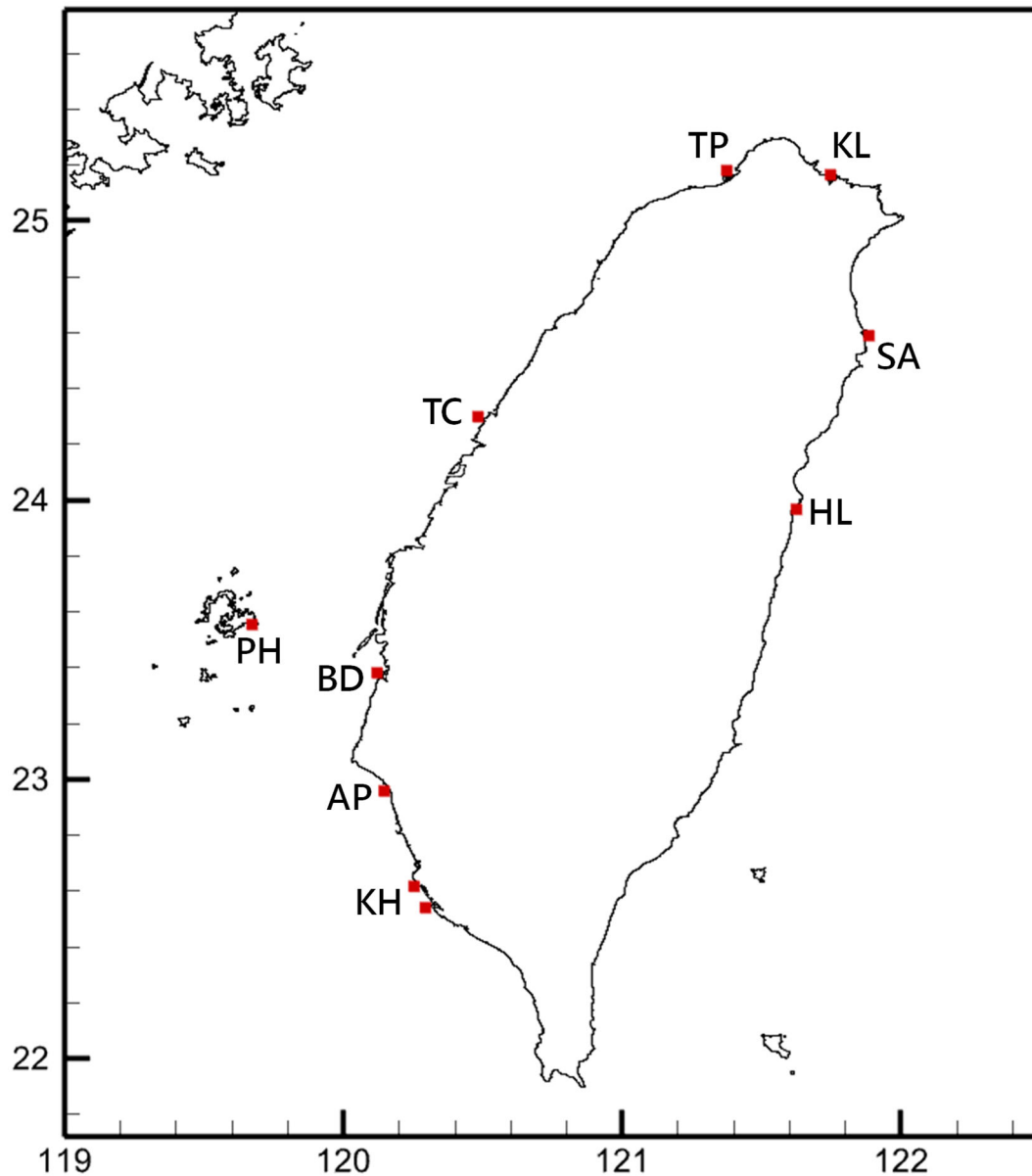


圖 3.2 運技中心主要商港波浪觀測站位置圖

### 3.1.3 風浪校驗指標

本計畫延續歷年研究方法，以示性波高( $H_s$ )、平均週期( $T_m$ )、譜峰週期( $T_p$ )及平均波向( $D_m$ )等波浪統計參數為對象，採用模擬值與觀測值間常態化均方根誤差(NRMSE)及相關係數( $R$ )為校驗指標。此處示性波高及平均週期，分別採用波浪能量譜之零階動差  $m_0$ 、二階動差  $m^2$  定義之，即

$$H_s = 4\sqrt{m_0} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$T_m = \sqrt{m_0/m^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

模擬值與觀測值間均方根誤差(RMSE)定義如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}} \dots\dots\dots (3.3)$$

常態化均方根誤差(NRMSE)定義如下：

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}} / \bar{O} \dots\dots\dots (3.4)$$

式中  $P_i$  代表模擬值， $O_i$  代表觀測值， $\bar{O}$  為觀測量平均值， $N$  為觀測值或模擬值數量(取對應數量較小者)。模擬值與觀測值間相關係數  $R$  定義如下：

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}} \dots\dots\dots (3.5)$$

式中  $\bar{P}$  代表模擬值  $P_i$  之平均值。

## 3.2 冬季風浪模擬與校驗

針對冬季(2023 年 1、2 月)風浪模擬結果，本計畫選取 TaiCOMS 2.0 「臺海風浪模擬子系統」中尺度臺海近域風浪模組每日 4 次追算模擬結果，彙整各港模擬點位(參考表 3-2)逐時模擬資料，與花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺中港、高雄港、臺北港、布袋港及安平港等 8 港口逐時觀測資料比對，如圖 3.3~圖 3.10 所示。

本年度各港模擬點位冬季風浪(示性波高、平均週期、譜峰週期及平均波向)逐時模擬資料之平均值統計結果，如表 3-4 所列，表中比值代表模擬之平均值與表 3-3 觀測之平均值比，差值為模擬波向平均值與表 3-3 觀測波向平均值之差。本年度各港冬季風浪整體模擬平均值特性如下：示性波高比值介於 0.91~1.09 (臺北港海域例外)，模擬值有低估現象的港口包括花蓮港、臺北港、高雄港及安平港；平均週期比值介於 0.80~0.92(不含臺北港海域)，譜峰週期比值介於 0.64~0.90，各港週期模擬值仍存在低估現象；平均波向差值表現較差的港口有安平港、基隆港及高雄港等 3 港

口(差值大於 $\pm 20^\circ$ )。1月24日最大波高發生時間之延遲約介於-5hr~+3hr，以高雄港模擬表現較差。

冬季風浪模擬之評估指標包括相關係數(R)及均方根誤差(含常態化均方根誤差)，本(112)年度各港口冬季風浪模擬評估指標分析成果，如表 3-5 所列。整體而言，各港示性波高模擬值之常態化均方根誤差介於 0.185~0.440，以基隆港模擬表現最佳，表現較差者(NRMSE > 0.3)包括臺北港、臺中港及安平港；示性波高模擬值之相關係數介於 0.734~0.951，顯示各港均呈現高度相關性( $R \geq 0.7$ )。平均週期模擬值之常態化均方根誤差介於 0.140~0.340 (不含布袋港)，以臺北港及安平港模擬結果表現較差(NRMSE > 0.3)；平均週期模擬值之相關係數介於 0.203~0.867，具高度相關性者計有基隆港、臺北港及臺中港等 3 港。各港譜峰週期模擬值之常態化均方根誤差介於 0.172~0.444，以安平港模擬值誤差表現最差，其次為高雄港及布袋港(> 0.3)；各港譜峰週期模擬值之相關係數介於 0.111~0.755，其中安平港及高雄港呈現低度相關性( $R < 0.3$ )，基隆港及臺中港符合高度相關性。平均波向模擬值之均方根誤差介於  $18^\circ \sim 42.9^\circ$  (不含臺北港)，以安平港模擬值表現最差，基隆港次之；相關係數介於 0.207~0.808，僅蘇澳港波向模擬值呈現高度相關性，布袋港波向模擬值呈現低度相關性。

表 3-4 2023 年 1、2 月 8 港口海域風浪模擬資料平均值統計表

|                                                                      |          | 花蓮             | 蘇澳             | 基隆             | 臺中             | 高雄             | 臺北<br>*3       | 布袋             | 安平             |
|----------------------------------------------------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 資料數                                                                  |          | 1392           | 1392           | 1392           | 1392           | 1380           | 1392           | 1380           | 1380           |
| 蒐集率(%)                                                               |          | 98.3           | 98.3           | 98.3           | 98.3           | 97.5           | 98.3           | 97.5           | 97.5           |
| 示性波高                                                                 | 平均值(m)   | 1.43           | 1.56           | 1.77           | 2.27           | 0.77           | 1.43           | 0.58           | 0.68           |
|                                                                      | 標準偏差(m)  | 0.654          | 0.620          | 0.915          | 1.350          | 0.303          | 0.783          | 0.257          | 0.265          |
|                                                                      | 比值*1     | 0.91           | 1.03           | 1.07           | 1.09           | 0.96           | <b>0.80</b>    | 1.04           | 1.26           |
| 平均週期                                                                 | 平均值(s)   | 4.65           | 4.81           | 4.42           | 4.23           | 3.38           | 3.73           | —*4            | 2.72           |
|                                                                      | 標準偏差(m)  | 0.783          | 0.763          | 0.878          | 0.994          | 0.543          | 0.781          | —              | 0.44           |
|                                                                      | 比值       | 0.80           | 0.88           | 0.84           | 0.92           | 0.91           | <b>0.68</b>    | —              | 0.71           |
| 譜峰週期                                                                 | 平均值(s)   | 6.94           | 6.91           | 6.81           | 6.42           | 4.76           | 6.06           | 6.14           | 4.32           |
|                                                                      | 標準偏差(m)  | 1.545          | 1.474          | 1.325          | 1.520          | 0.837          | 1.566          | 2.09           | 1.38           |
|                                                                      | 比值       | 0.78           | 0.78           | 0.86           | 0.90           | 0.73           | 0.83           | 0.79           | <b>0.64</b>    |
| 平均波高                                                                 | 平均值(°)   | 83.7           | 74.9           | 44.6           | 6.9            | 298            | 9.7            | 303            | 306            |
|                                                                      | 標準偏差(m)  | 25.4           | 27.8           | 22.5           | 20.5           | 22.2           | 24.2           | 15.1           | 40.1           |
|                                                                      | 差值(°)*2  | -9.0           | -4.7           | 25.1           | -16.4          | 23.0           | <b>119.1</b>   | 11.0           | <b>36.0</b>    |
| 最大波高                                                                 | 示性波高(m)  | 4.49           | 3.97           | 5.01           | 4.17           | 1.90           | 4.29           | 1.11           | 1.17           |
|                                                                      | 比值       | 1.30           | 1.37           | 0.87           | 1.00           | 1.28           | 0.83           | 0.80           | 1.0            |
|                                                                      | 發生時間     | 01/24<br>15:00 | 01/24<br>16:00 | 01/24<br>11:00 | 01/24<br>09:00 | 01/24<br>14:00 | 01/24<br>10:00 | 01/24<br>13:00 | 01/24<br>13:00 |
|                                                                      | 時間延遲(hr) | —*5            | —              | -1             | 0              | -5             | +3             | 0              | —              |
| *1 模擬值 / 觀測值；*2 模擬值 - 觀測值；*3 觀測值有疑慮；*4 資料庫未提供；<br>*5 超過 1 日者，代表非同一鋒面 |          |                |                |                |                |                |                |                |                |

表 3-5 2023 年 1、2 月冬季風浪模擬值與觀測值校驗成果表

| 港口                       | 示性波高  |       | 平均週期  |       | 譜峰週期  |       | 平均波向 |       |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|                          | NRMSE | R     | NRMSE | R     | NRMSE | R     | RMSE | R     |
| 花蓮港                      | 0.236 | 0.860 | 0.223 | 0.611 | 0.261 | 0.537 | 20.9 | 0.681 |
| 蘇澳港                      | 0.282 | 0.768 | 0.165 | 0.592 | 0.256 | 0.648 | 18.0 | 0.808 |
| 基隆港                      | 0.185 | 0.951 | 0.187 | 0.775 | 0.175 | 0.755 | 37.2 | 0.488 |
| 臺北港                      | 0.325 | 0.885 | 0.340 | 0.546 | 0.232 | 0.673 | —*1  | —     |
| 臺中港                      | 0.312 | 0.943 | 0.140 | 0.867 | 0.172 | 0.746 | 23.6 | 0.552 |
| 布袋港                      | 0.237 | 0.868 | —*2   | —     | 0.304 | 0.597 | 29.0 | 0.207 |
| 安平港                      | 0.440 | 0.734 | 0.330 | 0.203 | 0.444 | 0.069 | 47.5 | 0.584 |
| 高雄港                      | 0.242 | 0.794 | 0.181 | 0.373 | 0.379 | 0.281 | 29.4 | 0.691 |
| *1: 觀測資料有疑慮，*2: 觀測資料未提供。 |       |       |       |       |       |       |      |       |

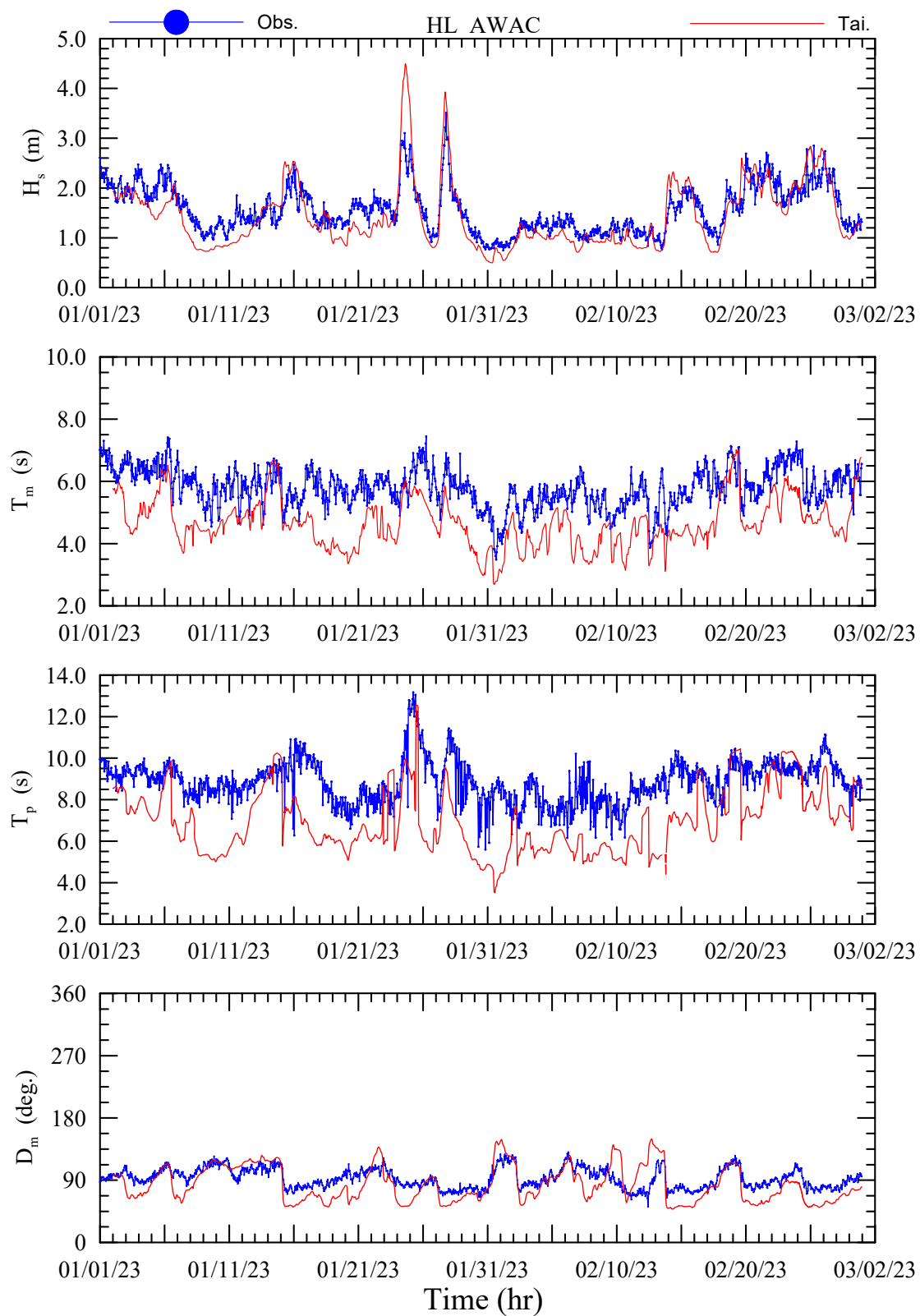


圖 3.3 花蓮港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

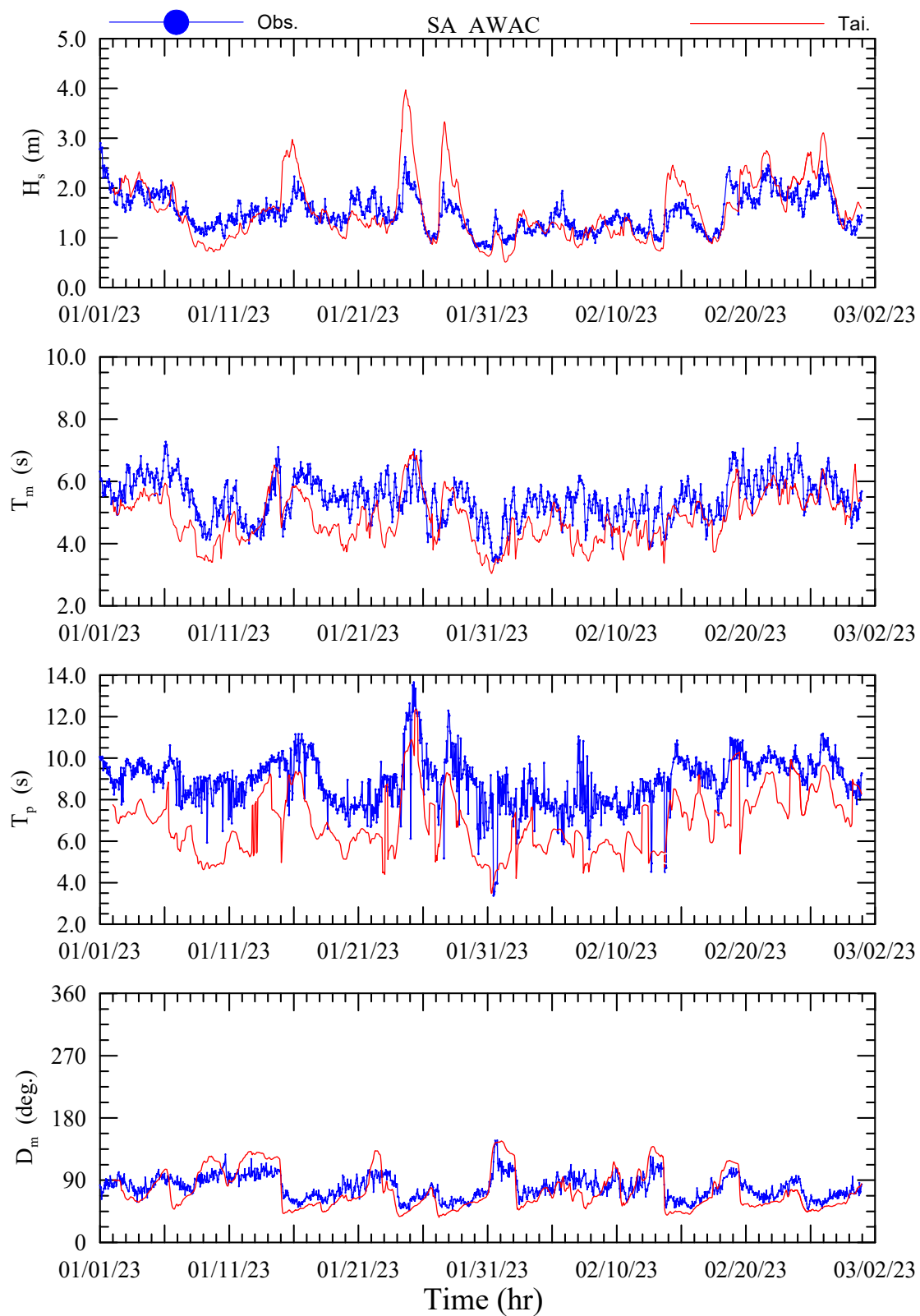


圖 3.4 蘇澳港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

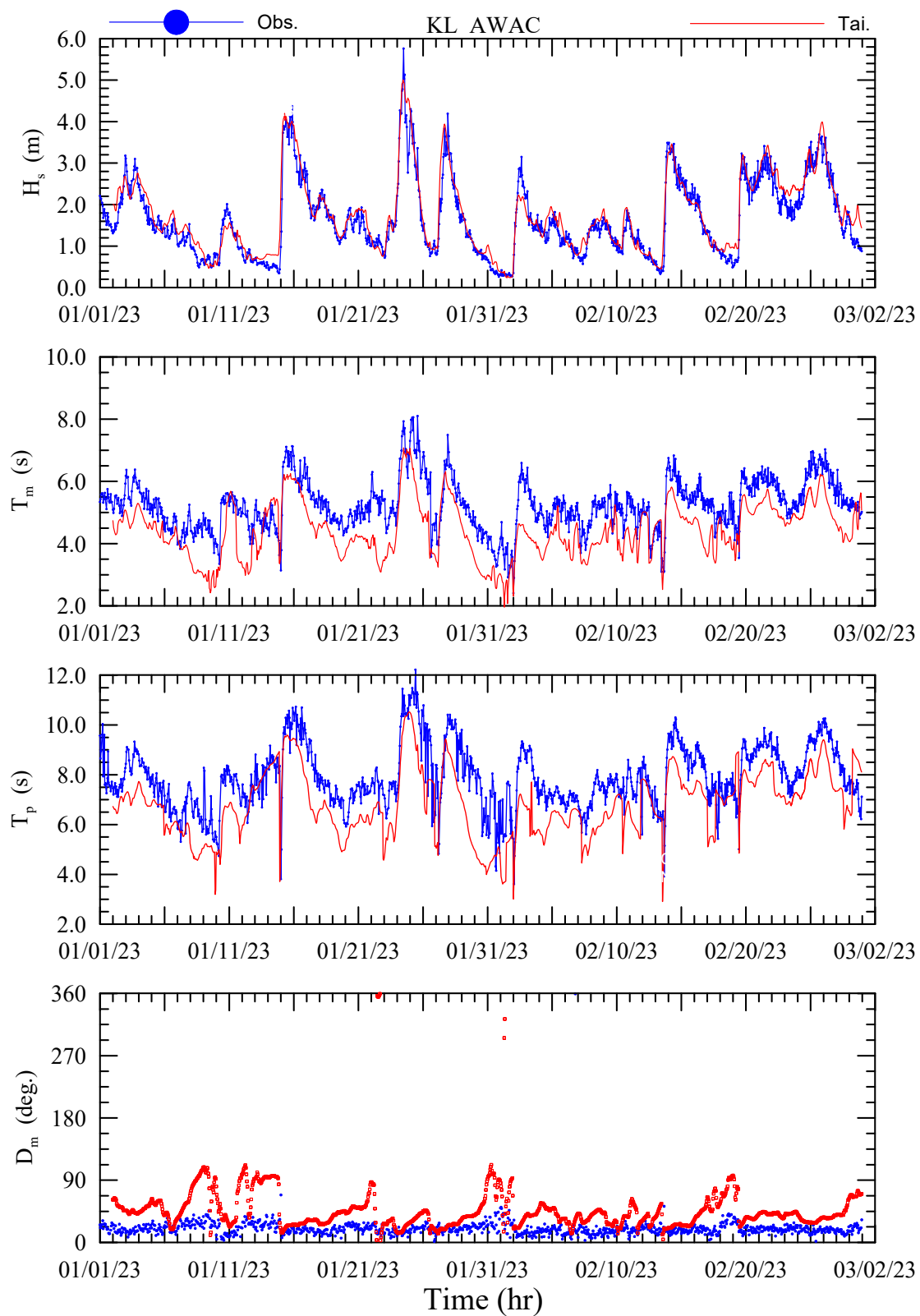


圖 3.5 基隆港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖



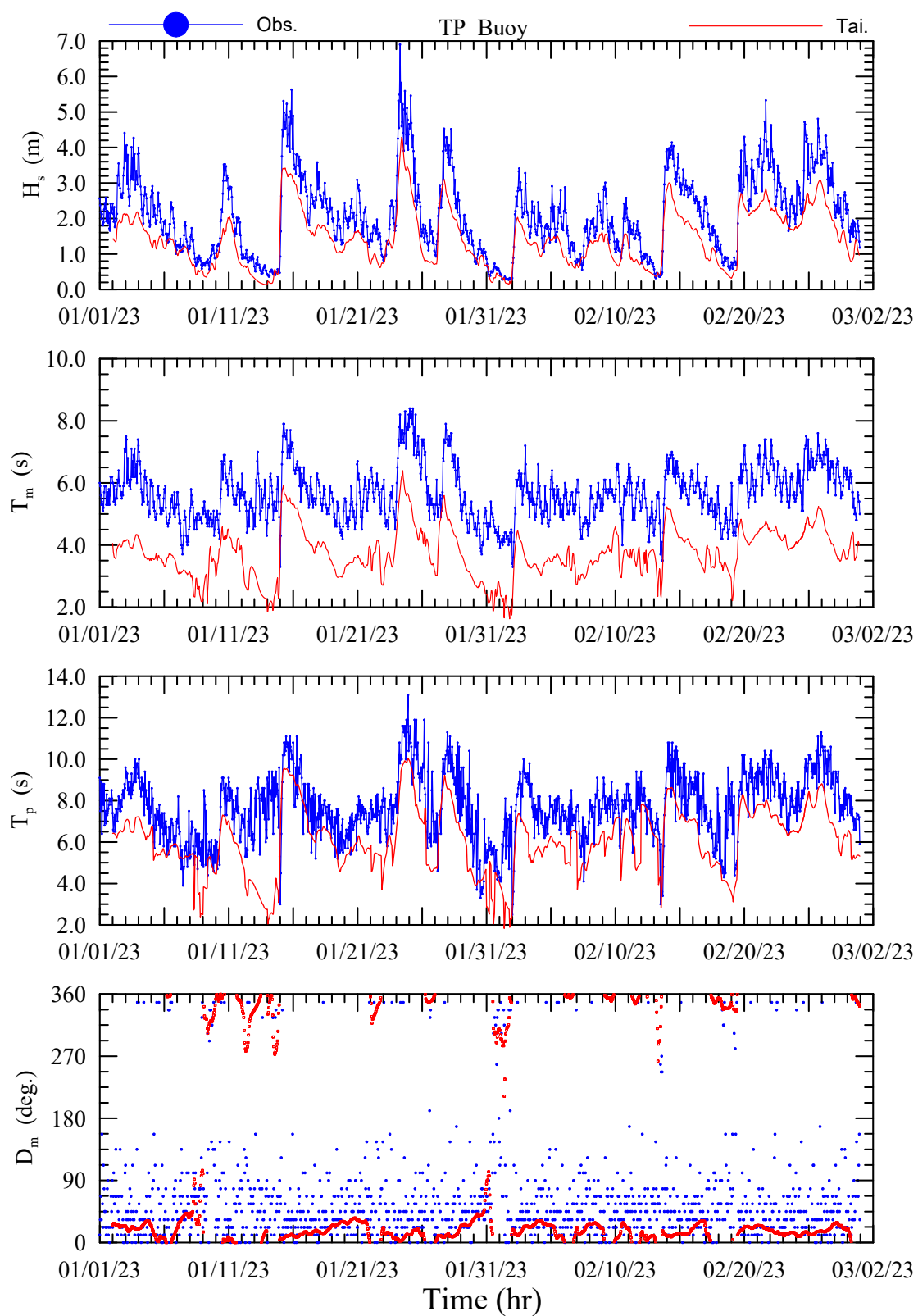


圖 3.6 臺北港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

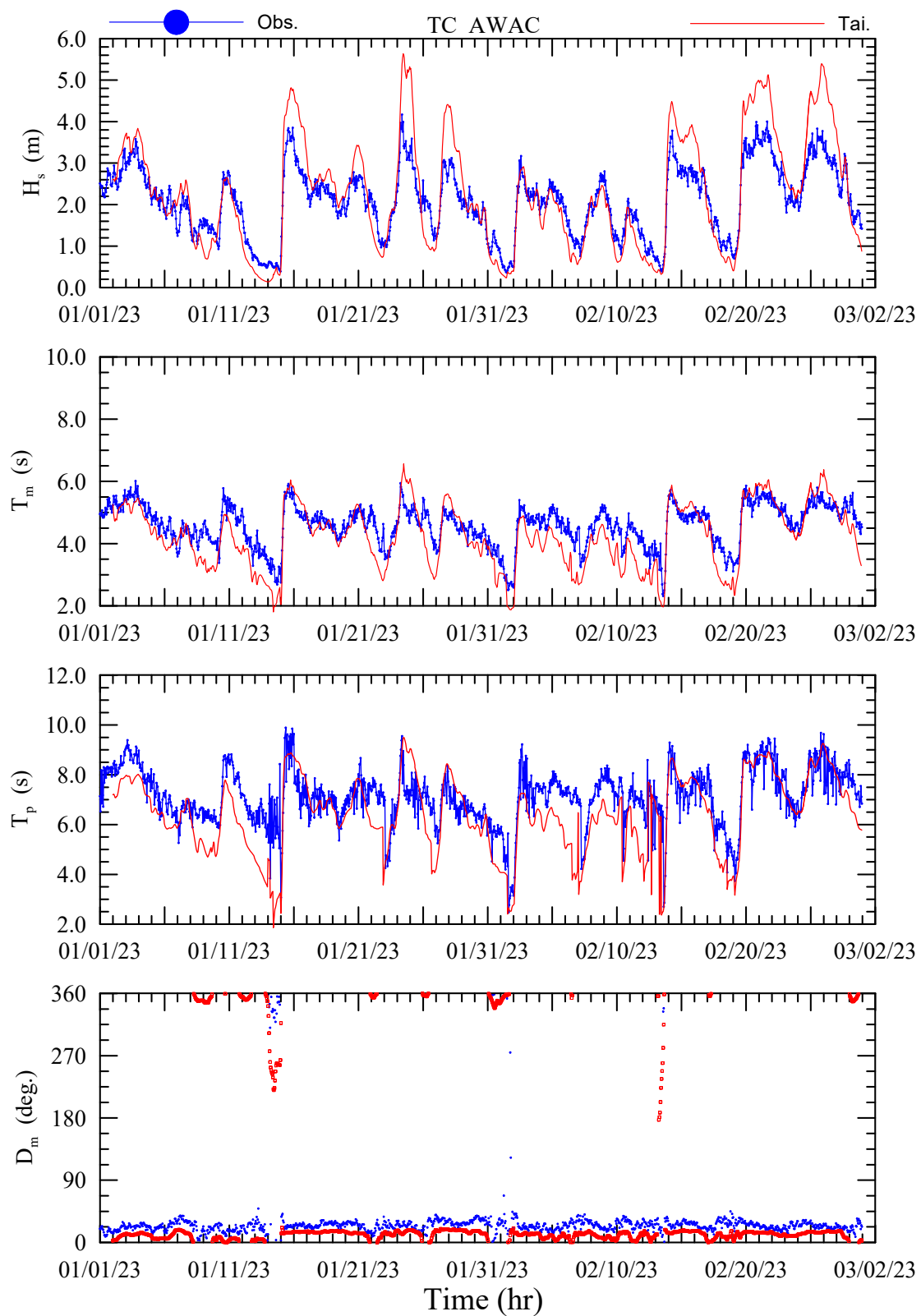


圖 3.7 臺中港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

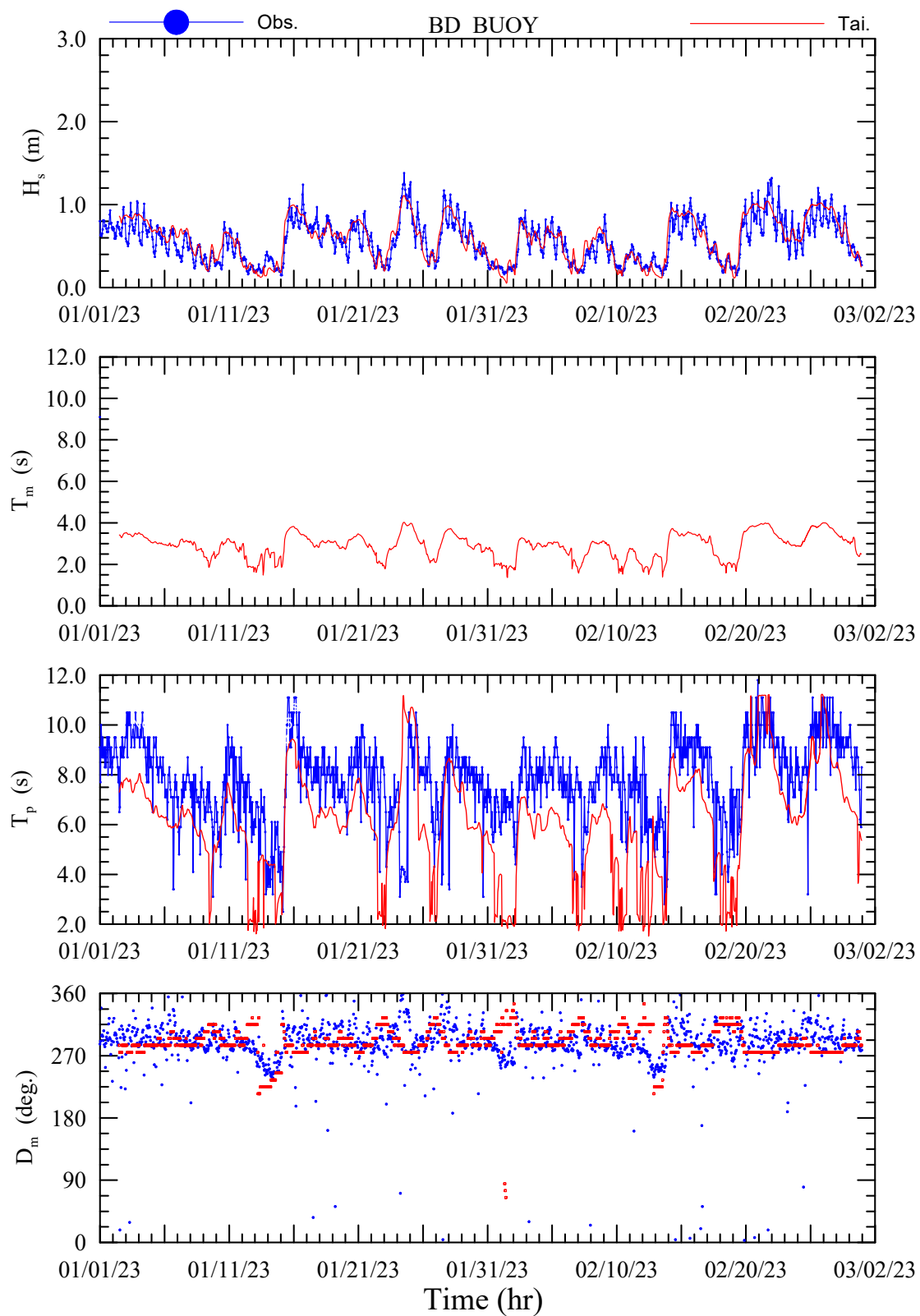


圖 3.8 布袋港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

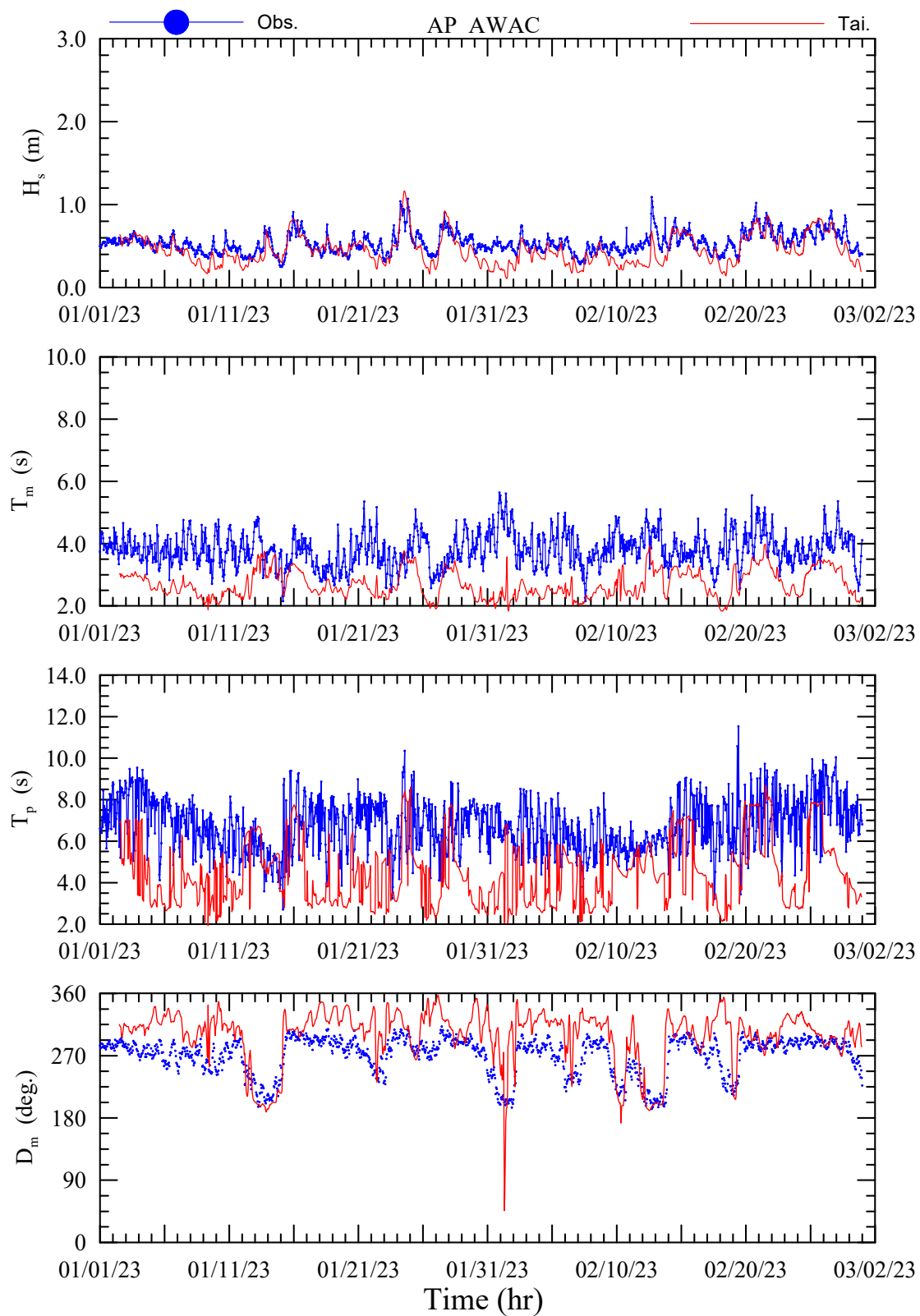


圖 3.9 安平港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

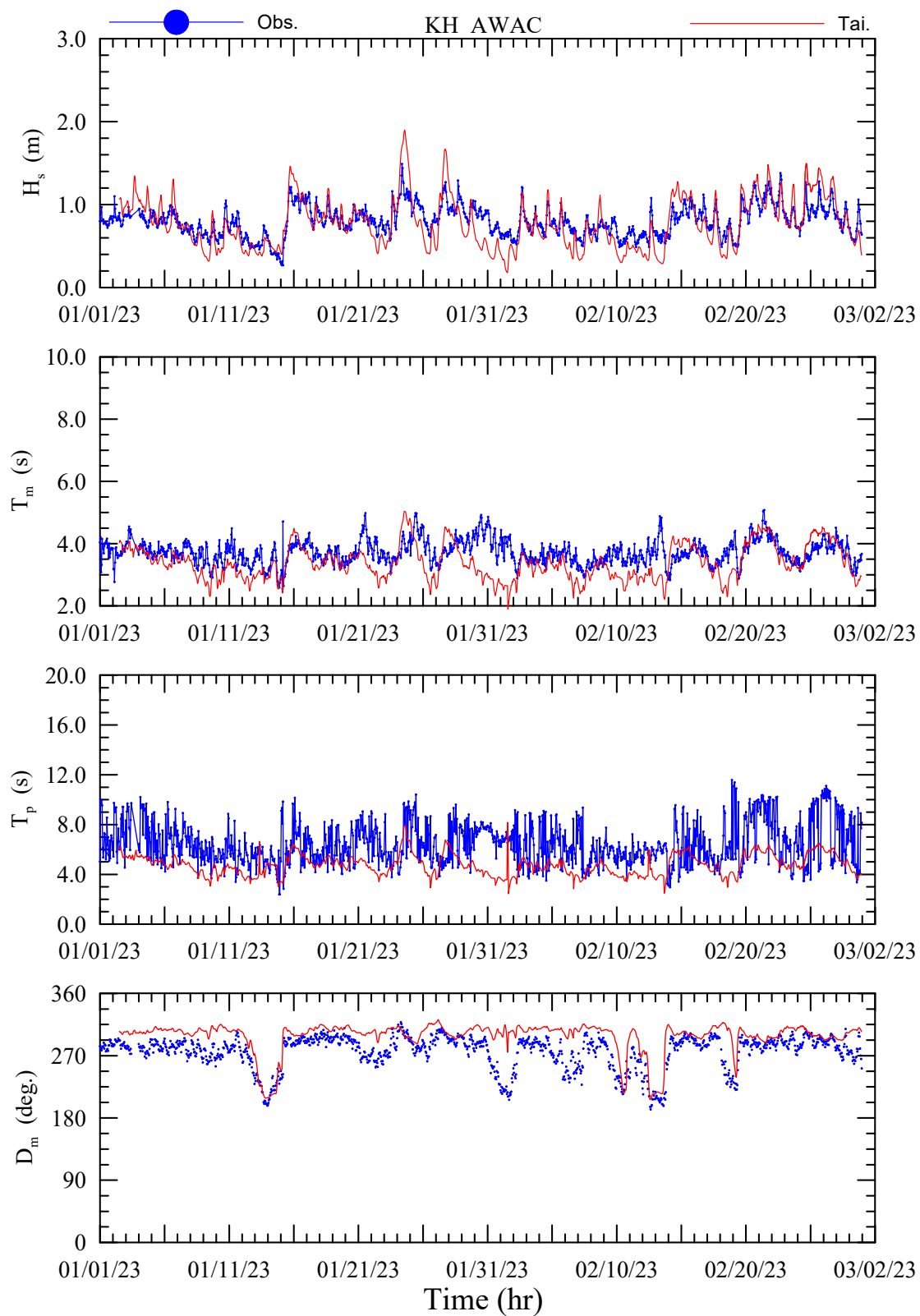


圖 3.10 高雄港海域冬季(1、2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

### 3.3 颱風波浪模擬與校驗

2022 年西北太平洋颱風共計 25 個，其中經氣象署發布颱風警報者計有編號 202211 強烈颱風軒嵐諾(HINNAMNOR)、202212 中度颱風梅花(MUIFA)及 202220 中度颱風尼莎(NESAT)等 3 個，其生命週期內行進路徑如圖 3.11 至圖 3.13 所示，其中，僅強烈颱風軒嵐諾發布陸上警報，其行進路徑歸屬於第 6 類侵臺路徑，即沿臺灣東岸或東部海面北上。

本(112)年度 8 月底前氣象署發布颱風警報者計有 202302 中度颱風瑪娃(MAWAR)、202305 中度颱風杜蘇芮(DOKSURI)、202306 中度颱風卡努(KHANUN)及 202309 強烈颱風蘇拉(SAOLA)等 4 個，其生命週期內行進路徑，分別如圖 3.14 至圖 3.17 所示，僅中度颱風瑪娃未發布陸上警報；其中，杜蘇芮颱風侵臺路徑為第 7 類，即沿臺灣西岸或臺灣海峽北上；卡努颱風侵臺路徑歸屬於特殊路徑，蘇拉颱風侵臺路徑氣象署網站尚未歸類。

針對上述侵臺颱風，本計畫選取編號 202211 強烈颱風軒嵐諾及 202305 中度颱風杜蘇芮為本年度颱風波浪模擬及校驗案例。

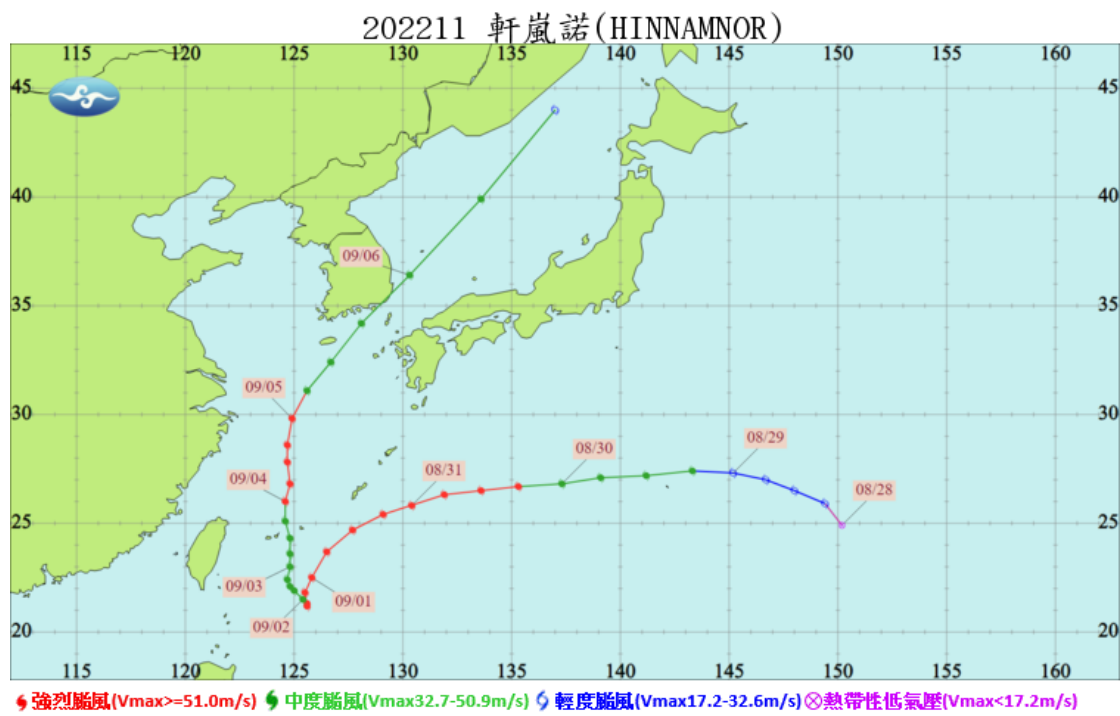


圖 3.11 2022 年強烈颱風軒嵐諾行進路徑圖

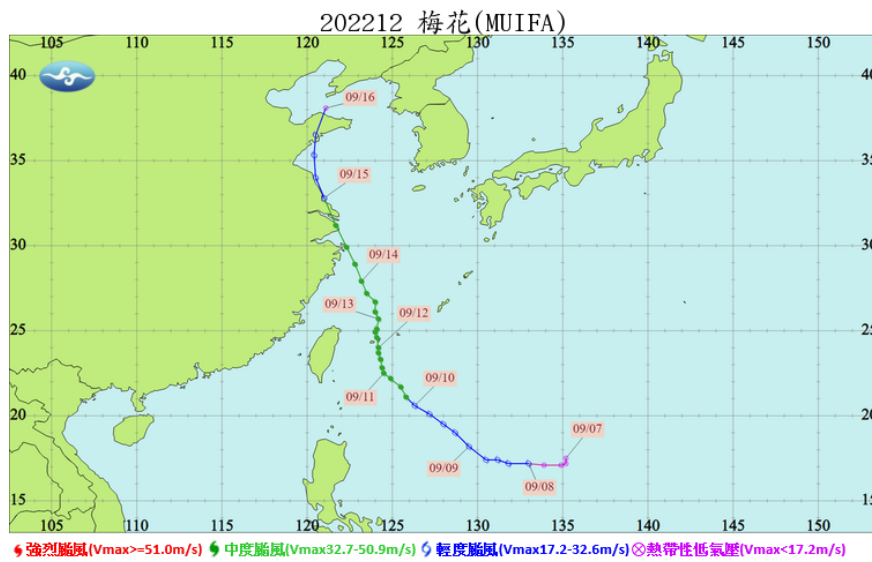


圖 3.12 2022 年中度颱風梅花行進路徑圖

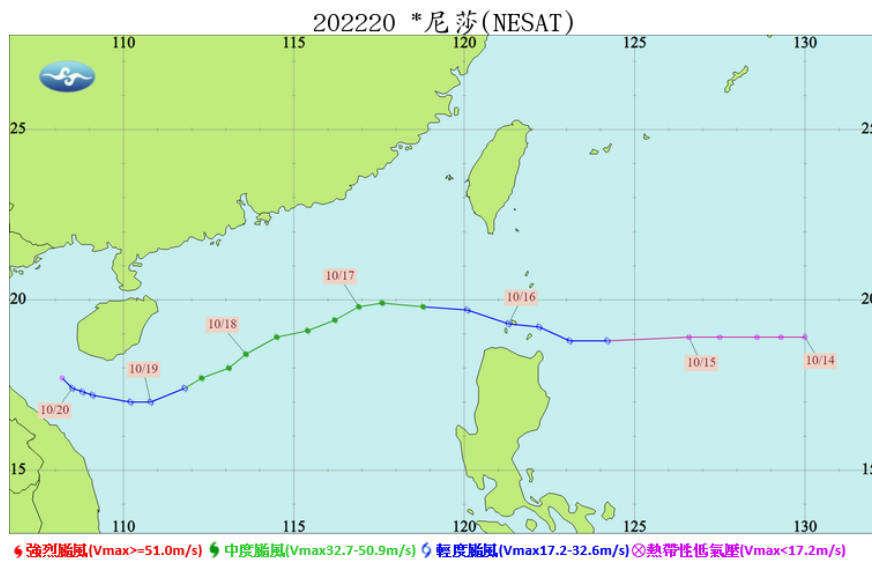


圖 3.13 2022 中度颱風尼莎行進路徑圖

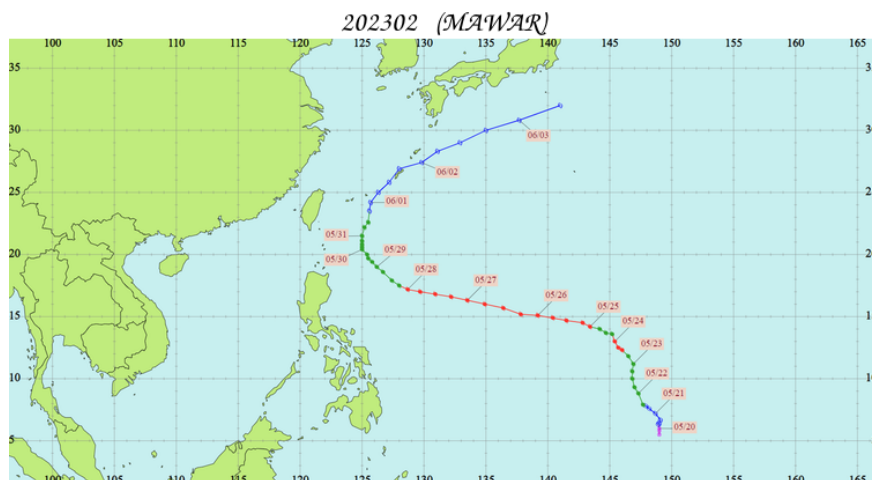


圖 3.14 2023 年中度颱風瑪娃行進路徑圖

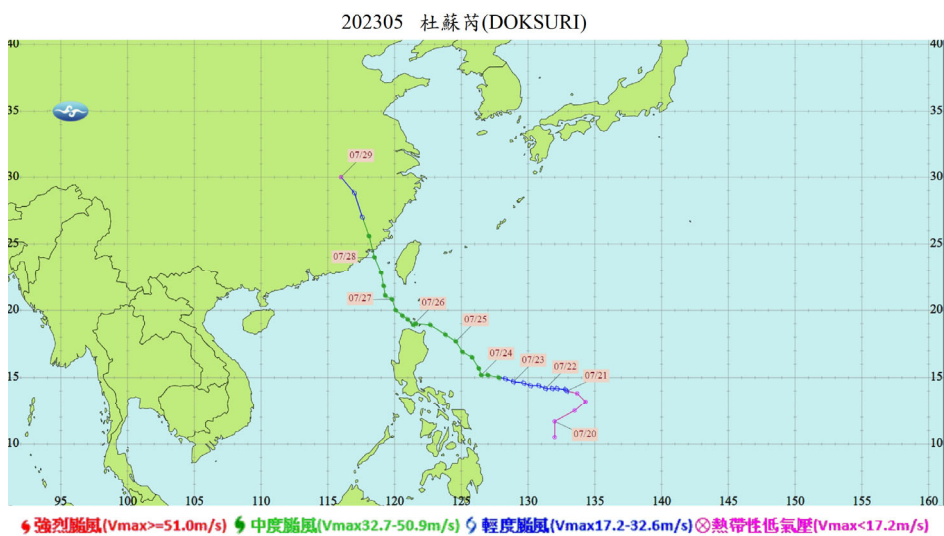


圖 3.15 2023 年中度颱風杜蘇芮行進路徑圖

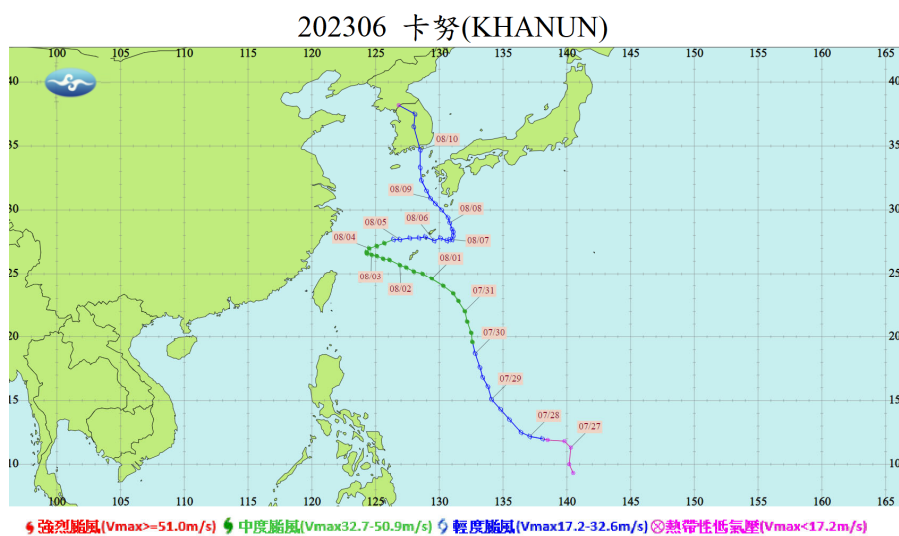


圖 3.16 2023 年中度颱風卡努行進路徑圖

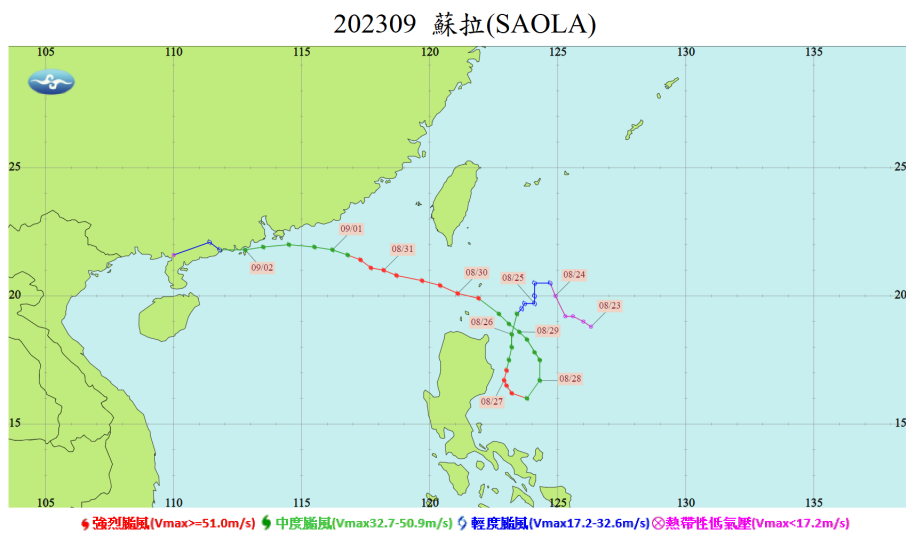


圖 3.17 2023 年中度颱風蘇拉行進路徑圖



### 3.3.1 強烈颱風軒嵐諾

颱風編號 202211 強烈颱風軒嵐諾之生命週期為 2022 年 8 月 28 日 14 時~9 月 6 日 20 時，其侵臺之海上警報發布時間為 9 月 2 日 8 時 30 分，海上警報解除時間為 9 月 4 日 20 時 30 分；暴風圈掠過臺灣東北部陸地，主要影響海域包括東部海域、北部海域及西北部海域。

針對颱風期間各港(不含布袋港)波浪模擬檢核點，本計畫彙整每次追算階段波浪模擬值與各港 AWAC 測站波浪觀測值比較，如圖 3.18~圖 3.21 所示。本計畫選取 9 月 2 日 0 時~9 月 5 日 0 時各港 AWAC 觀測資料及臺海(近域)風浪模組(TAIsea)模擬資料，進行平均值統計及評估指標分析，如表 3-6 及表 3-7 所列。由平均值統計結果得知，臺海風浪模組(TAIsea)各港示性波高模擬值與觀測值之平均值比介於 1.17~2.01，比值越大代表模擬值具明顯大於觀測值之特性，其中，最大比值出現在東部海域花蓮港。各港平均週期模擬值與觀測值之平均值比介於 0.98~1.1，顯示各港平均週期模擬值與觀測值具有相近之特性；譜峰週期模擬值與觀測值之平均值比介於 0.98~1.19，同樣呈現模擬值與觀測值具相近之特性。

評估指標分析結果顯示，各港示性波高之常態化均方根誤差介於 0.269~1.107，相關係數介於 0.302~0.956，其中臺中港、花蓮港及蘇澳港三港口呈現高度相關性( $R \geq 0.7$ )。各港平均週期之常態化均方根誤差介於 0.079~0.223，相關係數呈現正相關性港口，包括花蓮港、蘇澳港、臺中港及安平港等 4 港口，僅臺中港及花蓮港屬於高度相關性；另基隆港、臺北港及高雄港等 3 港口模擬值呈現負相關性。各港譜峰週期之常態化均方根誤差介於 0.152~0.242，相關係數僅蘇澳港、臺中港及安平港等 3 港口呈現正相關性，但相關係數均偏低( $< 0.5$ )。各港平均波向之均方根誤差介於  $12.5^\circ \sim 34.7^\circ$ ，相關係數介於 0.243~0.982，僅基隆港屬於低度相關性( $R < 0.3$ )，其餘港口均呈現高度相關性。

此外，由花蓮港及蘇澳港示性波高模擬值呈現過度高估的現象，判斷與 WRF M04 風場對於軒嵐諾颱風風場之預測偏差有關。

表 3-6 軒嵐諾颱風侵臺期間各港波浪參數平均值統計表

| 統計參數           | 資類別 | 花蓮             | 蘇澳             | 基隆             | 臺北             | 臺中             | 安平             | 高雄             |
|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 蒐集率*1          | 觀測值 | 100.0          | 97.3           | 100.0          | 100.0          | 99.0           | 100.0          | 100.0          |
|                | 模擬值 | 100.0          | 100.0          | 100.0          | 100.0          | 100.0          | 100.0          | 100.0          |
| 示性波高平均值<br>(m) | 觀測值 | 2.02           | 2.44           | 2.82           | <b>3.07</b>    | 2.32           | 0.97           | 1.35           |
|                | 模擬值 | 4.06           | 4.00           | 4.28           | 3.60           | 3.36           | 1.64           | 2.05           |
|                | 比 值 | <b>2.01</b>    | 1.64           | 1.52           | 1.17           | 1.45           | 1.69           | 1.52           |
| 平均週期平均值<br>(s) | 觀測值 | 6.65           | <b>6.68</b>    | 6.42           | 5.04           | 5.29           | 3.63           | 3.73           |
|                | 模擬值 | 7.61           | 7.76           | 6.89           | 5.67           | 5.23           | 3.71           | 4.13           |
|                | 比 值 | 1.10           | 1.10           | 1.07           | 1.09           | 0.99           | 1.02           | 0.98           |
| 譜峰週期平均值<br>(s) | 觀測值 | <b>10.55</b>   | 10.80          | 9.26           | 8.73           | 7.91           | 5.70           | 5.66           |
|                | 模擬值 | 11.93          | 12.68          | 10.36          | 8.69           | 8.58           | 5.59           | 6.42           |
|                | 比 值 | 1.13           | 1.17           | 1.19           | 1.00           | 1.08           | 0.98           | 1.13           |
| 平均波向平均值<br>(°) | 觀測值 | 90.5           | 81.1           | 15.1           | 14.1           | 7.80           | 285.1          | 284.0          |
|                | 模擬值 | 70.3           | 77.1           | 27.9           | 343.9          | 353.9          | 298.6          | 294.3          |
| 最大示性波高<br>(m)  | 觀測值 | 3.14           | 3.78           | 4.29           | <b>5.45</b>    | 3.29           | 1.36           | 1.70           |
|                | 模擬值 | 5.46           | 5.49           | 5.92           | 4.63           | 4.55           | 2.07           | 2.60           |
|                | 比 值 | <b>1.74</b>    | 1.45           | 1.38           | 0.85           | 1.38           | 1.52           | 1.53           |
| 最大示性波高<br>發生時間 | 觀測值 | 09/03<br>09:00 | 09/03<br>07:00 | 09/02<br>04:00 | 09/02<br>07:00 | 09/02<br>22:00 | 09/03<br>06:00 | 09/03<br>01:00 |
|                | 模擬值 | 09/03<br>13:00 | 09/03<br>13:00 | 09/04<br>07:00 | 09/04<br>08:00 | 09/03<br>02:00 | 09/03<br>10:00 | 09/03<br>12:00 |

\*1 資料統計期間為 9/02 00:00 ~ 9/05 00:00 共 73 小時。

表 3-7 軒嵐諾颱風侵臺期間波浪模擬值校驗成果表

| 港口  | 資料<br>起迄<br>日時 | 示性波高         |              | 平均週期         |               | 譜峰週期         |               | 平均波向        |              |
|-----|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-------------|--------------|
|     |                | NRMSE        | R            | NRMSE        | R             | NRMSE        | R             | RMSE        | R            |
| 花蓮港 | 03 00<br>05 00 | <b>1.107</b> | 0.733        | 0.177        | 0.765         | 0.234        | <b>-0.024</b> | 23.6        | 0.791        |
| 蘇澳港 | 03 00<br>05 00 | 0.677        | 0.756        | 0.217        | 0.522         | 0.221        | 0.472         | 17.9        | 0.762        |
| 基隆港 | 03 00<br>05 00 | 0.613        | <b>0.302</b> | 0.223        | <b>-0.491</b> | 0.242        | <b>-0.271</b> | 16.8        | <b>0.243</b> |
| 臺北港 | 03 00<br>05 00 | <b>0.269</b> | 0.440        | 0.188        | <b>-0.123</b> | <b>0.152</b> | <b>-0.154</b> | <b>34.7</b> | 0.828        |
| 臺中港 | 03 00<br>05 00 | 0.470        | <b>0.956</b> | <b>0.079</b> | <b>0.846</b>  | 0.173        | 0.023         | 20.5        | 0.888        |
| 安平港 | 03 00<br>05 00 | 0.740        | 0.571        | 0.123        | 0.604         | 0.212        | 0.119         | 16.0        | 0.969        |
| 高雄港 | 03 00<br>05 00 | 0.557        | 0.681        | 0.151        | <b>-0.382</b> | 0.180        | <b>-0.026</b> | <b>12.5</b> | <b>0.982</b> |

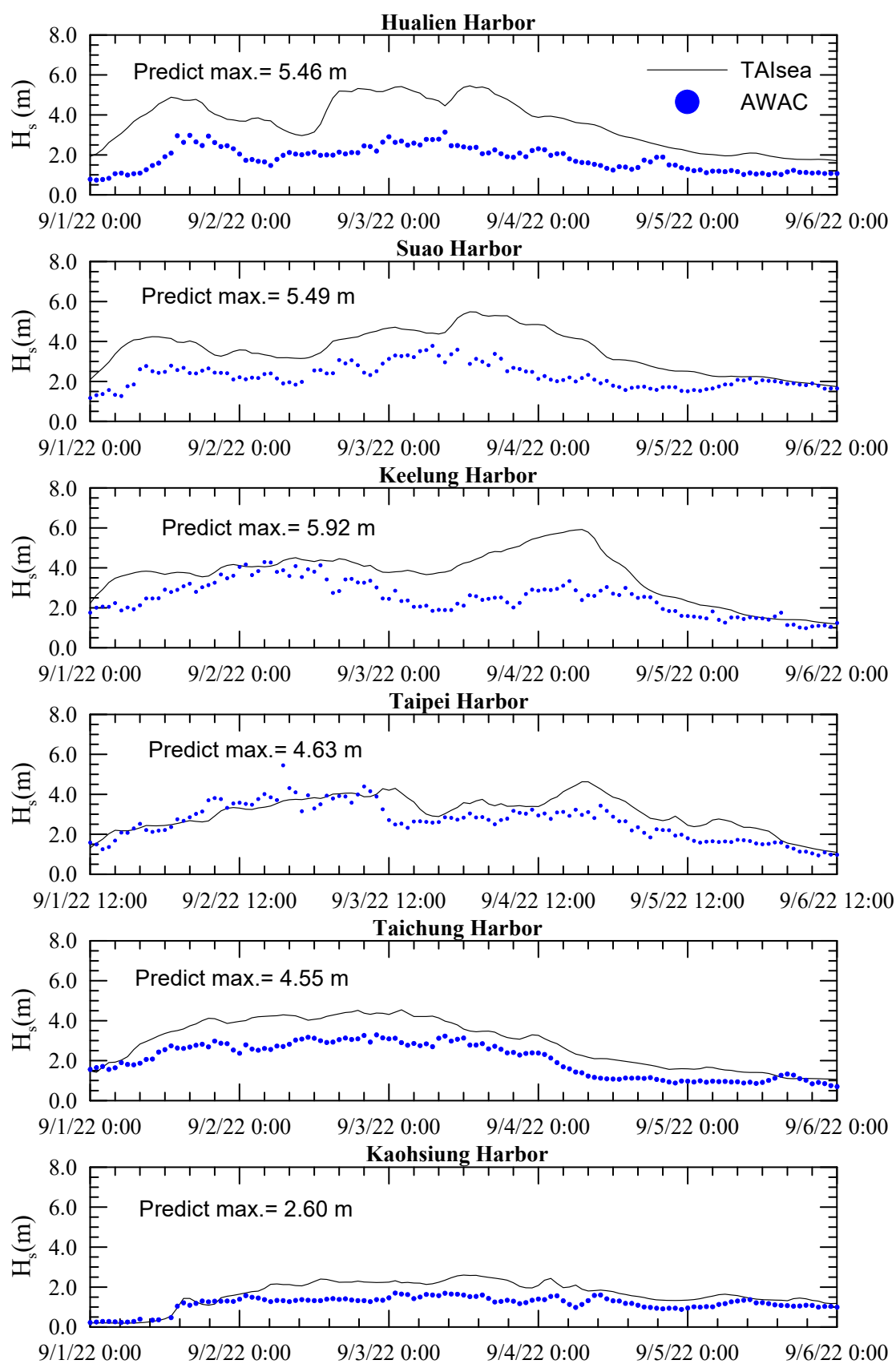


圖 3.18 軒嵐諾颱風侵臺期間示性波高模擬值、觀測值歷線圖

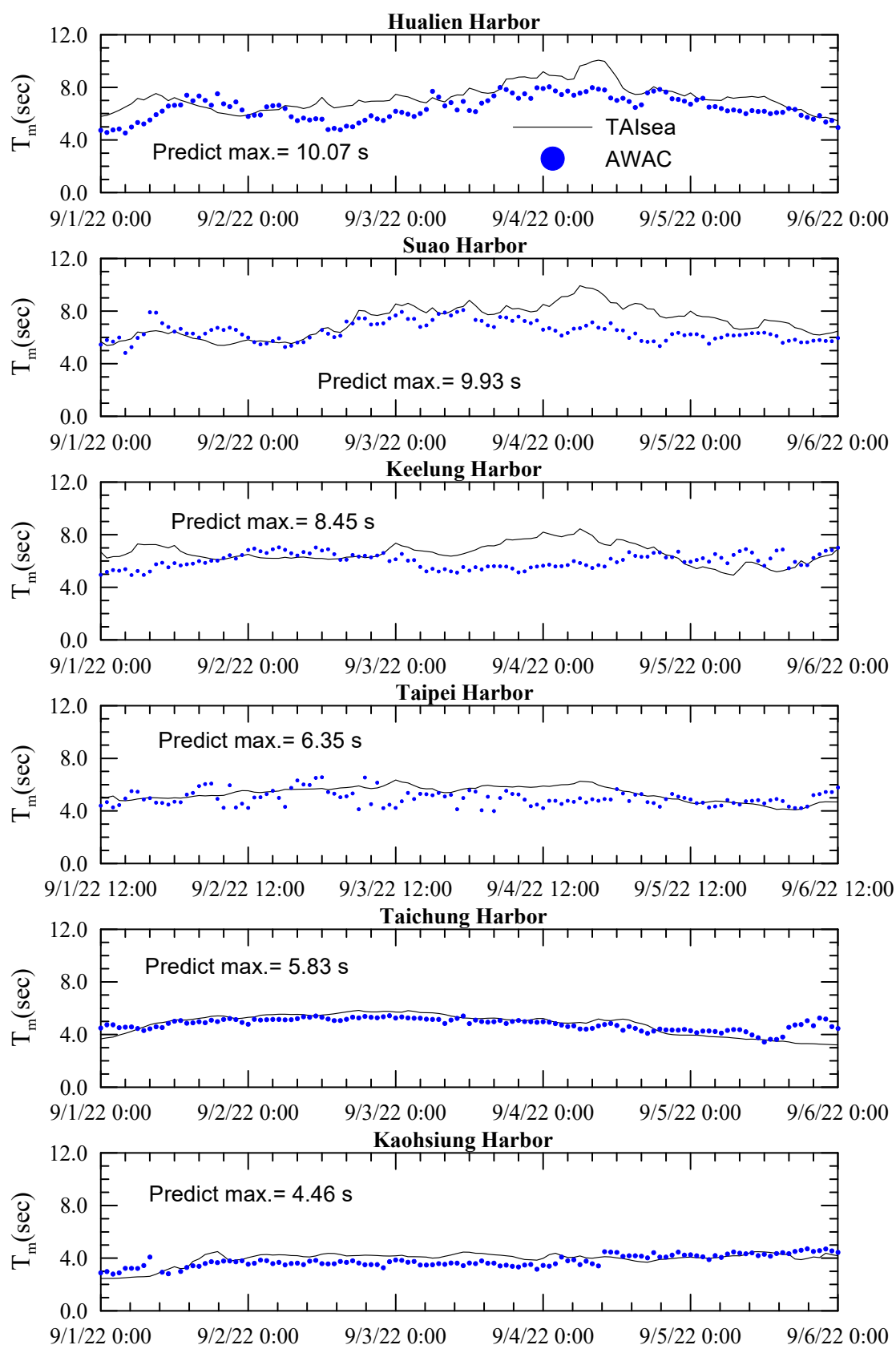


圖 3.19 軒嵐諾颱風侵臺期間平均週期模擬值、觀測值歷線圖

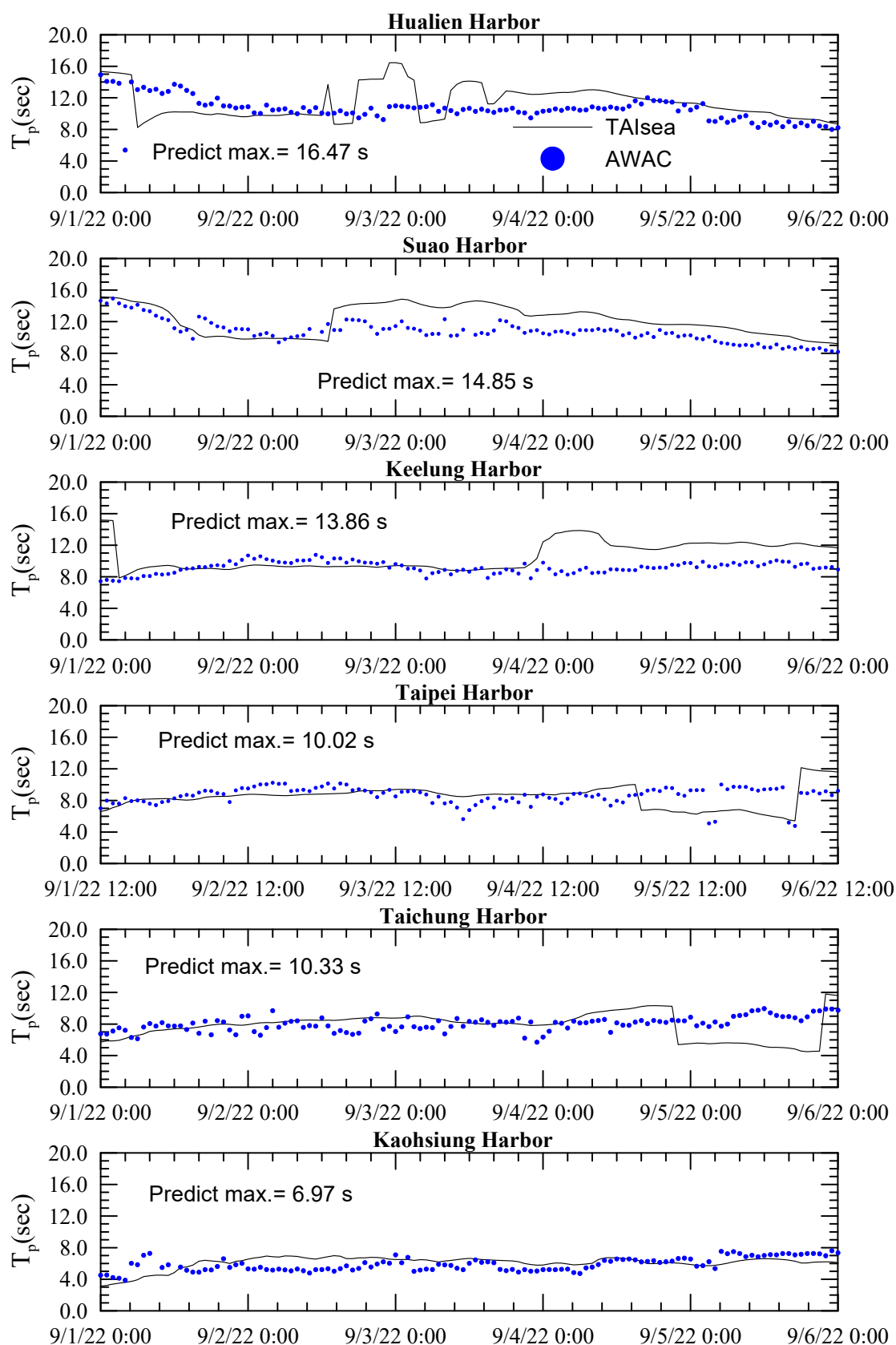


圖 3.20 軒嵐諾颱風侵臺期間譜峰週期模擬值、觀測值歷線圖

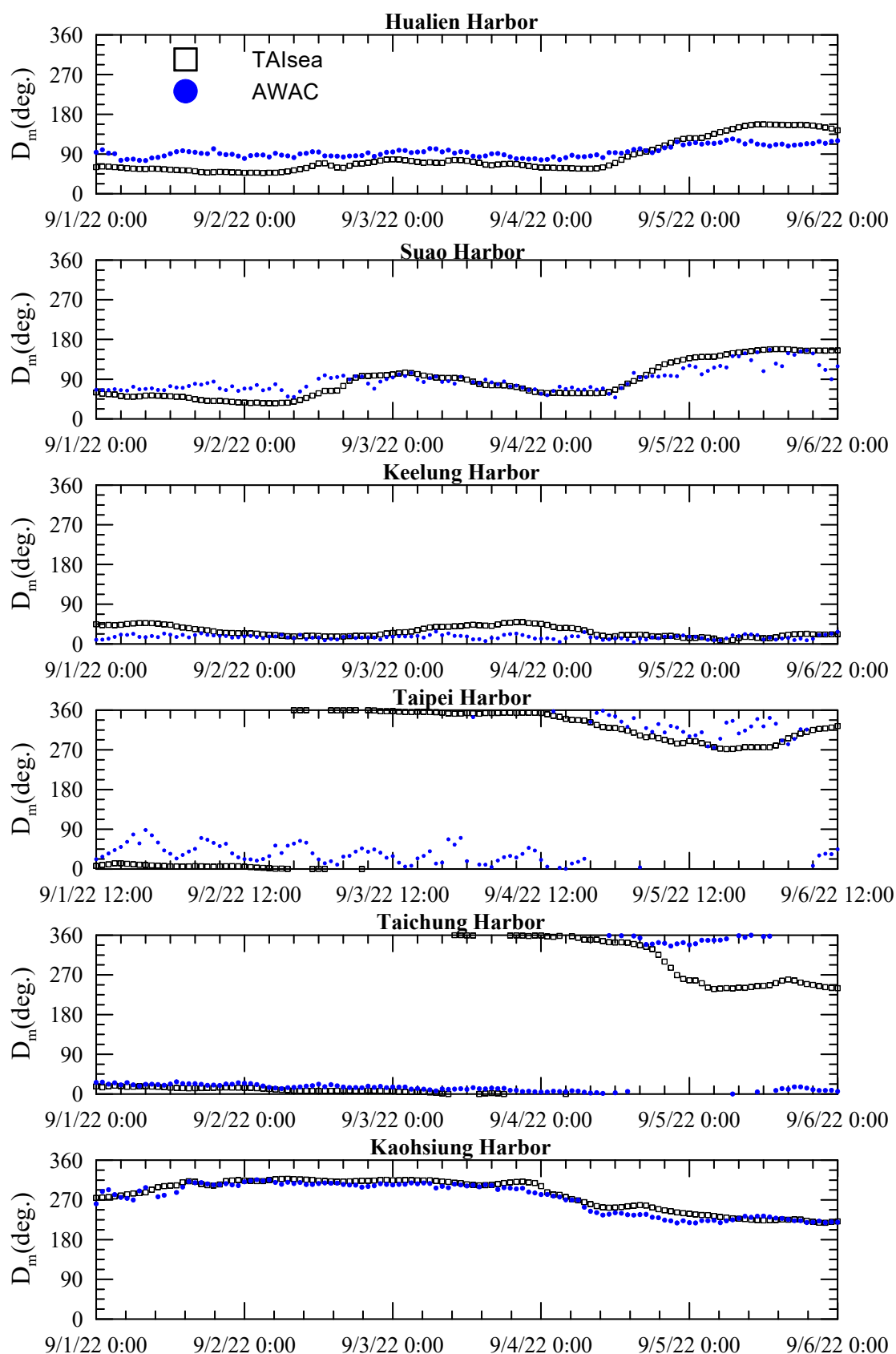


圖 3.21 軒嵐諾颱風侵臺期間平均波向模擬值、觀測值歷線圖

### 3.3.2 中度颱風杜蘇芮

本年度中度颱風杜蘇芮生命週期為 112 年 7 月 21 日 8 時~7 月 29 日 8 時，侵臺海上警報發布時間為 7 月 24 日 20 時 30 分，海上警報解除時間為 7 月 28 日 17 時 30 分；其中 27 至 28 日颱風自臺灣海峽北上，颱風中心於 10 時在金門東方近海登陸福建省。

同樣針對各港(不含布袋港)波浪模擬檢核點，本計畫彙整颱風期間每次追算階段波浪模擬值與各港 AWAC 測站波浪觀測值比較，如圖 3.22~圖 3.25 所示。進一步選取 7 月 24 日 0 時~7 月 5 日 0 時各港 AWAC 觀測資料及臺海(近域)風浪模組(TAIsea)模擬資料進行平均值統計，如表 3-8 所列。由平均值統計結果得知，各港示性波高模擬值與觀測值之平均值比介於 1.19~3.29，同樣整體趨勢呈現偏大的現象，最大及最小比值分別為基隆港及高雄港，其中基隆港示性波高比值明顯偏差，源自於基隆港颱風期間示性波高觀測值偏小。各港平均週期模擬值與觀測值之平均值比介於 0.93~1.45，最大比值出現在高雄港；譜峰週期模擬值與觀測值之平均值比介於 0.92~1.31，最大比值出現在花蓮港。

另由評估指標分析結果(表 3-9)得知，各港示性波高之常態化均方根誤差介於 0.334~2.58，相關係數介於 0.726~0.972，各港均呈現高度相關性。各港平均週期之常態化均方根誤差介於 0.145~0.612，相關係數介於 0.635~0.882，其中基隆港及高雄港於中度相關性；譜峰週期之常態化均方根誤差介於 0.269~0.650，相關係數僅基隆港呈現負值且近以不具相關性，高度相關性包括花蓮港、蘇澳港及臺中港。各港平均波向之均方根誤差介於 13.6°~52.6°，基隆港波向差值最大；相關係數基隆港同樣為負值，低度相關性者為花蓮港及蘇澳港，高度相關性者為臺中港及高雄港。

表 3-8 杜蘇芮颱風侵臺期間各海域波浪參數統計特性表

| 統計參數              | 資類別 | 花蓮             | 蘇澳             | 基隆             | 臺中             | 安平             | 高雄             |
|-------------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 蒐集率* <sup>1</sup> | 觀測值 | 88.4           | 98.3           | 77.7           | 100.0          | 86.0           | 99.2           |
|                   | 模擬值 | 100.0          | 100.0          | 100.0          | 100.0          | 100.0          | 100.0          |
| 平均示性波高<br>(m)     | 觀測值 | 2.50           | 3.15           | 0.76           | 1.076          | 1.45           | 1.79           |
|                   | 模擬值 | 4.04           | 3.96           | 2.32           | 1.340          | 2.26           | 2.12           |
|                   | 比 值 | 1.62           | 1.26           | <b>3.29</b>    | 1.24           | 1.56           | 1.19           |
| 平均週期(s)           | 觀測值 | 7.23           | 7.10           | 4.66           | 4.52           | 4.85           | 4.04           |
|                   | 模擬值 | 9.06           | 8.13           | 4.57           | 4.19           | 5.52           | 5.87           |
|                   | 比 值 | 1.25           | 1.13           | 0.98           | 0.93           | 1.14           | <b>1.45</b>    |
| 平均譜峰週期<br>(s)     | 觀測值 | 10.10          | 10.88          | 8.20           | 6.51           | 9.13           | 10.05          |
|                   | 模擬值 | 13.24          | 13.09          | 7.54           | 6.99           | 11.80          | 12.17          |
|                   | 比 值 | <b>1.31</b>    | 1.20           | 0.92           | 1.07           | 1.29           | 1.21           |
| 平均波向(°)           | 觀測值 | 130.2          | 117.8          | 35.4           | 344.9          | 219.6          | 237.0          |
|                   | 模擬值 | 135.1          | 128.7          | 86.7           | 325.3          | 227.8          | 241.3          |
| 最大示性波高<br>(m)     | 觀測值 | 4.54           | 5.36           | 1.30           | 2.29           | <b>6.91</b>    | 6.57           |
|                   | 模擬值 | 6.80           | 6.11           | 4.21           | 3.03           | 7.49           | 5.81           |
|                   | 比 值 | 1.50           | 1.14           | <b>3.23</b>    | 1.32           | 1.08           | 0.88           |
| 最大示性波高<br>發生時間    | 觀測值 | 07/26<br>06:00 | 07/26<br>22:00 | 07/26<br>12:00 | 07/26<br>18:00 | 07/27<br>22:00 | 07/28<br>00:00 |
|                   | 模擬值 | 07/26<br>06:00 | 07/26<br>06:00 | 07/26<br>20:00 | 07/28<br>15:00 | 07/28<br>03:00 | 07/27<br>22:00 |

\*1 資料統計期間為 7/24 00:00 ~ 7/29 00:00 共 121 小時。

表 3-9 2023 年杜蘇芮颱風侵臺期間波浪模擬值校驗成果表

| 港口  | 資料<br>起迄<br>日時 | 示性波高         |              | 平均週期         |              | 譜峰週期         |               | 平均波向        |               |
|-----|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------|---------------|
|     |                | NRMSE        | R            | NRMSE        | R            | NRMSE        | R             | RMSE        | R             |
| 花蓮港 | 24 00<br>29 00 | 0.707        | 0.726        | 0.314        | 0.783        | 0.370        | 0.755         | 17.5        | 0.011         |
| 蘇澳港 | 24 00<br>29 00 | 0.375        | 0.864        | 0.185        | 0.778        | <b>0.269</b> | <b>0.819</b>  | 15.5        | 0.140         |
| 基隆港 | 24 00<br>29 00 | <b>2.58</b>  | 0.894        | <b>0.145</b> | <b>0.635</b> | 0.339        | <b>-0.064</b> | <b>52.6</b> | <b>-0.025</b> |
| 臺中港 | 24 00<br>29 00 | 0.520        | 0.870        | 0.154        | <b>0.882</b> | 0.384        | 0.716         | 30.8        | <b>0.919</b>  |
| 安平港 | 24 00<br>29 00 | 0.606        | <b>0.972</b> | 0.260        | 0.872        | <b>0.650</b> | 0.376         | 22.6        | 0.550         |
| 高雄港 | 24 00<br>29 00 | <b>0.334</b> | 0.955        | <b>0.612</b> | 0.671        | 0.493        | 0.638         | <b>13.6</b> | 0.787         |



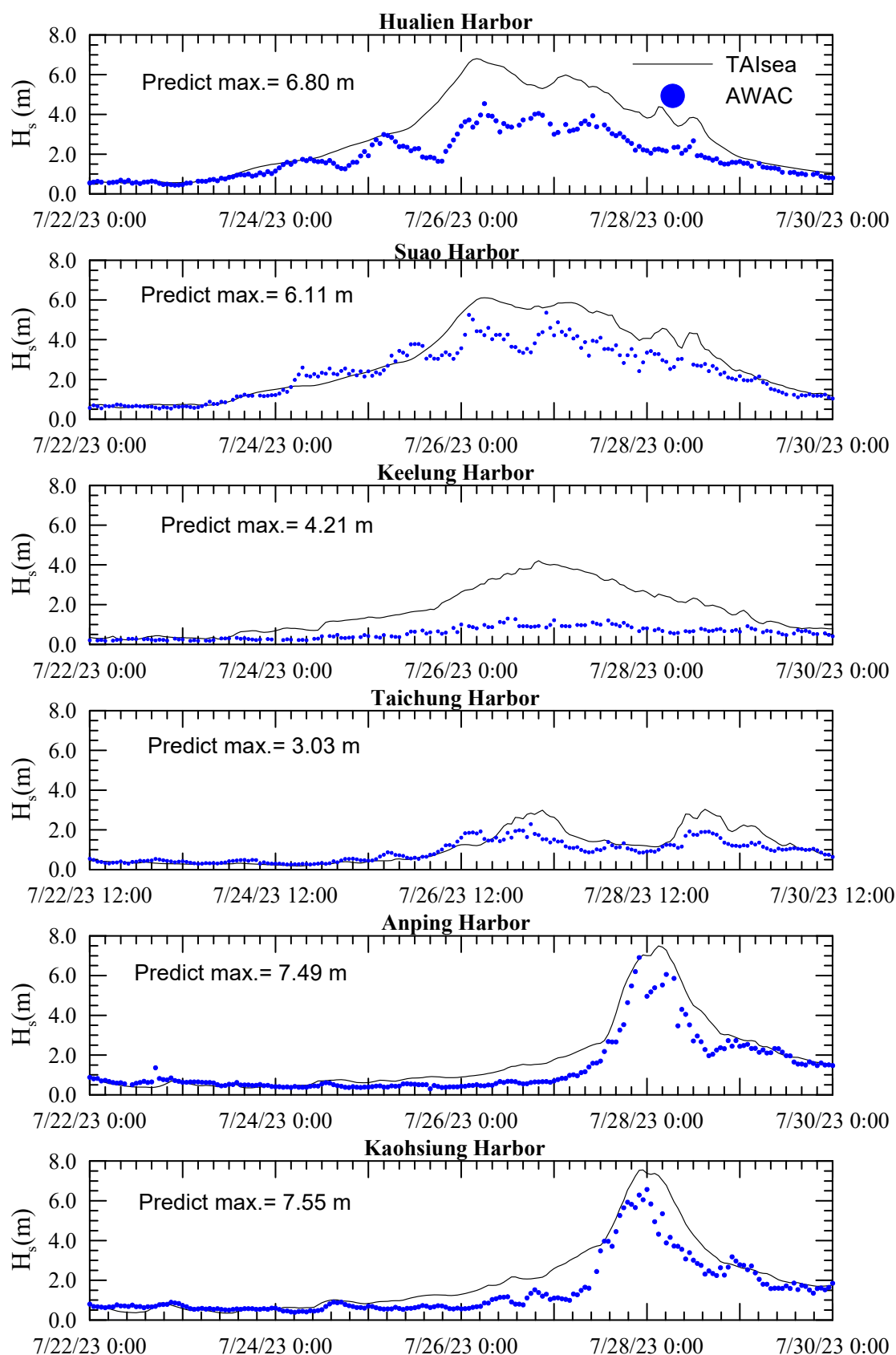


圖 3.22 杜蘇芮颱風侵臺期間示性波高模擬值與觀測值歷線圖

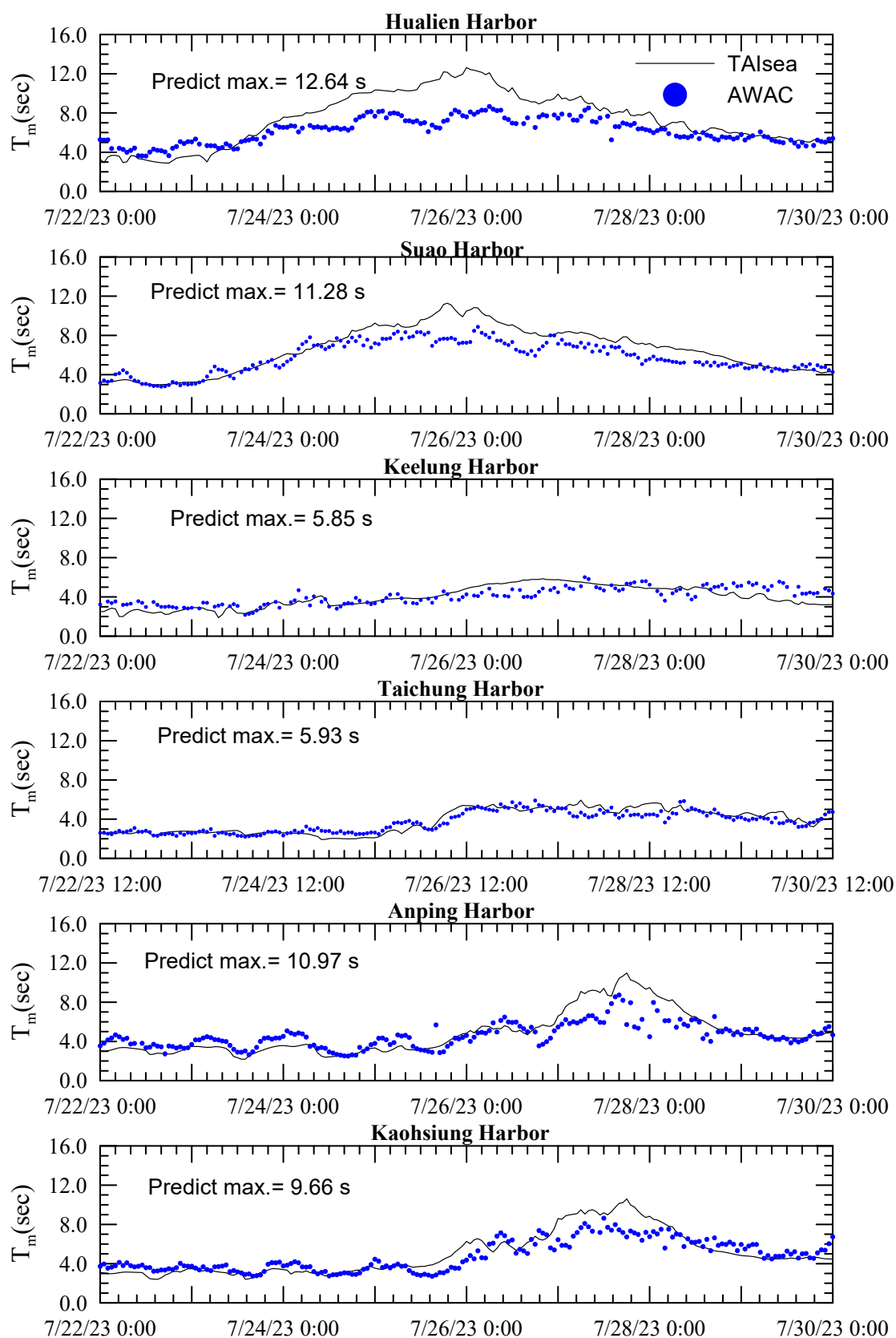


圖 3.23 杜蘇芮颱風侵臺期間平均週期模擬值與觀測值歷線圖

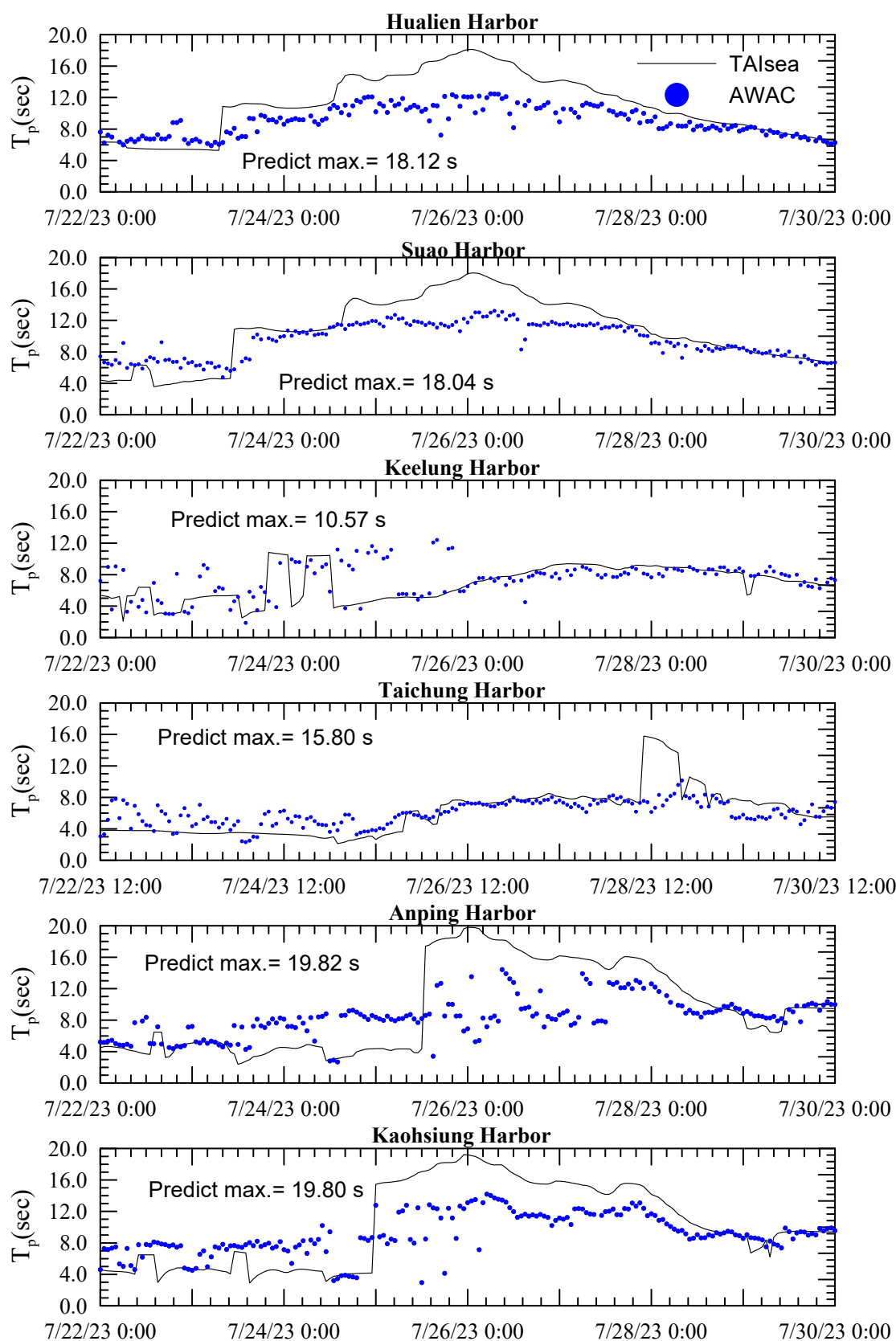


圖 3.24 杜蘇芮颱風侵臺期間譜峰週期模擬值與觀測值歷線圖

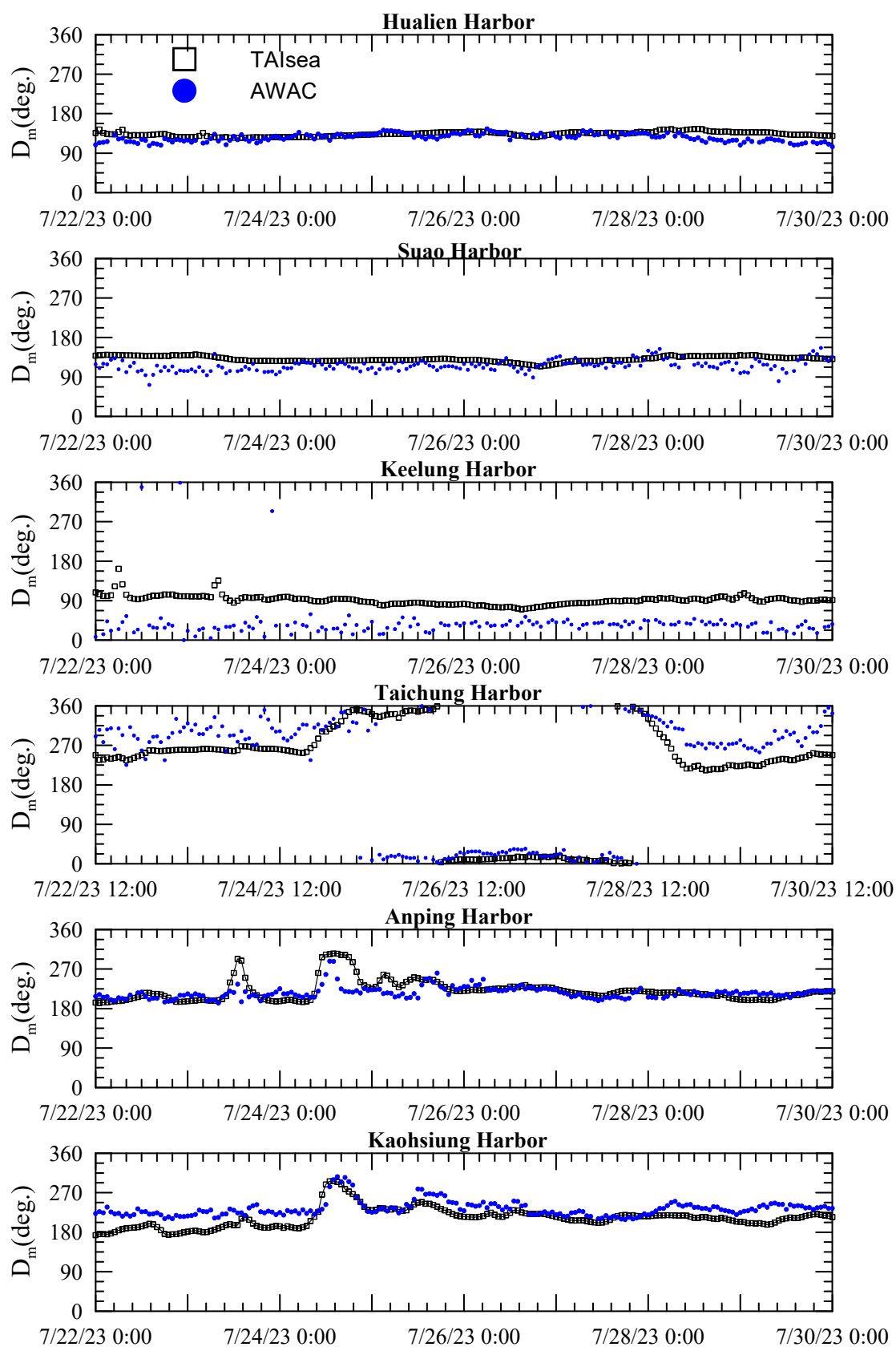


圖 3.25 杜蘇芮颱風侵臺期間平均波向模擬值與觀測值歷線圖

## 第四章 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

### 4.1 臺灣周圍海域水位模擬與觀測

#### 4.1.1 臺灣周圍海域水位模擬

目前運技中心針對臺灣周圍海域水動力模擬，係採用「臺海水動力模擬子系統」進行每日 1 次模擬預測。此水動力模擬系統整體模擬架構(詳圖 2.24)，包括 1 個中尺度水動力模擬及數個小尺度水動力模擬，其中中尺度水動力模擬採用的水動力模組，簡稱為臺海暴潮模組。在此架構下，臺海暴潮模組依據外部提供的天文潮邊界條件及每日 1 次作業化組合風壓場預測資料，模擬預測臺灣周圍海域水位變化。

現行臺海暴潮模組模擬範圍為東經  $116.5^{\circ} \sim 125^{\circ}$  及北緯  $21^{\circ} \sim 26.5^{\circ}$  之海域，如圖 4.1 所示；數值計算方法為有限元素法，故數值計算網格採用非結構三角形元素網格，如圖 4.2 所示，計有 8,237 個節點及 15,800 個三角形元素。數值計算網格開放邊界節點之天文潮邊界條件，係利用 Matsumoto et al. (2000)發展的 NAO.99Jb 模式預測邊界節點逐時天文潮水位資料，做為模組之輸入條件如圖 4.3 所示。圖 4.3 分別代表計算網格開放邊界四個角落節點之天文潮時序列資料，顯示數值計算網格左上角鄰近陸地(中國大陸)之節點其天文潮位呈現半日潮型，臺灣東部太平洋海上開放邊界節點之天文潮位屬於混合潮型態，網格西南角落開放邊界節點之天文潮位則呈現全日潮型態。

本計畫採用臺海暴潮模組模擬臺灣周圍海域水位變化，並利用運技中心各港潮位觀測資料校檢數值模擬結果。

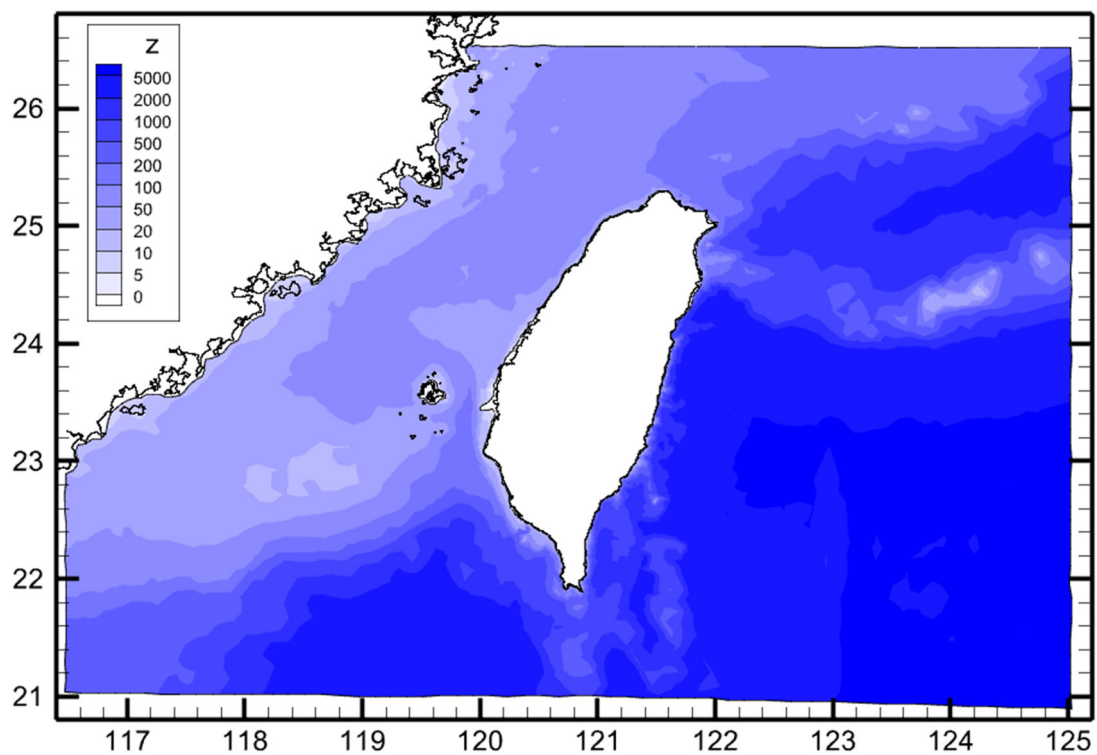


圖 4.1 臺海暴潮模組之模擬範圍圖

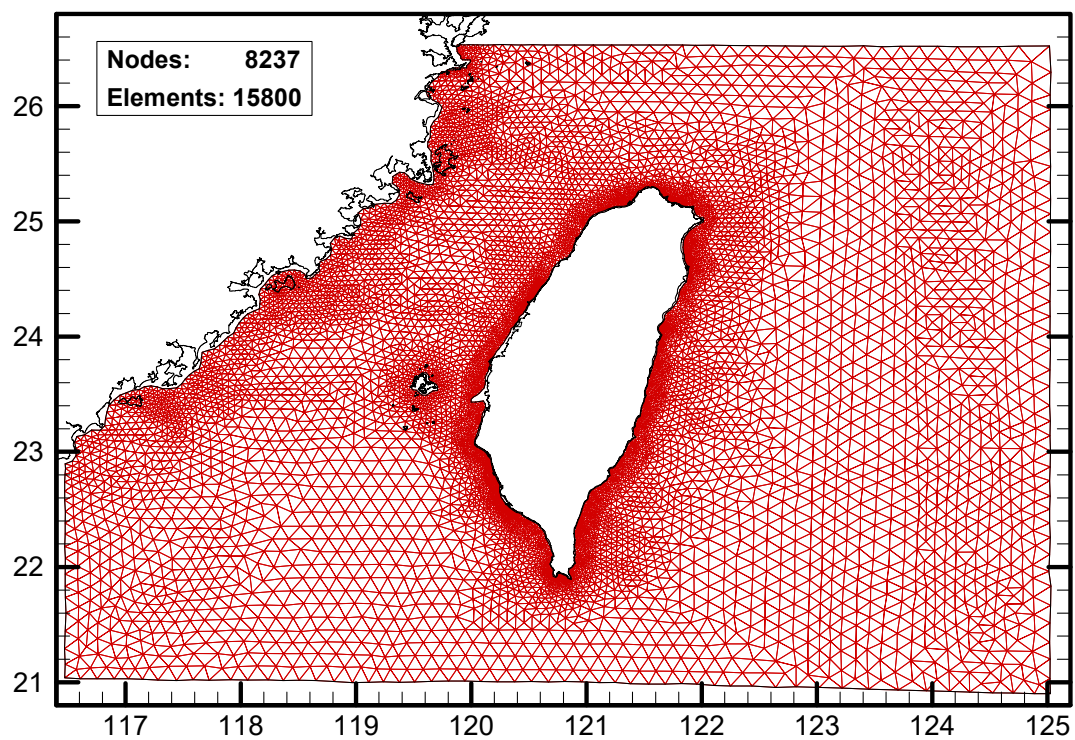


圖 4.2 臺海暴潮模組之三角形元素網格圖

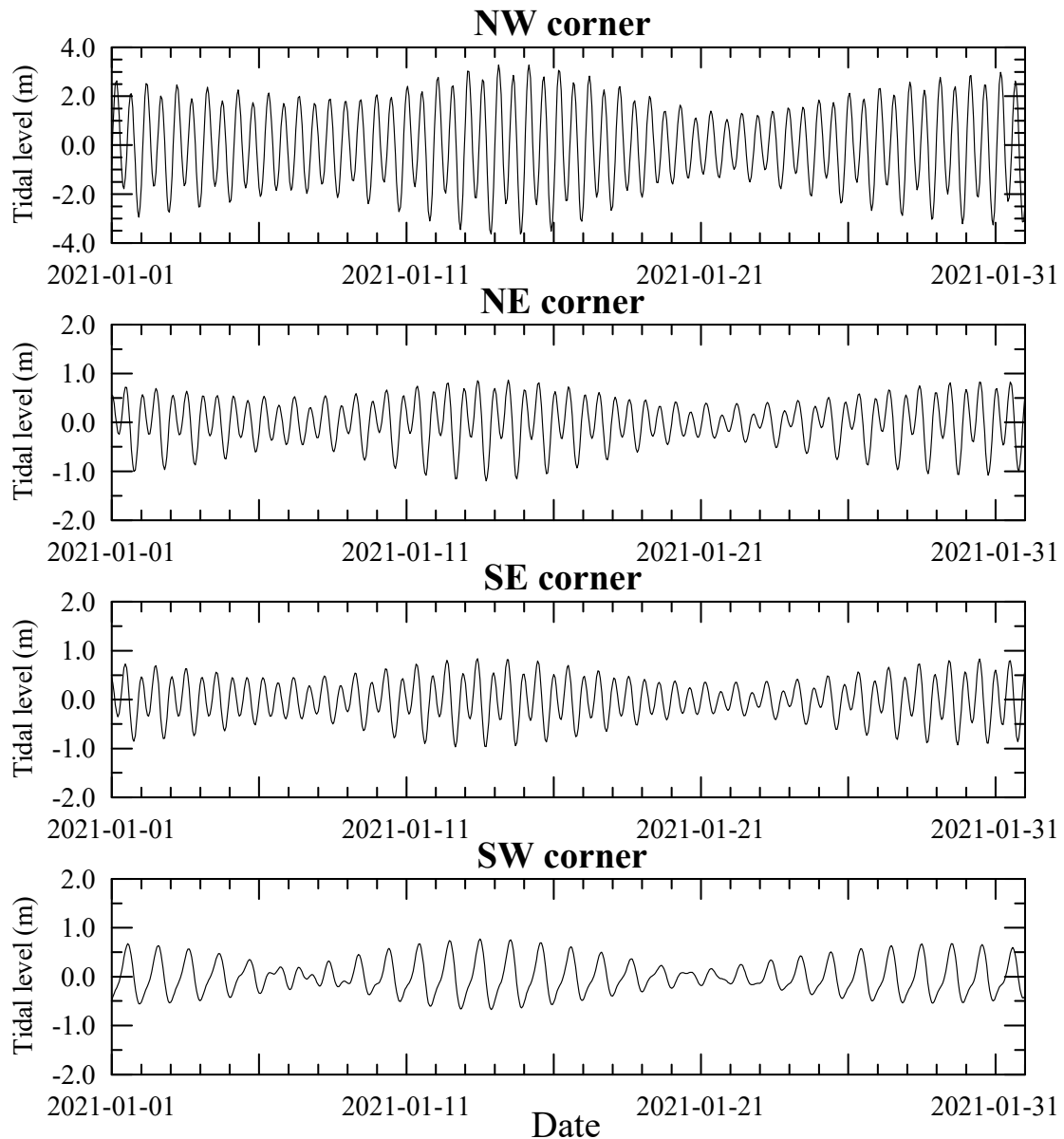


圖 4.3 臺海暴潮模組採用的天文潮水位邊界條件圖

#### 4.1.2 臺灣周圍海域潮位觀測

運技中心針對花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港及高雄港等主要商港均設有潮位觀測站，潮位站分布情形如圖 4.4 所示。各港潮位站觀測基準為中潮系統，即相對於臺灣高程基準 TWVD2001，本計畫蒐集運技中心 2022 年潮位觀測資料辦理潮位統計及天文潮調和分析。

各港 2022 年平均潮位統計值，如表 4-1 所列，表中各港逐時潮位觀測值係採用經同港區相鄰潮位站觀測值補遺後的資料，故僅臺北港及高雄

港出現少數缺漏資料，但不影響年平均潮位統計結果。整體而言，2022年各港年平均潮位，最高值出現在安平港 0.361m，最低值為臺北港 0.046m。

表 4-1 各港 2022 年逐時潮位資料之平均潮位高程表

|       | 花蓮港<br>(m) | 蘇澳港<br>(m) | 基隆港<br>(m) | 臺北港<br>(m) | 臺中港<br>(m) | 布袋港<br>(m)   | 安平港<br>(m)   | 高雄港<br>(m)   |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| 觀測資料數 | 8760       | 8760       | 8760       | 8756       | 8760       | 8760         | 8760         | 8750         |
| 平均潮位  | 0.165      | 0.131      | 0.103      | 0.046      | 0.253      | <b>0.347</b> | <b>0.361</b> | <b>0.348</b> |

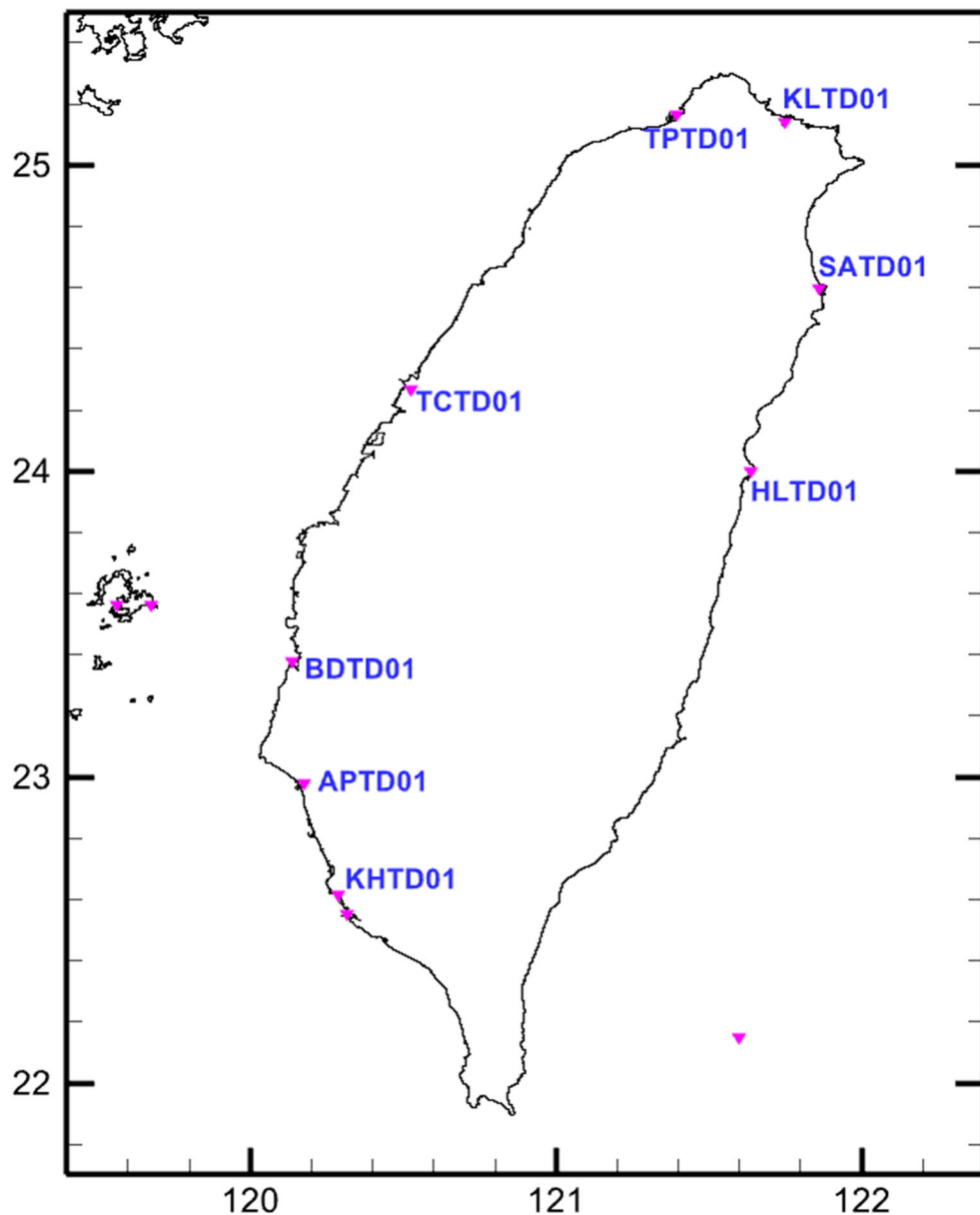


圖 4.4 各商港運技中心主要潮位站位置圖



針對各港逐時潮位選取 2021 年 12 月 31 日 0 時至 2022 年 12 月 31 日 23 時共計 8,784 小時進行天文潮調和分析，藉以得到各港 2022 年天文潮調和常數(詳見附錄三)。各港天文潮調和分析值與觀測值間之均方根誤差分析成果，如表 4-2 所列；表中各港 2022 年整體觀測值與調和分析值間均方根誤差值介於 0.054m~0.110m，其中均方根誤差最大值出現在臺北港。各港 2022 年天文潮調和分析值與觀測值之歷線比較，如圖 4.5~圖 4.12 所示。

本計畫依據各港 2022 年天文潮調和常數，預測各港 2023 年逐時天文潮潮位值，如圖 4.13~圖 4.20 所示，相關預測資料除了提供運技中心網站展示外，亦做為本計畫臺灣周圍海域水動力模組天文潮水位模擬校驗之依據。

**表 4-2 2022 年各港潮位調和分析值與觀測值逐月誤差分析表**

| 年/月           | 花蓮港<br>(m)   | 蘇澳港<br>(m)   | 基隆港<br>(m)   | 臺北港<br>(m)   | 臺中港<br>(m)   | 布袋港<br>(m)   | 安平港<br>(m)   | 高雄港<br>(m)   |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2022/01       | 0.045        | 0.053        | 0.036        | 0.121        | 0.174        | 0.070        | 0.078        | 0.067        |
| 2022/02       | 0.111        | 0.134        | 0.165        | 0.210        | 0.245        | 0.085        | 0.180        | 0.171        |
| 2022/03       | 0.096        | 0.102        | 0.125        | 0.164        | 0.188        | 0.066        | 0.140        | 0.126        |
| 2022/04       | 0.083        | 0.068        | 0.071        | 0.114        | 0.126        | 0.071        | 0.094        | 0.063        |
| 2022/05       | 0.055        | 0.067        | 0.065        | 0.118        | 0.142        | 0.067        | 0.108        | 0.069        |
| 2022/06       | 0.075        | 0.114        | 0.139        | 0.172        | 0.187        | 0.045        | 0.128        | 0.093        |
| 2022/07       | 0.149        | 0.154        | 0.197        | 0.216        | 0.212        | 0.048        | 0.134        | 0.102        |
| 2022/08       | 0.185        | 0.157        | 0.203        | 0.224        | 0.213        | 0.050        | 0.135        | 0.113        |
| 2022/09       | 0.151        | 0.116        | 0.143        | 0.176        | 0.194        | 0.064        | 0.132        | 0.124        |
| 2022/10       | 0.073        | 0.062        | 0.055        | 0.114        | 0.138        | 0.086        | 0.112        | 0.109        |
| 2022/11       | 0.076        | 0.083        | 0.091        | 0.137        | 0.122        | 0.072        | 0.082        | 0.067        |
| 2022/12       | 0.118        | 0.130        | 0.156        | 0.197        | 0.197        | 0.089        | 0.115        | 0.095        |
| <b>2022 年</b> | <b>0.067</b> | <b>0.062</b> | <b>0.078</b> | <b>0.110</b> | <b>0.088</b> | <b>0.069</b> | <b>0.058</b> | <b>0.054</b> |
| <b>2021 年</b> | <b>0.068</b> | <b>0.064</b> | <b>0.076</b> | <b>0.088</b> | <b>0.092</b> | <b>0.071</b> | <b>0.059</b> | <b>0.058</b> |

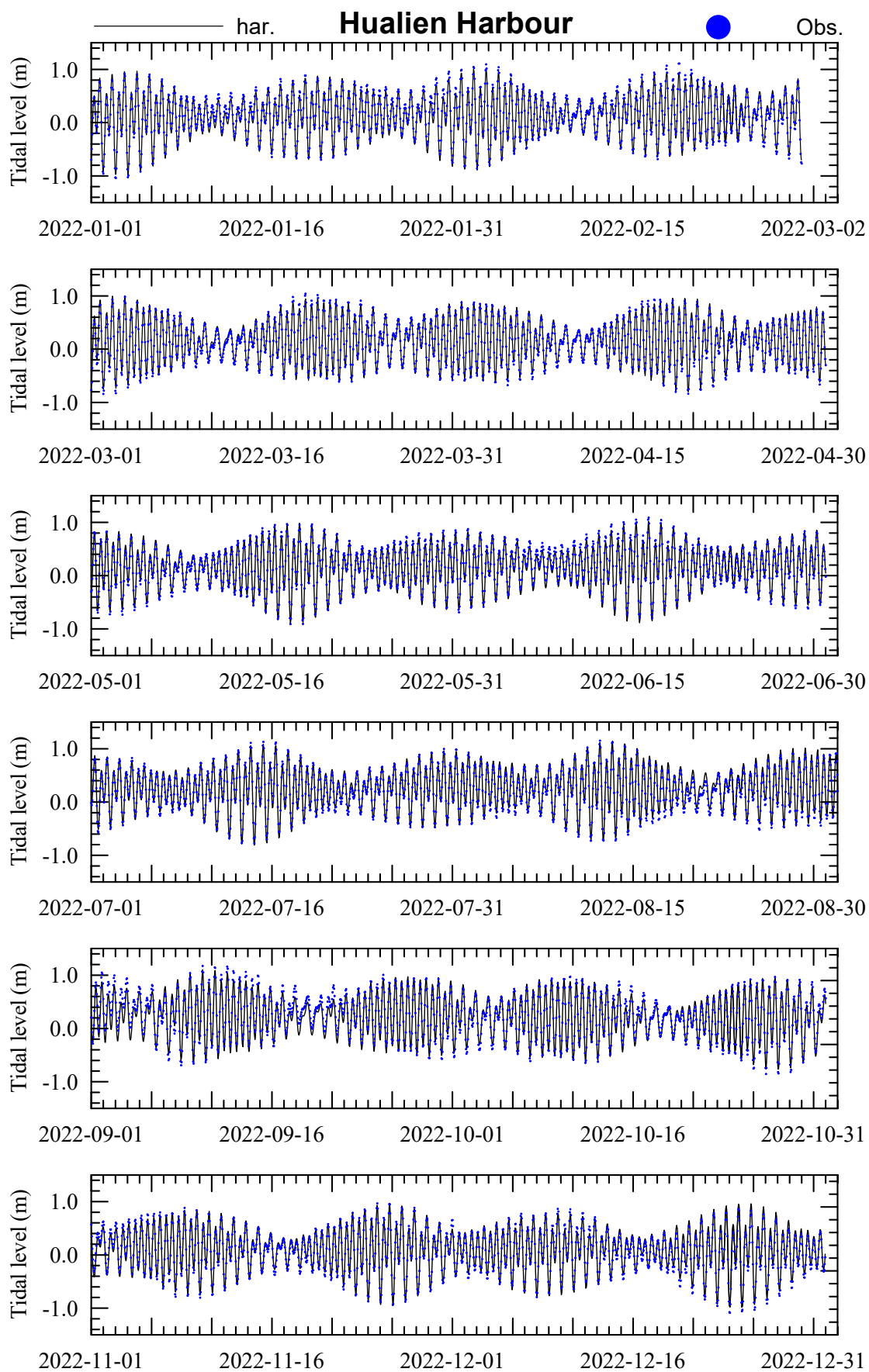


圖 4.5 花蓮港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

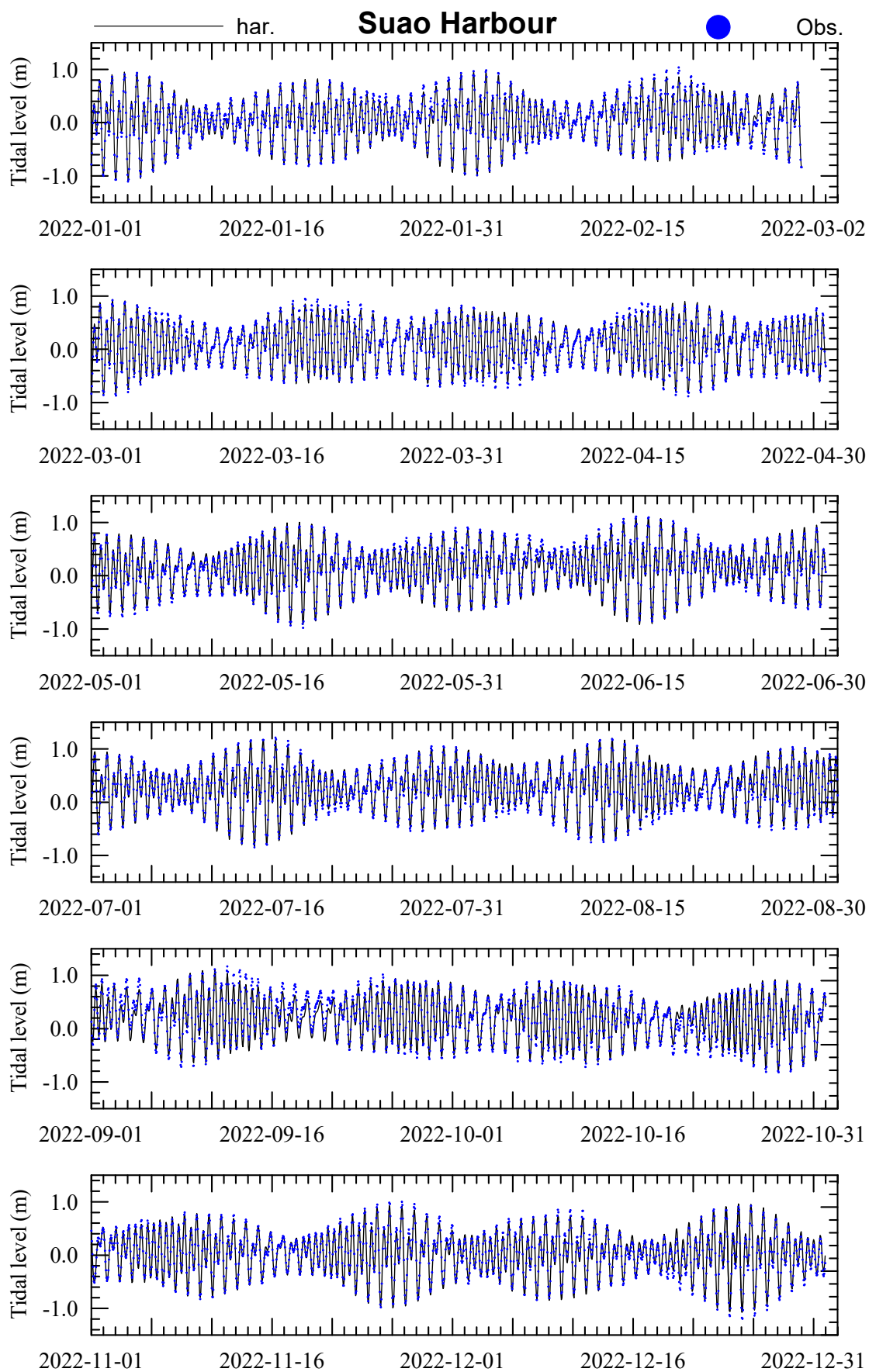


圖 4.6 蘇澳港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

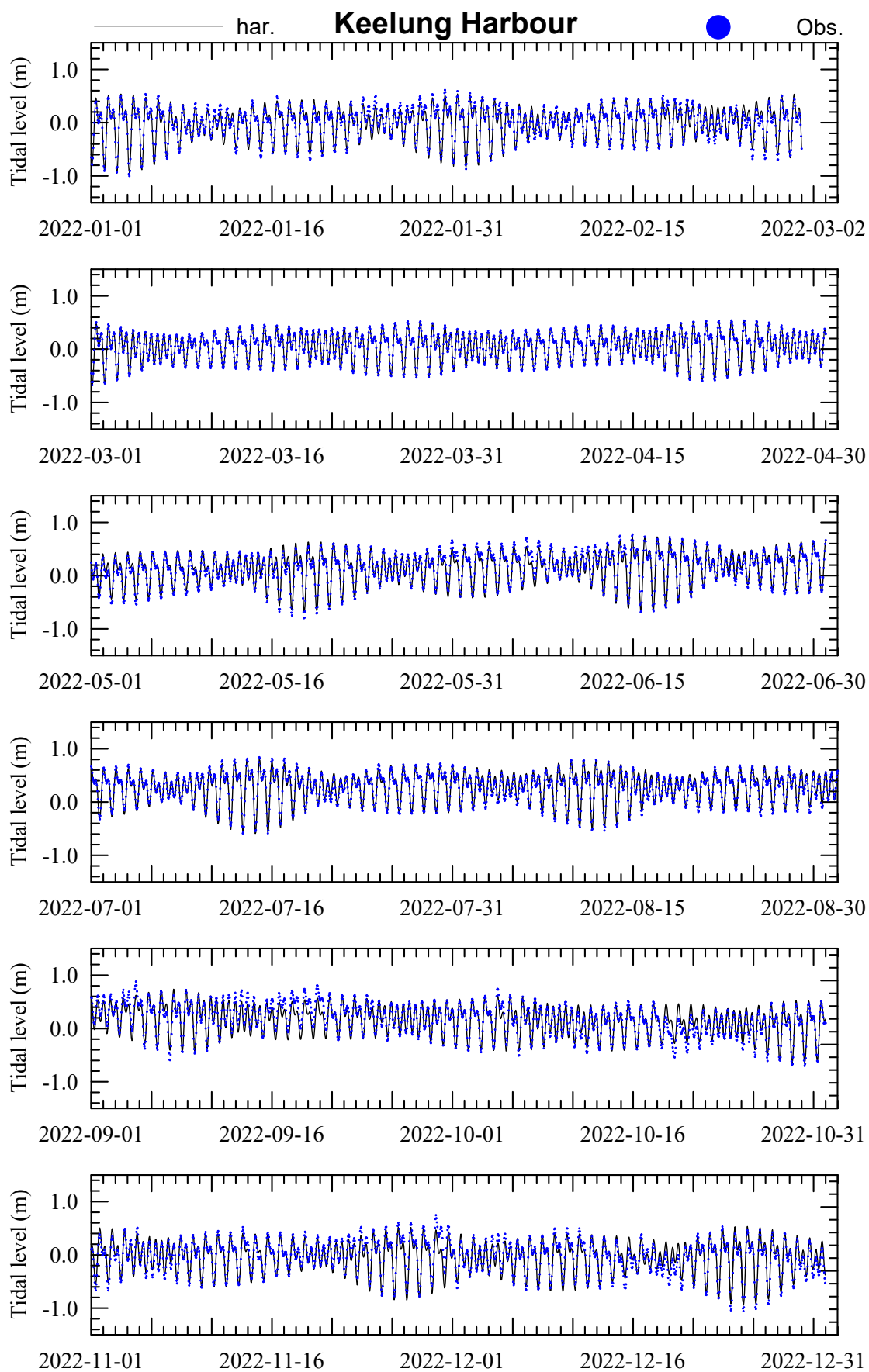


圖 4.7 基隆港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

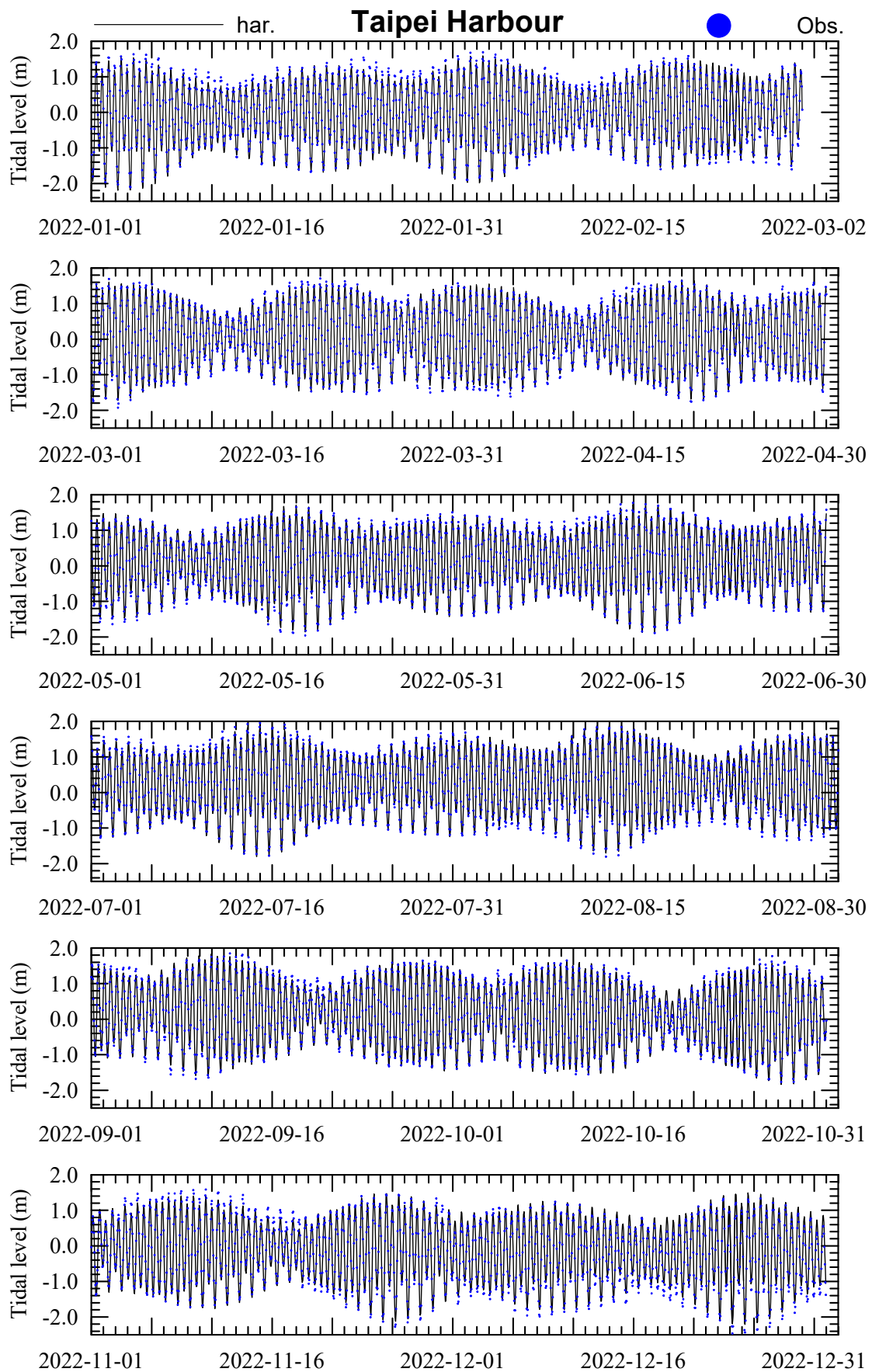


圖 4.8 臺北港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖



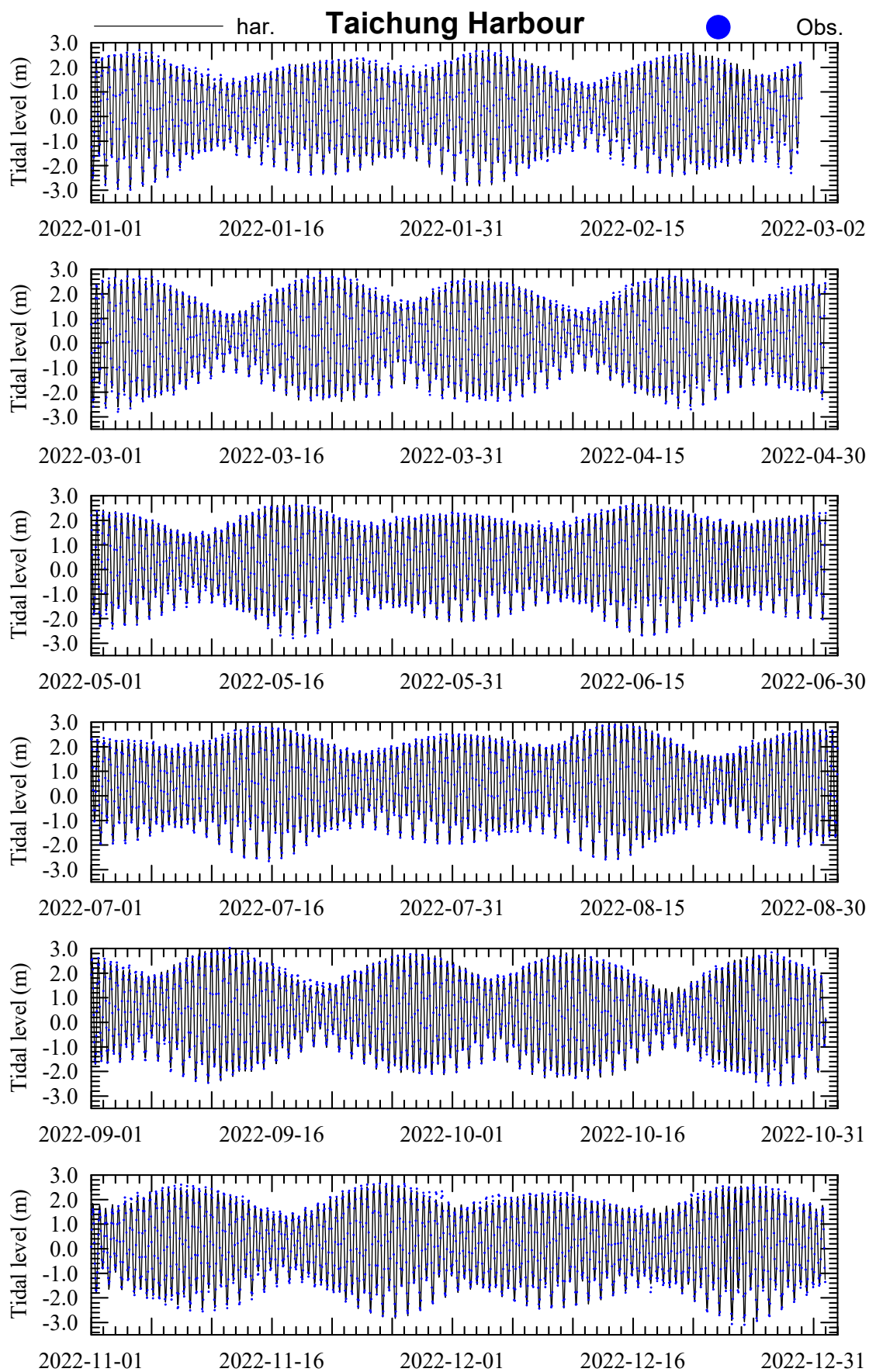


圖 4.9 臺中港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

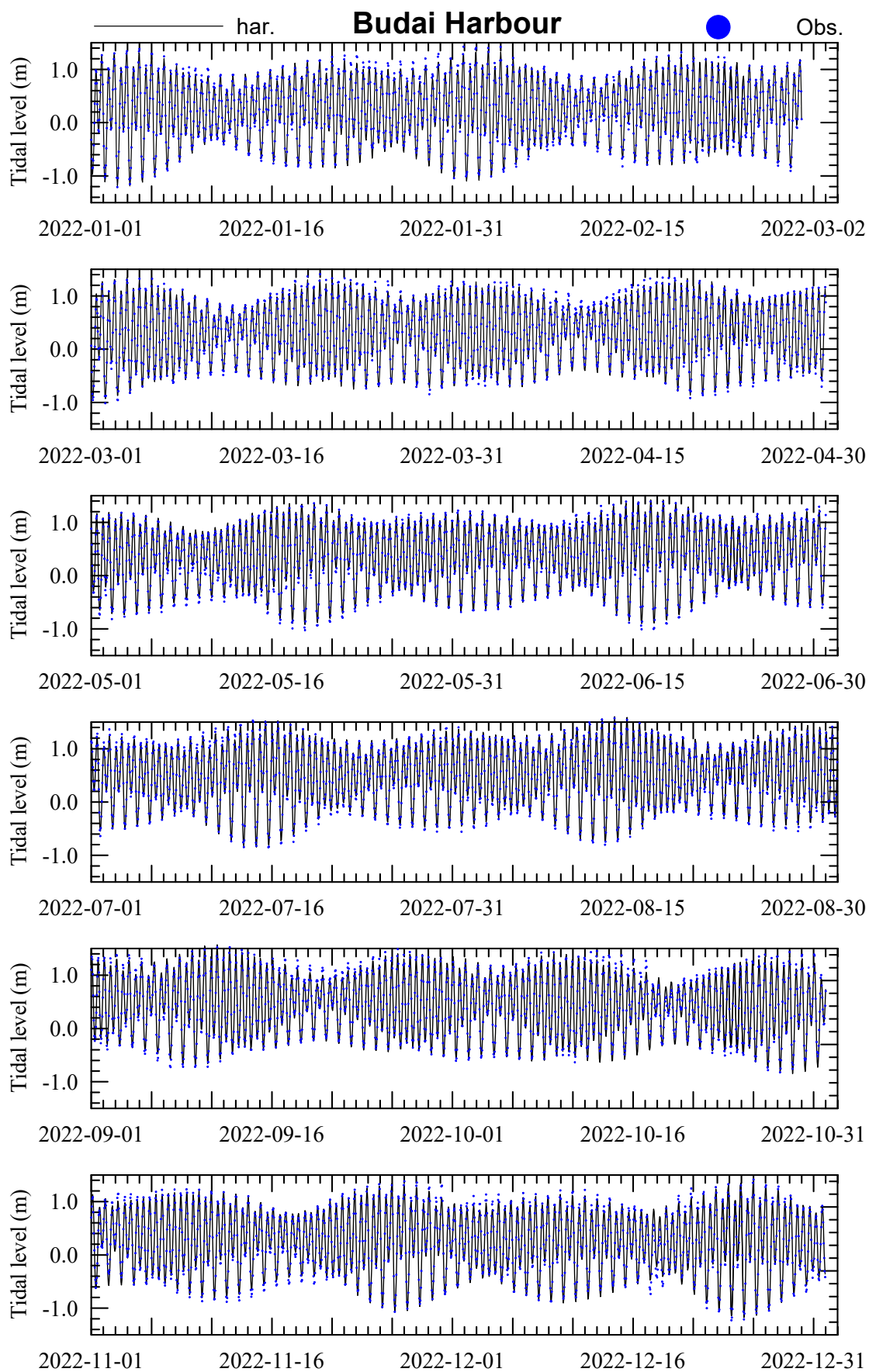


圖 4.10 布袋港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

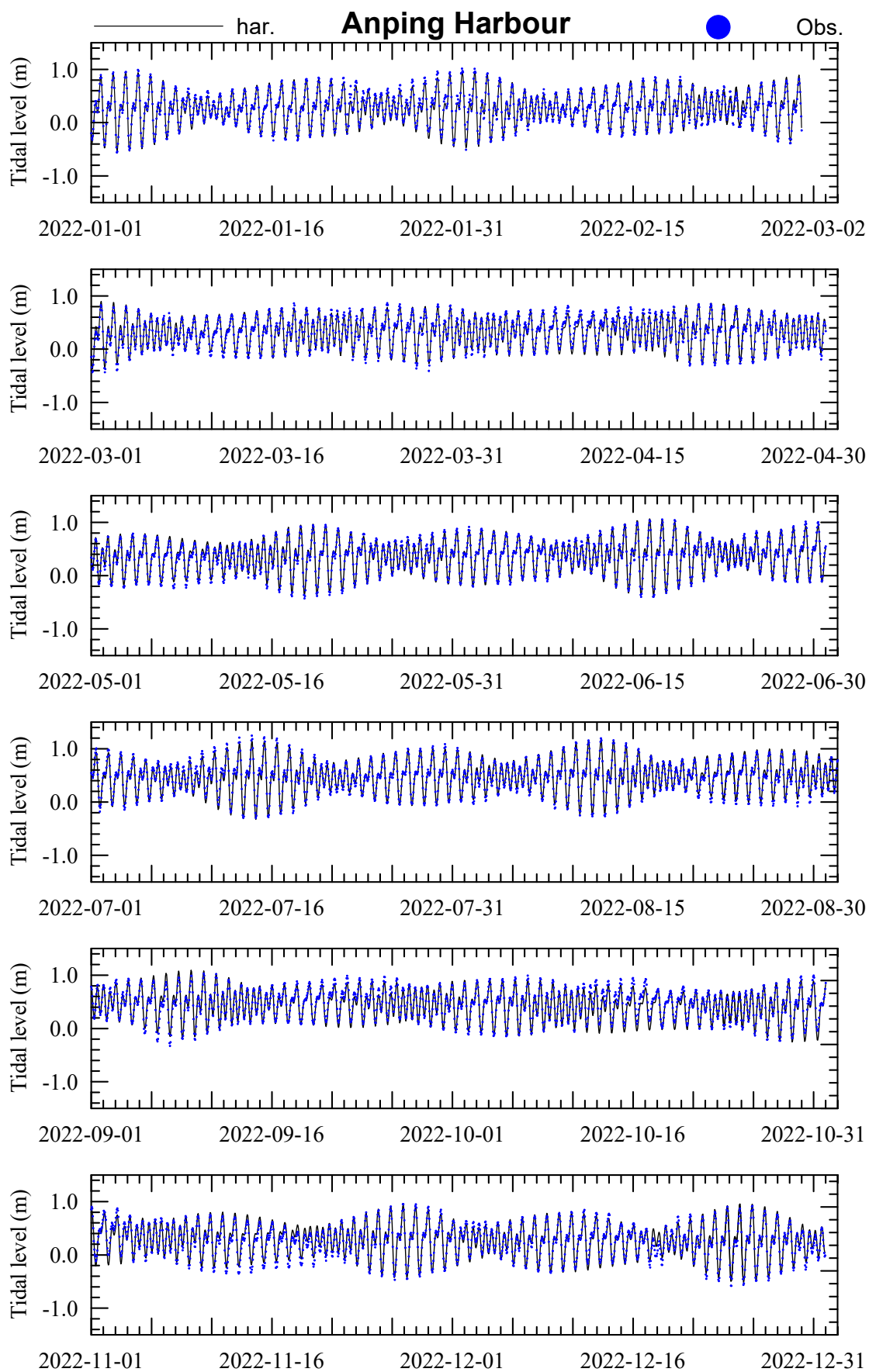


圖 4.11 安平港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖



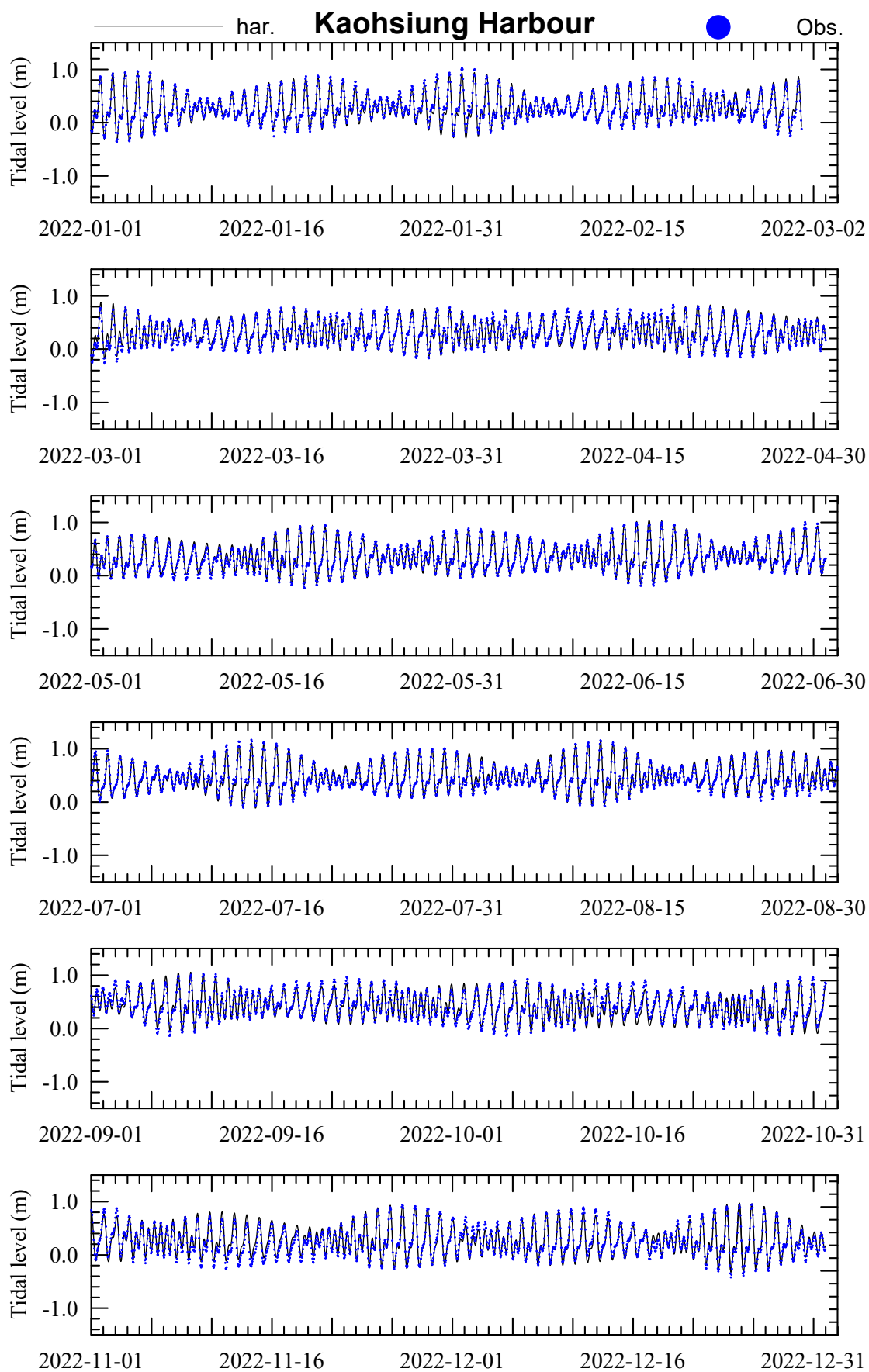


圖 4.12 高雄港 2022 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

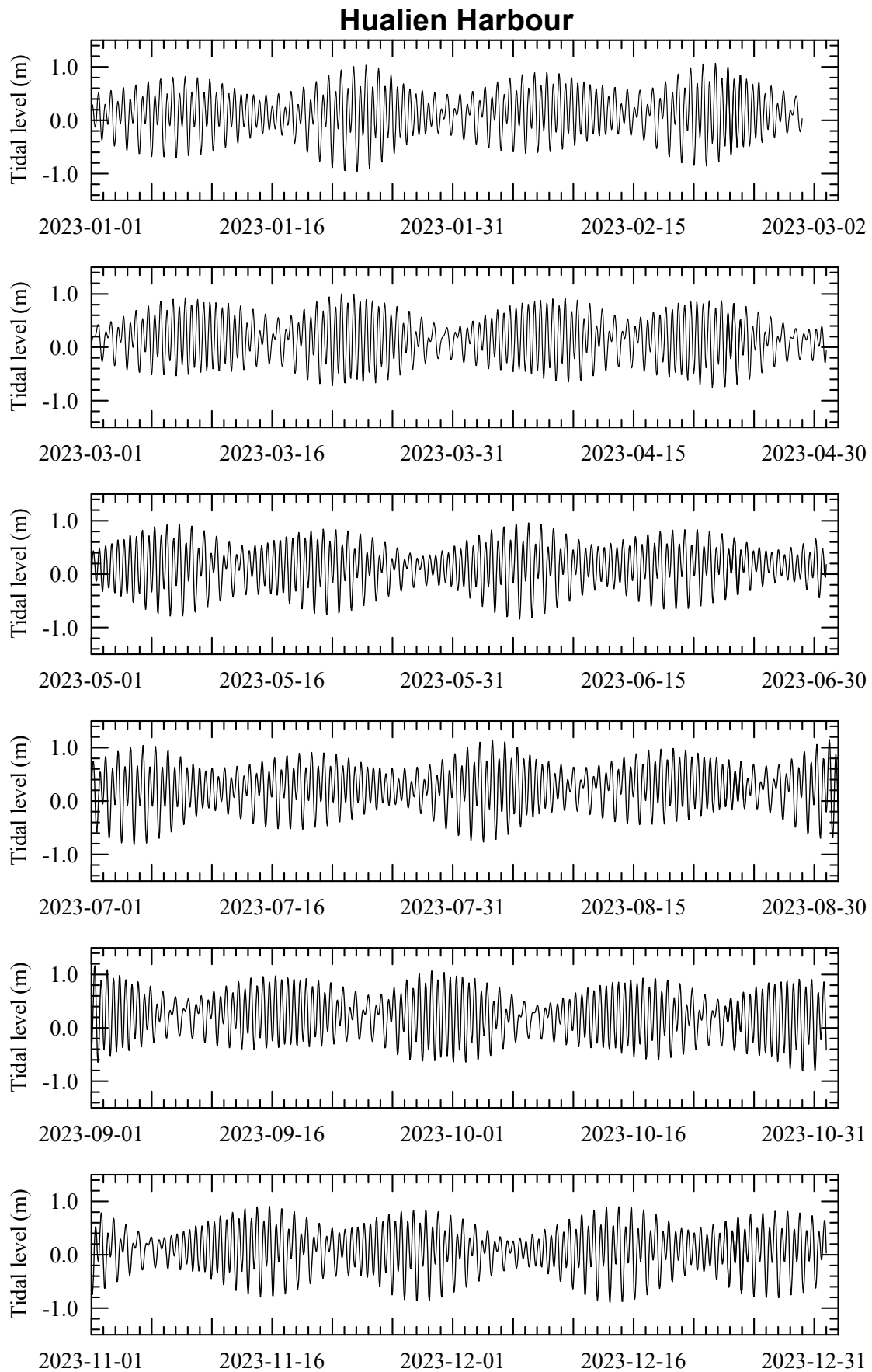
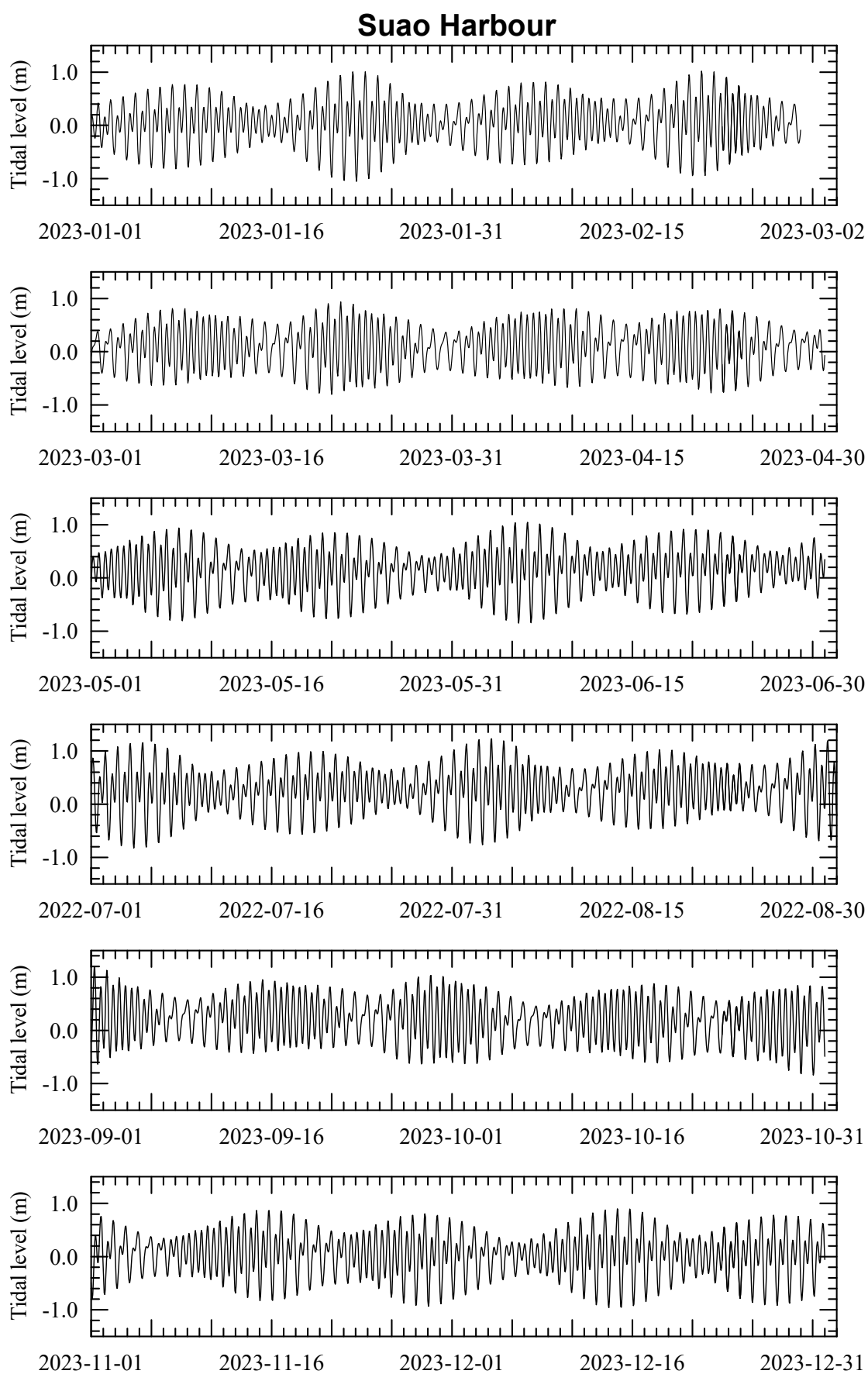
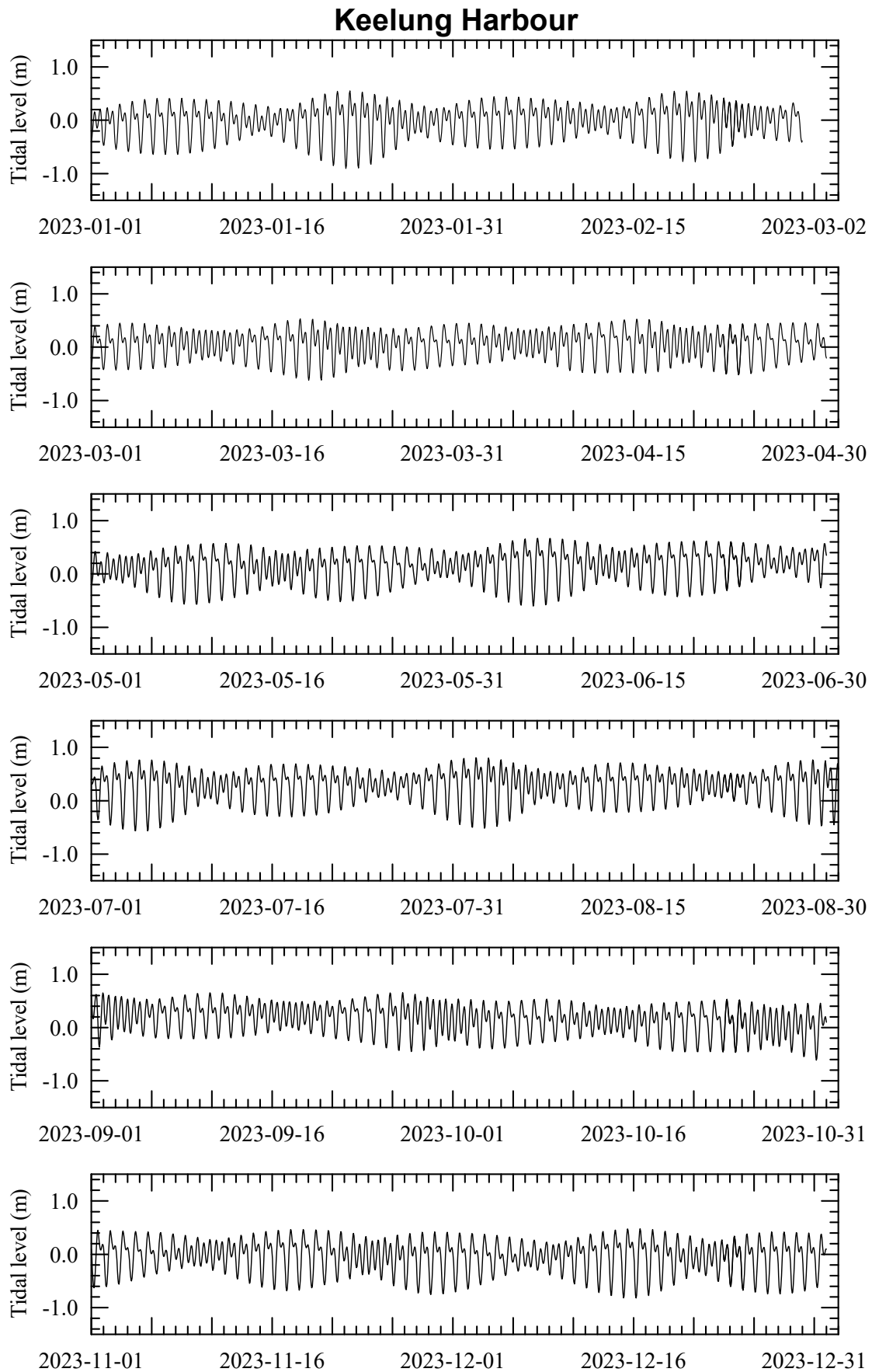


圖 4.13 花蓮港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖



**圖 4.14 蘇澳港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖**



**圖 4.15 基隆港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖**

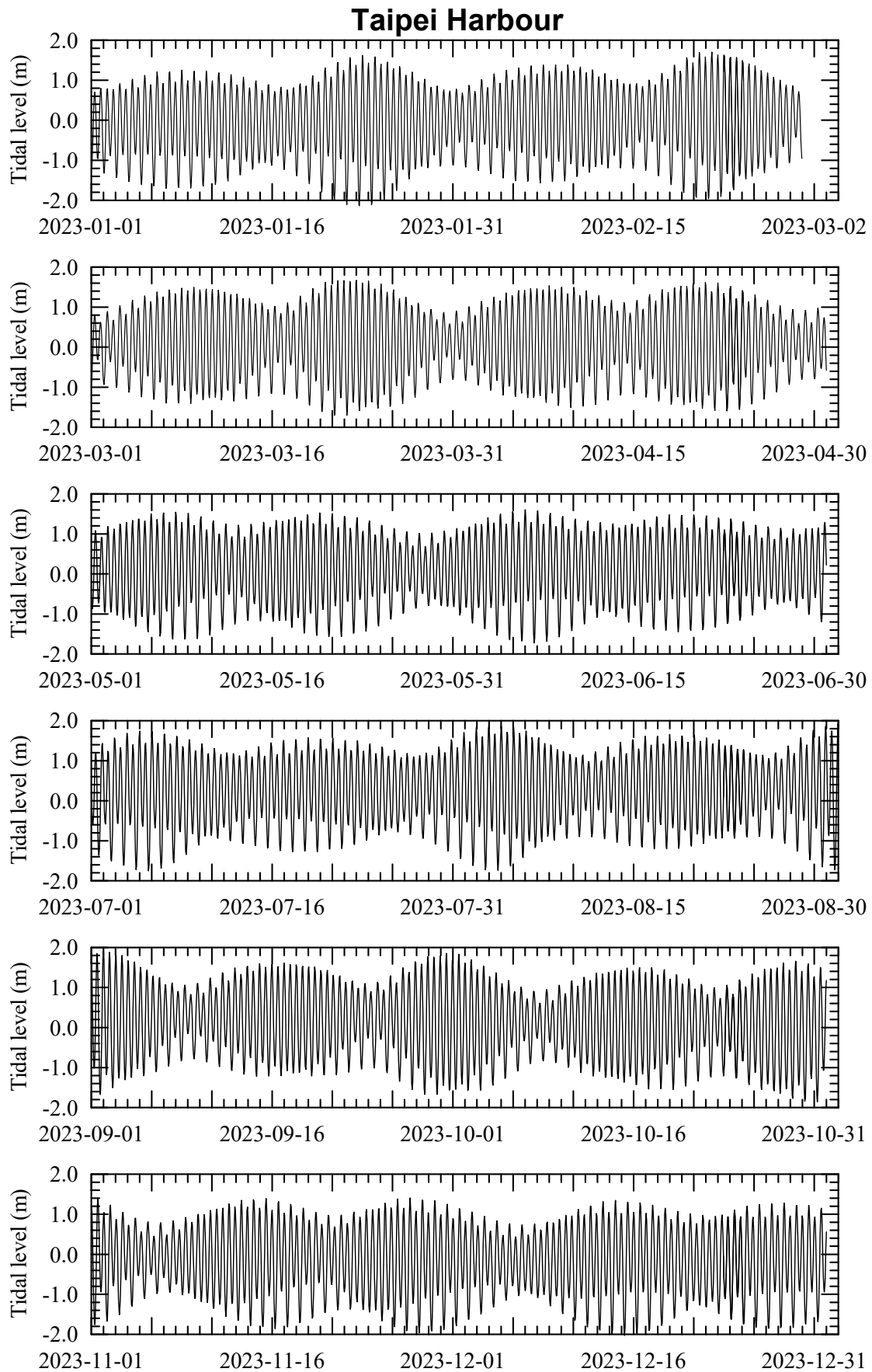


圖 4.16 臺北港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖

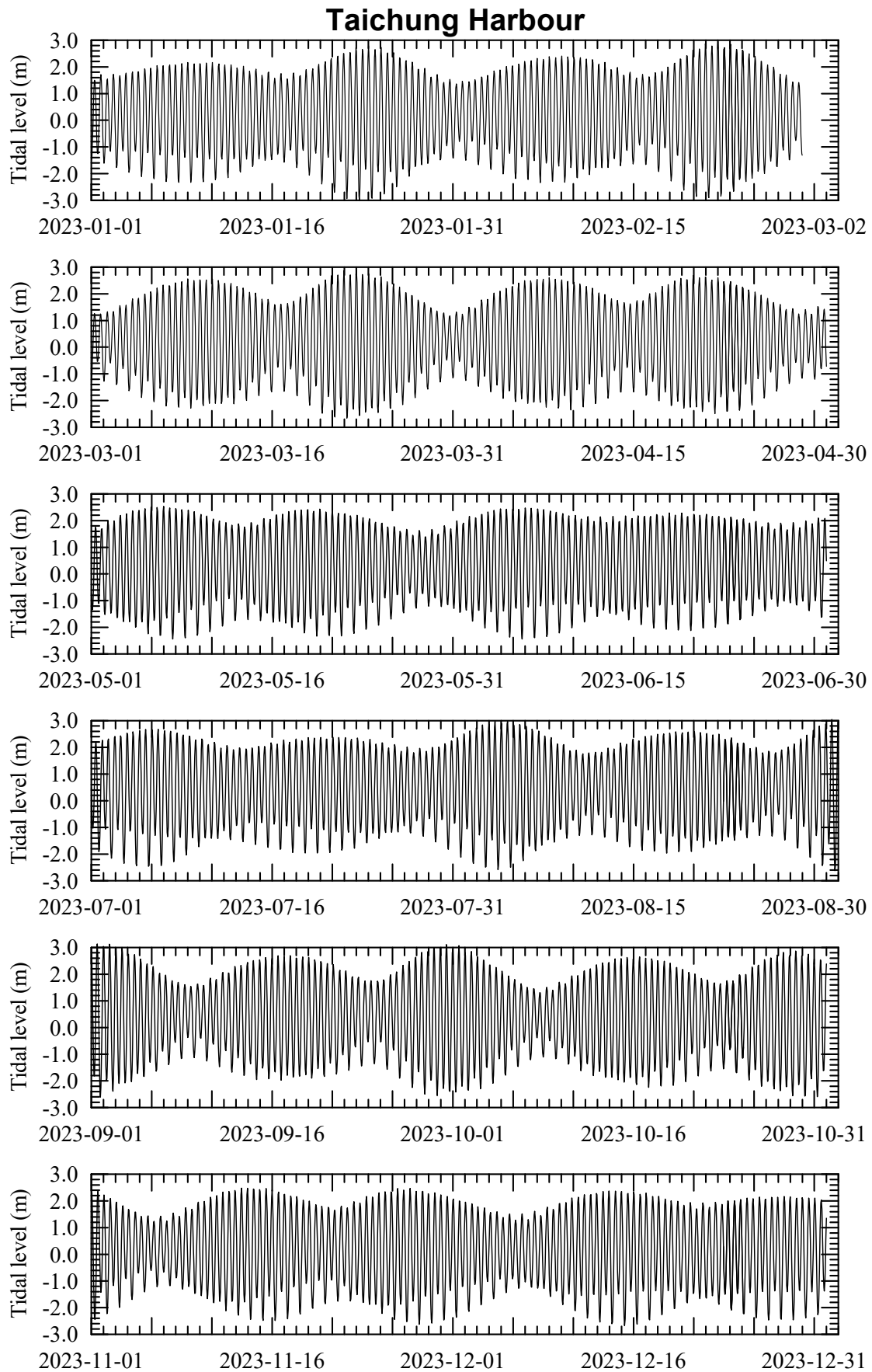


圖 4.17 臺中港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖

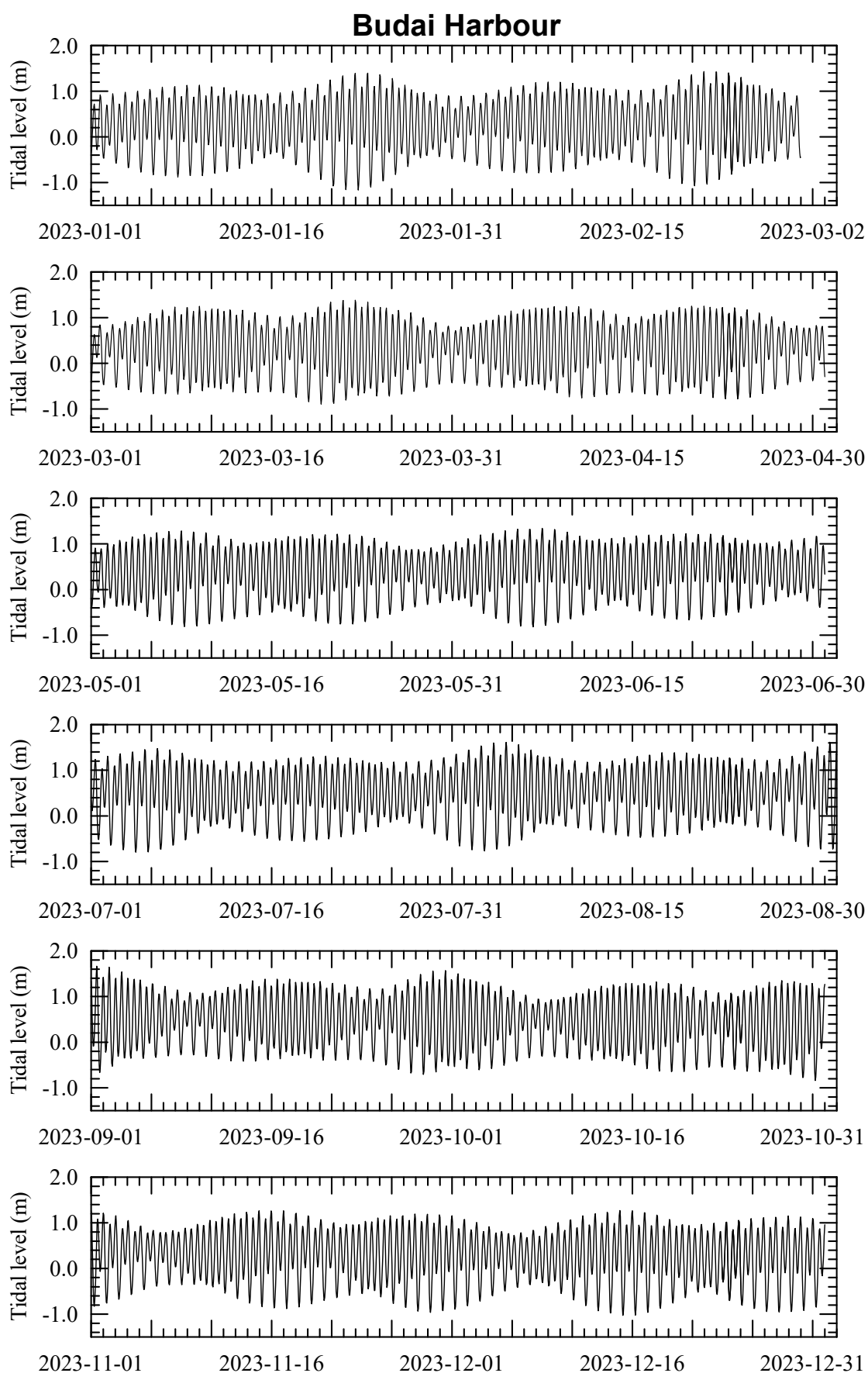


圖 4.18 布袋港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖

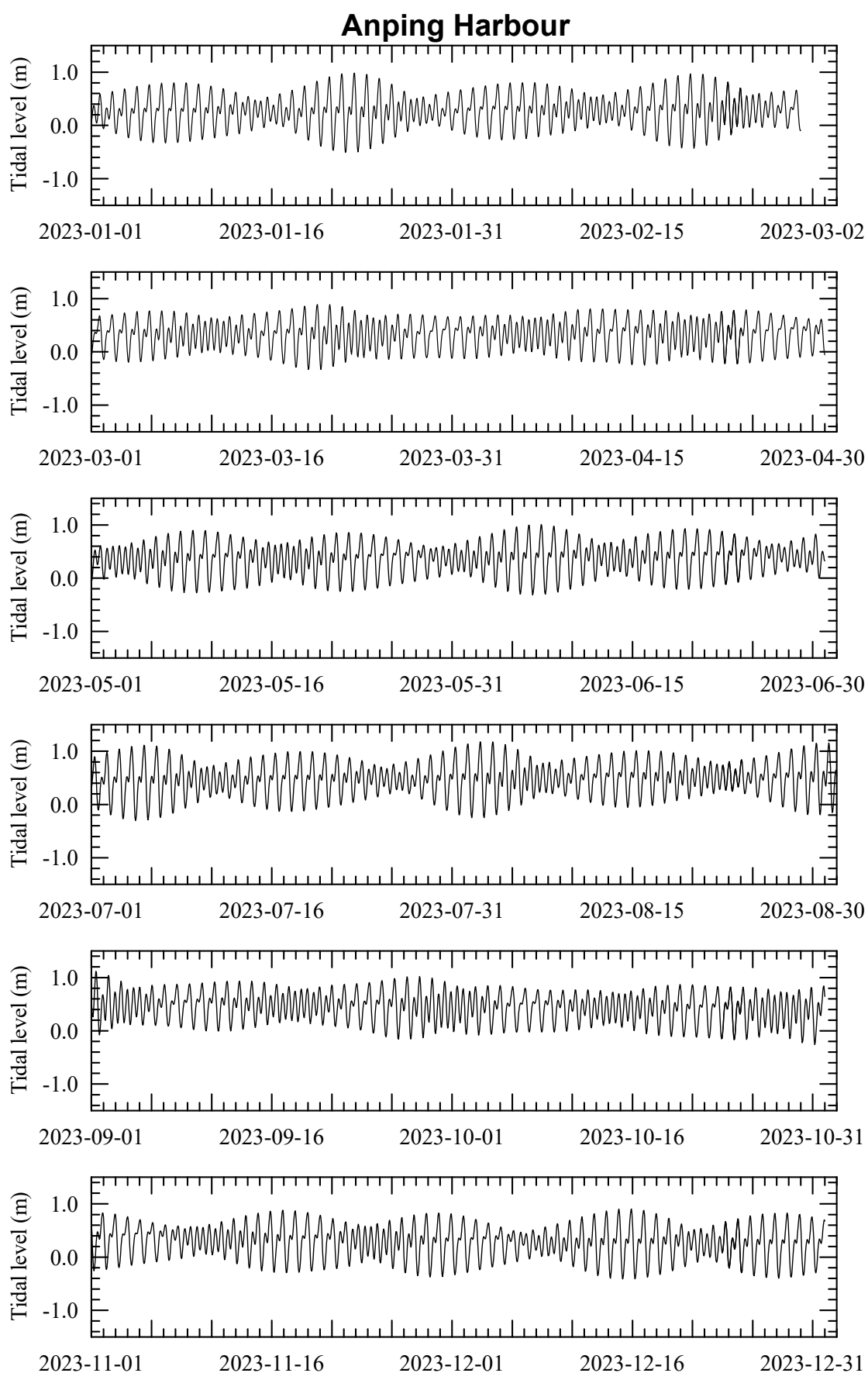
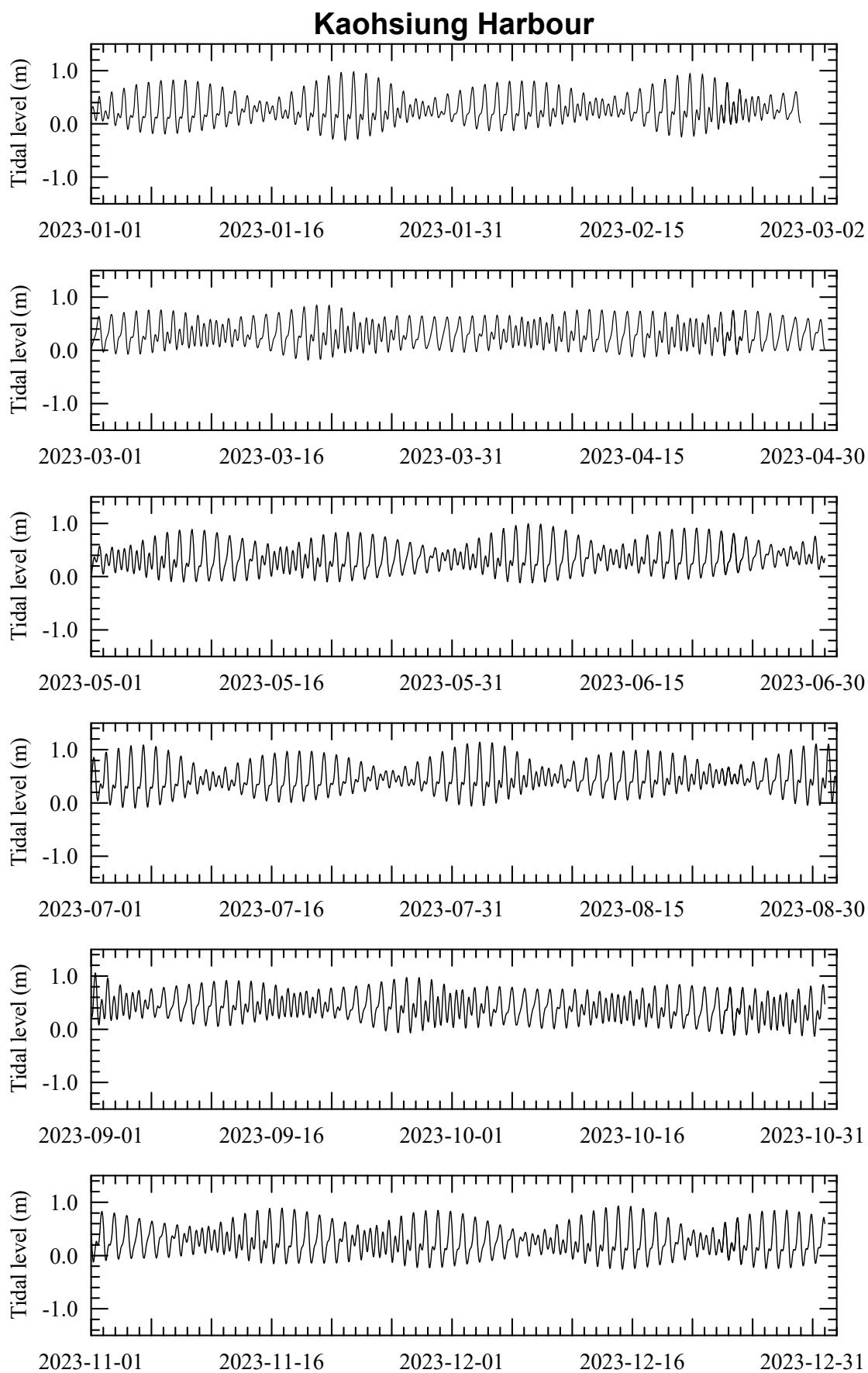


圖 4.19 安平港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖





**圖 4.20 高雄港 2023 年天文潮預測值逐時歷線圖**

### 4.1.3 暴潮偏差分析

暴潮是海水面因強烈的大氣擾動及氣壓急劇變化所引起的異常顯著的海水位變化現象，臺灣周圍海域之暴潮主要是指由低氣壓氣旋風場(即颱風)引起的海水位異常抬升的現象。在颱風影響下，因氣壓下降及風速之影響造成海水位異常變化，此種因颱風引起而與天文潮(或潮汐)有異之水位變化，稱為暴潮偏差。本計畫暴潮偏差依分析方法區分為分析值及預測值，分別定義如下：

(1)暴潮偏差分析值定義為颱風侵臺期間，潮位觀測值與天文潮調和分析值之差值，此處天文潮分析值，係指當年度潮位觀測值經調和分析法得到該年度之天文潮潮位值；

(2)暴潮偏差預測值定義為颱風侵臺期間，潮位觀測值與天文潮預測值之差值，此處天文潮預測值，係指利用前一年度潮位觀測之天文潮調和常數(即分潮振幅及相位角)預測當年度天文潮潮位值。

2022 年氣象署發布侵臺警報之颱風資料，如表 4-3 所列，計有編號 11 號強烈颱風軒嵐諾(HINNAMNOR)、12 號中度颱風梅花(MUIFA)及 20 號中度颱風尼莎(NESAT)等 3 個，其中僅強烈颱風軒嵐諾發布陸上警報，歸類為第 6 類侵臺路徑(沿臺灣東岸或東部海面北上)，颱風行進路徑詳參圖 3.11，判斷颱風引起的暴潮可能對花蓮港、蘇澳港及基隆港等 3 港口產生明顯影響。因此，本計畫利用 2022 年 9 月花蓮港、蘇澳港及基隆港等 3 港潮位觀測值及 2022 年天文潮分析值，計算強烈颱風軒嵐諾引起的暴潮偏差變化歷線(分析值)，如圖 4.21 所示。

由圖 4.21 分析結果得知，花蓮港受颱風顯著影響時間約為 9 月 3 日 11~19 時，當日滿潮潮位值為 0.832m、發生時間為 23 時；最大潮位偏差值為 0.302m，發生時間為 9 月 3 日 15 時，適值天文潮預測低潮位前 1 小時；蘇澳港颱風顯著影響時間約為 9 月 4 日 6~11 時，當日最滿潮潮位值為 0.938m、發生時間為 23 時；最大潮位偏差值為 0.232m，發生時間為 9 月 4 日 07 時，適值天文潮預測低潮位後 1 小時；基隆港颱風顯著影響時間約為 9 月 4 日 3~19 時，當日滿潮潮位值為 0.881m、發生時間為 17 時；最大潮位偏差值為 0.257m，發生時間為 9 月 4 日 17 時，適值天文潮預測

滿潮時間。以 3 港口潮位偏差分析結果而言，軒嵐諾颱風引起的暴潮雖然對港內水位有產生較明顯的抬升現象，但仍屬於不顯著的暴潮偏差。

表 4-3 2022 年氣象署發布侵臺警報之颱風資訊表

| 颱風編號    | 颱風名稱               | 警報期間        | 近臺強度 | 侵臺路徑 | 近臺近中心最低氣壓(hPa) | 近臺近中心最大風速(m/s) | 警報發布報數 |
|---------|--------------------|-------------|------|------|----------------|----------------|--------|
| 2022 11 | 軒嵐諾<br>(HINNAMNOR) | 09/2~09/04  | 強烈   | 6    | 915            | 55             | 21     |
| 2022 12 | 梅花<br>(MUIFA)      | 09/11~09/13 | 中度   | ---  | 945            | 43             | 20     |
| 2022 20 | 尼莎<br>(NESAT)      | 10/05~10/16 | 中度   | ---  | 970            | 33             | 11     |

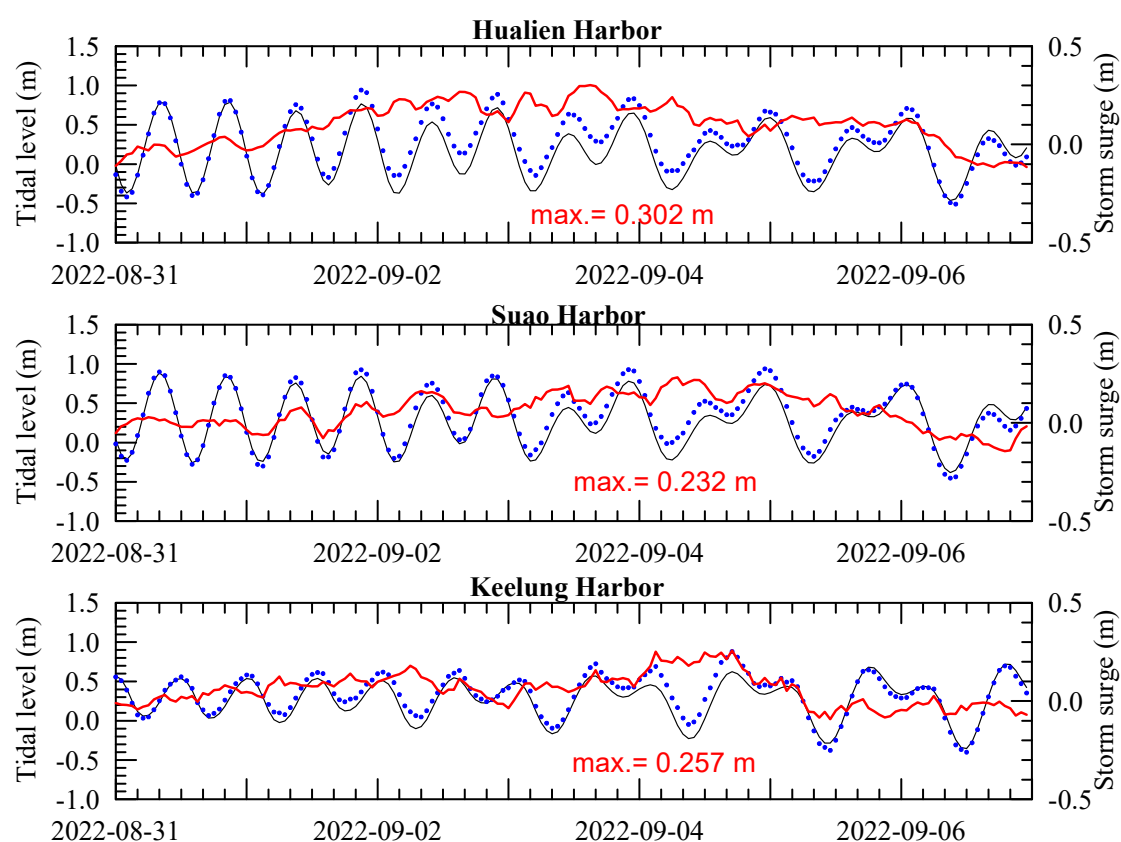


圖 4.21 2022 年軒嵐諾颱風期間潮位偏差分析歷線圖

本年度(統計至 8 月底)氣象署發布侵臺警報之颱風資料，如表 4-4 所列，計有 202302 中度颱風瑪娃(MAWAR)、202305 中度颱風杜蘇芮(DOKSURI)、202306 中度颱風卡努(KHANUN)及 202309 強烈颱風蘇拉(SAOLA)等 4 個；颱風行進路徑詳參圖 3.14 至圖 3.17 所示，其中杜蘇芮颱風侵臺路徑為第 7 類，沿臺灣西岸或臺灣海峽北上，卡努颱風侵臺路徑歸屬於特殊路徑。

本計畫利用 2023 年各港潮位觀測值及天文潮調和分析預測值，分析杜蘇芮颱風及卡努颱風侵臺期間，颱風暴潮引起的暴潮偏差歷線(預測值)，如圖 4.22~圖 4.23 所示。圖 4.22 所示為杜蘇芮颱風期間，高雄港、安平港及布袋港等 3 港口潮位觀測值、本計畫調和分析天文潮位預測值及潮位偏差分析歷線，顯示 3 港口在杜蘇芮颱風侵臺期間，於高潮位時均出現顯著的潮位偏差；因此，可視為杜蘇芮颱風引起的顯著暴潮偏差。其中高雄港最大暴潮偏差值為 0.397m，發生於 28 日 3 時，適值天文潮預測滿潮位；安平港最大暴潮偏差值為 0.66m，發生於 28 日 5 時，適值天文潮預測滿潮位後 1 小時；布袋港最大暴潮偏差值為 0.761m，發生於 28 日 5 時，適值天文潮預測滿潮位前 1 小時。

圖 4.23 所示為卡努颱風期間，基隆港、蘇澳港及花蓮港等 3 港口潮位觀測值、本計畫調和分析天文潮位預測值及潮位偏差分析歷線，顯示在卡努颱風侵臺期間，基隆港、蘇澳港及花蓮港等 3 港口均有明顯的潮位抬升現象。花蓮港最大潮位偏差值為 0.392m，發生時間為 8 月 4 日 9 時，適值天文潮預測滿潮位(1.112 m)後 1 小時；蘇澳港最大潮位偏差值為 0.354m，發生時間為 8 月 3 日 22 時，適值天文潮預測高潮位後 2 小時；基隆港最大潮位偏差值為 0.276m，發生時間為 8 月 4 日 0 時，適值天文潮預測滿潮時間。

**表 4-4 2023 年氣象署發布侵臺警報之颱風資訊表(統計至 8 月底)**

| 颱風編號    | 颱風名稱             | 警報期間        | 近臺強度 | 侵臺路徑 | 近臺近中心最低氣壓(hPa) | 近臺近中心最大風速(m/s) | 警報發布報數 |
|---------|------------------|-------------|------|------|----------------|----------------|--------|
| 2023 02 | 瑪娃<br>(MAWAR)    | 05/29~05/31 | 中度   | ---  | 945            | 43             | 16     |
| 2023 05 | 杜蘇芮<br>(DOKSURI) | 07/24~07/28 | 中度   | 7    | 935            | 48             | 32     |
| 2023 06 | 卡努<br>(KHANUN)   | 08/01~08/04 | 中度   | 特殊   | 945            | 43             | 22     |
| 2023 09 | 蘇拉<br>(SAOLA)    | 08/28~08/31 | 強烈   | ---  | 915            | 53             | 22     |

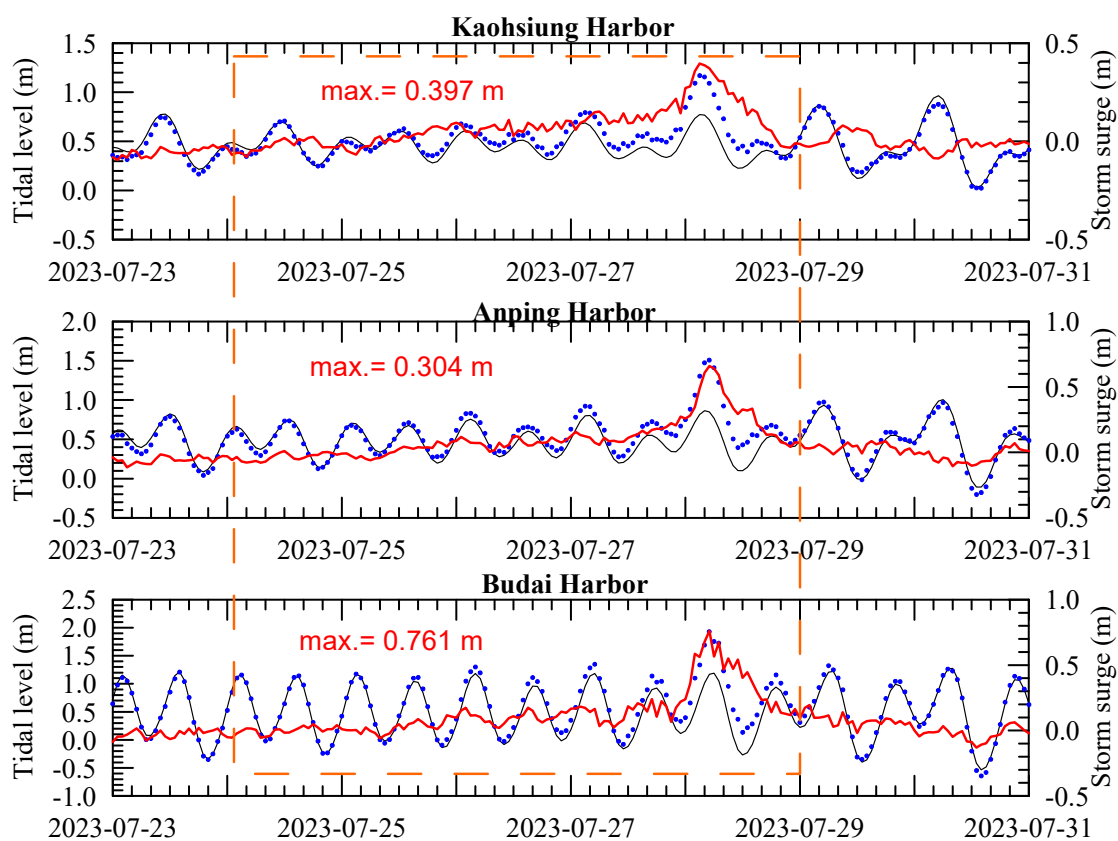


圖 4.22 2023 年杜蘇芮颱風期間潮位偏差分析歷線圖

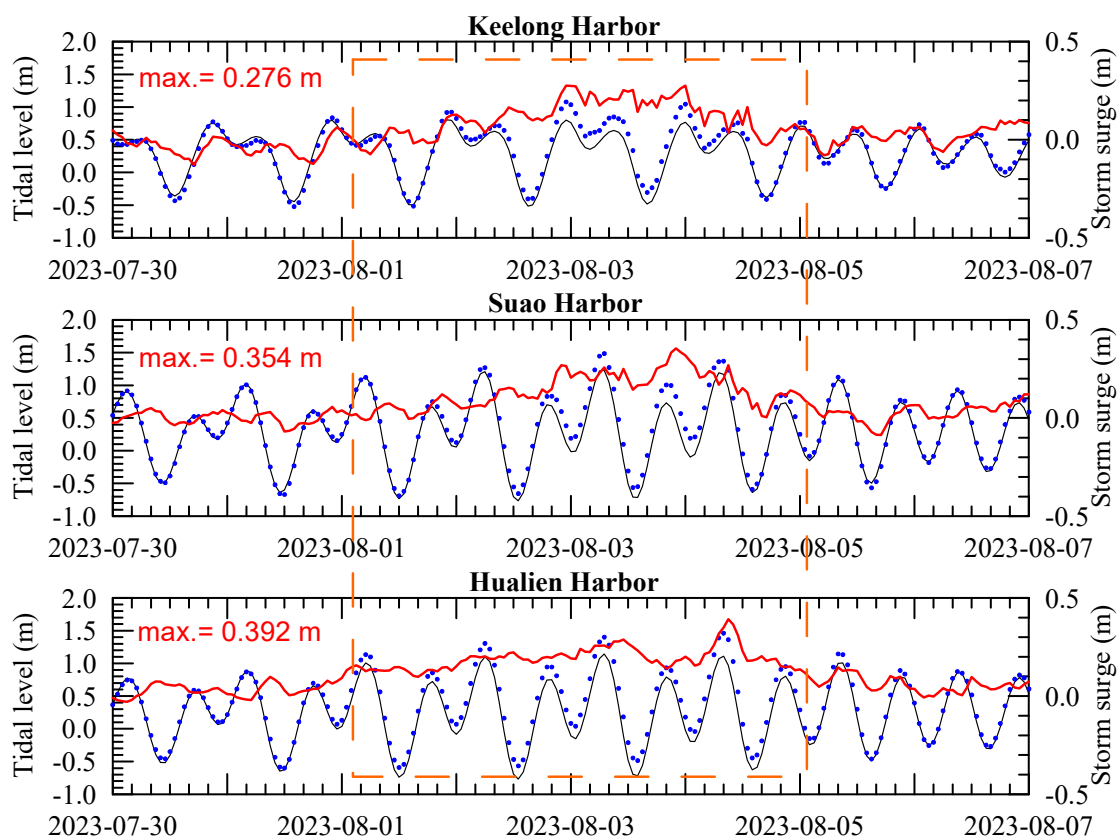


圖 4.23 2023 年卡努颱風期間潮位偏差分析歷線圖

## 4.2 臺灣周圍海域水位模擬與校驗

在不考慮氣象因素(如風場及氣壓場)之情況下，本計畫應用臺海暴潮模組模擬 2023 年臺灣周圍海域天文潮變化。依據天文潮模擬結果輸出花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港及高雄港等主要港口水位檢核點逐時水位模擬值，並與各港天文潮調和分析預測值比較，如圖 4.24~圖 4.31 所示。本計畫臺海暴潮模組 2023 年天文潮模擬值與各港調和分析 2023 年天文潮預測值之逐月及全年均方根誤差分析成果，如表 4-5 所列；顯示本(112)年度各港月均方根誤差最大值，均出現在 8 月份，月均方根誤差最小值出現在 5 月份(僅花蓮港例外)，各港均方根誤差月變化趨勢呈現高一致性。全年均方根誤差值以臺北港及臺中港 0.173m 表現較差，花蓮港 0.076m 表現最佳。

歷年(2021~2023)全年均方根誤差綜整，如表 4-6 所列，顯示本(112)年度暴潮模組天文潮水位模擬結果與調和分析預測值之誤差分析，8 港口本年度整體表現優於 2022 年模擬結果，與 2021 年模擬結果表現相近。

表 4-5 2023 年臺海天文潮模擬值與各港調和分析預測值之誤差分析表

| 年/月     | 花蓮港<br>(m)   | 蘇澳港<br>(m)   | 基隆港<br>(m)   | 臺北港<br>(m)   | 臺中港<br>(m)   | 布袋港<br>(m)   | 安平港<br>(m)   | 高雄港<br>(m)   |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2023/01 | 0.077        | 0.115        | 0.136        | 0.201        | 0.194        | 0.152        | 0.113        | 0.103        |
| 2023/02 | 0.058        | 0.084        | 0.094        | 0.127        | 0.171        | 0.132        | 0.111        | 0.080        |
| 2023/03 | 0.057        | 0.069        | 0.067        | 0.113        | 0.150        | 0.104        | 0.093        | 0.068        |
| 2023/04 | 0.056        | 0.060        | 0.053        | 0.108        | 0.138        | 0.084        | 0.092        | 0.069        |
| 2023/05 | 0.050        | 0.049        | 0.041        | 0.096        | 0.120        | 0.063        | 0.090        | 0.064        |
| 2023/06 | 0.046        | 0.072        | 0.098        | 0.116        | 0.144        | 0.079        | 0.097        | 0.070        |
| 2023/07 | 0.081        | 0.131        | 0.175        | 0.186        | 0.203        | 0.136        | 0.134        | 0.117        |
| 2023/08 | <b>0.116</b> | <b>0.163</b> | <b>0.196</b> | <b>0.235</b> | <b>0.233</b> | <b>0.174</b> | <b>0.167</b> | <b>0.152</b> |
| 2023/09 | 0.102        | 0.127        | 0.132        | 0.190        | 0.203        | 0.155        | 0.150        | 0.128        |
| 2023/10 | 0.060        | 0.062        | 0.058        | 0.131        | 0.133        | 0.099        | 0.099        | 0.074        |
| 2023/11 | 0.079        | 0.096        | 0.127        | 0.215        | 0.150        | 0.109        | 0.100        | 0.088        |
| 2023/12 | 0.097        | 0.130        | 0.161        | 0.256        | 0.199        | 0.153        | 0.135        | 0.116        |
| 全年      | <b>0.076</b> | <b>0.102</b> | <b>0.122</b> | <b>0.173</b> | <b>0.173</b> | <b>0.125</b> | <b>0.119</b> | <b>0.098</b> |

**表 4-6 歷年(2021~) 各港天文潮模擬值與調和分析預測值之年均方根誤差**

| 年/月    | 花蓮港<br>(m)   | 蘇澳港<br>(m)   | 基隆港<br>(m)   | 臺北港<br>(m)   | 臺中港<br>(m)   | 布袋港<br>(m)   | 安平港<br>(m)   | 高雄港<br>(m)   |
|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2023 年 | <b>0.076</b> | <b>0.102</b> | <b>0.122</b> | <b>0.173</b> | <b>0.173</b> | <b>0.125</b> | <b>0.119</b> | <b>0.098</b> |
| 2022 年 | 0.114        | 0.115        | 0.141        | 0.177        | 0.190        | 0.143        | 0.130        | 0.112        |
| 2021 年 | 0.079        | 0.115        | 0.118        | 0.167        | 0.186        | 0.160        | 0.122        | 0.111        |

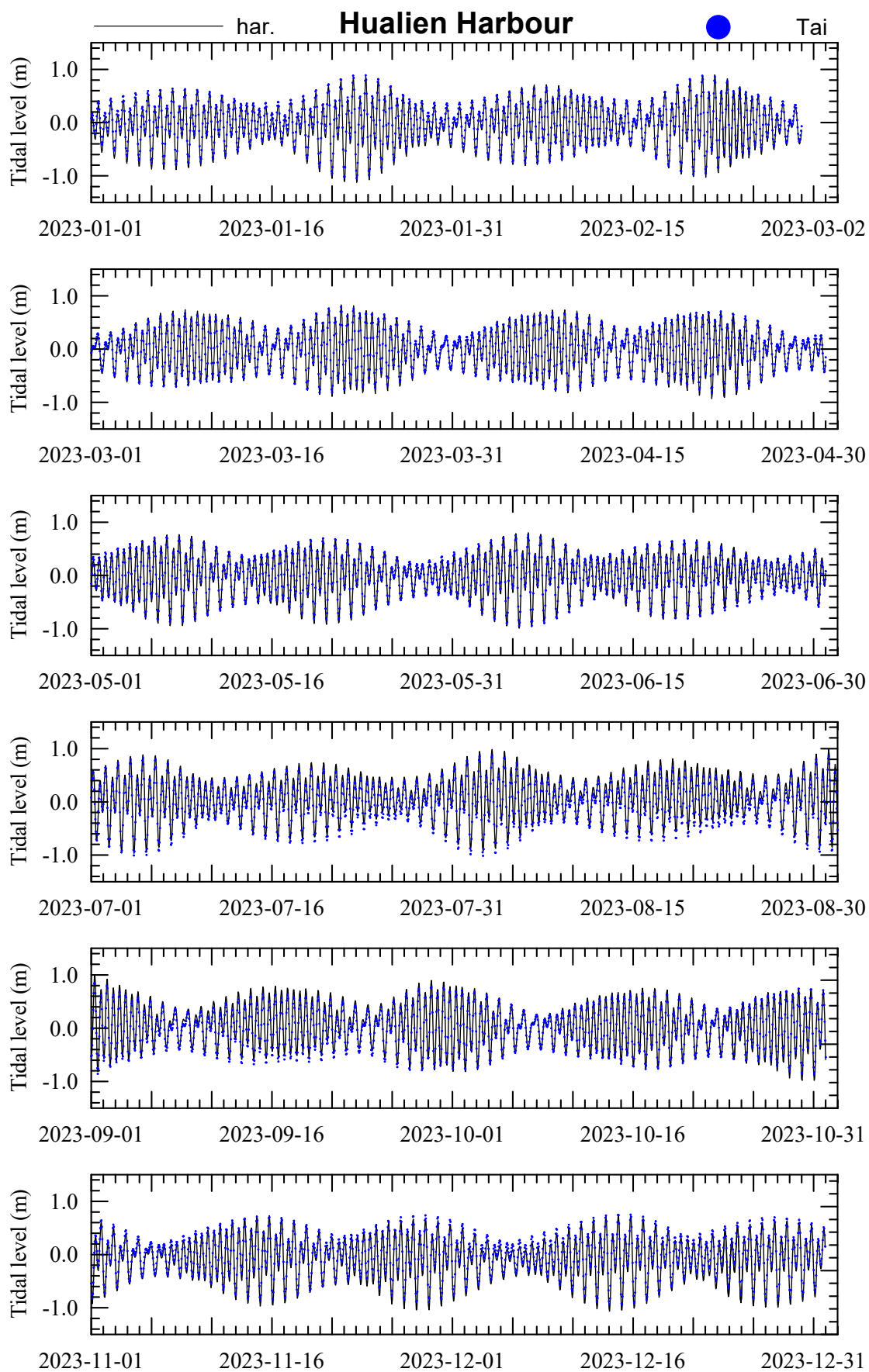


圖 4.24 花蓮港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖



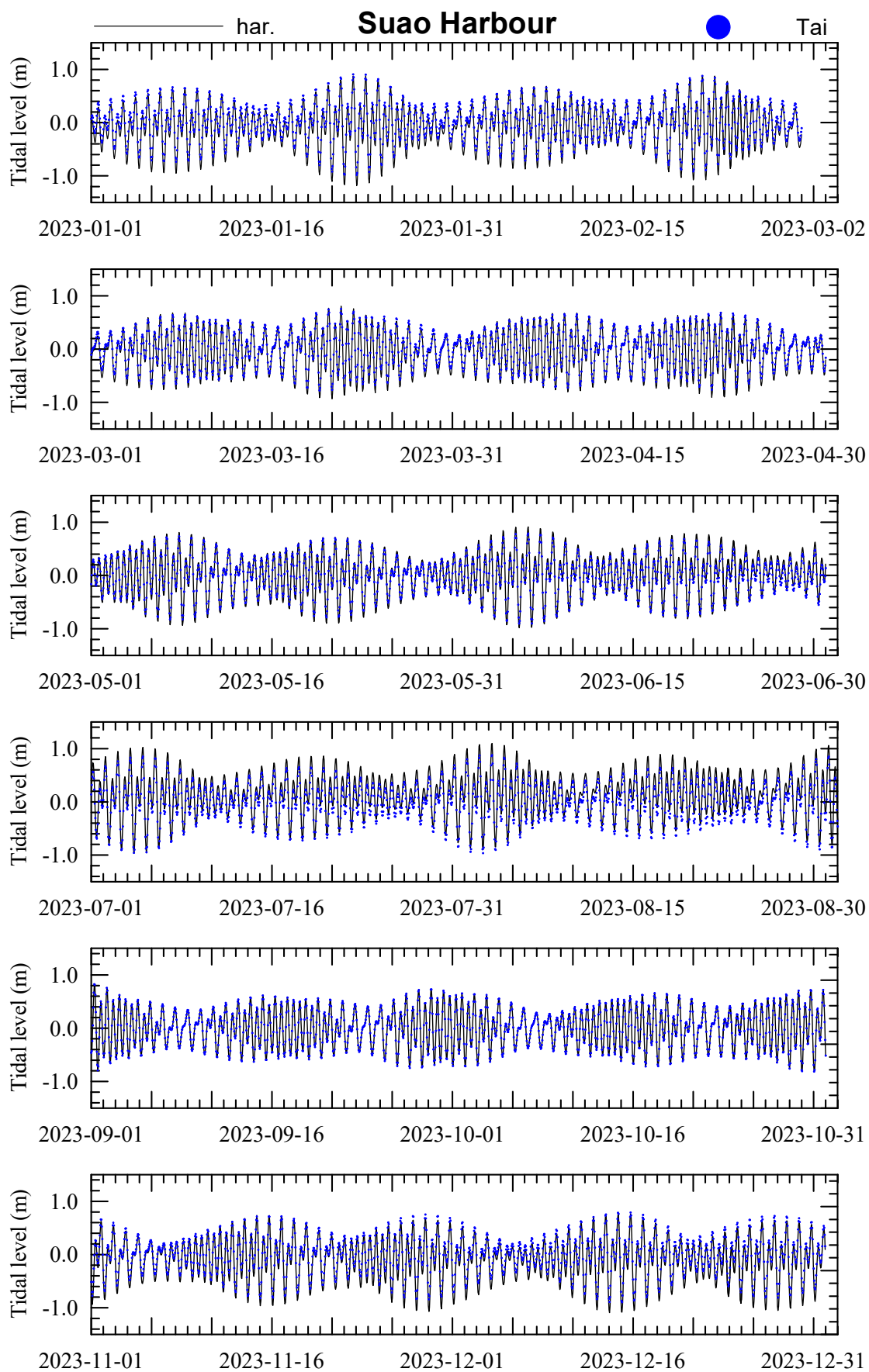


圖 4.25 蘇澳港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖

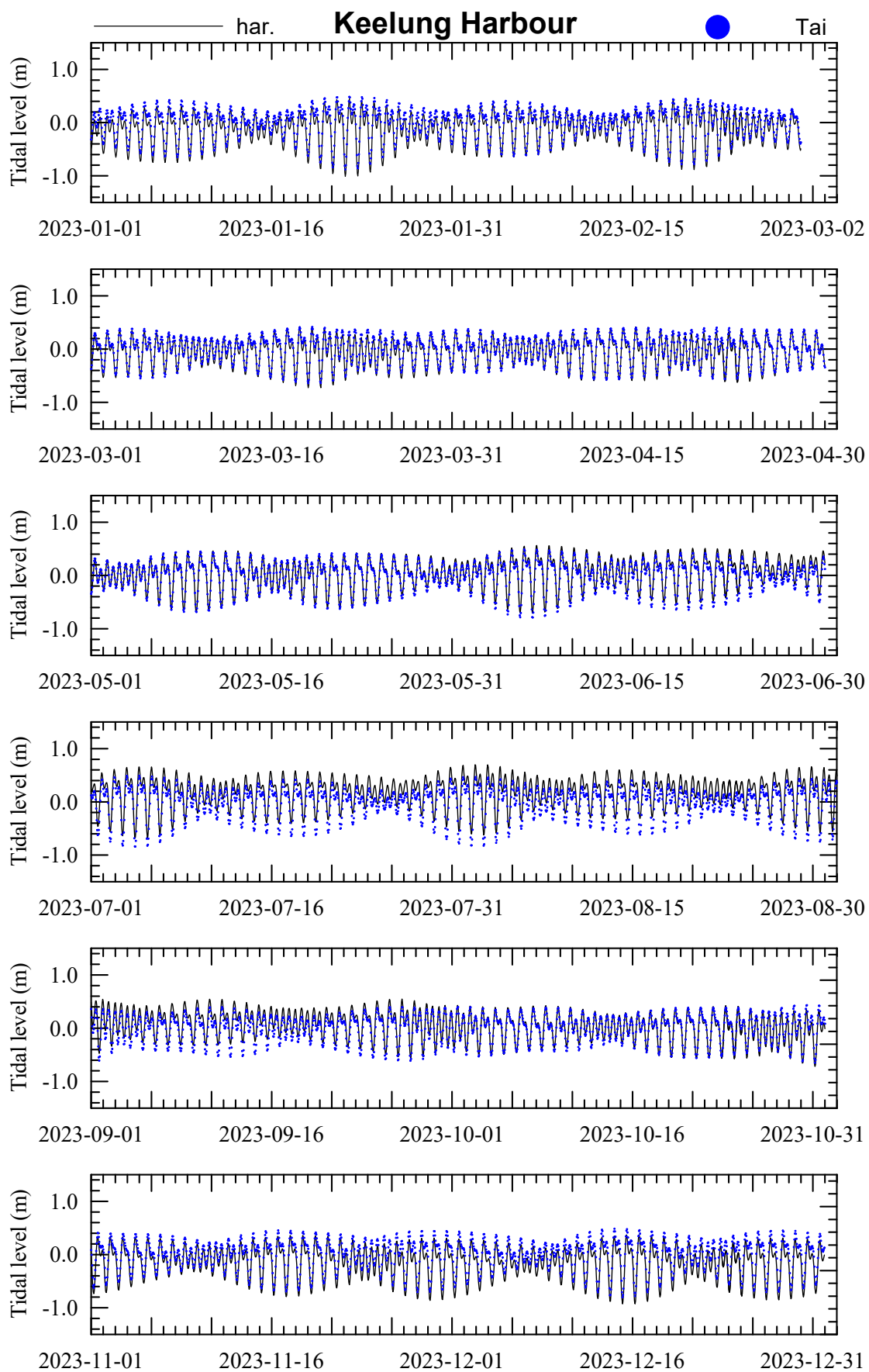


圖 4.26 基隆港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖

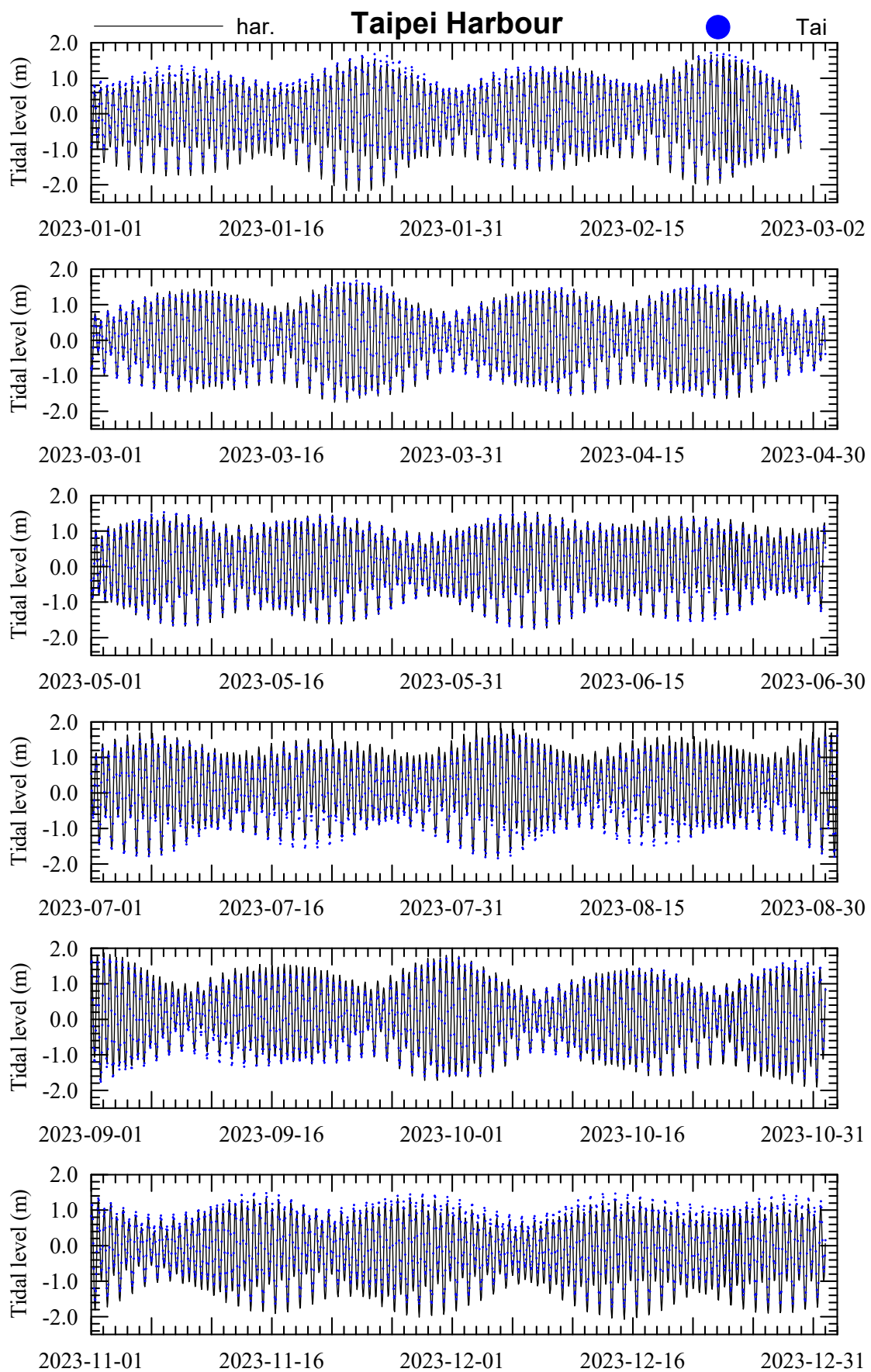


圖 4.27 臺北港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖

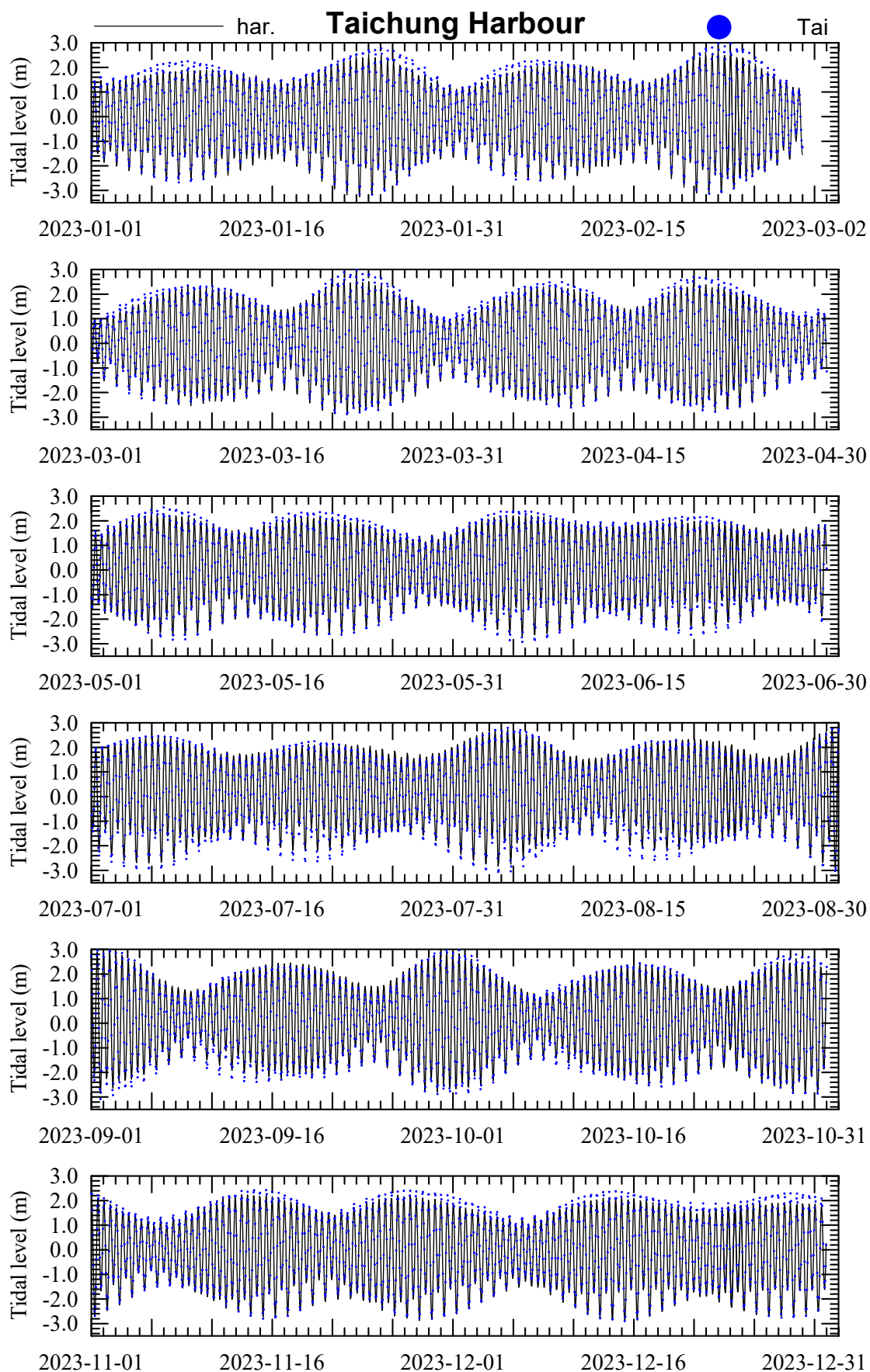


圖 4.28 臺中港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖



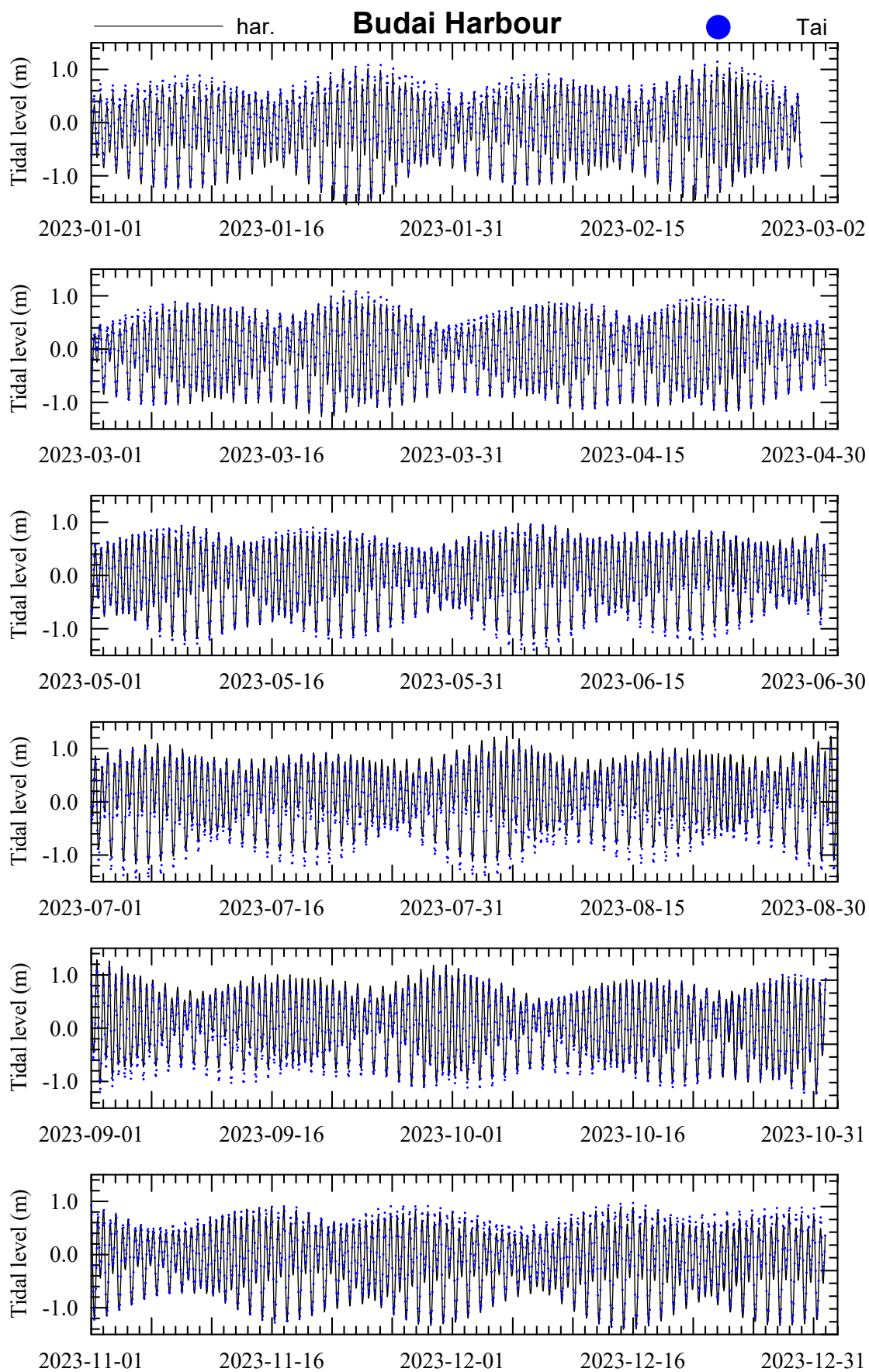


圖 4.29 布袋港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖

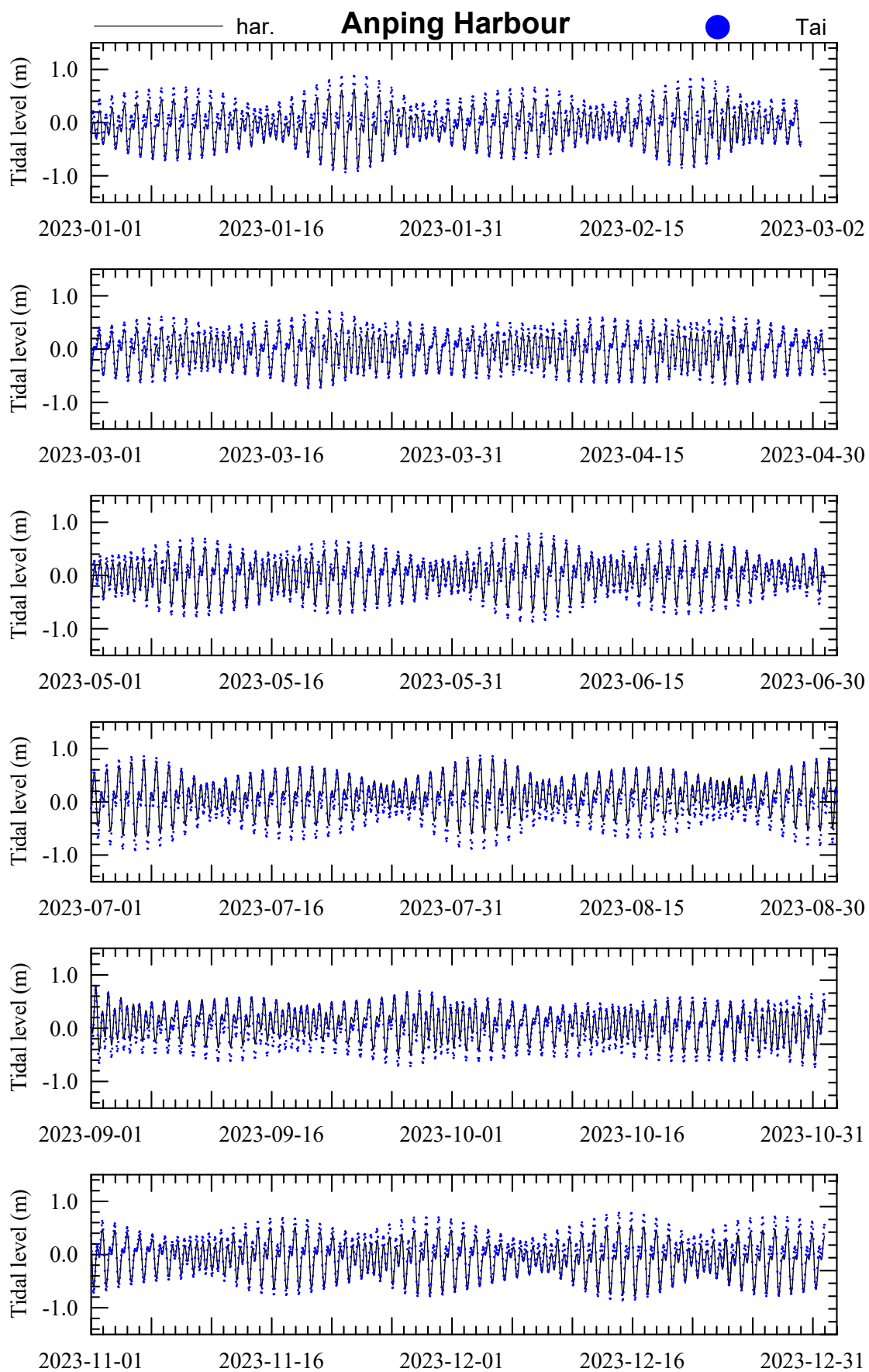


圖 4.30 安平港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖

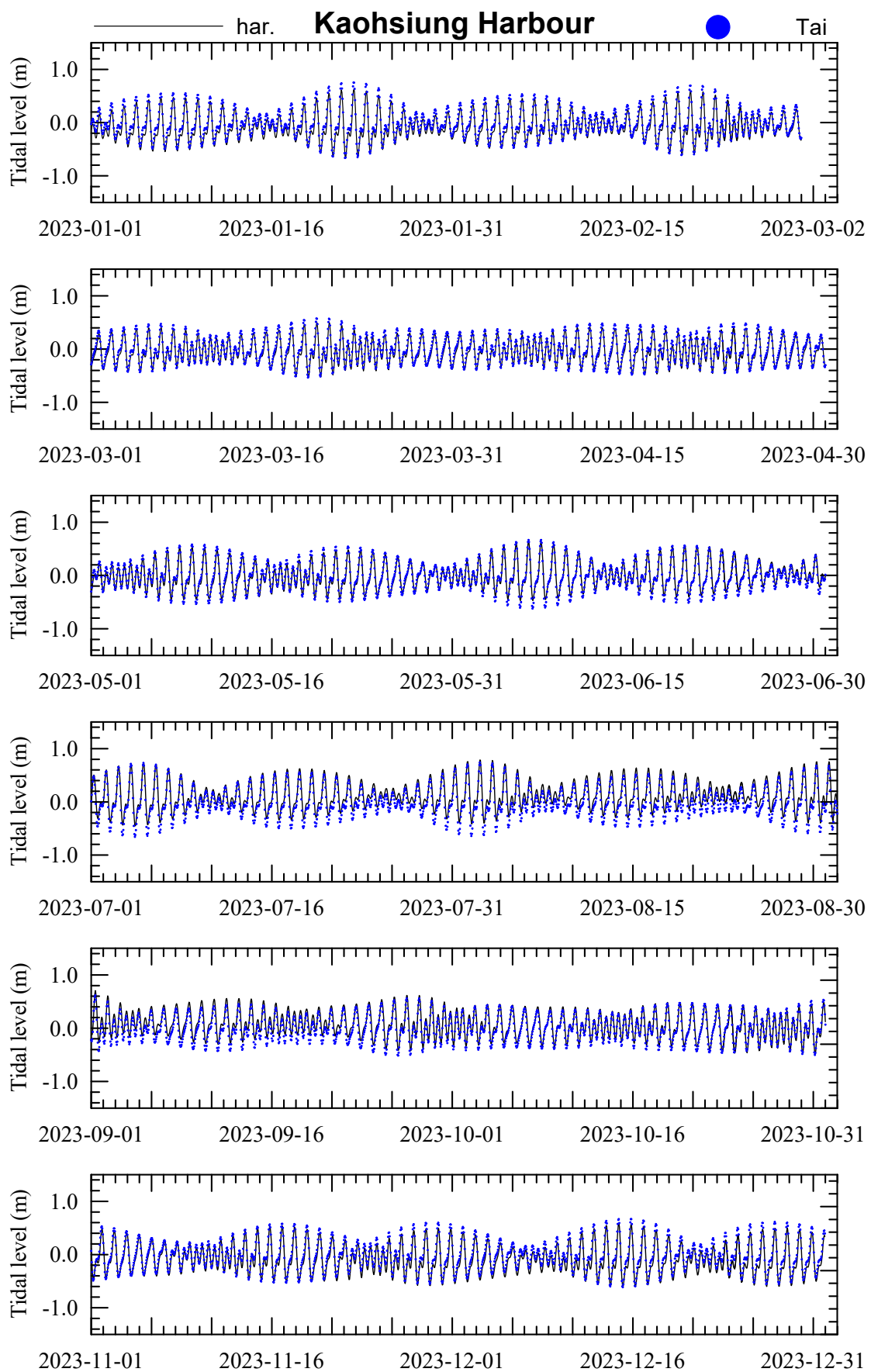


圖 4.31 高雄港 2023 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖

### 4.3 臺灣周圍海域暴潮模擬與校驗

依據 4.1.3 節暴潮偏差分析結果，本計畫選取 2023 年杜蘇芮颱風為本年度颱風暴潮模擬對象。中度颱風杜蘇芮生命週期為 2023 年 7 月 21 日 8 時~7 月 29 日 8 時，侵臺海上警報發布時間為 7 月 24 日 20 時 30 分、陸上警報發布時間為 7 月 25 日 14 時 30 分，陸上及海上警報解除時間為 7 月 28 日 17 時 30 分。

本計畫利用 2023 年 7 月 23 日 0 時~30 日 0 時每日 4 次(0、6、12 及 18 時)作業化模擬風場，以臺海水動力模擬系統重製杜蘇芮颱風期間臺海暴潮模組水位模擬結果。各港依據水位模擬結果，扣除前述天文潮模擬預測值，得到颱風期間暴潮引起的水位偏差量。本計畫針對高雄港、安平港及布袋港等 3 港，分別選取 7 月 27 日 6 時~28 日 12 時共 6 報分析暴潮引起的水位偏差模擬值，如圖 4.32~圖 4.34 所示。分析結果顯示，高雄港 6 報模擬預測之潮位偏差未出現如觀測值預測之暴潮偏差歷線，且最大潮位偏差模擬值 0.225m 出現在 7 月 27 日 6 時模擬預測階段；安平港及布袋港同樣每報模擬預測之潮位偏差均未能反應觀測值預測之暴潮偏差歷線，且最大潮位偏差模擬值，均出現在 7 月 27 日 6 時模擬預測階段，分別為 0.432 m 及 0.573 m；顯示本計畫颱風期間作業化模擬之風壓場與杜蘇芮颱風實際行進路徑有明顯差異。

為瞭解預報風壓場颱風中心位置變化與氣象署發布颱風中心位置之差異性，本計畫針對 7 月 28 日 0 時模擬作業化風壓場，繪出 28 日 1~7 時(間隔 2 小時)之等氣壓線分布情形，如圖 4.35~圖 4.38 所示，圖中實心圓點代表氣象署發布颱風中心逐時位置(0~7 時)。在杜蘇芮颱風行進速度及路線預測方面，顯示本計畫使用的預報風壓場與實際現象存在顯著的誤差，導致臺海暴潮模組重製模擬結果，無法有效地呈現實際的暴潮現象。



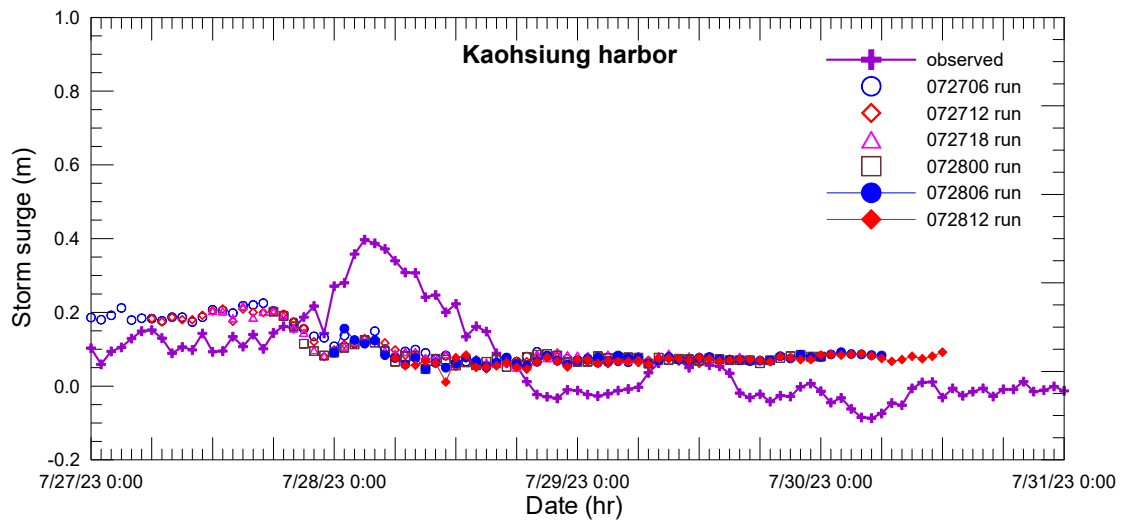


圖 4.32 杜蘇芮颱風期間高雄港暴潮偏差模擬預測值與觀測預測值比較圖

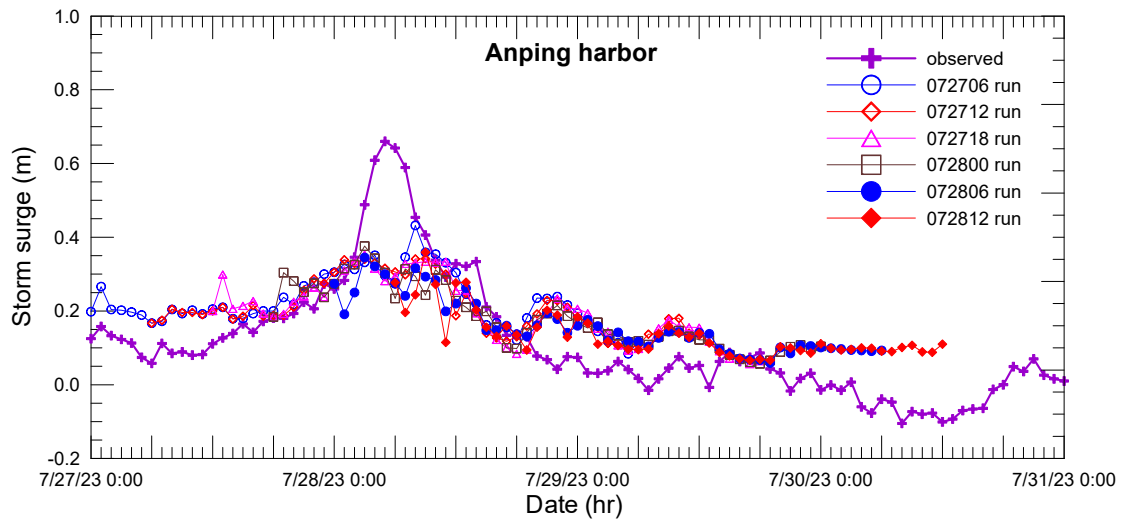


圖 4.33 杜蘇芮颱風期間安平港暴潮偏差模擬預測值與觀測預測值比較圖

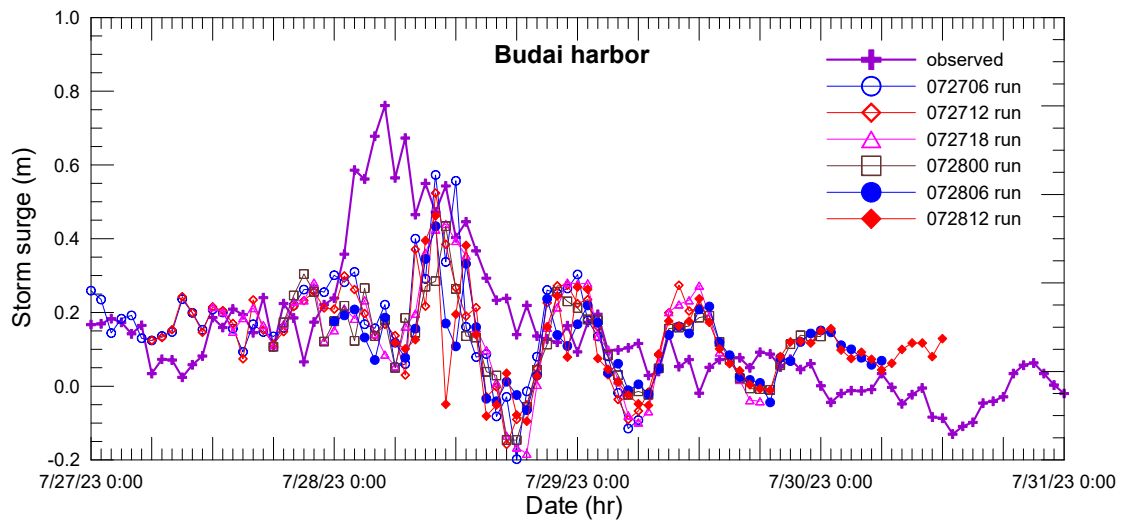


圖 4.34 杜蘇芮颱風期間布袋港暴潮偏差模擬預測值與觀測預測值比較圖

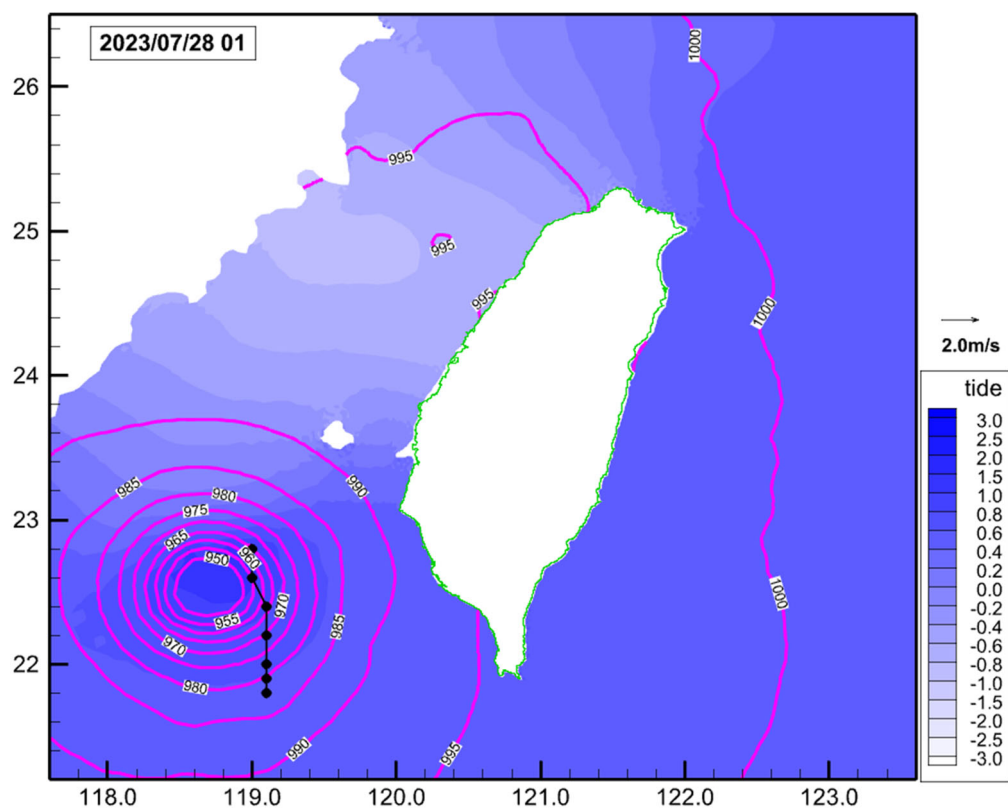


圖 4.35 杜蘇芮颱風期間 072800 模擬，28 日 1 時氣壓等壓線分布圖

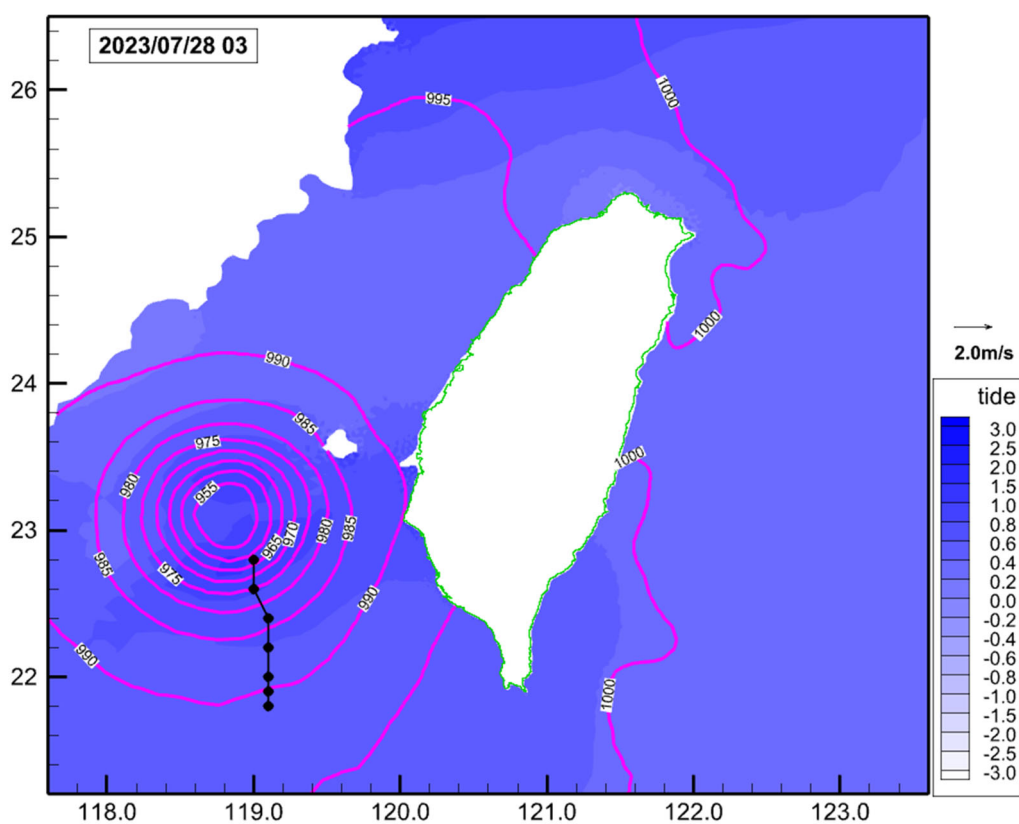


圖 4.36 杜蘇芮颱風期間 072800 模擬，28 日 3 時氣壓等壓線分布圖

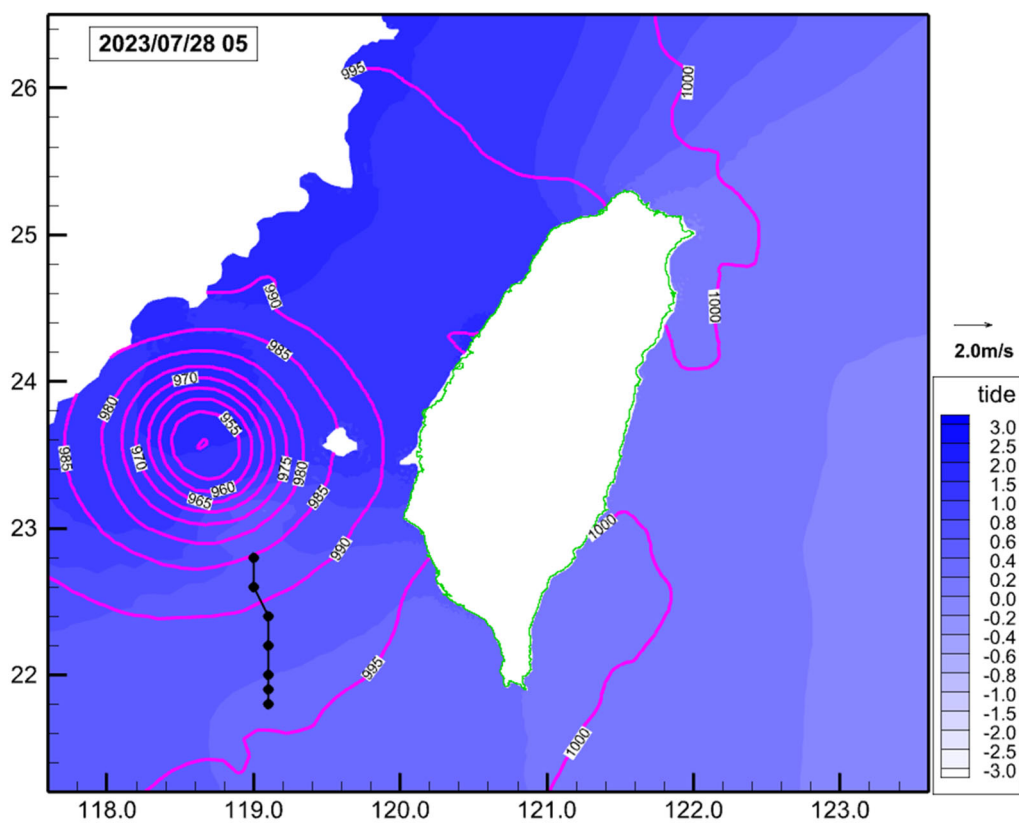


圖 4.37 杜蘇芮颱風期間 072800 模擬，28 日 5 時氣壓等壓線分布圖

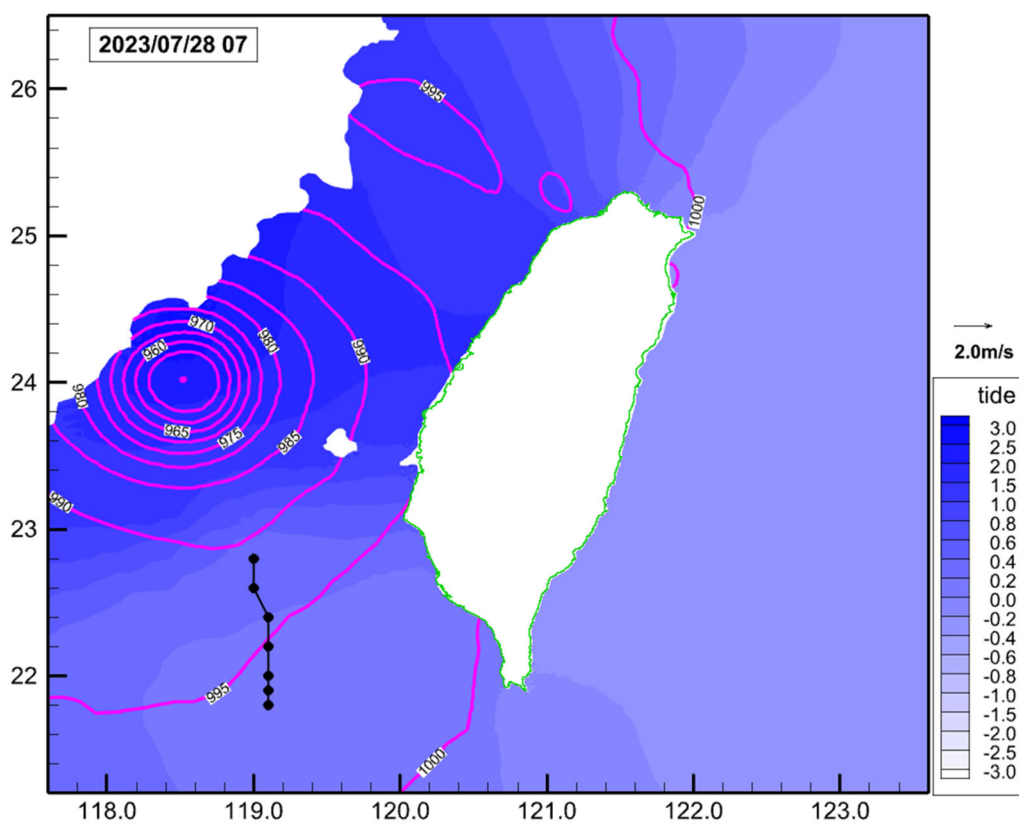


圖 4.38 杜蘇芮颱風期間 072800 模擬，28 日 7 時氣壓等壓線分布圖



## 第五章 臺灣近岸海象預測作業化成果評估

本計畫「臺灣近岸海象預測系統」之運作採自動化作業方式執行每次的海象模擬，除了遇到系統當機、風場缺損或錯誤外，系統運作均無需任何人為操作介入。因此，各模組模擬結果之事後評估乃為本系統各模組未來改進之重要依據。

海象預測作業化成果評估項目依海象資料屬性，區分為風力、波浪、水位及海流等四項；本(112)年度成果評估週期為 2022 年 9 月至 2023 年 8 月，評估對象包括基隆、臺北、臺中、布袋、安平、高雄、花蓮、蘇澳及馬祖等 9 個商港海象模擬及觀測資料。有關風力、波浪、水位及海流等海象模擬資料來源選取，說明如下：

1. 風力模擬資料：來源為氣象局每日 4 報 WRF 成員 M04 水平解析度 3 km 網格之風力預報資料，每報擷取 6～11 時資料，彙整成每月逐時資料。
2. 波浪模擬資料：來源為 TaiCOMS 2.0 臺海風浪模擬子系統中尺度近域風浪模組之波浪模擬資料，波浪模擬資料擷取時段為每日 4 報之 0～5 時(追算時段)，同樣彙整成每月逐時資料。
3. 水位及海流模擬資料：來源為 TaiCOMS 2.0 臺海水動力模擬子系統中尺度暴潮模組之模擬資料，其水位及海流模擬資料擷取時段為每日 1 報之 0～23 時，同樣彙整成每月逐時資料。

本計畫年度評估報告內容，包括各海域觀測及預測資料之各月修補後資料統計表、平均值、最大值、蒐集率、主要值及所占百分比，以及模式預測與觀測值間偏差統計及均方根值等結果，逐月繪製預測與觀測水位歷線之比較圖，及預測與觀測玫瑰圖等。

本計畫各海域風力、波流及水位等觀測資料測站位置，以及海象模擬預測資料輸出格點位置，如圖 5.1~圖 5.9 所示。本年度 2022 年 9 月至 2023 年 8 月各港風力、風浪及海流、水位等海象觀測代表站之資料蒐集情形，分別如表 5-1~表 5-3 所列。顯示各港風力及水位觀測資料蒐集狀況相當良好，波流觀測資料方面臺北港 111 年 3 月重新布放 AWAC 儀器，至今尚未回收。

表 5-1 本年度觀測風力資料蒐集率逐月統計表

| 海域<br>月份 | 臺北     | 基隆     | 蘇澳     | 花蓮     | 高雄    | 安平     | 布袋    | 臺中     | 馬祖    |
|----------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 202209   | 99.44  | 100.00 | 100.00 | 99.86  | 92.64 | 99.03  | 99.03 | 100.00 | 91.11 |
| 202210   | 99.87  | 100.00 | 100.00 | 91.80  | 99.73 | 99.87  | 99.06 | 100.00 | 90.73 |
| 202211   | 100.00 | 99.86  | 100.00 | 100.00 | 98.61 | 99.86  | 98.75 | 100.00 | 91.25 |
| 202212   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 91.94  | 96.51 | 100.00 | 99.46 | 100.00 | 92.74 |
| 202301   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.06 | 100.00 | 98.39 | 100.00 | 93.68 |
| 202302   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.85  | 98.81 | 100.00 | 99.55 | 100.00 | 88.10 |
| 202303   | 99.87  | 100.00 | 100.00 | 99.87  | 98.12 | 100.00 | 98.79 | 100.00 | 87.63 |
| 202304   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.86  | 98.89 | 100.00 | 99.03 | 100.00 | 89.31 |
| 202305   | 100.00 | 98.79  | 100.00 | 99.87  | 99.19 | 100.00 | 99.46 | 99.87  | 92.34 |
| 202306   | 99.17  | 99.72  | 100.00 | 99.17  | 98.89 | 99.86  | 99.17 | 99.86  | 90.97 |
| 202307   | 99.87  | 99.46  | 99.73  | 97.18  | 96.10 | 100.00 | 99.33 | 99.73  | 91.94 |
| 202308   | 99.73  | 93.15  | 92.47  | 90.86  | 34.54 | 91.26  | 99.19 | 90.99  | 85.08 |

表 5-2 本年度觀測波浪及海流資料蒐集率逐月統計表

| 海域<br>月份 | 臺北     | 基隆    | 蘇澳    | 花蓮     | 高雄    | 安平     | 布袋     | 臺中     | 馬祖     |
|----------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 202209   | 100.00 | 99.58 | 99.44 | 99.58  | 99.03 | 100.00 | 99.31  | 100.00 | 62.22  |
| 202210   | 95.56  | 98.92 | 98.92 | 99.46  | 98.79 | 99.60  | 99.60  | 99.19  | 99.19  |
| 202211   | 99.86  | 76.67 | 89.31 | 91.53  | 90.83 | 99.86  | 100.00 | 90.56  | 98.75  |
| 202212   | 94.89  | 83.87 | 96.77 | 99.46  | 99.46 | 99.33  | 90.46  | 99.33  | 99.60  |
| 202301   | 99.73  | 79.44 | 96.10 | 99.73  | 97.31 | 99.73  | 100.00 | 97.45  | 99.06  |
| 202302   | 100.00 | 97.47 | 93.45 | 99.85  | 97.02 | 100.00 | 99.85  | 99.70  | 37.35  |
| 202303   | 55.11  | 99.33 | 98.12 | 100.00 | 96.91 | 99.87  | 99.87  | 99.33  | 0.00   |
| 202304   | 0.00   | 99.44 | 98.89 | 99.72  | 95.00 | 98.06  | 98.06  | 98.47  | 0.00   |
| 202305   | 0.00   | 98.79 | 97.18 | 91.80  | 96.37 | 99.87  | 99.87  | 97.85  | 0.00   |
| 202306   | 0.00   | 92.92 | 96.25 | 98.47  | 98.61 | 99.72  | 91.81  | 98.89  | 100.00 |
| 202307   | 0.00   | 78.76 | 98.39 | 94.22  | 98.39 | 87.10  | 30.91  | 99.46  | 100.00 |
| 202308   | 0.00   | 85.22 | 95.25 | 95.70  | 97.72 | 30.11  | 100.00 | 99.46  | 36.83  |

★紅字表示蒐集率<80.00%，粗體字代表本月回補後蒐集率

表 5-3 本年度海氣象觀測水位資料蒐集率逐月統計表

| 海域<br>月份 | 臺北     | 基隆     | 蘇澳     | 花蓮     | 高雄     | 安平     | 布袋     | 臺中     | 馬祖     |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 202209   | 100.00 | 100.00 | 99.31  | 100.00 | 99.86  | 99.72  | 100.00 | 99.44  | 98.75  |
| 202210   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 98.92  |
| 202211   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.86  | 100.00 | 99.72  | 99.86  | 98.61  |
| 202212   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 98.12  |
| 202301   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.06  |
| 202302   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.26  |
| 202303   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.87  | 100.00 | 100.00 |
| 202304   | 99.72  | 100.00 | 100.00 | 99.86  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 202305   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 98.39  |
| 202306   | 99.86  | 99.86  | 100.00 | 99.72  | 99.58  | 100.00 | 99.72  | 99.86  | 98.75  |
| 202307   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 98.66  |
| 202308   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.73  | 100.00 | 100.00 | 98.66  |

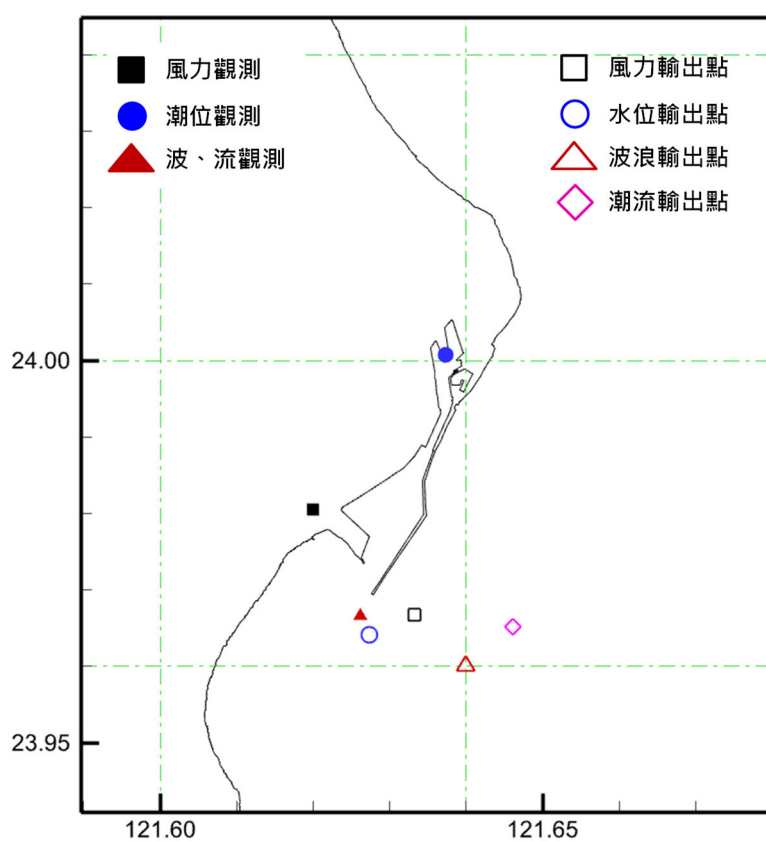


圖 5.1 花蓮港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

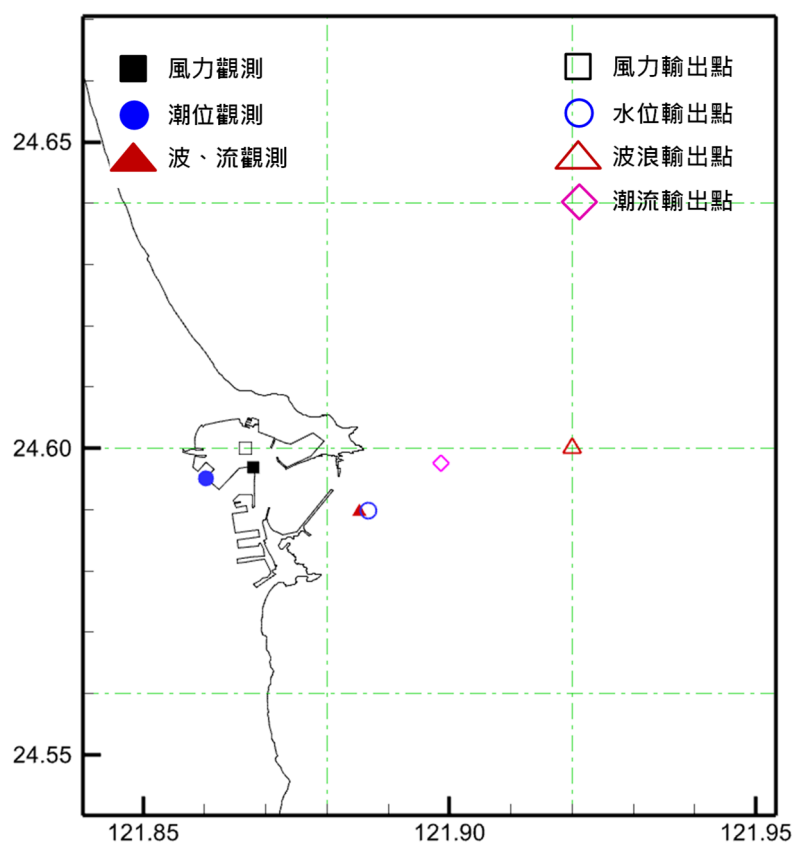


圖 5.2 蘇澳港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

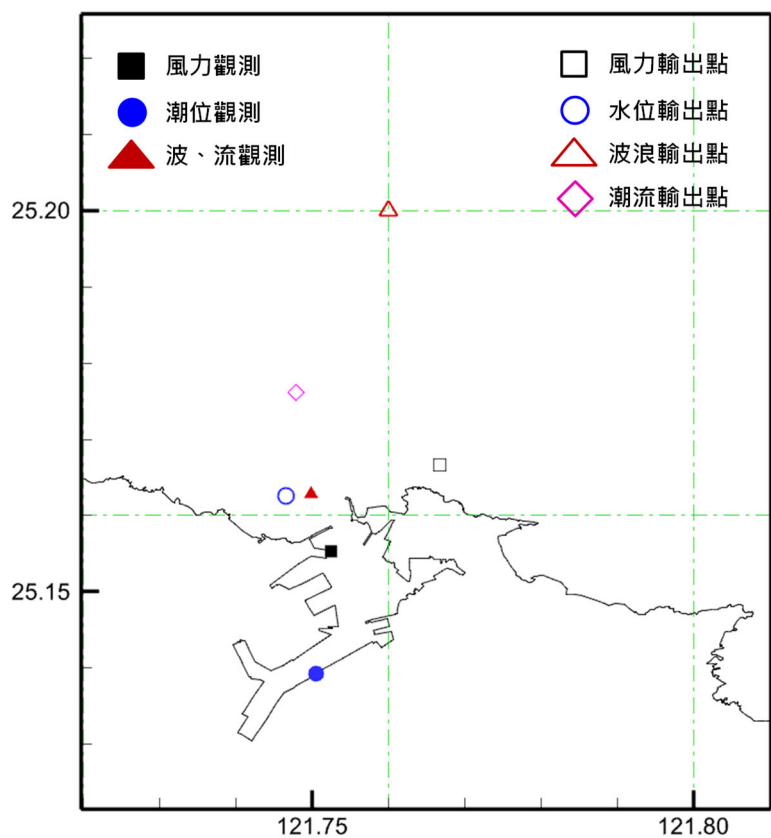


圖 5.3 基隆港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖



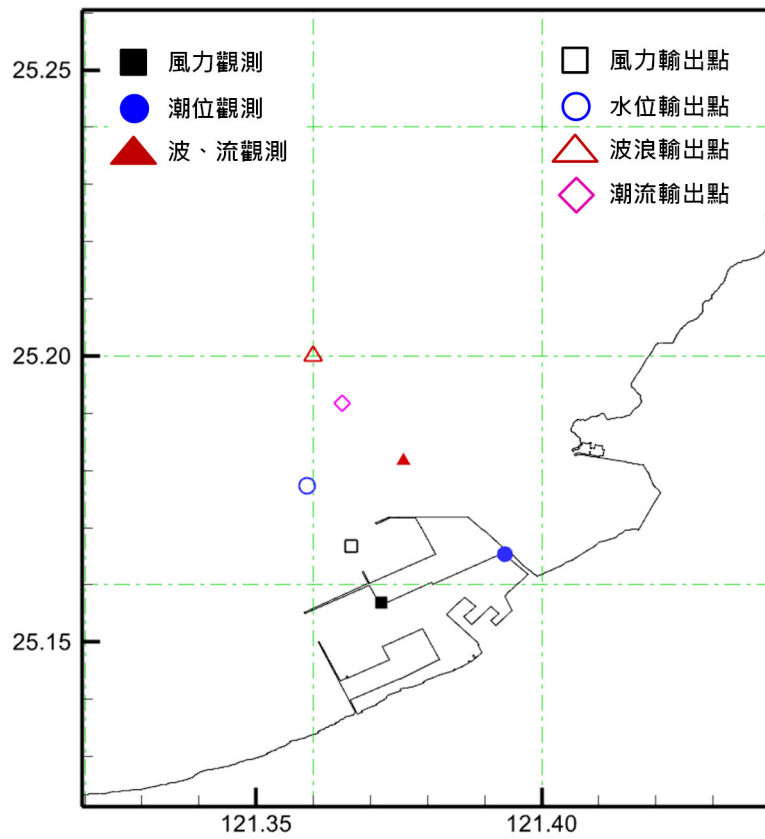


圖 5.4 臺北港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

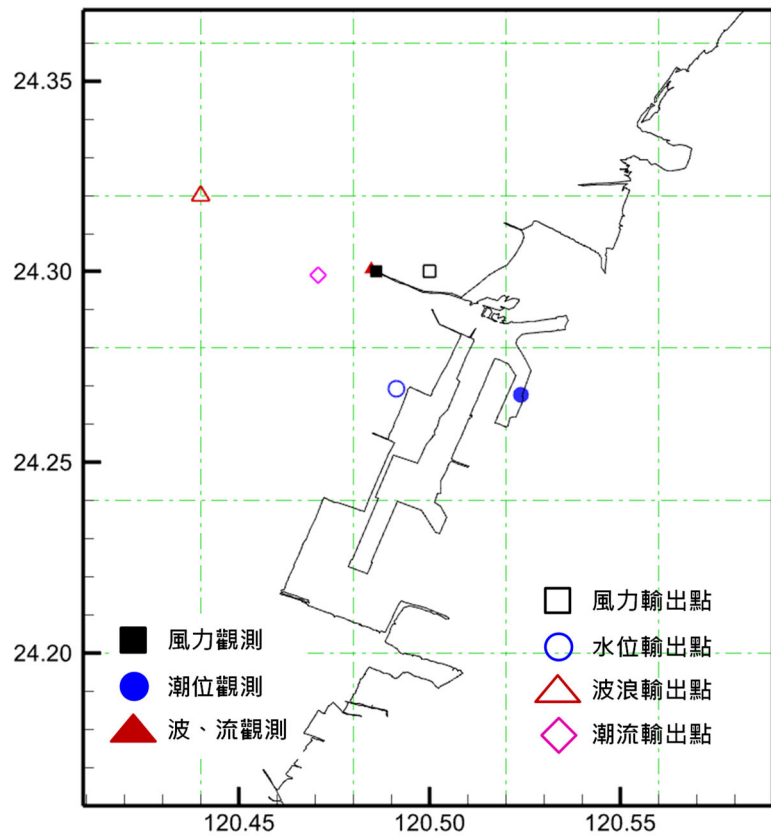


圖 5.5 臺中港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

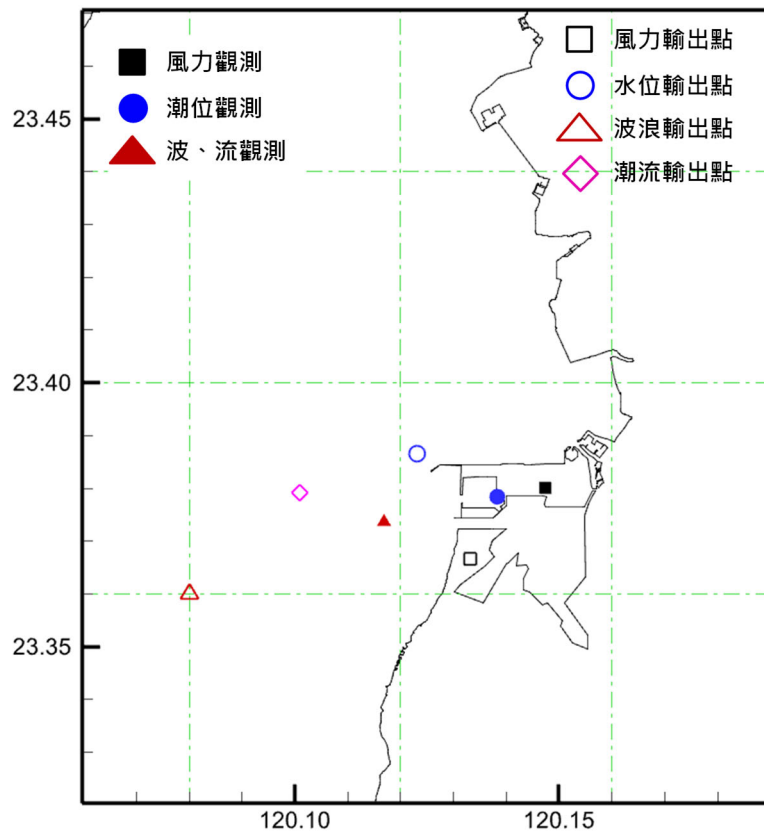


圖 5.6 布袋港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

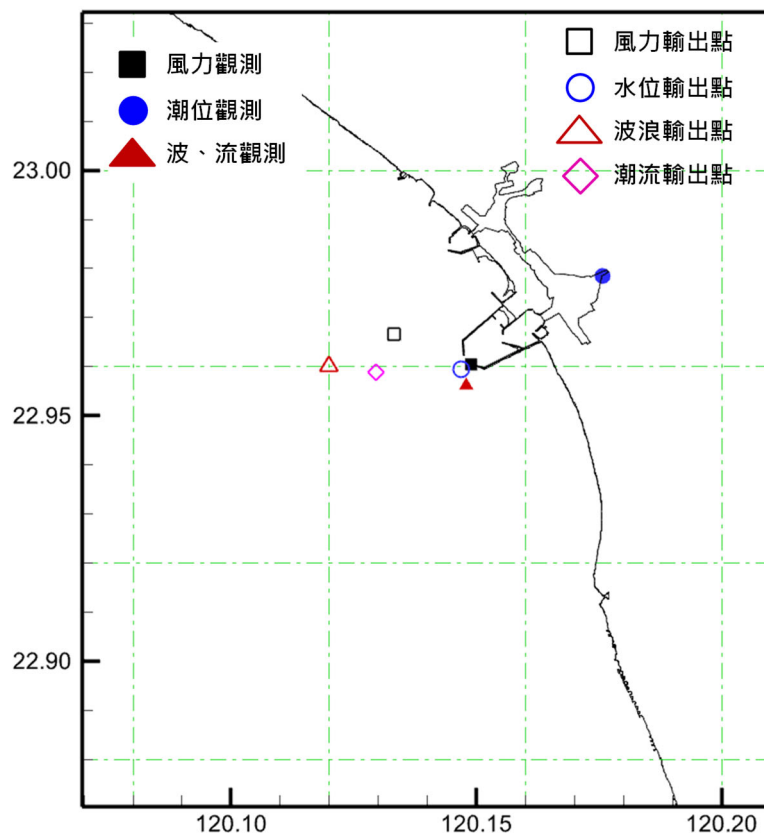


圖 5.7 安平港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

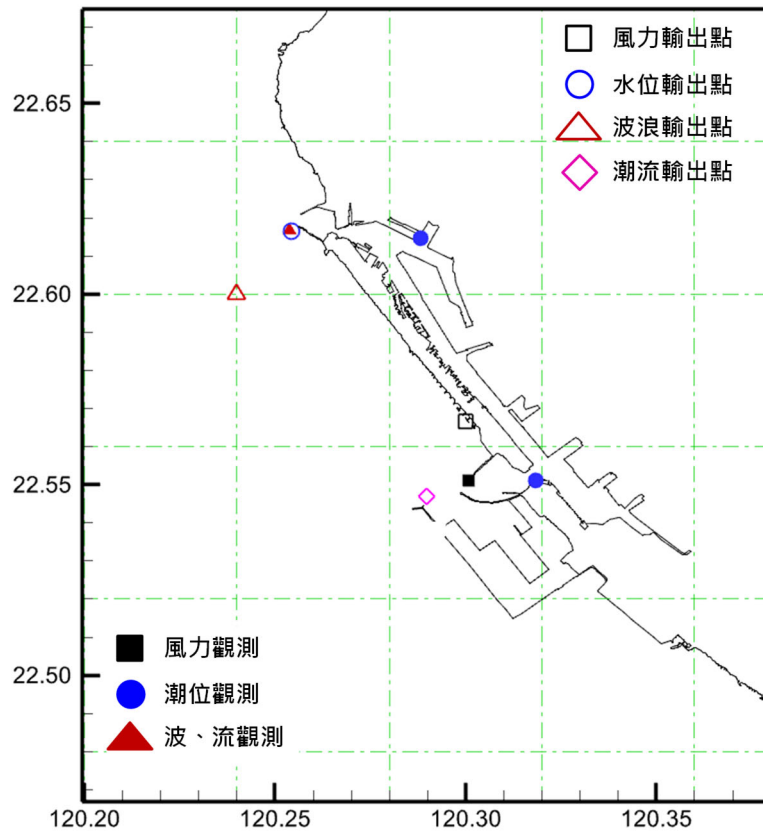


圖 5.8 高雄港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

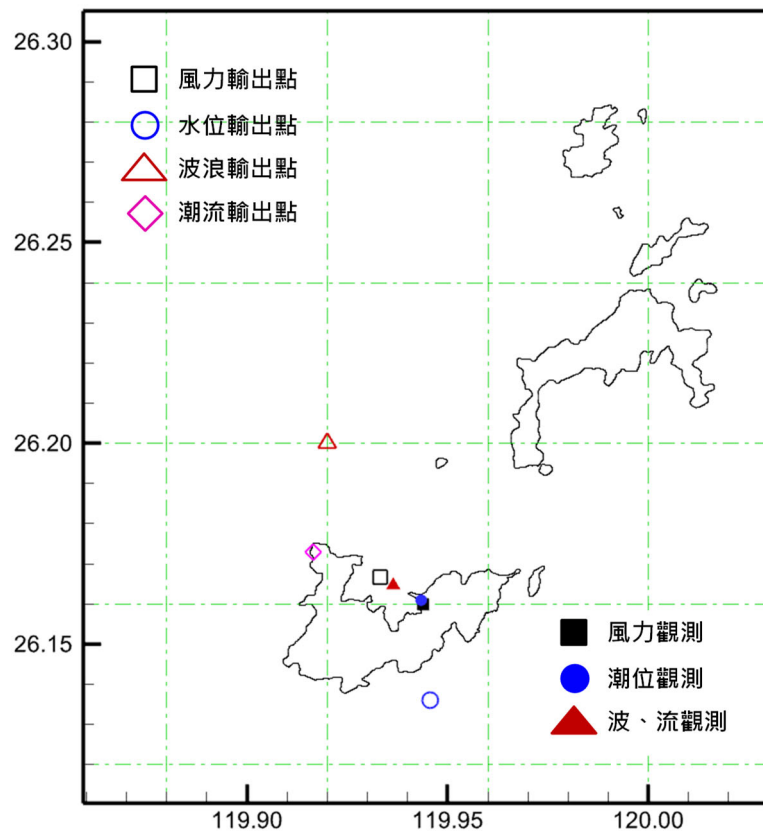


圖 5.9 馬祖福澳港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

## 5.1 風力預測成果評估

本計畫風力預測成果評估內容，包括(1)風力實測與模擬資料統計特性，如標準偏差(SD)、均方根(RMS)、平均值、最大值及蒐集率(%)等，如表 5-4 臺北港年度風力資料統計表；(2)風力實測與模擬值之差值統計特性包括最小差值、最大差值、差值 SD 及差值 RMS 等，如表 5-5 臺北港年度風力資料統計結果；(3)實測風速、風向發生頻率統計，如表 5-6 臺北港年度實測風速發生頻率(%)分析結果；(4)實測與模擬之風速、風向時序列歷線比較圖，如圖 5.10 及圖 5.11 分別為 2023 年 5 月 9 商港觀測風速、風向與小尺度模式之比較；(5)觀測、模擬風力玫瑰圖，如圖 5.12 及圖 5.13 分別為 2023 年 5 月臺北港觀測風力玫瑰圖及模擬風力玫瑰圖。

表 5-4 臺北港 2023 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

| 臺北<br>TPs | 標準偏差(SD) |       | 均方根(RMS) |       | 平均值  |       | 最大值   |       |
|-----------|----------|-------|----------|-------|------|-------|-------|-------|
|           | Obs      | Model | Obs      | Model | Obs  | Model | Obs   | Model |
| 202209    | 3.03     | 3.67  | 6.16     | 7.55  | 5.37 | 6.60  | 16.67 | 17.13 |
| 202210    | 2.04     | 3.40  | 7.00     | 10.03 | 6.70 | 9.44  | 12.95 | 17.30 |
| 202211    | 2.49     | 3.10  | 5.34     | 7.34  | 4.73 | 6.65  | 11.65 | 16.40 |
| 202212    | 2.03     | 2.24  | 6.32     | 10.03 | 5.98 | 9.78  | 12.39 | 14.90 |
| 202301    | 2.64     | 3.31  | 5.92     | 8.39  | 5.30 | 7.70  | 11.94 | 16.30 |
| 202302    | 2.79     | 3.97  | 5.72     | 8.71  | 4.99 | 7.76  | 10.68 | 15.30 |
| 202303    | 2.37     | 3.19  | 4.85     | 6.92  | 4.23 | 6.14  | 11.81 | 14.20 |
| 202304    | 2.18     | 3.42  | 4.08     | 5.98  | 3.45 | 4.91  | 11.82 | 13.22 |
| 202305    | 2.45     | 3.02  | 4.47     | 5.70  | 3.74 | 4.84  | 11.49 | 12.40 |
| 202306    | 1.98     | 2.28  | 3.61     | 4.31  | 3.02 | 3.66  | 11.10 | 10.27 |
| 202307    | 2.89     | 2.51  | 5.06     | 4.61  | 4.16 | 3.87  | 12.58 | 13.43 |
| 202308    | 3.12     | 3.48  | 5.47     | 6.32  | 4.50 | 5.27  | 17.42 | 19.02 |
| 平均值       | 2.50     | 3.13  | 5.33     | 7.16  | 4.68 | 6.39  | 12.71 | 14.99 |

表 5-5 臺北港 2023 年度風力實測與模擬差值統計表(單位 m/s)

| 臺北<br>TPs | 最小差值 | 最大差值  | 差值 SD | 差值 RMS |
|-----------|------|-------|-------|--------|
| 202209    | 0.00 | 10.63 | 1.82  | 2.94   |
| 202210    | 0.00 | 9.54  | 1.91  | 3.72   |
| 202211    | 0.00 | 9.14  | 1.76  | 3.11   |
| 202212    | 0.06 | 10.37 | 1.89  | 4.35   |
| 202301    | 0.01 | 10.13 | 1.80  | 3.29   |
| 202302    | 0.01 | 8.63  | 1.80  | 3.65   |
| 202303    | 0.01 | 9.94  | 1.76  | 3.13   |
| 202304    | 0.01 | 9.93  | 2.02  | 3.19   |
| 202305    | 0.00 | 10.29 | 1.94  | 2.95   |
| 202306    | 0.00 | 7.92  | 1.57  | 2.49   |
| 202307    | 0.01 | 10.46 | 1.93  | 2.84   |
| 202308    | 0.00 | 11.85 | 2.07  | 2.95   |

表 5-6 臺北港 2023 年度實測風速發生頻率(%)分析表

| 臺北<br>TPs | 風速(m/s) |       |       |       |      | 平均風速<br>(m/s) | 最大風速<br>(m/s) |
|-----------|---------|-------|-------|-------|------|---------------|---------------|
|           | <5      | 5~10  | 10~15 | 15~20 | >20  |               |               |
| 202209    | 46.78   | 44.55 | 8.24  | 0.41  | 0.00 | 5.37          | 16.67         |
| 202210    | 20.59   | 75.63 | 3.76  | 0.00  | 0.00 | 6.70          | 12.95         |
| 202211    | 52.77   | 47.08 | 0.13  | 0.00  | 0.00 | 4.73          | 11.65         |
| 202212    | 32.25   | 66.53 | 1.20  | 0.00  | 0.00 | 5.98          | 12.39         |
| 202301    | 40.59   | 57.66 | 1.74  | 0.00  | 0.00 | 5.30          | 11.94         |
| 202302    | 47.32   | 52.23 | 0.44  | 0.00  | 0.00 | 4.99          | 10.68         |
| 202303    | 64.33   | 34.18 | 1.48  | 0.00  | 0.00 | 4.23          | 11.81         |
| 202304    | 76.66   | 22.91 | 0.41  | 0.00  | 0.00 | 3.45          | 11.82         |
| 202305    | 71.23   | 27.68 | 1.07  | 0.00  | 0.00 | 3.74          | 11.49         |
| 202306    | 82.91   | 16.66 | 0.42  | 0.00  | 0.00 | 3.02          | 11.10         |
| 202307    | 68.10   | 27.59 | 4.30  | 0.00  | 0.00 | 4.16          | 12.58         |
| 202308    | 66.03   | 27.08 | 6.06  | 0.80  | 0.00 | 4.50          | 17.42         |

## 5.2 波浪預測成果評估

本計畫波浪預測成果評估內容，包括(1) 示性波高、譜峰週期實測與模擬資料統計特性，如標準偏差(SD)、均方根(RMS)、平均值、最大值及蒐集率(%)等，如表 5-7 基隆港年度逐月示性波高資料統計結果；(2) 示性波高、譜峰週期、平均波向實測與模擬值差值統計特性包括最大差值、差值 SD 及差值 RMS 等，如表 5-8 為基隆港年度逐月波浪差值分析結果；(3) 實測示性波高、譜峰週期、平均波向與中尺度模組模擬值之時序列歷線比較圖，如圖 5.14~圖 5.16 分別代表 2023 年 5 月 9 港示性波高、譜峰週期及平均波向時序列歷線比較結果。

表 5-7 基隆港 2023 年度 AWAC 波高實測與模擬資料統計表(單位 m)

| 基隆港    | 標準偏差(SD) |       | 均方根(RMS) |       | 平均值  |       | 最大值  |       |
|--------|----------|-------|----------|-------|------|-------|------|-------|
|        | Obs      | Model | Obs      | Model | Obs  | Model | Obs  | Model |
| 202209 | 0.87     | 1.14  | 1.76     | 2.35  | 1.53 | 2.06  | 4.29 | 5.92  |
| 202210 | 1.06     | 0.95  | 2.14     | 2.50  | 1.86 | 2.31  | 6.13 | 5.45  |
| 202211 | 0.77     | 0.84  | 1.51     | 1.82  | 1.30 | 1.62  | 4.80 | 4.53  |
| 202212 | 0.84     | 0.82  | 2.41     | 2.67  | 2.26 | 2.54  | 5.48 | 5.13  |
| 202301 | 0.97     | 0.98  | 1.89     | 2.02  | 1.63 | 1.77  | 5.76 | 5.01  |
| 202302 | 0.85     | 0.84  | 1.90     | 1.97  | 1.70 | 1.79  | 3.69 | 3.99  |
| 202303 | 0.72     | 0.61  | 1.32     | 1.34  | 1.10 | 1.19  | 4.49 | 4.19  |
| 202304 | 0.48     | 0.60  | 1.04     | 1.38  | 0.92 | 1.25  | 2.55 | 2.74  |
| 202305 | 0.44     | 0.67  | 0.86     | 1.36  | 0.73 | 1.18  | 2.72 | 3.21  |
| 202306 | 0.36     | 0.70  | 0.56     | 1.08  | 0.44 | 0.82  | 2.33 | 4.06  |
| 202307 | 0.21     | 0.82  | 0.45     | 1.22  | 0.40 | 0.90  | 1.30 | 4.21  |
| 202308 | 0.72     | 1.27  | 1.03     | 1.87  | 0.74 | 1.37  | 4.08 | 5.79  |
| 平均值    | 0.69     | 0.85  | 1.41     | 1.80  | 1.22 | 1.57  | 3.97 | 4.52  |

表 5-8 基隆港 2023 年度 AWAC 波浪實測與模擬差值統計表

| 基隆<br>KL | 示性波高 Hs (m) |          |           | 譜峰週期 Tp (sec) |          |           | 平均週期 Tm (sec) |          |           |
|----------|-------------|----------|-----------|---------------|----------|-----------|---------------|----------|-----------|
|          | 最大<br>差值    | 差值<br>SD | 差值<br>RMS | 最大<br>差值      | 差值<br>SD | 差值<br>RMS | 最大<br>差值      | 差值<br>SD | 差值<br>RMS |
| 202209   | 3.53        | 0.59     | 0.85      | 7.75          | 1.48     | 2.05      | 4.85          | 0.97     | 1.38      |
| 202210   | 1.98        | 0.36     | 0.65      | 6.29          | 0.94     | 1.52      | 2.87          | 0.60     | 1.15      |
| 202211   | 1.74        | 0.27     | 0.50      | 6.37          | 0.93     | 1.51      | 2.41          | 0.47     | 0.99      |
| 202212   | 1.70        | 0.32     | 0.49      | 4.38          | 0.59     | 1.28      | 1.84          | 0.42     | 0.78      |
| 202301   | 1.80        | 0.24     | 0.35      | 4.64          | 0.79     | 1.46      | 2.65          | 0.51     | 1.02      |
| 202302   | 1.04        | 0.19     | 0.29      | 3.49          | 0.62     | 1.30      | 2.14          | 0.44     | 0.94      |
| 202303   | 1.07        | 0.18     | 0.30      | 5.62          | 0.92     | 1.58      | 2.25          | 0.46     | 0.91      |
| 202304   | 1.82        | 0.34     | 0.49      | 7.30          | 1.27     | 1.90      | 2.95          | 0.56     | 0.95      |
| 202305   | 2.15        | 0.50     | 0.69      | 11.92         | 2.48     | 3.22      | 2.55          | 0.51     | 0.97      |
| 202306   | 2.40        | 0.41     | 0.57      | 9.11          | 1.49     | 2.35      | 6.39          | 0.95     | 1.33      |
| 202307   | 3.28        | 0.64     | 0.82      | 9.65          | 1.76     | 2.74      | 3.79          | 0.54     | 0.95      |
| 202308   | 3.90        | 0.79     | 1.02      | 11.02         | 2.24     | 3.62      | 6.89          | 1.18     | 1.63      |

### 5.3 潮位預測成果評估

本計畫潮位預測成果評估內容，包括(1)實測潮位與模擬資料統計特性，如標準偏差(SD)、均方根(RMS)、平均值、最大值及蒐集率(%)等，如表 5-9 為基隆港年度潮位資料統計結果；(2)潮位實測與模擬差值統計特性包括最小差值、最大差值、差值 SD 及差值 RMS 等，如表 5-10 為基隆港年度潮位差值分析結果；(3)實測潮位與中尺度暴潮模組模擬值之時序列歷線比較圖等，如圖 5.17 為 2023 年 5 月 9 商港觀測潮位與模擬值之歷線比較結果。

表 5-9 基隆港 2023 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

| 基隆     | 標準偏差<br>SD |       | 均方根<br>RMS |       | 平均值<br>MEAN |       | 最大值<br>MAX |       | 最小值<br>MIN |       |
|--------|------------|-------|------------|-------|-------------|-------|------------|-------|------------|-------|
|        | Obs        | Model | Obs        | Model | Obs         | Model | Obs        | Model | Obs        | Model |
| 202209 | 0.27       | 0.25  | 0.33       | 0.25  | 0.19        | 0.04  | 0.83       | 0.56  | -0.68      | -0.73 |
| 202210 | 0.28       | 0.26  | 0.28       | 0.27  | -0.02       | -0.09 | 0.65       | 0.39  | -0.78      | -0.76 |
| 202211 | 0.30       | 0.28  | 0.30       | 0.28  | -0.05       | -0.07 | 0.68       | 0.47  | -0.84      | -0.85 |
| 202212 | 0.31       | 0.28  | 0.34       | 0.31  | -0.14       | -0.14 | 0.48       | 0.38  | -1.09      | -1.00 |
| 202301 | 0.31       | 0.28  | 0.33       | 0.31  | -0.12       | -0.13 | 0.57       | 0.43  | -1.05      | -1.00 |
| 202302 | 0.29       | 0.27  | 0.31       | 0.30  | -0.10       | -0.12 | 0.52       | 0.38  | -0.93      | -0.93 |
| 202303 | 0.27       | 0.25  | 0.28       | 0.26  | -0.10       | -0.07 | 0.45       | 0.44  | -0.79      | -0.74 |
| 202304 | 0.26       | 0.25  | 0.27       | 0.25  | -0.03       | -0.02 | 0.57       | 0.50  | -0.70      | -0.62 |
| 202305 | 0.27       | 0.26  | 0.27       | 0.26  | 0.03        | 0.00  | 0.59       | 0.48  | -0.75      | -0.73 |
| 202306 | 0.28       | 0.28  | 0.29       | 0.28  | 0.08        | 0.05  | 0.60       | 0.52  | -0.76      | -0.74 |
| 202307 | 0.29       | 0.29  | 0.30       | 0.29  | 0.08        | 0.05  | 0.70       | 0.57  | -0.79      | -0.80 |
| 202308 | 0.29       | 0.28  | 0.34       | 0.30  | 0.17        | 0.10  | 0.96       | 0.69  | -0.65      | -0.74 |
| 平均值    | 0.29       | 0.27  | 0.30       | 0.28  | 0.00        | -0.03 | 0.63       | 0.48  | -0.82      | -0.80 |

表 5-10 基隆港 2023 年度潮位實測與模擬差值統計表(單位 m)

| 臺北<br>TPs | 最小差值 | 最大差值 | 差值 SD | 差值 RMS |
|-----------|------|------|-------|--------|
| 202209    | 0.00 | 0.40 | 0.09  | 0.17   |
| 202210    | 0.00 | 0.34 | 0.07  | 0.11   |
| 202211    | 0.00 | 0.40 | 0.06  | 0.09   |
| 202212    | 0.00 | 0.26 | 0.05  | 0.08   |
| 202301    | 0.00 | 0.53 | 0.07  | 0.11   |
| 202302    | 0.00 | 0.30 | 0.05  | 0.08   |
| 202303    | 0.00 | 0.27 | 0.05  | 0.08   |
| 202304    | 0.00 | 0.20 | 0.04  | 0.07   |
| 202305    | 0.00 | 0.26 | 0.04  | 0.06   |
| 202306    | 0.00 | 0.16 | 0.03  | 0.06   |
| 202307    | 0.00 | 0.34 | 0.05  | 0.08   |
| 202308    | 0.00 | 0.32 | 0.06  | 0.10   |

## 5.4 海流預測成果評估

本計畫海流預測成果評估內容，包括(1) 流速實測與模擬資料統計特性，如標準偏差(SD)、均方根(RMS)、平均值、最大值及蒐集率(%)等，如表 5-11 基隆港年度流速實測與模擬資料統計結果；(2) 流速實測與模擬差值統計特性包括最小差值、最大差值、差值 SD 及差值 RMS 等，如表 5-12 基隆港年度流速差值資料統計結果；(3)實測流速、流向與模擬流速、流向之時序列歷線比較圖，如圖 5.18 及圖 5.19 分別代表 2023 年 5 月各港流速、流向時序列歷線比較結果。

表 5-11 基隆港 2023 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

| 基隆港    | 標準偏差(SD) |       | 均方根(RMS) |       | 平均值  |       | 最大值  |       |
|--------|----------|-------|----------|-------|------|-------|------|-------|
|        | Obs      | Model | Obs      | Model | Obs  | Model | Obs  | Model |
| 202209 | 0.87     | 1.14  | 1.76     | 2.35  | 1.53 | 2.06  | 4.29 | 5.92  |
| 202210 | 1.06     | 0.95  | 2.14     | 2.50  | 1.86 | 2.31  | 6.13 | 5.45  |
| 202211 | 0.77     | 0.84  | 1.51     | 1.82  | 1.30 | 1.62  | 4.80 | 4.53  |
| 202212 | 0.84     | 0.82  | 2.41     | 2.67  | 2.26 | 2.54  | 5.48 | 5.13  |
| 202301 | 0.97     | 0.98  | 1.89     | 2.02  | 1.63 | 1.77  | 5.76 | 5.01  |
| 202302 | 0.85     | 0.84  | 1.90     | 1.97  | 1.70 | 1.79  | 3.69 | 3.99  |
| 202303 | 0.72     | 0.61  | 1.32     | 1.34  | 1.10 | 1.19  | 4.49 | 4.19  |
| 202304 | 0.48     | 0.60  | 1.04     | 1.38  | 0.92 | 1.25  | 2.55 | 2.74  |
| 202305 | 0.44     | 0.67  | 0.86     | 1.36  | 0.73 | 1.18  | 2.72 | 3.21  |
| 202306 | 0.36     | 0.70  | 0.56     | 1.08  | 0.44 | 0.82  | 2.33 | 4.06  |
| 202307 | 0.21     | 0.82  | 0.45     | 1.22  | 0.40 | 0.90  | 1.30 | 4.21  |
| 202308 | 0.72     | 1.27  | 1.03     | 1.87  | 0.74 | 1.37  | 4.08 | 5.79  |
| 平均值    | 0.69     | 0.85  | 1.41     | 1.80  | 1.22 | 1.57  | 3.97 | 4.52  |



表 5-12 基隆港 2023 年度流速實測與模擬差值統計表(單位 m/s)

| 臺北<br>TPs | 最小差值 | 最大差值 | 差值 SD | 差值 RMS |
|-----------|------|------|-------|--------|
| 202209    | 0.00 | 0.64 | 0.10  | 0.16   |
| 202210    | 0.00 | 0.65 | 0.11  | 0.18   |
| 202211    | 0.00 | 0.59 | 0.11  | 0.17   |
| 202212    | 0.00 | 0.73 | 0.13  | 0.19   |
| 202301    | 0.00 | 0.59 | 0.11  | 0.16   |
| 202302    | 0.00 | 0.66 | 0.13  | 0.18   |
| 202303    | 0.00 | 0.57 | 0.12  | 0.17   |
| 202304    | 0.00 | 0.54 | 0.11  | 0.16   |
| 202305    | 0.00 | 0.56 | 0.10  | 0.15   |
| 202306    | 0.00 | 0.55 | 0.10  | 0.16   |
| 202307    | 0.00 | 0.74 | 0.10  | 0.16   |
| 202308    | 0.00 | 0.59 | 0.12  | 0.21   |



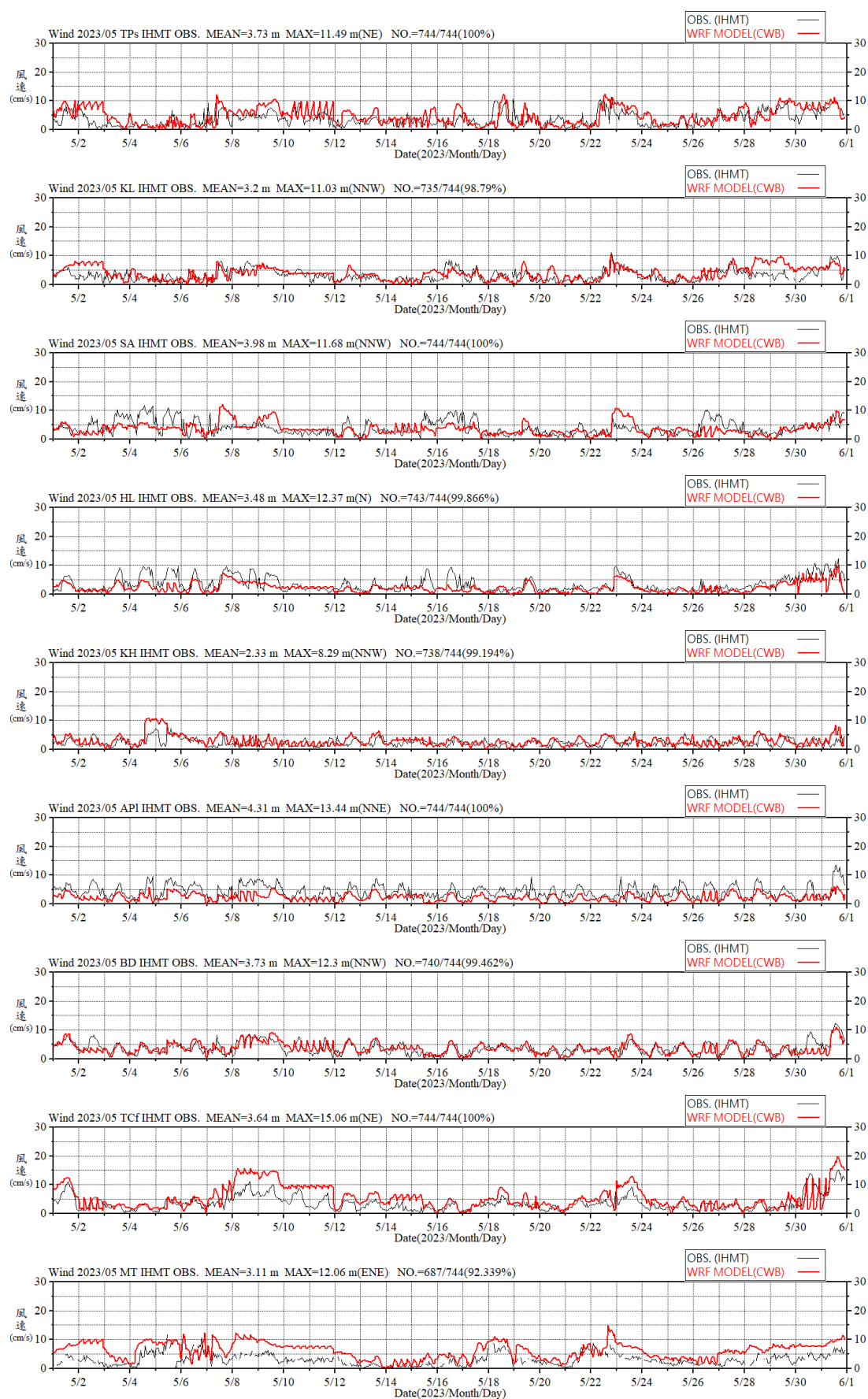


圖 5.10 2023 年 5 月 9 商港觀測風速與小尺度模式比較圖

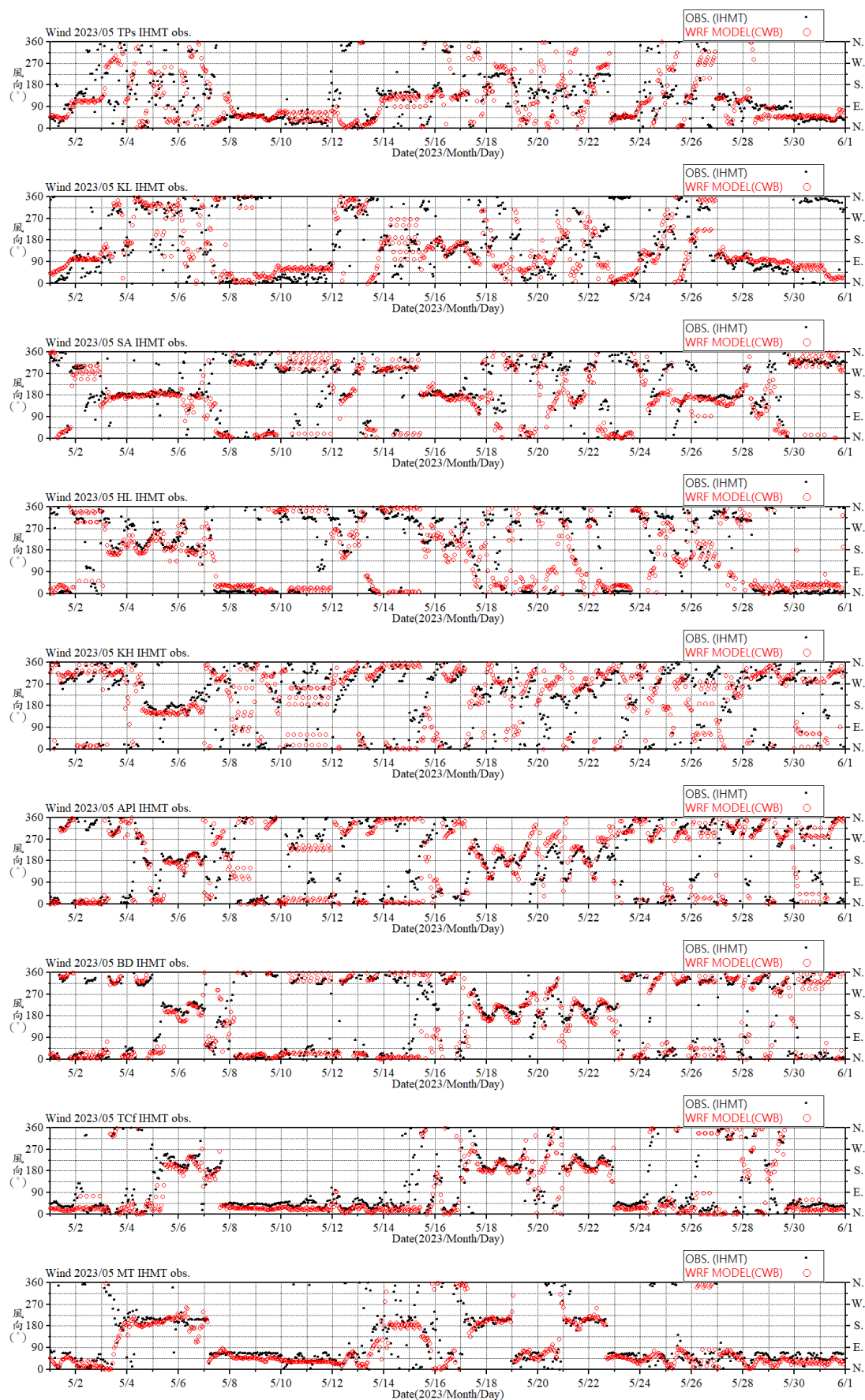


圖 5.11 2023 年 5 月 9 商港觀測風向與小尺度模式比較圖

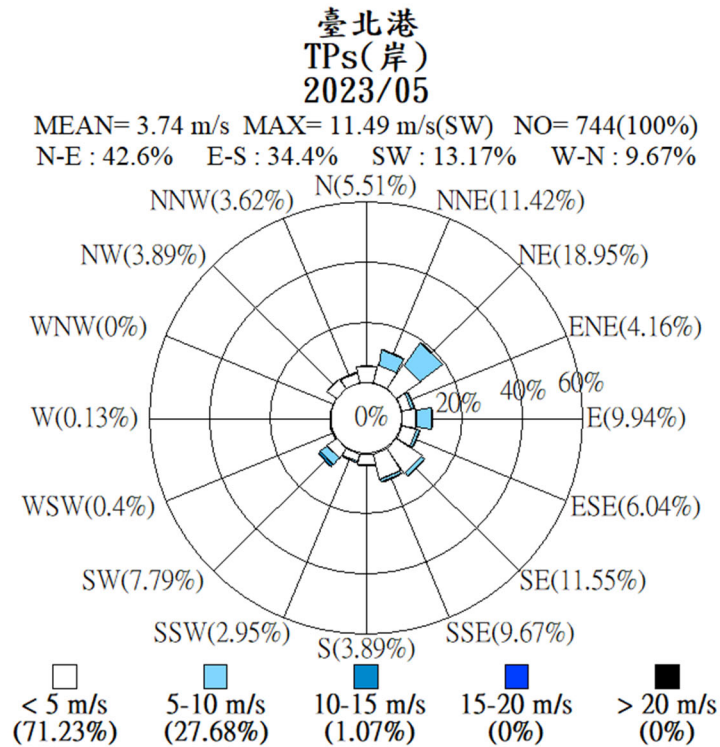


圖 5.12 2023 年 5 月臺北港觀測風力玫瑰圖

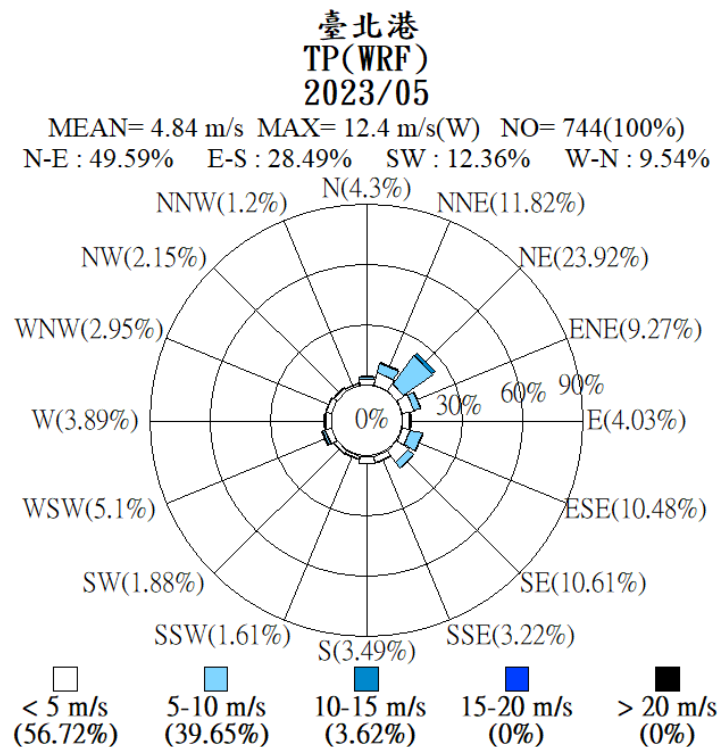


圖 5.13 2023 年 5 月臺北港模擬風力玫瑰圖

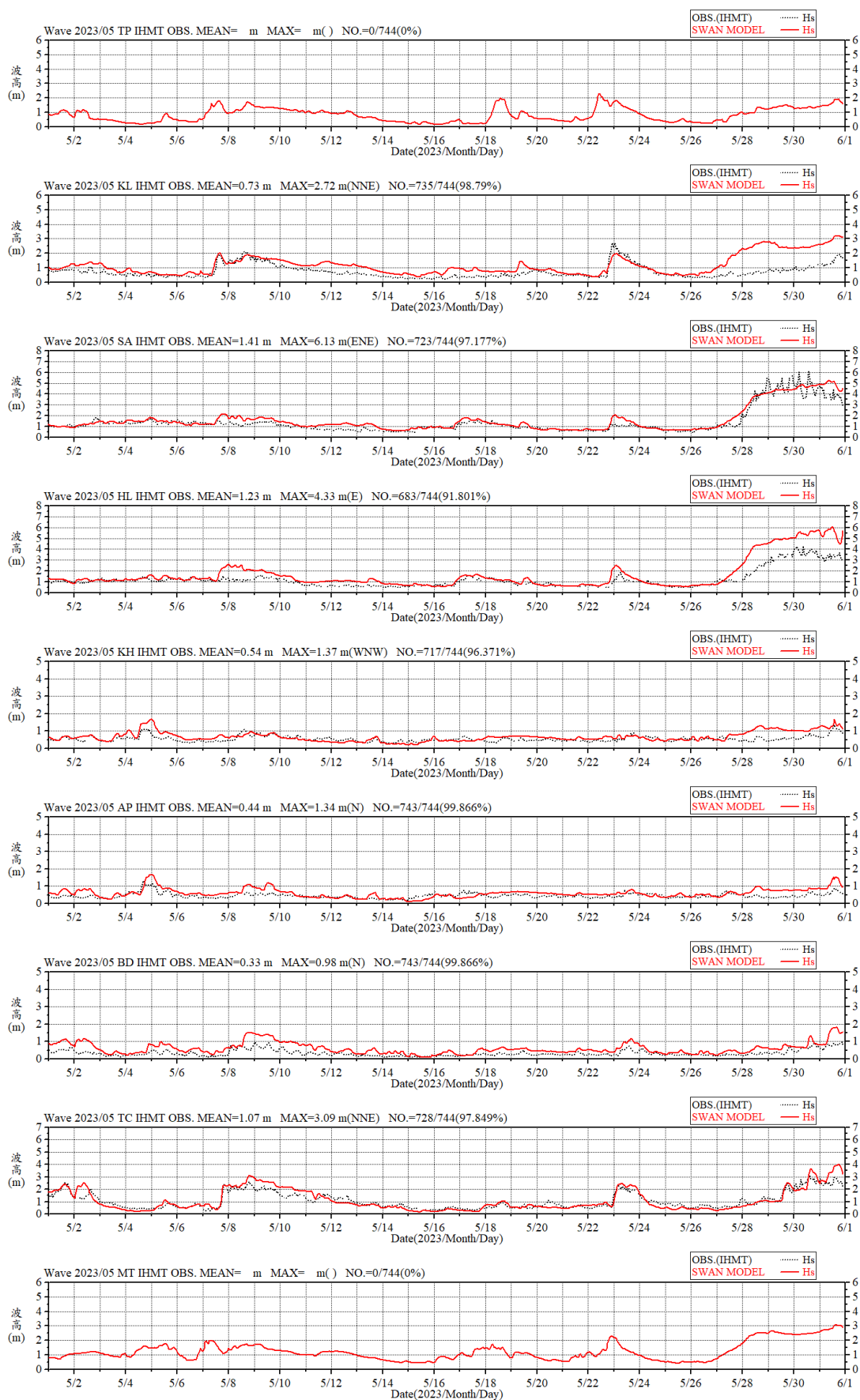


圖 5.14 2023 年 5 月 9 商港觀測波高與中尺度 SWAN 模式比較圖



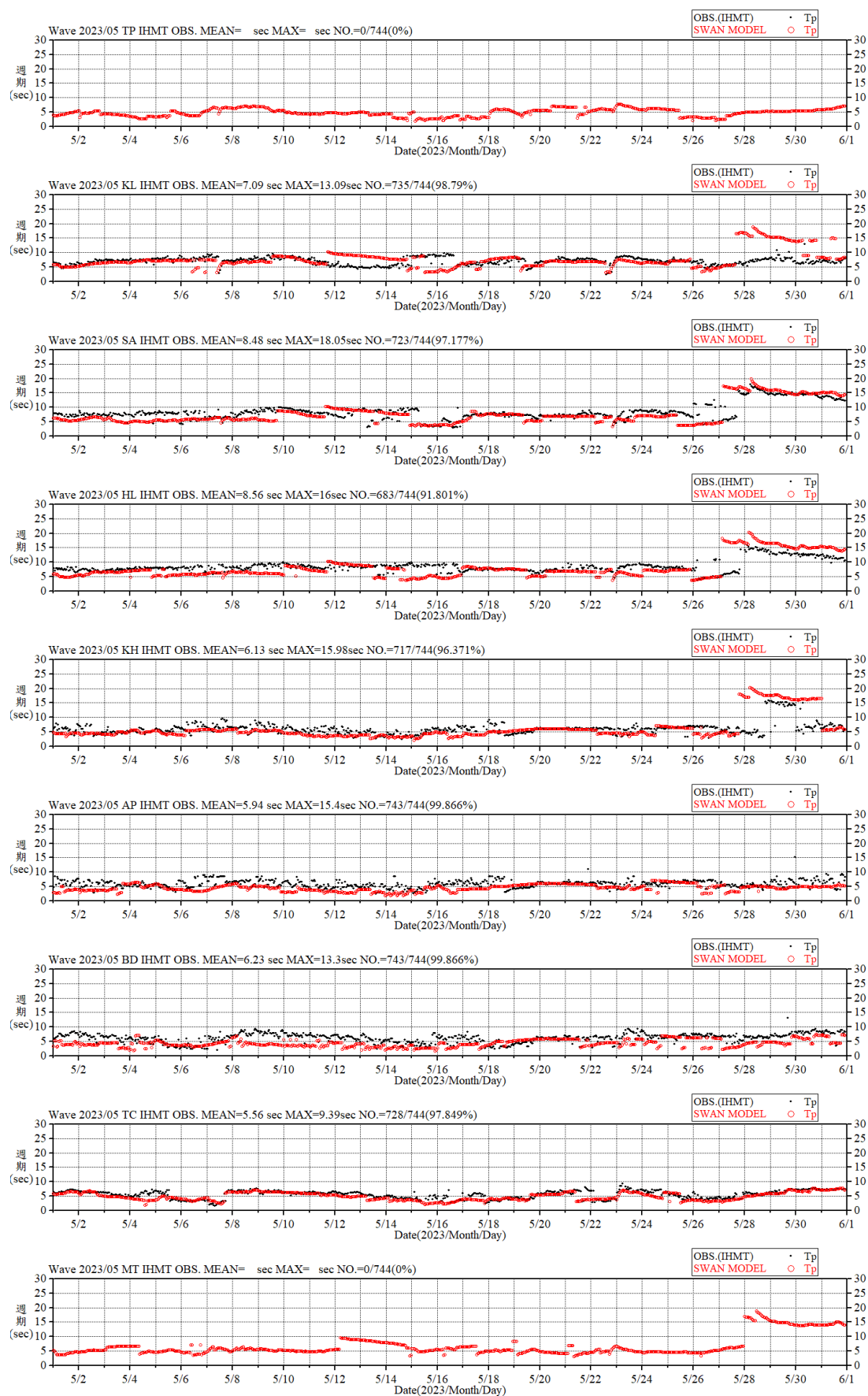


圖 5.15 2023 年 5 月 9 商港觀測週期與中尺度 SWAN 模式比較圖

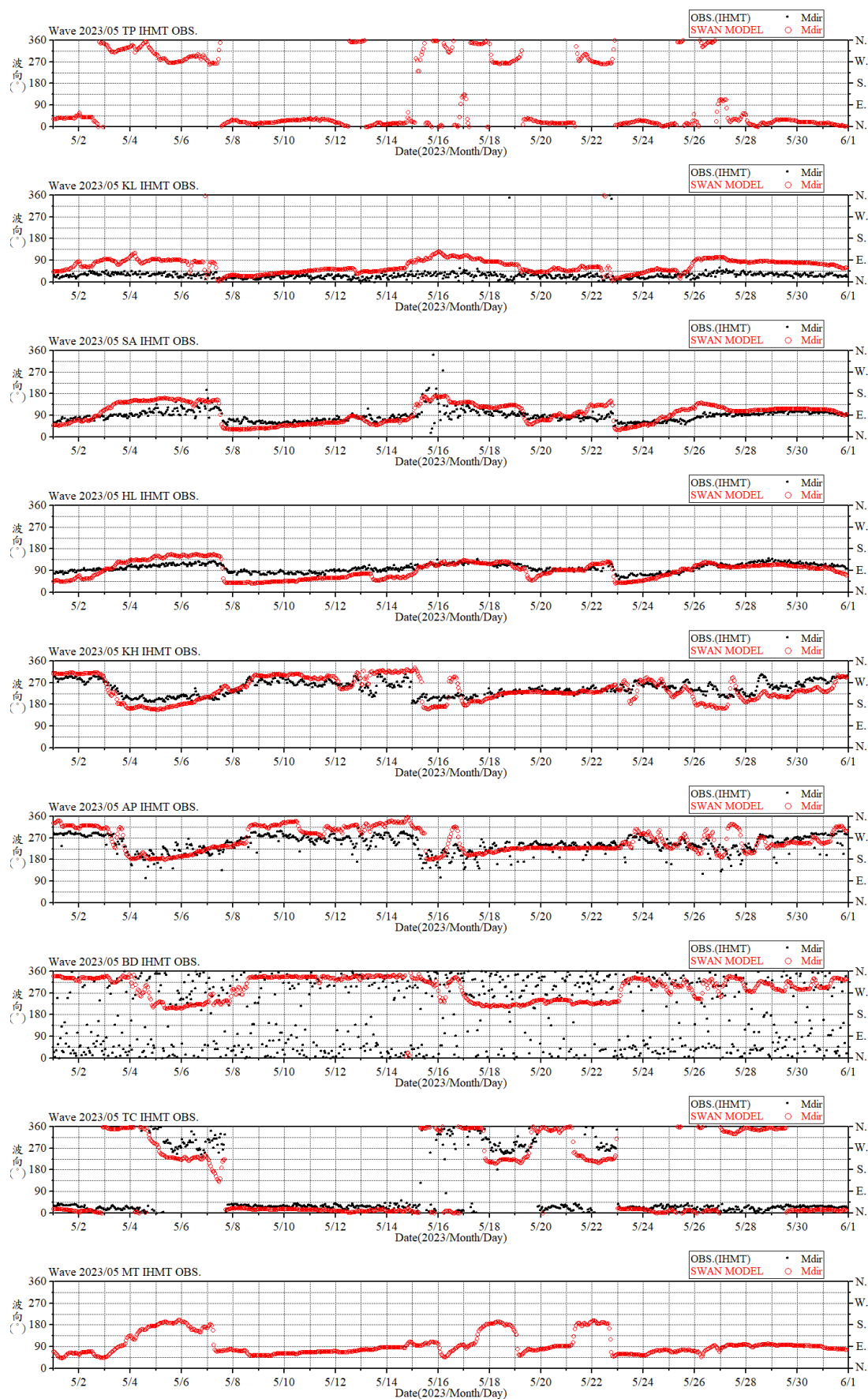


圖 5.16 2023 年 5 月 9 商港觀測波向與中尺度 SWAN 模式比較圖

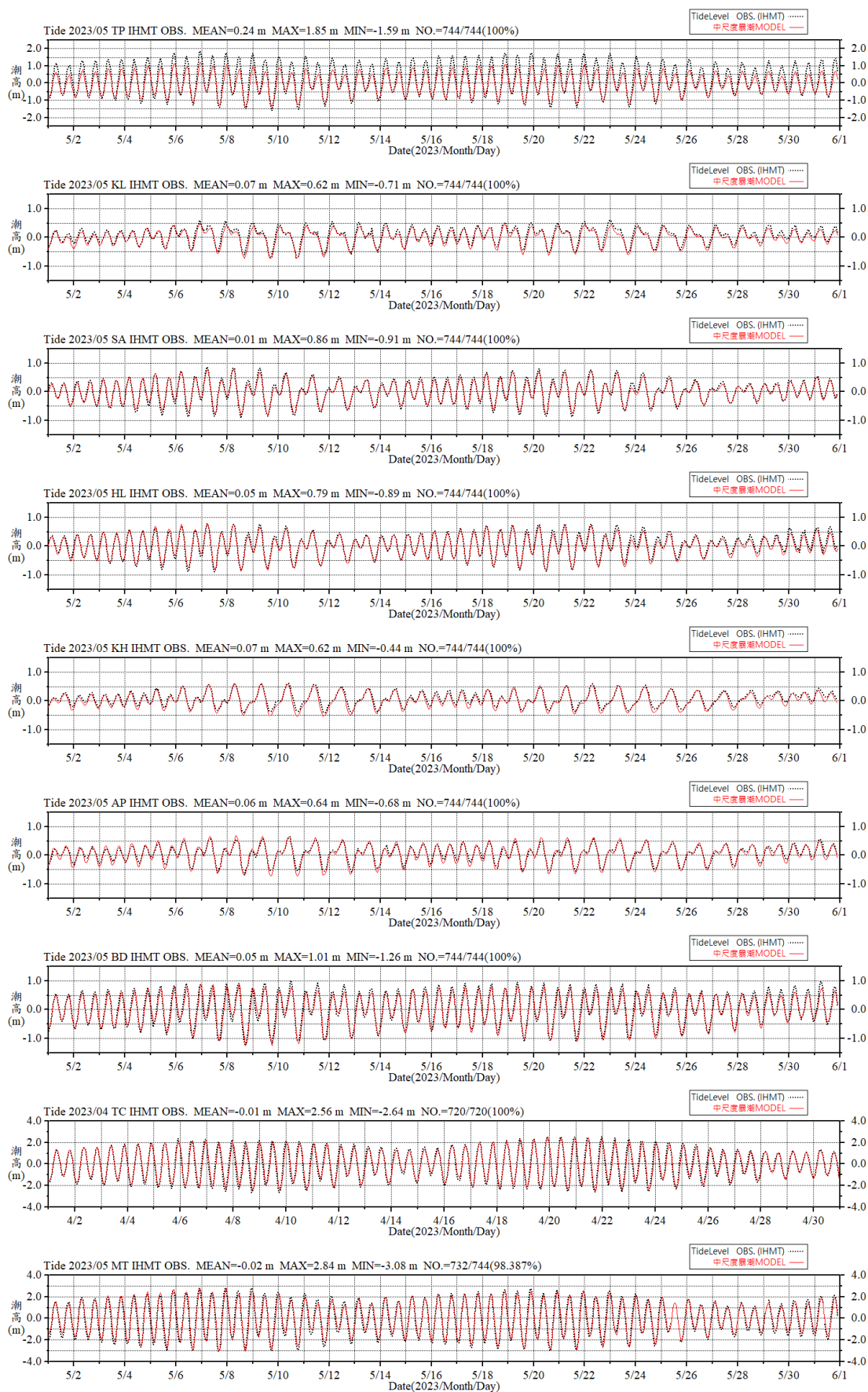


圖 5.17 2023 年 5 月 9 商港觀測水位與中尺度暴潮模式比較圖

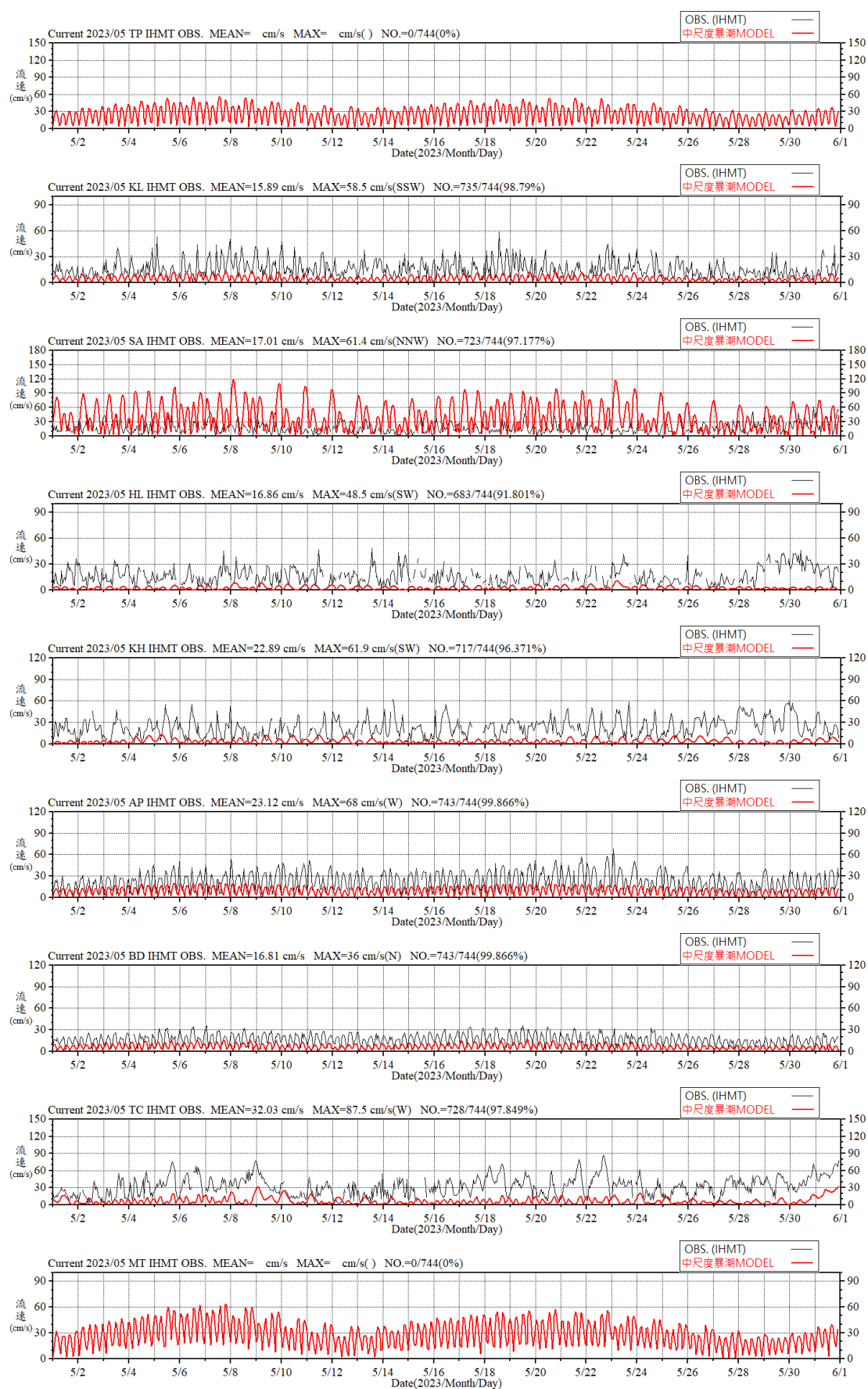


圖 5.18 2023 年 5 月 9 商港觀測流速與中尺度暴潮模式比較圖



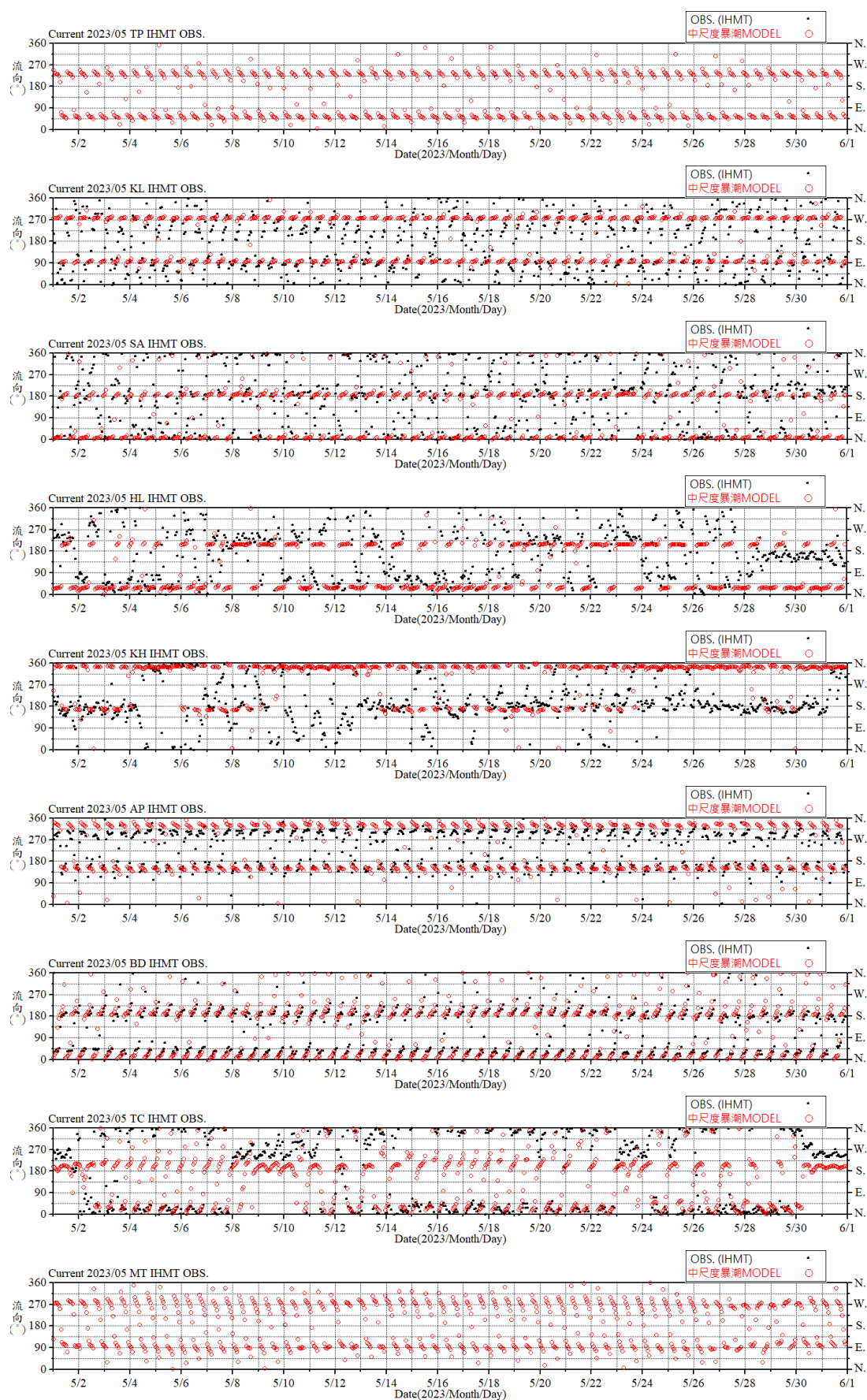


圖 5.19 2023 年 5 月 9 商港觀測流向與中尺度暴潮模式比較圖



## 第六章 高雄海域基本資料蒐集與分析

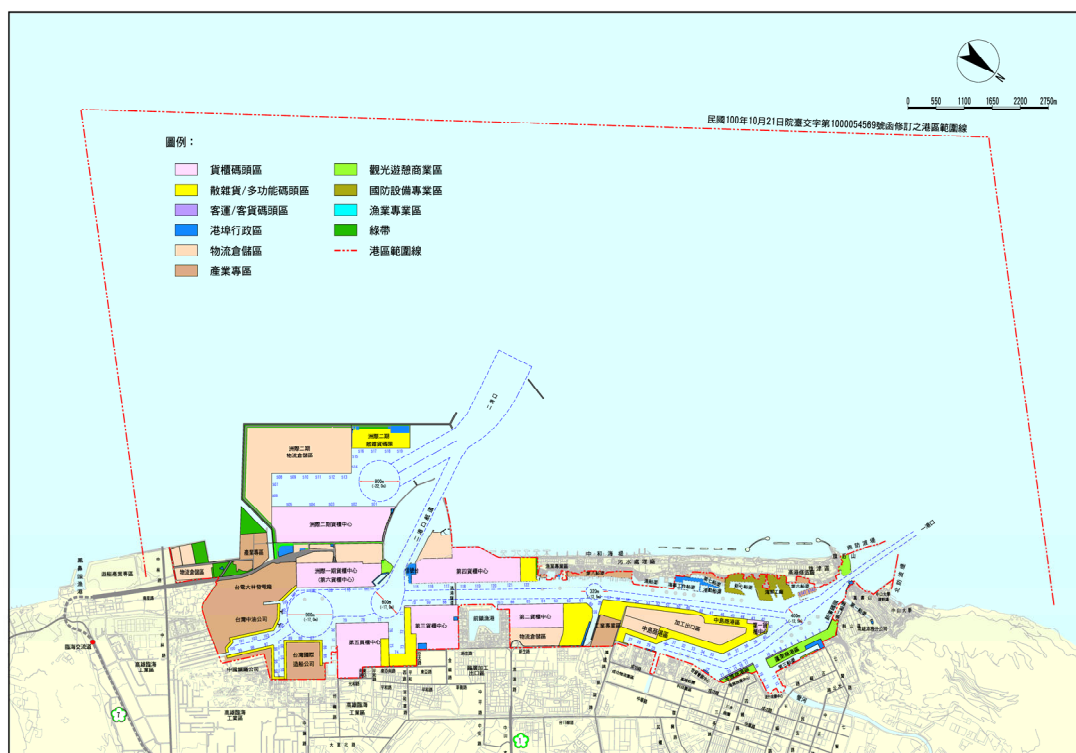
本計畫高雄海域基本資料蒐集主要對象為高雄港，資料內容包括潮汐、波浪、海流及地形水深等基本海象資料。

### 6.1 地理位置

高雄港位於臺灣西南海岸，為臺灣第一大商港，扼臺灣海峽與巴士海峽交匯之要衝，臨海有狹長沙洲為港灣的天然防波堤，為地理條件優良之天然良港。高雄港港區面積為 17,736 公頃，其中陸域面積 1,871 公頃，佔全港面積之 10.5%，水域面積 15,865 公頃，佔全港面積之 89.5%；高雄港目前進出港航道有第一港口及第二港口，第一港口之內港口水深 12.5 公尺，港口寬 130 公尺，航道有效寬度 98 公尺；第二港口之內港口水深 17.5 公尺，港口寬 250 公尺，航道有效寬度 183 公尺。

為滿足高雄港貨櫃運量成長需求，提昇高雄港競爭力，高雄港乃於 93 年開始推動高雄港洲際貨櫃中心第一期工程計畫，希望藉由興建新一代的貨櫃儲運中心，來提升高雄港的貨櫃裝卸能量，期使高雄港在全球海運市場持續扮演貨櫃轉運樞紐港的角色。由政府取得紅毛港 112 公頃土地並辦理外海圍堤、公共水域浚挖以及區內聯絡道路等各項基礎工程，以配合民間業者採 BOT 模式投資興建 4 席水深為-16 公尺、總長為 1500 公尺，可供 13,000TEU 新式大型貨櫃船靠泊之深水碼頭，以及面積約 75 公頃之後線場地及裝卸搬運機具等營運設施。

高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫於民國 100 年 3 月 10 日奉行政院核定實施，藉由本計畫之推動，興建水深-15.5~-18 公尺之深水碼頭共 19 席，包含 5 席水深-18 公尺，可供 24,000TEU 級貨櫃輪靠泊之深水貨櫃碼頭，4 席水深-15.5~-17.5 公尺之石化油品碼頭，以及 4 席水深-15.5 公尺之散雜貨碼頭，並規劃分為石化油品儲運中心、貨櫃基地及港埠用地等 3 區塊進行開發。目前高雄港洲際貨櫃中心第二期工程外廓工程已完工，高雄港港域現況，如圖 6.1 所示。



★資料來源高雄港港務分公司網站

圖 6.1 高雄港現況圖

## 6.2 潮汐

運技中心目前在高雄港內設有 3 潮位站，測站位置如圖 6.2 所示，其中測站 KHTD01 及 KHTD04 位於一港口 4 號碼頭區潮位觀測井內，測站 KHTD05 位於二港口紅毛港文化園區內。本計畫除了蒐集高雄港各測站潮位資料外，為瞭解高雄海域潮汐特性，另選取 KHTD01 測站 2022 年逐時觀測資料，如圖 6.3 所示，辦理潮位統計及天文潮調和分析等相關分析如后。

高雄港 2022 年最高潮位(HHWL)、平均高潮位(MHWL)、平均潮位(MWL)、平均低潮位(MLWL)、最低潮位(LLWL)等重要潮位統計結果，如表 6-1 所列。由逐月統計之變化得知，2022 年高雄港月平均潮位最大值 0.474m 出現在 9 月，最小值 0.249m 出現於 11 月，二者相差 0.225m；全年最高潮位值為 1.169m，出現於 7 月 14 日 7 時，屬於天文潮與一般氣象因素所致。另依據年度統計結果得知，高雄港 2022 年平均潮位為 0.348m、平均高潮位為 0.634m、平均低潮位為 0.065m、平均潮差(MR)為 0.569m，全年最大潮差(最高潮位-最低潮位，MTR)為 1.592m。

依據 2022 年天文潮調和常數分析結果(詳附錄三)得知，高雄港潮汐主要分潮  $O_1$ 、 $K_1$ 、 $M_2$ 、 $S_2$  之振幅依序分別為 0.184m、0.193m、0.183m 及 0.07m，因此高雄港潮型指標 $[(O_1+K_1)/(M_2+S_2)]$ 約為 1.49，相當於全日潮型態( $\geq 1.5$ )。

表 6-1 高雄港 2022 年逐月及全年代表性潮位統計表

| 月份 | HHWL  | MHWL  | MWL   | MLWL   | LLWL   | MTR   | MR    | 資料數  |
|----|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|
| 1  | 1.027 | 0.578 | 0.288 | 0.008  | -0.361 | 1.388 | 0.570 | 744  |
| 2  | 1.000 | 0.532 | 0.278 | 0.019  | -0.254 | 1.254 | 0.513 | 672  |
| 3  | 0.800 | 0.574 | 0.294 | 0.013  | -0.254 | 1.055 | 0.561 | 744  |
| 4  | 0.832 | 0.610 | 0.328 | 0.040  | -0.155 | 0.988 | 0.570 | 720  |
| 5  | 0.952 | 0.591 | 0.314 | 0.033  | -0.233 | 1.186 | 0.558 | 744  |
| 6  | 1.002 | 0.680 | 0.374 | 0.103  | -0.188 | 1.190 | 0.577 | 720  |
| 7  | 1.169 | 0.753 | 0.458 | 0.184  | -0.104 | 1.274 | 0.569 | 744  |
| 8  | 1.157 | 0.723 | 0.462 | 0.212  | -0.080 | 1.237 | 0.510 | 744  |
| 9  | 1.025 | 0.753 | 0.474 | 0.189  | -0.138 | 1.163 | 0.564 | 720  |
| 10 | 0.974 | 0.700 | 0.396 | 0.083  | -0.133 | 1.107 | 0.617 | 744  |
| 11 | 0.941 | 0.572 | 0.249 | -0.070 | -0.264 | 1.205 | 0.642 | 720  |
| 12 | 0.946 | 0.540 | 0.260 | -0.032 | -0.423 | 1.369 | 0.572 | 744  |
| 全年 | 1.169 | 0.643 | 0.348 | 0.065  | -0.423 | 1.592 | 0.569 | 8760 |

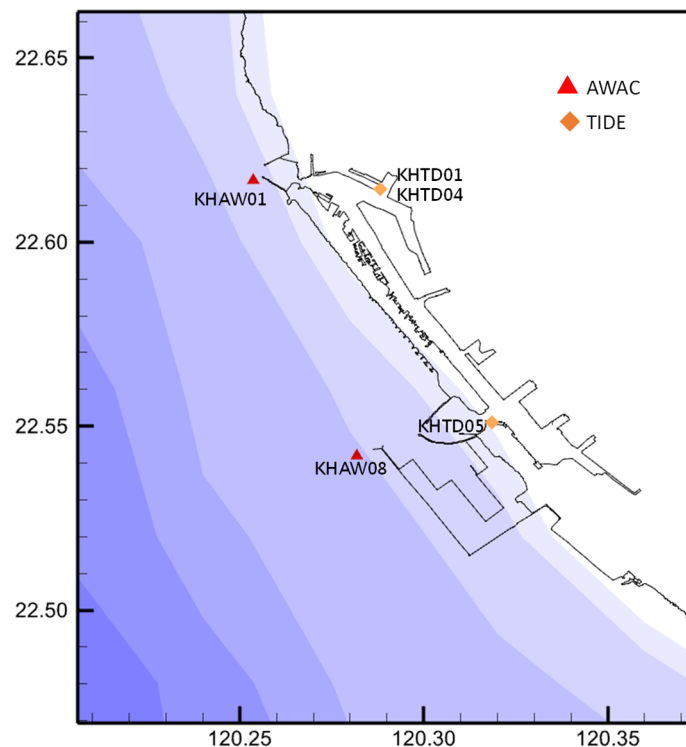
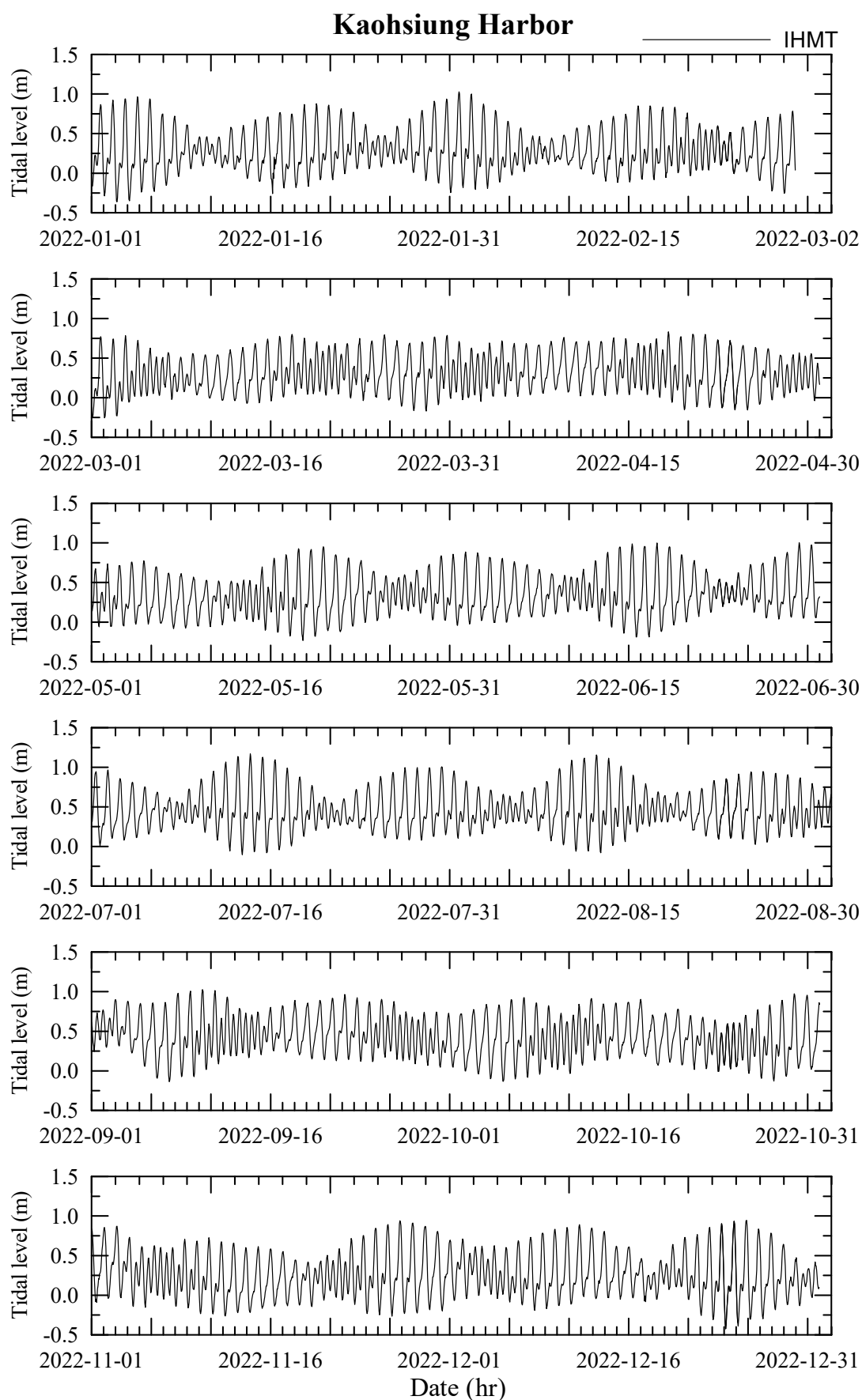


圖 6.2 運技中心高雄港潮位及 AWAC 測站位置分布圖



**圖 6.3 高雄港 2022 年逐時潮位歷線圖**

## 6.3 海流

運技中心在高雄港一、二港口外海分別設有波流(AWAC)測站(主、副站各一)，測站位置詳圖 6.2 所示，其中二港口波流站於 2022 年 11 月重新設站。由於主、副站位置相當鄰近，因此，本計畫海流觀測資料蒐集與分析以主要測站為對象。此外，考量高雄港二港口波流測站設站時間為 2022 年 11 月，觀測資料長度不足 1 年，本計畫海流觀測資料分析選擇一港口 2022 年垂直方向平均海流觀測資料，如圖 6.4 所示，辦理相關統計分析如下：

2022 年逐月及全年流速、流向聯合機率分布統計結果，分別如表 6-2~表 6-13 及表 6-14 所列，流速、流向分布玫瑰圖，分別如圖 6.5~圖 6.16 及圖 6.17 所示；顯示高雄港一港口海流全年流速、流向分布趨勢高度一致，即高雄港一港口漲潮主要流向為 NNW 向，退潮主要流向為 S 向。另依據流速、流向聯合機率分布統計結果得出每月及全年主(次)要流速、主(次)要流向之佔比，如表 6-15 所列；主要流速除 9 月在 25~ 37.5cm/s 區間及 11 月在 0~ 12.5cm/s 區間外，其餘月份及全年均落在 12.5~ 25cm/s 區間；主要流向僅 4、8 及 9 月為 S 向(退潮)，其餘月份及年統計主要波向均為 NNW 向(漲潮)。2022 年 11 月 02 日測得全年最大流速為 72.6cm/s、對應流向為 NNW 向。

為瞭解海流主要分潮特性，本計畫選取 4 個主要天文分潮(即  $O_1$ 、 $K_1$ 、 $M_2$ 、 $S_2$ )進行調和分析，得到各主要分潮潮流橢圓長軸振幅及流向方位角，如表 6-16 所示。由分潮潮流橢圓長軸振幅大小得知，2022 年僅 7~10 月份為半日潮  $M_2$  佔優勢，其餘月份均為全日潮佔優勢；表中淨流速大小約介於 2.9 cm/s~ 6.6 cm/s 之間，流向出現在 8 個方位角，代表高雄港一港口海流受季節性洋流影響不明顯，主要仍以潮流特性為主。



表 6-2 高雄港一港口 2022 年 1 月流速、流向聯合機率分布表

|        |     | 流速(cm/s) |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|--------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|        |     | 0~12.5   | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向 | N   | 1.6      | 3       | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5    |
|        | NNE | 0.9      | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|        | NE  | 0.3      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.3  |
|        | ENE | 0.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|        | E   | 0.3      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.3  |
|        | ESE | 0.5      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.5  |
|        | SE  | 1.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|        | SSE | 2.3      | 4.6     | 5.1     | 2.6     | 0.4     | 0       | 0       | 0        | 0    | 14.9 |
|        | S   | 2.6      | 6.6     | 6.7     | 4.3     | 0.7     | 0       | 0       | 0        | 0    | 20.8 |
|        | SSW | 3.6      | 2.2     | 0.8     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 6.6  |
|        | SW  | 1.2      | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.6  |
|        | WSW | 2.2      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.2  |
|        | W   | 2.2      | 0.5     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.7  |
|        | WNW | 2.6      | 1.5     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 4    |
|        | NW  | 6.3      | 5.5     | 0.9     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 12.8 |
|        | NNW | 4.6      | 14.1    | 6.3     | 1.1     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 26.1 |
|        | sum | 32.3     | 38.4    | 20.3    | 7.9     | 1.1     | 0       | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-3 高雄港一港口 2022 年 2 月流速、流向聯合機率分布表

|        |     | 流速(cm/s) |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|--------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|        |     | 0~12.5   | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向 | N   | 1.6      | 2.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 4    |
|        | NNE | 0.6      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.6  |
|        | NE  | 0.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|        | ENE | 0.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|        | E   | 0.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|        | ESE | 0.4      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.4  |
|        | SE  | 0.6      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.6  |
|        | SSE | 1.9      | 4.2     | 6.8     | 3.1     | 0.6     | 0       | 0       | 0        | 0    | 16.7 |
|        | S   | 1.5      | 7.1     | 7.4     | 4.3     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 20.4 |
|        | SSW | 3.1      | 3       | 0.7     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 6.8  |
|        | SW  | 1.5      | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.9  |
|        | WSW | 1.8      | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.9  |
|        | W   | 1        | 0.6     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.6  |
|        | WNW | 3.4      | 1.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 4.8  |
|        | NW  | 2.7      | 3.1     | 0.7     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 6.5  |
|        | NNW | 3.7      | 15.3    | 12.1    | 2.1     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 33.2 |
|        | sum | 24.4     | 37.6    | 27.8    | 9.5     | 0.6     | 0       | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-4 高雄港一港口 2022 年 3 月流速、流向聯合機率分布表

| 觀測時間：111/3/1~111/3/31 |     | 流速(cm/s) |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|-----------------------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|                       |     | 0~12.5   | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向                | N   | 3.9      | 1.6     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5.5  |
|                       | NNE | 1.3      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.3  |
|                       | NE  | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0    |
|                       | ENE | 0.5      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.5  |
|                       | E   | 0.3      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.3  |
|                       | ESE | 0.5      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.5  |
|                       | SE  | 1.2      | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.3  |
|                       | SSE | 2.2      | 5.9     | 3.5     | 1.1     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 12.6 |
|                       | S   | 5.2      | 10.6    | 6.6     | 0.8     | 0.3     | 0       | 0       | 0        | 0    | 23.5 |
|                       | SSW | 3        | 2       | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5.2  |
|                       | SW  | 1.3      | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.7  |
|                       | WSW | 1.3      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.3  |
|                       | W   | 1.7      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2    |
|                       | WNW | 2.2      | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.6  |
|                       | NW  | 3.9      | 2.8     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 6.7  |
|                       | NNW | 6.5      | 17.5    | 9.5     | 1.2     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 34.7 |
|                       | sum | 35.1     | 41.7    | 19.9    | 3.1     | 0.3     | 0       | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-5 高雄港一港口 2022 年 4 月流速、流向聯合機率分布表

| 觀測時間：111/4/1~111/4/30 |     | 流速(cm/s) |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|-----------------------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|                       |     | 0~12.5   | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向                | N   | 2.9      | 0.3     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 3.3  |
|                       | NNE | 1.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|                       | NE  | 0.3      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.3  |
|                       | ENE | 0.4      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.4  |
|                       | E   | 0.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|                       | ESE | 0.4      | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.6  |
|                       | SE  | 1.9      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.2  |
|                       | SSE | 4        | 9.6     | 7.6     | 3.5     | 0.1     | 0       | 0       | 0        | 0    | 24.9 |
|                       | S   | 5.7      | 10.8    | 6.8     | 1.8     | 0.1     | 0       | 0       | 0        | 0    | 25.3 |
|                       | SSW | 4.4      | 2.2     | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 6.9  |
|                       | SW  | 1.4      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.7  |
|                       | WSW | 1        | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|                       | W   | 1.5      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.8  |
|                       | WNW | 2.1      | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 3.1  |
|                       | NW  | 3.5      | 1.7     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5.3  |
|                       | NNW | 3.1      | 10      | 5.6     | 3.2     | 0.1     | 0       | 0       | 0        | 0    | 21.9 |
|                       | sum | 33.9     | 36.7    | 20.6    | 8.5     | 0.4     | 0       | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-6 高雄港一港口 2022 年 5 月流速、流向聯合機率分布表

|        |     | 觀測時間：111/5/1~111/5/31 |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|--------|-----|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|        |     | 流速(cm/s)              |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|        |     | 0~12.5                | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向 | N   | 3.5                   | 3.8     | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 7.7  |
|        | NNE | 1.2                   | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.5  |
|        | NE  | 1.1                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|        | ENE | 0.8                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.8  |
|        | E   | 0.8                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.8  |
|        | ESE | 0.8                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.8  |
|        | SE  | 0.5                   | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.8  |
|        | SSE | 3                     | 5.5     | 3.2     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 11.8 |
|        | S   | 5.6                   | 7.1     | 3.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 16.1 |
|        | SSW | 2.7                   | 0.9     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 3.6  |
|        | SW  | 0.9                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.9  |
|        | WSW | 1.2                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.2  |
|        | W   | 2                     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.2  |
|        | WNW | 1.9                   | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.2  |
|        | NW  | 4.3                   | 7       | 1.2     | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 12.8 |
|        | NNW | 5.1                   | 16.7    | 9.9     | 3.5     | 0.5     | 0       | 0       | 0        | 0    | 35.8 |
|        | sum | 35.5                  | 41.9    | 18.1    | 3.9     | 0.5     | 0       | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-7 高雄港一港口 2022 年 6 月流速、流向聯合機率分布表

|        |     | 觀測時間：111/6/1~111/6/30 |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|--------|-----|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|        |     | 流速(cm/s)              |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|        |     | 0~12.5                | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向 | N   | 3.2                   | 4.3     | 1.9     | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 9.9  |
|        | NNE | 1.8                   | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.2  |
|        | NE  | 0.4                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.4  |
|        | ENE | 0.3                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.3  |
|        | E   | 0.4                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.4  |
|        | ESE | 0.8                   | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|        | SE  | 1.3                   | 0.7     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.9  |
|        | SSE | 4                     | 6.1     | 1.3     | 0.7     | 0.1     | 0       | 0       | 0        | 0    | 12.2 |
|        | S   | 3.5                   | 9.4     | 6.3     | 2.8     | 0.6     | 0       | 0       | 0        | 0    | 22.5 |
|        | SSW | 1                     | 1.7     | 1.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 3.8  |
|        | SW  | 1.8                   | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.9  |
|        | WSW | 1.1                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|        | W   | 1.9                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.9  |
|        | WNW | 2.1                   | 0.6     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.6  |
|        | NW  | 3.5                   | 3.2     | 1.1     | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 8.1  |
|        | NNW | 3.5                   | 8.1     | 6.9     | 7.5     | 3.5     | 0.1     | 0       | 0        | 0    | 29.6 |
|        | sum | 30.6                  | 34.9    | 18.6    | 11.7    | 4.2     | 0.1     | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-8 高雄港一港口 2022 年 7 月流速、流向聯合機率分布表

| 觀測時間：111/7/1~111/7/31 |     |          |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|-----------------------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|                       |     | 流速(cm/s) |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|                       |     | 0~12.5   | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向                | N   | 2        | 2.3     | 1.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5.4  |
|                       | NNE | 1.2      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.5  |
|                       | NE  | 0.3      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.3  |
|                       | ENE | 0.5      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.5  |
|                       | E   | 0.4      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.4  |
|                       | ESE | 1.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|                       | SE  | 1.2      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.5  |
|                       | SSE | 2.3      | 3.5     | 1.3     | 1.1     | 0.4     | 0.1     | 0       | 0        | 0    | 8.7  |
|                       | S   | 3.6      | 9.5     | 6.2     | 5.8     | 1.9     | 0       | 0       | 0        | 0    | 27   |
|                       | SSW | 2.7      | 3.2     | 1.1     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 7.1  |
|                       | SW  | 1.7      | 0.5     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.3  |
|                       | WSW | 1.7      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2    |
|                       | W   | 2.2      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.4  |
|                       | WNW | 1.2      | 0.8     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2    |
|                       | NW  | 3.2      | 2.7     | 2       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 7.9  |
|                       | NNW | 2.8      | 7.9     | 9.8     | 7.3     | 1.9     | 0.1     | 0       | 0        | 0    | 29.8 |
|                       | sum | 28.2     | 31.6    | 21.5    | 14.2    | 4.2     | 0.3     | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-9 高雄港一港口 2022 年 8 月流速、流向聯合機率分布表

| 觀測時間：118/5/1~111/8/31 |     |          |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|-----------------------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|                       |     | 流速(cm/s) |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|                       |     | 0~12.5   | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向                | N   | 0.7      | 1.1     | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2    |
|                       | NNE | 0.3      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.3  |
|                       | NE  | 0.4      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.4  |
|                       | ENE | 0.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|                       | E   | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0    |
|                       | ESE | 0.3      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.3  |
|                       | SE  | 0.5      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.5  |
|                       | SSE | 1.7      | 3.1     | 2.6     | 1.2     | 0.1     | 0       | 0       | 0        | 0    | 8.7  |
|                       | S   | 4        | 8.3     | 8.5     | 7.4     | 3.4     | 0.1     | 0       | 0        | 0    | 31.7 |
|                       | SSW | 1.7      | 3.5     | 0.9     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 6.2  |
|                       | SW  | 1.6      | 0.9     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.6  |
|                       | WSW | 2.2      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.4  |
|                       | W   | 1.1      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.3  |
|                       | WNW | 2.3      | 1.2     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 3.5  |
|                       | NW  | 3.5      | 4       | 2       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 9.5  |
|                       | NNW | 3.4      | 7.5     | 9       | 7.4     | 2       | 1.1     | 0       | 0        | 0    | 30.4 |
|                       | sum | 23.8     | 30.2    | 23.3    | 16      | 5.5     | 1.2     | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-10 高雄港一港口 2023 年 9 月流速、流向聯合機率分布表

|        |     | 觀測時間：111/9/1~111/9/30 |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|--------|-----|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|        |     | 流速(cm/s)              |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|        |     | 0~12.5                | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向 | N   | 0.7                   | 1       | 1.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.8  |
|        | NNE | 0.3                   | 0.3     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.7  |
|        | NE  | 0.1                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|        | ENE | 0.1                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|        | E   | 0.1                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|        | ESE | 0.6                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.6  |
|        | SE  | 0.1                   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|        | SSE | 1.8                   | 3.2     | 2.4     | 1       | 0.1     | 0       | 0       | 0        | 0    | 8.5  |
|        | S   | 2.5                   | 8.6     | 10.1    | 7.5     | 2.9     | 1.4     | 0       | 0        | 0    | 33.1 |
|        | SSW | 2.1                   | 4       | 0.8     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 6.9  |
|        | SW  | 1.9                   | 0.6     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.6  |
|        | WSW | 1.3                   | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.4  |
|        | W   | 1.8                   | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.2  |
|        | WNW | 2.2                   | 1.5     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 3.8  |
|        | NW  | 3.1                   | 2.9     | 1       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 6.9  |
|        | NNW | 2.6                   | 6.4     | 14      | 6.3     | 0.6     | 0.1     | 0       | 0        | 0    | 30   |
|        | sum | 21.4                  | 29      | 29.7    | 14.7    | 3.6     | 1.5     | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-11 高雄港一港口 2022 年 10 月流速、流向聯合機率分布表

|        |     | 觀測時間：111/10/1~111/10/31 |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|--------|-----|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|        |     | 流速(cm/s)                |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|        |     | 0~12.5                  | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向 | N   | 2.8                     | 3       | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 6    |
|        | NNE | 0.9                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.9  |
|        | NE  | 0.8                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.8  |
|        | ENE | 0.7                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.7  |
|        | E   | 0.1                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|        | ESE | 0.1                     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.1  |
|        | SE  | 1.3                     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.5  |
|        | SSE | 2.7                     | 3.4     | 3.6     | 2       | 0.4     | 0       | 0       | 0        | 0    | 12.1 |
|        | S   | 3.4                     | 5.6     | 7.5     | 4       | 2.2     | 0       | 0       | 0        | 0    | 22.7 |
|        | SSW | 2.6                     | 1.7     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 4.4  |
|        | SW  | 2.2                     | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.4  |
|        | WSW | 0.9                     | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.2  |
|        | W   | 0.9                     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|        | WNW | 0.7                     | 1.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.7  |
|        | NW  | 2.8                     | 2       | 0.5     | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5.6  |
|        | NNW | 3.8                     | 10.5    | 11.3    | 9.7     | 2.6     | 0.7     | 0       | 0        | 0    | 38.4 |
|        | sum | 26.7                    | 28.1    | 23.4    | 16      | 5.1     | 0.7     | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-12 高雄港一港口 2022 年 11 月流速、流向聯合機率分布表

| 觀測時間：111/11/1~111/11/30 |     | 流速(cm/s) |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|-------------------------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|                         |     | 0~12.5   | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向                  | N   | 2.5      | 2.6     | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5.6  |
|                         | NNE | 1.8      | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.2  |
|                         | NE  | 1        | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|                         | ENE | 1.7      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.7  |
|                         | E   | 1        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1    |
|                         | ESE | 1.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|                         | SE  | 1.8      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.1  |
|                         | SSE | 5.1      | 6.1     | 2.6     | 1.5     | 0.7     | 0       | 0       | 0        | 0    | 16.1 |
|                         | S   | 3.6      | 8.8     | 3.6     | 2.8     | 1.4     | 0       | 0       | 0        | 0    | 20.1 |
|                         | SSW | 2.1      | 1.3     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 3.5  |
|                         | SW  | 1        | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.3  |
|                         | WSW | 1.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|                         | W   | 1.1      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.1  |
|                         | WNW | 2.2      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.5  |
|                         | NW  | 4.2      | 2.5     | 1       | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 7.8  |
|                         | NNW | 5.4      | 9.2     | 8.8     | 5.6     | 2.2     | 0.7     | 0       | 0        | 0    | 31.8 |
|                         | sum | 36.7     | 31.8    | 16.5    | 10      | 4.3     | 0.7     | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-13 高雄港一港口 2022 年 12 月流速、流向聯合機率分布表

| 觀測時間：111/12/1~111/12/31 |     | 流速(cm/s) |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|-------------------------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|                         |     | 0~12.5   | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向                  | N   | 2        | 3.1     | 1.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 6.2  |
|                         | NNE | 1.2      | 0.9     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.2  |
|                         | NE  | 1.2      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.2  |
|                         | ENE | 0.9      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.9  |
|                         | E   | 0.5      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.5  |
|                         | ESE | 0.8      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.8  |
|                         | SE  | 1.7      | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.9  |
|                         | SSE | 2.3      | 6.7     | 4.8     | 3       | 1.1     | 0.1     | 0       | 0        | 0    | 18   |
|                         | S   | 3.4      | 7.1     | 8.9     | 4.3     | 0.4     | 0       | 0       | 0        | 0    | 24.1 |
|                         | SSW | 3.1      | 1.7     | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5.1  |
|                         | SW  | 0.9      | 0.7     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.6  |
|                         | WSW | 1.9      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.9  |
|                         | W   | 0.9      | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.3  |
|                         | WNW | 1.5      | 0.8     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.3  |
|                         | NW  | 3        | 2.6     | 0.1     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5.8  |
|                         | NNW | 2.6      | 6       | 9.4     | 6.3     | 1.9     | 0       | 0       | 0        | 0    | 26.2 |
|                         | sum | 28       | 30.2    | 24.6    | 13.7    | 3.4     | 0.1     | 0       | 0        | 0    |      |

表 6-14 高雄港一港口 2022 年全年流速、流向聯合機率分布表

| 觀測時間：111/1/1~111/12/31 |     |          |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|------------------------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|
|                        |     | 流速(cm/s) |         |         |         |         |         |         |          |      |      |
|                        |     | 0~12.5   | 12.5~25 | 25~37.5 | 37.5~50 | 50~62.5 | 62.5~75 | 75~87.5 | 87.5~100 | >100 | sum  |
| 流<br>向                 | N   | 2.3      | 2.4     | 0.6     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5.3  |
|                        | NNE | 1.1      | 0.2     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.3  |
|                        | NE  | 0.5      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.5  |
|                        | ENE | 0.5      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.5  |
|                        | E   | 0.4      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.4  |
|                        | ESE | 0.6      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 0.7  |
|                        | SE  | 1.1      | 0.2     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.3  |
|                        | SSE | 2.8      | 5.1     | 3.7     | 1.7     | 0.3     | 0       | 0       | 0        | 0    | 13.7 |
|                        | S   | 3.7      | 8.3     | 6.8     | 3.8     | 1.2     | 0.1     | 0       | 0        | 0    | 24.0 |
|                        | SSW | 2.7      | 2.3     | 0.5     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 5.5  |
|                        | SW  | 1.5      | 0.4     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.9  |
|                        | WSW | 1.5      | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.6  |
|                        | W   | 1.5      | 0.3     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 1.8  |
|                        | WNW | 2        | 0.9     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 2.9  |
|                        | NW  | 3.7      | 3.3     | 0.9     | 0.1     | 0       | 0       | 0       | 0        | 0    | 8    |
|                        | NNW | 3.9      | 10.8    | 9.4     | 5.1     | 1.3     | 0.2     | 0       | 0        | 0    | 30.7 |
|                        | sum | 29.7     | 34.3    | 22      | 10.8    | 2.8     | 0.4     | 0       | 0        | 0    |      |



表 6-15 高雄港一港口 2022 年逐月及全年主要流速流向統計表

| 年/月份    | 主要流速<br>(cm/s)<br>(%) | 次要流速<br>(cm/s)<br>(%) | 主要<br>流向<br>(%) | 次要<br>流向<br>(%) | 最大<br>流速<br>(cm/s) | 對應<br>流向 | 測得<br>日期 | 流速<br>平均<br>(cm/s) | 流速<br><25<br>(%) |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------|----------|--------------------|------------------|
| 2022/01 | 12.5~25.0<br>(38.4%)  | 0.0~12.5<br>(32.3%)   | NNW<br>(26.1%)  | S<br>(20.8%)    | 58.1               | SSE      | 01/01    | 19.6               | 70.7             |
| 2022/02 | 12.5~25.0<br>(37.6%)  | 25.0~37.5<br>(27.8%)  | NNW<br>(33.2%)  | S<br>(20.4%)    | 56.3               | SSE      | 02/02    | 21.8               | 62.1             |
| 2022/03 | 12.5~25.0<br>(41.7%)  | 0.0~12.5<br>(35.1%)   | NNW<br>(34.7%)  | S<br>(23.5%)    | 55                 | S        | 03/07    | 17.6               | 76.7             |
| 2022/04 | 12.5~25.0<br>(36.7%)  | 0.0~12.5<br>(33.9%)   | S<br>(25.3%)    | SSE<br>(24.9%)  | 55.6               | SSE      | 04/27    | 19.3               | 70.6             |
| 2022/05 | 12.5~25.0<br>(41.9%)  | 0.0~12.5<br>(35.5%)   | NNW<br>(35.8%)  | S<br>(16.1%)    | 54.2               | NNW      | 05/31    | 17.7               | 77.4             |
| 2022/06 | 12.5~25.0<br>(34.9%)  | 0.0~12.5<br>(30.6%)   | NNW<br>(29.6%)  | S<br>(22.5%)    | 68.3               | NNW      | 06/09    | 21.7               | 65.4             |
| 2022/07 | 12.5~25.0<br>(31.6%)  | 0.0~12.5<br>(28.2%)   | NNW<br>(29.8%)  | S<br>(27.0%)    | 66.9               | SSE      | 07/14    | 23                 | 59.8             |
| 2022/08 | 12.5~25.0<br>(30.2%)  | 0.0~12.5<br>(23.8%)   | S<br>(31.7%)    | NNW<br>(30.4%)  | 68.2               | NNW      | 08/10    | 25.4               | 54               |
| 2022/09 | 25.0~37.5<br>(29.7%)  | 12.5~25.0<br>(29.0%)  | S<br>(33.1%)    | NNW<br>(30.0%)  | 72.5               | S        | 09/12    | 25.9               | 50.4             |
| 2022/10 | 12.5~25.0<br>(28.1%)  | 0.0~12.5<br>(26.7%)   | NNW<br>(38.4%)  | S<br>(23.0%)    | 67.9               | NNW      | 10/19    | 24.4               | 54.8             |
| 2022/11 | 0.0~12.5<br>(36.7%)   | 12.5~25.0<br>(31.8%)  | NNW<br>(31.8%)  | S<br>(20.1%)    | 72.6               | NNW      | 11/02    | 20.8               | 68.5             |
| 2022/12 | 12.5~25.0<br>(30.2%)  | 0.0~12.5<br>(28.0%)   | NNW<br>(26.2%)  | S<br>(24.2%)    | 65.6               | SSE      | 12/23    | 22.9               | 58.2             |
| 全年      | 12.5~25.0<br>(34.3%)  | 0.0~12.5<br>(29.7%)   | NNW<br>(30.7%)  | S<br>(24.0%)    | 72.6               | NNW      | 11/02    | 21.7               | 64.1             |

表 6-16 一港口 2022 年逐月及全年主要分潮橢圓長軸振幅、方位角

| 年/月份    | 淨流<br>流速<br>(cm/s) | 流向  | O <sub>1</sub><br>流速<br>(cm/s) | 流向  | K <sub>1</sub><br>流速<br>(cm/s) | 流向  | M <sub>2</sub><br>流速<br>(cm/s) | 流向  | S <sub>2</sub><br>流速<br>(cm/s) | 流向  |
|---------|--------------------|-----|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 2022/01 | 4.4                | SW  | 10.1                           | SSE | 18.8                           | SSE | 12.0                           | SSE | 3.8                            | SSE |
| 2022/02 | 4.4                | SW  | 16.8                           | SSE | 16.7                           | SSE | 7.7                            | SSE | 6.1                            | SSE |
| 2022/03 | 2.9                | W   | 14.0                           | SSE | 11.2                           | SSE | 6.6                            | SSE | 6.5                            | SSE |
| 2022/04 | 6.5                | S   | 12.7                           | SSE | 8.1                            | SSE | 10.6                           | SSE | 10.3                           | SSE |
| 2022/05 | 6.6                | NW  | 10.2                           | SSE | 18.6                           | SSE | 7.2                            | SSE | 3.3                            | SSE |
| 2022/06 | 5.0                | NW  | 12.6                           | S   | 20.7                           | SSE | 12.8                           | SSE | 6.0                            | SSE |
| 2022/07 | 4.4                | W   | 15.7                           | SSE | 9.6                            | SSE | 21.7                           | SSE | 1.7                            | SSE |
| 2022/08 | 5.6                | WSW | 14.9                           | SSE | 15.3                           | SSE | 24.8                           | SSE | 7.0                            | SSE |
| 2022/09 | 6.0                | SW  | 10.8                           | SSE | 11.6                           | S   | 25.4                           | SSE | 10.2                           | SSE |
| 2022/10 | 5.2                | WNW | 10.6                           | SSE | 19.6                           | SSE | 20.4                           | SSE | 5.1                            | SSE |
| 2022/11 | 3.5                | WNW | 10.2                           | SSE | 23.1                           | SSE | 8.6                            | SSE | 1.8                            | SSE |
| 2022/12 | 3.4                | SW  | 14.8                           | SSE | 20.9                           | SSE | 10.4                           | SSE | 1.0                            | ESE |
| 全年      | 3.6                | WSW | 12.6                           | SSE | 14.9                           | SSE | 12.6                           | SSE | 3.7                            | SSE |

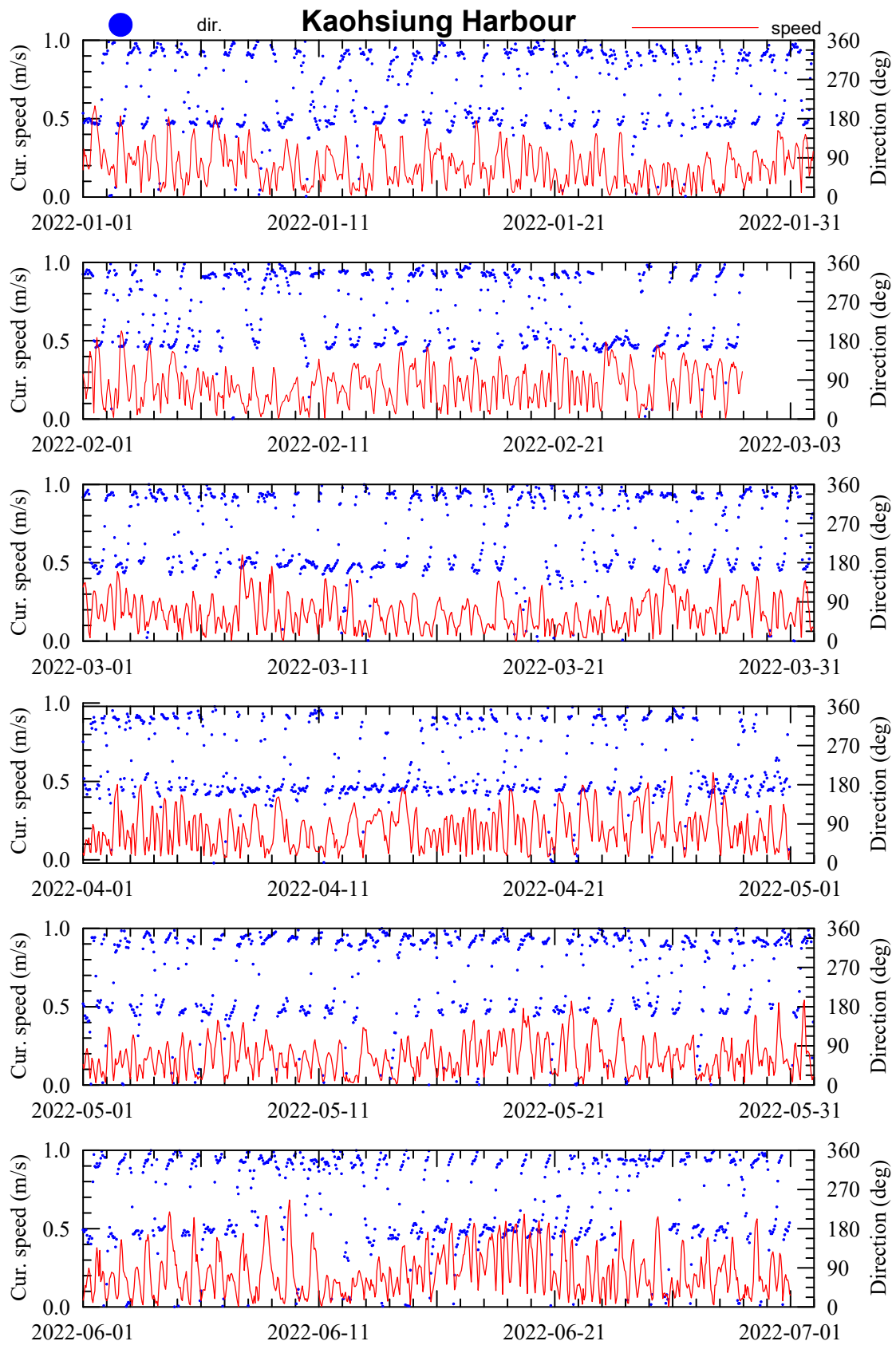


圖 6.4a 2022 年高雄港一港口逐時流速、流向歷線圖

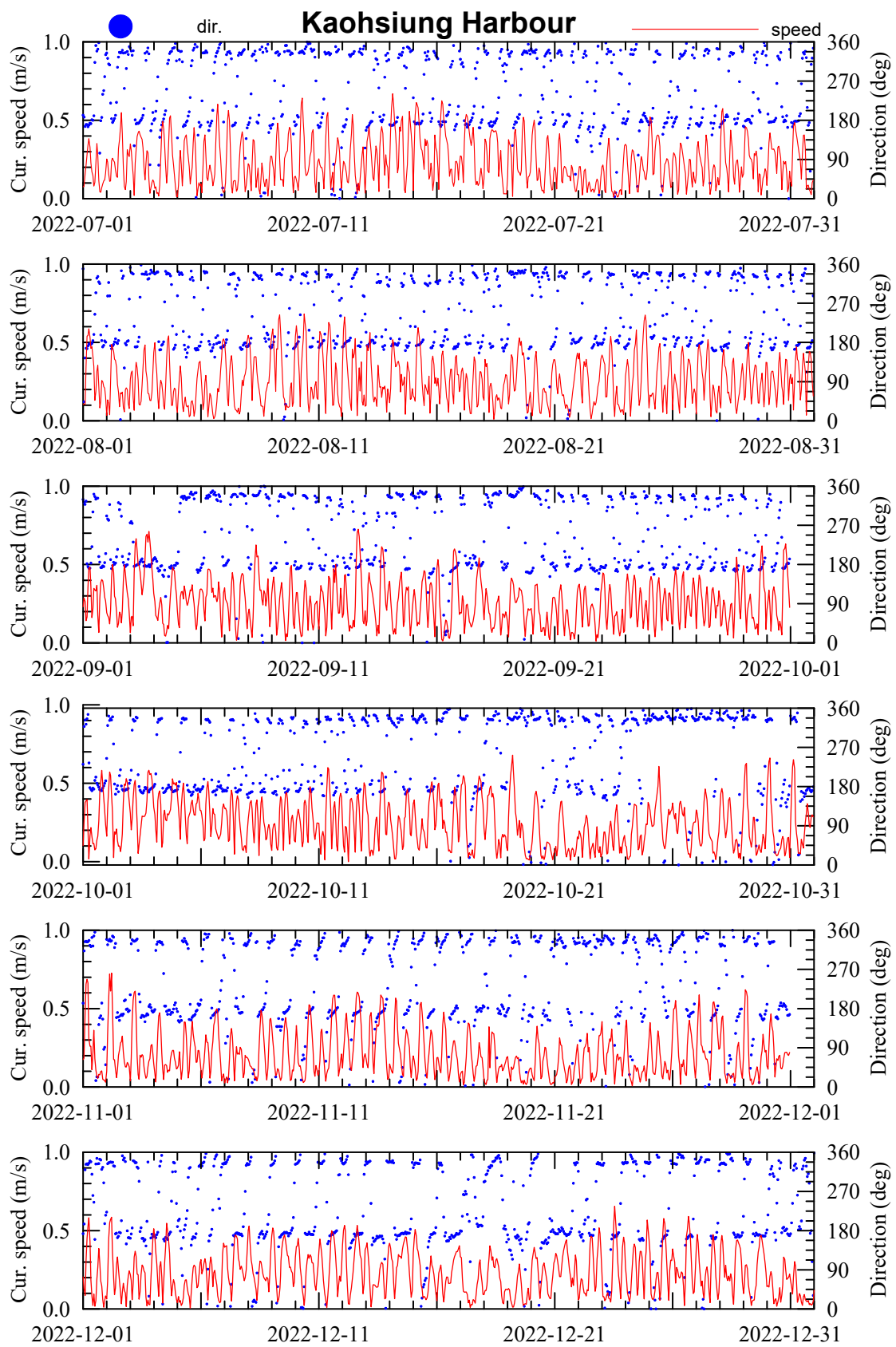


圖 6.4b 2022 年高雄港一港口逐時流速、流向歷線圖

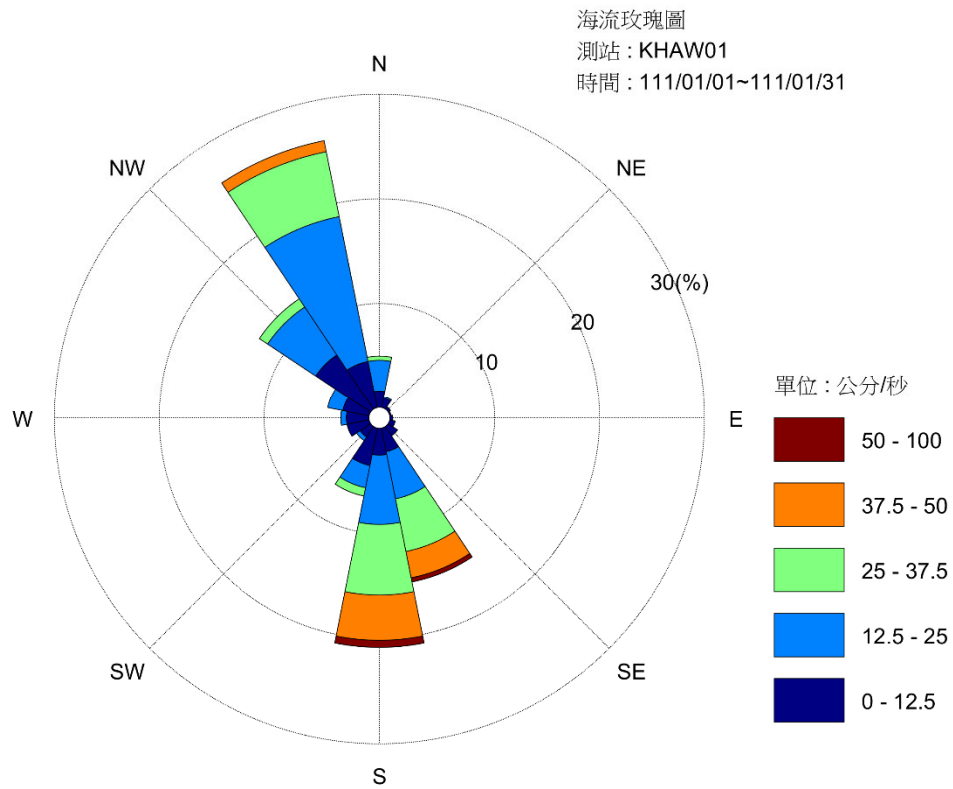


圖 6.5 高雄港一港口 2022 年 1 月海流流速、流向玫瑰圖

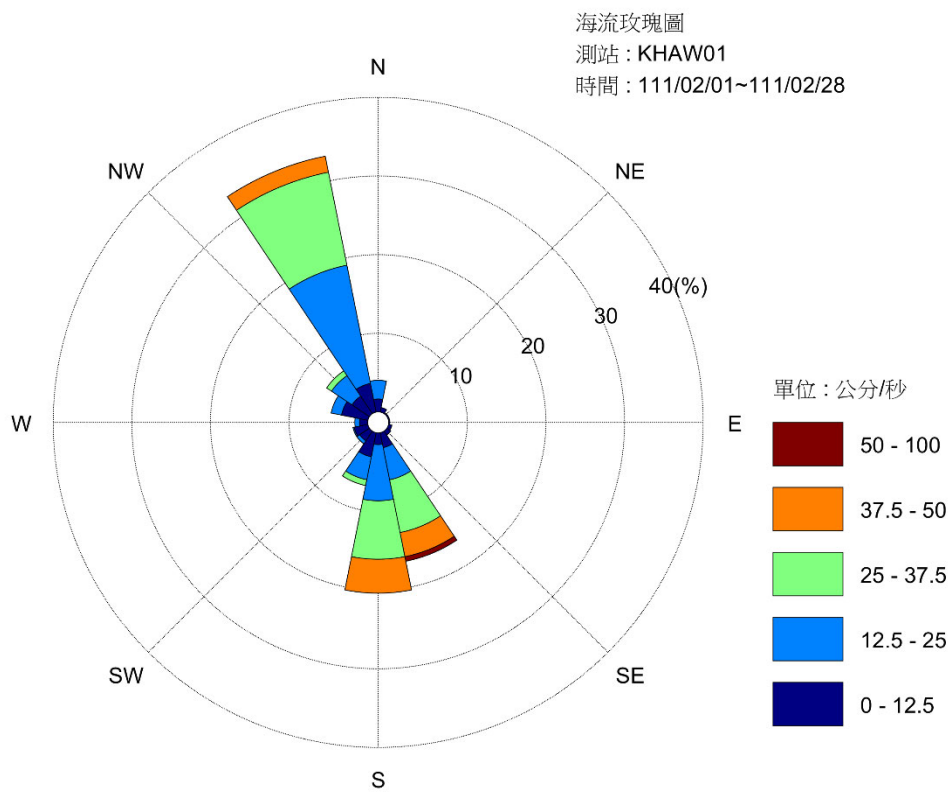


圖 6.6 高雄港一港口 2022 年 2 月海流流速、流向玫瑰圖

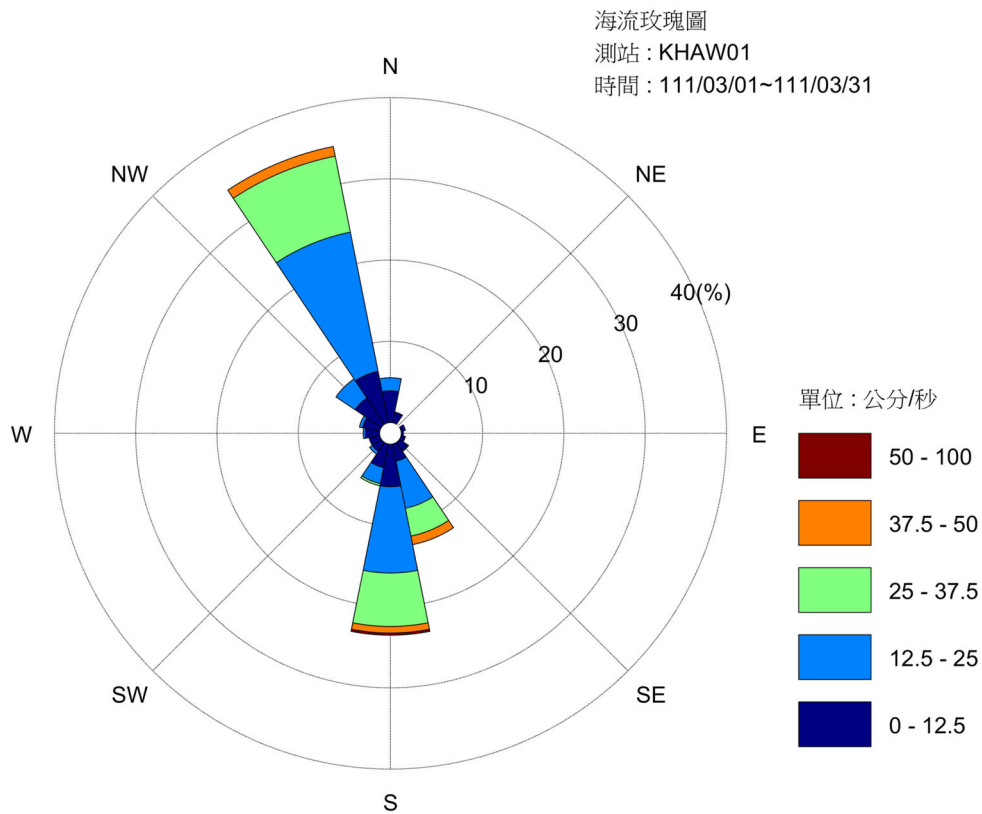


圖 6.7 高雄港一港口 2022 年 3 月海流流速、流向玫瑰圖

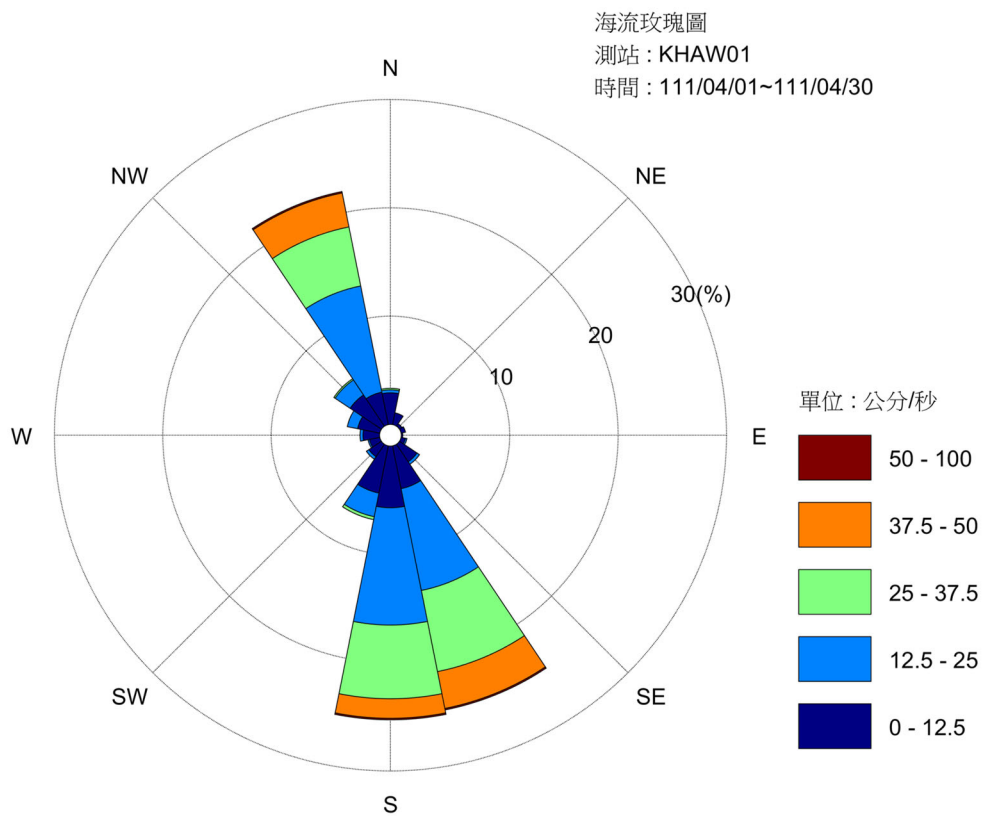


圖 6.8 高雄港一港口 2022 年 4 月海流流速、流向玫瑰圖

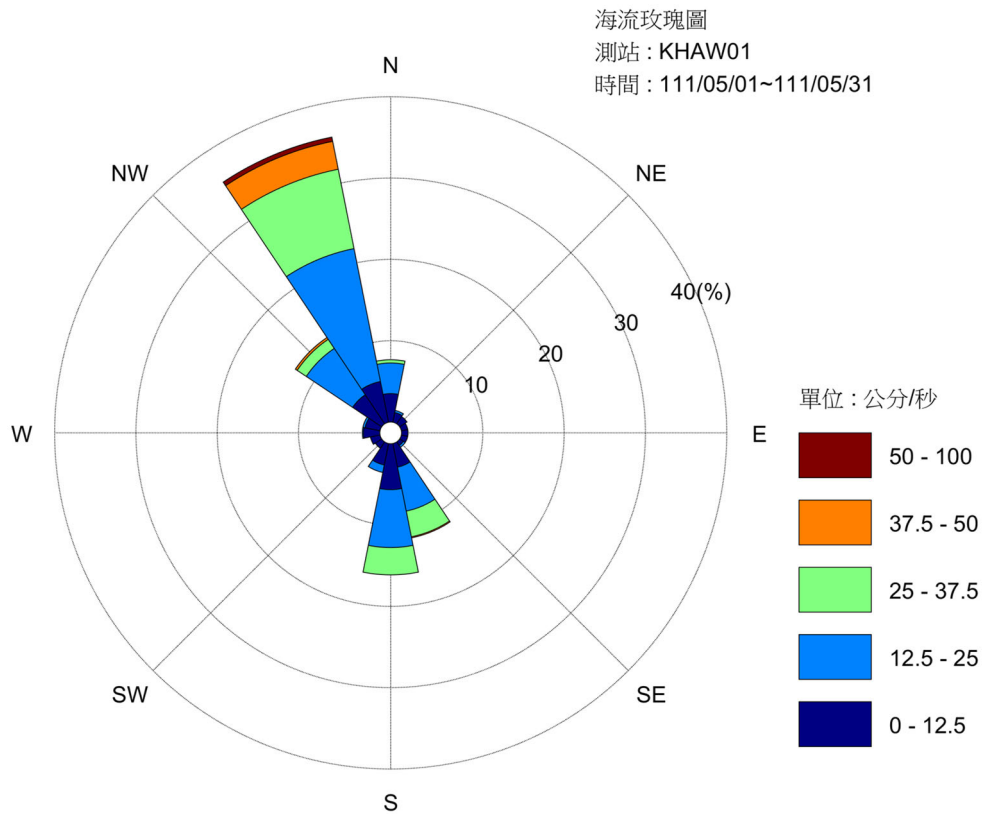


圖 6.9 高雄港一港口 2022 年 5 月海流流速、流向玫瑰圖

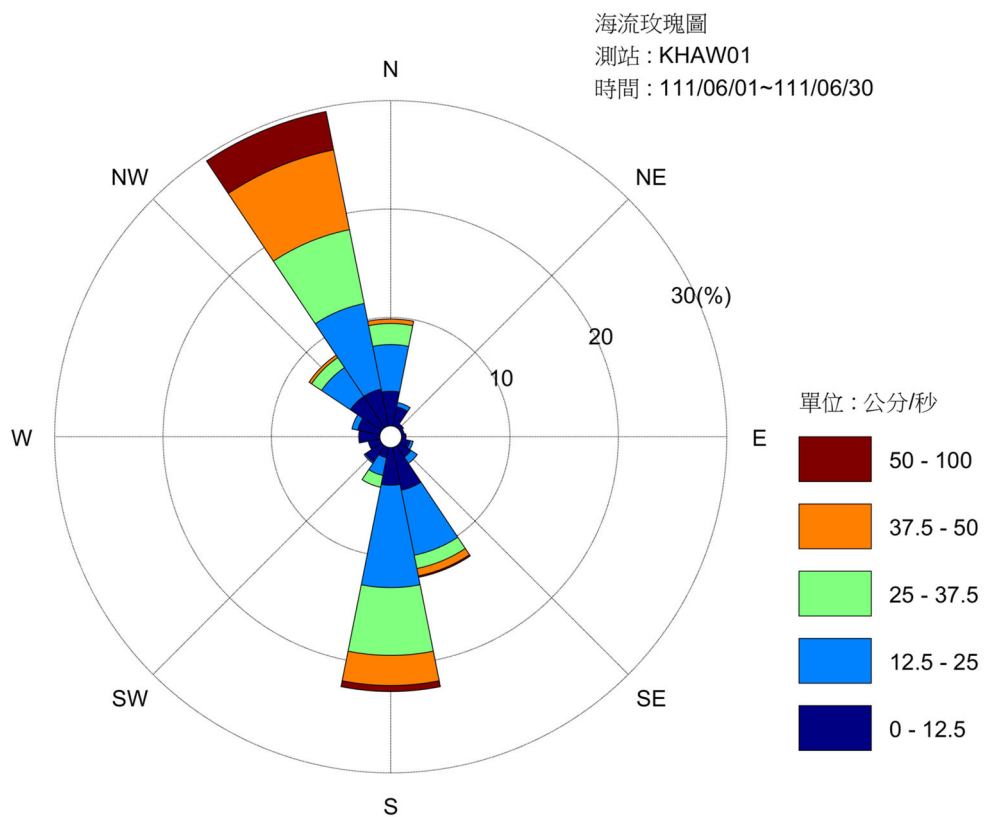


圖 6.10 高雄港一港口 2022 年 6 月海流流速、流向玫瑰圖

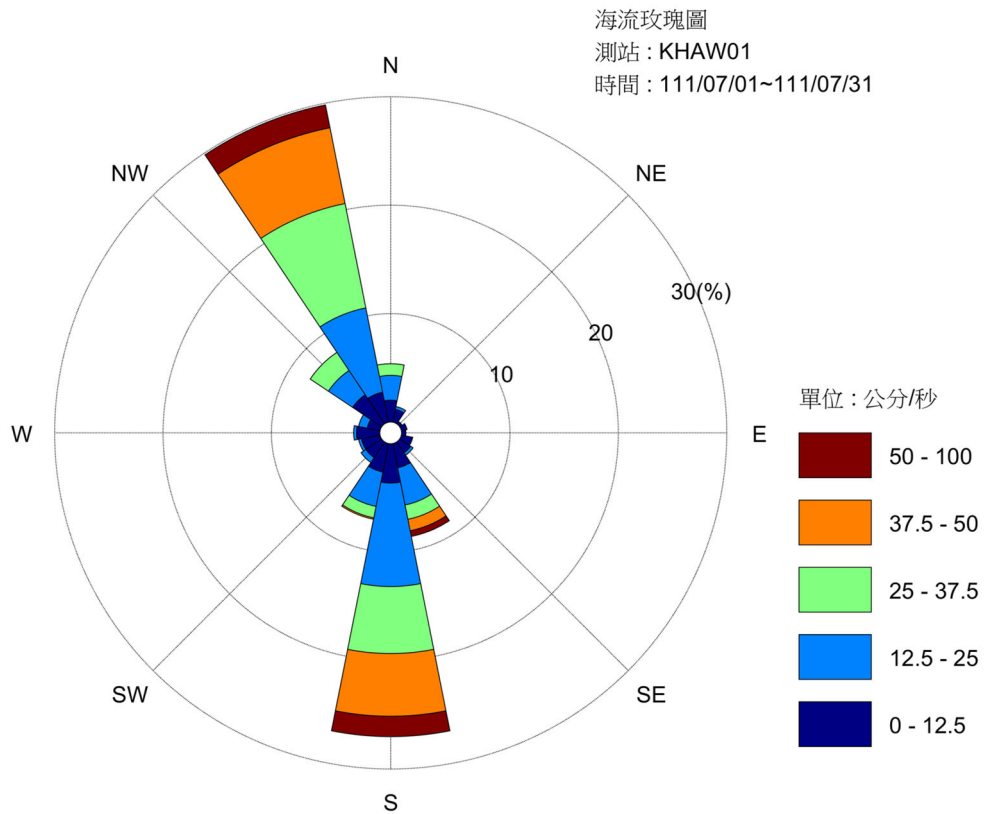


圖 6.11 高雄港一港口 2022 年 7 月海流流速、流向玫瑰圖

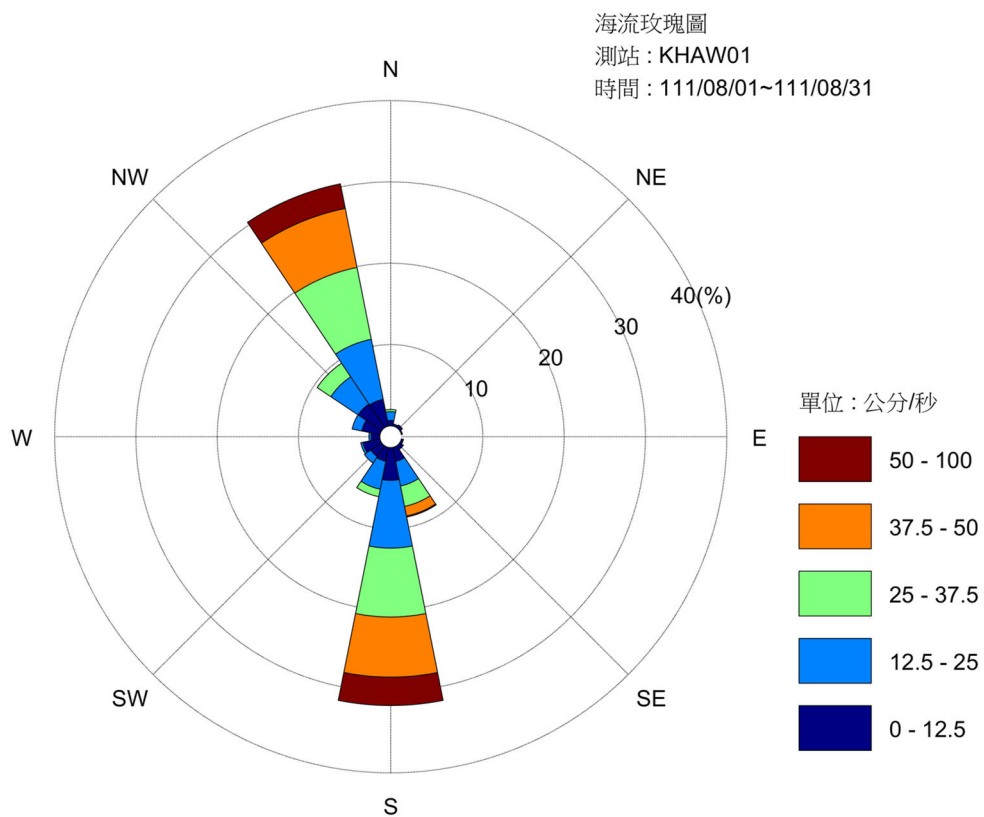


圖 6.12 高雄港一港口 2022 年 8 月海流流速、流向玫瑰圖

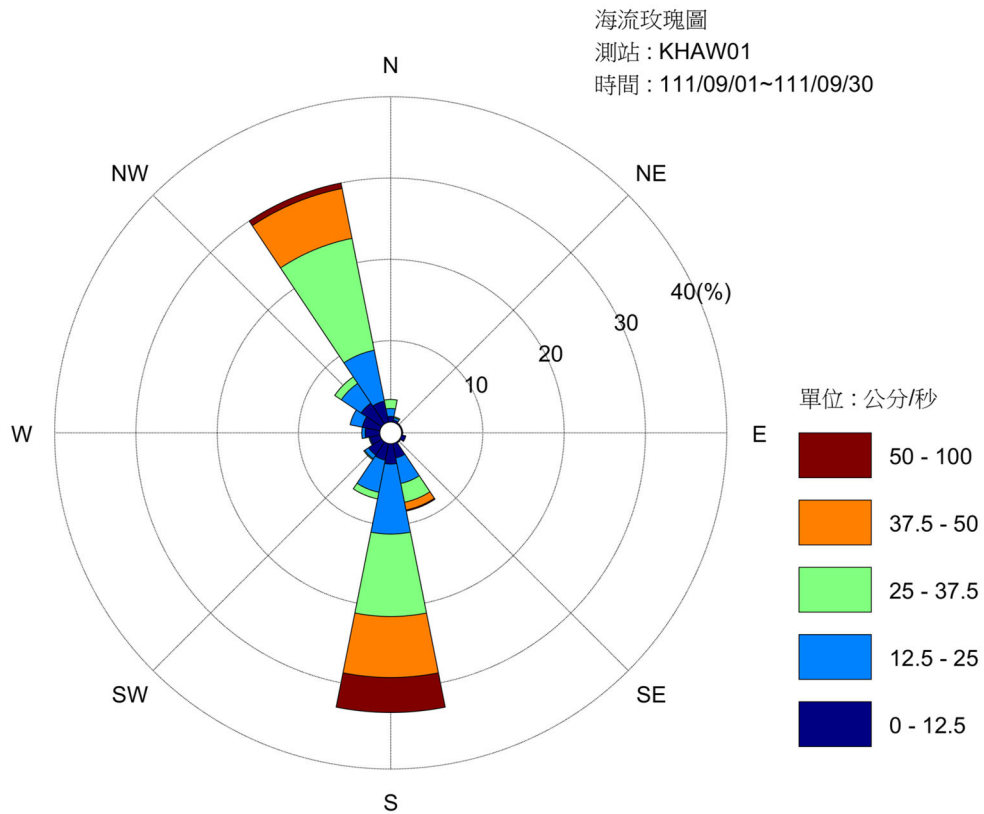


圖 6.13 高雄港一港口 2022 年 9 月海流流速、流向玫瑰圖

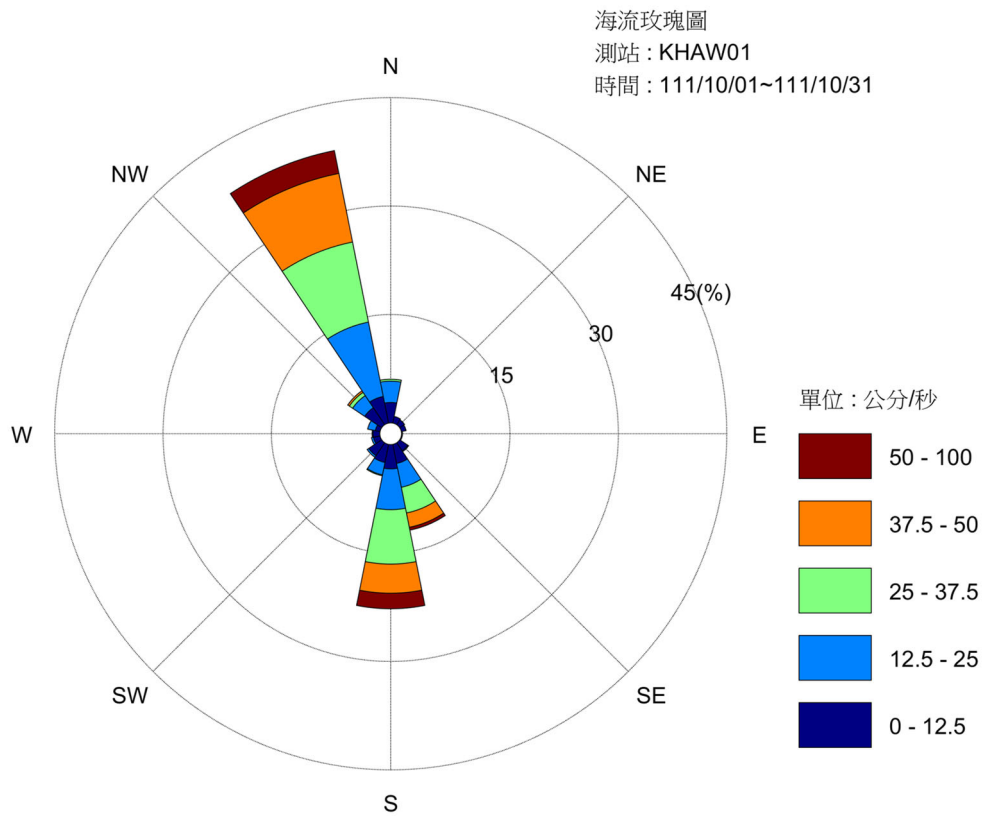


圖 6.14 高雄港一港口 2022 年 10 月海流流速、流向玫瑰圖



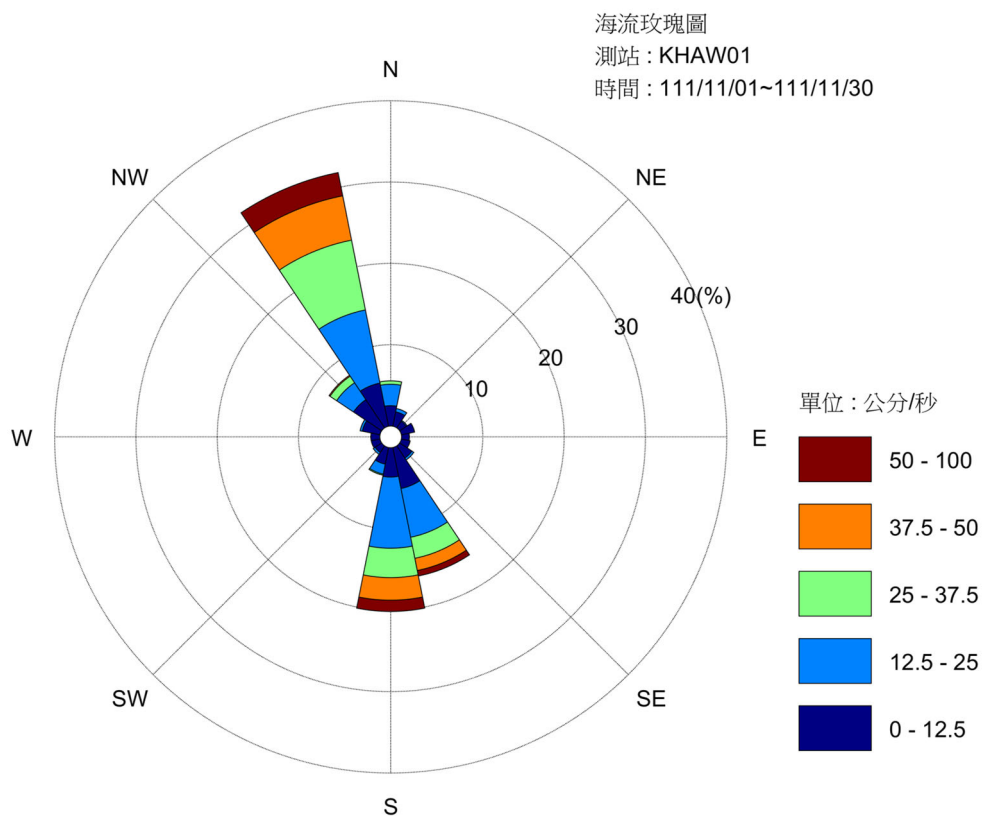


圖 6.15 高雄港一港口 2022 年 11 月海流流速、流向玫瑰圖

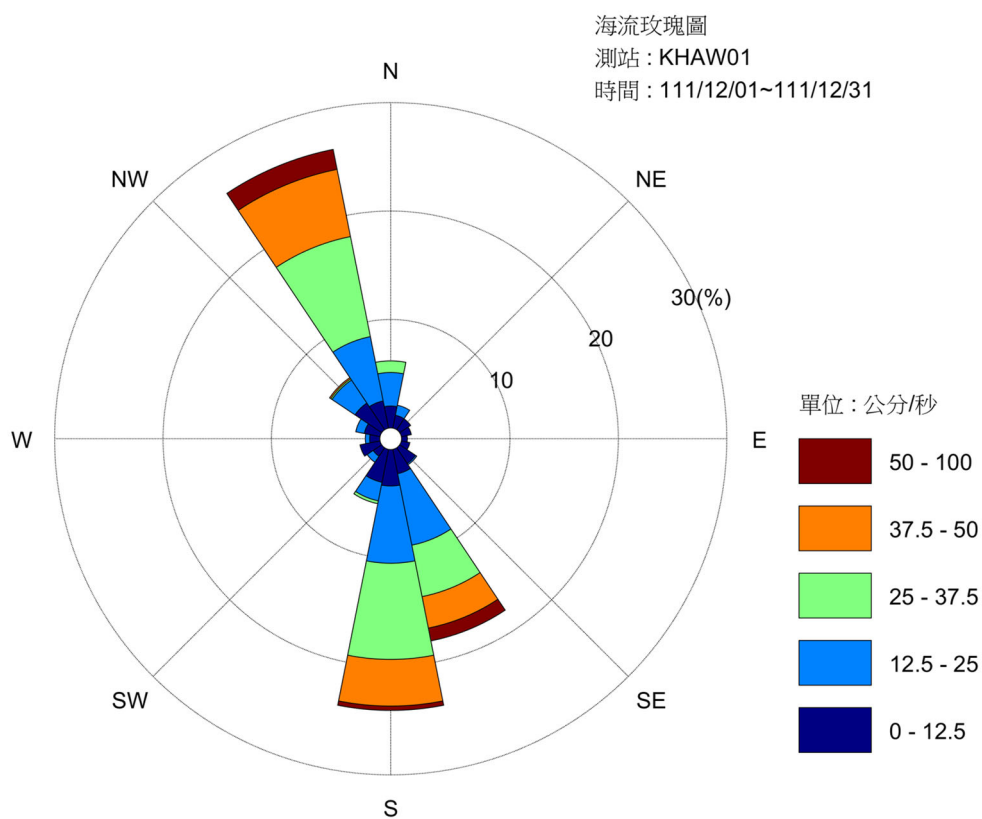


圖 6.16 高雄港一港口 2022 年 12 月海流流速、流向玫瑰圖

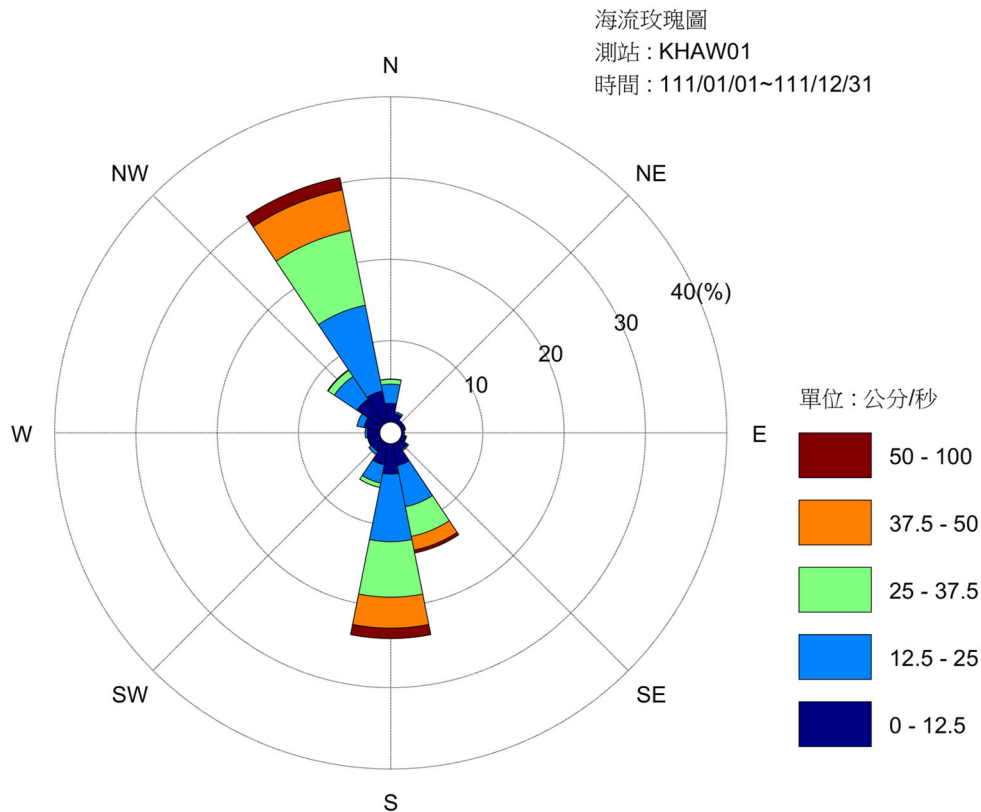


圖 6.17 高雄港一港口 2022 年全年海流流速、流向玫瑰圖

## 6.4 波浪

本計畫選取高雄港一港口 2022 年波浪逐時觀測資料，如圖 6.18~圖 6.20 所示，進行相關統計分析。圖中示性波高及平均週期係採用週期 30 sec 以下成份波水位譜重新計算得到。

高雄港一港口 2022 年波浪月平均值統計結果，如表 6-17 所示，表中月平均波高介於 0.56m~ 0.84m，最大值及最小值分別出現在 2 月及 3 月份；月平均週期介於 0.38sec~0.46sec，最小值出現在 3 月份，最大值分別出現在 8 月及 10 月份；月平均波向以 WNW 向為主，其 WSW 向出現在 6 及 8 月份，W 向出現於 10 及 11 月份，SW 向出現在 7 月。在月波浪極值統計結果，如表 6-18 所列，月最大波高值介於 1.14m~ 3.11m，其中最小值出現在 1 月份，最大值 3.11m 發生於 7 月份，對應的平均週期為 7.6sec、譜峰週期為 11.9sec、波向為 SW 向，推測是由輕度颱風芙蓉(CHABA，如圖 6.21 所示)引起的西南向湧浪所致。

依據 2022 年逐月及全年波高-週期及波高-流向聯合機率分布統計結果，整理出每月及全年主(次)要波高範圍、主(次)要週期範圍及主(次)要波向範圍，如表 6-19 所列；每月主要波高分布範圍均出現在 0.5~ 1.0m，主要週期分布範圍 3.0~ 4.0sec 及 4.0~ 5.0sec，出現月份數各佔一半。全年波高-週期及波高-流向聯合機率分布統計，如表 6-20 所列，其中波高波向分布玫瑰圖，如圖 6.22 所示，顯示主要波向為 WNW 向，次要波向為 W 向。

**表 6-17 高雄港一港口 2022 年逐月及年波浪平均值統計表**

| 年/月份    | 平均波高(m) | 平均週期(s) | 平均波向 | 資料數  |
|---------|---------|---------|------|------|
| 2022/01 | 0.75    | 4.0     | WNW  | 739  |
| 2022/02 | 0.84    | 4.2     | WNW  | 663  |
| 2022/03 | 0.56    | 3.8     | WNW  | 727  |
| 2022/04 | 0.69    | 4.0     | WNW  | 700  |
| 2022/05 | 0.81    | 3.9     | WNW  | 712  |
| 2022/06 | 0.71    | 4.0     | WSW  | 615  |
| 2022/07 | 0.82    | 4.2     | SW   | 713  |
| 2022/08 | 0.90    | 4.6     | WSW  | 732  |
| 2022/09 | 0.78    | 4.2     | WNW  | 714  |
| 2022/10 | 0.82    | 4.6     | W    | 739  |
| 2022/11 | 0.65    | 4.2     | W    | 717  |
| 2022/12 | 0.83    | 4.2     | WNW  | 740  |
| 2022    | 0.76    | 4.2     | WNW  | 8511 |

**表 6-18 高雄港一港口(2022 年逐月及年波浪極值統計表**

| 年/月份    | 最大波高(m) | 對應譜峰週期(s) | 對應週期(s) | 對應波向 | 觀測時間   |
|---------|---------|-----------|---------|------|--------|
| 2022/01 | 1.14    | 7.3       | 4.6     | WNW  | 6日16時  |
| 2022/02 | 1.5     | 11.4      | 5.2     | WNW  | 20日10時 |
| 2022/03 | 1.41    | 4.9       | 4.1     | NW   | 7日17時  |
| 2022/04 | 1.43    | 8.8       | 3.5     | W    | 5日20時  |
| 2022/05 | 1.81    | 6.2       | 3.8     | SW   | 27日16時 |
| 2022/06 | 1.86    | 6.2       | 3.7     | WSW  | 4日21時  |
| 2022/07 | 3.11    | 11.9      | 7.6     | SW   | 2日21時  |
| 2022/08 | 2.73    | 11.4      | 7.4     | WSW  | 25日19時 |
| 2022/09 | 1.71    | 5.8       | 4.5     | NW   | 3日1時   |
| 2022/10 | 1.76    | 12.5      | 6.3     | WSW  | 31日22時 |
| 2022/11 | 2.15    | 11.1      | 7.9     | SW   | 1日7時   |
| 2022/12 | 1.44    | 8.4       | 4.6     | WNW  | 18日4時  |
| 2022    | 3.11    | 11.9      | 7.6     | SW   | 2日21時  |

表 6-19 高雄港一港口 2022 年逐月及年波浪分布範圍統計表

| 月份  | 主要波高<br>範圍(%)       | 次要波高<br>範圍(%)       | 主要週期<br>範圍(%)       | 次要週期<br>範圍(%)       | 主要波向<br>範圍(%)  | 次要波向<br>範圍(%)  |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|
| 1月  | 0.5~1.0m<br>(94.9%) | 1.0~1.5m<br>(3.7%)  | 3.0~4.0s<br>(51.4%) | 4.0~5.0s<br>(47.4%) | WNW<br>(47.9%) | W<br>(30.0%)   |
| 2月  | 0.5~1.0m<br>(80.2%) | 1.0~1.5m<br>(14.0%) | 4.0~5.0s<br>(65.2%) | 3.0~4.0s<br>(34.4%) | WNW<br>(77.4%) | W<br>(17.3%)   |
| 3月  | 0.5~1.0m<br>(52.4%) | 0.0~0.5m<br>(45.3%) | 3.0~4.0s<br>(72.4%) | 4.0~5.0s<br>(25.3%) | WNW<br>(41.7%) | W<br>(20.1%)   |
| 4月  | 0.5~1.0m<br>(75.7%) | 0.0~0.5m<br>(19.0%) | 3.0~4.0s<br>(56.9%) | 4.0~5.0s<br>(41.7%) | WNW<br>(22.7%) | W<br>(22.4%)   |
| 5月  | 0.5~1.0m<br>(66.2%) | 1.0~1.5m<br>(18.4%) | 3.0~4.0s<br>(65.6%) | 4.0~5.0s<br>(33.8%) | WNW<br>(34.3%) | SW<br>(23.0%)  |
| 6月  | 0.5~1.0m<br>(65.2%) | 0.0~0.5m<br>(21.1%) | 4.0~5.0s<br>(48.6%) | 3.0~4.0s<br>(46.5%) | WSW<br>(53.2%) | SW<br>(21.0%)  |
| 7月  | 0.5~1.0m<br>(49.4%) | 0.0~0.5m<br>(29.5%) | 3.0~4.0s<br>(40.4%) | 4.0~5.0s<br>(30.9%) | SW<br>(34.6%)  | WSW<br>(31.1%) |
| 8月  | 0.5~1.0m<br>(43.9%) | 1.0~1.5m<br>(26.9%) | 4.0~5.0s<br>(40.4%) | 3.0~4.0s<br>(28.7%) | WSW<br>(32.8%) | SW<br>(31.3%)  |
| 9月  | 0.5~1.0m<br>(69.2%) | 1.0~1.5m<br>(17.6%) | 4.0~5.0s<br>(57.1%) | 3.0~4.0s<br>(32.5%) | WNW<br>(23.2%) | W<br>(22.4%)   |
| 10月 | 0.5~1.0m<br>(66.8%) | 1.0~1.5m<br>(22.9%) | 4.0~5.0s<br>(62.1%) | 5.0~6.0s<br>(21.9%) | W<br>(42.2%)   | WNW<br>(38.7%) |
| 11月 | 0.5~1.0m<br>(60.9%) | 0.0~0.5m<br>(30.8%) | 3.0~4.0s<br>(50.6%) | 4.0~5.0s<br>(38.6%) | W(48.4%)       | WNW<br>(30.1%) |
| 12月 | 0.5~1.0m<br>(80.0%) | 1.0~1.5m<br>(17.4%) | 4.0~5.0s<br>(69.3%) | 3.0~4.0s<br>(29.5%) | WNW<br>(67.7%) | W<br>(16.1%)   |
| 全年  | 0.5~1.0m<br>(67.0%) | 0.0~0.5m<br>(17.4%) | 4.0~5.0s<br>(46.7%) | 3.0~4.0s<br>(43.5%) | WNW<br>(33.1%) | W<br>(22.1%)   |

表 6-20 高雄港一港口 2022 年波高-週期及波高-波向聯合機率分布表

| 觀測時間：111/1/1~111/12/31 |     |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |      |
|------------------------|-----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------|
|                        |     | 示性波高(m) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |      |
|                        |     | 0~0.5   | 0.5~1 | 1~1.5 | 1.5~2 | 2~2.5 | 2.5~3 | 3~3.5 | 3.5~4 | 4~4.5 | 4.5~5 | >=5 | sum  |
| 週<br>期<br>(s)          | <4  | 13.5    | 28.3  | 2.9   | 0.3   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 44.9 |
|                        | 4~5 | 3.8     | 35.5  | 7     | 0.2   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 46.7 |
|                        | 5~6 | 0.0     | 3.2   | 2.5   | 0.4   | 0.0   | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 6.2  |
|                        | 6~7 | -       | 0.1   | 0.6   | 0.8   | 0.2   | 0.1   | 0.0   | -     | -     | -     | -   | 1.7  |
|                        | 7~8 | -       | -     | 0.0   | 0.1   | 0.2   | 0.1   | 0.0   | -     | -     | -     | -   | 0.5  |
|                        | 8~9 | -       | -     | -     | -     | 0.0   | 0.1   | -     | -     | -     | -     | -   | 0.1  |
|                        | >=9 | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | -    |
|                        | sum | 17.4    | 67    | 13.1  | 1.8   | 0.4   | 0.3   | 0.0   | -     | -     | -     | -   |      |
| 波<br>向                 | N   | 0.0     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 0.0  |
|                        | NNE | 0.0     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 0.0  |
|                        | NE  | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | -    |
|                        | ENE | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | -    |
|                        | E   | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | -    |
|                        | ESE | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | -    |
|                        | SE  | -       | 0.0   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 0    |
|                        | SSE | -       | 0.0   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 0    |
|                        | S   | 0.4     | 0.9   | 0.1   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 1.4  |
|                        | SSW | 2.2     | 4.6   | 1.1   | 0.1   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 8    |
|                        | SW  | 3.1     | 7.7   | 2.4   | 0.8   | 0.2   | 0.1   | 0.0   | -     | -     | -     | -   | 14.3 |
|                        | WSW | 4.4     | 9.8   | 2.4   | 0.6   | 0.2   | 0.2   | -     | -     | -     | -     | -   | 17.6 |
|                        | W   | 5.2     | 15.7  | 1.1   | 0.0   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 22.1 |
|                        | WNW | 1.9     | 26.6  | 4.5   | 0.1   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 33.1 |
|                        | NW  | 0.1     | 1.8   | 1.6   | 0.1   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 3.5  |
|                        | NNW | -       | 0.0   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -   | 0.0  |
|                        | sum | 17.4    | 67    | 13.1  | 1.8   | 0.4   | 0.3   | 0.0   | -     | -     | -     | -   |      |

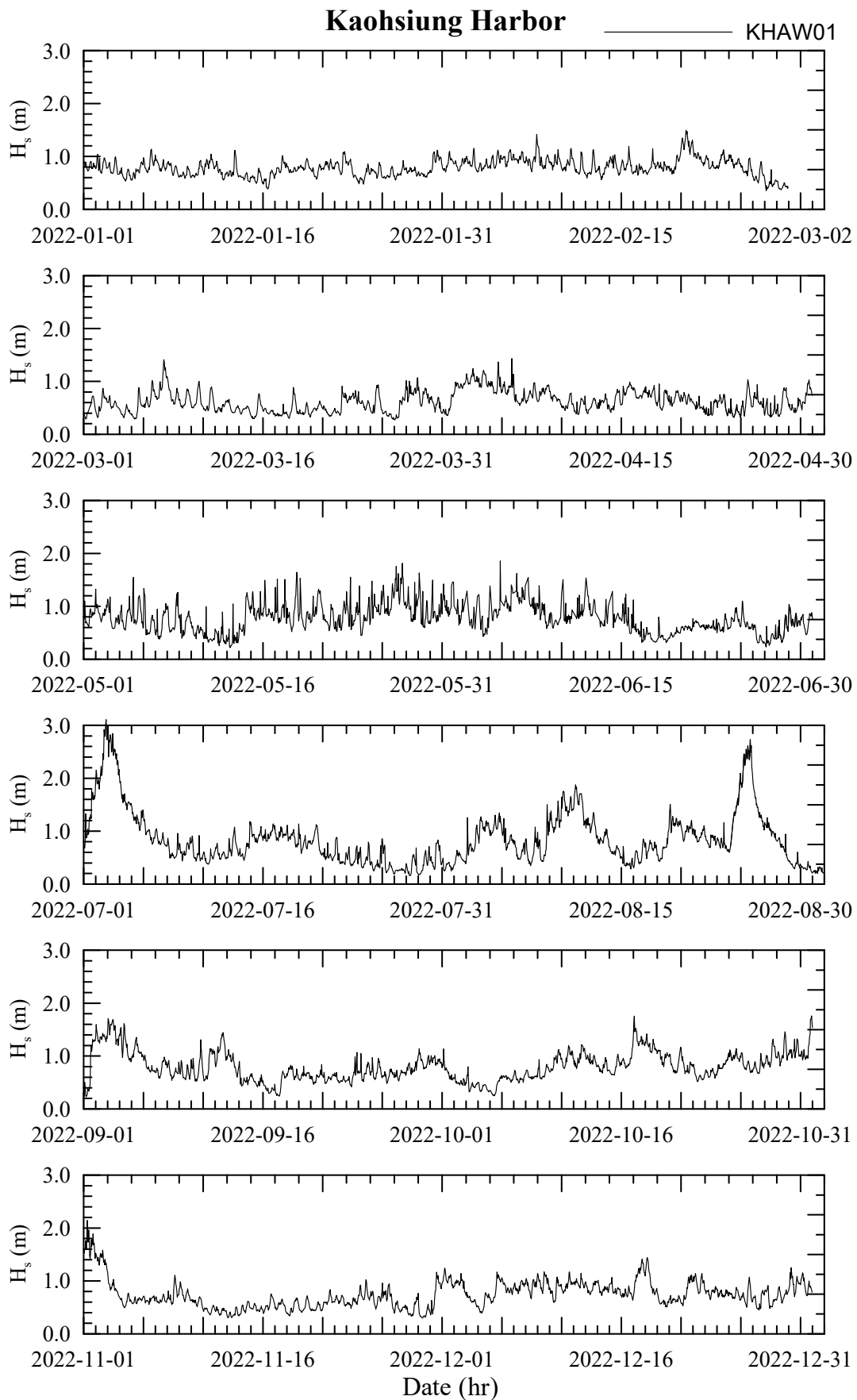


圖 6.18 高雄港一港口波浪示性波高時序列歷線圖

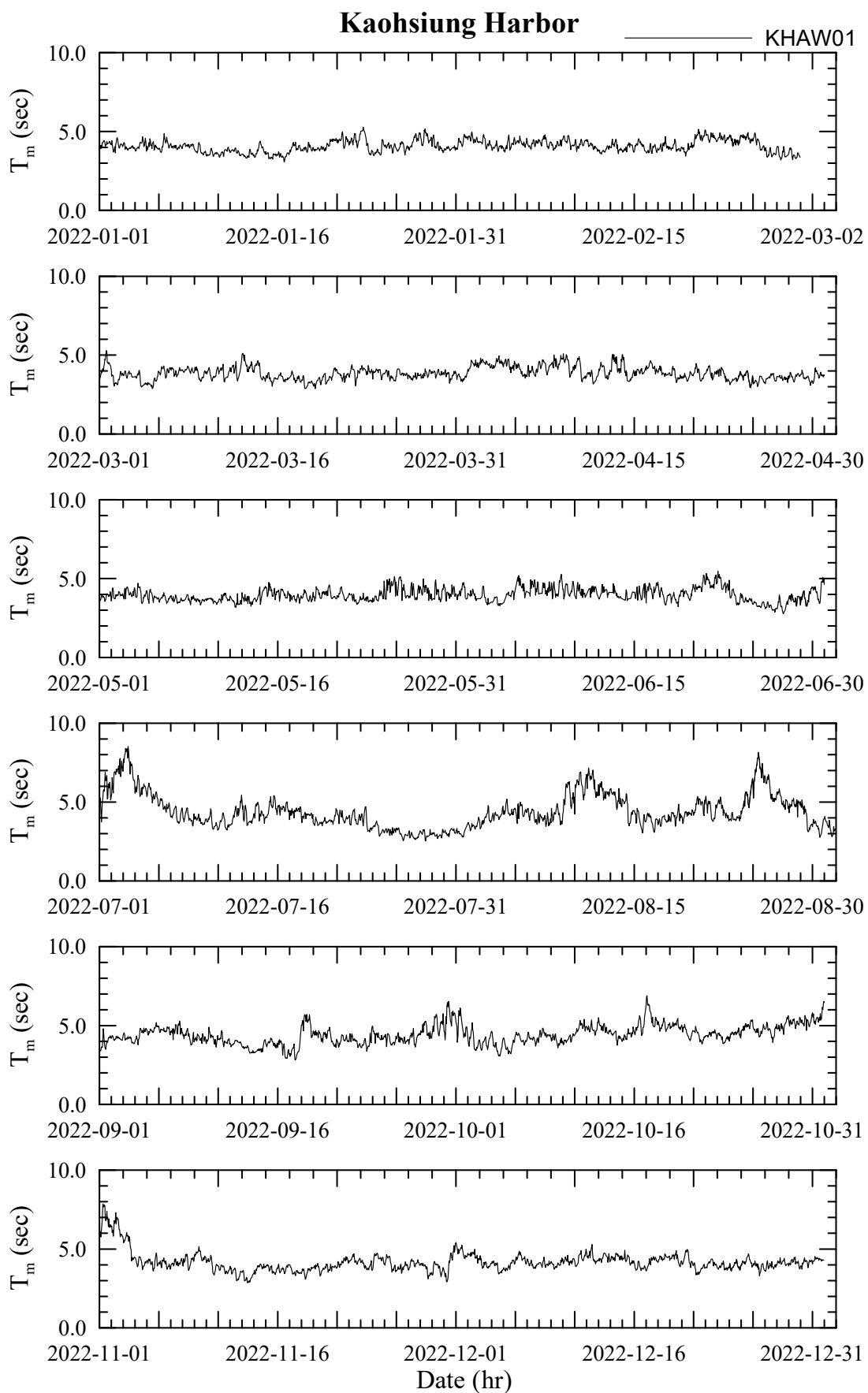


圖 6.19 高雄港一港口波浪平均週期時序列歷線圖

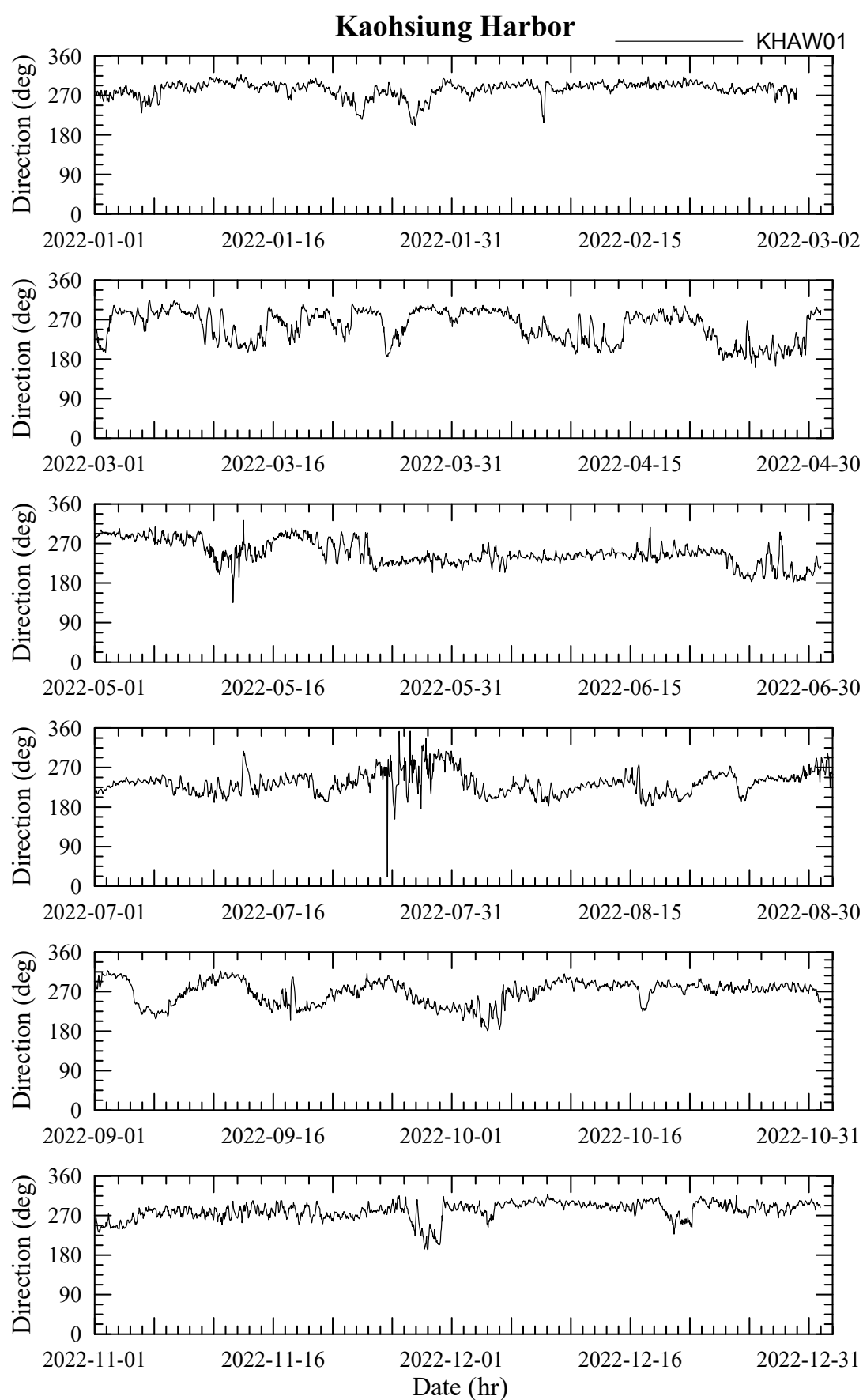


圖 6.20 高雄港一港口波浪平均波向時序列歷線圖



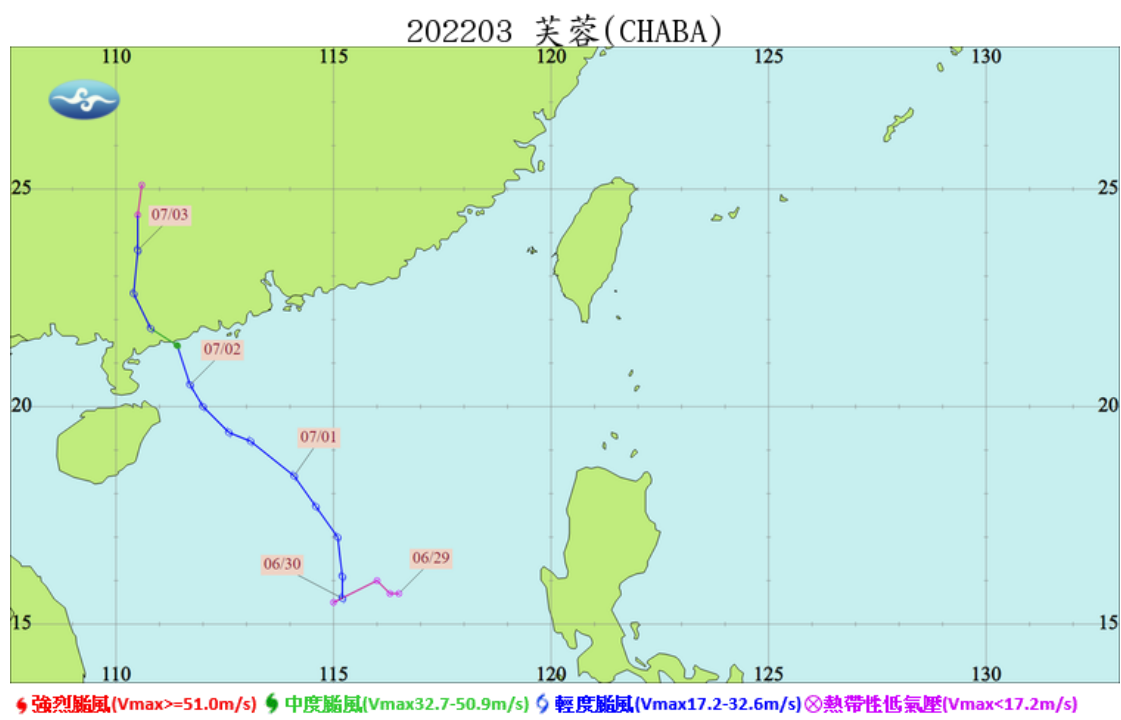


圖 6.21 輕度颱風芙蓉行進路線圖

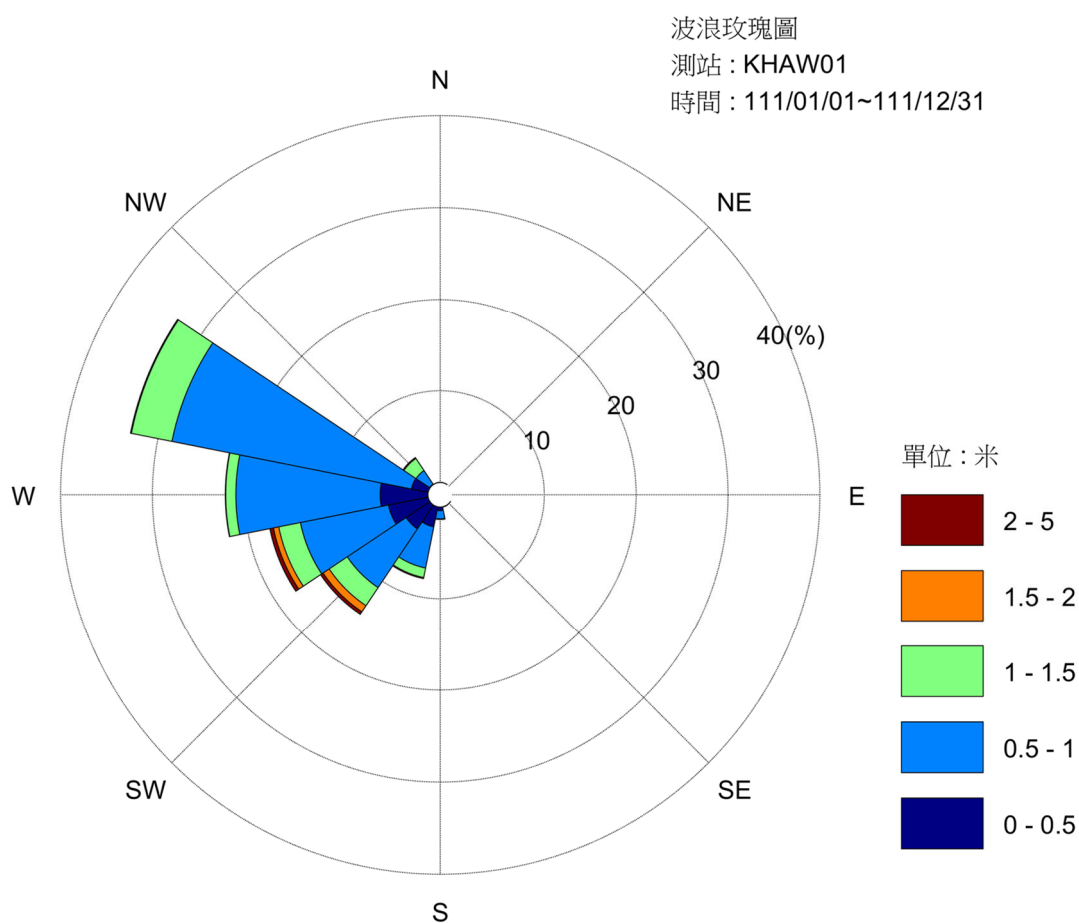


圖 6.22 高雄港一港口 2022 年全年波浪波高、波向分布玫瑰圖

## 6.5 地形水深

本計畫地形水深資料蒐集目的為提供高雄海域風浪模組及水動力模組建置所需，水深資料主要來源包括臺灣港務股份有限公司(以下簡稱港務公司)辦理高雄港港區及外海地形水深調查資料、海軍大氣海洋局刊行的海軍水道圖及國家海洋科學研究中心發布數值地形資料等。

本計畫透過運技中心蒐集港務公司 111 年高雄港港區及外海地形水深調查資料，其中高雄港港區水深資料區分為解析度 5m 及 20m 網格 2 種水深資料，其中解析度 20m 水深網格點位及分布範圍，如圖 6.23 所示，最大水深值為-28.65m，最小水深值為-0.5m。高雄港外海地形水深資料屬於解析度 10m 網格水深資料，網格水深點位分布範圍如圖 6.24 所示，水深調查區域避開左營港外圍及其航道水域。

考量港務公司高雄港港區及外海地形水深調查資料範圍無法滿足本計畫高雄海域風浪模組及水動力模組建置之需，本計畫進一步蒐集海軍大氣海洋局刊行的比例尺五萬分之一海軍水道圖，與本計畫相關之圖幅範圍如圖 6.25 所示，包括圖號 04501、04502、04504 及 04505 等。針對海圖之水深點位本計採用數化方法得到坐標及水深檔，各海域水深分布情形如圖 6.26~圖 6.29 所示。

最後，若上述水深資料範圍若仍舊無法滿足需求，本計將採用國家海洋科學研究中心發布之數值地形資料，如圖 6.30 所示，圖中地形資料網格間距為 200m，範圍含蓋東經 119°至 123°，北緯 21°至 26°之空間。

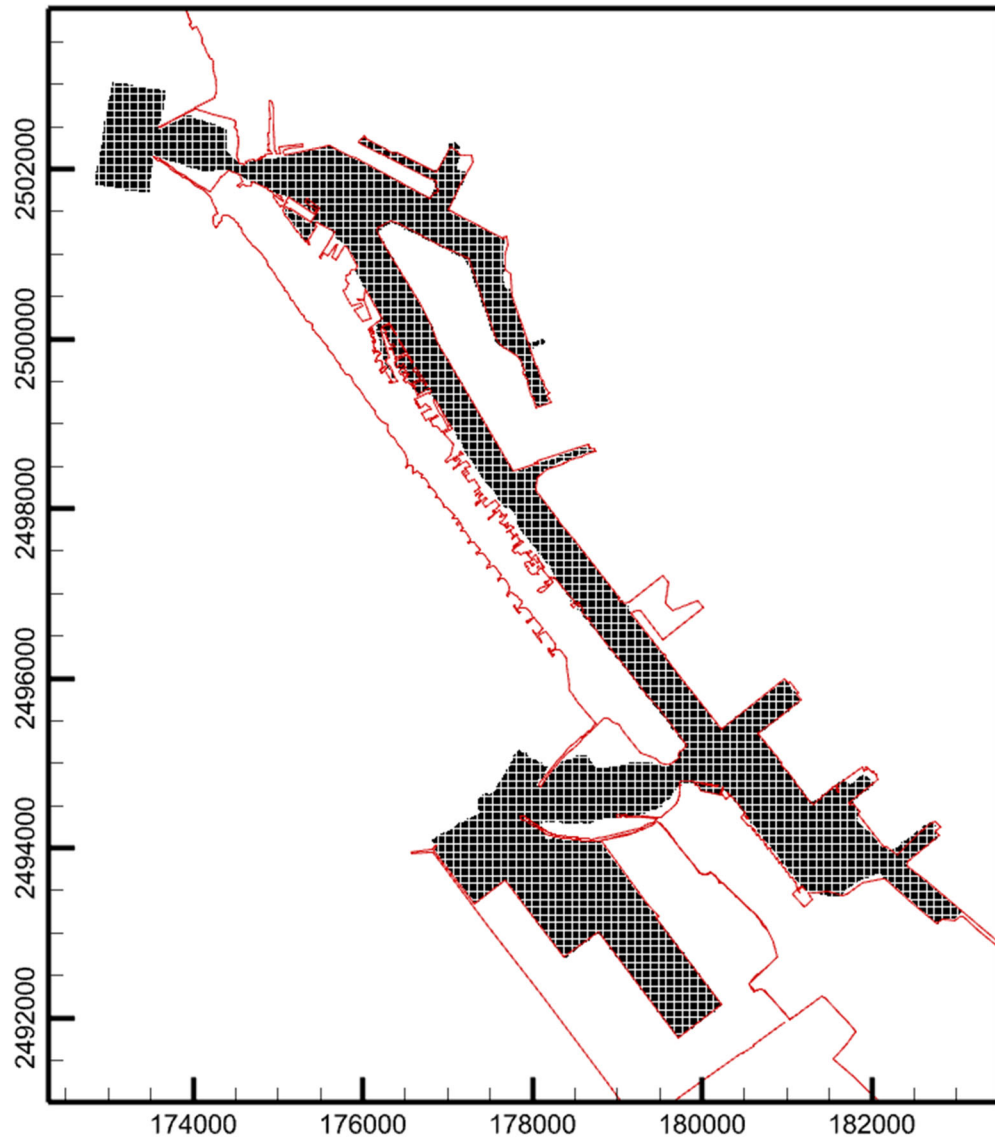


圖 6.23 港務公司 111 年高雄港港區水深資料調查範圍圖

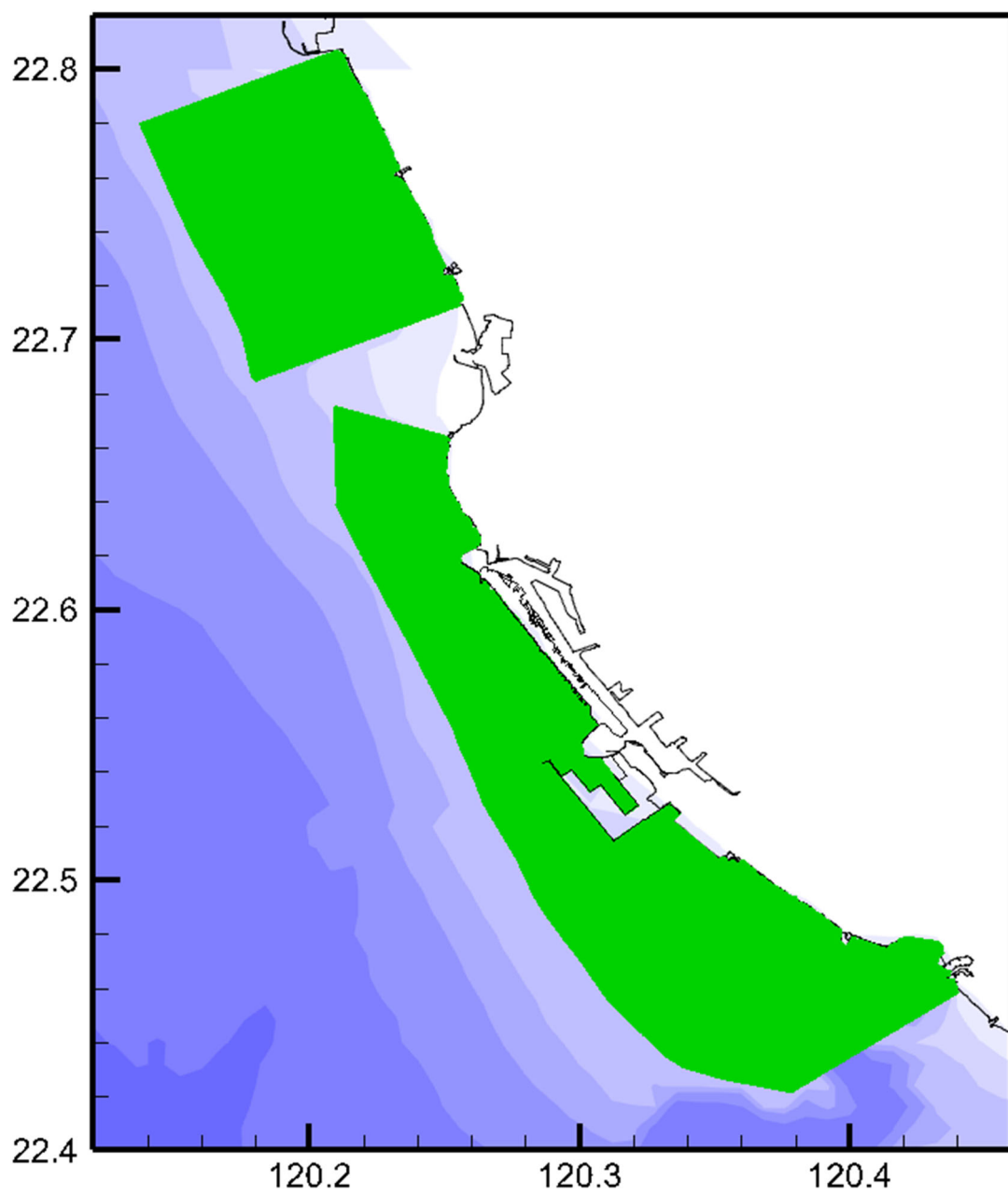


圖 6.24 港務公司 111 年高雄港外海水深資料調查範圍圖

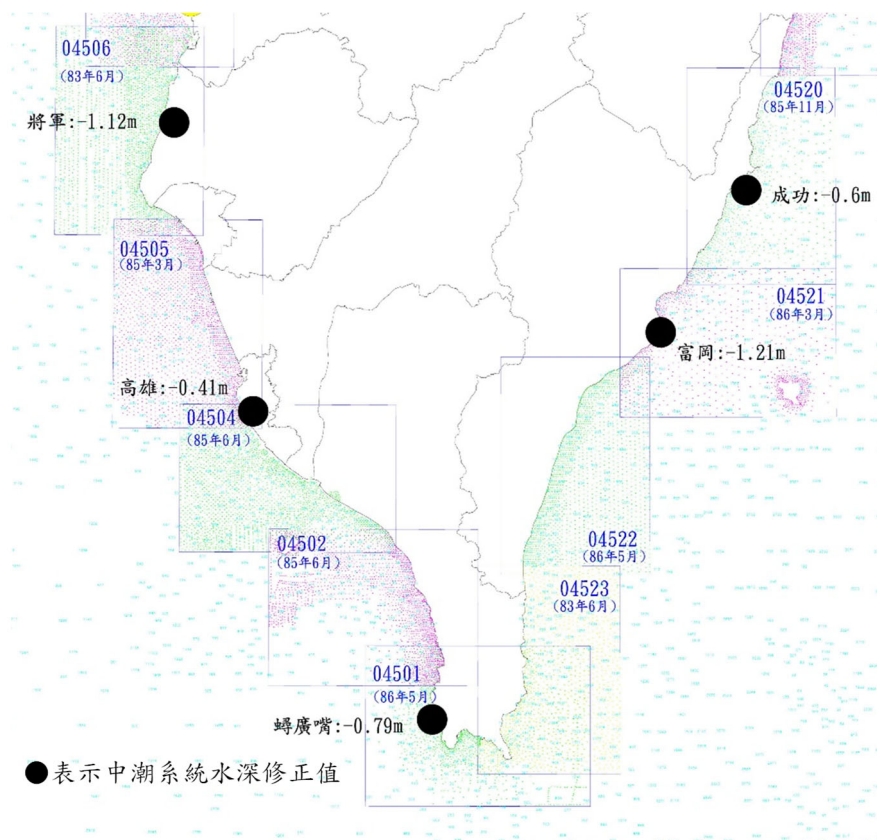


圖 6.25 五萬分之一海圖之圖號及圖幅範圍圖

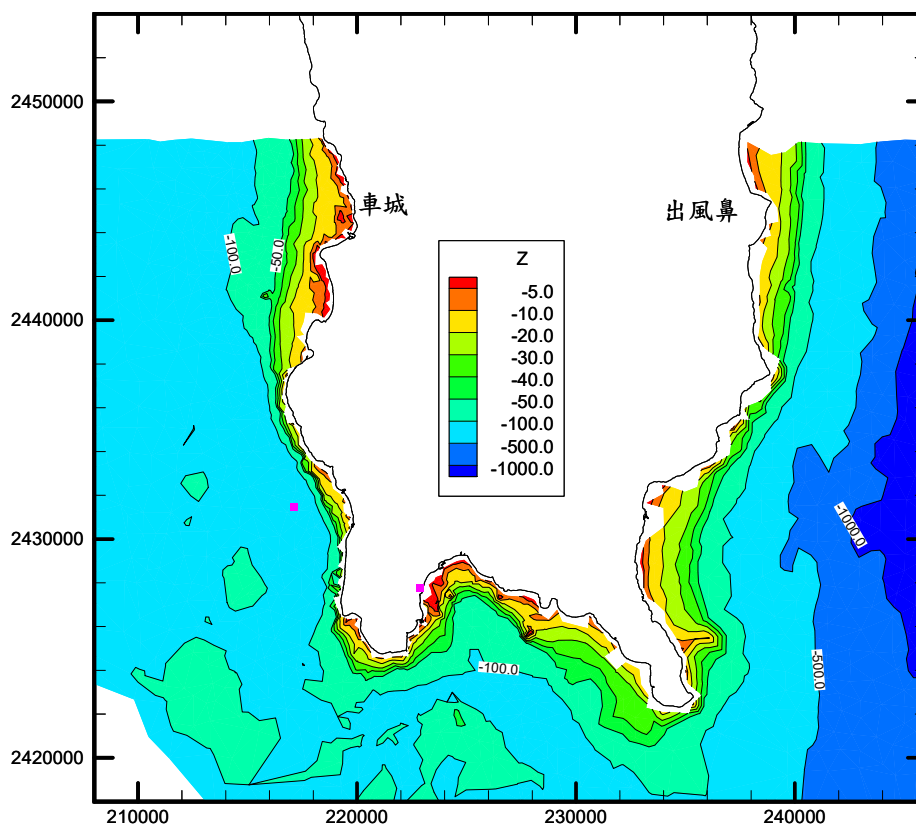


圖 6.26 海圖 04501 出風鼻至車城泊地海域水深分布圖

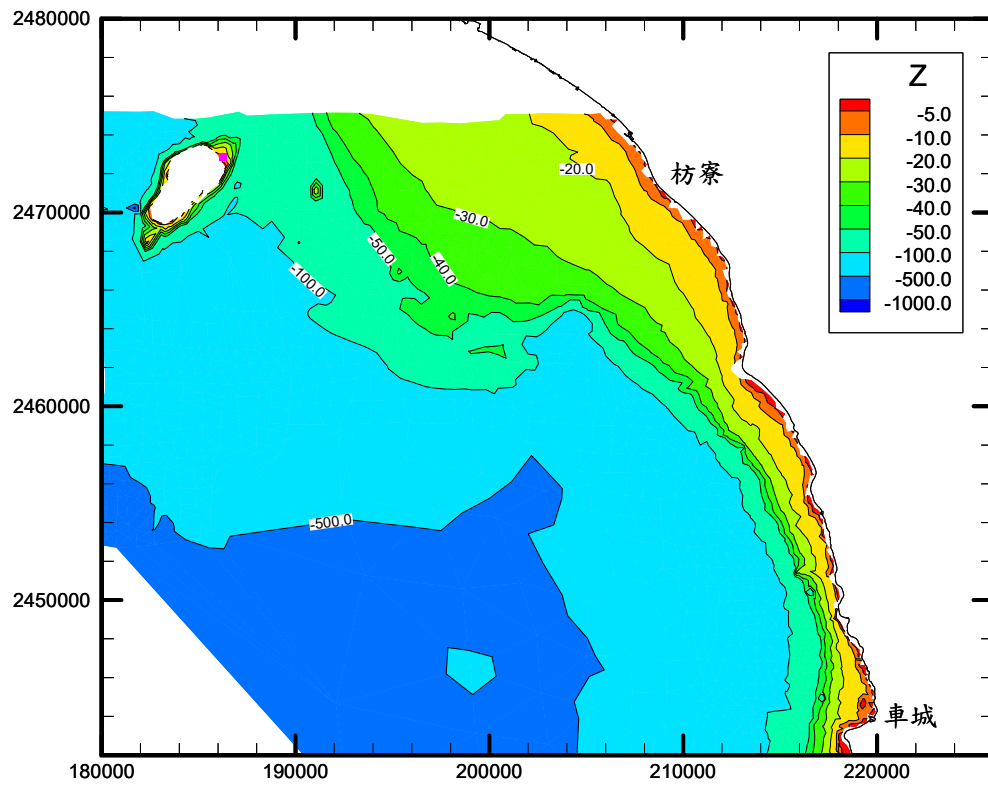


圖 6.27 海圖 04502 車城泊地至枋寮泊地海域水深分布圖

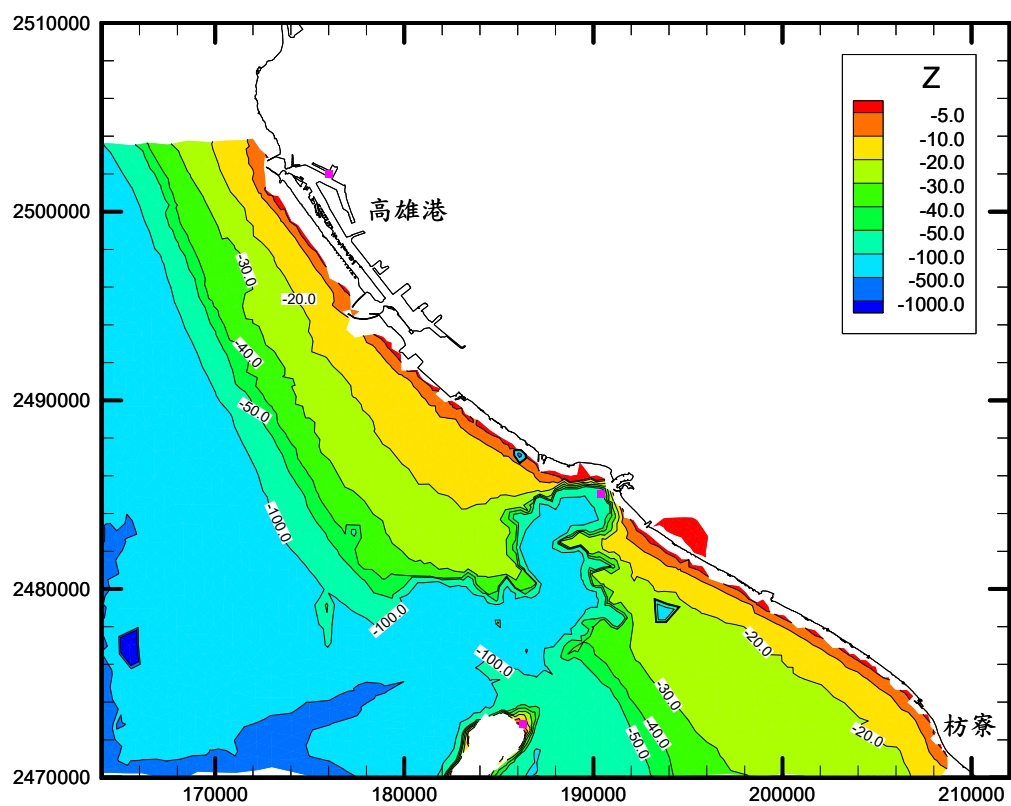


圖 6.28 海圖 04504 枋寮泊地至高雄港海域水深分布圖

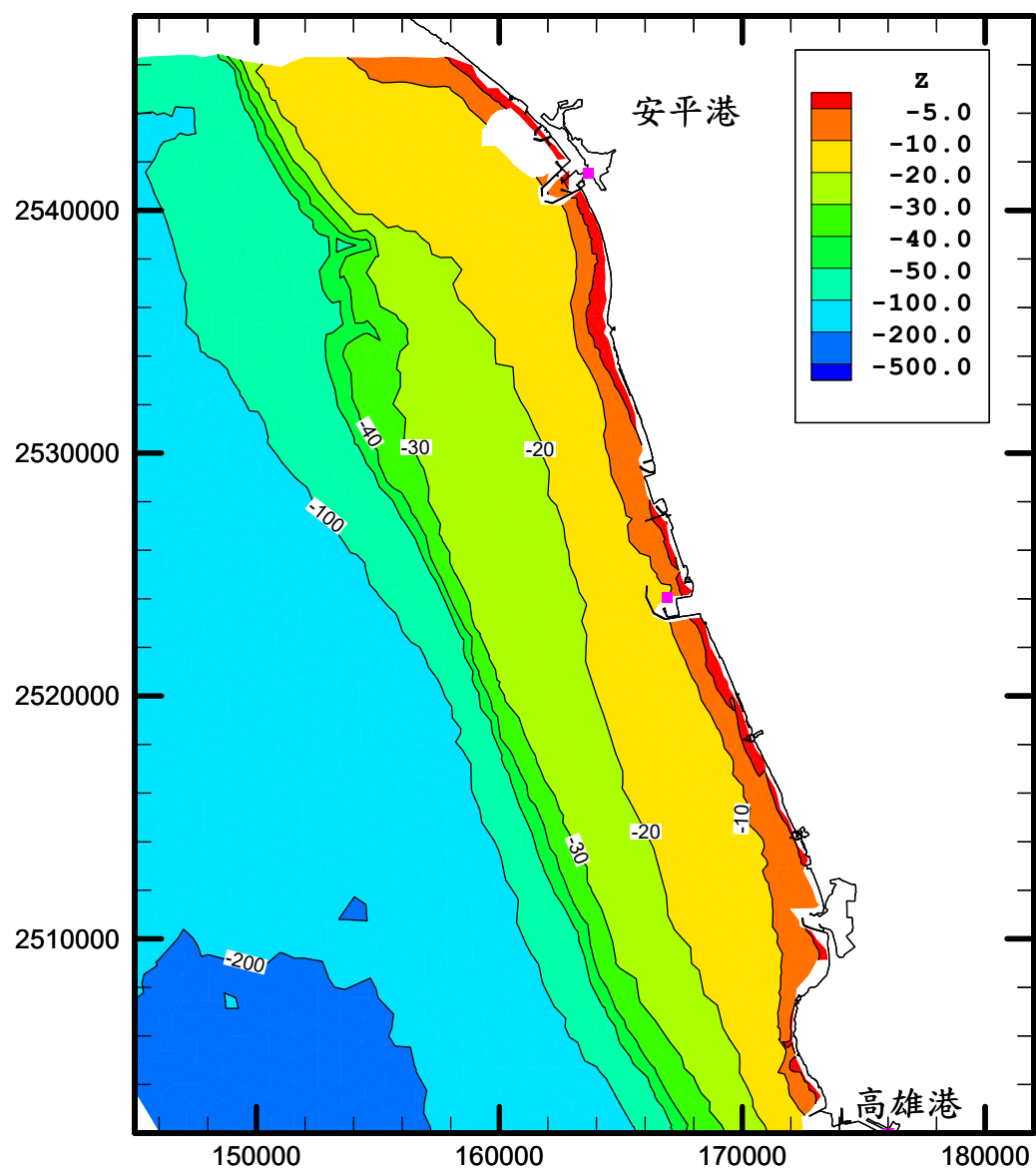


圖 6.29 海圖 04505 高雄港至安平港海域水深分布圖



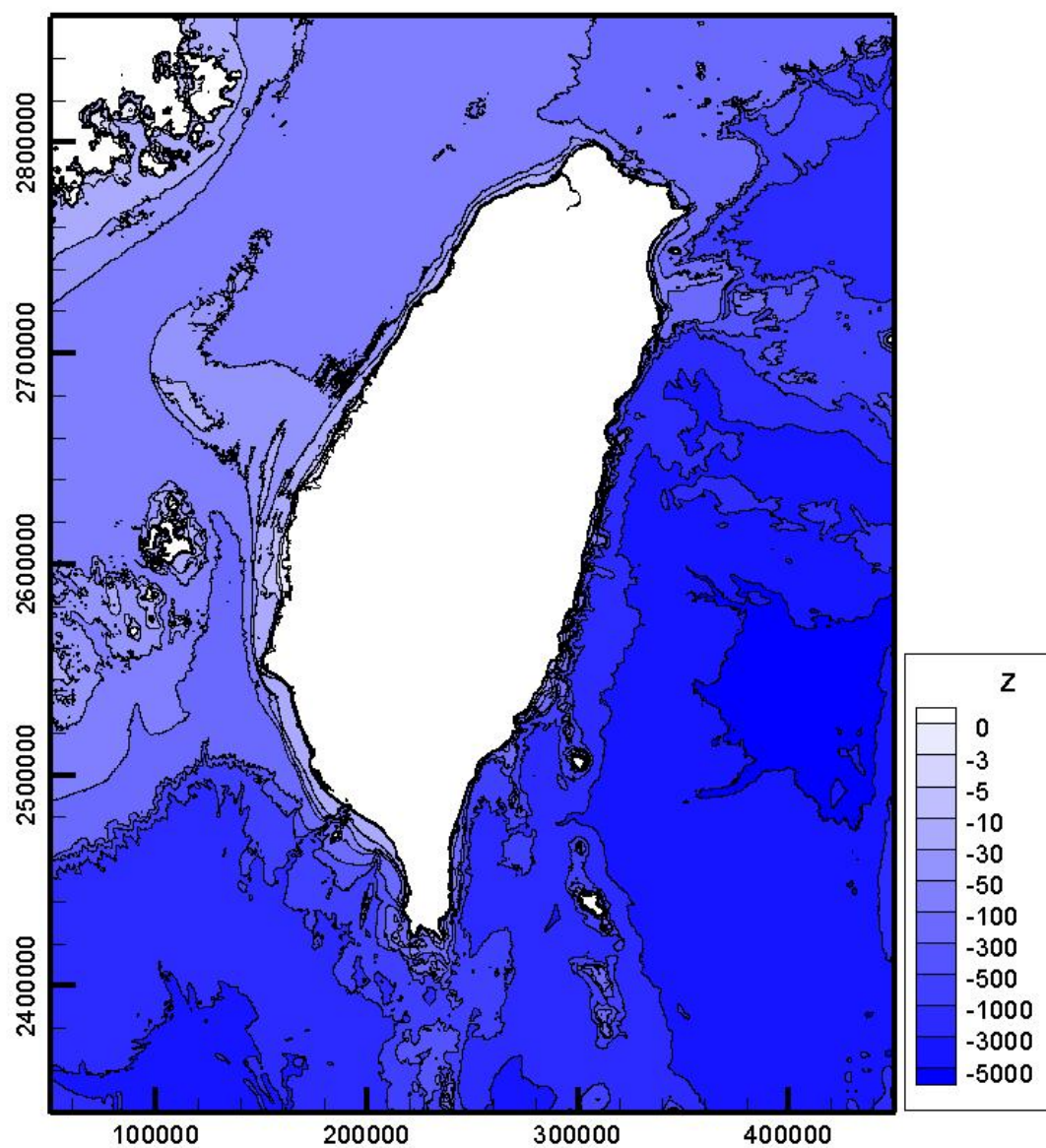


圖 6.30 臺灣周圍海域 200 公尺網格間距地形水深分布圖



## 第七章 高雄海域風浪及水動力模組建置

本項工作目的為因臺灣港務公司高雄分公司辦理「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫」使高雄港型改變，調整風浪模組及水動力模組之高雄港模型，新建高雄海域風浪模組及水動力模組；並應用高雄港觀測資料完成模式驗證工作。

### 7.1 高雄海域風浪模組建置

在運技中心維運「臺灣近岸海象預測系統 2.0」下風浪模擬子系統係採用 3 層巢狀網格(大、中、小尺度網格)建構的作業化「臺海風浪模擬系統」，整體作業化模擬架構及流程，如圖 7.1 所示，其中遠域風浪模擬採用大尺度西太平洋範圍風浪模組(簡稱遠域風浪模組)，近域風浪模擬則採用中尺度臺灣周圍海域風浪模組(簡稱近域風浪模組)，新建構的高雄海域風浪模組則屬於此架構下之小尺度近海風浪模擬。有關高雄海域風浪模組建置，說明如下：

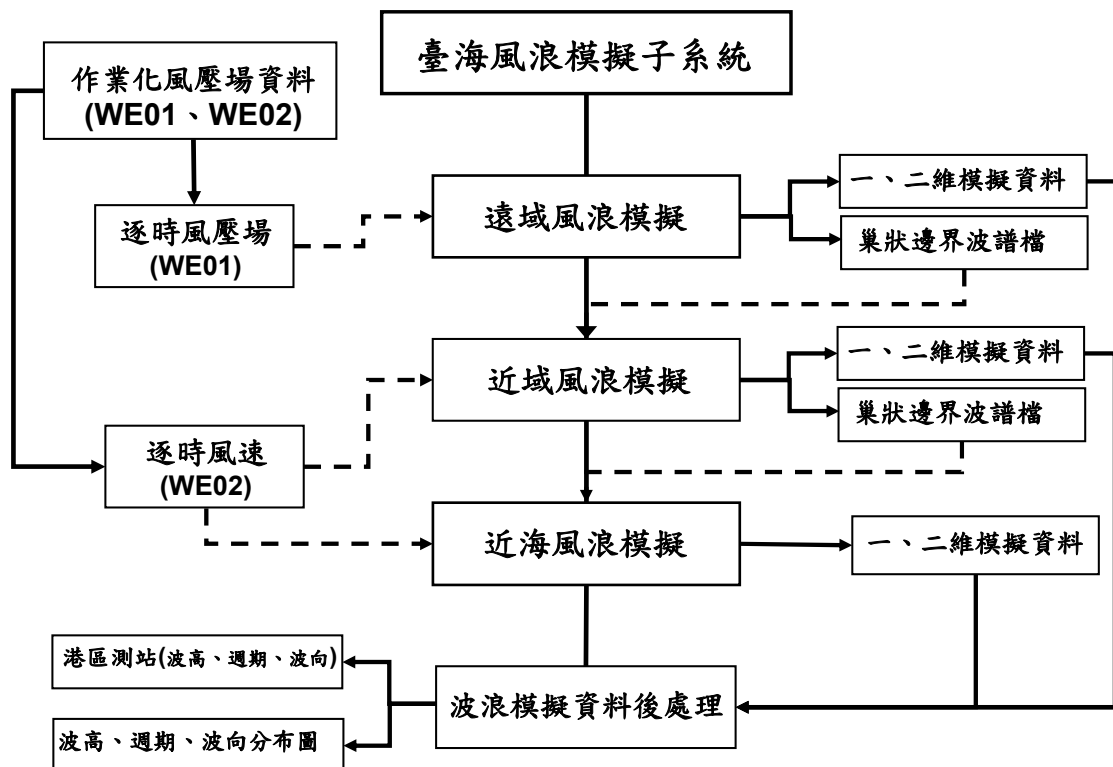


圖 7.1 臺海風浪模擬系統之架構及模擬流程圖

### 7.1.1 模式模擬範圍

考量在「臺海風浪模擬系統」下已在前期計畫針對臺灣西南海域建置西南海域風浪模組(參考圖 2.9 及圖 2.16)，為避免數值模擬資源重覆，本計畫規劃將西南海域風浪模組模擬範圍(東經 119.80°~120.88°、北緯 21.52°~22.52°)之北邊界由北緯 22.52°往北延伸至北緯 22.80°，使其模擬範圍涵蓋高雄港海域，如圖 7.2 所示。

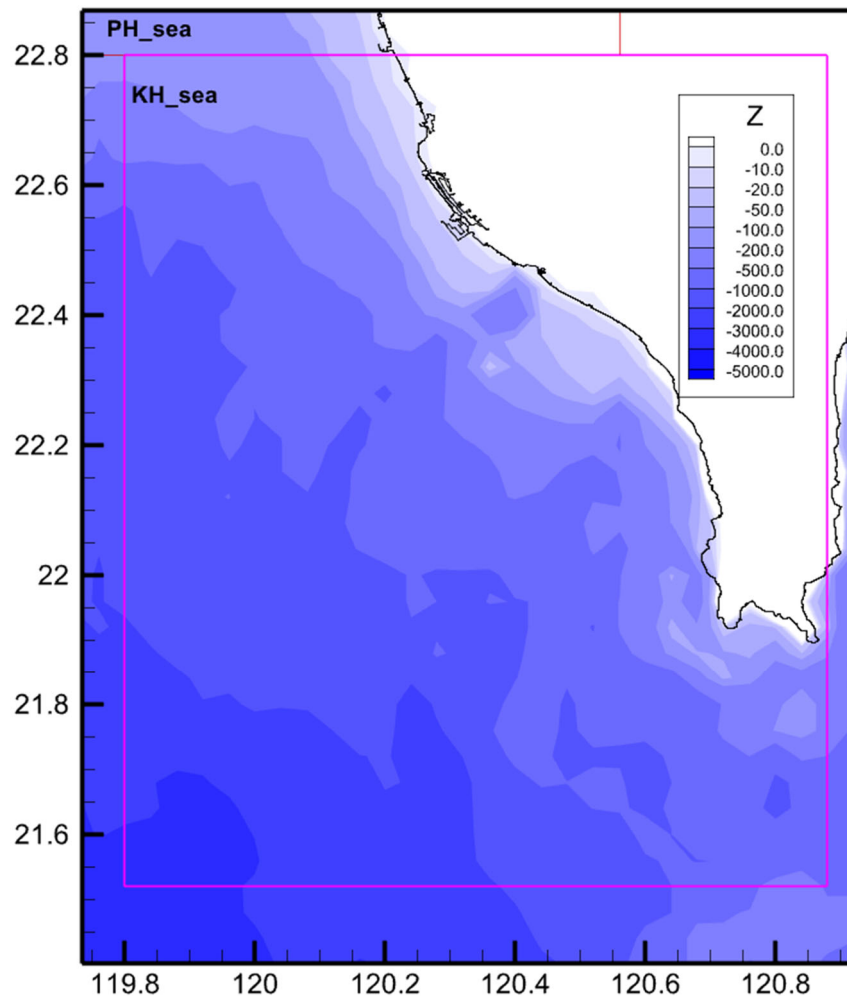


圖 7.2 高雄海域風浪模組模擬範圍圖

### 7.1.2 數值計算網格

針對高雄海域風浪模組模擬範圍(東經 119.80°~120.88°、北緯 21.52°~22.80°)，建置解析度為 0.008°之規則網格，新的數值計算網格之維度為 136×161，如表 7-1 所列。

本計畫整合 6.5 節海科中心發布的臺灣周圍海域 200m 網格數值地形水深資料、海軍大氣海洋局刊行海圖編號 04501~ 04505 等數化水深資料及 111 年高雄港外海海域水深資料(10m 網格)等，重新建置新計算網格的地形水深資料，如圖 7.3 所示。

表 7-1 本計畫遠域、近域及近海三層巢狀網格建置之資訊表

| 網格名稱                      | 範圍               |                  | 解析度<br>(°) | 格點數     |
|---------------------------|------------------|------------------|------------|---------|
|                           | 經度(°)<br>最小值/最大值 | 緯度(°)<br>最小值/最大值 |            |         |
| 遠域風浪模組* <sup>1</sup>      | 110.00/145.00    | 10.00/35.00      | 0.2        | 176×126 |
| 近域風浪模組* <sup>1</sup>      | 117.60/123.60    | 20.60/28.00      | 0.04       | 151×186 |
| 高雄海域風浪模組                  | 119.80/120.88    | 21.52/22.80      | 0.008      | 136×161 |
| 註* <sup>1</sup> ：詳見2.1.2節 |                  |                  |            |         |

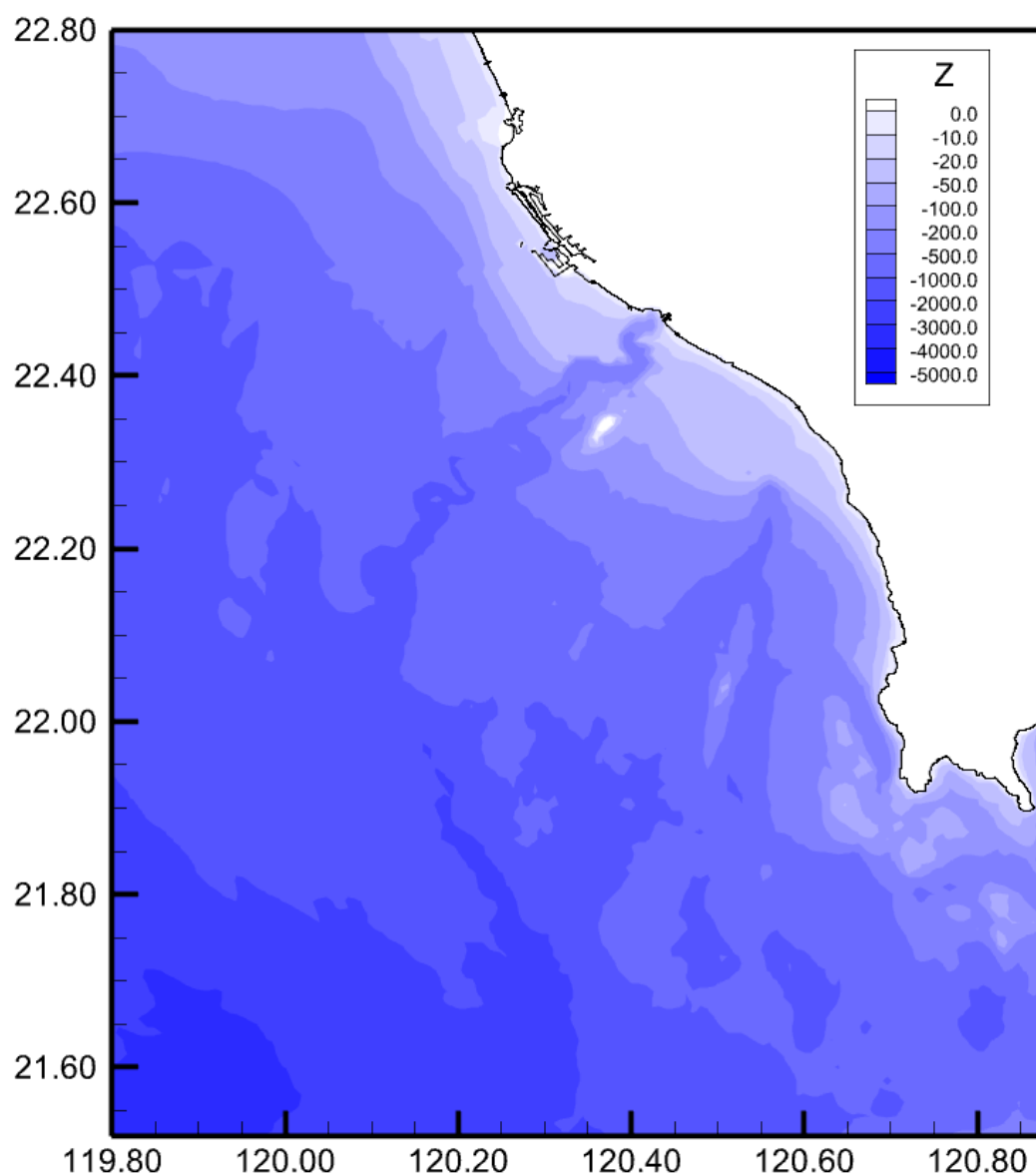


圖 7.3 高雄海域風浪模組計算網格水深分布圖

### 7.1.3 風場資料

依據圖 7.1 臺海風浪模擬系統架構得知，高雄海域風浪模擬採用的作業化風場資料為 WE02 檔案，風場資料範圍為東經 116.0°~125.0°、北緯 20.0°~29.0°，網格解析度為(1/30)°度，風場網格之維度為 271×271。此處本計畫將透過風浪模擬作業化程式，讀取 WE02 風壓場資料並將其轉換成風浪數值模式 SWAN 可讀取之風場資料格式中繼輸出檔，做為高雄海域風浪模組之風場輸入檔。

### 7.1.4 邊界條件離散化波譜

依據巢狀網格之設計得知，本計畫高雄海域風浪模組開放海域邊界條件，將由近域風浪模擬過程產出巢狀邊界格點之逐時風浪模擬波譜資料。此處風浪波譜之離散化方法採用階梯函數(step function)，為獲得相對均等的解析度，離散化頻寬計算採用對數尺度，即  $\Delta f/f = 1.1$ ，則波浪頻率模擬範圍為

$$f_{\max}/f_{\min} = (1.1)^{ML-1} \dots\dots\dots (7.1)$$

式中  $ML$  為頻率離散化數量。目前臺海風浪模擬採用的離散化波譜之頻率數為 31，波向數( $KL$ )為 36，其中最小頻率值  $f_{\min}=0.04$ ，波向解析度為 10°。

### 7.1.5 初始條件

依據臺海風浪模擬子系統設計的 SWAN 作業化模擬流程(詳圖 2.21)得知，本計畫高雄海域風浪模擬初始條件，區分為冷啟動狀態及熱啟動狀態。在冷啟動設定狀態下，本計畫初始條件將由 SWAN 先以穩態求解方式，求得初始風浪場並輸出熱啟動檔，做為後續非穩態風浪模擬之初始條件。在熱啟動設定狀態下，初始風浪場條件係讀取前述穩態解之初始條件或前次風浪“追算”模擬結束前輸出之熱啟動檔。因此，本計畫設計的 SWAN 模擬流程，每報會執行 2 次非穩態模擬，其中第一次模擬稱為“追算”模擬，目的僅為產生下次模擬之初始風浪場(即熱啟動檔)；第二次模擬稱為“預測”模擬，目的為產生逐時預測之風浪場資料。在每日 1 報設計下，追算模擬時間為 24 小時，預測模擬時間為 72 小時；每日 4 報情況

下，追算模擬時間為6小時，預測模擬時間為54小時。此外，針對SWAN模式非穩態求解之時間距，經測試結果得知，時間距長短對模擬結果之影響不顯著，因此，本計畫非穩態模擬之時間距設定值為 300 sec。

### 7.1.6 高雄海域風浪模擬檢核點

針對高雄海域風浪模擬結果，本計畫選取運技中心設置於高雄港一、二港口外海底碇式 AWAC 測站(KHAW01、KHAW08)觀測資料，做為高雄海域風浪模擬之校驗對象。本計畫將高雄海域風浪模組檢核點放置在 AWAC 測站鄰近位置(非網格點)，如圖 7.4 所示。

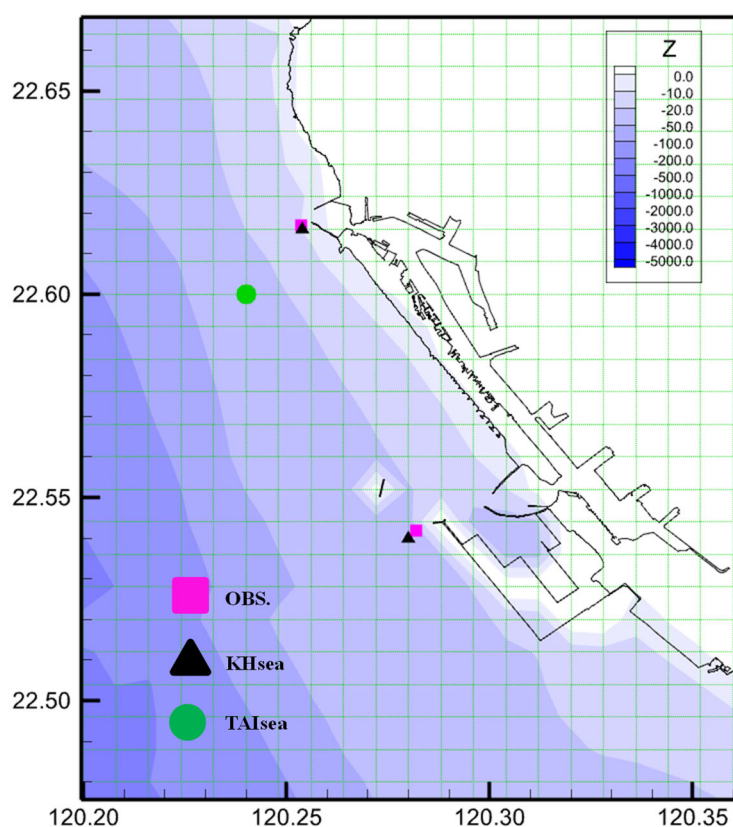


圖 7.4 高雄海域風浪模組計算網格水深分布圖

## 7.2 高雄海域風浪模擬測試

本計畫以本(112)年度侵臺颱風杜蘇芮(7月20日~28日)為模擬對象，杜蘇芮颱風在通過巴士海峽後，其行進路徑轉為沿西部臺灣海峽北上(詳圖 2.57)，對高雄海域產生實質的威脅，屬於第 7 類侵臺路徑。本計畫利用 2023 年 7 月 20 日 0 時~31 日 0 時每日 4 次(0、6、12 及 18 時)作業化模

擬風場，透過臺海風浪模擬系統執行高雄海域風浪模組(KHsea)，並採每日 4 次作業化模擬方式模擬杜蘇芮颱風期間高雄港海域風浪。

杜蘇芮颱風侵臺期間，高雄港一、二港口示性波高觀測資料，分別如圖 7.5 及圖 7.6 所示；顯示影響高雄港海域最劇烈時段為 27 日深夜至 28 日清晨，其中一港口示性波高最大觀測值為 6.57 m，發生時間 28 日 0 時；二港口示性波高最大觀測值為 10.61 m，發生時間為 28 日 1 時。據此，本計畫僅就 072600~072818 時每次模擬結果，分別繪出高雄港一、二港口示性波高模擬預測值，如圖 7.7~圖 7.12 所示，每次模擬後 48 小時相當於預測值。由歷次模擬之示性波高變化曲線得知，僅 26 日 4 次模擬預測，對於 27 日示性波高預測值有出現些微差異外，27 日及 28 日歷次模擬預測結果差異不明顯，此應與氣象署 WRF M04 風場對於杜蘇芮颱風風場預測結果有關。此外，對於杜蘇芮颱風影響最劇烈時段，高雄港一、二港口示性波高模擬值明顯低於觀測值，研判可能與 WRF M04 風場預報風場颱風中心位置，偏離杜蘇芮颱風實際位置有關(詳圖 4.35~圖 4.38)。

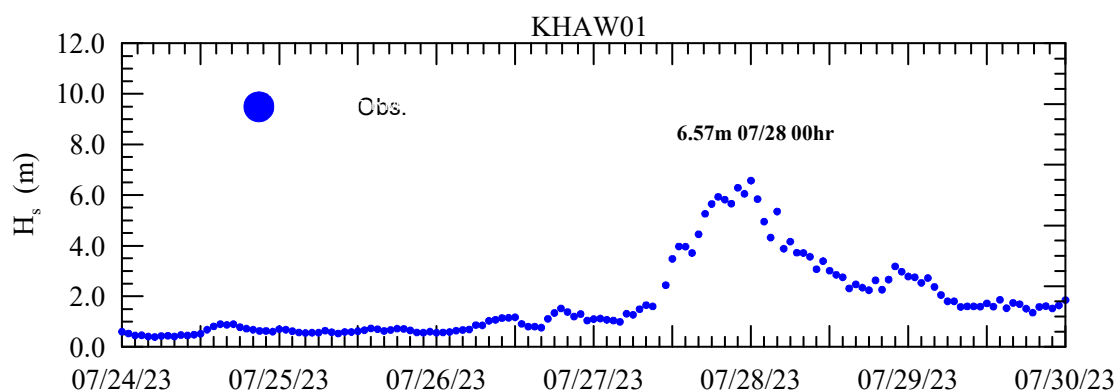


圖 7.5 高雄港一港口 KHAW01 測站示性波高觀測值之歷線圖

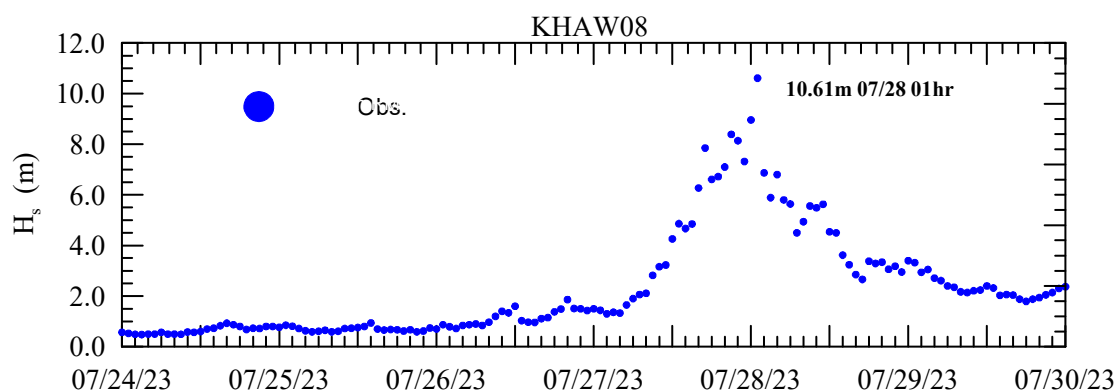


圖 7.6 高雄港二港口 KHAW08 測站示性波高觀測值之歷線圖

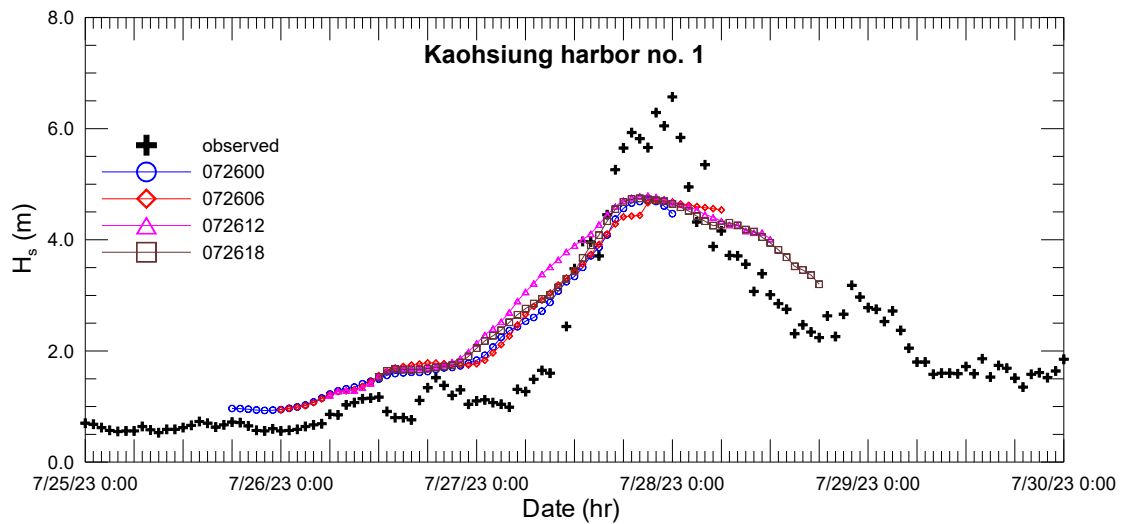


圖 7.7 杜蘇芮侵臺期間高雄海域一港口 26 日 4 次波高模擬歷線圖

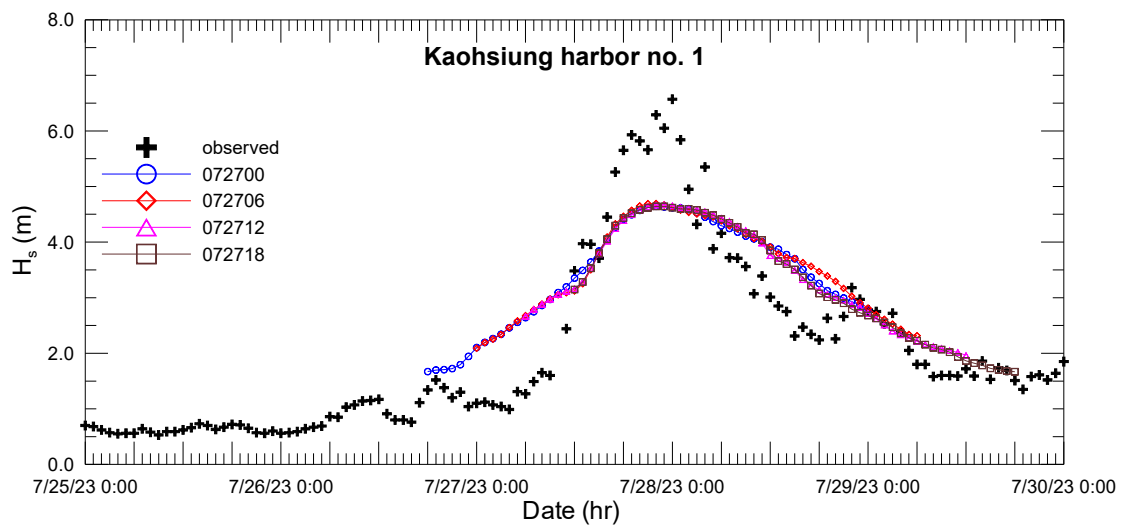


圖 7.8 杜蘇芮侵臺期間高雄海域一港口 27 日 4 次波高模擬歷線圖

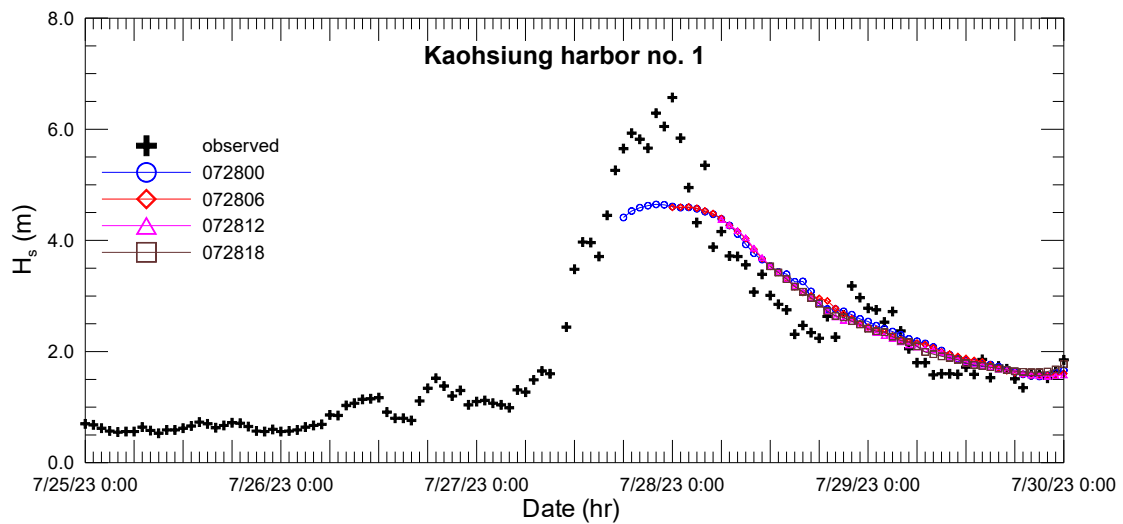


圖 7.9 杜蘇芮侵臺期間高雄海域一港口 28 日 4 次波高模擬歷線圖

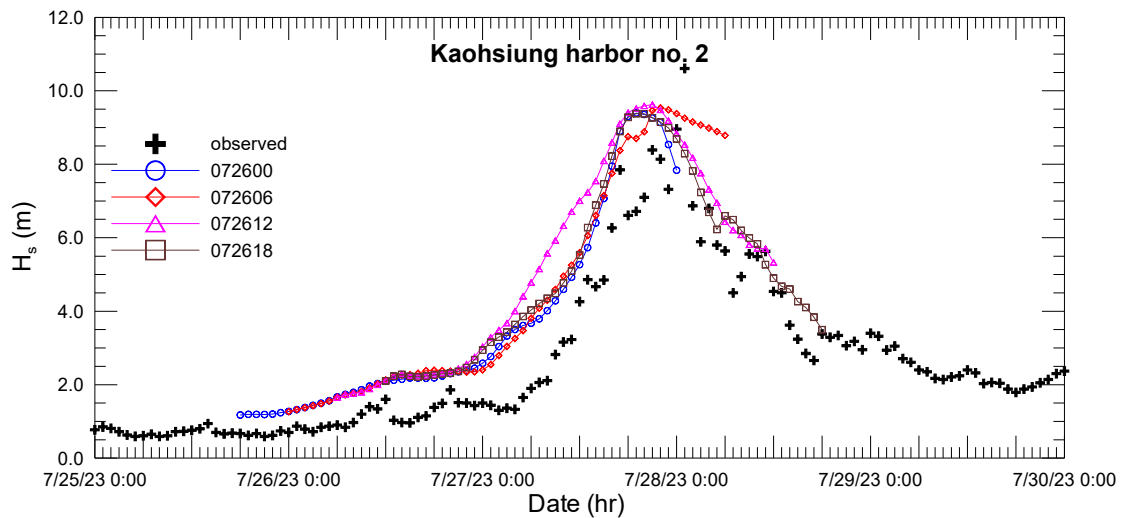


圖 7.10 杜蘇芮侵臺期間高雄海域二港口 26 日 4 次波高模擬歷線圖

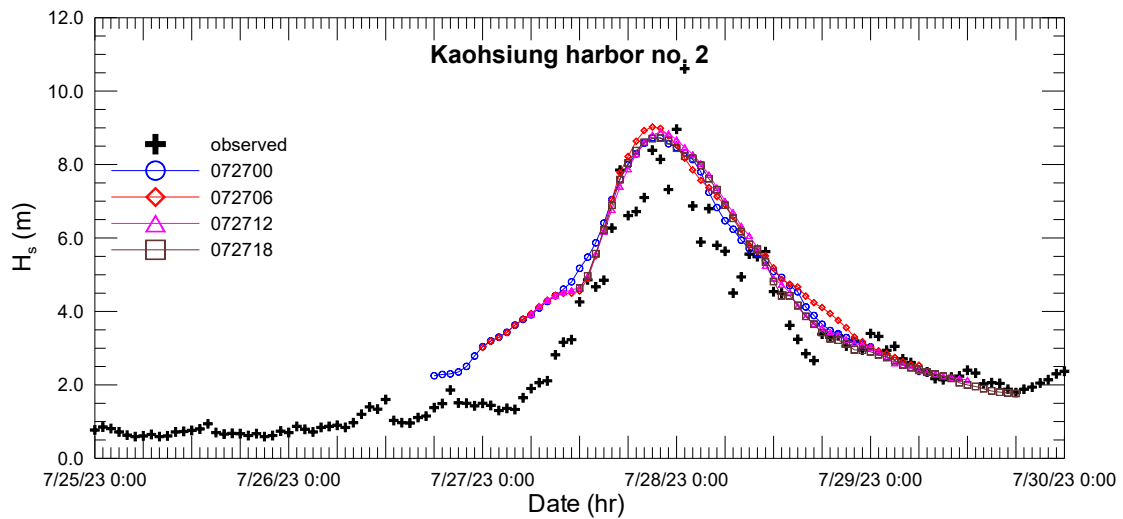


圖 7.11 杜蘇芮侵臺期間高雄海域二港口 27 日 4 次波高模擬歷線圖

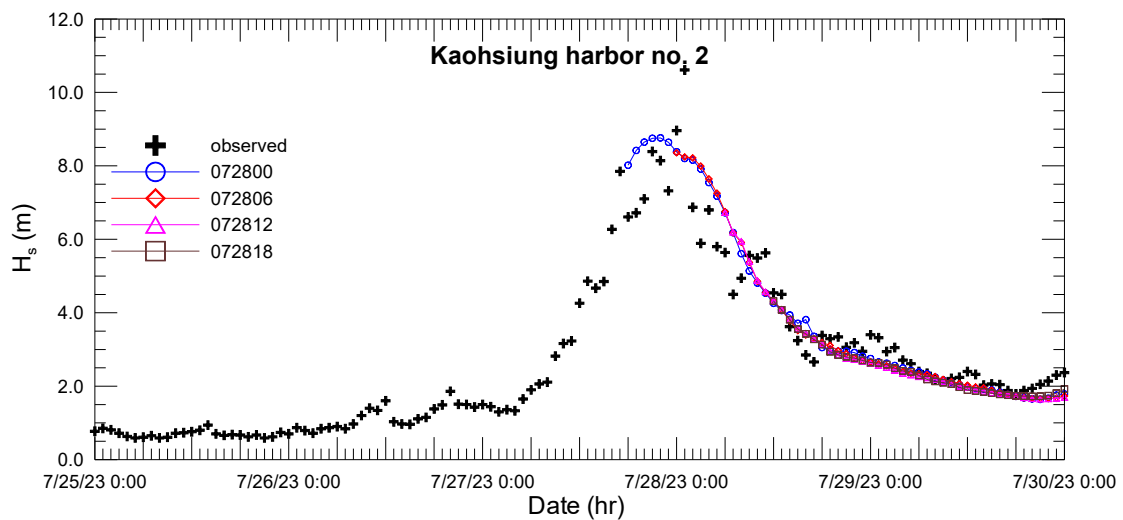


圖 7.12 杜蘇芮侵臺期間高雄海域二港口 28 日 4 次波高模擬歷線圖



### 7.3 高雄海域水動力模組建置

在運技中心海象模擬作業化系統 2.0 下，建構的「臺海水動力模擬系統」係採用 2 層不規則網格(中、小尺度網格)執行 2 階段水位及流場模擬，如圖 7.13 所示。因此，本計畫新建高雄海域水動力模組，屬於此架構的小尺度水動力模組。

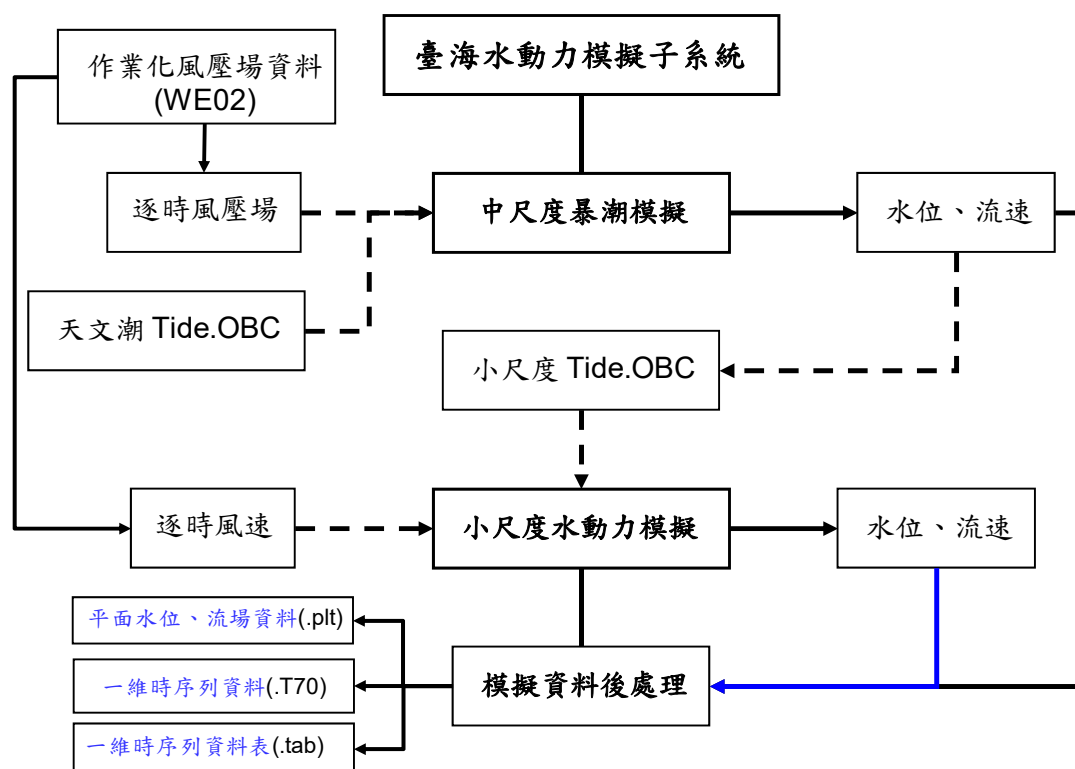


圖 7.13 臺海水動力模擬系統之架構及模擬流程圖

#### 7.3.1 模式模擬範圍

在「臺海水動力模擬系統」架構下，本計畫高雄海域水動力模擬將依據臺海暴潮模組水位模擬結果，產出高雄海域水動力模組開放邊界之水位條件，藉以模擬高雄港區水位及流場。因此，本計畫參考既有的臺海暴潮模組數值網格及水深變化，規劃高雄海域水動力模組模擬範圍，如圖 7.14 所示，圖中高雄海域水動力模組外海離岸邊界，約略與高雄海岸走向平行，離岸邊界水深約介於 140~200m，最大水深位於模擬範圍西南角落。

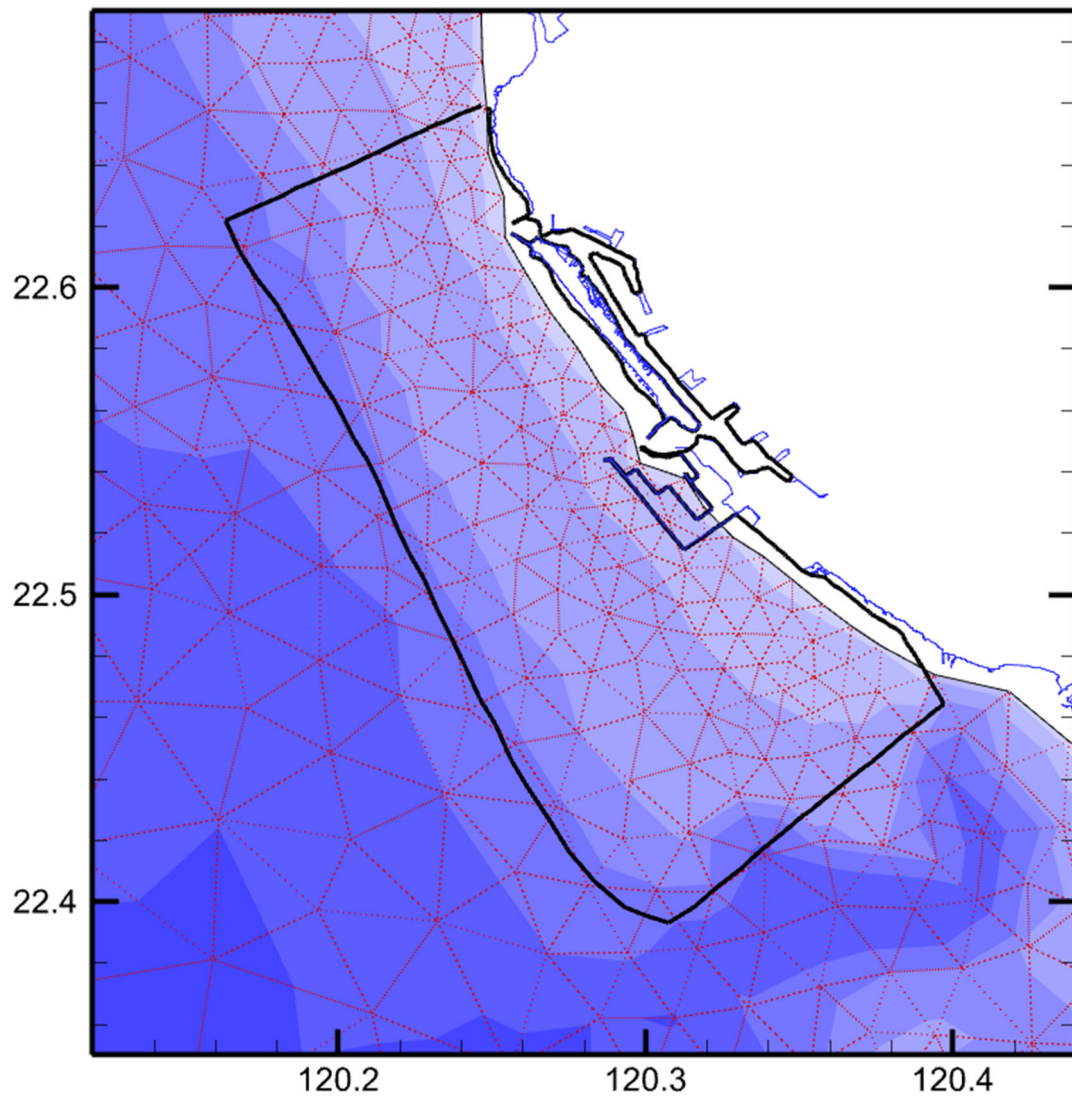


圖 7.14 高雄海域水動力模組之模擬範圍圖

### 7.3.2 數值計算網格建置

針對規劃的模擬範圍，本計畫配合高雄港港域現況碼頭配置及外廓港型，建置三角形元素非結構計算網格，如圖 7.15 所示，圖中非結構計算網格係由 18112 個三角形元素及 9404 個節點組成。

本計畫計算網格所需地形水深資料，係依據第 6-4 節蒐集的水深資料建置，如圖 7.16 所示。

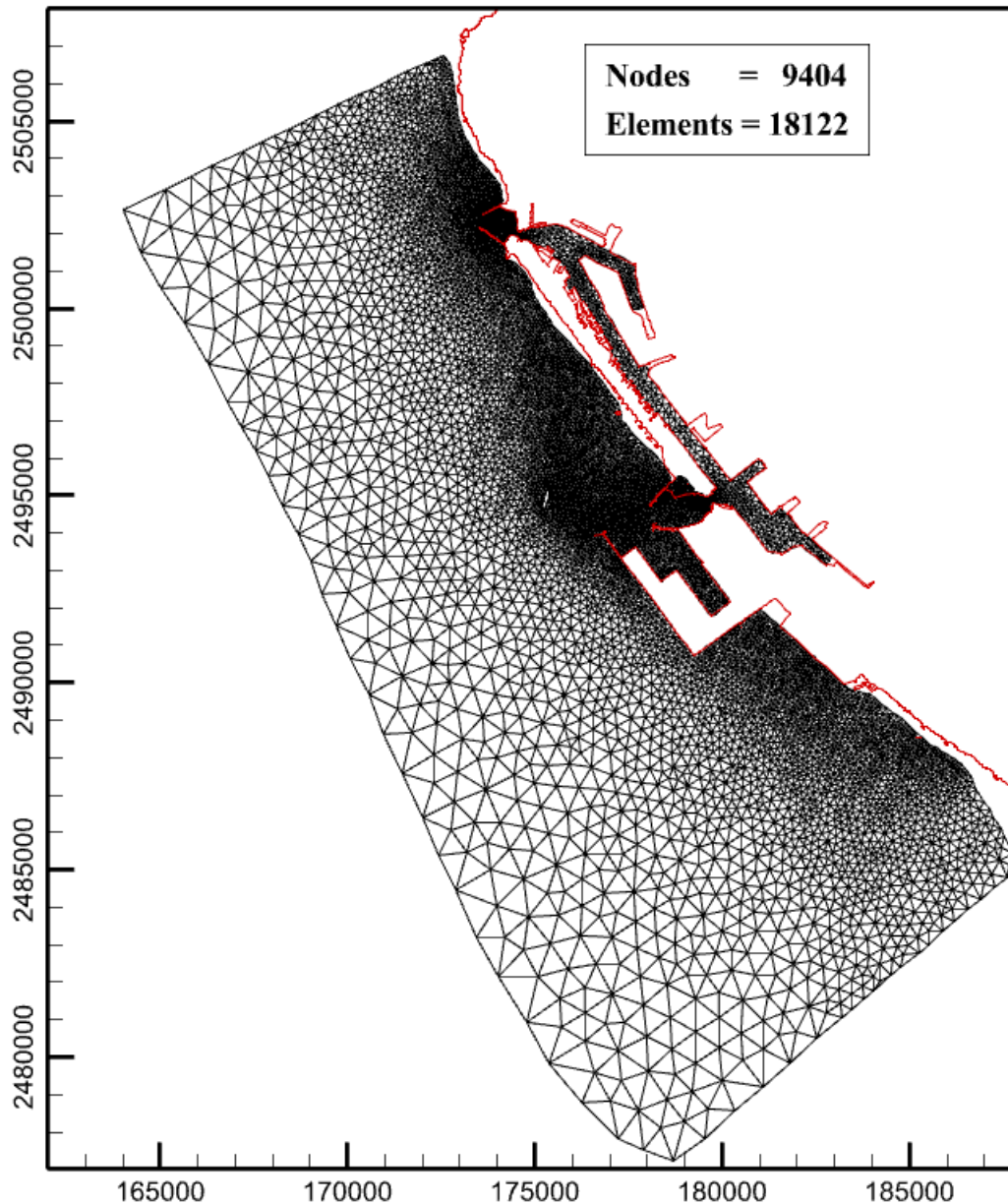


圖 7.15 高雄海域水動力模組新建非結構計算網格圖

### 7.3.3 邊界條件及初始條件

本計畫水動力數值模式之邊界條件，計有側向邊界條件及海面邊界條件，其中側向邊界條件區分為陸地流速邊界條件及海域開放邊界條件等 2 種類型。陸地流速邊界條件依流速設定型態，分為(1)不滑動邊界條件，假設陸地邊界節點流速等於零，即  $u=0$  且  $v=0$ ；(2)滑動邊界條件，即假設陸地邊界節點垂直方向之流速或流量( $q_n=0$ )等於零。

本計畫先利用臺海水動力模組模擬臺灣周圍海域天文潮變化，再依據臺海水動力模組逐時模擬結果，計算高雄海域水動力模組開放海域邊界節點之逐時水位模擬值，做為高雄海域水動力模組開放邊界水位條件。

模擬之初始條件在冷啟動模擬(cold start)狀況下，模式假設流場之初始速度及水位均為零；在熱啟動模擬(hot start)狀況下，模式採用前次模擬結果儲存的流場速度及水位值為初始條件。

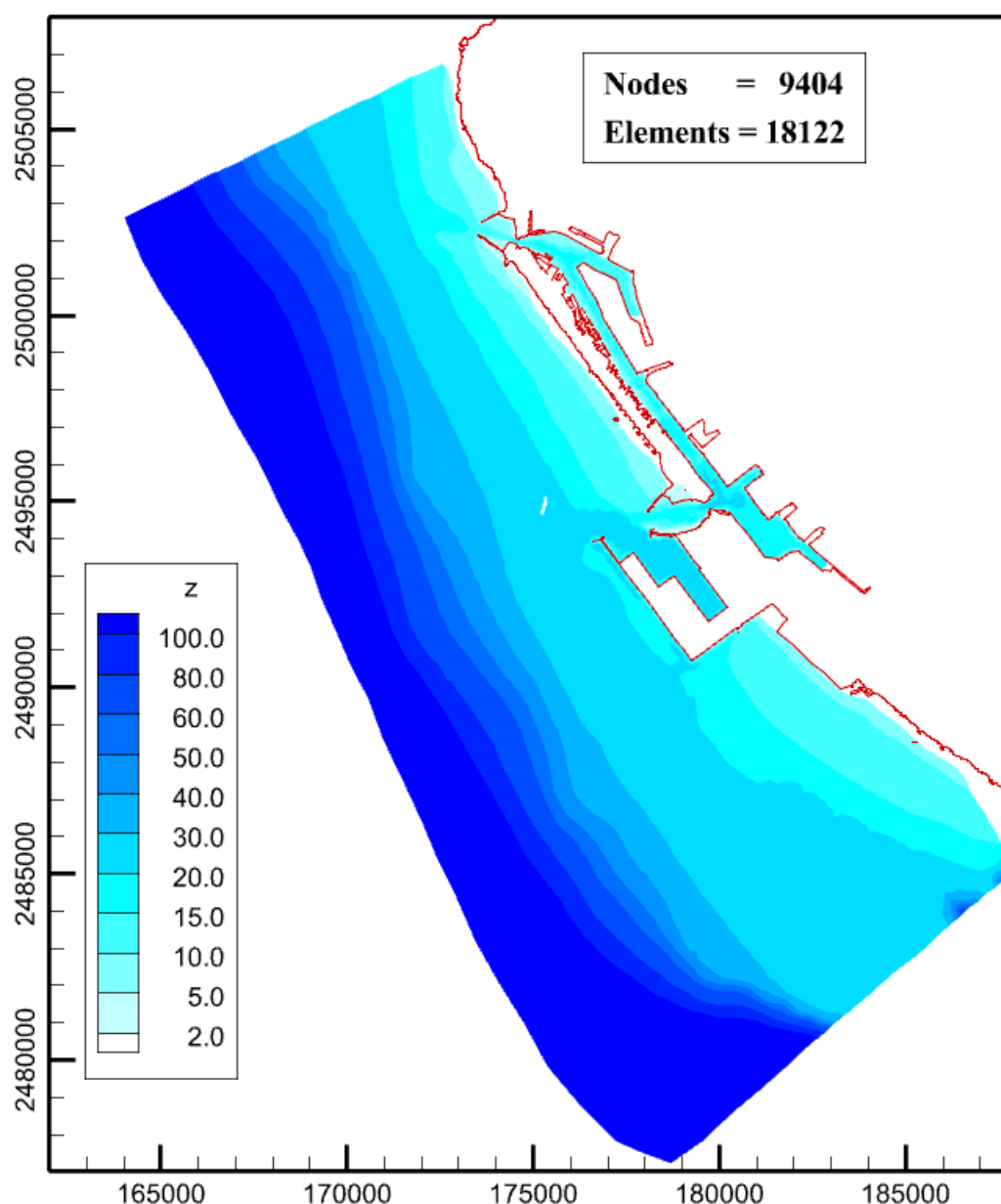


圖 7.16 高雄海域水動力模組新建網格水深分布圖

#### 7.3.4 模式物理參數設定

本計畫水動力模式影響數值計算穩定性之因素，除了與三角元素大小變化、節點水深變化及時間項差分之間距 $\Delta t$ 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。本計畫高雄海域水動力模組採用的模擬時間距為 2 sec，底床摩擦係數隨元素平均水深變化(1/3 方成反比)，元素底床摩擦係數最小測試值為 0.001。

#### 7.3.5 高雄海域水動力模組初步模擬結果

本計畫利用 4-2 節不考慮氣象因素(如風場及氣壓場)之情況下，中尺度臺海水動力模組模 2023 年 1 月天文潮模擬結果，產出本計畫高雄海域水動力模組開放邊界節點逐時水位模擬值，做為高雄海域水動力模組開放邊界條件，初步模擬高雄海域 2023 年 1 月天文潮水位及流場變化。

本計畫利用高雄港 10 號碼頭潮位站(KHTD01)及紅毛港文化園區潮位站(KHTD05)潮位觀測值，校驗高雄海域水動力模組港內天文潮水位模擬結果。同時，利用高雄港一港口 AWAC 測站(KHAW01)及二港口(或洲際貨櫃港)AWAC 測站(KHAW08)海流觀測值，校驗高雄海域水動力模組港外流場模擬結果。運技中心潮位站(KHTD01 及 KHTD05)與 AWAC 測站(KHAW01 及 KHAW08)位置與本計畫高雄海域水動力模組模擬值校驗點位置，如圖 7.17 所示。其中 2023 年 1 月天文潮水位模擬結果與 KHTD01 及 KHTD05 潮位觀測值比對結果，顯示 2 測站之潮位高低值及變化模擬趨勢與觀測值相似性高，如圖 7.18 所示，圖中水位模擬值已採用高雄港 2022 年平均潮位值修正高程值。圖 7.19 所示為高雄港一港口天文潮流速模擬值與測站(KHAW01)表面流速觀測值之比對結果，顯示模擬值與觀測值差異相當明顯，其中模擬值偏向半日潮，但表面流速觀測值趨向全日潮。



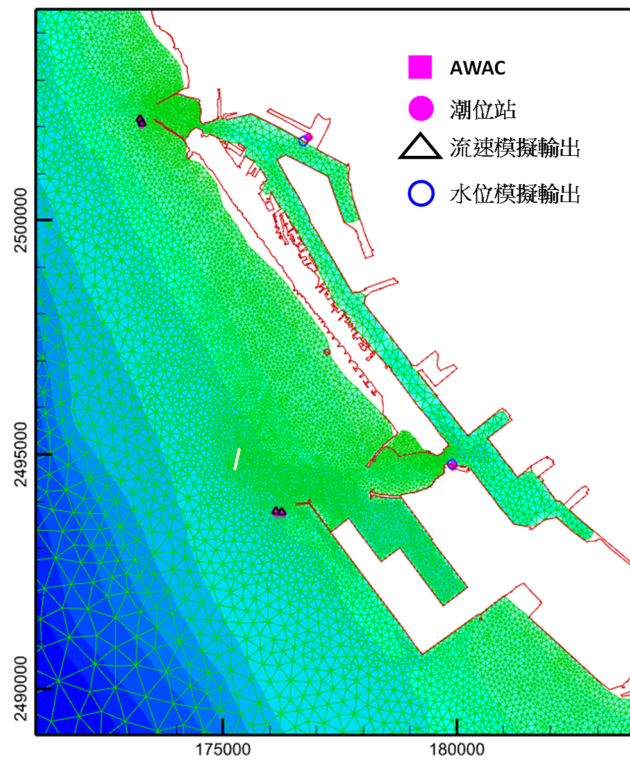


圖 7.17 高雄海域潮位及海流測站及模組輸出點位置圖

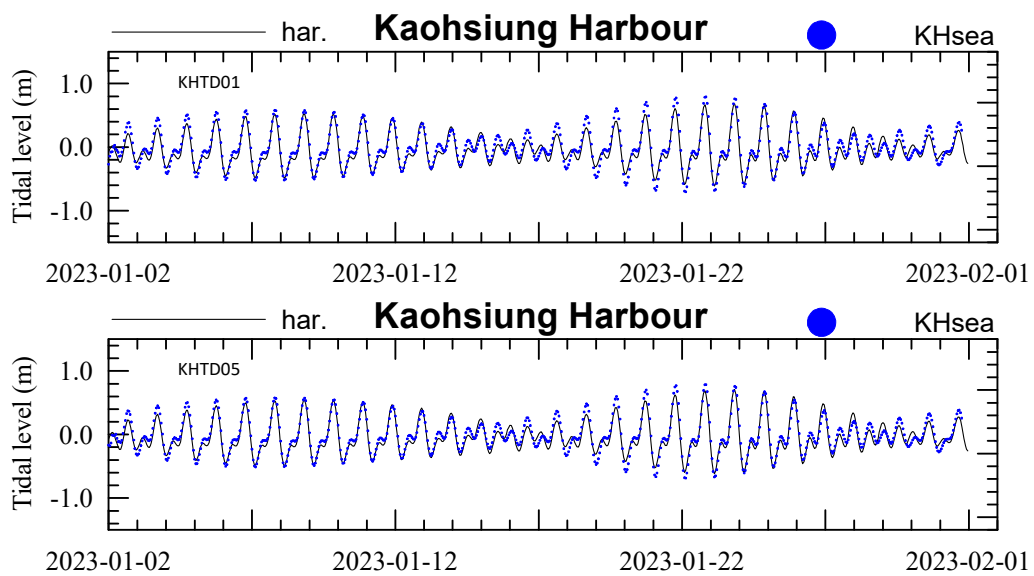


圖 7.18 高雄海域水動力模組水位模擬值與觀測值比對圖

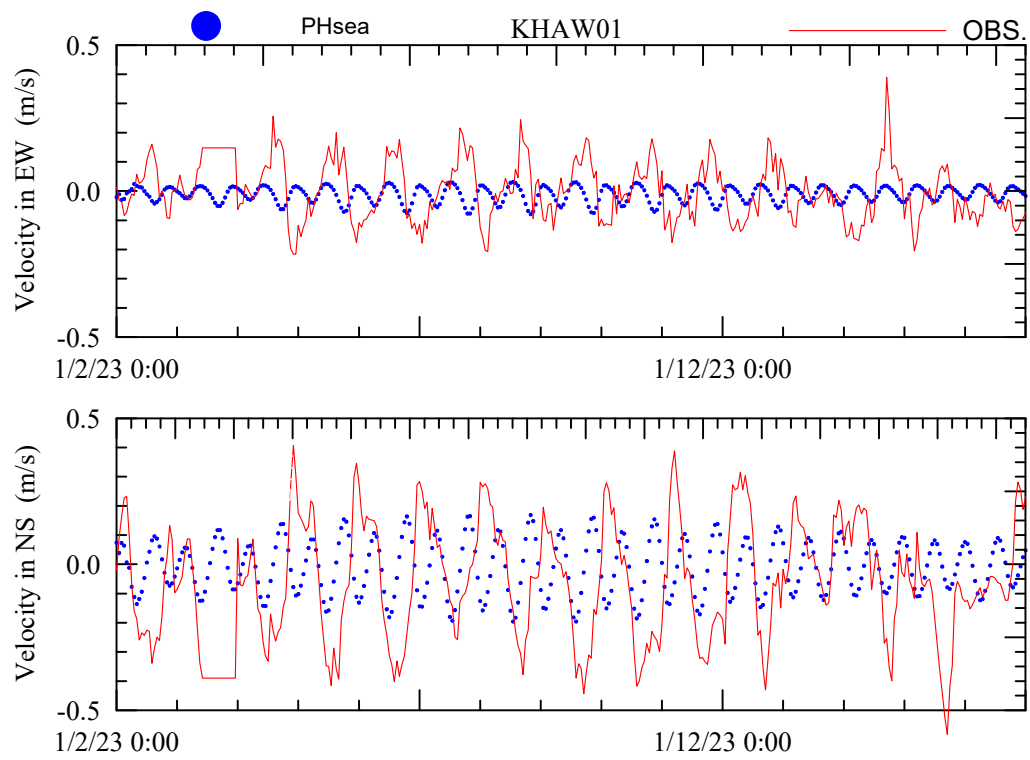


圖 7.19 高雄海域水動力模組新建非結構計算網格圖





## 第八章 結論與建議

本計畫屬於交通部運輸研究所 112 年科技綱要計畫「陸運及港灣設施防災技術研究（2/4）」之分項計畫「港灣環境災防創新應用研究」下執行之子計畫。本年度已依據去（111）年成果以「基隆海域風浪及港域靜穩模擬系統」投稿運研所 112 年 6 月港灣季刊，另依據本年度計畫初步成果以「高雄海域風浪模擬系統建置」成果亦投稿第 45 屆海洋工程研討會外，計畫教育訓練則配合運研所於 11 月 3 日辦理「112 年度港灣環境資訊網使用者說明會」，以「海象模擬功能提升及應用」為講題，視訊說明本年度計畫執行成果（詳附錄八）。

### 8.1 結論

1. 本年度（2021 年 9 月至 2022 年 8 月）維護記錄達 72 次，完善作業系統維運。
2. 依據新設澎湖資料浮標觀測之波浪及海流資料，完成作業系統澎湖海域風浪模組及水動力模組模擬結果之校驗，新設波浪檢核點及流速檢核點之校驗結果符合預期。
3. 本年度臺灣周圍海域冬季風浪模擬校驗成果，整體而言，示性波高模擬校驗以基隆港表現最佳，週期模擬校驗以臺中港最佳（基隆港居次），波向模擬以蘇澳港表現最佳。颱風波浪模擬校驗結果顯示，各港示性波高模擬值整體呈現出高於觀測值，其中以花蓮港及蘇澳港尤其顯著。
4. 臺灣周圍海域水動力模擬校驗成果包括，2023 年天文潮水位模擬預測結果各港與天文潮調和分析預測值比較，均方根誤差均呈現下降現象；2023 年杜蘇芮颱風在高雄港、安平港及布袋港均有引起顯著的暴潮，但模擬預測值無法呈現近似暴潮現象，判斷與 M04 風場對於杜蘇芮颱風中心位置預測失準有關。
5. 在波浪、水位及流場等海象預測作業化成果評估方面，完成本年度（2022 年 9 月至 2023 年 8 月）海象作業化預測評估月報及年度評估報告，供運技中心內部參考。

6. 高雄海域 2022 年潮位、海流及波浪等基本海象資料統計特性分析：高雄港最高潮位為 1.169m、平均高潮位為 0.643m、平均潮位為 0.348m、平均低潮位為 0.065m、最低潮位為-0.423m 及平均潮差為 0.569m；一港口海流主要流速範圍（12.5~25.0 cm/s）約佔 34.3%，次要流速範圍（0~12.5 cm/s）約佔 29.7%，二者合計佔 64%；主要流向為 NNW 向（漲潮）約佔 30.7%，次要流向為 S 向（退潮）約佔 24%；全年主要波高範圍（0.5~1.0 m）約佔 67%，主要波浪週期範圍（4~5 sec）約佔 46.7%，主要波向為 WNW 向約佔 33.1%，次要波向為 W 向約佔 22.1%。
7. 新建高雄海域風浪模組之模擬範圍為東經 119.80°~120.88°、北緯 21.52°~22.80°，網格解析度為 0.008°；經杜蘇芮颱風案例模擬，新建高雄海域風浪模系統通過每日 4 次模擬之作業化流程測試。
8. 新建高雄海域水動力模組模擬範圍北起高雄市柴山附近，南至中芸漁港附近，離岸方向邊界至水深 100m 附近；新建三角元素計算網格計 6,511 個節點及 18,122 個元素，新建水動力模組模擬時間距為 2.0 sec。初步模擬結果顯示，水位模擬值變化趨勢與觀測值相符，流速模擬值大小相對於觀測值呈現偏低現象，漲退潮主要流向與觀測值相近。

## 8.2 建議

目前作業化成果評估，針對海流模擬值校驗對象為儀器觀測之表面流速，易出現異常值或不規則變化；因此，建議採用測站剖面平均觀測值為之，以降低直觀認為誤差過大印象。

## 8.3 預期效益與應用情形

本計畫成果效益如下：

1. 本計畫海象模擬作業系統（臺灣近岸海象預測系統 2.0）配合運研所 112 年度電腦軟、硬體設備更新，辦理各模式測試及上線工作，維護系統每日可以穩定提供各商港海氣象資料於「港灣環境資訊網」即時展示。

2. 本計畫海象模擬作業系統原僅提供未來 2 日風速預測資訊，經前（111）年度完成風場處理系統改善工作後，可於「港灣環境資訊網」即時展示未來 5 日風速預測資訊供外界查詢，俾利臺灣港務公司辦理船舶進出港管制執行工作。
3. 建置高雄海域小尺度風浪及水動力模式，俾利臺灣港務公司掌握高雄港經外廓工程完工後之最新海象特性。
4. 完成澎湖風浪及水動力模組校驗工作並納入作業化流程執行，自 113 年起系統可提供全臺 10 個主要商港海象預測資訊。
5. 本計畫海氣象模擬預測成果，均整合並即時展示於運研所「港灣環境資訊網」，平日供航港局、臺灣港務公司及縣市政府辦理港口船舶交通、航運安全管理使用，於颱風期間或面臨緊急海難及各種海岸災害（包括海岸公路）等防救時，亦可迅速提供海情資訊供航港局、臺灣港務公司及公路局作防災應變使用。



## 參考文獻

1. Battjes, J.A. and J.P.F.M. Janssen, Energy loss and set-up due to breaking of random waves, Proc. 16th Int. Conf. Coastal engineering, ASCE, pp.569-587, 1978.
2. Booij, N., Gravity waves on water with non-uniform depth and current, Report No 81-1, Department of Civil Engineering, Delft Univ. of Technology, Delft, The Netherland, 1981.
3. Booij, N., L.H. Holthuijsen and R.C. Ris, The "SWAN" wave model for shallow water, Proc. 25th Int. Conf. Coastal Engng., Orlando, pp.668-676, 1996.
4. Booij, N., L.H. Holthuijsen and IJ.G. Haagsma, Comparing the secondgeneration HISWA wave model with the third-generation SWAN wave model, 5th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Melbourne, Florida, pp.215-222, 1998.
5. Booij, N., J.G. Haagsma, L.H. Holthuijsen, A.T.M.M. Kieftenburg, R.C. Ris, A.J. van der Westhuysen, M. Zijlema, SWAN Cycle III version 40.41 USER MANUAL, Delft University of Technology, 2004.
6. Connor, J. and J. Wang, Finite Element Modeling of Hydrodynamic Circulation, in Numerical Methods in Fluid Dynamics, ed. By Brebbia and Connor, Pentech Press, 1974.
7. Dingemans, M.W., Water wave propagation over uneven bottoms. Part 1 –linear wave propagation, Advanced Series on Ocean Engineering, 13, World Scientific, 471 p., 1997.
8. Hasselmann, K., On the spectral dissipation of ocean waves due to whitecapping, Bound.-layer Meteor., 6, 1-2, pp.107-127, 1974.

9. Holthuijsen, L.H., N. Booij, R. Ris, J.H. Andorka Gal and J.C.M. de Jong, A verification of the third-generation wave model “SWAN” along the southern North Sea coast, Proceedings 3rd International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis, WAVES '97, ASCE, pp.49-63, 1997.
10. Kirby, J.T., Rational approximations in the parabolic equation method for water waves, Coastal Eng., Vol.10, pp.355-378, 1986.
11. Kirby, J.T. and R.A. Dalrymple, A parabolic equation for combined refraction- diffraction of Stokes waves by mildly varying topography, J. Fluid Mech., Vol.136, pp.219-232, 1983.
12. Komen, G.J., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann, and P.A.E.M. Janssen, *Dynamics and modeling of Ocean Waves*, Cambridge Univ. Press, Cambridge UK, 1994.
13. Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe, Ocean tide models developed by assimilating TOPEX/POSEIDON altimeter data into hydrodynamical model: A global model and a regional model around Japan, J. Oceanogr., Vol.56, pp.567-581, 2000.
14. Mei, C.C., *The Applied Dynamics of Ocean Surface Waves*, John Wiley, New York, 1983.
15. Miles, J.W., On the generation of surface waves by shear flows, J. Fluid Mech., Vol.3, pp.185–204, 1957.
16. Phillips, O.M., On the generation of waves by turbulent wind, J. Fluid Mech., Vol.2, pp.417–445, 1957.
17. Radder, A.C., On the parabolic equation method for water-wave propagation, J. Fluid. Mech., Vol.95, pp.159-176, 1979.
18. Van der Meer, J.W. and J.P.F.M. Janssen, Wave run-up and overtopping, in: Wave Forces on Inclined and Vertical Wall

Structures, ASCE, Ed. N. Kobayashi and Z. Demirbilek, Ch.8, p.1-15, 1995.

19. WAMDI group, The WAM model – a third generation ocean wave prediction model, J. Phys. Oceanogr., Vol.18, pp.1775–1810, 1988.
20. Whitham, G.B., *Linear and nonlinear waves*, Wiley, New York, 636 p., 1974
21. 歐善惠、許泰文、臧效義、方介群、廖建明，「應用SWAN波浪模式推算臺灣附近海域颱風波浪之研究」，第二十一屆海洋工程研討會論文集，87頁-95頁，1999年。
22. 歐善惠、許泰文、臧效義、廖建明、方介群，「應用SWAN模式於臺灣西部海岸之波浪預測」，第二屆國際海洋大氣會議論文集，臺北，183頁-188頁，2000年。
23. 李忠潘、陳陽益、邱永芳、許泰文、張憲國、薛憲文、王兆璋、劉景毅、于嘉順、蘇青和、陳冠宇、廖建明、劉正琪、錢維安、許友貞、余孟娟，規劃海象觀測網、暴潮數值最佳網格化系統，交通部運輸研究所，2004年3月。
24. 李忠潘、陳陽益、邱永芳、于嘉順、許泰文、王兆璋、張憲國、劉景毅、蘇青和、簡仲璟、薛憲文、廖建明、劉正琪、江朕榮、尤皓正、錢維安、許友貞、莊曜陽，近岸數值模擬系統之建立(1/4)，交通部運輸研究所，2005年4月。
25. 李忠潘、陳陽益、于嘉順、王兆璋、薛憲文、張憲國、林炤圭、劉正琪、許泰文、莊曜陽，近岸數值模擬系統之建立(2/4)，交通部運輸研究所，2005年12月。
26. 李忠潘、邱永芳、陳陽益、于嘉順、蘇青和、劉正琪、林炤圭、張憲國、王兆璋，近岸數值模擬系統之建立(3/4)，交通部運輸研究所，2007年4月。

27. 李忠潘、陳陽益、邱永芳、蘇青和、劉正琪、于嘉順、林炤圭、張憲國、薛憲文、王兆璋、陳明宗、李俊穎，近岸海象數值模擬及預警系統之建立(1/4)，交通部運輸研究所，2008年3月。
28. 邱永芳、蘇青和、李忠潘、劉正琪、于嘉順、陳陽益、林炤圭、江朕榮、李俊穎、陳明宗，近岸海象數值模擬及預警系統之建立(2/4)，交通部運輸研究所，2009年4月。
29. 林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、林莉凰，近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)-波浪部份，交通部運輸研究所，2010年5月。
30. 林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、林莉凰，近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)-波浪部份，交通部運輸研究所，2011年4月。
31. 李兆芳、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、高政宏、林莉凰，「近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)－水動力部份」，交通部運輸研究所，2010年4月。
32. 李兆芳、劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、高政宏、林莉凰，「近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)－水動力部份」，交通部運輸研究所，2011年4月。
33. 廖建明、莊文傑、許泰文、何興亞，「台灣西南海域海潮流模擬與特性探討」，第32屆海洋工程研討會論文集，第521-526 頁，2010年。
34. 顏沛華、蔡宗旻、莊文傑、謝東發、林明毅，「直接應用NAO99b全球潮汐模式預報臺灣環島沿岸潮位之適用性評估」，第32屆海洋工程研討會論文集，第659-664 頁，2010年。
35. 邱永芳、李兆芳、蘇青和、陳明宗、劉正琪、李俊穎、涂力夫、高政宏、鄭宇君、陳宜芝，「提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究(1/4)」，交通部運輸研究所，2012年3月。



36. 邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、胡凱程、鄭博今，「提昇海岸及港灣海域波浪模擬技術之研究(1/4)」，交通部運輸研究所，2012年3月。
37. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇、李忠潘、曾以帆，「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究(1/4)」，交通部運輸研究所，2012年4月。
38. 李兆芳、邱永芳、蘇青和、陳明宗、劉正琪、李俊穎、涂力夫、高政宏，「提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究(2/4)」，交通部運輸研究所，2013年2月。
39. 劉正琪、邱永芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、鄭博今、陳信宏，「提昇海岸及港灣海域波浪模擬技術之研究(2/4)」，交通部運輸研究所，2013年2月。
40. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇、李忠潘、曾以帆，「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究(2/4)」，交通部運輸研究所，2013年2月。
41. 劉正琪、邱永芳、李兆芳、蘇青和、陳明宗、李俊穎、涂力夫、鄭博今，「提昇海岸及港灣海域海象模擬技術之研究(1/2)」，交通部運輸研究所，2014年3月。
42. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇，「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究(3/4)」，交通部運輸研究所，2014年4月。
43. 李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、涂力夫、謝佳紘，「臺灣主要商港海象模擬技術之精進及系統維運」，交通部運輸研究所，2015年3月。
44. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇、陳明宗、單誠基、謝佳紘，「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究(4/4)」，交通部運輸研究所，2015年3月。

45. 李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、唐宏結、江朕榮、謝佳紘，「海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」，交通部運輸研究所，2016年3月。
46. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇、陳明宗、單誠基、謝佳紘，「港灣海氣象模擬暨溢淹資訊建置之研究(1/2)」，交通部運輸研究所，2016年5月。
47. 李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、江朕榮、謝佳紘，「105年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」，交通部運輸研究所，2017年3月。
48. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳、劉正琪、陳冠宇、陳明宗、單誠基、謝佳紘，「港灣海氣象模擬暨溢淹資訊建置之研究(2/2)」，交通部運輸研究所，2017年4月。
49. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、謝佳紘，「港灣海象模擬技術及作業系統之研究(2/2)」，交通部運輸研究所，2017年4月。
50. 邱永芳、李兆芳、劉正琪、蘇青和、陳明宗、李俊穎、謝佳紘、江朕榮，「港灣海象模擬技術及預警系統研發」，交通部運輸研究所，2018年3月。
51. 蘇青和、李兆芳、劉正琪、陳明宗、李俊穎、謝佳紘、江朕榮，「107年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」，交通部運輸研究所，2019年2月。
52. 李兆芳、劉正琪、傅怡釗、李俊穎、蘇青和、謝佳紘、江朕榮，「108年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」，交通部運輸研究所，2020年2月。
53. 李俊穎、傅怡釗、劉清松、陳鈞彥、謝佳紘，「港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(2/4)-模擬評估及長浪預報研究」，交通部運輸研究所，2020年2月。

54. 劉正琪、李兆芳、傅怡釗、李俊穎、謝佳紘、江朕榮，「109年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」，交通部運輸研究所，2021年2月。
55. 李俊穎、傅怡釗、劉清松、陳鈞彥、謝佳紘、鄭采誼，「港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(3/4)-模擬評估及港內靜穩研究」，交通部運輸研究所，2021年2月。
56. 劉正琪、林雅雯、傅怡釗、李兆芳、謝佳紘、江朕榮，「110年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」，交通部運輸研究所，2022年3月。
57. 傅怡釗、林雅雯、劉清松、陳鈞彥、謝佳紘、鄭采誼，「港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(4/4)-模擬評估及港內靜穩研究」，交通部運輸研究所，2022年3月。
58. 劉正琪、傅怡釗、李兆芳、林雅雯、謝佳紘，2022，「臺灣周圍海域水位模擬改善研究」，港灣季刊，122，1-15頁。
59. 劉正琪、傅怡釗、林雅雯、李兆芳、謝佳紘、江朕榮，「海氣象預測模擬系統之維運與精進(1/4)-精進基隆海域模組」，交通部運輸研究所，2023年3月。



## 附錄一

### 相關波浪模式基本理論介紹



# 附錄一 相關波浪模式基本理論介紹

臺灣環島海象預報系統(TaiCOMS)波浪模擬採用的波浪模式之基本理論介紹。

## 1.1 西太平洋範圍風浪模組之基本理論

對 TaiCOMS 而言，大尺度西太平洋範圍風浪模組是依據海洋波浪預測模式 WAM (WAVE Modeling) 為模式之基礎而建置的，目前 TaiCOMS 使用的版本係經由 WAMDI (The Wave Model Development and Implementation) Group (1988) 改良的模式。WAM 模式所使用的基本方程式為二維波浪能量平衡方程式，此方程式能夠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浪的生成、波能的消散、底床摩擦效應，以及波與波之間非線性交互作用。其波浪能量平衡方程式可表示為：

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{C}_g F) = S \dots\dots\dots (1.1)$$

式中  $F = F(f, \theta, \vec{x}, t)$  為波浪能量密度譜(spectral density)， $f$  為波浪的頻率， $\theta$  定義為波浪的傳播方向， $\vec{x}$  為位置， $t$  為時間， $\vec{C}_g$  為波浪群速度(group velocity)， $S$  為源函數(source function)。

在大範圍波浪場計算時，因地球曲率會影響波浪的傳遞，因此常以球面座標系統( $\phi, \lambda$ )推導(1.1)式，得到下列描述二維波浪能量平衡方程式之球面座標表示式如下：

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (C_\phi F) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (C_\lambda F) + \frac{\partial}{\partial \theta} (C_\theta F) = S \dots\dots\dots (1.2)$$

式中  $\phi$  為緯度， $\lambda$  為經度， $C_\phi$ 、 $C_\lambda$  與  $C_\theta$  分別為波浪群速度  $\vec{C}_g$  在球面座標  $\phi$ 、 $\lambda$  軸及波浪傳播方向  $\theta$  之空間傳遞速率，其中：

$$C_\phi = \left| \vec{C}_g \right| \frac{\sin \theta}{R} \dots\dots\dots (1.3)$$

$$C_\lambda = \left| \vec{C}_g \right| \frac{\cos \theta}{R} \dots\dots\dots (1.4)$$

$$C_{\theta} = \frac{1}{k} \frac{\partial \omega}{\partial d} \left( \frac{\sin \theta}{\cos \phi} \frac{\partial d}{\partial \lambda} - \cos \theta \frac{\partial d}{\partial \phi} \right) / R \dots\dots\dots (1.5)$$

式中  $R$  為地球半徑(m)， $\omega$  為波浪角頻率， $k$  為波數(wave number)， $d$  為水深。

在 WAM 模式(cycle 4 及 cycle 5)中，源函數  $S$  可表示成

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{dis} + S_{bot} \dots\dots\dots (1.6)$$

式中源函數  $S_{in}$ 、 $S_{dis}$ 、 $S_{bot}$ 、 $S_{nl}$  分別代表風浪之成長項、能量消散項、底床摩擦項及波浪間非線性交互作用項。

在 WAM 模式中風浪成長項  $S_{in}$  之計算係採用 Snyder et al. (1981)提出的無因次摩擦速度  $u_*$  經驗式，依據風浪生成之近似線性理論(Janssen，1989, 1991)得知，風浪成長項  $S_{in}$  可表示如下：

$$S_{in} = \gamma \cdot F \dots\dots\dots (1.7)$$

式中  $\gamma$  為波能成長率，WAM 模式之波能成長率  $\gamma$  計算採用 Janssen (1989, 1991)之經驗式，其結合了海表面摩擦速度與波齡來決定風浪的成長率，即

$$\gamma = \varepsilon \omega \beta (u_*/c)^2 \cos^2(\bar{\theta} - \theta_w), \quad |\bar{\theta} - \theta_w| < \pi/2 \dots\dots\dots (1.8)$$

式中  $\varepsilon$  為空氣與水之密度比率( $=1.225 \times 10^{-3}$ )， $\beta$  為 Miles 常數( $=1.2$ , Janssen 1991 或 Komen et al. 1994)， $u_*$  為風作用於海面之摩擦速度， $c$  為波速(或為波浪位相速度)， $\bar{\theta}$  為平均波向(指波浪傳播方向)， $\theta_w$  為平均風向。另依據 Janssen (1991)之研究得知，Miles 常數  $\beta$  可由下列表示式計算得到

$$\beta = \frac{1.2}{\kappa^2} \mu \ln^4(\mu), \quad \mu \leq 1.0 \dots\dots\dots (1.9)$$

其中

$$\mu = \left( \frac{u_*}{\kappa c} \right) \left( \frac{gz_0}{u_*^2} \right) \exp \left[ \left( \frac{\kappa c}{u_*} \right) \frac{1}{\cos(\theta - \theta_w)} \right] \dots\dots\dots (1.10)$$

式中  $\kappa$  為 von Karman 常數( $= 0.41$ )， $z_0$  海面粗糙長度(roughness length)， $g$  為重力加速度。

針對粗糙長度  $z_0$  之計算如下：



$$z_0 = \frac{\alpha \tau}{g} \dots\dots\dots (1.11)$$

$$\alpha = \frac{\hat{\alpha}}{\sqrt{1 - (\tau_w / \tau)}} \dots\dots\dots (1.12)$$

式中  $\alpha$  為與海面狀況有關的 Charnock 參數， $\tau$  為氣流通過海面波浪引起的運動應力(kinematic stress)， $\tau_w$  為重力波引起的波應力。其中運動應力  $\tau$  等於摩擦速度  $u_*$  之平方，其與海面上風速對數剖面及粗糙長度之關係如下

$$\tau = u_*^2 = \left( \frac{\kappa U(z_{obs})}{\ln(z_{obs} / z_0)} \right)^2 \dots\dots\dots (1.13)$$

式中  $z_{obs}$  為在波浪上方之平均高度；至於，波浪引起的波應力  $\tau_w$  之計算如下

$$\tau_w = 2\pi \varepsilon^{-1} g \int df d\theta \cdot S_{in} \vec{k} \dots\dots\dots (1.14)$$

其中未知係數  $\hat{\alpha}$  建議採用 0.01。

在 WAM 模式中波浪之能量消散機制是依據 Hasselmann (1974) 所提出之準線性形式，其概念主要假設海面波浪的消散行為屬於平均衰減的，因此波浪能量消散項  $S_{dis}$  可表示成

$$S_{dis} = \gamma_{ds} \cdot F \dots\dots\dots (1.15)$$

其中

$$\gamma_{ds} = -C_{ds} \langle \omega \rangle \left[ \langle k \rangle^2 E \right]^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{k}{\langle k \rangle} + \left( \frac{k}{\langle k \rangle} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (1.16)$$

式中係數  $C_{ds} = 4.5$ ， $\omega = 2\pi f$ ，符號  $\langle \bullet \rangle$  代表對整個波浪之平均值，其中

$$E = \iint F(f, \theta) df \cdot d\theta \dots\dots\dots (1.17)$$

$$\langle \omega \rangle = E \left\{ \iint F(f, \theta) (2\pi f)^{-1} df \cdot d\theta \right\}^{-1} \dots\dots\dots (1.18)$$

$$\langle k \rangle = E \left\{ \iint F(f, \theta) k^{-1} df \cdot d\theta \right\}^{-1} \dots\dots\dots (1.19)$$

關於底床摩擦引起的能量損失項  $S_{bot}$ ，其計算如下：

$$S_{bot} = -C_{bot} \frac{k \tanh(kd)}{g \sinh^2(kd)} F \dots\dots\dots (1.20)$$

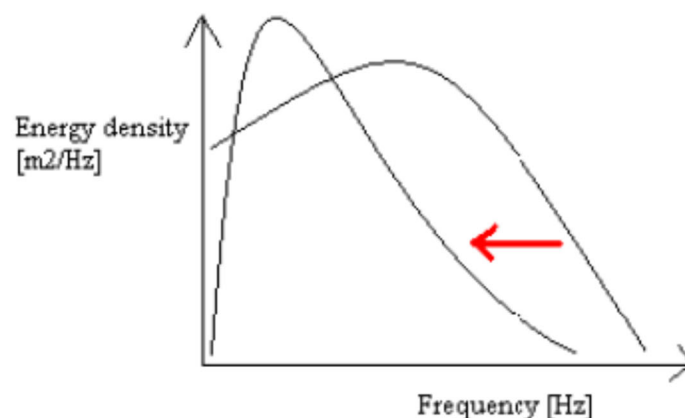
式中  $g$  為重力加速度， $k$  為波數， $d$  為水深， $C_{bot}$  為底床摩擦係數；在 WAM 模式中對於床摩擦係數  $C_{bot}$  值建議採用 Hasselmann 等人 (1973) 在湧浪的條件下以 JONSWAP 的實驗求得之底床摩擦係數  $C_{bot}=0.038\text{m}^2\text{s}^{-3}$ 。

至於非線性交互作用項  $S_{nl}$  之計算則採用 Hasselmann (1963) 之四個波之波浪交互作用理論，即波譜的急劇成長是由波譜尖峰頻率從風獲得能量後再經由非線性作用使得波譜尖峰頻率的能量分別向高頻及低頻處傳遞，且隨著風速加大導致尖峰頻率向低頻移動的現象，如附圖 1.1 所示。當紛紜波浪中存在有四組波浪滿足下列共振(resonant)條件(1.21a,b)式時，則此四組波浪會產生能量之交換。

$$\vec{k}_1 + \vec{k}_2 = \vec{k}_3 + \vec{k}_4 \dots\dots\dots(1.21a)$$

$$\omega_1 + \omega_2 = \omega_3 + \omega_4 \dots\dots\dots(1.21b)$$

有關非線性交互作用項  $S_{nl}$  計算之詳細說明可參考 Komen et al. (1994)。



附圖 1.1 波浪能量由高頻向低頻傳遞之示意圖

## 1.2 臺灣周圍海域範圍風浪模組之基本理論

TaiCOMS 中尺度臺灣周圍海域範圍風浪模組係採用荷蘭 Delft 技術大學發展的近海風浪模式 SWAN (Booij et al. 1996) 作為模組建置之核心主體，目的在於利用 SWAN 風浪模式強大功能模擬臺灣近岸海域風浪場變化，藉以獲得更精確的近岸海域波浪資訊。SWAN 風浪模式不僅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；SWAN 風浪模式可以計算波浪在時間及空間領域之傳遞、波與波之間非線性的交互作用、波浪受風之成長、碎波之能量消散、底床摩擦

引起的能量損失、以及波浪受到海流及地形變化影響而產生的頻率位移、淺化與折射等物理過程。

總之，SWAN 風浪模式是一個利用風、海底底床及海流狀況獲得在海岸地區、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，此數值模式基本上是依據波浪作用力平衡方程式(wave action balance equation)，如(1.22)式所示，以及源函數項等求解波浪作用力密度波譜(action density spectrum)， $N(\sigma, \theta)$ ，其中 $\sigma$ 為相對的波浪頻率； $\theta$ 為波浪方向角；因此 SWAN 本質上屬於第三代風浪預報模式。

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{\bar{S}}{\sigma} \dots\dots\dots (1.22)$$

式中  $x, y$  為直角座標系統之座標軸， $c_x$  及  $c_y$  分別為波浪作用力在  $x$  及  $y$  空間之傳遞速度， $c_\theta$  代表波浪作用力在波向  $\theta$  空間之傳遞速度， $c_\sigma$  代表波浪作用力在波浪頻率  $\sigma$  空間之傳遞速度， $S$  代表波浪成長與消散之源函數項。其中

$$c_x = \frac{dx}{dt} = C_g \cos \theta + U_x \dots\dots\dots (1.23)$$

$$c_y = \frac{dy}{dt} = C_g \sin \theta + U_y \dots\dots\dots (1.24)$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{k} \frac{\partial \sigma}{\partial d} (\sin \theta \frac{\partial d}{\partial x} - \cos \theta \frac{\partial d}{\partial y}) + (\sin \theta \frac{\partial U_s}{\partial x} - \cos \theta \frac{\partial U_s}{\partial y}) \dots\dots\dots (1.25)$$

$$c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} (\frac{\partial d}{\partial t} + U_x \frac{\partial d}{\partial x} + U_y \frac{\partial d}{\partial y}) - C_g k (\cos \theta \frac{\partial U_s}{\partial x} + \sin \theta \frac{\partial U_s}{\partial y}) \dots\dots\dots (1.26)$$

式中  $C_g$  為波浪群速度， $U_x$  及  $U_y$  分別為水流速度在  $x$ -及  $y$ -軸方向分量， $k$  為波浪之波數， $d$  為水深。

於(1.22)式中第一項代表波浪作用力密度譜  $N(\sigma, \theta)$  隨時間之變化率；第二及第三項為波浪作用力密度譜  $N(\sigma, \theta)$  在平面空間上分別以  $c_x$  及  $c_y$  之速度在  $x$ -及  $y$ -軸方向傳遞；第四項代表波浪作用力密度譜  $N(\sigma, \theta)$  受到水深及流變化影響導致在相對頻率  $\sigma$ -軸上以  $c_\sigma$  的速度位移；第五項代表波浪作用力密度譜  $N(\sigma, \theta)$  因水深或流所引起的折射效應；等號右邊  $\bar{S}(\sigma, \theta)$  代表以能量密度表示之源函數項，其包含能量的生成、衰減、及非線性

的波浪交互作用(有關各項源函數計算之詳細理論說明可參考 SWAN 使用手冊)。

在 SWAN 風浪數值模式中，主要是利用有限差分法來求解(1.22)式；在邊界條件處理上，SWAN 模式假定波浪能量遇到陸地邊界為完全消散，亦即無任何波浪能量反射；外海開放邊界條件則假設沒有任何波浪能量可以由開放邊界外進入計算領域，但允許波浪能量可以由開放邊界內自由離開計算領域。

### 1.3 近岸波浪折繞射模式之基本理論

Radder (1979)依據線性緩坡方程式之理論基礎，將波浪場分離成向前之進行波與向後之進行波(忽略向後之散射波)等兩種成份波，發展出拋物線型緩坡波浪模式。相較於橢圓型緩坡方程式及雙曲線型緩坡方程式，拋物線型緩坡模式具有下列優點：(1)模式下游端之邊界條件不再是必要的，(2)具有高度數值運算效率。其缺點為受到垂直波向之橫向導數近似表示式之限制，波浪之傳播僅適用於給定波向之  $45^\circ$  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。模式之基本控制方程如下：

$$\begin{aligned} (C_g + U_x)A_x + U_y A_y + i(\bar{k} - k)(C_g + U_x)A + \frac{\sigma}{2} \left\{ \left( \frac{C_g + U_x}{\sigma} \right)_{,x} + \left( \frac{U_y}{\sigma} \right)_{,y} \right\} A \\ - \frac{i}{2\sigma} [(p - U_y^2)A_y]_{,y} - \sigma \frac{k^2}{2} D|A|^2 A = 0 \end{aligned} \quad (1.27)$$

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， $\sigma = \omega - kU$  為相對頻率(intrinsic frequency)， $\omega$  為波浪角頻率， $k(x, y)$  為波浪波數， $\bar{k}$  為參考波數(定義為沿  $y$  軸上波數之平均值)， $U$  為水流流速(此處通常為平均流)， $U_x$  及  $U_y$  分別為  $x$  及  $y$  方向之水流速度分量，參數  $p = CC_g$ ， $C$  為波浪之波速， $C_g$  為波浪群速度， $D$  為非線性影響項等於

$$D = \frac{\cosh(4kh) + 8 - 2 \tanh^2(kh)}{8 \sinh^4(kh)} \dots\dots\dots (1.28)$$

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：

$$\begin{aligned} & (C_g + U_x)A_x - 2\Delta_1 U_y A_y + i(\bar{k} - a_0 k)(C_g + U_x)A + \left\{ \frac{\sigma}{2} \left( \frac{C_g + U_x}{\sigma} \right)_{,x} - \Delta_1 \sigma \left( \frac{U_y}{\sigma} \right)_{,y} \right\} A \\ & + i\Delta_3 \left[ (p - U_y^2) \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,y} \right]_{,y} - i\Delta_1 \left\{ \left[ U_x U_y \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,y} \right]_{,x} + \left[ U_x U_y \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,x} \right]_{,y} \right\} \\ & + i\sigma \frac{k^2}{2} D |A|^2 A + \frac{\nu}{2} A - \frac{b_1}{k} \left\{ \left[ (p - U_y^2) \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,y} \right]_{,yx} + 2i \left[ \sigma U_y \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,y} \right]_{,x} \right\} \\ & + b_1 \mathcal{G} \left\{ 2i\omega U_x \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,x} + 2i\sigma U_y \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,y} - 2U_x U_y \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,xy} + \left[ (p - U_y^2) \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,y} \right]_{,y} \right\} \\ & - \frac{i}{k} b_1 \left[ (\omega U_y)_{,y} + 3(\omega U_x)_{,x} \right] \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,x} - \Delta_2 \left[ \omega U_x \left( \frac{A}{\sigma} \right)_{,x} + \frac{1}{2} \omega \left( \frac{A}{\sigma} \right) (U_x)_{,x} \right] \\ & + ik\omega U_x (a_0 - 1) \left( \frac{A}{\sigma} \right) = 0 \end{aligned} \dots\dots\dots (1.29)$$

式中

$$\mathcal{G} = \frac{k_{,x}}{k^2} + \frac{\left[ k(p - U_x^2) \right]_{,x}}{2k^2(p - U_x^2)} \dots\dots\dots (1.30)$$

$$\Delta_1 = a_1 - b_1, \quad \Delta_2 = 1 + 2a_1 - 2b_1, \quad \Delta_3 = a_1 - b_1 \frac{\bar{k}}{k} \dots\dots\dots (1.31)$$

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

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{i}{k} \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \nu A \dots\dots\dots (1.32)$$

式中  $i = \sqrt{-1}$ 。

有關波浪消散因子  $\nu$  之選取，模式提供了包括底床邊界摩擦引起的波浪能量消散，以及波浪碎波引起的波浪能量損失等，針對前者本計畫選取模式中紊流底床邊界層觀念計算波能損失因子，即

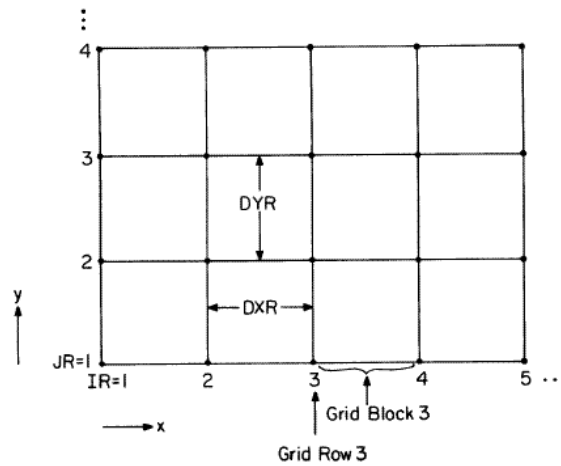
$$\nu = \frac{2\sigma k f |A| (1-i)}{3\pi \sinh(2kh) \sinh(kh)} \dots\dots\dots (1.33)$$

式中  $f = 0.01$ ；至於碎波引起的波浪能量損失率則採用下列公式計算：

$$\nu = \frac{\psi C_g [1 - (\gamma h / 2|A|)]}{h} \dots\dots\dots (1.34)$$

式中  $\psi$  及  $\gamma$  為經驗常數，在模式中分別設定為 0.017 及 0.4。

本計畫 REF/DIF-1 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  $(x, y)$  ( $x, y$ )，如附圖 1.2 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  $x_i = (i-1)\Delta x$ ， $y_j = (j-1)\Delta y$ 。



附圖 1.2 REF/DIF-1 數值計算網格座標系統示意圖

## 1.4 港域波浪模式之理論簡述

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，如附圖 1.3 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。

如附圖 1.3 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

$$\eta_j(x, y, t) = \zeta_j(x, y)e^{i\omega t}, \quad j=1, 2 \dots \dots \dots (1.35)$$

式中  $\zeta_1(x, y)$  及  $\zeta_2(x, y)$  分別稱為領域(I)及領域(II)之波函數， $\omega$  為入射波之角頻率  $\omega = 2\pi/T$ ， $T$  為入射波之週期。所欲求解之波函數  $\zeta_j(x, y)$ ， $j=1, 2$  分別滿足下列控制方程式：

在領域(I)內

$$\nabla^2 \zeta_1 + k_1^2 \zeta_1 = 0 \dots \dots \dots (1.36)$$

在領域(II)內

$$\nabla \cdot (C_2 C_{2g} \nabla \zeta_2) + (C_2 C_{2g} k_2^2 + i\omega\mu + iC_{2g}\omega\gamma_b)\zeta_2 = 0 \dots \dots \dots (1.37)$$

式中  $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$  為二維梯度運算子， $\mu$  為摩擦因子， $\gamma_b$  為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( $=\tilde{n}C_2$ )。其中  $\tilde{n}$  定義為

$$\tilde{n} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2k_2 h_2}{\sinh(2k_2 h_2)} \right) \dots \dots \dots (1.38)$$

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

$$\mu = \frac{2n\omega}{k_2} \left( \frac{2C_r}{3\pi} \frac{\alpha k_2^2}{(2k_2 h_2 + \sinh 2k_2 h_2) \sinh k_2 h_2} \right) \dots\dots\dots (1.39)$$

式中， $a$  為波浪之振幅， $C_r$  為與雷諾數及底床粗糙度有關之摩擦係數。碎波參數  $\gamma_b$  可採用下列計算式

$$\gamma_b = \frac{\chi}{h_2} \left( 1 - \frac{\Gamma^2 h_2^2}{4a^2} \right) \dots\dots\dots (1.40)$$

式中  $\chi$  及  $\Gamma$  分別為經驗常數(其值可分別採用 0.15 及 0.4)。

在領域(I)及(II)之交接假想邊界( $B_1$ )上須滿足下列連續條件：

$$\zeta_1 = \zeta_2 \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \dots\dots\dots (1.41a)$$

$$C_1 C_{1g} \frac{\partial \zeta_1}{\partial n} = -C_2 C_{2g} \frac{\partial \zeta_2}{\partial n} \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \dots\dots\dots (1.41b)$$

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：

$$\nabla \zeta_2 \cdot \vec{n} = \partial \zeta_2 / \partial n = -i\alpha k_2 \zeta_2 \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_2 \text{ 上} \dots\dots\dots (1.42)$$

式中  $\vec{n}$  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  $\partial \zeta_2 / \partial n = 0$ )，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：

$$\alpha = \frac{1 - K_r}{1 + K_r} \dots\dots\dots (1.43)$$

式中  $K_r$  為邊界之反射係數。

在領域(I)內波浪之波函數  $\zeta_1$  通常是由入射波  $\zeta_I$  及受到直線海岸線影響產生的反射波  $\zeta_R$  及受到防波堤配置和港池開口影響而向外傳播之散射波  $\zeta_S$  等構成的，因此  $\zeta_1$  可表示

$$\zeta_1 = \zeta_I + \zeta_R + \zeta_S \dots\dots\dots (1.44)$$

其中散射波  $\zeta_S$  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：

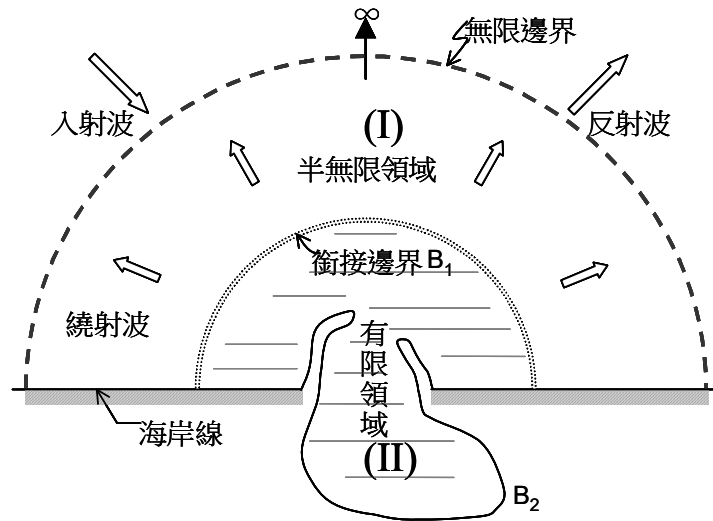
$$\lim_{k_1 r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left( \frac{\partial}{\partial r} + ik_1 \right) \zeta_S = 0 \dots\dots\dots (1.45)$$



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  $\theta_0$  角度，其複數表示為：

$$\eta^I(x, y; t) = A^I e^{-i[k_1(x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0) - \omega t]} \dots\dots\dots (1.46)$$

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)。



附圖 1.3 港域波浪模式計算領域示意圖



## 附錄二

### 水動力模式基本理論介紹



## 附錄二 水動力模式基本理論介紹

### 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：

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

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

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

其中

$$H = \int_{-h}^{\eta} dz = h + \eta \dots\dots\dots (2.4a)$$

$$q_x = \int_{-h}^{\eta} u dz = \bar{u} H \dots\dots\dots (2.4b)$$

$$q_y = \int_{-h}^{\eta} v dz = \bar{v} H \dots\dots\dots (2.4c)$$

$$\bar{u} = \frac{1}{(h + \eta)} \int_{-h}^{\eta} u dz \dots\dots\dots (2.4d)$$

$$\bar{v} = \frac{1}{(h + \eta)} \int_{-h}^{\eta} v dz \dots\dots\dots (2.4e)$$

$$F_{ij} = E_{ij}(q_{j,i} + q_{i,j}) \quad i, j = x, y \dots\dots\dots (2.4f)$$

$$\tau_i^b = C_f (q_x^2 + q_y^2)^{1/2} \frac{q_i}{H^2} \quad i = x, y \dots\dots\dots (2.4g)$$

$$\tau_i^s = \rho_a C_d |U_{10}| U_i \quad i, j = x, y \dots\dots\dots (2.4h)$$

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

$C_f$  = 底床摩擦係數，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  $C_d = (1.1 + 0.0536U_{10})10^{-3}$ ，

$U_{10}$  = 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

$$\eta(x, y, t) = \eta_0(x, y) \quad \text{或} \quad H(x, y, t) = H_0(x, y) \dots\dots\dots (2.5a)$$

$$q_x(x, y, t) = q_{x0}(x, y) \quad \text{及} \quad q_y(x, y, t) = q_{y0}(x, y) \dots\dots\dots (2.5b)$$

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：

$$q_n = \alpha_{nx}q_x + \alpha_{ny}q_y = \hat{q}_n \dots\dots\dots (2.6a)$$

$$q_s = -\alpha_{ny}q_x + \alpha_{nx}q_y = \hat{q}_s \dots\dots\dots (2.6b)$$

或

$$q_x = \alpha_{nx}q_n - \alpha_{ny}q_s \dots\dots\dots (2.7a)$$

$$q_y = \alpha_{nx}q_s + \alpha_{ny}q_n \dots\dots\dots (2.7b)$$

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，內應力量項之邊界條件為

$$F_x = \alpha_{nx}F_{xx} + \alpha_{ny}F_{yx} = \hat{F}_x \dots\dots\dots (2.8a)$$

$$F_y = \alpha_{nx}F_{xy} + \alpha_{ny}F_{yy} = \hat{F}_y \dots\dots\dots (2.8b)$$

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：

$$\iint_A \left[ \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} - Q_0 \right] \delta H \, dA = 0 \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\begin{aligned} & \iint_A \left[ \frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial (H^{-1}q_x^2)}{\partial x} + \frac{\partial (H^{-1}q_yq_x)}{\partial y} - fq_y + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} (P^s + \rho g \eta) \right] \delta q_x \, dA \\ & - \iint_A \left[ \frac{\tau_x^s - \tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x - F_{xx} \frac{\partial (\delta q_x)}{\partial x} - F_{yx} \frac{\partial (\delta q_x)}{\partial y} \right] dA - \int_{\partial A} F'_x \delta q_x \, dL = 0 \end{aligned} \dots\dots (2.10)$$

$$\begin{aligned} & \iint_A \left[ \frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial (H^{-1}q_xq_y)}{\partial x} + \frac{\partial (H^{-1}q_y^2)}{\partial y} + fq_x + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} (P^s + \rho g \eta) \right] \delta q_y \, dA \\ & - \iint_A \left[ \frac{\tau_y^s - \tau_y^b}{\rho_0} \delta q_y - F_{xy} \frac{\partial (\delta q_y)}{\partial x} - F_{yy} \frac{\partial (\delta q_y)}{\partial y} \right] dA - \int_{\partial A} F'_y \delta q_y \, dL = 0 \end{aligned} \dots\dots (2.11)$$

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項。

常見求解上述積分方程式(2.9)~ (2.11)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

$$H^e = N_1^e H_1^e + N_2^e H_2^e + N_3^e H_3^e = \{N^e\}^T \{H^e\} = \{H^e\}^T \{N^e\} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$q_x^e = N_1^e q_{x1}^e + N_2^e q_{x2}^e + N_3^e q_{x3}^e = \{N^e\}^T \{q_x^e\} = \{q_x^e\}^T \{N^e\} \dots\dots\dots (2.13a)$$

$$q_y^e = N_1^e q_{y1}^e + N_2^e q_{y2}^e + N_3^e q_{y3}^e = \{N^e\}^T \{q_y^e\} = \{q_y^e\}^T \{N^e\} \dots\dots\dots (2.13b)$$

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

$$\{H^e\}^T = \{H_1^e, H_2^e, H_3^e\} \dots\dots\dots (2.14a)$$

$$\{q_x^e\}^T = \{q_{x1}^e, q_{x2}^e, q_{x3}^e\} \dots\dots\dots (2.14b)$$

$$\{q_y^e\}^T = \{q_{y1}^e, q_{y2}^e, q_{y3}^e\} \dots\dots\dots (2.14c)$$

$$\{N^e\}^T = \{N_1^e, N_2^e, N_3^e\} \dots\dots\dots (2.14d)$$

其中三角元素之線性內插函數  $N_j^e$  計算如下

$$N_j^e = (a_j + b_j x + c_j y) / 2\Delta^e, \quad j = 1, 2, 3 \dots\dots\dots (2.15a)$$

$$a_i = x_j^e y_k^e - x_k^e y_j^e \dots\dots\dots (2.15b)$$

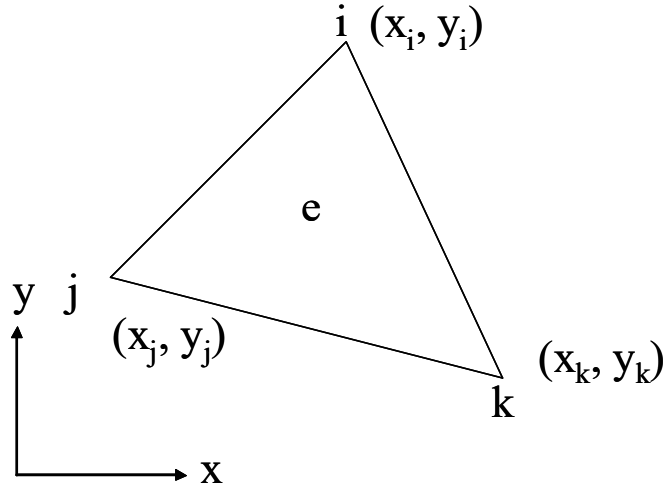
$$b_i = y_j^e - y_k^e \dots\dots\dots (2.15c)$$

$$c_i = x_k^e - x_j^e \dots\dots\dots (2.15d)$$

$$\Delta^e = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & x_1^e & y_1^e \\ 1 & x_2^e & y_2^e \\ 1 & x_3^e & y_3^e \end{vmatrix} \dots\dots\dots (2.15e)$$

式中  $(x_j^e, y_j^e)$  為三角元素節點  $j$  之座標(如附圖 2.1 所示)，(2.15e)式代表座標之線性函數。





附圖 2.1 三角形元素座標定義

(2.9)式各項積分式之計算說明如下：

$$\begin{aligned} \iint_A \frac{\partial H}{\partial t} \delta H^e dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial H}{\partial t} \delta H^e \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \{ N^e \}^T \frac{\partial \{ H^e \}}{\partial t} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [M_h^e] \frac{\partial \{ H^e \}}{\partial t} \end{aligned} \quad (2.16a)$$

$$\begin{aligned} \iint_A \frac{\partial q_x}{\partial x} \delta H^e dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial q_x}{\partial x} \delta H^e \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \frac{\partial \{ N^e \}^T}{\partial x} \{ q_x^e \} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [G_x^e] \{ q_x^e \} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.16b)$$

$$\begin{aligned} \iint_A \frac{\partial q_y}{\partial y} \delta H^e dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial q_y}{\partial y} \delta H^e \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \frac{\partial \{ N^e \}^T}{\partial y} \{ q_y^e \} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [G_y^e] \{ q_y^e \} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.16c)$$

$$\begin{aligned} \iint_A Q_0 \delta H^e dA &= \sum_{e \in A} \iint_e (Q_0 \delta H^e) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \{ N^e \}^T \{ Q_0^e \} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [M_h^e] \{ Q_0^e \} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.16d)$$

其中

$$[M_h^e] = \iint_e \{ N^e \} \{ N^e \}^T dA^e = \frac{\Delta^e}{12} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (2.17a)$$

$$[G_x^e] = \iint_e \{N^e\} \frac{\partial \{N^e\}^T}{\partial x} dA^e = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.17b)$$

$$[G_y^e] = \iint_e \{N^e\} \frac{\partial \{N^e\}^T}{\partial y} dA^e = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.17c)$$

將上述各項積分離散式代入積分方程式(2.9)式，則(2.9)式可簡化成

$$\sum_{e \in A} \{\delta H^e\}^T \left\{ [M_h^e] \frac{\partial \{H^e\}}{\partial t} + [G_x^e] \{q_x^e\} + [G_y^e] \{q_y^e\} - [M_h^e] \{Q_0^e\} \right\} = 0 \dots\dots (2.18)$$

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(2.18)式可結合成一矩陣方程式如下

$$\{\delta H\}^T \left\{ [M_h] \frac{\partial \{H\}}{\partial t} + [G_h] \{q\} + \{R_h\} \right\} = 0 \dots\dots\dots (2.19)$$

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 $[M_h^e] \{Q_0^e\}$ 結合後之整體矩陣列，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

$$\left\{ [M_h] \frac{\partial \{H\}}{\partial t} + [G_h] \{q\} + \{R_h\} \right\} = 0 \dots\dots\dots (2.20)$$

(2.10)式各項積分式之計算說明如下：

$$\iint_A \left( \frac{\partial q_x}{\partial t} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial q_x}{\partial t} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{\delta q_x^e\}^T [M_h^e] \frac{\partial \{q_x^e\}}{\partial t} \dots\dots\dots (2.21a)$$

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

$$\iint_A \left( \frac{\partial H^{-1} q_x^2}{\partial x} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial H^{-1} q_x^2}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{\delta q_x^e\}^T [G_x^e] \{\hat{q}_{xx}^e\} \dots\dots (2.21b)$$

$$\iint_A \left( \frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial y} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial y} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{\delta q_x^e\}^T [G_y^e] \{\hat{q}_{yx}^e\} \dots\dots\dots (2.21c)$$

$$\iint_A (f q_y \delta q_x) dA = \sum_{e \in A} \iint_e (f q_y \delta q_x) dA^e = \sum_{e \in A} \{\delta q_x^e\}^T f [M_h^e] \{q_y^e\} \dots\dots\dots (2.21d)$$

$$\begin{aligned}\iint_A \left( \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^s}{\partial x} \delta q_x \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^s}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \left[ M_h^e \right] \left\{ H^e \right\} \frac{(b_1 p_1 + b_2 p_2 + b_3 p_3)}{2 \rho_0 \Delta^e} \dots\dots\dots (2.21e)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\iint_A \left( gH \frac{\partial \eta}{\partial x} \delta q_x \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( gH \frac{\partial \eta}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \left[ M_h^e \right] \left\{ H^e \right\} \frac{g(b_1 \eta_1^e + b_2 \eta_2^e + b_3 \eta_3^e)}{2 \Delta^e} \dots\dots\dots (2.21f)\end{aligned}$$

$$\iint_A \left( \frac{\tau_x^s}{\rho_0} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\tau_x^s}{\rho_0} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{1}{\rho_0} \left[ M_h^e \right] \left\{ \tau_x^{se} \right\} \dots\dots\dots (2.21g)$$

$$\iint_A \left( \frac{\tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( \frac{\tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{1}{\rho_0} \left[ M_h^e \right] \left\{ \tau_x^{be} \right\} \dots\dots\dots (2.21h)$$

$$\iint_A \left( F_{xx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left( F_{xx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{E_{xx} \bar{H}}{12 \Delta^e} \left[ M_{bb}^e \right] \left\{ \bar{u}^e \right\} . \quad (2.21i)$$

$$\begin{aligned}\iint_A \left( F_{yx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left( F_{yx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{E_{yx} \bar{H}}{24 \Delta^e} \left\{ \left[ M_{cb}^e \right] \left\{ \bar{v}^e \right\} + \left[ M_{cc}^e \right] \left\{ \bar{u}^e \right\} \right\} \dots\dots\dots (2.21j)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\int_{\partial A} (F'_x \delta q_x) dL &= \sum_{\partial e \in \partial A} \int_{\partial e} (F'_x \delta q_x) dL^e = \sum_{\partial e \in \partial A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \int_{\partial e} \left\{ N^e \right\} \left\{ N^e \right\}^T \left\{ F'_x \right\} dL^e \\ &= \sum_{\partial e \in \partial A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T \frac{L^e}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \left\{ F'_x{}^e \right\} \dots\dots\dots (2.21k)\end{aligned}$$

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

$$\left[ M_{bb}^e \right] = \begin{bmatrix} b_1^2 & b_1 b_2 & b_1 b_3 \\ b_2 b_1 & b_2^2 & b_2 b_3 \\ b_3 b_1 & b_3 b_2 & b_3^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.22a)$$

$$\left[ M_{cb}^e \right] = \begin{bmatrix} c_1 b_1 & c_1 b_2 & c_1 b_3 \\ c_2 b_1 & c_2 b_2 & c_2 b_3 \\ c_3 b_1 & c_3 b_2 & c_3 b_3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.22b)$$

$$\left[ M_{cc}^e \right] = \begin{bmatrix} c_1^2 & c_1 c_2 & c_1 c_3 \\ c_2 c_1 & c_2^2 & c_2 c_3 \\ c_3 c_1 & c_3 c_2 & c_3^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.22c)$$

同理，(2.11)式各項積分式之計算如下：

$$\iint_A \left( \frac{\partial q_y}{\partial t} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T [M_h^e] \frac{\partial \{ q_y^e \}}{\partial t} \dots\dots\dots (2.23a)$$

$$\iint_A \left( \frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial x} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T [G_x^e] \{ \hat{q}_{xy}^e \} \dots\dots\dots (2.23b)$$

$$\iint_A \left( \frac{\partial H^{-1} q_y^2}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T [G_y^e] \{ \hat{q}_{yy}^e \} \dots\dots\dots (2.23c)$$

$$\iint_A (f q_x \delta q_y) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T f [M_h^e] \{ q_x^e \} \dots\dots\dots (2.23d)$$

$$\iint_A \left( \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^s}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T [M_h^e] \{ H^e \} \frac{(c_1 p_1 + c_2 p_2 + c_3 p_3)}{2 \rho_0 \Delta^e} \dots\dots\dots (2.23e)$$

$$\iint_A \left( g H \frac{\partial \eta}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T [M_h^e] \{ H^e \} \frac{g(c_1 \eta_1^e + c_2 \eta_2^e + c_3 \eta_3^e)}{2 \Delta^e} \dots\dots\dots (2.23f)$$

$$\iint_A \left( \frac{\tau_y^s}{\rho_0} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{1}{\rho_0} [M_h^e] \{ \tau_y^{se} \} \dots\dots\dots (2.23g)$$

$$\iint_A \left( \frac{\tau_y^b}{\rho_0} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{1}{\rho_0} [M_h^e] \{ \tau_y^{be} \} \dots\dots\dots (2.23h)$$

$$\iint_A \left( F_{yx} \frac{\partial \delta q_y}{\partial y} \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{E_{xy} \bar{H}}{24 \Delta^e} \{ [M_{cb}^e] \{ \bar{u}^e \} + [M_{bb}^e] \{ \bar{v}^e \} \} \dots\dots\dots (2.23i)$$

$$\iint_A \left( F_{yy} \frac{\partial \delta q_y}{\partial y} \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{E_{yy} \bar{H}}{12 \Delta^e} [M_{cc}^e] \{ \bar{v}^e \} \dots\dots\dots (2.23j)$$

$$\int_{\partial A} (F_y' \delta q_y) dL = \sum_{\partial e \in \partial A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{L^e}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \{ F_y'^e \} \dots\dots\dots (2.23k)$$

將上述各項積分式分別代入(2.10)式及(2.11)式並且將其組合成一整體矩陣方程式如下：

$$[M_m] \frac{\partial \{ q \}}{\partial t} + [G_m] \{ q \} + [K_m] \{ \eta \} + \{ R_m \} = 0 \dots\dots\dots (2.24)$$

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(2.9)~(2.11)離散化成求解一階時間項常微分方程組(2.20)式及(2.24)式。

一般而言，求解上述一階時間項常微分方程組(2.20)式及(2.24)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(2.20)式及(2.24)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(2.20)式及(2.24)式重組成

$$[M_h] \frac{\partial \{H\}}{\partial t} = \{P_h\} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$[M_m] \frac{\partial \{q\}}{\partial t} = \{P_m\} \dots\dots\dots (2.26)$$

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(2.25)式及(2.26)式可改寫成

$$[M_h] \left\{ \{H\}_{n+\frac{1}{2}} - \{H\}_{n-\frac{1}{2}} \right\} = \Delta t \left\{ P_h \left( \{H\}_{n-\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_n \right) \right\} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$[M_m] \left\{ \{q\}_{n+1} - \{q\}_n \right\} = \Delta t \left\{ P_m \left( \{H\}_{n+\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_{n+\frac{1}{2}} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.28)$$

或

$$\{H\}_{n+\frac{1}{2}} = \{H\}_{n-\frac{1}{2}} + \Delta t [M_h]^{-1} \left\{ P_h \left( \{H\}_{n-\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_n \right) \right\} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$\{q\}_{n+1} = \{q\}_n + \Delta t [M_m]^{-1} \left\{ P_m \left( \{H\}_{n+\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_{n+\frac{1}{2}} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.30)$$

因此當初始條件 $\{H\}_{n-\frac{1}{2}}$ 及 $\{q\}_n$ 已知時，可由(2.29)式直接求解 $\{H\}_{n+\frac{1}{2}}$ ，再由(2.30)式求解 $\{q\}_{n+1}$ ，然後重複上述步驟連續求解。

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

$$\Delta t < 1.5 \Delta t_{cr} = 1.5 \Delta s^* / U^* \dots\dots\dots (2.31)$$

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

有關渦動粘滯性係數之決定，Connor and Wang (1974)提出下列經驗公式，亦即

$$E_{xx} \sim ag(\tilde{\eta}/\tilde{u})\tilde{x} \dots\dots\dots (2.32)$$

式中  $E_{xx}$  為渦動粘滯性係數，其單位為  $\text{m}^2/\text{s}$ ， $a$  為無因次係數，其合理的範圍為 0.01~0.1 之間； $g$  為重力加速度， $\bar{\eta}$  為潮汐代表性潮差， $\bar{u}$  為潮流代表性流速， $\bar{x}$  為三角元素代表性邊界。

## 附錄三

### 8 商港 2022 年天文潮調和常數表





附表 3.1 花蓮港中潮系統 2022 年天文潮調和常數表

| ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00003 16H 30/12/2021 TO 15H 31/12/2022<br>NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2022 SEPARATION =1.00 |            |        |        |        |        |      |            |        |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|------|------------|--------|--------|--------|--------|
| NAME                                                                                                                                                  | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     | NAME | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     |
| Z0                                                                                                                                                    | 0.00000000 | 0.0626 | 0.00   | 0.0626 | 0.00   | H1   | 0.08039733 | 0.0011 | 40.30  | 0.0011 | 8.97   |
| SA                                                                                                                                                    | 0.00011407 | 0.0679 | 204.88 | 0.0679 | 28.56  | M2   | 0.08051140 | 0.4412 | 305.10 | 0.4302 | 278.26 |
| SSA                                                                                                                                                   | 0.00022816 | 0.0471 | 314.92 | 0.0471 | 115.62 | H2   | 0.08062547 | 0.0036 | 312.47 | 0.0035 | 108.63 |
| MSM                                                                                                                                                   | 0.00130978 | 0.0135 | 195.21 | 0.0135 | 345.34 | MKS2 | 0.08073957 | 0.0021 | 327.26 | 0.0025 | 114.11 |
| MM                                                                                                                                                    | 0.00151215 | 0.0121 | 258.34 | 0.0121 | 46.69  | LDA2 | 0.08182118 | 0.0083 | 312.56 | 0.0081 | 256.23 |
| MSF                                                                                                                                                   | 0.00282193 | 0.0130 | 68.60  | 0.0130 | 7.08   | L2   | 0.08202355 | 0.0097 | 307.73 | 0.0127 | 248.97 |
| MF                                                                                                                                                    | 0.00305009 | 0.0110 | 356.25 | 0.0110 | 95.42  | T2   | 0.08321926 | 0.0155 | 327.96 | 0.0155 | 54.29  |
| ALP1                                                                                                                                                  | 0.03439657 | 0.0016 | 37.01  | 0.0018 | 329.02 | S2   | 0.08333334 | 0.1971 | 326.36 | 0.1974 | 236.27 |
| 2Q1                                                                                                                                                   | 0.03570635 | 0.0045 | 70.12  | 0.0052 | 152.28 | R2   | 0.08344740 | 0.0036 | 321.61 | 0.0043 | 229.67 |
| SIG1                                                                                                                                                  | 0.03590872 | 0.0035 | 52.93  | 0.0040 | 133.55 | K2   | 0.08356149 | 0.0539 | 325.37 | 0.0654 | 48.96  |
| Q1                                                                                                                                                    | 0.03721850 | 0.0306 | 65.69  | 0.0350 | 296.24 | MSN2 | 0.08484548 | 0.0012 | 128.70 | 0.0011 | 187.19 |
| RHO1                                                                                                                                                  | 0.03742087 | 0.0057 | 66.73  | 0.0067 | 294.70 | ETA2 | 0.08507364 | 0.0041 | 311.87 | 0.0049 | 188.27 |
| O1                                                                                                                                                    | 0.03873065 | 0.1420 | 82.99  | 0.1615 | 102.10 | MO3  | 0.11924206 | 0.0022 | 1.01   | 0.0024 | 353.28 |
| TAU1                                                                                                                                                  | 0.03895881 | 0.0053 | 32.68  | 0.0043 | 27.29  | M3   | 0.12076710 | 0.0070 | 190.47 | 0.0068 | 150.32 |
| BET1                                                                                                                                                  | 0.04004043 | 0.0015 | 64.70  | 0.0018 | 52.39  | SO3  | 0.12206399 | 0.0006 | 11.25  | 0.0007 | 300.27 |
| NO1                                                                                                                                                   | 0.04026859 | 0.0128 | 87.99  | 0.0088 | 252.21 | MK3  | 0.12229215 | 0.0005 | 188.68 | 0.0005 | 113.35 |
| CHI1                                                                                                                                                  | 0.04047097 | 0.0012 | 96.41  | 0.0014 | 261.18 | SK3  | 0.12511408 | 0.0010 | 254.96 | 0.0011 | 116.38 |
| PI1                                                                                                                                                   | 0.04143851 | 0.0062 | 93.19  | 0.0062 | 234.51 | MN4  | 0.15951064 | 0.0027 | 333.57 | 0.0025 | 131.32 |
| P1                                                                                                                                                    | 0.04155259 | 0.0522 | 94.03  | 0.0520 | 59.11  | M4   | 0.16102280 | 0.0052 | 348.15 | 0.0049 | 294.48 |
| S1                                                                                                                                                    | 0.04166667 | 0.0083 | 151.69 | 0.0057 | 258.36 | SN4  | 0.16233259 | 0.0013 | 26.33  | 0.0013 | 120.81 |
| K1                                                                                                                                                    | 0.04178075 | 0.1577 | 99.02  | 0.1705 | 50.52  | MS4  | 0.16384473 | 0.0050 | 38.74  | 0.0049 | 281.81 |
| PSI1                                                                                                                                                  | 0.04189482 | 0.0026 | 154.70 | 0.0026 | 284.55 | MK4  | 0.16407290 | 0.0007 | 84.70  | 0.0008 | 141.46 |
| PHI1                                                                                                                                                  | 0.04200891 | 0.0027 | 129.94 | 0.0025 | 231.44 | S4   | 0.16666667 | 0.0009 | 79.92  | 0.0009 | 259.73 |
| THE1                                                                                                                                                  | 0.04309053 | 0.0025 | 133.71 | 0.0028 | 239.28 | SK4  | 0.16689482 | 0.0008 | 105.27 | 0.0010 | 98.77  |
| J1                                                                                                                                                    | 0.04329290 | 0.0089 | 107.52 | 0.0104 | 210.03 | 2MK5 | 0.20280355 | 0.0007 | 190.52 | 0.0007 | 88.36  |
| SO1                                                                                                                                                   | 0.04460268 | 0.0022 | 156.45 | 0.0025 | 47.24  | 2SK5 | 0.20844743 | 0.0003 | 194.35 | 0.0003 | 325.67 |
| OO1                                                                                                                                                   | 0.04483084 | 0.0053 | 126.46 | 0.0071 | 195.13 | 2MN6 | 0.24002205 | 0.0010 | 67.86  | 0.0009 | 198.77 |
| UPS1                                                                                                                                                  | 0.04634299 | 0.0013 | 141.32 | 0.0019 | 358.44 | M6   | 0.24153420 | 0.0008 | 84.55  | 0.0007 | 4.05   |
| OQ2                                                                                                                                                   | 0.07597494 | 0.0006 | 14.65  | 0.0005 | 261.94 | 2MS6 | 0.24435613 | 0.0006 | 140.58 | 0.0005 | 356.82 |
| EPS2                                                                                                                                                  | 0.07617731 | 0.0028 | 311.75 | 0.0026 | 198.12 | 2MK6 | 0.24458429 | 0.0005 | 210.53 | 0.0005 | 240.45 |
| 2N2                                                                                                                                                   | 0.07748710 | 0.0115 | 284.10 | 0.0103 | 320.17 | 2SM6 | 0.24717808 | 0.0003 | 245.34 | 0.0003 | 38.32  |
| MU2                                                                                                                                                   | 0.07768947 | 0.0123 | 277.43 | 0.0118 | 312.15 | MSK6 | 0.24740623 | 0.0005 | 297.35 | 0.0006 | 264.01 |
| N2                                                                                                                                                    | 0.07899925 | 0.0901 | 297.67 | 0.0881 | 122.24 | 3MK7 | 0.28331494 | 0.0002 | 274.33 | 0.0002 | 145.33 |
| NU2                                                                                                                                                   | 0.07920162 | 0.0149 | 299.00 | 0.0145 | 122.30 | M8   | 0.32204559 | 0.0002 | 229.67 | 0.0002 | 122.33 |

附表 3.2 蘇澳港中潮系統 2022 年天文潮調和常數表

| ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00002 16H 30/12/2021 TO 15H 31/12/2022<br>NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2022 SEPARATION =1.00 |            |        |        |        |        |      |            |        |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|------|------------|--------|--------|--------|--------|
| NAME                                                                                                                                                  | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     | NAME | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     |
| Z0                                                                                                                                                    | 0.00000000 | 0.1312 | 0.00   | 0.1312 | 0.00   | H1   | 0.08039733 | 0.0094 | 200.96 | 0.0089 | 169.63 |
| SA                                                                                                                                                    | 0.00011407 | 0.1163 | 205.10 | 0.1163 | 28.77  | M2   | 0.08051140 | 0.4200 | 299.01 | 0.4095 | 272.17 |
| SSA                                                                                                                                                   | 0.00022816 | 0.0480 | 306.53 | 0.0480 | 107.22 | H2   | 0.08062547 | 0.0065 | 44.20  | 0.0064 | 200.36 |
| MSM                                                                                                                                                   | 0.00130978 | 0.0080 | 177.11 | 0.0080 | 327.24 | MKS2 | 0.08073957 | 0.0042 | 54.24  | 0.0050 | 201.10 |
| MM                                                                                                                                                    | 0.00151215 | 0.0168 | 267.06 | 0.0168 | 55.41  | LDA2 | 0.08182118 | 0.0007 | 279.05 | 0.0007 | 222.71 |
| MSF                                                                                                                                                   | 0.00282193 | 0.0071 | 46.99  | 0.0071 | 345.47 | L2   | 0.08202355 | 0.0130 | 296.83 | 0.0171 | 238.08 |
| MF                                                                                                                                                    | 0.00305009 | 0.0101 | 327.53 | 0.0101 | 66.71  | T2   | 0.08321926 | 0.0120 | 312.48 | 0.0120 | 38.81  |
| ALP1                                                                                                                                                  | 0.03439657 | 0.0017 | 18.89  | 0.0019 | 310.88 | S2   | 0.08333334 | 0.1790 | 321.13 | 0.1792 | 231.03 |
| 2Q1                                                                                                                                                   | 0.03570635 | 0.0049 | 57.64  | 0.0056 | 139.80 | R2   | 0.08344740 | 0.0027 | 341.07 | 0.0032 | 249.13 |
| SIG1                                                                                                                                                  | 0.03590872 | 0.0033 | 63.00  | 0.0038 | 143.61 | K2   | 0.08356149 | 0.0498 | 315.53 | 0.0604 | 39.13  |
| Q1                                                                                                                                                    | 0.03721850 | 0.0346 | 63.97  | 0.0394 | 294.51 | MSN2 | 0.08484548 | 0.0010 | 209.80 | 0.0009 | 268.29 |
| RHO1                                                                                                                                                  | 0.03742087 | 0.0071 | 69.45  | 0.0083 | 297.41 | ETA2 | 0.08507364 | 0.0048 | 332.56 | 0.0058 | 208.97 |
| O1                                                                                                                                                    | 0.03873065 | 0.1731 | 79.50  | 0.1969 | 98.62  | MO3  | 0.11924206 | 0.0028 | 351.30 | 0.0031 | 343.58 |
| TAU1                                                                                                                                                  | 0.03895881 | 0.0028 | 36.26  | 0.0023 | 30.91  | M3   | 0.12076710 | 0.0064 | 188.32 | 0.0062 | 148.17 |
| BET1                                                                                                                                                  | 0.04004043 | 0.0006 | 107.35 | 0.0007 | 95.05  | SO3  | 0.12206399 | 0.0006 | 45.53  | 0.0007 | 334.55 |
| NO1                                                                                                                                                   | 0.04026859 | 0.0154 | 88.13  | 0.0107 | 252.39 | MK3  | 0.12229215 | 0.0008 | 295.86 | 0.0008 | 220.53 |
| CHI1                                                                                                                                                  | 0.04047097 | 0.0013 | 87.49  | 0.0015 | 252.26 | SK3  | 0.12511408 | 0.0010 | 343.46 | 0.0011 | 204.87 |
| PI1                                                                                                                                                   | 0.04143851 | 0.0028 | 82.13  | 0.0028 | 223.45 | MN4  | 0.15951064 | 0.0009 | 303.63 | 0.0009 | 101.37 |
| P1                                                                                                                                                    | 0.04155259 | 0.0617 | 102.91 | 0.0614 | 67.99  | M4   | 0.16102280 | 0.0030 | 5.56   | 0.0029 | 311.89 |
| S1                                                                                                                                                    | 0.04166667 | 0.0029 | 147.37 | 0.0020 | 254.04 | SN4  | 0.16233259 | 0.0002 | 192.45 | 0.0002 | 286.94 |
| K1                                                                                                                                                    | 0.04178075 | 0.1962 | 105.52 | 0.2121 | 57.02  | MS4  | 0.16384473 | 0.0029 | 81.82  | 0.0028 | 324.89 |
| PSI1                                                                                                                                                  | 0.04189482 | 0.0029 | 233.17 | 0.0029 | 3.01   | MK4  | 0.16407290 | 0.0006 | 122.45 | 0.0007 | 179.21 |
| PHI1                                                                                                                                                  | 0.04200891 | 0.0014 | 16.96  | 0.0013 | 118.46 | S4   | 0.16666667 | 0.0003 | 180.96 | 0.0003 | 0.78   |
| THE1                                                                                                                                                  | 0.04309053 | 0.0017 | 103.44 | 0.0019 | 209.01 | SK4  | 0.16689482 | 0.0002 | 101.31 | 0.0002 | 94.81  |
| J1                                                                                                                                                    | 0.04329290 | 0.0084 | 115.57 | 0.0097 | 218.07 | 2MK5 | 0.20280355 | 0.0007 | 142.44 | 0.0007 | 40.28  |
| SO1                                                                                                                                                   | 0.04460268 | 0.0026 | 151.81 | 0.0029 | 42.61  | 2SK5 | 0.20844743 | 0.0008 | 184.97 | 0.0008 | 316.29 |
| OO1                                                                                                                                                   | 0.04483084 | 0.0052 | 145.54 | 0.0070 | 214.21 | 2MN6 | 0.24002205 | 0.0003 | 117.50 | 0.0002 | 248.41 |
| UPS1                                                                                                                                                  | 0.04634299 | 0.0007 | 149.15 | 0.0010 | 6.29   | M6   | 0.24153420 | 0.0008 | 138.57 | 0.0008 | 58.07  |
| OQ2                                                                                                                                                   | 0.07597494 | 0.0006 | 74.52  | 0.0005 | 321.79 | 2MS6 | 0.24435613 | 0.0010 | 182.48 | 0.0009 | 38.71  |
| EPS2                                                                                                                                                  | 0.07617731 | 0.0026 | 272.40 | 0.0024 | 158.77 | 2MK6 | 0.24458429 | 0.0003 | 189.35 | 0.0004 | 219.28 |
| 2N2                                                                                                                                                   | 0.07748710 | 0.0117 | 286.61 | 0.0105 | 322.68 | 2SM6 | 0.24717808 | 0.0002 | 252.34 | 0.0002 | 45.32  |
| MU2                                                                                                                                                   | 0.07768947 | 0.0161 | 285.06 | 0.0155 | 319.78 | MSK6 | 0.24740623 | 0.0001 | 31.43  | 0.0001 | 358.09 |
| N2                                                                                                                                                    | 0.07899925 | 0.0821 | 293.80 | 0.0802 | 118.38 | 3MK7 | 0.28331494 | 0.0003 | 38.00  | 0.0003 | 269.00 |
| NU2                                                                                                                                                   | 0.07920162 | 0.0152 | 285.78 | 0.0148 | 109.09 | M8   | 0.32204559 | 0.0003 | 48.69  | 0.0002 | 301.35 |

附表 3.3 基隆港中潮系統 2022 年天文潮調和常數表

| ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00001 16H 30/12/2021 TO 15H 31/12/2022<br>NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2022 SEPARATION =1.00 |            |        |        |        |        |      |            |        |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|------|------------|--------|--------|--------|--------|
| NAME                                                                                                                                                  | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     | NAME | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     |
| Z0                                                                                                                                                    | 0.00000000 | 0.1038 | 0.00   | 0.1038 | 0.00   | H1   | 0.08039733 | 0.0075 | 277.40 | 0.0070 | 246.07 |
| SA                                                                                                                                                    | 0.00011407 | 0.1522 | 196.99 | 0.1522 | 20.66  | M2   | 0.08051140 | 0.2470 | 46.77  | 0.2408 | 19.94  |
| SSA                                                                                                                                                   | 0.00022816 | 0.0569 | 296.85 | 0.0569 | 97.55  | H2   | 0.08062547 | 0.0056 | 80.71  | 0.0056 | 236.87 |
| MSM                                                                                                                                                   | 0.00130978 | 0.0080 | 141.50 | 0.0080 | 291.62 | MKS2 | 0.08073957 | 0.0023 | 259.78 | 0.0027 | 46.64  |
| MM                                                                                                                                                    | 0.00151215 | 0.0171 | 262.91 | 0.0171 | 51.27  | LDA2 | 0.08182118 | 0.0075 | 147.75 | 0.0073 | 91.42  |
| MSF                                                                                                                                                   | 0.00282193 | 0.0062 | 244.32 | 0.0062 | 182.81 | L2   | 0.08202355 | 0.0091 | 124.64 | 0.0119 | 65.89  |
| MF                                                                                                                                                    | 0.00305009 | 0.0100 | 279.70 | 0.0100 | 18.88  | T2   | 0.08321926 | 0.0034 | 75.73  | 0.0034 | 162.06 |
| ALP1                                                                                                                                                  | 0.03439657 | 0.0009 | 41.08  | 0.0010 | 333.06 | S2   | 0.08333334 | 0.0617 | 46.34  | 0.0618 | 316.25 |
| 2Q1                                                                                                                                                   | 0.03570635 | 0.0052 | 62.33  | 0.0060 | 144.49 | R2   | 0.08344740 | 0.0027 | 276.95 | 0.0033 | 185.01 |
| SIG1                                                                                                                                                  | 0.03590872 | 0.0039 | 51.17  | 0.0045 | 131.78 | K2   | 0.08356149 | 0.0131 | 37.22  | 0.0158 | 120.82 |
| Q1                                                                                                                                                    | 0.03721850 | 0.0317 | 67.00  | 0.0360 | 297.54 | MSN2 | 0.08484548 | 0.0056 | 6.97   | 0.0053 | 65.47  |
| RHO1                                                                                                                                                  | 0.03742087 | 0.0060 | 65.95  | 0.0071 | 293.92 | ETA2 | 0.08507364 | 0.0021 | 17.24  | 0.0026 | 253.65 |
| O1                                                                                                                                                    | 0.03873065 | 0.1557 | 82.78  | 0.1771 | 101.89 | MO3  | 0.11924206 | 0.0029 | 309.15 | 0.0032 | 301.42 |
| TAU1                                                                                                                                                  | 0.03895881 | 0.0040 | 60.63  | 0.0033 | 55.32  | M3   | 0.12076710 | 0.0058 | 164.37 | 0.0056 | 124.21 |
| BET1                                                                                                                                                  | 0.04004043 | 0.0004 | 307.80 | 0.0005 | 295.49 | SO3  | 0.12206399 | 0.0007 | 337.25 | 0.0008 | 266.26 |
| NO1                                                                                                                                                   | 0.04026859 | 0.0137 | 93.62  | 0.0097 | 257.89 | MK3  | 0.12229215 | 0.0024 | 262.99 | 0.0026 | 187.66 |
| CHI1                                                                                                                                                  | 0.04047097 | 0.0025 | 87.62  | 0.0029 | 252.40 | SK3  | 0.12511408 | 0.0013 | 306.85 | 0.0015 | 168.27 |
| PI1                                                                                                                                                   | 0.04143851 | 0.0031 | 93.09  | 0.0031 | 234.41 | MN4  | 0.15951064 | 0.0045 | 160.30 | 0.0043 | 318.04 |
| P1                                                                                                                                                    | 0.04155259 | 0.0610 | 105.92 | 0.0607 | 71.00  | M4   | 0.16102280 | 0.0120 | 177.71 | 0.0114 | 124.05 |
| S1                                                                                                                                                    | 0.04166667 | 0.0054 | 145.28 | 0.0037 | 251.96 | SN4  | 0.16233259 | 0.0017 | 171.51 | 0.0016 | 265.99 |
| K1                                                                                                                                                    | 0.04178075 | 0.1879 | 107.27 | 0.2032 | 58.78  | MS4  | 0.16384473 | 0.0085 | 191.24 | 0.0083 | 74.31  |
| PSI1                                                                                                                                                  | 0.04189482 | 0.0021 | 168.29 | 0.0021 | 298.14 | MK4  | 0.16407290 | 0.0026 | 178.75 | 0.0031 | 235.51 |
| PHI1                                                                                                                                                  | 0.04200891 | 0.0008 | 140.55 | 0.0008 | 242.06 | S4   | 0.16666667 | 0.0013 | 205.15 | 0.0013 | 24.96  |
| THE1                                                                                                                                                  | 0.04309053 | 0.0027 | 143.69 | 0.0030 | 249.26 | SK4  | 0.16689482 | 0.0011 | 179.93 | 0.0014 | 173.43 |
| J1                                                                                                                                                    | 0.04329290 | 0.0088 | 128.06 | 0.0102 | 230.57 | 2MK5 | 0.20280355 | 0.0004 | 254.62 | 0.0004 | 152.46 |
| SO1                                                                                                                                                   | 0.04460268 | 0.0027 | 156.84 | 0.0030 | 47.64  | 2SK5 | 0.20844743 | 0.0003 | 351.52 | 0.0003 | 122.84 |
| OO1                                                                                                                                                   | 0.04483084 | 0.0059 | 151.59 | 0.0080 | 220.25 | 2MN6 | 0.24002205 | 0.0014 | 220.84 | 0.0013 | 351.75 |
| UPS1                                                                                                                                                  | 0.04634299 | 0.0009 | 157.54 | 0.0013 | 14.68  | M6   | 0.24153420 | 0.0027 | 240.92 | 0.0025 | 160.41 |
| OQ2                                                                                                                                                   | 0.07597494 | 0.0048 | 27.68  | 0.0041 | 274.93 | 2MS6 | 0.24435613 | 0.0025 | 304.63 | 0.0024 | 160.87 |
| EPS2                                                                                                                                                  | 0.07617731 | 0.0037 | 227.90 | 0.0034 | 114.27 | 2MK6 | 0.24458429 | 0.0004 | 284.88 | 0.0005 | 314.80 |
| 2N2                                                                                                                                                   | 0.07748710 | 0.0157 | 25.74  | 0.0140 | 61.81  | 2SM6 | 0.24717808 | 0.0008 | 40.36  | 0.0008 | 193.34 |
| MU2                                                                                                                                                   | 0.07768947 | 0.0239 | 261.00 | 0.0231 | 295.72 | MSK6 | 0.24740623 | 0.0006 | 36.89  | 0.0007 | 3.56   |
| N2                                                                                                                                                    | 0.07899925 | 0.0613 | 20.92  | 0.0599 | 205.49 | 3MK7 | 0.28331494 | 0.0003 | 141.29 | 0.0003 | 12.30  |
| NU2                                                                                                                                                   | 0.07920162 | 0.0148 | 48.91  | 0.0143 | 232.22 | M8   | 0.32204559 | 0.0009 | 22.55  | 0.0008 | 275.21 |

附表 3.4 臺中港中潮系統 2022 年天文潮調和常數表

| ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00005 16H 30/12/2021 TO 15H 31/12/2022<br>NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2022 SEPARATION =1.00 |            |        |        |        |        |      |            |        |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|------|------------|--------|--------|--------|--------|
| NAME                                                                                                                                                  | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     | NAME | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     |
| Z0                                                                                                                                                    | 0.00000000 | 0.2539 | 0.00   | 0.2539 | 0.00   | H1   | 0.08039733 | 0.0380 | 185.32 | 0.0358 | 153.99 |
| SA                                                                                                                                                    | 0.00011407 | 0.1417 | 207.71 | 0.1417 | 31.38  | M2   | 0.08051140 | 1.8615 | 84.70  | 1.8150 | 57.87  |
| SSA                                                                                                                                                   | 0.00022816 | 0.0555 | 304.74 | 0.0555 | 105.43 | H2   | 0.08062547 | 0.0389 | 13.45  | 0.0383 | 169.61 |
| MSM                                                                                                                                                   | 0.00130978 | 0.0085 | 131.85 | 0.0085 | 281.98 | MKS2 | 0.08073957 | 0.0074 | 44.70  | 0.0088 | 191.55 |
| MM                                                                                                                                                    | 0.00151215 | 0.0167 | 268.01 | 0.0167 | 56.37  | LDA2 | 0.08182118 | 0.0473 | 119.14 | 0.0460 | 62.81  |
| MSF                                                                                                                                                   | 0.00282193 | 0.0036 | 265.07 | 0.0036 | 203.56 | L2   | 0.08202355 | 0.0814 | 109.52 | 0.1066 | 50.77  |
| MF                                                                                                                                                    | 0.00305009 | 0.0072 | 266.23 | 0.0072 | 5.40   | T2   | 0.08321926 | 0.0450 | 105.02 | 0.0450 | 191.34 |
| ALP1                                                                                                                                                  | 0.03439657 | 0.0032 | 39.76  | 0.0036 | 331.76 | S2   | 0.08333334 | 0.5505 | 121.35 | 0.5512 | 31.25  |
| 2Q1                                                                                                                                                   | 0.03570635 | 0.0062 | 96.28  | 0.0071 | 178.45 | R2   | 0.08344740 | 0.0079 | 235.83 | 0.0096 | 143.89 |
| SIG1                                                                                                                                                  | 0.03590872 | 0.0060 | 112.94 | 0.0069 | 193.55 | K2   | 0.08356149 | 0.1549 | 117.92 | 0.1877 | 201.51 |
| Q1                                                                                                                                                    | 0.03721850 | 0.0410 | 95.72  | 0.0467 | 326.26 | MSN2 | 0.08484548 | 0.0253 | 341.90 | 0.0242 | 40.40  |
| RHO1                                                                                                                                                  | 0.03742087 | 0.0084 | 103.56 | 0.0098 | 331.53 | ETA2 | 0.08507364 | 0.0048 | 79.08  | 0.0058 | 315.49 |
| O1                                                                                                                                                    | 0.03873065 | 0.2076 | 113.30 | 0.2361 | 132.41 | MO3  | 0.11924206 | 0.0119 | 258.77 | 0.0132 | 251.05 |
| TAU1                                                                                                                                                  | 0.03895881 | 0.0032 | 169.37 | 0.0026 | 164.00 | M3   | 0.12076710 | 0.0078 | 60.66  | 0.0076 | 20.50  |
| BET1                                                                                                                                                  | 0.04004043 | 0.0013 | 120.59 | 0.0015 | 108.28 | SO3  | 0.12206399 | 0.0059 | 302.44 | 0.0068 | 231.46 |
| NO1                                                                                                                                                   | 0.04026859 | 0.0180 | 141.09 | 0.0125 | 305.33 | MK3  | 0.12229215 | 0.0120 | 321.92 | 0.0126 | 246.59 |
| CHI1                                                                                                                                                  | 0.04047097 | 0.0023 | 120.09 | 0.0026 | 284.87 | SK3  | 0.12511408 | 0.0020 | 13.97  | 0.0021 | 235.38 |
| PI1                                                                                                                                                   | 0.04143851 | 0.0057 | 145.91 | 0.0057 | 287.24 | MN4  | 0.15951064 | 0.0013 | 28.51  | 0.0013 | 186.25 |
| P1                                                                                                                                                    | 0.04155259 | 0.0800 | 141.46 | 0.0796 | 106.54 | M4   | 0.16102280 | 0.0059 | 66.48  | 0.0056 | 12.82  |
| S1                                                                                                                                                    | 0.04166667 | 0.0020 | 268.06 | 0.0014 | 14.73  | SN4  | 0.16233259 | 0.0010 | 103.29 | 0.0010 | 197.77 |
| K1                                                                                                                                                    | 0.04178075 | 0.2458 | 143.58 | 0.2658 | 95.09  | MS4  | 0.16384473 | 0.0032 | 143.27 | 0.0031 | 26.35  |
| PSI1                                                                                                                                                  | 0.04189482 | 0.0027 | 292.09 | 0.0028 | 61.93  | MK4  | 0.16407290 | 0.0013 | 201.66 | 0.0015 | 258.42 |
| PHI1                                                                                                                                                  | 0.04200891 | 0.0009 | 143.10 | 0.0008 | 244.61 | S4   | 0.16666667 | 0.0017 | 205.47 | 0.0017 | 25.28  |
| THE1                                                                                                                                                  | 0.04309053 | 0.0048 | 160.95 | 0.0053 | 266.52 | SK4  | 0.16689482 | 0.0011 | 258.49 | 0.0013 | 251.99 |
| J1                                                                                                                                                    | 0.04329290 | 0.0127 | 168.14 | 0.0147 | 270.65 | 2MK5 | 0.20280355 | 0.0042 | 119.53 | 0.0044 | 17.37  |
| SO1                                                                                                                                                   | 0.04460268 | 0.0054 | 208.94 | 0.0062 | 99.74  | 2SK5 | 0.20844743 | 0.0003 | 243.17 | 0.0004 | 14.49  |
| OO1                                                                                                                                                   | 0.04483084 | 0.0081 | 193.59 | 0.0110 | 262.26 | 2MN6 | 0.24002205 | 0.0085 | 115.51 | 0.0079 | 246.42 |
| UPS1                                                                                                                                                  | 0.04634299 | 0.0014 | 153.01 | 0.0020 | 10.14  | M6   | 0.24153420 | 0.0155 | 143.53 | 0.0143 | 63.03  |
| OQ2                                                                                                                                                   | 0.07597494 | 0.0195 | 20.64  | 0.0169 | 267.93 | 2MS6 | 0.24435613 | 0.0155 | 187.88 | 0.0147 | 44.12  |
| EPS2                                                                                                                                                  | 0.07617731 | 0.0160 | 163.91 | 0.0149 | 50.28  | 2MK6 | 0.24458429 | 0.0044 | 187.05 | 0.0051 | 216.98 |
| 2N2                                                                                                                                                   | 0.07748710 | 0.0736 | 47.31  | 0.0659 | 83.37  | 2SM6 | 0.24717808 | 0.0039 | 220.37 | 0.0038 | 13.34  |
| MU2                                                                                                                                                   | 0.07768947 | 0.0736 | 210.23 | 0.0709 | 244.95 | MSK6 | 0.24740623 | 0.0022 | 228.16 | 0.0026 | 194.82 |
| N2                                                                                                                                                    | 0.07899925 | 0.3377 | 66.41  | 0.3302 | 250.98 | 3MK7 | 0.28331494 | 0.0008 | 18.26  | 0.0008 | 249.27 |
| NU2                                                                                                                                                   | 0.07920162 | 0.0973 | 74.01  | 0.0945 | 257.32 | M8   | 0.32204559 | 0.0008 | 207.37 | 0.0007 | 100.03 |

附表 3.5 高雄港中潮系統 2022 年天文潮調和常數表

| ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00004 16H 30/12/2021 TO 15H 31/12/2022<br>NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2022 SEPARATION =1.00 |            |        |        |        |        |      |            |        |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|------|------------|--------|--------|--------|--------|
| NAME                                                                                                                                                  | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     | NAME | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     |
| Z0                                                                                                                                                    | 0.00000000 | 0.3483 | 0.00   | 0.3483 | 0.00   | H1   | 0.08039733 | 0.0029 | 231.00 | 0.0027 | 199.67 |
| SA                                                                                                                                                    | 0.00011407 | 0.0985 | 210.79 | 0.0985 | 34.46  | M2   | 0.08051140 | 0.1872 | 351.95 | 0.1825 | 325.11 |
| SSA                                                                                                                                                   | 0.00022816 | 0.0454 | 312.18 | 0.0454 | 112.87 | H2   | 0.08062547 | 0.0110 | 323.50 | 0.0108 | 119.66 |
| MSM                                                                                                                                                   | 0.00130978 | 0.0040 | 120.68 | 0.0040 | 270.80 | MKS2 | 0.08073957 | 0.0054 | 17.60  | 0.0064 | 164.46 |
| MM                                                                                                                                                    | 0.00151215 | 0.0084 | 269.21 | 0.0084 | 57.57  | LDA2 | 0.08182118 | 0.0033 | 99.93  | 0.0032 | 43.59  |
| MSF                                                                                                                                                   | 0.00282193 | 0.0070 | 80.90  | 0.0070 | 19.38  | L2   | 0.08202355 | 0.0044 | 2.90   | 0.0058 | 304.15 |
| MF                                                                                                                                                    | 0.00305009 | 0.0013 | 335.37 | 0.0013 | 74.54  | T2   | 0.08321926 | 0.0059 | 6.63   | 0.0059 | 92.96  |
| ALP1                                                                                                                                                  | 0.03439657 | 0.0010 | 71.10  | 0.0011 | 3.16   | S2   | 0.08333334 | 0.0700 | 354.40 | 0.0700 | 264.31 |
| 2Q1                                                                                                                                                   | 0.03570635 | 0.0043 | 106.75 | 0.0050 | 188.94 | R2   | 0.08344740 | 0.0003 | 272.99 | 0.0004 | 181.05 |
| SIG1                                                                                                                                                  | 0.03590872 | 0.0030 | 113.92 | 0.0034 | 194.55 | K2   | 0.08356149 | 0.0212 | 6.42   | 0.0257 | 90.01  |
| Q1                                                                                                                                                    | 0.03721850 | 0.0299 | 106.65 | 0.0343 | 337.19 | MSN2 | 0.08484548 | 0.0017 | 324.14 | 0.0016 | 22.63  |
| RHO1                                                                                                                                                  | 0.03742087 | 0.0061 | 103.85 | 0.0071 | 331.82 | ETA2 | 0.08507364 | 0.0017 | 352.59 | 0.0020 | 228.98 |
| O1                                                                                                                                                    | 0.03873065 | 0.1621 | 130.21 | 0.1843 | 149.32 | MO3  | 0.11924206 | 0.0040 | 350.48 | 0.0045 | 342.75 |
| TAU1                                                                                                                                                  | 0.03895881 | 0.0028 | 41.13  | 0.0022 | 35.65  | M3   | 0.12076710 | 0.0039 | 223.39 | 0.0038 | 183.23 |
| BET1                                                                                                                                                  | 0.04004043 | 0.0024 | 131.49 | 0.0028 | 119.19 | SO3  | 0.12206399 | 0.0017 | 46.69  | 0.0019 | 335.71 |
| NO1                                                                                                                                                   | 0.04026859 | 0.0099 | 136.29 | 0.0067 | 300.45 | MK3  | 0.12229215 | 0.0005 | 51.71  | 0.0005 | 336.38 |
| CHI1                                                                                                                                                  | 0.04047097 | 0.0008 | 63.10  | 0.0009 | 227.87 | SK3  | 0.12511408 | 0.0015 | 344.64 | 0.0016 | 206.06 |
| PI1                                                                                                                                                   | 0.04143851 | 0.0044 | 175.19 | 0.0044 | 316.51 | MN4  | 0.15951064 | 0.0013 | 160.56 | 0.0013 | 318.31 |
| P1                                                                                                                                                    | 0.04155259 | 0.0563 | 161.61 | 0.0559 | 126.69 | M4   | 0.16102280 | 0.0018 | 184.80 | 0.0017 | 131.13 |
| S1                                                                                                                                                    | 0.04166667 | 0.0044 | 217.01 | 0.0031 | 323.69 | SN4  | 0.16233259 | 0.0001 | 26.24  | 0.0001 | 120.72 |
| K1                                                                                                                                                    | 0.04178075 | 0.1788 | 165.96 | 0.1932 | 117.47 | MS4  | 0.16384473 | 0.0018 | 218.40 | 0.0018 | 101.47 |
| PSI1                                                                                                                                                  | 0.04189482 | 0.0045 | 114.85 | 0.0046 | 244.69 | MK4  | 0.16407290 | 0.0009 | 194.45 | 0.0010 | 251.21 |
| PHI1                                                                                                                                                  | 0.04200891 | 0.0011 | 301.78 | 0.0011 | 43.29  | S4   | 0.16666667 | 0.0003 | 283.62 | 0.0003 | 103.43 |
| THE1                                                                                                                                                  | 0.04309053 | 0.0013 | 155.98 | 0.0014 | 261.55 | SK4  | 0.16689482 | 0.0001 | 246.54 | 0.0002 | 240.04 |
| J1                                                                                                                                                    | 0.04329290 | 0.0043 | 166.54 | 0.0050 | 269.04 | 2MK5 | 0.20280355 | 0.0010 | 307.26 | 0.0011 | 205.11 |
| SO1                                                                                                                                                   | 0.04460268 | 0.0041 | 117.97 | 0.0047 | 8.76   | 2SK5 | 0.20844743 | 0.0002 | 204.25 | 0.0002 | 335.57 |
| OO1                                                                                                                                                   | 0.04483084 | 0.0030 | 203.29 | 0.0040 | 271.96 | 2MN6 | 0.24002205 | 0.0015 | 12.48  | 0.0014 | 143.39 |
| UPS1                                                                                                                                                  | 0.04634299 | 0.0010 | 137.16 | 0.0015 | 354.26 | M6   | 0.24153420 | 0.0029 | 39.78  | 0.0027 | 319.28 |
| OQ2                                                                                                                                                   | 0.07597494 | 0.0013 | 353.68 | 0.0011 | 241.03 | 2MS6 | 0.24435613 | 0.0023 | 92.82  | 0.0022 | 309.06 |
| EPS2                                                                                                                                                  | 0.07617731 | 0.0010 | 31.01  | 0.0009 | 277.38 | 2MK6 | 0.24458429 | 0.0009 | 130.33 | 0.0010 | 160.26 |
| 2N2                                                                                                                                                   | 0.07748710 | 0.0048 | 354.66 | 0.0043 | 30.73  | 2SM6 | 0.24717808 | 0.0002 | 213.83 | 0.0002 | 6.81   |
| MU2                                                                                                                                                   | 0.07768947 | 0.0066 | 285.65 | 0.0064 | 320.37 | MSK6 | 0.24740623 | 0.0001 | 199.57 | 0.0002 | 166.24 |
| N2                                                                                                                                                    | 0.07899925 | 0.0403 | 343.07 | 0.0394 | 167.64 | 3MK7 | 0.28331494 | 0.0000 | 103.45 | 0.0000 | 334.46 |
| NU2                                                                                                                                                   | 0.07920162 | 0.0062 | 3.63   | 0.0061 | 186.93 | M8   | 0.32204559 | 0.0001 | 79.69  | 0.0001 | 332.35 |

附表 3.6 臺北港中潮系統 2022 年天文潮調和常數表

| ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00001 16H 30/12/2021 TO 15H 31/12/2022<br>NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2022 SEPARATION =1.00 |            |        |        |        |        |      |            |        |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|------|------------|--------|--------|--------|--------|
| NAME                                                                                                                                                  | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     | NAME | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     |
| Z0                                                                                                                                                    | 0.00000000 | 0.0474 | 0.00   | 0.0474 | 0.00   | H1   | 0.08039733 | 0.0073 | 275.98 | 0.0069 | 244.65 |
| SA                                                                                                                                                    | 0.00011407 | 0.1654 | 184.32 | 0.1654 | 8.00   | M2   | 0.08051140 | 1.1257 | 80.06  | 1.0976 | 53.23  |
| SSA                                                                                                                                                   | 0.00022816 | 0.0953 | 321.62 | 0.0953 | 122.31 | H2   | 0.08062547 | 0.0109 | 43.13  | 0.0107 | 199.28 |
| MSM                                                                                                                                                   | 0.00130978 | 0.0114 | 182.14 | 0.0114 | 332.26 | MKS2 | 0.08073957 | 0.0012 | 338.94 | 0.0015 | 125.80 |
| MM                                                                                                                                                    | 0.00151215 | 0.0155 | 215.96 | 0.0155 | 4.32   | LDA2 | 0.08182118 | 0.0269 | 124.80 | 0.0262 | 68.46  |
| MSF                                                                                                                                                   | 0.00282193 | 0.0023 | 233.63 | 0.0023 | 172.11 | L2   | 0.08202355 | 0.0454 | 111.12 | 0.0594 | 52.37  |
| MF                                                                                                                                                    | 0.00305009 | 0.0147 | 256.63 | 0.0147 | 355.80 | T2   | 0.08321926 | 0.0261 | 118.70 | 0.0261 | 205.03 |
| ALP1                                                                                                                                                  | 0.03439657 | 0.0028 | 42.90  | 0.0032 | 334.88 | S2   | 0.08333334 | 0.3285 | 112.33 | 0.3289 | 22.24  |
| 2Q1                                                                                                                                                   | 0.03570635 | 0.0052 | 72.66  | 0.0060 | 154.81 | R2   | 0.08344740 | 0.0039 | 226.29 | 0.0048 | 134.35 |
| SIG1                                                                                                                                                  | 0.03590872 | 0.0034 | 89.50  | 0.0039 | 170.11 | K2   | 0.08356149 | 0.0879 | 111.52 | 0.1065 | 195.12 |
| Q1                                                                                                                                                    | 0.03721850 | 0.0366 | 80.95  | 0.0416 | 311.49 | MSN2 | 0.08484548 | 0.0151 | 348.53 | 0.0144 | 47.03  |
| RHO1                                                                                                                                                  | 0.03742087 | 0.0072 | 85.18  | 0.0085 | 313.15 | ETA2 | 0.08507364 | 0.0039 | 67.01  | 0.0047 | 303.42 |
| O1                                                                                                                                                    | 0.03873065 | 0.1801 | 97.11  | 0.2050 | 116.22 | MO3  | 0.11924206 | 0.0070 | 317.35 | 0.0078 | 309.62 |
| TAU1                                                                                                                                                  | 0.03895881 | 0.0034 | 113.82 | 0.0028 | 108.51 | M3   | 0.12076710 | 0.0067 | 124.06 | 0.0064 | 83.91  |
| BET1                                                                                                                                                  | 0.04004043 | 0.0008 | 100.76 | 0.0009 | 88.45  | SO3  | 0.12206399 | 0.0026 | 346.84 | 0.0030 | 275.86 |
| NO1                                                                                                                                                   | 0.04026859 | 0.0126 | 121.98 | 0.0089 | 286.26 | MK3  | 0.12229215 | 0.0063 | 343.12 | 0.0066 | 267.79 |
| CHI1                                                                                                                                                  | 0.04047097 | 0.0017 | 100.69 | 0.0019 | 265.46 | SK3  | 0.12511408 | 0.0016 | 52.76  | 0.0017 | 274.17 |
| PI1                                                                                                                                                   | 0.04143851 | 0.0046 | 140.81 | 0.0046 | 282.13 | MN4  | 0.15951064 | 0.0045 | 128.07 | 0.0043 | 285.82 |
| P1                                                                                                                                                    | 0.04155259 | 0.0698 | 122.41 | 0.0694 | 87.48  | M4   | 0.16102280 | 0.0136 | 137.43 | 0.0129 | 83.76  |
| S1                                                                                                                                                    | 0.04166667 | 0.0042 | 279.48 | 0.0029 | 26.16  | SN4  | 0.16233259 | 0.0026 | 155.62 | 0.0025 | 250.10 |
| K1                                                                                                                                                    | 0.04178075 | 0.2151 | 124.86 | 0.2326 | 76.37  | MS4  | 0.16384473 | 0.0106 | 164.67 | 0.0104 | 47.74  |
| PSI1                                                                                                                                                  | 0.04189482 | 0.0033 | 267.97 | 0.0034 | 37.81  | MK4  | 0.16407290 | 0.0036 | 146.46 | 0.0042 | 203.22 |
| PHI1                                                                                                                                                  | 0.04200891 | 0.0021 | 101.31 | 0.0020 | 202.81 | S4   | 0.16666667 | 0.0027 | 183.17 | 0.0027 | 2.99   |
| THE1                                                                                                                                                  | 0.04309053 | 0.0025 | 149.16 | 0.0027 | 254.73 | SK4  | 0.16689482 | 0.0009 | 178.85 | 0.0011 | 172.35 |
| J1                                                                                                                                                    | 0.04329290 | 0.0115 | 151.26 | 0.0133 | 253.77 | 2MK5 | 0.20280355 | 0.0029 | 187.87 | 0.0030 | 85.71  |
| SO1                                                                                                                                                   | 0.04460268 | 0.0042 | 207.94 | 0.0048 | 98.73  | 2SK5 | 0.20844743 | 0.0004 | 0.65   | 0.0005 | 131.98 |
| OO1                                                                                                                                                   | 0.04483084 | 0.0071 | 174.31 | 0.0095 | 242.98 | 2MN6 | 0.24002205 | 0.0024 | 136.37 | 0.0022 | 267.28 |
| UPS1                                                                                                                                                  | 0.04634299 | 0.0009 | 168.45 | 0.0013 | 25.60  | M6   | 0.24153420 | 0.0027 | 150.77 | 0.0025 | 70.27  |
| OQ2                                                                                                                                                   | 0.07597494 | 0.0138 | 18.56  | 0.0119 | 265.81 | 2MS6 | 0.24435613 | 0.0018 | 177.79 | 0.0017 | 34.03  |
| EPS2                                                                                                                                                  | 0.07617731 | 0.0083 | 173.70 | 0.0077 | 60.07  | 2MK6 | 0.24458429 | 0.0011 | 246.84 | 0.0013 | 276.76 |
| 2N2                                                                                                                                                   | 0.07748710 | 0.0466 | 42.59  | 0.0416 | 78.66  | 2SM6 | 0.24717808 | 0.0007 | 159.48 | 0.0007 | 312.46 |
| MU2                                                                                                                                                   | 0.07768947 | 0.0451 | 221.62 | 0.0434 | 256.33 | MSK6 | 0.24740623 | 0.0012 | 150.88 | 0.0014 | 117.55 |
| N2                                                                                                                                                    | 0.07899925 | 0.2119 | 59.63  | 0.2071 | 244.21 | 3MK7 | 0.28331494 | 0.0006 | 338.66 | 0.0006 | 209.66 |
| NU2                                                                                                                                                   | 0.07920162 | 0.0576 | 69.49  | 0.0560 | 252.80 | M8   | 0.32204559 | 0.0022 | 336.48 | 0.0020 | 229.14 |

附表 3.7 布袋港中潮系統 2022 年天文潮調和常數表

| ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00002 16H 30/12/2021 TO 15H 31/12/2022<br>NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2022 SEPARATION =1.00 |            |        |        |        |        |      |            |        |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|------|------------|--------|--------|--------|--------|
| NAME                                                                                                                                                  | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     | NAME | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     |
| Z0                                                                                                                                                    | 0.00000000 | 0.3475 | 0.00   | 0.3475 | 0.00   | H1   | 0.08039733 | 0.0292 | 182.15 | 0.0275 | 150.82 |
| SA                                                                                                                                                    | 0.00011407 | 0.1304 | 210.82 | 0.1304 | 34.49  | M2   | 0.08051140 | 0.6854 | 66.62  | 0.6683 | 39.78  |
| SSA                                                                                                                                                   | 0.00022816 | 0.0418 | 319.21 | 0.0418 | 119.91 | H2   | 0.08062547 | 0.0244 | 4.09   | 0.0241 | 160.25 |
| MSM                                                                                                                                                   | 0.00130978 | 0.0074 | 109.05 | 0.0074 | 259.17 | MKS2 | 0.08073957 | 0.0081 | 50.58  | 0.0095 | 197.43 |
| MM                                                                                                                                                    | 0.00151215 | 0.0113 | 269.78 | 0.0113 | 58.14  | LDA2 | 0.08182118 | 0.0187 | 102.53 | 0.0181 | 46.19  |
| MSF                                                                                                                                                   | 0.00282193 | 0.0024 | 171.48 | 0.0024 | 109.96 | L2   | 0.08202355 | 0.0307 | 92.86  | 0.0402 | 34.10  |
| MF                                                                                                                                                    | 0.00305009 | 0.0076 | 260.34 | 0.0076 | 359.51 | T2   | 0.08321926 | 0.0193 | 80.67  | 0.0193 | 167.00 |
| ALP1                                                                                                                                                  | 0.03439657 | 0.0016 | 42.91  | 0.0019 | 334.95 | S2   | 0.08333334 | 0.1726 | 103.33 | 0.1729 | 13.24  |
| 2Q1                                                                                                                                                   | 0.03570635 | 0.0056 | 106.24 | 0.0065 | 188.41 | R2   | 0.08344740 | 0.0051 | 259.44 | 0.0063 | 167.50 |
| SIG1                                                                                                                                                  | 0.03590872 | 0.0054 | 121.12 | 0.0062 | 201.74 | K2   | 0.08356149 | 0.0534 | 98.99  | 0.0647 | 182.58 |
| Q1                                                                                                                                                    | 0.03721850 | 0.0362 | 102.93 | 0.0413 | 333.47 | MSN2 | 0.08484548 | 0.0094 | 329.62 | 0.0090 | 28.12  |
| RHO1                                                                                                                                                  | 0.03742087 | 0.0078 | 107.40 | 0.0092 | 335.36 | ETA2 | 0.08507364 | 0.0025 | 52.43  | 0.0030 | 288.83 |
| O1                                                                                                                                                    | 0.03873065 | 0.1858 | 122.64 | 0.2113 | 141.75 | MO3  | 0.11924206 | 0.0105 | 217.42 | 0.0116 | 209.69 |
| TAU1                                                                                                                                                  | 0.03895881 | 0.0002 | 297.59 | 0.0002 | 292.16 | M3   | 0.12076710 | 0.0030 | 327.16 | 0.0028 | 287.00 |
| BET1                                                                                                                                                  | 0.04004043 | 0.0018 | 141.72 | 0.0021 | 129.41 | SO3  | 0.12206399 | 0.0066 | 254.36 | 0.0075 | 183.38 |
| NO1                                                                                                                                                   | 0.04026859 | 0.0147 | 148.66 | 0.0101 | 312.86 | MK3  | 0.12229215 | 0.0109 | 246.97 | 0.0115 | 171.65 |
| CHI1                                                                                                                                                  | 0.04047097 | 0.0028 | 116.00 | 0.0032 | 280.77 | SK3  | 0.12511408 | 0.0037 | 297.00 | 0.0040 | 158.42 |
| PI1                                                                                                                                                   | 0.04143851 | 0.0047 | 147.69 | 0.0047 | 289.01 | MN4  | 0.15951064 | 0.0160 | 171.40 | 0.0153 | 329.14 |
| P1                                                                                                                                                    | 0.04155259 | 0.0682 | 150.29 | 0.0678 | 115.36 | M4   | 0.16102280 | 0.0436 | 188.47 | 0.0415 | 134.80 |
| S1                                                                                                                                                    | 0.04166667 | 0.0069 | 69.58  | 0.0048 | 176.26 | SN4  | 0.16233259 | 0.0037 | 201.86 | 0.0037 | 296.34 |
| K1                                                                                                                                                    | 0.04178075 | 0.2091 | 156.24 | 0.2260 | 107.75 | MS4  | 0.16384473 | 0.0305 | 224.17 | 0.0298 | 107.24 |
| PSI1                                                                                                                                                  | 0.04189482 | 0.0014 | 312.47 | 0.0015 | 82.31  | MK4  | 0.16407290 | 0.0103 | 212.49 | 0.0121 | 269.25 |
| PHI1                                                                                                                                                  | 0.04200891 | 0.0016 | 142.19 | 0.0015 | 243.69 | S4   | 0.16666667 | 0.0037 | 252.84 | 0.0037 | 72.66  |
| THE1                                                                                                                                                  | 0.04309053 | 0.0035 | 157.70 | 0.0038 | 263.28 | SK4  | 0.16689482 | 0.0035 | 229.98 | 0.0043 | 223.48 |
| J1                                                                                                                                                    | 0.04329290 | 0.0093 | 169.05 | 0.0108 | 271.55 | 2MK5 | 0.20280355 | 0.0019 | 356.28 | 0.0019 | 254.12 |
| SO1                                                                                                                                                   | 0.04460268 | 0.0045 | 179.64 | 0.0051 | 70.44  | 2SK5 | 0.20844743 | 0.0006 | 293.08 | 0.0007 | 64.40  |
| OO1                                                                                                                                                   | 0.04483084 | 0.0059 | 214.27 | 0.0079 | 282.95 | 2MN6 | 0.24002205 | 0.0027 | 63.43  | 0.0025 | 194.34 |
| UPS1                                                                                                                                                  | 0.04634299 | 0.0012 | 160.41 | 0.0017 | 17.53  | M6   | 0.24153420 | 0.0047 | 116.77 | 0.0044 | 36.27  |
| OQ2                                                                                                                                                   | 0.07597494 | 0.0079 | 12.21  | 0.0068 | 259.53 | 2MS6 | 0.24435613 | 0.0049 | 197.58 | 0.0047 | 53.82  |
| EPS2                                                                                                                                                  | 0.07617731 | 0.0061 | 168.90 | 0.0057 | 55.26  | 2MK6 | 0.24458429 | 0.0018 | 202.95 | 0.0021 | 232.88 |
| 2N2                                                                                                                                                   | 0.07748710 | 0.0257 | 36.37  | 0.0231 | 72.44  | 2SM6 | 0.24717808 | 0.0011 | 295.15 | 0.0010 | 88.13  |
| MU2                                                                                                                                                   | 0.07768947 | 0.0298 | 206.65 | 0.0287 | 241.37 | MSK6 | 0.24740623 | 0.0015 | 269.56 | 0.0017 | 236.23 |
| N2                                                                                                                                                    | 0.07899925 | 0.1290 | 47.55  | 0.1261 | 232.12 | 3MK7 | 0.28331494 | 0.0002 | 132.16 | 0.0002 | 3.17   |
| NU2                                                                                                                                                   | 0.07920162 | 0.0367 | 64.20  | 0.0356 | 247.51 | M8   | 0.32204559 | 0.0014 | 290.93 | 0.0013 | 183.59 |

附表 3.8 安平港中潮系統 2022 年天文潮調和常數表

| ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00003 16H 30/12/2021 TO 15H 31/12/2022<br>NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2022 SEPARATION =1.00 |            |        |        |        |        |      |            |        |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|------|------------|--------|--------|--------|--------|
| NAME                                                                                                                                                  | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     | NAME | FREQUENCY  | A      | G      | AL     | GL     |
| Z0                                                                                                                                                    | 0.00000000 | 0.3622 | 0.00   | 0.3622 | 0.00   | H1   | 0.08039733 | 0.0051 | 113.14 | 0.0048 | 81.81  |
| SA                                                                                                                                                    | 0.00011407 | 0.1074 | 212.08 | 0.1074 | 35.75  | M2   | 0.08051140 | 0.2629 | 27.56  | 0.2563 | 0.73   |
| SSA                                                                                                                                                   | 0.00022816 | 0.0433 | 325.37 | 0.0433 | 126.06 | H2   | 0.08062547 | 0.0059 | 280.76 | 0.0058 | 76.91  |
| MSM                                                                                                                                                   | 0.00130978 | 0.0056 | 153.80 | 0.0056 | 303.93 | MKS2 | 0.08073957 | 0.0027 | 21.38  | 0.0032 | 168.24 |
| MM                                                                                                                                                    | 0.00151215 | 0.0079 | 258.47 | 0.0079 | 46.83  | LDA2 | 0.08182118 | 0.0065 | 98.41  | 0.0063 | 42.07  |
| MSF                                                                                                                                                   | 0.00282193 | 0.0025 | 107.86 | 0.0025 | 46.35  | L2   | 0.08202355 | 0.0087 | 65.18  | 0.0114 | 6.43   |
| MF                                                                                                                                                    | 0.00305009 | 0.0039 | 267.92 | 0.0039 | 7.09   | T2   | 0.08321926 | 0.0050 | 24.53  | 0.0050 | 110.86 |
| ALP1                                                                                                                                                  | 0.03439657 | 0.0011 | 64.20  | 0.0012 | 356.25 | S2   | 0.08333334 | 0.0622 | 38.14  | 0.0623 | 308.04 |
| 2Q1                                                                                                                                                   | 0.03570635 | 0.0060 | 104.58 | 0.0069 | 186.76 | R2   | 0.08344740 | 0.0011 | 221.80 | 0.0014 | 129.86 |
| SIG1                                                                                                                                                  | 0.03590872 | 0.0046 | 116.04 | 0.0053 | 196.67 | K2   | 0.08356149 | 0.0195 | 39.44  | 0.0236 | 123.03 |
| Q1                                                                                                                                                    | 0.03721850 | 0.0320 | 101.61 | 0.0366 | 332.16 | MSN2 | 0.08484548 | 0.0023 | 347.41 | 0.0022 | 45.90  |
| RHO1                                                                                                                                                  | 0.03742087 | 0.0073 | 106.33 | 0.0085 | 334.30 | ETA2 | 0.08507364 | 0.0011 | 359.78 | 0.0013 | 236.17 |
| O1                                                                                                                                                    | 0.03873065 | 0.1690 | 124.38 | 0.1923 | 143.50 | MO3  | 0.11924206 | 0.0008 | 266.13 | 0.0008 | 258.41 |
| TAU1                                                                                                                                                  | 0.03895881 | 0.0016 | 275.15 | 0.0013 | 269.69 | M3   | 0.12076710 | 0.0027 | 242.89 | 0.0026 | 202.73 |
| BET1                                                                                                                                                  | 0.04004043 | 0.0026 | 150.24 | 0.0030 | 137.93 | SO3  | 0.12206399 | 0.0005 | 191.42 | 0.0006 | 120.44 |
| NO1                                                                                                                                                   | 0.04026859 | 0.0105 | 148.21 | 0.0071 | 312.39 | MK3  | 0.12229215 | 0.0016 | 222.44 | 0.0017 | 147.11 |
| CHI1                                                                                                                                                  | 0.04047097 | 0.0013 | 124.27 | 0.0015 | 289.05 | SK3  | 0.12511408 | 0.0010 | 312.00 | 0.0011 | 173.42 |
| PI1                                                                                                                                                   | 0.04143851 | 0.0043 | 167.16 | 0.0042 | 308.48 | MN4  | 0.15951064 | 0.0031 | 160.05 | 0.0030 | 317.79 |
| P1                                                                                                                                                    | 0.04155259 | 0.0618 | 152.38 | 0.0615 | 117.45 | M4   | 0.16102280 | 0.0076 | 159.49 | 0.0072 | 105.82 |
| S1                                                                                                                                                    | 0.04166667 | 0.0062 | 118.03 | 0.0043 | 224.71 | SN4  | 0.16233259 | 0.0010 | 174.17 | 0.0010 | 268.65 |
| K1                                                                                                                                                    | 0.04178075 | 0.1852 | 158.01 | 0.2002 | 109.52 | MS4  | 0.16384473 | 0.0072 | 204.18 | 0.0070 | 87.25  |
| PSI1                                                                                                                                                  | 0.04189482 | 0.0007 | 210.69 | 0.0007 | 340.53 | MK4  | 0.16407290 | 0.0026 | 189.01 | 0.0030 | 245.77 |
| PHI1                                                                                                                                                  | 0.04200891 | 0.0026 | 138.46 | 0.0024 | 239.97 | S4   | 0.16666667 | 0.0015 | 251.00 | 0.0015 | 70.81  |
| THE1                                                                                                                                                  | 0.04309053 | 0.0027 | 147.63 | 0.0030 | 253.20 | SK4  | 0.16689482 | 0.0011 | 187.56 | 0.0014 | 181.06 |
| J1                                                                                                                                                    | 0.04329290 | 0.0066 | 166.07 | 0.0078 | 268.57 | 2MK5 | 0.20280355 | 0.0018 | 333.05 | 0.0019 | 230.89 |
| SO1                                                                                                                                                   | 0.04460268 | 0.0028 | 155.65 | 0.0032 | 46.44  | 2SK5 | 0.20844743 | 0.0002 | 191.05 | 0.0003 | 322.37 |
| OO1                                                                                                                                                   | 0.04483084 | 0.0038 | 200.10 | 0.0051 | 268.77 | 2MN6 | 0.24002205 | 0.0023 | 3.34   | 0.0021 | 134.24 |
| UPS1                                                                                                                                                  | 0.04634299 | 0.0008 | 139.96 | 0.0012 | 357.07 | M6   | 0.24153420 | 0.0040 | 12.31  | 0.0037 | 291.81 |
| OQ2                                                                                                                                                   | 0.07597494 | 0.0029 | 349.24 | 0.0025 | 236.57 | 2MS6 | 0.24435613 | 0.0017 | 43.90  | 0.0016 | 260.14 |
| EPS2                                                                                                                                                  | 0.07617731 | 0.0019 | 220.70 | 0.0018 | 107.07 | 2MK6 | 0.24458429 | 0.0007 | 94.06  | 0.0008 | 123.98 |
| 2N2                                                                                                                                                   | 0.07748710 | 0.0089 | 10.19  | 0.0080 | 46.27  | 2SM6 | 0.24717808 | 0.0008 | 36.99  | 0.0008 | 189.97 |
| MU2                                                                                                                                                   | 0.07768947 | 0.0091 | 238.32 | 0.0088 | 273.04 | MSK6 | 0.24740623 | 0.0005 | 346.56 | 0.0006 | 313.23 |
| N2                                                                                                                                                    | 0.07899925 | 0.0563 | 9.28   | 0.0550 | 193.85 | 3MK7 | 0.28331494 | 0.0001 | 271.62 | 0.0001 | 142.62 |
| NU2                                                                                                                                                   | 0.07920162 | 0.0125 | 30.41  | 0.0121 | 213.71 | M8   | 0.32204559 | 0.0006 | 203.61 | 0.0006 | 96.27  |



## 附錄四

### 歷次工作會議紀要



## 112 年 3 月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-112-H3C006

會議名稱：「海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-建置高雄海域模  
組」採購案第 1 次工作會議

時間：112 年 3 月 15 日(星期三)上午 10 時 30 分至 12 時

地點：本所港灣技術研究中心 3 樓海洋環境資訊室

主持人：林雅雯科長

出席者：如簽到單

主辦單位：本所港灣技術研究中心第三科

執行廠商：國立成功大學

紀錄：傅怡釗



### 壹、討論議題

- 一、持續辦理每日海象模擬作業化系統維運工作。
- 二、完成 112 年 1 月、2 月之風、波、潮及流模擬月報表。
- 三、完成蒐集近年高雄港、澎湖水深測量資料工作。
- 四、討論本年度各項工作項目執行內容及目前進度回報。
- 五、討論本年度計畫亮點行銷事項。

### 貳、主要結論

- 一、因中央氣象局提供之原風場預報產品(grib1 格式)將於 112 年 6 月 26 日下線，請國立成功大學儘速完成新風場預報產品(grib2 格式)測試比對及修改風場處理系統工作。
- 二、「港區近岸波浪模擬作業化系統」(Windows 版)，目前已移轉至本中心進行測試，俟測試完成後上線取代 REF/DIF 波浪折繞射模組。
- 三、因計畫需求，本中心將協助蒐集高雄海域相關水深測量成果資料，以及提供基隆港 AWAC 測站波浪原始觀測資料、高雄港一、二港口 AWAC 測站海流觀測資料予國立成功大學，俾利計畫順利執行。
- 四、請國立成功大學投稿本所港灣季刊(125 期)，預計 112 年 6 月出刊。
- 五、請國立成功大學配合本所於 112 年底前完成規劃亮點行銷事項。



壹、會議名稱：「IOT-112-H3C006 海氣象預測模擬系統之維運  
與精進(2/4)-建置高雄海域模組」採購案第 1 次工作  
會議

貳、時間：112 年 3 月 15 日(星期三) 上午 10 時 30 分

參、地點：本所港灣技術研究中心 3 樓海洋環境資訊室

肆、主持人：林雅雯科長 林雅雯

伍、出席單位及人員：

| 出席單位                                                                                           | 職稱    | 姓名      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|
| 合作研究單位：<br>國立成功大學                                                                              | 計畫主持人 | 李水芳     |
|                                                                                                | 共同主持人 | 江睽睽     |
|                                                                                                | 研究員   | 鄭正璜     |
|                                                                                                | 駐點工程師 | 李紹吉 謝佳穎 |
|  本所港灣技術研究中心 | 二科科長  | 李怡穎     |
|                                                                                                | 副研究員  | 蕭怡劍     |

## 112 年 4 月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-112-H3C006

會議名稱：「海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-建置高雄海域模  
組」採購案第 2 次工作會議

時間：112 年 4 月 21 日(星期五)上午 10 時 00 分至 11 時 20 分

地點：本所港灣技術研究中心 5 樓第一會議室(視訊)

主持人：林雅雯科長

出席者：如簽到表

主辦單位：本所港灣技術研究中心第三科

執行廠商：國立成功大學

紀錄：傅怡釗



### 壹、討論議題

- 一、持續辦理每日海象模擬作業化系統維運工作。
- 二、本月完成事項：
  - (一) 112 年 3 月海氣象模擬資料檢核單及月作業成果報表。
  - (二) 提供高雄港務分公司高雄沿海水深測量成果資料。
  - (三) 提供國立成功大學基隆港波浪觀測資料及高雄港一、二港口海流觀測資料。
  - (四) 「港區近岸波浪模擬作業化系統」納入本所海象作業化系統上線執行。
  - (五) 完成 2023 年 1 月至 12 月臺灣周圍海域天文潮模擬工作。
  - (六) 完成 wgrib2 工具安裝及風場處理子系統修改及測試工作。
- 三、討論本年度各項工作項目執行內容及目前進度回報。

### 貳、主要結論

- 一、請國立成功大學持續進行新風場預報產品(grib2 格式)測試比對工作，預計 5 月底前完成風場處理子系統輸入資料格式轉換工作。
- 二、國立成功大學移轉之新版風浪處理子系統(taicoms\_wave\_run2022v1.exe)，俟程式測試完成後納入作業化流程上線執行。
- 三、請國立成功大學在水動力處理子系統(1 日 1 次)部分，增加追算



到平均水位的啟動時間功能，以做為模組冷啟動條件。

- 四、請國立成功大學列出目前各項工作之執行細項，並規劃預定完成時程表。
- 五、投稿本所「港灣季刊」文章(初稿)請於 4 月底前提交，以利後續辦理校稿及出刊事宜。
- 六、本年度計畫亮點行銷事項：預計於 112 年 12 月底前於海洋工程研討會發表 1 篇論文，教育訓練將配合本所「港灣環境資訊系統使用者會議」併同辦理。



### 會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-112-H3C006 海氣象預測模擬系統之維運  
與精進(2/4)-建置高雄海域模組」採購案第 1 次工作  
會議

貳、時間：112 年 4 月 21 日(星期五) 上午 10 時 00 分

參、地點：本所港灣技術研究中心 5 樓第一會議室

肆、主持人：林雅雯科長 林雅雯

伍、出席單位及人員：

| 出席單位                                                                                                   | 職稱    | 姓名             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------|
| <br>合作研究單位：<br>國立成功大學 | 計畫主持人 | 李兆芳(視訊)        |
|                                                                                                        | 共同主持人 | 江朕榮(視訊)        |
|                                                                                                        | 研究員   | 劉正琪(視訊)        |
|                                                                                                        | 駐點工程師 | <u>謝佳宏</u>     |
|                                                                                                        | 研究助理  | <u>李俊佑(視訊)</u> |
| 本所港灣技術研究中心                                                                                             | 二科科長  | <u>李俊翹</u>     |
|                                                                                                        | 副研究員  | <u>傅怡釗</u>     |

## 112 年 5 月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-112-H3C006

會議名稱：「海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-建置高雄海域模組」採購案

### 第 3 次工作會議

時間：112 年 5 月 24 日(星期三)上午 10 時 00 分至 11 時 35 分

地點：本所港灣技術研究中心 5 樓第一會議室(視訊)

主持人：林雅雯科長

出席者：如簽到單

主辦單位：本所港灣技術研究中心第三科

執行廠商：國立成功大學

記錄：傅怡釗

### 壹、討論議題

- 一、持續辦理每日海象模擬作業化系統維運工作。
- 二、本月完成事項：
  - (一) 112 年 4 月海氣象模擬資料檢核單及月作業成果報表。
  - (二) 「新版風浪處理子系統」已納入本所海象模擬作業化系統上線測試。
  - (三) 完成「基隆海域風浪及港域靜穩模擬系統」期刊文章並已投稿港灣季刊。
  - (四) 已規劃目前各項工作執行細項預定完成之時程表。
- 三、討論本年度各項工作項目執行內容及目前進度回報。

### 貳、主要結論

- 一、因中央氣象局目前提供新的風場預報資料(grib2 格式)檔案大小不穩定，其尚在尋找系統問題，爰請國立成功大學先修正風場下載程式並優化程序，以降低抓取過多及過大檔案方式做為因應措施。
- 二、因目前風場資料不穩定，考量系統產製資料有作業時程壓力，本計畫水動力處理子系統目前先以執行 1 日 1 次為主。
- 三、國立成功大學移轉之新版風浪處理子系統(taicoms\_wave\_run2022v1.exe)，目前執行 1 日 1 次作業化流程已能正常運作，請持續進行執行 1 日 4 次作業化流程之測試工作，預定於 6 月底前完成並上線。
- 四、高雄港二港口波浪資料於會後提供，請再進行波浪資料比對工作。
- 五、請國立成功大學掌握計畫期程及進度，並規劃期中報告呈現章節內容，於下次工作會議討論，期中報告請依契約規定於 112 年 6 月 29 日繳交。



### 會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-112-H3C006 海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-  
建置高雄海域模組」採購案第3次工作會議

貳、時間：112年5月24日(星期三)上午10時00分

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室

肆、主持人：林雅雯科長 林雅雯

伍、出席單位及人員：

| 出席單位              | 職稱    | 姓名         |
|-------------------|-------|------------|
| 合作研究單位：<br>國立成功大學 | 計畫主持人 | 李兆芳(視訊)    |
|                   | 共同主持人 | 江朕榮(視訊)    |
|                   | 研究員   | 劉正琪(視訊)    |
|                   | 研究助理  | 李俊佑(視訊)    |
|                   | 駐點工程師 | <u>謝佳宏</u> |
| 本所港灣技術研究中心        | 二科科長  | <u>李俊穎</u> |
|                   | 副研究員  | <u>傅怡創</u> |

## 112年6月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-112-H3C006

會議名稱：「海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-建置高雄海域模組」採購案  
第4次工作會議

時間：112年6月21日(星期三)上午10時至11時10分

地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊)

主持人：林雅雯科長

出席者：如簽到單

辦單位：本所港灣技術研究中心第三科

執行廠商：國立成功大學

紀錄：傅怡釗

### 壹、討論議題

一、持續辦理每日海象模擬作業化系統維運工作。

二、本月完成事項：

(一) 112年5月海氣象模擬資料檢核單及月作業成果報表。

(二) Windows 作業系統版「港區近岸波浪模擬作業化系統」完成移轉至本所港灣技術研究中心進行試運作，取代 Linux 作業系統版 REF/DIF 波浪折繞射模組，已納入本所海象模擬作業化系統上線運作。

(三) 下載中央氣象局風場預報資料(grib2格式)已可排除檔案大小不穩定問題，原(grib1格式)風場伺服器內所需安裝程式及模組，已移轉完成至新伺服器進行作業化。

(四) 已提供111年9月至今高雄港一、二港口 AWAC 波浪資料及布袋浮球平均週期資料。

(五) 已規劃期中報告章節呈現內容。

三、討論本年度各項工作項目執行內容及目前進度回報。

### 貳、主要結論

一、下載中央氣象局新風場預報資料(grib2格式)，目前會有前一程序未執行完畢，新程序追上舊程序使下載檔案有資料疊加情形，後續請國立成功大學持續測試，調整程序啟動時間或順序。

二、對於澎湖風浪及水動力模組，請在澎湖浮標附近再多抽取幾個模擬點位，與觀測資料校驗比對，擇取較佳的位置提供做為後續模組之校驗點位。另

潮位資料數及蒐集率，請再補充呈現。

- 三、有關本所使用之波流儀(AWAC)、浮球及資料浮標等觀測儀器，所統計之波高、週期及波向資料定義，請國立成功大學再蒐集、釐清。
- 四、有關國立成功大學規劃期中報告內容，已包括本案契約規定工作項目，爰報告章節安排予以尊重，研究成果清楚呈現為原則，並請於112年6月29日繳交期中報告。



### 會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-112-H3C006海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-建置高雄海域模組」採購案第4次工作會議

貳、時間：112年6月21日(星期三)上午10時00分

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室

肆、主持人：林雅雯科長 林雅雯

伍、出席單位及人員：

| 出席單位                                                                                                   | 職稱    | 姓名         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
| <br>合作研究單位：<br>國立成功大學 | 計畫主持人 | 李兆芳(視訊)    |
|                                                                                                        | 共同主持人 | 江朕榮(視訊)    |
|                                                                                                        | 研究員   | 劉正琪(視訊)    |
|                                                                                                        | 駐點工程師 | <u>謝佳宏</u> |
| 本所港灣技術研究中心                                                                                             | 二科科長  | <u>李俊翔</u> |
|                                                                                                        | 副研究員  | <u>詹怡創</u> |

## 112 年 7 月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-112-H3C006

會議名稱：「海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-建置高雄海域模組」採購案  
第 5 次工作會議

時間：112 年 7 月 20 日(星期三)下午 2 時至 3 時 35 分

地點：本所港灣技術研究中心 5 樓第一會議室(視訊)

主持人：林雅雯科長

出席者：如簽到單

主辦單位：本所港灣技術研究中心第三科

執行廠商：國立成功大學

紀錄：傅怡釗



### 壹、討論議題

1、持續辦理每日海象模擬作業化系統維運工作。

2、本月完成事項：



(1) 112 年 6 月海氣象模擬資料檢核單及月作業成果報表。

(2) 風場處理子系統已轉接使用中央氣象局風場預報資料(grib2 格式)，系統模組移轉至新伺服器運作執行，另調整程序啟動時間及順序，以便風場排程順利執行。

(3) 期中報告書初稿業於 112 年 6 月 29 日繳交。

3、關於本中心波流儀(AWAC)、浮球及資料浮標等觀測儀器，說明目前資料蒐集及整清情形。

4、討論本年度各項工作項目執行內容及目前進度回報。

### 貳、主要結論

1、目前下載中央氣象局新風場預報資料(grib2 格式)，仍有檔案大小不一風場無法解開，或檔案大小正常但無法解開的情況，請國立成功大學增加排除異常檔案或無法解碼檔案，並自動回補資料之程序。

2、澎湖風浪及水動力模組，已選擇澎湖浮標附近點位進行 111 年 10 月至 112 年 4 月之模擬資料輸出，請再進行校驗工作。

3、高雄港二港口離岸堤海圖資料於會後提供，請於高雄港模型標定離岸堤位置。

4、請再蒐集資料浮標計算波高、週期及波向資料定義之資訊，浮球之示性波高請以  $H_{m0}$  顯示，俾利預測值與其比較。

5、112 年 7 月 24 日(星期一)進行本中心內部資料庫後端使用者會議，月報表

資料欄位將依討論結果適度調整。

- 6、本計畫將於112年8月7日(星期一)上午10時召開期中報告審查會議(實體會議)，請國立成功大學出席並簡報。
- 7、請國立成功大學依「112年國際能源論壇暨第45屆海洋工程研討會」期程，於112年9月底完成摘要投稿工作。



## 會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-112-H3C006 海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-  
建置高雄海域模組」採購案第 5 次工作會議

貳、時間：112 年 7 月 20 日(星期四) 下午 2 時至 3 時 35 分

參、地點：本所港灣技術研究中心、5 樓第一會議室

肆、主持人：林雅雯科長 林雅雯

伍、出席單位及人員：

| 出席單位              | 職稱    | 姓名         |
|-------------------|-------|------------|
| 合作研究單位：<br>國立成功大學 | 計畫主持人 | 李兆芳(視訊)    |
|                   | 共同主持人 | 江朕榮(視訊)    |
|                   | 研究員   | 劉正琪(視訊)    |
|                   | 研究助理  | 李俊佑(視訊)    |
|                   | 駐點工程師 | <u>譚俊弘</u> |
| 本所港灣技術研究中心        | 二科科長  | <u>李俊穎</u> |
|                   | 副研究員  | <u>簡怡創</u> |

## 112 年 9 月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-112-H3C006

會議名稱：「海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-建置高雄海域模組」採購案  
第 6 次工作會議

時間：112 年 9 月 14 日(星期四) 上午 10 時至 11 時 40 分

地點：本所港灣技術研究中心 5 樓第一會議室(視訊)

主持人：林雅雯科長

出席者：如簽到單

主辦單位：本所港灣技術研究中心第三科

執行廠商：國立成功大學

紀錄：傅怡釗

### 壹、討論議題

一、持續辦理每日海象模擬作業化系統維運工作。

二、本月完成事項：

- 
- 
- (一) 112 年 7 至 8 月海氣象模擬資料檢核單及月作業成果報表。
  - (二) 112 年 7 月 24 日本中心第二科召開內部資料庫後端使用者會議，月報表資料欄位將依討論結果調整，浮球之示性波高待資料庫調整完成後以 Hm0 顯示，風速模擬點位則新增臺中港防風林位置，俾利預測值與其比較。
  - (三) 112 年 8 月 7 日完成期中報告審查會議，並研提期中審查意見處理情形表。
  - (四) 高雄港模型已標定離岸堤位置。
  - (五) 提供 112 年 5 月至 8 月每日 4 次作業化風場檔案及 112 年度臺北、澎湖資料浮標之波、流觀測資料供計畫模擬案例比對。
  - (六) 蒐集 112 年度侵臺颱風資料及臺灣港務股份有限公司 110 年至 111 年「布袋國內商港整體規劃施工期間環境監測計畫」之海域地形測量成果。
  - (七) 整理 112 年度海象模擬成果評估報告所需採用之測站及模式輸出點位座標。
  - (八) 完成「112 國際能源論壇暨第 45 屆海洋工程研討會」論文摘要投稿工作。

三、針對期中報告審查意見處理情形表內容進行相關討論。

四、關於本中心波流儀(AWAC)、浮球及資料浮標等觀測儀器，說明目前資料蒐集及釐清情形。

五、討論 112 年度各項工作項目執行內容及目前進度回報。



## 貳、主要結論

- 一、關於軒嵐諾、瑪娃及杜蘇芮颱風期間各商港風浪模擬結果，波向圖之模擬波向建議圖示由線改成點，並於期末報告說明模擬與觀測比對結果之差異分析。
- 二、請持續進行暴潮模組、高雄海域水動力模組計算網格修正工作。
- 三、112 年 7 月 24 日本中心內部資料庫後端使用者會議，資料欄位將依討論結果於年底前完成調整，調整後浮球示性波高目前採用 Hsig，建議示性波高請改採 Hm0 顯示，俾利預測值與其比較。
- 四、浮球觀測時間為每小時 21 分(蒐集前 50~20 分)及 51 分資料(蒐集前 20~50 分)，1 小時共 2 筆，每筆資料的前 20 分鐘量測波浪資料，後 10 分鐘蒐集海流資料。請採用 21 分實測值代表該整點 00 之資料，並依此製作資料月報及網頁展示。
- 五、請國立成功大學出席 112 年 10 月 5~6 日「112 國際能源論壇暨第 45 屆海洋工程研討會」，並簡報「高雄海域風浪模擬系統建置」。
- 六、請依本次討論內容酌修期中報告審查意見處理情形表，另依契約規定，期中報告審查意見處理情形表將於期末報告時進行審查。
- 七、請國立成功大學規劃期末報告章節內容，於下次工作會議討論，因契約規定期末報告需於 112 年 10 月 26 日繳交，請儘速完成相關工作。

## 會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-112-H3C006 海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-

建置高雄海域模組」採購案第 6 次工作會議

貳、時間：112 年 9 月 14 日(星期四) 上午 10 時至 11 時 40 分

肆、主持人：林雅雯科長 林雅雯

伍、出席單位及人員：

| 出席單位              | 職稱    | 姓名      |
|-------------------|-------|---------|
| 合作研究單位：<br>國立成功大學 | 計畫主持人 | 李兆芳(視訊) |
|                   | 共同主持人 | 江朕榮(視訊) |
|                   | 研究員   | 劉正琪(視訊) |
|                   | 研究助理  | 李俊佑(視訊) |
|                   | 駐點工程師 | 謝信宏     |
| 本所港灣技術研究中心        | 二科科長  | 李修穎     |
|                   | 副研究員  | 傅怡創     |

## 112 年 10 月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-112-H3C006

會議名稱：「海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)-建置高雄海域模  
組」採購案第 7 次工作會議

時間：112 年 10 月 17 日(星期二)上午 10 時至 11 時 10 分

地點：本所運輸技術研究中心 5 樓第一會議室(視訊)

主持人：林雅雯科長

出席者：如簽到單

主辦單位：本所運輸技術研究中心第三科

執行廠商：國立成功大學

紀錄：傅怡釗

### 壹、討論議題

- 1、 持續辦理每日海象模擬作業化系統維運工作。
- 2、 本月完成事項：
  - (1) 112 年 9 月海氣象模擬資料檢核單及月作業成果報表。
  - (2) 依據 9 月份工作會議討論結果修改文字缺誤及回覆意見。
  - (3) 中心 2 樓海情機房於 112 年 9 月 23 日進行不斷電系統(UPS)更新，海象模擬系統關機後復歸。
  - (4) 完成 Tecplot 2023 R1 安裝並測試出圖。
  - (5) 浮球觀測已採用 21 分實測值代表整點 00 之資料，並依此製作資料月報及網頁展示。
  - (6) 112 年 10 月 5 日~6 日出席「112 國際能源論壇暨第 45 屆海洋工程研討會」並簡報「高雄海域風浪模擬系統建置」。
- 3、 討論本年度各項工作項目執行內容及目前進度回報。
- 4、 討論期末報告書章節安排事宜及本計畫 11 月 3 日教育訓練簡報內容大綱。

### 貳、主要結論

- 1、 有關臺灣周圍海域風浪模擬校驗、水動力模擬校驗部分，選取 2022 年 9 月軒嵐諾颱風及 2023 年 7 月杜蘇芮颱風，進行颱風侵臺期間各商港波浪資料比對及暴潮偏差分析工作。
- 2、 請國立成功大學持續進行高雄海域水動力模組網格建置工作。

- 3、本計畫教育訓練納入本所 112 年 11 月 3 日(星期五)「112 年度  
港灣環境資訊網使用者說明會」議程內辦理，請國立成功大學  
出席並簡報「海象模擬功能提升及應用」。
- 4、期末報告章節內容規劃，附錄請再增加歷次工作會議紀要、期  
中報告審查意見處理情形表、計畫成果發表及教育訓練等部分  
事項。
- 5、請國立成功大學注意計畫期程並儘速完成工作，期末報告請依  
本所出版品相關規定辦理並於 112 年 10 月 26 日繳交。



## 會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-112-H3C006 海氣象預測模擬系統之維運  
與精進(2/4)-建置高雄海域模組」採購案第 7 次工作  
會議

貳、時間：112 年 10 月 17 日(星期二)上午 10 時至 11 時 10 分

參、地點：本所運輸技術研究中心 5 樓第一會議室(視訊)

肆、主持人：林雅雯科長 林雅雯

伍、出席單位及人員：

| 出席單位              | 職稱    | 姓名         |
|-------------------|-------|------------|
| 合作研究單位：<br>國立成功大學 | 計畫主持人 | 李兆芳(視訊)    |
|                   | 研究員   | 劉正琪(視訊)    |
|                   | 駐點工程師 | <u>謝佳弘</u> |
| 本所運輸技術研究中心        | 二科    | <u>李俊穎</u> |
|                   | 副研究員  | <u>蕭怡鈞</u> |



## 附錄五

### 期中報告審查意見處理情形表





## 交通部運輸研究所合作研究計畫(具委託性質)

### ■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)－建置高雄海域模組

合作研究單位：國立成功大學

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                               | 合作研究單位處理情形                                                                                                                        | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>(一)簡連貴委員</b>                                                                                                                                                             |                                                                                                                                   |              |
| 1. 第一章：本計畫屬長期延續推動計畫，除例行海象模擬作業化系統校修與運維、改善研究、模擬與校驗、預測成果評估外，今年主要研究重點包括高雄海域風浪模組建置、水動力模組建置等課題，工作項目多且具相當困難度與挑戰性高，相當不容易，期中報告內容相當豐碩，大致符合要求，應加強計畫在年度相關模擬系統維運與精進之量化或質化績效成果說明，以彰顯研究貢獻。 | 謝謝委員肯定。                                                                                                                           | 原則同意辦理。      |
| 2. 第二章：<br>(1) 目前已建置臺灣近岸海象預測系統 2.0，請說明今年度臺灣近岸海象模擬作業化系統維運與改善之重點內容，並加強量化系統計畫各模式測試、上線、資料統計、繪圖輸出等相關工作辦理情形，以及建議加強內部使用者意見回饋改善。                                                    | 目前已建置系統除了持續運作外，也按照氣象局資料的改變進行作業化程式調整。另外今年度重點在建置高雄港海域的作業化模組。<br>作業化評估部分現有檢測方法可以呈現需要的結果，差異特別的地方將檢討產生原因並加以改善。<br>系統的維運結果每月進行工作會議持續改善。 | 原則同意辦理。      |
| (2) 圖 2.22~圖 2.29、圖 2.38~圖 2.45，請說明水深分布資料來源，加強近岸水深                                                                                                                          | 近岸波浪模組建置時主要以海軍測量局刊行海圖為依據，部份港口如臺中港、臺北港、基隆港                                                                                         | 原則同意辦理。      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                            | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                                     | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 並更新。                                                                                                                     | 及本年度高雄港等在模式修正時有納入前一年度海域水深調查資料修正模組水深資料。                                                                                                                                                         |              |
| (3) P2-34 表 2-7，標題名稱請修正為「2022/09~2023/05 伺服器維護紀錄」。                                                                       | 謝謝委員指正。                                                                                                                                                                                        | 原則同意辦理。      |
| 3. 第三章：<br>(1) P3-3 表 3-3，請加強說明基隆港觀測資料收集率較低(87.9%)，及最大波高 5.76m，平均週期 5.24sec 之可能原因。建議加強近年比較趨勢分析及相關檢驗參數研析。                 | 謝謝委員建議，基隆港觀測資料收集率較低應屬單純偶發觀測上問題；最大波高為東北季風引起的，5.24sec 為 1、2 月逐時觀測波浪平均週期之平均值。                                                                                                                     | 原則同意辦理。      |
| (2) 本年度 8 海域風浪模擬值與觀測值間常態化均方根誤差(NRMSE)與相關係數(R)分析如表 3-5，請說明 $R < 0.3$ 低度相關，臺北港資料有疑慮(波高比值 0.68 偏小)，及布袋港、安平港資料未提供之可能原因與因應對策。 | 1. 統計上常以相關係數(R)大小說明 2 比較量之間相關性高、低之分界定義。<br>2. 模式原校驗點位為 AWAC 測站及其觀測資料，因儀器未回收無資料，工作會議建議改用新建資料浮標觀測資料校驗，本計畫對其波向定義方式可能不一致提出疑慮，布袋港、安平港同樣因 AWAC 測站停測或待佈建等因素，未能及時提供校驗觀測資料，改提供浮球測站觀測資料，但資料格式內容缺少平均週期資料。 | 原則同意辦理。      |
| 4. 第五章：臺灣近岸海象預測作業化成果評估，採用自動化作業方式執行，請說明如何確保資料正確性，及評估開放給各港務單位參考使用之可能性。                                                     | 作業化成果評估一直以來都有和觀測資料互作比較，一方面預測結果確認正確性，另一方面也了解觀測儀器操作正常。作業化模擬結果均即時展示於「港灣環境資訊網」，提供各界參考使用。                                                                                                           | 原則同意辦理。      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                       | 合作研究單位處理情形                                                                                                    | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 5. 第七章：<br>(1) 最近杜蘇芮、卡努颱風，及天使輪事件應加強收集相關海象資料，並研析與本系統建置之相關性與應用。       | 委員意見相當實際，能夠即時研析重大新聞事件相當有建設性。本畫中雖然也包含“並針對本年度進行模擬與評估”，但是此工作項包括觀測資料的獲取分析，在此時間點本計畫會試著納入杜蘇芮颱風結果，其他將在後續建議中提及相關性和應用。 | 原則同意辦理。      |
| (2) 高雄海域風浪模組及海域水動力模組分別納入海象模擬作業化系統，請說明建置測試與模擬結果校驗規劃。                 | 此部份於期末報告充說明。                                                                                                  | 原則同意辦理。      |
| (3) 請加強系統之推廣與宣導。                                                    | 本計畫除了每年辦理教育訓練以外，亦配合運研所規劃亮點行銷事項，辦理計畫推廣事宜。                                                                      | 原則同意辦理。      |
| <b>(二)許弘莒委員</b>                                                     |                                                                                                               |              |
| 1. 計畫摘要請再補充修正。                                                      | 期末報告再補充修正。                                                                                                    | 原則同意辦理。      |
| 2. 將原訂工作項目與已完成之內容整理成表，以利檢核達成率。                                      | 謝謝委員建議。                                                                                                       | 原則同意辦理。      |
| 3. 請整理 4 年期計畫精進改善之處，並與前期比較，例如每年改善哪些項目等。                             | 目前執行第 2 年計畫，系統改善項目將於期末報告做整理呈現。                                                                                | 原則同意辦理。      |
| 4. 補充說明第 1-4 頁，1.3 節最後一行「擬完成系統相關模組改善工作」之細節（如：改善模式哪方面，或控制方程式等）。      | 謝謝委員意見，系統改善工作於期末報告第 2 章做完整說明。                                                                                 | 原則同意辦理。      |
| 5. 在第四章與第五章模式模擬與校驗以及預測成果評估部分，其比較結果仍有些誤差，請釐清其原因，並說明可能改善之方法。在天文潮水位模擬部 | 謝謝委員建議。預測成果評估部分(第五章)目的僅忠實呈現系統與觀測值現況，有關模擬誤差原因的探討會分散出現在 2-3 節、                                                  | 原則同意辦理。      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                   | 合作研究單位處理情形                                              | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------|
| 分，請與近幾年模擬結果進行比較分析。                                                                                                                                              | 第 3 章及第 5 章。                                            |              |
| 6. 請考慮氣候變遷因素，針對 IPCC 的各類情境評估其對港灣之影響，並釐清其波、潮、流長期趨勢之變化？                                                                                                           | 謝謝委員意見，此非本計畫執行重點及工作項目。                                  | 原則同意辦理。      |
| 7. 建議整理模式率定與驗證後之參數值，TaiCOMS 2.0 除了細尺度港域波流模式與二維水動力 (FEHDM) 外，大部分均為 open source。建議可整理模擬成果，提供 1 套標準化的模擬分析程序以及相關率定後之參數值，以建立 1 套近岸或中尺度之波浪模擬之規範（如同環保署公告之河川水質模式的技術規範）。 | 謝謝委員建議。WAM、SWAN 及 REF/DIF 為免費下載程式碼，各模組相關設定及參數值均已提供港研中心。 | 原則同意辦理。      |
| <b>(三)鄭志宏委員</b>                                                                                                                                                 |                                                         |              |
| 1. 本案成果相當完整，論述清楚，給予肯定。                                                                                                                                          | 謝謝委員肯定。                                                 | 原則同意辦理。      |
| 2. 試驗成果可以跟模擬成果討論分析。                                                                                                                                             | 謝謝委員意見。                                                 | 原則同意辦理。      |
| 3. 建議對流場與航船進行分析，目前較缺乏此節成果。                                                                                                                                      | 謝謝委員建議，此非本計畫執行重點及工作項目。                                  | 原則同意辦理。      |
| 4. 高雄港第三港區，建議未來可納入評估。                                                                                                                                           | 目前僅針對現況，未來的規劃不在研究範圍內。                                   | 原則同意辦理。      |
| 5. 預報方式可再詳述。                                                                                                                                                    | 謝謝委員意見。系統及建置模組之預報方式，請參閱第 2 章、第 6 章及第 7 章。               | 原則同意辦理。      |
| 6. 海氣象預報方式可否納入 AIS 提供船方。                                                                                                                                        | 謝謝委員意見，此非本計畫執行重點及工作項目。                                  | 原則同意辦理。      |
| 7. 風、波、流的模擬，建議以區                                                                                                                                                | 此非本計畫工作項目，圖資呈現另有資訊服務案辦理資料圖臺                             | 原則同意辦理。      |

| 參與審查人員及其所提之意見                              | 合作研究單位處理情形                                                                                                   | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 域圖層表示。                                     | 展示事宜，並將各項模擬成果即時呈現於「港灣環境資訊網」。                                                                                 |              |
| 8. 報告內容第六章以後才進入高雄港主題，建議可改善，哪些是本案？哪些是文獻可分述。 | 報告內容依慣例將延續性工作項目排在前面章節，年度新增工作排在後面陳述。                                                                          | 原則同意辦理。      |
| 9. 第 2-18 頁臺北港港型有改變，第 2-20 頁高雄港型也已改變。      | 臺北港港型現況雖已改變，但尚未告一段落，故尚未針對現行模組建行修正研究；高雄港為今年研究重點，因此系統各模組高雄港港型均會配合修正。                                           | 原則同意辦理。      |
| 10. 第 5-9 頁預測跟實測成果缺少分析。                    | 統計及誤差分析會在年度報告中呈現。                                                                                            | 原則同意辦理。      |
| 11. 第 5-16 頁流速模擬與實測差異可檢討。                  | 謝謝委員意見。                                                                                                      | 原則同意辦理。      |
| 12. 第 6-5 頁海流變因可檢討。                        | 本計畫海象基本資料蒐集分析重點為統計特性。                                                                                        | 原則同意辦理。      |
| 13. 第 6-14 頁海流歷線監測成 2 個群體，可討論是否為潮汐引起。      | 6-14 頁線條代表流速(左側為其縱座標)，圓點代表流向(對應右側縱座標)。                                                                       | 原則同意辦理。      |
| 14. 本次以 SWAN 進行模擬，有無討論其他模式之研究。             | 謝謝委員意見，本計畫系統風浪模擬子系統，主要以 WAM、SWAN 模式，並以模擬大小規劃 3 層巢狀網格模擬為主。此外，系統尚有執行港區近岸波浪模擬子系統，為波浪折、繞射數值模式(REF/DIF)，請詳閱第 2 章。 | 原則同意辦理。      |
| 15. 臺灣港務股份有限公司建置之水平海流儀可參考運用。               | 謝謝委員意見。                                                                                                      | 原則同意辦理。      |
| <b>(四)陳文俊委員(書面意見)</b>                      |                                                                                                              |              |
| 1. 期中報告內容詳實，已涵蓋進度內的工作內容成果，值得肯定。            | 謝謝委員肯定。                                                                                                      | 原則同意辦理。      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                         | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                                                                       | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 2. 臺灣周圍海域風浪模式，目前基隆海域至澎湖海域間無相關模式，依過往經驗而言，未來是否有建置需要？另圖 2.11 中是否漏了基隆海域之圖框？                                               | 謝謝委員指正。於期末報告更新圖 2.11；依港研中心規劃後續仍有臺北海域及臺中海域小尺度風浪模組建置需求。                                                                                                                                            | 原則同意辦理。      |
| 3. 第 2-22 頁港區靜穩度模式中敘述網格解析度適用週期 8 秒以上波浪，意義為何？指的是網格大小與波長比值問題？週期指的是平均週期或譜峰週期？目前模擬 3 港之平均週期大致小於 6 秒以下。                    | <p>港區靜穩度模組採用的數值模式屬於橢圓型緩坡方程式，因此計算網格大小與波長之比值需維持在一定的比值範圍內，才能確保模擬結果的正確，因此在建立數值計算網格時必需先確定模組適用的波浪最小週期，考量會影響各港靜穩之波浪週期較大及節省電腦模擬運算時間，因此決定各港靜穩度模擬適用最小波浪週期為 8 秒。</p> <p>在實際作業化系統運作中，模擬波浪之週期條件則設計採用譜峰週期。</p> | 原則同意辦理。      |
| 4. 第 2-26 頁小尺度水動力模組中，花蓮港雖然外海坡陡水深，惟網格最大水深是否需達 2,000m（即外側邊界距離）才能有合理模擬結果？如改為 1,000m 或更淺，結果亦不錯，或可將外邊界縮近，縮小網格間距，以提升近岸解析成果。 | 由於小尺度水動力模組邊界條件必需由中尺度模組提供，因此小尺度水動力模組模擬範圍決定時必需考量中尺度模組網格解析度。目前中尺度模組在花蓮海域網格解析度可能不足以支援花蓮港海域水動力模組外海邊界向海岸移動。因此委員意見可於未來改善花蓮港海象模擬時再評估。                                                                    | 原則同意辦理。      |
| 5. 海域風浪模擬驗證結果中，由表 3-4 中發現臺北港在示性波高、平均週期、最大波高之比值與其他港相較，皆有偏小情形（即模擬值小於觀測值），其原因為何？另由表 4-2 亦發現臺北港潮位模擬之逐月誤差                  | 由於本計畫臺北港風浪模擬校驗點位為 AWAC 測站，本年度因缺乏 AWAC 測站觀測資料校驗，於工作會議中通過採用資料浮標資料校驗，因此採用模擬資料的點位不適合，可能為誤差大原因之一。                                                                                                     | 原則同意辦理。      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                   | 合作研究單位處理情形                                                      | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|
| (0.11m) 也較其他港稍大。                                                | 臺北港潮位模擬誤差大原因可能中尺度網格解析度及地形水深資料與現況差距大有關。                          |              |
| 6. 由圖 5.16 比較，各港中尺度暴潮模式所模擬之海流流速似比觀測值小，後續預測成果評估分析時可探討原因為何。       | 因各港觀測站較近岸，中尺度模組網格解析度並不適用。                                       | 原則同意辦理。      |
| 7. 有關高雄港潮汐資料，目前收集 KHTD01 資料，是否也會收集 KHTD05 站比較看看？該站似較接近洲際貨櫃中心。   | 感謝委員意見，KHTD05 觀測資料同樣有蒐集，並規劃用於模式模擬結果之校驗。                         | 原則同意辦理。      |
| <b>(五)本所港灣技術研究中心蔡立宏主任</b>                                       |                                                                 |              |
| 1. 海象量測之觀測值與本計畫模擬之模擬值間差異，除了受地形水深影響以外，也有可能來自於兩者定義或計算方式不一致，請再行確認。 | 遵照辦理。                                                           | 原則同意辦理。      |
| 2. 報告內容提及之靜穩模組，其使用模式或數值方法，請再補充說明。                               | 模式基本理論已放在附錄一                                                    | 原則同意辦理。      |
| 3. 蘇澳港靜穩模式，建議國立成功大學可嘗試再增大模擬範圍，避免模擬結果受地形影響。                      | 由於蘇澳港所在位置地形特殊，同時靜穩數值模擬需要配合所使用的學理理論，目前模擬範圍已在適當考慮下建置，爰模擬範圍不建議再擴大。 | 原則同意辦理。      |
| <b>(六)本所港灣技術研究中心林雅雯科長</b>                                       |                                                                 |              |
| 1. 期中報告建議放甘特圖，俾利瞭解目前及預定進度。                                      | 遵照辦理。                                                           | 原則同意辦理。      |
| 2. 第 1-1 頁所述臺東海岸公路及花蓮人定勝天路段公路通行事件頻傳一節，因近期並無通行事件，建議修改文字。         | 遵照辦理，納入期末報告修正。                                                  | 原則同意辦理。      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                  | 合作研究單位處理情形                                                                             | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 3. 第 2-22 頁基隆港、花蓮港及蘇澳港港區靜穩模擬子系統，建議展示於報告中。                                      | 遵照辦理，納入期末報告補正。                                                                         | 原則同意辦理。      |
| 4. 第 2-44 頁澎湖海域風浪及水動力模組校驗工作，並沒有看到潮位之資料蒐集。                                      | 感謝委員意見，納入期末報告補充說明。                                                                     | 原則同意辦理。      |
| 5. 第 3-3 頁表 3-3 及第 3-7 頁表 3-4 臺北浮標、布袋及安平浮球之波浪觀測資料統計，建議確認及更新，臺北港波高模擬值偏低，後續如何精進？ | 遵照辦理。臺北港原波高模擬校驗對象為 AWAC 測站，因此未來模擬校驗對象仍應以 AWAC 測站為主，若 AWAC 測站後續不再觀測時，再檢討如何改善與資料浮標間之差異性。 | 原則同意辦理。      |
| 6. 第 4-25 頁圖 4.24 及圖 4.25 呈現颱風期間暴潮偏差分析歷線圖，為潮位觀測值減天文潮位值，建議增加呈現潮位模擬值減天文潮位值之結果。   | 此部份規劃於颱風期間暴潮模擬校驗呈現。                                                                    | 原則同意辦理。      |
| 7. 第 5-7 頁圖 5.8 高雄港波浪輸出點於二港口，AWAC 的位置於一港口，建議檢核釐清。                              | 遵照辦理，納入期末報告修正。                                                                         | 原則同意辦理。      |
| <b>(七)本所港灣技術研究中心傅怡釗副研究員</b>                                                    |                                                                                        |              |
| 1. 報告書 2.3.1 節，請補充圖 2.54、圖 2.55 比對圖之誤差分析說明。                                    | 遵照辦理，納入期末報告補正。                                                                         | 原則同意辦理。      |
| 2. 建議表 3-4 調整表格表示方式，波高、平均週期、譜峰週期 3 物理量之比值、平均、標準偏差結果，要區分清楚，俾利閱讀。                | 遵照辦理，納入期末報告補正。                                                                         | 原則同意辦理。      |
| 3. 圖 5.1 風力位置有異動，請再確認，圖 5.1~圖 5.9 圖標「B」，是否改成「T」較恰當。                            | 遵照辦理，納入期末報告補正。                                                                         | 原則同意辦理。      |
| 4. 報告書 6.4 節，請補充芙蓉颱風                                                           | 遵照辦理，納入期末報告補正。                                                                         | 原則同意辦理。      |



| 參與審查人員及<br>其所提之意見        | 合作研究單位<br>處理情形 | 本所計畫承辦單位<br>審查意見 |
|--------------------------|----------------|------------------|
| 風路徑圖以輔助說明。               |                |                  |
| 5. 圖 7.1 請刪除藍色公路部分。      | 遵照辦理，納入期末報告補正。 | 原則同意辦理。          |
| 6. 報告書有多處「已」，誤植成「己」，請修正。 | 遵照辦理，納入期末報告補正。 | 原則同意辦理。          |



## 附錄六

### 期末報告審查意見處理情形表



## 交通部運輸研究所合作研究計畫(具委託性質)

### □期中■期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)－建置高雄海域模組

合作研究單位：國立成功大學

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                      | 合作研究單位處理情形                                                                      | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>(一)簡連貴委員(書面意見)</b>                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                 |              |
| 1. 本計畫屬長期延續推動計畫，除例行海象模擬作業化系統校修與運維、改善研究、模擬與校驗、預測成果評估外，今年主要研究重點包括高雄海域風浪模組建置、水動力模組建置等課題，工作項目多且具相當困難度與挑戰性高，相當不容易，本年度維運紀錄累計達72次(略高於111年度69次)，配合高雄港洲際貨櫃中心之港型改變，本年度完成高雄海域風浪模組及水動力模組之建置，以及風浪、水位及流速初步模擬結果之比對，期末報告內容相當豐碩，大致符合要求，請強化颱風侵襲期間，本研究相關結果，提供做為防災預警之成效說明，以彰顯本研究績效與貢獻。 | 謝謝委員肯定與建議。                                                                      | 謝謝委員肯定。      |
| 2. 目前已建置「臺灣近岸海象預測系統 2.0」，請強化今年度臺灣近岸海象模擬作業化系統維運與改善之重點內容說明，及加強內部使用者意見回饋改善處理情形。                                                                                                                                                                                       | 於本年度 112 年港灣環境資訊網使用者說明會上之內部及外部使用者之反饋，多是針對港灣環境資訊網頁之建議。本計畫內部使用者意見均會利用每月工作會議討論及處理。 | 原則同意辦理。      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                   | 合作研究單位處理情形                                                                                                                                               | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 3. P2-17 ~ P2-21 圖 2.22 ~ 圖 2-29, P2-28~P2-32 圖 2.38~圖 2.45, 請說明水深分布資料來源, 建議加強臺灣近年近岸水深更新。                                       | 各港口波浪及水動力模組使用的地形水深資料包括當年度港內水深調查資料、近期海域水深調查資料及海軍水道圖數化水深資料。此外, 配合模組更新或新建工作同步更新港內及近岸海域水深資料。                                                                 | 原則同意辦理。      |
| 4. Linux 作業系統原採用為 SUSE Linux Enterprise Server 12 版本, 今年度轉換為 Ubuntu 22.04 LTS, 請補轉換後之運作情形; 本年度常見維護事件整理, 具有參考價值, 建議後續建立維護手冊案例參考。 | 謝謝委員建議。以 Linux 平臺來說不管是 Red Hat、SUSE、CentOS、Ubuntu 等各家都有其優點及缺點, 但以中文化的完善程度及桌面設計親和度, Ubuntu 都較優, 也具備基本的伺服器功能, GUI 介面及文字介面模式也都方便使用者維運。伺服器維護紀錄並已更新至 2023/11。 | 原則同意辦理。      |
| 5. P2-40 表 2-7 2022/09~2023/05 伺服器維護紀錄, 名稱請修正為「2022/09~2023/08 伺服器維護紀錄」。                                                        | 謝謝委員指正, 已更正。                                                                                                                                             | 原則同意辦理。      |
| 6. 表 3-3 請加強說明基隆港觀測資料蒐集率較低(87.9%), 及最大波高 5.76m, 平均週期 5.24sec 之可能原因。另建議加強近年比較趨勢分析及相關檢驗參數研析。                                      | 謝謝委員建議, 蒐集率主要針對進入資料庫數量進行統計, 本計畫僅呈現觀測資料狀況, 相關原因探討非本研究內容。                                                                                                  | 原則同意辦理。      |
| 7. 本年度 8 海域風浪模擬值與觀測值間常態化均方根誤差(NRMSE)與相關係數(R)分析如表 3-5, 請說明 $R < 0.3$ 低度相關, 臺北港資料有疑慮, 及布袋港、安平港資料未提供之可能原因與因應對策。                    | 安平港及高雄港平均週期及譜峰週期相關係數偏低原因, 主要為觀測值變化趨勢與風場預測峰面強弱之關係不明顯所致。                                                                                                   | 原則同意辦理。      |
| 8. 臺灣近岸海象預測作業化成果評估, 採用自動化作業方                                                                                                    | 謝謝委員意見, 計畫團隊會配合運研所運技中心辦理相關事宜。                                                                                                                            | 原則同意辦理。      |

| 參與審查人員及<br>其所提之意見                                                   | 合作研究單位<br>處理情形                                 | 本所計畫承辦單位<br>審查意見 |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|
| 式執行，持續強化確保資料正確性及評估開放給各港務單位參考使用之可能性或機制。                              |                                                |                  |
| 9. 請強化颱風侵襲期間(如杜蘇芮、卡努颱風，及天使輪事件)，本研究相關結果提供做為防災預警應用之成效說明，以彰顯本研究績效。     | 謝謝委員意見，將納入報告書修正定稿之「8.3 節預期效益與應用情形說明」。          | 原則同意辦理。          |
| <b>(二)許弘莒委員</b>                                                     |                                                |                  |
| 1. 計畫摘要請再補充修正，請更詳盡地說明本年度之成果。另第八章補充「建議」；8-2 節第 4 點未見於期末報告之內容。        | 謝謝委員意見，納入報告書修正定稿補正。                            | 原則同意辦理。          |
| 2. 第六章高雄海域基本資料蒐集與分析略為簡略，建議可以再補充。                                    | 本計畫資料蒐集及分析內容主要因應建置風浪模組及水動力模組所需，所以報告僅就計畫重點部分說明。 | 原則同意辦理。          |
| 3. P7-1 (7.1 節) 新建構高雄海域之小尺度近海風浪模擬，指的是使用 SWAN 模組或是 REF/DIF 模組來進行模擬？  | 近海風浪模擬採用 SWAN 數值模式。                            | 原則同意辦理。          |
| 4. 請補充說明圖 7.9 (P7-7) 波高模擬值偏低，然圖 7.10(P7-8) 在二港口測站之波高模擬值與實測值頗為一致之原因？ | 納入明年相關計畫進一步研究評估。                               | 原則同意辦理。          |
| 5. 7.3 節未見水動力模擬結果。                                                  | 正式報告已補充。                                       | 原則同意辦理。          |
| 6. 作業化之海象模擬是否引入同化技術來精進模擬成果。                                         | 目前未考慮資料同化相關技術                                  | 原則同意辦理。          |
| 7. 圖 2.2 作業化整體架構圖建議將使用之波浪模組 (如 WAM、SWAN 等) 加入圖中。                    | 謝謝委員建議，未來再評估是否納入數值模式。                          | 原則同意辦理。          |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                              | 合作研究單位處理情形                                                                                                | 本所計畫承辦單位審查意見             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 8. 圖 2.30 港區近岸波浪整體模擬架構圖建議能於文中說明其流程。                                                        | 謝謝委員建議，已補充說明作業化模擬流程。                                                                                      | 原則同意辦理。                  |
| 9. 圖 2.46 波高指的是示性波高？其定義為何？請補充。                                                             | 本文波高均代表示性波高，風浪模組示性波高定義詳式(3.1)。                                                                            | 原則同意辦理。                  |
| 10. 整體而言，本計畫工作項目均達成且成果良好，值得肯定！其中在杜蘇芮颱風之颱風波浪模擬成果與實測資料頗為一致，建議能詳細整理（特別是起始條件、邊界條件、率定之參數等），並投稿。 | 謝謝委員肯定及建議。                                                                                                | 本年度計畫成果已投稿第 45 屆海洋工程研討會。 |
| <b>(三)鄭智文委員</b>                                                                            |                                                                                                           |                          |
| 1. 報告內容資料豐富完整，多面向建構與精進維運海氣象預測模擬系統，對高雄港未來發展助益甚大，值得肯定。                                       | 謝謝委員肯定。                                                                                                   | 感謝委員意見。                  |
| 2. 建議各章節可再強化其內容或成果與計畫目的之關聯性，以達成一致之計畫目標。                                                    | 謝謝委員建議。                                                                                                   | 感謝委員意見。                  |
| 3. 有關圖 2.4 本計畫採用中央氣象署水平網格之模擬範圍，考量氣候變遷，海水溫升，建議採納範圍應可再往北調整，納入日本鄰近海域。                         | 感謝委員意見，大尺度風浪模組已涵蓋日本鄰近部份海域，數值模式計算是先計算大尺度範圍，接著計算中尺度，再計算到小尺度範圍，故風浪模擬部分已有考慮到日本鄰近海域，但若委員意指海水溫度模擬，則非本計畫系統模擬物理量。 | 原則同意辦理。                  |
| 4. 有關 2.1.2 波浪模擬系統及水動力模擬系統，建議可考量納入高雄港洲際商港區域範圍。                                             | 本年度新建高雄海域小尺度風浪模組及水動力模組，已納入高雄港洲際商港區域範圍。                                                                    | 原則同意辦理。                  |
| 5. 有關水動力模擬系統及暴潮溢淹範圍之模擬，建議可考量                                                               | 本計畫水動力模擬系統僅能模擬預測高雄港暴潮水位，無法模擬                                                                              | 原則同意辦理。                  |



| 參與審查人員及<br>其所提之意見                                                                | 合作研究單位<br>處理情形                                            | 本所計畫承辦單位<br>審查意見 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|
| 納入高雄港鄰近周邊之鼓山區及鹽埕區。                                                               | 暴潮溢淹範圍。                                                   |                  |
| 6. 有關 2.3.1 澎湖海域風浪模組校驗，在譜峰週期呈現低度相關性，是否與澎湖鄰近海域島嶼多，水深與地形變化較大有關。                    | 初步判斷關聯性低，仍需進一步測試與分析。                                      | 原則同意辦理。          |
| 7. 表 2-9 與下一頁之圖 2.56，所要表現之示性波高、平均週期、譜峰週期及平均波向，其中英文標示建議應一致或加註，以便於閱讀及核對。           | 已補充。                                                      | 原則同意辦理。          |
| 8. 風浪模擬或颱風波浪模擬結果，在臺灣西南海域之高雄港或安平港，其相關性多不高，是否因為位於颱風行徑方向的背風面有關。                     | 謝謝委員意見，不排除與颱風行徑方向的背風面有關。                                  | 原則同意辦理。          |
| 9. 暴潮之發生與潮汐、颱風方向與颱風延時有高度相關，颱風期間波向的模擬對港口靜穩度及封港時間之發布至關重要，故對本計畫之研究成果與後續應用，值得期待。     | 謝謝委員肯定。                                                   | 原則同意辦理。          |
| 10. 有關圖 5.8 高雄港海氣象之模擬值輸出點位置，建議可否調整範圍至較為靠近高雄港洲際港區，以做為未來對洲際港區靜穩度、波高、流向模擬預測之外海波浪來源。 | 受到中尺度網格解析度影響，不宜移近，因為內插可能導致輸出結果失真；本計畫已新建小尺度模組將可改善距離可能太遠問題。 | 原則同意辦理。          |
| <b>(四)陳文俊委員(書面意見)</b>                                                            |                                                           |                  |
| 1. 期末報告內容豐富，對系統運作有絕對幫助，給予委辦單位及執行團隊之配合、努力給予肯定。                                    | 謝謝委員肯定。                                                   | 感謝委員意見。          |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                            | 合作研究單位處理情形                                                                                                     | 本所計畫承辦單位審查意見             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 2. 建議檢視報告圖表中皆有單位者，建議加註，較易瞭解。                                                                                                                                                                                                                             | 納入修正定稿報告書修正。                                                                                                   | 原則同意辦理。                  |
| 3. 目前報告中各港呈現之圖幅座標有採 WGS84 或 TWD97，是否可統一？抑或有特別考量。另圖 2.38 基隆港海域水動力模組之模擬範圍及水深圖，各港皆為 TWD97，惟基隆港卻是 WGS84 系統。                                                                                                                                                  | 基隆港已更新為 TWD97 系統，納入修正定稿報告書補正。                                                                                  | 原則同意辦理。                  |
| 4. 第 2-34 頁表頭 2023/05 應改為 2023/08，另文中敘述及表中內容是否可補足至契約服務期限。                                                                                                                                                                                                | 已更正，因本案為每年持續性計畫，系統維護紀錄表目前呈現到 8 月，係配合本案產製評估報告書之評估時間，但其實每月維護工作都有專案工程師紀錄在案，後續可在明年計畫工作會議再行討論維護紀錄是否要呈現至契約服務期限。      | 感謝委員意見，後續可在明年計畫工作會議再行討論。 |
| 5. 風浪模擬與校驗中 P.3-3 敘述推論臺北港今年觀測波向（與 2022 年比較）可能有誤，是否有請運輸技術研究中心瞭解，抑或與其他年度資料再比對？另臺北港於波高、週期之模擬結果較差，據回覆說明係網格解度及水深地形與實際現況差異大所致，不知是否可於明年給予精進改善？另於軒嵐諾及杜蘇芮颱風之模擬而言，平均波高及最大波高皆有模擬結果較大，尤其杜蘇芮颱風於基隆港之偏高比值超過 3 倍，花蓮港於軒嵐諾亦有偏高比 2.01 情形，除可能是觀測值較小之原因外？能否藉其他颱風之校驗參數來提升模擬結果？ | 已於工作會議反應，臺北港已預定於 114 年計畫建置臺北港海域小尺度風浪模組，再配合修訂中尺度風浪模組地形水深及港型。除基隆港測站位置較接近港口可能受東防波堤遮蔽影響外，其他港口偏大原因主要與 M04 風場預報結果有關。 | 原則同意辦理。                  |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                                      | 合作研究單位處理情形                                                             | 本所計畫承辦單位審查意見 |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 6. 第四章有關杜蘇芮颱風期間暴潮偏差模擬結果皆無法反映出觀測結果，敘述是本計畫預報風壓場與實際現象存在顯著差異所致，不知其他颱風是否有一樣狀況？有無明年精進可能？ | 杜蘇芮颱風為近年來直接影響西南海岸之颱風，同時在高雄港等港口產生顯著暴潮偏差之案例。納入明年計畫持續分析颱風事件，適時評估。         | 原則同意辦理。      |
| 7. 高雄港海域風浪模組之三層巢狀網格建置表 7-1 中，其解析度為 $0.008^\circ$ ，是否能反映出近岸水深地形及模擬之合理性？             | 仍有不足之處，如離岸堤長度僅 400M，模式僅能設定它存在，其對模擬結果之影響納入明年計畫評估。                       | 原則同意辦理。      |
| <b>(五)本所運輸技術研究中心蔡立宏主任</b>                                                          |                                                                        |              |
| 1. 澎湖風浪模組，冬季 $T_m$ 模擬值偏低，其與觀測之定義是否相同，由於澎湖有小島，是否與格網點有關？                             | 基本上所得到的資訊是相同，但波譜處理的維度應該不一致，此可能會影響二者計算結果出現差異，目前無法進一步評估可能的差異幅度。          | 原則同意辦理。      |
| 2. 高雄港小尺度近海風浪模組，目前格網在離岸堤的影響效果能呈現？                                                  | 俟明年進行精進高雄海域風浪及水動力模組工作時再行評估。                                            | 原則同意辦理。      |
| <b>(六)本所運輸技術研究中心林雅雯科長</b>                                                          |                                                                        |              |
| 1. 分佈圖建議可採用 EPS 等向量檔格式提高解析度。                                                       | 謝謝委員建議，目前作業系統無此功能，除非透過運技中心地理資訊系統出圖。                                    | 原則同意辦理。      |
| 2. 第 2-47 頁圖 2.56 澎湖資料浮標觀測之平均週期變化隨示性波高變化之趨勢不明顯，是否為通案，建議釐清。                         | 目前未深入分析，但今年安平港、高雄港 AWAC 觀測資料也有此現象，後續將再持續觀察。                            | 原則同意辦理。      |
| 3. 第 2-55 頁澎湖天文潮模擬值與調和分析在流速南北向的相關係數為 0.215，低度相關，其原因建議補充。                           | 速度大小的差異及相位差均是影響相關係數之因素，因為網格解析度及缺乏測站海域實測地形水深資料，目前暫無改善方法。此外，海流觀測資料處理方法的合 | 原則同意辦理。      |

| 參與審查人員及其所提之意見                                                         | 合作研究單位處理情形                                    | 本所計畫承辦單位審查意見                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                       | 理性亦可能是影響原因。                                   |                                                                                                                         |
| 4. 第 3-25 頁基隆港波流儀示性波高觀測值偏小，請再檢核原因。                                    | 由觀測資料分析的數據，本計畫無法進一步檢核原因，此部份需運技中心釐清。           | 原基隆港布設波流儀位置，經本所一段時間觀察，量測波高有偏小情形，推測其原因為受港域地形遮蔽影響，且布設位置在航道上，有影響航安疑慮，該波流儀已於 112 年 8 月移站至附近，移站後量測波高有比之前較大，量測情形可於 113 年計畫呈現。 |
| 5. 第 4-38 頁至第 4-39 頁預報風壓場與中央氣象署颱風中心位置比較，中央氣象署颱風中心位置與颱風警報單上位置不同，建議再確認。 | 本計畫係依據颱風警報單發布時間及其中心位置坐標繪圖。                    | 原則同意辦理。                                                                                                                 |
| 6. 第 7-6 頁高雄港一、二港口示性波高模擬值明顯低於觀測值，第二港口示性波高模擬值與觀測值相近。                   | 目前模擬輸出結果確實呈現此現象，文章敘述會再配合圖 7.7~圖 7.12 比對結果做修正。 | 原則同意辦理。                                                                                                                 |
| 7. 第八章僅結論、預期效益與應用情形，應增加建議。                                            | 納入期末報告修正定稿辦理。                                 | 已於修正定稿辦理補正。                                                                                                             |
| <b>(七)本所運輸技術研究中心傅怡釗副研究員</b>                                           |                                               |                                                                                                                         |
| 1. 圖 5.12 風力玫瑰圖沒有資料，與表 5-1 臺北港蒐集率 100%矛盾，請釐清修正。                       | 遵照辦理。                                         | 已於修正定稿辦理補正。                                                                                                             |
| 2. 第 6-1 頁，本計畫無取得土地等工作項目，有關敘述高雄港取得紅毛港土地一節，請寫出引用報告名稱，或適度酌修敘述語句。        | 已刪除本計畫，相關描述係摘自港務公司網站資訊。                       | 原則同意辦理。                                                                                                                 |

| 參與審查人員及<br>其所提之意見                                                               | 合作研究單位<br>處理情形                | 本所計畫承辦單位<br>審查意見 |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 3. 第 7-6 頁，建議補繪預報風場在高雄港風力模擬及觀測歷線比較圖，以加強波浪誤差來源自預報風場誤差之論述。                        | 岸上風力比對無法直接說明海面風場偏差對波浪模擬結果之影響。 | 原則同意辦理。          |
| 4. 第八章，請補充「8.2 建議」一節；另在 8.2 預期效益與應用情形，建議可對於本年度進行澎湖風浪及水動力校驗工作，增進系統哪些效益或應用，做補充說明。 | 納入期末報告修正定稿辦理。                 | 已於修正定稿辦理補正。      |
| 5. 報告書修正定稿請補充中、英文摘要，附錄請增加本年度計畫成果行銷推廣活動及檢附相關照片。                                  | 遵照辦理。相關資料已整理成附錄。              | 原則同意辦理。          |
| 6. 後續請將計畫重要成果，製作可供展示之海報或影片。                                                     | 遵照辦理。                         | 原則同意辦理。          |



## 附錄七

### 期末簡報資料





# 112年 海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4) 建置高雄海域模組

## 期末報告審查簡報

計畫主持人：李兆芳 研究教授  
共同主持人：江朕榮 研究助理



委辦單位：交通部運輸研究所運輸技術研究中心  
執行單位：國立成功大學水工試驗所



期末  
審查

海氣象預測模擬系統之維運與精進(2/4)

1

13:30:45



### 簡 報 大 綱

- 壹 計畫概要
- 貳 海象模擬作業化系統維運與改善研究
- 參 臺灣周圍海域風浪及水動力模擬與校驗
- 肆 臺灣近岸海象預測作業化成果評估
- 伍 高雄海域基本資料蒐集與分析
- 陸 高雄海域風浪及水動力模組建置
- 柒 結論與建議

計畫概要

➤ 計畫緣起

本計畫屬於交通部運輸研究所112年科技綱要計畫「陸運及港灣設施防災技術研究(2/4)」之分項計畫「港灣環境防災創新應用研究」下執行之子計畫。

➤ 計畫目的

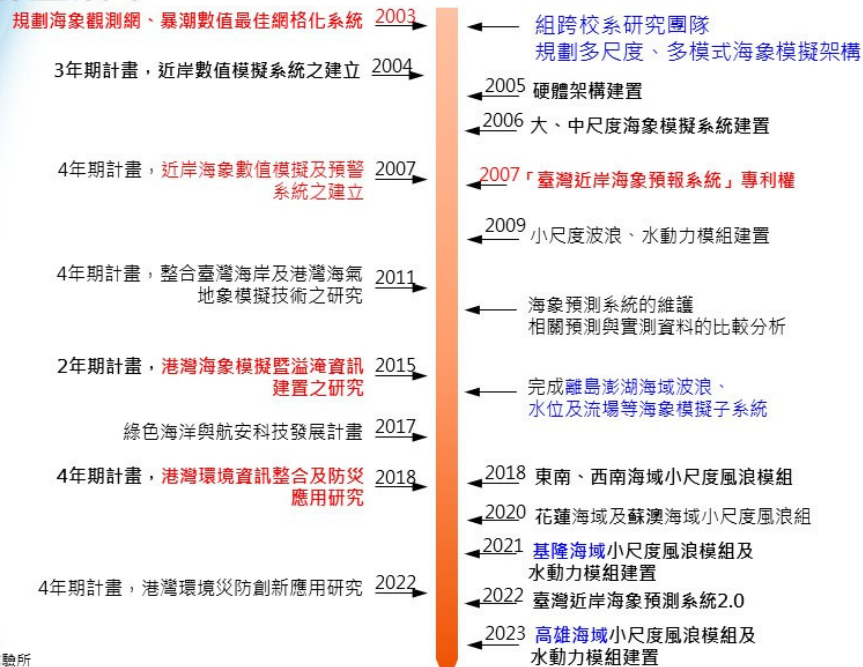
- 針對運研所港灣技術研究中心「臺灣近岸海象預測系統2.0」(TaiCOMS 2.0)進行維護；
- 配合近年港灣工程完工，修正模式港型以提供臺灣及離島主要港口港域及海岸公路鄰近海域之風力、波浪、水位及流場海象模擬資料。

➤ 計畫重要性

- 平時提供風場、波浪、水位及流場等即時海象資訊，以供各港務單位港口船舶交通航運安全使用；
- 於颱風期間或面臨緊急海難及各種海岸災害(包括海岸公路)等防救時，亦可迅速提供救災必要海象模擬資訊。

計畫概要

➤ 計畫沿革

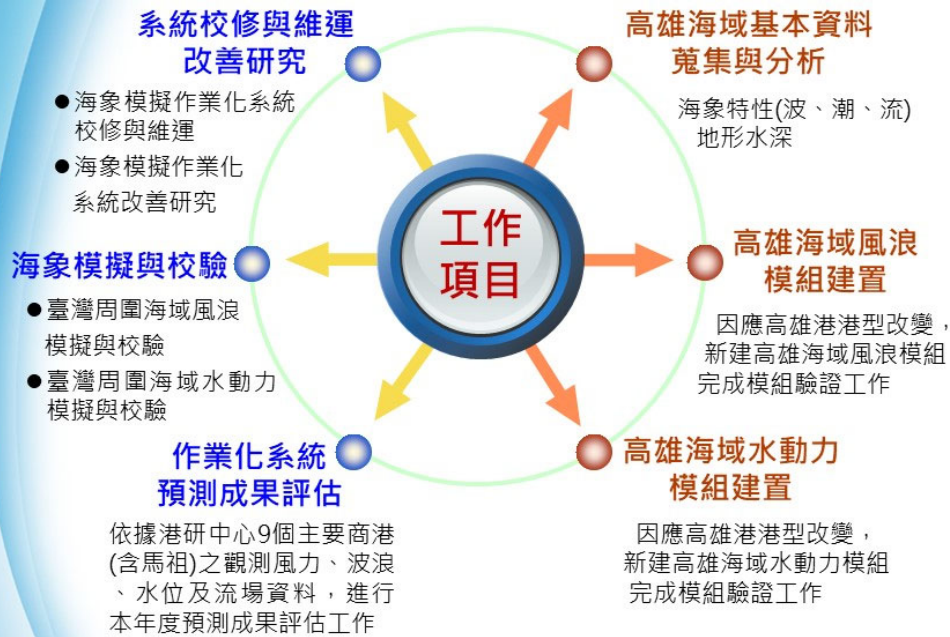


資料來源：成功大學水工試驗所  
整理(2023)



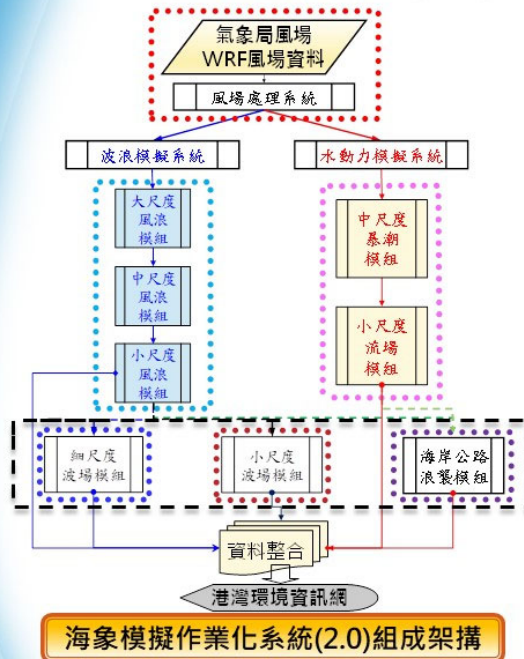
計畫概要

工作項目



系統維運與改善研究

海象模擬作業化系統(2.0)簡介



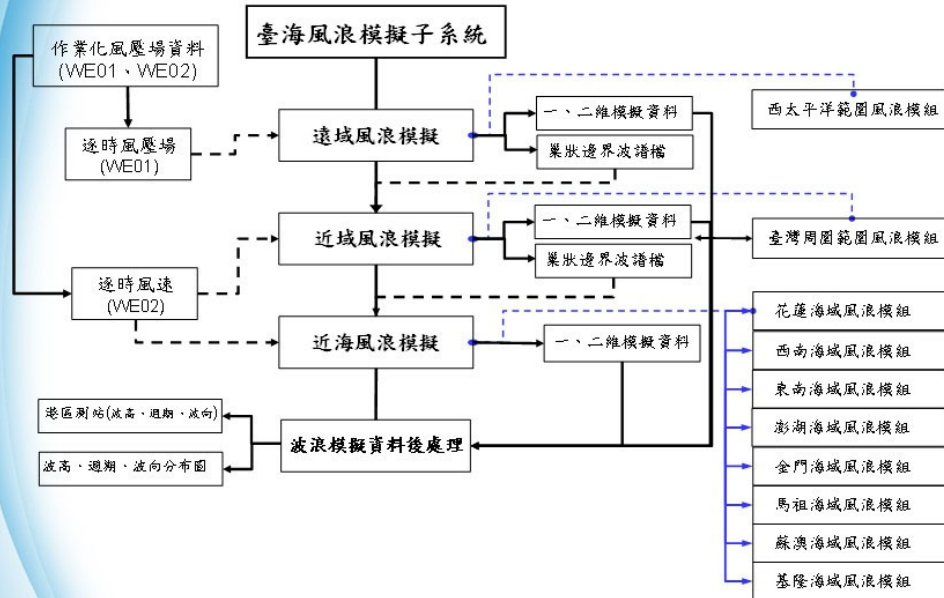
- ◆ **風場處理作業系統**  
每日 1 次作業化預測風壓場  
每日 4 次作業化預測風壓場  
每日 4 次預測風場展示圖
- ◆ **波浪模擬系統**  
臺海風浪模擬子系統(三層)  
各港近岸波場模擬系統(小)  
各港港域波場模擬系統(細)
- ◆ **水動力模擬系統**  
臺海水動力模擬子系統(2層)

■ 海岸公路浪襲模組



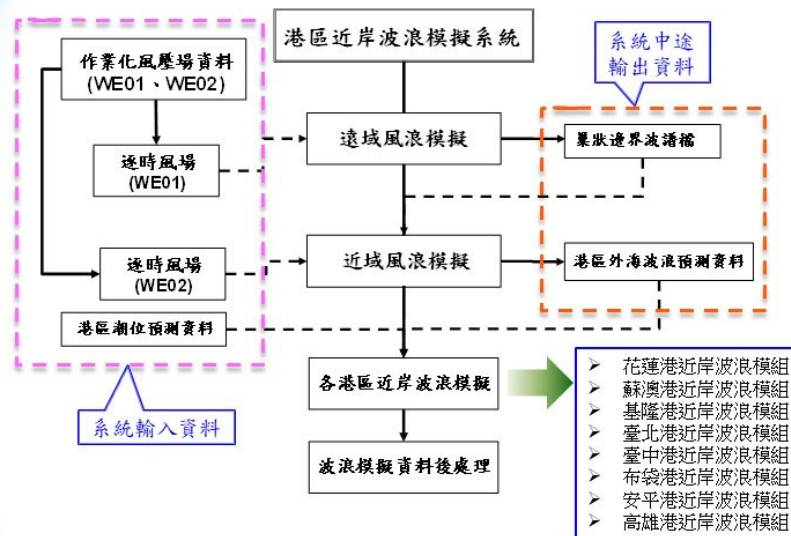
## 海象模擬作業化系統(2.0)簡介

### ◆ 臺海風浪模擬子系統組成架構



## 海象模擬作業化系統(2.0)簡介

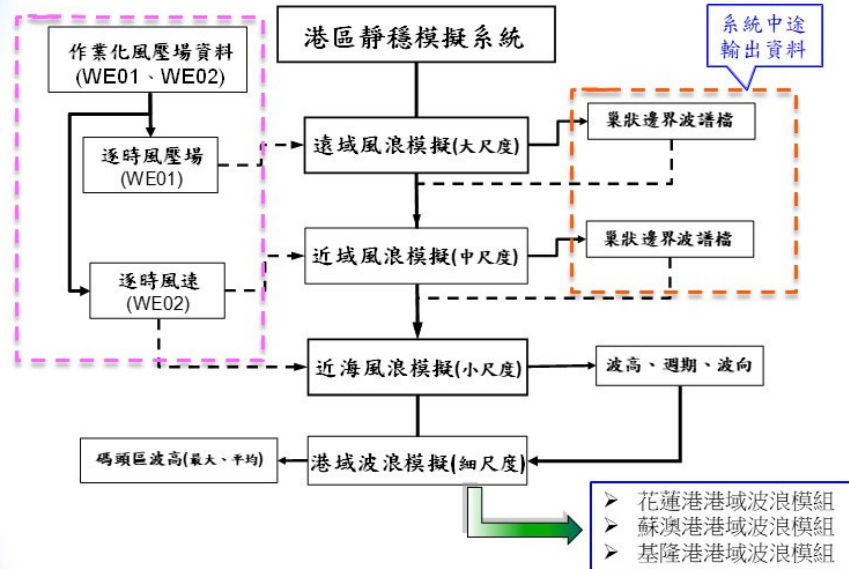
### ◆ 港區近岸波浪模擬子系統組成架構





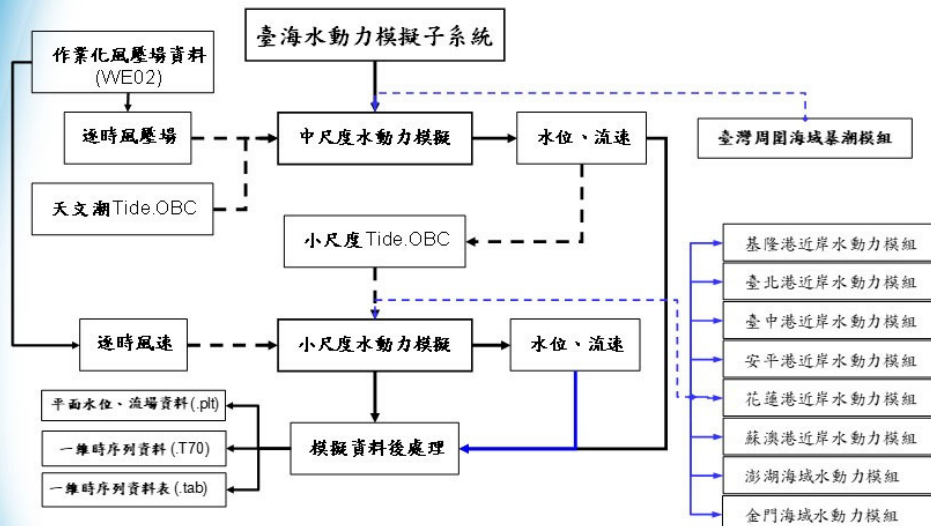
## ➤ 海象模擬作業化系統(2.0)簡介

### ◆ 港域靜穩模擬子系統組成架構



## ➤ 海象模擬作業化系統(2.0)簡介

### ◆ 臺海水動力模擬子系統組成架構



系統維運與改善研究

## 海象模擬作業化系統校修與維運

海象模擬作業化系統依伺服器(硬體)規劃區分為風場、臺海水動力模擬子系統、臺海風浪模擬子系統、近岸風浪模擬子系統、海嘯模擬子系統、花蓮及臺東海岸公路浪襲模擬子系統、馬祖港內波浪推算子系統及資料儲存備份伺服器。

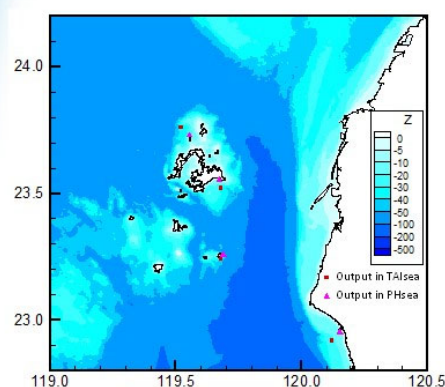
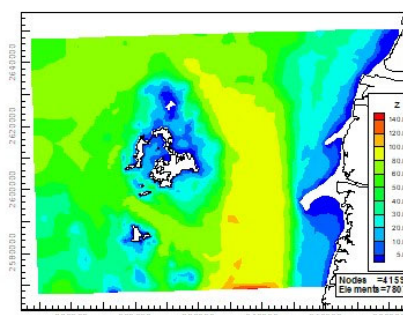
## 常見系統維護問題及事項

|                                  |
|----------------------------------|
| 風場資料下載不全問題                       |
| 伺服器更新及報廢等系統維護                    |
| 定期資料備份                           |
| 年度高低壓用電安全檢查及斷電時系統維護              |
| 配合 <b>港灣環境資訊系統</b> 輸出海象模擬相關資訊    |
| 協助 <b>海岸公路浪襲預警系統</b> 處理相關模擬資料    |
| 協助 <b>海嘯預警系統</b> 處理相關模擬資料        |
| 配合港研中心 <b>90天</b> 必須更新一次伺服器管理員密碼 |
| 每月進行 <b>windows update</b> 月套件更新 |

➤ 本年度維運記錄累計達72次 (略高於111年度69次)

## ➤ 澎湖海域風浪模組校驗工作

因應港研中心已於2022年於澎湖龍門港區外海建置資料浮標測站觀測波浪及海流，緣此辦理澎湖海域風浪及水動力模組校驗工作，並納入作業化系統執行。

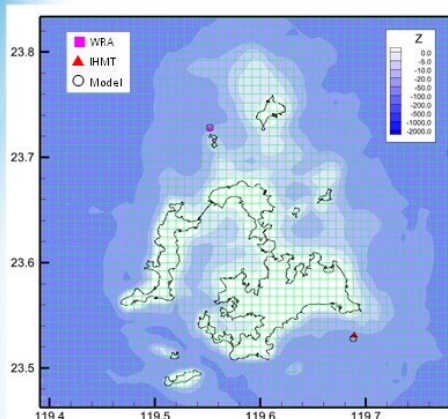
澎湖海域  
風浪模組

澎湖海域  
水動力模組

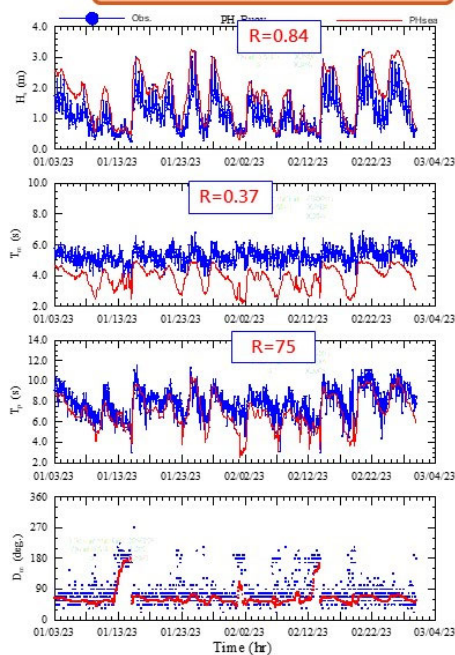


## ➤ 澎湖海域風浪模組校驗工作

## 風浪模組輸出點位修正

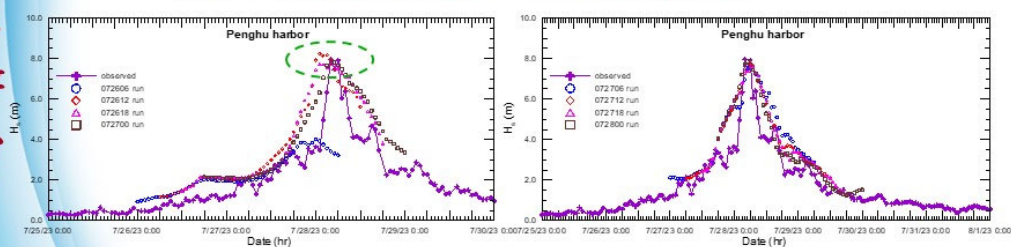
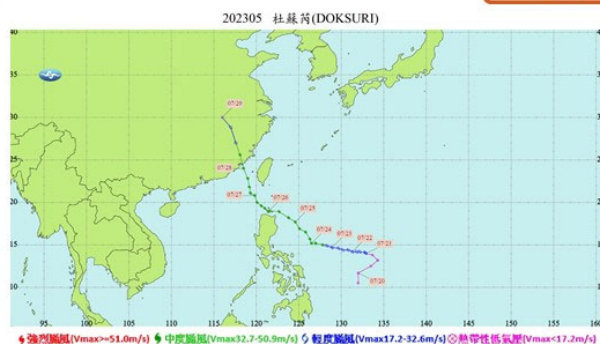


## 2023年1、2月 冬季波浪比較

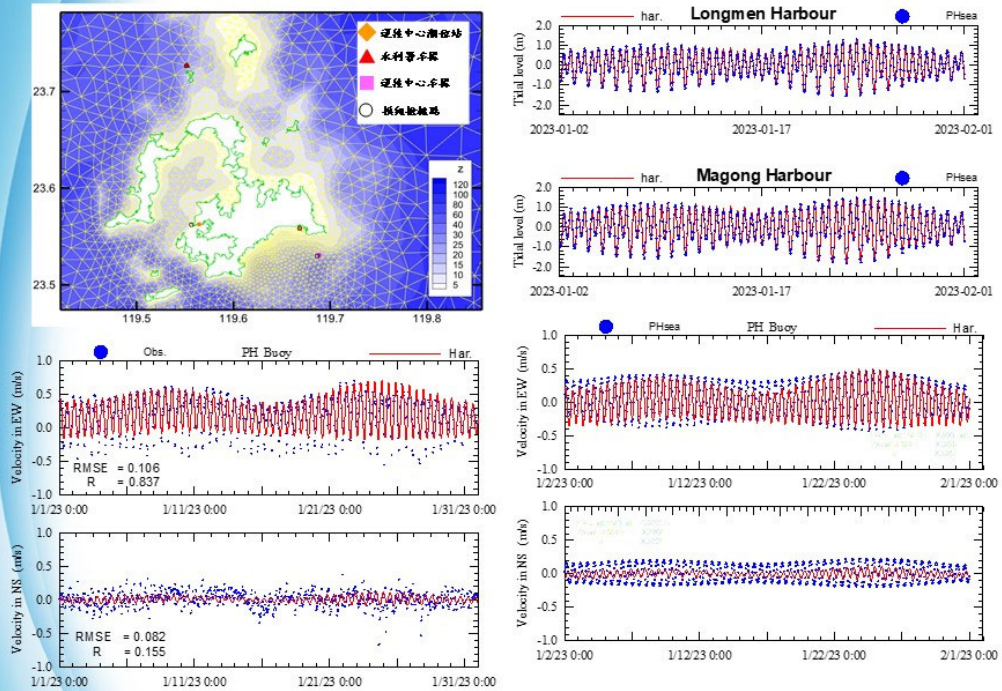


## ➤ 澎湖海域風浪模組校驗工作

### 颱風波浪模擬結果校驗

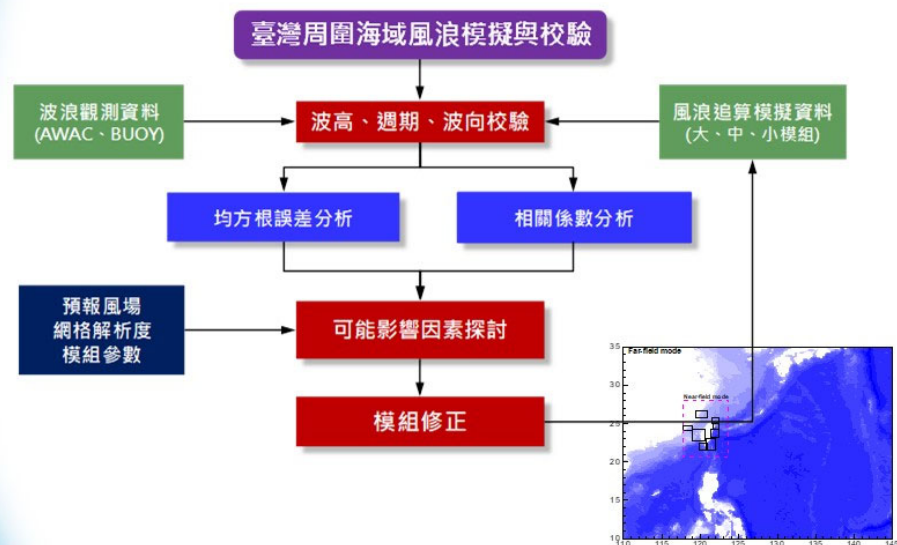


## 澎湖海域風浪模組校驗工作



## 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

- 依據港研中心風浪觀測資料(或CWB、WRA)校驗模式模擬結果，作為後續模式修正之依據；並針對本年度或歷史颱風資料進行模擬與評估。

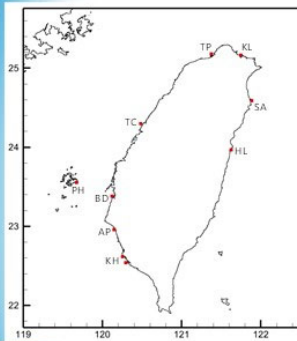




## 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

### 風浪觀測資料

#### 111年1、2月冬季風浪觀測資料



|           | 花蓮          | 蘇澳          | 基隆          | 臺中          | 高雄          | 臺北          | 布袋          | 安平          |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 資料數       | 1413        | 1343        | 1245        | 1395        | 1376*1      | 1400        | 1416        | 1414        |
| 蒐集率       | 99.8        | 94.8        | 87.9        | 98.5        | 97.1        | 98.9        | 100         | 99.9        |
| 示性波高平均(m) | 1.57        | 1.51        | 1.66        | 2.09        | 0.80        | 2.11        | 0.56        | 0.48        |
| 標準偏差(m)   | 0.471       | 0.368       | 0.906       | 0.835       | 0.184       | 1.114       | 0.251       | 0.115       |
| 平均週期平均(s) | 5.79        | 5.44        | 5.24        | 4.59        | 3.73        | 5.67        | —*2         | —*2         |
| 標準偏差(s)   | 0.633       | 0.680       | 0.813       | 0.665       | 0.465       | 0.865       | —           | —           |
| 端峰週期平均(s) | 8.85        | 8.89        | 7.89        | 7.11        | 6.48        | 7.70        | 7.79        | 6.84        |
| 標準偏差(s)   | 1.036       | 1.252       | 1.242       | 1.128       | 1.798       | 1.570       | 1.626       | 1.398       |
| 平均波向平均(°) | 92.7        | 79.6        | 19.5        | 23.3        | 275         | —*5         | 292         | 269         |
| 標準偏差(°)   | 14.3        | 16.4        | 7.2         | 9.8         | 24.2        | —           | 26.4        | 26.3        |
| 最大波高(m)   | 3.51        | 2.90        | 5.76        | 4.17        | 1.49        | 6.90        | 1.38        | 1.17        |
| 最大波高發生時間  | 01/27 19:00 | 01/01 01:00 | 01/24 12:00 | 01/24 09:00 | 01/24 09:00 | 01/24 07:00 | 01/24 13:00 | 02/12 18:00 |
| 來源        | AWAC        | AWAC        | AWAC        | AWAC        | AWAC        | Buoy*3      | FBall*4     | FBall       |

\*1—港口主站；\*2未提供；\*3資料浮標；\*4小型浮球式；\*5 資料有疑慮。

## 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

### 冬季風浪模擬結果校驗

#### 風浪模擬值平均統計特性

|           | 花蓮          | 蘇澳          | 基隆          | 臺中          | 高雄          | 臺北          | 布袋          | 安平          |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 資料數       | 1392        | 1392        | 1392        | 1392        | 1380        | 1392        | 1380        | 1380        |
| 蒐集率       | 98.3        | 98.3        | 98.3        | 98.3        | 97.5        | 98.3        | 97.5        | 97.5        |
| 示性波高平均(m) | 1.43        | 1.56        | 1.77        | 2.27        | 0.77        | 1.48        | 0.58        | 0.45        |
| 比值*       | 0.91        | 1.03        | 1.07        | 1.09        | 0.96        | 0.68        | 1.04        | 0.94        |
| 標準偏差(m)   | 0.654       | 0.620       | 0.915       | 1.350       | 0.303       | 0.783       | 0.257       | 0.176       |
| 平均週期平均(s) | 4.65        | 4.81        | 4.42        | 4.23        | 3.38        | 3.73        | —*1         | —           |
| 比值        | 0.80        | 0.88        | 0.84        | 0.92        | 0.91        | 0.66        | —           | —           |
| 標準偏差(s)   | 0.783       | 0.763       | 0.878       | 0.994       | 0.543       | 0.781       | —           | —           |
| 端峰週期平均(s) | 6.94        | 6.91        | 6.81        | 6.42        | 4.76        | 6.06        | 6.14        | 4.39        |
| 比值        | 0.78        | 0.78        | 0.86        | 0.90        | 0.73        | 0.79        | 0.79        | 0.64        |
| 標準偏差(s)   | 1.545       | 1.474       | 1.325       | 1.520       | 0.837       | 1.566       | 2.09        | 1.53        |
| 平均波向平均(°) | 83.7        | 74.9        | 44.6        | 6.9         | 298         | 9.7         | 303         | 300         |
| 差值(°)*2   | -9.0        | -4.7        | 25.1        | -16.4       | 23.0        | —           | 11.0        | 31.0        |
| 標準偏差(°)   | 25.4        | 27.8        | 22.5        | 20.5        | 22.2        | 24.2        | 15.1        | 38.8        |
| 最大波高(m)   | 4.49        | 3.97        | 5.01        | 4.17        | 1.90        | 4.29        | 1.11        | 1.17        |
| 比值        | 1.30        | 1.37        | 0.87        | 1.00        | 1.28        | 0.62        | 0.80        | 1.0         |
| 最大波高發生時間  | 01/24 15:00 | 01/24 16:00 | 01/24 11:00 | 01/24 09:00 | 01/24 14:00 | 01/24 10:00 | 01/24 13:00 | 01/24 13:00 |
| 時間延遲(hr)  | —*4         | —           | -1          | 0           | -5          | +3          | 0           | —           |

\*1模擬值/觀測值  
\*2模擬值-觀測值  
\*3資料庫未提供  
\*4超過1日者，代表非同一界面

#### 常態化均方根誤差、相關係數

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}} / \bar{O}$$

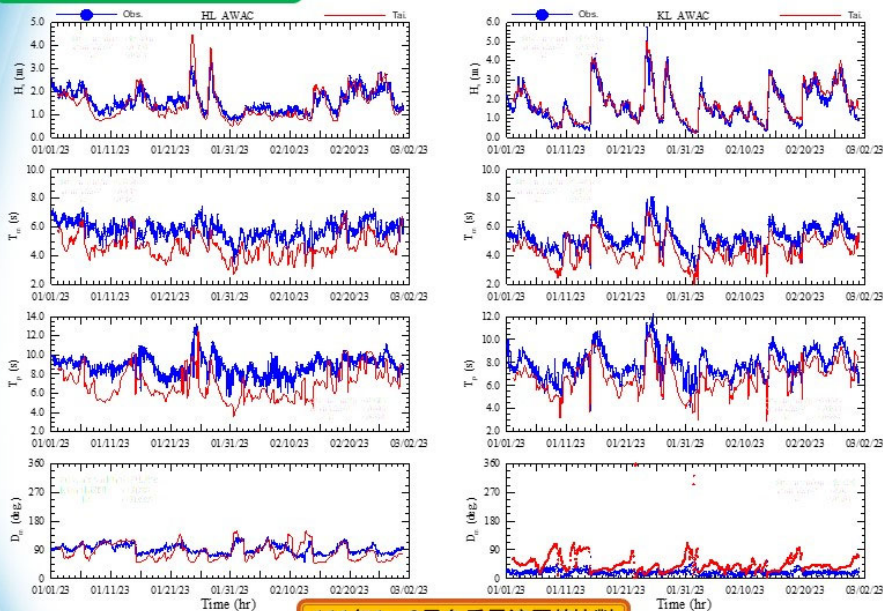
$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}}$$

| 港口  | 示性波高  |       | 平均週期  |       | 端峰週期  |       | 平均波向 |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|     | NRMSE | R     | NRMSE | R     | NRMSE | R     | RMSE | R     |
| 花蓮港 | 0.236 | 0.860 | 0.223 | 0.611 | 0.261 | 0.537 | 20.9 | 0.681 |
| 蘇澳港 | 0.282 | 0.768 | 0.165 | 0.592 | 0.256 | 0.648 | 18.0 | 0.808 |
| 基隆港 | 0.185 | 0.951 | 0.187 | 0.775 | 0.175 | 0.755 | 37.2 | 0.488 |
| 臺北港 | 0.396 | 0.924 | 0.357 | 0.727 | 0.267 | 0.679 | —*1  | —     |
| 臺中港 | 0.312 | 0.943 | 0.140 | 0.867 | 0.172 | 0.746 | 23.6 | 0.552 |
| 布袋港 | 0.237 | 0.868 | —*2   | —     | 0.304 | 0.597 | 29.0 | 0.207 |
| 安平港 | 0.294 | 0.613 | —*2   | —     | 0.456 | 0.111 | 42.9 | 0.439 |
| 高雄港 | 0.242 | 0.794 | 0.181 | 0.373 | 0.379 | 0.281 | 29.4 | 0.691 |

\*1:觀測資料有疑慮；\*2:觀測資料未提供。

# 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

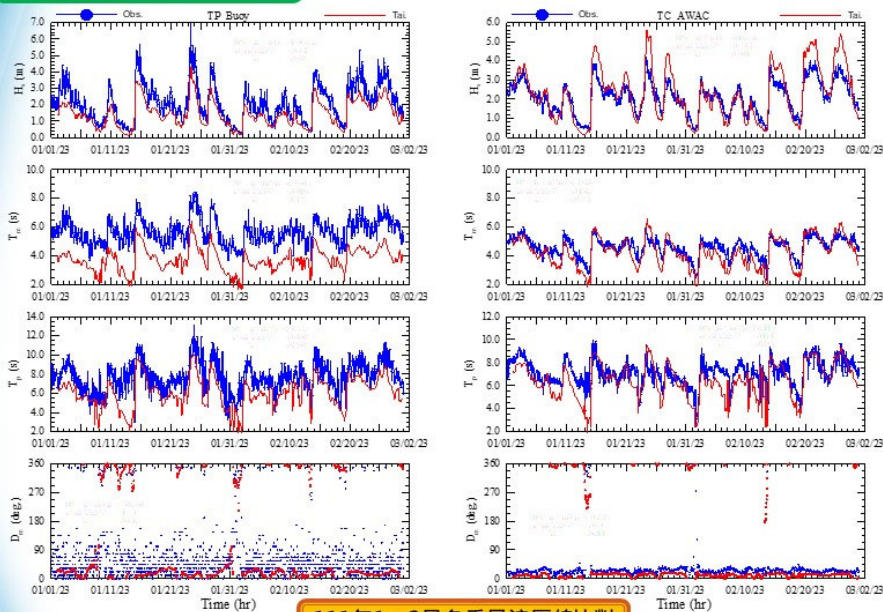
## 冬季風浪模擬結果校驗



111年1、2月冬季風浪歷線比對

# 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

## 冬季風浪模擬結果校驗

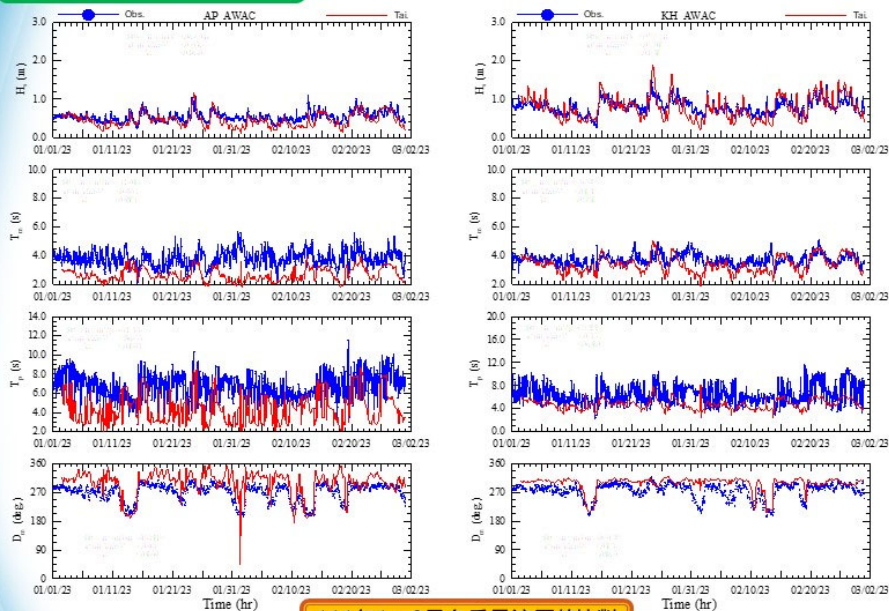


111年1、2月冬季風浪歷線比對



## 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

### 冬季風浪模擬結果校驗

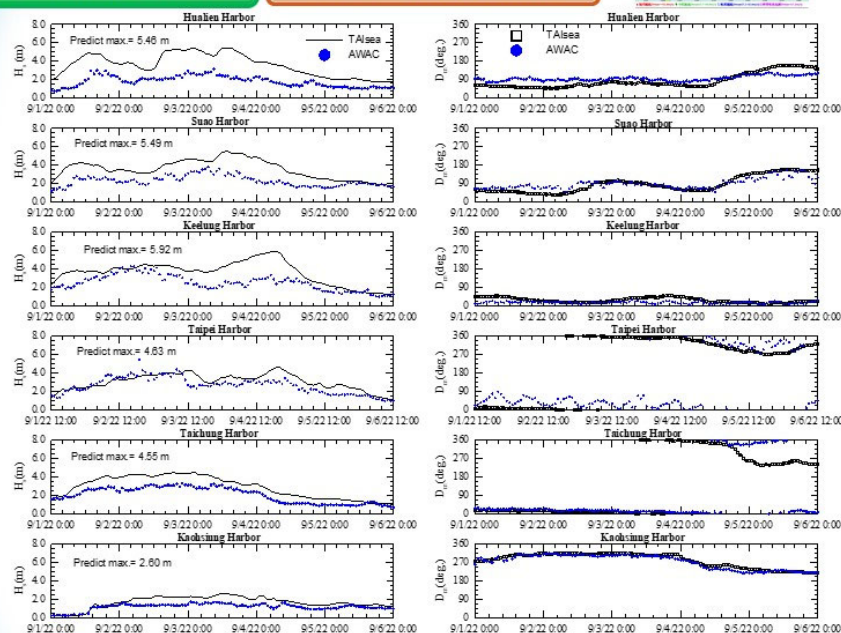


111年1、2月冬季風浪歷線比對

## 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

### 颱風波浪模擬結果校驗

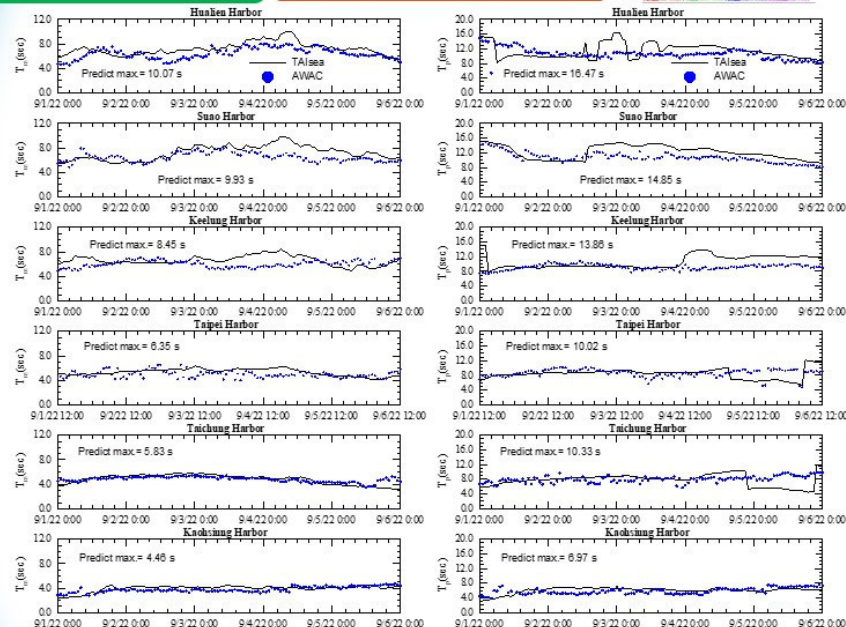
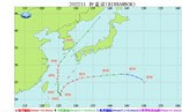
### 軒嵐諾颱風波浪歷線比對



# 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

## 颱風波浪模擬結果校驗

### 軒嵐諾颱風波浪歷線比對

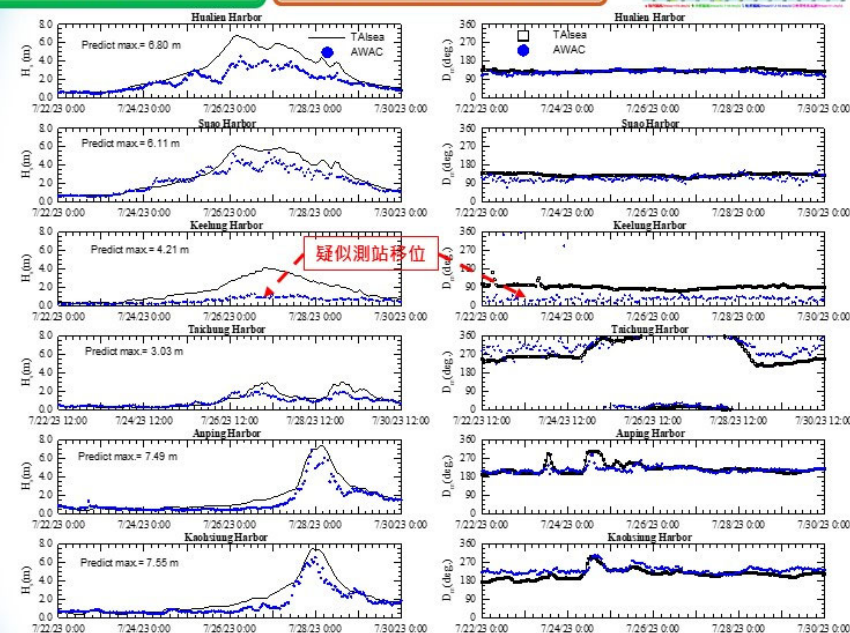


風浪、水動力模擬與校驗

# 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

## 颱風波浪模擬結果校驗

### 杜蘇芮颱風波浪歷線比對



風浪、水動力模擬與校驗

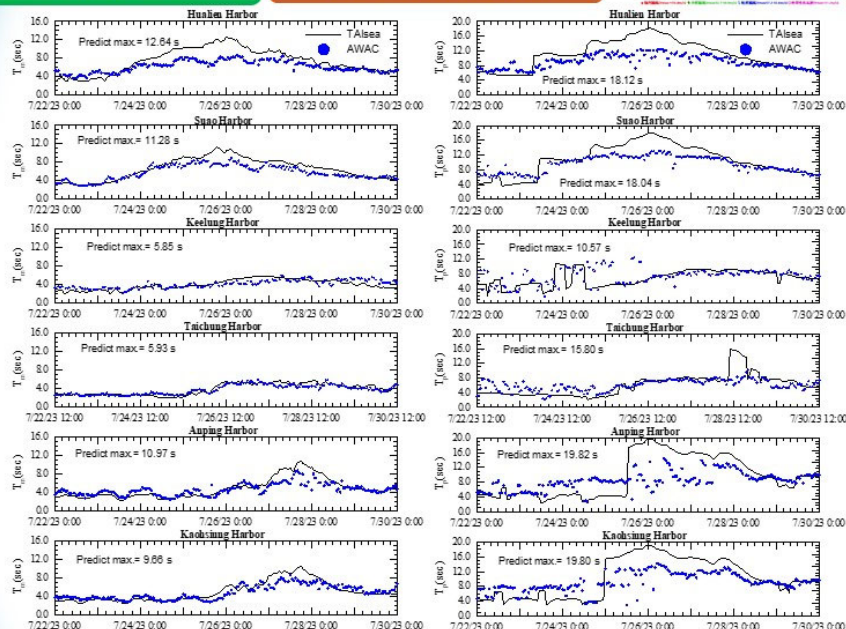




## 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

### 颱風波浪模擬結果校驗

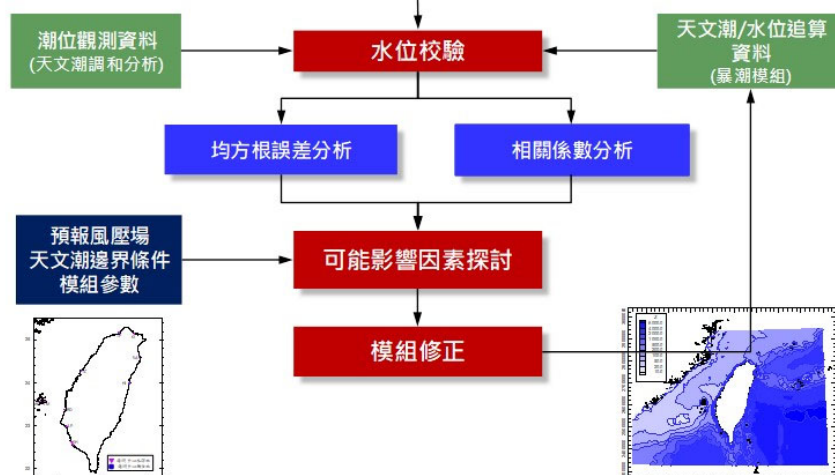
### 杜蘇芮颱風波浪歷線比對



## 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

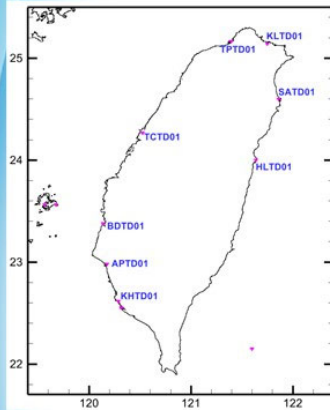
- 依據港研中心(或中央氣象局、水利署)水位及海流觀測資料校驗模式模擬結果，並針對本年度或歷史颱風資料進行模擬與評估，作為後續模式修正之依據

### 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗



## 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

### 水位觀測資料



2022年各港均方根誤差值介於0.054m~0.110m，  
均方根誤差最大值出現在臺北港。

### 平均潮位高程表

|       | 花蓮港<br>(m) | 蘇澳港<br>(m) | 基隆港<br>(m) | 臺北港<br>(m) | 臺中港<br>(m) | 布袋港<br>(m) | 安平港<br>(m) | 高雄港<br>(m) |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 觀測資料數 | 8760       | 8760       | 8760       | 8756       | 8760       | 8760       | 8760       | 8750       |
| 平均潮位  | 0.062      | 0.131      | 0.103      | 0.046      | 0.253      | 0.347      | 0.361      | 0.348      |

### 天文潮調和分析成果表

| 年/月     | 花蓮港<br>(m) | 蘇澳港<br>(m) | 基隆港<br>(m) | 臺北港<br>(m) | 臺中港<br>(m) | 布袋港<br>(m) | 安平港<br>(m) | 高雄港<br>(m) |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 2022.01 | 0.045      | 0.053      | 0.036      | 0.121      | 0.174      | 0.070      | 0.078      | 0.067      |
| 2022.02 | 0.111      | 0.134      | 0.165      | 0.210      | 0.245      | 0.085      | 0.180      | 0.171      |
| 2022.03 | 0.096      | 0.102      | 0.125      | 0.164      | 0.188      | 0.066      | 0.140      | 0.126      |
| 2022.04 | 0.083      | 0.068      | 0.071      | 0.114      | 0.126      | 0.071      | 0.094      | 0.063      |
| 2022.05 | 0.055      | 0.067      | 0.065      | 0.118      | 0.142      | 0.067      | 0.108      | 0.069      |
| 2022.06 | 0.075      | 0.114      | 0.139      | 0.172      | 0.187      | 0.045      | 0.128      | 0.093      |
| 2022.07 | 0.149      | 0.154      | 0.197      | 0.216      | 0.212      | 0.048      | 0.134      | 0.102      |
| 2022.08 | 0.185      | 0.157      | 0.203      | 0.224      | 0.213      | 0.050      | 0.135      | 0.113      |
| 2022.09 | 0.151      | 0.116      | 0.143      | 0.176      | 0.194      | 0.064      | 0.132      | 0.124      |
| 2022.10 | 0.073      | 0.062      | 0.055      | 0.114      | 0.138      | 0.086      | 0.112      | 0.109      |
| 2022.11 | 0.076      | 0.083      | 0.091      | 0.137      | 0.122      | 0.072      | 0.082      | 0.067      |
| 2022.12 | 0.118      | 0.130      | 0.156      | 0.197      | 0.197      | 0.089      | 0.115      | 0.095      |
| 2022年   | 0.066      | 0.062      | 0.078      | 0.110      | 0.088      | 0.069      | 0.058      | 0.054      |

## 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

### 水位觀測資料

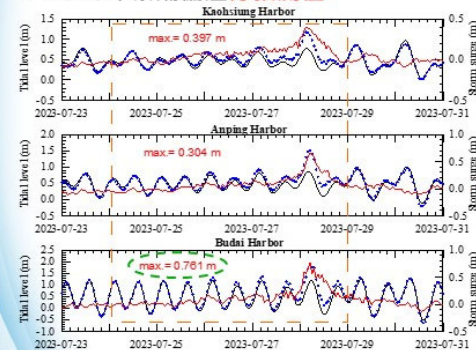
#### ◆ 暴潮偏差分析值

颱風侵臺期間潮位觀測值與  
天文潮調和分析值之差值

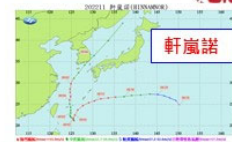
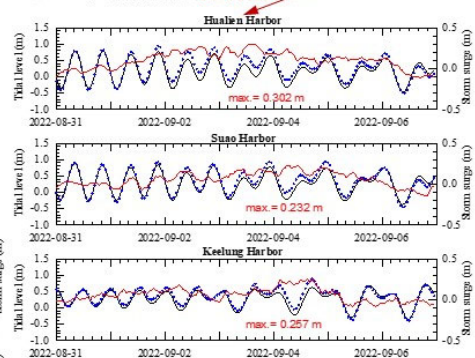
#### ◆ 暴潮偏差預測值

颱風侵臺期間潮位觀測值與  
天文潮預測值之差值

#### □ 2023年暴潮偏差分預測值



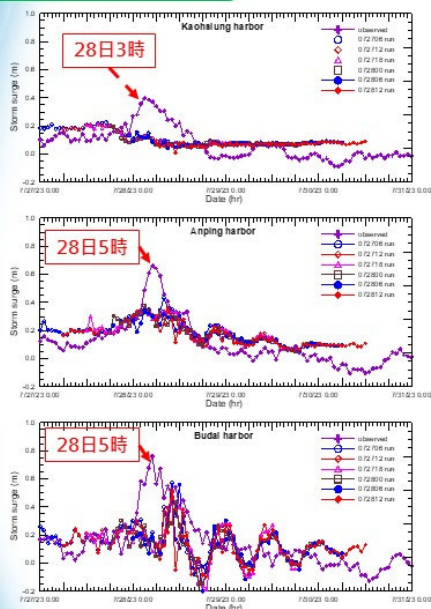
#### □ 2022年暴潮偏差分析值



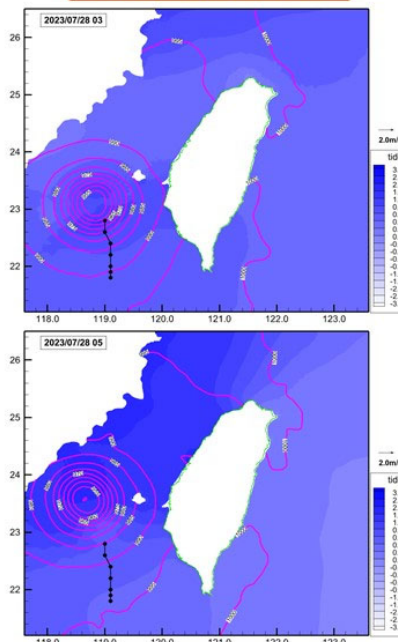


## 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

### 暴潮水位模擬校驗



### 杜蘇芮颱風模擬等壓線



## 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

### 天文潮水位模擬校驗

#### 均方根誤差分析成果

| 年/月     | 花蓮港<br>(m) | 蘇澳港<br>(m) | 基隆港<br>(m) | 臺北港<br>(m) | 臺中港<br>(m) | 布袋港<br>(m) | 安平港<br>(m) | 高雄港<br>(m) |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 2023/01 | 0.077      | 0.115      | 0.136      | 0.201      | 0.194      | 0.152      | 0.113      | 0.103      |
| 2023/02 | 0.058      | 0.084      | 0.094      | 0.127      | 0.171      | 0.132      | 0.111      | 0.080      |
| 2023/03 | 0.057      | 0.069      | 0.067      | 0.113      | 0.150      | 0.104      | 0.093      | 0.068      |
| 2023/04 | 0.056      | 0.060      | 0.053      | 0.108      | 0.138      | 0.084      | 0.092      | 0.069      |
| 2023/05 | 0.050      | 0.049      | 0.041      | 0.096      | 0.120      | 0.063      | 0.090      | 0.064      |
| 2023/06 | 0.046      | 0.072      | 0.098      | 0.116      | 0.144      | 0.079      | 0.097      | 0.070      |
| 2023/07 | 0.081      | 0.131      | 0.175      | 0.186      | 0.203      | 0.136      | 0.134      | 0.117      |
| 2023/08 | 0.116      | 0.163      | 0.196      | 0.235      | 0.233      | 0.174      | 0.167      | 0.152      |
| 2023/09 | 0.102      | 0.127      | 0.132      | 0.190      | 0.203      | 0.155      | 0.150      | 0.128      |
| 2023/10 | 0.060      | 0.062      | 0.058      | 0.131      | 0.133      | 0.099      | 0.099      | 0.074      |
| 2023/11 | 0.079      | 0.096      | 0.127      | 0.215      | 0.150      | 0.109      | 0.100      | 0.088      |
| 2023/12 | 0.097      | 0.130      | 0.161      | 0.256      | 0.199      | 0.153      | 0.135      | 0.116      |
| 全年      | 0.076      | 0.102      | 0.122      | 0.173      | 0.173      | 0.125      | 0.119      | 0.098      |

| 年/月    | 花蓮港<br>(m) | 蘇澳港<br>(m) | 基隆港<br>(m) | 臺北港<br>(m) | 臺中港<br>(m) | 布袋港<br>(m) | 安平港<br>(m) | 高雄港<br>(m) |
|--------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 2023 年 | 0.076      | 0.102      | 0.122      | 0.173      | 0.173      | 0.125      | 0.119      | 0.098      |
| 2022 年 | 0.114      | 0.115      | 0.141      | 0.177      | 0.190      | 0.143      | 0.130      | 0.112      |
| 2021 年 | 0.079      | 0.115      | 0.118      | 0.167      | 0.186      | 0.160      | 0.122      | 0.111      |

## ➤ 海象模擬作業化系統預測成果評估

### 風力模擬資料

來源為氣象局每日 4 報WRF成員M04水平解析度3km網格之風力預報資料，由每報擷取6~11時資料，彙整成每月逐時資料。

### 波浪模擬資料

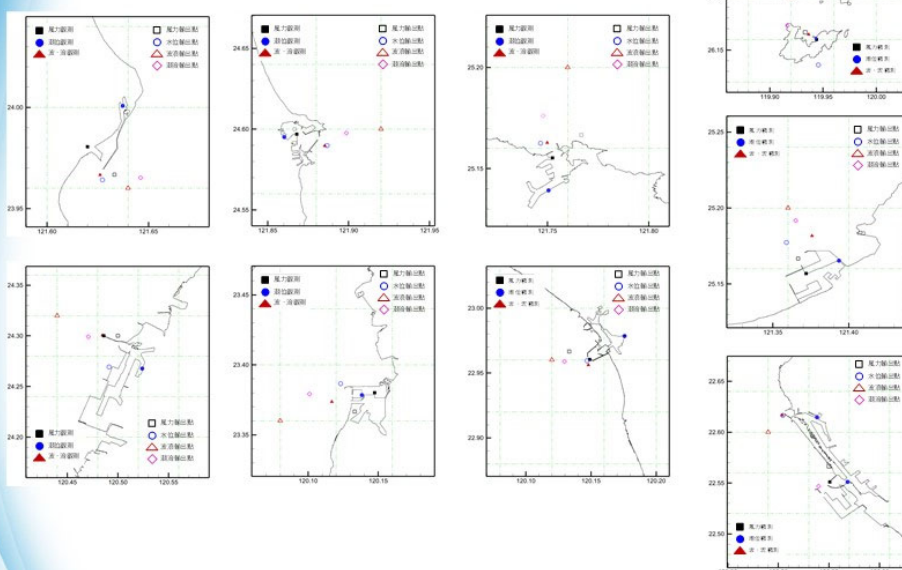
來源為臺海風浪模擬子系統中尺度近域風浪模組模擬資料，由每日 4 報擷取0~5時(追算時段)資料，彙整成每月逐時資料。

### 水位及流速模擬資料

來源為臺海水動力模擬子系統中尺度暴潮模組模擬資料，由每日 1 報擷取0~23時(追算時段)資料，彙整成每月逐時資料。

## ➤ 海象模擬作業化系統預測成果評估

### 測站與模擬值輸出點位





## ➤ 海象模擬作業化系統預測成果評估

## 波浪、海流觀測資料

| 海域月份   | 臺北     | 基隆    | 蘇澳    | 花蓮     | 高雄    | 安平     | 布袋     | 臺中     | 馬祖     |
|--------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 202209 | 100.00 | 99.58 | 99.44 | 99.58  | 99.03 | 100.00 | 99.31  | 100.00 | 62.22  |
| 202210 | 95.56  | 98.92 | 98.92 | 99.46  | 98.79 | 99.60  | 99.60  | 99.19  | 99.19  |
| 202211 | 99.86  | 76.67 | 89.31 | 91.53  | 90.83 | 99.86  | 100.00 | 90.56  | 98.75  |
| 202212 | 94.89  | 83.87 | 96.77 | 99.46  | 99.46 | 99.33  | 90.46  | 99.33  | 99.60  |
| 202301 | 99.73  | 79.44 | 96.10 | 99.73  | 97.31 | 99.73  | 100.00 | 97.45  | 99.06  |
| 202302 | 100.00 | 97.47 | 93.45 | 99.85  | 97.02 | 100.00 | 99.85  | 99.70  | 37.35  |
| 202303 | 55.11  | 99.33 | 98.12 | 100.00 | 96.91 | 99.87  | 99.87  | 99.33  | 0.00   |
| 202304 | 0.00   | 99.44 | 98.89 | 99.72  | 95.00 | 98.06  | 98.06  | 98.47  | 0.00   |
| 202305 | 0.00   | 98.79 | 97.18 | 91.80  | 96.37 | 99.87  | 99.87  | 97.85  | 0.00   |
| 202306 | 0.00   | 92.92 | 96.25 | 98.47  | 98.61 | 99.72  | 91.81  | 98.89  | 100.00 |
| 202307 | 0.00   | 78.76 | 98.39 | 94.22  | 98.39 | 87.10  | 30.91  | 99.46  | 100.00 |
| 202308 | 0.00   | 85.22 | 95.25 | 95.70  | 97.72 | 30.11  | 100.00 | 99.46  | 36.83  |

## 水位觀測資料

| 海域月份   | 臺北     | 基隆     | 蘇澳     | 花蓮     | 高雄     | 安平     | 布袋     | 臺中     | 馬祖     |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 202209 | 100.00 | 100.00 | 99.31  | 100.00 | 99.86  | 99.72  | 100.00 | 99.44  | 98.75  |
| 202210 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 98.92  |
| 202211 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.86  | 100.00 | 99.72  | 99.86  | 98.61  |
| 202212 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 98.12  |
| 202301 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.06  |
| 202302 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.26  |
| 202303 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.87  | 100.00 | 100.00 |
| 202304 | 99.72  | 100.00 | 100.00 | 99.86  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 202305 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 98.39  |
| 202306 | 99.86  | 99.86  | 100.00 | 99.72  | 99.58  | 100.00 | 99.72  | 99.86  | 98.75  |
| 202307 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 98.66  |
| 202308 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.73  | 100.00 | 100.00 | 98.66  |

## ➤ 海象模擬作業化系統預測成果評估

## 風力評估內容

111年9月~112年8月

(1)風力實測與模擬資料統計特性，如標準偏差(SD)、均方根(RMS)、平均值、最大值及蒐集率(%)等；(2)風力實測與模擬值之差值統計特性包括最小差值、最大差值、差值SD及差值RMS等；(3)實測風速、風向發生頻率統計。

## 波浪評估內容

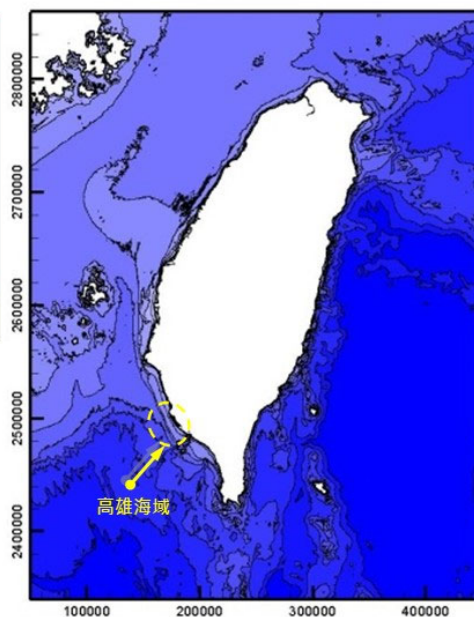
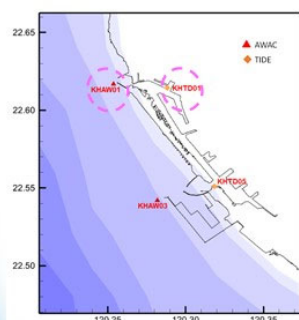
(1)示性波高、譜峰週期實測與模擬資料統計特性，如標準偏差(SD)、均方根(RMS)、平均值、最大值及蒐集率(%)等；(2)示性波高、譜峰週期、平均波向實測與模擬值差值統計特性包括最大差值、差值SD及差值RMS等。

## 水位及流速評估內容

(1)實測潮位與模擬資料統計特性，如標準偏差(SD)、均方根(RMS)、平均值、最大值及蒐集率(%)等；(2)潮位實測與模擬差值統計特性包括最小差值、最大差值、差值SD及差值RMS等。

(1)流速實測與模擬資料統計特性，如標準偏差(SD)、均方根(RMS)、平均值、最大值及蒐集率(%)等；(2)流速實測與模擬差值統計特性包括最小差值、最大差值、差值SD及差值RMS等。

## 高雄海域



## ► 潮位分析

## 2022年代表性潮位統計

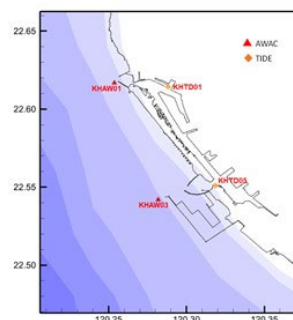
| 月份 | HHWL  | MHWL  | MWL   | MLWL   | LLWL   | MTR   | MR    | 資料數  |
|----|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|
| 1  | 1.027 | 0.578 | 0.288 | 0.008  | -0.361 | 1.388 | 0.570 | 744  |
| 2  | 1.000 | 0.532 | 0.278 | 0.019  | -0.254 | 1.254 | 0.513 | 672  |
| 3  | 0.800 | 0.574 | 0.294 | 0.013  | -0.254 | 1.055 | 0.561 | 744  |
| 4  | 0.832 | 0.610 | 0.328 | 0.040  | -0.155 | 0.988 | 0.570 | 720  |
| 5  | 0.952 | 0.591 | 0.314 | 0.033  | -0.233 | 1.186 | 0.558 | 744  |
| 6  | 1.002 | 0.680 | 0.374 | 0.103  | -0.188 | 1.190 | 0.577 | 720  |
| 7  | 1.169 | 0.753 | 0.458 | 0.184  | -0.104 | 1.274 | 0.569 | 744  |
| 8  | 1.157 | 0.723 | 0.462 | 0.212  | -0.080 | 1.237 | 0.510 | 744  |
| 9  | 1.025 | 0.753 | 0.474 | 0.189  | -0.138 | 1.163 | 0.564 | 720  |
| 10 | 0.974 | 0.700 | 0.396 | 0.083  | -0.133 | 1.107 | 0.617 | 744  |
| 11 | 0.941 | 0.572 | 0.249 | -0.070 | -0.264 | 1.205 | 0.642 | 720  |
| 12 | 0.946 | 0.540 | 0.260 | -0.032 | -0.423 | 1.369 | 0.572 | 744  |
| 全年 | 1.169 | 0.643 | 0.348 | 0.065  | -0.423 | 1.592 | 0.569 | 8760 |

$O_1$ 、 $K_1$ 、 $M_2$ 、 $S_2$  振幅  
依序分別為0.184m、  
0.193m、0.183m 及  
0.07m，

## 高雄港潮型指標

$$[(O1+K1)/ (M2+S2)]$$

約為1.49，相當於全日潮型態( $\geq 1.5$ )。

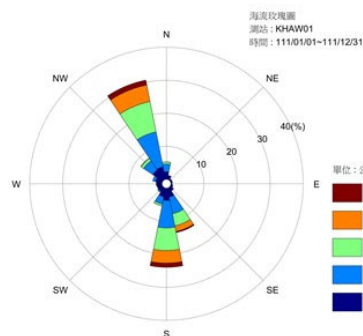
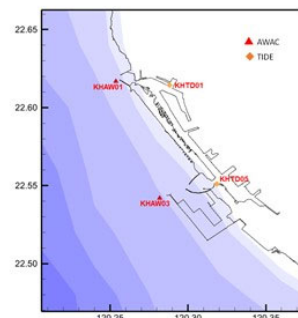




## 海流分析

### 2022年主、次要流速流向統計

| 年/月份    | 主要流速<br>(cm/s)       | 次要流速<br>(cm/s)       | 主要<br>流向<br>(%) | 次要<br>流向<br>(%) | 最大<br>流速<br>(cm/s) | 對應<br>流向 | 測得<br>日期 | 流速<br>平均<br>(cm/s) | 流速<br><25<br>(%) |
|---------|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------|----------|--------------------|------------------|
| 2022.01 | 12.5~25.0<br>(38.4%) | 0.0~12.5<br>(32.3%)  | NNW<br>(26.1%)  | S<br>(20.8%)    | 58.1               | SSE      | 01/01    | 19.6               | 70.7             |
| 2022.02 | 12.5~25.0<br>(37.6%) | 25.0~37.5<br>(27.8%) | NNW<br>(33.2%)  | S<br>(20.4%)    | 56.3               | SSE      | 02/02    | 21.8               | 62.1             |
| 2022.03 | 12.5~25.0<br>(41.7%) | 0.0~12.5<br>(35.1%)  | NNW<br>(34.7%)  | S<br>(23.5%)    | 55                 | S        | 03/07    | 17.6               | 76.7             |
| 2022.04 | 12.5~25.0<br>(36.7%) | 0.0~12.5<br>(33.9%)  | S<br>(25.3%)    | SSE<br>(24.9%)  | 55.6               | SSE      | 04/27    | 19.3               | 70.6             |
| 2022.05 | 12.5~25.0<br>(41.9%) | 0.0~12.5<br>(35.5%)  | NNW<br>(35.8%)  | S<br>(16.1%)    | 54.2               | NNW      | 05/31    | 17.7               | 77.4             |
| 2022.06 | 12.5~25.0<br>(34.9%) | 0.0~12.5<br>(30.6%)  | NNW<br>(29.6%)  | S<br>(22.5%)    | 68.3               | NNW      | 06/09    | 21.7               | 65.4             |
| 2022.07 | 12.5~25.0<br>(31.6%) | 0.0~12.5<br>(28.2%)  | NNW<br>(29.8%)  | S<br>(27.0%)    | 66.9               | SSE      | 07/14    | 23                 | 59.8             |
| 2022.08 | 12.5~25.0<br>(30.2%) | 0.0~12.5<br>(23.8%)  | S<br>(31.7%)    | NNW<br>(30.4%)  | 68.2               | NNW      | 08/10    | 25.4               | 54               |
| 2022.09 | 25.0~37.5<br>(29.7%) | 12.5~25.0<br>(29.0%) | S<br>(33.1%)    | NNW<br>(30.0%)  | 72.5               | S        | 09/12    | 25.9               | 50.4             |
| 2022.10 | 12.5~25.0<br>(28.1%) | 0.0~12.5<br>(26.7%)  | NNW<br>(38.4%)  | S<br>(23.0%)    | 67.9               | NNW      | 10/19    | 24.4               | 54.8             |
| 2022.11 | 0.0~12.5<br>(36.7%)  | 12.5~25.0<br>(31.8%) | NNW<br>(31.8%)  | S<br>(20.1%)    | 72.6               | NNW      | 11/02    | 20.8               | 68.5             |
| 2022.12 | 12.5~25.0<br>(30.2%) | 0.0~12.5<br>(28.0%)  | NNW<br>(26.2%)  | S<br>(24.2%)    | 65.6               | SSE      | 12/23    | 22.9               | 58.2             |
| 全年      | 12.5~25.0<br>(34.3%) | 0.0~12.5<br>(29.7%)  | NNW<br>(30.7%)  | S<br>(24.0%)    | 72.6               | NNW      | 11/02    | 21.7               | 64.1             |

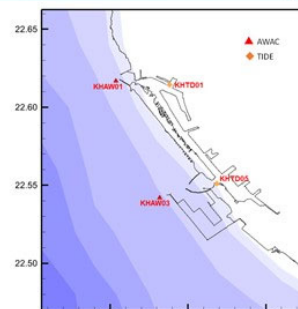


## 波浪分析

### 2022年波浪統計特性

| 年/月份    | 平均波高(m) | 平均週期(s) | 平均波向 | 資料數  |
|---------|---------|---------|------|------|
| 2022.01 | 0.75    | 4.0     | WNW  | 739  |
| 2022.02 | 0.84    | 4.2     | WNW  | 663  |
| 2022.03 | 0.56    | 3.8     | WNW  | 727  |
| 2022.04 | 0.69    | 4.0     | WNW  | 700  |
| 2022.05 | 0.81    | 3.9     | WNW  | 712  |
| 2022.06 | 0.71    | 4.0     | WSW  | 615  |
| 2022.07 | 0.82    | 4.2     | SW   | 713  |
| 2022.08 | 0.90    | 4.6     | WSW  | 732  |
| 2022.09 | 0.78    | 4.2     | WNW  | 714  |
| 2022.10 | 0.82    | 4.6     | W    | 739  |
| 2022.11 | 0.65    | 4.2     | W    | 717  |
| 2022.12 | 0.83    | 4.2     | WNW  | 740  |
| 2022    | 0.76    | 4.2     | WNW  | 8511 |

| 年/月份    | 最大波高<br>(m) | 對應峰週期<br>(s) | 對應週期<br>(s) | 對應波向 | 觀測時間   |
|---------|-------------|--------------|-------------|------|--------|
| 2022.01 | 1.14        | 7.3          | 4.6         | WNW  | 6日16時  |
| 2022.02 | 1.5         | 11.4         | 5.2         | WNW  | 20日10時 |
| 2022.03 | 1.41        | 4.9          | 4.1         | NW   | 7日17時  |
| 2022.04 | 1.43        | 8.8          | 3.5         | W    | 5日20時  |
| 2022.05 | 1.81        | 6.2          | 3.8         | SW   | 27日16時 |
| 2022.06 | 1.86        | 6.2          | 3.7         | WSW  | 4日21時  |
| 2022.07 | 3.11        | 11.9         | 7.6         | SW   | 2日21時  |
| 2022.08 | 2.73        | 11.4         | 7.4         | WSW  | 25日19時 |
| 2022.09 | 1.71        | 5.8          | 4.5         | NW   | 3日1時   |
| 2022.10 | 1.76        | 12.5         | 6.3         | WSW  | 31日22時 |
| 2022.11 | 2.15        | 11.1         | 7.9         | SW   | 1日7時   |
| 2022.12 | 1.44        | 8.4          | 4.6         | WNW  | 18日4時  |
| 2022    | 3.11        | 11.9         | 7.6         | SW   | 2日21時  |

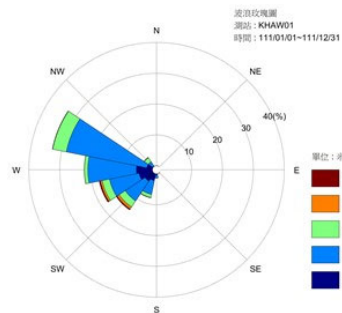
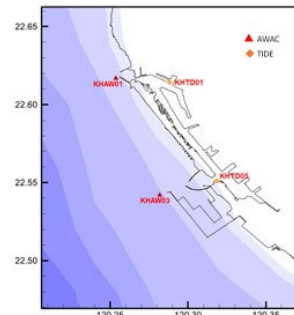




## ► 波浪分析

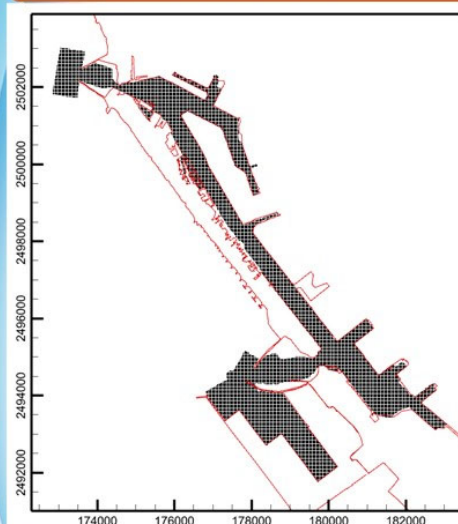
2022年主、次要波浪參數統計

| 月份  | 主要波高<br>範圍(%)       | 次要波高<br>範圍(%)       | 主要週期<br>範圍(%)       | 次要週期<br>範圍(%)       | 主要波向<br>範圍(%)  | 次要波向<br>範圍(%)  |
|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|
| 1月  | 0.5~1.0m<br>(94.9%) | 1.0~1.5m<br>(3.7%)  | 3.0~4.0s<br>(51.4%) | 4.0~5.0s<br>(47.4%) | WNW<br>(47.9%) | W<br>(30.0%)   |
| 2月  | 0.5~1.0m<br>(80.2%) | 1.0~1.5m<br>(14.0%) | 4.0~5.0s<br>(65.2%) | 3.0~4.0s<br>(34.4%) | WNW<br>(77.4%) | W<br>(17.3%)   |
| 3月  | 0.5~1.0m<br>(52.4%) | 0.0~0.5m<br>(45.3%) | 3.0~4.0s<br>(72.4%) | 4.0~5.0s<br>(25.3%) | WNW<br>(41.7%) | W<br>(20.1%)   |
| 4月  | 0.5~1.0m<br>(75.7%) | 0.0~0.5m<br>(19.0%) | 3.0~4.0s<br>(56.9%) | 4.0~5.0s<br>(41.7%) | WNW<br>(22.7%) | W<br>(22.4%)   |
| 5月  | 0.5~1.0m<br>(66.2%) | 1.0~1.5m<br>(18.4%) | 3.0~4.0s<br>(65.6%) | 4.0~5.0s<br>(33.8%) | WNW<br>(34.3%) | SW<br>(23.0%)  |
| 6月  | 0.5~1.0m<br>(65.2%) | 0.0~0.5m<br>(21.1%) | 4.0~5.0s<br>(48.6%) | 3.0~4.0s<br>(46.5%) | WSW<br>(53.2%) | SW<br>(21.0%)  |
| 7月  | 0.5~1.0m<br>(49.4%) | 0.0~0.5m<br>(29.5%) | 3.0~4.0s<br>(40.4%) | 4.0~5.0s<br>(30.9%) | SW<br>(34.6%)  | WSW<br>(31.1%) |
| 8月  | 0.5~1.0m<br>(43.9%) | 1.0~1.5m<br>(26.9%) | 4.0~5.0s<br>(40.4%) | 3.0~4.0s<br>(28.7%) | WSW<br>(32.8%) | SW<br>(31.3%)  |
| 9月  | 0.5~1.0m<br>(69.2%) | 1.0~1.5m<br>(17.6%) | 4.0~5.0s<br>(57.1%) | 3.0~4.0s<br>(32.5%) | WNW<br>(23.2%) | W<br>(22.4%)   |
| 10月 | 0.5~1.0m<br>(66.8%) | 1.0~1.5m<br>(22.9%) | 4.0~5.0s<br>(62.1%) | 5.0~6.0s<br>(21.9%) | W<br>(42.2%)   | WNW<br>(38.7%) |
| 11月 | 0.5~1.0m<br>(60.9%) | 0.0~0.5m<br>(30.8%) | 3.0~4.0s<br>(50.6%) | 4.0~5.0s<br>(38.6%) | W(48.4%)       | WNW<br>(30.1%) |
| 12月 | 0.5~1.0m<br>(80.0%) | 1.0~1.5m<br>(17.4%) | 4.0~5.0s<br>(69.3%) | 3.0~4.0s<br>(29.5%) | WNW<br>(67.7%) | W<br>(16.1%)   |
| 全年  | 0.5~1.0m<br>(67.0%) | 0.0~0.5m<br>(17.4%) | 4.0~5.0s<br>(46.7%) | 3.0~4.0s<br>(43.5%) | WNW<br>(33.1%) | W<br>(22.1%)   |

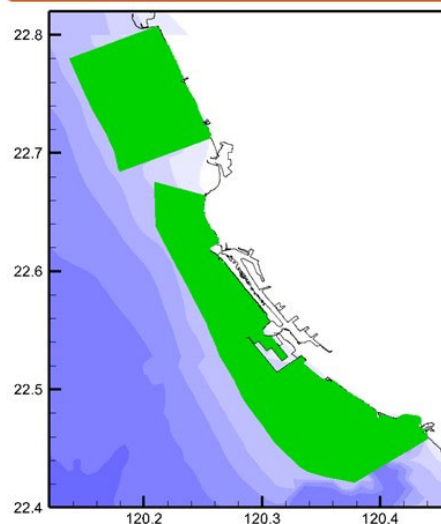


## ► 地形水深資料

高雄港水深資料測量範圍



高雄港外海水深資料測量範圍

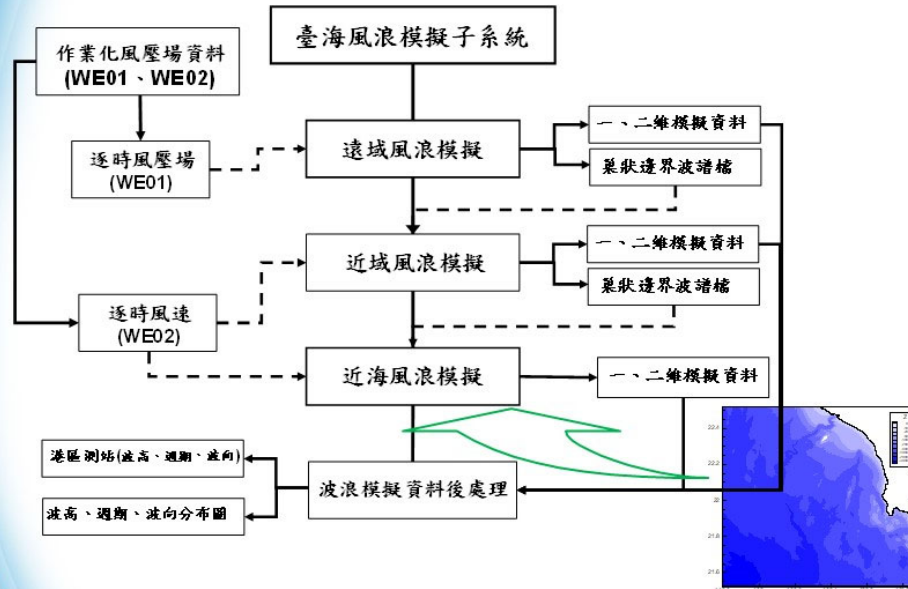


► 比例尺五萬分之一海軍水道圖 (圖號04501、04502、04504及04505等)



## 高雄海域風浪模組建置

- 因應「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫」使高雄港型改變，調整風浪模組之高雄港模型並新建高雄海域風浪模組。

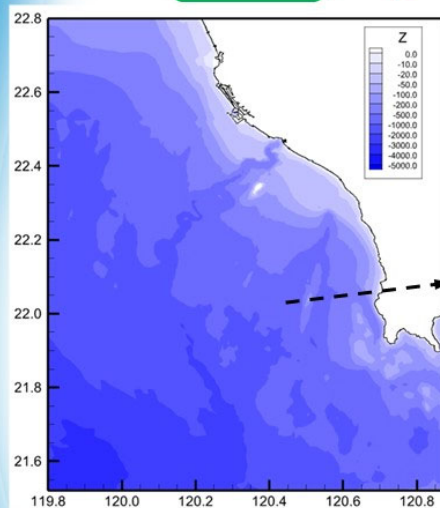


## 高雄海域風浪模組建置

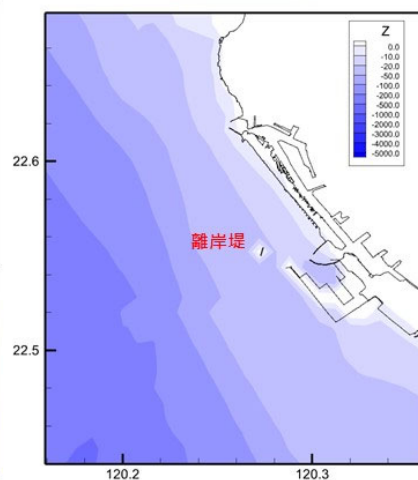
模擬範圍

計算網格

地形水深  
(港型配置)



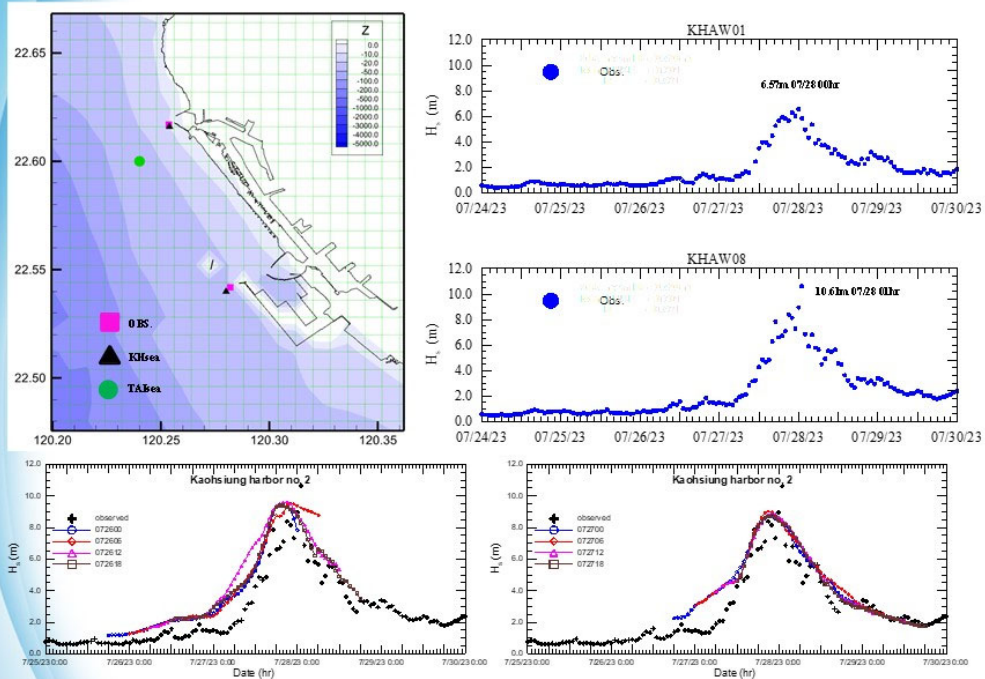
(119.8°~121.88°)-(21.52°~22.80°)



網格解析度0.008°

## 高雄海域風浪模組建置

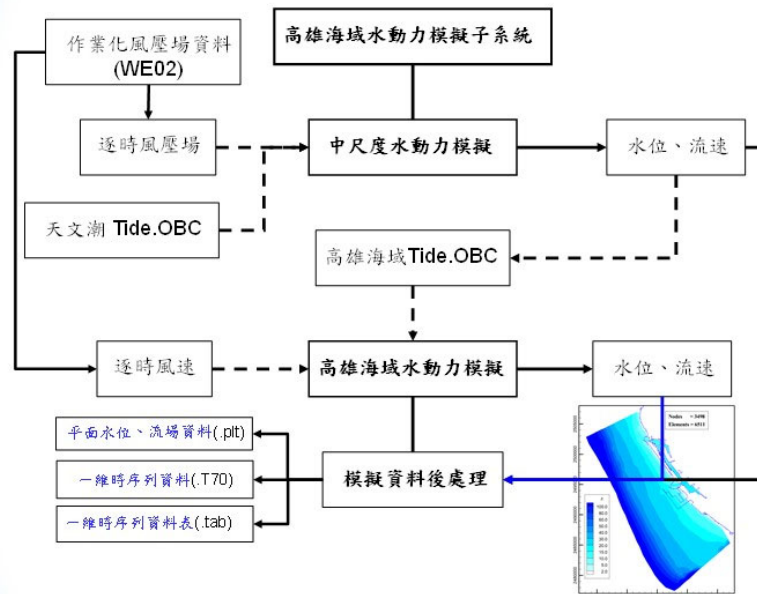
高雄海域風浪、水動力模組建置



## 高雄海域水動力模組建置

高雄海域風浪、水動力模組建置

- 因應「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫」使高雄港型改變，調整水動力模組之高雄港模型並新建高雄海域水動力模組。





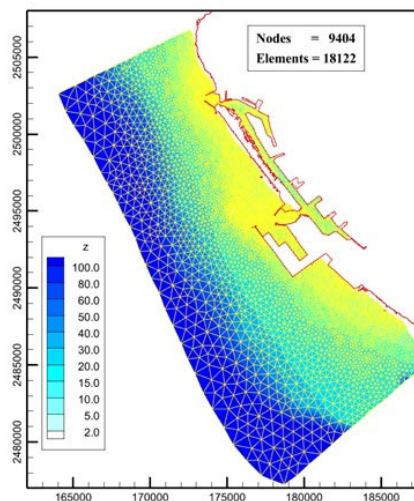
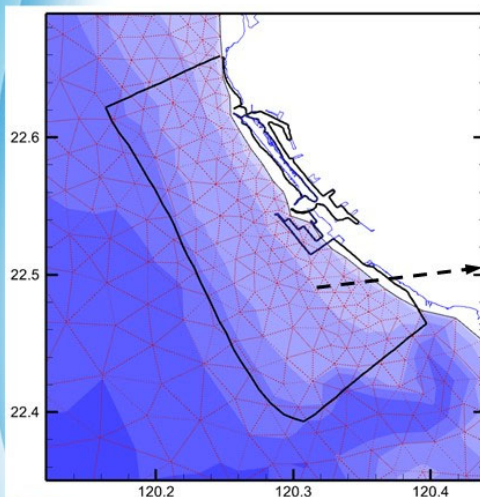
## 高雄海域水動力模組建置

模擬範圍

計算網格

地形水深  
更新

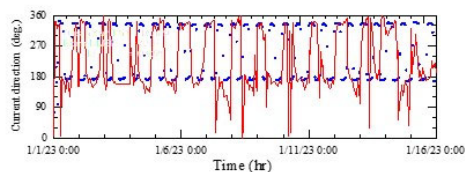
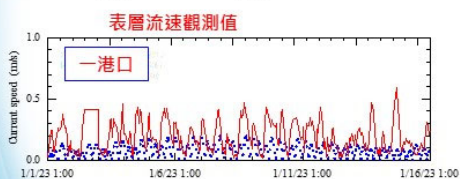
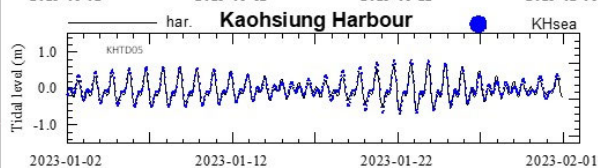
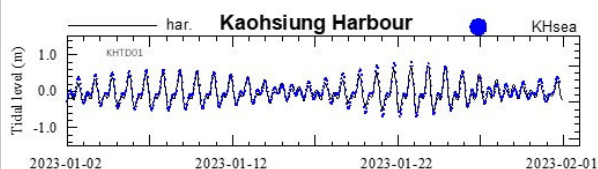
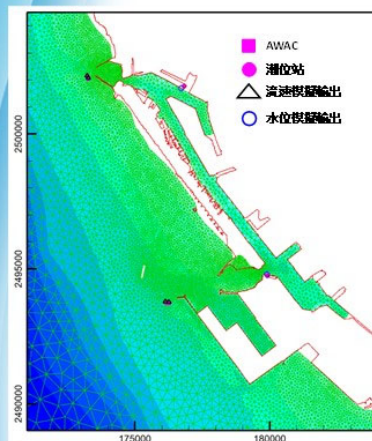
高雄海域風浪、水動力模組建置



節點由3498增至9404  
元素由6511增至18122

## 高雄海域水動力模組建置

高雄海域風浪、水動力模組建置



結論與建議

➤ 結論

- 1 本年度(2022年9月至2023年8月)維護記錄達72次，因應繪圖軟體更新，完成臺海風浪模擬系統作業化程式校修，完成「港區近岸波浪模擬系統」每日4次波浪模擬上線，完善作業系統維運。
- 2 湖海域風浪模組及水動力模組模擬之校驗結果，新設檢核點之波浪及流速校驗結果符合預期。
- 3 整體上，冬季風浪示性波高模擬校驗結果以基隆港表現最佳，週期模擬以臺中港最佳(基隆港居次)，波向模擬以蘇澳港表現最佳。颱風波浪模擬顯示，各港示性波高模擬值整體呈現出高於觀測值，其中以花蓮港及蘇澳港尤其顯著。
- 4 本年度天文潮水位模擬校驗結果，各港均方根誤差均呈現下降現象；杜蘇芮颱風在高雄港、安平港及布袋港均發生顯著的暴潮，模擬預測值無法呈現近似暴潮現象，與M04風場對於杜蘇芮颱風中心位置預測偏差較大有關。

結論與建議

➤ 結論

- 5 完成本年度(2022年9月至2023年8月)海象作業化預測評估月報及年報，供運技中心內部參考。
- 6 2022年高雄港最高潮位為1.169m、平均潮位為0.348m、最低潮位為-0.423m及平均潮差為0.569m；一港口海流主要流速範圍(12.5~ 25.0cm/s)約佔34.3%，主要流向為NNW向(漲潮)約佔30.7%，次要流向為S向(退潮)約佔24%；波浪主要波高範圍(0.5~ 1.0m)約佔67%，主要週期範圍(4~ 5sec)約佔46.7%，主要波向為WNNW向約佔33.1%。
- 7 配合高雄港洲際貨櫃中心之港型改變，本年度完成高雄海域風浪模組及水動力模組之建置，以及風浪、水位及流速初步模擬結果之比對。





# 簡報完畢 敬請指正



國立成功大學水工試驗所  
Tainan Hydraulics Laboratory  
National Cheng Kung University, since 1950  
<http://www.thl.ncku.edu.tw/>



## 附錄八

### 計畫教育訓練及成果行銷推廣活動



本計畫教育訓練於交通部運輸研究所運輸技術研究中心 112 年 11 月 3 日「112 年度港灣環境資訊網使用者說明會」視訊會議，以「港灣環境資訊系統操作與展示」、「海象模擬功能提升及應用」為講題說明本年度計畫執行成果。與會單位有國家海洋研究院、臺灣海洋科技研究中心、海洋委員會海巡署、交通部觀光署、交通部航港局、海軍大氣海洋局、金門縣港務處、港務公司及各港務分公司、臺灣電力公司所屬發電廠、縣市政府環境保護局、航運業、科技業者及民眾等。

### 「112 年度港灣環境資訊網使用者說明會」議程表

會議目的：介紹港灣環境資訊系統功能，讓使用者了解並應用本系統資訊，蒐集使用者對系統後續需求功能之開發建議。

會議日期：112年11月3日(星期五)上午10點

會議地點：視訊會議

| 時 間                    | 講 題                        | 主 講 人                        | 主 持 人                                    |
|------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------------|
| 09:30~10:00            | 簽 到                        |                              |                                          |
| 10:00~10:05            | 主持人致詞                      |                              | 交通部運輸研究所運技中心<br>蔡立宏 主任                   |
| 10:05~10:20<br>(15 分鐘) | 港灣環境資訊<br>系統介紹             | 交通部運輸研究所<br>運技中心<br>劉清松 副研究員 | 交通部運輸研究所運技中心<br>林雅雯 科長                   |
| 10:20~10:40<br>(20 分鐘) | 港灣環境資訊系統<br>操作與展示          | 數位地球科技<br>有限公司<br>林騰威 總經理    | 交通部運輸研究所運技中心<br>林雅雯 科長                   |
| 10:40~10:55<br>(15 分鐘) | 臺灣腐蝕環境分類<br>資訊系統介紹         | 交通部運輸研究所<br>運技中心<br>謝幼屏 副研究員 | 交通部運輸研究所運技中心<br>賴瑞應 科長                   |
| 10:55~11:10            | 休息及系統使用問卷調查                |                              |                                          |
| 11:10~11:25<br>(15分鐘)  | 商港區海氣象觀測<br>系統現況介紹         | 交通部運輸研究所<br>運技中心<br>李俊穎 科長   | 交通部運輸研究所運技中心<br>李俊穎 科長                   |
| 11:25~11:40<br>(15 分鐘) | 海象模擬功能提升<br>及應用            | 國立成功大學<br>水工試驗所<br>劉正琪 博士    | 交通部運輸研究所運技中心<br>林雅雯 科長                   |
| 11:40~12:00<br>(20分鐘)  | 綜合討論<br>(交通部運輸研究所運技中心相關人員) |                              | 交通部運輸研究所運技中心<br>賴瑞應 科長、李俊穎 科長<br>、林雅雯 科長 |
| 12:00                  | 會議結束                       |                              |                                          |



運輸技術研究中心 (分享螢幕畫面)

## 二、研究成果-模擬資訊(海嘯)

海嘯模擬系統擷取國內外所發佈地震參數，快速解算環太平洋區域內，因地震引發海嘯模擬資訊，呈現抵達8個主要商港港口的時間及水位變化。

海外發生海底地震

擷取相關地震參數  
美國地質調查局(USGS)  
日本防災科學技術研究所(NIED)  
我國中央氣象局(CWB)

推算各港口最大波到達時間及最高水位

近期海嘯

歷史海嘯

海嘯資訊提供：當波高 $\geq 0.1$ 公尺或地震規模 $\geq 7.0$ 時。

講話中的訊息

只有這項通訊的參與者可以觀看訊息，而且訊息會自動刪除。

wenli 上午9:45  
線上聽到連結：  
[https://docs.google.com/forms/dw/1FAgQL5E-vv2W8BCCVv-SUKAaQ3tbConeM0h0Iz4d8s\\_xv0Ww/viaform](https://docs.google.com/forms/dw/1FAgQL5E-vv2W8BCCVv-SUKAaQ3tbConeM0h0Iz4d8s_xv0Ww/viaform)

海嘯模擬資訊 上午9:47  
歡迎參與本學系(112)「海嘯模擬資訊使用與解說」講座，請與會者儘速線上報名，謝謝。  
報名連結：<https://reurl.cc/yk8k82>

海嘯模擬資訊 上午9:52  
相關海嘯資訊與回報，請與會者儘速透過Slido進行發言，謝謝。  
Slido連結：<https://reurl.cc/yk8k82>

海嘯模擬資訊 上午10:00  
歡迎參與本學系(112)「海嘯模擬資訊使用與解說」講座，請與會者儘速線上報名，線上聽到連結：  
<https://forms.gle/BuH1Iyq8e0C2U3>

相關海嘯資訊與回報，請與會者儘速透過Slido進行發言，謝謝。  
Slido連結：<https://reurl.cc/yk8k82>

上午10:14 | neq-urkq-cws

信譽 林敬偉 楊慶慶 羅丹如 運研所\_陳鈞志 周繁力 廖則電 還有另外 44 位使用者 謝小益





將本期計畫成果投稿港灣季刊、國內外期刊或學術研討會。112 年 10 月 5 日~6 日出席「112 國際能源論壇暨第 45 屆海洋工程研討會」並簡報「高雄海域風浪模擬系統建置」。

**研討會議程**

**10 月 5 日星期四**

| 時間          | 501                           | 502                            | 503                            | 504                            | 505                               |
|-------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 13:50-15:30 | A-1<br>海洋能與離岸風力<br>楊瑞源<br>林幼淳 | B-1<br>水動力、潮流及漂沙<br>劉正琪<br>吳南靖 | C-1<br>海洋及海岸規劃管理<br>錢祥<br>吳立中  | C-2<br>海洋及海岸規劃管理<br>林宗儀<br>陳偉柏 | E-1<br>氣候變遷/A-2 海洋能<br>楊智傑<br>林鼎傑 |
| 15:30-15:50 | 休息與點心                         |                                |                                |                                |                                   |
| 15:50-17:30 | A-3<br>海洋能與離岸風力<br>陳信宏<br>唐宏結 | B-2<br>水動力、潮流及漂沙<br>林孟郁<br>林勝豐 | B-3<br>水動力、潮流及漂沙<br>羅德章<br>范佳銘 | C-3<br>海洋及海岸規劃管理<br>莊士賢<br>侯典彝 | D-1<br>港灣與海域工程<br>邱永川<br>吳南靖      |
| 17:30       | 晚宴(頒獎)                        |                                |                                |                                |                                   |

**Conference (I) 13:50– 15:30 5th Oct. (Thur.)**

**B-1: 水動力、潮流及漂沙研究發展 I**

**地點：502 室**

**主持人：劉正琪、吳南靖**

| 時間          | 編號   | 題目                      | 作者                      |
|-------------|------|-------------------------|-------------------------|
| 13:50-14:02 | B-01 | 使用 WKNN 法進行波浪記錄缺漏數據之補遺  | 吳南靖，羅耀財，陳俊杉             |
| 14:02-14:14 | B-03 | 臺灣周邊海域內波模擬預報            | 李皓元，吳祚任，毛正氣             |
| 14:14-14:26 | B-04 | 對撞異重流能量傳遞過程             | 黃友麟，戴聖恆                 |
| 14:26-14:38 | B-06 | 高頻雷達觀測南灣區域表面海流參數最適性探討   | 陳少華，林欣妮，程嘉彥             |
| 14:38-14:50 | B-11 | 高雄海域風浪模擬系統建置            | 劉正琪，李兆芳，傅怡釗，林雅雯，謝佳絃，江朕榮 |
| 14:50-15:02 | B-16 | 2022 年東加火山氣壓波與氣象海嘯之波型探討 | 楊博元，林君蔚，吳祚任             |
| 15:02-15:14 | B-17 | 方向辨識與波束成型法於流場解析之特性探討    | 程嘉彥，黃郁軒，陳少華             |
| 15:14-15:26 | B-24 | 卡努颱風與年度大潮對雲林沿海之影響       | 林君蔚，曾歆倚，吳祚任             |





