115-007-7E07
IOT-114-H3C006

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)
—建置與精進臺北海域模組

交通部運輸研究所

中華民國 115 年 3 月

115-007-7E07
IOT-114-H3C006

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)
—建置與精進臺北海域模組

著者：李兆芳、傅怡釧、林雅雯、盧韋勳、劉正琪
江朕榮、謝佳紘

交通部運輸研究所

中華民國 115 年 3 月

交通部運輸研究所

GPN：1011500169
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. (4/4) : 建置與精進臺北海域模組 / 李兆芳, 傅怡釧, 林雅雯, 盧韋勳, 劉正琪, 江朕榮, 謝佳紘著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 115.03
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-743-0(平裝)

1.CST: 海洋氣象 2.CST: 港埠管理 3.CST: 管理資訊系統

444.94 115001233

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)－建置與精進臺北海域模組

著　　者：李兆芳、傅怡釧、林雅雯、盧韋勳、劉正琪、江朕榮、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 (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 115 年 3 月
印 刷 者：
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科技及資訊組•電話：(02)2349-6789
國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號•電話：(02)2518-0207
五南文化廣場：400002 臺中市中區中山路 6 號•電話：(04)2226-0330

GPN：1011500169　　ISBN：978-986-531-743-0（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

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)－建置與精進臺北海域模組</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 978-986-531-743-0 (平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1011500169</td><td>運輸研究所出版品編號
115-007-7E07</td><td>計畫編號
IOT-114-H3C006</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位： 運技中心
主管：蔡立宏
計畫主持人：林雅雯
研究人員： 傅怡釧
聯絡電話：(04)2658-7200
傳真號碼：(04)2657-1329</td><td colspan="2">合作研究單位：國立成功大學
計畫主持人：李兆芳
共同主持人：盧韋勳
研究人員：劉正琪、江朕榮、謝佳紘
地址： 70101 臺南市東區大學路 1 號
聯絡電話：06-2371938 轉 301</td><td>研究期間
自 114 年 2 月

至 114 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：海象模擬、颱風波浪、暴潮、臺北海域、金門海域</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
本計畫屬於交通部運輸研究所 114 年科技綱要計畫「陸運及港灣設施防災技術研究(4/4)」之分項計畫「港灣環境災防創新應用研究」下執行之子計畫。
計畫除了持續維運海象模擬作業化系統正常運作外，本(114)年度研究主要課題包括建置與精進臺北海域小尺度風浪模組及水動力模組並納入臺海風浪、水動力模擬系統等，計畫成果包括臺北港近岸波浪模組及小尺度金門海域風浪模組改善研究；臺灣周圍海域 2025 年冬季風浪、颱風波浪、天文潮水位及颱風暴潮等模擬結果之校驗；114 年度 10 海域主要港口模擬與觀測成果比對，提供運技中心內參；臺北海域海象基本資料蒐集，以及完成臺北海域小尺度風浪模組及水動力模組建置並納入「臺灣近岸海象預測系統 2.0」等。

成果效應及應用情形:
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預測系統達到之目標。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。</td></tr>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本 出 版 品 取 得 方 式</td></tr>
<tr><td>115 年 3 月</td><td>428</td><td>400</td><td>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。</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。</td></tr>
</table>

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Maintenance and advancing of sea meteorology prediction simulation system (4/4) – Establishing and advancing Taipei seas module

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-531-743-0	1011500169	115-007-7E07	IOT-114-H3C006

DIVISION: Transportation Technology Research Center
DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ya-Wen Lin
PROJECT STAFF: Yi-Chuan Fu
PHONE: (04) 2658-7200
FAX: (04) 2657-1329

PROJECT PERIOD

FROM February 2025
TO December 2025

RESEARCH AGENCY: National Cheng Kung University
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jaw-Fang Lee
CO-PROJECT INVESTIGATOR: Wei-Shn Lu
PROJECT STAFF: Cheng-Chi Liu, Chen-Jung Chiang, Chia-Hon Shieh
ADDRESS: NO.1, University Road, Tainan, Taiwan 70101, R.O.C.
PHONE: (06) 2371938 ext. 301

KEY WORDS: SEA METEOROLOGY SIMULATION, TYPHOON WAVES, STORM SURGES, TAIPEI SEAS, KINMEN SEAS

ABSTRACT:

This project is a sub-item project “Innovative Application Research on Harbor Environment Disaster Prevention” belongs to the 2025 Outline Science Technology program “Disaster Prevention Technology Research of Land Transportation and Harbor Facilities (4/4)” of the Transportation Technology Research Center.

In addition to maintaining normal operation of the sea meteorology simulation system, main research topics this year include establishing and advancing of small-scale wind-wave module and hydrodynamic module of Taipei seas, which were incorporated into the wind-wave and hydrodynamic simulation systems.

Research results this year (2025) include: improvements of nearshore wave module of Taipei Harbor and small scale wind-wave module of Kinmen seas; calibrations of wind-wave simulation of winter monsoon, typhoon waves, astronautical tidal elevation and typhoon surges surrounding Taiwan seas; comparisons of simulation and observatory results of the 10 main harbors, which are provided as interior references for Transportation Technology Research Center; accomplishments of basic meteorology data collections, and small-scale wind-wave module and hydrodynamic module of Taipei seas, which are incorporated into Taiwan “Nearshore sea meteorology Prediction system 2.0.”.

Benefits of research results and applications:

The research results and numerical simulation experiences in this project can be applied to other outlying islands for refining the "sea meteorology simulation and forecast system" of sea areas surrounding Taiwan. During usual times, the present results can provide relevant sea meteorology simulation information for ports and coastal highways. On the other hand, during typhoon seasons, the present results can also provide as evaluation basis for disaster prevention and early warning and assist ship navigation and car driving safety on coastal highways.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
March 2026	428	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.....XIII
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.....2-42
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.....3-7
3.3 颱風波浪模擬與校驗.....3-24
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.....4-37
4.3 臺灣周圍海域暴潮水位模擬與校驗.....4-47
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.....5-9
5.2 波浪預測成果評估.....5-12

5.3 潮位預測成果評估 5-15
5.4 海流預測成果評估 5-17
第六章 臺北海域基本資料蒐集與分析 6-1
6.1 地形水深 6-1
6.2 潮汐 6-5
6.3 波浪 6-11
6.4 海流 6-21
第七章 臺北海域小尺度風浪模組建置 7-1
7.1 小尺度風浪模組建置 7-1
7.2 小尺度風浪模組模擬與校驗 7-7
第八章 臺北海域小尺度水動力模組建置 8-1
8.1 臺北海域水動力模組建置 8-1
8.2 臺北海域水動力模組率定與模擬 8-6
第九章 結論與建議 9-1
9.1 結論 9-1
9.2 建議 9-3
9.3 預期效益與應用情形 9-3
參考文獻 參-1
附錄一 相關波浪模式基本理論介紹 附1-1
附錄二 水動力模式基本理論介紹 附2-1
附錄三 8商港2024年天文潮調和常數表 附3-1
附錄四 歷次工作會議紀要 附4-1
附錄五 期中報告審查意見處理情形表 附5-1
附錄六 期末報告審查意見處理情形表 附6-1
附錄七 本期(111~114年)計畫成果摘要 附7-1
附錄八 教育訓練及協助計畫成果推廣工作 附8-1
附錄九 期末簡報 附9-1

圖 目 錄

圖 1.1 本年度計畫研究對象臺北港及其鄰近海域圖.....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 小尺度花蓮海域(HL sea)風浪模組之模擬範圍圖.....2-13
圖 2.17 小尺度蘇澳海域(SA sea)風浪模組之模擬範圍圖.....2-14
圖 2.18 小尺度基隆海域(KL sea)風浪模組之模擬範圍圖.....2-14
圖 2.19 小尺度高雄海域(KH 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.....2-23
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.....2-24
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 2-26
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.....2-27
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.....2-28
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.....2-29
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.....2-30
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 2-31
圖 2.46 花蓮港區靜穩模擬子系統架構.....2-39
圖 2.47 花蓮港靜穩模擬港區波高分布圖.....2-40
圖 2.48 臺海風浪模組輸出點位置分布圖.....2-41
圖 2.49 花蓮港靜穩模擬港區靜穩度分析水域分布圖.....2-41
圖 2.50 臺北港港型現況衛星影像圖(Google Earth, 2024/03) 2-43
圖 2.51 臺北港近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖.....2-44
圖 2.52 本計畫臺北港外廓及港型 (綠粗線) 校修圖 2-44
圖 2.53 臺北港近岸波浪模組校修後水深分布圖.....2-45
圖 2.54 臺北港近岸波浪模組校修前、後等水深線分布比較圖 2-45
圖 2.55 臺北港波浪觀測站位置分布圖.....2-46
圖 2.56 臺北港近岸波浪模組校修後模擬輸出校驗點分布圖 2-46
圖 2.57 金門海域風浪模組 2024 年冬季風浪模擬校驗歷線圖.....2-49
圖 2.58 金門料羅港外海冬季風浪模擬值與觀測值之比較圖 2-50
圖 2.59 金門海域波浪觀測站位置圖.....2-51
圖 2.60 金門海域風浪模擬 3 層巢狀架構圖.....2-51
圖 2.61 金門海域風浪模組 0.004°解析度網格之水深分布圖 2-52
圖 2.62 金門海域 0.004°網格風浪模擬檢核點位置圖.....2-52
圖 2.63 金門海域 0.004°網格檢核點風浪模擬歷線比較圖 2-53

圖 2.64 臺海暴潮模組外傘頂及布袋港海域三角元素配置改善圖 2-55
圖 2.65 臺海暴潮模組高雄港海域三角元素配置改善圖 2-55
圖 2.66 臺海暴潮模組臺北港海域三角元素配置改善圖 2-56
圖 2.67 臺海暴潮模組改善後非結構計算網格分布圖.....2-56
圖 3.1 TaiCOMS 2.0「臺海風浪模擬子系統」3 層網格範圍圖 3-5
圖 3.2 運技中心臺灣本島主要商港波浪觀測站分布圖 3-5
圖 3.3 臺北港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值比較圖 3-13
圖 3.3 臺北港冬季(2025/1 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 1) 3-13
圖 3.3 臺北港冬季(2025/2 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 2) 3-14
圖 3.4 花蓮港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值比較圖 3-14
圖 3.4 花蓮港冬季(2025/1 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 1) 3-15
圖 3.4 花蓮港冬季(2025/2 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 2) 3-15
圖 3.5 蘇澳港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖 3-16
圖 3.5 蘇澳港冬季(2025/1 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 1) 3-16
圖 3.5 蘇澳港冬季(2025/2 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 2) 3-17
圖 3.6 基隆港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值比較圖 3-17
圖 3.6 基隆港冬季(2025/1 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 1) 3-18
圖 3.6 基隆港冬季(2025/2 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 2) 3-18
圖 3.7 臺中港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值比較圖 3-19
圖 3.7 臺中港冬季(2025/1 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 1) 3-19
圖 3.7 臺中港冬季(2025/2 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 2) 3-20
圖 3.8 高雄港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值比較圖 3-20
圖 3.8 高雄港冬季(2025/1 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 1) 3-21
圖 3.8 高雄港冬季(2025/2 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 2) 3-21
圖 3.9 安平港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值比較圖 3-22
圖 3.9 安平港冬季(2025/1 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 1) 3-22
圖 3.9 安平港冬季(2025/2 月)風浪模擬值與觀測值比較圖(續 2) 3-23
圖 3.10 114 年度強烈及中度颱風侵臺之行進路徑圖 3-25
圖 3.11 山陀兒侵臺期間臺北港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖.....3-29
圖 3.12 山陀兒侵臺期間花蓮港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-29
圖 3.13 山陀兒侵臺期間蘇澳港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-30
圖 3.14 山陀兒侵臺期間基隆港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-30
圖 3.15 山陀兒侵臺期間臺中港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-31

圖 3.16 山陀兒侵臺期間高雄港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-31
圖 3.17 山陀兒侵臺期間安平港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-32
圖 3.18 康芮侵臺期間臺北港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-35
圖 3.19 康芮侵臺期間花蓮港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-35
圖 3.20 康芮侵臺期間蘇澳港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-36
圖 3.21 康芮侵臺期間基隆港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-36
圖 3.22 康芮侵臺期間臺中港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-37
圖 3.23 康芮侵臺期間高雄港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-37
圖 3.24 康芮侵臺期間安平港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-38
圖 3.25 天兔侵臺期間臺北港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖.....3-41
圖 3.26 天兔侵臺期間花蓮港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-41
圖 3.27 天兔侵臺期間蘇澳港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-42
圖 3.28 天兔侵臺期間基隆港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-42
圖 3.29 天兔侵臺期間臺中港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-43
圖 3.30 天兔侵臺期間高雄港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-43
圖 3.31 天兔侵臺期間安平港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-44
圖 3.32 丹娜絲侵臺期間臺北港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-47
圖 3.33 丹娜絲侵臺期間花蓮港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-47
圖 3.34 丹娜絲侵臺期間蘇澳港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-48
圖 3.35 丹娜絲侵臺期間基隆港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-48
圖 3.36 丹娜絲侵臺期間臺中港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-49
圖 3.37 丹娜絲侵臺期間高雄港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-49
圖 3.38 丹娜絲侵臺期間安平港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖 3-50
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 臺海暴潮模組主要商港水位模擬檢核點位置圖 4-4
圖 4.5 本計畫系統校驗之潮位站位置示意圖.....4-7
圖 4.6 花蓮港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖.....4-8
圖 4.7 蘇澳港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖.....4-9
圖 4.8 基隆港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖.....4-10
圖 4.9 臺北港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖.....4-11
圖 4.10 臺中港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖.....4-12

圖 4.11 布袋港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖.....4-13
圖 4.12 安平港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖.....4-14
圖 4.13 高雄港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖.....4-15
圖 4.14 花蓮港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖.....4-16
圖 4.15 蘇澳港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖.....4-17
圖 4.16 基隆港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖.....4-18
圖 4.17 臺北港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖.....4-19
圖 4.18 臺中港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖.....4-20
圖 4.19 布袋港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖.....4-21
圖 4.20 安平港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖.....4-22
圖 4.21 高雄港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖.....4-23
圖 4.22 2024 年強烈颱風凱米行進路徑圖.....4-26
圖 4.23 2024 年強烈颱風山陀兒行進路徑圖.....4-26
圖 4.24 2024 年強烈颱風康芮行進路徑圖.....4-27
圖 4.25 2024 年中度颱風天兔行進路徑圖.....4-27
圖 4.26 花蓮港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖.....4-28
圖 4.27 蘇澳港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖.....4-28
圖 4.28 基隆港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖.....4-29
圖 4.29 臺北港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖.....4-29
圖 4.30 臺中港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖.....4-30
圖 4.31 布袋港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖.....4-30
圖 4.32 安平港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖.....4-31
圖 4.33 高雄港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖.....4-31
圖 4.34 2025 年中度颱風丹娜絲行進路徑圖.....4-33
圖 4.35 2025 年輕度颱風薇帕行進路徑圖.....4-33
圖 4.36 2025 年中度颱風楊柳行進路徑圖.....4-34
圖 4.37 2025 年丹娜絲颱風各港暴潮偏差觀測預測值歷線圖.....4-35
圖 4.38 2025 年楊柳颱風各港暴潮偏差觀測預測值歷線歷線圖.....4-36
圖 4.39 花蓮港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖.....4-39
圖 4.40 蘇澳港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖.....4-40
圖 4.41 基隆港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖.....4-41
圖 4.42 臺北港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖.....4-42
圖 4.43 臺中港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖.....4-43

圖 4.44 布袋港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖.....4-44
圖 4.45 安平港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖.....4-45
圖 4.46 高雄港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較圖.....4-46
圖 4.47 康芮颱風期間各港水位模擬值與觀測值之比較圖 4-49
圖 4.48 康芮颱風侵臺期間各港暴潮偏差模擬預測歷線圖 4-50
圖 5.1 花蓮港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 5-4
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 5-5
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 5-6
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 5-7
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 澎湖龍門尖山港區海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 5-8
圖 5.10 馬祖福澳港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 5-8
圖 6.1 臺北港整體規劃藍圖.....6-2
圖 6.2 臺北港外廓及港型配置現況圖.....6-2
圖 6.3 臺北港水深測量圖.....6-3
圖 6.4 臺北港鄰近海域地形測量圖.....6-3
圖 6.5 臺北海域水深資料(黃色)分布圖.....6-4
圖 6.6 臺灣周圍海域 200 公尺網格間距地形水深分布圖.....6-4
圖 6.7 運技中心臺北港潮位及波流測站位置圖.....6-5
圖 6.8 臺北港 2022 年逐時潮位歷線圖.....6-7
圖 6.9 臺北港 2023 年逐時潮位歷線圖.....6-8
圖 6.10 臺北港 2024 年逐時潮位歷線圖.....6-9
圖 6.11 臺北港代表性潮位月變化歷線圖.....6-10
圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖.....6-14
圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖(續 1).....6-15
圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖(續 2).....6-16
圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖(續 3).....6-17
圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖(續 4).....6-18
圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖(續 5).....6-19
圖 6.13 臺北海域 2024 年全年波浪波高、波向分布玫瑰圖.....6-20

圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖.....6-29
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 1).....6-30
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 2).....6-31
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 3).....6-32
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 4).....6-33
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 5).....6-34
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 6).....6-35
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 7).....6-36
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 8).....6-37
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 9).....6-38
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 10).....6-39
圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 11).....6-40
圖 6.15 臺北海域 2024 年 1 月海流流速、流向玫瑰圖 6-41
圖 6.15 臺北海域 2024 年 2 月海流流速、流向玫瑰圖(續 1) 6-41
圖 6.15 臺北海域 2024 年 3 月海流流速、流向玫瑰圖(續 2) 6-42
圖 6.15 臺北海域 2024 年 4 月海流流速、流向玫瑰圖(續 3) 6-42
圖 6.15 臺北海域 2024 年 5 月海流流速、流向玫瑰圖(續 4) 6-43
圖 6.15 臺北海域 2024 年 6 月海流流速、流向玫瑰圖(續 5) 6-43
圖 6.15 臺北海域 2024 年 7 月海流流速、流向玫瑰圖(續 6) 6-44
圖 6.15 臺北海域 2024 年 8 月海流流速、流向玫瑰圖(續 7) 6-44
圖 6.15 臺北海域 2024 年 9 月海流流速、流向玫瑰圖(續 8) 6-45
圖 6.15 臺北海域 2024 年 10 月海流流速、流向玫瑰圖(續 9) 6-45
圖 6.15 臺北海域 2024 年 11 月海流流速、流向玫瑰圖(續 10) 6-46
圖 6.15 臺北海域 2024 年 12 月海流流速、流向玫瑰圖(續 11) 6-46
圖 7.1 臺北海域小尺度風浪模組模擬範圍示意圖.....7-1
圖 7.2 臺北海域小尺度風浪模組網格之水深分布圖.....7-2
圖 7.3 臺北海域風浪模擬系統架構及模擬流程圖.....7-6
圖 7.4 臺北海域風浪模組檢核點與波浪測站位置圖.....7-6
圖 7.5 東北季風臺北海域 TPAW01 觀測值與模擬值之比較圖 7-8
圖 7.6 東北季風臺北海域 TPBU01 觀測值與模擬值之比較圖 7-9
圖 7.7 康芮侵臺期間臺北海域觀測值與模擬值之比較圖 7-11
圖 7.8 康芮侵臺期間臺北海域觀測值與模擬值之比較圖 7-12
圖 8.1 臺北港水動力模組計算網格及水深分布圖.....8-1

圖 8.2 臺北海域水動力模組新建非結構計算網格圖.....8-2
圖 8.3 臺北海域水動力模組新建網格水深分布圖.....8-3
圖 8.4 臺北海域水動力模擬子系統之組成及模擬架構圖 8-5
圖 8.5 臺北海域水動力模組檢核點及海流、潮位測站位置圖 8-5
圖 8.6 臺北港 TPBU01 海流觀測值與主要天文分潮流速比較圖 8-7
圖 8.7 臺北港水位檢核點模擬值與天文潮調和分析預測值之比較 8-8
圖 8.8 臺北港流速檢核點模擬值與主要天文分潮分析值之比較 8-8

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 2-7 114 年度伺服器維護紀錄 2-34
表 2-8 臺北港波浪測站坐標及近岸波浪模組輸出點網格坐標表 2-43
表 2-9 本計畫金門海域風浪模擬系統 3 層巢狀網格資訊表 2-47
表 2-10 金門海域風浪模擬模式指令參數修訂對照表 2-48
表 3-1 臺海風浪模擬系統 3 層巢狀網格之資訊表 3-2
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 3-2
表 3-3 2024 年 12 月 7 港口海域波浪觀測資料統計特性表 3-3
表 3-4 2025 年 1 月 7 港口海域波浪觀測資料統計特性表 3-4
表 3-5 2025 年 2 月 7 港口海域波浪觀測資料統計特性表 3-4
表 3-6 2024 年 12 月各港口海域風浪模擬資料平均值統計表 3-9
表 3-7 2025 年 1 月各港口海域風浪模擬資料平均值統計表 3-10
表 3-8 2025 年 2 月各港口海域風浪模擬資料平均值統計表 3-11
表 3-9 2024 年冬季(12 月)臺海風浪模擬校驗指標分析表 3-12
表 3-10 2025 年冬季(1 月)臺海風浪模擬校驗指標分析表 3-12
表 3-11 2025 年冬季(2 月)臺海風浪模擬校驗指標分析表 3-12
表 3-12 本年度(2024/9~2025/8) 氣象署發布侵臺警報之颱風資訊表 3-24
表 3-13 山陀兒颱風侵臺期間各港波浪模擬與觀測平均值統計表 3-28
表 3-14 山陀兒颱風侵臺期間臺海風浪模擬校驗指標分析表 3-28
表 3-15 康芮颱風侵臺期間各港波浪模擬與觀測平均值統計表 3-34
表 3-16 康芮颱風侵臺期間臺海風浪模擬校驗指標分析表 3-34
表 3-17 天兔颱風侵臺期間各港波浪模擬與觀測平均值統計表 3-40
表 3-18 天兔颱風侵臺期間臺海風浪模擬校驗指標分析表 3-40
表 3-19 丹娜絲颱風侵臺期間各港波浪模擬與觀測平均值統計表 3-46
表 3-20 丹娜絲颱風侵臺期間臺海風浪模擬校驗指標分析表 3-46
表 4-1 2024 年各港逐時潮位資料之平均潮位高程表 4-6

表 4-2 2022-2024 年各港逐時潮位資料之平均潮位高程表.....4-6
表 4-3 各港潮位觀測值與天文潮潮位分析值之年均方根誤差.....4-6
表 4-4 2025 年各港年度天文潮最大預測值及發生日期表.....4-6
表 4-5 2024 年氣象署發布侵臺警報之颱風資訊表.....4-25
表 4-6 2024 年颱風期間各港最大暴潮偏差觀測分析值表.....4-25
表 4-7 2025 年(8 月底)氣象署發布侵臺警報之颱風資訊表.....4-32
表 4-8 2025 年天文潮模擬值與各港預測值之月誤差分析表.....4-38
表 4-9 歷年天文潮模擬值與各港調和分析預測值年誤差表.....4-38
表 4-10 康芮颱風期間各港最大暴潮偏差之觀測與模擬綜整表.....4-48
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 本年度觀測海流資料蒐集率逐月統計表.....5-3
表 5-5 臺北港 2025 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s).....5-9
表 5-6 臺北港 2025 年度風力實測與模擬差值統計表(單位 m/s).....5-10
表 5-7 臺北港 2025 年度觀測風速發生頻率(%)分析表.....5-10
表 5-8 臺北港 2025 年度觀測風向發生頻率(%)分析表.....5-11
表 5-9 臺北港 2025 年度波高實測與模擬統計表(單位 m).....5-13
表 5-10 臺北港 2025 年度譜峰週期實測與模擬統計表(單位 sec).....5-13
表 5-11 臺北港 2025 年度波浪實測與模擬差值統計表.....5-14
表 5-12 臺北港 2025 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m).....5-15
表 5-13 臺北港 2025 年度潮位實測與模擬差值統計表(單位 m).....5-16
表 5-14 臺北港 2025 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 cm/s).....5-17
表 5-15 臺北港 2025 年度流速實測與模擬差值統計表(單位 m/s).....5-18
表 6-1 臺北港 2022~2024 年逐月代表性潮位統計表.....6-6
表 6-2 臺北海域 TPBU01 測站 2024 年波浪月平均統計表.....6-12
表 6-3 臺北海域 TPBU01 測站 2024 年逐月波浪分布範圍統計表.....6-12
表 6-4 臺北海域 TPBU01 測站 2024 年波浪聯合機率分布表.....6-13
表 6-5 臺北海域 2024 年 1 月流速、流向聯合機率表.....6-22
表 6-5 臺北海域 2024 年 2 月流速、流向聯合機率表(續 1).....6-22
表 6-5 臺北海域 2024 年 3 月流速、流向聯合機率表(續 2).....6-23
表 6-5 臺北海域 2024 年 4 月流速、流向聯合機率表(續 3).....6-23
表 6-5 臺北海域 2024 年 5 月流速、流向聯合機率表(續 4).....6-24

表 6-5 臺北海域 2024 年 6 月流速、流向聯合機率表(續 5).....6-24
表 6-5 臺北海域 2024 年 7 月流速、流向聯合機率表(續 6).....6-25
表 6-5 臺北海域 2024 年 8 月流速、流向聯合機率表(續 7).....6-25
表 6-5 臺北海域 2024 年 9 月流速、流向聯合機率表(續 8).....6-26
表 6-5 臺北海域 2024 年 10 月流速、流向聯合機率表(續 9).....6-26
表 6-5 臺北海域 2024 年 11 月流速、流向聯合機率表(續 10).....6-27
表 6-5 臺北海域 2024 年 12 月流速、流向聯合機率表(續 11).....6-27
表 6-6 臺北海域 2024 年逐月主要分潮長軸振幅及方位角 6-28
表 7-1 臺北海域風浪模擬系統巢狀網格資訊表 7-4
表 7-2 臺北海域風浪模組檢核點輸之坐標資訊表 7-4
表 7-3 近域風浪模組 SWAN 模擬指令參數修訂表 7-4
表 7-4 臺北海域風浪模組 SWAN 模擬指令參數設定表 7-5
表 8-1 臺北港 TPBU01 2025 年 1 月主要分潮調和分析常數表 8-6

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(114)年度計畫目的除了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)執行維護外，將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。

本計畫屬於運研所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 Forecast 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。其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，除達成優化花蓮港及蘇澳港港內靜穩模擬目的外，並完成「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。111 年計畫主要成果包括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；112 年計畫主要成果包括澎湖海域風浪、水動力模組模擬結果校驗，以及新建高雄海域風浪、水動力模組等；113 年計畫主要成果包括完成金門海域及高雄海域等風浪模擬結果校驗，以及新建金門海域水動力模組。

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(114)年度重點研

究對象為臺北海域(含臺北港)，如圖 1.1 所示。

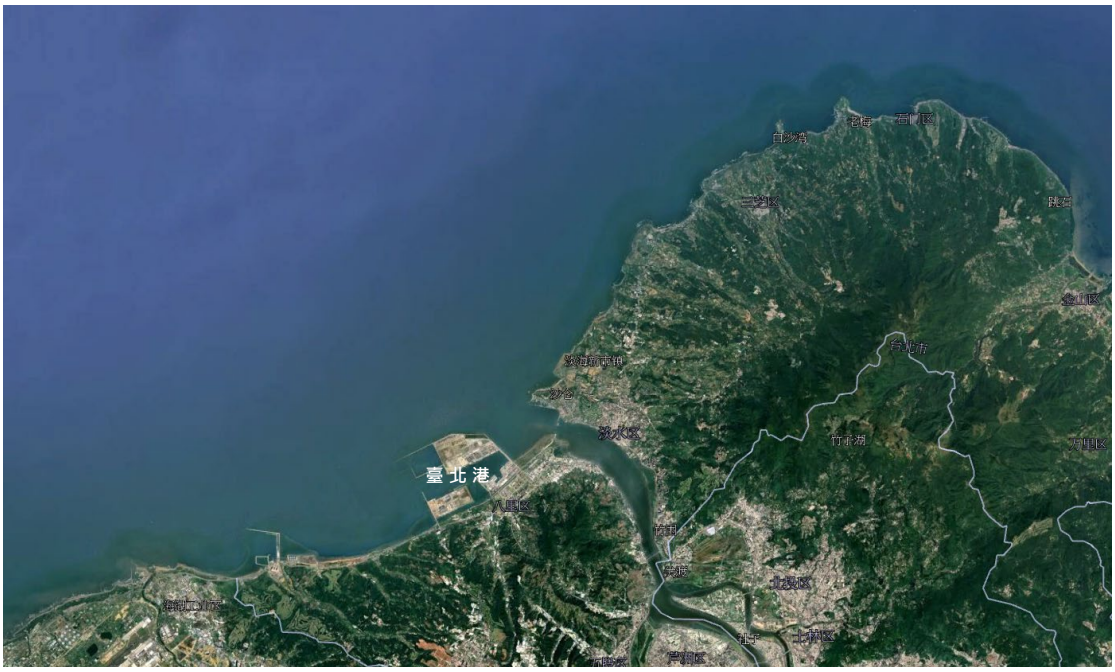


圖 1.1 本年度計畫研究對象臺北港及其鄰近海域圖

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(114)年度重點為建置與精進臺北海域模組，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：針對系統內各處理子系統、模組或作業化流程，辦理模組改善、研究或作業化流程新增、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(114)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(114)年度或歷史颱風資料進行模擬與評估。

5. 風力、波浪、水位及流場等海象預測作業化成果評估：配合運技中心(或中央氣象署、水利署)於臺灣及及離島(馬祖、澎湖)主要商港，進行本(114)年度海象預測成果評估。
6. 臺北海域基本資料蒐集與分析：臺北海域海象特性及地形水深蒐集及分析。
7. 臺北海域小尺度風浪模組建置：近年臺北港進行港區擴建工程，使臺北港港型改變，針對臺北海域小尺度風浪模組、調整模組內之臺北港港型，並新建臺北海域小尺度風浪模組，應用臺北港觀測資料完成模式驗證工作。
8. 臺北海域小尺度水動力模組建置：近年臺北港進行港區擴建工程，使臺北港港型改變，針對臺北海域小尺度水動力模組、調整模組內之臺北港港型，並新建臺北海域小尺度水動力模組，應用臺北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. 辦理 1 場教育訓練：藉由辦理教育訓練，推廣計畫成果。
11. 針對計畫重要成果，製作可供展示之海報及影片電子檔。
12. 將本期研究/計畫成果投稿運輸計劃季刊或港灣技術季刊、國內外期刊、學術研討會。
13. 綜整摘要說明 111～114 各年度階段性成果。

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 3 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 每日執行各商港海象模擬預測工作，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。

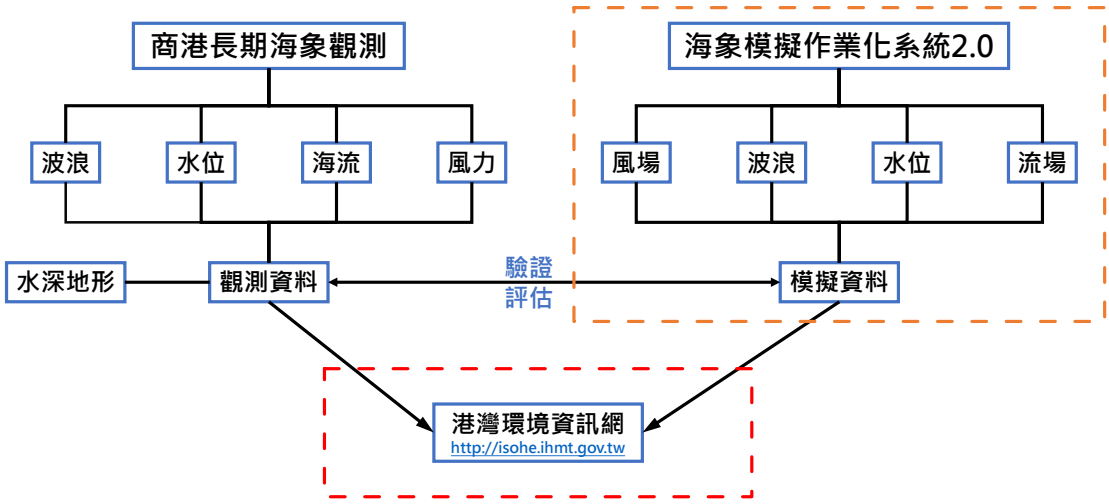


圖 2.1 臺灣近岸海象預測系統 2.0 整體架構圖

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：

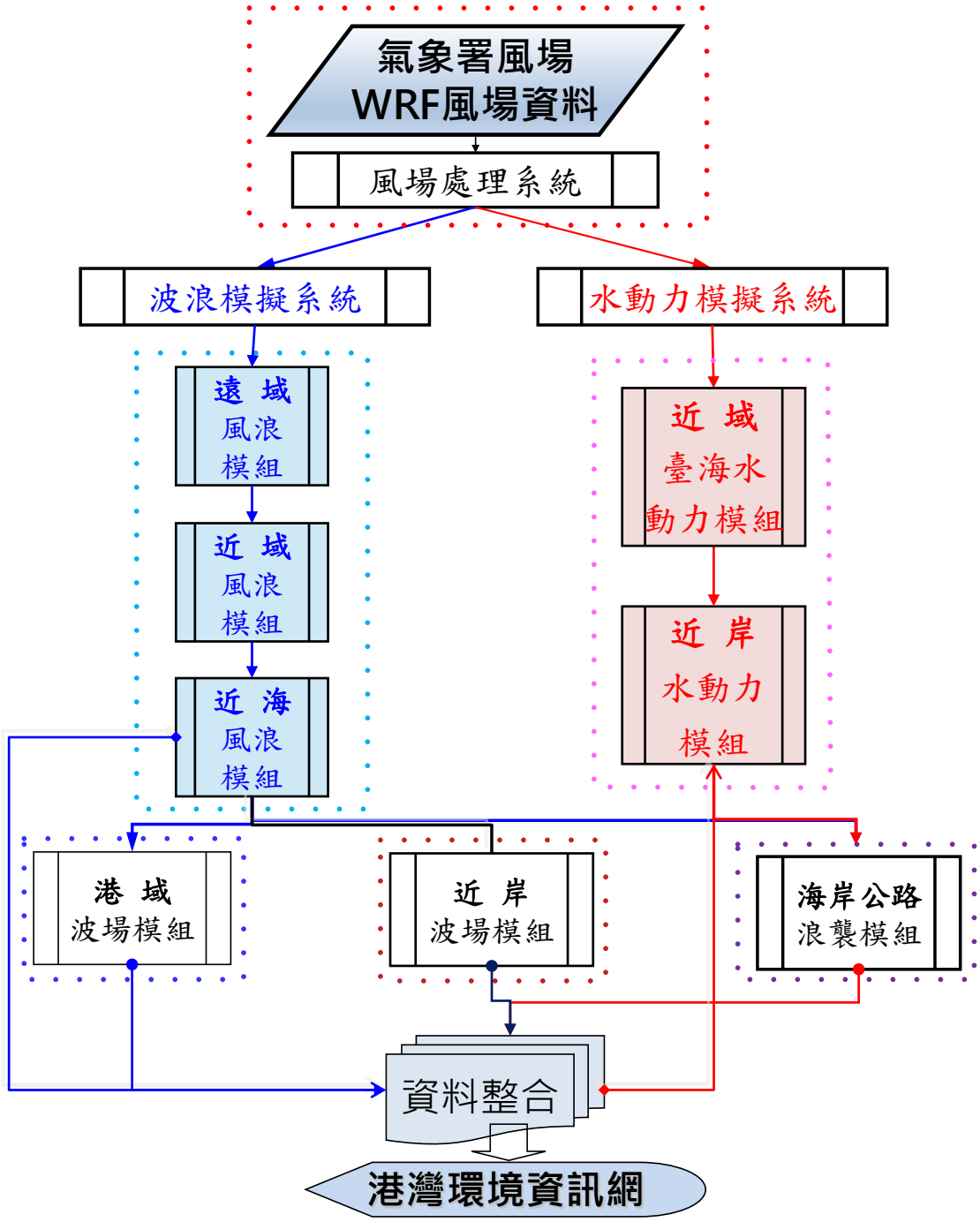


圖 2.2 海象模擬作業化系統 2.0 之整體架構圖

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

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)2 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	模式格網度(°)	格點位置
西太平洋風壓場 WE01	271×181	1/6°≈0.167°	左下點(10N,105E) 右上點(40N,150E)
臺灣海域風壓場 WE02	271×271	1/30°≈0.033°	左下點(20N,116E) 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 55 小時(即 0～54 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。

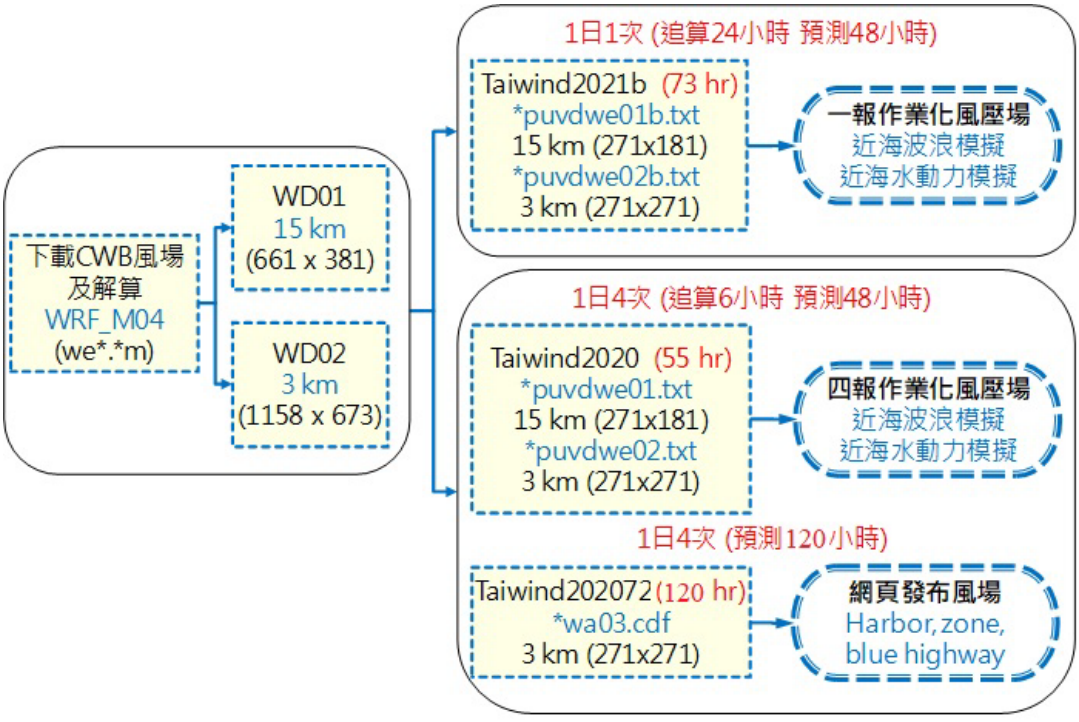


圖 2.3 風場處理作業系統組成架構圖

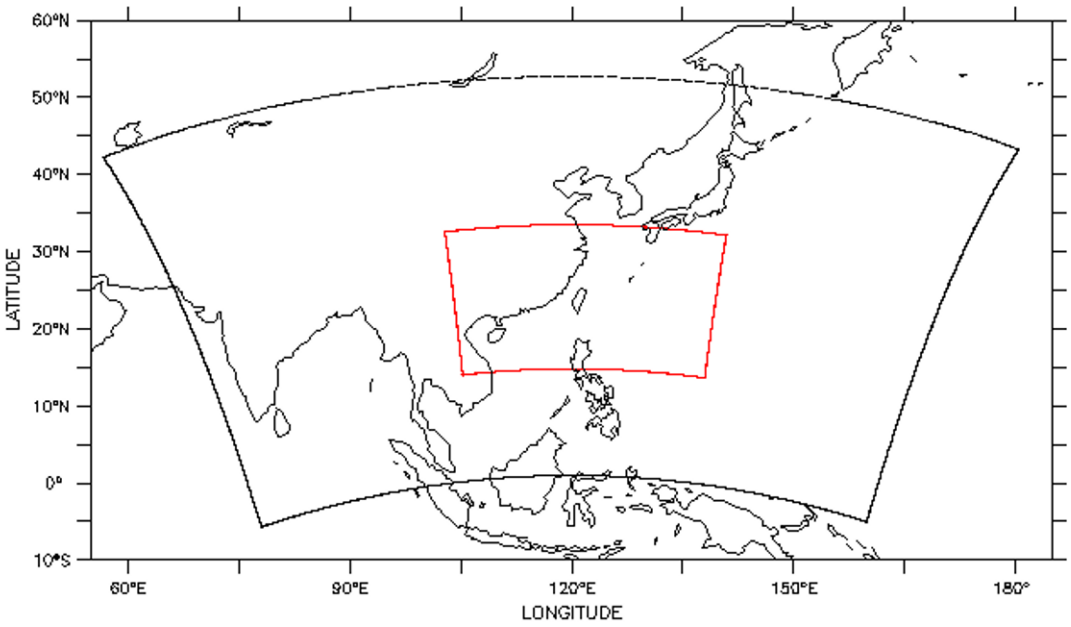


圖 2.4 氣象署 WRF 成員 M04 水平網格模擬範圍圖

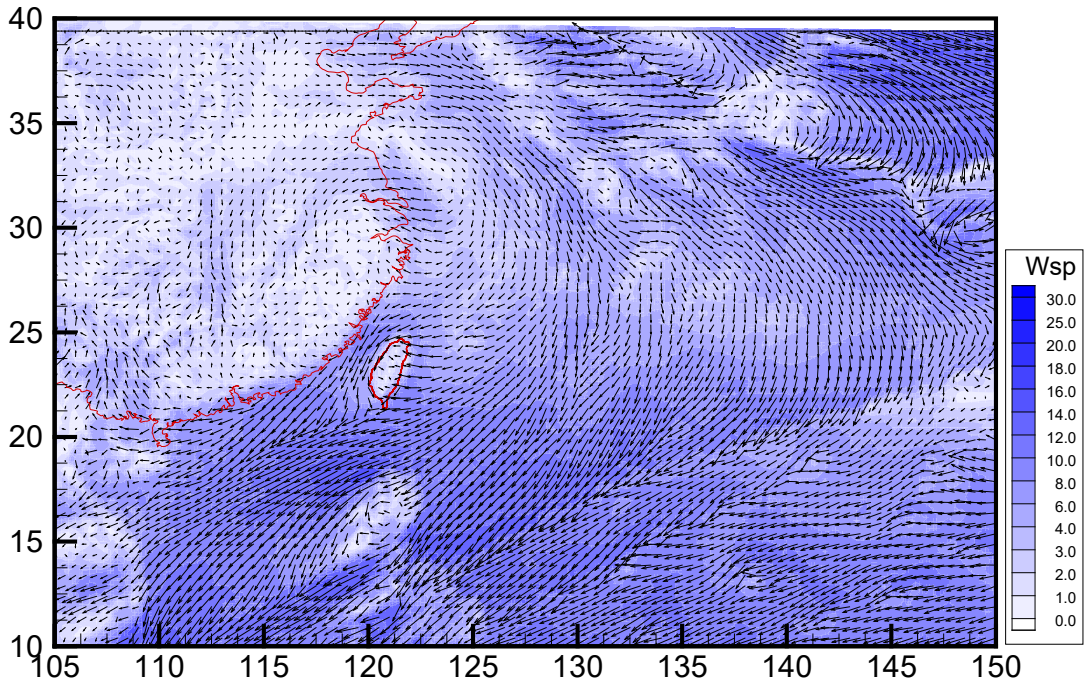


圖 2.5 西太平洋風壓場(WE01)風場輸出範圍圖

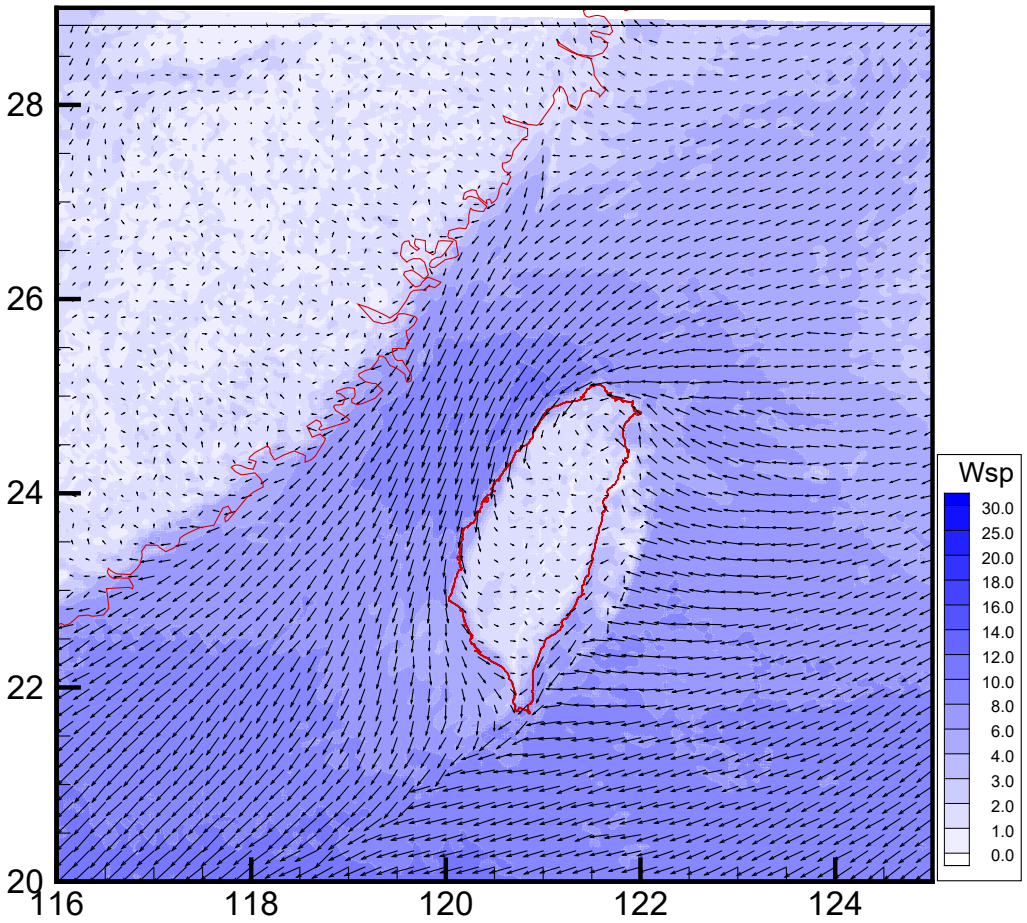


圖 2.6 臺灣海域風壓場(WE02)風場輸出範圍圖

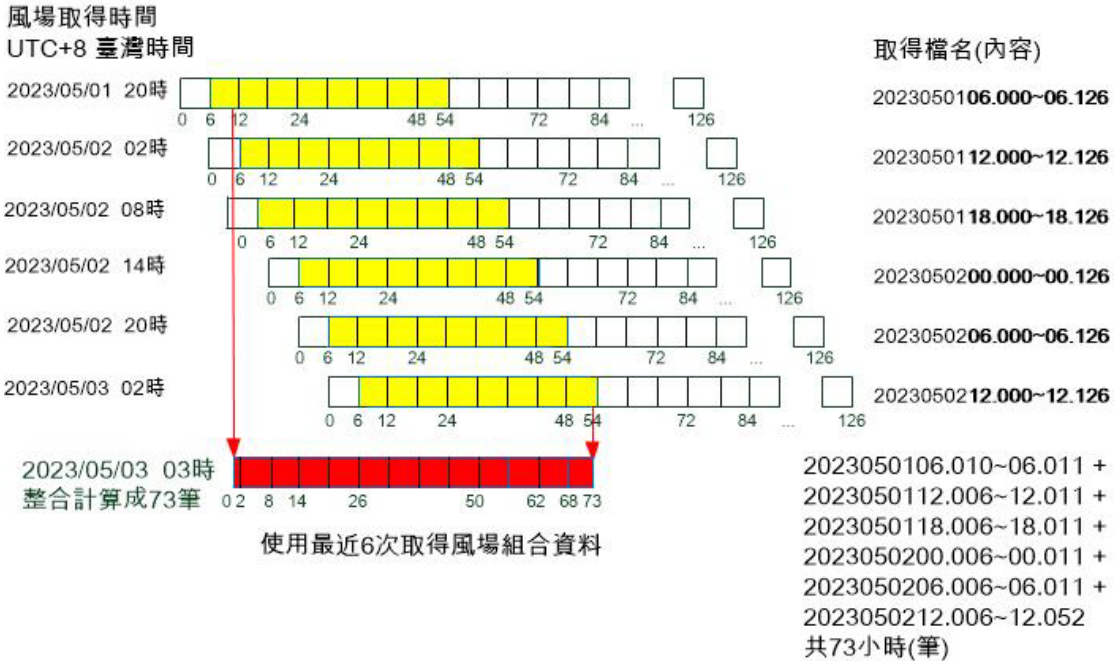
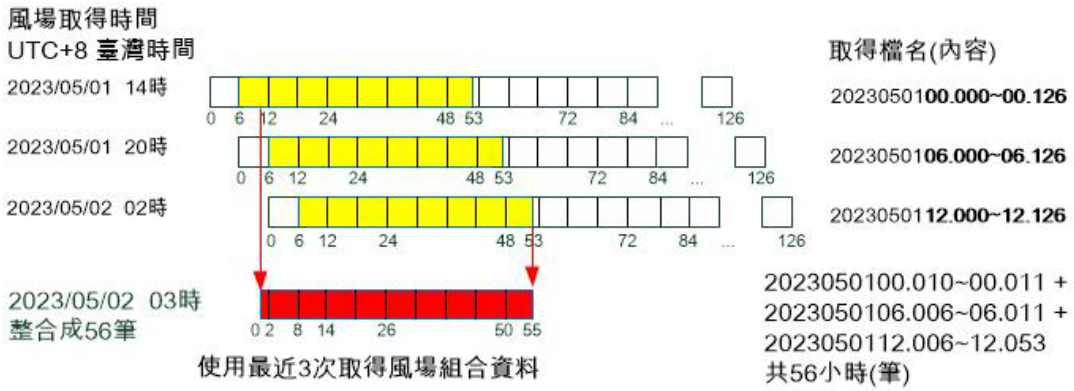


圖 2.7 每日 1 次海象作業化模擬預報風壓場之組合示意圖



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° 至 35°，東經 110° 至 145° 之海域，如圖 2.10 所示；數值計算格網採用 0.2° (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)，模式相關介紹如附錄一。目的除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 20.6º 至 28º 及東經 117.6º 至 123.6º 之海域，如圖 2.11 所示；數值計算格網採用 0.04º (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、花蓮海域、蘇澳海域、基隆海域及高雄海域等 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°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做為邊界條件。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：110º~145º 北緯：10º~35º 解析度：0.2º	海洋波浪預測模式 WAM (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° 北緯：20.6°~28.0° 解析度：0.04°	近海風浪模式 SWAN (參考附錄一)	WE02 風場 巢狀邊界風浪條件(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：119.00º~120.48º 北緯：22.80º~24.20º 解析度：0.008º	近海風浪模式 SWAN	WE02 風場 巢狀邊界風浪條件(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：119.44º~120.84º 北緯：25.72º~26.72º 解析度：0.008º			
	金門海域風浪模組	東經：117.80º~118.88º 北緯：24.04º~24.72º 解析度：0.008º			
	東南海域風浪模組	東經：120.76º~122.00º 北緯：21.52º~23.00º 解析度：0.008º			
	花蓮海域風浪模組	東經：121.40º~122.40º 北緯：23.28º~24.24º 解析度：0.008º			
	蘇澳海域風浪模組	東經：121.64º~122.40º 北緯：24.24º ~25.12º 解析度：0.008º			
	基隆海域風浪模組	東經：121.56º~122.40º 北緯：25.00º ~25.80º 解析度：0.008º			
	高雄海域風浪模組	東經：119.80º~120.88º 北緯：21.52º ~ 22.80º 解析度：0.008º			

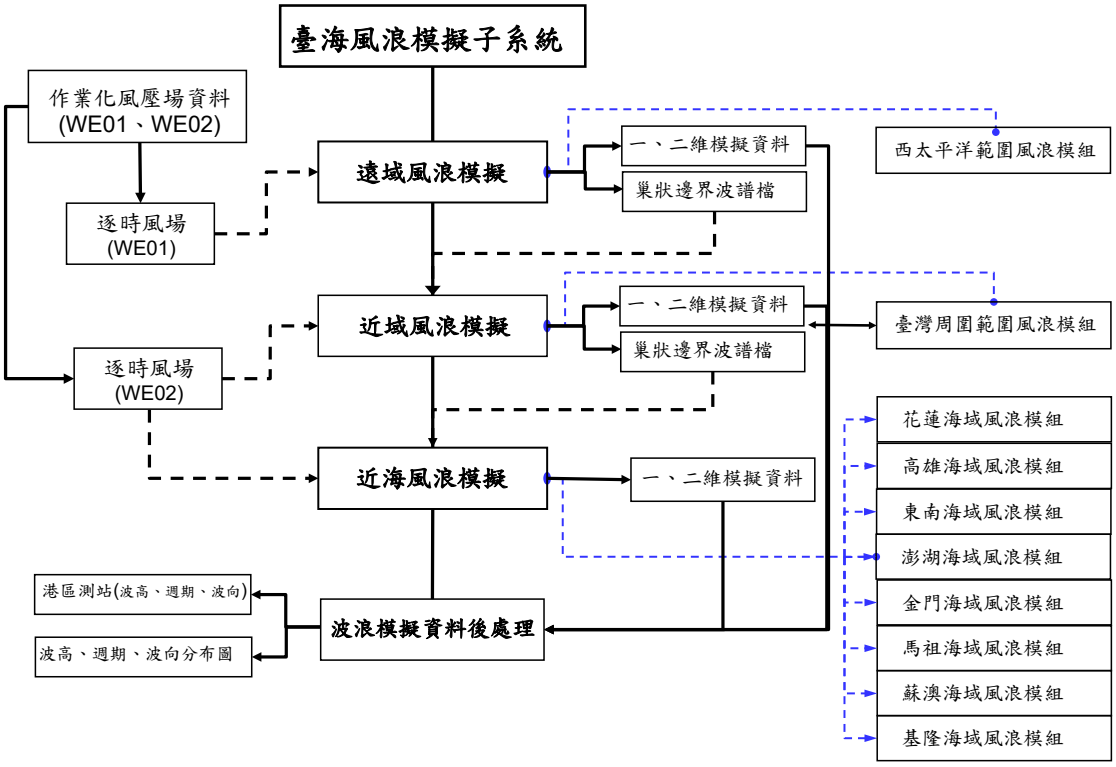


圖 2.9 臺海風浪模擬子系統模擬架構及組成圖

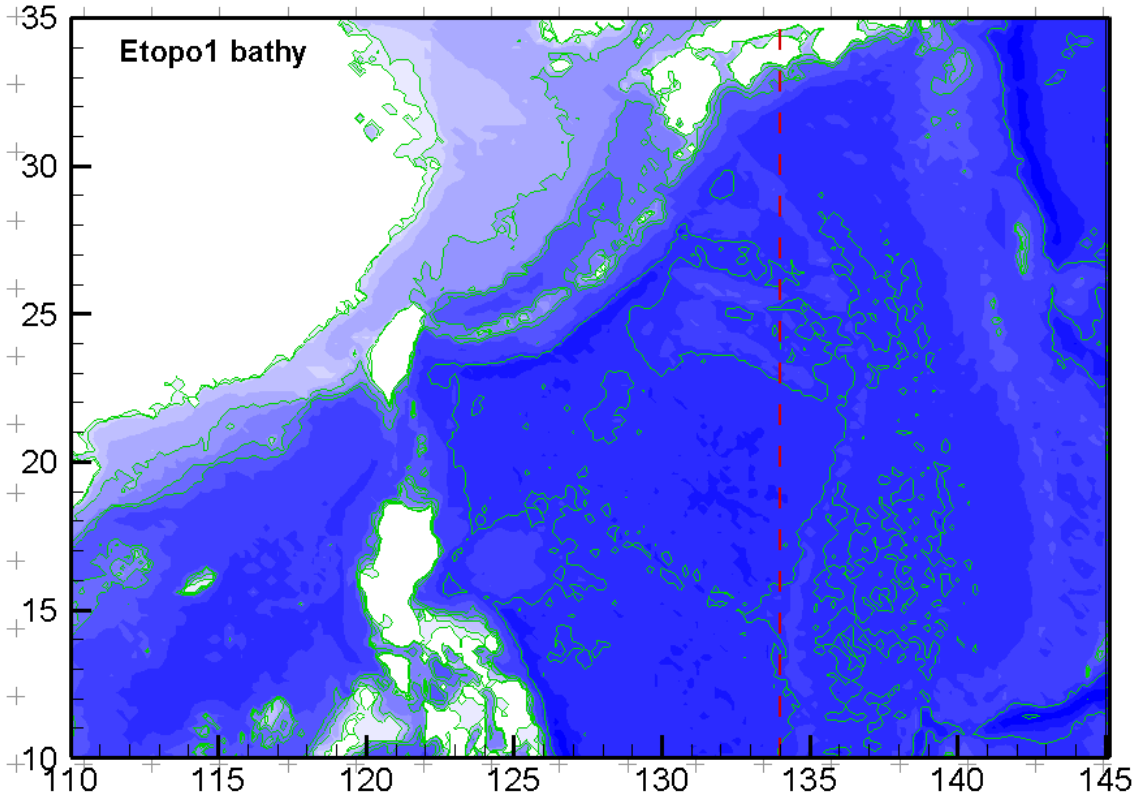


圖 2.10 大尺度遠域風浪模組模擬範圍圖

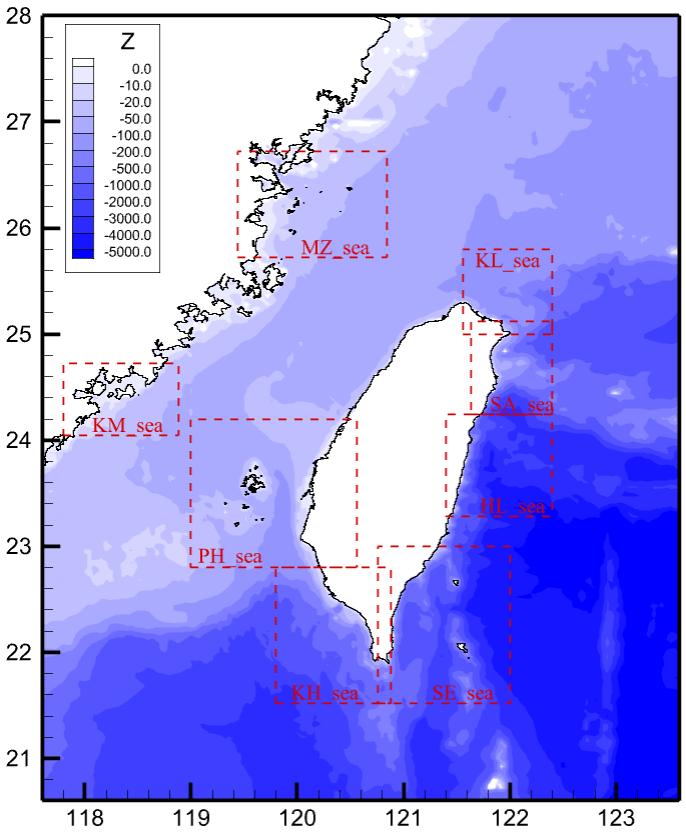


圖 2.11 中尺度近域風浪模組模擬範圍圖

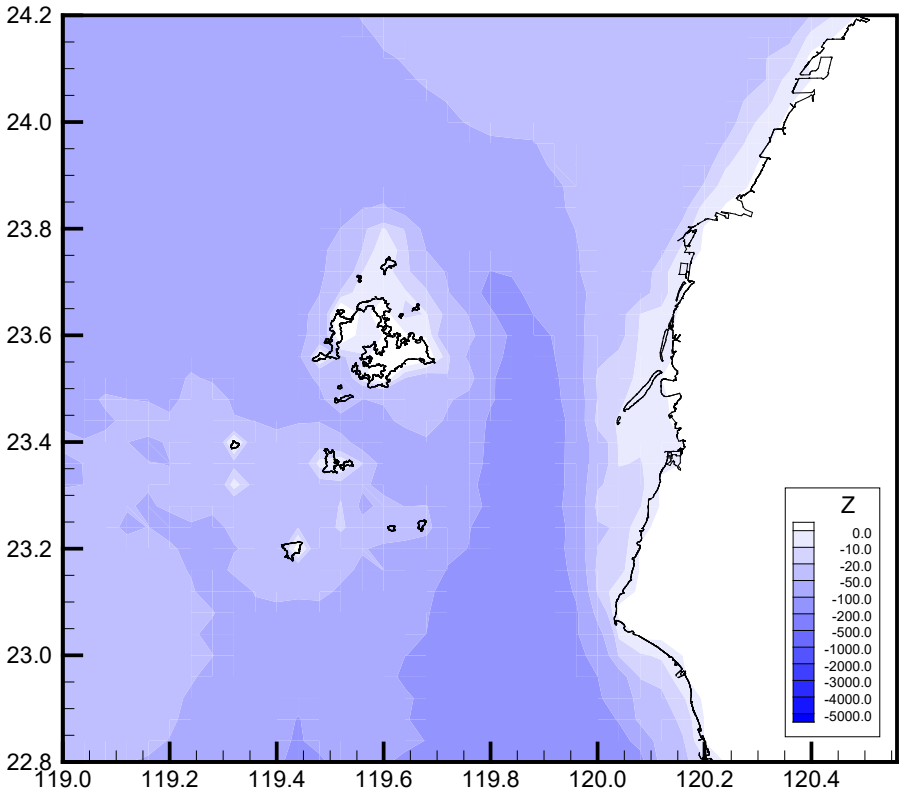


圖 2.12 小尺度澎湖海域(PH sea)風浪模組模擬範圍圖

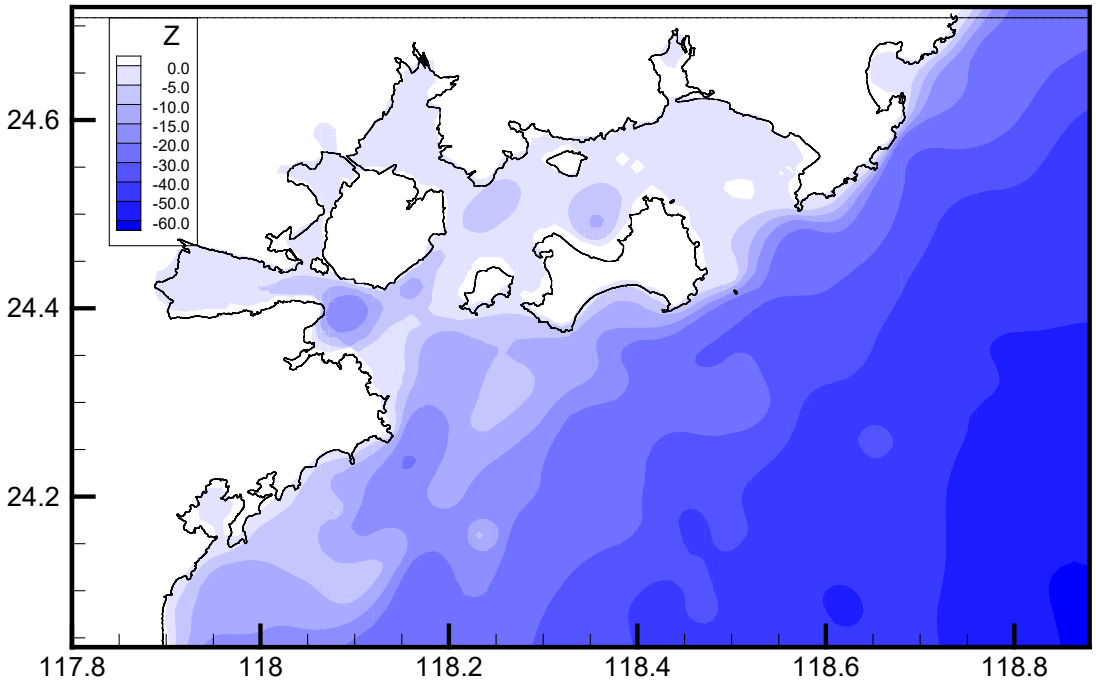


圖 2.13 小尺度金門海域(KM sea)風浪模組之模擬範圍圖

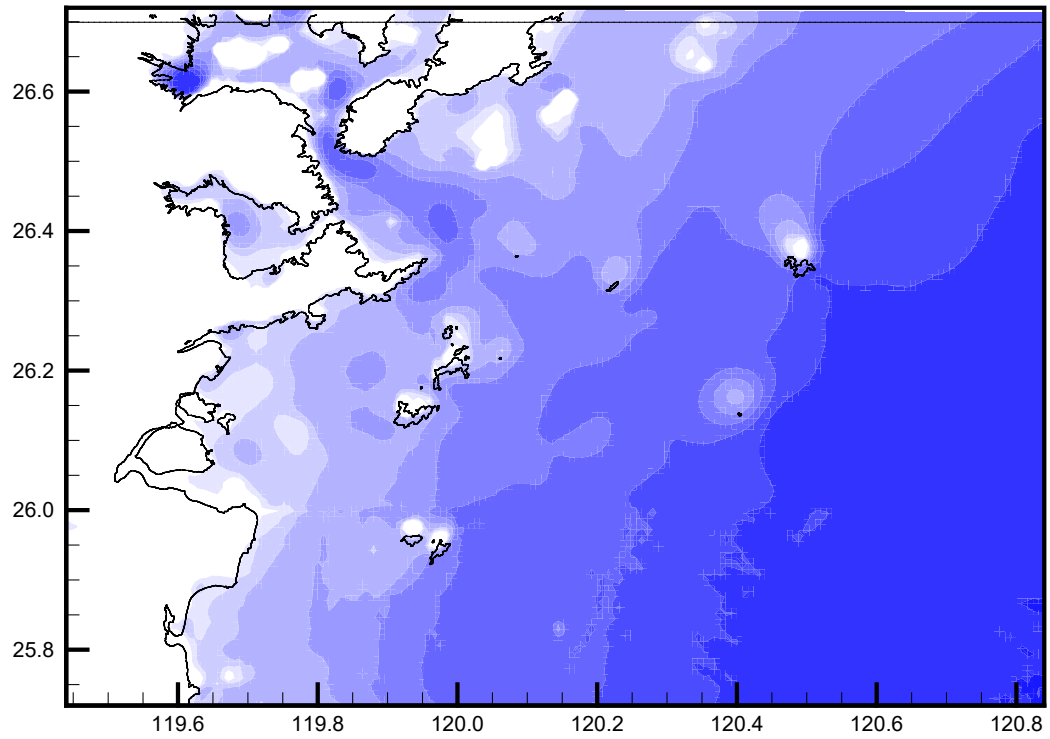


圖 2.14 小尺度馬祖海域(MZ sea)風浪模組之模擬範圍圖

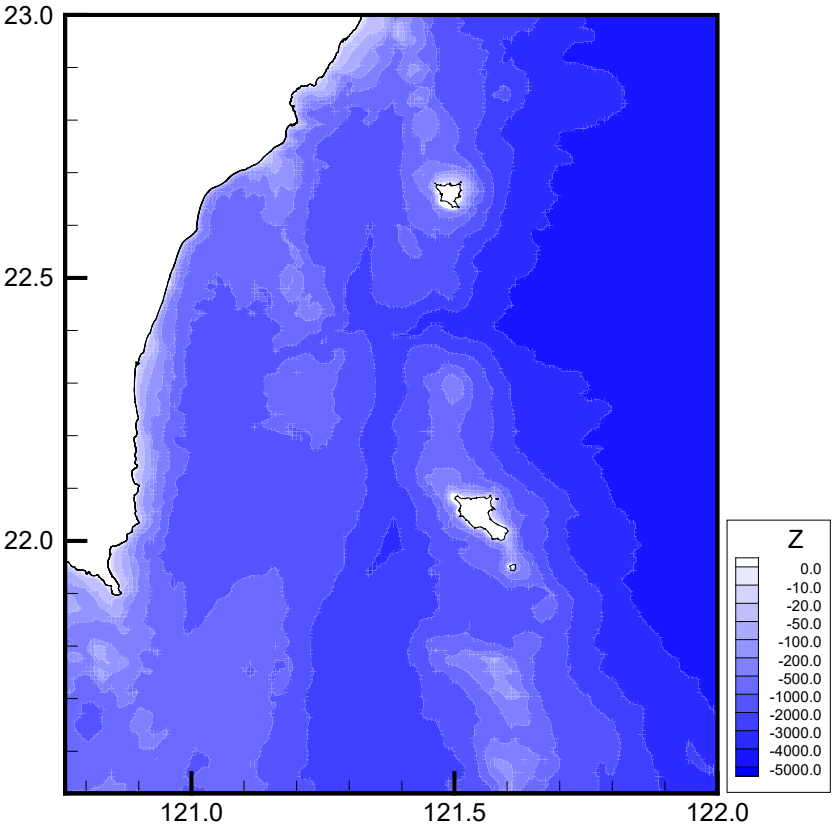


圖 2.15 小尺度東南海域(SE sea)風浪模組之模擬範圍圖

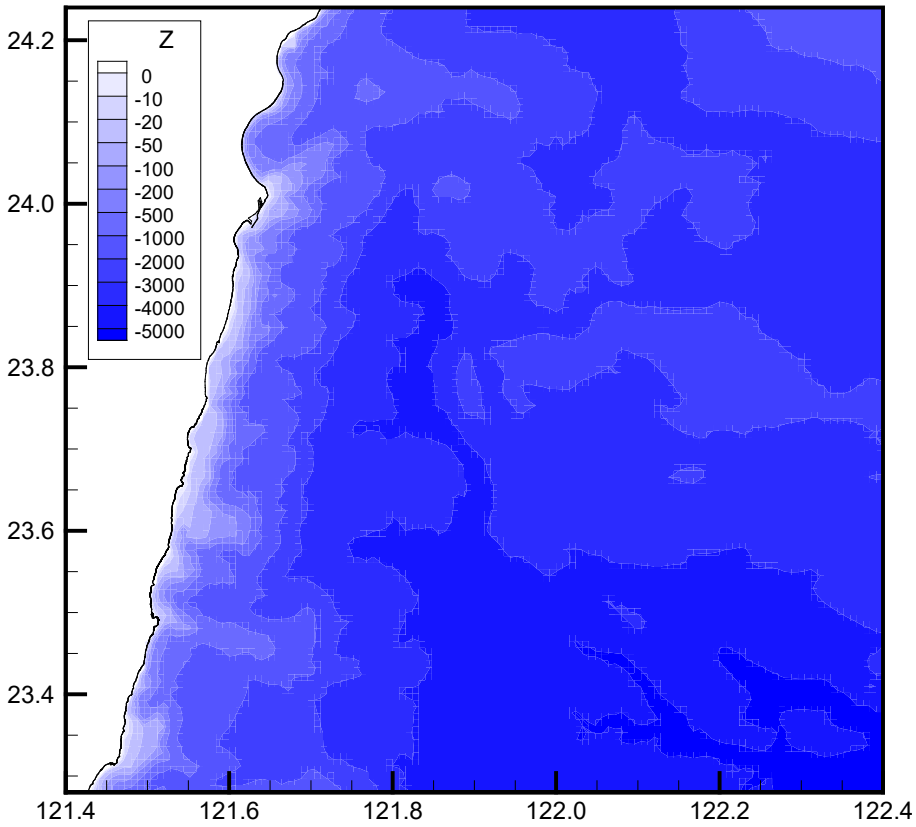


圖 2.16 小尺度花蓮海域(HL sea)風浪模組之模擬範圍圖

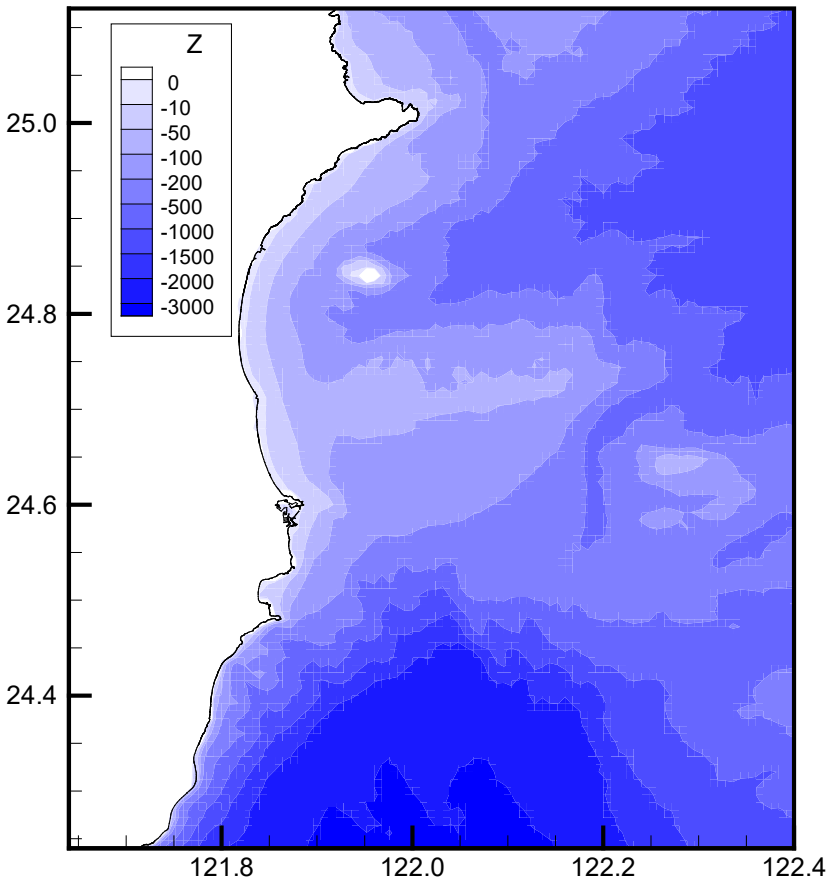


圖 2.17 小尺度蘇澳海域(SA sea)風浪模組之模擬範圍圖

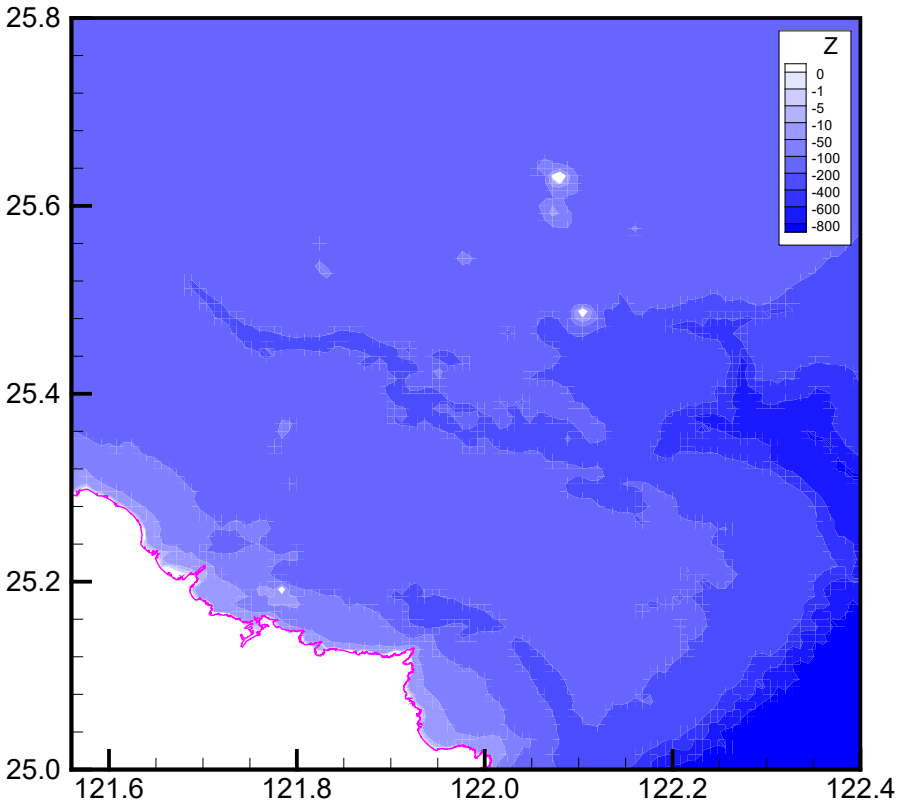


圖 2.18 小尺度基隆海域(KL sea)風浪模組之模擬範圍圖

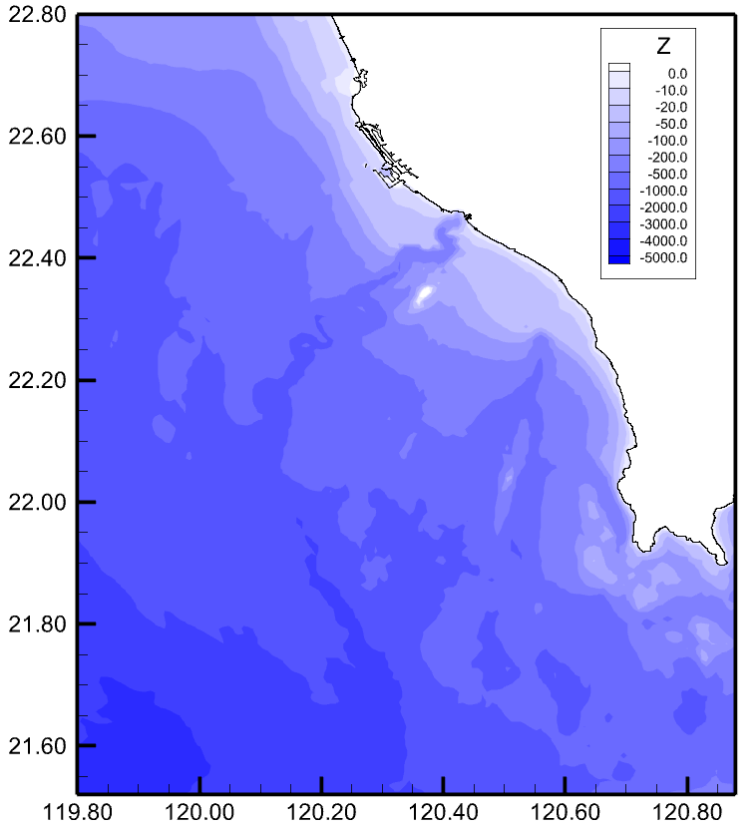


圖 2.19 小尺度高雄海域(KH sea)風浪模組之模擬範圍圖

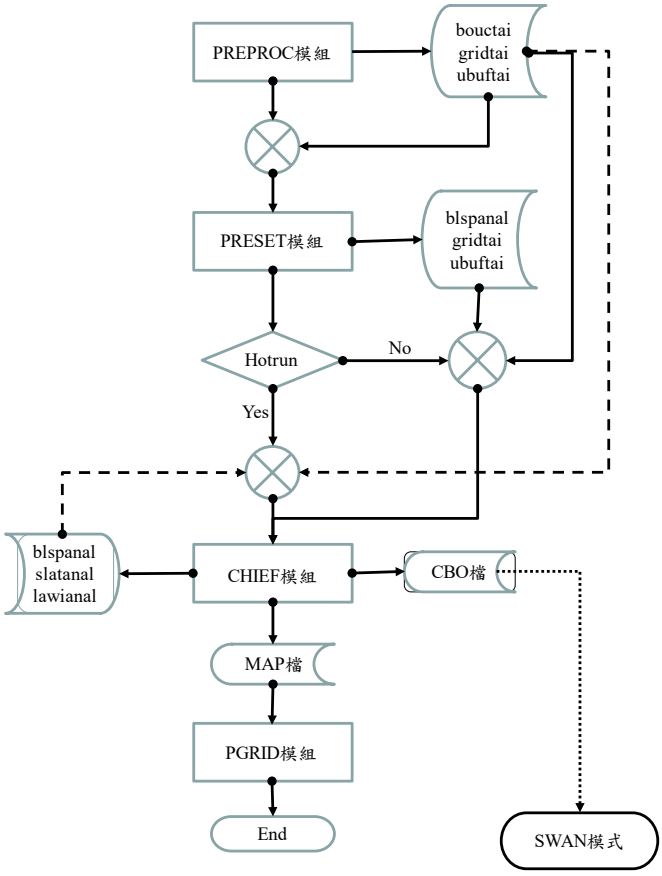


圖 2.20 風浪模式 WAM 之模式架構及執行流程圖

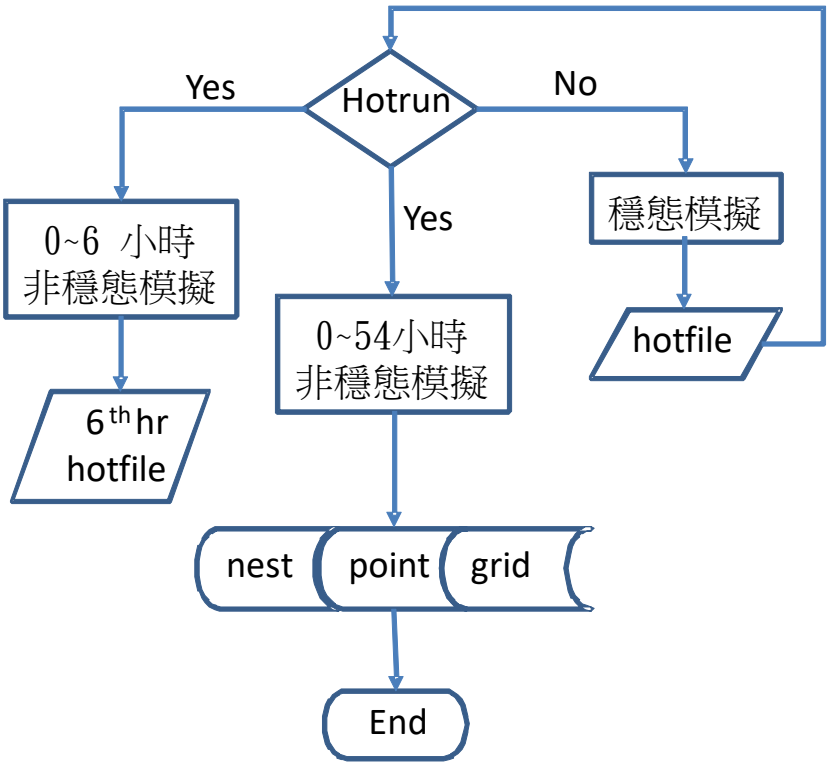


圖 2.21 風浪模式 SWAN 之模式執行架構及流程圖

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 Kirbyand 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)，其基本理論說明如附錄一。

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

近岸波浪模組名稱	原點坐標(tw97 二度分帶)		坐標系統旋轉角度	網格大小(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	-55.0º	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	38.0º	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

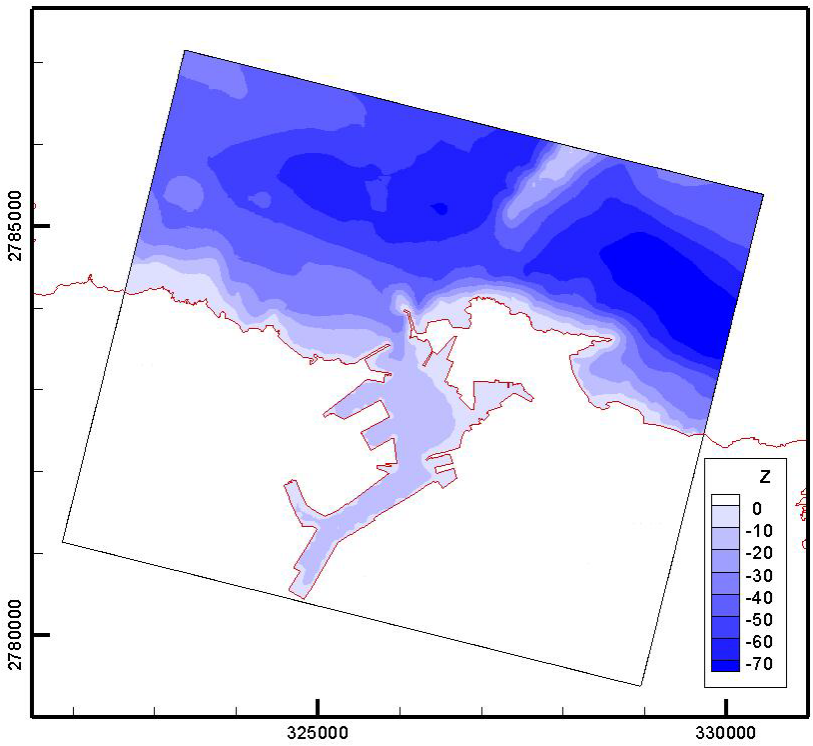


圖 2.22 基隆港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

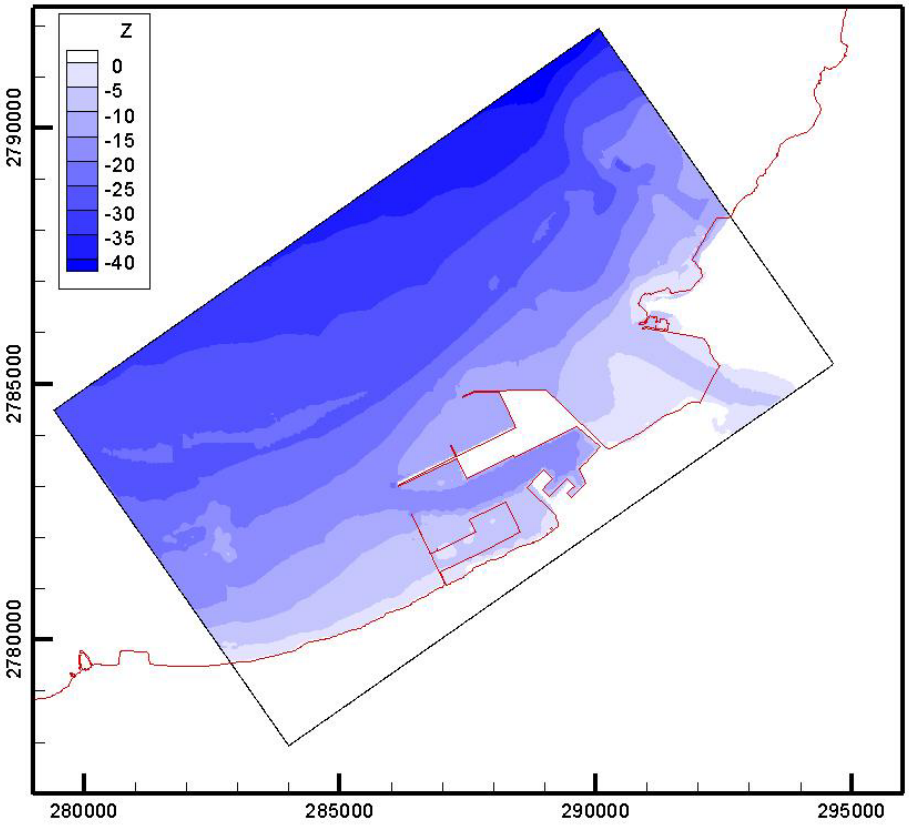


圖 2.23 臺北港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

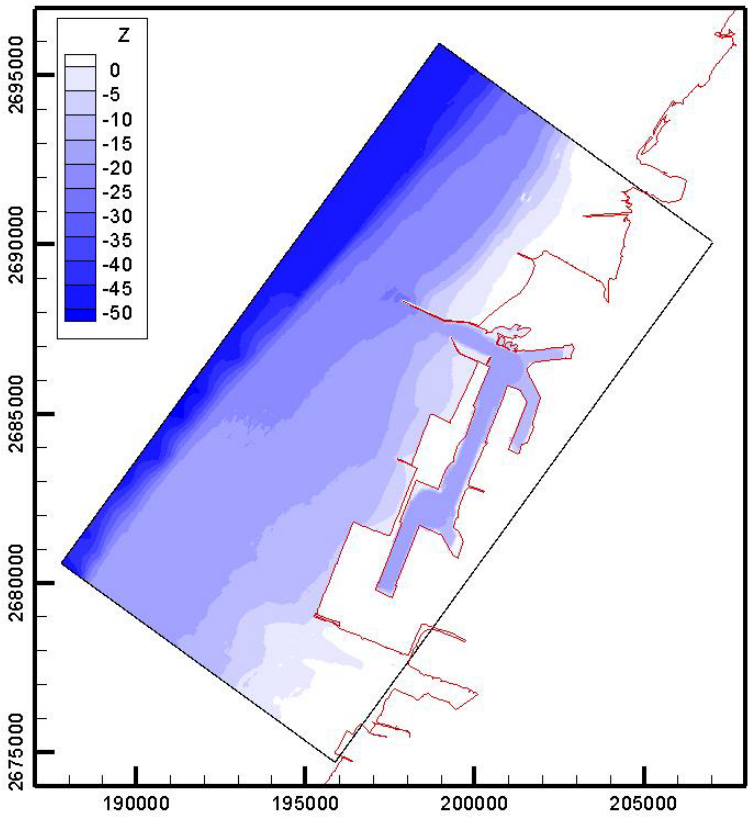


圖 2.24 臺中港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

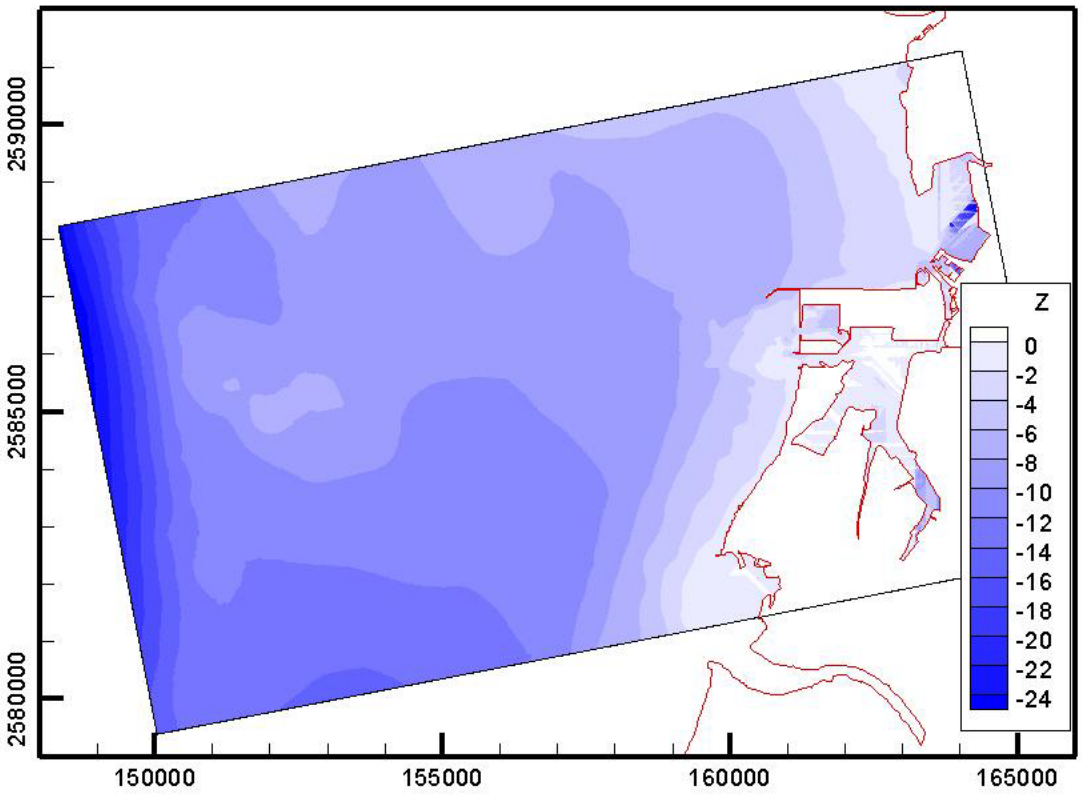


圖 2.25 布袋港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

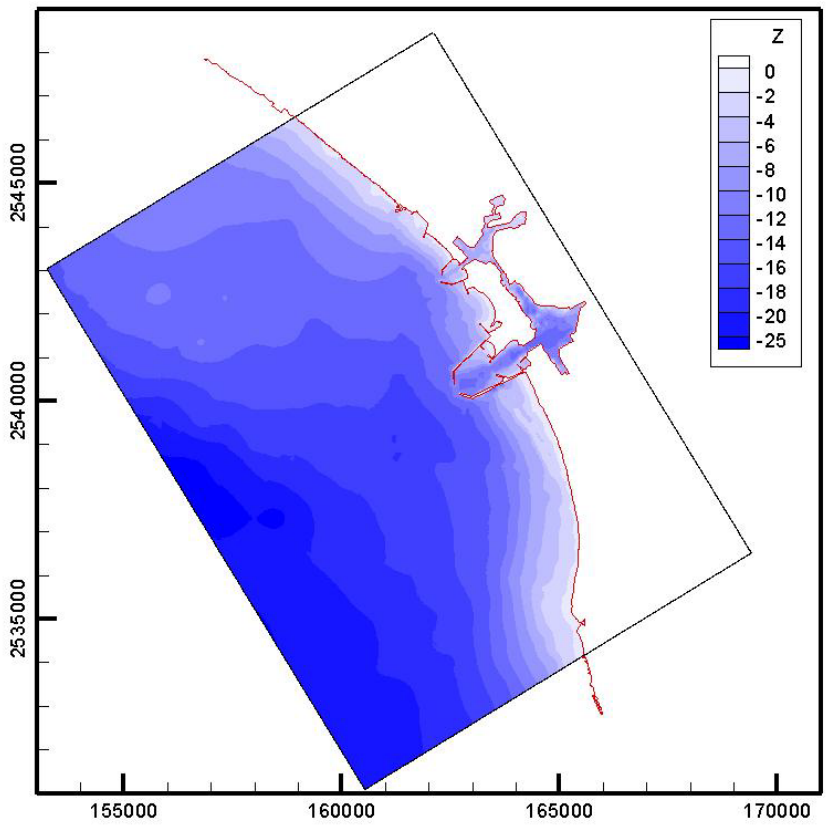


圖 2.26 安平港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

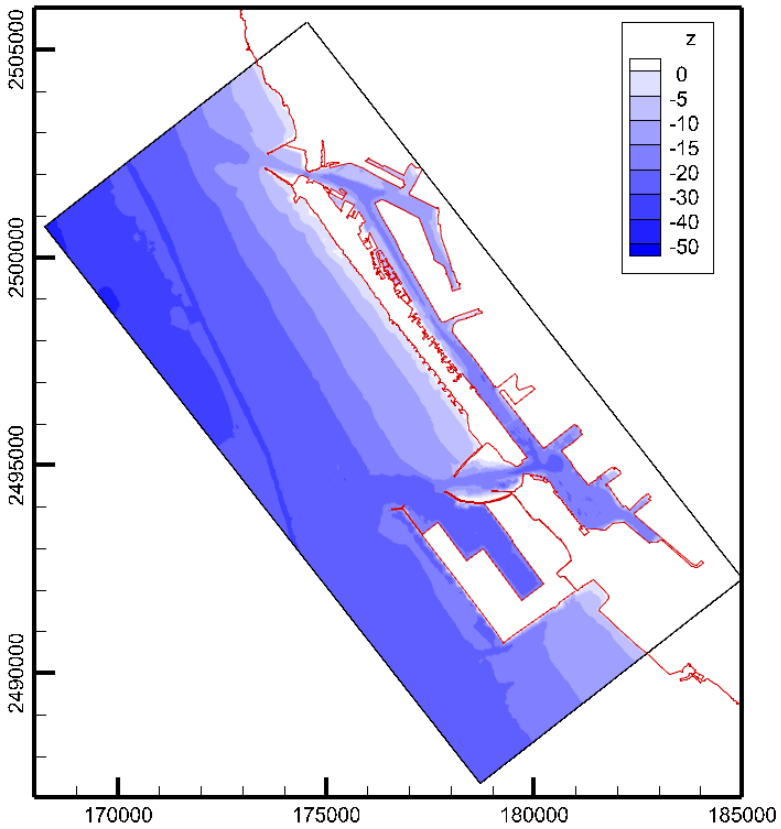


圖 2.27 高雄港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

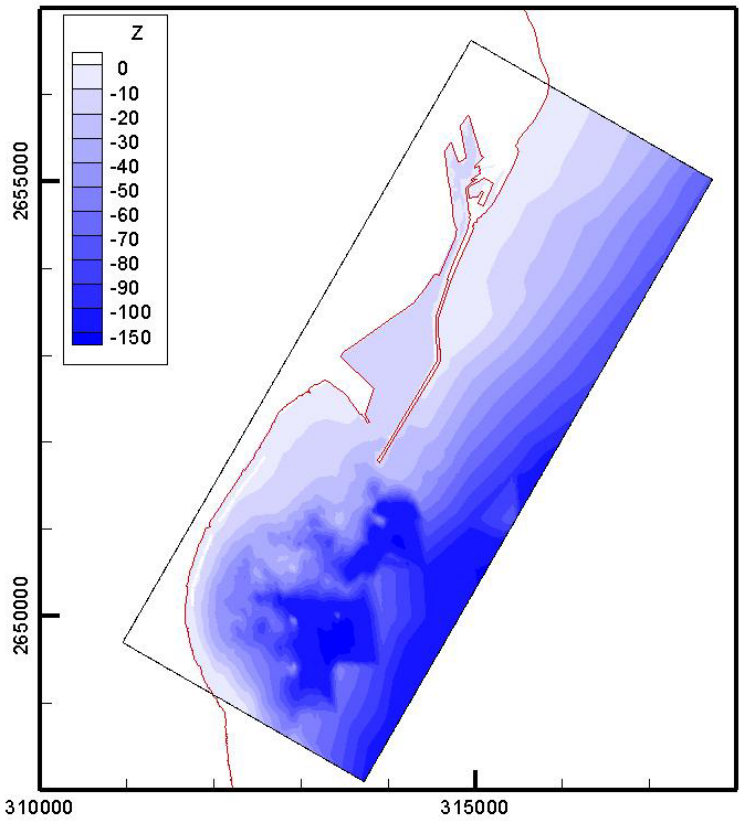


圖 2.28 花蓮港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

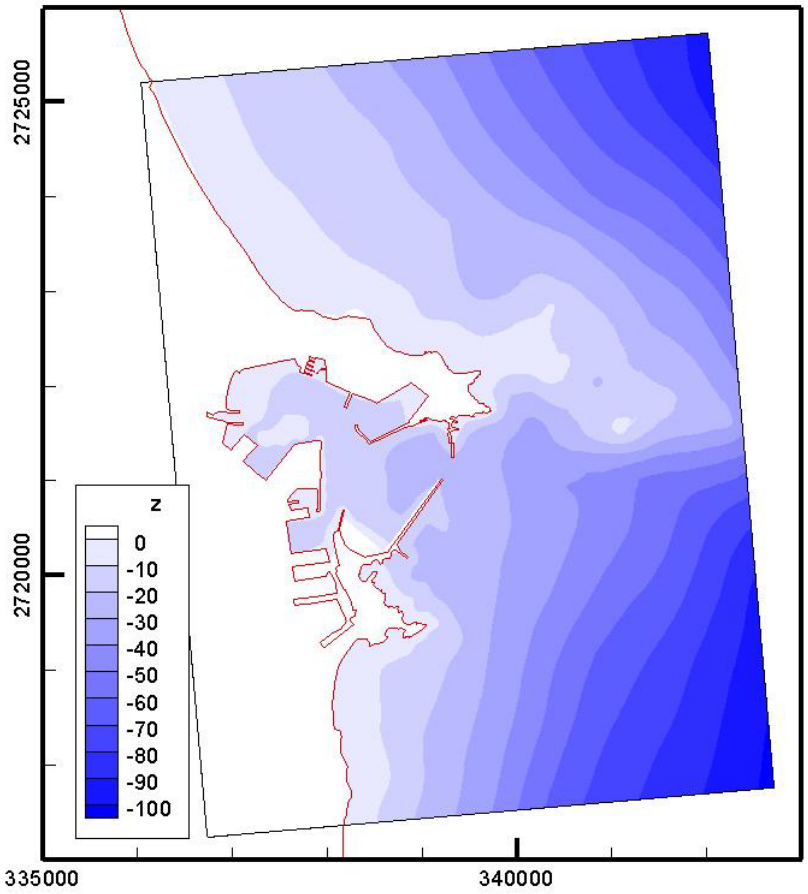


圖 2.29 蘇澳港港區近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

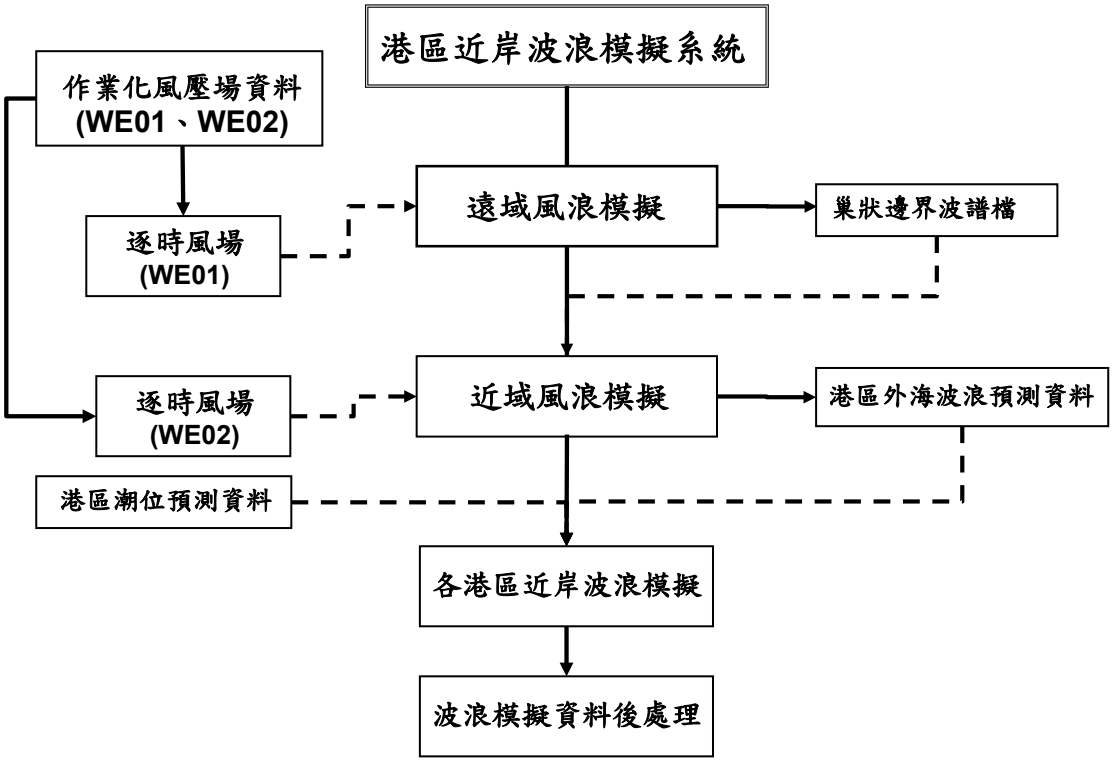


圖 2.30 港區近岸波浪模擬系統之整體模擬架構圖

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 Windows 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之數值模式，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

波浪模組名稱	數值計算之三角網格		外海假想邊界半徑(m)	最大水深(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

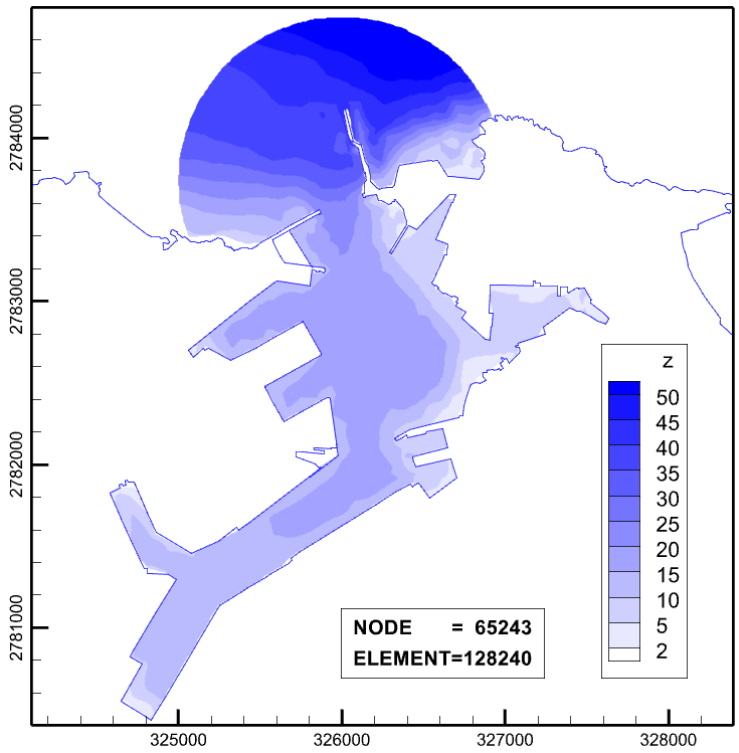


圖 2.31 基隆港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖

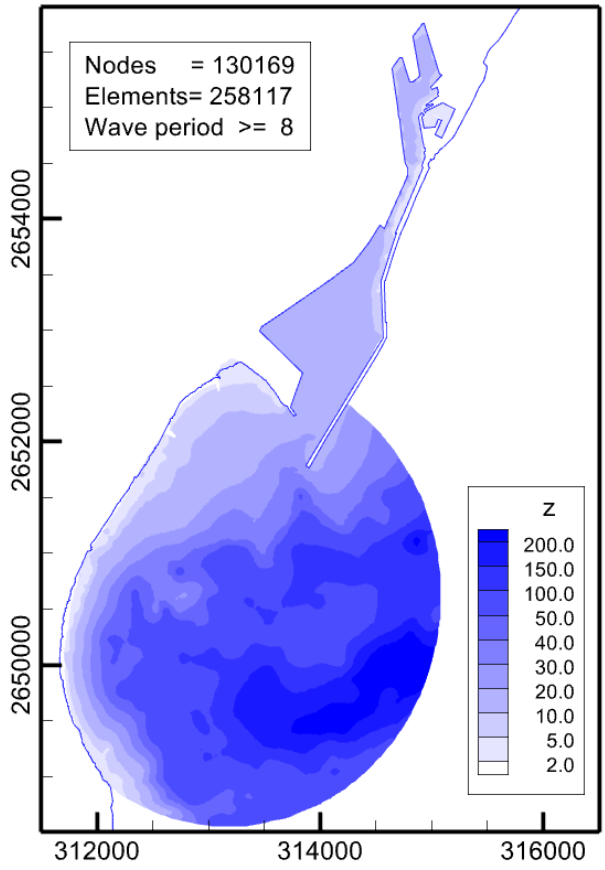


圖 2.32 花蓮港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖

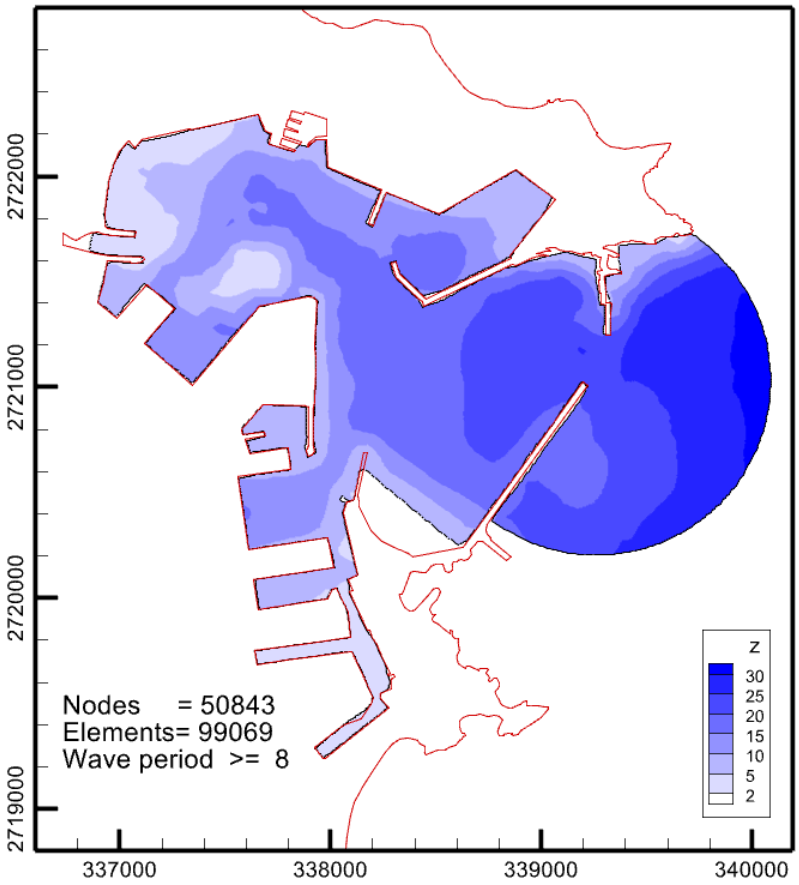


圖 2.33 蘇澳港細尺度港域波浪模組模擬範圍圖

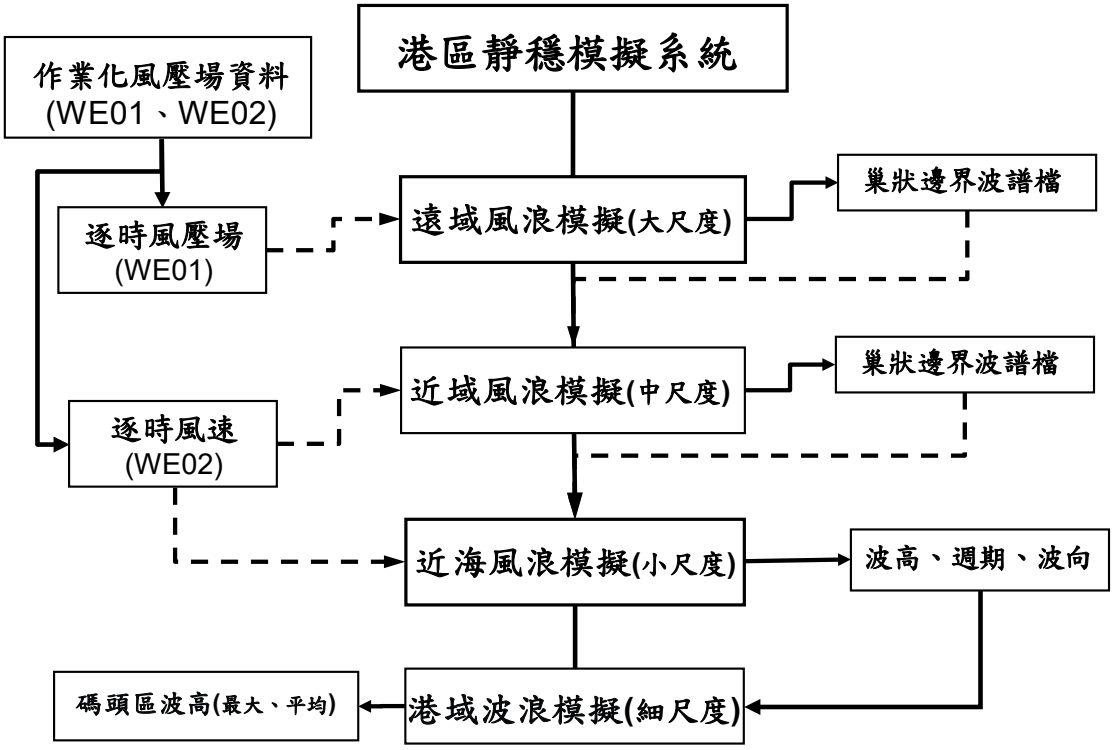


圖 2.34 港區靜穩模擬系統之整體模擬架構圖

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 個中尺度臺灣周圍海域水動力模組及數個小尺度港區近岸水動力模組。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如附錄二。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. 近域水動力模組：以臺灣周圍海域為模擬範圍稱為臺灣周圍海域水動力模組(簡稱臺海水動力模組)，涵蓋北緯 21°至 26.5°，東經 116.5°至 125°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. 近岸水動力模組：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

水動力模組名稱	三角形元素數值計算網格		最小水深 (m)	最大水深 (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

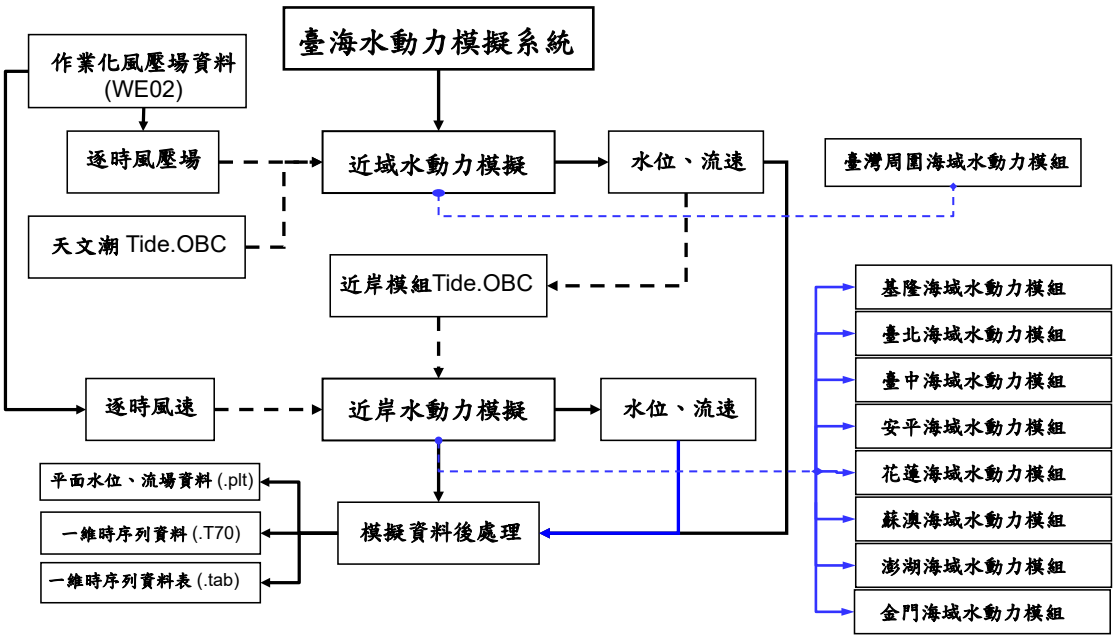


圖 2.35 水動力模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程圖

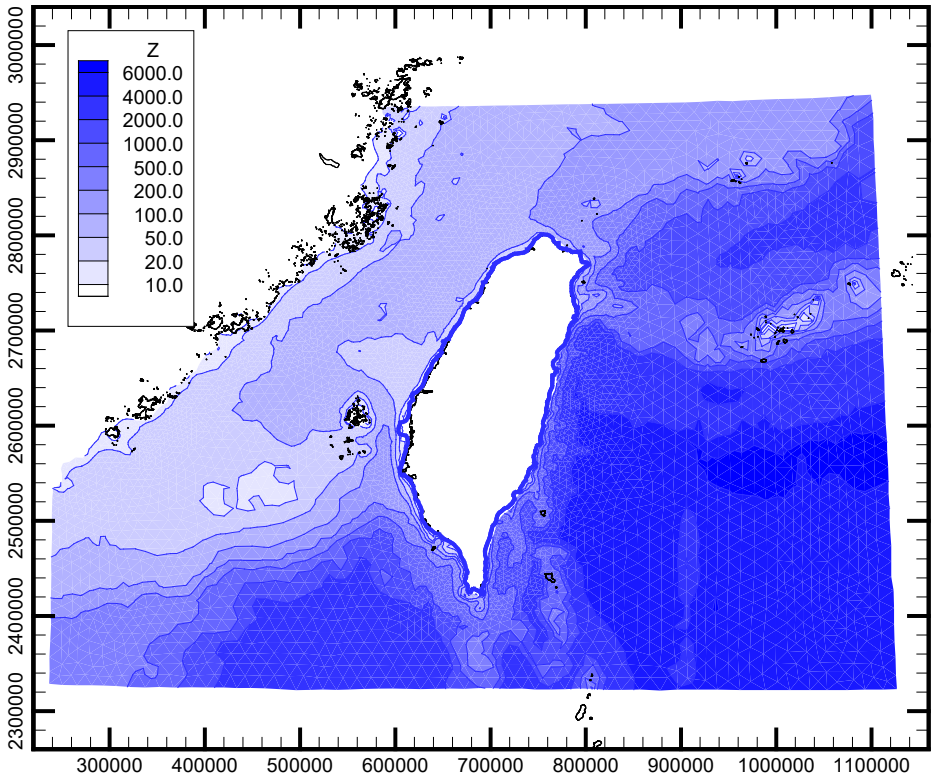


圖 2.36 臺海暴潮模組模擬範圍示意圖

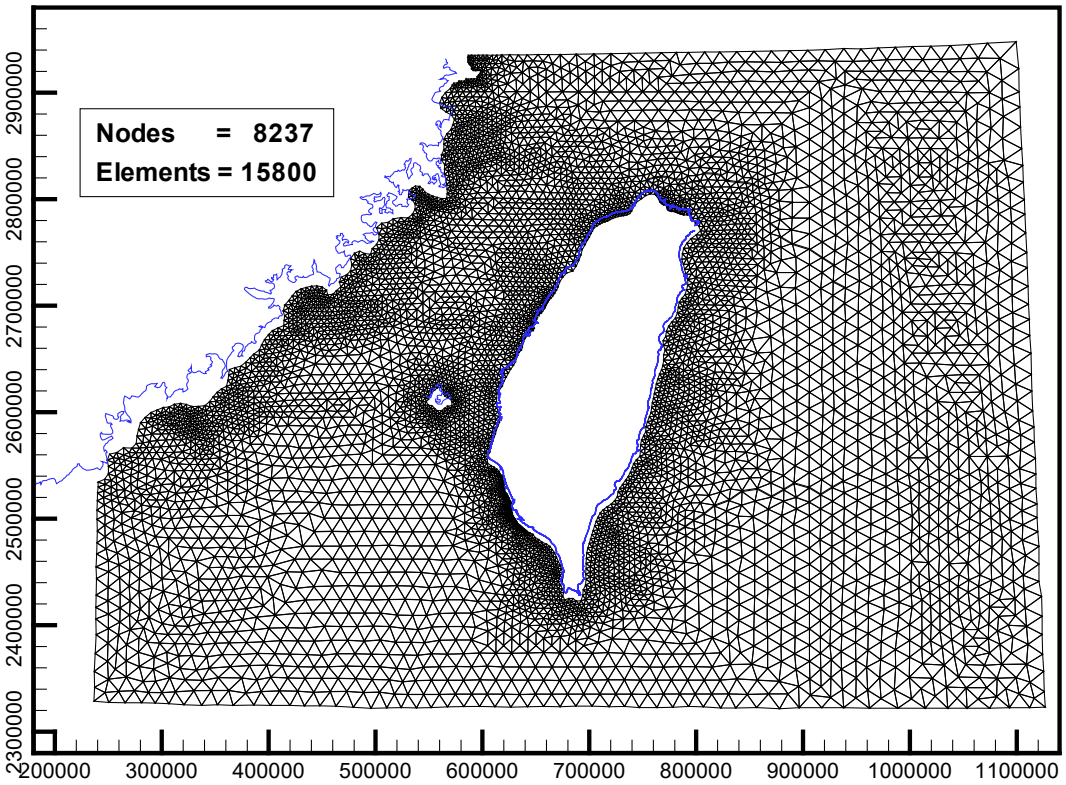


圖 2.37 臺海暴潮模組三角元素網格分布圖

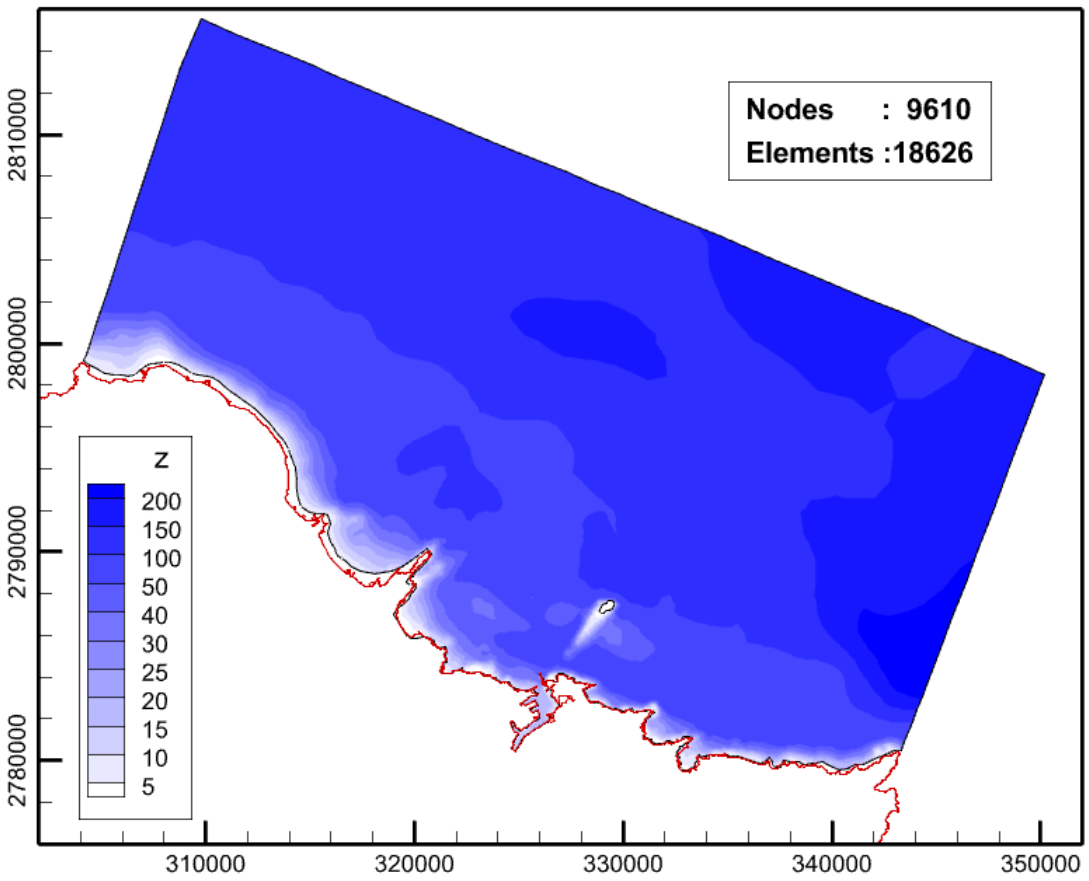


圖 2.38 基隆港海域水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

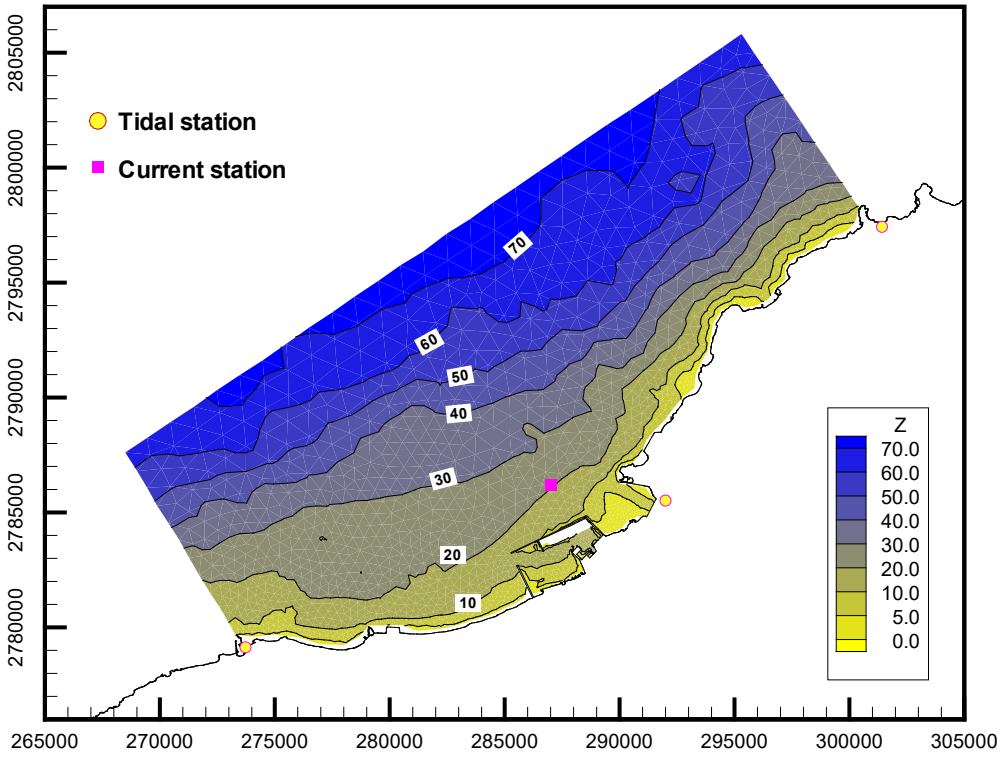


圖 2.39 臺北港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

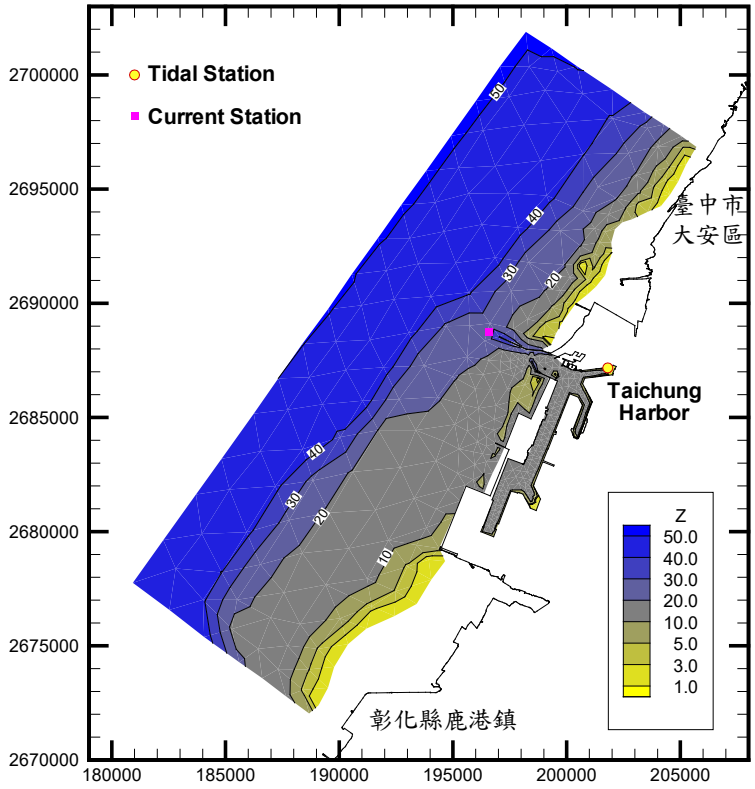


圖 2.40 臺中港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

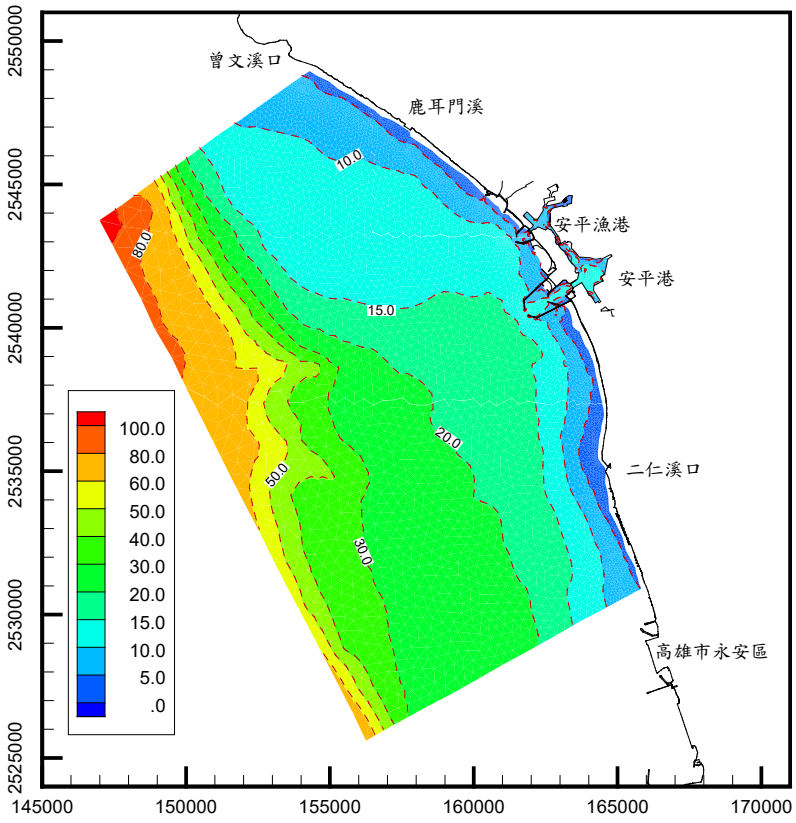


圖 2.41 安平港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

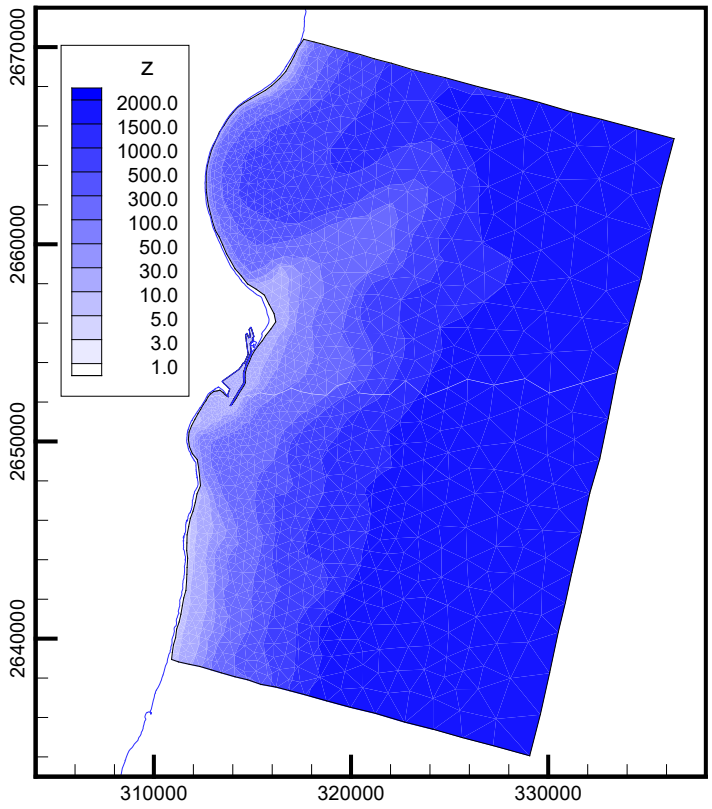


圖 2.42 花蓮港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

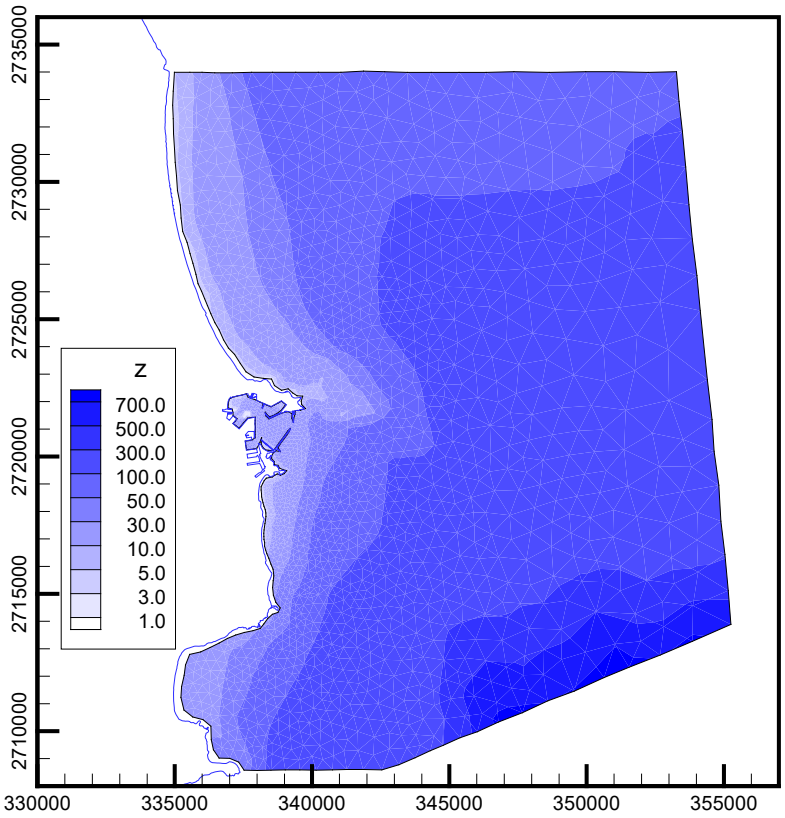


圖 2.43 蘇澳港水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

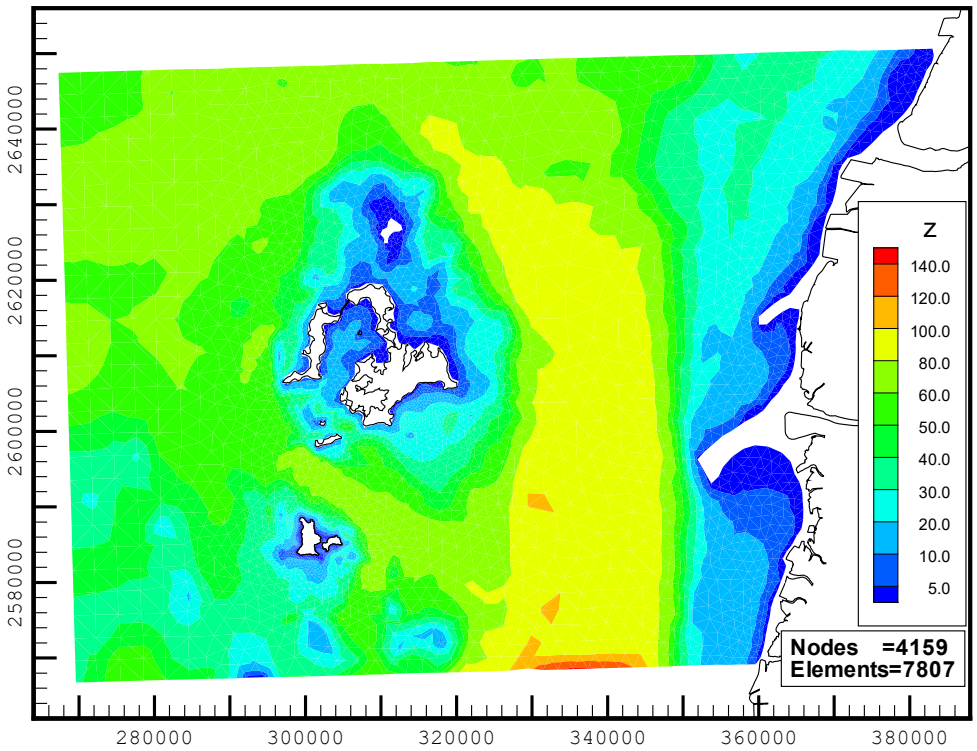


圖 2.44 澎湖海域水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

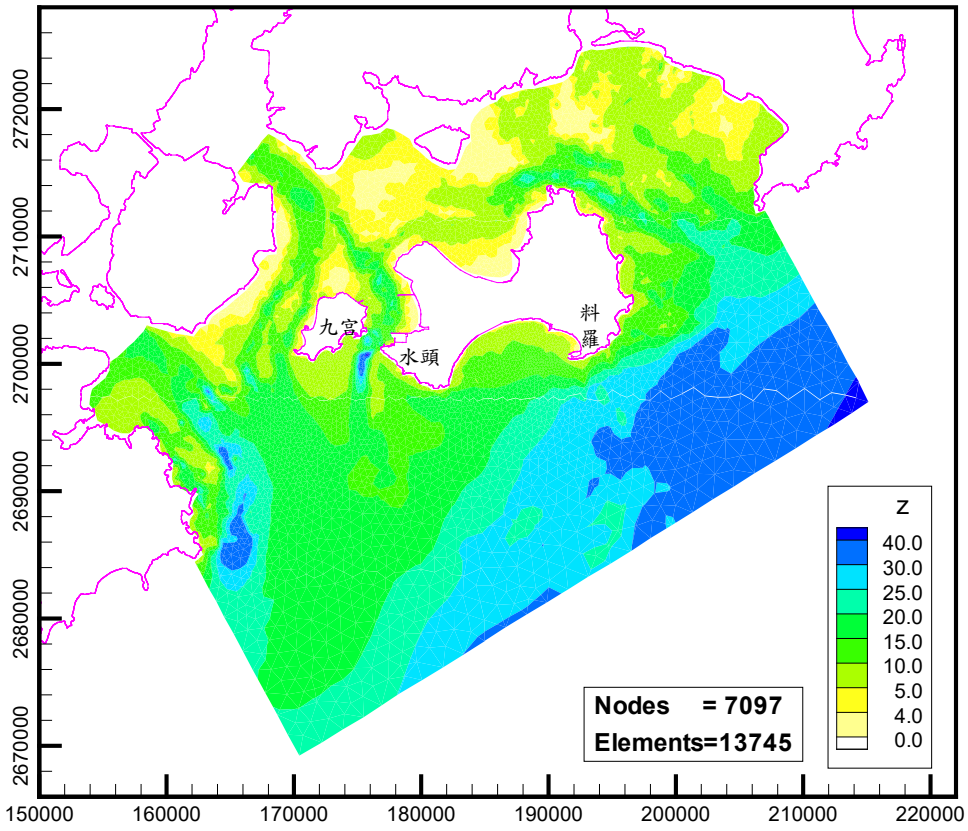


圖 2.45 金門海域水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

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(包括多良、南興、石門、新社及豐濱)、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 11 專業版(ACP4000MB 研華工業電腦)、Windows Server 2016、Windows Server 2019 版本等作業系統；及 Linux 作業系統中心採用 Ubuntu 22.04 LTS，臺中文心機房(Taichung Wenshin IDC) Linux 作業系統採用 Ubuntu 24.04 LTS。

常見維護事件整理如下：

1. 風場不定時有缺漏資料情形，例如：氣象署 FTP 即時氣象資訊供應系統(PDS)服務異常、傳輸異常檔案大小不一、傳輸中斷、中華電信機房軟硬體故障等問題。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. 配合港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. 每年年初替換水動力模組邊界條件更新檔。
6. 每年年中替換 NSwave 近岸波浪模組更新各港天文潮潮位預測資料檔。
7. 每月整理硬碟空間，進行資料備份及更新硬碟櫃儲存空間。
8. 配合年度高低壓用電安全檢查、斷電維護、機房整線與伺服

器設備移機等。

9. 更新伺服器操作手冊，包括每日例行工作補算流程、伺服器標籤，及停電、停機處理流程。

10.維運海嘯預警系統、花蓮及臺東海岸公路浪襲預警系統，更新 chromedriver 網站上對應 chrome 瀏覽器版本，配合輸出所需模擬資料。

11.配合本所運技中心 90 天必須更新 1 次伺服器管理員密碼。

12. Tecplot 繪圖軟體為永久授權，License 需每年進行更新。

13.每月進行 Windows update 月套件更新。

14.考量資訊安全風險和確保系統穩定性，Windows Server 需適時升級到目前支援的版本。

此外，本(114)年度完成特殊維護事件如下：

1. 氣象署風場供應偶發事件有 PDS 服務之被動用戶無法登入、原始風場檔案大小及解出有誤、氣象署內停機施工導致風場檔案不穩定時有缺損、氣象署內資料產製 GRIB2 流程故障。

2. 新增本所運技中心「基隆資料浮標」風力模擬點位(L8)，基隆港「西 16 碼頭」風力模擬點位(L2)，臺中港「北防沙堤」風力模擬點位(C4)，本年度風力模擬輸出點位由 51 站新增至 54 站。

3. 新增本所運技中心「基隆資料浮標」潮流及波浪模擬輸出點位(L8)，原水動力模擬輸出點位由 49 站新增至 50 站，SWAN 波浪點位由 38 站新增至 39 站。

4. 新增水動力花蓮(PC)點位及(3C)小尺度點位，配合實測點位移動，修改台北港原 T8(浮標)點位移至 TP(AWAC)位置，T8 點位移至 T9(浮球)位置，目前 T8 與 TP 點位共站。

5. 原執行海嘯、浪襲與馬祖港內波浪預報伺服器作業系統，及資料儲存備份伺服器為 Windows Server 2016，Windows Server 2016 延伸支援將於 2027 年終止，Microsoft 將不再提供 Windows Server 2016 的安全更新、修補程式或技術支援。 應儘早將伺服器升級到支援的版本，故近 2 年將持續更換至新

伺服器作業系統 Windows Server 2022 執行。

6. Python 軟體版本過舊恐有資安問題，持續升級新版本。
7. 波浪及水動力模組安裝於新伺服器，使用 Windows Server 2019 作業系統，安裝、移轉所需軟體及作業化已於 114 年 3 月移至臺中文心機房(Taichung Wenshin IDC)使用。
8. 風場模擬模組安裝於新伺服器，使用 Linux Ubuntu 24.04 LTS 作業系統，風場處理程式測試正常下載氣象署資料並解算，已於 114 年 3 月移至臺中文心機房運作。
9. 新購入 Synology 硬碟櫃內含 8T 硬碟共 8 顆，原本總儲存容量為 64T，採用最廣為企業使用的 RAID 架構做 RAID 5 ，具備讀取效能高、容錯能力(可容許單一硬碟故障)以及儲存空間利用率高特點。備份資料分散儲存到所有硬碟中並在單一硬碟損壞時仍可維持系統運作，故會損失一顆硬碟容量，RAID 5 後總容量增加 56T 儲存空間。
10. 年中更新 Ns wave 近岸波浪模組邊界條件，採用調和常數計算下年度天文潮預測值的中潮逐時 tide 檔(202507-202606)舊有檔案只到 7 月 1 日。
11. 完成基隆、蘇澳及花蓮港靜穩作業化模擬系統測試上線工作，可供網頁工程師下載預測資料。

本(114)年度(113 年 9 月至 114 年 8 月底)伺服器維護紀錄，如表 2-7 所示，共計 47 次，略低於 113 年度同期維護記錄 53 次。

表 2-7 114 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
2024	9/11	三	218	程式維護	安裝於中心伺服器上之成功大學豐濱浪襲溯上系統，安裝之 python 版本過舊，有資安疑慮	協助合作單位刪除舊版 python
	9/13	五	218	程式安裝	Tecplot 新年度續約 8/30 須重上新序號	待原廠後台的設定完成，即可更新完成
	9/13	五	213	其他: 請描述	氣象署 Email 表示 PDS 服務之被動用戶無法登入	手動補全資料後已正常作業化
	9/19	四	218	程式維護	海嘯&浪襲系統 Chrome 瀏覽器 v.127 更新到 129 版	更新 chromedriver.exe 取代海嘯系統 database 目錄

日期			主機	維護項目	問題描述	處理結果
						的 dist 目錄內的同名檔，浪襲系統也須一併更新，chrome 每更新 2 個版本就要更新 1 次 chromedriver 網站上對應 chrome 瀏覽器 129 版 https://googlechromelabs.github.io/chrome-for-testing/#stable
	9/23	一	213	其他: 請描述	9/22(日)休假期間風場檔案大小及解出有誤，以鄰近檔案補遺	補算當日 9/22(日)及次日模擬資料
	9/26	四	216	其他: 請描述	新增氣象署及水利署浮標站水動力 18 模擬點位	由原來水動力 29 模擬點位新增至 47 點位
	9/27	五	215.216	程式維護	更新伺服器 215 及 216 的 Tecplot 序號	更新後補算出圖完成
	9/30	一	all	其他: 請描述	9/28~29(六-日)運技中心機房進行維護作業，故模擬資料會受其影響	9/30 後陸續恢復補算模擬資料
	10/1	二	221	硬體安裝	新建 Linux 伺服器 Ubuntu 作業系統及測試風場處理程式	未來測試完成將移至 IDC 臺中文心機房作業化
	10/7	一	all	其他: 請描述	10/5-6(六-日)運技中心進行機房整線與伺服器設備移機，故模擬資料受其影響	10/7 後陸續恢復補算模擬資料
	10/11	五	213	其他: 請描述	10/10(四)休假期間風場檔案大小及解出有誤，以鄰近檔案補遺	補算當日 10/10(四)及次日模擬資料
	10/14	一	215	程式維護	SWAN 輸出圖檔 Tecplot 改 Matlab 出圖	新版Matlab 出圖上線測試展示於港環資訊網
	10/29	二	221	程式安裝	安裝 Linux 伺服器 Ubuntu 風場處理程式上線測試	未來測試完成將移至 IDC 臺中文心機房作業化
	11/11	一	213.221	其他: 請描述	11/10(日)休假期間及 11/11(一)風場檔案缺損，以鄰近檔案補遺	補算當日 11/10(日)及 11/11(一)模擬資料
	11/15	五	213.221	其他: 請描述	11/11(一)~11/15(五)氣象署 PDS 供應風場檔案不穩定，時有缺損	以鄰近檔案補算各日模擬資料
	11/15	五	218	程式維護	海嘯&浪襲系統 chrome 瀏覽器 v.129 更新到 131 版	更新 chromedriver 網站上對應 chrome 瀏覽器 131 版本 chromedriver.exe
	11/27	三	221	程式維護	新建 Linux 伺服器 Ubuntu 風場作業系統移機至 IDC 臺中	由於該機房電力供應不足，故移機作業延至明年

日期			主機	維護項目	問題描述	處理結果
					文心機房	
	11/27	三	213.221	其他: 請描述	11/27(三)風場檔案缺損，以鄰近檔案補遺(氣象署模式資料產製 GRIB2 流程自 11/26 停機施工後發生未知問題，導致目前部分產品有供應不穩定情況)	補算當日 11/27(三)模擬資料
	12/5	四	213.221	其他: 請描述	12/1(日)休假期間及 12/2(一)風場檔案缺損，以鄰近檔案補遺(氣象署超級電腦主機自上週施工後資料產出不穩定，請資料產製單位排查)	補算當日 12/1(日)及 12/2(一)模擬資料 DS_FTP 的 WRF 風場資料，從 11 月底開始就有斷斷續續傳輸不穩的現象， 說明如下，包括 1. 數日的風場都有缺檔缺眾多的情況 1019. 1021 資料夾，甚至早上的風場直到下午才傳輸完畢， 2. 除了缺檔問題，還有檔案大小不一或損毀， 3. 有些檔案大小一樣, 但有解算不成功的情況
	12/7	六	all	例行性斷電測試	運技中心進行高低壓斷電檢查	12/9 後陸續恢復補算模擬資料
	12/9	一	213.221	其他: 請描述	氣象署系統停機維護通知	模擬資料補算
	12/17	二	213.221	其他: 請描述	12/17(二)PDS 供應風場不穩定停在前 1part 資料 121618，氣象署回覆 M04 模式 121700 趟次資料產製有問題	以鄰近檔案補算當日模擬資料
2025	1/21	二	217	其他: 請描述	由於凌晨 00:17 嘉義大埔 6.4 地震導致 NetAPP 儲存設備的面版掉落	面版裝回後，不影響使用
	2/6	四	213.221	其他: 請描述	氣象署模式資料產製 GRIB2 流程因故障導致 20250205 12Z 之後資料暫時無法供應	以鄰近檔案補算當日模擬資料
	2/17	一	218	程式維護	海嘯&浪襲系統 chrome 瀏覽器 v.131 更新到 133 版	更新 chromedriver 網站上對應 chrome 瀏覽器 133 版本 chromedriver.exe
	3/10	一	213.221	其他: 請描述	4/7(五)休假期間至 3/10(一)風場檔案缺損，以鄰近檔案補遺	補算 3/7(五)至 3/10(一)模擬資料
	3/11	二	221.2	硬體安裝	移機-風場模擬 Linux	觀察風場及波流伺服器,

日期			主機	維護項目	問題描述	處理結果
			16 (1.42)		(Ubuntu 作業系統)伺服器，及波流模擬(Windows 11)伺服器, 共 2 台伺服器至 IDC 臺中文心機房	正常運作中
	3/26	三	all	其他: 請描述	更新伺服器操作手冊，包括「每日例行工作補算流程」、「伺服器標籤」，及「停電停機處理流程」	提供承辦人及職務代理人參考
	4/7	一	213.221	其他: 請描述	4/4(五)連假期間至 4/7(一)風場檔案缺損，以鄰近檔案補遺	補算 4/4(五)至 4/7(一)模擬資料
	4/10	四	all	其他: 請描述	新增基隆港西 16 碼頭(風)、臺中港北防沙堤(風)，及基隆浮標(風、波、流)模擬點位	目前風力點位由 51 增加至 54 點， 波浪點位由 38 增加至 39 點， 潮流點位由 49 增加至 50 點
	4/14	一	218	程式維護	海嘯&浪襲系統 chrome 瀏覽器 v.133 更新到 135 版	更新 chromedriver 網站上對應 chrome 瀏覽器 135 版本 chromedriver.exe
	5/21	三	all	其他: 請描述	年度財產盤點	
	5/23	五	218	程式維護	海嘯&浪襲系統 chrome 瀏覽器 v.135 更新到 137 版	更新 chromedriver 網站上對應 chrome 瀏覽器 137 版本 chromedriver.exe
	5/29	二	本機	程式維護	由 Windows10 更新至 Win11，Office2016 更新至 2024	
	6/9	一	216 (1.42) IDC	程式安裝	測試除了使用遠端桌面連線外，使用 Radmin Viewer 方式連線至 IDC windows 作業系統伺服器	遠端桌面程式如果無法正常執行，還有 Radmin 方式可使用
	6/10	二	all	其他:請描述	海氣象資料庫介接資訊，由運技中心移轉至IDC台中文心機房及馬祖當地伺服器，SQL 連線方式改寫	未來進行資料比對時 SQL 改至二處取得實測資料
	6/13	五	218	程式維護	FB 豐濱浪襲程式，須提供完整追算 7+預報 48 小時，共 55 小時之 input，若只有追算 7 小時資料會無法正常執行	修程程式於 input 只有追算 7 小時也會產出資料，人定勝天 7+豐濱新社 3 路段=10 斷面預警燈號
	6/16	一	本機	程式安裝	安裝 Visual Fortran	便於進行程式 debug 及 compiler

日期			主機	維護項目	問題描述	處理結果
	6/23	一	all	其他:請描述	提出運技中心 114 年度財產報廢清單	提供承辦人參考
	6/26	四	218	程式維護	海嘯&浪襲系統 chrome 瀏覽器 v.137 更新到 138 版	更新 chromedriver 網站上對應 chrome 瀏覽器 138 版本 chromedriver.exe
	6/27	五	all	其他:請描述	交通部盤點財產	清點財產並提出年度財產報廢申請
	7/1	二	all	程式維護	新增水動力花蓮(PC)點位及(3C)小尺度點位，修改臺北港原 T8(浮標)點位移至 TP(AWAC)位置，T8 點位移至 T9(浮球)位置	更新-模擬資料點位.xlsx 新增 HL 小尺度 PC 點位並向右外推，持續觀察歷線趨勢是否較符合實際情況
	7/2	三	all	程式維護	更新 NSwave 近岸波浪模組邊界條件 202507-202606 的 tide 檔	更換 tide 邊界檔案，舊檔只到 7/1
	7/31	四	217	硬體安裝	新購入 synology 硬碟櫃 8Tx8=64T，預計做 raid5 所以總容量會有 56T	56T 預計分成 2 個系統碟，1 個磁碟約 28T 容量
	8/11	一	218	程式維護	海嘯&浪襲系統 chrome 瀏覽器 v.138 更新到 139 版	更新 chromedriver 網站上對應 chrome 瀏覽器 139 版本 chromedriver.exe
	8/12	二	all	其他:請描述	8/15 前將報廢財物搬至一廠倉庫	
	8/27	三	220	程式安裝	測試基隆. 蘇澳. 花蓮靜穩作業化	

2.2.2 港區靜穩模擬系統作業化校修

原港區靜穩模擬作業化系統係整合 3 層巢狀風浪模擬系統及基隆港、花蓮港及蘇澳港等 3 個港域靜穩模組，建構成一靜穩模擬作業化系統。建構至今因花蓮港港區靜穩模組模擬所需時間與基隆港、蘇澳港等模組之模擬時間差距甚大，導致整體作業化模擬時間調整及系統穩定測試無法達到預期。因此，本計畫重新將原靜穩模擬作業化系統分成花蓮港、蘇澳港及基隆港靜穩模擬等 3 個獨立作業化子系統，重新校修作業化程式及模擬測試。本節以花蓮港為例，說明校修內容如下：

1. 花蓮港區靜穩模擬系統組成及模擬架構校修：

在原港區靜穩模擬系統模擬架構基礎上(參考圖 2.34)，本計畫新增天文潮預測流程提供花蓮港逐時潮位預測值，藉以修正靜穩模組計算網格水深，如圖 2.46 所示。圖中花蓮港區靜穩模擬輸入條件包括花蓮海域近海風浪模擬預測 48 小時之平均波高、週期(譜峰)、平均波向，以及花蓮港天文潮位等預測值。

針對花蓮港區靜穩模擬結果後處理內容，除了一維靜穩度(波高)統計值(平均值及最大值)外，新增二維波高模擬值輸出檔案及港內波高分布圖(如圖 2.47 所示)等。

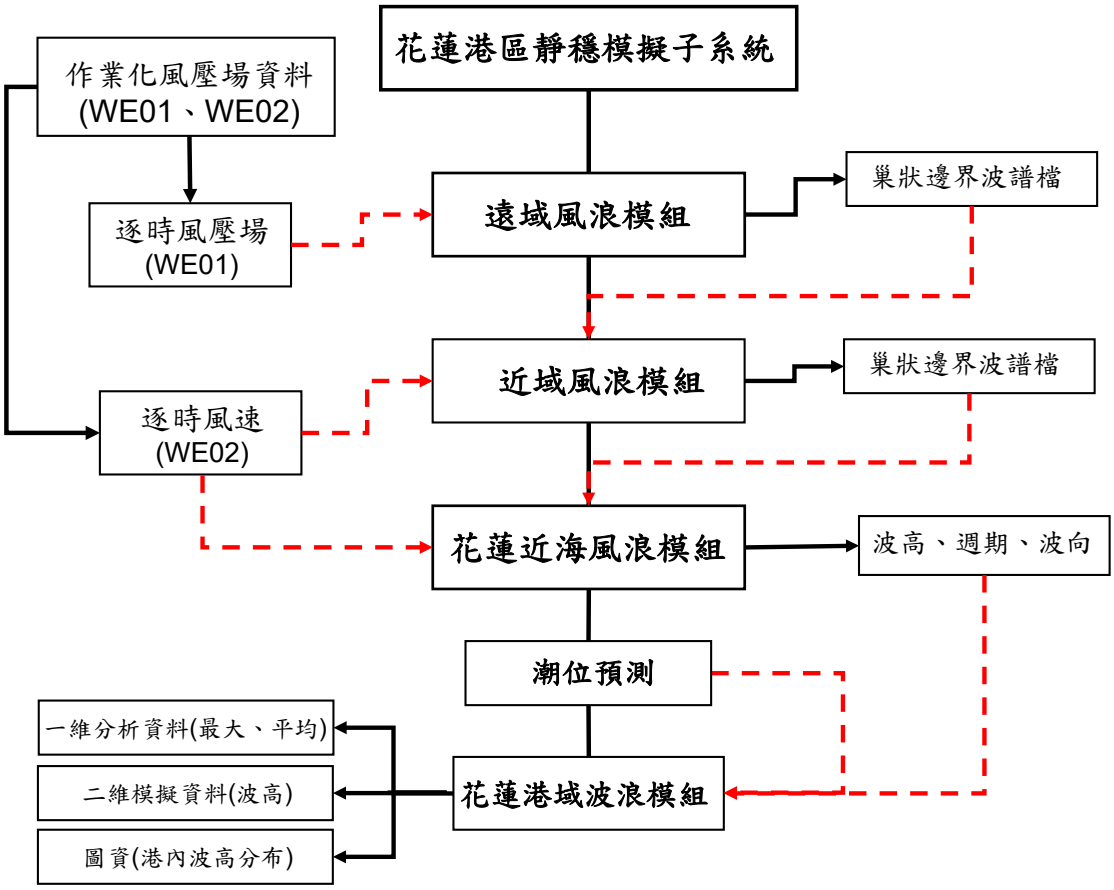


圖 2.46 花蓮港區靜穩模擬子系統架構

2. 港區靜穩模擬系統之控制參數校修：

針對港區靜穩模擬系統之控制參數新增港區靜穩模擬之時間距及天文潮預測等 2 項控制參數，如圖 2.48 所示；其中港區靜穩模擬時間距可以調控系統作業化模擬耗費時間。

3. 港區靜穩度分析方法校修：

原港區靜穩度分析係以碼頭為單位，針對碼頭長度內選取邊界節點波高模擬值統計其平均值及最大值(靜穩度指標)。此方法因碼頭長度不一致及重複波之節點及腹點出現與否等因素，導致相鄰碼頭分析之靜穩度指標差異甚大，易造成判斷困擾。緣此，本計畫改採用碼頭線或水域為分區之依據，如圖 2.49 所示，本計畫將花蓮港港區碼頭區分成 8 區；同時，靜穩度波高統計對象不再僅限於邊界節點波高模擬值，亦包含圖中各分區範圍(粉紅線)內部水域節點波高模擬值。

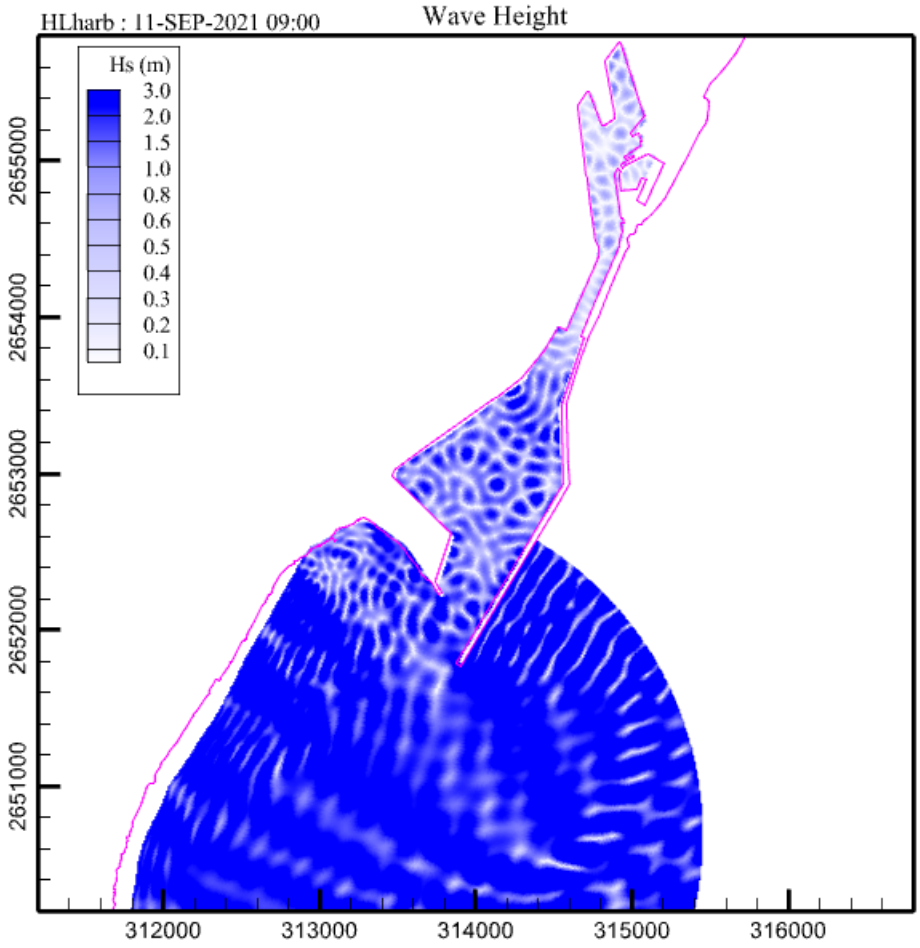


圖 2.47 花蓮港靜穩模擬港區波高分布圖

```
! ..................................... 作業系統目錄
..\taicoms_harb_HL\
! ..................................... 風場格式(1=每日一報; 2=每日四報)
 2
!!..................................... LShotrun
.TRUE.
! ..................................... 執行大尺度風浪模組(wam_model)
.true.
! ..................................... MShotrun (中尺度風浪)
.TRUE.
! ..................................... 執行中尺度風浪模組(swan)
.true.
!!..................................... hotrun (小尺度花蓮海域風浪)
.TRUE.
! ..................................... 執行小尺度花蓮海域風浪模組(swan)
.true.
! ..................................... DIFFRac 開關(0/1=OFF/ON)
  1
! ..................................... 執行細尺度花蓮港域波浪模組(0/1=OFF/ON)
  1
! ..................................... 花蓮港域波浪模組模擬時間距(hr)
  3
! ..................................... 執行花蓮港潮位預測_1/0,開關(0/1=OFF/ON)
  1
tide\HLTD01_M2024010100so_har.txt
```

圖 2.48 臺海風浪模組輸出點位置分布圖

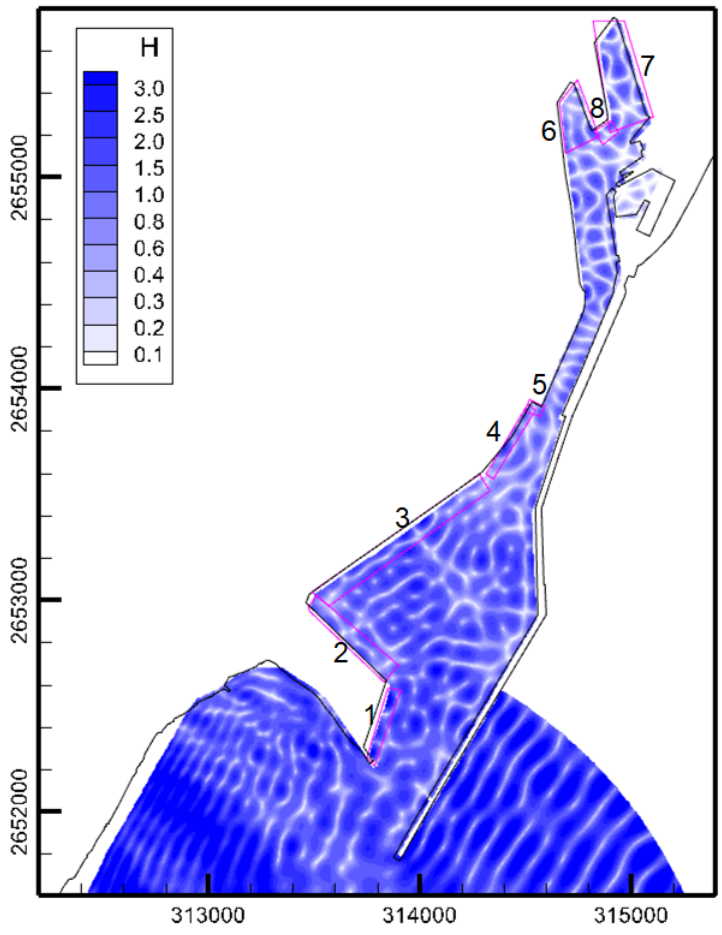


圖 2.49 花蓮港靜穩模擬港區靜穩度分析水域分布圖

2.3 海象模擬作業化系統改善研究

2.3.1 臺北港近岸波浪模組改善

因應臺北港第三期擴建工程(國際商港未來發展及建設計畫，2012 年~)辦理以來，已導致臺北港外廓及港區配置出現明顯改變，如圖 2.50 所示，既有小尺度臺北港近岸波浪模組模擬結果已無法符合現況。緣此，配合本年度重點研究臺北海域，本計畫針對小尺度臺北港近岸波浪模組提出改善研究如後。

1. 臺北港外廓及港區配置修正

現行小尺度臺北港近岸波浪模組臺北港外廓及港區配置如圖 2.51 所示，係依據 2015 年臺北港外廓及港區配置資料建置，與現況存在顯著差異。本計畫依據 Google Earth 衛星影像(2024 年 3 月，參考圖 2.50)建構臺北港外廓港型及港區配置資料，如圖 2.52 所示。

2. 計算網格水深資料更新

依據本年度蒐集之臺灣港務公司臺北港港區水深調查資料(2024 年 8 月)、臺北港鄰近海域水深調查資料(2024 年 10 月)及內政部整合的臺北海域水深資料等，配合臺北港外廓及港區配置修訂資料，更新臺北港近岸波浪模組計算網格水深值，如圖 2.53 所示。改善前、後臺北港近岸波浪模組等水深線分布之差異性，如圖 2.54 所示。

3. 模擬結果輸出點位更新

配合運技中心近年資料浮標、浮球及港內靜穩等觀測站之設置，如圖 2.55 所示，更新臺北港近岸波浪模組模擬結果之校驗輸出點位，如圖 2.56 所示。有關臺北港港內、外波浪測站之座標及臺北港近岸波浪模組模擬結果校驗對應之輸出點網格座標資料表，如表 2-8 所列。

表 2-8 臺北港波浪測站坐標及近岸波浪模組輸出點網格坐標表

測站名稱 (輸出點)	測站座標(TWD97)		輸出點坐標(網格)	
	X(m)	Y(m)	I	J
網格原點	278,577.0	2,784,690.0	1	1
TPAW01 (A)	287747.0	2785931.0	361	767
TPBU01 (B)	287629.0	2785873.0	358	754
TPBU02 (C)	285122.0	2784484.0	329	469
TPHS01 (D)	289649.0	2784139.0	616	819
TPHS02 (E)	286634.0	2782027.0	616	451



圖 2.50 臺北港港型現況衛星影像圖(Google Earth, 2024/03)

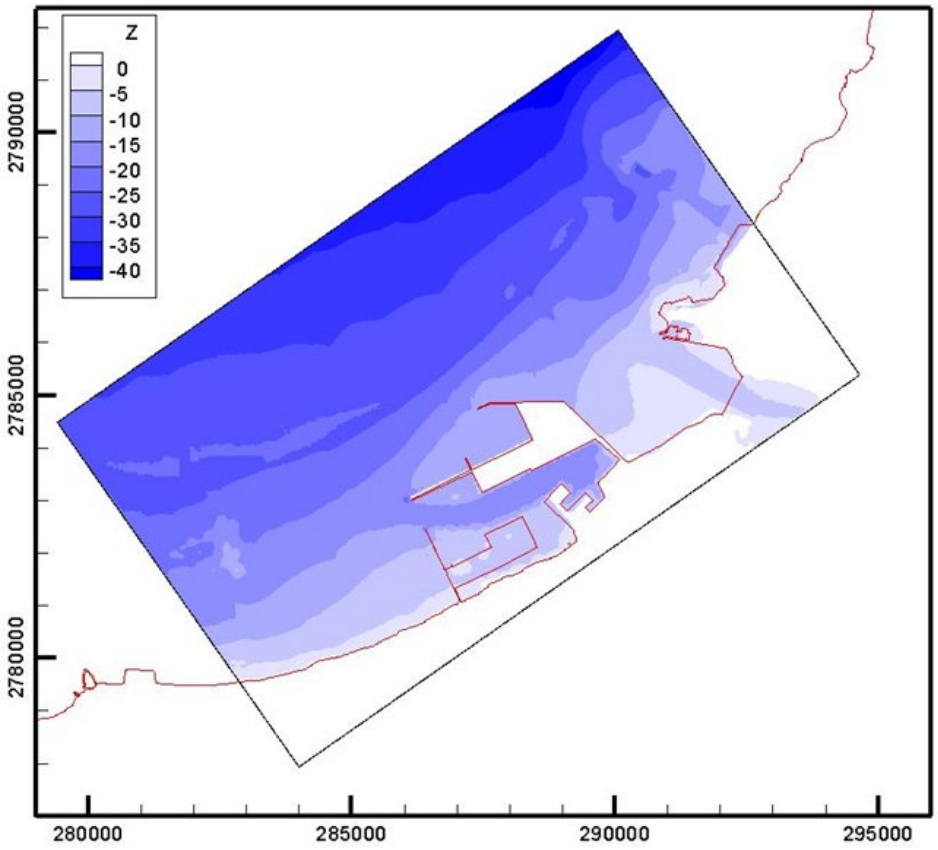


圖 2.51 臺北港近岸波浪模組模擬範圍及水深分布圖

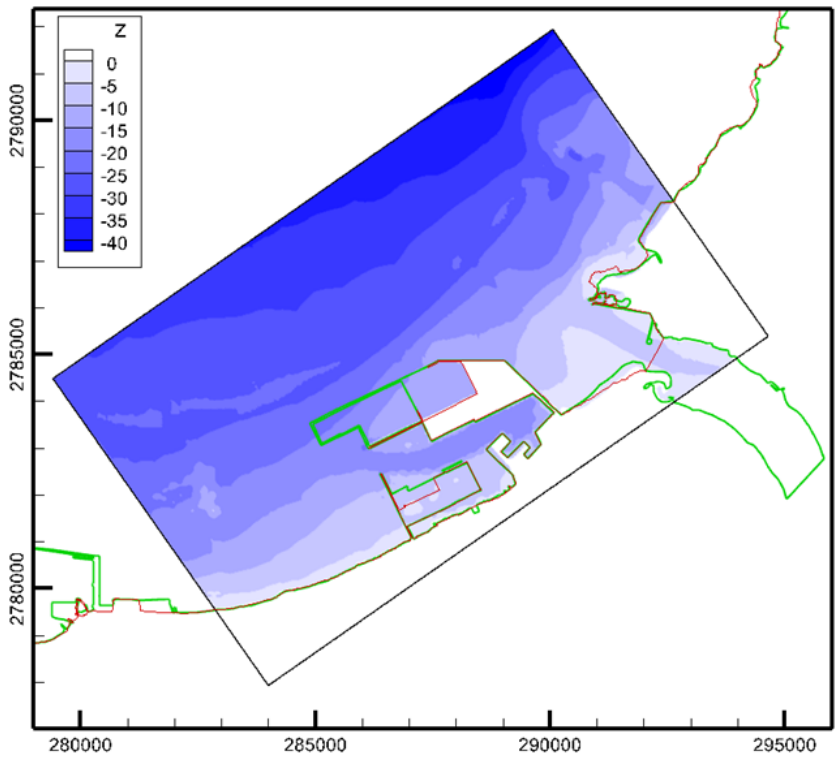


圖 2.52 本計畫臺北港外廓及港型 (綠粗線) 校修圖

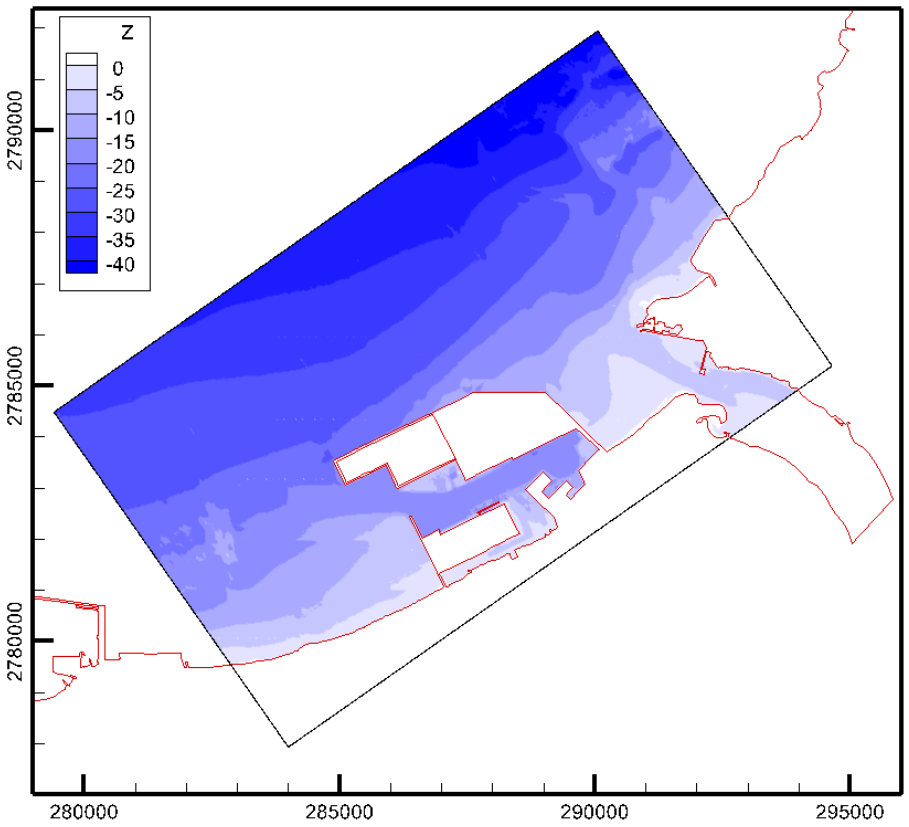


圖 2.53 臺北港近岸波浪模組校修後水深分布圖

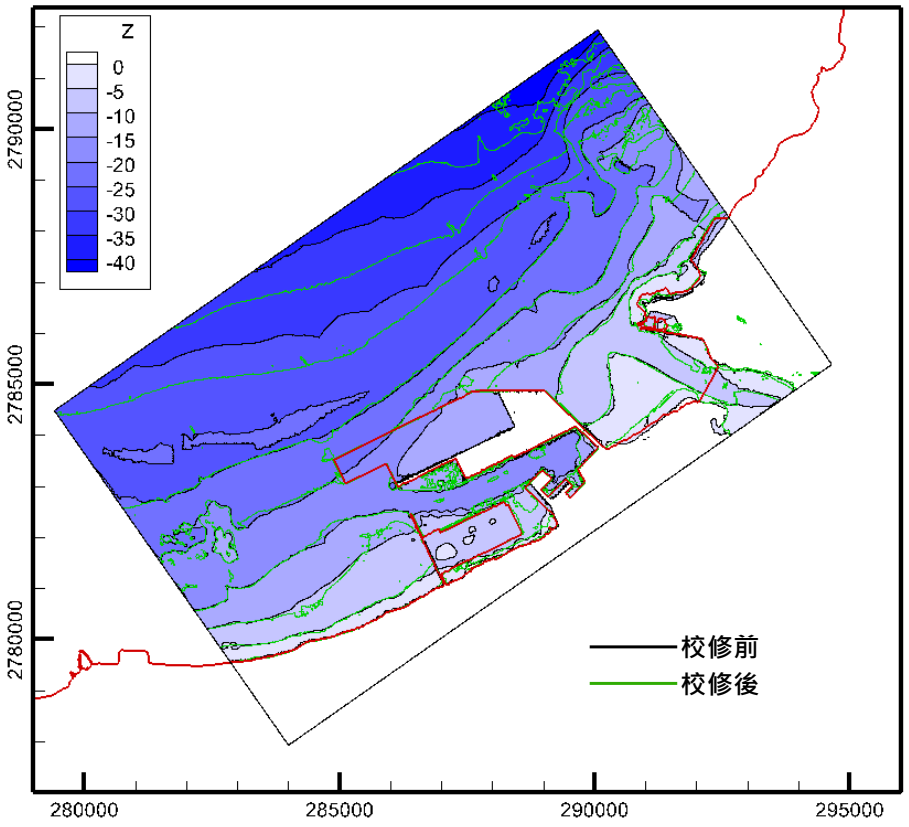


圖 2.54 臺北港近岸波浪模組校修前、後等水深線分布比較圖

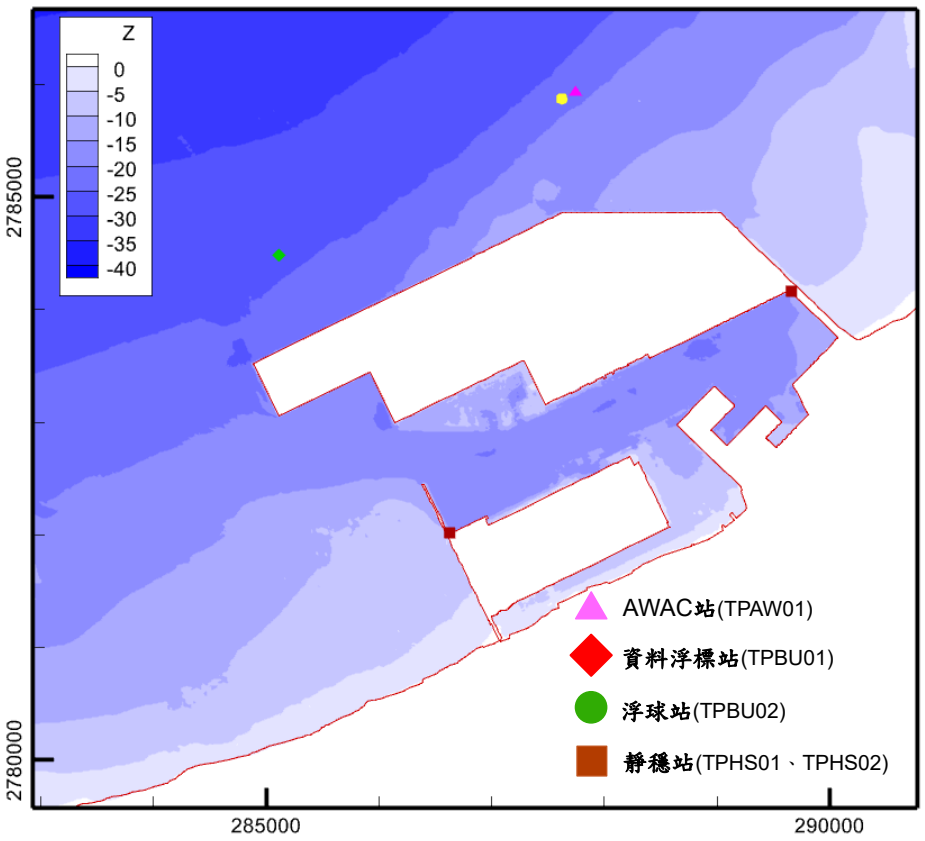


圖 2.55 臺北港波浪觀測站位置分布圖

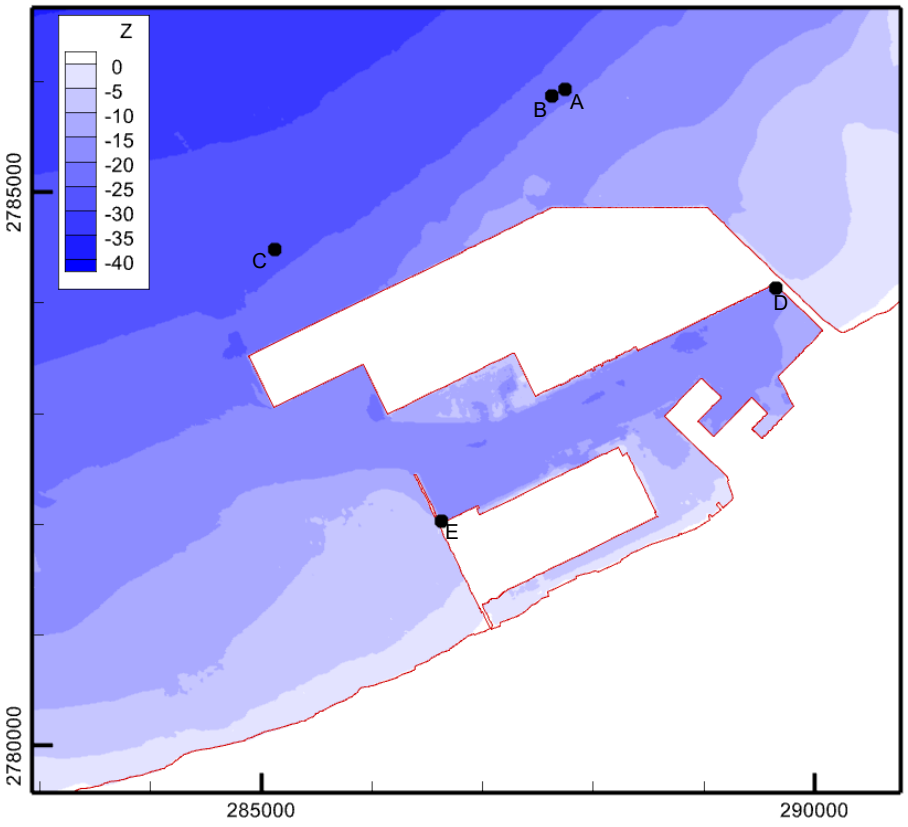


圖 2.56 臺北港近岸波浪模組校修後模擬輸出校驗點分布圖

2.3.2 金門海域風浪模組改善研究

前期(113 年)計畫曾運用運技中心金門水頭商港 2024 年波浪觀測資料，對金門海域風浪模組進行冬季風浪模擬校驗研究，如圖 2.57 及圖 2.58 所示。由於金門水頭商港新設底碇式 AWAC 潮波流測站，移至水頭商港北側外海水域，如圖 2.59 所示，導致金門海域風浪模組 113 年冬季風浪模擬校驗成果不理想。依據校驗結果得知：AWAC 測站檢核點模擬風浪除了平均波高大小及變化趨勢與波浪觀測結果相近似外，其平均及譜峰週期模擬值均偏小(小於 3sec，短週期成份波為主)，無法呈現出觀測資料存在週期較長風(湧)浪之特性；此外，檢核點冬季風浪平均波向模擬結果顯示風浪來向均為金、廈間海域，此與波浪觀測大部份屬於通過金門水道往北傳播之波浪不同。針對冬季風浪模擬校驗不理想之原因，初步判斷可能原因包括(1)金門海域風浪模組計算網格解析度不足，無法模擬出外海風浪通過金門水道傳播至校驗點現象；(2)本計畫風浪模擬系統採用的作業化預報風場(3km)，無法有效模擬金、廈間海域實際風浪特性；(3)因缺乏金、廈間海域水深實測資料，導致金門海域風浪模組模擬風浪之傳播特性在金、廈間海域失真，進而影響校驗點風浪模擬特性與現況不符；上述(2)、(3)項因素 113 年度計畫無法改善。

故本(114)年度計畫針對金門海域風浪模組計算網格解析度問題進行改善研究，研擬方案為在既有的模擬架構下，如圖 2.60 所示，直接將金門海域風浪模組計算網格解析度提升至 0.004°，其 3 層巢狀網格基本資料如表 2-9 所列。

表 2-9 本計畫金門海域風浪模擬系統 3 層巢狀網格資訊表

網格名稱	範圍		解析度 (°)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 最小值/最大值		
遠域風浪模組	110.00/145.00	10.00/35.00	0.2	176×126
近域風浪模組	117.60/123.60	20.60/28.00	0.04	151×186
金門海域風浪模組	117.80/118.88	24.04/24.72	0.004	271× 171

1. 數值計算網格建置：

針對原金門海域風浪模組模擬範圍，東經 117.80°~ 118.88°及北緯 24.04°~ 24.72°，本計畫建構解析度 0.004°之計算網格，新計算網格之維度為 271× 171，網格點數為原網格之 4 倍。據此，本計畫利用 113 年計畫整合之海域水深資料，更新計算網格水深值，如圖 2.61 所示。

2. 風浪模擬檢核點更新：

因應新計算網格解析度提升，本計畫更新金門海域風浪模擬結果 AWAC 測站檢核點坐標為(118.284°, 24.424°)，水利署資料浮標測站檢核點坐標為(118.412°, 24.380°)，如圖 2.62 所示。

3. 金門海域風浪模擬作業化程式校修：

配合新建計算網格修訂 SWAN 模式相關模擬指令，如表 2-9 所示；其中非穩態求解之時間距(Δt)經測試後，由 240 sec 下修至 120 sec；此措施將導致風浪模擬時間倍增。

表 2-10 金門海域風浪模擬模式指令參數修訂對照表

指令	語法及設定值
CGRID	REGular 117.80, 24.04, 0.0, 1.08, 0.68, 135, 85, CIRcle 36, 0.03333, , 30
	REGular 117.80, 24.04, 0.0, 1.08, 0.68, **270, 170**, CIRcle 36, 0.03333, , 30
INPgrid	BOTtom REGular 121.56, 25.00, 0.0, 135, 85, 0.008, 0.008, EXCeption -10.0
	BOTtom REGular 121.56, 25.00, 0.0, **270, 170, 0.004, 0.004**, EXCeption -10.0
COMPute	COMPute NONSTationary “模擬起始時間” 240 sec “模擬終止時間”
	COMPute NONSTationary “模擬起始時間” **120 sec** “模擬終止時間”

4. 金門海域冬季風浪模擬結果：

本計畫選取 2024 年 1 月 4 日 6 時作業化風場模擬結果，與金門海域 AWAC 觀測資料比較，如圖 2.63 所示；顯示本計畫使用 0.004°解析度網格，確實可以模擬出外海風浪通過金門水道

往金、廈間海域傳播之現象；惟模擬過程中此預期現象僅出現在作業化預測風場之特定時段內，顯示作業化預測風場仍為影響金門海域風浪模擬結果與觀測不一致重要原因之一。

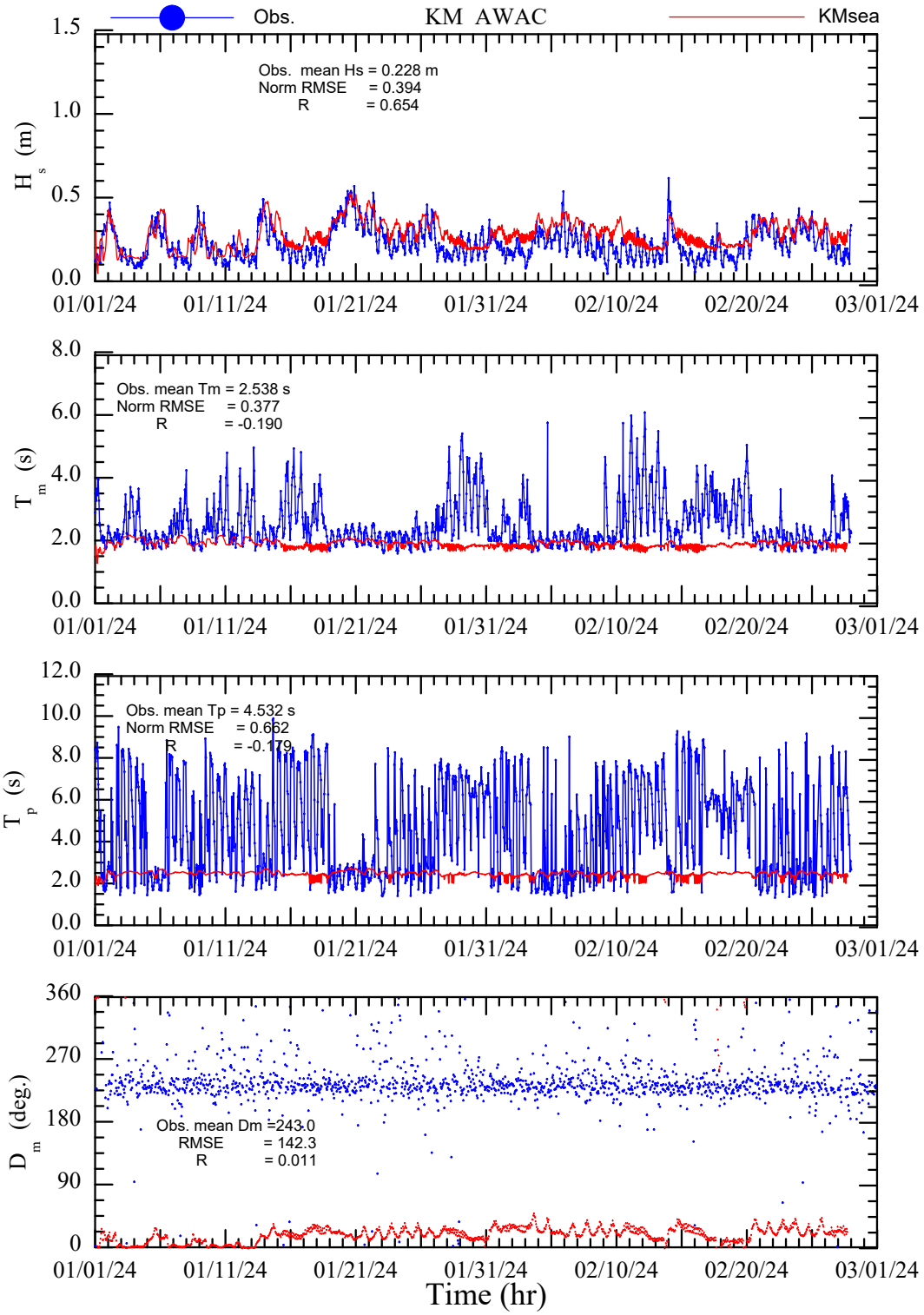


圖 2.57 金門海域風浪模組 2024 年冬季風浪模擬校驗歷線圖

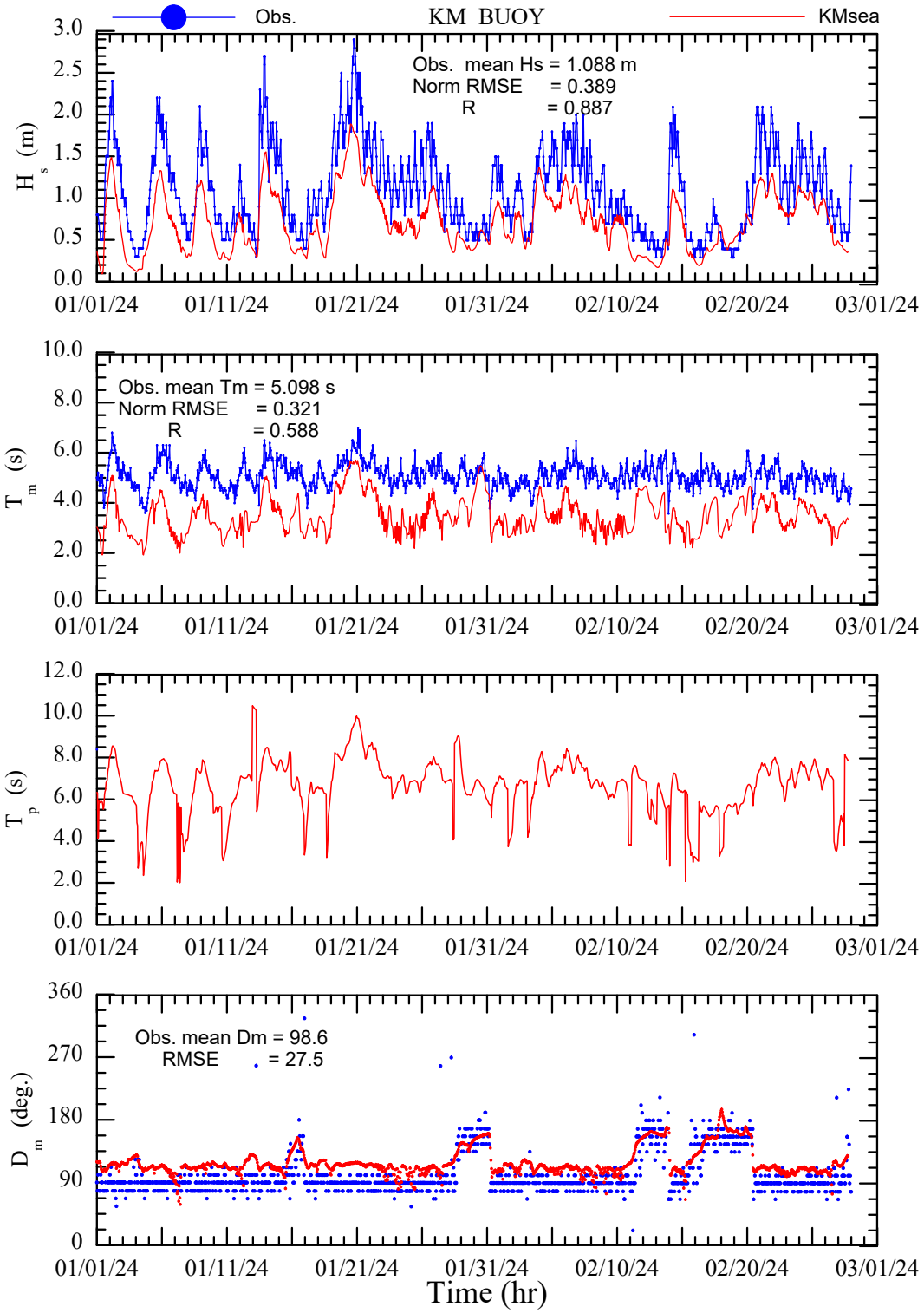


圖 2.58 金門料羅港外海冬季風浪模擬值與觀測值之比較圖

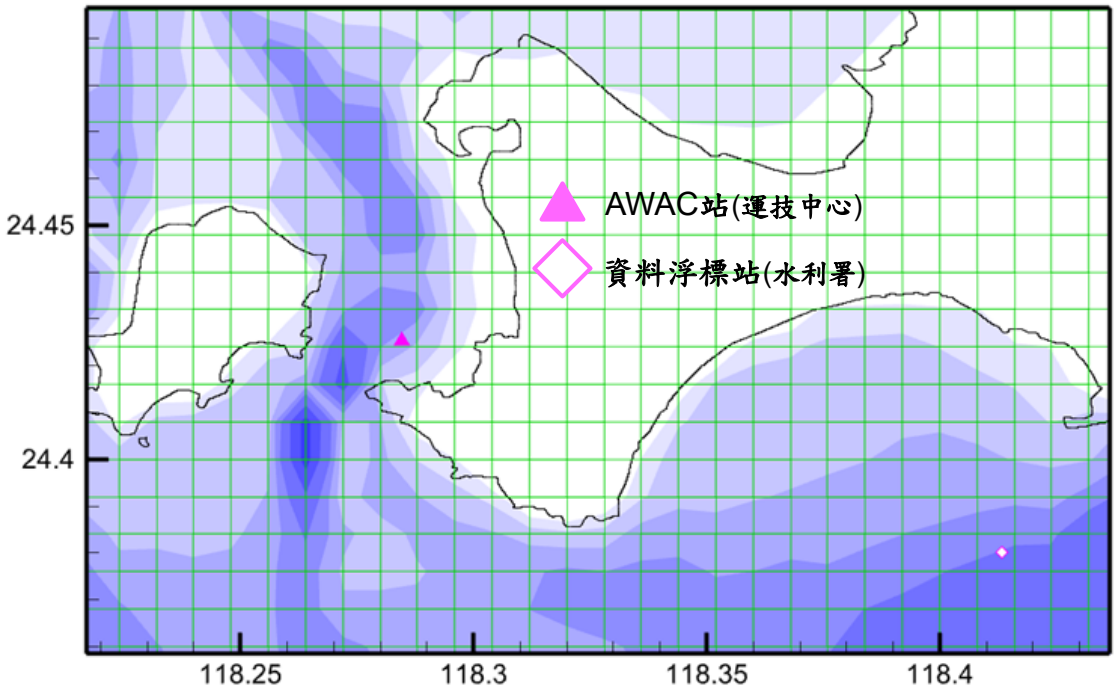


圖 2.59 金門海域波浪觀測站位置圖

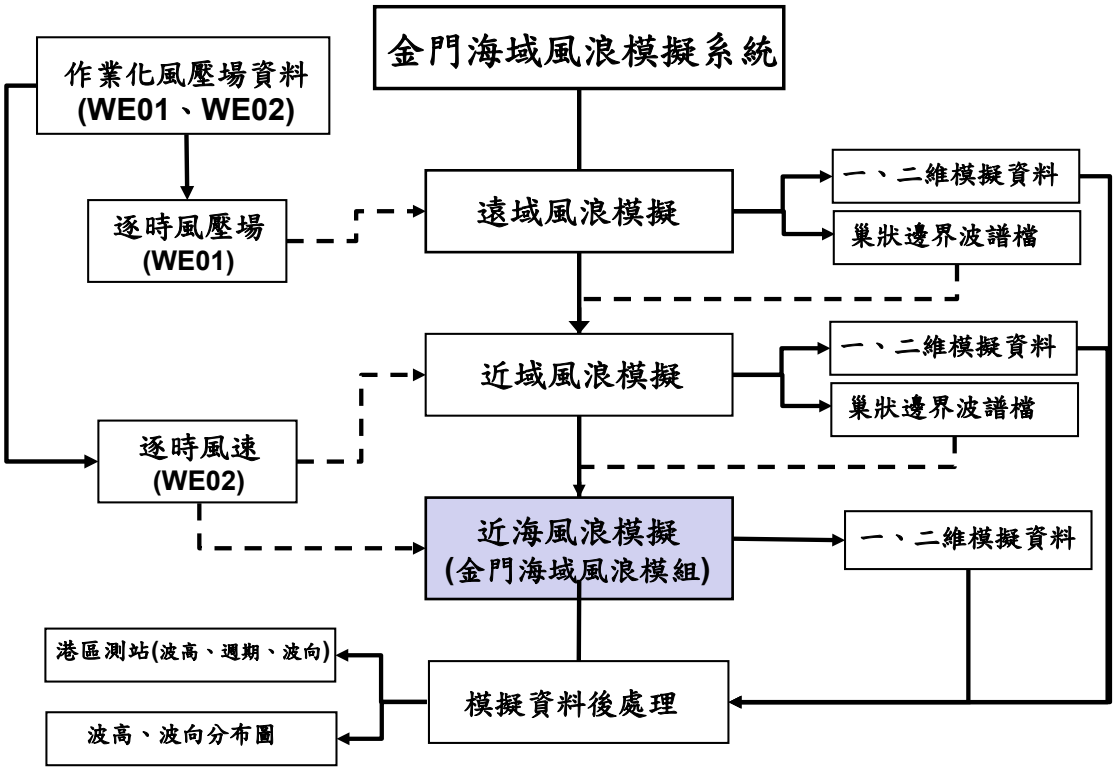


圖 2.60 金門海域風浪模擬 3 層巢狀架構圖

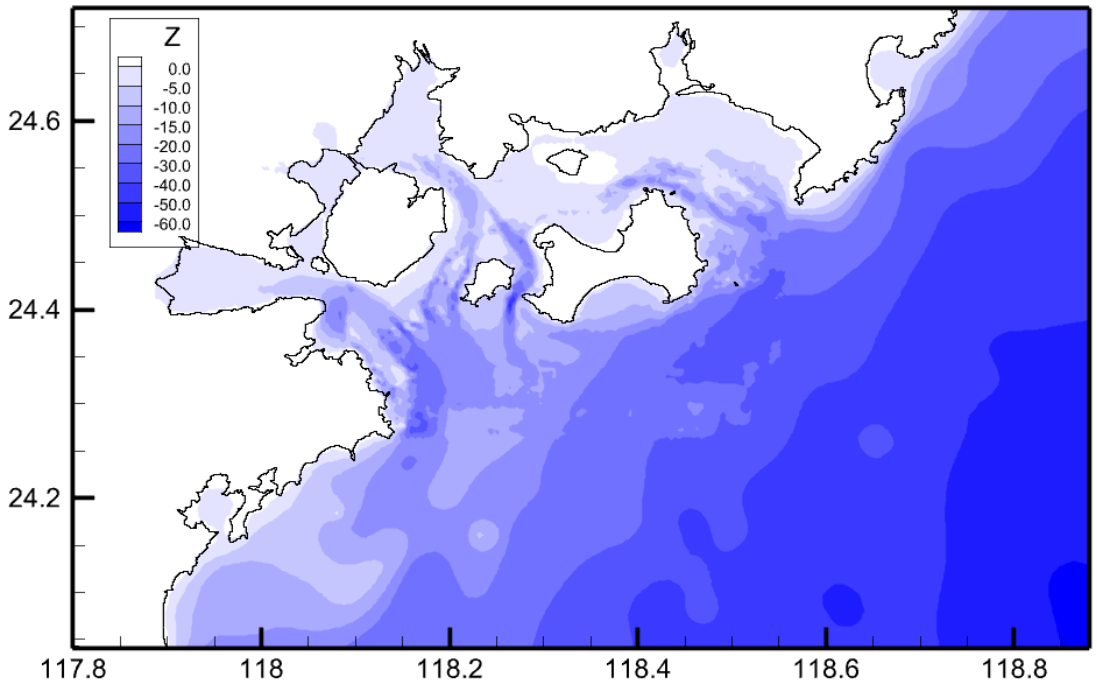


圖 2.61 金門海域風浪模組 0.004° 解析度網格之水深分布圖

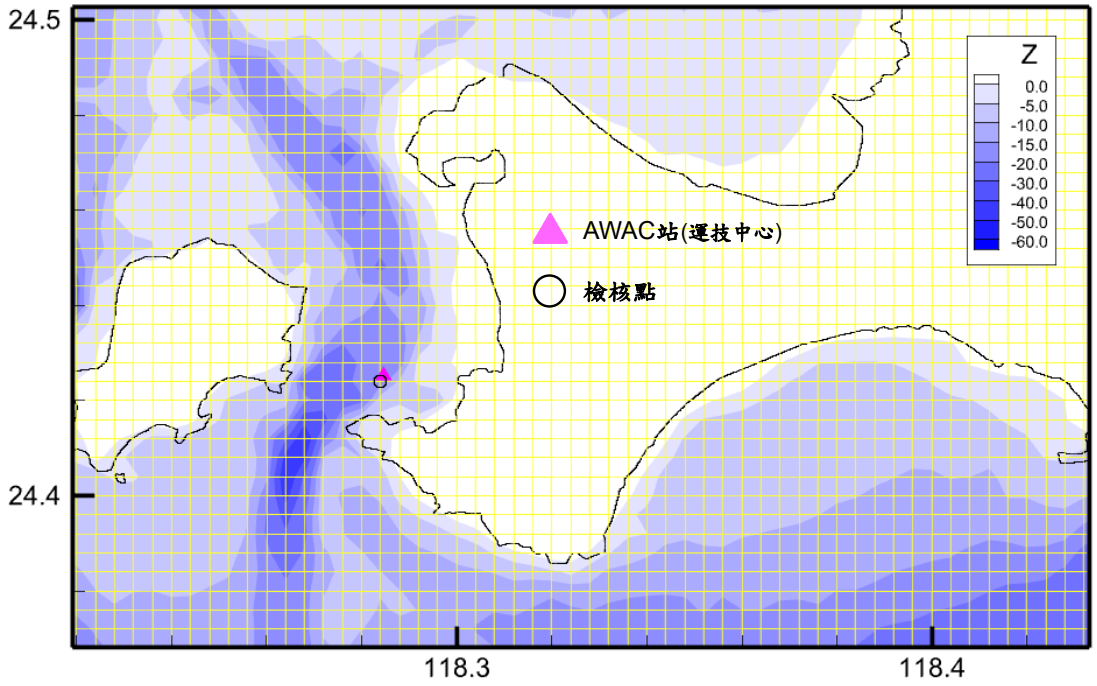


圖 2.62 金門海域 0.004°網格風浪模擬檢核點位置圖

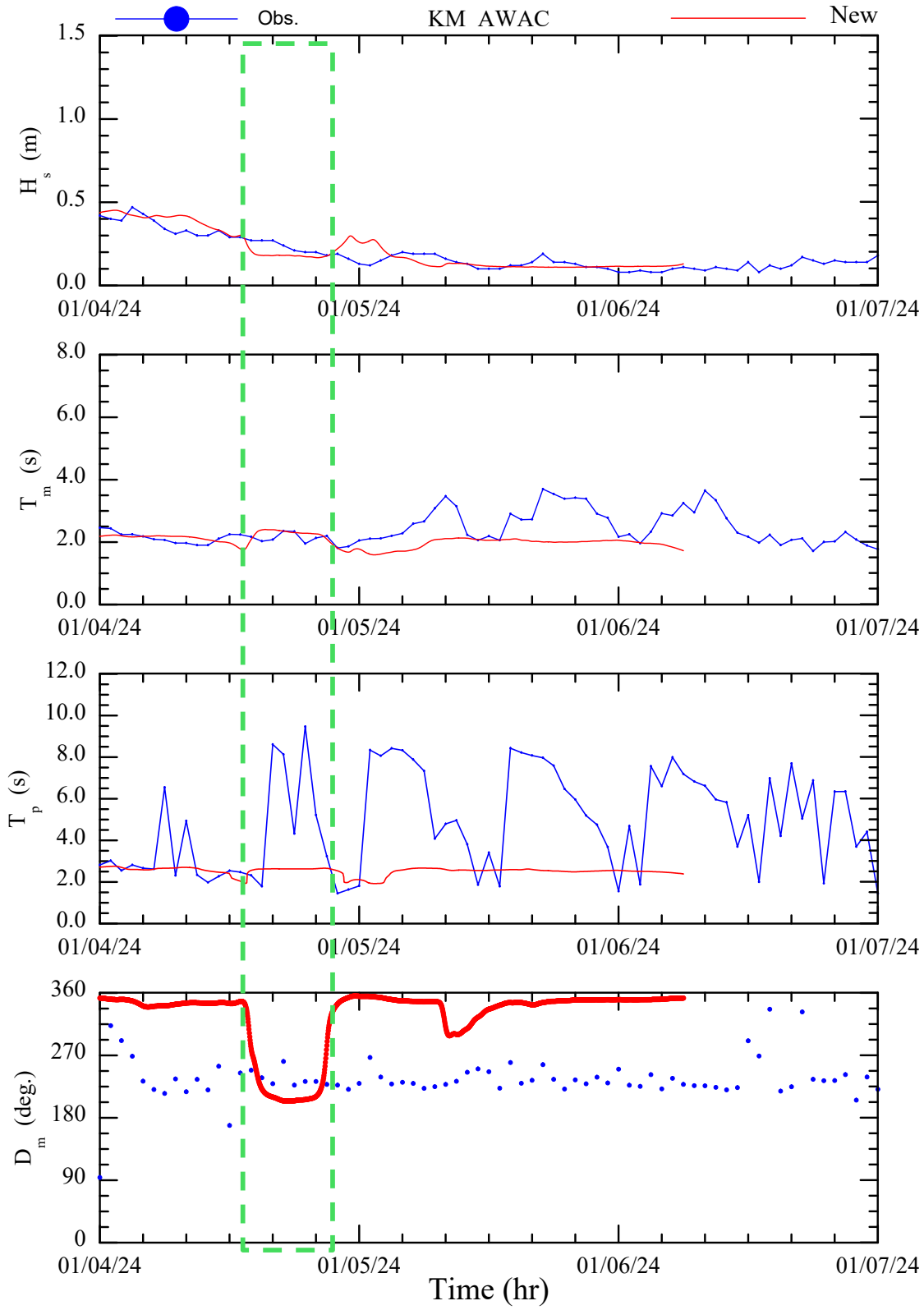


圖 2.63 金門海域 0.004°網格檢核點風浪模擬歷線比較圖

2.3.3 臺海暴潮模組計算網格改善

本期(111~114)計畫曾於 112 年配合小尺度澎湖海域水動力校驗與改善，以及因應高雄港港型改變辦理高雄海域水動力模組建置之需求，提出臺海暴潮模組計算網格改善研究。工作內容包括針對外傘頂沙洲及布袋港鄰近海域計算網格調整局部三角形元素之配置(如圖 2.64 所示)，藉以提升臺海暴潮模組在布袋港附近海域水位模擬之精確性；同時因應「高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫」完工使高雄港型改變，針對高雄港附近海域計算網格之三角形元素配置進行調整(如圖 2.65 所示)，目的為改善臺海暴潮模組對小尺度高雄海域水動力模組邊界水位預測條件之模擬。

本(114)年度因應臺北港三、四期擴建工程興建致使臺北港外廓港型改變，及配合小尺度臺北海域水動力模組建置之需求，持續針對臺海暴潮模組計算網格進行改善。即針對臺北港附近海域之局部計算網格，配合臺北港現況外廓港型調整，計算網格三角形元素之配置，如圖 2.66 所示。

臺海暴潮模組計算網格經上述三角形元素配置改善後，新版臺海暴潮模組計算網格之節點數共計 8,408 個，新產生的三角元素非結構計算網格，如圖 2.67 所示，共計有 16,123 個三角形元素。

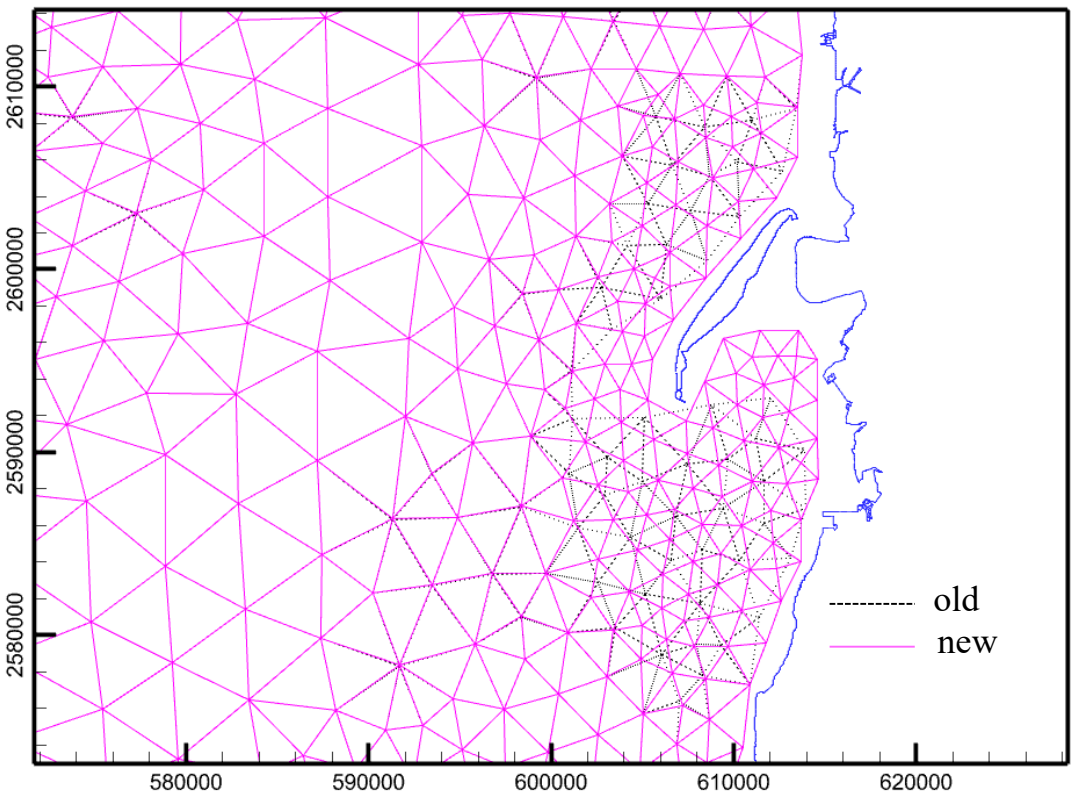


圖 2.64 臺海暴潮模組外傘頂及布袋港海域三角元素配置改善圖

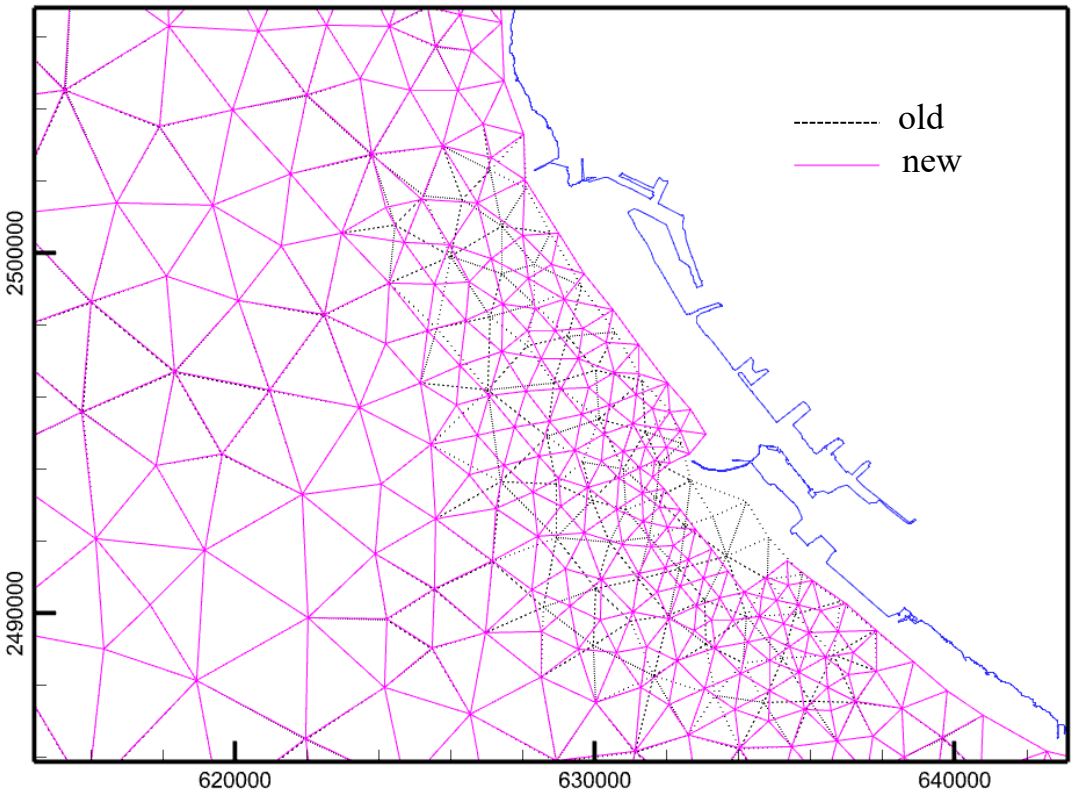


圖 2.65 臺海暴潮模組高雄港海域三角元素配置改善圖

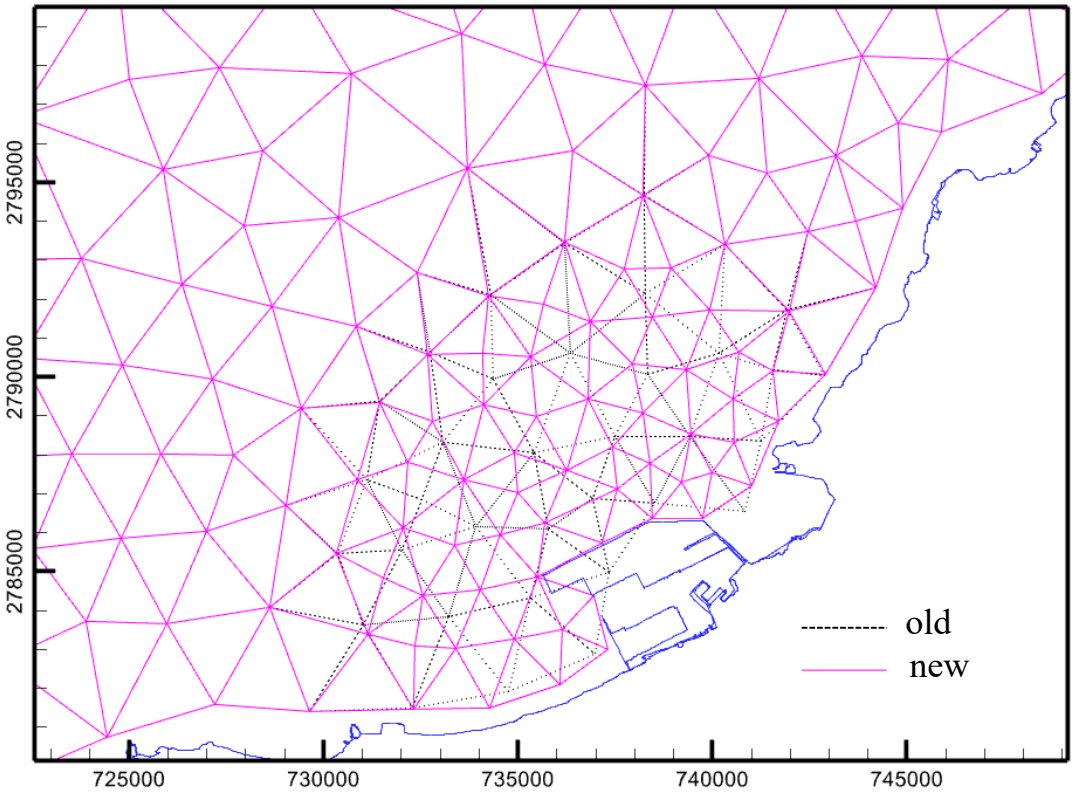


圖 2.66 臺海暴潮模組臺北港海域三角元素配置改善圖

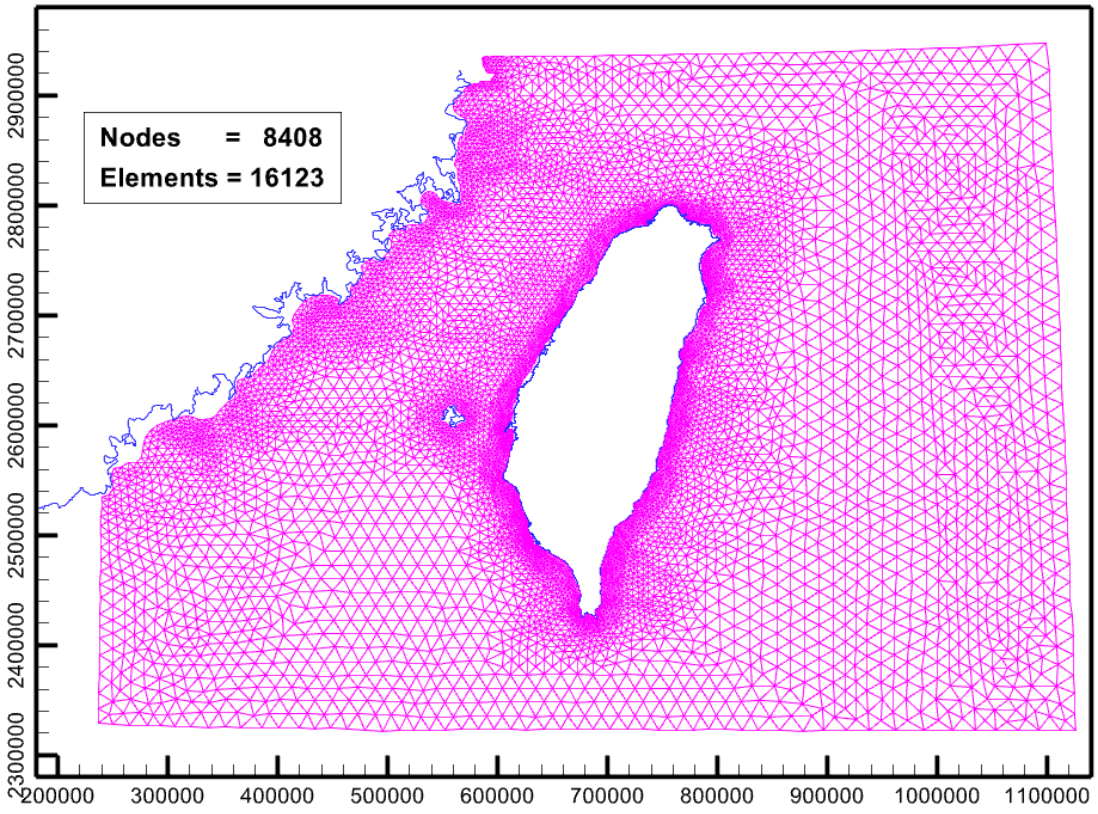


圖 2.67 臺海暴潮模組改善後非結構計算網格分布圖

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

本計畫係採用 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 3 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、高雄海域、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。

3.1.2 臺灣周圍海域風浪觀測

運技中心在臺灣本島設置之波浪觀測站分布情形，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、布袋港及安平港，其測站座標如表 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 測站目前暫停觀測，新設大型浮標測站包括臺北港資料浮標 TPBU01 及基隆港資料浮標 KLBU01；小型浮球式波流測站計有臺北港 TPBU02、布袋港 BDBU01 及安平港 APBU01 等 3 站。

本計畫蒐集臺北港(TP)、花蓮港(HL)、蘇澳港(SA)、基隆港(KL)、臺中港(TC)、高雄港(KH) 及安平港(AP)等 7 港口海域 AWAC 波浪觀測資料，作為本年度臺灣周圍海域風浪模擬校驗之對象。針對 2024 年 12 月至 2025 年 2 月冬季期間波浪統計特性進行分析，相關統計彙整如表 3-3 至表 3-5 所示。

整體而言，示性波高(H_s)月平均值在 3 個月份中皆呈現臺灣北部港口明顯高於中南部港口的分布趨勢。其中：

表 3-1 臺海風浪模擬系統 3 層巢狀網格之資訊表

風浪模組名稱	範圍		解析度(°)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 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
澎湖海域近岸風浪模組	119.00/120.56	22.80/24.20	0.008	186×176
金門海域近岸風浪模組	117.80/118.88	24.04/24.72	0.008	136×086
馬祖海域近岸風浪模組	119.44/120.84	25.56/26.72	0.008	176×146
東南海域近岸風浪模組	120.76/122.00	21.52/23.00	0.008	156×186
高雄海域近岸風浪模組	119.80/120.88	21.52/22.80	0.008	136×126
花蓮海域近岸風浪模組	121.40/122.40	23.28/24.24	0.008	126×121
蘇澳海域近岸風浪模組	121.64/122.40	24.24/25.12	0.008	96×111
基隆海域近岸風浪模組	121.56/122.40	25.00/25.80	0.008	106×101

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
	KLBU01	121.7606	25.1653	121.760	25.200	121.760	25.200	新設
臺北港	TPAW01	121.3745	25.1814	121.360	25.200	121.376	25.184	AWAC
	TPBU01*1	121.3733	25.1808	121.360	25.200	121.373	25.1808	
	TPBU02*2	121.3484	25.1684	121.360	25.200	121.352	25.168	
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	120.256	22.616	一港口主站
	KHAW08	120.2819	22.6164	120.280	22.520	120.280	22.544	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
*1、資料浮標； *2、浮球								

2024 年 12 月，各港平均 H_s最大者為臺中港(2.119 m)，臺北港(1.838 m)及基隆港(1.756 m)次之；最小者為安平港(0.561 m)，其次為高雄港(0.864 m)。最大 H_s觀測值以臺北港 3.78 m 最高，其次為基隆港 3.75 m 與臺中港 3.67 m，顯示該月北部地區受冬季東北風及鋒面通過影響較為明顯。

2025 年 1 月，各港 H_s平均值同樣以臺中港(1.95 m)最高，其次為臺北港(1.499 m)及基隆港(1.433 m)，西南海域風浪偏小，如高雄港與安平港分別為 0.788 m 與 0.549 m。最大 H_s以臺北港達 4.180 m 為最高(01/15 16:00)，安平港 0.97m 最低。除安平港外，其餘港口最大示性波高均超過 2 m，顯示 1 月為全臺皆有明顯高風浪活動月。

2025 年 2 月，各港 H_s平均值整體略升，仍以臺中港(1.978 m)最高，花蓮港 (1.678 m)及臺北港(1.667 m)次之；高雄港與安平港依舊相對較小。最大 H_s則觀測於臺北港(4.14 m)與基隆港(4.04 m)，但整體浪高與 1 月相比稍降。

綜合比較 3 個月份資料，可發現冬季波浪活動於北部與東部港口較為強烈，臺中港、基隆港與臺北港為主要高波浪活動區，且最大浪高多集中於冷鋒或東北季風增強時期；而南部港口如高雄港與安平港則波高較低，影響相對輕微。

表 3-3 2024 年 12 月 7 港口海域波浪觀測資料統計特性表

	臺北港	花蓮港	蘇澳港	基隆港	臺中港	高雄港	安平港
資料數	580	744	744	738	744	740	712
蒐集率(%)	77.96	100.00	100.00	99.19	100.00	99.46	95.70
示性波高平均(m)	1.838	1.485	1.358	1.756	2.119	0.865	0.561
標準偏差(m)	0.693	0.360	0.295	0.767	0.622	0.194	0.121
平均週期平均(s)	4.812	5.641	5.489	5.045	4.641	3.903	3.348
標準偏差(s)	2.441	0.522	0.544	0.771	0.435	0.805	0.832
譜峰週期平均(s)	7.022	8.550	8.435	7.753	7.022	5.910	6.663
標準偏差(s)	2.654	0.792	0.748	1.124	0.921	1.186	2.834
平均波向平均(°)	144.234	95.08	95.039	36.89	24.314	294.25	263.86
標準偏差(°)	137.501	12.297	14.684	10.036	22.204	15.166	17.363
最大波高(m)	3.780	2.600	2.490	3.750	3.670	1.710	0.980
最大波高 發生時間	12/12 02:00	12/08 12:00	12/08 20:00	12/08 00:00	12/08 05:00	12/18 05:00	12/14 19:00

表 3-4 2025 年 1 月 7 港口海域波浪觀測資料統計特性表

	臺北港	花蓮港	蘇澳港	基隆港	臺中港	高雄港	安平港
資料數	744	744	744	744	723	744	744
蒐集率(%)	100.00	100.00	100.00	100.00	97.18	100.00	100.00
示性波高平均(m)	1.499	1.407	1.287	1.433	1.950	0.788	0.549
標準偏差(m)	0.676	0.374	0.291	0.660	0.569	0.228	0.112
平均週期平均(s)	4.395	5.375	5.282	4.839	4.538	4.587	3.430
標準偏差(s)	0.635	0.468	0.544	0.664	0.393	0.382	0.447
譜峰週期平均(s)	6.640	8.153	8.265	7.533	6.765	5.865	6.508
標準偏差(s)	0.970	0.894	0.901	1.082	0.679	1.360	1.310
平均波向平均(°)	70.86	93.26	93.567	40.184	30.725	288.197	265.550
標準偏差(°)	90.013	13.284	15.181	11.322	46.272	16.731	18.350
最大波高(m)	4.180	2.650	2.560	3.940	3.950	2.180	0.970
最大波高發生時間	01/15 16:00	01/10 12:00	01/27 14:00	01/15 16:00	01/15 12:00	01/15 17:00	01/26 16:00

表 3-5 2025 年 2 月 7 港口海域波浪觀測資料統計特性表

	臺北港	花蓮港	蘇澳港	基隆港	臺中港	高雄港	安平港
資料數	672	220	157	672	637	668	672
蒐集率(%)	100.00	32.74	23.36	100.00	94.79	99.40	100.00
示性波高平均(m)	1.667	1.678	1.569	1.620	1.978	0.728	0.544
標準偏差(m)	0.784	0.397	0.266	0.802	0.785	0.179	0.125
平均週期平均(s)	4.641	5.620	5.310	5.115	4.641	4.391	3.406
標準偏差(s)	0.645	0.408	0.483	0.756	0.640	0.294	0.406
譜峰週期平均(s)	7.039	8.905	8.626	7.899	6.955	5.283	6.324
標準偏差(s)	0.995	0.966	1.072	1.226	1.096	1.242	1.351
平均波向平均(°)	80.425	95.249	94.228	39.491	23.794	288.214	265.574
標準偏差(°)	102.512	14.850	18.640	10.034	24.004	27.761	20.574
最大波高(m)	4.140	2.880	2.150	4.040	3.600	1.300	0.940
最大波高發生時間	02/13 06:00	02/08 05:00	02/04 04:00	02/08 10:00	02/23 22:00	02/25 16:00	02/03 14:00

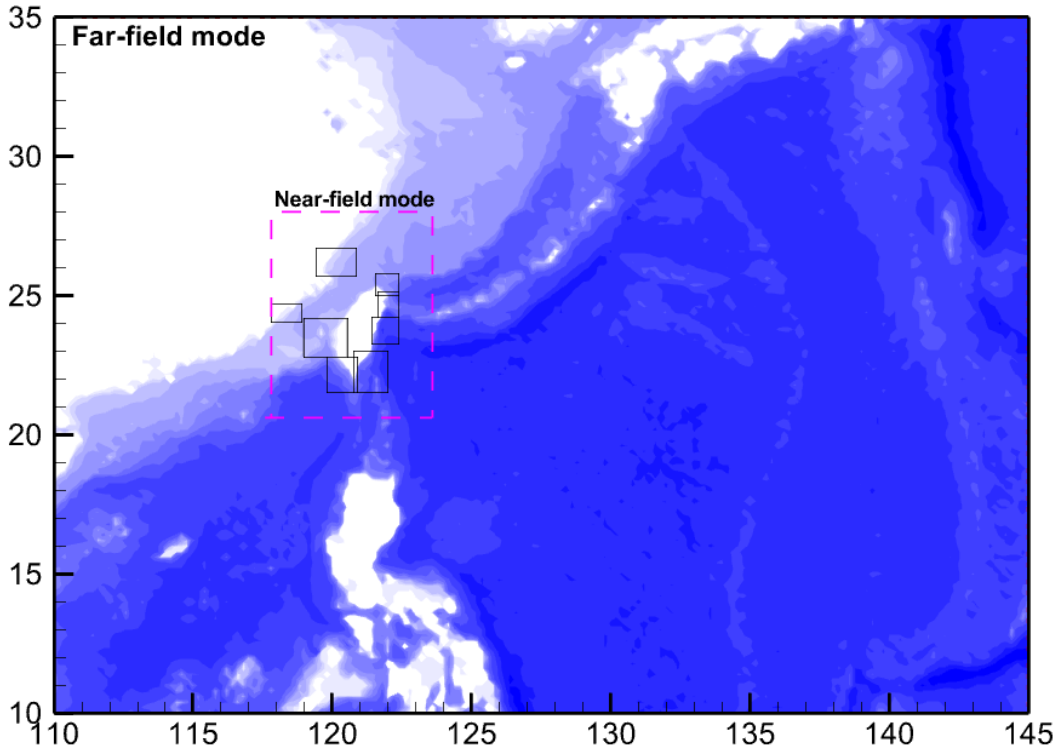


圖 3.1 TaiCOMS 2.0「臺海風浪模擬子系統」3 層巢狀網格範圍圖

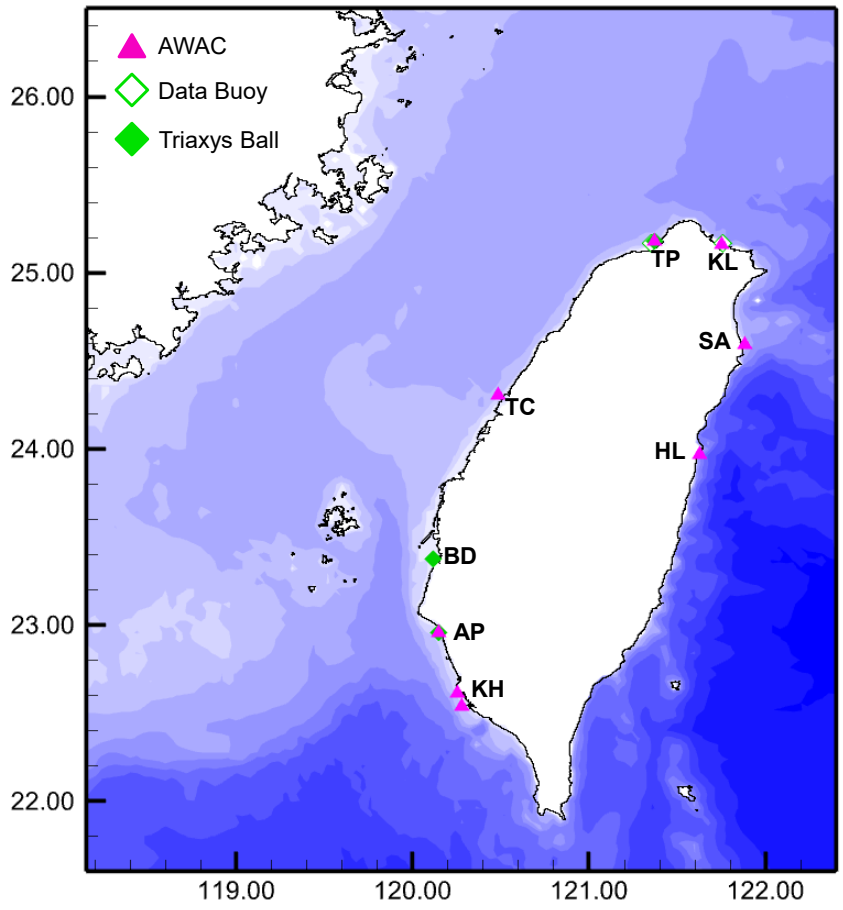


圖 3.2 運技中心臺灣本島主要商港波浪觀測站分布圖

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

$$H_s = 4\sqrt{m_0} \quad \text{(3-1)}$$

$$T_m = \sqrt{m_0/m^2} \quad \text{(3-2)}$$

模擬值與觀測值間均方根誤差(RMSE)定義如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(P_i - O_i)^2}{N}} \quad \text{(3-3)}$$

常態化均方根誤差(NRMSE)定義如下：

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(P_i - O_i)^2}{N}} \Big/ \bar{O} \quad \text{(3-4)}$$

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：

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{N}(P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(P_i - \bar{P})^2 \sum_{i=1}^{N}(O_i - \bar{O})^2}} \quad \text{(3-5)}$$

式中 $\bar{P}$代表模擬值 P_i之平均值。R > 0 代表正相關，1 ≥ R > 0.7 代表高度相關，0.7 ≥ R > 0.3 代表中度相關，0.3 ≥ R > 0 代表低度相關；R < 0 代表負相關，R = 0 代表二者無相關性。

3.2 冬季風浪模擬與校驗

針對冬季 2024 年 12 月至 2025 年 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，並利用臺北港、花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺中港、高雄港及安平港等 7 港口之 AWAC 測站觀測資料進行校驗分析。

本年度 2024 年 12 月至 2025 年 2 月臺灣周圍海域風浪模組各港檢核點冬季風浪(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，分別如表 3-6～表 3-8 所列，表中比值代表模擬之平均值與同期間觀測之平均值比，差值為模擬波向平均值與同期間觀測波向平均值之差。

整體而言，冬季期間臺灣周圍海域風浪能量受東北季風主導，風浪場呈現明顯的季節性分布特徵。由表中結果可知，臺中港在 3 個月期間皆為平均示性波高最大者，12 月為 2.47 m，1 月為 2.07 m，2 月為 2.10 m，顯示中部外海受季風通道增強及反射疊波效應影響，波能最為集中。花蓮港與蘇澳港之平均波高亦維持高值(約 1.5 ~ 1.8 m)，反映東岸開放海域直接受東北季風驅動之特性。相較之下，西南沿岸港口(高雄 KH、安平 AP)波高明顯偏低(約 0.8 ~ 0.9 m)，符合地形遮蔽與能量耗散之預期。

在最大示性波高表現上，臺中港於 3 個月中皆出現全區最高或次高波高，分別為 4.54 m(12 月)、4.47 m(1 月)及 4.67 m(2 月)，顯示該區對強季風事件反應最為明顯。花蓮港最大波高於 1 月達 4.50 m，為全區第二高者，而基隆港於各月最大波高分別為 3.75 m、3.58 m、3.73 m，呈現穩定增減趨勢，反映其受東北向風浪長期影響之特性。就最大示性波高之時間對應性而言，模擬最大波高大多較觀測時間提早出現，提前幅度約 1～3 小時，花蓮港提早約 9 小時最為明顯，反映模式在鋒面通過時波峰傳遞速度略快。少數港口如臺中港與安平港則偶見延遲現象(約 1 ～ 2 小時)，整體而言，模式極值之時間反應合理。

在校驗評估指標方面，示性波高模擬整體表現最佳，各港常態化均方根誤差(NRMSE)介於 0.156 ~ 0.814，誤差屬中低程度。基隆港表現最優，三個月 NRMSE 皆低於 0.18，相關係數(R)穩定維持在 0.936 ~ 0.944，顯示其模擬結果與觀測高度吻合。相較之下，花蓮港、高雄港及安平港之 NRMSE 偏高(多大於 0.3)，反映該區地形及遮蔽效應未完全被模式捕捉。整體而言，示性波高相關係數範圍為 0.60～0.94，多數港口達高度相關(R≥0.7)，分別如表 3-9～表 3-11 所列。

在平均週期模擬方面，各港 NRMSE 介於 0.112～0.550，普遍小於示性波高之誤差，顯示模式在波浪能量頻帶變化的模擬上更穩定。相關係數 R 差異較大，臺北港、基隆港、花蓮港與臺中港等港口表現優異(R 約 0.6 ~ 0.8)，而高雄港與安平港受地形遮蔽與近岸流場干擾，週期再現性偏低，部分月份出現低或負相關值。

譜峰週期模擬結果與平均週期表現相近，NRMSE 介於 0.112 ~ 0.452，R 值約 0.5 ~ 0.8，其中臺北港與基隆港再現性最高。安平港與高雄港於多月呈現低相關(甚至負值)，顯示模式在南部內海區對湧浪特性表現不足。

平均波向模擬誤差最大且具顯著地區差異，RMSE 介於 27º~ 133º，整體顯示波向模擬受港口地形與防波堤折射效應顯著影響。花蓮、蘇澳與臺中港波向模擬之相關性最高(R 約 0.7 ~ 0.8)，代表模式對開放海域波向再現性良好；而高雄港與安平港波向 R 值偏低甚至負相關，顯示南部近岸波場複雜，模式對遮蔽後反射與局地風浪互制現象尚無法完全捕捉。

綜合分析結果可得，示性波高為整體模擬表現最佳參數，平均週期與譜峰週期次之，而平均波向則為主要不確定來源。就空間分布而言，北部與東部港口(基隆港、花蓮港、蘇澳港)整體再現性最佳，而南部港口(高雄港、安平港)誤差較大、相關性低，可能與南部港區地形複雜、風浪遮蔽效果未能充分反映於模式中有關。

有關7個港口冬季風浪模擬值與觀測值歷線比對，分別如圖 3.3~ 圖 3.9 所示。

表 3-6 2024 年 12 月各港口海域風浪模擬資料平均值統計表

		臺北 (TP)	花蓮 (HL)	蘇澳 (SA)	基隆 (KL)	臺中 (TC)	高雄 (KH)	安平 (AP)
資料數		744	744	744	744	744	744	744
蒐集率(%)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
示性波高	平均值(m)	1.499	1.757	1.545	1.822	2.469	0.905	0.888
	標準偏差(m)	0.672	0.751	0.560	0.745	1.058	0.339	0.363
	比值*1	0.815	1.183	1.138	1.038	1.165	1.046	1.581
平均週期	平均值(s)	3.627	4.326	4.375	4.215	4.401	3.260	2.861
	標準偏差(m)	0.735	0.570	0.604	0.766	0.748	0.508	0.432
	比值	0.754	0.767	0.797	0.836	0.948	0.835	0.855
譜峰週期	平均值(s)	5.962	6.459	6.500	6.254	6.590	4.980	4.085
	標準偏差(m)	1.350	1.049	1.179	1.197	1.163	0.869	0.867
	比值	0.849	0.755	0.771	0.807	0.939	0.843	0.613
平均波向	平均值(º)	39.240	58.158	59.940	44.856	42.111	315.160	324.990
	標準偏差(m)	72.598	20.346	22.314	31.012	91.111	10.314	38.205
	差值(º)*2	-104.99	-36.920	-35.099	7.965	17.798	20.906	61.129
最大波高	示性波高(m)	3.348	3.523	3.138	3.747	4.544	1.880	1.821
	比值	0.886	1.355	1.260	0.999	1.238	1.099	1.858
	發生時間	12/07 23:00	12/08 03:00	12/08 17:00	12/07 23:00	12/08 18:00	12/28 06:00	12/14 06:00
	時間延遲(hr)	-99 *3	-9	-3	-1	13	241*3	-13

*1 模擬值 / 觀測值；*2 模擬值 - 觀測值； *3 非相同鋒面

表 3-7 2025 年 1 月各港口海域風浪模擬資料平均值統計表

		臺北 (TP)	花蓮 (HL)	蘇澳 (SA)	基隆 (KL)	臺中 (TC)	高雄 (KH)	安平 (AP)
資料數		744	744	744	744	744	744	744
蒐集率(%)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
示性波高	平均值(m)	1.165	1.606	1.357	1.484	2.074	0.840	0.810
	標準偏差(m)	0.603	0.802	0.540	0.684	0.973	0.338	0.345
	比值*1	0.777	1.142	1.054	1.035	1.064	1.066	1.477
平均週期	平均值(s)	3.305	4.247	4.087	3.895	4.186	3.232	2.815
	標準偏差(m)	0.684	0.602	0.638	0.766	0.655	0.462	0.393
	比值	0.752	0.790	0.774	0.805	0.923	0.705	0.821
譜峰週期	平均值(s)	5.418	6.290	6.296	5.947	6.198	4.852	3.993
	標準偏差(m)	1.317	1.156	1.299	1.238	1.001	0.766	0.733
	比值	0.816	0.772	0.762	0.789	0.916	0.827	0.614
平均波向	平均值(º)	65.749	58.921	61.918	54.363	66.624	312.685	324.592
	標準偏差(m)	101.447	20.290	31.776	48.190	120.100	11.215	22.420
	差值(º)*2	-5.112	-34.336	-31.649	14.179	35.899	24.489	59.042
最大波高	示性波高(m)	3.155	4.496	3.221	3.584	4.473	2.211	1.881
	比值	0.755	1.697	1.258	0.910	1.132	1.014	1.939
	發生時間	01/15 13:00	01/27 15:00	01/27 13:00	01/15 17:00	01/15 19:00	01/27 06:00	01/27 06:00
	時間延遲(hr)	-3	411 *3	-1	1	7	277 *3	14

*1 模擬值 / 觀測值；*2 模擬值 - 觀測值； *3 非相同鋒面

表 3-8 2025 年 2 月各港口海域風浪模擬資料平均值統計表

		臺北 (TP)	花蓮 (HL)	蘇澳 (SA)	基隆 (KL)	臺中 (TC)	高雄 (KH)	安平 (AP)
資料數		744	744	744	744	744	744	744
蒐集率(%)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
示性波高	平均值(m)	1.346	1.678	1.602	1.712	2.101	0.837	0.796
	標準偏差(m)	0.708	0.761	0.582	0.820	1.187	0.311	0.338
	比值*1	0.808	1.000	1.021	1.057	1.062	1.149	1.463
平均週期	平均值(s)	3.621	4.574	4.402	4.229	4.191	3.220	2.760
	標準偏差(m)	0.667	0.672	0.730	0.810	0.920	0.477	0.424
	比值	0.780	0.814	0.829	0.827	0.903	0.733	0.810
譜峰週期	平均值(s)	6.010	6.745	6.860	6.562	6.315	4.816	4.066
	標準偏差(m)	1.385	1.277	1.481	1.289	1.348	0.850	0.874
	比值	0.854	0.757	0.795	0.831	0.908	0.912	0.643
平均波向	平均值(º)	83.391	72.241	75.976	54.450	69.031	306.590	322.225
	標準偏差(m)	125.786	30.118	35.588	47.977	127.267	23.709	30.928
	差值(º)*2	2.966	-23.008	-18.252	14.959	45.237	18.377	56.650
最大波高	示性波高(m)	3.029	3.563	3.132	3.731	4.672	1.953	1.770
	比值	0.732	1.237	1.457	0.924	1.298	1.502	1.883
	發生時間	02/13 05:00	02/08 04:00	02/08 02:00	02/08 01:00	02/08 11:00	02/07 16:00	02/03 21:00
	時間延遲(hr)	-1	-1	94 *3	-9	-371 *3	-432 *3	7

*1 模擬值 / 觀測值；*2 模擬值 - 觀測值； *3 非相同鋒面

表 3-9 2024 年冬季(12 月)臺海風浪模擬校驗指標分析表

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
臺北(TP)	0.225	0.888	0.217	0.623	0.162	0.753	184.564	0.055
花蓮(HL)	0.384	0.818	0.261	0.279	0.266	0.549	38.874	0.833
蘇澳(SA)	0.336	0.686	0.232	0.424	0.259	0.525	38.004	0.764
基隆(KL)	0.156	0.939	0.184	0.841	0.225	0.693	30.744	0.293
臺中(TC)	0.307	0.916	0.112	0.825	0.112	0.825	92.513	0.134
高雄(KH)	0.316	0.603	0.262	0.331	0.265	0.294	27.214	0.111
安平(AP)	0.814	0.769	0.203	0.141	0.428	0.028	64.194	0.214

表 3-10 2025 年冬季(1 月)臺海風浪模擬校驗指標分析表

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
臺北(TP)	0.296	0.901	0.280	0.623	0.239	0.641	1.366	0.495
花蓮(HL)	0.391	0.869	0.235	0.468	0.261	0.514	36.221	0.844
蘇澳(SA)	0.297	0.748	0.252	0.508	0.271	0.585	40.941	0.585
基隆(KL)	0.172	0.936	0.215	0.818	0.244	0.690	49.887	0.146
臺中(TC)	0.295	0.866	0.125	0.676	0.133	0.682	118.192	0.260
高雄(KH)	0.402	0.446	0.325	-0.061	0.322	-0.046	29.789	0.313
安平(AP)	0.688	0.738	0.248	0.016	0.452	-0.044	63.837	0.307

表 3-11 2025 年冬季(2 月)臺海風浪模擬校驗指標分析表

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
臺北(TP)	0.274	0.909	0.251	0.635	0.206	0.675	117.386	0.486
花蓮(HL)	0.365	0.885	0.185	0.333	0.247	0.390	35.588	0.862
蘇澳(SA)	0.253	0.836	0.161	0.545	0.210	0.496	31.264	0.843
基隆(KL)	0.177	0.944	0.199	0.797	0.207	0.723	49.438	0.186
臺中(TC)	0.292	0.901	0.151	0.827	0.153	0.784	133.269	0.003
高雄(KH)	0.334	0.734	0.295	0.030	0.304	-0.060	31.665	0.507
安平(AP)	0.646	0.823	0.251	0.096	0.435	0.054	65.161	0.268

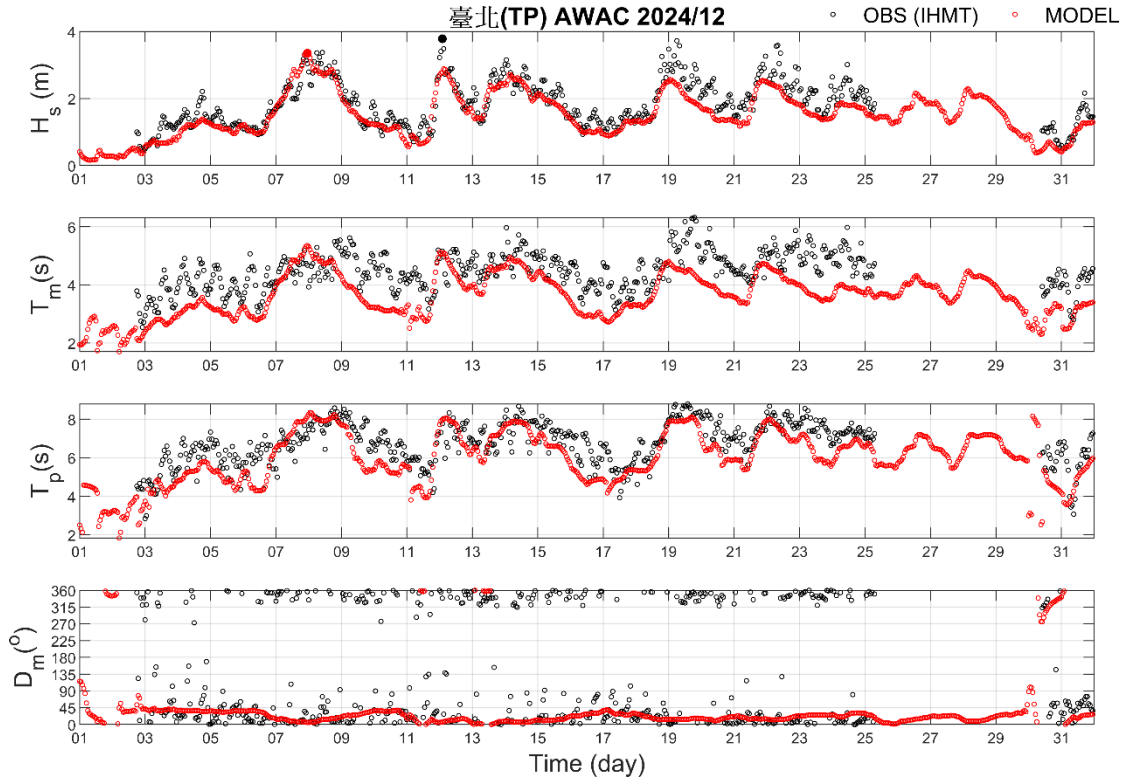


圖 3.3 臺北港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

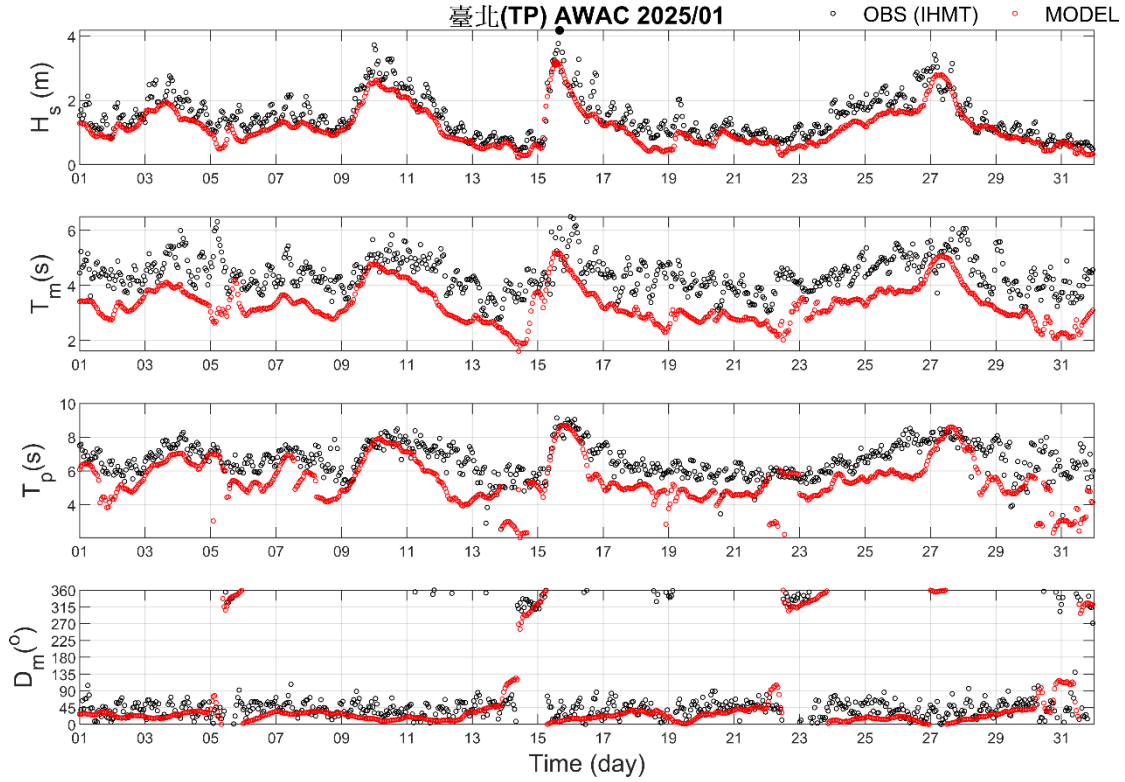


圖 3.3 臺北港冬季(2025/1 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 1)

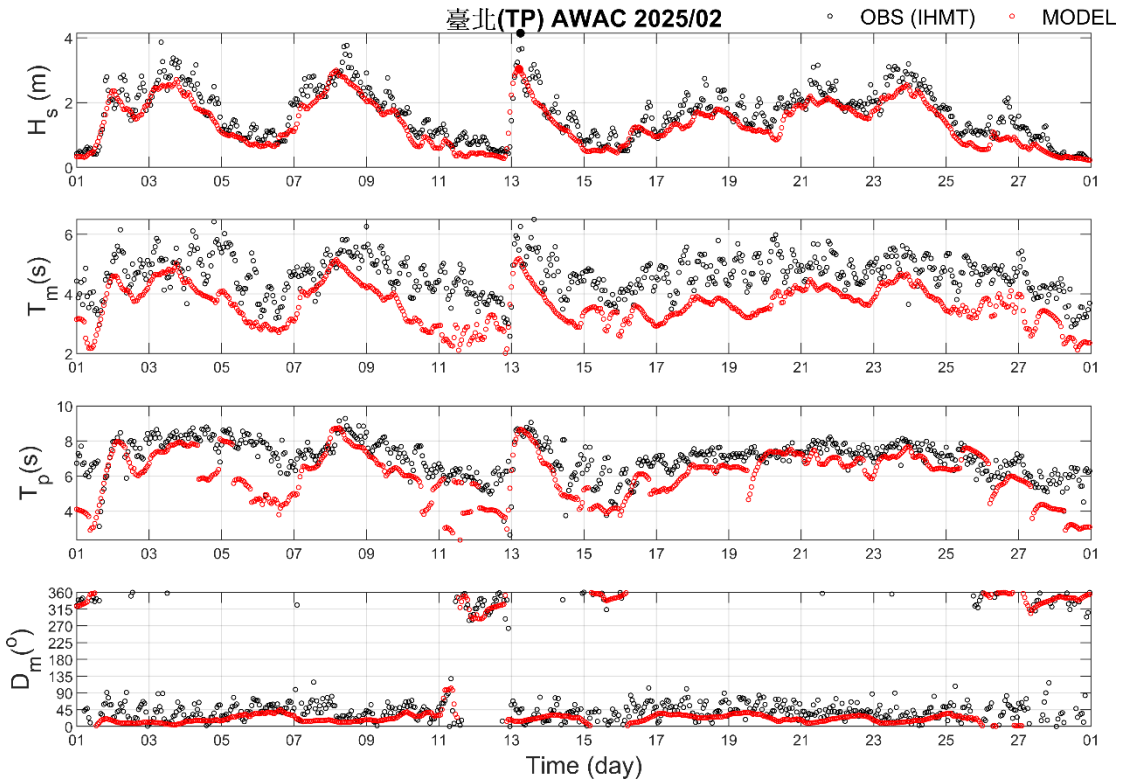


圖 3.3 臺北港冬季(2025/2 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 2)

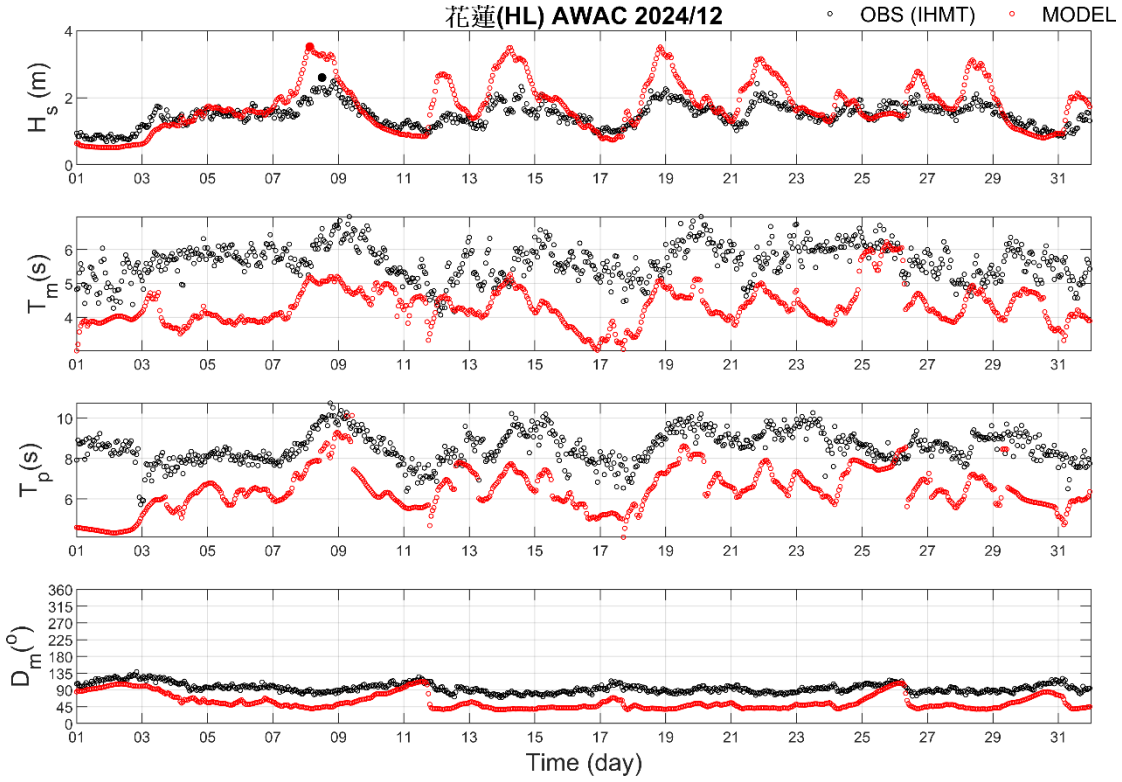


圖 3.4 花蓮港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

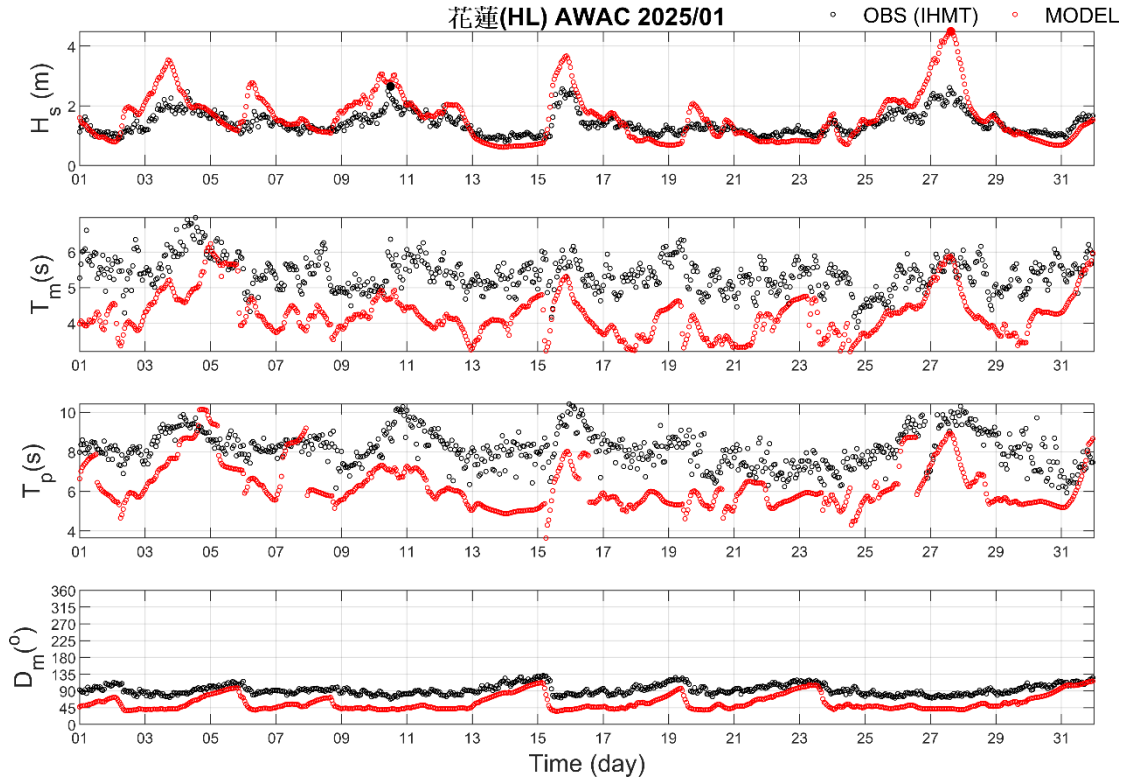


圖 3.4 花蓮港冬季(2025/01 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 1)

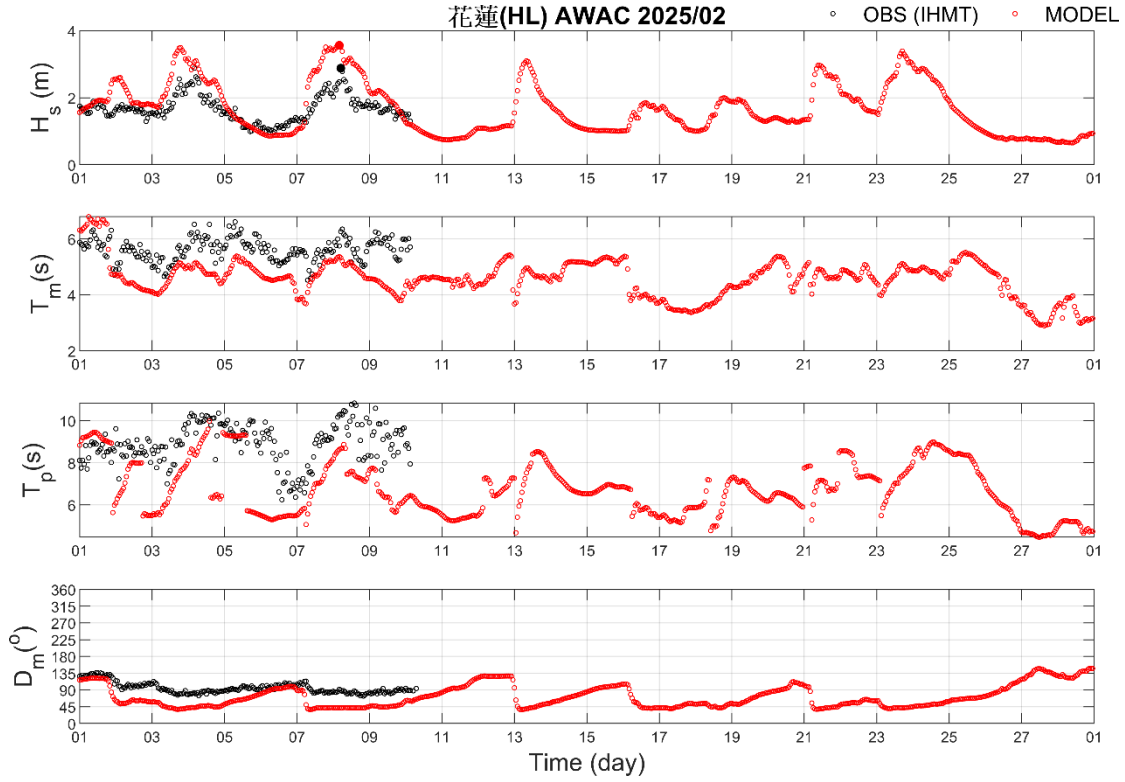


圖 3.4 花蓮港冬季(2025/02 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 2)

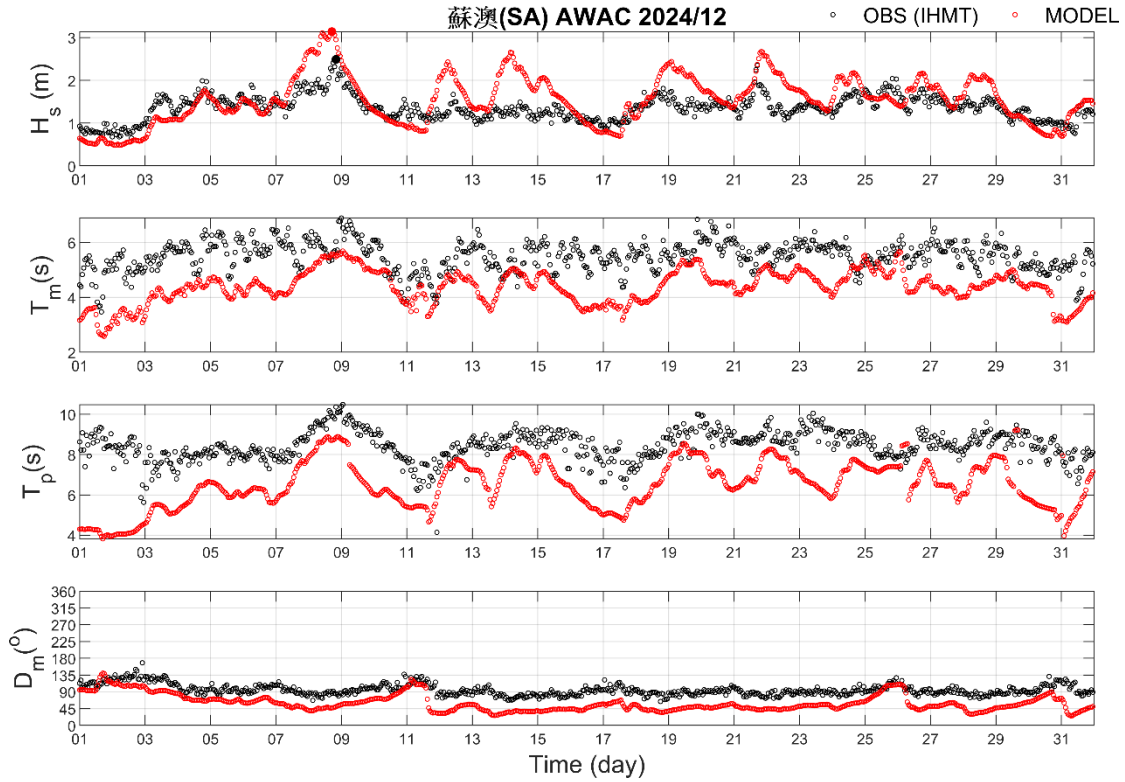


圖 3.5 蘇澳港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

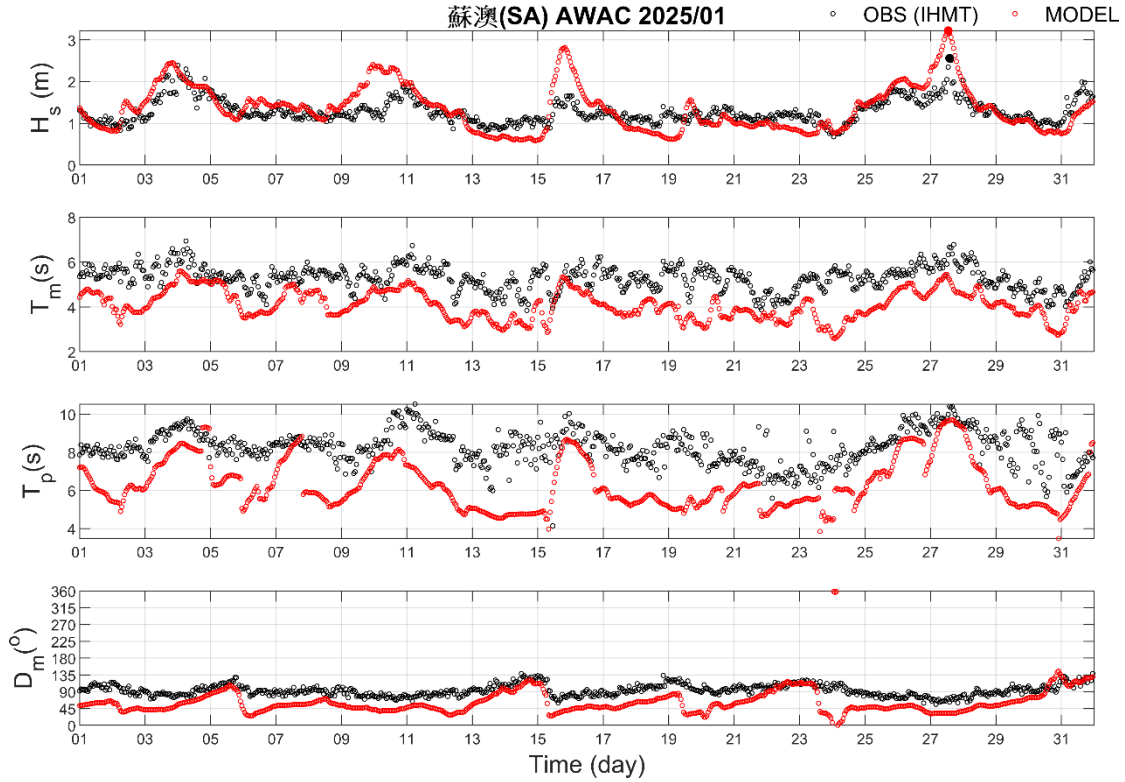


圖 3.5 蘇澳港冬季(2025/01 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 1)

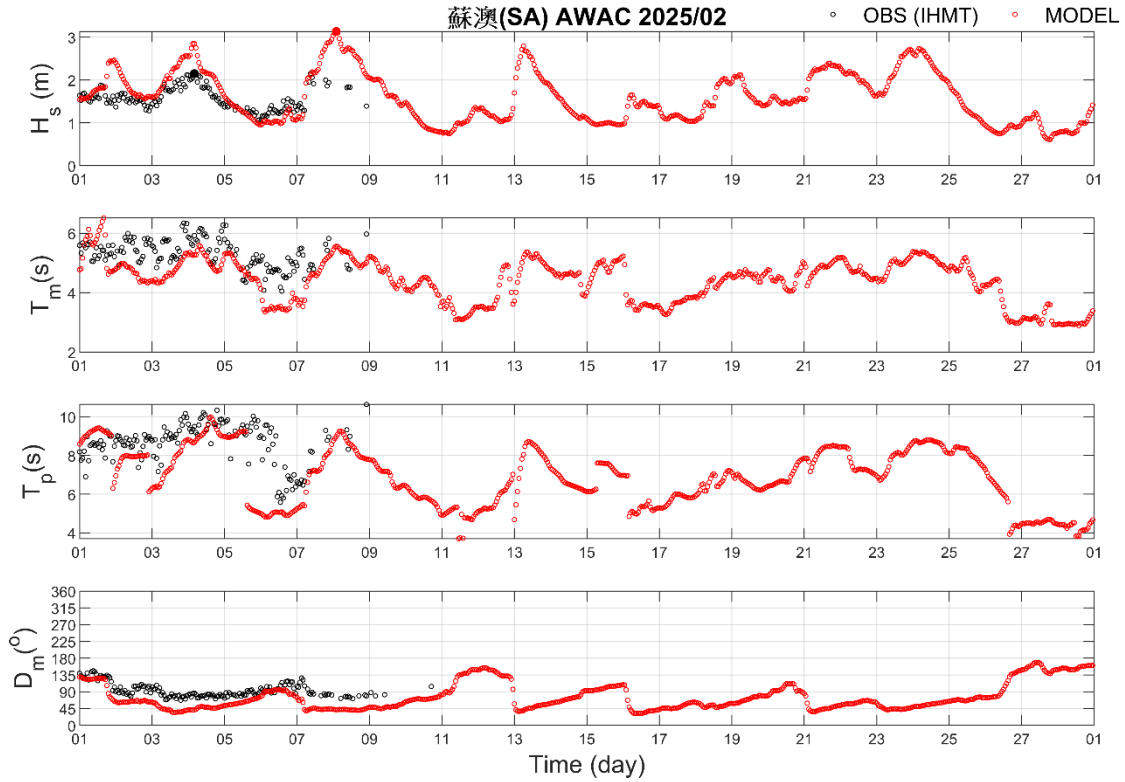


圖 3.5 蘇澳港冬季(2025/02 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 2)

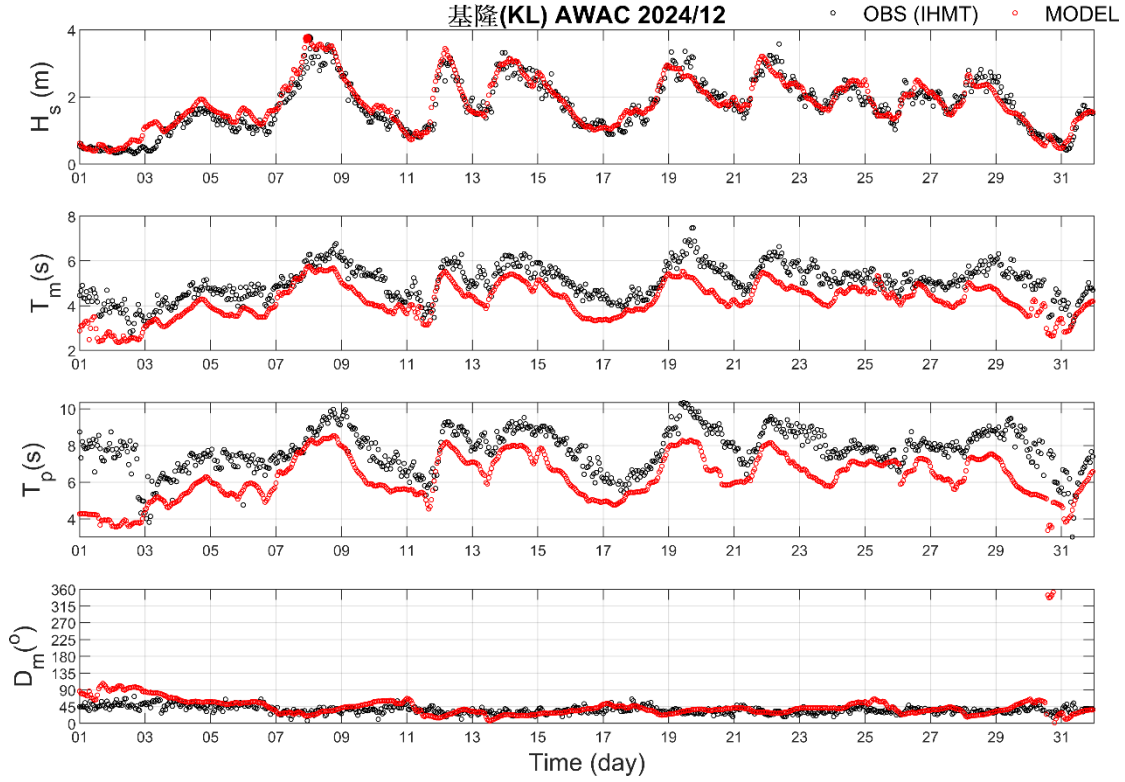


圖 3.6 基隆港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

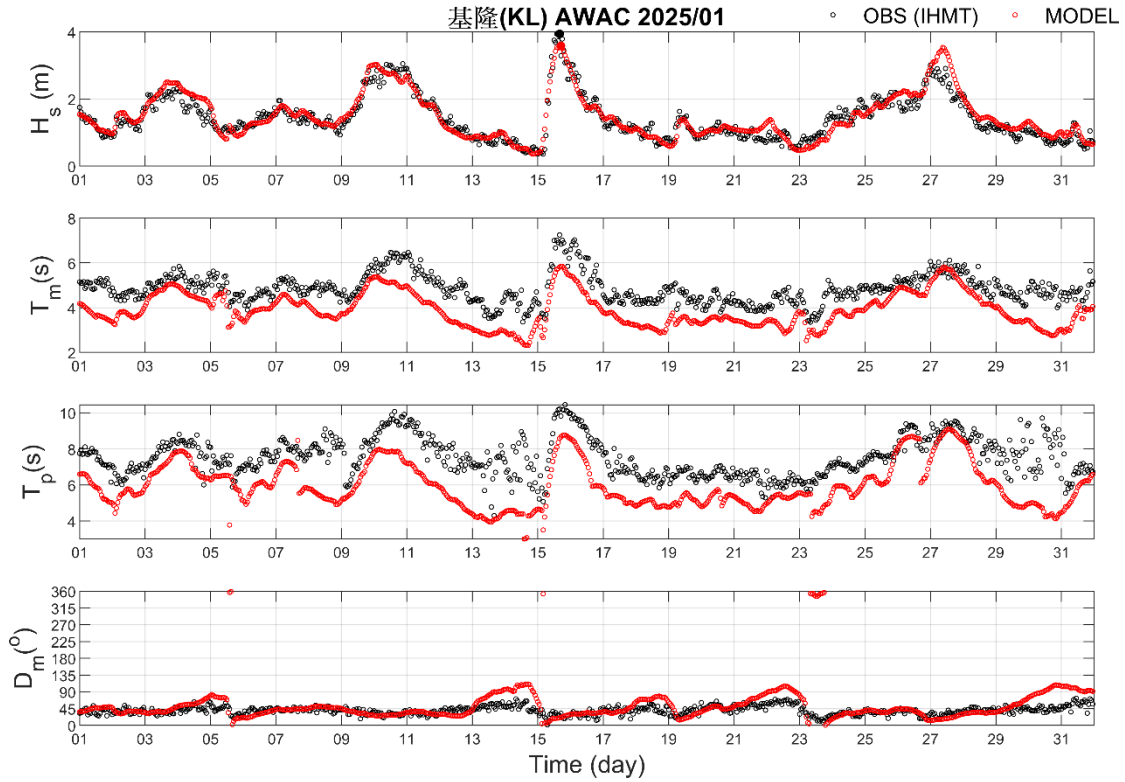


圖 3.6 基隆港冬季(2025/01 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 1)

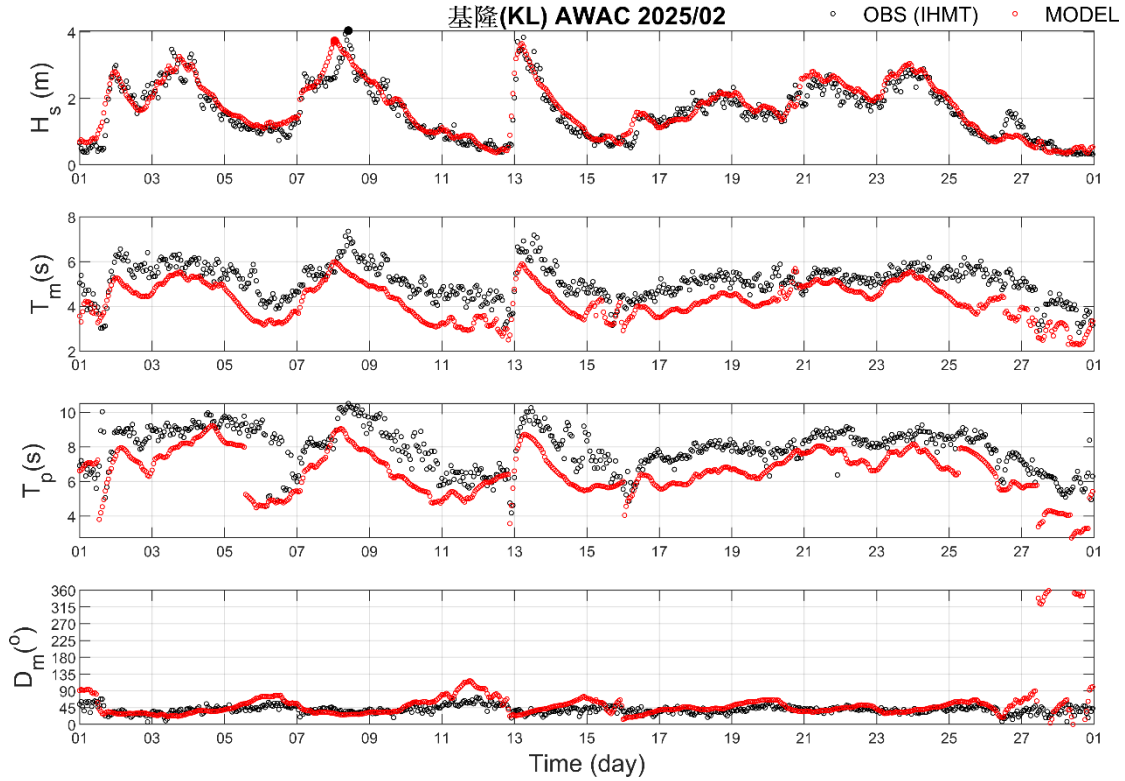


圖 3.6 基隆港冬季(2025/02 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 2)

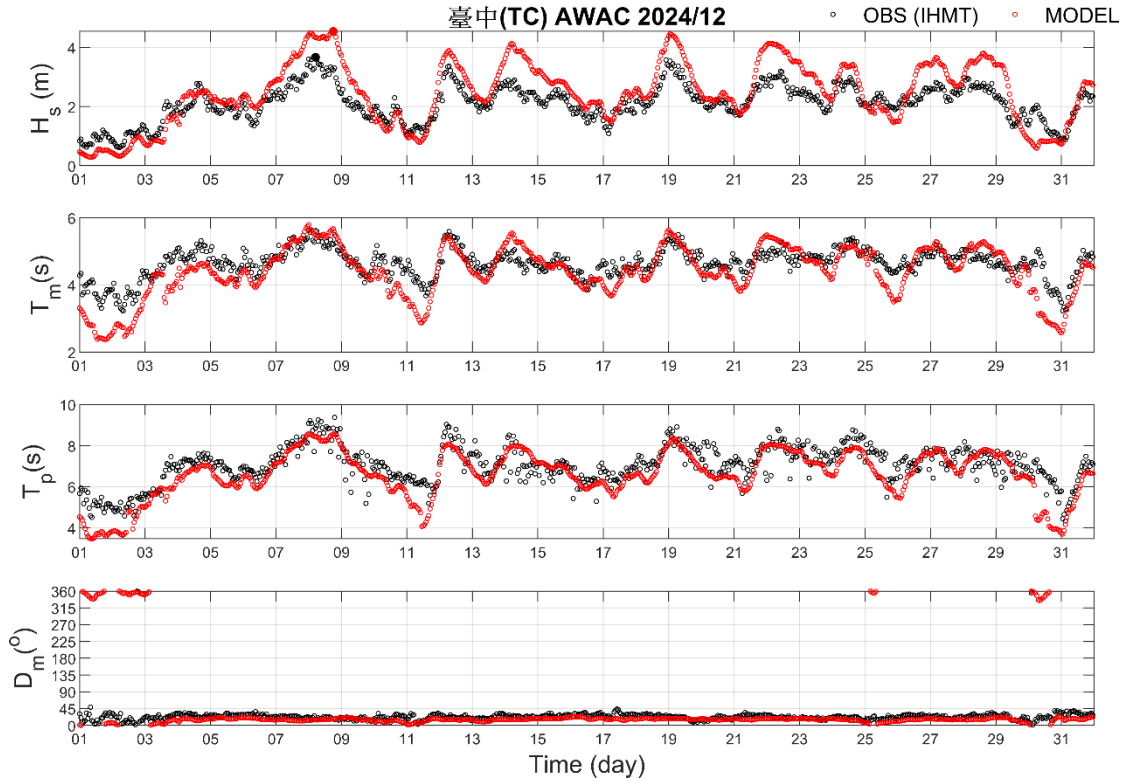


圖 3.7 臺中港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

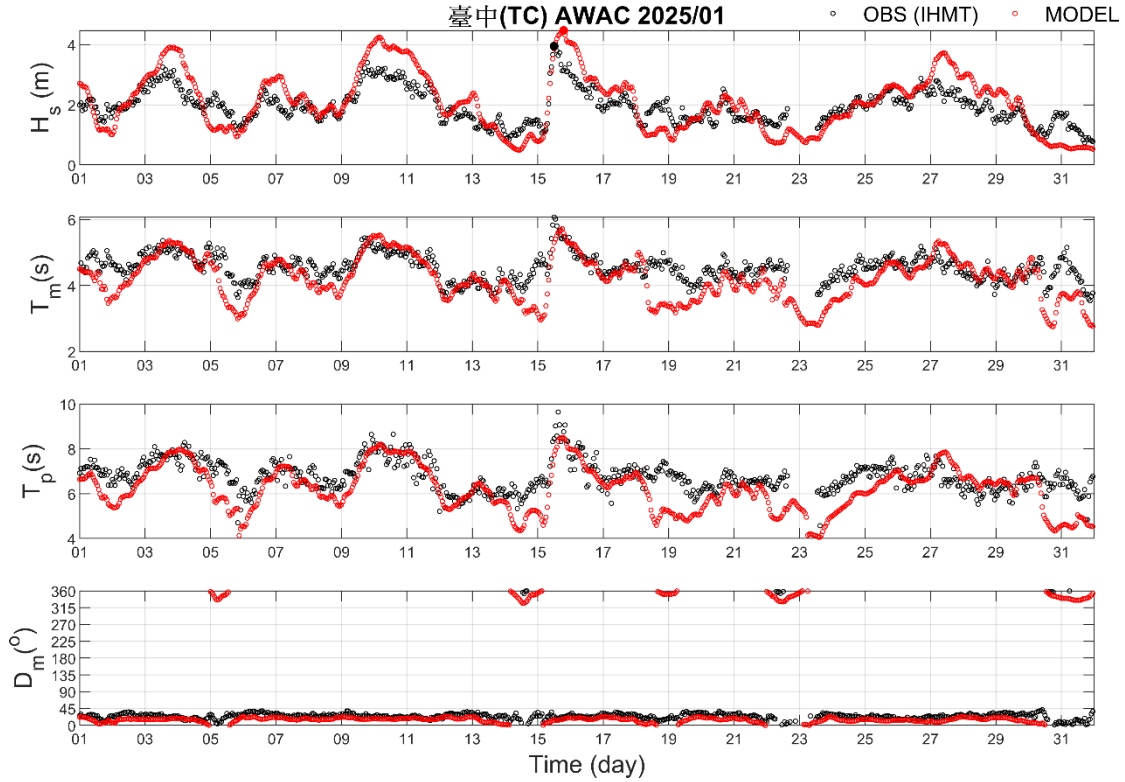


圖 3.7 臺中港冬季(2025/01 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 1)

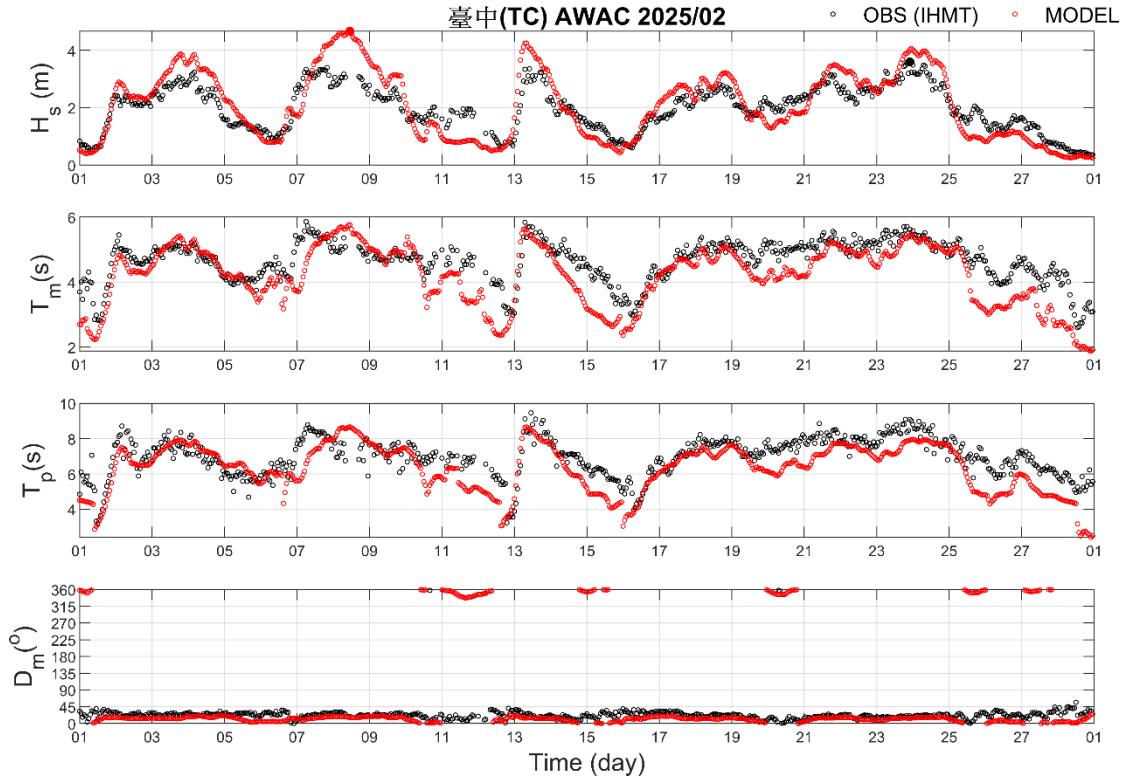


圖 3.7 臺中港冬季(2025/02 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 2)

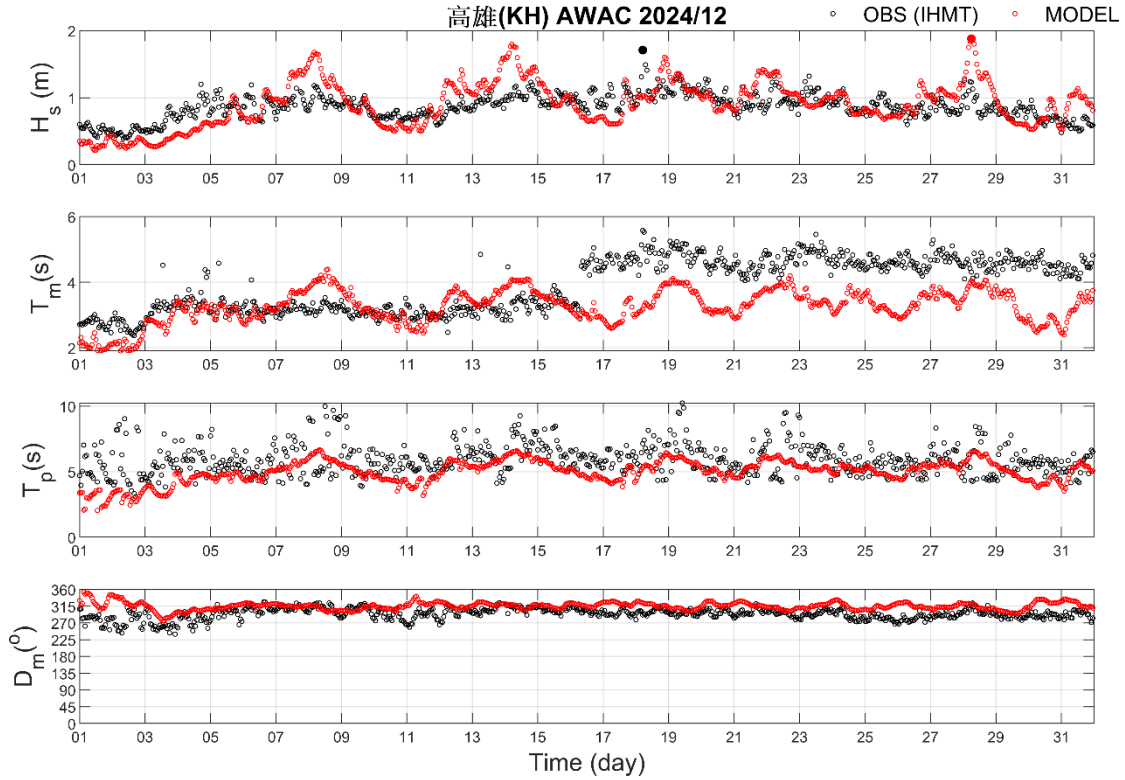


圖 3.8 高雄港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

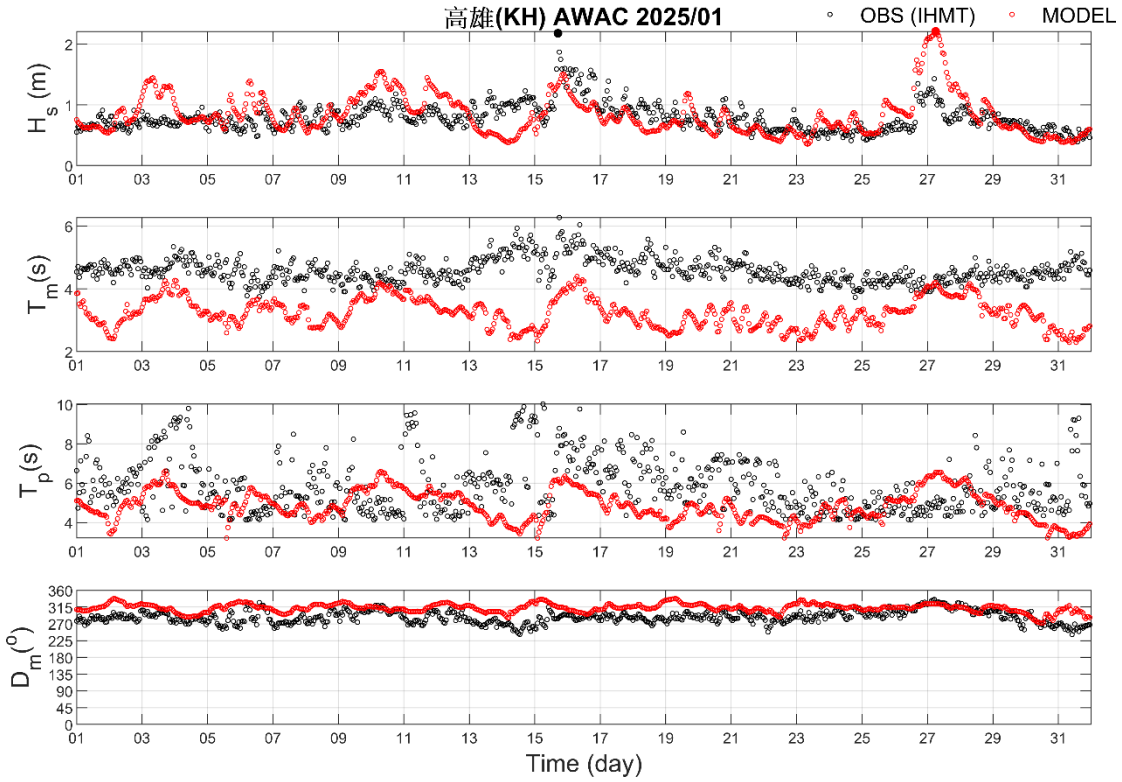


圖 3.8 高雄港冬季(2025/01 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 1)

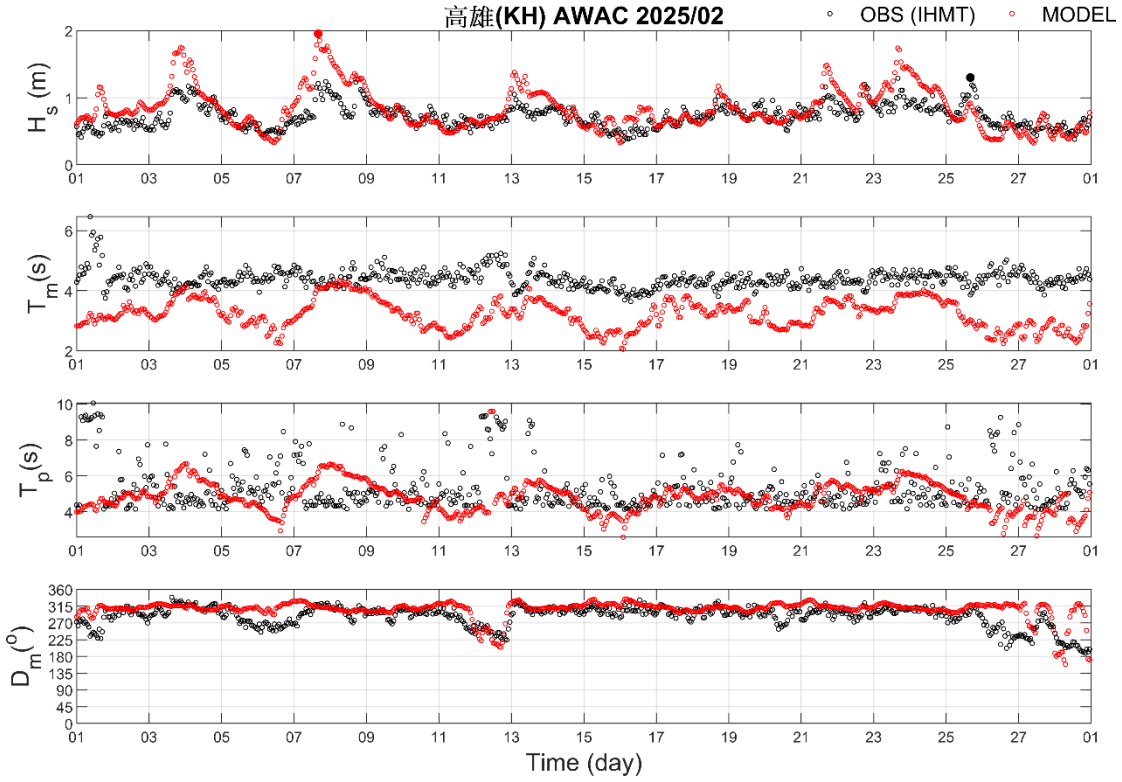


圖 3.8 高雄港冬季(2025/02 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 2)

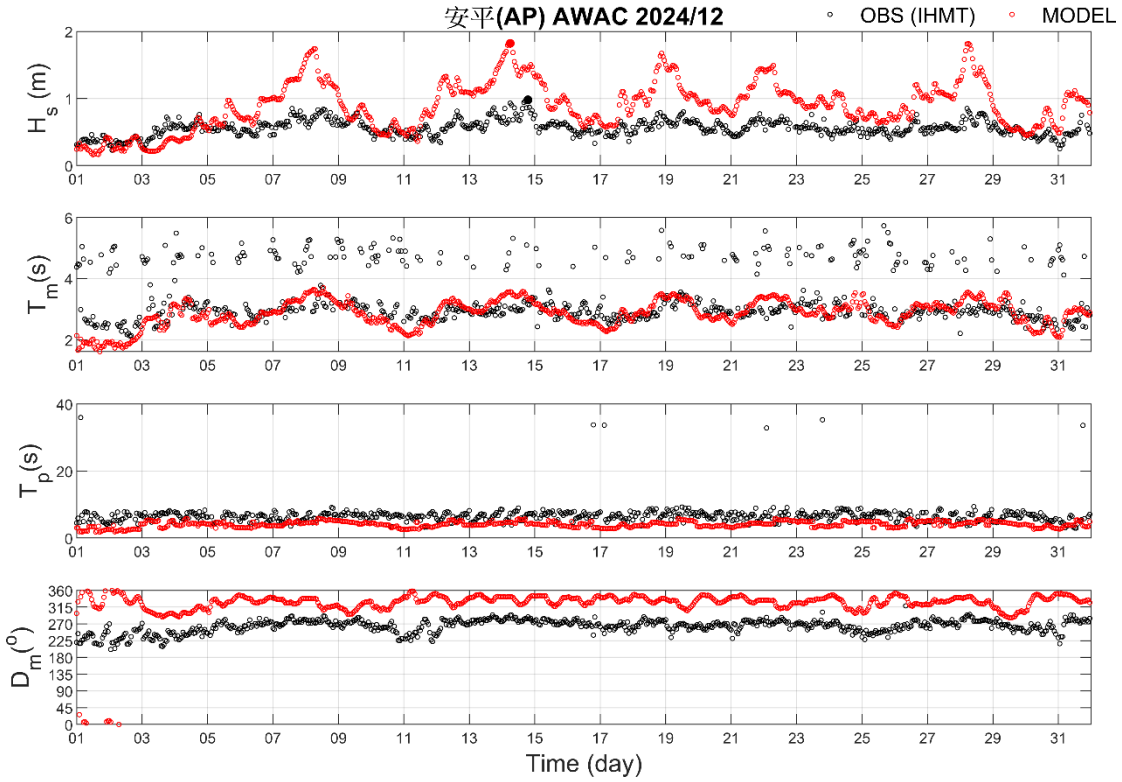


圖 3.9 安平港冬季(2024/12 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖

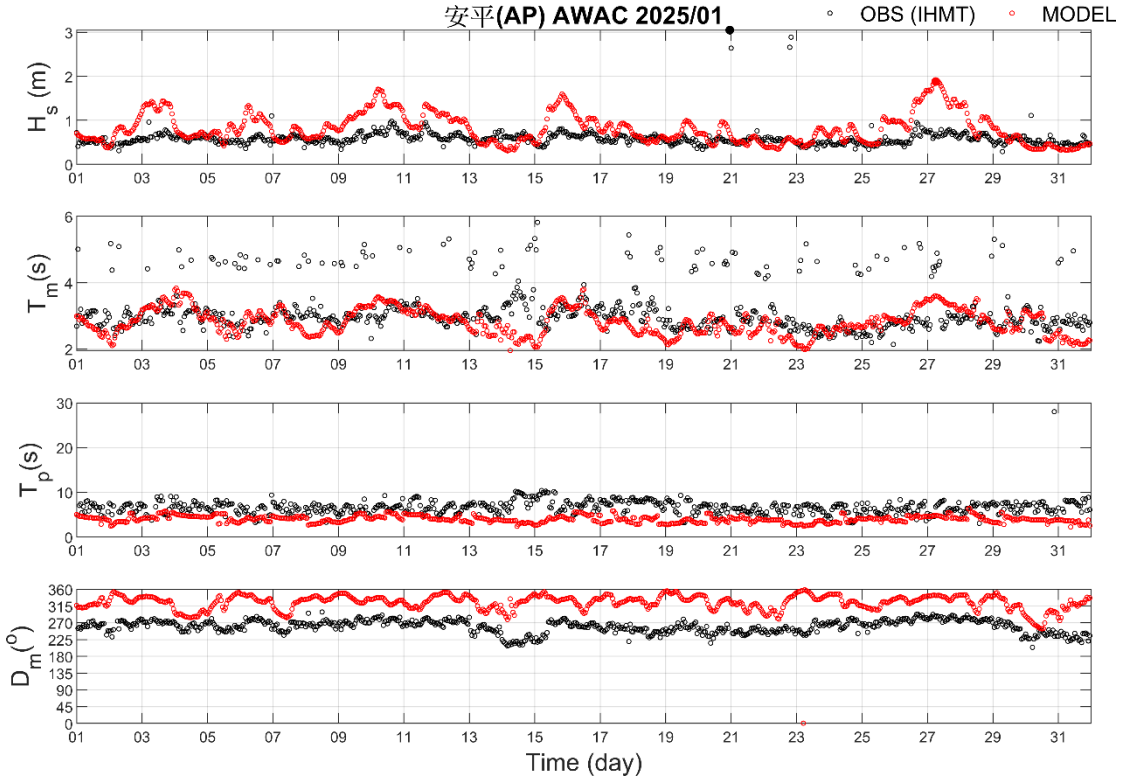


圖 3.9 安平港冬季(2025/01 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 1)

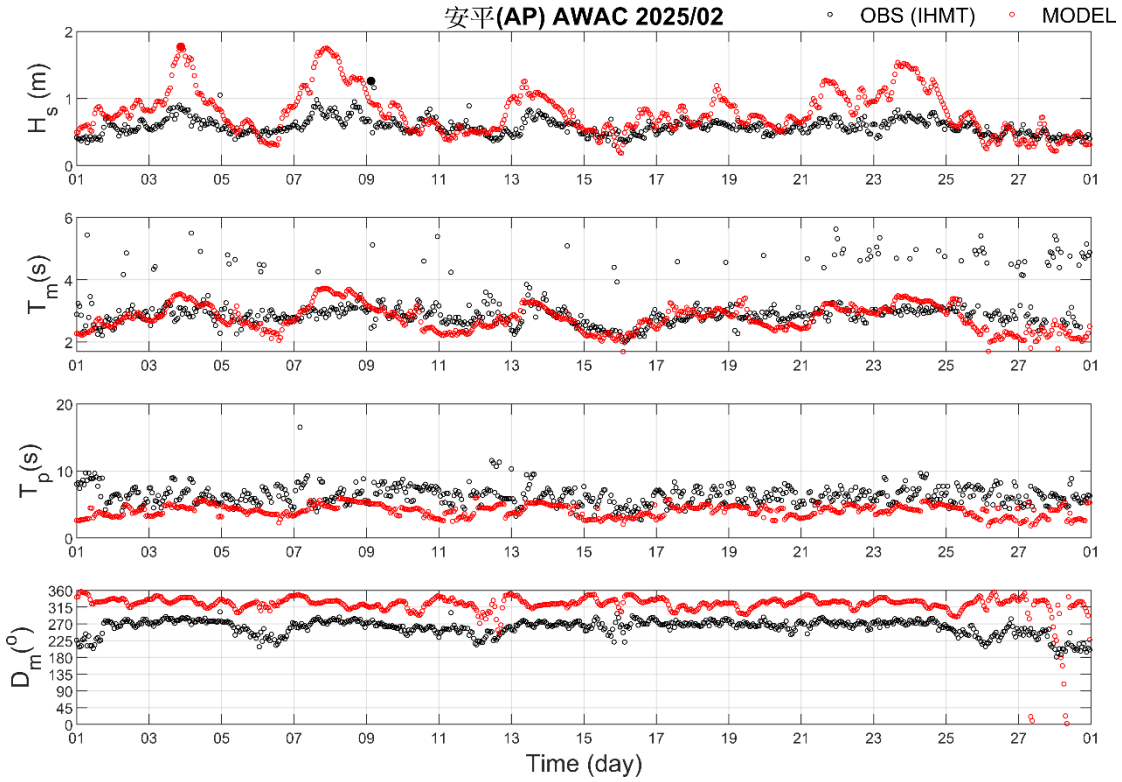


圖 3.9 安平港冬季(2025/02 月)風浪模擬值與觀測值之比較圖(續 2)

3.3 颱風波浪模擬與校驗

2024 年 9 月 1 日至 2025 年 8 月 31 日期間，西北太平洋共生成多個中度颱風以上等級之颱風，經中央氣象署發布侵臺警報者計有 5 個，相關資訊彙列於表 3-12。依序分別為山陀兒(KRATHON，路徑第 7 類，最大風速 55 m/s)、康芮(KONG-EY，路徑第 3 類，最大風速 53 m/s)、天兔(USAGI，未分類，最大風速 45 m/s)、丹娜絲(DANAS，路徑第 9 類，最大風速 40 m/s)及楊柳(PODUL，路徑第 4 類，最大風速 43 m/s)等，颱風行進路徑如圖 3.10 所示，分屬不同侵臺之路徑。

依據氣象署發布之颱風資料，各颱風之生命週期分別如下：山陀兒(2024 年 9 月 28 日至 10 月 4 日)、康芮(2024 年 10 月 25 日至 11 月 1 日)、天兔(2024 年 11 月 12 日至 11 月 16 日)、丹娜絲(2025 年 7 月 4 日至 7 月 9 日)及楊柳(2025 年 8 月 8 日至 8 月 14 日)。本計畫針對山陀兒、康芮、天兔及丹娜絲等 4 颱風生命週期期間，利用每日 4 次(0、6、12、18 時)作業化模擬風場，採用「臺海風浪模擬系統(2024 版)」重製臺灣周圍海域颱風波浪模擬結果，做為比對與分析之依據，相關模擬成果與比較結果，說明如下。

表 3-12 本年度(2024/9~2025/8)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	近臺中心最低氣壓(hPa)	近臺中心最大風速(m/s)	警報發布報數
202418	山陀兒	2024/09/29 08:30 2024/10/04 05:30	強烈	7	910	55	40
202421	康芮	2024/10/29 17:30 2024/11/01 14:30	強烈	3	915	53	24
202425	天兔	2024/11/14 05:30 2024/11/16 11:30	中度	---	945	45	19
202504	丹娜絲	2025/07/05 08:30 2025/07/07 17:30	中度	9	950	40	20
202511	楊柳	2025/8/12 05:30 2025/8/14 08:30	中度	4	945	43	18

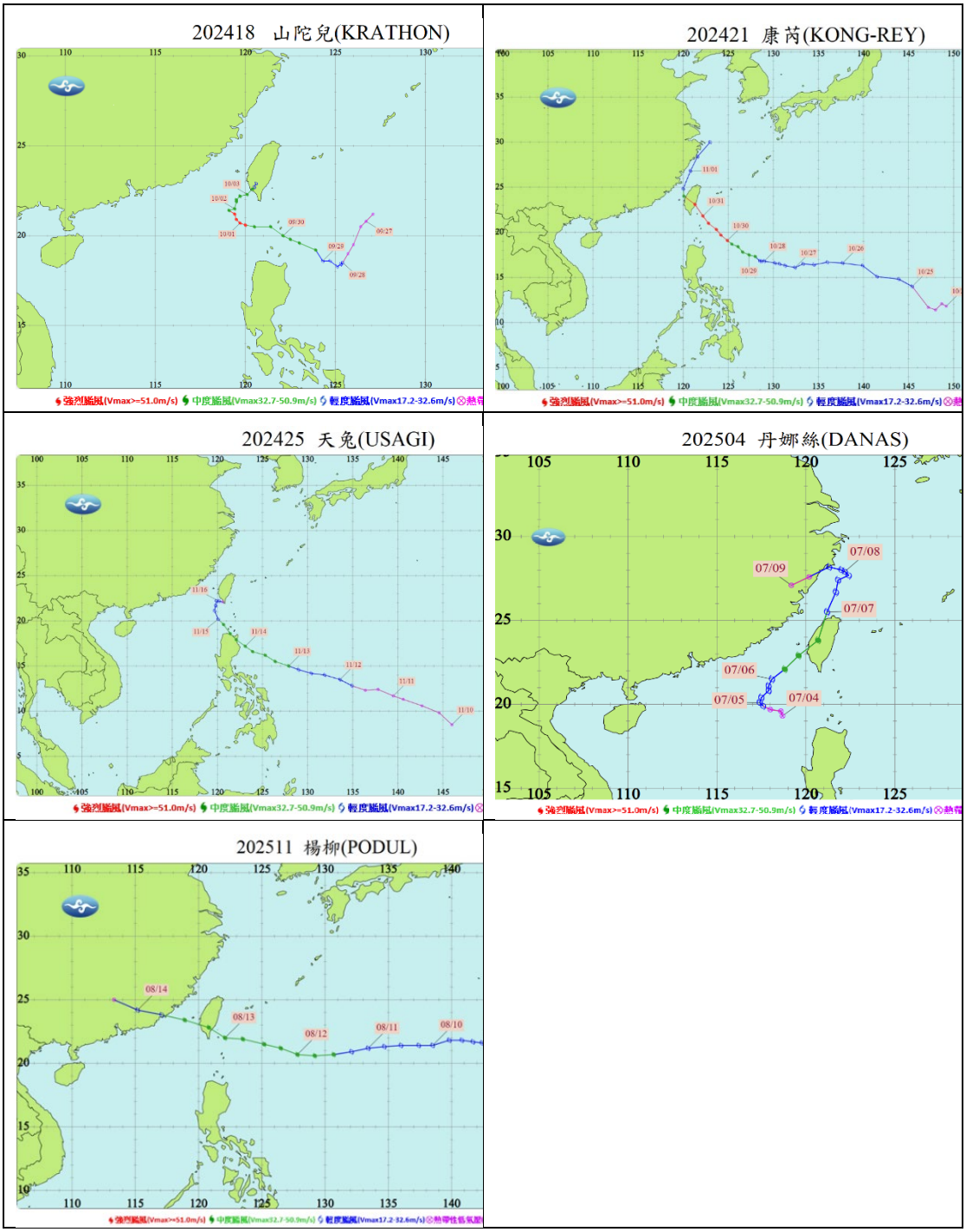


圖 3.10 114 年度強烈及中度颱風侵臺之行進路徑圖

針對 114 年度侵臺颱風，本計畫彙整「臺海(近域)風浪模組(TAIsea)」作業化模擬結果，選取臺北港、花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺中港、高雄港及安平港等 7 個港口模擬值為標的。就各港口模擬結果與 AWAC 測站波浪觀測資料(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)進行比對，以評估颱風期間臺灣周圍海

域之風浪模擬再現性及模式穩定度，各別比對之侵臺颱風相關敘述如后。

3.3.1 山陀兒颱風

山陀兒颱風侵臺期間(2024 年 9 月 29 日至 10 月 4 日)之作業化模擬結果，與各港口 AWAC 測站觀測資料比對結果，如圖 3.11 至圖 3.17 所示。

依據山陀兒颱風侵臺期間波浪特性統計結果，如表 3-13 所列，得知各海域平均示性波高之比值介於 0.97 至 1.68，除臺中海域平均示性波高模擬值略低於觀測值外，其餘 5 海域平均示性波高模擬值均呈現高於觀測值之趨勢；其中花蓮海域與蘇澳海域平均示性波高比值分別為 1.68 與 1.56，代表 2 海域波高模擬結果明顯偏高(比值>1.5)。平均週期平均之比值介於 0.92 至 1.22，除基隆海域及臺中海域平均週期模擬平均值略低於觀測值外，其餘 4 海域平均週期模擬平均值則呈現高於觀測值之趨勢。平均譜峰週期之比值範圍介於 0.92 至 1.30，其中基隆海域(0.95)及臺中海域(0.92)平均譜峰週期之比值小於 1.0，代表 2 海域平均譜峰週期模擬值呈現略小於觀測值之趨勢；反之，其餘 4 海域平均譜峰週期模擬值呈現高於觀測值之趨勢。平均波向平均之差值介於 -16.86º 至 58.85º，除臺中整體偏差較大外，其餘海域平均波向模擬平均值與觀測值之偏差量均小於 22.5º，代表波向模擬再現性良好。最大示性波高比值介於 0.95 至 1.80，其中花蓮海域(1.80)呈現明顯高估結果(>1.5)。在最大示性波高發生時間再現性方面，花蓮、基隆及臺中等海域屬於再現性良好(時間差≤ 3hr)、蘇澳海域則為再現性較差(時間差> 6hr)。

山陀兒颱風侵臺期間 6 海域颱風波浪模擬結果與觀測值之校驗成果，如表 3-14 所列；表中各港示性波高之常態均方根誤差(NRMSE)介於 0.270 至 0.821，以臺中港表現最佳(0.270)，高雄港(0.279)次之，蘇澳港及花蓮港誤差相對較高。平均週期之 NRMSE 介於 0.119 至 0.296，以基隆港表現最佳，顯示平均週期模擬穩定。譜峰週期之 NRMSE 介於 0.070 至 0.446，基隆港與臺中港表現較佳。平均波向之均方根誤差(RMSE)介於 15.492º 至 27.933º，除蘇澳

港(27.933º)及高雄港(27.811º)外，其餘 4 個港口平均波向模擬再現性良好(≤22.5º)。

在相關係數(R)方面，校驗結果顯示示性波高 R 值介於 0.755 至 0.931，屬於高度相關；平均週期 R 介於 0.627 至 0.908，其中蘇澳港與臺中港為中度相關，其餘港口為高度相關；譜峰週期 R 介於 0.424 至 0.966，其中花蓮港與安平港為中度相關，其餘港口為高度相關；平均波向 R 介於 0.249 至 0.894，除臺中港(0.249)屬低度相關及基隆港(0.668)屬中度相關外，其餘 4 個港口均呈現高度相關。

表 3-13 山陀兒颱風侵臺期間各港波浪模擬與觀測平均值統計表

統計參數	資類別	臺北	花蓮	蘇澳	基隆	臺中	高雄	安平
蒐集率*[1]	觀測值	NaN	94.0	98.3	97.4	96.6	93.2	94.9
	模擬值	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
平均示性波高 (m)	觀測值	NaN	2.00	2.25	2.33	3.28	2.74	1.82
	模擬值	2.36	3.36	3.51	3.04	3.19	3.08	2.40
	比 值	NaN	1.68	1.56	1.30	0.97	1.12	1.32
平均平均週期(s)	觀測值	NaN	6.64	5.81	5.71	6.06	5.38	5.49
	模擬值	4.54	7.52	7.11	5.26	5.55	6.38	6.05
	比 值	NaN	1.13	1.22	0.92	0.92	1.19	1.10
平均譜峰週期 (s)	觀測值	NaN	9.24	9.21	8.39	8.98	9.35	9.71
	模擬值	7.74	11.30	11.36	7.97	8.24	12.11	9.94
	比 值	NaN	1.22	1.23	0.95	0.92	1.30	1.02
平均平均波向(º)	觀測值	NaN	114.23	106.68	40.19	18.65	254.43	240.49
	模擬值	33.25	122.71	116.77	54.65	77.49	237.56	251.88
	差 值	NaN	8.48	10.09	14.46	58.85	-16.86	11.38
最大示性波高 (m)	觀測值	NaN	4.12	4.32	5.55	6.24	6.51	5.00
	模擬值	4.94	7.41	6.40	6.14	6.10	6.18	4.94
	比 值	NaN	1.80	1.48	1.11	0.98	0.95	0.99
最大示性波高發生時間	觀測值	NAN	09/30 17:00	09/30 12:00	10/02 21:00	10/02 20:00	10/02 13:00	10/02 12:00
	模擬值	10/03 00:00	09/30 20:00	09/30 22:00	10/02 23:00	10/02 19:00	10/02 17:00	10/02 17:00

*1 資料統計期間為 9 月 29 日至 10 月 4 日。

*2 NaN 代表缺資料狀態

表 3-14 山陀兒颱風侵臺期間臺海風浪模擬校驗指標分析表

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
臺北港	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
花蓮港	0.821	0.914	0.231	0.729	0.333	0.424	18.995	0.892
蘇澳港	0.667	0.755	0.296	0.639	0.281	0.830	27.933	0.733
基隆港	0.386	0.925	0.119	0.903	0.070	0.966	21.402	0.668
臺中港	0.270	0.885	0.133	0.627	0.100	0.948	15.492	0.249
高雄港	0.279	0.931	0.269	0.893	0.446	0.591	27.811	0.814
安平港	0.485	0.895	0.236	0.908	0.273	0.904	21.194	0.894

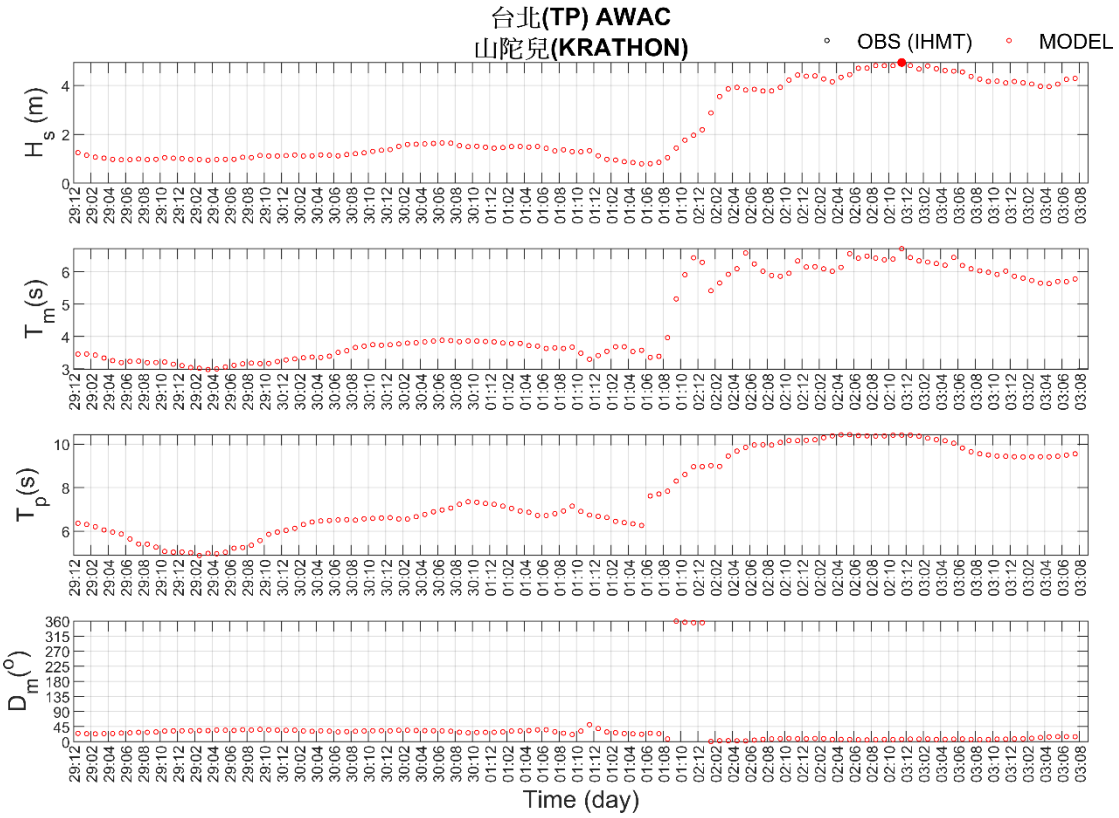


圖 3.11 山陀兒侵臺期間臺北港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

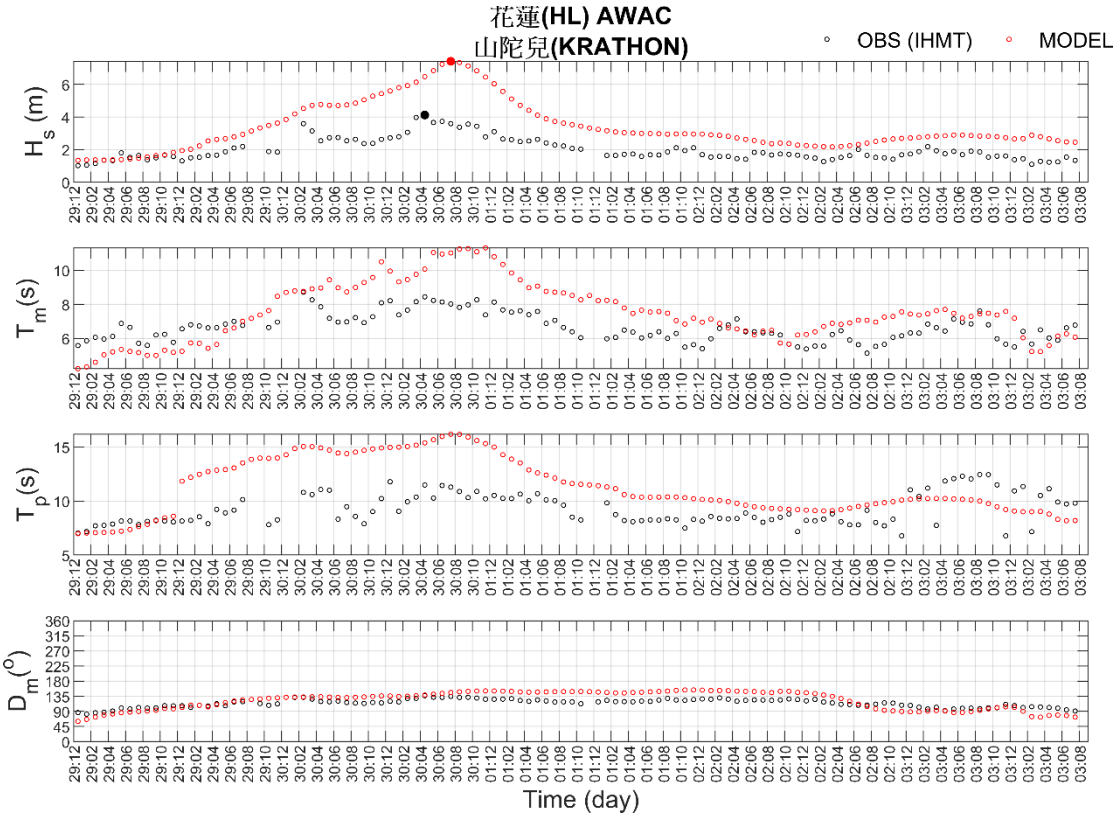


圖 3.12 山陀兒侵臺期間花蓮港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

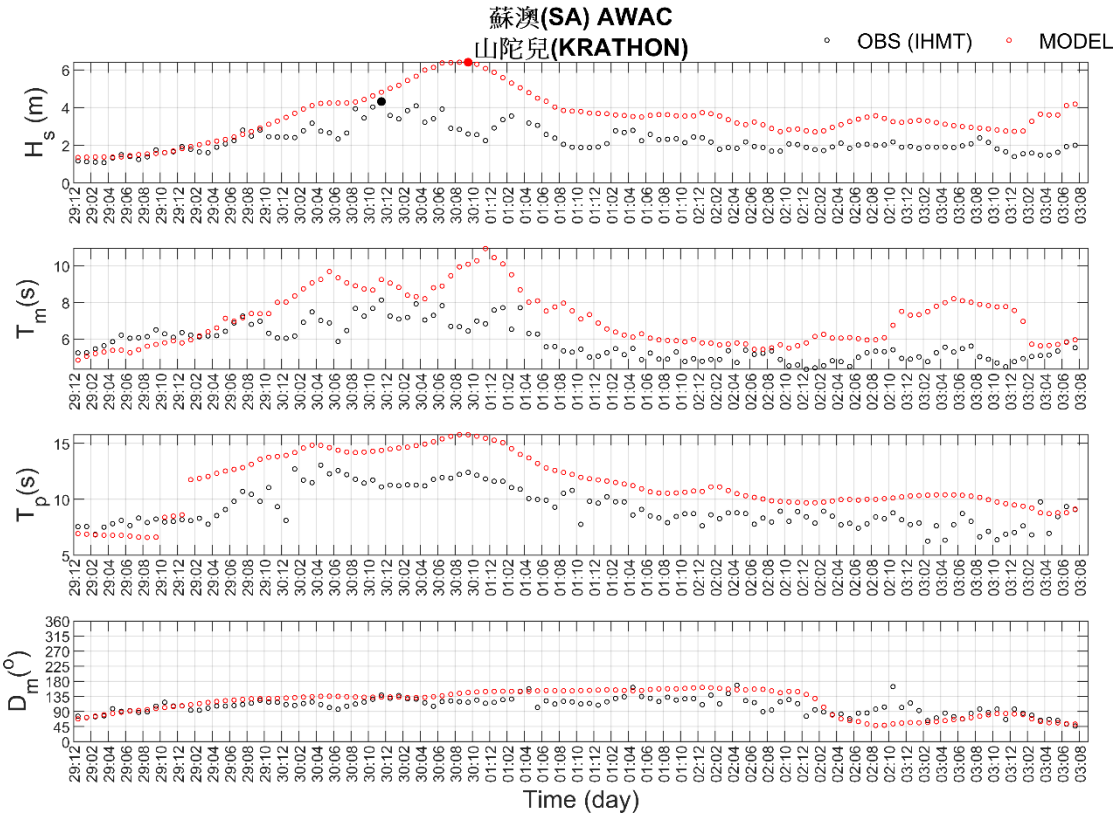


圖 3.13 山陀兒侵臺期間蘇澳港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

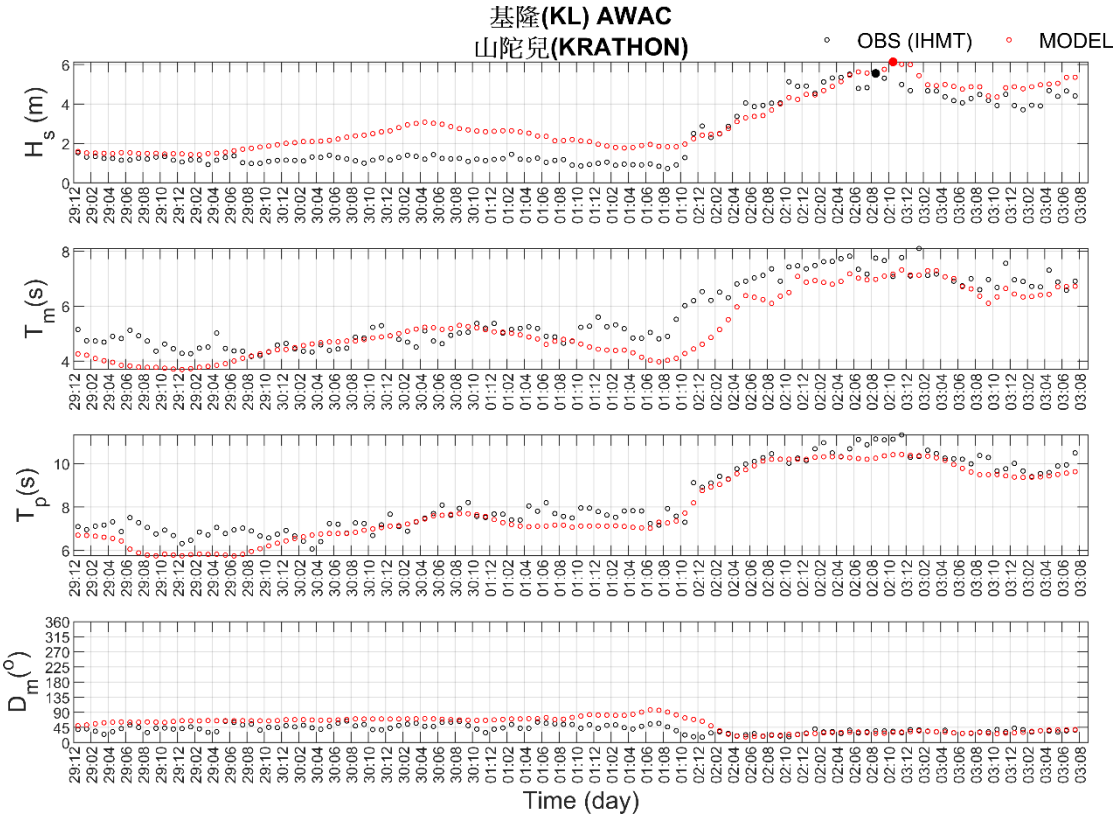


圖 3.14 山陀兒侵臺期間基隆港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

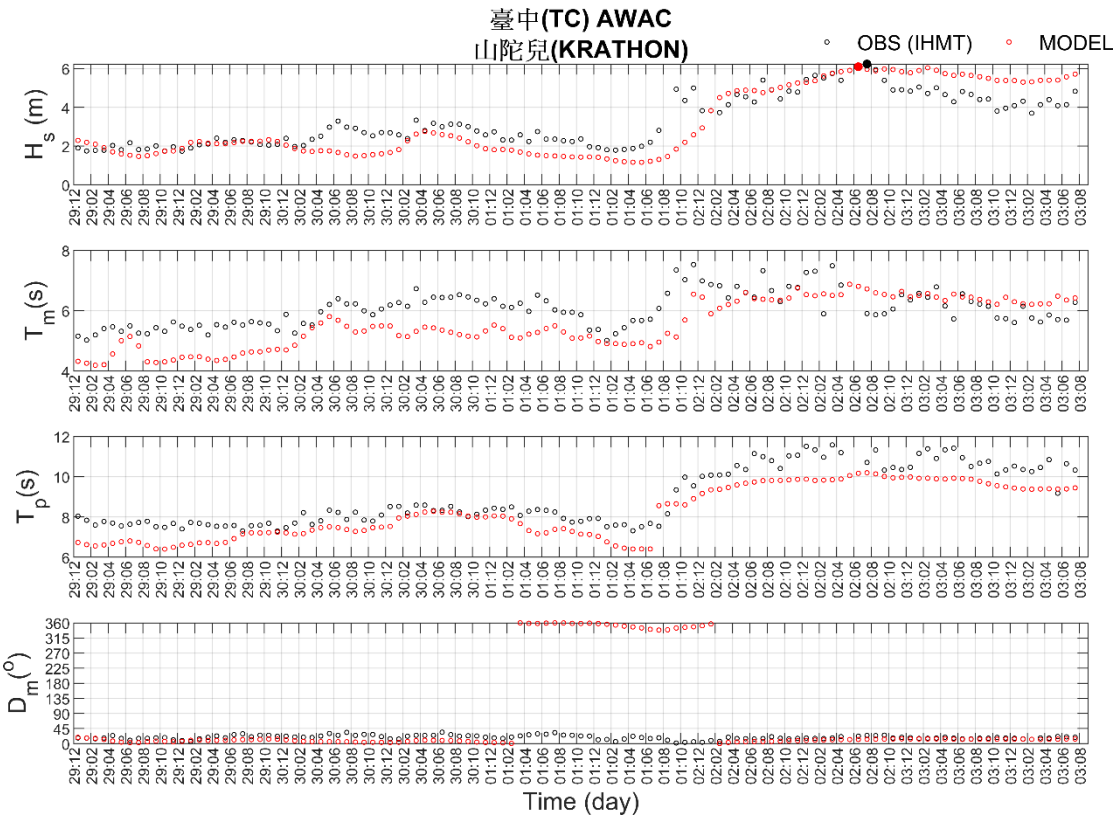


圖 3.15 山陀兒侵臺期間臺中港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

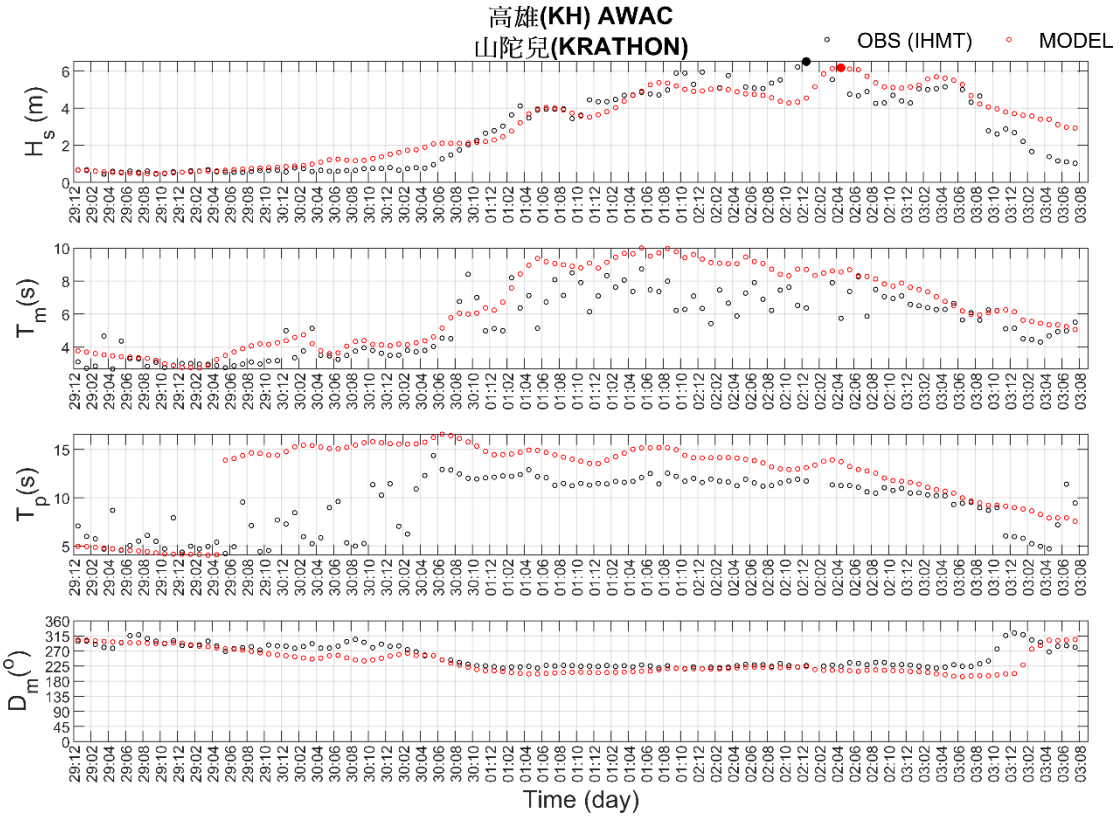


圖 3.16 山陀兒侵臺期間高雄港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

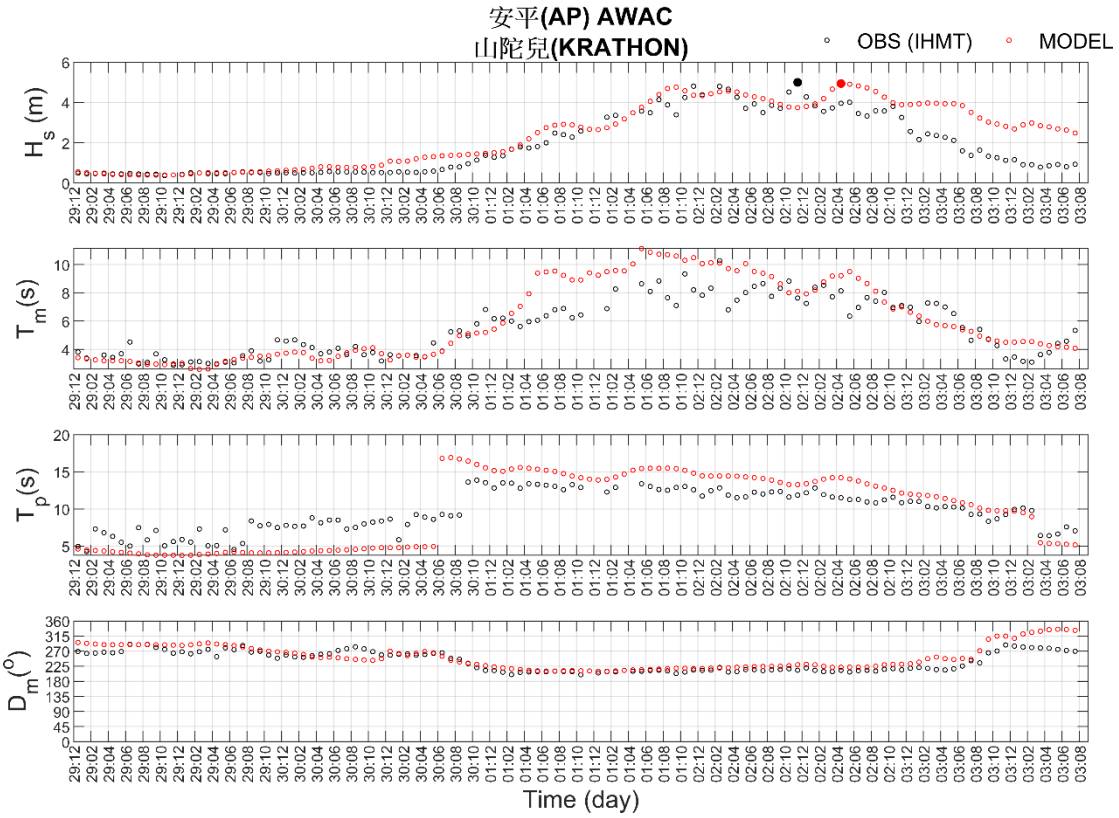


圖 3.17 山陀兒侵臺期間安平港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

3.2.2 康芮颱風

康芮颱風侵臺期間(2024 年 10 月 29 日至 11 月 1 日)之作業化模擬結果，與各港口 AWAC 測站觀測資料比對結果，如圖 3.18 至圖 3.24 所示。

依據康芮颱風侵臺期間模擬與觀測之波浪特性統計結果，如表 3-15 所列，各海域平均示性波高之比值介於 1.07 至 1.88，顯示颱風侵臺期間各海域平均示性波高模擬值呈現高於觀測值之趨勢；其中花蓮(1.88)、安平 (1.83)及基隆(1.63)代表 3 處海域平均示性波高模擬結果明顯偏高(>1.5)。平均週期平均之比值介於 0.88 至 1.11，代表整體平均週期模擬平均值再現性良好(0.8~1.2)；除臺北海域(0.88)外，其餘 6 海域平均週期模擬平均值呈現略高於觀測值特性。平均譜峰週期比值介於 0.81 至 1.21，除花蓮海域(1.21)外，其餘 6 處海域平均譜峰週期模擬再現性良好(0.8~1.2)。平均波向平均值之差值介於 –40.43° 至 29.85°，除臺北港(–40.43°)、安平港(29.85°)及花蓮港(–25.52°)等 3 港口偏差較大(>22.5°)外，其餘 4 個港口波向模擬之再現

性良好(偏差<22.5°)。最大示性波高比值介於 0.91 至 1.91，其中基隆海域(1.91)及花蓮海域(1.77)屬於明顯高估結果(>1.5)。在最大示性波高發生時間再現性方面，臺北、花蓮、蘇澳及安平等海域屬於再現性良好(時間差≤ 3hr)、高雄海域則為再現性較差(時間差> 6hr)。

康芮颱風侵臺期間 7 處海域颱風波浪模擬結果與觀測值之校驗成果，如表 3-16 所列；表中各港示性波高之常態均方根誤差(NRMSE)介於 0.270 至 0.984，以臺北港(0.270)表現相對最佳，安平港(0.984)表現相對最差，其餘港口表現相對介於中間範圍。平均週期 NRMSE 介於 0.117 至 0.257，其中高雄港(0.117)表現相對最佳，花蓮港(0.257)誤差表現相對較高。譜峰週期 NRMSE 介於 0.060 至 0.379，以基隆港(0.06)表現相對最佳，臺北港(0.076)次之，花蓮港(0.379)誤差表現相對較高。平均波向 RMSE 介於 13.287°至 33.390°，其中高雄港(13.29°)誤差最小，臺北港(33.39°)誤差較高。

在相關係數(R)方面，7 處海域模擬值與觀測值之校驗結果，顯示示性波高 R 值介於 0.315 至 0.944，呈現中度至高度相關；其中，基隆港(0.315)及臺北港(0.588)屬於中度相關，其餘港口屬於高度相關。平均週期 R 介於 0.178 至 0.702，其中高雄港(0.702)屬於高度相關，臺北港(0.178)屬於低度相關，其餘5港口則屬於中度相關。譜峰週期 R 介於 0.009 至 0.904，其中安平港(0.009)及高雄港(0.029)同屬低度相關，其次花蓮港(0.673)及臺中港(0.673)均屬中度相關，其餘 3 港口屬於高度相關。平均波向 R 介於 0.456 至 0.944，除臺北港(0.456)屬於中度相關外，其餘 6 個港口均屬高度相關。

整體而言，康芮颱風路徑屬於第 3 類侵臺路徑，從東部台東登陸，西部雲林出海，颱風侵臺期間東部海域颱風波浪顯著高於其他海域；本計畫中尺度風浪模組雖能合理再現各港口波高與週期變化，但受網格解析度限制影響，導致部份海域(如花蓮、蘇澳、基隆及安平等)檢核點示性波高模擬值顯著高於觀測值。

表 3-15 康芮颱風侵臺期間各港波浪模擬與觀測平均值統計表

統計參數	資類別	臺北	花蓮	蘇澳	基隆	臺中	高雄	安平
蒐集率*[1]	觀測值	98.6	88.4	88.4	98.6	94.2	89.9	94.2
	模擬值	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
平均示性波高 (m)	觀測值	2.72	3.88	4.71	2.75	3.38	1.75	1.21
	模擬值	2.92	7.30	6.50	4.48	4.72	2.37	2.20
	比 值	1.07	1.88	1.38	1.63	1.40	1.36	1.83
平均平均週期(s)	觀測值	5.58	7.14	7.73	6.01	5.35	4.58	4.08
	模擬值	4.91	7.90	8.06	6.33	5.82	4.77	4.17
	比 值	0.88	1.11	1.04	1.05	1.09	1.04	1.02
平均譜峰週期 (s)	觀測值	8.78	10.90	12.15	9.14	8.94	8.05	8.00
	模擬值	8.81	13.20	13.45	9.15	8.66	7.19	6.49
	比 值	1.00	1.21	1.11	1.00	0.97	0.89	0.81
平均平均波向(º)	觀測值	61.91	117.91	108.93	43.79	52.23	297.01	272.12
	模擬值	21.48	92.40	96.29	52.52	37.19	287.99	301.97
	差 值	-40.43	-25.52	-12.64	8.74	-15.04	-9.02	29.85
最大示性波高 (m)	觀測值	4.84	9.45	9.72	3.87	5.58	4.86	4.53
	模擬值	4.40	16.71	14.14	7.40	7.66	4.85	4.48
	比 值	0.91	1.77	1.45	1.91	1.37	1.00	0.99
最大示性波高發生時間	觀測值	10/31 03:00	10/31 14:00	10/31 13:00	10/30 11:00	10/31 12:00	10/31 22:00	10/31 23:00
	模擬值	10/31 06:00	10/31 15:00	10/31 16:00	10/31 17:00	10/31 17:00	10/31 14:00	10/31 21:00

*1 資料統計期間為 10 月 29 日至 11 月 1 日。

表 3-16 康芮颱風侵臺期間臺海風浪模擬校驗指標分析表

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
臺北港	0.270	0.588	0.219	0.178	0.076	0.759	33.390	0.456
花蓮港	0.834	0.944	0.257	0.698	0.379	0.673	31.514	0.913
蘇澳港	0.444	0.925	0.196	0.632	0.217	0.904	19.829	0.917
基隆港	0.786	0.315	0.134	0.446	0.060	0.830	14.063	0.781
臺中港	0.422	0.853	0.151	0.518	0.095	0.673	16.520	0.944
高雄港	0.639	0.769	0.117	0.702	0.337	0.029	13.287	0.867
安平港	0.984	0.723	0.178	0.469	0.318	0.009	32.846	0.831

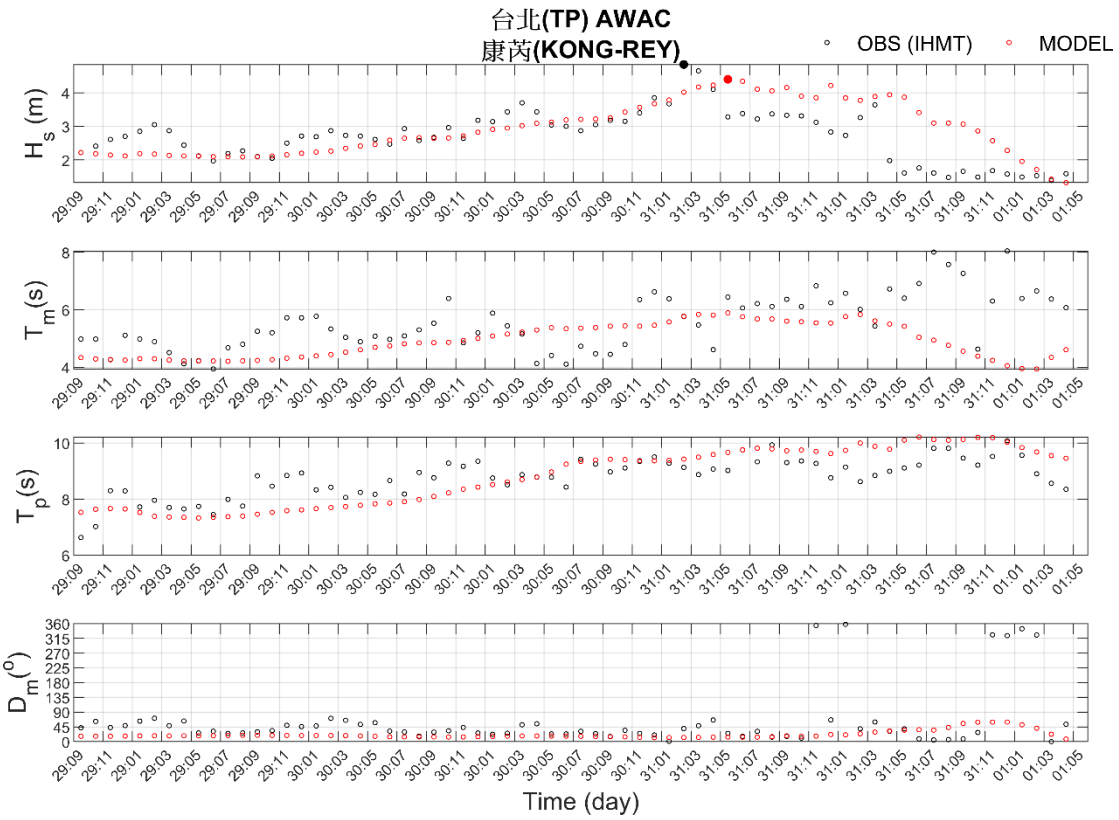


圖 3.18 康芮侵臺期間臺北港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

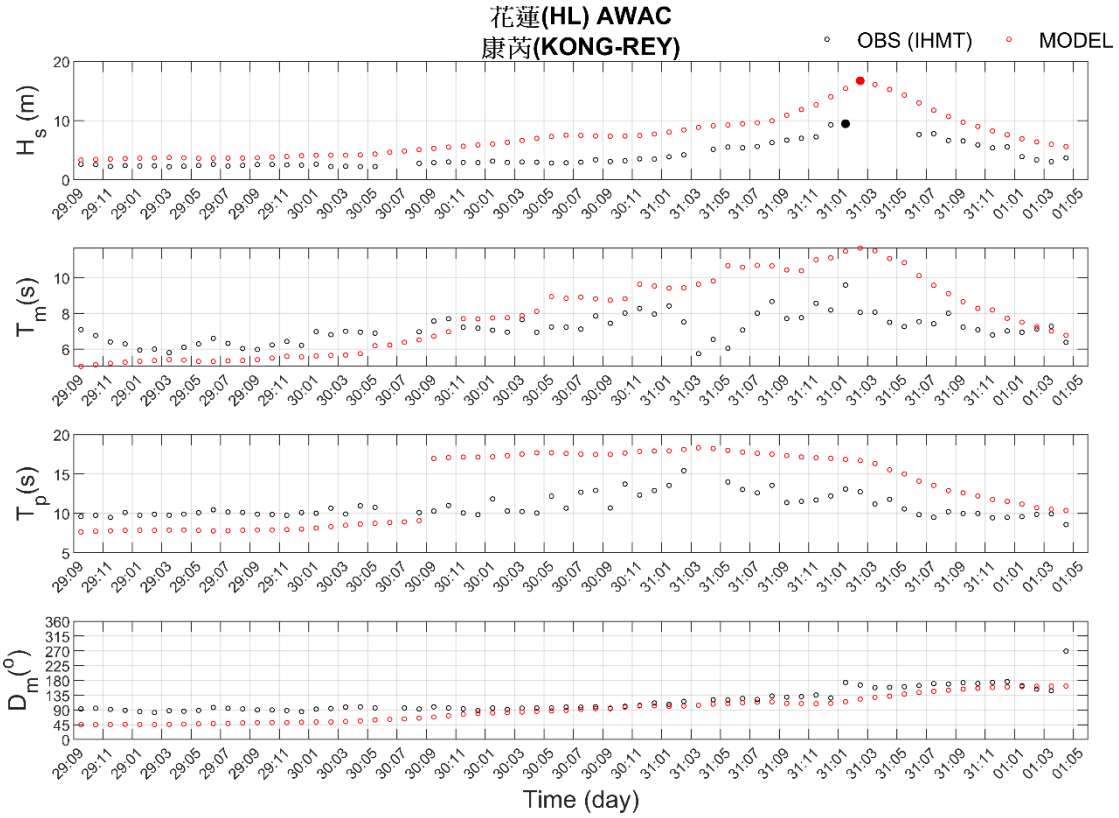


圖 3.19 康芮侵臺期間花蓮港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

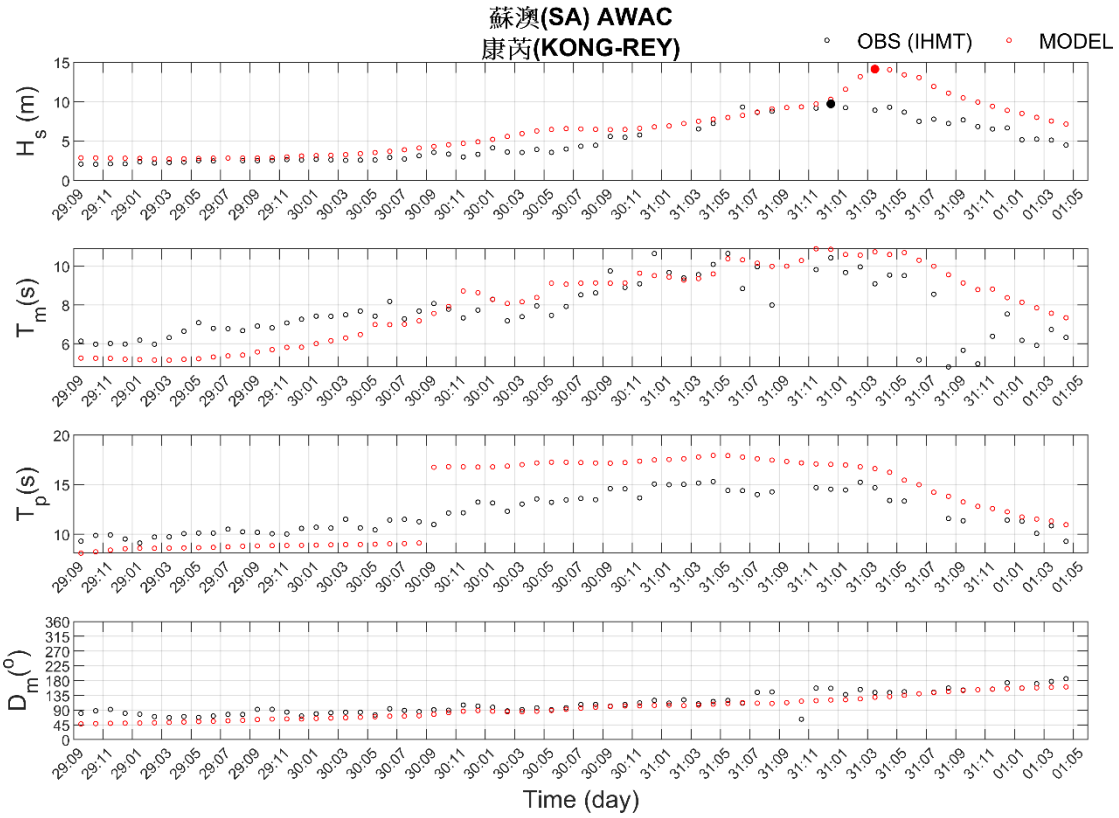


圖 3.20 康芮侵臺期間蘇澳港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

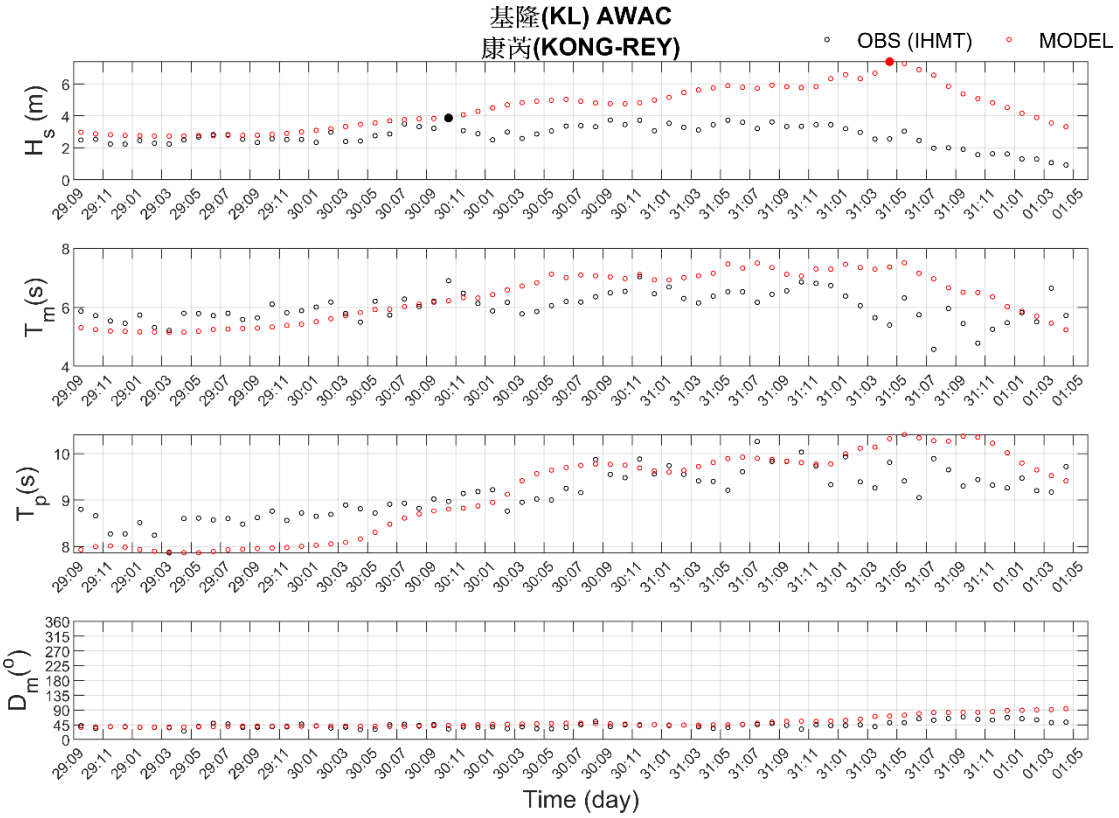


圖 3.21 康芮侵臺期間基隆港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

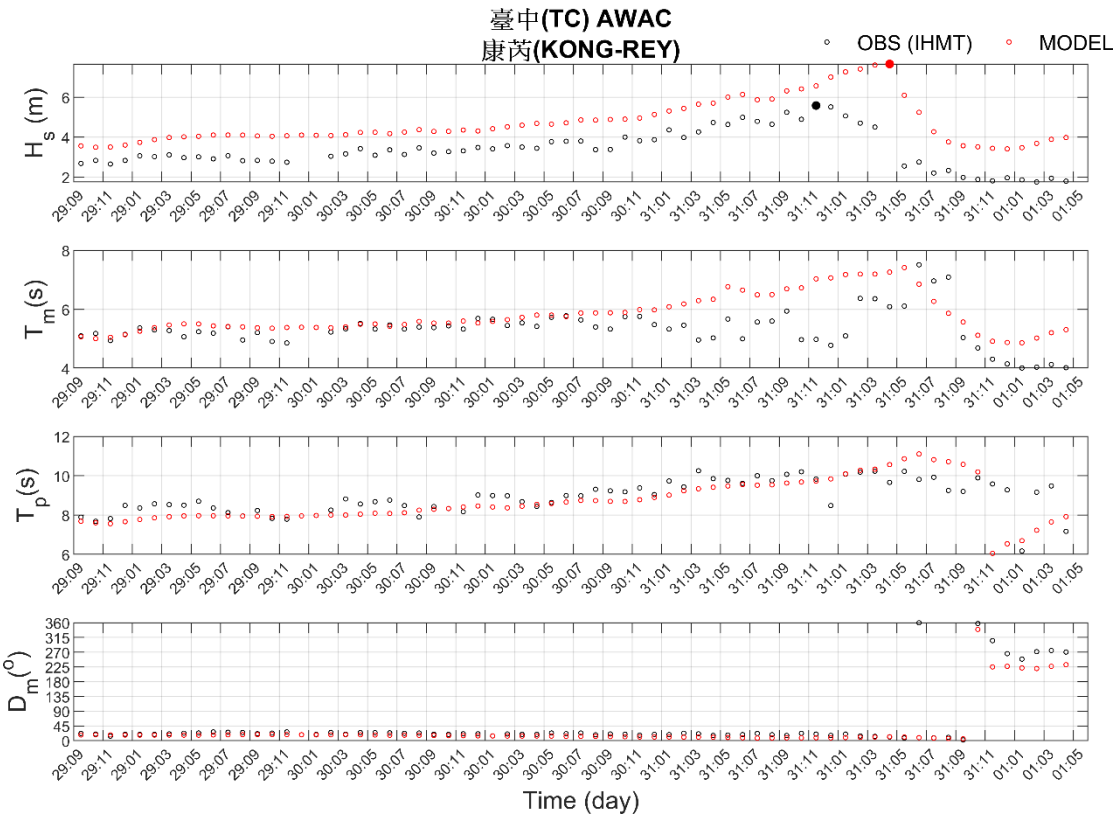


圖 3.22 康芮侵臺期間臺中港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

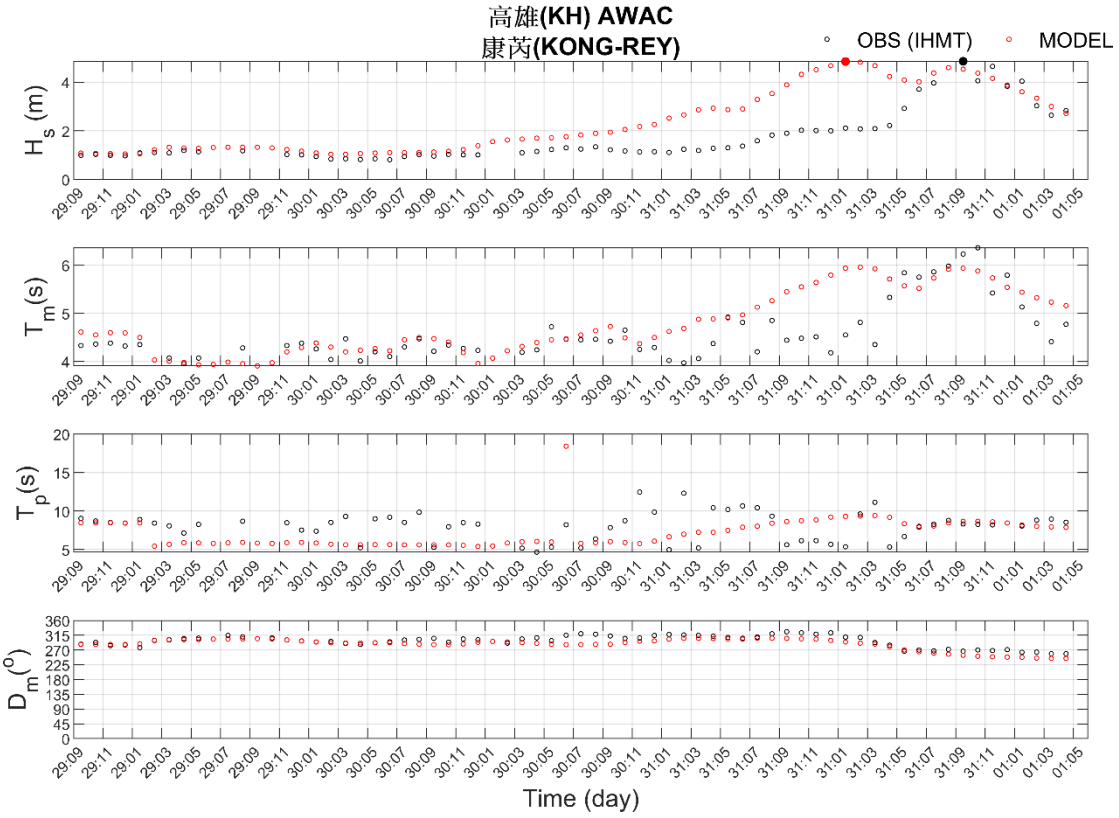


圖 3.23 康芮侵臺期間高雄港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

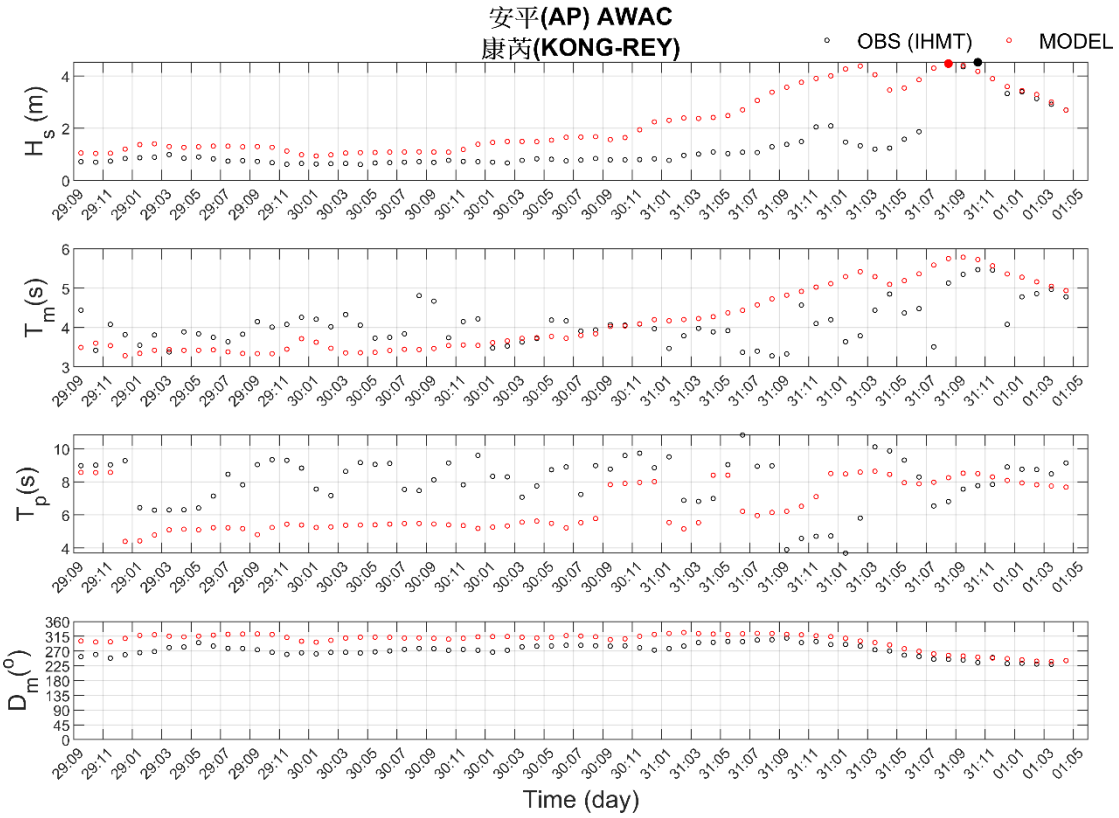


圖 3.24 康芮侵臺期間安平港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

3.3.3 天兔颱風

天兔颱風侵臺期間(2024 年 11 月 14 日至 11 月 16 日)之作業化模擬結果，與各港口 AWAC 測站觀測資料比對結果，如圖 3.25 至圖 3.31 所示。

依據天兔颱風侵臺期間波浪特性統計結果，如表 3-17 所列，各海域平均示性波高之比值介於 0.64 至 1.72，其中基隆(1.72)海域平均示性波高模擬值明顯偏高(>1.5)，臺中(0.64)及臺北(0.77)等海域平均示性波高模擬值則呈現低於觀測值之趨勢。平均週期之平均比值介於 0.77 至 1.20，其中蘇澳(1.13)、基隆(0.88)、臺中(0.86)及安平(0.84)等海域整體平均週期模擬再現性良好(0.8~1.2)；花蓮(1.20)及蘇澳(1.13)海域整體平均週期模擬結果，呈現高於觀測值特性。平均譜峰週期比值介於 0.81 至 1.38，除花蓮(1.33)及蘇澳(1.38) 2 海域外，其餘 5 處海域平均譜峰週期模擬再現性良好(0.8~1.2)。平均波向平均值之差值介於 –41.49° 至 89.31°，其中花蓮、蘇澳及高雄等海域平均波向模擬再現性良好(偏差<22.5°)。最大示性波高比值介於 0.63 至

1.32，其中蘇澳(0.87)、高雄(0.86)及安平(1.08)等海域屬於模擬再現性良好。在最大示性波高發生時間再現性方面，僅臺中及安平海域屬於模擬再現性良好(時間差≤3hr)。

天兔颱風侵臺期間 7 處海域颱風波浪模擬結果與觀測值之校驗成果，如表 3-18 所列；表中各港示性波高之常態均方根誤差(NRMSE)介於 0.259 至 0.809，以高雄港(0.259)誤差表現相對最佳，基隆港(0.809)及花蓮港(0.519)誤差表現相對較差。平均週期 NRMSE 介於 0.146 至 0.281，其中基隆港(0.146)及臺中港(0.147)誤差表現相對最佳。譜峰週期 NRMSE 介於 0.090 至 0.531，以基隆港(0.090)表現相對最佳，蘇澳港(0.531)誤差相對較高。平均波向 RMSE 介於 8.506° 至 48.952°，以花蓮港(8.506°)誤差表現相對最佳。

在相關係數(R)方面，7 處海域模擬值與觀測值之校驗結果顯示，示性波高 R 值介於於 –0.358 至 0.886，其中基隆港(-0.358)屬於負相關，臺北港(0.518)、花蓮港(0.607)及蘇澳港(0.588)屬於中度相關，其餘 3 個港口屬於高度相關。平均週期 R 介於 –0.467 至 0.892，其中臺北港(-0.467)及基隆港(-0.205)屬於負相關，蘇澳港(0.281)屬於低度相關，花蓮港(0.314)屬於中度相關，其餘 3 港口則屬於高度相關。譜峰週期 R 介於 –0.300 至 0.825，其中高雄港(0.0825)及臺中港(0.793)屬於高度相關，安平港(0.467)屬於中度相關，其餘 4 港口則呈現負相關。平均波向 R 介於 –0.429 至 0.927，其中蘇澳港(0.927)、花蓮港(0.868)及高雄港(0.710)等 3 港口屬於高度相關。

整體而言，天兔颱風侵臺期間，雖對南部屏東、恆春半島構成威脅，但在西南近海減弱為熱帶性低氣壓，僅在高雄海域測得較大颱風波浪。本計畫中尺度風浪模組於侵臺期間各港口模擬波浪檢核結果，同樣呈現以高雄港模擬結果整體表現最佳，其次為臺中港。

表 3-17 天兔颱風侵臺期間各港波浪模擬與觀測平均值統計表

統計參數	資類別	臺北	花蓮	蘇澳	基隆	臺中	高雄	安平
蒐集率*[1]	觀測值	98.1	98.1	98.1	98.1	98.1	94.4	94.4
	模擬值	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
平均示性波高 (m)	觀測值	0.84	1.36	1.64	0.79	1.24	1.15	0.71
	模擬值	0.64	1.98	2.16	1.37	0.80	1.19	0.94
	比 值	0.77	1.46	1.31	1.72	0.64	1.04	1.32
平均平均週期(s)	觀測值	4.45	5.83	4.96	4.65	4.60	5.38	4.22
	模擬值	3.44	6.98	5.60	4.10	3.96	4.15	3.52
	比 值	0.77	1.20	1.13	0.88	0.86	0.77	0.84
平均譜峰週期 (s)	觀測值	6.35	8.67	8.35	6.56	6.55	8.35	7.58
	模擬值	5.43	11.57	11.54	6.25	5.31	8.94	7.84
	比 值	0.86	1.33	1.38	0.95	0.81	1.07	1.03
平均平均波向(º)	觀測值	115.84	125.03	140.68	48.59	70.70	242.33	222.64
	模擬值	74.35	127.28	129.76	78.84	341.57	241.79	260.06
	差 值	-41.49	2.25	-10.93	30.25	89.31	-0.54	37.42
最大示性波高 (m)	觀測值	1.35	2.04	3.03	1.17	1.89	2.58	1.48
	模擬值	1.02	2.56	2.64	1.54	1.20	2.21	1.60
	比 值	0.75	1.26	0.87	1.32	0.63	0.86	1.08
最大示性波高發生時間	觀測值	11/14 03:00	11/15 08:00	11/15 06:00	11/14 03:00	11/13 22:00	11/16 00:00	11/15 23:00
	模擬值	11/13 22:00	11/14 23:00	11/15 12:00	11/13 22:00	11/13 22:00	11/15 18:00	11/16 01:00

*1 資料統計期間為 11 月 14 日至 11 月 16 日。

表 3-18 天兔颱風侵臺期間臺海風浪模擬校驗指標分析表

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
臺北港	0.316	0.518	0.274	-0.467	0.213	-0.300	24.954	0.405
花蓮港	0.519	0.607	0.281	0.314	0.470	-0.150	8.506	0.868
蘇澳港	0.386	0.588	0.235	0.281	0.531	-0.250	18.614	0.927
基隆港	0.809	-0.358	0.146	-0.205	0.090	-0.224	32.724	-0.429
臺中港	0.391	0.799	0.147	0.892	0.197	0.793	30.114	-0.064
高雄港	0.259	0.886	0.250	0.834	0.295	0.825	22.766	0.710
安平港	0.416	0.815	0.242	0.722	0.475	0.467	48.952	0.438

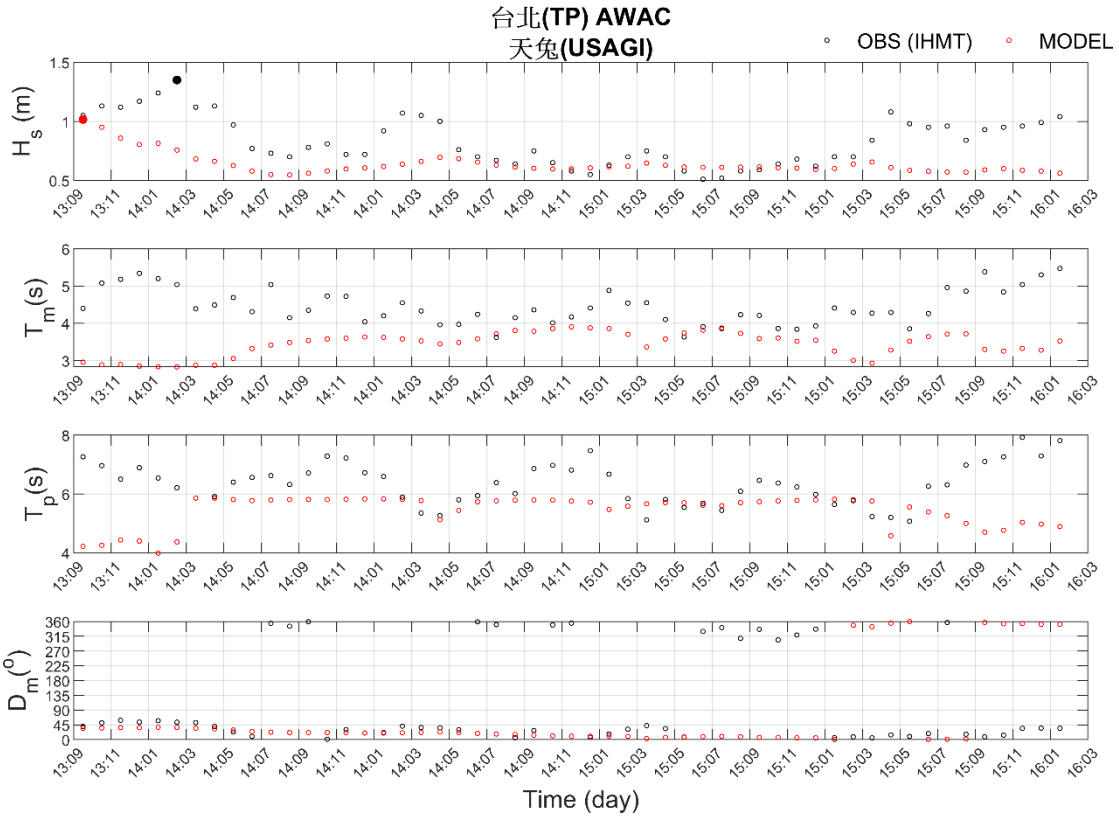


圖 3.25 天兔侵臺期間臺北港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

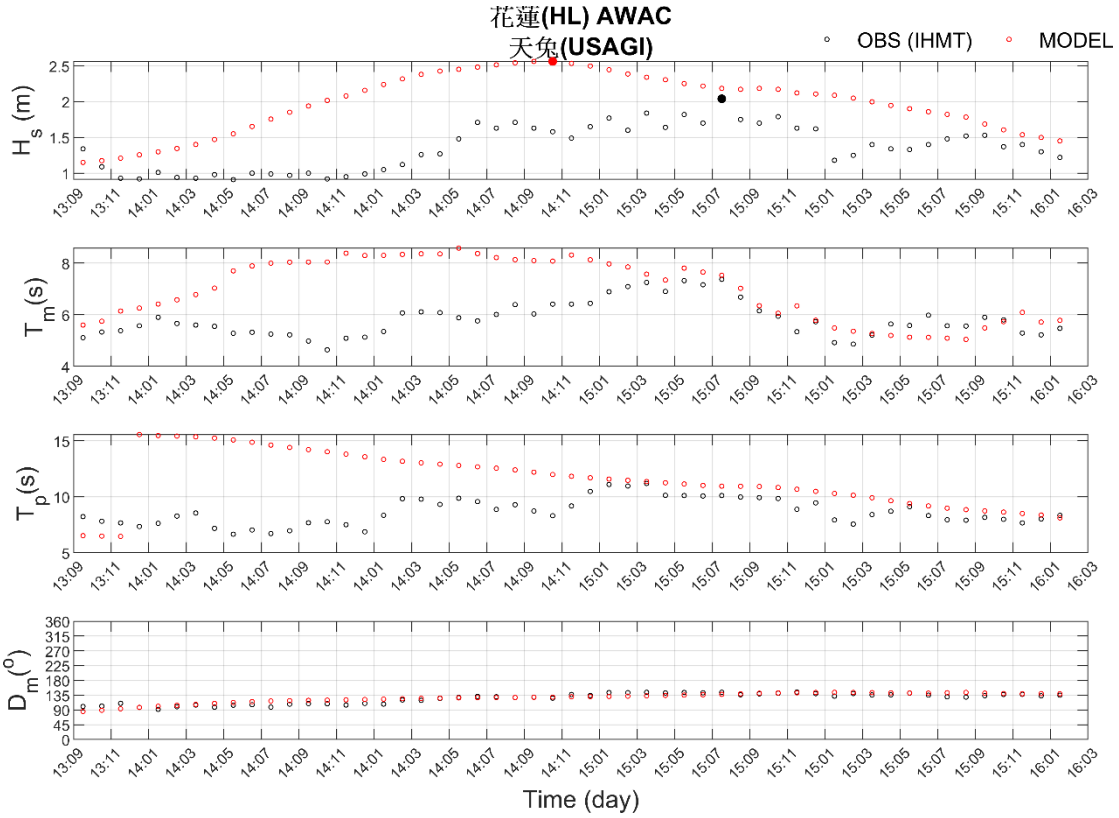


圖 3.26 天兔侵臺期間花蓮港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

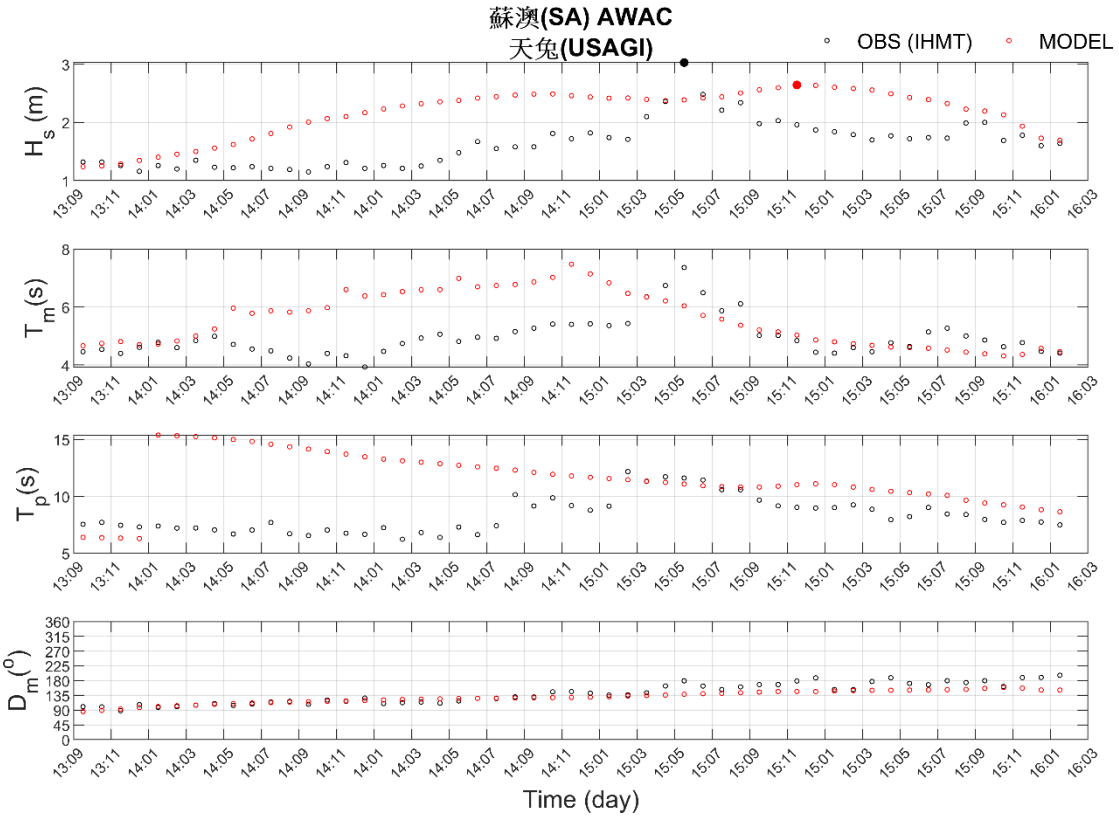


圖 3.27 天兔侵臺期間蘇澳港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

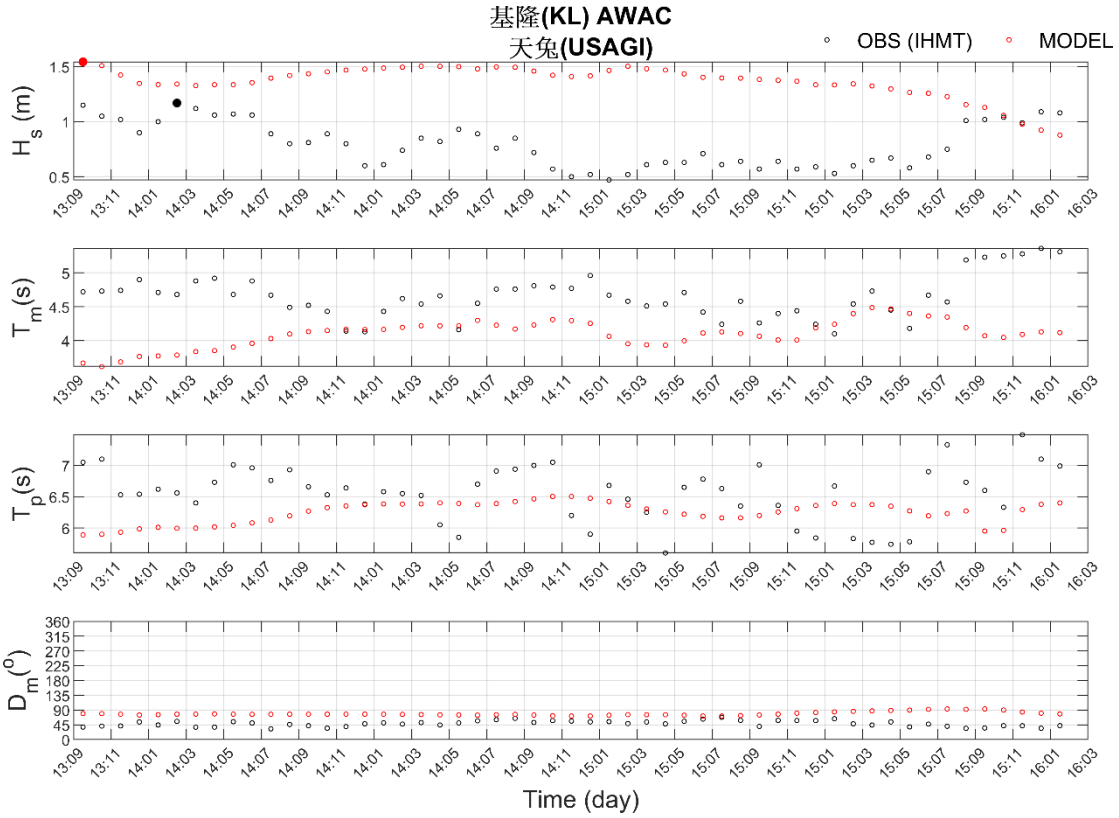


圖 3.28 天兔侵臺期間基隆港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

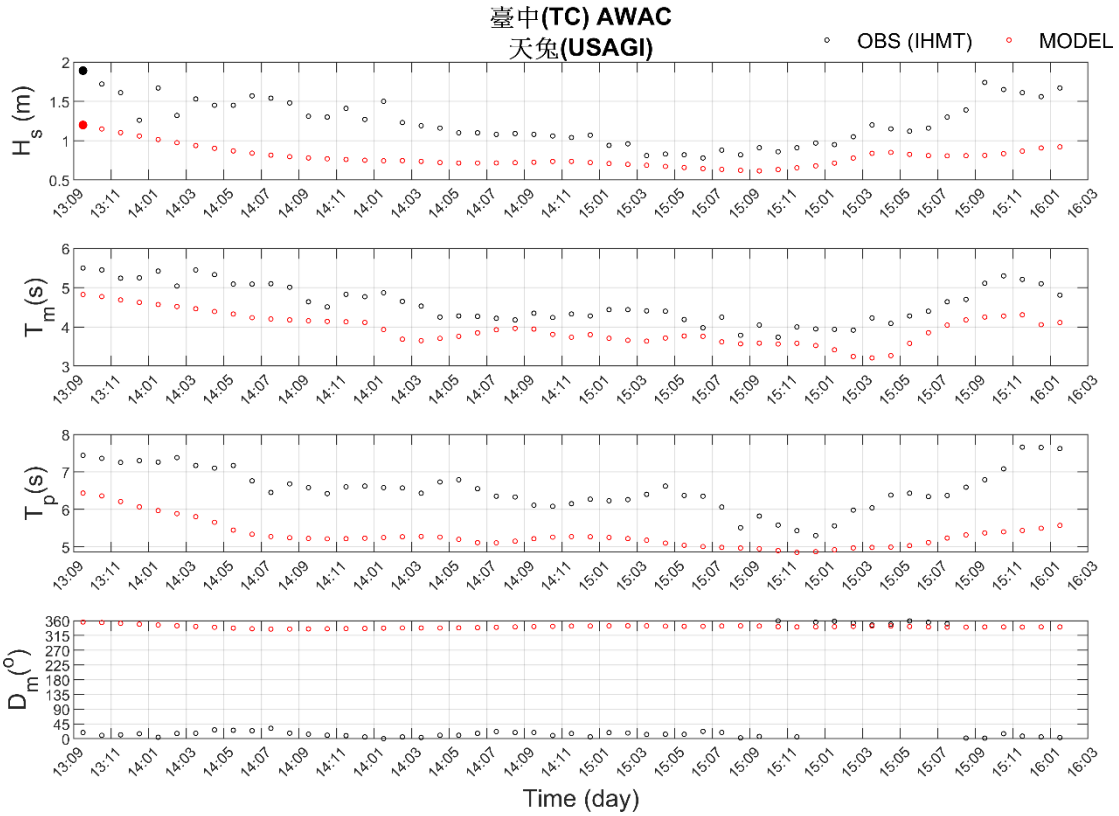


圖 3.29 天兔侵臺期間臺中港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

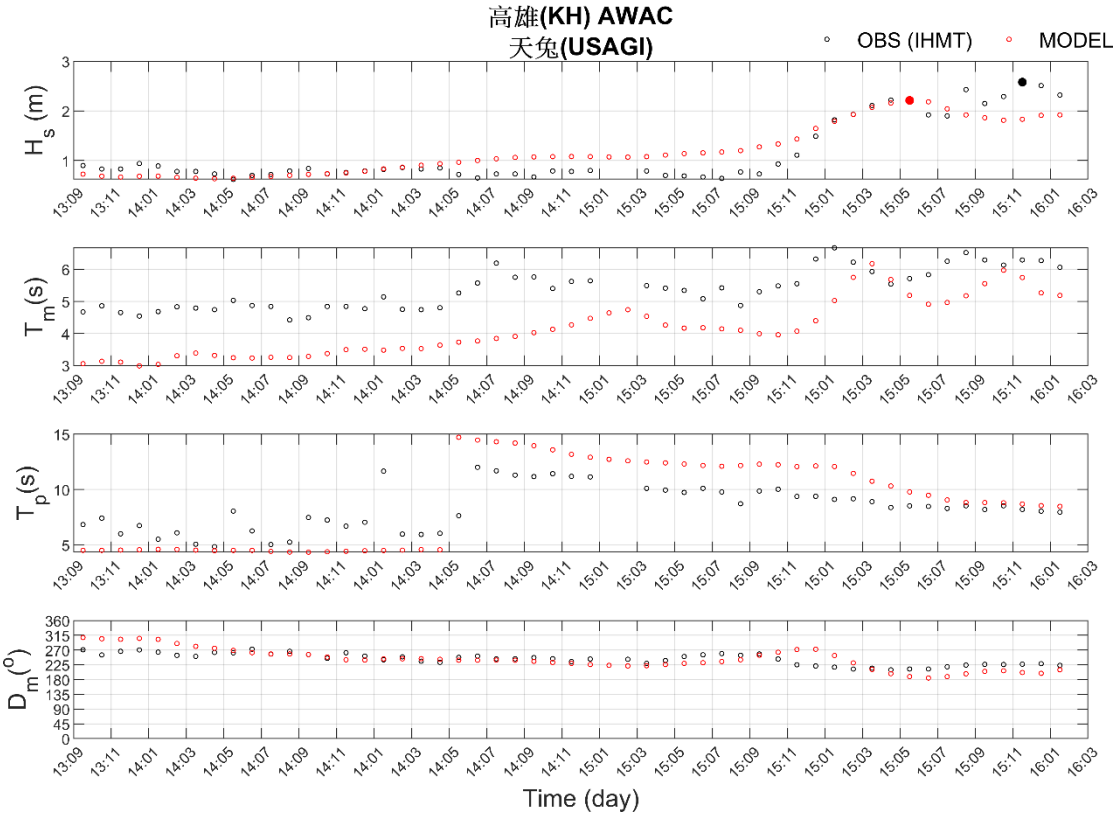


圖 3.30 天兔侵臺期間高雄港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

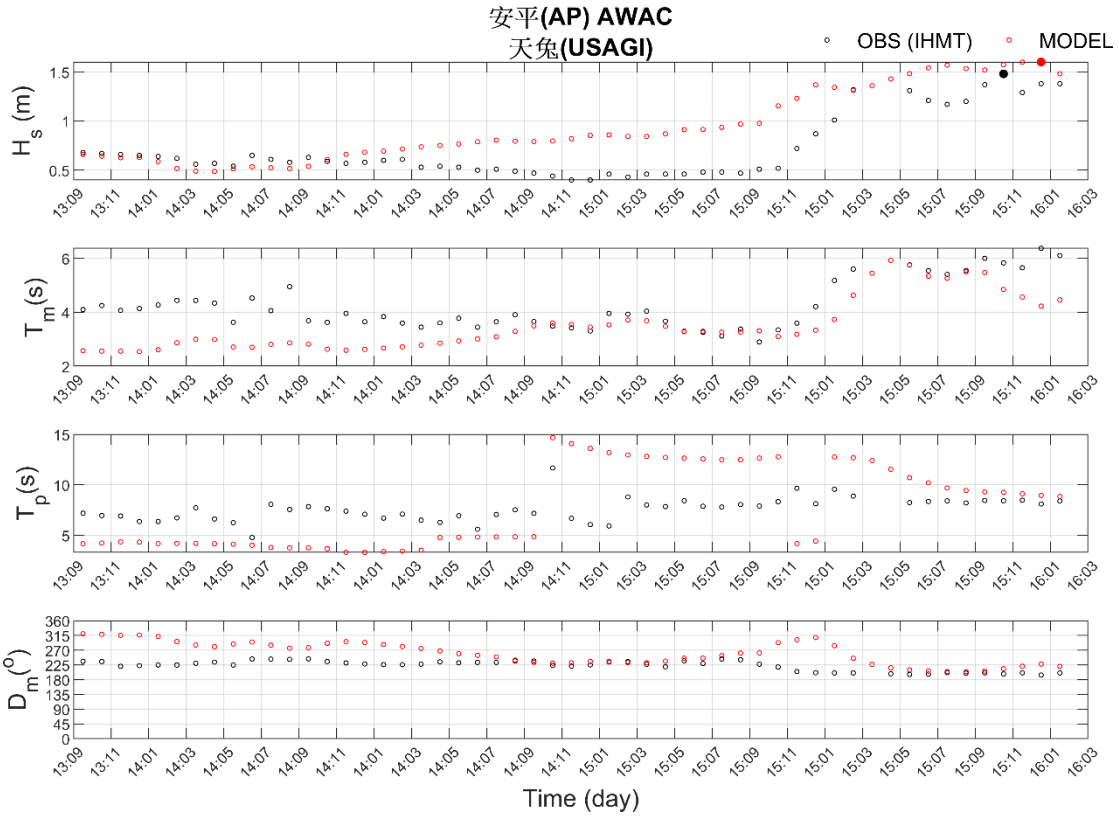


圖 3.31 天兔侵臺期間安平港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

3.3.4 丹娜絲颱風

丹娜絲颱風侵臺期間(2025 年 7 月 5 日至 7 月 7 日)之作業化模擬結果，並與各港口 AWAC 測站觀測資料比對結果，如圖 3.32 至圖 3.38 所示。

依據丹娜絲颱風侵臺期間模擬與觀測波浪特性統計結果，如表 3-19 所列，得知 6 處海域平均示性波高之比值介於 0.78 至 1.46，其中臺北(0.78)及臺中(0.90)等 2 處海域平均示性波高模擬值略低於觀測值，其餘 4 處海域平均示性波高模擬值均呈現高於觀測值之趨勢。平均週期平均之比值介於 0.75 至 1.04，除高雄海域平均週期模擬平均值略高於觀測值外，其餘 5 處海域平均週期模擬平均值則呈現低於觀測值之趨勢。平均譜峰週期之比值範圍介於 0.70 至 1.13，除臺北海域(0.70)外，其餘 5 海域平均譜峰週期模擬再現性良好(0.8~1.2)。平均波向平均之差值介於 –27.32° 至 23.02°，其中臺北(4.12°)、臺中(-16.12°)及安平(-8.36°)等海域平均波向模擬再現性良好。最大示性波高比值介於 0.65 至 2.08，其中花蓮海域(2.08)呈現明

顯高估結果(>1.5)，臺中(1.15)、高雄(0.98)及安平(1.09)等海域最大示性波高比值模擬再現性良好。在最大示性波高發生時間再現性方面，除花蓮海域外，其餘 5 處海域均呈現再現性良好(時間差≤3hr)。

丹娜絲颱風侵臺期間 6 處海域颱風波浪模擬結果與觀測值之校驗成果，如表 3-20 所列；表中各港示性波高之常態均方根誤差(NRMSE)介於 0.279 至 0.661，以高雄港(0.279)表現相對最佳，花蓮港(0.661)表現相對較差，其餘港口表現相對介於中間範圍。平均週期 NRMSE 介於 0.075 至 0.301，其中蘇澳港(0.075)表現相對最佳，其次為花蓮港(0.114)。譜峰週期 NRMSE 介於 0.177 至 0.446，以高雄港(0.177)表現相對最佳，臺中港(0.446)誤差表現相對偏高。平均波向 RMSE 介於 13.82° 至 52.345°，以安平港(13.82°)誤差最小。

在相關係數(R)方面，6 處海域模擬值與觀測值之校驗結果，顯示示性波高 R 值介於 0.564 至 0.890，呈現中度至高度相關；其中臺北港(0.564)屬於中度相關，其餘 5 個港口屬於高度相關。平均週期 R 值介於-0.047 至 0.928，其中臺中港(-0.047)屬於負相關，臺北港(0.108)屬於低度相關，高雄港(0.388)及安平港(0.595)屬於中度相關。譜峰週期 R 介於 0.054 至 0.812，其中蘇澳港(0.812)、安平港(0.773)及高雄港(0.720)均屬高度相關，其次臺中港(0.504)均屬中度相關。平均波向 R 介於 0.394 至 0.865，其中高雄港(0.832)、安平港(0.865)及臺中港(0.717)屬於高度相關。

整體而言，丹娜絲颱風路徑屬於第 9 類侵臺路徑，颱風中心從嘉義布袋登陸，於桃園新竹交界出海，颱風侵臺期間西南海域颱風波浪明顯高於其他海域。本計畫中尺度風浪模組於侵臺期間各港口波浪模擬結果整體穩定，其中高雄港及安平港在示性波高、譜峰週期及平均波向等校驗結果，明顯優於其他海域。

表 3-19 丹娜絲颱風侵臺期間各港波浪模擬與觀測平均值統計表

統計參數	資類別	臺北	花蓮	蘇澳	基隆	臺中	高雄	安平
蒐集率*1	觀測值	70.2	98.2	98.2	0.0	80.7	89.5	93.0
	模擬值	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
平均示性波高 (m)	觀測值	0.62	0.99	1.51	NaN	0.79	2.57	2.59
	模擬值	0.49	1.45	1.79	0.91	0.70	3.04	2.78
	比 值	0.78	1.46	1.18	NaN	0.90	1.18	1.07
平均平均週期(s)	觀測值	3.31	4.50	4.08	NaN	4.04	5.17	6.38
	模擬值	2.48	4.38	4.01	3.07	3.33	5.35	5.50
	比 值	0.75	0.97	0.98	NaN	0.82	1.04	0.86
平均譜峰週期 (s)	觀測值	5.12	7.48	5.54	NaN	6.50	8.99	9.25
	模擬值	3.56	6.56	6.28	4.70	7.09	8.68	8.90
	比 值	0.70	0.88	1.13	NaN	1.09	0.97	0.96
平均平均波向(º)	觀測值	220.78	132.43	186.98	NaN	274.45	228.18	214.64
	模擬值	224.90	155.45	160.00	107.74	258.32	200.85	206.28
	差 值	4.12	23.02	-26.97	NaN	-16.12	-27.32	-8.36
最大示性波高 (m)	觀測值	1.51	1.89	2.59	NaN	1.75	7.09	7.19
	模擬值	0.98	3.93	3.84	1.87	2.01	6.93	7.83
	比 值	0.65	2.08	1.48	NaN	1.15	0.98	1.09
最大示性波高發生時間	觀測值	07/07 08:00	07/06 21:00	07/07 07:00	NAN	07/07 02:00	07/06 22:00	07/06 20:00
	模擬值	07/07 08:00	07/07 07:00	07/07 07:00	07/07 05:00	07/07 05:00	07/06 22:00	07/06 23:00

*1 資料統計期間為 11 月 14 日至 11 月 16 日。

*2 NaN 代表缺觀測資料無法分析

表 3-20 丹娜絲颱風侵臺期間臺海風浪模擬校驗指標分析表

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
臺北港	0.407	0.564	0.280	0.108	0.419	0.114	48.701	0.394
花蓮港	0.661	0.828	0.140	0.858	0.275	0.054	26.588	0.487
蘇澳港	0.356	0.730	0.075	0.928	0.213	0.812	40.284	0.652
基隆港	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
臺中港	0.325	0.861	0.301	-0.047	0.446	0.504	52.345	0.717
高雄港	0.279	0.890	0.235	0.388	0.177	0.720	31.097	0.832
安平港	0.373	0.790	0.237	0.595	0.184	0.773	13.816	0.865

*1 NaN 代表缺觀測資料無法分析

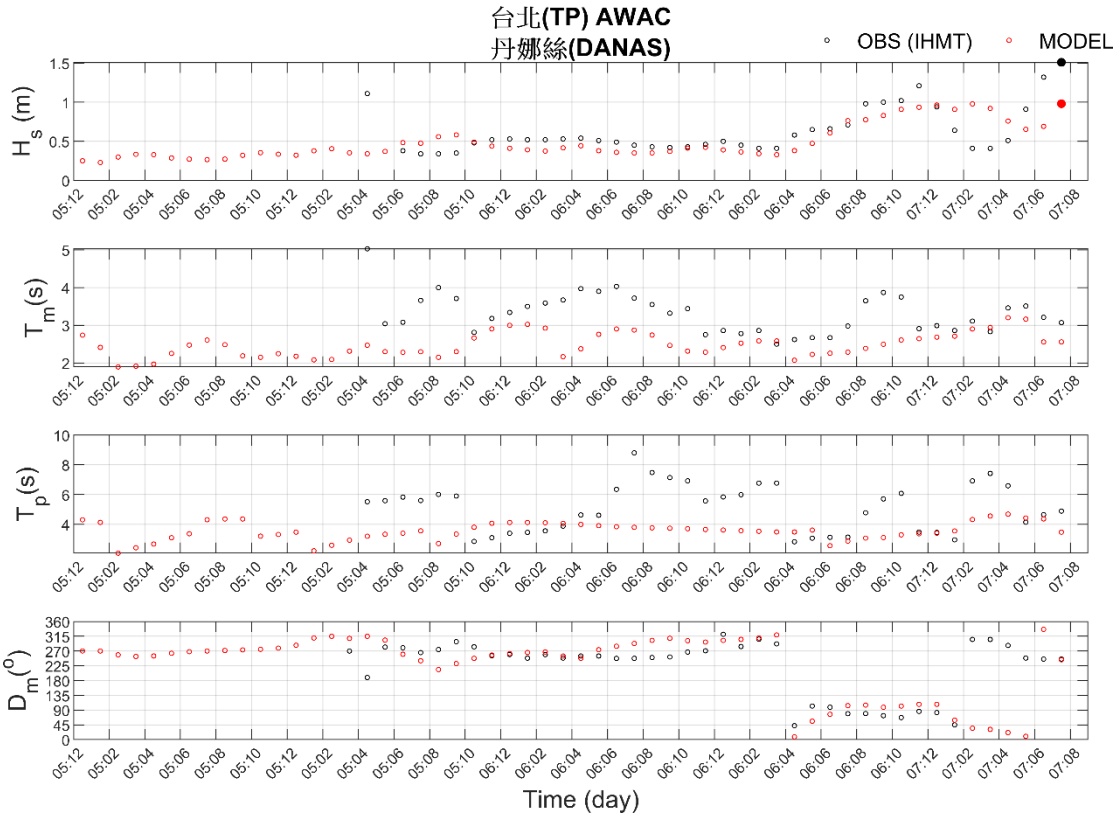


圖 3.32 丹娜絲侵臺期間臺北港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

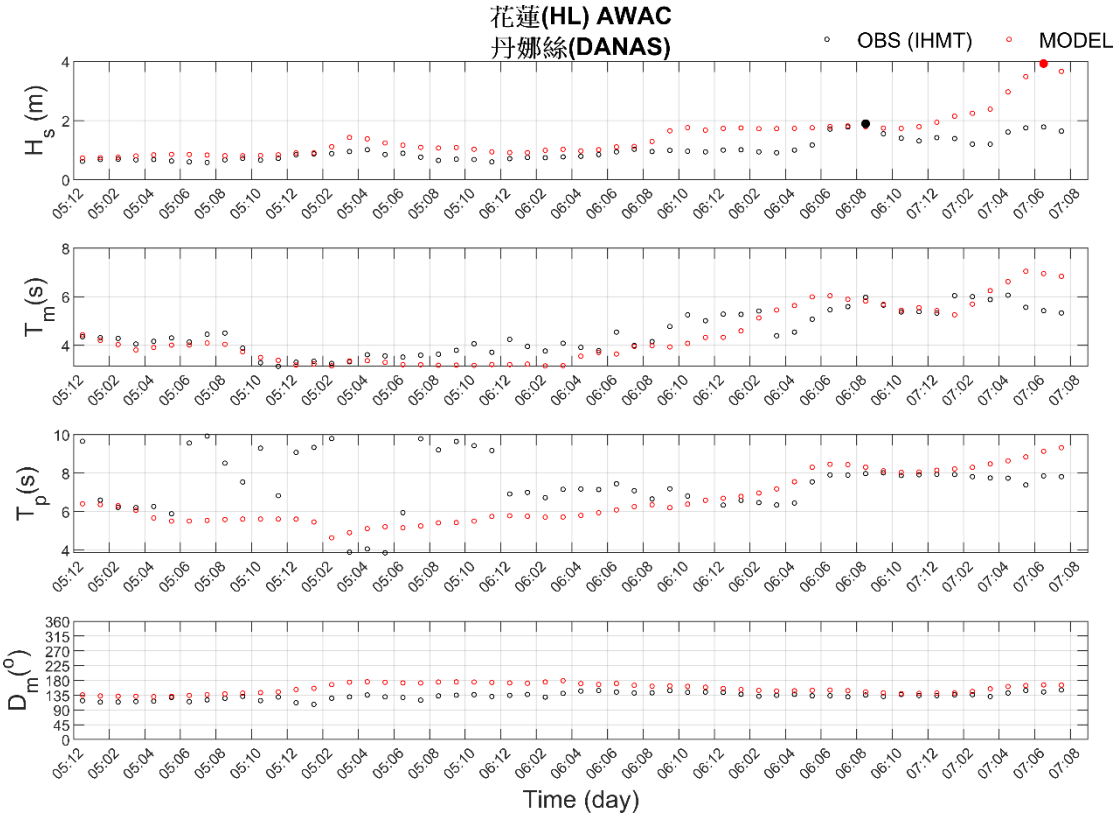


圖 3.33 丹娜絲侵臺期間花蓮港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

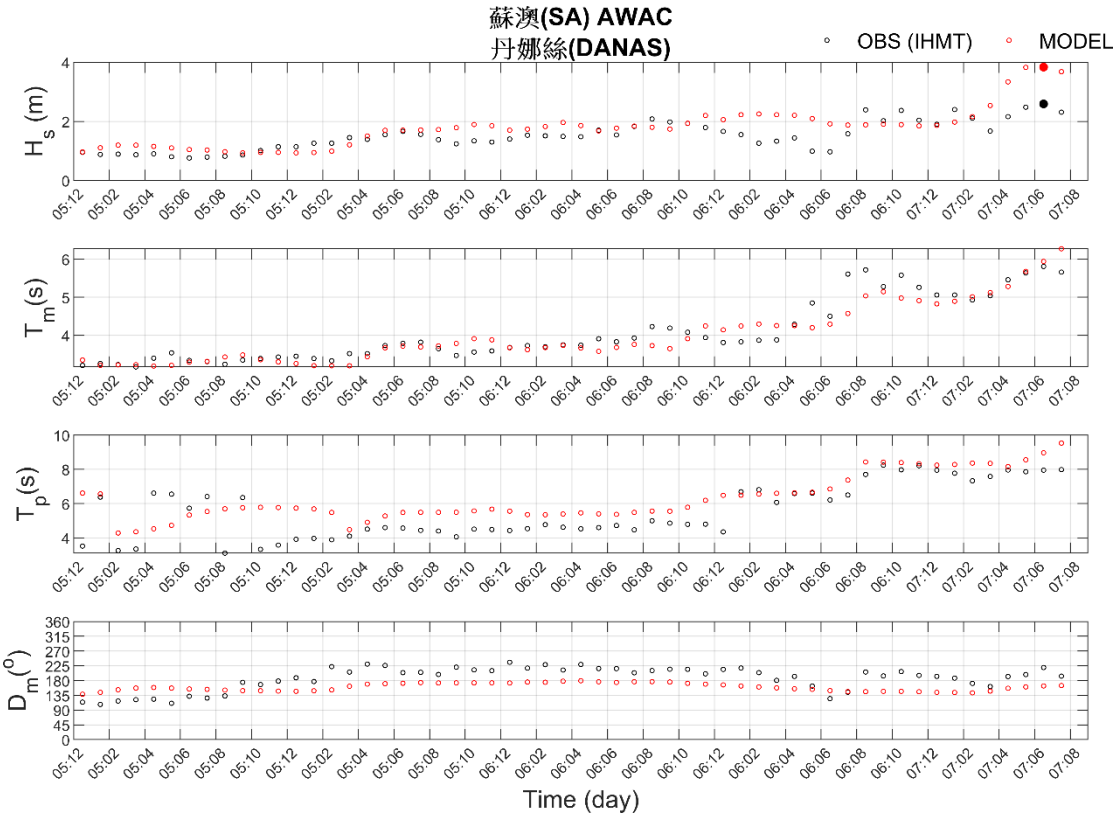


圖 3.34 丹娜絲侵臺期間蘇澳港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

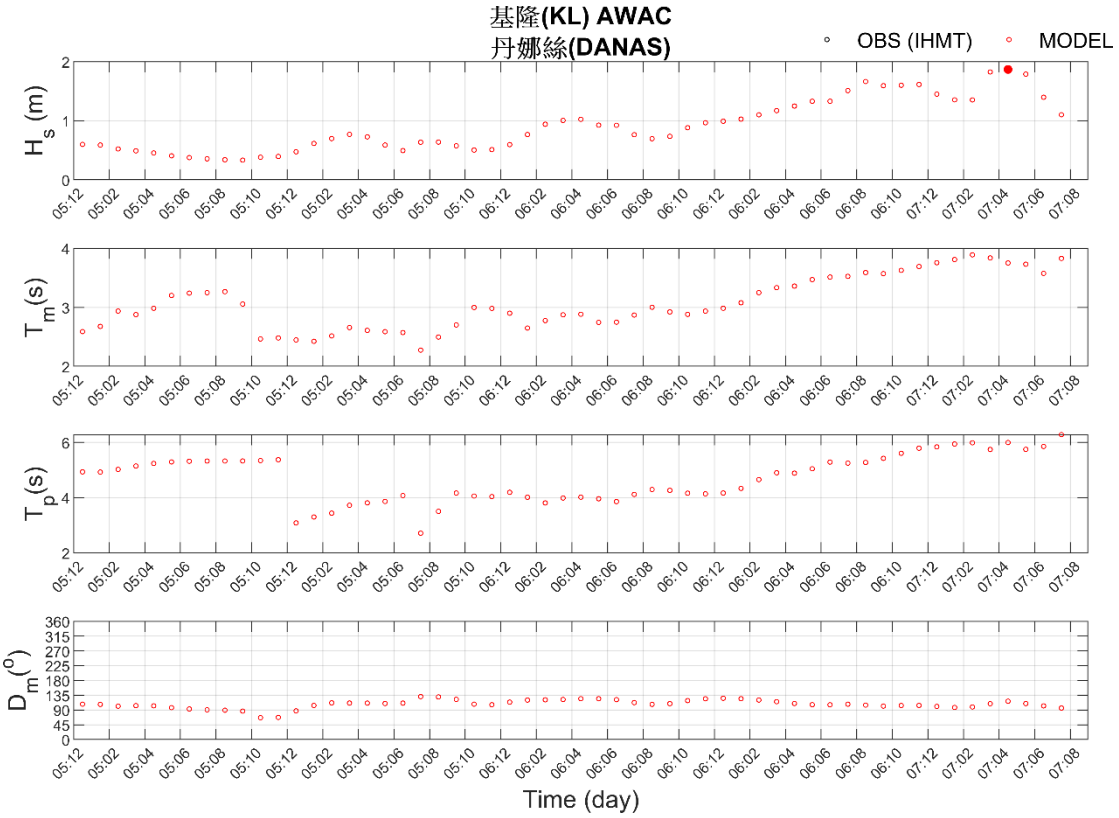


圖 3.35 丹娜絲侵臺期間基隆港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

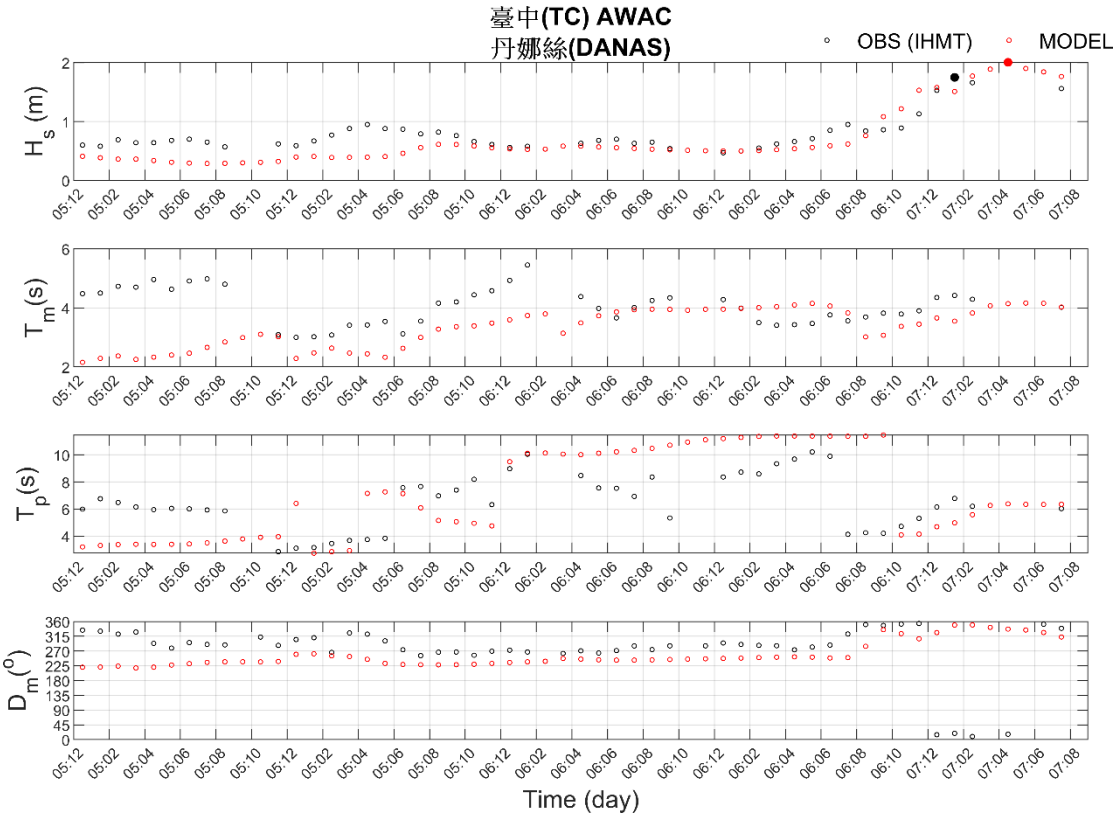


圖 3.36 丹娜絲侵臺期間臺中港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

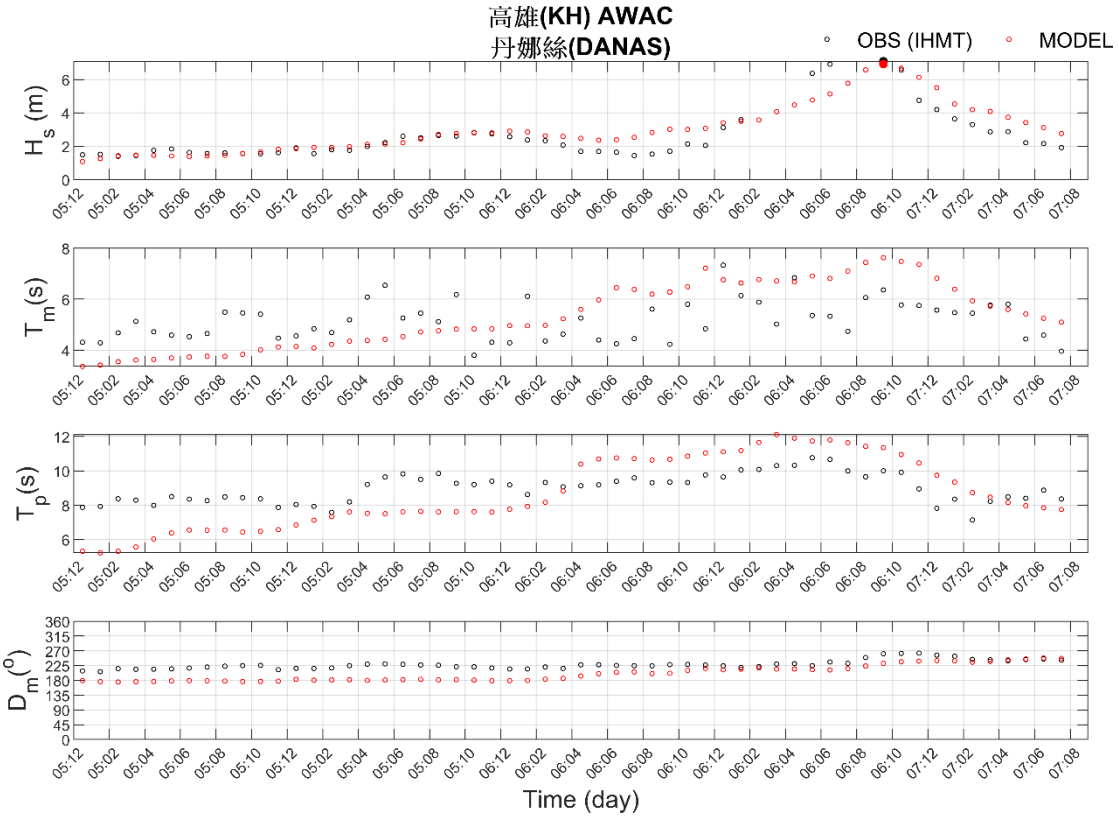


圖 3.37 丹娜絲侵臺期間高雄港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

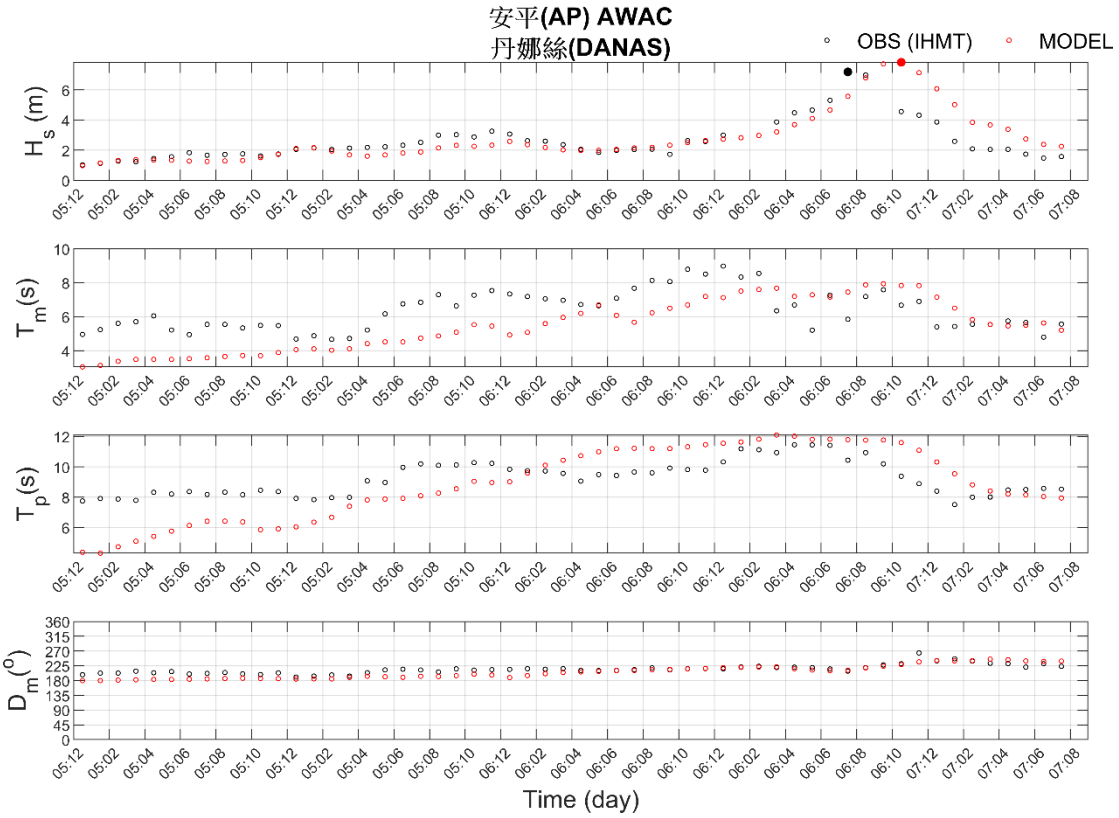


圖 3.38 丹娜絲侵臺期間安平港颱風波浪模擬值與觀測值比較圖

3.3.5 侵臺颱風期間風浪模擬綜合分析

本計畫針對 2024 年 9 月至 2025 年 8 月期間 4 個侵臺颱風(山陀兒、康芮、天兔及丹娜絲)進行風浪模擬比對分析，模擬結果均以「臺海(近域)風浪模組(TAIsea)」作業化資料為基礎，並與各主要港口 AWAC 測站觀測資料(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)進行比較，以評估模式在不同颱風條件下之再現能力與穩定性。

整體而言，颱風期間示性波高模擬值整體變化趨勢普遍與觀測值具有高度一致性(天兔颱風除外)，平均示性波高模擬比值普遍介於 0.64~1.88，以示性波高模擬平均值高於觀測居絕對多數；部份海域如花蓮、蘇澳等高估現象顯著，主因為網格解析度不足，其次與颱風強度及路徑有關。相對而言，西南海域如高雄、安平等示性波高模擬平均值則與颱風強度及路徑關係密切。

在週期方面，平均週期模擬平均比值普遍介於 0.75 至 1.22，表示模式可合理再現颱風期間波浪能量頻帶之時間特徵，誤差幅度

小；譜峰週期比值介於 0.7 至 1.38，顯示模擬與觀測值趨勢一致，僅少數颱風（如天兔、丹娜絲）於部分港口呈現高頻或低頻偏差，可能與颱風規模較小或風場變化較快有關。

平均波向模擬結果除了呈現地區性特徵外，亦反映地形遮蔽及水深變化之折射效應；因此颱風期間平均波向模擬平均之差異，與颱風路徑關係密切，其次與網格解析度及地形水深變化有關。整體而言，多數港口平均波向誤差介於 ±20° 範圍內，僅個別港口(如臺中、臺北)於特定颱風事件中偏差較大。

依各港口之校驗指標分析結果，示性波高 NRMSE 約介於 0.3 至 0.8，相關係數 R 多在 0.7 以上，顯示模式對波高再現性穩定；平均週期及譜峰週期的 NRMSE 均低於 0.3，R 值普遍介於 0.6 至 0.9，表示週期模擬具良好準確性。平均波向受颱風路徑影響明顯，故 RMSE 變化幅度較大，其中康芮颱風侵臺期間，各海域平均波向再現性普遍良好。

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 4 次模擬預測。此水動力模擬系統整體模擬架構(詳圖 2.35)，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 4 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°~125°及北緯 21°~26.5°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，針對本島花蓮港、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，選取鄰近各港口之計算網格節點為水位模擬檢核點，如圖 4.4 所示，利用運技中心各港潮位觀測資料校驗臺海暴潮模組各港檢核點水位模擬結果。

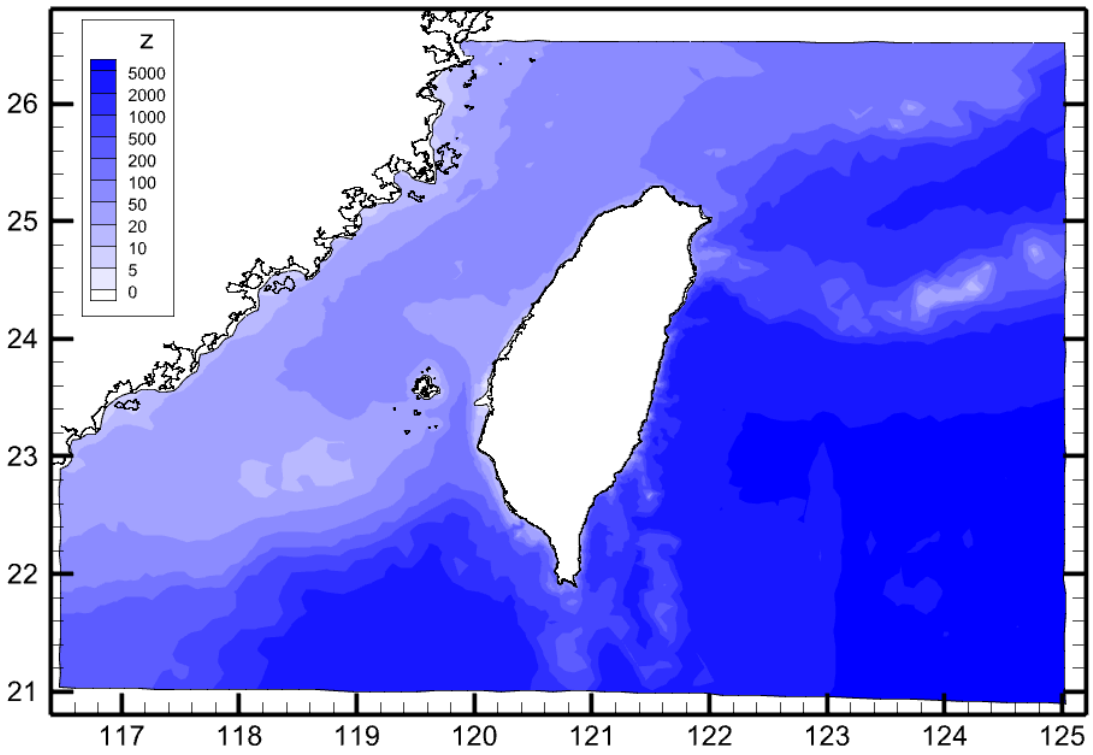


圖 4.1 臺海暴潮模組之模擬範圍圖

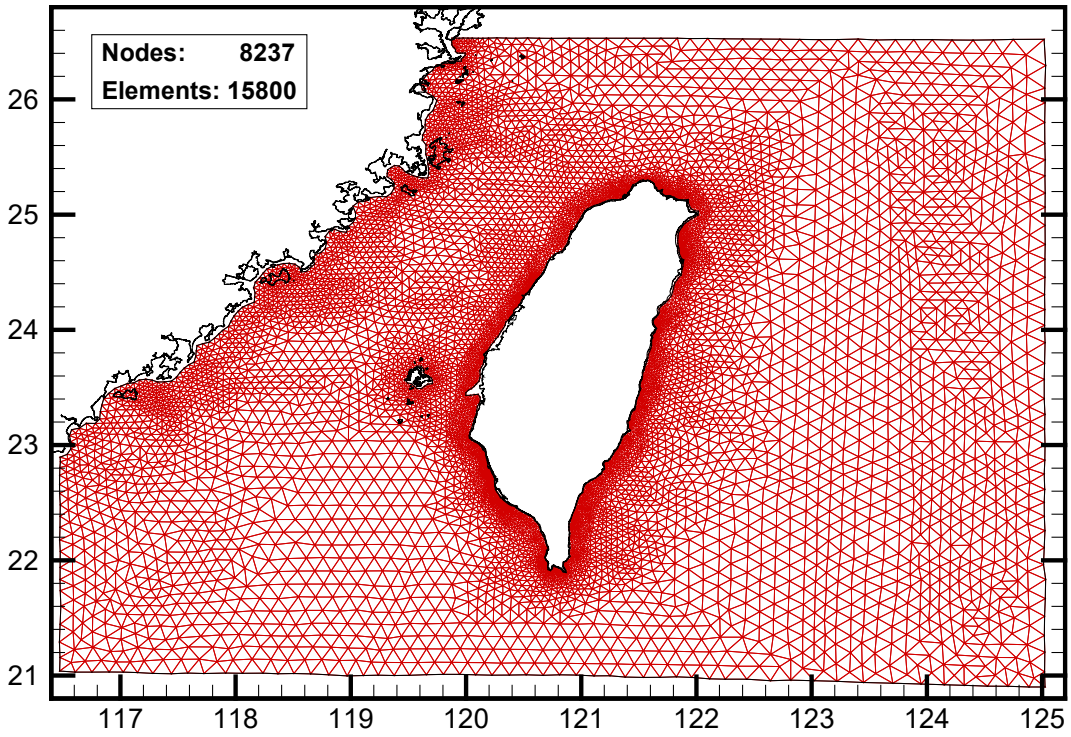


圖 4.2 臺海暴潮模組之三角形元素網格圖

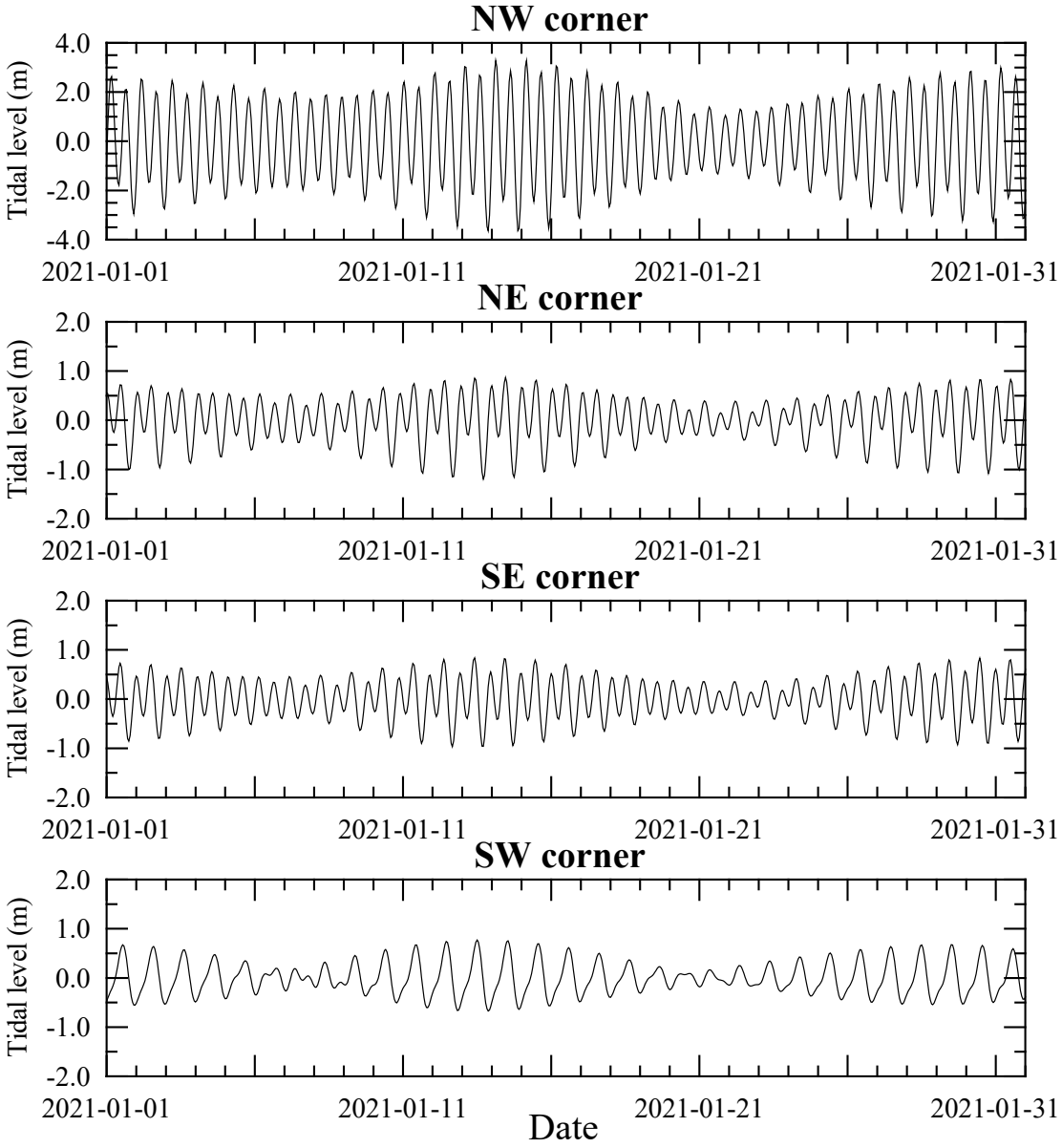


圖 4.3 臺海暴潮模組採用的天文潮水位邊界條件圖

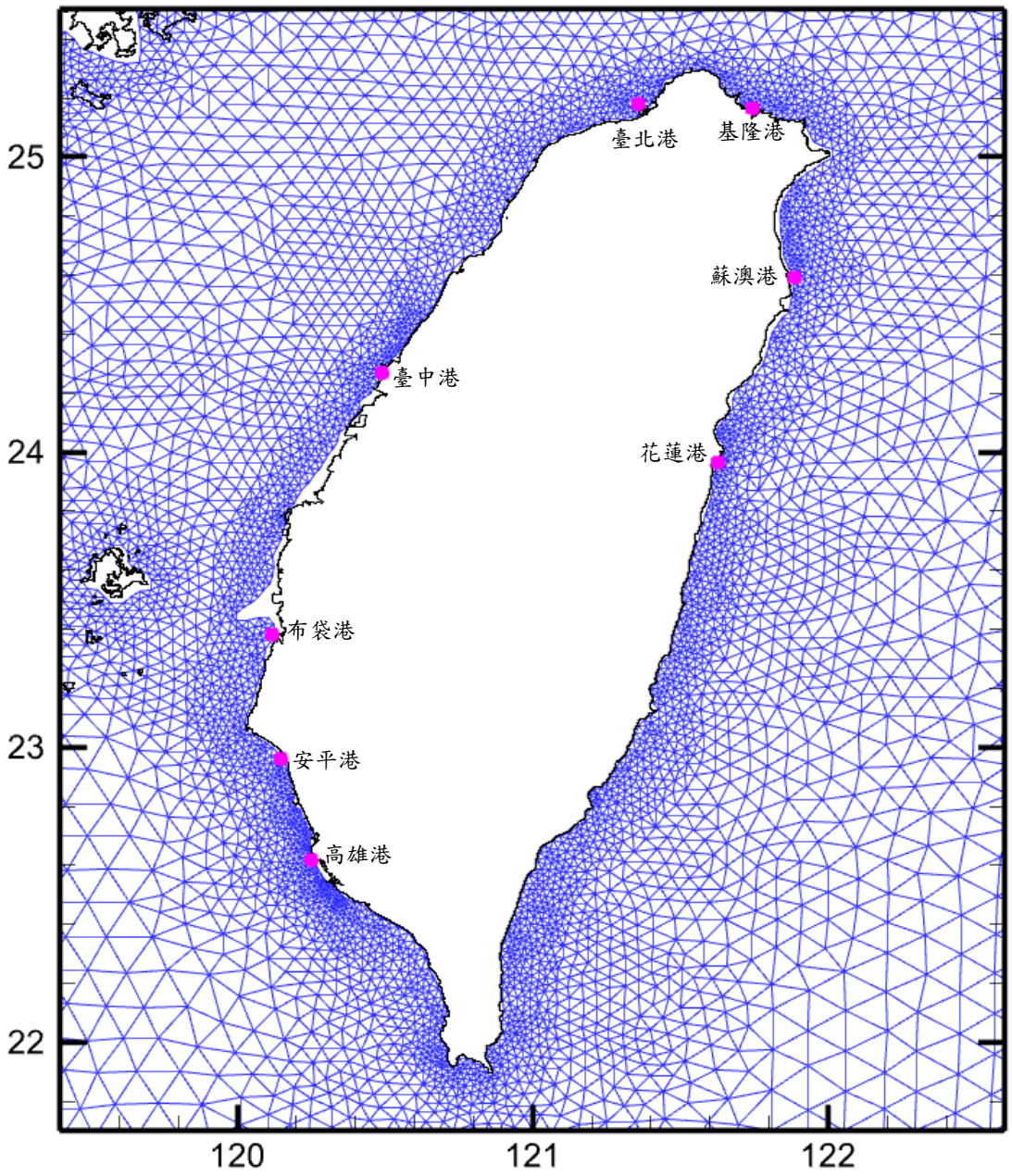


圖 4.4 臺海暴潮模組主要商港水位模擬檢核點位置圖

4.1.2 臺灣周圍海域潮位觀測

運技中心在花蓮港、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 4.5 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，本年度蒐集運技中心 2024 年逐時潮位觀測資料辦理潮位統計及天文潮調和分析。

各港重要潮位如最高潮位、平均高潮位、平均潮位、平均低潮

位及最低潮位等統計特性，本計畫蒐集 2024 年觀測資料統計，如表 4-1 所列；其中花蓮港外港池潮位站(HLTD01)於康芮颱風期間，因東防波堤損壞導致潮位觀測受颱風波浪越波影響失真，因此改採用內港池潮位站(HLTD02)。各港最高潮位發生原因可區分為颱風侵臺及年度天文大潮等，如花蓮港最高潮位值發生於康芮颱風侵臺期間，蘇澳港、布袋港、安平港及高雄港等最高潮位值發生於凱米颱風侵臺期間；基隆港、臺北港及臺中港等港口最高潮位值發生於 9 月，判斷與年度天文大潮發生有關聯。本計畫彙整 2022-2024 年各港平均潮位統計值，如表 4-2 所列，表中各港歷年平均潮位之平均值，將做為本計畫修正各港潮位模擬預測值高程基準修正之依據。

針對各港逐時潮位則選取 2024 年 1 月 1 日 0 時至 2024 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 2024 年天文潮調和常數(詳附錄三)。各港天文潮潮位調和分析值與觀測值間之均方根誤差分析成果，如表 4-3 所列；表中各港 2024 年整體觀測值與調和分析值間均方根誤差值介於 0.058m~0.094m，顯示歷年年均方根誤差值均相近似。各港 2024 年天文潮調和分析值與觀測值之歷線比較，如圖 4.6~圖 4.13 所示。

本計畫依據 2024 年各港天文潮調和常數，預測 2025 年各港逐時天文潮潮位值，如圖 4.14~圖 4.21 所示；2025 年各港年度天文潮最大預測值及發生日期，如表 4-4 所列。前述天文潮預測資料除了提供「港灣環境資訊網」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 4-1 2024 年各港逐時潮位資料之平均潮位高程表

	花蓮港[*1] (m)	蘇澳港 (m)	基隆港 (m)	臺北港 (m)	臺中港 (m)	布袋港 (m)	安平港 (m)	高雄港 (m)
最高潮位	1.417[*2]	1.298[*3]	0.903[*4]	2.145[*4]	3.241[*4]	1.976[*3]	1.449[*3]	1.326[*3]
平均高潮位	0.639	0.573	0.412	1.317	2.130	1.120	0.660	0.614
平均潮位	0.171	0.112	0.108	0.144	0.242	0.374	0.339	0.321
平均低潮位	-0.289	-0.341	-0.177	-0.998	-1.644	-0.304	0.030	0.045
最低潮位	-1.001	-1.100	-1.057	-2.118	-3.027	-1.199	-0.609	-0.387
平均潮差	0.928	0.914	0.589	2.315	3.774	1.424	0.631	0.569
最大潮差	2.239	2.035	1.638	3.881	5.890	2.702	1.725	1.456
觀測資料數	8782	8781	8784	8783	8784	8784	8784	8784

*1：採用內港池潮位站HLTD02，2025年7月潮位站控制點高程檢測成果顯示0403地震後控制點高程上升0.567m，並據此校修0403地震後潮位觀測資料。
*2：康芮颱風侵臺期間(10月)
*3：凱米颱風侵臺期間(7月)
*4：年度天文大潮期間(9月)

表 4-2 2022-2024 年各港逐時潮位資料之平均潮位高程表

	花蓮港 (m)	蘇澳港 (m)	基隆港 (m)	臺北港 (m)	臺中港 (m)	布袋港 (m)	安平港 (m)	高雄港 (m)
2024 年	0.171	0.112	0.108	0.144	0.242	0.374	0.339	0.321
2023 年	0.161	0.113	0.082	0.108	0.223	0.345	0.317	0.315
2022 年	0.165	0.131	0.103	0.080	0.253	0.347	0.361	0.348
平均值	0.166	0.119	0.098	0.111	0.239	0.355	0.339	0.328

表 4-3 各港潮位觀測值與天文潮潮位分析值之年均方根誤差

年	花蓮港 (m)	蘇澳港 (m)	基隆港 (m)	臺北港 (m)	臺中港 (m)	布袋港 (m)	安平港 (m)	高雄港 (m)
2024 年	0.062	0.058	0.069	0.086	0.094	0.079	0.066	0.062
2023 年	0.060	0.058	0.074	0.088	0.092	0.076	0.063	0.064
2022 年	0.067	0.062	0.078	0.110	0.088	0.069	0.058	0.054
2021 年	0.068	0.064	0.076	0.088	0.092	0.071	0.059	0.058

表 4-4 2025 年各港年度天文潮最大預測值及發生日期表

	花蓮港 (m)	蘇澳港 (m)	基隆港 (m)	臺北港 (m)	臺中港 (m)	布袋港 (m)	安平港 (m)	高雄港 (m)
天文大潮	1.123	1.096	0.799	2.029	3.146	1.630	1.057	1.065
發生日期	09/08	09/08	08/20	10/09	09/09	09/08	09/07	07/25

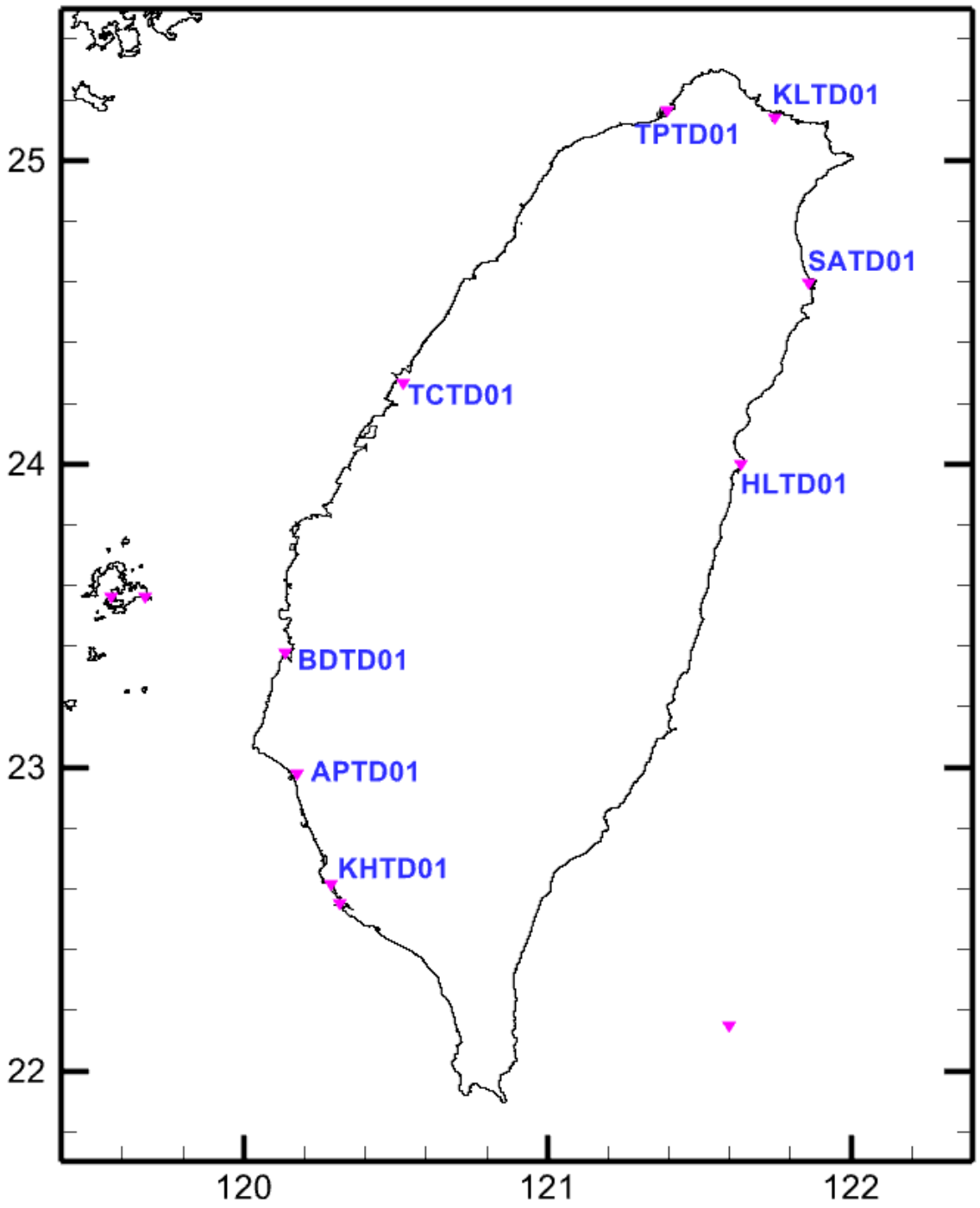


圖 4.5 本計畫系統校驗之潮位站位置示意圖

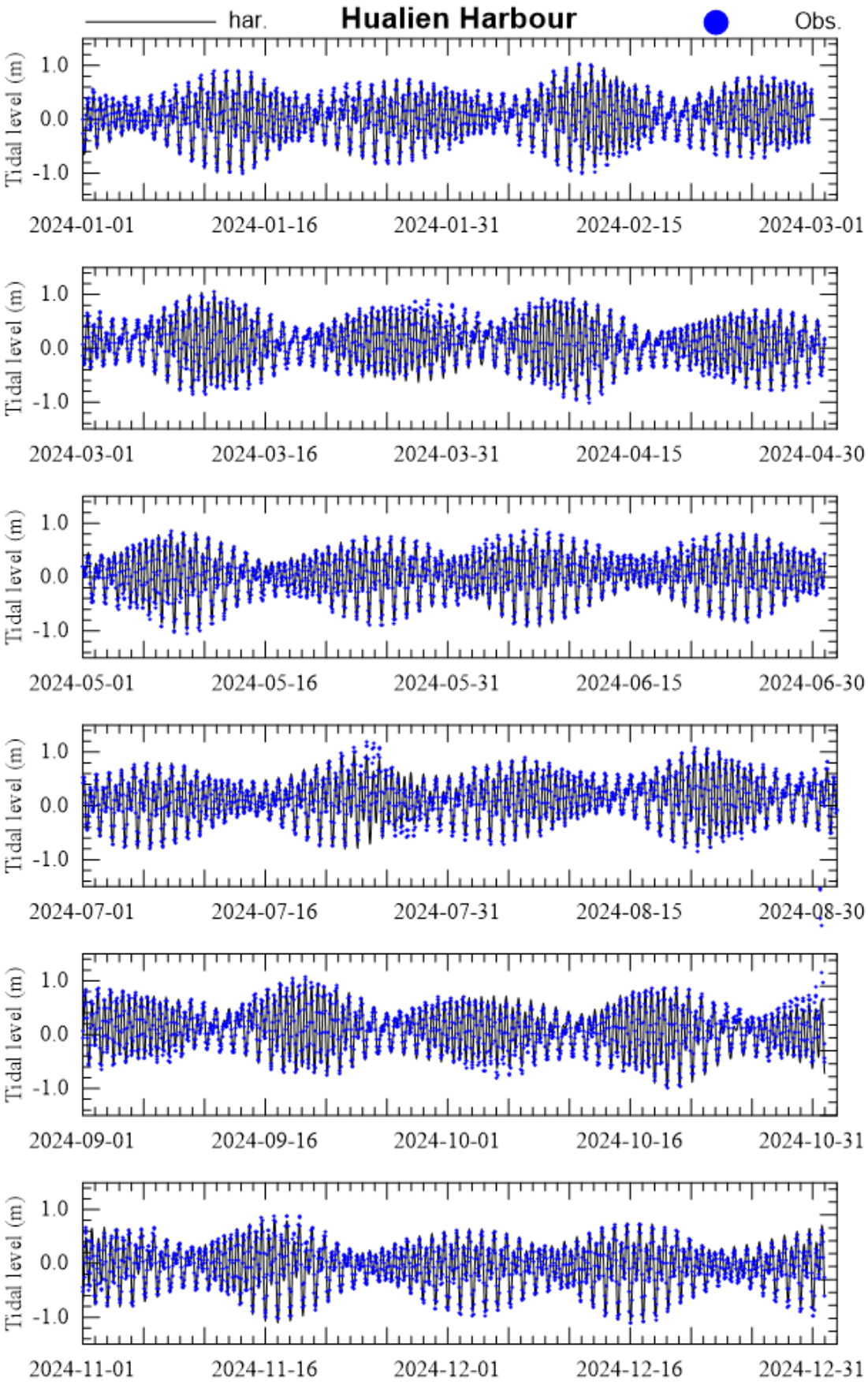


圖 4.6 花蓮港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

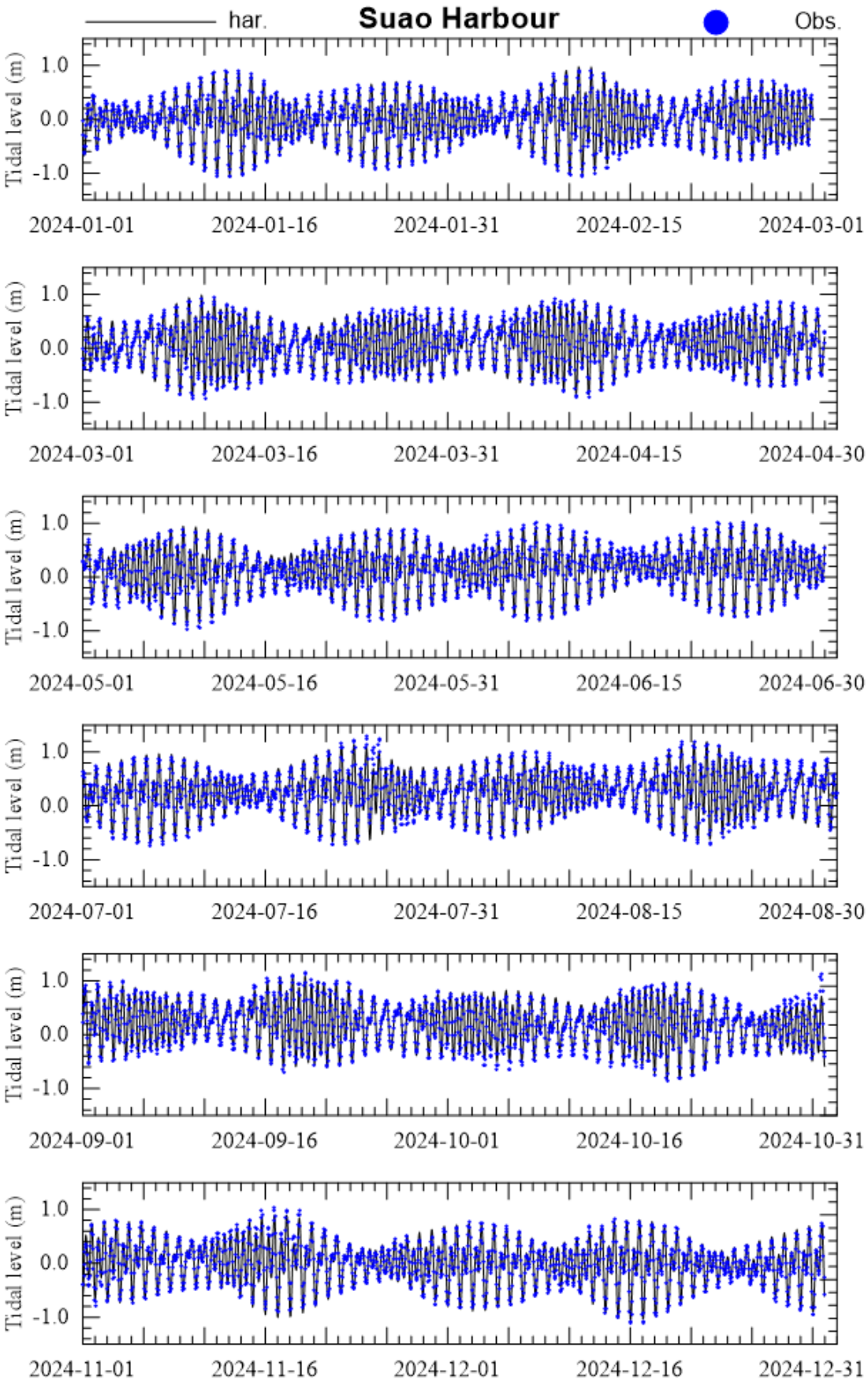


圖 4.7 蘇澳港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

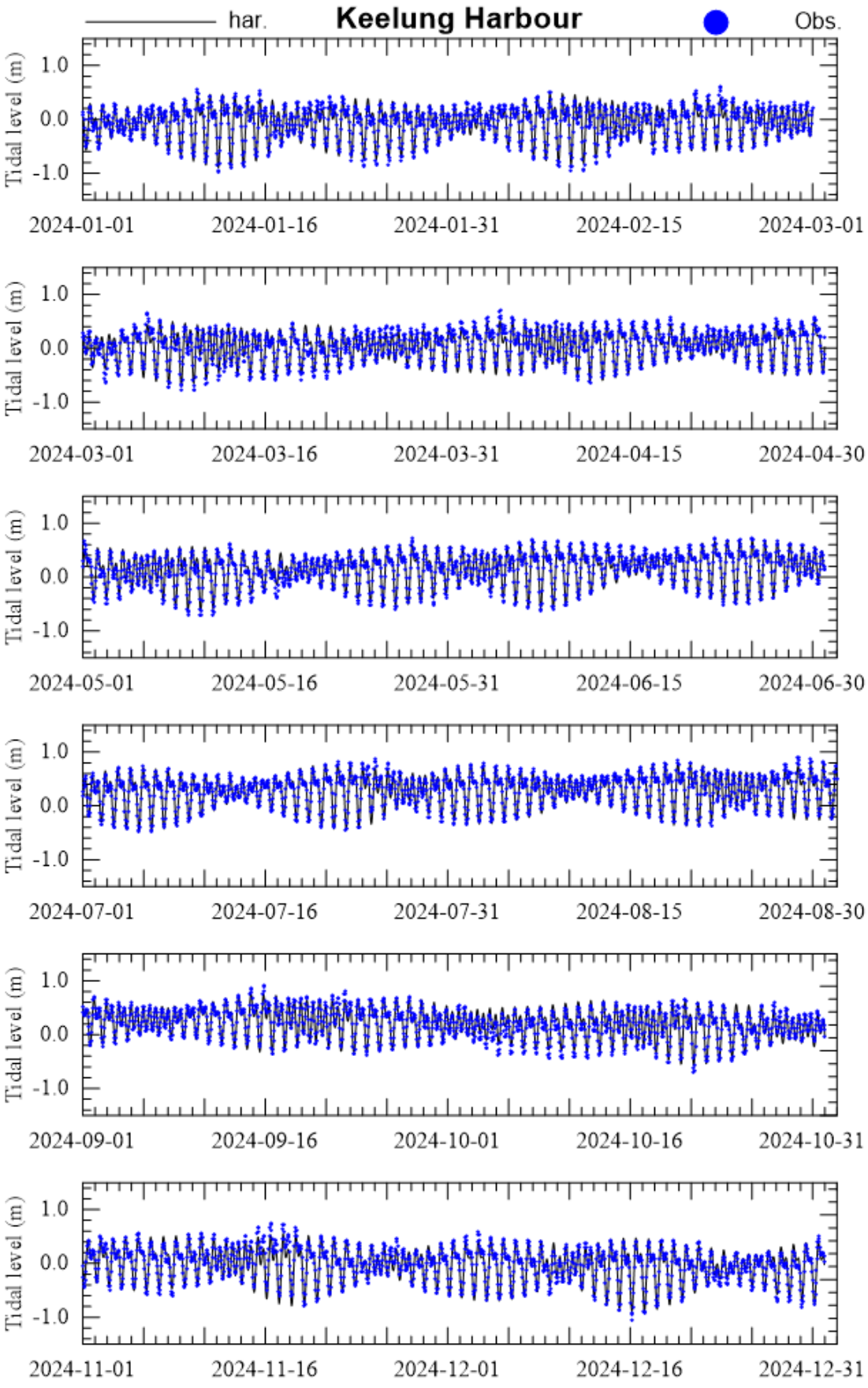


圖 4.8 基隆港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

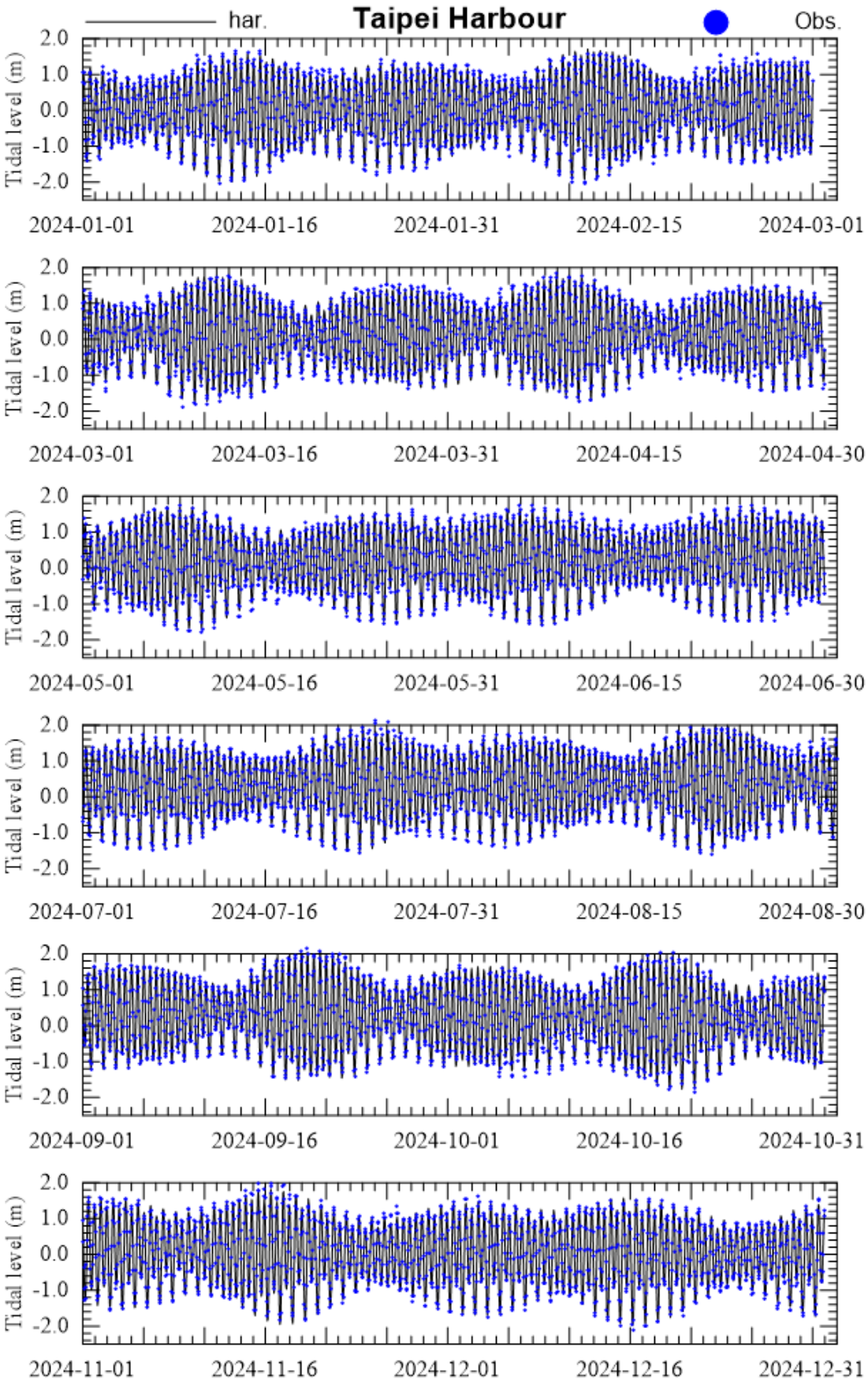


圖 4.9 臺北港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

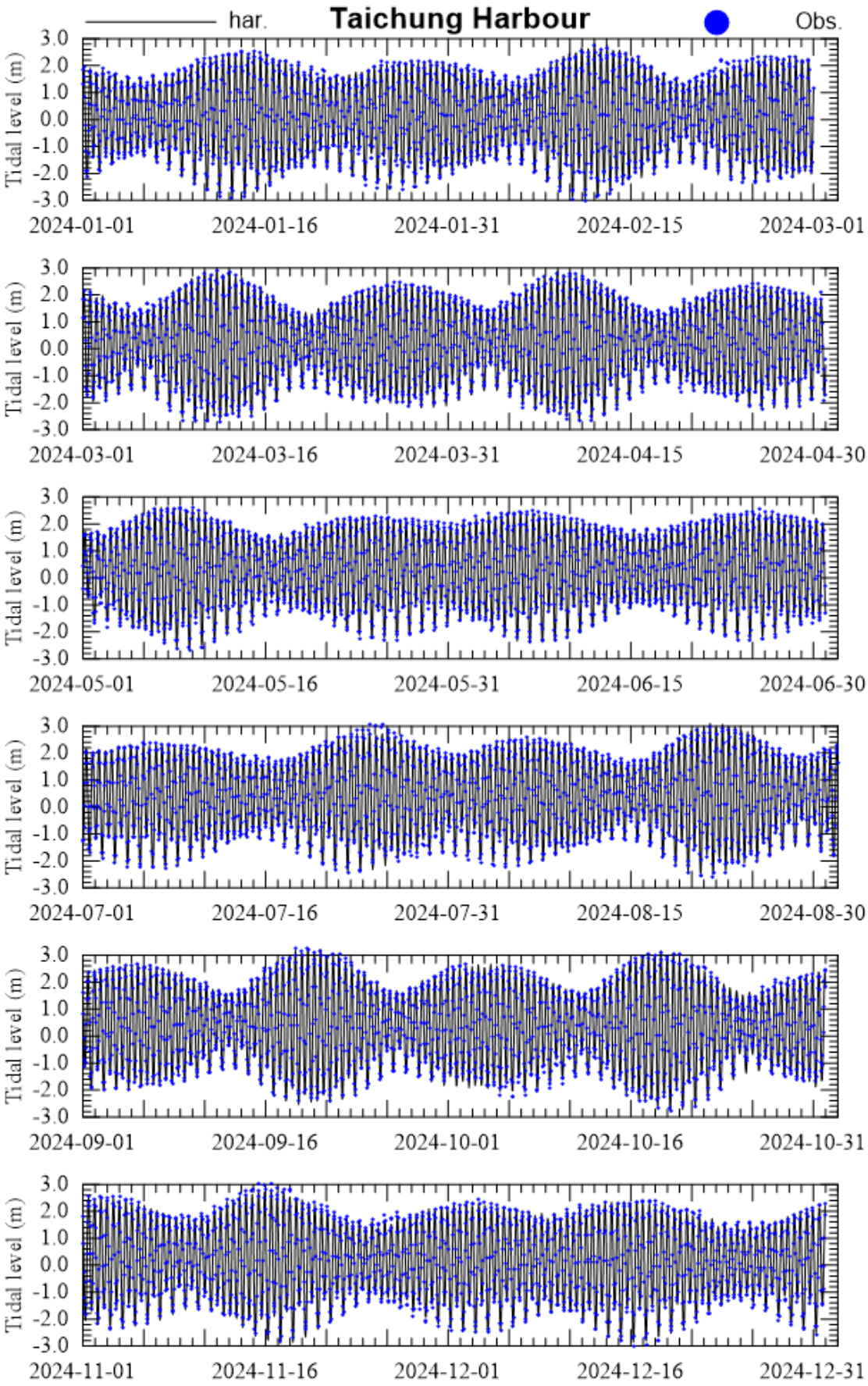


圖 4.10 臺中港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

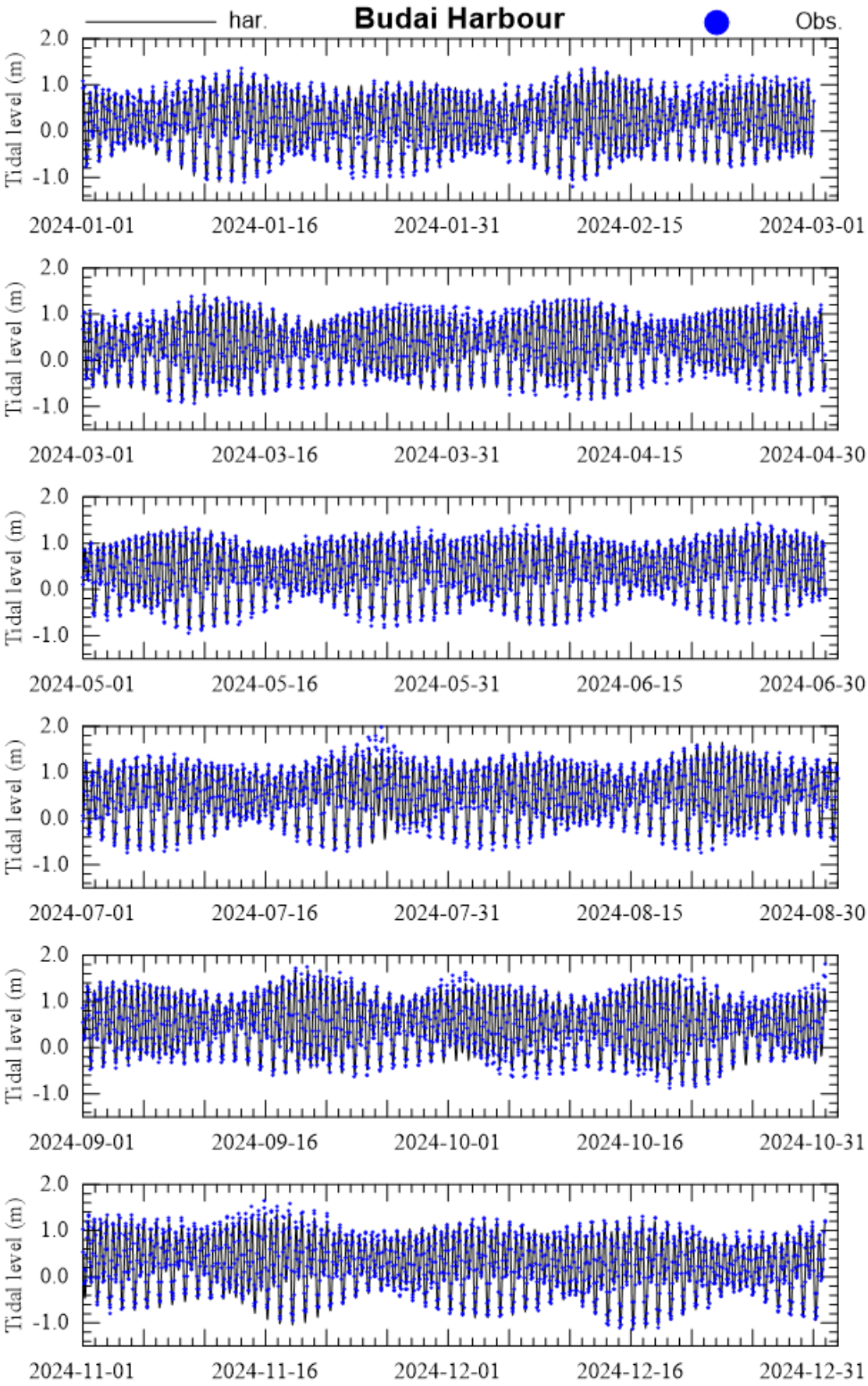


圖 4.11 布袋港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

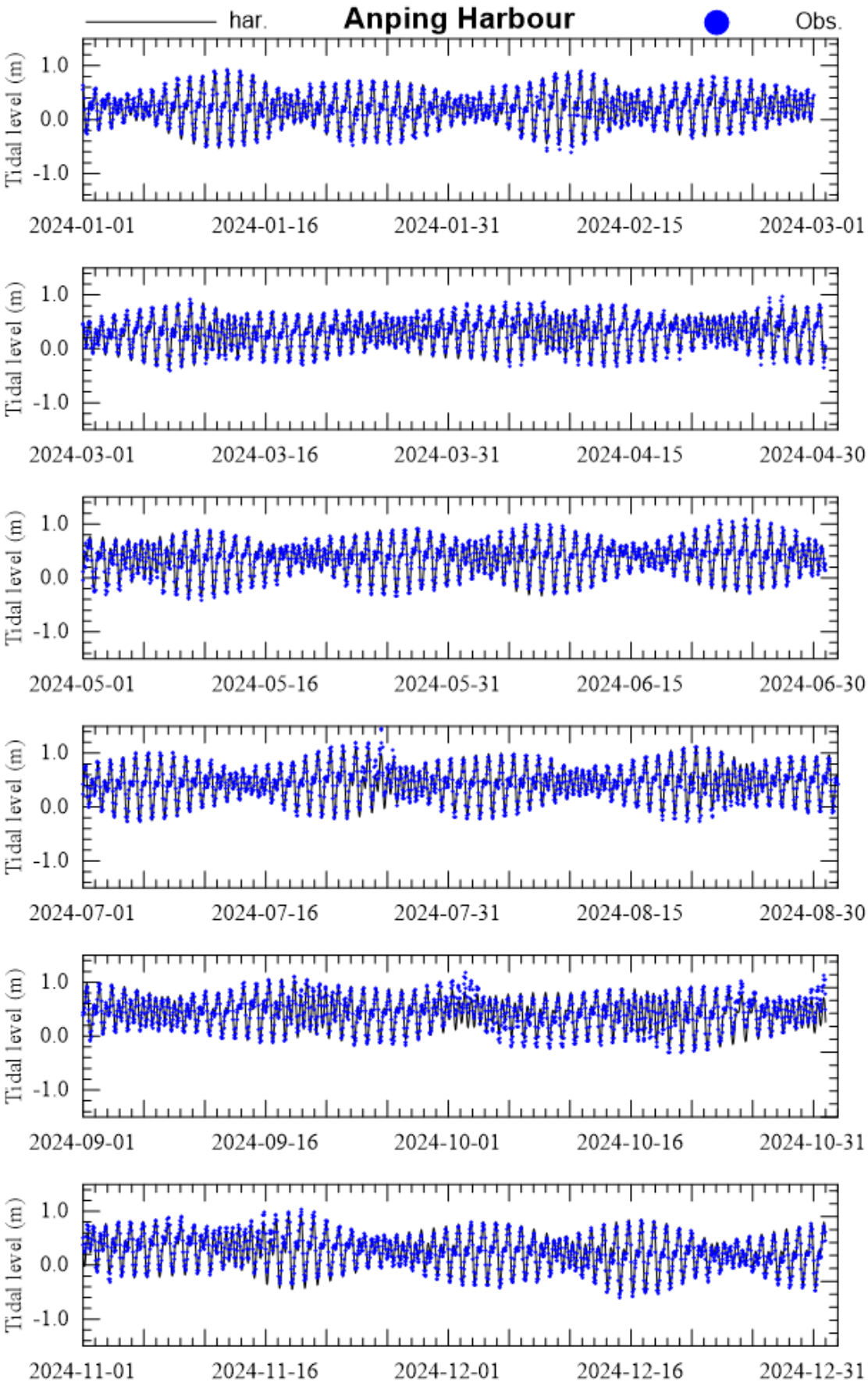


圖 4.12 安平港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

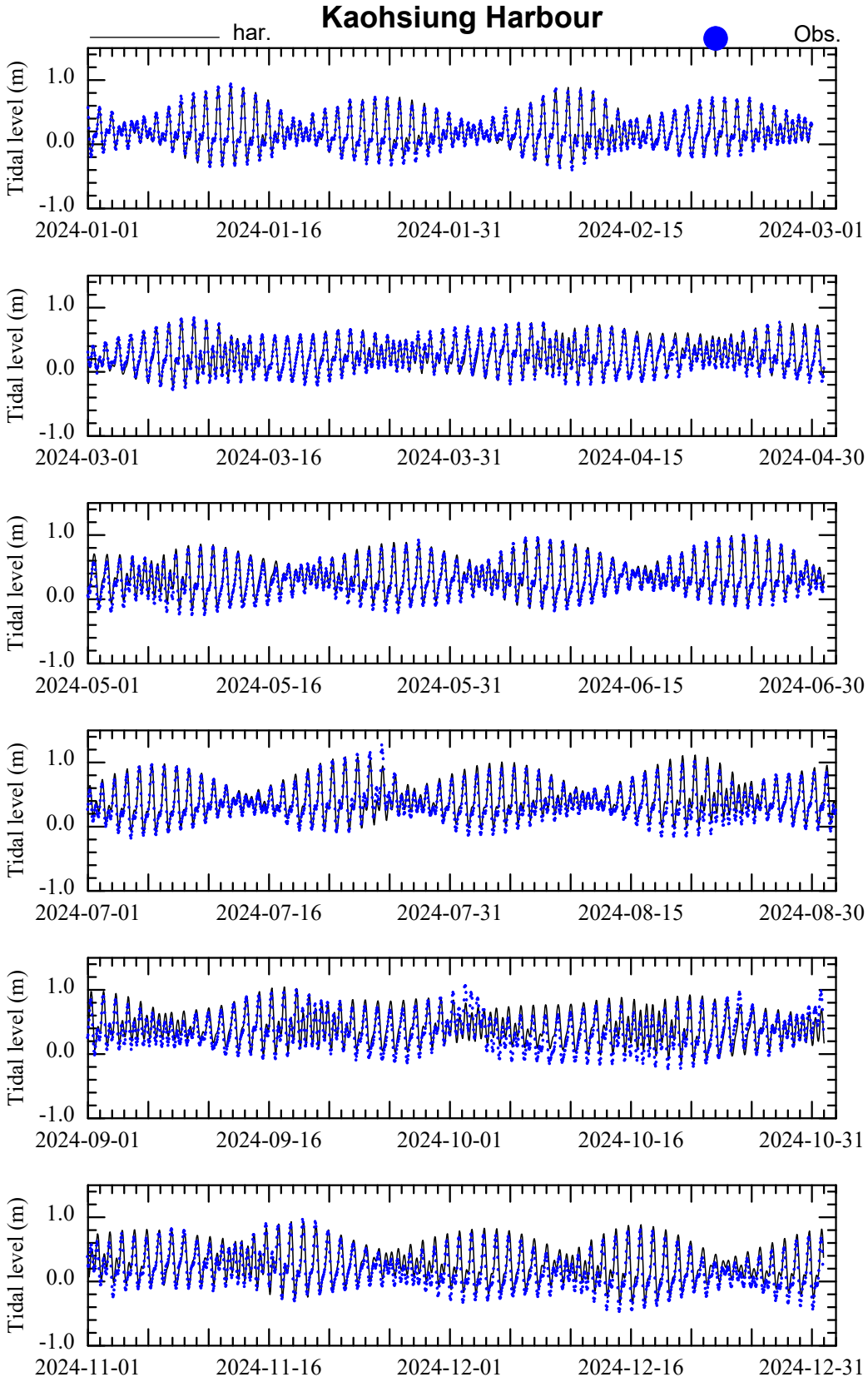


圖 4.13 高雄港 2024 年天文潮調和分析預測值與觀測值比對圖

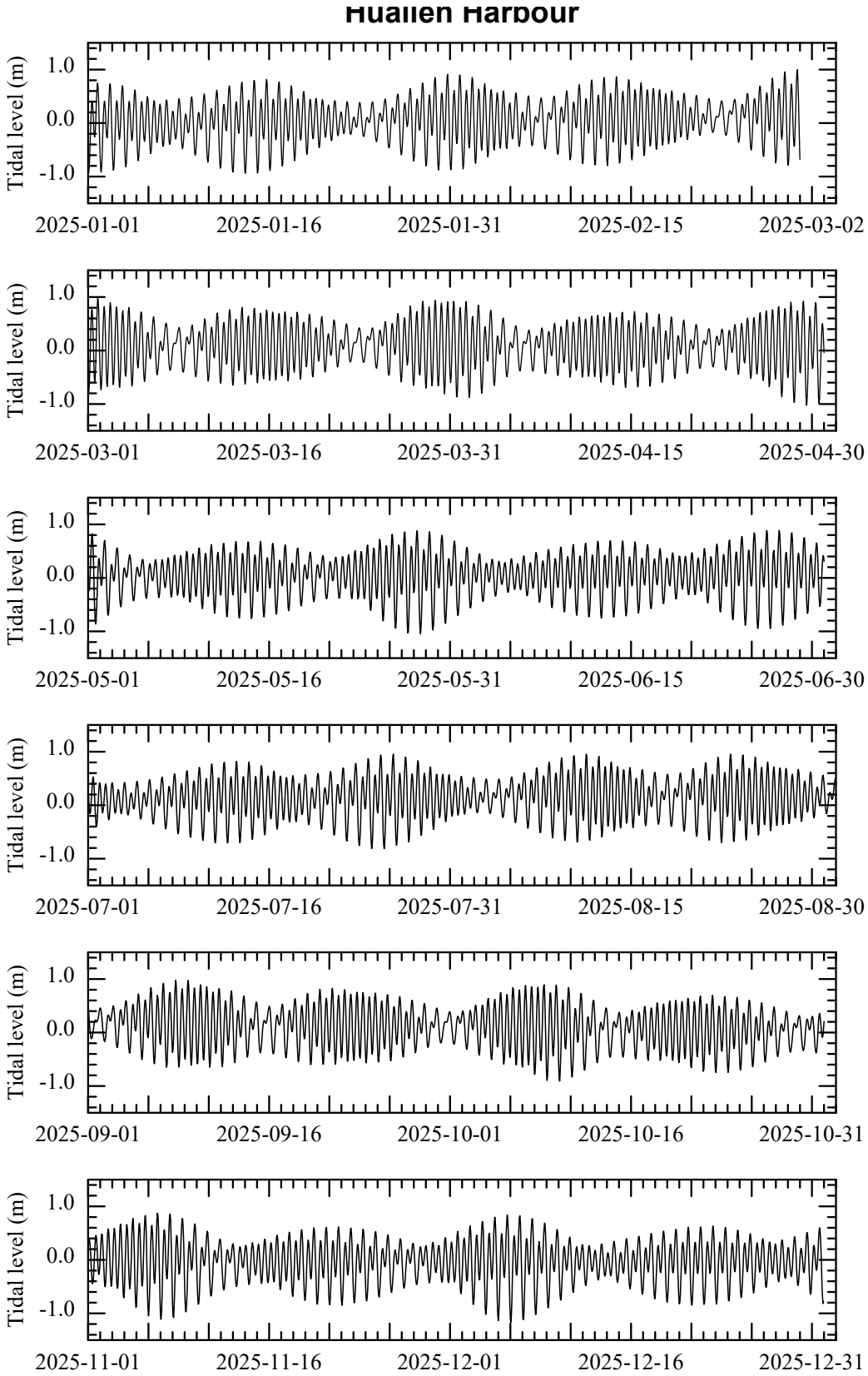


圖 4.14 花蓮港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖

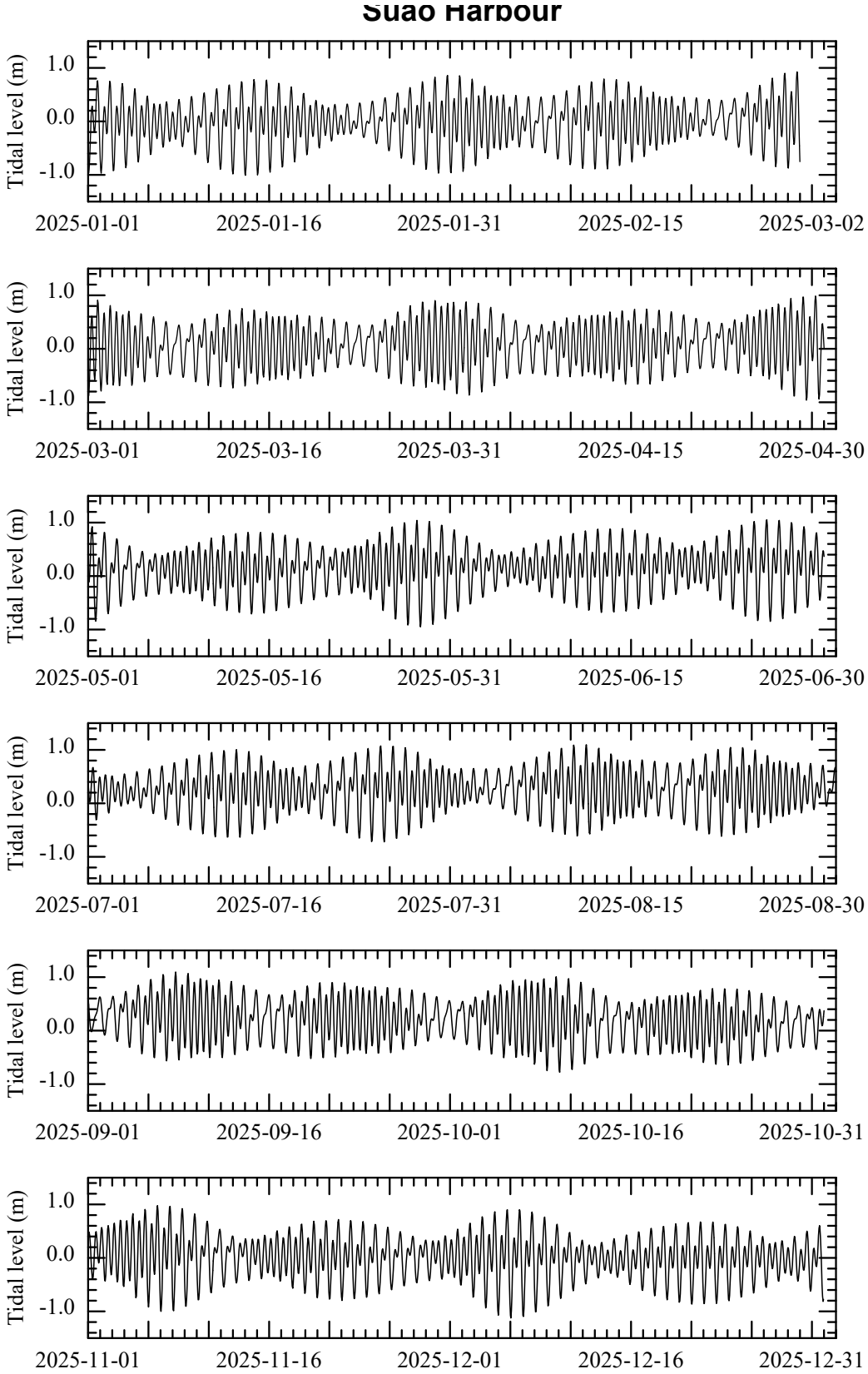


圖 4.15 蘇澳港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖

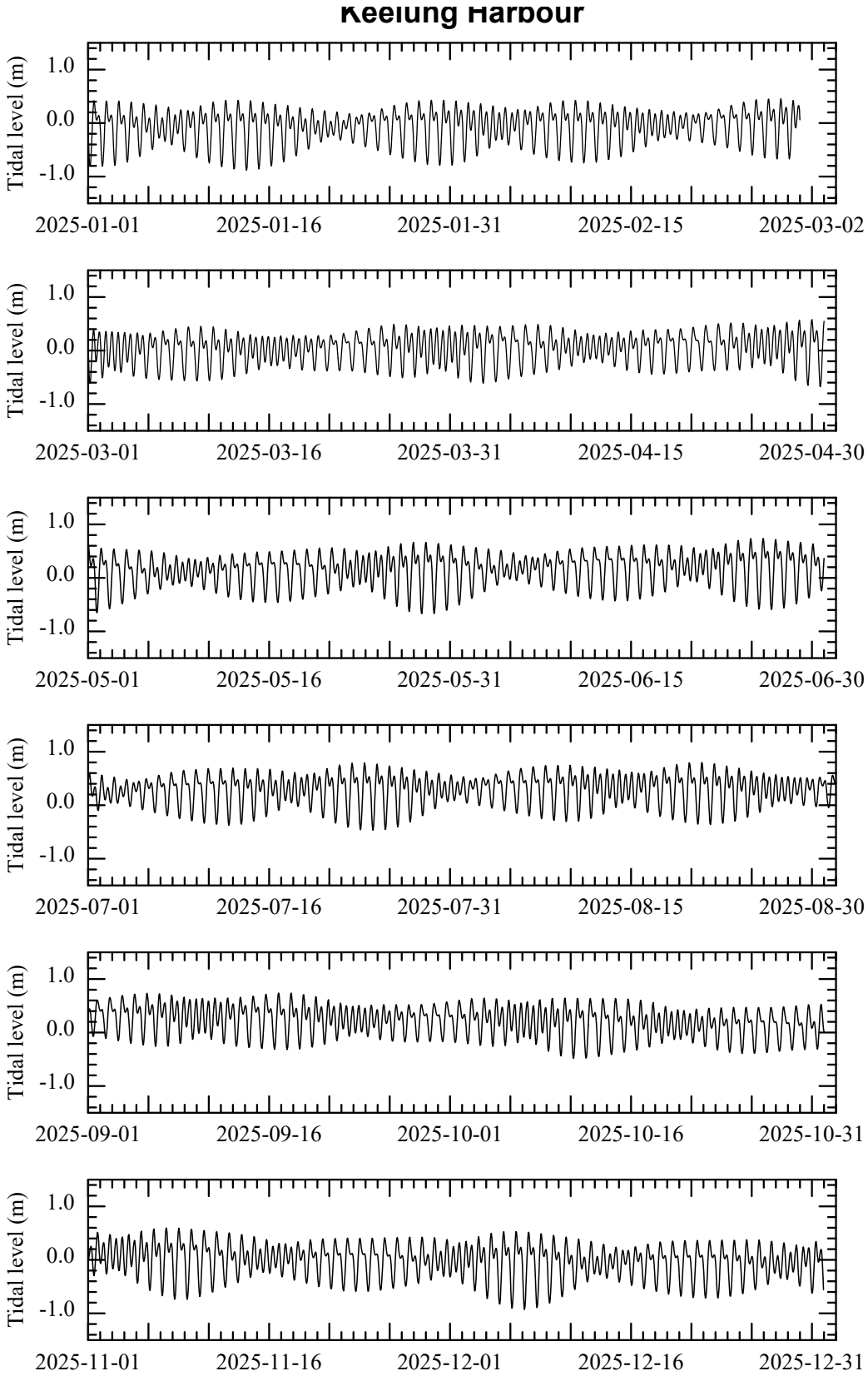


圖 4.16 基隆港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖

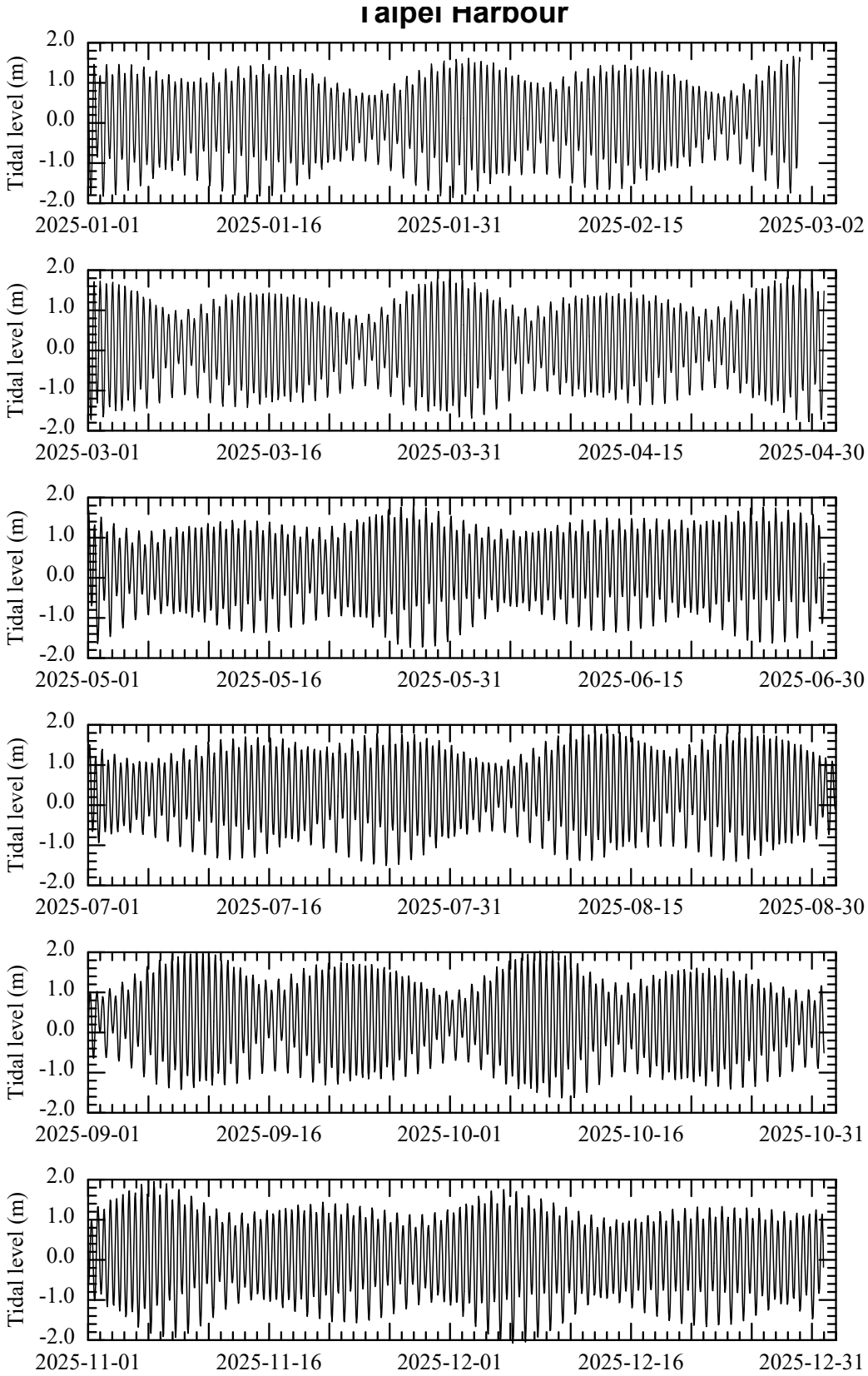


圖 4.17 臺北港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖

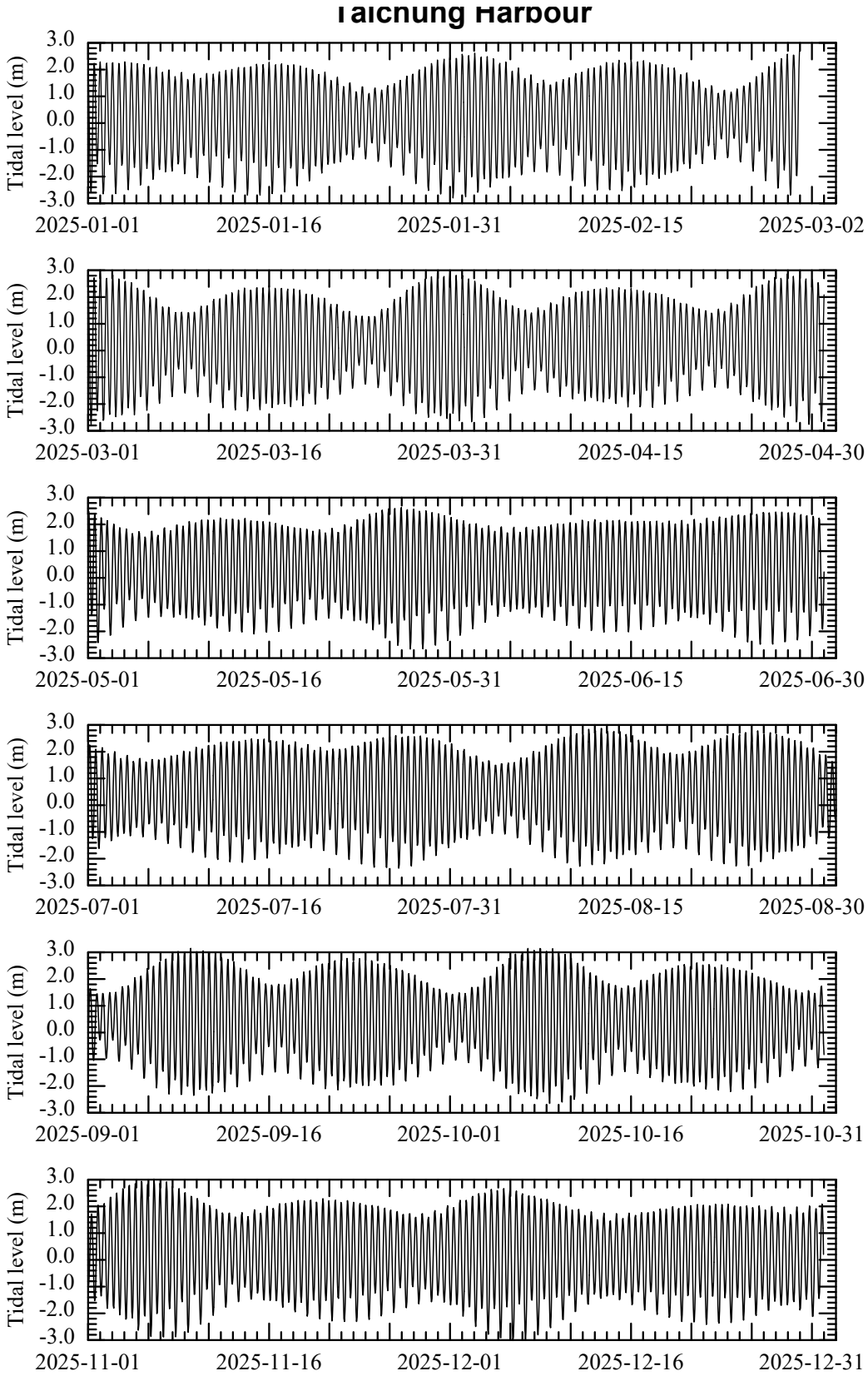


圖 4.18 臺中港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖

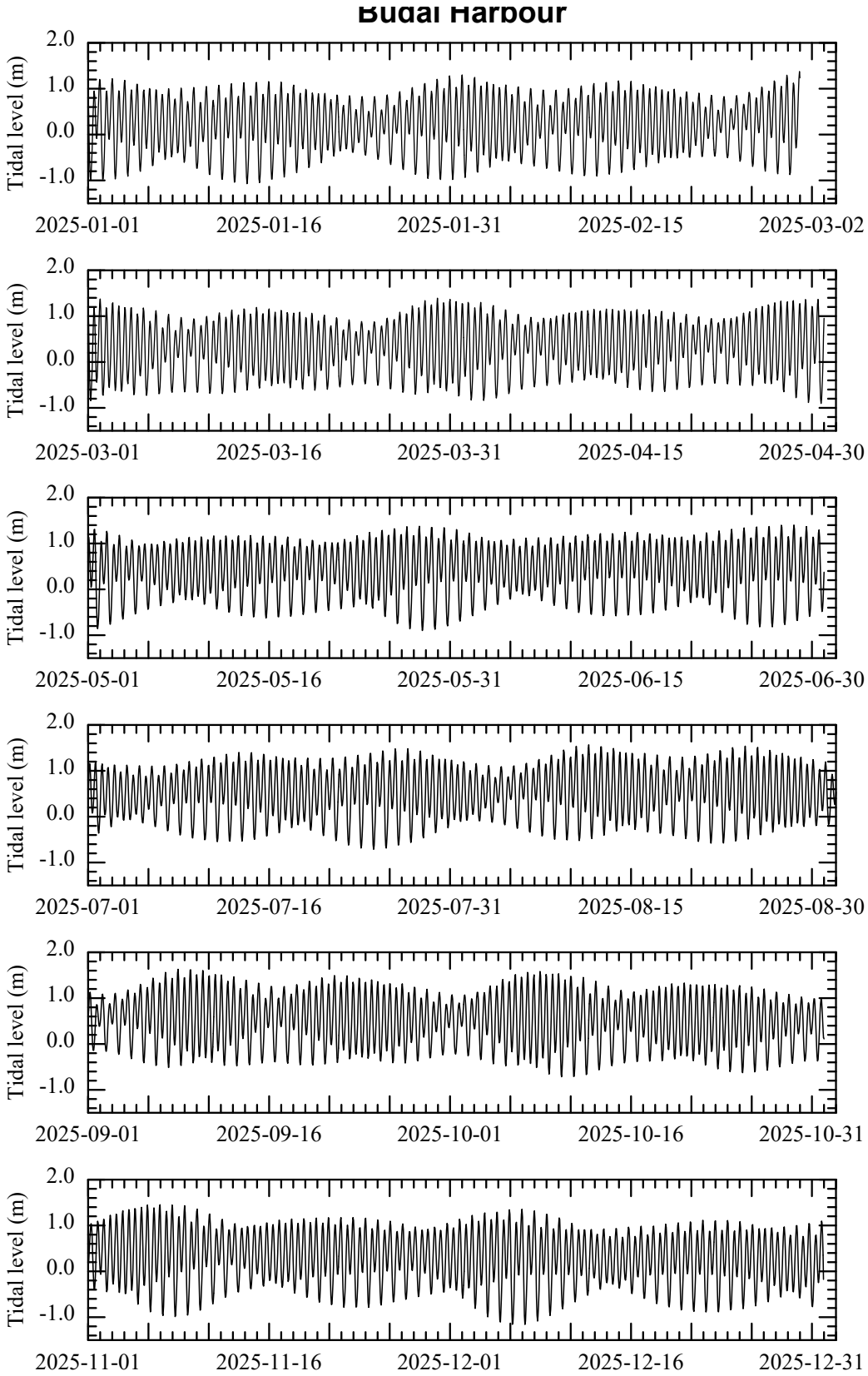


圖 4.19 布袋港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖

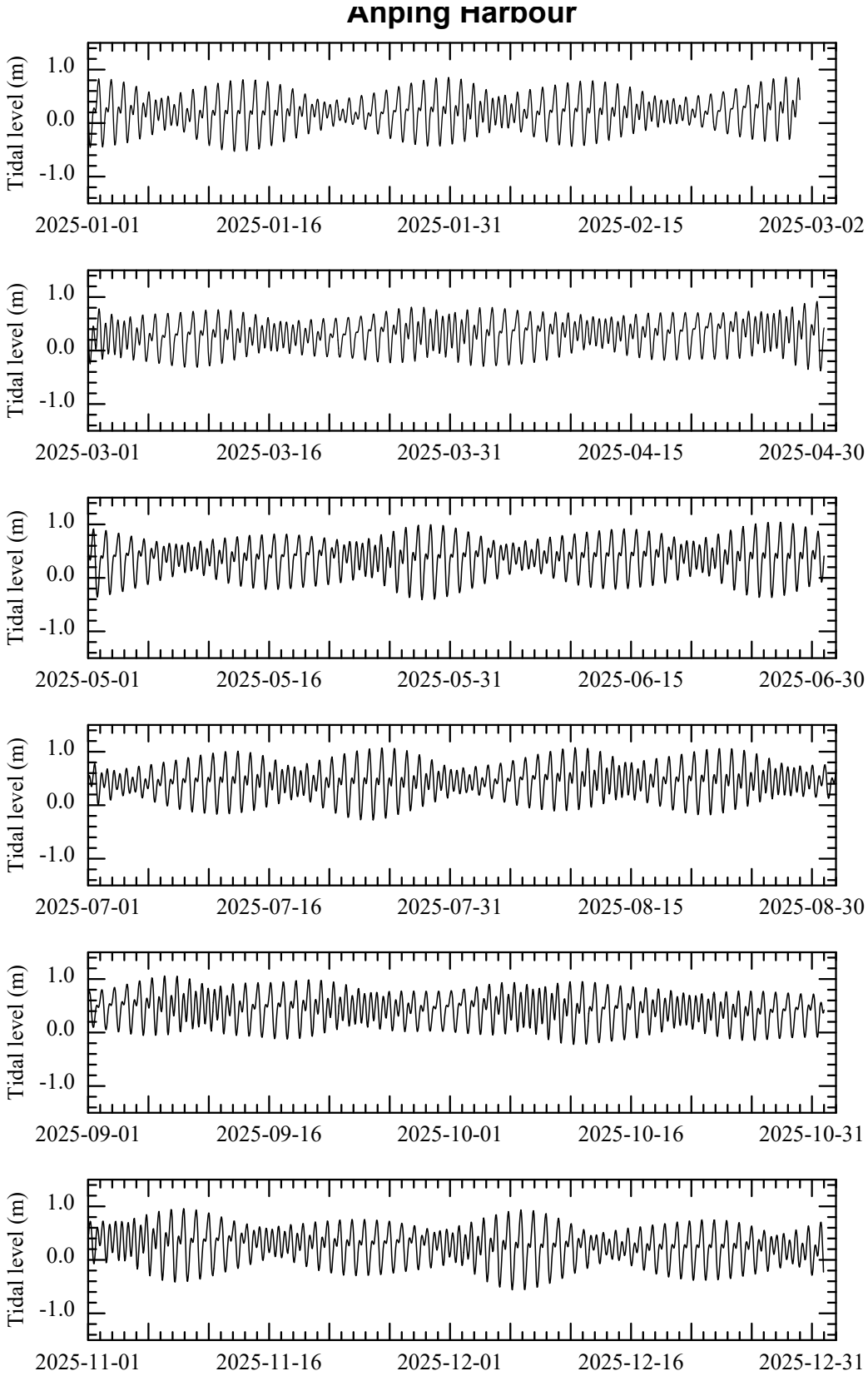


圖 4.20 安平港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖

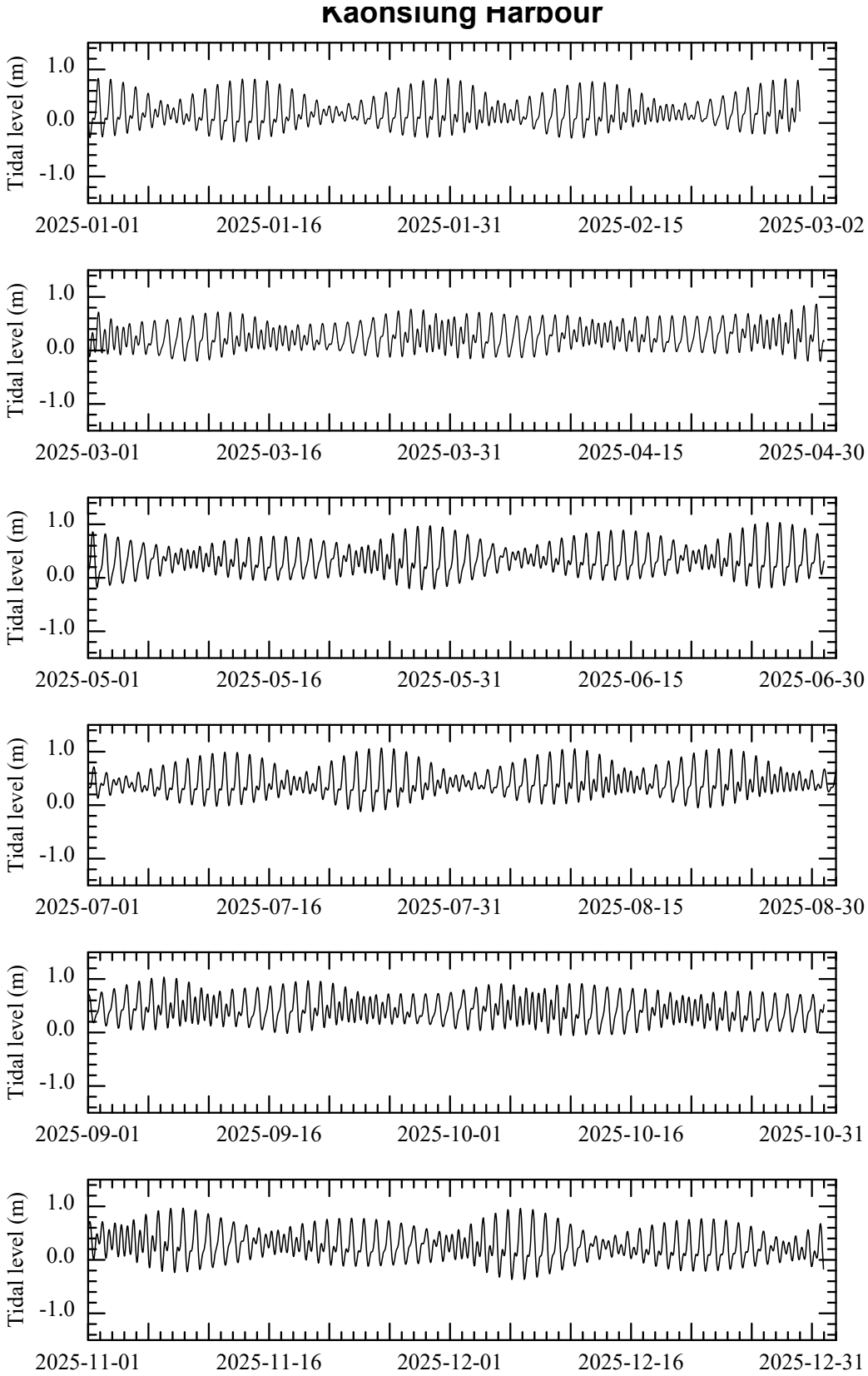


圖 4.21 高雄港 2025 年天文潮預測值逐時歷線圖

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。針對潮位觀測值之暴潮偏差分析，本計畫依分析方法區分為觀測值及預測值，分別定義如下：

(1)暴潮偏差觀測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，係採用當年度潮位觀測值經調和分析法得到該年度之天文潮分析值；

(2)暴潮偏差觀測預測值定義為颱風侵臺期間，本計畫利用潮位觀測值與天文潮預測值計算之差值，此處天文潮預測值，係指利用前一年度觀測潮位之天文潮調和常數(即分潮振幅及相位角)預測當年度天文潮預測值。

1. 2024 年暴潮偏差觀測分析值

2024 年氣象署發布侵臺警報之颱風資料，如表 4-5 所列，計有 202403 強烈颱風凱米(GAEMI)、202418 強烈颱風山陀兒(KRATHON)、202421 強烈颱風康芮(KONG-REY)、202425 中度颱天兔(USAGI)等 4 個；上述颱風行進路徑詳參圖 4.22 至圖 4.25 所示，其中凱米颱風侵臺路徑為第 2 類，通過臺灣北部向西或西北進行者；山陀兒颱風侵臺路徑為第 7 類，沿臺灣西岸或臺灣海峽北上者；康芮颱風侵臺路徑為第 3 類，通過臺灣中部向西或西北進行者；天兔颱風侵臺路徑屬於特殊路徑。

本計畫利用 4.1.3 節各港 2024 年逐時潮位值及天文潮調和分析值計算二者偏差量，繪出各港強烈颱風凱米、山陀兒及康芮等颱風期間逐時潮位、天文潮及暴潮偏差量變化歷線，如圖 4.26 至圖 4.33 所示；其中花蓮港東防波堤延長段於康芮颱風期間遭巨浪衝毀，導致潮位站(HLTD01)觀測資料異常，因此本計畫改採用內港池潮位站(HLTD02)分析結果。針對颱風海上、陸

上警報發布期間，彙整出各港最大暴潮偏差觀測分析值如表 4-6 所列；表中“—”代表颱風期間暴潮不顯著，即暴潮偏差最大值小於 0.2m 門檻(臺中港門檻值為 0.3m)。由表 4-6 得知，凱米颱風侵臺期間最大暴潮偏差觀測分析值出現在布袋港 0.677m，山陀兒颱風侵臺期間最大暴潮偏差觀測分析值同樣出現在布袋港 0.429m，康芮颱風侵臺期間最大暴潮偏差觀測分析值出現在花蓮港 0.845m。

表 4-5 2024 年氣象署發布侵臺警報之颱風資訊表

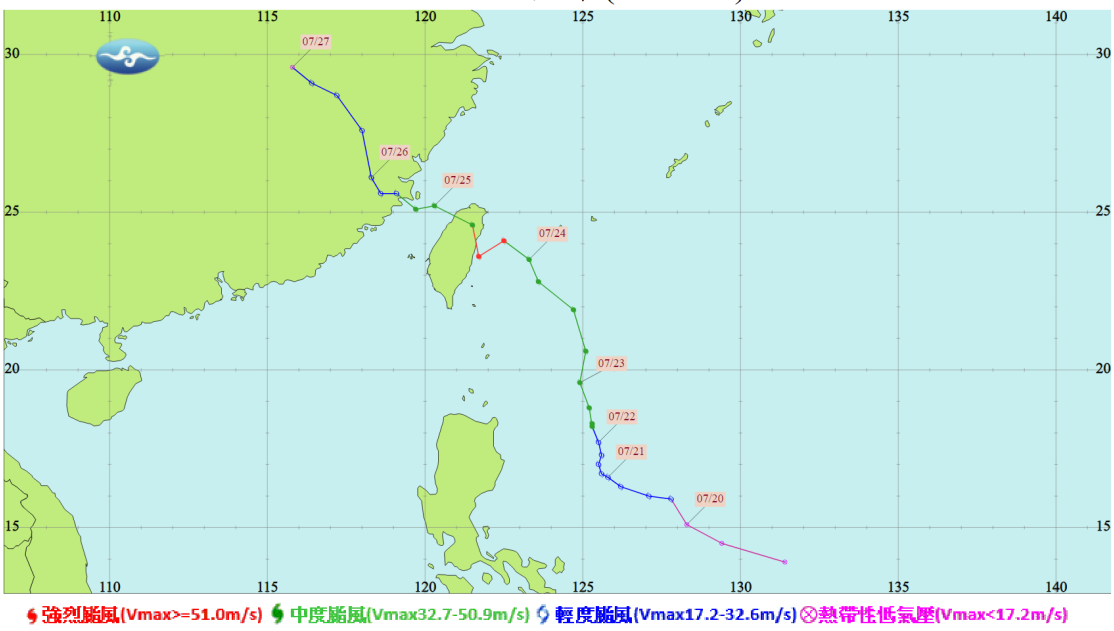
颱風編號	颱風名稱	警報期間	近臺強度	侵臺路徑	近臺中心最低氣壓(hPa)	近臺中心最大風速(m/s)	警報發布報數
2024 03	凱米	07/22～07/26	強烈	2	920	53	28
2024 18	山陀兒	09/29～10/04	強烈	7	910	55	40
2024 21	康芮	10/29～11/01	強烈	3	915	53	24
2024 25	天兔	11/14～11/16	中度	---	945	45	19

表 4-6 2024 年颱風期間各港最大暴潮偏差觀測分析值表

颱風名稱 / 港口	暴潮偏差最大值 (m)			
	凱米	山陀兒	康芮	天兔
安平港	0.552	0.408	0.436	0.224
布袋港	0.677	0.429	0.536	—*1
花蓮港	0.574	—	0.845*2	—
高雄港	0.424	0.393	0.367	0.220
基隆港	0.284	—	—	—
蘇澳港	0.434	—	0.450	—
臺中港	—	0.362	0.527	—
臺北港	0.361	—	—	—

*1：代表暴潮不顯著，即暴潮偏差最大值小於0.2m(臺中港小於0.3m)
*2：採用花蓮港內港池HLTD02潮位觀測資料分析

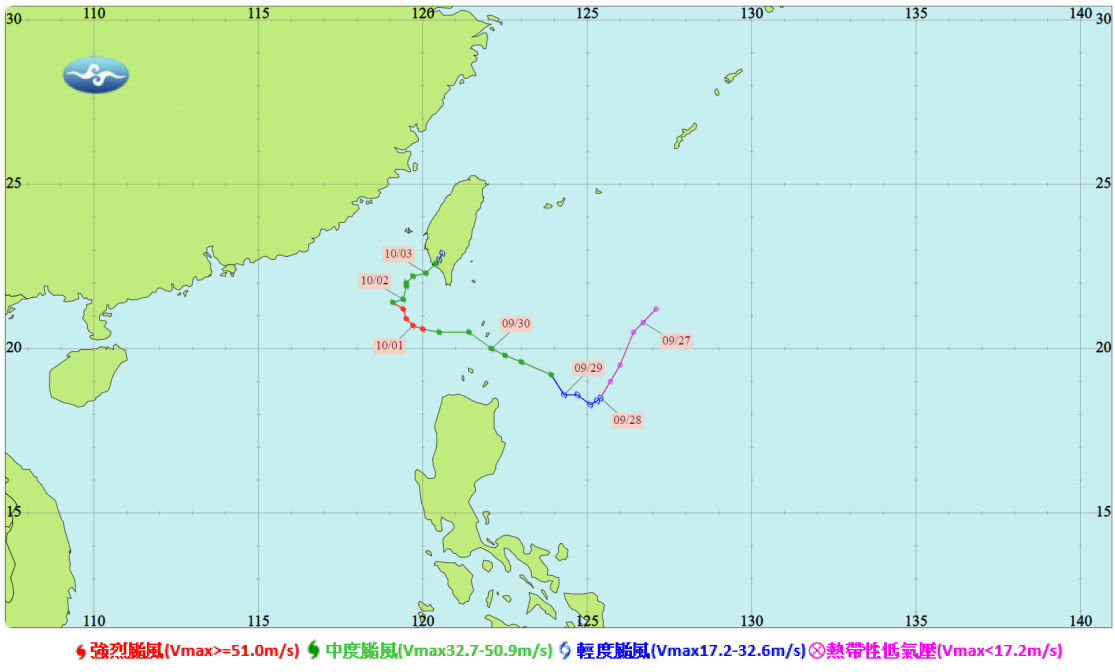
202403 凱米(GAEMI)



(來源:中央氣象署網站颱風資料庫)

圖 4.22 2024 年強烈颱風凱米行進路徑圖

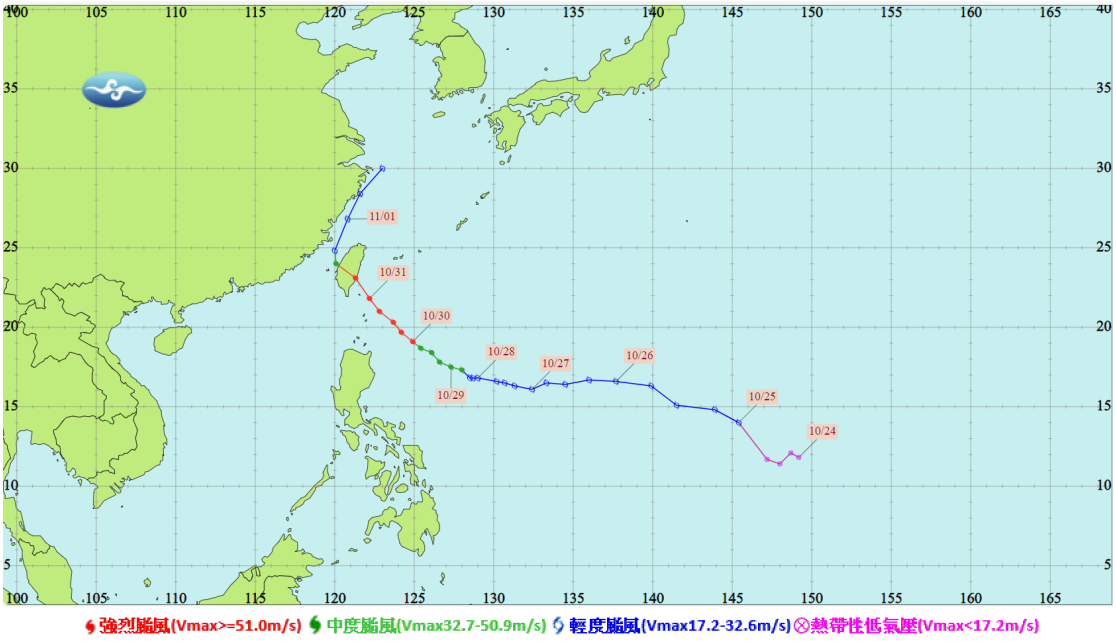
202418 山陀兒(KRATHON)



(來源:中央氣象署網站颱風資料庫)

圖 4.23 2024 年強烈颱風山陀兒行進路徑圖

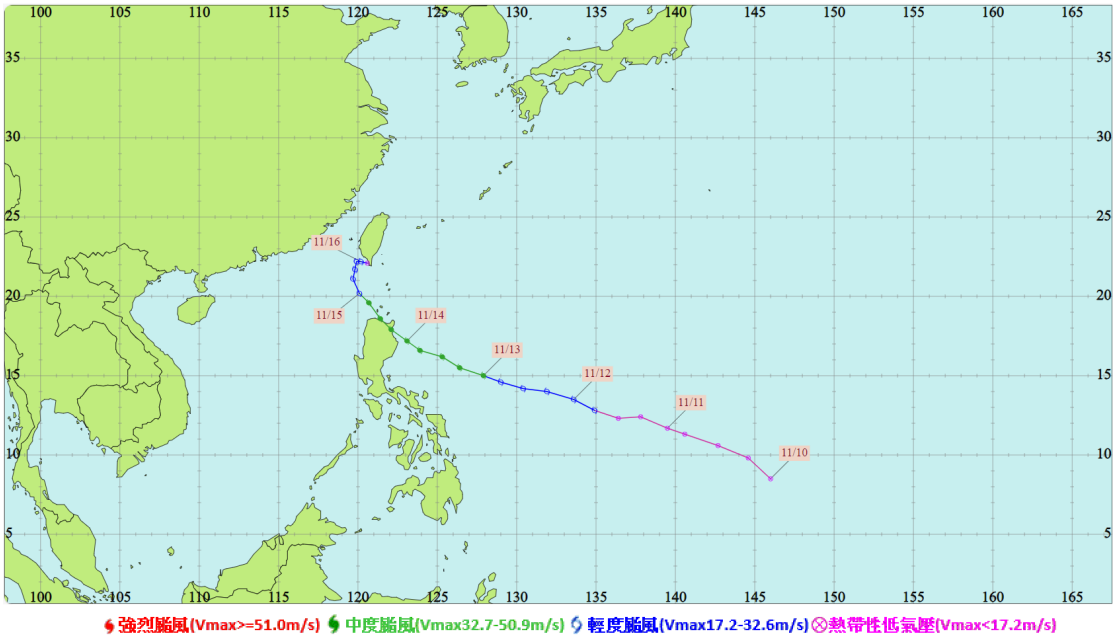
202421 康芮(KONG-REY)



(來源:中央氣象署網站颱風資料庫)

圖 4.24 2024 年強烈颱風康芮行進路徑圖

202425 天兔(USAGI)



(來源:中央氣象署網站颱風資料庫)

圖 4.25 2024 年中度颱風天兔行進路徑圖

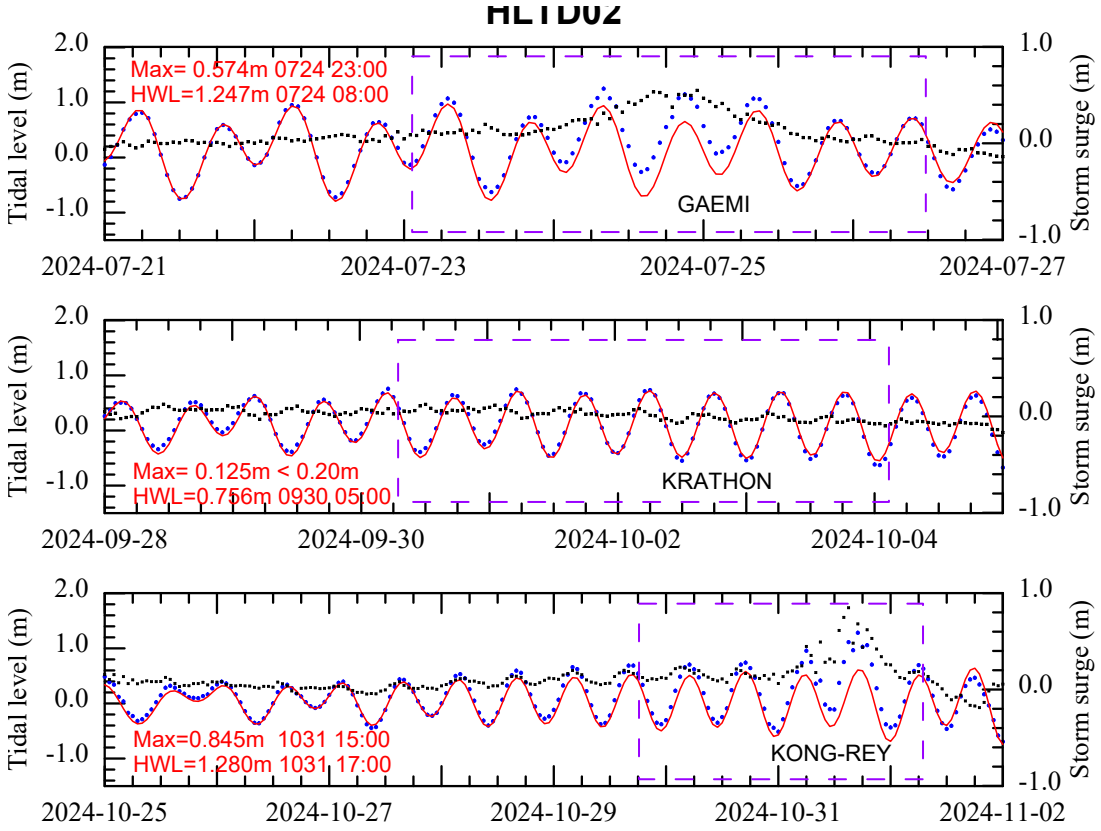


圖 4.26 花蓮港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖

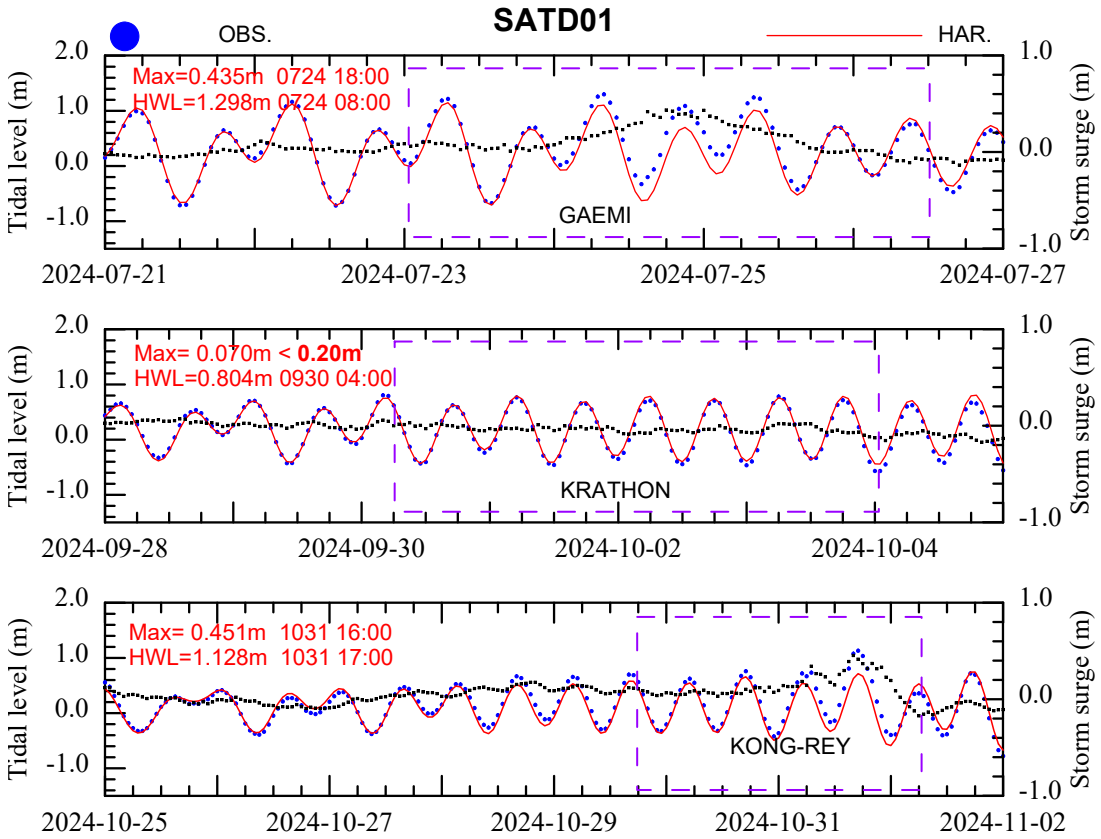


圖 4.27 蘇澳港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖

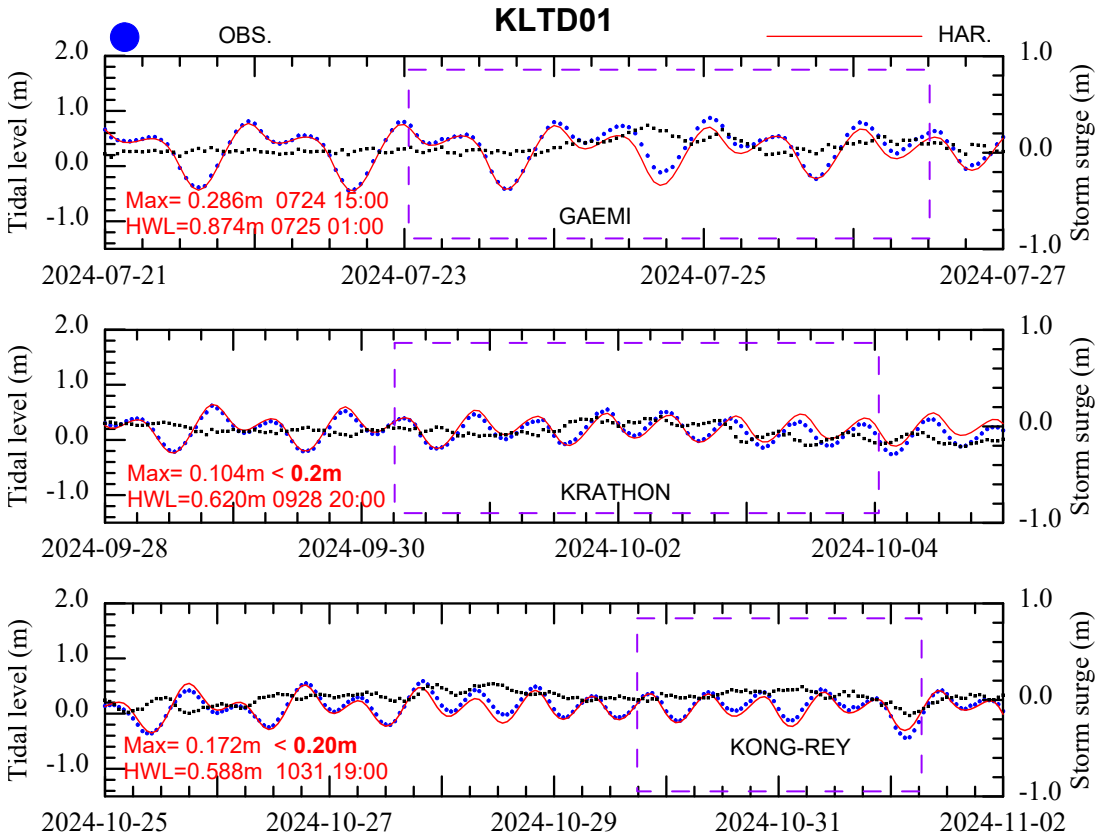


圖 4.28 基隆港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖

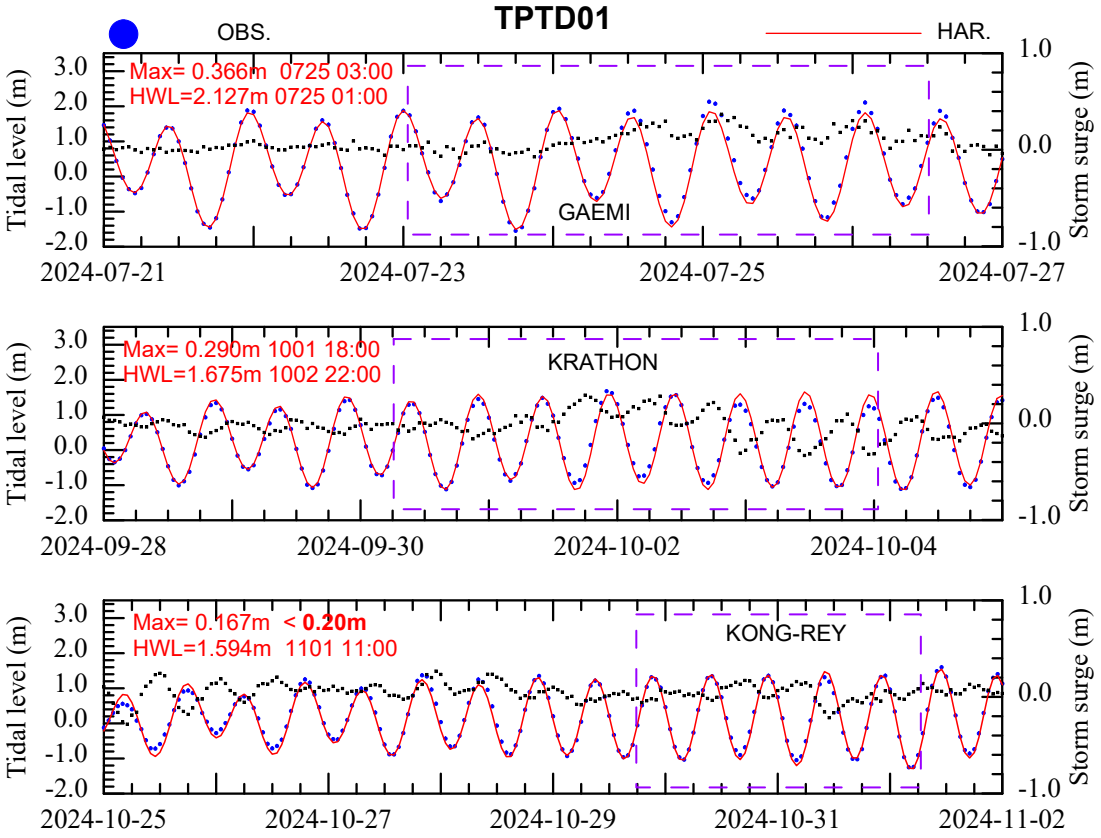


圖 4.29 臺北港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖

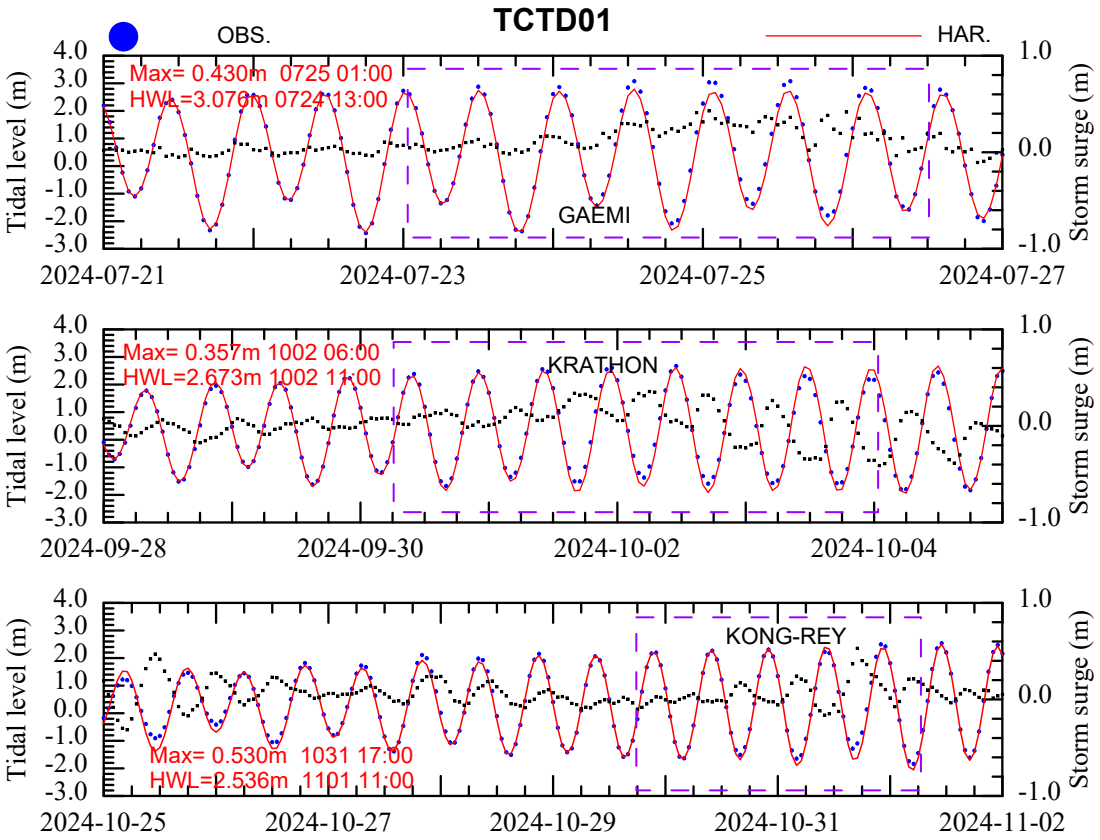


圖 4.30 臺中港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖

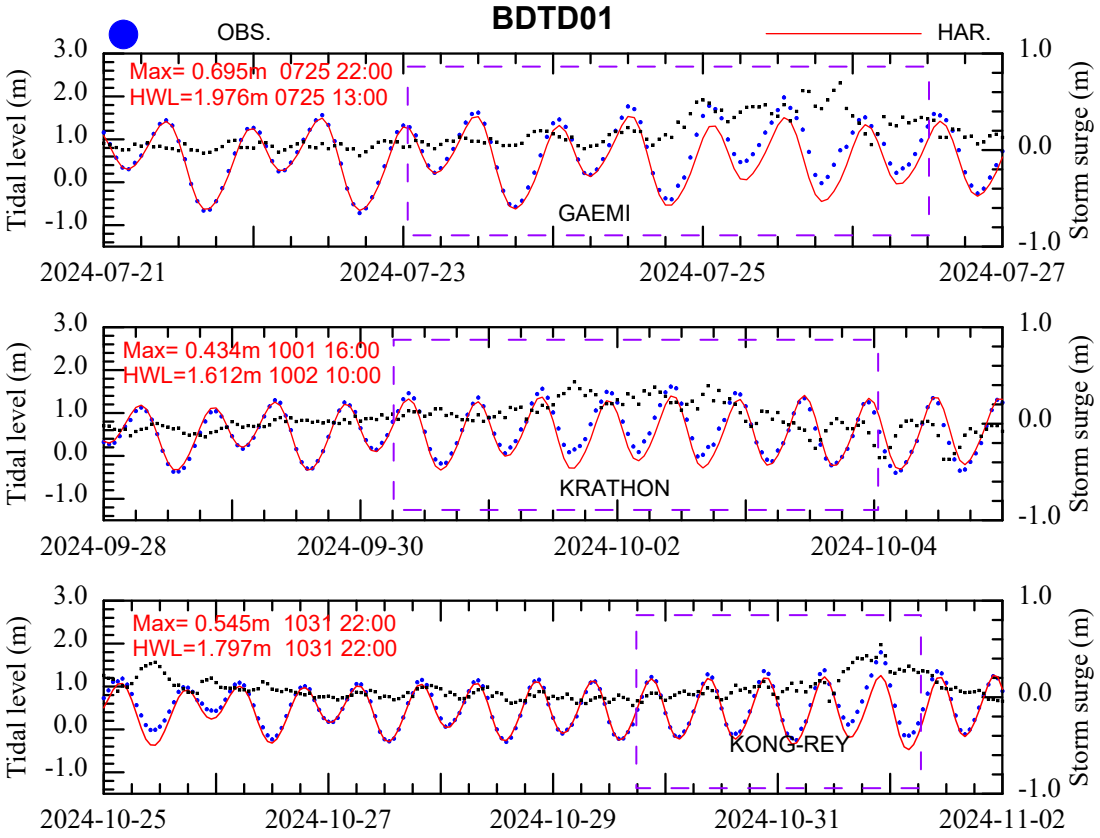


圖 4.31 布袋港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖

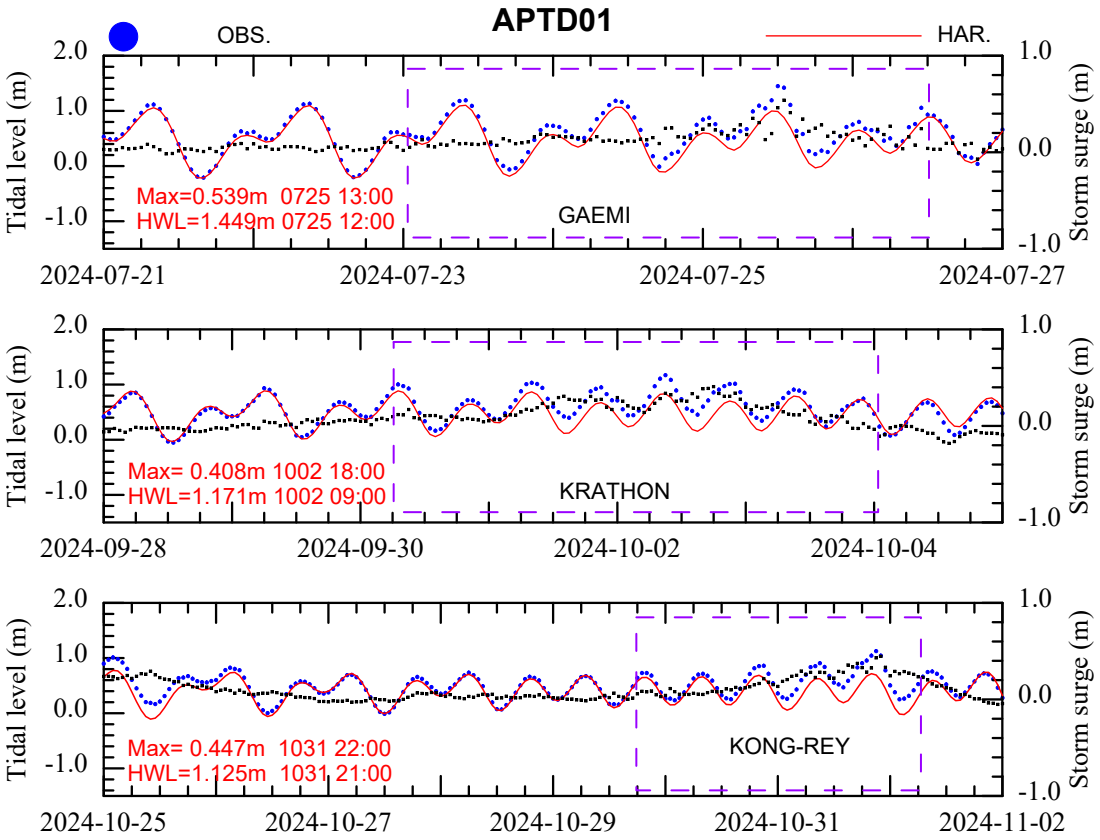


圖 4.32 安平港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖

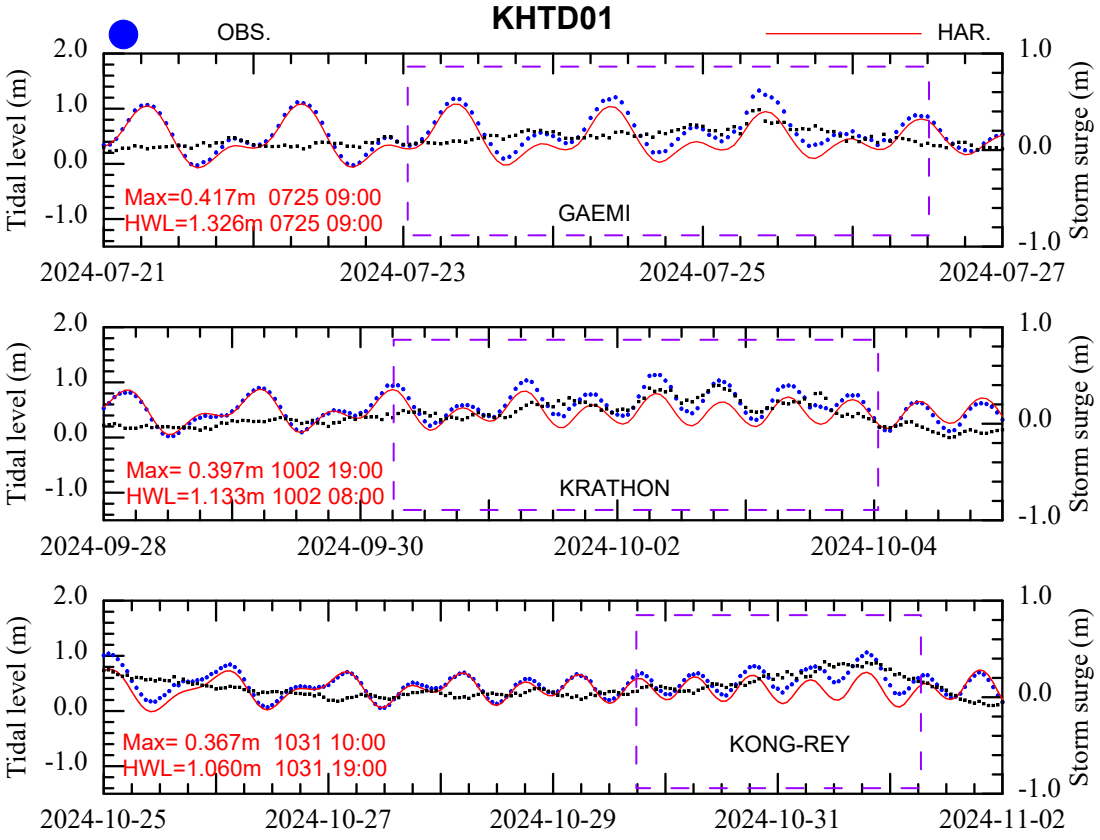


圖 4.33 高雄港 2024 年颱風期間暴潮偏差歷線圖

2. 2025 年暴潮偏差觀測預測值

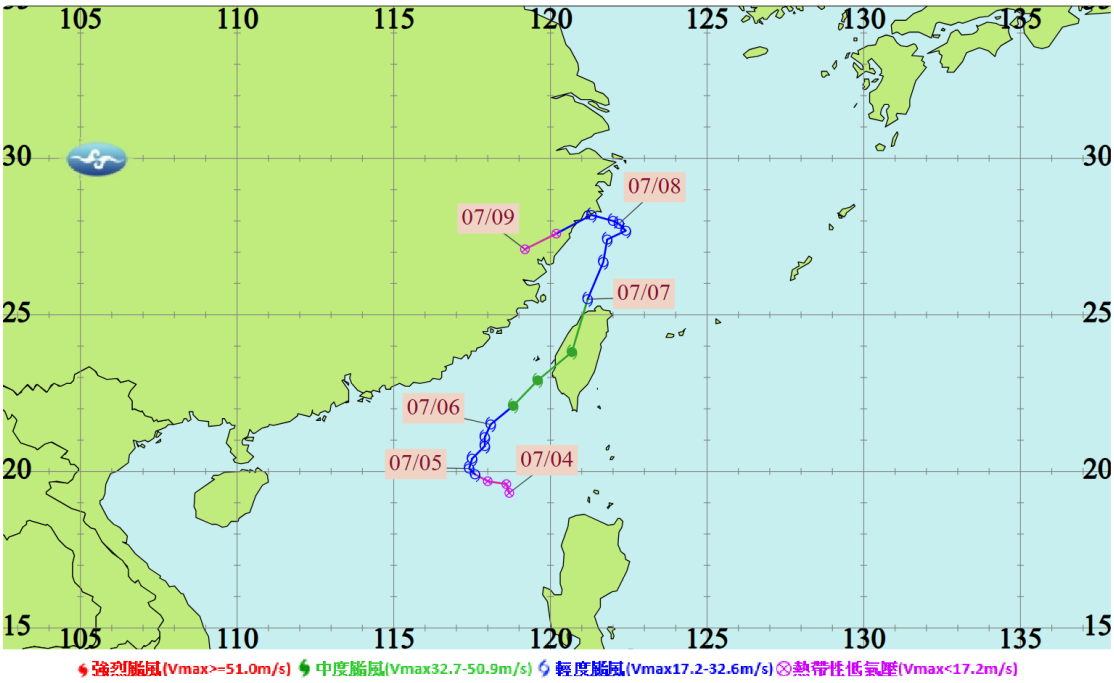
2025 年(至 8 月底)氣象署發布侵臺警報之颱風資料，如表 4-7 所列，計有 202504 中度颱風丹娜絲(DANAS)、202506 輕度颱風薇帕(WIPHA)及 202511 中度颱風楊柳(PODUL)等 3 個；上述颱風行進路徑詳參圖 4.34 至圖 4.36 所示，其中丹娜絲颱風侵臺路徑為第 9 類，通過臺灣南部向東或東北進行者；楊柳颱風侵臺路徑為第 4 類，通過臺灣南部向西或西北進行者。

本計畫針對丹娜絲颱風及楊柳颱風蒐集颱風警報期間各港潮位觀測值(頻率 6 分鐘)，並利用各港 2024 年天文潮調和常數預測颱風警報期間各港天文潮預測值(頻率 6 分鐘)，分析得到各港颱風期間之暴潮偏差觀測預測值及最大暴潮偏差觀測預測值，如圖 4.37 及圖 4.38 所示。由圖 4.37 得知丹娜絲颱風沿西部海岸北上至嘉義縣布袋登陸，故布袋港出現最大暴潮偏差觀測預測值達到+1.82m；其次，安平港最大暴潮偏差觀測預測值亦達到+1.129m；高雄港及臺中港最大暴潮偏差觀測預測值均超過+0.4m。楊柳颱風侵臺路徑自臺東太麻里登陸，於台南七股出海，最大暴潮偏差觀測預測值出現在布袋港+0.343m，安平港及高雄港最大暴潮偏差觀測預測值分別為+0.227m 及+0.216m；另基隆港在颱風登陸前最大暴潮偏差觀測預測值為+0.26m

表 4-7 2025 年(8 月底)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	近臺中心最低氣壓(hPa)	近臺中心最大風速(m/s)	警報發布報數
2025 04	丹娜絲	07/05～07/07	中度	9	950	40	20
2025 06	薇帕	07/18～07/19	輕度	---	970	30	11
2025 11	楊柳	08/12～08/14	中度	4	945	43	18

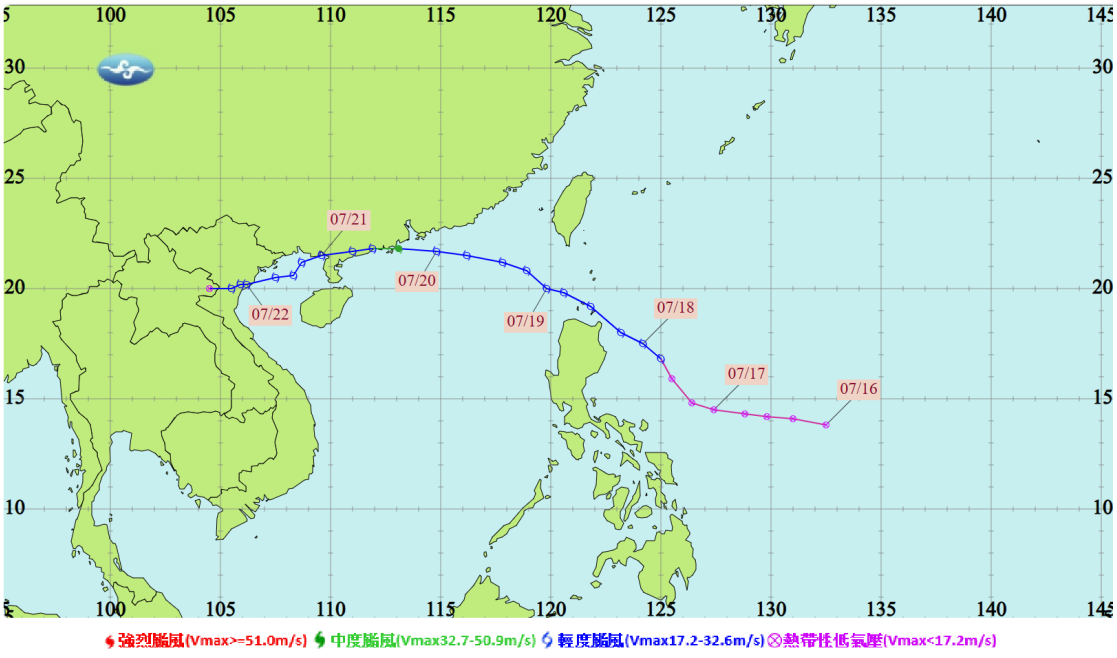
202504 丹娜絲(DANAS)



(來源:中央氣象署網站颱風資料庫)

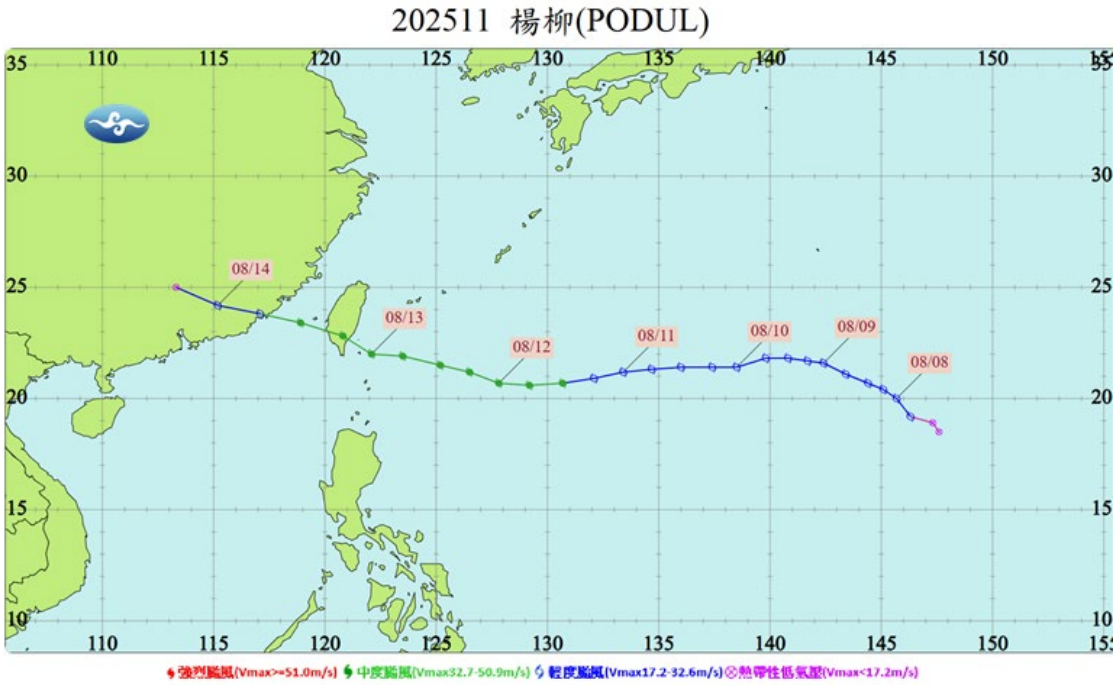
圖 4.34 2025 年中度颱風丹娜絲行進路徑圖

202506 薇帕(WIPHA)



(來源:中央氣象署網站颱風資料庫)

圖 4.35 2025 年輕度颱風薇帕行進路徑圖



(來源:中央氣象署網站颱風資料庫)

圖 4.36 2025 年中度颱風楊柳行進路徑圖

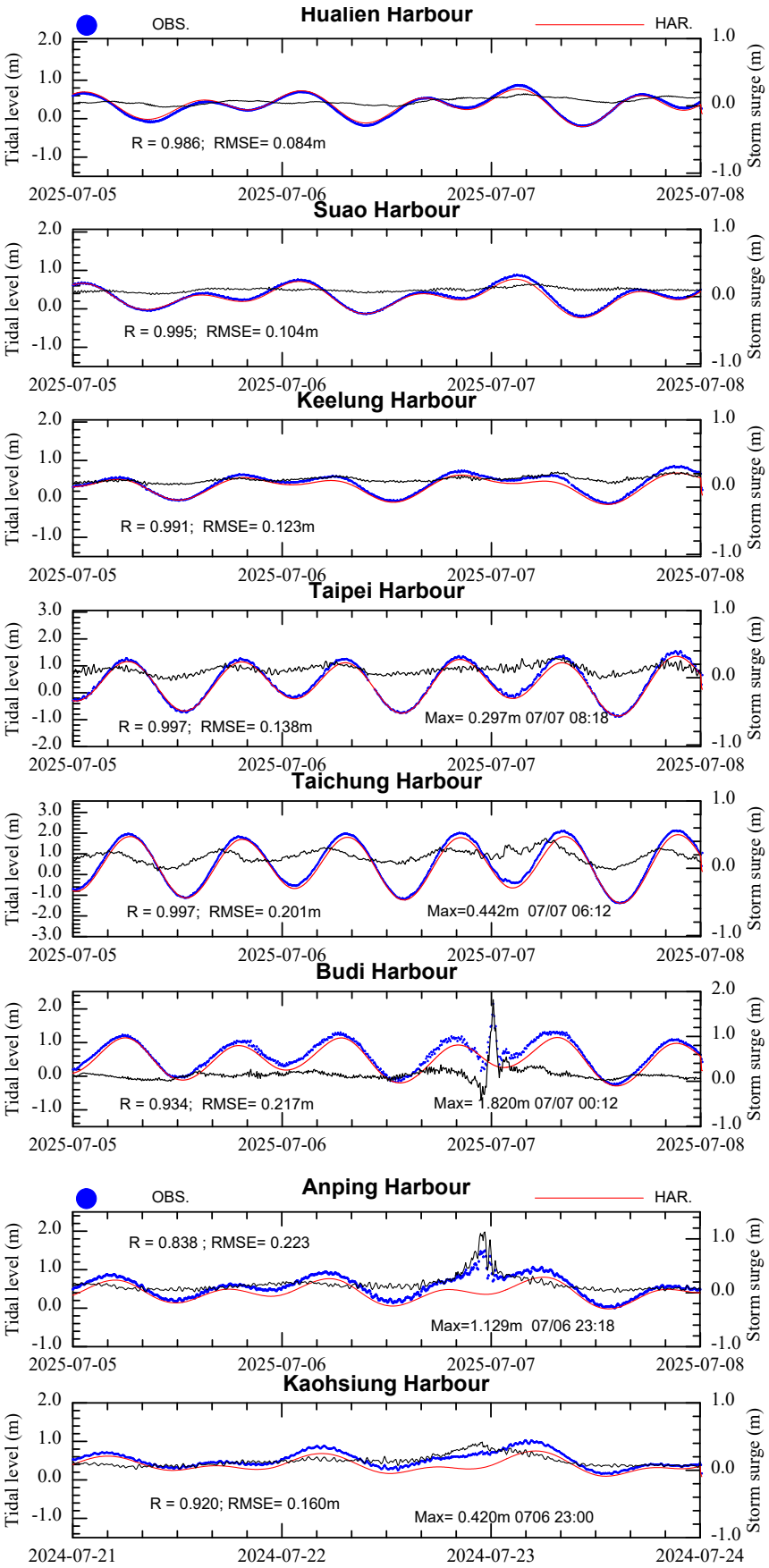


圖 4.37 2025 年丹娜絲颱風各港暴潮偏差觀測預測值歷線圖

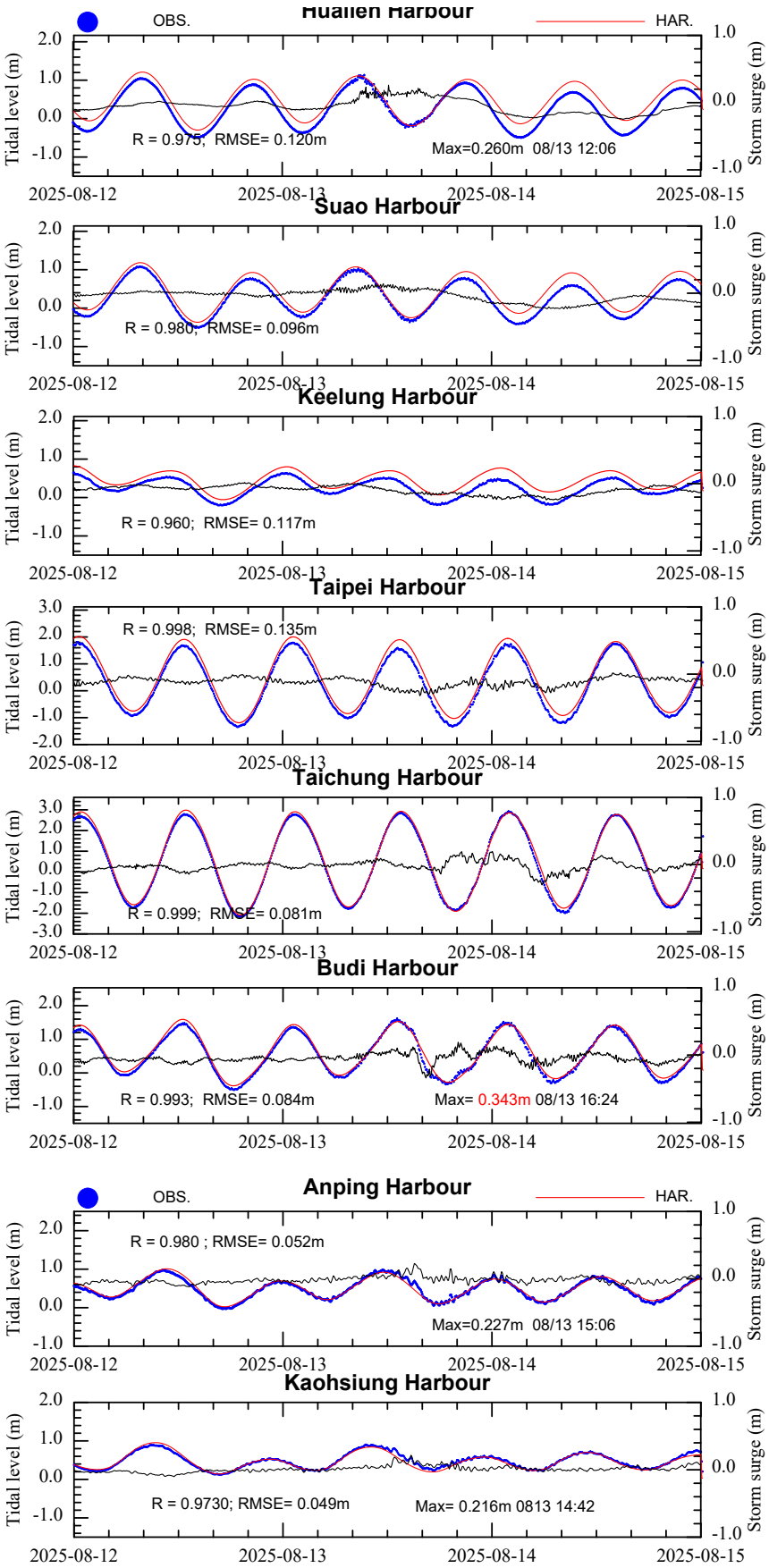


圖 4.38 2025 年楊柳颱風各港暴潮偏差觀測預測值歷線歷線圖

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 2025 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 4.39~圖 4.46 所示。

本計畫臺海暴潮模組 2025 年天文潮模擬值與各港調和分析 2025 年天文潮預測值之逐月及全年均方根誤差分析成果，如表 4-8 所列；依據分析結果得知，各港天文潮模擬值與預測值間月均方根誤差變化範圍如下，花蓮港介於 0.045m(6 月)~0.114m(12 月)、蘇澳港介於 0.053m(5 月)~ 0.169m(8 月)、基隆港介於 0.052m(5 月)~0.208m(8 月)、臺北港介於 0.118m(4、5 月)~0.212m(8 月)、臺中港介於 0.144m(4 月)~0.222m(1 月)、布袋港介於 0.070m(5 月)~0.201m(1 月)、安平港介於 0.092m(11 月)~ 0.171m(12 月)、高雄港介於 0.066m(5 月)~0.147m(1 月)。整體而言，2025 年各港月均方根誤差最大值或最小值發生月份一致性偏低，此與歷年(2022~2024)各港誤差最大值多出現在 8 月份、最小值多出現在 5 月份之趨勢不同。

2025 年臺海暴潮模組各港天文潮模擬預測年均方根誤差最小值為花蓮港 0.077m，最大值為臺北港 0.183m。本計畫綜整歷年(2021~2025 年) 暴潮模組天文潮水位模擬與各港天文潮調和分析預測值比較之年均方根誤差，如表 4-9 所列，顯示 2025 年天文潮水位模擬年均方根誤差值優於 2024 年者，分別為花蓮港、蘇澳港、臺中港及安平港等 4 港口，整體呈現優、劣各半之現象。

表 4-8 2025 年天文潮模擬值與各港預測值之月誤差分析表

年/月	花蓮港 (m)	蘇澳港 (m)	基隆港 (m)	臺北港 (m)	臺中港 (m)	布袋港 (m)	安平港 (m)	高雄港 (m)
2025/01	0.070	0.150	0.188	0.205	0.222	0.201	0.171	0.147
2025/02	0.061	0.121	0.152	0.165	0.155	0.176	0.148	0.136
2025/03	0.071	0.091	0.105	0.136	0.160	0.125	0.113	0.097
2025/04	0.056	0.068	0.064	0.118	0.144	0.079	0.096	0.068
2025/05	0.054	0.053	0.052	0.118	0.160	0.070	0.096	0.066
2025/06	0.045	0.075	0.099	0.125	0.180	0.095	0.105	0.081
2025/07	0.065	0.132	0.170	0.170	0.199	0.137	0.129	0.109
2025/08	0.107	0.169	0.208	0.212	0.211	0.175	0.155	0.137
2025/09	0.094	0.147	0.172	0.195	0.190	0.179	0.155	0.141
2025/10	0.058	0.079	0.081	0.148	0.158	0.136	0.114	0.104
2025/11	0.101	0.092	0.096	0.164	0.164	0.111	0.092	0.069
202512	0.114	0.147	0.172	0.207	0.211	0.165	0.144	0.113
全年	**0.077**	**0.116**	**0.139**	**0.183**	**0.167**	**0.142**	**0.129**	**0.109**

表 4-9 歷年天文潮模擬值與各港調和分析預測值年誤差表

年/月	花蓮港 (m)	蘇澳港 (m)	基隆港 (m)	臺北港 (m)	臺中港 (m)	布袋港 (m)	安平港 (m)	高雄港 (m)
2025 年	0.077	0.116	0.139	0.183	0.167	0.142	0.129	0.109
2024 年	0.100	0.121	0.137	0.158	0.188	0.132	0.133	0.106
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

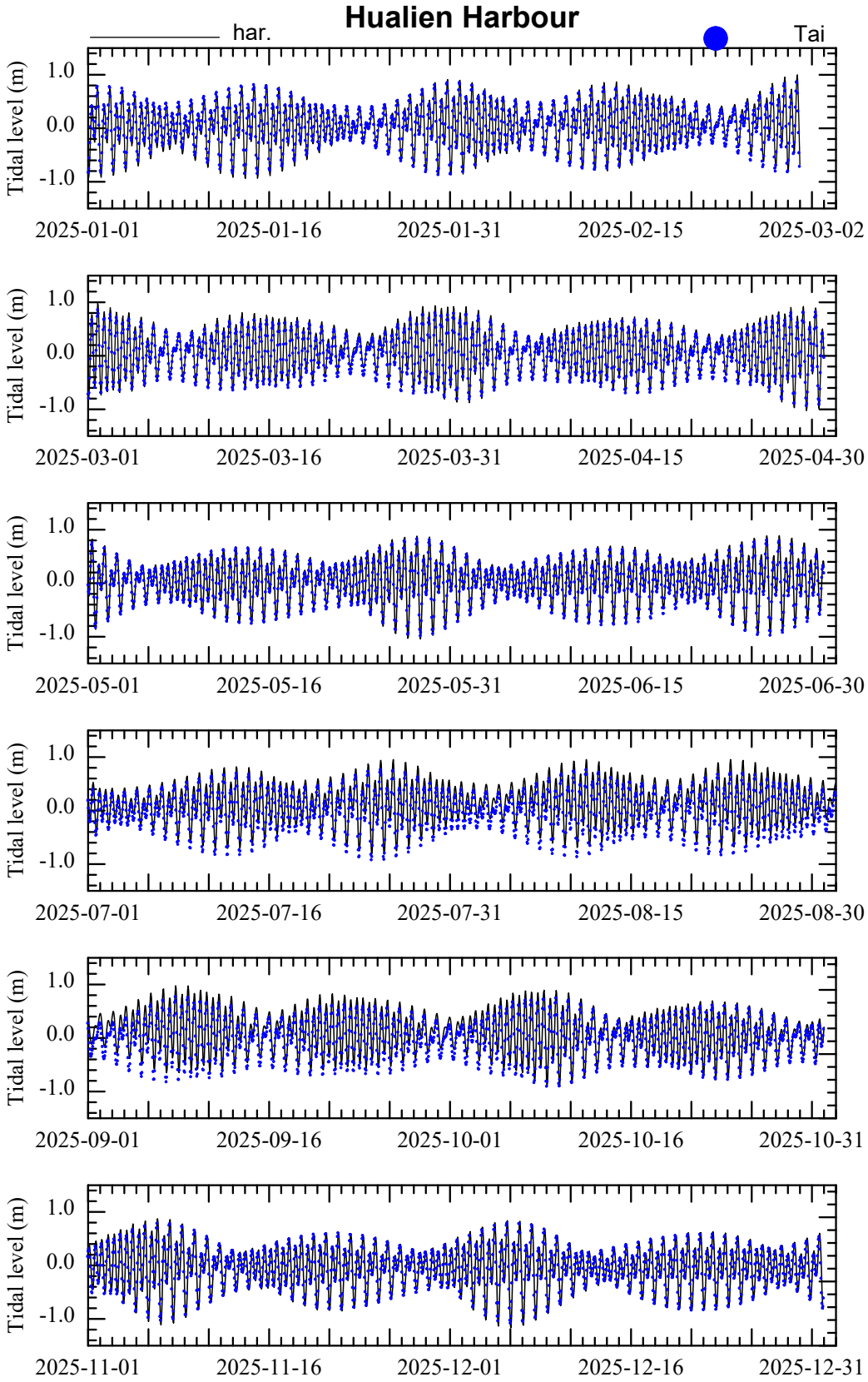


圖 4.39 花蓮港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較 圖

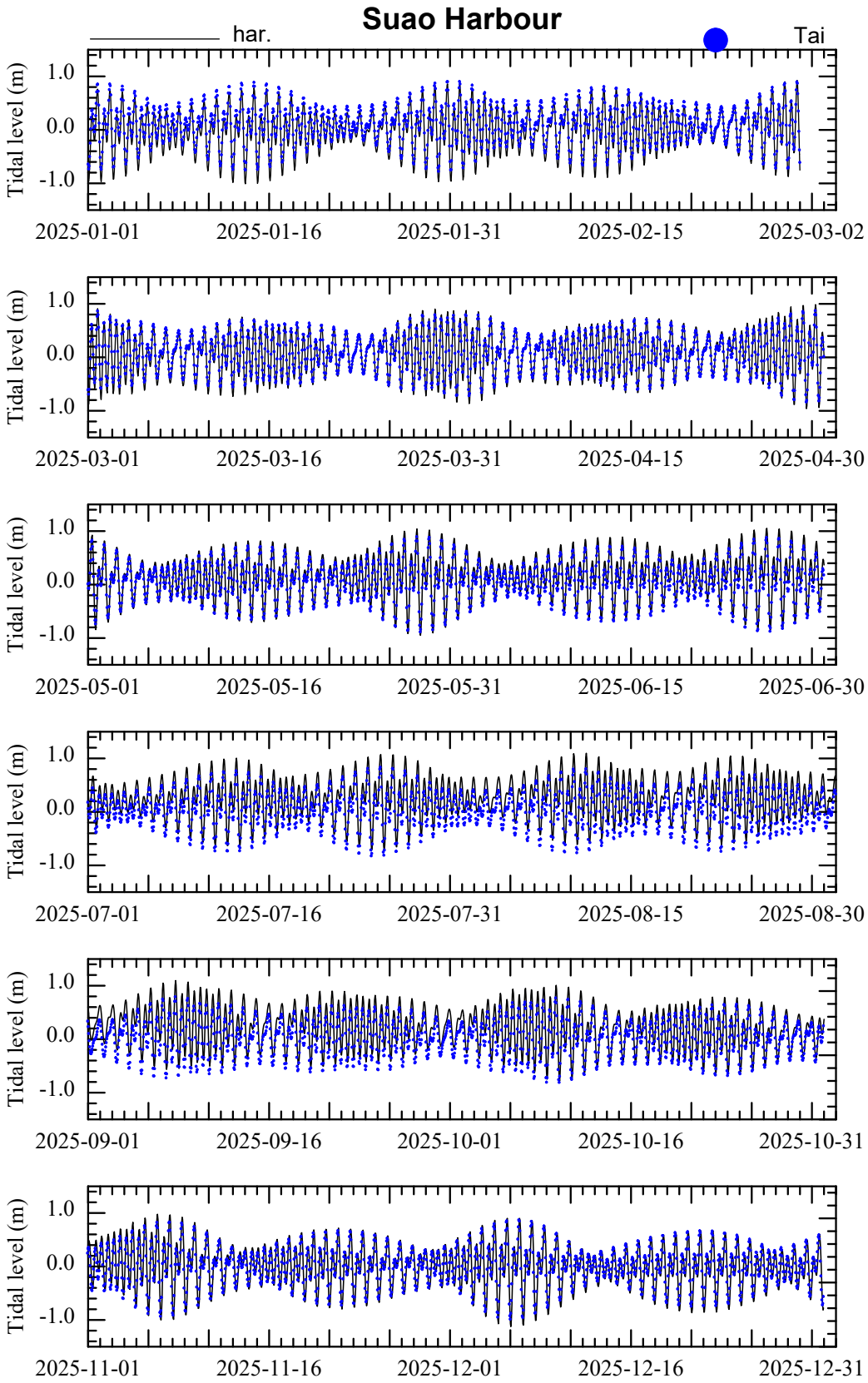


圖 4.40 蘇澳港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較 圖

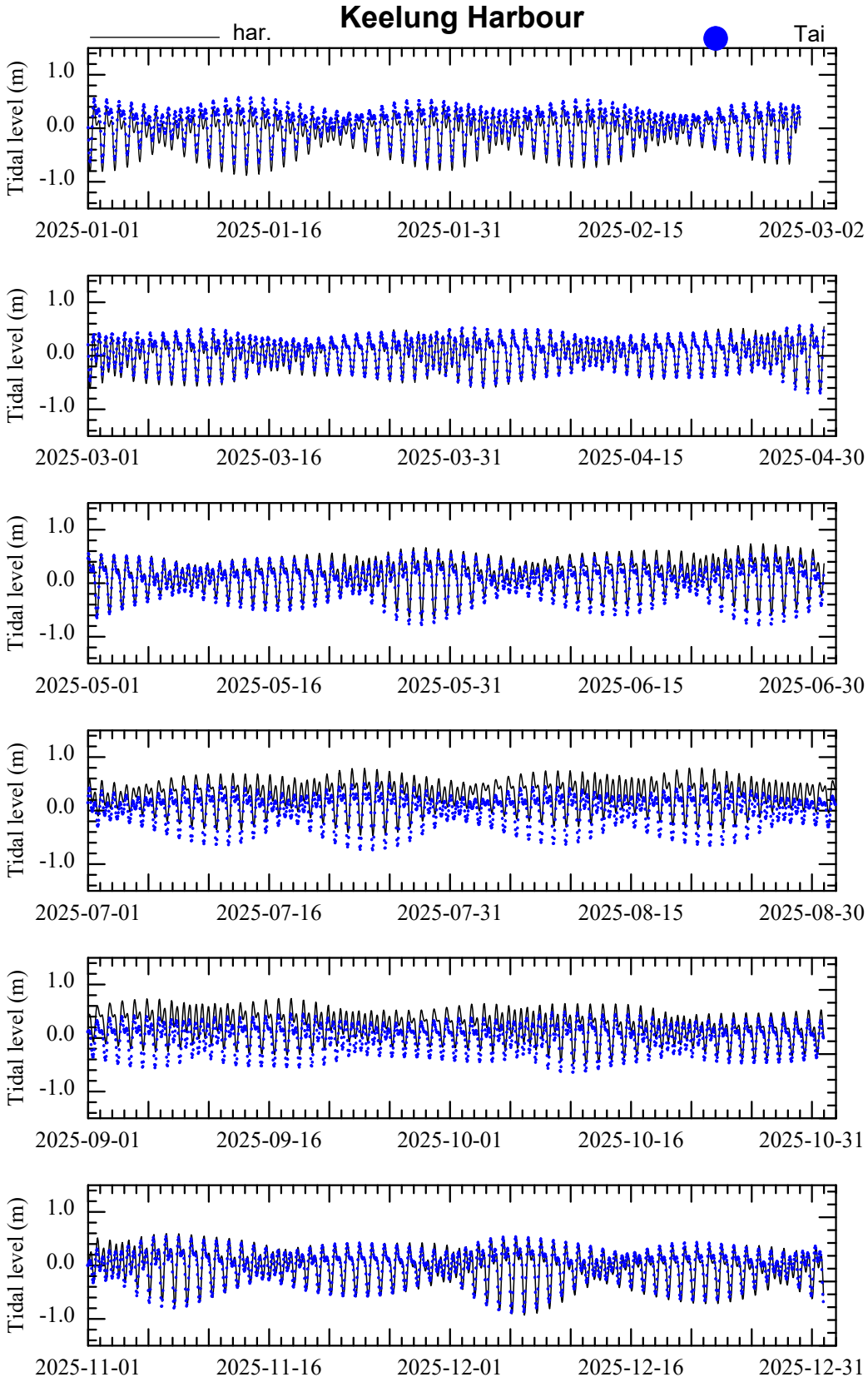


圖 4.41 基隆港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較 圖

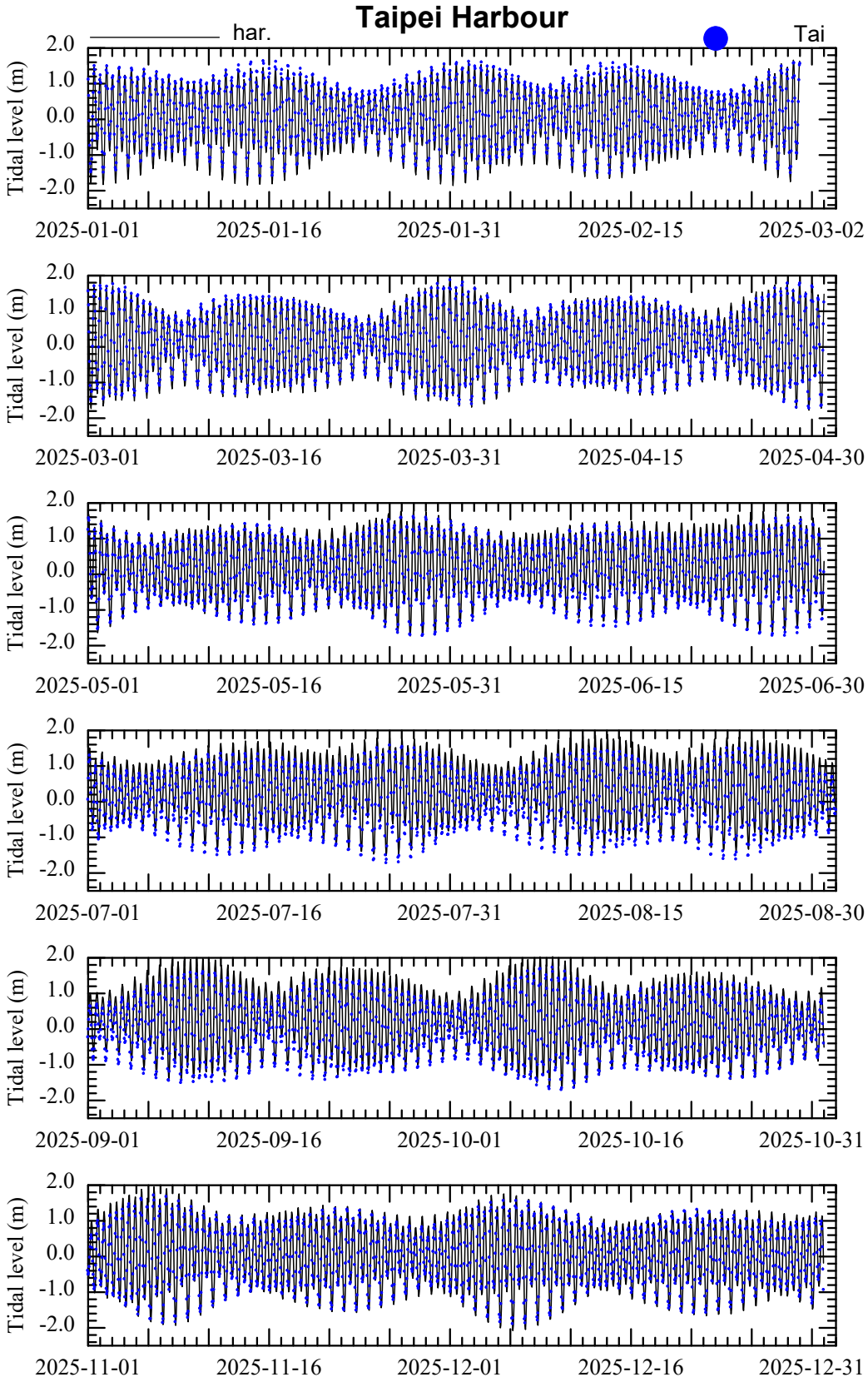


圖 4.42 臺北港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較 圖

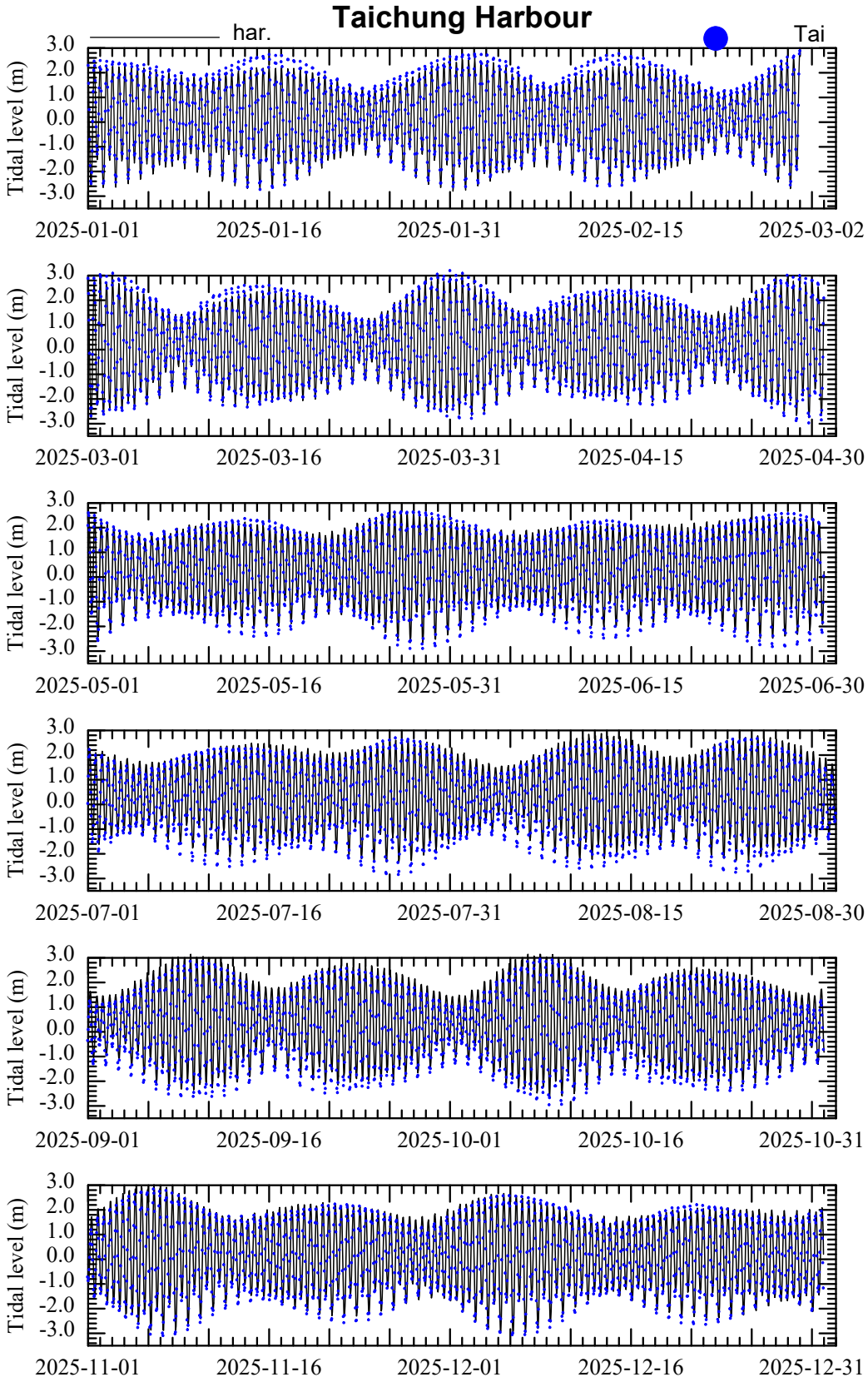


圖 4.43 臺中港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較 圖

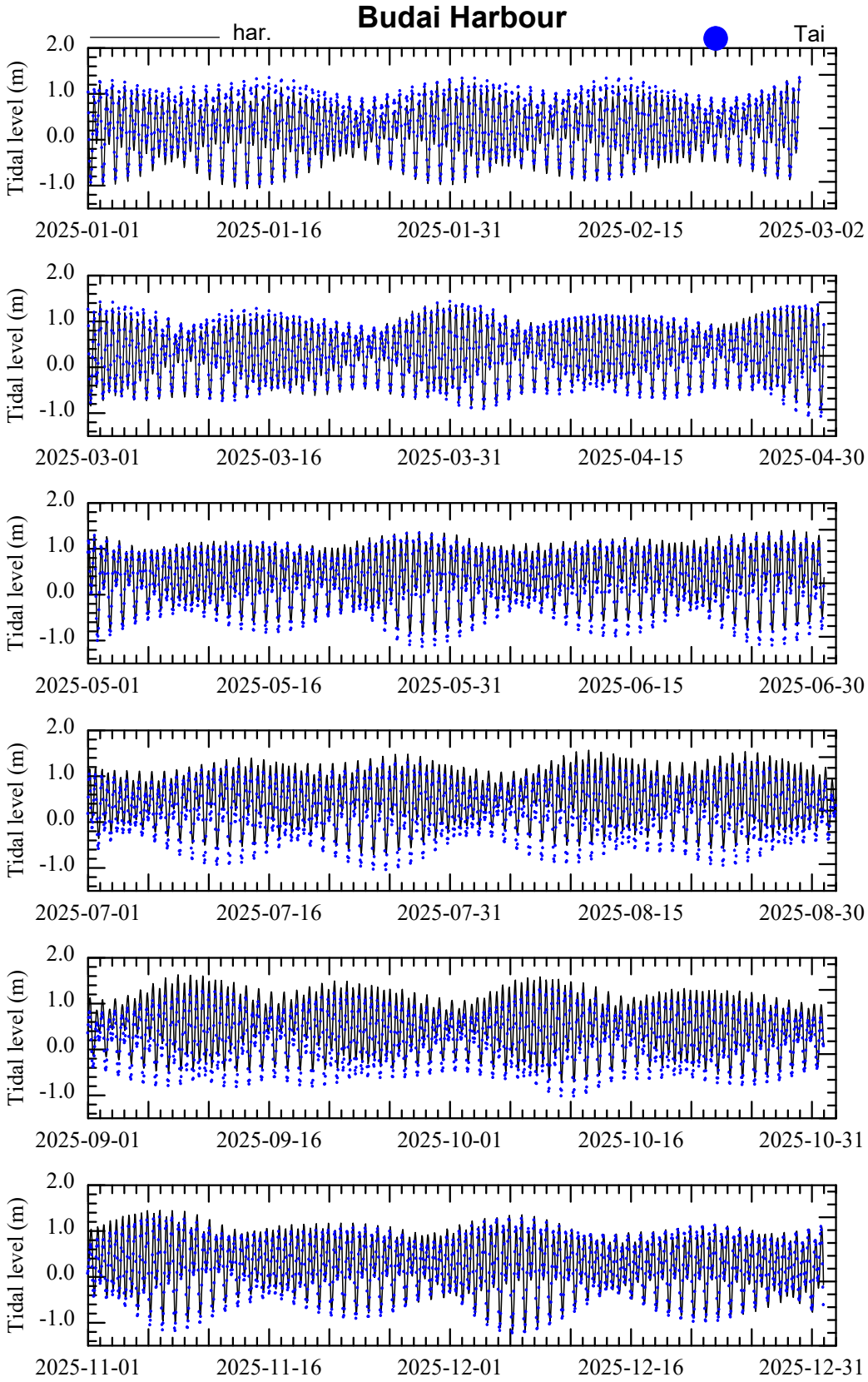


圖 4.44 布袋港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較 圖

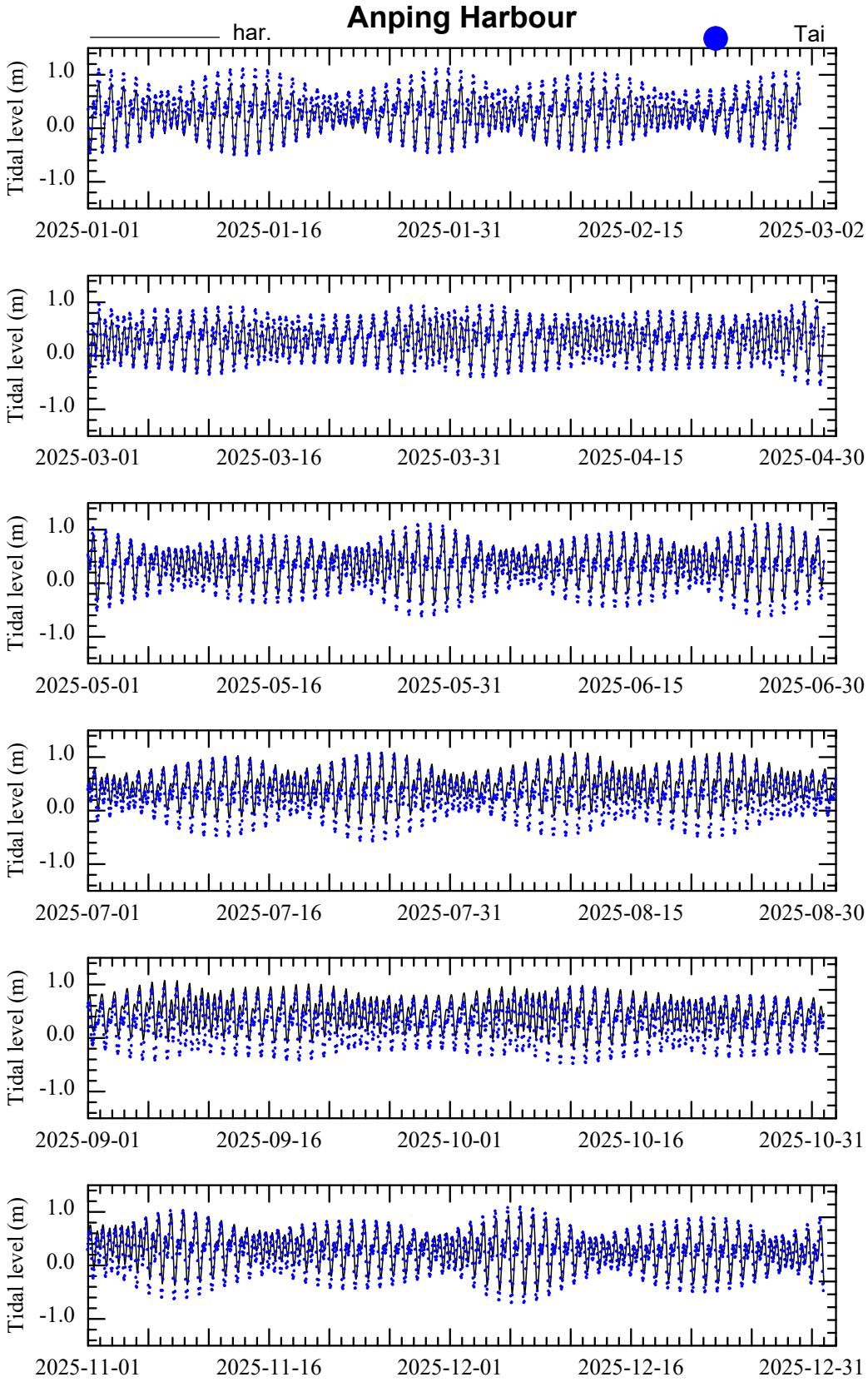


圖 4.45 安平港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較 圖

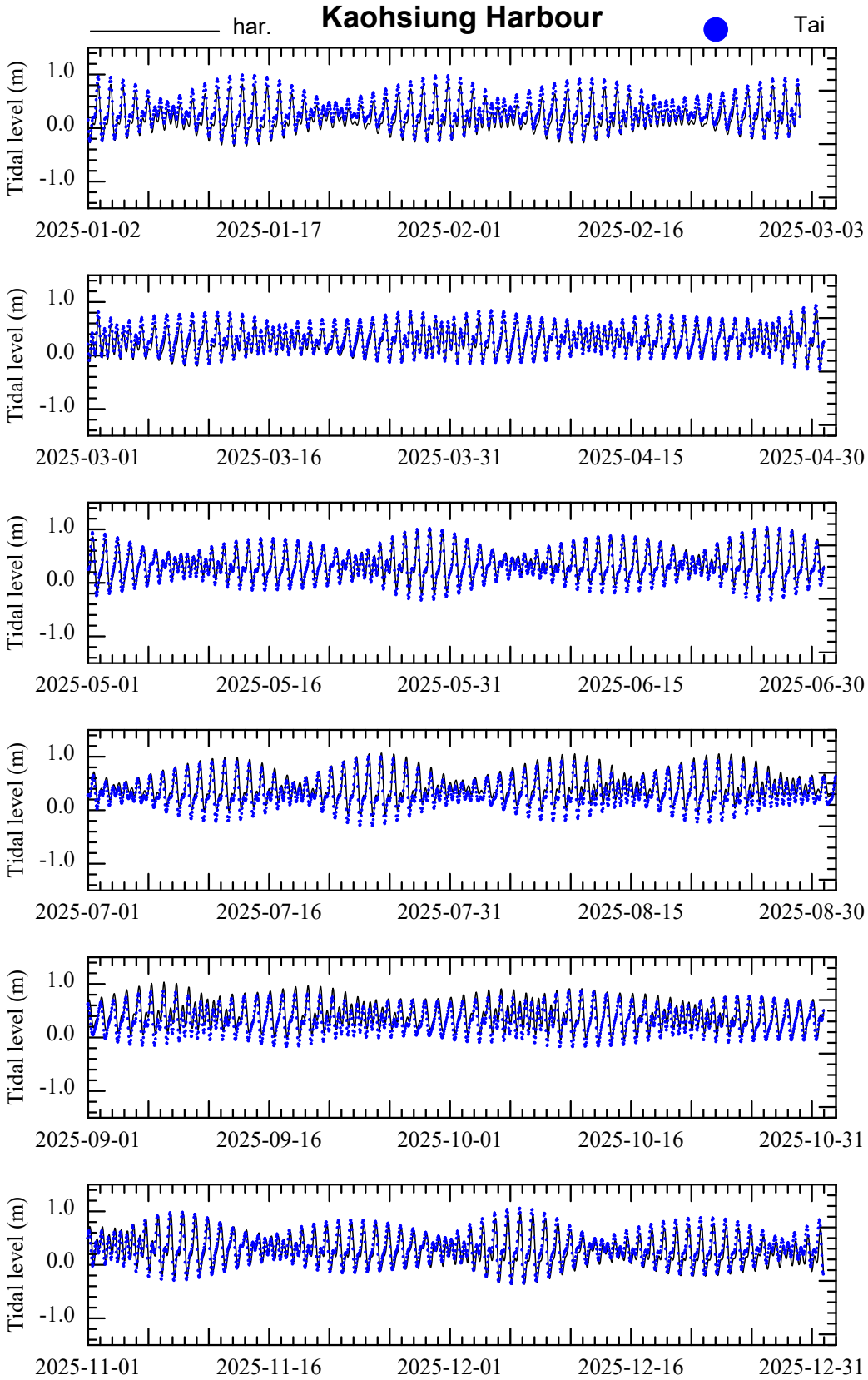


圖 4.46 高雄港 2025 年天文潮模擬值與調和分析預測值比較 圖

4.3 臺灣周圍海域暴潮水位模擬與校驗

依據 4.1.3 節暴潮偏差分析結果，本計畫選取 2024 年康芮(KONG-REY)颱風為本年度颱風暴潮模擬對象。強烈颱風康芮生命週期為 2024 年 10 月 25 日 8 時~ 11 月 1 日 20 時，侵臺海上警報發布時間為 10 月 29 日 17 時 30 分、除時間為 11 月 1 日 14 時 30 分。颱風中心於 31 日 13 時 40 分自台東縣成功鎮登陸，18 時 40 分於雲林縣麥寮鄉出海，屬於第 3 類侵臺路徑。

本計畫依據臺海水動力模擬系統每日 4 次作業化模擬成果，選取康芮颱風侵臺期間(10 月 29 日 0 時~11 月 2 日 0 時)各港水位檢核點暴潮水位模擬結果，篩選每次作業化模擬追算時段(0~5 時)之水位模擬值與各港潮位觀測值比較，如圖 4.47 所示。圖中水位模擬值與觀測值間相關係數(R)及均方根誤差(RMSE)檢核結果顯示，相關係數低於 0.9 者包括高雄港(0.887)、安平港(0.892)及基隆港(0.896)等表現較差，此與三港口偏向全日潮之潮汐型態有關；其餘港口以臺中港(0.992)及臺北港(0.987)表現較優，與潮汐型態為半日潮或偏向半日潮型有關。均方根誤差分析結果，以布袋港 0.307m 誤差最大，基隆港 0.104m 誤差最小，其中布袋港誤差偏大的原因判斷與模式檢核點位置有關。

針對康芮颱風侵臺期間，本計畫將各港口作業化水位模擬值減天文潮模擬預測值(詳 4.2 節)，可得到各港口的暴潮偏差模擬預測值，如圖 4.48 所示。據此，本計畫比較康芮颱風侵臺期間各港潮位觀測之最大暴潮偏差分析值與臺海暴潮模組作業化模擬之最大暴潮偏差預測值，如表 4-10 所列。整體而言，康芮颱風侵臺期間臺灣周圍海域水位模擬得知，暴潮偏差模擬不明顯港口計有基隆港、臺北港及臺中港等 3 港口，其中臺中港最大暴潮偏差觀測分析值為 0.53m；除布袋港最大暴潮偏差模擬預測值 0.651m 高於觀測分析值為 0.545m 外，其餘港口如花蓮港、蘇澳港、安平港及高雄港等港口最大暴潮偏差模擬預測值均呈現低於觀測分析值。一般而言，影響颱風暴潮模擬與觀測間誤差主要因素為作業化模擬風壓場與實際風壓場之差異(含路徑)；其次，模擬值檢核點位於港外屬於開闊海域，風揚效應預期低於港內水域亦是誤差來源之一。

表 4-10 康芮颱風期間各港最大暴潮偏差之觀測與模擬綜整表

港口	花蓮港	蘇澳港	基隆港	臺北港	臺中港	布袋港	安平港	高雄港
觀測 分析值	0.845 m	0.450 m	—	—	0.530 m	0.545 m	0.447 m	0.367 m
發生時間 (月日時)	103115	103116	—	—	103117	103122	103122	103110
模擬 預測值	0.304 m	0.234 m	—	—	—	0.651 m	0.334 m	0.340 m
發生時間 (月日時)	103114	103118	—	—	—	103116	103116	103114

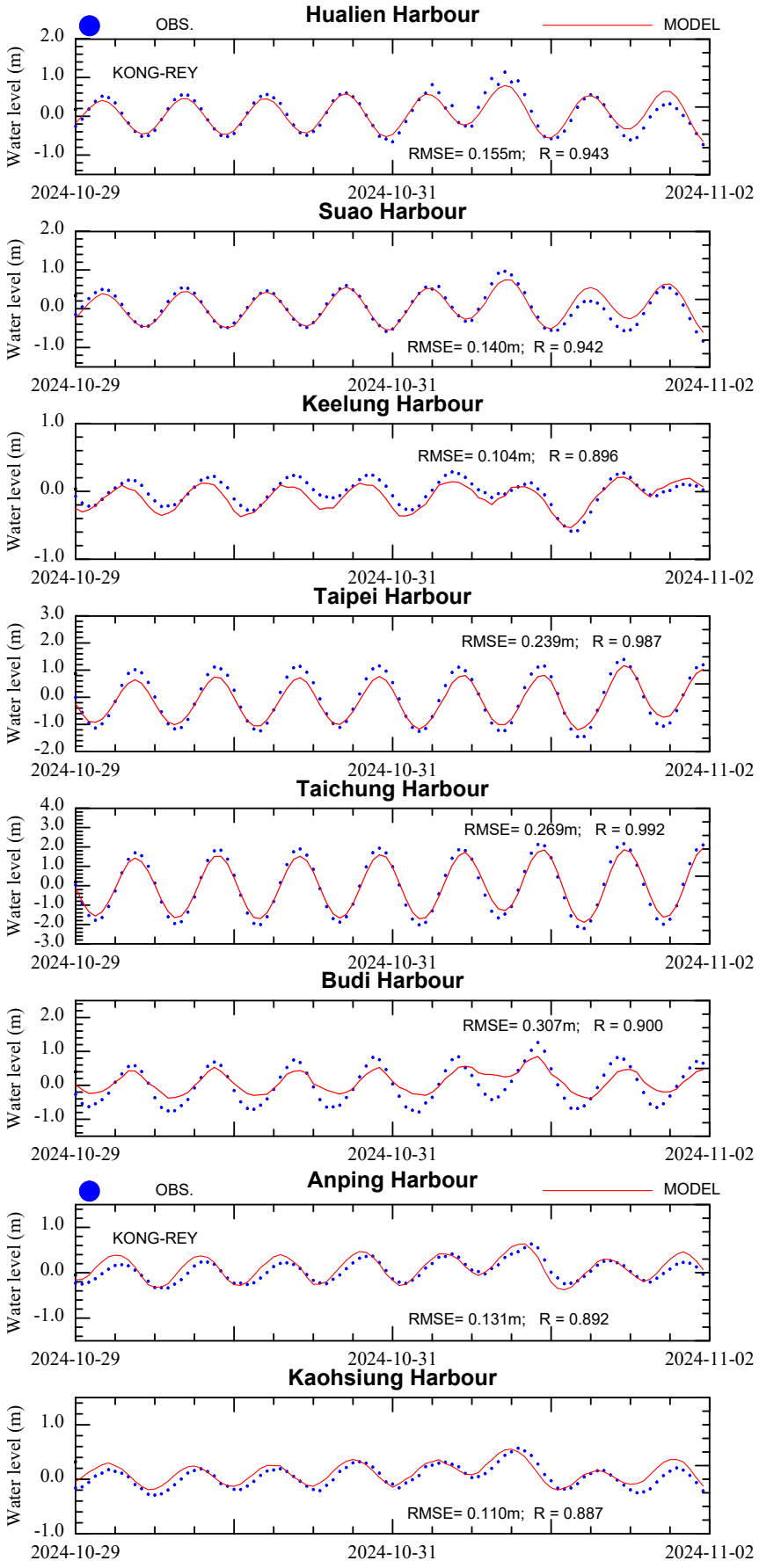


圖 4.47 康芮颱風期間各港水位模擬值與觀測值之比較圖

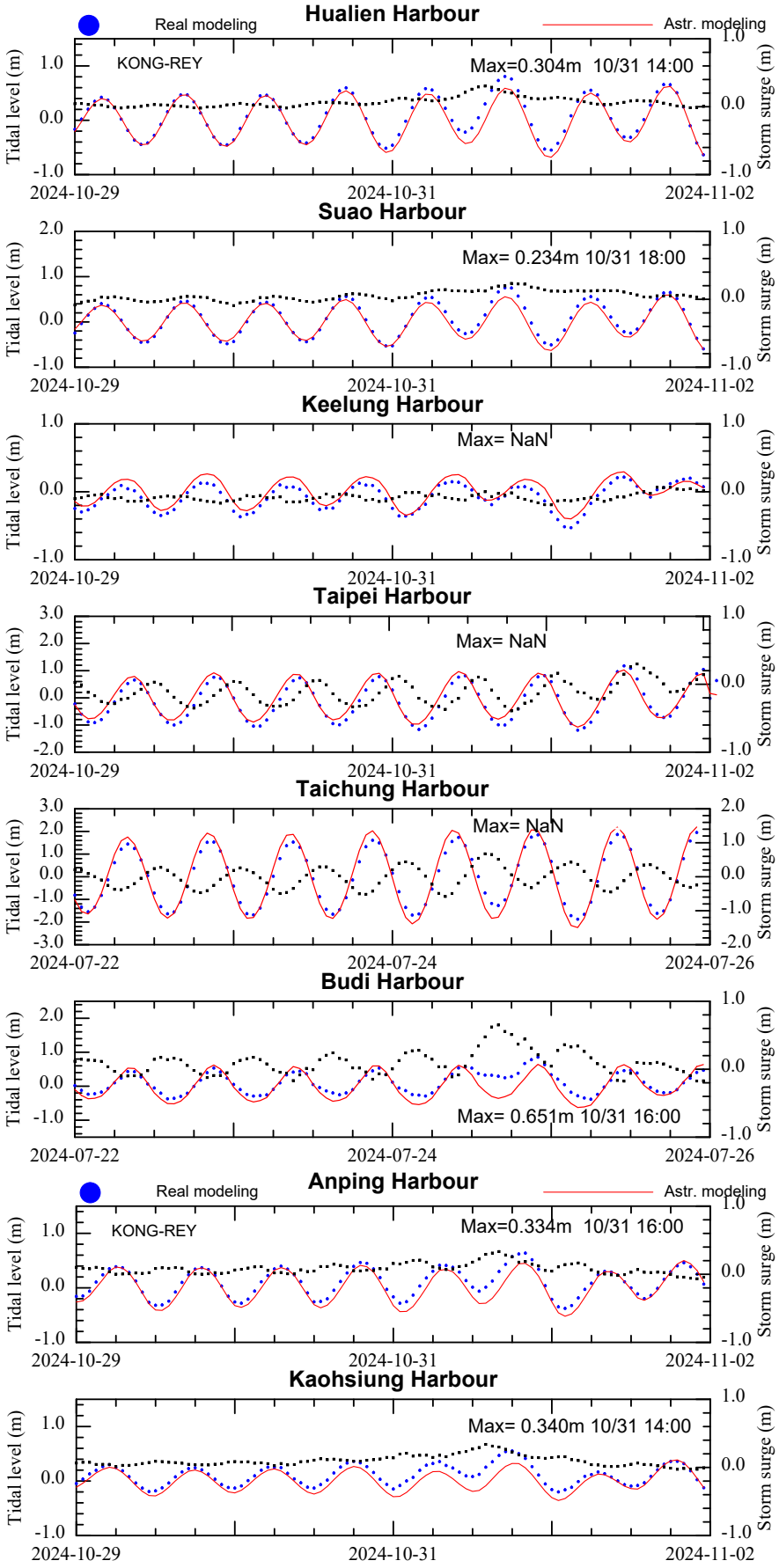


圖 4.48 康芮颱風侵臺期間各港暴潮偏差模擬預測歷線圖

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後續改進依據。

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(114)年度成果評估週期為 2024 年 9 月至 2025 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、澎湖及馬祖等 10 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(追算時段)，同樣彙整成每月逐時資料。

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 5.10 所示。本年度 2024 年 9 月至 2025 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 5-4 所列，表中臺北港及基隆港波、流觀測資料採用資料浮標觀測結果。整體上，各港風力及水位觀測資料蒐集狀況相當良好，臺中、蘇澳、花蓮等 3 站(AWAC)波流觀測受康芮颱風影響中斷資料傳輸，故波、流觀測資料屬於儀器回

收之回補資料。此外，高雄、安平及馬祖等海域波、流觀測採用AWAC副站資料。

表 5-1 本年度觀測風力資料蒐集率逐月統計表

海域 月份	臺北 岸	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中 堤頭	澎湖	馬祖
202409	99.58	99.86	99.86	99.58	99.86	99.86	99.86	99.86	99.72	100.00
202410	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	87.50
202411	100.00	100.00	99.86	99.58	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
202412	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
202501	99.87	99.73	99.87	99.87	99.87	99.87	99.87	99.87	99.87	100.00
202502	100.00	100.00	100.00	99.85	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
202503	99.87	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
202504	100.00	99.86	99.86	100.00	100.00	100.00	99.86	100.00	100.00	100.00
202505	99.87	100.00	100.00	99.87	100.00	100.00	100.00	100.00	99.33	100.00
202506	99.58	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.86	99.86	100.00
202507	100.00	99.46	100.00	100.00	99.73	99.87	99.06	100.00	99.87	100.00
202508	99.60	99.73	100.00	100.00	100.00	100.00	99.87	100.00	100.00	87.50

★紅字表示蒐集率<80.00%, 粗體字代表回補後蒐集率

表 5-2 本年度觀測波浪資料蒐集率逐月統計表

海域 月份	臺北 浮標	基隆 浮標	蘇澳 AWAC	花蓮 AWAC	高雄 AWAC	安平 AWAC	布袋 浮球	臺中 AWAC	澎湖 浮標	馬祖 AWAC
202409	99.58	99.58	96.39	98.61	99.44	82.50	**65.28**	97.08	99.86	98.06
202410	98.66	**54.97**	98.25	98.52	98.79	91.13	100.00	97.72	99.60	95.43
202411	97.36	99.72	**99.86**	**100.00**	99.17	99.86	100.00	**95.83**	99.44	99.31
202412	97.72	99.33	**100.00**	**100.00**	98.92	93.01	99.87	**100.00**	99.73	99.87
202501	97.18	99.06	**100.00**	**100.00**	100.00	100.00	99.87	**97.72**	99.60	99.60
202502	98.66	99.40	**25.60**	**33.04**	99.70	100.00	100.00	**96.73**	99.70	99.26
202503	98.39	99.60	**0.00**	**0.00**	99.60	98.66	100.00	**98.79**	99.60	99.87
202504	99.03	99.31	**0.00**	**0.00**	99.17	98.89	100.00	**98.19**	99.58	99.86
202505	99.87	81.99	**0.00**	**52.42**	99.06	99.60	100.00	**96.64**	99.73	99.19
202506	95.97	**60.42**	**68.19**	98.75	98.61	100.00	100.00	**89.86**	98.47	99.58
202507	100.00	99.33	99.73	99.19	99.87	100.00	94.35	**26.34**	92.20	96.77
202508	99.87	97.04	99.06	99.87	99.33	100.00	90.73	**0.00**	97.31	99.87

★紅字表示蒐集率<80.00%, 粗體字代表回補後蒐集率

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 月份	臺北	基隆	蘇澳	花蓮	高雄	安平	布袋	臺中	澎湖	馬祖
202409	100.00	88.06	99.86	100.00	100.00	99.86	99.86	100.00	100.00	97.50
202410	100.00	88.71	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	95.03
202411	100.00	100.00	100.00	100.00	99.86	99.86	100.00	100.00	100.00	98.33
202412	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	96.24
202501	99.87	99.87	100.00	100.00	100.00	99.87	99.87	100.00	100.00	97.04
202502	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	97.17
202503	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	97.04
202504	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.86	99.86	100.00	100.00	90.56
202505	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	97.85
202506	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.75
202507	99.87	100.00	100.00	99.87	100.00	100.00	99.87	100.00	100.00	98.79
202508	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.25

★紅字表示蒐集率<80.00%, 粗體字代表回補後蒐集率

表 5-4 本年度觀測海流資料蒐集率逐月統計表

海域 月份	臺北 浮標	基隆 浮標	蘇澳 AWAC	花蓮 AWAC	高雄 AWAC	安平 AWAC	布袋 浮球	臺中 AWAC	澎湖 浮標	馬祖 AWAC
202409	95.28	100.00	96.39	98.75	99.44	82.50	**65.28**	97.08	100.00	98.06
202410	94.49	**51.88**	98.52	98.79	98.79	91.13	100.00	97.72	100.00	95.56
202411	96.53	98.61	**99.86**	**100.00**	99.17	99.86	100.00	**95.83**	100.00	99.31
202412	96.91	**17.61**	**100.00**	**100.00**	99.06	93.01	99.87	**100.00**	100.00	99.87
202501	96.24	**0.00**	**100.00**	**100.00**	100.00	100.00	99.06	**97.72**	100.00	99.73
202502	97.32	**0.00**	**25.60**	**33.04**	99.70	100.00	100.00	**96.73**	100.00	99.26
202503	97.85	**0.00**	**0.00**	**0.00**	99.60	98.66	100.00	**98.92**	100.00	99.87
202504	98.33	**0.00**	**0.00**	**0.00**	99.17	98.89	100.00	**98.33**	100.00	99.86
202505	91.40	**0.00**	**0.00**	**52.42**	99.19	99.60	100.00	**96.77**	100.00	99.60
202506	95.00	**47.22**	**68.19**	98.89	98.75	100.00	100.00	**90.14**	99.86	99.58
202507	98.39	98.39	99.87	98.52	99.87	100.00	93.15	**26.34**	100.00	96.77
202508	99.60	99.46	99.06	99.87	99.33	100.00	90.73	**0.00**	100.00	99.60

★紅字表示蒐集率<80.00%, 粗體字代表回補後蒐集率

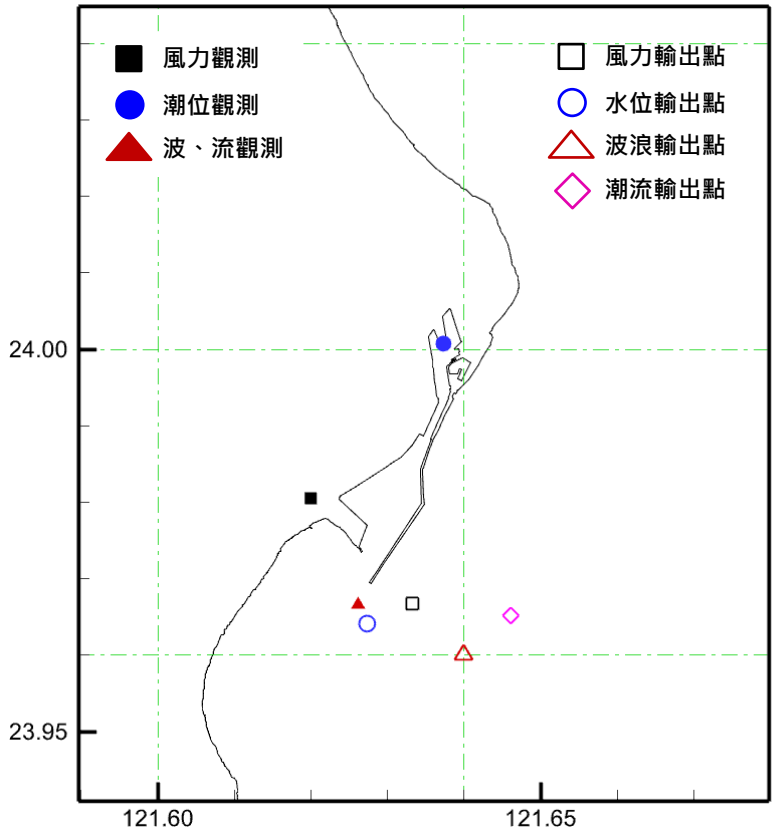


圖 5.1 花蓮港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

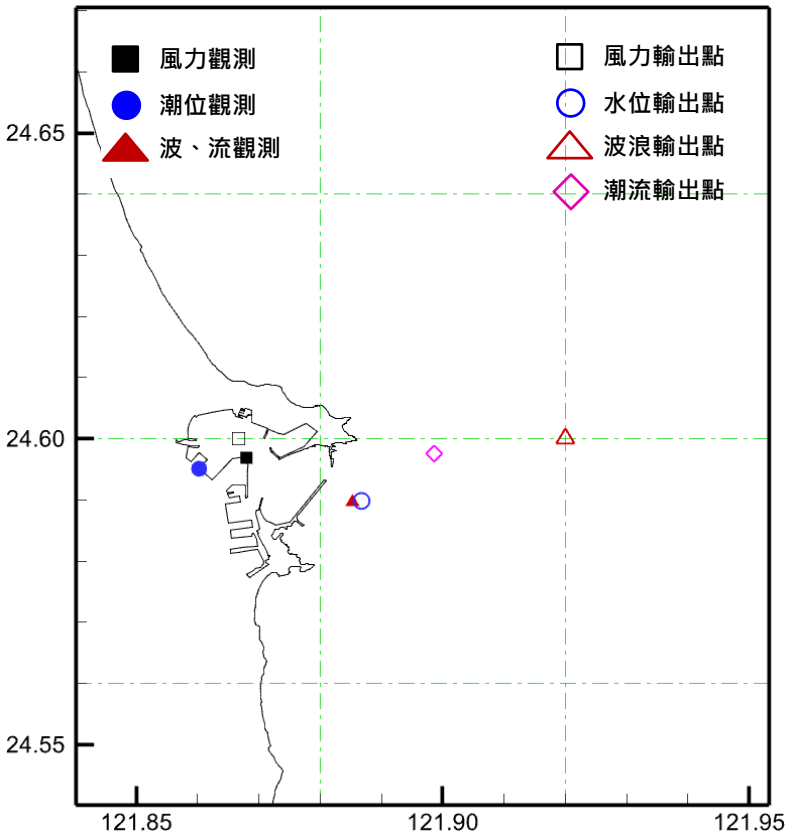


圖 5.2 蘇澳港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

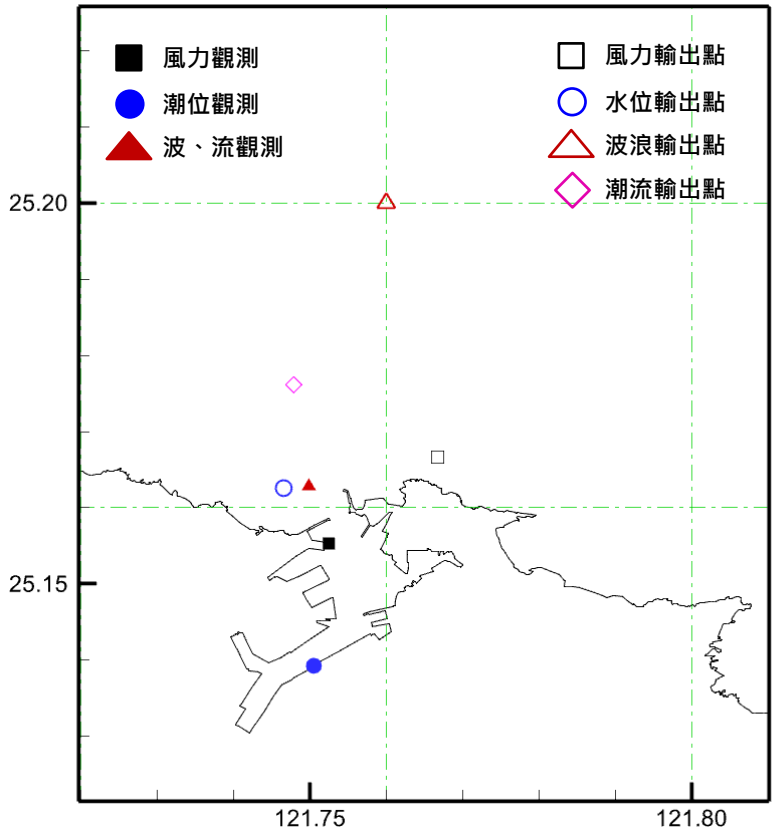


圖 5.3 基隆港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

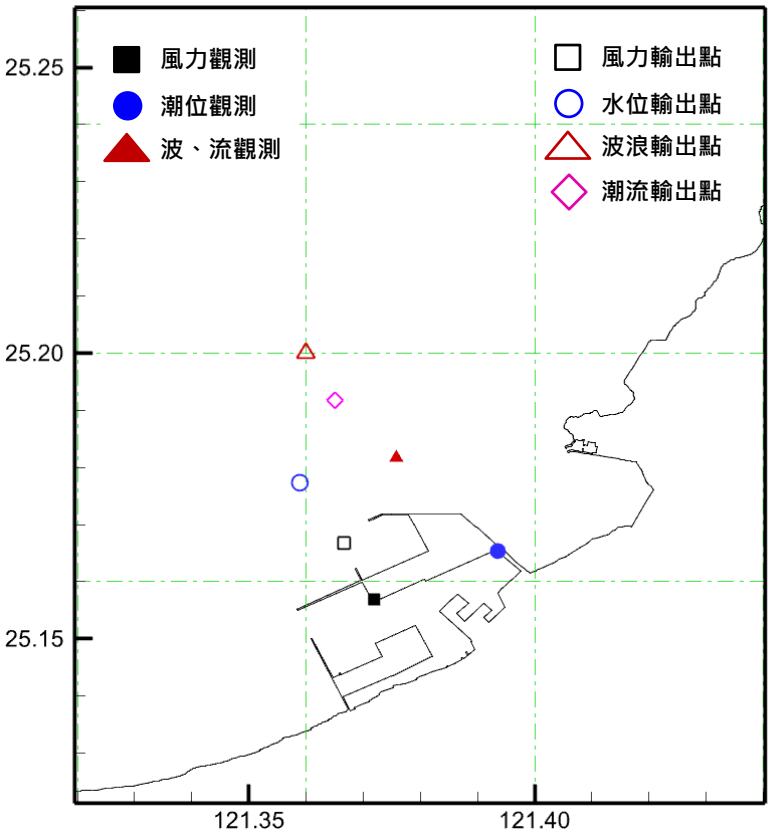


圖 5.4 臺北港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

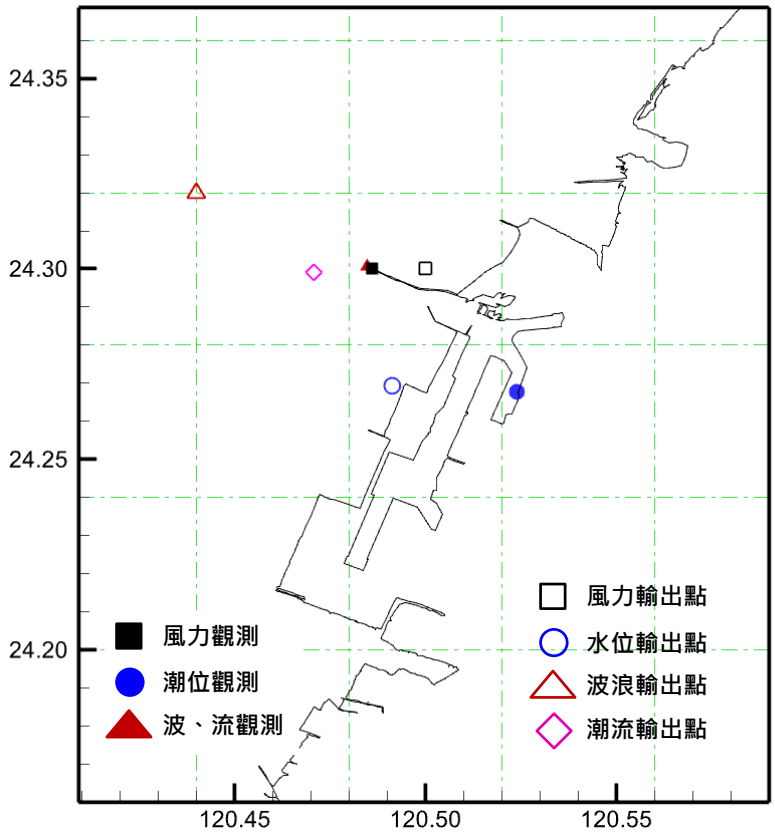


圖 5.5 臺中港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

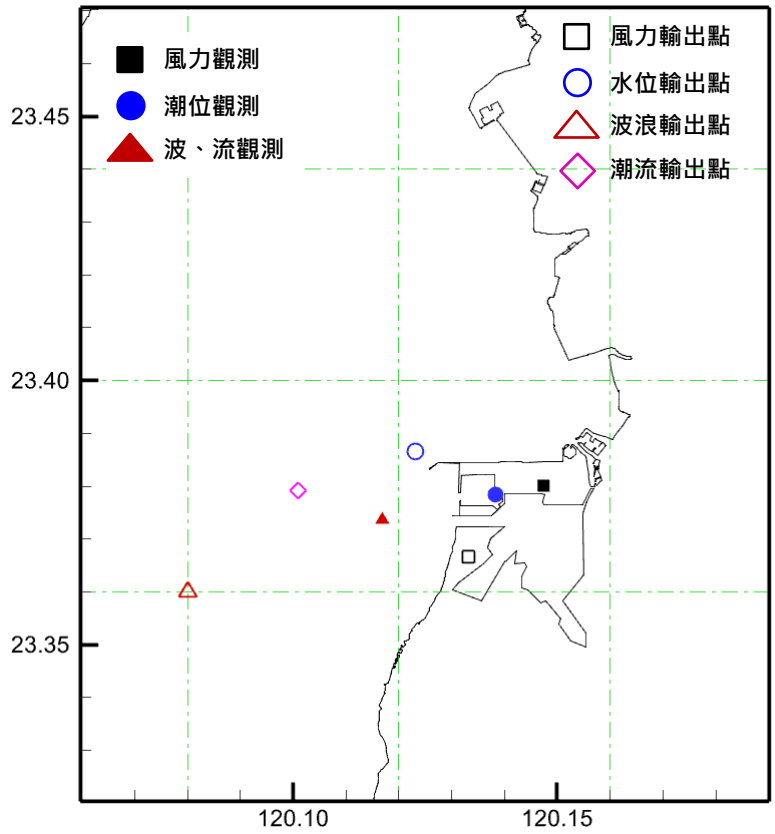


圖 5.6 布袋港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

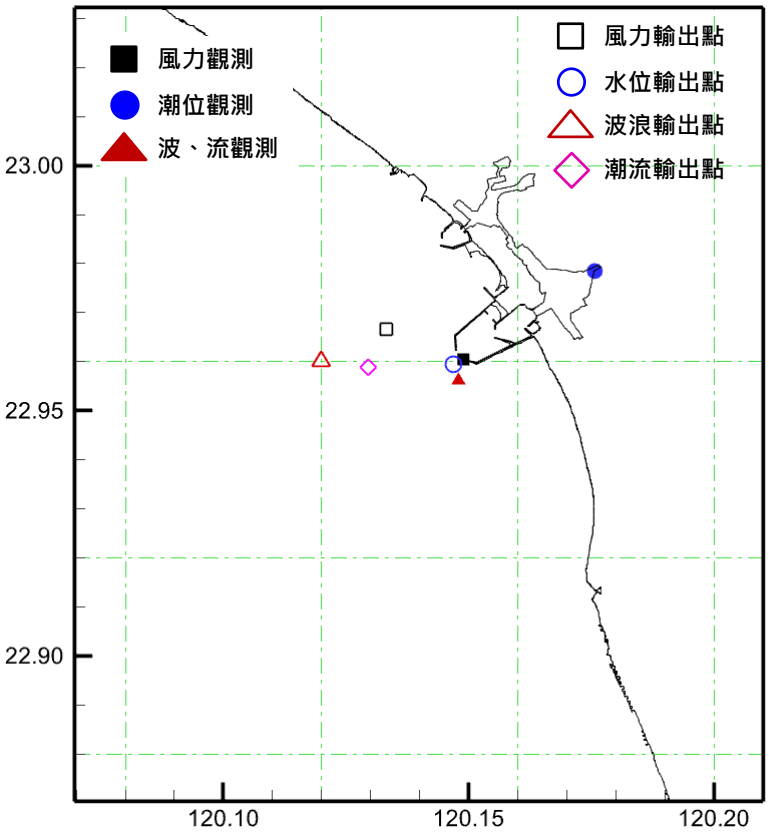


圖 5.7 安平港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

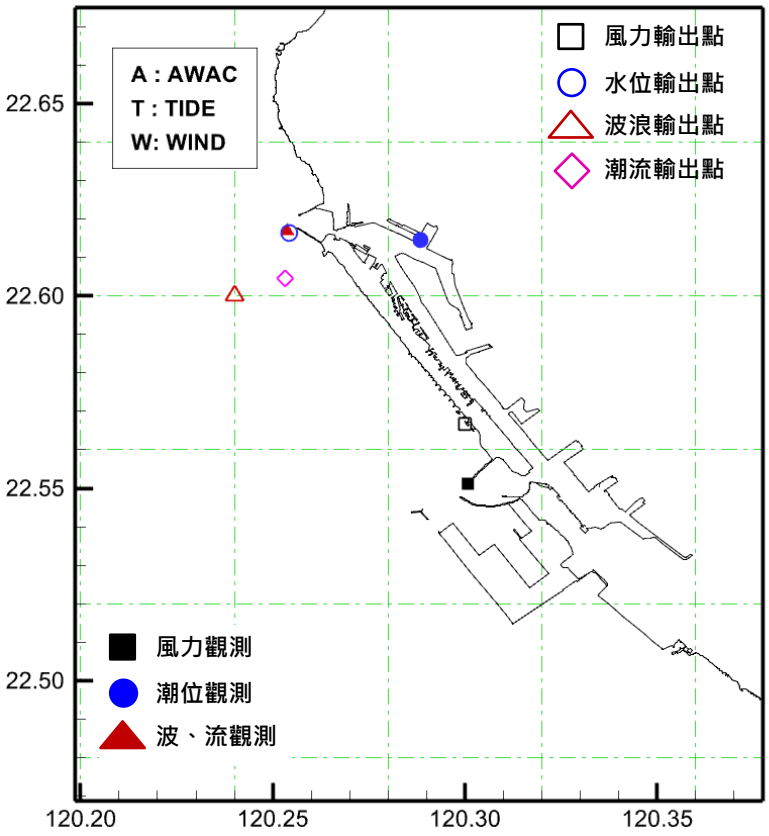


圖 5.8 高雄港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

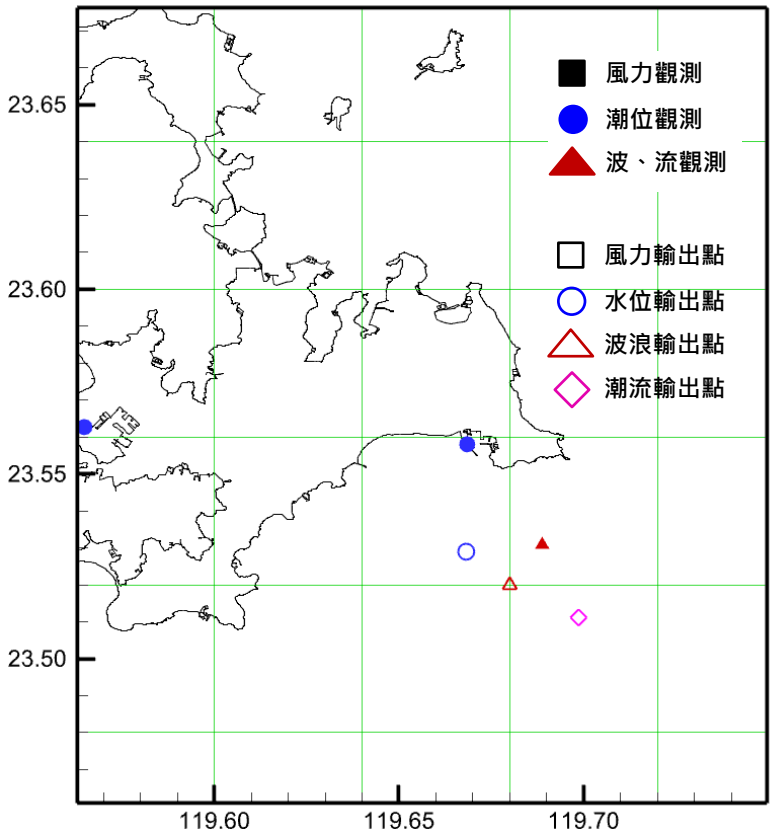


圖 5.9 澎湖龍門尖山港區海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

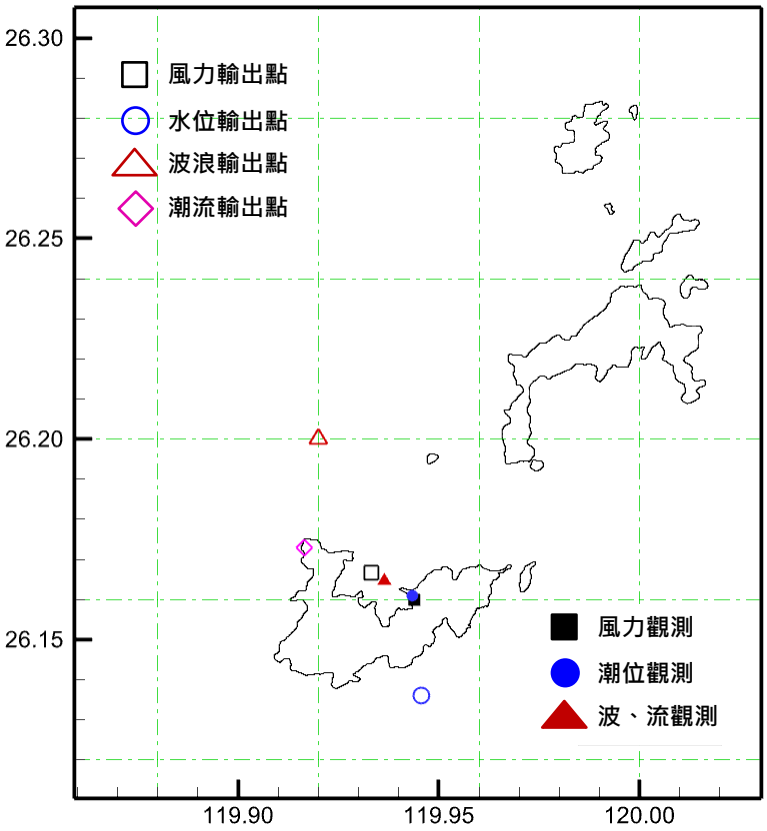


圖 5.10 馬祖福澳港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖

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；以臺北港為例，臺北港年度風力資料統計如表 5-5 所列。表中觀測與模擬之風速年平均分別為 4.68m/s 及 5.57m/s，呈現風速模擬值略大於觀測值之趨勢；標準偏差之年平均分別為 2.57m/s 及 2.81m/s，均方根年平均分別為 5.36m/s 及 6.26m/s。(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、平均絕對誤差(MAE)及均方根誤差(RMSE)等；同樣以臺北港為例，臺北港年度風力差值統計結果如表 5-6 所列。表中每月最大差值介於 7.76m/s (2024 年 12 月)~ 12.61m/s (2025 年 4 月)，絕對誤差之月平均值介於 1.50m/s (2024 年 9 月)~ 1.89m/s (2024 年 10 月)，每月均方根誤差介於 2.28m/s (2024 年 9 月)~ 3.20m/s (2024 年 10 月)。(3)實測風速、風向發生頻率統計，如表 5-7 及表 5-8 分別為臺北港年度觀測風速、風向之發生頻率(%)分析結果。由風速、風向分布統計結果得知 2024 年 10 月至 2025 年 2 月代表東北季風盛行期，風速分布主要區間為 5~10m/s，風向分布主要區間為 NE 向。(4)實測與模擬之風速、風向時序列歷線比較圖，及(5)觀測、模擬風力玫瑰圖等 5 類型。各港風力預測成果評估請參考附冊「2025 年海象作業化預測評估年報」。

表 5-5 臺北港 2025 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

臺北 TP	標準偏差 SD		均方根 RMS		平均值 mean		最大值 Max		蒐集率(%)	
	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
202409	2.62	2.02	4.91	4.53	4.16	4.05	13.74	11.10	99.72	100.00
202410	3.31	3.82	7.09	8.55	6.27	7.65	23.18	19.90	100.00	100.00
202411	2.23	2.85	6.41	7.83	6.02	7.30	12.93	14.30	100.00	100.00
202412	2.26	2.66	6.44	8.17	6.03	7.73	10.56	13.50	100.00	100.00
202501	2.30	2.76	5.83	7.62	5.36	7.11	12.20	14.70	99.87	100.00
202502	2.60	3.27	5.78	7.51	5.16	6.76	10.61	12.70	100.00	100.00
202503	3.13	3.63	5.57	6.86	4.61	5.82	12.10	13.80	99.87	100.00
202504	2.33	2.69	4.27	4.99	3.58	4.20	15.89	14.90	100.00	100.00
202505	2.32	2.71	4.22	4.90	3.52	4.09	13.11	13.40	99.87	100.00
202506	2.21	2.27	3.72	3.87	3.00	3.13	14.80	10.10	99.58	100.00
202507	2.97	2.84	5.62	5.82	4.77	5.08	16.27	17.10	100.00	100.00
202508	2.53	2.24	4.49	4.48	3.71	3.88	16.31	14.10	99.60	100.00
平均值	**2.57**	**2.81**	**5.36**	**6.26**	**4.68**	**5.57**	**14.31**	**14.13**	**99.88**	**100.00**

表 5-6 臺北港 2025 年度風力實測與模擬差值統計表(單位 m/s)

臺北 TP	最小差值	最大差值	MAE	RMSE
202409	0.00	8.94	1.50	2.28
202410	0.01	10.21	1.89	3.20
202411	0.00	10.70	1.72	2.70
202412	0.01	7.76	1.52	2.72
202501	0.00	9.67	1.62	2.84
202502	0.00	8.04	1.63	2.76
202503	0.00	9.04	1.62	2.52
202504	0.01	12.61	1.68	2.53
202505	0.00	9.20	1.68	2.49
202506	0.00	10.70	1.72	2.52
202507	0.00	12.29	1.75	2.81
202508	0.00	12.43	1.56	2.42

表 5-7 臺北港 2025 年度觀測風速發生頻率(%)分析表

臺北 TP	風速(m/s)					平均風速 (m/s)	最大風速 (m/s)
	<5	5~10	10~15	15~20	>20		
202409	65.87	31.75	2.36	0.00	0.00	4.16	13.74
202410	35.75	53.36	9.40	0.94	0.53	6.27	23.18
202411	27.63	71.11	1.25	0.00	0.00	6.02	12.93
202412	28.49	70.69	0.80	0.00	0.00	6.03	10.56
202501	44.14	54.64	1.21	0.00	0.00	5.36	12.20
202502	44.64	54.46	0.89	0.00	0.00	5.16	10.61
202503	57.60	37.14	5.24	0.00	0.00	4.61	12.10
202504	72.63	26.38	0.83	0.13	0.00	3.58	15.89
202505	75.50	24.09	0.40	0.00	0.00	3.52	13.11
202506	83.26	15.62	1.11	0.00	0.00	3.00	14.80
202507	58.60	35.61	5.37	0.40	0.00	4.77	16.27
202508	76.24	21.45	2.15	0.13	0.00	3.71	16.31

表 5-8 臺北港 2025 年度觀測風向發生頻率(%)分析表

臺北	百分比(%)																主要
TP	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	風向
202409	6.82	10.02	10.16	8.35	24.09	10.30	7.52	10.30	2.50	2.64	2.22	0.00	0.13	0.13	0.55	4.17	**E**
202410	1.07	7.52	48.79	15.72	10.88	5.51	4.43	2.01	0.80	0.67	0.80	0.13	0.00	0.00	0.67	0.94	**NE**
202411	0.69	12.91	57.36	7.63	2.77	5.69	4.16	0.69	0.55	0.69	4.02	0.13	0.00	0.00	0.55	2.08	**NE**
202412	2.28	15.32	57.93	6.98	4.83	5.10	2.68	1.47	0.13	1.07	0.67	0.13	0.00	0.00	0.26	1.07	**NE**
202501	5.65	12.78	35.53	12.78	12.65	4.84	8.07	0.94	0.13	1.07	2.28	0.26	0.00	0.00	0.53	2.42	**NE**
202502	2.97	19.49	32.44	13.69	9.67	5.65	4.31	1.93	0.74	1.04	4.31	0.14	0.29	0.14	0.89	2.23	**NE**
202503	6.05	18.03	29.34	4.30	9.69	4.71	7.53	5.11	1.61	0.94	6.05	0.53	0.26	0.26	2.42	3.09	**NE**
202504	5.69	9.44	11.94	6.80	10.83	9.72	13.61	10.69	2.77	3.05	8.88	0.13	0.41	0.00	1.66	4.30	**SE**
202505	4.71	5.24	10.63	4.84	13.59	10.90	17.22	9.69	3.36	2.55	12.11	0.13	0.00	0.13	1.21	3.63	**SE**
202506	5.57	4.32	3.06	3.90	12.41	9.34	14.64	10.32	5.02	4.60	17.01	0.41	0.13	0.27	1.53	7.39	**SW**
202507	3.09	2.82	3.49	4.70	20.83	11.55	10.34	5.51	2.82	2.68	28.09	0.40	0.26	0.13	0.40	2.82	**SW**
202508	4.99	2.29	1.48	4.99	21.99	13.36	15.11	9.58	3.91	4.72	13.22	0.13	0.13	0.13	0.13	3.77	**E**

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；以臺北港為例，臺北港年度示性波高及譜峰週期統計，分別如表 5-9 及表 5-10 所列。其中示性波高之觀測與模擬年平均值分別為 1.15m 及 1.05m，年最大示性波高之觀測與模擬值分別為 3.36m 及 2.86m，呈現模擬值略小於觀測值之趨勢；標準偏差之年平均分別為 0.61m 及 0.58m，均方根年平均分別為 1.31m 及 1.21m；譜峰週期之觀測與模擬年平均值分別為 6.44s 及 5.39s，同樣呈現模擬值略小於觀測值之趨勢；標準偏差之年平均分別為 1.52s 及 1.64s，均方根年平均分別為 6.62s 及 5.65s。

(2)示性波高、譜峰週期、平均週期實測與模擬值差值統計特性包括最大差值、平均絕對誤差(MAE)及均方根誤差(RMSE)等，如表 5-11 為臺北港年度逐月波浪模擬差值分析結果；其中示性波高月最大差值介於 0.93m (2025 年 5 月)~ 2.03m (2024 年 10 月)，絕對誤差之月平均值介於 0.16m (2025 年 5 月)~ 0.28m (2024 年 10 月)，月均方根誤差介於 0.23m (2025 年 8 月)~ 0.41m (2024 年 10 月)；譜峰週期月最大差值介於 4.95s (2024 年 11、12 月)~ 14.4s (2025 年 6 月)，絕對誤差之月平均值介於 0.83s (2024 年 12 月)~ 1.94s (2024 年 9 月)，月均方根誤差介於 1.60s (2024 年 12 月)~ 2.63s (2024 年 9 月)；平均週期月最大差值介於 2.75s (2024 年 10 月)~ 3.87s (2025 年 7 月)，絕對誤差之月平均值介於 0.47s (2024 年 12 月)~ 0.72s (2025 年 7 月)，月均方根誤差介於 1.25s (2024 年 9 月)~ 1.67s (2025 年 1 月)。(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等 3 類型。各港波浪預測成果評估請參考附冊「2025 年海象作業化預測評估年報」

表 5-9 臺北港 2025 年度波高實測與模擬統計表(單位 m)

臺北	標準偏差 SD		均方根 RMS		平均值 mean		最大值 Max		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
202409	0.50	0.41	0.98	0.98	0.85	0.89	3.26	2.83	99.58	100.00
202410	1.09	1.11	2.22	2.19	1.93	1.89	5.31	4.83	98.66	100.00
202411	0.67	0.63	1.85	1.70	1.72	1.58	3.62	3.45	97.36	100.00
202412	0.70	0.67	1.86	1.65	1.72	1.51	4.22	3.37	97.72	100.00
202501	0.66	0.61	1.58	1.32	1.43	1.17	3.83	3.16	97.18	100.00
202502	0.75	0.71	1.76	1.53	1.59	1.35	3.75	3.01	98.66	100.00
202503	0.93	0.89	1.60	1.42	1.30	1.11	4.47	3.38	98.39	100.00
202504	0.53	0.47	0.96	0.78	0.80	0.62	2.90	2.29	99.03	100.00
202505	0.41	0.39	0.75	0.66	0.63	0.53	2.22	1.93	99.87	100.00
202506	0.41	0.27	0.69	0.49	0.56	0.41	2.24	1.69	99.86	100.00
202507	0.43	0.50	0.88	1.04	0.77	0.92	2.64	2.32	100.00	100.00
202508	0.28	0.35	0.57	0.70	0.50	0.60	1.85	2.03	99.87	100.00
平均值	**0.61**	**0.58**	**1.31**	**1.21**	**1.15**	**1.05**	**3.36**	**2.86**	**98.85**	**100.00**

表 5-10 臺北港 2025 年度譜峰週期實測與模擬統計表(單位 sec)

臺北	標準偏差 SD		均方根 RMS		平均值 mean		最大值 Max		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
202409	1.87	2.61	6.79	6.68	6.53	6.15	15.50	15.00	95.00	100.00
202410	1.76	1.95	7.89	7.10	7.69	6.82	11.90	11.55	93.15	100.00
202411	1.45	1.26	7.55	6.35	7.41	6.23	10.80	10.21	94.03	100.00
202412	1.48	1.28	7.24	6.05	7.09	5.92	10.80	8.33	94.76	100.00
202501	1.31	1.28	7.13	5.51	7.01	5.36	10.60	8.69	93.68	100.00
202502	1.42	1.33	7.68	6.07	7.55	5.93	11.10	8.72	95.98	100.00
202503	1.98	2.02	7.17	5.65	6.90	5.27	13.40	12.67	96.24	100.00
202504	1.44	1.44	6.05	4.79	5.87	4.57	10.40	10.48	97.36	100.00
202505	1.43	1.30	5.45	4.43	5.25	4.24	9.40	10.58	91.67	100.00
202506	1.26	2.39	5.45	5.27	5.30	4.69	8.30	12.96	95.97	100.00
202507	1.46	1.64	6.01	5.49	5.83	5.24	10.80	11.57	98.66	100.00
202508	1.32	1.20	5.08	4.40	4.90	4.23	11.10	9.91	99.46	100.00
平均值	**1.52**	**1.64**	**6.62**	**5.65**	**6.44**	**5.39**	**11.18**	**10.89**	**95.50**	**100.00**

表 5-11 臺北港 2025 年度波浪實測與模擬差值統計表

臺北 TP	示性波高 Hs (m)			譜峰週期 Tp (sec)			平均週期 Tm (sec)		
	最大差值	MAE	RMSE	最大差值	MAE	RMSE	最大差值	MAE	RMSE
202409	1.18	0.19	0.28	9.57	1.94	2.63	3.05	0.59	1.25
202410	2.03	0.28	0.41	5.69	1.03	1.62	2.75	0.53	1.27
202411	1.86	0.26	0.41	4.95	1.04	1.83	3.47	0.53	1.38
202412	1.47	0.24	0.39	4.95	0.83	1.60	3.27	0.47	1.42
202501	1.29	0.24	0.39	5.22	0.99	1.96	3.36	0.53	1.67
202502	1.27	0.24	0.40	5.52	0.99	2.00	3.11	0.50	1.58
202503	1.50	0.25	0.37	12.20	1.40	2.31	3.31	0.61	1.61
202504	1.54	0.23	0.32	7.54	1.23	2.00	3.37	0.54	1.60
202505	0.93	0.16	0.24	5.31	1.11	1.79	3.14	0.60	1.61
202506	0.98	0.19	0.27	14.40	1.59	2.49	3.53	0.63	1.59
202507	1.08	0.24	0.33	7.74	1.17	1.83	3.87	0.72	1.45
202508	1.01	0.17	0.23	7.07	1.14	1.81	3.43	0.65	1.41

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；表 5-12 為臺北港本年度水位資料統計結果，其中水位之觀測與模擬年平均值分別為 0.00m 及-0.06m，標準偏差之年平均分別為 0.88m 及 0.72m，均方根年平均分別為 0.89m 及 0.73m。(2) 潮位實測與模擬差值統計特性包括最小差值、最大差值、平均絕對誤差(MAE)及均方根誤差(RMSE)等，如表 5-13 為臺北港本年度潮位實測與模擬差值分析結果；其中水位月最大差值介於 0.53m (2025 年 2 月)~ 0.86m (2025 年 1 月)，絕對誤差之月平均值介於 0.10m (2025 年 5 月)~ 0.17m (2025 年 1 月)，月均方根誤差介於 0.18m (2025 年 5 月)~ 0.28m (2024 年 10 月)。(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 3 類型。

各港潮位預測成果評估請參考附冊「2025 年海象作業化預測評估年報」。

表 5-12 臺北港 2025 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

臺北 TP	標準偏差 SD		均方根 RMS		平均值 Mean		最大值 Max		最小值 Min		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
202409	0.89	0.73	0.91	0.73	0.16	0.03	2.00	1.65	-1.63	-1.46	100.00	100.00
202410	0.90	0.71	0.90	0.72	0.03	-0.10	1.91	1.57	-1.98	-1.75	100.00	100.00
202411	0.90	0.71	0.90	0.73	-0.04	-0.15	1.87	1.49	-1.97	-1.86	100.00	100.00
202412	0.89	0.72	0.90	0.74	-0.17	-0.19	1.50	1.25	-2.26	-1.77	100.00	100.00
202501	0.89	0.74	0.91	0.76	-0.18	-0.18	1.52	1.83	-2.09	-2.75	99.87	100.00
202502	0.87	0.72	0.89	0.74	-0.21	-0.18	1.63	1.34	-1.99	-1.62	100.00	100.00
202503	0.90	0.75	0.90	0.76	-0.07	-0.10	1.85	1.51	-1.87	-1.65	100.00	100.00
202504	0.89	0.74	0.89	0.74	0.01	-0.03	1.74	1.54	-2.01	-1.71	100.00	100.00
202505	0.87	0.73	0.87	0.73	0.02	0.00	1.70	1.42	-1.92	-1.67	100.00	100.00
202506	0.86	0.72	0.87	0.72	0.12	0.05	1.74	1.43	-1.78	-1.62	100.00	100.00
202507	0.88	0.67	0.90	0.67	0.23	0.09	1.88	1.46	-1.65	-1.47	99.87	100.00
202508	0.85	0.66	0.85	0.66	0.09	0.03	1.62	1.25	-1.63	-1.40	100.00	100.00
平均值	**0.88**	**0.72**	**0.89**	**0.73**	**0.00**	**-0.06**	**1.75**	**1.48**	**-1.90**	**-1.73**	**99.98**	**100.00**

表 5-13 臺北港 2025 年度潮位實測與模擬差值統計表(單位 m)

臺北 TP	最小差值	最大差值	MAE	RMSE
202409	0.00	0.64	0.14	0.24
202410	0.00	0.69	0.15	0.28
202411	0.00	0.73	0.15	0.27
202412	0.00	0.59	0.11	0.22
202501	0.00	0.86	0.17	0.27
202502	0.00	0.53	0.12	0.21
202503	0.00	0.66	0.12	0.22
202504	0.00	0.56	0.11	0.20
202505	0.00	0.60	0.10	0.18
202506	0.00	0.55	0.11	0.19
202507	0.00	0.61	0.14	0.27
202508	0.00	0.56	0.11	0.22

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；表 5-14 為臺北港本年度海流資料統計結果，其中海流之觀測與模擬年平均值分別為 41.79cm/s 及 24.57cm/s，標準偏差之年平均分別為 22.07cm/s 及 13.16cm/s，均方根年平均分別為 47.26cm/s 及 27.87cm/s。(2)流速實測與模擬差值統計特性包括最小差值、最大差值、平均絕對誤差(MAE)及均方根誤差(RMSE)等；表 5-15 為臺北港本年度海流實測與模擬差值分析結果，其中月最大差值介於 0.49cm/s (2025 年 4 月)~ 1.10cm/s (2024 年 10 月)，絕對誤差之月平均值介於 0.10cm/s (2025 年 6 月)~ 0.15cm/s (2024 年 10 月)，月均方根誤差介於 0.20cm/s (2024 年 9 月、2025 年 5 月及 6 月)~ 0.26cm/s (2024 年 10 月)。(3)實測流速、流向與模擬流速、流向之時序列歷線比較圖等 3 類型。

各港海流預測成果評估請參考附冊「2025 年海象作業化預測評估年報」。

表 5-14 臺北港 2025 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 cm/s)

臺北	標準偏差 SD		均方根 RMS		平均值 mean		最大值 Max		蒐集率(%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
202409	22.30	13.73	46.81	28.47	41.17	24.95	104.60	61.60	95.28	100.00
202410	24.96	13.43	50.97	27.75	44.45	24.29	145.20	61.00	94.49	100.00
202411	21.96	12.84	46.84	27.16	41.38	23.94	114.30	59.60	96.53	100.00
202412	20.11	12.63	45.40	27.08	40.71	23.96	89.80	55.20	96.91	100.00
202501	21.19	12.75	46.93	27.42	41.88	24.28	95.80	58.40	96.24	100.00
202502	21.36	13.33	46.32	27.55	41.11	24.12	96.20	58.90	97.32	100.00
202503	22.68	14.08	47.94	29.20	42.24	25.59	95.90	60.30	97.85	100.00
202504	22.13	13.52	47.70	28.57	42.27	25.17	106.30	60.10	98.33	100.00
202505	21.61	12.92	46.33	28.02	40.99	24.87	96.40	59.60	91.40	100.00
202506	21.00	12.69	46.29	27.77	41.27	24.70	99.80	57.80	95.00	100.00
202507	22.10	12.81	47.37	27.73	41.90	24.59	105.60	59.70	98.39	100.00
202508	23.44	13.17	48.20	27.69	42.12	24.36	117.60	57.30	99.60	100.00
平均值	**22.07**	**13.16**	**47.26**	**27.87**	**41.79**	**24.57**	**105.63**	**59.13**	**96.45**	**100.00**

表 5-15 臺北港 2025 年度流速實測與模擬差值統計表(單位 m/s)

臺北 TP	最小差值	最大差值	MAE	RMSE
202409	0.00	0.55	0.11	0.20
202410	0.00	1.10	0.15	0.26
202411	0.00	0.81	0.12	0.22
202412	0.00	0.57	0.11	0.21
202501	0.00	0.56	0.11	0.21
202502	0.00	0.56	0.11	0.21
202503	0.00	0.66	0.11	0.21
202504	0.00	0.49	0.11	0.21
202505	0.00	0.54	0.11	0.20
202506	0.00	0.52	0.10	0.20
202507	0.00	0.53	0.11	0.21
202508	0.00	0.61	0.12	0.22

第六章 臺北海域基本資料蒐集與分析

本計畫臺北海域基本資料蒐集主要對象為臺北港及其鄰近海域，內容包括地形水深、潮汐、波浪及海流等基本海象資料。

6.1 地形水深

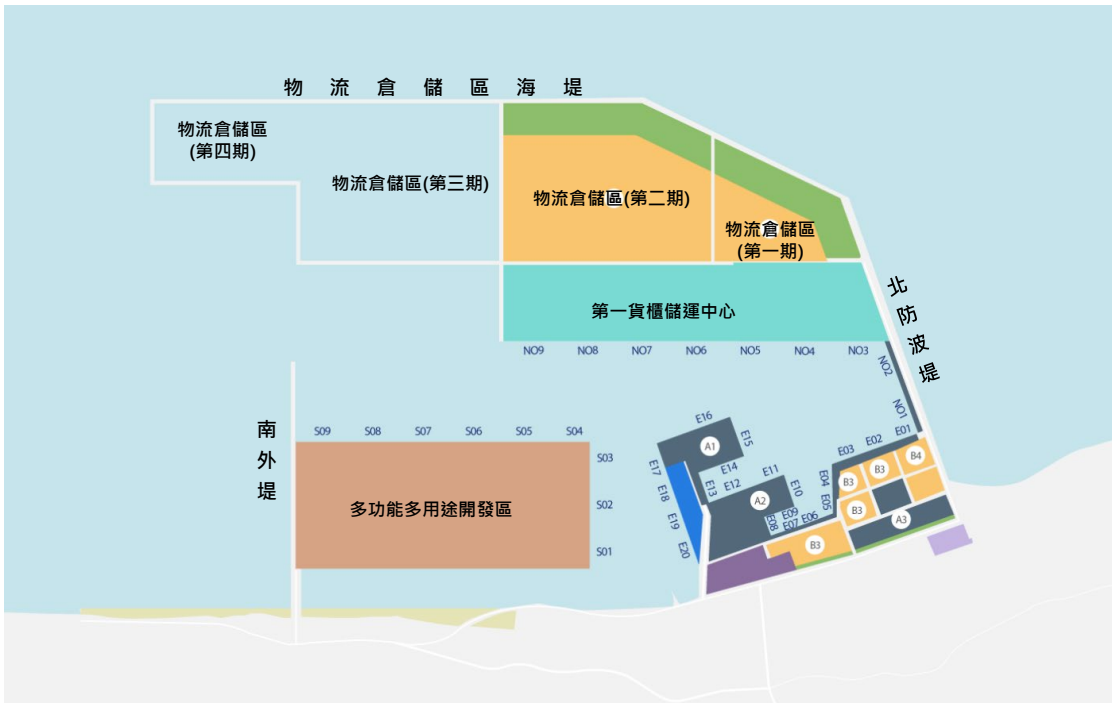
臺北港位於淡水河出海口南岸新北市八里區至林口區瑞樹坑溪口近岸海域，面對台灣海峽；地理位置代表座標為東經 121°21'29"，北緯 25°9'49"，東距基隆港 34 浬，南距台中港 87 浬。臺北港整體發展藍圖(如圖 6.1 所示)，第一期建港工程於 1993 年開工，於 1998 年底完工，1999 年正式營運；第二期擴建工程(1996~ 2011 年)完成 3 個五年計畫及第三、四期擴建工程(國際商港未來發展及建設計畫，2012 年~)辦理迄今，臺北港外廓及港區港型配置如圖 6.2 所示。北防波堤長 5,263m，南外堤長 1,550m；物流倉儲區海堤長 1,424m。港口朝 W 向，港口兩堤間最短距離約 600m。外航道有效寬 400m、水深-17.5m；港口至北內堤中航道寬度為 400~523m，水深-17.0m；內港迴船池直徑 720m，水深-16.0m。

本計畫臺北海域地形水深資料蒐集，包括臺灣港務股份有限公司(以下簡稱港務公司)提供 113 年 8 月臺北港 5m 等間距網格水深資料(圖 6.3)，及 113 年 10 月臺北港鄰近海域地形測量 5m 網格水深及 Lidar 資料(圖 6.4)；以及內政部近 5 年臺北海域 20m 網格水深測量資料(圖 6.5)。至於上述水深資料覆蓋範圍外區域，則採用國家海洋科學研究中心發布 200m 數值地形資料(圖 6.6)。整合上述水深資料，建置臺北海域風浪模組及水動力模組之計算網格水深依據。



★資料來源：臺灣港務股份有限公司網站

圖 6.1 臺北港整體規劃藍圖



★資料來源：臺灣港務股份有限公司網站

圖 6.2 臺北港外廓及港型配置現況圖



圖 6.3 臺北港水深測量圖

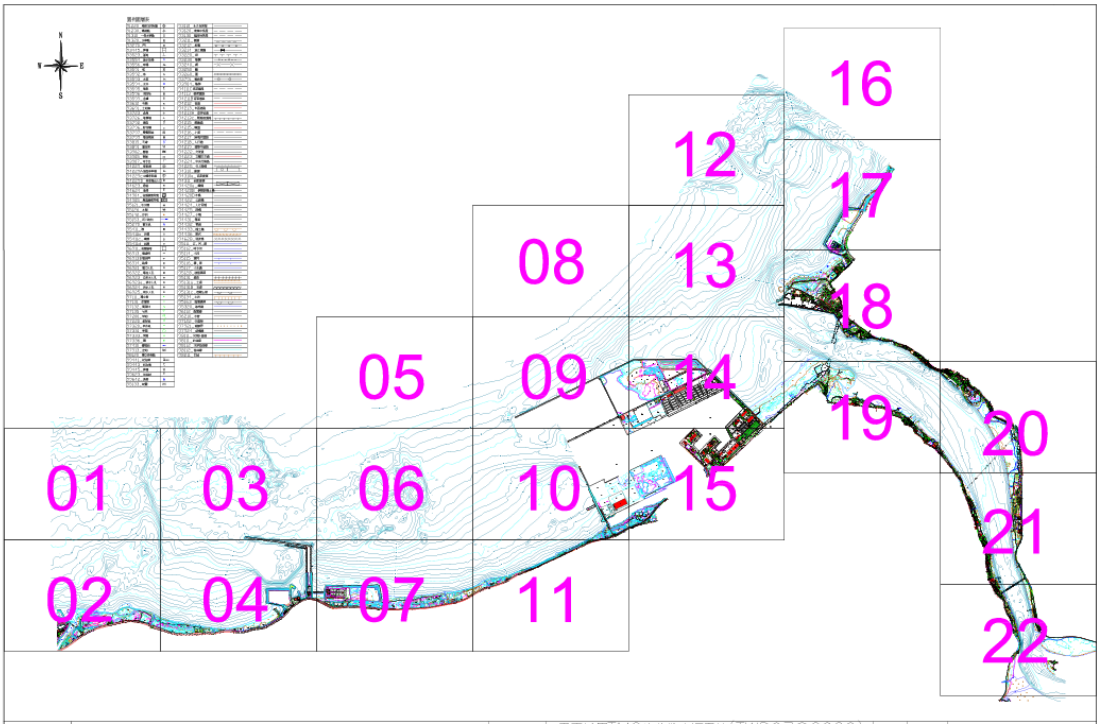


圖 6.4 臺北港鄰近海域地形測量圖

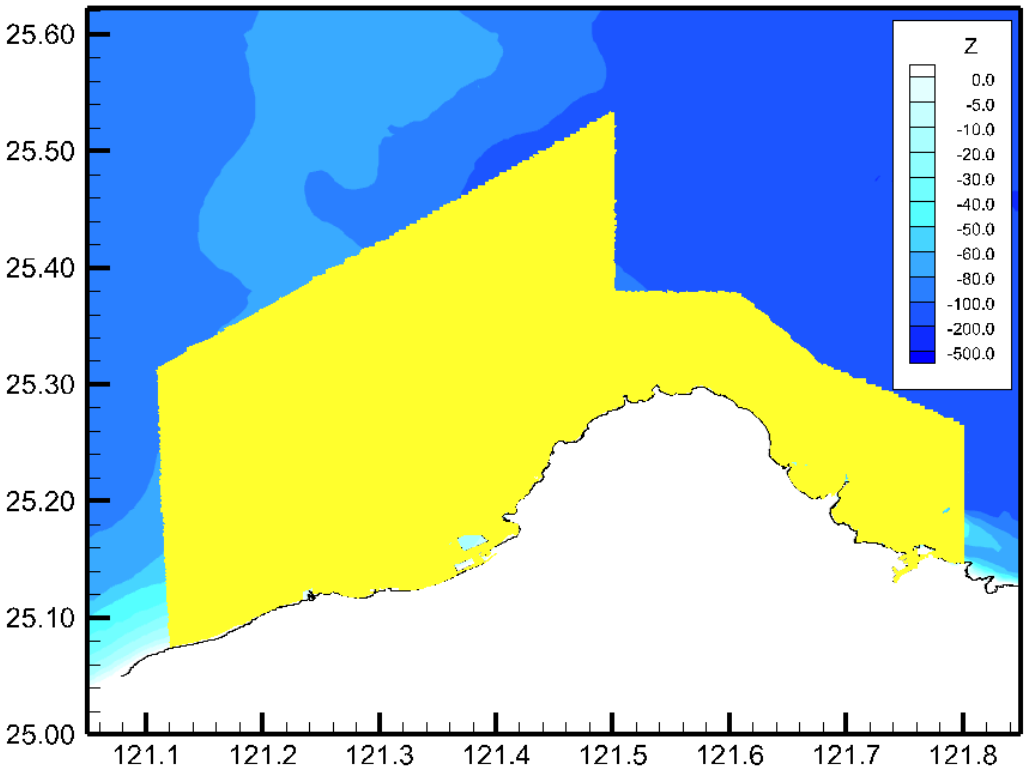


圖 6.5 臺北海域水深資料(黃色)分布圖

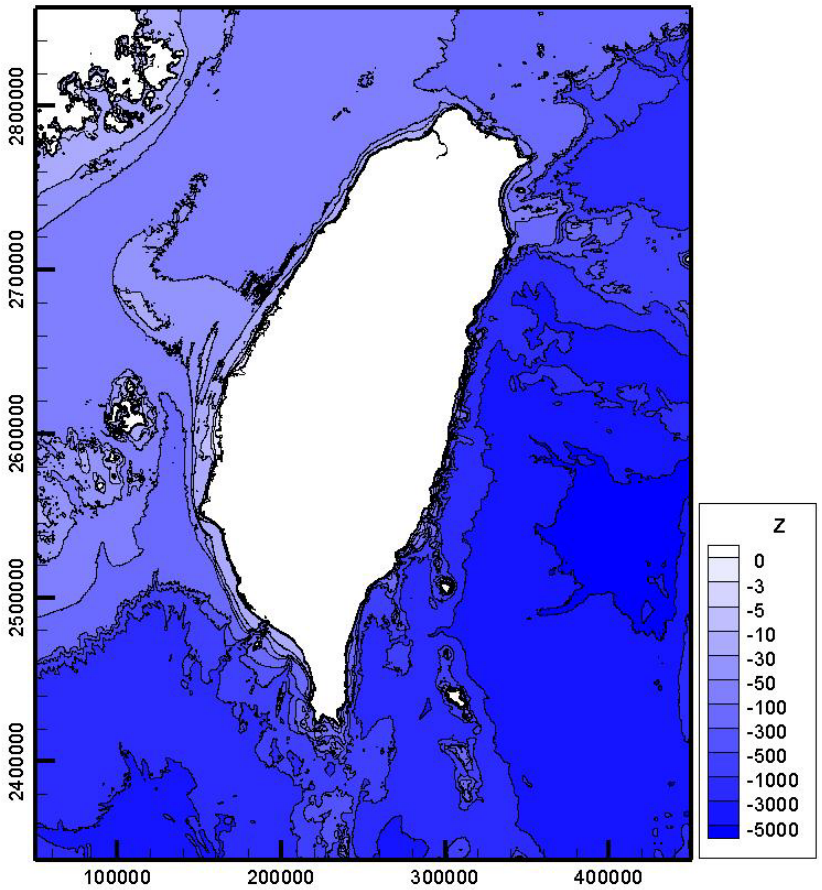


圖 6.6 臺灣周圍海域 200 公尺網格間距地形水深分布圖

6.2 潮汐

運技中心目前在臺北港內設有 2 潮位站(TPTD01、TPTD02)，測站位置如圖 6.7 所示，由 TPTD01 及 TPTD02 測站相近，本計畫選擇 TPTD01 潮位觀測資料為臺北海域之代表性潮位，據此做為本計畫水動力模擬校驗之依據。



圖 6.7 運技中心臺北港潮位及波流測站位置圖

本計畫蒐集 2022~2024 年逐時潮位觀測資料，如圖 6.8~圖 6.10 所示；其中 2022~2024 年逐月重要潮位統計結果，如表 6-1 及圖 6.11 所示。

依據 2024 年天文潮調和常數分析結果(詳附錄三)得知，臺北港潮汐主要分潮 O_1、K_1、M_2、S_2 之振幅依序分別為 0.211m、0.242m、1.104m 及 0.332m，因此臺北港潮型指標$[(O_1+K_1)/(M_2+S_2)]$約為 0.315，近似半日潮型態(≤0.25)。

表 6-1 臺北港 2022~2024 年逐月代表性潮位統計表

年月	HHWL	MHWL	MWL	MLWL	LLWL	MTR	MR	資料數
202201	1.632	1.179	-0.004	-1.156	-2.104	3.736	2.336	744
202202	1.690	1.163	-0.006	-1.148	-1.901	3.591	2.311	672
202203	1.707	1.257	0.063	-1.094	-1.926	3.633	2.351	744
202204	1.636	1.223	0.048	-1.085	-1.756	3.392	2.308	720
202205	1.653	1.195	0.046	-1.076	-1.958	3.611	2.271	743
202206	1.772	1.259	0.138	-0.952	-1.889	3.661	2.210	718
202207	1.954	1.404	0.251	-0.861	-1.778	3.732	2.265	743
202208	1.841	1.349	0.170	-0.955	-1.803	3.644	2.304	744
202209	1.849	1.397	0.208	-0.944	-1.679	3.528	2.341	720
202210	1.773	1.228	0.064	-1.070	-1.765	3.538	2.298	744
202211	1.585	1.135	-0.078	-1.269	-2.273	3.858	2.405	720
202212	1.332	0.836	-0.343	-1.497	-2.464	3.796	2.333	744
202301	1.839	1.122	-0.036	-1.162	-1.986	3.825	2.285	744
202302	1.648	1.194	-0.006	-1.161	-1.935	3.584	2.354	672
202303	1.774	1.170	-0.001	-1.137	-1.749	3.523	2.307	744
202304	1.800	1.225	0.072	-1.055	-1.669	3.469	2.280	718
202305	1.731	1.294	0.146	-0.970	-1.674	3.404	2.264	744
202306	1.763	1.392	0.240	-0.887	-1.677	3.440	2.280	720
202307	1.942	1.457	0.282	-0.850	-1.737	3.679	2.307	743
202308	2.918*1	1.620	0.382	-0.807	-1.577	4.495	2.427	744
202309	2.161	1.557	0.327	-0.872	-1.452	3.614	2.429	720
202310	2.032	1.370	0.146	-1.042	-1.706	3.738	2.412	744
202311	1.589	1.207	0.041	-1.099	-1.823	3.411	2.306	720
202312	1.660	1.136	-0.027	-1.158	-1.929	3.589	2.294	744
202401	1.674	1.160	-0.013	-1.153	-2.037	3.711	2.313	744
202402	1.596	1.215	0.033	-1.116	-2.026	3.623	2.331	696
202403	1.773	1.241	0.071	-1.068	-1.889	3.662	2.309	744
202404	1.849	1.285	0.147	-0.974	-1.725	3.575	2.259	720
202405	1.731	1.260	0.119	-0.992	-1.773	3.504	2.252	743
202406	1.761	1.389	0.247	-0.866	-1.604	3.365	2.254	720
202407	2.127	1.444	0.276	-0.850	-1.550	3.677	2.294	744
202408	1.936	1.500	0.323	-0.808	-1.582	3.518	2.308	744
202409	2.145	1.506	0.306	-0.862	-1.474	3.619	2.368	720
202410	2.034	1.367	0.164	-1.014	-1.847	3.881	2.381	744
202411	2.001	1.299	0.093	-1.082	-1.836	3.837	2.382	720
202412	1.635	1.141	-0.040	-1.186	-2.118	3.753	2.326	744

*1、暴潮位值高於靜水管頂部高程，判斷受到港內波浪波壓影響失真。

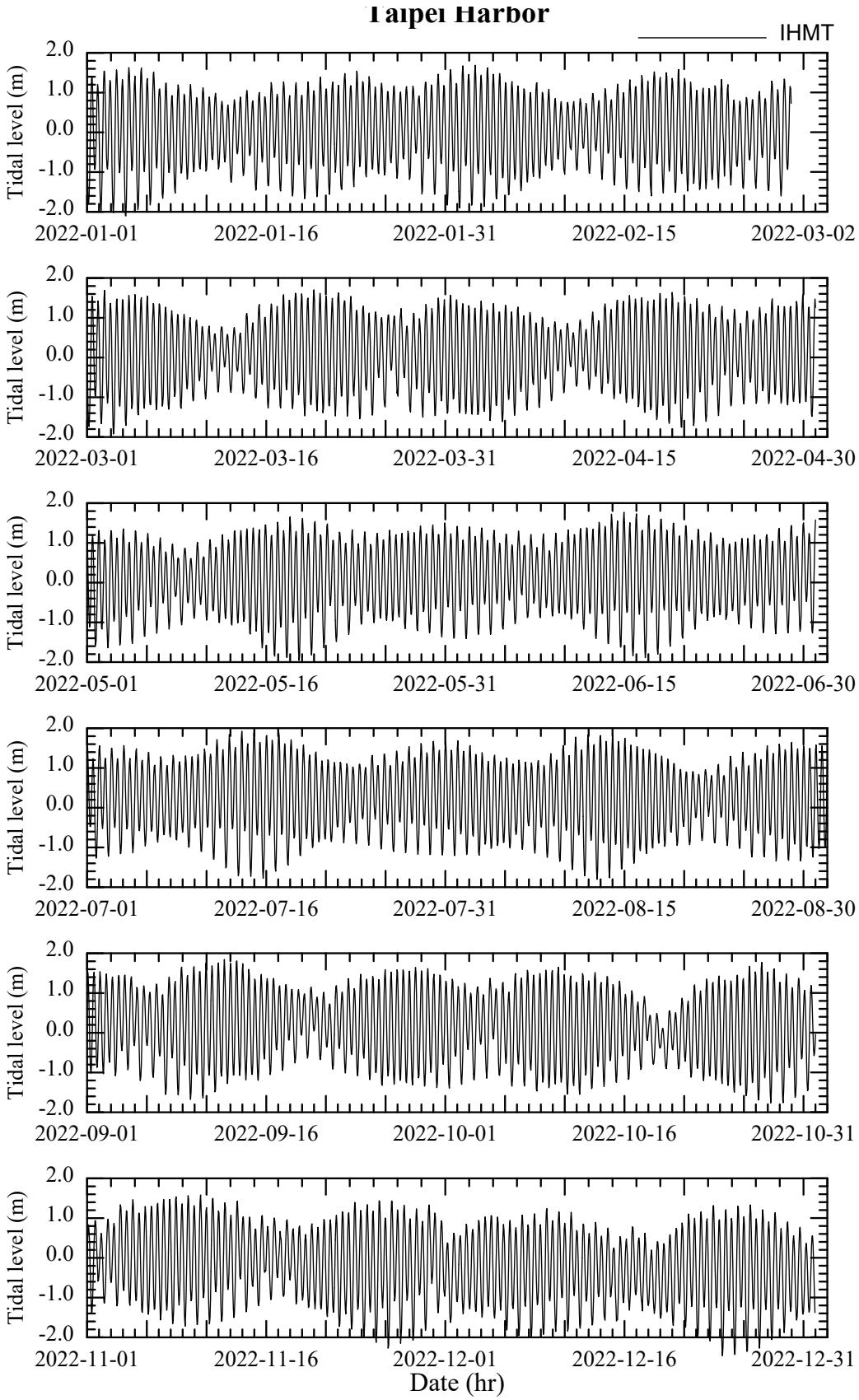


圖 6.8 臺北港 2022 年逐時潮位歷線圖

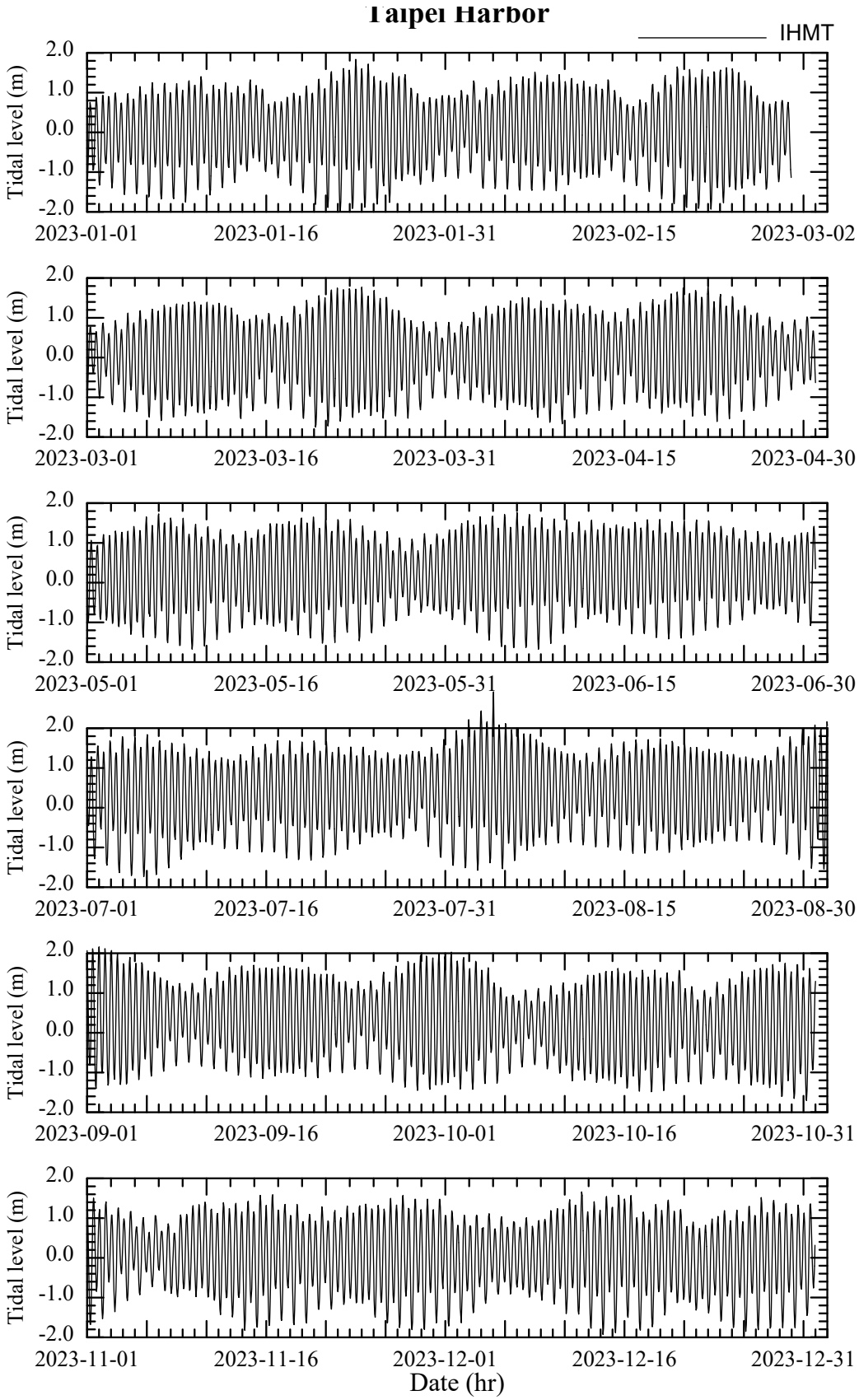


圖 6.9 臺北港 2023 年逐時潮位歷線圖

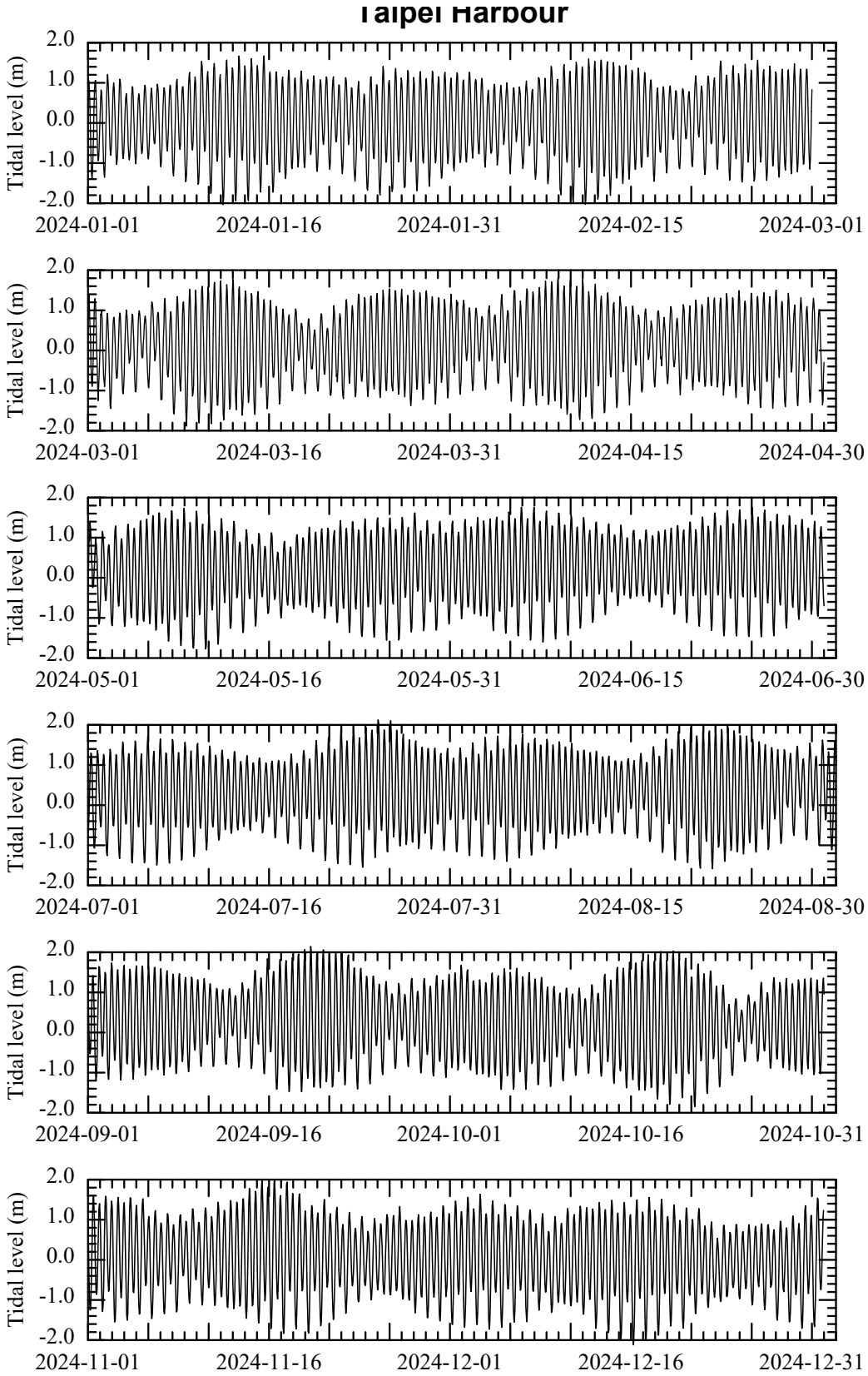


圖 6.10 臺北港 2024 年逐時潮位歷線圖

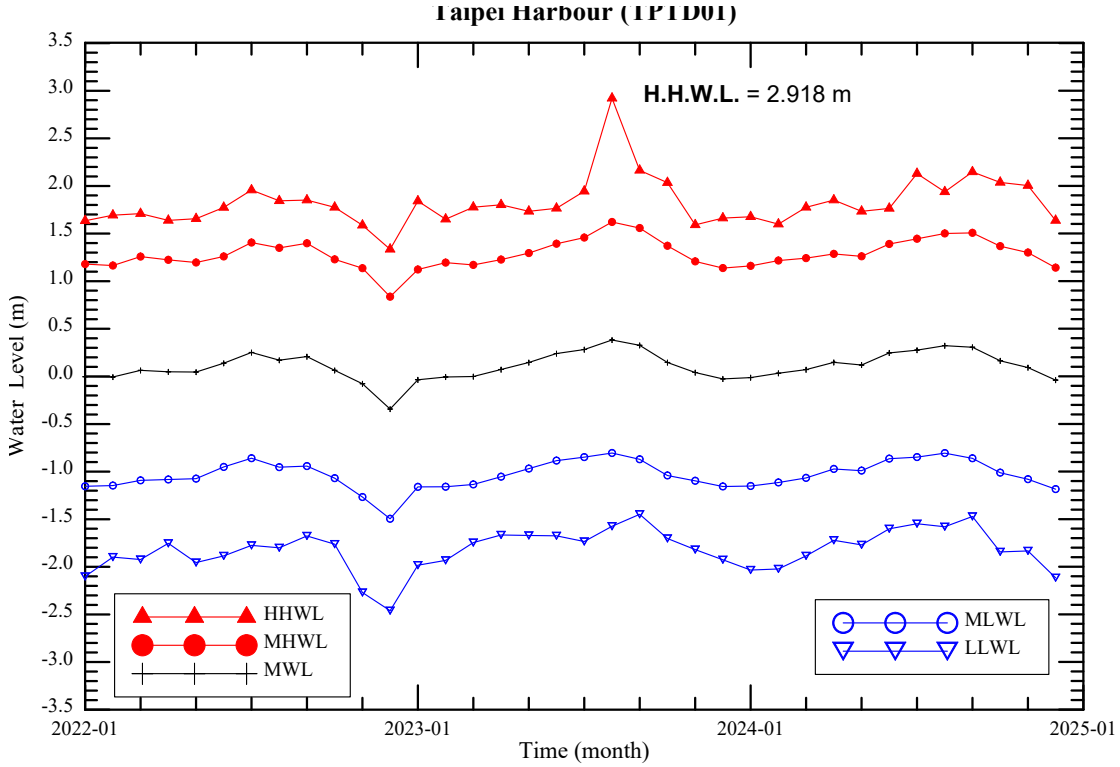


圖 6.11 臺北港代表性潮位月變化歷線圖

6.3 波浪

目前運技中心在臺北港外海設有底碇式 AWAC 測站(TPAW01)、資料浮標測站(TPBU01)及浮球測站(TPBU02)等波浪測站(詳圖 6.7)，圖中資料浮標測站(TPBU01)原觀測位置位於浮球測站(TPBU02)附近，運技中心於 2024 年 7 月將資料浮標與浮球測站觀測位置互換。

本計畫選擇 TPAW01 及 TPBU01 波浪觀測資料做為臺北海域代表性波浪，及臺北海域小尺度風浪模擬校驗之依據。故蒐集 TPAW01 及 TPBU01 測站 2024 年逐時波浪資料比較，如圖 6.12 所示，圖中 D_p代表主波向定義為方向波譜能量最大之處所對應之方向。比較結果顯示，2 者示性波高及譜峰週期具有高度相似性，資料浮標 TPBU01 測站觀測之平均週期普遍高於 TPAW01 測站觀測結果。

由於 AWAC 測站觀測資料短缺數量較多，因此本計畫選取 TPBU01 測站 2024 年觀測資料分析相關波浪特性。表 6-2 為 TPBU01 測站逐月示性波高、平均週期、譜峰週期及主波向之月平均值統計結果，其中示性波高月平均值介於 0.51m(8 月)~1.93m(10 月)，東北季風盛行期為 10 月至隔年 3 月，示性波高月平均值大於 1.0m。2024 年測得最大示性波高為 6.24m，發生於 1 月，屬於東北季風鋒面引起的；其次，10 月測得最大示性波高為 5.31m，發生於強烈颱風山陀兒侵臺期間。本計畫整理臺北海域每月主要波高、主要週期及主要波向之範圍及佔比，如表 6-3 所列，顯示東北季風盛行期間，臺北海域示性波高主要分布範圍為 1.0~2.0m(1 月及 10~12 月)，平均週期主要分布範圍為 5.0~6.0m(2 月及 10~12 月)，譜峰波向主要方位為 N(10~12 月)。

全年波高-週期及波高-波向聯合機率分布分析結果，如表 6-4 所列及如圖 6.13 所示，顯示臺北海域波浪特性為示性波高分布主要範圍為 1.0~1.5m，其次為 1.5~2.0m；平均週期分布主要範圍為 4.0~5.0sec，其次為 5.0~6.0sec；主波向方位分布以 N 向為主，其次為 NNE 向。

表 6-2 臺北海域 TPBU01 測站 2024 年波浪月平均統計表

月份	蒐集率 (%)	示性波高 最大值(m)	示性波高 平均值(m)	平均週期 平均值(s)	譜峰週期 平均值(s)	主要波向 平均值(º)
1月	99.7	6.24	1.79	5.19	6.85	42.9
2月	99.9	4.55	1.68	5.27	7.27	41.0
3月	99.9	5.05	1.27	4.80	6.39	28.9
4月	99.9	2.82	0.87	4.47	5.62	0.9
5月	99.6	3.28	1.02	4.67	6.15	37.3
6月	99.7	2.80	0.81	4.34	5.45	327.6
7月	99.3	3.30*1	0.58	4.45	5.61	294.3
8月	99.5	1.47	0.51	4.17	5.07	285.0
9月	99.6	3.26	0.85	4.85	6.53	10.7
10月	98.7	5.31*2	1.93	5.51	7.69	9.2
11月	97.4	3.62	1.72	5.31	7.41	3.1
12月	97.7	4.22	1.72	5.16	7.09	6.8

*1：測得時間為7月24日14時，凱米颱風侵臺期間。
*2：測得時間為10月2日16時，山陀兒颱風侵臺期間。

表 6-3 臺北海域 TPBU01 測站 2024 年逐月波浪分布範圍統計表

月份	主要波高 範圍(m)	主要波高 佔比(%)	主要週期 範圍(s)	主要週期 佔比(%)	主要波向 方位	主要波向 佔比(%)
1月	1.0~2.0	45.8	4.0~5.0	39.8	NE	25.6
2月	0.0 ~1.0	35.7	5.0~6.0	46.8	NNE	26.2
3月	0.0 ~1.0	50.2	4.0~5.0	48.5	NE	23.1
4月	0.0 ~1.0	69.7	4.0~5.0	59.2	W	19.6
5月	0.0 ~1.0	56.4	4.0~5.0	54.8	NE	26.3
6月	0.0 ~1.0	66.4	4.0~5.0	66.0	W	32.9
7月	0.0 ~1.0	88.1	4.0~5.0	50.5	W	26.1
8月	0.0 ~1.0	93.2	3.0~4.0	46.6	WSW	39.6
9月	0.0 ~1.0	71.4	4.0~5.0	46.4	N	30.0
10月	1.0~2.0	35.3	5.0~6.0	37.2	N	53.7
11月	1.0~2.0	45.4	5.0~6.0	51.5	N	54.9
12月	1.0~2.0	48.8	5.0~6.0	54.3	N	51.4

表 6-4 臺北海域 TPBU01 測站 2024 年波浪聯合機率分布表

觀測時間：2024/1/1~2024/12/31													
		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
週期(s)	<4	6.9	6.8	0.6	0.0	-	-	-	-	-	-	-	14.3
	4~5	13.6	15.8	10.9	3.6	0.4	0.0	-	-	-	-	-	44.3
	5~6	2.1	5.1	5.7	7.8	6.7	2.9	0.4	0.0	-	-	-	30.8
	6~7	0.1	0.7	0.7	0.6	1.5	2.2	1.9	0.9	0.4	0.1	-	9.1
	7~8	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	1.4
	8~9	-	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	-	-	-	0.1
	>=9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	sum	22.7	28.4	18.0	12.1	8.7	5.4	2.5	1.1	0.7	0.3	0.2	
波向	N	2.3	4.1	4.2	4.5	3.5	2.2	1.0	0.5	0.3	0.1	0.0	22.7
	NNE	2.5	4.7	3.1	2.4	1.6	1.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	16.4
	NE	1.8	3.8	2.3	1.5	1.1	0.7	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	12.3
	ENE	1.1	1.6	1.1	0.8	0.5	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	5.7
	E	0.6	0.7	0.5	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	-	0.0	2.7
	ESE	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	-	0.0	-	-	1.5
	SE	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	-	-	0.0	1.6
	SSE	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	-	0.0	-	-	-	-	1.7
	S	0.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	-	1.1
	SSW	0.5	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	1.0
	SW	1.2	0.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	-	-	-	-	2.2
	WSW	3.7	2.9	1.0	0.1	0.0	0.1	0.0	-	-	-	-	7.8
	W	3.3	3.7	2.1	0.2	0.0	-	-	-	-	-	-	9.5
	WNW	1.8	1.2	0.3	0.0	-	0.0	-	-	-	-	-	3.4
	NW	1.0	0.7	0.2	0.1	0.0	-	-	0.0	-	-	-	2.1
	NNW	1.4	1.9	1.6	1.3	1.1	0.6	0.3	0.1	0.1	0.0	-	8.3
	sum	22.7	28.4	18.0	12.1	8.7	5.4	2.5	1.1	0.7	0.3	0.2	

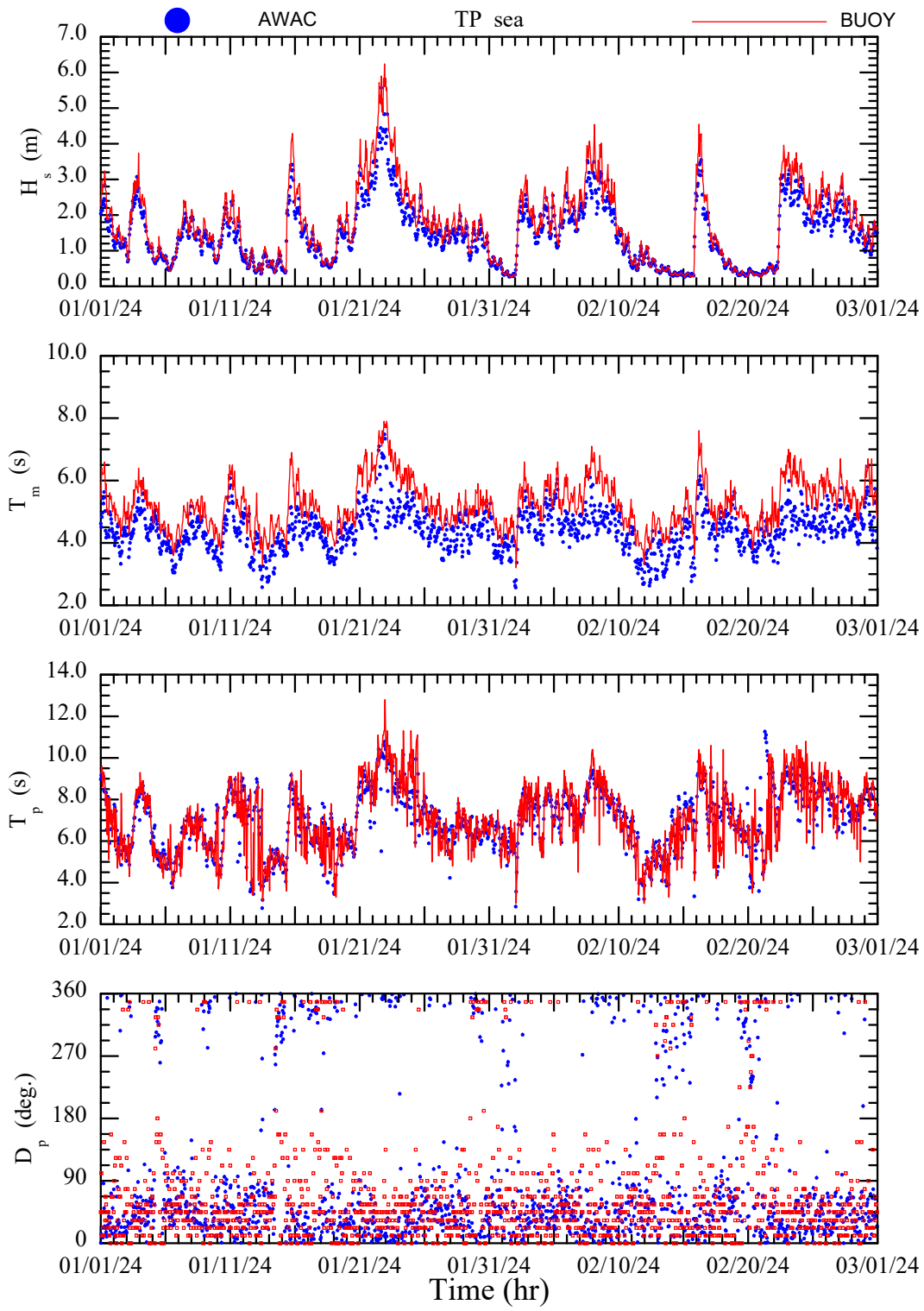


圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖

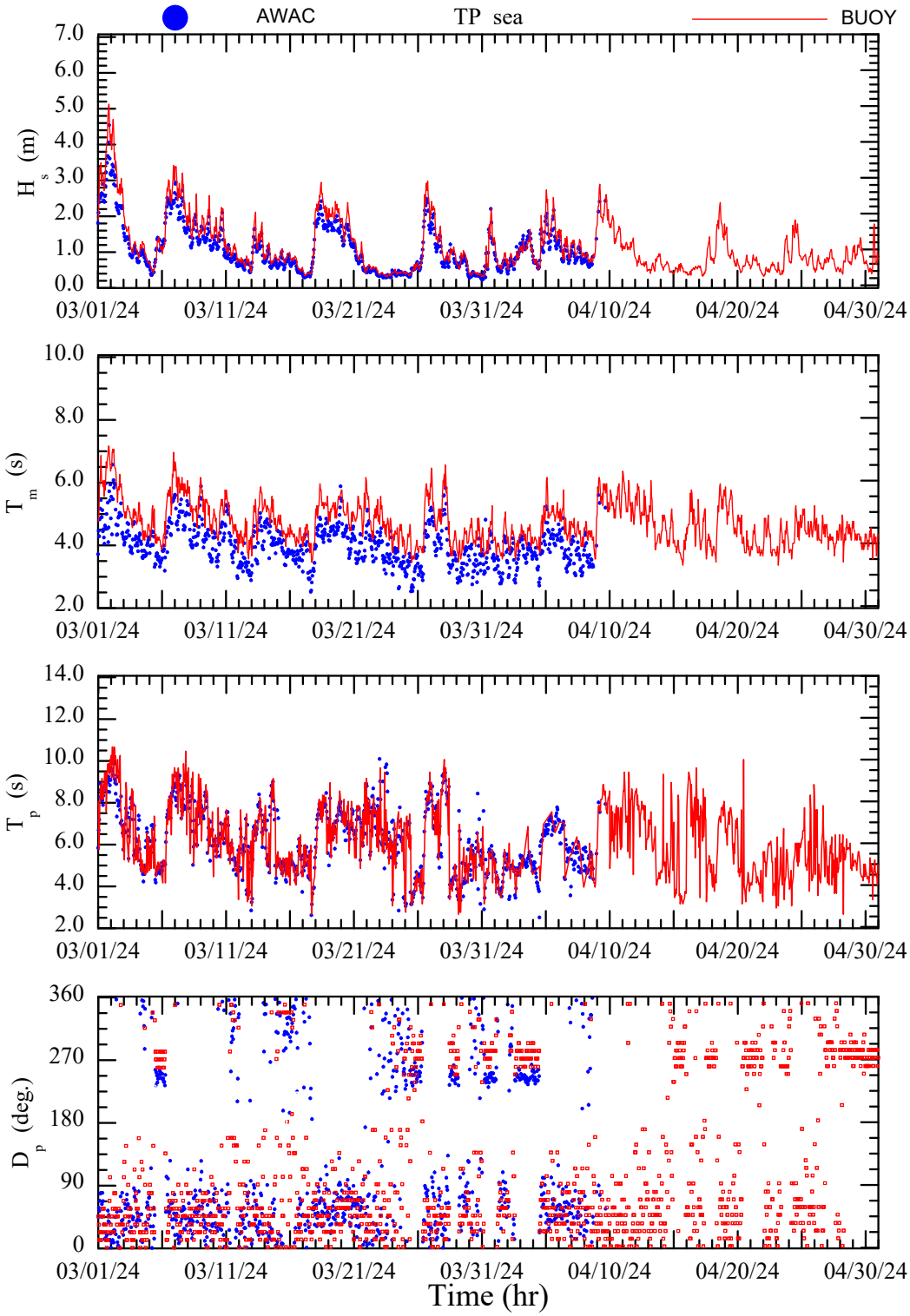


圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖(續 1)

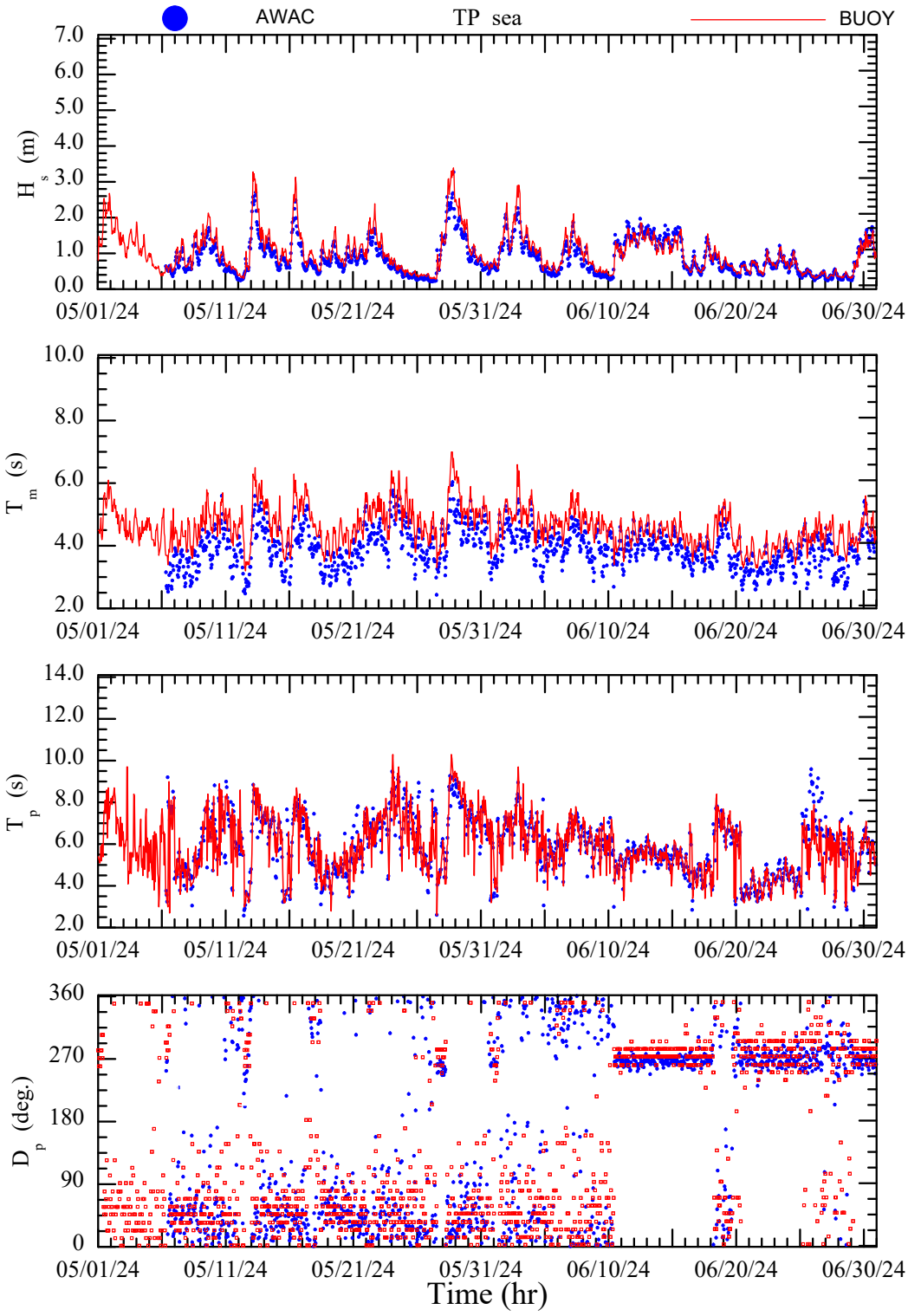


圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖(續 2)

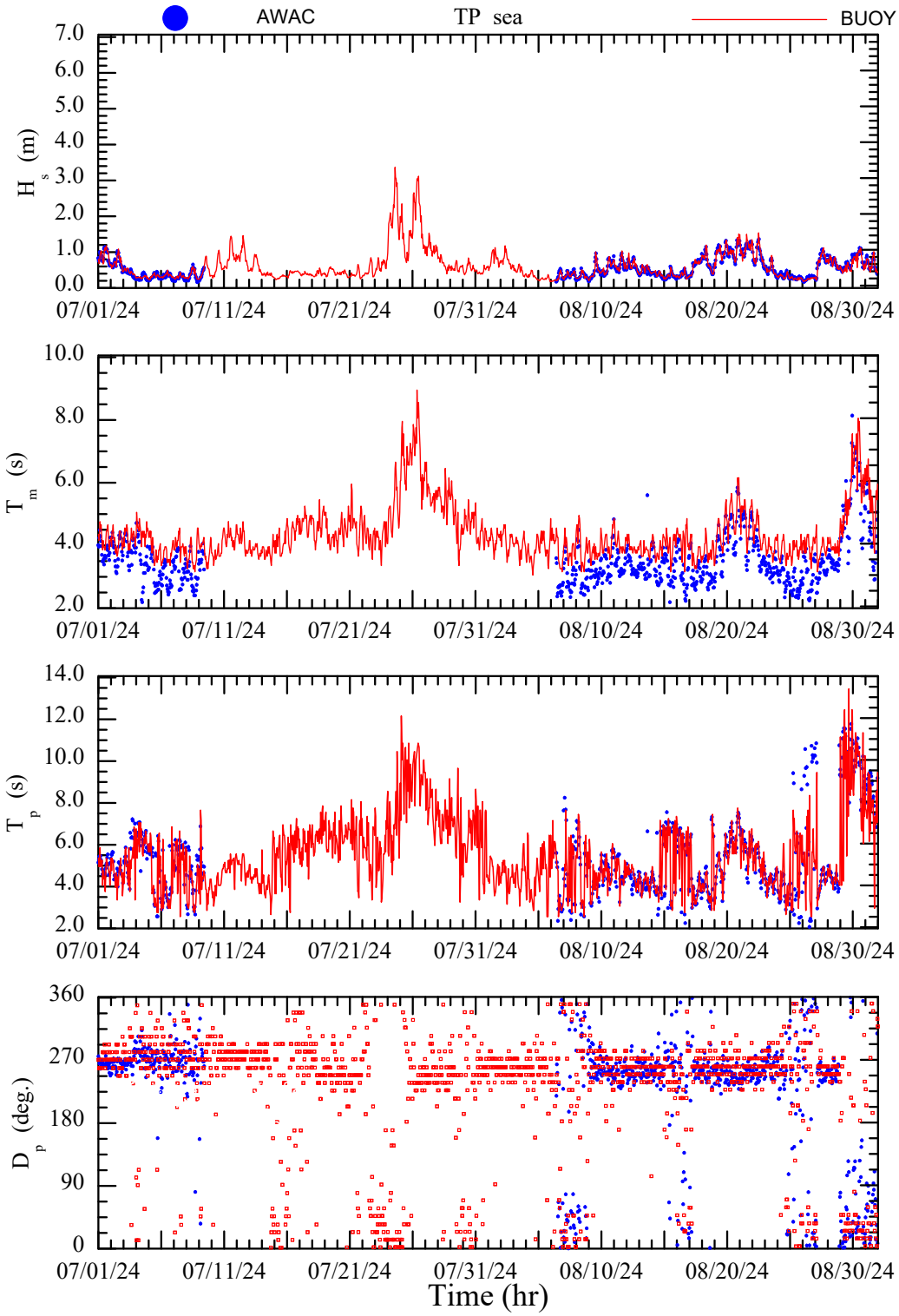


圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖(續 3)

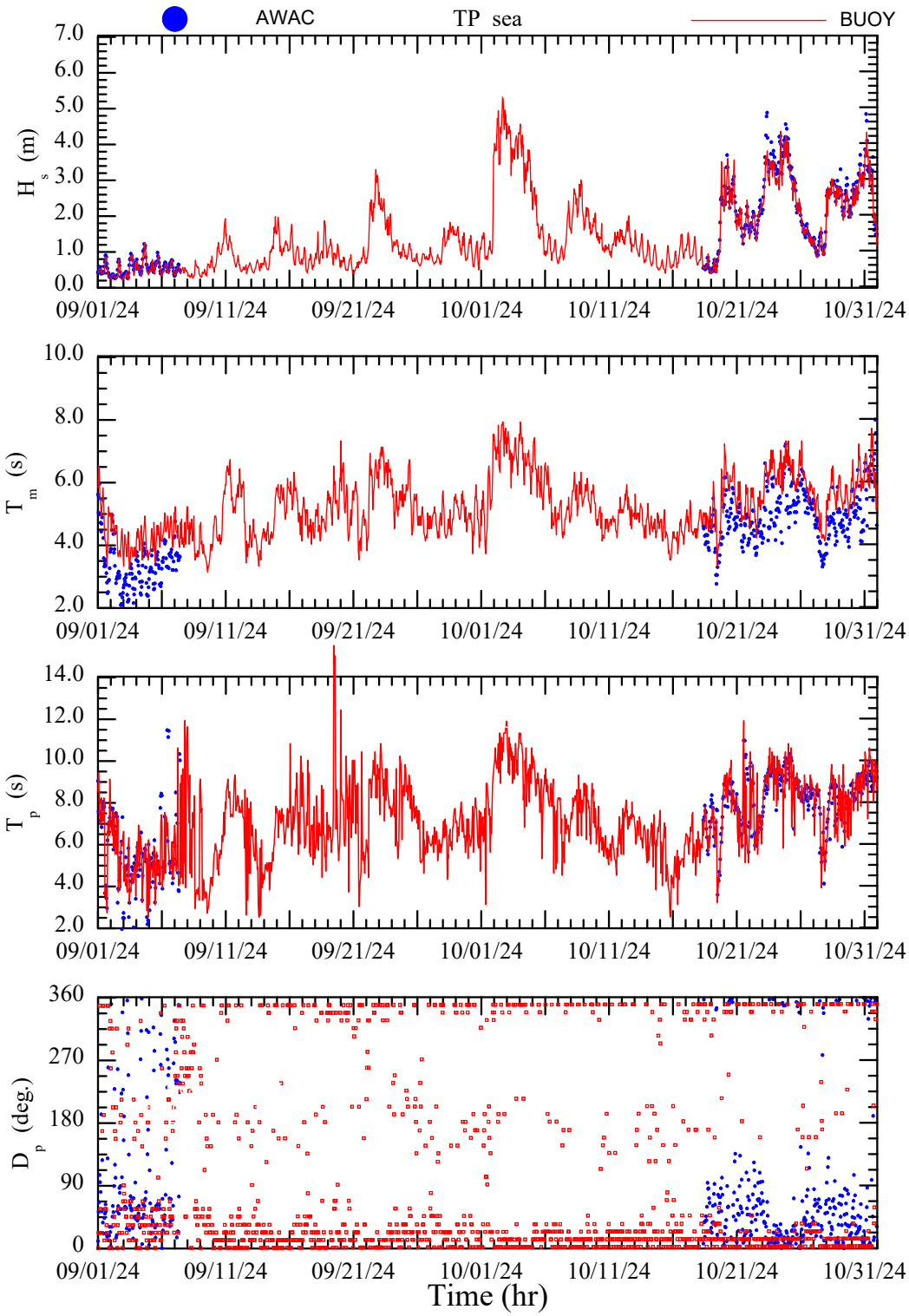


圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖(續 4)

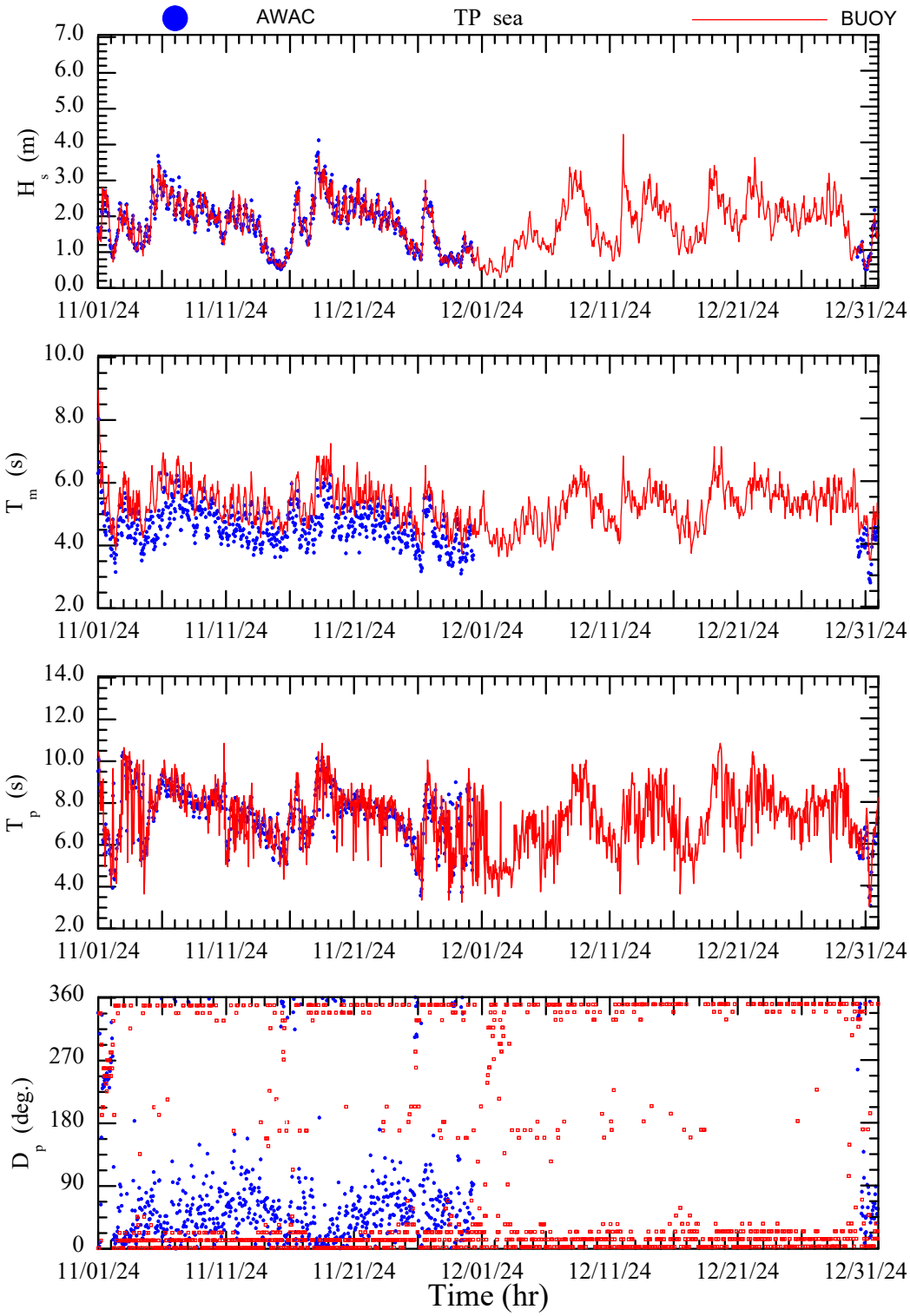


圖 6.12 臺北海域波浪觀測參數比較圖(續 5)

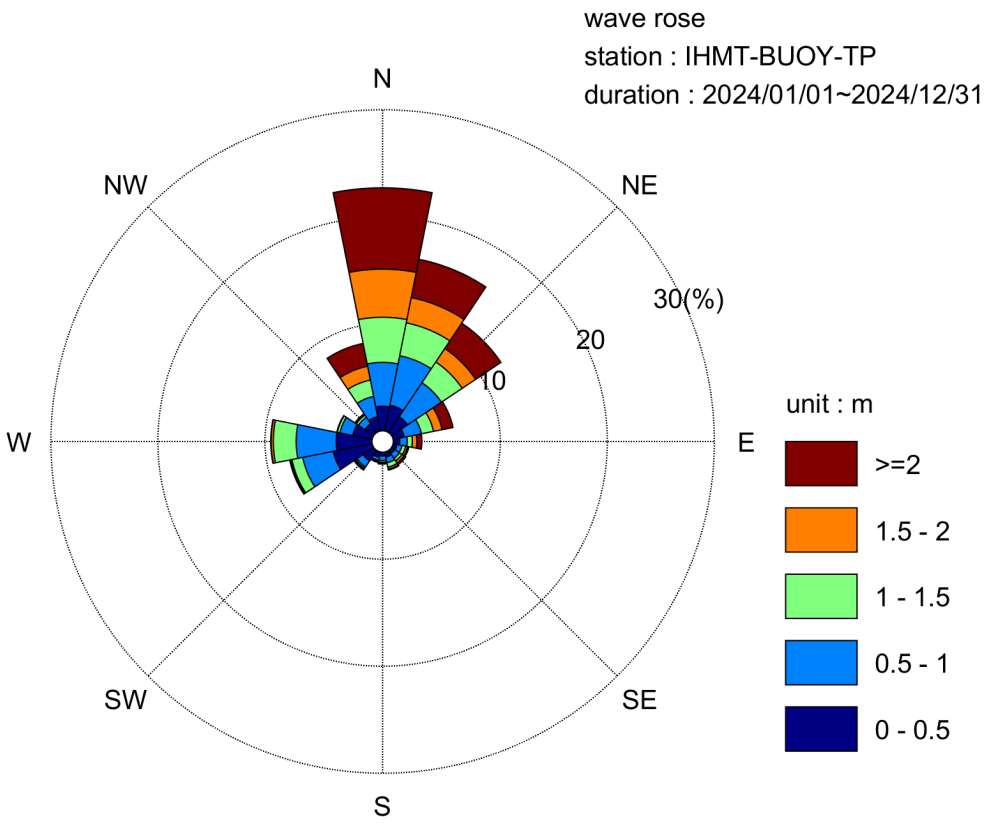


圖 6.13 臺北海域 2024 年全年波浪波高、波向分布玫瑰圖

6.4 海流

本計畫蒐集臺北港外海 TPAW01 及 TPBU01 測站 2024 年逐時海流資料比較，如圖 6.14 所示；因資料浮標 TPBU01 於 7 月中移站，故 8 月起資料浮標 TPBU01 觀測資料與 TPAW01 呈現相近似現象。同樣因 AWAC 測站觀測資料短缺較多，本計畫選取 TPBU01 測站 2024 年海流觀測資料逐月分析流速、流向聯合機率分布，如表 6-5 及圖 6.15 所示，其中 1~6 月代表浮球測站(TPBU02，詳圖 6.7)附近海流特性，8 月以後代表 AWAC 測站附近海流特性。依據流速、流向聯合機率分布分析結果得知浮球測站附近海流漲、退潮主要流向為 NE–WSW，AWAC 測站附近海流漲、退潮主要流向為 ENE–WSW。

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 6-6 所示。由分潮潮流橢圓長軸振幅大小得知，各月份均以半日潮 M2 佔優勢，其次為半日潮 S2；淨流速(平均流速)分析結果均呈現出浮球測站附近淨流速大於 AWAC 測站附近淨流速，判斷應與受臺北港外防波堤(物流倉儲區海堤)影響有關。

表 6-5 臺北海域 2024 年 1 月流速、流向聯合機率表

觀測時間：2024/1/1~1/31											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	1.4	0.1	0.3	0	0	0	0	0	0	1.8
	NNE	1.8	3.3	4.6	3	0.4	0	0	0	0	13.2
	NE	2.9	3.7	6.4	10.2	2.4	0	0	0	0	25.6
	ENE	1.2	1.5	0.4	0.1	0	0	0	0	0	3.3
	E	0.7	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.8
	ESE	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	SE	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
	SSE	0.7	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.8
	S	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.5
	SSW	1.2	1.4	0.4	0	0	0	0	0	0	3.0
	SW	1.2	5.5	4.6	1.8	0.1	0	0	0	0	13.3
	WSW	1.5	7.2	10.7	8.3	1.2	0	0	0	0	28.9
	W	1.5	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	2.5
	WNW	1.3	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.5
	NW	1.1	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	1.5
	NNW	1.7	0.4	0	0	0	0	0	0	0	2.1
	sum	19.7	25.1	27.6	23.5	4.2	0	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 2 月流速、流向聯合機率表(續 1)

觀測時間：2024/2/1~2/29											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	1.6	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.9
	NNE	2.1	3.4	3.4	4.0	0.3	0	0	0	0	13.2
	NE	1.6	5.2	7.7	9.5	2.5	0	0	0	0	26.5
	ENE	0.4	1.2	0.4	0	0	0	0	0	0	2.1
	E	0.3	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0.7
	ESE	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	SE	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	SSE	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
	S	1.0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1.2
	SSW	2.1	1.6	0.1	0	0	0	0	0	0	3.8
	SW	1.9	5.5	5.9	1.0	0.1	0	0	0	0	14.5
	WSW	2.7	5.8	9.5	8.3	1.6	0	0	0	0	27.8
	W	1.2	1.0	0	0	0	0	0	0	0	2.2
	WNW	1.5	0.7	0	0	0	0	0	0	0	2.2
	NW	1.0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.3
	NNW	0.9	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.2
	sum	19.7	25.9	27.1	22.8	4.6	0	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 3 月流速、流向聯合機率表(續 2)

觀測時間：2024/3/1~3/31											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	1.0	1.1	0.1	0	0	0	0	0	0	2.2
	NNE	1.9	3.6	3.7	0.8	1.1	0	0	0	0	11.1
	NE	2.1	5.6	8.1	10.3	2.9	0	0	0	0	29.0
	ENE	0.8	1.8	0.5	0	0.3	0	0	0	0	3.4
	E	0.4	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0.7
	ESE	0.5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.7
	SE	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
	SSE	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7
	S	0.8	0.5	0.1	0	0	0	0	0	0	1.5
	SSW	1.5	1.2	0.4	0	0	0	0	0	0	3.2
	SW	1.6	4.7	5.5	1.1	0	0	0	0	0	12.9
	WSW	2.9	7.4	10.4	6.3	0.7	0	0	0	0	27.7
	W	1.2	0.4	0	0.1	0	0	0	0	0	1.8
	WNW	1.4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1.5
	NW	1.5	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.8
	NNW	1.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1.2
	Sum	20.1	27.2	29.1	18.7	4.9	0	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 4 月流速、流向聯合機率表(續 3)

觀測時間：2024/4/1~4/30											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	2.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	3.4
	NNE	2.4	4.8	2.4	1.7	0.2	0	0	0	0	11.5
	NE	1.9	5.1	8.9	12.3	1.9	0	0	0	0	30.2
	ENE	0.9	1.5	0.9	0.3	0	0	0	0	0	3.6
	E	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
	ESE	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
	SE	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
	SSE	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7
	S	1.5	0.2	0	0	0	0	0	0	0	1.7
	SSW	1.4	1.2	0.2	0	0	0	0	0	0	2.7
	SW	1.9	5.0	2.9	0.3	0	0	0	0	0	10.1
	WSW	3.6	8.6	10.6	5.8	0.5	0	0	0	0	29.2
	W	2.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	2.4
	WNW	0.5	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.7
	NW	0.9	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.2
	NNW	1.4	0.5	0	0	0	0	0	0	0	1.9
	Sum	22.6	28.3	25.9	20.6	2.6	0	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 5 月流速、流向聯合機率表(續 4)

觀測時間：2024/5/1~5/31											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	1.8	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	2.8
	NNE	2.8	2.8	3.5	3.5	0.3	0	0	0	0	12.7
	NE	1.4	4.8	10.9	9.7	1.1	0	0	0	0	28.0
	ENE	1.5	0.8	0.7	0.3	0	0	0	0	0	3.3
	E	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
	ESE	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
	SE	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
	SSE	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7
	S	0.8	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.1
	SSW	1.0	1.9	0	0	0	0	0	0	0	2.9
	SW	1.7	3.9	4.3	0.8	0	0	0	0	0	10.7
	WSW	2.2	8.0	12.5	5.8	0.1	0	0	0	0	28.7
	W	2.4	0.8	0	0	0	0	0	0	0	3.2
	WNW	1.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1.9
	NW	1.0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.2
	NNW	1.7	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1.8
	sum	21.6	24.8	32.0	20.1	1.5	0	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 6 月流速、流向聯合機率表(續 5)

觀測時間：2024/6/1~6/30											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	2.3	1.1	0	0	0	0	0	0	0	3.4
	NNE	1.4	3.3	2.2	2.0	0.6	0	0	0	0	9.5
	NE	0.8	5.0	11.8	12.6	0.8	0	0	0	0	30.9
	ENE	1.4	2.2	1.2	0.8	0	0	0	0	0	5.6
	E	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1
	ESE	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
	SE	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
	SSE	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
	S	0.8	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.9
	SSW	1.4	0.9	0	0	0	0	0	0	0	2.3
	SW	1.7	4.5	2.0	0.5	0	0	0	0	0	8.7
	WSW	2.0	8.4	15.0	4.2	0	0	0	0	0	29.6
	W	2.3	1.5	0.5	0	0	0	0	0	0	4.0
	WNW	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1
	NW	0.6	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.8
	NNW	1.2	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.6
	Sum	18.8	27.1	32.7	20.0	1.4	0	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 7 月流速、流向聯合機率表(續 6)

觀測時間：2024/7/1~7/31											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	1.1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	1.3
	NNE	1.3	1.9	1.5	0.8	0.2	0	0	0	0	5.7
	NE	1.1	2.3	4.7	8.1	0.6	0	0	0	0	16.8
	ENE	2.5	9.3	8.9	3.2	0.6	0	0	0	0	24.6
	E	1.9	0.6	0	0	0	0	0	0	0	2.5
	ESE	1.1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	1.3
	SE	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3
	SSE	0.6	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.6
	S	0.6	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.8
	SSW	1.9	0.6	0	0	0	0	0	0	0	2.5
	SW	2.8	4.7	2.1	0.4	0	0	0	0	0	10.0
	WSW	1.7	7.4	10.8	4.5	0	0	0	0	0	24.4
	W	1.1	1.5	1.3	0.2	0	0	0	0	0	4.0
	WNW	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
	NW	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	NNW	1.3	0.6	0	0	0	0	0	0	0	1.9
	sum	22.3	29.7	29.3	17.2	1.5	0	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 8 月流速、流向聯合機率表(續 7)

觀測時間：2024/8/1~8/31											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	NNE	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
	NE	1.4	2.6	0.6	0	0	0	0	0	0	4.6
	ENE	5.6	12.9	16.1	5.4	0.1	0	0	0	0	40.2
	E	1.9	1.3	0	0	0	0	0	0	0	3.2
	ESE	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8
	SE	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
	SSE	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7
	S	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.1
	SSW	1.9	0.4	0	0	0	0	0	0	0	2.3
	SW	3.2	5.1	2.5	0	0	0	0	0	0	10.8
	WSW	2.6	8.8	11.8	1.9	0	0	0	0	0	25.2
	W	2.5	4.0	0.7	0	0	0	0	0	0	7.2
	WNW	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
	NW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NNW	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
	sum	25.6	35.2	31.7	7.4	0.1	0	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 9 月流速、流向聯合機率表(續 8)

觀測時間：2024/9/1~9/30											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	NNE	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
	NE	3.4	3.6	1.0	0	0	0	0	0	0	8.0
	ENE	5.1	11.2	15.6	2.6	0.4	0	0	0	0	35.0
	E	3.5	1.6	0.1	0	0	0	0	0	0	5.2
	ESE	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
	SE	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
	SSE	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	S	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7
	SSW	1.3	0.4	0	0	0	0	0	0	0	1.7
	SW	4.1	4.7	1.9	0.1	0	0	0	0	0	10.8
	WSW	2.0	9.6	12.0	2.3	0	0	0	0	0	25.9
	W	1.2	3.6	1.3	0.3	0	0	0	0	0	6.4
	WNW	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	NW	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.4
	NNW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	sum	27.3	35.0	31.9	5.4	0.4	0	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 10 月流速、流向聯合機率表(續 9)

觀測時間：2024/10/1~10/31											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	0.7	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.9
	NNE	1.1	0.4	0	0	0	0	0	0	0	1.6
	NE	1.7	2.3	1.0	0	0	0	0	0	0	5.0
	ENE	3.6	9.7	9.1	4.0	0	0	0	0	0	26.3
	E	3.4	3.3	0.1	0.3	0	0	0	0	0	7.1
	ESE	1.6	0.6	0	0	0	0	0	0	0	2.1
	SE	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3
	SSE	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7
	S	1.0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	1.4
	SSW	1.0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	1.4
	SW	3.6	3.4	2.1	0.1	0.1	0	0	0	0	9.4
	WSW	3.1	7.1	11.8	5.5	0.6	0	0	0	0	28.2
	W	1.4	3.1	3.0	0.7	0.4	0.3	0	0	0	9.0
	WNW	1.4	1.1	0.9	0.3	0	0	0	0	0	3.7
	NW	0.4	0.3	0.4	0	0	0	0	0	0	1.1
	NNW	0.6	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0.9
	sum	26.6	32.6	28.4	11.0	1.1	0.3	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 11 月流速、流向聯合機率表(續 10)

觀測時間：2024/11/1~11/30											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
	NNE	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	NE	2.0	3.6	1.2	0.3	0	0	0	0	0	7.1
	ENE	4.6	12.8	9.8	2.9	0.4	0	0	0	0	30.5
	E	3.2	2.3	0.7	0	0	0	0	0	0	6.2
	ESE	0.9	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.2
	SE	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	SSE	1.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	1.4
	S	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
	SSW	2.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	2.4
	SW	3.5	5.0	1.3	0.3	0	0	0	0	0	10.1
	WSW	3.0	7.9	11.4	3.9	0	0	0	0	0	26.2
	W	2.0	3.6	2.4	0.4	0	0	0	0	0	8.5
	WNW	1.9	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	2.6
	NW	0.7	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.9
	NNW	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	sum	28.2	36.7	26.9	7.8	0.4	0	0	0	0	

表 6-5 臺北海域 2024 年 12 月流速、流向聯合機率表(續 11)

觀測時間：2024/12/1~12/31											
		流速(cm/s)									
		0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~150	150~175	175~200	>200	sum
流向	N	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.7
	NNE	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0.6
	NE	2.1	3.9	1.2	0	0	0	0	0	0	7.2
	ENE	3.3	14.3	9.0	2.8	0	0	0	0	0	29.4
	E	3.1	3.9	0.6	0	0	0	0	0	0	7.5
	ESE	1.5	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.8
	SE	1.1	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1.4
	SSE	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
	S	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4
	SSW	2.4	0.6	0	0	0	0	0	0	0	2.9
	SW	2.1	4.9	1.7	0.1	0	0	0	0	0	8.7
	WSW	1.4	9.2	13.6	2.5	0	0	0	0	0	26.6
	W	1.7	2.9	3.1	0	0	0	0	0	0	7.6
	WNW	1.0	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	1.9
	NW	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
	NNW	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
	sum	24.0	41.3	29.3	5.4	0	0	0	0	0	

表 6-6 臺北海域 2024 年逐月主要分潮長軸振幅及方位角

年/月份	淨流流速 (cm/s)	流向	O_1 流速 (cm/s)	流向	K_1 流速 (cm/s)	流向	M_2 流速 (cm/s)	流向	S_2 流速 (cm/s)	流向
2024/01	10.1	NW	5.4	ENE	8.8	NE	76.0	NE	19.5	NE
2024/02	10.1	NW	4.9	NE	6.9	NE	73.0	NE	27.0	NE
2024/03	8.8	NNW	5.5	NE	5.0	NE	70.0	NE	32.0	NE
2024/04	12.9	N	6.3	NE	6.4	NE	59.6	NE	27.7	NE
2024/05	10.2	NNW	6.2	NE	6.6	NE	73.2	NE	18.4	NE
2024/06	12.2	N	6.6	ENE	9.9	ENE	73.2	NE	13.3	NE
2024/07	13.2	NNE	6.2	ENE	8.0	ENE	54.4	ENE	15.4	ENE
2024/08	4.2	ENE	5.4	NE	7.3	ENE	59.8	ENE	23.0	ENE
2024/09	2.3	ENE	4.7	NE	6.8	ENE	56.7	ENE	23.3	ENE
2024/10	7.3	WSW	3.3	ENE	5.9	ENE	56.0	ENE	23.2	ENE
2024/11	2.1	WSW	3.5	NE	6.5	ENE	57.3	ENE	18.1	ENE
2024/12	1.9	WSW	2.8	NE	5.6	NE	58.0	ENE	12.1	ENE

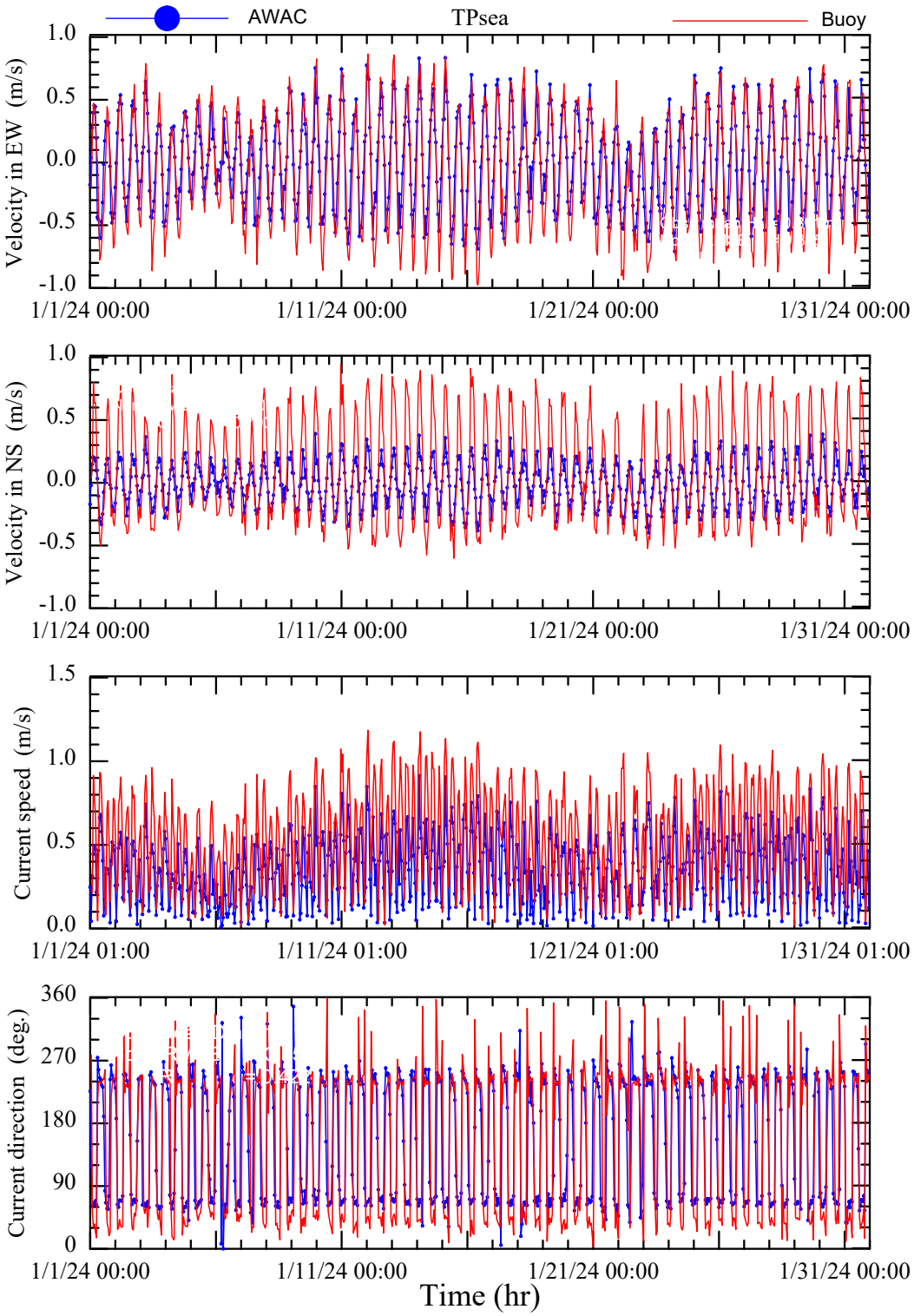


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖

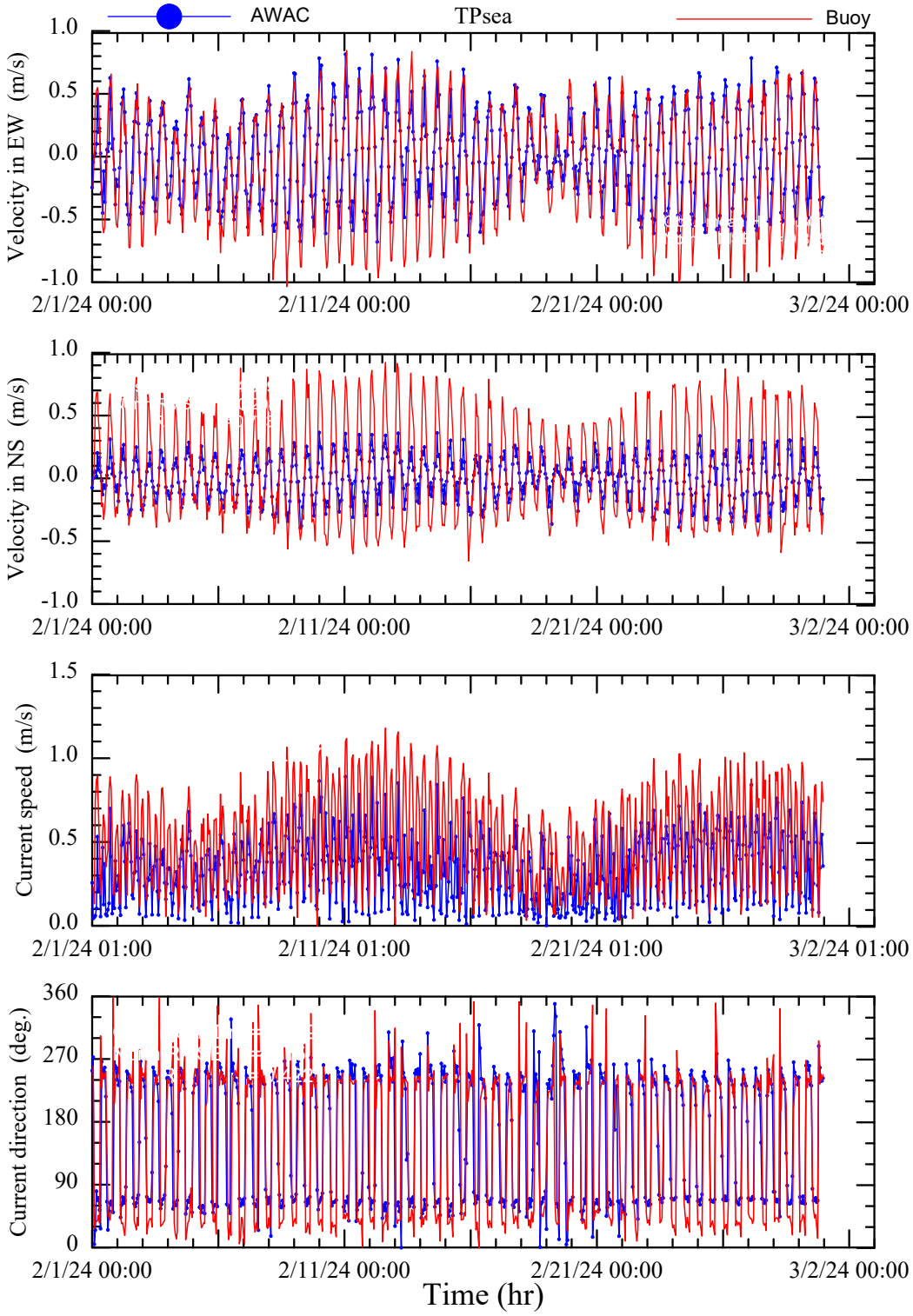


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 1)

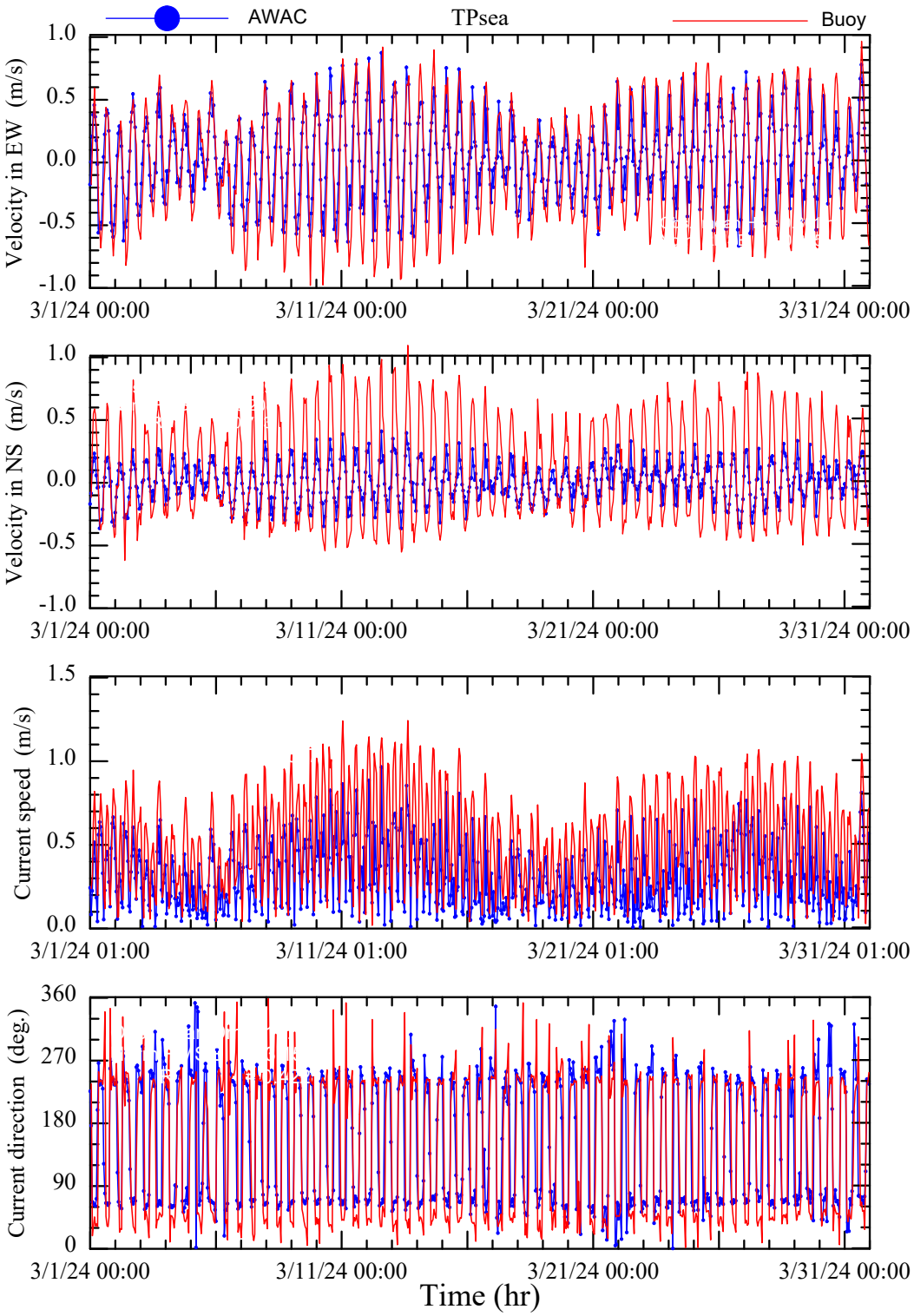


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 2)

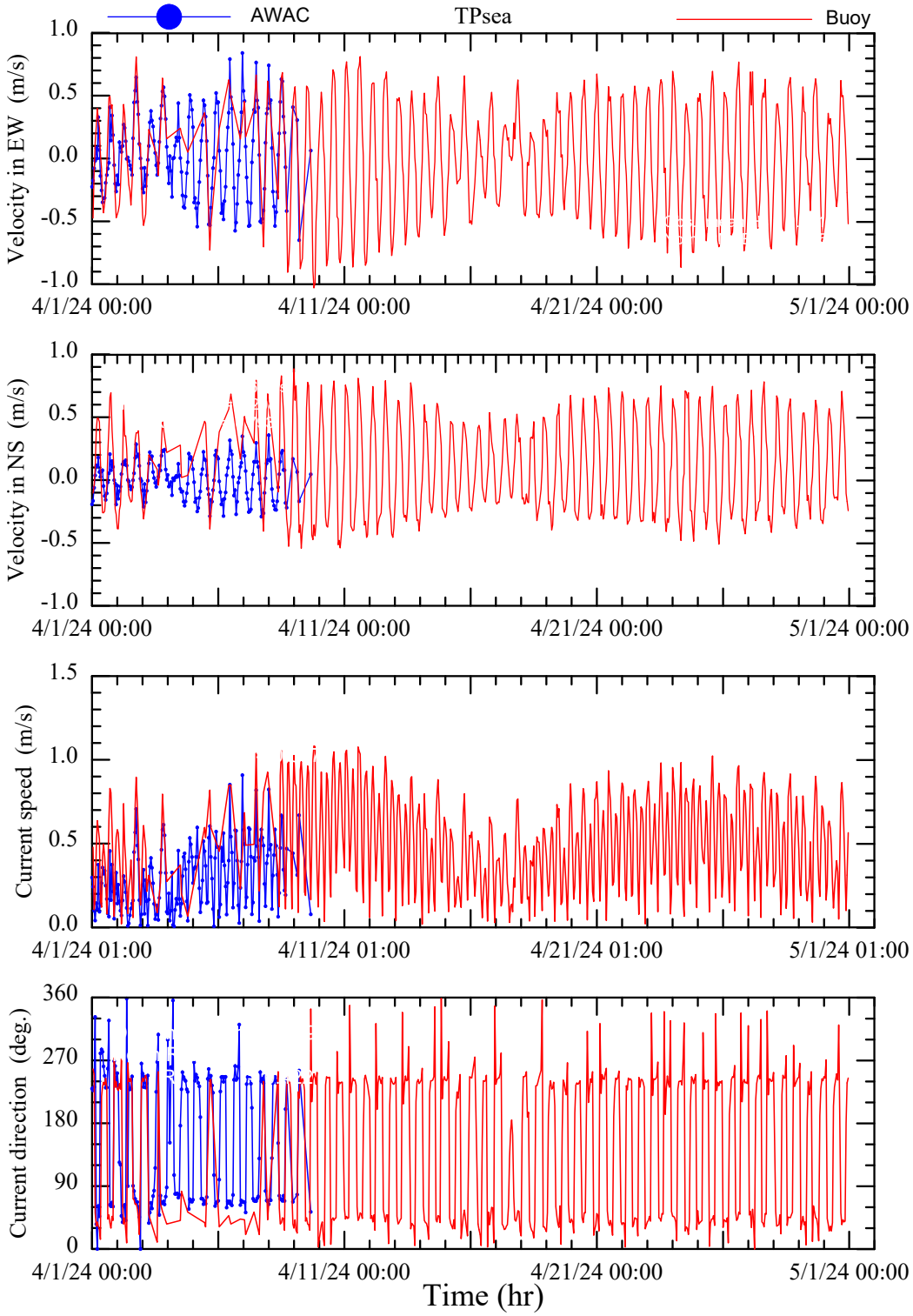


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 3)

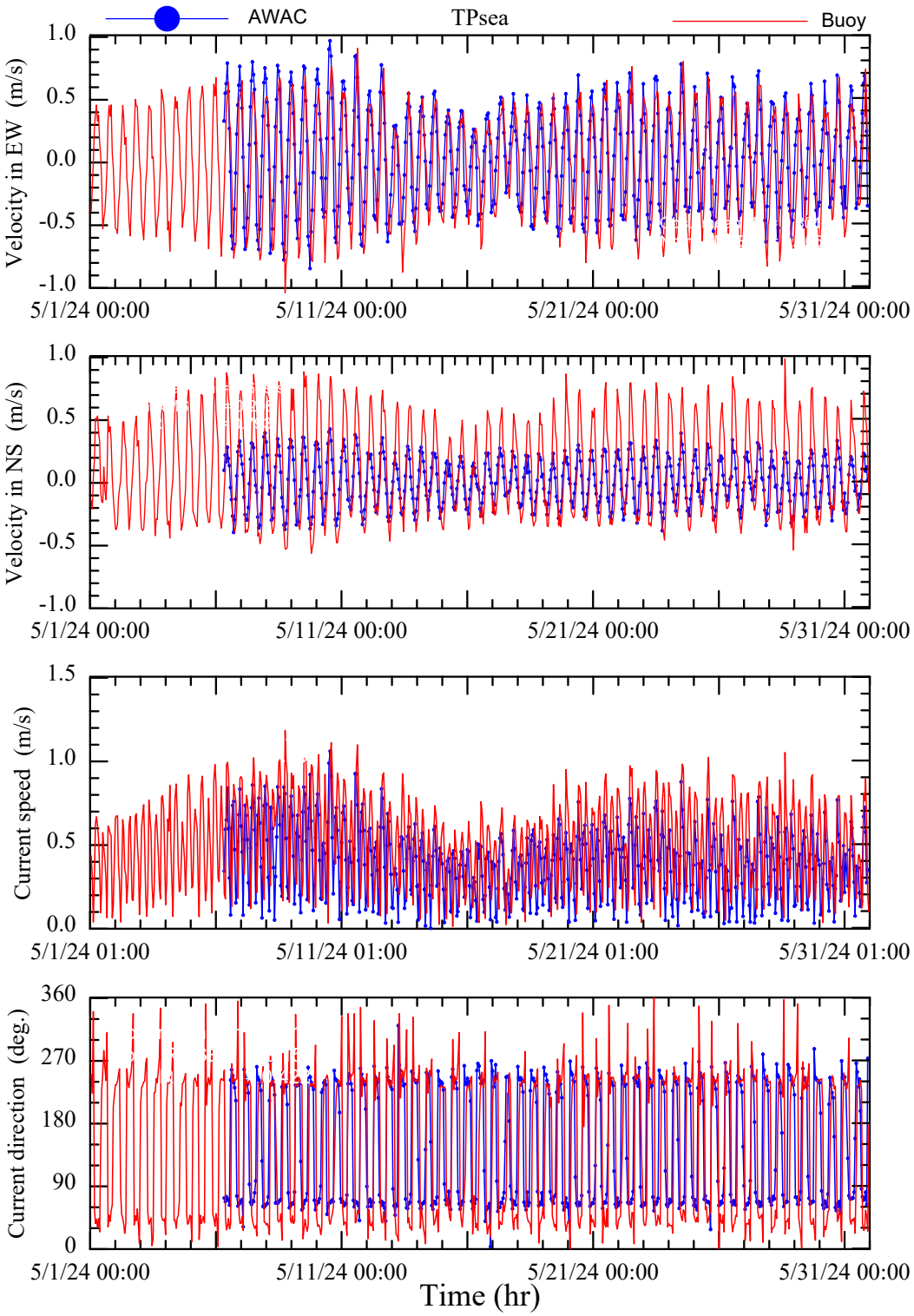


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 4)

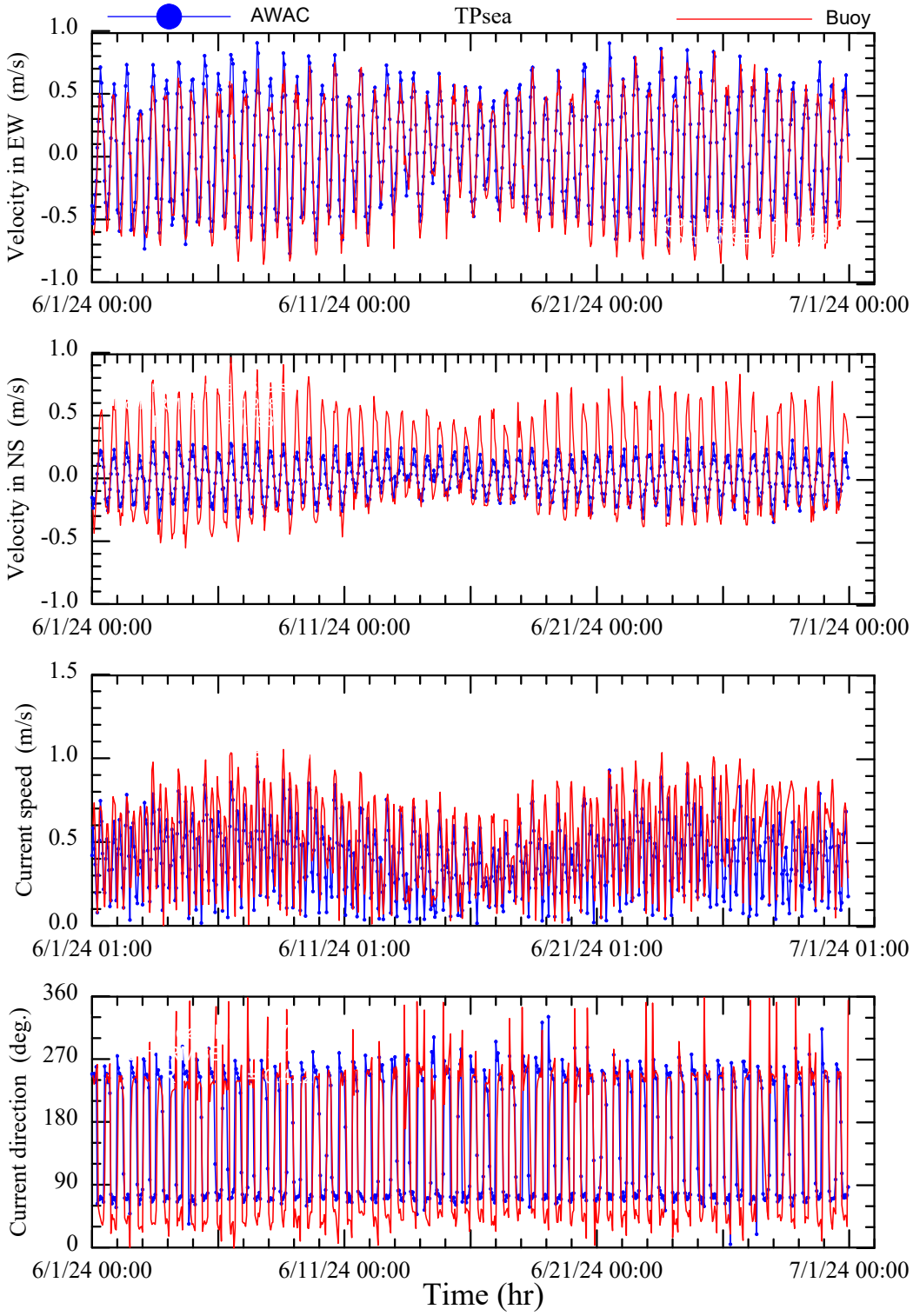


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 5)

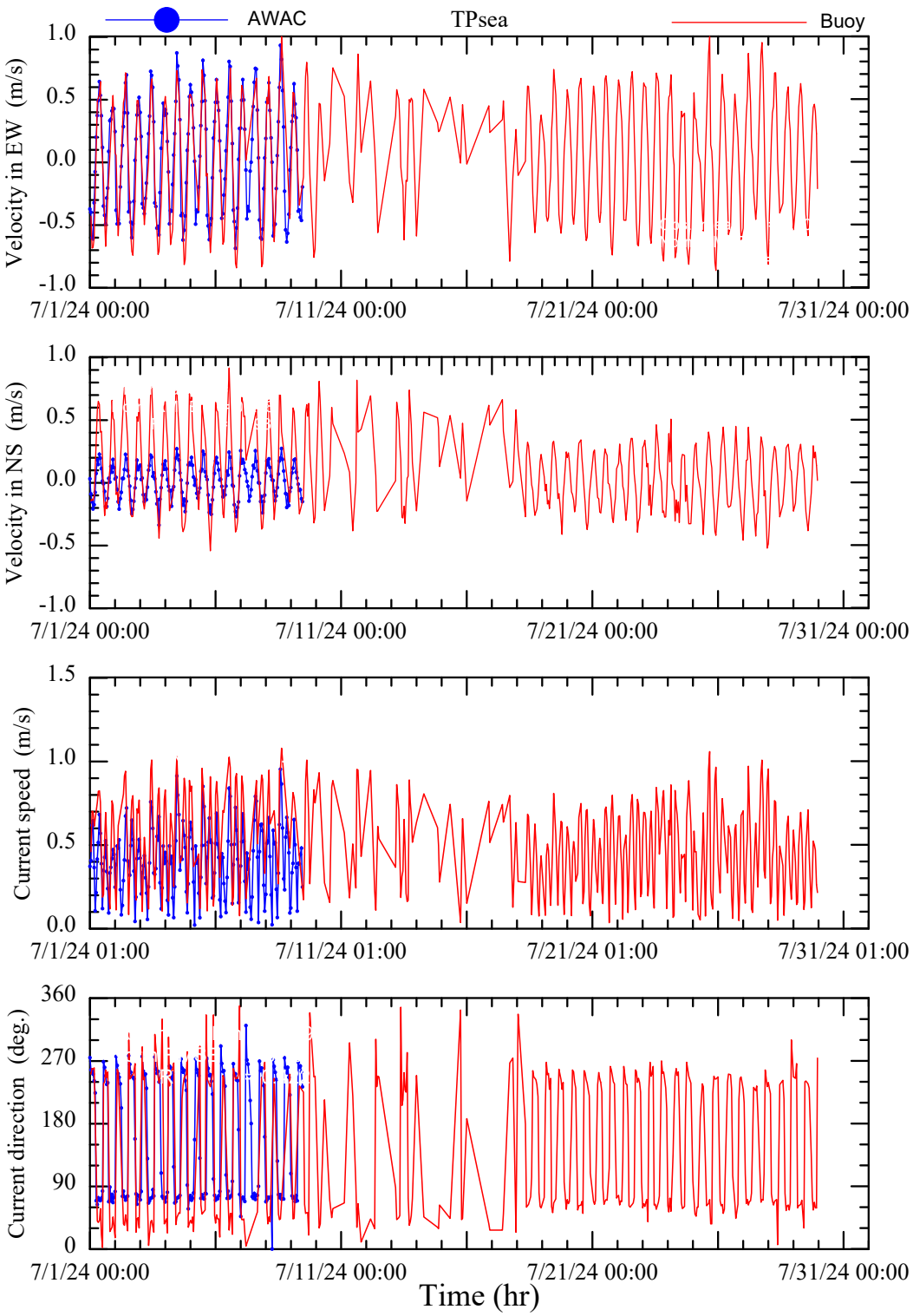


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 6)

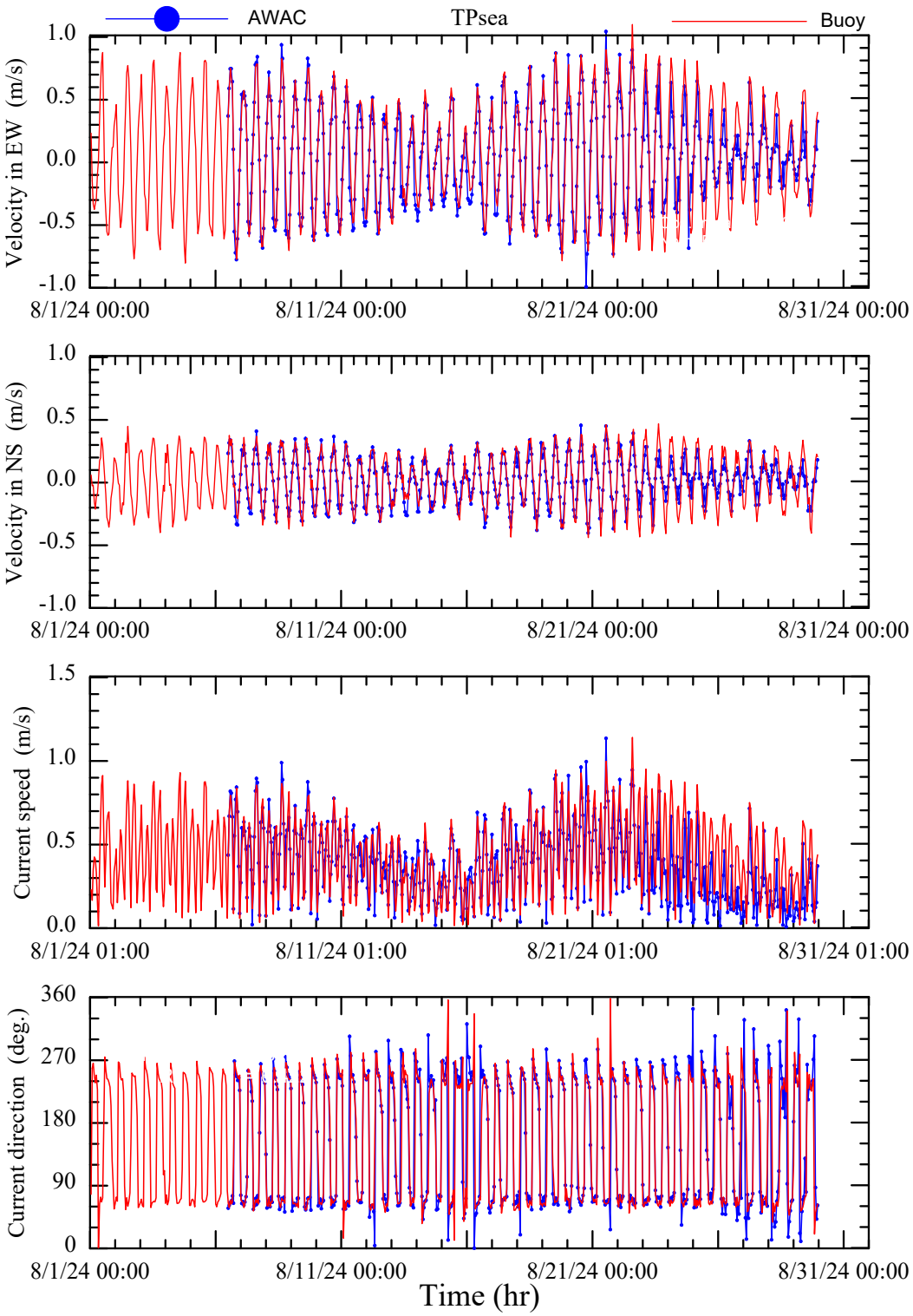


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 7)

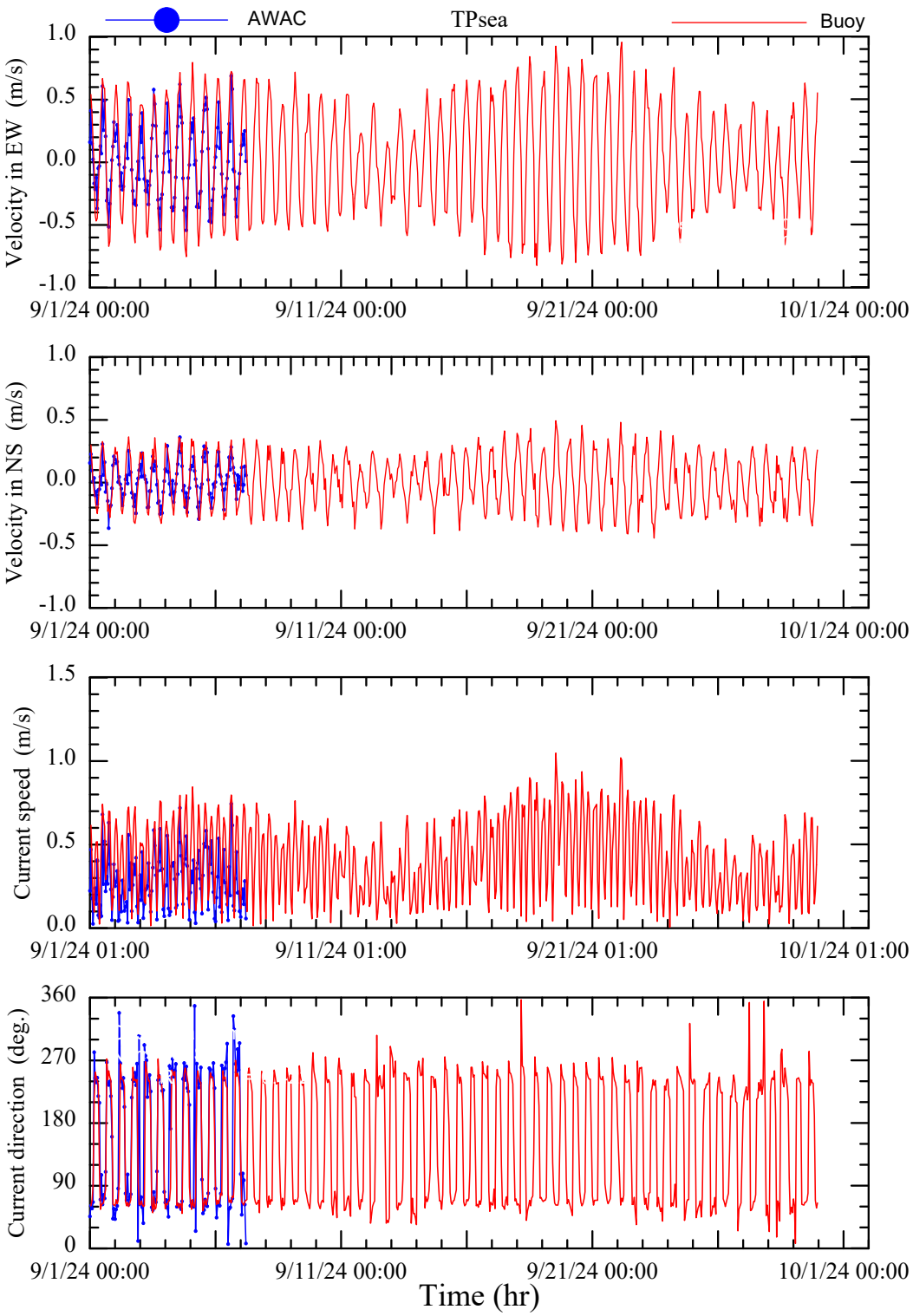


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 8)

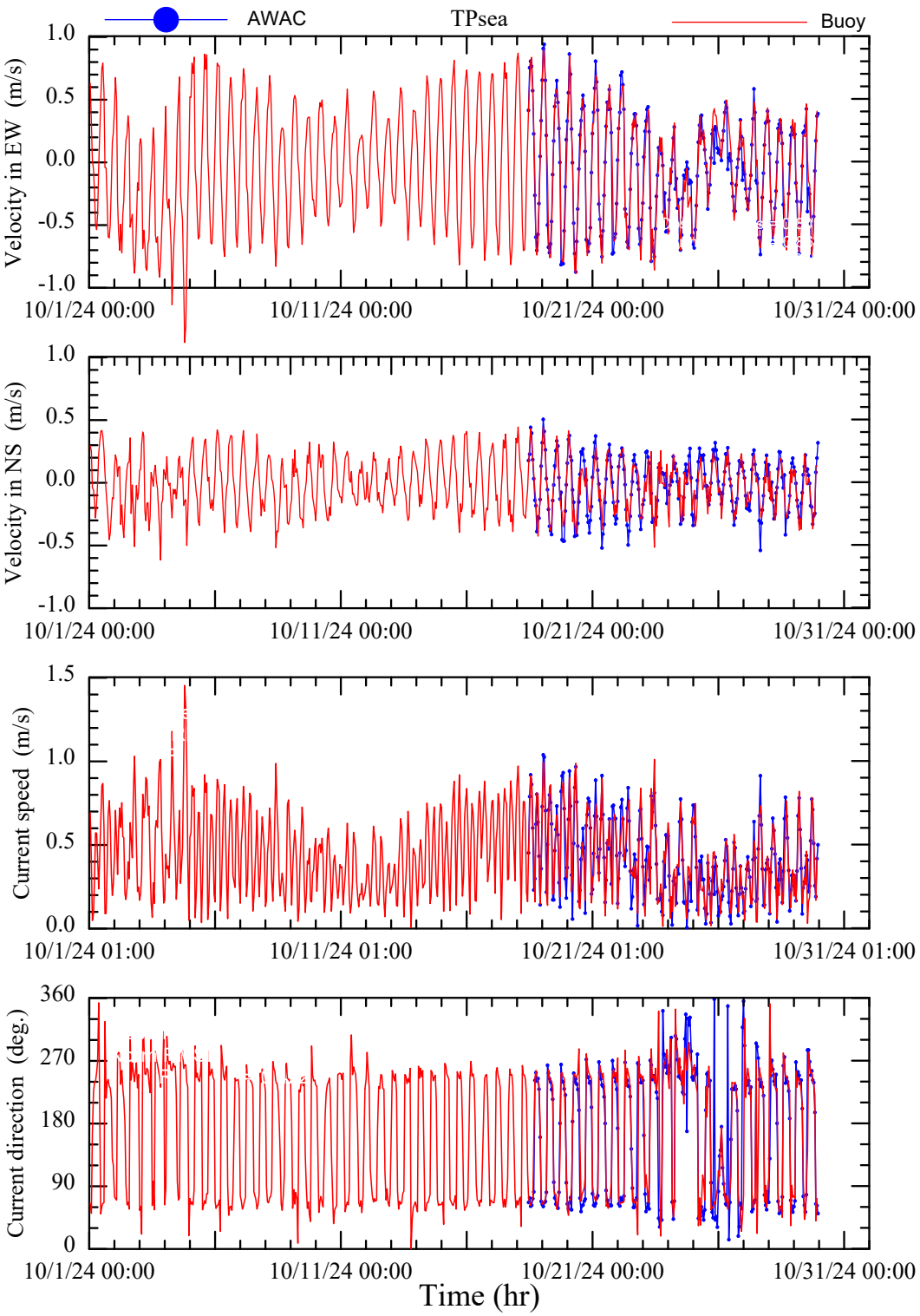


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 9)

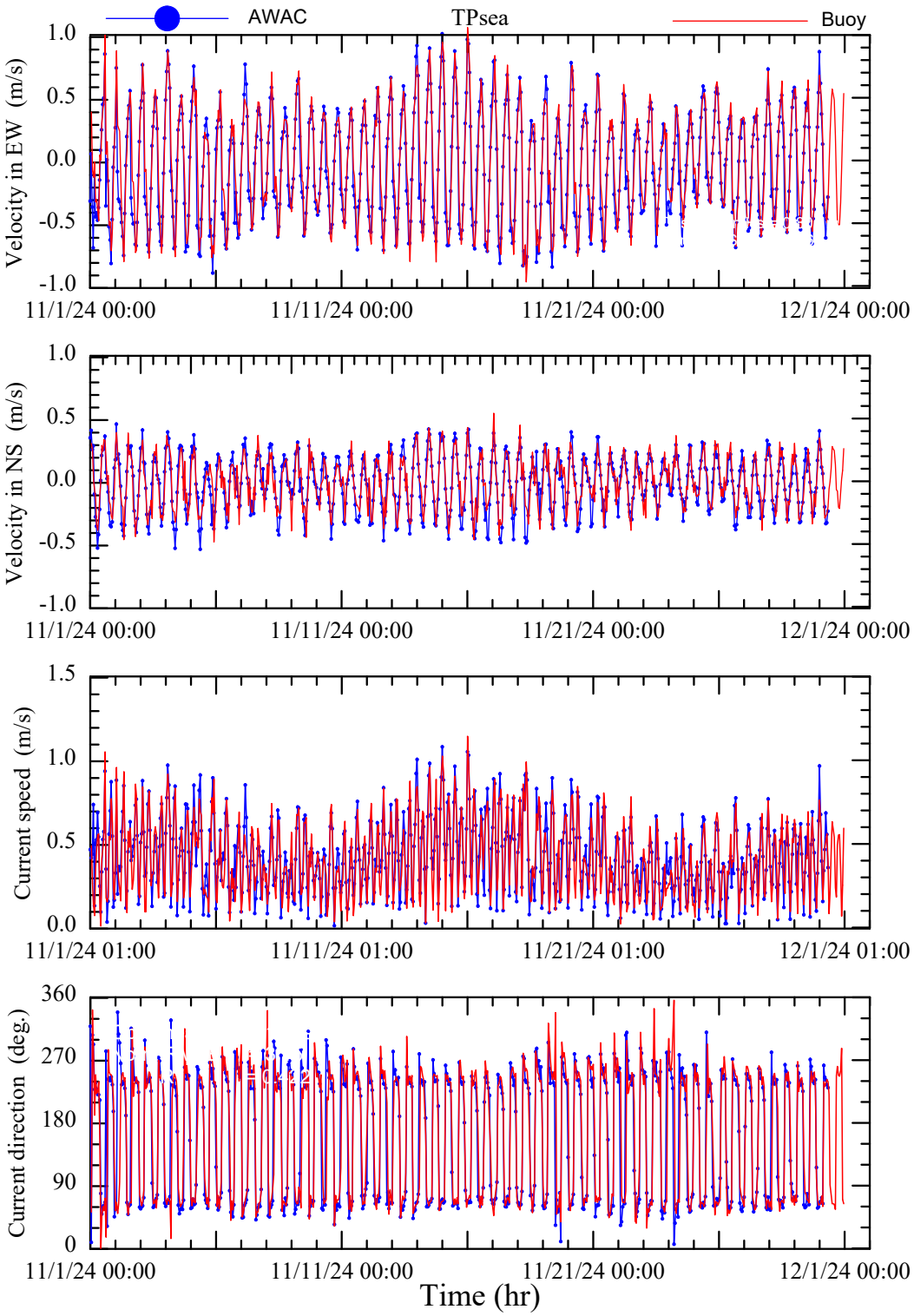


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 10)

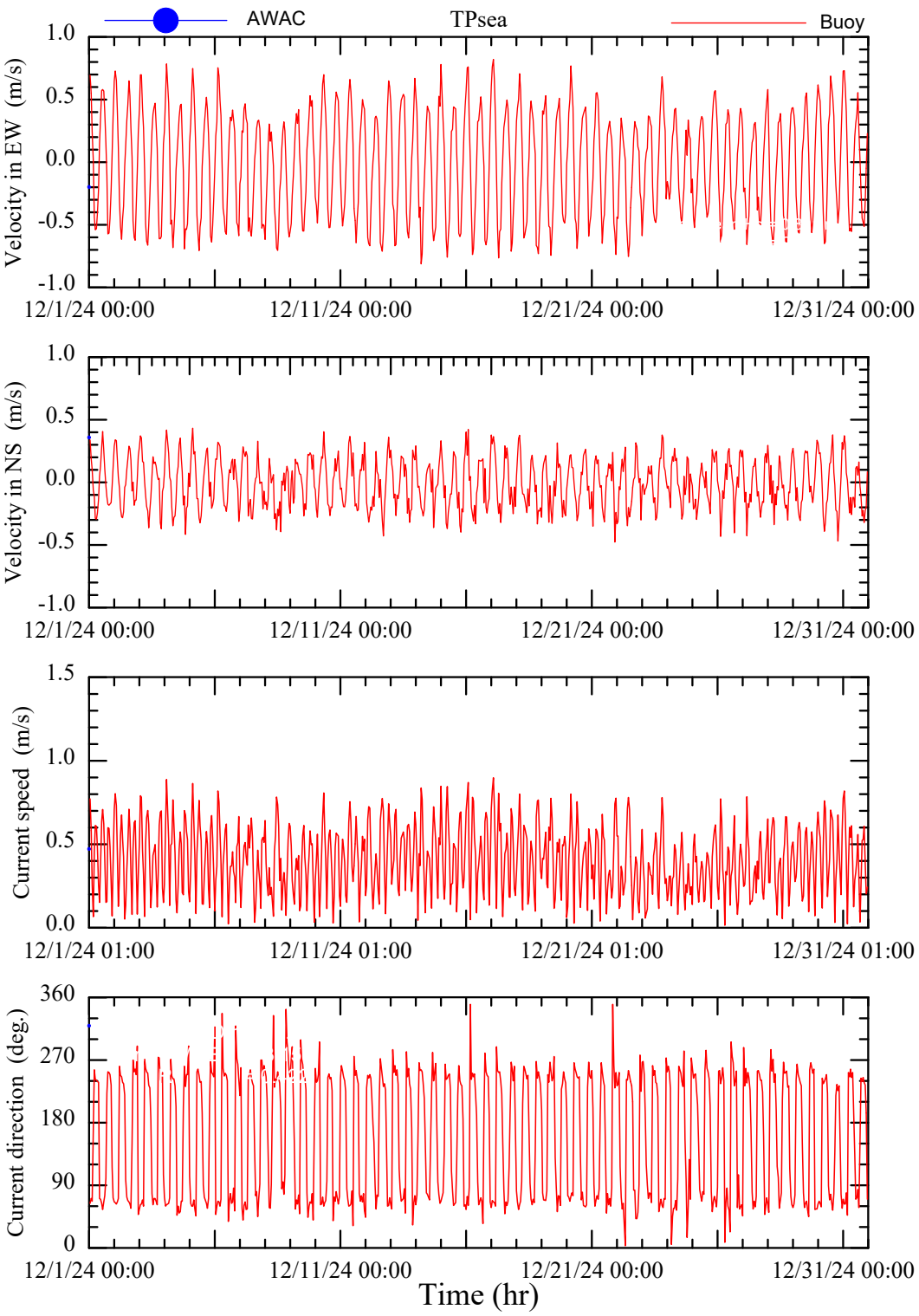


圖 6.14 臺北海域海流觀測資料逐時比較圖(續 11)

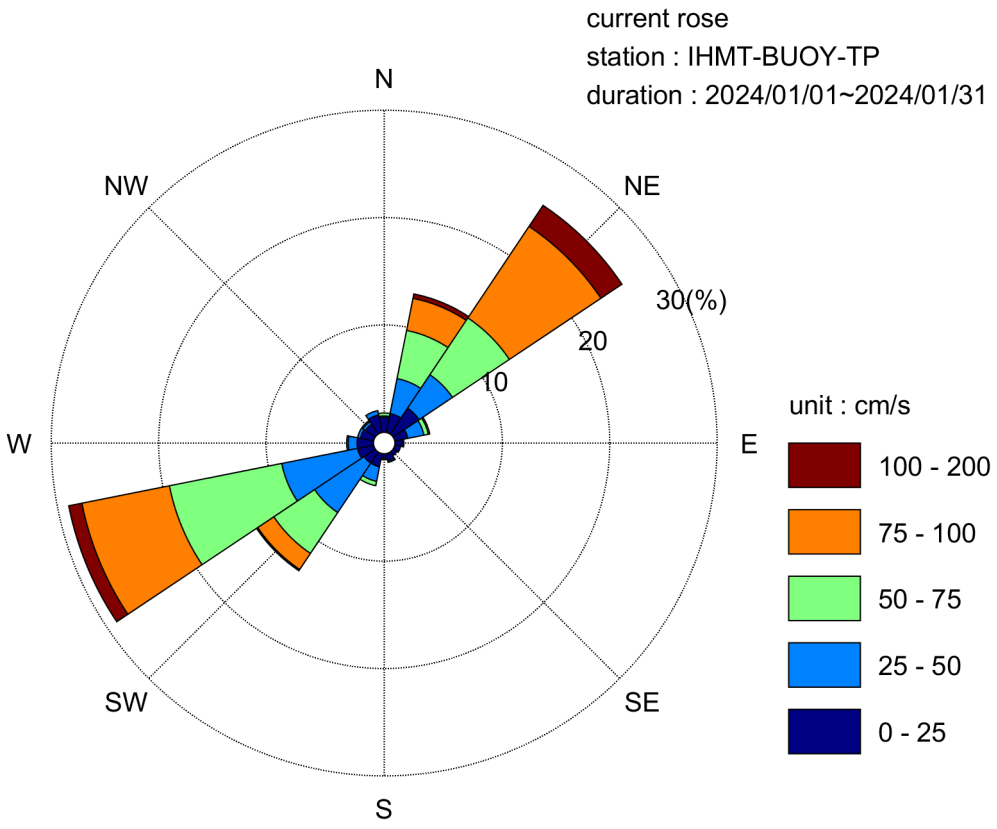


圖 6.15 臺北海域 2024 年 1 月海流流速、流向玫瑰圖

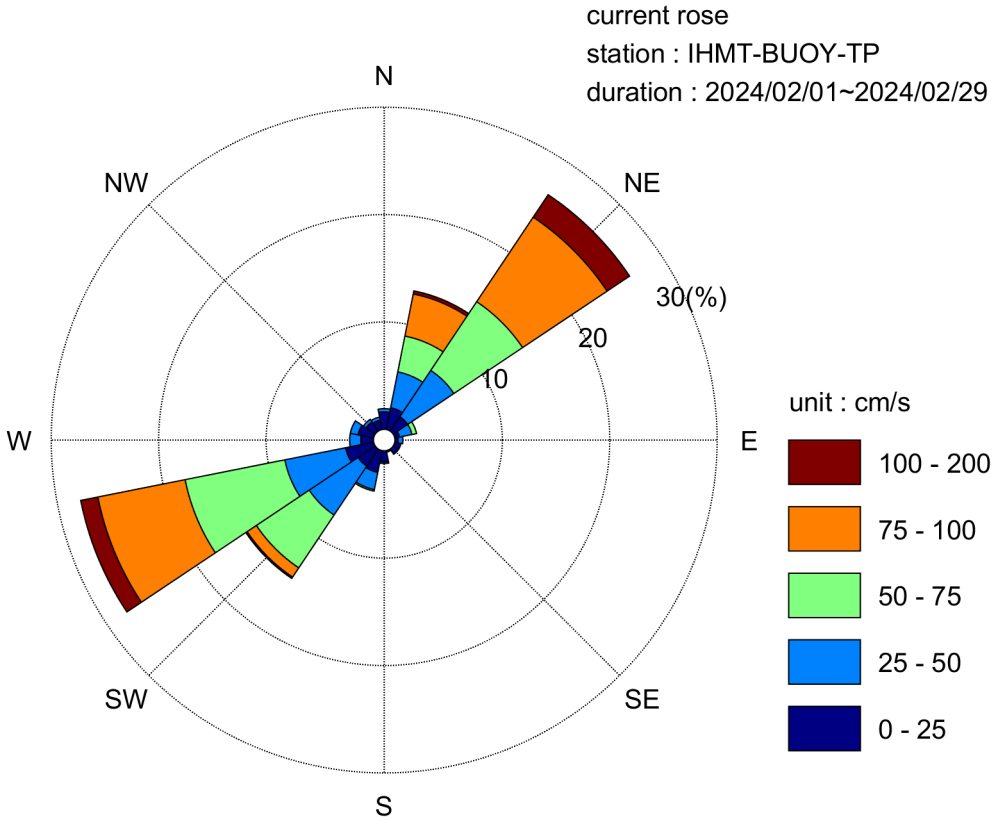


圖 6.15 臺北海域 2024 年 2 月海流流速、流向玫瑰圖(續 1)

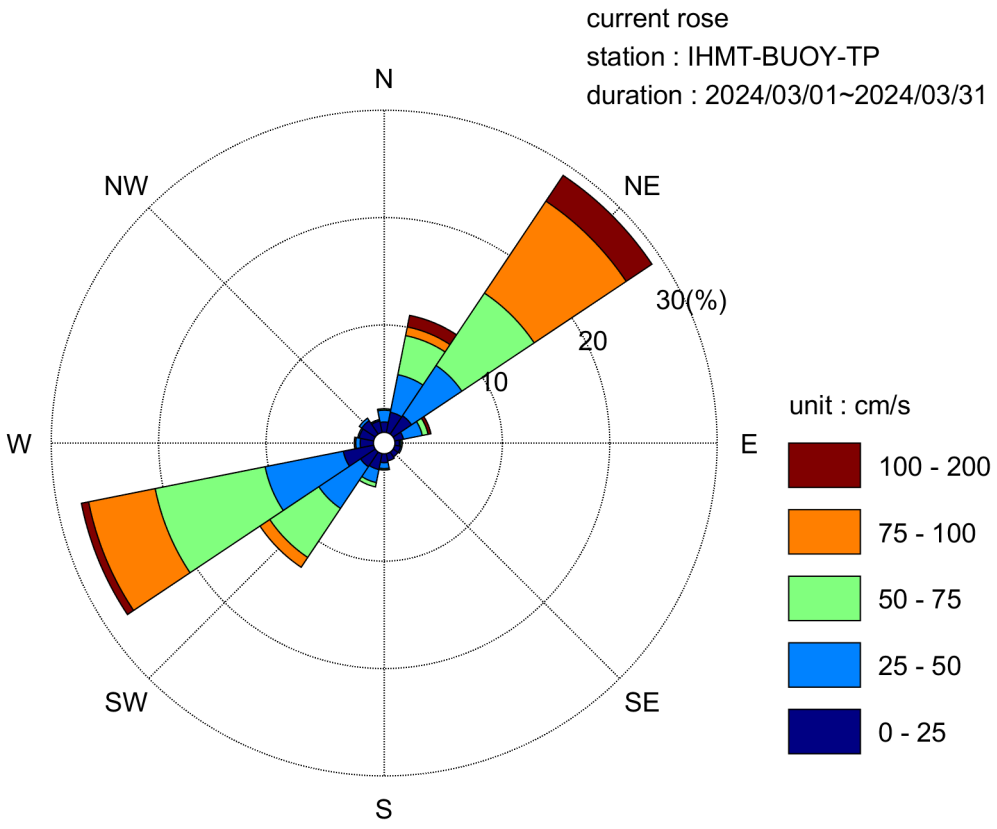


圖 6.15 臺北海域 2024 年 3 月海流流速、流向玫瑰圖(續 2)

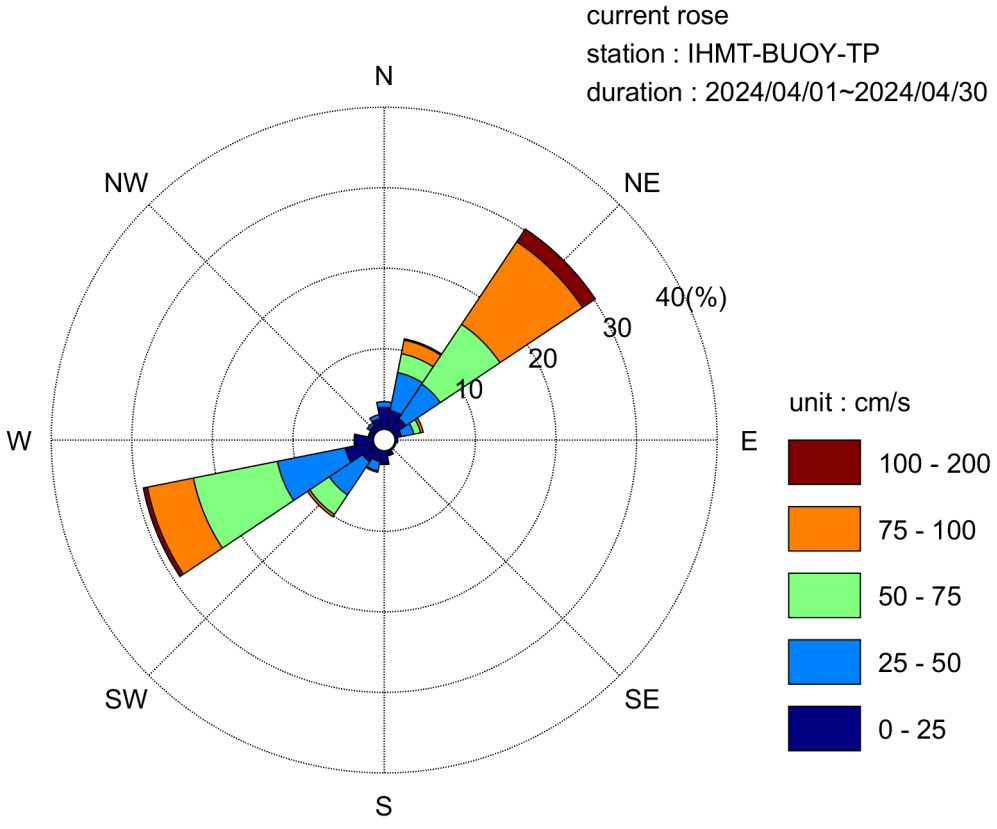


圖 6.15 臺北海域 2024 年 4 月海流流速、流向玫瑰圖(續 3)

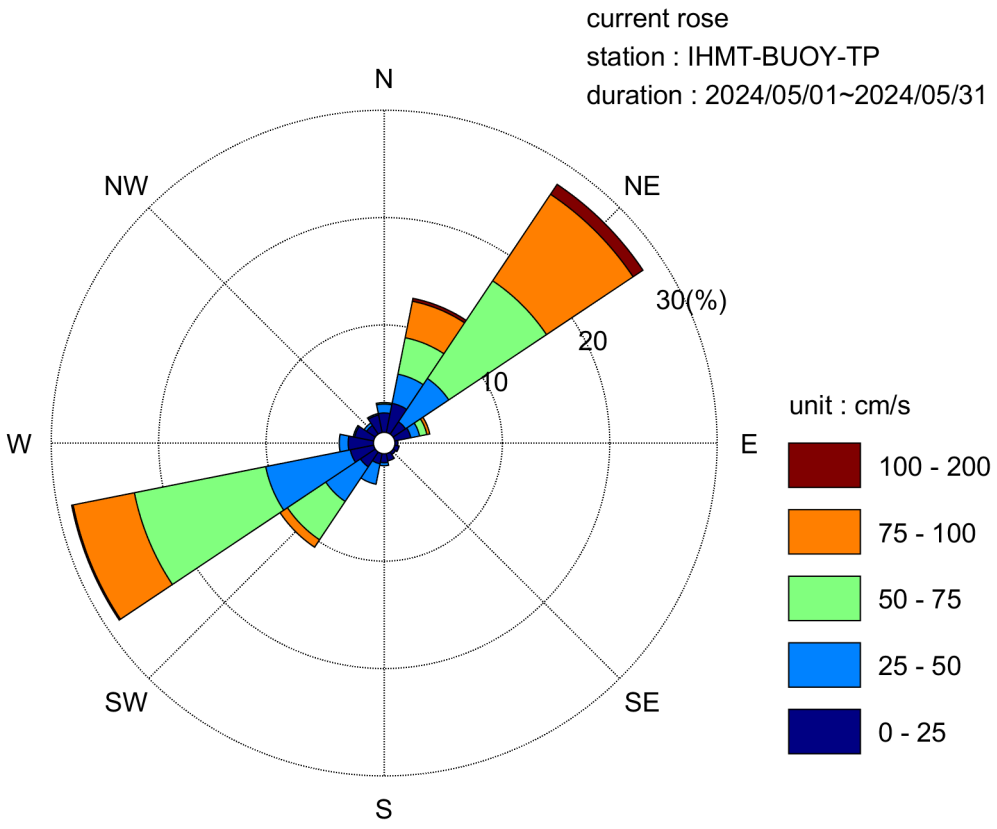


圖 6.15 臺北海域 2024 年 5 月海流流速、流向玫瑰圖(續 4)

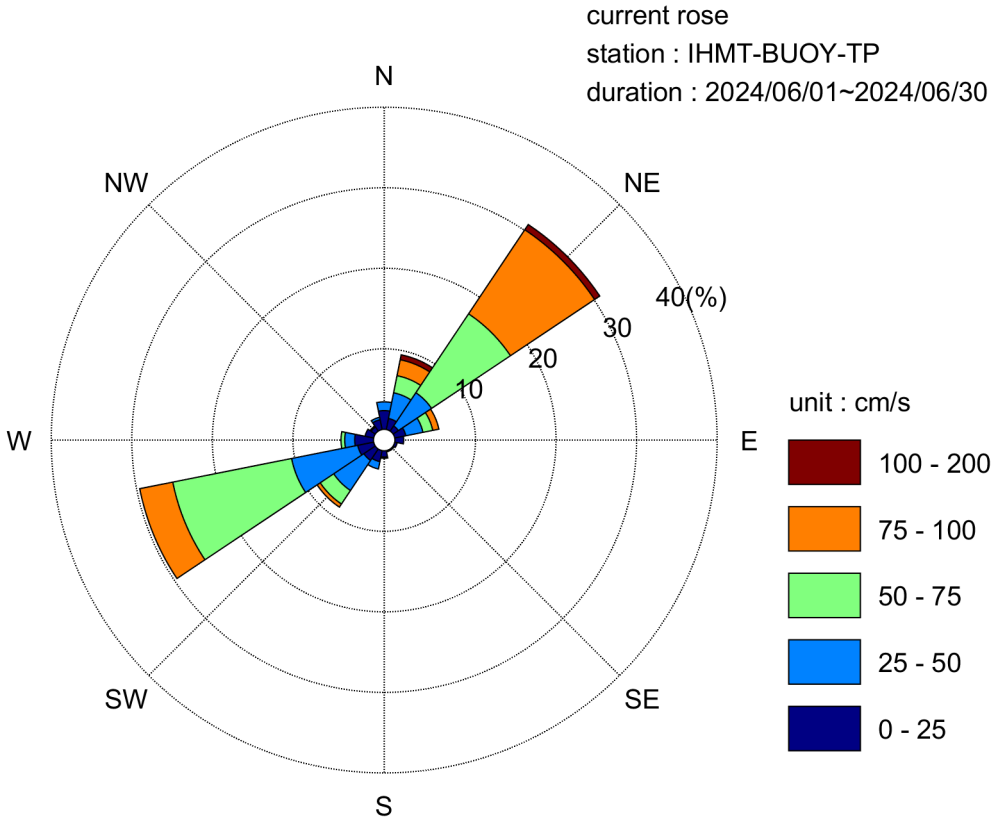


圖 6.15 臺北海域 2024 年 6 月海流流速、流向玫瑰圖(續 5)

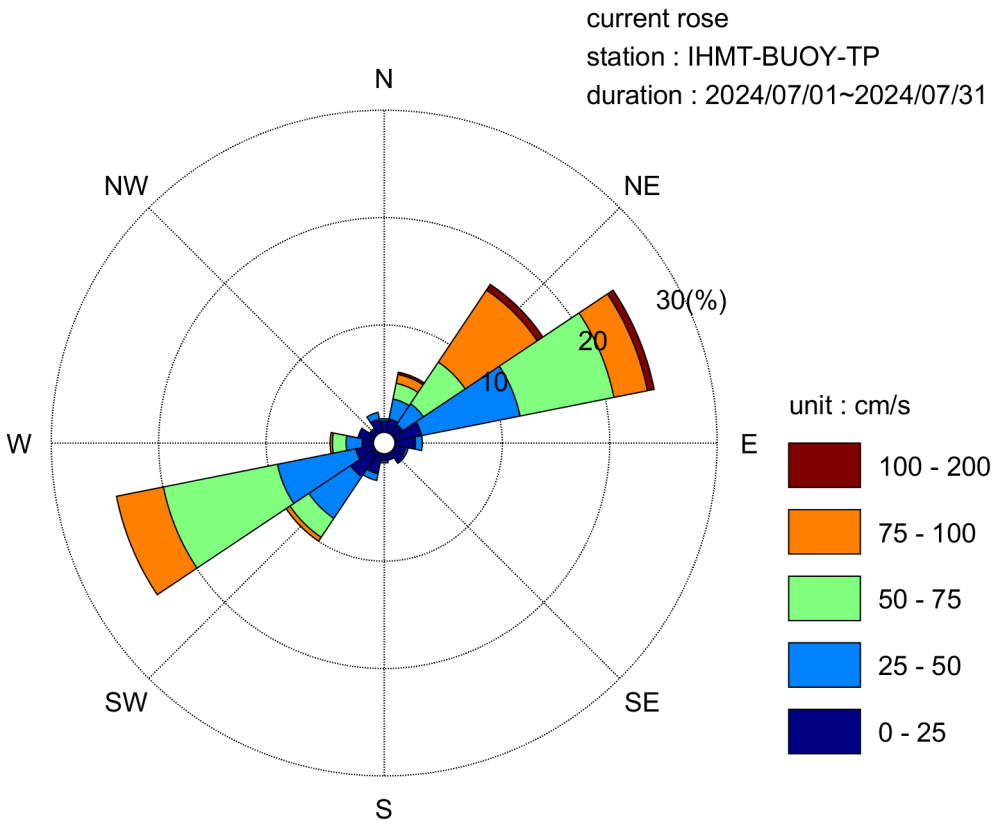


圖 6.15 臺北海域 2024 年 7 月海流流速、流向玫瑰圖(續 6)

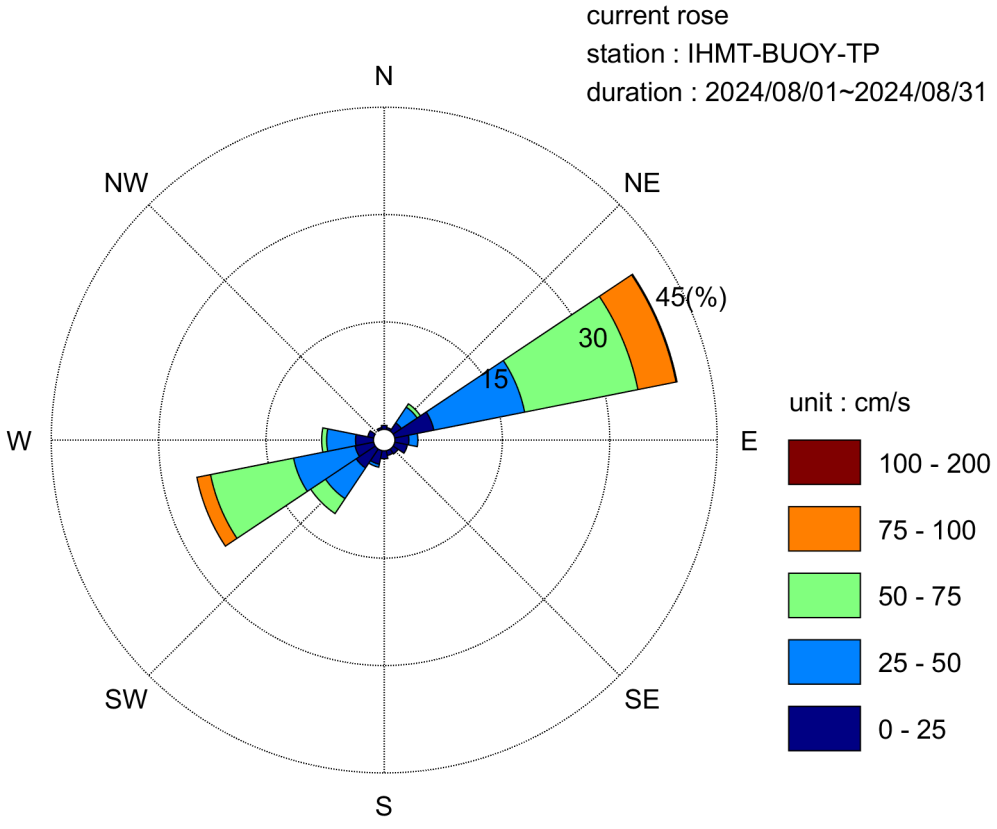


圖 6.15 臺北海域 2024 年 8 月海流流速、流向玫瑰圖(續 7)

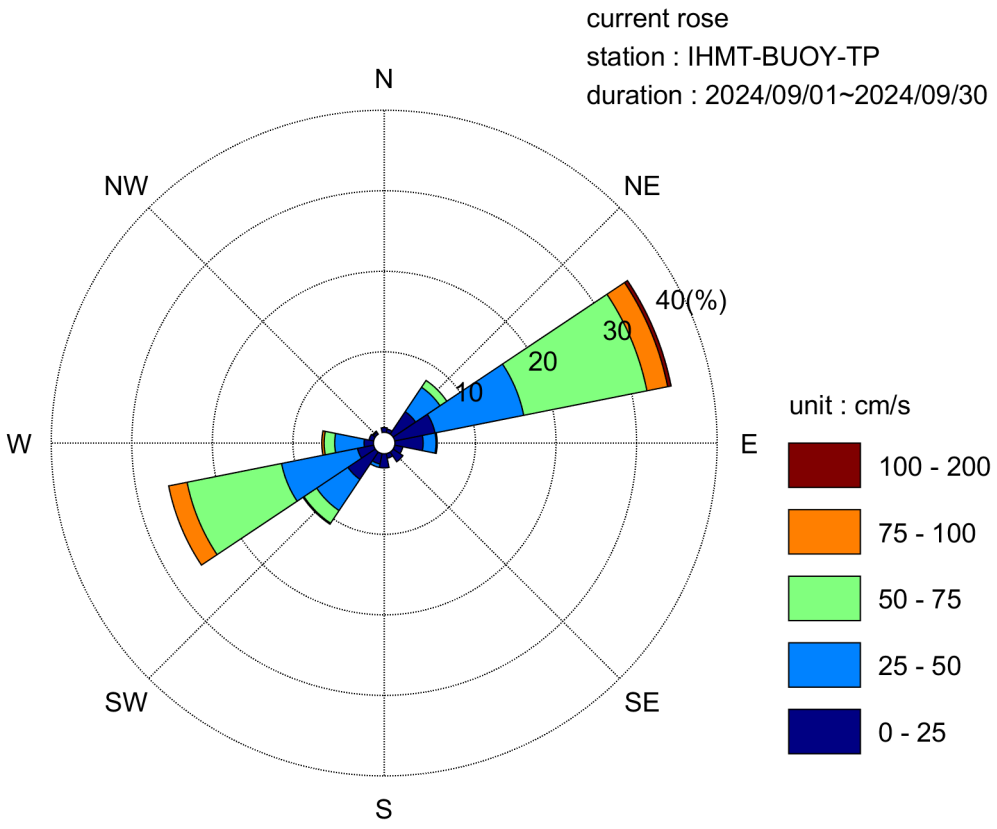


圖 6.15 臺北海域 2024 年 9 月海流流速、流向玫瑰圖(續 8)

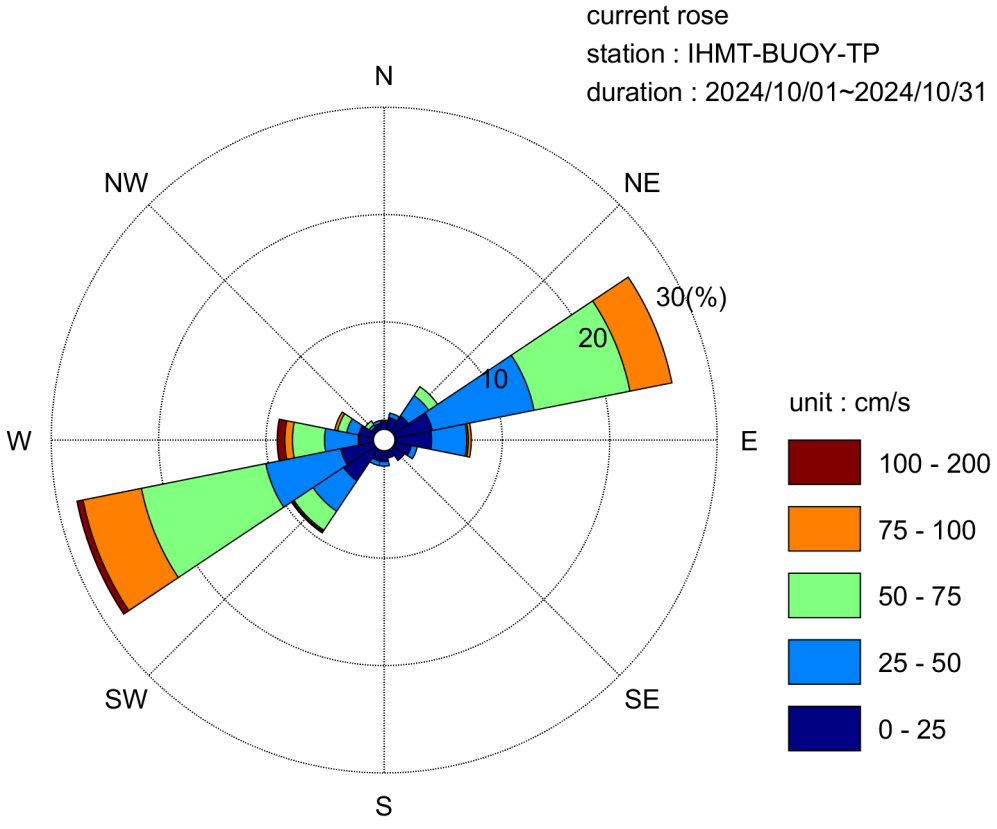


圖 6.15 臺北海域 2024 年 10 月海流流速、流向玫瑰圖(續 9)

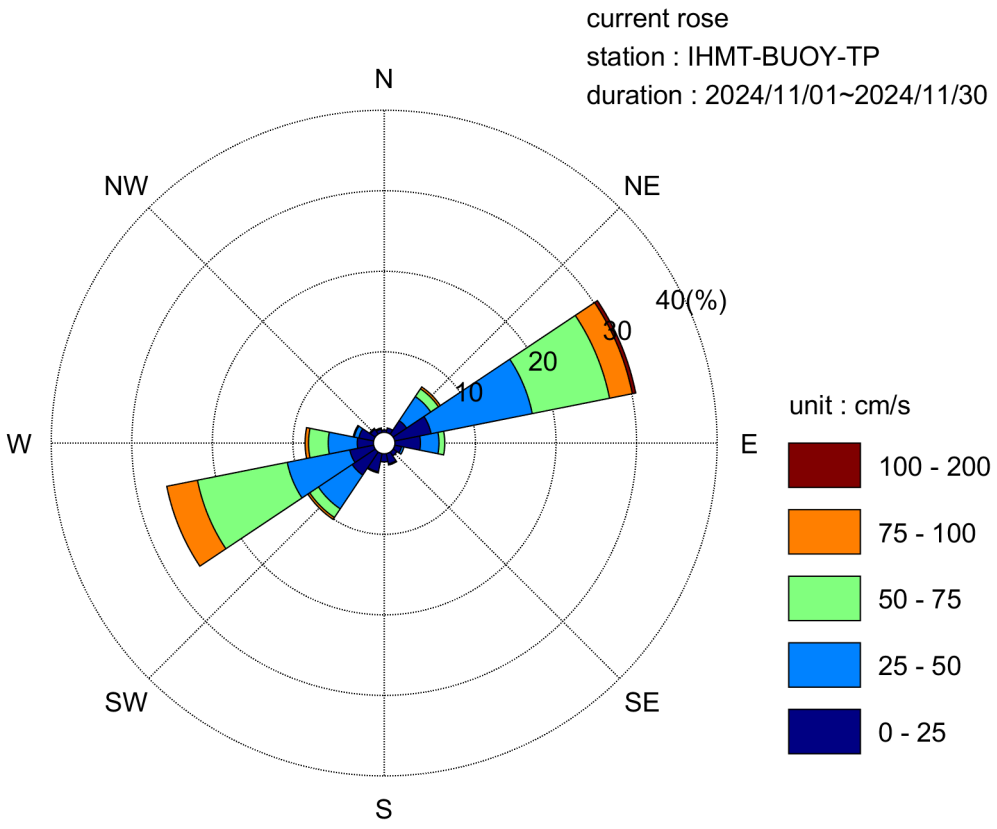


圖 6.15 臺北海域 2024 年 11 月海流流速、流向玫瑰圖(續 10)

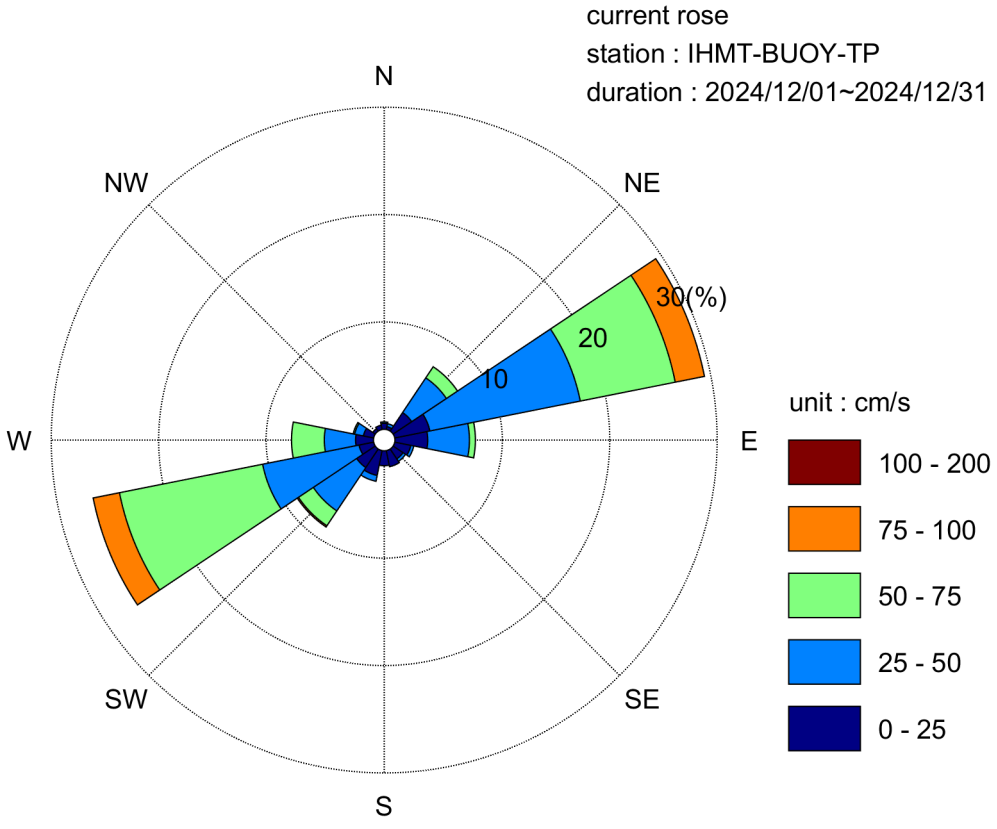


圖 6.15 臺北海域 2024 年 12 月海流流速、流向玫瑰圖(續 11)

第七章 臺北海域小尺度風浪模組建置

近年臺北港進行港區擴建工程，使臺北港港型改變(參考圖6.2)，本項工作目的為新建臺北海域小尺度風浪模組，並應用臺北港觀測資料完成模式驗證工作。

本計畫「臺海風浪模擬系統」對於臺北海域風浪模擬與預測，仍依賴中尺度風浪模組，即表 2-3 近域風浪模組，因此，本計畫規劃針對臺北海域建置解析度較高之小尺度風浪模組，並與「臺海風浪模擬系統」之遠域風浪模組及近域風浪模組建構成 3 層巢狀網格「臺北海域風浪模擬子系統」，藉以模擬預測臺北港鄰近海域風浪變化，提供港務公司細緻化之臺北海域風浪模擬預測資料。

7.1 小尺度風浪模組建置

7.1.1 模式模擬範圍

本計畫規劃臺北海域小尺度風浪模組之模擬範圍，如圖 7.1 所示，其範圍涵蓋東經 120.84°至 121.64°，北緯 25.08°至 25.72°之海域。

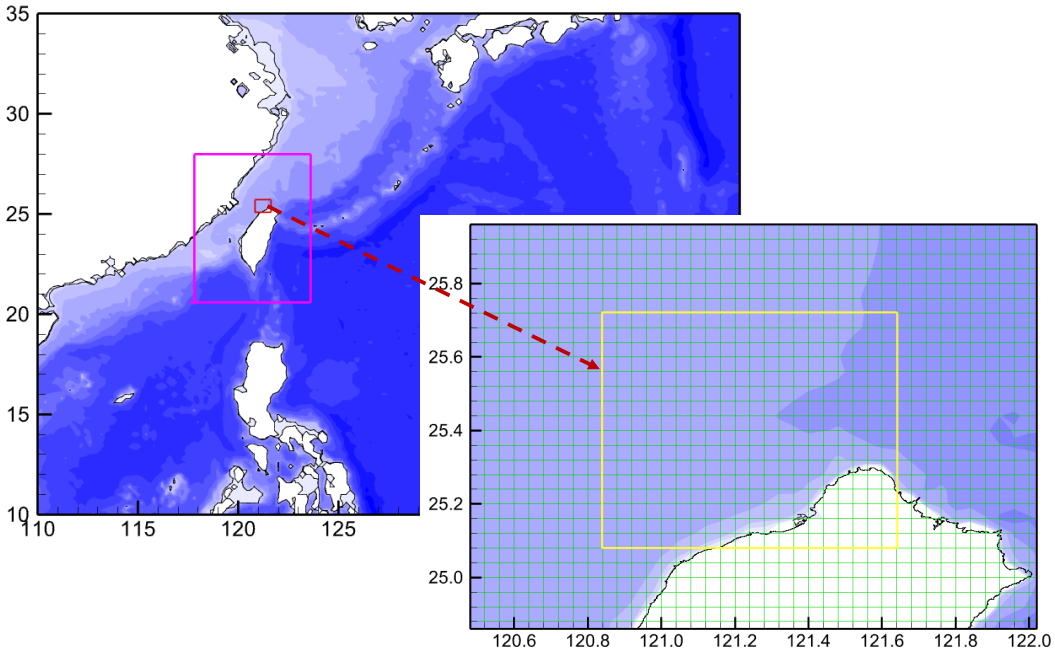


圖 7.1 臺北海域小尺度風浪模組模擬範圍示意圖

7.1.2 數值計算網格

針對臺北海域小尺度風浪模組規劃之模擬範圍，本計畫採用球面坐標系統建置解析度 0.008°之小尺度網格。故新建小尺度網格之維度為 101×81。再依據臺灣港務公司臺北港港區水深調查資料(2024 年 8 月)、臺北港鄰近海域水深調查資料(2024 年 10 月)、內政部整合的臺北海域水深資料等水深調查資料，以及海科中心發布的臺灣周圍海域 200m 網格數值地形水深資料，建構新建小尺度網格之地形水深，如圖 7.2 所示。

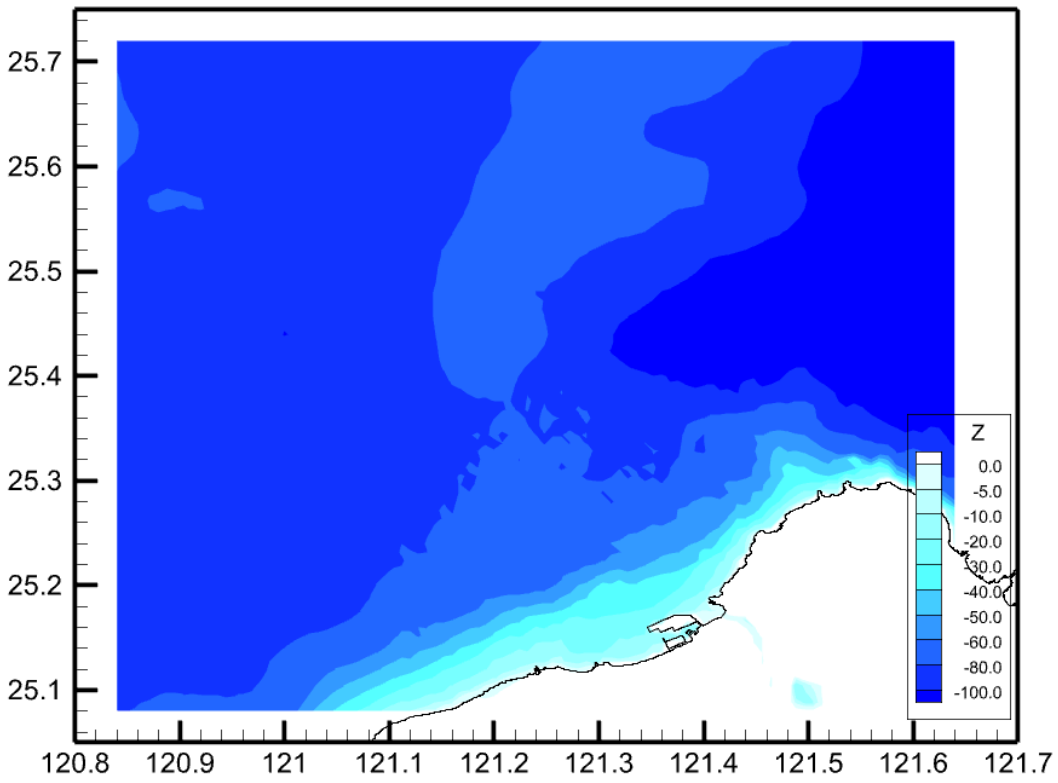


圖 7.2 臺北海域小尺度風浪模組網格之水深分布圖

7.1.3 臺北海域風浪模擬系統建置

參照「臺海風浪模擬系統」3 層巢狀網格模擬架構(詳圖 2.9)，規劃「臺北海域風浪模擬系統」模擬架構，如圖 7.3 所示。圖中遠域及近域風浪模擬分別延用「臺海風浪模擬系統」西太平洋範圍風浪模組及臺灣周圍海域風浪模組；其中遠域及近域風浪模擬目的為提供本計畫模擬臺北海域近海風浪所需之風浪邊界條件。有關本計畫

「臺北海域風浪模擬系統」大、中、小 3 層巢狀網格之模擬範圍及網格基本資訊，如表 7-1 所列。

一、風浪數值模式

參照「臺海風浪模擬系統」之規劃，本計畫「臺北海域風浪模擬系統」遠域風浪模擬採用海洋波浪預測模式 WAM (WAve Modeling)，藉以縮短系統作業化模擬時間；近域風浪模擬及臺北海域風浪模擬採用荷蘭 Delft 大學所發展之近海風浪模式 SWAN。

二、風場輸入資料

同 2.1.1 節所述之作業化風場預測資料，依風場範圍及網格解析度區分為西太平洋風場及氣壓(WE01)及臺灣海域風場及氣壓(WE02)，詳 2.1.1 節及表 2-2。風壓場資料來源為氣象署天氣數值預報之 WRF 成員 M04，其中風場為海面 10m 高度之風場。因此，本計畫「臺北海域風浪模擬子系統」規劃域遠域風浪模擬採用西太平洋風場及氣壓場資料，近域風浪模擬及臺北海域近海風浪模擬採用臺灣海域風場及氣壓場資料。

三、離散化波譜

一般而言，風浪波譜之離散化常採用階梯函數(step function)，為獲得相對均等之解析度，離散化頻寬計算採用對數尺度，即 $\Delta f/f = 1.1$，波浪頻率模擬範圍為

$$f_{\max}/f_{\min} = (1.1)^{ML-1} \quad \text{.....(7-1)}$$

式中 *ML* 為頻率離散化數量。本計畫風浪模擬採用頻率離散化數量 *ML* 為 31，其中最小頻率值 f_{min}=0.03333 (相當於波浪週期 30sec)；波向解析度為 10°，則波向離散化數量(*KL*)為 36。

四、風浪模擬檢核點

臺北港外海之底碇式 AWAC 測站(TPAW01)、資料浮標測站(TPBU01)及浮球測站(TPBU02)等波浪觀測資料，如圖 7.4 所示，做為臺北海域風浪模擬之校驗依據，模擬檢核點位置，如表 7-2 所列。

五、風浪模式 SWAN 參數設定

針對近域風浪模擬 SWAN 新增指令為臺北海域風浪模組網格邊界巢狀輸出指令(NESTout)，其參數修訂設定如表 7-3 所列。另臺北海域風浪模擬 SWAN 相關指令之參數設定，如表 7-4 所列。

表 7-1 臺北海域風浪模擬系統巢狀網格資訊表

模組名稱	範圍		解析度 (°)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 最小值/最大值		
遠域風浪模組*1	110.00/145.00	10.00/35.00	0.2	176×126
近域風浪模組*1	117.60/123.60	20.60/28.00	0.04	151×186
臺北海域風浪模組	120.84/121.64	25.08/25.72	0.008	101× 81
註*1：詳見2.1.2節				

表 7-2 臺北海域風浪模組檢核點輸之坐標資訊表

波浪測站			臺北海域風浪模組		備 註
測站名稱	經 度	緯 度	經 度	緯 度	
TPAW01	121.37450	25.18142	121.376	25.184	TPAWAC
TPBU01	121.37333	25.18082	121.376	25.184	TPBUOY
TPBU02	121.34839	25.16841	121.352	25.168	TPBALL

表 7-3 近域風浪模組 SWAN 模擬指令參數修訂表

指令	參數
NESTout	'TP sea', 'nestfile\nest_TPseaYYYYMMDDHH.txt', OUTPUT , yyyymmdd.hh0000, 1.0, HR

表 7-4 臺北海域風浪模組 SWAN 模擬指令參數設定表

指令	參數
COORDinates	SPHErical ccm
CGRID	REGular 120.84, 25.08, 0.0, 0.80, 0.64, 100, 80, CIRcle 36, 0.03333, , 30
NGRid	'TP sea', 120.84, 25.08, 0.00, 0.80, 0.64, 100, 80
INPgrid	BOTtom REGular 120.84, 25.08, 0.0, 100, 80, 0.008, 0.008, EXCeption -10.0
READinp	BOTtom 1, 'botfile\swan_ss_TPsea.bot', 3, 0, FORMAT '(10F10.0)'
INPgrid	Wind REGular 116.0, 20.0, 0.0, 270, 270, 0.033333, 0.033333, NONSTATionary yyyymmdd.hh0000, 1.0, HR YYYYMMDD.HH0000
READinp	WInd 1, 'wind_swan_tw_yyyymmddhh.dat' 3, 1, 1, 0, FORMAT '(10F9.0)'
BOUNdnest1	NEST 'cbo\nest_TPseaYYYYMMDDHH.txt', CLOS
INITial	Zero
	HOTStart 'hotfile\TPseahotyyyymmdd.hh'
QUANTITY	Hswell fswell=0.125
POINTS	'TP_buoy' 121.3733 25.1808
SPECout	'TP_buoy' SPEC2D ABSolute 'spcfile\spc2024110200TPB.txt' OUTPUT yyyymmdd.hh0000 1.0 HR
TABLE	'TP_buoy' head 'tblfile\TPseaYYYYMMDDHHtaipeibuoy' time xp yp hs per dir rtp pdir tm01 tm02 tps hswell wind dep OUTPUT yyyymmdd.hh0000 1.0 HR
COMPute	STATionary yyyymmdd.hh.hh0000
	NONSTationary yyyymmdd.hh.hh0000 240 sec yyyymmdd.000000

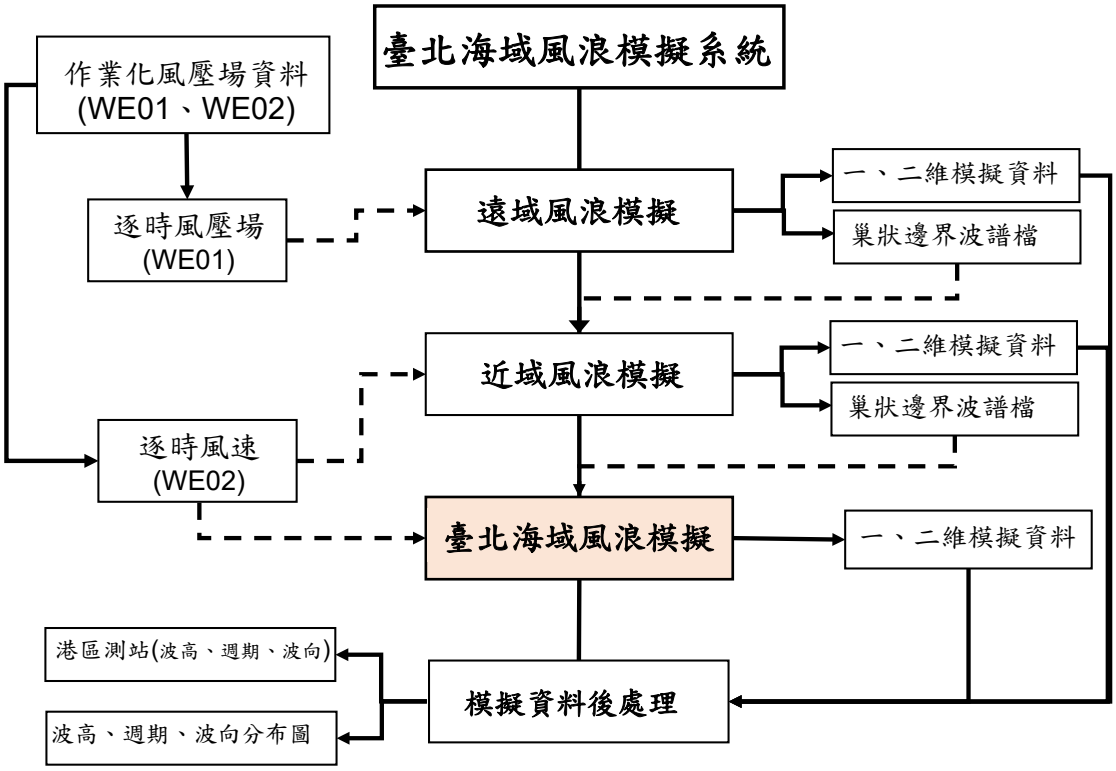


圖 7.3 臺北海域風浪模擬系統架構及模擬流程圖

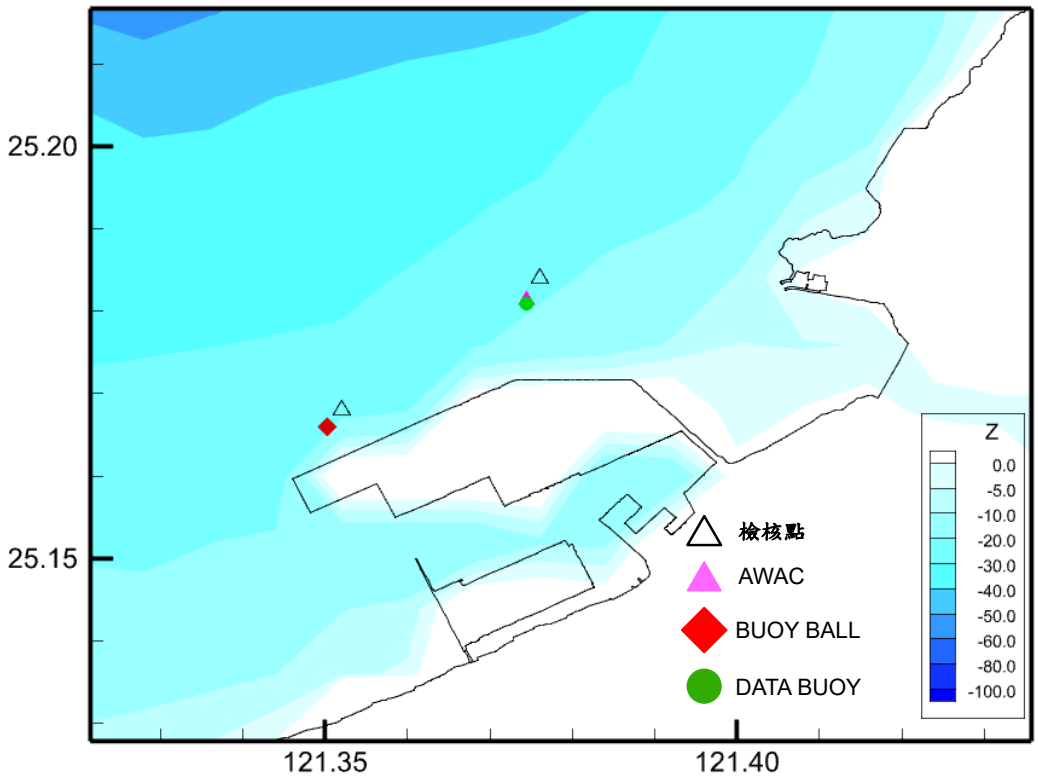


圖 7.4 臺北海域風浪模組檢核點與波浪測站位置圖

7.2 小尺度風浪模組模擬與校驗

依據 7.1 節建置的「臺北海域風浪模擬系統」，以及 TPAW01 及 TPBU01 測站資料，辦理冬季風浪及颱風波浪作業化模擬測試。

7.2.1 冬季風浪模擬

針對小尺度臺北海域風浪模組每次模擬結果，本計畫彙整小尺度臺北海域風浪模組檢核點(TPAWAC、TPBUOY)每報追算時段(即每報前 6 小時)之輸出結果，與臺北港 AWAC 測站(TPAW01)及資料浮標測站(TPBU01)逐時觀測資料比對，分別如圖 7.5 及圖 7.6 所示。依據圖中相關係數 R 及常態均方根誤差(NRMSE)校驗結果得知：(1)示性波高之相關係數分別為 TPAW01 測站之 0.91 及 TPBU01 測站之 0.906，差異不明顯均為高度相關；常態均方根誤差分別為 TPAW01 測站之 0.301 及 TPBU01 測站之 0.279，呈現資料浮標 TPBU01 測站觀測值與模擬值較近似。(2)平均週期之相關係數分別為 TPAW01 測站之 0.667 及 TPBU01 測站之 0.708，TPBU01 測站相關係數較高研判與資料浮標觀測之平均週期較大且變動幅度較小有關；常態均方根誤差分別為 TPAW01 測站之 0.213 及 TPBU01 測站之 0.301，顯示 AWAC 測站(TPAW01)觀測值與模擬值較近似。(3)譜峰週期之相關係數分別為 TPAW01 測站之 0.673 及 TPBU01 測站之 0.644，二者差異不明顯均屬中度相關；常態均方根誤差分別為 TPAW01 測站之 0.198 及 TPBU01 測站之 0.251，代表 AWAC 測站(TPAW01)觀測值與模擬值較近似。(4)平均波向之相關係數分別為 TPAW01 測站之 0.55 及 TPBU01 測站之 0.264，其中 TPBU01 測站呈現低度相關，判斷係受到觀測值波向採用主波向影響所致；均方根誤差分別為 TPAW01 測站之 36.6º 及 TPBU01 測站之 38.1º，2 者差異不明顯。整體而言，小尺度臺北海域風浪模擬結果與觀測值相當近似，其中示性波高模擬值與 AWAC 及資料浮標觀測值呈現高度相關性，平均及譜峰週期之模擬值與觀測值亦可維持在中度相關之水準。

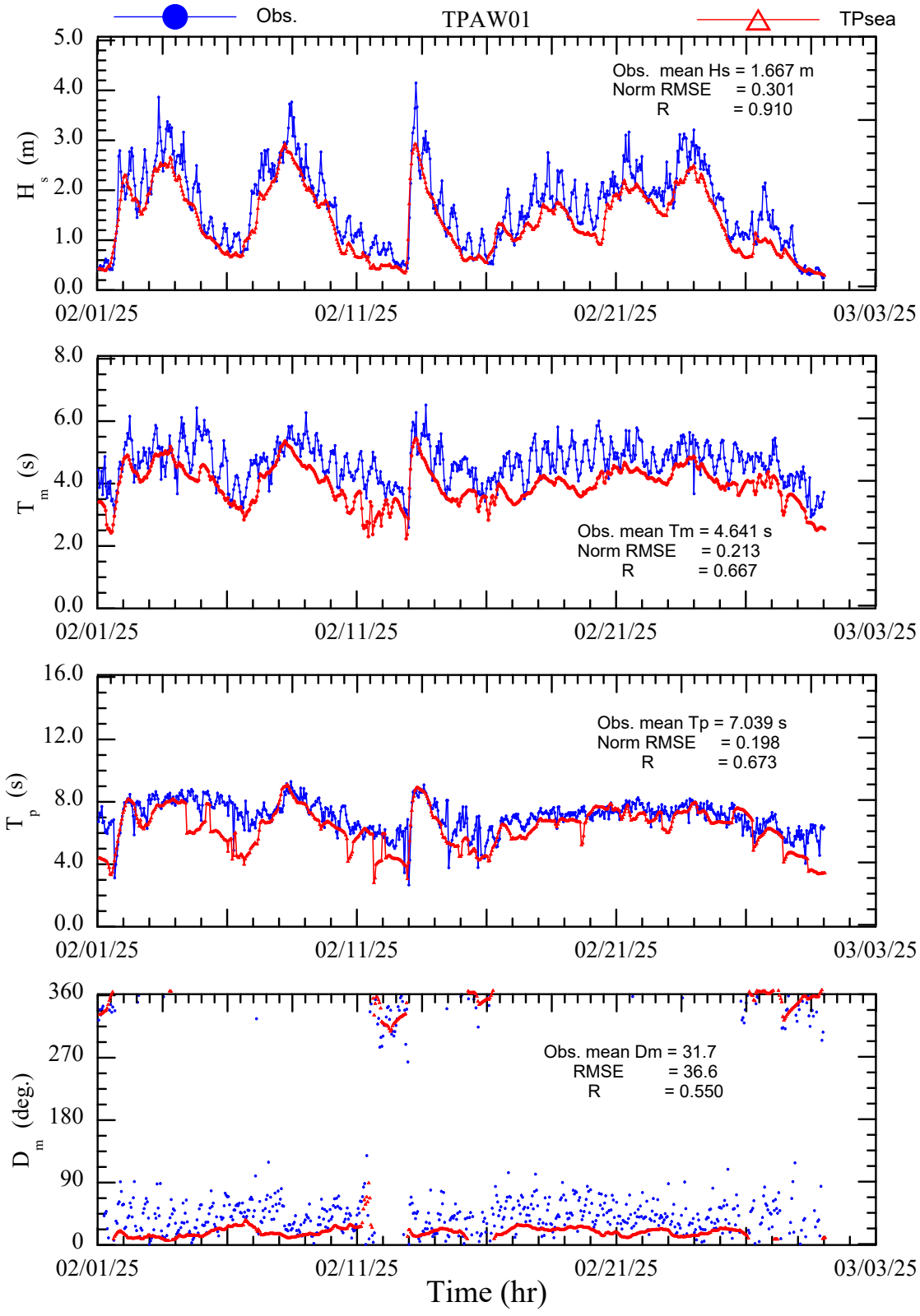


圖 7.5 東北季風臺北海域 TPAW01 觀測值與模擬值之比較圖

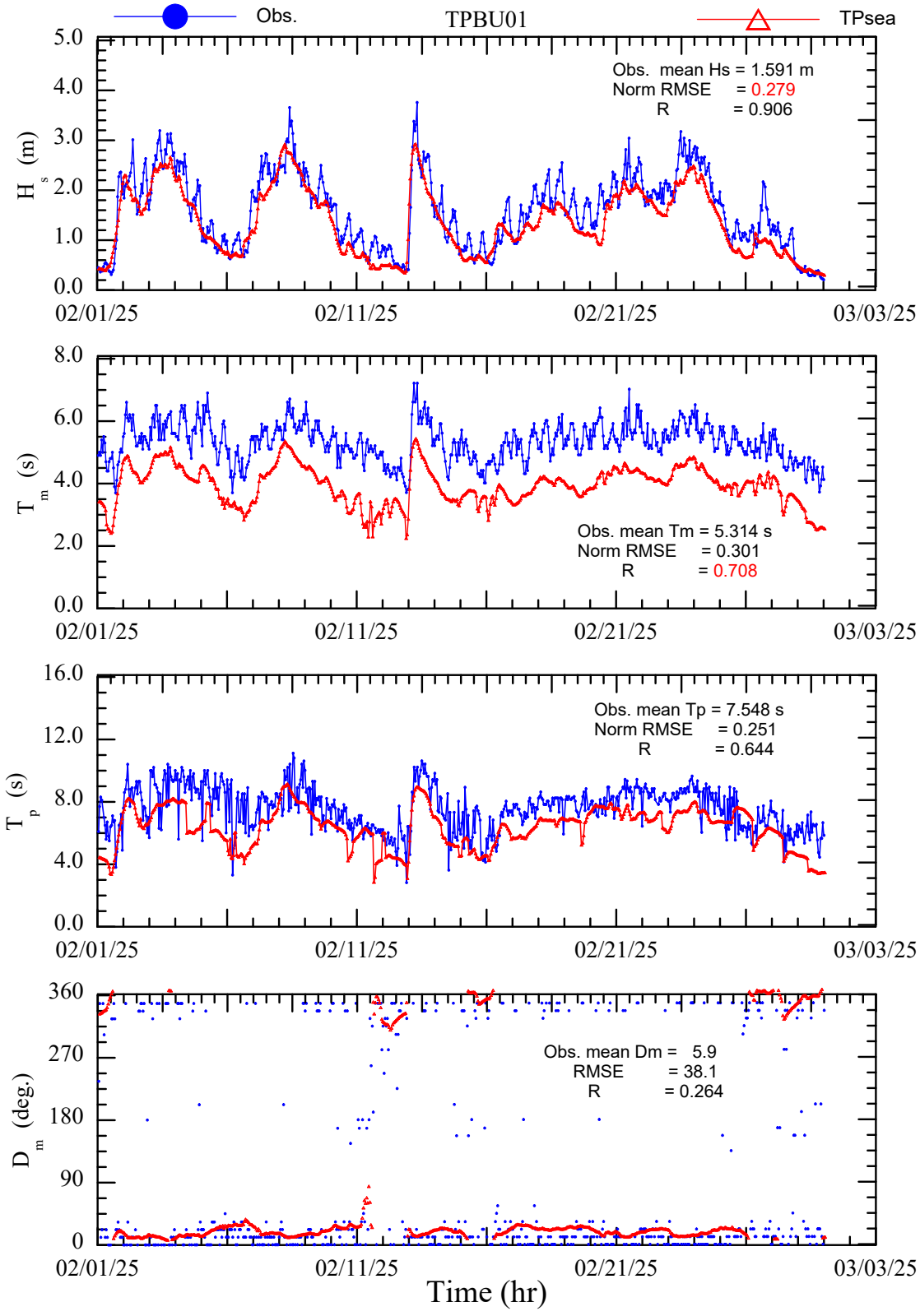


圖 7.6 東北季風臺北海域 TPBU01 觀測值與模擬值之比較圖

7.2.2 颱風波浪模擬

本計畫以 2024 年強烈颱風康芮為對象，辦理「臺北海域風浪模擬子系統」之颱風波浪模擬與校驗。強烈颱風康芮生命週期為 2024 年 10 月 25 日 8 時~11 月 1 日 20 時，因此，本計畫選取系統 10 月 25 日至 11 月 2 日期間，每日產生 4 次(間隔 6 小時)海象模擬作業化風場預測資料(WE01 及 WE02)，辦理颱風波浪作業化模擬系統測試工作。基於強烈颱風康芮侵臺海上警報發布及解除時間分別為 10 月 29 日 17 時 30 分、及 11 月 1 日 14 時 30 分，因此，本計畫選取康芮颱風侵臺期間(10 月 29 日 6 時~11 月 2 日 0 時)作業化模擬追算時段(0~5 時)，小尺度臺北海域風浪模組模擬檢核點(TPAWAC、TPBUOY)模擬結果，與臺北港 AWAC 測站(TPAW01)及資料浮標測站(TPBU01)逐時觀測資料比對，分別如圖 7.7 及圖 7.8 所示。

同理，由康芮颱風侵臺期間模擬結果之相關係數 R 及常態均方根誤差(NRMSE)校驗得知：(1)示性波高之相關係數分別為 TPAW01 測站之 0.706 及 TPBU01 測站之 0.742，顯示模擬值與觀測值之相關性顯著低於冬季風浪模擬結果，惟仍可達到高度相關之門檻(R > 0.7)；常態均方根誤差分別為 TPAW01 測站之 0.212 及 TPBU01 測站之 0.194，顯示資料浮標 TPBU01 測站觀測值與模擬值較近似。(2)平均週期之相關係數分別為 TPAW01 測站之 0.274(低度相關 R < 0.3)及 TPBU01 測站之 0.326(中度相關 07 > R > 0.3)，其中 TPBU01 測站相關係數較高研判仍與資料浮標觀測值變動幅度較小有關；常態均方根誤差分別為 TPAW01 測站之 0.194 及 TPBU01 測站之 0.230，顯示颱風期間 TPAW01 測站與 TPBU01 測站之觀測值較近似，差值縮小。(3)譜峰週期之相關係數分別為 TPAW01 測站之 0.741 及 TPBU01 測站之 0.704，2 者差異不明顯，相關係數明顯較平均週期高，均可達到高度相關程度；常態均方根誤差分別為 TPAW01 測站之 0.108 及 TPBU01 測站之 0.12，代表觀測值與模擬值相近似。(4)平均波向之相關係數分別為 TPAW01 測站之 0.889 及 TPBU01 測站之 0.785，二測站均屬高度相關，TPBU01 測站相關係數略低因素仍受其採用主波向影響；均方根誤差分別為 TPAW01 測站之 35º 及 TPBU01 測站之 38.5º，2 者差異不明顯。

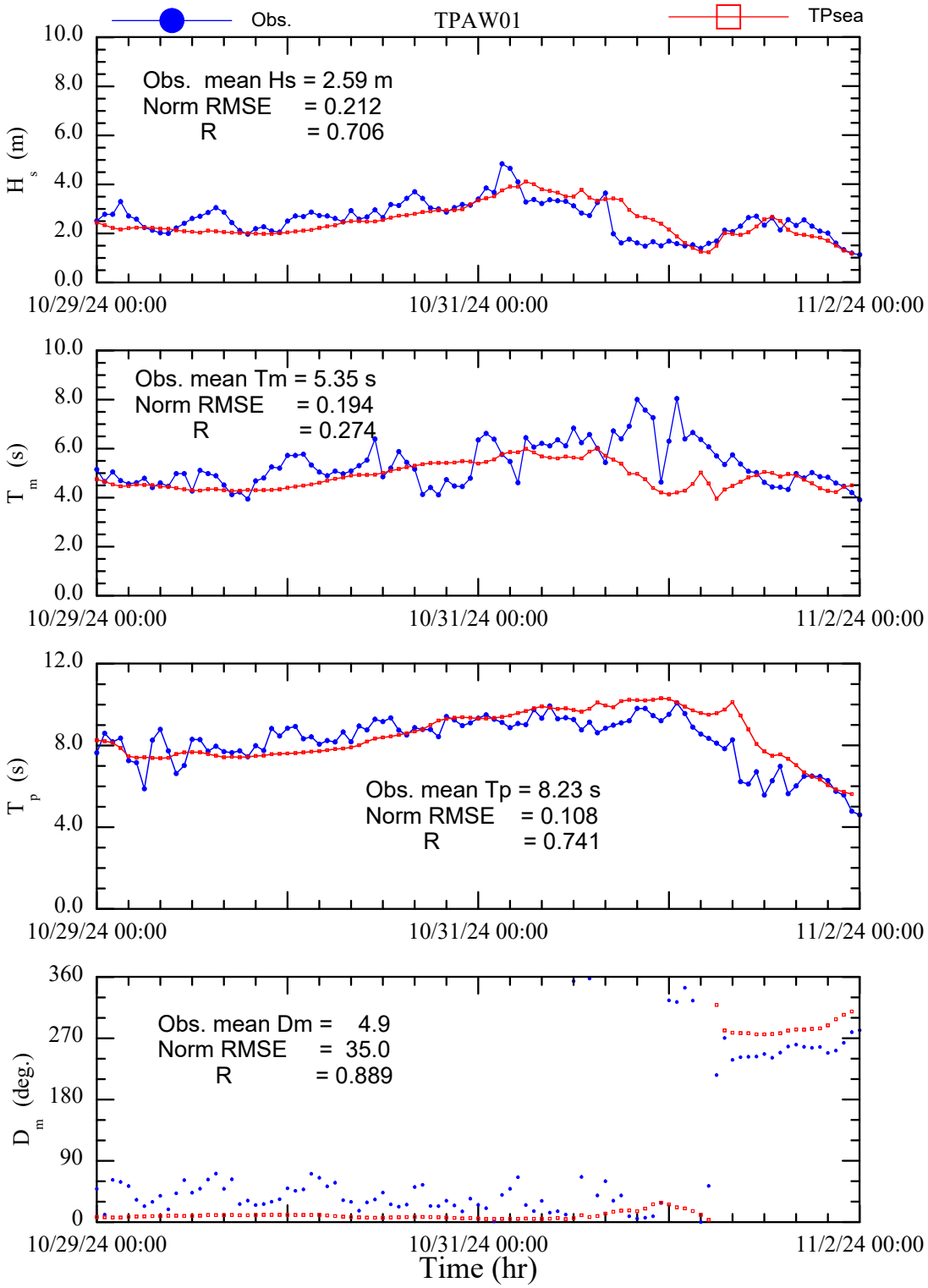


圖 7.7 康芮侵臺期間臺北海域觀測值與模擬值之比較圖

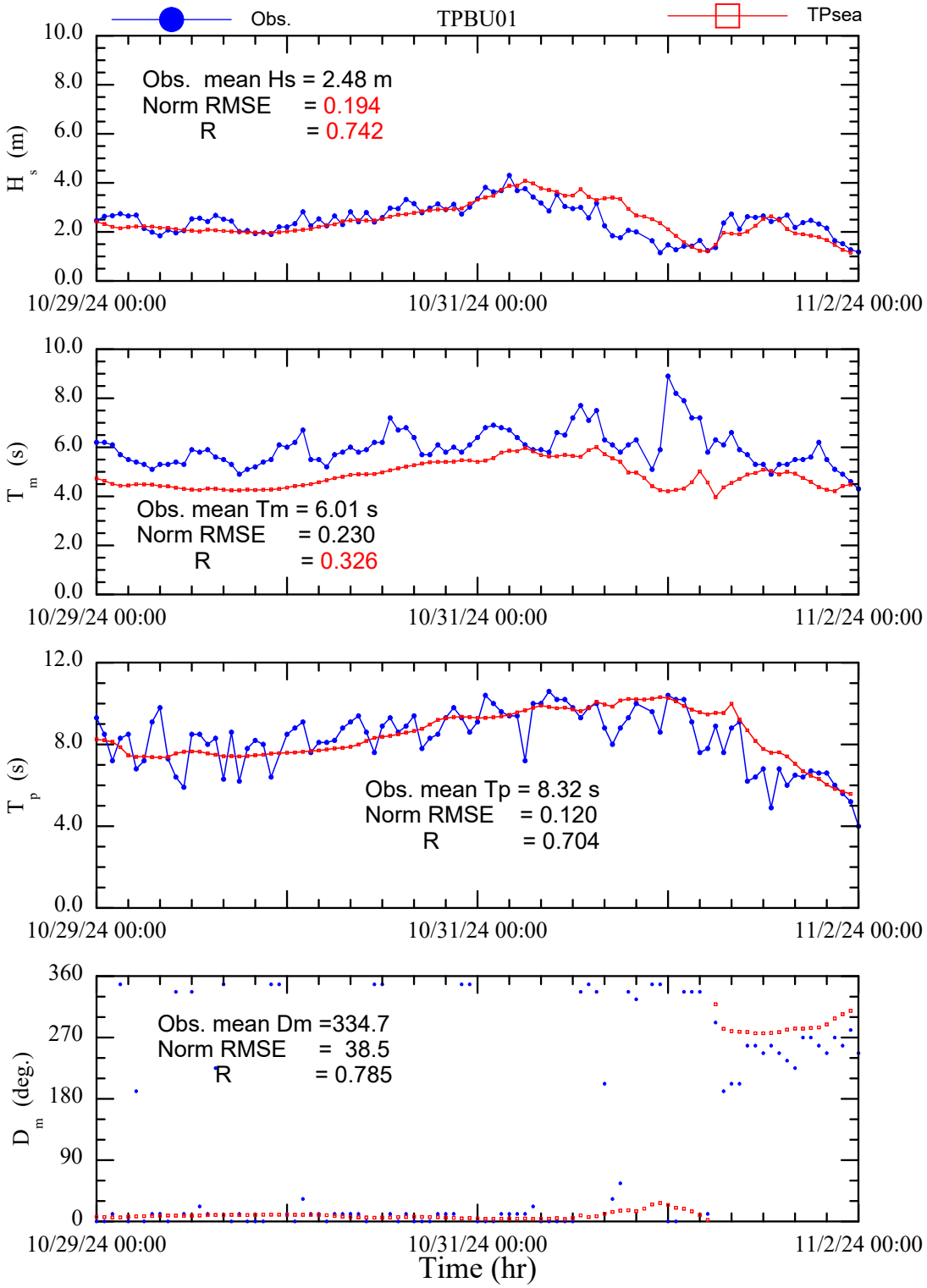


圖 7.8 康芮侵臺期間臺北海域觀測值與模擬值之比較圖

第八章 臺北海域小尺度水動力模組建置

近年臺北港進行港區擴建工程，使臺北港港型改變(參考圖6.2)；緣此，本項工作目的為針對臺北海域小尺度水動力模組、調整模組內之臺北港港型，新建臺北海域小尺度水動力模組，並應用臺北港觀測資料完成模式驗證工作。

8.1 臺北海域水動力模組建置

目前系統有關臺北港小尺度水動力模組係建置於 2015 年，其模擬範圍及有限元素計算網格，如圖 8.1 所示；圖中臺北港外廓形狀與港區配置明顯與現況(詳圖 1.1)有差距。因此，本計畫將依據現況臺北港外廓形狀與港區配置，新建臺北海域小尺度水動力模組。

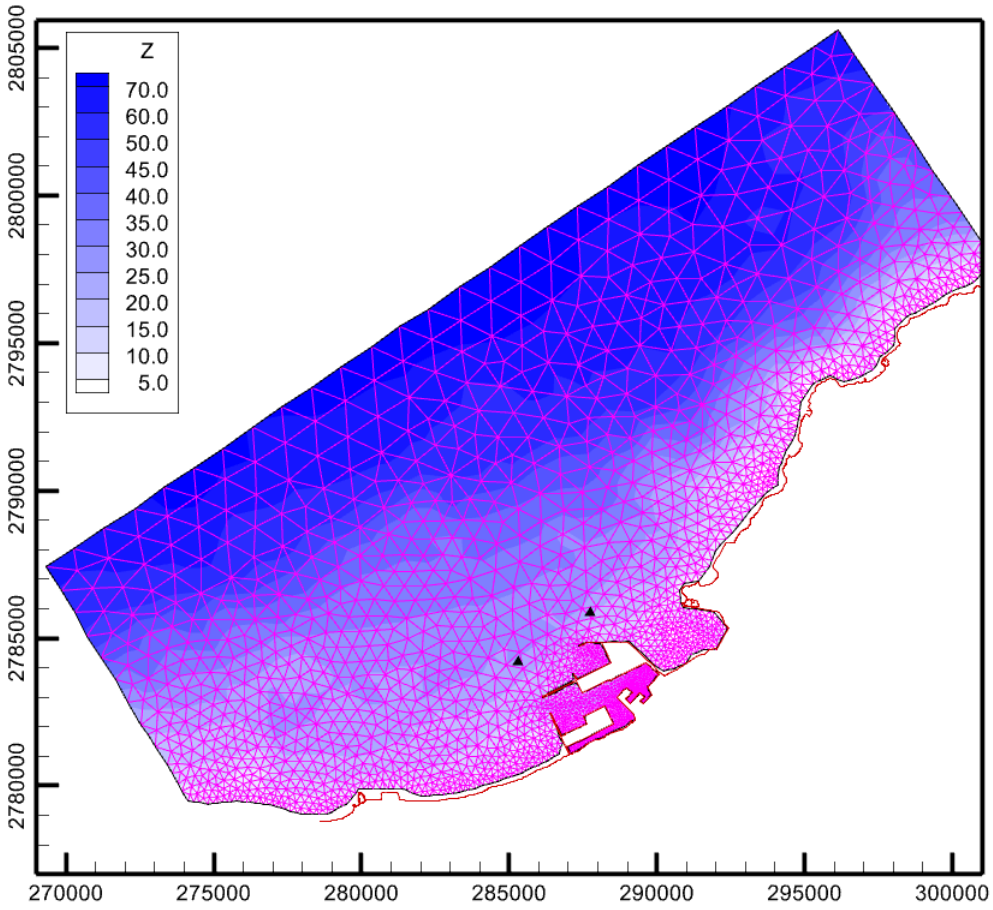


圖 8.1 臺北港水動力模組計算網格及水深分布圖

8.1.1 模式模擬範圍

臺北海域小尺度水動力模組模擬範圍不變，即南起於桃園市竹圍漁港，北至新北市麟山鼻漁港，外海邊界離岸距離約 15km。

8.1.2 數值計算網格建置

本計畫依據臺北港現況外廓形狀與港區配置，新建三角形元素非結構計算網格，如圖 8.2 所示，圖中非結構計算網格係由 5,649 個三角形元素及 3,063 個節點組成。

使用臺灣港務公司臺北港港區水深調查資料(2024 年 8 月)、臺北港鄰近海域水深調查資料(2024 年 10 月)、內政部整合的臺北海域水深資料等水深調查資料，建構計算網格水深資料，如圖 8.3 所示。

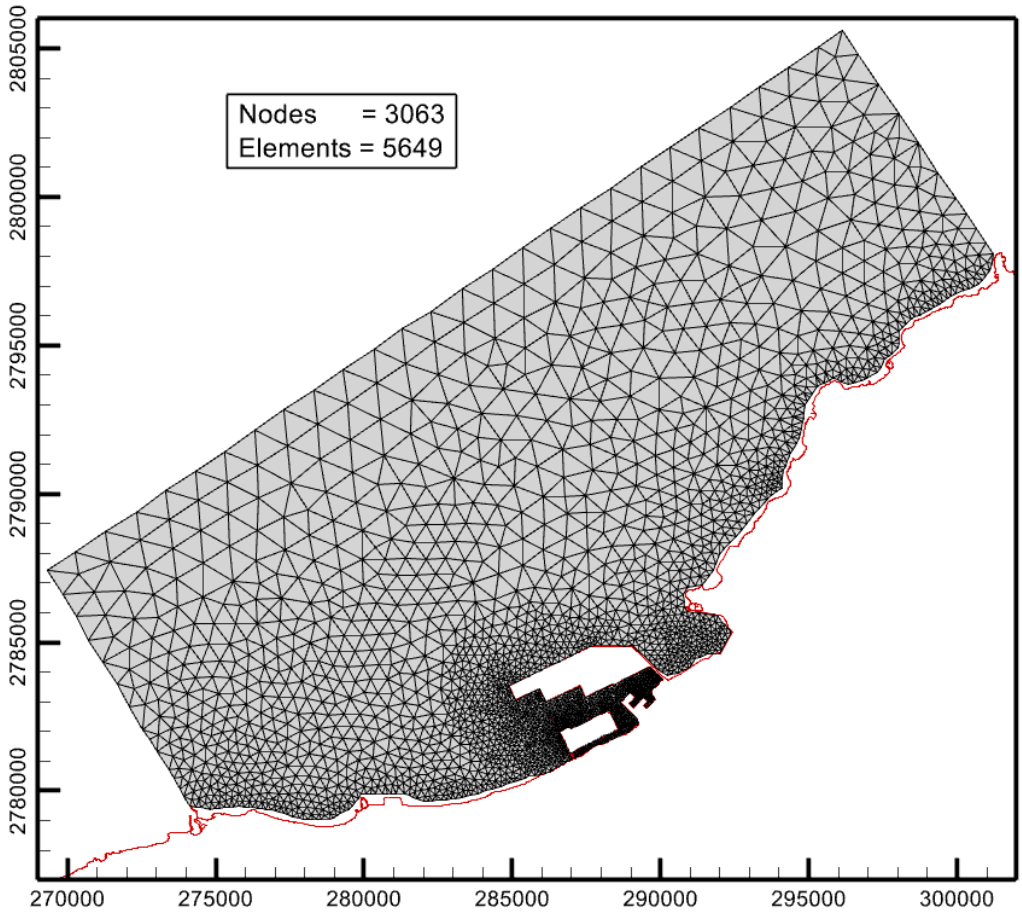


圖 8.2 臺北海域水動力模組新建非結構計算網格圖

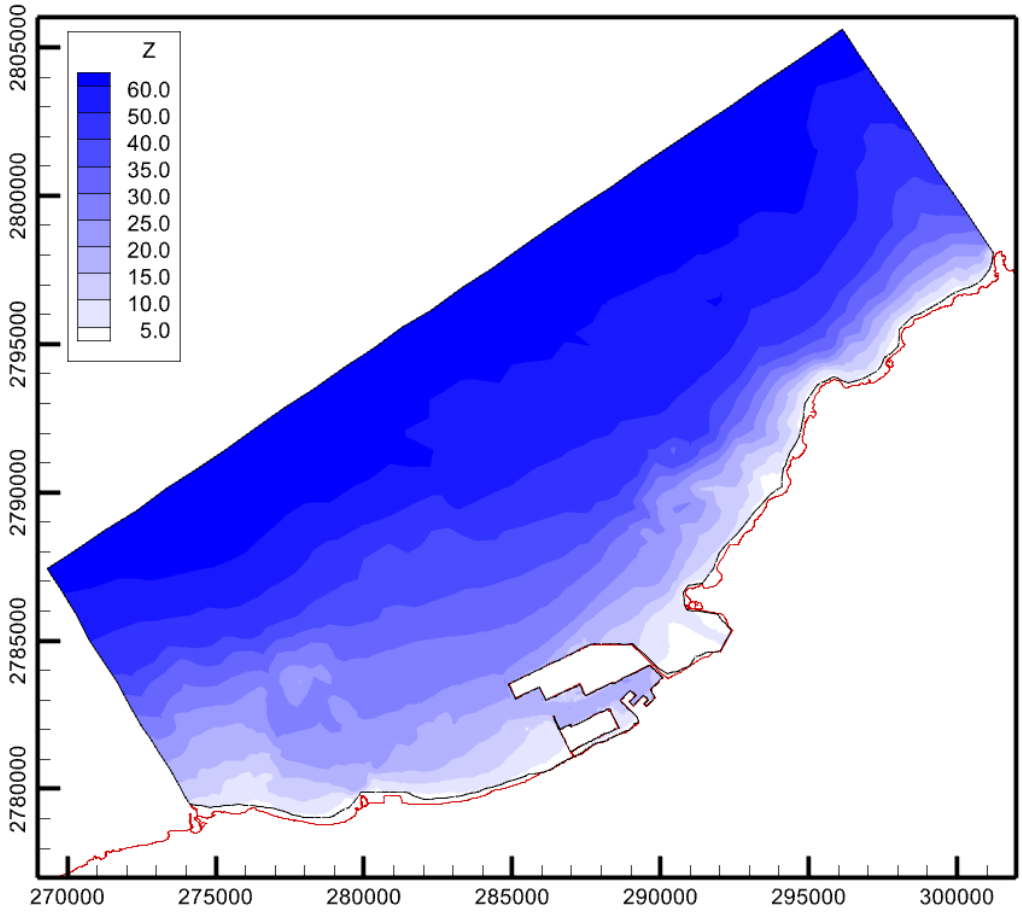


圖 8.3 臺北海域水動力模組新建網格水深分布圖

8.1.3 邊界條件

水動力模式之邊界條件，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。海域開放邊界條件則採用水位條件，規劃由本計畫系統之臺海暴潮模組模擬，輸出臺北海域水動力模組開放邊界節點之逐時水位模擬預測值，做為臺北海域水動力模擬開放邊界條件。

海面邊界條件為海面大氣壓力(P_a)及 10m 處風速(W_x, W_y)，本計畫忽略大氣壓力之變化，風速則由臺灣海域風場及氣壓場提供臺北海域風力預測一維時序列資料。

8.1.4 模式物理參數設定

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$\triangle t$ 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。本計畫臺北海域水動力模組採用的模擬時間距為 1 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。

8.1.5 臺北海域水動力模擬系統建置

本計畫參照「臺海水動力模擬系統」雙層網格模擬架構(詳圖 2.35)，規劃「臺北海域水動力模擬子系統」模擬架構，如圖 8.4 所示。整體組成架構包含中尺度臺海暴潮模組及臺北海域小尺度水動力模組。

一、水動力數值模式

本計畫臺海暴潮模組及臺北海域水動力模組水位及流場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。

二、風場輸入資料

同 2.1.1 節所述之作業化風場預測資料，規劃由臺灣海域風場及氣壓場資料(WE02)提供臺海暴潮模組所需之二維風壓場逐時資料，以及臺北海域水動力模組模擬所需之一維風速逐時資料。

三、水動力模擬檢核點

臺北港外海之底碇式 AWAC 測站(TPAW01)、資料浮標測站(TPBU01)及浮球測站(TPBU02)等海流觀測資料，以及臺北港潮位站(TPTD01)水位觀測資料，做為臺北海域水動力模擬之校驗對象。本計畫臺北海域水動力模組規劃之檢核點位置，如圖 8.5 所示。

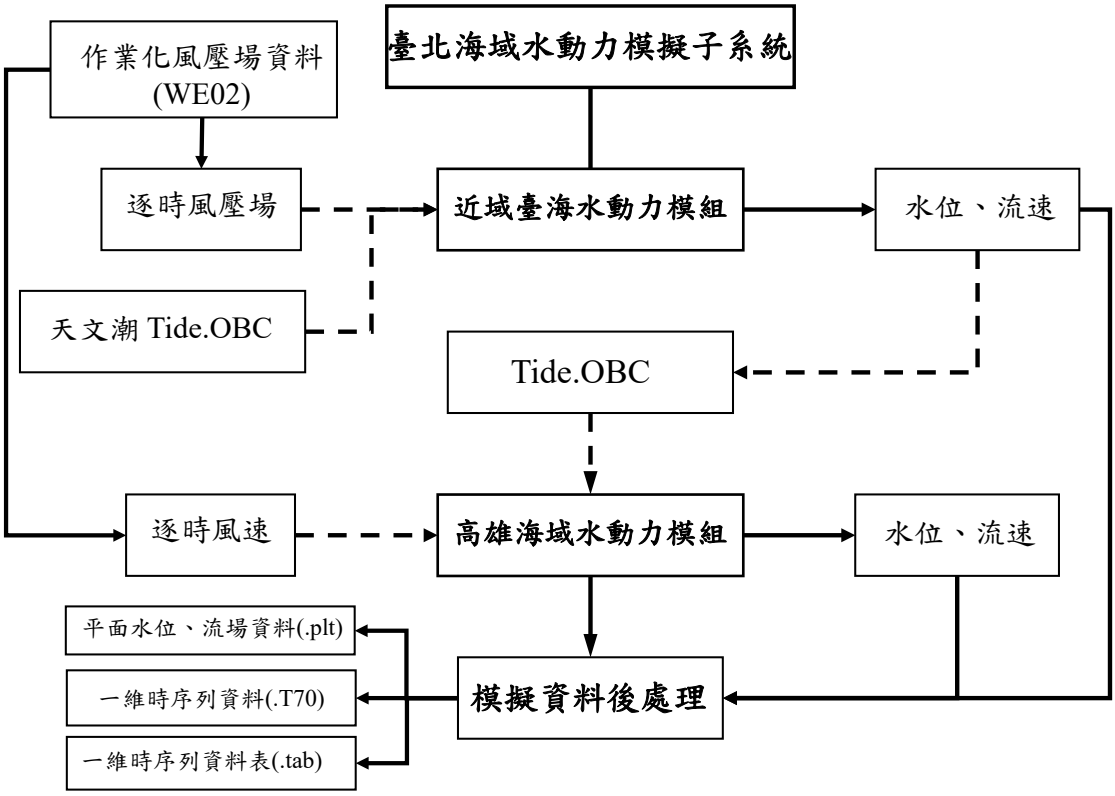


圖 8.4 臺北海域水動力模擬子系統之組成及模擬架構圖

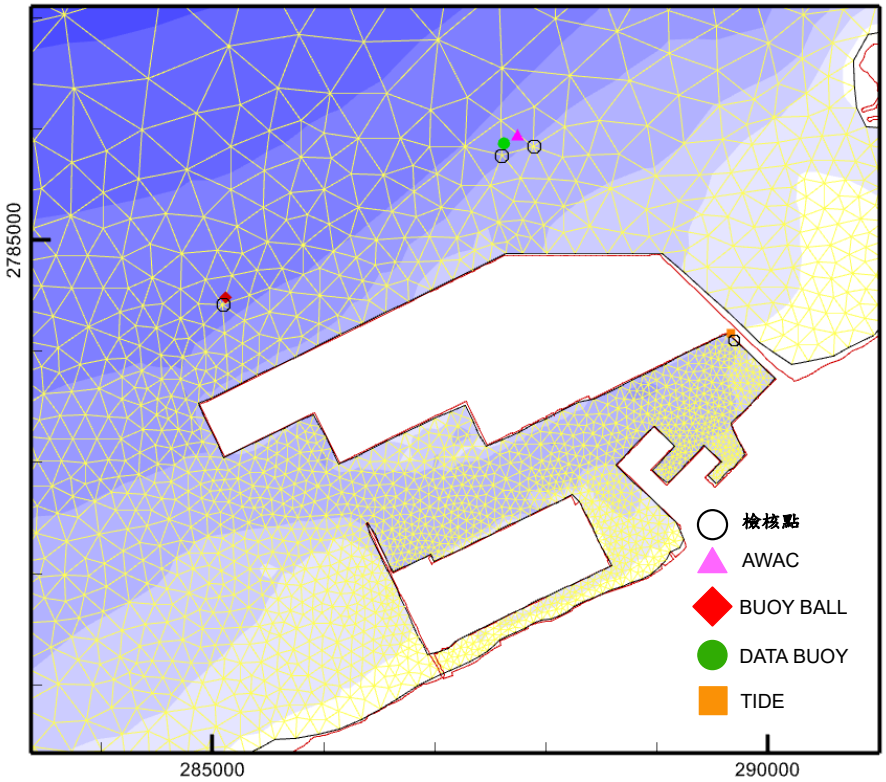


圖 8.5 臺北海域水動力模組檢核點及海流、潮位測站位置圖

8.2 臺北海域水動力模組率定與模擬

8.2.1 海流調和分析

為建立臺北海域水動力模擬結果校驗之依據，選取臺北港資料浮標測站(TPBU01) 2025 年 1 月海流觀測資料，進行天文潮流調和分析。本計畫利用天文潮調和分析方法，分別對 EW 向及 NS 向流速求取主要天文潮 M_{sf}、O_1、K_1、N_2、M_2及 S_2之調和常數(振幅及相位)，如表 8-1 所列；顯示當地潮流由半日潮主宰，以 M_2分潮為主，其次為 S_2分潮。另由表中海流 EW 向及 NS 向主要天文分潮流速振幅得知， EW 向流速明顯大於 NS 向。有關測站 EW 向及 NS 向垂直平均流速觀測值與主要天文分潮流速之比較，如圖 8.6 所示，其中主要天文分潮流速歷線不含平均流速值。

表 8-1 臺北港 TPBU01 2025 年 1 月主要分潮調和分析常數表

E-W 向流速分量 (00H 01/01/2024~ 00H 02/01/2024)				N-S 向流速分量 (00H 01/01/2024~ 00H 02/01/2024)			
分潮名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m/s)	位相角 (º)	分潮名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m/s)	位相角 (º)
MSF	0.00282193	0.0318	36.48	MSF	0.00282193	0.0094	46.82
O1	0.03873065	0.0325	212.16	O1	0.03873065	0.0159	183.60
K1	0.04178075	0.0510	149.41	K1	0.04178075	0.0318	350.29
N2	0.07899925	0.0530	143.54	N2	0.07899925	0.0252	157.71
M2	0.08051140	0.5492	62.40	M2	0.08051140	0.2364	70.42
S2	0.08333334	0.1379	69.93	S2	0.08333334	0.0670	82.39
平均流速=−0.0006m/s 時間原點= 12:00 16/01/2025				平均流速＝−0.0011m/s 時間原點= 12:00 16/01/2025			

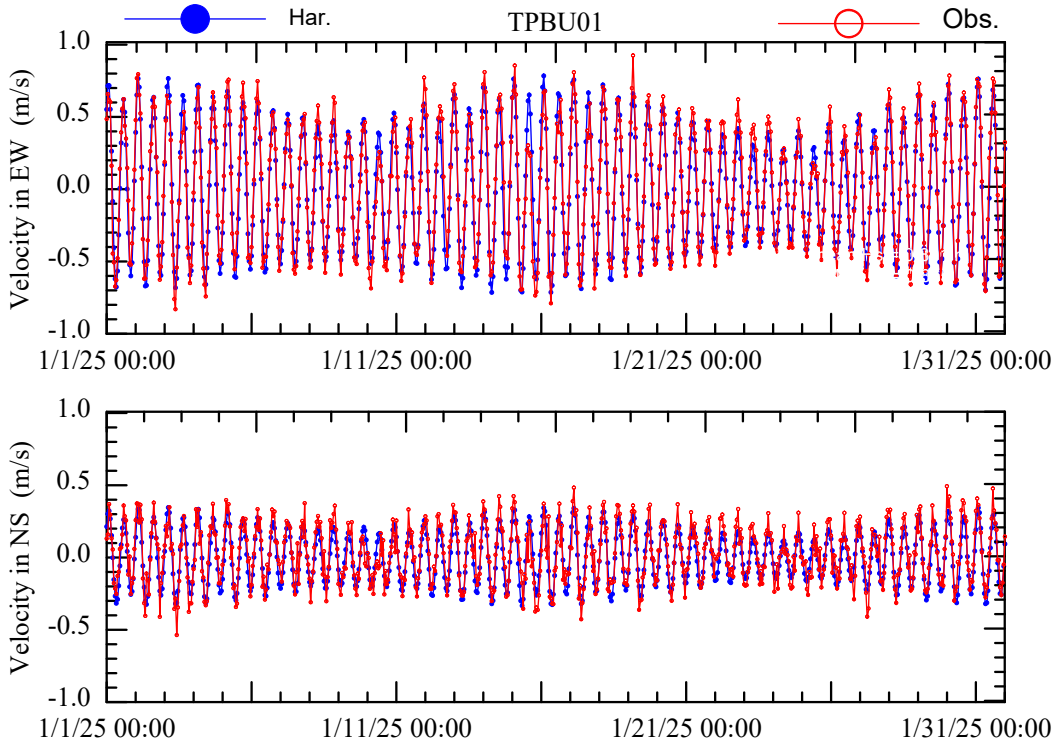


圖 8.6 臺北港 TPBU01 海流觀測值與主要天文分潮流速比較圖

8.2.2 天文潮水位及流場模擬與校驗

本計畫利用 4.2 節臺海暴潮模組 2025 年天文潮水位及流場模擬結果，產出 2025 年 1 月臺北海域水動力模組開放邊界節點逐時天文潮水位資料，作為臺北海域天文潮水動力模擬之開放邊界條件，試模擬 1 月 2 日 0 時至 17 日 0 時臺北海域水位及流場變化，並輸出水位及流速檢核點模擬結果。本計畫再利用 2025 年 1 月臺北港潮位站 TPTD01 天文潮調和分析預測值，以及波流測站 TPBU01 主要天文分潮流速分析值，校驗及率定臺北海域水動力模組相關物理參數。

經由試誤法(trial and error)可得到臺北海域水動力模組水位及流速模擬最適校驗結果，如圖 8.7 及圖 8.8 所示；其中水位模擬值之相關係數 R 為 0.995，均方根誤差為 0.125m；東西向流速值之相關係數 R 為 0.927，均方根誤差為 0.177m/s；南北向流速值之相關係數 R 為 0.986，均方根誤差為 0.042m/s。以上校驗結果顯示東西向流速模擬值之振幅仍明顯略小於主要天文分潮之東西向流速振幅，研判此與臺北海域水動力模組鄰近測站之網格解析度不足，無法反映地形現況有關。整體上，本計畫臺北海域水動力模組應可適度地模擬臺北

港水位及流場變化；本節結合使用 TaiCOMS 作業化風場、臺海暴潮模組及臺北海域水動力模組，建構成臺北海域水動力模擬系統，後續將整合至 TaiCOMS 2.0 系統上線運作。

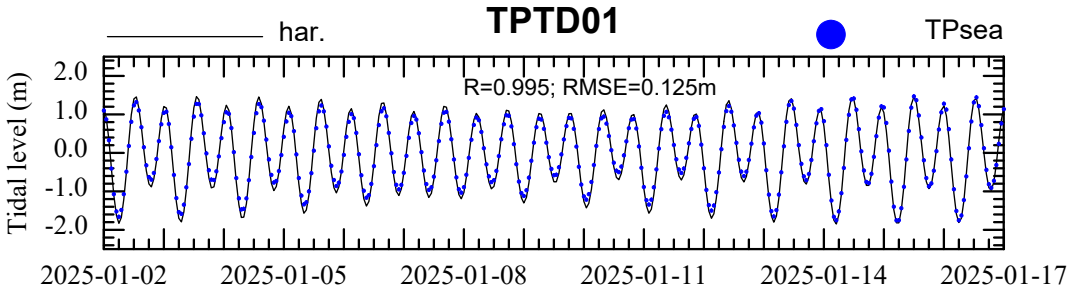


圖 8.7 臺北港水位檢核點模擬值與天文潮調和分析預測值之比較

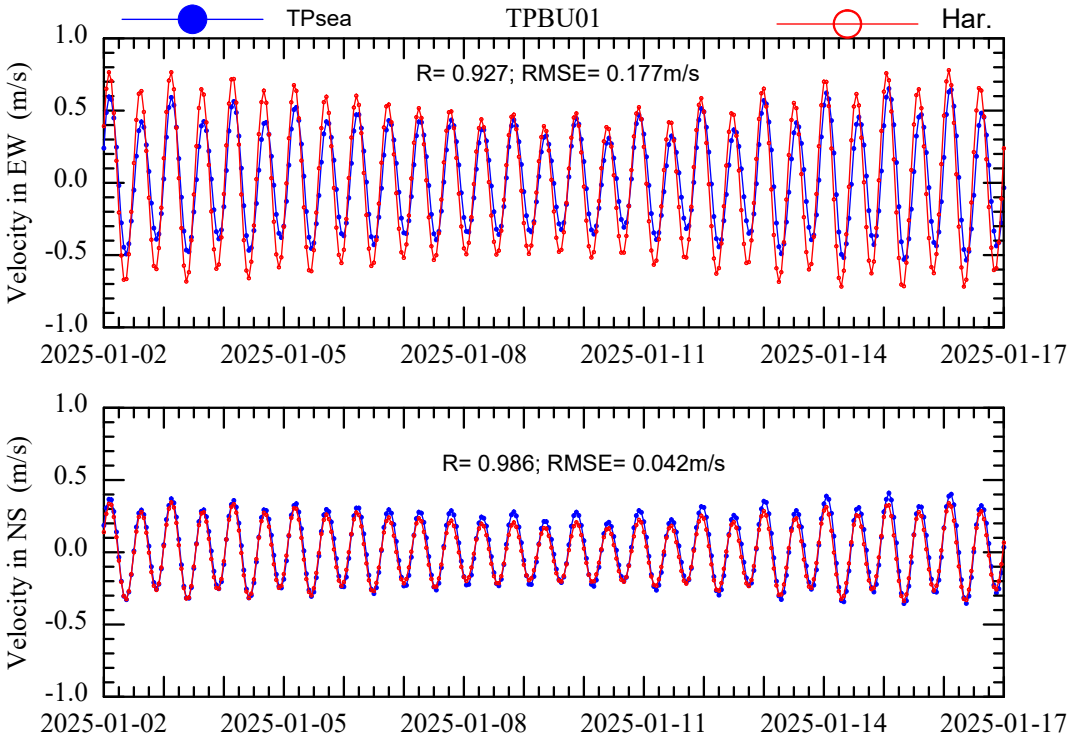


圖 8.8 臺北港流速檢核點模擬值與主要天文分潮分析值之比較

第九章 結論與建議

本計畫屬於交通部運輸研究所 114 年科技綱要計畫「陸運及港灣設施防災技術研究(4/4)」之分項計畫「港灣環境災防創新應用研究」下執行之子計畫。計畫目的為維運與精進「臺灣近岸海象預測系統 2.0」，包含辦理相關模組改善研究、進行海象模擬成果校驗與評估、建置與精進臺北海域小尺度風浪及水動力模組之建置，藉以完善「臺灣近岸海象預測系統 2.0」。

9.1 結論

本期末報告結論如下：

1. 本年度(2024 年 9 月至 2025 年 8 月)維護記錄達 47 次，低於 113 年同期 53 次；完成基隆港、花蓮港及蘇澳港等 3 商港港區靜穩模擬系統作業化程式校修及測試。
2. 因應臺北港港型改變，針對小尺度臺北港近岸波浪模組改善研究，完成數值計算參考網格之修正，以及地形水深資料、模擬結果檢核點位之更新，以達到精進波浪模擬預測目的。
3. 針對小尺度金門海域風浪模組改善計算網格解析度為 0.004º 及縮短風浪模擬之時間距為 120sec，研究結果顯示僅在作業化風場特定時間段內，可模擬出金門外海風浪由金門水道往金、廈間海域傳遞之現象。
4. 在臺灣周圍海域風浪模擬校驗方面，完成 2024 年 12 月~2025 年 2 月冬季風浪模擬，以及本年度(2024 年 9 月至 2025 年 8 月)侵臺颱風山陀兒、康芮、天兔及丹娜絲等颱風波浪模擬之校驗分析。冬季風浪校驗成果顯示：冬季期間臺海風浪模擬系統整體再現性良好，示性波高與平均週期之相關係數介於 0.7～0.9，常態均方根誤差(NRMSE)約 0.2～0.6，顯示模式能準確反映季風作用下臺灣周圍海域風浪之分布與變化特性。各港口模擬結果呈地區性差異，北部與東部港口(基隆、花蓮)再現性較高，而南部港口(高雄、安平)誤差較大，主要受

地形遮蔽與近岸能量耗散影響。颱風波浪校驗成果顯示：示性波高與週期整體再現性良好，相關係數普遍 大於 0.7，誤差多介於中低範圍(NRMSE 約 0.3～0.8)。於東部港口(花蓮、蘇澳)示性波高普遍高估，而西南部港口(高雄、安平)吻合度較高。平均波向偏差受颱風路徑、地形遮蔽及水深折射影響明顯，顯示網格解析度及近岸複雜地形為主要誤差來源。

5. 在臺灣周圍海域水動力模擬與校驗方面，完成 2025 年天文潮水位模擬校驗，整體而言，2025 年天文潮水位模擬之均方根誤差指標，以臺北港 0.183m 表現較差，花蓮港 0.077m 表現最佳。針對 2024 年康芮颱風暴潮模擬校驗顯示，最大暴潮偏差呈現出模擬預測值低於觀測分析值現象(僅布袋港例外)。
6. 在風力、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(2024 年 9 月至 2025 年 8 月)海象作業化預測評估月報及年度評估報告，供運研所內部參考。
7. 臺北海域完成近年地形水深、潮位、波浪及海流等調查資料蒐集與分析，其中臺北港潮型指標[(O1+K1)/ (M2+S2)]約為 0.315，近似半日潮型態(≤0.25)；2024 年臺北海域波浪特性如下，示性波高分布主要範圍為 1.0~1.5m，其次為 1.5~2.0m；平均週期分布主要範圍為 4.0~5.0sec，其次為 5.0~6.0sec；主波向方位分布以 N 向為主，其次為 NNE 向；測站附近海流漲、退潮主要流向為 ENE-WSW，以半日潮 M2 佔優勢，其次為半日潮 S2。
8. 完成臺北海域小尺度風浪模組建置及臺北海域風浪模擬系統作業化模擬測試與校驗；冬季風浪小尺度臺北海域風浪模擬(2025 年 2 月)校驗結果顯示：示性波高模擬達到高度相關之標準，週期(平均、譜峰)及平均波向模擬亦達到中度相關標準。颱風波浪模擬(2024 年康芮颱風)校驗結果顯示：示性波高及平均週期之相關係數下降，譜峰週期及平均波向之相關係數上升(達到高度相關標準)。整體而言，颱風波浪模擬因採用短期資料校驗，評估指標(相關係數及均方根誤差)較易隨颱風特性呈現顯著變動。

9. 完成臺北海域小尺度水動力模組建置與校驗，經由試誤法(trial and error)得到臺北海域水動力模組水位及流速模擬最適校驗結果，其中水位模擬值之相關係數R為0.995，均方根誤差為 0.125m；東西向及南北向流速值之相關係數 R 分別為0.927及0.986，均方根誤差分別為0.177m/s及0.042m/s；顯示水動力模擬可充份地反應臺北海域之水位及流場變化。

9.2 建議

1. 針對本年度小尺度金門海域風浪模組改善，無法達到預期之結果，後續改善策略建議評估四層巢狀網格(0.2º、0.04º、0.008º及0.002º)之可行。
2. 建議未來模擬作業採用更高解析度颱風風場資料(如同化或衛星推估場)，以提升颱風中心區域與近岸風浪能量模擬精度。
3. 建議針對不同路徑類型颱風建立分區校驗標準，強化模式於東部外海與南部近岸的再現能力，提升颱風風浪預測準確度。

9.3 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 114 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. 維運交通部運輸研究所「臺灣近岸海象預測系統2.0」，確保系統穩定及可靠度。
3. 提升系統對颱風期間之預測精度。
4. 配合近年臺北港域工程完工，完成更新各模式內之臺北港域模型工作，提供臺北海域較細緻風浪、潮位及流場等模擬資訊。

本計畫成果應用情形如下：

1. 可提供臺灣港務股份有限公司臺北港工程完工後之海象模擬資訊，俾利掌握海象狀況，做為港區管理、防颱應變使用。
2. 「臺灣近岸海象預測系統2.0」之風浪模擬結果已應用於「臺東及花蓮海岸公路浪襲預警系統」，提供外海風浪模擬值以推估移動至臺東及花蓮近岸波浪波高，顯示對應之預警燈號供公路總局防災應變之用;應用於「花蓮港區靜穩分析展示」網頁，提供花蓮港務分公司啟動避湧作業之決策支援。
3. 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、臺灣港務股份有限公司及公路總局作防災應變使用。

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 ngineering, 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 midly 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 parablic 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，民國88年11月，頁87-95。
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，民國89年11月，頁183-188。
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，民國93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，民國94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，民國94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，民國96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，民國97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，民國98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，民國99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，民國100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，民國99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，民國100年4月。
33. 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，民國99年，頁659 -664 。
34. 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，民國101年3月。
35. 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，民國101年3月。

36. 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，民國101年4月。

37. 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，民國102年2月。

38. 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，民國102年2月。

39. 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，民國102年2月。

40. 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，民國103年3月。

41. 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，民國103年4月。

42. 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，民國104年3月。

43. 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，民國104年3月。

44. 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，民國105年3月。

45. 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，民國105年5月。

46. 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，民國106年3月。

47. 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，民國106年4月。

48. 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，民國106年4月。

49. 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，民國107年3月。

50. 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，民國108年2月。

51. 李兆芳、劉正琪、傅怡釧、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，民國109年2月。

52. 李俊穎、傅怡釧、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，民國109年2月。

53. 劉正琪、李兆芳、傅怡釧、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，民國110年2月。

54. 李俊穎、傅怡釧、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，民國110年2月。

55. 劉正琪、林雅雯、傅怡釧、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，民國111年3月。

56. 傅怡釧、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，民國111年3月。

57. 劉正琪、傅怡釧、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，民國111年，頁1-15。

58. 劉正琪、傅怡釧、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，民國112年3月。

59. 劉正琪、李兆芳、傅怡釧、林雅雯、謝佳紘、江朕榮，「高雄海域風浪模擬系統建置」，第45屆海洋工程研討會摘要集， 民國112年10月。

60. 李兆芳、江朕榮、傅怡釧、林雅雯、劉正琪、謝佳紘，「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，民國113年3月。

61. 劉正琪、傅怡釧、李兆芳、林雅雯、謝佳紘，2025，「2024年凱米颱風案例颱風波浪模擬」，港灣季刊，130，民國114年，頁12-25。

62. 李兆芳、傅怡釧、林雅雯、盧韋勳、劉正琪、江朕榮、謝佳紘，「海氣象預測模擬系統之維運與精進(3/4)-精進高雄海域模組」，交通部運輸研究所，民國114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。

附 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：

$$\frac{\partial F}{\partial t}+\nabla\cdot\left(\vec{C}_g F\right)=S \quad \text{.....(附 1.1)}$$

式中 $F=F\left(f,\theta,\vec{x},t\right)$ 為波浪能量密度譜(spectral density)，f 為波浪的頻率，θ 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(ϕ，λ)推導(附 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：

$$\frac{\partial F}{\partial t}+\frac{1}{\cos\phi}\frac{\partial}{\partial\phi}\left(C_\phi F\right)+\frac{\partial}{\partial\lambda}\left(C_\lambda F\right)+\frac{\partial}{\partial\theta}\left(C_\theta F\right)=S \quad \text{.....(附 1.2)}$$

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

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

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

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

式中 R 為地球半徑(m)，ω 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

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{dis} + S_{bot} \quad \text{.....(附 1.6)}$$

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：

$$S_{in} = \gamma \cdot F \quad \text{.....(附 1.7)}$$

式中 γ 為波能成長率，WAM 模式之波能成長率 γ 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

$$\gamma = \varepsilon\omega\beta\left(u_*/c\right)^2\cos^2\left(\overline{\theta} - \theta_w\right), \quad \left|\overline{\theta} - \theta_w\right| < \pi/2 \quad \text{.....(附 1.8)}$$

式中 ε 為空氣與水之密度比率(=1.225×10^{-3})，β 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)，$\overline{\theta}$ 為平均波向(指波浪傳播方向)，θ_w 為平均風向。另依據 Janssen (1991)之研究得知，Miles 常數 β 可由下列表示式計算得到

$$\beta = \frac{1.2}{\kappa^2}\mu\ln^4\left(\mu\right) \ , \ \mu \le 1.0 \quad \text{.....(附 1.9)}$$

其中

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

式中 κ 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：

$$z_0 = \frac{\alpha\tau}{g} \quad \text{(附 1.11)}$$

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

式中α為與海面狀況有關的 Charnock 參數，τ 為氣流通過海面波浪引起的運動應力(kinematic stress)，τ_w為重力波引起的波應力。其中運動應力 τ 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

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

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 τ_w之計算如下

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

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

$$S_{dis} = \gamma_{ds} \cdot F \quad \text{(附 1.15)}$$

其中

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

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

$$E = \iint F(f,\theta) df \cdot d\theta \quad \text{(附 1.17)}$$

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

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

關於底床摩擦引起的能量損失項S_{bot}，其計算如下：

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

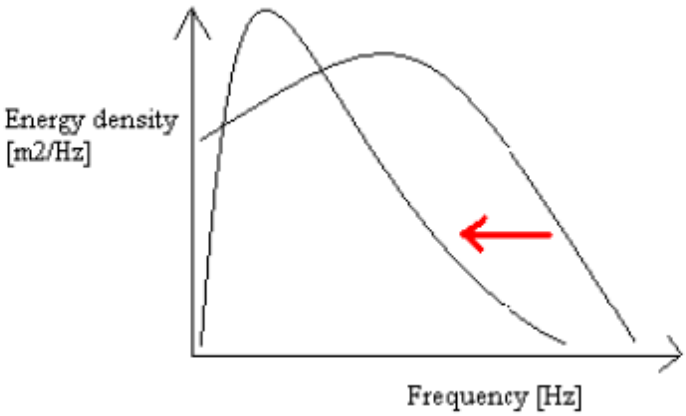
式中 g 為重力加速度，k 為波數，d 為水深，C_{bot}為底床摩擦係數；在 WAM 模式中對於床摩擦係數 C_{bot}值建議採用 Hasselmann 等人 (1973) 在湧浪的條件下以 JONSWAP 的實驗求得之底床摩擦係數 C_{bot}= 0.038m^{2}s^{-3}。

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 4 組波浪滿足下列共振(resonant)條件(附 1.21a,b)式時，則此 4 組波浪會產生能量之交換。

$$\vec{k}_1 + \vec{k}_2 = \vec{k}_3 + \vec{k}_4 \quad \text{.....(附 1.21a)}$$

$$\omega_1 + \omega_2 = \omega_3 + \omega_4 \quad \text{.....(附 1.21b)}$$

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

附 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)做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控間領域之傳遞、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(附 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σ為相對的波浪頻率；θ為波浪方向角；因此 SWAN 本質上屬於第三代風浪預報模式。

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{\partial c_x N}{\partial x}+\frac{\partial c_y N}{\partial y}+\frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma}+\frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta}=\frac{\overline{S}}{\sigma} \quad \text{.....(附 1.22)}$$

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_θ代表波浪作用力在波向 θ 空間之傳遞速度，c_σ代表波浪作用力在波浪頻率 σ 空間之傳遞速度，S 代表波浪成長與消散之源函數項。其中

$$c_x=\frac{dx}{dt}=C_g\cos\theta+U_x \quad \text{.....(附 1.23)}$$

$$c_y=\frac{dy}{dt}=C_g\sin\theta+U_y \quad \text{.....(附 1.24)}$$

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

.....(附 1.25)

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

.....(附 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(附 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 σ-軸上以c_σ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$\overline{S}(\sigma,\theta)$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(附 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。

附 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°範圍內。

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

$$\left(C_g+U_x\right)A_x+U_yA_y+i\left(\bar{k}-k\right)\left(C_g+U_x\right)A+\frac{\sigma}{2}\left\{\left(\frac{C_g+U_x}{\sigma}\right)_{,x}+\left(\frac{U_y}{\sigma}\right)_{,y}\right\}A$$
$$-\frac{i}{2\sigma}\left[\left(p-U_y^2\right)A_y\right]_{,y}-\sigma\frac{k^2}{2}D\left|A\right|^2A=0$$
.....(附 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)，ω 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

$$D=\frac{\cosh\left(4kh\right)+8-2\tanh^2\left(kh\right)}{8\sinh^4\left(kh\right)}$$ .....(附 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：

$$\left(C_g+U_x\right)A_x-2\Delta_1U_yA_y+i\left(\bar{k}-a_0k\right)\left(C_g+U_x\right)A+\left\{\frac{\sigma}{2}\left(\frac{C_g+U_x}{\sigma}\right)_{,x}-\Delta_1\sigma\left(\frac{U_y}{\sigma}\right)_{,y}\right\}A$$
$$+i\Delta_3\left[\left(p-U_y^2\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,y}\right]_{,y}-i\Delta_1\left\{\left[U_xU_y\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,y}\right]_{,x}+\left[U_xU_y\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,x}\right]_{,y}\right\}$$
$$+i\sigma\frac{k^2}{2}D\left|A\right|^2A+\frac{\upsilon}{2}A-\frac{b_1}{k}\left\{\left[\left(p-U_y^2\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,y}\right]_{,yx}+2i\left[\sigma U_y\left(\frac{A}{\sigma}\right)_y\right]_{,x}\right\}$$
$$+b_1\vartheta\left\{2i\omega U_x\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,x}+2i\sigma U_y\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,y}-2U_xU_y\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,xy}+\left[\left(p-U_y^2\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,y}\right]_{,y}\right\}$$
$$-\frac{i}{k}b_1\left[\left(\omega U_y\right)_{,y}+3\left(\omega U_x\right)_{,x}\right]\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,x}-\Delta_2\left[\omega U_x\left(\frac{A}{\sigma}\right)_{,x}+\frac{1}{2}\omega\left(\frac{A}{\sigma}\right)\left(U_x\right)_{,x}\right]$$
$$+ik\omega U_x\left(a_0-1\right)\left(\frac{A}{\sigma}\right)=0$$
.....(附 1.29)

式中

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

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

上述各式中，υ 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

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{i}{k}\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \upsilon A \quad \text{.....(附 1.32)}$$

式中 $i = \sqrt{-1}$ 。

有關波浪消散因子 υ 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

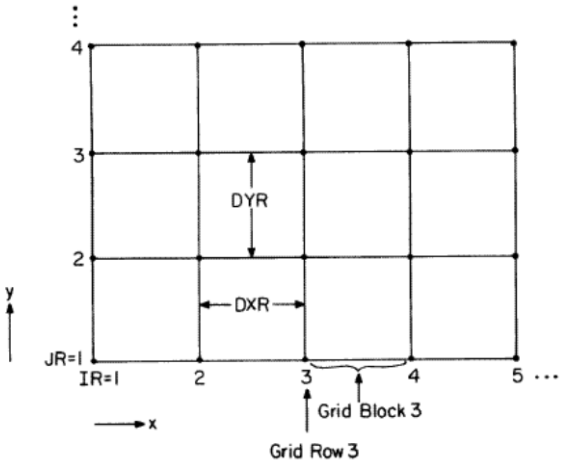
$$\upsilon = \frac{2\sigma k f |A|(1-i)}{3\pi \sinh(2kh)\sinh(kh)} \quad \text{.....(附 1.33)}$$

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：

$$\upsilon = \frac{\psi C_g \left[1 - (\gamma h / 2|A|)\right]}{h} \quad \text{.....(附 1.34)}$$

式中 ψ 及 γ 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Δx 及Δy 大小之矩形網格，並求解格點上之複數振幅 $A(x,y)$ ，振幅 A 所在之位置係以(i, j)表示而非以座標 (x,y) (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

附 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。外海半無線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

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

式中 $\varsigma_1(x,y)$ 及 $\varsigma_2(x,y)$ 分別稱為領域(I)及領域(II)之波函數，ω 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

$$\nabla^2\zeta_1+k_1^2\zeta_1=0 \qquad \text{(附 1.36)}$$

在領域(II)內

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

式中 $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$ 為二維梯度運算子，μ 為摩擦因子，γ_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

$$\tilde{n} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{2k_2h_2}{\sinh(2k_2h_2)}\right) \quad \text{.....(附 1.38)}$$

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

$$\mu = \frac{2n\omega}{k_2}\left(\frac{2C_r}{3\pi}\frac{\alpha k_2^2}{(2k_2h_2 + \sinh 2k_2h_2)\sinh k_2h_2}\right) \quad \text{.....(附 1.39)}$$

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

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

式中 χ 及 Γ 分別為經驗常數(其值可分別採用 0.15 及 0.4)。

在領域(I)及(II)之交接假想邊界(B_1)上須滿足下列連續條件：

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

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

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：

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

式中 $\vec{n}$ 表示邊界面上離開領域向外之單位法線向量，α 為消能係數，其值與波浪入射角、相位及港池岸壁之反射係數有關，$\alpha = 0$ 時表示港池岸壁為完全反射之情況(即 $\partial\zeta_2/\partial n = 0$)，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：

$$\alpha = \frac{1 - K_r}{1 + K_r} \quad \text{.....(附 1.43)}$$

式中K_r為邊界之反射係數。

在領域(I)內波浪之波函數ζ_1通常是由入射波ζ_I及受到直線海岸線影響產生的反射波ζ_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ζ_S等構成的，因此ζ_1可表示

$$\zeta_1 = \zeta_I + \zeta_R + \zeta_S \quad \text{.....(附 1.44)}$$

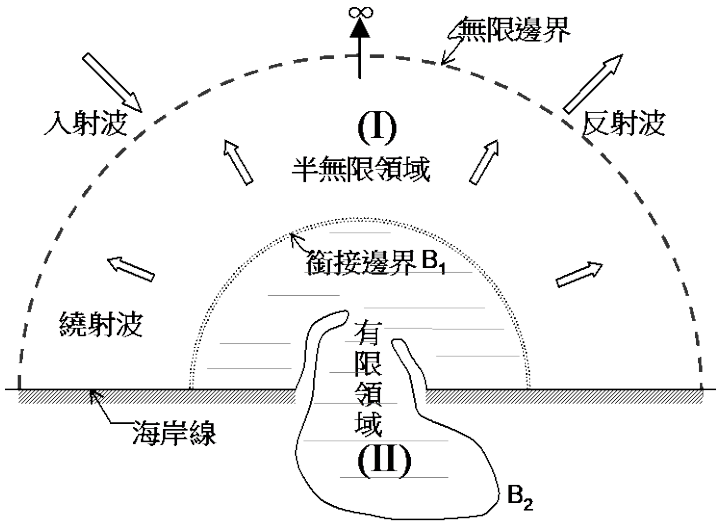
其中散射波ζ_S係由港池開口往外海方向輻射出去，在無窮遠處滿足波浪輻射條件：

$$\lim_{k_1 r \to \infty} \sqrt{r}\left(\frac{\partial}{\partial r} + ik_1\right)\zeta_S = 0 \quad \text{.....(附 1.45)}$$

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θ_0角度，其複數表示為：

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

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

附 2.1 水動力控制方程式

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

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

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

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

其中

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

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

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

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

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

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

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

$$\tau_i^S=\rho_a C_d\left|U_{10}\right|U_i \qquad i,j=x,y \quad \text{(附 2.4h)}$$

此處

h＝靜水深，

η＝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，

ρ_0＝流體平均密度，

ρ_a＝空氣密度，

p^s＝水面壓力，

g＝重力常數，

τ_x^b＝x方向之底床剪應力，

τ_y^b＝y方向之底床剪應力，

τ_x^s＝x方向之水面剪應力

τ_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$C_f = \dfrac{n^2 g}{H^{1/3}}$，

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$2\omega\sin\phi$，

ω＝地球自轉之位相速度，

ϕ＝計算領域所在位置之緯度，

問題之初始條件為

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

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

式中 η_0、H_0、q_{x0}及 q_{y0}分別代表時間 $t = 0$ 時之水位、水深及 x、y 方向流量。

問題之邊界條件則考慮流量邊界條件如下：

$$q_n = \alpha_{nx} q_x + \alpha_{ny} q_y = \hat{q}_n \quad \text{.....(附 2.6a)}$$

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

或

$$q_x = \alpha_{nx} q_n - \alpha_{ny} q_s \quad \text{.....(附 2.7a)}$$

$$q_y = \alpha_{nx} q_s + \alpha_{ny} q_n \quad \text{.....(附 2.7b)}$$

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

此外，內應力項之邊界條件為

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

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

式中$\hat{F}_x$及$\hat{F}_y$表示給定之邊界條件。

附 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(附 2.1)~(附 2.3)式及其邊界值問題。依據 Stokes 理論(附 2.1)~(附 2.3)式，可改寫成下列積分方程式：

$$\iint_A \left[\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} - Q_0 \right] \delta H \, \mathrm{d}A = 0 \quad \text{.....(附 2.9)}$$

$$\begin{aligned} &\iint_A \left[\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_x^2 \right)}{\partial x} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_y q_x \right)}{\partial y} - f q_y + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \left(P^s + \rho g \eta \right) \right] \delta q_x \, \mathrm{d}A \\ &- \iint_A \left[\frac{\tau_x^s - \tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x - F_{xx} \frac{\partial \left(\delta q_x \right)}{\partial x} - F_{yx} \frac{\partial \left(\delta q_x \right)}{\partial y} \right] \mathrm{d}A - \int_{\partial A} F_x' \delta q_x \, \mathrm{d}L = 0 \end{aligned} \quad \text{(附 2.10)}$$

$$\begin{aligned} &\iint_A \left[\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_x q_y \right)}{\partial x} + \frac{\partial \left(H^{-1} q_y^2 \right)}{\partial y} + f q_x + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \left(P^s + \rho g \eta \right) \right] \delta q_y \, \mathrm{d}A \\ &- \iint_A \left[\frac{\tau_y^s - \tau_y^b}{\rho_0} \delta q_x - F_{xy} \frac{\partial \left(\delta q_y \right)}{\partial x} - F_{yy} \frac{\partial \left(\delta q_y \right)}{\partial y} \right] \mathrm{d}A - \int_{\partial A} F_y' \delta q_y \, \mathrm{d}L = 0 \end{aligned} \quad \text{(附 2.11)}$$

式中 A 代表計算領域，∂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，δH、δq_x及 δq_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項。

常見求解上述積分方程式(附 2.9)~ (附 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 3 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 3 個節點)及節點上未知函數H_j^e、q_{xj}^e及q_{xj}^e近似表示，即

$$H^e = N_1^e H_1^e + N_2^e H_2^e + N_3^e H_3^e = \left\{N^e\right\}^T \left\{H^e\right\} = \left\{H^e\right\}^T \left\{N^e\right\} \quad \text{.....(附 2.12)}$$

$$q_x^e = N_1^e q_{x1}^e + N_2^e q_{x2}^e + N_3^e q_{x3}^e = \left\{N^e\right\}^T \left\{q_x^e\right\} = \left\{q_x^e\right\}^T \left\{N^e\right\} \quad \text{.....(附 2.13a)}$$

$$q_y^e = N_1^e q_{y1}^e + N_2^e q_{y2}^e + N_3^e q_{y3}^e = \left\{N^e\right\}^T \left\{q_y^e\right\} = \left\{q_y^e\right\}^T \left\{N^e\right\} \quad \text{.....(附 2.13b)}$$

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

$$\left\{H^e\right\}^T = \left\{H_1^e,\ \ H_2^e,\ \ H_3^e\right\} \quad \text{.....(附 2.14a)}$$

$$\left\{q_x^e\right\}^T = \left\{q_{x1}^e,\ \ q_{x2}^e,\ \ q_{x3}^e\right\} \quad \text{.....(附 2.14b)}$$

$$\left\{q_y^e\right\}^T = \left\{q_{y1}^e,\ \ q_{y2}^e,\ \ q_{y3}^e\right\} \quad \text{.....(附 2.14c)}$$

$$\left\{N^e\right\}^T = \left\{N_1^e,\ \ N_2^e,\ \ N_3^e\right\} \quad \text{.....(附 2.14d)}$$

其中三角元素之線性內插函數N_j^e計算如下

$$N_j^e = \left(a_j + b_j x + c_j y\right) \Big/ 2\Delta^e,\ \ j = 1, 2, 3 \quad \text{.....(附 2.15a)}$$

$$a_i = x_j^e y_k^e - x_k^e y_j^e \quad \text{.....(附 2.15b)}$$

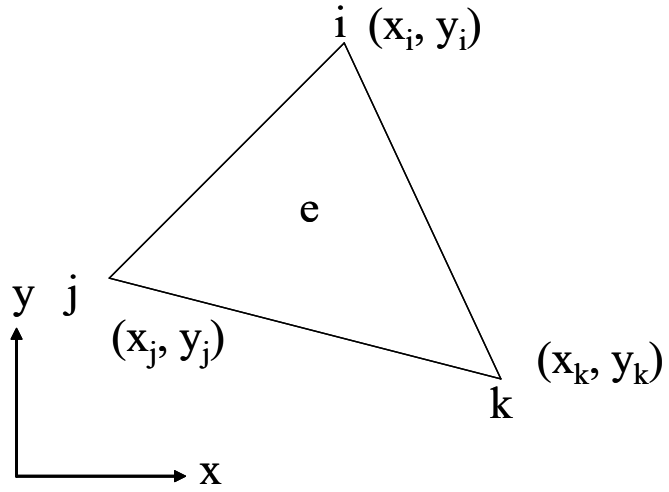
$$b_i = y_j^e - y_k^e \quad \text{.....(附 2.15c)}$$

$$c_i = x_k^e - x_j^e \quad \text{.....(附 2.15d)}$$

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

式中$\left(x_j^e, y_j^e\right)$為三角元素節點 j 之座標(如附圖 2.1 所示)，(附 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

(附 2.9)式各項積分式之計算說明如下：

$$\iint_A \frac{\partial H}{\partial t}\delta H\,dA = \sum_{e\in A}\iint_e \left(\frac{\partial H}{\partial t}\delta H\right)dA^e$$

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\left\{N^e\right\}^T \frac{\partial\left\{H^e\right\}}{\partial t}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[M_h^e\right]\frac{\partial\left\{H^e\right\}}{\partial t}$$

..... (附 2.16a)

$$\iint_A \frac{\partial q_x}{\partial x}\delta H\,dA = \sum_{e\in A}\iint_e \left(\frac{\partial q_x}{\partial x}\delta H\right)dA^e$$

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\frac{\partial\left\{N^e\right\}^T}{\partial x}\left\{q_x^e\right\}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[G_x^e\right]\left\{q_x^e\right\}$$

..(附 2.16b)

$$\iint_A \frac{\partial q_y}{\partial y}\delta H\,dA = \sum_{e\in A}\iint_e \left(\frac{\partial q_y}{\partial y}\delta H\right)dA^e$$

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\frac{\partial\left\{N^e\right\}^T}{\partial y}\left\{q_y^e\right\}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[G_y^e\right]\left\{q_y^e\right\}$$

..(附 2.16c)

$$\iint_A Q_0\delta H\,dA = \sum_{e\in A}\iint_e \left(Q_0\delta H\right)dA^e$$

$$= \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \iint_e \left\{N^e\right\}\left\{N^e\right\}^T \left\{Q_0^e\right\}dA^e = \sum_{e\in A}\left\{\delta H^e\right\}^T \left[M_h^e\right]\left\{Q_0^e\right\}$$

..(附 2.16d)

其中

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

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

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

將上述各項積分離散式代入積分方程式(附 2.9)式，則(附 2.9)式可簡化成

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

定義陣列$\{\delta H\}$及$\{H\}$分別為全部的$\left\{\delta H^e\right\}$及$\left\{H^e\right\}$結合後之整體陣列(global array)，陣列$\{q\}$為$\left\{q_x^e\right\}$及$\left\{q_y^e\right\}$合併後之整體陣列，則(附 2.18)式可結合成一矩陣方程式如下：

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

式中整體矩陣$[M_h]$、$[G_h]$及$\left\{H^e\right\}$分別為元素矩陣$\left[M_h^e\right]$、$\left[G_x^e\right]$與$\left[G_y^e\right]$以及$\left[M_h^e\right]\left\{Q_0^e\right\}$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

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

(附 2.10)式各項積分式之計算說明如下：

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

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

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

.....(附 2.21b)

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

.....(附 2.21c)

$$\iint_A \left(f q_y \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(f q_y \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \left\{ \delta q_x^e \right\}^T f \left[M_h^e \right] \left\{ q_y^e \right\} \quad \text{.....(附 2.21d)}$$

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

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

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

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

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

.....(附 2.21i)

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

$$\int_{\partial A}\left(F_x'\delta q_x\right)dL=\sum_{\partial e\in\partial A}\int_{\partial e}\left(F_x'\delta q_x\right)dL^e=\sum_{\partial e\in\partial A}\left\{\delta q_x^e\right\}^T\int_{\partial e}\left\{N^e\right\}\left\{N^e\right\}^T\left\{F_x'\right\}dL^e$$

$$=\sum_{\partial e\in\partial A}\left\{\delta q_x^e\right\}^T\frac{L^e}{6}\begin{bmatrix}2&1\\1&2\end{bmatrix}\left\{F_x'^e\right\}$$

.....(附 2.21k)

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

$$\left[M_{bb}^e\right]=\begin{bmatrix}b_1^2&b_1b_2&b_1b_3\\b_2b_1&b_2^2&b_2b_3\\b_3b_1&b_3b_2&b_3^2\end{bmatrix}$$ .....(附 2.22a)

$$\left[M_{cb}^e\right]=\begin{bmatrix}c_1b_1&c_1b_2&c_1b_3\\c_2b_1&c_2b_2&c_2b_3\\c_3b_1&c_3b_2&c_3b_3\end{bmatrix}$$ .....(附 2.22b)

$$\left[M_{cc}^e\right]=\begin{bmatrix}c_1^2&c_1c_2&c_1c_3\\c_2c_1&c_2^2&c_2c_3\\c_3c_1&c_3c_2&c_3^2\end{bmatrix}$$ .....(附 2.22c)

同理，(附 2.11)式各項積分式之計算如下：

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

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

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

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

$$\iint_A\left(\frac{H}{\rho_0}\frac{\partial p^S}{\partial y}\delta q_y\right)dA=\sum_{e\in A}\left\{\delta q_y^e\right\}^T\left[M_h^e\right]\left\{H^e\right\}\frac{\left(c_1p_1+c_2p_2+c_3p_3\right)}{2\rho_0\Delta^e}$$ ....(附 2.23e)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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$t_{n-½}$及t_n(n = 1, 2, 3,….)上求解，則(附 2.25)式及(附 2.26)式可改寫成

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

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

或

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

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

因此，當初始條件$\{H\}_{n-\frac{1}{2}}$及$\{q\}_n$已知時，可由(附 2.29)式直接求解$\{H\}_{n+\frac{1}{2}}$，再由(附 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

$$\Delta t<1.5\Delta t_{cr}=1.5\Delta s^*/U^* \quad \text{.....(附 2.31)}$$

式中 Δs^*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

$$E_{xx}\sim ag(\tilde{\eta}/\tilde{u})\tilde{x} \quad \text{.....(附 2.32)}$$

式中 E_{xx}為渦動粘滯性係數，其單位為 m^2/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，$\tilde{\eta}$為潮汐代表性潮差，$\tilde{u}$為潮流代表性流速，$\tilde{x}$為三角元素代表性邊界。

附錄三

8 商港 2024 年天文潮調和常數表

附錄三 8 商港 2024 年天文潮調和常數表

附表 3.1 安平港 2024 年天文潮調和常數表(中潮系統)

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00003 16H 31/12/2023 TO 15H 31/12/2024
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2024 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL	NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL
Z0	0.00000000	0.3395	0.00	0.3395	0.00	H1	0.08039733	0.0030	22.12	0.0029	176.15
SA	0.00011407	0.1261	210.40	0.1261	33.60	M2	0.08051140	0.2650	28.08	0.2556	182.99
SSA	0.00022816	0.0393	11.49	0.0393	171.17	H2	0.08062547	0.0113	284.28	0.0111	262.12
MSM	0.00130978	0.0107	95.80	0.0107	253.56	MKS2	0.08073957	0.0009	146.26	0.0011	104.16
MM	0.00151215	0.0083	260.02	0.0083	217.87	LDA2	0.08182118	0.0060	67.56	0.0057	200.23
MSF	0.00282193	0.0082	316.73	0.0082	72.33	L2	0.08202355	0.0153	96.60	0.0091	27.05
MF	0.00305009	0.0229	339.59	0.0229	254.87	T2	0.08321926	0.0022	37.69	0.0022	124.48
ALP1	0.03439657	0.0020	78.05	0.0024	212.75	S2	0.08333334	0.0605	37.31	0.0607	307.30
2Q1	0.03570635	0.0040	69.32	0.0047	2.54	R2	0.08344740	0.0043	177.56	0.0053	85.57
SIG1	0.03590872	0.0053	100.47	0.0062	192.85	K2	0.08356149	0.0176	41.85	0.0231	114.83
Q1	0.03721850	0.0356	106.37	0.0418	356.99	MSN2	0.08484548	0.0025	346.18	0.0024	213.96
RHO1	0.03742087	0.0065	98.29	0.0074	148.69	ETA2	0.08507364	0.0014	17.00	0.0021	53.99
O1	0.03873065	0.1674	124.22	0.1963	332.10	MO3	0.11924206	0.0009	262.20	0.0011	264.99
TAU1	0.03895881	0.0020	264.10	0.0016	89.63	M3	0.12076710	0.0026	245.57	0.0024	297.82
BET1	0.04004043	0.0029	135.51	0.0036	320.76	SO3	0.12206399	0.0015	220.34	0.0017	338.20
NO1	0.04026859	0.0108	151.67	0.0171	138.62	MK3	0.12229215	0.0014	271.57	0.0015	12.80
CHI1	0.04047097	0.0031	144.17	0.0037	293.57	SK3	0.12511408	0.0010	287.75	0.0011	144.05
PI1	0.04143851	0.0062	108.45	0.0062	250.50	MN4	0.15951064	0.0024	147.75	0.0022	139.76
P1	0.04155259	0.0603	154.35	0.0596	119.61	M4	0.16102280	0.0083	165.86	0.0077	115.67
S1	0.04166667	0.0108	114.09	0.0073	221.74	SN4	0.16233259	0.0014	162.31	0.0013	269.39
K1	0.04178075	0.1841	156.96	0.2047	103.29	MS4	0.16384473	0.0055	211.57	0.0053	276.46
PSI1	0.04189482	0.0066	189.71	0.0067	317.95	MK4	0.16407290	0.0019	215.45	0.0024	83.33
PHI1	0.04200891	0.0026	183.77	0.0026	287.23	S4	0.16666667	0.0004	266.08	0.0004	86.04
THE1	0.04309053	0.0027	181.30	0.0032	285.63	SK4	0.16689482	0.0008	231.88	0.0011	214.84
J1	0.04329290	0.0089	173.48	0.0101	76.84	2MK5	0.20280355	0.0019	341.00	0.0019	237.14
SO1	0.04460268	0.0021	153.39	0.0024	215.48	2SK5	0.20844743	0.0005	289.05	0.0006	55.34
OO1	0.04483084	0.0036	198.44	0.0071	63.89	2MN6	0.24002205	0.0029	358.37	0.0026	145.28
UPS1	0.04634299	0.0005	244.62	0.0009	67.74	M6	0.24153420	0.0041	20.16	0.0037	124.87
OQ2	0.07597494	0.0014	207.25	0.0014	122.28	2MS6	0.24435613	0.0024	69.34	0.0022	289.13
EPS2	0.07617731	0.0031	160.54	0.0029	239.04	2MK6	0.24458429	0.0007	40.78	0.0009	63.57
2N2	0.07748710	0.0061	315.36	0.0059	189.82	2SM6	0.24717808	0.0005	73.29	0.0005	48.16
MU2	0.07768947	0.0092	228.59	0.0089	267.08	MSK6	0.24740623	0.0003	149.37	0.0004	287.23
N2	0.07899925	0.0551	9.67	0.0529	206.77	3MK7	0.28331494	0.0006	146.93	0.0006	197.97
NU2	0.07920162	0.0129	22.49	0.0124	19.77	M8	0.32204559	0.0005	183.71	0.0004	83.33

附表 3.2 布袋港 2024 年天文潮調和常數表(中潮系統)

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00002 16H 31/12/2023 TO 15H 31/12/2024
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2024 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL	NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL
Z0	0.00000000	0.3742	0.00	0.3742	0.00	H1	0.08039733	0.0246	198.13	0.0239	352.16
SA	0.00011407	0.1626	213.36	0.1626	36.56	M2	0.08051140	0.6869	66.69	0.6627	221.60
SSA	0.00022816	0.0411	13.72	0.0411	173.39	H2	0.08062547	0.0325	340.64	0.0318	318.48
MSM	0.00130978	0.0169	101.46	0.0169	259.21	MKS2	0.08073957	0.0035	62.57	0.0044	20.47
MM	0.00151215	0.0101	290.76	0.0101	248.61	LDA2	0.08182118	0.0200	95.80	0.0191	228.47
MSF	0.00282193	0.0067	310.74	0.0067	66.34	L2	0.08202355	0.0543	102.19	0.0323	32.65
MF	0.00305009	0.0234	338.14	0.0234	253.43	T2	0.08321926	0.0187	95.50	0.0187	182.30
ALP1	0.03439657	0.0015	73.76	0.0018	208.41	S2	0.08333334	0.1686	104.46	0.1690	14.44
2Q1	0.03570635	0.0044	76.00	0.0051	9.10	R2	0.08344740	0.0087	210.84	0.0106	118.84
SIG1	0.03590872	0.0058	106.53	0.0068	198.90	K2	0.08356149	0.0508	103.62	0.0666	176.60
Q1	0.03721850	0.0380	104.99	0.0446	355.55	MSN2	0.08484548	0.0072	346.92	0.0067	214.71
RHO1	0.03742087	0.0073	101.31	0.0083	151.69	ETA2	0.08507364	0.0006	190.39	0.0008	227.47
O1	0.03873065	0.1845	122.57	0.2164	330.45	MO3	0.11924206	0.0100	220.57	0.0113	223.36
TAU1	0.03895881	0.0029	196.70	0.0023	22.31	M3	0.12076710	0.0064	311.46	0.0060	3.72
BET1	0.04004043	0.0024	138.51	0.0029	323.76	SO3	0.12206399	0.0063	242.36	0.0074	0.23
NO1	0.04026859	0.0111	146.44	0.0176	133.55	MK3	0.12229215	0.0111	250.97	0.0119	352.20
CHI1	0.04047097	0.0016	134.27	0.0019	283.67	SK3	0.12511408	0.0032	299.76	0.0035	156.07
PI1	0.04143851	0.0074	120.97	0.0074	263.02	MN4	0.15951064	0.0148	175.79	0.0137	167.80
P1	0.04155259	0.0673	150.64	0.0665	115.90	M4	0.16102280	0.0463	192.41	0.0431	142.23
S1	0.04166667	0.0085	93.61	0.0057	201.26	SN4	0.16233259	0.0017	218.19	0.0016	325.28
K1	0.04178075	0.2100	154.82	0.2335	101.15	MS4	0.16384473	0.0299	231.60	0.0289	296.49
PSI1	0.04189482	0.0036	199.13	0.0036	327.37	MK4	0.16407290	0.0098	231.91	0.0124	99.79
PHI1	0.04200891	0.0030	168.07	0.0029	271.52	S4	0.16666667	0.0041	267.48	0.0041	87.44
THE1	0.04309053	0.0014	185.93	0.0017	290.28	SK4	0.16689482	0.0027	241.53	0.0035	224.50
J1	0.04329290	0.0098	177.19	0.0111	80.70	2MK5	0.20280355	0.0025	346.16	0.0026	242.30
SO1	0.04460268	0.0029	187.98	0.0034	250.08	2SK5	0.20844743	0.0006	260.64	0.0006	26.93
OO1	0.04483084	0.0051	207.37	0.0099	72.85	2MN6	0.24002205	0.0023	72.24	0.0021	219.16
UPS1	0.04634299	0.0004	198.75	0.0006	21.91	M6	0.24153420	0.0060	117.53	0.0054	222.25
OQ2	0.07597494	0.0035	168.99	0.0034	83.92	2MS6	0.24435613	0.0055	191.11	0.0051	50.91
EPS2	0.07617731	0.0141	168.19	0.0135	246.64	2MK6	0.24458429	0.0021	193.38	0.0026	216.18
2N2	0.07748710	0.0051	19.93	0.0049	254.31	2SM6	0.24717808	0.0007	253.19	0.0006	228.06
MU2	0.07768947	0.0316	199.60	0.0304	238.08	MSK6	0.24740623	0.0008	241.38	0.0010	19.25
N2	0.07899925	0.1258	45.90	0.1208	243.01	3MK7	0.28331494	0.0012	230.21	0.0012	281.26
NU2	0.07920162	0.0389	54.46	0.0375	51.74	M8	0.32204559	0.0020	266.65	0.0017	166.28

附表 3.3 花蓮港 2024 年天文潮調和常數表(中潮系統)

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00054 16H 31/12/2023 TO 15H 31/12/2024
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2024 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL	NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL
Z0	0.00000000	0.1794	0.00	0.1794	0.00	H1	0.08039733	0.0017	1.75	0.0017	155.78
SA	0.00011407	0.1156	206.72	0.1156	29.92	M2	0.08051140	0.4431	304.55	0.4275	99.46
SSA	0.00022816	0.0356	0.31	0.0356	159.99	H2	0.08062547	0.0023	324.84	0.0022	302.68
MSM	0.00130978	0.0167	350.53	0.0167	148.29	MKS2	0.08073957	0.0002	309.91	0.0002	267.82
MM	0.00151215	0.0090	261.11	0.0090	218.96	LDA2	0.08182118	0.0027	292.50	0.0026	65.17
MSF	0.00282193	0.0089	291.58	0.0089	47.18	L2	0.08202355	0.0097	281.57	0.0057	212.03
MF	0.00305009	0.0101	323.00	0.0101	238.28	T2	0.08321926	0.0157	319.69	0.0157	46.49
ALP1	0.03439657	0.0025	35.07	0.0030	169.65	S2	0.08333334	0.1956	325.77	0.1960	235.75
2Q1	0.03570635	0.0034	65.59	0.0040	358.53	R2	0.08344740	0.0075	283.19	0.0092	191.20
SIG1	0.03590872	0.0045	47.46	0.0053	139.81	K2	0.08356149	0.0565	319.66	0.0741	32.65
Q1	0.03721850	0.0329	64.45	0.0387	314.93	MSN2	0.08484548	0.0011	1.21	0.0010	229.00
RHO1	0.03742087	0.0070	75.32	0.0079	125.68	ETA2	0.08507364	0.0045	349.62	0.0066	26.83
O1	0.03873065	0.1389	82.57	0.1629	290.46	MO3	0.11924206	0.0024	339.75	0.0028	342.54
TAU1	0.03895881	0.0085	62.21	0.0068	247.94	M3	0.12076710	0.0083	187.03	0.0078	239.28
BET1	0.04004043	0.0018	156.08	0.0022	341.34	SO3	0.12206399	0.0018	56.16	0.0022	174.02
NO1	0.04026859	0.0098	94.37	0.0155	81.72	MK3	0.12229215	0.0009	59.84	0.0010	161.08
CHI1	0.04047097	0.0003	119.93	0.0003	269.32	SK3	0.12511408	0.0010	241.03	0.0012	97.34
PI1	0.04143851	0.0042	120.62	0.0042	262.67	MN4	0.15951064	0.0028	301.34	0.0026	293.36
P1	0.04155259	0.0558	96.79	0.0551	62.05	M4	0.16102280	0.0063	355.93	0.0058	305.75
S1	0.04166667	0.0129	128.93	0.0088	236.58	SN4	0.16233259	0.0005	274.22	0.0005	21.30
K1	0.04178075	0.1591	98.34	0.1769	44.66	MS4	0.16384473	0.0056	48.46	0.0054	113.35
PSI1	0.04189482	0.0008	77.69	0.0008	205.93	MK4	0.16407290	0.0011	89.10	0.0014	317.00
PHI1	0.04200891	0.0041	137.46	0.0041	240.92	S4	0.16666667	0.0009	83.82	0.0010	263.79
THE1	0.04309053	0.0022	129.84	0.0026	234.22	SK4	0.16689482	0.0015	122.70	0.0019	105.66
J1	0.04329290	0.0088	123.23	0.0100	26.98	2MK5	0.20280355	0.0011	175.10	0.0011	71.24
SO1	0.04460268	0.0025	114.02	0.0029	176.12	2SK5	0.20844743	0.0005	119.61	0.0005	245.90
OO1	0.04483084	0.0059	128.71	0.0115	354.23	2MN6	0.24002205	0.0004	79.79	0.0004	226.72
UPS1	0.04634299	0.0012	215.80	0.0021	39.02	M6	0.24153420	0.0011	77.31	0.0010	182.04
OQ2	0.07597494	0.0003	196.43	0.0003	111.20	2MS6	0.24435613	0.0006	87.03	0.0005	306.83
EPS2	0.07617731	0.0036	264.71	0.0035	343.09	2MK6	0.24458429	0.0002	154.41	0.0002	177.22
2N2	0.07748710	0.0128	285.48	0.0123	159.74	2SM6	0.24717808	0.0001	173.96	0.0001	148.83
MU2	0.07768947	0.0144	284.68	0.0139	323.14	MSK6	0.24740623	0.0002	166.90	0.0002	304.77
N2	0.07899925	0.0858	296.53	0.0824	133.64	3MK7	0.28331494	0.0004	284.47	0.0004	335.53
NU2	0.07920162	0.0175	301.33	0.0168	298.62	M8	0.32204559	0.0004	144.99	0.0003	44.62

附表 3.4 高雄港 2024 年天文潮調和常數表(中潮系統)

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00004 16H 31/12/2023 TO 15H 31/12/2024
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2024 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL	NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL
Z0	0.00000000	0.3217	0.00	0.3217	0.00	H1	0.08039733	0.0044	272.54	0.0043	66.56
SA	0.00011407	0.1242	217.36	0.1242	40.56	M2	0.08051140	0.1837	351.81	0.1773	146.72
SSA	0.00022816	0.0305	20.48	0.0305	180.16	H2	0.08062547	0.0109	290.80	0.0107	268.64
MSM	0.00130978	0.0093	91.74	0.0093	249.50	MKS2	0.08073957	0.0010	24.95	0.0013	342.85
MM	0.00151215	0.0056	249.06	0.0056	206.90	LDA2	0.08182118	0.0024	81.76	0.0023	214.44
MSF	0.00282193	0.0118	333.33	0.0118	88.93	L2	0.08202355	0.0065	89.11	0.0039	19.57
MF	0.00305009	0.0226	339.17	0.0226	254.45	T2	0.08321926	0.0021	331.42	0.0021	58.22
ALP1	0.03439657	0.0012	41.78	0.0014	176.52	S2	0.08333334	0.0705	352.50	0.0706	262.49
2Q1	0.03570635	0.0029	82.72	0.0034	16.04	R2	0.08344740	0.0020	155.50	0.0025	63.51
SIG1	0.03590872	0.0043	104.84	0.0050	197.23	K2	0.08356149	0.0195	358.19	0.0255	71.16
Q1	0.03721850	0.0342	107.70	0.0402	358.37	MSN2	0.08484548	0.0023	346.38	0.0021	214.17
RHO1	0.03742087	0.0056	104.36	0.0064	154.77	ETA2	0.08507364	0.0015	4.05	0.0022	40.96
O1	0.03873065	0.1605	129.61	0.1882	337.50	MO3	0.11924206	0.0036	348.67	0.0040	351.47
TAU1	0.03895881	0.0011	355.83	0.0009	181.28	M3	0.12076710	0.0035	222.93	0.0033	275.18
BET1	0.04004043	0.0020	128.57	0.0024	313.82	SO3	0.12206399	0.0017	55.41	0.0020	173.28
NO1	0.04026859	0.0096	152.37	0.0152	139.18	MK3	0.12229215	0.0010	6.16	0.0010	107.38
CHI1	0.04047097	0.0033	129.66	0.0039	279.05	SK3	0.12511408	0.0006	292.25	0.0007	148.56
PI1	0.04143851	0.0027	130.43	0.0027	272.48	MN4	0.15951064	0.0007	161.50	0.0007	153.51
P1	0.04155259	0.0574	160.94	0.0568	126.20	M4	0.16102280	0.0024	195.96	0.0022	145.77
S1	0.04166667	0.0012	86.76	0.0008	194.41	SN4	0.16233259	0.0004	4.08	0.0004	111.16
K1	0.04178075	0.1753	166.14	0.1948	112.46	MS4	0.16384473	0.0017	239.22	0.0017	304.10
PSI1	0.04189482	0.0073	115.34	0.0075	243.59	MK4	0.16407290	0.0003	195.37	0.0004	63.25
PHI1	0.04200891	0.0013	188.63	0.0013	292.09	S4	0.16666667	0.0006	0.77	0.0006	180.73
THE1	0.04309053	0.0025	149.52	0.0030	253.84	SK4	0.16689482	0.0007	193.40	0.0009	176.36
J1	0.04329290	0.0077	182.29	0.0088	85.51	2MK5	0.20280355	0.0007	339.98	0.0007	236.11
SO1	0.04460268	0.0025	100.80	0.0029	162.90	2SK5	0.20844743	0.0003	9.01	0.0003	135.30
OO1	0.04483084	0.0023	209.24	0.0044	74.67	2MN6	0.24002205	0.0021	18.92	0.0019	165.83
UPS1	0.04634299	0.0009	244.22	0.0016	67.29	M6	0.24153420	0.0032	46.59	0.0029	151.30
OQ2	0.07597494	0.0010	233.46	0.0010	148.58	2MS6	0.24435613	0.0027	98.22	0.0025	318.01
EPS2	0.07617731	0.0018	262.05	0.0017	340.60	2MK6	0.24458429	0.0008	119.67	0.0010	142.45
2N2	0.07748710	0.0066	331.84	0.0063	206.37	2SM6	0.24717808	0.0004	140.28	0.0004	115.15
MU2	0.07768947	0.0066	301.20	0.0063	339.70	MSK6	0.24740623	0.0004	162.41	0.0005	300.27
N2	0.07899925	0.0382	339.34	0.0367	176.44	3MK7	0.28331494	0.0001	217.10	0.0001	268.13
NU2	0.07920162	0.0093	358.12	0.0090	355.39	M8	0.32204559	0.0004	276.33	0.0004	175.95

附表 3.5 基隆港 2024 年天文潮調和常數表(中潮系統)

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00001 16H 31/12/2023 TO 15H 31/12/2024
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2024 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL	NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL
Z0	0.00000000	0.1082	0.00	0.1082	0.00	H1	0.08039733	0.0044	317.53	0.0042	111.55
SA	0.00011407	0.1830	206.05	0.1830	29.25	M2	0.08051140	0.2528	46.31	0.2439	201.23
SSA	0.00022816	0.0423	332.00	0.0423	131.68	H2	0.08062547	0.0134	52.92	0.0132	30.76
MSM	0.00130978	0.0054	52.75	0.0054	210.51	MKS2	0.08073957	0.0050	299.52	0.0064	257.44
MM	0.00151215	0.0117	286.09	0.0117	243.93	LDA2	0.08182118	0.0091	122.07	0.0087	254.75
MSF	0.00282193	0.0141	240.88	0.0141	356.49	L2	0.08202355	0.0232	150.76	0.0139	81.22
MF	0.00305009	0.0033	39.61	0.0033	314.89	T2	0.08321926	0.0028	19.59	0.0028	106.39
ALP1	0.03439657	0.0013	29.06	0.0015	163.52	S2	0.08333334	0.0633	47.38	0.0634	317.36
2Q1	0.03570635	0.0051	60.07	0.0060	352.72	R2	0.08344740	0.0040	305.62	0.0049	213.63
SIG1	0.03590872	0.0048	65.33	0.0056	157.64	K2	0.08356149	0.0155	37.63	0.0203	110.63
Q1	0.03721850	0.0327	65.53	0.0384	315.87	MSN2	0.08484548	0.0040	4.51	0.0037	232.31
RHO1	0.03742087	0.0057	66.56	0.0065	116.87	ETA2	0.08507364	0.0010	35.10	0.0015	72.55
O1	0.03873065	0.1557	83.17	0.1826	291.04	MO3	0.11924206	0.0024	268.31	0.0028	271.10
TAU1	0.03895881	0.0031	28.26	0.0024	214.22	M3	0.12076710	0.0061	179.46	0.0058	231.72
BET1	0.04004043	0.0014	109.16	0.0017	294.41	SO3	0.12206399	0.0010	320.56	0.0012	78.41
NO1	0.04026859	0.0103	98.30	0.0163	86.07	MK3	0.12229215	0.0025	259.31	0.0027	0.55
CHI1	0.04047097	0.0014	81.22	0.0016	230.61	SK3	0.12511408	0.0015	303.29	0.0016	159.60
PI1	0.04143851	0.0059	100.10	0.0059	242.15	MN4	0.15951064	0.0060	163.28	0.0056	155.29
P1	0.04155259	0.0627	104.45	0.0619	69.71	M4	0.16102280	0.0140	169.82	0.0130	119.65
S1	0.04166667	0.0091	142.34	0.0062	249.99	SN4	0.16233259	0.0011	160.94	0.0011	268.03
K1	0.04178075	0.1900	107.31	0.2112	53.64	MS4	0.16384473	0.0094	193.47	0.0091	258.37
PSI1	0.04189482	0.0036	189.13	0.0037	317.38	MK4	0.16407290	0.0031	179.82	0.0039	47.73
PHI1	0.04200891	0.0035	119.83	0.0034	223.29	S4	0.16666667	0.0018	215.96	0.0018	35.92
THE1	0.04309053	0.0015	138.04	0.0018	242.46	SK4	0.16689482	0.0010	194.60	0.0014	177.57
J1	0.04329290	0.0110	134.49	0.0124	38.65	2MK5	0.20280355	0.0010	263.76	0.0010	159.92
SO1	0.04460268	0.0016	150.51	0.0019	212.62	2SK5	0.20844743	0.0007	235.84	0.0007	2.13
OO1	0.04483084	0.0049	153.46	0.0096	19.05	2MN6	0.24002205	0.0020	215.38	0.0018	2.31
UPS1	0.04634299	0.0008	172.43	0.0015	355.78	M6	0.24153420	0.0032	247.12	0.0029	351.87
OQ2	0.07597494	0.0024	216.06	0.0023	130.54	2MS6	0.24435613	0.0021	309.29	0.0019	169.09
EPS2	0.07617731	0.0078	227.24	0.0075	305.48	2MK6	0.24458429	0.0006	281.84	0.0008	304.66
2N2	0.07748710	0.0055	297.59	0.0053	171.62	2SM6	0.24717808	0.0001	285.29	0.0001	260.17
MU2	0.07768947	0.0247	257.62	0.0238	296.05	MSK6	0.24740623	0.0003	296.70	0.0004	74.59
N2	0.07899925	0.0589	22.78	0.0565	219.88	3MK7	0.28331494	0.0006	170.44	0.0006	221.51
NU2	0.07920162	0.0151	45.09	0.0146	42.39	M8	0.32204559	0.0006	54.99	0.0005	314.64

附表 3.6 蘇澳港 2024 年天文潮調和常數表(中潮系統)

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00002 16H 31/12/2023 TO 15H 31/12/2024
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2024 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL	NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL
Z0	0.00000000	0.1122	0.00	0.1122	0.00	H1	0.08039733	0.0033	179.09	0.0032	333.12
SA	0.00011407	0.1411	205.63	0.1411	28.83	M2	0.08051140	0.4152	299.56	0.4005	94.47
SSA	0.00022816	0.0427	333.21	0.0427	132.89	H2	0.08062547	0.0106	39.72	0.0103	17.57
MSM	0.00130978	0.0137	358.32	0.0137	156.08	MKS2	0.08073957	0.0051	359.25	0.0065	317.17
MM	0.00151215	0.0113	274.79	0.0113	232.64	LDA2	0.08182118	0.0061	250.25	0.0059	22.93
MSF	0.00282193	0.0099	260.00	0.0099	15.60	L2	0.08202355	0.0094	307.42	0.0056	237.88
MF	0.00305009	0.0053	326.94	0.0053	242.22	T2	0.08321926	0.0119	313.11	0.0119	39.91
ALP1	0.03439657	0.0017	77.42	0.0020	211.94	S2	0.08333334	0.1821	322.72	0.1825	232.70
2Q1	0.03570635	0.0037	63.02	0.0044	355.81	R2	0.08344740	0.0050	333.80	0.0061	241.80
SIG1	0.03590872	0.0045	66.75	0.0053	159.08	K2	0.08356149	0.0542	315.53	0.0712	28.52
Q1	0.03721850	0.0364	61.13	0.0427	311.53	MSN2	0.08484548	0.0019	44.11	0.0017	271.90
RHO1	0.03742087	0.0076	74.83	0.0087	125.16	ETA2	0.08507364	0.0029	330.69	0.0042	8.03
O1	0.03873065	0.1703	80.79	0.1997	288.67	MO3	0.11924206	0.0015	293.98	0.0016	296.77
TAU1	0.03895881	0.0025	94.65	0.0020	280.50	M3	0.12076710	0.0064	190.24	0.0060	242.50
BET1	0.04004043	0.0025	139.76	0.0031	325.01	SO3	0.12206399	0.0004	48.89	0.0005	166.75
NO1	0.04026859	0.0102	97.18	0.0161	84.75	MK3	0.12229215	0.0016	21.22	0.0017	122.46
CHI1	0.04047097	0.0005	91.85	0.0006	241.24	SK3	0.12511408	0.0009	298.18	0.0010	154.50
PI1	0.04143851	0.0041	85.27	0.0041	227.31	MN4	0.15951064	0.0005	330.91	0.0005	322.92
P1	0.04155259	0.0626	101.76	0.0618	67.02	M4	0.16102280	0.0031	4.54	0.0029	314.36
S1	0.04166667	0.0077	162.84	0.0052	270.48	SN4	0.16233259	0.0005	37.83	0.0004	144.91
K1	0.04178075	0.1986	105.67	0.2207	52.00	MS4	0.16384473	0.0029	77.83	0.0028	142.72
PSI1	0.04189482	0.0020	261.25	0.0020	29.50	MK4	0.16407290	0.0005	110.86	0.0007	338.75
PHI1	0.04200891	0.0036	140.94	0.0035	244.40	S4	0.16666667	0.0003	116.41	0.0003	296.37
THE1	0.04309053	0.0016	131.67	0.0019	236.07	SK4	0.16689482	0.0007	142.64	0.0010	125.61
J1	0.04329290	0.0111	120.91	0.0126	24.87	2MK5	0.20280355	0.0010	168.46	0.0010	64.61
SO1	0.04460268	0.0018	138.09	0.0022	200.19	2SK5	0.20844743	0.0003	260.51	0.0003	26.80
OO1	0.04483084	0.0048	145.71	0.0094	11.27	2MN6	0.24002205	0.0003	121.27	0.0003	268.19
UPS1	0.04634299	0.0006	175.68	0.0010	358.97	M6	0.24153420	0.0009	108.82	0.0008	213.55
OQ2	0.07597494	0.0030	258.69	0.0029	173.31	2MS6	0.24435613	0.0002	225.37	0.0002	85.17
EPS2	0.07617731	0.0041	275.83	0.0039	354.14	2MK6	0.24458429	0.0001	118.81	0.0001	141.62
2N2	0.07748710	0.0121	284.53	0.0116	158.67	2SM6	0.24717808	0.0003	271.08	0.0003	245.96
MU2	0.07768947	0.0158	280.70	0.0152	319.14	MSK6	0.24740623	0.0002	273.47	0.0002	51.35
N2	0.07899925	0.0800	292.36	0.0769	129.46	3MK7	0.28331494	0.0003	349.29	0.0003	40.35
NU2	0.07920162	0.0144	286.63	0.0139	283.93	M8	0.32204559	0.0004	21.29	0.0003	280.93

附表 3.7 臺中港 2024 年天文潮調和常數表(中潮系統)

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00003 16H 31/12/2023 TO 15H 31/12/2024
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2024 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL	NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL
Z0	0.00000000	0.2417	0.00	0.2417	0.00	H1	0.08039733	0.0281	205.72	0.0273	359.74
SA	0.00011407	0.1596	210.35	0.1596	33.55	M2	0.08051140	1.8775	84.59	1.8112	239.49
SSA	0.00022816	0.0409	1.02	0.0409	160.70	H2	0.08062547	0.0676	355.78	0.0662	333.63
MSM	0.00130978	0.0117	94.37	0.0117	252.13	MKS2	0.08073957	0.0039	360.00	0.0050	317.90
MM	0.00151215	0.0149	276.74	0.0149	234.59	LDA2	0.08182118	0.0461	109.20	0.0441	241.87
MSF	0.00282193	0.0100	254.10	0.0100	9.70	L2	0.08202355	0.1398	118.80	0.0833	49.26
MF	0.00305009	0.0163	5.70	0.0163	280.99	T2	0.08321926	0.0439	114.83	0.0439	201.63
ALP1	0.03439657	0.0025	91.21	0.0030	225.91	S2	0.08333334	0.5496	122.33	0.5509	32.32
2Q1	0.03570635	0.0057	89.81	0.0067	23.03	R2	0.08344740	0.0128	236.00	0.0155	144.01
SIG1	0.03590872	0.0077	108.91	0.0090	201.29	K2	0.08356149	0.1570	119.25	0.2060	192.23
Q1	0.03721850	0.0419	96.48	0.0491	347.10	MSN2	0.08484548	0.0173	355.13	0.0161	222.91
RHO1	0.03742087	0.0079	97.31	0.0090	147.71	ETA2	0.08507364	0.0067	129.59	0.0097	166.58
O1	0.03873065	0.2065	113.23	0.2422	321.11	MO3	0.11924206	0.0108	258.27	0.0122	261.06
TAU1	0.03895881	0.0059	201.39	0.0046	26.93	M3	0.12076710	0.0114	43.55	0.0107	95.81
BET1	0.04004043	0.0021	104.44	0.0025	289.69	SO3	0.12206399	0.0066	300.61	0.0077	58.47
NO1	0.04026859	0.0138	137.66	0.0218	124.62	MK3	0.12229215	0.0123	316.58	0.0132	57.81
CHI1	0.04047097	0.0017	96.78	0.0020	246.18	SK3	0.12511408	0.0023	21.39	0.0025	237.70
PI1	0.04143851	0.0104	121.04	0.0104	263.09	MN4	0.15951064	0.0039	41.22	0.0036	33.22
P1	0.04155259	0.0797	140.46	0.0787	105.72	M4	0.16102280	0.0076	49.67	0.0071	359.48
S1	0.04166667	0.0105	142.34	0.0071	249.99	SN4	0.16233259	0.0017	112.23	0.0016	219.31
K1	0.04178075	0.2477	142.76	0.2753	89.08	MS4	0.16384473	0.0048	128.95	0.0046	193.84
PSI1	0.04189482	0.0045	236.44	0.0046	4.69	MK4	0.16407290	0.0016	41.28	0.0020	269.17
PHI1	0.04200891	0.0038	154.07	0.0037	257.52	S4	0.16666667	0.0013	156.49	0.0013	336.45
THE1	0.04309053	0.0009	134.80	0.0010	239.14	SK4	0.16689482	0.0006	270.34	0.0008	253.30
J1	0.04329290	0.0142	170.89	0.0161	74.25	2MK5	0.20280355	0.0042	113.21	0.0044	9.35
SO1	0.04460268	0.0039	234.80	0.0046	296.90	2SK5	0.20844743	0.0003	283.13	0.0003	49.42
OO1	0.04483084	0.0071	204.62	0.0138	70.08	2MN6	0.24002205	0.0083	127.54	0.0074	274.46
UPS1	0.04634299	0.0009	267.89	0.0016	91.00	M6	0.24153420	0.0172	143.75	0.0154	248.47
OQ2	0.07597494	0.0054	151.05	0.0052	66.08	2MS6	0.24435613	0.0168	189.33	0.0156	49.13
EPS2	0.07617731	0.0338	177.85	0.0326	256.35	2MK6	0.24458429	0.0047	194.88	0.0057	217.67
2N2	0.07748710	0.0120	68.44	0.0115	302.90	2SM6	0.24717808	0.0039	231.78	0.0038	206.65
MU2	0.07768947	0.0798	208.21	0.0769	246.69	MSK6	0.24740623	0.0025	228.44	0.0032	6.31
N2	0.07899925	0.3381	64.74	0.3247	261.84	3MK7	0.28331494	0.0016	355.37	0.0016	46.41
NU2	0.07920162	0.0964	68.59	0.0929	65.86	M8	0.32204559	0.0003	34.76	0.0002	294.38

附表 3.8 臺北港 2024 年天文潮調和常數表(中潮系統)

ANALYSIS OF HOURLY TIDAL HEIGHTS STN 00001 16H 31/12/2023 TO 15H 31/12/2024
NO.OBS.= 8784 NO.PTS.ANAL.= 8783 MIDPT=15H 01/07/2024 SEPARATION =1.00

NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL	NAME	FREQUENCY	A	G	AL	GL
Z0	0.00000000	0.1439	0.00	0.1439	0.00	H1	0.08039733	0.0105	325.94	0.0102	119.97
SA	0.00011407	0.1581	204.51	0.1581	27.71	M2	0.08051140	1.1449	79.29	1.1045	234.21
SSA	0.00022816	0.0484	336.63	0.0484	136.31	H2	0.08062547	0.0255	20.89	0.0250	358.73
MSM	0.00130978	0.0034	118.12	0.0034	275.88	MKS2	0.08073957	0.0044	301.68	0.0056	259.60
MM	0.00151215	0.0123	292.40	0.0123	250.25	LDA2	0.08182118	0.0277	115.36	0.0265	248.03
MSF	0.00282193	0.0120	223.29	0.0120	338.89	L2	0.08202355	0.0809	126.91	0.0482	57.37
MF	0.00305009	0.0092	27.21	0.0092	302.49	T2	0.08321926	0.0217	123.69	0.0217	210.49
ALP1	0.03439657	0.0012	112.66	0.0015	247.12	S2	0.08333334	0.3310	112.05	0.3317	22.03
2Q1	0.03570635	0.0055	76.91	0.0064	9.56	R2	0.08344740	0.0045	272.26	0.0055	180.27
SIG1	0.03590872	0.0062	96.54	0.0073	188.86	K2	0.08356149	0.0923	109.79	0.1211	182.78
Q1	0.03721850	0.0362	80.84	0.0425	331.17	MSN2	0.08484548	0.0110	5.65	0.0103	233.44
RHO1	0.03742087	0.0061	82.16	0.0069	132.47	ETA2	0.08507364	0.0047	105.27	0.0068	142.72
O1	0.03873065	0.1799	97.16	0.2110	305.03	MO3	0.11924206	0.0060	311.65	0.0068	314.44
TAU1	0.03895881	0.0018	150.59	0.0014	336.55	M3	0.12076710	0.0058	105.18	0.0055	157.43
BET1	0.04004043	0.0016	68.86	0.0020	254.11	SO3	0.12206399	0.0036	337.19	0.0042	95.05
NO1	0.04026859	0.0118	117.18	0.0186	104.95	MK3	0.12229215	0.0063	340.35	0.0067	81.60
CHI1	0.04047097	0.0012	100.35	0.0014	249.74	SK3	0.12511408	0.0020	46.11	0.0022	262.43
PI1	0.04143851	0.0082	121.73	0.0082	263.78	MN4	0.15951064	0.0057	121.02	0.0053	113.04
P1	0.04155259	0.0696	121.20	0.0688	86.46	M4	0.16102280	0.0147	128.03	0.0137	77.86
S1	0.04166667	0.0035	198.41	0.0024	306.06	SN4	0.16233259	0.0027	157.28	0.0026	264.37
K1	0.04178075	0.2175	123.92	0.2417	70.25	MS4	0.16384473	0.0122	157.59	0.0118	222.48
PSI1	0.04189482	0.0047	243.30	0.0048	11.54	MK4	0.16407290	0.0040	134.35	0.0051	2.25
PHI1	0.04200891	0.0028	157.50	0.0028	260.96	S4	0.16666667	0.0023	183.25	0.0024	3.22
THE1	0.04309053	0.0014	105.13	0.0017	209.55	SK4	0.16689482	0.0013	212.19	0.0017	195.16
J1	0.04329290	0.0128	148.21	0.0145	52.38	2MK5	0.20280355	0.0025	196.04	0.0026	92.20
SO1	0.04460268	0.0031	216.10	0.0036	278.21	2SK5	0.20844743	0.0005	245.46	0.0006	11.75
OO1	0.04483084	0.0056	187.22	0.0108	52.81	2MN6	0.24002205	0.0014	144.32	0.0012	291.25
UPS1	0.04634299	0.0012	216.69	0.0022	40.04	M6	0.24153420	0.0033	151.92	0.0029	256.66
OQ2	0.07597494	0.0027	175.05	0.0027	89.53	2MS6	0.24435613	0.0017	154.94	0.0015	14.75
EPS2	0.07617731	0.0192	187.28	0.0185	265.53	2MK6	0.24458429	0.0004	184.96	0.0005	207.78
2N2	0.07748710	0.0055	41.10	0.0052	275.13	2SM6	0.24717808	0.0010	136.84	0.0010	111.71
MU2	0.07768947	0.0485	221.30	0.0467	259.73	MSK6	0.24740623	0.0005	238.38	0.0006	16.26
N2	0.07899925	0.2131	58.40	0.2047	255.50	3MK7	0.28331494	0.0002	22.69	0.0002	73.76
NU2	0.07920162	0.0566	65.93	0.0546	63.23	M8	0.32204559	0.0013	353.91	0.0011	253.56

附錄四

歷次工作會議紀要

附錄四 歷次工作會議紀要

114年3月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-114-H3C006

會議名稱:「海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第 1 次工作會議

時間：114 年 3 月 18 日(星期二) 上午 10 時 00 分至 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：傅怡釧

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113年10月至114年2月之風、波、潮及流模擬月報表。

三、完成114全年中潮系統(到115/06)天文潮預測值。

四、完成風場模擬 Linux(Ubuntu)伺服器及波流模擬作業化伺服器(Windows 11) 移機至 IDC 臺中文心機房。

五、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、風場模擬及波流模擬伺服器，已移至 IDC 臺中文心機房作業化中，請持續觀察其執行效能。

二、目前港灣環境資訊網已展示現有港口波、潮、流小尺度模組歷線圖，待各港小尺度模組建置完成，建議評估後續是否納入每月評估報告中呈現小尺度模組模擬結果比對。

三、安平港浮球之波向請確認其觀測與模擬物理量之一致性。

四、請持續校修及精進「金門海域」小尺度風浪模組及天文潮水位預測模擬。

五、有關臺北海域水深測量資料，會後再向內政部蒐集新北市水深測量成果資料供合作團隊建模使用

六、由於去年10月31日康芮颱風後，臺北、蘇澳、花蓮及臺中主站AWAC 資料中斷，改以自計式方式量測，俟資料回收後再提供給合作團隊進行資料比對。

會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-114-H3C006海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第1次工作會議

貳、時間：114年3月18日(星期二) 上午10時00分至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： 國立成功大學	計畫主持人	李兆芳(視訊)
	共同主持人	盧韋勳(視訊)
	研究員	劉正琪(視訊)
	研究助理	江朕榮(視訊)
	駐點工程師	謝佳紘
本所運輸技術研究中心	副研究員	廣怡創

114年4月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-114-H3C006

會議名稱:「海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第2次工作會議

時間：114年4月17日(星期四) 上午10時至11時20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：傅怡釧

壹、討論議題

七、持續辦理每日海象模擬作業化系統維運工作。

八、完成114年3月之風、波、潮及流模擬月報表。

九、針對前次會議紀要結論回應處理情形及說明。

十、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、近期針對康芮颱風測試2024版本「臺海風浪模擬系統」,「臺海水動力模組」更新至2024版本，更新系統後處理程式、更新金門海域及澎湖海域水動力模組，上述模組更新完成後請於系統安裝上線運用。

二、金門海域小尺度風浪模組校修，建議增加與水頭商港之另一組AWAC 比較。

三、在本計畫系統預測成果評估工作部分，布袋港潮位歷線圖比對結果，潮型不一致，經評估應為模擬輸出點位選擇不適當，後續請再調整適合的輸出點位，以進行每月模擬結果評估工作。

四、康芮颱風花蓮港暴潮偏差建議以靜穩站資料進行濾波分析，俾利確認其暴潮偏差值。

五、本所已提供內政部近5年臺北海域水深測量資料、臺灣港務股份

有限公司於臺北港外海鄰近海域水深測量資料，以及臺灣港務股份有限公司臺北港務分公司113年度臺北港區水深測量資料，請計畫團隊(國立成功大學)確認水深測量資料是否滿足臺北港模型建置工作需要。

六、目前臺北港 AWAC 測站資料已回收，後續將提供113年1月起迄今之波流觀測資料予計畫團隊進行資料比對，另蘇澳港、花蓮港及臺中港預計6月中旬陸續完成測站維護及資料回收工作，後續將持續關注資料回收時間，以儘早提供資料給計畫團隊進行比對。

會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-114-H3C006海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第2次工作會議

貳、時間：114年4月17日(星期四) 上午10時00分至11時20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： 國立成功大學	計畫主持人	李兆芳(視訊)
	共同主持人	盧韋勳(視訊)
	研究員	劉正琪(視訊)
	研究助理	江朕榮(視訊)
	駐點工程師	謝佳紘
本所運輸技術研究中心	二科科長	李信穎
	副研究員	傅怡剛

114年5月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-114-H3C006

會議名稱:「海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第3次工作會議

時間：114年5月20日(星期二) 上午10時00分至11時20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：傅怡釧

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114年4月之風、波、潮及流模擬月報表。

三、針對前次會議紀要結論回應處理情形及說明。

四、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、4月份評估月報中布袋港潮位歷線圖，水動力模擬比對結果已調整輸出點位，潮高及潮型皆有改善。

二、浮球觀測資料之波向尚有疑慮，臺北港風浪模組校驗工作，以使用 AWAC 觀測資料為主、浮標觀測資料為輔，並請檢核簡報第50頁浮球位置。

三、有關金門海域小尺度風浪校修部分，規劃再建置第四層或第三層以三角網格方式處理，請再行考量。

四、臺北港近岸波浪模組校修部分(REF/DIF)折繞射模式，請設定對應港內靜穩站、港外 AWAC、浮球及浮標位置之模擬輸出點位，選取一段時間做模擬與觀測資料比對，並於後續工作會議呈現討論。

五、本所已提供臺北港 AWAC 測站2023年1月至2025年4月初資料給國立成功大學使用，預計下星期提供花蓮港 AWAC 測站資料，

之後依本所測站維護工作期程，再行提供高雄港、蘇澳港及臺中港 AWAC 測站資料，預計7月底完成。

六、請修改簡報第15頁，臺北港鄰近海域水深測量成果係由臺灣港務股份有限公司提供，後續將提供本所與內政部、臺灣港務股份有限公司、臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司蒐集地形水深資料相關公文供參，俾利報告書正確說明資料來源及出處。

七、簡報第43-45頁波向建議搭配資料浮標以主波向進行比較。

八、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6月工作會議討論；另期中報告內文請由原本13pt 改為14pt 大小呈現。

九、請國立成功大學著手參與今年度11月27~28日「第47屆海洋工程研討會」論文投稿工作並出席簡報。

會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-114-H3C006海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第3次工作會議

貳、時間：114年5月20日(星期二) 上午10時00分至11時20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： 國立成功大學	計畫主持人	李兆芳(視訊)
	共同主持人	盧韋勳(視訊)
	研究員	劉正琪(視訊)
	研究助理	江朕榮(視訊)
	駐點工程師	謝佳紘
本所運輸技術研究中心	二科科長	李俊穎
	副研究員	盧怡訓

114年6月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-114-H3C006

會議名稱:「海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第4次工作會議

時間：114年6月18日(星期三) 上午10時至11時

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：傅怡釧

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114年5月之風、波、潮及流模擬月報表。

三、針對前次會議紀要結論回應處理情形及說明。

四、討論本年度各項工作項目執行內容及目前進度回報。

五、討論期中報告章節內容。

貳、主要結論

一、臺北港風浪模組校驗工作以使用 AWAC 觀測資料為主，浮標觀測資料為輔，另浮標及浮球請再確認位置後重新繪製。

二、已提供中央氣象署與水利署主要浮標站，波浪及海流模擬點位輸出，供港灣環境資訊網比對使用。

三、本所提供花蓮港及高雄港二港口 AWAC 測站2024年8月~2025年5月回補之觀測資料給國立成功大學使用，預計7月提供高雄港一港口及蘇澳港 AWAC 回補之觀測資料。

四、花蓮港靜穩模擬及臺北港近岸波浪模組校修部分，請持續進行港內波高觀測與模擬輸出點位比對工作。

五、月評估報告中，花蓮港部分請採用主站呈現；安平浮球部分，因5月後更改觀測頻率，請配合調整計算月蒐集率部分。

六、浮球觀測資料於本中心第二科更新浮球韌體後再進一步確認波向一致性。

七、請國立成功大學針對本年度各項模組建置及校修工作持續精進並掌握計畫進度，以本次工作會議規劃之期中報告章節內容撰寫期中報告；內文由原本13pt 改為14pt 大小呈現，其餘章節標題大小不變，增加附錄三歷次工作會議紀要，並依規定於6月30日繳交期中報告。

會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-114-H3C006海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第4次工作會議

貳、時間：114 年 6 月 18 日(星期三) 上午 10 時至 11 時

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： 國立成功大學	計畫主持人	李兆芳(視訊)
	共同主持人	
	研究員	劉正琪(視訊)
	研究助理	江朕榮(視訊)
	駐點工程師	謝[illegible]
本所運輸技術研究中心	二科科長	李[illegible]
	副研究員	[illegible]

114年8月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-114-H3C006

會議名稱:「海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第 5 次工作會議

時間：114 年 8 月 26 日(星期二) 上午 10 時至 11 時 20 分(原訂 8 月 15 日)

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：傅怡釧

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114年6月及7月之風、波、潮及流模擬月報表。

三、針對前次會議紀要結論回應處理情形及說明。

四、討論本年度各項工作項目執行內容及目前進度回報。

五、針對期中報告審查意見處理情形表內容進行討論。

貳、主要結論

一、本所8月15日提供蘇澳港 AWAC 測站113年10月至114年2月資料、臺北港預計9月提供第2批回收資料、臺中港預計9月底前提供回收資料給國立成功大學使用，後續各港 AWAC 測站之自計式資料若有回收，均將儘快提供給國立成功大學進行資料比對，亦請國立成功大學於報告產製前，重新檢視更新各港觀測資料情況，並於期末報告及評估報告呈現。

二、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。

三、完成花蓮、蘇澳及基隆港靜穩作業化模擬系統校修工作，移交予本所進行後續測試上線工作。

四、安平港浮球因電力不足，自113年12月20日起觀測頻率變更為2小時，並於114年6月18日回收停止觀測，故有關安平浮球113年12月至114年6月期間之月蒐集率，請再行調整計算。

五、簡報第31頁丹娜絲颱風布袋港模擬結果，請再加繪小尺度風浪模組模擬結果進行評估。

六、請再確認浮球軟體更新後，布袋港浮球之波向觀測情形。

七、同意國立成功大學以「2024年康芮颱風侵臺期間風浪模擬與驗證」為題，投稿「第47屆海洋工程研討會」，請於9月12日前提供長摘要初稿供本所辦理相關事宜。

會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-114-H3C006海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第5次工作會議

貳、時間：114年8月26日(星期二) 上午10時至11時20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： 國立成功大學	計畫主持人	李兆芳(視訊)
	共同主持人	盧韋勳(視訊)
	研究員	劉正琪(視訊)
	研究助理	江朕榮(視訊)
	駐點工程師	謝佳紘
本所運輸技術研究中心	副研究員	傅恆剛

114 年 9 月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-114-H3C006

會議名稱:「海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第 6 次工作會議

時間：114 年 9 月 19 日(星期五) 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：傅怡釧

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 114 年 8 月之風、波、潮及流模擬月報表。

三、針對前次會議紀要結論回應處理情形及說明。

四、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、請國立成功大學俟臺北港 AWAC、臺中港 AWAC 測站回收且觀測資料回補後，進行資料比對工作；本年度評估報告之波、流測站部分，規劃以臺北浮標、基隆浮標、蘇澳 AWAC、花蓮(主站) AWAC、高雄(副站) AWAC、安平(副站) AWAC、布袋浮球、臺中 AWAC、澎湖浮標、金門 AWAC、馬祖 AWAC 等測站觀測資料，做統計分析及繪圖，年度評估報告請與期末報告初稿一併繳交。

二、完成花蓮、蘇澳港靜穩作業化模擬系統測試上線工作，後續進行將每次模擬預測資料導入港灣環境資訊網測試內部網頁呈現，以供檢視並與觀測資料做比對；基隆港靜穩作業化模擬系統，請持續進行測試工作。

三、布袋浮球模擬檢核點將往外海移動調整，並比對調整位置後模擬資料是否較符合實際波流觀測情形。預計 9 月底將移交新版

SWAN 臺海風浪模擬系統作業化模擬程式(TaiCOMS_wave_run2025v1.exe)。

四、本計畫教育訓練納入 11 月 5 日(星期三)「114 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相關成果。

五、請國立成功大學出席 11 月 27~28 日(星期四~星期五)「第 47 屆海洋工程研討會」，並簡報「康芮颱風侵臺期間颱風波浪模擬與驗證」。

六、請國立成功大學規劃期末報告章節內容並於 10 月份工作會議討論，因契約規定期末報告初稿應於 114 年 10 月 27 日(星期一)繳交，請注意計畫期程並儘速完成相關工作。

會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-114-H3C006 海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第6次工作會議

貳、時間：114 年 9 月 19 日(星期五) 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： 國立成功大學	計畫主持人	李兆芳(視訊)
	共同主持人	盧韋勳(視訊)
	研究員	劉正琪(視訊)
	研究助理	江朕榮(視訊)
	駐點工程師	謝佳紘
本所運輸技術研究中心	二科科長	李俊穎
	副研究員	傅怡創

114年10月工作會議紀要

採購案件編號：IOT-114-H3C006

會議名稱:「海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第 7 次工作會議

時間：114 年 10 月 14 日(星期二) 上午 10 時至 10 時 30 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：傅怡釧

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114年9月之風、波、潮及流模擬月報表。

三、針對前次會議紀要結論回應處理情形及說明。

四、討論期末報告書章節安排事宜。

五、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、完成基隆、蘇澳及花蓮港靜穩作業化模擬系統，作業化上線工作。

二、請持續進行布袋浮球模擬檢核點調整及新版 SWAN 臺海風浪模擬系統作業化模擬程式(TaiCOMS_wave_run2025v1.exe)編寫工作。

三、請國立成功大學出席114年11月5日(星期三)「114年度港灣環境資訊網使用者說明會」及11月27~28日(星期四~星期五)「第47屆海洋工程研討會」並簡報計畫成果，以完成教育訓練及成果發表工作。

四、請依本次討論章節安排內容酌修期末報告呈現內容並儘速完成工作，期末報告請依本所出版品相關規定辦理並於114年10月27日(星期一)繳交。

會議簽到表

壹、會議名稱：「IOT-114-H3C006海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)-建置與精進臺北海域模組」採購案第7次工作會議

貳、時間：114年10月14日(星期二) 上午10時至10時30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：國立成功大學	計畫主持人	李兆芳(視訊)
	共同主持人	盧韋勳(視訊)
	研究員	劉正琪(視訊)
	研究助理	江朕榮(視訊)
	駐點工程師	謝佳紘
本所運輸技術研究中心	副研究員	傅怡剛

附錄五

期中報告審查意見處理情形表

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(4/4)－建置與精進臺北海域模組

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
(一)簡連貴委員		
1. 本計畫屬延續推動計畫，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臺北海域基本資料蒐集與分析、臺北海域小尺度風浪模組建置、臺北海域小尺度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，期中階段已完成臺北港近岸波浪模組及小尺度金門海域風浪模組改善研究、臺灣周圍海域2025 年冬季風浪模擬、天文潮水位模擬等結果之校驗，114 年度 10 海域主要港口模擬與觀測成果比對(至 114 年 5 月) 等內容相當豐碩，大致符合要求。	1. 謝謝委員肯定。	原則同意辦理。
2. 今(114)年度伺服器維護記錄至 5 月底，累計達 34 次(113 年 9 月至 114 年 5 月底)，低於 113 年同期 46 次。系統均已移機至中華電信臺中文心機房運作，目前維運測試狀況良好。	2. 謝謝委員意見。	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.「臺灣近岸海象預測系統 2.0」模擬成果將整合於本所運輸技術研究中心「港灣環境資訊系統」平台，配合各相關單位蒐集之海象觀測資料，請說明目前整合推動情形。	3. 目前運技中心應已完成相關整合工作。本計畫主要負責海象模擬作業化系統維運及相關改善研究。	原則同意辦理。
4. 請強化颱風侵襲期間(丹娜絲颱風)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。	4. 針對丹娜絲颱風之影響將於期末報告提出颱風波浪模擬校驗成果及各港颱風期間暴潮觀測資料分析成果。	原則同意辦理。
5. 本計畫為 4 年期，今年為第 4 年，建議期末報告應彙整歷年總成果報告、效益分析，並提出後續推動研究方向、策略與重要課題。	5. 謝謝委員建議。本計畫逐年都有期末報告，內容均足以呈現研究成果，最後一年也將建議後續研究方向重要內容	原則同意辦理。
6. 目前建置臺灣近岸海象預測系統 2.0 已推動多年，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，及加強使用者意見回饋改善。	6. 今年期末報告將呈現作業化系統維運之內容。運技中心每年均有召開使用者說明會，蒐集使用者意見並回饋改善。	原則同意辦理。
7. 第 3-1 頁，本計畫蒐集臺北港(TP)、花蓮港(HL)、基隆港(KL)、高雄港(KH)、安平港(AP)及布袋港(BD)等 6 港口海域之 AWAC 波浪觀測資料，針對 2024 年 12 月至 2025 年 2 月冬季期間波浪統計特性進行分析，相關統計彙整如表 3-3 至表 3-5 所示，表 3-3 之 TP 蒐集率 5.11%，表 3-5 之 HL 蒐集率 32.74%，請加強說明蒐集率偏低原因與因應對策，並加強近年比較趨勢分析及相關檢驗參數研析。	7. 觀測資料偏低之原因及處理對策需要進一步依據觀測儀器的狀況確認釐清資料正確性，本計畫目前結果為據實呈現及說明，後續將建議篩檢正確的資料作比較使用。	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
8. 本年度 7 港口 AWAC 測站，以及布袋港浮標資料逐時觀測資料校驗，整理如表 3-6 及表 3-8。請說明布袋港浮標資料逐時觀測資料校驗之考量，於示性波高相關係數(R)範圍為 0.572~0.940，多數港口均達到高度相關性(R ≥ 0.7)，僅安平港與高雄港在個別月份出現低相關，甚至偏低估(如 1 月安平港 R= 0.268)，請說明可能原因與因應對策。	8. 謝謝委員意見。布袋港因 AWAC 已停止觀測，故採用波浪浮球站觀測資料校驗。期末報告將以 AWAC 觀測資料為依據，故排除布袋港浮球觀測資料校驗成果。安平港與高雄港相關係數偏低原因已有補述。	原則同意辦理。
9. 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。	9. 謝謝委員意見。作業化運作每日會由駐點人員巡視作業系統資料下載狀況，進行判斷。各港務單位的應用應可透過港灣資訊網查詢及下載模擬資訊。	原則同意辦理。
10. 最近丹娜絲颱風對南部地區造成嚴重災損，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。	10. 謝謝委員建議。丹娜絲颱風颱風波浪模擬成果及暴潮觀測分析成果已納入期末報告說明。	原則同意辦理。
(二)吳南靖委員		
1. 建議於報告書內詳細說明各個尺度水動力模式之邊界條件及水流驅動機制。比如是否有加入風場資料、是否有波流交互作用、是否有碎波後輻射應力所驅動之流場、各個不同尺度模式計算結果如何用於下個尺度邊界、暴潮與潮流是一起模擬還是分開模擬等。	1. 謝謝委員意見。第 2 章為簡介海象模擬作業化系統。風浪模擬系統有說明遠域模組提供給近域的開放邊界條件；近域模組提供給近海的開放邊界條件。水動力模擬系統則是台海模式提供給近岸的開放邊界條件。這部份於期末報告將會增加說明。至於模式中所考慮的各項水動力則表示於模式基本理論中。水動力模式及波浪模式基本理論列於附錄	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
	一及附錄二。	
2. 每次系統提供的風場預測資料，前面會有一段追算的風場資料，因該段時間已屬發生的歷史時間，請問追算的那段風場資料有無經過實際觀測資料同化?	2. 本計畫海象模擬系統並無實際模擬風場，目前追算階段之風場仍為氣象署提供的預報風場。	原則同意辦理。
3. 簡報中呈現波向的 RMSE 頂多只有一點幾，這樣是相當準確的計算結果，值得肯定。不過再參閱相關圖示，波向的計算結果與實測其實差異頗大，建議再檢查看看誤差分析的部分是否正確。	3. 謝謝委員指正。有關波向部份，為誤用常態均方根誤差(NRMSE)之結果，期末報告會修正。	原則同意辦理。
4. 報告圖 2.30 港區近岸波浪模擬系統之整體模擬架構圖，其中，實線及虛線分別代表之關聯性及前後關係為何？	4. 實線代表執行流程，虛線代表輸入(或讀取)資料。	原則同意辦理。
5. 港池靜穩部分，波高色階目前設定為淺藍至深藍，建議可以用紅、黃、綠或其他彩虹色階表示會較為明顯、易描述。	5. 謝謝委員建議，繪圖問題會再評估。	原則同意辦理。
6. 自遠域至近岸，再至港區外海，均採頻譜波模式進行波浪傳輸模擬，後續依據其示性波參數導入緩坡方程式類模型進行細部模擬，屬常見流程，無特殊疑義，惟報告未說明是否採用規則波。另需留意，規則波之波高為單一值，缺乏統計變異性，若模擬情境包含碎波及其產生之水流，則波高設定將直接影響破碎條件與能量耗散。建議補充說明波高選取方式	6. 此處示性波參數係指由風浪模式模擬之數值波譜計算得到的示性波高、譜峰週期及平均波向。本計畫風浪與水動力模式各為獨立系統，彼此未考慮偶合效應。因此，其對流場模擬產生偏差影響是被忽略的。	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
及是否與統計波高(如Hs)具對應轉換關係，並評估結果是否會對流場模擬產生偏差。		
(三)陳威志委員		
1. 第 2-2 頁，海象模擬作業化系統 2.0，係提供波浪模擬及水動力模擬系統的預測資料，而海象風速在中央氣象署已有漁業氣象的模式，有無整合或直接引用的可能。	1. 本計畫風場來源實為氣象署提供天氣數值預報 WRF 模式 M04 成員每日 4 次預報之數值資料。	原則同意辦理。
2. 第 2-18 頁及第 5-5 頁，圖 5.4 臺北港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖 ，基於臺北港三、四期圍堤已經完成，港型有所不同，建議可適時更新。	2. 相關圖為呈現既有模組臺北港外廓型狀，本年度計畫將會針對這些問題配合現況港型著手修正或新建。	原則同意辦理。
3. 第 2-22 頁，港區靜穩度模擬子系統可否進一步解析出各碼頭，或碼頭區附近水域波浪的能力。	3. 可以，目前分區亦是配合碼頭線進行劃區。	原則同意辦理。
4. 第 2-33 頁，基隆港於 114 年新增西 16 碼頭風力模擬點位(L2)及潮流與波浪點位(L8)，未來台電公司將於外港區增設相關測站，建議可納入相關實測資料做為背景數據。	4. 謝謝委員意見。	原則同意辦理。
5. 第 4-24 頁，康芮颱風期間最大暴潮位偏差出現在花蓮港 0.845m，建議分析意義為何，是否預測模式有精進空間或颱風影響預測本就有極限。	5. 此為觀測資料分析結果，主要受颱風強度、路徑影響，代表該颱風對港口影響最大。	原則同意辦理。
6. 第 4-31 頁，今年度臺海暴潮模組各港天文潮模擬預測年均方根誤差最小值為花蓮港	6. 原因包括模式模擬之誤差(相位及振幅)、各港潮差之大小等。一般而言，潮差大者，其	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
0.077m，最大值為臺北港0.183m 部分，建議後續可以分析誤差大小之原因。	誤差分析相對亦會較大；潮型偏全日潮者，因不易模擬其誤差亦會較大。另外，臺北港可能與港型未配合修正，亦可能會有影響。	
7. 第 5-4 頁，圖 5.2 蘇澳港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖部分，目前蘇澳港已有第四船渠填海造地工程，港型不同，建議確認是否影響預測結果，並適時更新。	7. 感謝委員指正。此部份屬於新訊息，後續會再評估。	原則同意辦理。
8. 第 5-10 頁，圖 5.11 2024 年 9 月~2025 年 5 月基隆商港風速觀測與模擬值比較圖，部分相關趨勢不同，建議補充原因。	8. 此部份觀測結果仍需近一步確認正確性，因此，模擬與觀測部份呈現不同趨勢之結果。後續將考慮僅呈現正確的觀測結果進行比較。	原則同意辦理。
9. 第 5-14 頁，圖 5.14 2024 年 9 月~2025 年 5 月基隆商港週期觀測與模擬值比較，建議補充 114 年 3 月 18 日~3 月 28 日較爲離散的原因。	9. 目前僅能說明與觀測值是否正確有關。如要仔細探討則需重新模擬與校驗才能進一步分析。	原則同意辦理。
10. 第 5-19 頁，圖 5.17 2024 年 9 月~2025 年 5 月基隆商港流速觀測與模擬值比較圖，部分趨勢不同且流速差異明顯，建議補充原因。	10. 因中尺度暴潮模組網格解析度不足模擬各港流場特性，故易出現較大偏差現象。	原則同意辦理。
11. 第 6-8 頁至第 6-10 頁，圖 6.8~圖 6.12，圖名請再確認。	11. 感謝委員指正，已更正。	原則同意辦理。
12. 第 6-14 頁至第 6-19 頁，圖 6.12 臺北港 AWAC 及 BUOY 波浪觀測資料逐時比較圖，觀測資料不穩定，建議補充原因。	12. AWAC 為底碇式觀測儀器，儀器布放與回收易受天候影響，造成資料出現中斷現象。	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
13. 臺北港海域小尺度風浪模組建置及臺北港海域小尺度水動力模組建置等，建議納入驗證方法。	13. 相關驗証方法及結果將納入期末報告。	原則同意辦理。
(四)本所運輸技術研究中心 蔡立宏主任		
1. 關於金門小尺度風浪模組改善工作，經比較冬季風浪結果略有改善，期望在期末報告中呈現改善效益，或提供建議事項供本所後續執行參考。	1. 這部份期末將納入評估。	原則同意辦理。
2. 在臺灣周圍海域模擬結果，基隆港、花蓮港模擬校驗結果較佳，對於後續如何提升其餘港口校驗結果，是否有相關構想或對策；臺中港、蘇澳港俟觀測資料回收後再於期末報告中呈現驗證結果。	2. 針對臺灣周圍海域模擬結果(中尺度)不理想原因除了數值模式之限制外，還包括網格解析度不足(含地形水深)及氣象署預報風場特性等。目前針對網格解析度之改善策略為建置各港小尺度近海風浪模組因應。	原則同意辦理。
3. 系統設備提升運算效率也會提高，系統3層建議思考若改成2層是否能提升效率或準確率?合作團隊在這部分有無相關評估?	3. 這部份可納入後續計劃評估。	原則同意辦理。
(五)本所運輸技術研究中心 林雅雯科長		
1. 第 2-40 頁，花蓮港靜穩模擬結果如何與觀測站資料比對?1區:25 號碼頭，4 區:17 號碼頭，8 區:9 號碼頭。	1. 取平均值與最大值之柱狀區間與觀測值比較。	原則同意辦理。
2. 第 2-52 頁，圖 2.63 請加圖例，SWAN模組水頭商港波浪模擬如為風場問題，是否加入風力的比對?如以近岸波浪模擬折繞射模式是否有較佳	2. 風力比較結果二者變化趨勢相近，惟氣象署 M04 成員預報值普遍高於觀測值。	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
結果?		
3. 第 4-5 頁，表 4-4 花蓮港天文大潮預測受 113 年 0403 地震影響，是否有辦法改善?	3. 待運技中心二科花蓮港潮位站水準樁高程檢測結果出爐後，重新校修潮位高程再評估是否可以改善。	原則同意辦理。
4. 第 4-40 頁，呈現天文潮模擬值與調和分析預測值比較，建議後續做暴潮偏差模擬值與觀測值之比較。	4. 因應 7、8 月為颱風季，故颱風暴潮模擬校驗安排於期末報告再呈現。	原則同意辦理。
5. 報告文字、圖例等建議修改部分如下:	5.回應內容如下:	
(1) 第 3-1 頁，提及布袋港及臺北港停測，因第 3-3 頁表 3-3 無蘇澳港及臺中港，建議補充蘇澳港及臺中港情形。	(1) 錯誤已修正，期末再補充蘇澳港及臺中港冬季風浪觀測資料。	原則同意辦理。
(2) 第 3-10 頁，表 3-7 備註請以上標字，避免混淆。	(2) 已訂正。	原則同意辦理。
(3) 第 3-14 頁，圖 3.3~圖 3.8 建議以不同圖例標示觀測值與模擬值，俾利比較。	(3) 期末報告再修正。	原則同意辦理。
(4) 第 6-4 頁，圖 6.5 看不清楚。	(4) 此圖為向內政部申請水深資料提供的，期末報告再評估呈現方式。	原則同意辦理。
(5) 第 6-6 頁，臺北港 2023 年 8 月最高高潮位 HHWL 為 2.918 並有註解符號，建議補充說明。	(5) 已補充說明(暴潮位值高於靜水管頂部高程，判斷受到港內波浪波壓影響失真)。	原則同意辦理。
(6) 第 6-28 頁，表 6-5 有刪除線及誤植，建議檢核並修正。	(6) 已修正。	原則同意辦理。
(7) 第 9-2 頁，第 9.3 節預期效益與應用情形內容有誤，	(7) 已修正，期末報告再補充說	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
請修正。	明。	
(六)本所運輸技術研究中心 傅怡釧副研究員		
1. 第六章，建議在表 6-2 之前再增補臺北海域 2024 年各月波浪統計表(含各月蒐集率)；圖 6.12(續 3)~圖 6.12(續 5)因 AWAC 測站有資料缺漏情形，圖上呈現橫直線，故建議 AWAC 測站資料改成其他圖案(如點或圓圈)表達。	1. 期末報告再補充波浪統計特性表，另 AWAC 圖示問題已修正。	原則同意辦理。
2. 表 5-2、表 5-2 月份欄位有誤，且表 5-2 波浪及海流資料蒐集率逐月統計表之基隆港波/流各月蒐集率，與圖 5.13 各月波浪蒐集率以及圖 5.17 各月海流蒐集率均不一致，請重新檢視修訂。	2. 觀測資料蒐集率表與歷線圖資料蒐集率不一致問題，將進一步確認後再修正。	原則同意辦理。
3. 第三章許多表格數字大小不一，請視表格內容統一數字大小，另數字格式請統一調整為 Time New Roman。	3. 已修訂。	原則同意辦理。
4. 第 9.2 節，關於合作團隊提出近 2 年須持續更換伺服器系統之建議事項，將錄案納入明年本所相關預算科目項下辦理，惟請合作團隊針對本年度執行工作項目執行情形或針對整體 4 年計畫做相關建議，亦請參閱簡連貴委員第 5 點意見，提供後續計畫執行方向，納入期末報告書做修正補充。	4. 遵照辦理。	原則同意辦理。
5. 第 9.3 節內容，因本年度重點工作是建置臺北海域小尺度風浪及水動力模組，建議於	5. 遵照辦理，於期末報告補充。	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
期末報告中補充關於臺北的預期效益與應用之相關說明。		
6. 報告書需修正處已標註在報告書內，會後提供給國立成功大學做報告書修正工作。	6. 感謝，已遵照修正。	原則同意辦理。
結論		
1. 本案期中報告審查結果，原則通過，請國立成功大學針對前開審查意見，配合檢視調整計畫相關內容。	1. 遵照辦理。	原則同意辦理。
2. 另請國立成功大學就前開審查意見，研提處理情形答覆意見表，逐項具體回應，並配合修正報告書相關內容。	2. 遵照辦理。	原則同意辦理。

附錄六

期末報告審查意見處理情形表

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(4/4)－建置與精進臺北海域模組

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
(一)簡連貴委員		
1. 期中報告審查意見皆已回復處理。	1. 謝謝委員肯定。	原則同意辦理。
2. 本計畫屬延續推動計畫，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臺北海域基本資料蒐集與分析、臺北海域小尺度風浪模組建置、臺北海域小尺度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，期末階段工作項目大致已完成，針對丹娜絲颱風完成颱風波浪模擬校驗 及各港颱風期間暴潮觀測資料分析，內容相當豐碩，大致符合要求。9.3 預期效益與應用情形，建議加強說明本計畫成果實際應用情形。	2. 謝謝委員意見及建議。	原則同意辦理。
3. 請補充本年度第4年期(114年)需求說明書工作項目 10 及 11 之辦理情形： (1) 辦理 1 場教育訓練：藉由辦理教育訓練,推廣計畫成果。	3. (1)教育訓練詳附錄八。 (2)預定配合修正定稿一同繳交。	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) 針對計畫重要成果，製作可供展示之海報及影片電子檔。		
4. 本(114)年度計畫為四年期計畫最後一年，應綜整摘要說明 111~114 各年度階段性成果及其應用與效益分析，並強化後續推動研究方向、策略與重要課題建議。	4. 謝謝委員意見，綜整摘要說明詳附錄七。	原則同意辦理。
5. 加強本(114)年度成果之應用宣導與推廣。	5. 謝謝委員建議，配合運技中心辦理應用宣導與推廣活動。	原則同意辦理。
6. 本(114)年度(2024 年 9 月至 2025 年 8 月)伺服器維護記錄，累計達 47 次，低於 113 年同期 53 次。系統均已移機至中華電信臺中文心機房運作，目前維運測試狀況良好，值得肯定。	6. 謝謝委員肯定。	謝謝委員肯定。
7. 強化本計畫在颱風侵襲期間(如丹娜絲颱風)，研究成果提供作為防災預警之成效說明，以彰顯本研究績效與貢獻。	7. 謝謝委員意見。	原則同意辦理。
8. 臺灣近岸海象預測作業化成果評估，採用自動化作業方式執行，持續強化精進以確保資料正確性、穩定性與可靠性。	8. 謝謝委員意見。	原則同意辦理。
9. 今年丹娜絲颱風對南部地區造成嚴重災損，因應氣候變遷(極端海氣象、颱風)之影響，建議後續可持續強化「臺灣近岸海象預測系統 2.0」在極端海氣象預警與 AI 海象預	9. 謝謝委員建議。	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
測應用之研究。		
(二)吳南靖委員		
1. 圖 2.19，高雄寫 KL，應修正。	1. 謝謝委員指正，已修正。	原則同意辦理。
2. 第 1-2 頁，NFS 的英文 F 用 Forest 可能是錯的，會不會是 Forecast?	2. 謝謝委員指正，已修正。	原則同意辦理。
3. 第 2-3 頁，表 2-1，DMS FLAP 是什麼？建議在內文中提一下。	3. 已刪除。	原則同意辦理。
4. 第 2-32 頁，內文提及「NSwave…邊界條件 tide 更新檔。」tide 是潮位嗎？若是，則可能需要說明一下為何邊界條件會用到潮位	4. 謝謝委員指正，已修正為更新各港天文潮潮位預測資料檔。其目的為模擬時配合潮位預測修正地形水深資料。	原則同意辦理。
5. 表 4-1 的標題可能年份 2023 應為 2024。	5. 謝謝委員指正，已修正。	原則同意辦理。
6. 第 4-32 頁，寫說布袋港暴潮偏差+0.343m，但圖 4.38 顯現為-0.343m，紅字，應再檢查看看 。	6. 謝謝委員指正，已修正。	原則同意辦理。
7. 表 5-5 到 5-7，標題是台北港，但最左上角寫的卻是基隆 KL，不一致 。	7. 謝謝委員指正，已修正。	原則同意辦理。
8. 第 5-12 頁，示性波高之觀測與模擬年平均值分別為 3.36m 及 2.86m，但表 5-9 上面這兩個字數對應到的是最大值 。	8. 謝謝委員指正，已修正。	原則同意辦理。
9. 表 5-13，「202501」月份的「最大差值」欄位顯示為「1.54(?)」問號何意？建議在內文中補充說明 。	9. 謝謝委員指正，已修正。因對該值存有疑慮，暫以?標註，經查明後已更正。	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
10.第 5-17 頁，內文提到「其中月最大差值介於 0.53cm/s~1.54cm/s，這些數字在對應的表 5-14 並未出現 。	10.謝謝委員指正，已修正。	原則同意辦理。
11.第 6-28 頁，2024/2/06 應該為 2024/06。	11.謝謝委員指正，已修正。	原則同意辦理。
12.第 7-10 頁，0.362(中度相關 07>R>0.3)可能少打一點 。	12.謝謝委員指正，已修正。	原則同意辦理。
13.第 8-3 頁，在講邊界條件時，最後一行寫「...一維時序列資料」。是指空間一維嗎？這邊讓人讀不懂 。	13.謝謝委員指正，此處 1 維係指空間一維即特定點位。	原則同意辦理。
14.圖 4.3，四個邊界角落點之左上角鄰近陸地(中國大陸)，是指靠近上海那邊的還是靠近廣東那邊的？	14.靠近上海 。	原則同意辦理。
(三)陳威志委員		
1. 第 2-34 頁 ，有關 11.完成基隆、蘇澳及花蓮港靜穩作業化模擬系統測試上線工作，可供網頁工程師下載預測資料。後續進行將模擬預測資料導入港灣環境資訊網測試內部網頁呈現，以供檢視並與觀測資料做比對 1 節，考量本計畫 114 年為最末年，請問後續工作將納入何計畫內執行。	1. 此部份可透過系統維運工作執行。	原則同意辦理。
2. 第 2-40 頁 ，本計畫改採用碼頭線或水域為分區之依據，如圖 2.49 所示，本計畫將花蓮港港區碼頭區分成 8 區 1 節，請問結果與實際情況的差異性，另基隆港及臺北港模擬結	2. 花蓮港港區碼頭區分區原則是依碼頭所在水域及碼頭線進行劃分，預期碼頭靜穩判斷較有代表性。目前基隆及蘇澳港均採用相同劃分原則。	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
果為何，未來能否擴大應用。		
3. 第 3-1頁 ，基隆港的底碇式波流儀目前沒有即時訊號，請及早完成修復，以利相關資料蒐集及呈現之完整。	3. 謝謝委員意見。	已轉知本所觀測業務科室，明年度維護計畫發包後辦理修復事宜。
4. 第 3-3頁 ，有關蒐集率建議可以訂定一個目標值(花蓮港及蘇澳港 2025 年 2 月僅 2~3 成)，以作為未來維護管理之參考。	4. 謝謝委員意見，本年度花蓮港及蘇澳港波浪觀測在康芮颱風受損，東北季風期間不適合外海作業修復，為相關資料之蒐集率表現不佳主因。	原則同意辦理。
5. 第 3-9~11頁 ，2024 年 12 月~2025 年 2 月各港口海域風浪模擬資料平均值統計表，其中時間延遲或偏差等有無訂定可接受之範圍，另同一系統每月偏差或延遲不同如臺北港時間延遲-99 至-3 又到-1HR，建議可以補充分析原因。	5. 目前無針對可接受範圍進行界定，月最大示性波高模擬與觀測不在同一鋒面上，應為二鋒面強度差異不明顯，導致風力預報或風浪模擬在該海域出現偏差所致。	原則同意辦理。
6. 第 3.3 節，颱風侵臺期間各港波浪模擬與觀測平均值統計表，有關觀測值與模擬值間的比值，有無訂定可接受範圍或結果良好之定義。	6. 目前無針對可接受範圍或結果良好之定義進行討論或界定。	原則同意辦理。
7. 第 5-5頁 ，圖 5.4 臺北港海氣象觀測位置及模擬值輸出點位置圖，因物流倉儲區三四期圍堤已完成，目前風力輸出點為二期與三期間中隔堤位置，是否考慮調整至外海並更新臺北港底圖。	7. 感謝委員指正。風力模擬輸出點選取主要考慮因素為與觀測點間之距離，故目前暫無更動之需要。	原則同意辦理。
8. 第 6-2頁 圖 6.1 臺北港整體規劃藍圖，建議配合臺北港未來發展更新底圖。	8. 謝謝委員建議，已依據委員提供之底圖更新。	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
9. 第 8-1 及 P.9-2頁 ，有關臺北海域水動力模組建置，完成臺北海域小尺度水動力模組建置與校驗，並納入臺海水動力模擬子系統進行後續模擬測試，建議可納入海岸輸砂模擬，以利比對臺北港建港對於鄰近海岸地形變遷之影響。	9. 謝謝委員建議，漂沙及海岸地形變遷問題，不在本計畫海象作業化模擬預測工作範疇。漂沙案例模擬，建議另案辦理。	原則同意辦理。
10.第 9-3頁 ，有關效益「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 113 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」1 節，未來建議該資訊網能提供各界瀏覽並不限於國內網路進入。	10.謝謝委員建議，資訊網非本計畫工作範疇。	本所「港灣環境資訊網」公開提供大眾使用，國外也可以上網查詢參閱。
11.第 9-3頁 ，有關「花蓮港區靜穩分析展示」網頁，提供花蓮港務分公司啟動避湧作業之決策支援 1 節，建議未來可逐步推廣至其他港區並建議由正在擴建的港口優先推動。	11.謝謝委員建議，可納入後續計畫評估需求性。	原則同意辦理。
(四)本所運輸技術研究中心 林雅雯科長		
1. 第 2-49 頁，113 年 1 月 4 日至 7 日金門海域模擬與 AWAC 不一致，原因為預測風場導致，建議補充呈現觀測及模擬風力的比對資料 。	1. 遵照辦理。	原則同意辦理。
2. 第 3-2 頁，由於觀測站位置時常異動，建議補充模擬點位	2. 感謝委員建議。由於部分觀測站位置隨年度有微幅異	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
是否有隨之更新的說明。	動，本計畫已檢視相關差異並確認位置變化距離有限，對中尺度網格模擬結果影響不大。惟於小尺度網格模擬中，已同步依觀測點位進行調整與增設，以確保模擬條件與實際觀測位置一致，相關文字敘述已於報告中補述。	
3. 第 3-3 頁，依照 113 年 12 月至 2 月波浪觀測結果，應為臺中港、基隆港及臺北港為最主要高波浪活動區，與文中寫的基隆港與花蓮港不同，建議檢核釐清	3. 感謝委員指正，第 3-3 頁相關文字內容已檢核修正。依據 113 年 12 月至翌年 2 月波浪觀測結果，高波浪活動主要集中於臺中港、基隆港及臺北港等區域，原文中誤列「花蓮港」之部分已更正。	原則同意辦理。
4. 第 3-14 及 3-15 頁，花蓮港平均週期及譜峰週期模擬較偏低之原因，建議釐清。	4. 可能影響因素(1)非鋒面期間 M04 太平洋上風力預測偏小，(2)遠域模式北邊界(北緯 40)與臺灣可能距離不足，導致風浪發展過程周期成長與現況出現落差。	原則同意辦理。
5. 第 4-47 頁，暴潮水位模擬校驗僅比較康芮颱風，且以表呈現觀測分析值與模擬預測值的差異，建議後續比較暴潮偏差較大的颱風及以表、歷線圖呈現:	5. 謝謝委員建議，後續予以改善。	原則同意辦理。
6. 第八章臺北海域小尺度水動力模組建置，請補充其校驗結果。	6. 修正報告已補充 8-2 節說明。	原則同意辦理。
(五)本所運輸技術研究中心 傅怡釧副研究員		
1. 第 7-3 頁，內文引用方程式時請注意編碼，參考文獻部分亦請參考 9 月 13 日於群組提	1. 謝謝指正，修正報告已修訂。	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
供的出版品注意事項簡報。		
2. 第八章除補充水動力模組校驗結果，亦請補充至 9-1 節結論。	2. 遵照辦理，修正報告已補充 8-2 節說明。	原則同意辦理。
3. 因本年度是 4 年期計畫最後一年，第 1-6 頁第 13 項綜整摘要說明 111~114 年度各階段成果，請於修正定稿時補充。	3. 遵照辦理，詳附錄七。	原則同意辦理。
4. 海報及可供展示之影片電子檔資料請於修正定稿時一併繳交。	4. 遵照辦理。	原則同意辦理。
5. 報告書需修正處已標註在報告書內，會後提供給國立成功大學做報告書修正工作。	5. 已依據提供之報告書內標註修訂。	原則同意辦理。
結論		
1. 本案期末報告審查結果，原則通過，請國立成功大學針對前開審查意見，配合檢視調整計畫相關內容。	1. 遵照辦理。	原則同意辦理。
2. 另請國立成功大學就前開審查意見，研提處理情形答覆意見表，逐項具體回應，配合修正報告書相關內容，並製作「期末報告審查意見處理情形表」，報告書修正定稿請於 114 年 12 月 9 日函送本所辦理後續驗收事宜。	2. 遵照辦理。	原則同意辦理。

附錄七

本期(111~114 年)計畫成果摘要

附錄七 本期(111~114 年)計畫成果摘要

本計畫屬於交通部運輸研究所四年期(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。各年度計畫成果綜整如下：

附 7.1 精進基隆海域模組(111 年)

附 7.1.1 海象模擬作業化系統校修與維運

本年度(2021 年 9 月至 2022 年 8 月)系統維護記錄達 60 次，達到確保作業系統正常維運目的。針對臺海水動力模擬系統完成每日 4 次預測模擬作業化程式(TaiCOMS_HD2_run4.exe)之優化。

附 7.1.2 海象模擬作業化系統改善研究

針對海象模擬作業化系統分別完成臺海暴潮模組改善研究、近岸波浪模擬系統作業化環境改善研究及氣象局 WRF 氣象場 M04 及 M05 差異分析等。其中臺海暴潮模組改善內容包括底床摩擦系統率定及水位校驗點位檢討等，改善成果包括臺北港、臺中港及布袋港等水位模擬值與觀測值之均方根誤差值有顯著降低。在近岸波浪模擬系統作業化環境改善方面，完成 Windows 作業系統「港區近岸波浪模擬系統」每日 4 次波浪模擬作業系統建置。針對氣象署提供的 WRF 氣象場 M04 及 M05 進行系統性差異分析，顯示 2 者在西部測站臺中港、安平港、布袋港及高雄港差異最小，北部測站臺北港及基隆港次之，東部測站蘇澳港及花蓮港差異最大。

附 7.1.3 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

完成臺灣周圍海域本年度冬季風浪模擬之校驗，選取花蓮港等 8 港口 1、2 月觀測資料，與本計畫中尺度臺灣周圍海域風浪模組每日四報作業化模擬結果進行評估。同時，本年度評估指標改以常態化均方根誤差(NRMSE)取代均方根誤差(RMSE)，整體上，冬季風浪模擬校驗結果以基隆海域最佳。

附 7.1.4 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

完成花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港及高雄港等港口，潮位觀測資料之調和分析，並預測 2022 年各港天文潮逐時水位資料，提供港研港灣環境資訊網展示；以臺灣周圍海域暴潮模組模擬 2022 年天文潮水位變化，與各港天文潮調和分析預測值比較結果，顯示臺北港、臺中港及布袋港等 3 港口有較大的均方根誤差值。

附 7.1.5 海象模擬作業化系統預測成果評估

完成本年度(2021 年 9 月至 2022 年 8 月)海象作業化預測評估月報及年度評估報告，供港研中心內部參考

附 7.1.6 精進基隆海域風浪模組

基隆海域風浪模組及基隆海域水動力模組分別完成納入海象模擬作業化系統，並持續進行測試與模擬結果校驗。

附 7.1.7 精進基隆海域水動力模組

基隆海域風浪模組及基隆海域水動力模組分別完成納入海象模擬作業化系統，並持續進行測試與模擬結果校驗。

附 7.1.8 新建基隆港靜穩模擬模組

完成基隆港靜穩模組之建置及測試並修正「港區靜穩模擬系統」作業化程式，以完善系統作業化模擬環境。

附 7.1.9 發展花蓮港外廓防波堤越波模組

利用直立堤衝擊波經驗公式發展花蓮港外廓防波堤越波模組，整合花蓮港區近岸波浪模擬系統進行作業化程序測試並上線，初步提供越波預警資訊

附 7.2 建置高雄海域模組(112 年)

附 7.2.1 海象模擬作業化系統校修與維運

本年度(2021 年 9 月至 2022 年 8 月)系統維護記錄達 72 次，高於 111 年度 60 次，確保作業系統正常維運。針對臺海風浪模擬系統完成作業化程式之校修，內容包括(1)增加基隆海域風浪模組，(2)依據運研所布袋港、安平港、高雄港、澎湖港、馬祖港等波浪測站位置資訊，校修系統各模組模擬資料檢核點位，(3)刪除藍色公路風浪模擬資訊，及(4)優化各模組波場繪圖巨集指令(mcr)等。

附 7.2.2 海象模擬作業化系統改善研究

針對海象模擬作業化系統分別完成下列改善工作

(1) 澎湖海域風浪模組校驗：因應澎湖龍門尖山港區外海東南側鄰近澎湖水道新設資料浮標(PHBU01)，完成澎湖海域風浪模組地形水深及檢核點校修、2023 年冬季(1、2 月)風浪模擬結果驗證，以及 2023 年杜蘇芮颱風(7 月 20 日~28 日)風浪模擬結果驗證。

(2) 澎湖海域水動力模組校驗：完成澎湖海域水動力模組地形水深及檢核點校修，以及天文潮水位及流速模擬值校驗；馬公港區及龍門尖山港區檢核點水位模擬值之相關係數 R 分別為 0.989 及 0.993，均方根誤差分別為 0.12m 及 0.09m；流速東西向及南北向分量模擬值之相關係數 R 分別為 0.909 及 0.215，均方根誤差分別為 0.117m/s 及 0.13m/s。

(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，完成高雄港附近海域數值計算網格修訂，新網格節點數為 8,380 個，三角形元素共計 16,071 個。

(4) 氣象署 WRF 氣象場資料修正程序：因應氣象署 WRF 氣象場資料提供格式由 grib1 調整為 grib2，完成系統風場處理系統程式修訂、測試及上線。

附 7.2.3 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

完成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。在颱風波浪模擬方面，完成 2022 強烈颱風軒嵐諾及 2023 中度颱風杜蘇芮之模擬及校驗，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。

附 7.2.4 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

本年度完成花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港及高雄港等港口，2022 年潮位觀測資料調和分析及 2023 年天文潮水位預測；臺海暴潮模組 2023 年天文潮水位預測模擬及校驗，結果顯示各港模擬水位均方根誤差均呈現下降；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，但臺海暴潮模組暴潮偏差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。

附 7.2.5 海象模擬作業化系統預測成果評估

完成本年度(2022 年 9 月至 2023 年 8 月)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。

附 7.2.6 高雄海域基本資料蒐集與分析

完成高雄海域 2022 年潮位、海流及波浪等基本海象資料統計特性分析，其中高雄港最高潮位為 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%。

附 7.2.7 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，新建高雄海域小尺度風浪模組；其模擬範圍為東經 119.80°~120.88°、北緯 21.52°~22.80°，網格解析度為 0.008°；整合系統遠域風浪模組、近域風浪模組及本年度新建高雄海域風浪模組，建構成高雄海域風浪模擬子系統。以杜蘇芮颱風為案例，完成每日 4 次模擬之作業化流程測試，利用高雄港一、二港口示性波高觀測資料校驗高雄海域小尺度風浪模組之模擬結果。

附 7.2.8 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，調整系統高雄港水動力模組之高雄港模型；新建高雄海域水動力模組有限元素計算網格，計有 18112 個三角形元素及 9404 個節點，模擬時間距為 2.0 sec。完成高雄海域 2023 年 1 月天文潮水位及流場變化初步模擬，後續規劃利用高雄港 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及率定相關物理參數。

附 7.3 精進高雄海域模組(113 年)

附 7.3.1 海象模擬作業化系統校修與維運

本年度(2021 年 9 月至 2022 年 8 月)系統維護記錄達 60 次，達到確保作業系統正常維運目的。針對臺海水動力模擬系統完成每日 4 次預測模擬作業化程式(TaiCOMS_HD2_run4.exe)之優化。

本年度(2023 年 9 月至 2024 年 8 月) 系統維護記錄達 53 次，低於 112 年計畫 72 次，確保作業系統正常維運。完成臺海風浪模擬系統作業化程式校修及測試，校修內容包括增加高雄海域風浪模組、調整風浪數值波譜之頻率範圍(期週上限由 T_{max}=25 sec 上修為 T_{max}=30)等，其中新、舊版程式示性波高模擬結果近乎無差異。

附 7.3.2 海象模擬作業化系統改善研究

因應運研所於金門已設置相關觀測儀器，本(113)年度規劃校修金門風浪模組，其中金門海域小尺度風浪模組模擬範圍涵蓋北緯 24.04˚~ 24.72˚及東經 117.8˚~ 118.88˚間海域，數值計算網格之解析度為 0.008˚，網格點數量為 136x86。初步校驗結果得知，水頭商港冬季風浪模擬僅示性波高模擬值與觀測值變化趨勢較為一致，相關係數約為 0.65，屬於中度相關性。由於觀測值之平均週期及譜峰週期普遍呈現高、低值兩極變化現象，此與模擬值穩定變化特性差異明顯，因此模擬值與觀測值間呈現負相關。波向模擬結果則呈現不一致現象，其中觀測值顯示波浪由南通過金門水道往北傳播特性，模值模擬結果則呈現波浪由北往南傳播特性；初步判斷原因有二：(1)計算網格解析度不足，無法模擬波浪由南往北通過狹小的金門水道，(2)預測風場與實際風場差異導致模式無法反應現況。

附 7.3.3 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

完成 2024 年 1、2 月冬季風浪及侵臺颱風凱米波浪模擬，並利用花蓮港等 6 港口 AWAC 測站觀測資料校驗之。本年度各港冬季風浪整體模擬平均值特性如下：1 月平均示性波高最大值出現在臺中港 1.93m，最小值出現在安平港 0.74m；最大示性波高值為臺中港

5.30m，其次為基隆港 4.71m 次之，屬於同一鋒面；最大示性波高發生時間較觀測時間早分別有基隆港及花蓮港，時間差約 1 小時；其於港口發生時間延遲約介於 1~6 小時，其中臺中港延遲時間為 6 小時。2 月平均示性波高最大值出現在臺中港 1.56m，最小值出現在安平港 0.75m；最大示性波高值為臺中港 3.33m，其次為花蓮港 2.94m 次之，屬於同一鋒面；最大示性波高發生時間較觀測時間晚者僅高雄港，時間差約 3 小時；其於港口發生時間均較觀測時間早，時間差約介於 1~15 小時，其中花蓮港時間差 15 小時最大。

整體而言，各港示性波高模擬值之常態化均方根誤差介於 0.201~0.682，以基隆港模擬表現最佳，表現較差者(NRMSE > 0.3)包括花蓮港、蘇澳港及安平港；示性波高模擬值之相關係數介於 0.572~0.940，顯示除蘇澳港及安平港外，各港均呈現高度相關性(R ≥ 0.7)。平均週期模擬值之常態化均方根誤差介於 0.175~0.258，平均週期模擬值之相關係數介於 0.231~0.797，具高度相關性者計有基隆港及臺中港等 2 港。各港譜峰週期模擬值之常態化均方根誤差介於 0.194~0.444，以安平港模擬值誤差表現最差，其次為高雄港(> 0.3)；譜峰週期模擬值之相關係數介於-0.058~0.710，僅臺中港呈現高度相關性(R ≥ 0.7)。平均波向模擬值之均方根誤差介於 19.4º~76.7º，以安平港模擬值表現最差，基隆港誤差值較小；相關係數介於-0.55~0.864，其中花蓮港、蘇澳港及臺中港波向模擬值達到高度相關性，高雄港波向模擬值呈現負相關性。整體上，冬季風浪模擬校驗結果以臺中港最佳，基隆港居次；

颱風波浪模擬以強烈颱風凱米為案例，在作業化風場颱風中心位置比對上，業化風場颱風中心移動預測路徑與觀測路徑相近；其中颱風中心預測登陸時間為 25 日 0 時與觀測時間相同，但登陸位置在宜蘭南澳北側；颱風中心預測出海位置與觀測位置相近，但出海時間 25 日 3 時較觀測時間提前 1 小時。在常態均方根誤差指標上，示性波高模擬值以高雄港海域表現最佳、安平港海域次之，基隆港海域最差；平均週期模擬值以高雄港海域表現最佳、花蓮港海域次之，基隆港海域最差；譜峰週期模擬值以安平港海域表現最佳、高雄港海域次之，基隆港海域最差；平均波向模擬值以安平港海域表

現最佳、花蓮港海域次之，臺中港海域最差。在相關係數指標上，各海域示性波高模擬值與觀測值相關性均呈現高度相關；平均週期模擬值與觀測值之相關性表現，僅安平港及基隆港 2 海域屬於中度相關，其餘海域屬於高度相關；譜峰週期模擬值與觀測值之相關性表現，以臺中港最佳、安平港次之，2 海域屬於高度相關，其餘海域屬於中度相關；平均波向模擬值與觀測值之相關性表現，基隆港海域呈現負相關、蘇澳港海域為低度相關、高雄港海域為中度相關，其餘海域屬於高度相關。

附 7.3.4 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

在潮位觀測資料方面，針對花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港及高雄港等港口，完成 2023 年潮位觀測資料調和分析及 2024 年天文潮水位預測。其中 2023 年杜蘇芮颱風侵臺期間最大暴潮偏差觀測分析值出現在布袋港 0.671m，其次安平港 0.629m；高雄港一港口暴潮偏差最大值為 0.388m。2024 年凱米颱風侵臺期間各主要商港口出現顯著暴潮現象，其中最大暴潮偏差觀測預測值為布袋港 0.783m，其次安平港 0.550m。

在臺海暴潮模組模擬方面，完成 2024 年天文潮水位預測模擬及校驗，整體上天文潮水位模擬之均方根誤差，以基隆港 0.175m、臺北港 0.158m 及臺中港 0.188m 等 3 港口表現較差，花蓮港 0.1m 表現最佳；颱風暴潮模擬以強烈颱風凱米為案例，各港最大暴潮偏差模擬預測值依序分別為，布袋港 0.807m、蘇澳港 0.684m、臺中港 0.633m、花蓮港 0.506m、高雄港 0.367m、安平港 0.366m 及基隆港 0.339m，僅安平港及高雄港低於觀測預測值。

附 7.3.5 風力、波浪、水位及流場等海象預測作業化成果評估

完成本年度(2023 年 9 月至 2024 年 8 月) 基隆、臺北、臺中、布袋、安平、高雄、花蓮、蘇澳、澎湖及馬祖等 10 個商港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。

附 7.3.6 精進高雄海域小尺度風浪模組

延續上年度計畫成果完成高雄海域風浪模擬系統作業化程式，並納入新版臺海風浪模擬系統及測試。其中小尺度高雄海域風浪模組冬季風浪模擬結果顯示，一、二港口檢核點示性波高模擬值相關係數指標分別為 0.72 及 0.79，符合高度相關性；凱米颱風期間示性波高模擬值相關係數指標分別為 0.97 及 0.98，呈現高度相關性。

附 7.3.7 精進高雄海域小尺度水動力模組

延續上年度計畫成果採用高雄海域天文潮模擬率定高雄海域水動力模組相關參數，其中水位模擬值與觀測值相關係數可達 0.9 以上，但流速大小模擬值僅達觀測值一半弱，後續仍待持續改善。此外，系統運作測試上仍有不穩定狀待改善，即出現數值模擬發散現象，導致模擬流程中斷。

附 7.3.8 新建金門海域水動力模組

因應運研所於金門已設置相關觀測儀器觀測潮位及海流，本年度完成金門海域水動力模組建置工作。基本資料蒐集包括金門海域地形水深、水頭商港潮位及海流觀測資料等，其中 2023 年潮位統計結果顯示，平均潮位為 0.115m、平均高潮位為 2.138m、平均低潮位為-1.754m、平均潮差(MR)為 3.892m，最高潮位值 3.430、最低潮位值-3.217m，全年最大潮差(MTR)為 6.396m。

本計畫金門海域水動力模組模擬範圍與系統原模組相同，利用 Google 衛星影像校修金門北側大登島附近陸地邊界，新建數值計算網格計有 7,664 個節點及 14,838 個三角形元素。水動力模組校驗結果顯示，天文潮水位模擬值呈現高度相關性(R>0.9)，流速東西向模擬值明顯偏小，判斷與測站東側(即水頭商港北側)海域地形屬於礁岩淺灘區缺乏水深調查資料，導致數值網格水深失真有關。

附 7.4 建置及精進臺北海域模組(114 年)

附 7.4.1 海象模擬作業化系統校修與維運

本年度(2024 年 9 月至 2025 年 8 月)系統維護記錄為 47 次，低於 113 年同期 53 次；完成基隆港、花蓮港及蘇澳港等 3 商港港區靜穩模擬系統作業化程式校修及測試。

附 7.4.2 海象模擬作業化系統改善研究

針對海象模擬作業化系統分別完成下列改善工作

(1) 臺北港近岸波浪模組改善：因應臺北港第三期擴建工程(辦理以來，臺北港外廓及港區配置已出現明顯改變，既有小尺度臺北港近岸波浪模組模擬結果已無法符合現況；緣此，辦理臺北港近岸波浪模組改善，完成臺北港外廓及港區配置修正、計算網格水深資料及模擬結果輸出點位等更新。

(2) 金門海域風浪模組改善研究：針對小尺度金門海域風浪模組改善計算網格解析度為 0.004° 及縮短風浪模擬之時間距為 120sec，研究結果顯示僅在作業化風場特定時間段內，可模擬出金門外海風浪由金門水道往金、廈間海域傳遞之現象。

(3) 臺海暴潮模組數值計算網格調整：因應臺北港外廓及港區配置已出現明顯改變，以及配合小尺度臺北海域水動力模組建置之需求，針對臺海暴潮模組計算網格進行改善。新版臺海暴潮模組計算網格之節點數共計 8,408 個，新產生的三角元素非結構計算網格，共計有 16,123 個三角形元素。

附 7.4.3 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

完成 2024 年 12 月~2025 年 2 月冬季風浪模擬，以及本年度(2024 年 9 月至 2025 年 8 月)侵臺颱風山陀兒、康芮、天兔及丹娜絲等颱風波浪模擬之校驗分析。冬季風浪校驗成果顯示：冬季期間臺海風浪模擬系統整體再現性良好，示性波高與平均週期之相關係數介於 0.7～0.9，常態均方根誤差(NRMSE)約 0.2～0.6，顯示模式能準確反映季風作用下臺灣周圍海域風浪之分布與變化特性。各港口模擬結果

呈地區性差異，北部與東部港口(基隆、花蓮)再現性較高，而南部港口(高雄、安平)誤差較大，主要受地形遮蔽與近岸能量耗散影響。颱風波浪校驗成果顯示：示性波高與週期整體再現性良好，相關係數普遍大於 0.7，誤差多介於中低範圍(NRMSE 約 0.3～0.8)。於東部港口(花蓮、蘇澳)示性波高普遍高估，而西南部港口(高雄、安平)吻合度較高。平均波向偏差受颱風路徑、地形遮蔽及水深折射影響明顯，顯示網格解析度及近岸複雜地形為主要誤差來源。

附 7.4.4 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

在潮位觀測資料方面，針對花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港及高雄港等港口，完成 2024 年潮位觀測資料調和分析及 2025 年天文潮水位預測。2024 年暴潮偏差觀測分析值顯示：布袋港、安平港及高雄港等 3 港口年度最大暴潮偏差發生在凱米颱風期間，分別為 0.677m、0.552m 及 0.424m；花蓮港及蘇澳港年度最大暴潮偏差發生在康芮颱風期間，分別為 0.845m 及 0.450m。

在臺海暴潮模組模擬方面，完成 2025 年天文潮水位預測模擬及校驗，整體上天文潮水位模擬之均方根誤差最小值為花蓮港 0.077m，最大值為臺北港 0.183m。優於 2024 年天文潮水位模擬校驗結果分別為花蓮港、蘇澳港、臺中港及安平港等 4 港口，整體呈現優、劣各半之現象。

另針對 2024 年康芮颱風暴潮模擬校驗顯示，最大暴潮偏差呈現出模擬預測值低於觀測分析值現象(僅布袋港例外)。

附 7.4.5 風力、波浪、水位及流場等海象預測作業化成果評估

完成本年度(2024 年 9 月至 2025 年 8 月) 基隆、臺北、臺中、布袋、安平、高雄、花蓮、蘇澳、澎湖及馬祖等 10 個商港海象作業化預測評估月報及年度評估報告，供運研所內部參考。

附 7.4.6 臺北海域基本資料蒐集與分析

完成臺北海域近年地形水深、潮位、波浪及海流等調查資料蒐集與分析，其中臺北港潮型指標[(O1+K1)/ (M2+S2)]約為 0.315，近

似半日潮型態(≤0.25)；2024 年臺北海域波浪特性如下，示性波高分布主要範圍為 1.0~1.5m，其次為 1.5~2.0m；平均週期分布主要範圍為 4.0~5.0sec，其次為 5.0~6.0sec；主波向方位分布以 N 向為主，其次為 NNE 向；測站附近海流漲、退潮主要流向為 ENE-WSW，以半日潮 M2 佔優勢，其次為半日潮 S2。

附 7.4.7 臺北海域小尺度風浪模組建置

近年臺北港進行港區擴建工程，使臺北港港型改變，針對臺北海域小尺度風浪模組、調整模組內之臺北港港型，並新建臺北海域小尺度風浪模組，應用臺北港觀測資料完成模式驗證工作

完成臺北海域小尺度風浪模組建置及臺北海域風浪模擬系統作業化模擬測試與校驗；冬季風浪小尺度臺北海域風浪模擬(2025 年 2 月)校驗結果顯示：示性波高模擬達到高度相關之標準，週期(平均、譜峰)及平均波向模擬亦達到中度相關標準。颱風波浪模擬(2024 年康芮颱風)校驗結果顯示：示性波高及平均週期之相關係數下降，譜峰週期及平均波向之相關係數上升(達到高度相關標準)。整體而言，颱風波浪模擬因採用短期資料校驗，評估指標(相關係數及均方根誤差)較易隨颱風特性呈現顯著變動。

附 7.4.8 臺北海域小尺度水動力模組建置

近年臺北港進行港區擴建工程，使臺北港港型改變，針對臺北海域小尺度水動力模組、調整模組內之臺北港港型，並新建臺北海域小尺度水動力模組，應用臺北港觀測資料完成模式驗證工作。

完成臺北海域小尺度水動力模組建置與校驗，經由試誤法(trial and error)得到臺北海域水動力模組水位及流速模擬最適校驗結果，其中水位模擬值之相關係數 R 為 0.995，均方根誤差為 0.125m；東西向及南北向流速值之相關係數 R 分別為 0.927 及 0.986，均方根誤差分別為 0.177m/s 及 0.042m/s；顯示水動力模擬可充份地反應臺北海域之水位及流場變化。

附錄八

教育訓練及協助計畫成果推廣工作

附錄八 教育訓練及協助計畫成果推廣工作

一、教育訓練

本計畫教育訓練納入交通部運輸研究所 114 年 11 月 5 日「114 年度港灣環境資訊網使用者說明會」視訊會議議程內舉辦，當日以「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。與會單位有台電公司、台中液化天然氣廠、交通部中央氣象署、交通部觀光署、交通部航港局、海軍大氣海洋局、海洋委員會海巡署、國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心、金門縣港務處、連江縣政府工務處、花蓮區漁會、基隆區漁會、宜蘭縣政府環保局、臺灣港務股份有限公司及各港務分公司、航運業、科技業者、交通部運輸研究所、成大水工所及一般民眾等。

「114 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，讓使用者瞭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：114 年 11 月 5 日(星期三)上午 10 點

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

附註：

1. 運輸技術研究中心(以上簡稱運技中心)。
2. 會議聯絡人：劉清松副研究員 Tel:04-26587136；E-mail:ason@mail.ihmt.gov.tw

會議簽到表

壹、會議名稱：114 年度港灣環境資訊網使用者說明會

貳、時間：114 年 11 月 5 日(星期三) 上午 10 時

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：蔡立宏 主任 蔡立宏

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所運輸技術研究中心	第一科科長 賴瑞應	賴瑞應
	第二科科長 李俊穎	李俊穎
	第三科科長 林雅雯	林雅雯
	副研究員 劉清松	劉清松
	副研究員 謝幼屏	謝幼屏
合作研究單位： 國立成功大學 數位地球科技有限公司	研究員 總經理	劉正琪 林騰威(視訊)

會議簽到表

壹、會議名稱：114 年度港灣環境資訊網使用者說明會

貳、時間：114 年 11 月 5 日(星期三) 上午 10 時 00 分

參、地點：本所運輸技術研究中心 5 樓第一會議室(視訊)

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所運輸技術研究中心	副研究員	蔣世瑋
	行政室	顏麗香
	現場工作人員	
	電腦室	王欣郁 徐青照 李麗雯
合作研究單位： 國立成功大學	駐點工程師	謝俊統
數位地球科技有限公司	系統工程師	林珂如


歡迎參與本年度
「使用者說明會」
請與會來賓記得
要簽到，謝謝！
SCAN ME


一、概述-系統架構
蒐集
品管
服務
使用者


交通部運輸研究所運輸技術研究中心
參與者
上午10:20 | neq-urkq-cws


交通部運輸研究所運輸技術研究中心 (正在分享螢幕畫面和新增註解)
114年度
港灣環境資訊網使用者
說明會
海象模擬功能提升及應用
簡 報 人：劉 正 琪 研究員
主辦單位：交通部運輸研究所港灣技術研究中心
執行單位：國立成功大學水工試驗所
參與者
上午11:33 | neq-urkq-cws

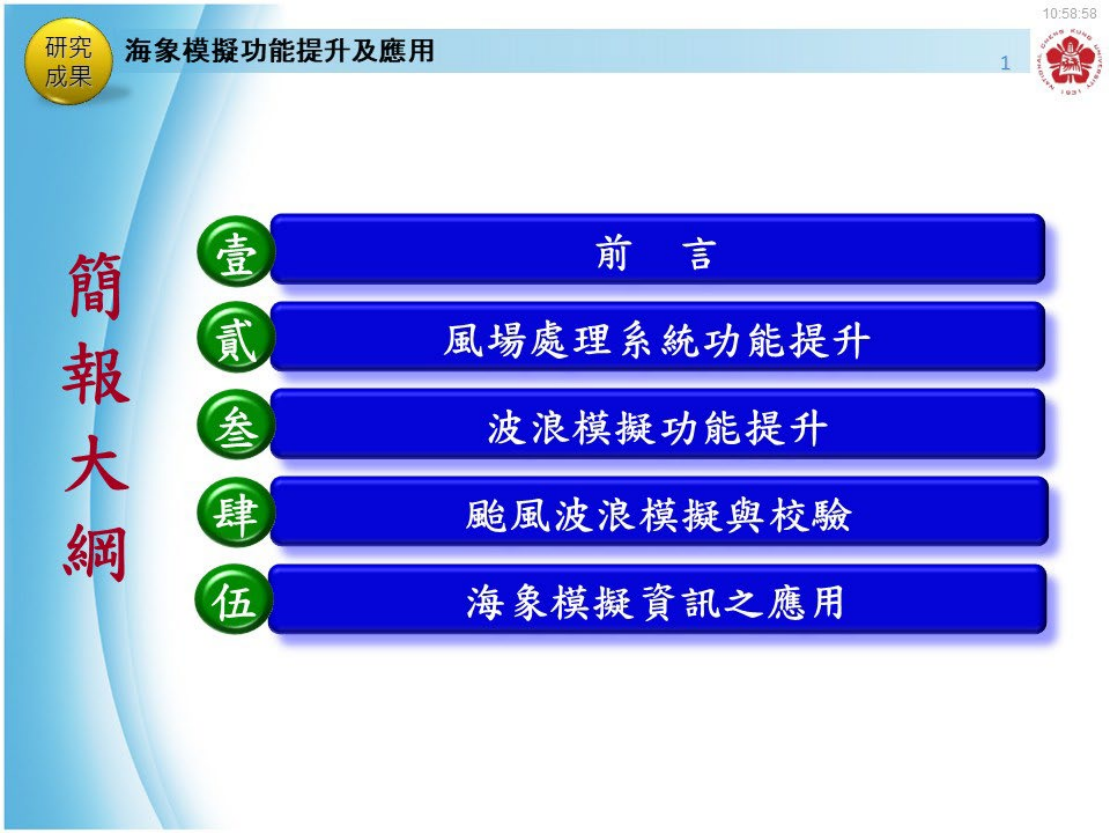

交通部運輸研究所運輸技術研究中心 (正在分享螢幕畫面和新增註解)
研究成果
海象模擬功能提升及應用
五、海象模擬資訊之應用
提供臺灣港務股份有限公司相關海象模擬資訊，俾利掌握海象狀況，做為港區管理、防颱應變使用。
「臺灣近岸海象預測系統2.0」之風浪模擬結果已應用於「臺東及花蓮海岸公路浪襲預警系統」，提供外海風浪模擬值以推估移動至臺東及花蓮近岸波浪波高，顯示對應之預警燈號供公路總局防災應變之用。應用於「花蓮港區靜穩分析展示」網頁，提供花蓮港務分公司啟動避颱作業之決策支援。
本計畫海氣象模擬預測成果，均整合並即時展示於運研所「港灣環境資訊網」，平日供航港局、臺灣港務公司及縣市政府辦理港口船舶交通、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。
參與者
上午11:47 | neq-urkq-cws

114年度
港灣環境資訊網使用者說明會

海象模擬功能提升及應用

簡　報　人：劉正琪 研究員

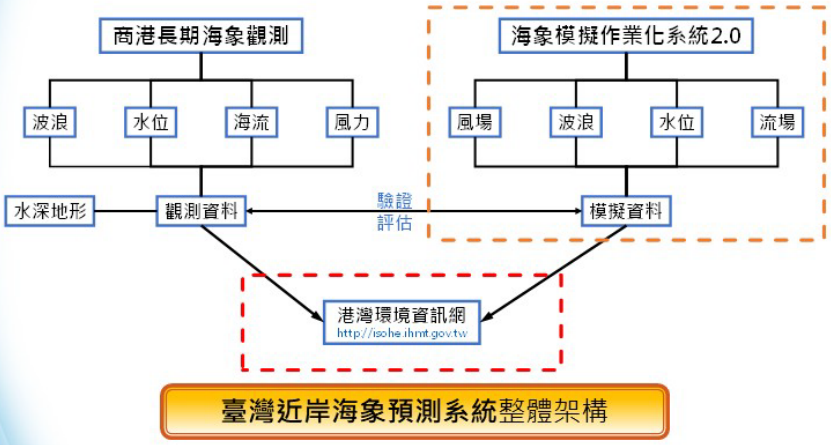
委辦單位：交通部運輸研究所運輸技術研究中心
執行單位：國立成功大學水工試驗所



研究成果 海象模擬功能提升及應用 2

一、前言

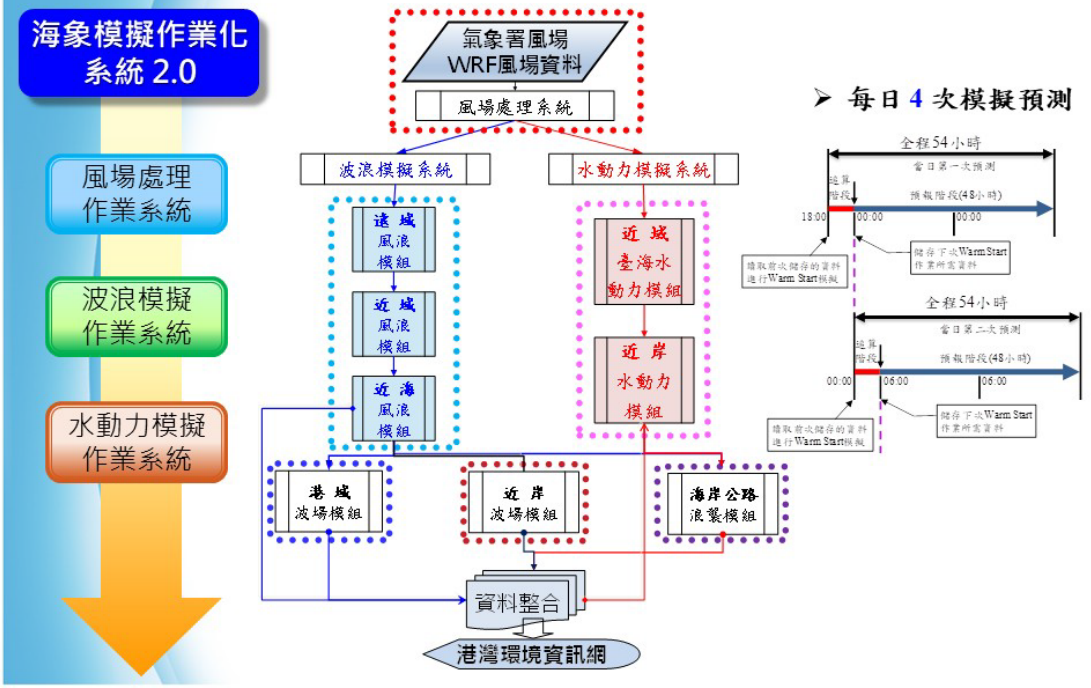
基於保護臺灣周遭水域航行船舶與人員安全，以及水環境維護等考量，交通部運輸研究所(簡稱運研所)於民國92年起著手整合近岸海象數值模擬與海象觀測資料之研究計畫，發展及推動**適用臺灣四周海域**之近岸/近海防救災相關**海象預測系統**。



臺灣近岸海象預測系統整體架構

研究成果 海象模擬功能提升及應用 3

一、前言



研究成果 海象模擬功能提升及應用 4

一、前言

海象模擬作業化系統 2.0

風場處理作業系統

波浪模擬作業系統

水動力模擬作業系統

新、舊海象模擬作業化系統比較

	內 容	舊 版	新 版
作業系統	作業化環境	以Linux為主, Windows為輔	Windows為主, Linux為輔
	啟動模擬次數	每日 1 次	每日 4 次
風場後處理	作業化環境	Linux	Linux
	資料網格	3 層網格(1/6°、1/12°、1/24°)	2 層網格(1/6°、1/30°)
風浪模擬	作業化環境	Linux	Windows
	資料網格	2 層網格(0.2°、0.04°)	3 層網格(0.2°、0.04°、0.008°)
	模組間關聯性	邊界示性波參數、關聯性弱	邊界不規則波波譜、關聯性強
水動力模擬	作業化環境	Linux	Windows
	資料網格	2 層網格(解析度1/6°、1/60°)	不規則網格(近岸及港區解析度高)
	模組間關聯性	邊界水位、關聯性弱	邊界水位、關聯性弱

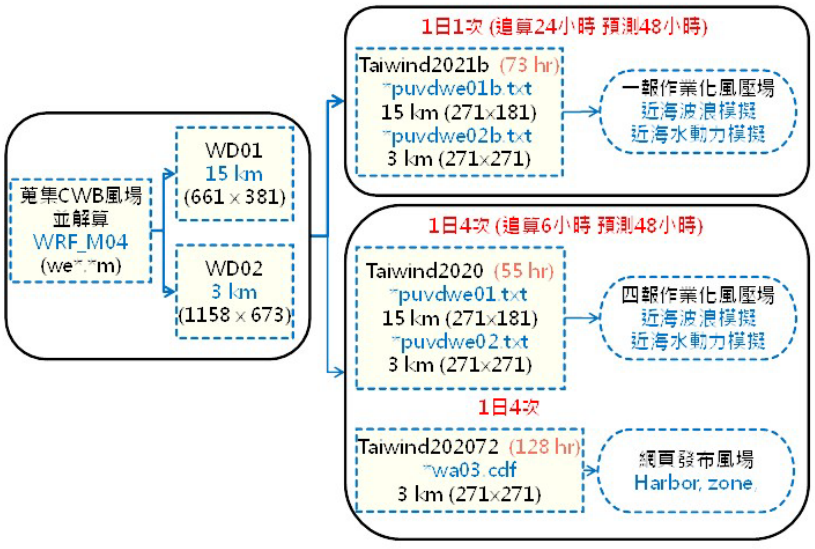
研究成果 海象模擬功能提升及應用 5

二、風場處理系統功能提升

海象模擬作業化系統 2.0

風場處理作業系統

- 海象模擬預測： 提供每日4次作業化風壓場(54小時)
- 港灣環境資訊網：提供每日4次預報風場資訊(128小時)



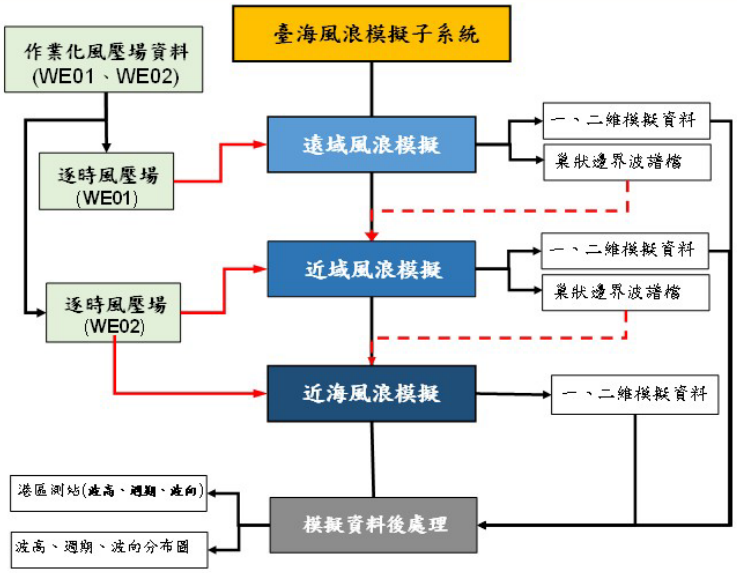
研究成果 海象模擬功能提升及應用 6

三、波浪模擬功能提升

海象模擬作業化系統 2.0

波浪模擬作業系統

◆ 臺海風浪模擬系統：新增基隆、高雄及臺北等3海域(小尺度)近海風浪模組，提供基隆、高雄及臺北等港口細緻化風浪模擬預測資訊

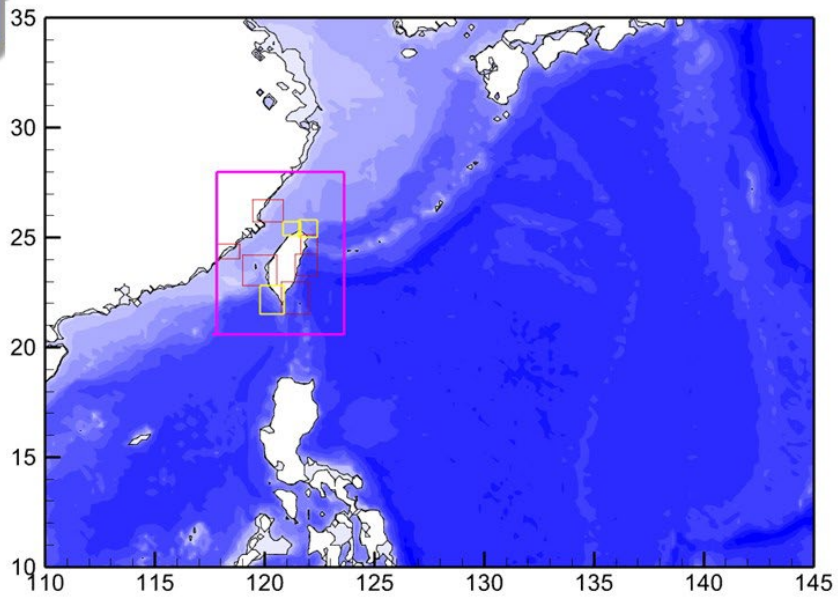


研究成果 海象模擬功能提升及應用 7

三、波浪模擬功能提升

海象模擬作業化系統 2.0

波浪模擬作業系統

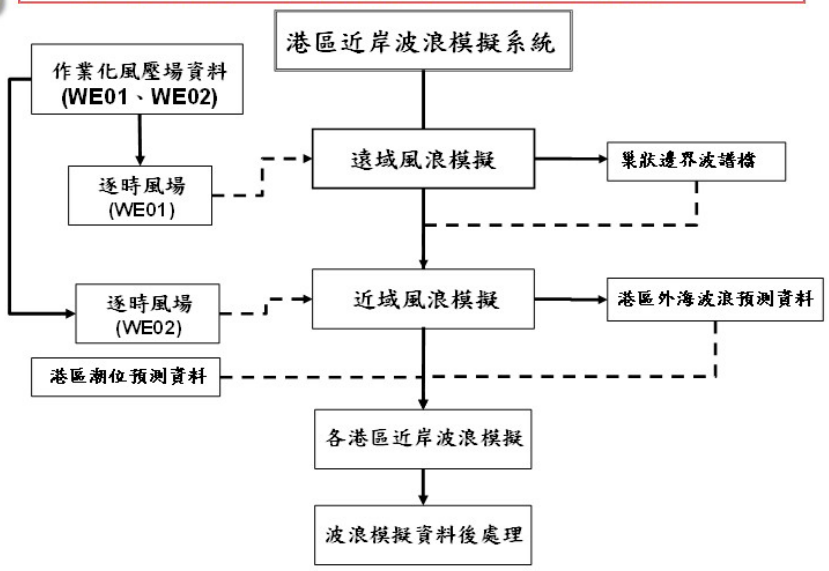


三、波浪模擬功能提升

海象模擬作業化系統 2.0

◆ 港區近岸波浪模擬系統：耦合風浪模擬及近岸波浪模擬建構成，提供各港口外海近岸波場細緻化模擬預測資訊

波浪模擬作業系統

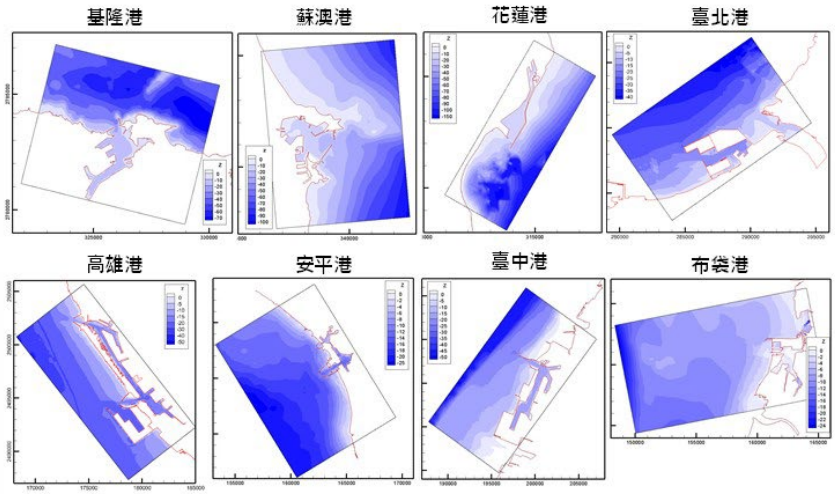


三、波浪模擬功能提升

海象模擬作業化系統 2.0

◆ 港區近岸波浪模擬系統：耦合風浪模擬及近岸波浪模擬建構成，提供各港口外海近岸波場細緻化模擬預測資訊

波浪模擬作業系統



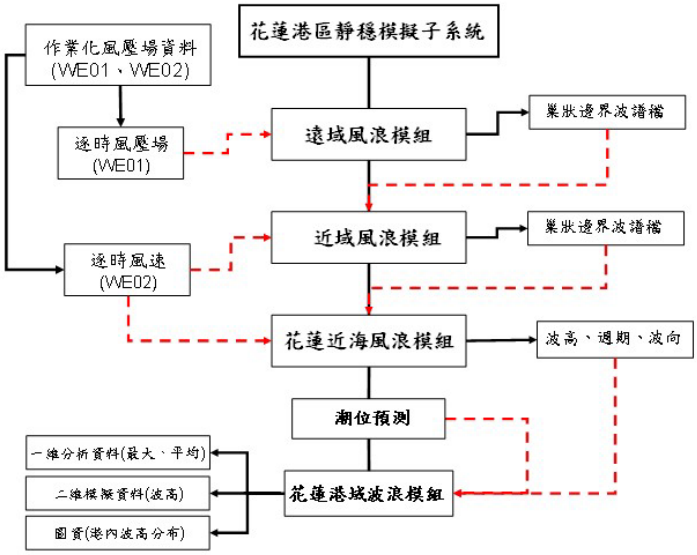
研究成果 海象模擬功能提升及應用 10

三、波浪模擬功能提升

海象模擬作業化系統 2.0

波浪模擬作業系統

◆ **港區靜穩模擬系統**：耦合風浪模擬及港域波浪模擬建構成，提供港內水域及碼頭區波場細緻化模擬預測資訊

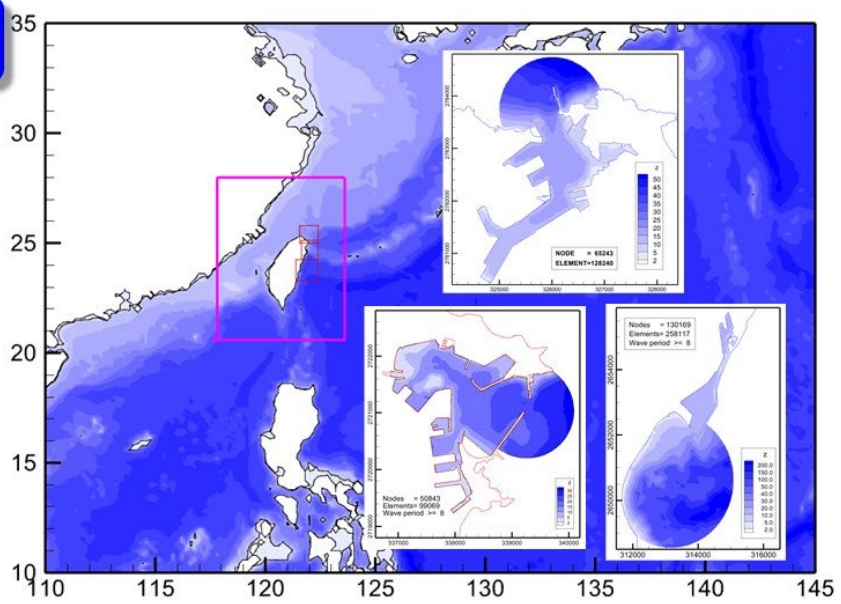


研究成果 海象模擬功能提升及應用 11

三、波浪模擬功能提升

海象模擬作業化系統 2.0

波浪模擬作業系統



研究成果 海象模擬功能提升及應用 12

四、颱風波浪模擬與校驗

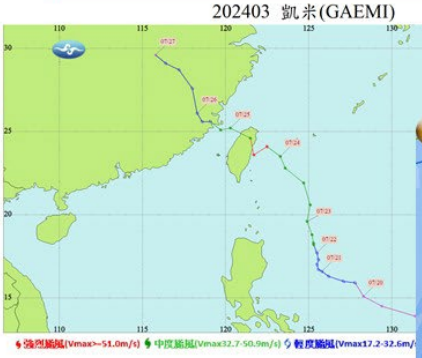
海象模擬作業化系統 2.0

◆ **2024年凱米颱風**：造成多哥籍貨輪蘇菲亞號(SOPFIA)等8艘貨輪分別於台南、高雄、屏東縣沿海擱淺，以及坦尚尼亞籍貨輪富順(FU-SHUN)於高雄港外海16海哩沉沒有5船員失蹤。

2024年凱米颱風

2024年康芮颱風

202403 凱米(GAEMI)





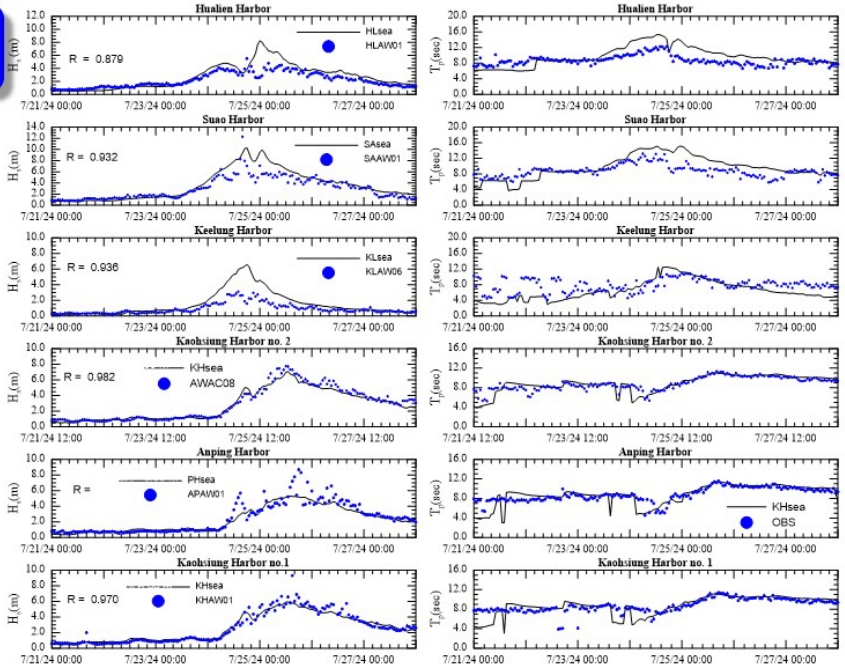
研究成果 海象模擬功能提升及應用 13

四、颱風波浪模擬與校驗

海象模擬作業化系統 2.0

2024年凱米颱風

2024年康芮颱風

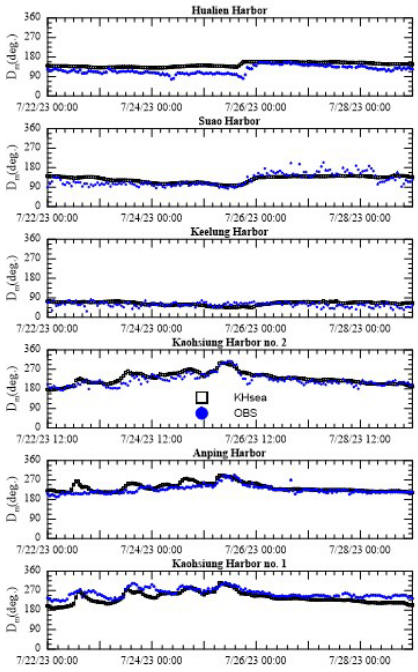


四、颱風波浪模擬與校驗

海象模擬作業化系統 2.0

2024年 凱米颱風

2024年 康芮颱風



四、颱風波浪模擬與校驗

海象模擬作業化系統 2.0

◆ **2024年康芮颱風**：造成臺灣港務公司轄下花蓮港東防波堤嚴重受損，災損情形包括東防波堤消波胸牆與堤面道路損壞範圍達1,291公尺(如圖1)，防波堤自0k+497處至堤頭燈塔全線中斷，人車無法通行，以及突堤燈塔受破損混凝土塊撞擊造成破洞等損壞。。

2024年 凱米颱風

2024年 康芮颱風



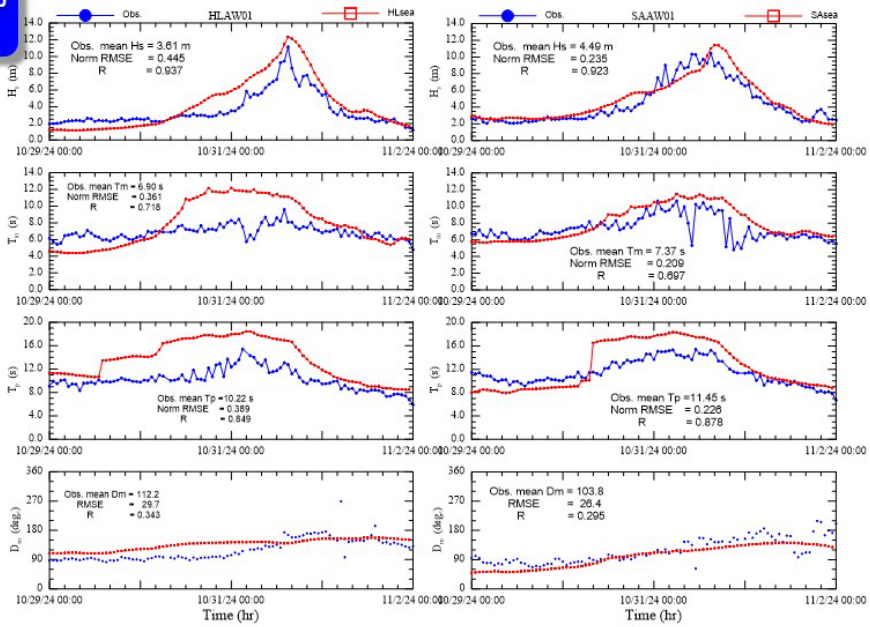
研究成果 海象模擬功能提升及應用 16

四、颱風波浪模擬與校驗

海象模擬作業化系統 2.0

2024年 凱米颱風

2024年 康芮颱風



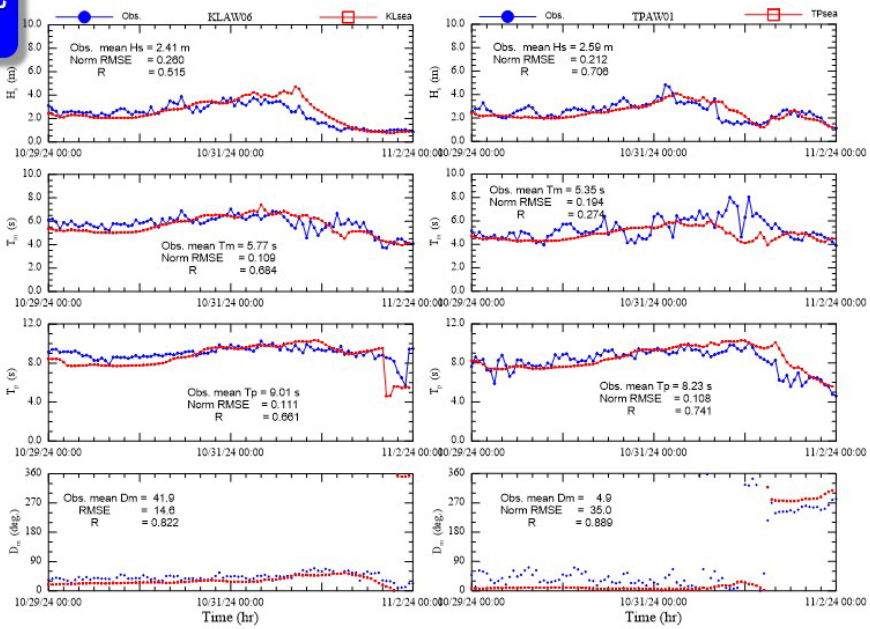
研究成果 海象模擬功能提升及應用 17

四、颱風波浪模擬與校驗

海象模擬作業化系統 2.0

2024年 凱米颱風

2024年 康芮颱風

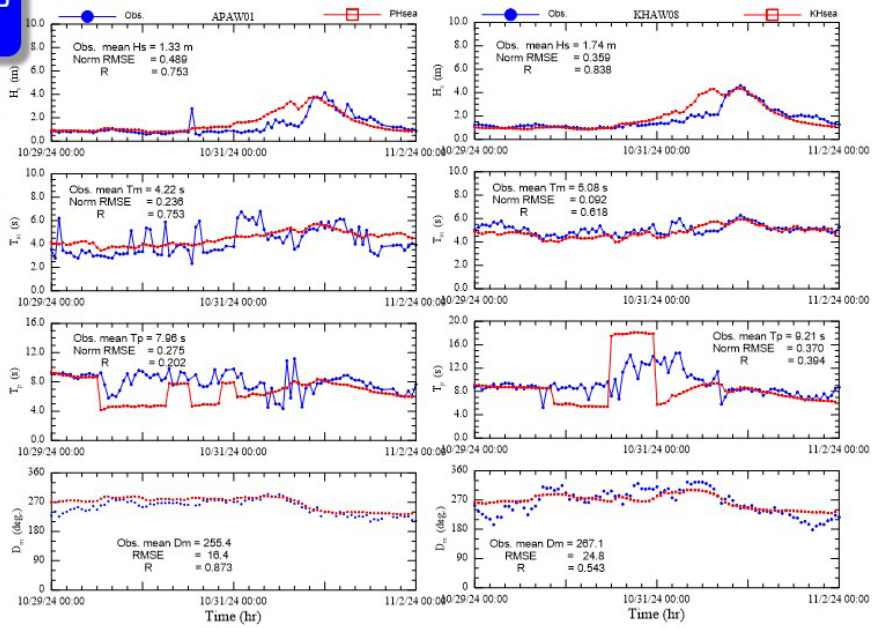


四、颱風波浪模擬與校驗

海象模擬作業化系統 2.0

2024年 凱米颱風

2024年 康芮颱風



五、海象模擬資訊之應用

1. 提供臺灣港務股份有限公司相關海象模擬資訊，俾利掌握海象狀況，做為港區管理、防颱應變使用。

2. 「臺灣近岸海象預測系統2.0」之風浪模擬結果已應用於「臺東及花蓮海岸公路浪襲預警系統」，提供外海風浪模擬值以推估移動至臺東及花蓮近岸波浪波高，顯示對應之預警燈號供公路總局防災應變之用；應用於「花蓮港區靜穩分析展示」網頁，提供花蓮港務分公司啟動避湧作業之決策支援。

3. 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。

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/

二、計畫成果推廣工作

將本年度計畫成果以「康芮颱風侵臺期間颱風波浪模擬與驗證」為題，投稿「第 47 屆海洋工程研討會暨國際能源論壇」論文，並於 114 年 11 月 27 日~28 日出席研討會並簡報。

11/28 FRI.

時　間	活　動				
08:40~10:20	6樓第一會議室 海洋及海岸規劃管理 I	7樓國際會議廳 波浪與水動力學、潮波流及漂沙研究發展 II	7樓第一會議室 海洋資源之開發與保育暨港灣與海域工程 II	6樓第二會議室 海洋能與離岸風力 II	6樓第三會議室 海岸防災與保護之自然解方
10:20~10:40	休息與點心				
10:40~12:20	6樓第一會議室 海洋及海岸規劃管理 II	7樓國際會議廳 波浪與水動力學、潮波流及漂沙研究發展 III	7樓第一會議室 海洋資源之開發與保育暨港灣與海域工程 III	6樓第二會議室 海洋能與離岸風力 III	6樓第三會議室 海洋雷達技術發展
12:20~	賦　歸				

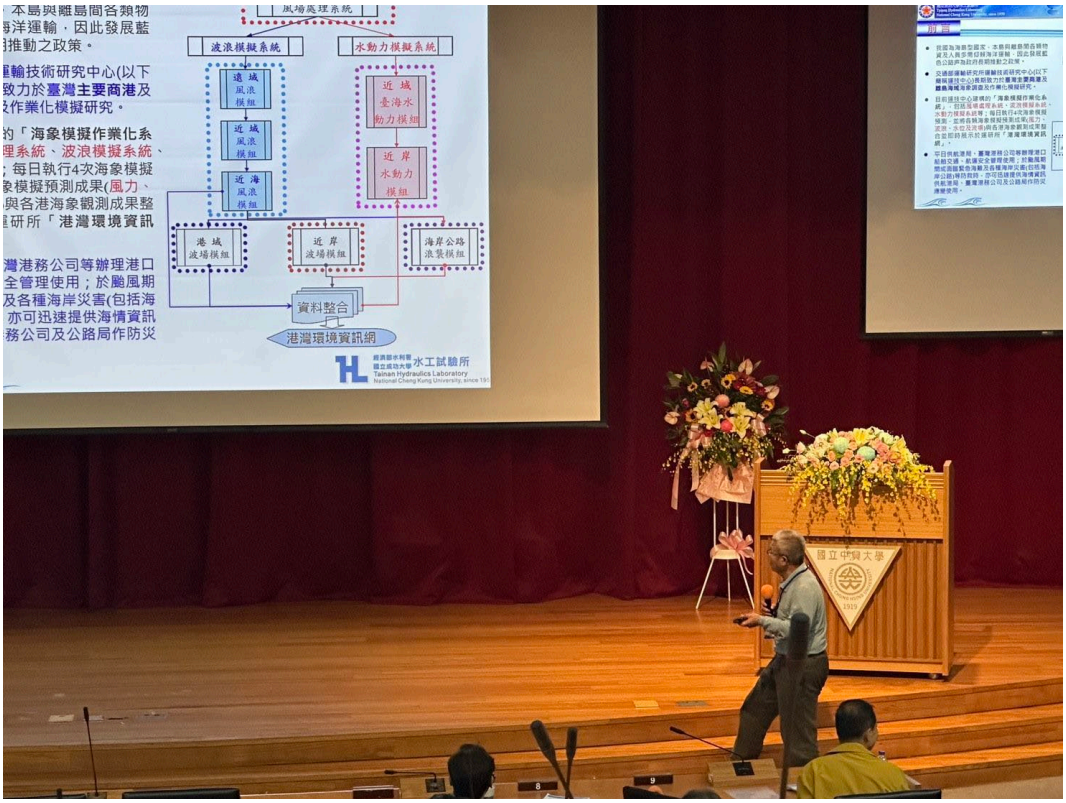
11/28 10:40~12:20 議題研討 III

主　題：波浪與水動力學、潮波流及漂沙研究發展 III　　會場：7 樓國際會議廳

主持人：李兆芳、許弘莒

時　間	題　目	作　者	頁 次
10:40~10:50	我國海事事件應變之最適海氣象模式選擇機制開發	呂宜潔、賴堅戊	92
10:50~11:00	康芮颱風侵臺期間颱風波浪模擬與驗證	劉正琪、傅怡釧、盧韋勳、李兆芳、林雅雯、謝佳紘	58
11:00~11:10	對撞異重流平均流場與紊流場之能量分析	黃友麟、戴璽恆	71
11:10~11:20	日本福島核電廠輻射廢水排放海洋傳輸預報作業系統之校驗分析	王啓竑、鄭皓宇、東佳穎、于嘉順、曾慧婷、鄧仁星	34
11:20~11:30	林口外海高解析度波浪場之研究與分析	余晉歡、王豪偉、洪深造、廖于慧、張文鎰	48
11:30~11:40	極地海域四階非線性水彈性波之攝動解析	許弘莒、黃泓諭	62
11:40~11:50	數值探究分層水體中水下物體受孤立內波影響之渦流場變化	陳祥穎、鄭明宏、洪子懿、黃榮鑑	73
11:50~12:00	海水製氫技術之鹵水排放模擬分析與可行性評估	詹子嫻、陳威翔	113
12:00~12:10	臺灣海域三維海流作業化預報模式網格系統之精進與擴展	王啓竑、于嘉順、陳維翔、朱啟豪	83
12:10~12:20	雙頻波浪與波形底床互制作用下之 Class II 型態布拉格反射之初探	黃子濬、劉鎮偉、林鼎傑、許泰文	80


海洋工程研討
探索海洋 智慧治理
The 47th Ocean Engineering
2025 11/27 THU.
11/28 FRI.
前言


風場處理系統
波浪模擬系統
水動力模擬系統
遠域風浪模組
近域風浪模組
近海風浪模組
近域臺海水動力模組
近岸水動力模組
港域波場模組
近岸波場模組
海岸公路浪襲模組
資料整合
港灣環境資訊網
水工試驗所
Tainan Hydraulics Laboratory
國立中興大學

第 47 屆海洋工程研討會論文集　國立中興大學　2025 年 11 月
Proceedings of the 47th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Chung Hsing University, November 2025.

康芮颱風侵臺期間颱風波浪模擬與驗證

劉正琪[1]　傅怡釧[2]　盧韋勳[1]　李兆芳[1]　林雅雯[2]　謝佳紘[1]

[1]國立成功大學水工試驗所
[2]交通部運輸研究所運輸技術研究中心

摘要

2024 年 10 月強烈颱風康芮襲臺，7 級暴風圈籠罩全臺，並造成花蓮港東防波堤嚴重受損。本研究利用交通部運輸研究所「臺灣近岸海象預測系統 2.0」建構之臺海風浪模擬子系統，重現康芮颱風期間各港口颱風波浪模擬結果，並以各港 AWAC 測站之波浪觀測資料做驗證。驗證結果顯示，康芮颱風侵臺期間，各港示性波高之相關係數均大於 0.7，代表模擬值與觀測值具備高度相關性；各港示性波高模擬值與觀測值之常態均方根誤差均小於 0.5，代表模擬值與觀測值之偏差程度小於觀測平均值之 0.5；在比較各港口最大示性波高部分，花蓮港、蘇澳港及基隆港等 3 港口，最大示性波高模擬值呈現高估現象，其餘臺北港、安平港及高雄港則呈現低估現象，最大偏差量為 -1.78m，發生於高雄港一港口測站(KHAW01)，誤差偏大原因研判係肇因於模擬值水深僅 9.84m，而測站水深超過 14m，兩者存在明顯差距有關。

關鍵詞：颱風、臺海風浪模擬子系統、最大示性波高

一、研究目的

臺灣四面環海，海上運輸為其經濟重要命脈，主要商港包括基隆港、臺北港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、澎湖港、及臺中港等。為提供臺灣港務股份有限公司(以下簡稱臺灣港務公司)轄下各港口鄰近海域風浪模擬預測資訊，交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)發展「臺灣近岸海象預測系統 2.0」(以下簡稱 TaiCOMS 2.0)，每日以作業化方式執行 4 次海象模擬預測，並將各類海象模擬預測成果與各港海象觀測成果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。

2024 年臺灣地區接連遭受凱米、山陀兒及康芮等強烈颱風侵襲；其中康芮颱風更造成臺灣港務公司轄下花蓮港東防波堤嚴重受損，災損情形包括東防波堤消波胸牆與堤面道路損壞範圍達 1,291 公尺(如圖 1)，防波堤自 0k+497 處至堤頭燈塔全線中斷，人車無法通行，以及突堤燈塔受破損混凝土塊撞擊造成破洞等損壞。本研究使用 TaiCOMS 2.0 系統內建的臺海風浪模擬子系統(以下簡稱風浪模擬子系統)，模擬康芮颱風侵臺期間，各港口外海颱風波浪情形，並與波浪觀測資料做比對，以驗證模擬成果。



圖 1 花蓮港東防波堤堤面及胸牆損毀圖(臺灣港務公司提供)

二、研究方法

為模擬臺灣主要商港外海風浪變化，TaiCOMS 2.0 系統以耦合第三代波譜風浪模式海洋波浪預測模式 WAM (WAve Modeling)及荷蘭 Delft 大學近海風浪模式 SWAN (Simulating WAves Nearshore)，建構 3 層、內嵌不同解析度(0.2°、0.04°及 0.008°)巢狀網格之臺海風浪模擬子系統(以下簡稱風浪模擬子系統)據此架構產製風浪模擬資料，如圖 2 所示，各層模擬範圍及方法說明如下:

第 1 層遠域風浪模擬：以西太平洋海域為模擬對象，範圍涵蓋西太平洋北緯 10° 至 35°，東經 110° 至 145° 之海域，如圖 3 所示，採用解析度 0.2°之大尺度網格，使用 WAM 模擬遠域波浪的生成及傳播。

第 2 層近域風浪模擬：以臺灣周圍海域為模擬對象，範圍涵蓋北緯 20.6° 至 28° 及東經 117.6° 至 123.6° 之海域，如圖 3 紅框所示，採用解析度 0.04° 之中尺度網格，由前述遠域風浪模擬結果(WAM)做邊界條件，採用 SWAN 模擬波浪傳播過程之淺化、折射、波浪交互作用、白帽、底床摩擦、碎波等過程。

第 3 層近海風浪模擬：以各商港鄰近海域為模擬對象，採用解析度 0.008°之小尺度網格，模擬方法由前述近域風浪模擬結果(SWAN)提供各小尺度風浪模組做邊界條件，同樣採以 SWAN 模擬商港鄰近海域波浪。目前風浪模擬子系統已建置基隆、蘇澳、花蓮、東南、高雄、臺北、澎湖、金門及馬祖等 9 個小尺度風浪模組，其分布如圖 4 虛線紅框所示。

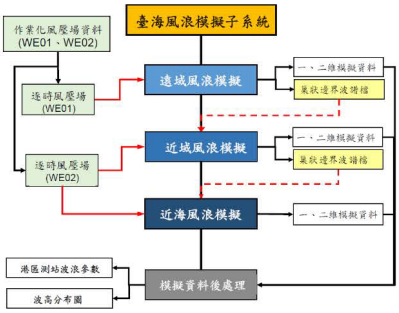


圖 2 臺海風浪模擬子系統模擬架構圖

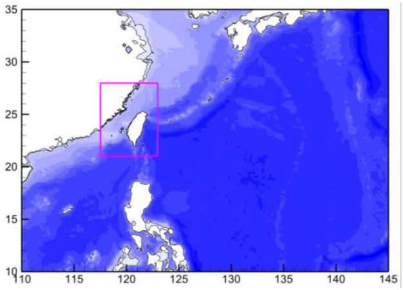


圖 3 大、中尺度網格風浪模組範圍及水深圖

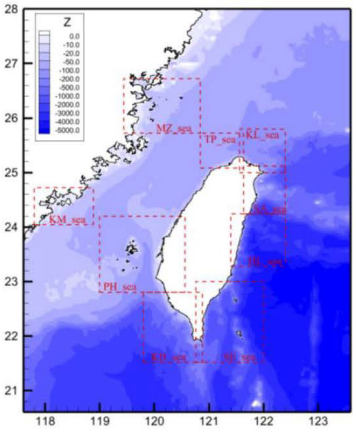


圖 4 小尺度網格風浪模組範圍及水深圖

風浪模擬子系統使用的風場資料為交通部中央氣象署(以下簡稱氣象署)每日 4 報之天氣預報數值資料(WRF 成員 M04)，經 TaiCOMS 2.0 系統重組後，產生每日 4 次(0、6、12、18 時)作業化風壓場 WE01 及 WE02，風壓場資料時間長度為 0~54 時，其中 0~6 時屬於追算時段風壓場，7~54 時於預測時段風壓場。其中 WE01 風壓場範圍為(10 °N, 105 °E)-(40 °N, 150 ° E)，網格解析度為 1°/6，適用於大尺度網格遠域風浪模擬；WE02 風壓場範圍為(20 °N, 116 °E)-(29°N, 125 °E)，網格解析度為 1°/30，應用於近域及近海風浪模擬。

康芮颱風於 2024 年 10 月 25 日 8 時於關島附近海面生成後，氣象署於 10 月 29 日 8 時 30 分發布強烈颱風海上警報，颱風中心於 31 日 13 時 40 分自臺東縣成功鎮登陸，18 時 40 分於雲林縣麥寮鄉出海並減弱為中度颱風，陸上及海上警報於 11 月 1 日 14 時 30 分解除，其行進路徑及強度發展過程，如圖 5 所示，屬於第 3 類侵臺路徑。

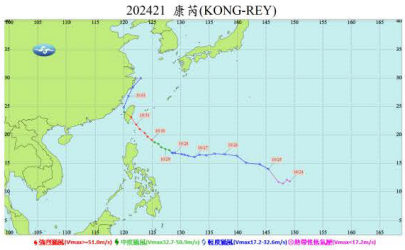


圖 5 康芮颱風路徑圖

本研究針對康芮颱風侵臺期間，使用經 TaiCOMS 2.0 系統重組、產製之 10 月 25 日 0 時~11 月 2 日 0 時作業化風壓場(WE01 及 WE02)，選取 0~5 時(追算時段)之風場資料，整合成康芮颱風侵臺期間之追算風場資料，應用於風浪模擬子系統，以模擬颱風侵臺時之各港口外海風浪變化，並與花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、安平港及高雄港(一、二港口)等港口波浪觀測資料做比對，將兩者間相關係數(R)及相對(或常態)均方根誤差(NRMSE)做為評估指標。

三、初步結果

在康芮颱風侵臺期間，各港口示性波高觀測及模擬評估結果及歷線圖，如表 1 及圖 6 所示。

由表 1 各港測站示性波高模擬值驗證結果，相關係數 R 均大於 0.7，呈現出高度相關性，其中花蓮港 0.937 最高，蘇澳港 0.923 次之，此與東部海域處於迎風面，颱風登陸前氣象署風場預報結果較準確有關；同理，西部各港口模擬值相關係數略低於東部港口，應與西部海域各港口位於背風面，風場預報受到本島陸地影響，西部海面風場預測誤差較大有關；常態均方根誤差(NRMSE)介於 0.212~0.489 間，其中以臺北港 0.212 表現最佳，其次為蘇澳港 0.235，安平港 0.489 則表現最差。整體而言，各港示性波高模擬值與觀測值之偏差離散程度小於觀測平均值之 0.5。

由圖 6 可知，康芮颱風期間，各港最大示性波高觀測值與模擬值比較結果如下：(1)花蓮港(HLAW01)最大示性波高觀測值為 11.13m，觀測時間為 31 日 15 時(於颱風登陸後測得)，最大示性波高模擬值為 12.36m，與觀測值之誤差約+1.23m(約為觀測值之 11%)，發生時間為 31 日 15 時與觀測時間一致。(2)蘇澳港(SAAW01)最大示性波高觀測值為 10.45m，略低於花蓮港觀測值，觀測時間為 31 日 15 時，最大示性波高模擬值為 11.42m，與觀測值之誤差約+0.97m(約為觀測值之 9%)，發生時間為 31 日 16 時，與觀測時間相差 1 小時。(3)基隆港(KLAW06)最大示性波高觀測值為 3.87m，觀測時間為 30 日 11 時(於颱風登陸前測得)，最大示性波高模擬值為 4.71m，與觀測值之誤差約+0.84m(約佔觀測值之 22%)，發生時間為 31 日 17 時，與觀測時間相差達 30 小時。(4)臺北港(TPAW01)最大示性波高觀測值為 4.84m，觀測時間為 31 日 3 時(於颱風登陸前測得)，最大示性波高模擬值為 4.10m，與觀測值之誤差約 -0.74m(約為觀測值之 15%)，發生時間為 31 日 6 時，與觀測時間相差約晚 3 小時發生。(5)安平港(APAW01)最大示性波高觀測值為 4.16m，觀測時間為 11 月 1 日 0 時(於颱風出海後測得)，最大示性波高模擬值為 3.79m，與觀測值之誤差約 -0.37m(約為觀測值之 9%)，發生時間為 31 日 21 時，與觀測時間相差約提前 3 小時發生。(6)高雄港一港口(KHAW01)最大示性波高觀測值為 5.53m，觀測時間為 31 日 22 時(於颱風出海後測得)，最大示性波高模擬值為 3.75m，與觀測值之誤差約 -1.78m(約為觀測值之 32%)，發生時間為 31 日 14 時，相較於觀測時間提前 8 小時發生；二港口(KHAW08)最大示性波高觀測值為 4.60m，觀測時間為 31 日 22 時(於颱風出海後測得)，最大示性波高模擬值為 4.35m(約低估 5%)，與觀測值之誤差約 -0.25m(約為觀測值之 5%)，發生時間為 31 日 21 時，相較於觀測時間提前 1 小時發生。

綜上，花蓮港、蘇澳港及基隆港等 3 港口測站最大示性波高模擬值呈現高估現象，其餘港口測站則呈現低估現象；最小偏差量為-0.25m，出現在高雄港

二港口測站(KHAW08)，其次為安平港測站(APAW01)-0.37m；最大偏差量為 -1.78m，發生於高雄港一港口測站(KHAW01)，誤差偏大原因研判係肇因於模擬值水深僅 9.84m，而測站水深超過 14m，二者存在明顯差距有關。

表 1 康芮颱風侵臺期間各港示性波高模擬值驗證成果表

港口(測站)	觀測資料數	觀測平均值	R	NRMSE
花蓮港(HLAW01)	95	3.61 m	0.937	0.445
蘇澳港(SAAW01)	96	4.49 m	0.923	0.235
基隆港(KLAW06)	96	2.41 m	0.815	0.260
臺北港(TPAW01)	96	2.59 m	0.706	0.212
安平港(APAW01)	93	1.33 m	0.753	0.489
高雄港(KHAW01)	96	1.69 m	0.837	0.328
高雄港(KHAW08)	96	1.74 m	0.838	0.359

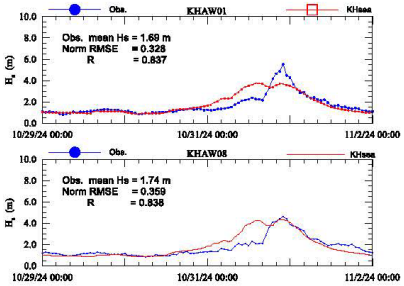
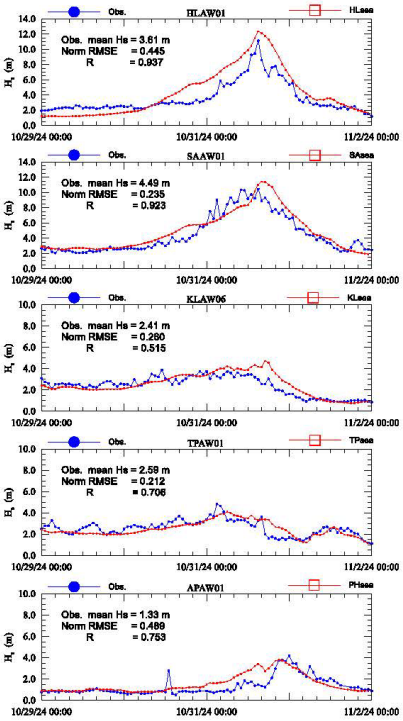


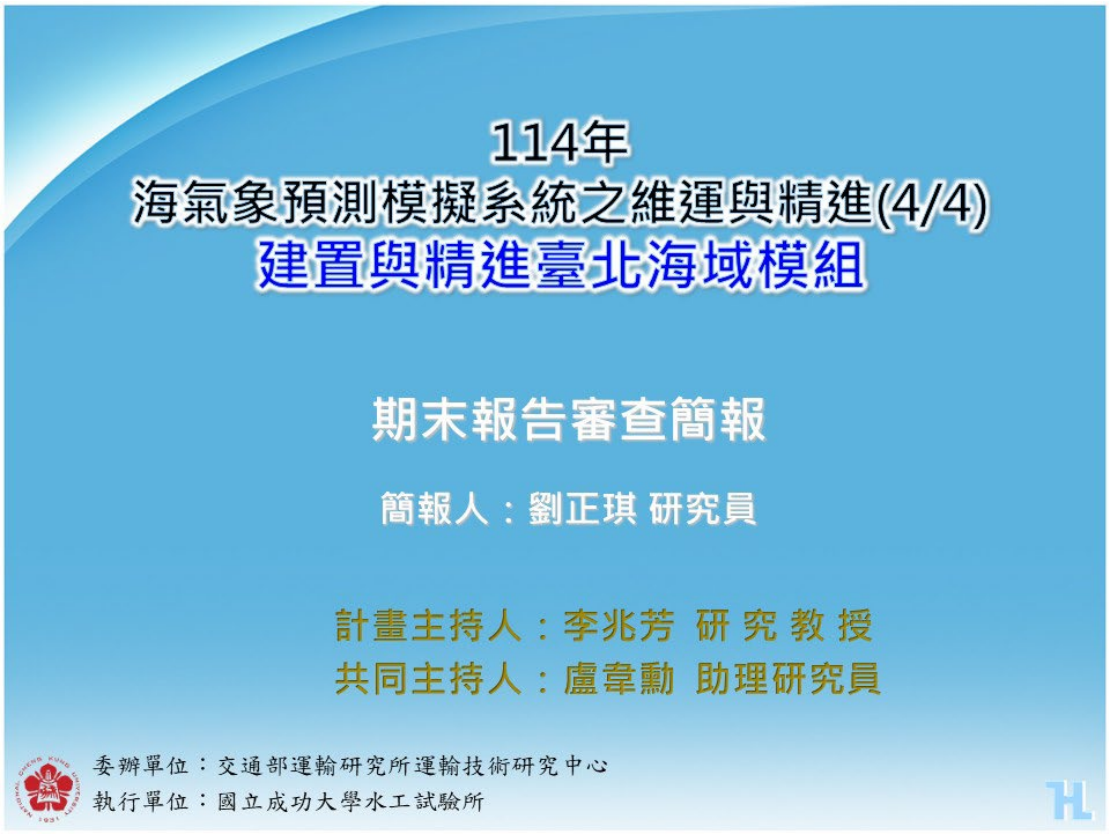
圖 6 各港口颱風波浪模擬值與觀測值之比較圖



附錄九

期末簡報

附錄九 期末簡報


114年
海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)
建置與精進臺北海域模組
期末報告審查簡報
簡報人：劉正琪 研究員
計畫主持人：李兆芳 研究教授
共同主持人：盧韋勳 助理研究員
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(4/4)
1
11:51:25
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 海象預測作業化成果評估
伍 臺北海域基本資料蒐集與分析
陸 臺北海域小尺度風浪與水動力模組建置
柒 結論與建議

期末審查

計畫概要

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 計畫緣起

本計畫屬於交通部運輸研究所114年科技綱要計畫「**陸運及港灣設施防災技術研究(4/4)**」之分項計畫「*港灣環境災防創新應用研究*」下執行之子計畫。

➢ 計畫目的

- 針對運研所運輸技術研究中心「臺灣近岸海象預測系統2.0」(TaiCOMS 2.0)進行維護等；
- 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

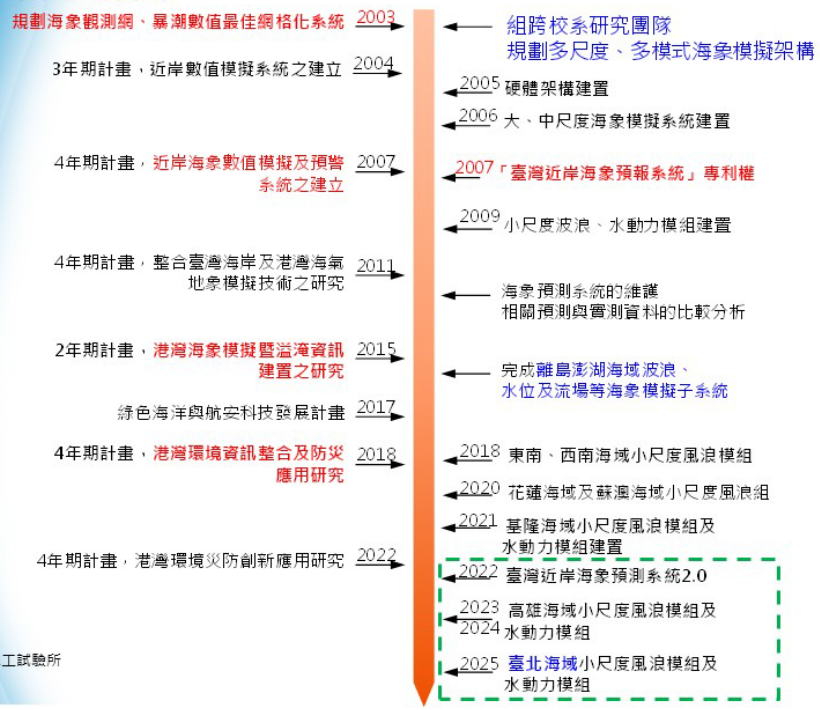
- 平時提供風場、波浪、水位及流場等即時海象資訊，以供各港務單位港口船舶交通航運安全使用；
- 於颱風期間或面臨緊急海難及各種海岸災害(包括海岸公路)等防救時，亦可迅速提供救災必要海象模擬資訊。

期末審查

計畫概要

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 計畫沿革



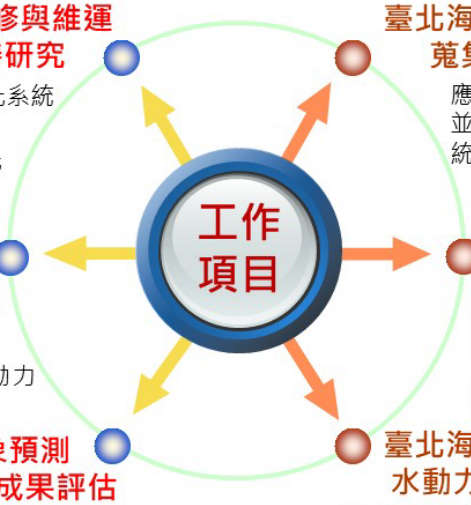
資料來源：成功大學水工試驗所整理(2025)

期末審查

計畫概要

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 工作項目



系統校修與維運改善研究

- 海象模擬作業化系統校修與維運
- 海象模擬作業化系統改善研究

臺北海域基本資料蒐集與分析

應用風浪觀測資料校修，並納入海象模擬作業化系統執行使用

海象模擬與校驗

- 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗
- 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

臺北海域小尺度風浪模組建置

配合臺北港港型建置小尺度風浪模組，應用臺北港觀測資料完成模式驗證。

海象預測作業化成果評估

針對10個主要商港(含馬祖、澎湖) 進行本年度海象預測成果評估工作

臺北海域小尺度水動力模組建置

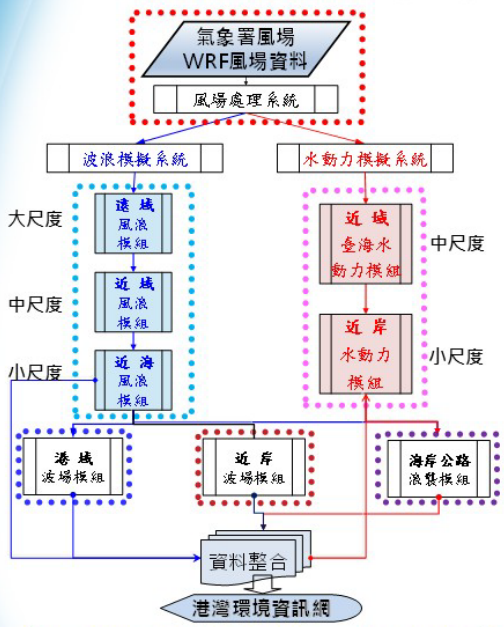
配合臺北港港型建置小尺度水動力模組，應用臺北港觀測資料完成模式驗證。

期末審查

系統維運與改善研究

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 海象模擬作業化系統(2.0)簡介



海象模擬作業化系統(2.0)組成架構

◆ **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

期末審查

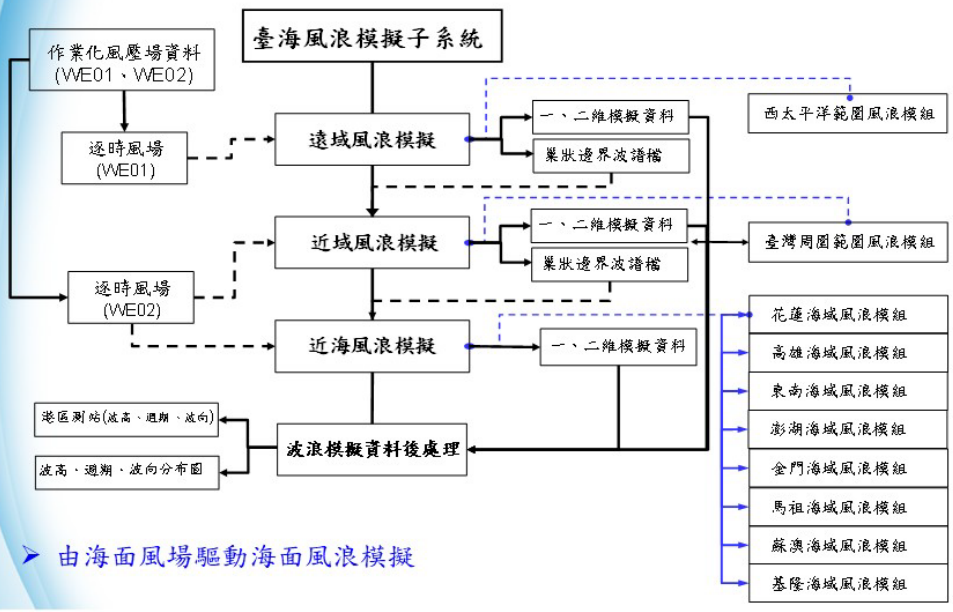
系統維運與改善研究

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

6

➢ 海象模擬作業化系統(2.0)簡介

◆ 臺海風浪模擬子系統組成及模擬架構



➢ 由海面風場驅動海面風浪模擬

期末審查

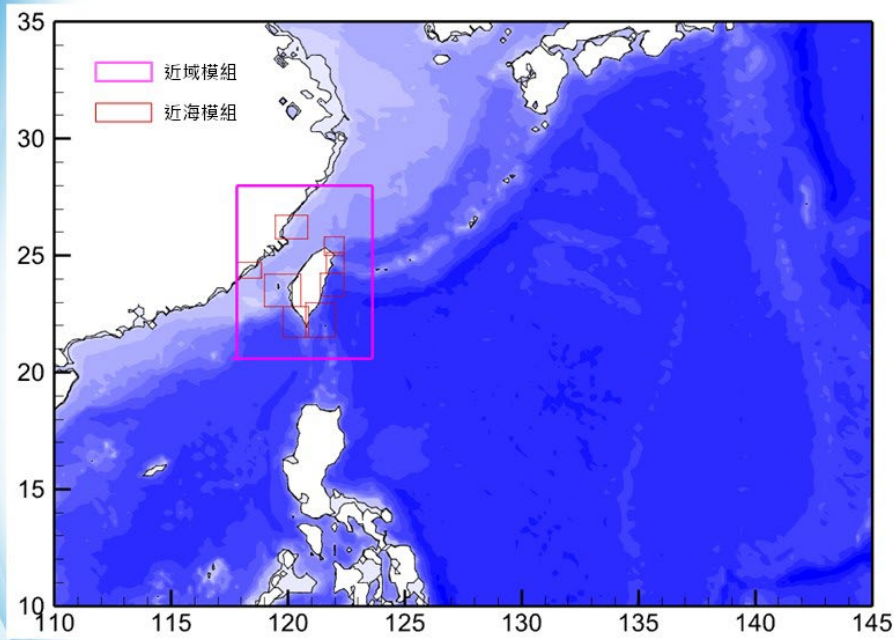
系統維運與改善研究

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

7

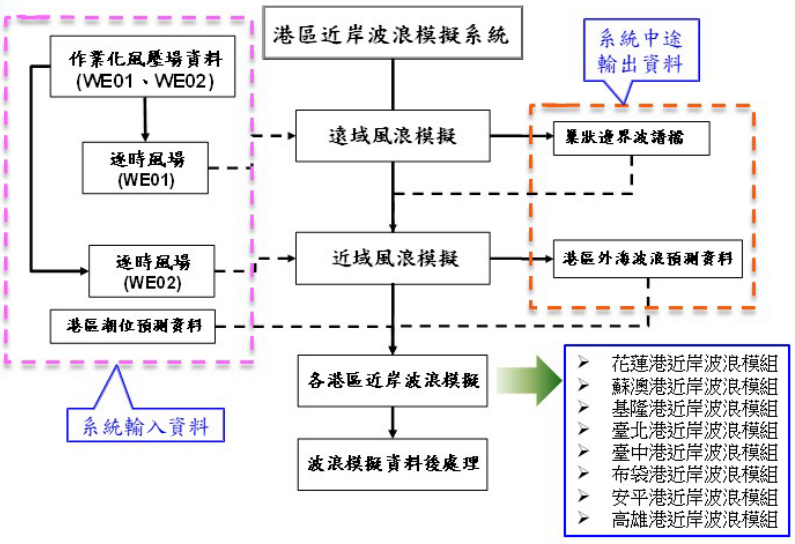
➢ 海象模擬作業化系統(2.0)簡介

◆ 臺海風浪模擬子系統各模組模擬範圍



➢ 海象模擬作業化系統(2.0)簡介

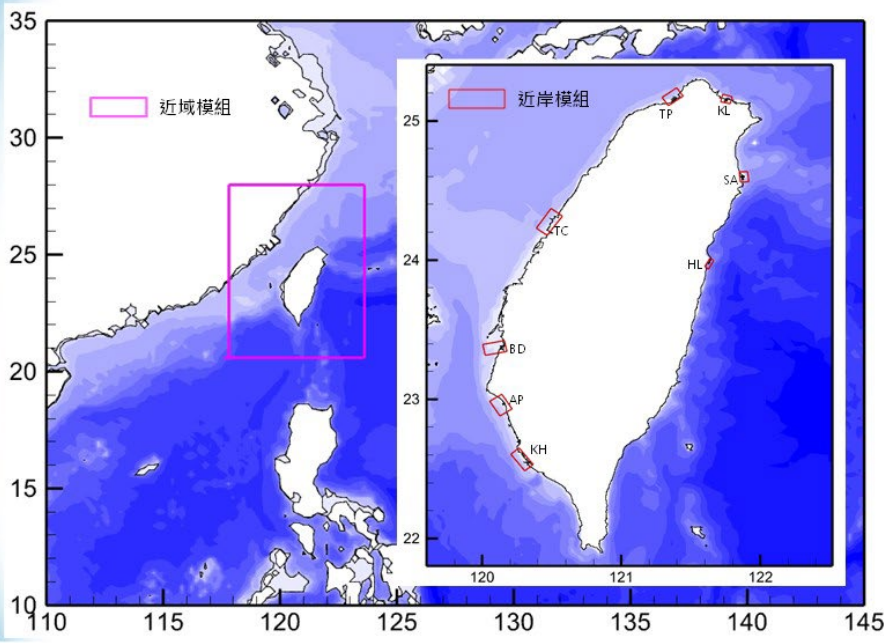
◆ 港區近岸波浪模擬子系統組成及模擬架構



➢ 耦合雙層巢狀風浪模擬及近岸波浪模擬

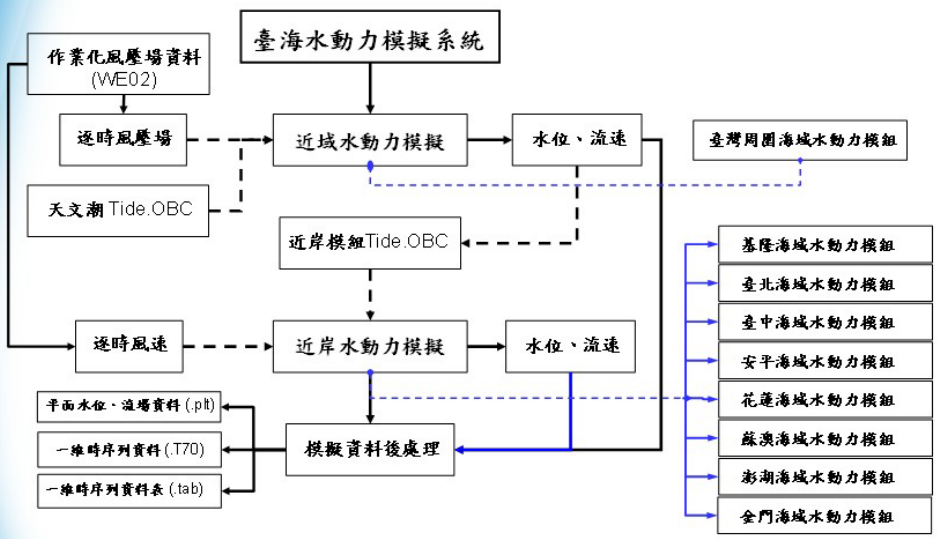
➢ 海象模擬作業化系統(2.0)簡介

◆ 港區近岸波浪模擬子系統各模組模擬範圍



➢ 海象模擬作業化系統(2.0)簡介

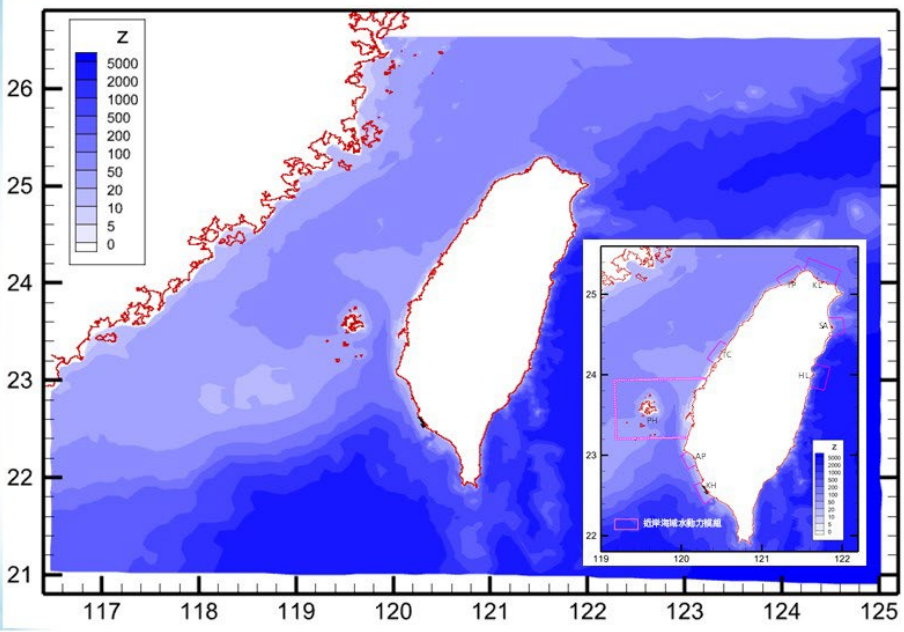
◆ 臺海水動力模擬子系統組成及模擬架構



➢ 由天文潮水位邊界條件及海面風壓場驅動近域水動力模擬

➢ 海象模擬作業化系統(2.0)簡介

◆ 臺海水動力模擬子系統各模組模擬範圍



期末審查

系統維運與改善研究

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 海象模擬作業化系統校修與維運

作業化系統軟硬體維運

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(包括多良、南興、石門、新社及豐濱)、馬祖港內波浪推算子系統及資料儲存備份伺服器等。上述系統均已移機至中華電信臺中文心機房運作，目前維運測試狀況良好。

本(114)年度(113年9月至114年8月)伺服器維護記錄累計達43次，低於113年度同期維護記錄(53次)；
整體而言，本期計畫自111年起呈現逐年下降趨勢。

11:51:27

期末審查

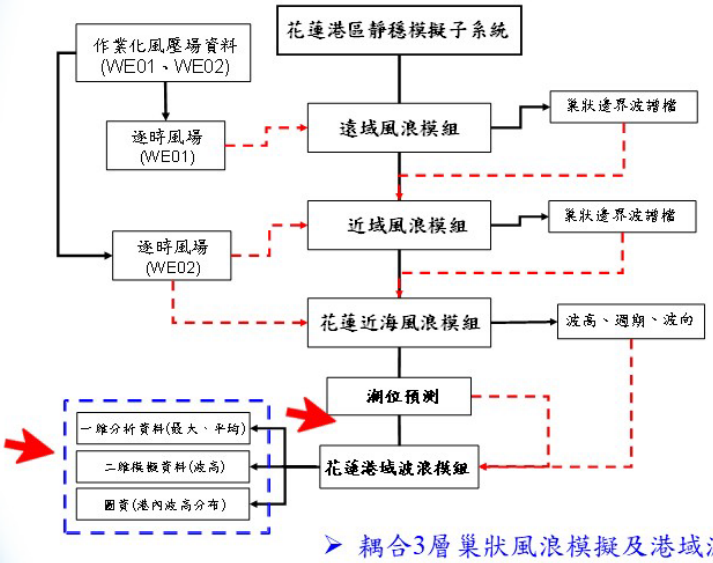
系統維運與改善研究

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 海象模擬作業化系統校修與維運

港區靜穩模擬系統作業化校修

➢ 花蓮港靜穩系統作業化流程校修



➢ 耦合3層巢狀風浪模擬及港域波浪模擬

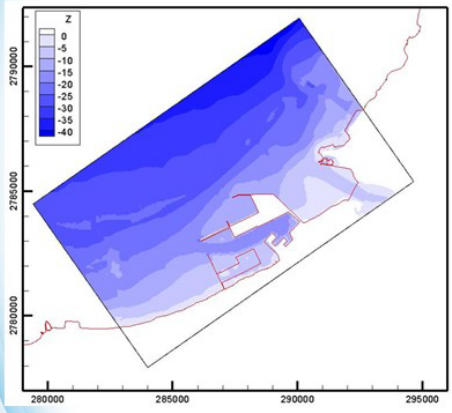
系統維運與改善研究

➢ 海象模擬作業化系統改善研究

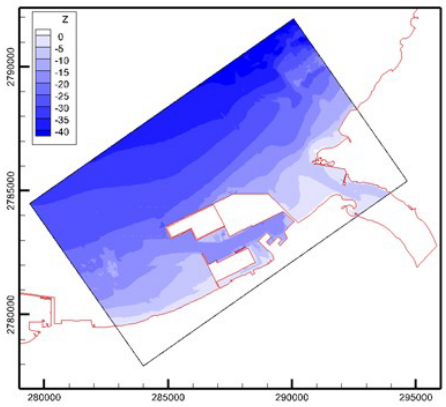
臺北港近岸波浪模組改善

因臺北港外廓及港區配置出現明顯改變，小尺度臺北港近岸波浪模組模擬結果已無法符合現況。緣此，本計畫針對小尺度臺北港近岸波浪模組進行改善研究。

➢ 改善前



➢ 港型及水深改善後

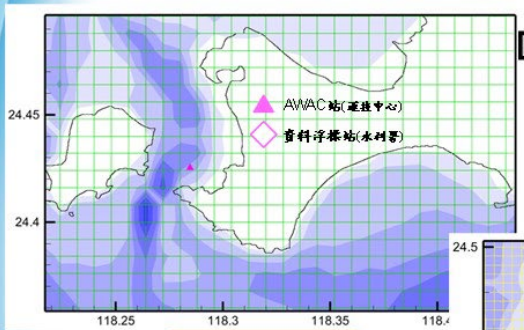


系統維運與改善研究

➢ 海象模擬作業化系統改善研究

金門海域小尺度風浪模組改善

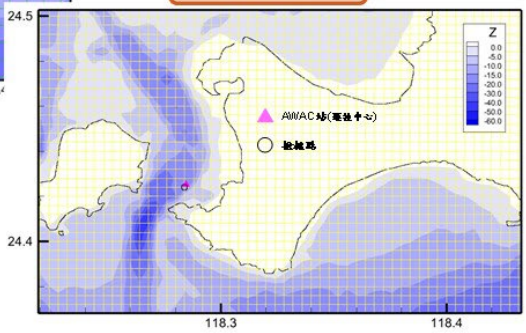
➢ 計算網格解析度改善研究



地形解析度較差
非穩態求解之時間距(Δt)為240sec。

0.0008°

0.0004°



地形解析度增加
非穩態求解之時間距(Δt)為120sec。

期末審查

系統維運與改善研究

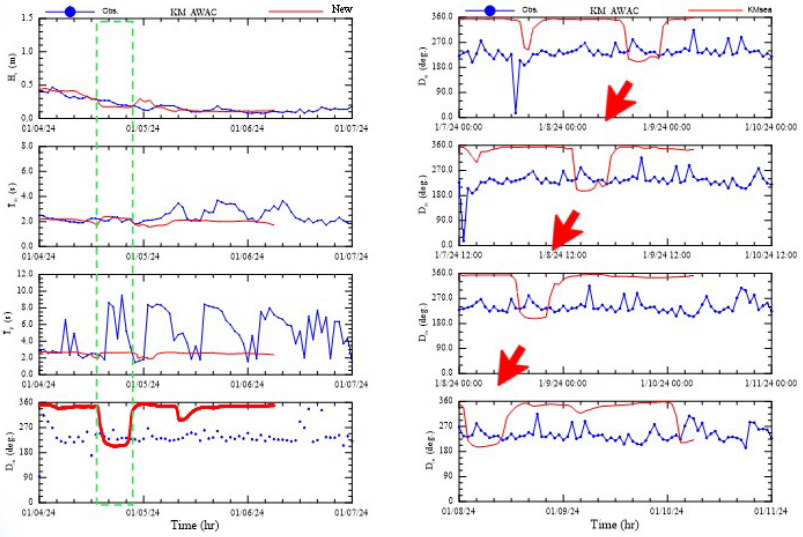
海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 海象模擬作業化系統改善研究

金門海域小尺度風浪模組改善

➢ 冬季季風波浪模擬結果校驗

因波向變化與特定時段之預報風場有關，推測波向模擬結果與觀測不一致問題受預報風場影響較大。



期末審查

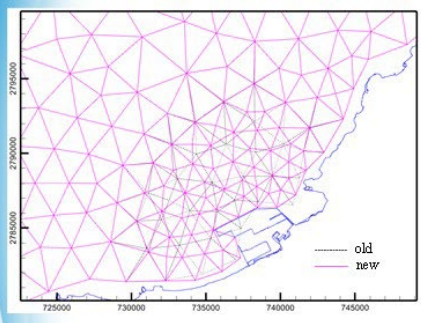
系統維運與改善研究

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

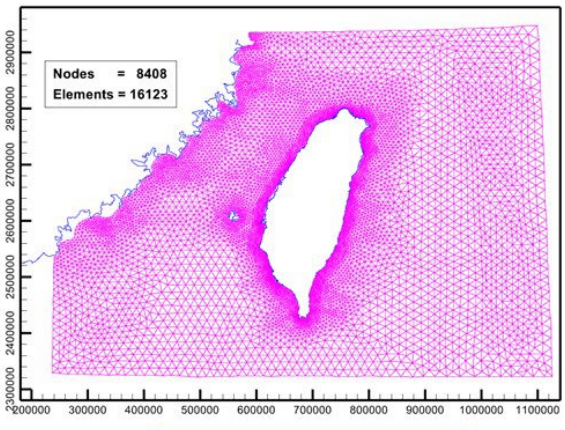
➢ 海象模擬作業化系統改善研究

臺海暴潮模組計算網格改善

➢ 配合臺北港外廓港型改變，調整臺北港附近海域之局部計算網格



臺北港附近海域網格修正



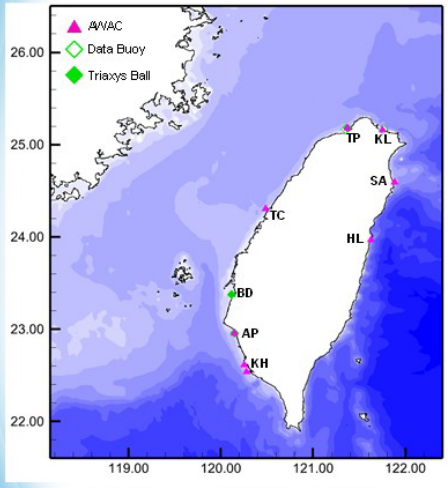
臺海暴潮模組改善後計算網格

風浪、水動力模擬與校驗

➢ 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

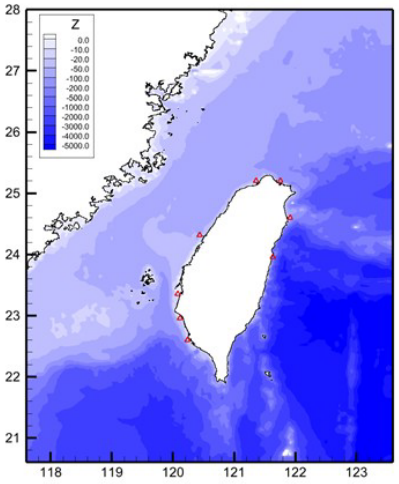
- 依據運技中心風浪觀測資料(或CWB、WRA)校驗模式模擬結果，作為後續模式修正之依據。

測站位置



- 布袋港AWAC測站停止觀測

模擬輸出點位置



- 選取鄰近測站網格點為輸出點

風浪、水動力模擬與校驗

➢ 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

冬季風浪模擬結果校驗 ➢ 2024年12月~2025年2月

冬季風浪觀測值統計特性(1月)

	臺北港	花蓮港	蘇澳港	基隆港	臺中港	高雄港	安平港
資料數	744	744	744	744	723	744	744
蒐集率(%)	100.00	100.00	100.00	100.00	97.18	100.00	100.00
示性波高平均(m)	1.499	1.407	1.287	1.433	1.950	0.788	0.549
標準偏差(m)	0.676	0.374	0.291	0.660	0.569	0.228	0.112
平均週期平均(s)	4.395	5.375	5.282	4.839	4.538	4.587	3.430
標準偏差(s)	0.635	0.468	0.544	0.664	0.393	0.382	0.447
譜峰週期平均(s)	6.640	8.153	8.265	7.533	6.765	5.865	6.508
標準偏差(s)	0.970	0.894	0.901	1.082	0.679	1.360	1.310
平均波向平均(°)	70.86	93.26	93.567	40.184	30.725	288.197	265.550
標準偏差(°)	90.013	13.284	15.181	11.322	46.272	16.731	18.350
最大波高(m)	4.180	2.650	2.560	3.940	3.950	2.180	0.970
最大波高發生時間	01/15 16:00	01/10 12:00	01/27 14:00	01/15 16:00	01/15 12:00	01/15 17:00	01/26 16:00

- 平均示性波高最大值出現於臺中海域，西南海域普遍低於1.0m
- 東部海域平均波浪週期普遍大於其他海域，與面對廣大太平洋有關。

冬季風浪模擬值統計特性(1月)

		臺北(TP)	花蓮(HL)	蘇澳(SA)	基隆(KL)	臺中(TC)	高雄(KH)	安平(AP)
資料數		744	744	744	744	744	744	744
蒐集率(%)		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
示性波高	平均值(m)	1.165	1.606	1.357	1.484	2.074	0.840	0.810
	標準偏差(m)	0.603	0.802	0.540	0.684	0.973	0.338	0.345
	比值*1	0.777	1.142	1.054	1.035	1.064	1.066	1.477
平均週期	平均值(s)	3.305	4.247	4.087	3.895	4.186	3.232	2.815
	標準偏差(m)	0.684	0.602	0.638	0.766	0.655	0.462	0.393
	比值	0.752	0.790	0.774	0.805	0.923	0.705	0.821
譜峰週期	平均值(s)	5.418	6.290	6.296	5.947	6.198	4.852	3.993
	標準偏差(m)	1.317	1.156	1.299	1.238	1.001	0.766	0.733
	比值	0.816	0.772	0.762	0.789	0.916	0.827	0.614
平均波向	平均值(°)	65.749	58.921	61.918	54.363	66.624	312.685	324.592
	標準偏差(m)	101.447	20.290	31.776	48.190	120.100	11.215	22.420
	差值(°)*2	-5.112	-34.336	-31.649	14.179	35.899	24.489	59.042
最大波高	示性波高(m)	3.155	4.496	3.221	3.584	4.473	2.211	1.881
	比值	0.755	1.697	1.258	0.910	1.132	1.014	1.939
	發生時間	01/15 13:00	01/27 15:00	01/27 13:00	01/15 17:00	01/15 19:00	01/27 06:00	01/27 06:00
	時間延遲(hr)	-3	411 *3	-1	1	7	277 *3	14

*1 模擬值 / 觀測值；*2 模擬值 - 觀測值；*3 非相同經驗

➢ 冬季波浪活動於北部與東部港口較為強烈，最大浪高時間點多集中於冷鋒或東北季風增強時期；南部港口波高較低，影響相對輕微。

期末審查

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

風浪、水動力模擬與校驗

冬季風浪模擬結果校驗 ➢ 2024年12月~2025年2月

2024年12月

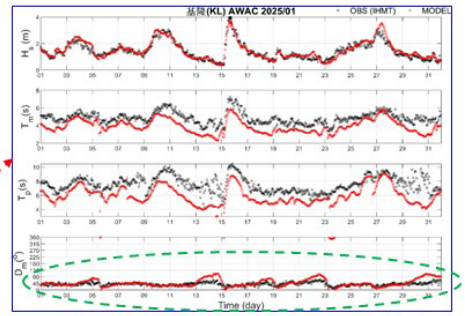
港口	示性波高		平均週期		峰峰週期		平均波向	
	NRMSE	R	NRMSE	R	NRMSE	R	RMSE	R
臺北(TP)	0.225	0.888	0.550	0.177	0.384	0.326	184.564	0.055
花蓮(HL)	0.384	0.818	0.261	0.279	0.266	0.549	38.874	0.833
蘇澳(SA)	0.336	0.686	0.232	0.424	0.259	0.525	38.004	0.764
基隆(KL)	0.156	0.939	0.184	0.841	0.225	0.693	30.744	0.293
臺中(TC)	0.307	0.916	0.112	0.825	0.112	0.825	92.513	0.134
高雄(KH)	0.316	0.603	0.262	0.331	0.265	0.294	27.214	0.111
安平(AP)	0.814	0.769	0.203	0.141	0.428	0.028	64.194	0.214

2025年2月

港口	示性波高		平均週期		峰峰週期		平均波向	
	NRMSE	R	NRMSE	R	NRMSE	R	RMSE	R
臺北(TP)	0.274	0.909	0.251	0.635	0.206	0.675	117.386	0.486
花蓮(HL)	0.365	0.885	0.185	0.333	0.247	0.390	35.588	0.862
蘇澳(SA)	0.253	0.836	0.161	0.545	0.210	0.496	31.264	0.843
基隆(KL)	0.177	0.944	0.199	0.797	0.207	0.722	49.438	0.186
臺中(TC)	0.292	0.901	0.151	0.827	0.153	0.784	133.269	0.003
高雄(KH)	0.334	0.734	0.295	0.030	0.304	-0.060	31.665	0.507
安平(AP)	0.646	0.823	0.251	0.096	0.435	0.054	65.161	0.268

2025年1月

港口	示性波高		平均週期		峰峰週期		平均波向	
	NRMSE	R	NRMSE	R	NRMSE	R	RMSE	R
臺北(TP)	0.296	0.901	0.280	0.623	0.239	0.641	1.366	0.495
花蓮(HL)	0.391	0.869	0.235	0.468	0.261	0.514	36.221	0.844
蘇澳(SA)	0.297	0.748	0.252	0.508	0.271	0.585	40.941	0.585
基隆(KL)	0.172	0.936	0.215	0.818	0.244	0.690	49.887	0.146
臺中(TC)	0.295	0.866	0.125	0.676	0.133	0.682	118.192	0.260
高雄(KH)	0.402	0.446	0.325	-0.061	0.322	-0.046	29.789	0.313
安平(AP)	0.688	0.738	0.248	0.016	0.452	-0.044	63.837	0.307



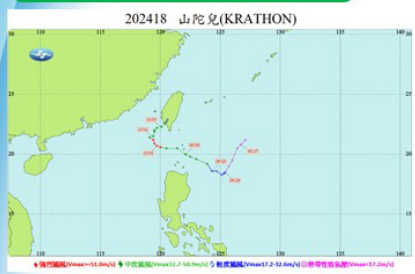
期末審查

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

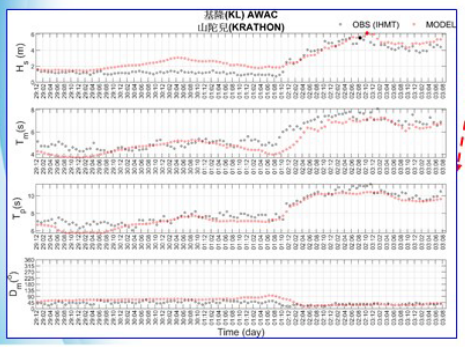
➢ 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

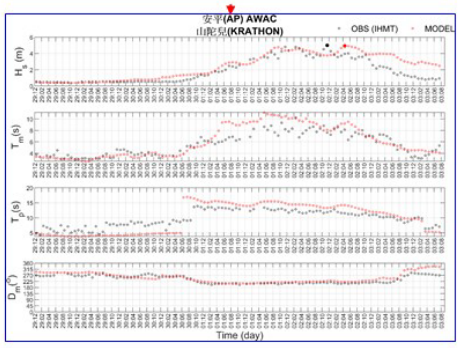
風浪、水動力模擬與校驗

颱風波浪模擬結果校驗 ➢ 2024年山陀兒颱風



港口	示性波高		平均週期		峰峰週期		平均波向	
	NRMSE	R	NRMSE	R	NRMSE	R	RMSE	R
臺北港	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
花蓮港	0.821	0.914	0.231	0.729	0.333	0.424	18.995	0.893
蘇澳港	0.667	0.755	0.296	0.639	0.281	0.830	27.933	0.709
基隆港	0.386	0.925	0.119	0.903	0.070	0.966	21.402	0.665
臺中港	0.270	0.885	0.133	0.627	0.100	0.948	150.473	-0.130
安平港	0.279	0.931	0.269	0.893	0.446	0.591	27.811	0.782
高雄港	0.485	0.895	0.236	0.908	0.273	0.904	21.194	0.870





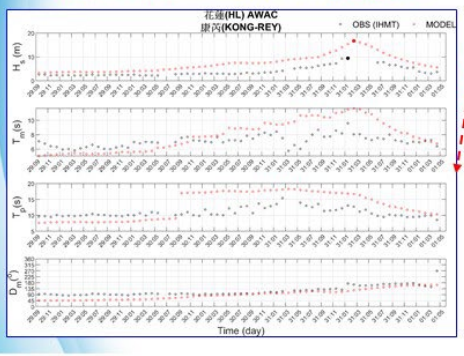
➢ 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

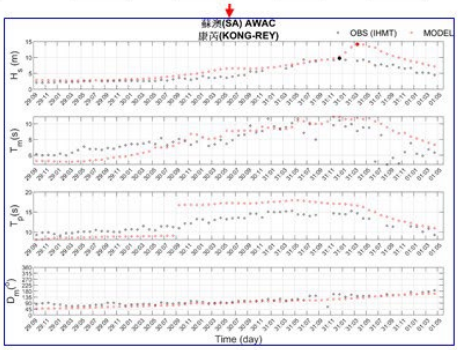
風浪、水動力模擬與校驗

颱風波浪模擬結果校驗 ➢ 2024年康芮颱風



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
臺北港	0.270	0.588	0.219	0.178	0.076	0.759	92.383	0.456
花蓮港	0.834	0.944	0.257	0.698	0.379	0.673	31.514	0.871
蘇澳港	0.444	0.925	0.196	0.632	0.217	0.904	19.829	0.915
基隆港	0.786	0.315	0.134	0.446	0.060	0.830	14.063	0.782
臺中港	0.422	0.853	0.151	0.518	0.095	0.673	45.854	0.882
安平港	0.639	0.769	0.117	0.702	0.337	0.029	13.287	0.870
高雄港	0.984	0.723	0.178	0.469	0.318	0.009	32.846	0.834

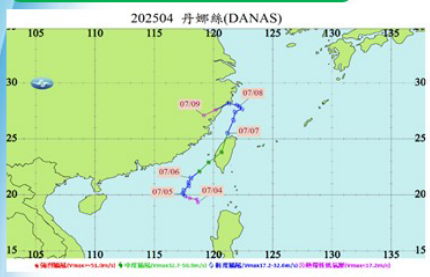




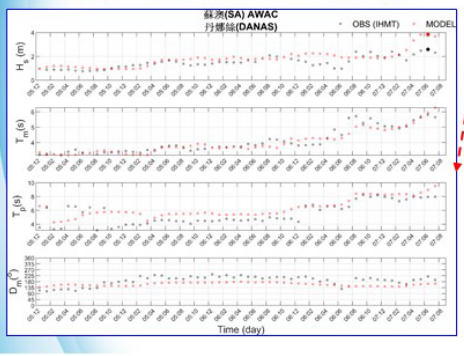
➢ 臺灣周圍海域風浪模擬與校驗

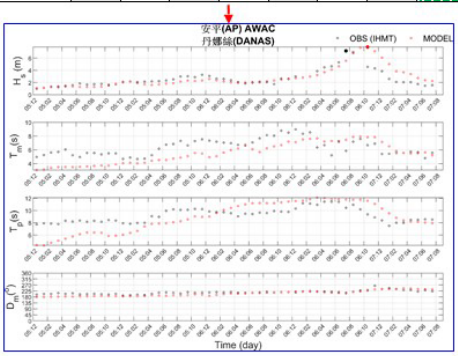
風浪、水動力模擬與校驗

颱風波浪模擬結果校驗 ➢ 2025年丹娜絲颱風



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
臺北港	0.407	0.564	0.280	0.108	0.419	0.114	90.268	0.590
花蓮港	0.661	0.828	0.140	0.858	0.275	0.054	26.588	0.487
蘇澳港	0.356	0.730	0.075	0.928	0.213	0.812	40.284	0.624
基隆港	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
臺中港	0.325	0.861	0.301	-0.047	0.446	0.504	104.667	-0.481
安平港	0.279	0.890	0.235	0.388	0.177	0.720	31.097	0.830
高雄港	0.373	0.790	0.237	0.595	0.184	0.773	13.816	0.854

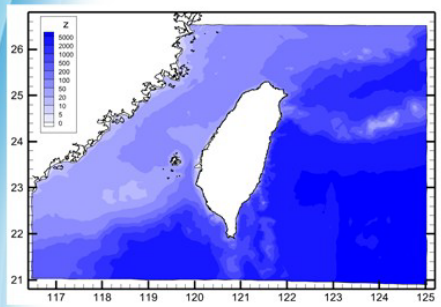


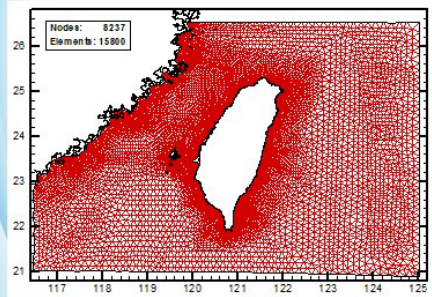


風浪、水動力模擬與校驗

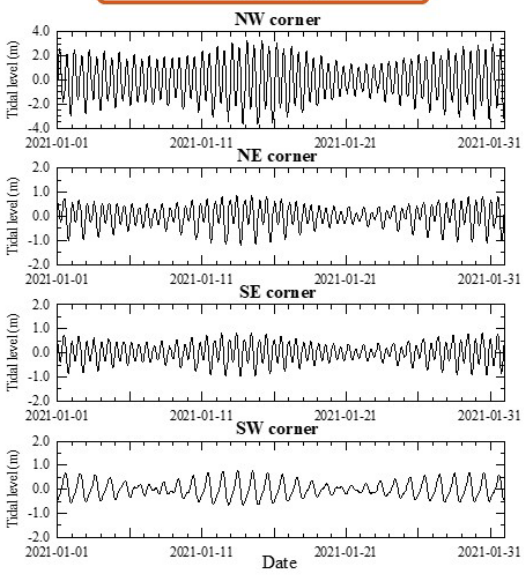
➢ 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

臺海暴潮模組





NAO.99Jb模式

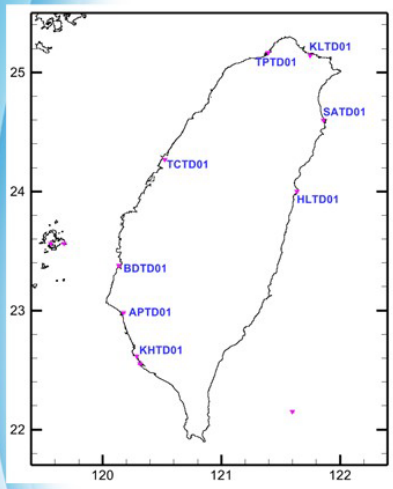


風浪、水動力模擬與校驗

➢ 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

潮位觀測資料

➢ 天文潮調和分析



- 選取「IHMT」潮位觀測資料為模擬校驗對象

平均潮位高程表

	花蓮港 (m)	蘇澳港 (m)	基隆港 (m)	臺北港 (m)	臺中港 (m)	布袋港 (m)	安平港 (m)	高雄港 (m)
2024 年	0.171	0.112	0.108	0.144	0.242	0.374	0.339	0.321
2023 年	0.161	0.113	0.082	0.108	0.223	0.345	0.317	0.315
2022 年	0.165	0.131	0.103	0.080	0.253	0.347	0.361	0.348
平均值	0.166	0.119	0.098	0.111	0.239	0.355	0.339	0.328

調和分析天文潮與觀測值誤差分析表

年	花蓮港 (m)	蘇澳港 (m)	基隆港 (m)	臺北港 (m)	臺中港 (m)	布袋港 (m)	安平港 (m)	高雄港 (m)
2024 年	0.071	0.058	0.069	0.086	0.094	0.079	0.066	0.062
2023 年	0.060	0.058	0.074	0.088	0.092	0.076	0.063	0.064
2022 年	0.067	0.062	0.078	0.110	0.088	0.069	0.058	0.054
2021 年	0.068	0.064	0.076	0.088	0.092	0.071	0.059	0.058

2024年各港均方根誤差值介於0.058m~ 0.094m，均方根誤差最大值出現在**臺中港**。

期末審查

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

風浪、水動力模擬與校驗

暴潮偏差觀測 ➢ 天文潮調和分析

◆ **暴潮偏差觀測分析值**

颱風侵臺期間潮位觀測值與該年度天文潮調和分析值之差值

◆ **暴潮偏差觀測預測值**

颱風侵臺期間潮位觀測值與當年度天文潮調和分析預測值之差值



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
2024 03	凱米	07/22～07/26	強烈	2	920	53	28
2024 18	山陀兒	09/29～10/04	強烈	7	910	55	40
2024 21	康芮	10/29～11/01	強烈	3	915	53	24
2024 25	天兔	11/14～11/16	中度	---	945	45	19

□ 2024年暴潮偏差觀測分析值

港口 \ 颱風名稱	暴潮偏差最大值(m) 凱米	山陀兒	康芮	天兔
安平港	0.552	0.408	0.436	0.224
布袋港	0.677	0.429	0.536	—*1
花蓮港	0.574	—	0.845*2	—
高雄港	0.424	0.393	0.359	0.220
基隆港	0.284	—	—	—
蘇澳港	0.434	—	0.450	—
臺中港	—	0.362	0.527	—
臺北港	0.361	—	—	—

*1：代表暴潮不顯著，即暴潮偏差最大值小於0.2m(臺中港小於0.3m)
*2：採用花蓮港內港池HLTD02潮位觀測資料分析

11:51:29

期末審查

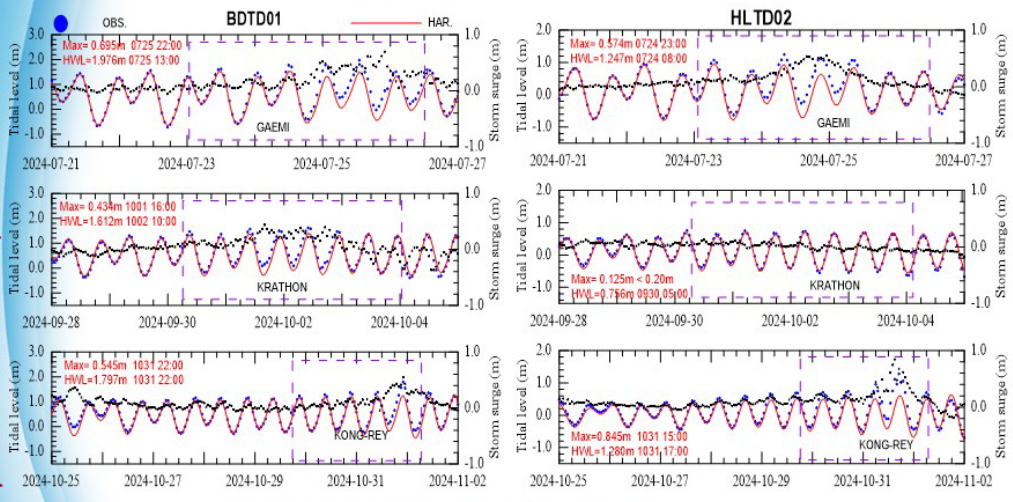
海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

風浪、水動力模擬與校驗

暴潮偏差觀測 ➢ 天文潮調和分析

□ 2024年暴潮偏差觀測分析值歷線



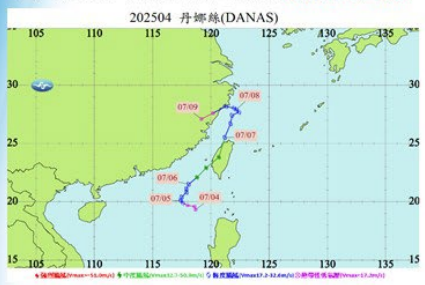
暴潮偏差最大值不一定發生於最高水位。

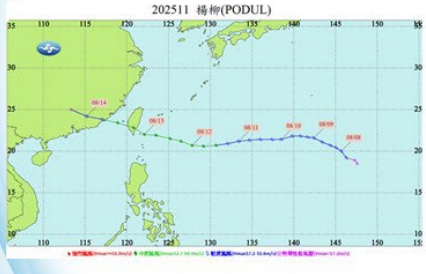
➢ 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

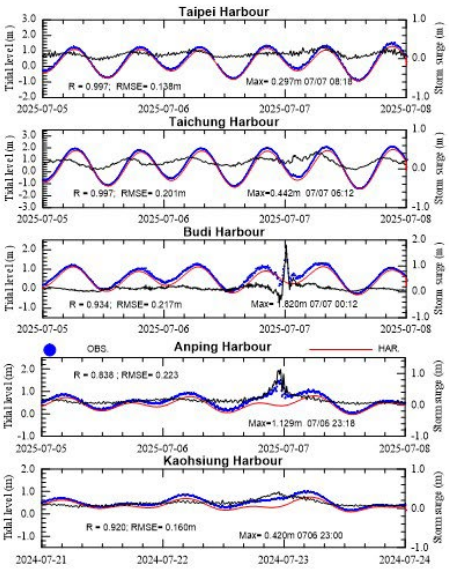
風浪、水動力模擬與校驗

暴潮偏差觀測 ➢ 天文潮調和分析

□ 2025年暴潮偏差觀測預測值歷線







➢ 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

風浪、水動力模擬與校驗

天文潮水位模擬校驗 ➢ 2025年天文潮模擬值(臺海暴潮模組)

均方根誤差分析成果

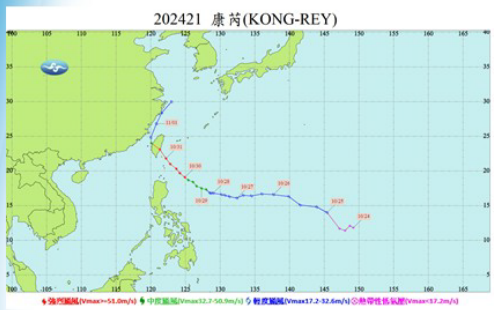
年/月	花蓮港 (m)	蘇澳港 (m)	基隆港 (m)	臺北港 (m)	臺中港 (m)	布袋港 (m)	安平港 (m)	高雄港 (m)
2025/01	0.070	0.150	0.188	0.205	0.222	0.201	0.171	0.147
2025/02	0.061	0.121	0.152	0.165	0.155	0.176	0.148	0.136
2025/03	0.071	0.091	0.105	0.136	0.160	0.125	0.113	0.097
2025/04	0.056	0.068	0.064	0.118	0.144	0.079	0.096	0.068
2025/05	0.054	0.053	0.052	0.118	0.160	0.070	0.096	0.066
2025/06	0.045	0.075	0.099	0.125	0.180	0.095	0.105	0.081
2025/07	0.065	0.132	0.170	0.170	0.199	0.137	0.129	0.109
2025/08	0.107	0.169	0.208	0.212	0.211	0.175	0.155	0.137
2025/09	0.094	0.147	0.172	0.195	0.190	0.179	0.155	0.141
2025/10	0.058	0.079	0.081	0.148	0.158	0.136	0.114	0.104
2025/11	0.101	0.092	0.096	0.164	0.164	0.111	0.092	0.069
202512	0.114	0.147	0.172	0.207	0.211	0.165	0.144	0.113
全年	**0.077**	**0.116**	**0.139**	**0.183**	**0.167**	**0.142**	**0.129**	**0.109**

利用各港2025年天文潮調和預測值檢核模式模擬結果；表現優於2024年度年均方根誤差者計有**花蓮、蘇澳、臺中及安平**等4港口。

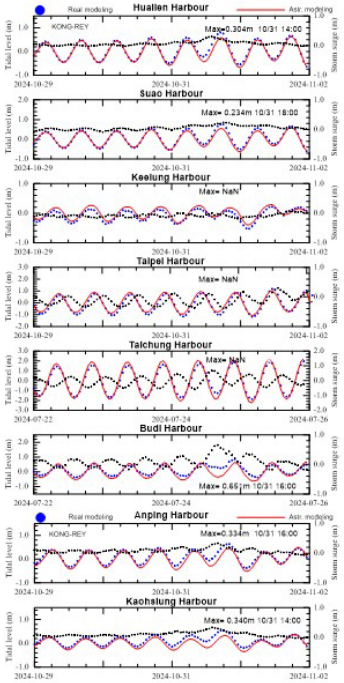
風浪、水動力模擬與校驗

➢ 臺灣周圍海域水動力模擬與校驗

暴潮水位模擬校驗



港口	花蓮港	蘇澳港	基隆港	臺北港	臺中港	布袋港	安平港	高雄港
觀測分析值	0.845 m	0.450 m	—	—	0.530 m	0.545 m	0.447 m	0.367 m
發生時間(月日時)	103115	103116	—	—	103117	103122	103122	103110
模擬預測值	0.304 m	0.234 m	—	—	—	0.651 m	0.334 m	0.340 m
發生時間(月日時)	103114	103118	—	—	—	103116	103116	103114



海象預測作業化成果評估

➢ 海象預測作業化成果評估

➢ 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臺海暴潮模組模擬資料，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。

期末審查

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

海象預測作業化成果評估

➢ 海象預測作業化成果評估

➢ 觀測資料蒐集率(113年9月~114年8月)

波浪觀測資料

海域 月份	臺北 浮標	基隆 浮標	蘇澳 AWAC	花蓮 AWAC	高雄 AWAC	安平 AWAC	布袋 浮球	臺中 AWAC	澎湖 浮標	馬祖 AWAC
202409	99.58	99.58	96.39	98.61	99.44	82.50	65.28	97.08	99.86	98.06
202410	98.66	54.97	98.25	98.52	98.79	91.13	100.00	97.72	99.60	95.43
202411	97.36	99.72	**99.86**	**100.00**	99.17	99.86	100.00	**95.83**	99.44	99.31
202412	97.72	99.33	**100.00**	**100.00**	98.92	93.01	99.87	**100.00**	99.73	99.87
202501	97.18	99.06	**100.00**	**100.00**	100.00	100.00	99.87	**97.72**	99.60	99.60
202502	98.66	99.40	**25.60**	**33.04**	99.70	100.00	100.00	**96.73**	99.70	99.26
202503	98.39	99.60	**0.00**	**0.00**	99.60	98.66	100.00	**98.79**	99.60	99.87
202504	99.03	99.31	**0.00**	**0.00**	99.17	98.89	100.00	**98.19**	99.58	99.86
202505	99.87	81.99	**0.00**	**52.42**	99.06	99.60	100.00	**96.64**	99.73	99.19
202506	95.97	60.42	**68.19**	98.75	98.61	100.00	100.00	**89.86**	98.47	99.58
202507	100.00	99.33	99.73	99.19	99.87	100.00	94.35	**26.34**	92.20	96.77
202508	99.87	97.04	99.06	99.87	99.33	100.00	90.73	**0.00**	97.31	99.87

海流觀測資料

海域 月份	臺北 浮標	基隆 浮標	蘇澳 AWAC	花蓮 AWAC	高雄 AWAC	安平 AWAC	布袋 浮球	臺中 AWAC	澎湖 浮標	馬祖 AWAC
202409	95.28	100.00	96.39	98.75	99.44	82.50	65.28	97.08	100.00	98.06
202410	94.49	51.88	98.52	98.79	98.79	91.13	100.00	97.72	100.00	95.56
202411	96.53	98.61	**99.86**	**100.00**	99.17	99.86	100.00	**95.83**	100.00	99.31
202412	96.91	17.61	**100.00**	**100.00**	99.06	93.01	99.87	**100.00**	100.00	99.87
202501	96.24	0.00	**100.00**	**100.00**	100.00	100.00	99.06	**97.72**	100.00	99.73
202502	97.32	0.00	**25.60**	**33.04**	99.70	100.00	100.00	**96.73**	100.00	99.26
202503	97.85	0.00	**0.00**	**0.00**	99.60	98.66	100.00	**98.92**	100.00	99.87
202504	98.33	0.00	**0.00**	**0.00**	99.17	98.89	100.00	**98.33**	100.00	99.86
202505	91.40	0.00	**0.00**	**52.42**	99.19	99.60	100.00	**96.77**	100.00	99.60
202506	95.00	47.22	**68.19**	98.89	98.75	100.00	100.00	**90.14**	99.86	99.58
202507	98.39	98.39	99.87	98.52	99.87	100.00	93.15	**26.34**	100.00	96.77
202508	99.60	99.46	99.06	99.87	99.33	100.00	90.73	0.00	100.00	99.60

11:51:30

期末審查

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

海象預測作業化成果評估

➢ 海象預測作業化成果評估

➢ 114年度(113年9月~114年8月)成果評估項目及內容

風力
- 模擬值與觀測值之逐月**歷線比較圖**(風速、風向)
- 模擬值、觀測值之逐月風力**玫瑰圖**
- 模擬值、觀測值之逐月**統計值**(蒐集率、平均值、極端值、標準偏差及均方根差)
- 觀測值**發生機率或頻率**(風速、風向)

波浪
- 模擬值與觀測值之逐月**歷線比較圖**(示性波高、譜峰週期、平均波向)
- **示性波高、譜峰週期**(模擬值、觀測值)之逐月統計值(蒐集率、平均值、極端值、標準偏差及均方根差)

水位
- 模擬值與觀測值之逐月**歷線比較圖**
- 模擬值、觀測值之逐月**統計值**(蒐集率、平均值、極端值、標準偏差及均方根差)

海流
- 模擬值與觀測值之逐月**歷線比較圖**(流速、流向)
- 模擬值與觀測值之逐月統計值(蒐集率、平均值、極端值、標準偏差及均方根差)

➢ 「2025年海象作業化預測評估年報」

期末審查

臺北海域基本資料蒐集與分析

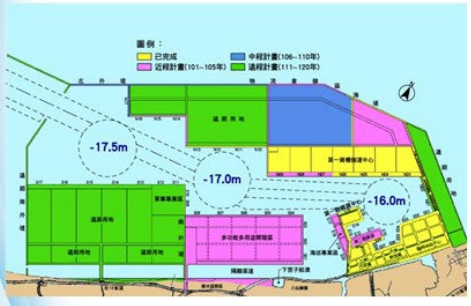
海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

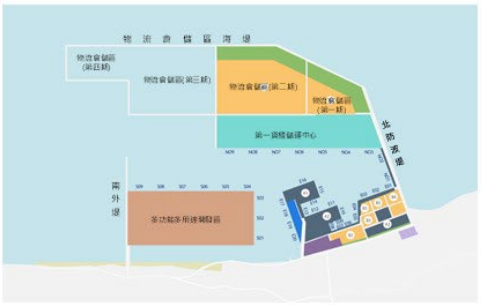
➢ 臺北港

地理位置

- **臺北港**位於淡水河出海口南岸新北市八里區至林口區瑞樹坑溪口近岸海域，面對台灣海峽；地理位置代表座標為東經121°21'29"，北緯25°9'49"，。東距基隆港34浬，南距台中港87浬







期末審查

臺北海域基本資料蒐集與分析

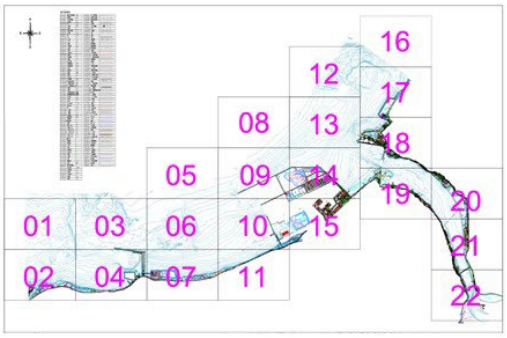
海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 地形水深

資料蒐集來源

- ◆ **臺灣港務公司**
  - (1)臺北港港域水深資料
  - (2)臺北港鄰近海域水深資料
  - (施測時間113年、解析度5M)
- ◆ **內政部**
  - 臺北海岸海域水深資料
  - (施測時間近5年、解析度20M)
- ◆ **國國家海洋科學研究中心**
  - 200m 網格數值地形資料





期末審查

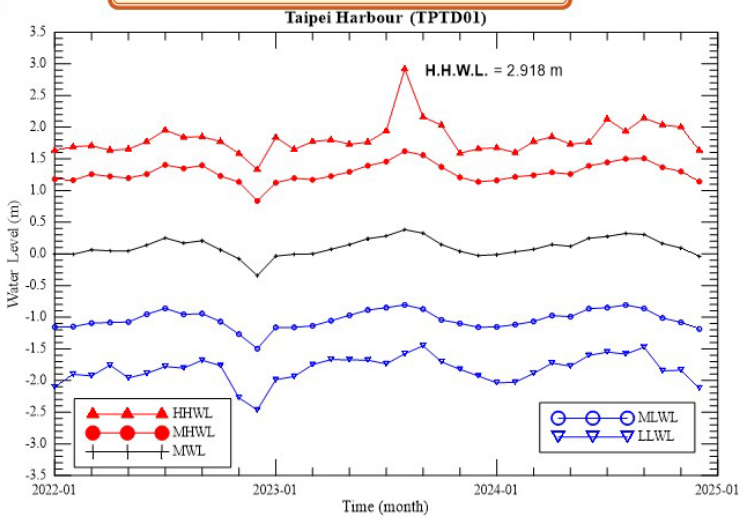
海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

臺北海域基本資料蒐集與分析

➢ 潮位

資料蒐集 ➢ 2022年~2024年 (TPTD01)

臺北港代表性潮位統計結果



最高潮位觀測值為E.L+2.918m，於2023年8月卡努颱風侵臺期間測得；

期末審查

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

臺北海域基本資料蒐集與分析

➢ 波浪

資料蒐集 ➢ 2024年(TPAW01、**TPBU01**)

臺北港波浪主要分布範圍統計結果

月份	主要波高範圍(m)	主要波高佔比(%)	主要週期範圍(s)	主要週期佔比(%)	主要波向方位	主要波向佔比(%)
1月	1.0~2.0	45.8	4.0~5.0	39.8	NE	25.6
2月	0.0 ~1.0	35.7	5.0~6.0	46.8	NNE	26.2
3月	0.0 ~1.0	50.2	4.0~5.0	48.5	NE	23.1
4月	0.0 ~1.0	69.7	4.0~5.0	59.2	W	19.6
5月	0.0 ~1.0	56.4	4.0~5.0	54.8	NE	26.3
6月	0.0 ~1.0	66.4	4.0~5.0	66.0	W	32.9
7月	0.0 ~1.0	88.1	4.0~5.0	50.5	W	26.1
8月	0.0 ~1.0	93.2	3.0~4.0	46.6	WSW	39.6
9月	0.0 ~1.0	71.4	4.0~5.0	46.4	N	30.0
10月	1.0~2.0	35.3	5.0~6.0	37.2	N	53.7
11月	1.0~2.0	45.4	5.0~6.0	51.5	N	54.9
12月	1.0~2.0	48.8	5.0~6.0	54.3	N	51.4

移站至AWAC

東北季風盛行期間，示性波高主要分布範圍為1.0~2.0m(1月及10~12月)，平均週期主要分布範圍為5.0~6.0m(2月及10~12月)，譜峰波向主要方位為N(10~12月)；

期末審查

臺北海域基本資料蒐集與分析

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 海流

資料蒐集 ➢ 2024年(TPAW01、**TPBU01**)

臺北港逐月年主要分潮分析結果

年/月份	淨流流速(cm/s)	流向	O_1 流速(cm/s)	流向	K_1 流速(cm/s)	流向	M_2 流速(cm/s)	流向	S_2 流速(cm/s)	流向
2024/01	10.1	NW	5.4	ENE	8.8	NE	76.0	NE	19.5	NE
2024/02	10.1	NW	4.9	NE	6.9	NE	73.0	NE	27.0	NE
2024/03	8.8	NNW	5.5	NE	5.0	NE	70.0	NE	32.0	NE
2024/04	12.9	N	6.3	NE	6.4	NE	59.6	NE	27.7	NE
2024/05	10.2	NNW	6.2	NE	6.6	NE	73.2	NE	18.4	NE
2024/2/06	12.2	N	6.6	ENE	9.9	ENE	73.2	NE	13.3	NE
2024/07	13.2	NNE	6.2	ENE	8.0	ENE	54.4	ENE	15.4	ENE
2024/08	4.2	ENE	5.4	NE	7.3	ENE	59.8	ENE	23.0	ENE
2024/09	2.3	ENE	4.7	NE	6.8	ENE	56.7	ENE	23.3	ENE
2024/10	7.3	WSW	3.3	ENE	5.9	ENE	56.0	ENE	23.2	ENE
2024/11	2.1	WSW	3.5	NE	6.5	ENE	57.3	ENE	18.1	ENE
2024/12	1.9	WSW	2.8	NE	5.6	NE	58.0	ENE	12.1	ENE

移站至AWAC

顯示移站後，海流流速變小、流向亦有變化；但仍以半日潮M_2佔優勢，其次為半日潮S_2。

期末審查

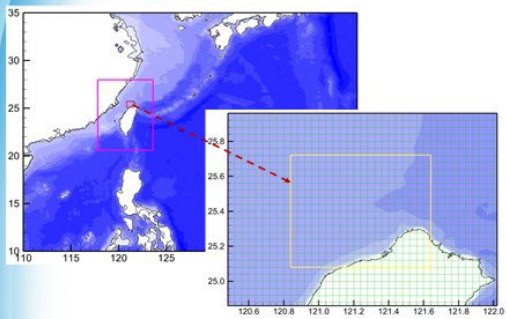
臺北海域風浪、水動力模組建置

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 臺北海域小尺度風浪模組建置

小尺度風浪模組建置

● 模擬範圍

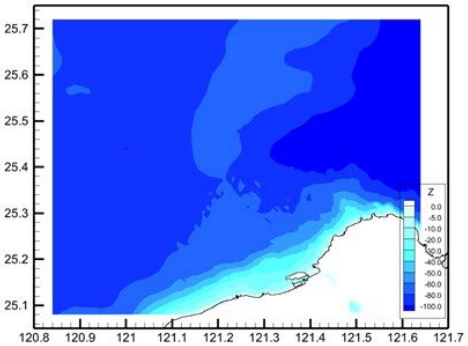


(120.84°,25.08°)~(121.64°,25.72°)

● 計算網格

(1)解析度0.008°

(2)網格維度101×81



臺北海域風浪、水動力模組建置

➢ 臺北海域小尺度風浪模組建置

小尺度風浪模組建置

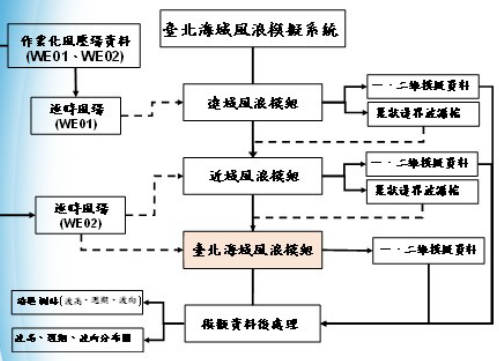
- 臺北海域風浪模擬系統

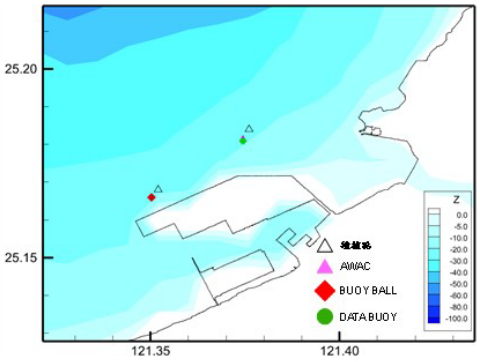
  建構3層巢狀網格風浪模擬系統

- 檢核點

  (1)TPAW01、TPBU01

  (2)TPBU02



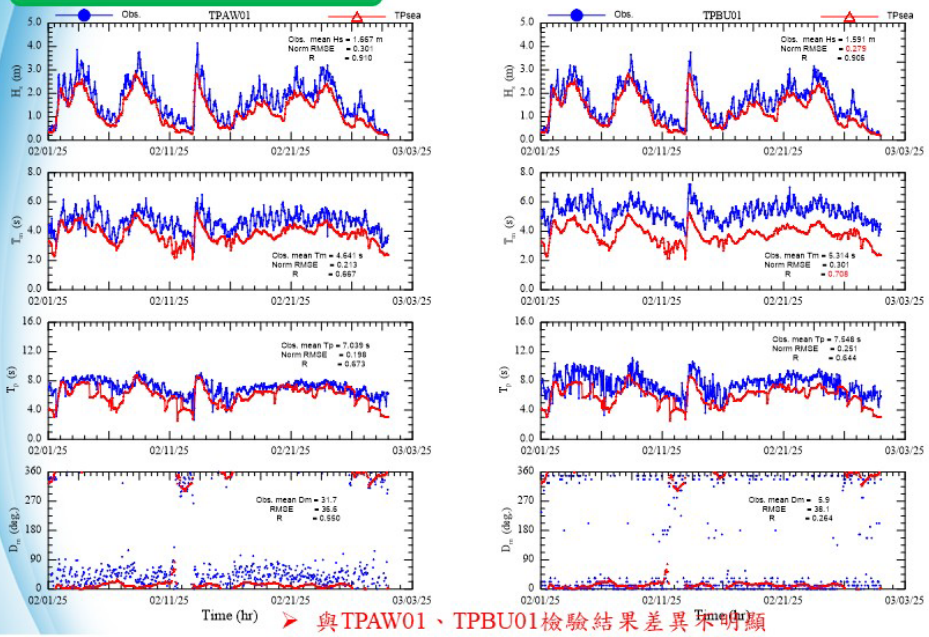


臺北海域風浪、水動力模組建置

➢ 臺北海域小尺度風浪模組建置

小尺度風浪模組模擬校驗

➢ 冬季風浪模擬



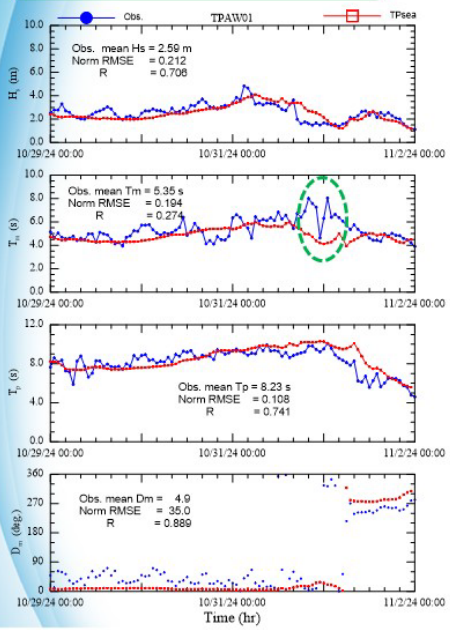
➢ 與TPAW01、TPBU01檢驗結果差異不明顯

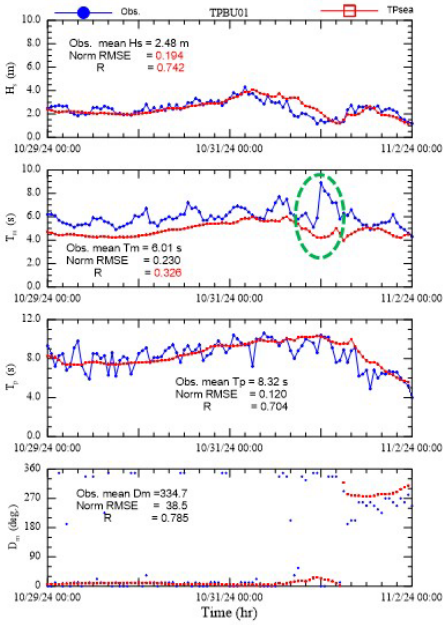
臺北海域風浪、水動力模組建置

➢ 臺北海域小尺度風浪模組建置

小尺度風浪模組模擬校驗

➢ 颱風波浪模擬





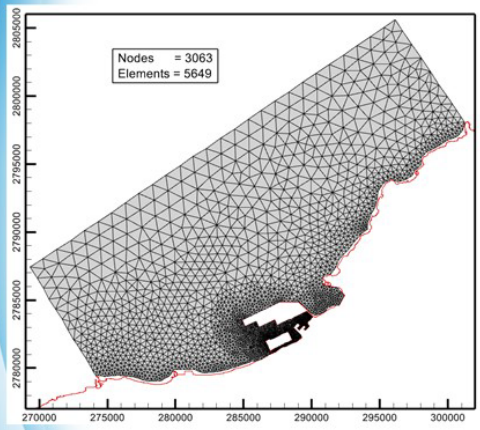
臺北海域風浪、水動力模組建置

➢ 臺北海域小尺度水動力模組建置

水動力模組建置

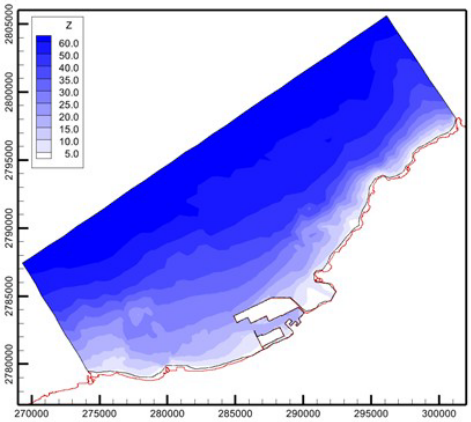
- 計算網格

配合臺北港外廓及港型新建不規則三角元素網格



- 地形水深

依據臺北海域地形水深蒐集資料，建構計算網格地形水深



期末審查

臺北海域風浪、水動力模組建置

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 臺北海域小尺度水動力模組建置

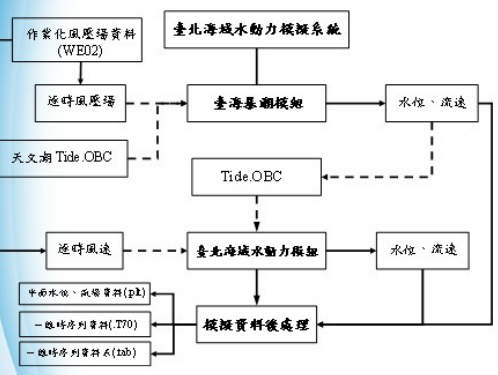
水動力模組建置

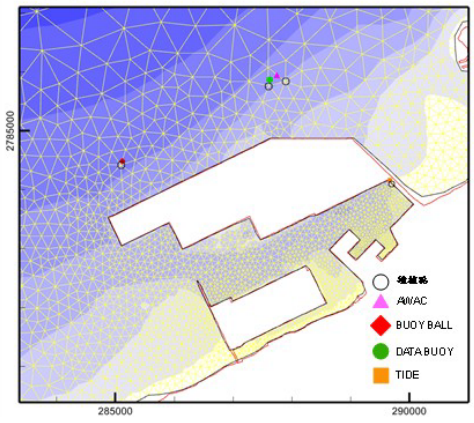
- 臺北海域水動力模擬系統

整合臺海暴潮模組及臺北海域水動力模組，建構成雙層巢狀網格水動力模擬系統

- 檢核點

(1)TPAW01
(2)TPBU01
(3)TPBU02





11:51:31

期末審查

臺北海域風浪、水動力模組建置

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

➢ 臺北海域小尺度水動力模組建置

水動力模組模擬校驗

➢ 海流觀測資料(主要分潮調和分析)

E-W 向流速分量
(00H 01/01/2024~ 00H 02/01/2024)

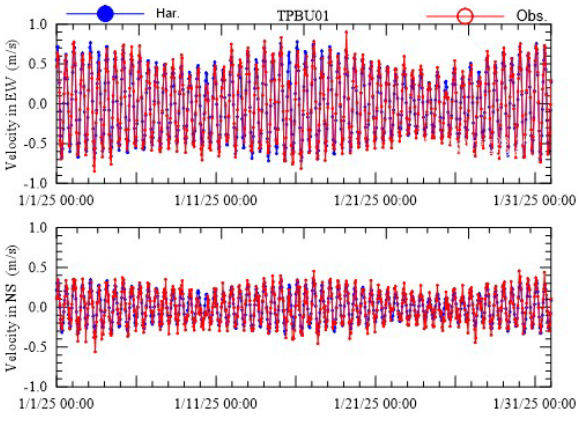
分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m/s)	位相角(°)
MSF	0.00282193	0.0318	36.48
O1	0.03873065	0.0325	212.16
K1	0.04178075	0.0510	149.41
N2	0.07899925	0.0530	143.54
M2	0.08051140	0.5492	62.40
S2	0.08333334	0.1379	69.93

平均流速=-0.0006m/s
時間原點= 12:00 16/01/2025

N-S 向流速分量
(00H 01/01/2024~ 00H 02/01/2024)

分潮名稱	角頻率(度/小時)	振幅(m/s)	位相角(°)
MSF	0.00282193	0.0094	46.82
O1	0.03873065	0.0159	183.60
K1	0.04178075	0.0318	350.29
N2	0.07899925	0.0252	157.71
M2	0.08051140	0.2364	70.42
S2	0.08333334	0.0670	82.39

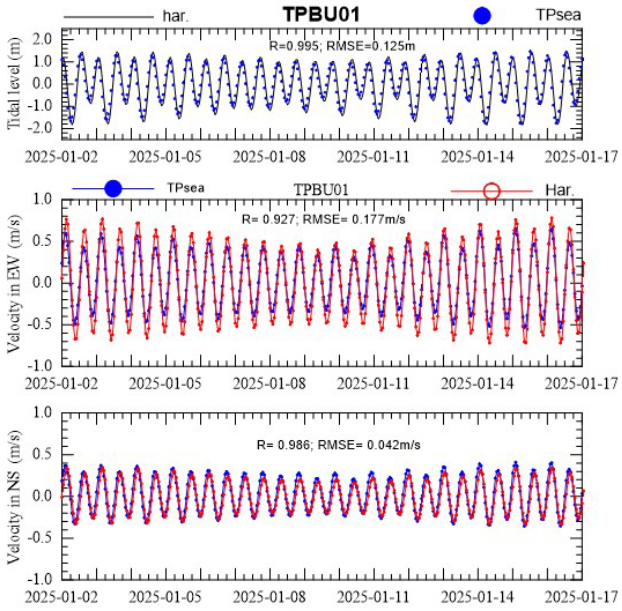
平均流速=-0.0011m/s
時間原點= 12:00 16/01/2025



臺北海域風浪、水動力模組建置

➢ 臺北海域小尺度水動力模組建置

水動力模組模擬校驗 ➢ 檢核點水位及流速校驗



結論與建議

➢ 結論

1. 本年度維護記錄達47次，低於113年同期53次；亦完成基隆港、花蓮港及蘇澳港等3商港港區靜穩模擬系統作業化程式校修及測試。
2. 因應臺北港港型改變，針對小尺度臺北港近岸波浪模組改善研究，完成數值計算參考網格之修正，以及地形水深資料、模擬結果檢核點位之更新，以達到精進波浪模擬預測目的。
3. 在臺灣周圍海域風浪模擬校驗方面，完成2024年12月~2025年2月冬季風浪模擬，以及本年度(2024 年 9 月至2025 年8月)侵臺颱風山陀兒、康芮、天兔、丹娜絲及楊柳等颱風波浪模擬之校驗分析。
4. 在臺灣周圍海域水動力模擬與校驗方面，整體而言，2025年天文潮水位模擬之均方根誤差指標，以臺北港0.183m表現較差，花蓮港0.077m表現最佳。 針對2024年康芮颱風暴潮模擬校驗顯示，最大暴潮偏差呈現出模擬預測值低於觀測分析值現象(僅布袋港例外)。。

期末審查

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

結論與建議

➢ 結論

5 在風力、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(2024年9月至2025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 臺北海域完成近年地形水深、潮位、波浪及海流等調查資料蒐集與分析，其中臺北港潮型近似半日潮型態(≤0.25)；示性波高分布主要範圍為1.0~1.5m，其次為1.5~2.0m；平均週期分布主要範圍為4.0~5.0sec，其次為5.0~6.0sec；主波向方位分布以N向為主，其次為NNE向；測站附近海流漲、退潮主要流向為ENE-WSW，以半日潮M2佔優勢，其次為半日潮S2。

7 完成臺北海域小尺度風浪模組建置及臺北海域風浪模擬系統作業化模擬測試與校驗；冬季風浪(2025年2月)校驗結果顯示：示性波高模擬達到高度相關之標準，週期(平均、譜峰)及平均波向模擬亦達到中度相關標準。康芮颱風波浪模擬校驗結果顯示：示性波高及平均週期之相關係數下降，譜峰週期及平均波向之相關係數上升(達到高度相關標準)。整體而言，颱風波浪模擬因採用短期資料校驗，評估指標(相關係數及均方根誤差)較易隨颱風特性呈現顯著變動。

期末審查

海氣象預測模擬系統之維運與精進(4/4)

結論與建議

➢ 結論

8 完成臺北海域小尺度水動力模組建置與校驗，本計畫以試誤法率定水動力模組相關物理參數得到最適校驗結果，其中水位及流速模擬值相關係數均大於0.9；後續將納入臺海水動力模擬子系統進行模擬測試。

結論與建議

建議

1. 針對本年度小尺度金門海域風浪模組改善，無法達到預期之結果，建議後續改善策略可採用四層巢狀網格(0.2°、0.04°、0.008°及0.002°)進行研究。
2. 建議未來模擬作業採用更高解析度颱風風場資料(如同化或衛星推估場)，以提升颱風中心區域與近岸風浪能量模擬精度。
3. 建議針對不同路徑類型颱風建立分區校驗標準，強化模式於東部外海與南部近岸的再現能力，提升颱風風浪預測準確度。
4. 整體而言，預測模式(如水動力)建立之目的在獲得較好的模擬現況，惟模式加入的理論參數未必能夠表現實際的狀況；因此對數值模式持續尋求可能的改善亦是重要。

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/