111-014-7C98
MOTC-IOT-110-H3CA001a

港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(4/4)-模擬評估及靜穩預警研究

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 111 年 3 月

111-014-7C98
MOTC-IOT-110-H3CA001a

港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(4/4)-模擬評估及靜穩預警研究

著 者：傅怡釧、林雅雯、劉清松、陳鈞彥、謝佳紘、鄭采誼

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 111 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究.(4/4):模擬評估及靜穩預警研究 / 傅怡釧, 林雅雯, 劉清松, 陳鈞彥, 謝佳紘, 鄭采誼著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民111.03
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-372-2(平裝)

1.CST: 波動 2.CST: 數值分析

351.9 111000749

港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(4/4)-模擬評估及靜穩預警研究

著　　者：傅怡釧、林雅雯、劉清松、陳鈞彥、謝佳紘、鄭采誼
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：105004 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 111 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：550 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)2349-6880
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：1011100128　ISBN：978-986-531-372-2（平裝）
著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(4/4)-模擬評估及靜穩預警研究

國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號
ISBN 978-986-531-372-2(平裝)	1011100128	111-014-7C98	110-H3CA001a

主辦單位：港灣技術研究中心
主管：蔡立宏
計畫主持人：林雅雯
研究人員：傅怡釧、劉清松、陳鈞彥、謝佳紘、鄭采誼
聯絡電話：04-26587134
傳真號碼：04-26564415

研究期間
自 110 年 1 月
至 110 年 11 月

關鍵詞：長浪、港內靜穩、防救災、預警系統、風浪預報、暴潮預報、流場預報、海嘯

摘要：

本計畫均以作業化方式整合大洋、近岸及港灣海域之風浪、潮汐、海流及海嘯模式，並進行長浪預警推動。本(110)年度為強化商港及近岸之海象模擬模組，結合相關計畫內具有經驗與基礎之技術研發團隊，新增東部之商港與海岸公路所需近岸風浪模組及浪襲預警模組，並發展長浪模擬預警及港內靜穩示警模組。

本(110)年度主要工作為維運現有海氣象作業模組(風場、波浪、水動力、海嘯)及資訊設備，每日提供各項海象模擬預測資訊，每月進行 9 個主要商港模擬與觀測成果評估，並以颱風期間為評估重點。計畫期間新建花蓮及蘇澳海域風浪模組，經重新模擬哈吉貝颱風事件可知，花蓮海域風浪模組模擬成效較佳並可提供花蓮港長浪預測資訊。此外，分析花蓮港 105 年 12 月至 109 年 11 月期間之波浪資料，顯示夏季及秋季之長浪波高發生機率較多在 0.5 公尺以下，若所觀測長浪波高超過 1 公尺以上時，則表示臺灣外海有颱風湧浪傳遞至花蓮港；接著探討北冕、海神、閃電及舒力基颱風期間花蓮港防颱避湧作業與長浪關係，建議避湧作業仍可以長浪波高 2 公尺為參考指標。最後整合花蓮港海象觀測、模擬預測及港內靜穩觀測等資訊，研擬預警指標，以簡單、易懂及客製化網頁設計，提供花蓮港務分公司防災應變、船舶進出管理決策支援。

本計畫海象模擬成果，可供本所後續計畫參考，並同步於本所港灣環境資訊網對外服務，提供交通部航港局、臺灣港務股份有限公司及公路總局等主管港灣及海岸公路等單位，在平時輔助營運管理，在颱風侵襲期間作為防災預警、花蓮港避湧作業及海岸公路行車安全等參考。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
111 年 3 月	518	550	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: A Study of Wind Wave and Tidal Current Simulation and Long Wave Warning in Harbors (4/4) –A Study of Simulation Evaluation and Harbor Tranquility Warning			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-372-2 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011100128	IOT SERIAL NUMBER 111-014-7C98	PROJECT NUMBER 110-H3CA001a

DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER

DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai

PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ya-Wen Lin

PROJECT STAFF: Yi-Chuan Fu, Ching-Sung Liu, Chun-Yen Chen, Chia-Hon Shieh, Cai-Yi Jheng

PHONE: 886-4-26587134

FAX: 886-4-26564415

PROJECT PERIOD

FROM January 2021

TO November 2021

KEY WORDS: long wave; harbor tranquility; Disaster Prevention and Rescue; warning system; Wind-wave forecast; Storm surge forecast; Current forecast, Tsunami

ABSTRACT:

This project integrates, by operation, the ocean, inshore and harbor wave, tide, current and tsunami modes, and promotes long wave early warning. This year, in order to strengthen the meteo-oceanographic simulation module for commercial ports and coastal areas, the project integrated experienced technology R&D teams of relevant projects and involved additional wind wave module and wave attack early warning module for commercial ports and coastal highways in eastern Taiwan, as well as developed the long wave simulation and early warning and the tranquility warning module for the port.

The main tasks of this year (2021) are the maintenance of the existing meteo-oceanographic operation module (wind field, wave, hydrodynamic, tsunami) and information equipment, the daily supply of predictions by various meteo-oceanographic simulations, and the monthly evaluation of simulation and observation results on nine major commercial ports, with focus of evaluation placed on typhoon periods. During the project period, new wave modules for Hualien and Suao sea areas were built, of which, the former had higher effectiveness and could provide long wave forecast information for the same port as demonstrated by re-simulating the HAGIBIS Typhoon incident. In addition, an analysis of the wave data of Hualien Port from December 2016 to November 2020 showed that most of the long wave heights in summer and autumn were less than 0.5 m, and that if any long wave of more than 1 m height was observed, it would indicate typhoon surge transmitted from the surrounding sea of Taiwan to Hualien Port. Following that was the exploration in the relationship between the anti-typhoon & surge avoiding operations of Hualien Port and long waves during the Kammuri, HAISHEN, ATSANI, and SURIGAE Typhoons. The recommendation was that long wave height at 2 m can still be used as a reference indicator for the surge avoiding operation. Last, with the information on meteo-oceanographic observation, prediction by simulation, and tranquility observation in the Hualien Port integrated, and early warning indicators developed, simple, easy-to-understand and customized webpages were designed to support Hualien Port in the decision in response to disaster and vessel access management.

The results of the meteo-oceanographic simulation in this project can serve as references for the future plans by the Institute; at the same time they can be posted on the harbor environment information network of the Institute for external services, and provided to the Maritime and Port Bureau of the Ministry of Transportation and Communications, the Taiwan International Ports Corporation, the General Administration of Highways and other harbor and coastal road administrations for assistance in operation and management at usual times, and serving as references in disaster prevention and early warning, and, for Hualien Port, in surge avoiding operation and coastal road safety during typhoon periods.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
March 2022	518	550

1. 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 VI
表目錄 XVII
第一章 緒論 1-1
1.1 計畫緣起 1-1
1.2 前期相關計畫 1-3
1.3 研究範圍與對象 1-5
1.4 工作項目及成果 1-6
第二章 海象模擬作業化系統 2-1
2.1 整體作業化流程 2-2
2.1.1 系統維運作業及硬體架構說明 2-6
2.1.2 資料格式及應用軟體說明 2-10
2.2 風場模組 2-14
2.3 風浪模組 2-20
2.4 水動力模組 2-34
2.5 海嘯模組 2-41
2.6 海岸公路浪襲模組 2-49
第三章 海象模擬作業化系統模擬成果應用 3-1
3.1 臺灣主要商港海氣象觀測及蒐集 3-1
3.2 花蓮海岸公路浪襲預警系統建置 3-11
3.2.1 花蓮海岸公路浪襲模式設定 3-11

3.2.2 預警系統模擬結果與精進.....3-26
3.2.3 路基流失因應對策研擬.....3-36
3.3 港灣環境資訊系統維運與更新.....3-59
3.3.1 港灣環境資訊平臺架構.....3-59
3.3.2 新版港灣環境資訊網.....3-62
3.3.3 港灣環境資訊圖臺.....3-80
第四章 海象模擬作業化系統新建模組.....4-1
4.1 北端海域海象模組建置.....4-1
4.1.1 北端海域風浪模組建置及驗證.....4-1
4.1.2 北端海域水動力模組建置及驗證.....4-5
4.2 花蓮港及蘇澳港靜穩模組建置.....4-9
4.2.1 港區靜穩模擬子系統架構.....4-9
4.2.2 港區波浪觀測資料蒐集及分析.....4-15
4.2.3 模式靜穩分析結果.....4-26
第五章 港外長浪預警及港區靜穩預警系統.....5-1
5.1 港外觀測波浪處理與分析.....5-3
5.1.1 波流儀器簡介.....5-4
5.1.2 港外觀測長浪特性分析.....5-7
5.1.3 蘇澳港觀測資料處理與分析.....5-13
5.2 港外觀測長浪特性分析.....5-15
5.2.1 波浪觀測原始資料(wad 檔)處理.....5-15
5.2.2 自行轉換波高及週期與原廠處理後資料檔(wap 檔)驗證.....5-21
5.2.3 四季長浪變化.....5-23
5.2.4 分析 109 年度颱風季節之長浪變化.....5-28
5.2.5 花蓮港防颱避湧作業與觀測波浪分析.....5-33
5.2.6 花蓮港及蘇澳港長浪觀測比對分析.....5-48

5.3 港外長浪模擬預測改善 5-50
5.3.1 原風浪模組之長浪預測結果 5-50
5.3.2 風浪模組改善對長浪預測影響分析 5-53
5.4 港區靜穩展示網頁 5-57
5.4.1 港內靜穩測站建置及說明 5-57
5.4.2 花蓮港區靜穩展示網頁 5-60
第六章 結論與建議 6-1
6.1 結論 6-2
6.2 建議 6-5
6.3 成果效益及應用情形 6-5
誌謝 7-1
參考文獻 參-1
附錄一 110 年度侵臺颱風警報資料 ..... 附 1-1
附錄二 110 年度每月作業化成果報表 ..... 附 2-1
附錄三 105 至 109 年度花蓮港波浪觀測資料 ..... 附 3-1
附錄四 108 至 109 年度蘇澳港波浪觀測資料 ..... 附 4-1
附錄五 符號表 ..... 附 5-1
附錄六 計畫成果交流會 ..... 附 6-1
附錄七 計畫報告審查會議簡報資料 ..... 附 7-1
附錄八 報告審查意見處理情形表 ..... 附 8-1

圖 目 錄

圖 1.1 近岸海象數值模擬及預警系統架構圖.....1-4
圖 1.2 本所海象觀測、模擬及展示系統架構示意圖.....1-6
圖 2.1 海象模擬作業化系統流程圖.....2-2
圖 2.2 海象數值模擬風浪系統作業時間流程.....2-4
圖 2.3 海象數值模擬水動力系統 2 日作業流程範例圖.....2-5
圖 2.4 海象模擬作業化系統預測成果評估流程.....2-5
圖 2.5 系統硬體及資料流程說明圖.....2-8
圖 2.6 本所 TaiCOMS 作業化風壓場 WE01 資料輸出範圍圖.....2-15
圖 2.7 本所 TaiCOMS 作業化風壓場 WE02 資料輸出範圍圖.....2-16
圖 2.8 每日 1 次海象作業化模擬預測風場之組合方式圖.....2-18
圖 2.9 每日 4 次海象作業化模擬預測風場之組合方式圖.....2-18
圖 2.10 每日擷取 WRF 風場作業化流程調整.....2-19
圖 2.11 本年度風場解算後提供各模組之輸入資料流程說明圖.....2-19
圖 2.12 本所 TaiCOMS 風浪模擬子系統模擬架構圖.....2-22
圖 2.13 遠域風浪模組模擬範圍擴增後示意圖.....2-25
圖 2.14 近域風浪模組模擬範圍圖.....2-25
圖 2.15 近海風浪模組-澎湖海域(PH sea)模擬範圍圖.....2-26
圖 2.16 近海風浪模組-金門海域(KM sea)模擬範圍圖.....2-26
圖 2.17 近海風浪模組-馬祖海域(MZ sea)模擬範圍圖.....2-27
圖 2.18 近海風浪模組-東南海域(SE sea)模擬範圍圖.....2-27
圖 2.19 近海風浪模組-西南海域(SW sea)模擬範圍圖.....2-28
圖 2.20 近海風浪模組-花蓮海域(HL sea)模擬範圍圖.....2-28
圖 2.21 近海風浪模組-蘇澳海域(SA sea)模擬範圍圖.....2-29
圖 2.22 近岸波場模組-各商港模擬範圍圖.....2-29

圖 2.23 港域波場模組-各商港模擬範圍圖 2-30
圖 2.24 各港域波場模組地形水深分布及展示畫面(1/3)..... 2--31
圖 2.25 各港域波場模組地形水深分布及展示畫面(2/3).....2-32
圖 2.26 各港域波場模組地形水深分布及展示畫面(3/3).....2-33
圖 2.27 水動力模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程圖.....2-35
圖 2.28 中尺度水動力模組模擬範圍示意圖.....2-35
圖 2.29 中尺度水動力模組三角元素網格分布圖.....2-36
圖 2.30 基隆港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖.....2-37
圖 2.31 臺北港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖.....2-37
圖 2.32 臺中港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖.....2-38
圖 2.33 安平港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖.....2-38
圖 2.34 花蓮港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖.....2-39
圖 2.35 蘇澳港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖.....2-39
圖 2.36 澎湖海域近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖.....2-40
圖 2.37 金門海域近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖.....2-40
圖 2.38 臺灣國際商港海嘯速算系統流程圖.....2-42
圖 2.39 海嘯系統計算範圍水深地形圖.....2-44
圖 2.40 美國國家地震資訊中心(USGS)資料庫.....2-44
圖 2.41 中研院地科所-臺灣地區寬頻地震觀測網(BATS).....2-45
圖 2.42 中研院地科所-即時地震矩張量監測系統(RMT).....2-45
圖 2.43 日本防災科學技術研究所即時地震資料(Fnet).....2-46
圖 2.44 海嘯溢淹圖檔查詢.....2-46
圖 2.45 港灣環境資訊網展示最近海嘯發布資訊及震央位置.....2-47
圖 2.46 港灣環境資訊網展示海嘯水位歷線圖及查詢歷史海嘯.....2-48
圖 2.47 「臺東、花蓮海岸公路浪襲預警系統」架構.....2-49
圖 3.1 臺灣主要商港位置圖.....3-3

圖 3.2 臺北港海氣象觀測站位置圖.....3-3
圖 3.3 基隆港及蘇澳港海氣象觀測站位置圖.....3-4
圖 3.4 花蓮港及高雄港海氣象觀測站位置圖.....3-5
圖 3.5 安平港、布袋港及臺中港海氣象觀測站位置圖.....3-6
圖 3.6 馬祖海氣象觀測位置圖.....3-7
圖 3.7 台 11 線人定勝天路段 7 個情境位置.....3-12
圖 3.8 台 11 線豐濱新社路段 3 個情境位置.....3-13
圖 3.9 台 11 線人定勝天段取 7 處斷面(三角)及地形切線(綠線).....3-13
圖 3.10 台 11 線豐濱新社路段取 3 處斷面(三角)及地形切線(綠線).....3-14
圖 3.11 台 11 線人定勝天路段波浪入射水位分布圖.....3-14
圖 3.12 台 11 線豐濱新社路段波浪入射水位分布圖.....3-15
圖 3.13 台 11 線人定勝天路段 7 處斷面離岸方向之地形剖面(1/3).....3-15
圖 3.14 台 11 線人定勝天路段 7 處斷面離岸方向之地形剖面(2/3).....3-16
圖 3.15 台 11 線人定勝天路段 7 處斷面離岸方向之地形剖面(3/3).....3-17
圖 3.16 台 11 線豐濱新社路 3 處斷面離岸方向之地形剖面.....3-18
圖 3.17 台 11 線 61K+300 處斷面之切線地形.....3-19
圖 3.18 人定勝天路段情境模擬的海況條件組合.....3-20
圖 3.19 豐濱新社路段模擬的海況條件組合.....3-20
圖 3.20 台 11 線 61K+300 處斷面模擬期間 VOF 空間分布最大值.....3-22
圖 3.21 人定勝天路段外海示性波高、譜峰週期和潮位預測點(石門).....3-23
圖 3.22 豐濱新社路段外海示性波高、譜峰週期和潮位預測點.....3-23
圖 3.23 浪襲警戒預測檔示意圖.....3-23
圖 3.24 花蓮海岸公路浪襲系統網頁展示頁面(人定勝天路段).....3-24
圖 3.25 花蓮海岸公路浪襲系統網頁展示頁面(豐濱新社路段).....3-24
圖 3.26 臺東海岸公路浪襲系統網頁展示頁面(南興路段).....3-25
圖 3.27 臺東海岸公路浪襲系統網頁展示頁面(多良路段).....3-25

圖 3.28 海岸公路浪襲預警系統預警資訊資料同化修正流程.....3-29
圖 3.29 風浪模組 SWAN 模式的預報點位置 3-29
圖 3.30 氣象局浮標即時觀測網頁示意圖(臺東浮標).....3-30
圖 3.31 花蓮站不同校正長度 L_max 與 2 種 R 的 RMSE.....3-31
圖 3.32 花蓮示性波高觀測、預測和預測修正比較.....3-32
圖 3.33 花蓮 110 年近半年的示性波高觀測、預測和預測修正.....3-32
圖 3.34 石門示性波高預測值及預測修正比較.....3-34
圖 3.35 煙花颱風期間石門站示性波高預測值及預測修正比較.....3-35
圖 3.36 璨樹颱風期間石門站示性波高預報值及預報修正比較.....3-35
圖 3.37 颱風期間的花蓮港 AWAC 示性波高和譜峰週期 3-38
圖 3.38 石梯漁港 2020 年天文潮預報.....3-39
圖 3.39 外海離岸潛堤設置於不同深度示意圖.....3-39
圖 3.40 情境模擬條件組合.....3-40
圖 3.41 台 11 線 61K+300 處模擬期間的最大壓力空間分布.....3-41
圖 3.42 台 11 線 61K+300 站模擬期間的地表最大壓力分布.....3-41
圖 3.43 潮位 0m 時，61K+300 站近道路區的地表最大壓力 3-43
圖 3.44 潮位 1m 時，61K+300 站近道路區的地表最大壓力 3-43
圖 3.45 潮位 2.5m 時，61K+300 站近道路區的地表最大壓力 3-44
圖 3.46 潛堤配置(A 方案) 3-52
圖 3.47 潛堤配置(B 方案).....3-52
圖 3.48 潮位 0m 時，61K+300 處切線方向的最大壓力 3-53
圖 3.49 潮位 1m 時，61K+300 處切線方向的最大壓力 3-53
圖 3.50 潮位 0m 時，61K+380 處切線方向的最大壓力 3-54
圖 3.51 潮位 1m 時，61K+380 處切線方向的最大壓力 3-54
圖 3.52 潮位 0m 時，61K+580 處切線方向的最大壓力 3-55
圖 3.53 潮位 1m 時，61K+580 處切線方向的最大壓力 3-55

圖 3.54 潮位 0m 時，61K+700 處切線方向的最大壓力 3-56
圖 3.55 潮位 1m 時，61K+700 處切線方向的最大壓力 3-56
圖 3.56 潮位 0m 時，61K+830 處切線方向的最大壓力 3-57
圖 3.57 潮位 1m 時，61K+830 處切線方向的最大壓力 3-57
圖 3.58 潮位 0m 時，62K+220 處切線方向的最大壓力 3-58
圖 3.59 潮位 1m 時，62K+220 處切線方向的最大壓力 3-58
圖 3.60 港灣環境網系統架構圖 3-59
圖 3.61 港灣環境資訊網各子系統(現況) 3-60
圖 3.62 新版「港灣環境資訊網」頁面架構示意圖 3-62
圖 3.63 新版「港灣環境資訊網」首頁 3-63
圖 3.64 新版「港灣環境資訊網」子系統 3-63
圖 3.65 介接海氣象觀測資料庫架構圖 3-64
圖 3.66 觀測資訊-商港，海象資料綜合表 3-65
圖 3.67 觀測資訊-商港，展示海象資料歷線圖 3-66
圖 3.68 全國海象資料架構圖 3-67
圖 3.69 觀測資訊-海域，展示各海域近 5 日海象最大值 3-67
圖 3.70 觀測資訊-海域，展示北端海域海象綜合表 3-68
圖 3.71 觀測資訊-海域，展示北端海域海象歷線圖 3-68
圖 3.72 觀測資訊-颱風 3-69
圖 3.73 介接港區地震測站資料架構圖 3-70
圖 3.74 觀測資訊-地震，近期地震資訊 3-70
圖 3.75 觀測資訊-地震，歷史地震查詢 3-71
圖 3.76 介接海氣象模擬資料架構圖 3-72
圖 3.77 模擬資訊-商港，海象頁面示意圖 3-72
圖 3.78 模擬資訊-商港，海象模擬綜合表 3-73
圖 3.79 模擬資訊-商港，模擬港區波高、流場平面圖 3-74

圖 3.80 模擬資訊-海域頁面示意圖 3-75
圖 3.81 介接海嘯模擬資料架構圖 3-76
圖 3.82 模擬資訊-海嘯 3-76
圖 3.83 介接港區腐蝕試驗點資料架構圖 3-77
圖 3.84 腐蝕資訊 3-78
圖 3.85 網站科普 3-79
圖 3.86 公開資料 3-79
圖 3.87 港灣環境資訊圖臺採用 RWD 網頁 3-81
圖 3.88 轉換程式 3-81
圖 3.89 轉換 JSON 格式檔案與色階渲染圖 3-82
圖 3.90 港灣環境資訊圖臺首頁 3-82
圖 3.91 港灣環境資訊圖臺-數值模擬風速色階圖 3-84
圖 3.92 港灣環境資訊圖臺-數值模擬波高色階圖 3-84
圖 3.93 港灣環境資訊圖臺-數值模擬流速色階圖 3-85
圖 3.94 港灣環境資訊圖臺-數值模擬潮位色階圖 3-85
圖 3.95 港灣環境資訊圖臺-風速向量場分布圖 3-86
圖 3.96 港灣環境資訊圖臺-波高分布圖 3-86
圖 3.97 港灣環境資訊圖臺-波高週期分布圖 3-87
圖 3.98 港灣環境資訊圖臺-中尺度暴潮模式流速向量場分布圖 3-87
圖 4.1 臺海風浪模擬系統之架構及模擬流程圖 4-1
圖 4.2 北端海域風浪模擬三層巢狀網格模擬範圍圖 4-3
圖 4.3 北端海域風浪模組之模擬範圍及水深分布圖 4-3
圖 4.4 風浪模式 SWAN 之模式執行架構及流程圖 4-5
圖 4.5 臺海水動力模擬系統之架構及模擬流程圖 4-6
圖 4.6 北端海域水動力模組之模擬範圍圖 4-6
圖 4.7 北端海域水動力模組小尺度非結構性網格圖 4-7

圖 4.8 基隆港區小尺度非結構性網格分布圖.....4-7
圖 4.9 北端海域水動力模組海域水深分布圖.....4-8
圖 4.10 港區靜穩模擬系統之架構及模擬流程示意圖.....4-10
圖 4.11 花蓮及蘇澳海域風浪模擬三層巢狀網格模擬範圍圖.....4-10
圖 4.12 細尺度花蓮港域波浪模組模擬範圍圖.....4-12
圖 4.13 花蓮港區碼頭位置示意圖.....4-12
圖 4.14 蘇澳港區細尺度波浪模組模擬範圍圖.....4-13
圖 4.15 蘇澳港區碼頭位置示意圖.....4-14
圖 4.16 花蓮港港外 AWAC 及港內波浪測站位置圖.....4-16
圖 4.17 蘇澳港港外 AWAC 及港內波浪測站位置圖.....4-16
圖 4.18 花蓮港港內波浪與港外波浪示性波高比值歷線圖(1/2).....4-18
圖 4.19 花蓮港港內波浪與港外波浪示性波高比值歷線圖(2/2).....4-19
圖 4.20 花蓮港港外 AWAC 與港內測站 HL09 平均週期分散圖.....4-20
圖 4.21 花蓮港港外 AWAC 與港內測站 HL17 平均週期分散圖.....4-20
圖 4.22 花蓮港 HL09 波浪平均週期與港外波浪譜峰週期分散圖.....4-21
圖 4.23 花蓮港 HL17 波浪平均週期與港外波浪譜峰週期分散圖.....4-21
圖 4.24 蘇澳港區波浪與港外波浪示性波高比值歷線圖(1/2).....4-23
圖 4.25 蘇澳港區波浪與港外波浪示性波高比值歷線圖(2/2).....4-24
圖 4.26 蘇澳港港外 AWAC 與港內測站 SAE 平均週期分散圖.....4-25
圖 4.27 蘇澳港港內 SAE 波浪平均週期與港外波浪譜峰週期分散圖.....4-25
圖 4.28 梅莎颱風期間花蓮港港外 AWAC 波浪觀測歷線圖.....4-27
圖 4.29 外港區測站 HL17 示性波高模擬值與觀測值比較結果.....4-27
圖 4.30 內港區測站 HL09 示性波高模擬值與觀測值比較結果.....4-28
圖 4.31 花蓮海域風浪模組 HLPD5 波浪模擬歷線圖.....4-28
圖 4.32 輸入 HLPD5 波浪，外港區測站 HL17 示性波高比較.....4-29
圖 4.33 輸入 HLPD5 波浪，內港區測站 HL09 示性波高比較.....4-29

圖 4.34 花蓮港內靜穩模擬#17 碼頭波高變化歷線圖.....4-30
圖 4.35 花蓮港內靜穩模擬#18 碼頭波高變化歷線圖.....4-30
圖 4.36 花蓮港內靜穩模擬#19 碼頭波高變化歷線圖.....4-31
圖 4.37 花蓮港內靜穩模擬#20 碼頭波高變化歷線圖.....4-31
圖 4.38 花蓮港內靜穩模擬#21 碼頭波高變化歷線圖.....4-32
圖 4.39 花蓮港內靜穩模擬#22 碼頭波高變化歷線圖.....4-32
圖 4.40 花蓮港內靜穩模擬#23 碼頭波高變化歷線圖.....4-33
圖 4.41 花蓮港內靜穩模擬#24 碼頭波高變化歷線圖.....4-33
圖 4.42 花蓮港內靜穩模擬#25 碼頭波高變化歷線圖.....4-34
圖 4.43 花蓮港內靜穩模擬#08 碼頭波高變化歷線圖.....4-34
圖 4.44 花蓮港內靜穩模擬#09 碼頭波高變化歷線圖.....4-35
圖 4.45 花蓮港內靜穩模擬#10 碼頭波高變化歷線圖.....4-35
圖 4.46 花蓮港內靜穩模擬#11 碼頭波高變化歷線圖.....4-36
圖 4.47 花蓮港內靜穩模擬#12 碼頭波高變化歷線圖.....4-36
圖 4.48 花蓮港內靜穩模擬#13 碼頭波高變化歷線圖.....4-37
圖 4.49 花蓮港內靜穩模擬#14 碼頭波高變化歷線圖.....4-37
圖 4.50 花蓮港內靜穩模擬#15 碼頭波高變化歷線圖.....4-38
圖 4.51 花蓮港內靜穩模擬#16 碼頭波高變化歷線圖.....4-38
圖 4.52 昌鴻颱風期間蘇澳港港外 AWAC 波浪觀測歷線圖 4-40
圖 4.53 蘇澳港內測站 SAE 波高模擬值與觀測值比較結果.....4-40
圖 4.54 蘇澳海域風浪模組輸出點 SAB 波高預測值歷線圖.....4-41
圖 4.55 蘇澳港內測站 SAE 波高模擬值與觀測值時序歷線圖 4-41
圖 4.56 蘇澳港內靜穩模擬#01 碼頭波高變化歷線圖.....4-42
圖 4.57 蘇澳港內靜穩模擬#02 碼頭波高變化歷線圖.....4-42
圖 4.58 蘇澳港內靜穩模擬#03 碼頭波高變化歷線圖.....4-43
圖 4.59 蘇澳港內靜穩模擬#04 碼頭波高變化歷線圖.....4-43

圖 4.60 蘇澳港內靜穩模擬#05 碼頭波高變化歷線圖.....4-44
圖 4.61 蘇澳港內靜穩模擬#06 碼頭波高變化歷線圖.....4-44
圖 4.62 蘇澳港內靜穩模擬#07 碼頭波高變化歷線圖.....4-45
圖 4.63 蘇澳港內靜穩模擬#08 碼頭波高變化歷線圖.....4-45
圖 4.64 蘇澳港內靜穩模擬#09 碼頭波高變化歷線圖.....4-46
圖 4.65 蘇澳港內靜穩模擬#10 碼頭波高變化歷線圖.....4-46
圖 4.66 蘇澳港內靜穩模擬#11 碼頭波高變化歷線圖.....4-47
圖 4.67 蘇澳港內靜穩模擬#12 碼頭波高變化歷線圖.....4-47
圖 4.68 蘇澳港內靜穩模擬#13 碼頭波高變化歷線圖 4-48
圖 5.1 波流儀之原始資料檔(WPR)轉檔後輸出檔案示意圖 5-4
圖 5.2 波流儀於花蓮港、蘇澳港位置示意圖(圖標 X 處).....5-5
圖 5.3 花蓮港 107 年 9 月波高(H_s)、週期(T_{m02} 、T_P)圖 5-11
圖 5.4 花蓮港 108 年 6 月波高(H_s)、週期(T_{m02} 、T_P)圖 5-12
圖 5.5 水位訊號轉換長浪(Hm0swell)示意圖.....5-15
圖 5.6 資料處理流程圖 5-16
圖 5.7 原 105 年 10 月 18 日 0 時之觀測水位訊號與頻譜圖.....5-19
圖 5.8 調整後 105 年 10 月 18 日 0 時之觀測水位訊號與頻譜圖.....5-19
圖 5.9 調整前、後示性波高及長浪波高歷線圖變化情形.....5-20
圖 5.10 本計畫轉換 AST 訊號之 wap 檔，示性波高歷線及散布圖 5-21
圖 5.11 本計畫轉換 AST 訊號之 wap 檔，平均週期歷線圖 5-22
圖 5.12 本計畫轉換 AST 訊號之 wap 檔，平均週期散布圖 5-22
圖 5.13 冬季示性波高及長浪波高直方圖.....5-26
圖 5.14 春季示性波高及長浪波高直方圖.....5-26
圖 5.15 夏季示性波高及長浪波高直方圖.....5-27
圖 5.16 秋季示性波高及長浪波高直方圖.....5-28
圖 5.17 分析 109 年 7 月$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-30

圖 5.18 分析 109 年 8 月$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$、歷線圖 5-30
圖 5.19 分析 109 年 9 月$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-31
圖 5.20 分析 109 年 10 月$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-32
圖 5.21 花蓮港監看 25 號碼頭湧浪起伏即時影像畫面.....5-33
圖 5.22 尼伯特颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-41
圖 5.23 莫蘭蒂及馬勒卡颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-41
圖 5.24 梅姬颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-41
圖 5.25 海馬颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-42
圖 5.26 尼莎及海棠颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-42
圖 5.27 天鴿颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-42
圖 5.28 泰利颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-43
圖 5.29 山竹颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-43
圖 5.30 潭美颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-43
圖 5.31 丹娜絲颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-44
圖 5.32 利奇馬颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-44
圖 5.33 白鹿颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-44
圖 5.34 玲玲颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-45
圖 5.35 米塔颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-45
圖 5.36 哈吉貝颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-45
圖 5.37 北冕颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-46
圖 5.38 海神颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-46
圖 5.39 閃電颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-47
圖 5.40 舒力基颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖 5-47
圖 5.41 花蓮及蘇澳 109 年 11 月示性波高歷線圖.....5-48
圖 5.42 花蓮及蘇澳 109 年 11 月長浪波高歷線圖.....5-48

圖 5.43 花蓮及蘇澳 109 年 11 月示性波高散布圖.....5-49
圖 5.44 花蓮及蘇澳 109 年 11 月長浪波高散布圖.....5-49
圖 5.45 哈吉貝颱風路徑圖.....5-51
圖 5.46 前(109)年度近域風浪模組模擬哈吉貝颱風期間比較結果.....5-52
圖 5.47 本(110)年度近域風浪模組模擬哈吉貝颱風比較結果.....5-54
圖 5.48 本(110)年度花蓮海域模組模擬哈吉貝颱風期間比較結果.....5-55
圖 5.49 花蓮港靜穩監測站位置圖.....5-58
圖 5.50 內港區 9 號碼頭靜穩監測站照片.....5-59
圖 5.51 外港區 17 號碼頭旁靜穩監測站照片.....5-59
圖 5.52 外港區 25 號碼頭旁靜穩監測站照片.....5-60
圖 5.53 花蓮港靜穩展示頁面心智圖.....5-60
圖 5.54 示警資訊頁面示意圖(110 年 9 月璨樹颱風期間).....5-62
圖 5.55 觀測模擬資訊頁面示意圖.....5-64

表 目 錄

表 2-1 本所 TaiCOMS 各模組作業所需時間 2-9
表 2-2 系統內主要應用軟體說明 2-13
表 2-3 本所 TaiCOMS 海象模擬作業化系統之風壓場資料格式.....2-15
表 2-4 本年度 Window 作業環境之波浪模組基本資料彙整表.....2-23
表 2-5 本計畫小尺度水動力模組之數值計算不規則網格資訊表 2-36
表 3-1 觀測風力資料蒐集概況表 3-8
表 3-2 觀測波浪及海流資料蒐集概況表 3-9
表 3-3 觀測潮位資料蒐集概況表 3-10
表 3-4 花蓮港極值波高重現期.....3-38
表 3-5 台 11 線 61K+300 處各情境模擬結果 3-45
表 3-6 台 11 線 61K+380 處各情境模擬結果 3-45
表 3-7 台 11 線 61K+500 處各情境模擬結果 3-47
表 3-8 台 11 線 61K+580 處各情境模擬結果 3-47
表 3-9 台 11 線 61K+700 處各情境模擬結果 3-48
表 3-10 台 11 線 61K+830 處各情境模擬結果 3-49
表 3-11 台 11 線 61K+220 處各情境模擬結果 3-50
表 3-12 不同潛堤配置之模擬條件 3-51
表 3-13 工作成果彙整表.....3-61
表 3-14 港灣環境資訊圖臺功能架構 3-83
表 4-1 本計畫遠域、近域及近海三層巢狀網格建置之資訊表 4-2
表 4-2 海科中心臺灣周圍海域數值水深網格資料表 4-2
表 4-3 作業化風場資料之網格資料表 4-4
表 4-4 港區靜穩模擬子系統風浪模組巢狀網格資訊表 4-11

表 4-5 港區靜穩模擬子系統港域波浪模組非結構網格資訊表 4-11
表 5-1 波流儀轉出副檔名.wap 欄位定義表.....5-6
表 5-2 波流儀轉出副檔名.wad 欄位定義表.....5-6
表 5-3 花蓮港超音波及壓力訊號波浪統計資料相關性彙整表 5-9
表 5-4 蘇澳港超音波及壓力訊號波浪統計資料相關性彙整表 5-13
表 5-5 比較 105 年 10 月 18 日 0 時之觀測波浪 5-19
表 5-6 自行轉換之示性波高及長浪波高統計彙整表 5-23
表 5-7 自行轉換之示性波高及長浪波高各季統計頻率分析表 5-25
表 5-8 颱風基本資料表(109 年 7 月至 10 月).....5-29
表 5-9 花蓮港出港避風避湧管制標準調整內容(110 年 4 月).....5-34
表 5-10 花蓮港防颱作業進出港管制情形 5-37
表 5-11 避湧期間波高統計.....5-40
表 5-12 模擬 107～108 年颱風避湧案例波高比較結果 5-51
表 5-13 風浪模組改善後，模擬哈吉貝颱風事件之誤差分析表 5-56
表 5-14 各種船型之裝卸臨界波高 5-61

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

依交通部推動科學技術發展之目標，交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱本所港研中心)推動海岸災害防救科技發展，精進海岸與港灣的災害防救科技研發，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。維護與發展港灣風、波、潮及流模擬預報系統、配合港灣環境資訊網提供多元化海象模擬資訊，以提升海象模擬資訊服務水準為主軸，並配合運輸系統管理及資訊服務之整合應用，進而維護進出港操航安全、提昇船席調配及港埠運作效率，並對於突發狀況快速研擬緊急因應對策，以達成防災、減災及促進經濟發展之目標，並成為智慧港口不可缺少一環。

我國為海島型國家且山多平原少，故需緊鄰海岸邊進行各項交通建設，包含各類港口及臨海公路建設，且與離島間各類物資及人員也多仰賴海洋運輸，基於海象變化莫測以及海上觀測資訊不足，在海上運輸上常有漁船、舢舨等海事事件發生，近年來亦發生如海洋拉拉號、百麗客輪及國外南韓世越號客輪等航安事件，而在沿海陸上運輸則如臺東海岸公路(南興路段、多良路段)及花蓮(人定勝天路段)等受颱風浪襲影響公路通行事件頻傳，雖在國內未造成人員重大傷亡，但確實顯示海氣象對於海上及臨海陸上通行安全影響極大，惡劣的海氣象如颱風引起之強風、大浪與暴潮等，常是造成船隻觸礁、碰撞甚至傾覆等海難事件之主要原因，亦是造成海岸公路浪襲、淘刷及路面損壞等主因。

本所港研中心長期發展推動近岸/近海防救災相關海象預測系統，配合辦理多年的海氣象觀測工作，除了提供各大商港海象觀測與預報的資料以外，更以海洋國家格局，積極態度面對發展藍色公路，有效地提供航行船舶最即時、迅速、適當等各項航行安全資訊，可協助相關單位維護臺灣海域的安全，並因應對東部海岸公路近年因浪襲影響行車安全，對近岸細緻尺度海象預報需求增加，強化近岸區域的海象預報與

浪襲預警，有效地預防臨海公路因浪襲導致意外事故的發生，確保通行安全。

本所港研中心擬定 107 至 110 年科技計畫「海洋及交通運輸防災技術研究」綱要計畫之細部計畫「港灣海氣象資訊整合及防災應用研究」其分項計畫之「港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究」，規劃進行 4 年期計畫，本計畫隸屬規劃之子計畫內，計畫整體目標為維護發展本中心海象模擬作業化系統，以期提供更細尺度近岸與港區海象資訊，並新增長浪預警功能。

本(110)年度為執行 4 年期計畫之第 4 年，以作業化方式整合本所港研中心發展之海岸及港灣海域風浪、潮汐、海流及海嘯模式，進行現有風力、波浪、潮汐、海流及海嘯預報系統整合與精進，以及臺灣及離島(馬祖)9 個商港預測與觀測資料成果評估工作。每年維運工作包含海象模擬作業化系統軟硬體設備更新及測試、模式作業化環境的改善及維護，以及系統預測成果與觀測資料評估；長浪預警研究部分，則以花蓮港為研究對象，蒐集近 5 年港外波浪觀測資料並辦理長浪分析工作，並將港內波浪觀測資料納入探討颱風期間防颱避湧情形，另應用本年度改善之遠域風浪模組，模擬哈吉貝颱風事件以檢視模組改善成效，據此提供長浪預測資訊，開發客製化「花蓮港區靜穩展示」網頁提供花蓮港內靜穩觀測資訊、長浪預警資訊。

本計畫整合、改善並維運本所海象模擬作業化系統，穩定提供海象模擬資料，經由波浪觀測資料，分離長浪資訊及辦理長浪預警研究工作，計畫成果提供交通部航港局、臺灣港務股份有限公司、國內外船舶業者等相關人員使用，並以即時獲得港灣多元海象模擬資訊做為整體計畫目標。

1.2 前期相關計畫

本所港灣技術研究中心(以下簡稱本所港研中心)自民國 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，為我國最早所建構適用於臺灣本土四周海域之海象數值模擬與預警系統。規劃中的「近岸海象數值模擬及預警系統」架構，如圖 1.1 所示，顯示此海象數值模擬及預警系統規劃係以結合波浪、水位、海流、海嘯及污染擴散等相關數值模式，以及海象即時觀測系統，構建成整合性的近岸海域海象數值模擬及預警系統為研究方向。先期計畫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，與本所港研中心研究人員共同進行合作研究，參考當時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，以及海象數值模擬初期作業化模組開發。

在民國 96～99 年執行「臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化之研究」4 年期計畫中，陸續推動近岸風浪與水動力模擬技術之研發及預警精度改進，並將相關作業模擬模組推展到近岸港區部分。初步建置七大商港港口波浪、水位及流場模擬模組。在民國 96～99 年期間完成模擬太平洋海域地震海嘯傳遞至港外模組，計畫執行期間，本所港研中心與國立中山大學合作於民國 96 年取得「臺灣近岸海象預報系統(Taiwan Coastal Operational Modeling System)」(以下簡稱 TaiCOMS)專利權，整個近岸海象數值模擬作業化系統由中山大學移轉至本所港研中心運作與維護。在民國 100～103 年期間，進行「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究」4 年研究計畫。以分年度、分港區方式，即分為基隆港域、臺北港域、臺中港域、布袋港域、安平港域、高雄港域、蘇澳港域及花蓮港域為對象，完備主要商港海岸及港灣海域海象模擬技術，包含波浪、水動力及海嘯作業化之研究、進行波浪、潮位及海流等海象預報系統的維護，以及相關預測與實測資料的比較分析，調整資訊硬體環境加強作業化效能，另進行近岸海象預測系統的改善、尋求不同模式

可能方案，並將海象模擬資訊整合在港灣環境資訊系統展示。民國 104～105 年期間，進行「臺灣主要商港海象暨溢淹資訊建置之研究」研究計畫，除維運既有海氣象模擬模組(波浪、水動力、海嘯) 、評估模擬作業與軟硬體設備汰換更新外，亦針對澎湖港海域規劃合適的波浪、水位及流場等海象模擬子系統，並建置商港海嘯溢淹潛勢圖資。民國 106 年度進行「臺灣港灣海象模擬技術研發與防災之應用」，主要為發展東南海域海象模組，並進行花蓮港 105 年度觀測波浪之湧浪(長浪)分析，做為執行本研究 4 年期計畫之前導計畫。

民國 106～107 年期間持續進行臺灣東南海域小尺度風浪、水位及流場模擬系統建置研究，並發展臺東海岸公路受異常波浪災害防災預警技術，完成多良段、南興段波浪溯上情境資料庫，並建置「臺東海岸公路浪襲預警系統」以提供台 9 線多良段、南興段於颱風期間浪襲預警資訊，作為公路總局防範海岸公路浪襲封路之決策輔助。民國 108～109 年期間，針對東部局部海域，建置合適花蓮海域及蘇澳海域 2 近海風浪模組，修正花蓮港區細尺度波浪模擬，新增花蓮港內靜穩度觀測設施以提供港內靜穩資訊，藉由長期波浪觀測資料，分析長浪資訊，並開發「花蓮港區靜穩展示網頁」。

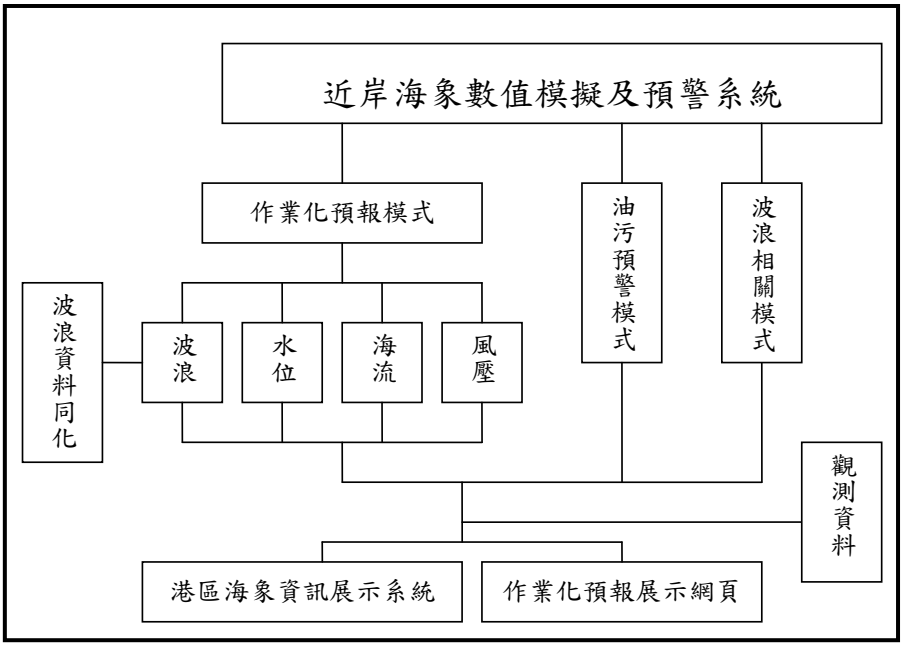


圖 1.1 近岸海象數值模擬及預警系統架構圖

1.3 研究範圍與對象

觀測為預測系統建立之基礎，本所港研中心在國內主要商港辦理建置及維護海氣象觀測站網工作，海象觀測部分以蒐集風力(風速、風向)、波浪(波高、週期及波向)、水位(潮位)及海流(流速、流向)等觀測資料為主，資料同步回傳至雲端資料庫存放，以便未來提供查詢及模式的應用，水深地形則視計畫需要進行辦理，近年觀測站網業已擴展至離島商港。經歷年蒐集結果，海氣象資料庫內容相當豐富，且透過長期海氣象資料分析結果，除提供航港局及港務公司與其他公民營機構參考應用，亦供本計畫 TaiCOMS 系統驗證比對，提昇預測精度。

TaiCOMS 系統目前已移轉至本所港研中心自行維護管理，各處理子系統分別提供風力(風速、風向)、波浪(波高、週期及波向)、水位(天文潮位、暴潮位)、流場(流速、流向)及海嘯等模擬資料，模擬成果均即時展示於「港灣環境資訊網」，並將商港現場觀測及港區附近海域海象模擬預測資訊，整合至海情資料庫，另近年開始引進同化技術修正模擬值並與觀測值校驗，延伸應用於海岸公路浪襲預警系統。故目前本所海象觀測、模擬及展示系統架構示意圖已調整成如圖 1.2 所示。

本計畫為延續前(109 年)期計畫並完成現階段實際可行作業方式，計畫執行期間，海象模擬作業化系統配合中央氣象局(以下簡稱氣象局)風場預報資料格式，辦理模組改善工作，並依研究對象需求，提供客製化資料供系統開發及延伸應用，如港區海象模擬資訊、臺東及花蓮海岸公路浪襲預警系統等。本(110)年度辦理花蓮海岸公路浪襲預警系統及因應對策，供公路總局參考使用，結合本所港內外波浪觀測、海象模擬及影像監測成果，客製化開發「花蓮港區靜穩展示」，供花蓮港務分公司維護船舶出港操航安全、提昇船席機動調配及港埠運作效率參考。

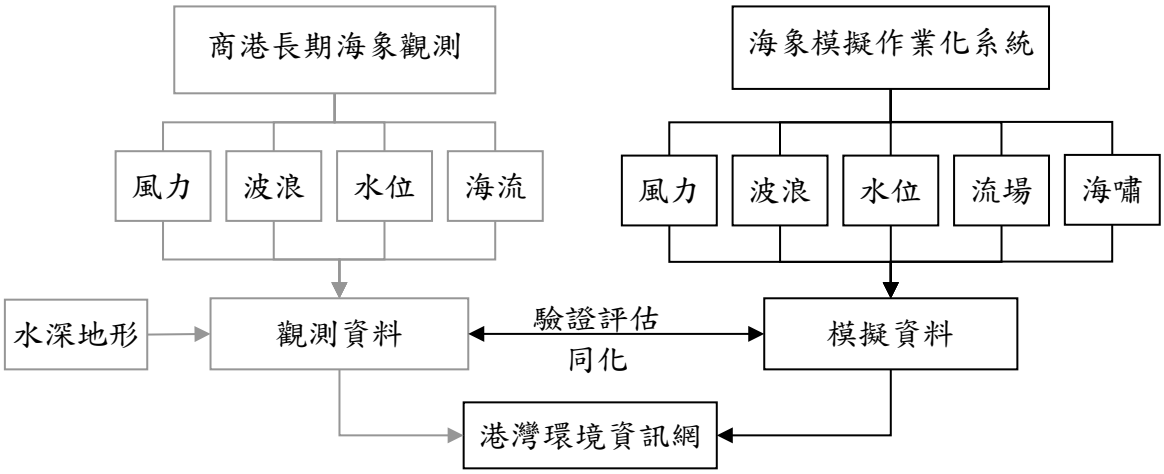


圖 1.2 本所海象觀測、模擬及展示系統架構示意圖

1.4 工作項目及成果

本計畫均以作業化方式整合大洋、近岸及港灣海域風浪、潮汐、海流及海嘯模式，並進行長浪預警推動，本年度計畫內主要工作項目及預期成果如下：

1、本年度計畫主要工作項目

(1) 建置花蓮港長浪預測模組：分析花蓮港及蘇澳港 108 年 12 月至 109 年 11 月間港外波浪觀測資料，進行波譜轉換分析、擷取長浪資料並探討 2 港相關性。自 109 年設置花蓮港內靜穩觀測站，討論花蓮港防颱避湧期間，港內、港外波浪變化情形。另將本所港內外波浪觀測、海象模擬及影像監測成果整合於「花蓮港區靜穩展示」。

(2) 進行 110 年臺灣周圍海域風力、波浪、水位及流場模擬作業：本計畫整合臺灣周圍海域波浪、水位、海流及海嘯模式及港區波浪及水動力模組，以自動作業化方式進行每日海象預測作業，並產製相關圖資。

(3) 進行 110 年度海象模擬作業化系統預測成果評估：本計畫整合各種不同尺度大小風浪、水動力模式，取用本所港研中心 9 個商港(臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及馬祖港)2020 年 9 月至 2021 年 8 月期間即時觀測資料，進行校驗評估等工作，並以颱風期間為評估重點。

(4) 進行前期合作計畫模組維運：匯入花蓮及蘇澳海域之小尺度風浪模組，於整體海象模擬系統中，新增該模組模擬自動化作業流程，定時產出模擬資訊，並提供花蓮港外長浪預測及花蓮海岸公路浪襲預警作業所需外海波浪資訊。

(5) 進行硬體環境維運工作：進行系統作業化環境的改善及維護，預計汰換一台中階伺服器，以強化備份及備援機制，以維護作業化品質。

(6) 提供港灣環境資訊系統模擬資訊：配合港灣環境資訊系統需求，提供 110 年度有關數值模擬預測資訊，包含風場、氣壓、波浪、水位及海流在時間及空間上完整的資料。

(7) 辦理即時影像監測系統維護工作：持續進行花蓮港影像監測維護並增設 1 站影像觀測站，提供即時影像供花蓮港靜穩展示頁面應用。

(8) 辦理花蓮海岸公路浪襲路段地形水深測量：辦理花蓮海岸公路浪襲路段地形水深測量工作，提供本所「花蓮海岸公路浪襲預警及防災應用技術之研究(2/2)-浪襲預警及因應對策分析」合作計畫使用。

2、本年度計畫成果

(1) 完成近年本所花蓮港波浪觀測資料之長浪分析並與蘇澳港觀測聯合比對評估，建置花蓮港內靜穩資訊觀測系統提供港內靜穩資訊，供花蓮港務分公司船舶進出管理應用。

(2) 整合氣象局風場(氣壓)資訊，提供港區及周圍海域之風場及氣壓場。

(3) 維運波浪數值作業化模式，供港區及周圍海域之波場模擬計算。

(4) 維運潮位及流場數值作業化模式，提供港區及周圍海域之水位、海流模擬計算。

(5) 維運海嘯數值作業化模式，提供港區海域之海嘯波水位、抵達時間、及溢淹潛勢圖作業化展示系統。

(6) 完成年度侵臺颱風期及典型季風期之風場模擬預報及檢驗成果評估。

(7) 完成年度侵臺颱風期及典型季風期之波浪模擬預報及檢驗成果評估。

(8) 完成年度侵臺颱風期及典型季風期之水位及流場模擬預報及檢驗成果評估完成年度侵臺颱風期及典型季風期之水位及流場模擬預報及檢驗成果評估。

(9) 完成花蓮海岸公路地形測量工作。

(10) 完成花蓮港港內靜穩預警展示網頁並上線使用。

第二章　海象模擬作業化系統

「臺灣近岸海象預測系統」(TaiCOMS,Taiwan Coastal Operational Modeling System)，包括臺灣近岸海象數值預測系統作業化的發展建置及與現場觀測資料比對驗證。近年主要研究目標為國內主要港灣近岸波潮流及海嘯之預警精度及作業化功能精進與應用面擴展。模式現階段發展方面，風場及氣壓場由中央氣象局提供即時預報資訊，而各項本土化波浪模式、水位模式、流場模式及海嘯模式等已落實應用於國內主要港口、以及發展海岸公路波浪溯上模組，並持續進行長期性模式校驗及維運工作。106 與 107 年度透過作業化模擬系統持續性驗證及調校近岸及港域模式，並進行 TaiCOMS 系統作業化風場資料改版之相關系統程式更新，測試新增臺中港小尺度水動力模組，並完成東南海域小尺度水動力模組與小尺度風浪模組建置。107 年度針對臺東建置海岸公路波浪溯上模組，評估受颱風波浪影響臺東台 9 線南興及多良段，及受暴潮、長浪等條件下波浪溯上之路面通行安全。此外，108 年度持續進行整體系統維運，並納入外部單位模擬資料如氣象局提供之海象預報資料，並與臺灣近岸海象預報資料進行比對，並修改每日作業化組合預報風場由每日提供「1」次改為每日「4」次同時進行波浪模式改版。109 年度新增花蓮人定勝天海岸公路浪襲預警系統並持續探討花蓮港長浪預警課題，針對花蓮港近年波浪觀測資料進行分析，分離出長浪資料綜整各季節及颱風期間的長浪變化情形，與分析各場颱風期間預報資料。

本所海象模擬作業化系統經多年發展演變，模組多且部分功能重複，分散於不同作業環境，本年度進行系統架構整併、修改，檢視作業流程並簡化，以提升系統效率。風浪模組則依據前(109)期計畫建議，辦理模擬範圍擴增改善工作，修改湧浪計算頻率，新增花蓮海域風浪模組，提供更細緻模擬結果。本章即說明海象模擬作業系統經整合後之流程、系統各項模組及架構。

2.1 整體作業化流程

為適用各種海象條件，整合規劃建置多種及多尺度預報模式，包含了風場、波浪、水位、流場等模擬，海象模擬作業化流程經整合後為圖 2.1 所示。波浪模擬包含了季風波浪及颱風波浪，水動力潮流場的模擬則包含天文潮流、暴潮位。建置「海岸公路浪襲預警系統」提供花蓮人定勝天路段豐濱、新社路段及臺東台 9 線多良段、南興段颱風期間浪襲預警資訊。

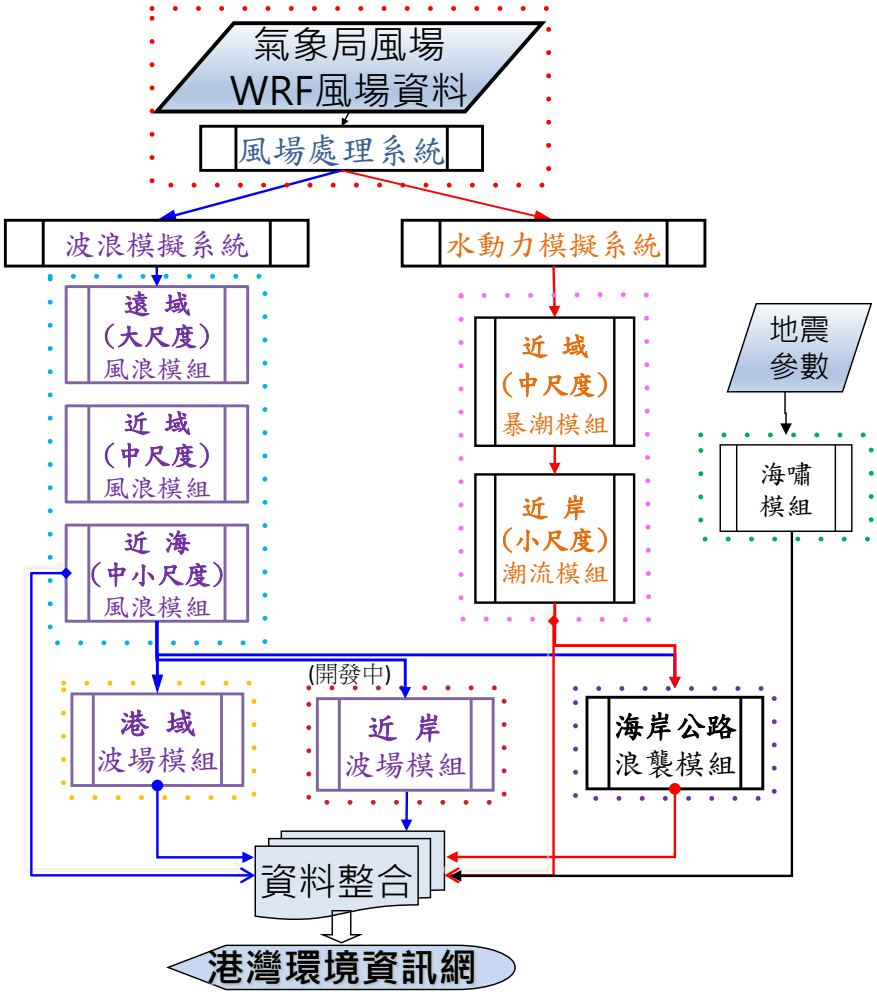


圖 2.1 海象模擬作業化系統流程圖

本系統表面風、氣壓資訊來源為交通部中央氣象局(以下簡稱氣象局)提供之天氣數值預報資料，自 106 年 7 月採用 WRF_M05 成員之

WD01、WD 02 二種解析度風場(15km、3km)解算成各模組之輸入風場，其中包含每日 0、6、12 及 18 時等資料，至 109 年 6 月氣象局舊系統已不針對下游客製化提供資料，而新系統為了供應多樣廣泛的資料給下游單位，針對相似資料便提供一項整合產品，內容涵蓋大部分使用者所需求的氣象參數，包括風場、溫溼度、降雨量及氣壓等，由下游單位下載後自行處理，改採用 WD01 地面包 15 km 及 WD02 地面包 3 km 解析度，解算成各模組之輸入風場，其中包含每日 0、6、12 及 18 時等資料，由於本系統氣象預報從取得資料到波浪及水動力數值模擬完成，至提供港灣環境資訊系統需數小時(含網路傳輸時間)，為考量模擬計算預測的時效性及本中心計算機資源，整體系統發展為彙整前 2 日發布的預報資料合成為 72 小時風場(昨日、今日、明日)做為本系統主要外力之氣象資料，因此可保留資料傳輸時間與減少因氣象局有時會發生少許氣象資料缺失而導致整體作業無法運作困擾。

今(110)年又因 WRF_M05 改成會先判斷颱風位置而調整風場輸出範圍之浮動機制，爰本所海象模擬作業化系統使用之預報風場，先改以 WRF_M04 成員之 WE01 地面包 15 km 及 WE02 地面包 3 km 解析度，解算成各模組之輸入風場(解算時亦改名成 WD01、WD02，俾利後續各模組執行順利)。爰本系統每日凌晨 3、9、15 及 21 時進行該日模擬計算，首先下載氣象資料後解碼重整及內插產出後續模式所需風場及氣壓場後，隨即開始進行各模式的計算。作業流程如圖 2.2 所示。現階段環境已達到若氣象資料取得後，除小尺度流場外，其他模組約 4 小時內完成相關作業。

目前系統風場及流場每日線上作業每次模擬時間範圍為 3 天(72 小時，昨日、今日、明日)，其中包含 24 小時追算模擬（模擬結果可與本中心海象即時觀測系統資料比對展示以便使用者判斷本日模擬作業結果之可信度)，及 48 小時預測模擬計算(僅提供模式計算結果)。作業流程範例圖 2.3，以 1 月 1 日及 1 月 2 日兩日模擬作業說明，1 月 1 日 8 時發布的現報資料時間為 12 月 31 日 0 時至 1 月 3 日 0 時，此時會將 1 月 1 日 0 時的計算結果存檔，以做為 1 月 2 日的計算起始點(warm

start data)，如此便可以直接將每日的氣象條件引入模式進行計算，無需重新啟動模式，因此可模擬時間不間斷的波浪、水位及潮流結果。該做法兼具作業化的考量與實際物理問題層面，會比模式重新計算每日海象模擬來的更具實質意義。

有關海象模擬作業化預報成果的評估分析主要為在本計畫駐點工程師配合每日的預報作業彙整資料，並以月為單位整理相關報表，至於颱風的特殊事件則另闢章節進行比對。每月相關報表及資料均亦放置於本中心 FTP 網站提供計畫內參與人員下載評估及討論，並可瞭解臺灣環島主要港區近岸之風、波、潮及流的特性。

整體成果評估目前所採用為系統每天的預報資料，並彙整本中心觀測資料，製作標準資料檔，包括各尺度風場、波場及流場等進行評估作業，評估流程如圖 2.4，並將 109 年 9 月至 110 年 8 月期間之風力、波浪、潮位及海流評估比對結果及颱風期間評估報告成果彙集成專冊。

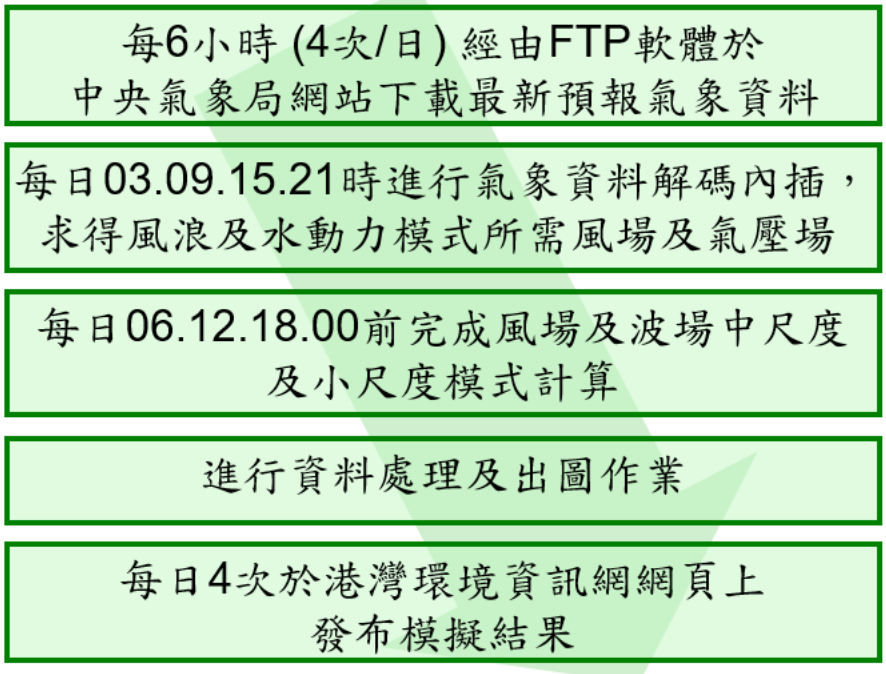


圖 2.2 海象數值模擬風浪系統作業時間流程

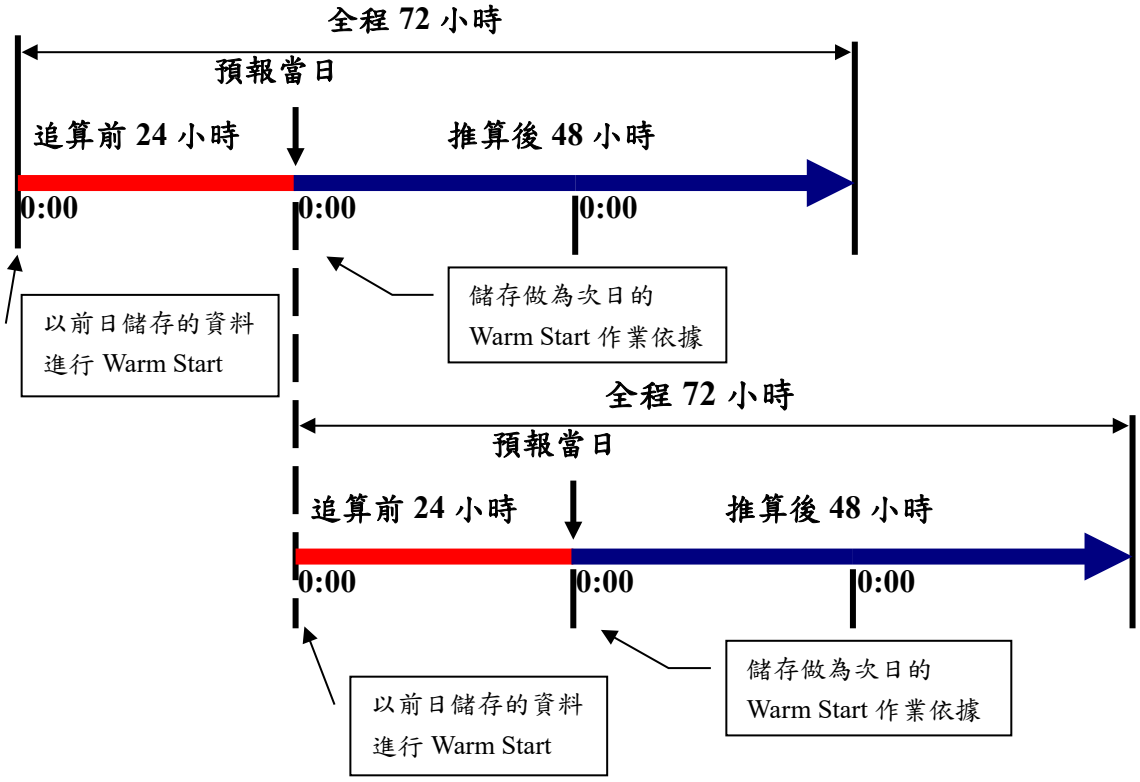


圖 2.3 海象數值模擬水動力系統 2 日作業流程範例圖

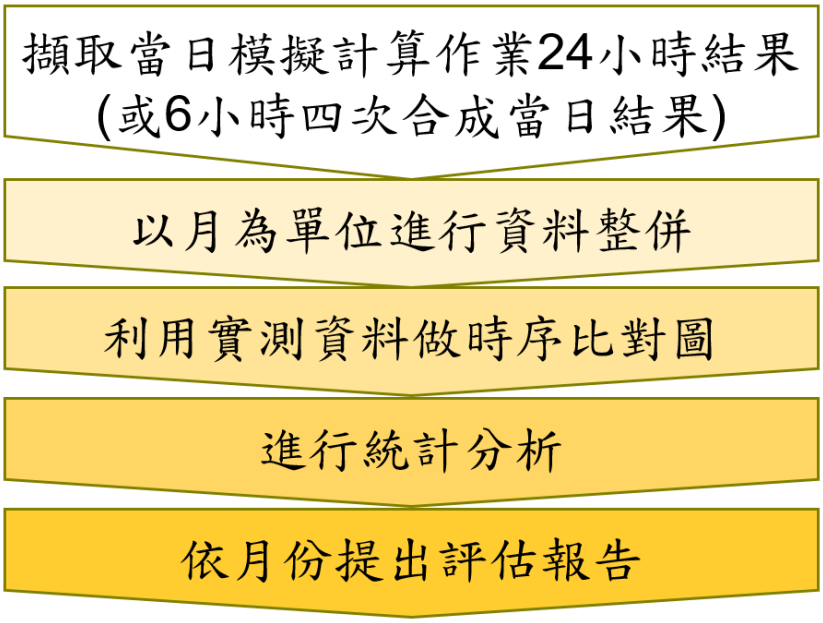


圖 2.4 海象模擬作業化系統預測成果評估流程

2.1.1 系統維運作業及硬體架構說明

本計畫最主要工作項目之一就是維持每日定時各系統模組正常運作，提供數值模擬資料。為求系統長期有效管理，建置維護紀錄表提供110 年度軟體及硬體維護事件及處理情形供參考。本年度(109 年 9 月～110 年 8 月)主要維護事件如下：

一、常見維護事件

(一) 風場不定時有缺漏資料情形。因應方案為：

1、片段資料缺漏(24 小時內)，自動利用前次預報資料補齊。

2、缺漏資料無法補齊時，整體系統暫停運作，待人工補齊後再行運作。

(二) 伺服器更新及報廢，伺服器內所需程式安裝及模組移轉。

(三) 配合港灣環境資訊系統輸出所需模擬資料。

(四) 定期資料備份。

(五) 配合年度高低壓用電安全檢查及斷電維護。

(六) 更新海嘯預警系統、花蓮及臺東海岸公路浪襲預警系統，並配合輸出所需模擬資料。

二、110 年度完成特殊維護事件

(一) 氣象局預報風場資料原使用 WRF_M05，1 月 26 日起改試用 WRF_M04 風場，自 2 月 18 正式使用 WRF_M04 風場。

(二) 備份系統硬碟櫃及不斷電系統更新，並報廢舊有伺服器。

(三) 由 Linux 輸出之潮位資料改讀取中尺度暴潮模組之潮位資料。

(四) 新版近海風浪執行檔(SWAN 2021v0 版)完成測試並於 5 月上線。

(五) 8 月 17 日起停止 Linux 作業環境下之水動力模組。

(六) 因應花蓮人定勝天海岸公路浪襲預警系統應用同化技術修正，配合新增波潮模擬點位。

將各主要模擬程式規劃成分工計算以節省部分運算時間，並可確保整體系統資料不至於同時發生損毀情形，在中心伺服器內原規劃共區分為風場、波場、水動力(潮、流)與觀測資料、水動力模組、海嘯模組及資料儲存備份伺服器。主要功能說明如下：

一、風場伺服器：

主要功能為下載氣象局預報 WRF 風場資料，解碼內插風場資料(昨日、今日、明日)，做為資料整合平臺，提供波場伺服器及水動力伺服器相關計算所需風場資料及時間參數，除提供海情中心網頁上每日風、波、潮、流模擬結果，並提供相關合作單位，每日模式輸出結果。

二、波場伺服器：

主要功能為計算 3 日的波場模擬(昨日、今日、明日)，其中包含了大尺度風浪模擬、中尺度風浪模擬及小尺度波場的即時模擬。

三、水動力(潮、流)模組：

主要功能為計算 3 日的水動力模擬(昨日、今日、明日)，其中包含了中尺度流場模擬及小尺度流場的即時模擬，擷取彙整各商港本中心之風、波、潮、流觀測資料。

四、海嘯及浪襲模組伺服器：

主要功能為提供臺灣港區海嘯速算模擬，以及提供臺東南興多良、花蓮人定勝天海岸公路浪襲預警資訊。

五、資料儲存備份伺服器：

主要功能為各模組程式、原始資料及輸出結果備份。

各台伺服器為確保資料安全，基於經費及實際工作考量僅於硬碟部分採用硬碟陣列 RAID level 5 方式(RAID, Redundant Array of

Independent Disks)，此方式可將多個硬碟組合起來，成為一個大的硬碟陣列組，其效能達到甚至超過一個價格昂貴、容量巨大的硬碟，並確保當伺服器內硬碟若有一顆損壞時，並不影響整體系統資料，且可持續運作，另加入資料儲存備份伺服器來保全資料完整性。因本系統相關資訊設備已進入每年汰換階段，近年均發生伺服器或硬碟櫃內有硬碟損毀紀錄，即以本機制確保系統穩定作業，確保海象模擬業務的持續性，系統硬體及資料流程說明，如圖 2.5 所示。

目前 TaiCOMS 各模組，在現有設備下運作時間如表 2-1。風場配合氣象局所提供以每日 4 次方式提供，分別為 3 時、9 時、15 時及 21 時發布。水動力部分在每日凌晨 3 時取得風場後進行計算，並於 8 時前每日提供 1 次；作業化組合預報風場 108 年開始改版由每日 1 次改為每日 4 次後，風浪模組已配合風場改為每日 4 次。另細尺度波場為評估時使用，故採用非作業化方式。海嘯部分採用每隔 5 分鐘，自動擷取網頁資訊 1 次，如有地震資訊則即時模擬計算提供。海岸公路海浪襲預警系統則依據花蓮人定勝天、臺東多良段與南興段的情境模擬結果，制定浪襲海岸公路警戒等級的燈號顏色所表示的意義，除了提供交通部公路總局第三區養護工程處及相關防災單位做為警戒發布的參考，也便於防災人員的使用與民眾的宣導認知。

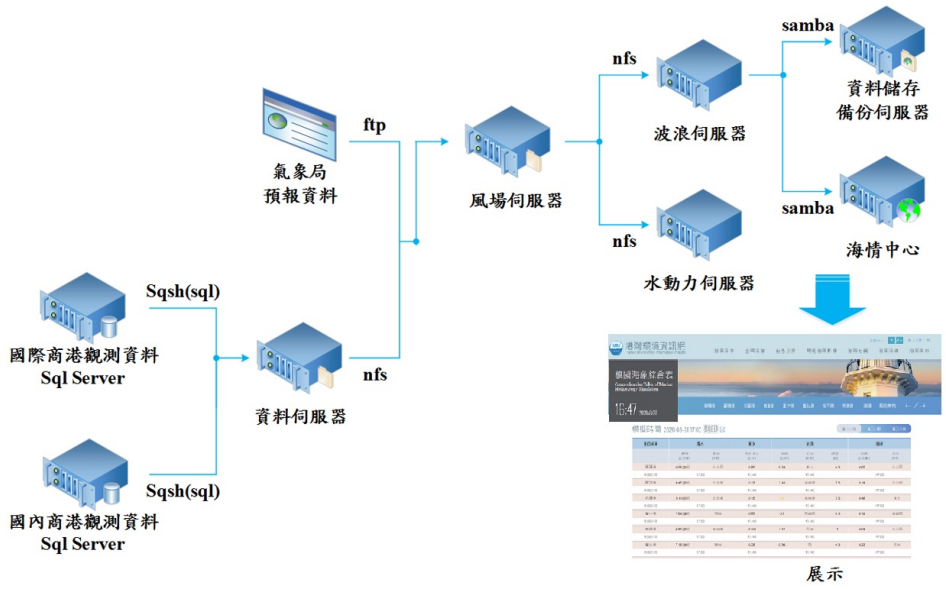


圖 2.5 系統硬體及資料流程說明圖

表 2-1 本所 TaiCOMS 各模組作業所需時間

	模 式		作業時間	每日作業 (次)
風場	WRF 港環資訊網風場解算 (不含網路擷取時間)		20 分鐘	4 次
	WRF 作業化風場解算		11 分鐘	4 次
波浪	遠域風浪 (WAM，大尺度)		5 分鐘	1 次及 4 次
	近域風浪 (SWAN，中尺度)		80 分鐘	
	近海風浪 (SWAN) (中小尺度) (110 年更新)	澎湖	110 分鐘	
		馬祖	95 分鐘	
		金門	35 分鐘	
		東南	110 分鐘	
		西南	70 分鐘	
		蘇澳	50 分鐘	
		花蓮	50 分鐘	
	近岸波場 (REF/DIF) (小尺度)	Windows 版本尚在開發中		1 次
		基隆	16 分鐘	
		蘇澳	18 分鐘	
		花蓮	11 分鐘	
		高雄	48 分鐘	
		安平	23 分鐘	
		布袋	90 分鐘	
		臺中	60 分鐘	
		臺北	37 分鐘	
水動力	近域暴潮 (FEHDM，中尺度)		90 分鐘	1 次
	近岸潮流 (FEHDM) (小尺度) (106 年建置)	基隆	15 分鐘	
		蘇澳	5 分鐘	
		花蓮	10 分鐘	
		安平	120 分鐘	
		臺中	60 分鐘	
		臺北	20 分鐘	
海嘯、浪襲	港區海嘯作業化速算系統		4 分鐘	每隔 5 分鐘，自動截取各地震參數網頁資訊並更新計算，自動展示於網頁
	港區溢淹地圖		4 分鐘	依港區海嘯作業化速算系統於地震海嘯發生時，可展示於網頁
	臺東海岸公路浪襲預警系統 南興 NX、多良 DL (106 年增加)		10~30 秒	每隔 1 小時，自動截取氣象局網頁海象資訊並更新計算，自動展示於網頁
	花蓮海岸公路浪襲預警系統 豐濱新社 FBXS、人定勝天 LDST (109 年新建)		10~30 秒	每隔 1 小時，自動截取氣象局網頁海象資訊並更新計算，自動展示於網頁

2.1.2 資料格式及應用軟體說明

海洋科學研究領域，常見以不同資料格式來處理其各類型資料如GRIB(GRidded In Binary)、GRIB2、NetCDF(Network Common Data Form)與 HDF(Hierarchical Data Format)等格式。GRIB 與 NetCDF 是一種跨平臺、自我描述格式的檔案，GRIB 多用於氣象科學領域(如 NCEP Global Tropospheric Analyses Wind Field)，NetCDF 則普遍用於海洋氣象科學領域的觀測與數值模式輸出(如 COADS project data sets, NOAA World Ocean Atlas)，HDF 則為 MODIS 衛星影像及 QuickSCAT 衛星風場格式。

本系統彙整相關模式資訊時，首先面臨的問題為各模式間資料格式複雜性，如中央氣象局所提供風場為 GRIB 格式則須利用 wgrib 軟體解碼使用，而波場模式及流場則產生一般文字檔(ASCII 格式)但隨模式產生資料格式均不相同，並且一般文字檔檔案過大，不易長期備份及使用，因此，仍須調整成制式二進位檔案，較為便利及可供後續使用，於是整體系統資料現階段除非結構性網格檔案外，統一調整成 NetCDF 格式。

整體作業流程在大尺度、中尺度(包含風、波浪、水位、海流部分)及小尺度波浪部分，延續前期系統架構主作業軟體建置於 SUSE linux 作業系統內，並將風、波浪及水動力分別建置於不同伺服器進行運作，作業環境利用系統內 shell script 程式語言撰寫排程，複雜部分則利用 fortran 程式語言撰寫，過程中同時使用美國海洋大氣總署(NOAA)太平洋環境實驗室(PMEL)所發展鼬(Ferret)軟體，做為本系統作業化資料格式建置及前後處理繪圖等，鼬軟體為免費軟體可於網站 http://ferret.pmel.noaa.gov 下載及應用。鼬軟體目前發展到 7.6.0 版本，鼬軟體主要功能可分析其數值海洋模式的產出和網格化，並觀測數據進行分析比較，可滿足海洋學家和氣象學分析大型和複雜網格數據集的需要。

小尺度海流模組、海嘯模組及 107 年度開始納入風浪模組部分則配合合作團隊發展建置於微軟作業系統，且小尺度海流是建立於非結構性之三角網格下此部分分別透過商用 Tecplot 及 Matlab 軟體，以巨集及程式化方式進行後處理出圖。系統內有關應用到主要軟體如表 2-2 所示。

系統內除作業所需軟體外，有相當多共同資料必須透過區域網路由各伺服主機提供整合應用，系統必須兼具能存取遠端伺服主機資料及資料庫資料，於是在各伺服主機上分別建置不同軟體安裝及程式撰寫，大略可分為下列 4 個部分。

一、系統聯外部分：如連接中央氣象局，由於氣象局以 FTP (File Transfer Protocol server)方式提供氣象資料，於是本系統內已建置 FTP 軟體及 linux 系統內 shell script (Bash,Csh)程式語言撰寫排程定時下載相關資料。

二、系統連結區網內電腦部分：由於系統內模擬資料必須讀取海象觀測資料庫內資料進行比對驗證，故在系統內安裝 Freetds 及 Sqsh 軟體等，並撰寫資料庫語法建置相關程式後，可由 Linux 伺服主機直接讀取海象觀測所建置微軟資料庫伺服器。平時所內操作電腦則透過 SSH(Secure Shell)方式進行遠端登入，進行系統維護管理。

三、在作業系統內部環境：主要透過 Linux 作業系統內安裝 NFS(Network File System)伺服器軟體。NFS 主要功能為透過網路，讓不同的電腦、可以彼此分享 NFS 伺服主機的檔案。所以本系統內主要檔案可以在其他伺服主機來將網路端的 NFS 伺服主機分享的目錄，掛載到本地端的主機中，在本地端的主機使用該目錄檔案就如同使用主機內的檔案。

四、在 linux 作業系統及微軟作業系統資訊傳遞部分：該部分則是透過安裝 Samba 伺服器軟體的設定安裝的話，透過區域網路『網路芳鄰』的功能，直接連線遠端伺服器所提供的目錄。

本作業化系統最重要的工作為每日進行模擬計算作業，提供臺灣主要商港區每日預測 48 小時模擬(今日、明日)各類型海象資訊供使用者參考，目前已建置線上作業的運作模式，包括風場處理模組、波浪模組、水動力模組、海嘯模組及海岸公路浪襲模組，各模組內及其子模組內包含各項模式詳細理論背景內容，可參閱本中心 106 年度「海岸公路異常波浪特性及防災應用技術之研究」、107 年度「港灣海象模擬技術及預警系統研發」及「港灣海氣象環境資訊整合及預警應用研究」、108 年度「海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」、109 年度「港灣環境資訊系統維護-功能提升」及「花蓮海岸公路浪襲預警及防災應用技術之研究-浪襲預警系統建置」、110 年度「海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」、「港灣環境資訊系統維護與功能提升」及「花蓮海岸公路浪襲預警及防災應用技術之研究(2/2)-浪襲預警及因應對策分析」等報告。

表 2-2 系統內主要應用軟體說明

軟體套件	說明
一、作業系統：	
SUSE Linux 11、SUSE Linux 12	作業系統
Window server 2012R2、2016R2	作業系統 (應用於海嘯、海岸公路浪襲模組)
Window 10	作業系統 (應用於 2018 年版風浪模組)
二、原有 SUSE 套件：	
gcc、gcc-fortran	編譯軟體
NFS server (NFS clicent)	提供各伺服器共同資料
samba	提供 Linux 伺服器與 Window 系統資料路徑網路芳鄰
三、個別安裝套件：	
Pgi-fortran	Fortran 語言編譯軟體
ferret	主要前後處理及繪圖工具
Wgrib、Wgrib2	讀取及解碼風場資料
gifsicle	產生 gif 動畫圖檔
freetds	為 Linux 系統提供 TDS 協議的客戶端
sqsh	為資料庫系統提供交談介面
Tecplot(裝於微軟作業系統)	繪圖軟體
Matlab(裝於微軟作業系統)	繪圖軟體

2.2 風場模組

在本系統設定架構下風場及氣壓場預報資料係採用中央氣象局所提供的全域即時預報風場及氣壓場資料，經由作業化系統處理成系統內其他模式所需之風場及氣壓場格式。採用風場屬於中央氣象局於第三代數值預報系統發展計畫時之非靜力平衡預報系統(Non-hydrostatical Forecast System)，簡稱 NFS，進行資料解碼及應用，做為後續海象預測應用。之後 103 年 5 月後採用氣象局第四代數值預報系統 WRF (Weather Research and Forecasting model)之 WRF_M00 模組 WA01、WA02 及 WA03 作業化預報風場資料。106 年 7 月後改採用 WRF_M05 之 WD01、WD02 風場做為輸入條件，如表 2-3 所示。至 109 年 6 月氣象局針對相似資料只提供一項標準包產品，請下游單位下載後自行處理，改採用 WD01 地面包 15 km 及 WD02 地面包 3 km 解析度，解算成各模組之輸入風場。今(110)年又因 WRF_M05 之 WD02 地面包 3 km 改成會先判斷颱風位置而調整風場輸出範圍之浮動機制，爰自 110 年 2 月起，先改以 WRF_M04 成員之 WE01 地面包(15 km)及 WE02 地面包(3 km 解析度)解算，做為本所海象模擬作業化系統各模組使用之輸入風場。

使用風場處理系統主要目的為下載的天氣數值預報之 WRF 氣象資料，擷取所需要的風場層數及範圍，進行資料解碼、重組及內插產生本系統波場及水動力海象模擬所需之格式化風、壓場資料。因應近年使用氣象局 WRF 預報風場資料，已從 3 種網格解析度風場改為 2 種網格解析度風場資料，爰本年度風場處理子系統進行大幅度程式修改工作，依現況接收風場資料範圍及網格解析度區分為西太平洋風、氣壓場(以 WE01 表示)及臺灣海域風、氣壓場(WE02)，2 種風、氣壓場類型分述如下，相關網格資訊如表 2-3 所列：

1. 西太平洋風、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。由成員 M04 或 M05 水平方向解析度 15km 網格資料(WD01)產出，如圖 2.6 所示。

2. 臺灣海域風、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。由成員 M04 或 M05 水平方向解析度 3km 網格資料(WD02)產出，如圖 2.7 所示。

表 2-3 本所 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
西太平洋風場及氣壓 WE01	271×181	1/6˚≈0.167˚	左下點(10N,105E) 右上點(40N,150E)
臺灣海域風場及氣壓 WE02	271×271	1/30˚≈0.033˚	左下點(20N,116E) 右上點(29N,125E)

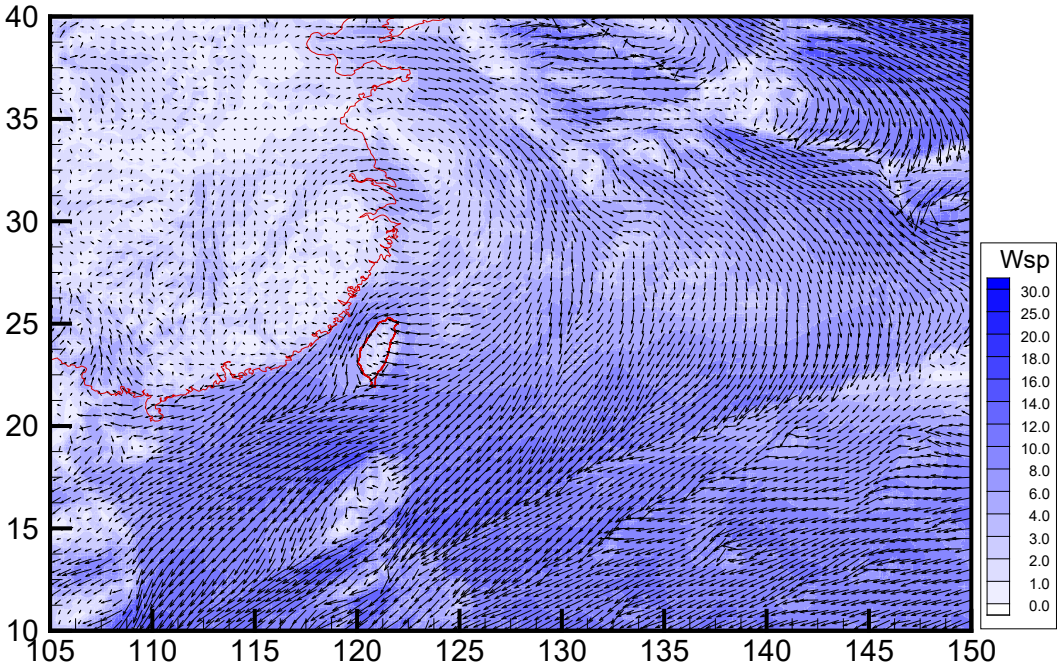


圖 2.6 本所 TaiCOMS 作業化風壓場 WE01 資料輸出範圍圖

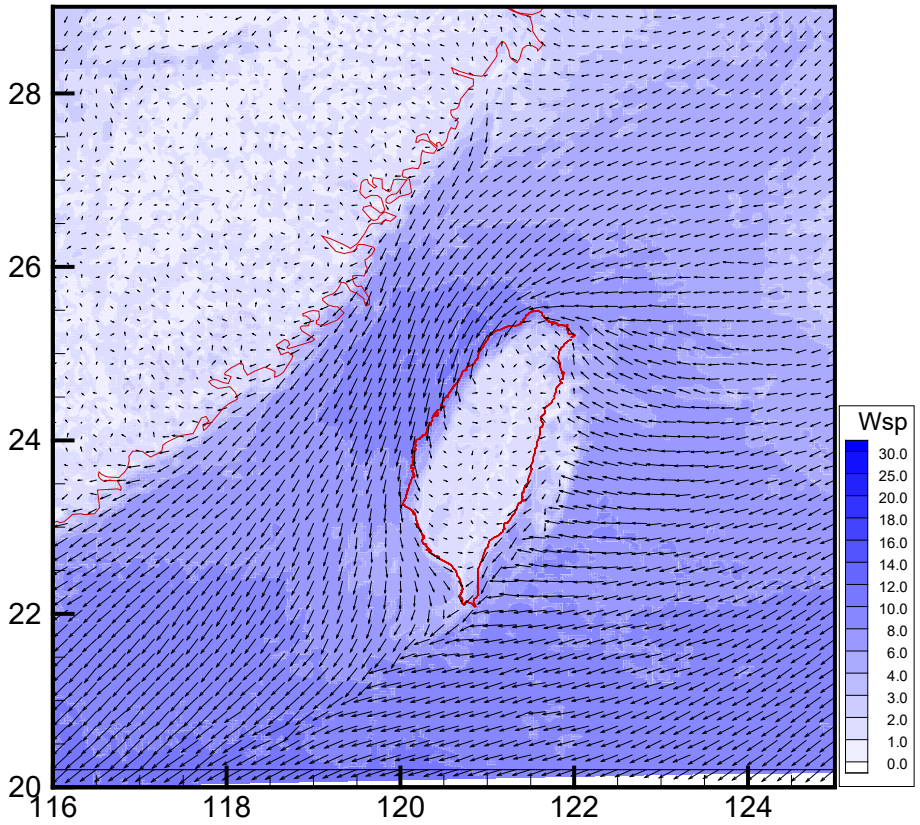


圖 2.7 本所 TaiCOMS 作業化風壓場 WE02 資料輸出範圍圖

目前氣象局每日每次提供 WRF_M04 之 WE01 地面包 15 km 解析度檔案大小為 5 MB，WE02 地面包 3 km 為 15 MB，共計提供 4 次 85 小時檔案，故每天 15 km 原始風場資料共約 1.7 GB，每天 3 km 原始風場資料共約 4.7 GB，檔案格式為 weyyyymmddHH.hhhm，yyyy=西元年、mm=月、dd=日、HH+hhh=時，原始時間為 GMT (Greenwich Mean Time 格林威治標準時間)，所提供風場為每日 4 組 85 小時資料(其 hhh 為 000、01…、084)，分別於當日 0 時、6 時、12 時及 18 時於 FTP 網站開始發布資料，氣象局約需 90 分鐘至 2 小時才完成發布資料，本中心則於該日 3 時、9 時、15 時及 21 時進行解壓及內插計算，調整格式及製圖產出，現透過自行撰寫批次排程檔擷取資料。

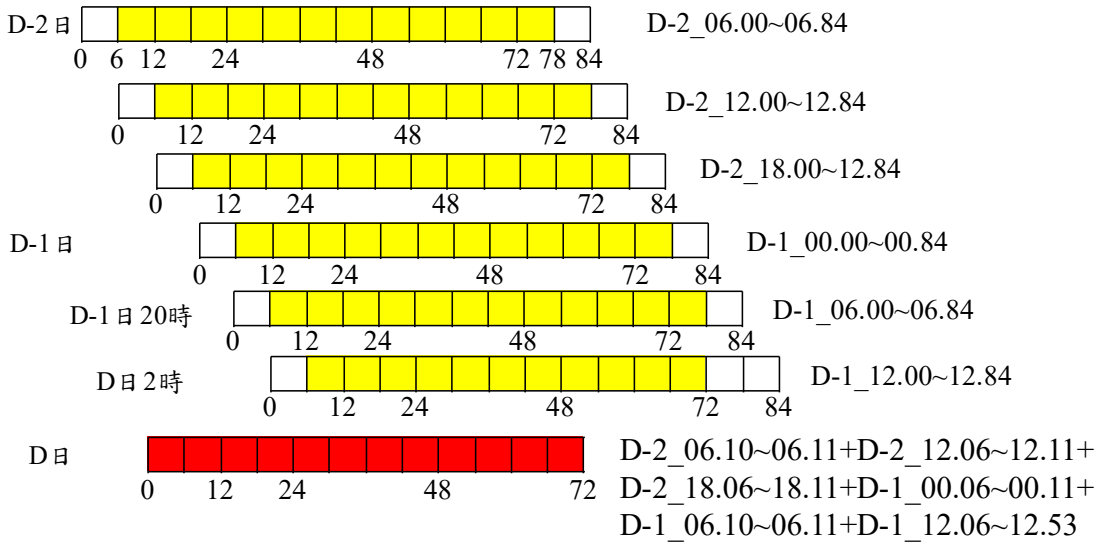
WRF_M04 之 WE01 地面包、WE02 地面包 3 km 進行風場解算前，因便利後續程式讀檔方便性，先將 WE01、WE02 改名成 WD01、WD02。因應 TaiCOMS 海象模擬預測每日 1 次及每日 4 次作業系統需求，本計畫風壓場組合方式區分為每日 1 次作業化風壓場及每日 4 次作業化風

壓場，簡述如下：

1. 每日 1 次風、氣壓場：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 次海象追算模擬使用，後 48 小時代表系統預測之作業化風壓場。本計畫每日 1 次作業化模擬之風壓場資料構成方式，如圖 2.8 所示，係採用離系統發布時間(每日 3 時)最近之 6 組中央氣象局預報風壓場資料組合而成。圖中 D-1 代表作業化日期 D 之前 1 天，“_00” 、“_06”、“_12”及“_18”代表中央氣象局每報及風場預報起始之 UTC 時間(分別相當於臺北時區 8、14、20 及次日 2 時)， WRF 風場每次預報長度為 84 小時(即 0～84 共 85 組資料)。另考量中央氣象局 WRF 每報初始階段風場具調整場特性，因此，針對中央氣象局每報風壓場截取時段之起點設定為每報 6 時，即扣除 000～005，直接擷取 006 至 077 筆資料，提供 72 小時風場資料(72 小時)做展示及模擬以求整體作業風場穩定。基於 TaiCOMS 系統時間採用臺北時區，即每日作業化起始時間為 0 時，故每日(D)1 次作業化風壓場 0～72 時係由氣象局預報風壓場 D-2_06.10～11、D-2_12.06～11、D-2_18.06～11、D-1_00.06～11、D-1_06.10～11 及 D-1_12.06～52 等逐時資料組合而成。

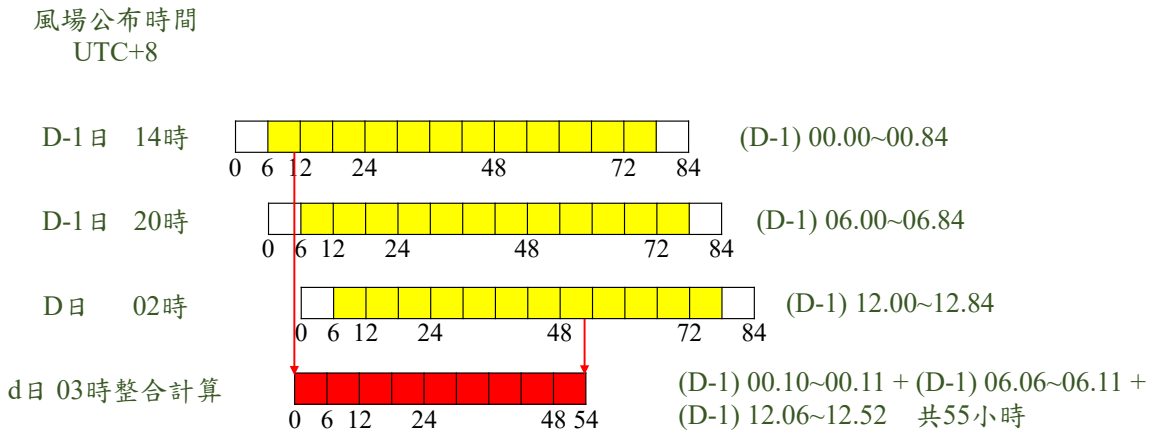
2. 每日 4 次風、氣壓場：資料時間長度為 55 小時(即 0～54 時)，其中前 6 小時提供每日執行 4 次預測流程之海象追算模擬使用，後 48 小時代表系統預測模擬之作業化風壓場。本計畫每日 4 次作業化模擬之風壓場資料構成方式，如圖 2.9 所示，係採用離系統發布時間(每日 3、9、15 及 21 時)最近之 3 組中央氣象局預報風壓場資料組合而成。

爰經本年度辦理修改風場處理模組工作，產製每日 1 次及每日 4 次風場調整，如圖 2.10，風場解算後提供各模組輸入資料流程說明，如圖 2.11 所示。



備註：風力預報（黃），提供波浪及水動力預報（紅）每日1次

圖 2.8 每日 1 次海象作業化模擬預測風場之組合方式圖



每日'4' RUN, 使用最近三筆風場組合資料

圖 2.9 每日 4 次海象作業化模擬預測風場之組合方式圖

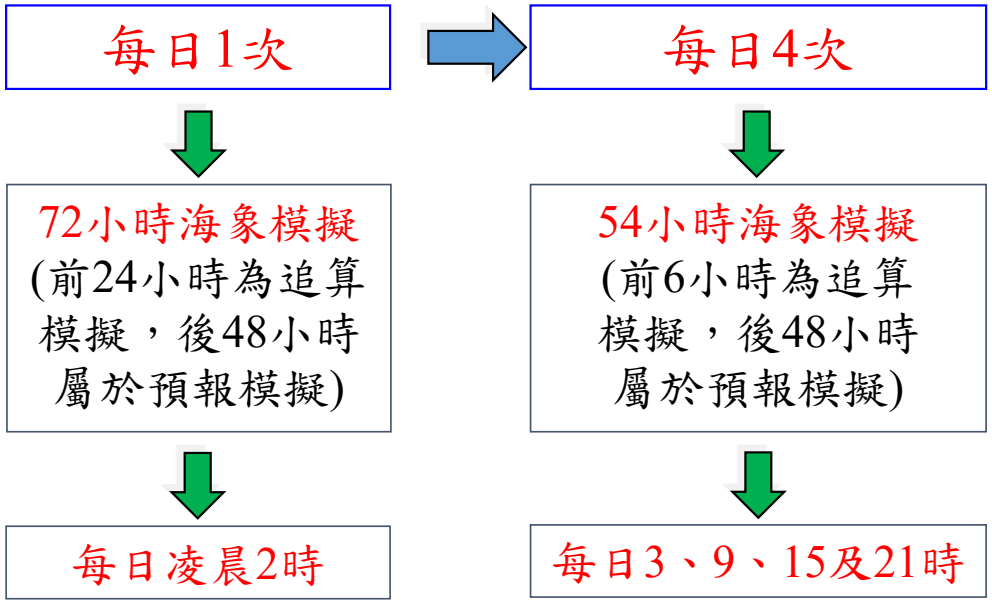


圖 2.10 每日擷取 WRF 風場作業化流程調整

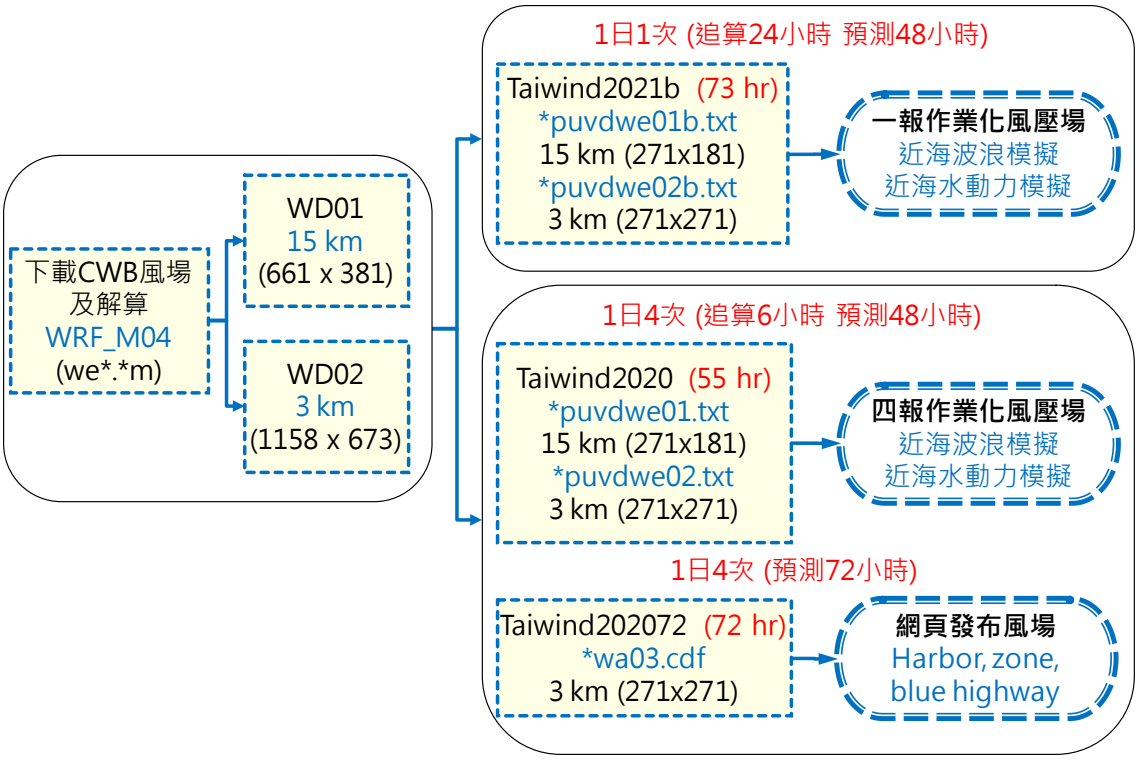


圖 2.11 本年度風場解算後提供各模組之輸入資料流程說明圖

2.3 風浪模組

風浪處理子系統原共有 5 種尺度的模式範圍並分別存在 2 種作業環境(Linux 系統及 Windows 系統)，因模組範圍及功能有重複情形，本年度辦理整併、改善波浪模組，目前僅小尺度波浪模組(REF/DIF)在 Linux 系統執行且尚在開發 Windows 作業環境版本，其餘不同尺度模組均已在 Windows 作業環境下執行運作中。另為強化模組模擬能力能反應較遠域颱風對臺灣之影響，在今年度模組改善過程中，將遠域波浪模組(WAM)模擬範圍擴增至東經 145°。未來規劃風浪處理子系統將以在 Windows 作業環境下執行為主，系統各模組模擬架構圖如圖 2.12 所示、基本資料彙整列如表 2-4，以下就在 Windows 作業環境執行之各不同尺度之模組進行說明，至於在 Linux 系統之波浪模組基本資料說明可參閱 109 年度報告書。

一、遠域風浪模組：

為強化模組模擬能力能反應較遠域颱風對臺灣之影響，今年度將遠域波浪模組(WAM)模擬範圍以西太平洋北緯 10°至 35°，，東經 110°往右側擴增至 145°之海域，如圖 2.13 所示，屬於大尺度推算，其目的是希望能涵蓋各種侵臺的颱風路徑，得到較佳的近域風浪模組之邊界條件。波浪推算模式採用 WAM (WAve Model)模式，與中央氣象局每日預報之動態風場結合，數值計算網格解析度 0.2°×0.2°(12 分網格)。

二、近域風浪模組：

以臺灣周圍海域北緯 20.6°至 28°，東經 117.6°至 123.6°為模擬範圍，如圖 2.14 所示，屬於中尺度推算，此部分模擬則可以提供近海風浪模組之邊界條件，波浪推算模式採用荷蘭 Delft 大學發展的近海風浪模式 SWAN (Simulating WAves Nearshore)做為基礎並以適合臺灣海域的模式參數改善。近域波浪推算的輸入邊界條件是以巢狀網格計算的觀念，自遠域浪推算結果中擷取近域波浪推算範圍的邊界，與中央氣象局每日預報之動態風場結合，數值計

算網格解析度為 0.04°×0.04°(2.4 分網格)。推算目的提供(1)臺灣周圍海域較高解析度與較精確的風浪場模擬結果，(2)提供各近岸風浪模組所需的開放邊界條件，(3)各主要商港近岸及港域波浪模組之預測模擬條件(示性波高、週期、波向等)作為各商港近岸及港域波浪場及港域波浪場模擬之依據。

三、 近海風浪模組：

有鑑於 TaiCOMS 海象模擬作業化系統下遠域風浪模組及近域風浪模組數值計算網格之解析度不易模擬局部海域之風浪特性，因此規劃在近海風浪模組下建置較小尺度澎湖、金門、馬祖、東南、西南、花蓮及蘇澳海域之風浪模組，屬中小尺度推算，藉以模擬局部區域波浪特性，並納入 TaiCOMS 風浪模擬作業化系統。同近域波浪模組採用 SWAN 模式，利用巢狀網格概念由近域風浪模組提供開放邊界上之方向波譜資料為邊界條件，以澎湖海域近岸風浪推算為例，模擬範圍為北緯 22.8°至 24.2°，東經 117.9°至 120.56°為模擬範圍，如圖 2.15～圖 2.21 所示，網格解析度為 0.008°(0.48 分網格)。

四、近岸波場模組(開發 Windows 版本中)：

以基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及臺北港等 8 個主要商港為模擬對象，分別針對各商港及港口附近海域建置適當的近岸區域模式，屬小尺度推算，各商港模擬範圍如圖 2.22 所示。模組主要應用 Kirby and Dalrymple(1983)依據拋物線型緩坡方程式所發展的波浪折繞射模式(REF/DIF)，此模式邊界條件規劃以輸入近海風浪模組提供之波浪條件為主，如商港無相對應海域之近海風浪模組(SWAN，中小尺度)，則以輸入近域風浪模組(SWAN，中尺度)提供之波浪條件為輔。各商港近岸波浪模擬採用的數值計算格網為解析度 10 m 之規則網格。預計明(111)年度完成可在 Windows 作業環境執行之版本並納入整體風浪模擬子系統作業化流程運作。

五、港域波浪推算：

為細尺度的港域波浪模式，所使用的模式是以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素法數值模式，推算各港港域內波浪場變化情形，如圖 2.23～2.26 所示。本範圍的推算依據各主要商港地區不同特性來規劃計算範圍，但由於實際應用層面的考量並未直接進行預報模式計算，而是採用單機作業化展示系統，發展成後續應用之驗證模式。

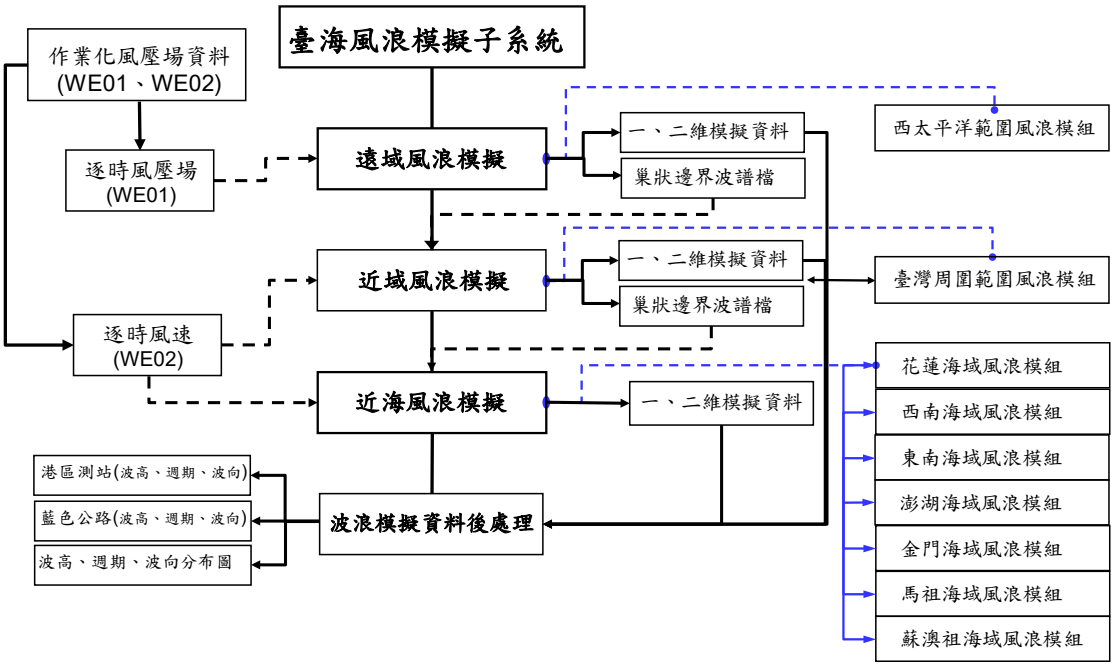


圖 2.12 本所 TaiCOMS 風浪模擬子系統模擬架構圖

表 2-4 本年度 Window 作業環境之波浪模組基本資料彙整表

模組(模式)	模擬範圍大小		網格解析度	格點數	輸入	輸出	完成度
遠域風浪模組(WAM，大尺度)	西太平洋	北緯 10°~35° 東經 110°~145°	0.2° (12')	121×126 176×126	WD01風場(15km)	每日(1 日 1 次)作業化模擬結果(72 小時預報平面波場資料、提供中尺度模組巢狀邊界風浪資料及各港區風浪資料)	運作中
近域風浪模組(SWAN，中尺度)	臺灣周圍海域	北緯 20.6°~28° 東經 117.6°~123.6°	0.04° (2.4')	151×186	WD02 風場(3km)	每日(1 日 1 次)作業化模擬結果(72 小時預報平面波場資料及離島港口外海風浪資料) 每日(1 日 4 次)作業化模擬結果(6 小時追算+49 小時預測平面波場資料及港區風浪資料)	運作中
近海風浪模組(SWAN，中小尺度)	澎湖海域	北緯 22.8°~24.2° 東經 119.0°~120.52°	0.008° (0.48')	176×191	WD02 風場(3km)	每日(1 日 1 次)作業化模擬結果(72 小時預報平面波場資料及離島港口外海風浪資料) 目前已完成 1 日 4 次作業化模擬結果(6 小時追算+49 小時預測平面波場資料及提供港區波浪條件資料)	運作中
	金門海域	北緯 24.04°~24.72° 東經 117.8°~118.88°		86×136			
	馬祖海域	北緯 25.72°~26.72° 東經 119.44°~120.84°		126×176			
	東南海域	北緯 21.52°~23.00° 東經 120.76°~122.00°		156×186			
	西南海域	北緯 20.52°~21.52° 東經 119.80°~120.88°		136×126			
	花蓮海域	北緯 23.28°~24.24° 東經 121.40°~122.40°		126×121			
	蘇澳海域	北緯 24.24°~25.12° 東經 121.64°~122.40°		96×111			
近岸波場模組(REF/DIF，小尺度)	基隆港	向離岸： 6.2 km 沿海岸： 7.3 km	10m	-	港區外海波浪條件(來源臺灣周圍海域範圍風浪模擬結果)	每日(1 日 1 次)作業化模擬結果(72 小時預報平面波場資料及各港區波浪觀測點位示性波高及波向)	開發中
	臺北港	向離岸： 8.0 km 沿海岸： 13.0 km					
	臺中港	向離岸： 10.0 km 沿海岸： 19.0 km					
	安平港	向離岸： 14.0 km 沿海岸： 10.4 km					
	高雄港	向離岸： 8.0 km 沿海岸： 17.0 km					

模組 (模式)	模擬範圍大小		網格 解析度	格點數	輸入	輸出	完成度
	花蓮港	向離岸： 3.2 km 沿海岸： 8.0 km					
	蘇澳港	向離岸： 6.0 km 沿海岸： 8.0 km					
	布袋港	向離岸：16.0 km 沿海岸： 9.0 km					
港域波場模組 (有限元素港域波浪模式，細尺度)	基隆港	假想邊界半徑 1000 m	三角網格 (1~10 m)	30,679 節點 59,694 元素	波高、週期、波向	波高(或 KD 值)平面分布資料	離線模式 (視需要時使用)
	臺北港	假想邊界半徑 3500 m		135,484 節點 268,830 元素			
	臺中港	假想邊界半徑 3500 m		166,214 節點 327,611 元素			
	安平港	假想邊界半徑 2000 m		107,016 節點 210,394 元素			
	花蓮港	假想邊界半徑 2200 m		130,169 節點 258,117 元素			
	蘇澳港	假想邊界半徑 826 m		50,843 節點 99,069 元素			
	布袋港	假想邊界半徑 1300 m		144,968 節點 287,564 元素			
	高雄港 一港口	假想邊界半徑 2000 m		64,838 節點 126,709 元素			
	高雄港 二港口	假想邊界半徑 2000 m		109,157 節點 214,486 元素			
	澎湖龍門 尖山港	假想邊界半徑 1600 m		85,659 節點 169,308 元素			

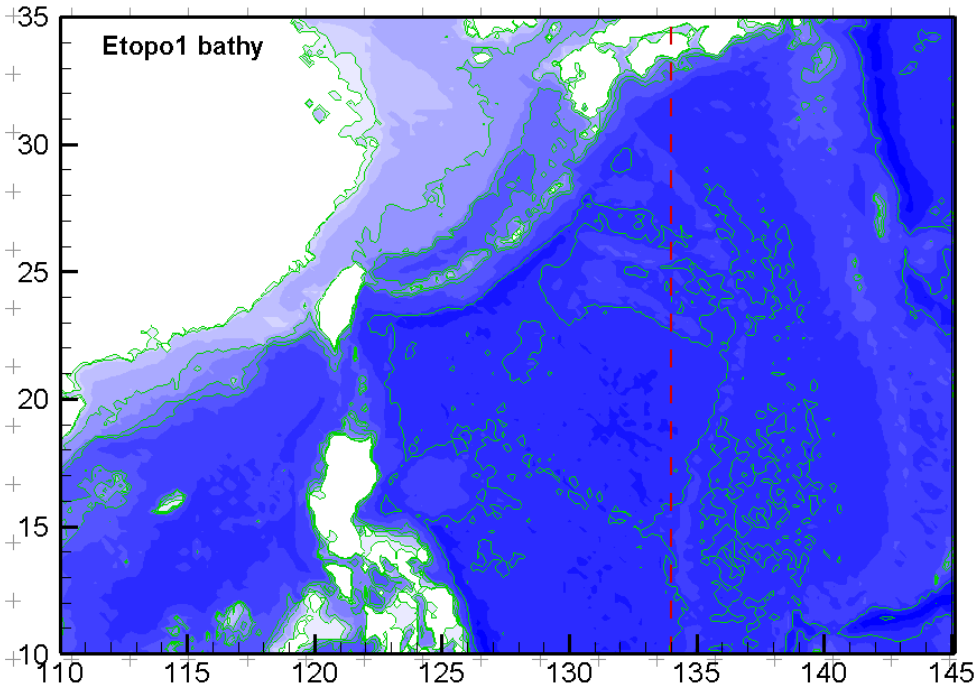


圖 2.13 遠域風浪模組模擬範圍擴增後示意圖

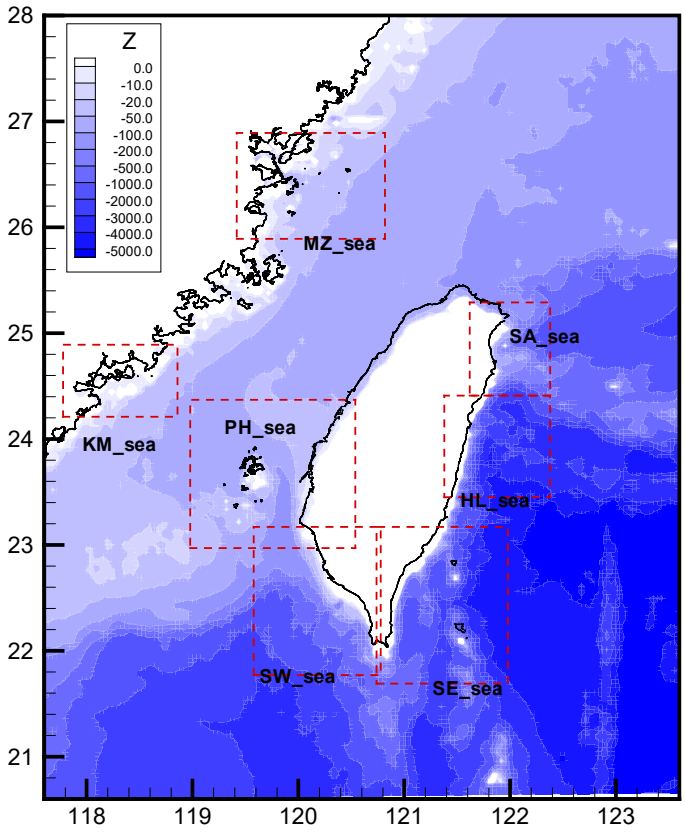


圖 2.14 近域風浪模組模擬範圍圖

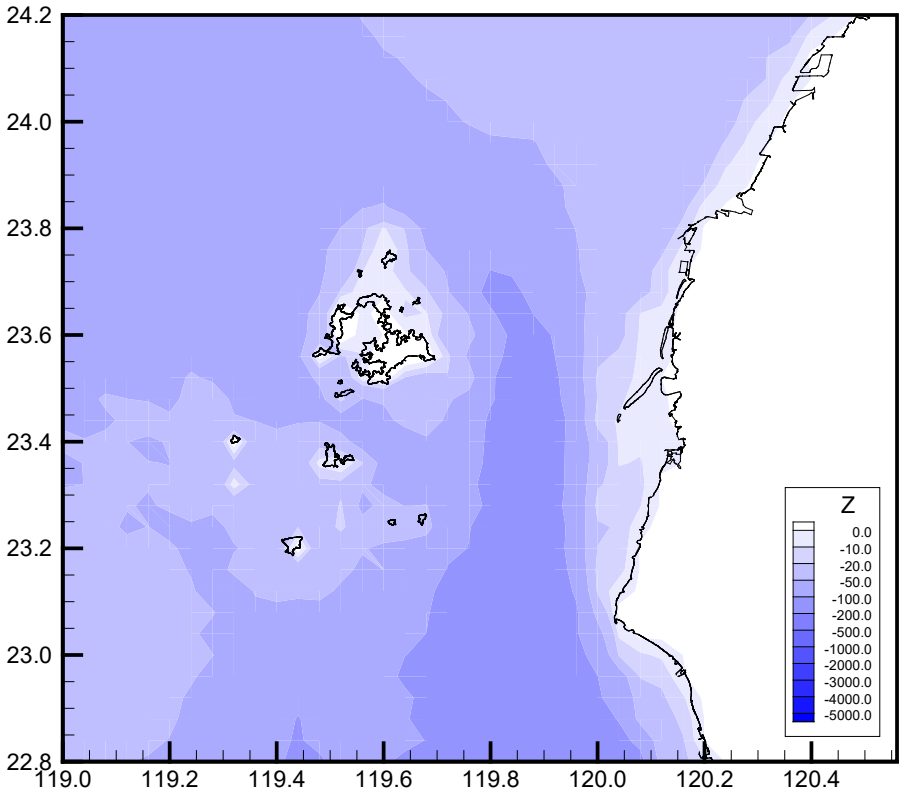


圖 2.15 近海風浪模組-澎湖海域(PH sea)模擬範圍圖

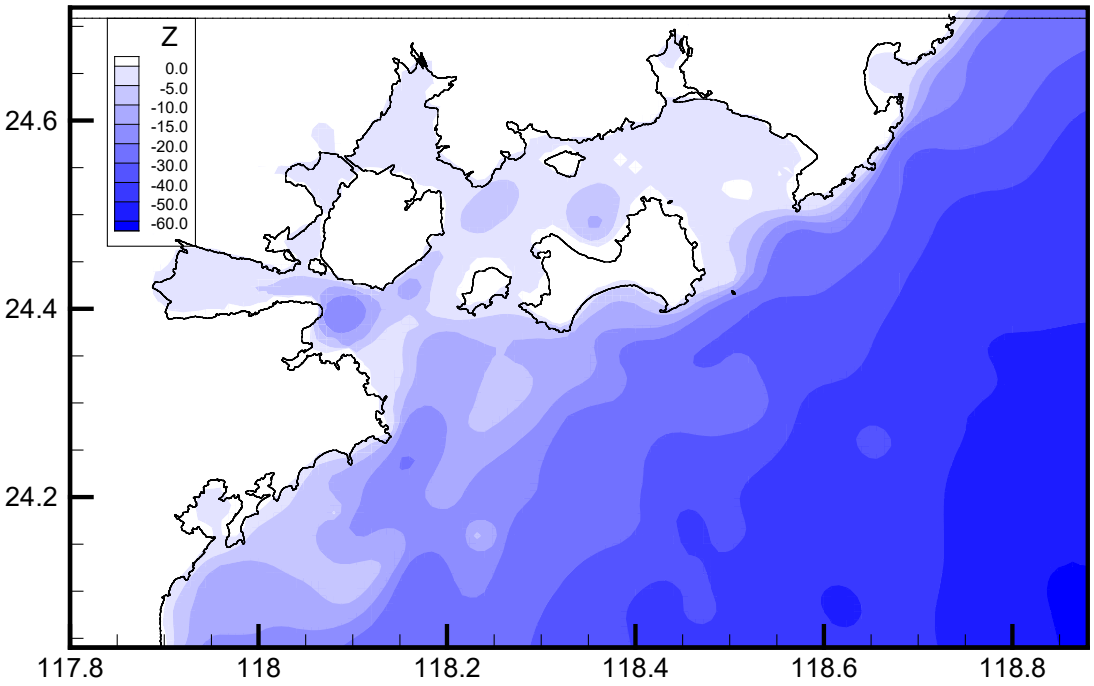


圖 2.16 近海風浪模組-金門海域(KM sea)模擬範圍圖

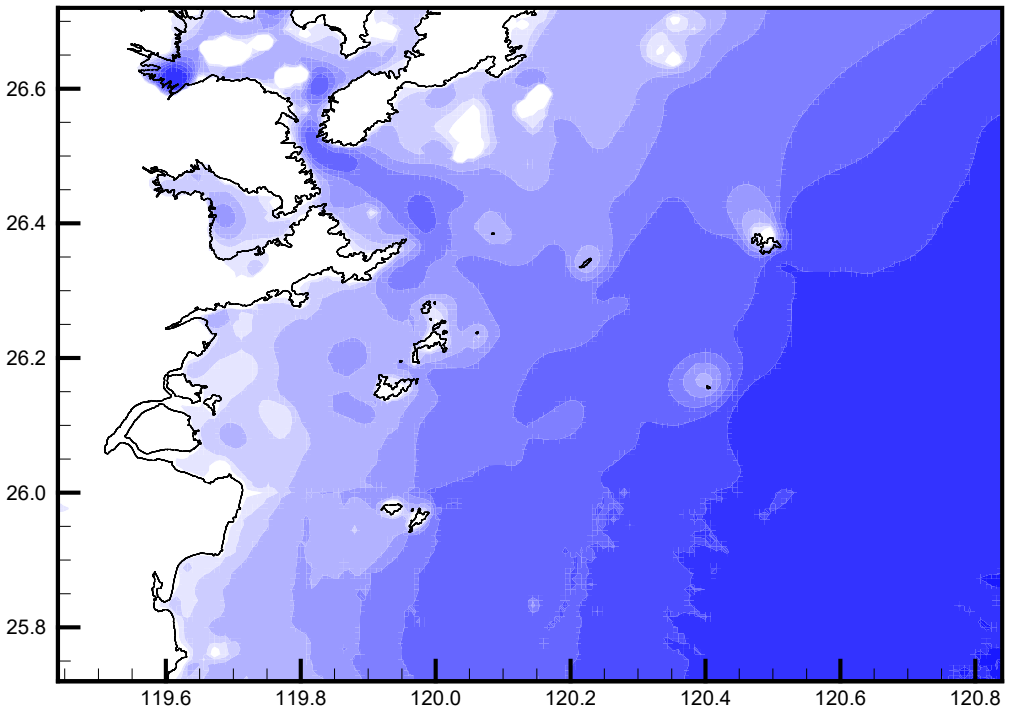


圖 2.17 近海風浪模組-馬祖海域(MZ sea)模擬範圍圖

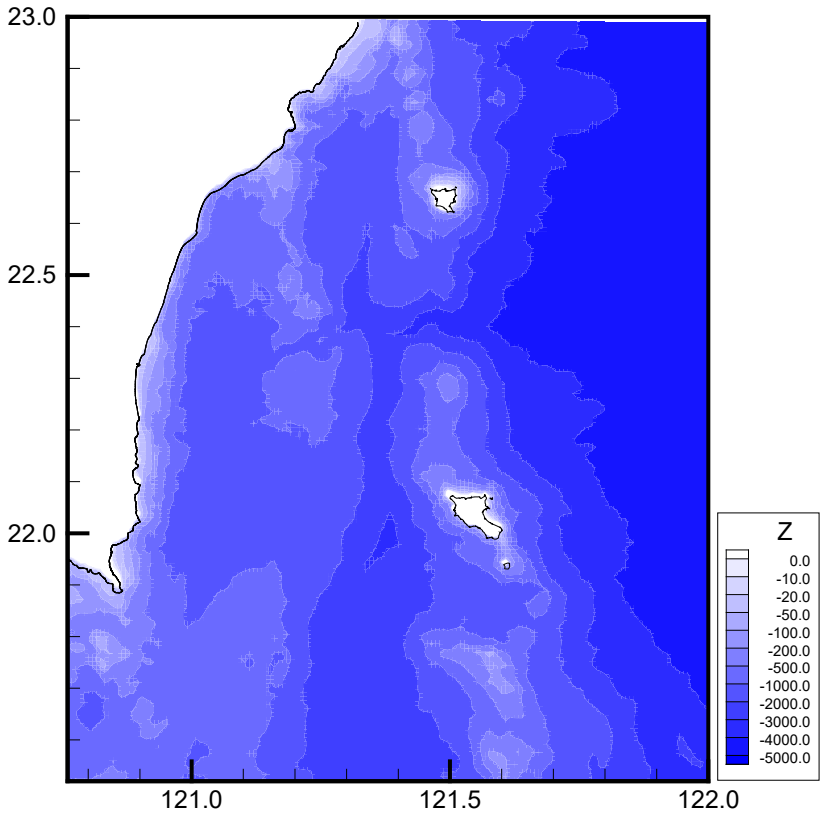


圖 2.18 近海風浪模組-東南海域(SE sea)模擬範圍圖

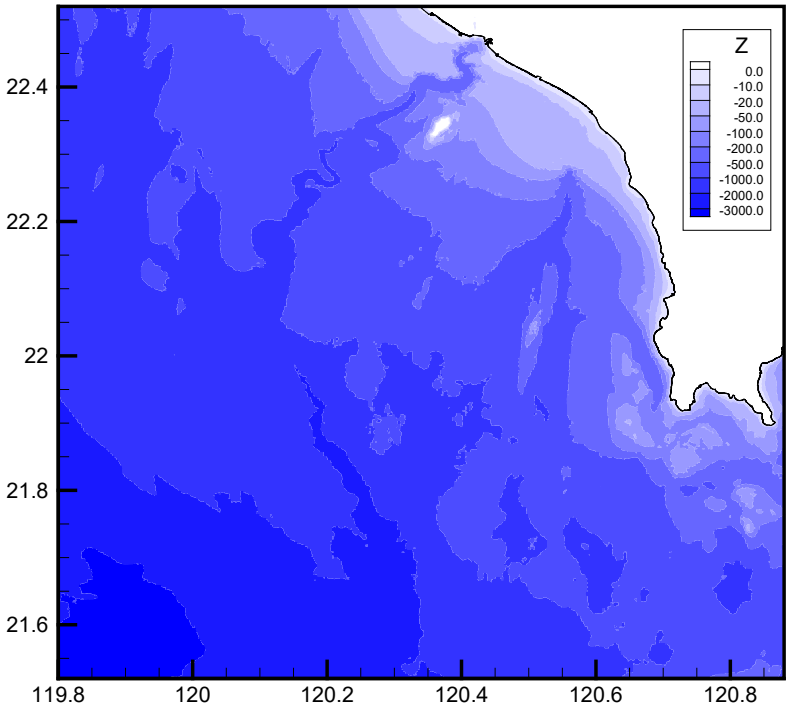


圖 2.19 近海風浪模組-西南海域(SW sea)模擬範圍圖

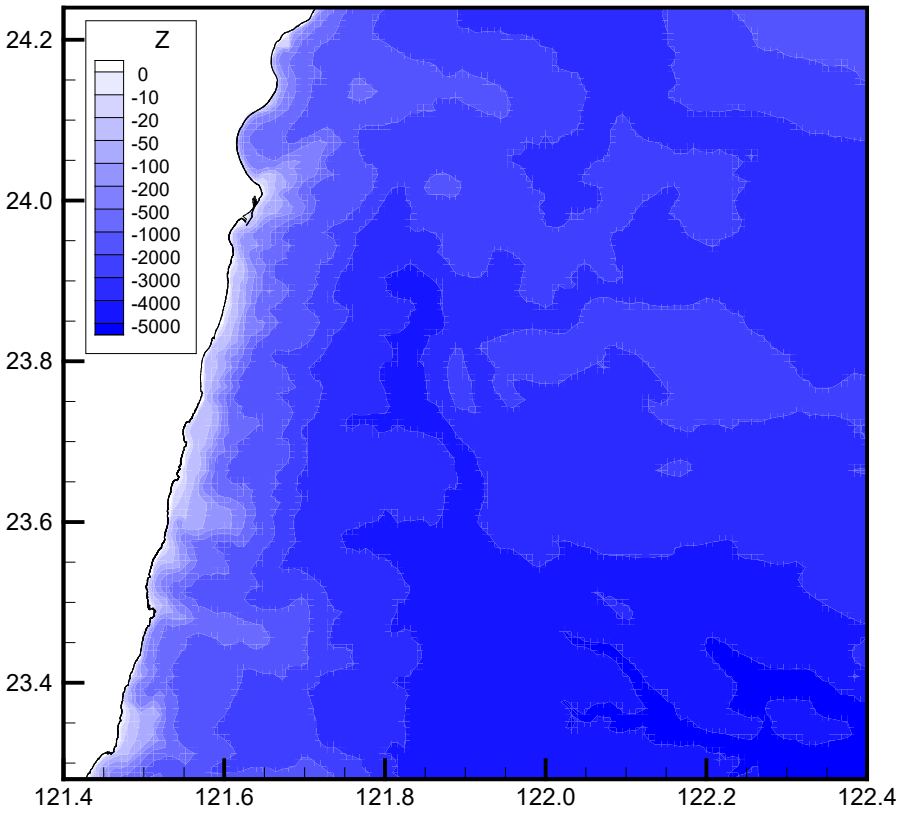


圖 2.20 近海風浪模組-花蓮海域(HL sea)模擬範圍圖

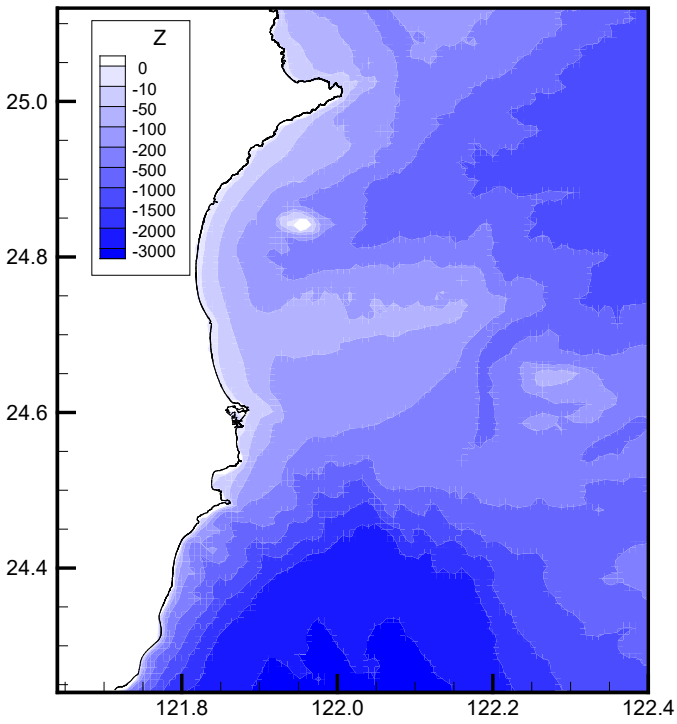


圖 2.21 近海風浪模組-蘇澳海域(SA sea)模擬範圍圖

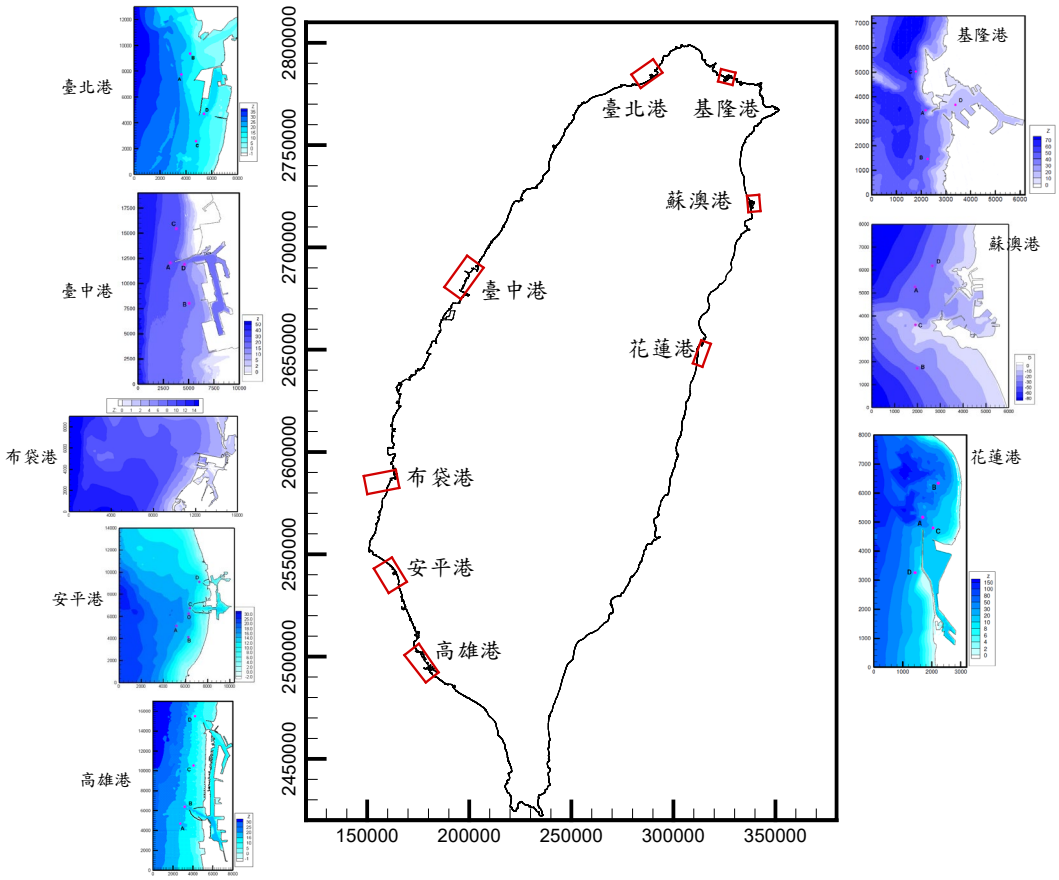
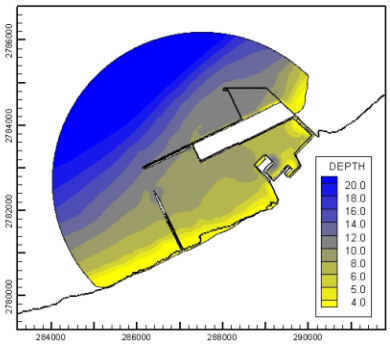
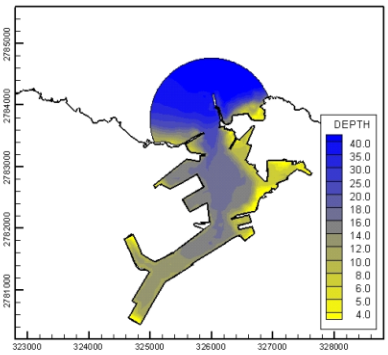


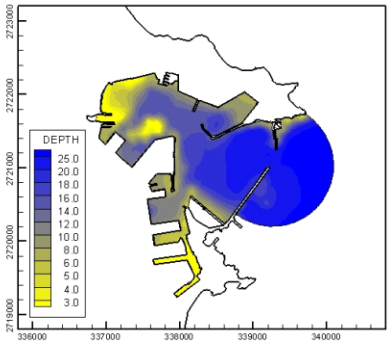
圖 2.22 近岸波場模組-各商港模擬範圍圖



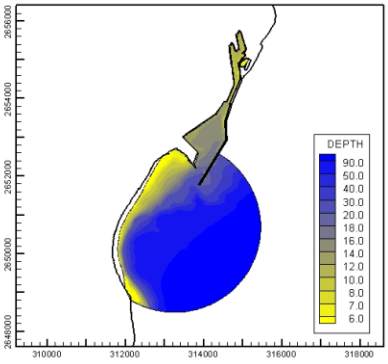
臺 北 港



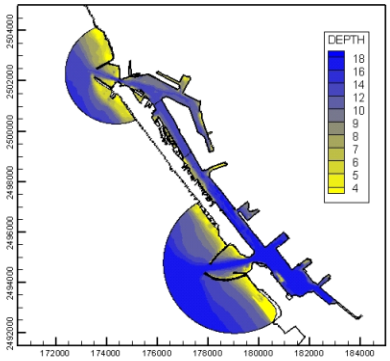
基 隆 港



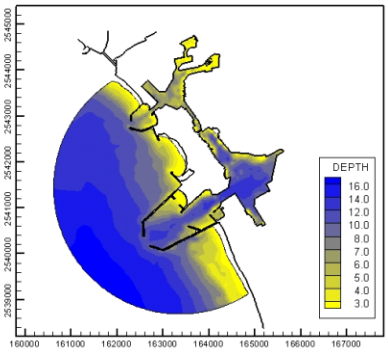
蘇澳港



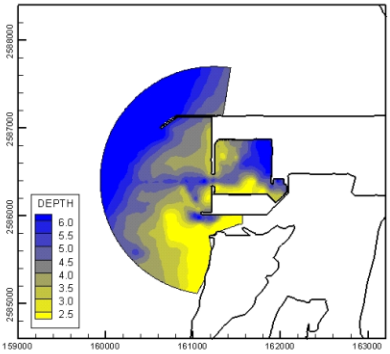
花蓮港



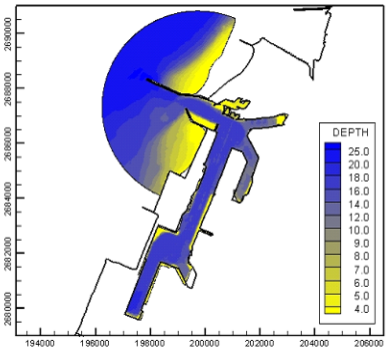
高雄港



安平港

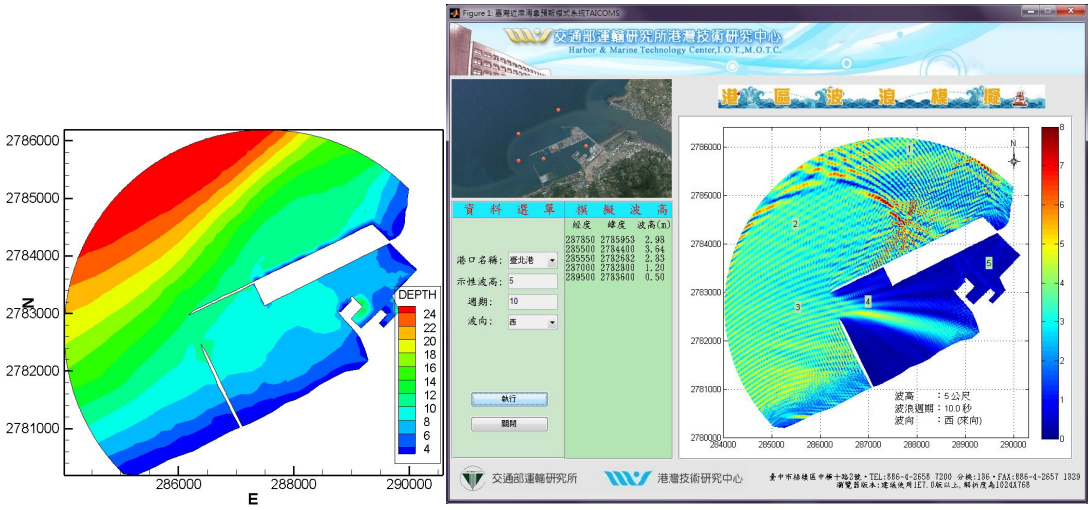


布袋港

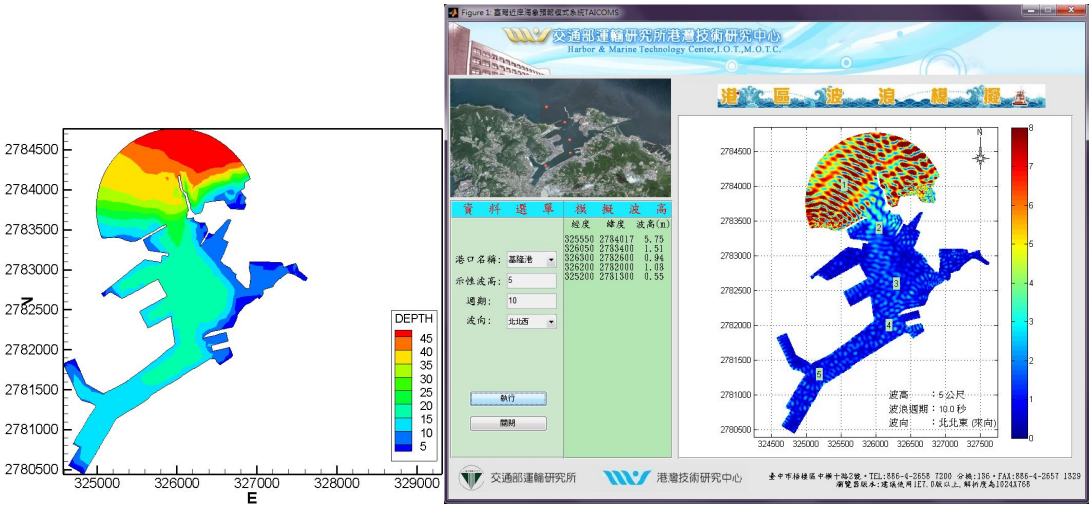


臺中港

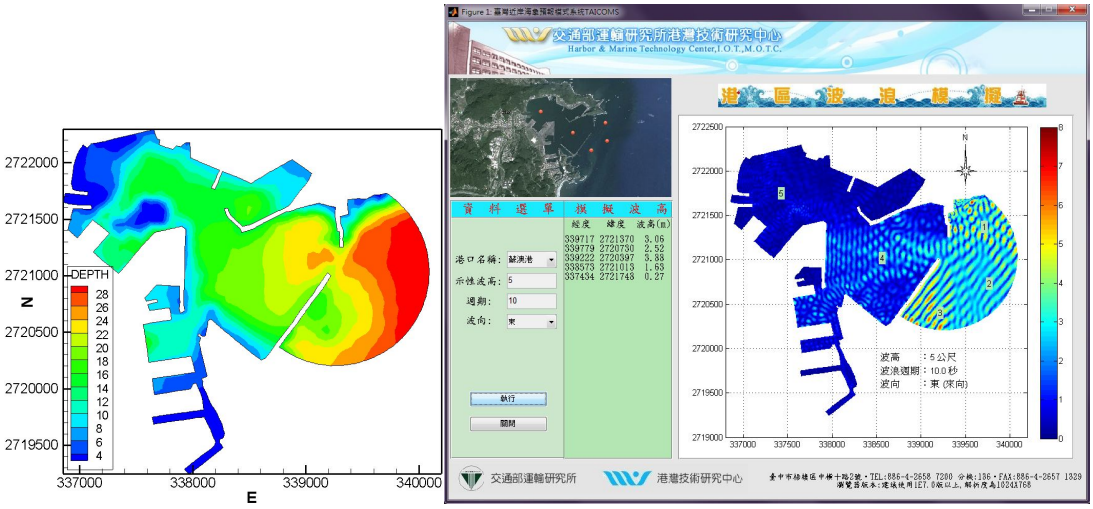
圖 2.23 港域波場模組-各商港模擬範圍圖



臺北港-地形水深分布及展示畫面

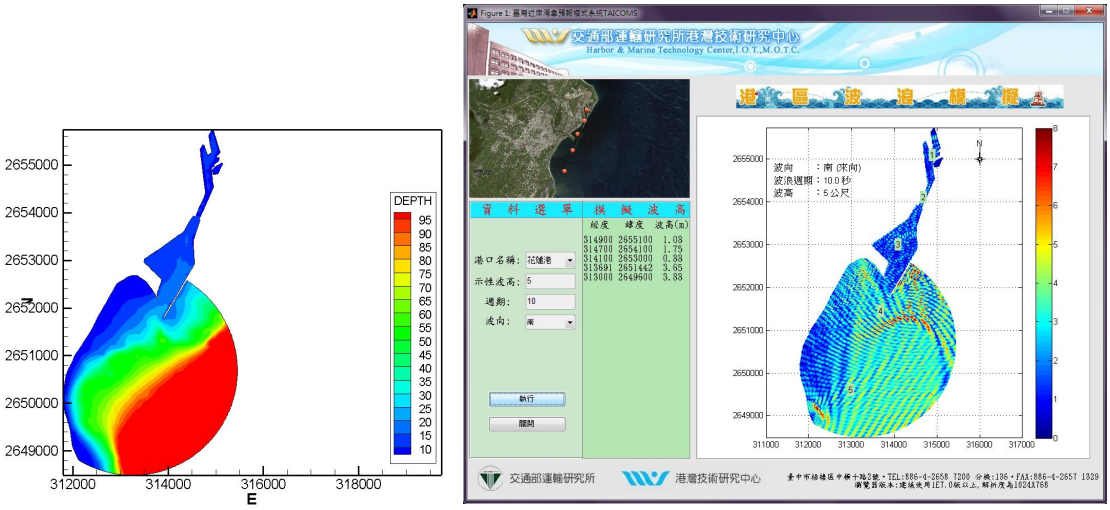


基隆港-地形水深分布及展示畫面

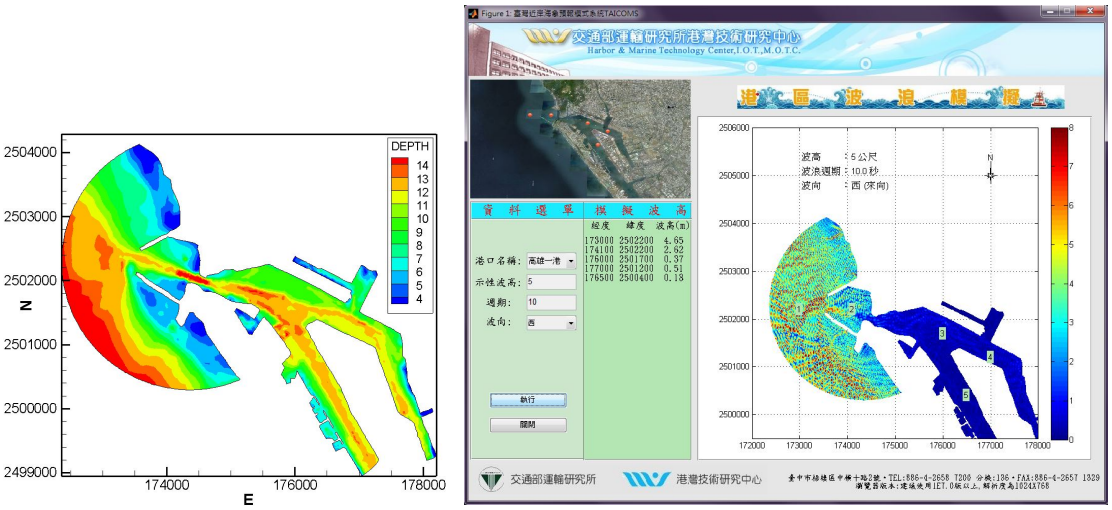


蘇澳港-地形水深分布及展示畫面

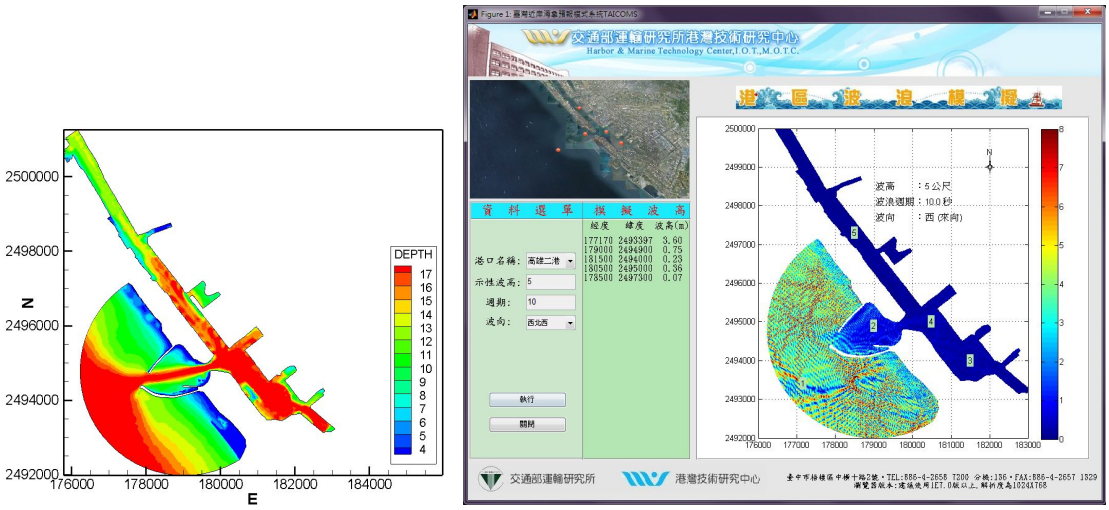
圖 2.24 各港域波場模組地形水深分布及展示畫面(1/3)



花蓮港-地形水深分布及展示畫面

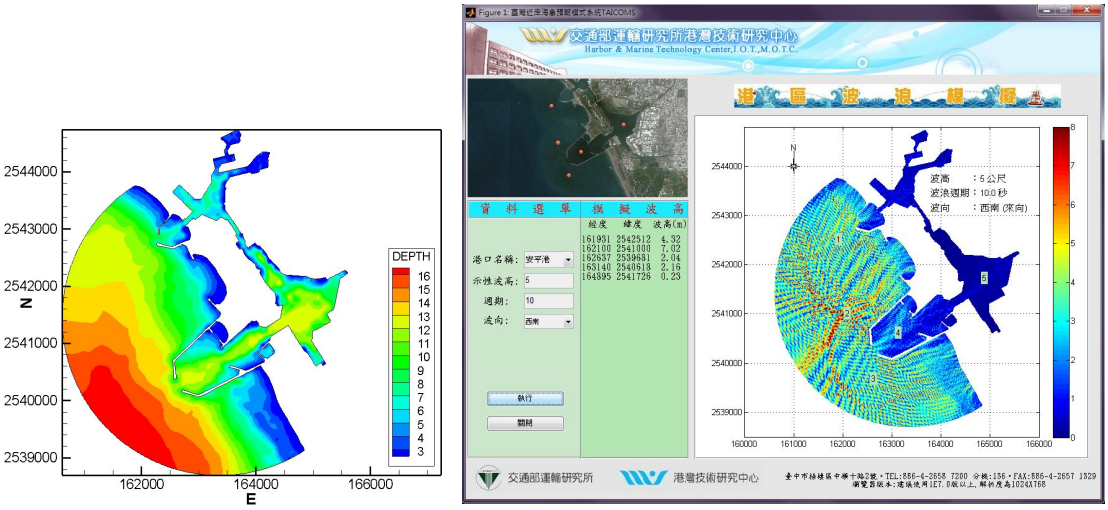


高雄一港-地形水深分布及展示畫面

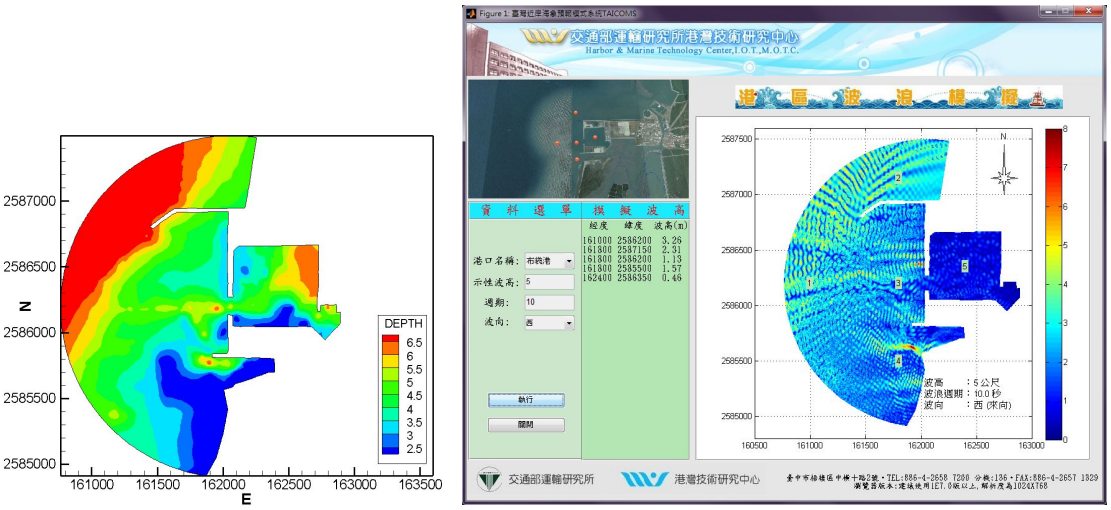


高雄二港-地形水深分布及展示畫面

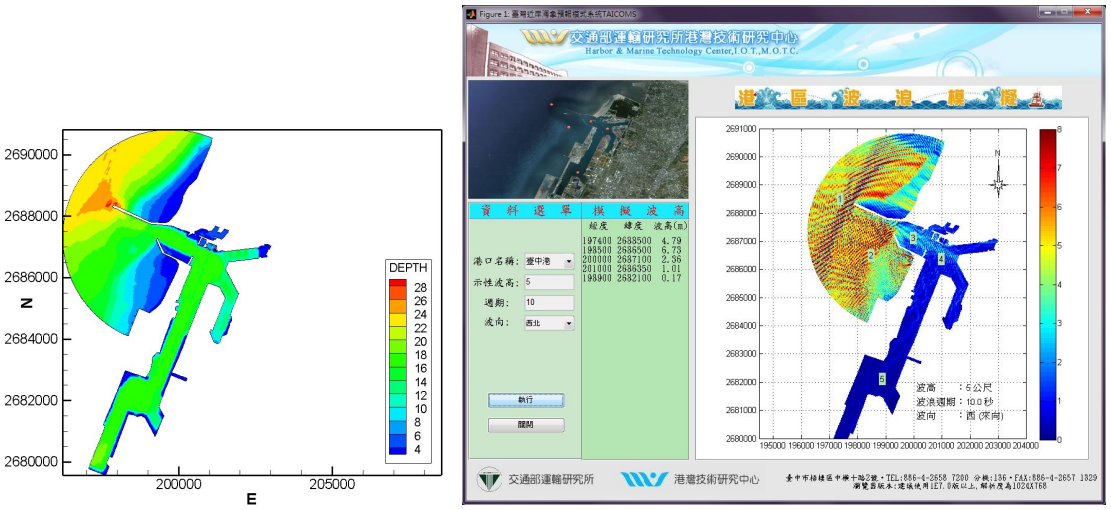
圖 2.25 各港域波場模組地形水深分布及展示畫面(2/3)



安平港-地形水深分布及展示畫面



布袋港-地形水深分布及展示畫面



臺中港-地形水深分布及展示畫面

圖 2.26 各港域波場模組地形水深分布及展示畫面(3/3)

2.4 水動力模組

水動力模擬子系統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)，原共有3種尺度的模式範圍並分別在2種作業環境(Linux系統及Windows系統)，因模組範圍及功能有重複情形，本年度規劃水動力模組以在Windows 系統作業環境下執行為主，並停止維護 Linux 系統下之水動力模組。整體模擬流程如圖 2.27 所示，包括一個中尺度暴潮模組 (臺灣周圍海域暴潮模組)及數個小尺度(港區近岸)水動力模組，屬於雙層不規則網格水動力模擬子系統。各模組之模擬範圍及數值計算網格說明如下：

一、 中尺度暴潮模組(臺灣周圍海域暴潮模組)：

以臺灣周圍海域為模擬範圍，涵蓋北緯 21°至 26.5°，東經 116.5°至 125°之海域，如圖 2.28 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，如圖 2.29 所示，計有 8,237 個節點及 15,800 個三角形元素。

二、 小尺度水動力模組：

共有基隆港、臺北港、臺中港、安平港、花蓮港、蘇澳港、澎湖海域及金門海域8個小尺度水動力模組，各模組之模擬範圍分別如圖 2.30～圖 2.37 所示，各模組採用的不規則三角網格資訊整理如表 2-5 所列。圖 2.27 中輸入之作業化風壓場資料格式為 WE02。由作業化模擬流程顯示在中尺度水動力模組執行完畢後，系統產生各小尺度水動力模組之邊界條件，各小尺度水動力模組再同步執行數值模擬。系統係以每日執行 1 次預測方式設計，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。

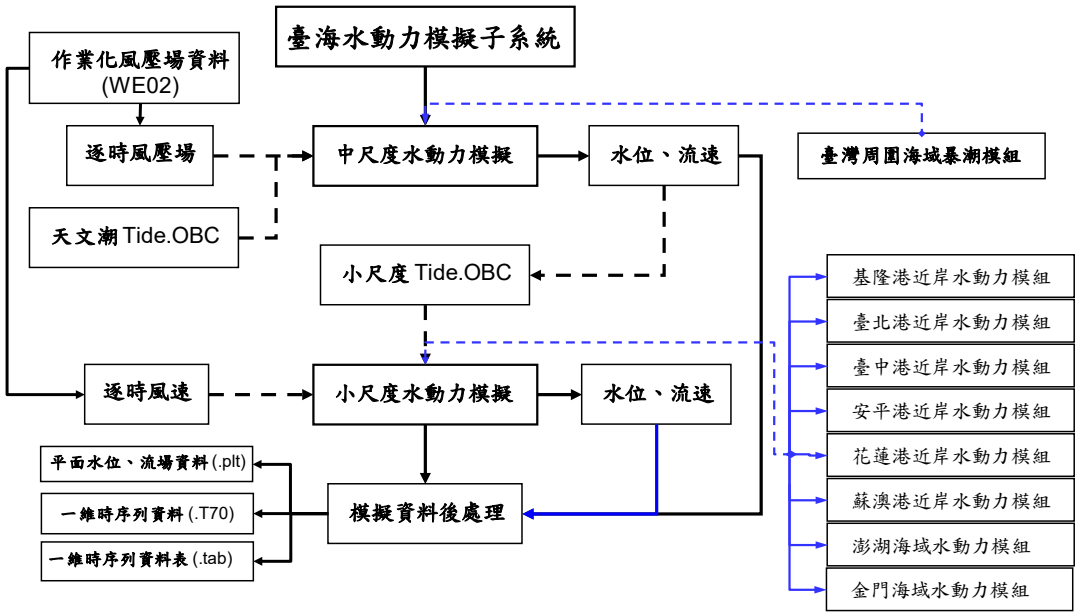


圖 2.27 水動力模擬子系統之組成架構及作業化模擬流程圖

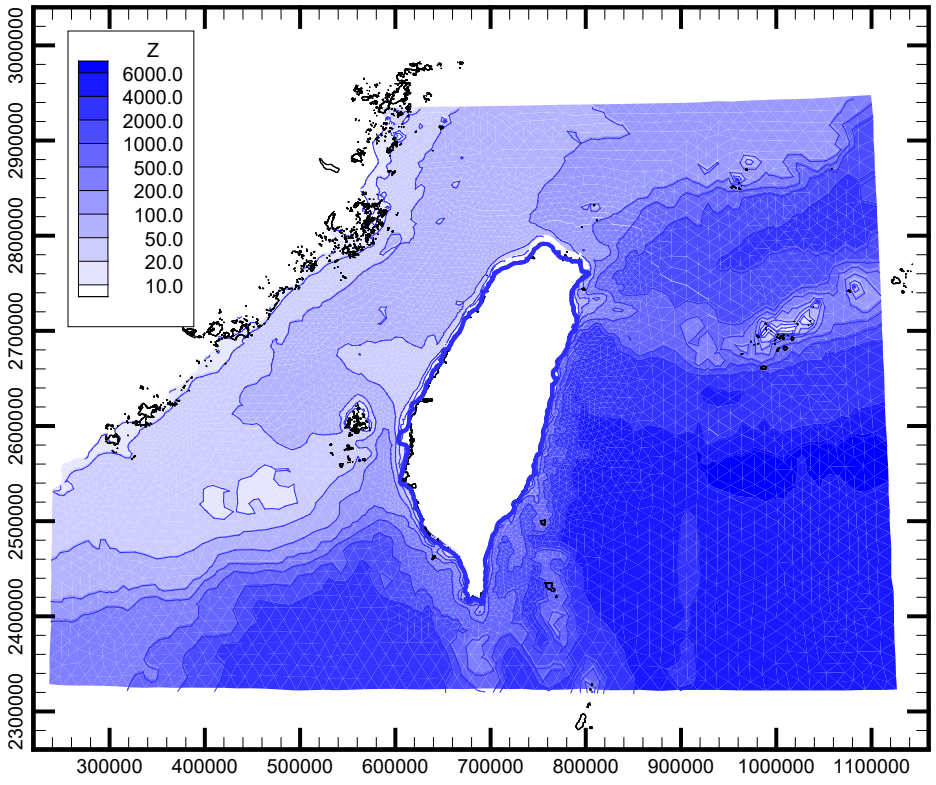


圖 2.28 中尺度水動力模組模擬範圍示意圖

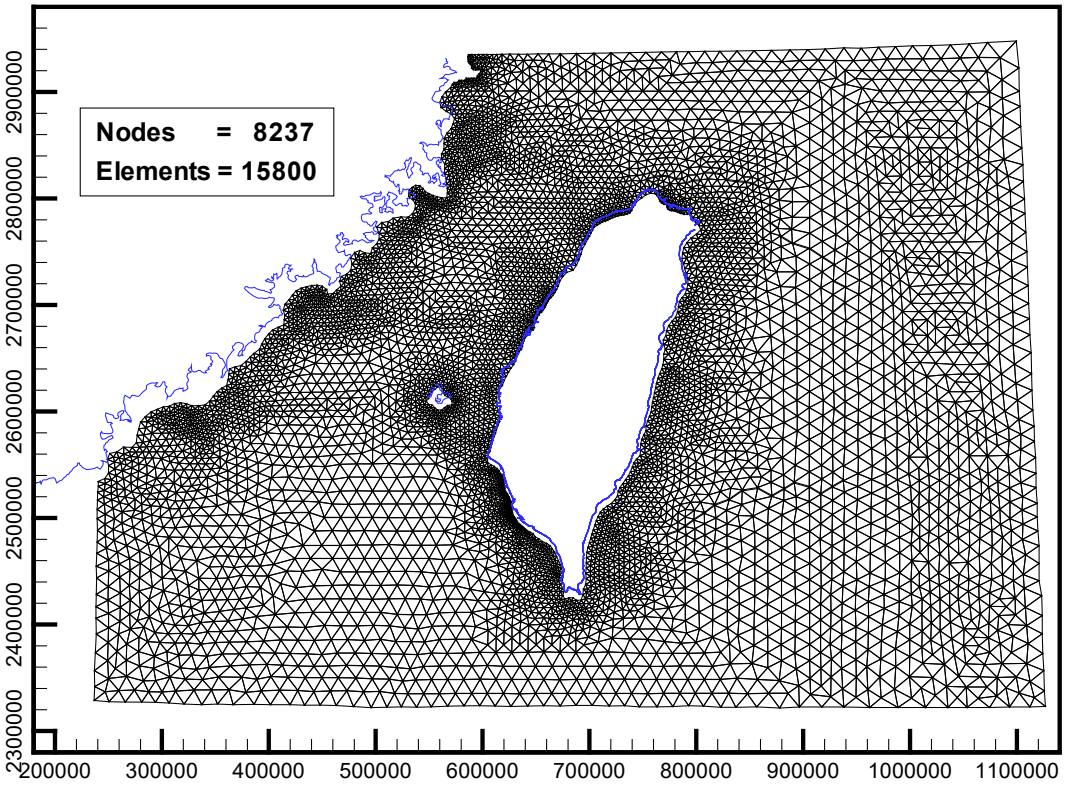


圖 2.29 中尺度水動力模組三角元素網格分布圖

表 2-5 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		
基隆港	4,745	2,610	3.0	300.0
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

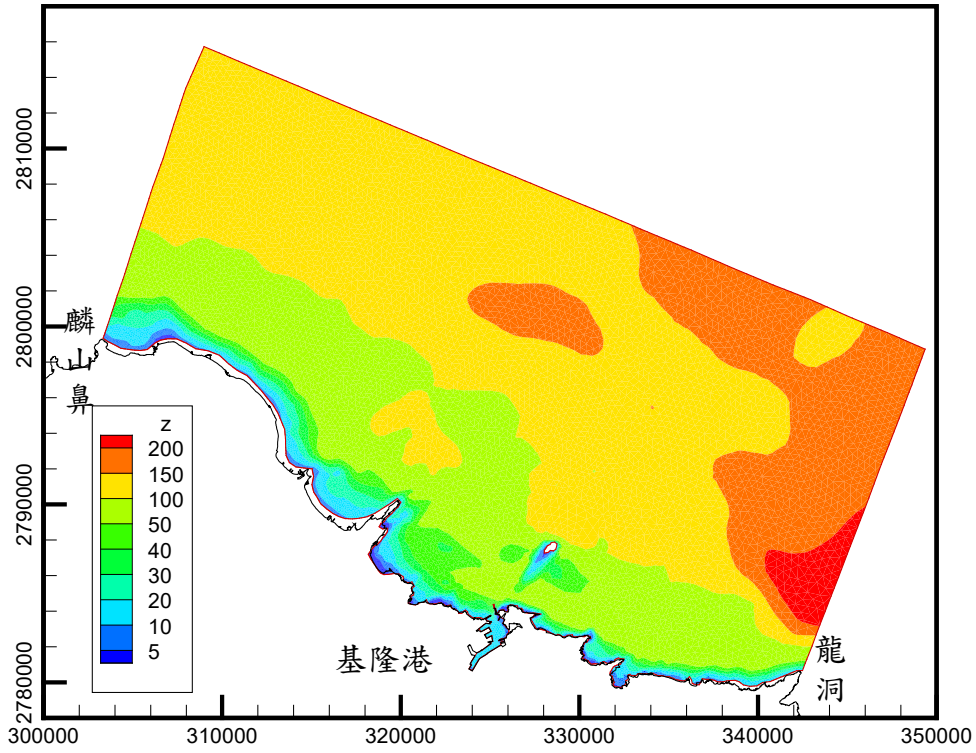


圖 2.30 基隆港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

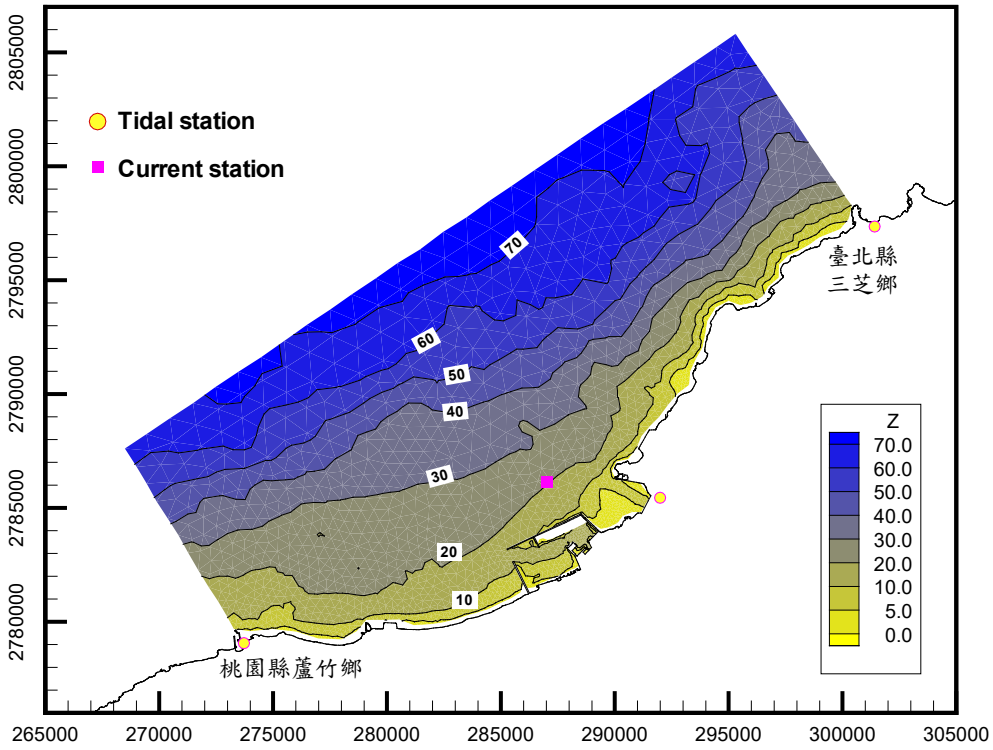


圖 2.31 臺北港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

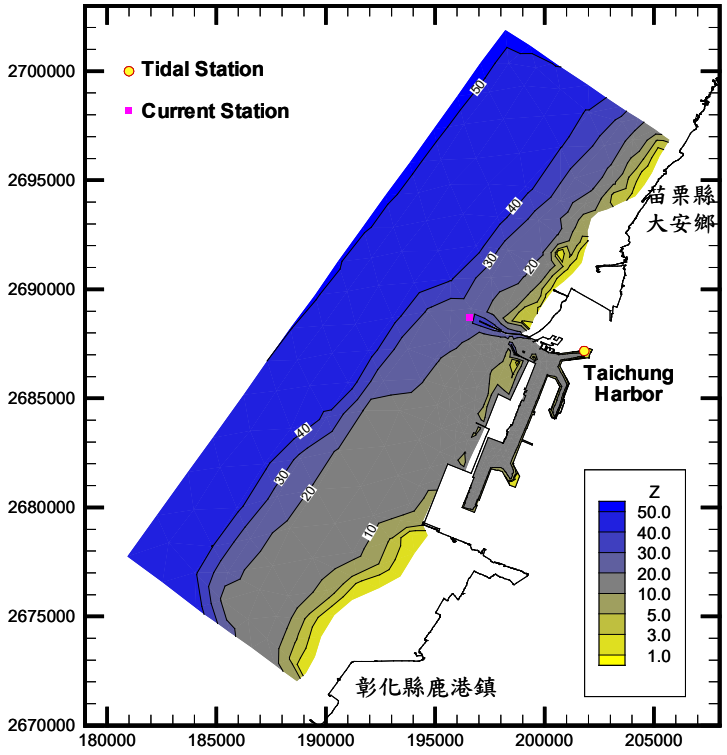


圖 2.32 臺中港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

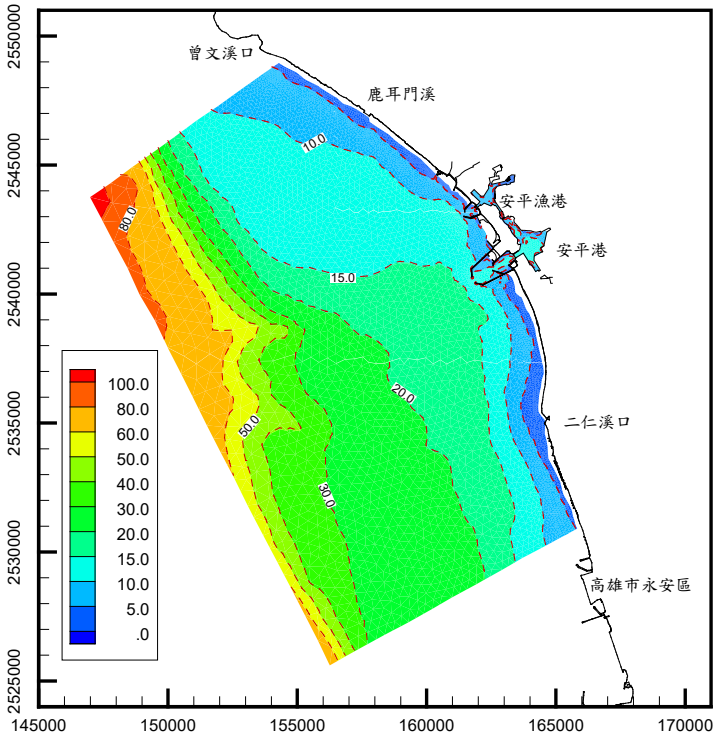


圖 2.33 安平港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

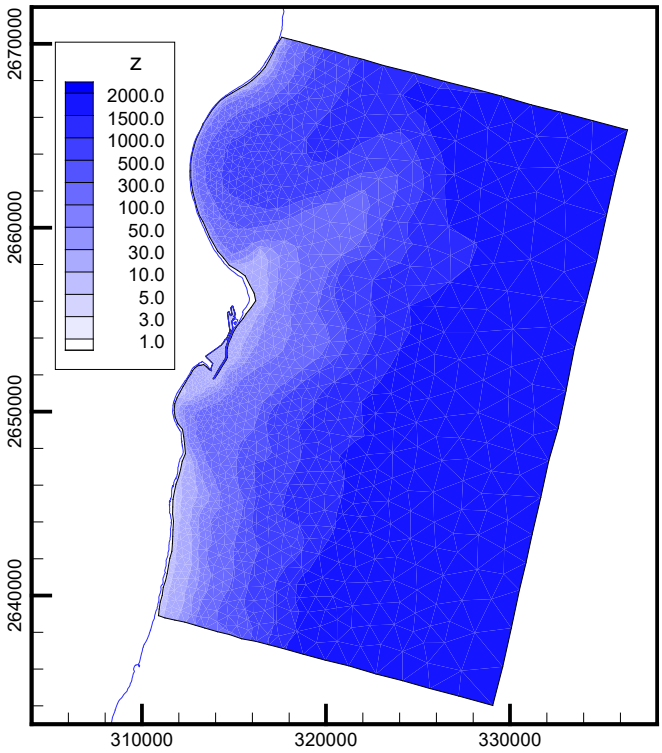


圖 2.34 花蓮港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

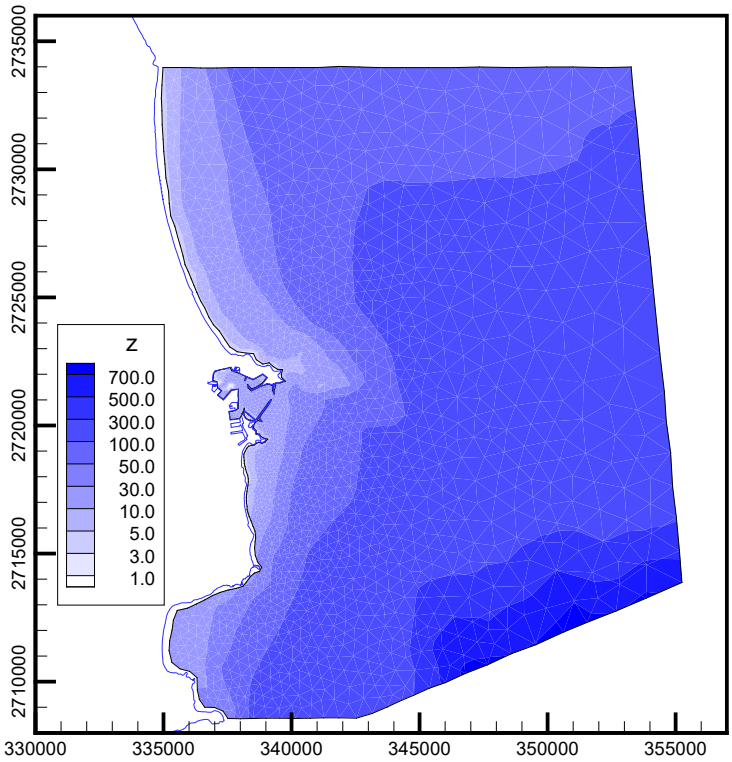


圖 2.35 蘇澳港近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

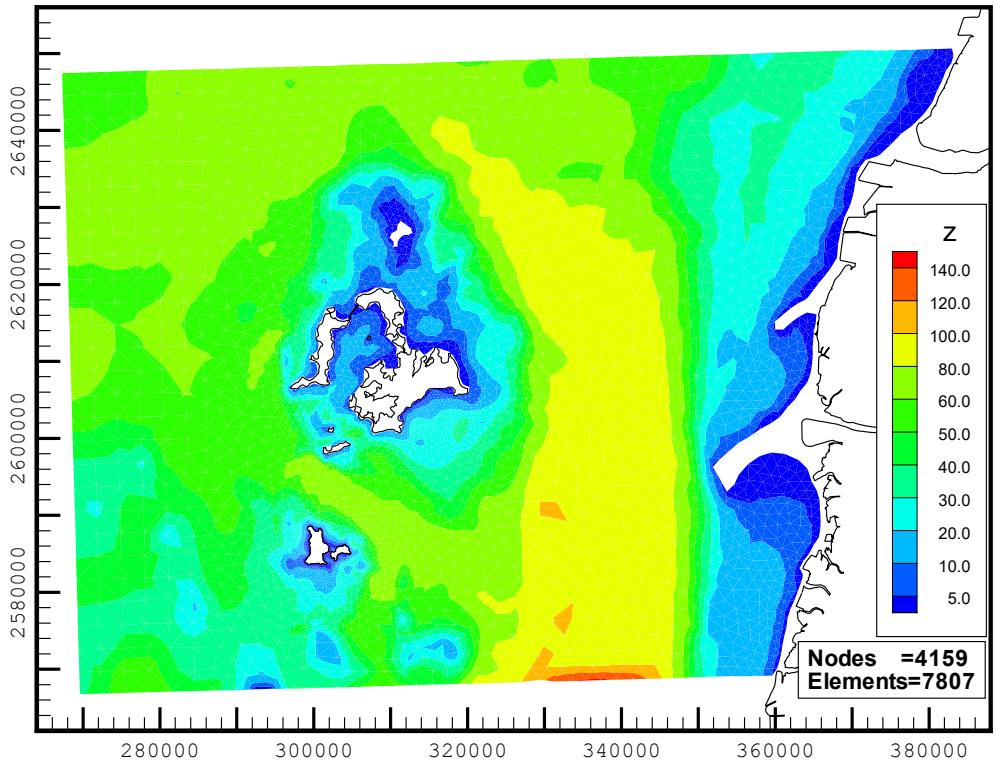


圖 2.36 澎湖海域近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

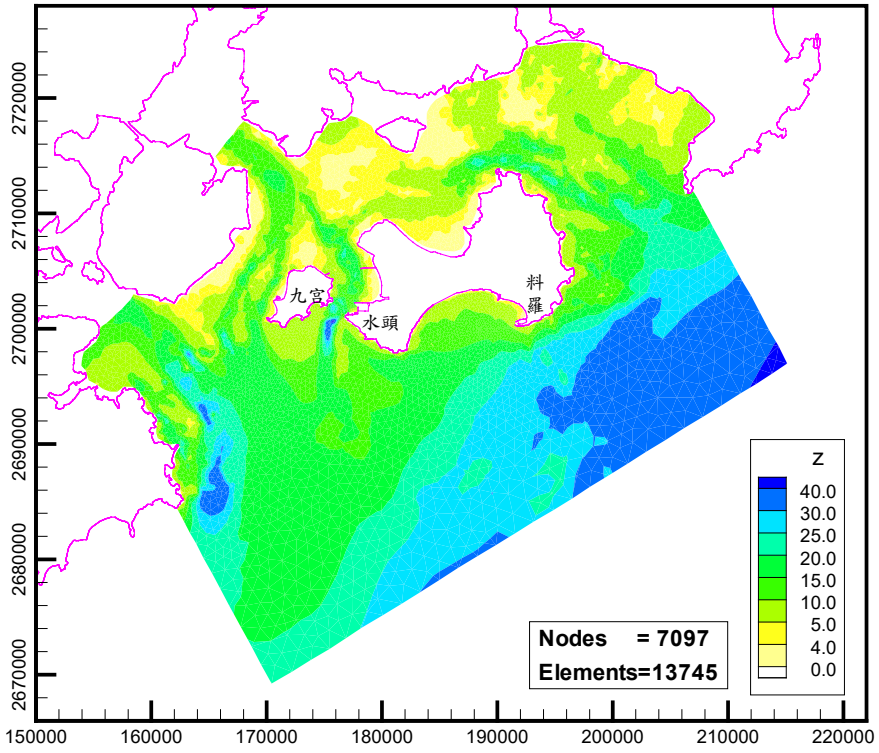


圖 2.37 金門海域近岸水動力模組之模擬範圍及水深分布圖

2.5 海嘯模組

由美國康乃爾大學之 COMCOT(COrnell Multigrid COupled Tsunami model)海嘯模式及利用互逆格林函數計算方式，建立海嘯波高資料庫，利用 Matlab 軟體撰寫而成之介面以及遠端擷取之功能，結合為一「臺灣海嘯速算系統」，可推算海嘯發生計算範圍涵蓋環太平洋地震帶，而所建波高資料庫涵蓋臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港等 8 個主要商港。並以高斯波波形在模式地形邊界上入射，模擬此情境下商港區之溢淹狀況，紀錄模擬期間內每個空間點所發生的最大水位高度來當作溢淹高度，建置臺灣主要商港溢淹災害潛勢圖，透過作業化整合建置提供海嘯預警資訊。

在本系統設定架構下，延續前期成果有關海嘯模式作業化部份，目前主要有 2 種方式，一種為建置於全自動作業化系統內固定時間(目前設定為 5 分鐘)於網上擷取相關地震資訊參數進行模擬並展示，另一種為視窗化手動可離線軟體，可由使用者輸入地震資訊參數輸出。臺灣海嘯速算系統流程，即是利用互逆格林函數之高計算效率，在遠/近域海底地震引起海嘯後，可利用一般電腦或小型伺服器即可完成計算，便能快速掌握可能之最大波高以及抵達時間，提供給各交通部航港局、臺灣港務公司及其分公司做為後續應變之做為之參考，其預警系統主要流程如圖 2.38 所示。

海嘯模擬預警系統基本運作分為地震引起初始波源生成與互逆格林函數計算預報水位兩部分。前者利用美國國家地震資訊中心(USGS)的 FMT 解代入 Mansinha and Smylie(1971)提出的彈性半空間錯移模型(elastic half-space dislocation model)，此斷層模式主要是計算走向滑距及傾向滑距在垂直地表方向的分量，即垂直位移的總量，藉以獲得地震引發的海嘯初始水位。

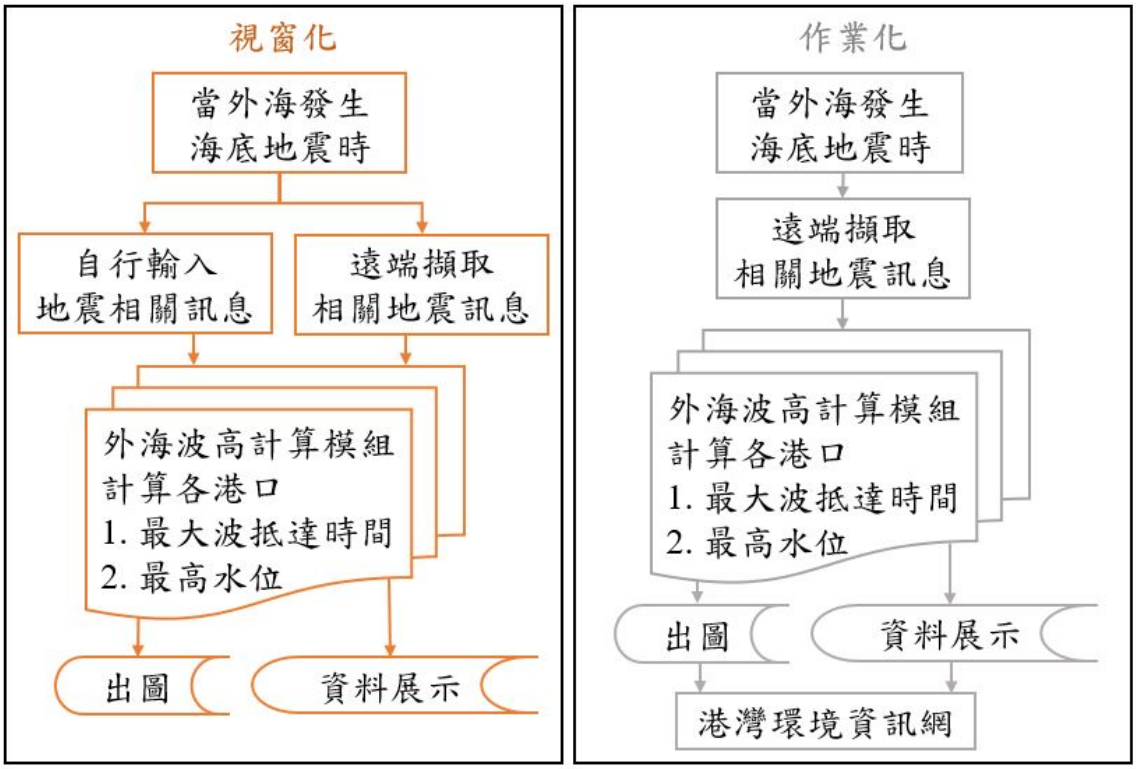


圖 2.38 臺灣國際商港海嘯速算系統流程圖

本視窗化模組操作系統是由 Matlab 軟體所建構而成，該軟體提供了方便之數學運算指令及圖形繪製，更提供了內建之操作者介面設定程序；使用者本身不須安裝 Matlab 軟體，僅須下載編譯器等基本套件即可於個人電腦上執行模擬作業，前期發展資料量較大每個港口點位需要建立資料量約為 120 GB，8 個港口約要有 1TB 以上空間，但已大幅下降資料量至每港口 25 GB，8 個港口共約 200 GB 資料，圖 2.39 為計算範圍水深地形圖包括整個太平洋地區。

海嘯速算系統可同時擷取下列 4 個網頁，包含美國國家地震資訊中心、臺灣寬頻地震網、即時地震站量監測系統及日本防災科學技術研究所發布之地震斷層資訊：

一、USGS (U.S. Geological Survey)

美國國家地震資訊中心

https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/significant.php

二、BATS (Broadband Array in Taiwan for Seismology)

中央研究院地球科學研究所－臺灣地區寬頻地震觀測網

http://bats.earth.sinica.edu.tw/

三、RMT (Real-Time Moment Tensor Monitoring System)

中央研究院地球科學研究所－即時地震站矩張量監測系統

http://rmt.earth.sinica.edu.tw/

四、Fnet (Full Range Seismograph Network of Japan)

日本防災科學技術研究所

http://www.fnet.bosai.go.jp/fnet/event/joho.php?LANG=en

USGS-NEIC 之地震資料庫範圍為全球(如圖 2.39)，但其資料擷取約在地震發生後約 1 小時才可遠端擷取(如圖 2.40)，對於震央發生在臺灣周圍海域恐有不及，因此，在臺灣區附近(東經 119°至 123°，北緯 21°至 26°)採用中研院地科所之地震即時資料及即時地震矩張量監測系統(如圖 2.41 及圖 2.42 所示)，而日本附近採用日本防災科學技術研究所(National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention NIED)所提供之 F-net (Full Range Seismograph Network of Japan)，其範圍在東經 120°到 156°，北緯 20°到 49°，以供地震資料參考(圖 2.43)。

本系統現階段作業情形為每隔 5 分鐘擷取各網頁發布新的地震資訊，約 3 分鐘內即可完成推算各港口海嘯波資訊(預計抵達時間及水位歷時變化)，其模擬結果將提供港灣環境資訊網進一步使用，包括產生即時預報的個別地震目錄名稱：依時間、地震矩規模、dep 震源深度及來源單位建置，例如：EQ20190526154114_Mw80_dep131_USGS、EQ20190808052800_Mw60_dep53_Fnet，其目錄下內容有：

(1) 地震參數：將網頁擷取的地震參數輸出成文字檔與 mat 檔，後者提供頂部選單讀取快速地震解。

(2) 報告單：輸出地震訊息及預報水位的報告單(jpg 圖檔)。

(3) 預報水位：將預報水位輸出成(.txt)文字檔。

(4) 介面擷圖：將預報主介面輸出成(.jpg)圖檔。

今年度年亦配合上述各網頁更新及變動，進行部分程式改寫，持續截取相關資料並模擬各港口海嘯波資訊，提供 8 個商港如臺北、基隆、蘇澳、花蓮、高雄、安平、布袋及臺中港海嘯溢淹圖供參，如圖 2.44，海嘯資訊亦整合於港灣環境資訊網展示，如圖 2.45 及圖 2.46 所示。

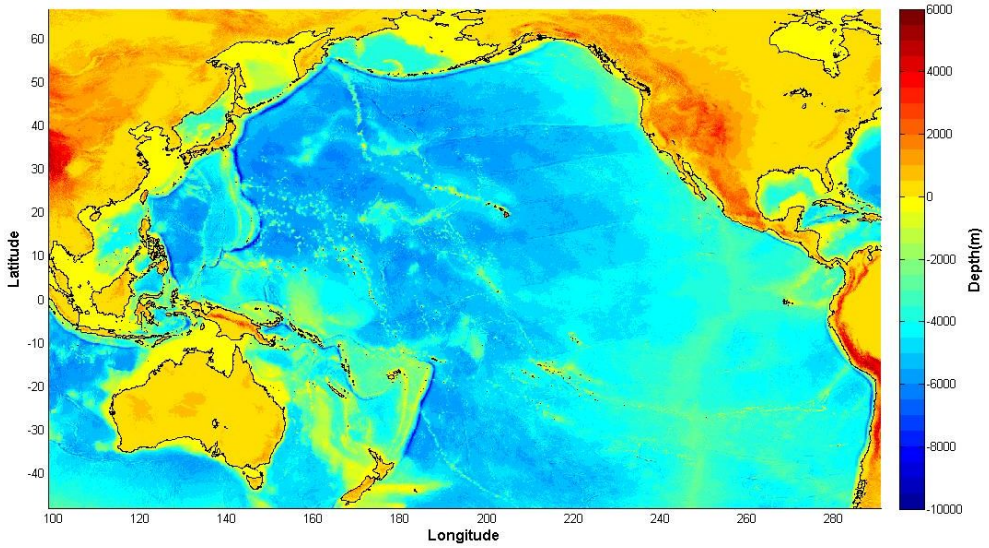


圖 2.39 海嘯系統計算範圍水深地形圖

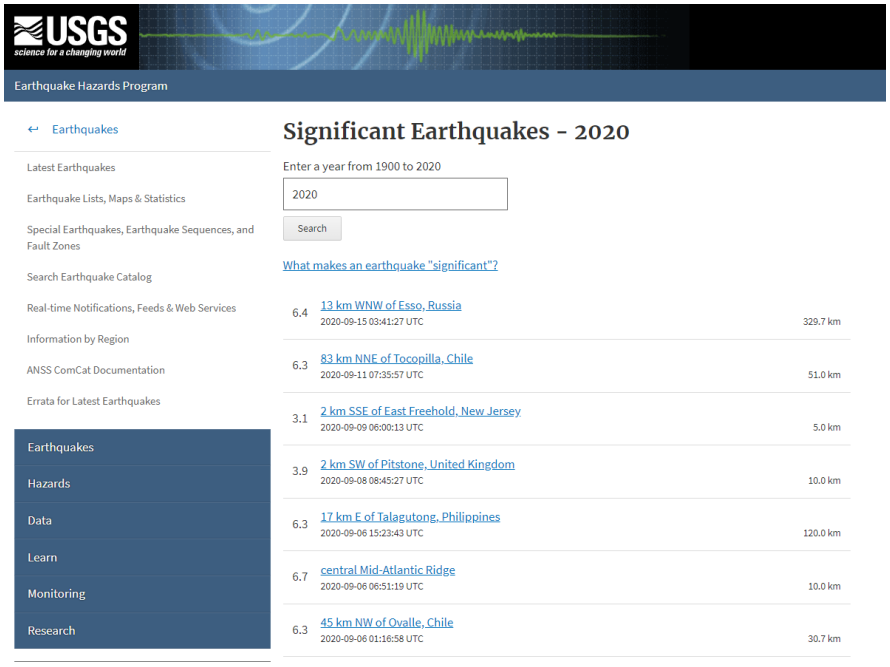


圖 2.40 美國國家地震資訊中心(USGS)資料庫



圖 2.41 中研院地科所-臺灣地區寬頻地震觀測網(BATS)

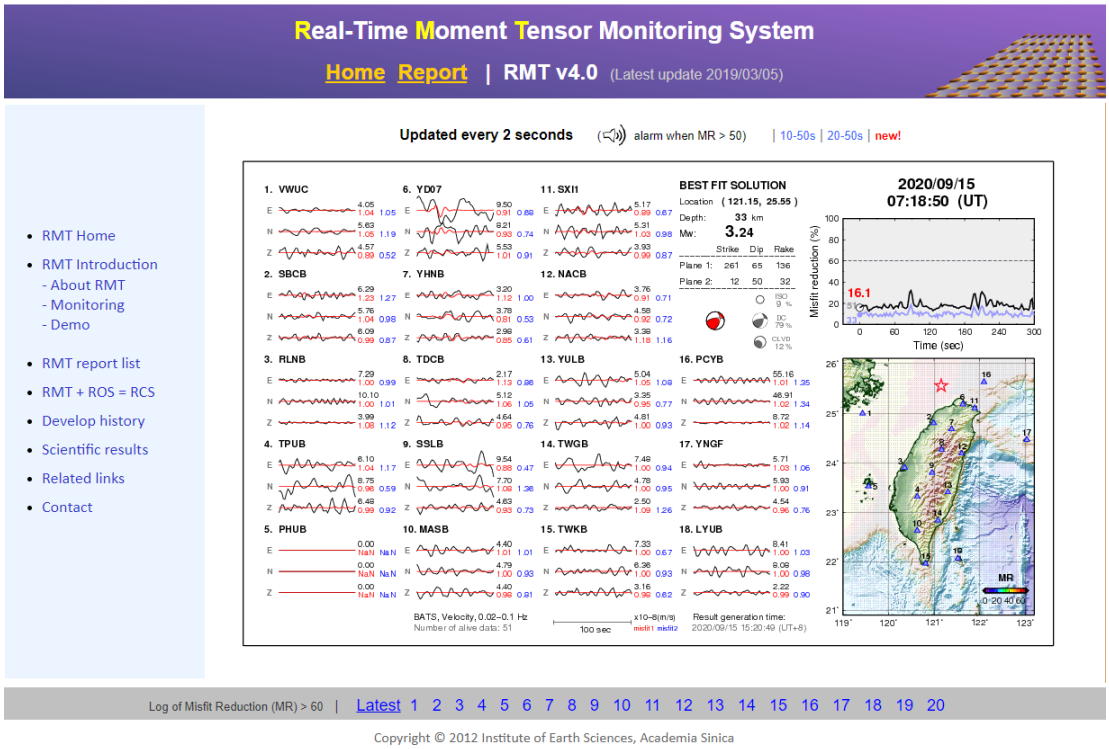


圖 2.42 中研院地科所-即時地震矩張量監測系統(RMT)

NIED F-net
Broadband Seismograph Network

F-net HOME | Questions&Comments | User registration | NIED | JAPANESE

What is F-net | Station Info | Waveforms | Access Count | Renewal History

Topics | Moment Tensors | Search for Mechanism | FAQ | Retrieval of Waveforms

Earthquake Mechanism Information

■Introduction ■Information ■What is Mj? ■Updated

Click **MORE** for detailed information on each earthquake

Date 2020 09 Show 50 Newest first Search

2020/09(UT)

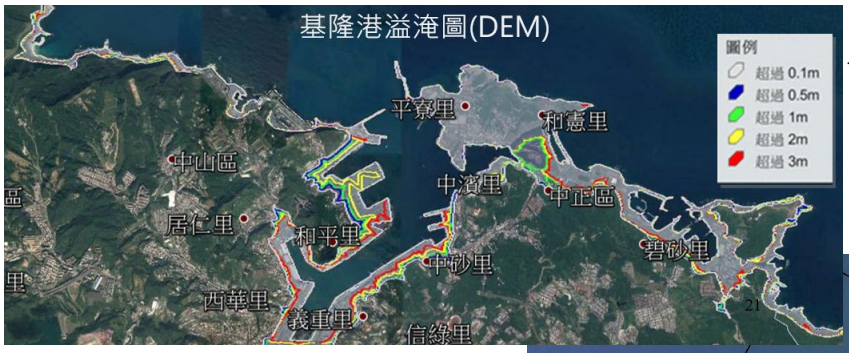
<< Previous Next >> Latest month

Showing No.1-50 of 54 results

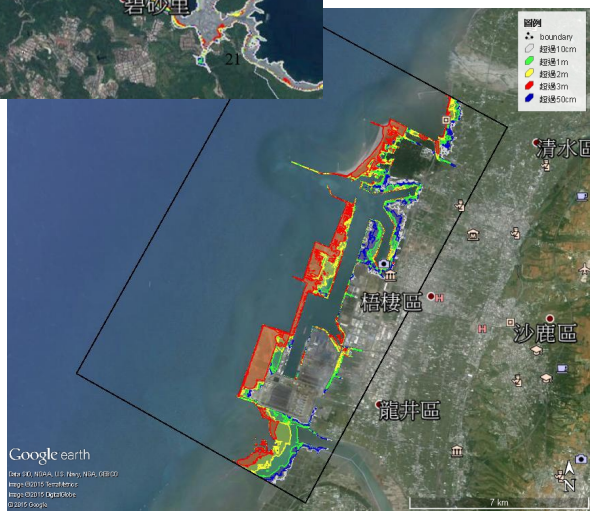
1 2

No	Hypocenter Information Provided by JMA						MT solution			
	Origin Time (UT)	Latitude (°)	Longitude (°)	Region	Depth (km)	Mj	Depth (km)	M_W	Var. Red.	
1	2020/09/15,06:06	35.8	140.9	NEAR CHOSHI CITY	10	4.4	5	4.1	80.56	MORE
2	2020/09/13,21:25	38.7	142.3	E OFF MIYAGI PREF	40	4.0	77	3.9	61.25	MORE
3	**2020/09/13,13:26:45.66**	33.4307	140.8232	E OFF HACHIJOJIMA ISLAND	51.54	4.3	50	4.1	86.63	MORE
4	**2020/09/13,10:44:42.24**	40.6953	142.6767	E OFF AOMORI PREF	40.99	4.7	41	4.7	83.98	MORE
5	**2020/09/13,02:19:26.49**	31.4522	128.7473	SW OFF KYUSHU	7.90	3.6	5	3.5	66.50	MORE
6	**2020/09/13,01:22:16.62**	30.4072	140.0468	NEAR TORISHIMA IS	42.00	4.4	5	4.7	80.62	MORE

圖 2.43 日本防災科學技術研究所即時地震資料(Fnet)



<基隆港入射波高 5m



臺中港入射波高 6 m>

圖 2.44 海嘯溢淹圖檔查詢

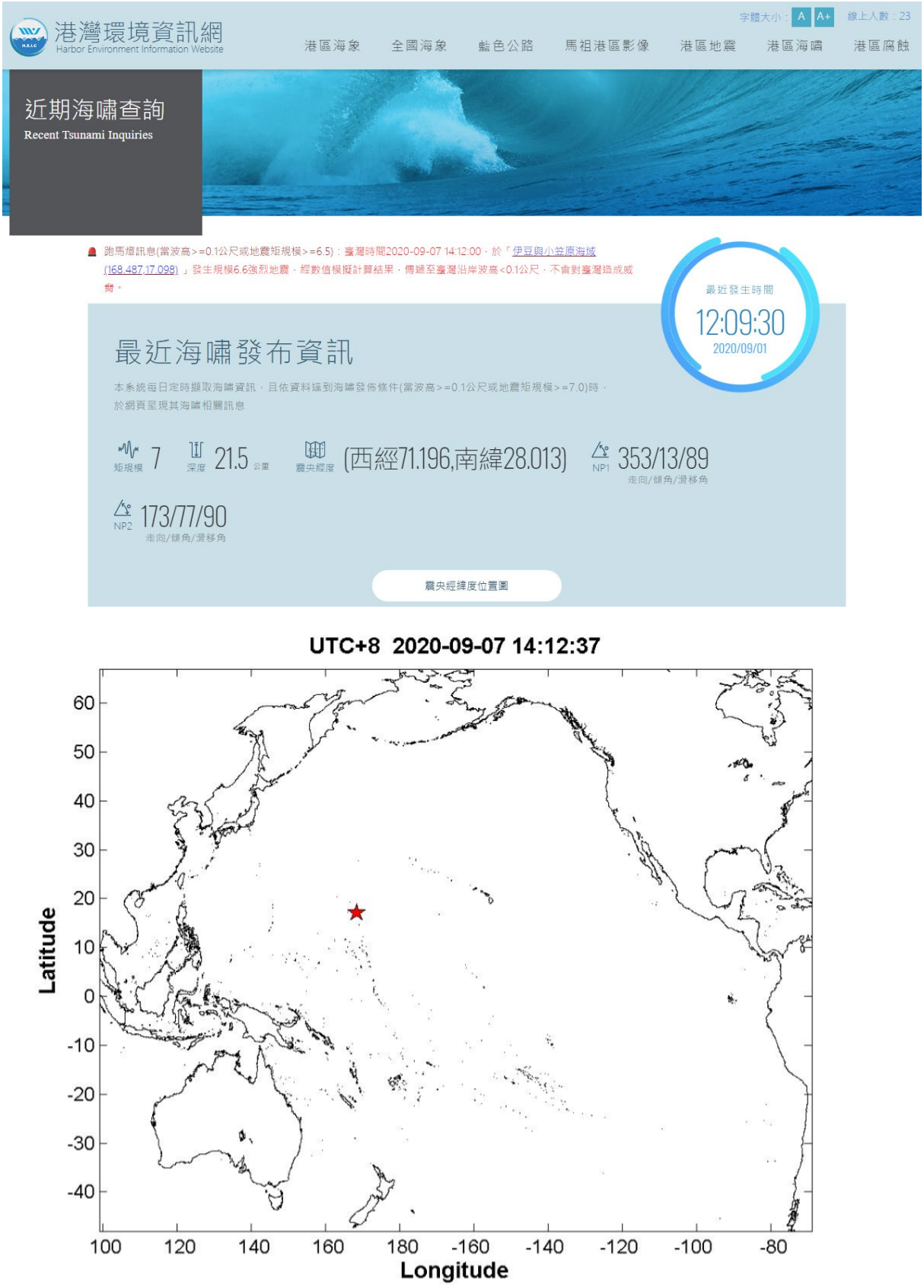


圖 2.45 港灣環境資訊網展示最近海嘯發布資訊及震央位置



圖 2.46 港灣環境資訊網展示海嘯水位歷線圖及查詢歷史海嘯

2.6 海岸公路浪襲模組

自 106 年起，本所即開始發展海岸公路浪襲預警系統，106 年～108 年建置「臺東海岸公路浪襲預警系統」，109 年～110 年建置「花蓮海岸公路浪襲預警系統」及研提因應對策。因應浪襲預警系統需求，海象模擬作業化系統延伸建置海岸公路浪襲模組作為防災應用，目的即取得 TaiCOMS 中尺度暴潮模式之潮位資料，以及中小尺度近海波浪模組之臺東及花蓮海域，2 模組模擬預測之示性波高、譜峰週期資料。使用每日 1 次輸出示性波高、譜峰週期及潮位且每次有 73 小時預測值，及每日 4 次輸出示性波高、譜峰週期且每次有 55 小時預測值，利用附近臺東、花蓮浮標觀測站之示性波高資料，同化修正臺東、花蓮海域 2 模組模擬示性波高預測值，再將修正後的預測值輸入浪襲系統計算，此流程示意圖如圖 2.47 所示。

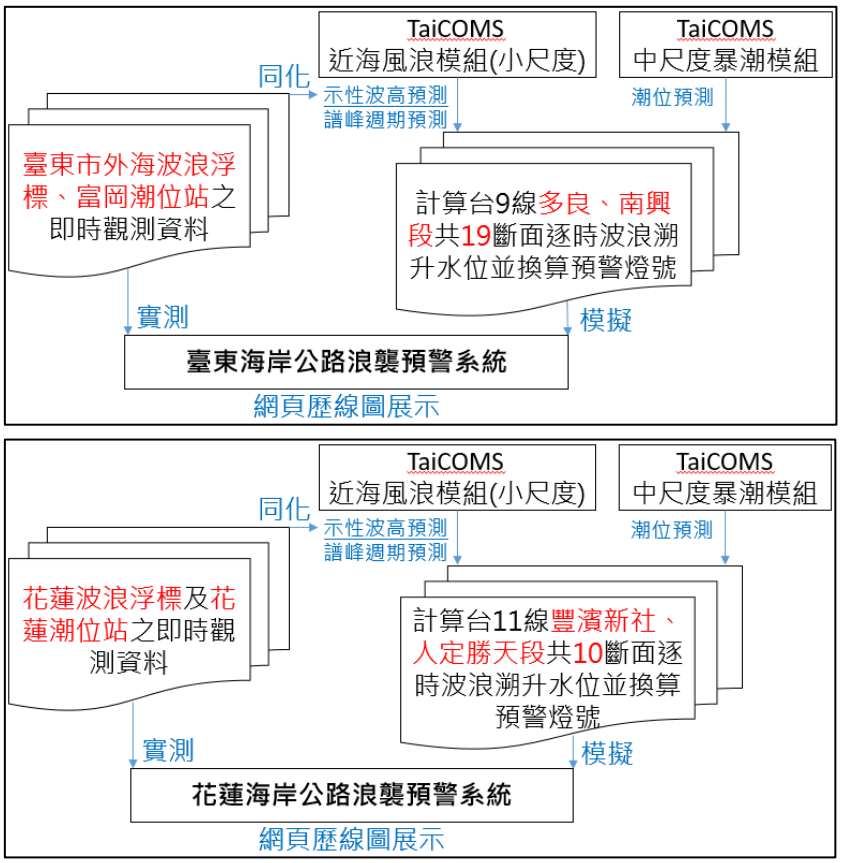


圖 2.47 「臺東、花蓮海岸公路浪襲預警系統」架構

第三章　海象模擬作業化系統模擬成果應用

本章主要說明本所發展海象模擬作業化系統，其模擬資料與本所各商港布建觀測站蒐集之觀測資料比對校驗後，波浪模擬資料應用於本所發展之海岸公路浪襲預警系統做為外海波浪條件，所有觀測及模擬成果均即時展示於「港灣環境資訊網」供大眾查詢使用。

3.1 臺灣主要商港海氣象觀測及蒐集

本所港研中心在臺灣及離島各商港辦理海氣象觀測測站建置，進行長期海氣象資料蒐集工作，目前已在各港口建立即時海氣象監測系統，每年除了進行維運或更新現場設備以外，亦介接蒐集中央氣象局及水利署所屬之風力、波浪、潮位及海流資料，並將即時海氣象資料傳送至本所「港灣環境資訊網」線上展示，提供資料整合及應用的資訊服務。本節概略臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及馬祖等 9 個主要港口，在 109 年 9 月至 110 年 8 月期間之風力、波浪、潮位及海流等海氣象資料觀測站及資料蒐集情形，商港地理位置如圖 3.1、各港口設置之海象觀測站位置如圖 3.2～圖 3.6 所示。至於風、波、潮、流 4 項海象觀測資料，詳細蒐集情形及歷線圖，可參閱本報告「附錄二 110 年度每月作業化成果報表」中各港蒐集實測資料統計表。

一、風力現場觀測及蒐集

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

本中心於臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及馬祖等 9 個主要港口，安裝超音波式風速計，各港安裝位置如圖 3.2、圖 3.3 所示，各測站觀測風力資料蒐集概況，如表 3-1 所示。

二、波浪現場觀測及蒐集

波浪之觀測本中心於臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及馬祖等 9 個主要港口，安裝以 NORTEK 剖面海流、表面波浪與潮汐監測為主之波潮流儀 AWAC(AWCP)、浮標(臺北)及浮球(安平、布袋)，各港安裝位置如圖 3.2～圖 3.3 所示，各測站波浪資料蒐集概況，如表 3-2 所示。

三、潮位現場觀測及蒐集

潮汐觀測是海象調查中最基本的項目，也是港灣工程設計重要的參考數據，本中心於臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及馬祖等 9 個主要港口，在港內碼頭附近安裝以壓力式潮位計，及在港外附近海域安裝波潮流儀 AWAC、浮標(臺北)及浮球(安平、布袋)以監測剖面海流、表面波浪與潮位，各港安裝位置如圖 3.2、圖 3.3 所示，各測站觀測潮位資料蒐集概況，如表 3-3 所示。

四、海流現場觀測及蒐集

海流之觀測本中心於臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及馬祖等 9 個主要港口，安裝波潮流儀 AWAC、浮標(臺北)及浮球(安平、布袋)以監測剖面海流、表面波浪與潮位，各港安裝位置如圖 3.2、圖 3.3 所示，各測站觀測海流資料蒐集概況，如表 3-2 所示。



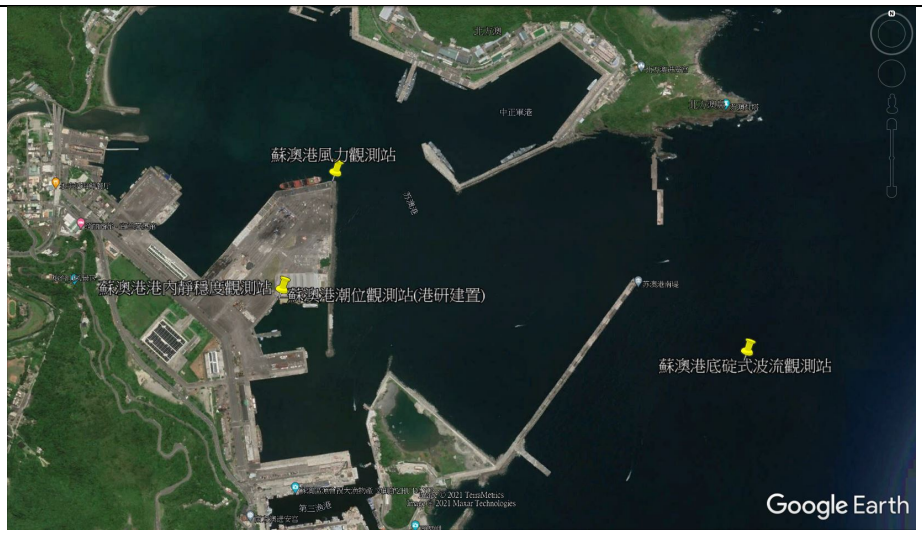
圖 3.1 臺灣主要商港位置圖



圖 3.2 臺北港海氣象觀測站位置圖

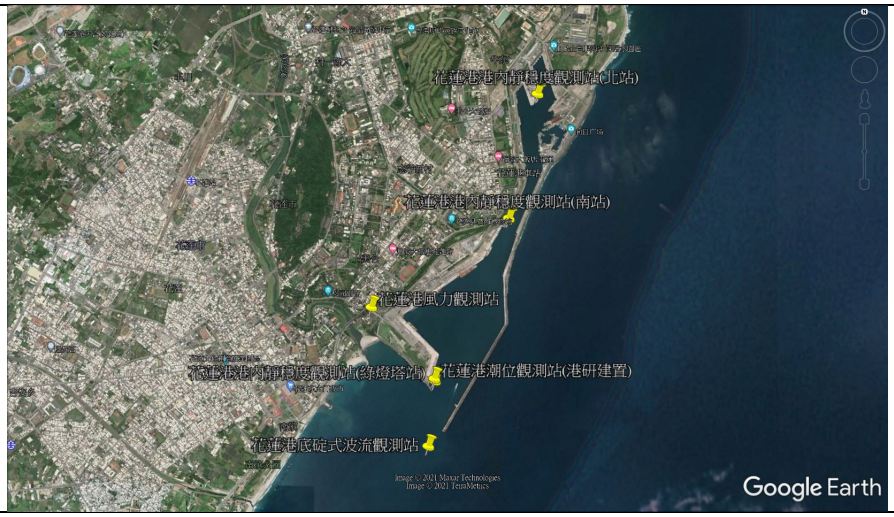


基隆港

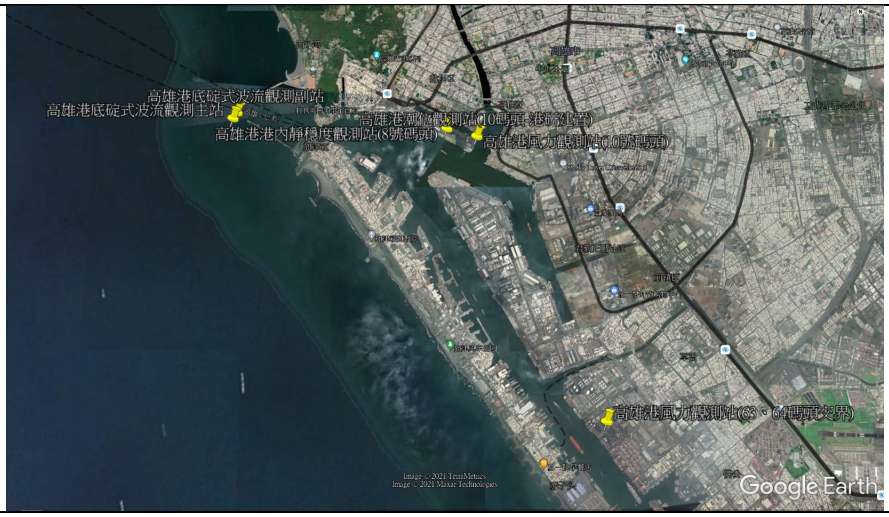


蘇澳港

圖 3.3 基隆港及蘇澳港海氣象觀測站位置圖



花蓮港



高雄一港口



高雄二港口

圖 3.4 花蓮港及高雄港海氣象觀測站位置圖



安平港

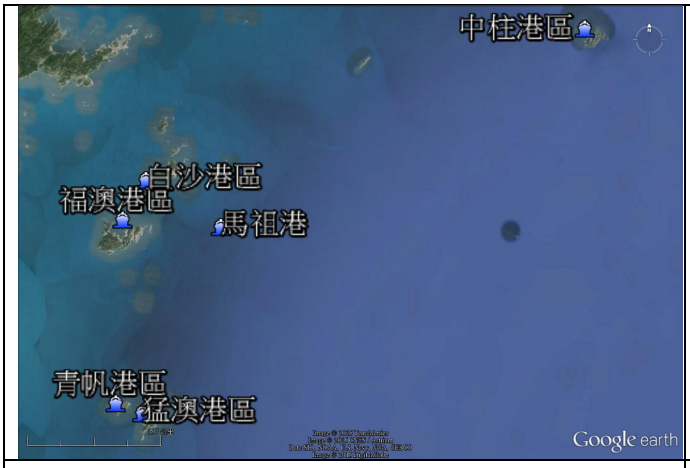


布袋港



臺中港

圖 3.5 安平港、布袋港及臺中港海氣象觀測站位置圖



馬祖港區



東引-中柱港



南竿-福澳港

北竿-白沙港



西莒-青帆港

東莒-猛澳港

圖 3.6 馬祖海氣象觀測位置圖

表 3-1 觀測風力資料蒐集概況表

(統計時間至 110 年 9 月)

序號	地點	測站名稱	緯度 (度、分、秒)	經度 (度、分、秒)	建置單位	儀器高度 (m)
1	台北	臺北港風力觀測站(小綠燈塔)	25 °9 '24 "	121 °22 '19 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	9.35
2	台北	臺北港風力觀測站(觀測樁)	25 °10 '53 "	121 °22 '28 "	港研中心(IHMT)	
3	台北	臺北港風力觀測站(港區內)	25 °9 '55 "	121 °23 '39 "	港研中心(IHMT)	5.12
4	基隆	基隆港風力觀測站	25 °9 '19 "	121 °45 '8 "	港研中心(IHMT)	10.158
5	蘇澳	蘇澳港風力觀測站	24 °35 '49 "	121 °52 '5 "	港研中心(IHMT)	12.115
6	花蓮	花蓮港風力觀測站	23 °58 '49 "	121 °37 '12 "	港研中心(IHMT)	31.543
7	高雄	高雄港風力觀測站(63、64 碼頭交界)	22 °34 '40 "	120 °18 '20 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	16.234
8	高雄	高雄港風力觀測站(二港口北堤綠燈塔)	22 °33 '4 "	120 °18 '3 "	港研中心(IHMT)	16.73
9	高雄	高雄港風力觀測站(76、77 碼頭交界)	22 °33 '24 "	120 °19 '37 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	24.459
10	高雄	高雄港風力觀測站(第六貨櫃中心港警大樓)	22 °32 '6 "	120 °19 '36 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	25.07
11	高雄	高雄港風力觀測站(10 號碼頭)	22 °36 '52 "	120 °17 '18 "	港研中心(IHMT)	9.63
12	安平	安平港風力觀測站(南堤燈塔)	22 °57 '38 "	120 °8 '56 "	港研中心(IHMT)	22.953
13	安平	安平港風力觀測站(訊號台)	22 °58 '9 "	120 °9 '54 "	港研中心(IHMT)	35.271
14	布袋	布袋港風力觀測站	23 °22 '49 "	120 °8 '51 "	港研中心(IHMT)	16.756
15	台中	臺中港風力觀測主站(北防沙堤)	24 °18 '39 "	120 °31 '35 "	港研中心(IHMT)	5.97
16	台中	臺中港風力觀測副站(北防砂堤)	24 °18 '39 "	120 °31 '35 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	5.93
17	台中	臺中港風力觀測主站(工專二)	24 °14 '23 "	120 °28 '18 "	港研中心(IHMT)	7.682
18	台中	臺中港風力觀測副站(工專二)	24 °14 '23 "	120 °28 '18 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	6.876
19	台中	臺中港風力觀測主站(31 號碼頭)	24 °16 '28 "	120 °30 '59 "	港研中心(IHMT)	9.47
20	台中	臺中港風力觀測副站(31 號碼頭)	24 °16 '28 "	120 °30 '59 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	9.25
21	台中	臺中港風力觀測站(港研中心)	24 °16 '13 "	120 °31 '45 "	港研中心(IHMT)	26.167
22	台中	臺中港風力觀測站(北防風林)	24 °18 '19 "	120 °31 '52 "	港研中心(IHMT)	18.539
23	台中	臺中港風力觀測站(北堤綠燈塔)	24 °17 '59 "	120 °29 '12 "	港研中心(IHMT)	16.616
24	澎湖	澎湖港馬公風力觀測站	23 °33 '33 "	119 °34 '26 "	港研中心(IHMT)	3.71
25	澎湖	澎湖港龍門尖山風力觀測站	23 °33 '43 "	119 °40 '14 "	港研中心(IHMT)	19.09
26	馬祖	馬祖港北竿風速觀測站	26 °12 '25 "	119 °58 '3 "	連江縣政府港務處(MTHA)	
27	馬祖	馬祖港南竿風速觀測站(新站)	26 °9 '44 "	119 °56 '30 "	連江縣政府港務處(MTHA)	
28	馬祖	馬祖東莒風速觀測站	25 °57 '30 "	119 °58 '4 "	連江縣政府港務處(MTHA)	
29	馬祖	馬祖東引風速觀測站	26 °21 '49 "	120 °29 '6 "	連江縣政府港務處(MTHA)	

表 3-2 觀測波浪及海流資料蒐集概況表

(統計時間至 110 年 9 月)

序號	地點	測站名稱	緯度 (度、分、秒)	經度 (度、分、秒)	建置單位	觀測註記
1	台北	臺北港潮位觀測站(港公司)	25 °9 '55 "	121 °23 '37 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
2	台北	臺北港潮位觀測站(港研建置)	25 °9 '55 "	121 °23 '37 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
3	基隆	基隆港潮位觀測站(港研建置)	25 °9 '19 "	121 °45 '8 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
4	基隆	基隆港潮位觀測站(港公司)	25 °8 '21 "	121 °45 '3 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	PT(壓力式潮位計)
5	蘇澳	蘇澳港潮位觀測站(港公司)	24 °35 '43 "	121 °51 '37 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	PT(壓力式潮位計)
6	蘇澳	蘇澳港潮位觀測站(港研建置)	24 °35 '33 "	121 °51 '57 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
7	花蓮	花蓮港潮位觀測站(港公司)	24 °0 '2 "	121 °38 '15 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	PT(壓力式潮位計)
8	花蓮	花蓮港潮位觀測站(港研建置)	23 °58 '25 "	121 °37 '36 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
9	高雄	高雄港潮位觀測站(紅毛港-港公司)	22 °33 '4 "	120 °19 '7 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	PT(壓力式潮位計)
10	高雄	高雄港潮位觀測站(10 碼頭-港公司)	22 °36 '52 "	120 °17 '18 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	PT(壓力式潮位計)
11	高雄	高雄港潮位觀測站(10 碼頭-港研建置)	22 °36 '52 "	120 °17 '18 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
12	安平	安平港潮位觀測站	22 °58 '43 "	120 °10 '33 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
13	安平	安平港潮位觀測站(港公司)	22 °58 '42 "	120 °10 '32 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	PT(壓力式潮位計)
14	布袋	布袋港潮位觀測站(港公司)	23 °22 '42 "	120 °8 '18 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	PT(壓力式潮位計)
15	布袋	布袋港潮位觀測站(港研建置)	23 °22 '43 "	120 °8 '18 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
16	台中	臺中港潮位觀測站(南邊-港公司)	24 °16 '3 "	120 °31 '27 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	PT(壓力式潮位計)
17	台中	臺中港潮位觀測站(北邊-港研建置)	24 °17 '16 "	120 °31 '59 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
18	澎湖	澎湖港龍門尖山潮位觀測站(港研建置)	23 °33 '29 "	119 °40 '7 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
19	澎湖	澎湖港龍門尖山潮位觀測站(港公司)	23 °33 '33 "	119 °40 '28 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	PT(壓力式潮位計)
20	澎湖	澎湖港馬公潮位觀測站(港研建置)	23 °33 '46 "	119 °33 '53 "	港研中心(IHMT)	PT(壓力式潮位計)
21	澎湖	澎湖港馬公潮位觀測站(港公司)	23 °33 '46 "	119 °33 '53 "	臺灣港務股份有限公司(TIPC)	PT(壓力式潮位計)

序號	地點	測站名稱	緯度 (度、分、秒)	經度 (度、分、秒)	建置單位	觀測註記
22	馬祖	馬祖港南竿潮位觀測站	26 ˚9 '39 "	119 ˚56 '36 "	連江縣政府港務處(MTHA)	PT(壓力式潮位計)
23	馬祖	馬祖港西莒潮位觀測站	25 ˚58 '9 "	119 ˚55 '57 "	連江縣政府港務處(MTHA)	PT(壓力式潮位計)
24	馬祖	馬祖港東引潮位觀測站	26 ˚21 '50 "	120 ˚29 '2 "	連江縣政府港務處(MTHA)	PT(壓力式潮位計)

表 3-3 觀測潮位資料蒐集概況表

(統計時間至 110 年 9 月)

序號	地點	測站名稱	緯度 (度、分、秒)	經度 (度、分、秒)	建置單位	觀測註記-1	觀測註記-2	儀器深度(m)
1	台北	臺北港底碇式波流觀測站	25 ˚10 '53 "	121 ˚22 '28 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	21
2	台北	臺北港資料浮標站	25 ˚9 '57 "	121 ˚21 '1 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	BY(浮標)	24
3	基隆	基隆港底碇式波流觀測主站	25 ˚9 '46 "	121 ˚44 '59 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	37
4	基隆	基隆港底碇式波流觀測副站	25 ˚9 '31 "	121 ˚45 '10 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	30
5	蘇澳	蘇澳港底碇式波流觀測站	24 ˚35 '24 "	121 ˚53 '8 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	23
6	花蓮	花蓮港底碇式波流觀測站	23 ˚58 '2 "	121 ˚37 '34 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	33
7	高雄	高雄港底碇式波流觀測主站	22 ˚37 '1 "	120 ˚15 '13 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	14
8	高雄	高雄港底碇式波流觀測副站	22 ˚37 '1 "	120 ˚15 '35 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	13
9	安平	安平港浮球式波流觀測站	22 ˚57 '49 "	120 ˚8 '59 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	FL(浮球)	12
10	安平	安平港底碇式波流觀測站	22 ˚57 '35 "	120 ˚8 '48 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	15
11	布袋	布袋港底碇式波流觀測站	23 ˚22 '24 "	120 ˚7 '7 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	8
12	布袋	布袋港浮球式波流觀測站	23 ˚22 '25 "	120 ˚7 '1 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	FL(浮球)	12
13	台中	臺中港底碇式波流觀測主站(綠燈塔)	24 ˚18 '12 "	120 ˚28 '55 "	港研中心(IHMT)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	29
14	馬祖	馬祖港東引底碇式波流觀測站	26 ˚21 '51 "	120 ˚28 '45 "	連江縣政府港務處(MTHA)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	
21	馬祖	馬祖港東莒底碇式波流觀測站	25 ˚57 '37 "	119 ˚57 '31 "	連江縣政府港務處(MTHA)	RT(即時)	AW(底碇式 AWAC)	
22	馬祖	馬祖港南竿底碇式波流觀測站(新站)	26 ˚10 '7 "	119 ˚56 '20 "	連江縣政府港務處(MTHA)	SR(自記)	AW(底碇式 AWAC)	

3.2 花蓮海岸公路浪襲預警系統建置

本模組發展的目的在於瞭解花蓮海岸公路受颱風波浪及異常波浪影響的區段範圍、發展溯上分析及預警，建立異常波浪容易致災之區段的長浪溯上數值模式。基於公路總局公告二級監控路段-浪襲路段，花蓮易受浪襲之路段為台 11 線人定勝天段的 61 K 到 62.5 K 區間。由於此區間的部分道路與海岸距離不到 20 m 且道路高程僅約 7 到 9 m，故容易於颱風期間受到海浪所影響，為公路總局公布之浪襲路段。藉由本所港研中心於人定勝天段附近測量之高解析度海陸地形，進行該路段 7 個道路斷面的浪襲情境模擬。透過情境結果的分析，可了解在何種海況條件之下，較易受到浪襲的威脅，可提供公路單位做為道路通行安全的評估和道路暫時封閉的參考。

3.2.1 花蓮海岸公路浪襲模式設定

有關波浪溯上模式使用 COBRAS (COrnell BReaking wave And Structure)流體模式以美國 Los Alamos 國家實驗室發展的二維不可壓縮流體的數值模式「RIPPLE」(Kothe 等人，1991)為基礎，經過 Lin 和 Liu 加以修改後的版本，為一 2 維垂直方向(2DV)的水動力模式，可用來計算波浪與結構物的交互作用 (Lin & Liu, 1998)，以及波浪與孔隙介質的交互作用(Liu 等，1999)。詳細說明可參閱本所 109 年「花蓮海岸公路浪襲預警及防災應用技術之研究(1/2)-浪襲預警系統建置」報告，摘錄說明如下：

一、數值地形建置

本所港研中心於 109、110 年於人定勝天、豐濱新社路段量測之陸上及水深地形。地形的平面座標採用內政部公告之 2010 台灣地區 TWD97 大地基準，而高程座標則採內政部 TWVD2001 台灣地區的高程基準，選取台 11 線人定勝天路段(61K+300 至 62K+220) 7 處及豐濱新社路段(43K+750 至 44K+250) 3 處道路，斷面做為公路浪襲情境模擬地點，並利用地形資料，從各斷面位置的離岸方向，取切線做為模式地

形，人定勝天及豐濱新社路段之浪襲模擬地點如圖 3.7、圖 3.8 所示，大致沿著波向線選取 7 處斷面之地形切線，2 路段之近岸水深地形及各斷面取切線示意圖，如圖 3.9、圖 3.10，利用 XBeach 模式模擬波浪從東邊界正向入射人定勝天路段後的第 136 秒水位空間分布，如圖 3.11，模擬波浪從東邊界正向入射豐濱新社路段後的第 270 秒水位空間分布，如圖 3.12。

由圖 3.9、3.10 所選取的綠色切線地形剖面如圖 3.13、3.14 所示。在此將海域的切線地形取到最大水深 32m 處，再從深度 32m 的位置往離岸方向延伸 6 個波浪週期所能傳播的水平距離做為模式的等水深入射波區。以 61K+300 處之譜峰週期 10 秒波浪為例，由於模式的波浪由左邊界入射，故先將圖 3.7 中 61K+300 處之切線地形左右翻轉後(如圖 3.9)，取出最大深度至 32m 的部分，如圖 3.9 之的 x 座標-800 至 50 m 區間。從水深 32m 處延伸一段入射波區，如圖 3.9 中 61K+300 的 x 座標約-1860 至-800 m 區間，最後將圖 3.9 之地形提供給 COBRAS 模式使用。

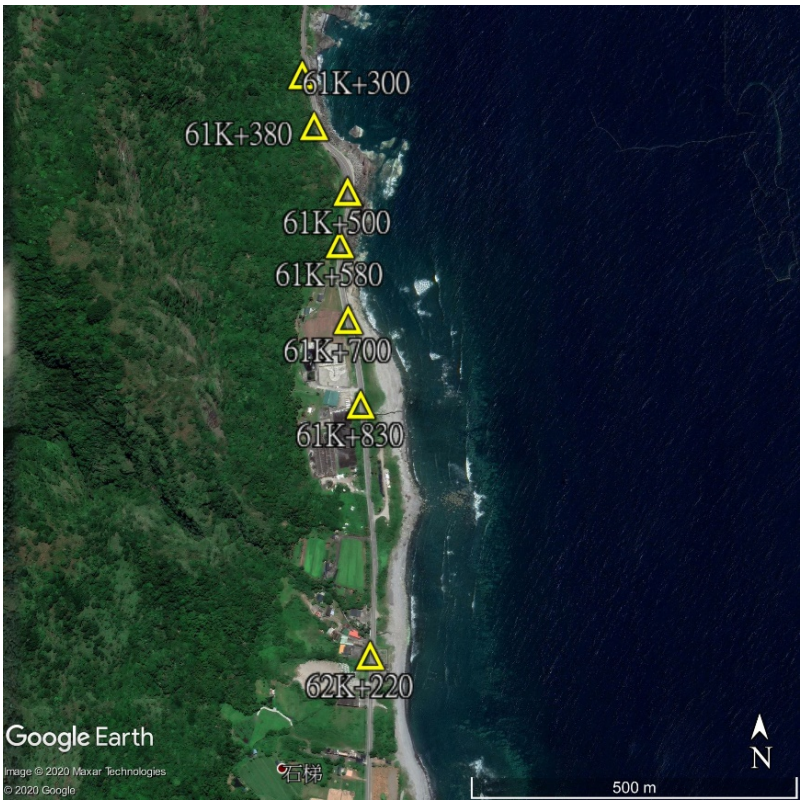


圖 3.7 台 11 線人定勝天路段 7 個情境位置

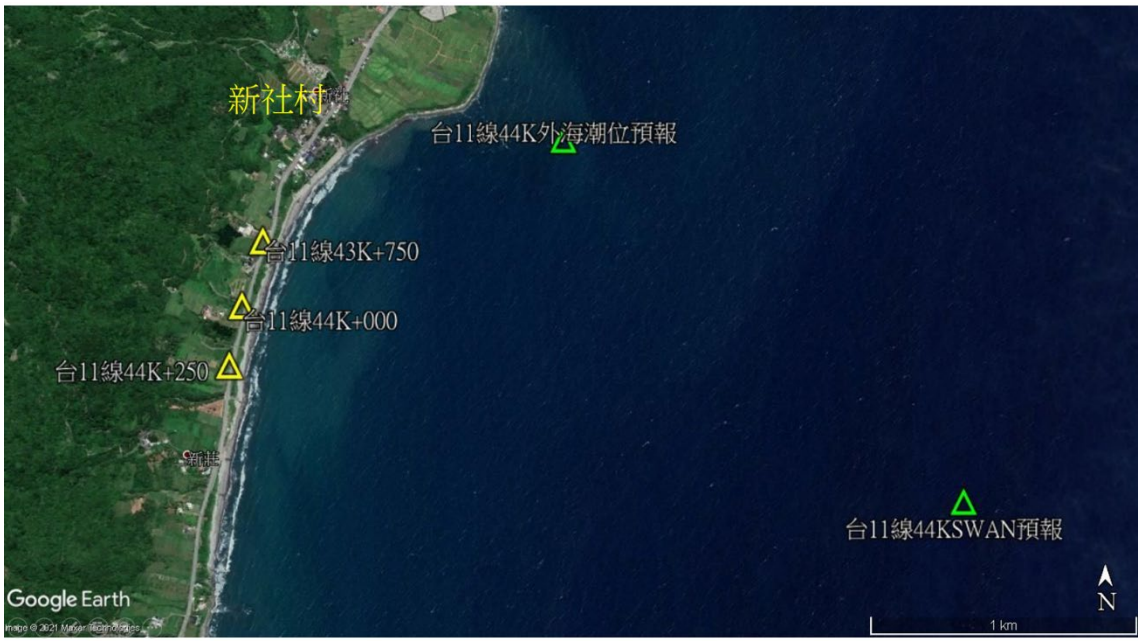


圖 3.8 台 11 線豐濱新社路段 3 個情境位置

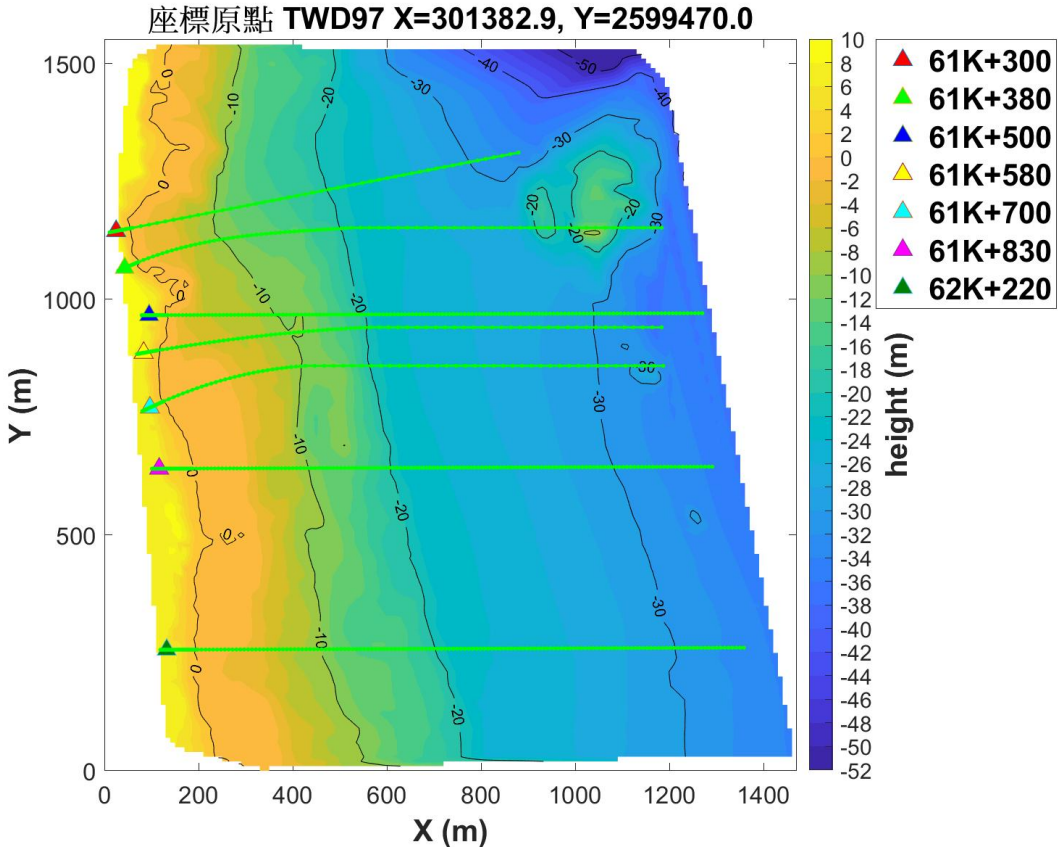


圖 3.9 台 11 線人定勝天段取 7 處斷面(三角)及地形切線(綠線)

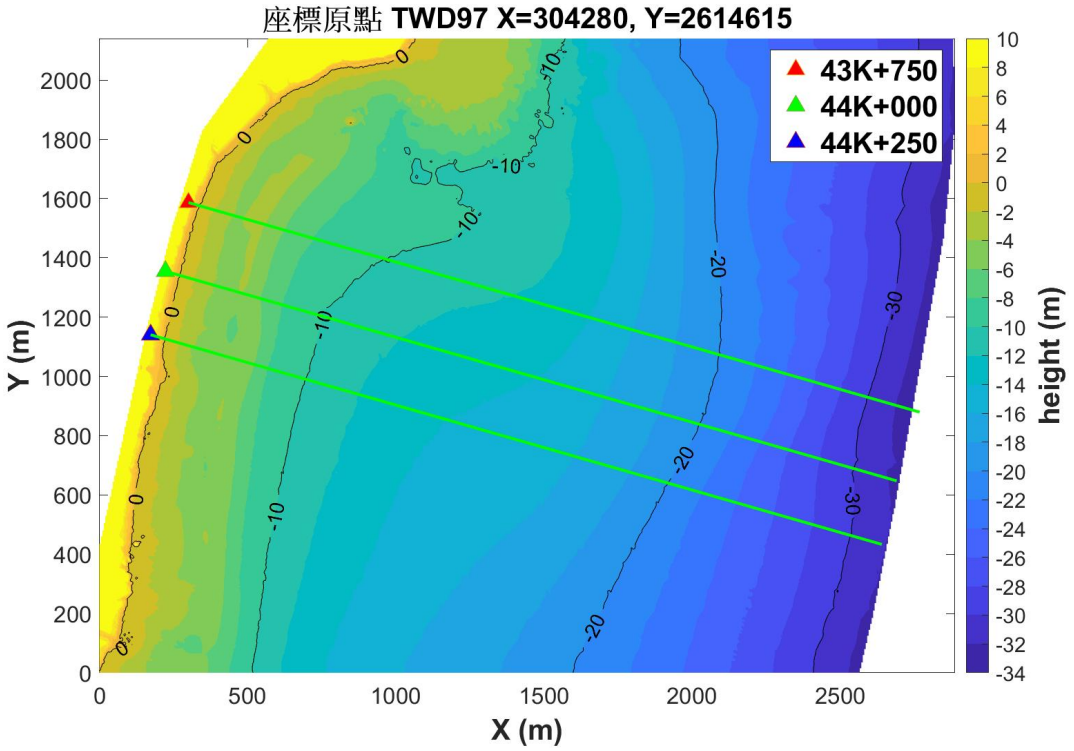


圖 3.10 台 11 線豐濱新社路段取 3 處斷面(三角)及地形切線(綠線)

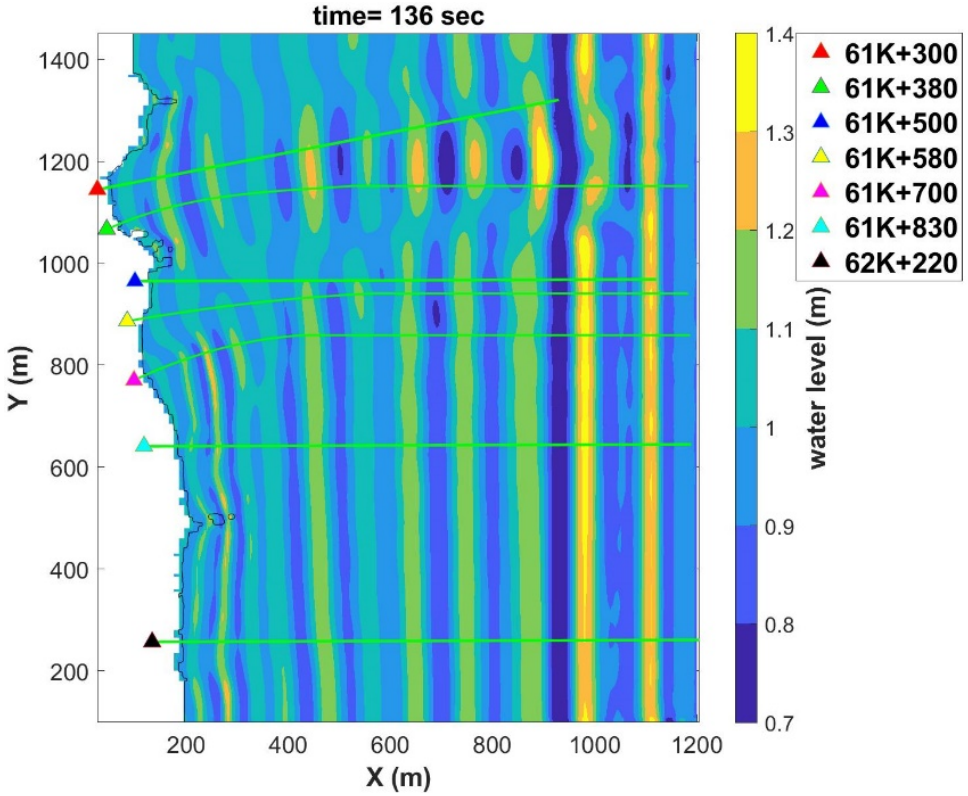


圖 3.11 台 11 線人定勝天路段波浪入射水位分布圖

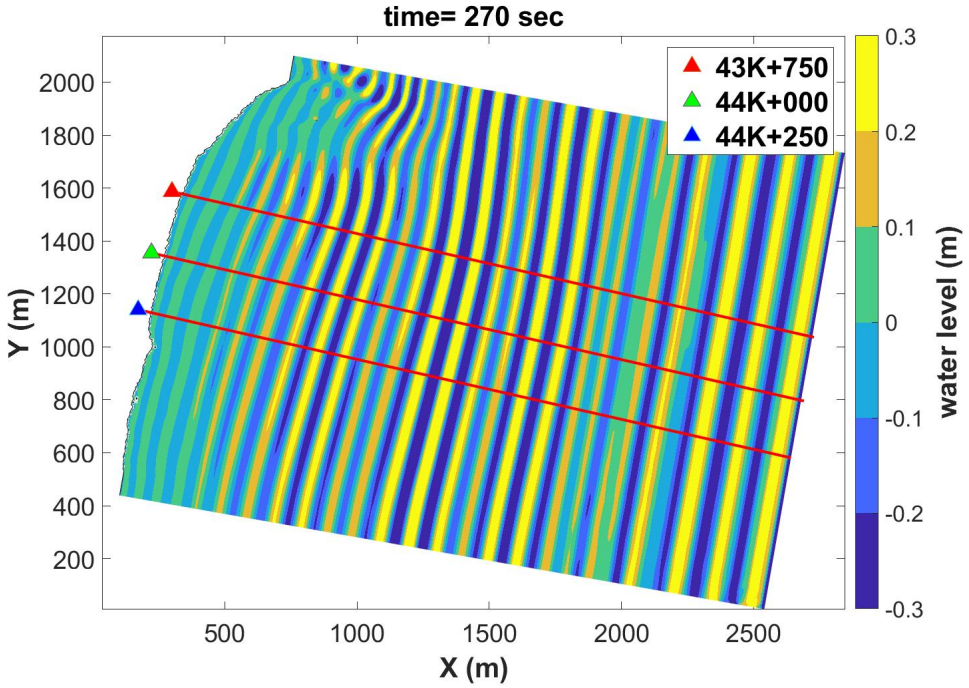


圖 3.12 台 11 線豐濱新社路段波浪入射水位分布圖

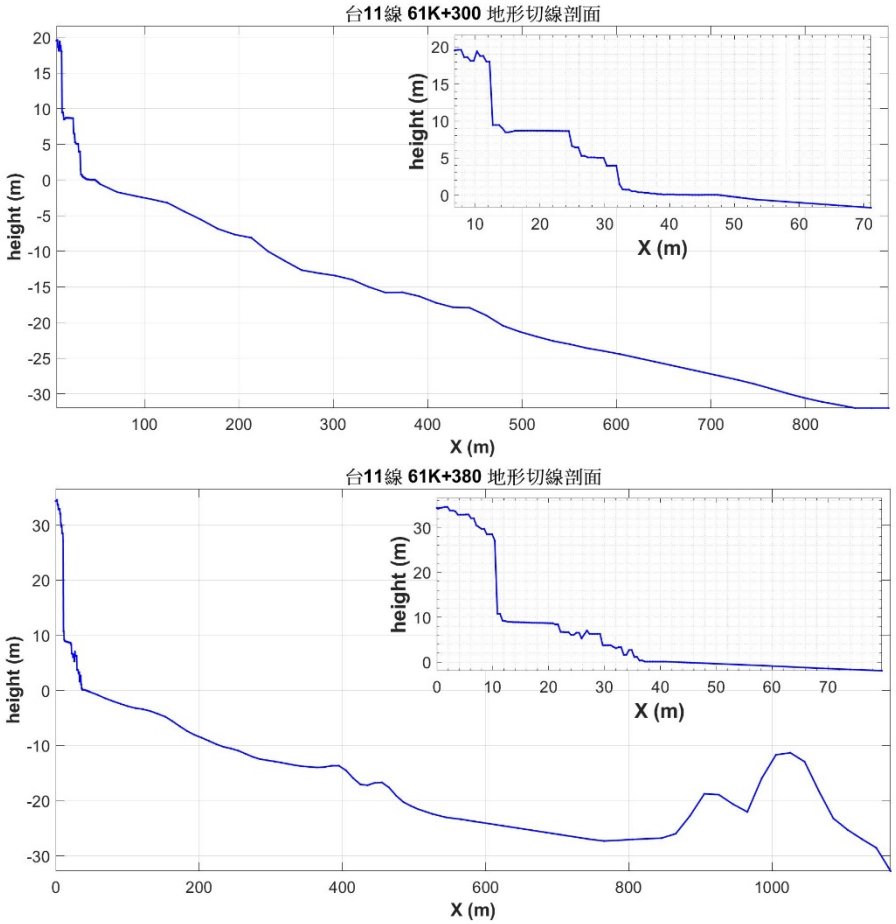


圖 3.13 台 11 線人定勝天路段 7 處斷面離岸方向之地形剖面(1/3)

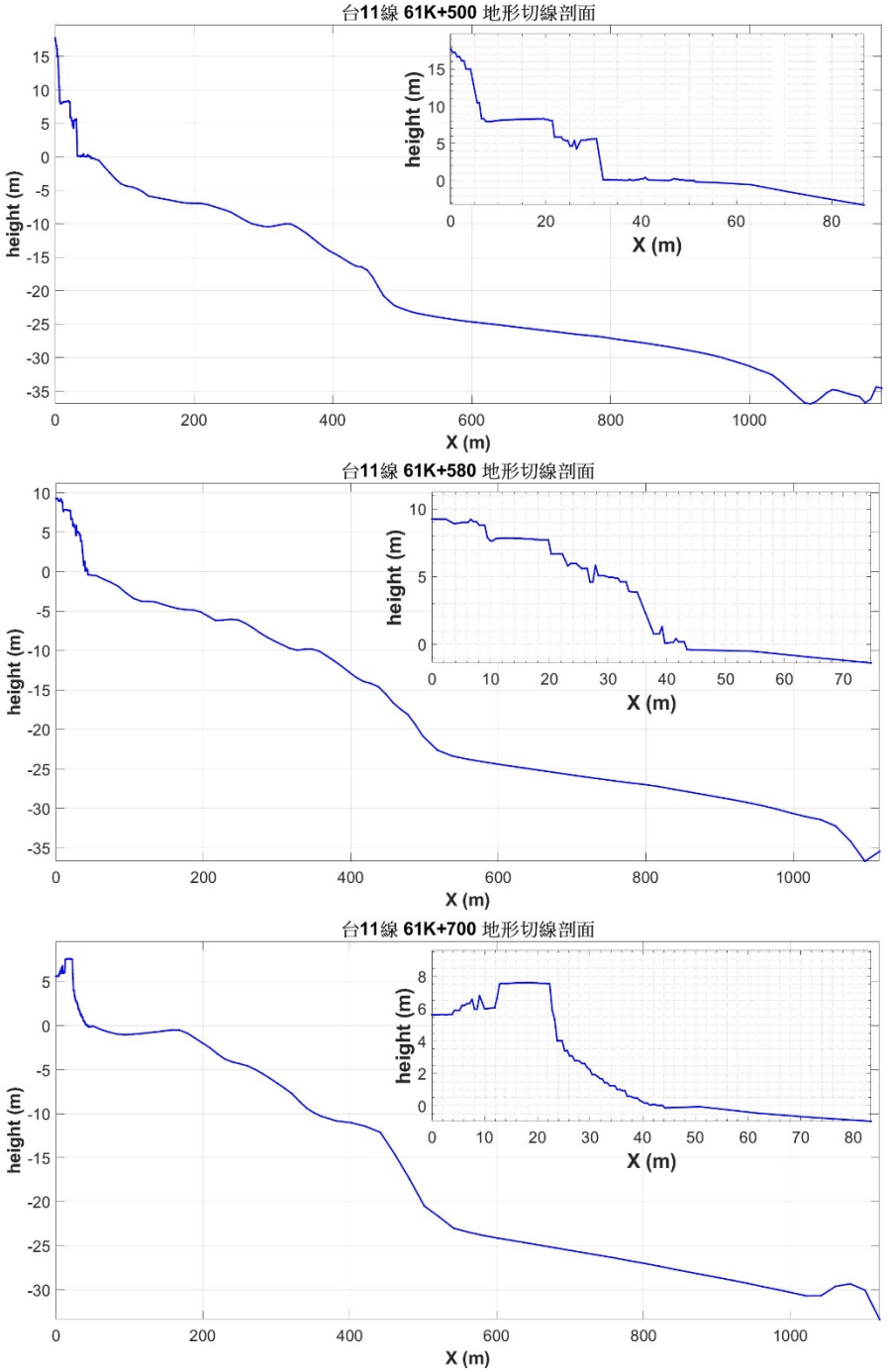


圖 3.14 台 11 線人定勝天路段 7 處斷面離岸方向之地形剖面(2/3)

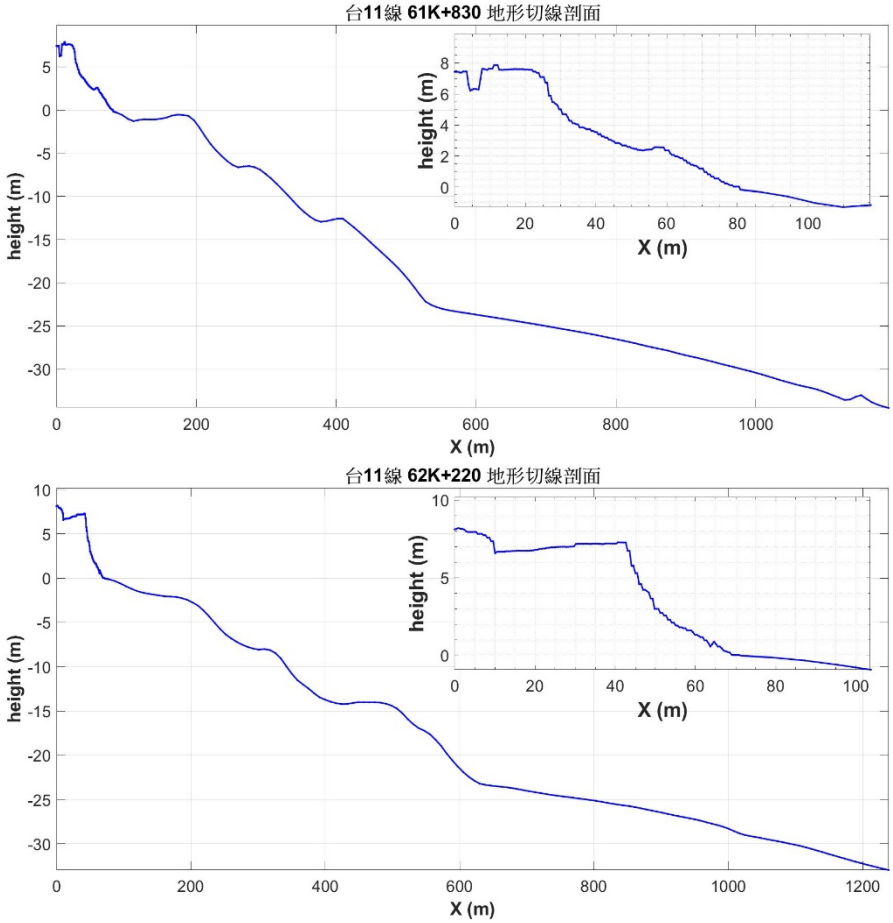


圖 3.15 台 11 線人定勝天路段 7 處斷面離岸方向之地形剖面(3/3)

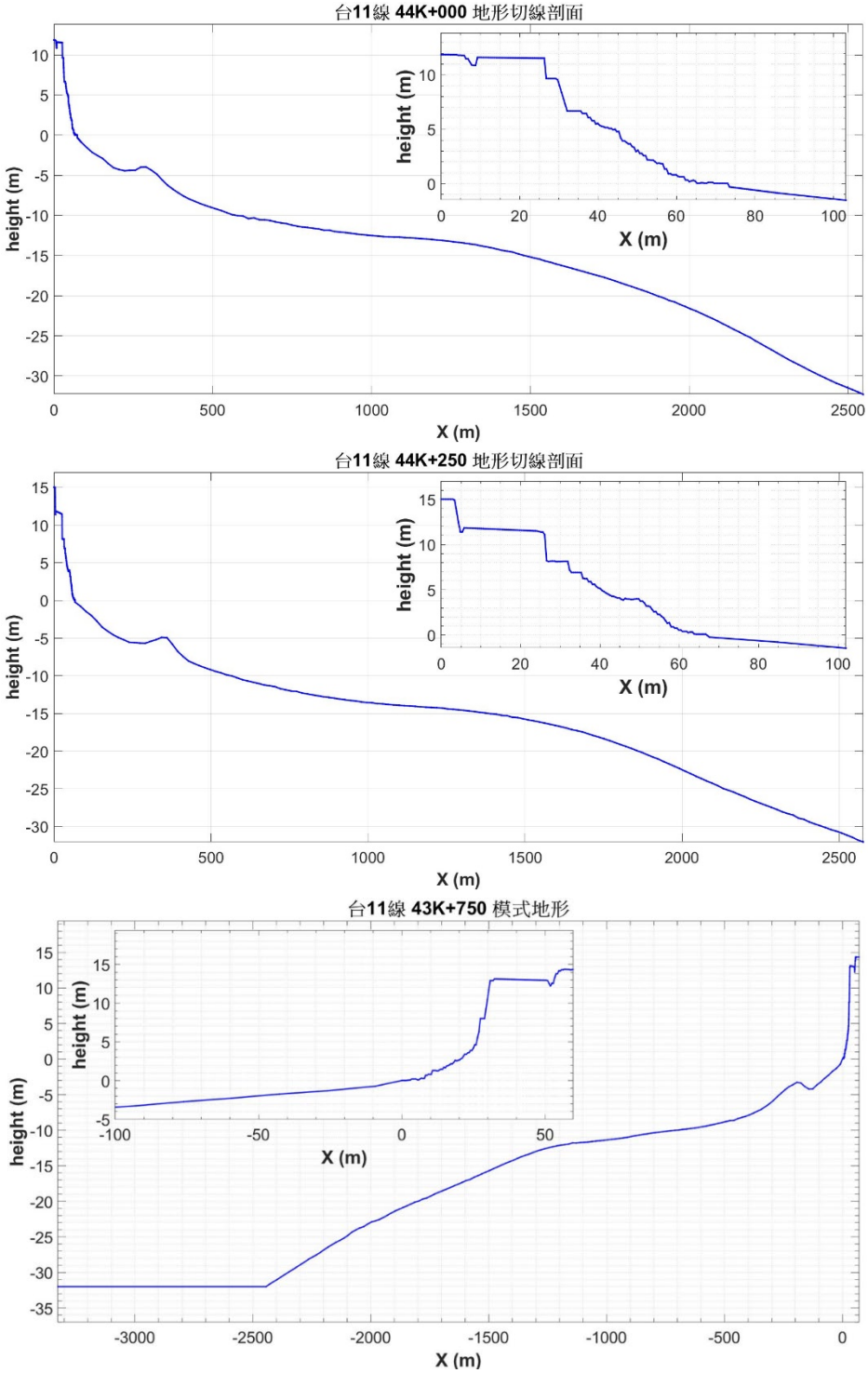


圖 3.16 台 11 線豐濱新社路 3 處斷面離岸方向之地形剖面

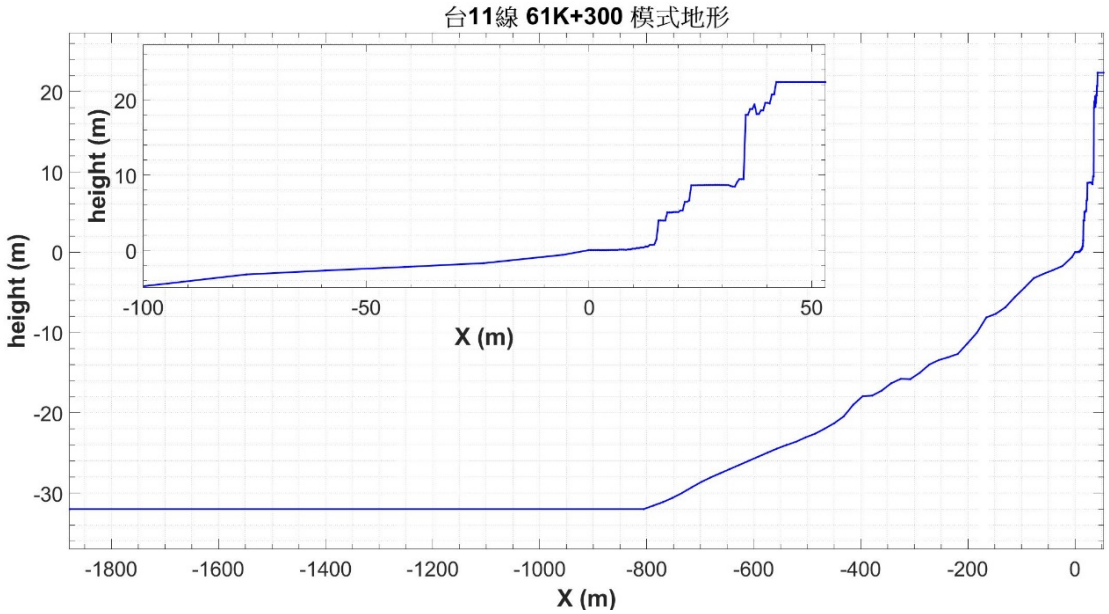


圖 3.17 台 11 線 61K+300 處斷面之切線地形

二、COBRAS 模式設定

模式的 X 方向網格解析度共分成 3 個區域，以圖 3.9 為例，左側區域為均一水深 32 m 的波浪入射區，解析度為 2 m；右側區域為高程大於 0 m 的陸地，解析度為 0.5 m；介於水深 32 m 到 0 m 的中間區域由左到右解析度由 2 m 線性變化到 0.5 m。在垂直的 Y 方向解析度為 0.5 m。至於時間解析方面使用調整式的時間步長，每個時間步驟都調整 1 次解析度。

邊界條件的設定在上邊界(頂部)、下邊界(底部)以及右邊界為牆，而左邊界使用連續 16 個正弦波入射。除了參考 104 年 8 月蘇迪勒颱風和天鵝颱風、105 年 9 月梅姬颱風及 107 年 9 月潭美颱風的警報期間，本中心在花蓮港外海的 AWAC 觀測的示性波高和譜峰週期觀測值之外，另外再考慮花蓮港和石梯漁港的潮位和暴潮等因素。在人定勝天路段選擇 5m 至 12m 等 8 種示性波高，以及 10 秒至 16 秒等 7 種譜峰週期做為入射波浪條件，再搭配 -1m 至 3m 等 9 種初始水位條件的組合來模擬浪襲道路，如圖 3.18，並將初始水位條件視於情境的潮位；在豐濱新社路段之入射波浪條件亦選擇同樣示性波高(5m 至 12m)、譜峰週期(10 秒至 16 秒)，如圖 3.19，由於水深 32 m 的入射波區入射超過 12

m 的正弦波，模式的入射波浪於入射後容易因波形不穩定而降低波高，故波高的上限值選擇 12 m;所有情境模擬的初始條件為流速 0m/s 且無擾動單一水位的水平面，模擬時間設定為第一波到達陸地後，再加上 16 個入射波週期。

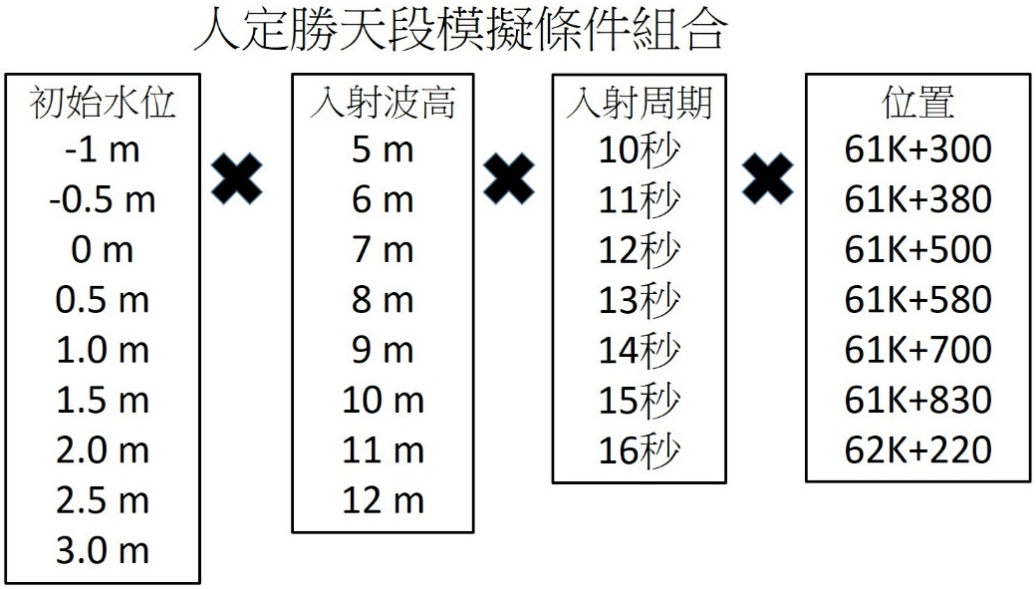


圖 3.18 人定勝天路段情境模擬的海況條件組合

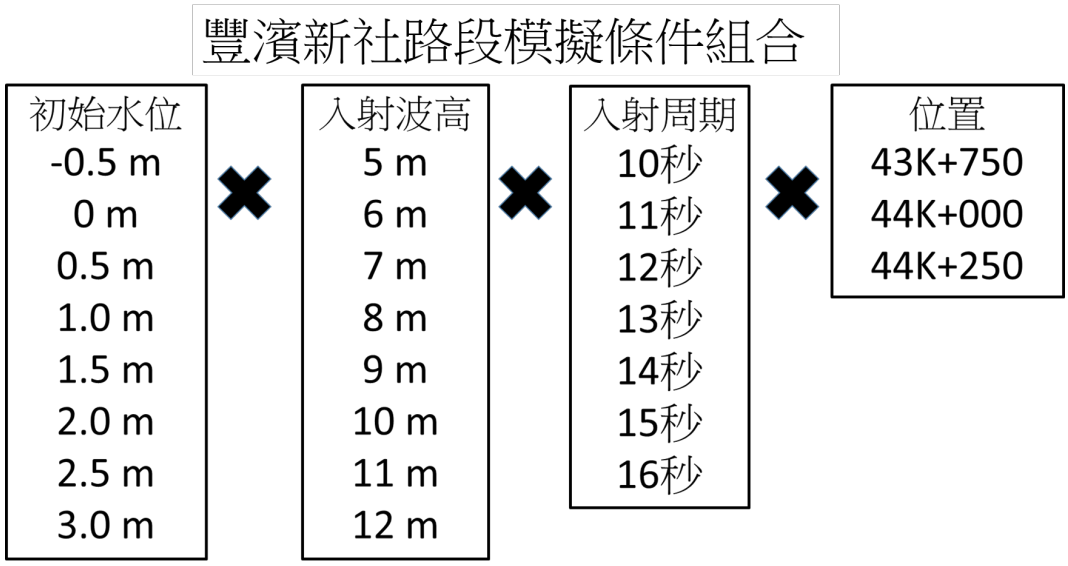


圖 3.19 豐濱新社路段模擬的海況條件組合

根據人定勝天路段 7 處斷面及豐濱新社路段 3 處斷面的情境模擬結果，本研究參考「海岸公路異常波浪特性及防災應用技術之研究」(陳等，2017)在台 9 線南興、多良路段的方式制定警戒燈號，海岸公路浪襲警戒等級的燈號顏色所表示的意義，除了提供相關防災單位做為警戒發布的參考，也便於防災人員的使用與民眾的宣導認知。燈號顏色的定義如下：

灰色：缺少示性波高、譜峰週期或潮位等預報值而無法判斷。

綠色：接近道路邊緣的水位(或浪花)低於平台高程-1m。

黃色：接近道路邊緣的水位(或浪花)高於平台高程-1m，但路面尚未出現溢淹。

橙色：部分路面出現溢淹。

紅色：整個路面出現溢淹。

以圖 3.20 之模擬結果 VOF 空間分布為例，紅色虛線往右 8m 範圍內為道路區域，由上而下之模擬結果分別對應的燈號依序為綠色、黃色、橙色、和紅色。

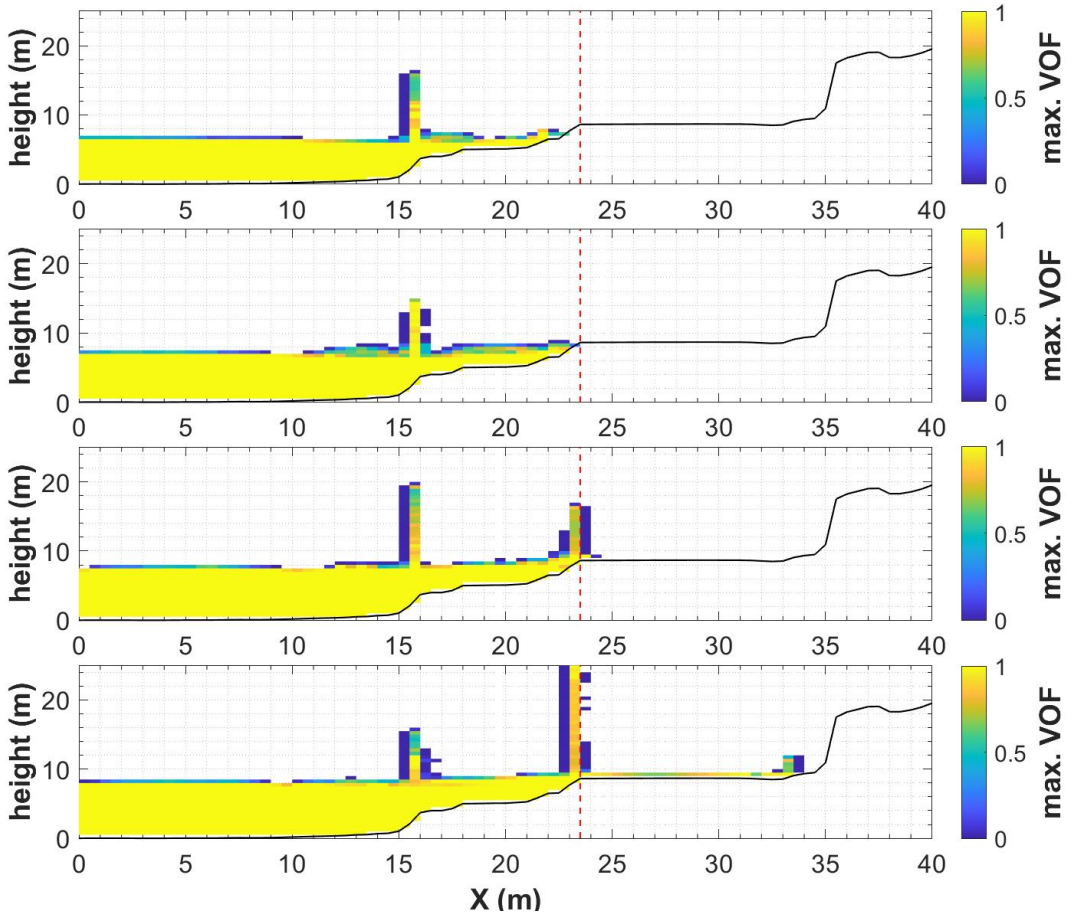
由於浪襲警戒燈號是根據情境資料庫的邊界入射示性波高、譜峰週期以及潮位等 3 個條件來決定，目前採用本所的 SWAN (Simulating WAves Nearshore) 模式和 COHERENS (COupled Hydrodynamical Ecological model for REgioNal Shelf seas)模式，在人定勝天路段及豐濱新社路段外海各取一水深處為 32m 位置(位置示意如圖 3.21、圖 3.22)，輸出該位置之示性波高、譜峰週期和潮位預測值，共 3 項參數作為輸入條件，並藉此產生浪襲警戒預測檔(預測檔資料格式如圖 3.23)，花蓮及臺東海岸公路浪襲系統網頁頁面展示則如圖 3.24～圖 3.27 所示，以下就圖 3.23 各欄位的說明其代表意義。

第 1 到 4 欄：年、月、日、時。

第 5 到 7 欄：依序為預測的示性波高(m)、譜峰週期(sec)和潮位(m)。

第 8 到 28 欄：第 8 到 11 欄各為里程編號 61K+300 的燈號、道路臨海邊緣的最大水位高程(m)以及道路臨海邊緣起算的溢淹距離(m)。後續的欄位與第 8 到 11 欄意義相同，各別屬於里程編號 61K+380、61K+500、61K+580、61K+700、61K+830、62K+220。

第 29 欄：7 個里程編號中最大的燈號值。



(模擬條件： 潮位條件皆為 1m，入射波譜峰週期皆為 16 秒，由上至下的入射波示性波高各為 7m、8m、9m 和 10m，分別代表警戒燈號綠、黃和紅(紅色虛線右側 X=23.5 到 31.5m 為道路區域))

圖 3.20 台 11 線 61K+300 處斷面模擬期間 VOF 空間分布最大值



圖 3.21 人定勝天路段外海示性波高、譜峰週期和潮位預測點(石門)

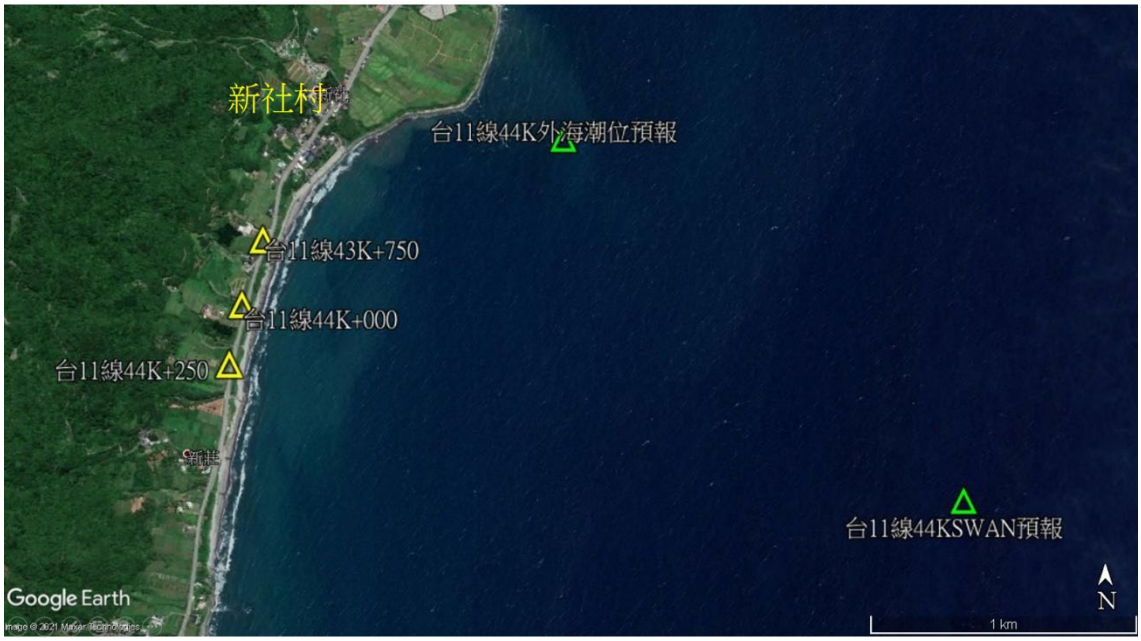


圖 3.22 豐濱新社路段外海示性波高、譜峰週期和潮位預測點

第1－4欄　第5 - 7欄　第8 - 28欄　第29欄

```
2020 07 03 12   1.059   4.946  -0.808  1  0.00  0  ...  1  0.00  0  1
2020 07 03 13   1.127   4.946  -0.594  1  0.00  0  ...  1  0.00  0  1
2020 07 03 14   1.050   4.946  -0.301  1  0.00  0  ...  1  0.00  0  1
2020 07 03 15   0.924   4.946   0.008  1  0.00  0  ...  1  0.00  0  1
2020 07 03 16   0.828   4.946   0.256  1  0.00  0  ...  1  0.00  0  1
2020 07 03 17   0.736   4.946   0.395  1  0.00  0  ...  1  0.00  0  1
2020 07 03 18   0.701   4.946   0.398  1  0.00  0  ...  1  0.00  0  1
```

圖 3.23 浪襲警戒預測檔示意圖

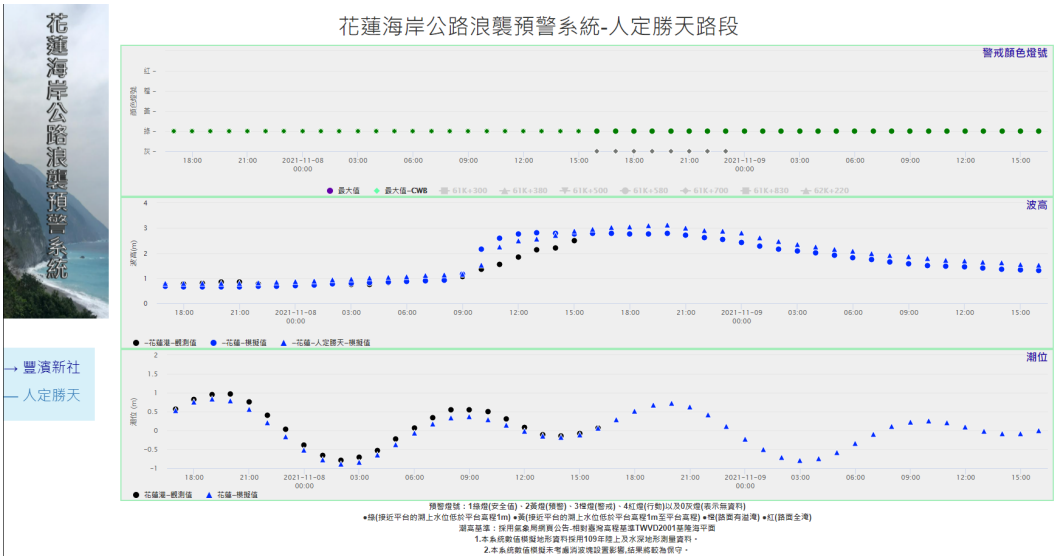


圖 3.24 花蓮海岸公路浪襲系統網頁展示頁面(人定勝天路段)

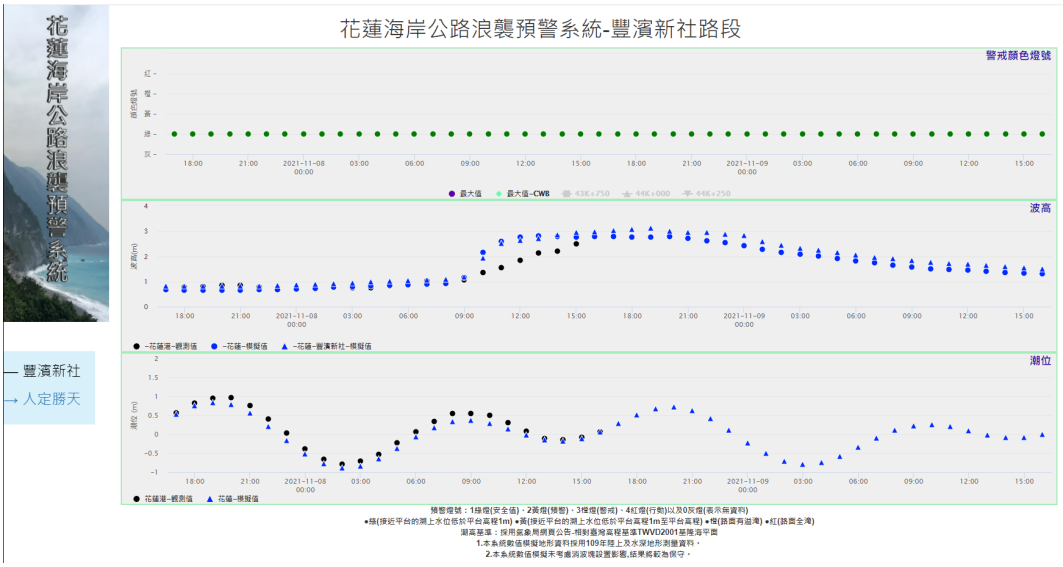
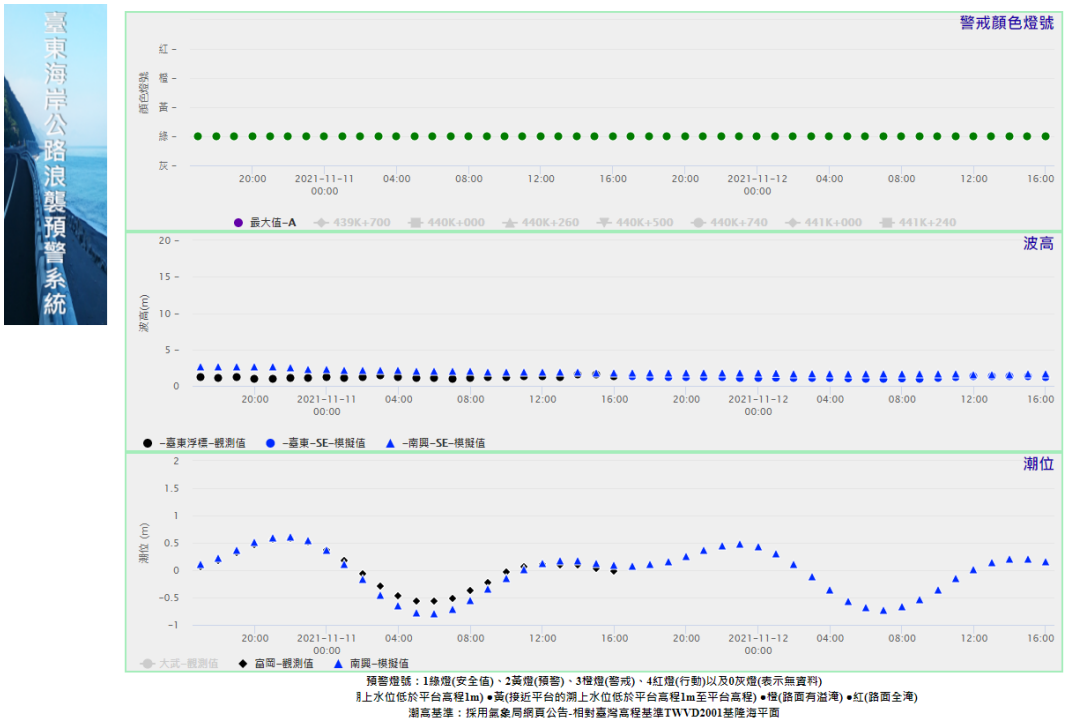


圖 3.25 花蓮海岸公路浪襲系統網頁展示頁面(豐濱新社路段)



預警燈號：1綠燈(安全值)、2黃燈(預警)、3橙燈(警戒)、4紅燈(行動)以及0灰燈(表示無資料)

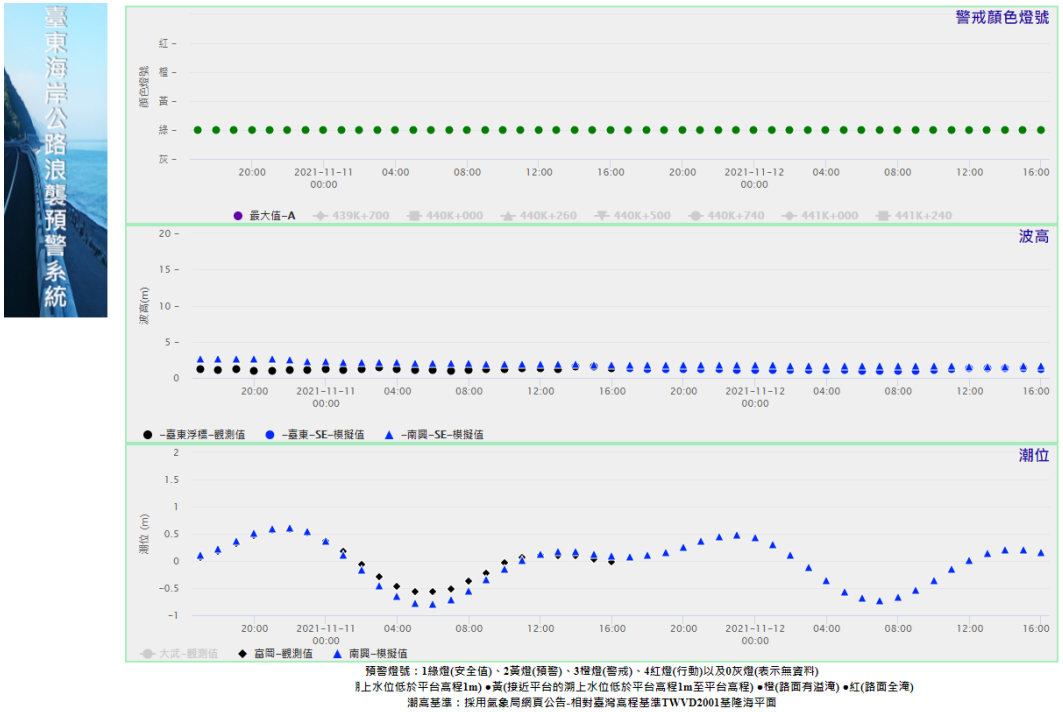
則上水位低於平台高程1m) ●黃(接近平台的潮上水位低於平台高程1m至平台高程) ●橙(路面有溢淹) ●紅(路面全淹)

潮高基準：採用氣象局網頁公告-相對臺灣高程基準TWVD2001基隆海平面

兆數值模擬地形資料採用106年道路設計資料及97年台東海岸南興段附近海域量測資料,結果將較保守。

2.本系統數值模擬未考慮消波塊設置影響,結果將較為保守。

圖 3.26 臺東海岸公路浪襲系統網頁展示頁面(南興路段)



預警燈號：1綠燈(安全值)、2黃燈(預警)、3橙燈(警戒)、4紅燈(行動)以及0灰燈(表示無資料)

則上水位低於平台高程1m) ●黃(接近平台的潮上水位低於平台高程1m至平台高程) ●橙(路面有溢淹) ●紅(路面全淹)

潮高基準：採用氣象局網頁公告-相對臺灣高程基準TWVD2001基隆海平面

兆數值模擬地形資料採用106年道路設計資料及97年台東海岸南興段附近海域量測資料,結果將較保守。

2.本系統數值模擬未考慮消波塊設置影響,結果將較為保守。

圖 3.27 臺東海岸公路浪襲系統網頁展示頁面(多良路段)

關於情境燈號的決定方式，首先將異常波浪的波高視為示性波高預報值的 2 倍，再利用情境資料庫的入射示性波高、譜峰週期以及潮位三種條件對預測的 2 倍示性波高、譜峰週期和潮位進行陸地溢淹距離的內插，最後根據陸地溢淹距離決定警戒燈號。由於情境模擬的示性波高、譜峰週期和潮位的條件範圍有限(圖 3.18、圖 3.19)，所以當 2 倍示性波高、譜峰週期或潮位超出情境入射示性波高或譜峰週期的上限時，則對應到情境入射示性波高或譜峰週期上限值;同理，如果低於情境下限時，則對應到下限值。

109 年度完成花蓮海岸公路浪襲預警系統建置工作，並開發預警展示頁面，提供交通部公路總局及相關單位做為道路通行安全的評估和道路暫時封閉之參考。

3.2.2 預警系統模擬結果與精進

在前(109)期雖成功建置海岸公路浪襲預警系統，系統內之模式模擬資訊與觀測資訊之間仍存有落差，為提高系統準確度，今(110)年度以即時觀測資訊對系統預測值進行修正，採用臺灣東部海域且易受颱風影響時間區間，即 4 月至 9 月海象觀測資料進行資料同化。

一、理論說明

資料同化方式參考歐等人(2004)使用的最佳內插法，該方法是基於 Gandin (1963)為處理氣象資料所發展的分析方法，其目的是建立觀測資料的統計架構，決定最佳的權重，再利用各測站觀測值對數值模式中各個座標位置進行預報值的同化，最佳內插法的公式如下：

$$H_i^A = H_i^P + \sum_{j=1}^{N_{obs}} W_{ij} \left(H_j^O - H_j^p \right) \tag{3.1}$$

其中N_{obs}為觀測站的數量，H_j^O為觀測波高值，H_j^p為模式波高值，H_i^A為預報值經資料同化後的波高值，W_{ij}為各個測站相對模式各個網格位置的權重，下標 i 和 j 表示第 j 個測站位置對應於第 i 個模式位置的

權重，由於實測波高值$\boldsymbol{H^O}$、模式的起始猜測值$\boldsymbol{H^P}$ 及分析值 $\boldsymbol{H^A}$ 與真值 $\boldsymbol{H^T}$ 之間含有誤差$\boldsymbol{\varepsilon}$ 的存在，如下表示：

$$\boldsymbol{\varepsilon^O = H^O - H^T} \tag{3.2a}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon^P = H^P - H^T} \tag{3.2b}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon^A = H^A - H^T} \tag{3.2c}$$

其中 $\boldsymbol{\varepsilon^O}$ 、$\boldsymbol{\varepsilon^P}$ 及 $\boldsymbol{\varepsilon^A}$ 分別為實測波高值、模式的起始猜測值及分析值與真值之間的偏差量，將第(3.2)式代入第(3.1)式，可得：

$$\boldsymbol{\varepsilon^A = \varepsilon^P + \sum_{j=1}^{N_{obs}} W_{ij}\left(\varepsilon_j^o - \varepsilon_j^P\right)} \tag{3.3}$$

為求得最小化的分析誤差，故以分析誤差之均方誤差 (mean square error) 決定最佳化的權重 Wij ，並定義$\boldsymbol{P_{kj} = \langle \varepsilon_k^P \varepsilon_j^P \rangle}$為起始猜測值的均方誤差矩陣，$\boldsymbol{O_{kj} = \langle \varepsilon_k^o \varepsilon_j^o \rangle}$為實測值的均方誤差矩陣。為求最小化，故令其微分結果為零，可得：

$$\boldsymbol{\sum_{j=1}^{N_{obs}} W_{ij}\left(P_{kj} + O_{kj}\right) = P_{ik}，k = 1, 2, 3 \ldots N_{obs}} \tag{3.4}$$

定義 $\boldsymbol{M_{kj} = P_{kj} + O_{kj}}$，進一步將第(5.4)式展開為聯立方程組如下：

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{M_{11}} & \cdots & \boldsymbol{M_{1j}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{M_{k1}} & \cdots & \boldsymbol{M_{kj}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{W_{1i}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{W_{ji}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{P_{1i}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{P_{ki}} \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

由第 (3.5) 式可知，要計算各站分配於計算格點的最佳權重，必須求解 N_{obs} 組的聯立方程，若觀測站數量不多，則可使用靠高斯消去法求解出最佳權重，當真值為已知的條件下，可順利求得觀測值與預測值的均方誤差，但在實際應用上，並無法得知海面上的真實波高，所以引用 Lionello(1992)定義的$\boldsymbol{P_{kj}}$和$\boldsymbol{O_{kj}}$計算方式，其表示如下：

$$\boldsymbol{P_{kj} = exp\left(-\frac{\gamma_{kj}}{L_{max}}\right)} \tag{3.6a}$$

$$\boldsymbol{O_{kj} = \delta_{kj}\left(\frac{\left(\varepsilon_k^o\right)^2}{\left(\varepsilon_p^o\right)^2}\right) = \delta_{kj} R_k} \tag{3.6b}$$

其中 $\boldsymbol{\gamma_{kj}}$ 為 k、j 二測站的距離，$\boldsymbol{L_{max}}$為校正長度 (correlation length)，即把$\boldsymbol{P_{kj}}$視為水平距離的空間函數。而$\boldsymbol{R}$為實測值與起始猜測值的均方誤差比。假設實測值與起始猜值有相同的均方誤差，即$\boldsymbol{R_1}$、$\boldsymbol{R_2}$ … $\boldsymbol{R_k}$的值皆為 1，則可將第(3.5)式改寫如下：

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{P_{11}+1} & \cdots & \boldsymbol{M_{1j}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \boldsymbol{P_{k1}} & \cdots & \boldsymbol{P_{kj}+1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{W_{1i}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{W_{ji}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{P_{1i}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{P_{ki}} \end{bmatrix} \tag{3.7}$$

由於即時同化只能修正當下的模式預報值，為了修正未來幾小時的預報值，使用第(3.8)式做預測修正，可得預報修正值H_k^{pc}如下：

$$H_k^{pc} = \frac{H_{now}^A}{H_{now}^p} * H_k^p \tag{3.8}$$

其中 $\frac{H_{now}^A}{H_{now}^P}$ 為修正係數，即當下的同化值與預測值的比例，H_k^p為未來第 k 小時的預測值。

二、資料同化測試

進行對本所 SWAN 模式預測值做修正的步驟，其流程如圖 3.28 所示，以人定勝天路段為例，修正流程如下：

1. 抓取 TaiCOMS 每日提供之 SWAN 模式在石門、臺東、花蓮和蘇澳 4 個外海近岸的示性波高預測值(SWAN 之石門、臺東、花蓮和蘇澳輸出位置，如圖 3.29 所示)。
2. 抓取中央氣象局網頁提供的臺東、花蓮和蘇澳 3 浮標站的即時示性波高(如圖 3.30)，搭配 3 站的預測值可對該小時的石門站預測值同化。

3. 石門站同化後的示性波高除以該小時的預測值得到修正係數。

4. 石門站對該小時起的 6 小時預報值皆乘上修正係數作為預報修正值。

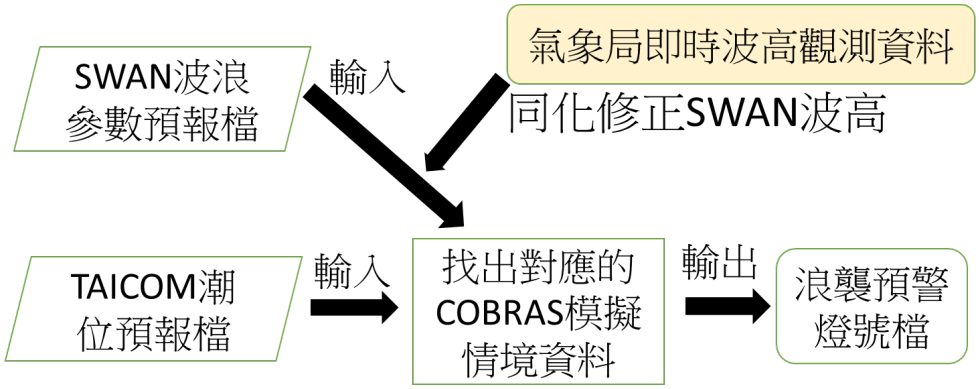


圖 3.28 海岸公路浪襲預警系統預警資訊資料同化修正流程

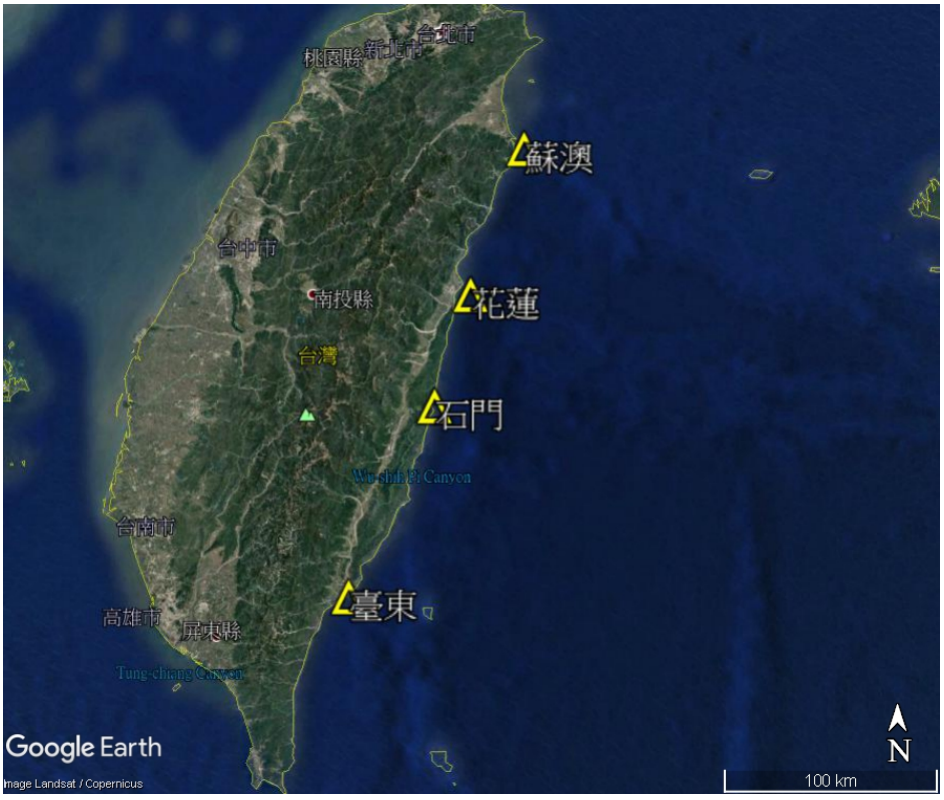


圖 3.29 風浪模組 SWAN 模式的預報點位置



時間	潮高 (m)	浪高 (m)	浪向 (最大浪高)	波浪週期(秒)	風力 (m/s) (級)	風向	陣風 (m/s) (級)	海溫 (℃)	氣溫 (℃)	氣壓 (百帕)	海流流向	流速 (m/s) (節)
08/15 (四) 18:00		1.5		5.0	3.7 3		5.2 3	-	28.1	999.4		0.16 0.31
08/15 (四) 17:00		1.7		5.0	3.7 3		5.2 3	-	28.1	999.3		0.32 0.62
08/15 (四) 16:00		1.7		5.2	5.5 4		7.1 4	-	28.7	999.2		0.48 0.93
08/15 (四) 15:00		1.6		5.5	1.3 1		2.2 2	-	28.4	1000.0		0.39 0.76
08/15 (四) 14:00		1.5		5.7	- -	-	- -	-	28.2	1000.5		0.47 0.91

圖 3.30 氣象局浮標即時觀測網頁示意圖(臺東浮標)

由於石門無波浪的觀測資料，無法驗證修正後之預測值能否符合實際的情況，故先以較近之花蓮浮標站來檢視歐等人(2004)的方法是否適用。使用自 110 年的 4 月 1 日至 4 月 15 日，共 15 天期間，臺東、花蓮和蘇澳等 3 個浮標測站的示性波高觀測資料，與 SWAN 模式在同樣 3 個位置的逐時示性波高模擬資料進行評估。

先利用臺東和蘇澳 2 站之示性波高觀測值與預測值差值對花蓮站的某時刻預測值做即時同化，再對花蓮站該時刻之後續 6 小時預測值做預測修正，最後計算花蓮站預測值與觀測值的方均根誤差(RMSE)，比較修正前、後是否有減少的趨勢，評估此修正是否能提高預測準確度，利用了臺東站和蘇澳站來修正花蓮站，故可將第(3.7)式改寫如下：

$$\begin{bmatrix} P_{11}+1 & P_{12} \\ P_{21} & P_{22}+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{11} \\ W_{21} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} \\ P_{21} \end{bmatrix} \tag{3.9}$$

假設實測值與起始猜測值有相同的均方誤差，而$\boldsymbol{P_{11}}$和$\boldsymbol{P_{21}}$各為臺東站和蘇澳站的空間函數。由於第(3.6)式的校正長度$\boldsymbol{L_{max}}$為自訂值，為瞭解哪個值有助於較能降低誤差，在此測試當$\boldsymbol{L_{max}}$值在 20 到 400 km 區間時，且花蓮站每小時皆做示性波高的同化情況下去計算同化與觀測值的 RMSE，結果如圖 3.31，當 R 值等於 1 時，隨著$\boldsymbol{L_{max}}$值越大，RMSE 也從 0.284 逐漸下降，當$\boldsymbol{L_{max}}$值超過 200km 之後，RMSE 趨近於 0.265。圖 3.31 另外標示 R= 0 的 RMSE 做為參考，當$\boldsymbol{L_{max}}$在 60km 時有最小值約 0.275，超過 60km 後與 R=1 的 RMSE 的差距逐漸拉大。在此選擇 300km 作為$\boldsymbol{L_{max}}$值，則臺東站和蘇澳站的權重$\boldsymbol{W_{11}}$和$\boldsymbol{W_{21}}$可由第(3.9)式計算而得，其值各為 0.2179 和 0.3443。由(3.1)式可知示性波高在花蓮站的同化計算如 3.10 式：

$$H^{A}_{\text{花蓮}} = H^{P}_{\text{花蓮}} + 0.2179\left(H^{O}_{\text{臺東}} - H^{p}_{\text{臺東}}\right) + 0.3443\left(H^{O}_{\text{蘇澳}} - H^{p}_{\text{蘇澳}}\right) \quad (3.10)$$

$H^{A}_{\text{花蓮}}$：花蓮示性波高同化值， $H^{P}_{\text{花蓮}}$：花蓮示性波高預測值

$H^{O}_{\text{臺東}}$：臺東示性波高觀測值，$H^{p}_{\text{臺東}}$：臺東示性波高預測值

$H^{O}_{\text{蘇澳}}$：蘇澳示性波高觀測值， $H^{p}_{\text{蘇澳}}$：蘇澳示性波高預測值

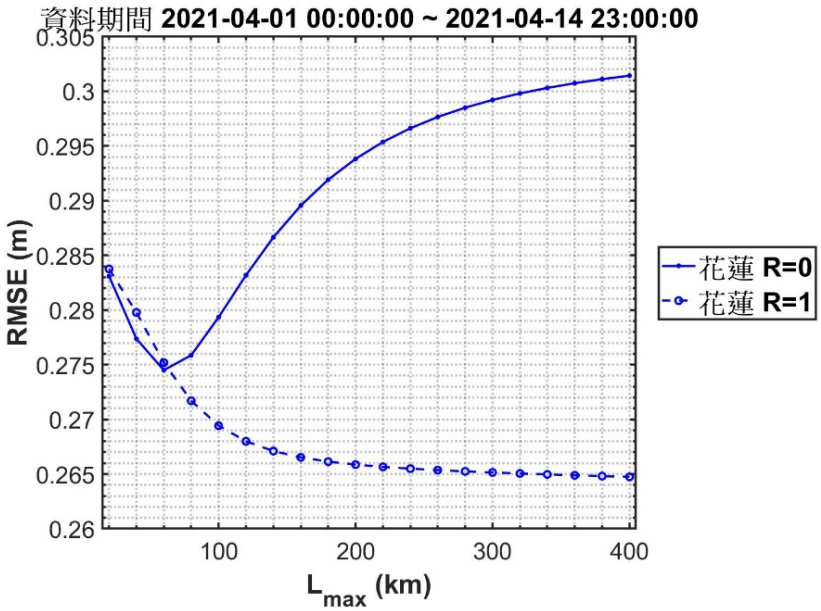


圖 3.31 花蓮站不同校正長度 L_max 與 2 種 R 的 RMSE

對 110 年 4 月 1 日到 4 月 15 日短期的示性波高資料同化修正後結果，如圖 3.32 所示，原本的預測值與觀測值 RMSE 為 0.294。而每 6 小時同化修正的 RMSE 為 0.275，約比修正前下降了 6.6%。以圖 3.32 的 15 天資料同化修正來看，可讓原本的模式預測誤差有小幅度的改善。對 110 年 4 月 1 日到 9 月 20 日的長期資料進行測試進行同化修正，其結果如圖 3.33 所示，原本的預測值與觀測值 RMSE 為 0.283。而每 6 小時同化修正的 RMSE 為 0.310，約比修正前上升了 9%。雖然對於 4 月短期 15 天有改善，但對長期的資料同化結果卻使誤差放大。

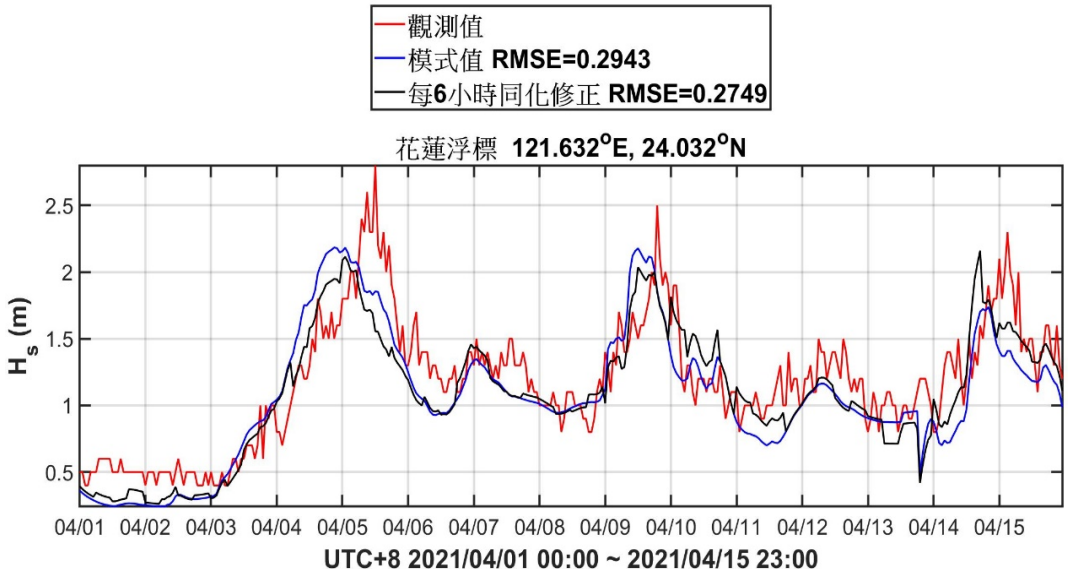


圖 3.32 花蓮示性波高觀測、預測和預測修正比較

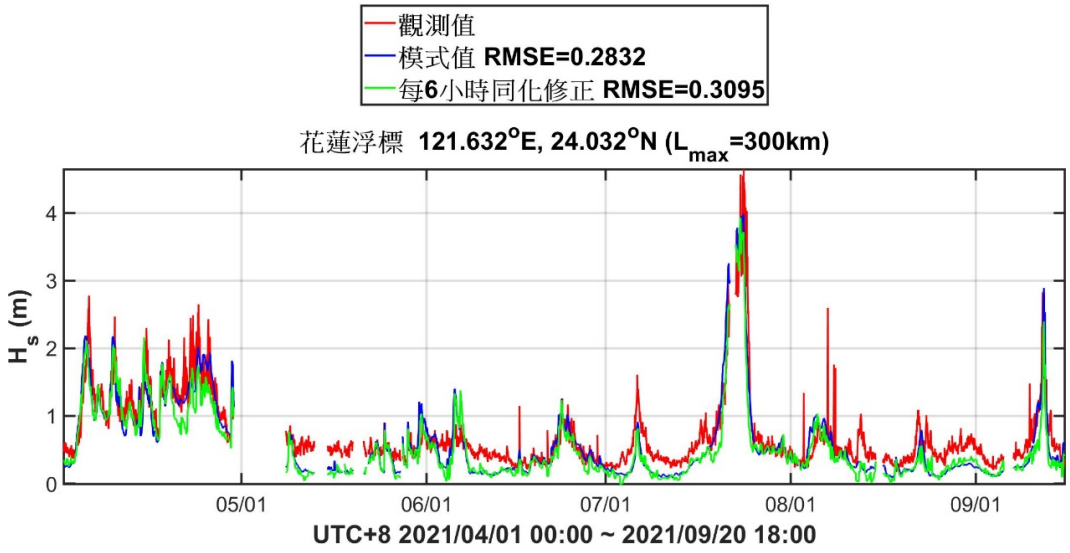


圖 3.33 花蓮 110 年近半年的示性波高觀測、預測和預測修正

三、資料同化與預測修正

針對石門站進行同樣的預測修正，使用 110 年 4 月 1 日至 9 月 20 日的資料，除了原本的花蓮、臺東和蘇澳等 3 個浮標的示性波高以及 SWAN 模式在這三個浮標位置的示性波高外，SWAN 模式再增加人定勝天段外海的石門站，以當時段花蓮、臺東和蘇澳三站的觀測值和預測值對石門站做即時同化來修正該時段的預測值，再對石門站後續幾小時的預測值做預測修正，可將(3.7)式改寫如下：

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{P_{11}+R_1} & \boldsymbol{P_{12}} & \boldsymbol{P_{13}} \\ \boldsymbol{P_{21}} & \boldsymbol{P_{22}+R_2} & \boldsymbol{P_{23}} \\ \boldsymbol{P_{31}} & \boldsymbol{P_{32}} & \boldsymbol{P_{33}+R_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{W_{11}} \\ \boldsymbol{W_{21}} \\ \boldsymbol{W_{31}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{P_{11}} \\ \boldsymbol{P_{21}} \\ \boldsymbol{P_{31}} \end{bmatrix} \tag{3.11}$$

在此假設實測值與起始猜測值有相同的均方誤差，即$\boldsymbol{R_1}$、$\boldsymbol{R_2}$、$\boldsymbol{R_3}$的值皆為 1。而$\boldsymbol{P_{11}}$、$\boldsymbol{P_{21}}$和$\boldsymbol{P_{31}}$各為花蓮、臺東和蘇澳三站的空間函數。校正長度$\boldsymbol{L_{max}}$，在此選擇和 3.3 節的花蓮站相同，$\boldsymbol{L_{max}}$為 300km。花蓮站、臺東站和蘇澳站的權重$\boldsymbol{W_{11}}$、$\boldsymbol{W_{21}}$和$\boldsymbol{W_{31}}$可由(3.11)式計算而得，其值各為 0.198、0.259 和 0.13。由(3.1)式可知，石門站的示性波高同化修正計算式如下：

$$H^A_{石門} = H^P_{石門} + 0.198\left(H^O_{花蓮} - H^p_{花蓮}\right) + 0.259\left(H^O_{臺東} - H^p_{臺東}\right) + 0.13\left(H^O_{蘇澳} - H^p_{蘇澳}\right) \tag{3.12}$$

$H^A_{石門}$：石門示性波高同化值，$H^P_{石門}$：石門示性波高預測值

$H^O_{花蓮}$：花蓮示性波高觀測值，$H^p_{花蓮}$：花蓮示性波高預測值

$H^O_{臺東}$：臺東示性波高觀測值，$H^p_{臺東}$：臺東示性波高預測值

$H^O_{蘇澳}$：蘇澳示性波高觀測值，$H^p_{蘇澳}$：蘇澳示性波高預測值

石門站之每日 0 時、6 時、12 時與 18 時，做每 6 小時 1 次的預測修正，取 110 年 4 月 1 日至 9 月 20 日長期資料的預測值和每 6 小時的

預測修正，結果如圖 3.34，另外 7 月煙花颱風及 8 月燦樹颱風的預測值及預測修正結果，如圖 3.35 和 3.36 所示。

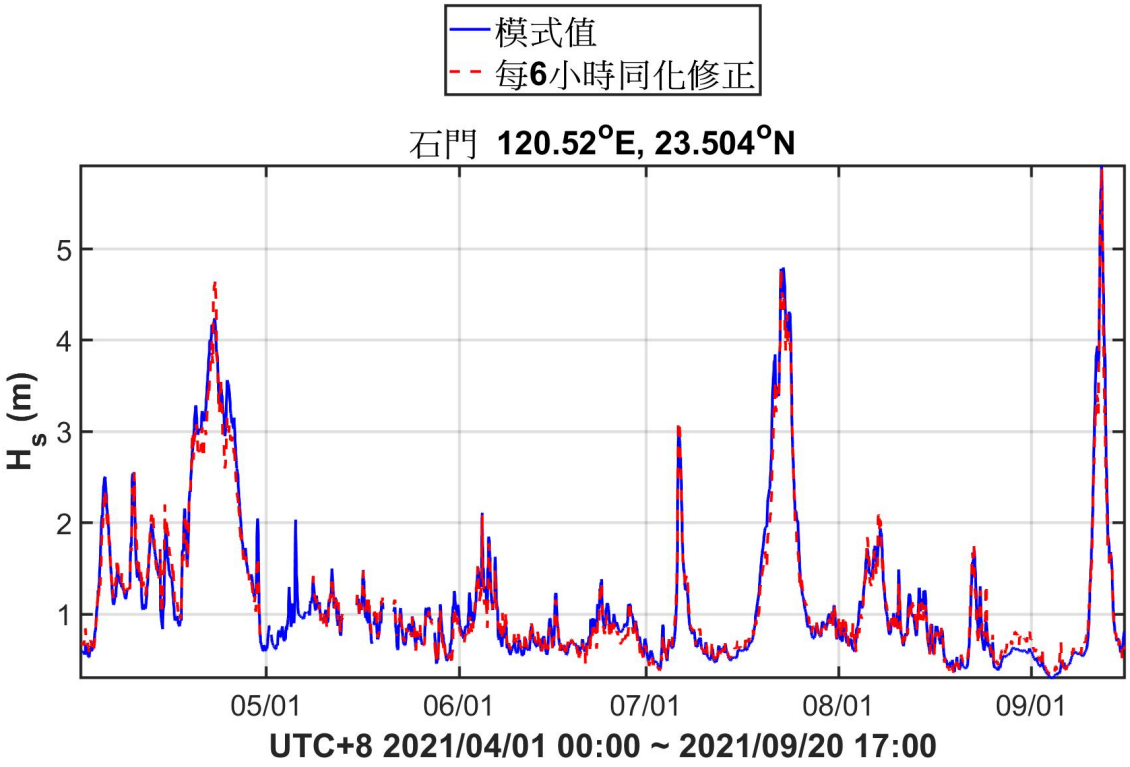


圖 3.34 石門示性波高預測值及預測修正比較

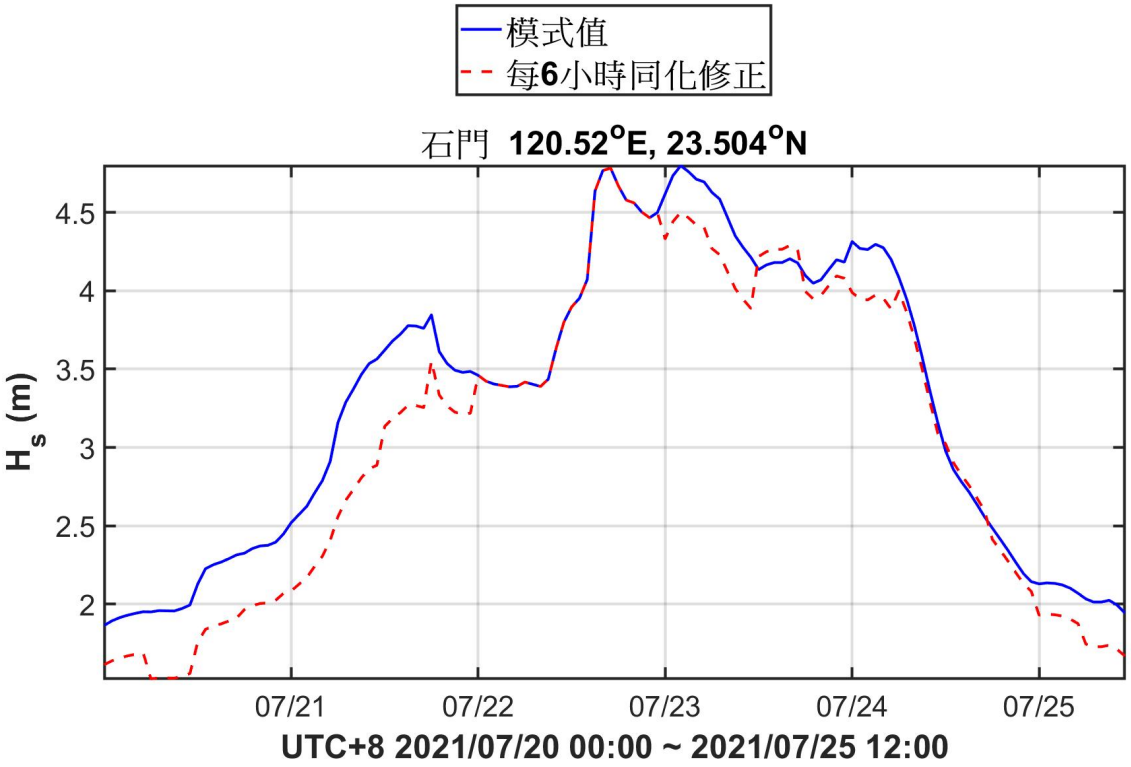


圖 3.35 煙花颱風期間石門站示性波高預測值及預測修正比較

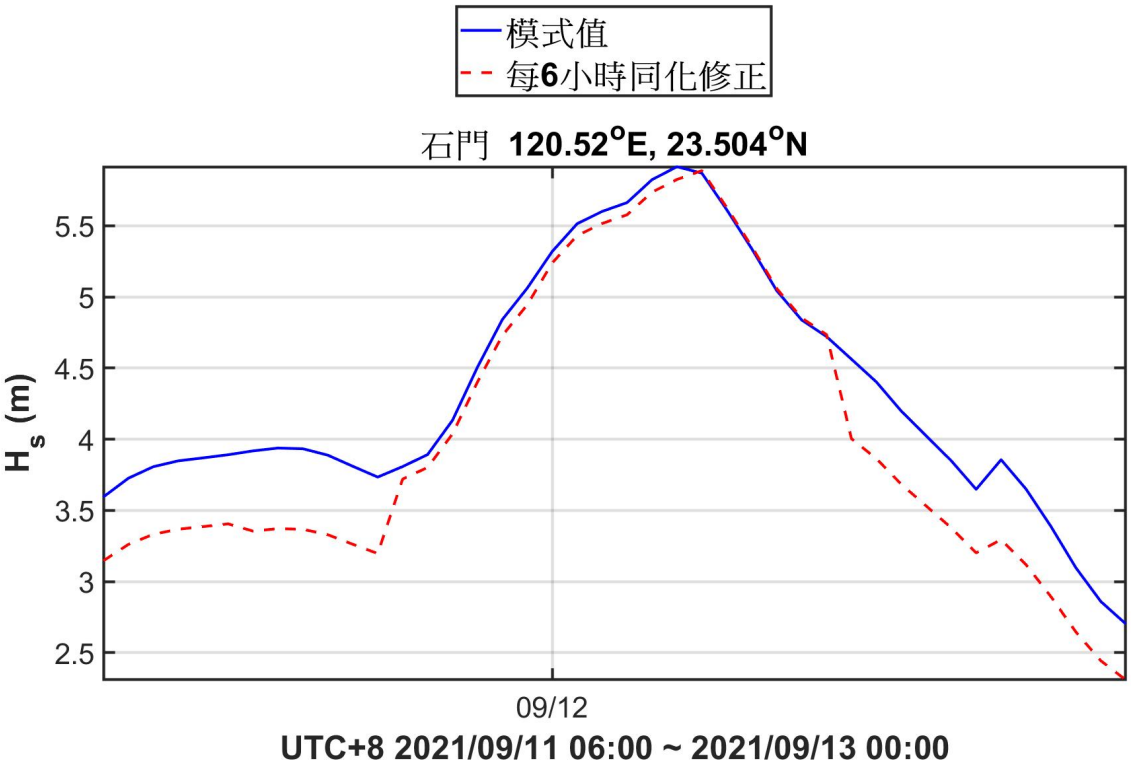


圖 3.36 璨樹颱風期間石門站示性波高預報值及預報修正比較

3.2.3 路基流失因應對策研擬

颱風來臨產生異常波浪，海岸公路易受長浪衝擊，可能對海岸公路造成路基破壞及通行安全形成威脅，近年來台 11 線人定勝天路段曾於 104 年蘇迪勒颱風、107 年潭美颱風期間受浪襲沖刷，導致路基流失，因此有必要探討致災路段之災害成因和研擬因應對策，且基於海岸資源永續發展的觀念以及對自然環境的保護，亦有必要加強海岸防護的相關設施，保護工法除具備防災功能外，尚須兼具休閒、景觀美化的功能，故本計畫以離岸潛堤作為海岸防護的參考措施。

潛堤之消能性雖無法與突出水面之離岸堤相比，但如能適當調整設置位置應仍可達到離岸的海岸防護功能，爰本(110)年度利用 COBRAS 垂直 2 維波浪模式模擬離岸潛堤在不同地形深度配置下，分析長浪的溯上距離以及其作用力對台 11 線人定勝天段 7 處斷面造成的壓力影響。另亦使用 XBeach 水平 2 維波浪模式探討不同潛堤長度和位置配置產生的壓力差異。

一、數值地形及模式設定

在台 11 線人定勝天路段同 3.2.1 節選定 7 處斷面取離岸方向切線作為模式地形(如圖 3.9、圖 3.10)，取到最大水深 32m 處，再從深度 32m 的位置往離岸方向延伸 6 個波浪週期所能傳播的水平距離作為模式的等水深入射波區，以 61K+300 處之譜峰週期 10 秒波浪為例，由於模式的波浪由左邊界入射，故先將圖 3.13 中 61K+300 處之切線地形左右翻轉後(如圖 3.17)，取出最大深度至 32m 的部分，切線地形翻轉後的外海波浪由左邊界入射，為方便計算波浪溯上的溢淹距離，在此將 X 座標 0m 處定義在海陸交界處，其地形高程為 0m。

COBRAS 模式中波浪邊界條件的設定在上邊界(頂部)、下邊界(底部)以及右邊界為牆，而左邊界使用連續 8 個正弦波入射。圖 3.37 為 104 年蘇迪勒颱風、天鵝颱風、105 年梅姬颱風及 107 年潭美颱風的警報期間本所港研中心在花蓮港外 AWAC 觀測的示性波高和譜峰週期觀

測值，參考其譜峰週期大小，在此將入射波週期設定為較大的 16 秒。另外參考陳等人(2017)的花蓮港極值波高重現期(表 3-4)，將邊界入射波高使用 50 年重現期為 10m。

潮位部分根據氣象局 106 至 107 年之潮位觀測資料，以調和分析所得各分潮參數預測在石梯漁港 109 年的天文潮資料，如圖 3.38 所示，由圖 3.38 可知，石梯漁港的潮位範約在-1.1m 到 1.1m 之間。楊(2018)利用 90 年至 106 年石梯潮位站觀測資料，分析最大暴潮偏差發生在 104 年蘇迪勒颱風期間且為 1.3m。以臺灣高程基準來看，石梯漁港如以最大天文潮 1.3m 加上 1.3m 暴潮偏差，則出現 2.6m 的潮位。為了解暴潮期間可能影響，分別使用平均潮位 0m、一般高潮位 1m 及較極端的高潮位 2.5m 等 3 種初始水位條件為模擬情境潮位。

在離岸潛堤設定方面，選擇將潛堤設置在 4m 至 8m 共 5 種不同設置深度的位置進行模擬，以 61K+300 處為例，潛堤配置情境如圖 3.39，由上至下各為無潛堤、潛堤深度 4m 至 8m。潛堤的尺度堤頂寬度為 10m，堤頂高度固定在平均水位高程-0.5m，潛堤兩側的坡度為 1:2，包含無潛堤的情境模擬，藉由 3 種潮位搭配 6 種海堤條件以及人定勝天路段 7 處斷面，如圖 3.40 所示。

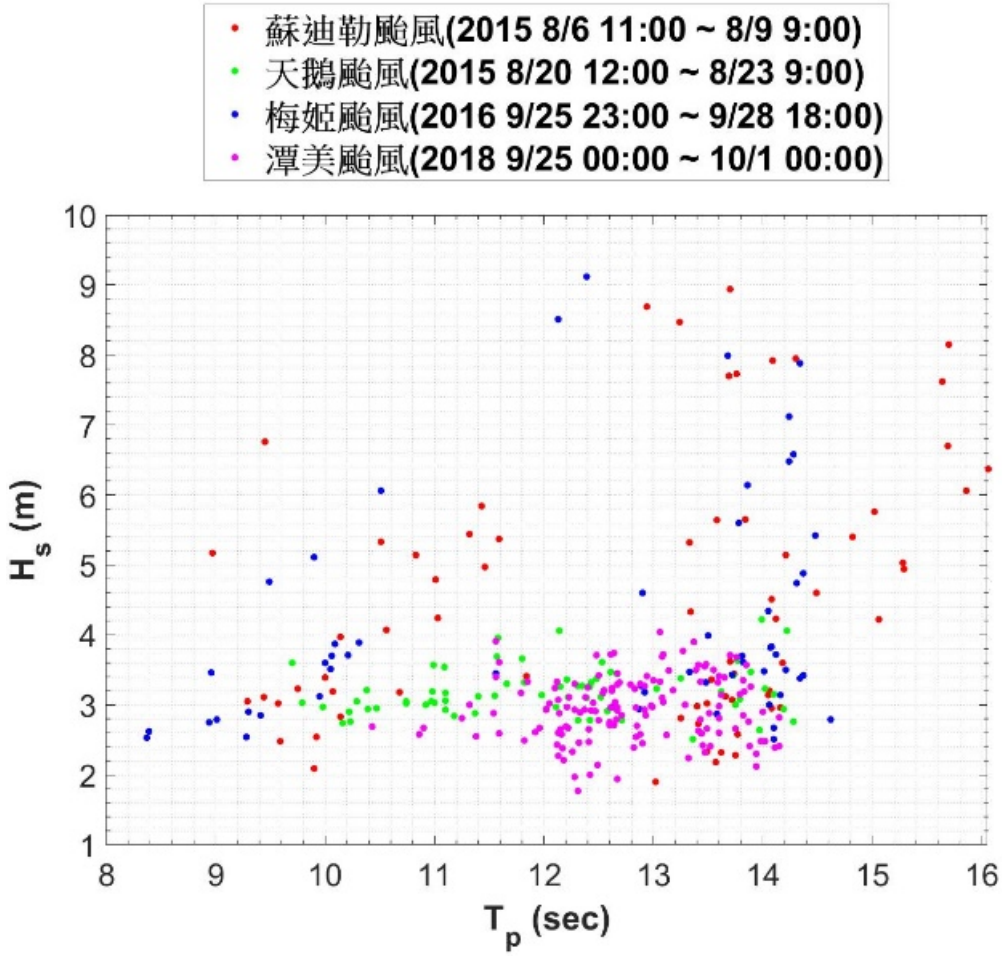
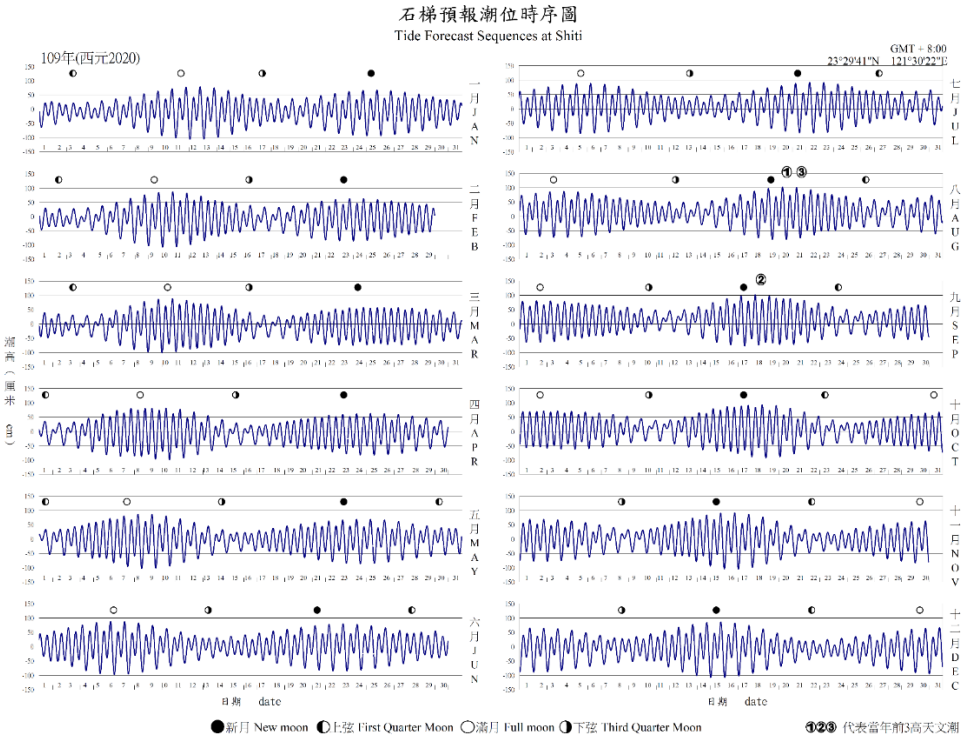


圖 3.37 颱風期間的花蓮港 AWAC 示性波高和譜峰週期

表 3-4 花蓮港極值波高重現期

重現期(年)	極值波高(m)	標準偏差(m)
10	8.6	0.59
25	9.52	0.71
50	10.13	0.79
100	10.69	0.87
200	11.21	0.95



資料來源:中央氣象局 2020 年潮汐表

圖 3.38 石梯漁港 2020 年天文潮預報

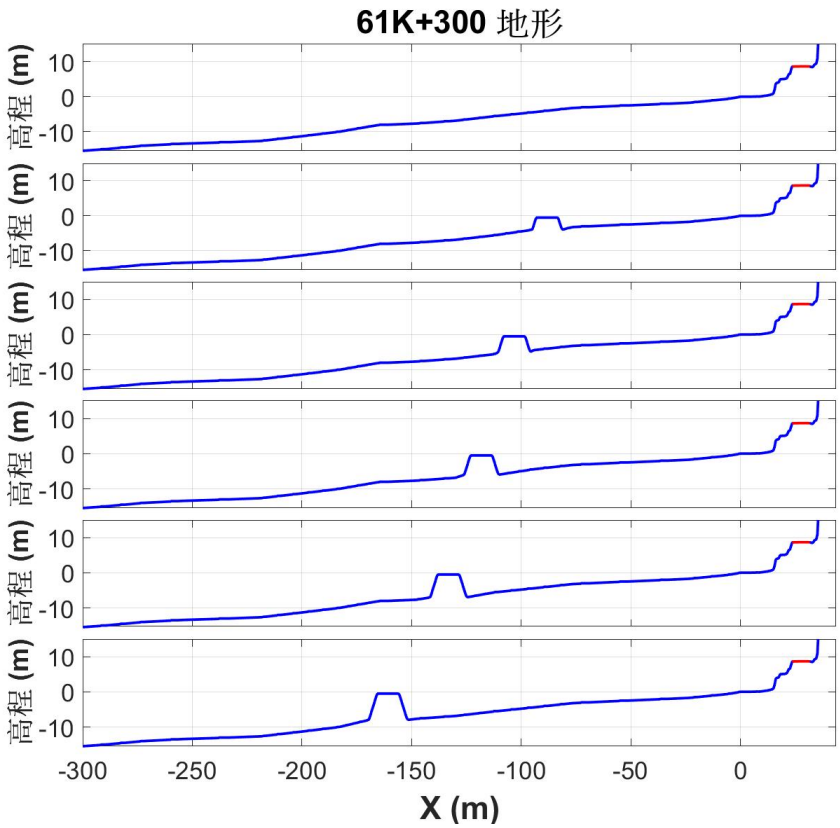


圖 3.39 外海離岸潛堤設置於不同深度示意圖

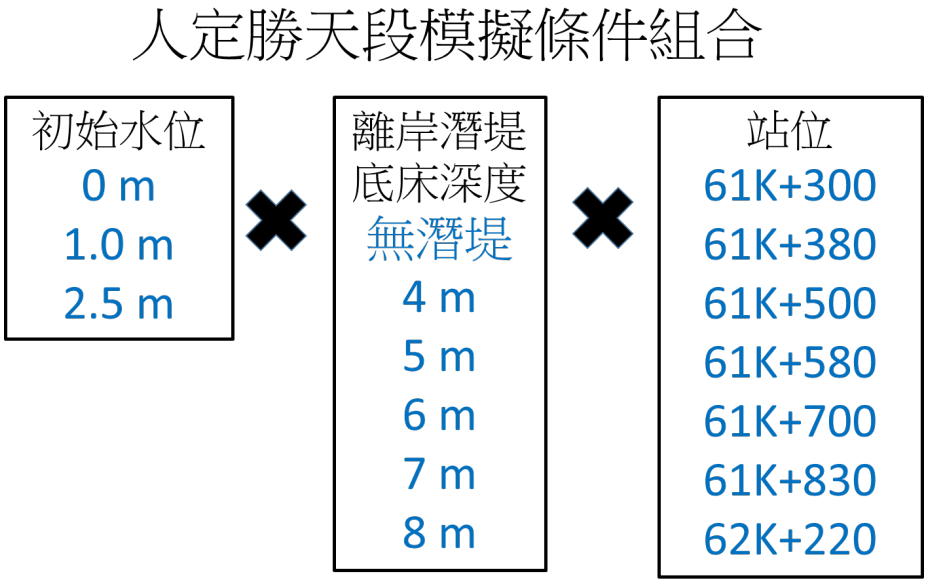


圖 3.40 情境模擬條件組合

二、模擬流程

以 61K+300 處、初始水位 2.5m 且潛堤底床深度為 6m 的情境模擬結果做說明，模擬結束後可得到模擬期間的流速、壓力及水位等相關資料，圖 3.41 即為模擬期間的最大壓力空間分布。由圖 3.41 除可了解模擬期間的最大溢淹距離外，亦可得知包含潛堤在內的地形表面所承受的最大壓力，圖 3.42 即表示近道路區到道路之間的區域範圍內的地表最大壓力值，其中 X=23.5 到 31.5m 為道路範圍(紅線部分)，由圖可知該情境的溢淹距離達 35m，已溢淹滿整個路面。另外靠近道路的 X=21.5m 處出現約 900kPa 的壓力值。據此，透過分析 126 種情境的最大壓力空間分布結果，了解離岸潛堤設置在何種海床深度，將有利於台 11 線人定勝天路段，以研提適當的因應對策。

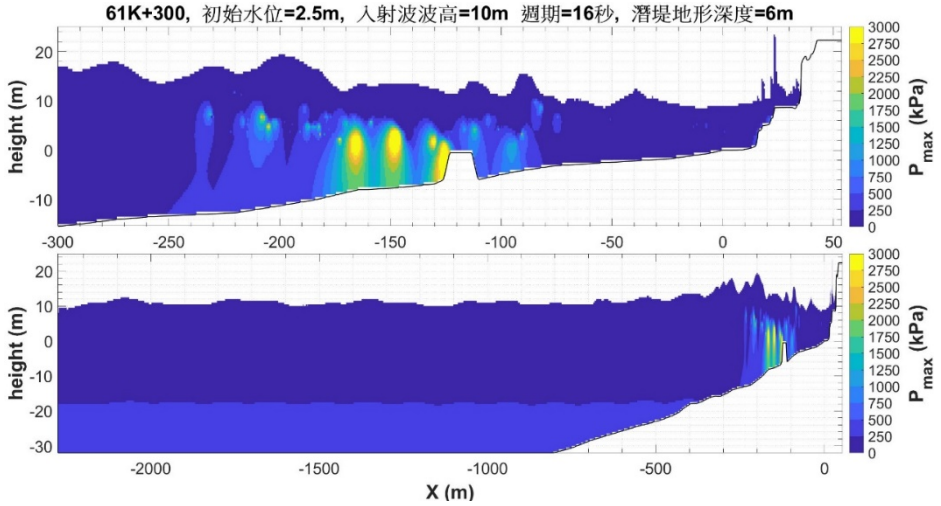


圖 3.41 台 11 線 61K+300 處模擬期間的最大壓力空間分布

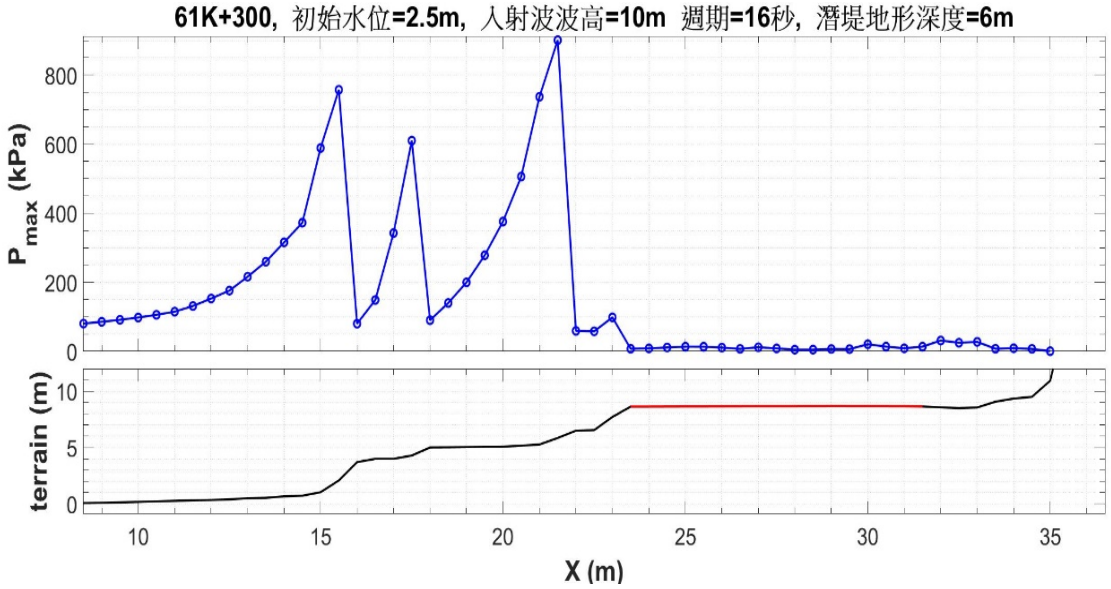


圖 3.42 台 11 線 61K+300 站模擬期間的地表最大壓力分布

三、模擬結果

主要針對各情境模擬的長浪溯上作用力，對地形和人工建築物的表面所承受的最大壓力依區域進行分析，主要區分為近岸區及潛堤區 2 區域，其中近岸區再細分成 4 區，分別為海岸距道路 15m 至 10m、10m 至 5m、5m 至 0m 之區域依序為第 1、2、3 區，以及道路為第 4 區，潛堤區則是將離岸潛堤分成堤前、堤頂及堤後 3 區。

在探討道路溢淹部分，分析各個情境的長浪溯上距離，計算道路溢

淹的情形，爰將海陸交界處且高程大於 0m 的第一點定義為陸地溢淹距離的起點，並將道路靠陸側的邊緣定義為溢淹距離的終點，藉以計算溢淹距離;當模擬期間的陸地出現淹水或陸地上方出現浪花則定義為發生溢淹情形。另對於 8m 路寬雙向道路，再定義 1 個道路溢淹距離，藉以表示道路是否雙向車道皆出現溢淹，其起點和終點各為道路的靠海和靠陸邊緣，溢淹距離介於 0 到 8m。近岸區第 3 區為海岸道路之下邊坡區域，第 4 區為道路路面，為道路安全重點評估區域，依據下列 2 減緩情況，研堤潛堤設置深度：

(1)陸地溢淹距離的減少幅度。

(2)近岸區第 3 區和第 4 區之最大壓力值的降幅情形。

以台 11 線 61K+300 處做說明，近岸區且在潮位 0m、1m 和 2.5m，無潛堤及潛堤設置在不同深度條件下，溢淹距離及地表最大壓力模擬結果臚列如表 3-4 及圖 3.43～圖 3.45。由表 3-5 可知，在潮位 0m 時，6 種潛堤條件的陸地溢淹距離皆相近，且皆不會出現道路溢淹;在潮位為 1m 和 2.5m 時的陸地及道路溢淹距離均相同。在 3 種潮位條件模擬下，潛堤深度設置在 4m 時，在潛堤區堤前、堤頂及堤後所受到最大壓力皆為最小。

若與無潛堤的情境比較，在潮位 0m 時，將潛堤設在深度 4m 時，在第 2 和第 3 小區有較大的壓力降幅;在潮位 1m 時，將潛堤設在深度 6、8m 時，在第 1、3 區皆有較大的最大壓力降幅；在當潮位為 2.5m 時，將潛堤設在深度 6、7m 時，在第 4 區(道路)皆有較大的最大壓力降幅;在 3 種潮位條件下，潛堤設置的深度皆對陸地及道路溢淹距離無影響，故在潮位 0m 時，潛堤建議設置在深度 4m 處，若考量潮位 1m 以上情況，潛堤建議設置在深度 6 至 8m 範圍內。除台 11 線 61K+300 處之外，其餘 6 斷面位置之情境模擬結果，彙整如表 3-6 至表 3-11。

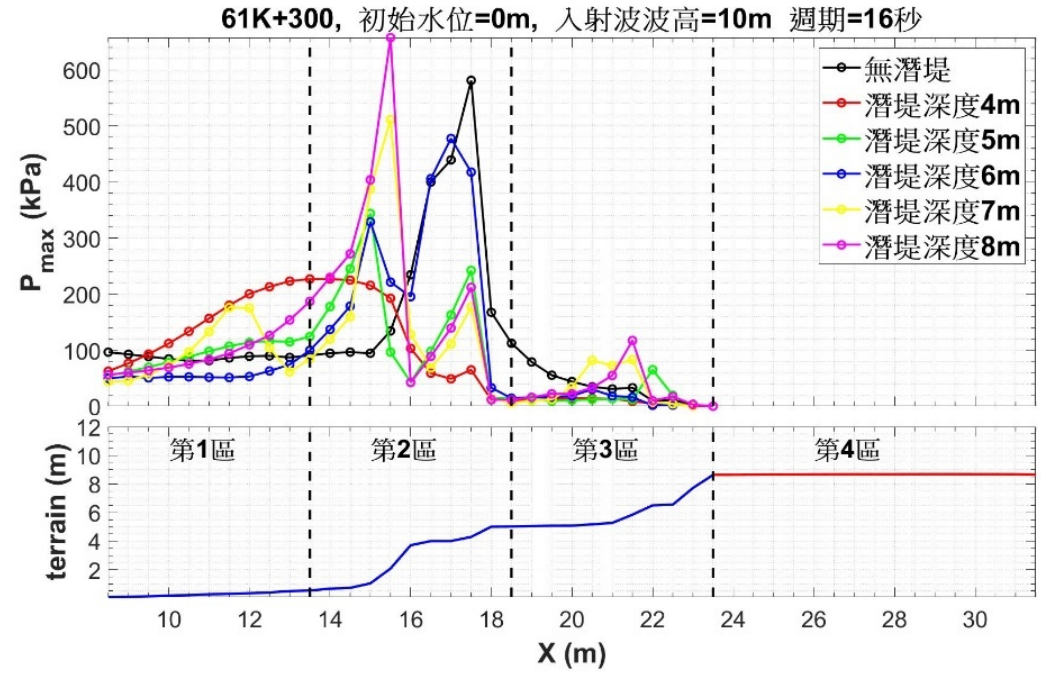


圖 3.43 潮位 0m 時，61K+300 站近道路區的地表最大壓力

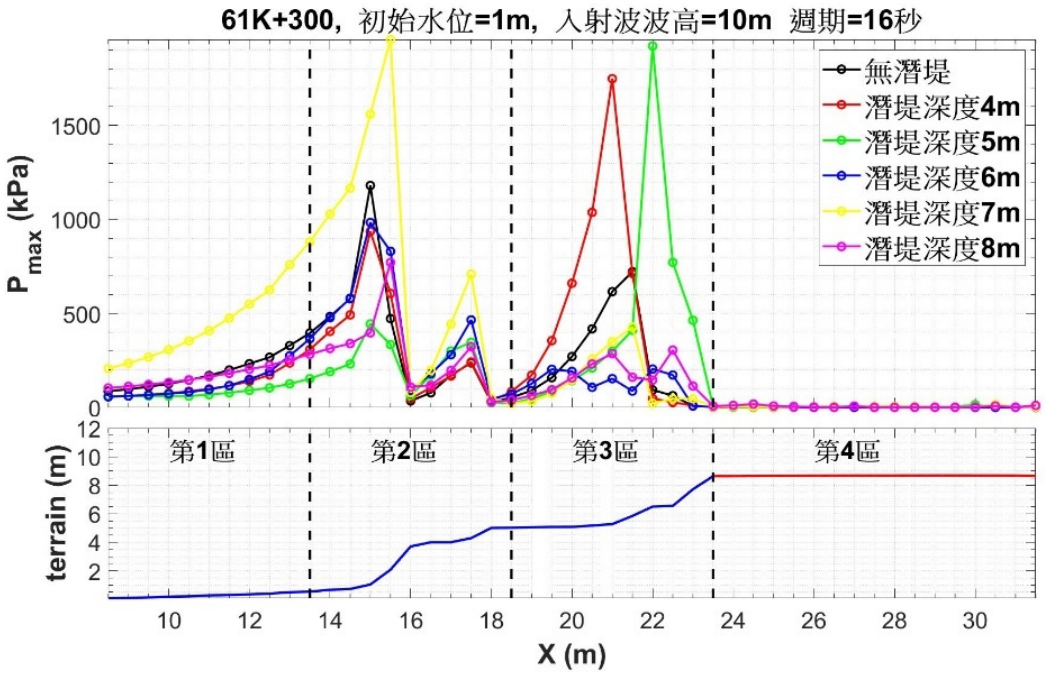


圖 3.44 潮位 1m 時，61K+300 站近道路區的地表最大壓力

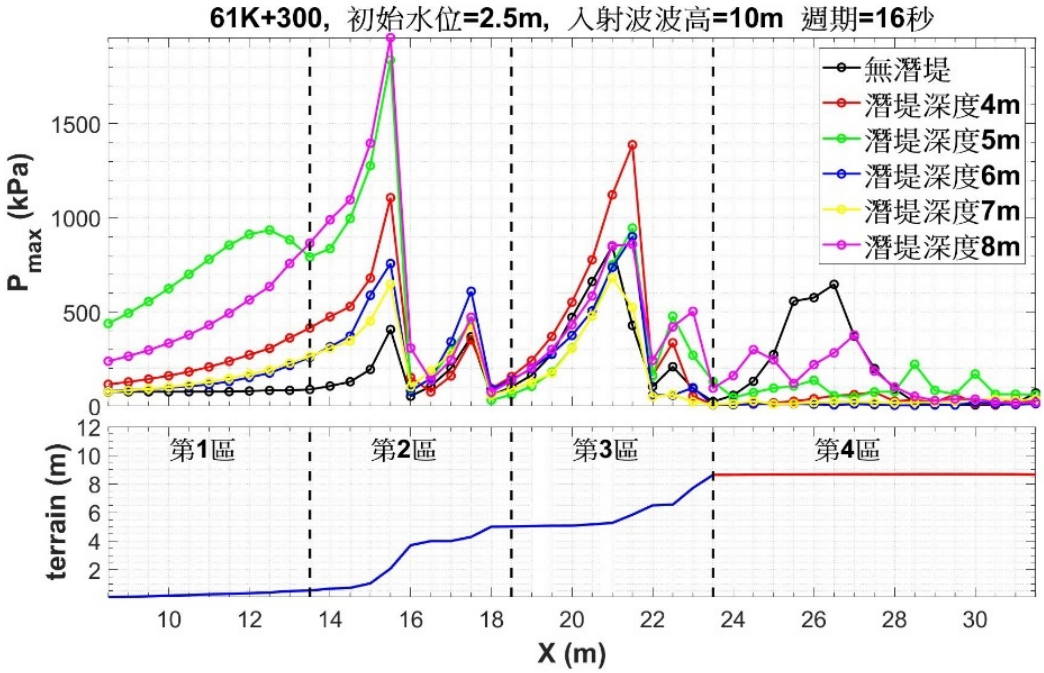


圖 3.45 潮位 2.5m 時，61K+300 站近道路區的地表最大壓力

表 3-5 台 11 線 61K+300 處各情境模擬結果

潮位 (m)	潛堤深度 (m)	陸地溢淹距離 (m)	道路溢淹距離 (m)	區域最大壓力 (kPa)						
				距離道路 10 到 15m (第 1 區)	距離道路 5 到 10m (第 2 區)	距離道路 0 到 5m (第 3 區)	道路路面 (第 4 區)	潛堤前側	潛堤頂部	潛堤後側
0		23	0	96	581	112	0			
	4	23.5	0	223	227	14	0	1058	330	256
	5	22.5	0	116	344	65	0	1145	651	171
	6	22.5	0	74	478	30	0	1131	714	136
	7	23	0	176	511	83	0	5687	1208	901
	8	23.5	0	154	658	117	0	4312	1020	757
1		31.5	8	330	1181	723	2			
	4	31.5	8	237	937	1749	1	1351	427	478
	5	31.5	8	126	445	1923	16	1666	981	1299
	6	31.5	8	276	984	205	5	1820	1104	604
	7	31.5	8	759	1957	428	17	1909	1916	1575
	8	31.5	8	254	772	306	19	4850	1397	1447
2.5		31.5	8	84	407	849	647			
	4	31.5	8	362	1107	1388	75	1186	1017	278
	5	31.5	8	935	1838	946	223	2789	1494	1317
	6	31.5	8	216	757	901	21	3693	1080	837
	7	31.5	8	228	649	683	39	1833	2082	1858
	8	31.5	8	758	1957	859	378	4701	3398	561

表 3-6 台 11 線 61K+380 處各情境模擬結果

潮位 (m)	潛堤深度 (m)	陸地溢淹距離 (m)	道路溢淹距離 (m)	區域最大壓力 (kPa)						
				距離道路 10 到 15m (第 1 區)	距離道路 5 到 10m (第 2 區)	距離道路 0 到 5m (第 3 區)	道路路面 (第 4 區)	潛堤前側	潛堤頂部	潛堤後側
0		19.5	0	250	266	297	0			
	4	16	0	938	737	0	0	4847	2594	1536
	5	20	0	730	68	0	0	735	1388	819
	6	16	0	805	412	0	0	567	931	204

潮位 (m)	潛堤深度 (m)	陸地溢淹距離 (m)	道路溢淹距離 (m)	區域最大壓力 (kPa)						
				距離道路 10 到 15m (第 1 區)	距離道路 5 到 10m (第 2 區)	距離道路 0 到 5m (第 3 區)	道路路面 (第 4 區)	潛堤前側	潛堤頂部	潛堤後側
	7	16	0	455	463	0	0	880	1077	457
	8	16	0	465	137	0	0	280	508	398
1		21.5	0	392	360	750	0			
	4	21	0	573	658	548	0	713	1479	1597
	5	20.5	0	565	1027	379	0	457	660	740
	6	21	0	1244	251	789	0	666	283	255
	7	21.5	0	689	400	348	0	1149	179	406
	8	22	0.5	997	279	245	0	1437	921	704
2.5		29.5	8	2493	576	948	82			
	4	29.5	8	1025	660	829	13	345	1394	2141
	5	29.5	8	1543	373	337	16	253	263	442
	6	29.5	8	489	690	497	12	289	229	185
	7	29.5	8	269	357	540	10	162	215	219
	8	29.5	8	565	379	562	28	426	82	154

表 3-7 台 11 線 61K+500 處各情境模擬結果

潮位 (m)	潛堤深度 (m)	陸地溢淹距離 (m)	道路溢淹距離 (m)	區域最大壓力 (kPa)						
				距離道路 10 到 15m (第 1 區)	距離道路 5 到 10m (第 2 區)	距離道路 0 到 5m (第 3 區)	道路路面 (第 4 區)	潛堤前側	潛堤頂部	潛堤後側
0		29	0	531	246	288	0			
	4	29.5	0	253	30	73	0	197	91	74
	5	24	0	305	3	0	0	273	130	155
	6	26	0	143	156	2	0	782	225	97
	7	25.5	0	386	61	0	0	1198	515	321
	8	27.5	0	491	39	12	0	3244	971	465
1		38	8	277	88	609	7			
	4	38	8	130	2246	1099	413	179	300	89
	5	30.5	0.5	1314	1883	947	0	147	348	306
	6	30.5	0.5	87	592	27	0	301	364	307
	7	30	0	552	524	42	0	2663	894	361
	8	38	8	708	443	355	2	1178	913	498
2.5		38	8	1300	1327	1899	115			
	4	38	8	658	428	1713	723	134	162	146
	5	38	8	207	435	396	22	156	251	178
	6	38	8	1809	413	437	100	233	343	250
	7	38	8	1326	919	633	92	2663	2485	436
	8	38	8	1352	617	2070	216	1814	622	537

表 3-8 台 11 線 61K+580 處各情境模擬結果

潮位 (m)	潛堤深度 (m)	陸地溢淹距離 (m)	道路溢淹距離 (m)	區域最大壓力 (kPa)						
				距離道路 10 到 15m (第 1 區)	距離道路 5 到 10m (第 2 區)	距離道路 0 到 5m (第 3 區)	道路路面 (第 4 區)	潛堤前側	潛堤頂部	潛堤後側
0		23	0	22	194	246	0			
	4	15.5	0	118	6	0	0	193	384	138
	5	15.5	0	30	6	0	0	657	538	235
	6	15.5	0	50	37	0	0	405	489	401

潮位(m)	潛堤深度(m)	陸地溢淹距離(m)	道路溢淹距離(m)	區域最大壓力 (kPa)						
				距離道路10到15m(第1區)	距離道路5到10m(第2區)	距離道路0到5m(第3區)	道路路面(第4區)	潛堤前側	潛堤頂部	潛堤後側
	7	21	0	325	199	3	0	1285	740	363
	8	22.5	0	232	196	6	0	3224	666	534
1		31.5	8	164	338	77	11			
	4	31.5	8	226	225	42	7	167	494	126
	5	31.5	8	258	367	33	1	360	736	782
	6	31.5	8	207	971	27	4	692	288	258
	7	31.5	8	360	158	62	21	2808	761	1005
	8	31.5	8	227	499	132	14	1893	1422	1346
2.5		31.5	8	243	628	423	41			
	4	31.5	8	439	352	161	30	171	313	293
	5	31.5	8	305	1262	1988	51	334	373	309
	6	31.5	8	653	1344	611	38	204	225	147
	7	31.5	8	602	1237	424	396	1225	1202	1905
	8	31.5	8	1100	583	632	297	2406	2188	1794

表 3-9 台 11 線 61K+700 處各情境模擬結果

潮位(m)	潛堤深度(m)	陸地溢淹距離(m)	道路溢淹距離(m)	區域最大壓力 (kPa)						
				距離道路10到15m(第1區)	距離道路5到10m(第2區)	距離道路0到5m(第3區)	道路路面(第4區)	潛堤前側	潛堤頂部	潛堤後側
0		21	0	152	414	74	0			
	4	21	0	142	72	19	0	477	389	231
	5	20.5	0	41	205	19	0	1499	966	528
	6	21	0	61	483	37	0	1414	857	379
	7	21.5	0	31	172	44	0	2836	991	722
	8	21.5	0	34	110	121	0	4916	1026	358
1		30	8	90	361	145	1			
	4	30	8	48	83	48	1	708	581	184
	5	30	8	92	153	395	1	2062	606	377

潮位 (m)	潛堤深度 (m)	陸地溢淹距離 (m)	道路溢淹距離 (m)	區域最大壓力 (kPa)						
				距離道路 10 到 15m (第 1 區)	距離道路 5 到 10m (第 2 區)	距離道路 0 到 5m (第 3 區)	道路路面 (第 4 區)	潛堤前側	潛堤頂部	潛堤後側
	6	30	8	205	119	39	1	3548	983	591
	7	30	8	45	155	113	2	2779	1211	1018
	8	30	8	46	230	99	4	3661	849	717
2.5		30	8	67	206	165	103			
	4	30	8	65	251	87	26	519	463	365
	5	30	8	64	541	233	17	1059	662	1696
	6	30	8	63	216	344	33	1362	841	1119
	7	30	8	62	260	161	70	1899	514	753
	8	30	8	62	252	151	43	2829	1766	1124

表 3-10 台 11 線 61K+830 處各情境模擬結果

潮位 (m)	潛堤深度 (m)	陸地溢淹距離 (m)	道路溢淹距離 (m)	區域最大壓力 (kPa)						
				距離道路 10 到 15m (第 1 區)	距離道路 5 到 10m (第 2 區)	距離道路 0 到 5m (第 3 區)	道路路面 (第 4 區)	潛堤前側	潛堤頂部	潛堤後側
0		55.5	0	19	16	8	0			
	4	53.5	0	13	10	0	0	1338	637	268
	5	52	0	11	8	0	0	2094	947	633
	6	49	0	24	9	0	0	1220	988	509
	7	49	0	161	4	0	0	1717	887	422
	8	50.5	0	12	6	0	0	5863	909	1675
1		66	8	33	204	19	2			
	4	66	8	31	52	15	1	891	637	1081
	5	58.5	0.5	51	129	14	0	671	521	105
	6	58.5	0.5	26	22	13	0	1858	778	194
	7	56	0	80	18	9	0	3950	524	495
	8	55	0	110	17	8	0	3385	1293	1746
2.5		66	8	330	298	27	11			
	4	66	8	109	44	33	9	398	353	218
	5	66	8	369	45	256	14	971	880	255
	6	66	8	187	67	33	8	1000	305	742
	7	66	8	54	36	26	8	2169	2187	2246
	8	66	8	301	74	33	6	2886	551	297

表 3-11 台 11 線 61K+220 處各情境模擬結果

潮位 (m)	潛堤深度 (m)	陸地溢淹距離 (m)	道路溢淹距離 (m)	區域最大壓力 (kPa)						
				距離道路 10 到 15m (第 1 區)	距離道路 5 到 10m (第 2 區)	距離道路 0 到 5m (第 3 區)	道路路面 (第 4 區)	潛堤前側	潛堤頂部	潛堤後側
0		61	32	41	34	23	1			
	4	27	0	30	23	12	0	364	738	514
	5	27	0	55	22	12	0	1372	757	280
	6	26	0	50	20	7	0	546	1309	211
	7	26	0	24	18	6	0	3001	464	470
	8	26	0	177	105	5	0	3468	748	682
1		61	32	229	139	31	4			
	4	61	32	206	230	107	3	1882	779	757
	5	61	32	155	38	29	2	742	1281	735
	6	61	32	125	70	25	1	1042	837	326
	7	61	32	220	158	82	2	2744	590	554
	8	29	0	255	271	20	0	1717	670	671
2.5		61	32	501	636	211	414			
	4	61	32	268	582	120	22	437	726	682
	5	61	32	342	493	103	15	256	468	359
	6	61	32	67	373	268	21	276	505	500
	7	61	32	196	290	51	27	627	549	995
	8	61	32	135	384	91	20	1421	914	322

四、離岸潛堤配置建議

前述情境模擬應用 COBRAS 垂直 2 維模式，主要探討波浪沿切線方向前進對近岸結構物的壓力衝擊，在近岸解析度較佳(0.5m)，但未考慮繞射等水平 2 維作用，在此應用 XBeach 水平 2 維模式考慮，包含繞射作用，而網格解析度為 5m (COBRAS 模式的 10 倍)，目的探討台 11 線人定勝天外海設置離岸系列潛堤時，不同配置方案對於道路護岸之壓力降低效果，潛堤堤長設定為 50m，堤寬為 10m，堤頂高程為平均潮位-0.5m，並以 2 種不同潛堤配置方案及無潛堤(現況)下進行情境模擬，模擬條件如表 3-12，2 種潛堤配置方案如圖 3.46、圖 3.47。

圖 3.46、圖 3.47 中水平網格解析度為 5m，而模擬的時間步長則隨時間調整變動，整個模擬時間為 20 分鐘，東邊界的入射波條件為示性波高 5m，譜峰週期 15 秒，圖中的黑線為間隔 10m 的等深線，另近岸

處以黃、青和紫線各標示為 7m、4m、3m 等深線，綠色三角形為前述 COBRAS 模式模擬之台 11 線人定勝天路段 7 處斷面，潛堤配置 A 和 B 的差別在配置 B 將 61K+380 和 61K+580 外海的潛堤位置稍為南移，並將 61K+500、61K+700、61K+830、62K+220 外海的潛堤往岸邊(向西)移動一段距離。

為了解人定勝天路段 7 處斷面的海岸在各情境下承受的壓力，取出模擬期間 7 處的向西最大壓力值進行比較，圖 3.48～圖 3.59 為各情境條件下，從外海水深 35m 處向西往近岸，沿 61K+300 至 62K+220 斷面之最大壓力變化情形圖。在同樣的潛堤條件下，潮位 1m 造成的最大壓力皆比潮位 0m 大;在相同潮位條件下，61K+300、61K+380、61K+500 和 61K+580 等 4 處，在無潛堤配置所造成的最大壓力均比 A、B 方案大，其餘 3 站差異則不明顯。整體而言，大致以 B 方案對於人定勝天路段海岸的最大壓力值有較大的降幅，故建議以 B 方案配置為較佳因應對策。

表 3-12 不同潛堤配置之模擬條件

情境編號	潮位	潛堤配置
1	0 m	無潛堤
2	0 m	A 方案
3	0 m	B 方案
4	1 m	無潛堤
5	1 m	A 方案
6	1 m	B 方案

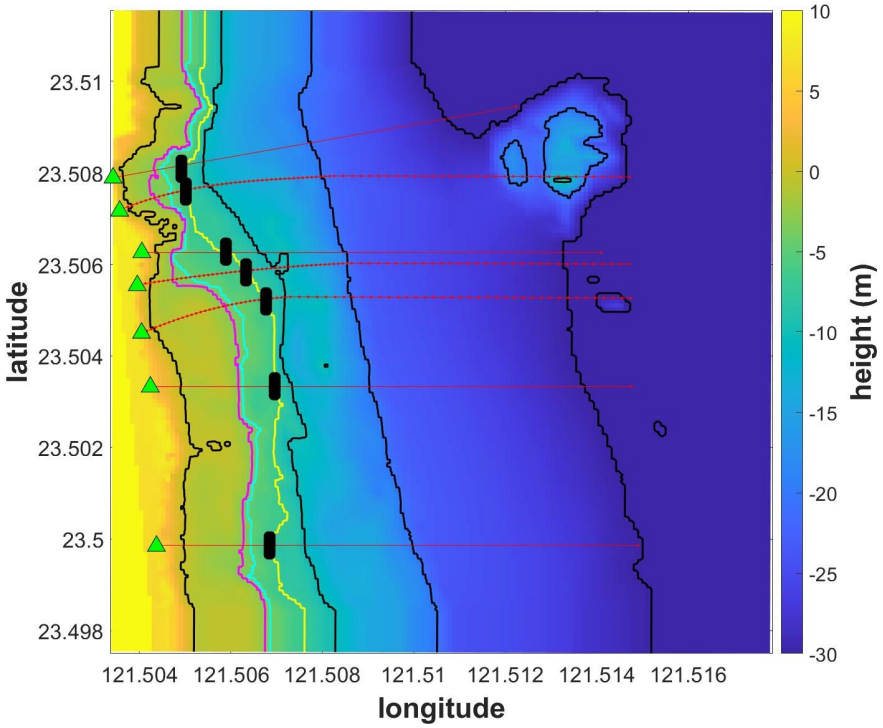


圖 3.46 潛堤配置(A 方案)

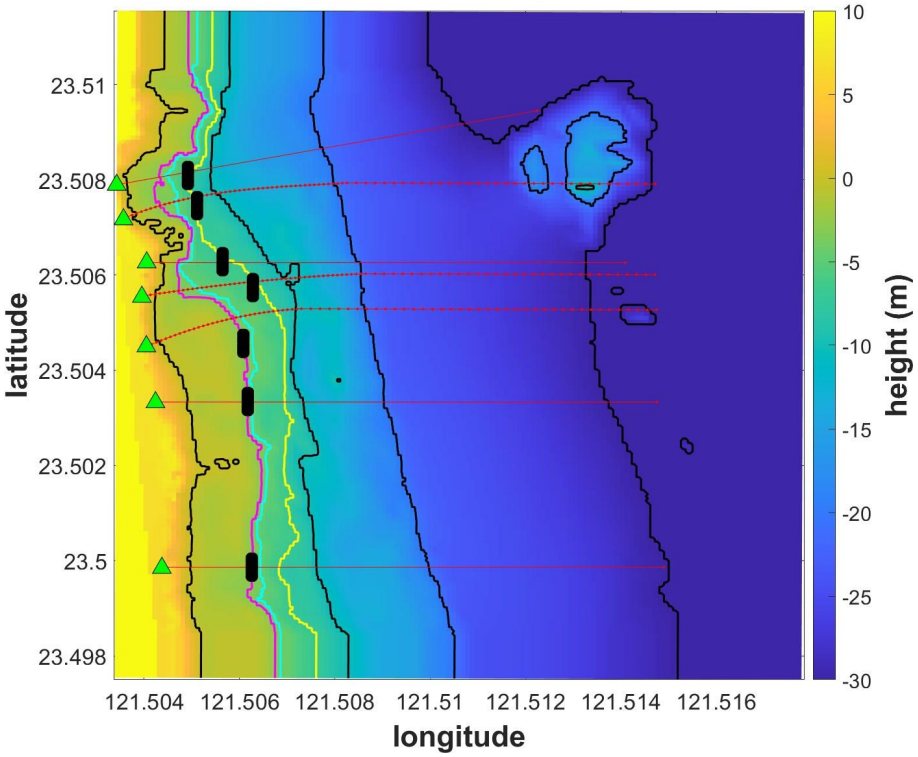


圖 3.47 潛堤配置(B 方案)

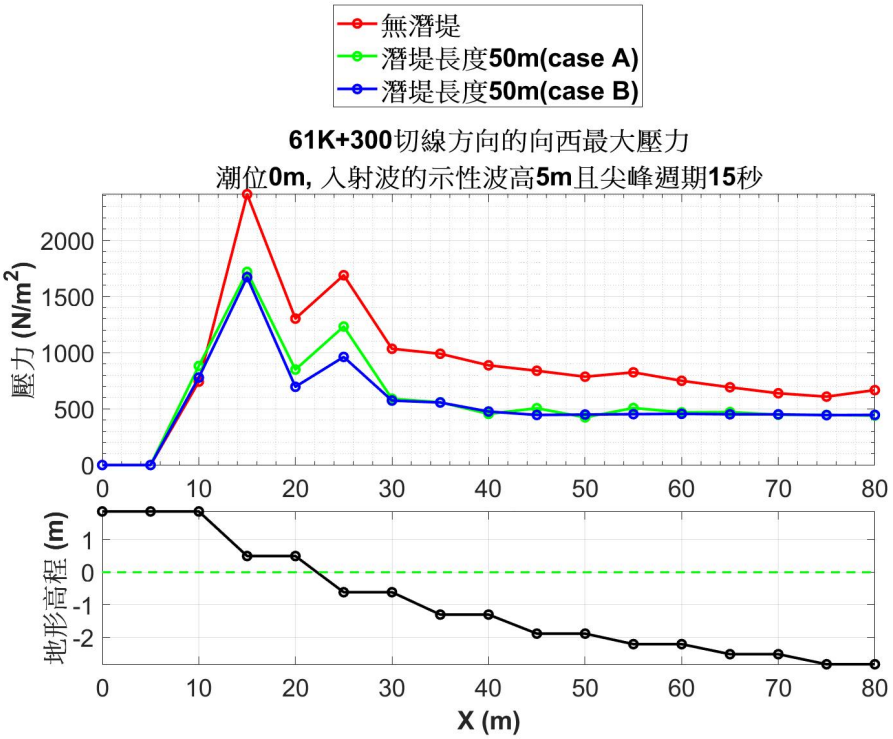


圖 3.48 潮位 0m 時，61K+300 處切線方向的最大壓力

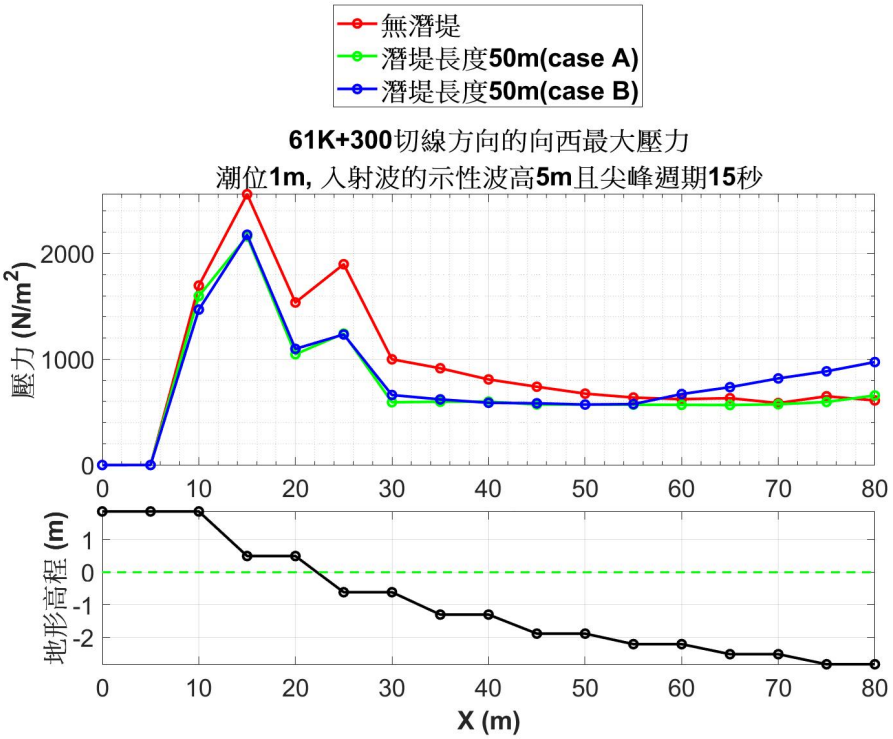


圖 3.49 潮位 1m 時，61K+300 處切線方向的最大壓力

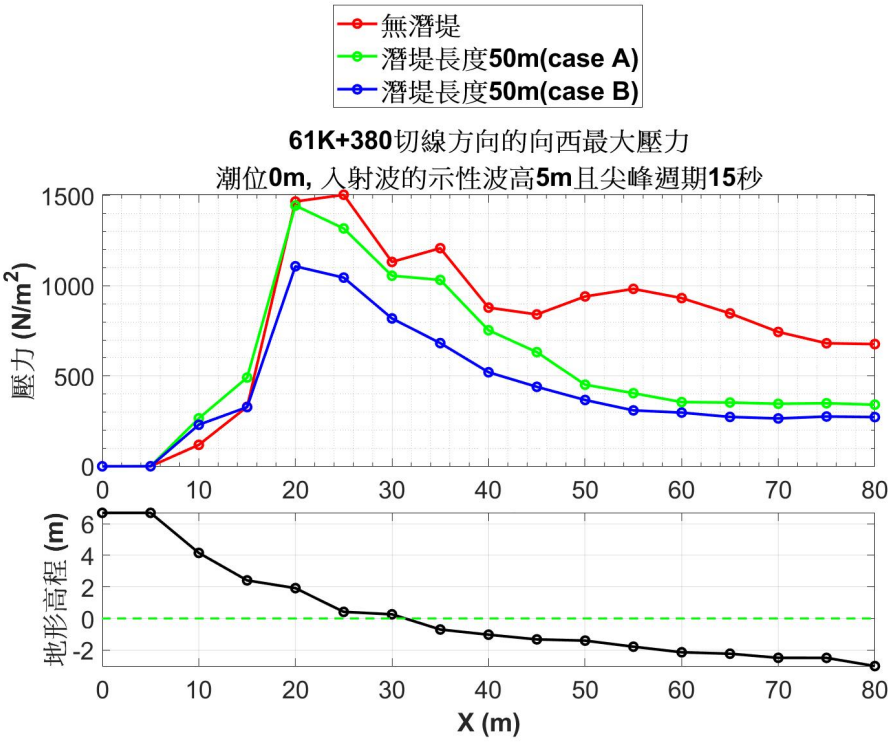


圖 3.50 潮位 0m 時，61K+380 處切線方向的最大壓力

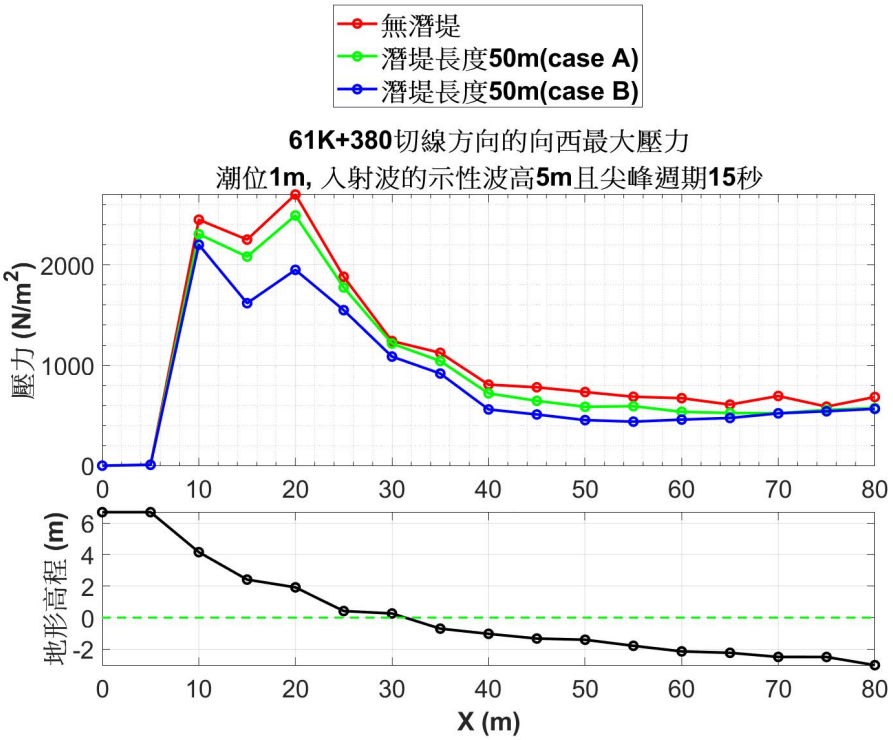


圖 3.51 潮位 1m 時，61K+380 處切線方向的最大壓力

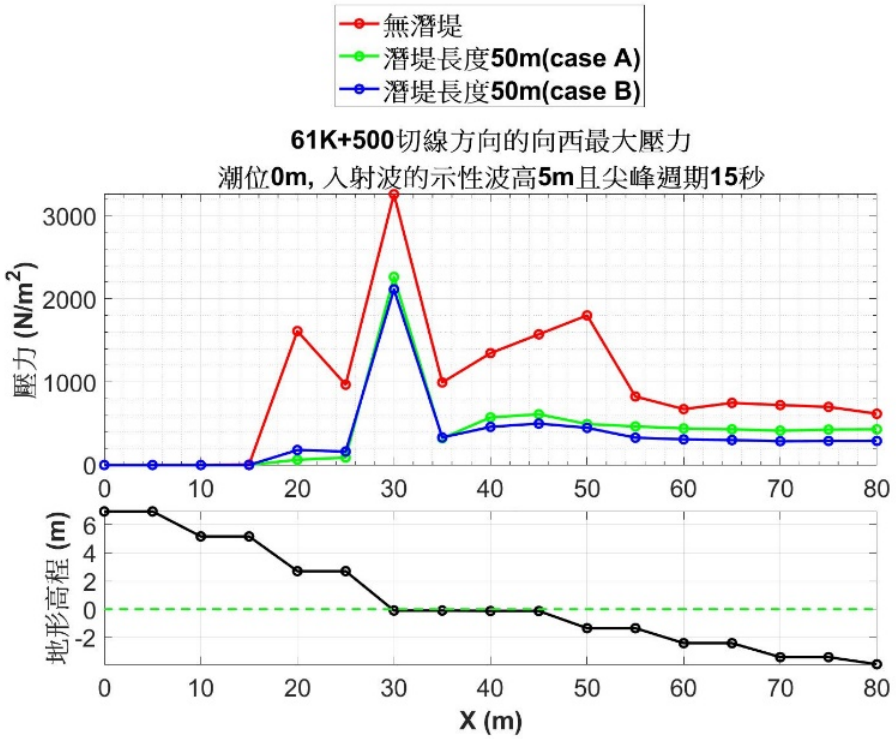


圖 3.52 潮位 0m 時，61K+580 處切線方向的最大壓力

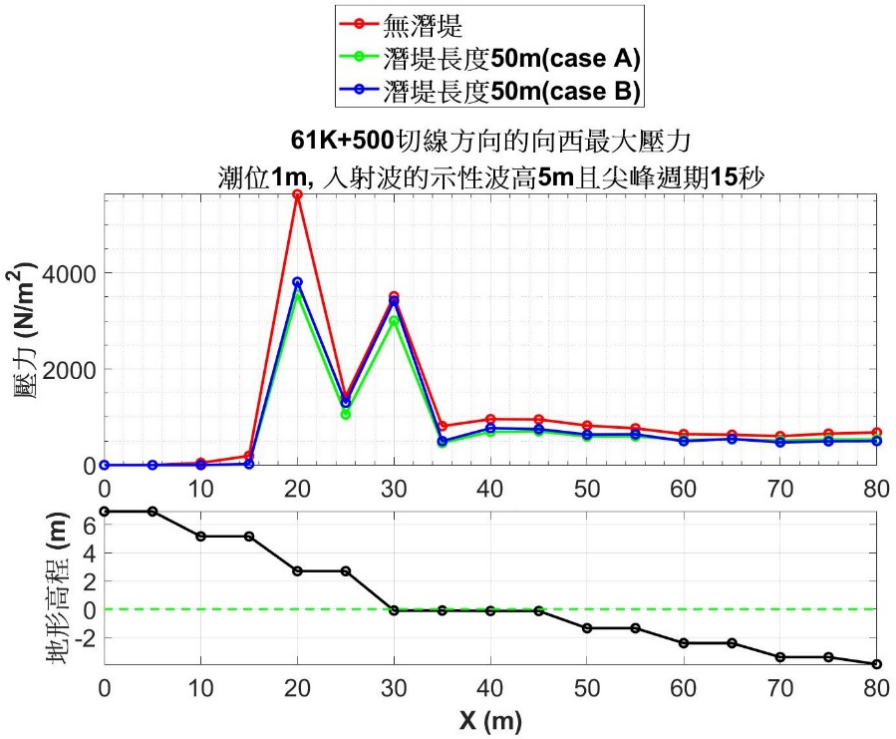


圖 3.53 潮位 1m 時，61K+580 處切線方向的最大壓力

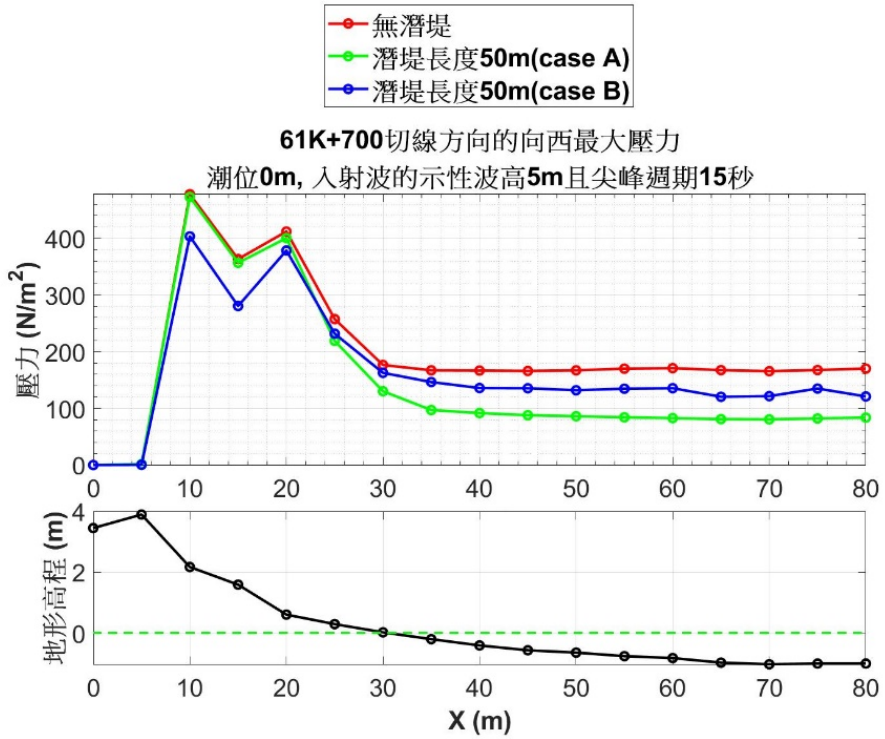


圖 3.54 潮位 0m 時，61K+700 處切線方向的最大壓力

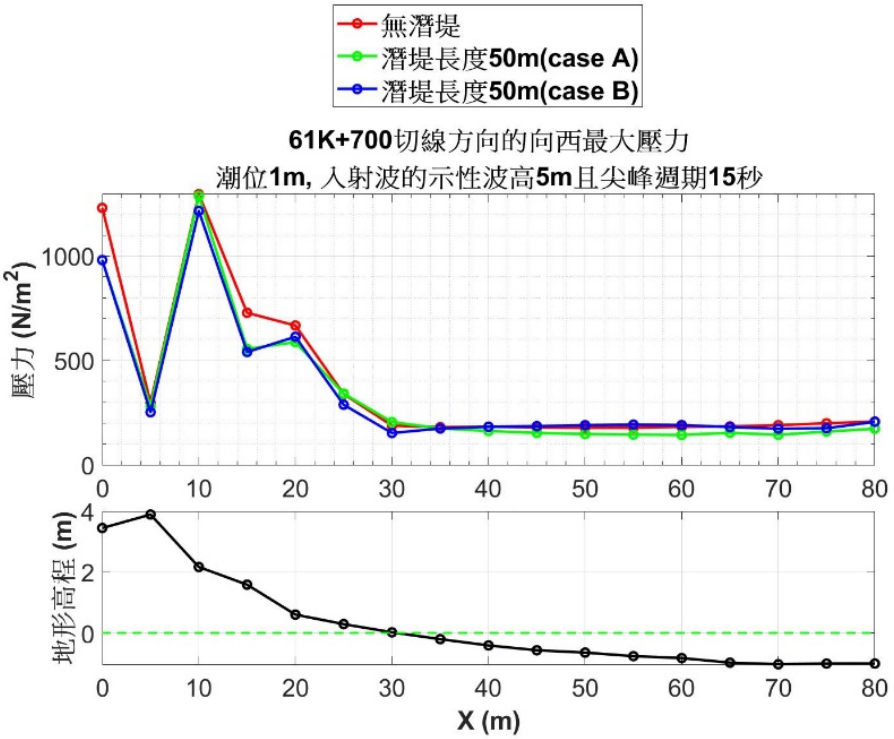


圖 3.55 潮位 1m 時，61K+700 處切線方向的最大壓力

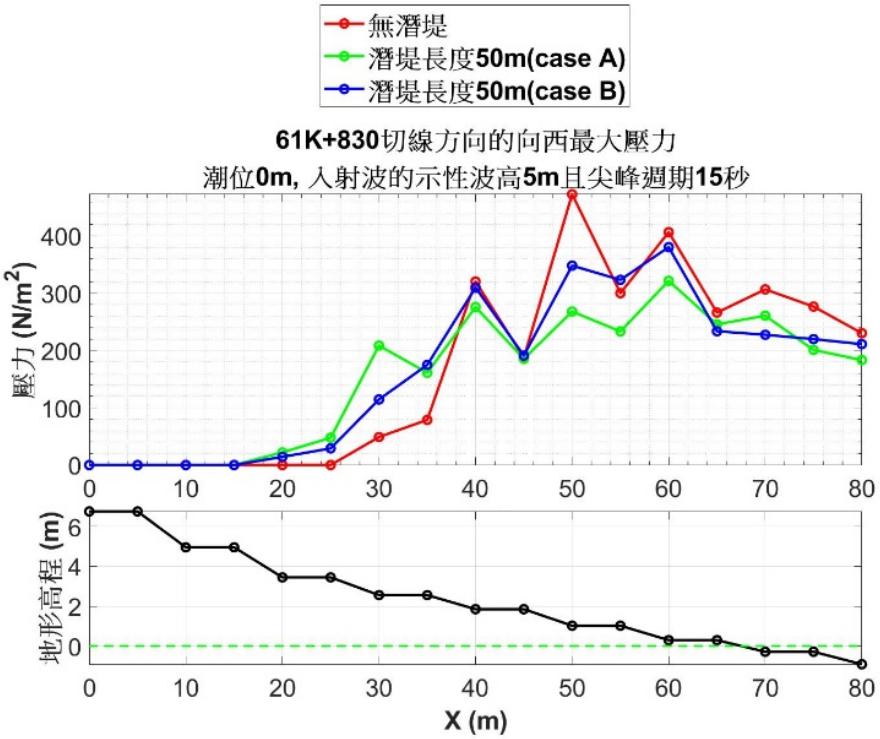


圖 3.56 潮位 0m 時，61K+830 處切線方向的最大壓力

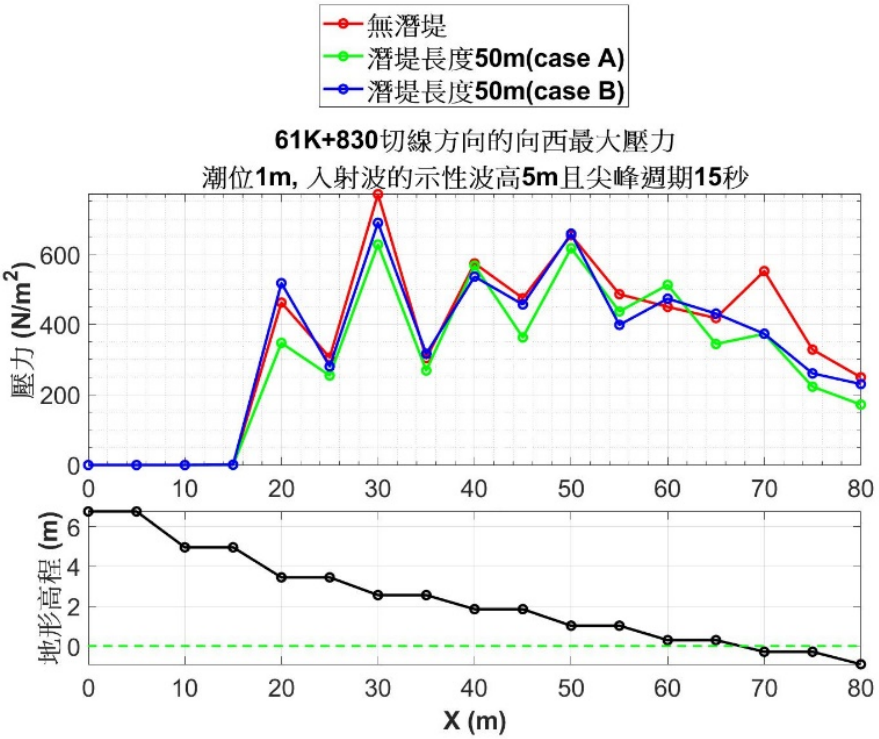


圖 3.57 潮位 1m 時，61K+830 處切線方向的最大壓力

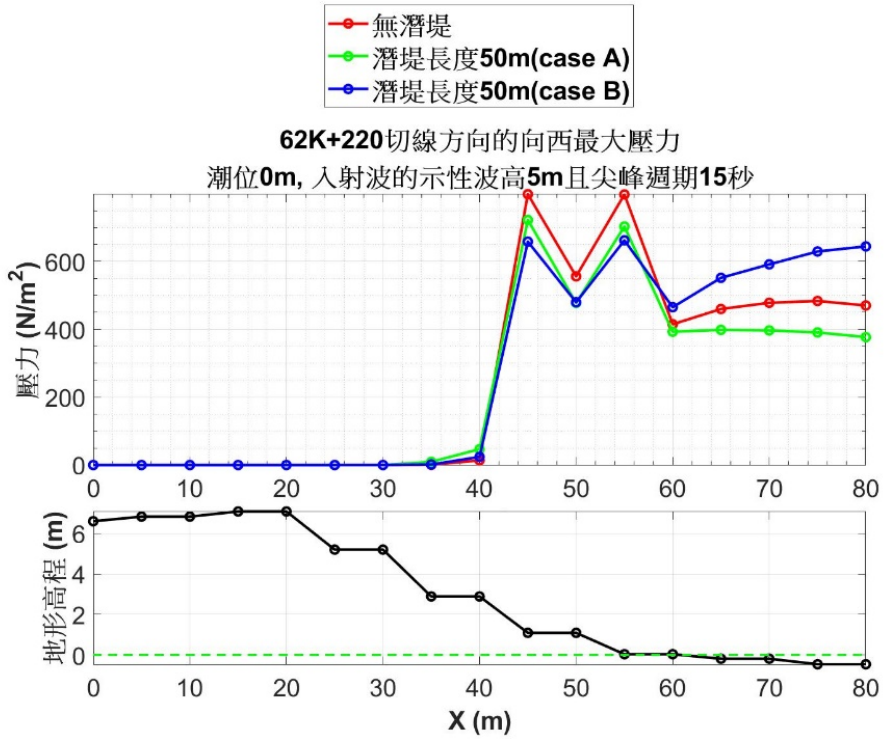


圖 3.58 潮位 0m 時，62K+220 處切線方向的最大壓力

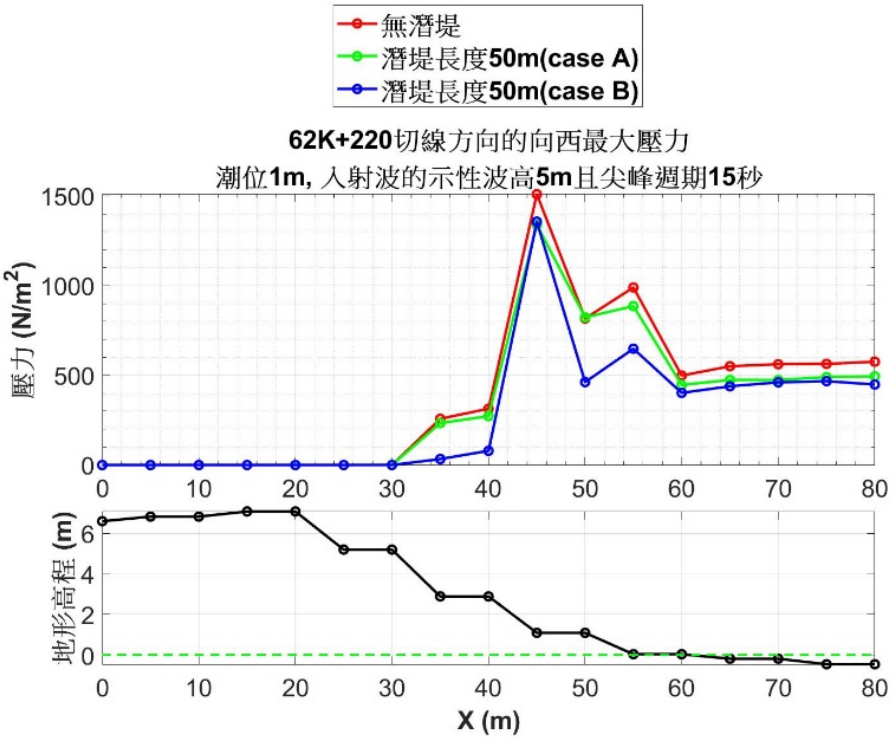


圖 3.59 潮位 1m 時，62K+220 處切線方向的最大壓力

3.3 港灣環境資訊系統維運與更新

港灣環境資訊網(以下簡稱現況資訊網) 介接本所發展海象模擬作業化系統(TaiCOMS)產製之模擬資料即時展示於網頁上，為展示本所港灣技術研究中心辦理海象觀測、海模擬、大氣腐蝕、地震各類研究成果平臺，資料整合流程詳如第一章圖 1.2 所示。本年度主要工作項目除了每年定期辦理之資通訊傳輸系統、資料庫維護與建置更新、駐點維護服務及例行性系統功能維護以外，在系統擴充及加值服務部分，今年辦理本所「臺灣腐蝕環境分類資訊」整合至資訊網工作、開發新版港灣環境資訊網(以下簡稱新版資訊網)及新建港灣環境資訊圖臺(以下簡稱資訊圖臺)，本節分別說明今年辦理維運現況資訊網、更新資訊網及開發資訊圖臺工作。

3.3.1 港灣環境資訊平臺架構

資訊網整體系統架構區分為資料、通訊、資料品管、資料庫、LINE Bot、港灣環境資訊網及 IDC 機房共 7 大部分，如圖 3.60 所示。主要的應用功能系統計有港區海象資訊(海象觀測資訊及海象模擬資訊)、全國海象資訊、港區地震資訊、港區海嘯資訊及港區腐蝕資訊，詳如圖 3.61 所示。本(110)年度完成工作項目，如表 3-13 所示。

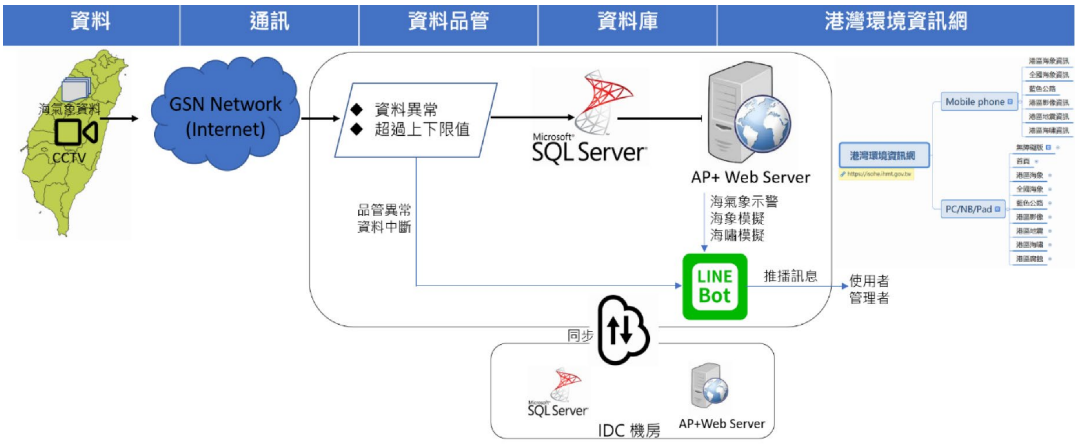


圖 3.60 港灣環境網系統架構圖



圖 3.61 港灣環境資訊網各子系統(現況)

表 3-13 工作成果彙整表

項次	工作項目	說明
一	港灣環境資訊網更新及維運	(一)系統更新維護： 1.六大子系統功能，包含港區海象(海象觀測及海象模擬)、全國海象、港區海嘯、港灣環境資訊平臺、港區地震及港區腐蝕。 2.海氣象、海嘯與大氣腐蝕資訊及國內主要商港海氣象即時現場觀測資料之自動傳輸系統及各伺服器主機之正常運作。 (二)資料庫更新維護： 1.海氣象觀測子系統之海情資料庫更新維護及資料品管作業功能提升。 2.模擬數值預測子系統之資料庫更新維護。 (三)LINE BOT API 維護：維護與精進港灣環境資訊網結合 LINE BOT API 之加值應用。 (四)開發臺中港區風力觀測資料品質檢核模組雛型。 (五)開發決策支援輔助資訊，整合臺灣腐蝕環境分類資訊至港灣環境資訊平臺。 (六)QRcode 商港海氣象資訊網頁：持續維護，並開發統計功能。
二	港灣環境資訊網更新及維運	海氣象資訊 API 介接服務：開發符合共通性應用程式介面規範(OpenAPI Specification, OAS)及資料集欄位符合領域資料標準(schema.gov.tw)之 API。
三	港灣環境資訊平臺加值應用	(一)開放源圖台結合現有數據資料進行海象之圖層展示：運用開放源圖台結合現有數據資料進行海象之圖層展示，以提升系統視覺化功能等網頁開發技術。 (二)資料加值套疊於開放源圖資平臺 1.整合即時海氣象資訊之風力、潮位、波浪、海流及水溫等圖層。 2.整合風、潮流及波浪模擬資訊圖層。 3.整合颱風資訊圖層。 4.港區(或鄰近)空氣品質測站、衛星雲圖、溫度分布、累積雨量、雷達回波與紫外線指數 Open Data 介接。

3.3.2 新版港灣環境資訊網

為利展示資訊內容更易閱讀，本年度將現況資訊網改版，網頁呈現架構調整如圖 3.62 所示。在首頁部分，各港區的海象觀測與模擬資訊更改為以表格顯示，如圖 3.63 所示，服務項目更改為快速連結，俾利使用者迅速找到需求項目。經調整後，新版資訊網涵括 6 子系統，如圖 3.64 所示，以下就各系統做說明。

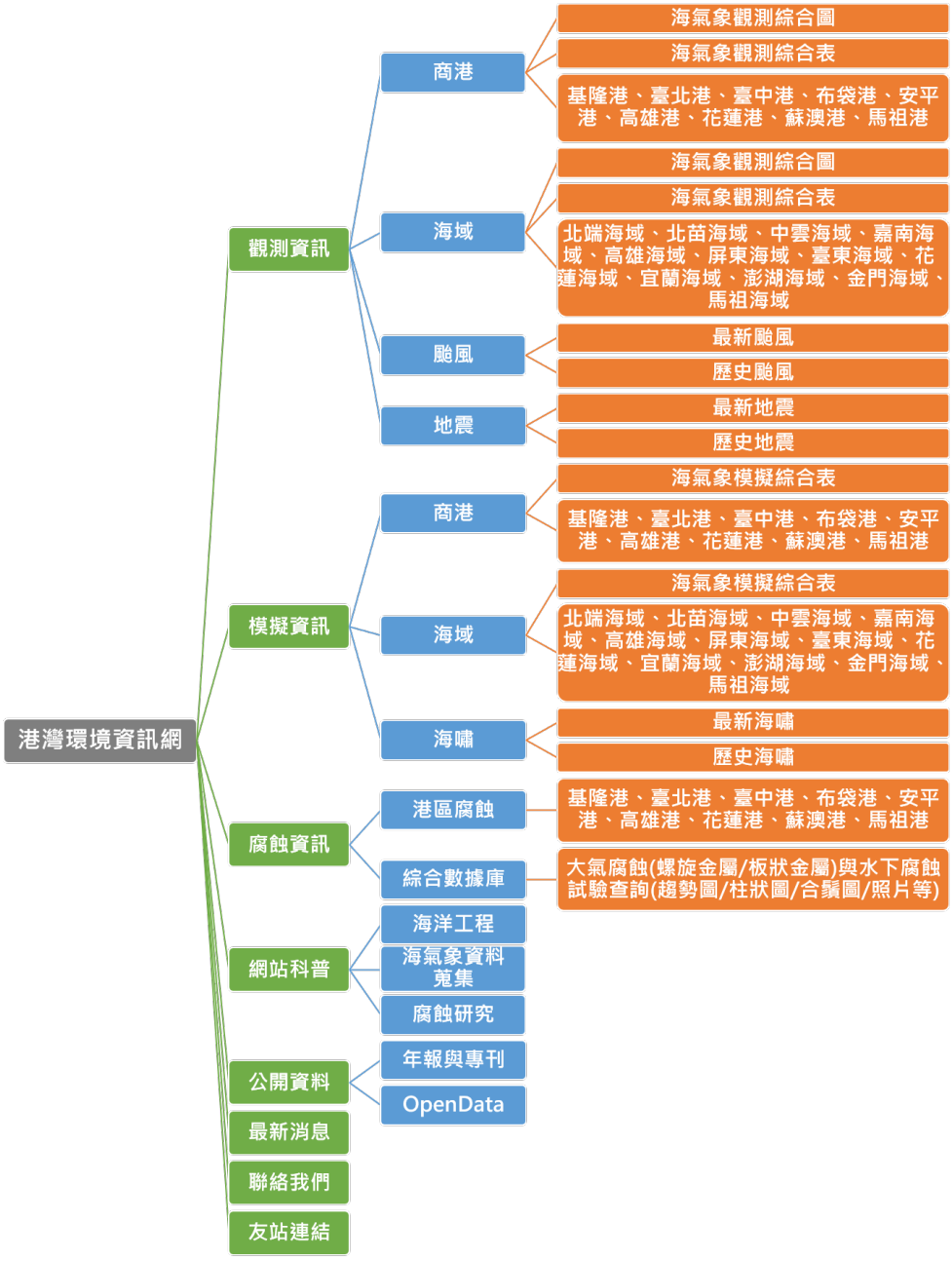


圖 3.62 新版「港灣環境資訊網」頁面架構示意圖



圖 3.63 新版「港灣環境資訊網」首頁



圖 3.64 新版「港灣環境資訊網」子系統

一、觀測資訊

觀測資訊主要展示商港海氣象、海域之海氣象資料，以及颱風、地震監測資料 4 類，各類資料說明分述如下：

1. 商港

即時展示本所蒐集基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港、臺北港及馬祖港之海氣象觀測資料，每日定時透過資料庫同步程式，擷取商港海氣象即時觀測資料，同步匯入至暫存資料庫，經由海氣象資料品管及匯入程式，將即時觀測風力、潮位、波浪及海流資料匯入至港灣環境資料庫並展示於網頁之綜合表與各海象歷線圖，介接海氣象觀測資料架構圖及網頁展示如圖 3.65、3.66 所示。

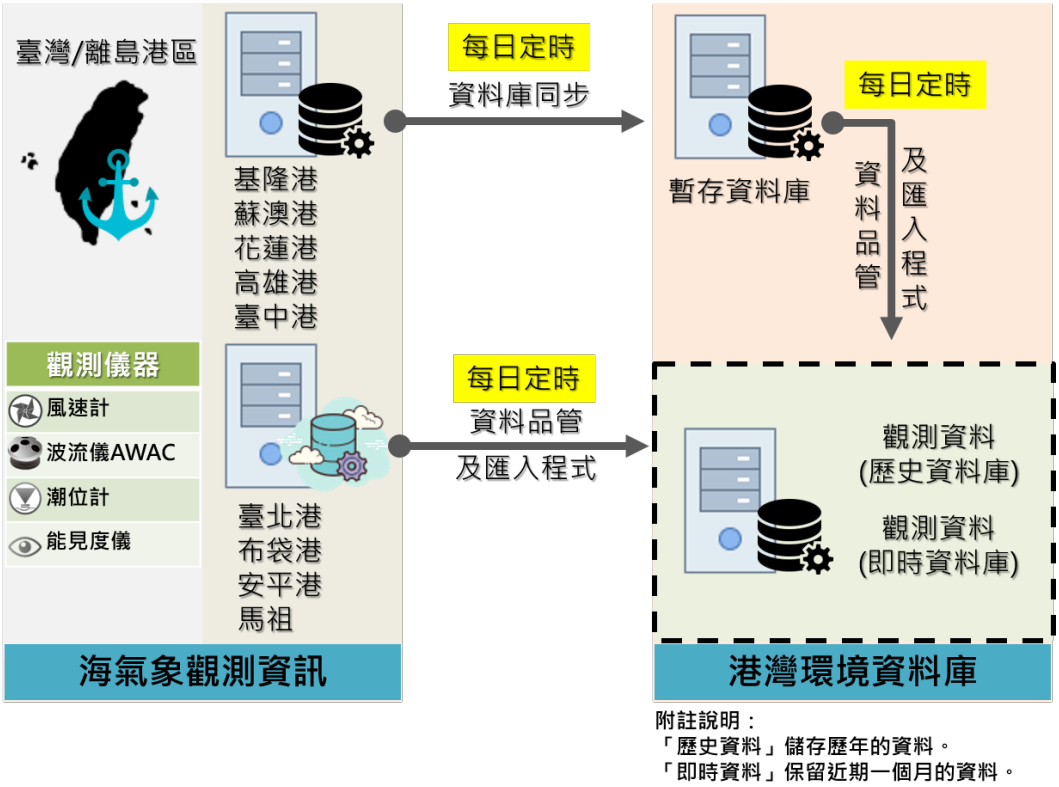


圖 3.65 介接海氣象觀測資料庫架構圖



觀測區間 2022-01-03 15:00-15:59

目前時間 | 前一小時 | 前二小時

港口名稱	風力			潮汐		波浪				海流		
-	風速 (m/s)	風向	風向 (方位)	潮位 (m)	漲退潮	波高 (m)	波向	波向 (方位)	週期 (s)	流速 (m/s)	流向	流向 (方位)
基隆港	6.45 [4級]		北北東	0.99		0.8		北北東	7	0.04		東南東
觀測時間		14:50		15:18			14:00				14:00	
蘇澳港	--		-	1.35		1.28		東北東	7.2	0.11		南南西
觀測時間		-		15:18			14:00				14:00	
花蓮港	2.96 [2級]		東北東	0.90		1.07		東	8.2	0.31		西南西
觀測時間		15:00		15:12			14:00				14:00	
臺中港	9.32 [5級]		北北東	2.18		1.56		北北東	5.9	0.39		西南西
觀測時間		15:00		15:18			14:00				14:00	
高雄港	1.78 [2級]		北	0.87		0.85		西	6.8	0.50		東南
觀測時間		15:00		15:18			14:00				14:00	
臺北港	8.62 [5級]		東北	1.05		-		-	-	-		-
觀測時間		15:20		15:18			-				-	
布袋港	6.81 [4級]		北北西	0.93		0.51		北	6.9	0.50		南
觀測時間		15:20		15:18			14:00				14:00	
安平港	7.2 [4級]		北	-		0.48		北	7.1	0.18		南南東
觀測時間		15:20		-			13:00				13:00	
馬祖南竿	--		-	-1.83		-		-	-	-		-
觀測時間		-		15:18			-				-	
馬祖莒光	5.56 [4級]		北	-		-		-	-	-		-
觀測時間		15:20		-			-				-	
馬祖東引	--		-	-1.84		0.28		西	6.7	0.08		西北
觀測時間		-		15:18			14:10				14:10	

圖 3.66 觀測資訊-商港，海象資料綜合表

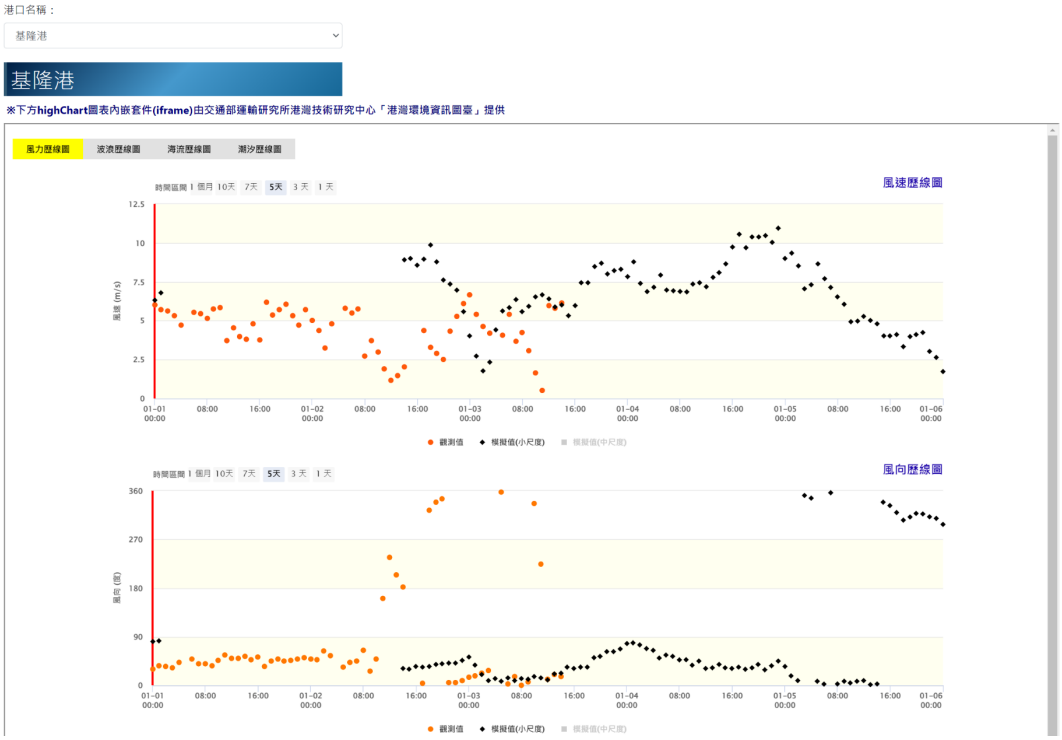


圖 3.67 觀測資訊-商港，展示海象資料歷線圖

2.海域

自 100 年起本所透過簽署合作備忘錄及換文方式，與中央氣象局、經濟部水利署、海洋中心等單位合作介接海象資料，合作推廣海氣象資訊服務，建置全國性海象觀測資料整合資料庫，每日定時透過即時觀測資料轉入程式再匯入至全國海象資料庫，資料介接架構圖如圖 3.68 所示。在網頁呈現上則依臺灣地理環境位置劃分為 12 海域，分別為北端海域、北苗海域、宜蘭海域、花蓮海域、臺東海域、屏東海域、高雄海域、嘉南海域、中雲海域以及澎湖海域、金門海域、馬祖海域，分別展示各海域近 5 日內最大風速、最大示性波高與最大流速等，讓使用者可以快速閱讀到近日海氣象狀況，透過右側的面版(風力、波浪與海流)可切換其值；網頁的第二個區塊是各海域的觀測綜合表，透過點選地圖上的各海域名稱，可切換此綜合表的海域測站列表；網頁的第三個區塊是風力、潮汐、波浪與海流的歷線圖，如圖 3.69～圖 3.71 所示。

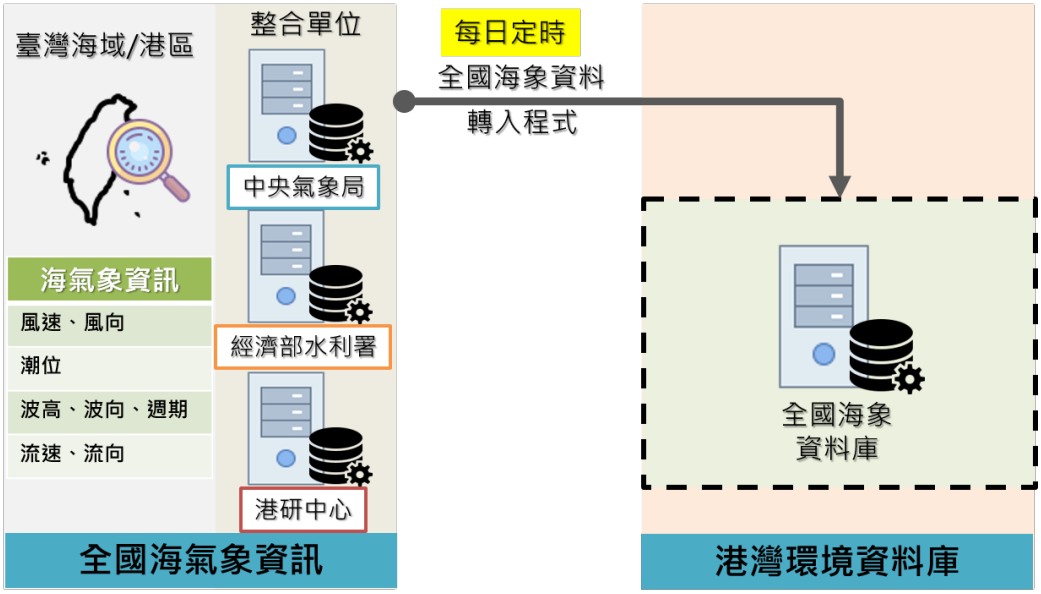


圖 3.68 全國海象資料架構圖



圖 3.69 觀測資訊-海域，展示各海域近 5 日海象最大值



圖 3.70 觀測資訊-海域，展示北端海域海象綜合表

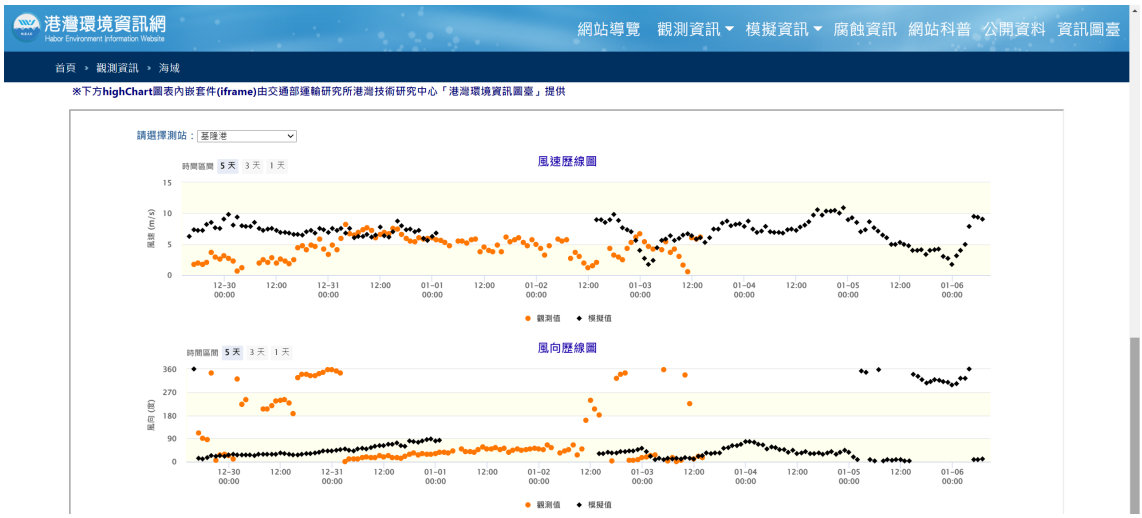
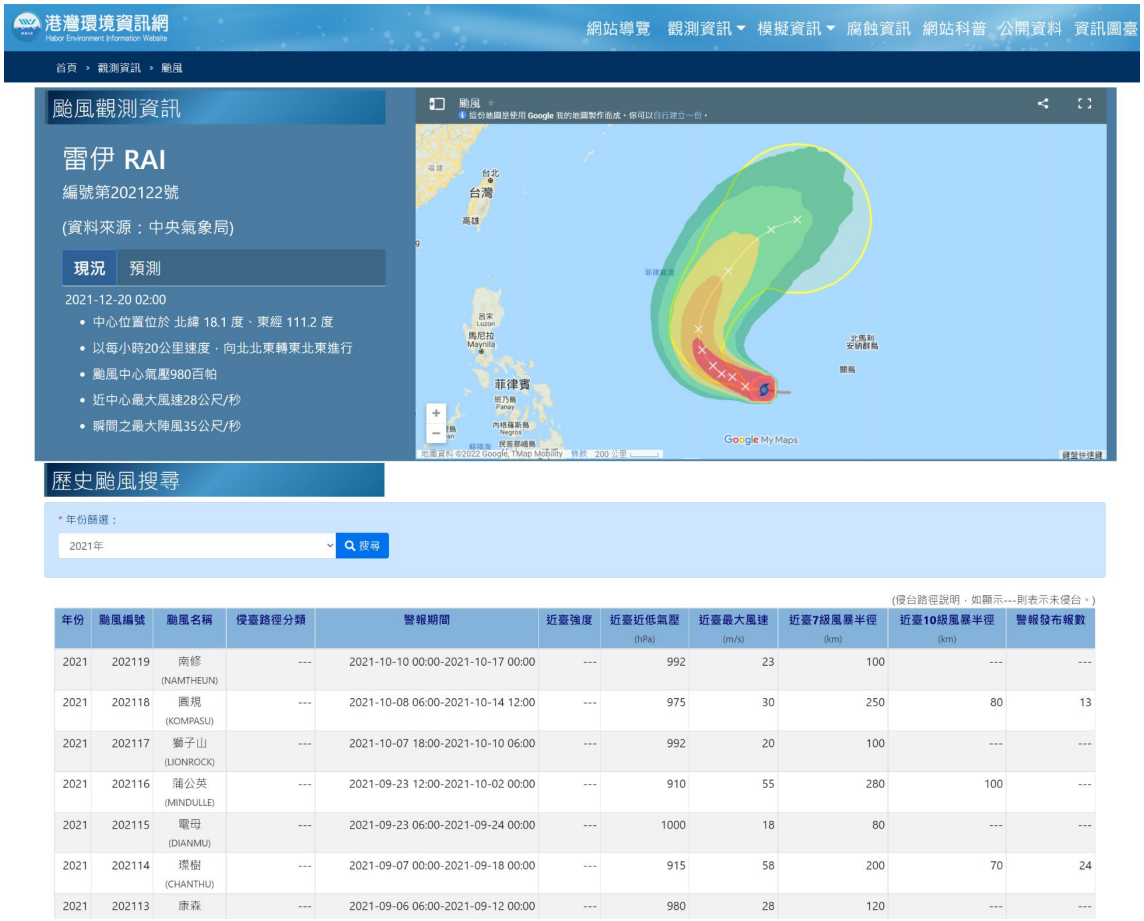


圖 3.71 觀測資訊-海域，展示北端海域海象歷線圖

3.颱風

本系統的颱風資訊由前述機制取得資料，並提供颱風觀測資訊及歷史颱風搜尋功能供使用者瀏覽及查詢使用，如圖 3.72 所示。



年份	颱風編號	颱風名稱	侵臺路徑分類	警報期間	近臺強度	近臺近低氣壓 (hPa)	近臺最大風速 (m/s)	近臺7級風暴半徑 (km)	近臺10級風暴半徑 (km)	警報發布報數
2021	202119	南修 (NAMTHEUN)	---	2021-10-10 00:00-2021-10-17 00:00	---	992	23	100	---	---
2021	202118	圓規 (KOMPASU)	---	2021-10-08 06:00-2021-10-14 12:00	---	975	30	250	80	13
2021	202117	獅子山 (LIONROCK)	---	2021-10-07 18:00-2021-10-10 06:00	---	992	20	100	---	---
2021	202116	蒲公英 (MINDULLE)	---	2021-09-23 12:00-2021-10-02 00:00	---	910	55	280	100	---
2021	202115	電母 (DIANMU)	---	2021-09-23 06:00-2021-09-24 00:00	---	1000	18	80	---	---
2021	202114	璨樹 (CHANTHU)	---	2021-09-07 00:00-2021-09-18 00:00	---	915	58	200	70	24
2021	202113	康森	---	2021-09-06 06:00-2021-09-12 00:00	---	980	28	120	---	---

圖 3.72 觀測資訊-颱風

4.地震

此區塊介接本所港區地震災後速報系統建置之井下地震儀測站，每日定時透過地震資料匯入程式，將港區井下地震儀相關資訊分別匯入至地震資料庫，介接架構圖如圖 3.73 所示，提供臺北港、臺中港、布袋港、安平港、蘇澳港及高雄港之近期地震、歷史地震資訊之查詢功能，並將港區地震相關資訊整合至網頁進行展示，並提供近期地震資訊及歷史地震搜尋功能供使用者瀏覽及查詢使用如圖 3.74、圖 3.75 所示。

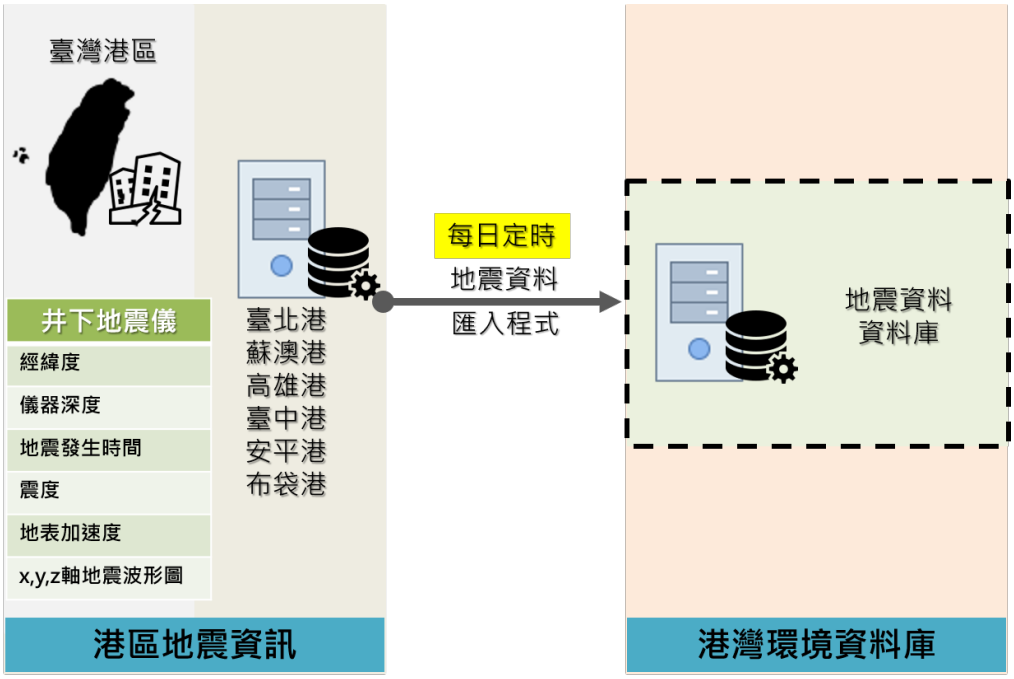


圖 3.73 介接港區地震測站資料架構圖



圖 3.74 觀測資訊-地震，近期地震資訊

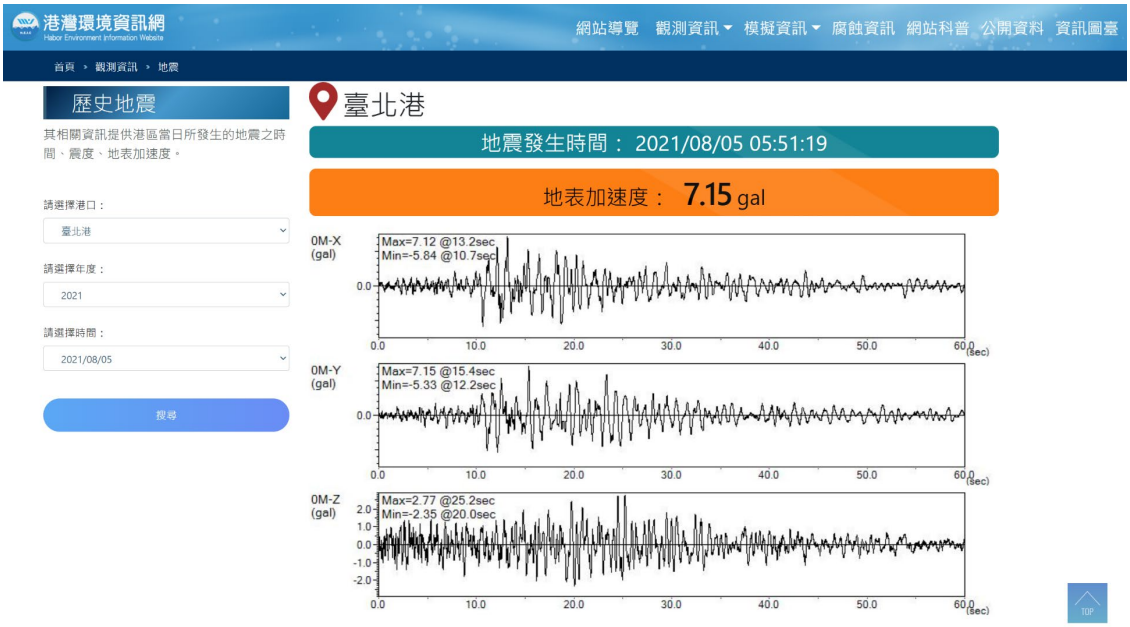


圖 3.75 觀測資訊-地震，歷史地震查詢

二、模擬資訊

模擬資訊主要來自本所發展「臺灣近岸海象預測系統(TaiCOMS)」之模擬資料，透過不同尺度的數值模式，提供 9 個主要商港與臺灣周圍 12 海域每日 72 小時(昨日、今日與明日)之風場、波浪、水位及流場之海象數值模擬資訊，結合上述商港、海域海象觀測資料，即時展示在資訊網上綜合表、相關歷線圖及平面圖，另外提供海嘯模擬資訊，分述如下。

1. 商港

海氣象數值模擬資料介接作業，每日定時由模擬資料同步程式，複製臺灣近岸海象預報系統之相關資料(文字檔和圖片檔)，同步的資料會儲存於海情伺服器的硬碟，將海象預報系統產出之海氣象數值資料(風力、潮位、波浪、海流)分別匯入至港灣環境資料庫，如圖 3.76 所示，並將各港口模擬資訊整合至網頁進行展示，如圖 3.77～圖 3.79 所示。

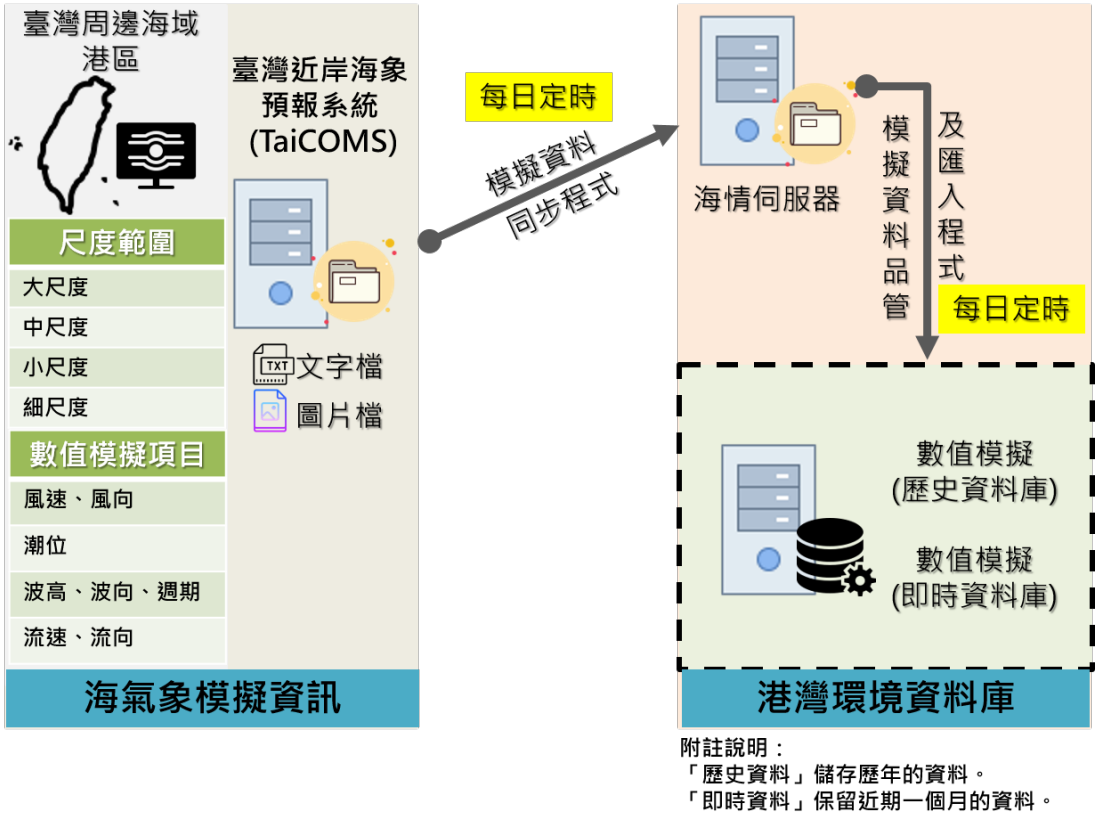


圖 3.76 介接海氣象模擬資料架構圖



圖 3.77 模擬資訊-商港，海象頁面示意圖



模擬時間 2022-01-04 11:00

後一小時 後二小時 後三小時

港口名稱	風力			潮汐		波浪				海流		
-	風速 (m/s)	風向	風向 (方位)	潮位 (m)	漲退潮	波高 (m)	波向	波向 (方位)	週期 (s)	流速 (m/s)	流向	流向 (方位)
基隆港	7.59 [4級]		東北東	–		1.48		東北	5.5			
模擬時間		11:00					11:00					
蘇澳港	5.55 [4級]		西北西	–		1.21		東	5.5			
模擬時間		11:00					11:00					
花蓮港	0.92 [1級]		北北東	–		0.89		東	5.8			
模擬時間		11:00					11:00					
高雄港	3.6 [3級]		西北	-0.21		0.56		西北	5	0.08		南南東
模擬時間		11:00		11:00			11:00				11:00	
臺中港	7.45 [4級]		北北東	–		2		北	6			
模擬時間		11:00					11:00					
臺北港	5.76 [4級]		東北東	–		1.06		北北東	4.8	0.12		西南西
模擬時間		11:00					11:00				11:00	
安平港	1.95 [2級]		北	–		0.5		西北	5.1			
模擬時間		11:00					11:00					
布袋港	4.04 [3級]		北	0.64		0.98		北北西	3.6	0.08		北北西
模擬時間		11:00		11:00			11:00				11:00	
澎湖	7.38 [4級]		北北東	0.04		0.38		東南東	3.4	0.15		東北
模擬時間		11:00		11:00			11:00				11:00	
馬祖南竿	8.2 [5級]		北北東	2.43				-				
模擬時間		11:00		11:00								
馬祖東莒	9.45 [5級]		北北東	2.32				-				
模擬時間		11:00		11:00								
馬祖東引	8.61 [5級]		北北東	2.22				-				
模擬時間		11:00		11:00								

圖 3.78 模擬資訊-商港，海象模擬綜合表

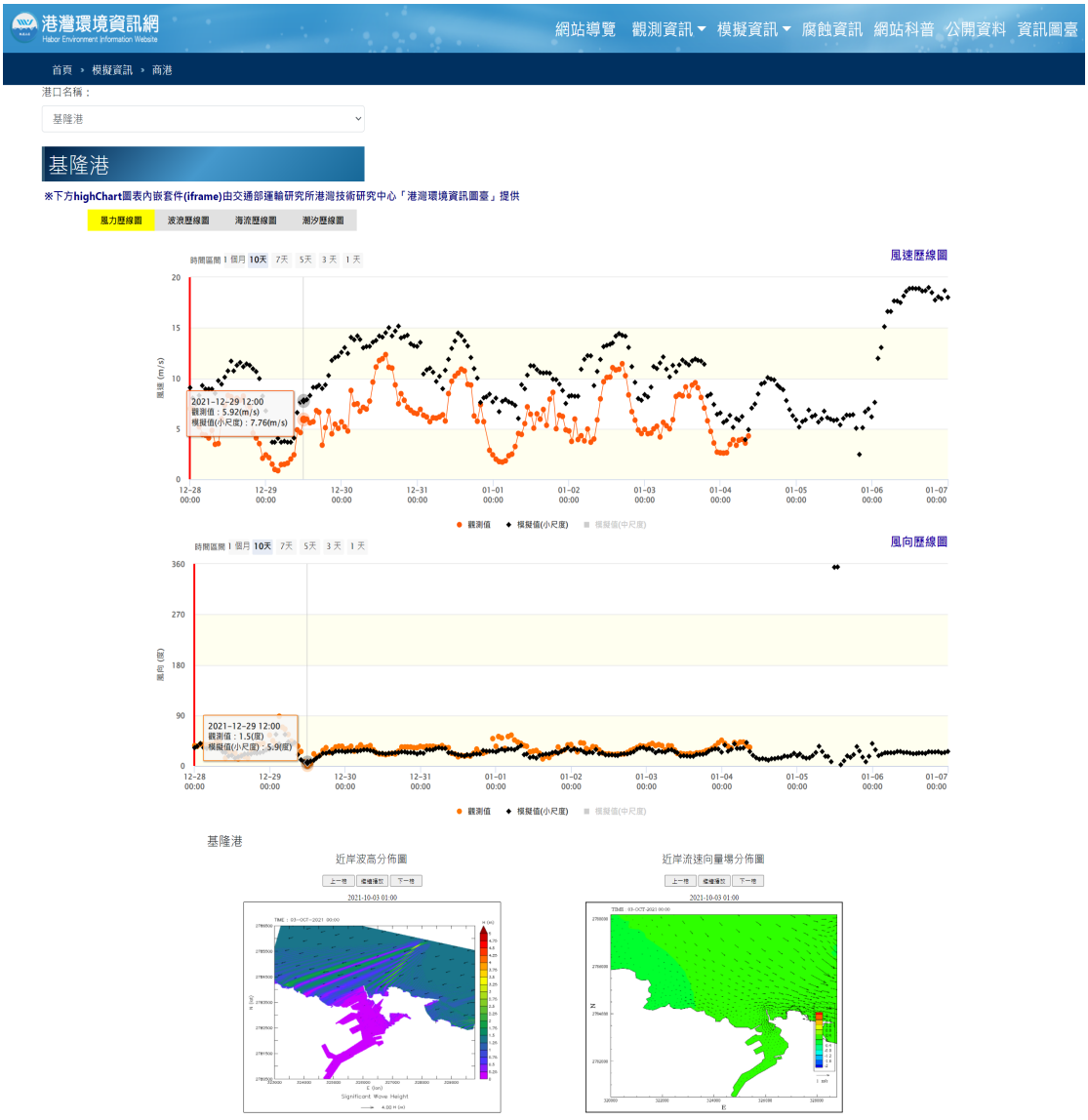


圖 3.79 模擬資訊-商港，模擬港區波高、流場平面圖

2.海域

展示 TaiCOMS 產出之各式模擬結果，包括未來 48 小時的風速向量場分布圖(WRF)、波高分布圖、波浪週期分布圖與中尺度暴潮模式流速向量場分布圖，讓使用者可針對未來的海氣象變化預先做準備，如圖 3.80 所示。



圖 3.80 模擬資訊-海域頁面示意圖

3.海嘯

展示 TaiCOMS 之海嘯模組產製模擬結果，資料介接架構如圖 3.81 所示。網頁提供近期海嘯、歷史海嘯資訊之查詢功能，如圖 3.82 所示。

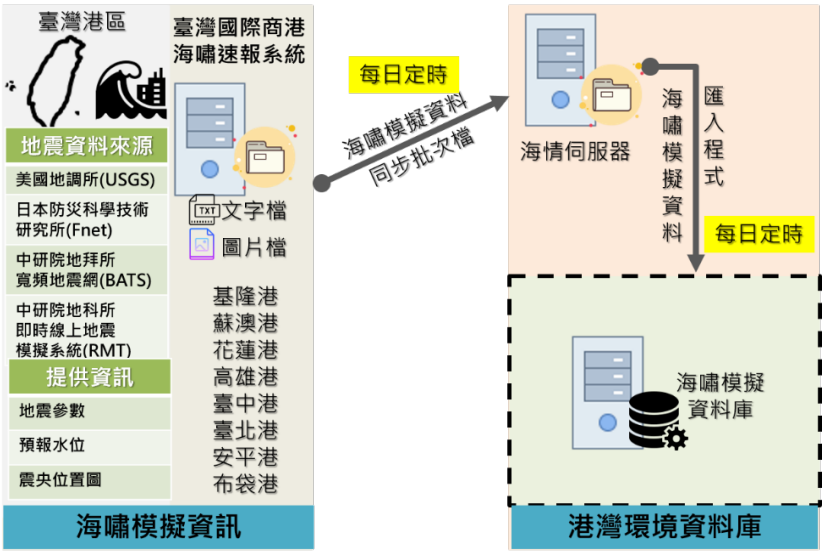


圖 3.81 介接海嘯模擬資料架構圖

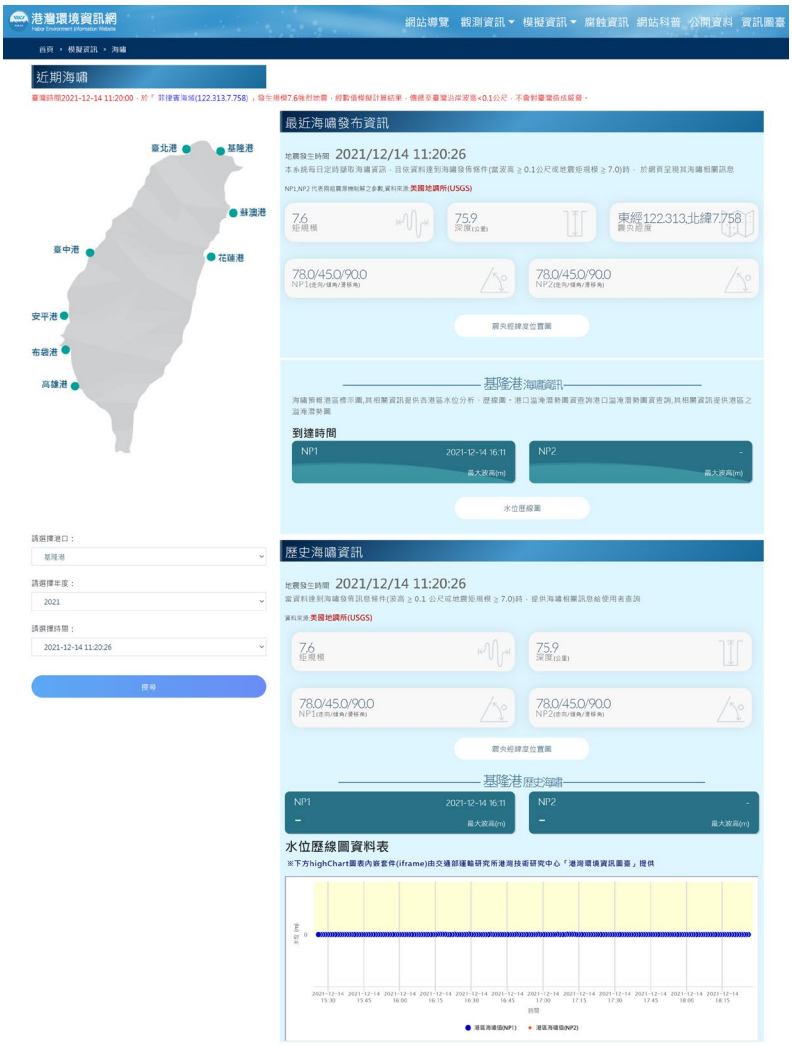


圖 3.82 模擬資訊-海嘯

三、腐蝕資訊

介接本所港區腐蝕資料庫，透過大氣腐蝕資料同步程式將試驗點腐蝕監測項目包括氣象資料相對溼度、氯鹽(C1-)與二氧化硫(S02)沉積量之調查，以及現地暴露試驗，針對碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬之試驗資料，分別匯入至港灣環境資料庫，資料介接架構如圖 3.83 所示，並將港區腐蝕相關資訊整合至網頁進行展示，如圖 3.84 所示。

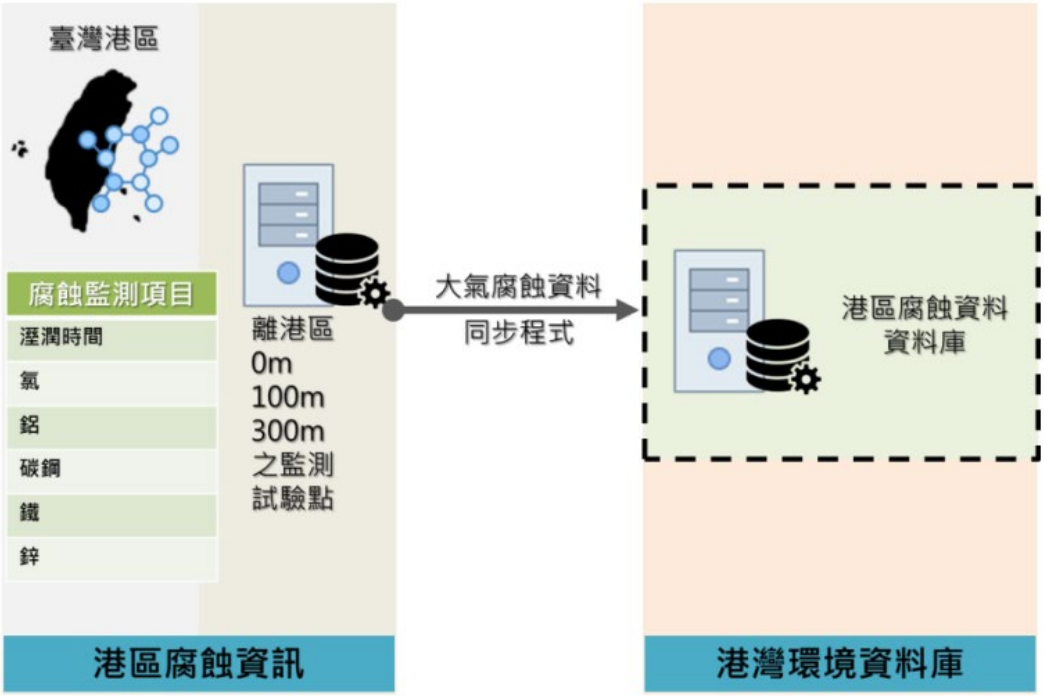


圖 3.83 介接港區腐蝕試驗點資料架構圖



圖 3.84 腐蝕資訊

四、網站科普

此部分為說明本網頁展示之數據的資料蒐集方法，如圖 3.85 所示，內容包含海氣象觀測、地震、海氣象模擬、海嘯、大氣腐蝕與水下腐蝕等主題，展開主題後有更詳細的說明。



圖 3.85 網站科普

五、公開資料

提供本所港研中心於 108 年至 110 年間出版之《港灣環境資訊網海氣象觀測資料年報》系列等數本研究報告，以及 OpenData 的連結網址，如圖 3.86 所示。



圖 3.86 公開資料

3.3.3 港灣環境資訊圖臺

「港灣環境資訊圖臺(網址為 https://isohegis.ihmt.gov.tw)」，藉由 Web GIS 將現場觀測與海氣象模擬資料整合顯示，系統使用開放源 OpenLayer 為展示平台，底圖介接內政部國土測繪中心電子地圖與正射影像，以及開放源 OpenStreetMap，讓使用者可以透過地圖服務快速掌握相關資訊，並採用 RWD 網頁開發設計，無論使用電腦、平版或手機都能夠獲得最佳的使用畫面，如圖 3.87 所示。

為使圖臺的呈現更加吸引使用者，利用開放源 WindLayer.js 元件，以粒子特效顯示風向、波向、流向，並透過 TaiCOMS 系統產製之海氣象模擬資料為 ASCII 之文字檔案，為了能夠符合圖台所需的格式，以轉換程式將檔案轉換成 JSON 格式，如圖 3.88 所示，此外也將其網格資料以開放源 GMT(v6)繪製該時刻的色階渲染圖，如圖 3.89 所示，以利套疊在圖台上展示使用。

港灣環境資訊圖臺首頁如圖 3.90 所示，右側為功能選單，左側呈現測站告警氣泡資訊，預設畫面呈現港區風速與風向觀測資訊，並以箭頭顯示觀測資料的方向，功能架構如表 3-14 所示。模擬圖層，可切換模擬資料(風力、波浪、海流及潮位)的呈現，同時顯示色階圖與粒子特效，於地圖中任意點選位置，採用旗幟顯示該點之模擬值資訊，圖 3.91 為風速色階圖與風向(粒子移動)，圖 3.92 為波高色階圖與波向(粒子移動)，圖 3.93 為流速色階圖與流向(粒子移動)，圖 3.94 為潮位色階圖，另透過左下角之時間軸呈現動態播放。分布圖圖層，可切換套疊各式數值模擬(平面分布圖)，圖 3.95 為風速向量場分布圖、圖 3.96 為波高分布圖、圖 3.97 為波浪週期分布圖與圖 3.98 為中尺度暴潮模式流速向量場分布圖，另透過左下角之時間軸呈現動態播放。



圖 3.87 港灣環境資訊圖臺採用 RWD 網頁



圖 3.88 轉換程式

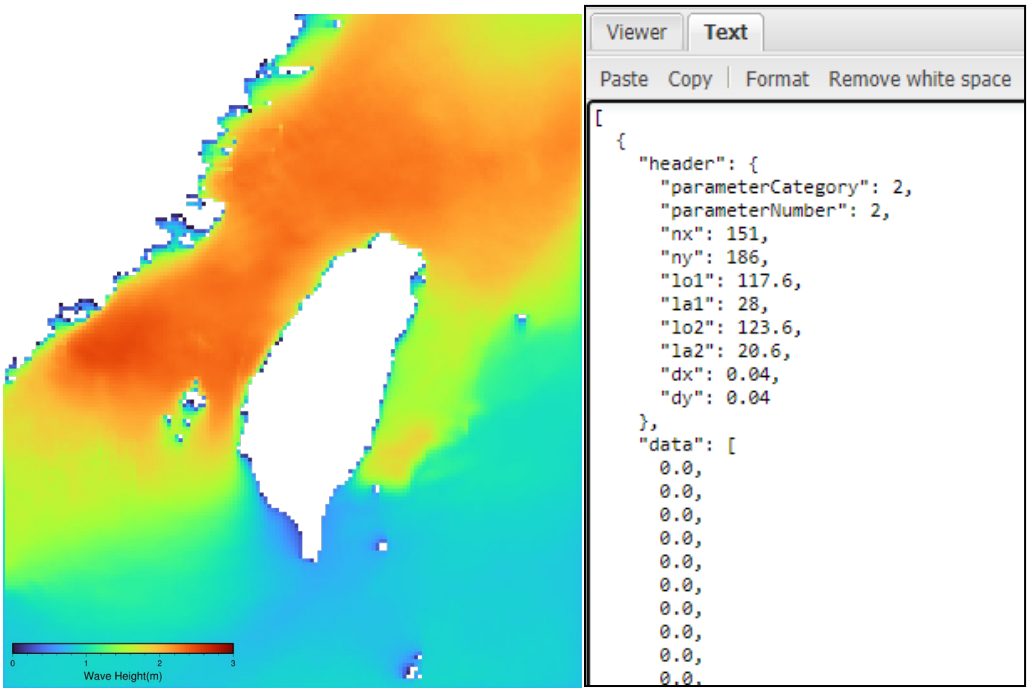


圖 3.89 轉換 JSON 格式檔案與色階渲染圖



圖 3.90 港灣環境資訊圖臺首頁

表 3-14 港灣環境資訊圖臺功能架構

主選單	次選單
觀測資訊	1.風力　　2.潮汐 3.波浪　　4.海流
數值模擬 (色階圖與粒子動畫)	1.風速/風向　　2.波高/波向 3.流速/流向　　4.潮位
數值模擬 (平面分布圖)	1.風速向量場分布圖 2.波高分布圖 3.波浪週期分布圖 4.中尺度暴潮模式流速向量場分布圖
開放資料介接	1.氣象雲圖 2.雷達回波圖 3.溫度分布 4.累積雨量 5.紫外線指數 6.空氣品質測站 AQI 7.空氣品質測站 PM2.5
颱風資料庫	1.近期颱風 2.歷史颱風
腐蝕環境資料庫	1.螺旋狀金屬腐試驗(色階圖) (1)碳鋼腐蝕速率(2)鋅腐蝕速率(3)銅腐蝕速率 (4)鋁腐蝕速率(5)濕潤時間百分比(6)氯沉積速率 (7)二氧化硫沉積速率 2.試驗地點 (1)氯鹽沉積速率(2)二氧化硫沉積速率 (3)水下腐蝕速率(4)大氣板狀金屬腐蝕試驗 (5)大氣螺旋金屬腐蝕試驗
底圖來源	1.底圖 (1)國土測繪中心-通用電子地圖 (2)國土測繪中心-通用電子地圖(灰階) (3)國土測繪中心-正射影像(混和) (4)OpenStreetMap 2.港區範圍圖 (1)基隆港整體規劃(110 年) (2)臺北港整體規劃(110 年) (3)臺中港整體規劃(110 年) (4)安平港整體規劃(110 年) (5)高雄港整體規劃(110 年) (6)花蓮港整體規劃(110 年) (7)蘇澳港整體規劃(110 年)

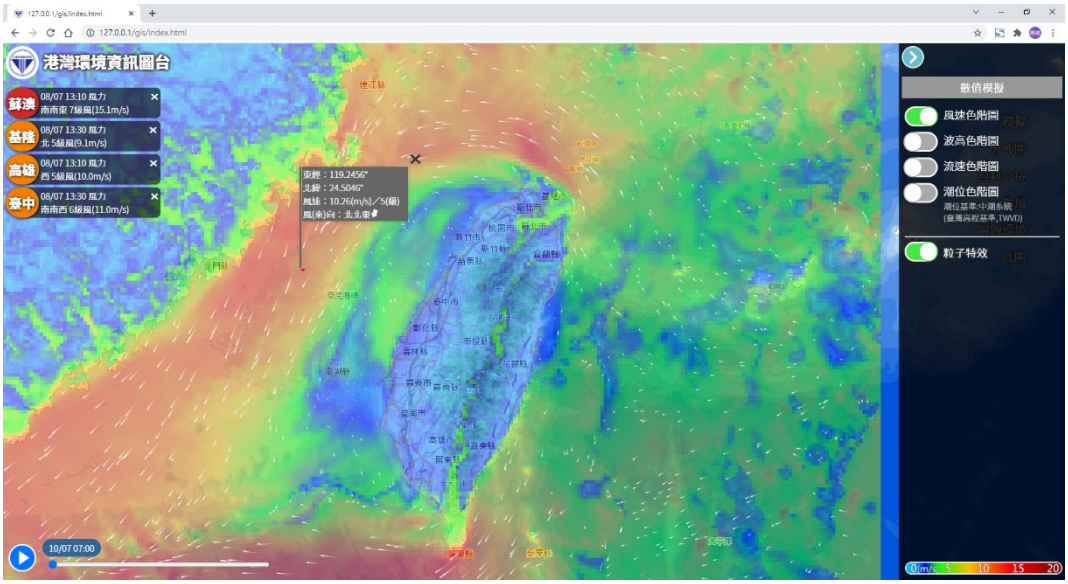


圖 3.91 港灣環境資訊圖臺-數值模擬風速色階圖

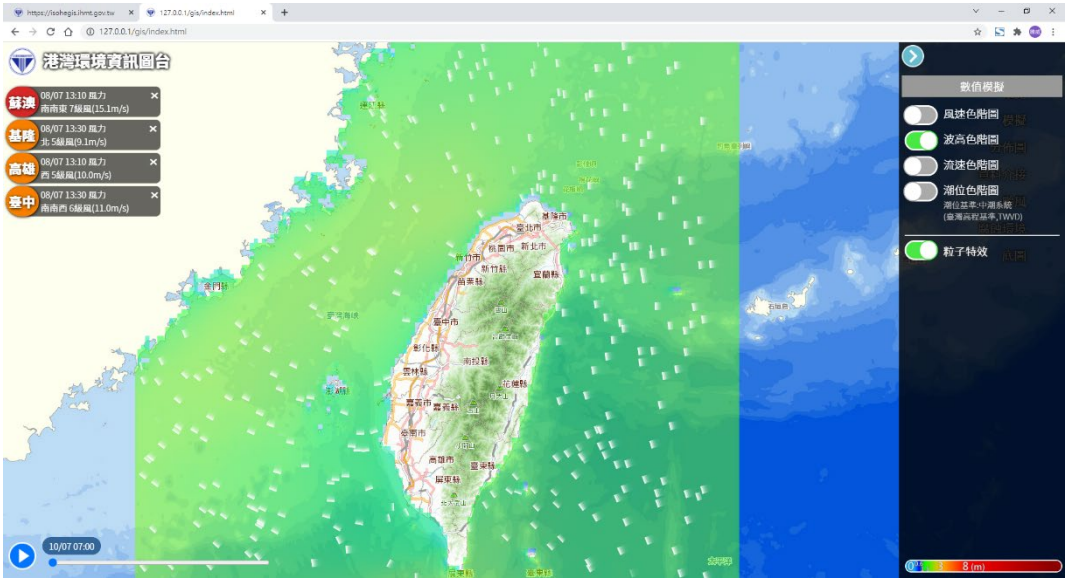


圖 3.92 港灣環境資訊圖臺-數值模擬波高色階圖

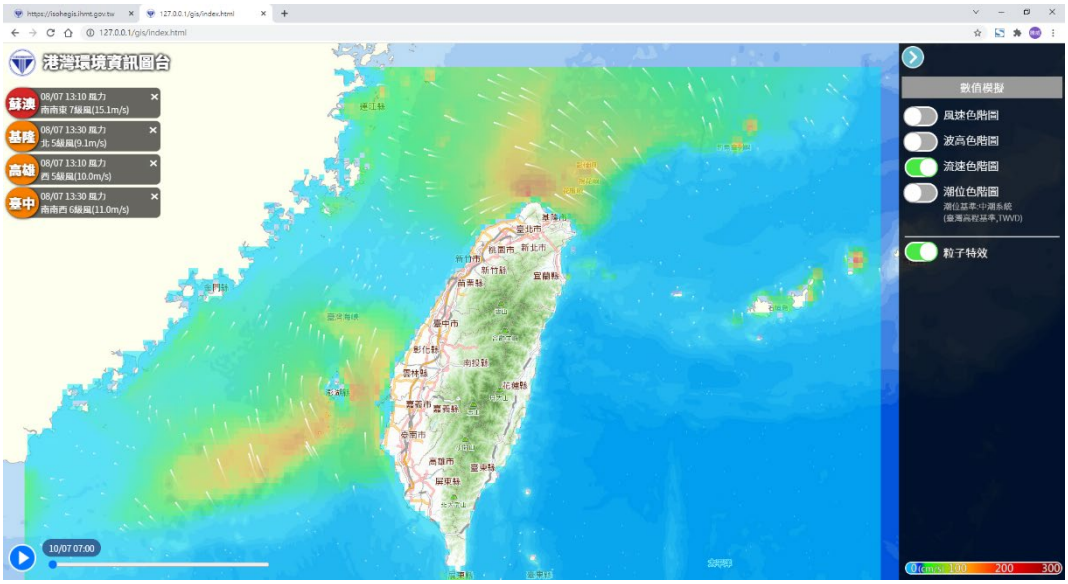


圖 3.93 港灣環境資訊圖臺-數值模擬流速色階圖

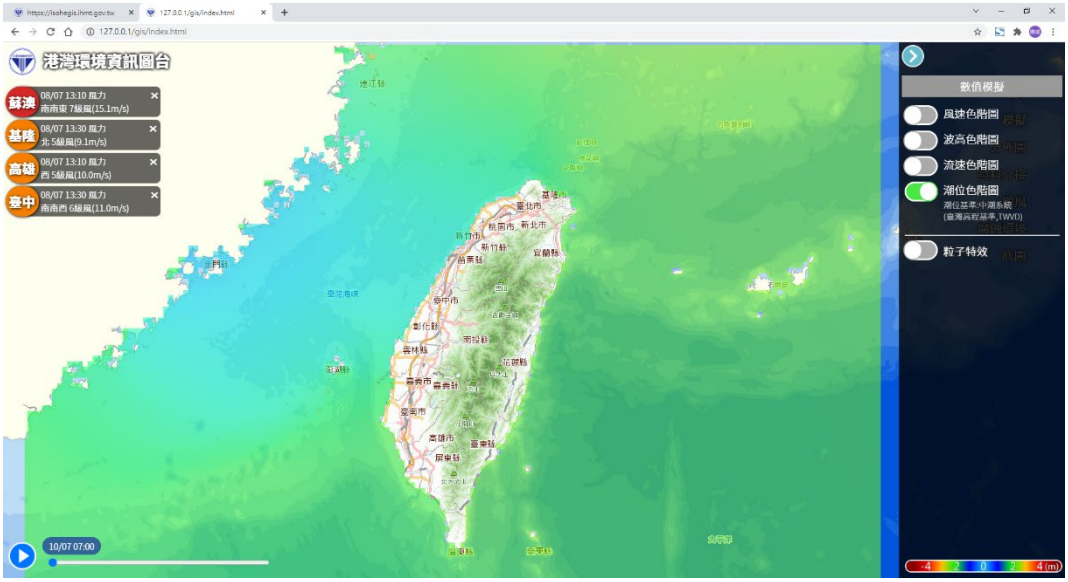


圖 3.94 港灣環境資訊圖臺-數值模擬潮位色階圖

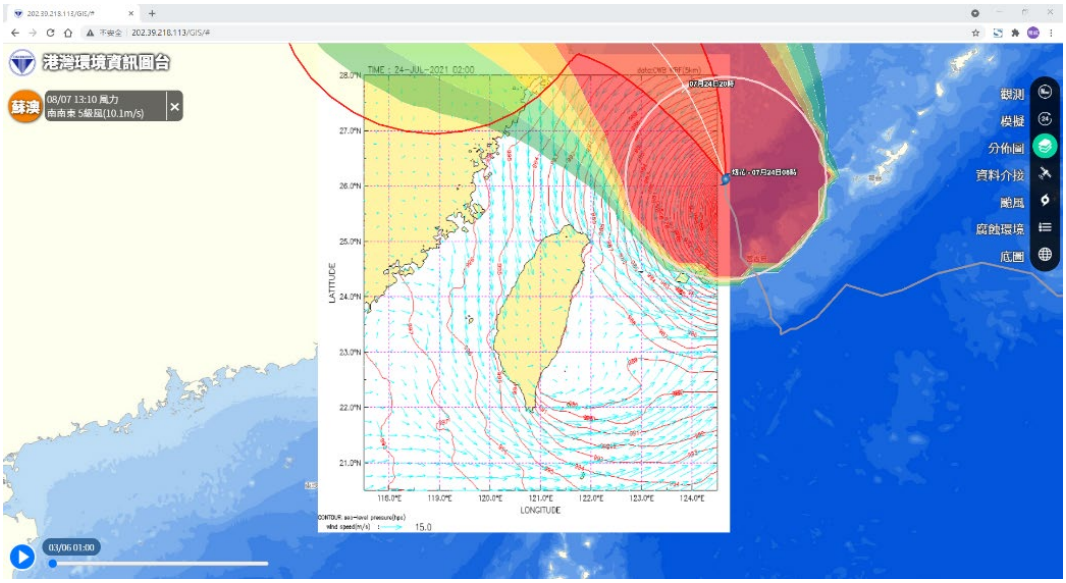


圖 3.95 港灣環境資訊圖臺-風速向量場分布圖

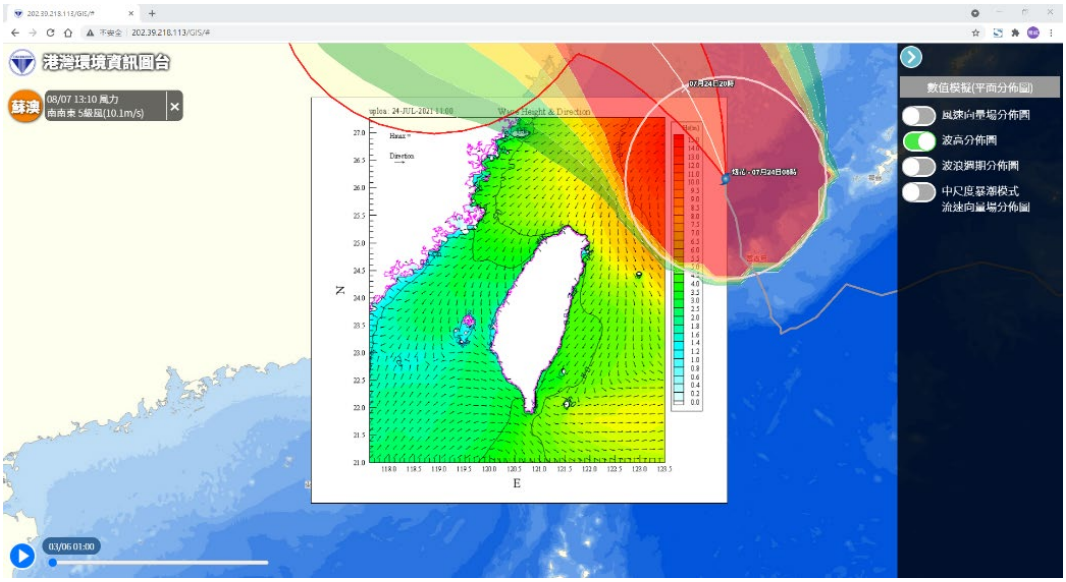


圖 3.96 港灣環境資訊圖臺-波高分布圖

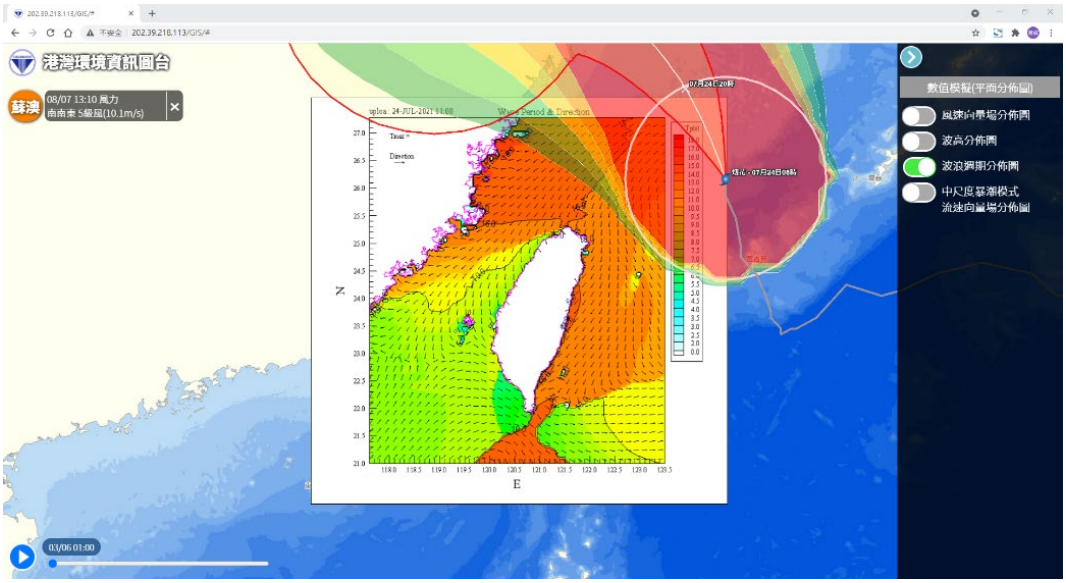


圖 3.97 港灣環境資訊圖臺-波高週期分布圖

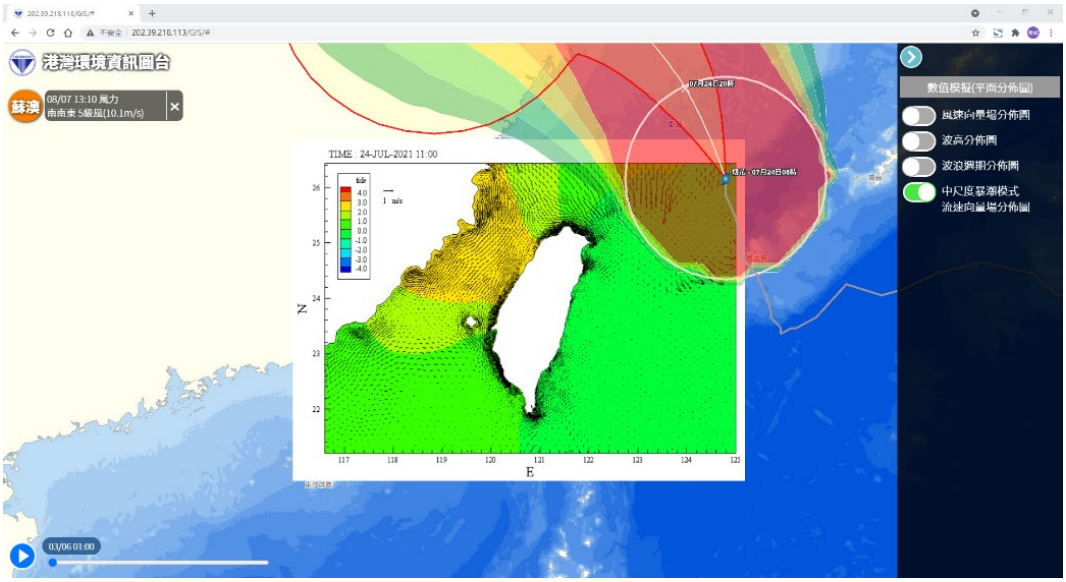


圖 3.98 港灣環境資訊圖臺-中尺度暴潮模式流速向量場分布圖

第四章 海象模擬作業化系統新建模組

4.1 北端海域海象模組建置

本項工作為針對北端海域(富貴角向東延伸至三貂角間海岸區域)建置合適的風浪模組及水動力模組(中小尺度)，並應用基隆港波浪、水位及海流等觀測資料校驗。港研中心 TaiCOMS 針對海象模擬已建置臺海風浪模擬子系統及水動力模擬子系統，因此，本項工作將在既有的基礎下，增建北端海域風浪模組及水動力模組。

4.1.1 北端海域風浪模組建置及驗證

本計畫將依據 TaiCOMS 臺海風浪模擬子系統架構及作業化模擬流程，如圖 4.1 所示，在近海風浪模組建構適合北端海域的風浪模組(中小尺度)，與遠域風浪模組(大尺度)及近域風浪模組(中尺度)構成 3 層巢狀網格，執行本計畫北端海域風浪模擬作業，並納入臺海風浪模擬子系統提供港灣環境資訊網細緻化的風浪模擬資訊。

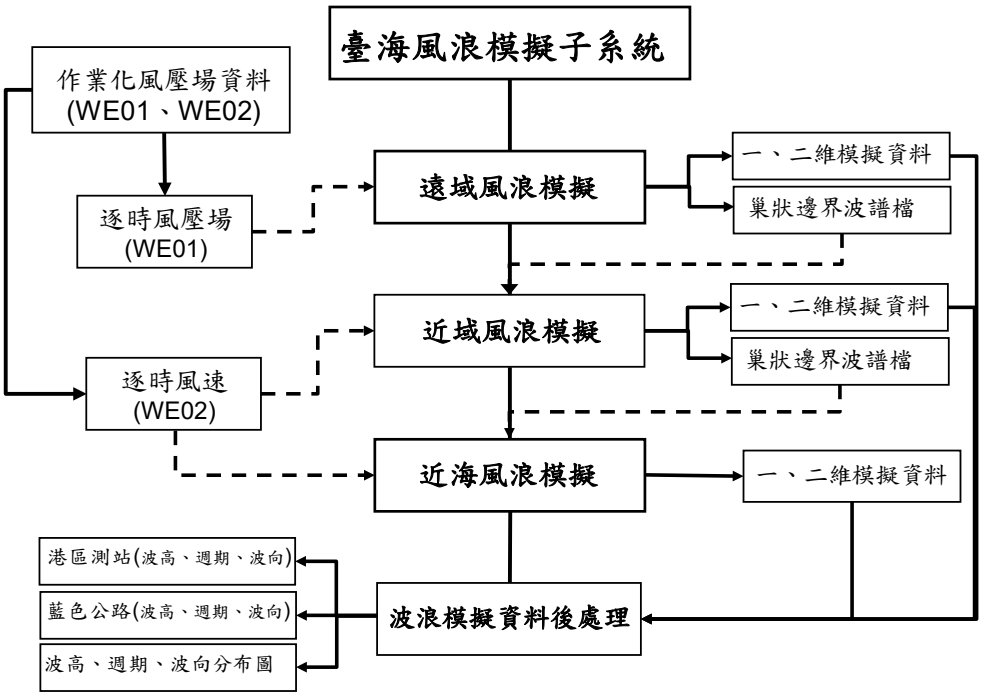


圖 4.1 臺海風浪模擬系統之架構及模擬流程圖

一、數值計算網格建置

針對北端海域風浪模擬規劃遠域、近域及近海三層巢狀網格範圍，如圖 4.2 所示；遠域風浪模組模擬範圍涵蓋西太平洋北緯 10°至 35°，東經 110°至 145°之海域；近域風浪模組模擬範圍為涵蓋臺灣周圍海域北緯 20.6°至 28.0°，東經 117.6°至 123.6°之海域；北端海域風浪模組模擬範圍為北緯 24.24°至 25.12°，東經 121.64°至 122.00°之海域，如圖 4.3 所示。基於風浪模式 WAM 及 SWAN 採用的數值計算網格為矩形網格，本計畫規劃的各層巢狀網格之建置資訊，如表 4-1 所列；表中遠域、近域及近海網格解析度分別為 0.2°、0.04°及 0.008°，各層網格數分別為 176×126、151×186 及 126×121。網格原點(1,1)定義為模擬範圍之左下角，座標系統採用經緯度。

遠域風浪模組(大尺度)網格水深資料建置來源為 ETOPO1 地形水深資料，近域風浪模組(中尺度)網格水深資料來源為 ETOPO1、海科中心公布的 500m 及 200m 網格數值地形水深資料(如表 4-2 所列)；北端海域風浪模組網格水深資料來源為海科中心公布的 200m 網格數值地形水深資料及內政部海域水深測量資料。此外，本計畫配合風浪模式 WAM 及 SWAN 程式之需求，重新定義網格水深資料為正值，陸地高程為負值，並宣告陸地高程小於-10m 為非計算格點。

表 4-1 本計畫遠域、近域及近海三層巢狀網格建置之資訊表

網格名稱	範圍		解析度 (°)	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	110.0/145.0	10.0/35.0	0.2	176×126
近域風浪模組	117.6/123.6	20.60/28.0	0.04	151×186
北端海域風浪模組	121.40/122.40	23.28/24.24	0.008	126×121

表 4-2 海科中心臺灣周圍海域數值水深網格資料表

數值水深格式	範圍		解析度 (m)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 最小值/最大值		
Taidp500m	117.0/125.0	18.0/27.0	500	1601×1801
Taidp200m	119.0/123.0	21.0/26.0	200	2001×2501

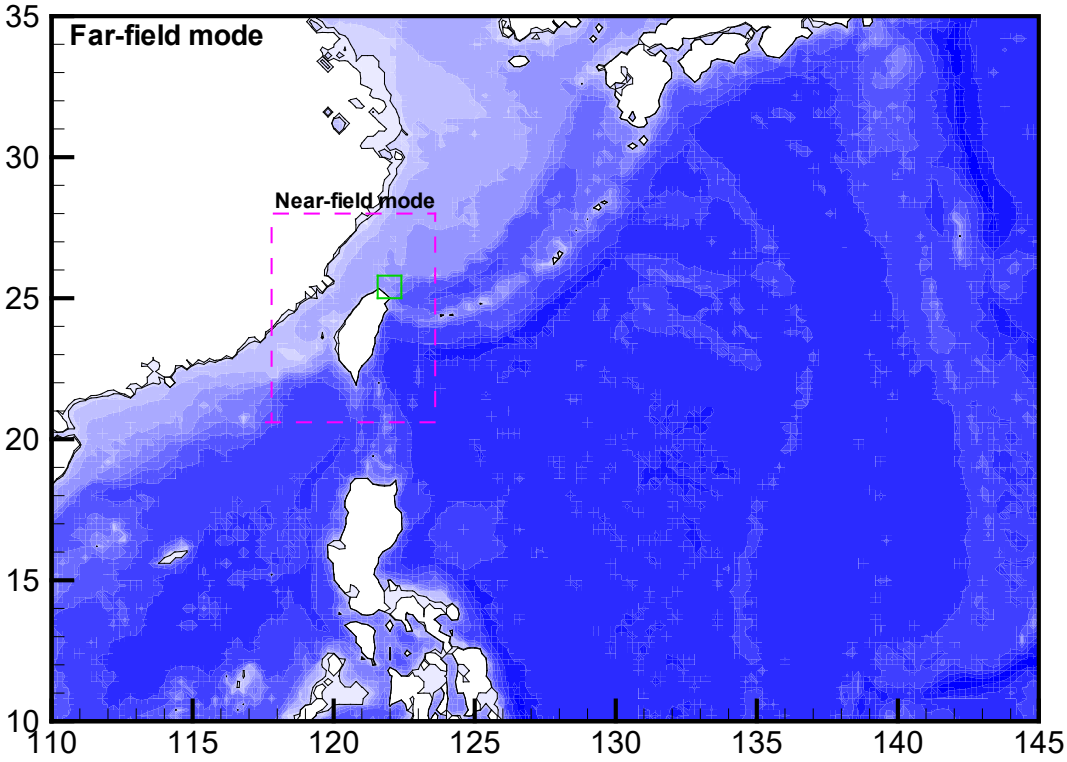


圖 4.2 北端海域風浪模擬三層巢狀網格模擬範圍圖

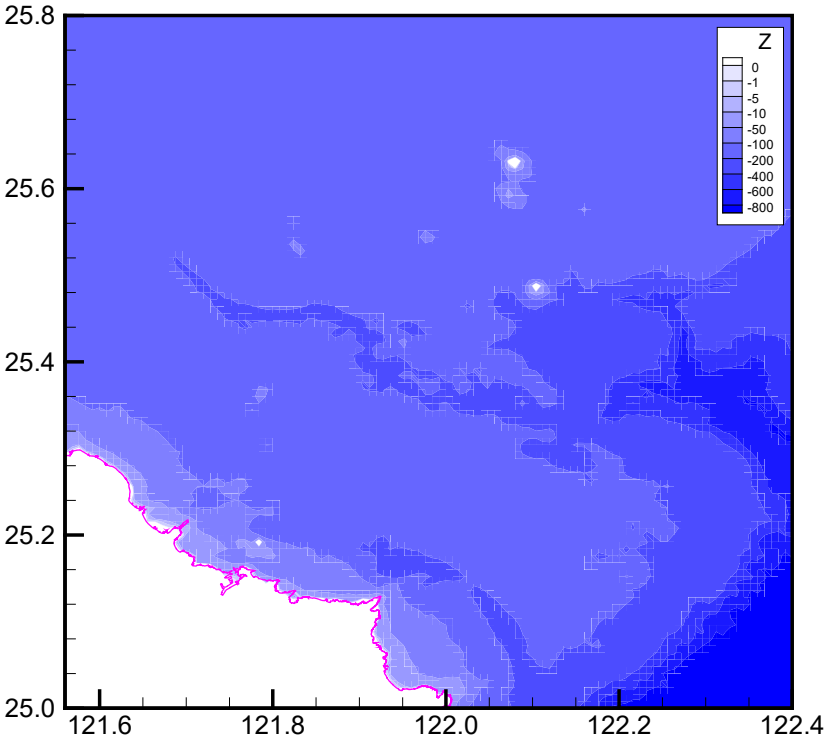


圖 4.3 北端海域風浪模組之模擬範圍及水深分布圖

二、風場資料

本計畫風浪模擬採用的風場資料為 TaiCOMS 風壓場處理系統產出的每日 4 報作業化逐時風壓場資料(WE01 及 WE02)，資料時間長度為 55 小時，風壓場網格資訊如表 4-3 所列。依據臺海風浪模擬子系統之設計，WE01 風壓場將提供遠域風浪模組使用，WE02 風壓場將提供近域風浪模組及北端海域風浪模組使用，如圖 4.1 所示。此處本計畫將透過風浪模擬作業化程式，分別將 WE01 及 WE02 風壓場資料轉換成風浪模式 WAM 及 SWAN 可讀取之風場資料格式檔。

表 4-3 作業化風場資料之網格資料表

風場格式	範圍		解析度(°)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 最小值/最大值		
WE01	105/150	10/40	1/6	271×181
WE02	116/125	20/29	1/30	271×271

三、初始條件

由臺海風浪模擬子系統設計的 SWAN 作業化模擬流程(如圖 4.4 所示)得知，本計畫北端海域風浪模擬初始條件區分為冷啟動狀態及熱啟動狀態。在冷啟動設定狀態下，本計畫初始條件將由 SWAN 採用穩態求解方式求得初始風浪場並輸出熱啟動檔，作為後續非穩態風浪模擬之初始條件。在熱啟動設定狀態下，初始風浪場係讀取前次風浪“追算”模擬結束前輸出之熱啟動檔。因此，本計畫設計的 SWAN 模擬流程，每報會執行 2 次非穩態模擬，其中第 1 次模擬稱為“追算"模擬，目的僅為產生下次模擬之初始風浪場(即熱啟動檔)；第 2 次模擬稱為“預測”模擬，目的為產生逐時預測之風浪場資料。在每日 1 報、全程計算 73 小時設計下，第 1 小時無執行計算，接著執行追算模擬 24 小時，執行預測模擬 48 小時；在每日 4 報、全程計算 55 小時設計下，第 1 小時無執行計算，接著執行追算模擬 6 小時，執行預測模擬 48 小時。

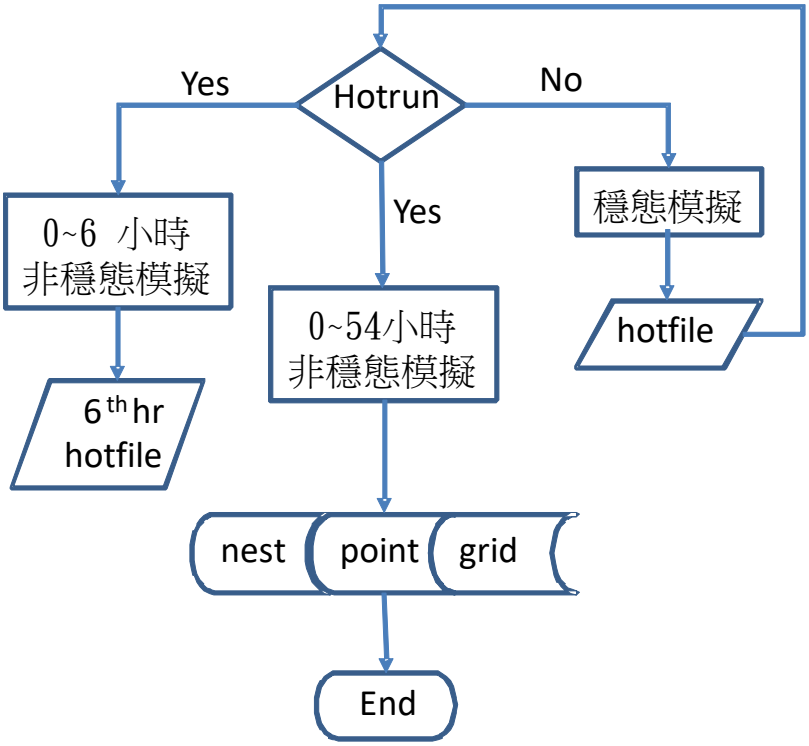


圖 4.4 風浪模式 SWAN 之模式執行架構及流程圖

4.1.2 北端海域水動力模組建置及驗證

本計畫將依據 TaiCOMS 臺海水動力模擬子系統架構及作業化模擬流程，如圖 4.5 所示，針對北端海域建構合適的水動力模組(中小尺度)，與中尺度暴潮模組結合執行本計畫北端海域水位及流場模擬，並納入臺海水動力模擬子系統提供港灣環境資訊網細緻化的水位及流場模擬資訊。

一、數值計算網格

針對北端海域水動力模擬，本計畫規劃的模擬範圍西起新北市三芝區富貴角海岸，東至瑞芳區鼻頭角海岸，如圖 4.6 所示；東西長約 43 公里，離岸邊界大致與基隆海岸平行，東側離岸距離約 20 公里，西側離岸距離約 17 公里。本計畫水動力模式採用的數值計算方法為有限元素法，模型網格型態為三角形元素建構之非結構性網格，計有 2,610 個節點及 4,745 個三角形元素，如圖 4.7 所示，模型在基隆港區之非結構性網格分布情形，如圖 4.8 所示。

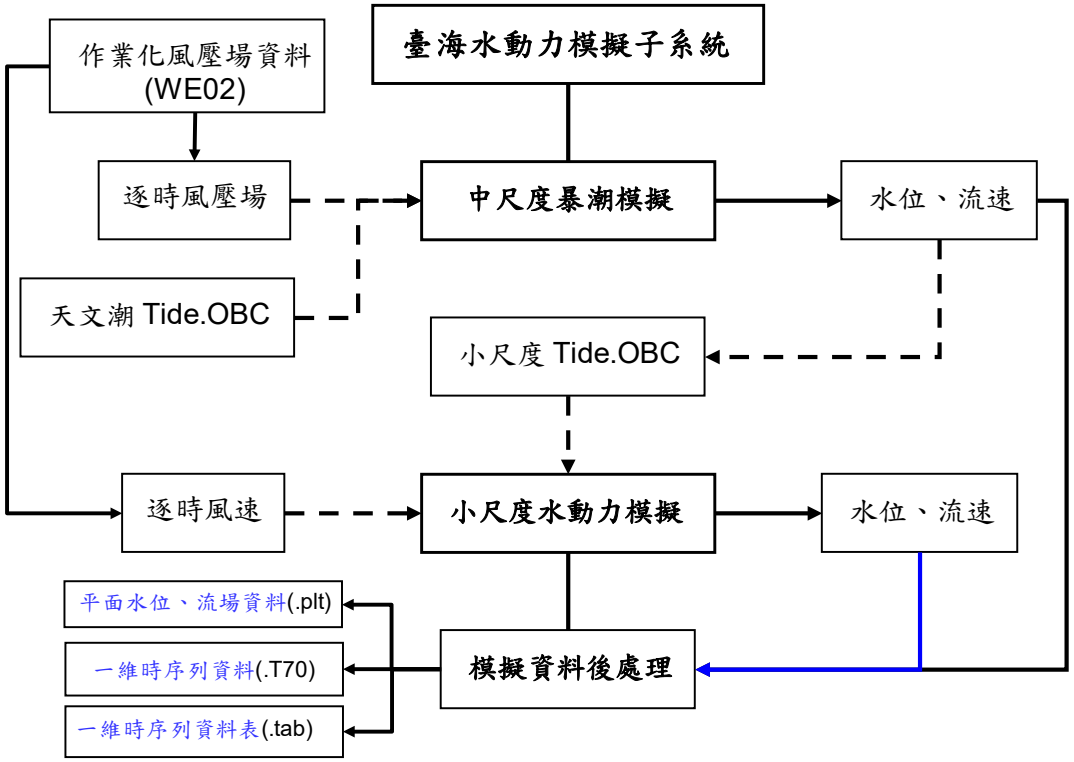


圖 4.5 臺海水動力模擬系統之架構及模擬流程圖

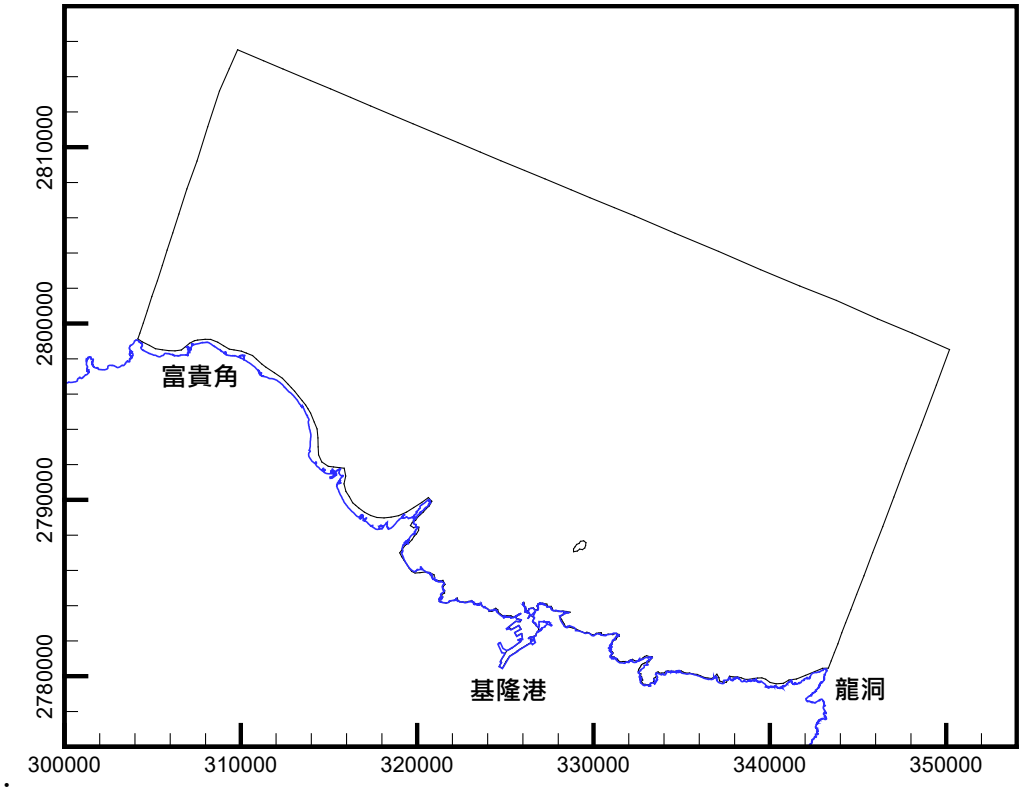


圖 4.6 北端海域水動力模組之模擬範圍圖

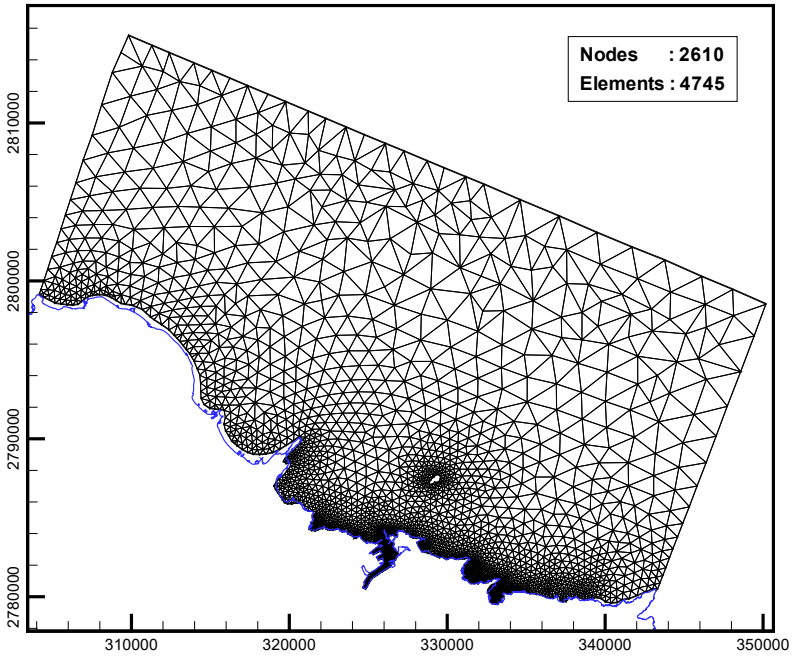


圖 4.7 北端海域水動力模組小尺度非結構性網格圖

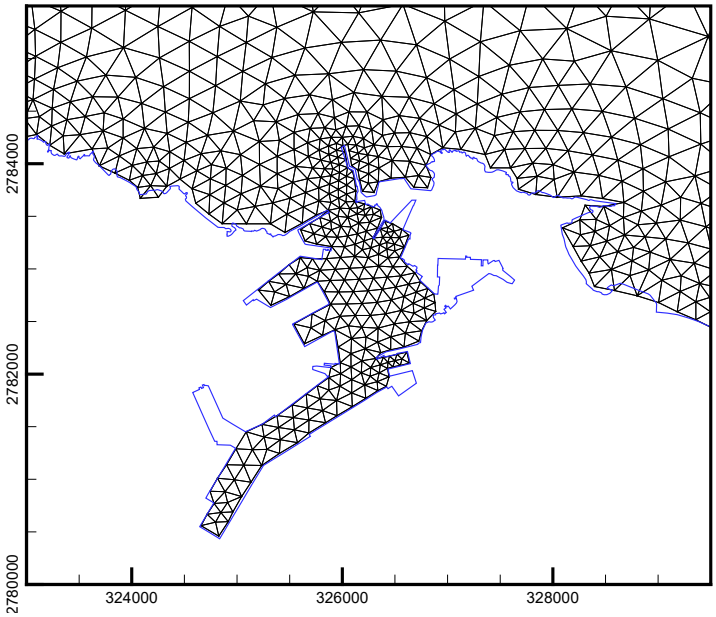


圖 4.8 基隆港區小尺度非結構性網格分布圖

二、地形水深

北端海域水動力模組數值計算網格水深資料來源包括，內政部海域水深測量資料及臺灣港務公司 109 年基隆港港區水深調查資料，經內插後海域地形水深分布情形，如圖 4.9 所示。

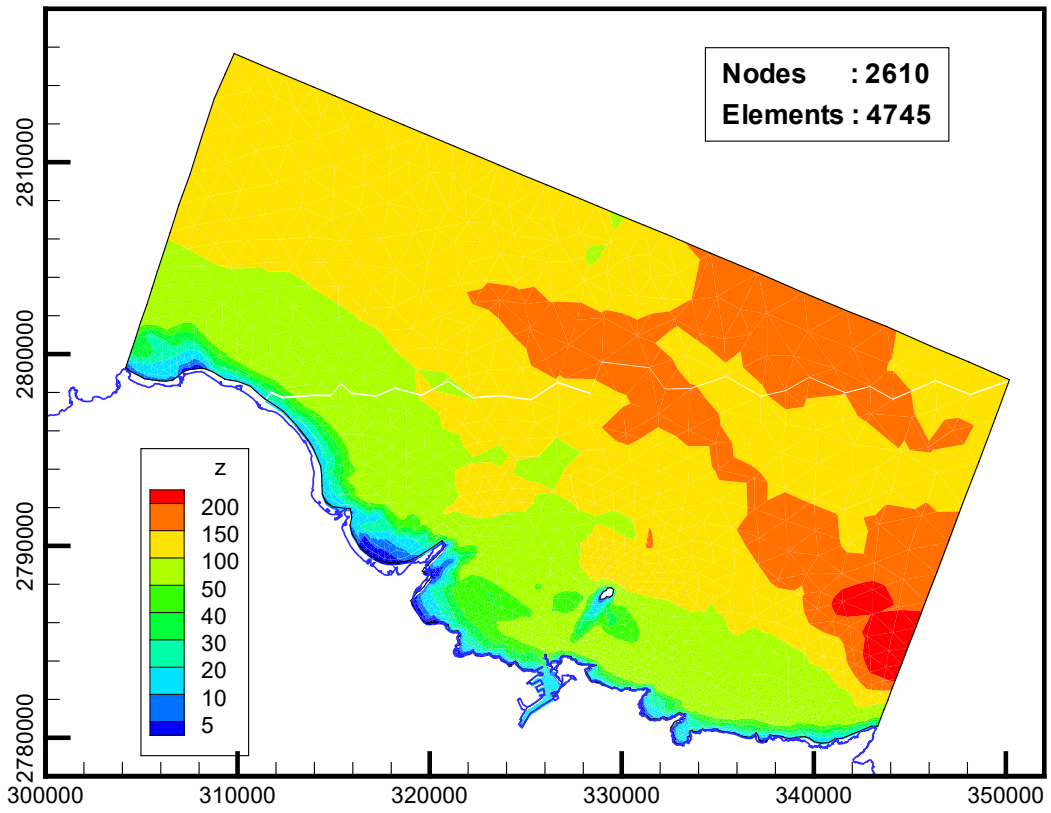


圖 4.9 北端海域水動力模組海域水深分布圖

三、邊界條件及初始條件

本計畫水動力數值模式之邊界條件，計有側向邊界條件及海面邊界條件，其中側向邊界條件區分為陸地流速及海域開放邊界條件等 2 類。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(qn=0)等於零。

本模組陸地邊界條件採用滑動邊界條件，海域開放邊界採用水位條件，並由中尺度暴潮模組模擬之水位資料做為邊界輸入資料。模式模擬之初始條件在冷啟動模擬(cold start)狀況下，假設流場之初始速度及水位均為零；在熱啟動模擬(hot start)狀況下，模式採用前次模擬結果儲存的流場速度及水位值為初始條件。

4.2 花蓮港及蘇澳港靜穩模組建置

基於臺灣東部海岸經常遭受長浪侵襲，甚至造成花蓮港、蘇澳港等港域不穩定，影響船舶泊靠安全，對港口營運管理及安全造成困擾。TaiCOMS 波浪模擬系統曾針對各港區建置港域波浪模組(細尺度)，目的為模擬颱風期間各港內波浪狀況。本計畫於 108 年起以花蓮港為對象，著手研究如何結合花蓮海域風浪模組(中小尺度)、花蓮港港域波浪模組(細尺度)及港區即時波浪觀測系統建構港區靜穩模擬系統，以期掌握花蓮港港域靜穩狀況，提供港區靜穩預警資訊。109 年在既有的基礎上納入蘇澳港區靜穩模擬研究，及港內波浪觀測資料蒐集；本(110)年度持續就花蓮港及蘇澳港區靜穩模組，進行港區靜穩模擬子系統作業化流程架構規劃、定義適用範圍等研究。

4.2.1 港區靜穩模擬子系統架構

本計畫港區靜穩模擬(simulation of harbor tranquility)系統係整合港區外海風浪模擬及港域波浪模擬，其模擬架構及流程如圖 4.10 所示；顯示此港區靜穩模擬子系統相當於本計畫臺海風浪模擬子系統之延伸，即在近海風浪模擬之後，引進花蓮港及蘇澳港等港域波浪場模擬。其中遠域、近域及近海風浪模擬分別採用臺海風浪模擬系統之遠域風浪模組(大尺度)、近域風浪模組(中尺度)及花蓮海域、蘇澳海域之近海風浪模組(中小尺度)，港域波浪模擬則採用花蓮港域及蘇澳港域波浪模組(細尺度)；各風浪模組之模擬範圍，如圖 4.11 所示。本計畫港域波浪場模擬條件規劃由近海風浪模組(花蓮及蘇澳海域)模擬提供，即由花蓮及蘇澳海域風浪模組輸出示性波高、譜峰週期及平均波向，提供給花蓮港及蘇澳港域波浪模組做為開放邊界輸入資料。因此，本計畫港區靜穩模擬子系統風浪模擬採用的大、中、小三層巢狀矩形網格，網格資訊列如表 4-4；港域波浪場模擬則採用的非結構三角網格，網格資訊列如表 4-5，花蓮港域及蘇澳港域採用的非結構三角網格，其應用上的限制為波浪模擬週期需 8 秒以上波浪。

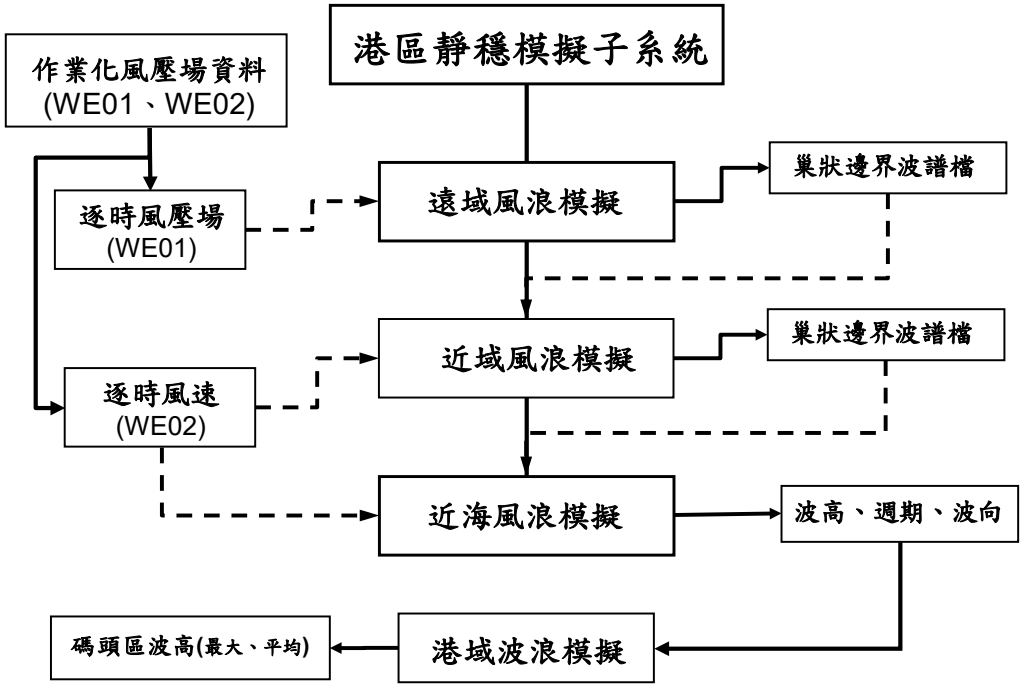


圖 4.10 港區靜穩模擬系統之架構及模擬流程示意圖

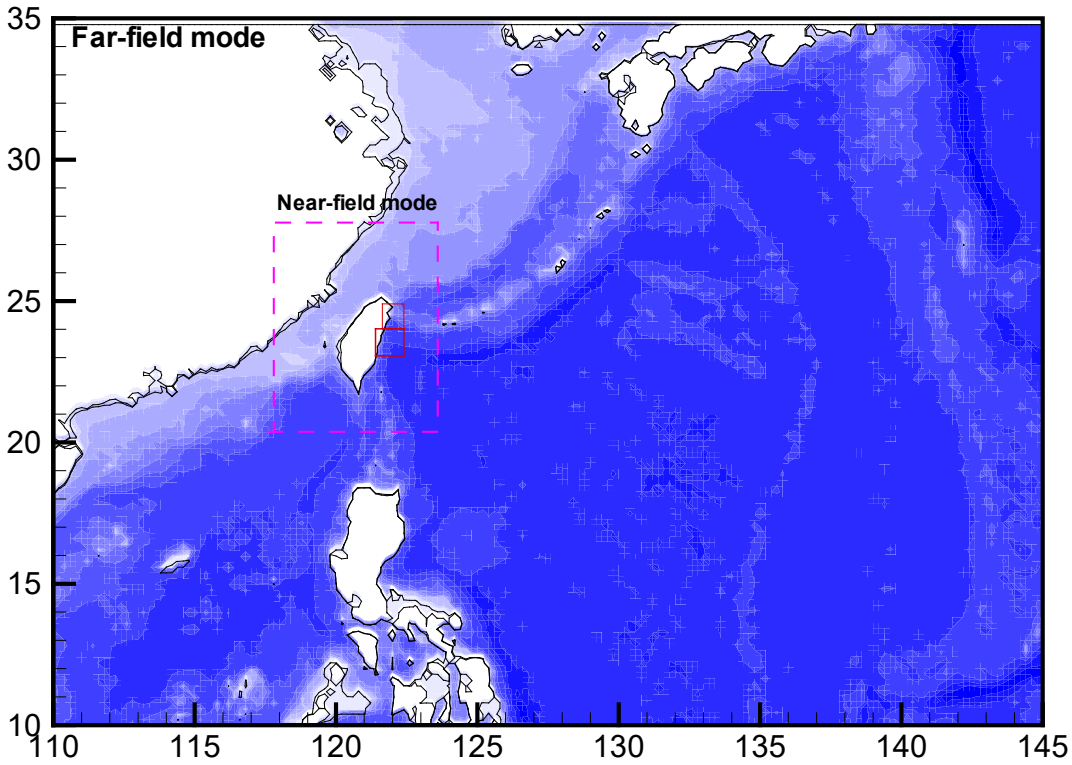


圖 4.11 花蓮及蘇澳海域風浪模擬三層巢狀網格模擬範圍圖

表 4-4 港區靜穩模擬子系統風浪模組巢狀網格資訊表

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[*1]	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
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
註：110年擴大模擬範圍				

表 4-5 港區靜穩模擬子系統港域波浪模組非結構網格資訊表

細尺度波浪模組名稱	三角形元素網格		外海假想邊界半徑(m)	最大水深(m)
	元素數目	節點數目		
花蓮港域波浪模組	122,481	62,116	2,200	100
蘇澳港域波浪模組	99,069	50,843	826	30

以下分述花蓮港及蘇澳港域波浪模組：

一、花蓮港域波浪模組

本計畫細尺度花蓮港域波浪模組模擬範圍，如圖 4.12 所示，開放邊界半圓直徑為 2200 m，半圓圓心坐標為(313885.61, 2652132.50)或(121.620756º, 23.958942º)。模組採用非結構性三角網格建置，計有 258,117 個三角形元素及 130,169 個節點。外海開放邊界之入射波及半無限領域反射波採用理論解，陸地邊界(含構造物邊界)採用反射係數如下。此外，半無限領域岸線及港內碼頭區岸壁之反射率 K_r=1，即假設為全反射狀況：

1. 外廓防波堤邊界 *Kr*=0.85，
2. 港內防波堤設施如東防波堤港內側段等邊界 *Kr*=0.98；
3. 港外自然沙灘段邊界 *Kr*=0.4；及
4. 離岸(潛)堤群邊界 *Kr*=0.65。

花蓮港港區碼頭席位分布狀況，如圖 4.13 所示，其中內港港區

共有碼頭 16 座(編號 1～16)，水深約 6.5～10.5m；外港港區屬於深水碼頭，共有碼頭 9 座(編號 17～25)，水深約 12～16.5m。

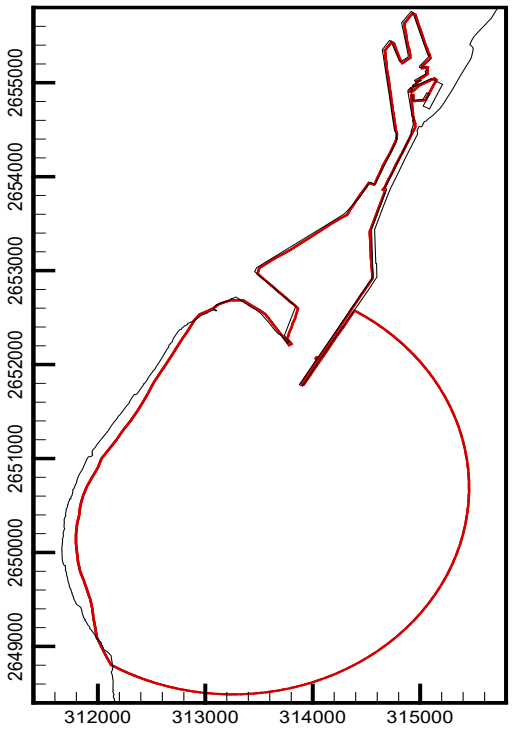


圖 4.12 細尺度花蓮港域波浪模組模擬範圍圖

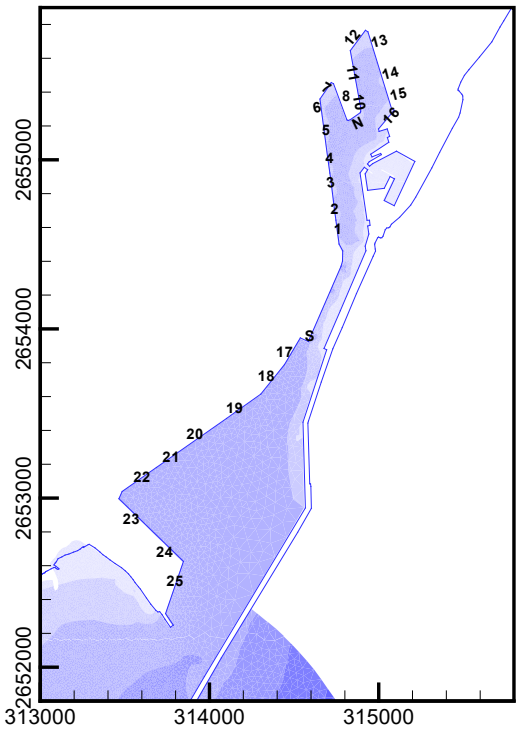


圖 4.13 花蓮港區碼頭位置示意圖

二、蘇澳港域波浪模組

細尺度蘇澳港港域波浪模組模擬範圍，如圖 4.14 所示，開放邊界半圓直徑為 826 m。蘇澳港港域波浪模組採用的非結構性三角網格，計有 99,069 個三角形元素及 50,843 個節點。陸地邊界(含構造物邊界)採用反射係數如下：

1. 外廓防波堤邊界 K_r=0.85，
2. 港內如內防波堤、導流堤及碎波堤等邊界 K_r=0.75，
3. 礁岩海岸邊界 K_r=0.9，
4. 自然沙灘段邊界 K_r=0.65。
5. 外海半無限領域岸線及港內碼頭區岸壁，假設為全反射(即 K_r=1)。

蘇澳港港區碼頭席位分布狀況，如圖 4.15 所示，顯示蘇澳港港區內共有碼頭 13 座(編號 1～13)，水深約 6.5～13.5m。

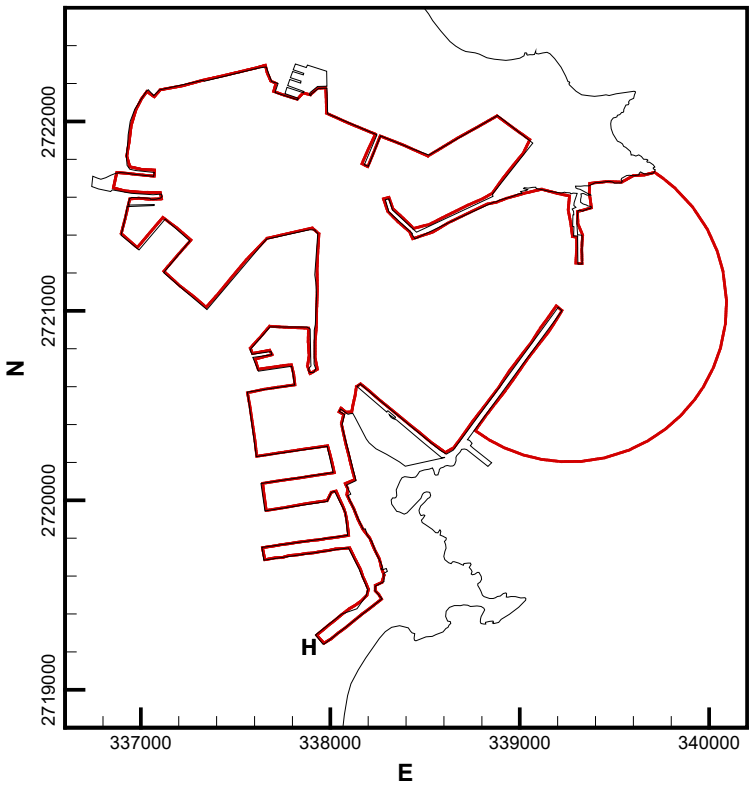


圖 4.14 蘇澳港區細尺度波浪模組模擬範圍圖

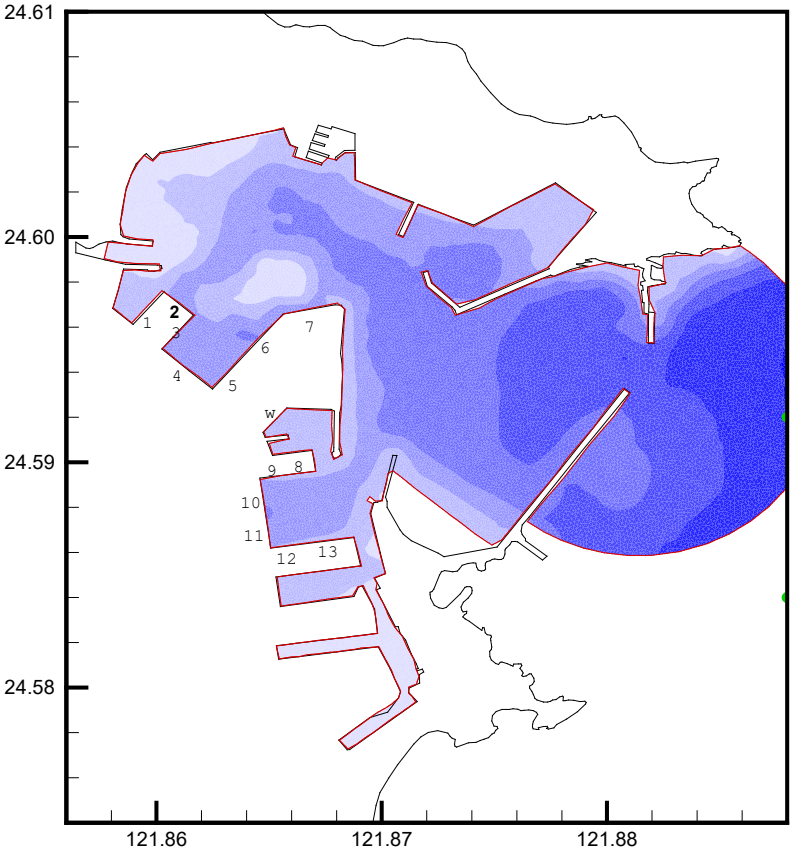


圖 4.15 蘇澳港區碼頭位置示意圖

4.2.2 港區波浪觀測資料蒐集及分析

港研中心長期在花蓮港及蘇澳港港外設置 AWAC 測站，觀測港口於外海波、流狀況；109 年分別於花蓮港及蘇澳港港內建置即時波潮觀測站，目的觀測碼頭岸水位波動狀況，即時提供間隔 20 分鐘之港內波浪觀測資訊，如示性波高(H_s)、平均週期(T_z)、譜峰週期(T_p)、湧(長)浪波高(H_{swell})、湧(長)浪平均週期(T_{swell})、最大波高(H_{max})、最大波週期(T_{max})、1/10 最大波波高($H_{1/10}$)、1/10 最大波週期($T_{1/10}$)、示性波波高($H_{1/3}$)及示性波週期($T_{1/3}$)等。其中示性波高、平均週期、譜峰週期、湧(長)浪波高、湧(長)浪平均週期等採用波譜分析法計算得之，其餘最大波週期(T_{max})、1/10 最大波波高($H_{1/10}$)、1/10 最大波週期($T_{1/10}$)、示性波波高($H_{1/3}$)及示性波週期($T_{1/3}$)等 6 項採用逐波分析法統計得之。

目前花蓮港港外 AWAC 測站(HLA)及港內即時波潮測站(HL09、HL17 及 HL25)設置地點，如圖 4.16 所示；圖中三座港內即時波潮測站分別位於內港區 9 號碼頭、外港區 17 號及 25 號碼頭；其中測站 HL25 為本年度 5 月新設測站，測站 HL09 及 HL17 於 109 年 5 月設置。蘇澳港港外 AWAC 測站(SAA)及港內即時波潮測站(SAE)相關位置，如圖 4.17 所示，其中港內即時波潮測站於 109 年 5 月建置於貯木池北側岸邊壁。

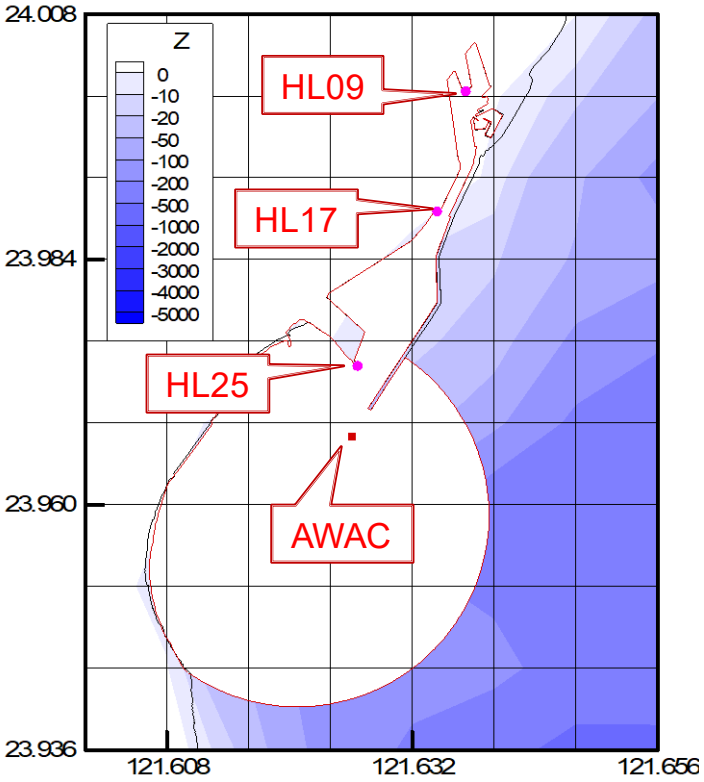


圖 4.16 花蓮港港外 AWAC 及港內波浪測站位置圖

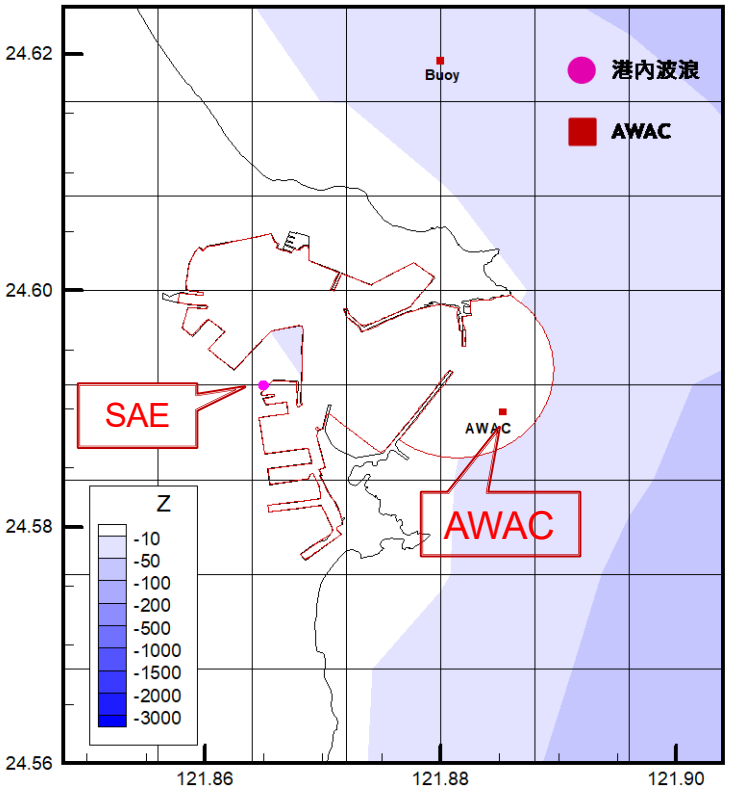


圖 4.17 蘇澳港港外 AWAC 及港內波浪測站位置圖

一、花蓮港波浪特性探討

針對花蓮港港外AWAC測站(HLA)及港內波浪測站(HL09、HL17)，本計畫除了蒐集各測站逐時觀測資料(109 年 7 月～迄今)繪製示性波高、平均週期、譜峰週期及平均波向等參數之時序列歷線圖，並針對花蓮港港外及港內波浪特性探討如下：

1、波高比值

波高比值(或稱波高放大因子)常用於判斷港池共振頻率或港池靜穩等現象，此處波高比值定義為港內測站示性波高/港外AWAC 測站示性波高。據此，花蓮港港內測站 HL09 及 HL17 之波高比值逐時變化歷線，如圖 4.18、圖 4.19 所示，內港區 HL09 示性波高比值普遍低於外港區 HL17 示性波高比值，代表花蓮港外港區靜穩較差之現狀。於觀測期間，外港區 HL17 波高比值最大值約為 0.85，出現在 110 年 4 月 23 日 5 時，適逢本年度西北太平洋遠域颱風舒力基(SURIGAE，4/13～4/25)接近臺灣東部海面。

2、波浪週期相關性

本計畫利用一對一之分散圖探討港內波浪週期與港外波浪週期之相關性，如圖 4.20～圖 4.23 所示，結果顯示港外波浪平均週期與港內測站 HL09、HL17 間平均週期相關性之決定性係數(Coef. of determination, R^2)約為 0.943 及 0.972；港外波浪譜峰週期與港內 HL09、HL17 測站間平均週期相關性之決定性係數 R^2 約為 0.936 及 0.970。整體而言，外港區波浪平均週期與港外波浪平均週期、譜峰週期之相關性高於內港區波浪平均週期與港外波浪週期之相關性。

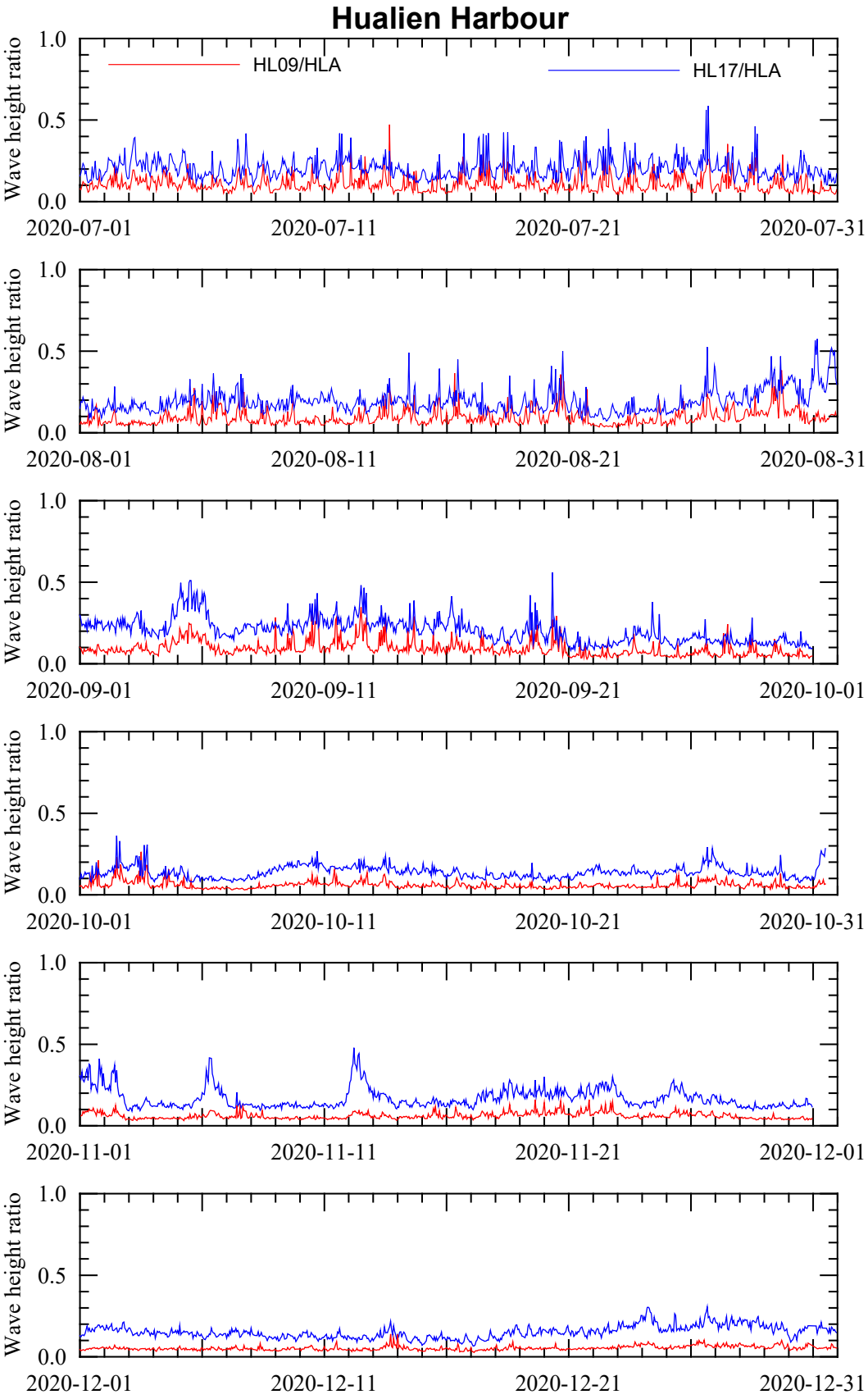


圖 4.18 花蓮港港內波浪與港外波浪示性波高比值歷線圖(1/2)

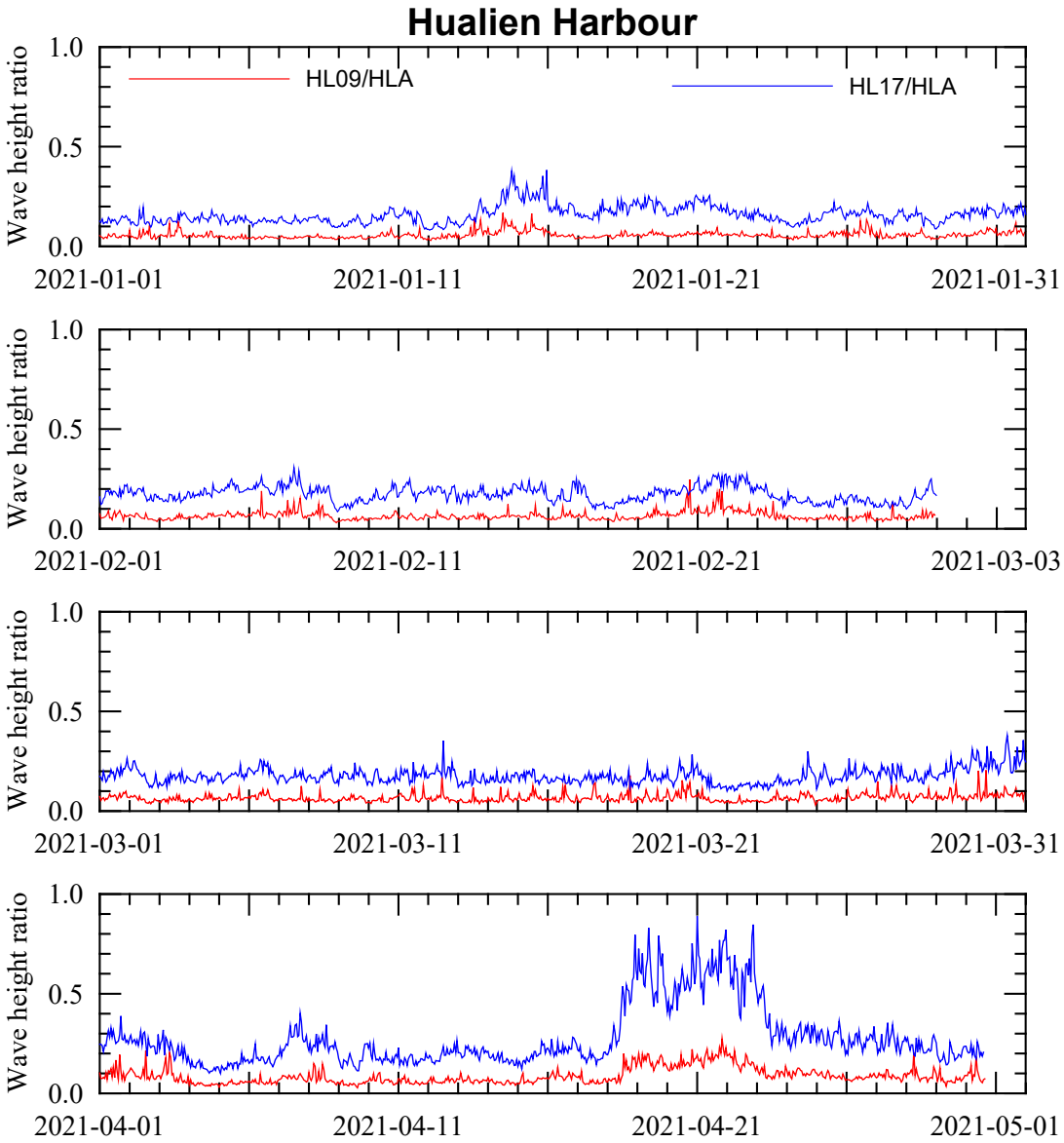


圖 4.19 花蓮港港內波浪與港外波浪示性波高比值歷線圖(2/2)

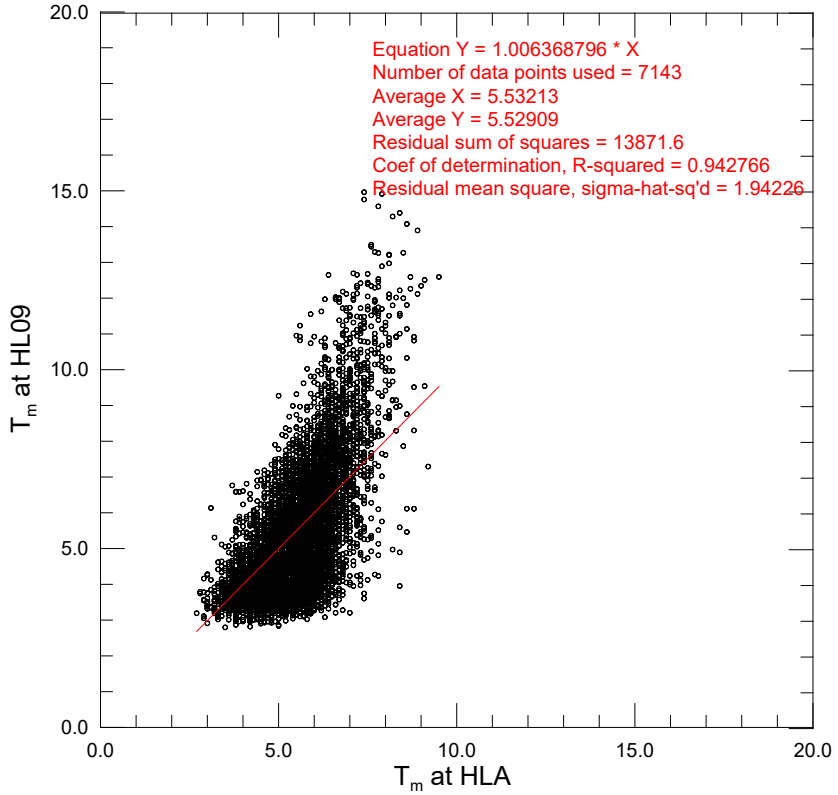


圖 4.20 花蓮港港外 AWAC 與港內測站 HL09 平均週期分散圖

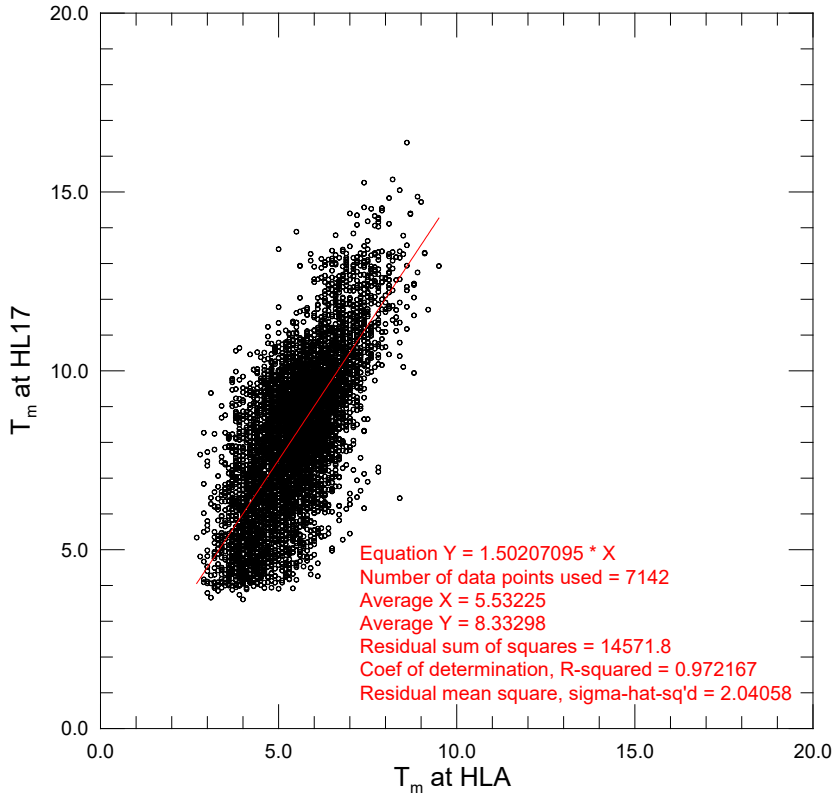


圖 4.21 花蓮港港外 AWAC 與港內測站 HL17 平均週期分散圖

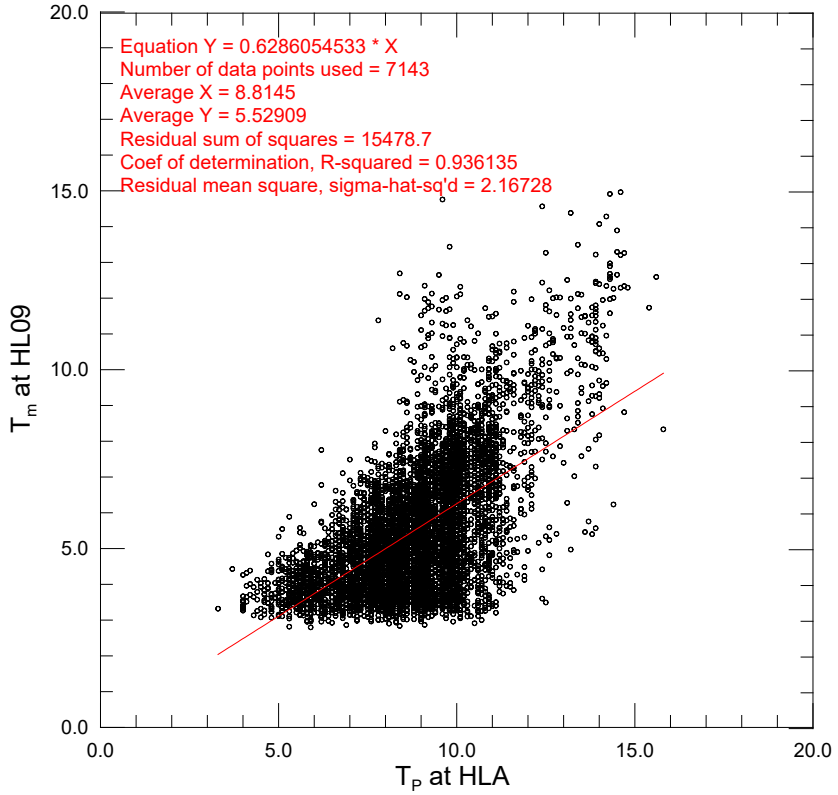


圖 4.22 花蓮港 HL09 波浪平均週期與港外波浪譜峰週期分散圖

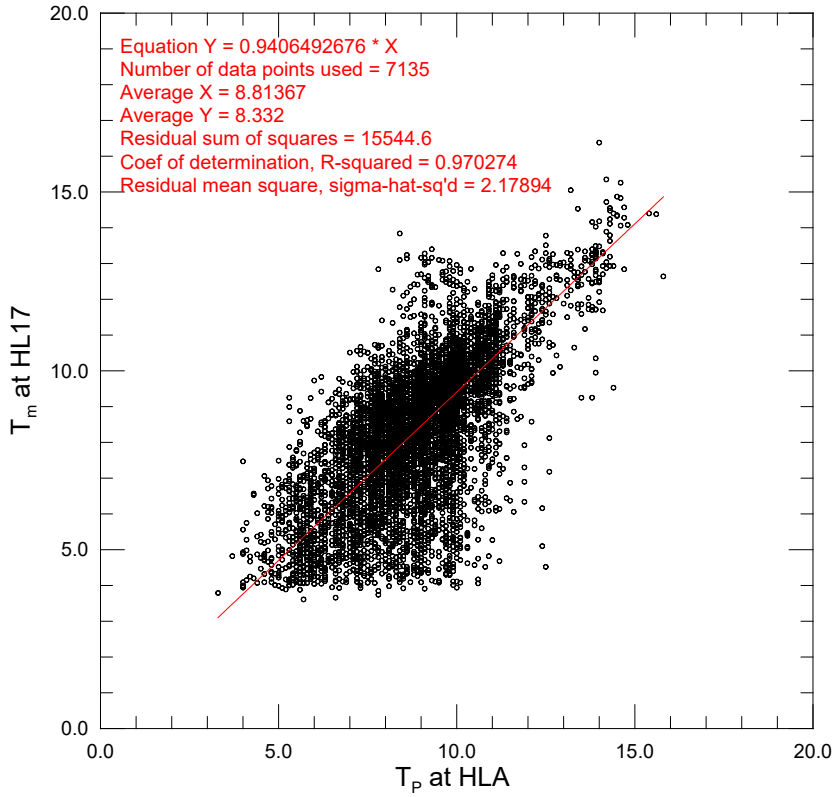


圖 4.23 花蓮港 HL17 波浪平均週期與港外波浪譜峰週期分散圖

二、蘇澳港波浪特性探討

本計畫同樣針對蘇澳港港外 AWAC 測站(SAA)及港內波浪測站(SAE)，蒐集測站逐時觀測資料(109 年 7 月～迄今)繪製示性波高、平均週期、譜峰週期及平均波向等參數之時序列歷線圖。針對蘇澳港港內與港外波浪特性探討如下：

1、波高比值

同理，蘇澳港港內測站 SAE 之波高比值逐時變化歷線，如圖 4.24、圖 4.25 所示，顯示蘇澳港測站 SAE 之示性波高比值約介於 0.054～0.297 之間，代表該水域能維持一定程度之靜穩狀況。另本年度西北太平洋颱風舒力基(SURIGAE，4/13～4/25)接近臺灣東部海面時，SAE 測站觀測示性波高最大值為 0.73，但因港外觀測資料中斷而無法分析其波高比值。

2、波浪週期相關性

蘇澳港港內測站 SAE 之波浪週期與港外波浪週期之一對一之分散關係，如圖 4.26、圖 4.27 所示；顯示港外波浪平均週期與港內測站 SAE 平均週期、譜峰週期間之相關性決定性係數約 0.96，差異相當小。

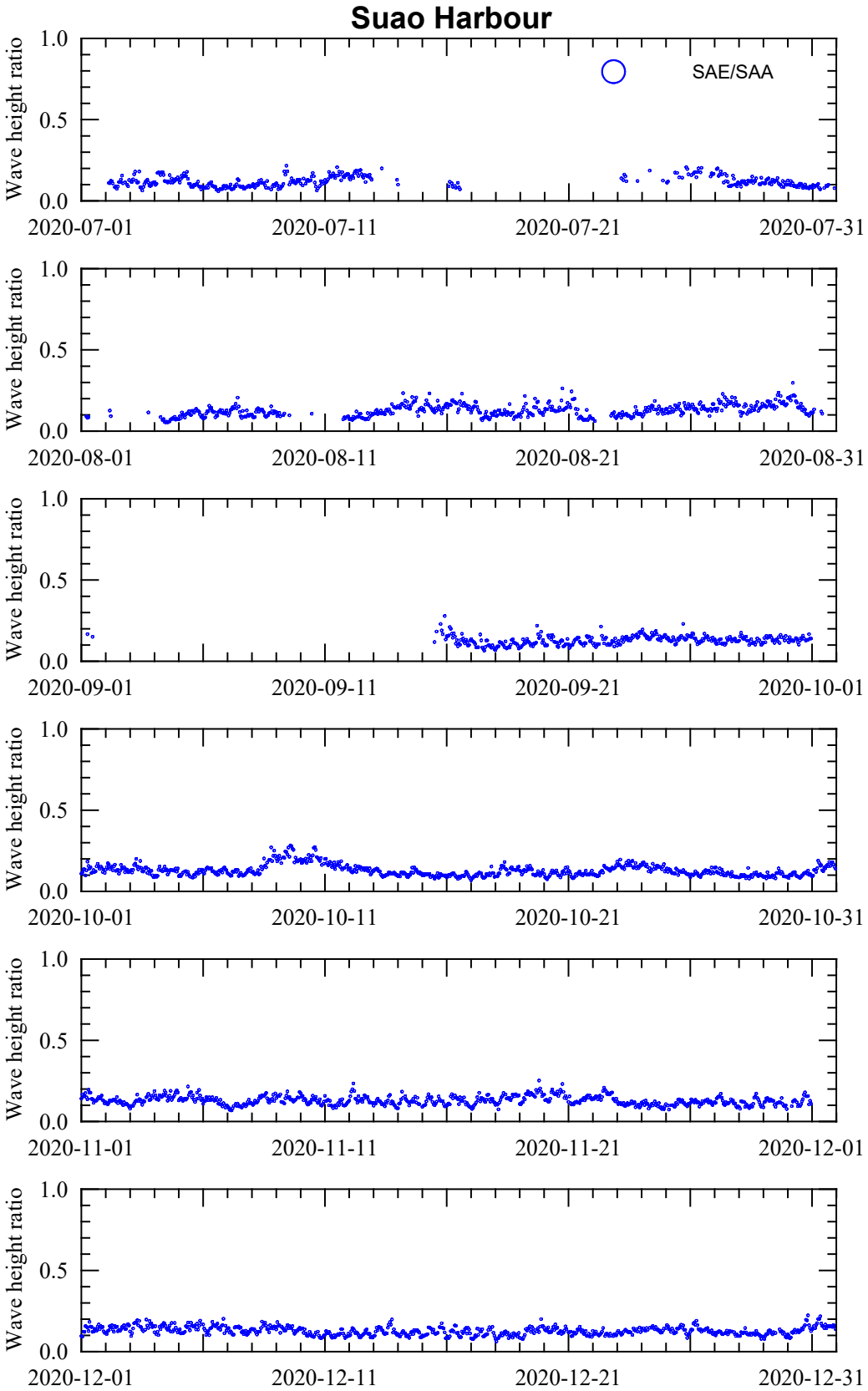


圖 4.24 蘇澳港區波浪與港外波浪示性波高比值歷線圖(1/2)

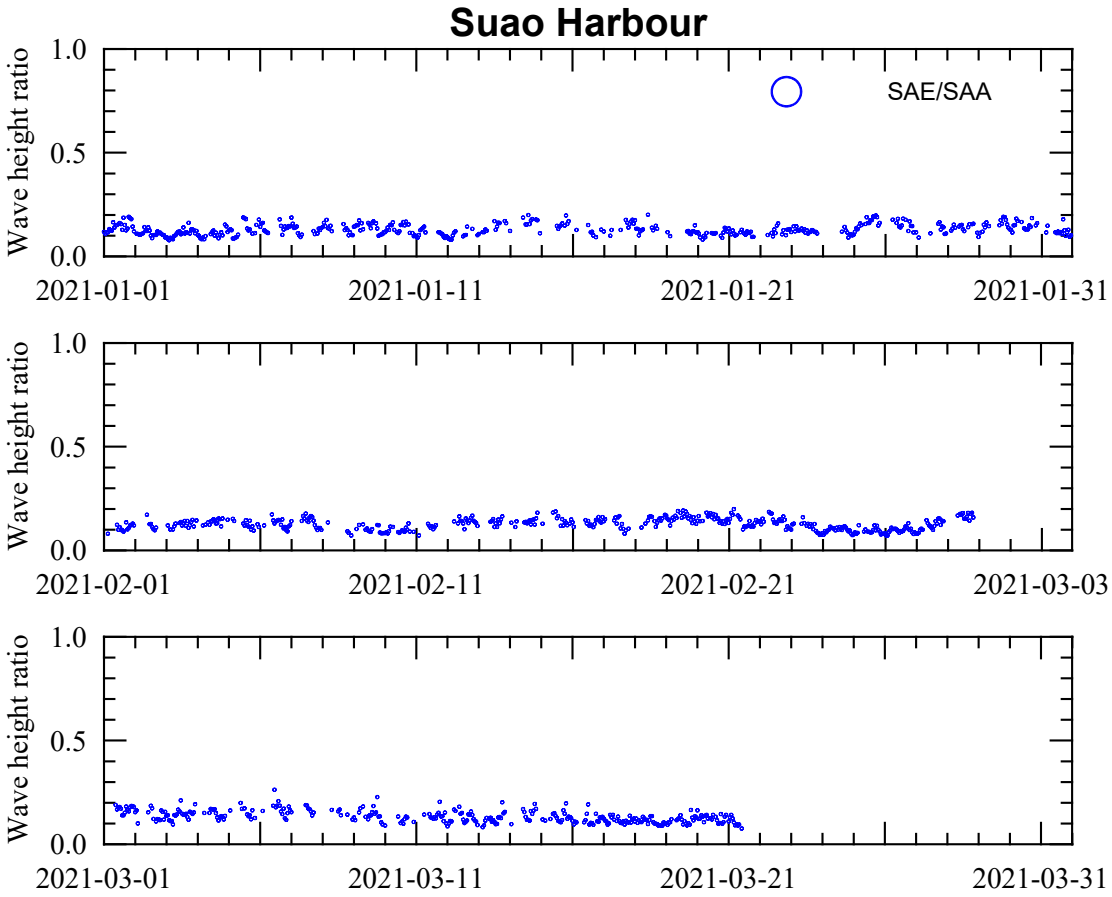


圖 4.25 蘇澳港區波浪與港外波浪示性波高比值歷線圖(2/2)

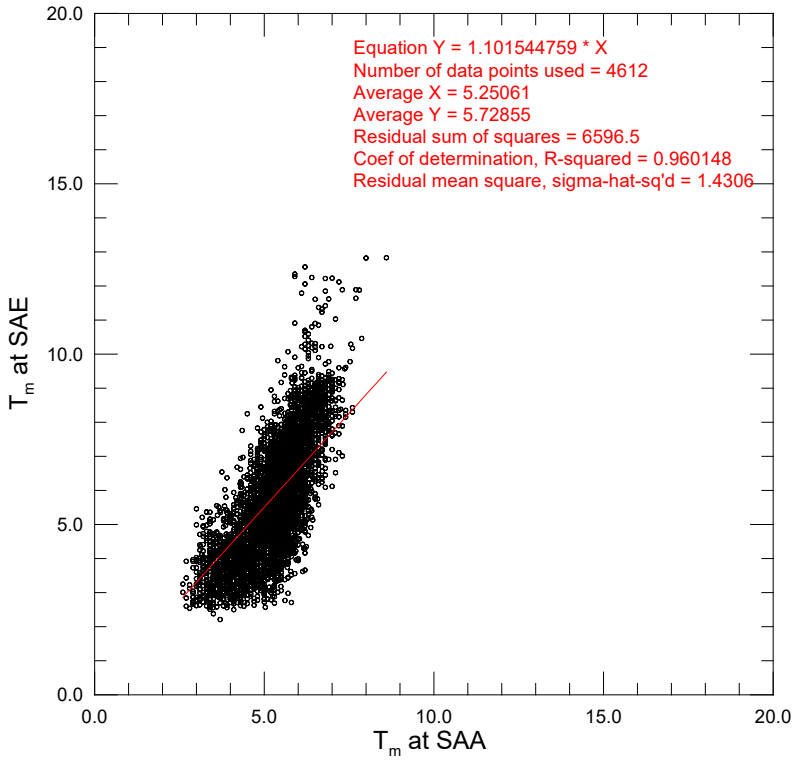


圖 4.26 蘇澳港港外 AWAC 與港內測站 SAE 平均週期分散圖

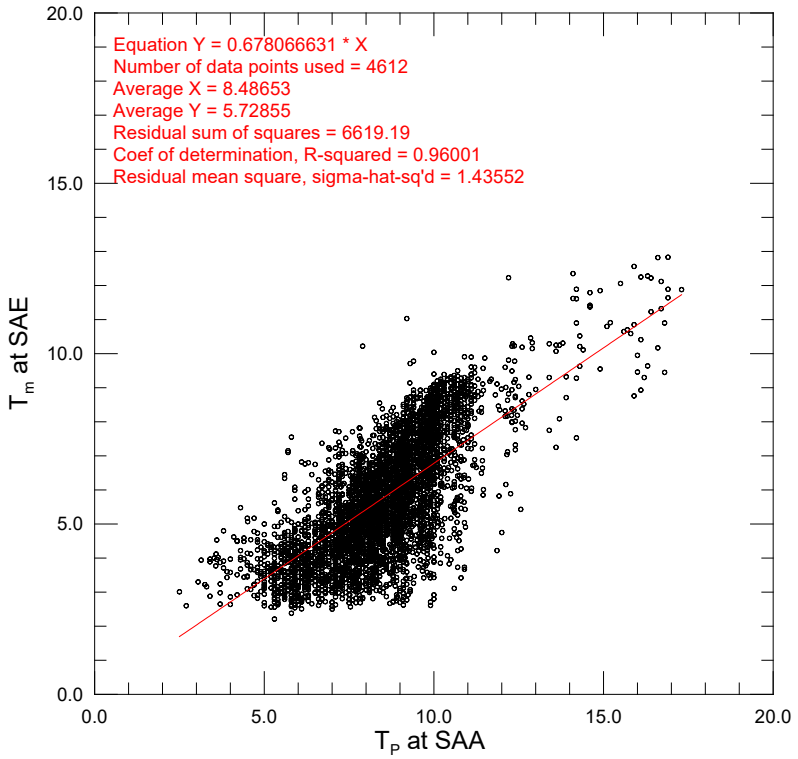


圖 4.27 蘇澳港港內 SAE 波浪平均週期與港外波浪譜峰週期分散圖

4.2.3 模式靜穩分析結果

港區靜穩模擬結果校驗流程，區分為數值模組之物理參數率定階段及模擬預測結果之驗證階段。在物理參數率定階段，本計畫採用港外AWAC 觀測資料作為港域波浪模組輸入之模擬條件，包括示性波高、譜峰週期及平均波向等；以港內波浪測站同步觀測之示性波高及其變化趨勢，驗證模式測站附近水域之波高模擬值及其變化趨勢，判斷數值模組物理參數設定值之合理性及其後續率定之修正方向。

在預測模擬驗證階段，港域波浪模組之模擬條件，如示性波高、譜峰週期及平均波向等，本計畫係透過港區靜穩模擬系統直接模擬產生港域波浪模組(花蓮港、蘇澳港等)模擬輸入條件之預測值，此預測值通常與參數率定階段同時或不同時段，進行港區靜穩情境之模擬預測，再依據港內波浪測站附近水域波高模擬值(平均波高，最大值、最小值等)，與測站觀測值驗證結果，藉以評估模式模擬預測之可信度。

一、花蓮港區靜穩模擬與校驗結果

本年度依據花蓮港 109 年港外 AWAC 測站及港內波浪測站 HL09 及 HL17 分析結果，選出遠域颱風梅莎(未發布颱風警報)期間(109/08/31 之 0 時～23 時)港內波浪出現靜穩狀態不佳時段，AWAC 逐時觀測資料，如圖 4.28 所示，作為港區靜穩模組參數率定之情境模擬條件。經參數靈敏度分析及試誤法(try and error)逐步修正模式參數率定值，參數率定後，港內波高模擬值與測站 HL17 及 HL09 波高觀測值比較結果，如圖 4.29 及圖 4.30 所示。

依據上述參數率定結果，本計畫選取 109/08/31 0 時～109/09/03 0 時)小尺度花蓮近海風浪模組輸出的港域波浪模擬條件(間隔 3 時)，如圖 4.31 所示，執行花蓮港港區靜穩模擬預測，其中港內測站 HL17 及 HL09 附近水域波高模擬值與測站示性波高觀測值比對結果，如圖 4.32 及圖 4.33 所示。此時，外港區各碼頭(#17～#25)之波高模擬值如圖 4.34～圖 4.42 所示；內港區#8～#16 碼頭區波高模擬值如圖 4.43～圖 4.51 所示。

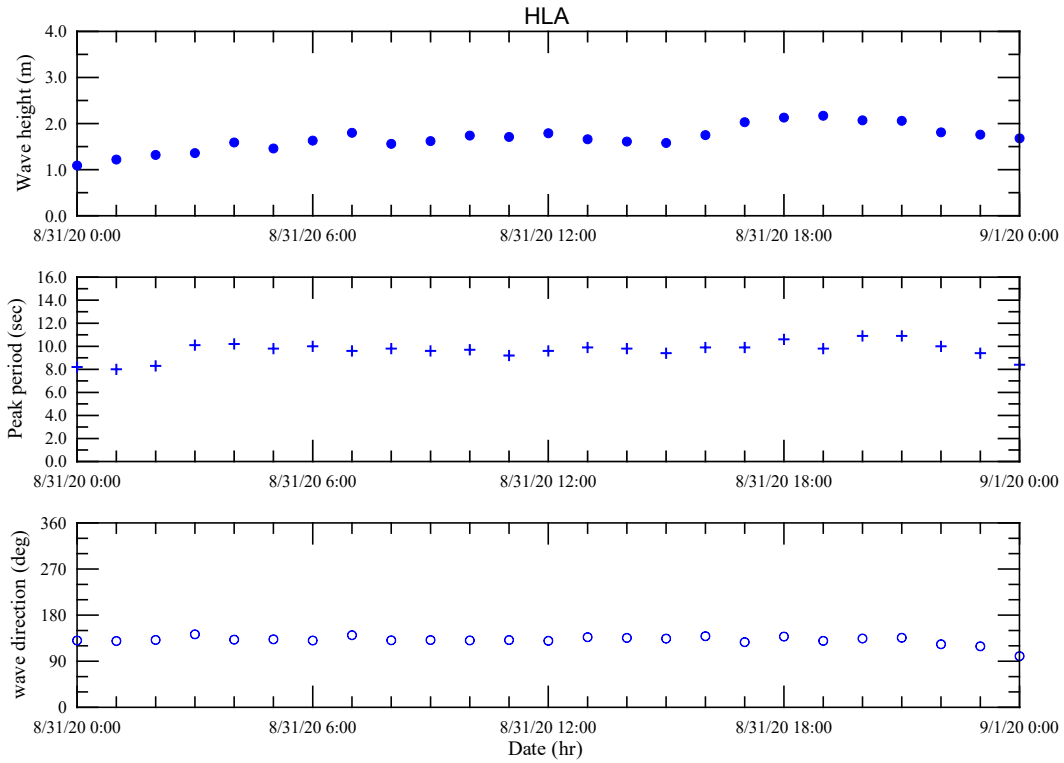


圖 4.28 梅莎颱風期間花蓮港港外 AWAC 波浪觀測歷線圖

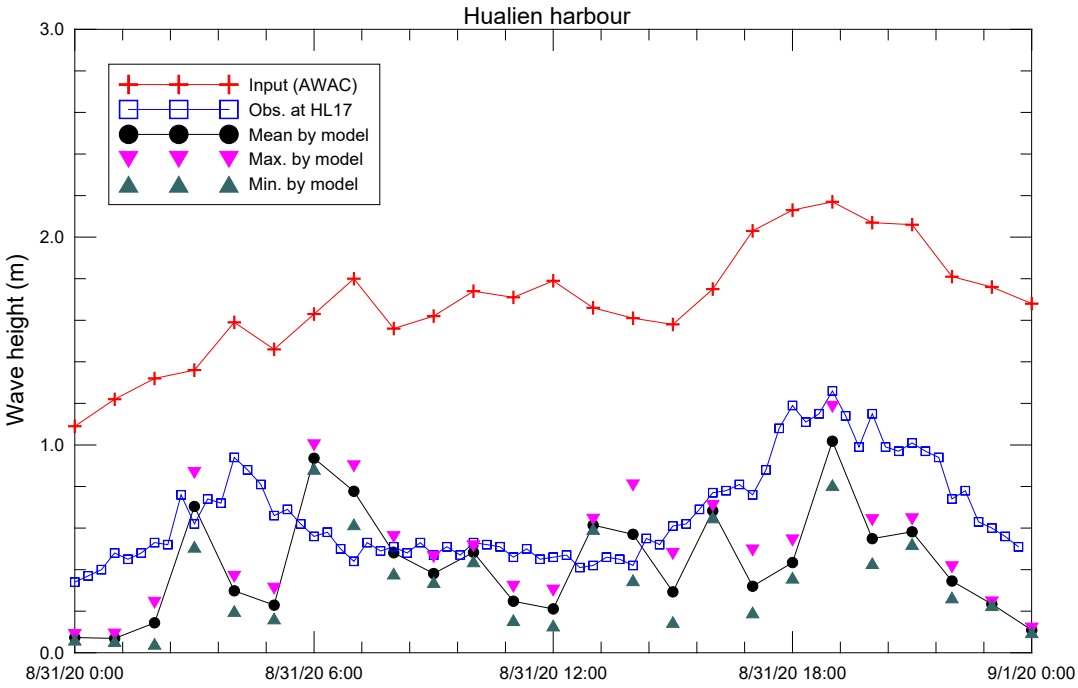


圖 4.29 外港區測站 HL17 示性波高模擬值與觀測值比較結果

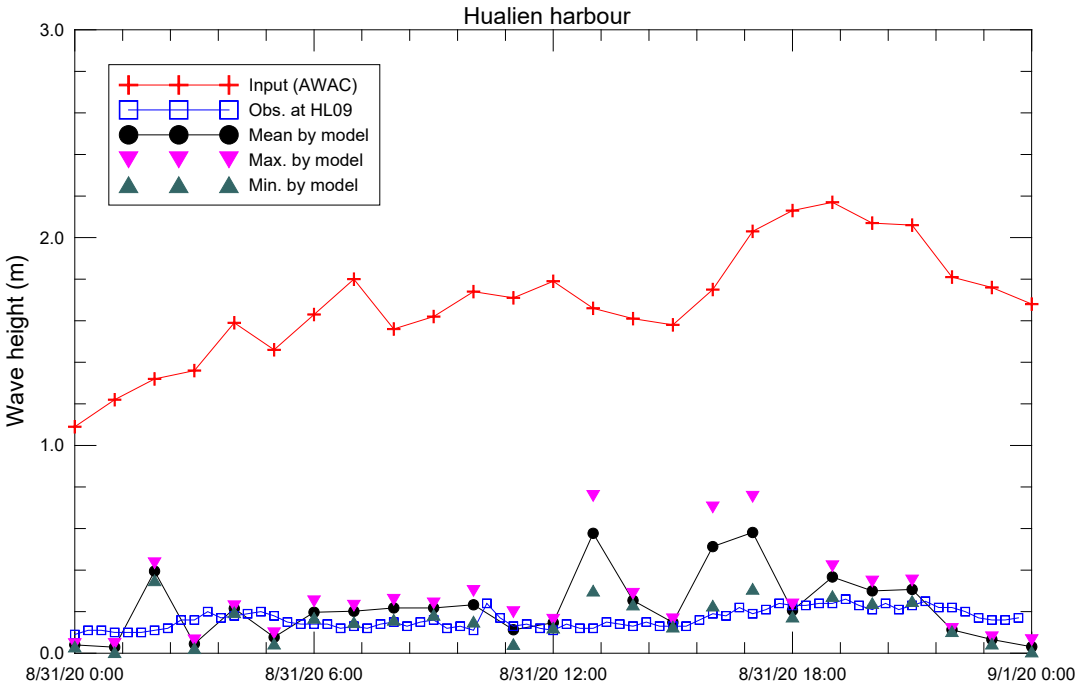


圖 4.30 內港區測站 HL09 示性波高模擬值與觀測值比較結果

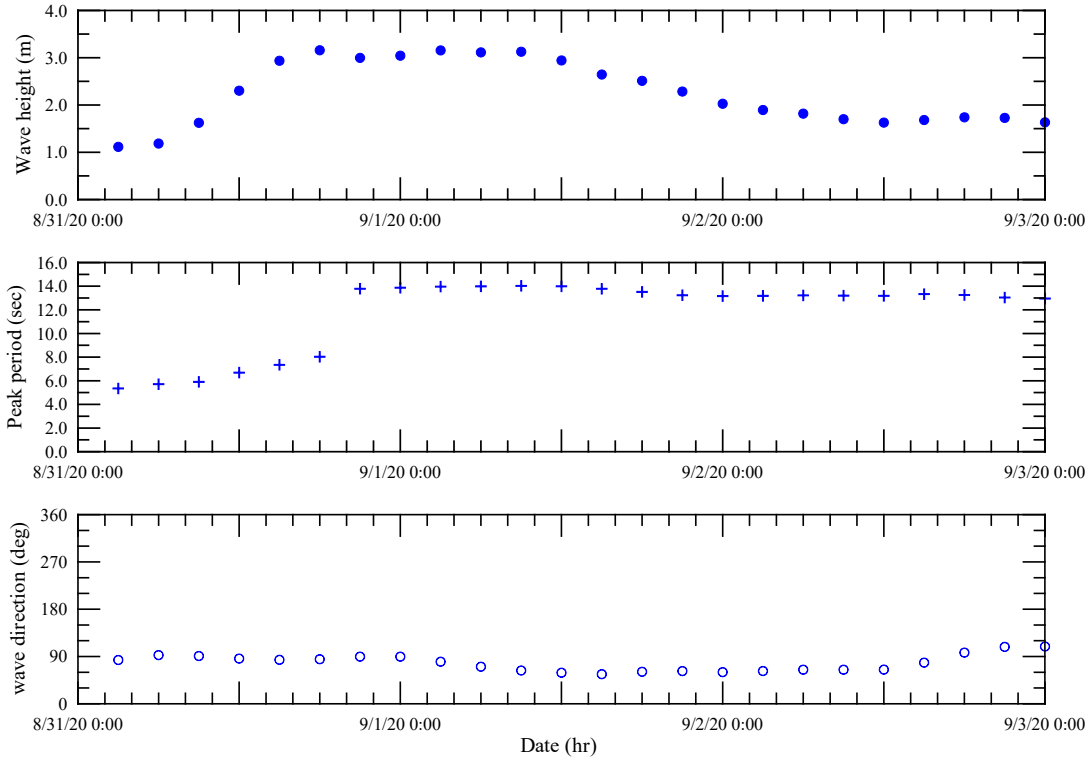


圖 4.31 花蓮海域風浪模組 HLPD5 波浪模擬歷線圖

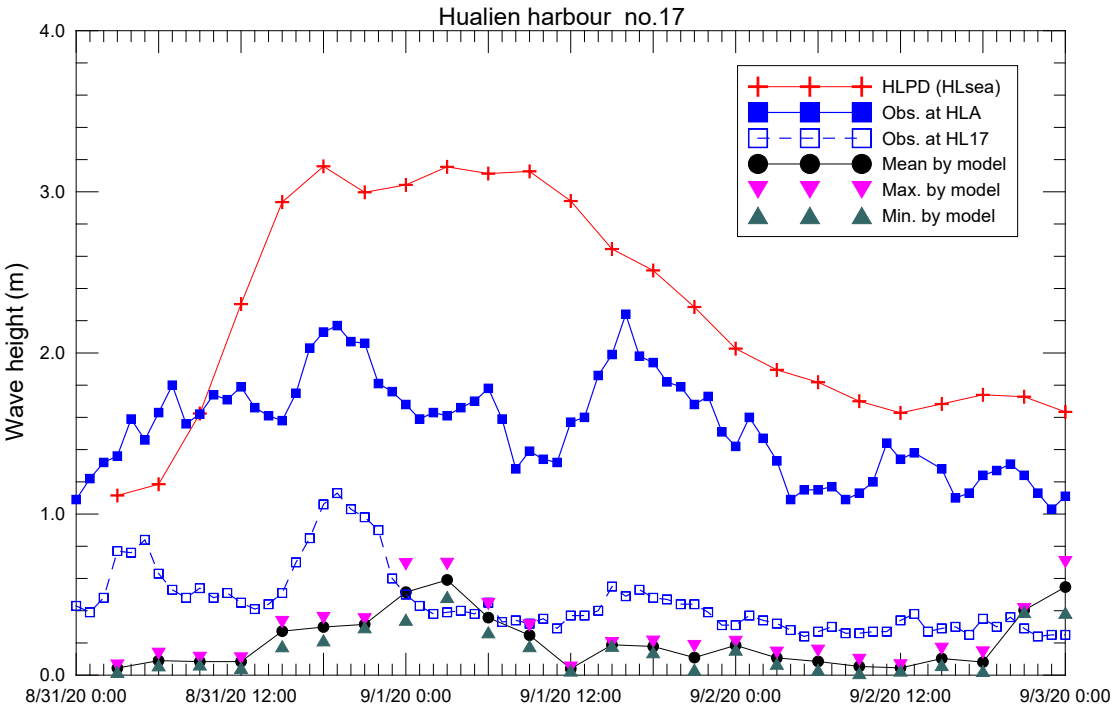


圖 4.32 輸入 HLPD5 波浪，外港區測站 HL17 示性波高比較

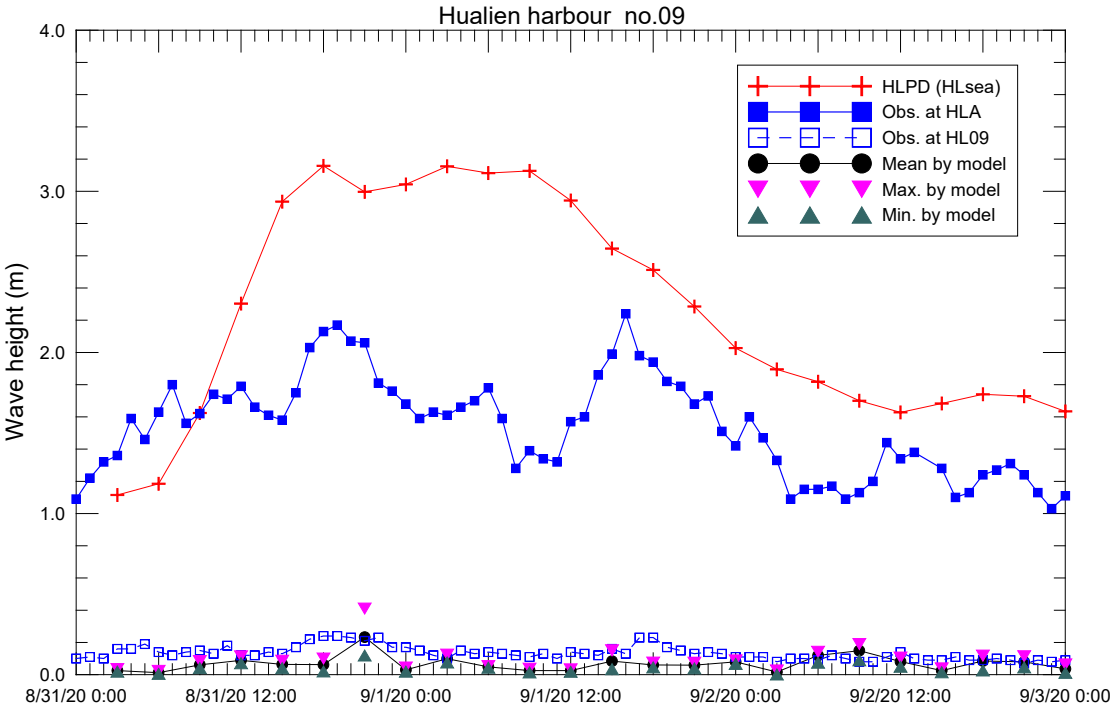


圖 4.33 輸入 HLPD5 波浪，內港區測站 HL09 示性波高比較

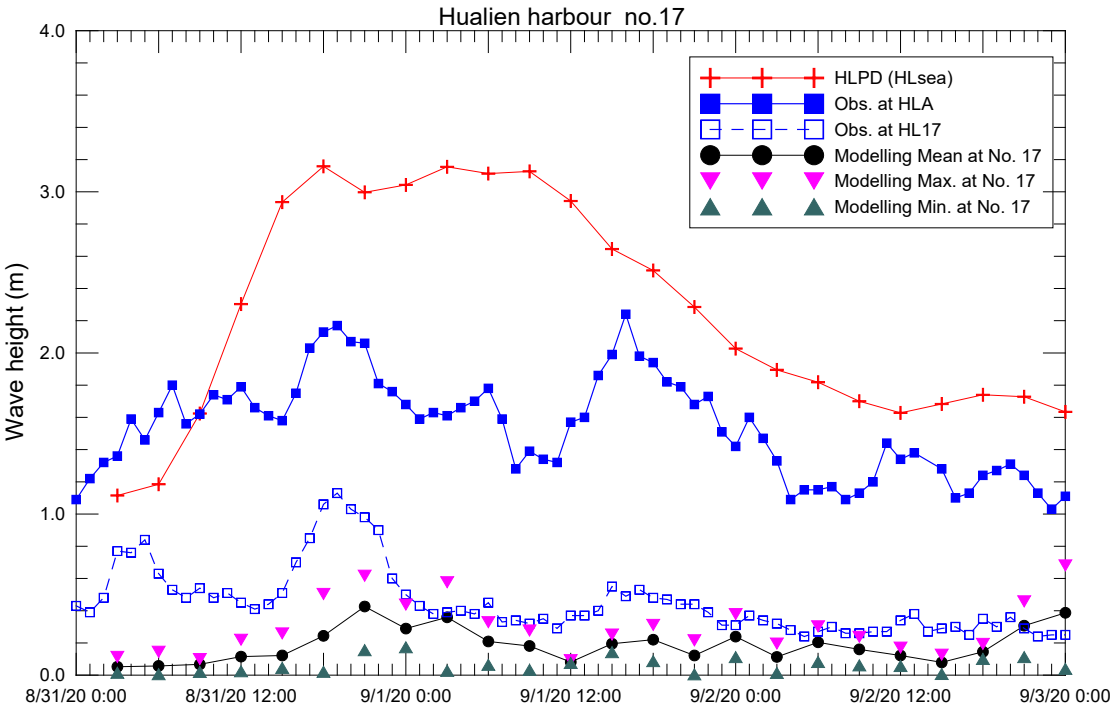


圖 4.34 花蓮港內靜穩模擬#17 碼頭波高變化歷線圖

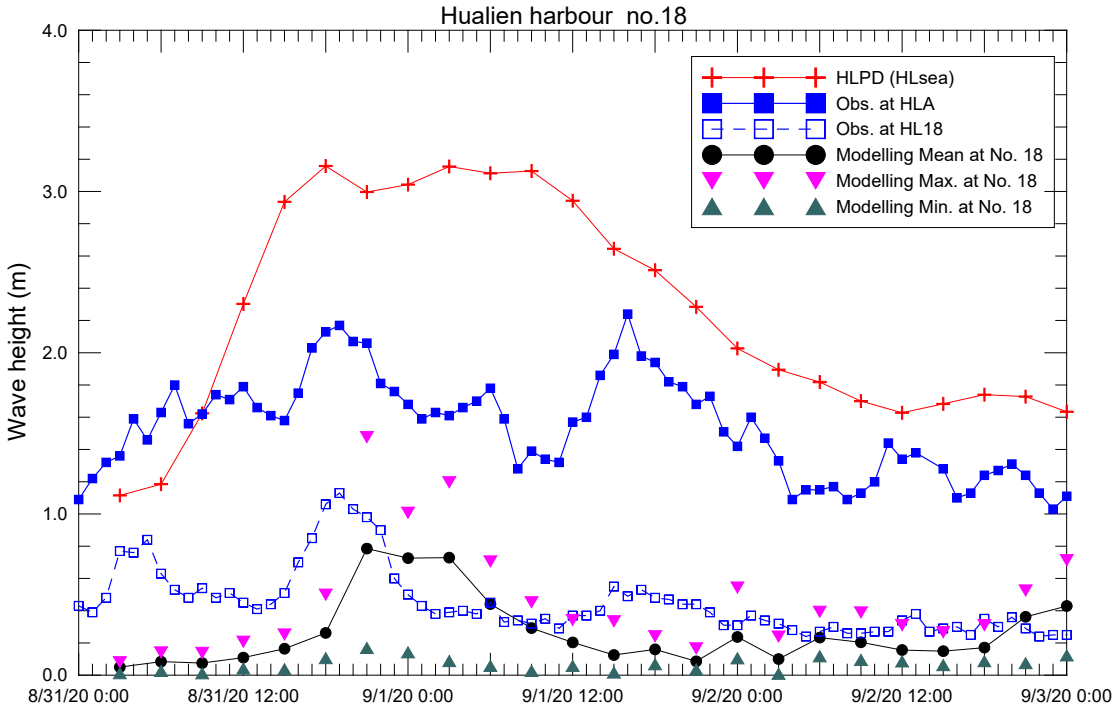


圖 4.35 花蓮港內靜穩模擬#18 碼頭波高變化歷線圖

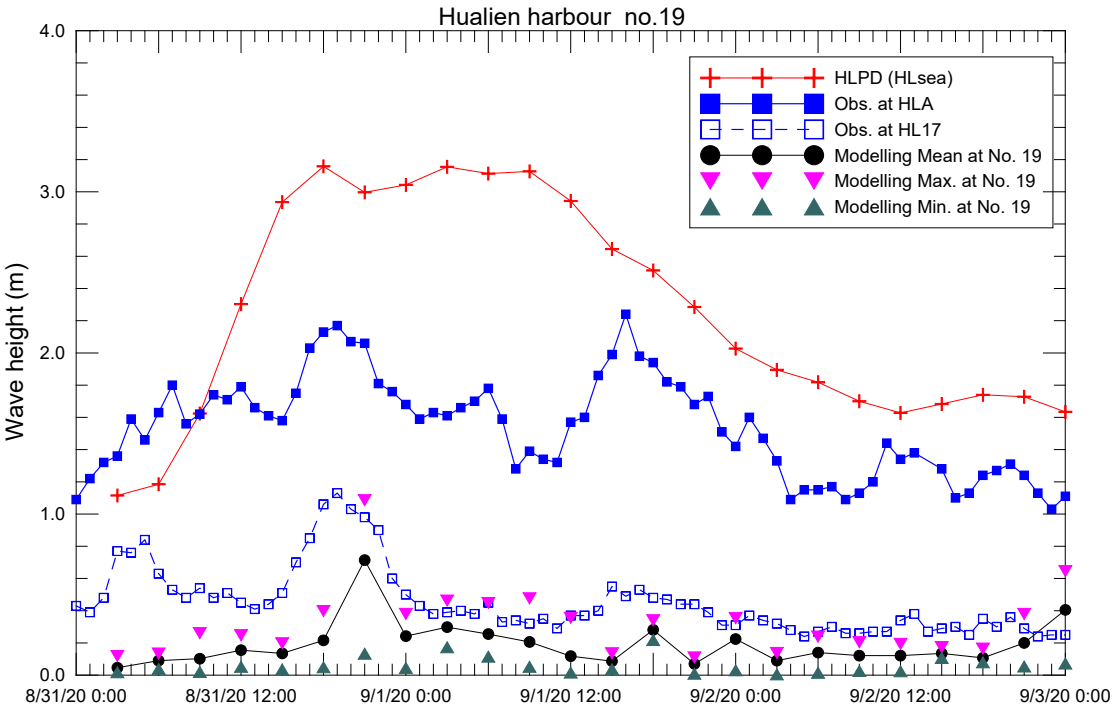


圖 4.36 花蓮港內靜穩模擬#19 碼頭波高變化歷線圖

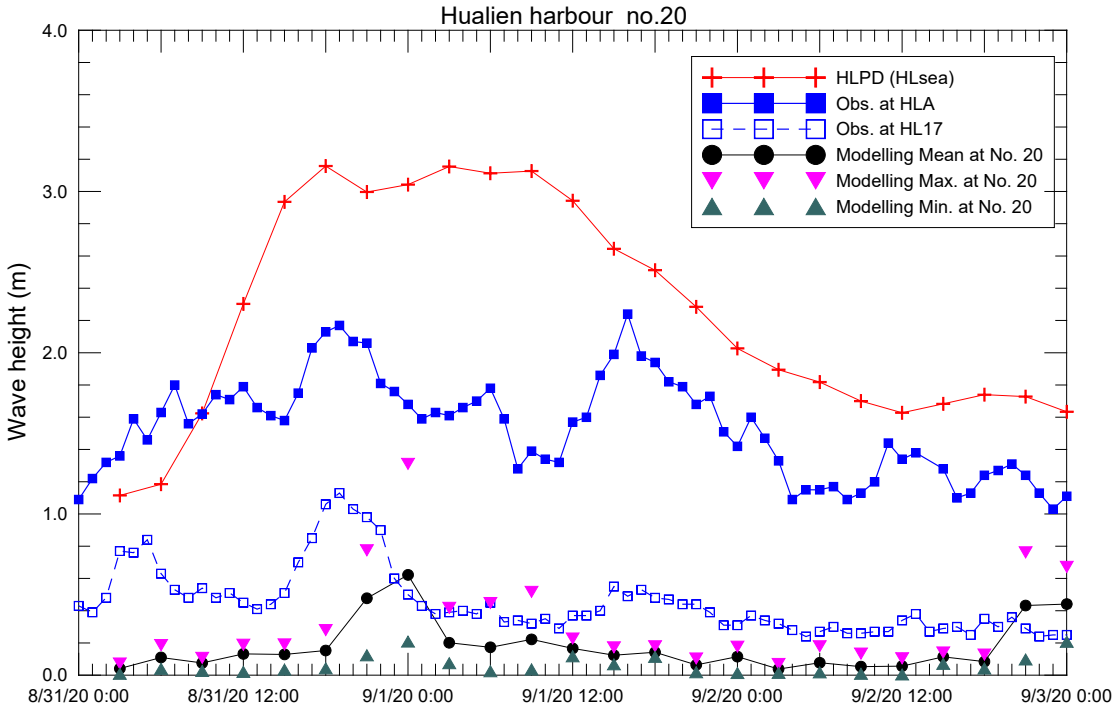


圖 4.37 花蓮港內靜穩模擬#20 碼頭波高變化歷線圖

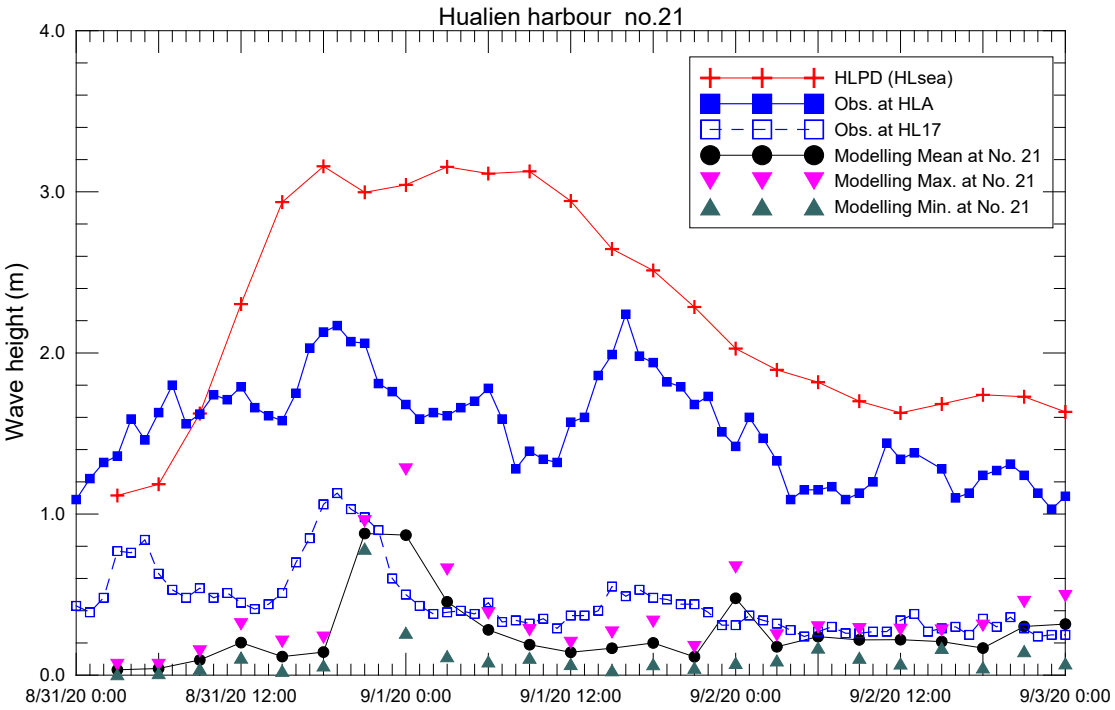


圖 4.38 花蓮港內靜穩模擬#21 碼頭波高變化歷線圖

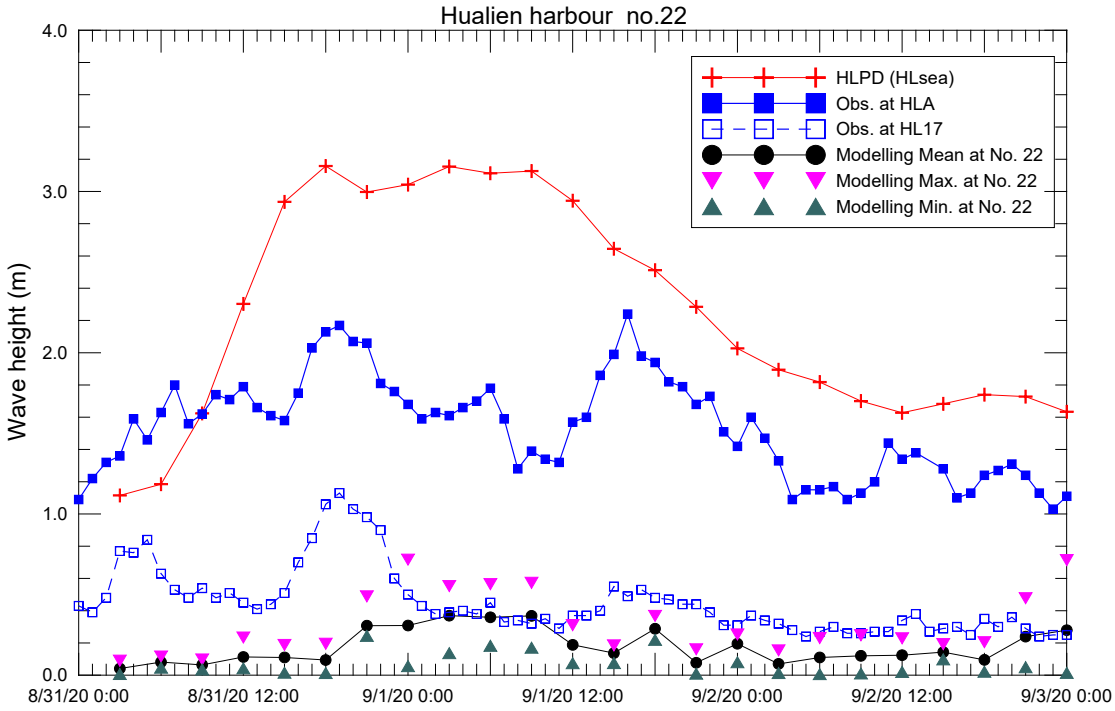


圖 4.39 花蓮港內靜穩模擬#22 碼頭波高變化歷線圖

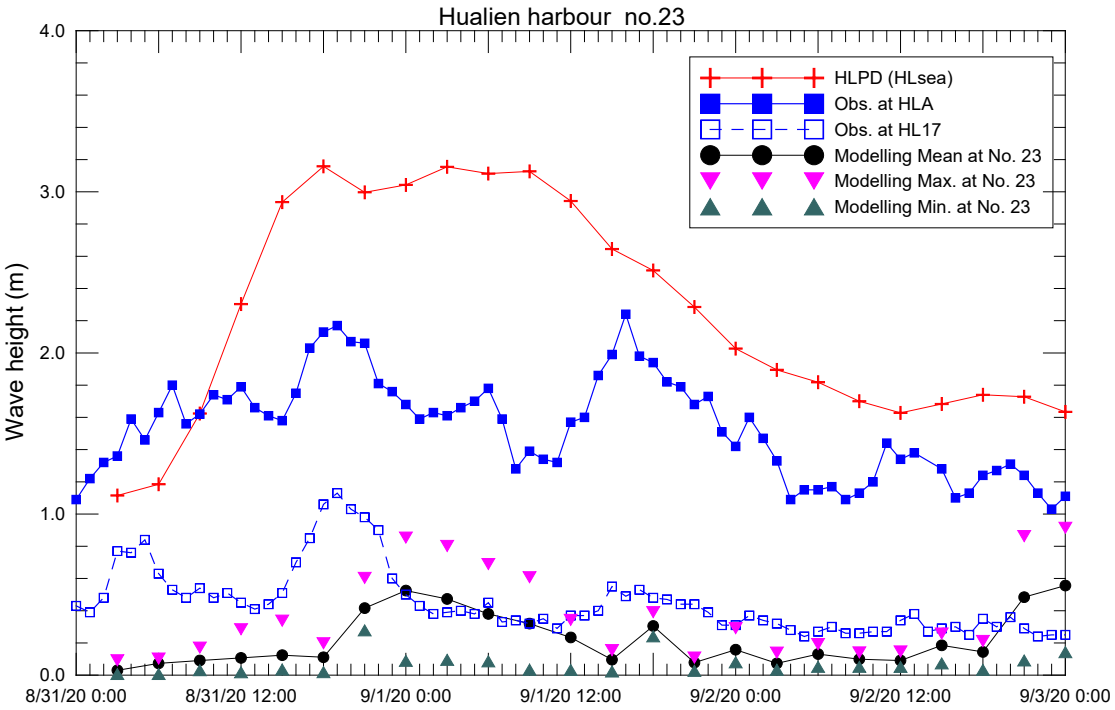


圖 4.40 花蓮港內靜穩模擬#23 碼頭波高變化歷線圖

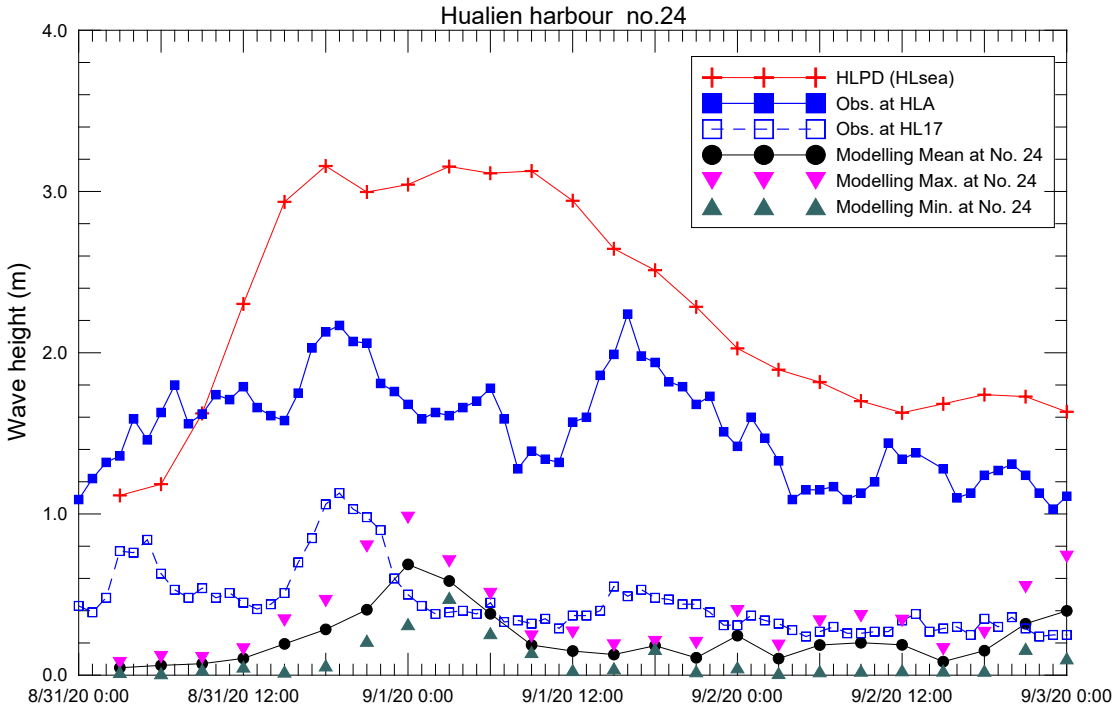


圖 4.41 花蓮港內靜穩模擬#24 碼頭波高變化歷線圖

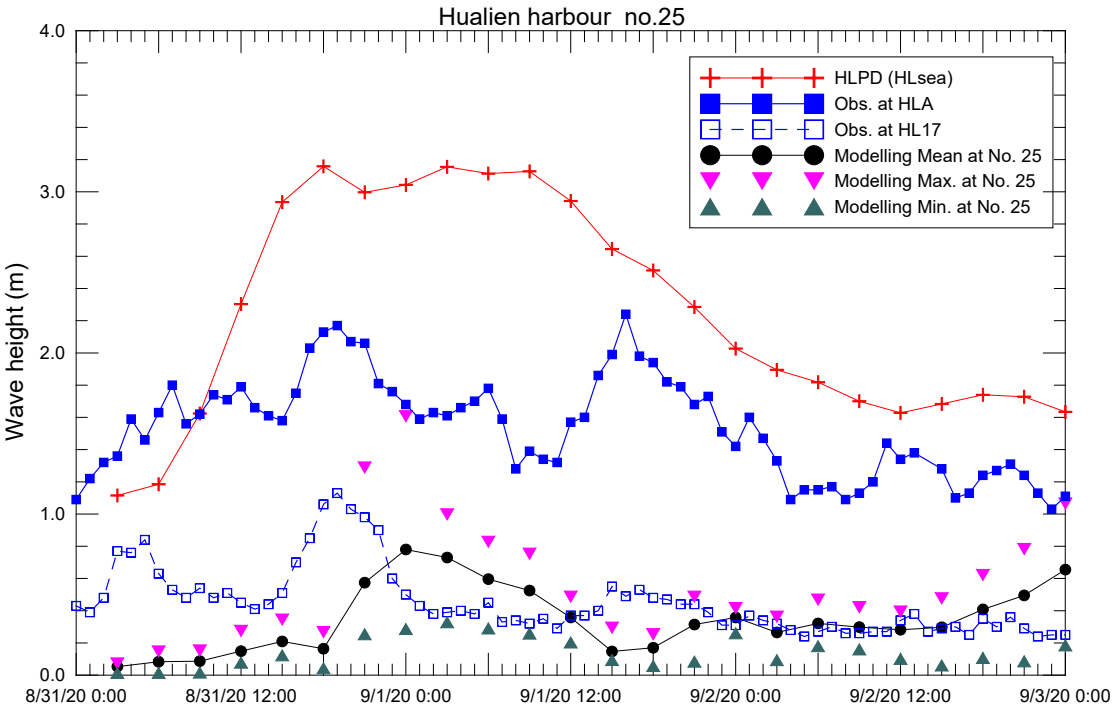


圖 4.42 花蓮港內靜穩模擬#25 碼頭波高變化歷線圖

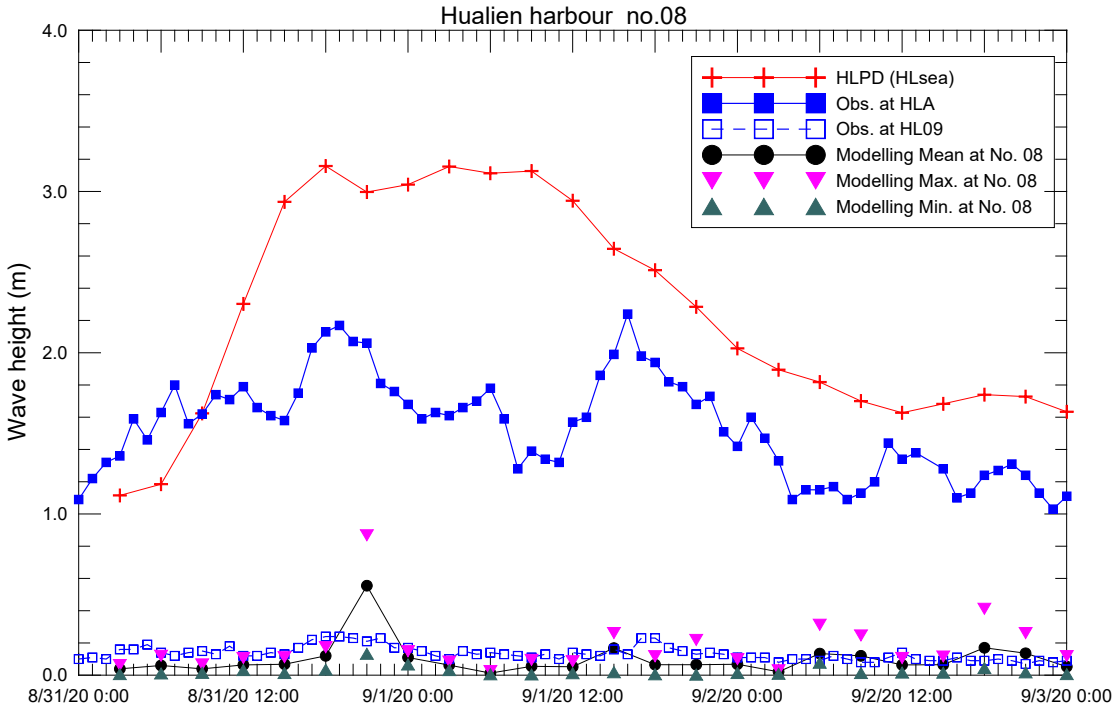


圖 4.43 花蓮港內靜穩模擬#08 碼頭波高變化歷線圖

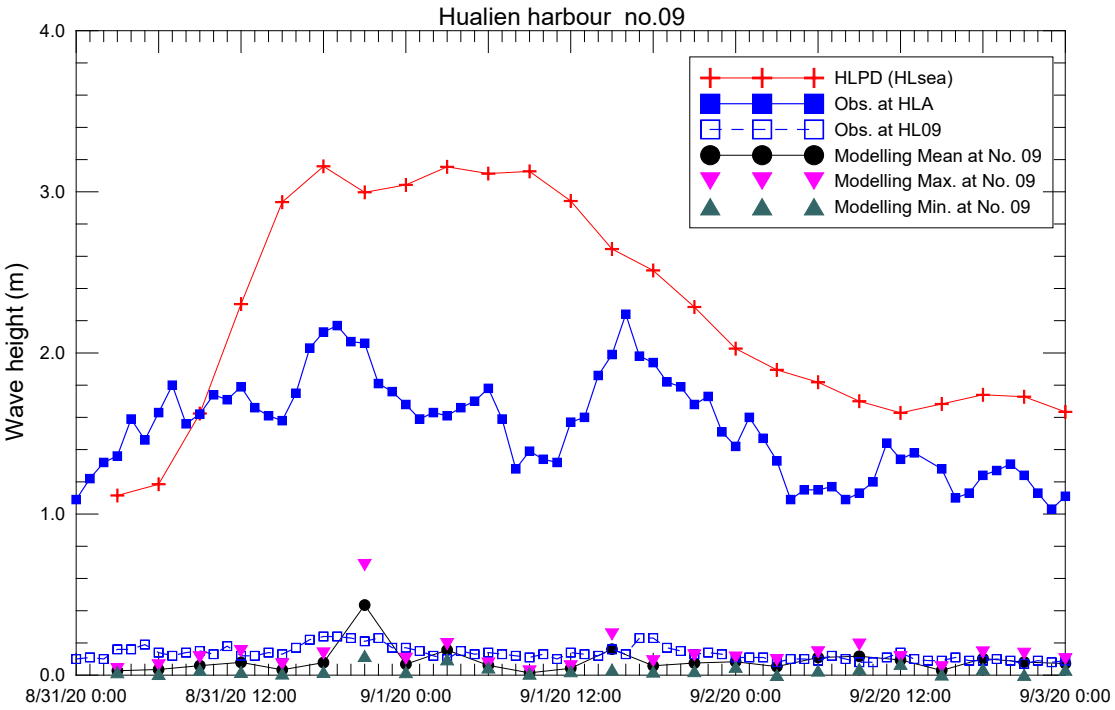


圖 4.44 花蓮港內靜穩模擬#09 碼頭波高變化歷線圖

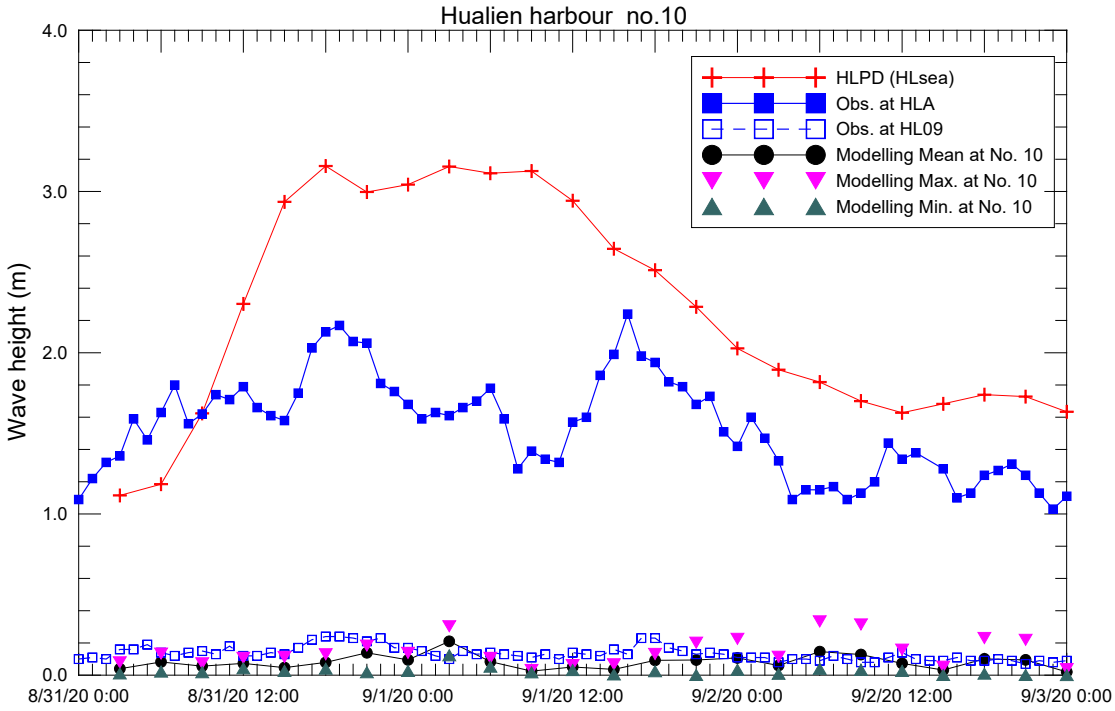


圖 4.45 花蓮港內靜穩模擬#10 碼頭波高變化歷線圖

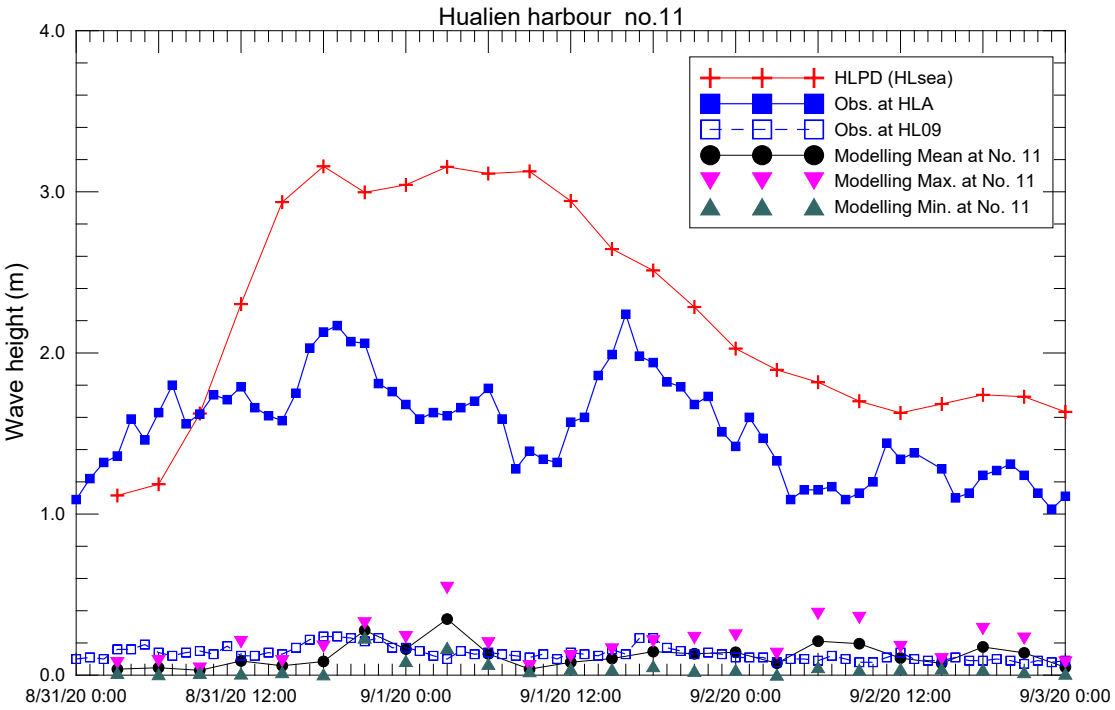


圖 4.46 花蓮港內靜穩模擬#11 碼頭波高變化歷線圖

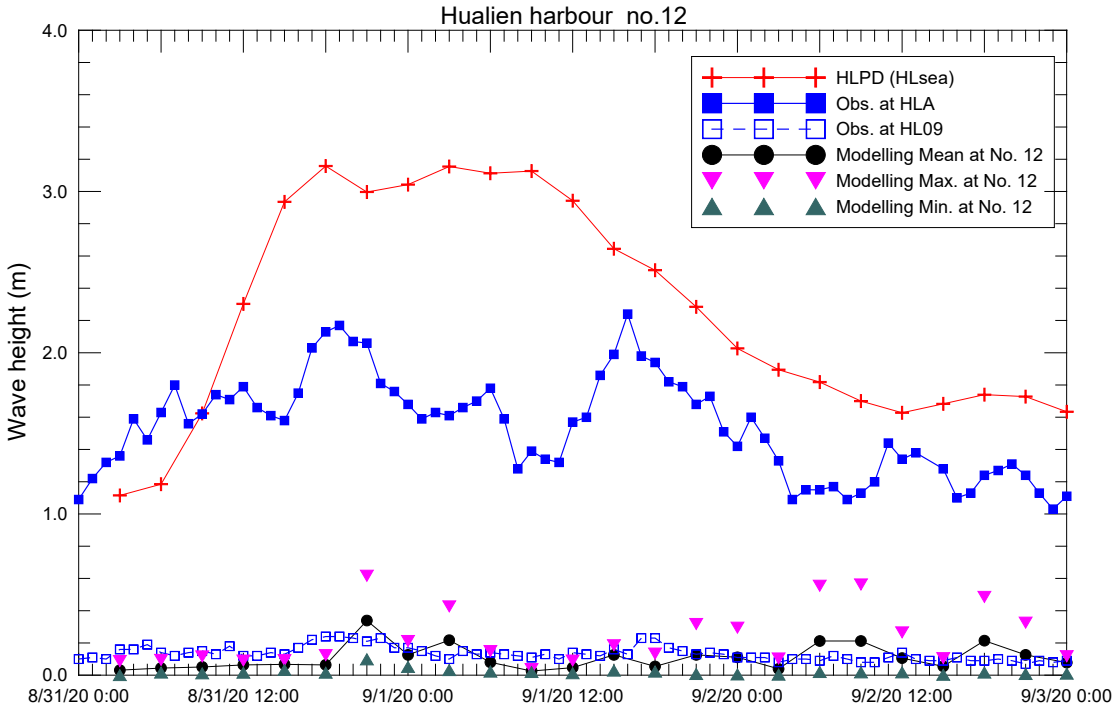


圖 4.47 花蓮港內靜穩模擬#12 碼頭波高變化歷線圖

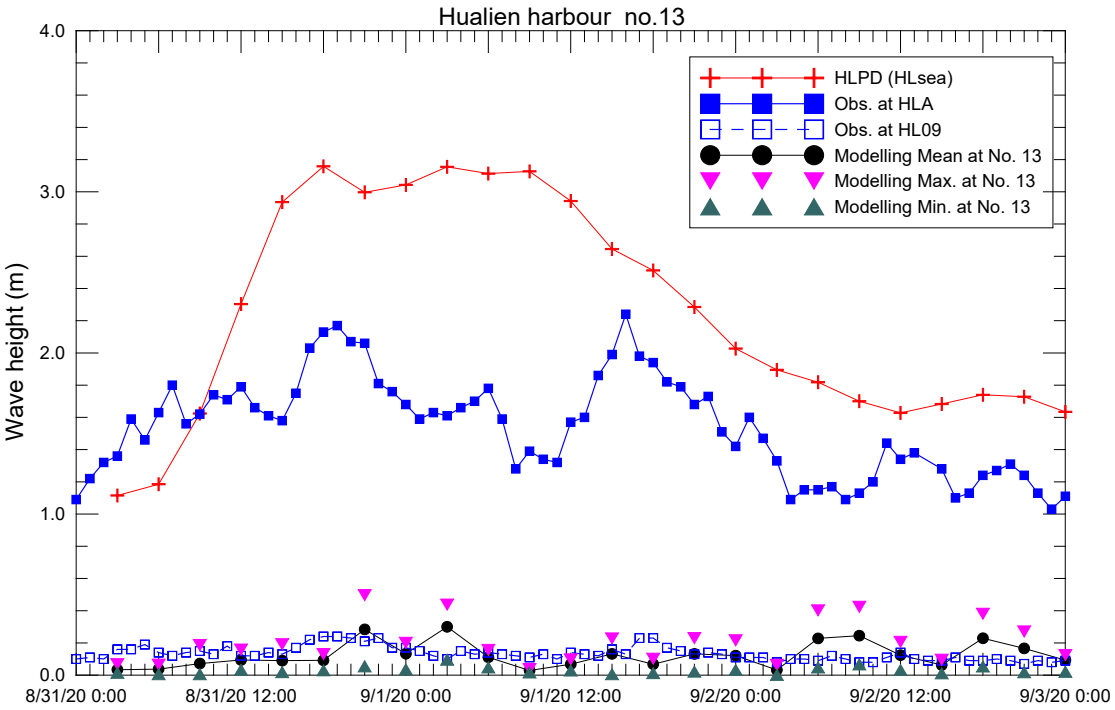


圖 4.48 花蓮港內靜穩模擬#13 碼頭波高變化歷線圖

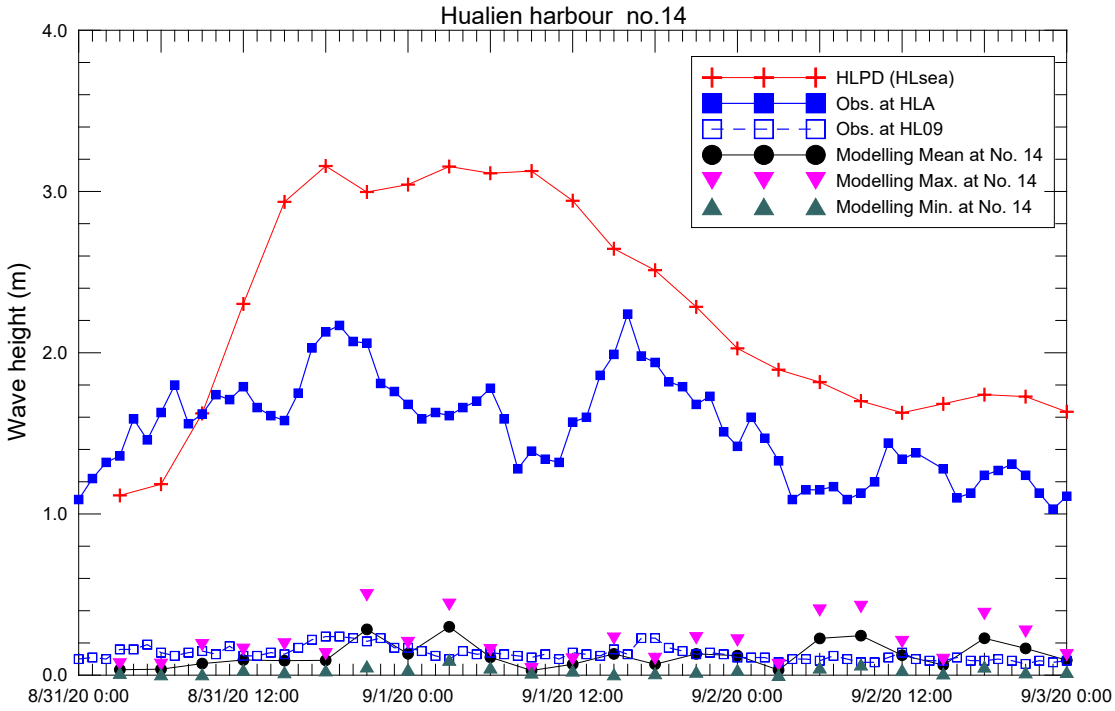


圖 4.49 花蓮港內靜穩模擬#14 碼頭波高變化歷線圖

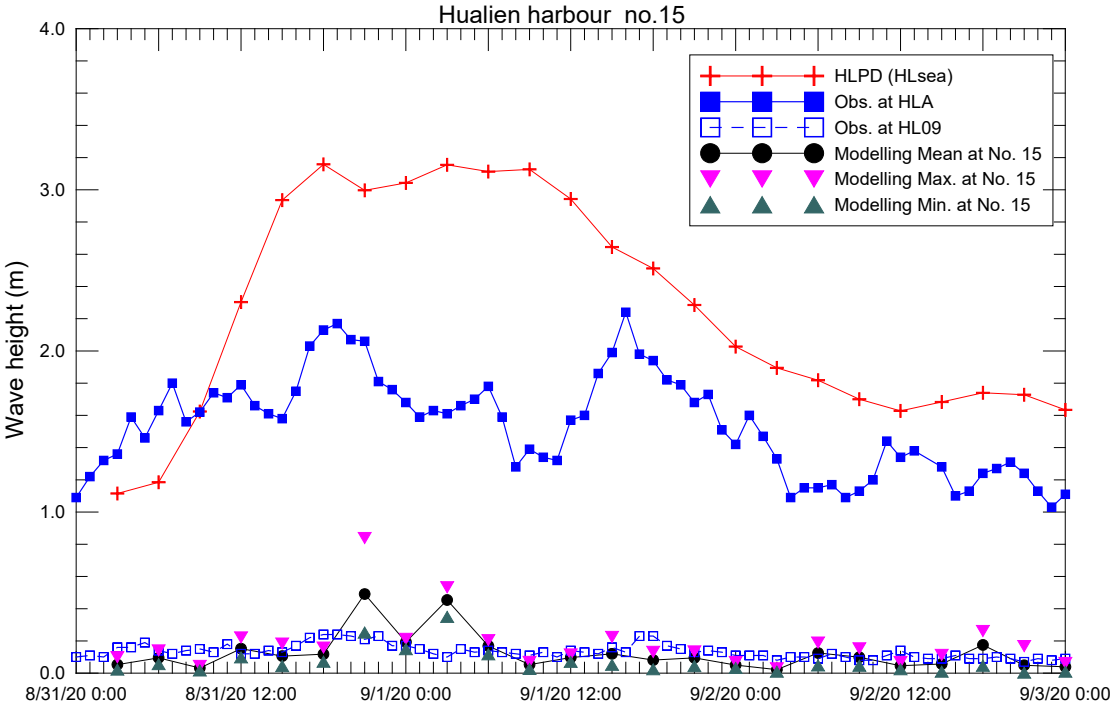


圖 4.50 花蓮港內靜穩模擬#15 碼頭波高變化歷線圖

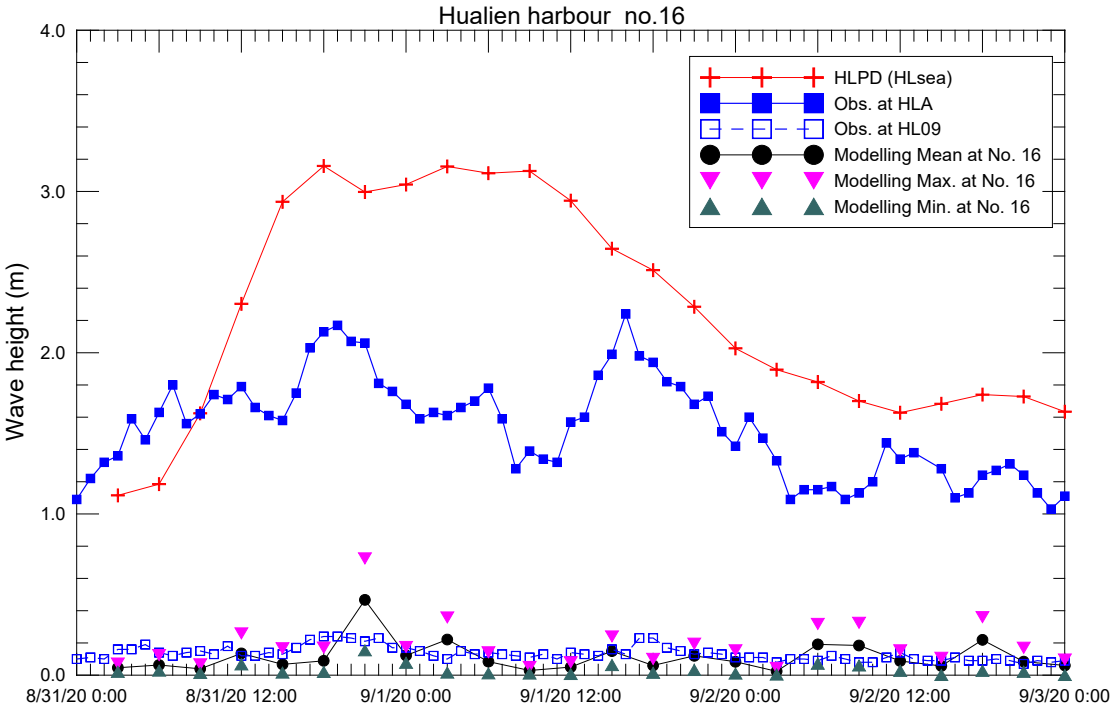


圖 4.51 花蓮港內靜穩模擬#16 碼頭波高變化歷線圖

二、蘇澳港區靜穩模擬與校驗結果

同理，依據蘇澳港 109 年港外 AWAC 測站及港內波浪測站 SAE 分析結果，選出侵臺颱風昌鴻期間(10 月 8 日 0 時～10 月 13 日 0 時)，以 AWAC 逐時觀測資料，如圖 4.52 所示，作為港區靜穩模組參數率定之情境模擬條件。

同樣，經由參數靈敏度分析及試誤法(try and error)逐步修正模式參數率定值，經參數率定後，港內波高模擬值與測站 SAE 波高觀測值之比對結果，如圖 4.53 所示。

依據上述參數率定結果，本計畫選取 109 年 10 月 8 日 0 時～10 月 13 日 0 時之小尺度蘇澳近海風浪模組輸出的港域波浪模擬條件，如圖 4.54 所示，執行蘇澳港港區靜穩模擬預測，其中鄰近港內測站 SAE 輸出點位之波高模擬值與測站示性波高觀測值之比對結果，如圖 4.55 所示。此時，第一船渠碼頭(#1～#2)之波高模擬預測值，如圖 4.56、圖 4.57 所示；第二船渠碼頭#3～#7 碼頭區波高模擬預測值，如圖 4.58～圖 4.62 所示；第三船渠碼頭#8～#13 碼頭區波高模擬預測值，如圖 4.63～圖 4.68 所示。

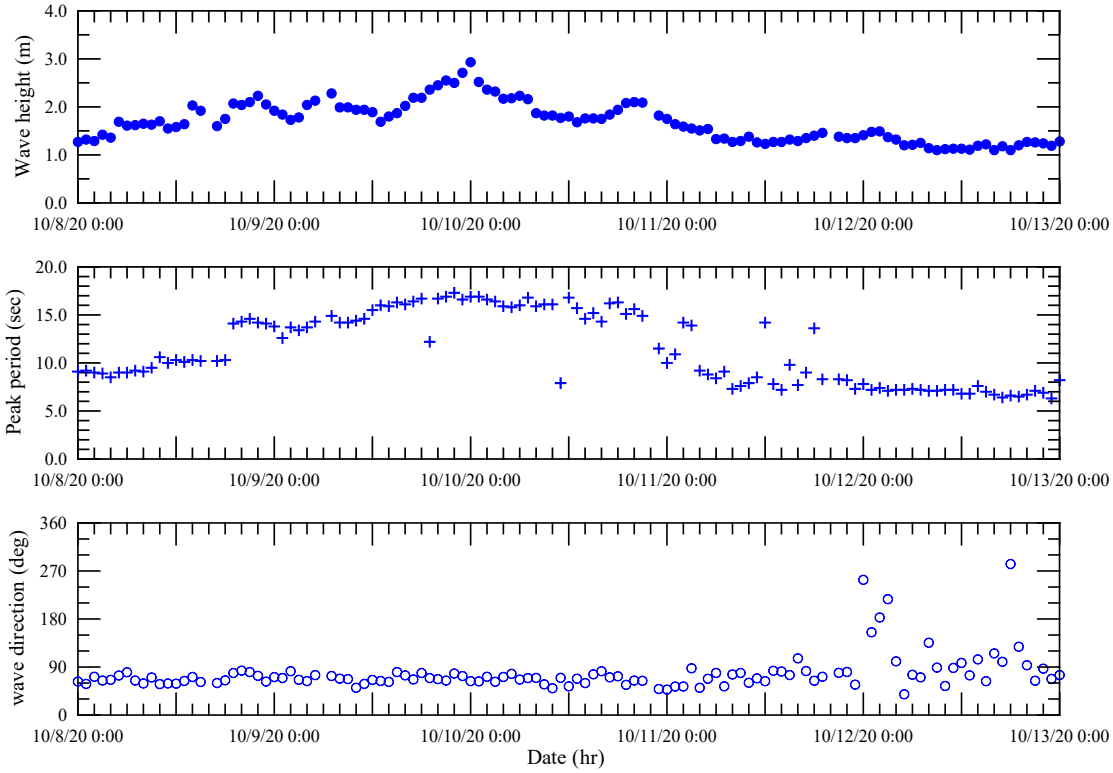


圖 4.52 昌鴻颱風期間蘇澳港港外 AWAC 波浪觀測歷線圖

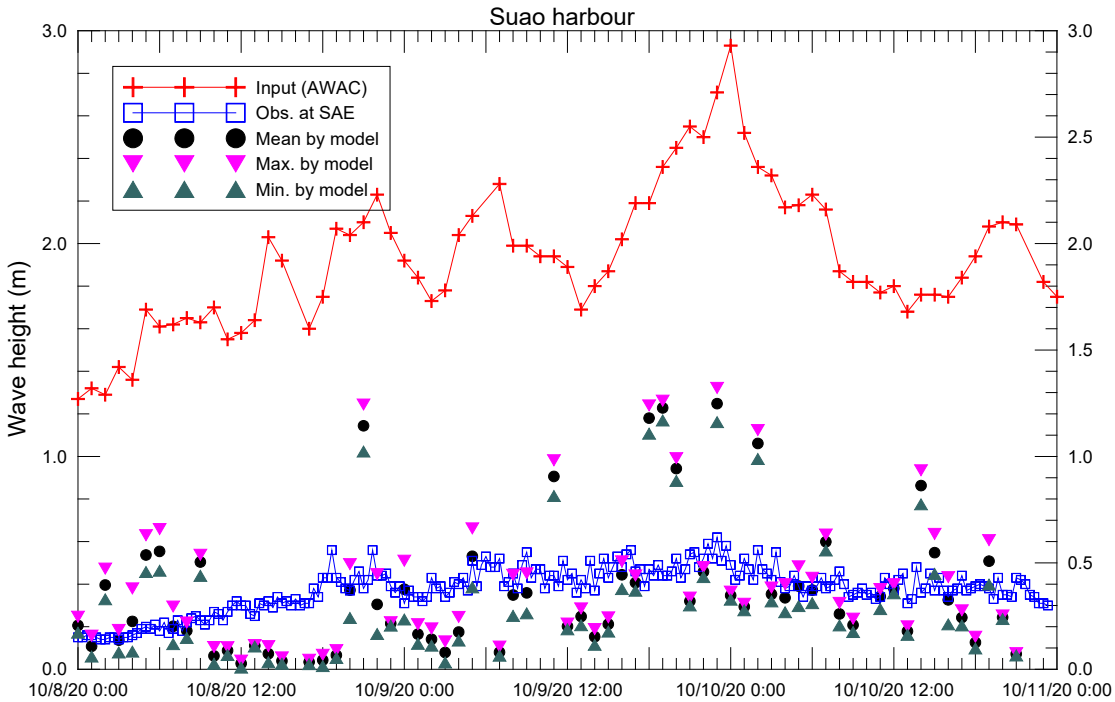


圖 4.53 蘇澳港內測站 SAE 波高模擬值與觀測值比較結果

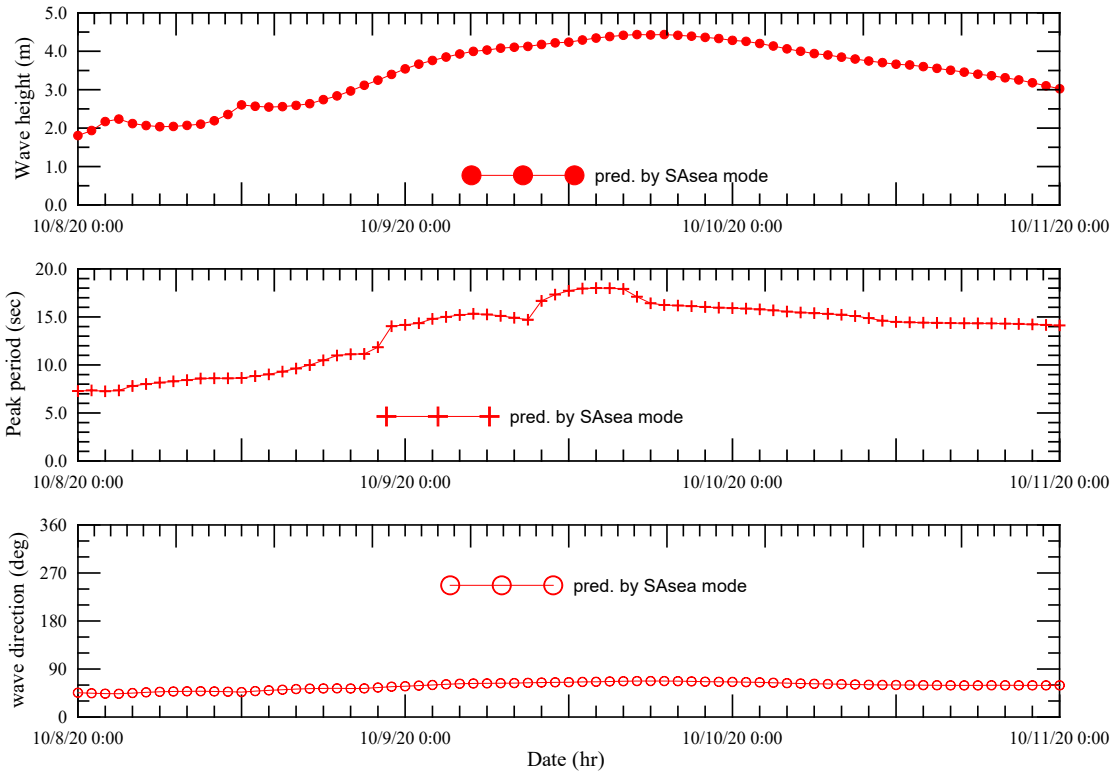


圖 4.54 蘇澳海域風浪模組輸出點 SAB 波高預測值歷線圖

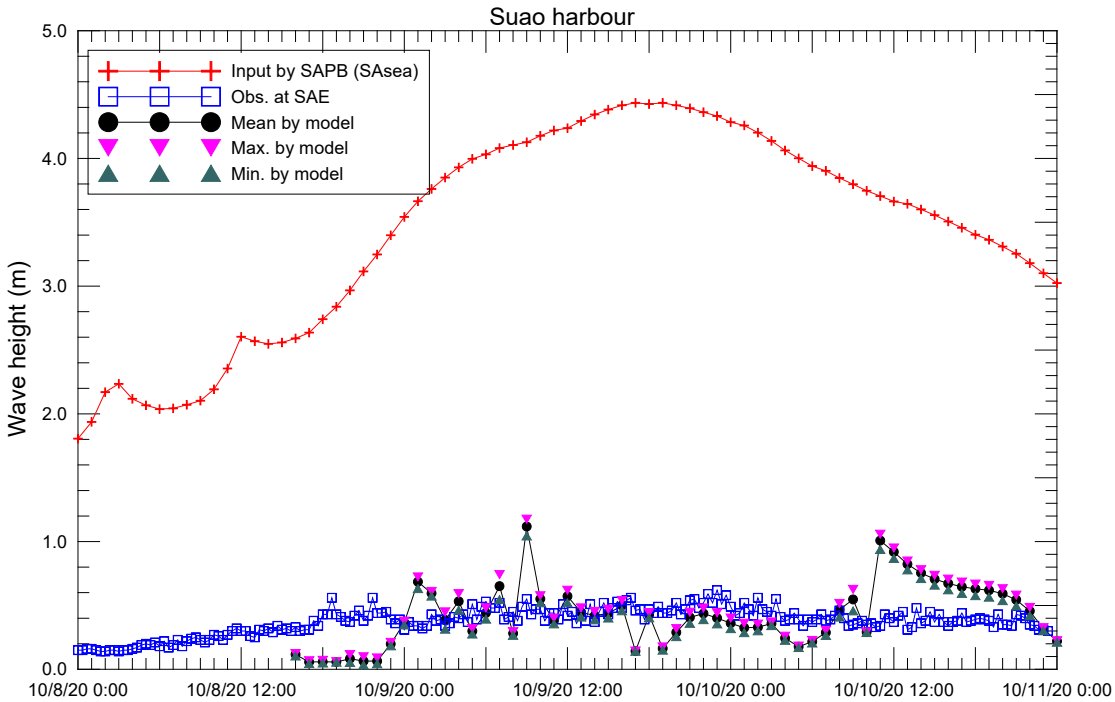


圖 4.55 蘇澳港內測站 SAE 波高模擬值與觀測值時序歷線圖

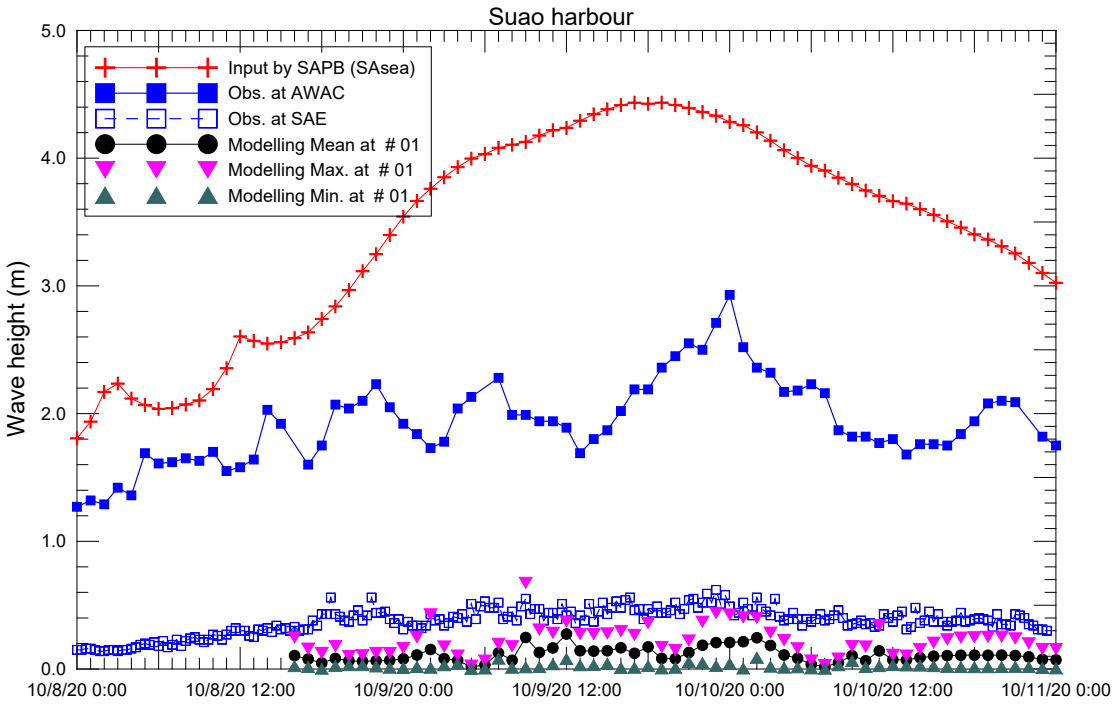


圖 4.56 蘇澳港內靜穩模擬#01 碼頭波高變化歷線圖

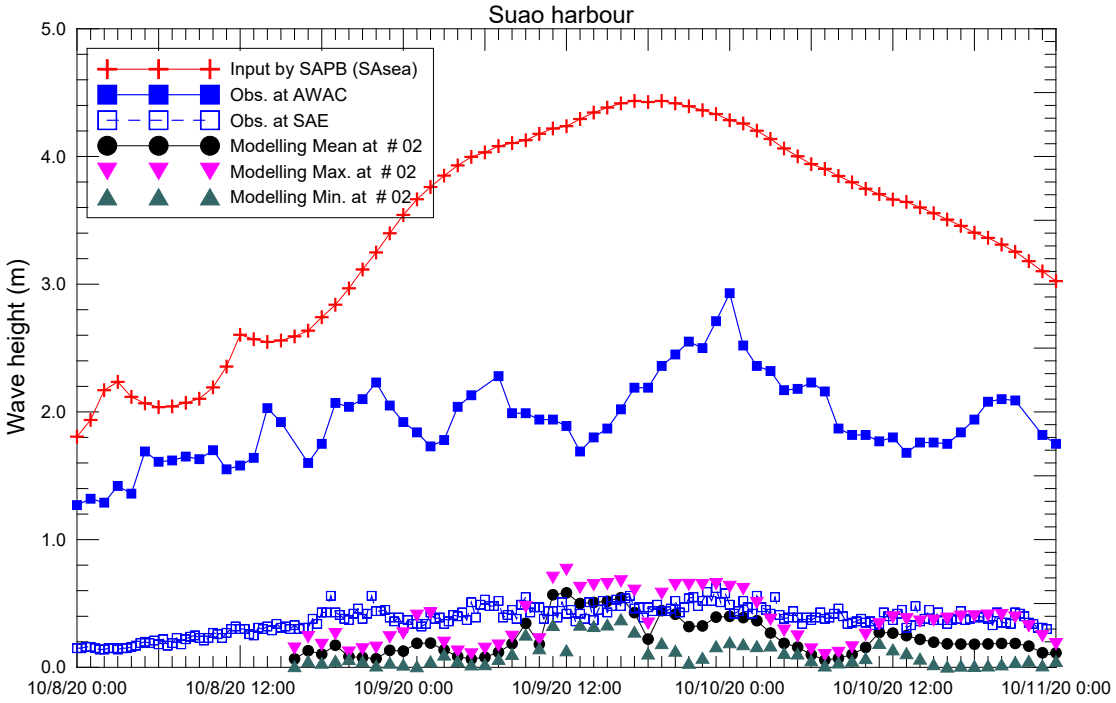


圖 4.57 蘇澳港內靜穩模擬#02 碼頭波高變化歷線圖

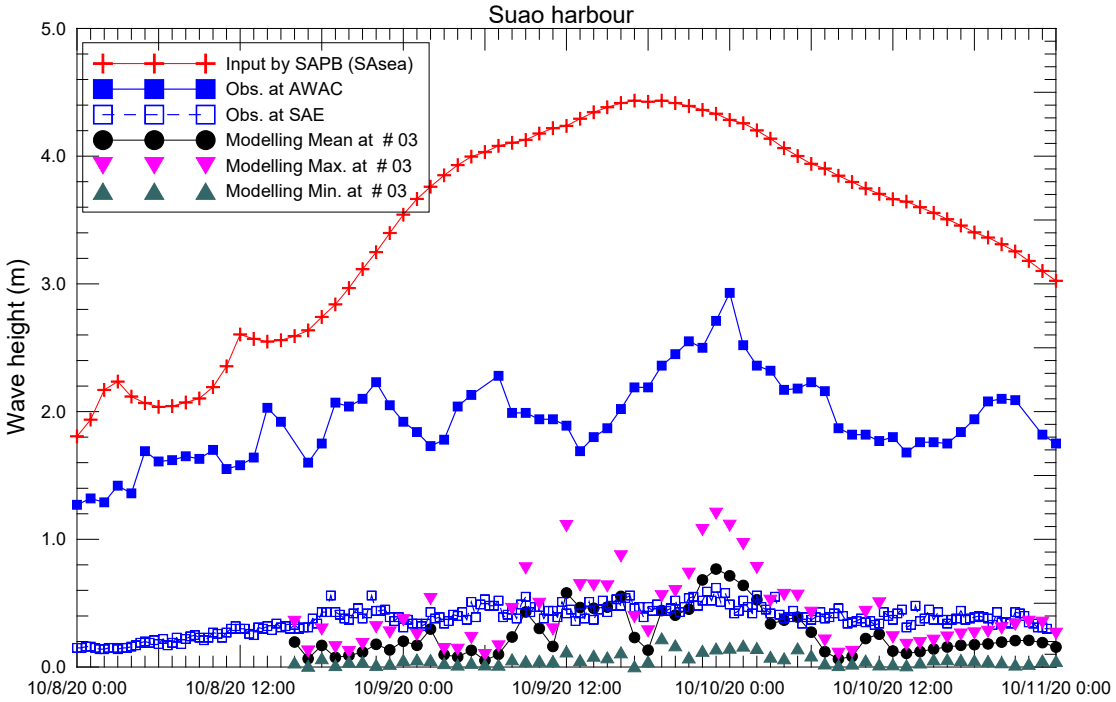


圖 4.58 蘇澳港內靜穩模擬#03 碼頭波高變化歷線圖

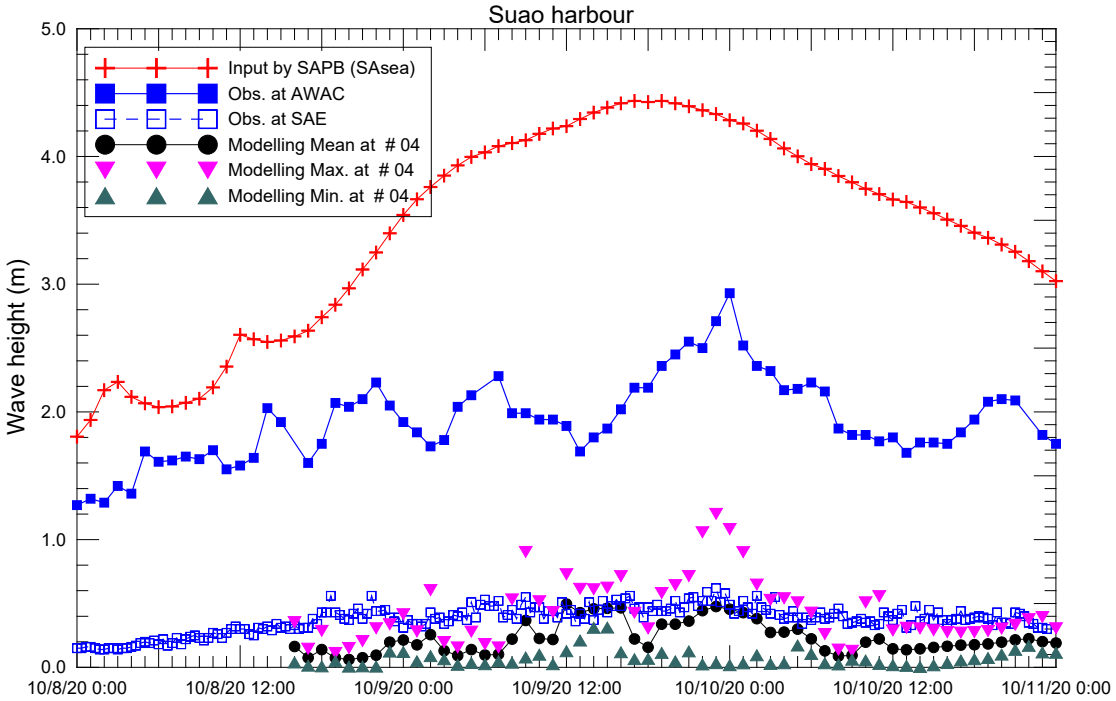


圖 4.59 蘇澳港內靜穩模擬#04 碼頭波高變化歷線圖

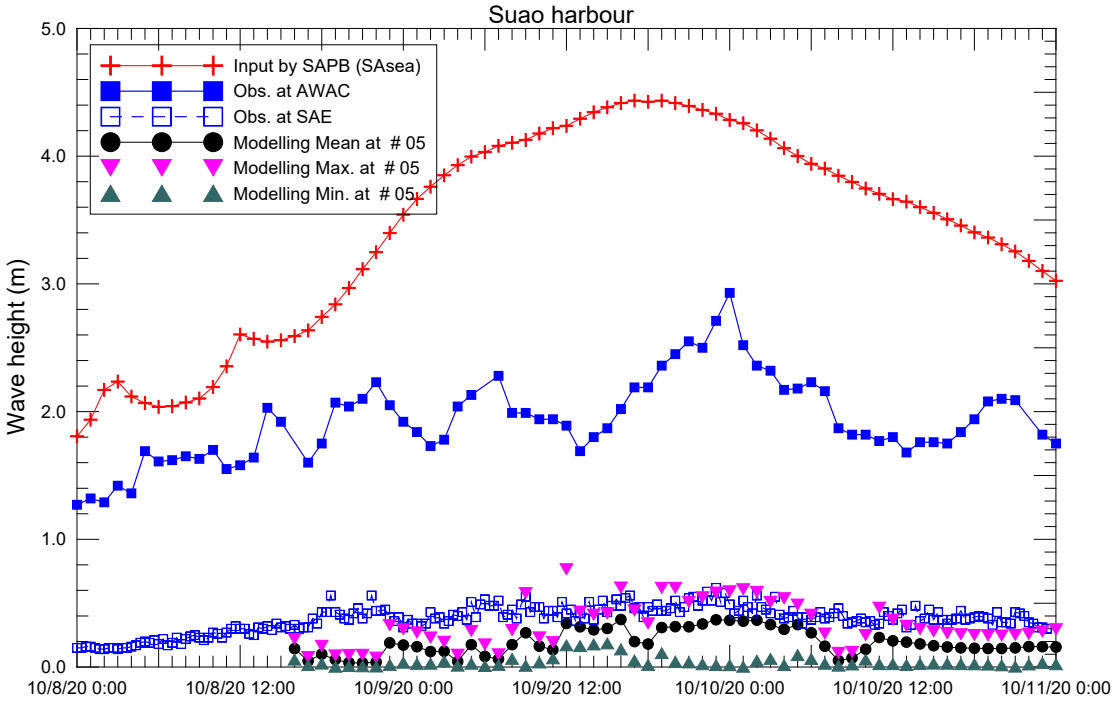


圖 4.60 蘇澳港內靜穩模擬#05 碼頭波高變化歷線圖

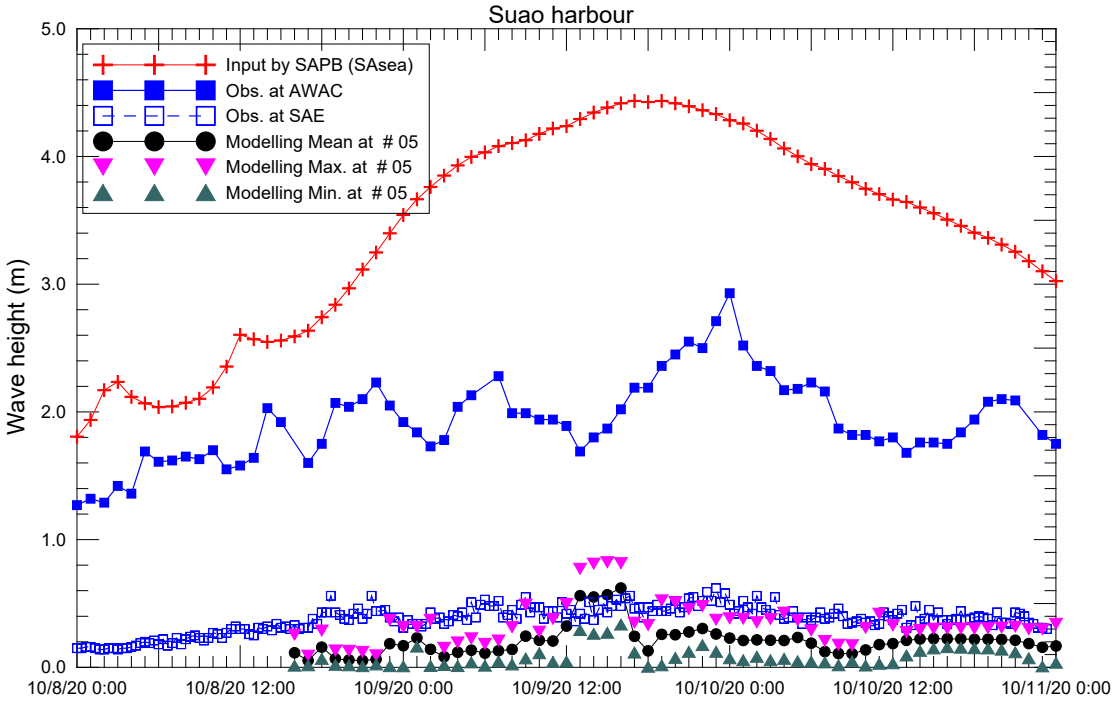


圖 4.61 蘇澳港內靜穩模擬#06 碼頭波高變化歷線圖

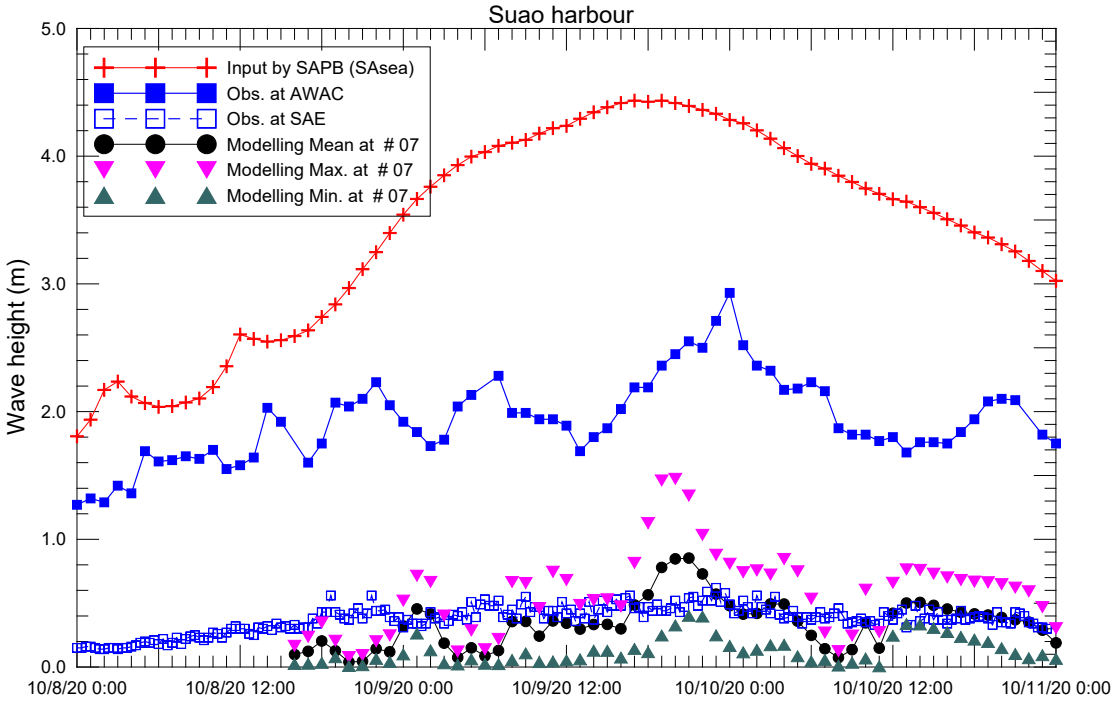


圖 4.62 蘇澳港內靜穩模擬#07 碼頭波高變化歷線圖

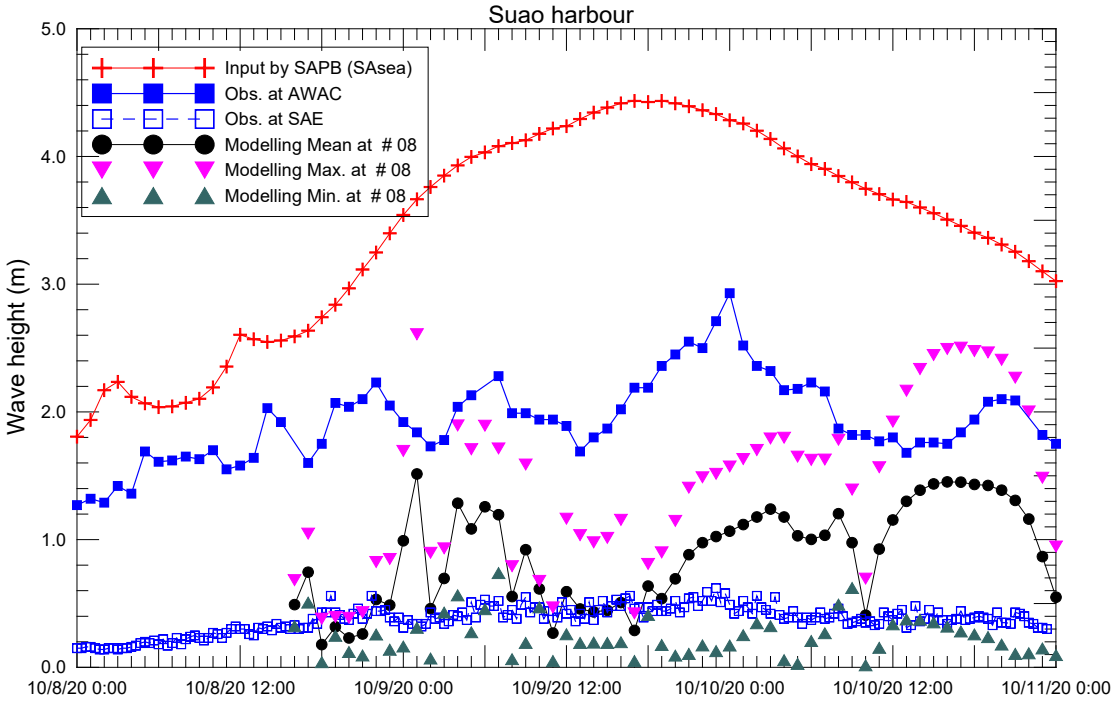


圖 4.63 蘇澳港內靜穩模擬#08 碼頭波高變化歷線圖

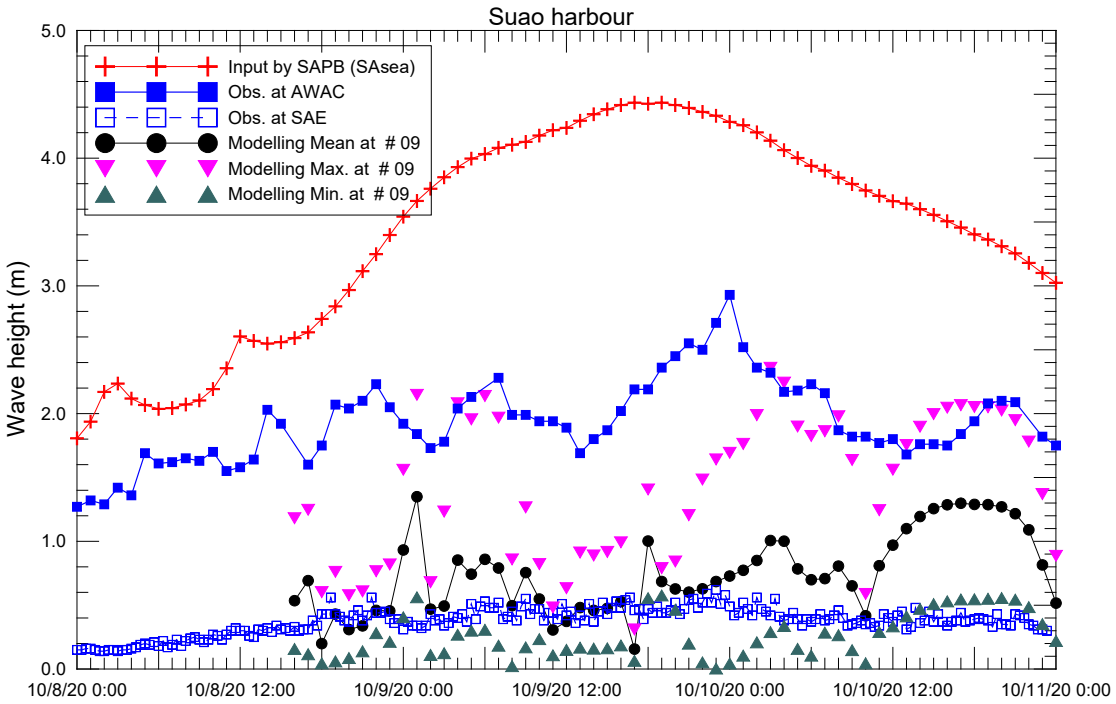


圖 4.64 蘇澳港內靜穩模擬#09 碼頭波高變化歷線圖

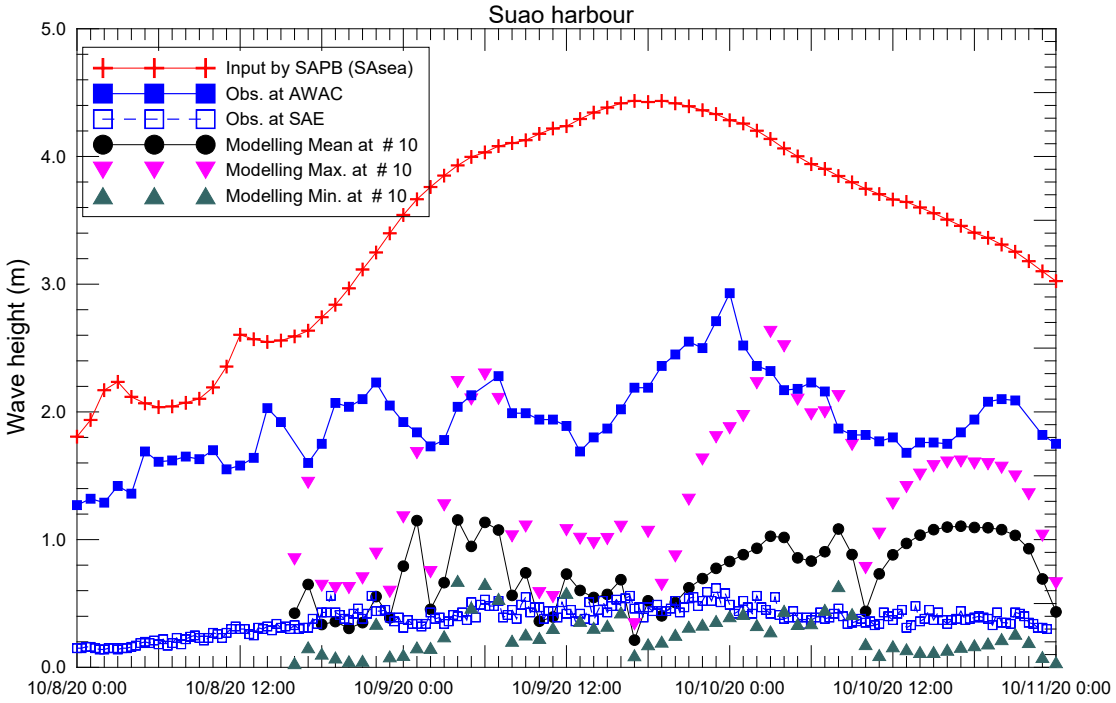


圖 4.65 蘇澳港內靜穩模擬#10 碼頭波高變化歷線圖

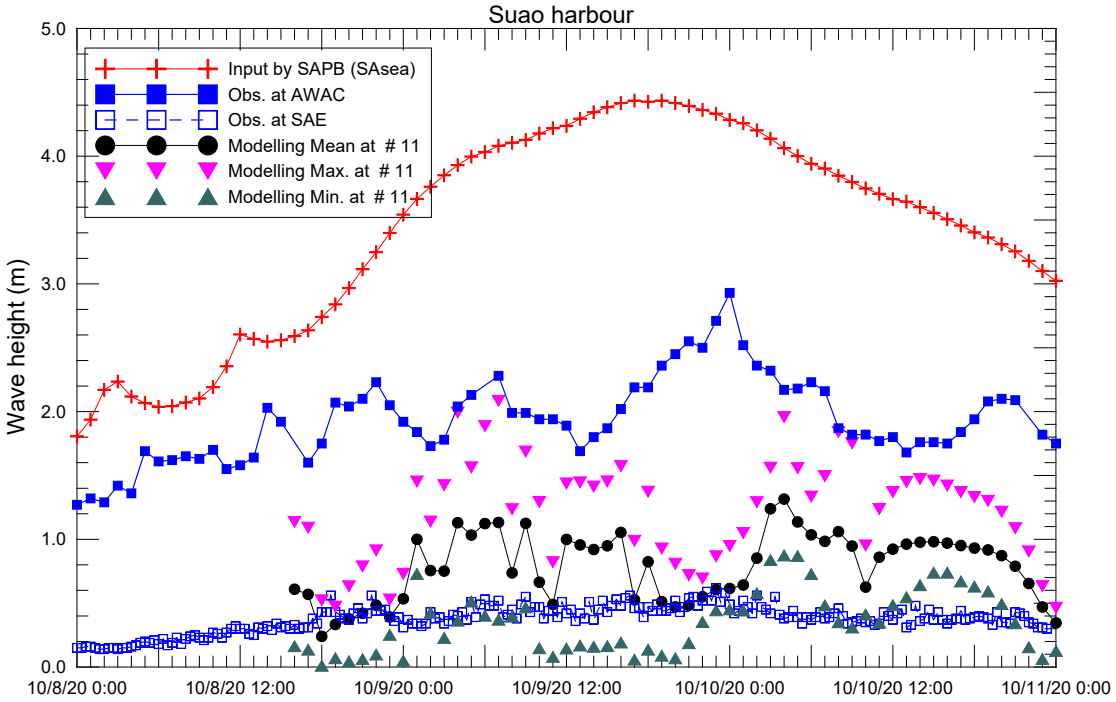


圖 4.66 蘇澳港內靜穩模擬#11 碼頭波高變化歷線圖

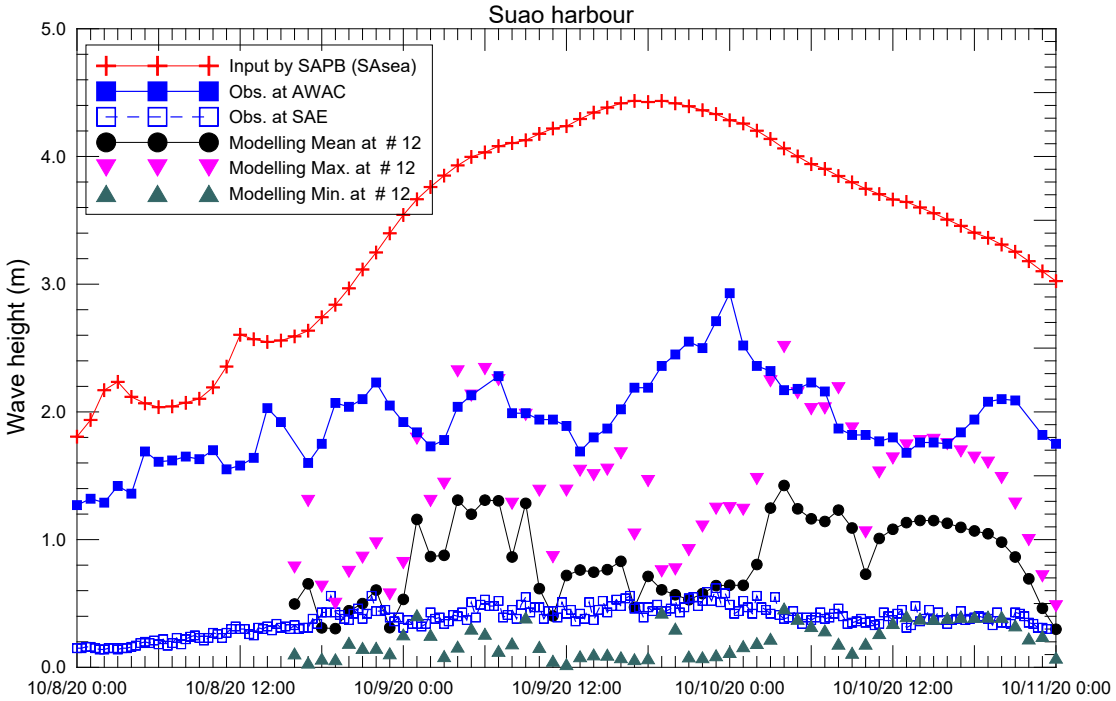


圖 4.67 蘇澳港內靜穩模擬#12 碼頭波高變化歷線圖

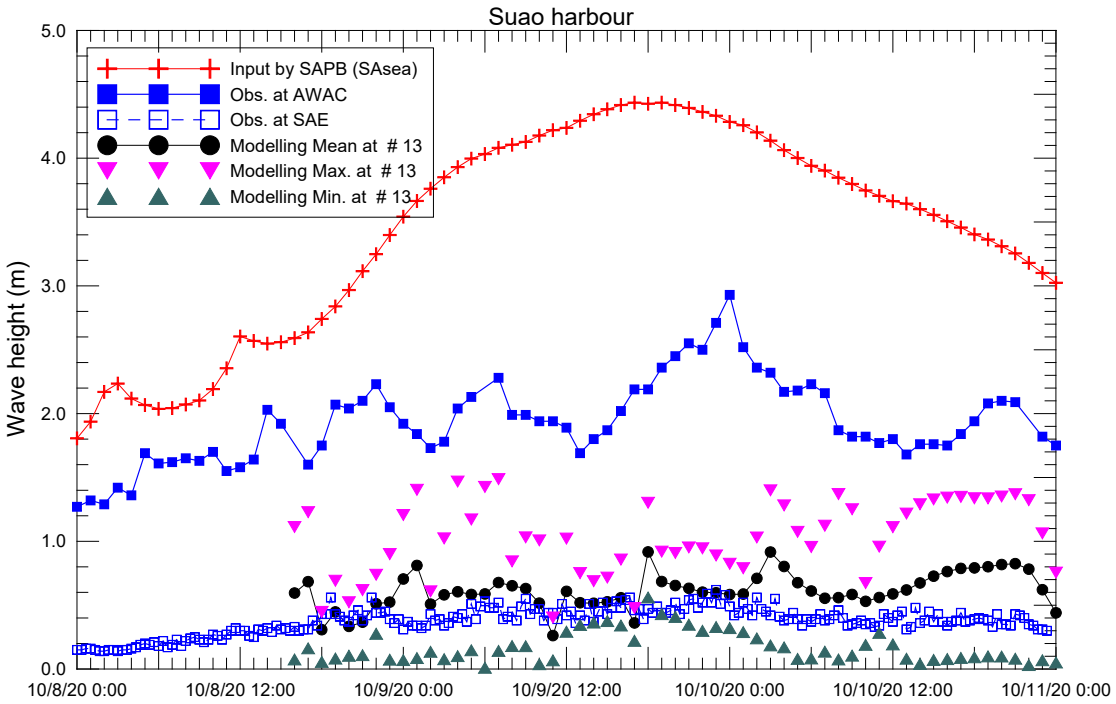


圖 4.68 蘇澳港內靜穩模擬#13 碼頭波高變化歷線圖

第五章 港外長浪預警及港區靜穩預警系統

海面受風作用產生風浪(wind sea)，當波浪離開風場後，組成風浪的成份波因為不同頻率和方向，會以不同波速和波向逐漸成為獨立的波浪系統稱為湧浪(swell)，故在海洋上所觀測到波浪常是由風浪及湧浪混合而組成。蔡等(2007)統計臺灣海域平均每年有數十起遭受波浪襲擊而落海的意外事件，大部分被浪擊落海之意外事件，多集中於臺灣北部及東北部海域。饒等(2015)探討東北角風管處所轄海域在 101 至 104 發生 18 起意外落水事件，探討長浪危險警戒時段與當時發生人員落海的高度關連性。港灣也常須留意湧浪導入，如簡等(2009)，說明花蓮港自擴建後，每年受特定區域颱風侵襲時，湧浪傳入港內水位震盪導致船舶斷纜等事件發生。另外海卸煤碼頭及海上作業平臺也需特別須留意湧浪，以免裝卸或人員作業意外。而在海上遊憩活動如衝浪活動，海上湧浪大時對衝浪則是較佳的海象環境，因此，每年常有東北季風時或颱風前，衝浪客逐浪被驅趕之新聞。

以上種種都說明了湧浪訊息的重要，湧浪訊息同時具有促進海上活動及災防實務的價值，故近年來國內外各單位開始提供湧浪資訊，我國中央氣象局為提升海邊活動的安全也開始發布長浪即時預警訊息，國外甚至有專業性的湧浪海象預測網站，提供衝浪玩家應用。如美國 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 下之 NWS(National Weather Service)，網址為 http://polar.ncep.noaa.gov/ 已提供主要湧浪及次要湧浪預報資料。日本 NOWPHAS（全國港灣海洋波浪情報網：Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HArbourS），網址為 http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas，結合國土交通省港灣局、各地方整備局、北海道開發局、沖繩綜合事務局、國土技術政策綜合研究所以及港灣空港技術研究所，構建日本沿岸的波浪情報網，提供「有義波高、週期帶波浪、潮位(每分鐘海域平均水面)」之觀測資料，依網頁說明周波帶波浪定義，波高週期 8 秒以下定義為風波，週期在 8 秒到 30 秒之間的定義為湧浪，週期 30 秒以上定義為長

週期波，求得相應的波高後，可以分析對船舶、構造物產生的影響。亦有民營公司開發 WINDY 網頁及其手持應用程式(APP)，網址為 https://www.windy.com/，以直覺視窗操作介面，整合歐洲天氣預報中心 ECMWF WAM 及 美國 NOAA Wavewatch 3 兩套系統之風浪、主要湧浪及次要湧浪資訊，免費提供一般使用者。

風浪的主要特徵為波長及週期較短，波浪尖銳度較大，波向與風向近似，而湧浪波長及週期相對較大，波浪尖銳度較小，波向與風向可不近似。基於風浪及湧浪的特性差異處，因此可對波浪系統進行風浪及湧浪成分分離，更精確地描述整個區域的波浪場特性及海浪狀態。一般在海洋波浪觀測結果中，為了能分離出風浪和湧浪的成份，如許等(2011)依照 TMA 頻譜提出有限水深頻譜劃分步驟和識別方法，將頻譜劃分應用於有限水深頻譜。許等(2012)將方向頻譜以分水嶺方法劃分出個別的波浪系統，再以影像平滑化的方法合併其中的偽波浪系統，輔以有限水深頻譜(TMA 頻譜)方法，識別波浪系統為風浪或是湧浪。李與董等(2016)應用波齡拋物線法，透過方向波譜考慮波向和浪向的關係來分離風湧浪。

中央氣象局由 104 年 6 月 30 日開始發布「長浪即時訊息」，其長浪警戒標準為大於等於示性波高 1.5 公尺及平均週期 8 秒就發布訊息。饒等(2015)建議湧浪警示標準為大於等於湧浪示性波高 1.5 公尺及湧浪平均週期 8 秒，其波浪在頻率域的分離風湧浪方法，採用美國資料浮標中心(NDBC)所採用風湧浪的一維波譜分離法。莊等(2016)提出颱風長浪的主要演化歷程包括(1)啟始到達；(2)群聚成長；(3)堆疊擁積；(4)發達成熟；及(5)減衰消退等五個重要階段，自堆疊擁積至發達成熟階段，颱風長浪的尖峰週期將會由 10 秒以下突然躍昇至 12 秒以上，依據此調變特性，提出瘋狗浪預警之發布與解除準則，以及預警分級與預警措施。

常見風湧分離之方法雖可分離出風浪及湧浪，透過方向波譜以分水嶺法解析不同方向之波群進行分割提出數組示性波高等，但常見風湧分離作法會因所採用之方法不同，導致各時段所分離之波浪週期不

同，甚至無法分離時就只能提供一組示性波高，因此為凸顯區隔較短週期風浪及較長週期長浪資訊，以及便於對於商港管理或防災應變相關人員理解。本計畫以波譜分析方式直接擷取本所於花蓮港港外設置觀測站，蒐集波浪之長浪(較低頻率部份)，將觀測水位及壓力透過快速傅立葉轉換(FFT)成波譜，直接擷取波譜週期 8 秒以上資料，轉換成長浪示性波高值，以災防觀念更簡單方式擷取觀測波浪之長浪(較低頻率部份)波高，如日本 NOWPHAS，為期港務及防災單位能迅速掌握較長浪波高量化數據變化，延伸做為後續防災參考指標之一。

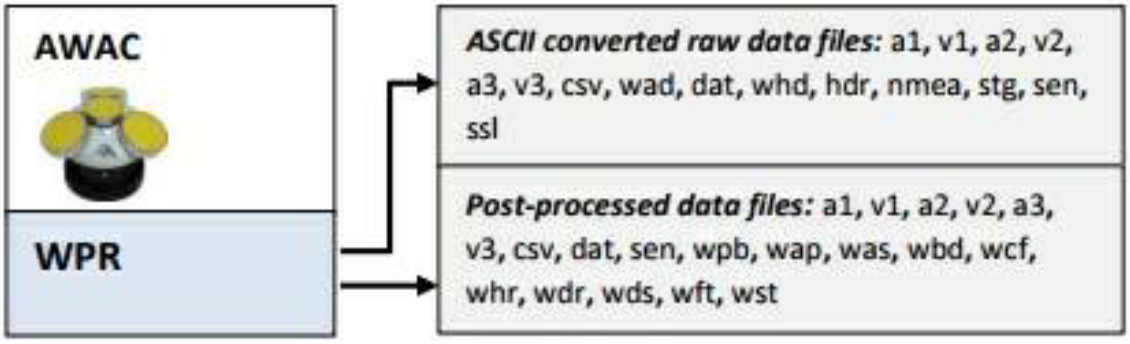
本所於 109 年度透過與臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司(以下簡稱花蓮港務分公司)合作，在花蓮港內 9 號及 17 號碼頭增設 2 組靜穩設備，提供全時觀測資料，並整合港區監測、港外長期海象觀測及海象模擬資訊，開發「花蓮港港灣靜穩展示頁面」;今(110)年度又於 25 號碼頭新增 1 組靜穩設備、2 支影像監測，期望經由統整港內外波浪觀測、影像監測及海象模擬資訊 3 方面，於「花蓮港港灣靜穩展示頁面」做即時線上展示，提供較全面、便利且直觀的防災資訊網頁，供花蓮港務分公司監控中心防災應變使用。

5.1 港外觀測波浪處理與分析

考量花蓮港為一面臨太平洋之國際商港，且花蓮港常受長週期波浪(特定頻率)而有港池盪漾問題，延續前期計畫選取花蓮港觀測站底碇式波流儀觀測資料，每小時量測 2,048 筆水位資料，透過觀測水位資料以波譜轉換方式，擷取波譜週期 8 秒以上波浪資料，轉化長浪波高值，本節將花蓮港觀測站波浪觀測資訊，重新整理 104 年 12 月至 109 年 11 月觀測資料分析結果。另自 109 年起亦將蘇澳港觀測站波浪觀測資訊納入整理，以探討東部商港觀測資料差異分析。

5.1.1 波流儀器簡介

本所港研中心於 89 年起在主要商港裝設底碇式波流觀測設備，該設備為挪威 Nortek 公司生產(以下簡稱 AWAC，Acoustic Waves and Currents)，可利用超音波及壓力感應設備，取得波浪與剖面海流資訊。應用儀器所提供 AWAC AST Dial-up 軟體可進行即時展示、處理、記錄及掌握逐時潮、波及流相關資料，並存入資料庫及對外提供每小時流速和波浪數據。其所傳送之副檔名為 wpr 資料，可利用軟體轉出儀器所觀測美國標準資訊交換碼原始資料檔案(ASCII converted raw data files)，以及處理後數據資料檔案(Post-processed data files)，如圖 5.1 所示，有關個副檔名所代表資料可參考附錄三.1。另依 AWAC 原廠網頁說明，資料亦可透過 Nortek 後處理之視窗軟體 Storm 及 QuickWave 轉檔，Storm 為有圖片即時展示軟體，QuickWave 則為無圖片即時展示軟體。



資料來源:Nortek 手冊

圖 5.1 波流儀之原始資料檔(WPR)轉檔後輸出檔案示意圖

花蓮港歷年長期波流觀測站(AWAC)，觀測位置如圖 5.2(右圖)所示，為花蓮港東防波堤南邊 200 公尺外，水深約 33 公尺處，儀器高約 1.8 公尺。AWAC 儀器觀測設定波浪觀測時間為每小時第 10 分鐘開始，以 1Hz 連續觀測 2,048 筆資料，約 35 分鐘，即時回傳原始觀測二進制資料其副檔名為 wpr 資料，並已作業化自動轉出每日內含每小時波流統計資料之文字檔其副檔名為 wap (Wave parameter file)資料。

自 109 年起，本計畫亦將蘇澳港觀測站波浪觀測資訊納入整理，以探討東部 2 商港觀測資料差異，蘇澳港歷年長期波流觀測站(AWAC)，觀測位置如圖 5.2(左圖)所示，為蘇澳港外，水深約 23 公尺處，儀器高約 1.8 公尺。AWAC 儀器觀測設定波浪觀測時間為每小時第 10 分鐘開始，以 1Hz 連續觀測 2,048 筆資料，約 35 分鐘，即時回傳原始觀測二進制資料其副檔名為 wpr 資料，並已作業化自動轉出每日內含每小時波流統計資料之文字檔其副檔名為 wap (Wave parameter file)資料，與花蓮港波流觀測站設定相同。

本計畫應用 AWAC AST Dial-up 軟體轉出副檔名 wap 檔案，了解其提供每小時波浪統計資訊，包含分別利用超音波訊號以及壓力訊號轉出之示性波高。其副檔名 wap 內檔案各欄位定義分別如表 5-1 所示。副檔名 wap 內其原廠手冊之統計資料較詳細說明如附錄三表 1-3 所示。

另轉出副檔名 wad 檔案取得每小時內 2,048 筆超音波水位資料(AST Distance)以及壓力資料(Pressure)，做為本計畫自行分析長浪統計資料使用，其副檔名 wad 內檔案各欄位定義如表 5-2 所示



圖 5.2 波流儀於花蓮港、蘇澳港位置示意圖(圖標 X 處)

表 5-1 波流儀轉出副檔名.wap 欄位定義表

Column	Field	Unit
1	Month	(1-12)
2	Day	(1-31)
3	Year	
4	Hour	(0-23)
5	Minute	(0-59)
6	Second	(0-59)
7	Significant height (H_s)	(m)
8	Mean 1/3 height ($H_{1/3}$)	(m)
9	Mean 1/10 height ($H_{1/10}$)	(m)
10	Maximum height (H_{max})	(m)
11	Mean period (T_{m02})	(s)
12	Peak period (T_p)	(s)
13	Mean zerocrossing period (T_{mean})	(s)
14	Peak direction ($DirT_p$)	(deg)
15	Directional spread ($Spr1$)	(deg)
16	Mean direction (M_{dir})	(deg)
17	Unidirectivity index	
18	Mean Pressure	(dbar)
19	Water velocity (Surface)	(m/s)
20	Water direction (Surface)	(degrees)

表 5-2 波流儀轉出副檔名.wad 欄位定義表

Column	Field	Unit
1	Burst counter	
2	Ensemble counter	
3	Pressure	(dbar)
4	AST Distance1 (Beam4)	(m)
5	AST Distance2 (Beam4)	(m)
6	AST Quality (Beam4)	(counts)
7	Analog input	
8	Velocity (Beam1)	(m/s)
9	Velocity (Beam2)	(m/s)
10	Velocity (Beam3)	(m/s)
11	Amplitude (Beam1)	(counts)
12	Amplitude (Beam2)	(counts)
13	Amplitude (Beam3)	(counts)

5.1.2 港外觀測長浪特性分析

每日所觀測 wpr 檔案經彙整後，會將 wap 內所轉出第一欄位H_s做為各港示性波高，若遇颱風期間出現不穩定時則轉換成利用壓力訊號轉出之H_s做為各港示性波高。為瞭解兩者不同訊號原廠解算出資料特性差異，本節利用 AWAC AST Dial-up 軟體，以軟體方式勾選超音波訊號(AST)與壓力訊號(pressure)分別轉換之 wap 檔案所提供波浪時統計資料差異，示性波高分別以 $(H_{s(ast)})$及$(H_{s(pre)})$表示，週期以$(T_{m02(ast)}、T_{p(ast)})$ 及$(T_{m02(pre)}、T_{p(pre)})$表示，4 年計畫執行期間分析之波浪資料，其統計分析總彙整如表 5-3 所示。本(110)年度計處理 108 年 12 月至 109 年 11 月之每月波高、週期及波向資料，繪製之歷線圖及散布圖彙整於附錄三.2，至於前 3 期計畫處理之 105～108 年度波浪資料、各月歷線圖、散布圖部分，104 年 12 月至 106 年 11 月彙整於本所 107 年「港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(1/4)- 模擬評估及長浪特性分析」、106 年 12 月至 107 年 11 月彙整於本所 108 年「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」內、107 年 12 月至 108 年 11 月彙整於本所 109 年「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」內。

示性波高H_s($H_{s(ast)}$及$H_{s(pre)}$)統計部分，除了 109 年 7 月兩者相關係數為 0.694 以外，其餘各月份相關係數均大於 0.8 以上，顯現高度相關性，且兩者歷時資料相當接近。平均比值$(H_{s(pre)}/H_{s(ast)})$均小於 1，顯示應用壓力訊號轉換$H_{s(pre)}$略小於超音波訊號轉換$H_{s(ast)}$，檢視附錄三.2 各月份歷線圖及散布圖可知，在譜峰週期有顯著差異期間，示性波高亦有明顯差異產生，此觀測差異在春末及夏季無颱風侵襲期間。

平均週期T_{m02}($T_{m02(ast)}$及$T_{m02(pre)}$)統計部分，兩者各月份相關係數介於-0.336 至 0.89 間，為負相關至高度相關，其相關係數變化非常大，多數月份相關性不明顯，平均比值$(T_{m02(pre)}/T_{m02(ast)})$介於 1.1 至 1.5 間，顯示壓力訊號轉換$T_{m02(pre)}$大於超音波訊號轉換$T_{m02(ast)}$；檢視附錄三.2 各月份歷線圖及散布圖可知，$T_{m02(ast)}$與$T_{m02(pre)}$兩者平時兩者差距甚大，僅在颱風期間相關性會提高，其相關性最佳月份為 107

年 9 月，相關係數為 0.89，如圖 5.3，主要為當月份有接連 5 個颱風於西北太平洋生成之結果。

譜峰週期T_p($T_{p(ast)}$及$T_{p(pre)}$)統計部分，兩者各月份相關係數介於 0.179 至 0.979 間，為低度相關至高度相關，其相關係數變化大，但相關係數較平均週期高，平均比值($T_{p(pre)}/T_{p(ast)}$) 介於 0.98 至 1.2 間，T_p歷線圖及分布圖上兩側均有散布點出現，顯示$T_{p(pre)}$與$T_{p(ast)}$隨時間常有跳動情形，且 $T_{p(ast)}$會有較多跳動情形。綜觀 4 年分析資料可知，在冬季期間以及颱風期間週期多大於 7 秒以上，$T_{p(pre)}$量測最小至 6.57 秒止，但此時$T_{p(ast)}$量測值約分布在 2.75～4 秒之間，顯示如遇譜峰週期低於 6.57 秒之波浪，其$T_{p(pre)}$值均會等於6.57 秒、此時由波譜計算之$T_{m02(pre)}$約在 5.02～5.2 秒區間，係以壓力訊號量測方式受限於水深，無法反應低週期性波浪，但以超音波訊號量測較能反應波浪真實特性; 整體相關係數最低值發生在 108 年 6 月，該月份屬夏季且在西北太平洋區域僅於 27 日至 28 日有 1 場颱風，因此整月$T_{p(ast)}$會明顯低於 6.57 秒，而$T_{p(pre)}$則受限水深量測不到週期在 6.57 秒以下波浪，因此兩者相關性便很低，如圖 5.4 所示。

超音波訊號$H_{s(ast)}$與壓力訊號$H_{s(pre)}$之示性波高兩者相當接近，但壓力訊號因受限於水深，難以量測到深水波，取得觀測資料易缺少低週期波浪解算結果，波譜轉換示性波高$H_{s(pre)}$與實際波高相比易偏小，因此在使用壓力訊號之波浪資料，應留意實際波浪週期$T_{m02(pre)}$若低於 5.2 秒或譜峰週期$T_{p(pre)}$低於 6.57 秒時，此時轉換出來的示性波高$H_{s(pre)}$恐有失真情形。

表 5-3 花蓮港超音波及壓力訊號波浪統計資料相關性彙整表

年/月	示性波高(H_s)			平均週期(T_{m02})			譜峰週期(T_p)		
	相關係數(R)	平均比值	平均絕對誤差	相關係數(R)	平均比值	平均絕對誤差	相關係數(R)	平均比值	平均絕對誤差
104/12	0.955	0.96	0.1	0.539	1.2	0.86	0.81	0.99	0.35
105/01	0.973	0.95	0.11	0.580	1.2	0.86	0.811	1	0.48
105/02	0.957	0.94	0.13	0.491	1.2	1.1	0.849	1	0.39
105/03	0.955	0.91	0.13	0.612	1.2	1.2	0.483	1	0.58
105/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105/05	0.897	0.80	0.15	0.306	1.4	1.6	0.551	1.1	0.82
105/06	0.903	0.75	0.17	-0.336	1.4	1.7	0.374	1.1	0.91
105/07	0.984	0.81	0.15	-0.033	1.5	2.1	0.527	1.2	1.4
105/08	0.974	0.94	0.075	0.290	1.3	1.6	0.748	1	0.55
105/09	0.992	0.88	0.14	0.775	1.3	1.3	0.821	1.1	0.86
105/10	0.975	0.94	0.11	0.558	1.2	1.1	0.825	1	0.58
105/11	0.970	0.99	0.099	0.664	1.2	0.8	0.812	0.98	0.54
105/12	0.906	1.00	0.1	0.447	1.1	0.74	0.815	0.99	0.35
106/01	0.942	0.99	0.088	0.533	1.1	0.83	0.762	1	0.45
106/02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106/03	0.940	0.90	0.11	0.353	1.3	1.	0.702	1	0.75
106/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106/05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106/06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106/07	0.983	0.82	0.14	0.301	1.5	1.9	0.735	1.1	0.83
106/08	0.985	0.80	0.12	0.008	1.5	2.3	0.642	1.2	1.2
106/09	0.979	0.89	0.098	0.781	1.3	1.3	0.895	1	0.59
106/10	0.979	0.95	0.13	0.790	1.1	0.85	0.899	1	0.44
106/11	0.953	0.98	0.099	0.644	1.1	0.61	0.896	0.99	0.33
106/12	0.926	0.95	0.15	0.535	1.2	0.87	0.941	0.99	0.15
107/01	0.901	1.00	0.12	0.577	1.1	0.66	0.910	0.98	0.2
107/02	0.960	0.95	0.13	0.678	1.2	0.85	0.918	0.99	0.18
107/03	0.952	0.88	0.15	0.552	1.3	1.4	0.824	1	0.46
107/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107/05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107/06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107/07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107/08	0.948	0.79	0.21	0.762	1.3	1.6	0.901	1.1	0.55
107/09	0.992	0.89	0.17	0.893	1.2	1.3	0.973	1	0.21
107/10	0.977	0.87	0.18	0.825	1.2	1.2	0.901	1	0.34
107/11	0.977	0.93	0.13	0.694	1.1	0.74	0.979	0.99	0.11

年/月	示性波高(H_s)			平均週期(T_{m02})			譜峰週期(T_p)		
	相關係數(R)	平均比值	平均絕對誤差	相關係數(R)	平均比值	平均絕對誤差	相關係數(R)	平均比值	平均絕對誤差
107/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108/01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108/02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108/03	0.933	0.84	0.18	0.265	1.2	1	0.574	1.1	0.51
108/04	0.906	0.83	0.17	0.162	1.2	1.1	0.519	1.1	0.52
108/05	0.884	0.85	0.15	0.259	1.2	1.2	0.701	1.1	0.45
108/06	0.808	0.77	0.15	0.076	1.3	1.3	0.179	1.2	1
108/07	0.973	0.76	0.16	0.187	1.5	1.9	0.766	1.1	0.73
108/08	0.984	0.91	0.12	0.878	1.2	1	0.949	1	0.24
108/09	0.983	0.91	0.13	0.840	1.2	0.86	0.892	1	0.32
108/10	0.972	0.89	0.14	0.740	1.2	1.2	0.917	1	0.31
108/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108/12	0.975	0.97	0.12	0.738	1.1	0.82	0.966	0.99	0.16
109/01	0.944	0.90	0.14	0.648	1.2	1	0.809	1	0.29
109/02	0.956	0.91	0.13	0.547	1.2	1.1	0.880	1	0.24
109/03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
109/04	0.859	0.91	0.2	0.061	1.3	1.3	0.616	1.1	0.6
109/05	0.827	0.92	0.11	0.112	1.3	1.2	0.625	1	0.5
109/06	0.834	0.71	0.22	0.005	1.4	1.7	0.319	1.2	1.2
109/07	0.694	0.74	0.18	0.246	1.5	1.9	0.676	1.1	0.8
109/08	0.942	0.85	0.14	0.428	1.3	1.5	0.615	1.1	0.7
109/09	0.978	0.90	0.10	0.578	1.2	0.87	0.948	1.00	0.27
109/10	0.937	0.94	0.12	0.578	1.2	0.87	0.960	1.00	0.20
109/11	0.950	0.98	0.11	0.582	1.1	0.81	0.910	0.99	0.17

備註:比值=壓力訊號解算/超音波訊號解算

- 表示缺少觀測資料

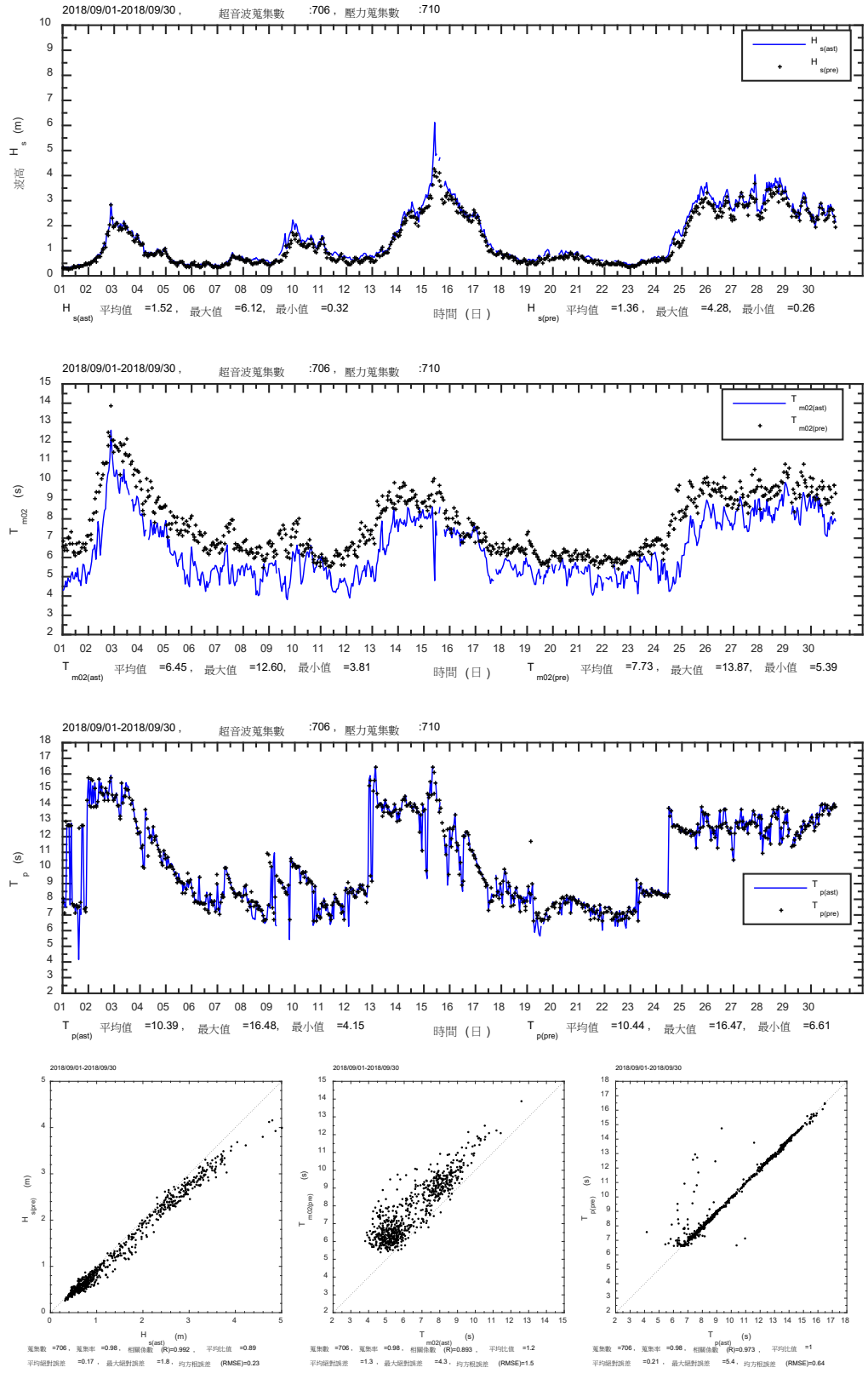


圖 5.3 花蓮港 107 年 9 月波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)圖

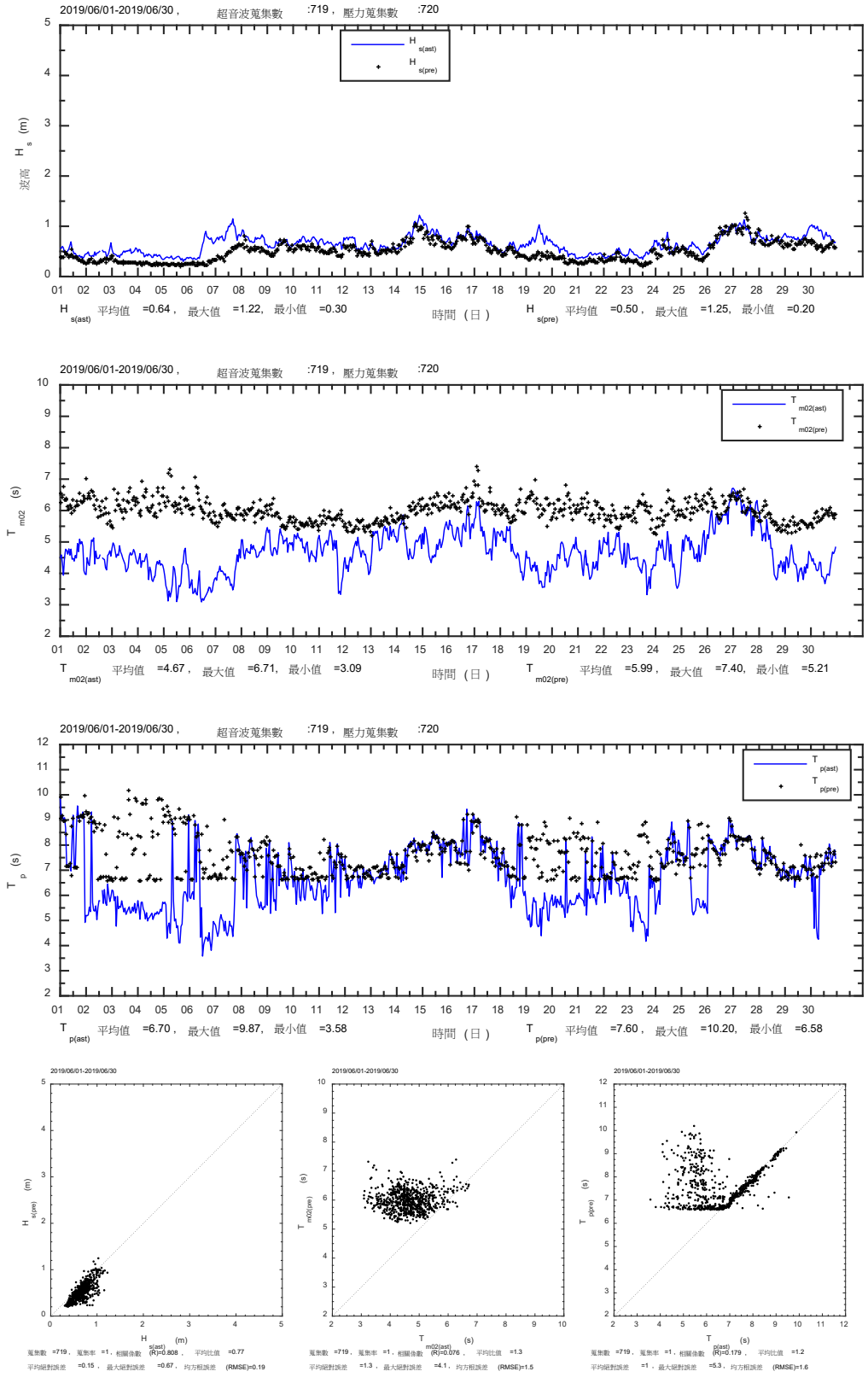


圖 5.4 花蓮港 108 年 6 月波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)圖

5.1.3 蘇澳港觀測資料處理與分析

本節比照花蓮港資料處理，利用 AWAC AST Dial-up 軟體，以軟體方式勾選超音波訊號(AST)，與壓力訊號(pressure)分別轉換之 wap 檔案所提供波浪時統計資料差異，示性波高分別以 $(H_{s(ast)})$及$(H_{s(pre)})$表示，週期以$(T_{m02(ast)}$、$T_{p(ast)})$ 及$(T_{m02(pre)}$、$T_{p(pre)})$表示，分析 2 年期間(107 年 12 月至 109 年 11 月)波高、週期及波向並繪製歷線圖及散布圖，如附錄四.2 所示，每個月相關性如表 5-4 所示。

表 5-4 蘇澳港超音波及壓力訊號波浪統計資料相關性彙整表

年/月	示性波高(H_s)			平均週期(T_{m02})			譜峰週期(T_p)		
	相關係數(R)	平均比值	平均絕對誤差	相關係數(R)	平均比值	平均絕對誤差	相關係數(R)	平均比值	平均絕對誤差
107/12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108/01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108/02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108/03	0.880	0.96	0.10	0.663	1.2	0.91	0.810	1.00	0.33
108/04	0.941	0.94	0.10	0.371	1.2	0.98	0.757	1.00	0.31
108/05	0.943	0.94	0.08	0.403	1.2	1.1	0.861	1.00	0.29
108/06	0.856	0.89	0.10	0.421	1.2	0.98	0.750	1.10	0.38
108/07	0.974	0.83	0.14	0.364	1.4	1.5	0.785	1.10	0.62
108/08	0.998	0.93	0.07	0.872	1.2	1.1	0.964	1.00	0.22
108/09	0.980	0.97	0.09	0.699	1.2	1.1	0.819	0.99	0.32
108/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108/11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108/12	0.976	0.98	0.08	0.73	1.2	0.97	0.981	0.99	0.12
109/01	0.886	0.94	0.1	0.542	1.2	1.2	0.823	1.00	0.22
109/02	0.951	0.94	0.1	0.565	1.2	1.2	0.850	1.00	0.23
109/03	0.944	0.92	0.11	0.630	1.2	1.1	0.839	1.00	0.30
109/04	0.904	0.96	0.11	0.393	1.2	1.1	0.522	1.10	0.41
109/05	0.932	0.99	0.08	0.136	1.2	1.1	0.821	1.00	0.29
109/06	0.917	0.89	0.13	0.024	1.3	1.1	0.567	1.1	0.59
109/07	0.877	0.85	0.14	0.228	1.4	1.5	0.692	1.1	0.57
109/08	0.936	0.87	0.11	0.589	1.4	1.4	0.748	1.1	0.43
109/09	0.875	0.89	0.12	0.391	1.3	1.4	0.742	1	0.25
109/10	0.968	0.95	0.09	0.845	1.2	0.89	0.974	0.99	0.15
109/11	0.979	0.95	0.09	0.779	1.2	1.1	0.975	0.99	0.10

- 表示缺少觀測資料

示性波高H_s($H_{s(ast)}$及$H_{s(pre)}$)統計部分，兩者各月份相關係數大於0.85 以上，為具有高度相關性，且兩者歷時資料相當接近。平均比值($H_{s(pre)}/H_{s(ast)}$)均小於 1，顯示應用壓力訊號轉換$H_{s(pre)}$略小於超音波訊號轉換$H_{s(ast)}$。平均週期T_{m02}($T_{m02(ast)}$及$T_{m02(pre)}$)統計部分，除了109 年 5 月、6 月及 7 月相關低於 0.3，其餘各月份相關係數介於 0.364至 0.872 間，為中度相關至高度相關，其相關係數變化非常大，多數月份相關性不明顯，平均比值($T_{m02(pre)}/T_{m02(ast)}$)大於 1.2，顯示壓力訊號轉換$T_{m02(pre)}$大於超音波訊號轉換$T_{m02(ast)}$。譜峰週期$T_p$($T_{p(ast)}$及$T_{p(pre)}$)統計部分，兩者各月份相關係數介於 0.72 至 0.964 間，為高度相關，但相關係數較平均週期高，平均比值($T_{p(pre)}/T_{p(ast)}$) 介於 0.99至 1.1 間。

關於 109 年 5 月、6 月及 7 月相關低，分別為 0.136、0.024、0.228，查看平均週期T_{m02}($T_{m02(ast)}$及$T_{m02(pre)}$)、譜峰週期T_p($T_{p(ast)}$及$T_{p(pre)}$)歷線圖，因壓力訊號$H_{s(pre)}$量測水壓方式，難觀測到深水波部分，故在壓力訊號透過原廠軟體轉換時，易缺少低週期波浪解算結果，且 6 月、7 月蒐集率偏低。故該處應用上須留意實際波浪週期$T_{m02(pre)}$易高估或$T_{p(pre)}$低於 5.81 時，其對應之$H_{s(pre)}$會有失真情形。

另檢視蘇澳港及花蓮港 108～109 年資料，在蘇澳港平均週期T_{m02}與譜峰週期T_p之壓力訊號轉換與超音波訊號轉換的相關係數會較花蓮港高，此與蘇澳港該處觀測水深為 23 公尺較花蓮港觀測水深 33 公尺淺，因此在蘇澳港壓力計可觀測到比花蓮港較短週期波浪訊號，此點亦反應到所觀測兩港$T_{p(pre)}$最小值上。

5.2 港外觀測長浪特性分析

5.2.1 波浪觀測原始資料(wad 檔)處理

因 AWAC 設備所提供計算波高及週期其採用相關資料及波譜演算過程詳細資訊並無完整說明之參考文件，本計畫內自行以 matlab 程式開發進行比對波高，採用 104 年 12 月至 109 年 11 月花蓮港觀測 wad 內檔案格式，包含第三列 Pressure 所觀測之壓力資料與第四列 AST Distance1 (Acoustic Surface Tracking Distance)為 AWAC 設備所直接觀測取得回波到垂直方向的傳感器的表面距離，為每小時 2,048 筆水位資料，進行處理並應用傅立葉轉換求取波浪能譜，換算得H_{m0}、T_{m02}、T_p、$H_{m0swell}$，其中換算公式如下所列：

$$H_{m0} = 4\sqrt{\int_0^\infty f^0 S(f)df} = 4\sqrt{m_0} \quad \text{.....(5.1)}$$

$$T_{m02} = \sqrt{m_0/m_2} \quad \text{.....(5.2)}$$

$$m_n = \int_0^\infty f^n S(f)df \quad \text{.....(5.3)}$$

$$H_{m0swell} = 4\sqrt{\int_0^{f_{swell}} f^0 S(f)df} \quad \text{.....(5.4)}$$

H_{m0}定義為本計畫內 AST 推算之示性波高，其中f為頻率，$S(f)$為一維波浪頻譜，f_{swell}為設定長浪頻率上限，本計畫係以擷取週期 8 秒以上波浪($f_{swell} = 0.125$)定義為長浪示性波高$H_{m0swell}$，如圖 5.5 所示。

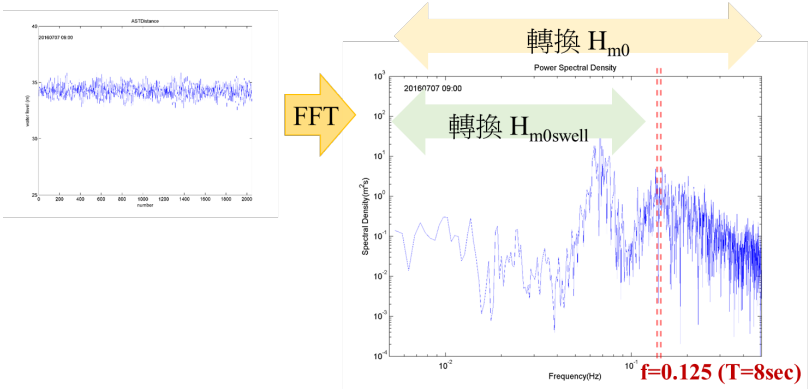


圖 5.5 水位訊號轉換長浪(Hm0swell)示意圖

一、資料處理流程

處理 wad 檔案流程如圖 5.6 所示。獲得資料後進行調整及波譜轉換作業，取得相關波浪統計資訊。

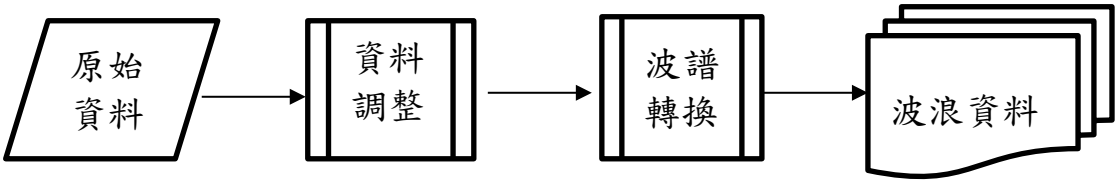


圖 5.6 資料處理流程圖

1. 原始資料讀取

原始資料來源主要為花蓮港觀測站，每日 AWAC 觀測檔名為 hlnnnn_yyyy_mm_dd.wad，其中 hlnnnn 為每次放置觀測儀器的代號，yyyy_mm_dd 為年月日，每個檔案為每日即時回傳資料，包含 24 組且每組 2,048 筆資料，另若為由儀器端儲存設備直接下載之自計式資料，檔名格式相同但 1 個檔案則包含數日以上資料。

2. 資料調整

經軟體轉換後之 wad 檔案資料，各組資料常有資料筆數缺失或有異常值存在情形，先以各組資料蒐集率達 95%以上者 (即資料缺失筆數在 102 筆內)，進行資料調整;如蒐集率未達 95%者，則整組資料剔除，爰針對蒐集率達 95%以上之各組資料，其資料處理方式說明如下：

(1) 四分位距(inter-quartile， IQR)

由於統計學之四分位距是考慮資料中間百分之五十的距離，較不受極端值的影響，因此本計畫採用四分位距(inter-quartile， IQR)方法處理。

將資料由小而大排序後，分為四等分，其分割點就稱為四分位數，所以會有第一四分位數 Q_1、第二四分位數 Q_2 (即中位數)、第三四分位數 Q_3。故 Q_1 代表在該組資料排序第 25%處，

Q_2 代表在該組資料排序第 50%處(即為該組資料的中位數)，Q_3 代表在該組資料排序第 75%處。Q_1、Q_2、Q_3 可用以描述資料之離散程度，IQR 為 Q_3-Q_1 的差距，稱為分位數間隔（interquartile range）。

各組資料蒐集率雖達 95%以上，但常會有缺失或含有異常訊號之情形，將資料調整區分 2 種情形做說明：

(A)資料短缺：

缺失處先以中位數 Q_2 替補，最後計算出整組平均值後再回補平均值，以確保每組資料筆數均為 2,048 筆，以利後續進行快速傅立葉轉換(FFT)工作。

(B)資料短缺且含有異常訊號：

本計畫將大於 Q_3 與小於 Q_1 視為極值水位，1.5 倍與 3 倍的 IQR 分別定義為雜訊（outlier）與極端雜訊（extreme outlier）之界線，分離極端雜訊並剔除過程說明如下：

a. 使用上述四分位距(IQR)方法計算之 Q1、Q2、Q3 及 IQR，其中 IQR = Q3－Q1。

b. 以 Q_1 為起點，計算下圍籬值(lower fence)，即 Q_1-3 IQR，再以 Q_3 為起點，計算上圍籬值(upper fence)，即 Q_3 +3 IQR。

c. 觀測值若落在上、下圍籬值之外，即稱為偏離值，爰觀測值小於下圍籬值或大於上圍籬值時，將其剔除。

d. 將偏離值剔除後，先以中位數 Q_2 替補，最後計算出整組平均值後再回補平均值。

此方式處理，除了確保避免有儀器或外部干擾導致異常極端值，影響換算結果以外，還能保持每組資料筆數均為 2,048 筆，以利後續進行快速傅立葉轉換(FFT)。

3. 波譜轉換

主要分為超音波訊號、壓力訊號 2 類資料進行處理說明：

(1) 超音波訊號處理

取出 wad 檔案超音波水位資料(AST Distance1)，利用 matlab 語言內建 detrends 函數移除訊號內線性趨勢，接續應用內建之 pwelch 函數，並指定漢尼視窗函數 hanning 進行轉換波浪能譜，依(5-1)～(5-4)式，算得$H_{m0(ast)}$、$T_{m02(ast)}$、$T_{p(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$。

(2) 壓力訊號處理

取出 wad 檔案壓力訊號資料(Pressure)，利用 matlab 語言內建 detrends 函數移除訊號內線性趨勢，接續應用內建之 pwelch 函數，並依每小時水位變化求取各頻率之壓力轉換係數K_p。透過關係是轉換成水位波譜，並算得$H_{m0(pre)}$、$T_{m02(pre)}$、$T_{p(pre)}$、$H_{m0swell(pre)}$

$$K_p = \frac{coshk(h+z)}{\cosh(kh)} \quad \text{.....(5.5)}$$

k為波數，h 為水深，z 為儀器高

$$S_{\eta\eta} = \frac{S_{pp}}{{K_p}^2} \quad \text{.....(5.6)}$$

S_{pp}為實測底床動壓水頭能譜，$S_{\eta\eta}$為水位能譜。

二、資料處理案例

處理情形以圖 5.7 及圖 5.8 為例。圖 5.7 為 105 年 10 月 18 日 0 時，原始 2,048 筆資料進行波譜轉換，受限於有 2 筆異常跳動雜訊資訊，導致平均值計算失真，整體波譜資料出現異常，經剔除異常值處理後如圖 5.8 後可獲得較合理之數據資訊，比對 wap 檔內同時間資訊如表 5-5，可知調整後資訊應該較符合實際現場資料。經由比對 105 年 10 月有無調整資訊，未經調整資訊進行轉換示性波高及長浪波高後，如圖 5.9 上圖所示，其歷線十分雜亂且不具規則，難以呈現現場波浪資訊，經上述資料調整處理後，再轉換如圖 5.9 下圖所示，此波高時統計資料才能適當呈現波高資訊。

表 5-5 比較 105 年 10 月 18 日 0 時之觀測波浪

	$H_{m0(ast)}$	$T_{m02(ast)}$	$H_{m0swell(ast)}$
調整前	3.67	3.58	1.86
調整後	1.11	6.02	0.68
wap 檔案資訊	1.08	5.22	-

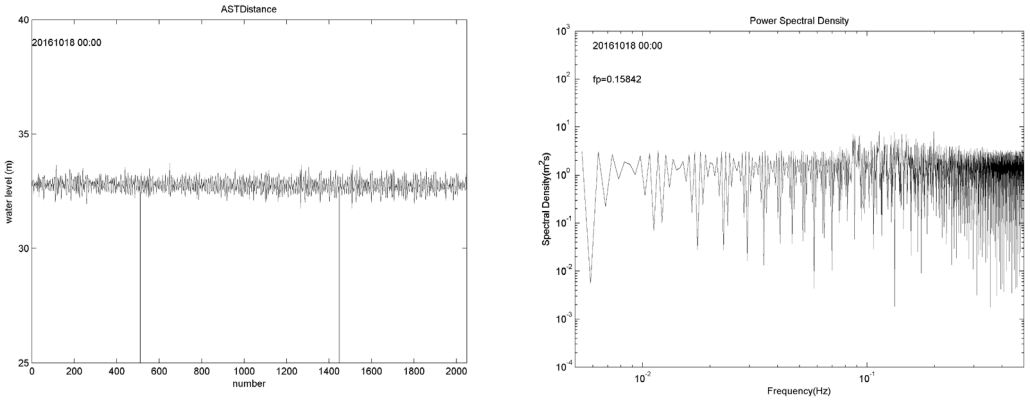


圖 5.7 原 105 年 10 月 18 日 0 時之觀測水位訊號與頻譜圖

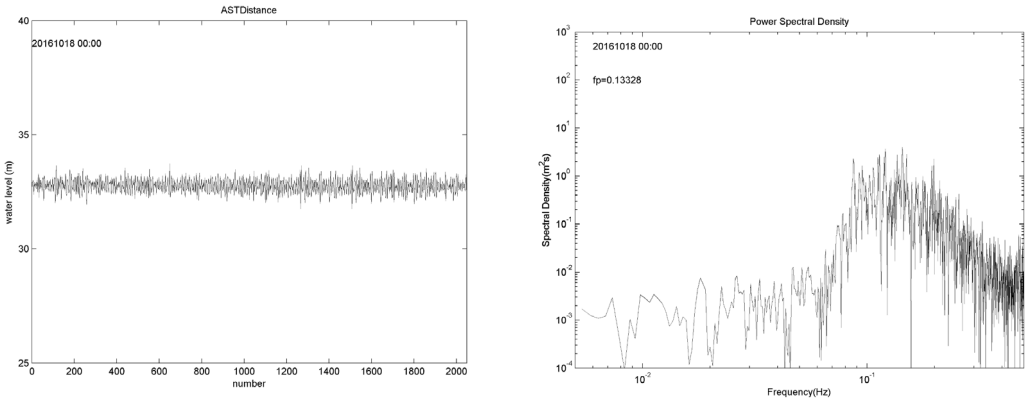
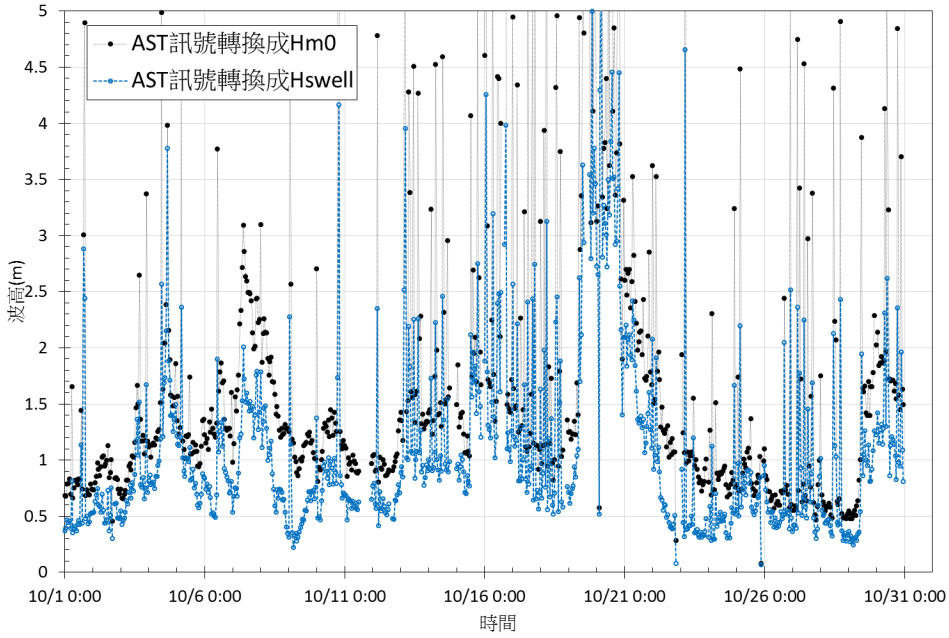
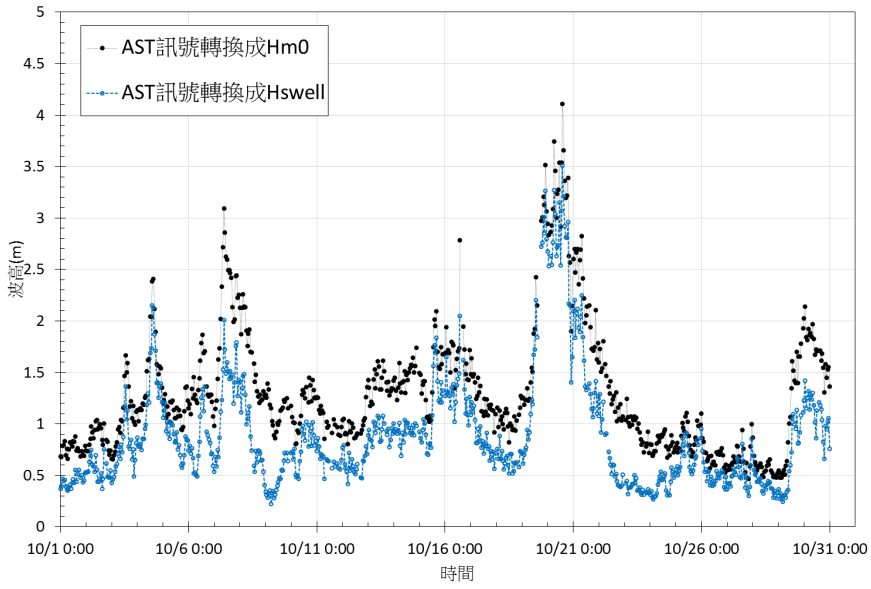


圖 5.8 調整後 105 年 10 月 18 日 0 時之觀測水位訊號與頻譜圖



▲調整前 105 年 10 月示性波高及長浪波高歷線圖



▲調整後 105 年 10 月示性波高及長浪波高歷線圖

圖 5.9 調整前、後示性波高及長浪波高歷線圖變化情形

5.2.2 自行轉換波高及週期與原廠處理後資料檔(wap 檔)驗證

由副檔名 wad 檔案內 AST Distance 資料依本計畫撰寫 matlab 程式轉換波譜後計算之示性波高，與 AWAC 所轉出與副檔名 wap 檔內之示性波高進行比對，其 105 年 7 月示性波高歷線比對資料，如圖 5.10(上圖)所示，因其中 7 月 18 日 11 時至 15 時原 wap 亦無法提供 H_s 資料，本計畫程式所計算出波高值亦明顯偏大，其示性波高比對散布圖如圖 5.10(下圖)所示，其決定係數為 0.99。105 年 7 月波浪平均週期比對資料如圖 5.11 之上圖所示，散布圖如圖 5.11 之下圖所示，其決定係數為 0.82。顯示本計畫程式所計算波高及週期應可代表實際觀測資訊。

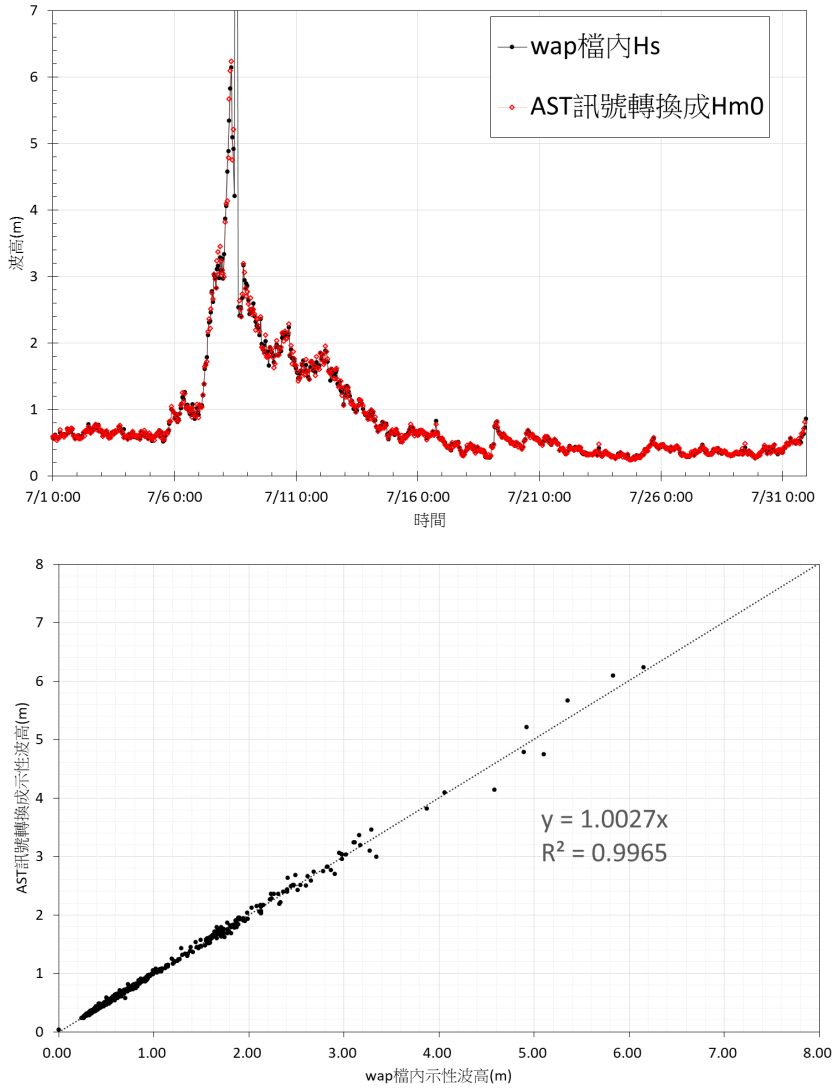


圖 5.10 本計畫轉換 AST 訊號之 wap 檔，示性波高歷線及散布圖

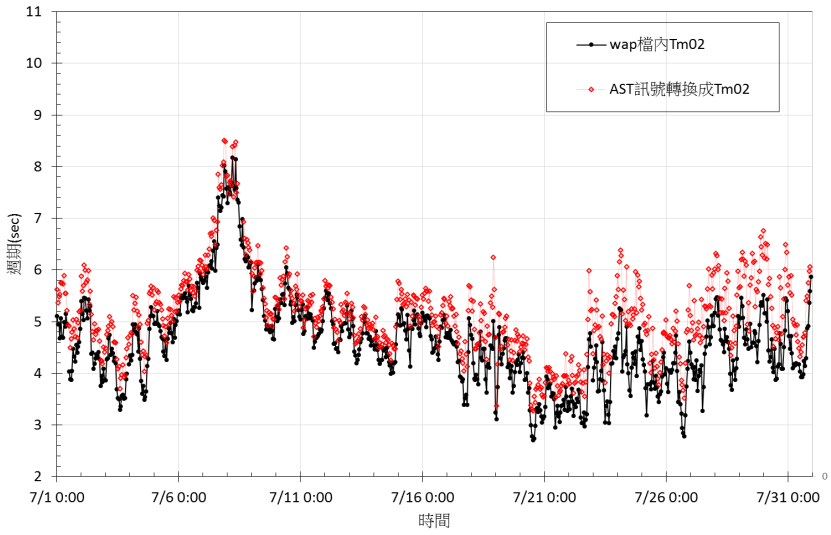


圖 5.11 本計畫轉換 AST 訊號之 wap 檔，平均週期歷線圖

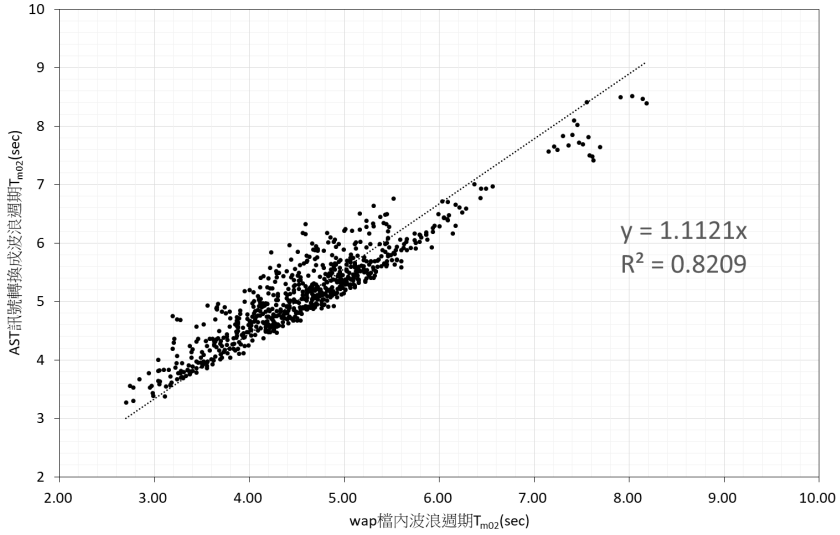


圖 5.12 本計畫轉換 AST 訊號之 wap 檔，平均週期散布圖

5.2.3 四季長浪變化

參照 5.2 節方式，將本中心花蓮港觀測站 104 年 12 月至 109 年 11 月波浪觀測資訊重新整理，再將原始訊號轉出長浪波高資訊，其中 104 年 12 月至 108 年 11 月長浪波高資訊彙整於本所 109 年「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」內，至於 108 年 12 月至 109 年 11 月觀測每月波高歷線圖($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$、$H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$)及相關散布圖彙整於附錄三.3。

$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$相關特性分季節說明如下，另由$H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖可知由超音波及壓力訊號自行轉換兩者的示性波高及長浪波高均相似，壓力訊號轉換之$H_{m0(pre)}$會略小於$H_{m0(ast)}$，但兩者轉換長浪波高，相關係數都高達 0.99。彙整自行轉換之示性波高及長浪波高統計彙整表如表 5-6。各季統計頻率分析表如表 5-7 所示。

表 5-6 自行轉換之示性波高及長浪波高統計彙整表

年/月	示性波高 ($H_{m0(ast)}$)			長浪波高 ($H_{m0swell(ast)}$)			蒐集率 (%)
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	
104/12	1.57	2.51	0.76	1.06	2.11	0.46	99.60
105/01	1.57	3.74	0.81	1.02	2.94	0.36	98.25
105/02	1.62	2.66	0.58	1.07	2.12	0.29	90.80
105/03	1.26	2.50	0.55	0.81	1.91	0.24	98.25
105/04	-	-	-	-	-	-	-
105/05	0.78	1.80	0.27	0.38	1.38	0.13	99.60
105/06	0.71	1.96	0.29	0.25	0.76	0.13	97.22
105/07	0.85	6.24	0.24	0.48	5.55	0.16	99.06
105/08	0.86	2.84	0.30	0.60	2.28	0.20	94.49
105/09	1.41	11.1	0.36	0.99	9.92	0.14	97.36
105/10	1.30	4.11	0.47	0.88	3.51	0.22	95.03
105/11	1.32	2.79	0.34	0.83	2.28	0.17	53.89
105/12	1.71	2.75	1.01	1.23	2.06	0.54	93.95
106/01	1.42	2.58	0.77	0.95	2.20	0.39	99.87
106/02	-	-	-	-	-	-	-
106/03	1.02	1.80	0.60	0.57	1.31	0.22	45.97
106/04	-	-	-	-	-	-	-
106/05	-	-	-	-	-	-	-
106/06	-	-	-	-	-	-	-

年/月	示性波高 ($H_{m0(ast)}$)			長浪波高 ($H_{m0swell(ast)}$)			蒐集率 (%)
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	
106/07	0.87	4.91	0.33	0.47	3.59	0.16	79.70
106/08	0.72	3.36	0.24	0.44	2.79	0.13	77.28
106/09	0.89	2.75	0.39	0.56	2.39	0.16	99.86
106/10	1.73	3.63	0.55	1.25	3.33	0.24	77.42
106/11	1.48	2.95	0.82	0.93	2.19	0.35	59.17
106/12	1.77	3.16	1.01	1.20	2.64	0.43	100.00
107/01	1.51	2.64	0.82	0.97	2.06	0.43	100.00
107/02	1.50	2.96	0.70	0.96	2.47	0.35	100.00
107/03	1.22	2.69	0.67	0.79	2.13	0.30	84.95
107/04	-	-	-	-	-	-	-
107/05	-	-	-	-	-	-	-
107/06	-	-	-	-	-	-	-
107/07	-	-	-	-	-	-	-
107/08	1.05	2.63	0.35	0.64	2.17	0.18	52.96
107/09	1.52	6.21	0.31	1.21	5.05	0.19	98.33
107/10	1.38	3.97	0.45	0.94	3.65	0.23	99.46
107/11	1.45	2.71	0.69	1.00	2.36	0.29	17.92
107/12	1.59	2.89	0.64	1.11	2.37	0.27	98.92
108/01	1.39	2.43	0.71	0.88	2.03	0.33	99.46
108/02	1.15	1.82	0.55	0.74	1.47	0.32	100
108/03	1.16	2.03	0.62	0.63	1.37	0.22	95.83
108/04	0.95	1.96	0.43	0.44	1.47	0.18	100
108/05	0.88	1.57	0.36	0.49	1.36	0.18	93.41
108/06	0.64	1.26	0.30	0.27	0.80	0.12	100
108/07	0.77	2.55	0.29	0.41	2.04	0.13	100
108/08	1.16	5.28	0.32	0.81	4.58	0.12	99.33
108/09	1.38	4.45	0.53	0.94	3.78	0.16	99.86
108/10	1.27	2.74	0.40	0.84	2.55	0.23	91.53
108/11	-	-	-	-	-	-	-
108/12	1.58	4.4	0.66	1.17	4.02	0.28	100
109/01	1.27	2.34	0.70	0.8	1.9	0.34	100
109/02	1.27	2.69	0.5	0.82	2.25	0.29	99.14
109/03	-	-	-	-	-	-	-
109/04	1.12	2.21	0.47	0.58	1.74	0.22	51.53
109/05	0.83	1.51	0.45	0.44	0.94	0.20	100
109/06	0.77	1.50	0.39	0.29	0.98	0.12	100
109/07	0.67	1.43	0.36	0.27	0.82	0.13	100
109/08	0.87	2.36	0.35	0.46	2.13	0.15	87.77

年/月	示性波高 ($H_{m0(ast)}$)			長浪波高 ($H_{m0swell(ast)}$)			蒐集率 (%)
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	
109/09	0.94	2.62	0.39	0.63	2.44	0.19	98.06
109/10	1.40	2.56	0.53	0.87	1.97	0.26	90.73
109/11	1.69	3.06	0.83	1.25	2.67	0.38	98.33

- 表示缺少觀測資料

表 5-7 自行轉換之示性波高及長浪波高各季統計頻率分析表

資料統計期間：104 年 12 月至 109 年 11 月

四季	波高 (%)								
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00
冬季示性波高	0	0.66	6.42	13.29	34.96	28.49	11.53	3.41	1.42
冬季長浪波高	0.73	16.32	18.95	18.84	28.83	11.4	3.14	1.27	0.52
春季示性波高	0	0.01	3.46	16.86	48.44	23.66	6.45	0.96	0.16
春季長浪波高	0.07	15.49	31.46	22.39	23.95	5.8	0.79	0.06	0
夏季示性波高	0.31	12.40	35.60	27.27	21.77	2.48	0.18	0	0
夏季長浪波高	29.58	48.56	16.01	4.03	1.69	0.13	0	0	0
秋季示性波高	0.05	15.20	27.66	17.56	18.75	11.16	5.06	2.20	2.38
秋季長浪波高	19.72	35.58	13.88	8.86	11.84	5.25	2.13	1.41	1.33

依 4 年度資料由超音波轉換長浪波高資料，進行各季節長浪波高 $H_{m0swell(ast)}$ 變化特性討論，各季節主要特性如下：

(1) 冬季(12 月～2 月)期間

由圖 5.13 可知，長浪波高月平均值介於 0.81 公尺至 1.09 公尺間，冬季最大值為 4.02 公尺，冬季最小值 0.27 公尺。長浪波高發生機率較多在 1.0～1.5 公尺，平時多介於 0.25 至 1.0 公尺之間，期間受東北季風變強時長浪波高會隨之增加至 1.0 至 1.5 公尺，少數如強烈寒流 105 年 1 月 23 日開始至 26 日止(全臺多處下雪、下霰)，長浪波高達 2 公尺、108 年 12 月 5 日開始至 7 日止，長浪波高達 4.02 公尺，為分析長浪波高在 4 年期間之冬季最大值。

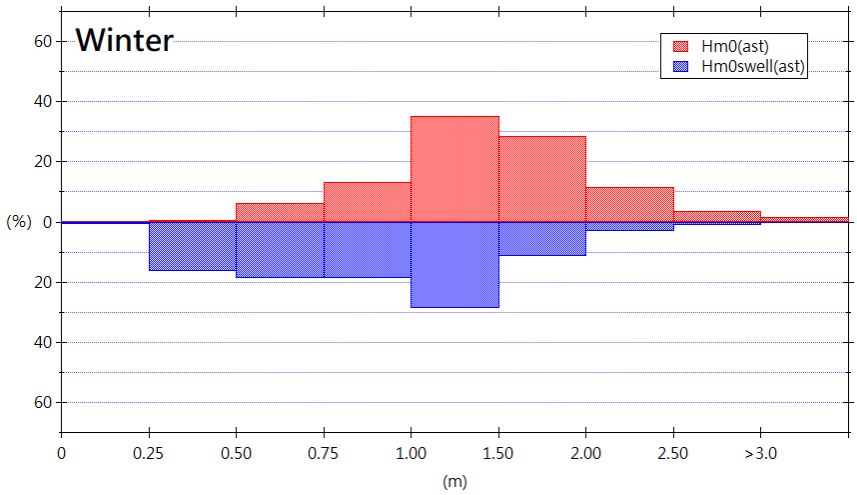


圖 5.13 冬季示性波高及長浪波高直方圖

(2) 春季(3 月～5 月)期間

由圖 5.14 可知，長浪波高月平均值介於 0.51 公尺至 0.79 公尺間，春季最大波高發生最大值為 2.13 公尺，發生最小值 1.47 公尺。長浪波高明顯低於冬季，主因與東北季風轉弱有關，長浪波高發生機率較多在 0.5 公尺至 1.5 公尺，其中 0.5 公尺至 0.75 公尺占 31.46%，長浪波高隨季節轉換逐漸下降至 0.5 公尺以下。

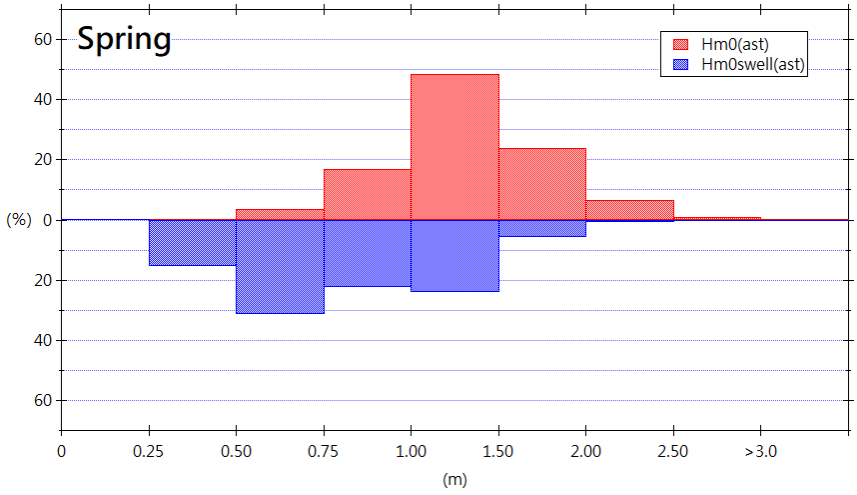


圖 5.14 春季示性波高及長浪波高直方圖

(3) 夏季(6 月～8 月)期間

由圖 5.15 可知，長浪波高月平均值介於 0.34 公尺至 0.64 公尺間，夏季最大波高最大值為 5.55 公尺。長浪波高發生機率較多在 0.5

公尺以下占 79.66%，顯示本季平日若無颱風波浪侵襲時長浪波高約在 0.5 公尺以下。有紀錄的最大值發生在 105 年 7 月凡納比颱風所造成長浪波高為 5.55 公尺。6 月若未有颱風生成時長浪波高約僅 0.25 公尺，但示性波高變化會受局部氣候滯留鋒面及西南氣流影響而成長到 1 公尺以上，但期間長浪波高部分卻仍多維持於 0.5 公尺以下，顯示在此氣候條件下，花蓮港會發生僅增加波浪週期 8 秒以下波浪能量事件。

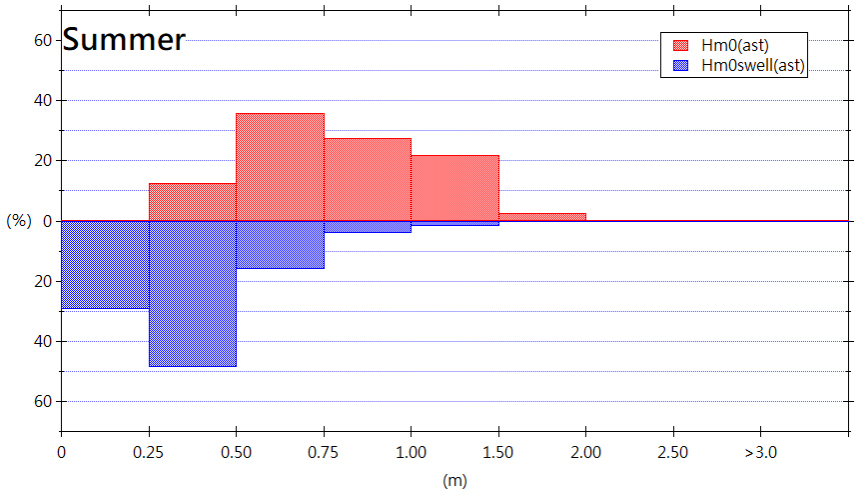


圖 5.15 夏季示性波高及長浪波高直方圖

(4) 秋季(9 月～11 月)期間

由圖 5.16 可知，長浪波高月平均值介於 0.89 公尺至 0.97 公尺間，秋季最大波高最大值為 9.92 公尺，最大波高最小值 2.67 公尺。長浪波高發生機率較多在 0.25～0.5 公尺，若無颱風侵襲長浪波高約 0.5 公尺以下，長浪波高超過 1 公尺以上，表示臺灣東部外海應有颱風生成，導致長浪波高變大，另在 10 月過後，受到東北季風影響，長浪波高會逐漸變大。

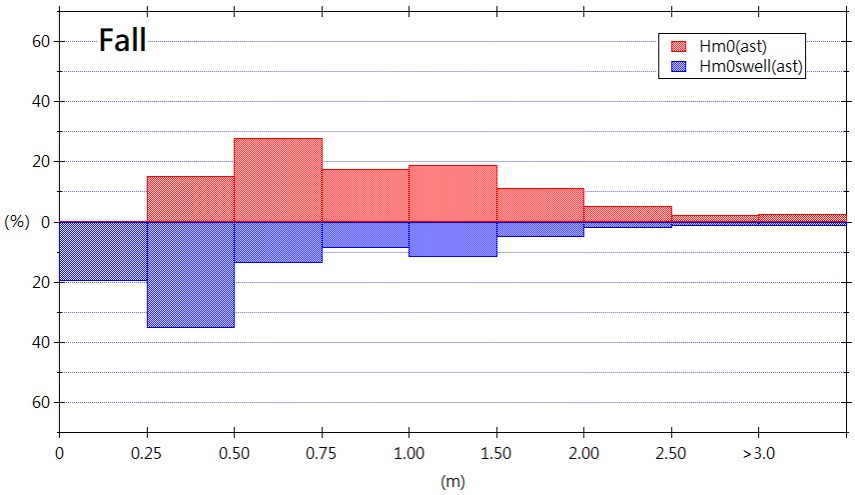


圖 5.16 秋季示性波高及長浪波高直方圖

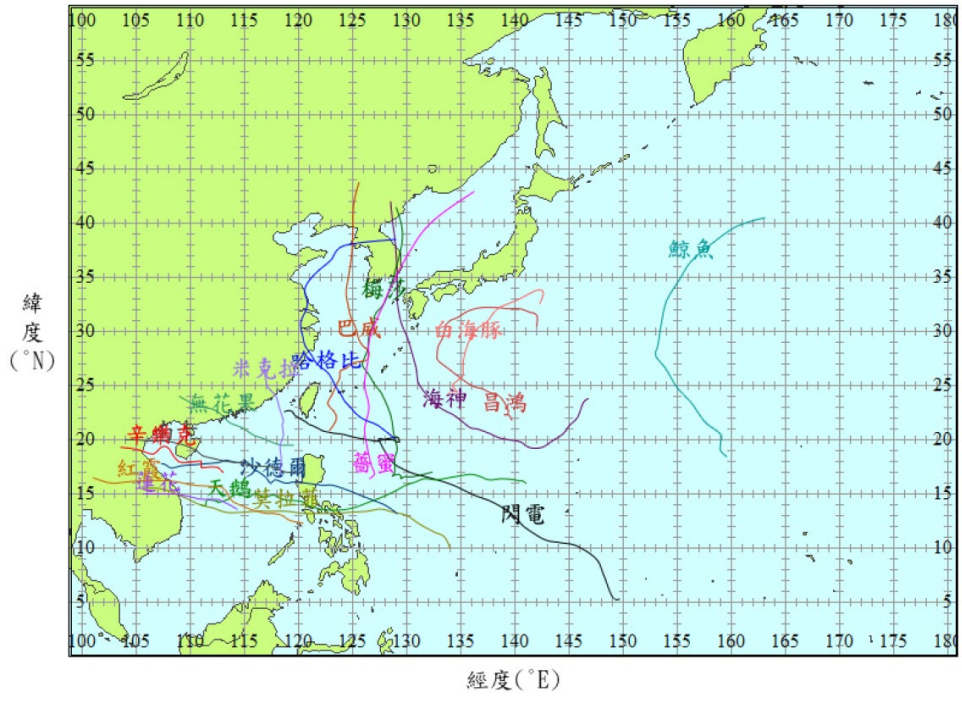
5.2.4 分析 109 年度颱風季節之長浪變化

依中央氣象局「2020 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析」報告，颱風主要生成季節是在 7 月至 10 月，佔全年颱風生成總數的 69%，而颱風季前(1 月至 6 月)、後(11 月至 12 月)的生成比例分別是 17%、14%。經統計 109 年颱風生成情形，西北太平洋颱風總數為 23 個，少於氣候值 25.67 個。分析逐月颱風生成數，多在下半年生成，各颱風基本資料及路徑如表 5-8 所示。罕見的是 7 月份西北太平洋無颱風生成，創下自 47 年有紀錄以來，首次沒有颱風生成的 7 月；10 月則有 7 個颱風生成，與 73 年及 81 年同為 10 月份颱風生成最多的年份；8 月、9 月則是分別是略多、略少於氣候平均值。

侵臺颱風部分，參考氣象局颱風資料庫及北太平洋西部海域颱風之氣候分析報告，105 年發布 25 個颱風，其中包含 5 個有發布颱風警報；106 年發布 27 個颱風，其中包含 5 個有發布颱風警報；107 年發布 29 颱風，其中包含 2 個有發布颱風警報；108 年發布 29 颱風，其中包含 3 個有發布颱風警報，109 年發布 23 颱風，其中僅 1 個有發布侵臺颱風警報，颱風颱風路徑圖如附錄三.5 內。本節利用分析花蓮港 $H_{m0(ast)}$ 與 $H_{m0swell(ast)}$ 資料，說明 109 年度之颱風季節(7 月至 10 月)觀測長浪變化情形。

表 5-8 颱風基本資料表(109 年 7 月至 10 月)

颱風名稱	生成時間(	結束時間	強度
辛樂克	8 月 1 日 14 時	8 月 2 日 14 時	輕度
哈格比	8 月 1 日 20 時	8 月 6 日 02 時	中度
薔蜜	8 月 9 日 02 時	8 月 11 日 02 時	輕度
米克拉	8 月 10 日 08 時	8 月 11 日 14 時	輕度
無花果	8 月 18 日 08 時	8 月 19 日 20 時	輕度
巴威	8 月 22 日 08 時	8 月 27 日 14 時	中度
梅莎	8 月 28 日 14 時	9 月 3 日 08 時	中度
海神	9 月 1 日 20 時	9 月 8 日 02 時	強烈
紅霞	9 月 16 日 02 時	9 月 18 日 20 時	輕度
白海豚	9 月 21 日 14 時	9 月 24 日 14 時	輕度
鯨魚	9 月 27 日 08 時	9 月 30 日 14 時	輕度
昌鴻	10 月 5 日 08 時	10 月 11 日 14 時	中度
蓮花	10 月 11 日 02 時	10 月 11 日 20 時	輕度
南卡	10 月 12 日 14 時	10 月 14 日 14 時	輕度
沙德爾	10 月 20 日 08 時	10 月 25 日 14 時	中度
莫拉菲	10 月 25 日 02 時	10 月 28 日 20 時	中度
天鵝	10 月 29 日 02 時	11 月 5 日 14 時	強烈
*閃電	10 月 29 日 20 時	11 月 7 日 11 時	輕度



資料來源: 110 年度中央氣象局「2020 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析」

註:加*號為侵臺颱風

(1) 109 年 7 月

在 109 年 7 月北太平洋西部海域無颱風生成，創下自 47 年有紀錄以來，首次無颱風生成的 7 月份，分析 7 月示性波高$H_{m0(ast)}$及長浪波高$H_{m0swell(ast)}$變化如圖 5.17 所示。整體示性波高最大值 1.43m、平均值 0.67m;長浪波高最大值 0.82m、平均值 0.27m。

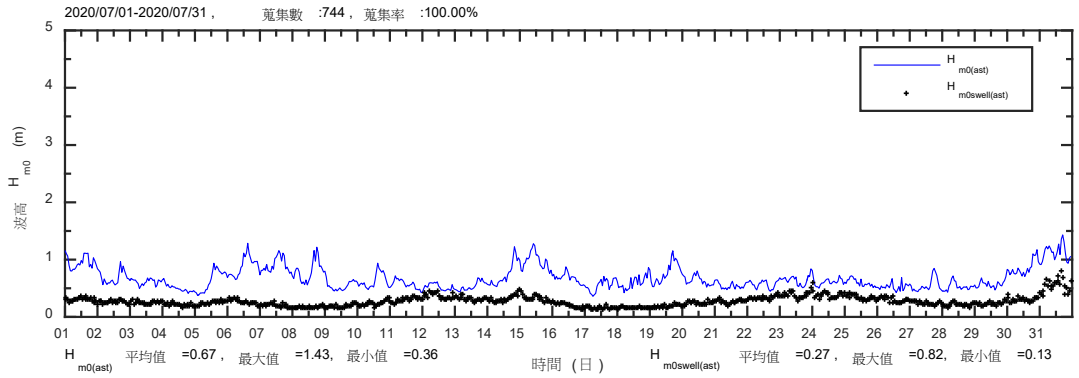


圖 5.17 分析 109 年 7 月$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

(2) 109 年 8 月

在 109 年 8 月北太平洋西部海域雖有 7 個颱風生成，分別為辛樂克、哈格比、薔蜜、米克拉、無花果、巴威及梅莎，但因移動路徑大致為在北緯 20 度以南生成，隨後朝西移動的颱風、或向北移行的颱風，因臺灣均不在 2 類颱風移行的主要路徑上，爰 8 月無侵臺颱風。分析 8 月示性波高$H_{m0(ast)}$及長浪波高$H_{m0swell(ast)}$變化如圖 5.18 所示，整體示性波高最大值 2.36m、平均值 0.87m;長浪波高最大值 2.13m、平均值 0.46m。

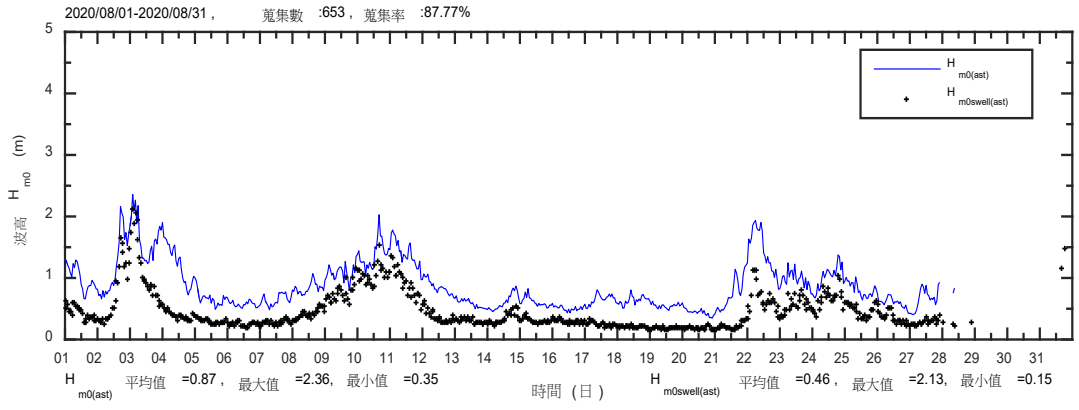


圖 5.18 分析 109 年 8 月$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

(3) 109 年 9 月

在 109 年 9 月北太平洋西部海域雖有 4 個颱風生成，分別為海神、紅霞、白海豚及鯨魚颱風，但因移動路徑大致為在北緯 20 度以南生成，隨後朝西移動的颱風、或向北移行的颱風，因臺灣均不在 2 類颱風移行的主要路徑上，爰 9 月無侵臺颱風，但花蓮港有受到海神颱風外圍環流影響，波高明顯增大，將於 5.2.5 節說明。分析 9 月示性波高$H_{m0(ast)}$及長浪波高$H_{m0swell(ast)}$變化如圖 5.19 所示，整體示性波高最大值 2.62m、平均值 0.94m;長浪波高最大值 2.44m、平均值 0.63m。

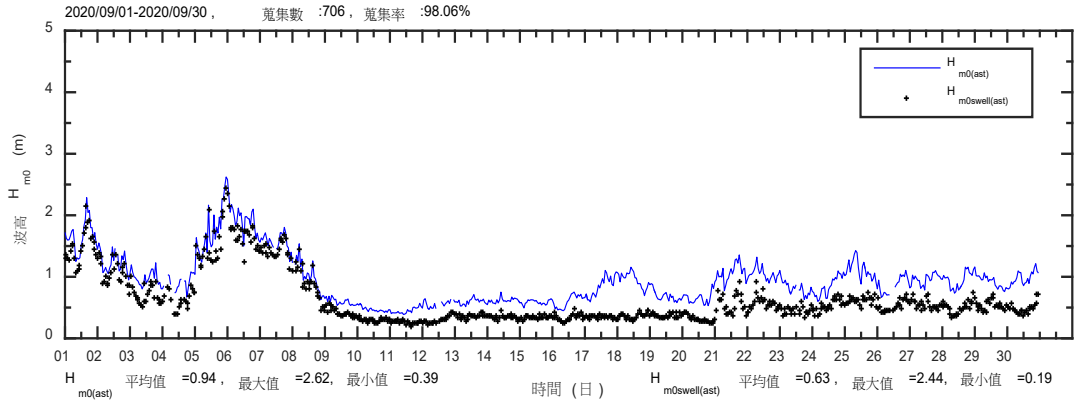


圖 5.19 分析 109 年 9 月$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

(4) 109 年 10 月

在 109 年 10 月北太平洋西部海域有 6 個颱風生成，分別為南卡、沙德爾、莫拉菲、天鵝及閃電颱風，但因移動路徑大致為在北緯 20 度以南生成，隨後朝西移動的颱風、或向北移行的颱風，僅有 10 月底生成之閃電颱風為侵臺颱風，花蓮港於 11 月初因受到其影響，波高明顯增大，將於 5.2.5 節說明。分析 10 月示性波高$H_{m0(ast)}$及長浪波高$H_{m0swell(ast)}$變化如圖 5.20 所示，整體示性波高最大值 1.4m、平均值 2.56m;長浪波高最大值 0.87m、平均值 1.97m。

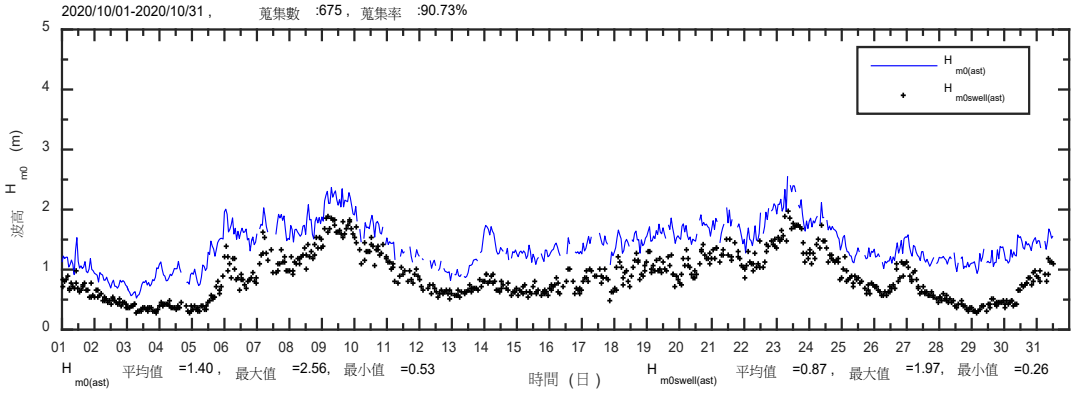


圖 5.20 分析 109 年 10 月$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

5.2.5 花蓮港防颱避湧作業與觀測波浪分析

花蓮港域進出管理作業由於易受到颱風或颱風外圍環流影響，花蓮港務分公司制定相關運作機制，目前以監控中心人力監看為主，透過本中心花蓮港外的即時觀測資料與監看其港區即時影像如圖 5.21，有關船舶調度作業，颱風期間原依「臺灣港務股份有限公司颱風期間船舶靠泊作業原則要點暨花蓮港作業摘要表」，當受颱風外圍影響時，船舶應加強繫纜及加掛防颱纜，如觀察 25 號碼頭浪湧起伏達 1 公尺以上，致使船泊靠泊碼頭有損害港埠設施或船泊安全顧慮時，花蓮港務分公司得指示代理行辦理船舶出港避風(湧)。且颱風過後花蓮港分公司參酌港域湧浪狀況，視 25 號碼頭浪湧起伏在 1 公尺以下，再適時通知各船舶恢復進出港作業。今(110)年 4 月 22 日藉由辦理「花蓮港濃霧管制標準及能見度儀設置研商」會議，調整花蓮港颱風期間船舶進出港航行與靠泊作業規定，新增 2 種發布管制狀況，（1）海上颱風警報發布，但警戒範圍不包含臺灣東部海域，（2）南方海域生成之颱風或熱帶低氣壓，其外圍環流長浪影響花蓮港船舶，其對應之管制標準則改為內港、外港分區管制，視內港、外港水尺之湧浪有無上下起伏 1 公尺，採取不同的管制作為，其結論如表 5-9 所示。



圖 5.21 花蓮港監看 25 號碼頭湧浪起伏即時影像畫面

表 5-9 花蓮港出港避風避湧管制標準調整內容(110 年 4 月)

<table>
<tr><td colspan="2">發布管制</td><td colspan="2">管制標準</td></tr>
<tr><td>狀況</td><td>決策單位</td><td>內港</td><td>外港</td></tr>
<tr><td>海上颱風警報發布，且警戒範圍包含台灣東部海域</td><td>防颱會議(緊急應變小組)</td><td colspan="2">25 號碼頭水尺湧浪起伏達 1 公尺以上，內外港船舶依限出港避湧，實施內外港進出港管制。</td></tr>
<tr><td>海上颱風警報發布，但警戒範圍不包含台灣東部海域</td><td rowspan="2">港務處監控中心</td><td>▲25 號碼頭水尺湧浪起伏達 1 公尺以上，實施內港「進」港管制。
▲8 號碼頭水尺湧浪起伏未達 1 公尺：內港船舶得於裝卸作業完成後再行出港*註 1。
▲8 號碼頭水尺湧浪起伏達 1 公尺以上：內港船舶依限出港避湧，實施內港「出」港管制。</td><td>25 號碼頭水尺湧浪起伏達 1 公尺以上，外港船舶依限出港避湧，實施外港「進、出」港管制。</td></tr>
<tr><td>颱風或熱帶低氣壓外圍環流影響</td></tr>
<tr><td colspan="4">註 1：裝卸期間，須由輪船長及船務代理行簽立切結書，自負靠泊安全及損害責任。</td></tr>
</table>

資料來源:臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司 110 年 4 月 22 日「花蓮港濃霧管制標準及能見度儀設置研商」會議紀錄。

利用分析花蓮港港外波流儀(AWAC)之$H_{m0(ast)}$與$H_{m0swell(ast)}$資料，計算波高比值($H_{m0swell(ast)}/H_{m0(ast)}$)以探討防颱避湧期間長浪變化情形，如圖 5.22～圖 5.40 所示。

本年度在前期(109 年)計畫成果基礎上，辦理 108 年 12 月～110 年 4 月期間，花蓮港受北冕、海神、閃電及舒力基颱風影響之港內、外波浪變化情形，分析結果如圖 5.37～圖 5.40 所示，其中圖 5.38、圖 5.39 及圖 5.40 納入港內 9 號碼頭及 17 號碼頭蒐集波浪資料，以便探討港內與港外波浪變化情形。港內波潮監測站觀測頻率 2Hz，每 20 分鐘量測之波壓資料儲存成 1 副檔名為.pre 檔案，內含 2,400 筆波壓資料，波壓資料依 5.2.1 節式(5.5)、式(5.6)所述壓力訊號處理方式，經過與港外波浪資料處理相同流程(詳圖 5.6)及式(5.1)～式(5.4)計算，得各碼頭示性波高H_{m0S}、長浪波高$H_{m0swell}$。本年度分析 4 場颱風事件，結果說明如下：

1、北冕颱風(108 年 12 月 1 日～5 日，中颱、未發布颱風警報)：

北冕颱風防颱避湧期間，港外長浪變化情形如圖 5.37 所示，雖然未發布颱風警報，但在颱風影響期間，港外示性波高及長浪波高都大於 1m 以上，波高比值（長浪波高/示性波高）大都介於 0.7～0.9。在避湧期間，示性波高最大值 2.69m、平均值 2.22m 及最小值 1.76m，長浪波高最大值 2.29m、平均值 1.82m 及最小值 1.43m;而在整場颱風分析期間，恰為北冕颱風從東經 130 度向西，穿越菲律賓群島至東經 115 度且強度降為輕度颱風過程。颱風離花蓮港雖遠，在颱風過後之 12 月 7 日，發生本年度波浪分析資料最大之長浪波高 4.02m(詳附三圖 3.1a)，推測因該月另有強烈東北季風南下致使花蓮港域波高發生最大值。

2、海神颱風(109 年 8 月 29 日～9 月 7 日，強颱、未發布颱風警報)：

海神颱風防颱避湧期間波浪變化情形如圖 5.38 所示，雖然臺灣於未發布海、陸上颱風警報，但在 9 月 1 日時，花蓮港示性波高及長浪波高均大於 1m，此時颱風約在東經 145 度。在颱風影響期間，港外示性波高及長浪波高大都大於 1m 以上，由波高比值（長浪波高/示性波高）點分布範圍可知，在避湧作業啟動前，波高比值約從 0.45 突增至 0.9，長浪波高有明顯快速增加趨勢，此時恰是海神轉為強烈颱風，由花蓮港外海東南方往上移動至花蓮港東北方期間;在避湧期間，港外波浪部分，示性波高最大值 2.62m、平均值 2.05m 及最小值 1.5m，長浪波高最大值 2.44m、平均值 1.79m 及最小值 1.25m，波高比值均在 0.8 以上，長浪(8 秒以上)近乎接近示性波高時刻，恰是海神颱風通過日本九州島西部海域，受周邊地形摩擦影響其強度略微減弱成中度颱風，持續往北在韓國登陸。港內波浪部分，17 號碼頭示性波高及長浪波高曾在颱風及避湧期間超過 1m，因地理位置關係較能反應外港區域波浪變化特性;在解除避湧管制、恢復進港後，港外波浪雖仍大於 1m，港內波高已小於 0.5m，另檢視第四章圖 4.18 之 9 月序列圖，港域內趨於靜穩。

3、閃電颱風期間(109 年 11 月 1 日～11 月 7 日，輕颱、有發布海、陸上颱風警報)：

閃電颱風防颱避湧期間波浪變化情形如圖 5.39 所示，閃電颱風於 109 年 10 月 29 日 20 時於關島東南方海域形成後，向西北朝琉球南方海域移動逐漸形成輕度颱風，11 月 5 日轉向西北西朝巴士海峽接近。在颱風影響期間，港外示性波高及長浪波高大都大於 1m 以上，由波高比值（長浪波高/示性波高）點分布範圍可知，避湧作業啟動前，長浪波高變化較海神颱風期間平緩，推測其為輕度颱風且移動路徑係從臺灣南部巴士海峽南部穿過，雖無像海神明顯快速增加趨勢，但波高比值均在 0.6 以上，顯示長浪成分仍顯著;在避湧期間，港外示性波高平均值 1.86m、最大值 2.58m 及最小值 1.17m;長浪波高平均值 1.39m、最大值 2.29m 及最小值 0.65m，波高比值均在 0.7 以上，在長浪近乎接近示性波高時刻，恰為閃電往西從臺灣巴士海峽移動期間。港內 17 號碼頭示性波高與長浪波高接近，其示性波高平均值 0.4m、最大值 1.10m 及最小值 0.12m，因地理位置關係較能反應外港區域波浪變化特性，港內 9 號碼頭示性波高及長浪波高接近且大都低於 0.25m 以下，變化較小;在解除避湧管制、恢復進港後，港外波浪雖仍大於 1m，港內波高已小於 0.5m，另檢視第四章圖 4.18 之 11 月序列圖，港域內趨於靜穩。

4、舒力基颱風(110 年 4 月 13 日～4 月 25 日，強颱、未發布颱風警報)：

舒力基颱風為本(110)年度罕見的 4 月颱風，其防颱避湧期間波浪變化情形如圖 5.40 所示，雖然未發布颱風警報，但在颱風影響初期(4 月 14 日 2 時)，花蓮港示性波高及長浪波高均大於 1m，此時颱風約在東經 137 度且為輕度颱風;在颱風影響期間，港外示性波高及長浪波高大都大於 1m 以上，由波高比值（長浪波高/示性波高）點分布範圍可知，避湧作業啟動前，波高比值從 0.4 突增至 0.8，長浪波高有明顯快速增加趨勢，此時恰是舒力基颱風從中度轉為強烈颱風，行經菲律賓外海期間;在避湧期間，港外波高變化趨勢持續上升，港外示性波高平均值 2.19m、最大值 3.82m 及最小值 1.57m，長浪波高平均值 1.83m、最大值 3.49m 及最小值 1.22m，波高比值在 0.65～1 間，此次避湧管制作業，花蓮港務分公司採取內港區、外港區分區管制措施，先於 23 日 10 時解除內港管制，由圖 5.40 及比對圖 4.19 之 4 月序列圖，港外波浪雖

還大於 2m，但此時內港區域(9 號碼頭)波浪低於 0.25m、靜穩度低於 0.2，內港波浪變化趨於平緩，至 23 日 20 時再解除外港管制，港外示性波浪恰發生最大值 3.82m，颱風位置東經 131 度，已是輕颱並轉向東逐漸遠離臺灣。雖然解除管制時，港外波高及外港區 17 號碼頭波高仍有大於 1m 情形，外港區靜穩度低於 0.5、但持續介於 0.2～0.35 間，花蓮港務分公司在 25 日 18 時針對外港區個別通知亞泥公司(船舶代理商)出港避湧。

表 5-10 花蓮港防颱作業進出港管制情形

颱風名稱	出港避湧時間	恢復進港時間	影響時間
舒力基*	110 年 04 月 19 日 14 時	04 月 23 日 20 時	4 日 06 時
閃電颱風	109 年 11 月 06 日 07 時	11 月 07 日 07 時	0 日 24 時
海神颱風*	109 年 09 月 06 日 00 時	09 月 06 日 16 時	0 日 16 時
北冕颱風*	108 年 12 月 02 日 02 時	12 月 3 日 13 時	1 日 11 時
哈吉貝*	108 年 10 月 10 日 11 時	10 月 12 日 07 時	1 日 20 時
米塔	108 年 09 月 29 日 20 時	10 月 01 日 11 時	1 日 15 時
玲玲*	108 年 09 月 03 日 21 時	09 月 05 日 07 時	1 日 10 時
白鹿	108 年 08 月 23 日 17 時	08 月 25 日 12 時	1 日 19 時
利奇馬	108 年 08 月 07 日 17 時	08 月 10 日 07 時	2 日 14 時
丹娜絲	108 年 07 月 17 日 17 時	07 月 19 日 14 時	1 日 21 時
潭美*	107 年 09 月 25 日 10 時	09 月 29 日 12 時	4 日 2 時
山竹	107 年 09 月 13 日 22 時	09 月 16 日 18 時	2 日 20 時
瑪莉亞	107 年 07 月 09 日 23 時	07 月 11 日 20 時	1 日 21 時
泰利$^{+}$	106 年 09 月 12 日 18 時	09 月 14 日 09 時	1 日 15 時
天鴿	106 年 08 月 22 日 10 時	08 月 22 日 18 時	0 日 08 時
尼莎、海棠	106 年 07 月 28 日 18 時	07 月 31 日 07 時	2 日 13 時
海馬*	105 年 10 月 19 日 13 時	10 月 21 日 07 時	1 日 18 時
梅姬	105 年 09 月 26 日 16 時	09 月 29 日 07 時	2 日 15 時
莫蘭蒂、馬勒卡	105 年 09 月 13 日 16 時	09 月 17 日 17 時	4 日 01 時
尼伯特	105 年 07 月 06 日 20 時	07 月 09 日 07 時	2 日 11 時

註 1.:臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司提供，本計畫彙整
註 2:*為無發布颱風警報、$^{+}$為僅發布海上颱風警報

統計 104 年 12 月至 110 年 4 月期間因受颱風期間港內不靜穩影響而船舶需出港避湧時間及恢復進港時間，參考花蓮港務分公司提供防颱作業通報及其監控中心工作日誌，並經本計畫彙整如表 5-10 所示，

5 年期間有啟動避湧機制之各颱風路徑圖參閱附錄三.5。5 年間共有 20 次避湧時段，其中以 110 年因受舒力基颱風影響避湧時間 4 日 6 小時最長，107 年潭美颱風避湧時間 4 日 2 時次之，105 年莫蘭蒂、馬勒卡颱風避湧時間長度為 4 日 1 小時排第三，又以天鴿颱風 8 小時最短。而 105 年海馬颱風、107 年潭美颱風、108 年玲玲颱風、哈吉貝颱風及北冕颱風、109 年海神颱風及 110 年舒力基颱風則屬中央氣象局未發布颱風警報之颱風事件。

由圖 5.22 至圖 5.40 各颱風避湧事件之示性波高、長浪波高及波高比值($H_{m0swell(ast)}/H_{m0(ast)}$)歷線(點)可知，除天鴿颱風外，其餘各場颱風避湧管制期間均涵蓋颱風最大波高發生時間，避湧前波高比值會突增，顯示避湧作業前長浪波高有明顯快速增加趨勢，在避湧期間，比值則約在 0.6 以上，表示避湧期間長浪(波譜分布週期 8 秒以上)較週期 8 秒以下波浪能量大。另針對未發布颱風警報之颱風避湧事件，在颱風影響初期，海馬、潭美、哈吉貝、北冕、海神颱風位置約在東經 145 度(甚至更遠至 160 度)，此時花蓮港示性波高都已大於 1m;玲玲颱風位置約在東經 126 度，花蓮港示性波高為 0.8m，顯示未來如在太平洋東經 145 度～160 度左右，有生成颱風或熱帶氣旋者，其長浪就會開始對花蓮港有明顯影響。

檢視避湧期間與本計畫分析之示性波高$H_{m0(ast)}$與長浪波高$H_{m0swell(ast)}$關係，因 107 年瑪莉亞颱風缺少觀測資料可分析外，其餘各場颱風避湧期間之波高及長浪波高基本統計資料如表 5-11 所示，整體 20 場颱風事件，避湧期間示性波高平均值介於 1.75 公尺到 4.05 公尺，長浪波高平均值介於 1.39 公尺到 3.38 公尺。顯示港務公司啟動相關避湧機制時，港外觀測資料之示性波高平均值達到 1.75 公尺以上，長浪波高平均值達到約 1.39 公尺以上。20 場颱風避湧期間之出港避湧時長浪波高，海神颱風 2.44m、潭美颱風 2.6m、天鴿颱風 2.17m、梅姬颱風 2.68m、莫蘭蒂及馬勒卡 2.24m，其餘 15 場颱風事件大都低於 2m，爰本計畫建議避湧指標可以港外觀測長浪指標 2m 為指標。

由於颱風避湧作業涉及港區管理，實務上並非依單一指標操作，仍視現場涉及作業船舶及碼頭位置，是否須提前防颱作業，日間或夜晚等，因此本計畫檢視避湧作業波浪變化情形時，僅做實務上啟動避湧機制時之港域海象觀測背景值進行討論。

本年度納入港內波浪資料討論 3 場颱風事件，其中舒力基颱風避湧期間，為花蓮港務分公司首次採取內港區、外港區分區管制措施案例，解除外港管制時，外港區 17 號碼頭波高仍有大於 1m 情形，因外港區域靜穩度持續在 0.2～0.35 間震盪，又再另外通知外港區船舶代理商出港避湧。爰後續避湧作業執行內、外港分區管制措施時，除了靠人力監看 8 號、25 號碼頭水尺之湧浪起伏狀況，仍須注意內、外港波浪即時監測資料或其他海象情資以輔助判斷。

表 5-11 避湧期間波高統計

單位：公尺

颱風名稱	避湧期間 $H_{m0(ast)}$			避湧期間 $H_{m0swell(ast)}$			出港避湧時		恢復進港時	
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	H_{m0}	$H_{m0swell}$	H_{m0}	$H_{m0swell}$
舒力基*	2.19	3.82	1.57	1.83	3.49	1.22	2.22	1.92	3.82	3.49
閃電	1.86	2.58	1.17	1.39	2.29	0.65	2.29	1.87	1.21	0.78
海神*	2.05	2.62	1.5	1.79	2.44	1.25	2.62	2.44	1.94	1.68
北冕*	2.22	2.69	1.76	1.82	2.29	1.43	2.29	1.85	1.91	1.52
哈吉貝*	2.01	2.74	1.53	1.76	2.55	1.17	2.02	1.72	1.70	1.42
米塔	2.74	4.45	1.14	2.29	3.78	0.55	1.14	0.55	1.98	1.44
玲玲*	2.10	2.68	1.73	1.65	2.30	1.28	1.95	1.54	1.94	1.67
白鹿	2.91	5.28	1.14	2.26	4.58	0.54	1.20	0.54	2.14	1.52
利奇馬	2.54	3.45	1.48	2.21	3.19	1.10	1.48	1.10	2.39	1.93
丹娜絲	2.05	2.55	1.57	1.53	2.04	1.00	1.57	1.00	2.24	1.79
潭美*	3.15	3.92	2.42	2.83	3.56	2.13	2.89	2.60	2.80	2.62
山竹	3.00	6.21	1.69	2.51	5.05	1.43	1.69	1.44	2.21	1.76
瑪莉亞	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
泰利$^{+}$	1.75	2.75	0.82	1.43	2.39	0.33	0.82	0.33	1.92	1.67
天鴿	2.29	2.86	1.57	1.70	2.20	1.24	2.72	2.17	1.57	1.24
尼莎、海棠	2.59	4.91	1.12	1.89	3.59	0.72	1.12	0.72	1.82	1.13
海馬*	2.93	4.11	1.90	2.52	3.51	1.40	1.92	1.72	2.62	2.04
梅姬	4.05	11.1	1.21	3.38	9.92	0.70	3.14	2.68	1.21	0.76
莫蘭蒂、馬勒卡	2.66	6.59	1.35	2.17	4.21	0.95	2.41	2.24	1.40	1.03
尼伯特	2.76	6.24	0.88	2.11	5.55	0.40	0.91	0.51	2.44	1.36
平均值							1.89	1.50	1.97	1.52

註 1:*為無發布颱風警報、$^{+}$為僅發布海上颱風警報

註 2:灰底為本年度計畫新增之颱風事件

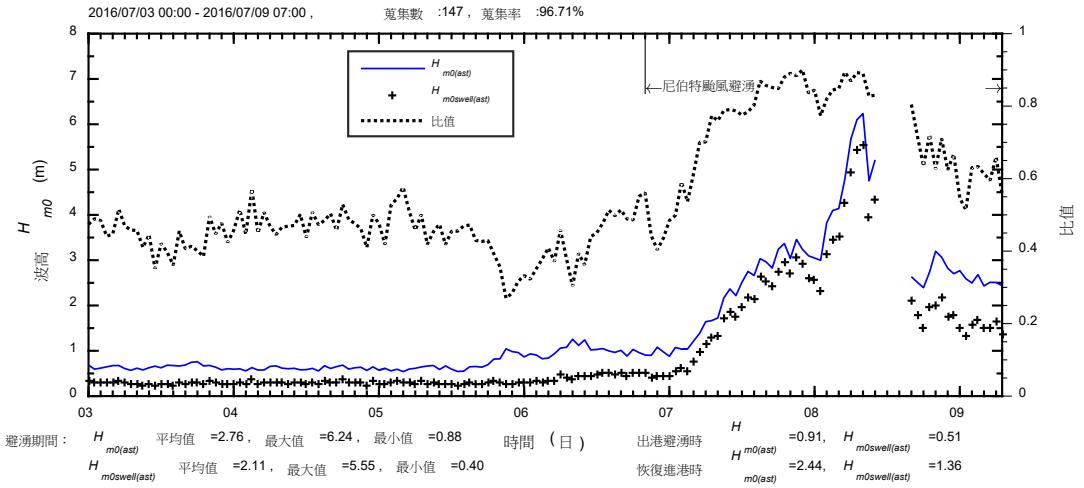


圖 5.22 尼伯特颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

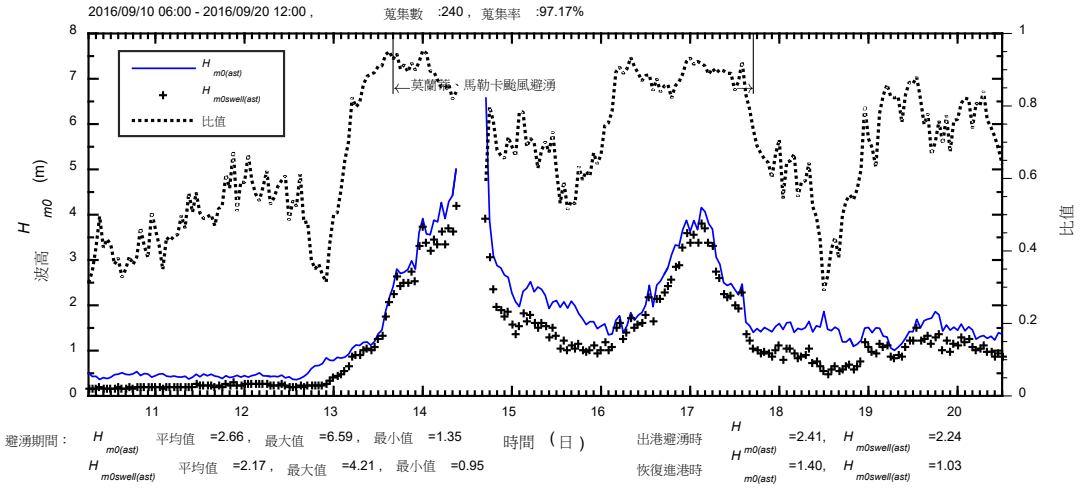


圖 5.23 莫蘭蒂及馬勒卡颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

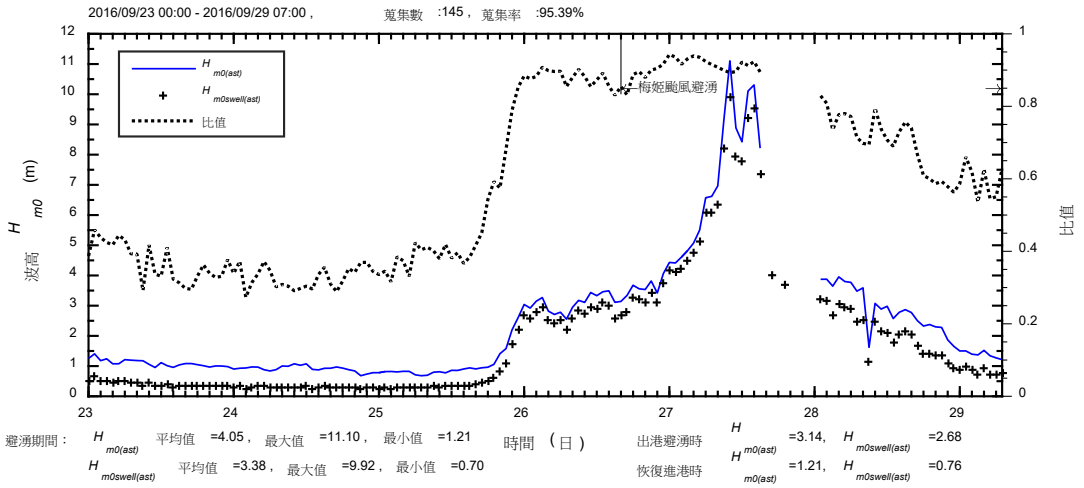


圖 5.24 梅姬颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

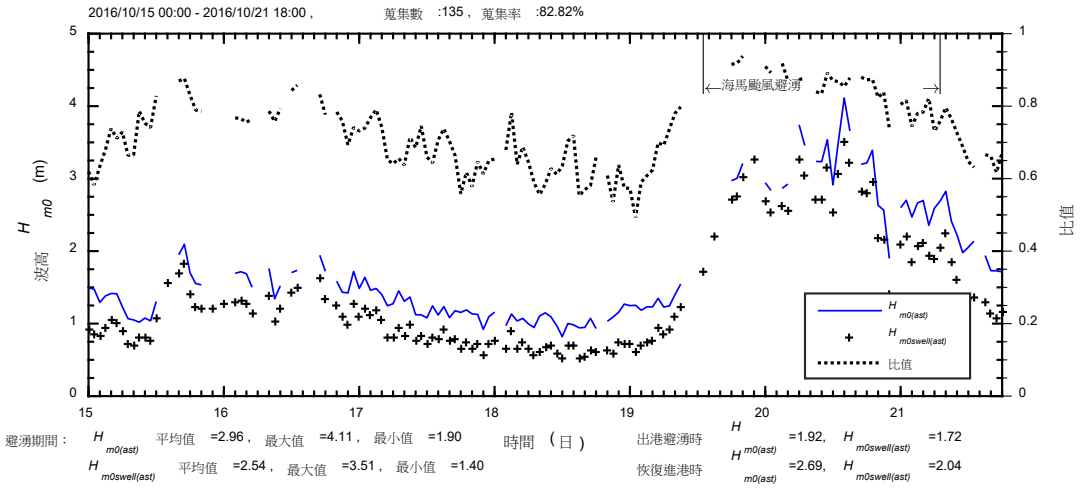


圖 5.25 海馬颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

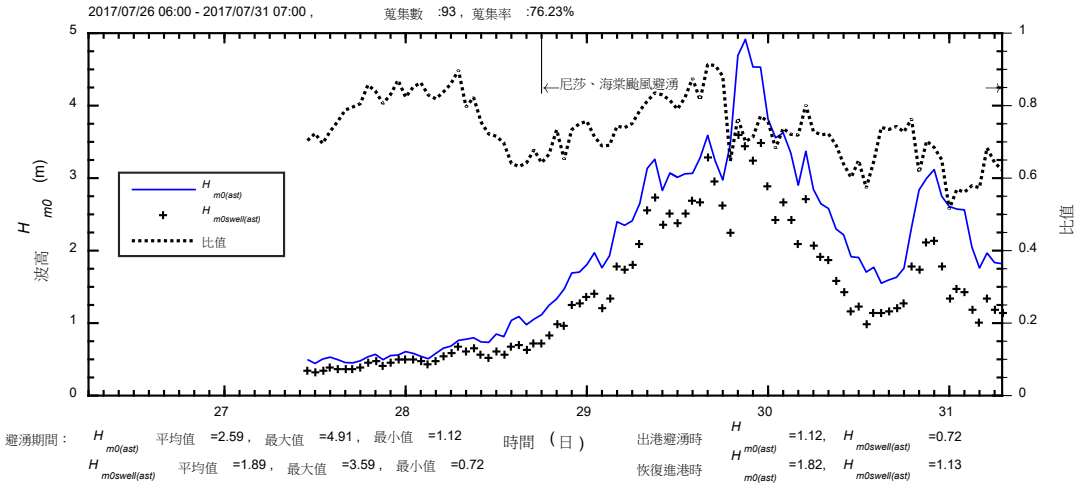


圖 5.26 尼莎及海棠颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

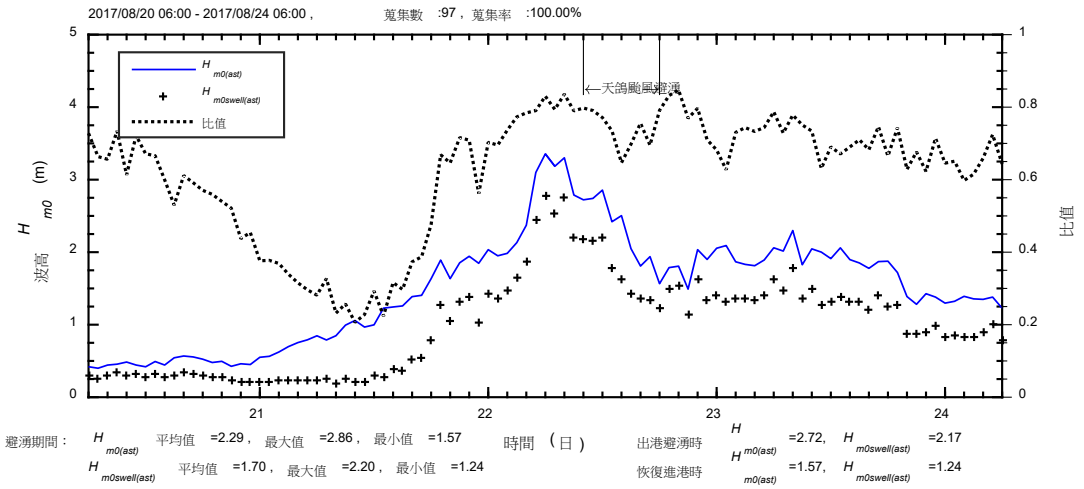


圖 5.27 天鴿颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

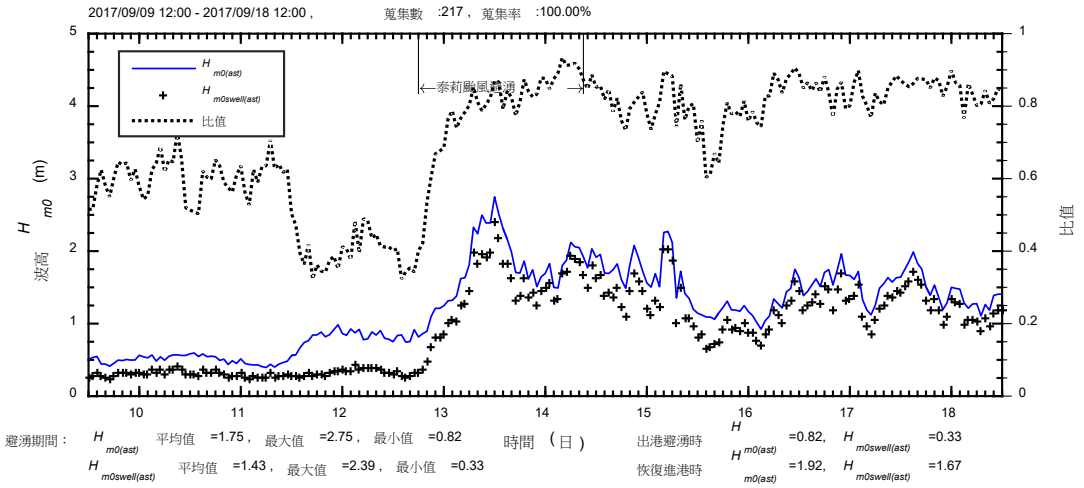


圖 5.28 泰利颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

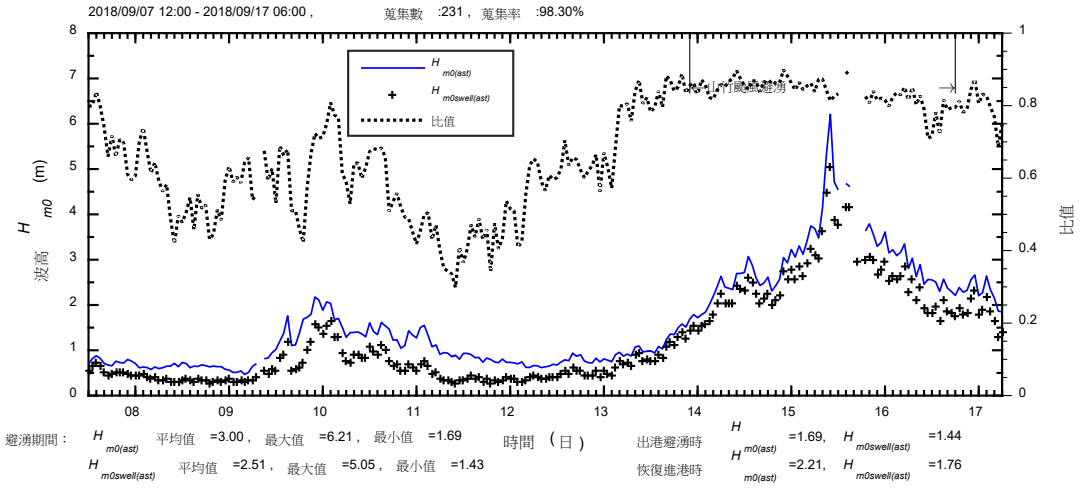


圖 5.29 山竹颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

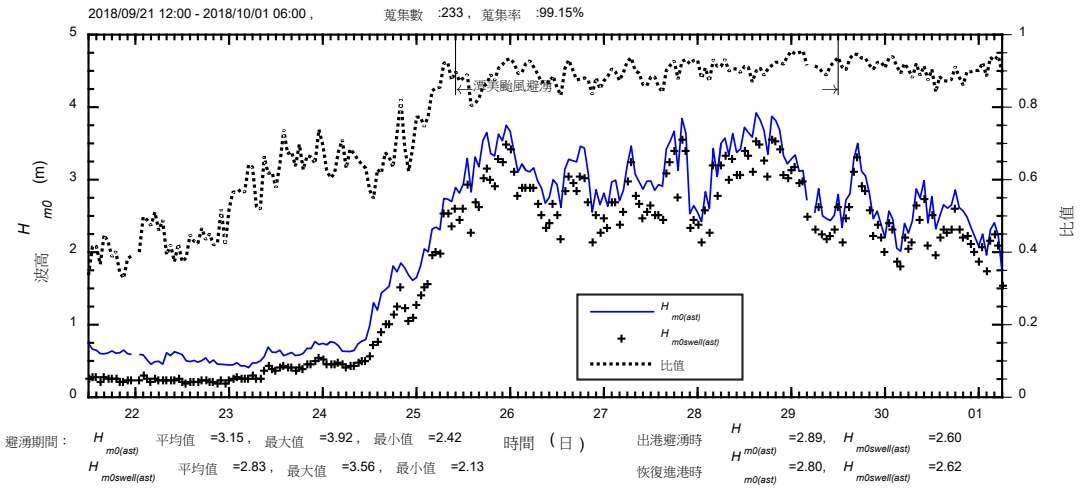


圖 5.30 潭美颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

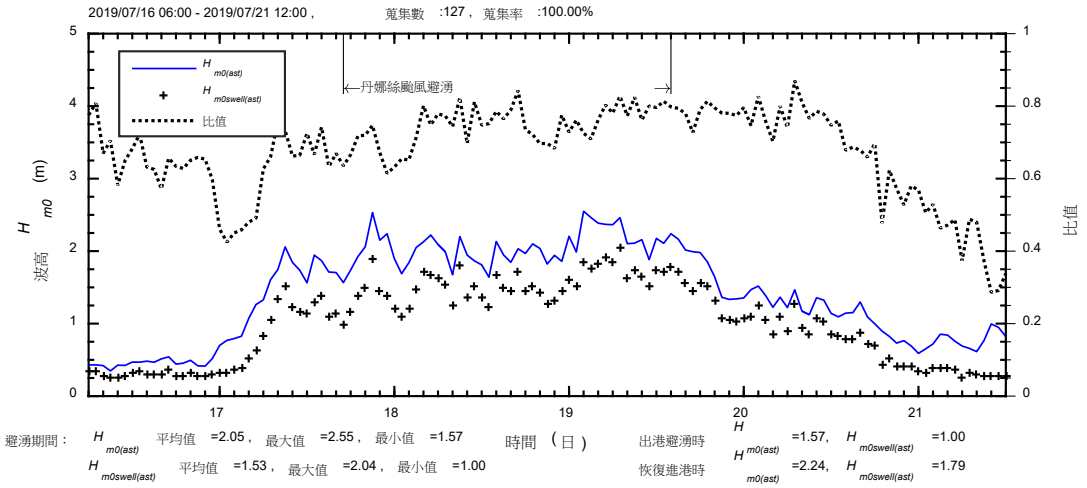


圖 5.31 丹娜絲颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

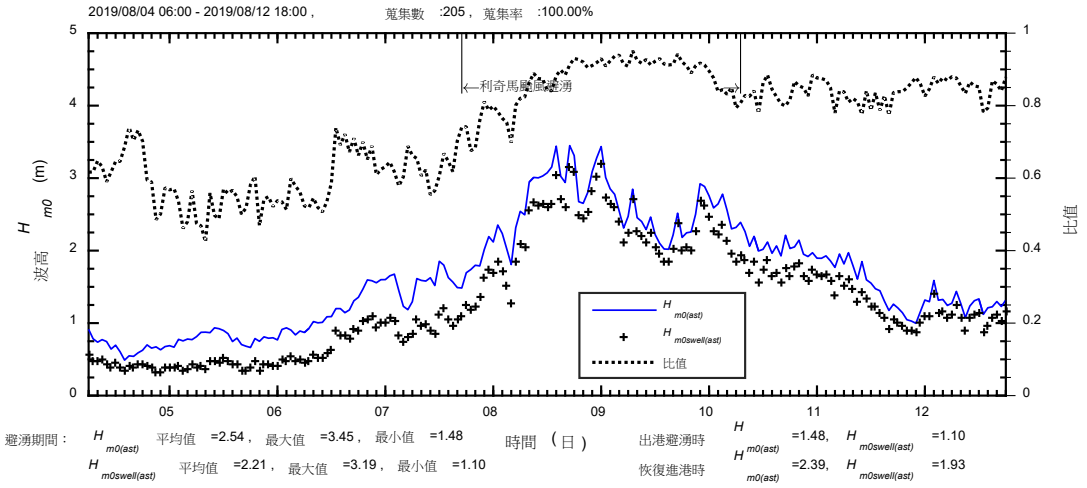


圖 5.32 利奇馬颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

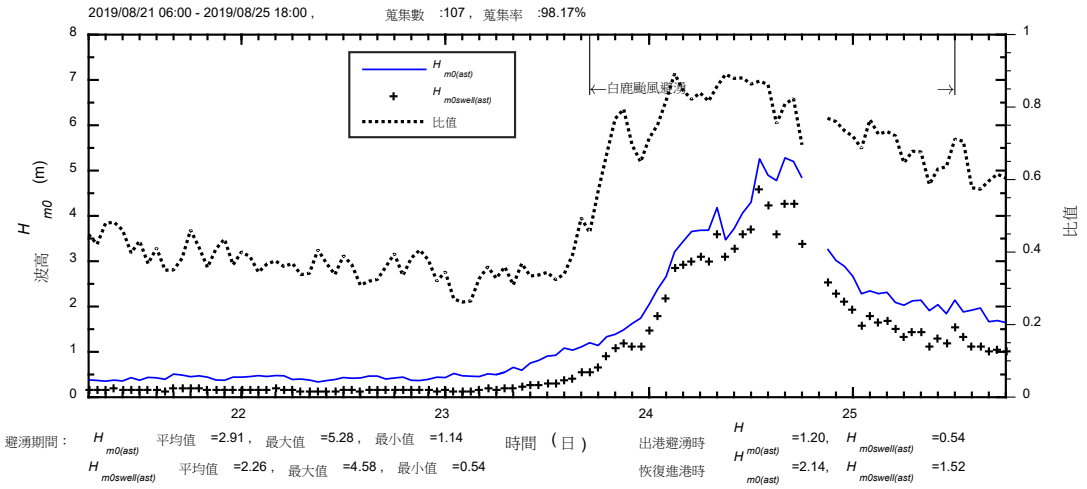


圖 5.33 白鹿颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

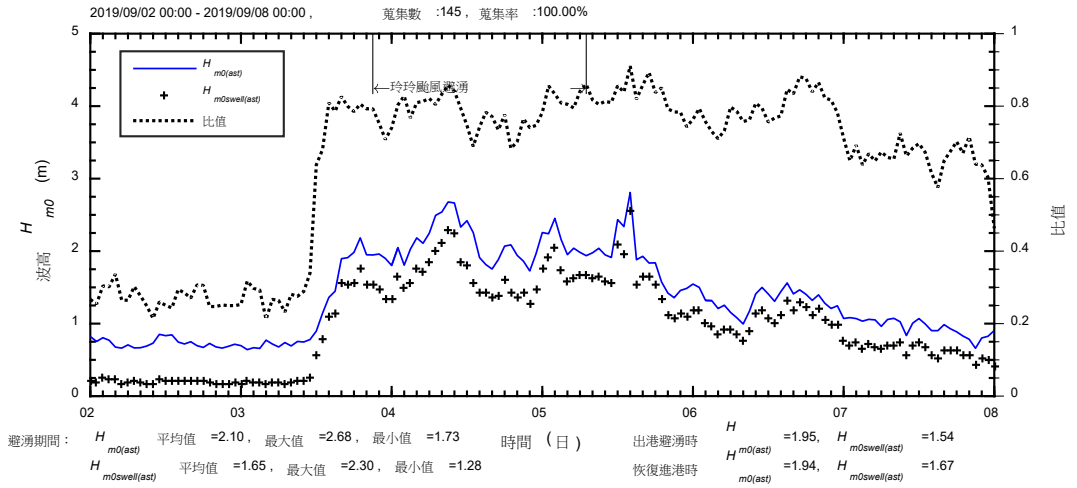


圖 5.34 玲玲颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

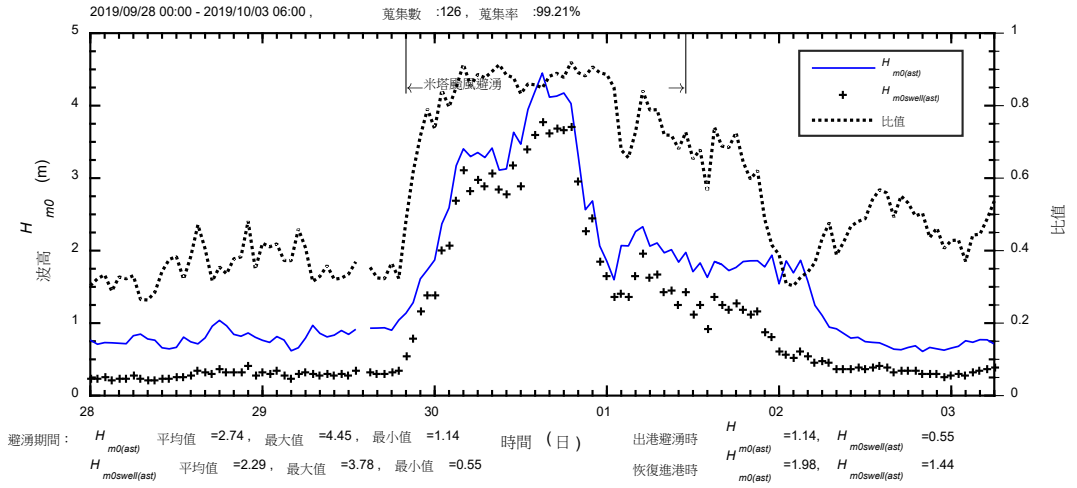


圖 5.35 米塔颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

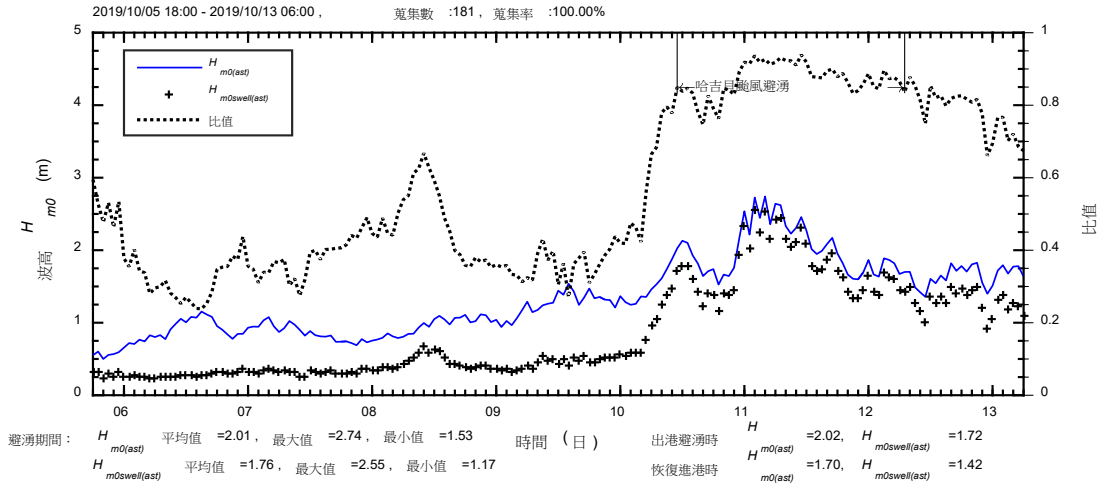


圖 5.36 哈吉貝颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

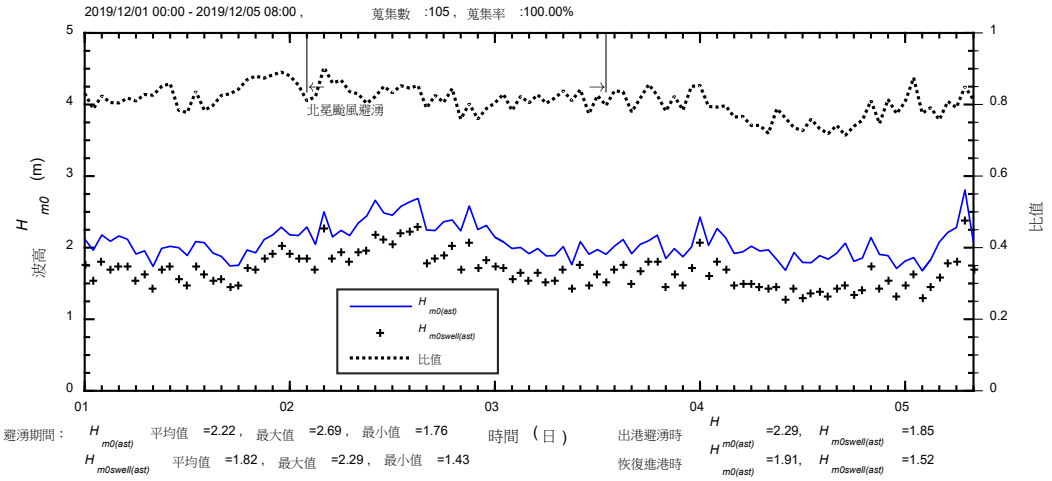


圖 5.37 北冕颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

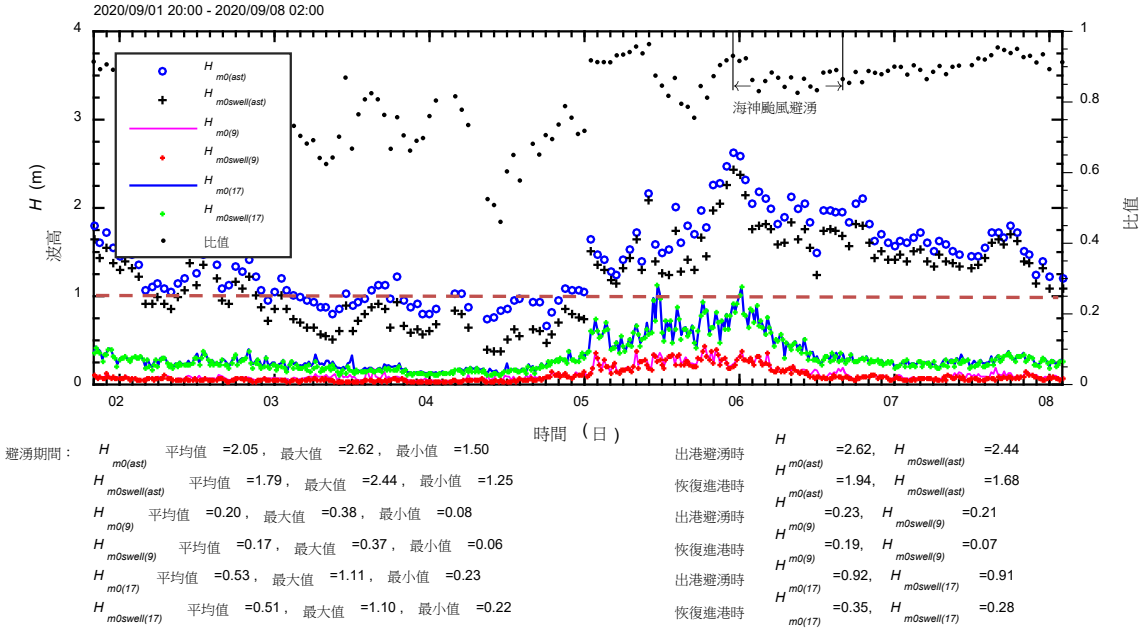


圖 5.38 海神颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

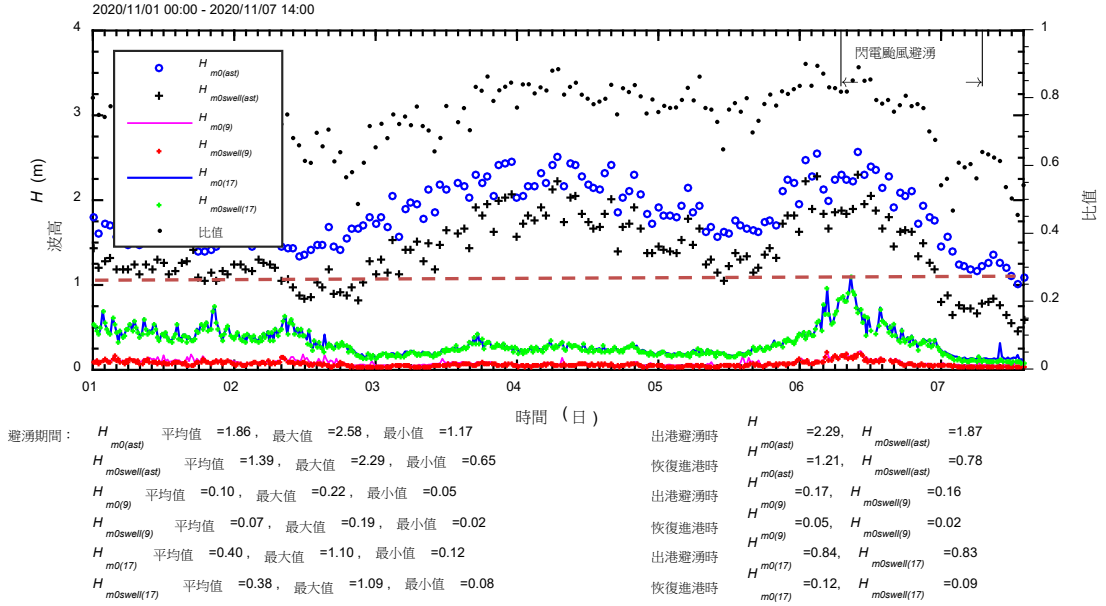


圖 5.39 閃電颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

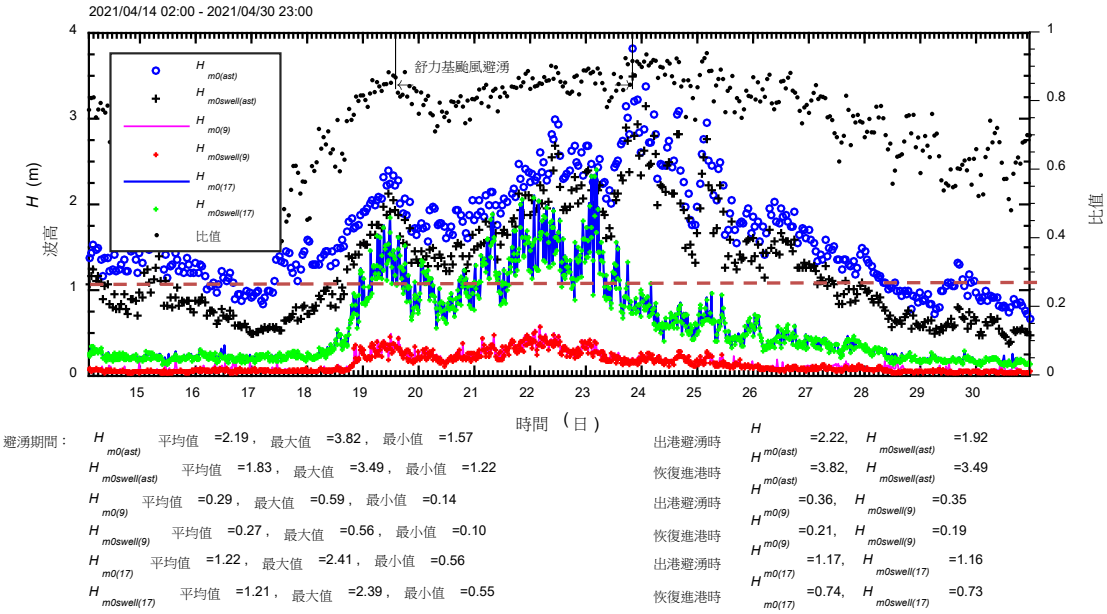


圖 5.40 舒力基颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

5.2.6 花蓮港及蘇澳港長浪觀測比對分析

本節內利用自行轉換花蓮港及蘇澳港示性波高$H_{m0(ast)}$及長浪波高$H_{m0swell(ast)}$，比對 107 年 12 月至 109 年 11 月波浪資料，並繪製每月花蓮及蘇澳$\boldsymbol{H_{m0(ast)}}$歷線圖歷時圖檔、花蓮及蘇澳$\boldsymbol{H_{m0swell(ast)}}$歷線圖以及花蓮與蘇澳之$\boldsymbol{H_{m0(ast)}}$及$\boldsymbol{H_{m0swell(ast)}}$散布圖，其中 107 年 12 月至 2 月、108 年 10 月、11 月蘇澳港無觀測資料，以及 109 年 3 月花蓮港無觀測資料，詳圖如附錄四.3 節。經分析 109 年度 2 商港波浪資料，109 年 11 月為蒐集率達 90%、相關性達 0.8 以上者，如圖 5.41～圖 5.44 所示，花蓮港觀測示性波高及長浪波高平均值分別為 1.69m 及 1.25m，蘇澳港示性波高及長浪波高平均值為 1.69 公尺及 1.17 公尺。示性波高相關性為 0.828，長浪波高相關性為 0.806。經 2 年波浪資料統計，花蓮港與蘇澳港各月示性波高相關係數介於 0.677 至 0.957 間，各月長浪波高相關係數介於 0.748 至 0.96 間。

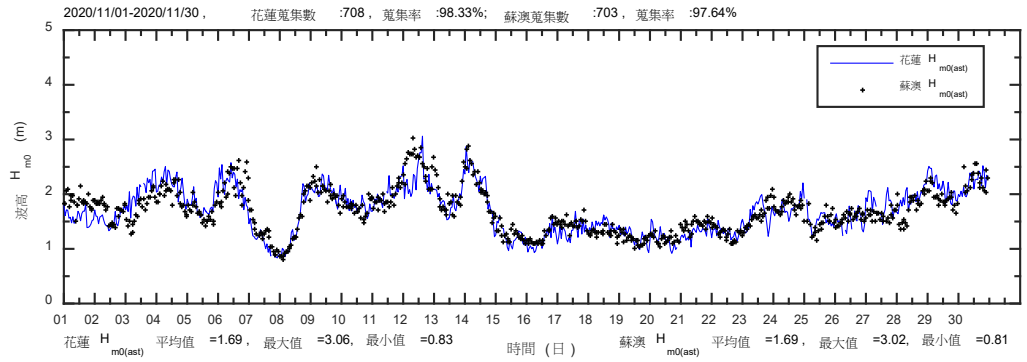


圖 5.41 花蓮及蘇澳 109 年 11 月示性波高歷線圖

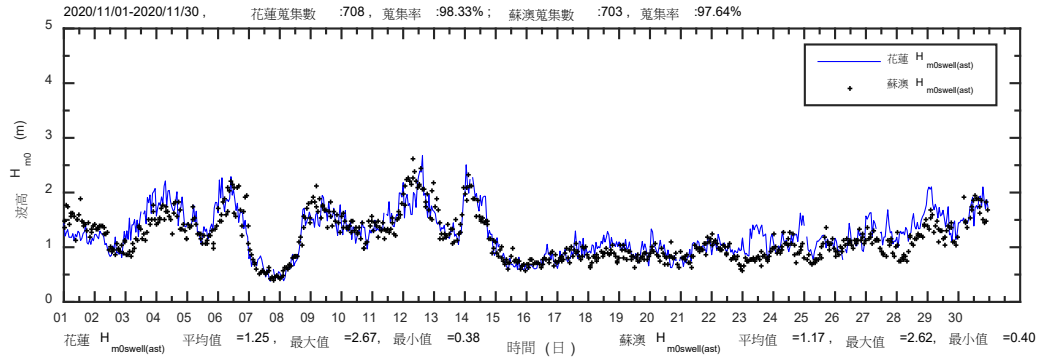


圖 5.42 花蓮及蘇澳 109 年 11 月長浪波高歷線圖

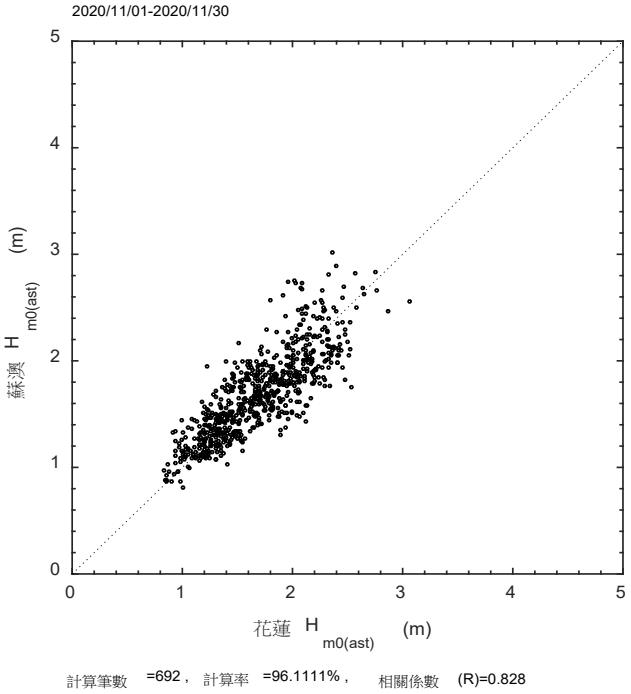


圖 5.43 花蓮及蘇澳 109 年 11 月示性波高散布圖

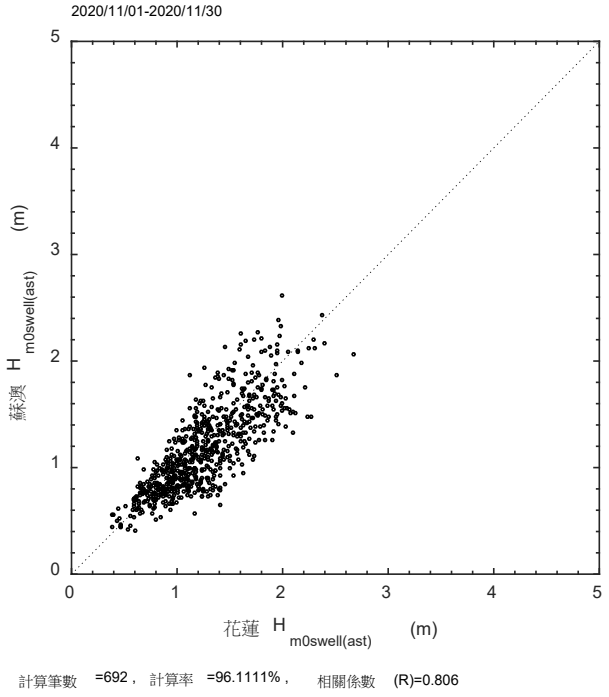


圖 5.44 花蓮及蘇澳 109 年 11 月長浪波高散布圖

5.3 港外長浪模擬預測改善

本計畫於前期(109 年)計畫執行期間，當時應用本所「臺灣近岸海象預測系統」(TaiCOMS)之風浪模組(2018 版)模擬 8 場颱風期間長浪預測資料與波浪觀測資料相互比對，以評估模擬預測長浪與觀測資料分析出之長浪差異情形，比對結果僅哈吉貝颱風模擬趨勢不理想且模擬值與觀測值相關性偏低，推估其因颱風路徑非在模擬範圍內，以致模擬效果不佳。

本(110)年度本所「臺灣近岸海象預測系統」(TaiCOMS)辦理風浪處理子系統改善，本節先說明前(109)期計畫模擬各場颱風事件之長浪預測結果，後經本年度辦理海象作業化系統模組改善工作後，重新模擬哈吉貝颱風案例，比較改善前、後之長浪預測結果以評估模組改善成效。

5.3.1 原風浪模組之長浪預測結果

在前期(109 年)計畫執行期間，應用本所「臺灣近岸海象預測系統」(TaiCOMS)之風浪模組(2018 版)，其遠域風浪模組模擬範圍右側至東經 134 度，模擬 8 場颱風期間之模擬預測長浪與由波浪觀測資料分離之長浪相互比對，評估彼此差異情形，比對結果如表 5-12 所示。

由表 5-12 可知，各場颱風事件預測長浪與由觀測資料分離長浪之間，相關性均有 0.8 以上，僅哈吉貝颱風事件比對結果較不理想、相關性低(0.567)。哈吉貝颱風路徑及比對結果如圖 5.45、圖 5.46 所示，推估其相關性低主要為颱風路徑非在風浪模組模擬範圍內(圖 5.46 藍框範圍)，以致模擬效果不佳。

表 5-12 模擬 107～108 年颱風避湧案例波高比較結果

平均比值=觀測/模擬

	$H_{m0(ast)}$與$H_{m0(mod)}$		$H_{m0swell(ast)}$與$H_{m0swell(mod)}$	
	相關係數	平均比值	相關係數	平均比值
山竹颱風	0.934	1.0	0.917	0.86
潭美颱風	0.963	1.1	0.953	0.75
丹娜絲颱風	0.87	1.1	0.836	0.95
利奇馬颱風	0.903	1.1	0.898	0.96
白鹿颱風	0.986	1.1	0.988	0.74
玲玲颱風	0.895	1.4	0.893	1.3
米塔颱風	0.956	1.0	0.97	0.77
哈吉貝颱風	0.322	0.61	0.567	0.21

資料來源:本所 109 年「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」

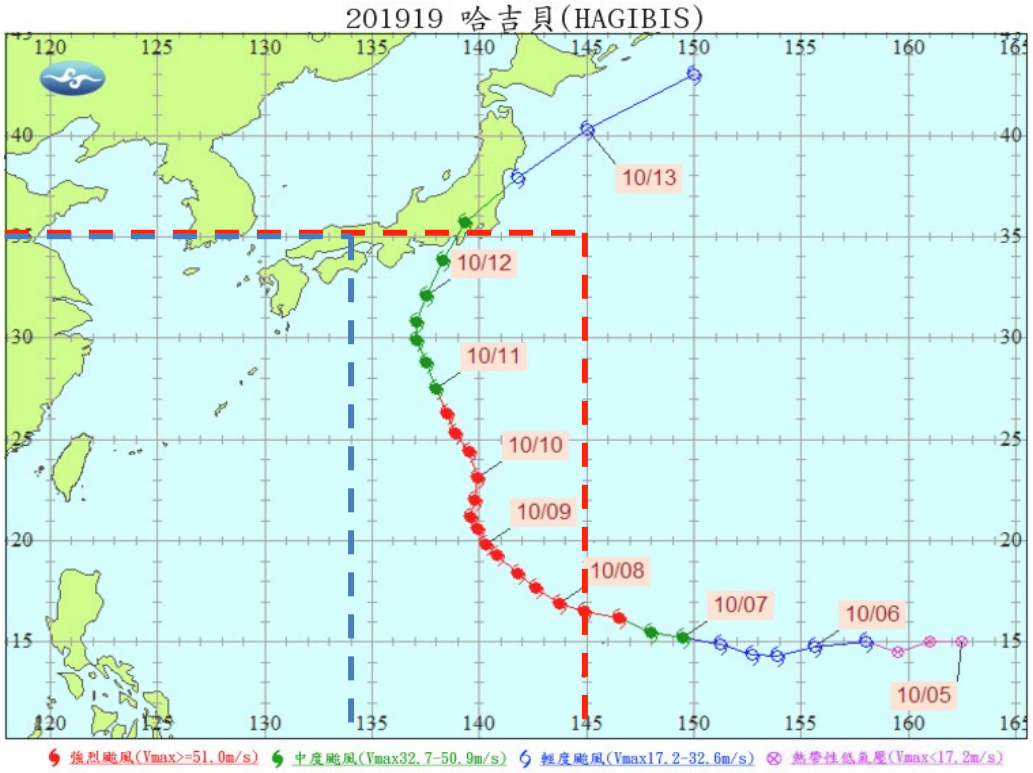


圖 5.45 哈吉貝颱風路徑圖

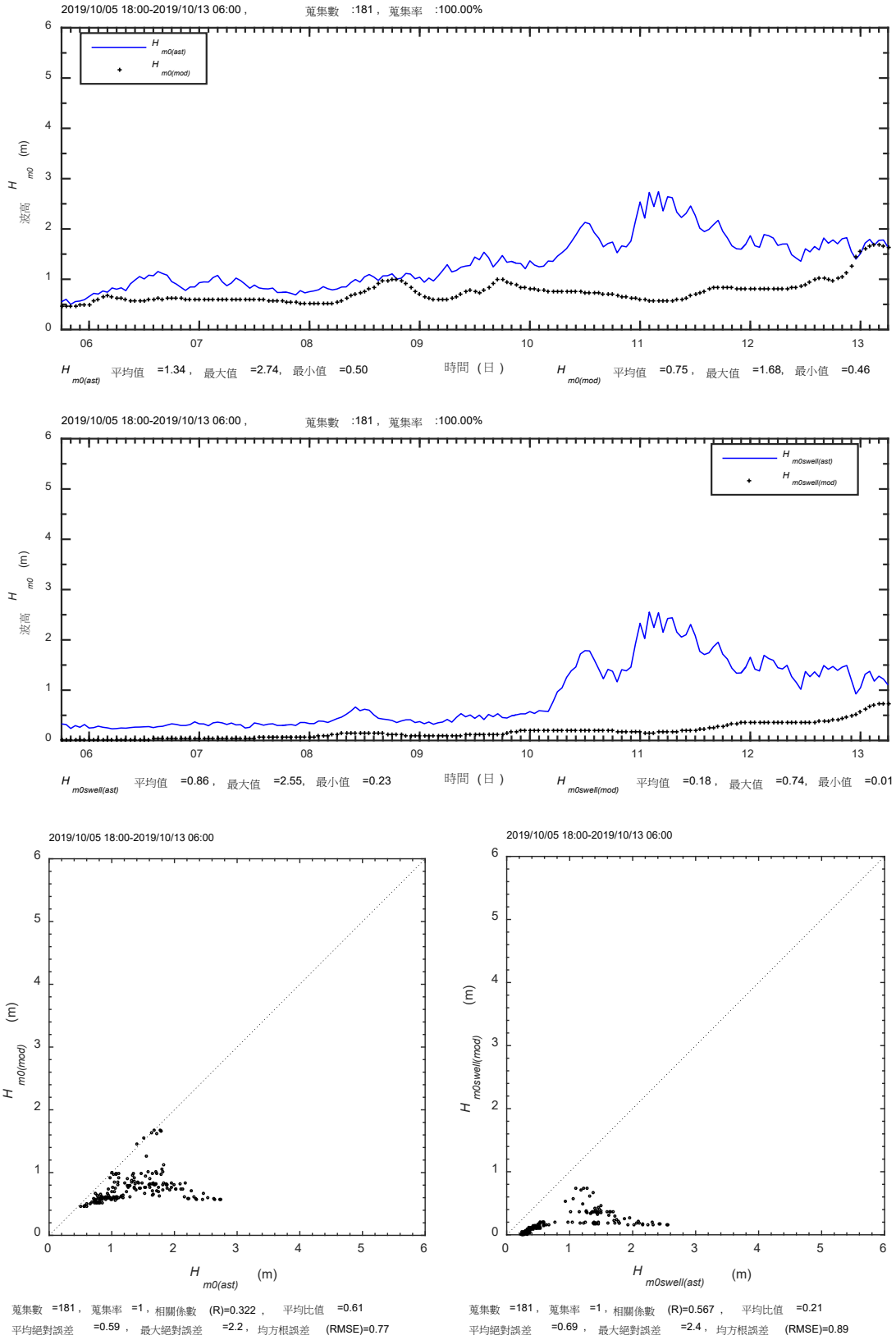


圖 5.46 前(109)年度近域風浪模組模擬哈吉貝颱風期間比較結果

5.3.2 風浪模組改善對長浪預測影響分析

由 5.3.1 節僅哈吉貝颱風示性波高及長浪波高模擬值與觀測值比對結果偏低，推其原因可能因哈吉貝颱風路徑約從東經 140 度轉北，尚未在遠域風浪模組(WAM)模擬範圍(東經 134 度)內，因此原風浪模組(2018 版)無法反應出像哈吉貝這類遠域颱風對花蓮港影響，導致模擬與觀測資料比較相關性結果不佳。本(110)年度辦理「臺灣近岸海象預測系統」模組改善工作，在波浪模組(2021 版)系統內，遠域風浪模組(WAM)右側模擬範圍由東經 134 度再往右擴增至 145 度，近域風浪模組(SWAN，中尺度，網格解析度 0.04 度)修改擷取長浪頻率值，另近海風浪模組新增花蓮海域風浪模組(SWAN，中小尺度，網格解析度 0.008 度)，模組介紹詳如第二章 2.3 節，擴大範圍對應在圖 5.45 哈吉貝颱風路徑圖則為圖上之紅框範圍。

近域風浪模組(SWAN，網格解析度 0.04 度)，其模擬長浪擷取週期由 10sec 修改成 8sec，而新增之花蓮海域風浪模組(SWAN，網格解析度 0.008 度)，其模擬長浪擷取週期設定為 8sec，其 SWAN 手冊內長浪計算公式如(5.7)，其中H_{swell}為湧浪波高，f為頻率，$S(f)$為一維波浪頻譜，f_{swell}為設定湧浪頻率上限，爰目前長擷取週期設為 8 秒以上波浪，$f_{swell} = 0.125$，與本章 5.2 節長浪定義相同。

$$H_{swell} = 4\sqrt{\int_0^{f_{swell}} f^0 S(f) df} \quad \text{.....(5.7)}$$

應用改善後之風浪模組(2021 版)，重新模擬哈吉貝颱風期間之模擬預測長浪與由波浪觀測資料分離之長浪相互比對，模擬資料同時輸出近海風浪模組(中尺度)及花蓮海域風浪模組(中小尺度)在花蓮港之波浪模擬資料，以檢視本年度風浪模組改善成果及評估新增花蓮海域小尺度模組效益，結果如圖 5.47、圖 5.48 所示，其中圖 5.47 黑色為近海風浪模組(中尺度)模擬結果、圖 5.48 紅色為花蓮海域風浪模組(中小尺度)模擬結果，模擬值與觀測值誤差分析結果如表 5-13 所示。

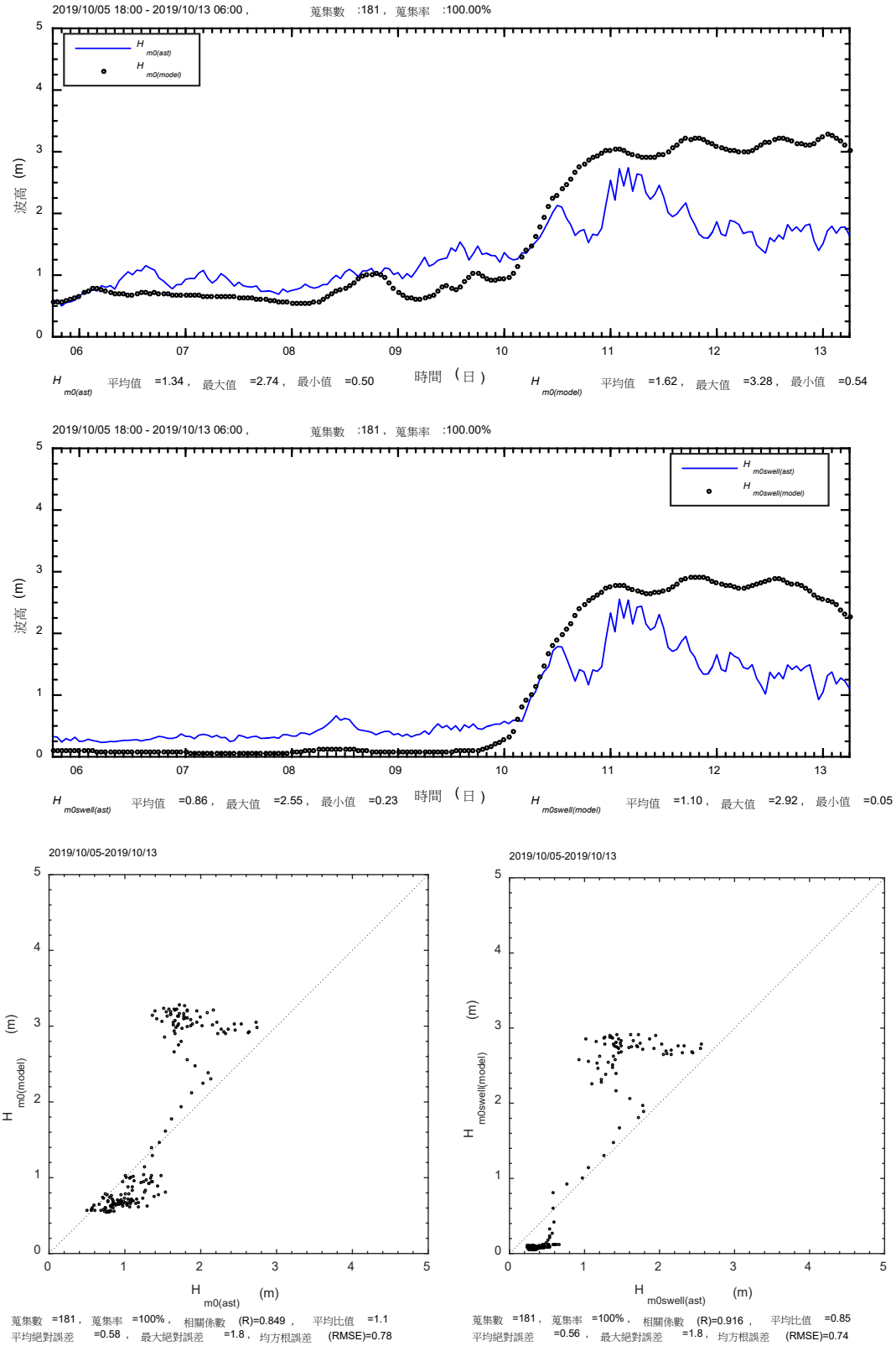


圖 5.47 本(110)年度近域風浪模組模擬哈吉貝颱風比較結果

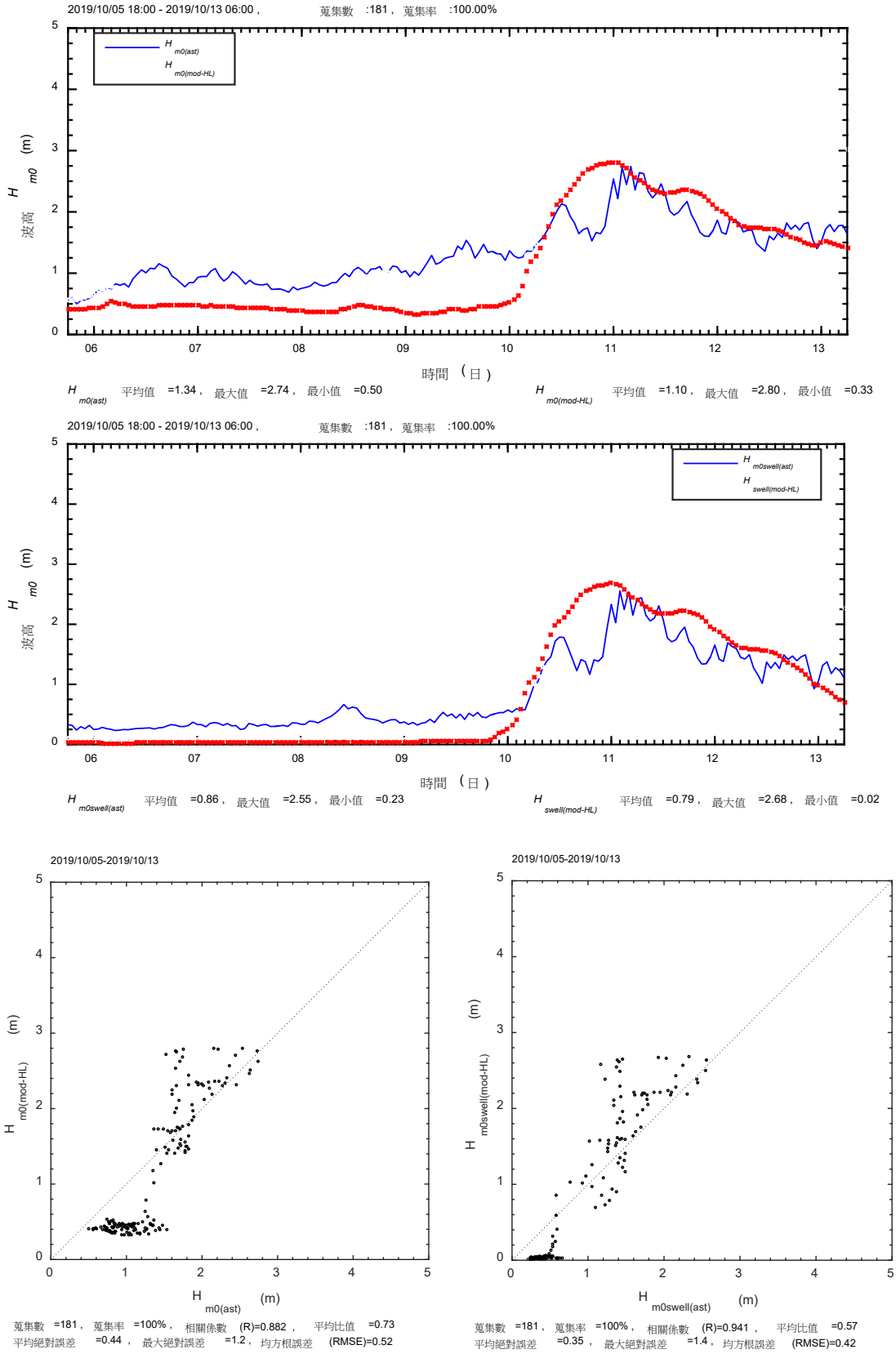


圖 5.48 本(110)年度花蓮海域模組模擬哈吉貝颱風期間比較結果

表 5-13 風浪模組改善後，模擬哈吉貝颱風事件之誤差分析表

	平均絕對誤差 MSE(m)	均方根誤差 RMSE(m)	相關性 R
※模組改善後-近域風浪模組 (中尺度)，輸出花蓮港位置資料			
示性波高	0.576	0.778	0.849
長浪波高	0.564	0.736	0.916
※新增-花蓮海域風浪模組(中小尺度)，輸出花蓮港位置資料			
示性波高	0.442	0.523	0.882
長浪波高	0.350	0.410	0.941

由表 5-12、5-13 可知，本(110)年度波浪模組辦理模組改善後模擬哈吉貝颱風事件，以同樣網格解析度 0.04 度之近域風浪模組比較，示性波高模擬值與觀測值相關性(R)原為 0.322，改善後平均誤差(MSE)0.576m、均方根誤差(RMSE)0.778m、相關性(R)提升為 0.849；長浪波高模擬值與觀測值相關性(R)原為 0.567，改善後平均誤差(MSE)0.564m、均方根誤差(RMSE)0.736m、相關性(R)提升為 0.916。若以新增網格解析度 0.008 度之花蓮海域風浪模組模擬哈吉貝颱風事件，其示性波高模擬值與觀測值誤差分析結果為平均誤差(MSE)0.442m、均方根誤差(RMSE)0.523m、相關性(R)為 0.882; 長浪波高模擬值與觀測值誤差分析結果為平均誤差(MSE)0.35m、均方根誤差(RMSE)0.41m、相關性(R)為 0.941。花蓮海域風浪模組模擬結果與近域風浪模組模擬結果相比，花蓮海域風浪模組更能反應颱風時期之示性波高與長浪波高變化情形，顯示本年度辦理波浪模組範圍擴增之後，確實有助於提升風浪模擬成效。

5.4 港區靜穩展示網頁

為提供花蓮港務分公司啟動避湧作業時之決策支援，自 109 年度計畫執行期間發展花蓮港區靜穩展示網頁，內容整合花蓮港內波浪即時監測資料、花蓮港海象觀測及模擬資訊並結合港區即時影像，波高情況以綠、黃、橙、紅燈號提供預警資訊，期望此客製化獨立網頁設計能更貼近花蓮港務分公司執行避湧作業之需求。

5.4.1 港內靜穩測站建置及說明

經 108 年拜訪花蓮港務分公司並取得同意後，本所 109 年辦理「109 年港內波潮即時監測及調查」勞務採購案，在花蓮港之內港區 9 號碼頭、外港區 17 號碼頭設置 2 站港內波潮即時靜穩監測站，110 年辦理「110 年港內波潮即時監測及調查」勞務採購案，再於外港區 25 號碼頭新增 1 站港內波潮即時靜穩監測站，與港外波流儀(AWAC)形成花蓮港內、外波浪即時監測網，其位置圖如圖 5.49 所示，架設站現場照片如圖 5.50～圖 5.52 所示。

新設港內波浪即時觀測系統為太陽能自主供電系統，採用壓力式水位計量測碼頭附近水面波動，取樣頻率為 2Hz，採連續方式觀測，並透過 4G LTE 無線傳輸模組即時將觀測訊號上傳至本中心雲端伺服器。觀測站資料採用 2 種方式進行波浪資料分析。

(1) 波譜分析法：觀測時間約耗費 17 分 04 秒，因此波浪觀測系統設定每 20 分鐘輸出一組波浪觀測資料，壓力波譜分析係將 2,048 筆分成數段，各段分別乘上 Hanning 視窗函數，再分別作傅立葉轉換(FFT)，得到各組壓力譜，最後將各組壓力譜平均，得到該組資料的波壓能譜密度，經壓力訊號相關公式處理後，獲得該組資料之示性波高(H_s)、平均週期(T_m)、譜峰週期(T_p)、湧(長)浪波高(H_{swell})及湧(長)浪平均週期(T_{swell})等波浪參數。

(2) 逐波分析法：依據壓力轉換成的水深資料，利用零上切法統計2048 筆水位時序列資料內最大波高(H_{max})、最大波週期(T_{max})、$H_{1/3}$、$T_{1/3}$、$H_{1/10}$及 $T_{1/10}$等波浪參數。

參閱本所「109 年港內波潮即時監測及調查」成果報告，港內波潮即時監測站觀測分析方式其實與本計畫有所不同，其中最大不同處為風湧浪分離方式，其採用美國資料浮標中心(NDBC)之一維波譜分離法，計算各組波浪之波浪尖銳度，取其最大值來推算風湧浪分離之頻率，摘錄說明如下：

$$\varepsilon(f)=\frac{H_{m0}(f)}{L(f)}=\frac{2\pi H_{m0}(f)}{gT_z^2(f)}=\frac{8\pi m_2(f)}{g\sqrt{m_0(f)}} \quad \text{.....(5.8)}$$

上式 $\varepsilon(f)$為各頻率所對應之波浪尖銳度，計算得到最大波浪尖銳度下之對應頻率f_m後。根據 NDBC 的經驗公式，分離頻率與最大波浪尖銳度推算頻率關係式如下，並計算頻率小於$f_{s\varepsilon}$之 H_{swell}、T_{swell}。

$$f_{s\varepsilon}=0.75f_m \quad \text{.....(5.9)}$$

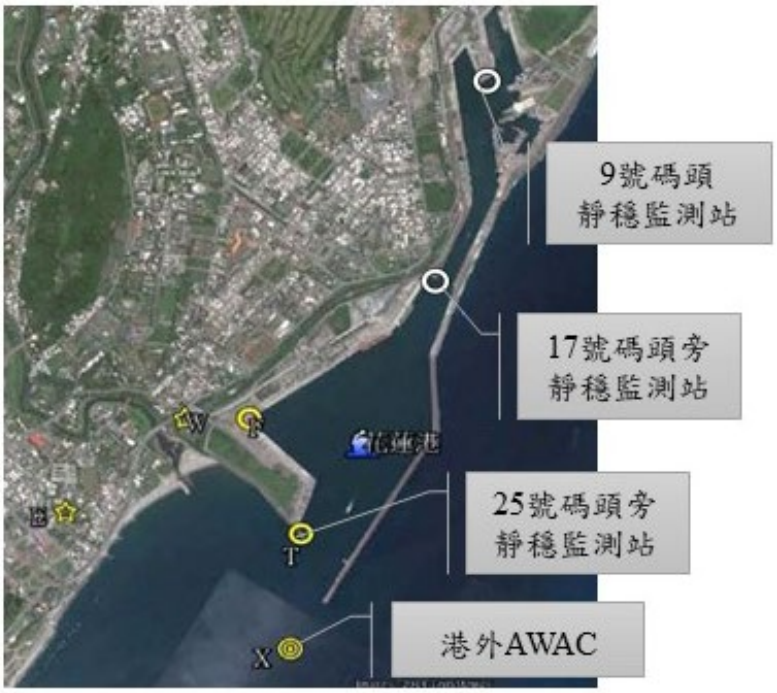


圖 5.49 花蓮港靜穩監測站位置圖



圖 5.50 內港區 9 號碼頭靜穩監測站照片



圖 5.51 外港區 17 號碼頭旁靜穩監測站照片



圖 5.52 外港區 25 號碼頭旁靜穩監測站照片

5.4.2 花蓮港區靜穩展示網頁

本計畫整合本所於花蓮港之觀測資訊、海象模擬資訊、影像資訊，建置靜穩展示頁面，期提供花蓮港務分公司更完整資訊，網址為：https://isohe.ihmt.gov.tw/station/display/hua/Hu-login.aspx，其頁面架構如圖 5.53 所示。



圖 5.53 花蓮港靜穩展示頁面心智圖

花蓮港區靜穩展示頁面，其設計呈現資訊劃分成 2 頁面，分別為「示警資訊」及「觀測模擬資訊」。「示警資訊」主為提供簡單、明瞭的示警訊息，「觀測模擬資訊」則提供進一步較完整風力、波浪及潮汐觀測及模擬資訊查詢，頁面說明如下：

1.「示警資訊」頁面

本頁面構思為以直觀簡單方式提供示警資訊，包含燈號、港內即時觀測資訊、港外模擬資訊及即時影像，如圖 5.54 所示。其中示警資訊燈號分別應用港內靜穩觀測與港外長浪模擬資訊呈現。

(1) 港區靜穩觀測：歷線圖資料係介接港內波潮即時監測站，每 20 分鐘 1 筆提供示性波高資料及依波高大小顯示對應燈號顏色指標。各燈號顏色指標考量依據港灣結構物設計基準(草案)，在不受湧浪(swell)及長週期波(Long period waves)影響下各種船型之裝卸臨界波高，如下表 5-14 所示，並考量花蓮港防颱避湧作業為觀察 25 號碼頭浪湧起伏達 1 公尺以上，本頁面右側同時呈現 9 號、17 號及 25 號碼頭旁的示性波高，並採 25 號碼頭旁最新 1 筆觀測資料做為燈號展示顏色指標，各燈號指標為：

a. 綠色：示性波高 0.3 公尺以下
b. 黃色：示性波高 0.3 至 0.5 公尺間
c. 橙色：示性波高 0.5 至 1 公尺間
d. 紅色：示性波高 1 公尺以上

表 5-14 各種船型之裝卸臨界波高

船型	裝卸臨界波高($H_{1/3}$)
小型船(<500GT)	0.3m
中大型船(500GT~<50000GT)	0.5m
超大型船(≥50000GT)	0.7~1.5m

(2) 港外長浪模擬：歷線圖資料係介接本所「臺灣近岸海象預測系統」之花蓮海域風浪模組模擬之長浪資料，每 1 小時 1 筆並預測未來近 40 小時內長浪變化情形;示警燈號則顯示長浪預測波高在未來

24 小時內發生之最大值，燈號顏色指標考量本計畫所分析結果，即當花蓮港港外長浪波高約達 2 公尺以上啟動避湧機制為基準，據以顯示研提燈號指標為：

a. 綠色：長浪波高 1 公尺以下
b. 黃色：長浪波高 1 至 1.5 公尺間
c. 橙色：長浪波高 1.5 至 2 公尺間
d. 紅色：長浪波高 2 公尺以上

(3) 即時影像：整合本所於花蓮港架設 6 支即時影像鏡頭資訊

a. 花蓮西防波堤：監看外港區域
b. 花蓮港西防坡堤堤頭：監看東防坡堤堤頭
c. 花蓮港務大樓：監看港口區域
d. 亞洲水泥：監看內港區域
e. 花蓮港 25 號碼頭：監看東防波堤
f. 花蓮港 25 號碼頭：監看水尺



圖 5.54 示警資訊頁面示意圖(110 年 9 月璨樹颱風期間)

2. 「觀測模擬資訊」頁面

綜整本所於花蓮港之觀測及模擬資訊，提供更多完整海象資訊查詢，包括港內靜穩資訊、港外觀測及模擬資訊、潮位及風速觀測及模擬

資訊等，可分別查詢、俾利研判，如圖 5.55 所示。各資訊內容分述如下：

(1) 港內靜穩資訊-波高(每 20 分鐘 1 筆)

a. 25 號碼頭靜穩測站：示性波高、長浪波高及最大波高
b. 17 號碼頭旁靜穩測站：示性波高、長浪波高及最大波高
c. 9 號碼頭靜穩測站：示性波高、長浪波高及最大波高

(2) 港內靜穩資訊-週期(每 20 分鐘 1 筆)

a. 25 號碼頭靜穩測站：平均週期、譜峰週期
b. 17 號碼頭旁靜穩測站：平均週期、譜峰週期
c. 9 號碼頭旁靜穩測站：平均週期、譜峰週期

(3) 港外觀測及模擬資訊(每小時 1 筆)

a. 港外觀測：示性波高、譜峰週期、最大波高
b. 港外模擬：過去模擬波高、譜峰週期及近 40 小時示性波高、譜峰週期預測資訊

(4) 潮位資訊

a. 觀測潮位：基準採築港高程及內政部高程
b. 模擬潮位：過去模擬潮位及近 40 小時潮位預測資訊

(5) 風速、風向資訊

a. 觀測風速：本所風速測站資料、氣象局花蓮浮標觀測資料
b. 模擬風速：過去模擬風速及近 40 小時預測風速

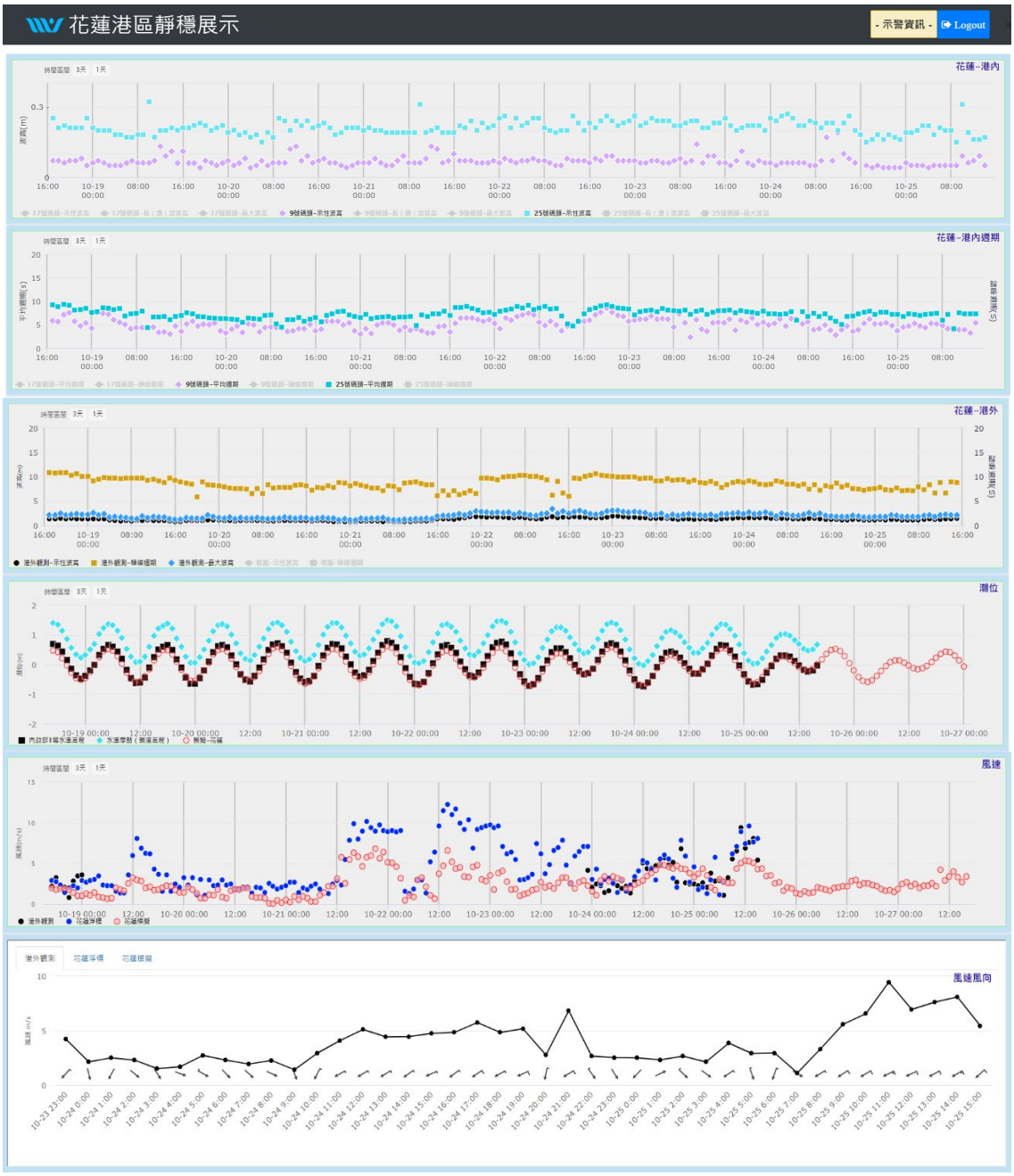


圖 5.55 觀測模擬資訊頁面示意圖

第六章 結論與建議

本計畫係屬本所港灣技術研究中心 107 至 110 年之 4 年期科技計畫「海洋及交通運輸防災技術研究」綱要計畫，「港灣海氣象資訊整合及防災應用研究」細部計畫項下，「港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究」子項計畫之第 4 年計畫。計畫執行期間以多年來累積之海象模擬研究經驗及成果，結合相關合作計畫內具有相當經驗與基礎之技術研發團隊，持續擴充建置海氣象模擬模組(波浪、水動力、海嘯、浪襲)提供海象模擬資訊。本計畫所建置的海象模擬作業系統與研究成果，可供後續計畫參考，並同步於「港灣環境資訊網」對外展示，提供交通部航港局、臺灣港務股份有限公司、經濟部水利署、公路總局、港灣及海岸保護等單位應用，另開發「花蓮港區靜穩展示」客製化網頁提供花蓮港務分公司做為啟動避湧機制決策支援。

110 年度主要成果為：盤整「臺灣近岸海象預測系統」各模組架構整併、改善工作，進行資訊設備軟硬體更新及維護，進行波浪模組改善，因應中央氣象局 WRF 預報風場啟動浮動機制，辦理風場處理子系統修改工作，完成 110 年度 9 個主要商港預測成果評估。模擬成果延伸應用於「花蓮海岸公路浪襲預警系統」，其系統於 109 完成建置，110 年利用臺灣東部海域浮標之海象觀測資料及資料同化技術，精進浪襲預警準確度，提供台 11 線易浪襲路段(人定勝天路段、110 年新增豐濱新社路段)即時及未來 24 小時預警資訊，另以數值模式模擬不同離岸潛堤配置並研提因應對策，提供公路總局第四區養護工程處做為浪襲封路決策及防減災規劃應用。另本計畫針對花蓮港 104 至 109 年度颱風期間波浪觀測資料進行特性分析，分離長浪資料進行探討並提供長浪模擬資訊，完成花蓮港及蘇澳港港內靜穩分析模組，後續辦理納入海象模擬作業化系統工作。

6.1 結論

1. 本所發展「臺灣近岸海象預測系統」，本年度除了硬體設備更新以外，亦盤點系統架構，整併及改善模組以提升整體系統效能。

2. 完成本年度維運風場及氣壓處理模組、波浪模組、水動力模組等模擬作業，每日提供 9 處商港(臺北、基隆、蘇澳、花蓮、高雄、安平、布袋、臺中及馬祖)及 2 處(花蓮、臺東)海岸公路之風場、氣壓、波場、水位及海流等模擬資訊。

3. 波浪、水位及流場等海象作業化預測成果評估：本年度海氣象模擬作業化系統維運達成海象模擬資訊蒐集率 100%目標。產製 109 年 9 月至 110 年 8 月期間之海象作業化預測評估年報，供內部參考。

4. 花蓮海岸公路浪襲預警系統，利用同化技術修正示性波高預測值，經與短期觀測值(15 日)比對結果，RMSE 約比修正前下降了 6.6%，但與較長期觀測資料(半年)比對結果，RMSE 上升 9%。而人定勝天段外海的石門雖沒有觀測資料可供比對，但由於鄰近花蓮站，如將同樣的資料同化方式應用在石門站，可能無法達到預期的修正作用。

5. 本年度港灣環境資訊網除了維運原資訊系統，還開發新版港灣環境資訊網，並使用 Web GIS 開放源 OpenLayers 元件建置「港灣環境資訊圖臺」，採用自適應網頁設計，網頁可適用於電腦、平板與手機，均可即時查詢到臺灣海域的風力、波浪、潮位與海流觀測及模擬資料。

6. 本計畫進行花蓮港 104 年 12 月至 109 年 11 月觀測波浪特性分析，超音波及壓力訊號之原廠軟體處理後數據資料(wap 檔)分析，超音波訊號$H_{s(ast)}$與壓力訊號$H_{s(pre)}$之示性波高兩者相當接近，但壓力訊號由於水深而缺少短週期波浪解算結果，壓力資料透過

原廠軟體轉換時，應用上應留意波浪週期$T_{m02(ast)}$若低 5.2 秒或$T_{p(ast)}$低於 6.57 秒左右，所觀測之$H_{s(pre)}$會有失真情形。

7. 進行蘇澳港 107 年 12 月至 109 年 11 月波浪資料分析，與花蓮港相似，波浪週期$T_{m02(ast)}$若低 4.7 秒或$T_{p(ast)}$低於 5.81 秒時，所觀測之$H_{s(pre)}$會有失真情形。

8. 冬季(12 月～2 月)期間長浪波高月平均值介於 0.81 公尺至 1.09 公尺間，冬季最大值發生在 2019 年 12 月為 4.02m，長浪波高發生機率較多在 1.0 公尺至 1.5 公尺。春季(3 月～5 月)期間長浪波高月平均值介於 0.51 公尺至 0.79 公尺間，長浪波高明顯低於冬季，長浪波高發生機率較多在 0.5 公尺至 1.5 公尺，其中 0.5 公尺至 0.75 公尺占 31.46%。夏季(6 月～8 月)期間長浪波高月平均值介於 0.34 公尺至 0.64 公尺間，長浪波高發生機率較多在 0.5 公尺以下，占 79.66%，顯示本季平日若無颱風波浪侵襲時，長浪波高約在 0.5 公尺以下。秋季(9 月～11 月)期間長浪波高月平均值介於 0.89 公尺至 0.97 公尺間，秋季最大波高最大值為 9.92 公尺，長浪波高發生機率較多在 0.25～0.5 公尺，若無颱風侵襲長浪波高約 0.5 公尺以下，長浪波高超過 1 公尺以上，表示臺灣東部外海應有颱風生成。在 10 月過後開始受到東北季風影響長浪波高會逐漸變大。

9. 檢視 109 年度颱風主要生成季節(7 月至 9 月)，創下自 47 年有紀錄以來，首次西北太平洋沒有颱風生成的 7 月。此外，對花蓮港有影響的颱風，僅有 9 月的海神颱風，雖颱風路徑、範圍無發布海陸警報，但對花蓮港外海也造成明顯威脅，長浪波高最大值達 2.44m。

10. 花蓮港務分公司於 105 年至 110 年 4 月間，共有 20 次因颱風或颱風外圍環流導致港內不靜穩且船舶出港避湧紀錄，其中以 110 年舒力基颱風影響，避湧時間 4 日 6 小時最長，以天鴿颱風 8 小時最短，除天鴿颱風外，其餘各場颱風避湧管制期間均涵蓋颱風

最大波高發生時間，避湧前波高比值會突增，顯示避湧作業前長浪波高有明顯快速增加趨勢。其中有 6 場颱風事件屬中央氣象局未發布颱風警報，且花蓮港務分公司仍有啟動避湧管理機制之情形，經對應颱風路徑圖顯示，未來如在太平洋東經 145 度～160 度左右，有生成颱風或熱帶氣旋者，應視其颱風強度及路徑，注意長浪對花蓮港之影響。

11. 檢視颱風期間出港避湧時之長浪波高，有 15 場出港避湧時之長浪波高低於 2m，考量遠域颱風案例及今年度港內、外聯合觀測波浪情形，本計畫仍建議避湧指標以港外觀測長浪波高 2m 為指標。

12. 舒力基颱風避湧事件為花蓮港務分公司首次採取內港區、外港區分區管制措施案例，實際解除外港管制時，外港區 17 號碼頭波高仍有大於 1m 情形，仍有另外通知外港區船舶代理商出港避湧。爰後續避湧作業執行內、外港分區管制措施時，除了靠人力監看 25 號、8 號碼頭水尺(亦是 9 號碼頭水尺)之湧浪起伏狀況，仍須注意內、外港波浪即時監測資料或其他海象情資以輔助判斷。

13. 本(110)年度辦理「臺灣近岸海象預測系統」波浪模組模擬範圍擴增改善工作，經重新模擬哈吉貝颱風事件誤差分析結果，改善後之近域風浪模組及新增花蓮海域風浪模組，確實提升風浪模擬成效。

14. 計畫執行期間發展「花蓮港區靜穩展示」網頁，內容整合花蓮港內波浪即時監測資料、花蓮港海象觀測及模擬資訊，並結合港區即時影像，波高情況以綠、黃、橙、紅燈號提供示警資訊，期望此客製化獨立網頁設計能更貼近花蓮港務分公司執行避湧作業之需求。

15. 本所於 110 年 10 月 21 日於花蓮港務分公司辦理「交通部運輸研究所 110 年度花蓮港研究計畫成果交流會」，說明本所近年海象模擬部分，建置風浪、水動力及靜穩分析模組，海象觀測資料部

分，設置港內波潮監測站、分析花蓮港 5 年波浪觀測資料、20 場颱風期間避湧情形，並介紹「花蓮港區靜穩分析展示」網頁，交流會內容及活動剪影詳附錄六。

6.2 建議

1. 建議考慮颱風季節期間在易受浪襲的新社段旁架設攝影機來監控是否有浪襲事件發生，日後可藉由檢視影像資料驗證花蓮浪襲預警系統燈號準確性。

2. 自本(110)年度 4 月起，花蓮港避湧機制啟動時機增加 2 種考量情況，並採用內、外港分區管制措施，目前僅有舒力基颱風實際案例，後續仍需持續蒐集港內波高資料及颱風期間分區管制實例，俾利辦理防颱避湧實務研析。

3. 在 5.3.2 節重新模擬哈吉貝颱風期間，模組改善後之風浪模組及新增花蓮海域模組之示性波高及長浪波高模擬值比較結果(圖 5.47 及圖 5.48)，可看出前段期間，模擬值均偏低，俟颱風風場影響後，模式才開始反應颱風對波浪之影響，此部分可納入後續精進模式及改善重點。

6.3 成果效益及應用情形

1. 「臺灣近岸海象預測系統」模擬成果延伸應用說明如下：

(1) 新建東部海域(花蓮及蘇澳)風浪模組，提供「臺東及花蓮海岸公路浪襲預警系統」更細緻之外海風浪模擬值，做為系統邊界輸入條件，有助提升浪襲系統預警及預測成功率。

(2) 在「花蓮港區靜穩分析展示」以歷線圖展示長浪模擬變化情形，示警燈號顯示 24 小時內長浪最大波高值及對應燈號指標，另在模擬資訊頁面，展示潮位、風速預測變化，輔助花蓮港務分公司掌握花蓮海域較全面性之海情資訊。

2. 本所辦理全臺周圍 12 海域海象模擬成果，整合於「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，以即時展示方式呈現於網頁上，平日供航港局、臺灣港務股份有限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。

3. 「花蓮港區靜穩分析展示」網頁，為簡單、易懂之客製化網頁，以直覺式預警燈號呈現，提供花蓮港務分公司啟動港區避湧機制決策支援。另花蓮港務分公司於 110 年 11 月 18 日已開始使用網頁監看港內、外波高資訊，落實於平日港務監控工作。

誌謝

感謝中央氣象局提供「氣象預報資料」，以及臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司提供歷年「花蓮港船泊靠泊防颱作業通報」資料，使本報告得以順利完成，謹致謝忱。

參考文獻

1. 李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和等，2015，「海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運(1/2)」，交通部運輸研究所。
2. 李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和等，2016，「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。
3. 李兆芳、邱永芳、劉正琪、蘇青和等，2017，「港灣海象模擬技術及預警系統研發」，交通部運輸研究所。
4. 李兆芳、劉正琪、陳明宗、李俊穎等，2018，「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。
5. 李兆芳、劉正琪、傅怡釧、李俊穎等，2019，「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。
6. 李兆芳、劉正琪、傅怡釧、李俊穎等，2020，「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。
7. 李兆芳、劉正琪、傅怡釧、李俊穎等，2021，「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。
8. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳等，2015，「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。
9. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、李兆芳等，2016，「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。
10. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、謝佳紘，2015，「港灣海象模擬技術及作業系統之研究(1/2)」，交通部運輸研究所。
11. 邱永芳、蘇青和、李俊穎、謝佳紘，2016，「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。
12. 邱永芳、陳冠宇、蘇青和、單誠基等，2016，「異常氣候下跨河橋梁與港區水位溢淹預警系統之建置研究」，交通部運輸研究所。
13. 邱永芳、陳冠宇、蘇青和、李俊穎等，2017，「海岸公路異常波浪特性及防災應用技術之研究」，交通部運輸研究所。
14. 邱永芳、蘇青和、劉清松、林廷燦等，2017，「港灣環境資訊服務系統-加值應用暨功能擴升及維護」，交通部運輸研究所。
15. 蔡立宏、林雅雯、劉清松、林騰威等，2021，「110 年港灣環境資訊系統維護與功能提升」，交通部運輸研究所。
16. 莊文傑、曾相茂，2018，「颱風與季風波浪特性分析及其在瘋狗浪預警之應用」，交通部運輸研究所。
17. 莊文傑，2019，「臺灣東部近岸港口外廓配置對毗鄰海灘沖淤之影響

評估」，交通部運輸研究所。
18.陳冠宇、陳陽益、邱永芳、蘇青和等，2015，「海嘯對港區及跨河橋梁之影響風險評估研究(2/2)」，交通部運輸研究所。
19.陳冠宇、蔡立宏、李俊穎、陳鈞彥等，2020，「花蓮海岸公路浪襲預警及防災應用技術之研究(1/2)-浪襲預警系統建置」，交通部運輸研究所。
20.陳冠宇、蔡立宏、李俊穎、陳鈞彥等，2021，「花蓮海岸公路浪襲預警及防災應用技術之研究(2/2)-浪襲預警及因應對策」，交通部運輸研究所。
21.詮華國土測繪有限公司，2016，「馬祖地區五處港灣碼頭水深測量作業」，交通部運輸研究所。
22.蔡立宏、李俊穎、劉清松、林廷燦、王郁涵、林珂如，2020，「109年港灣環境資訊系統維護-功能提升」，交通部運輸研究所。
23.蕭士俊、蘇青和、李俊穎、陳鈞彥，2019，「臺東海岸公路溢淹及沿岸地形變遷特性研究」，交通部運輸研究所。
24.簡仲璟、張富東、單誠基等，2009，「花蓮港颱風波浪之長週期波動之研究」，第 31 屆海洋工程研討會。
25.簡仲璟、劉清松、林廷燦、劉益琦等，2015，「港灣環境資訊服務系統功能提升規劃與建置(3/4)」，交通部運輸研究所。
26.蘇青和、劉清松、林廷燦、劉益琦等，2016，「港灣環境資訊服務系統功能提升規劃與建置(4/4)」，交通部運輸研究所。
27.李堉辰、董東璟，2016，「從方向波譜分離風湧浪成分之研究」，第 38 屆海洋工程研討會暨科技部計畫成果發表會論文集。
28.李俊穎、謝佳紘、陳鈞彥、傅怡釧、羅冠顯，2019，「花蓮港 2016、2017 年度觀測長浪特性分析」，第 41 屆海洋工程研討會論文集。
29.莊文傑、曾相茂、張憲國，2015，「AWCP 之波浪監測紀錄分析與其統計特性」，第 34 屆海洋工程研討會論文集。
30.莊文傑、曾相茂、張憲國，2015，「颱風長浪演化與瘋狗浪之預警」，海洋與水下科技季刊，第 26 卷第 4 期。
31.許城榕、陳炫杉、陳陽益，2011，「有限水深波譜風浪及湧浪劃分」，第 33 屆海洋工程研討會論文集。
32.許城榕、陳陽益、陳炫杉，2012，「方向頻譜中波浪系統的劃分與識別」，第 34 屆海洋工程研討會論文集。
33.劉正琪、李兆芳、李俊穎、陳明宗等，2016，「澎湖海域風浪模擬系統建置」，第 38 海洋工程研討會論文集。
34.劉俊志、陳冠宇、邱永芳、蘇青和，2016，「極端氣候下之跨河橋梁

通行安全評估」，第 38 海洋工程研討會論文集。
35.蔡仁智、蔡政翰，2007，「資料探勘應用於台灣海岸危險波浪發生之研究」，第 29 屆海洋工程研討會。
36.饒國清、施孟憲、方正光、滕春慈、黃清哲，2015，「東北角海岸波浪與人員落海相關性之探討」，第 22 屆水利工程研討會論文集。
37.日本全國港灣海洋波浪情報網 NOWPHAS，https://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/，查詢日期：2020 年 5 月 18 日。
38.中央氣象局 http://www.cwb.gov.tw/，查詢日期：2020 年 5 月 18 日。
39.The SWAN team of Delft University of Technology(2019),“SWAN USER MANUAL SWAN Cycle III version 41.31”, Retrieved from http://swanmodel.sourceforge.net/online_doc/swanuse/swanuse.html (Oct,1,2019).
40.Liu, P. L.-F., S. Monserrat, M. Marcos, and A. B. Rabinovich, “Coupling between two inlets: Observation and modeling,” J. Geophys. Res., 108(C3), 3069, (2003).
41.Sumer, B.M., and Fredsøe, J., 2000, Experimental study of 2D scour and its protection at a rubble-mound breakwater, Coastal Engineering, Vol. 40, pp. 59-87.
42.Sumer, B.M., Richard J.S. Whitehouse, and Alf Tørum, 2001, Review Scour around coastal structures: a summary of recent research, Coastal Engineering, Vol. 44, Issue 2, December 2001, pp. 153-190.
43.X. Wang and Liu, P. L.-F.(2007): Cornell Multigrid Coupled Tsunami model (COMCOT) User Manual, Cornell University.
44.Xu, Z.(2007), “The All-source Green's Function and its Applications to Tsunami,” Science of Tsunami Hazards, 26(1), pp.59-69.

附錄一

110 年度侵臺颱風警報資料

109 年 9 月至 110 年 8 月中央氣象局發布颱風警報，共計有 4 個皆為中度颱風，如附一表 1 所示。閃電及彩雲颱風發布海上及陸上警報，烟花及盧碧僅發布海上警報。盧碧颱風於 8 月 3 日於南海北部海面生成後向東移動，8 月 4 日轉向北北東移動接近臺灣海峽南部海域，受颱風減弱為熱帶性低氣壓及西南氣流影響，臺灣中南部有超大豪雨，農業損失約 4.3 億。中央氣象局颱風警報發布概況表、颱風路徑圖、及接近臺灣時之颱風衛星圖如附一圖 1~附一圖 8。

附一表 1 109 年 9 月至 110 年 8 月侵臺颱風記錄表

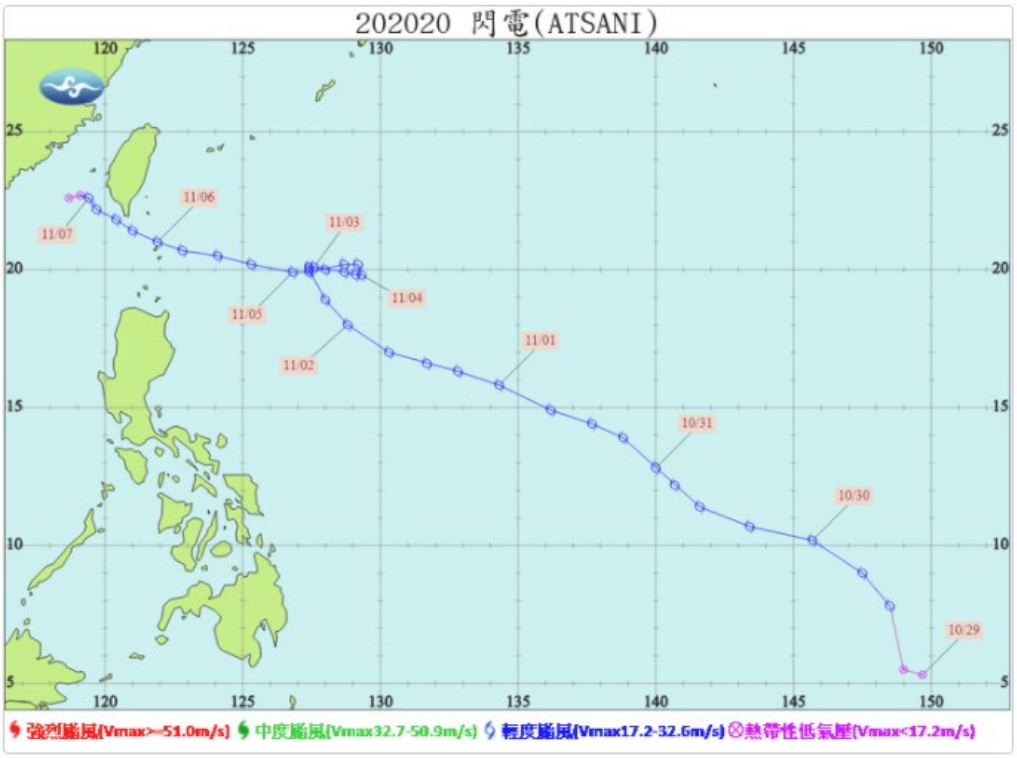
編號	中文名稱	英文名稱	侵臺路徑分類	警報期間	近臺強度	近臺最低氣壓 (hPa)	近臺最大風速 (m/s)	近臺 7 級風暴風半徑 (km)	近臺 10 級風暴風半徑 (km)	警報發布報數
202020	閃電	ATSANI	5	2020-11-05 08:30 2020-11-07 14:30	輕度	982	28	120	---	19
202103	彩雲	CHOI-WAN	---	2021-06-03 16:00 2021-06-04 20:30	輕度	995	20	100	---	11
202106	烟花	IN-FA	---	2021-07-21 20:30 2021-07-24 11:30	輕度	945	20	100	---	22
202109	盧碧	LUPIT	---	2021-08-04 14:30 2021-08-05 17:30	輕度	988	20	80	---	10

(摘自中央氣象局網站 https://rdc28.cwb.gov.tw/TDB/)

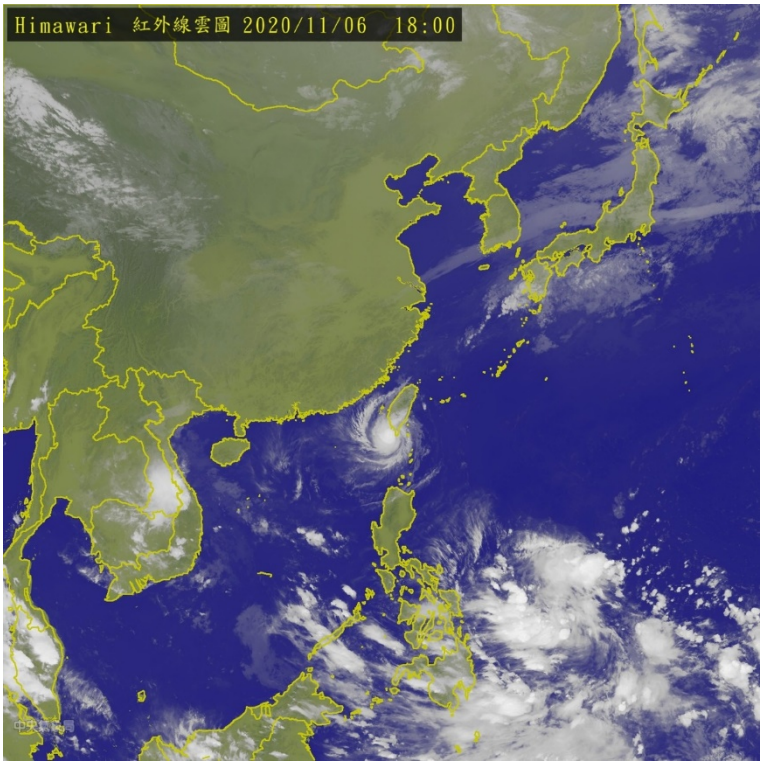
中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	閃電 (ATSANI)
編號	202020
生成地點	148.2, 7.5
侵(近)臺日期	2020 年 11 月 06 日
發布時間	海上 2020-11-05 08:30:00 陸上 2020-11-05 20:30:00
解除時間	陸上 2020-11-07 08:30:00 海上 2020-11-07 14:30:00
發布報數	19
最大強度	輕度
近中心最大風速	28 (公尺/秒)
侵臺路徑分類	5
登陸地段	---
動態	10 月 29 日 20 時於關島東南方海域形成後，向西北朝琉球南方海域移動。11 月 5 日轉向西北西朝巴士海峽接近，於 08 時 30 分發布海上颱風警報；20 時 30 分發布海上陸上颱風警報。6 日晚間暴風圈籠罩臺東、臺南、高雄及屏東。7 日 14 時於澎湖南方近海減弱為熱帶性低氣壓，隨後解除海上颱風警報。
災情	中央災害應變中心統計共造成 3 人受傷，農業損失約 2,400 萬。
颱風災害專區網頁連結	---

註 1：資料範圍取自警報發布至警報解除。

註 2：災情節錄自內政部消防署及行政院農委會資料。



附一圖 1 閃電颱風路徑圖

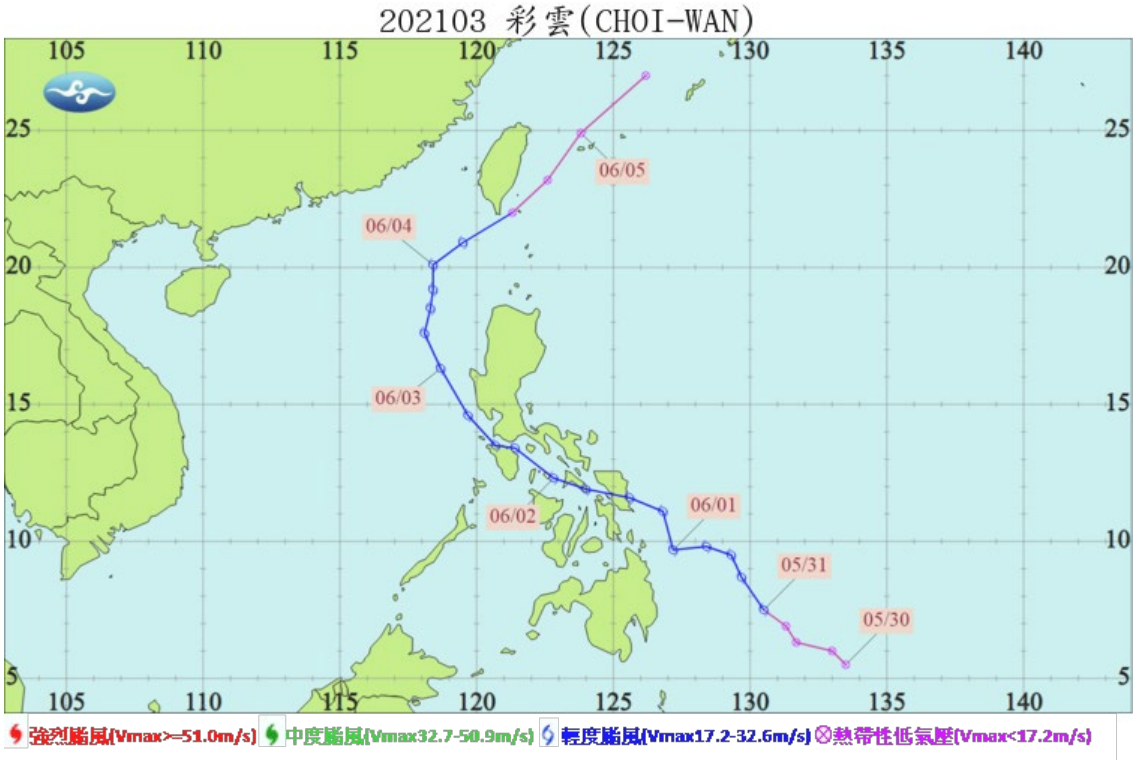


附一圖 2 閃電颱風衛星圖

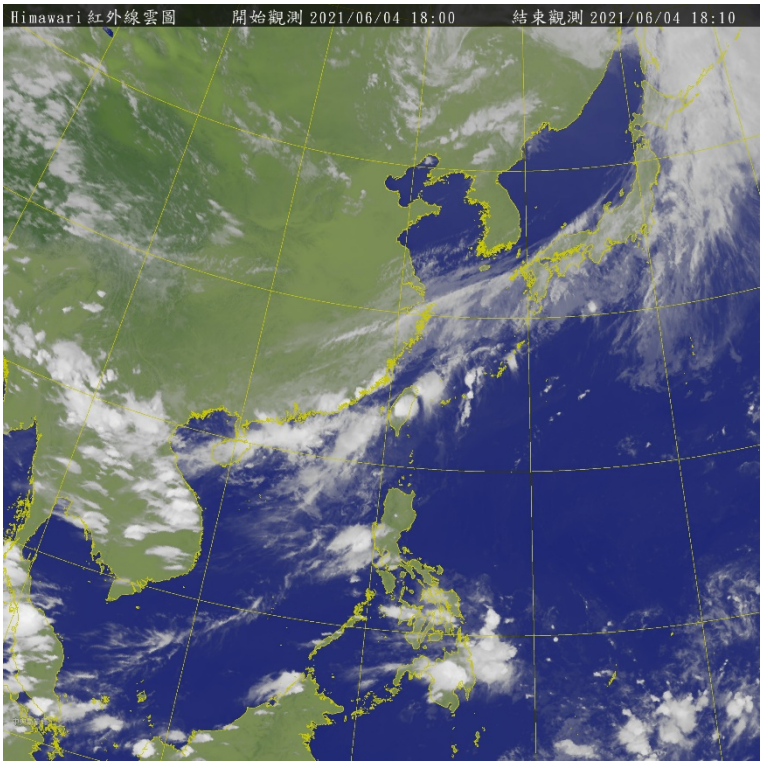
中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	彩雲 (CHOI-WAN)
編號	202103
生成地點	130.5, 7.5
侵(近)臺日期	2021 年 06 月 04 日
發布時間	海上 2021-06-03 16:00:00 陸上 2021-06-03 23:30:00
解除時間	陸上 2021-06-04 20:30:00 海上 2021-06-04 20:30:00
發布報數	11
最大強度	輕度
近中心最大風速	20 (公尺/秒)
侵臺路徑分類	---
登陸地段	---
動態	5 月 31 日 8 時於菲律賓東南方海面生成，初期向西北方移動，6 月 1 至 2 日通 過菲律賓群島後，3 日進入南海轉向北方移動。颱風中心於同日 14 時，向北 轉北北東移動，於 16 時發布海上颱風警報，持續接近東沙島海域及巴士海峽； 23 時於鵝鑾鼻西南方 440 公里海面上，逐漸轉東北方移動，並於 23 時 30 分 發布海上陸上颱風警報。4 日 17 時暴風圈進入恆春半島，隨後於 20 時減弱為 熱帶性低氣壓，並於 20 時 30 分解除海上陸上颱風警報。
災情	無
颱風災害專區網頁連結	---

註 1：資料範圍取自警報發布至警報解除。

註 2：災情節錄自內政部消防署及行政院農委會資料。



附一圖 3 彩雲颱風路徑圖

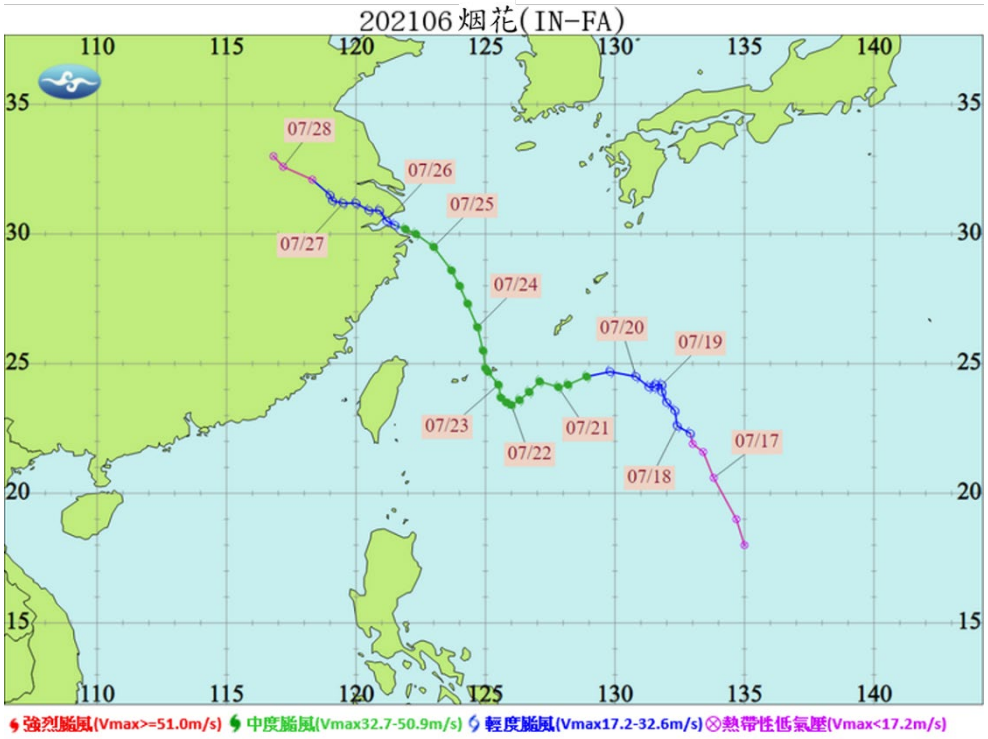


附一圖 4 彩雲颱風衛星圖

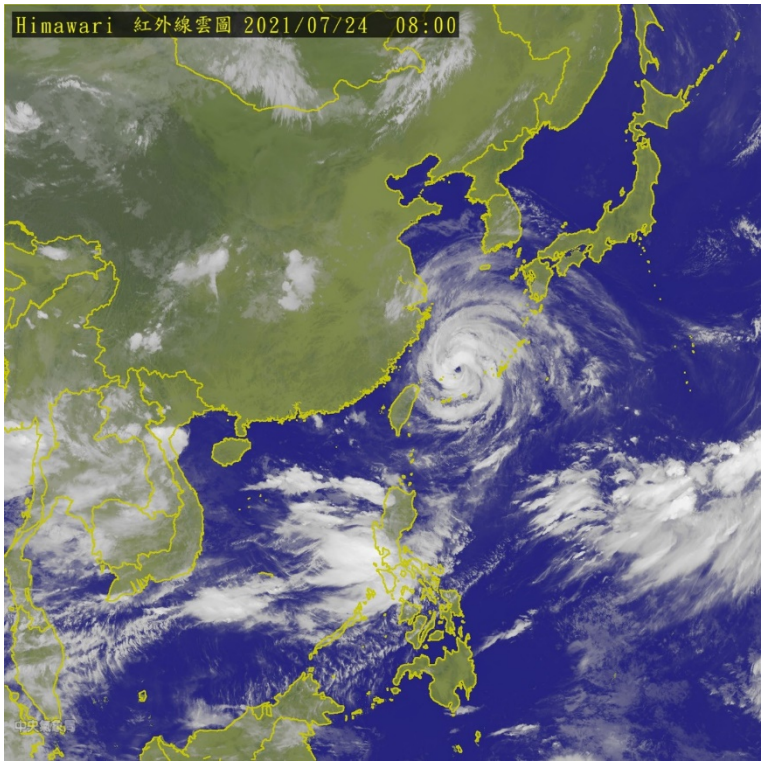
中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	烟花 (IN-FA)
編號	202106
生成地點	132.9, 22.3
侵(近)臺日期	2021 年 07 月 24 日
發布時間	海上 2021-07-21 20:30:00
解除時間	海上 2021-07-24 11:30:00
發布報數	22
最大強度	輕度
近中心最大風速	20 (公尺/秒)
侵臺路徑分類	---
登陸地段	---
動態	7 月 18 日 2 時於菲律賓東方海面生成，7 月 20 至 21 日向西南西移動，緩慢通過琉球南方海域。21 日 20 時 30 分發布海上颱風警報，22 日於宮古島南方海域緩慢轉北北西移動。24 日凌晨中心通過宮古島近海及其暴風圈掠過臺灣東北部海域後，於同日 11 時 30 分解除海上颱風警報。
災情	未有重大災情。
颱風災害專區網頁連結	---

註 1：資料範圍取自警報發布至警報解除。

註 2：災情節錄自內政部消防署及行政院農委會資料。



附一圖 5 烟花颱風路徑圖

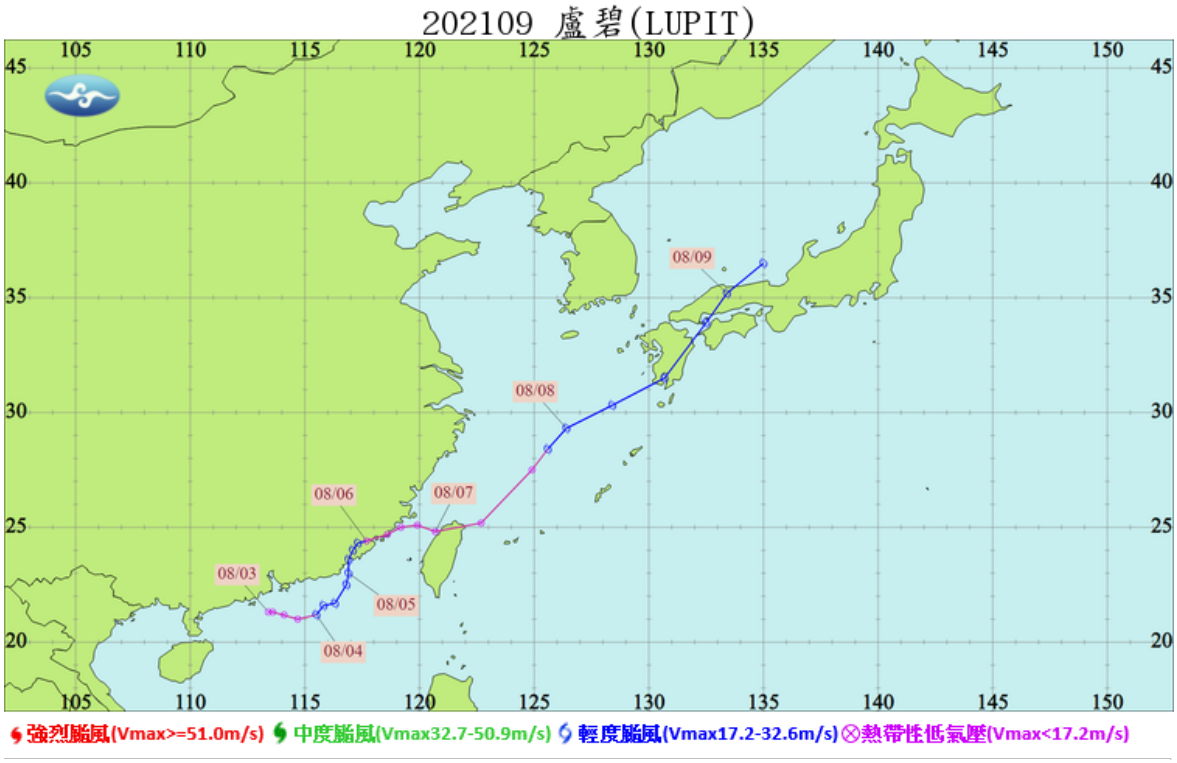


附一圖 6 烟花颱風衛星圖

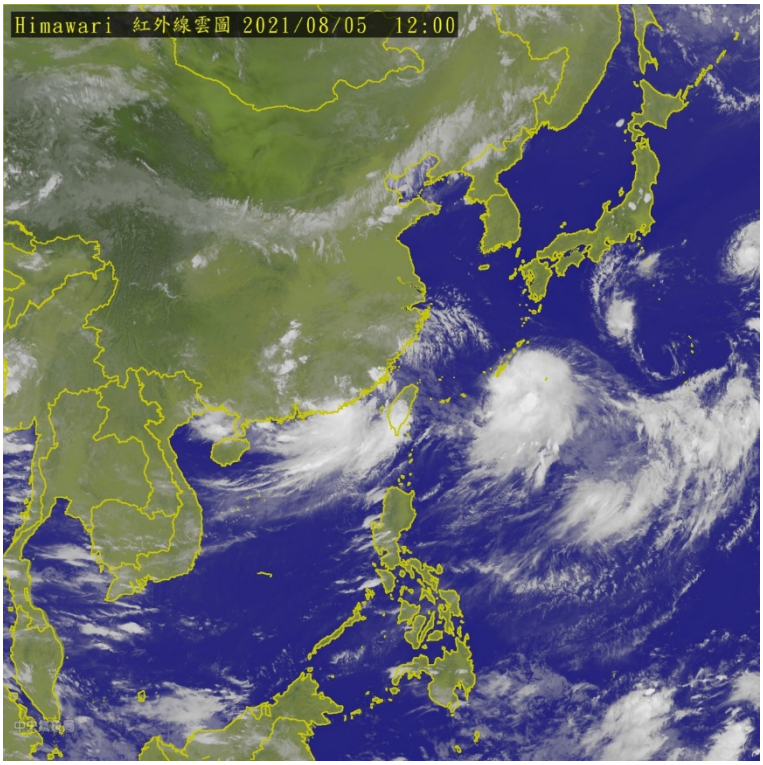
中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	盧碧 (LUPIT)
編號	202109
生成地點	115.5, 21.2
侵(近)臺日期	2021 年 08 月 05 日
發布時間	海上 2021-08-04 14:30:00
解除時間	海上 2021-08-05 17:30:00
發布報數	10
最大強度	輕度
近中心最大風速	20 (公尺/秒)
侵臺路徑分類	---
登陸地段	---
動態	8 月 3 日 8 時於南海北部海面生成後向東移動，8 月 4 日轉向北北東移動接近臺灣海峽南部海域，於 14 時 30 分發布海上颱風警報。5 日午間於廣東沿海登陸，17 時 30 分解除海上颱風警報。
災情	受颱風減弱為熱帶性低氣壓及西南氣流影響，中南部有超大豪雨，農業損失約 4.3 億。
颱風災害專區網頁連結	---

註 1：資料範圍取自警報發布至警報解除。

註 2：災情節錄自內政部消防署及行政院農委會資料。



附一圖 7 盧碧颱風路徑圖



附一圖 8 盧碧颱風衛星圖

附錄二

110 年度每月作業化成果報表

110 年度每月作業化成果報表

(風浪潮流預測資料)

目 錄

目錄 ..... 附 2-I

前言 ..... 附 2-III

第一章 110 年 9 商港風力預測成果評估 ..... 附 2-1

第二章 110 年 9 商港波浪預測成果評估 ..... 附 2-21

第三章 110 年 9 商港潮汐預測成果評估 ..... 附 2-40

第四章 110 年 9 商港海流預測成果評估 ..... 附 2-50

前 言

近岸海象數值模擬及預警系統重要功能之一為每日進行海象預測計算作業，透過下載接收每日中央氣象局測報模擬之表面氣壓及風場資訊，進行中尺度之水位、流場及波浪場模擬，以提供臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及馬祖福澳港等 9 商港每日 72 小時(含 48 小時預測)之風場、波浪、潮位及海流等資訊，針對目前本所港研中心海象數值模擬及預警系統運作程序簡述如下：

本系統之表面氣壓及風場資訊以接收中央氣象局每日於 00 時、06 時、12 時及 18 時，於 FTP 網站發布之資料，氣象局約需 90 至 120 分鐘才完成發布資料，本中心於該日 03 時、09 時、15 時及 21 時進行風場解壓及內插計算。配合風場發布，波浪、潮位及海流也朝向 1 日 4 次作業化模擬規劃，包括追算 6 小時及 49 小時預測平面波場及水動力潮流場。若以每日 72 小時預測以 00 時為例，自每日凌晨 00 時起系統開始每日預警模擬計算作業，在清晨 03 時以前完成下載，取得前一日中午 12 時產生的 72 小時預測氣象資料；經解碼重整及內插產出各模式所需氣象資料後，隨即開始進行各模式的計算作業，全部計算結果預計將會於上午 9 點以前完成，並即時更新港灣環境資訊網頁資料。

由於本系統運作以自動化作業方式進行，各模式之運作過程無須人為操作(除系統當機、風場缺損或錯誤除外)，因此，各模式模擬結果之事後評估，乃為本系統各模式未來改進之重要依據。目前各模式作業化模擬成果評估工作內容以月報方式提送，評估報告內容包括各海域觀測及預測資料之各月修補前資料統計表、平均值、最大值、蒐集率、主要值及所占百分比，以及模式預測與觀測值間偏差統計與均方根值等結果，逐月繪製預測與觀測成果歷線之比較圖等。

本(110)年度各海域風浪潮流作業化預測評估已完成 109 年 9 月至 110 年 8 月共計 12 個月評估成果。以水位評估成果為例，包括各海域水位觀測及預測資料之月蒐集率、月平均潮位、潮位統計表、相關係數、偏差統計、及觀測水位歷線之比較圖等，其他相關評估成果內容可參考本附錄。

第一章 110年9商港風力預測成果評估

附二表 1-1 臺北港 110 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

臺北 TP2	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
10909	2.00	2.65	4.32	5.68	3.83	5.03	9.47	10.97	94.17	100.00
10910	1.70	2.60	6.92	9.49	6.71	9.13	11.23	14.71	92.88	100.00
10911	2.58	3.36	7.29	8.60	6.82	7.92	18.11	15.39	94.17	100.00
10912	2.59	2.98	6.93	9.64	6.43	9.17	13.10	16.30	89.65	100.00
11001	2.49	2.94	6.28	8.50	5.77	7.98	12.63	15.78	93.28	100.00
11002	2.46	3.23	5.10	6.78	4.46	5.96	13.39	13.49	93.90	100.00
11003	2.59	3.52	4.84	6.28	4.09	5.21	11.75	15.46	93.28	100.00
11004	2.79	3.29	5.96	6.84	5.27	6.00	12.12	13.31	98.61	100.00
11005	2.75	2.69	4.69	4.42	3.81	3.52	12.29	12.04	97.45	100.00
11006	4.05	3.07	7.15	6.24	5.89	5.43	16.34	13.19	98.33	100.00
11007	3.18	3.13	5.97	5.49	5.06	4.51	17.52	13.61	97.31	100.00
11008	2.13	2.41	4.13	4.36	3.54	3.63	12.71	13.18	97.45	100.00
平均值	2.61	2.99	5.80	6.86	5.14	6.12	13.39	13.95	95.04	100.00

附二表 1-2 基隆港 110 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

基隆 KL	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
10909	1.86	2.03	3.68	4.14	3.17	3.61	10.31	9.47	100.00	100.00
10910	2.58	2.04	6.21	7.97	5.66	7.70	11.80	14.55	100.00	100.00
10911	2.77	2.43	5.70	7.83	4.98	7.44	13.93	12.91	100.00	100.00
10912	3.15	2.47	6.73	8.19	5.95	7.81	17.70	13.58	100.00	100.00
11001	2.87	2.44	5.77	6.81	5.01	6.36	12.52	14.09	100.00	100.00
11002	2.17	2.52	4.11	5.83	3.49	5.26	12.46	12.69	99.85	100.00
11003	2.19	2.51	3.98	4.71	3.32	3.99	11.42	11.42	40.73	100.00
11004	1.77	2.48	3.63	5.53	3.17	4.94	10.50	10.98	47.50	100.00
11005	1.36	1.91	2.57	3.41	2.19	2.83	9.14	9.57	100.00	100.00
11006	1.45	1.73	3.06	3.29	2.70	2.80	8.53	8.68	95.14	100.00
11007	-	2.39	-	4.30	-	3.58	-	11.53	-	100.00
11008	1.57	1.82	3.08	3.24	2.66	2.68	8.97	8.53	61.96	100.00
平均值	2.16	2.23	4.41	5.44	3.85	4.92	11.57	11.50	85.93	100.00

附二表 1-3 蘇澳港 110 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

蘇澳 SA	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
10909	2.32	1.88	4.93	3.91	4.35	3.43	12.04	9.55	99.58	100.00
10910	2.19	2.31	5.10	4.81	4.61	4.23	12.12	11.07	100.00	100.00
10911	2.04	2.11	4.61	4.31	4.14	3.76	11.16	11.32	99.72	100.00
10912	1.90	2.41	5.14	5.50	4.78	4.95	11.93	14.46	98.25	100.00
11001	1.72	2.15	4.95	4.66	4.64	4.13	11.13	11.46	100.00	100.00
11002	2.07	1.97	4.39	3.97	3.87	3.44	12.77	11.17	100.00	100.00
11003	1.78	2.22	3.83	4.18	3.39	3.54	9.48	11.81	99.60	100.00
11004	2.02	2.05	4.29	4.31	3.78	3.79	11.32	10.26	99.58	100.00
11005	2.74	1.62	4.83	3.45	3.97	3.04	11.29	8.91	99.87	100.00
11006	2.35	1.50	4.37	2.90	3.68	2.49	11.78	9.52	99.86	100.00
11007	2.89	1.97	5.55	3.73	4.74	3.17	14.11	11.52	99.73	100.00
11008	2.70	1.20	4.93	2.68	4.12	2.39	12.23	5.84	98.52	100.00
平均值	2.23	1.95	4.74	4.03	4.17	3.53	11.78	10.57	99.56	100.00

附二表 1-4 花蓮港 110 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

花蓮 HL	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
10909	1.51	1.34	3.65	2.51	3.32	2.13	11.14	7.09	100.00	100.00
10910	2.17	1.95	4.53	3.88	3.98	3.35	10.48	8.78	100.00	100.00
10911	2.17	1.59	4.85	2.96	4.33	2.50	12.10	8.81	100.00	100.00
10912	2.94	2.05	5.71	3.90	4.89	3.32	16.26	10.21	100.00	100.00
11001	2.70	1.62	5.05	2.95	4.27	2.47	14.40	7.95	97.58	100.00
11002	2.03	1.21	4.12	2.31	3.59	1.96	12.15	8.10	100.00	100.00
11003	1.81	1.59	3.85	2.71	3.40	2.19	11.92	8.11	100.00	100.00
11004	1.82	1.42	4.02	2.74	3.58	2.34	9.45	7.04	99.86	100.00
11005	1.88	1.35	3.70	2.46	3.19	2.05	11.03	5.93	99.87	100.00
11006	1.46	1.04	3.12	1.87	2.76	1.55	8.51	5.00	100.00	100.00
11007	1.53	1.15	3.44	1.99	3.09	1.63	9.83	6.72	99.87	100.00
11008	1.16	0.95	2.68	1.67	2.41	1.37	6.95	5.62	99.87	100.00
平均值	1.93	1.44	4.06	2.66	3.57	2.24	11.19	7.45	99.75	100.00

附二表 1-5 高雄港 110 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

高雄 KH	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
10909	1.13	1.98	2.50	3.94	2.22	3.41	5.89	11.78	100.00	100.00
10910	1.09	1.51	2.48	3.55	2.23	3.21	6.53	8.80	97.18	100.00
10911	1.22	1.47	2.64	3.46	2.34	3.13	9.61	9.88	100.00	100.00
10912	1.12	1.51	3.04	4.34	2.83	4.07	6.99	8.71	93.01	100.00
11001	1.32	1.67	3.21	4.54	2.93	4.22	7.98	10.29	95.70	100.00
11002	1.12	2.04	2.58	4.49	2.33	4.00	6.12	13.48	93.90	100.00
11003	1.16	1.96	2.62	4.19	2.35	3.70	6.20	9.27	51.08	100.00
11004	1.32	1.79	2.49	3.97	2.13	3.54	4.76	8.61	4.44	100.00
11005	1.14	2.51	2.69	4.82	2.44	4.12	6.07	11.80	98.79	100.00
11006	1.14	2.52	2.60	4.87	2.34	4.17	6.23	17.06	94.72	100.00
11007	1.22	3.25	2.70	5.40	2.42	4.32	6.23	16.02	68.28	100.00
11008	1.10	2.01	2.48	3.88	2.22	3.32	5.85	12.88	76.75	100.00
平均值	1.17	2.02	2.67	4.29	2.40	3.77	6.54	11.55	81.15	100.00

附二表 1-6 安平港 110 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

安平 AP2	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
10909	1.85	1.57	4.12	3.25	3.68	2.85	9.68	7.74	100.00	100.00
10910	1.80	1.54	4.49	3.56	4.11	3.21	12.79	7.17	100.00	100.00
10911	1.71	1.26	4.48	3.20	4.14	2.95	10.69	6.45	100.00	100.00
10912	1.87	1.21	6.22	4.35	5.93	4.18	16.11	7.94	100.00	100.00
11001	2.49	1.50	5.93	4.15	5.39	3.86	13.23	7.68	100.00	100.00
11002	1.81	1.49	4.53	3.46	4.16	3.12	10.16	8.64	100.00	100.00
11003	1.92	1.35	4.73	3.22	4.32	2.93	12.07	6.55	100.00	100.00
11004	1.87	1.42	4.58	3.14	4.19	2.80	11.45	6.43	100.00	100.00
11005	2.14	1.70	4.51	3.36	3.96	2.90	11.92	7.55	100.00	100.00
11006	2.03	1.67	4.47	3.37	3.98	2.93	12.18	9.81	100.00	100.00
11007	2.34	1.97	4.74	3.73	4.12	3.17	12.86	9.68	100.00	100.00
11008	2.76	1.58	4.96	3.26	4.12	2.85	17.74	10.02	100.00	100.00
平均值	2.05	1.52	4.81	3.50	4.34	3.15	12.57	7.97	100.00	100.00

附二表 1-7 布袋港 110 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

布袋 BD	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
10909	2.11	2.25	4.41	4.59	3.87	4.01	9.83	9.58	99.17	100.00
10910	2.30	2.49	5.80	6.40	5.32	5.89	13.41	11.71	97.45	100.00
10911	2.22	2.21	5.33	5.73	4.84	5.29	9.82	9.83	99.58	100.00
10912	2.31	1.94	7.09	7.61	6.70	7.36	16.51	13.19	99.06	100.00
11001	2.63	2.56	6.34	6.97	5.77	6.49	12.98	12.87	98.25	100.00
11002	2.38	2.63	5.12	5.82	4.53	5.19	13.37	11.53	99.40	100.00
11003	2.37	2.49	5.18	5.63	4.61	5.05	12.04	12.25	99.33	100.00
11004	2.36	2.56	5.15	5.46	4.57	4.82	10.25	11.26	99.17	100.00
11005	1.51	1.87	3.65	4.08	3.32	3.63	7.75	8.72	98.66	100.00
11006	1.45	1.57	3.85	4.37	3.57	4.07	9.37	9.37	99.17	100.00
11007	2.64	2.55	5.38	4.82	4.69	4.09	12.76	12.38	57.80	100.00
11008	1.78	1.74	3.75	4.12	3.30	3.74	10.68	10.90	99.73	100.00
平均值	2.17	2.24	5.09	5.47	4.59	4.97	11.56	11.13	95.56	100.00

附二表 1-8 臺中港 110 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

臺中 TC1	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
10909	2.44	3.83	4.50	7.36	3.78	6.28	11.13	15.08	99.72	100.00
10910	3.44	4.58	8.14	13.14	7.37	12.32	15.16	20.22	100.00	100.00
10911	3.84	5.43	7.57	11.55	6.53	10.20	14.66	19.20	100.00	100.00
10912	3.64	4.62	9.88	14.13	9.19	13.35	17.39	23.03	99.46	100.00
11001	3.74	5.16	7.62	10.93	6.64	9.64	16.83	20.70	99.73	100.00
11002	3.54	4.66	6.19	8.41	5.08	7.01	14.50	17.49	99.70	100.00
11003	3.42	4.65	6.11	8.42	5.06	7.02	15.79	19.56	97.98	100.00
11004	3.03	4.42	5.62	8.65	4.73	7.43	13.25	17.22	99.31	100.00
11005	1.52	2.23	3.56	4.65	3.21	4.09	10.81	13.38	99.19	100.00
11006	1.24	2.17	3.23	5.32	2.99	4.85	6.78	12.44	100.00	100.00
11007	2.36	3.61	4.15	6.23	3.41	5.08	12.71	17.39	98.39	100.00
11008	1.21	1.88	2.85	4.84	2.59	4.46	7.94	11.30	98.52	100.00
平均值	2.79	3.94	5.79	8.64	5.05	7.64	13.08	17.25	99.33	100.00

附二表 1-9 馬祖福澳港 110 年度風力實測與模擬資料統計表(單位 m/s)

馬祖 MT	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
10909	-	2.47	-	6.65	-	6.18	-	12.84	-	100.00
10910	1.47	2.30	7.78	10.68	7.64	10.43	10.62	14.83	9.81	100.00
10911	-	2.84	-	10.53	-	10.14	-	15.11	-	100.00
10912	2.26	2.87	5.48	10.91	4.99	10.53	10.94	16.54	59.95	100.00
11001	1.90	2.76	3.97	8.57	3.49	8.12	7.74	15.30	11.29	100.00
11002	2.24	3.60	3.99	8.02	3.31	7.17	9.75	17.97	100.00	100.00
11003	1.91	2.68	3.70	6.71	3.17	6.15	7.91	13.64	49.46	100.00
11004	1.88	2.48	3.84	7.56	3.35	7.14	8.64	12.73	100.00	100.00
11005	1.77	2.81	3.49	6.85	3.00	6.24	7.97	12.48	100.00	100.00
11006	1.53	3.07	3.39	7.66	3.02	7.01	8.03	13.21	100.00	100.00
11007	1.48	2.24	4.04	8.07	3.77	7.75	9.30	15.27	100.00	100.00
11008	1.29	2.43	3.26	7.34	2.99	6.93	7.58	13.98	84.41	100.00
平均值	1.77	2.71	4.29	8.30	3.87	7.82	8.85	14.49	71.49	100.00

附二表 1-10 各站 110 年度風力實測與模擬差值統計表(單位 m/s)

臺北 TP2	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	基隆 KL	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.01	7.83	1.48	2.44	**10909**	0.00	7.90	1.25	1.88
10910	0.01	8.53	1.69	3.43	**10910**	0.00	10.02	1.97	3.16
10911	0.00	12.96	1.95	3.29	**10911**	0.01	10.79	1.96	3.44
10912	0.00	8.36	1.71	3.47	**10912**	0.00	8.02	1.77	2.93
11001	0.00	10.48	1.83	3.42	**11001**	0.00	8.00	1.51	2.44
11002	0.01	12.88	1.97	3.26	**11002**	0.00	8.52	1.66	2.76
11003	0.00	8.01	1.55	2.52	**11003**	0.00	8.15	1.53	2.47
11004	0.01	8.20	1.61	2.69	**11004**	0.00	10.00	1.91	3.25
11005	0.00	10.97	1.84	2.68	**11005**	0.00	7.77	1.39	1.97
11006	0.01	10.17	1.74	2.78	**11006**	0.00	6.72	1.30	2.03
11007	0.00	9.64	1.77	2.63	**11007**	-	-	-	-
11008	0.00	11.00	1.73	2.49	**11008**	0.00	6.54	1.37	2.12
蘇澳 SA	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	**花蓮 HL**	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	9.45	1.71	2.65	**10909**	0.00	5.43	1.13	1.99
10910	0.01	8.93	1.51	2.42	**10910**	0.00	7.39	1.20	1.91
10911	0.01	7.62	1.44	2.34	**10911**	0.01	8.55	1.46	2.50
10912	0.00	7.70	1.45	2.41	**10912**	0.00	9.64	1.66	2.69
11001	0.00	6.42	1.13	1.91	**11001**	0.00	9.10	1.64	2.63
11002	0.00	8.18	1.44	2.28	**11002**	0.00	8.08	1.37	2.29
11003	0.00	7.26	1.37	2.16	**11003**	0.01	5.18	1.08	1.93
11004	0.00	7.53	1.38	2.27	**11004**	0.00	5.50	1.14	2.02
11005	0.00	7.97	1.65	2.53	**11005**	0.01	7.70	1.25	2.06
11006	0.01	6.96	1.52	2.37	**11006**	0.00	5.95	1.07	1.86
11007	0.01	9.99	1.95	3.30	**11007**	0.00	7.19	1.15	2.08
11008	0.01	9.43	1.88	2.87	**11008**	0.00	5.40	1.09	1.76
高雄 KH	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	**安平 AP2**	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	9.31	1.41	2.10	**10909**	0.00	4.42	0.87	1.44
10910	0.00	6.91	1.12	1.83	**10910**	0.00	6.11	0.94	1.56
10911	0.00	7.50	1.11	1.72	**10911**	0.00	4.70	1.01	1.72
10912	0.00	6.81	1.41	2.17	**10912**	0.00	9.19	1.38	2.30
11001	0.00	6.87	1.43	2.30	**11001**	0.01	7.28	1.33	2.17
11002	0.01	9.58	1.72	2.63	**11002**	0.01	5.27	0.95	1.55
11003	0.00	7.18	1.58	2.35	**11003**	0.00	5.89	1.10	1.90
11004	0.02	5.36	1.41	2.13	**11004**	0.00	7.08	1.08	1.88
11005	0.01	8.90	1.89	2.77	**11005**	0.00	8.20	1.12	1.83
11006	0.01	16.35	2.16	3.24	**11006**	0.01	9.40	1.56	2.35
11007	0.00	11.65	2.07	2.89	**11007**	0.00	6.68	1.16	1.82
11008	0.00	6.10	1.00	1.54	**11008**	0.00	11.26	1.72	2.38

附二表 1-10 各站 110 年度風力實測與模擬差值統計表(單位 m/s) (續)

布袋 BD	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	臺中 TC1	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	4.42	0.87	1.44	**10909**	0.01	8.86	1.93	3.28
10910	0.00	6.11	0.94	1.56	**10910**	0.02	11.91	2.42	5.54
10911	0.00	4.70	1.01	1.72	**10911**	0.02	12.48	2.59	4.66
10912	0.00	9.19	1.38	2.30	**10912**	0.00	12.28	2.29	4.82
11001	0.01	7.28	1.33	2.17	**11001**	0.01	10.22	2.34	3.93
11002	0.01	5.27	0.95	1.55	**11002**	0.01	9.76	1.95	3.00
11003	0.00	5.89	1.10	1.90	**11003**	0.00	9.85	1.87	2.81
11004	0.00	7.08	1.08	1.88	**11004**	0.00	9.77	2.25	3.72
11005	0.00	8.20	1.12	1.83	**11005**	0.01	10.01	1.21	1.86
11006	0.01	9.40	1.56	2.35	**11006**	0.00	8.02	1.41	2.50
11007	0.00	6.68	1.16	1.82	**11007**	0.00	10.27	1.60	2.55
11008	0.00	11.26	1.72	2.38	**11008**	0.00	9.56	1.42	2.49

馬祖 MT	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	-	-	-	-
10910	0.82	7.56	1.47	4.48
10911	-	-	-	-
10912	0.09	9.99	1.86	5.51
11001	0.17	9.71	1.94	4.86
11002	0.00	13.55	2.43	4.66
11003	0.02	8.21	1.78	3.33
11004	0.03	9.14	1.80	4.25
11005	0.00	9.87	2.18	4.18
11006	0.02	9.99	2.23	4.65
11007	0.00	12.63	2.15	4.59
11008	0.01	11.64	2.07	4.45

附二表 1-11 臺北港 110 年度實測風速發生頻率(%)分析表

臺北	風速(m/s)					平均風速	最大風速
TP2	<5	5~10	10~15	15~20	>20	(m/s)	(m/s)
10909	73.45	26.54	0.00	0.00	0.00	3.83	9.47
10910	15.48	82.19	2.31	0.00	0.00	6.71	11.23
10911	21.38	71.97	6.04	0.58	0.00	6.82	18.11
10912	25.63	69.26	5.09	0.00	0.00	6.43	13.10
11001	36.59	59.22	4.17	0.00	0.00	5.77	12.63
11002	56.57	42.63	0.79	0.00	0.00	4.46	13.39
11003	65.85	32.13	2.01	0.00	0.00	4.09	11.75
11004	46.19	50.28	3.52	0.00	0.00	5.27	12.12
11005	70.89	25.79	3.31	0.00	0.00	3.81	12.29
11006	52.11	27.11	19.91	0.84	0.00	5.89	16.34
11007	54.69	36.46	8.70	0.13	0.00	5.06	17.52
11008	76.82	22.20	0.96	0.00	0.00	3.54	12.71

附二表 1-12 基隆港 110 年度實測風速發生頻率(%)分析表

基隆	風速(m/s)					平均風速	最大風速
KL	<5	5~10	10~15	15~20	>20	(m/s)	(m/s)
10909	81.94	17.91	0.13	0.00	0.00	3.17	10.31
10910	39.38	58.73	1.88	0.00	0.00	5.66	11.80
10911	52.22	45.27	2.50	0.00	0.00	4.98	13.93
10912	39.65	54.03	5.64	0.67	0.00	5.95	17.70
11001	54.03	39.91	6.04	0.00	0.00	5.01	12.52
11002	78.24	21.46	0.29	0.00	0.00	3.49	12.46
11003	81.18	17.16	1.65	0.00	0.00	3.32	11.42
11004	85.67	14.03	0.29	0.00	0.00	3.17	10.50
11005	95.43	4.56	0.00	0.00	0.00	2.19	9.14
11006	92.55	7.44	0.00	0.00	0.00	2.70	8.53
11007	-	-	-	-	-	-	-
11008	91.10	8.89	0.00	0.00	0.00	2.66	8.97

附二表 1-13 蘇澳港 110 年度實測風速發生頻率(%)分析表

蘇澳	風速(m/s)					平均風速	最大風速
SA	<5	5~10	10~15	15~20	>20	(m/s)	(m/s)
10909	71.26	25.80	2.92	0.00	0.00	4.35	12.04
10910	58.19	38.70	3.09	0.00	0.00	4.61	12.12
10911	69.22	29.94	0.83	0.00	0.00	4.14	11.16
10912	54.58	44.73	0.68	0.00	0.00	4.78	11.93
11001	59.27	40.18	0.53	0.00	0.00	4.64	11.13
11002	77.67	21.57	0.74	0.00	0.00	3.87	12.77
11003	83.13	16.86	0.00	0.00	0.00	3.39	9.48
11004	72.52	26.77	0.69	0.00	0.00	3.78	11.32
11005	69.17	27.99	2.82	0.00	0.00	3.97	11.29
11006	77.05	21.27	1.66	0.00	0.00	3.68	11.78
11007	61.85	32.21	5.92	0.00	0.00	4.74	14.11
11008	68.07	30.69	1.22	0.00	0.00	4.12	12.23

附二表 1-14 花蓮港 110 年度實測風速發生頻率(%)分析表

花蓮	風速(m/s)					平均風速	最大風速
HL	<5	5~10	10~15	15~20	>20	(m/s)	(m/s)
10909	87.08	12.77	0.13	0.00	0.00	3.32	11.14
10910	74.86	24.05	1.07	0.00	0.00	3.98	10.48
10911	67.08	31.11	1.80	0.00	0.00	4.33	12.10
10912	61.15	31.04	7.52	0.26	0.00	4.89	16.26
11001	72.45	22.72	4.82	0.00	0.00	4.27	14.40
11002	83.18	15.92	0.89	0.00	0.00	3.59	12.15
11003	84.67	14.65	0.67	0.00	0.00	3.40	11.92
11004	78.99	21.00	0.00	0.00	0.00	3.58	9.45
11005	85.46	14.26	0.26	0.00	0.00	3.19	11.03
11006	92.91	7.08	0.00	0.00	0.00	2.76	8.51
11007	89.36	10.63	0.00	0.00	0.00	3.09	9.83
11008	97.30	2.69	0.00	0.00	0.00	2.41	6.95

附二表 1-15 高雄港 110 年度實測風速發生頻率(%)分析表

高雄	風速(m/s)					平均風速	最大風速
KH	<5	5~10	10~15	15~20	>20	(m/s)	(m/s)
10909	97.63	2.36	0.00	0.00	0.00	2.22	5.89
10910	97.51	2.48	0.00	0.00	0.00	2.23	6.53
10911	97.36	2.63	0.00	0.00	0.00	2.34	9.61
10912	95.80	4.19	0.00	0.00	0.00	2.83	6.99
11001	92.55	7.44	0.00	0.00	0.00	2.93	7.98
11002	97.93	2.06	0.00	0.00	0.00	2.33	6.12
11003	98.15	1.84	0.00	0.00	0.00	2.35	6.20
11004	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.13	4.76
11005	98.09	1.90	0.00	0.00	0.00	2.44	6.07
11006	97.94	2.05	0.00	0.00	0.00	2.34	6.23
11007	97.24	2.75	0.00	0.00	0.00	2.42	6.23
11008	97.54	2.45	0.00	0.00	0.00	2.22	5.85

附二表 1-16 安平港 110 年度實測風速發生頻率(%)分析表

安平	風速(m/s)					平均風速	最大風速
AP2	<5	5~10	10~15	15~20	>20	(m/s)	(m/s)
10909	70.83	29.16	0.00	0.00	0.00	3.68	9.68
10910	72.31	26.74	0.94	0.00	0.00	4.11	12.79
10911	68.33	31.52	0.13	0.00	0.00	4.14	10.69
10912	32.25	64.78	2.82	0.13	0.00	5.93	16.11
11001	48.52	45.83	5.64	0.00	0.00	5.39	13.23
11002	69.64	30.20	0.14	0.00	0.00	4.16	10.16
11003	64.65	34.81	0.53	0.00	0.00	4.32	12.07
11004	66.38	33.33	0.27	0.00	0.00	4.19	11.45
11005	68.95	29.97	1.07	0.00	0.00	3.96	11.92
11006	75.00	23.19	1.80	0.00	0.00	3.98	12.18
11007	72.17	24.59	3.22	0.00	0.00	4.12	12.86
11008	75.40	18.95	4.97	0.67	0.00	4.12	17.74

附二表 1-17 布袋港 110 年度實測風速發生頻率(%)分析表

布袋	風速(m/s)					平均風速	最大風速
BD	<5	5~10	10~15	15~20	>20	(m/s)	(m/s)
10909	71.84	28.15	0.00	0.00	0.00	3.87	9.83
10910	48.27	49.10	2.62	0.00	0.00	5.32	13.41
10911	51.74	48.25	0.00	0.00	0.00	4.84	9.82
10912	23.33	69.60	6.51	0.54	0.00	6.70	16.51
11001	41.45	51.43	7.11	0.00	0.00	5.77	12.98
11002	61.07	37.42	1.49	0.00	0.00	4.53	13.37
11003	59.53	38.43	2.02	0.00	0.00	4.61	12.04
11004	60.08	39.49	0.42	0.00	0.00	4.57	10.25
11005	85.28	14.71	0.00	0.00	0.00	3.32	7.75
11006	83.89	16.10	0.00	0.00	0.00	3.57	9.37
11007	71.86	20.46	7.67	0.00	0.00	4.69	12.76
11008	84.77	14.82	0.40	0.00	0.00	3.30	10.68

附二表 1-18 臺中港 110 年度實測風速發生頻率(%)分析表

臺中	風速(m/s)					平均風速	最大風速
TC1	<5	5~10	10~15	15~20	>20	(m/s)	(m/s)
10909	70.61	28.69	0.69	0.00	0.00	3.78	11.13
10910	28.22	45.83	25.80	0.13	0.00	7.37	15.16
10911	39.30	37.22	23.47	0.00	0.00	6.53	14.66
10912	14.05	40.27	42.02	3.64	0.00	9.19	17.39
11001	38.67	41.10	18.46	1.75	0.00	6.64	16.83
11002	57.61	30.14	12.23	0.00	0.00	5.08	14.50
11003	58.16	30.86	10.56	0.41	0.00	5.06	15.79
11004	60.27	31.74	7.97	0.00	0.00	4.73	13.25
11005	87.53	12.19	0.27	0.00	0.00	3.21	10.81
11006	94.44	5.55	0.00	0.00	0.00	2.99	6.78
11007	85.79	10.38	3.82	0.00	0.00	3.41	12.71
11008	98.09	1.90	0.00	0.00	0.00	2.59	7.94

附二表 1-19 馬祖福澳港 110 年度實測風速發生頻率(%)分析表

馬祖	風速(m/s)					平均風速	最大風速
MT	<5	5~10	10~15	15~20	>20	(m/s)	(m/s)
10909	-	-	-	-	-	-	-
10910	6.84	90.41	2.73	0.00	0.00	7.64	10.62
10911	-	-	-	-	-	-	-
10912	47.30	52.01	0.67	0.00	0.00	4.99	10.94
11001	77.38	22.61	0.00	0.00	0.00	3.49	7.74
11002	75.89	24.10	0.00	0.00	0.00	3.31	9.75
11003	80.16	19.83	0.00	0.00	0.00	3.17	7.91
11004	78.88	21.11	0.00	0.00	0.00	3.35	8.64
11005	84.67	15.32	0.00	0.00	0.00	3.00	7.97
11006	90.13	9.86	0.00	0.00	0.00	3.02	8.03
11007	77.28	22.71	0.00	0.00	0.00	3.77	9.30
11008	92.67	7.32	0.00	0.00	0.00	2.99	7.58

附二表 1-20 臺北港 110 年度實測風向發生頻率分析表

臺北	百分比(%)																最頻
TP2	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	風向
10909	4.86	12.38	15.04	11.50	3.98	6.78	9.88	12.53	2.94	2.50	3.39	1.76	2.80	2.94	3.98	2.65	NE
10910	0.28	3.32	43.99	36.17	13.16	1.30	1.30	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	NE
10911	0.29	2.21	37.16	30.82	14.89	5.30	1.17	1.17	0.00	0.58	0.73	0.73	1.03	1.91	1.03	0.88	NE
10912	2.84	8.84	51.72	22.93	4.79	2.84	1.49	1.04	0.29	0.29	0.29	0.44	0.14	0.74	0.74	0.44	NE
11001	3.31	12.82	28.09	23.34	10.66	8.78	6.62	1.00	0.28	0.00	0.57	1.58	0.86	0.43	0.72	0.86	NE
11002	2.06	12.67	17.74	13.47	13.94	9.98	5.38	3.32	0.95	0.63	1.90	4.12	6.02	3.16	3.16	1.42	NE
11003	4.17	16.42	24.06	7.92	7.20	4.32	4.03	2.73	0.86	2.73	3.60	4.75	7.63	3.89	3.60	2.01	NE
11004	1.12	9.15	31.97	10.84	16.76	6.76	5.49	1.69	0.84	0.56	1.97	2.39	3.94	3.52	1.97	0.98	NE
11005	3.31	5.24	8.00	3.17	4.96	5.79	8.27	8.00	3.03	6.06	6.75	8.27	17.51	7.31	2.89	1.37	W
11006	2.11	4.80	6.21	1.69	2.11	4.09	8.33	8.05	2.40	4.37	28.81	14.40	7.34	2.82	1.55	0.84	SW
11007	2.76	8.01	3.31	2.48	8.97	11.46	7.45	7.59	2.76	4.00	9.94	6.62	13.39	8.01	1.79	1.38	W
11008	1.93	1.79	1.10	1.37	4.27	10.62	14.20	15.03	4.27	6.75	6.34	5.24	17.24	7.17	1.79	0.82	W

附二表 1-21 基隆港 110 年度實測風向發生頻率分析表

基隆	百分比(%)																最頻
KL	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	風向
10909	11.25	18.19	11.25	3.88	1.80	1.80	2.36	2.77	11.94	10.13	8.47	3.61	1.11	1.52	4.02	5.83	NNE
10910	4.30	37.90	25.53	9.00	7.52	6.58	2.55	2.55	2.28	0.13	0.26	0.00	0.00	0.40	0.67	0.26	NNE
10911	5.83	20.41	25.41	8.47	10.83	8.05	5.55	3.75	3.61	0.97	1.11	0.00	0.27	0.27	1.94	3.47	NE
10912	10.61	33.33	25.80	5.24	3.09	2.01	1.47	1.61	2.82	2.41	2.01	0.67	0.40	1.07	4.30	3.09	NNE
11001	13.57	23.11	15.05	6.31	4.83	4.56	6.72	6.18	5.37	4.03	1.88	0.53	0.40	0.67	2.95	3.76	NNE
11002	7.74	9.09	9.53	7.74	7.89	8.49	5.96	4.17	10.73	4.91	4.02	0.74	0.44	1.93	9.53	7.00	S
11003	7.59	12.87	9.57	8.25	4.62	5.94	1.65	0.99	5.28	5.28	3.63	0.33	0.99	4.29	16.50	12.21	NW
11004	9.35	8.47	1.46	11.69	11.98	11.69	11.98	5.55	6.43	1.16	0.87	2.04	2.04	0.58	4.97	9.64	E
11005	7.66	11.02	13.57	6.31	3.49	4.83	4.56	6.31	9.81	8.06	5.77	2.01	1.20	2.41	4.43	8.46	NE
11006	4.81	7.59	9.19	3.06	0.72	1.75	1.89	3.35	11.82	17.95	16.05	7.88	2.48	1.16	2.62	7.59	SSW
11007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11008	6.50	4.77	5.85	2.38	3.47	5.63	14.75	8.45	12.79	12.36	9.76	1.51	1.30	0.65	2.81	6.94	SE

附二表 1-22 蘇澳港 110 年度實測風向發生頻率分析表

蘇澳	百分比(%)																最頻
SA	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	風向
10909	6.69	4.74	1.25	2.09	0.83	1.67	1.81	7.94	7.81	0.69	0.41	2.64	24.40	17.29	13.80	5.85	W
10910	2.68	2.68	0.53	4.56	4.43	4.97	3.36	1.34	1.47	0.80	0.53	5.51	25.13	26.61	12.23	3.09	WNW
10911	3.48	3.48	1.25	1.25	1.11	2.22	2.50	8.21	3.20	1.25	0.97	5.84	26.18	23.67	10.58	4.73	W
10912	6.97	4.65	1.50	2.32	1.09	0.82	0.54	1.23	0.13	0.27	0.27	1.91	13.13	31.73	24.76	8.61	WNW
11001	5.10	5.10	1.20	1.88	0.13	0.53	1.34	2.95	2.55	1.20	0.13	2.82	23.92	26.88	17.87	6.31	WNW
11002	6.39	5.80	1.78	2.08	1.33	1.33	2.52	9.97	7.58	1.04	1.04	3.42	22.32	19.34	9.97	4.01	W
11003	5.39	5.66	4.18	3.77	2.69	2.69	2.02	5.39	3.77	1.61	0.80	2.83	16.19	21.45	13.90	7.55	WNW
11004	7.25	7.11	3.06	2.92	1.11	2.09	3.76	7.25	5.85	0.69	0.97	3.20	15.62	15.89	16.03	7.11	NW
11005	6.59	4.84	2.15	4.57	2.82	4.30	4.71	19.11	16.15	0.67	1.07	3.36	11.57	8.34	5.78	3.90	SSE
11006	3.05	3.33	2.22	3.05	2.50	7.09	8.48	14.60	9.04	0.83	1.11	4.31	15.99	12.79	7.23	4.31	W
11007	3.09	1.34	0.94	0.67	1.61	4.31	7.81	21.02	19.00	1.21	0.53	2.69	16.84	9.02	6.19	3.63	SSE
11008	2.86	1.09	0.68	1.22	2.18	4.50	7.36	**25.37**	9.41	1.90	0.95	3.41	19.50	11.59	5.18	2.72	SSE

附二表 1-23 花蓮港 110 年度實測風向發生頻率分析表

花蓮	百分比(%)																最頻
HL	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	風向
10909	4.16	2.63	6.94	8.75	4.16	1.66	0.97	6.11	4.86	3.19	3.61	14.44	16.38	15.41	4.86	1.80	W
10910	9.00	8.87	22.17	14.78	3.36	0.67	0.80	0.94	0.13	0.53	0.67	3.76	10.08	11.02	7.66	5.51	NE
10911	9.16	7.22	30.13	12.91	1.66	0.69	0.00	2.63	2.63	0.69	1.11	7.36	7.08	6.80	6.11	3.75	NE
10912	5.24	6.58	26.34	25.53	1.20	0.53	0.13	0.13	0.13	0.40	0.53	1.47	9.94	11.96	5.77	4.03	NE
11001	4.82	2.61	9.50	26.17	3.44	1.37	0.13	0.96	0.55	0.41	0.82	4.68	15.97	17.07	7.57	3.85	ENE
11002	4.61	3.72	10.71	15.17	3.57	1.33	0.59	4.61	3.57	1.48	2.23	11.60	17.85	11.45	5.20	2.23	W
11003	5.64	4.83	14.51	13.03	4.30	2.15	1.34	4.70	3.36	1.74	2.28	11.29	13.17	11.02	4.16	2.41	NE
11004	6.67	4.58	13.63	15.71	5.00	1.39	0.55	2.50	4.17	1.52	2.78	7.51	9.04	13.35	8.06	3.47	ENE
11005	3.09	3.49	7.13	3.76	6.59	3.63	2.69	10.90	13.86	10.36	5.92	11.30	7.13	5.51	2.55	2.01	S
11006	3.88	3.05	5.13	6.25	10.83	4.02	3.19	7.91	7.36	5.00	5.13	16.11	11.11	7.36	2.50	1.11	WSW
11007	0.94	1.48	2.15	4.97	11.57	3.49	2.15	9.82	10.76	6.72	9.15	16.15	11.30	7.13	1.34	0.80	WSW
11008	2.96	2.28	1.88	2.55	5.11	4.97	1.88	15.20	9.42	5.11	5.78	18.03	13.32	6.72	3.76	0.94	WSW

附二表 1-24 高雄港 110 年度實測風向發生頻率分析表

高雄	百分比(%)																最頻
KH	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	風向
10909	12.91	10.27	6.25	7.08	2.63	1.94	1.52	1.25	1.11	2.91	4.30	5.00	15.83	10.00	7.50	9.44	W
10910	21.43	16.18	1.65	2.21	0.69	0.82	1.10	0.41	0.55	2.62	3.31	4.97	15.49	12.30	6.63	9.54	N
10911	27.63	26.80	2.77	1.80	0.41	0.27	0.69	0.55	0.69	0.55	0.83	1.38	6.80	12.08	5.83	10.83	N
10912	25.14	56.21	1.15	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.28	0.43	1.01	1.73	4.04	2.02	7.65	NNW
11001	14.60	56.17	3.93	0.14	0.28	0.00	0.00	0.14	0.14	0.70	0.42	0.84	4.91	7.02	2.94	7.72	NNW
11002	19.80	35.65	4.59	1.42	0.15	0.00	0.31	0.00	0.31	0.63	0.95	2.37	10.30	9.66	4.27	9.50	NNW
11003	30.78	29.21	0.52	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.26	0.26	1.31	12.89	11.84	3.68	8.68	N
11004	15.62	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.75	12.50	9.37	**31.25**	NNW
11005	4.62	5.71	1.36	1.76	0.27	1.22	1.63	10.06	9.52	10.20	8.57	5.71	14.96	11.42	6.66	6.25	W
11006	3.81	9.09	10.41	8.65	2.78	2.34	2.63	4.98	7.18	8.06	7.18	5.71	12.90	7.03	4.69	2.49	W
11007	9.84	11.61	7.48	5.31	2.36	1.77	2.55	1.18	5.31	8.26	8.26	5.31	14.76	6.88	3.54	5.51	W
11008	3.85	7.18	9.80	6.83	3.67	3.50	4.72	6.12	5.42	8.58	8.93	9.80	10.50	4.55	3.50	2.97	W

附二表 1-25 安平港 110 年度實測風向發生頻率分析表

安平	百分比(%)																最頻
AP2	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	風向
10909	18.47	11.38	2.63	1.80	6.66	8.88	2.36	0.97	0.69	2.63	5.55	5.13	7.50	8.47	4.72	12.08	N
10910	36.29	23.92	0.80	0.26	0.26	0.67	0.67	0.13	0.40	1.34	1.34	2.41	5.37	7.12	5.37	13.57	N
10911	39.86	23.61	3.19	1.94	2.77	0.69	0.13	0.13	0.13	0.13	0.41	1.11	4.02	3.75	5.55	12.50	N
10912	63.70	25.80	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.67	0.80	8.46	N
11001	50.26	27.68	1.88	0.40	0.13	0.00	0.13	0.00	0.00	0.13	0.13	0.53	2.01	3.22	3.36	10.08	N
11002	33.63	24.85	3.12	2.23	2.23	0.29	0.00	0.00	0.00	0.14	0.44	3.72	4.31	4.31	5.80	14.88	N
11003	34.13	23.92	3.49	2.01	0.26	0.40	0.13	0.13	0.40	0.67	1.34	1.88	6.18	5.77	4.56	14.65	N
11004	26.80	19.02	2.08	0.13	1.11	1.38	1.25	0.55	0.83	2.36	4.72	5.13	7.63	5.83	7.91	13.19	N
11005	3.76	3.89	0.94	0.80	1.88	8.06	4.16	7.66	15.05	15.45	9.67	9.40	7.79	4.16	3.09	4.16	S
11006	0.83	2.36	1.52	1.66	9.30	20.00	8.47	5.27	9.72	13.75	11.25	7.36	5.55	2.08	0.41	0.41	ESE
11007	7.39	4.03	2.28	3.89	9.67	10.34	3.76	4.03	6.72	12.23	8.19	8.19	7.12	2.95	2.41	6.72	SSW
11008	2.01	1.74	1.47	2.55	8.46	19.89	7.66	4.70	8.73	11.15	11.55	9.27	4.70	2.55	1.20	2.28	ESE

附二表 1-26 布袋港 110 年度實測風向發生頻率分析表

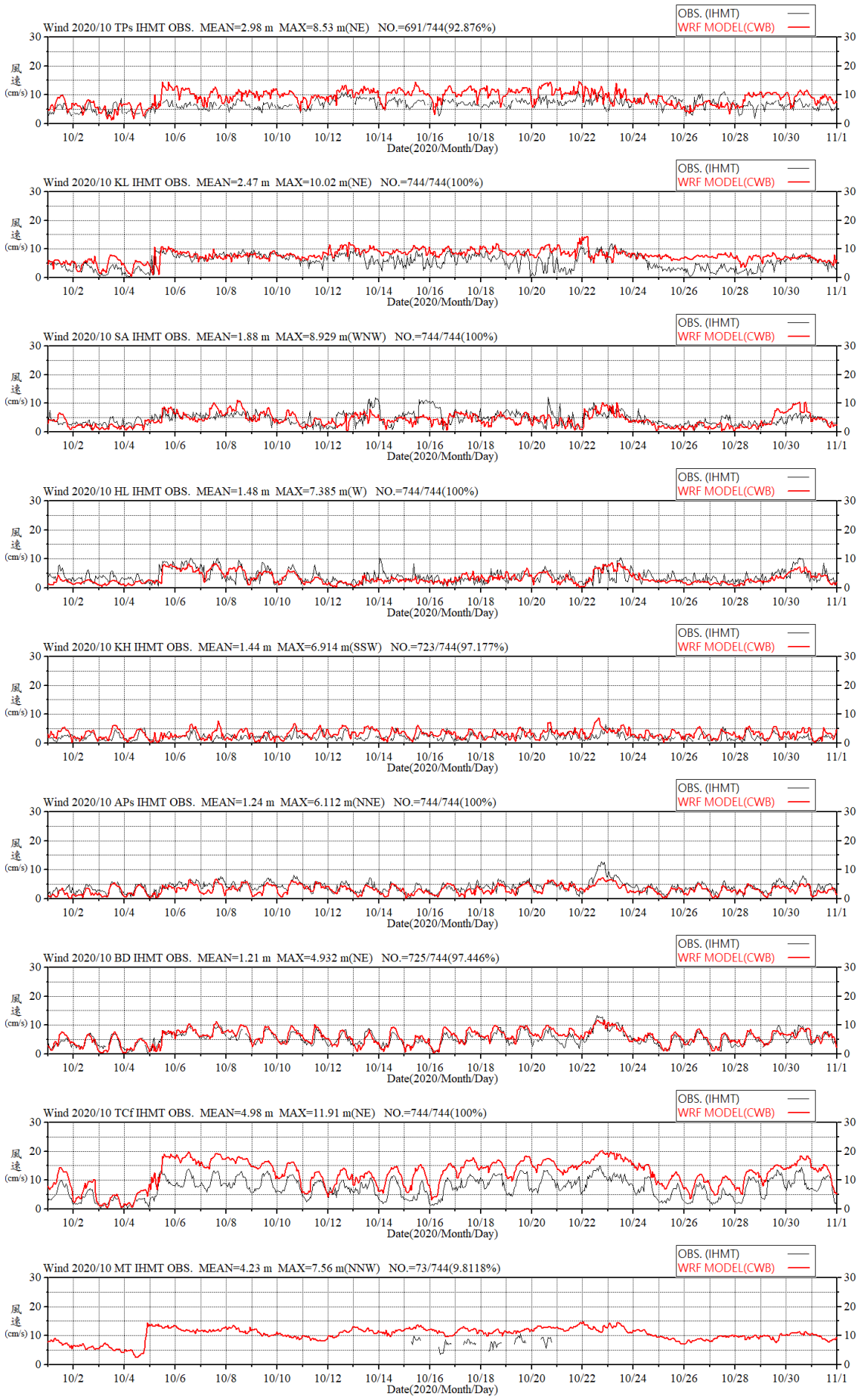
布袋	百分比(%)																最頻
BD	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	風向
10909	19.32	12.88	5.46	3.08	3.22	0.98	1.82	6.02	4.34	0.84	2.80	2.80	0.70	4.06	15.54	16.10	N
10910	38.48	23.44	3.31	0.00	0.55	0.00	0.27	0.13	0.00	0.27	0.41	0.00	0.00	0.27	11.72	21.10	N
10911	40.72	17.57	2.37	0.97	0.69	0.27	0.83	2.09	0.55	0.41	0.41	0.13	0.13	1.67	11.71	19.38	N
10912	62.27	16.55	0.81	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.17	17.91	N
11001	43.50	18.60	3.00	0.54	0.27	0.13	0.27	0.82	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	10.94	21.75	N
11002	29.34	15.71	5.08	2.24	2.24	1.64	0.89	0.29	0.14	0.29	0.14	0.14	0.74	1.34	20.65	19.01	N
11003	31.93	15.69	3.24	0.94	1.21	0.94	0.54	0.94	0.81	1.08	1.08	0.94	1.62	1.48	19.48	17.99	N
11004	24.36	18.62	3.92	1.54	0.98	0.98	1.12	0.98	2.10	0.14	1.68	2.10	0.70	1.68	19.46	19.60	N
11005	3.54	3.81	1.77	1.49	2.31	0.54	2.45	5.31	11.30	18.11	18.11	9.80	6.40	3.40	6.67	4.90	SSW /SW
11006	1.82	0.98	1.26	2.66	1.40	1.26	3.78	20.16	19.32	14.00	14.84	6.86	2.52	1.68	5.46	1.96	SSE
11007	5.11	2.32	0.69	0.00	0.23	0.00	1.86	12.79	15.81	14.18	16.97	5.34	2.09	3.02	6.04	13.48	SW
11008	1.61	0.94	0.94	0.94	1.88	0.80	3.63	20.21	18.73	13.07	14.15	7.41	4.58	4.31	4.85	1.88	SSE

附二表 1-27 臺中港 110 年度實測風向發生頻率分析表

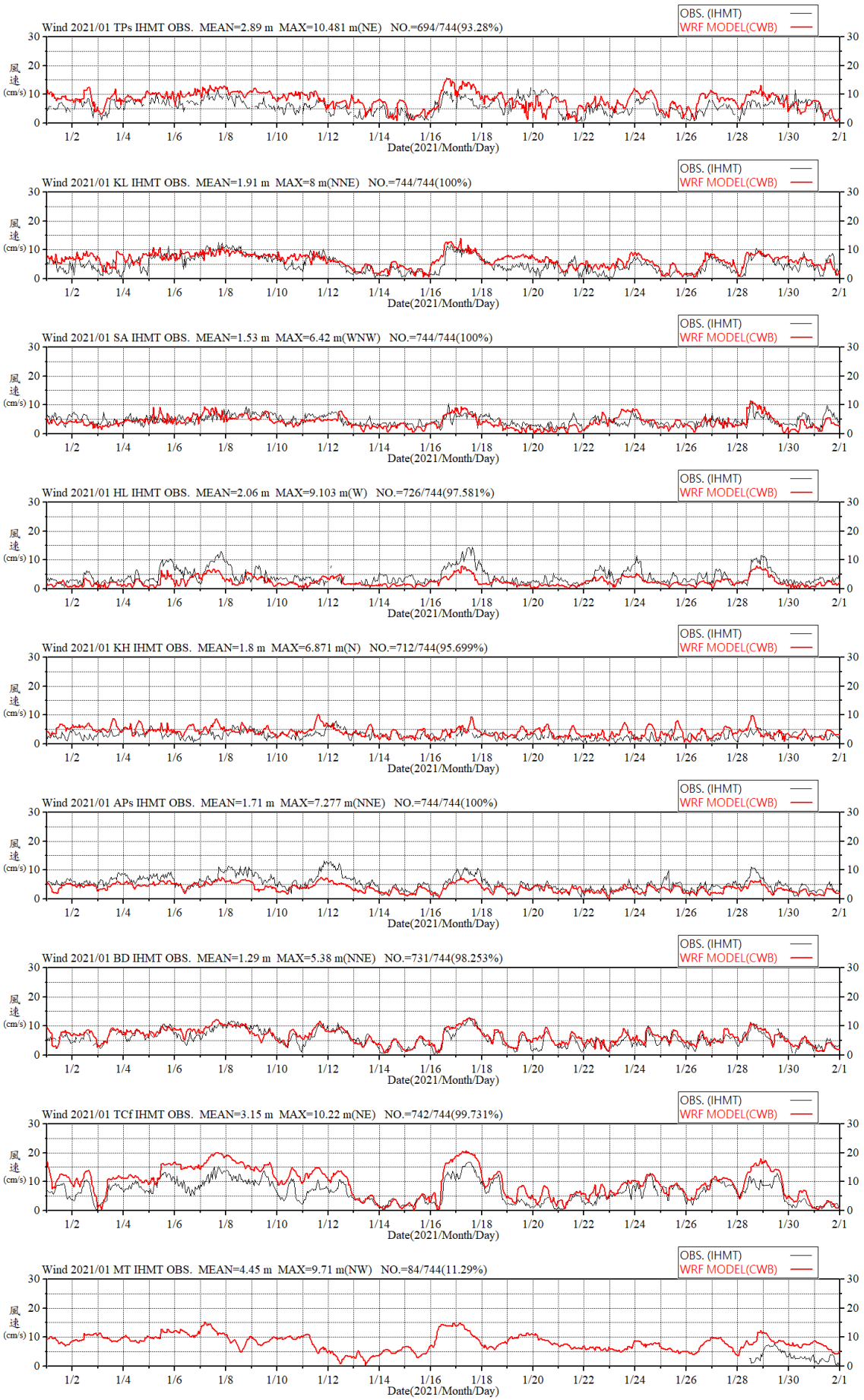
臺中	百分比(%)																最頻
TC1	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	風向
10909	9.47	34.26	22.70	3.48	1.53	2.36	3.06	3.62	5.71	2.50	2.64	0.83	1.25	1.67	2.36	2.50	NNE
10910	2.01	76.74	17.74	0.13	0.53	0.80	0.26	0.13	0.40	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.80	NNE
10911	6.25	69.02	13.33	1.94	1.66	1.25	0.97	0.41	0.97	1.11	0.69	0.13	0.27	0.00	0.13	1.80	NNE
10912	2.83	89.86	5.00	0.94	0.40	0.40	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13	0.00	0.13	NNE
11001	7.68	66.71	16.57	1.21	1.21	1.48	1.34	0.53	0.67	0.00	0.13	0.13	0.26	0.26	0.53	1.21	NNE
11002	9.70	55.67	11.94	1.94	2.98	2.98	2.23	0.89	1.19	0.74	0.44	1.34	1.19	2.23	1.79	2.68	NNE
11003	9.60	57.88	10.69	1.50	0.96	0.54	0.96	1.37	3.15	2.19	2.19	2.33	1.23	0.68	2.33	2.33	NNE
11004	9.93	44.19	20.13	2.51	1.25	0.97	2.09	0.97	2.65	2.37	1.95	1.25	2.37	1.53	1.53	4.19	NNE
11005	4.87	7.72	4.20	1.21	1.21	1.08	1.49	3.79	19.10	15.71	22.89	6.91	5.69	1.76	0.81	1.49	SW
11006	7.08	5.27	3.75	1.66	1.38	2.22	2.22	11.25	34.86	11.52	10.55	3.19	1.25	1.11	1.25	1.38	S
11007	9.56	6.14	2.59	0.95	1.36	1.63	2.59	4.78	22.54	11.74	14.20	3.55	3.55	7.51	4.37	2.86	S
11008	2.18	3.00	1.77	1.36	1.50	2.31	3.41	13.91	28.24	8.45	15.41	8.86	3.27	0.81	2.18	3.27	S

附二表 1-28 馬祖福澳港 110 年度實測風向發生頻率分析表

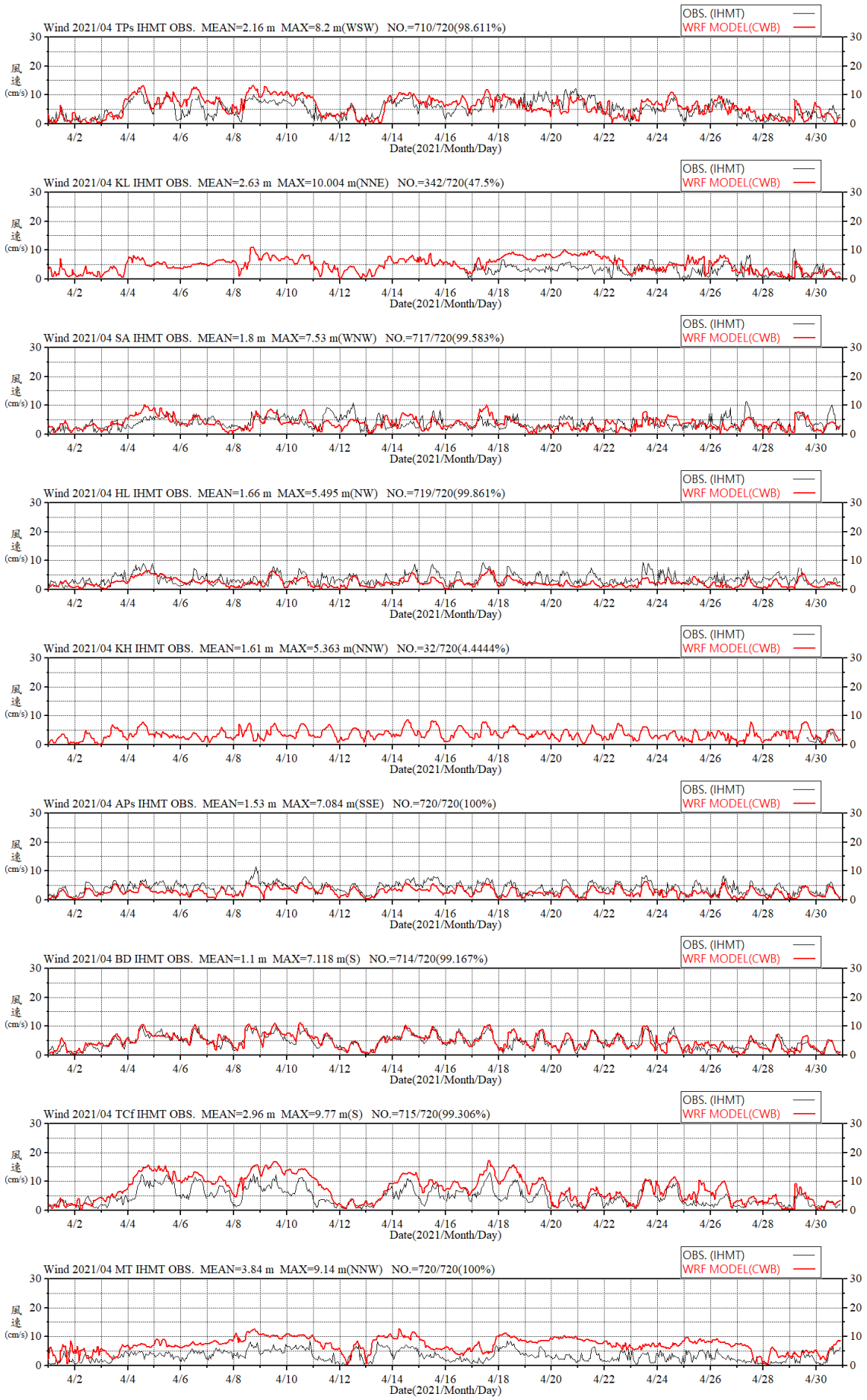
馬祖	百分比(%)																最頻
MT	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	風向
10909	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10910	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	NNW
10911	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10912	5.15	0.22	0.67	0.22	0.00	1.34	0.89	0.22	0.00	0.00	0.22	0.44	0.89	8.29	8.29	73.09	NNW
11001	9.52	1.19	3.57	1.19	0.00	0.00	0.00	2.38	0.00	0.00	1.19	1.19	2.38	14.28	21.42	41.66	NNW
11002	7.44	2.67	1.33	0.89	3.12	6.54	5.80	1.04	0.74	0.89	0.59	0.89	3.42	8.77	10.41	45.38	NNW
11003	10.86	1.08	0.81	1.90	2.17	7.33	10.05	0.54	1.08	0.81	1.35	2.44	3.80	7.88	9.51	38.31	NNW
11004	7.36	0.41	0.41	0.41	0.83	3.75	4.86	0.55	0.27	0.41	0.97	1.66	3.05	8.75	12.22	54.02	NNW
11005	5.64	1.74	1.47	1.34	3.22	6.45	20.29	7.93	6.58	2.68	0.80	0.94	1.34	6.18	7.52	25.80	NNW
11006	6.11	1.25	0.55	0.55	1.38	4.86	24.58	10.83	10.69	1.94	0.41	1.52	2.36	8.05	6.66	18.19	SE
11007	4.97	1.07	0.40	0.26	0.40	3.09	38.70	7.66	9.40	2.68	1.20	0.67	0.67	5.51	3.49	19.75	SE
11008	6.21	0.47	0.47	0.63	2.38	3.82	29.93	10.82	10.03	1.75	1.11	1.43	1.43	4.45	8.91	16.08	SE



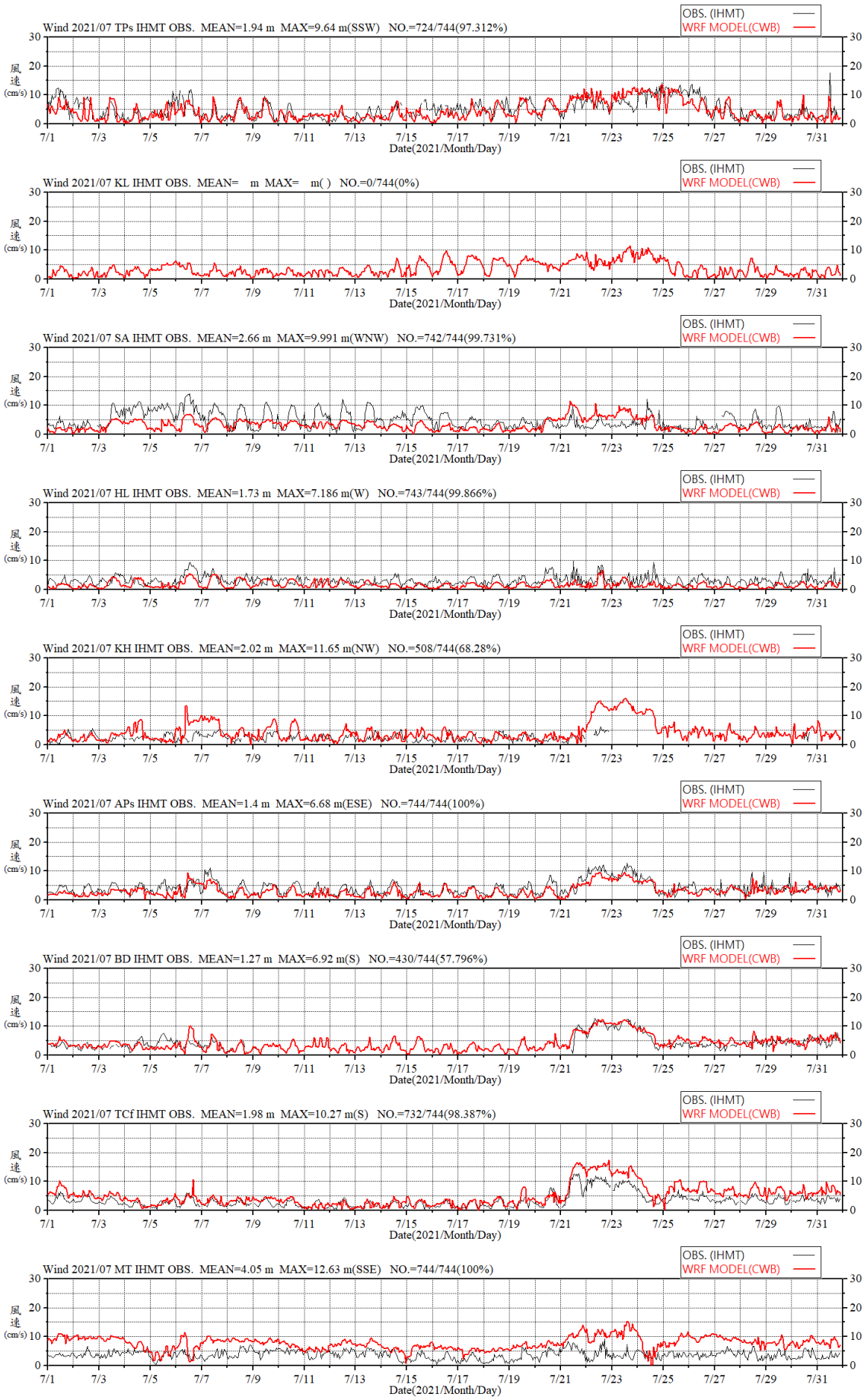
附二圖 1.1 109 年 10 月 9 商港觀測風速與小尺度模式比較圖



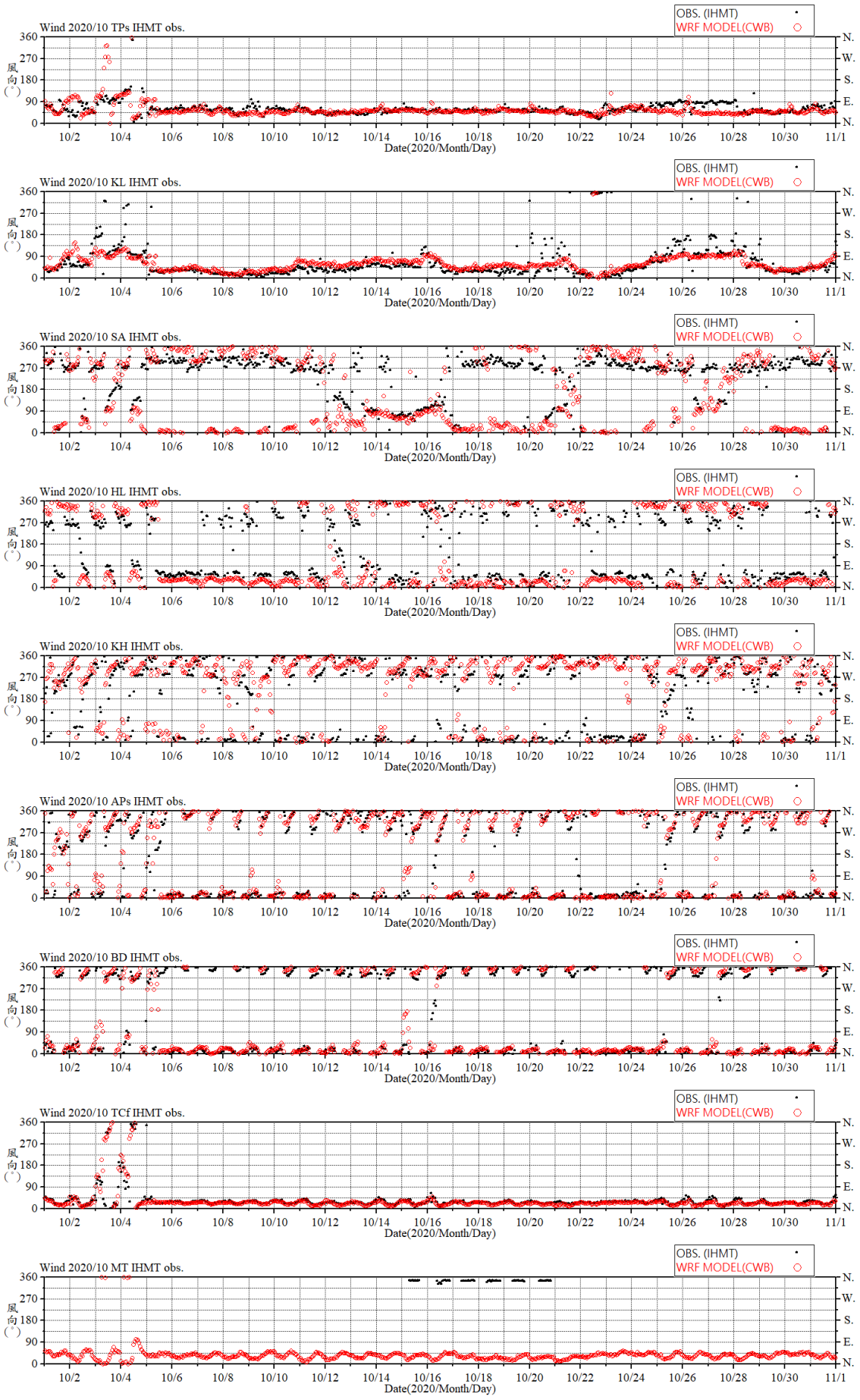
附二圖 1.2 110 年 1 月 9 商港觀測風速與小尺度模式比較圖



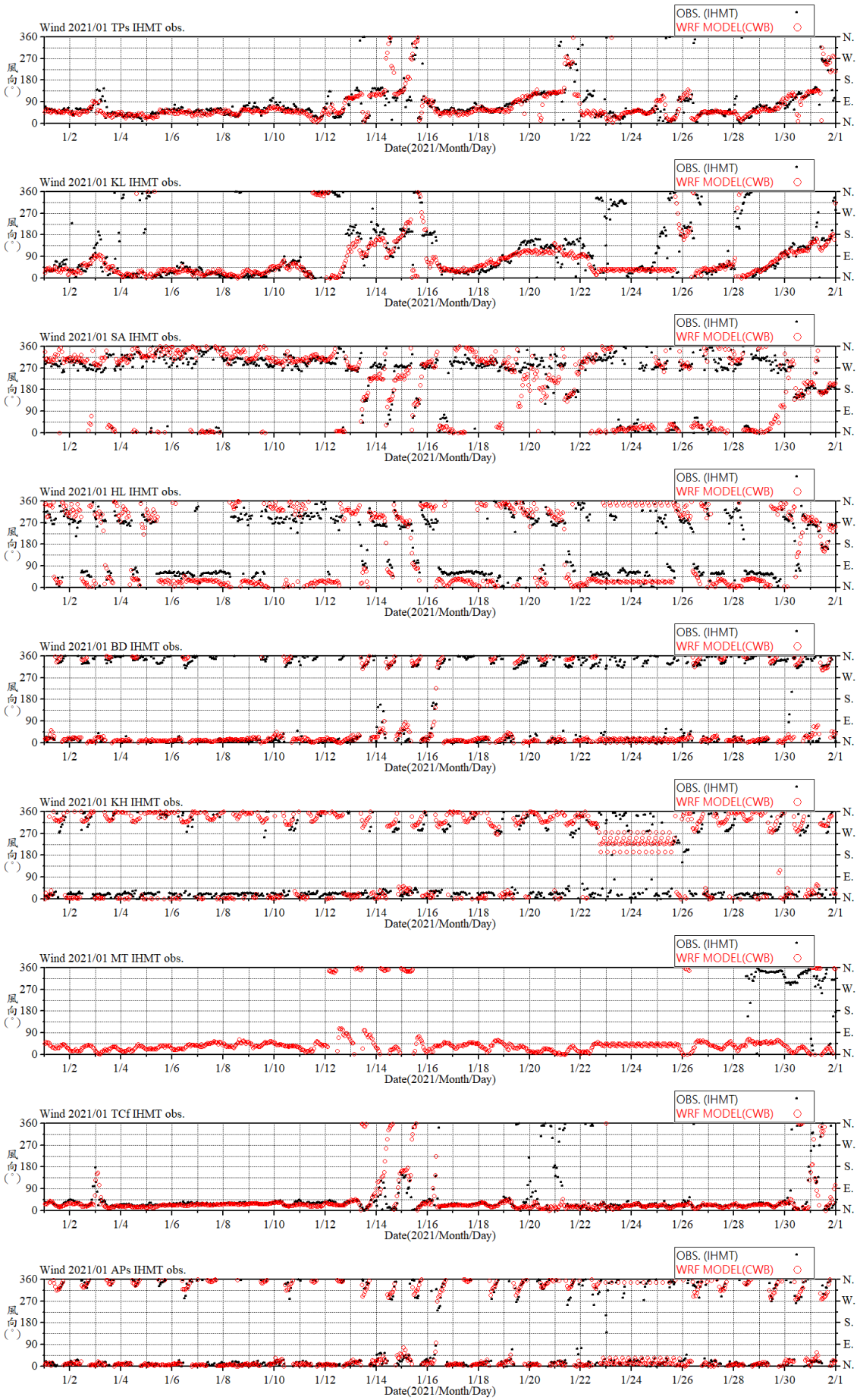
附二圖 1.3 110 年 4 月 9 商港觀測風速與小尺度模式比較圖



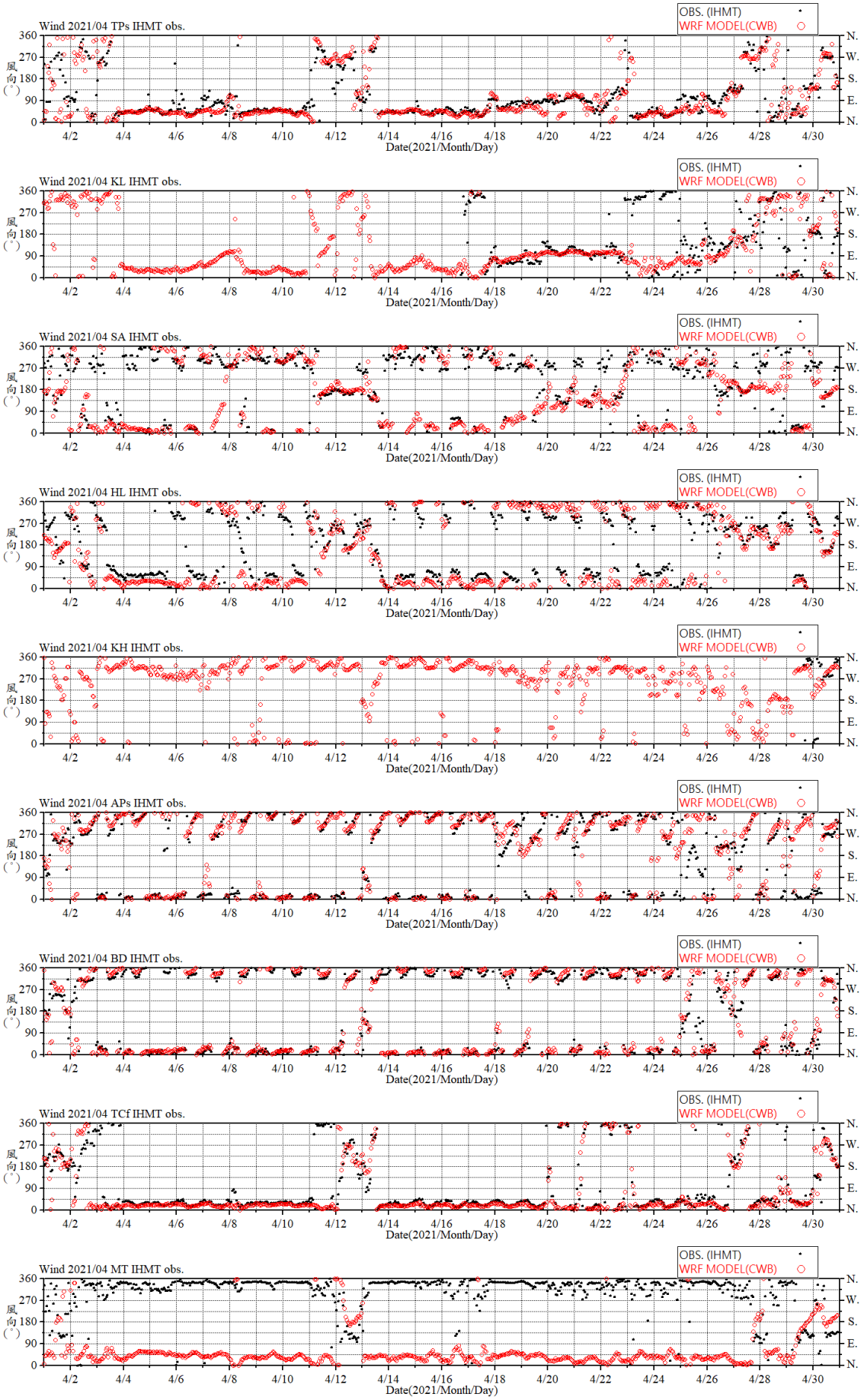
附二圖 1.4 110 年 7 月 9 商港觀測風速與小尺度模式比較圖



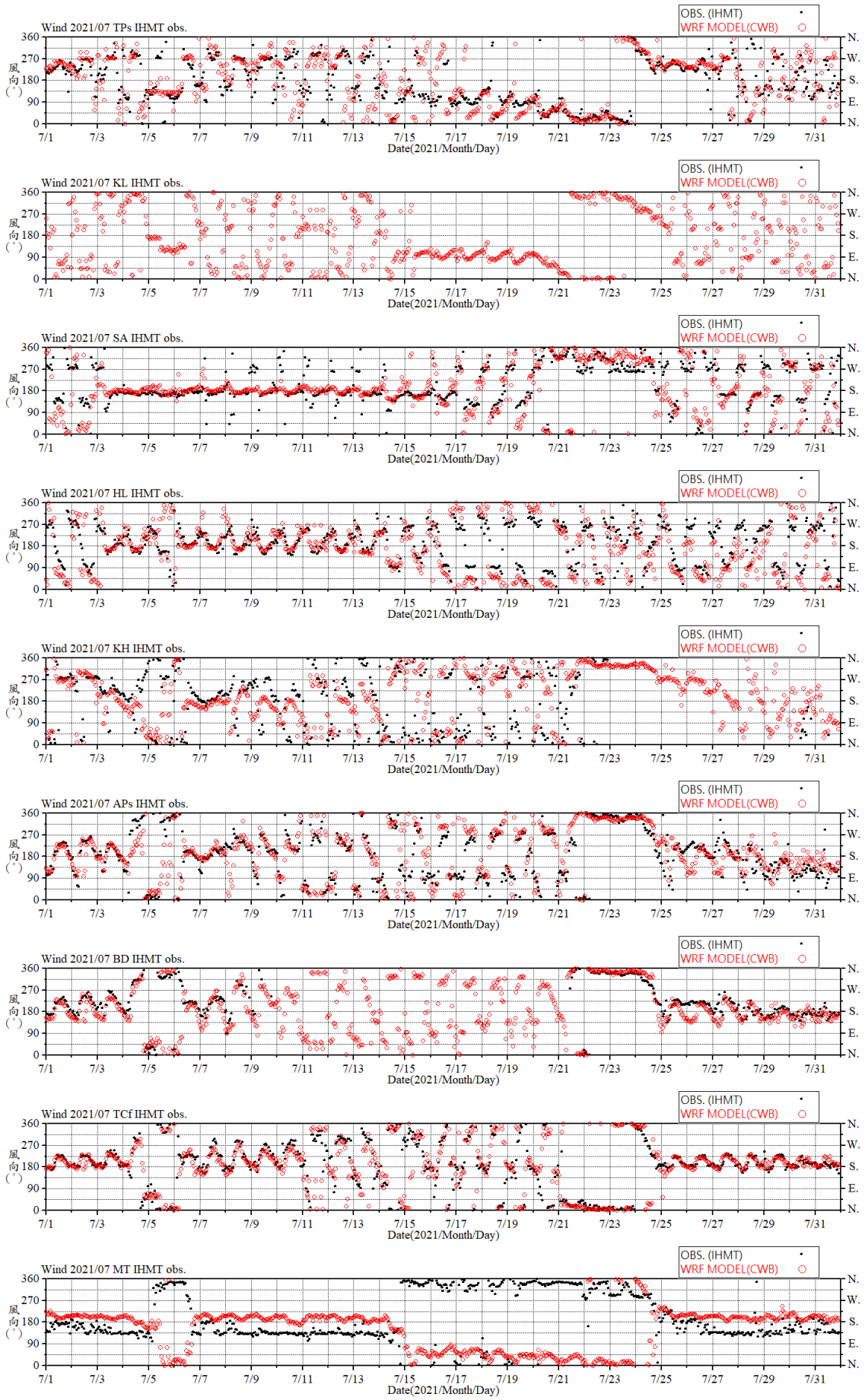
附二圖 1.5 109 年 10 月 9 商港觀測風向與小尺度模式比較圖



附二圖 1.6 110 年 1 月 9 商港觀測風向與小尺度模式比較圖



附二圖 1.7 110 年 4 月 9 商港觀測風向與小尺度模式比較圖



附二圖 1.8 110 年 7 月 9 商港觀測風向與小尺度模式比較圖

第二章 110年9商港波浪預測成果評估

附二表 2-1 臺北港 110 年度波高實測與模擬資料統計表(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
10909	0.50	0.57	1.26	1.13	1.16	0.98	2.21	2.64	25.42	100.00
10910	-	0.61	-	1.76	-	1.65	-	3.22	-	100.00
10911	-	0.64	-	1.64	-	1.51	-	3.12	-	100.00
10912	0.95	0.77	2.44	2.07	2.25	1.92	5.16	4.65	59.41	100.00
11001	0.82	0.70	1.85	1.51	1.66	1.34	4.50	3.19	99.73	100.00
11002	0.76	0.70	1.53	1.30	1.34	1.10	3.55	3.45	100.00	100.00
11003	0.68	0.58	1.36	1.07	1.17	0.90	3.50	2.87	100.00	100.00
11004	0.50	0.43	1.25	1.10	1.14	1.02	2.73	2.44	100.00	100.00
11005	0.37	0.31	0.82	0.69	0.73	0.62	3.00	1.99	100.00	100.00
11006	0.31	0.62	0.77	1.23	0.70	1.06	1.68	2.43	25.56	100.00
11007	-	0.96	-	1.40	-	1.02	-	4.11	-	100.00
11008	0.28	0.34	0.58	0.75	0.51	0.67	3.49	1.81	59.41	100.00
平均值	0.57	0.60	1.32	1.30	1.18	1.15	3.31	2.99	74.39	100.00

附二表 2-2 基隆港 110 年度波高實測與模擬資料統計表(單位 m)

基隆	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
10909	0.48	1.00	1.17	1.66	1.07	1.33	2.38	4.87	95.42	100.00
10910	0.67	0.81	1.86	2.16	1.74	2.01	3.51	4.46	99.19	100.00
10911	0.69	0.69	1.78	2.11	1.65	1.99	3.42	3.67	99.44	100.00
10912	0.95	0.91	2.44	2.66	2.24	2.50	5.94	5.54	98.39	100.00
11001	0.83	0.80	1.81	1.93	1.61	1.76	4.30	4.27	91.26	100.00
11002	0.72	0.94	1.45	1.80	1.26	1.54	3.80	4.90	86.31	100.00
11003	0.71	0.71	1.30	1.35	1.09	1.14	3.71	3.69	84.81	100.00
11004	0.49	0.72	1.23	1.69	1.12	1.53	2.74	3.43	85.69	100.00
11005	0.31	0.35	0.57	0.73	0.48	0.64	2.34	1.95	92.34	100.00
11006	0.25	0.35	0.52	0.81	0.46	0.74	1.48	1.89	99.72	100.00
11007	0.80	1.51	1.04	1.97	0.66	1.27	4.01	6.34	87.90	100.00
11008	0.20	0.39	0.44	0.77	0.39	0.67	1.46	1.74	83.60	100.00
平均值	0.59	0.77	1.30	1.64	1.15	1.43	3.26	3.90	92.01	100.00

附二表 2-3 蘇澳港 110 年度波高實測與模擬資料統計表(單位 m)

蘇澳	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
10909	0.21	0.92	1.00	1.65	0.98	1.38	1.58	4.82	49.72	100.00
10910	0.38	0.76	1.53	1.89	1.48	1.73	2.93	4.27	98.66	100.00
10911	0.40	0.55	1.73	1.86	1.68	1.77	2.95	3.03	97.64	100.00
10912	0.49	0.73	2.01	2.36	1.95	2.24	3.49	4.68	97.45	100.00
11001	0.40	0.69	1.49	1.73	1.44	1.59	2.75	3.61	64.52	100.00
11002	0.43	0.79	1.43	1.65	1.37	1.46	3.98	4.63	66.82	100.00
11003	0.28	0.54	1.16	1.28	1.13	1.16	2.27	3.07	73.52	100.00
11004	0.71	0.88	1.75	1.93	1.60	1.72	4.29	3.68	91.94	100.00
11005	0.24	0.28	1.02	1.05	1.00	1.02	1.84	1.97	100.00	100.00
11006	0.21	0.28	0.89	1.03	0.86	0.99	1.51	1.98	58.19	100.00
11007	-	1.31	-	2.02	-	1.53	-	5.86	-	100.00
11008	0.15	0.39	0.82	1.07	0.80	1.00	1.29	2.21	24.46	100.00
平均值	0.35	0.68	1.35	1.63	1.30	1.47	2.63	3.65	74.81	100.00

附二表 2-4 花蓮港 110 年度波高實測與模擬資料統計表(單位 m)

花蓮	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
10909	0.40	0.90	1.02	1.61	0.94	1.33	2.62	4.55	98.06	100.00
10910	0.37	0.93	1.45	2.08	1.40	1.86	2.56	4.83	90.73	100.00
10911	0.41	0.68	1.74	1.95	1.69	1.83	2.85	3.67	98.33	100.00
10912	0.55	0.91	2.05	2.56	1.97	2.39	3.58	5.77	97.72	100.00
11001	0.50	0.82	1.61	1.88	1.53	1.69	2.95	3.69	99.60	100.00
11002	0.42	0.79	1.41	1.62	1.34	1.41	3.22	4.17	99.70	100.00
11003	0.34	0.63	1.19	1.34	1.14	1.18	2.72	3.66	100.00	100.00
11004	0.56	0.95	1.55	2.00	1.45	1.76	3.50	3.83	99.44	100.00
11005	0.19	0.28	0.86	1.01	0.84	0.97	1.40	2.21	99.60	100.00
11006	0.16	0.29	0.72	0.98	0.70	0.93	1.41	2.12	98.47	100.00
11007	0.72	1.27	1.28	1.90	1.05	1.41	3.94	5.74	99.06	100.00
11008	0.32	0.39	0.83	0.98	0.77	0.90	2.17	2.14	99.60	100.00
平均值	0.41	0.74	1.31	1.66	1.24	1.47	2.74	3.86	98.36	100.00

附二表 2-5 高雄港 110 年度波高實測與模擬資料統計表(單位 m)

高雄	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
10909	0.37	0.31	0.77	0.72	0.67	0.65	2.04	1.74	97.36	100.00
10910	0.26	0.42	0.96	0.99	0.93	0.89	1.96	2.39	93.95	100.00
10911	0.25	0.29	0.89	0.83	0.85	0.78	2.21	3.52	95.97	100.00
10912	0.16	0.28	0.86	0.99	0.85	0.95	1.51	1.82	96.77	100.00
11001	0.20	0.32	0.73	0.83	0.70	0.77	1.37	1.89	98.92	100.00
11002	0.19	0.31	0.63	0.69	0.60	0.61	1.40	1.98	99.70	100.00
11003	0.21	0.25	0.62	0.61	0.58	0.56	1.39	1.60	99.73	100.00
11004	0.21	0.26	0.66	0.72	0.62	0.67	1.24	1.29	99.58	100.00
11005	0.20	0.25	0.55	0.69	0.51	0.64	1.31	1.47	98.66	100.00
11006	0.39	0.32	1.16	1.10	1.09	1.05	2.48	2.47	99.31	100.00
11007	0.54	0.63	1.11	1.25	0.97	1.08	2.43	2.51	99.33	100.00
11008	0.98	0.88	1.45	1.36	1.06	1.05	4.22	3.64	99.06	100.00
平均值	0.33	0.38	0.87	0.90	0.79	0.81	1.96	2.19	98.20	100.00

附二表 2-6 安平港 110 年度波高實測與模擬資料統計表(單位 m)

安平	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
10909	-	0.27	-	0.67	-	0.62	-	1.52	-	100.00
10910	-	0.43	-	1.00	-	0.91	-	2.29	-	100.00
10911	0.08	0.31	0.54	0.84	0.53	0.79	0.76	2.13	18.75	100.00
10912	0.13	0.32	0.56	1.07	0.55	1.02	1.13	2.07	99.33	100.00
11001	0.13	0.36	0.49	0.87	0.47	0.79	0.84	1.83	99.46	100.00
11002	0.13	0.30	0.43	0.63	0.41	0.55	0.91	1.66	91.22	100.00
11003	0.12	0.24	0.38	0.65	0.36	0.60	0.79	1.40	75.40	100.00
11004	0.12	0.25	0.44	0.62	0.42	0.56	0.79	1.38	80.00	100.00
11005	0.22	0.32	0.51	0.98	0.47	0.92	1.26	2.17	97.45	100.00
11006	0.37	0.53	1.13	1.06	1.06	0.91	2.48	1.99	99.31	100.00
11007	0.47	0.77	1.02	1.33	0.91	1.09	2.22	3.38	95.70	100.00
11008	0.29	0.11	0.54	0.28	0.46	0.26	1.37	0.58	61.69	100.00
平均值	0.21	0.35	0.60	0.83	0.56	0.75	1.26	1.86	81.83	100.00

附二表 2-7 布袋港 110 年度波高實測與模擬資料統計表(單位 m)

布袋	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
10909	0.18	0.28	0.45	0.71	0.41	0.65	1.03	1.36	96.11	100.00
10910	0.27	0.44	0.81	1.34	0.76	1.27	1.63	2.25	66.80	100.00
10911	0.27	0.49	0.71	1.26	0.65	1.16	1.24	1.99	64.03	100.00
10912	-	0.47	-	1.56	-	1.49	-	2.65	-	100.00
11001	-	0.48	-	1.19	-	1.09	-	2.43	-	100.00
11002	-	0.50	-	0.95	-	0.81	-	1.96	-	100.00
11003	-	0.46	-	0.83	-	0.69	-	2.13	-	100.00
11004	0.15	0.38	0.41	0.84	0.38	0.75	0.85	1.75	53.47	100.00
11005	0.13	0.19	0.32	0.54	0.30	0.50	0.95	1.32	100.00	100.00
11006	0.21	0.26	0.62	0.77	0.58	0.72	1.57	1.68	99.72	100.00
11007	0.30	0.46	0.64	0.88	0.57	0.75	1.62	1.87	90.59	100.00
11008	0.51	0.51	0.76	0.89	0.57	0.73	2.48	2.47	99.60	100.00
平均值	0.25	0.41	0.59	0.98	0.53	0.88	1.42	1.99	83.79	100.00

附二表 2-8 臺中港 110 年度波高實測與模擬資料統計表(單位 m)

臺中	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
10909	0.51	0.64	1.25	1.37	1.14	1.21	2.39	2.94	98.61	100.00
10910	0.62	0.96	2.58	3.12	2.50	2.96	3.79	4.60	90.05	100.00
10911	0.81	1.26	2.48	2.94	2.35	2.66	3.55	4.63	98.47	100.00
10912	0.72	1.26	2.72	3.43	2.62	3.19	4.51	6.03	78.09	100.00
11001	0.75	1.14	2.03	2.43	1.89	2.14	4.07	4.95	61.42	100.00
11002	0.88	1.10	1.79	1.94	1.56	1.60	3.35	3.93	62.20	100.00
11003	0.84	1.05	1.76	1.70	1.55	1.33	3.29	4.58	6.99	100.00
11004	-	0.91	-	1.80	-	1.55	-	3.44	-	100.00
11005	0.24	0.34	0.80	0.76	0.76	0.68	1.43	2.93	17.20	100.00
11006	0.26	0.31	0.77	0.90	0.73	0.84	1.79	1.47	99.72	100.00
11007	0.52	0.81	0.94	1.28	0.79	0.99	2.62	3.51	98.52	100.00
11008	0.31	0.41	0.67	0.86	0.59	0.76	2.50	2.67	99.33	100.00
平均值	0.59	0.85	1.62	1.88	1.50	1.66	3.03	3.81	73.69	100.00

附二表 2-9 馬祖福澳港 110 年度波高實測與模擬資料統計表(單位 m)

馬祖	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
10909	0.27	0.59	0.69	1.34	0.64	1.20	1.37	3.30	88.47	100.00
10910	0.31	0.64	1.12	2.01	1.08	1.91	1.93	3.41	96.91	100.00
10911	0.34	0.63	1.10	1.99	1.04	1.88	1.87	3.26	99.31	100.00
10912	0.34	0.70	1.18	2.21	1.14	2.10	1.94	4.27	99.46	100.00
11001	0.34	0.63	0.89	1.57	0.82	1.44	1.97	3.31	98.92	100.00
11002	0.45	0.75	0.90	1.57	0.78	1.38	2.47	3.47	99.70	100.00
11003	0.30	0.56	0.68	1.19	0.61	1.05	1.68	3.45	99.46	100.00
11004	0.26	0.56	0.81	1.49	0.77	1.38	1.56	3.04	87.36	100.00
11005	-	0.39	-	1.07	-	0.99	-	2.37	-	100.00
11006	-	0.48	-	1.34	-	1.25	-	2.31	-	100.00
11007	-	0.87	-	1.76	-	1.53	-	4.14	-	100.00
11008	-	0.42	-	1.21	-	1.14	-	2.30	-	100.00
平均值	0.33	0.60	0.92	1.56	0.86	1.44	1.85	3.22	96.20	100.00

附二表 2-10 臺北港 110 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	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.96	0.24	0.38	10.44	1.84	2.82	3.13	0.65	1.27
10910	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10911	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10912	2.13	0.32	0.54	4.60	0.73	1.62	2.52	0.58	1.16
11001	1.67	0.27	0.44	6.26	1.03	1.89	3.59	0.59	1.26
11002	1.53	0.28	0.43	16.05	1.68	2.60	4.38	0.75	1.53
11003	1.52	0.24	0.38	5.55	1.22	2.11	3.33	0.56	1.23
11004	1.36	0.21	0.34	10.11	1.68	2.34	3.06	0.58	1.00
11005	1.50	0.25	0.37	5.75	1.13	1.66	2.80	0.51	0.86
11006	0.66	0.13	0.20	4.48	0.99	1.62	2.22	0.49	0.88
11007	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11008	2.40	0.20	0.25	5.42	1.16	1.78	16.10	0.96	1.19

附二表 2-11 基隆港 110 年度波浪實測與模擬差值統計表

基隆 KL	示性波高Hs (m)			譜峰週期Tp (sec)			平均週期Tm (sec)		
	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	2.85	0.57	0.71	11.24	2.19	3.14	5.86	1.24	1.54
10910	2.11	0.35	0.48	7.15	0.98	1.81	2.78	0.43	0.79
10911	1.38	0.31	0.49	5.93	0.79	1.49	1.72	0.35	0.72
10912	1.35	0.25	0.44	2.65	0.57	1.35	2.04	0.40	0.75
11001	1.08	0.19	0.32	7.32	1.19	2.00	2.27	0.44	0.94
11002	2.35	0.37	0.51	5.90	1.27	2.25	3.42	0.66	1.25
11003	1.92	0.22	0.29	7.98	1.04	1.95	2.96	0.52	1.13
11004	2.26	0.51	0.71	6.32	1.06	1.74	4.99	0.74	1.14
11005	1.53	0.25	0.33	11.26	1.64	2.27	4.65	0.54	0.97
11006	1.05	0.18	0.34	7.40	1.36	1.88	4.71	0.45	0.75
11007	3.50	0.77	0.97	7.10	1.62	2.72	4.48	0.78	1.20
11008	1.38	0.28	0.41	8.31	1.52	2.36	4.57	0.64	1.05

附二表 2-12 蘇澳港 110 年度波浪實測與模擬差值統計表

蘇澳 SA	示性波高Hs (m)			譜峰週期Tp (sec)			平均週期Tm (sec)		
	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.82	0.19	0.31	7.15	1.54	2.56	2.84	0.67	1.26
10910	2.36	0.44	0.59	6.38	1.07	1.98	2.50	0.49	1.09
10911	1.38	0.25	0.38	6.72	1.15	2.07	2.82	0.53	1.01
10912	2.78	0.47	0.64	4.95	0.75	1.65	2.91	0.53	1.08
11001	1.77	0.32	0.49	5.74	1.23	2.24	3.27	0.60	1.22
11002	1.63	0.30	0.47	6.27	1.45	2.52	2.96	0.66	1.27
11003	1.61	0.26	0.37	7.04	1.52	2.95	3.19	0.68	1.55
11004	1.75	0.29	0.44	7.66	1.78	2.92	3.66	0.71	1.35
11005	1.36	0.18	0.28	5.83	1.50	2.44	2.79	0.57	0.99
11006	0.82	0.15	0.22	5.38	1.09	1.71	2.59	0.46	0.80
11007	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11008	0.64	0.11	0.17	5.78	1.05	1.87	2.01	0.48	1.07

附二表 2-13 花蓮港 110 年度波浪實測與模擬差值統計表

花蓮 HL	示性波高Hs (m) (m)			譜峰週期Tp (sec)			平均週期Tm (sec)		
	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	2.67	0.53	0.70	10.27	2.04	3.60	6.30	0.84	1.56
10910	2.69	0.61	0.83	6.47	1.13	2.21	2.79	0.65	1.37
10911	1.79	0.32	0.46	6.67	1.26	2.27	3.12	0.58	1.39
10912	2.76	0.46	0.65	5.29	0.94	1.89	2.75	0.57	1.35
11001	1.28	0.29	0.42	5.40	1.31	2.37	2.87	0.55	1.38
11002	1.57	0.33	0.48	6.21	1.42	2.49	3.30	0.63	1.33
11003	1.62	0.27	0.38	6.91	1.50	3.18	3.80	0.66	1.62
11004	1.57	0.40	0.63	9.18	1.94	3.48	3.50	0.82	1.64
11005	1.32	0.20	0.30	6.61	1.50	2.77	3.32	0.65	1.14
11006	1.20	0.20	0.32	9.39	1.42	2.21	2.52	0.46	0.82
11007	3.01	0.63	0.75	6.70	1.36	2.29	3.01	0.60	1.21
11008	0.89	0.20	0.31	6.96	1.26	1.99	3.44	0.61	1.17

附二表 2-14 高雄港 110 年度波浪實測與模擬差值統計表

高雄 KH	示性波高Hs (m)			譜峰週期Tp (sec)			平均週期Tm (sec)		
	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.90	0.13	0.22	8.13	1.06	1.45	3.16	0.52	0.78
10910	1.03	0.19	0.30	29.38	1.70	2.95	4.21	0.65	1.01
10911	1.42	0.13	0.20	8.11	1.68	3.14	2.34	0.43	0.72
10912	0.78	0.13	0.21	6.46	1.57	2.96	1.71	0.28	0.45
11001	0.68	0.12	0.19	7.44	1.49	2.47	1.97	0.38	0.62
11002	0.88	0.13	0.17	7.12	1.66	2.64	2.24	0.42	0.76
11003	0.45	0.09	0.15	6.77	1.36	2.08	2.03	0.37	0.68
11004	0.67	0.13	0.21	10.25	1.61	2.34	1.98	0.39	0.66
11005	0.99	0.15	0.22	6.22	1.29	1.92	2.11	0.40	0.63
11006	0.96	0.15	0.23	4.67	0.76	1.29	2.08	0.37	0.63
11007	1.13	0.22	0.31	13.78	1.77	2.35	4.18	0.66	0.99
11008	1.13	0.16	0.25	6.56	0.93	1.39	2.37	0.49	0.87

附二表 2-15 安平港 110 年度波浪實測與模擬差值統計表

安平 AP	示性波高Hs (m)			譜峰週期Tp (sec)			平均週期Tm (sec)		
	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10910	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10911	0.76	0.22	0.39	4.67	1.14	2.55	2.69	0.53	1.25
10912	1.39	0.23	0.53	5.96	1.27	2.75	2.56	0.50	1.04
11001	1.14	0.25	0.42	6.45	1.30	2.86	2.96	0.62	1.20
11002	1.28	0.26	0.35	6.55	1.46	3.11	3.18	0.69	1.63
11003	1.10	0.21	0.34	6.12	1.22	2.32	2.59	0.57	1.03
11004	1.03	0.21	0.29	11.91	2.55	3.57	3.05	0.70	1.19
11005	1.80	0.33	0.62	15.76	1.35	2.03	2.73	0.59	0.98
11006	1.89	0.31	0.67	5.84	1.32	2.61	3.29	0.75	1.55
11007	2.65	0.47	1.05	7.53	1.84	3.41	3.97	1.02	1.90
11008	1.05	0.25	0.32	5.02	1.31	2.37	2.30	0.55	0.92

附二表 2-16 布袋港 110 年度波浪實測與模擬差值統計表

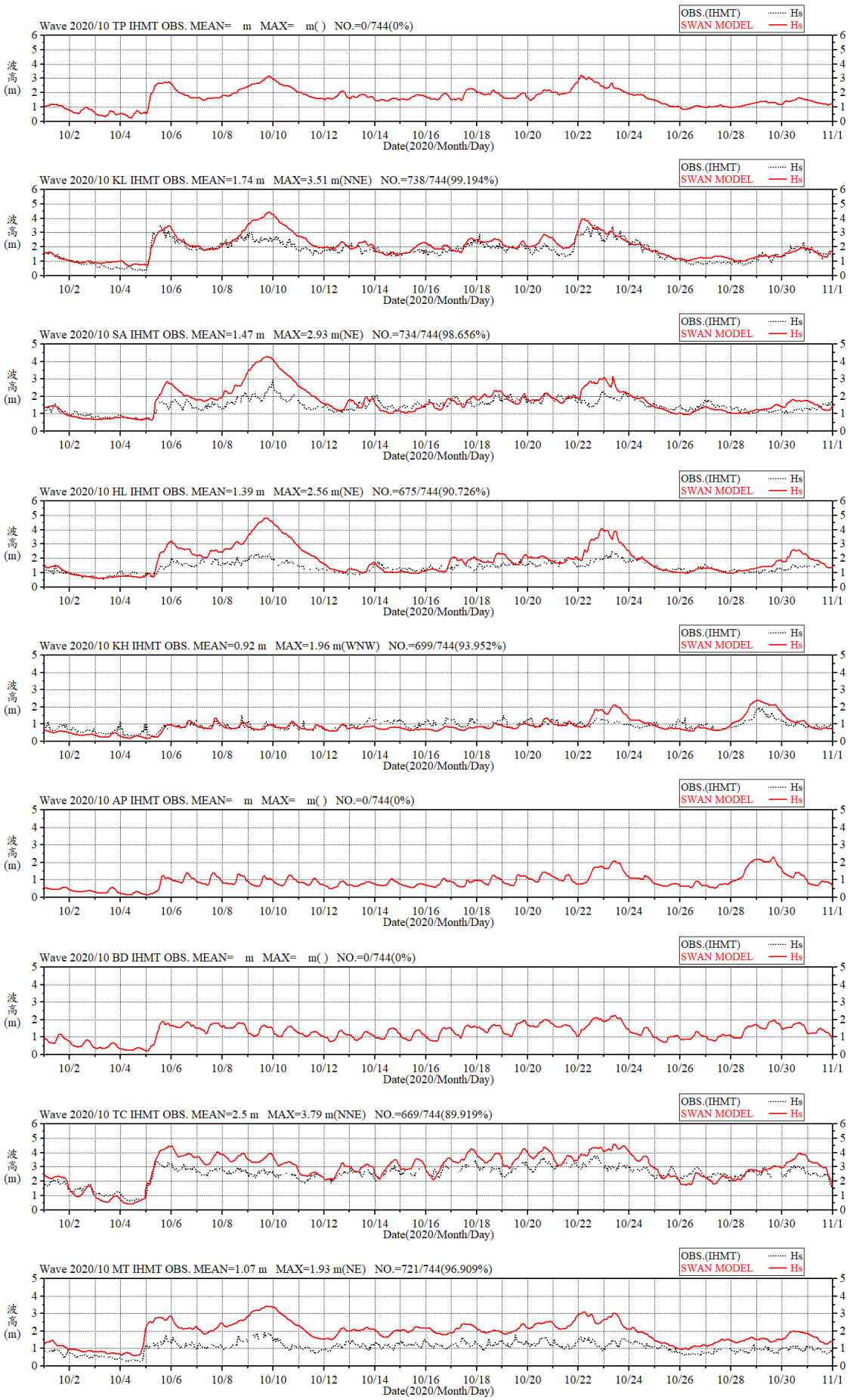
布袋 BD	示性波高Hs (m)			譜峰週期Tp (sec)			平均週期Tm (sec)		
	最大差值	差值SD	差值RMS	最大差值	差值SD	差值RMS	最大差值	差值SD	差值RMS
10909	0.72	0.16	0.27	21.43	2.17	3.18	20.45	1.77	2.21
10910	0.94	0.24	0.48	29.05	6.87	8.50	-	-	-
10911	1.22	0.32	0.60	22.33	2.22	3.31	-	-	-
10912	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11001	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11002	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11003	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11004	1.13	0.22	0.36	11.27	1.41	2.96	6.78	1.22	3.41
11005	1.06	0.15	0.26	6.17	1.40	2.15	6.84	1.36	2.25
11006	0.78	0.13	0.22	6.77	1.24	1.81	8.19	1.18	3.31
11007	1.13	0.25	0.36	9.39	1.84	2.70	9.61	1.62	3.72
11008	2.10	0.15	0.25	21.28	1.30	1.77	23.98	1.82	3.19

附二表 2-17 臺中港 110 年度波浪實測與模擬差值統計表

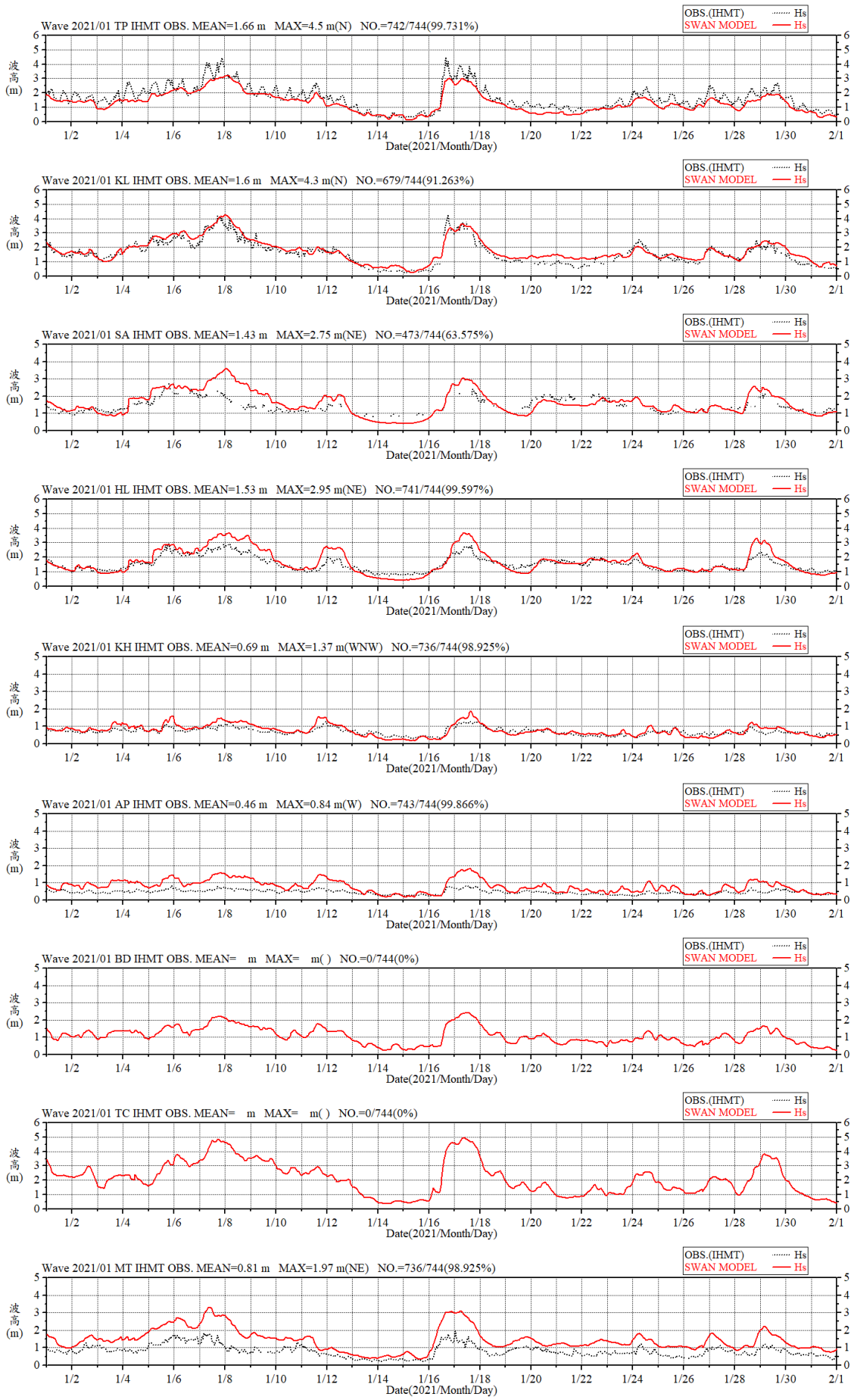
臺中 TC	示性波高Hs (m)			譜峰週期Tp (sec)			平均週期Tm (sec)		
	最大差值	差值SD	差值RMS	最大差值	差值SD	差值RMS	最大差值	差值SD	差值RMS
10909	0.87	0.19	0.32	5.40	1.07	1.72	2.18	0.42	0.75
10910	1.69	0.36	0.69	1.82	0.39	0.79	1.77	0.38	0.57
10911	1.70	0.37	0.65	6.03	0.74	1.14	2.69	0.43	0.66
10912	2.13	0.48	0.83	2.72	0.54	1.01	2.94	0.36	0.55
11001	1.62	0.36	0.59	4.80	0.65	1.07	1.76	0.34	0.57
11002	1.36	0.29	0.45	6.22	1.21	1.64	2.43	0.48	0.78
11003	1.25	0.37	0.54	6.55	1.30	1.72	2.25	0.65	0.93
11004	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11005	0.81	0.18	0.34	2.82	0.66	1.27	2.10	0.52	0.77
11006	0.72	0.15	0.27	5.39	0.98	1.64	2.32	0.44	0.67
11007	1.52	0.30	0.44	8.87	1.33	2.08	2.24	0.43	0.65
11008	1.09	0.16	0.26	6.07	1.35	2.30	2.88	0.48	0.69

附二表 2-18 馬祖福澳港 110 年度波浪實測與模擬差值統計表

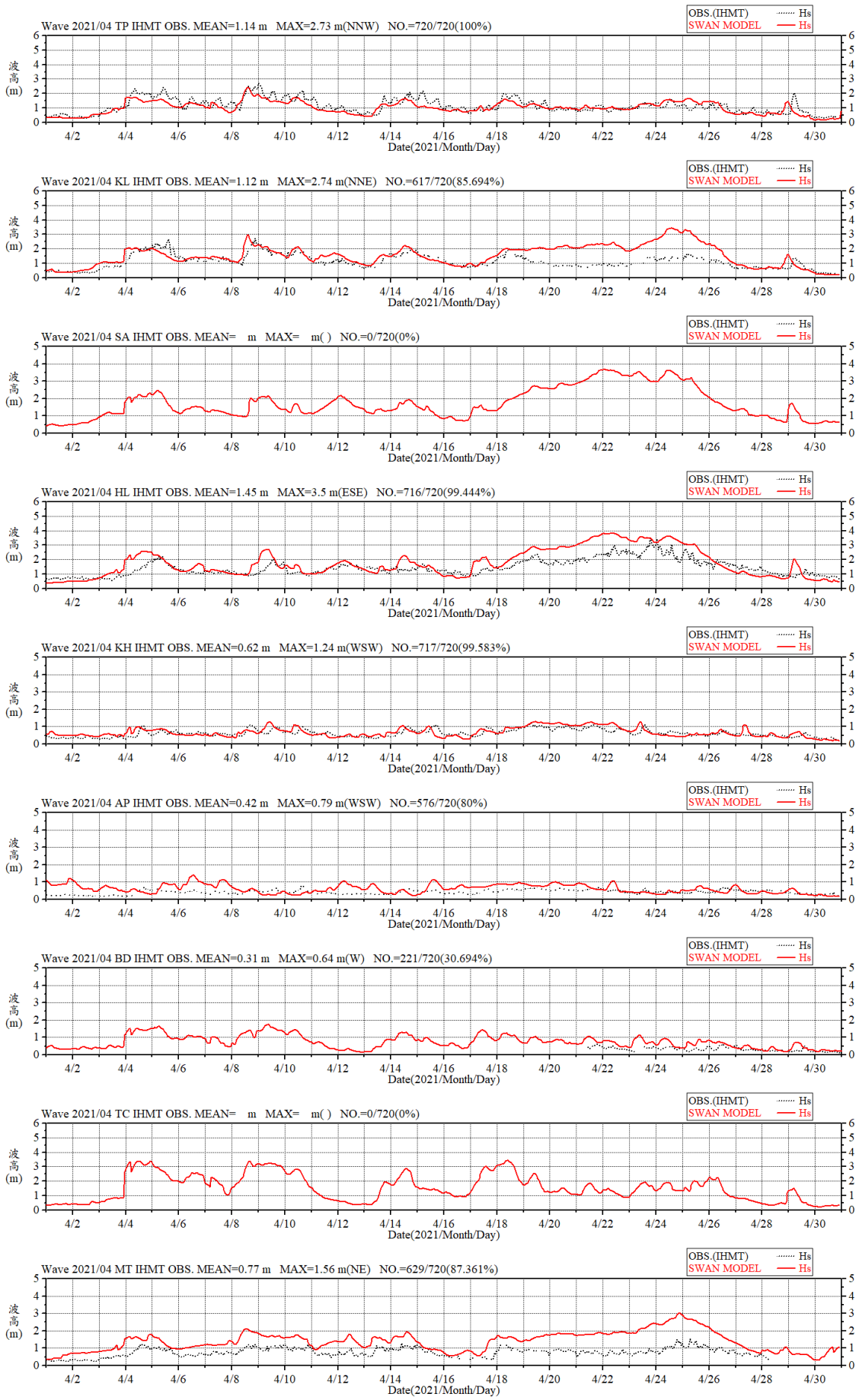
馬祖 MT	示性波高Hs (m)			譜峰週期Tp (sec)			平均週期Tm (sec)		
	最大差值	差值SD	差值RMS	最大差值	差值SD	差值RMS	最大差值	差值SD	差值RMS
10909	2.21	0.39	0.69	11.98	2.48	3.74	4.52	0.72	0.91
10910	1.92	0.40	0.92	8.10	1.39	2.17	1.31	0.26	0.44
10911	1.98	0.36	0.92	6.24	0.99	1.93	1.59	0.33	0.57
10912	2.82	0.46	1.07	3.88	0.85	2.13	2.05	0.35	0.59
11001	1.86	0.36	0.72	8.53	1.59	2.57	1.72	0.30	0.48
11002	1.75	0.36	0.71	11.78	1.77	2.54	2.77	0.49	0.71
11003	2.07	0.31	0.54	7.56	1.59	2.52	2.74	0.46	0.65
11004	1.78	0.40	0.80	6.97	1.55	2.64	2.73	0.49	0.78
11005	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11006	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11007	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11008	-	-	-	-	-	-	-	-	-



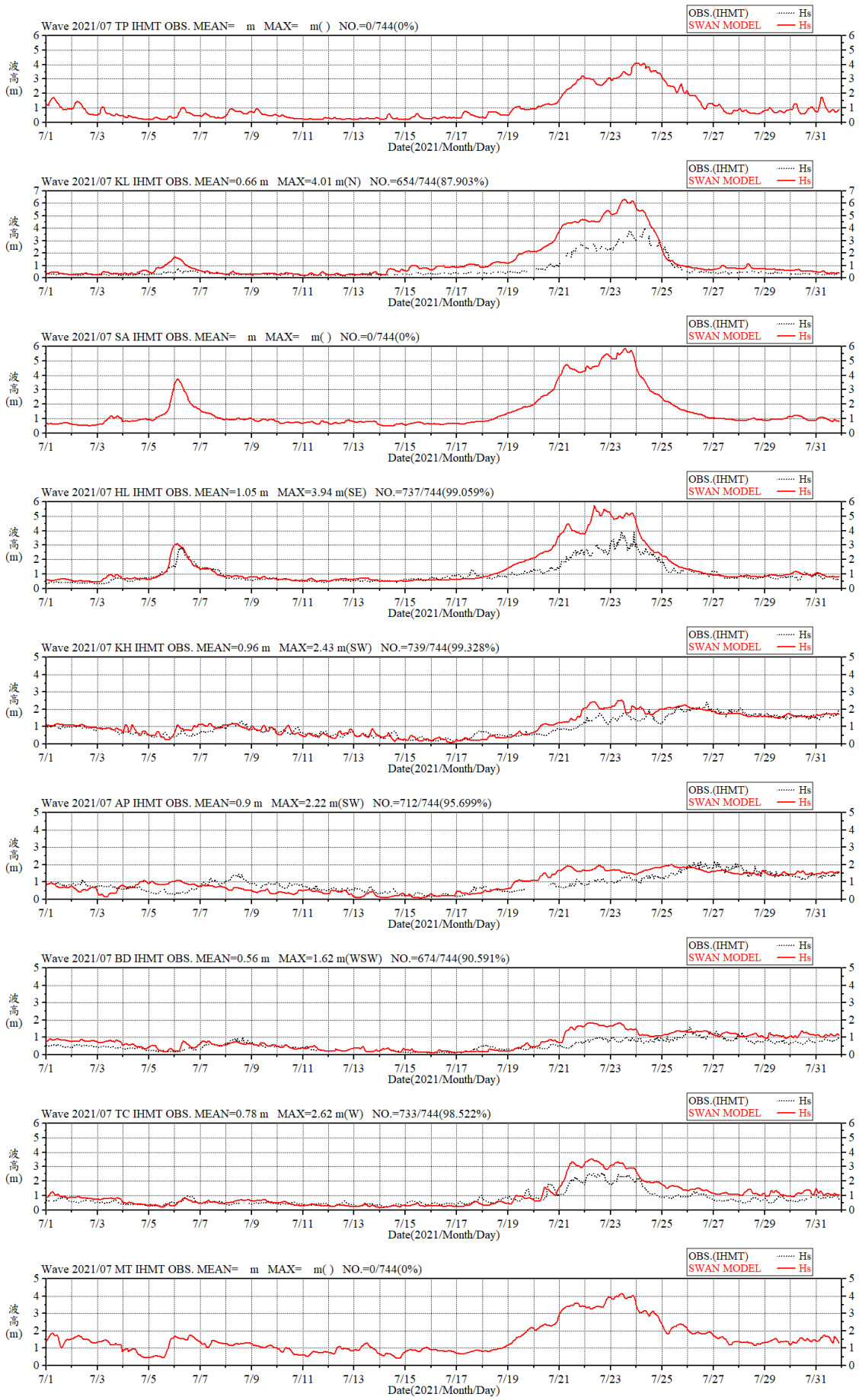
附二圖 2.1 109 年 10 月 9 商港觀測波高與中尺度 SWAN 模式比較圖



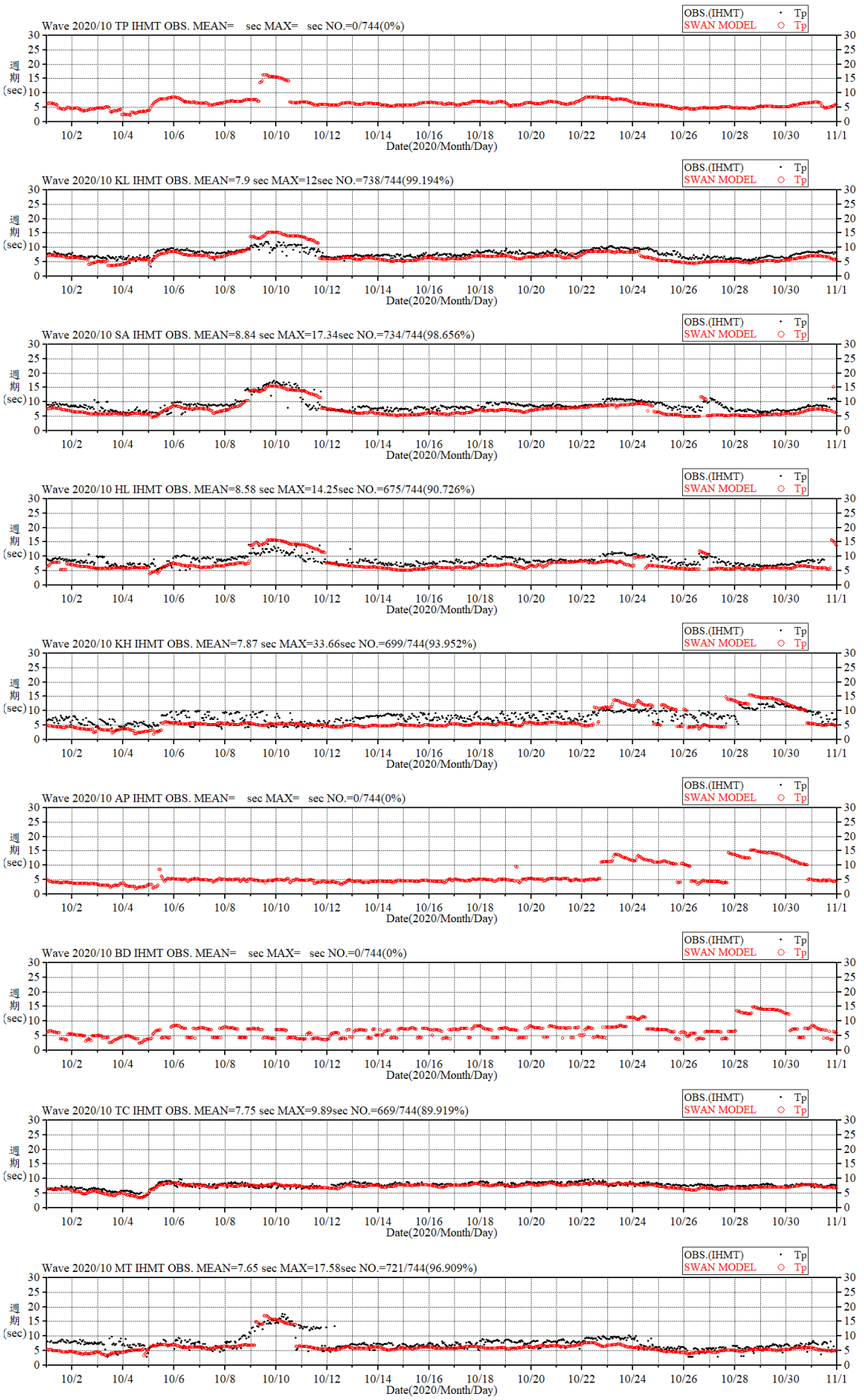
附二圖 2.2 110 年 1 月 9 商港觀測波高與中尺度 SWAN 模式比較圖



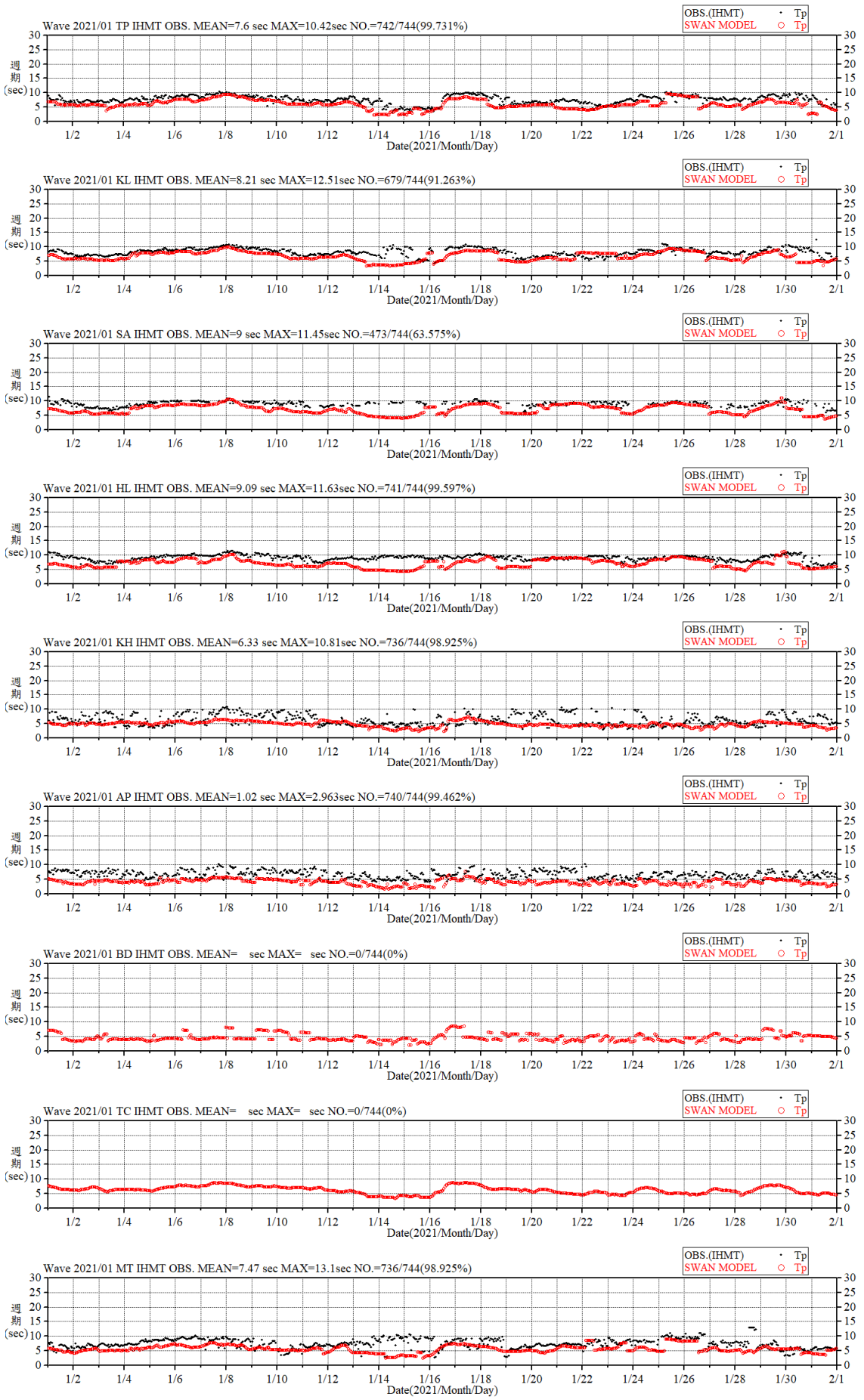
附二圖 2.3 110 年 4 月 9 商港觀測波高與中尺度 SWAN 模式比較圖



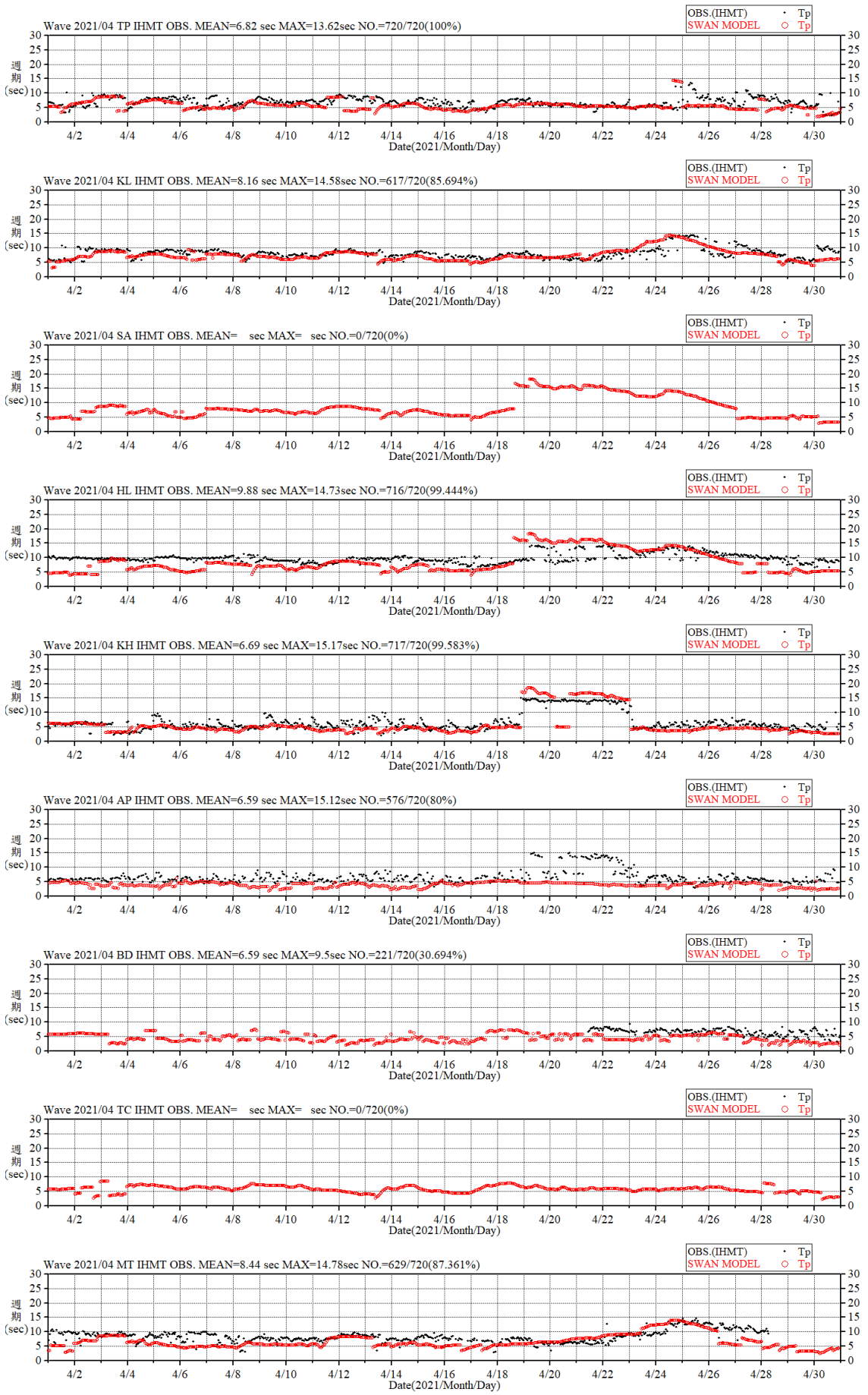
附二圖 2.4 110 年 7 月 9 商港觀測波高與中尺度 SWAN 模式比較圖



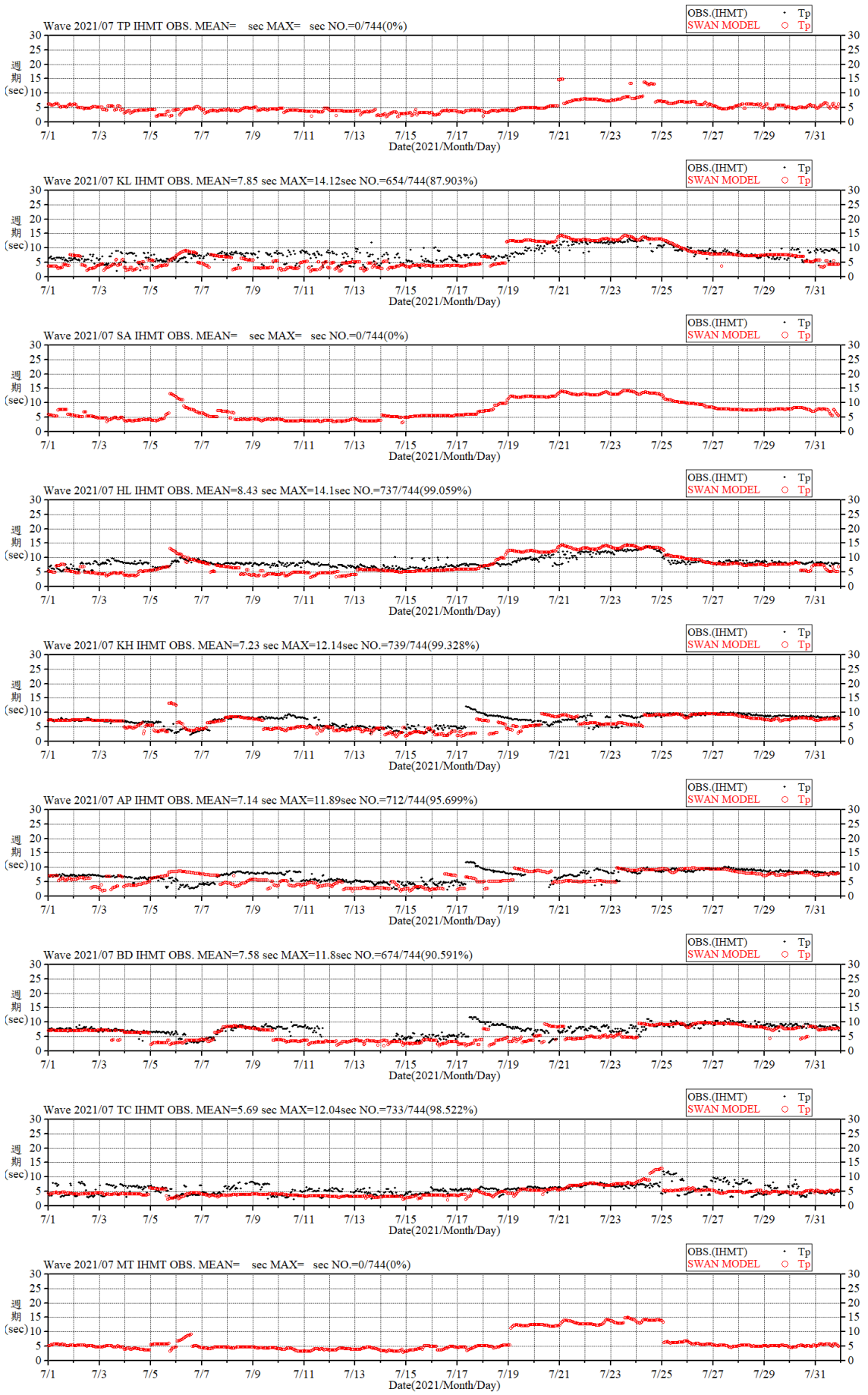
附二圖 2.5 109 年 10 月 9 商港觀測週期與中尺度 SWAN 模式比較圖



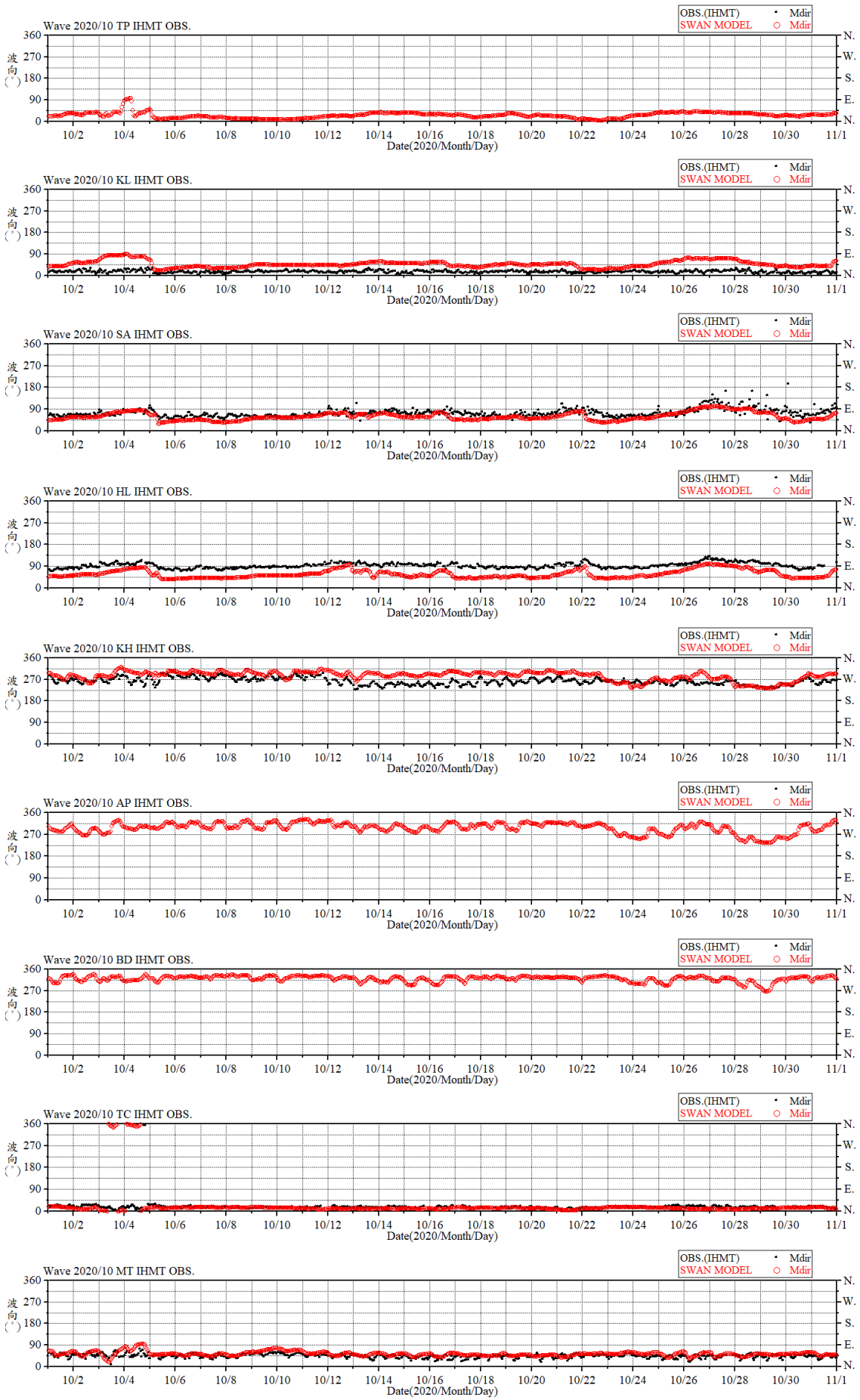
附二圖 2.6 110 年 1 月 9 商港觀測週期與中尺度 SWAN 模式比較圖



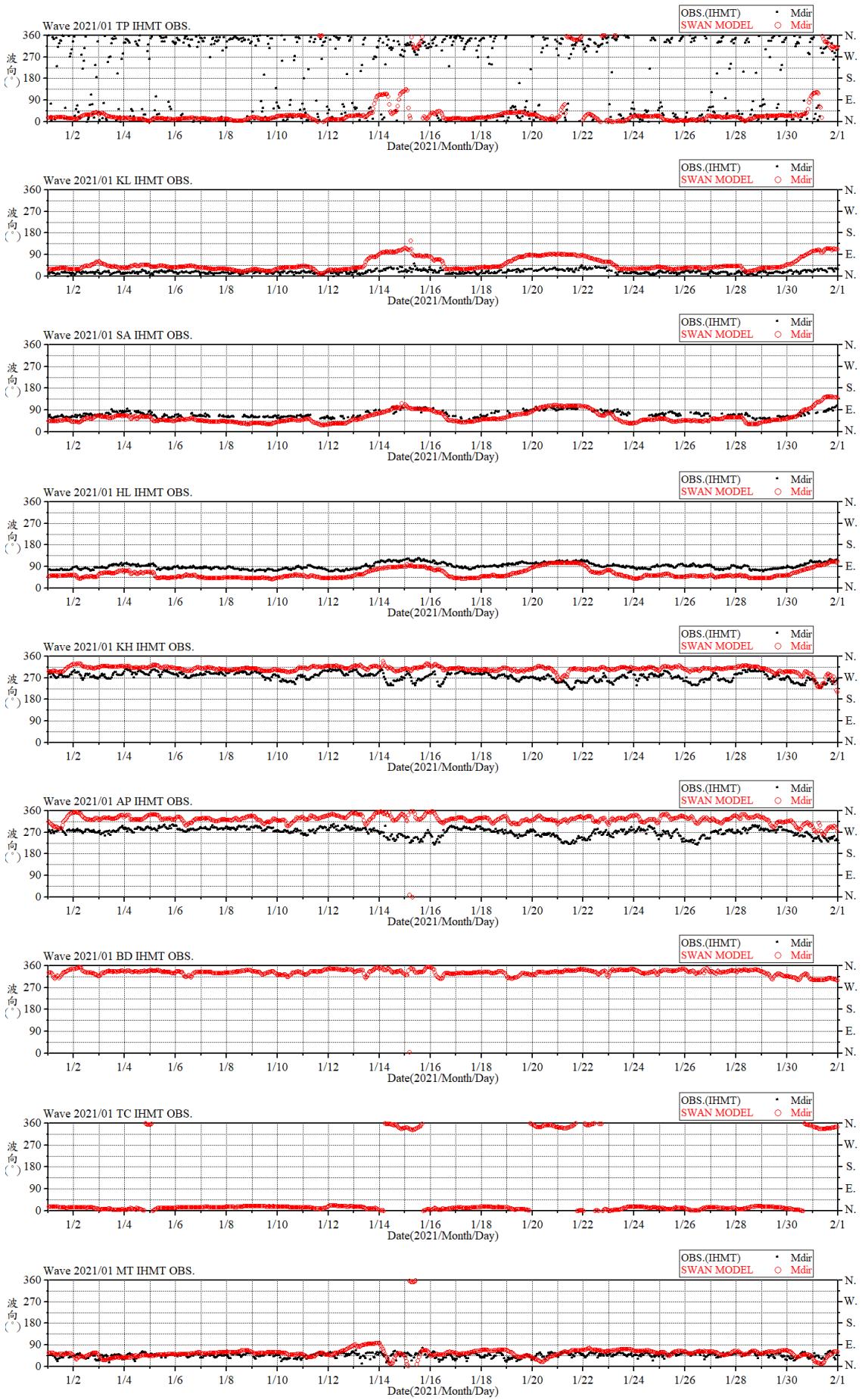
附二圖 2.7 110 年 4 月 9 商港觀測週期與中尺度 SWAN 模式比較圖



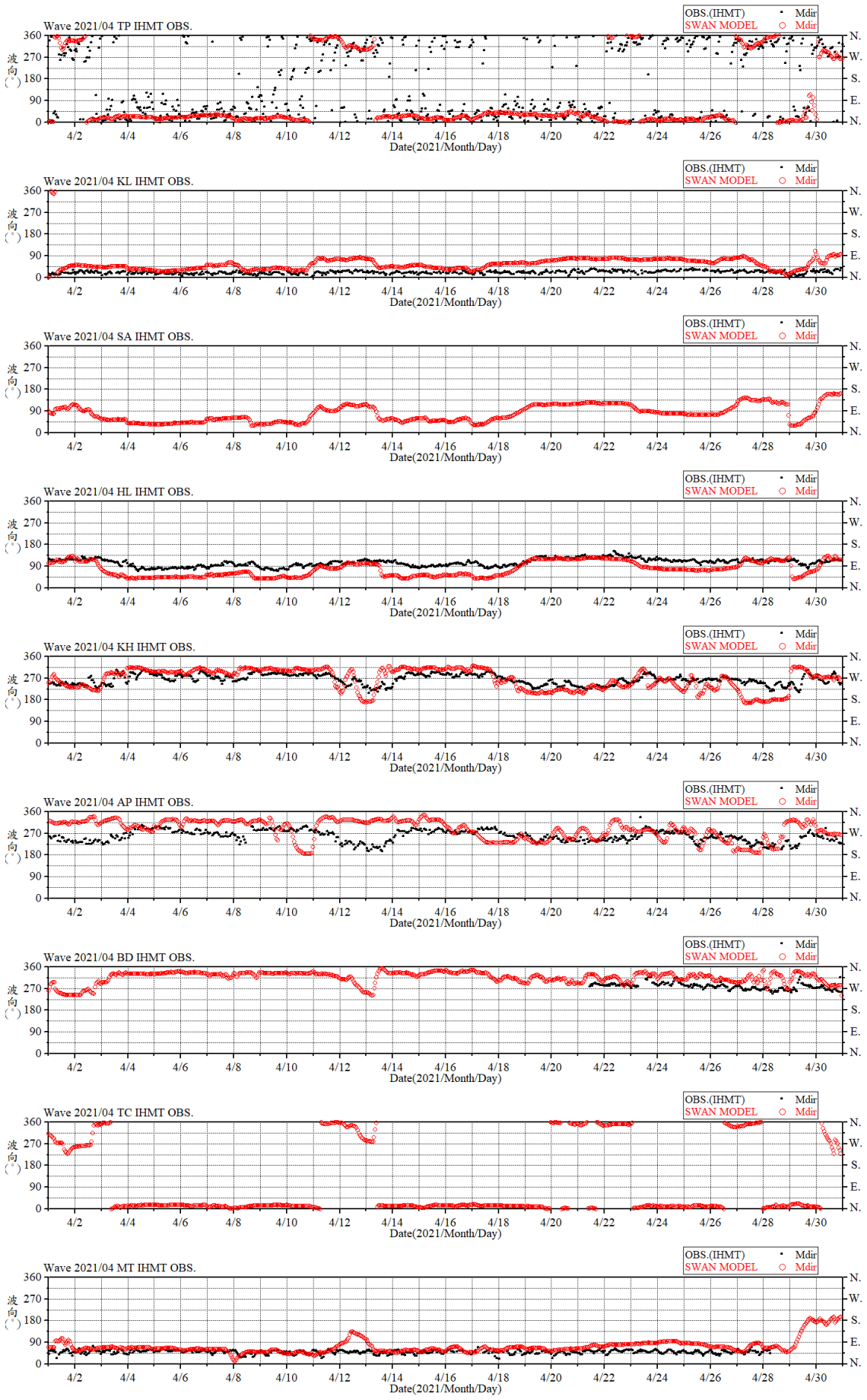
附二圖 2.8 110 年 7 月 9 商港觀測週期與中尺度 SWAN 模式比較圖



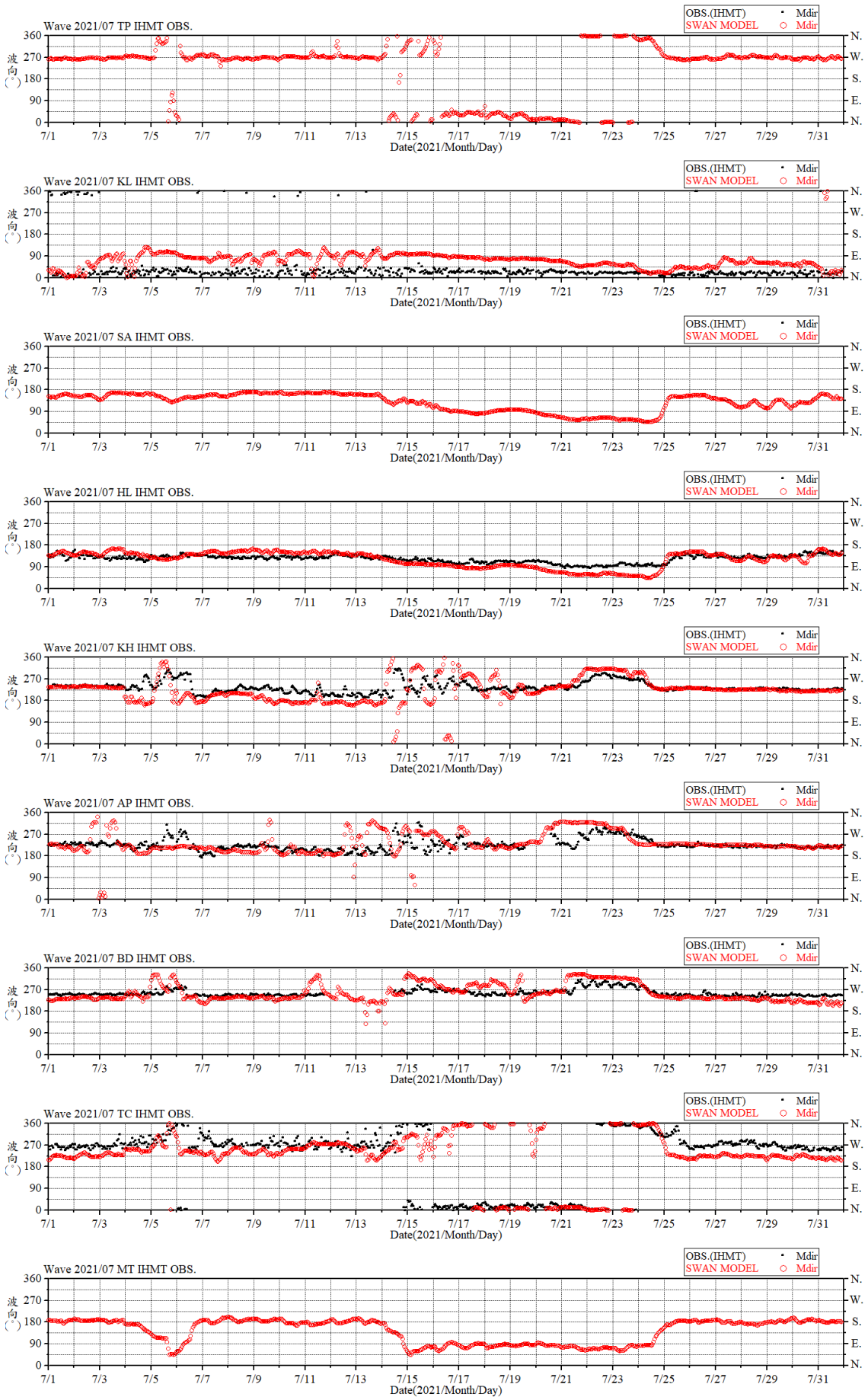
附二圖 2.9 109 年 10 月 9 商港觀測波向與中尺度 SWAN 模式比較圖



附二圖 2.10 110 年 1 月 9 商港觀測波向與中尺度 SWAN 模式比較圖



附二圖 2.11 110 年 4 月 9 商港觀測波向與中尺度 SWAN 模式比較圖



附二圖 2.12 110 年 7 月 9 商港觀測波向與中尺度 SWAN 模式比較圖

第三章 110年9商港潮位預測成果評估

附二表 3-1 臺北港 110 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

臺北	標準偏差 SD		均方根 RMS		平均值 MEAN		最大值 MAX		最小值 MIN		蒐集率 (%)	
月份	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model	Obs	Model
10909	0.86	0.61	0.88	0.61	0.21	0.00	1.87	1.23	-1.52	-1.21	74.58	100.00
10910	0.86	0.60	0.87	0.62	0.11	-0.16	1.76	1.17	-1.80	-1.47	100.00	100.00
10911	0.86	0.60	0.86	0.63	-0.01	-0.19	1.75	1.16	-1.92	-1.50	100.00	100.00
10912	0.85	0.60	0.86	0.64	-0.13	-0.21	1.64	0.99	-2.16	-1.66	99.87	100.00
11001	0.89	0.63	0.91	0.65	-0.22	-0.17	1.51	1.36	-2.18	-2.04	100.00	100.00
11002	0.88	0.61	0.89	0.62	-0.16	-0.11	1.63	1.09	-1.92	-1.47	99.85	100.00
11003	0.88	0.63	0.89	0.63	-0.14	-0.10	1.62	1.28	-1.88	-1.32	100.00	100.00
11004	0.86	0.62	0.86	0.63	-0.03	-0.08	1.69	1.36	-1.90	-1.43	99.86	100.00
11005	0.85	0.62	0.85	0.62	0.07	0.02	1.83	1.28	-1.86	-1.39	100.00	100.00
11006	0.79	0.62	0.80	0.62	0.13	0.07	1.60	1.25	-1.69	-1.39	75.28	100.00
11007	0.87	0.61	0.89	0.61	0.16	0.07	2.04	1.35	-1.83	-1.24	81.18	100.00
11008	0.84	0.60	0.85	0.60	0.13	0.06	1.68	1.22	-1.63	-1.27	99.87	100.00
平均值	0.86	0.61	0.87	0.62	0.01	-0.07	1.72	1.23	-1.86	-1.45	94.21	100.00

附二表 3-2 基隆港 110 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

基隆	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
10909	0.26	0.24	0.36	0.24	0.24	0.02	0.91	0.49	-0.37	-0.59	96.53	100.00
10910	0.27	0.23	0.27	0.25	0.01	-0.08	0.60	0.38	-0.73	-0.75	95.56	100.00
10911	0.29	0.26	0.35	0.28	-0.20	-0.12	0.51	0.47	-1.02	-0.80	95.69	100.00
10912	0.32	0.28	0.36	0.31	-0.16	-0.13	0.60	0.38	-1.01	-0.94	95.56	100.00
11001	0.31	0.28	0.36	0.30	-0.18	-0.12	0.48	0.47	-1.08	-0.86	96.37	100.00
11002	0.29	0.26	0.32	0.27	-0.13	-0.08	0.50	0.41	-0.96	-0.84	96.73	100.00
11003	0.27	0.24	0.29	0.25	-0.11	-0.06	0.42	0.43	-0.78	-0.70	89.92	100.00
11004	0.27	0.25	0.28	0.25	-0.06	-0.04	0.49	0.47	-0.81	-0.70	99.86	100.00
11005	0.29	0.27	0.29	0.27	0.04	0.03	0.62	0.57	-0.76	-0.73	99.87	100.00
11006	0.28	0.28	0.31	0.29	0.13	0.08	0.69	0.60	-0.72	-0.79	99.72	100.00
11007	0.29	0.27	0.34	0.28	0.19	0.09	1.06	0.69	-0.60	-0.64	100.00	100.00
11008	0.27	0.25	0.33	0.26	0.18	0.06	0.82	0.52	-0.59	-0.66	99.73	100.00
平均值	0.28	0.26	0.32	0.27	0.00	-0.03	0.64	0.49	-0.79	-0.75	97.13	100.00

附二表 3-3 蘇澳港 110 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

蘇澳	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
10909	0.40	0.34	0.43	0.34	0.16	0.02	1.04	0.79	-0.78	-0.76	99.58	100.00
10910	0.39	0.34	0.41	0.35	0.10	-0.04	0.96	0.65	-0.87	-0.86	81.32	100.00
10911	0.35	0.35	0.36	0.36	-0.05	-0.08	0.81	0.73	-0.93	-0.97	68.89	100.00
10912	0.40	0.35	0.41	0.36	-0.05	-0.08	0.94	0.72	-1.16	-1.04	54.84	100.00
11001	0.41	0.36	0.43	0.37	-0.13	-0.08	0.77	0.74	-1.19	-0.97	99.87	100.00
11002	0.39	0.34	0.41	0.35	-0.12	-0.06	0.85	0.75	-1.03	-0.86	99.85	100.00
11003	0.41	0.35	0.42	0.36	-0.11	-0.05	0.81	0.77	-0.96	-0.79	99.73	100.00
11004	0.40	0.35	0.41	0.35	-0.05	-0.03	0.86	0.76	-1.07	-0.90	71.39	100.00
11005	0.42	0.35	0.42	0.35	0.01	0.02	1.01	0.84	-1.10	-0.88	88.58	100.00
11006	0.40	0.35	0.41	0.35	0.12	0.07	1.09	0.88	-0.90	-0.89	100.00	100.00
11007	0.38	0.34	0.39	0.35	0.10	0.08	1.08	1.05	-0.85	-0.74	70.03	100.00
11008	0.21	0.34	0.29	0.34	0.20	0.05	0.65	0.80	-0.27	-0.78	8.06	100.00
平均值	0.38	0.35	0.40	0.35	0.02	-0.02	0.91	0.79	-0.93	-0.87	78.51	100.00

附二表 3-4 花蓮港 110 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

花蓮	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
10909	0.41	0.37	0.42	0.37	0.12	0.02	0.95	0.83	-0.92	-0.81	100.00	100.00
10910	0.40	0.37	0.41	0.37	0.06	-0.01	0.89	0.73	-0.93	-0.90	99.87	100.00
10911	0.39	0.37	0.40	0.37	-0.05	-0.05	0.78	0.75	-1.16	-1.00	99.86	100.00
10912	0.39	0.37	0.39	0.37	-0.04	-0.06	0.86	0.72	-1.07	-1.07	99.19	100.00
11001	0.41	0.37	0.42	0.38	-0.08	-0.07	0.78	0.74	-1.13	-1.01	99.46	100.00
11002	0.40	0.36	0.41	0.37	-0.11	-0.04	0.80	0.78	-1.03	-0.89	100.00	100.00
11003	0.41	0.38	0.42	0.38	-0.09	-0.04	0.80	0.81	-0.96	-0.83	100.00	100.00
11004	0.41	0.37	0.41	0.37	-0.05	-0.02	0.80	0.78	-1.14	-0.95	99.17	100.00
11005	0.40	0.37	0.40	0.37	-0.04	0.01	0.83	0.84	-1.12	-0.94	100.00	100.00
11006	0.39	0.36	0.40	0.36	0.05	0.04	1.00	0.84	-0.94	-0.94	100.00	100.00
11007	0.40	0.36	0.42	0.36	0.13	0.06	1.31	0.97	-0.82	-0.80	99.19	100.00
11008	0.38	0.35	0.39	0.36	0.09	0.04	0.88	0.79	-0.83	-0.82	99.87	100.00
平均值	0.40	0.37	0.41	0.37	0.00	-0.01	0.89	0.80	-1.00	-0.91	99.72	100.00

附二表 3-5 高雄港 110 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

高雄	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
10909	0.22	0.23	0.23	0.23	0.05	0.04	0.62	0.61	-0.41	-0.43	96.11	100.00
10910	0.23	0.22	0.25	0.22	0.10	0.02	0.63	0.54	-0.39	-0.48	95.43	100.00
10911	0.25	0.25	0.26	0.25	-0.03	-0.03	0.60	0.59	-0.56	-0.59	96.25	100.00
10912	0.27	0.27	0.28	0.27	-0.09	-0.04	0.58	0.60	-0.65	-0.67	91.80	100.00
11001	0.27	0.27	0.35	0.28	-0.23	-0.05	0.50	0.61	-0.67	-0.63	97.04	100.00
11002	0.25	0.24	0.36	0.25	-0.26	-0.03	0.45	0.62	-0.67	-0.54	96.43	100.00
11003	0.23	0.22	0.32	0.23	-0.23	-0.02	0.28	0.51	-0.66	-0.54	53.76	100.00
11004	0.32	0.23	0.32	0.23	-0.08	0.00	0.54	0.56	-0.49	-0.51	4.31	100.00
11005	0.27	0.26	0.27	0.26	0.04	0.02	0.77	0.69	-0.51	-0.55	95.56	100.00
11006	0.25	0.26	0.31	0.27	0.18	0.05	0.89	0.73	-0.36	-0.58	96.11	100.00
11007	0.22	0.26	0.33	0.27	0.25	0.07	0.86	0.85	-0.18	-0.47	68.01	100.00
11008	0.22	0.24	0.32	0.24	0.24	0.05	0.93	0.64	-0.27	-0.50	71.91	100.00
平均值	0.25	0.25	0.30	0.25	0.00	0.01	0.64	0.63	-0.49	-0.54	80.23	100.00

附二表 3-6 安平港 110 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

安平	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
10909	0.26	0.30	0.27	0.30	0.07	0.05	0.60	0.71	-0.49	-0.61	69.44	100.00
10910	0.26	0.29	0.30	0.29	0.14	0.03	0.68	0.68	-0.46	-0.64	78.63	100.00
10911	0.27	0.31	0.27	0.31	0.01	-0.01	0.61	0.68	-0.65	-0.77	96.67	100.00
10912	0.29	0.33	0.29	0.33	-0.05	-0.03	0.57	0.67	-0.77	-0.88	100.00	100.00
11001	0.29	0.33	0.34	0.34	-0.19	-0.04	0.49	0.71	-0.92	-0.85	100.00	100.00
11002	0.24	0.31	0.32	0.31	-0.21	-0.02	0.26	0.70	-0.70	-0.74	14.29	100.00
11003	0.26	0.29	0.27	0.29	-0.09	-0.01	0.43	0.64	-0.76	-0.69	72.45	100.00
11004	0.27	0.30	0.27	0.30	-0.02	0.01	0.58	0.66	-0.67	-0.72	99.86	100.00
11005	0.29	0.33	0.29	0.33	0.01	0.04	0.64	0.78	-0.76	-0.77	100.00	100.00
11006	0.29	0.33	0.29	0.34	0.02	0.07	0.71	0.82	-0.75	-0.79	100.00	100.00
11007	0.28	0.32	0.29	0.33	0.10	0.08	0.84	0.91	-0.56	-0.68	99.06	100.00
11008	0.27	0.31	0.28	0.31	0.07	0.07	0.71	0.75	-0.57	-0.71	82.26	100.00
平均值	0.27	0.31	0.29	0.32	-0.01	0.02	0.59	0.73	-0.67	-0.74	84.39	100.00

附二表 3-7 布袋港 110 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

布袋	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
10909	0.53	0.50	0.54	0.50	0.09	0.01	1.10	1.02	-1.00	-1.00	95.00	100.00
10910	0.55	0.48	0.56	0.48	0.12	-0.02	1.25	0.96	-1.05	-1.16	100.00	100.00
10911	0.55	0.49	0.55	0.50	0.01	-0.06	1.19	0.88	-1.25	-1.31	99.72	100.00
10912	0.56	0.51	0.57	0.52	-0.09	-0.08	1.03	0.84	-1.37	-1.43	100.00	100.00
11001	0.56	0.52	0.60	0.53	-0.21	-0.09	0.82	1.04	-1.50	-1.34	100.00	100.00
11002	0.55	0.50	0.59	0.50	-0.20	-0.06	0.90	0.87	-1.44	-1.18	100.00	100.00
11003	0.55	0.50	0.57	0.50	-0.12	-0.06	1.03	0.98	-1.27	-1.11	100.00	100.00
11004	0.55	0.51	0.55	0.51	0.01	-0.03	1.03	0.99	-1.21	-1.28	100.00	100.00
11005	0.54	0.52	0.54	0.52	0.05	0.00	1.10	0.93	-1.22	-1.30	100.00	100.00
11006	0.54	0.52	0.54	0.52	0.07	0.03	1.08	0.93	-1.22	-1.31	100.00	100.00
11007	0.53	0.51	0.55	0.51	0.14	0.05	1.41	1.04	-1.09	-1.13	99.87	100.00
11008	0.53	0.50	0.54	0.50	0.13	0.03	1.16	0.96	-1.05	-1.11	100.00	100.00
平均值	0.55	0.51	0.56	0.51	0.00	-0.02	1.09	0.95	-1.22	-1.22	99.55	100.00

附二表 3-8 臺中港 110 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

臺中	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
10909	1.43	1.33	1.55	1.33	-0.59	0.03	2.13	2.60	-3.31	-2.53	91.53	100.00
10910	1.40	1.29	1.70	1.29	-0.96	-0.07	1.72	2.53	-3.67	-2.73	40.46	100.00
10911	1.44	1.28	1.85	1.28	-1.15	-0.10	1.64	2.44	-3.76	-2.82	96.81	100.00
10912	1.49	1.26	1.77	1.27	-0.96	-0.13	2.47	2.24	-3.76	-2.86	63.31	100.00
11001	1.46	1.29	1.46	1.29	0.10	-0.11	2.60	2.35	-2.92	-2.78	99.33	100.00
11002	1.45	1.29	1.45	1.29	0.15	-0.06	2.79	2.26	-2.69	-2.62	100.00	100.00
11003	1.49	1.35	1.50	1.35	0.19	-0.05	3.03	2.66	-2.71	-2.56	99.87	100.00
11004	1.45	1.33	1.48	1.33	0.33	-0.03	2.99	2.54	-2.66	-2.77	99.86	100.00
11005	1.41	1.32	1.47	1.32	0.42	0.03	2.91	2.41	-2.54	-2.73	100.00	100.00
11006	1.40	1.30	1.47	1.30	0.44	0.05	2.83	2.35	-2.50	-2.68	99.72	100.00
11007	1.40	1.29	1.49	1.30	0.52	0.08	3.17	2.48	-2.55	-2.60	99.60	100.00
11008	1.41	1.28	1.49	1.28	0.49	0.06	2.86	2.41	-2.34	-2.61	99.87	100.00
平均值	1.44	1.30	1.56	1.30	-0.09	-0.03	2.60	2.44	-2.95	-2.69	90.86	100.00

附二表 3-9 馬祖福澳港 110 年度潮位實測與模擬資料統計表(單位 m)

馬祖	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
10909	1.64	1.54	1.65	1.54	0.10	0.03	3.19	3.04	-3.27	-3.30	99.17	100.00
10910	1.65	1.53	1.66	1.53	0.24	0.00	3.41	3.19	-3.24	-3.42	98.66	100.00
10911	1.61	1.51	1.61	1.51	0.06	-0.04	3.07	3.02	-3.67	-3.48	98.61	100.00
10912	1.59	1.49	1.59	1.49	0.07	-0.06	3.21	2.77	-3.54	-3.45	98.66	100.00
11001	1.66	1.49	1.66	1.49	-0.12	-0.08	2.86	2.84	-3.79	-3.46	99.60	100.00
11002	1.64	1.49	1.65	1.49	-0.12	-0.04	2.93	2.83	-3.44	-3.23	98.66	100.00
11003	1.68	1.59	1.69	1.59	-0.13	-0.04	3.14	3.13	-3.43	-3.26	98.52	100.00
11004	1.64	1.55	1.64	1.55	-0.08	-0.02	3.02	3.08	-3.70	-3.49	98.75	100.00
11005	1.61	1.51	1.61	1.51	-0.10	0.03	3.06	2.91	-3.65	-3.41	98.66	100.00
11006	1.58	1.49	1.58	1.49	-0.01	0.06	3.02	2.88	-3.43	-3.28	98.61	100.00
11007	1.60	1.47	1.60	1.47	0.06	0.08	3.51	3.04	-3.57	-3.26	98.25	100.00

11008	1.60	1.46	1.60	1.46	0.02	0.06	2.90	2.92	-3.44	-3.30	98.92	100.00
平均值	1.63	1.51	1.63	1.51	0.00	0.00	3.11	2.97	-3.51	-3.36	98.76	100.00

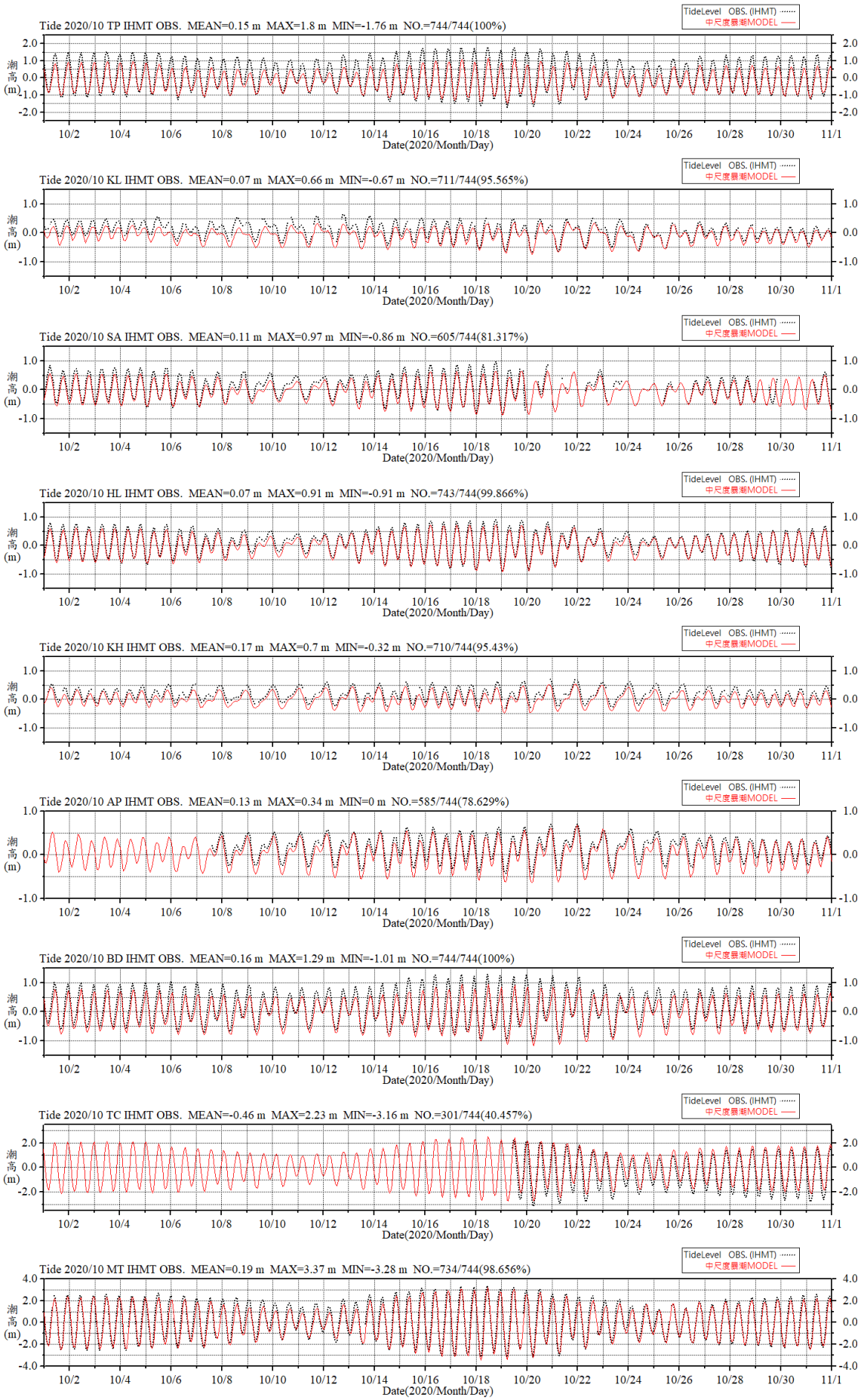
附二表 3-8 各站 110 年度潮位實測與模擬差值統計表(單位 m)

臺北 TP	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	**基隆 KL**	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	0.87	0.19	0.33	**10909**	0.05	0.45	0.07	0.23
10910	0.00	0.86	0.23	0.40	**10910**	0.00	0.38	0.08	0.13
10911	0.00	0.78	0.18	0.34	**10911**	0.00	0.29	0.07	0.12
10912	0.00	0.68	0.16	0.31	**10912**	0.00	0.35	0.08	0.12
11001	0.00	1.59	0.20	0.34	**11001**	0.00	0.57	0.07	0.12
11002	0.00	0.63	0.16	0.30	**11002**	0.00	0.36	0.06	0.11
11003	0.00	0.68	0.15	0.29	**11003**	0.00	0.22	0.05	0.09
11004	0.00	0.57	0.13	0.27	**11004**	0.00	0.23	0.04	0.07
11005	0.00	0.57	0.13	0.26	**11005**	0.00	0.19	0.04	0.06
11006	0.00	0.54	0.12	0.25	**11006**	0.00	0.19	0.04	0.07
11007	0.00	0.73	0.15	0.27	**11007**	0.00	0.39	0.06	0.13
11008	0.00	0.61	0.13	0.27	**11008**	0.00	0.29	0.06	0.13
蘇澳 SA	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	**花蓮 HL**	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	0.33	0.07	0.15	**10909**	0.00	0.35	0.06	0.13
10910	0.00	0.88	0.09	0.17	**10910**	0.00	0.22	0.05	0.10
10911	0.00	0.88	0.06	0.08	**10911**	0.00	0.19	0.04	0.07
10912	0.00	0.92	0.10	0.13	**10912**	0.00	0.33	0.05	0.07
11001	0.00	0.69	0.07	0.10	**11001**	0.00	0.56	0.06	0.08
11002	0.00	0.26	0.05	0.09	**11002**	0.00	0.23	0.05	0.09
11003	0.00	0.25	0.06	0.09	**11003**	0.00	0.23	0.05	0.08
11004	0.00	1.29	0.10	0.12	**11004**	0.00	0.22	0.05	0.08
11005	0.00	0.66	0.06	0.09	**11005**	0.00	0.19	0.04	0.07
11006	0.00	0.26	0.05	0.08	**11006**	0.00	0.22	0.05	0.07
11007	0.00	0.99	0.09	0.14	**11007**	0.00	0.42	0.08	0.12
11008	0.05	0.47	0.07	0.15	**11008**	0.00	0.24	0.05	0.09
高雄 KH	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	**安平 AP**	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	0.22	0.04	0.07	**10909**	0.00	0.28	0.06	0.09
10910	0.00	0.27	0.06	0.11	**10910**	0.00	0.32	0.07	0.13
10911	0.00	0.26	0.05	0.09	**10911**	0.00	0.26	0.05	0.09
10912	0.00	0.26	0.06	0.10	**10912**	0.00	0.25	0.05	0.09
11001	0.00	0.44	0.07	0.20	**11001**	0.00	0.64	0.08	0.17
11002	0.07	0.47	0.06	0.24	**11002**	0.00	0.25	0.05	0.15
11003	0.00	0.37	0.07	0.20	**11003**	0.00	0.26	0.06	0.12
11004	0.00	0.13	0.04	0.07	**11004**	0.00	0.30	0.05	0.09
11005	0.00	0.33	0.06	0.12	**11005**	0.00	0.21	0.05	0.08
11006	0.00	0.34	0.07	0.16	**11006**	0.00	0.28	0.05	0.10
11007	0.04	0.42	0.06	0.23	**11007**	0.00	0.25	0.05	0.08
11008	0.09	0.43	0.07	0.22	**11008**	0.00	0.28	0.05	0.08

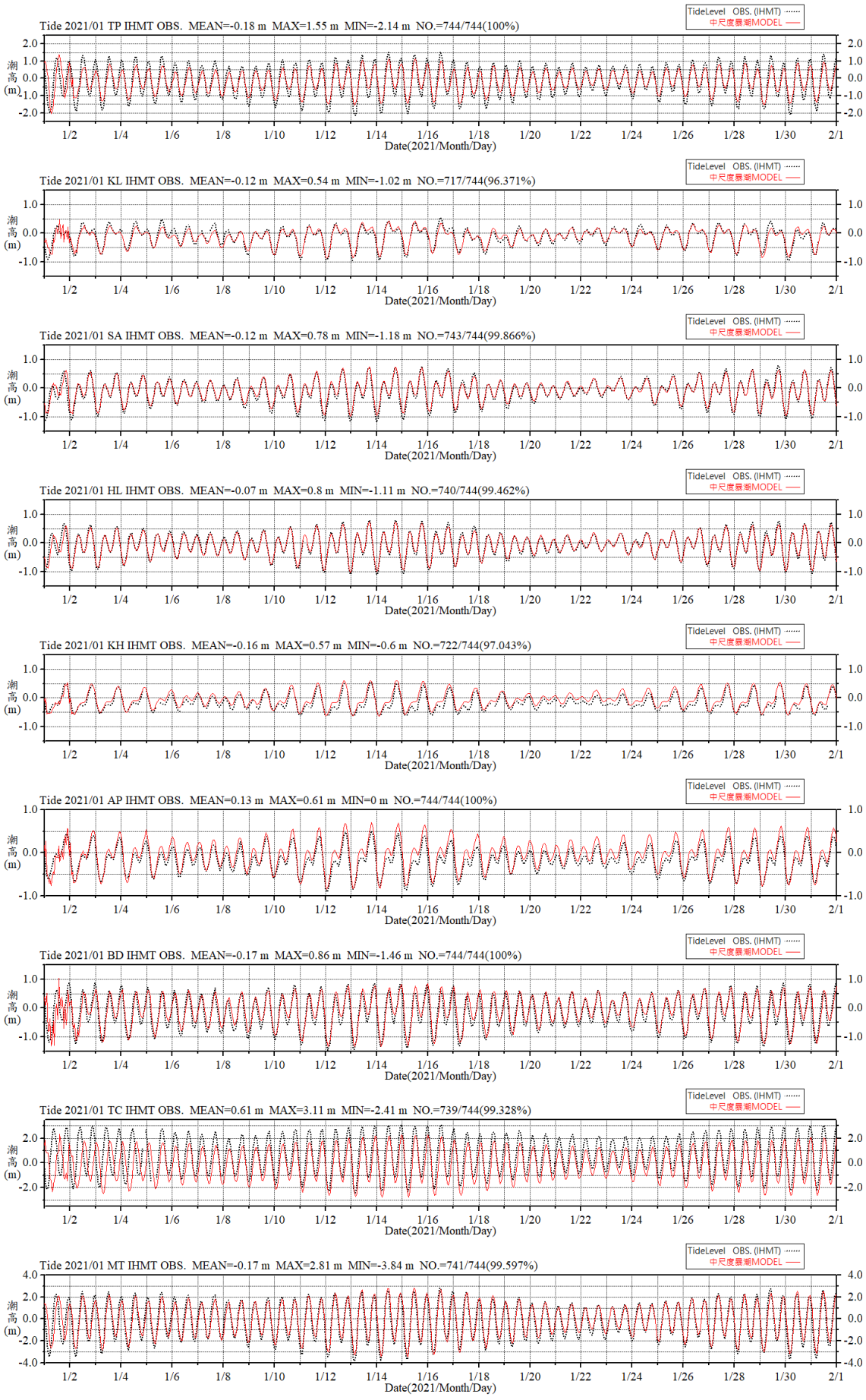
附二表 3-8 各站 110 年度潮位實測與模擬差值統計表(單位 m) (續)

布袋 BD	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	臺中 TC	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	0.39	0.07	0.13	**10909**	0.00	1.15	0.21	0.66
10910	0.00	0.56	0.12	0.20	**10910**	0.18	1.51	0.29	0.94
10911	0.00	0.46	0.10	0.16	**10911**	0.36	1.61	0.29	1.08
10912	0.00	0.44	0.09	0.16	**10912**	0.00	3.36	0.51	1.25
11001	0.00	1.30	0.14	0.22	**11001**	0.00	3.97	0.75	0.92
11002	0.00	0.54	0.11	0.20	**11002**	0.00	0.94	0.20	0.35
11003	0.00	0.62	0.10	0.15	**11003**	0.00	1.15	0.22	0.37
11004	0.00	0.37	0.07	0.12	**11004**	0.00	0.94	0.22	0.43
11005	0.00	0.24	0.05	0.09	**11005**	0.02	0.83	0.17	0.43
11006	0.00	0.26	0.06	0.10	**11006**	0.00	0.83	0.19	0.44
11007	0.00	0.40	0.07	0.13	**11007**	0.03	1.09	0.18	0.48
11008	0.00	0.39	0.08	0.13	**11008**	0.01	0.85	0.18	0.46

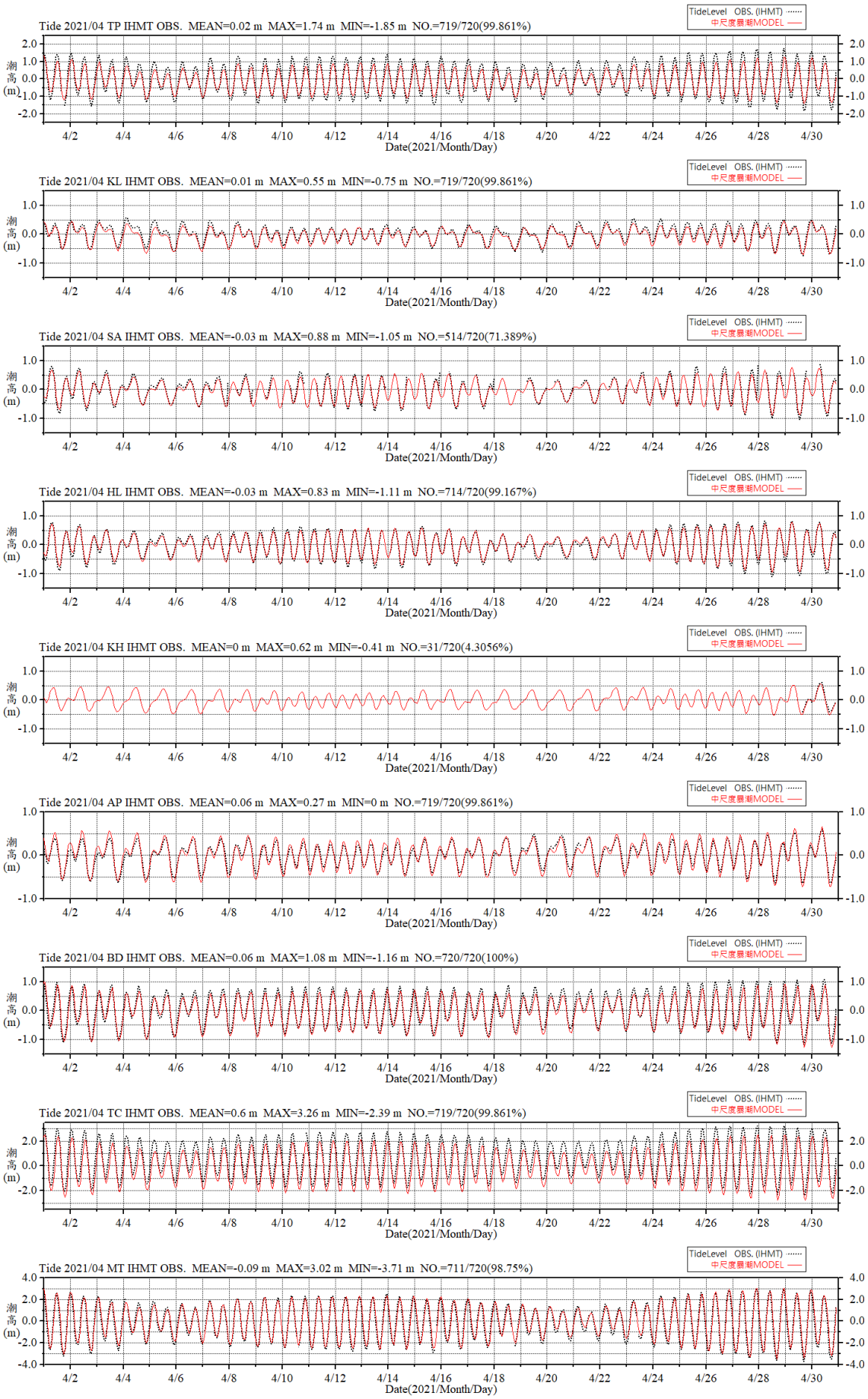
馬祖 MT	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	0.77	0.14	0.25
10910	0.00	1.04	0.24	0.38
10911	0.00	0.90	0.17	0.28
10912	0.00	0.85	0.19	0.31
11001	0.00	2.49	0.30	0.41
11002	0.00	0.86	0.18	0.30
11003	0.00	0.82	0.16	0.27
11004	0.00	0.64	0.13	0.24
11005	0.00	0.65	0.14	0.25
11006	0.00	0.63	0.12	0.22
11007	0.00	0.91	0.15	0.24
11008	0.00	0.53	0.12	0.23



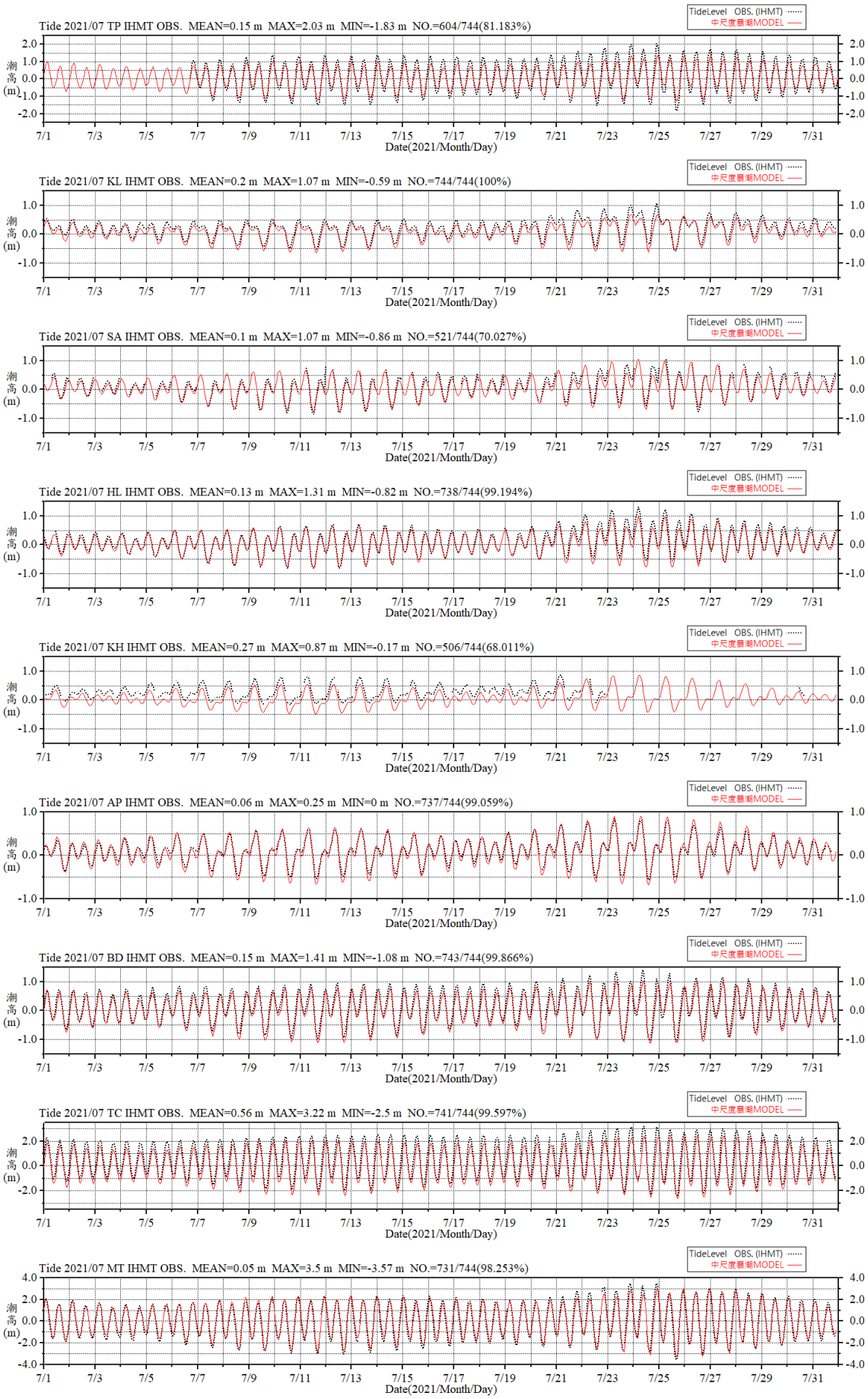
附二圖 3.1 109 年 10 月 9 商港觀測潮位與中尺度暴潮模式比較圖



附二圖 3.2 110 年 1 月 9 商港觀測潮位與中尺度暴潮模式比較圖



附二圖 3.3 110 年 4 月 9 商港觀測潮位與中尺度暴潮模式比較圖



附二圖 3.4 110 年 7 月 9 商港觀測潮位與中尺度暴潮模式比較圖

第四章 110年9商港海流預測成果評估

附二表 4-1 臺北港 110 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
10909	24.39	13.66	59.08	28.96	53.84	25.54	117.00	61.20	25.42	100.00
10910	-	13.36	-	28.27	-	24.92	-	55.40	-	100.00
10911	-	13.15	-	27.95	-	24.67	-	60.10	-	100.00
10912	25.19	12.68	55.73	27.40	49.73	24.30	124.20	55.80	59.41	100.00
11001	24.76	14.64	55.88	29.38	50.10	25.47	126.60	128.60	99.73	100.00
11002	25.35	13.15	56.93	28.01	50.98	24.74	119.80	55.30	100.00	100.00
11003	27.26	14.16	58.80	29.64	52.10	26.05	128.40	59.80	100.00	100.00
11004	24.74	13.73	55.04	28.99	49.18	25.54	126.00	61.60	100.00	100.00
11005	22.11	13.24	45.50	28.63	39.78	25.39	106.20	61.70	100.00	100.00
11006	15.69	12.89	30.76	28.34	26.48	25.25	75.60	60.60	25.56	100.00
11007	-	12.79	-	28.05	-	24.97	-	62.00	0.00	100.00
11008	23.72	13.16	57.49	27.98	52.38	24.70	107.40	58.90	59.41	100.00
平均值	23.69	13.38	52.80	28.47	47.17	25.13	114.58	65.08	66.95	100.00

附二表 4-2 基隆港 110 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 cm/s)

基隆	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
10909	10.69	3.38	20.65	6.45	17.67	5.50	67.70	15.30	95.56	100.00
10910	11.79	3.76	21.28	6.96	17.72	5.85	63.50	17.30	99.19	100.00
10911	11.89	3.64	21.47	6.79	17.88	5.74	60.00	16.00	99.44	100.00
10912	11.59	3.54	20.94	6.71	17.45	5.70	65.90	15.90	98.39	100.00
11001	11.62	3.36	21.01	6.51	17.51	5.58	61.80	14.70	91.26	100.00
11002	12.27	3.39	21.97	6.42	18.23	5.45	61.60	15.00	86.31	100.00
11003	10.98	3.54	19.96	6.75	16.68	5.74	58.60	15.00	84.81	100.00
11004	10.64	3.47	20.17	6.60	17.14	5.61	55.20	15.60	85.69	100.00
11005	9.87	3.09	18.86	6.15	16.07	5.32	50.90	14.80	92.34	100.00
11006	11.11	2.95	22.46	6.02	19.53	5.24	55.90	14.00	99.72	100.00
11007	11.66	2.96	21.90	5.98	18.54	5.20	59.10	14.60	88.04	100.00
11008	10.73	3.05	20.00	5.97	16.89	5.14	52.90	14.00	83.60	100.00
平均值	11.24	3.34	20.89	6.44	17.61	5.51	59.43	15.18	92.03	100.00

附二表 4-3 蘇澳港 110 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 cm/s)

蘇澳	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
10909	9.10	25.88	17.22	48.53	14.63	41.06	55.20	131.70	49.72	100.00
10910	8.73	29.00	16.76	53.84	14.31	45.37	46.90	129.60	98.66	100.00
10911	8.77	29.89	17.04	54.49	14.62	45.58	57.00	125.80	97.64	100.00
10912	10.29	31.19	19.69	54.75	16.79	45.01	70.00	167.80	97.45	100.00
11001	9.39	29.03	17.73	51.83	15.04	42.95	61.40	139.90	64.52	100.00
11002	9.88	28.95	18.69	50.81	15.88	41.77	52.40	148.50	66.82	100.00
11003	8.38	26.87	15.76	51.28	13.35	43.69	53.50	125.50	73.52	100.00
11004	8.62	26.30	16.41	50.27	13.97	42.85	62.10	113.20	91.94	100.00
11005	7.98	25.71	15.22	48.73	12.96	41.41	56.30	112.50	100.00	100.00
11006	7.27	27.35	14.19	51.74	12.19	43.93	39.60	114.30	58.19	100.00
11007	-	27.36	-	49.74	-	41.55	-	142.60	0.00	100.00
11008	12.06	24.75	22.19	46.49	18.65	39.37	63.50	110.30	24.46	100.00
平均值	9.13	27.69	17.35	51.04	14.76	42.88	56.17	130.14	68.58	100.00

附二表 4-4 花蓮港 110 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 cm/s)

花蓮	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
10909	18.25	1.59	33.87	2.70	28.53	2.18	97.60	7.60	98.06	100.00
10910	14.75	1.78	26.88	3.18	22.48	2.64	91.40	8.10	90.73	100.00
10911	11.41	1.90	27.28	3.38	24.79	2.79	69.50	7.50	98.33	100.00
10912	10.57	2.15	22.46	3.49	19.83	2.76	78.80	13.00	97.72	100.00
11001	12.44	1.98	25.39	3.30	22.13	2.63	86.50	9.40	99.60	100.00
11002	11.47	1.89	23.91	2.99	20.99	2.31	74.60	9.40	99.70	100.00
11003	14.40	1.56	28.19	2.72	24.24	2.22	84.20	6.90	100.00	100.00
11004	13.12	1.61	25.70	2.88	22.11	2.39	82.50	6.50	99.44	100.00
11005	16.01	1.78	28.50	3.04	23.59	2.46	96.10	9.40	99.60	100.00
11006	16.22	2.39	28.62	3.97	23.59	3.18	102.90	10.70	98.47	100.00
11007	14.48	2.08	27.39	3.26	23.26	2.51	85.70	10.60	99.06	100.00
11008	8.85	1.79	16.31	2.94	13.70	2.34	68.90	8.20	99.60	100.00
平均值	13.50	1.88	26.21	3.15	22.44	2.53	84.89	8.94	98.36	100.00

附二表 4-5 高雄港 110 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 cm/s)

高雄	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
10909	19.09	2.39	38.29	4.22	33.20	3.49	94.40	11.70	97.50	100.00
10910	17.91	2.44	37.40	4.60	32.84	3.90	88.90	11.90	93.95	100.00
10911	17.49	2.92	40.14	4.91	36.14	3.95	96.80	12.50	95.97	100.00
10912	15.50	3.66	38.43	5.95	35.17	4.70	83.10	16.10	96.77	100.00
11001	19.14	3.42	43.56	5.53	39.14	4.34	105.60	14.60	98.92	100.00
11002	19.94	2.34	41.60	4.16	36.52	3.44	97.20	13.40	99.70	100.00
11003	17.22	2.24	34.92	4.23	30.38	3.59	84.30	9.80	99.73	100.00
11004	13.91	2.34	30.62	4.53	27.28	3.88	83.80	11.10	99.72	100.00
11005	19.38	3.06	37.83	5.27	32.50	4.29	118.70	16.00	98.66	100.00
11006	16.05	2.94	31.73	4.92	27.38	3.95	103.40	14.00	99.31	100.00
11007	18.46	3.61	34.55	5.80	29.22	4.54	103.90	20.50	99.33	100.00
11008	18.19	2.44	37.52	4.26	32.82	3.50	98.20	11.20	99.06	100.00
平均值	17.69	2.82	37.22	4.87	32.72	3.96	96.53	13.57	98.22	100.00

附二表 4-6 安平港 110 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 cm/s)

安平	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
10909	-	5.51	-	11.73	-	10.36	-	23.30	-	100.00
10910	-	5.32	-	11.32	-	9.99	-	22.80	-	100.00
10911	23.70	5.26	45.35	11.20	38.72	9.89	101.00	22.70	18.75	100.00
10912	23.63	5.06	44.99	10.95	38.30	9.71	105.00	21.80	99.46	100.00
11001	22.51	5.18	40.96	11.27	34.23	10.01	102.30	21.00	99.87	100.00
11002	20.36	5.31	39.16	11.35	33.46	10.04	104.10	20.80	91.37	100.00
11003	22.36	5.68	43.80	11.92	37.67	10.48	100.90	23.10	75.67	100.00
11004	20.86	5.54	40.95	11.74	35.25	10.35	104.00	23.20	80.14	100.00
11005	19.78	5.31	37.28	11.59	31.61	10.30	103.50	21.90	97.45	100.00
11006	18.97	5.16	39.10	11.50	34.20	10.27	103.40	20.90	99.31	100.00
11007	22.61	5.29	44.58	11.52	38.43	10.23	114.70	24.50	95.97	100.00
11008	24.31	5.28	46.27	11.34	39.38	10.03	120.50	21.40	61.96	100.00
平均值	21.91	5.33	42.24	11.45	36.13	10.14	105.94	22.28	82.00	100.00

附二表 4-7 布袋港 110 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 cm/s)

布袋	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
10909	20.75	3.69	41.20	8.25	35.61	7.38	94.90	18.10	78.19	100.00
10910	-	3.67	-	8.15	-	7.28	-	17.70	-	100.00
10911	-	3.65	-	8.03	-	7.15	-	18.80	-	100.00
10912	-	3.53	-	7.89	-	7.05	-	18.40	-	100.00
11001	-	4.83	-	9.14	-	7.76	-	40.70	-	100.00
11002	-	3.62	-	8.07	-	7.22	-	16.90	-	100.00
11003	-	3.85	-	8.48	-	7.55	-	17.60	-	100.00
11004	9.64	3.77	21.70	8.32	19.45	7.42	46.50	18.80	53.47	100.00
11005	8.32	3.54	20.20	8.11	18.41	7.30	43.10	18.30	100.00	100.00
11006	10.59	3.43	23.66	7.97	21.16	7.20	53.10	17.70	99.72	100.00
11007	12.31	3.36	26.62	7.87	23.60	7.12	73.90	17.70	90.59	100.00
11008	15.13	3.53	31.43	7.87	27.55	7.04	100.50	17.20	99.60	100.00
平均值	12.79	3.71	27.47	8.18	24.30	7.29	68.67	19.83	86.93	100.00

附二表 4-8 臺中港 110 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 cm/s)

臺中	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
10909	12.80	5.54	23.33	9.41	19.51	7.61	109.10	26.50	98.61	100.00
10910	23.67	10.64	49.78	18.34	43.81	14.94	97.50	46.00	90.05	100.00
10911	23.88	9.44	45.25	16.41	38.45	13.43	94.80	47.20	98.47	100.00
10912	28.84	13.65	59.19	23.96	51.71	19.70	125.40	68.80	78.09	100.00
11001	24.61	11.67	41.62	18.61	33.58	14.51	109.70	59.00	61.42	100.00
11002	17.27	6.96	31.70	11.11	26.60	8.66	78.50	34.40	62.20	100.00
11003	28.75	7.89	43.90	12.62	33.42	9.85	98.40	42.60	6.99	100.00
11004	-	6.09	-	11.06	-	9.23	-	31.50	-	100.00
11005	20.62	4.35	45.70	8.20	40.82	6.95	93.00	21.30	17.20	100.00
11006	14.53	4.73	31.11	8.72	27.51	7.33	86.60	25.90	99.72	100.00
11007	14.52	5.86	29.29	9.38	25.44	7.33	94.00	34.30	98.52	100.00
11008	12.99	4.67	32.20	8.22	29.46	6.77	116.40	25.10	99.46	100.00
平均值	20.23	7.62	39.37	13.00	33.66	10.53	100.31	38.55	73.70	100.00

附二表 4-9 馬祖福澳港 110 年度流速實測與模擬資料統計表(單位 cm/s)

馬祖	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
10909	15.00	15.26	27.60	33.68	23.17	30.03	88.00	73.20	88.47	100.00
10910	12.32	14.89	25.33	34.24	22.14	30.84	77.80	76.30	97.04	100.00
10911	11.29	14.35	23.58	33.80	20.70	30.61	56.60	73.00	99.31	100.00
10912	10.98	14.00	23.24	33.63	20.48	30.58	59.50	73.00	99.46	100.00
11001	11.17	13.90	23.03	32.89	20.15	29.82	59.60	70.60	99.06	100.00
11002	11.55	14.66	22.24	32.87	19.01	29.43	60.30	71.70	99.70	100.00
11003	11.52	15.75	23.08	34.98	20.01	31.24	64.10	71.80	99.87	100.00
11004	11.46	15.08	22.78	33.95	19.69	30.42	66.30	73.00	87.64	100.00
11005	-	13.80	-	32.52	-	29.45	-	70.70	-	100.00
11006	-	13.43	-	32.17	-	29.24	-	66.60	-	100.00
11007	-	13.67	-	31.86	-	28.79	-	66.20	-	100.00
11008	-	14.46	-	31.65	-	28.16	-	67.60	-	100.00
平均值	11.91	14.44	23.86	33.19	20.67	29.88	66.53	71.14	96.32	100.00

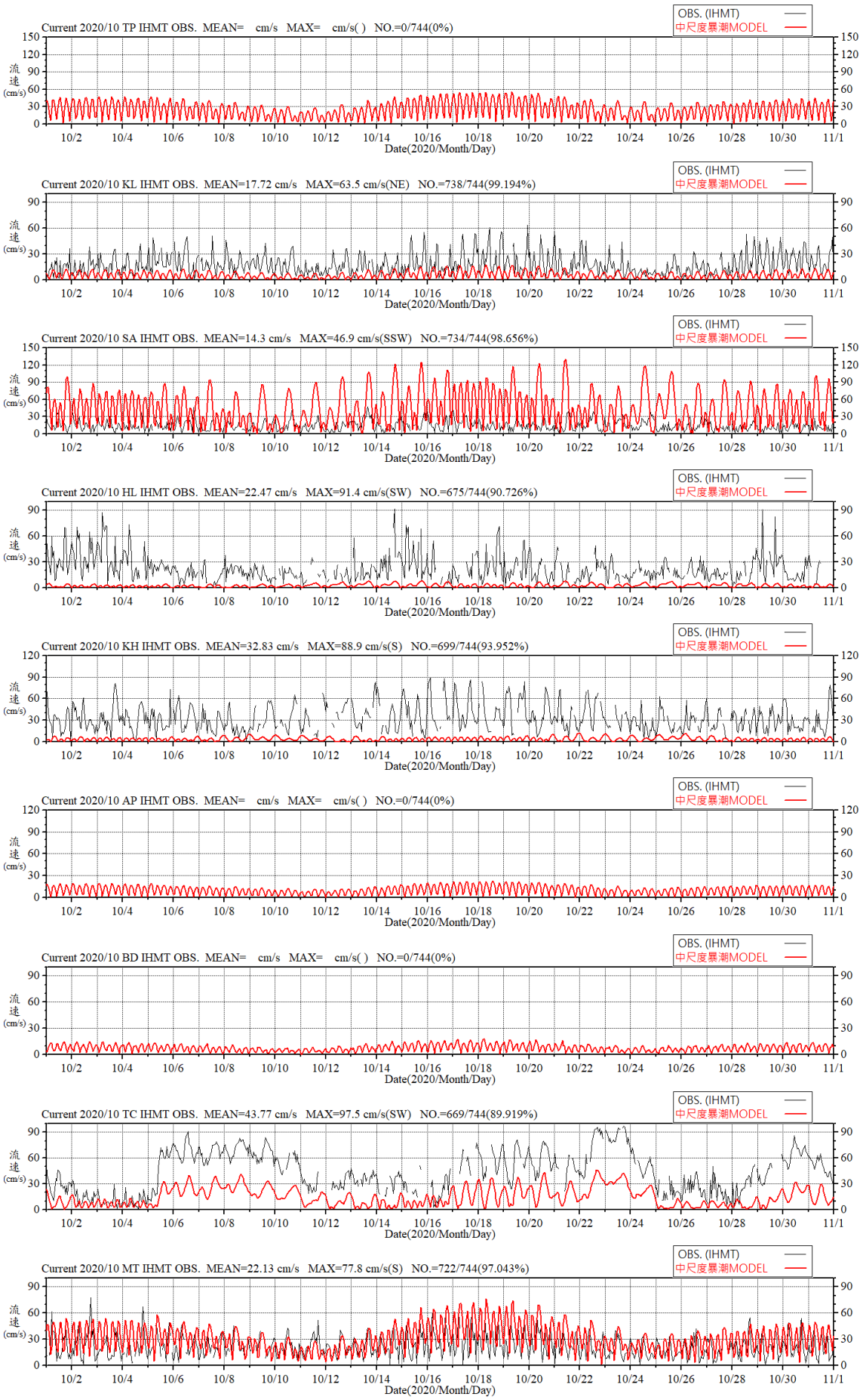
附二表 4-9 各站 110 年度流速實測與模擬差值統計表(單位 cm/s)

臺北 TP	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	基隆 KL	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	0.67	0.16	0.31	**10909**	0.00	0.62	0.11	0.17
10910	-	-	-	-	**10910**	0.00	0.59	0.12	0.18
10911	-	-	-	-	**10911**	0.00	0.58	0.12	0.18
10912	0.00	0.73	0.17	0.31	**10912**	0.00	0.65	0.12	0.17
11001	0.00	0.91	0.17	0.31	**11001**	0.00	0.60	0.12	0.17
11002	0.00	0.67	0.17	0.32	**11002**	0.00	0.59	0.12	0.18
11003	0.00	0.85	0.17	0.32	**11003**	0.00	0.56	0.11	0.16
11004	0.00	0.82	0.15	0.29	**11004**	0.00	0.53	0.11	0.17
11005	0.00	0.62	0.13	0.22	**11005**	0.00	0.50	0.10	0.15
11006	0.00	0.43	0.09	0.14	**11006**	0.00	0.53	0.11	0.19
11007	-	-	-	-	**11007**	0.00	0.54	0.12	0.18
11008	0.00	0.66	0.15	0.31	**11008**	0.00	0.51	0.11	0.16
蘇澳 SA	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	**花蓮 HL**	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	1.19	0.25	0.41	**10909**	0.00	0.94	0.18	0.32
10910	0.00	1.21	0.26	0.43	**10910**	0.00	0.88	0.15	0.25
10911	0.00	1.18	0.27	0.44	**10911**	0.00	0.66	0.12	0.25
10912	0.00	1.59	0.28	0.43	**10912**	0.00	0.74	0.11	0.20
11001	0.00	1.33	0.26	0.39	**11001**	0.00	0.82	0.13	0.23
11002	0.00	1.13	0.25	0.37	**11002**	0.00	0.73	0.12	0.22
11003	0.00	1.21	0.25	0.41	**11003**	0.00	0.81	0.15	0.27
11004	0.00	1.05	0.24	0.40	**11004**	0.00	0.82	0.13	0.24
11005	0.00	1.07	0.24	0.39	**11005**	0.00	0.91	0.16	0.27
11006	0.00	0.93	0.23	0.38	**11006**	0.00	1.00	0.16	0.26
11007	-	-	-	-	**11007**	0.00	0.85	0.14	0.25
11008	0.00	0.93	0.21	0.33	**11008**	0.00	0.64	0.09	0.14
高雄 KH	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	**安平 AP**	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	0.93	0.19	0.35	**10909**	-	-	-	-
10910	0.00	0.86	0.18	0.34	**10910**	-	-	-	-
10911	0.00	0.91	0.18	0.37	**10911**	0.01	0.90	0.24	0.38
10912	0.00	0.79	0.16	0.35	**10912**	0.00	0.93	0.24	0.38
11001	0.00	1.03	0.20	0.40	**11001**	0.00	0.93	0.23	0.34
11002	0.00	0.95	0.20	0.39	**11002**	0.00	0.89	0.20	0.32
11003	0.00	0.80	0.18	0.32	**11003**	0.00	0.89	0.22	0.36
11004	0.00	0.80	0.14	0.28	**11004**	0.00	0.89	0.20	0.32
11005	0.00	1.18	0.19	0.34	**11005**	0.00	0.85	0.19	0.29
11006	0.00	1.03	0.17	0.29	**11006**	0.00	0.88	0.17	0.30
11007	0.00	1.02	0.18	0.31	**11007**	0.00	1.02	0.21	0.35
11008	0.00	0.96	0.18	0.35	**11008**	0.00	1.06	0.23	0.37

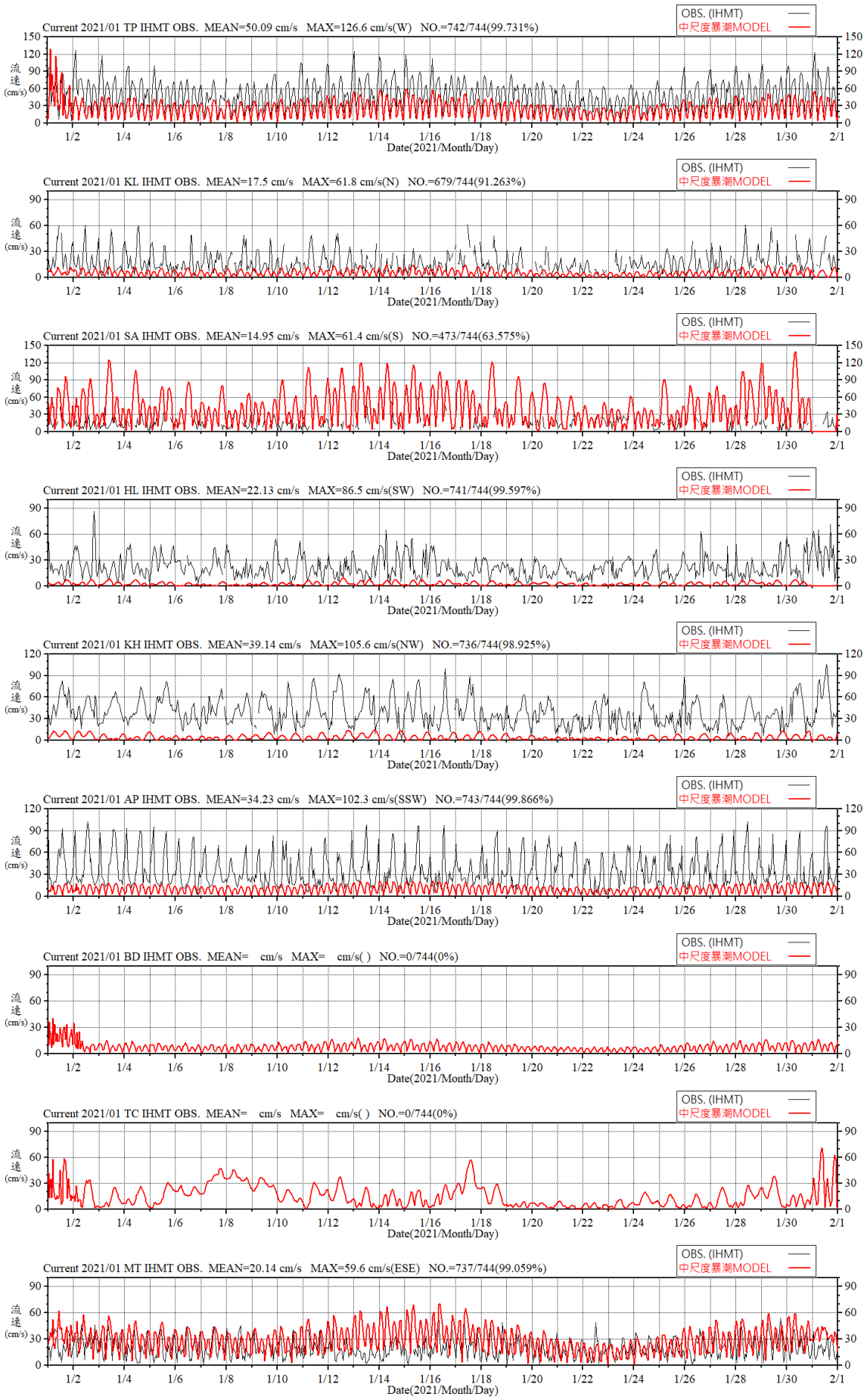
附二表 4-9 各站 110 年度流速實測與模擬差值統計表(單位 cm/s) (續)

布袋 BD	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS	臺中 TC	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	0.90	0.21	0.35	**10909**	0.00	1.08	0.11	0.17
10910	-	-	-	-	**10910**	0.00	0.63	0.15	0.33
10911	-	-	-	-	**10911**	0.00	0.66	0.16	0.31
10912	-	-	-	-	**10912**	0.00	0.83	0.18	0.38
11001	-	-	-	-	**11001**	0.00	0.74	0.16	0.27
11002	-	-	-	-	**11002**	0.00	0.57	0.14	0.24
11003	-	-	-	-	**11003**	0.01	0.74	0.22	0.32
11004	0.00	0.39	0.08	0.16	**11004**	-	-	-	-
11005	0.00	0.38	0.08	0.14	**11005**	0.00	0.86	0.20	0.37
11006	0.00	0.49	0.10	0.18	**11006**	0.00	0.80	0.14	0.25
11007	0.00	0.72	0.12	0.21	**11007**	0.00	0.63	0.12	0.22
11008	0.00	0.89	0.15	0.26	**11008**	0.00	1.02	0.12	0.26

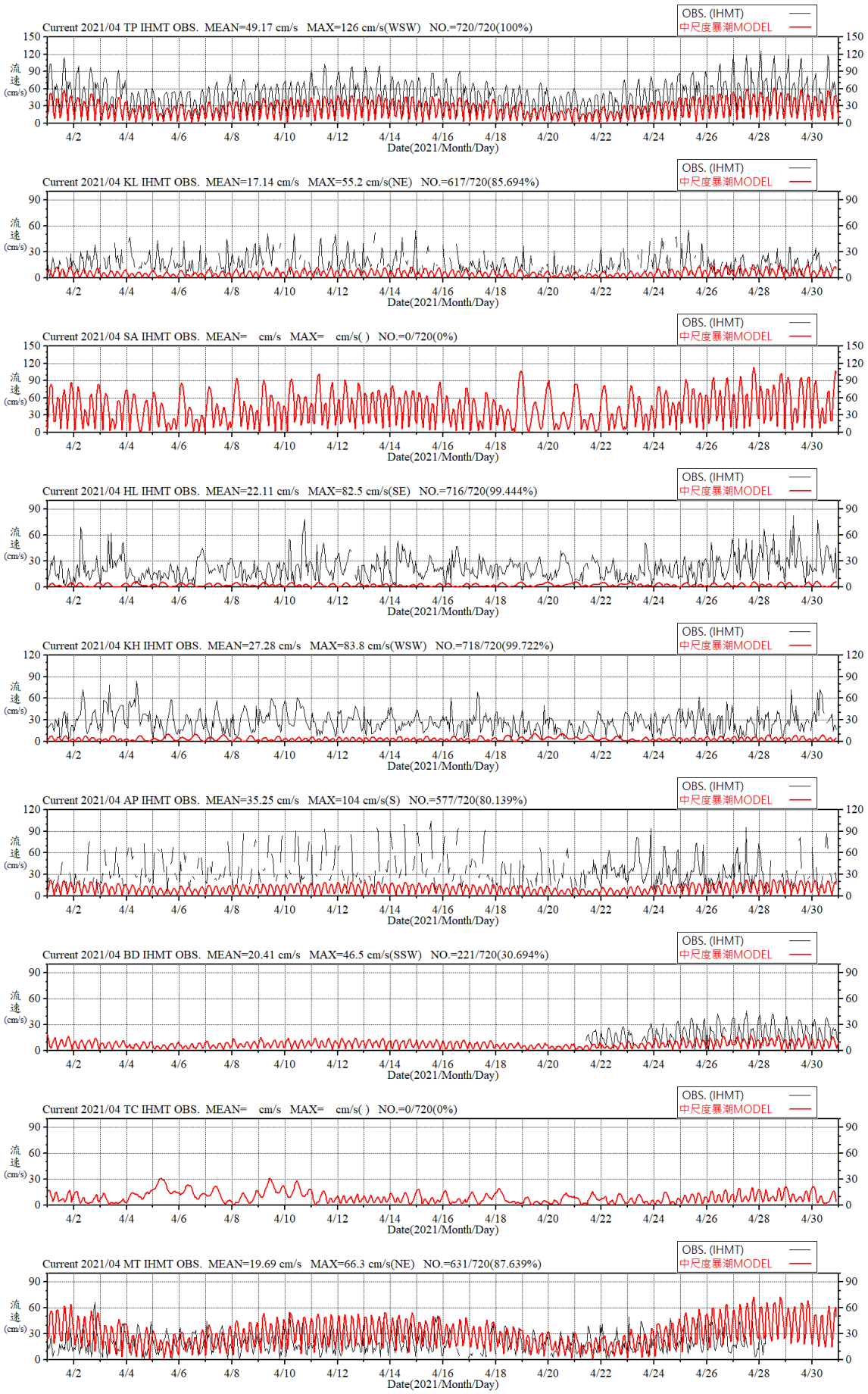
馬祖 MT	最小差值	最大差值	差值 SD	差值 RMS
10909	0.00	0.58	0.13	0.22
10910	0.00	0.51	0.11	0.19
10911	0.00	0.65	0.12	0.20
10912	0.00	0.53	0.11	0.19
11001	0.00	0.57	0.12	0.19
11002	0.00	0.54	0.12	0.20
11003	0.00	0.60	0.13	0.21
11004	0.00	0.58	0.11	0.19
11005	-	-	-	-
11006	-	-	-	-
11007	-	-	-	-
11008	-	-	-	-



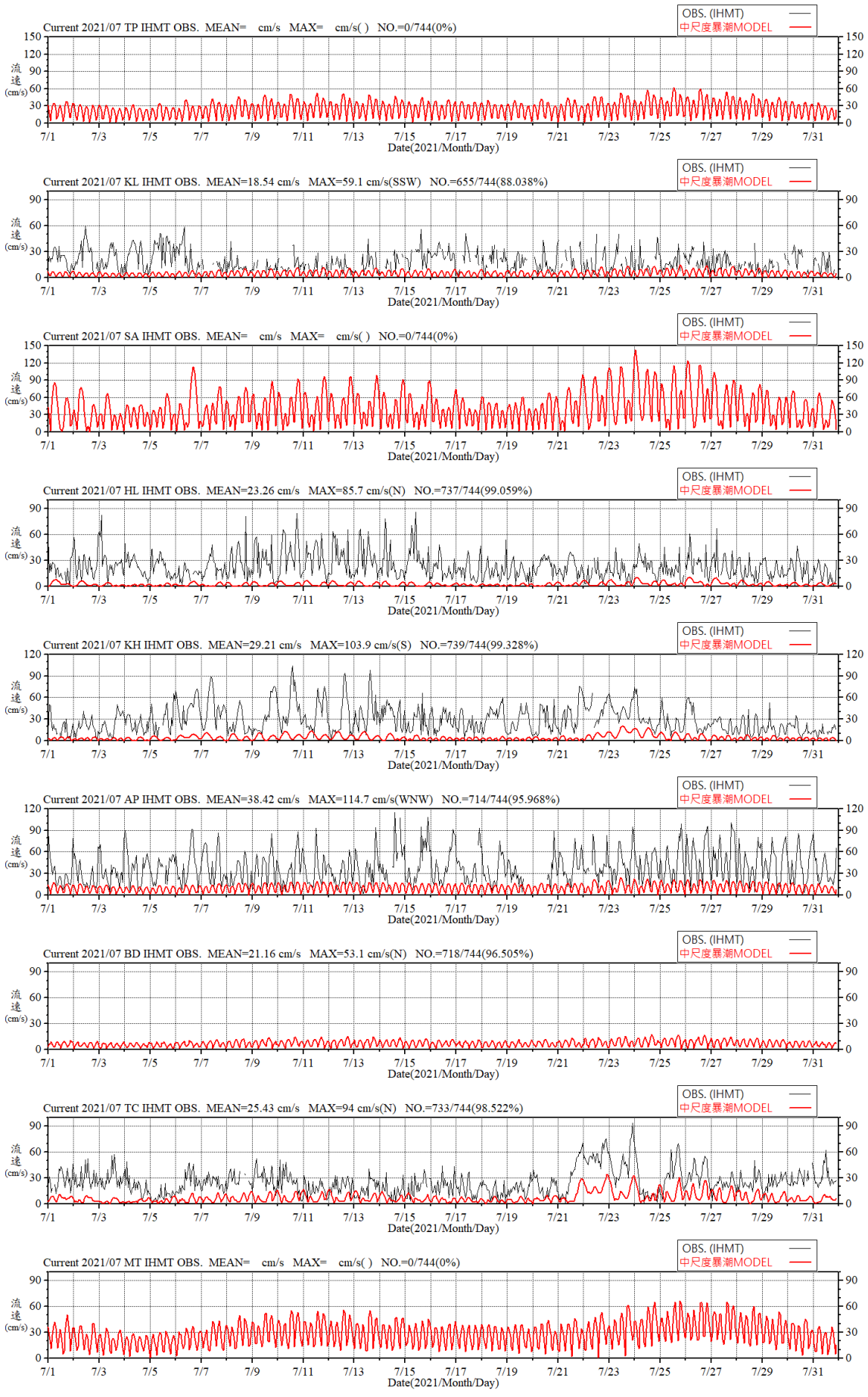
附二圖 4.1 109 年 10 月 9 商港觀測流速與中尺度暴潮模式比較圖



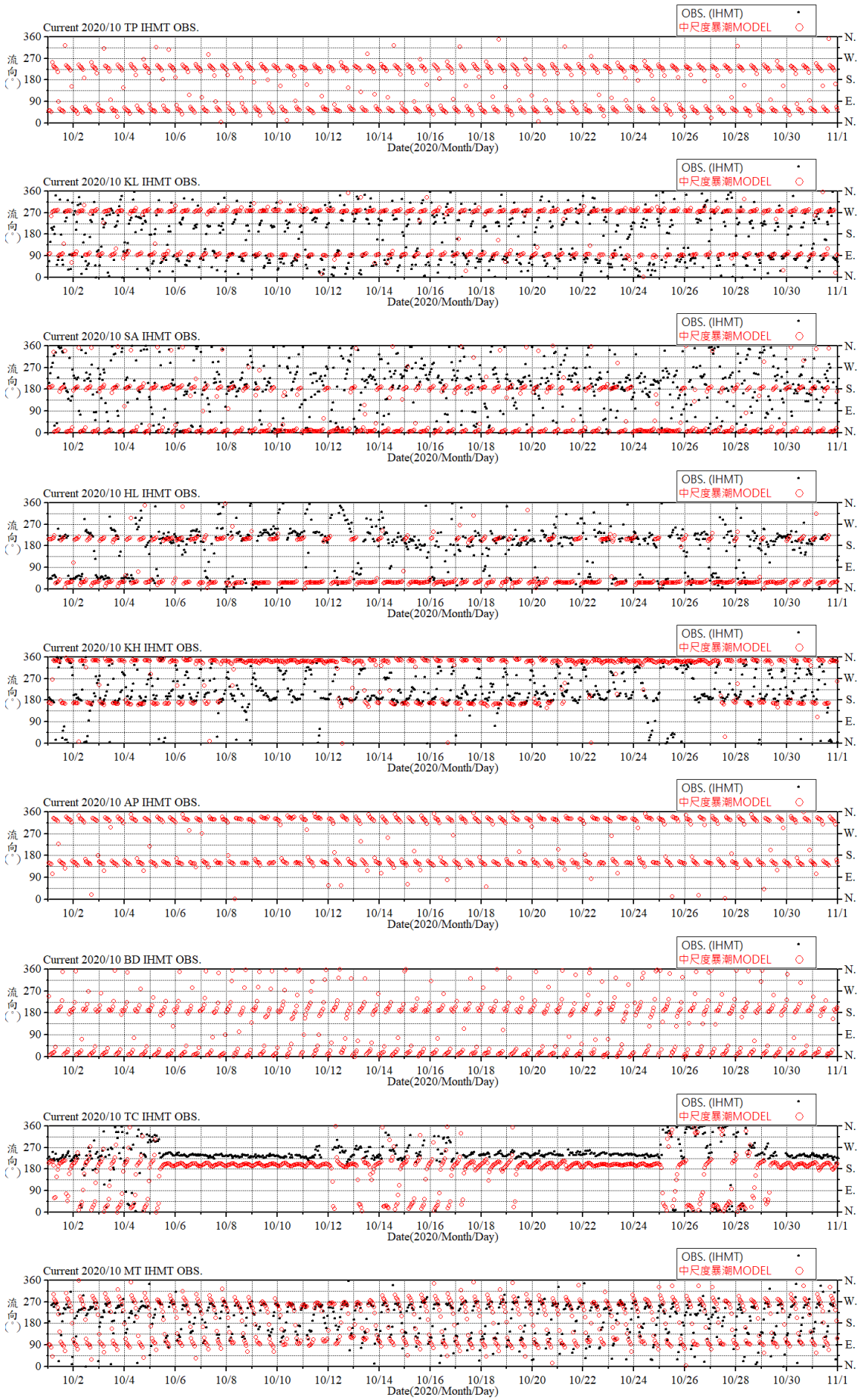
附二圖 4.2 110 年 1 月 9 商港觀測流速與中尺度暴潮模式比較圖



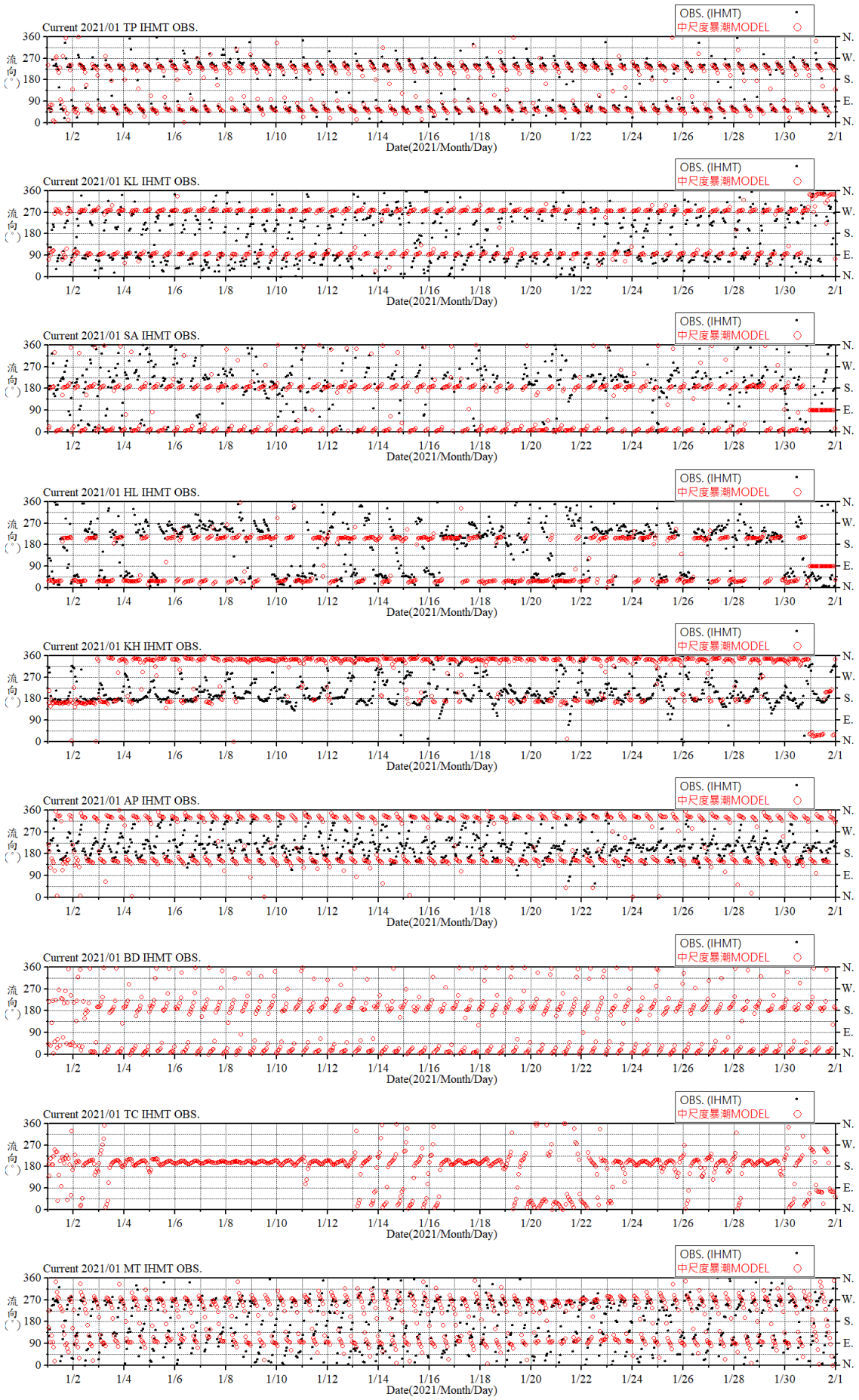
附二圖 4.3 110 年 4 月 9 商港觀測流速與中尺度暴潮模式比較圖



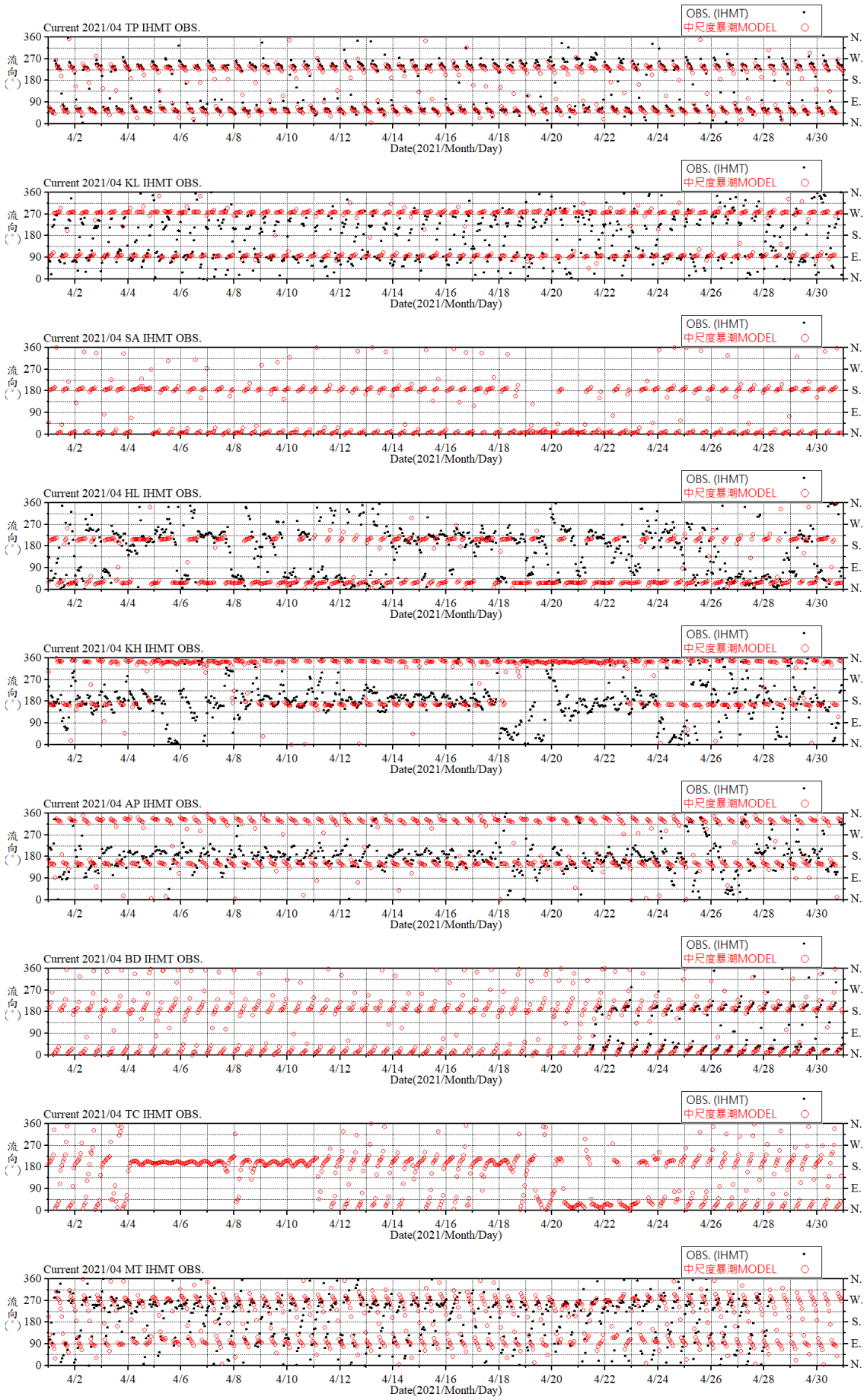
附二圖 4.4 110 年 7 月 9 商港觀測流速與中尺度暴潮模式比較圖



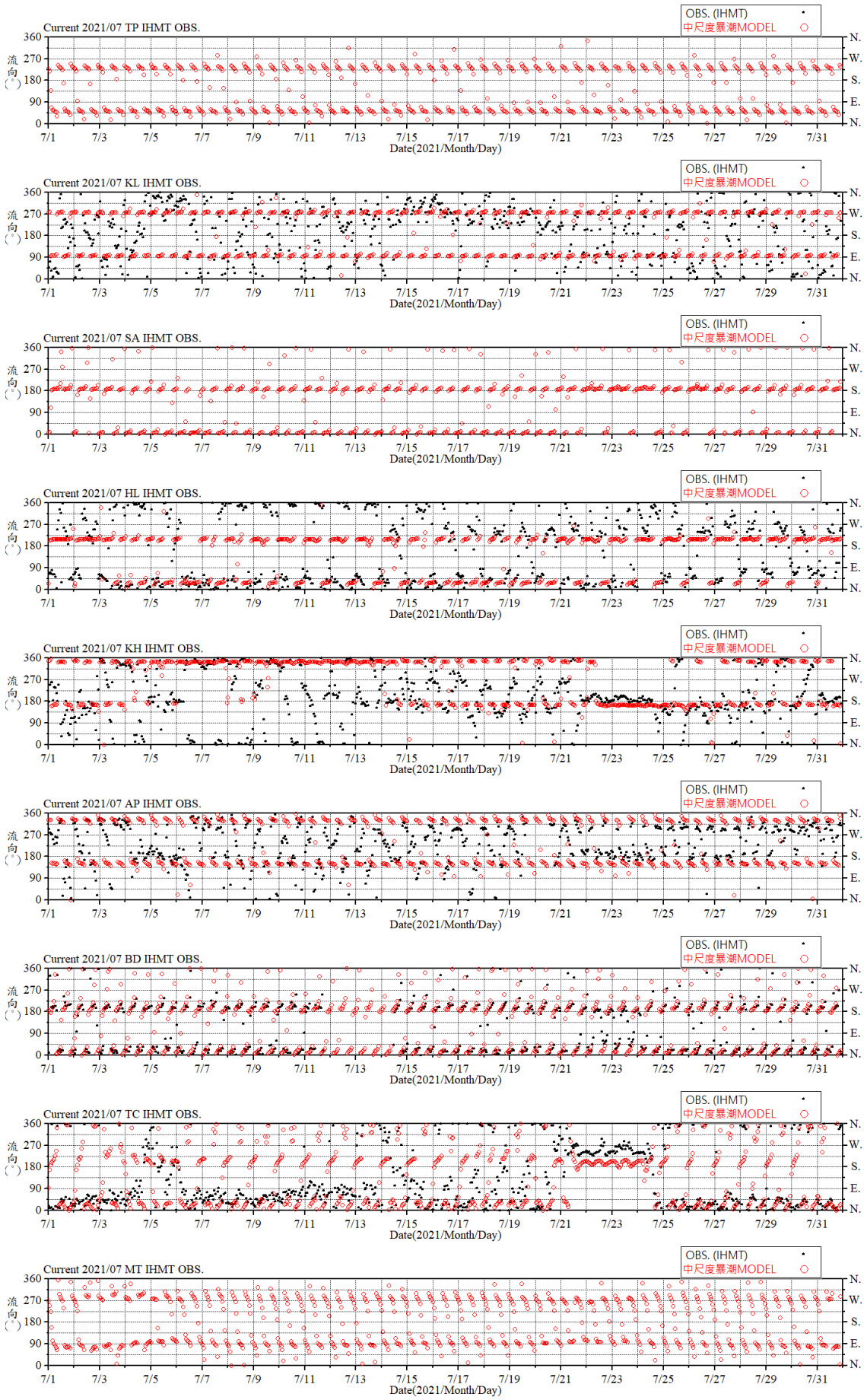
附二圖 4.5 109 年 10 月 9 商港觀測流向與中尺度暴潮模式比較圖



附二圖 4.6 110 年 1 月 9 商港觀測流向與中尺度暴潮模式比較圖



附二圖 4.7 110 年 4 月 9 商港觀測流向與中尺度暴潮模式比較圖



附二圖 4.8 110 年 7 月 9 商港觀測流向與中尺度暴潮模式比較圖

附錄三

105 至 109 年度花蓮港

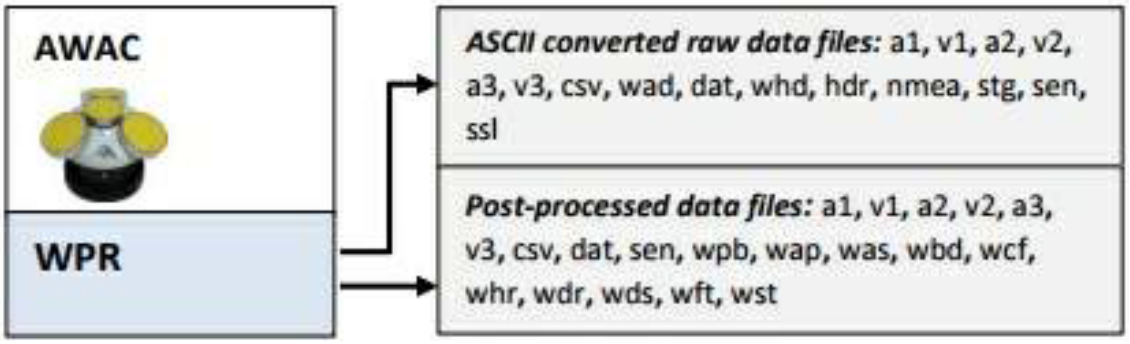
波浪觀測資料

附錄三 105 至 109 年度花蓮港波浪觀測資料

附錄三.1 Nortek AWAC 轉出波浪資料說明

Nortek AWAC 儀器波浪統計各項波浪參數說明，擷錄 NORTEK 產品說明文件。AWAC 所產出原始資料 wpr 檔，可轉出副檔名檔案如附三圖 1.1 所示，其轉出後副檔名資料說明如 ASCII 轉化的原始數據資料檔案說明如附三表 1-1，與處理過數據資料檔案說明表如附三表 1-2，計畫內所使用其 wap 檔案各欄位基本統計說明如附三表 1-3。

附三圖 1.1 AWAC 內 wpr 轉出不同檔案



資料來源:AWAC 使用手冊

附三表 1-1 ASCII 轉化的原始數據資料檔案說明表

A1	Amplitude data (Beam 1)
A2	Amplitude data (Beam 2)
A3	Amplitude data (Beam 3)
CSV	Profile data (Comma Separated Values file, Microsoft Excel-compatible format)
DAT	Velocity data
DIA	Diagnostic data
HDR	Header file (describes ASCII formats)
HR2	Lag2 data (when Extended Velocity Range were enabled)
NMEA	Raw data in NMEA format
PCK	Probe check data
SEN	Sensor data
SSL	System state file
STG	Stage data file (for diagnostic purposes)
V1	Velocity data (Beam 1|X|East)
V2	Velocity data (Beam 2|Y|North)
V3	Velocity data (Beam 3|Z|Up)
VHD	Velocity header data (Vector)
WAD	Raw wave data
WHD	Wave header data
CPA	Continental data, disk recording, ASCII output
PRA	Aquapro data, disk recording, ASCII output
WPA	AWAC data, disk recording, ASCII output

資料來源:AWAC 使用手冊

附三表 1-2 處理過數據資料檔案說明表

WAP	Wave parameter file
WAS	Wave energy spectra file
WBD	Wave band estimates file
WCF	Wave Fourier coefficient file
WDR	Wave directional spectra
WDS	Wave full directional spectra
WHR	Configuration header file
WPB	Processed binary data file
WST	Wave time series wile (AST time series)
WFT	Wavevector export (Waveforce Technologies Wavector software)
A1	_p appended. Amplitude data (Beam 1)
A2	_p appended. Amplitude data (Beam 2)
A3	_p appended. Amplitude data (Beam 3)
CSV	_p appended. Profile data (Comma Separated Values file, Microsoft Excel-compatible format)
DAT	_p appended. Velocity data
SEN	_p appended. Sensor data
V1	_p appended. (Beam 1|X|East)
V2	_p appended. (Beam 2|Y|North)
V3	_p appended. (Beam 3|Z|Up)

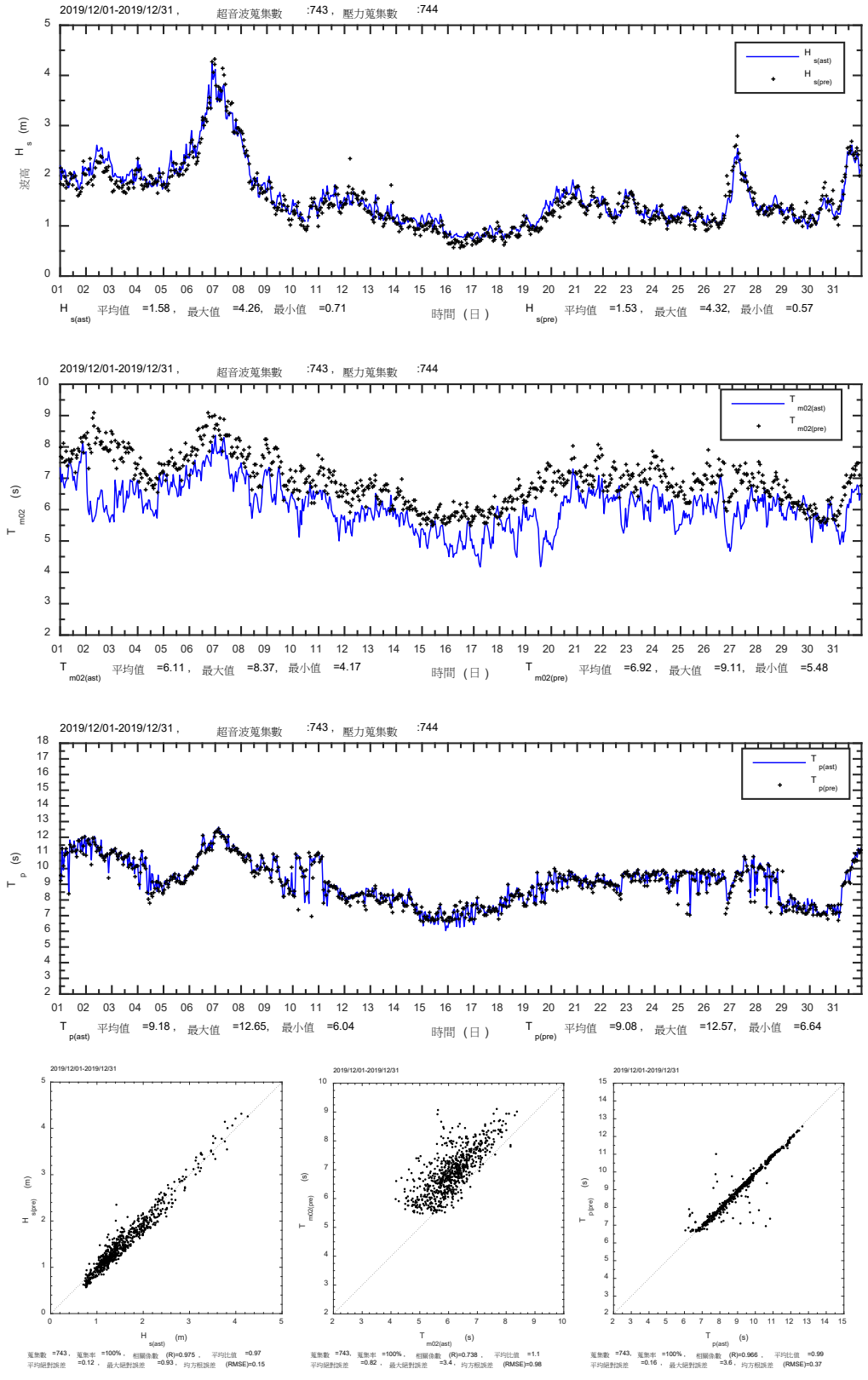
資料來源:AWAC使用手冊

附三 表 1-3 wap 檔案參數說明表

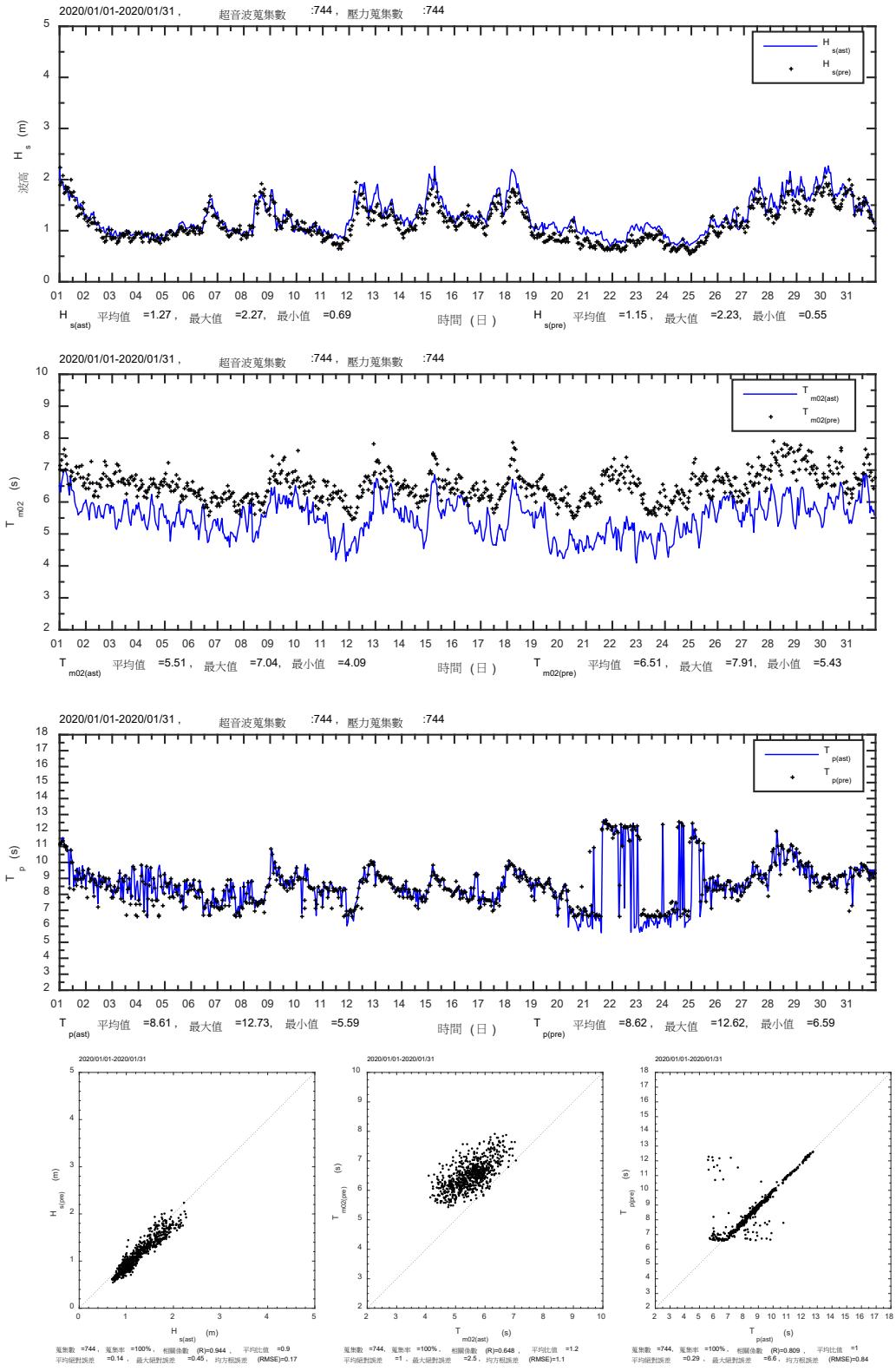
Acronyms	Description		Range	Note
Hm0	Calculated from energy spectrum. Known as Significant Wave Height, defined as the mean of the highest 1/3 of all waves in the record's ranking.	$Hm0 = 4.0 * \sqrt{m0}$ *m0 represent the first moment of the power spectrum, defined as* $m_q = \int_{f_{start}}^{f_{end}} S(f)\, f^q df$	0-20 m	
H3	Time series based estimate. Mean of the 1/3 largest waves in a record.	Zero up crossing	Typically 5% larger than Hm0	AST only
H10	Time series based estimate. Mean of the 1/10 largest waves in a record.	Zero up crossing	1.27*Hm0	AST only
Hmax	Time series based estimate. Largest wave in a record.	Zero up crossing	1.67*Hm0	AST only
Hmean	Time series based estimate. Mean value of all waves in a record.	Zero up crossing		AST only
Tm02	Calculated from energy spectrum. Mean period.	$Tm02 = \sqrt{\frac{m0}{m2}}$		
Tp	Calculated from energy spectrum. Peak period of the waves corresponding to the peak frequency.	$Tp = \frac{1}{f_{peak}}$ *f = frequency, S = energy spectra*		
Tz	Time series based estimate. Mean period. This is a direct measurement unlike the spectral equivalent, Tm02.	Zero up crossing		AST only
T3	Time series based estimate. Period associated with the 1/3 largest wave in the record H3	Zero up crossing		AST only
T10	Time series based estimate. Period associated with the 1/10 largest wave in the record H10	Zero up crossing		AST only
Tmax	Time series based estimate. Period associated with the largest wave (Hmax) in a record	Zero up crossing		AST only
TpDir	Calculated from energy spectrum. Peak direction is the wave direction at the frequency at which a wave energy spectrum reaches its maximum.	Zero up crossing	0-360 degrees	Reported as "from"
Spr1	Calculated from energy spectrum. Measure of the directional variance at peak frequency.	$spr1 = \sqrt{2 * (1 - r_1)} * \frac{180}{\pi}, r_1 = \sqrt{A1^2 + B1^2}$ *A1 and B1 are first pair of Fourier coefficients at the peak frequency*	0-360 degrees	
Mdir	Calculated from energy spectrum. Main direction. Weighted average of all the directions in the wave spectrum.	$A1_{band} = \frac{\int S(f) * A1(f)}{\int S(f)}, B1_{band} = \frac{\int S(f) * B1(f)}{\int S(f)}$ $Mdir = atan2(A1_{band}, B1_{band})$ *For this case the "band" is the entire frequency range of the energy spectrum*	0-360 degrees	Reported as "from"
Unidir. index	Calculated from energy spectrum. Measure of how much of the wave energy over the full spectrum is from a single direction. Value of 1.0 indicates the energy is from one primary direction		0.0-1.0	

附錄三.2　原廠軟體轉換超音波及壓力訊號之波浪觀測時統計資料

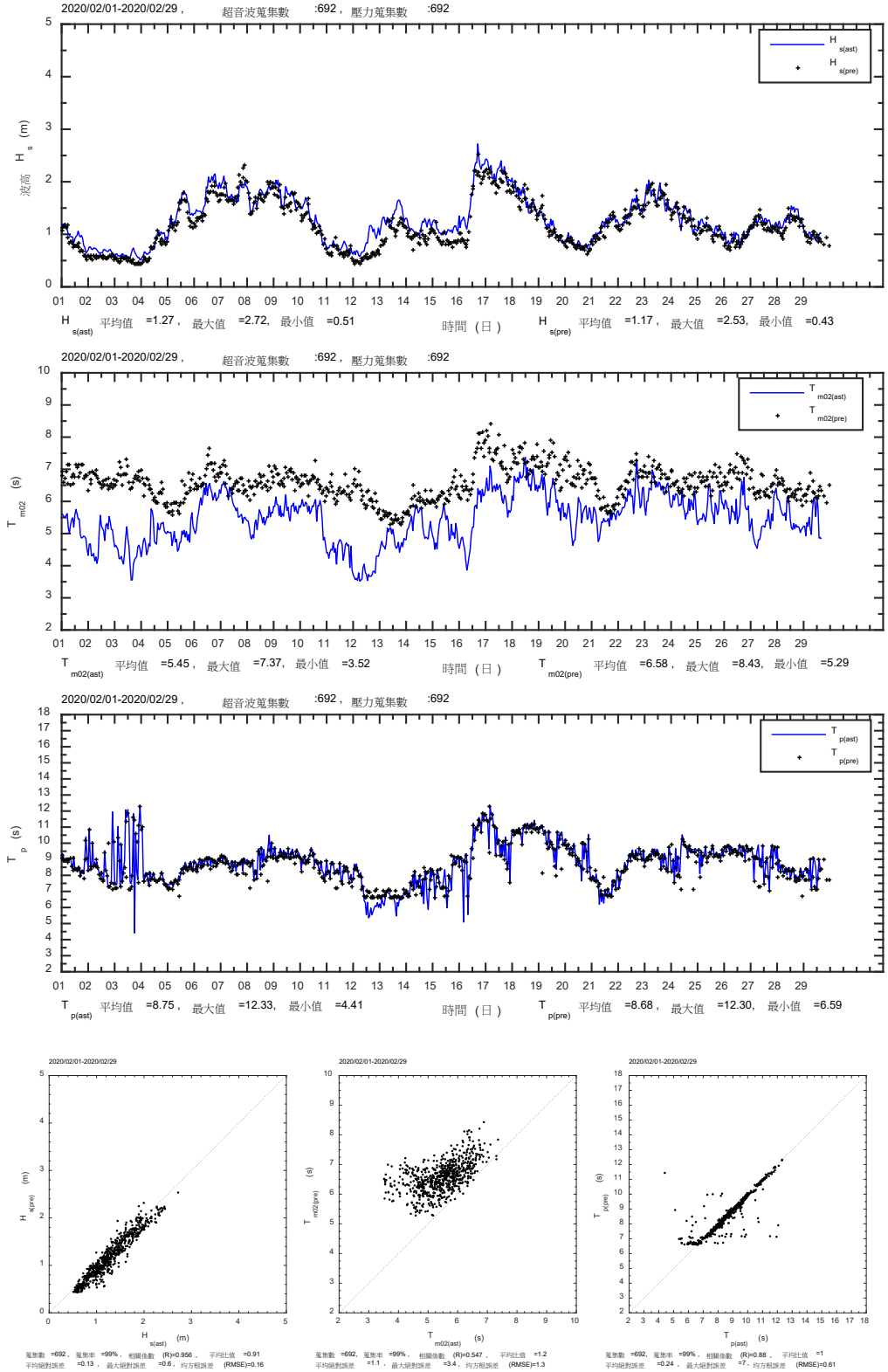
本節內利用 AWAC AST Dial-up 軟體，以軟體方式勾選超音波訊號(AST)，與壓力訊號(pressure)分別轉換之 wap 檔案，以掌握原廠所提供波浪時統計資料差異，示性波高分別以 ($H_{s(ast)}$)及($H_{s(pre)}$)表示，週期以($T_{m02(ast)}$、$T_{p(ast)}$) 及($T_{m02(pre)}$、$T_{p(pre)}$)表示，其中 104 年 12 月至 106 年 11 月彙整於本所 107 年「港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(1/4)- 模擬評估及長浪特性分析」、106 年 12 月至 107 年 11 月已彙整於本所 108 年「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」、107 年 12 月至 108 年 11 月已彙整於本所 109 年「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」內，本附錄三.2 為彙整 108 年 12 月至 109 年 11 月觀測每月波高、週期及波向歷時圖檔以及散布圖資料。



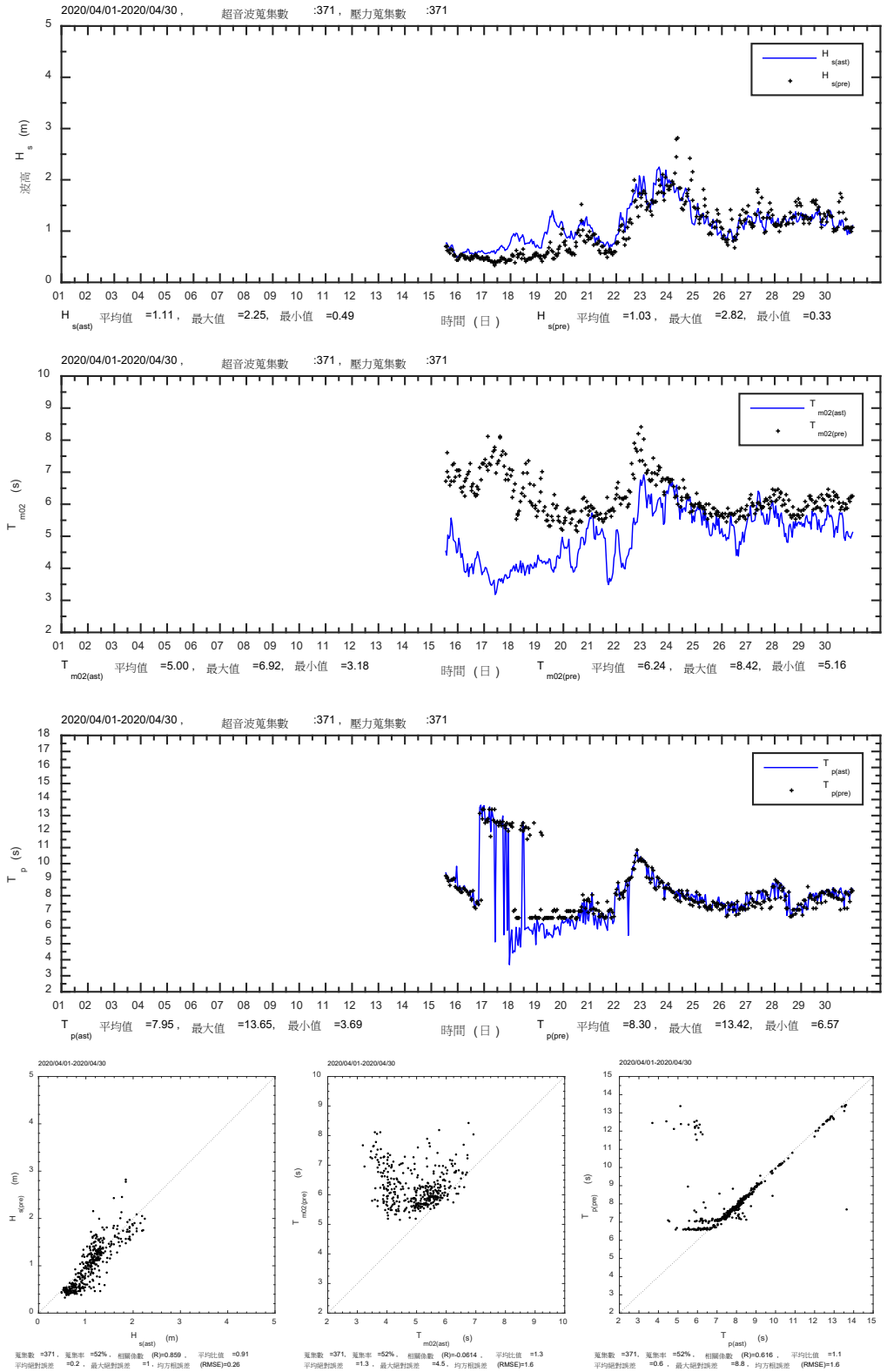
附三圖 2.1 108 年 12 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



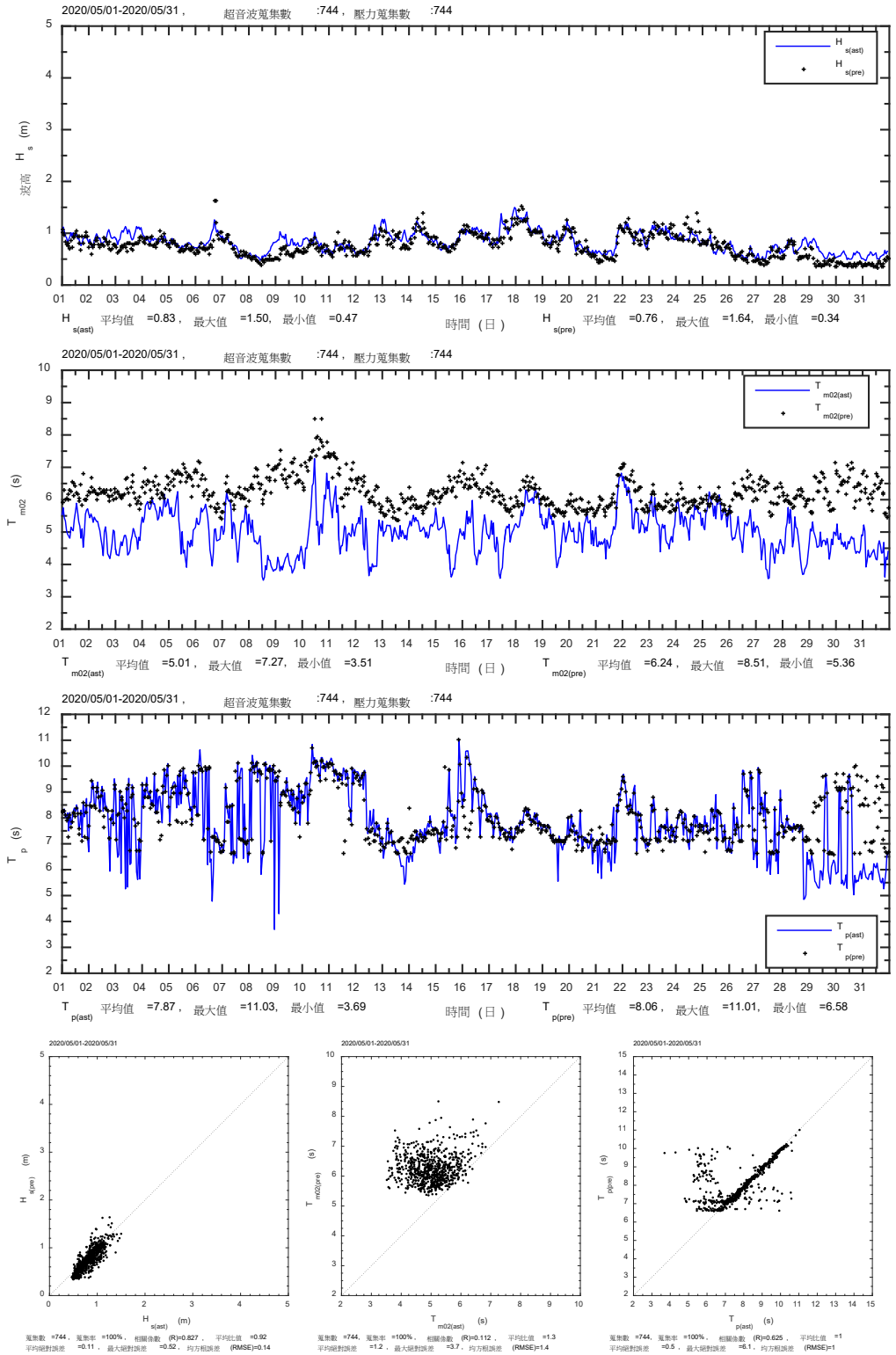
附三圖 2.2 109 年 1 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



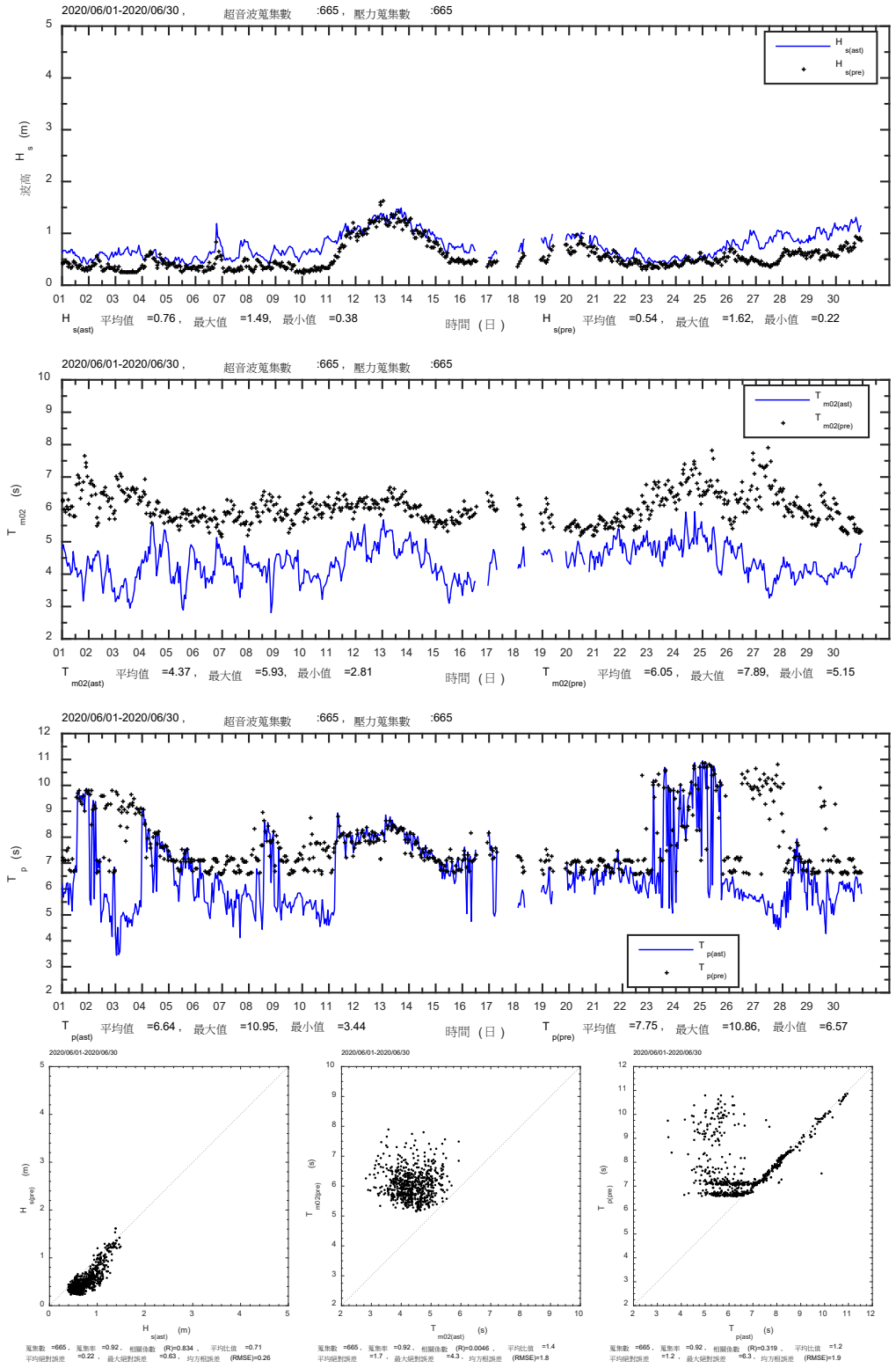
附三圖 2.3 109 年 2 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



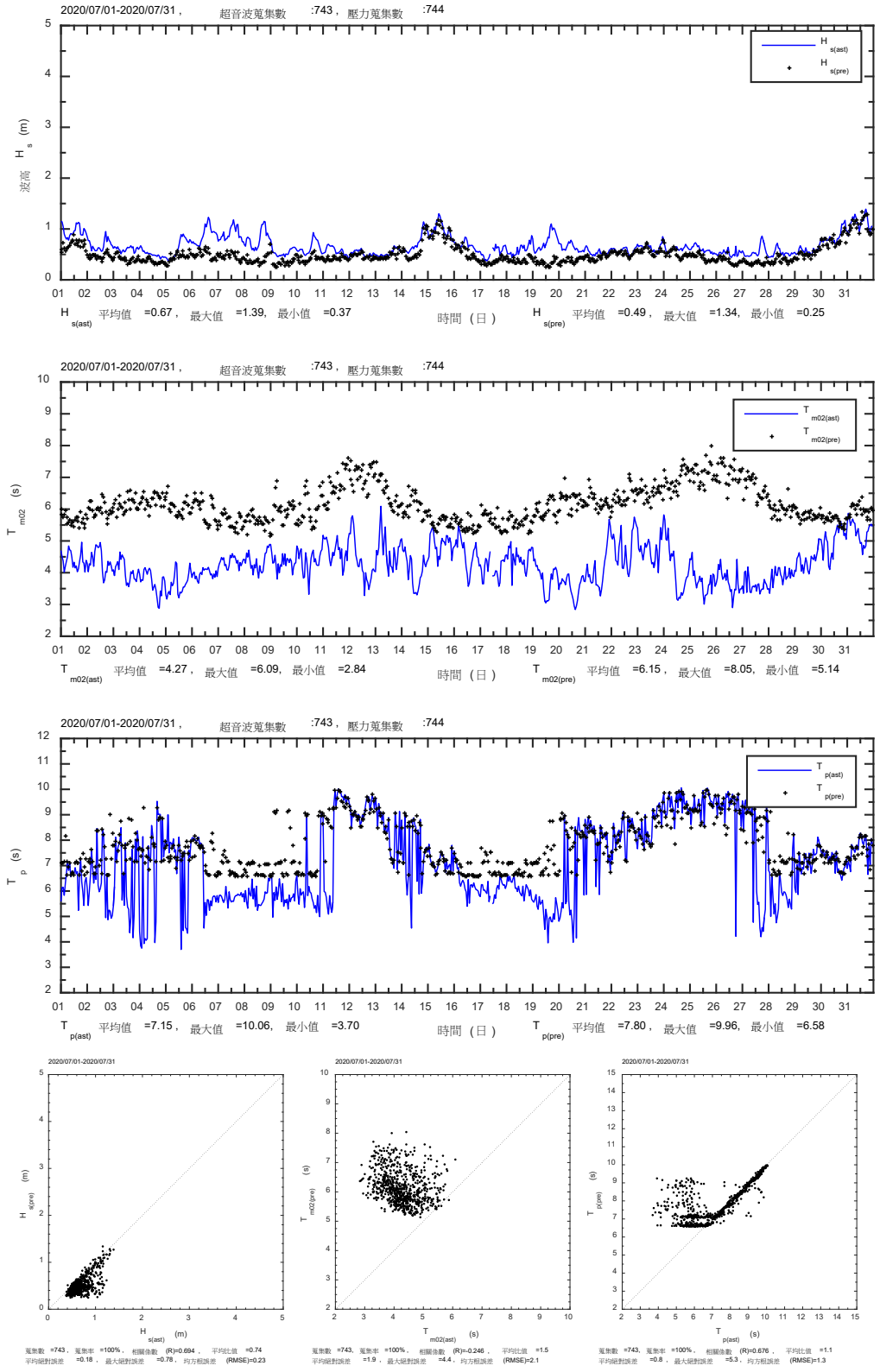
附三圖 2.4 109 年 4 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



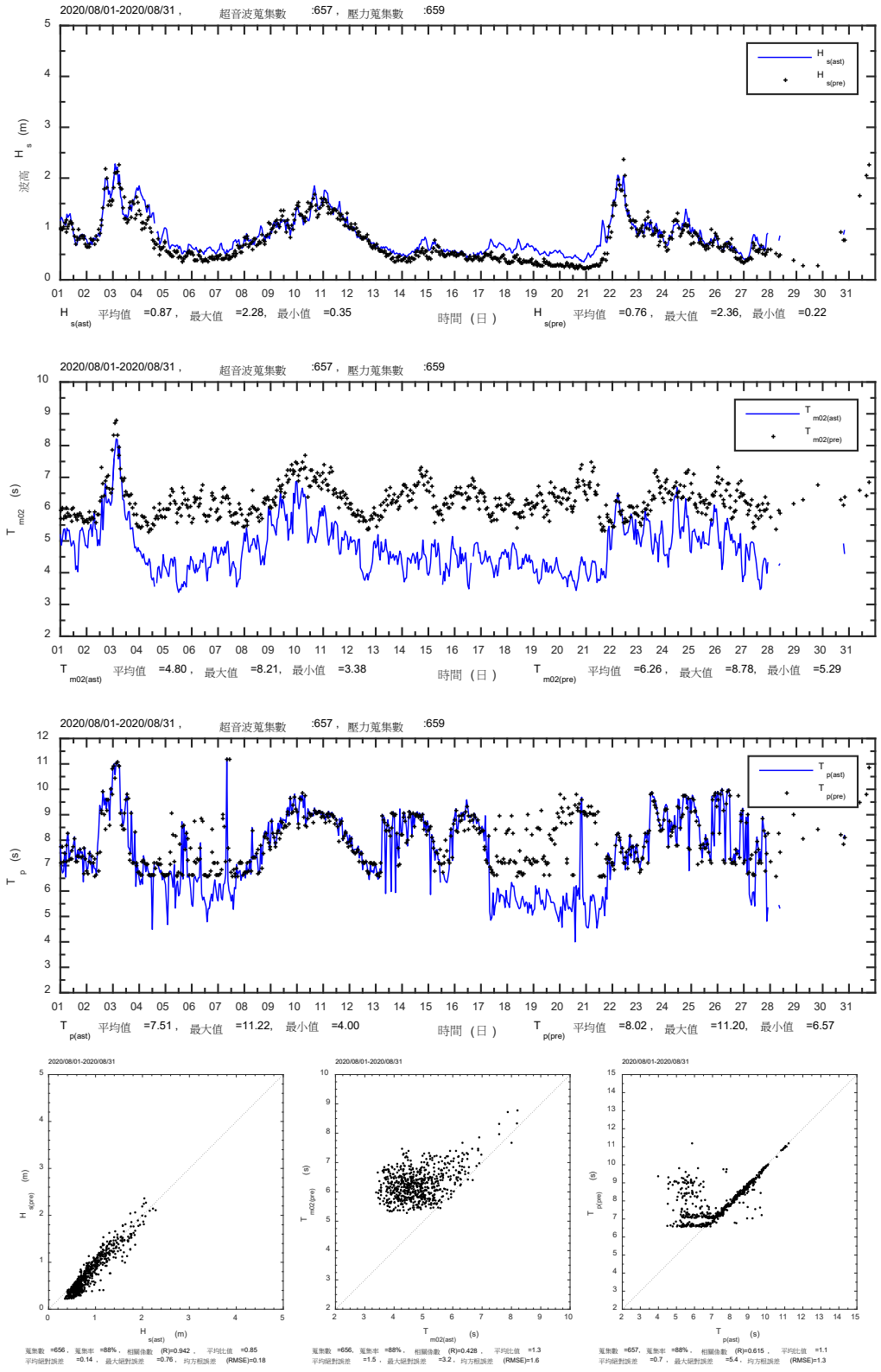
附三圖 2.5 109 年 5 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



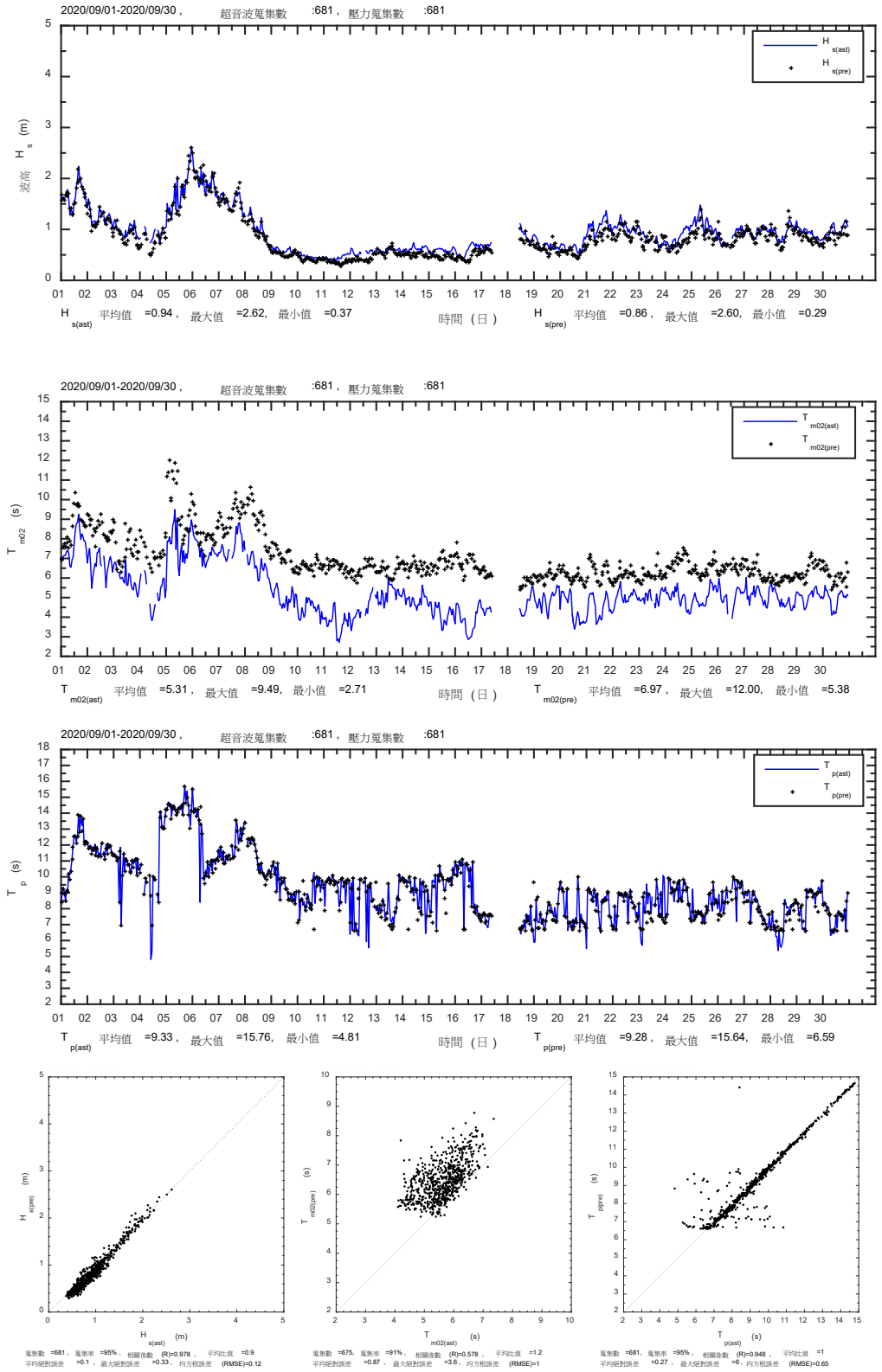
附三圖 2.6 109 年 6 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



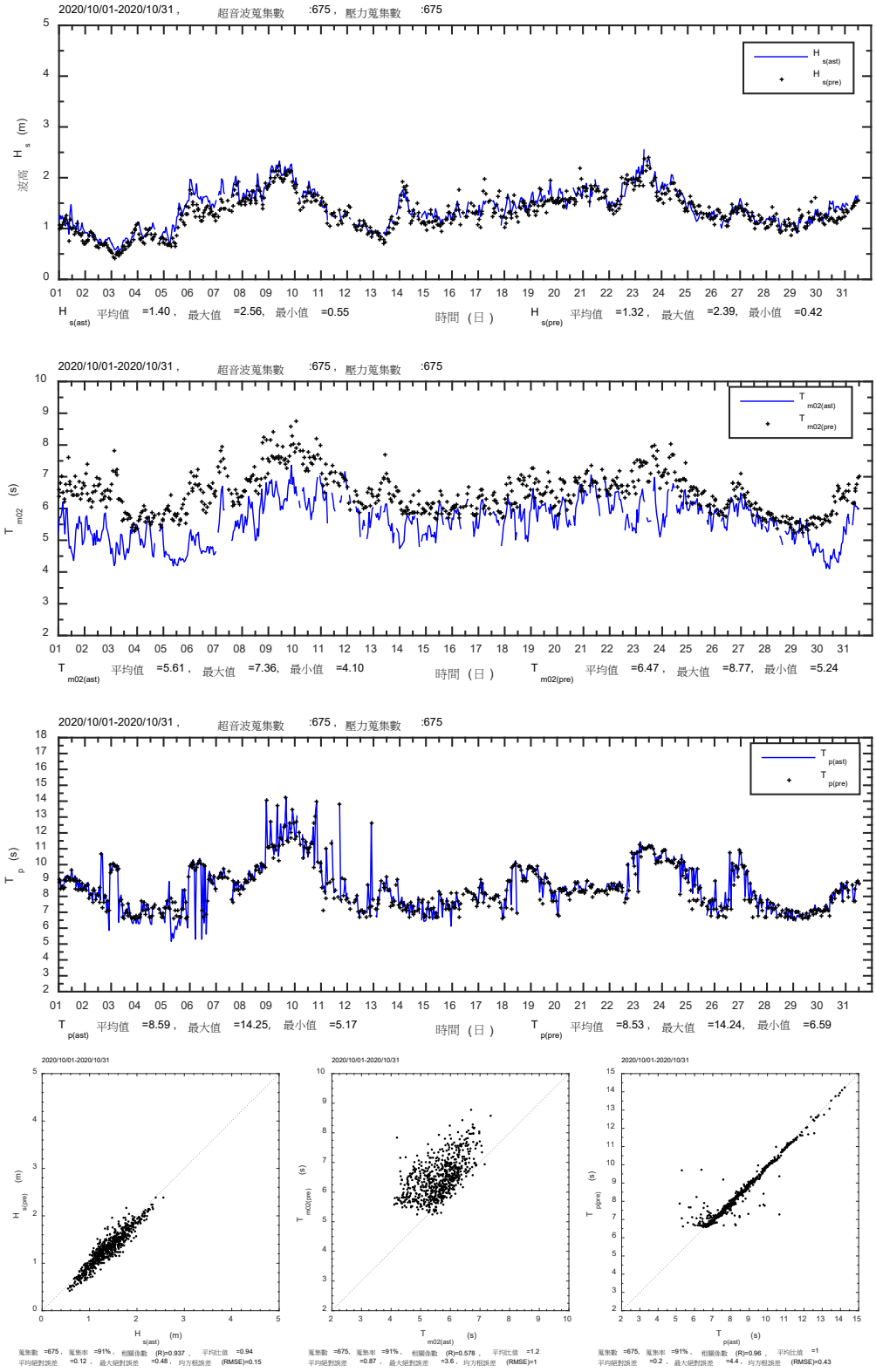
附三圖 2.7 109 年 7 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



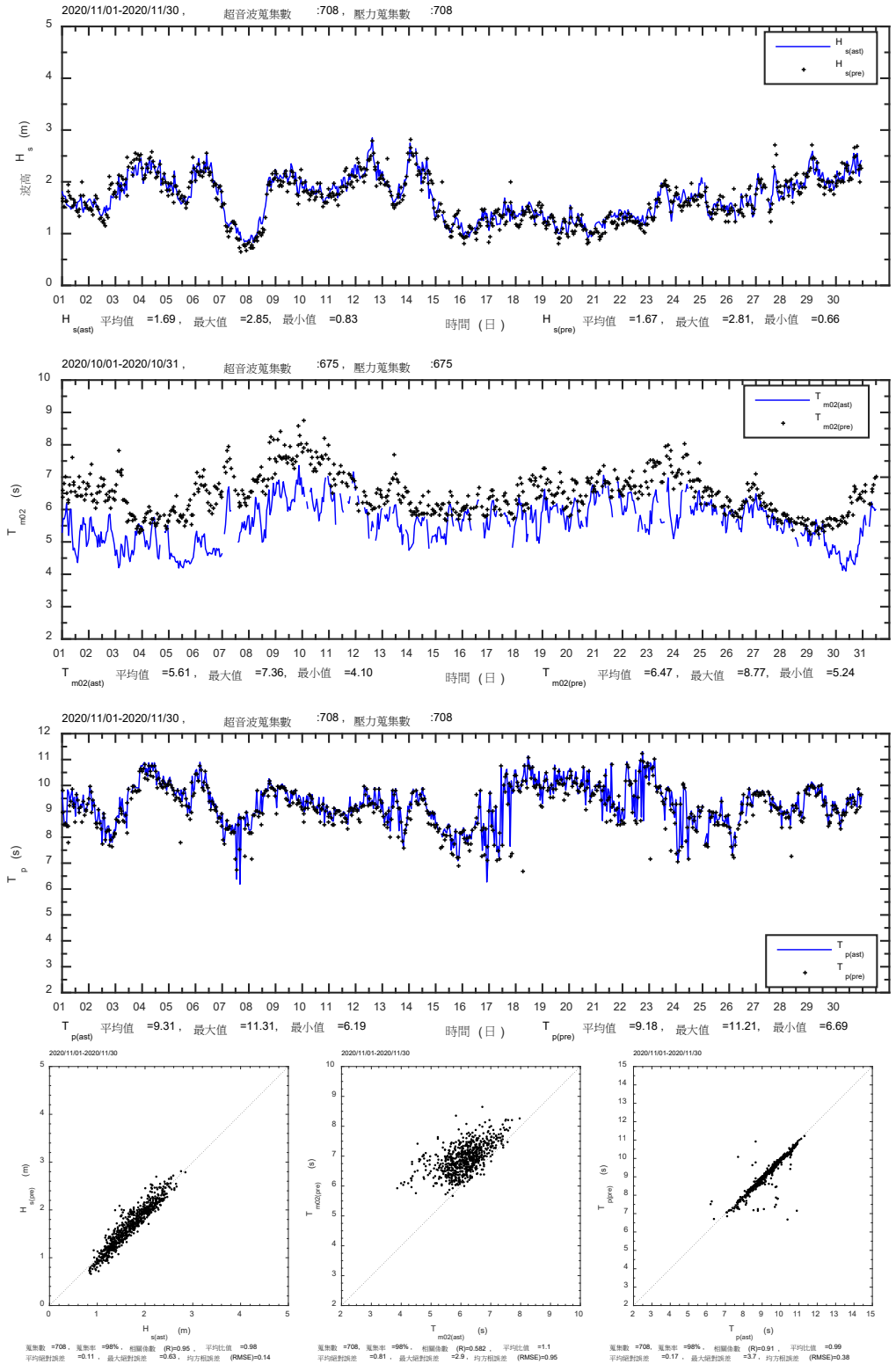
附三圖 2.8 109 年 8 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



附三圖 2.9 109 年 9 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



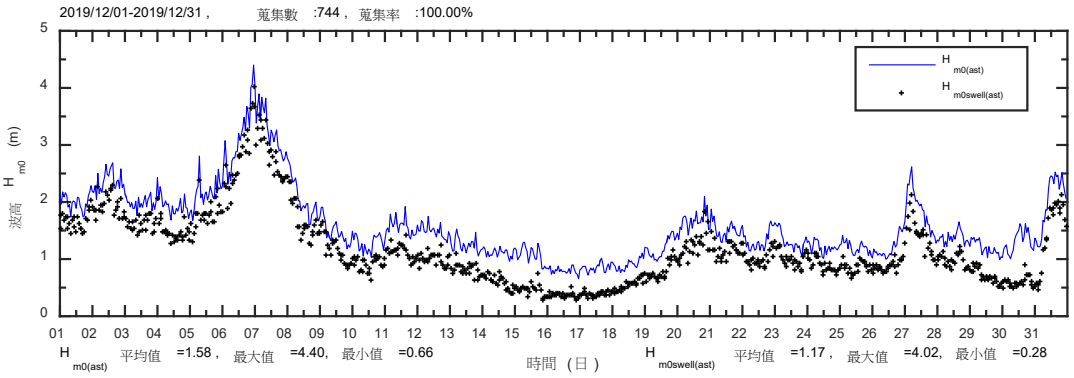
附三圖 2.10 109 年 10 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



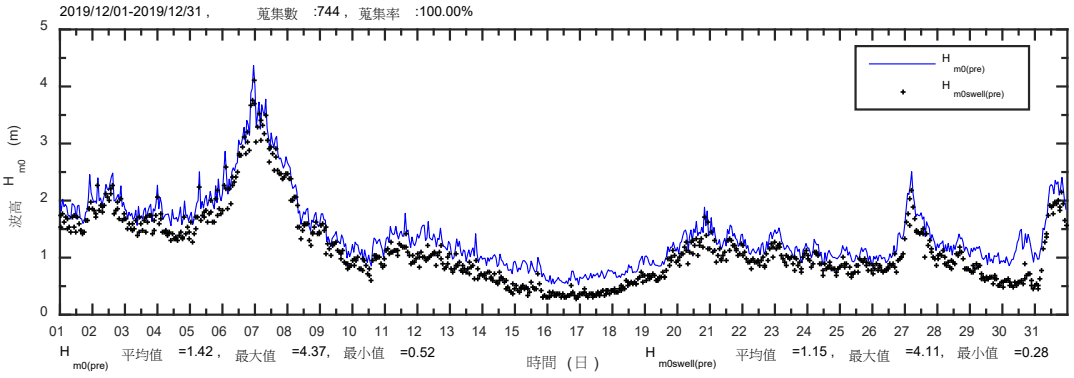
附三圖 2.11 109 年 11 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖

附錄三.3　109 年示性波高及長浪波高歷線資料

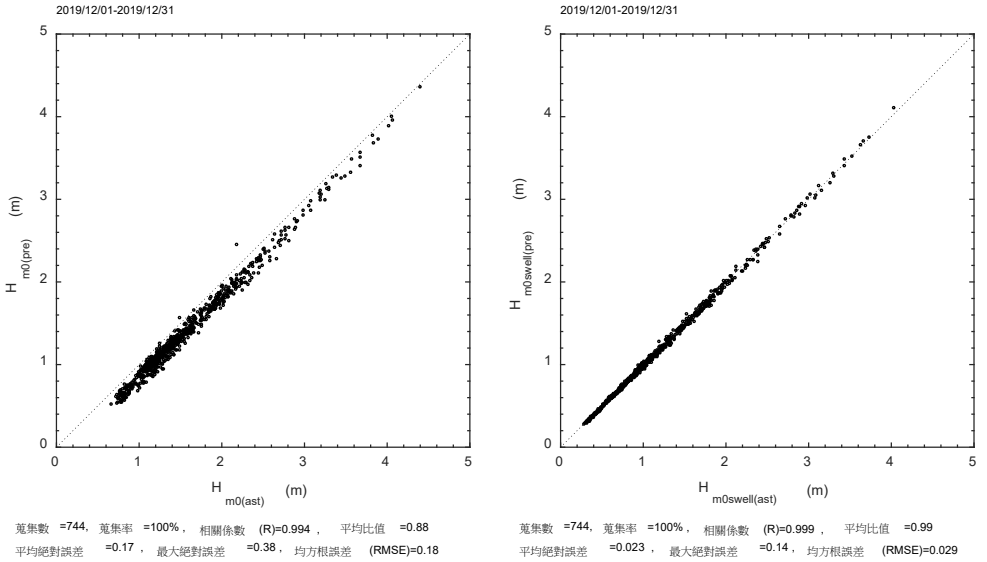
本節內本計畫內利用 matlab 軟體，以軟體方式勾選超音波訊號(AST)，與壓力訊號(pressure)分別轉換之 wad 檔案，以掌握原廠所提供波浪時統計資料差異，示性波高分別以 $(H_{m0(ast)})$及$(H_{m0(pre)})$表示，長浪波高分別以 $(H_{m0swell(ast)})$及$(H_{m0swell(pre)})$表示，週期以$(T_{m02(ast)}$、$T_{p(ast)})$ 及$(T_{m02(pre)}$、$T_{p(pre)})$表示，其中 104 年 12 月至 108 年 11 月已彙整於本所 109 年「港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(3/4)-模擬評估及港內靜穩研究」內，本附錄三.3 彙整 108 年 12 月至 109 年 11 月觀測每月波高及散布圖資料，其中 109 年 3 月缺少觀測資料。



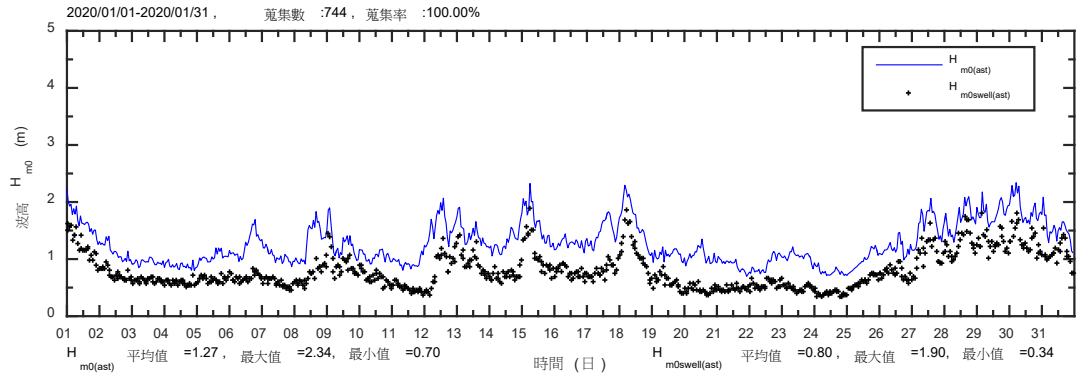
附三圖 3.1a 108 年 12 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



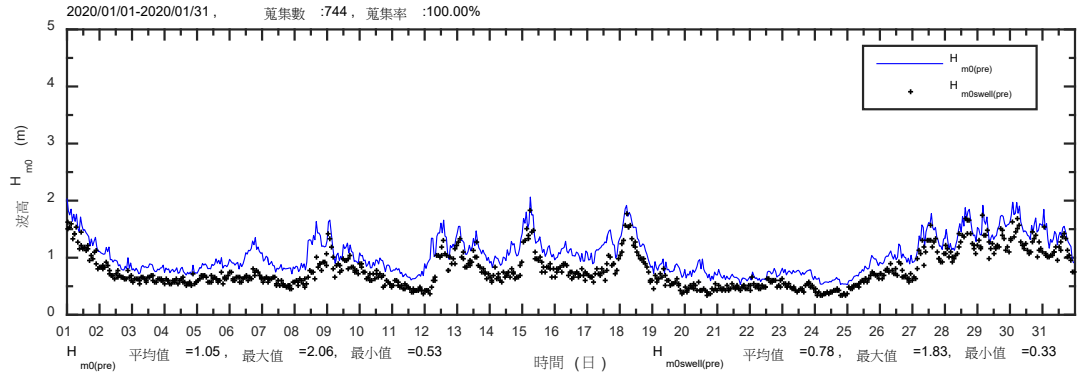
附三圖 3.1b 108 年 12 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



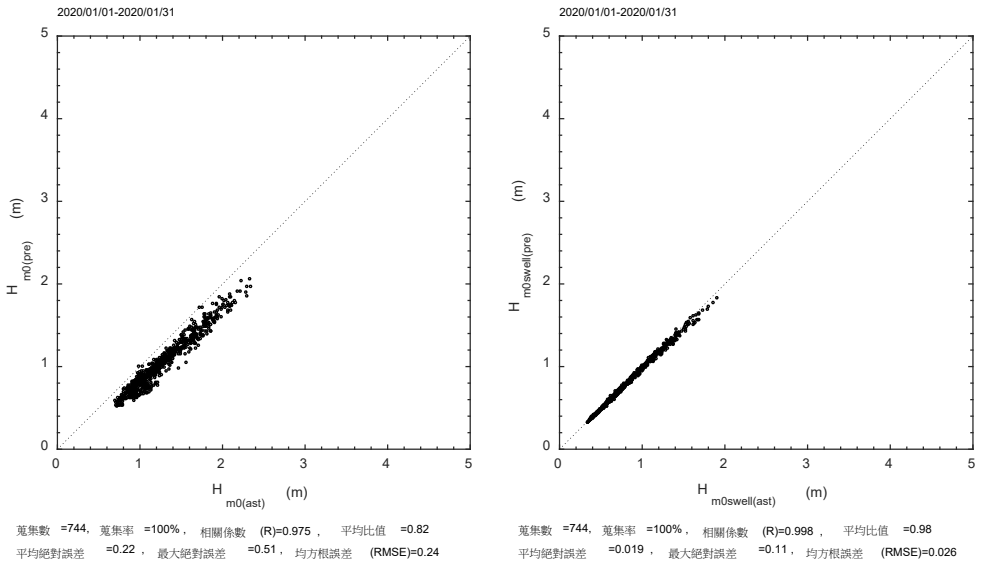
附三圖 3.1c 108 年 12 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖



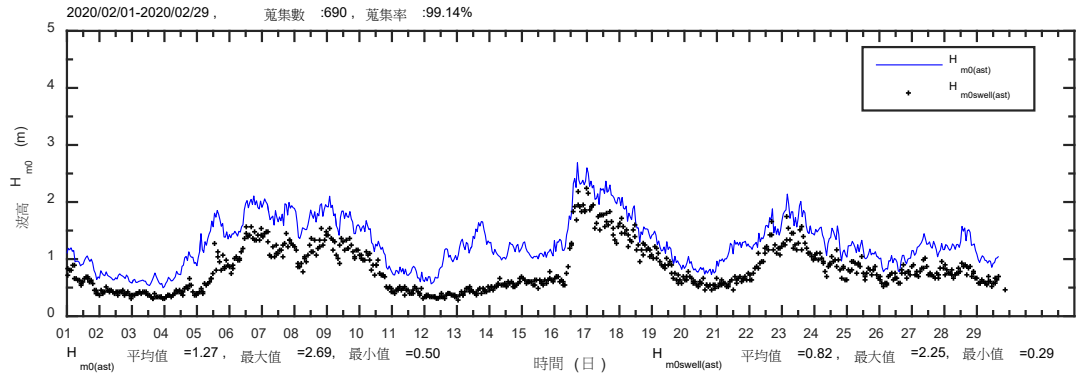
附三圖 3.2a 109 年 1 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



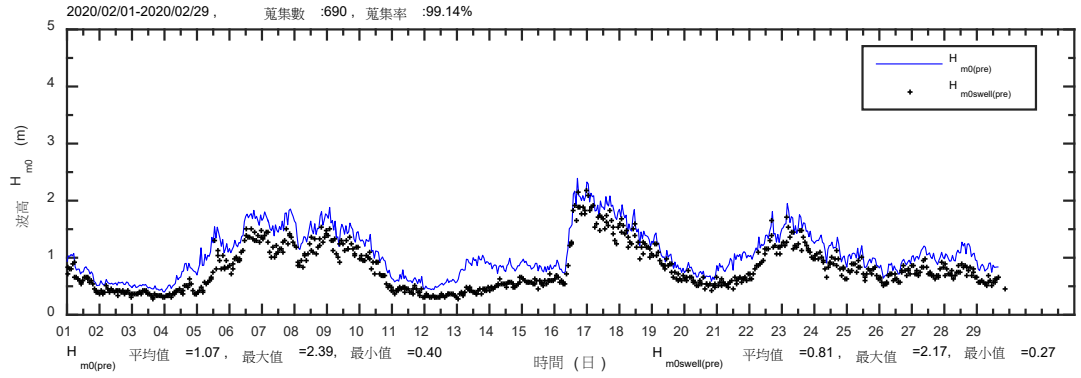
附三圖 3.2b 109 年 1 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



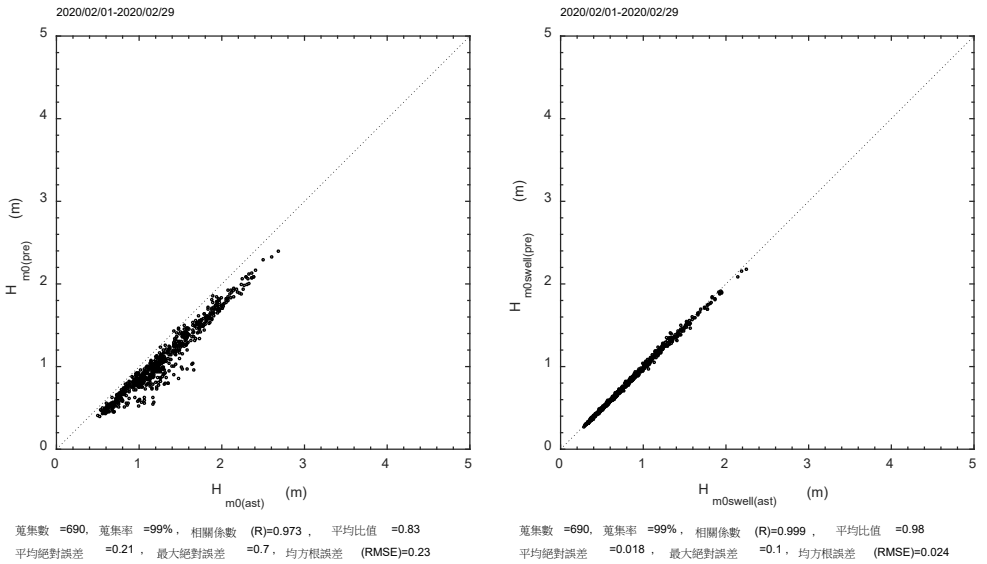
附三圖 3.2c 109 年 1 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖



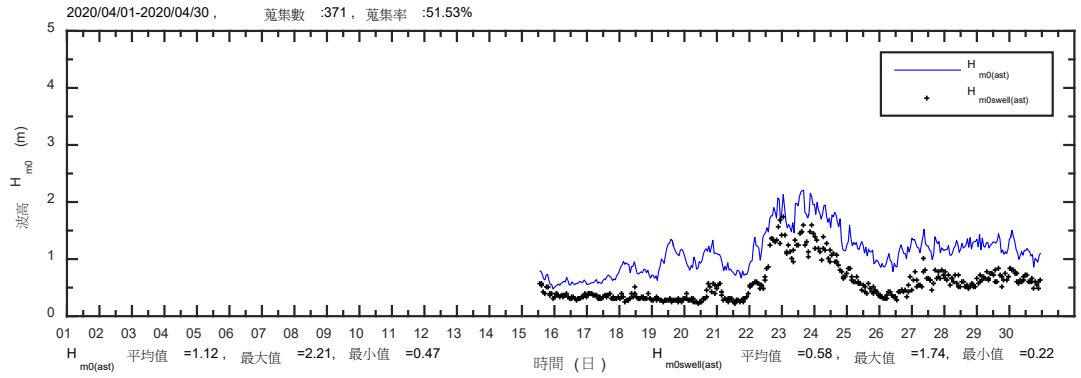
附三圖 3.3a 109 年 2 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



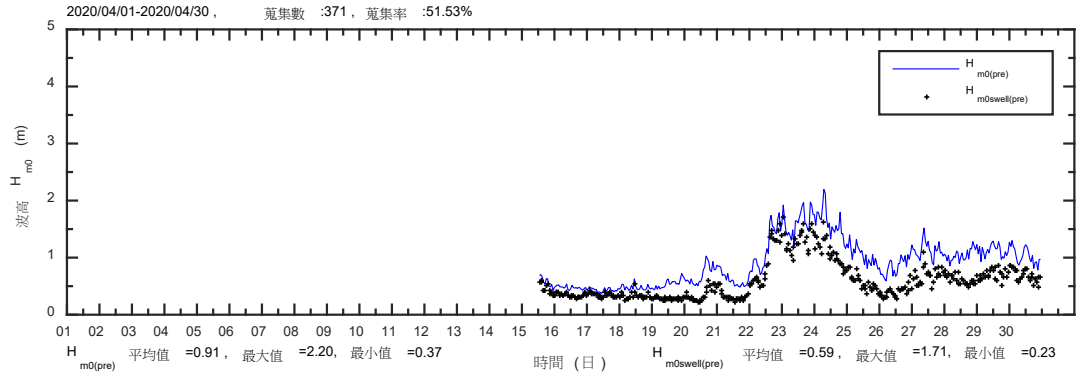
附三圖 3.3b 109 年 2 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



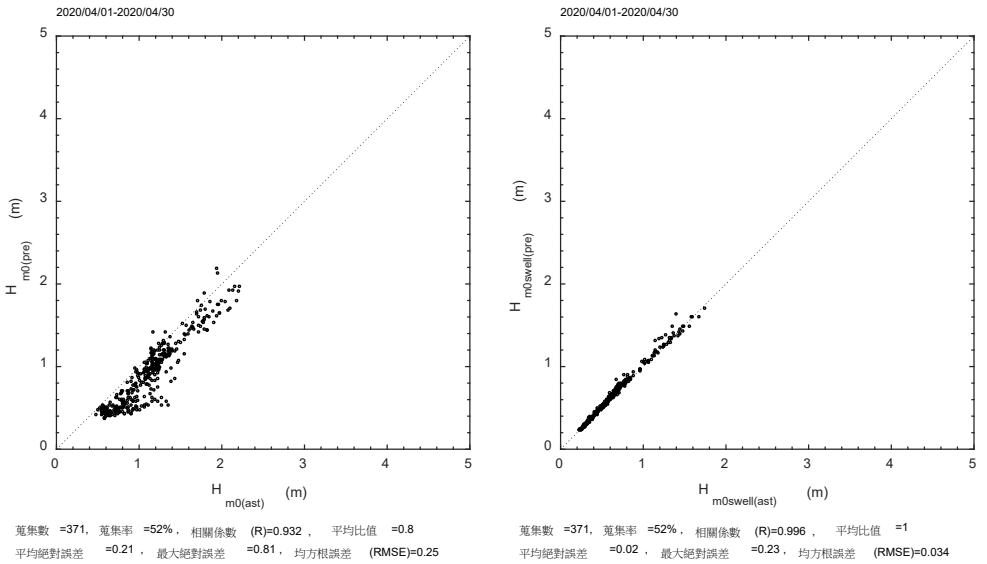
附三圖 3.3c 109 年 2 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖



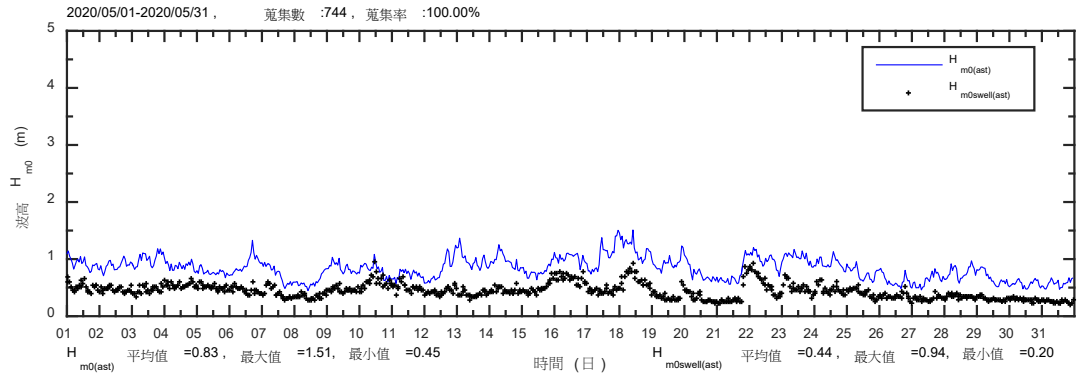
附三圖 3.3a 109 年 4 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



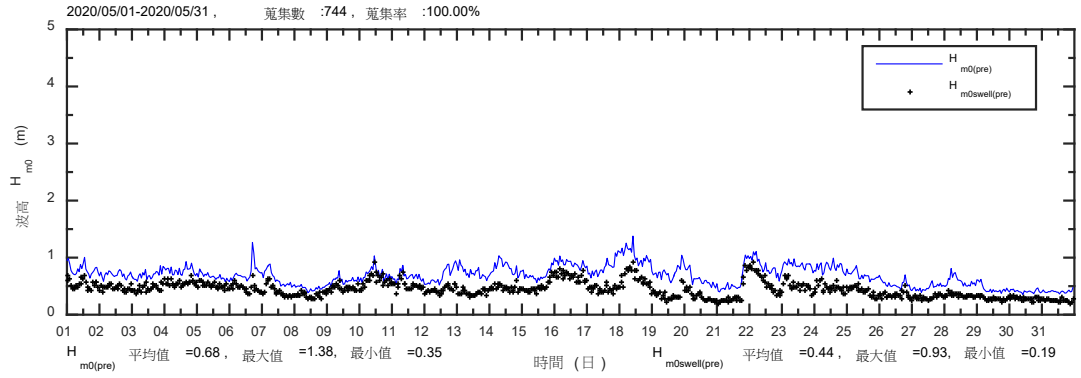
附三圖 3.3b 109 年 4 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



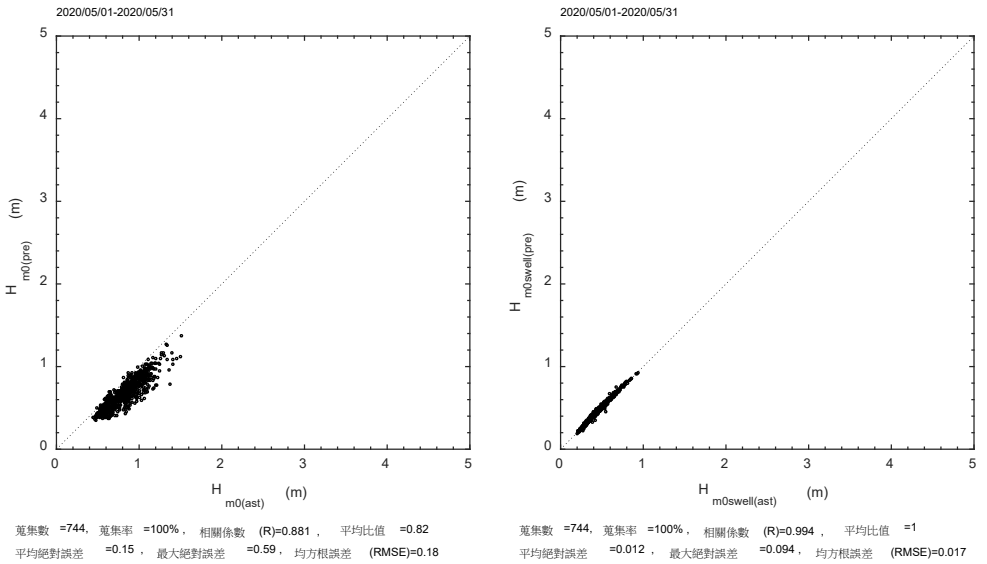
附三圖 3.3c 109 年 4 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖



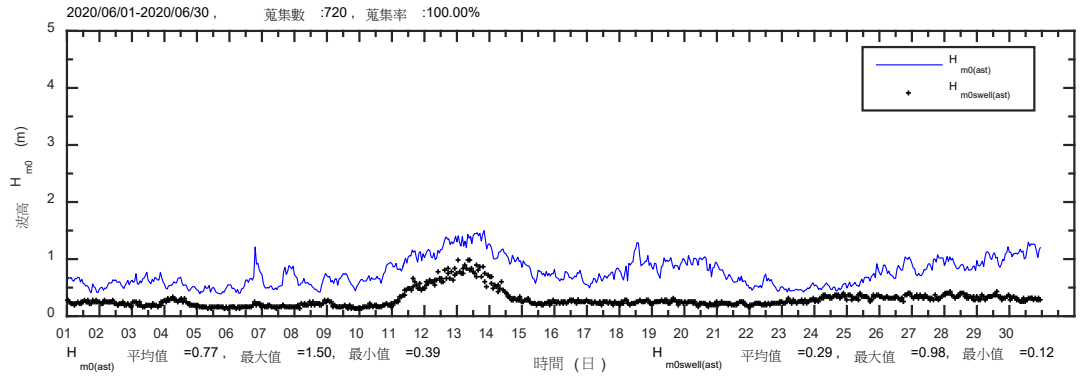
附三圖 3.4a 109 年 5 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



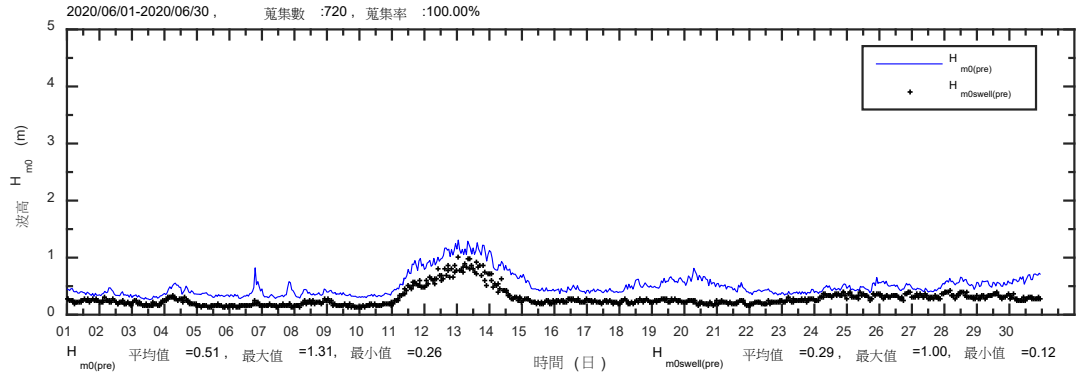
附三圖 3.4b 109 年 5 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



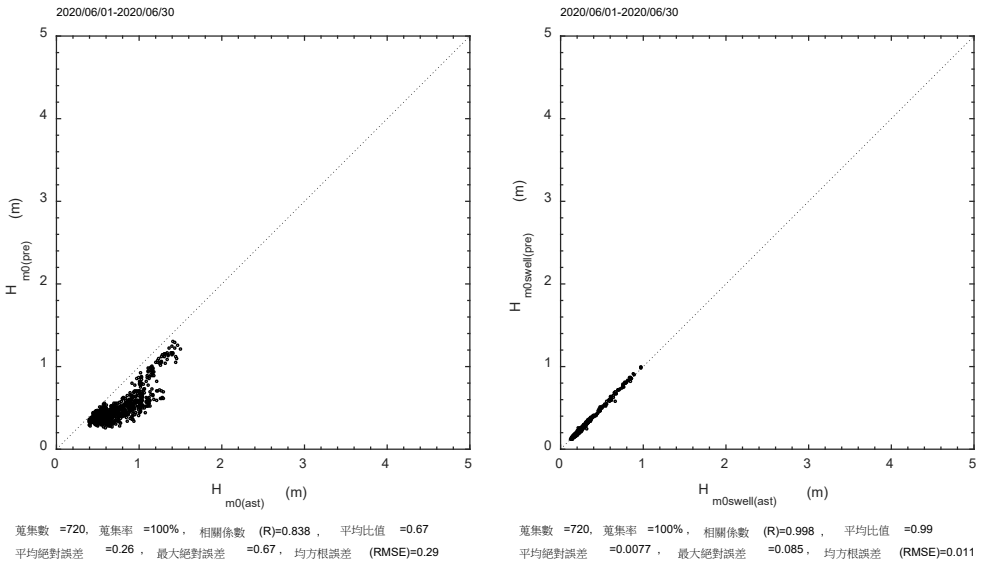
附三圖 3.4c 109 年 5 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖



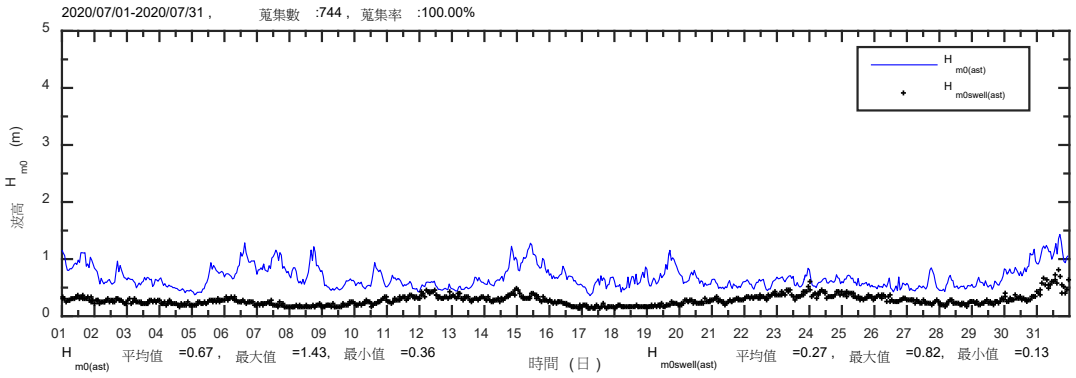
附三圖 3.5a 109 年 6 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



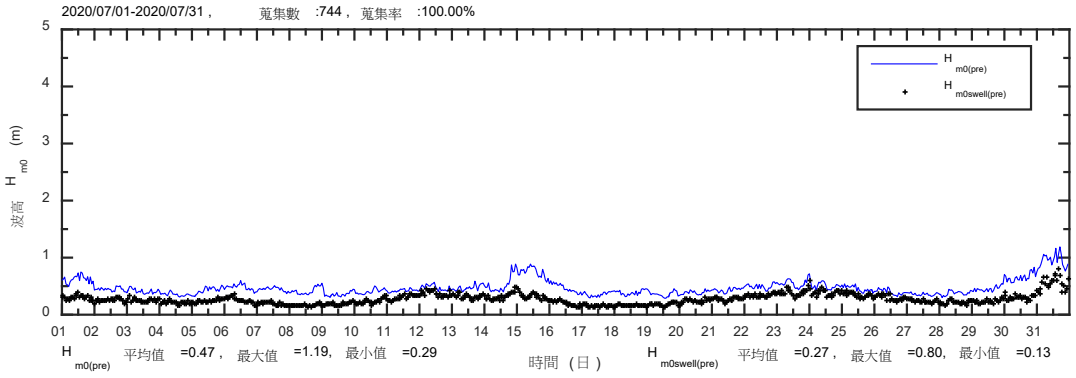
附三圖 3.5b 108 年 6 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



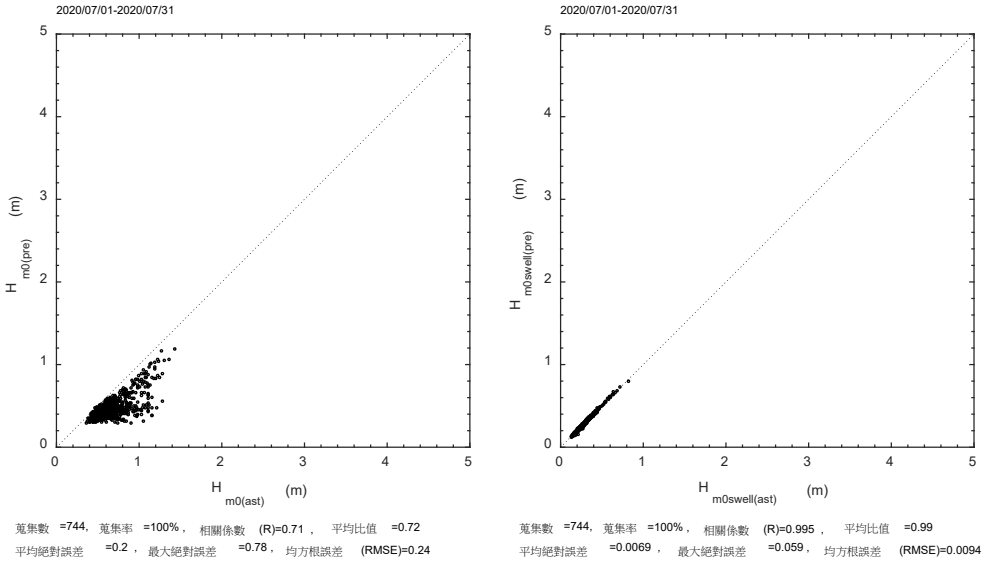
附三圖 3.5c 109 年 6 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖



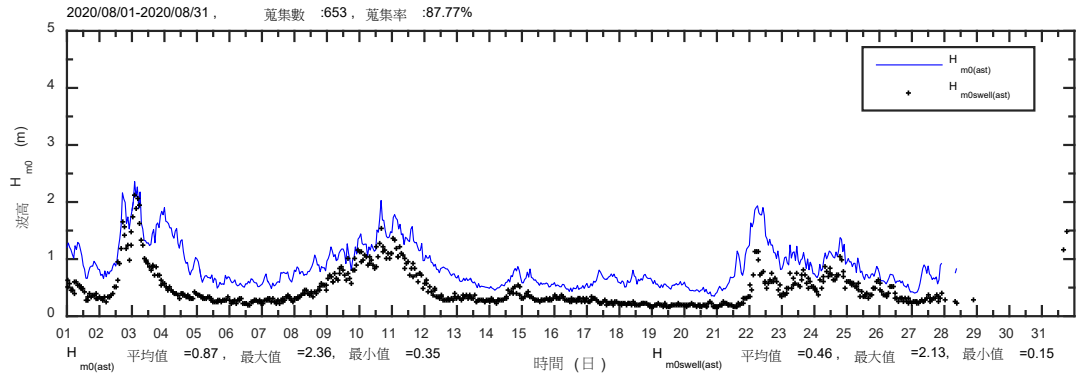
附三 圖 3.6a 109 年 7 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



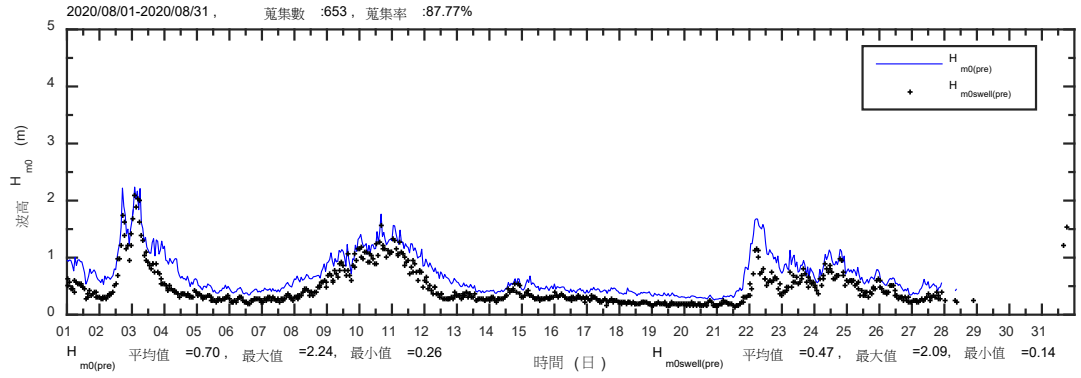
附三 圖 3.6b 109 年 7 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



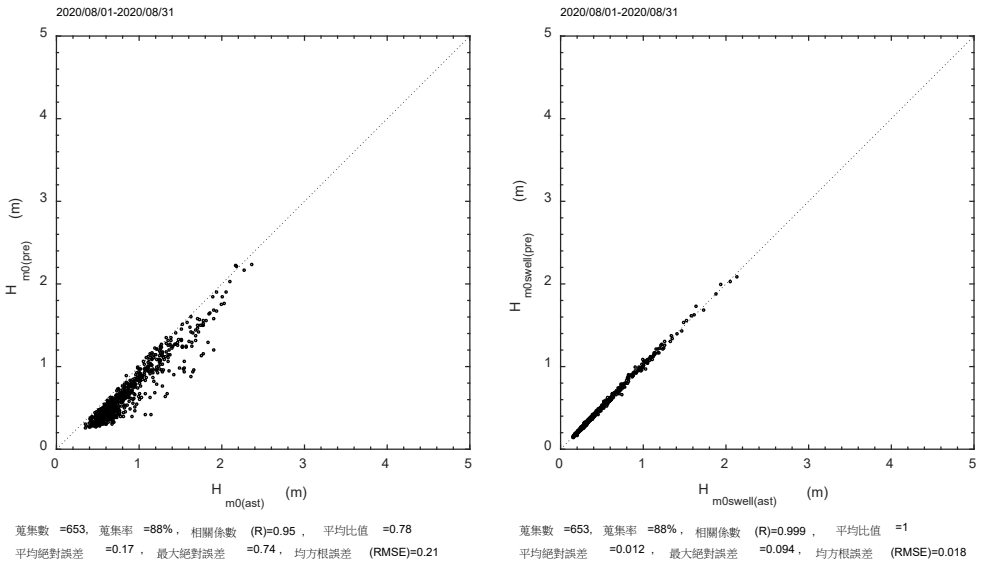
附三圖 3.6c 109 年 7 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖



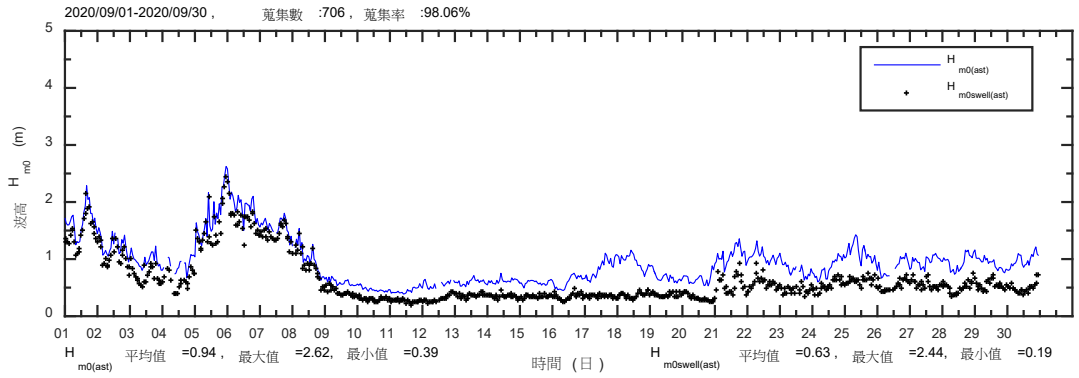
附三圖 3.7a 109 年 8 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



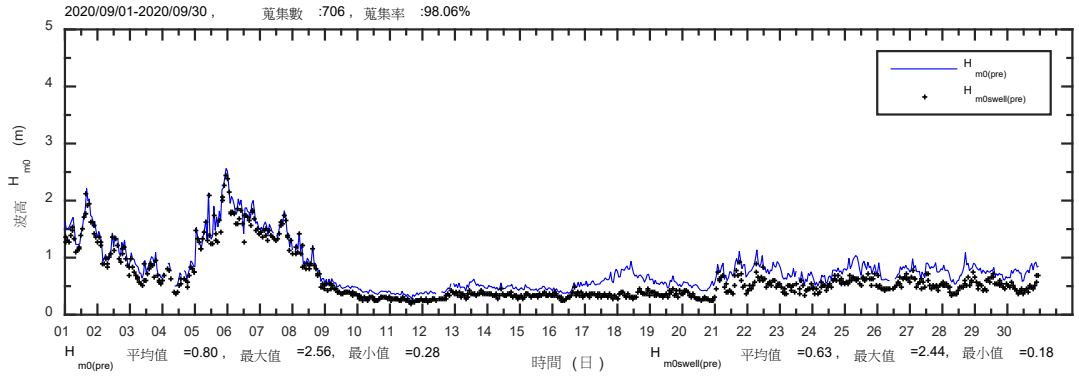
附三圖 3.7b 109 年 8 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



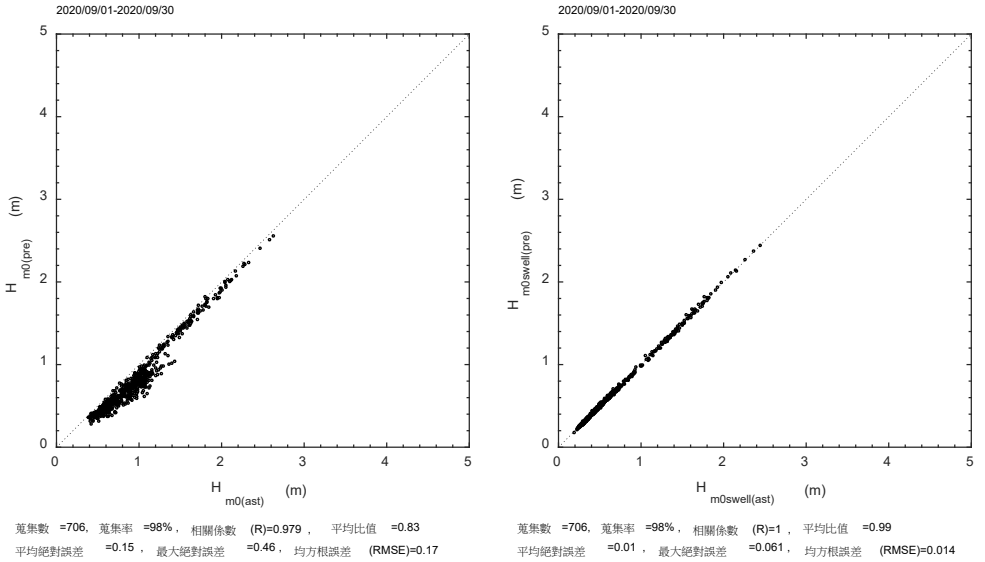
附三圖 3.7c 109 年 8 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖



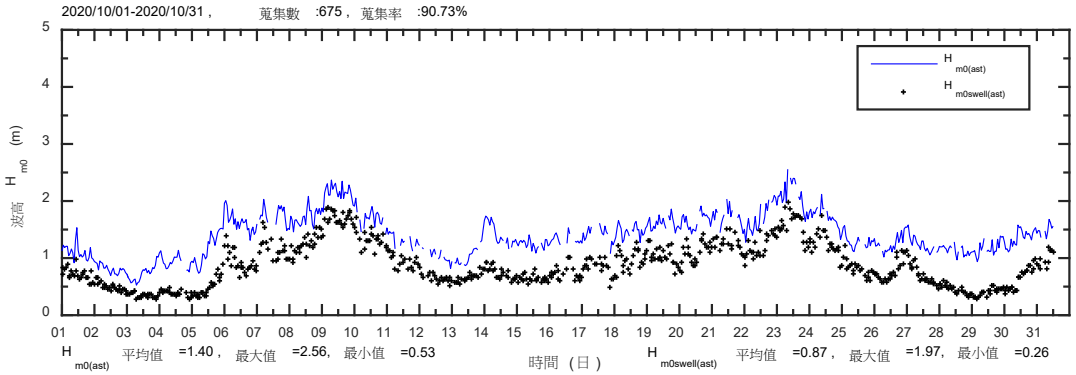
附三圖 3.8a 109 年 9 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



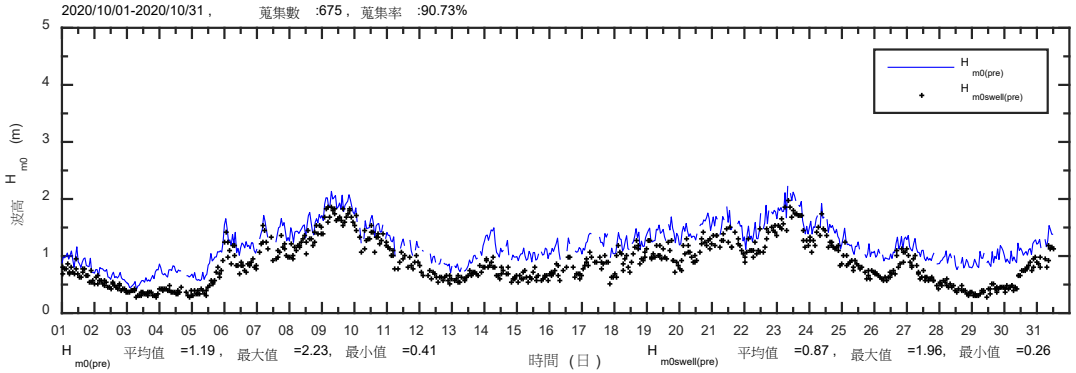
附三圖 3.8b 109 年 9 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



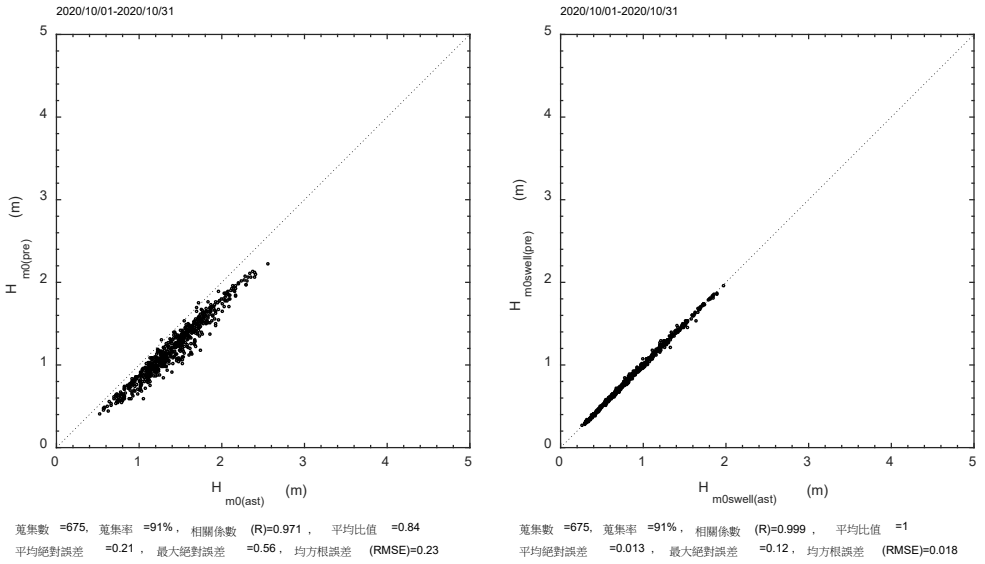
附三圖 3.8c 109 年 9 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖



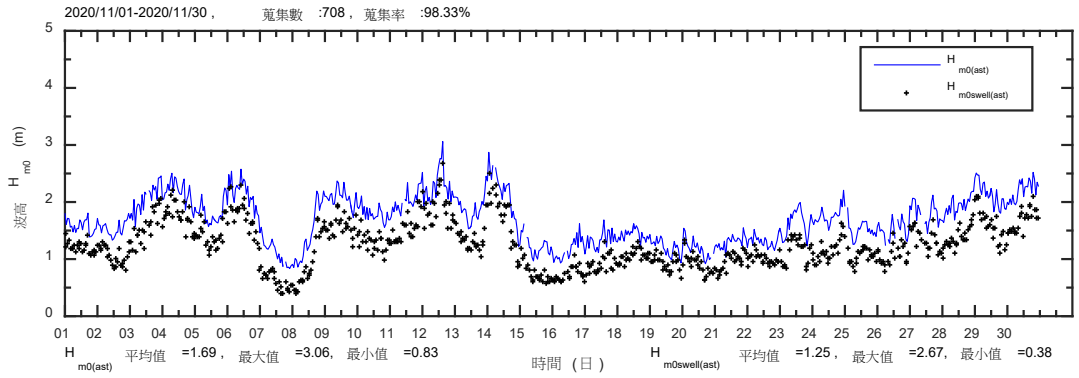
附三圖 3.9a 109 年 10 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



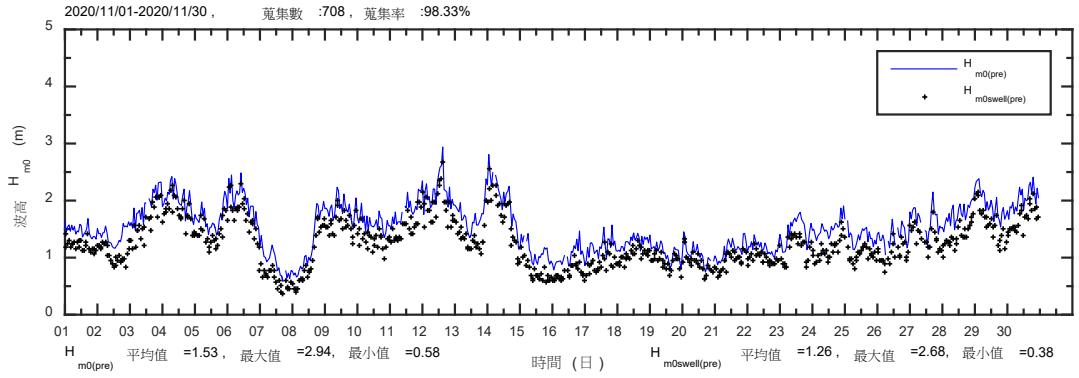
附三圖 3.9b 109 年 10 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



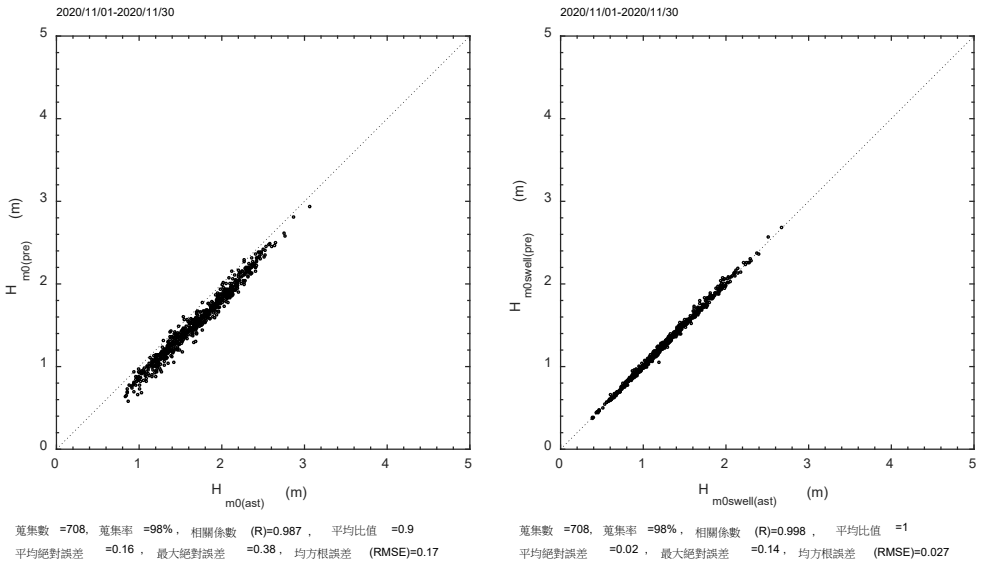
附三圖 3.9c 109 年 10 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖



附三圖 3.10a 109 年 11 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



附三圖 3.10b 109 年 11 月 $H_{m0(pre)}$及$H_{m0swell(pre)}$歷線圖



附三圖 3.10c 109 年 11 月 $H_{m0(ast)}$及$H_{m0(pre)}$與$H_{m0swell(ast)}$及$H_{m0swell(pre)}$散布圖

附錄三.4 波高$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$統計直方圖

彙整自 104 年 12 月至 109 年 11 月期間，花蓮港觀測波高$H_{m0(ast)}$及長浪$H_{m0swell(ast)}$資料以進行發生頻率分析，並繪製此 4 年期間四季直方圖及歷年各季直方圖，其中 105 年 4 月、106 年 2 月、106 年 5 月至 6 月、107 年 4 月至 7 月、107 年 12 月、108 年 11 月及 109 年 3 月缺少觀測資料。

附三表 4-1 每月 Hm0(ast)發生頻率分析表

月份	Hm0(ast)波高 (%)								
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00
10412	0.00	0.00	0.00	3.37	42.65	38.33	15.52	0.13	0.00
10501	0.00	0.00	0.00	9.44	42.41	33.38	6.84	6.02	1.92
10502	0.00	0.00	5.70	4.59	26.42	43.35	18.51	1.42	0.00
10503	0.00	0.00	6.29	22.30	46.37	20.38	4.51	0.14	0.00
10504	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10505	0.00	11.74	43.72	26.72	15.52	2.29	0.00	0.00	0.00
10506	0.00	26.14	40.86	15.57	15.14	2.29	0.00	0.00	0.00
10507	0.41	39.62	31.21	5.97	6.51	8.41	3.12	2.17	2.58
10508	0.00	10.10	35.28	32.72	15.50	4.13	1.00	1.28	0.00
10509	0.00	13.27	23.25	14.55	20.97	9.56	3.85	4.28	10.27
10510	0.00	1.27	13.58	18.67	39.46	16.12	5.23	2.83	2.83
10511	0.00	2.58	24.74	15.98	9.79	35.57	8.25	3.09	0.00
10512	0.00	0.00	0.00	0.00	28.33	56.37	14.45	0.86	0.00
10601	0.00	0.00	0.00	6.19	58.82	28.13	6.46	0.40	0.00
10602	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10603	0.00	0.00	10.23	46.49	36.55	6.73	0.00	0.00	0.00
10604	40.48	9.52	9.52	14.29	11.90	11.90	2.38	0.00	0.00
10605	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10606	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10607	0.00	23.61	41.32	19.06	4.22	5.06	1.18	2.19	3.37
10608	0.35	41.74	28.35	11.30	9.22	5.04	2.43	0.87	0.70
10609	0.00	16.27	33.94	16.69	21.00	9.74	2.09	0.28	0.00
10610	0.00	0.00	6.25	12.67	24.65	23.96	12.85	13.89	5.73
10611	0.00	0.00	0.00	5.66	54.50	29.82	6.94	3.08	0.00
10612	0.00	0.00	0.00	0.00	33.06	36.83	23.92	5.65	0.54
10701	0.00	0.00	0.00	1.75	54.44	34.41	8.60	0.81	0.00
10702	0.00	0.00	1.04	9.08	48.21	23.96	16.22	1.49	0.00
10703	0.00	0.00	1.42	29.59	52.22	10.92	4.59	1.27	0.00
10704	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10705	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10706	-	-	-	-	-	-	-	-	-

月份	Hm0(ast)波高 (%)								
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00
10707	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10708	0.00	5.33	17.26	36.29	26.65	8.12	5.08	1.27	0.00
10709	0.00	11.72	23.31	16.81	8.62	7.49	8.33	10.73	12.99
10710	0.00	0.14	11.49	24.73	29.59	16.08	11.62	4.32	2.03
10711	0.00	0.00	7.41	32.41	43.31	11.63	4.94	0.29	0.00
10712	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10801	0.00	0.00	1.08	15.54	45.14	31.89	6.35	0.00	0.00
10802	0.00	0.00	4.61	22.77	66.52	6.10	0.00	0.00	0.00
10803	0.00	0.00	4.91	26.93	54.70	13.32	0.14	0.00	0.00
10804	0.00	2.64	31.94	27.50	31.67	6.25	0.00	0.00	0.00
10805	0.00	11.22	23.17	28.63	36.40	0.58	0.00	0.00	0.00
10806	0.00	26.11	45.97	23.89	4.03	0.00	0.00	0.00	0.00
10807	0.00	35.22	36.96	8.47	7.26	8.06	3.76	0.27	0.00
10808	0.00	13.67	20.57	23.27	19.89	9.07	6.36	2.98	4.19
10809	0.00	0.00	13.91	25.17	28.23	15.99	8.34	5.84	2.50
10810	0.00	3.96	10.72	21.73	27.31	29.81	5.73	0.73	0.00
10811	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10812	0.00	0.00	0.81	10.08	46.64	21.77	12.77	4.03	3.90
10901	0.00	0.00	2.02	24.46	47.18	22.58	3.76	0.00	0.00
10902	0.00	0.14	11.88	16.23	43.04	22.32	5.94	0.43	0.00
10903	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10904	0.00	0.27	18.87	21.02	45.01	12.40	2.43	0.00	0.00
10905	0.00	2.28	31.18	47.18	19.09	0.27	0.00	0.00	0.00
10906	0.00	13.75	42.08	24.44	19.72	0.00	0.00	0.00	0.00
10907	0.00	14.92	58.20	18.28	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00
10908	0.00	9.19	41.65	20.21	20.06	7.66	1.23	0.00	0.00
10909	0.00	7.51	30.31	26.20	24.93	8.50	2.27	0.28	0.00
10910	0.00	0.00	2.96	10.22	47.70	32.44	6.52	0.15	0.00
10911	0.00	0.00	0.00	3.67	32.77	37.29	24.29	1.84	0.14

-表示該月份缺少資料

附三表 4-2 資料分析期間每月 Hm0swell(ast)發生頻率分析表

月份	Hm0swell(ast)波高 (%)								
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00
10412	0.00	0.67	19.70	29.82	35.22	14.30	0.27	0.00	0.00
10501	0.00	6.16	27.50	25.03	28.45	6.84	5.34	0.68	0.00
10502	0.00	9.81	9.97	22.15	44.15	12.66	1.27	0.00	0.00
10503	0.27	16.69	35.70	18.19	24.21	4.92	0.00	0.00	0.00
10504	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10505	23.48	59.24	11.61	3.64	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00
10506	68.29	25.86	5.71	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10507	40.71	40.43	3.66	5.70	4.21	1.90	0.95	1.09	1.36
10508	1.85	42.82	34.00	11.10	8.11	1.28	0.85	0.00	0.00
10509	23.68	27.82	9.70	8.70	11.41	4.14	3.71	3.71	7.13
10510	0.28	21.78	29.42	20.37	18.81	3.82	1.84	2.55	1.13
10511	6.70	37.63	4.38	9.54	30.93	8.25	2.58	0.00	0.00
10512	0.00	0.00	5.01	20.60	54.36	19.74	0.29	0.00	0.00
10601	0.00	4.71	25.30	30.01	32.71	6.86	0.40	0.00	0.00
10602	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10603	0.58	42.69	39.47	10.82	6.43	0.00	0.00	0.00	0.00
10604	50.00	7.14	16.67	7.14	14.29	4.76	0.00	0.00	0.00
10605	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10606	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10607	27.82	56.32	3.20	1.85	4.89	1.52	1.69	1.85	0.84
10608	40.35	33.39	14.26	3.30	5.74	1.57	0.87	0.52	0.00
10609	16.55	48.12	10.57	7.93	11.82	4.45	0.56	0.00	0.00
10610	0.35	19.44	12.15	12.50	22.74	13.19	11.98	6.94	0.69
10611	0.00	15.17	23.91	23.14	28.53	7.46	1.80	0.00	0.00
10612	0.00	1.21	14.25	20.43	40.99	19.35	3.49	0.27	0.00
10701	0.00	2.15	28.49	29.30	32.26	7.66	0.13	0.00	0.00
10702	0.00	7.44	31.40	23.21	24.40	11.90	1.64	0.00	0.00
10703	0.00	20.73	37.97	20.41	14.08	6.33	0.47	0.00	0.00
10704	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10705	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10706	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10707	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10708	11.93	30.46	28.68	11.68	13.20	3.55	0.51	0.00	0.00
10709	6.78	34.75	11.16	6.64	5.93	7.06	10.59	10.03	7.06
10710	0.95	32.16	21.62	10.95	14.19	11.08	6.08	1.62	1.35
10711	1.16	22.97	37.94	17.59	14.83	5.38	0.15	0.00	0.00
10712	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10801	0.00	16.22	27.97	19.86	30.00	5.81	0.14	0.00	0.00
10802	0.00	16.52	37.50	32.89	13.10	0.00	0.00	0.00	0.00
10803	0.28	35.20	37.59	18.09	8.84	0.00	0.00	0.00	0.00

月份	Hm0swell(ast)波高 (%)								
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00
10804	7.50	64.31	18.47	7.36	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00
10805	9.64	47.91	31.80	8.92	1.73	0.00	0.00	0.00	0.00
10806	55.56	37.36	6.81	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10807	45.83	35.62	4.44	3.36	6.72	3.90	0.13	0.00	0.00
10808	19.35	25.58	17.59	11.50	10.96	6.36	3.52	2.57	2.57
10809	10.71	20.58	15.58	16.41	17.80	10.99	4.73	1.81	1.39
10810	1.03	28.34	20.26	14.68	29.96	3.82	1.62	0.29	0.00
10811	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10812	0.00	11.29	14.92	23.52	26.08	15.05	4.97	2.15	2.02
10901	0.00	15.59	41.40	18.68	20.43	3.90	0.00	0.00	0.00
10902	0.00	22.61	31.59	16.23	22.75	6.38	0.43	0.00	0.00
10903	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10904	2.43	47.17	29.92	7.82	11.32	1.35	0.00	0.00	0.00
10905	4.84	66.94	25.67	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10906	51.94	39.86	4.86	3.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10907	44.09	53.49	2.28	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10908	21.29	48.24	16.08	6.58	6.43	1.07	0.31	0.00	0.00
10909	2.12	52.41	23.80	5.24	9.77	5.67	0.99	0.00	0.00
10910	0.00	18.07	25.78	21.78	27.41	6.96	0.00	0.00	0.00
10911	0.00	1.41	8.33	20.06	44.77	21.61	3.53	0.28	0.00

-表示該月份缺少資料

附三表 4-3 資料分析期間每季 Hm0(ast)發生頻率分析表

四季	Hm0 波高 (%)									平均波高 (m)	最大波高 (m)
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00		
10412~10502 冬季	0.00	0.00	1.71	5.85	37.69	38.12	13.40	2.57	0.67	1.59	3.74
10503~10505 春季	0.00	5.91	25.14	24.52	30.84	11.28	2.24	0.07	0.00	1.02	2.50
10506~10508 夏季	0.14	25.51	35.70	17.90	12.29	5.00	1.40	1.17	0.89	0.81	6.24
10509~10511 秋季	0.00	6.24	19.77	16.48	25.84	17.76	5.35	3.45	5.12	1.35	11.10
10612~10602 冬季	0.00	0.00	0.00	3.19	44.04	41.82	10.33	0.62	0.00	1.56	2.75
10603~10605 春季	4.43	1.04	10.16	42.97	33.85	7.29	0.26	0.00	0.00	0.85	2.29
10606~10608 夏季	0.17	32.53	34.93	15.24	6.68	5.05	1.80	1.54	2.05	0.80	4.91
10609~10611 秋季	0.00	6.95	16.63	12.77	29.99	19.24	6.89	5.58	1.96	1.37	3.63
10612~10702 冬季	0.00	0.00	0.32	3.43	45.14	31.99	16.25	2.69	0.19	1.59	3.16
10703~10705 春季	0.00	0.00	1.42	29.59	52.22	10.92	4.59	1.27	0.00	1.22	2.69
10706~10708 夏季	0.00	5.33	17.26	36.29	26.65	8.12	5.08	1.27	0.00	1.05	2.63
10709~10711 秋季	0.00	3.93	14.09	24.58	27.06	11.80	8.38	5.15	5.01	1.36	6.21
10712~10802 冬季	0.00	0.00	2.76	18.98	55.31	19.62	3.33	0.00	0.00	1.27	2.43
10803~10805 春季	0.00	4.56	20.02	27.68	40.93	6.77	0.05	0.00	0.00	1.00	2.03
10806~10808 夏季	0.00	25.01	34.41	18.47	10.44	5.76	3.40	1.09	1.41	0.86	5.28
10809~10811 秋季	0.00	1.93	12.36	23.50	27.79	22.71	7.07	3.36	1.29	1.32	4.45
10812~10902 冬季	0.00	0.05	4.73	16.94	45.68	22.22	7.53	1.52	1.33	1.38	4.40
10903~10905 春季	0.00	1.61	27.09	38.48	27.71	4.30	0.81	0.00	0.00	0.97	2.21

四季	Hm0 波高 (%)									平均波高 (m)	最大波高 (m)
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00		
10906~10908 夏季	0.00	12.75	47.61	20.97	15.92	2.36	0.38	0.00	0.00	0.77	2.36
10909~10911 秋季	0.00	2.54	11.20	13.40	34.94	25.99	11.11	0.77	0.05	1.34	3.06

附三表 4-4 四季 Hm0(ast)發生頻率分析表

四季 (104/12~109/11)	Hm0(ast)波高 (%)								
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00
冬季 (12、1、2 月)	0.00	0.66	6.24	13.29	34.96	28.49	11.53	3.41	1.42
春季 (3、4、5 月)	0.00	0.01	3.46	16.86	48.44	23.66	6.45	0.96	0.16
夏季 (6、7、8 月)	0.31	12.40	35.60	27.27	21.77	2.48	0.18	0.00	0.00
秋季 (9、10、11 月)	0.05	15.20	27.66	17.56	18.75	11.16	5.06	2.20	2.38

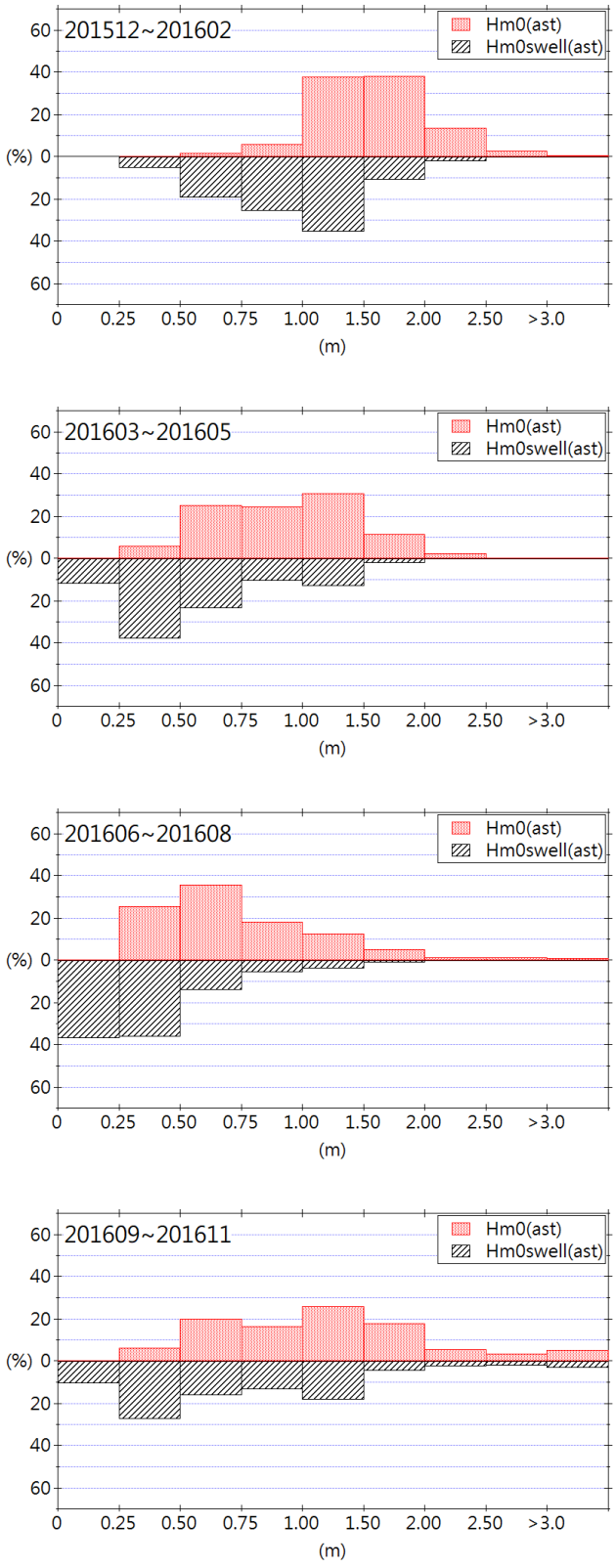
附三表 4-5　歷年各季 Hm0swell(ast)發生頻率分析表

四季	Hm0swell(ast)波高 (%)									平均波高 (m)	最大波高 (m)
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00		
10412~10502 冬季	0.00	5.32	19.49	25.86	35.55	11.22	2.33	0.24	0.00	1.05	2.94
10503~10505 春季	11.96	38.11	23.57	10.87	13.04	2.45	0.00	0.00	0.00	0.60	1.91
10506~10508 夏季	36.96	36.45	14.30	5.65	4.11	1.07	0.61	0.37	0.47	0.44	5.55
10509~10511 秋季	10.80	27.56	16.31	13.47	18.54	4.90	2.73	2.45	3.23	0.90	9.92
10612~10602 冬季	0.00	2.43	15.46	25.45	43.20	13.11	0.35	0.00	0.00	1.09	2.20
10603~10605 春季	5.99	38.80	36.98	10.42	7.29	0.52	0.00	0.00	0.00	0.53	1.70
10606~10608 夏季	33.99	45.03	8.65	2.57	5.31	1.54	1.28	1.20	0.43	0.46	3.59
10609~10611 秋季	7.19	30.70	14.19	13.00	19.42	8.14	4.75	2.38	0.24	0.91	3.33
10612~10702 冬季	0.00	3.47	24.49	24.35	32.82	13.01	1.76	0.09	0.00	1.05	2.64
10703~10705 春季	0.00	20.73	37.97	20.41	14.08	6.33	0.47	0.00	0.00	0.79	2.13
10706~10708 夏季	11.93	30.46	28.68	11.68	13.20	3.55	0.51	0.00	0.00	0.64	2.17
10709~10711 秋季	2.95	30.06	23.41	11.66	11.66	7.91	5.66	3.89	2.81	0.97	5.05
10712~10802 冬季	0.00	16.36	32.51	26.06	21.95	3.05	0.07	0.00	0.00	0.81	2.03
10803~10805 春季	5.78	49.20	29.23	11.47	4.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	1.47
10806~10808 夏季	40.13	32.82	9.62	5.08	5.95	3.45	1.23	0.86	0.86	0.50	4.58
10809~10811 秋季	6.00	24.36	17.86	15.57	23.71	7.50	3.21	1.07	0.71	0.89	3.78
10812~10902 冬季	0.00	16.35	29.25	19.56	23.09	8.49	1.84	0.73	0.69	0.93	4.02
10903~10905 春季	4.04	60.36	27.09	4.30	3.77	0.45	0.00	0.00	0.00	0.51	1.74

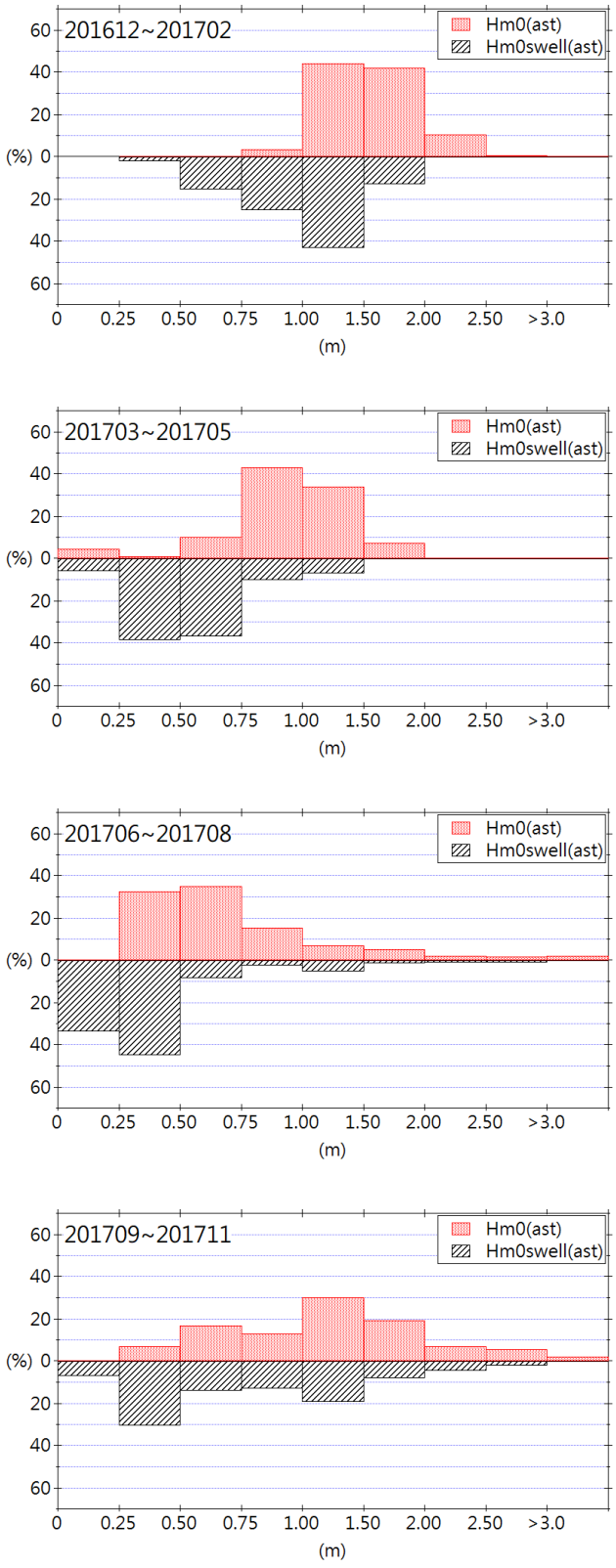
四季	Hm0swell(ast)波高 (%)									平均波高 (m)	最大波高 (m)
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00		
10906~10908 夏季	39.73	47.24	7.42	3.21	1.98	0.33	0.09	0.00	0.00	0.34	2.13
10909~10911 秋季	0.72	24.03	19.20	15.61	27.33	11.49	1.53	0.10	0.00	0.92	2.67

附三表 4-6　四季 Hm0swell(ast)發生頻率分析表

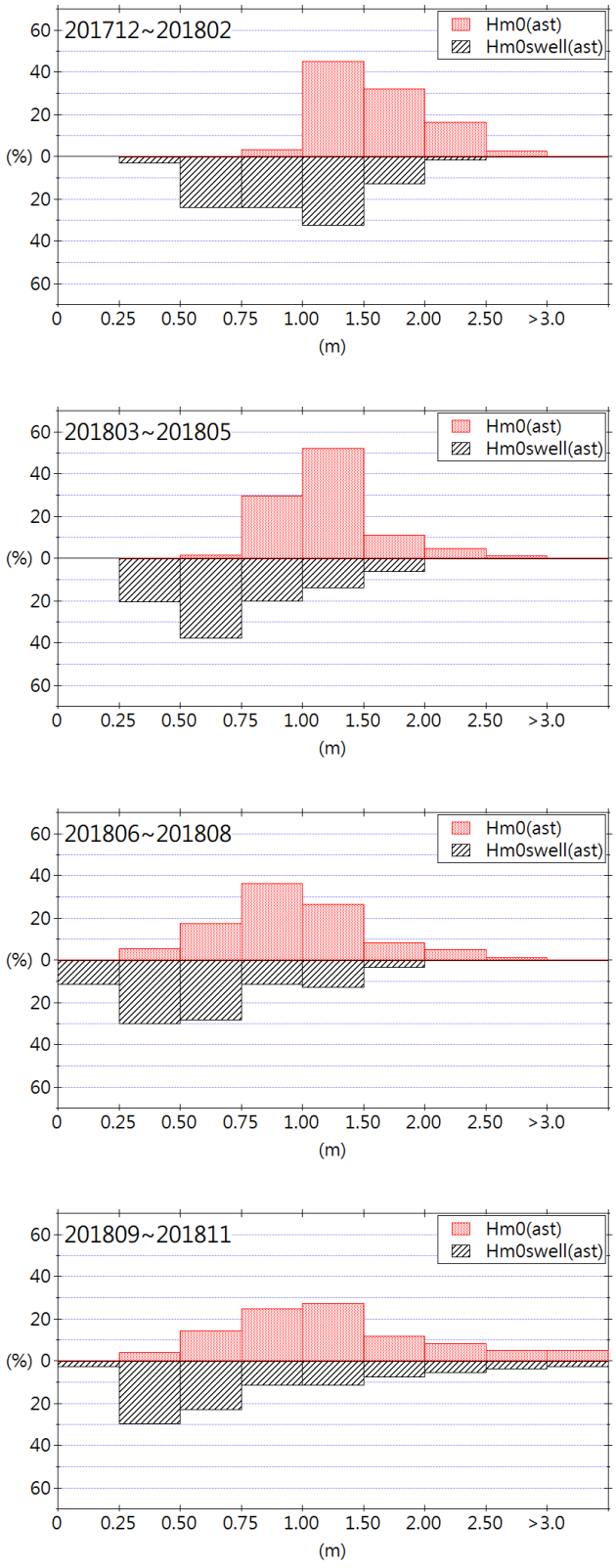
四季	Hm0swell(ast)波高 (%)								
	<0.25	0.25~0.50	0.50~0.75	0.75~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	2.00~2.50	2.50~3.00	>3.00
冬季 (12、1、2 月)	0.73	16.32	18.95	18.84	28.83	11.4	3.14	1.27	0.52
春季 (3、4、5 月)	0.07	15.49	31.46	22.39	23.95	5.8	0.79	0.06	0
夏季 (6、7、8 月)	29.58	48.56	16.01	4.03	1.69	0.13	0	0	0
秋季 (9、10、11 月)	19.72	35.58	13.88	8.86	11.84	5.25	2.13	1.41	1.33



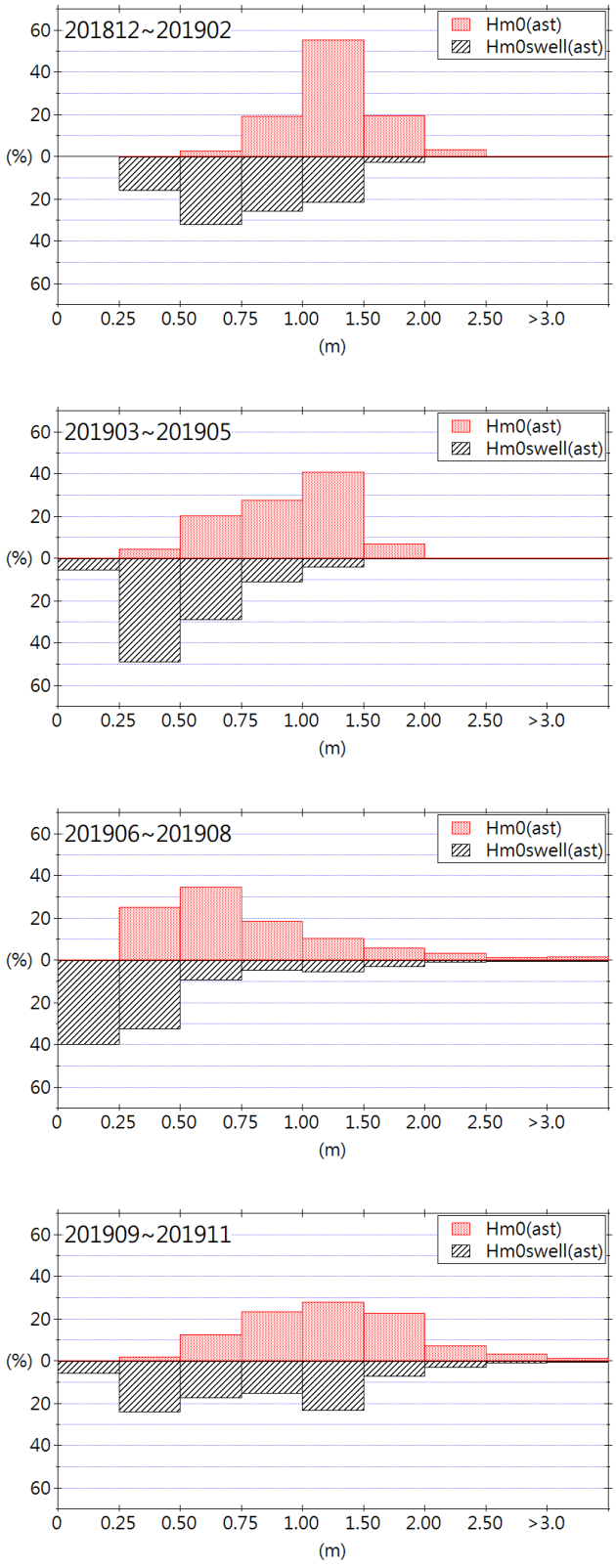
附三圖 4.1　104 年 12 月至 105 年 11 月各季觀測波高$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$直方圖



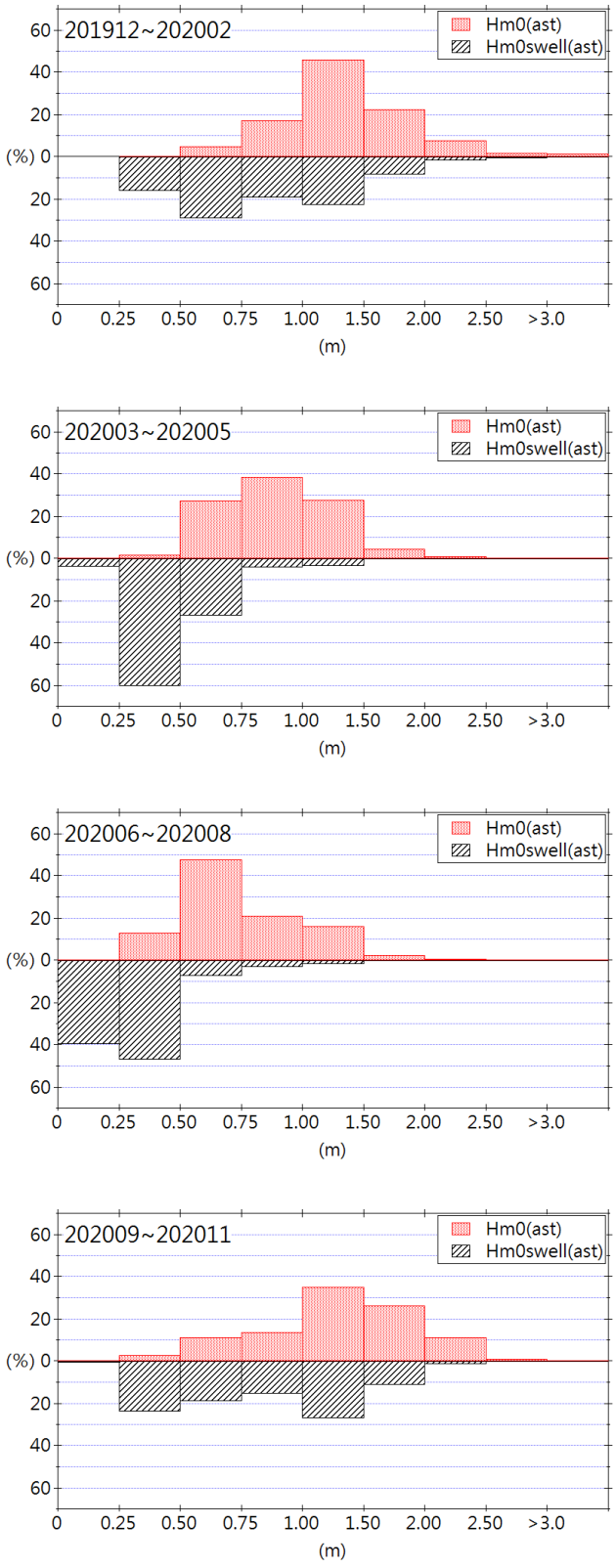
附三圖 4.2　105 年 12 月至 106 年 11 月各季觀測波高$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$直方圖



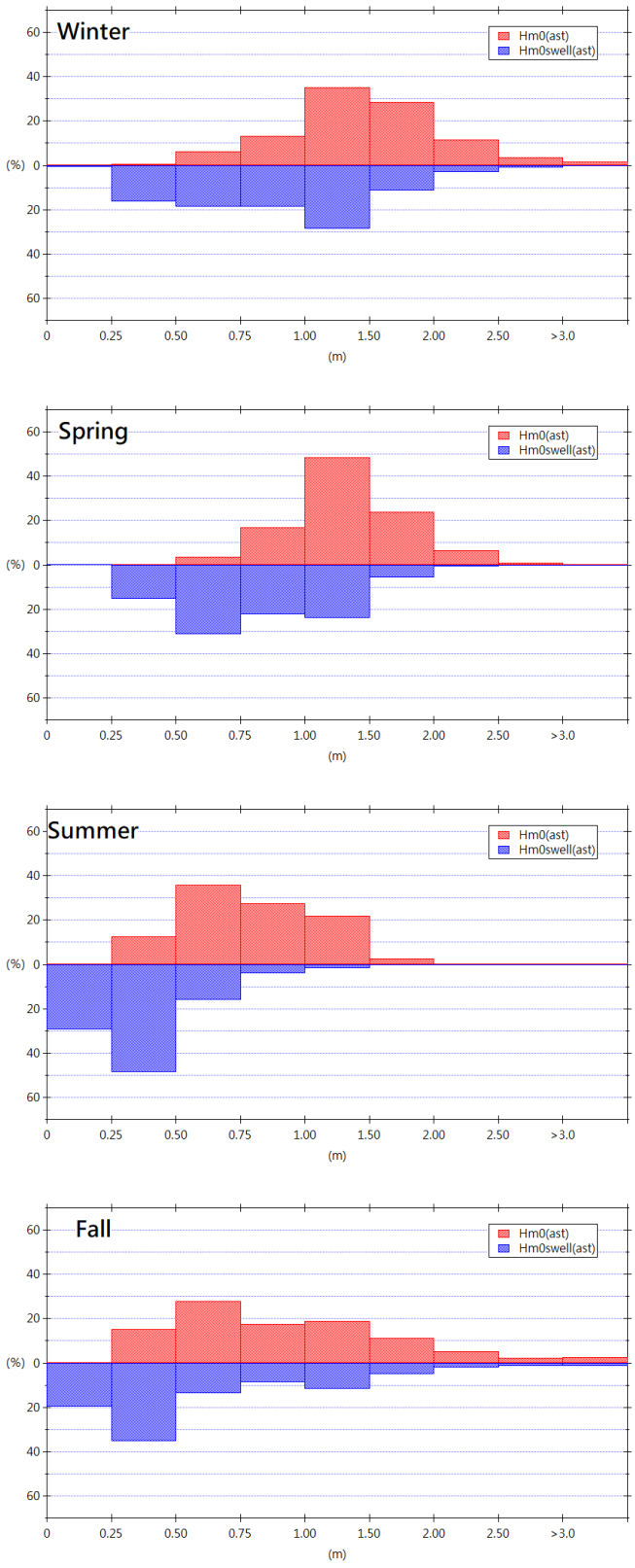
附三圖 4.3　106 年 12 月至 107 年 11 月各季觀測波高$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$直方圖



附三圖 4.4　107 年 12 月至 108 年 11 月各季觀測波高$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$直方圖



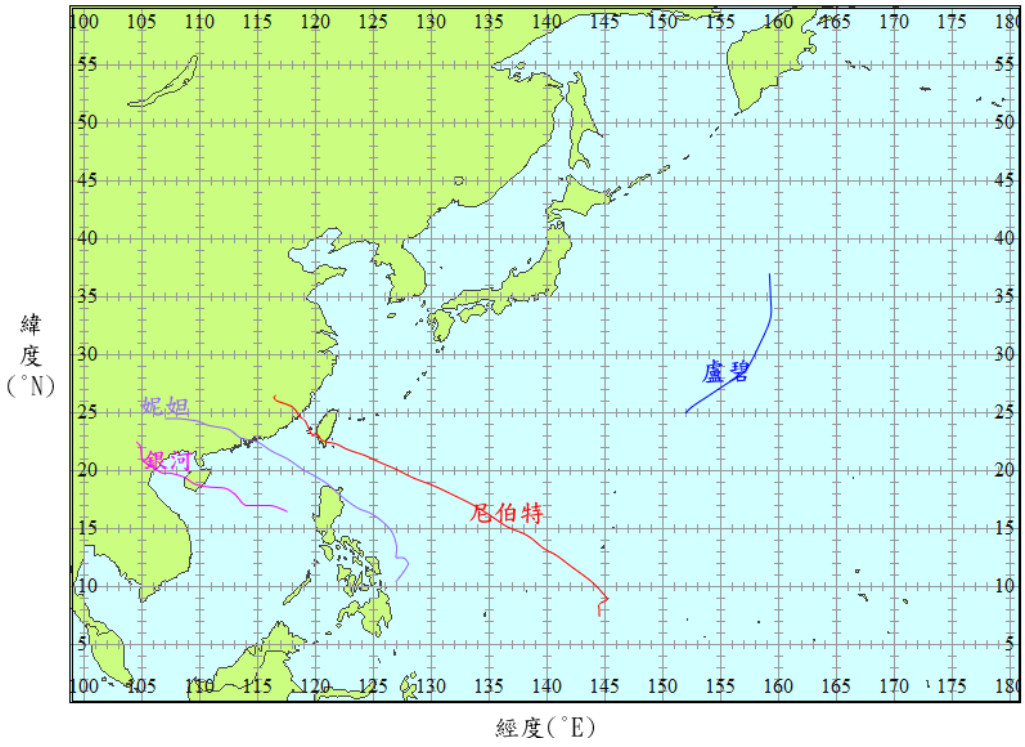
附三圖 4.4　108 年 12 月至 109 年 11 月各季觀測波高$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$直方圖



附三圖 4.5　104 年 12 月~109 年 11 月四季觀測波高$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$直方圖

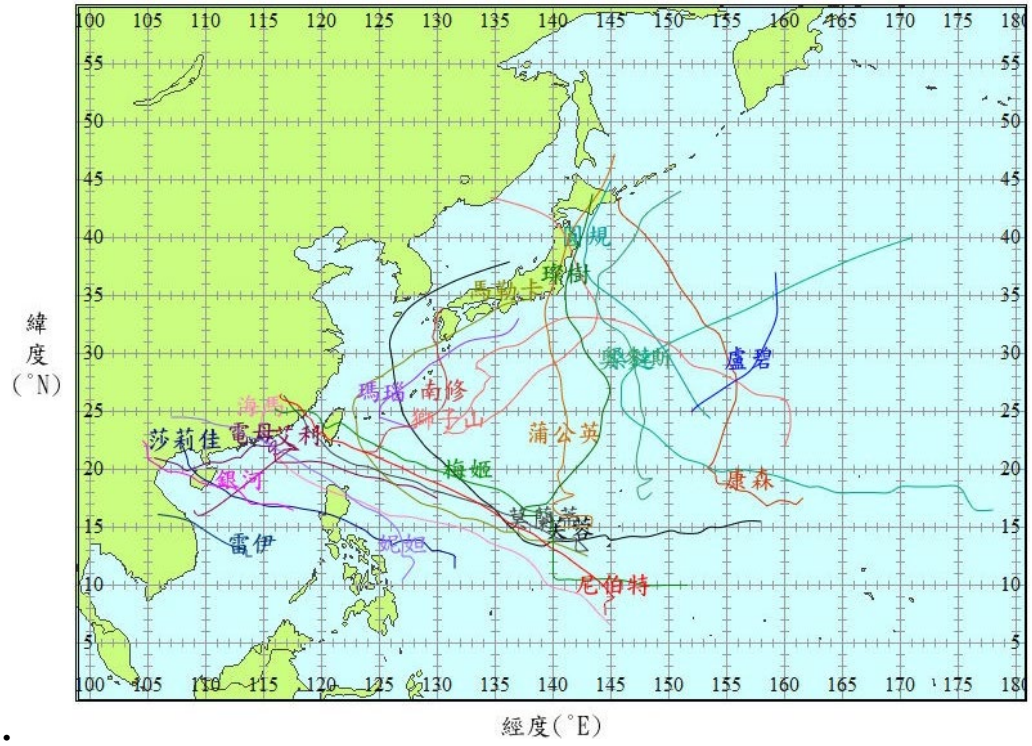
附錄三.5　105 年至 109 年颱風資料

參考交通部中央氣象局颱風資料庫及「北太平洋西部海域颱風之氣候分析」報告，105 年發布 25 個颱風，其中包含 5 個有發布侵臺颱風警報；106 年發布 27 個颱風，其中包含 5 個有發布侵臺颱風警報；107 年發布 27 個颱風，其中包含 2 有發布侵臺颱風警報；108 年發布 29 個颱風，其中包含 3 有發布侵臺颱風警報；109 年發布 23 個颱風，其中僅 1 有發布侵臺颱風警報。其中，105 年 1 月至 6 月、105 年 7 月至 12 月、106 年 1 月至 6 月、106 年 7 月至 12 月、107 年 1 月至 6 月、107 年 7 月至 12 月、108 年 1 月至 6 月、108 年 7 月至 12 月及 109 年 1 月至 12 月北太平洋西部海域生成颱風路徑圖，如附三圖 5.1a、附三圖 5.1b、附三圖 5.2a、附三圖 5.2b、附三圖 5.3a、附三圖 5.3b、附三圖 5.4a、附三圖 5.4b 及附三圖 5.5 所示。至於花蓮港 105 年至 109 年有啟動避湧機制之颱風，其路徑圖則如附三圖 5.6~附三圖 5.10 所示。



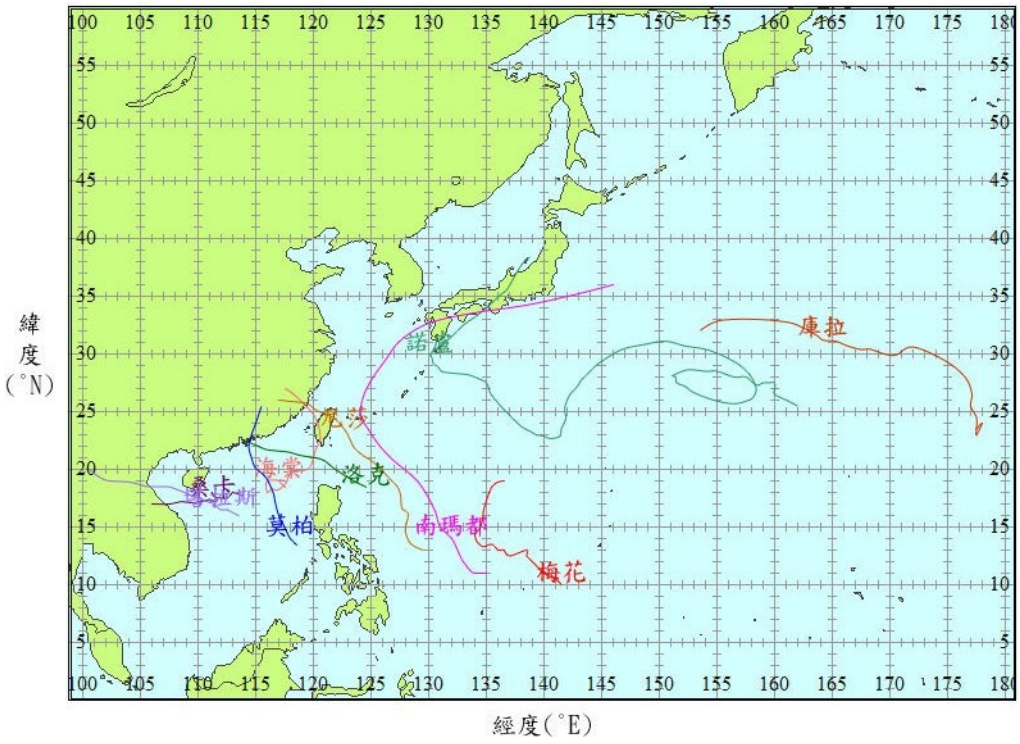
資料來源:105 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析

附三圖 5.1a 105 年 1 月至 6 月 北太平洋西部海域生成颱風路徑圖



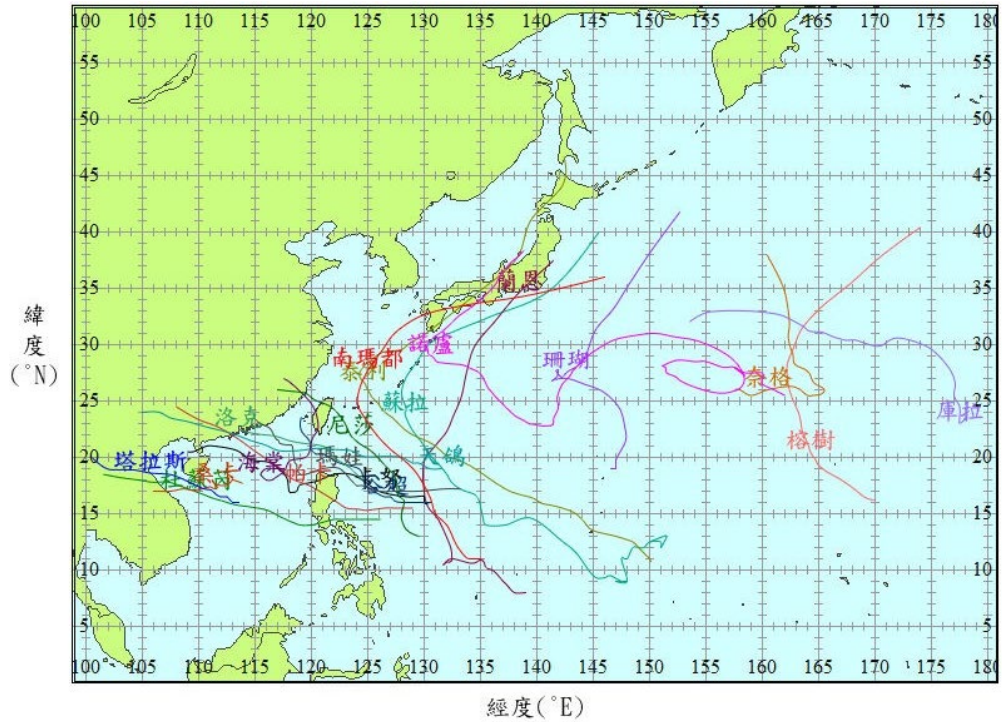
資料來源:105 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析

附三圖 5.1b 105 年 7 月至 12 月 北太平洋西部海域生成颱風路徑圖



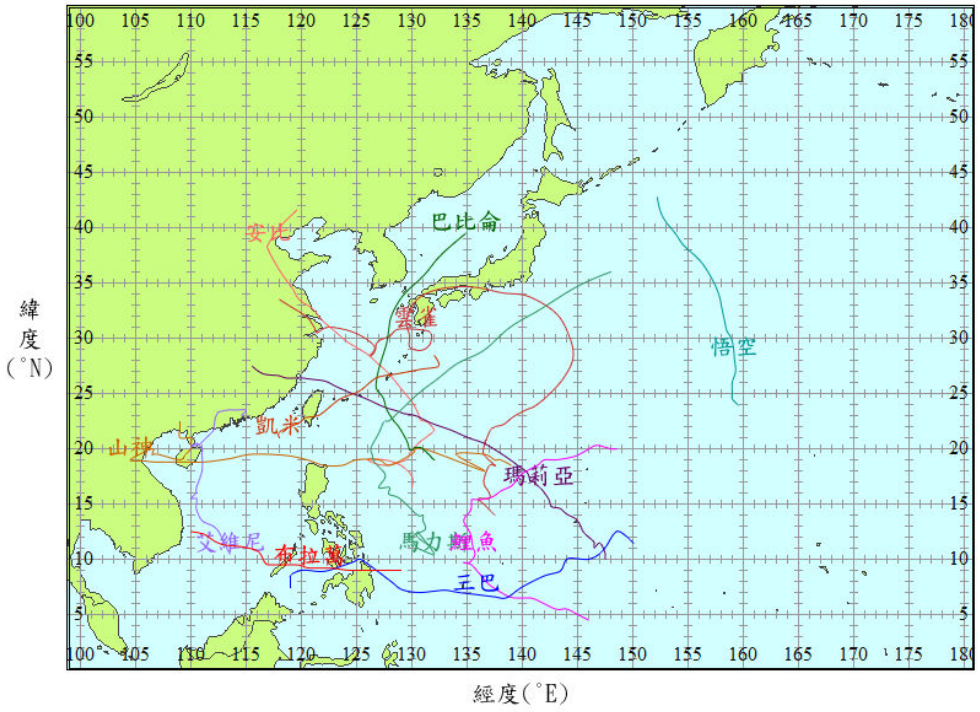
資料來源:106 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析

附三圖 5.2a 106 年 1 月至 6 月 北太平洋西部海域生成颱風路徑圖



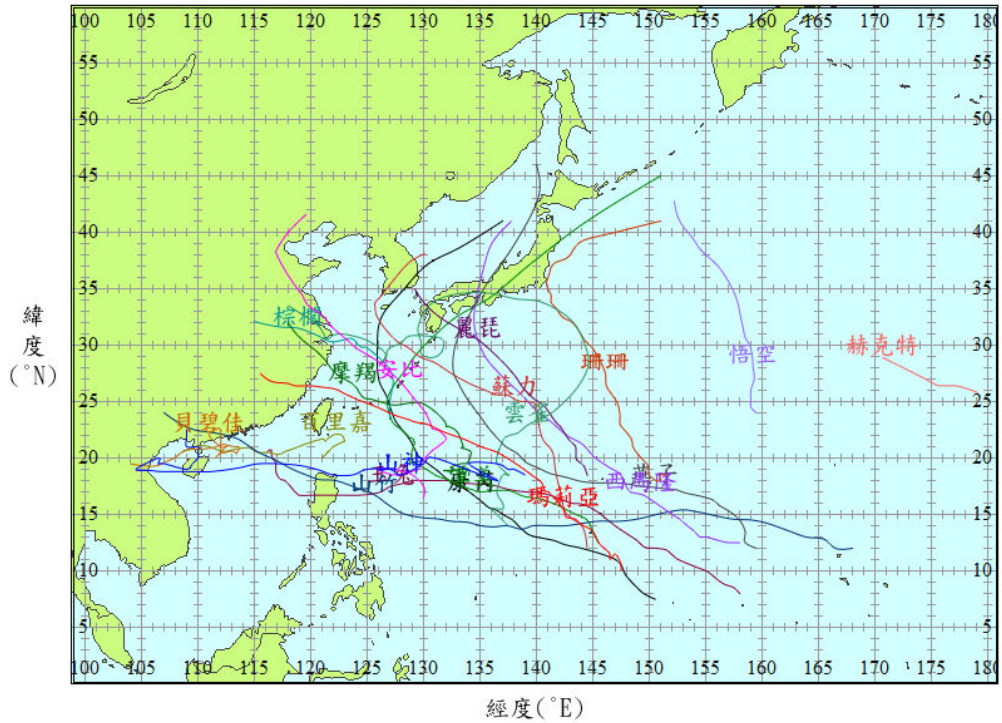
資料來源:106 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析

附三圖 5.2b 106 年 7 月至 12 月 北太平洋西部海域生成颱風路徑圖



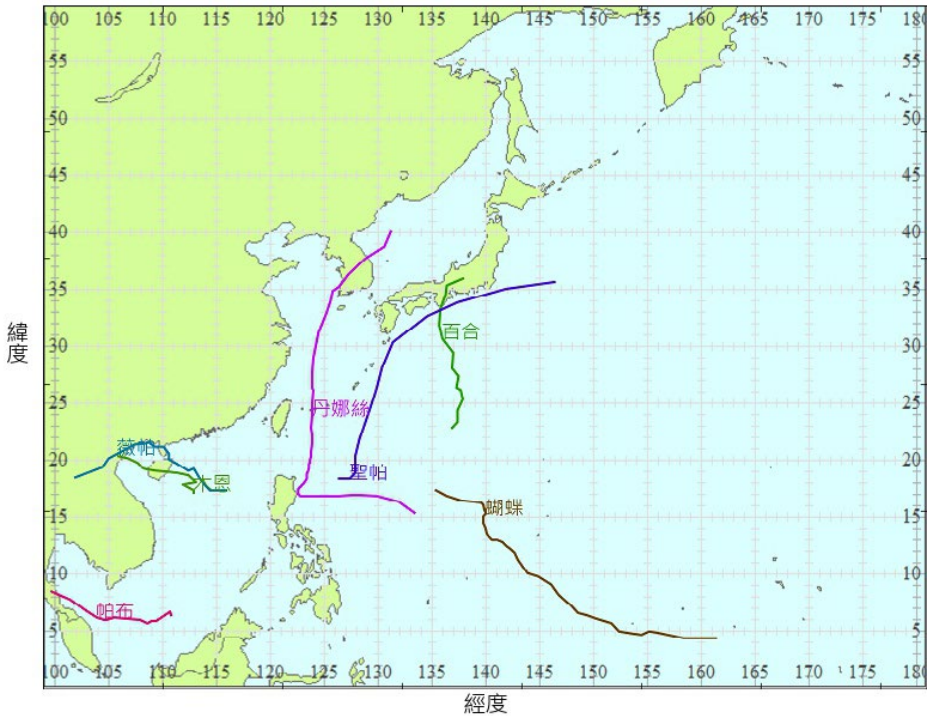
資料來源:107 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析

附三圖 5.3a 107 年 1 月至 6 月 北太平洋西部海域生成颱風路徑圖



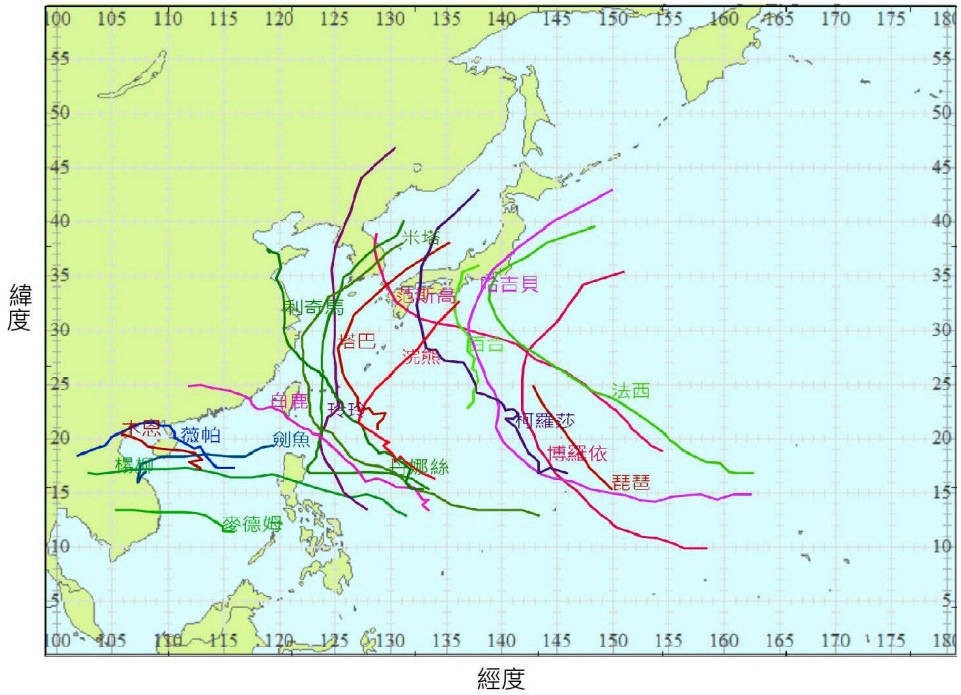
資料來源:107 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析

附三圖 5.3b 107 年 7 月至 10 月 北太平洋西部海域生成颱風路徑圖



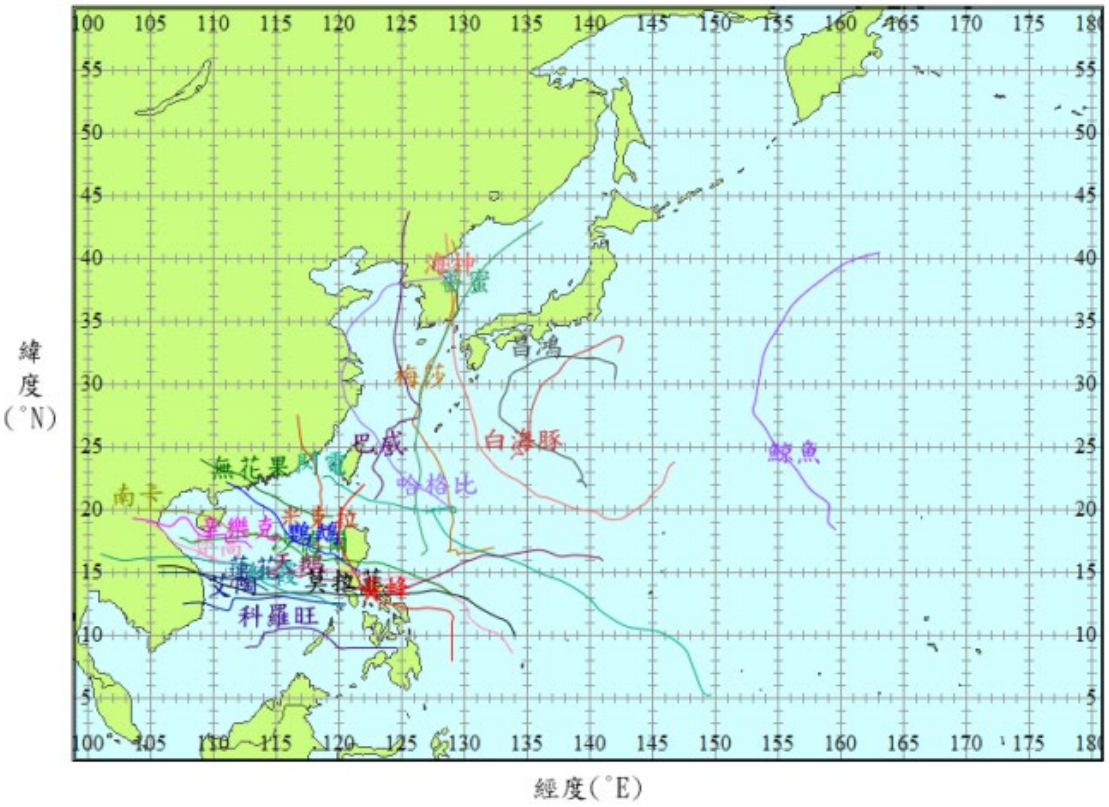
資料來源:108 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析

附三圖 5.4a 108 年 1 月至 6 月 北太平洋西部海域生成颱風路徑圖



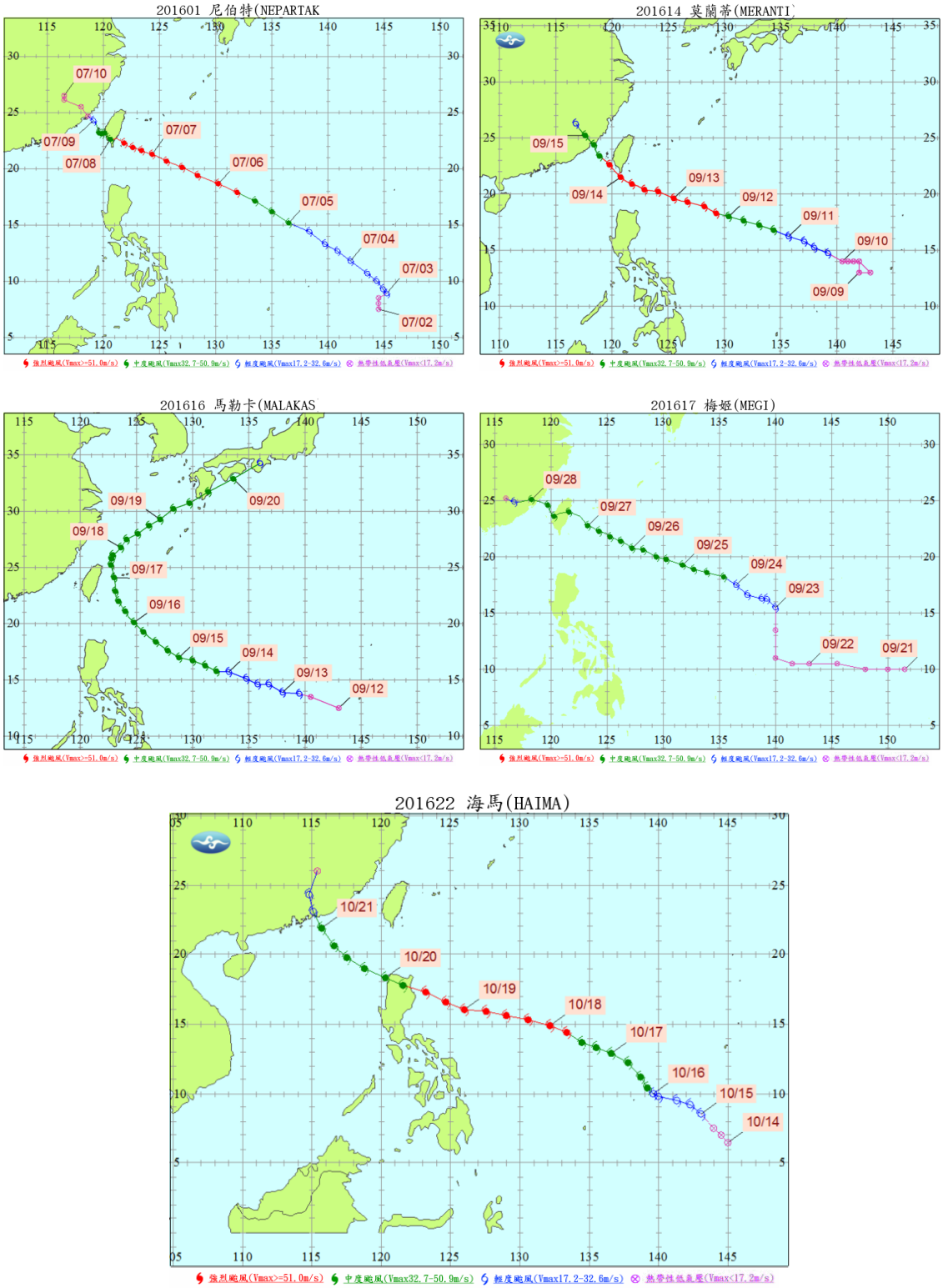
資料來源:108 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析

附三圖 5.4b 108 年 7 月至 10 月 北太平洋西部海域生成颱風路徑圖

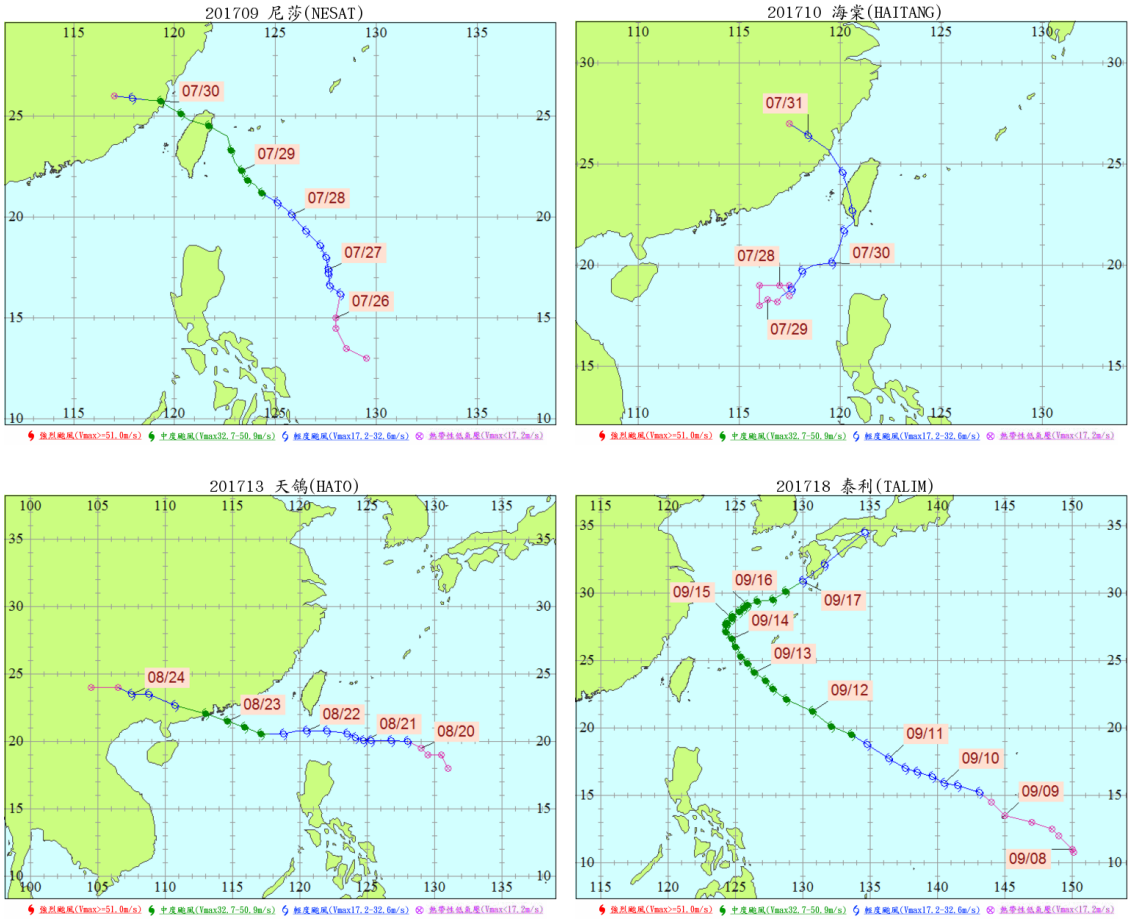


資料來源:109 年北太平洋西部海域颱風之氣候分析

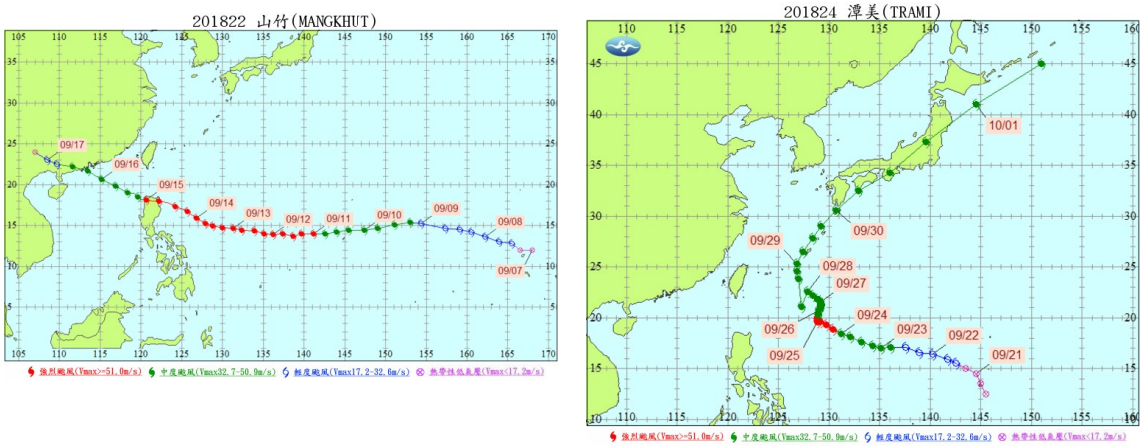
附三圖 5.5 109 年 1 月至 12 月 北太平洋西部海域生成颱風路徑圖



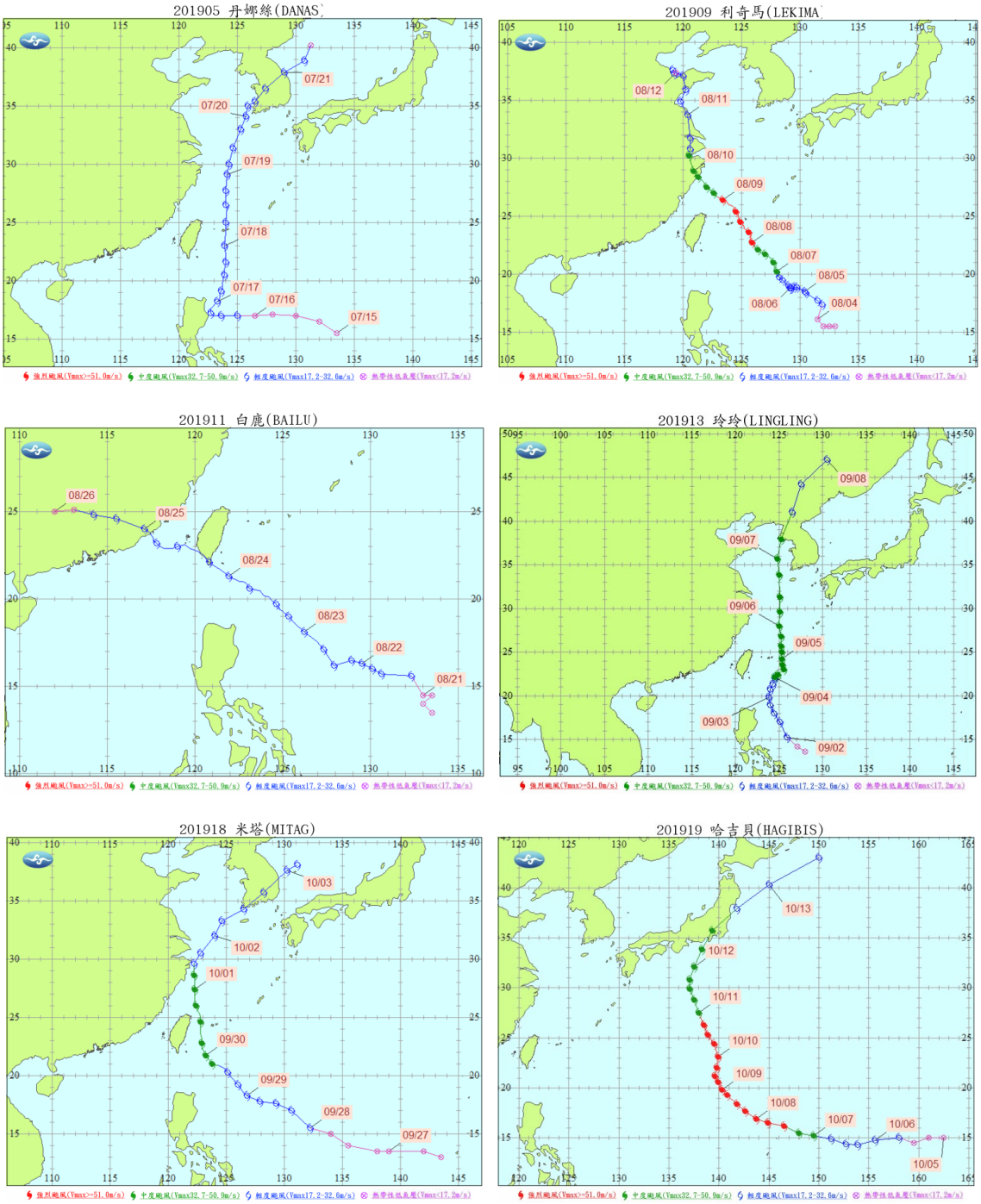
附三圖 5.6 105 年花蓮港避湧之颱風路徑圖



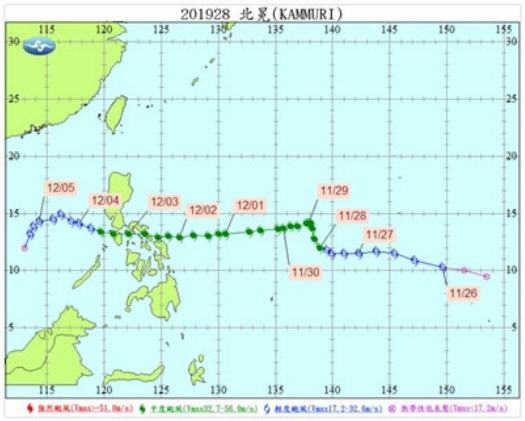
附三圖 5.7 106 年花蓮港避湧之颱風路徑圖

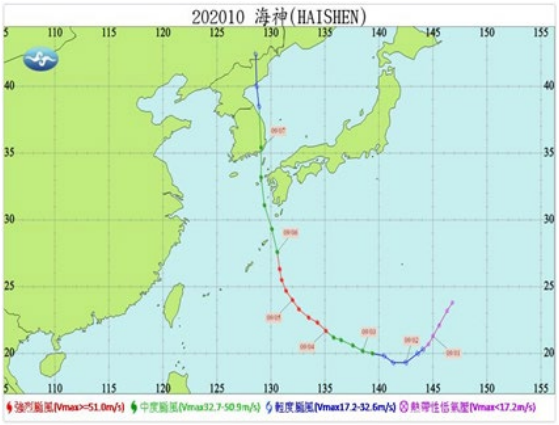


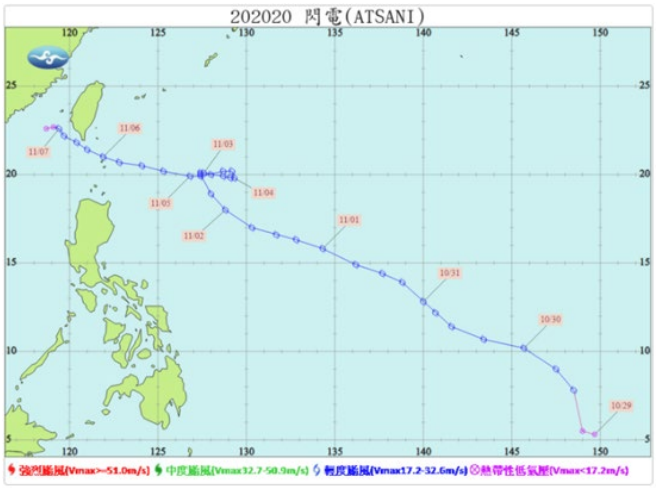
附三圖 5.8 107 年花蓮港避湧之颱風路徑圖



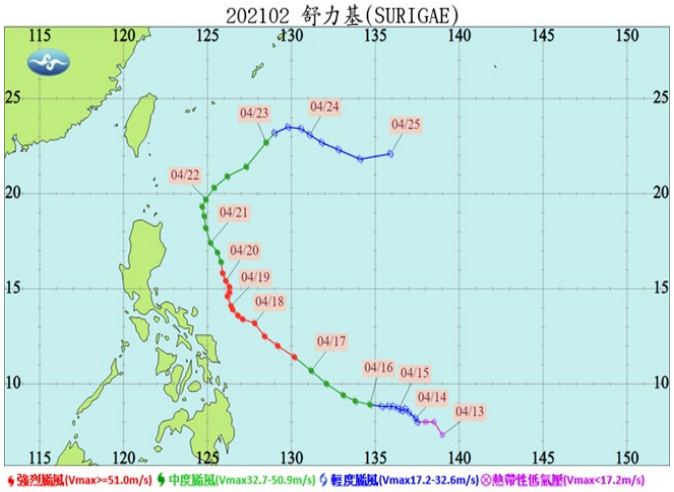
附三圖 5.9 108 年花蓮港避湧之颱風路徑圖







附三圖 5.10 108 年 12 月~109 年花蓮港避湧之颱風路徑圖



附三圖 5.11 110 年 4 月花蓮港避湧之颱風路徑圖

附錄四

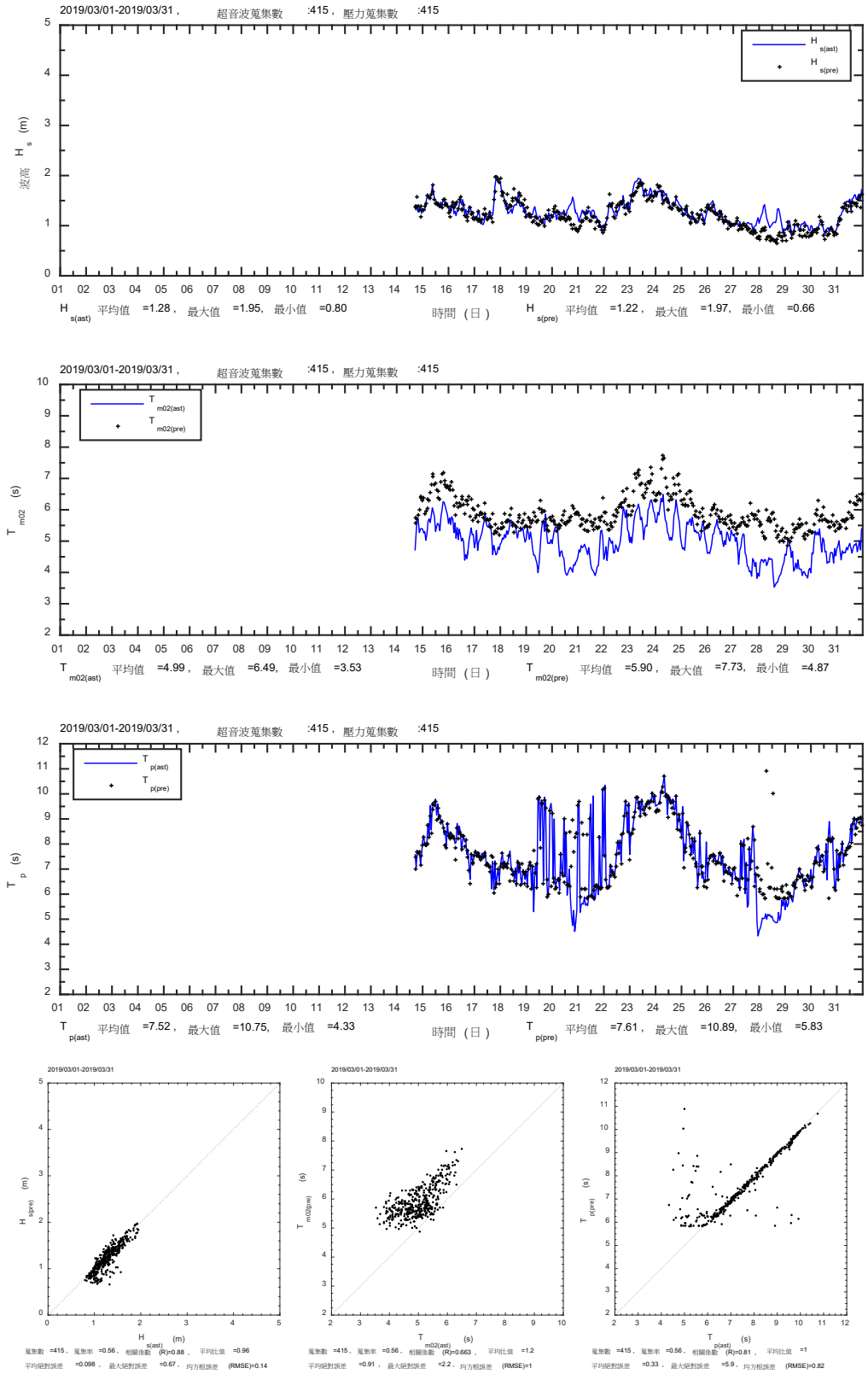
108 至 109 年度蘇澳港

波浪觀測資料

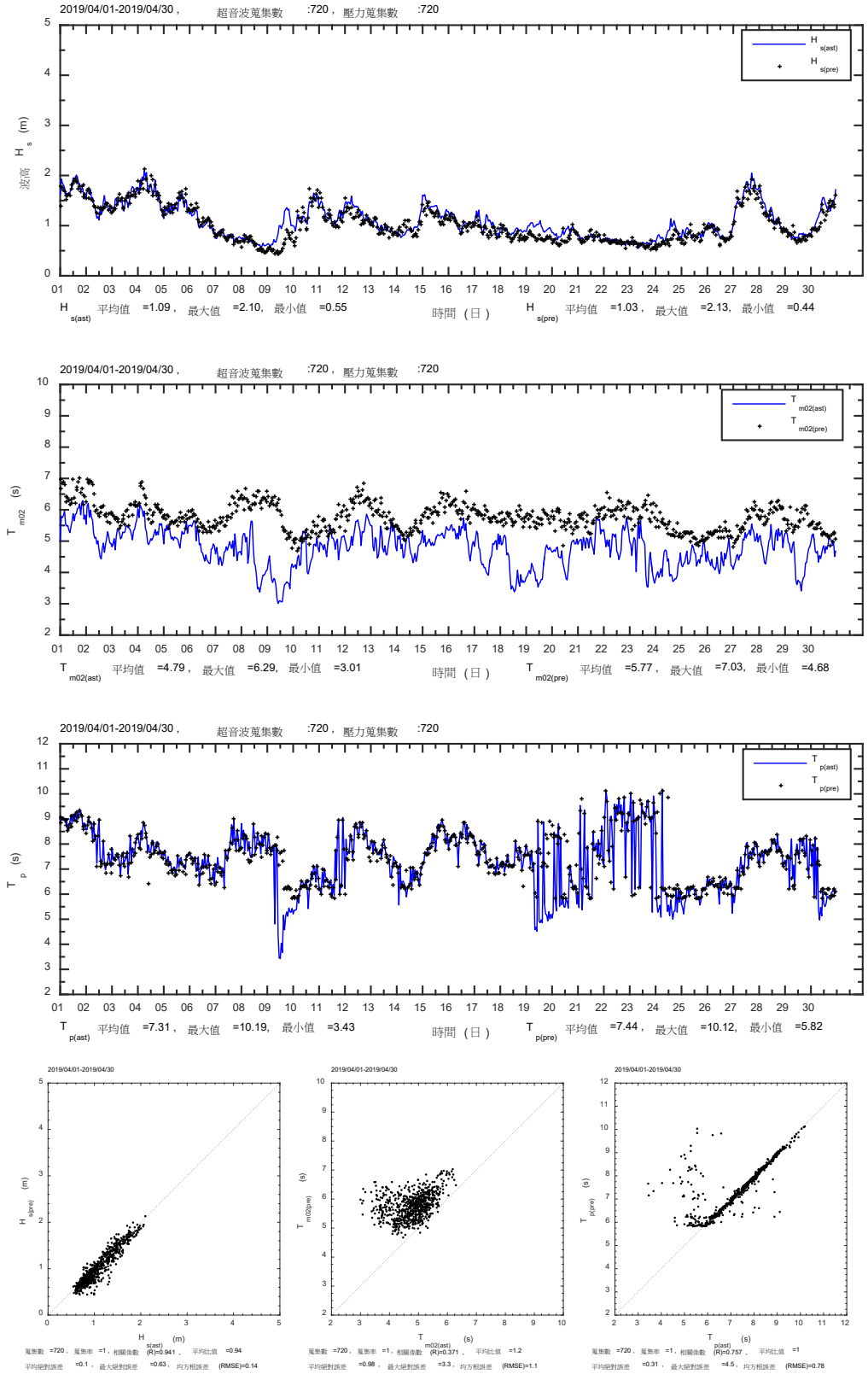
附錄四 108 至 109 年度蘇澳港波浪觀測資料

附錄四.1 原廠軟體轉換超音波及壓力訊號之波浪觀測時統計資料

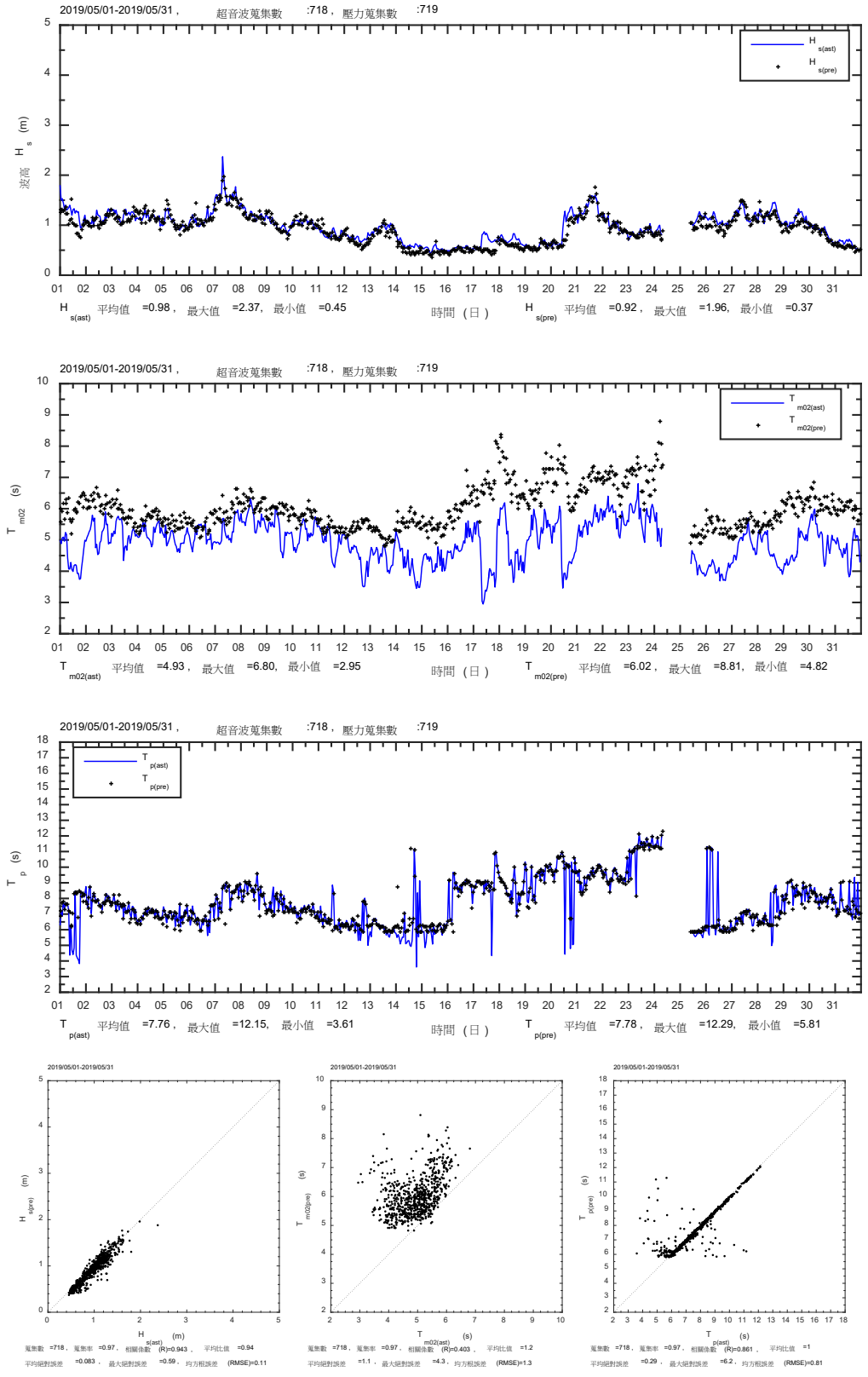
本節內利用 AWAC AST Dial-up 軟體，以軟體方式勾選超音波訊號(AST)，與壓力訊號(pressure)分別轉換之 wap 檔案，以掌握原廠所提供蘇澳港波浪統計資料差異，示性波高分別以 $(H_{s(ast)})$及$(H_{s(pre)})$表示，週期以$(T_{m02(ast)}$、$T_{p(ast)})$ 及$(T_{m02(pre)}$、$T_{p(pre)})$表示，本附錄四.1 為蒐集 107 年 12 月至 109 年 11 月，繪製每月波高、週期及波向歷時圖檔以及散布圖，其中 107 年 12 月至 2 月、108 年 10 月、11 月蘇澳港無觀測資料。



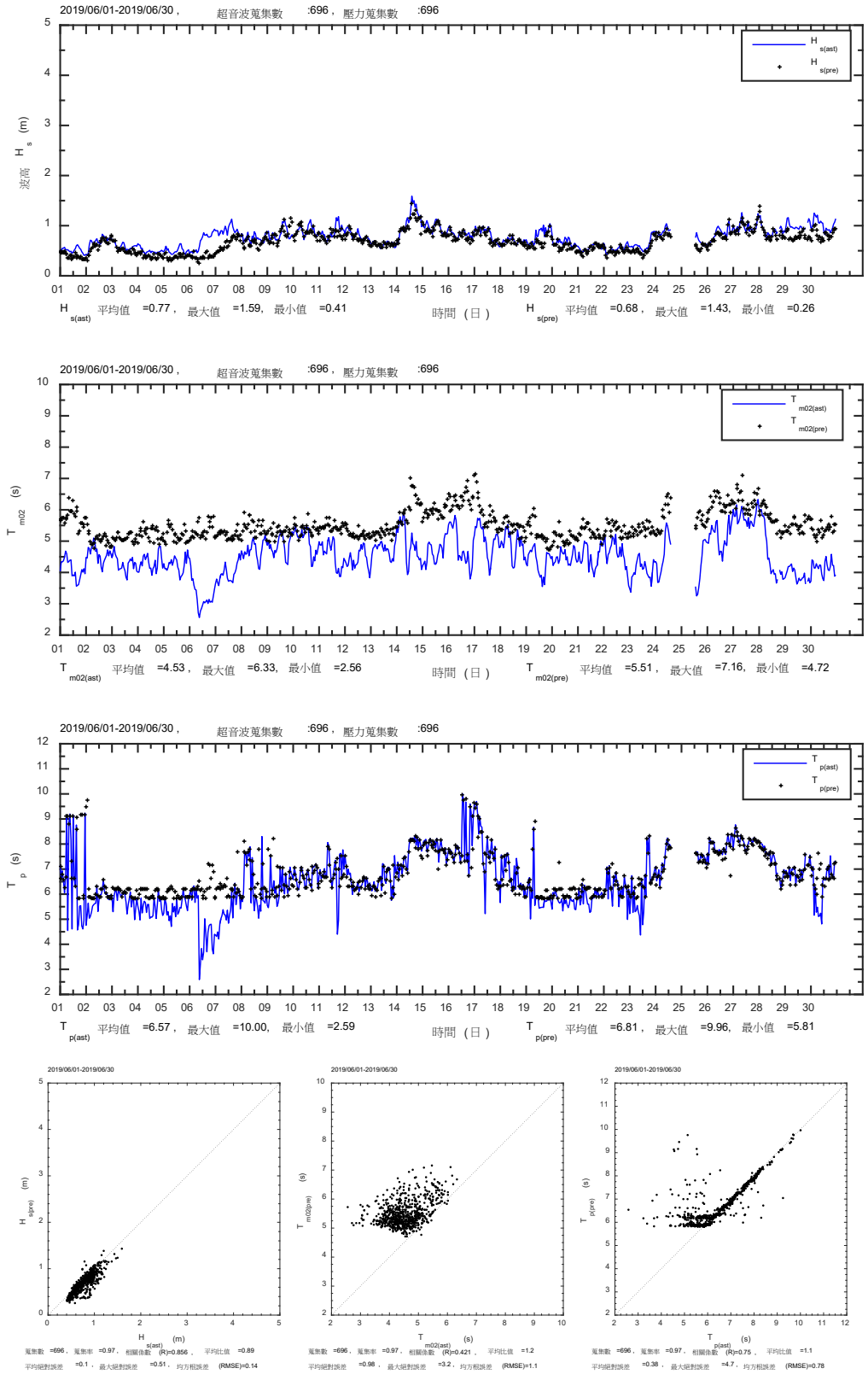
附四圖 1.1 108 年 3 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



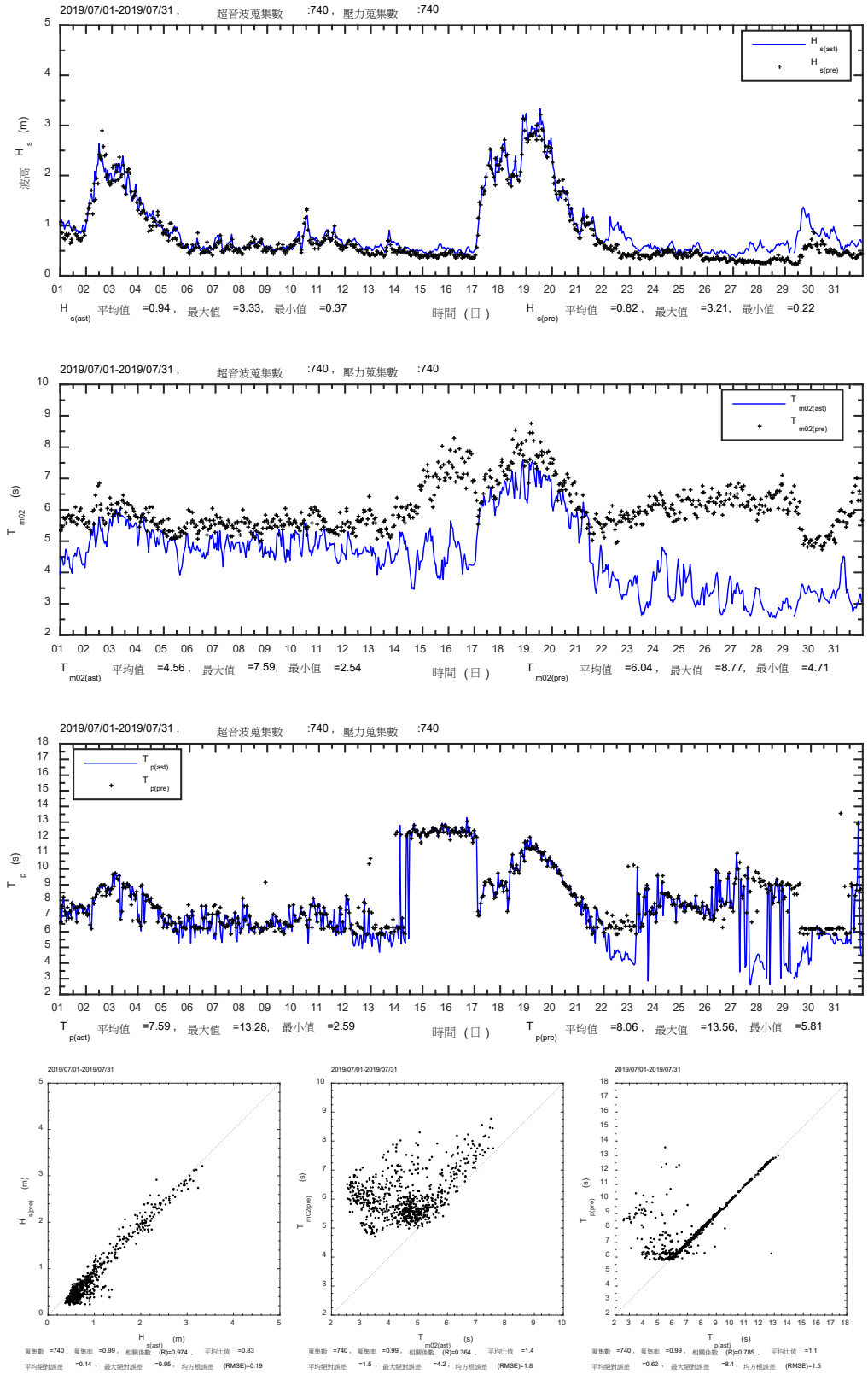
附四圖 1.2 108 年 4 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



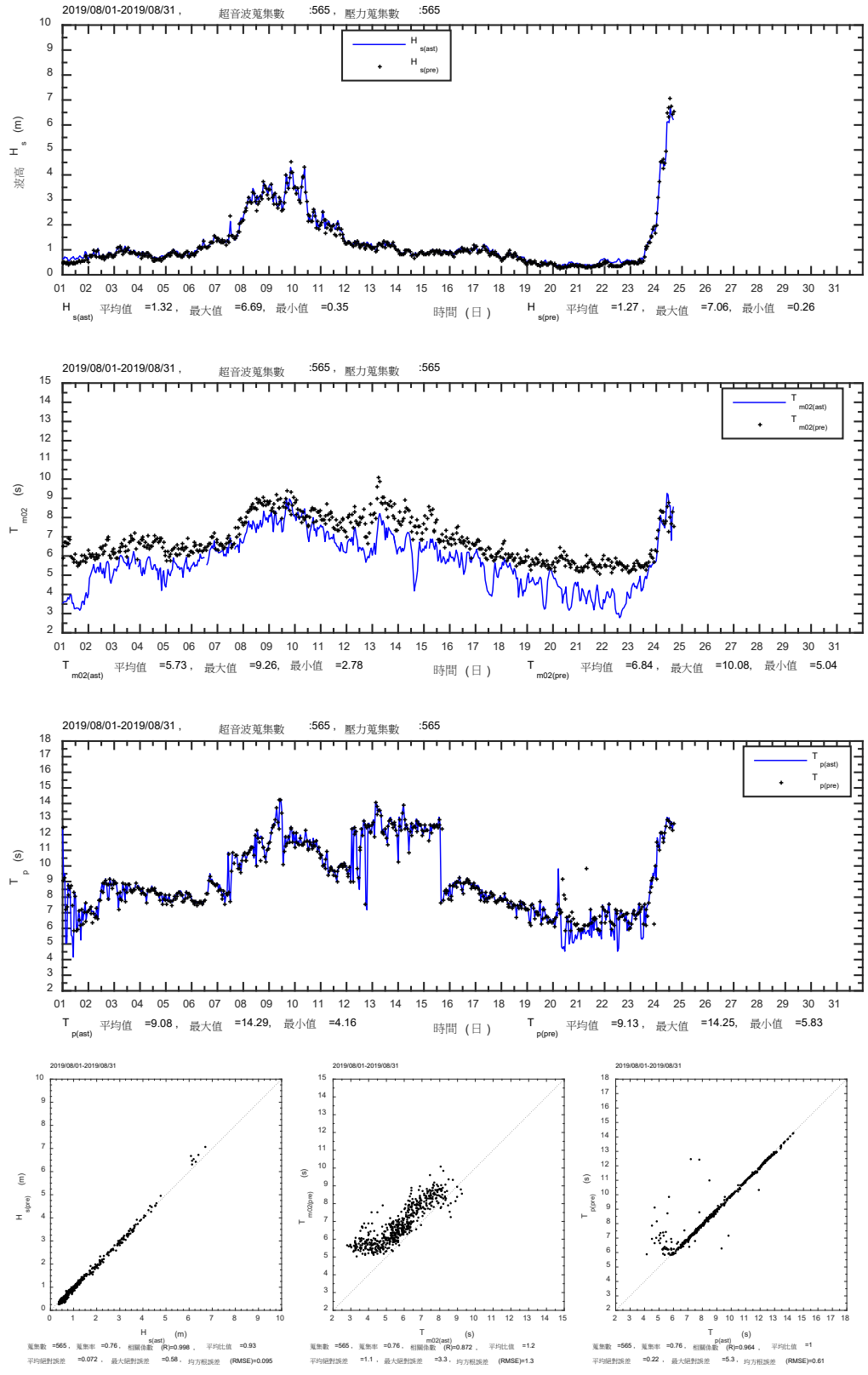
附四圖 1.3 108 年 5 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



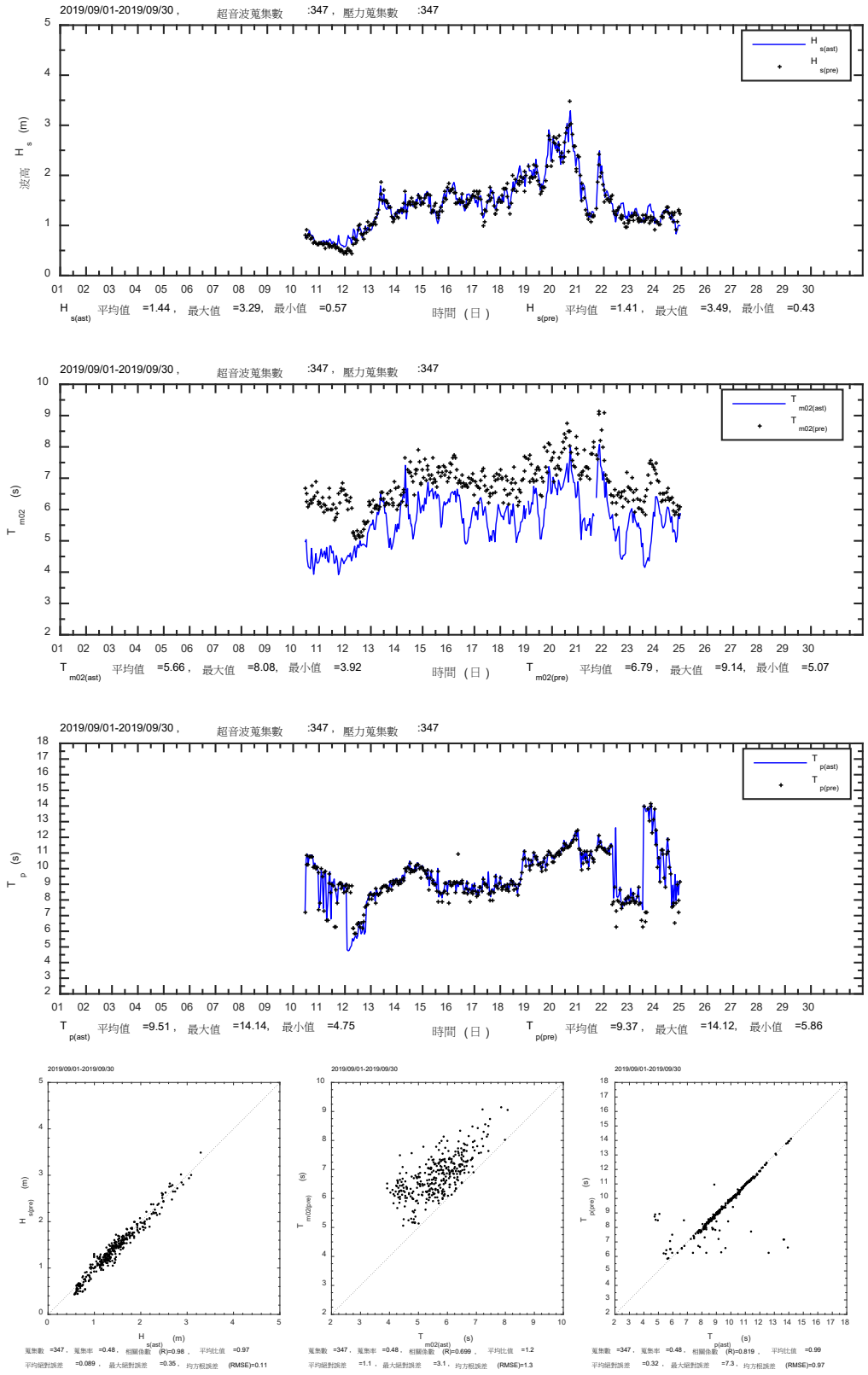
附四圖 1.4 108 年 6 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



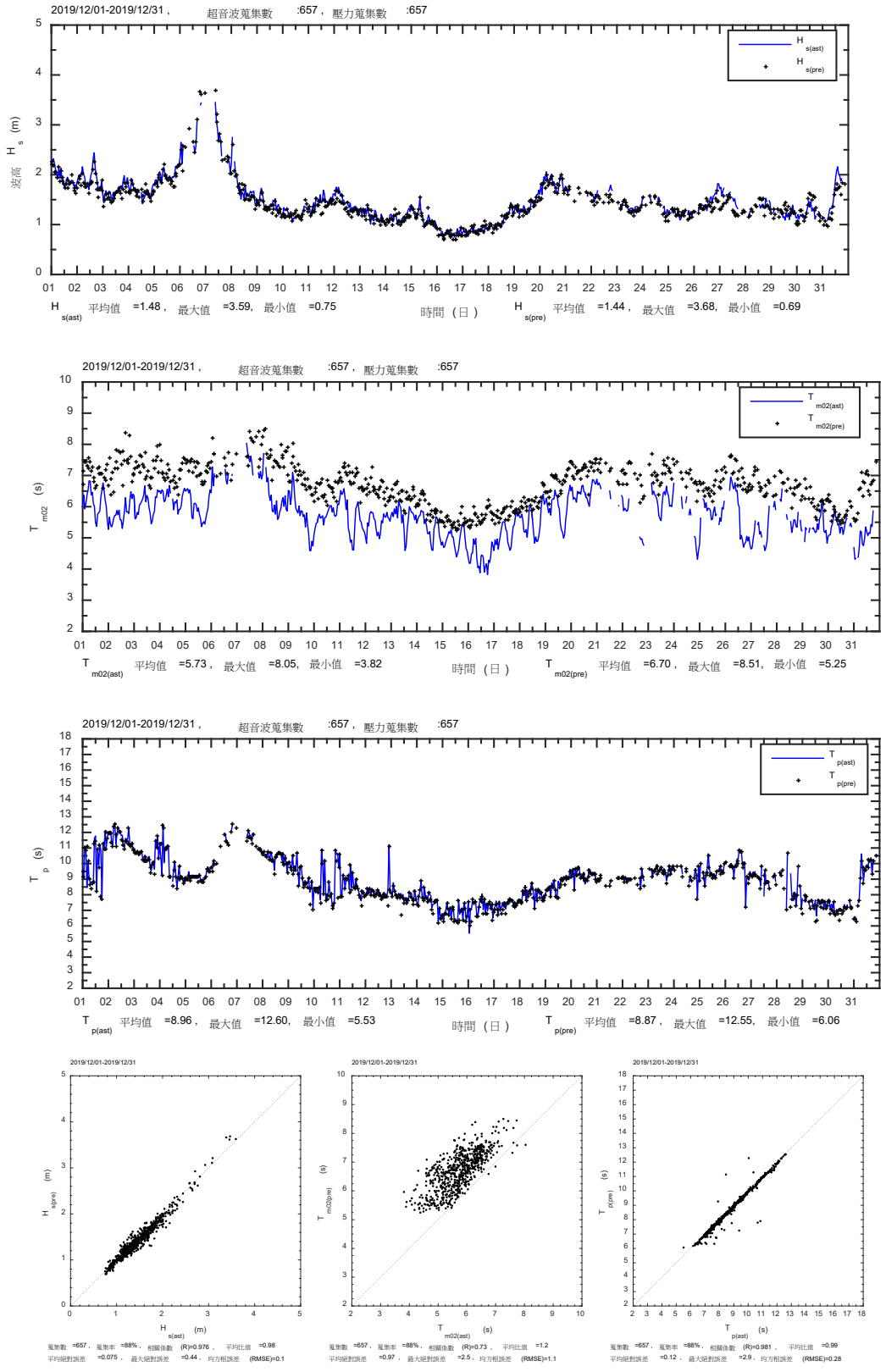
附四圖 1.5 108 年 7 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



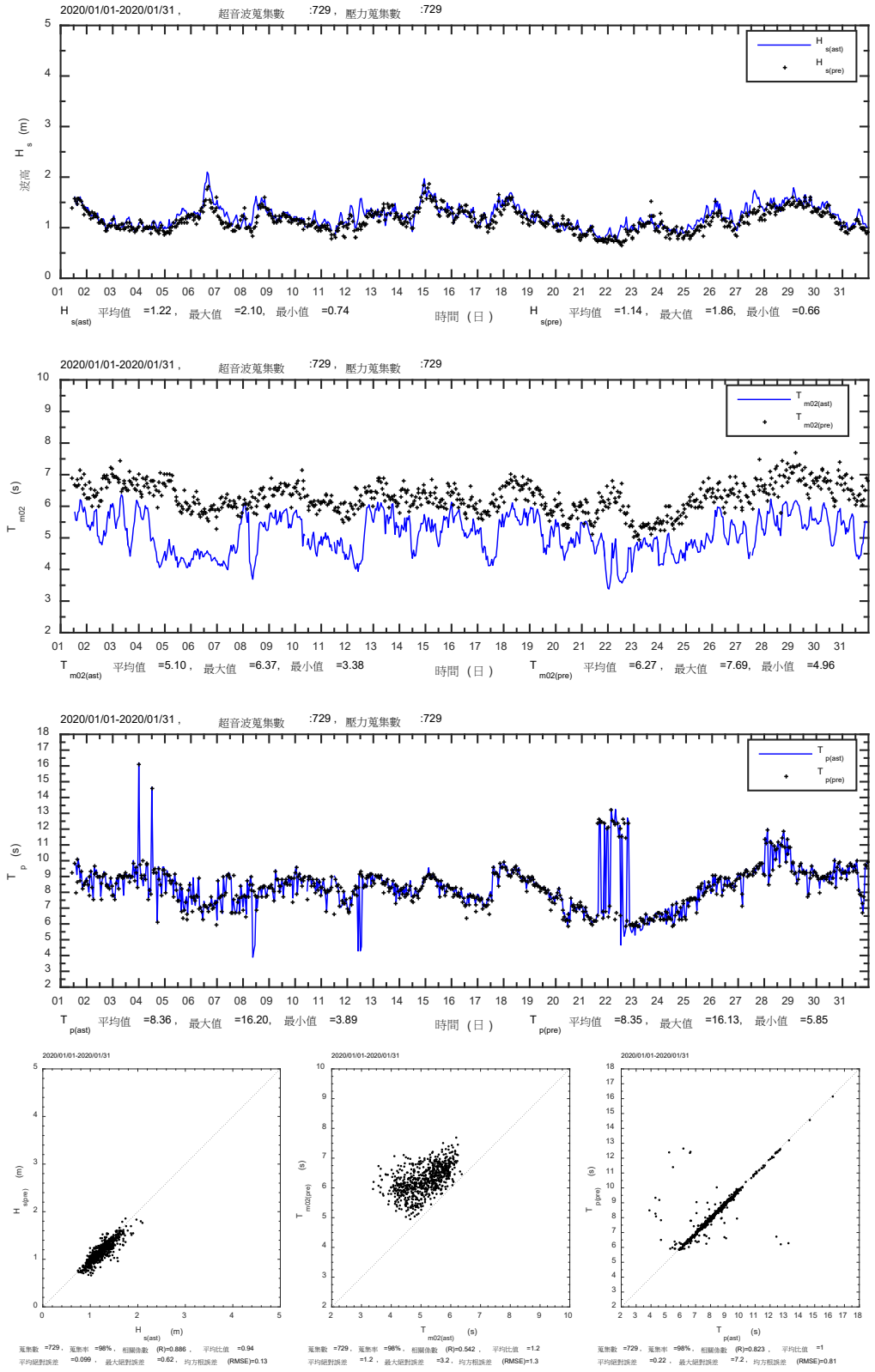
附四圖 1.6 108 年 8 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



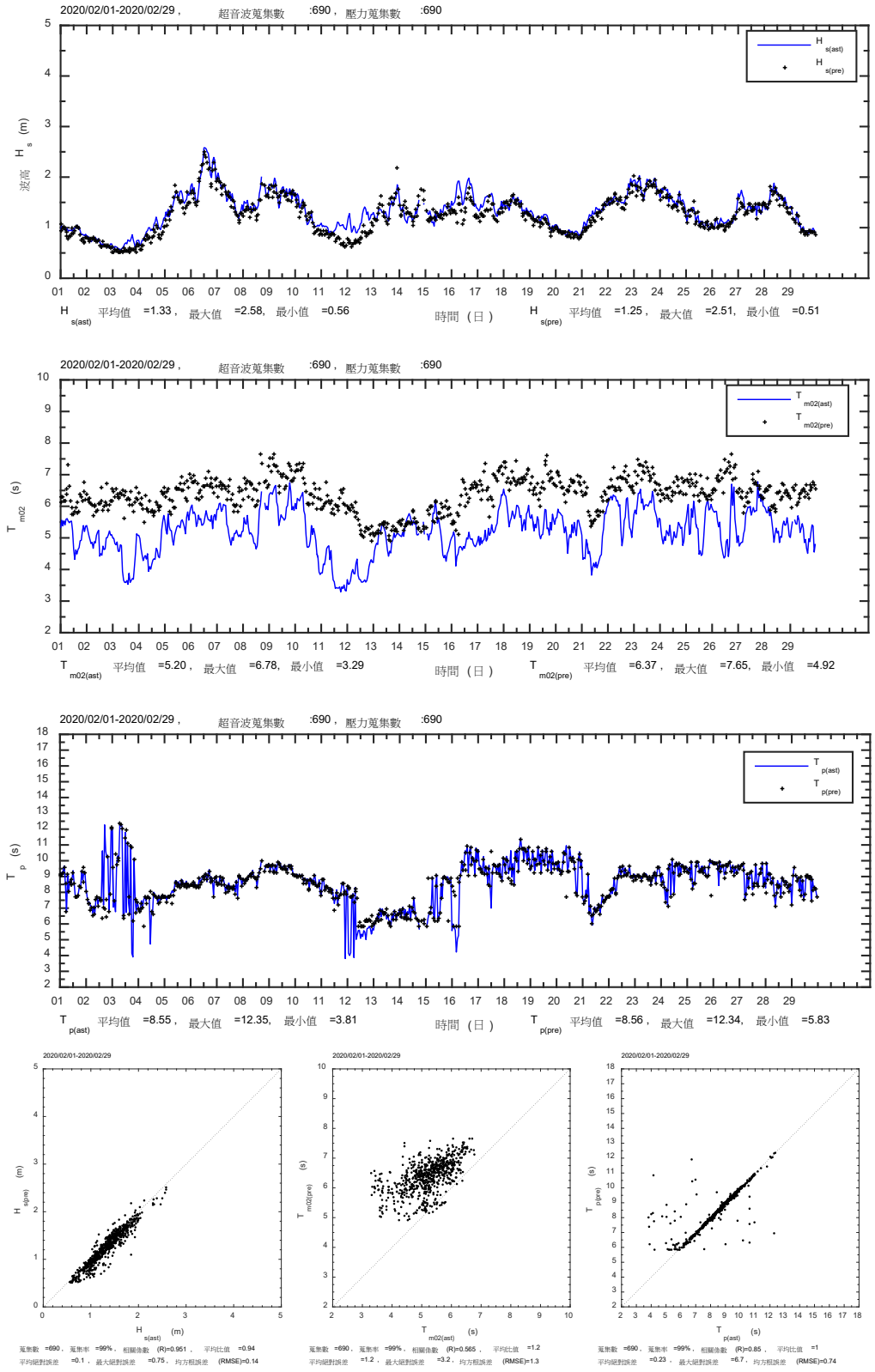
附四圖 1.7 108 年 9 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



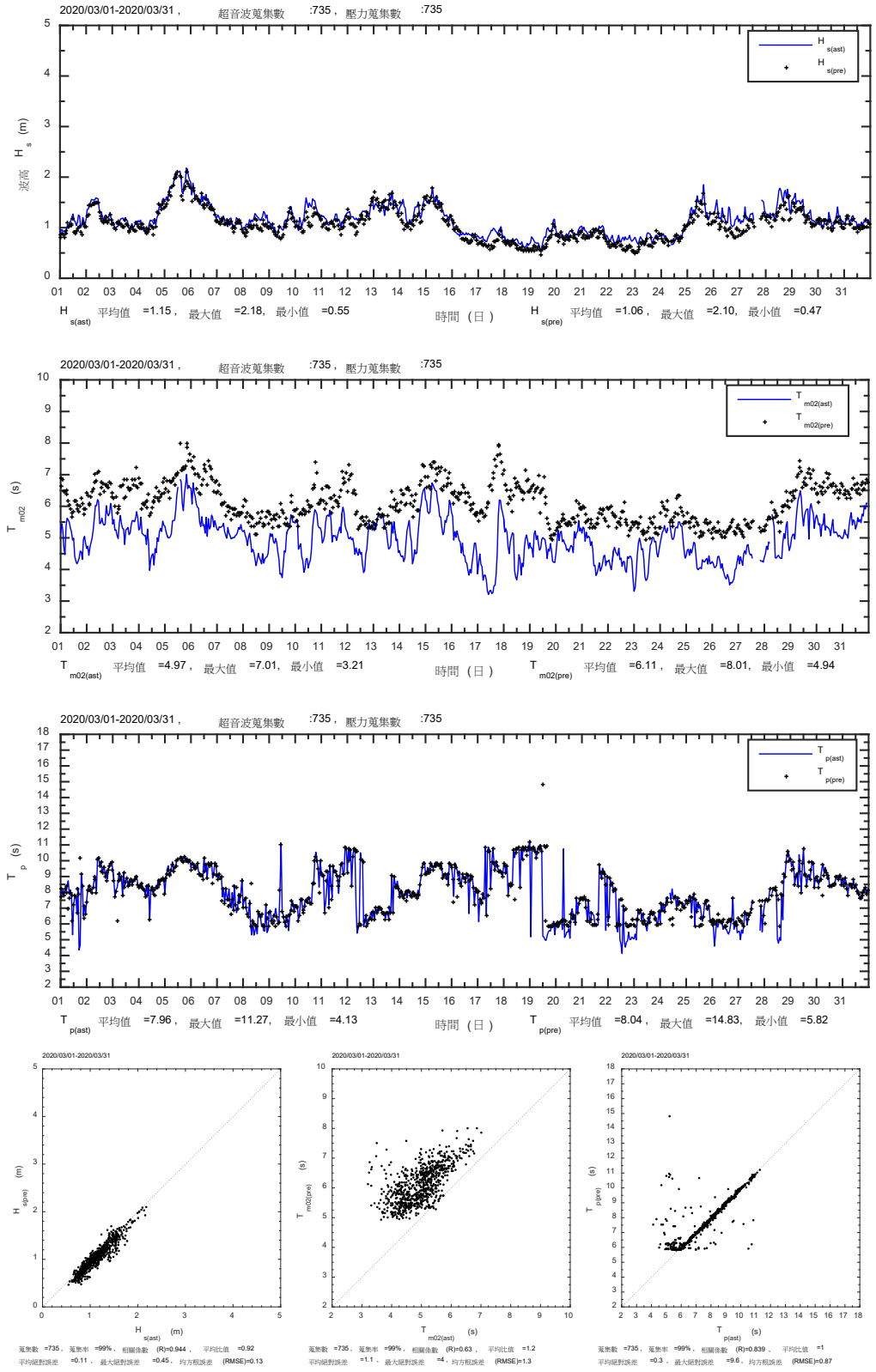
附四圖 1.8 108 年 12 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



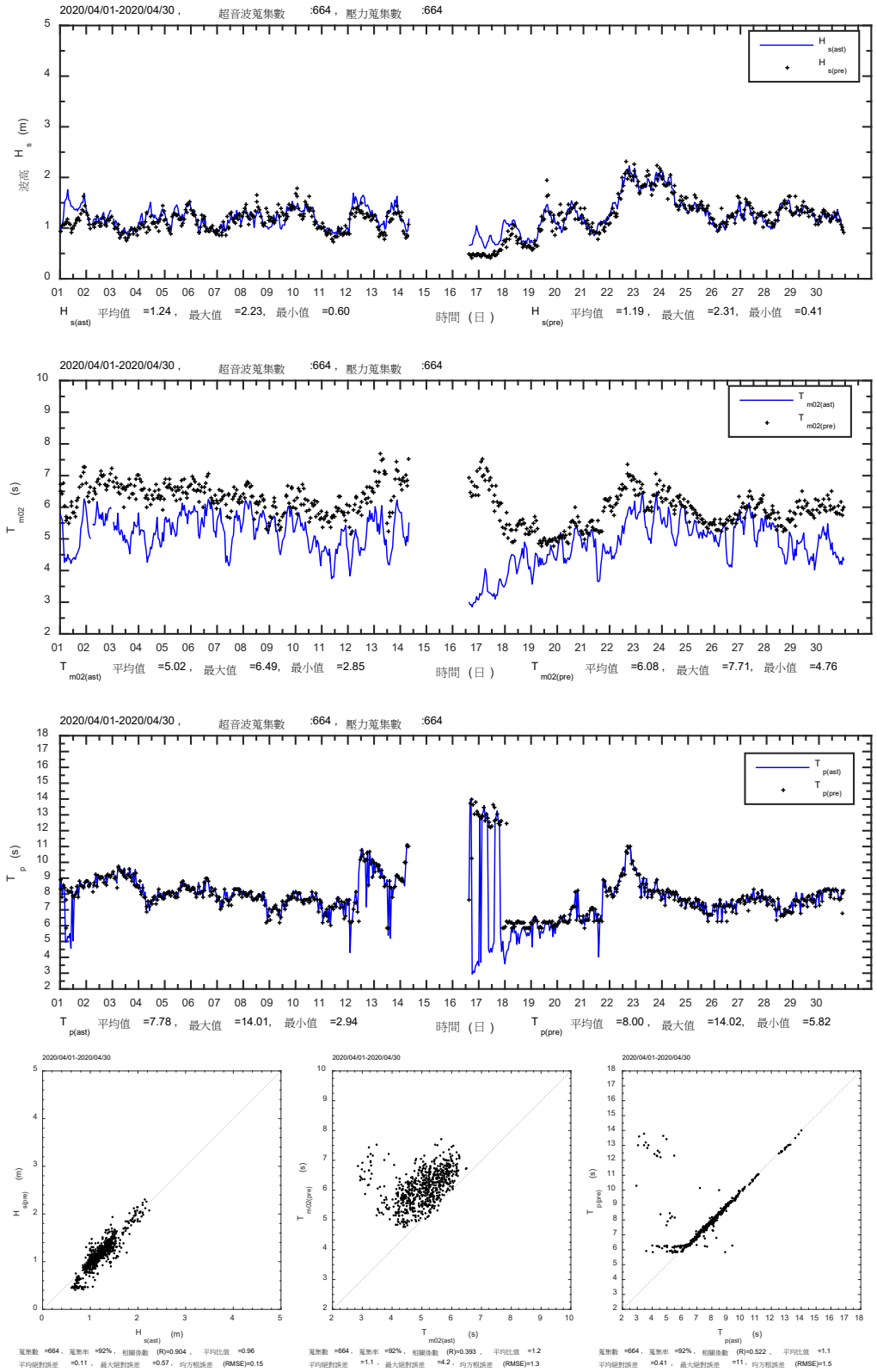
附四圖 1.9 109 年 1 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



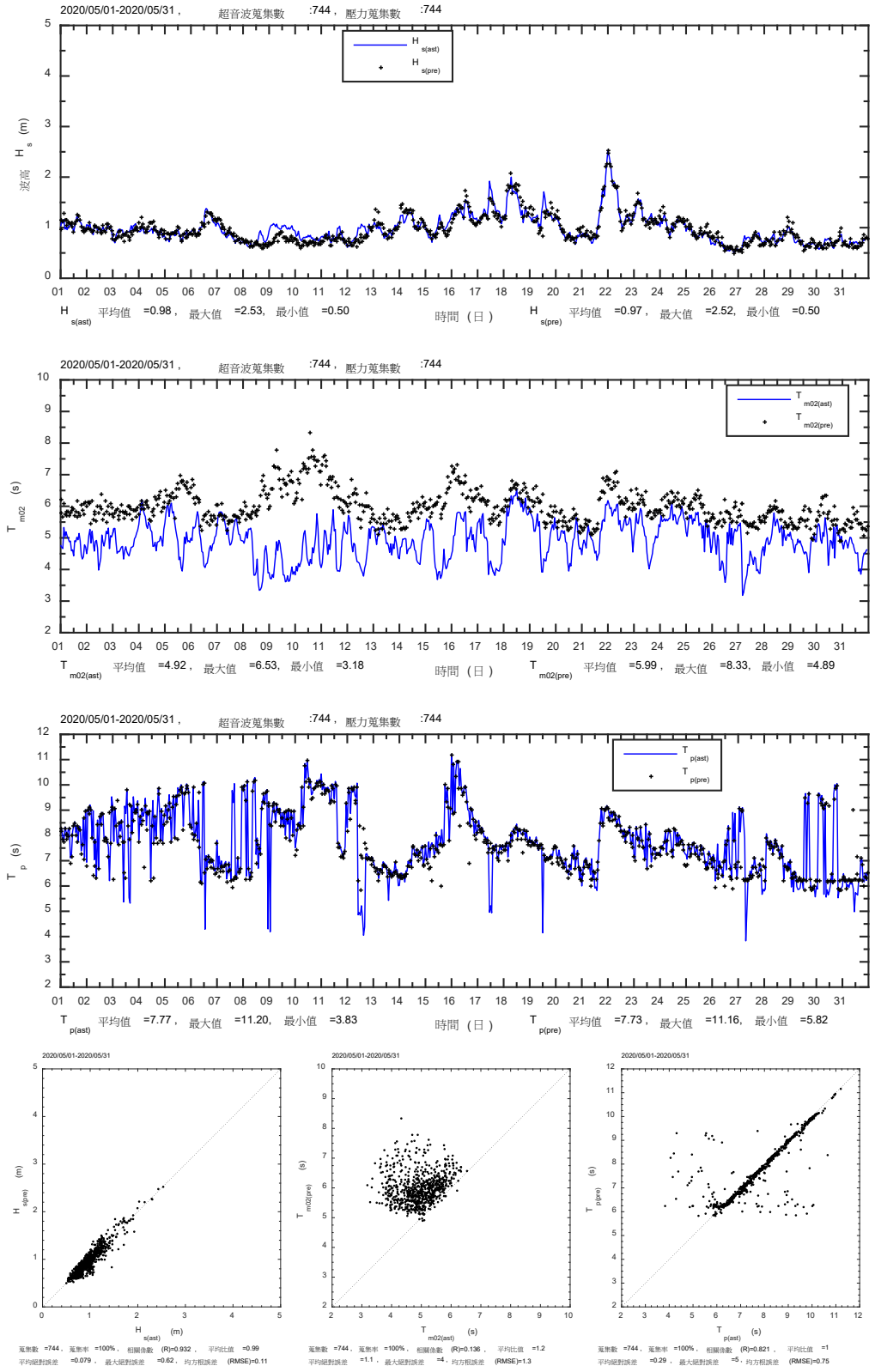
附四圖 1.10 109 年 2 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



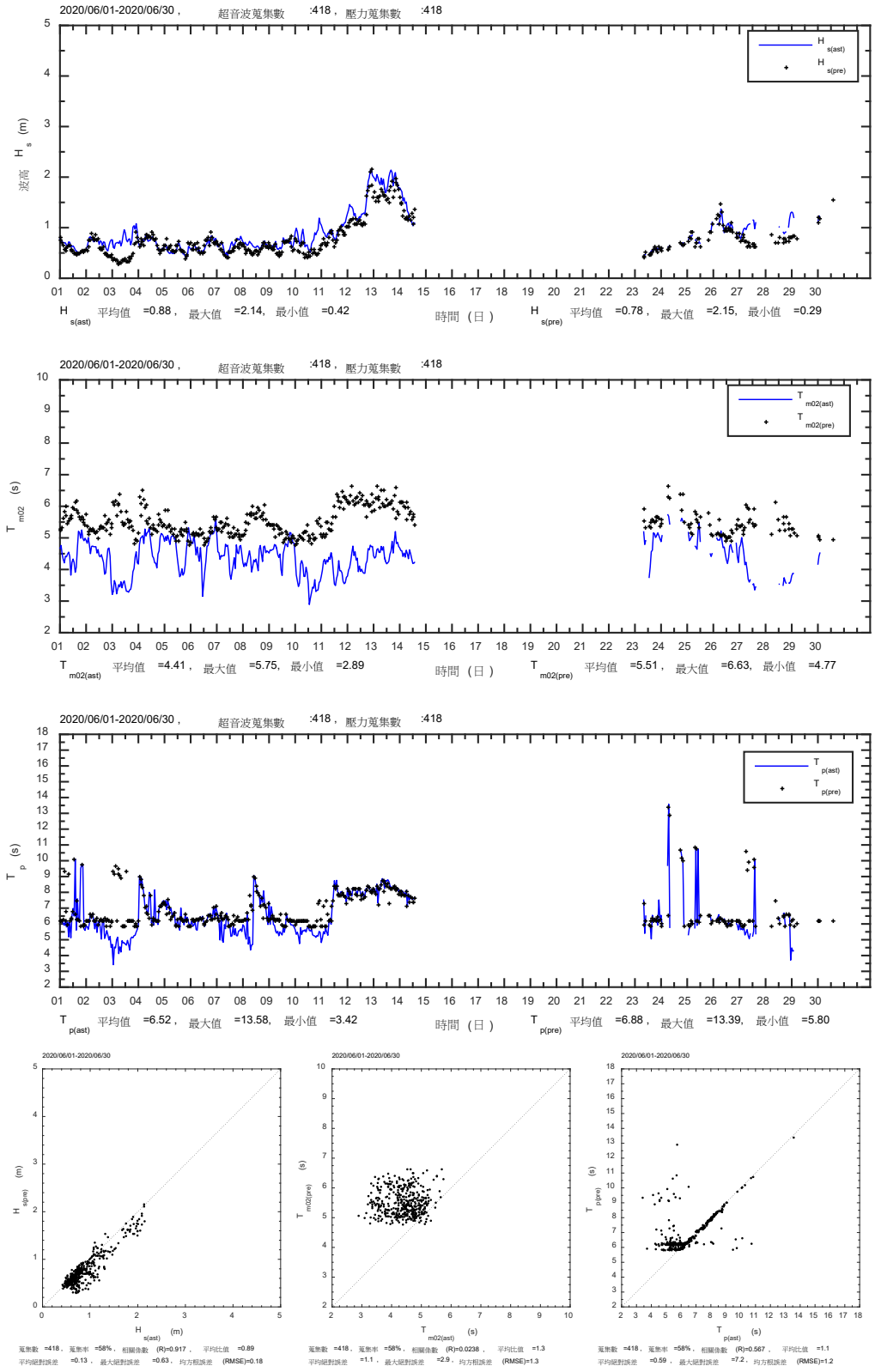
附四圖 1.11 109 年 3 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



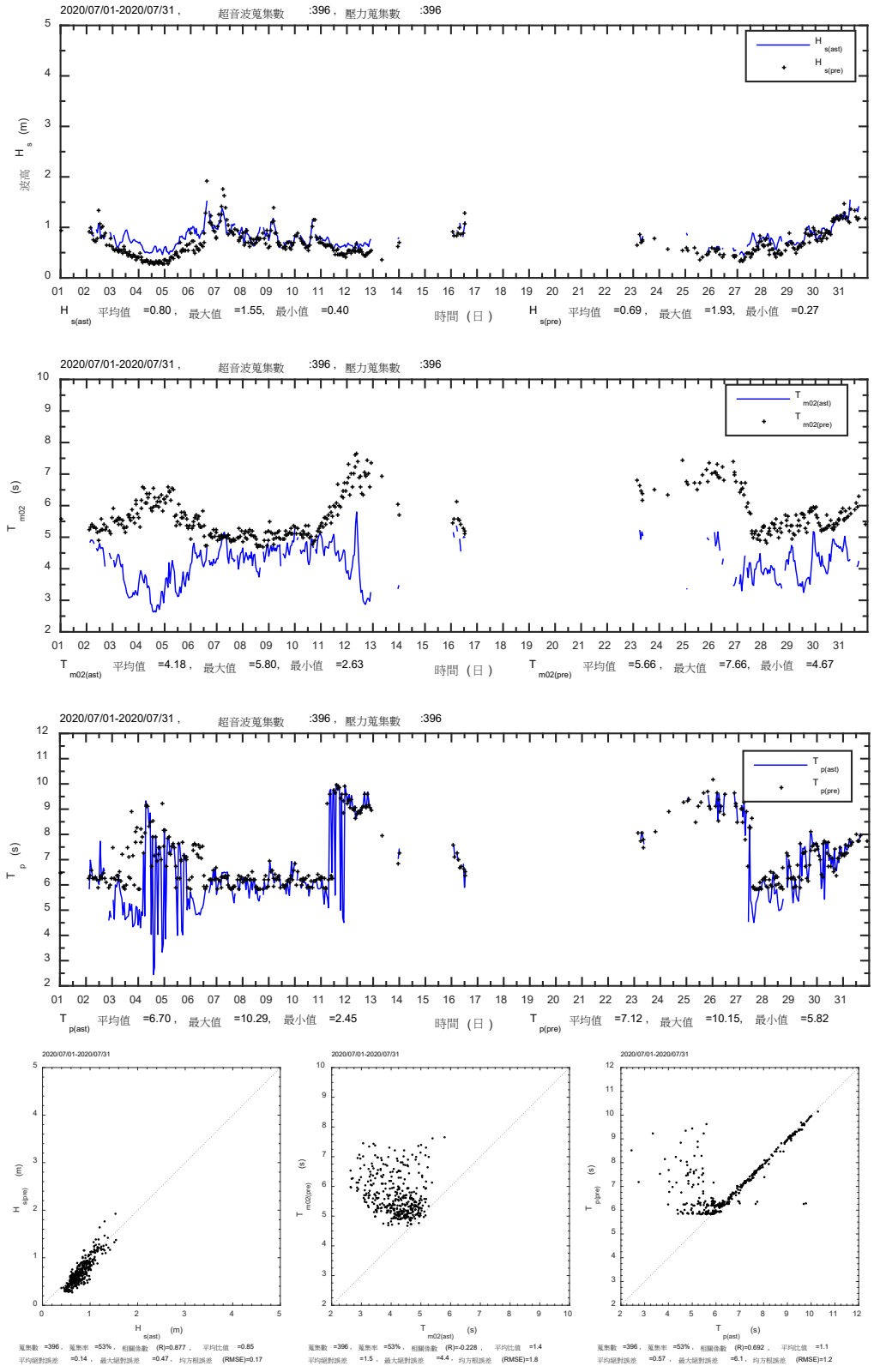
附四圖 1.12 109 年 4 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



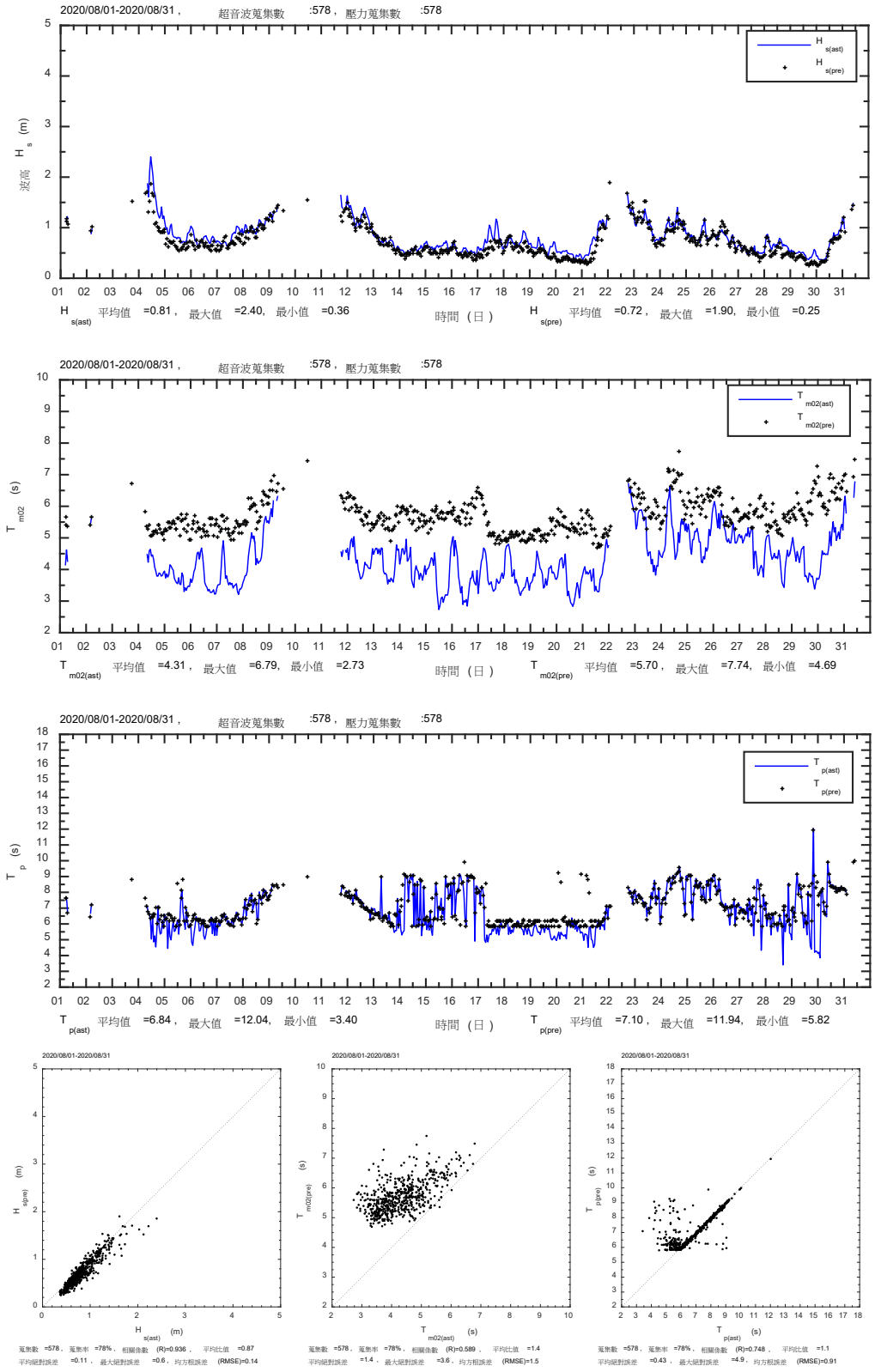
附四圖 1.13 109 年 5 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



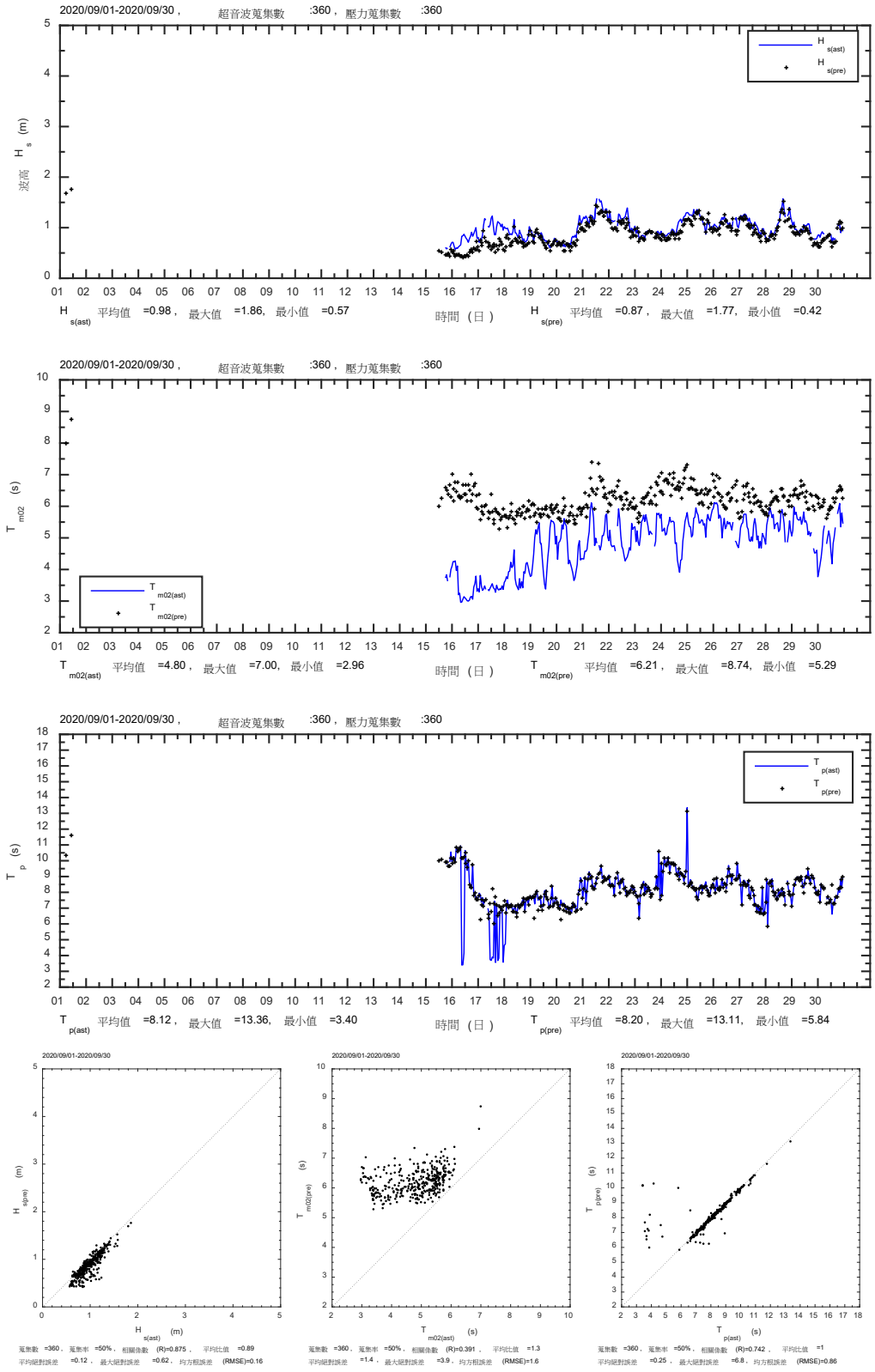
附四圖 1.14 109 年 6 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



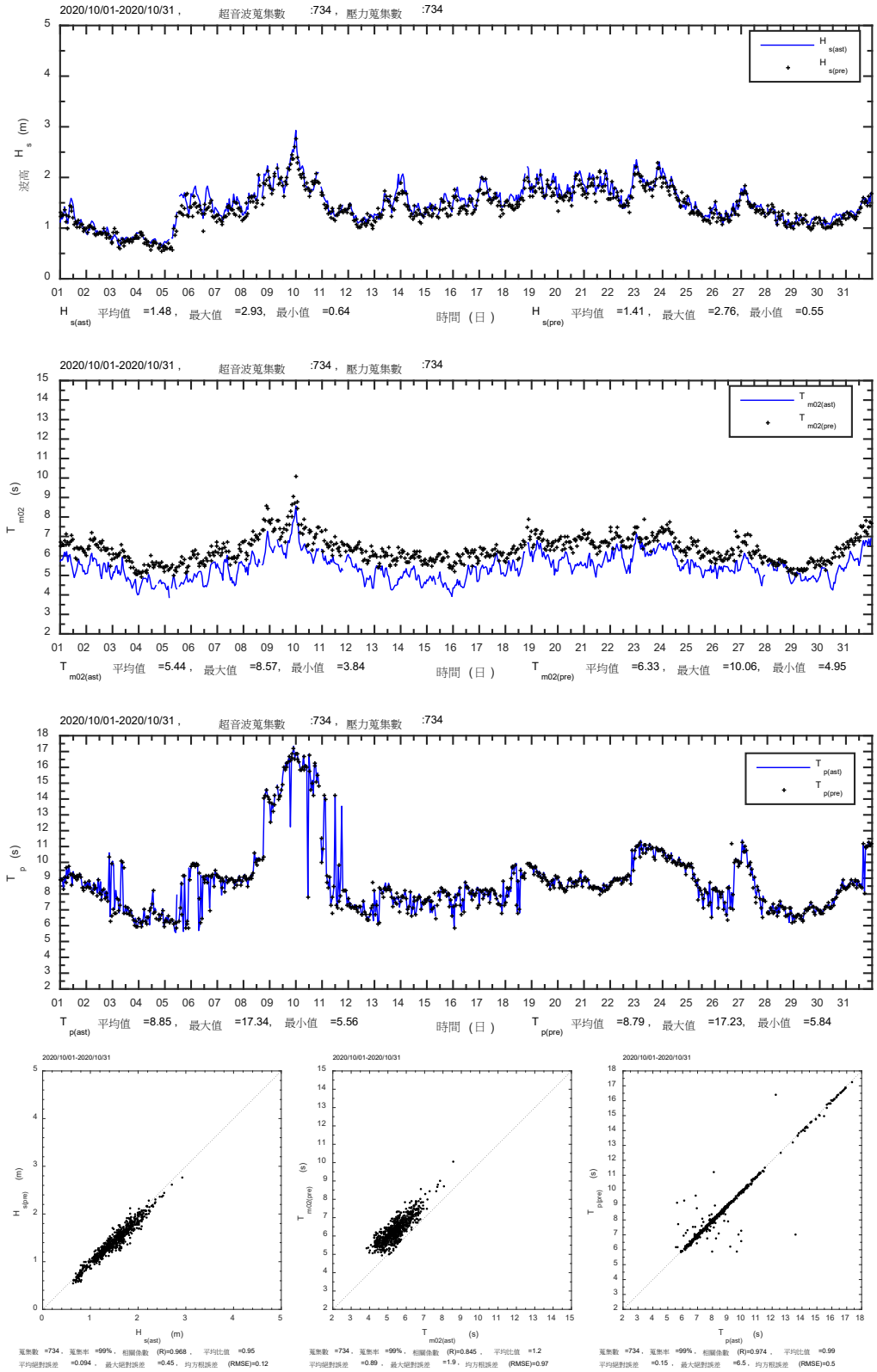
附四圖 1.15 109 年 7 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



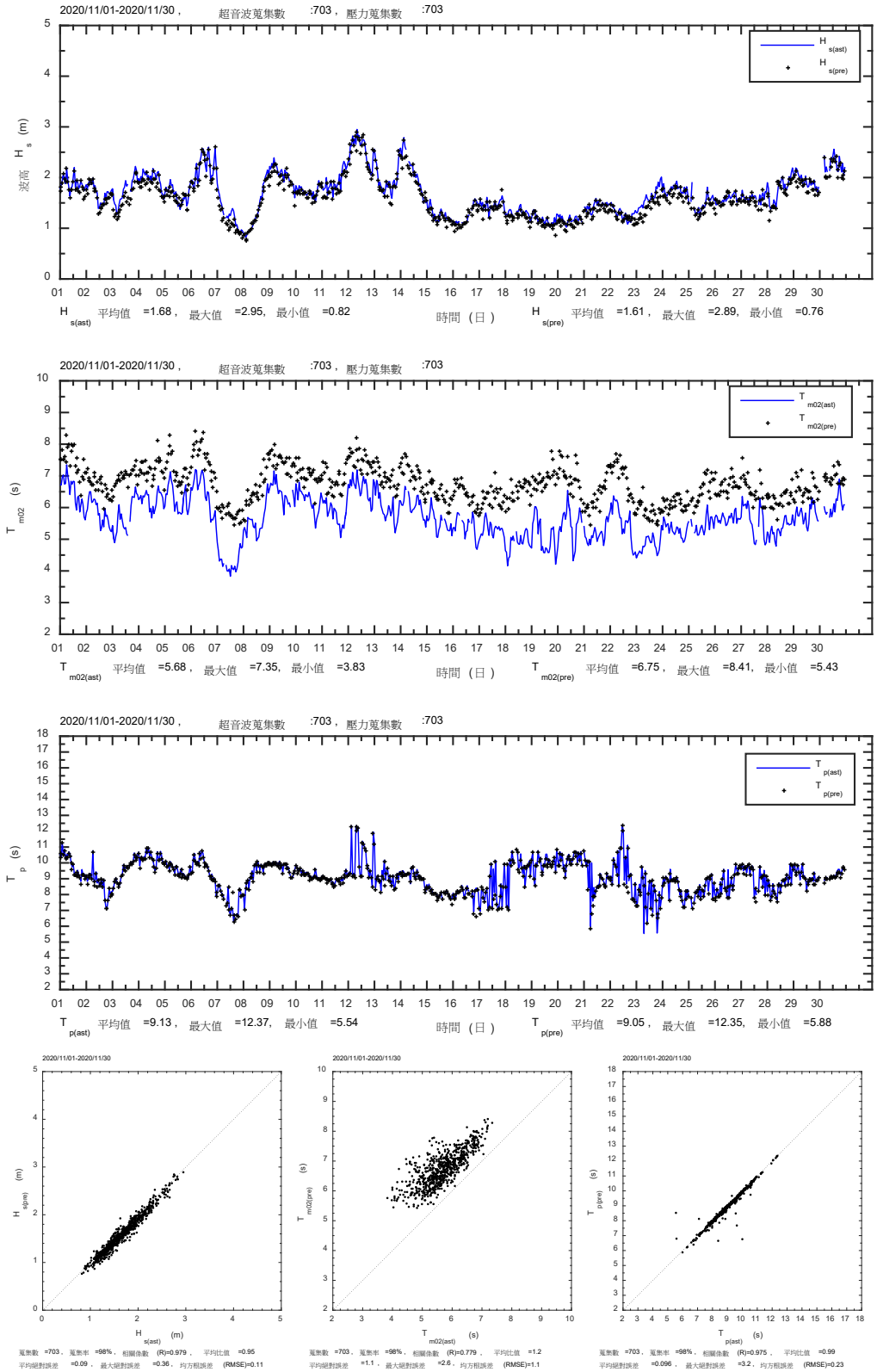
附四圖 1.16 109 年 8 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



附四圖 1.17 109 年 9 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



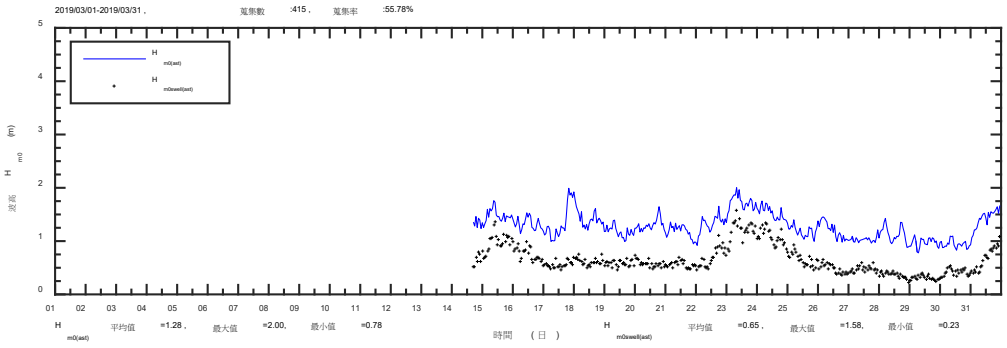
附四圖 1.18 109 年 10 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖



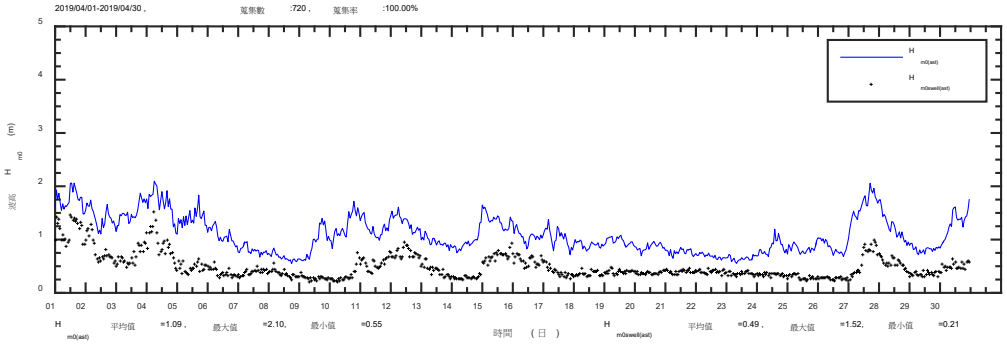
附四圖 1.19 109 年 11 月蘇澳港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)歷線及散布圖

附錄四.2　示性波高及長浪波高歷線資料

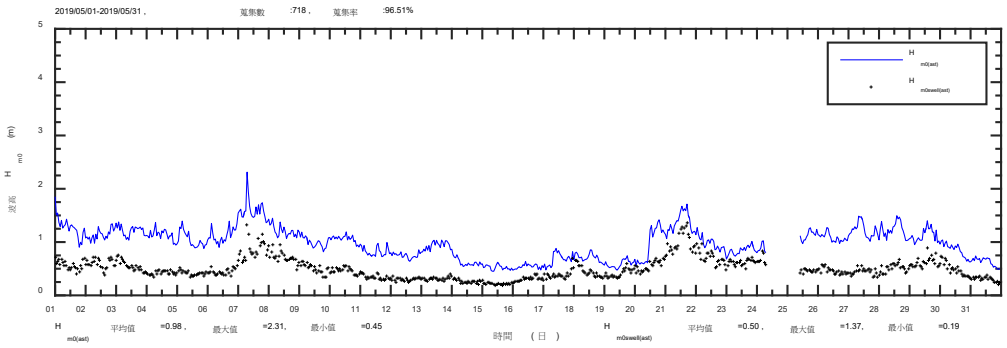
本節內利用 matlab 軟體自行轉換示性波高及長浪波高，以軟體方式勾選超音波訊號(AST)轉換之 wad 檔案，示性波高以$H_{m0(ast)}$表示，長浪波高以 $H_{m0swell(ast)}$表示，蒐集 107 年 12 月至 109 年 11 月觀測資料並繪製每月波高歷時圖檔，其中 107 年 12 月至 2 月、108 年 10 月、11 月蘇澳港無觀測資料。



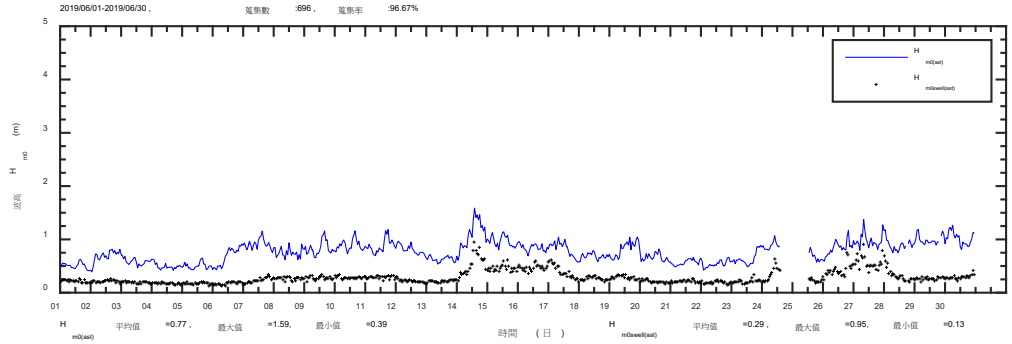
附四圖 2.1 108 年 3 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



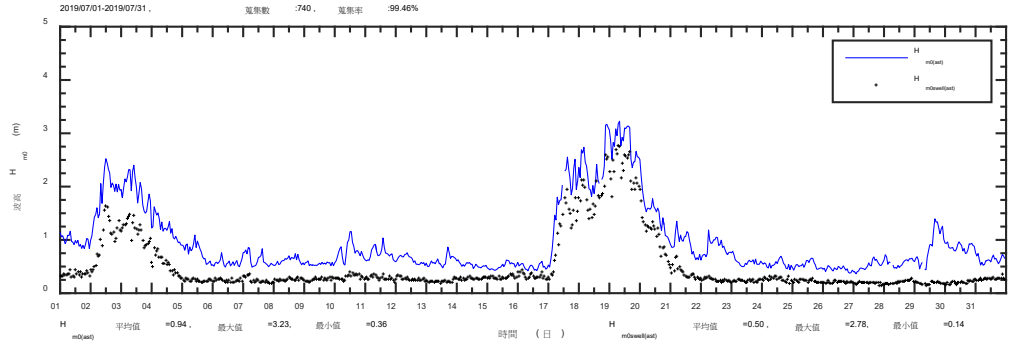
附四圖 2.2 108 年 4 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



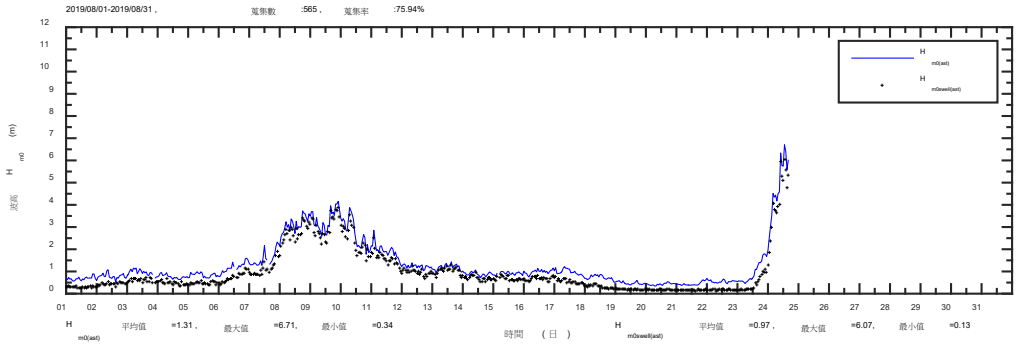
附四圖 2.3 108 年 5 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



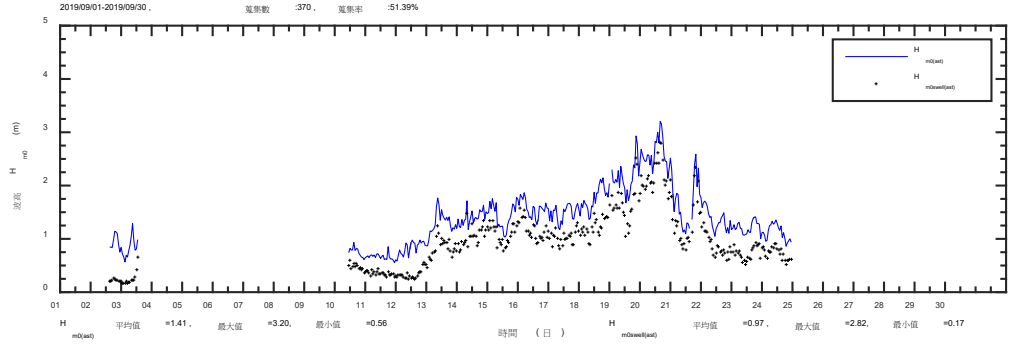
附四圖 2.4 108 年 6 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



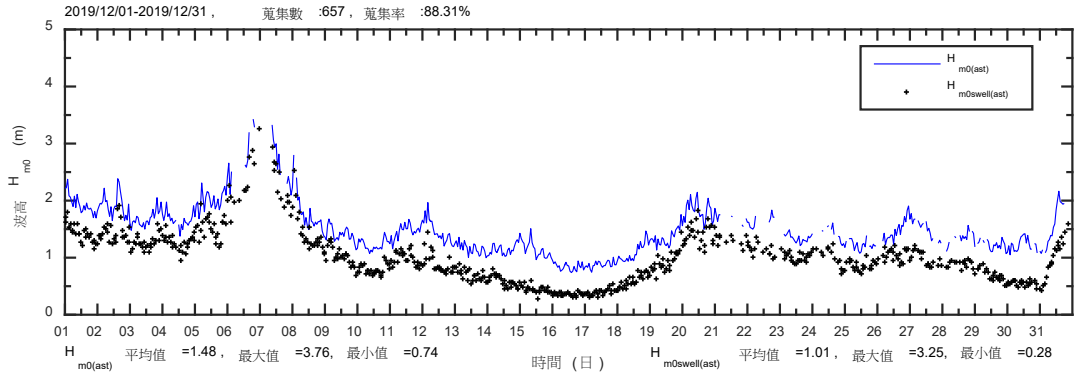
附四圖 2.5 108 年 7 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



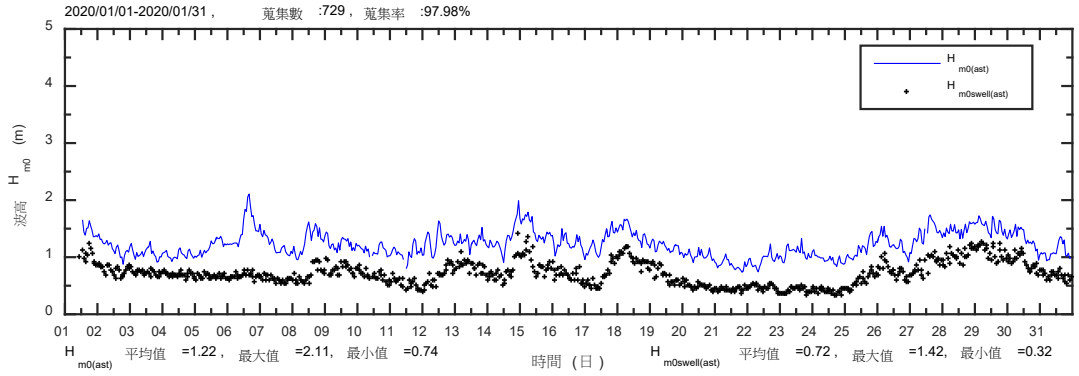
附四圖 2.6 108 年 8 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



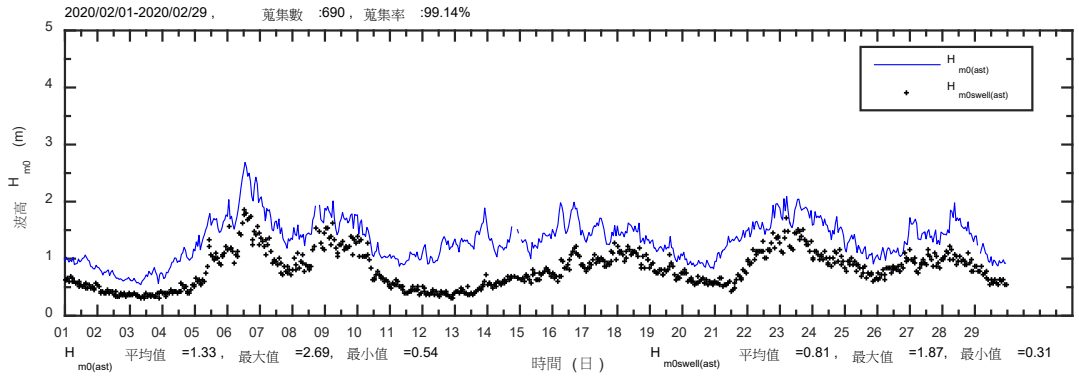
附四圖 2.7 108 年 9 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



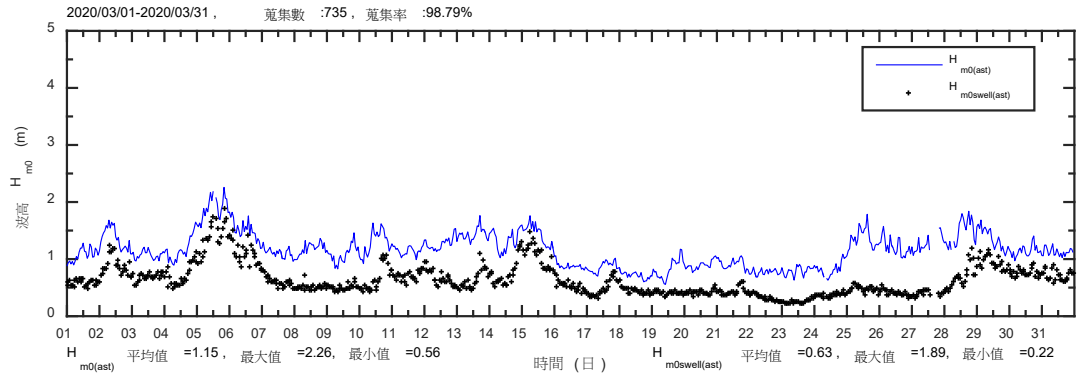
附四圖 2.8 108 年 12 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



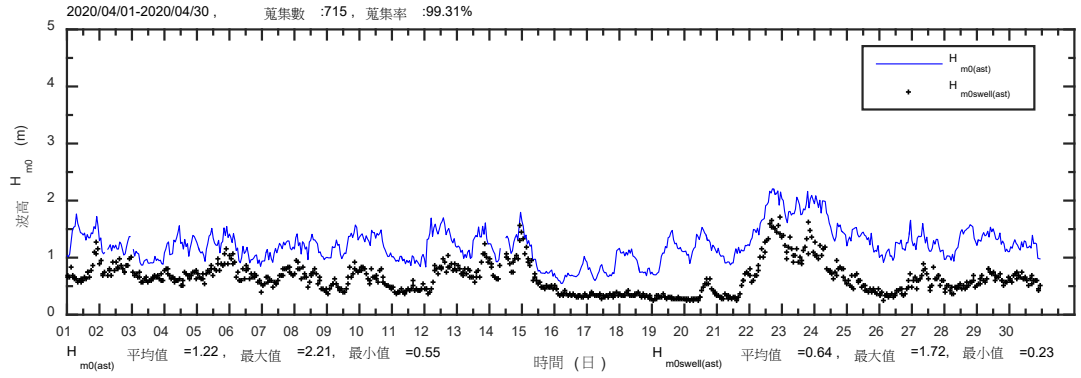
附四圖 2.9 109 年 1 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



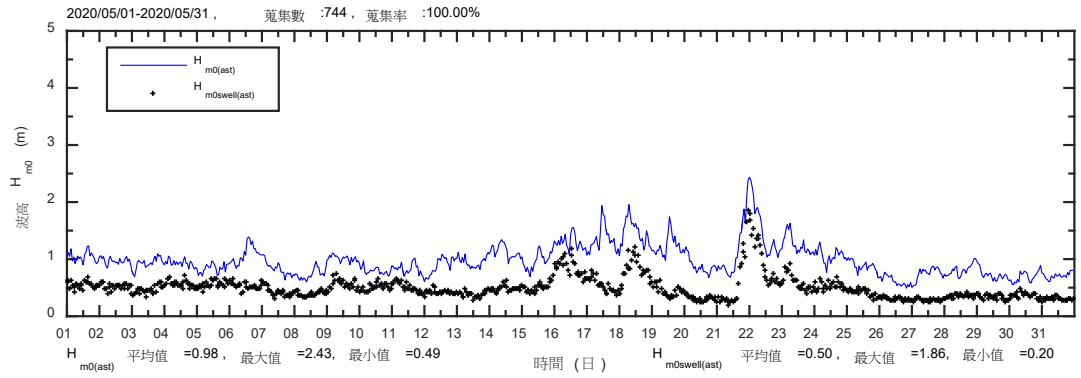
附四圖 2.10 109 年 2 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



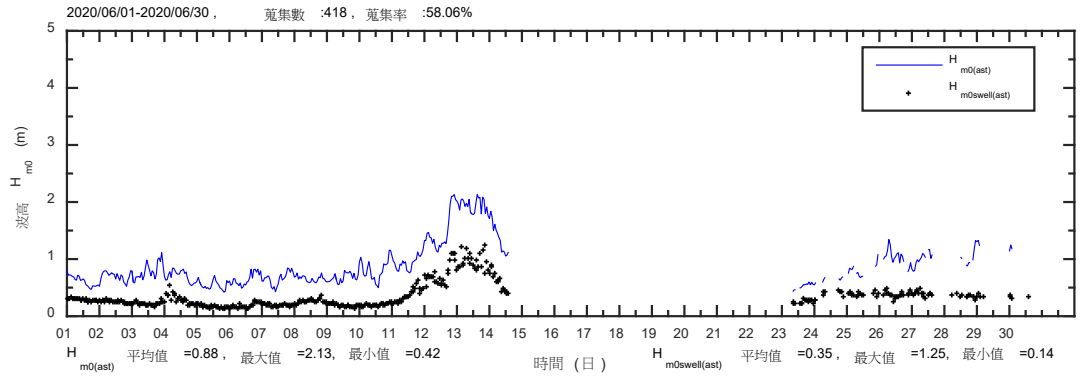
附四圖 2.11 109 年 3 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



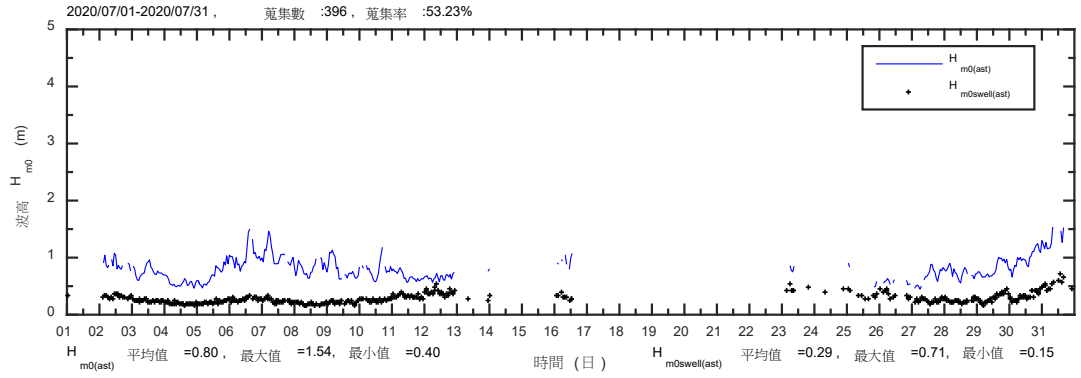
附四圖 2.12 109 年 4 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



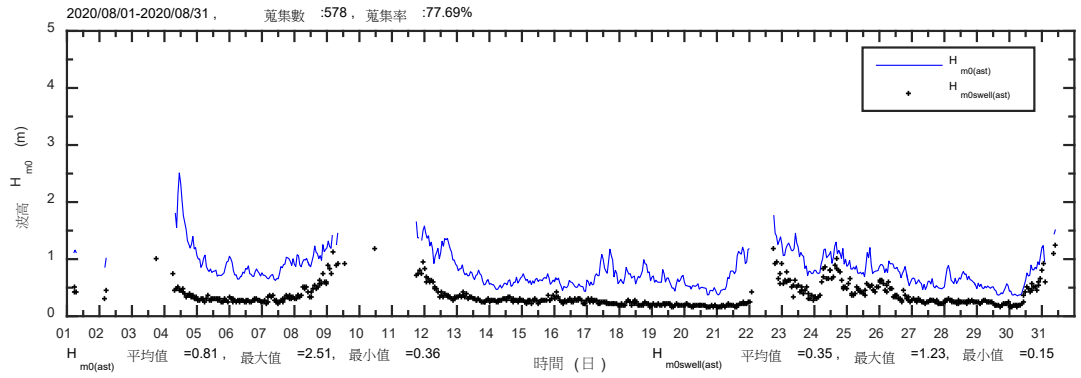
附四圖 2.13 109 年 5 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



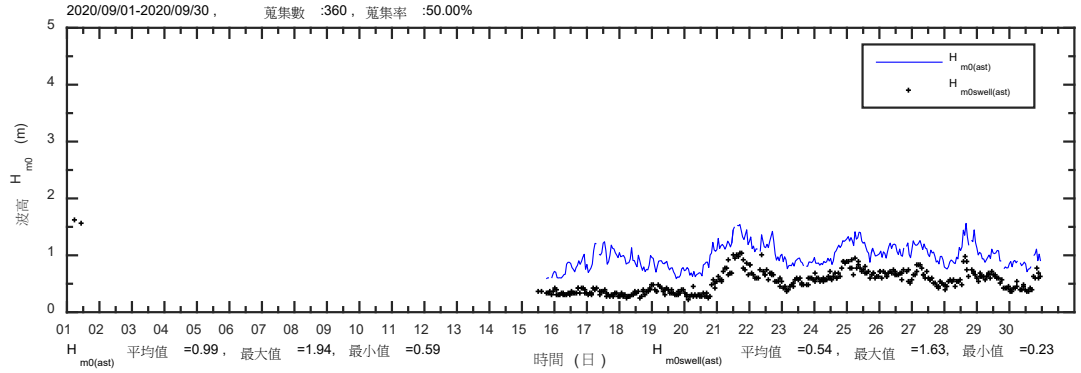
附四圖 2.14 109 年 6 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



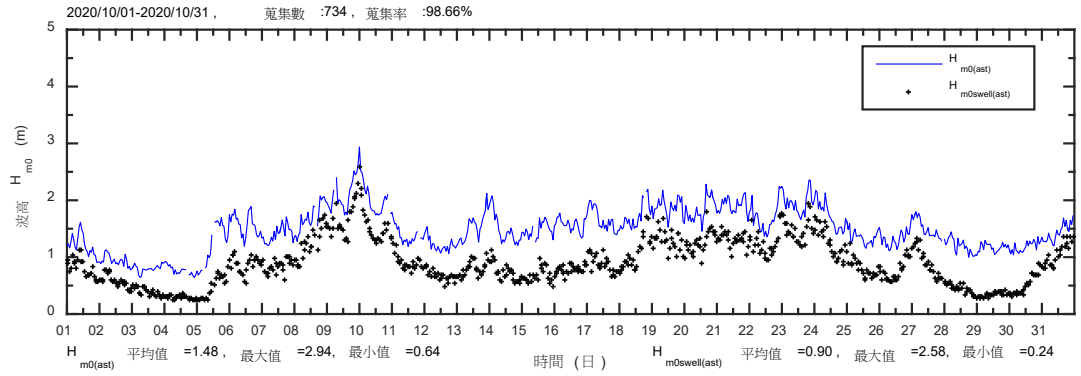
附四圖 2.15 109 年 7 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



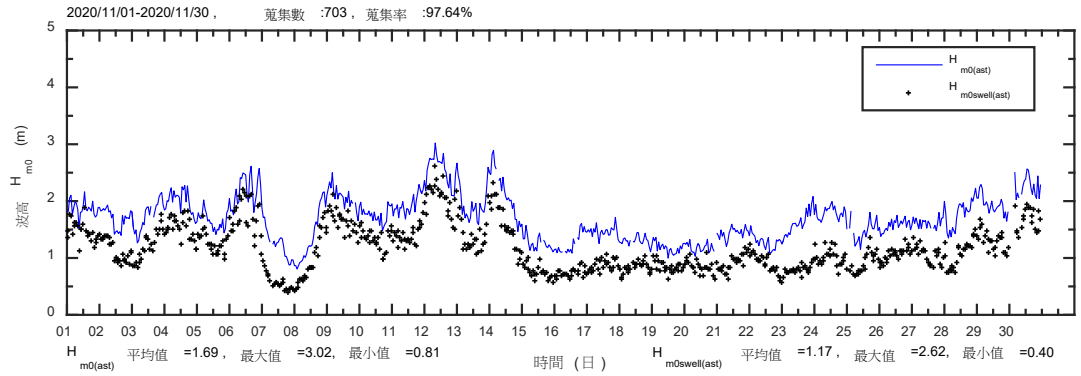
附四圖 2.16 109 年 8 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



附四圖 2.17 109 年 9 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



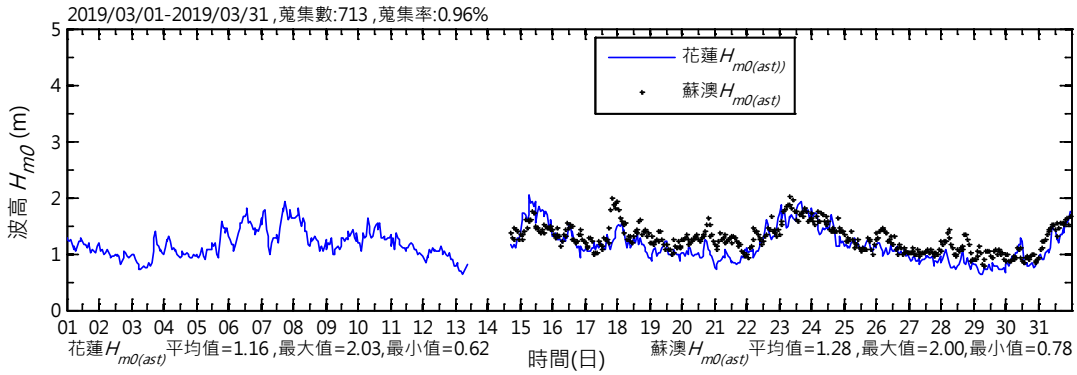
附四圖 2.18 109 年 10 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖



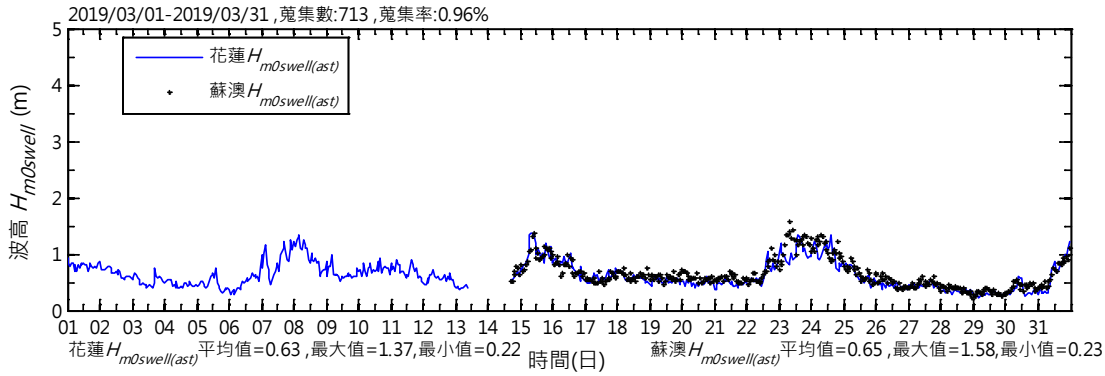
附四圖 2.19 109 年 11 月蘇澳港波高($H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$)歷線圖

附錄四.3　108 年至 109 年度花蓮港及蘇澳港長浪觀測比對

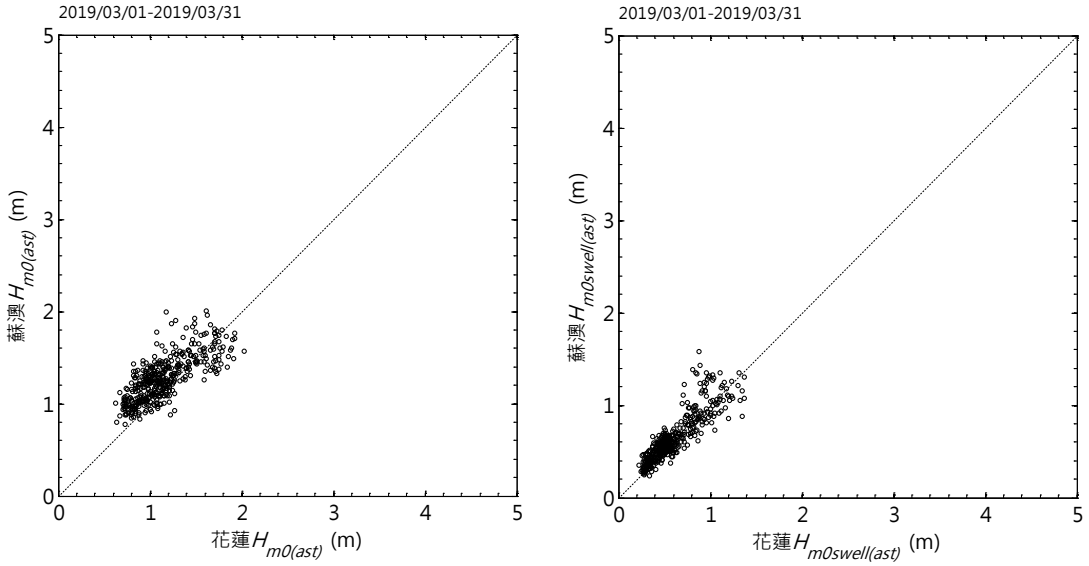
本節內利用 matlab 軟體自行轉換花蓮港及蘇澳港示性波高及長浪波高，示性波高以$H_{m0(ast)}$表示，長浪波高以 $H_{m0swell(ast)}$表示，彙整比對 107 年 12 月至 109 年 11 月觀測資料，並繪製每月花蓮及蘇澳$\boldsymbol{H_{m0(ast)}}$歷線圖歷時圖檔、花蓮及蘇澳$\boldsymbol{H_{m0swell(ast)}}$歷線圖以及花蓮及蘇澳之$\boldsymbol{H_{m0(ast)}}$及$\boldsymbol{H_{m0swell(ast)}}$散布圖，其中 107 年 12 月至 2 月、108 年 10 月、11 月蘇澳港無觀測資料，以及 109 年 3 月花蓮港無觀測資料。



附四圖 3.1a 108 年 3 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



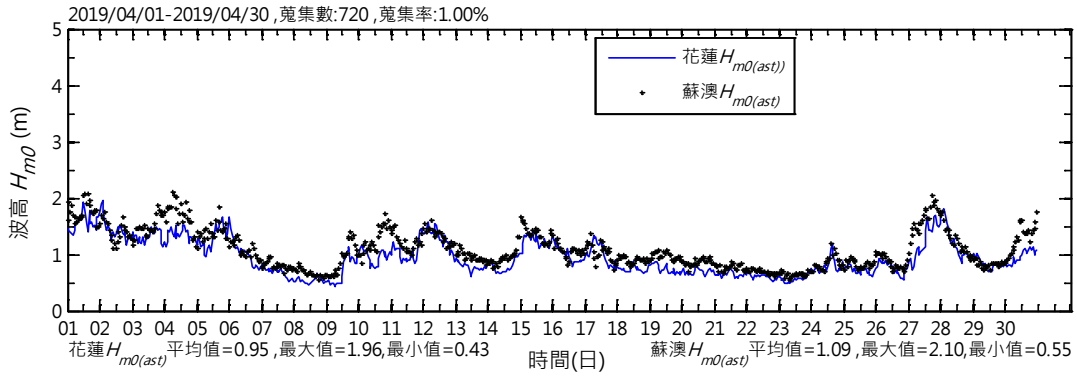
附四圖 3.1b 108 年 3 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



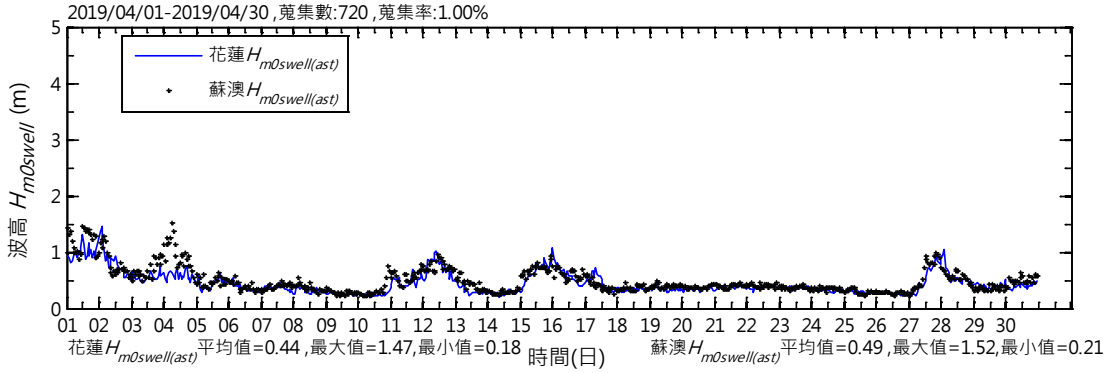
蒐集數=415 ,蒐集率=0.56 ,相關係數(R)=0.748 ,平均比值=1.1
平均絕對誤差=0.19 ,最大絕對誤差=0.81 ,均方根誤差(RMSE)=0.24

蒐集數=415 ,蒐集率=0.56 ,相關係數(R)=0.875 ,平均比值=1.1
平均絕對誤差=0.098 ,最大絕對誤差=0.7 ,均方根誤差(RMSE)=0.14

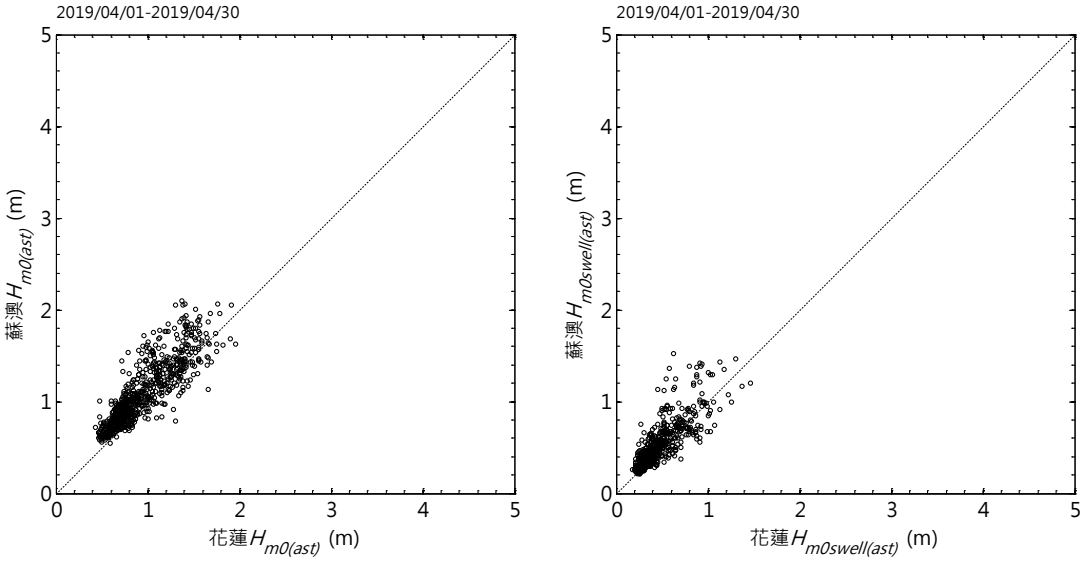
附四圖 3.1c 108 年 3 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



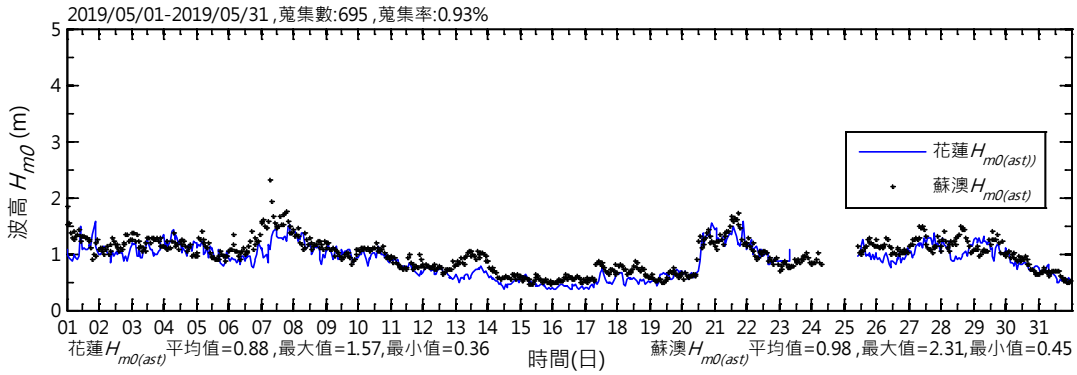
附四圖 3.2a 108 年 4 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



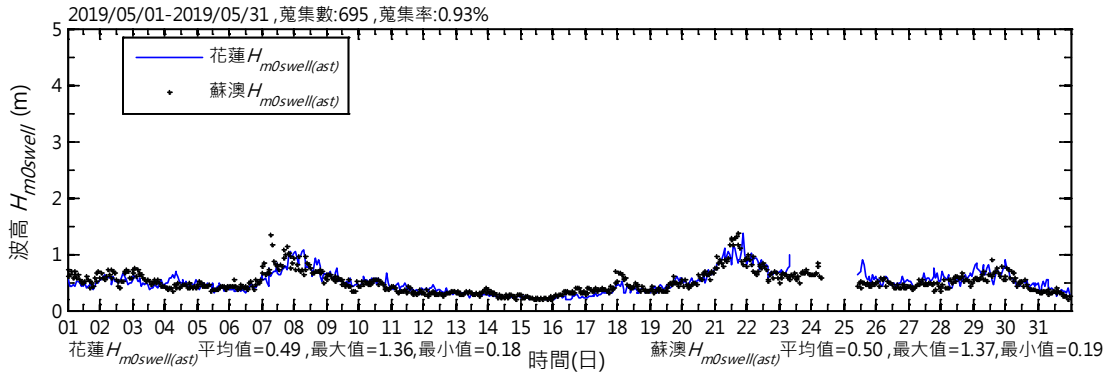
附四圖 3.2b 108 年 4 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



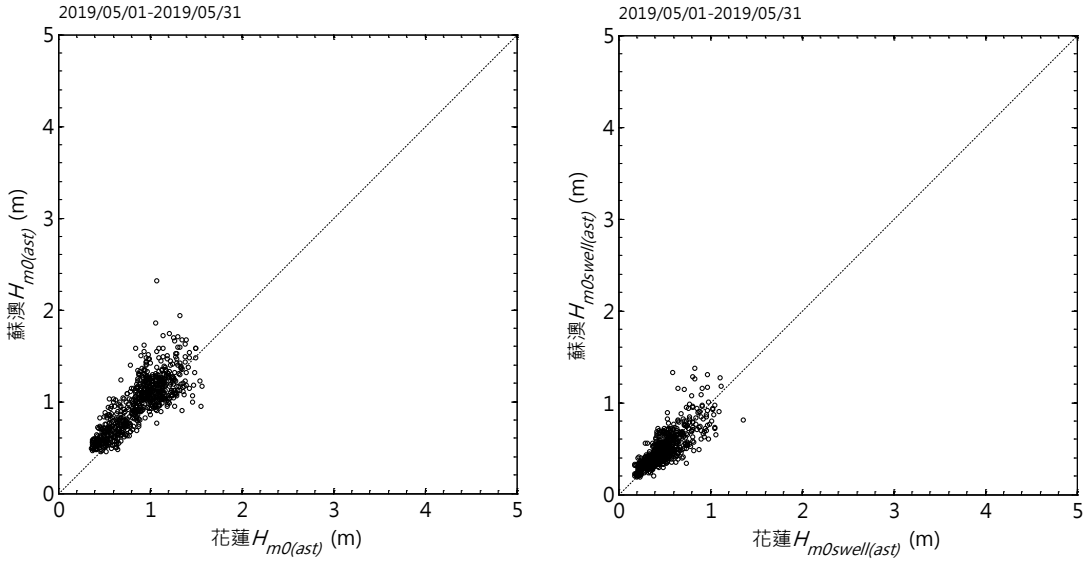
附四圖 3.2c 108 年 4 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



附四圖 3.3a 108 年 5 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



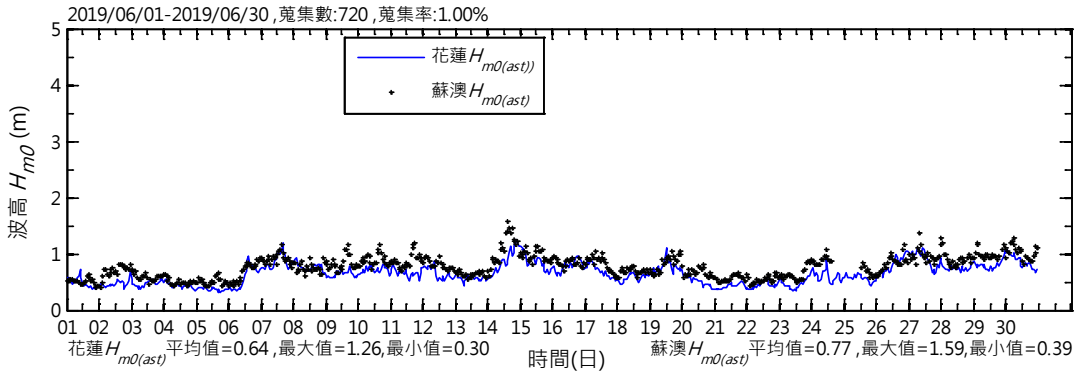
附四圖 3.3b 108 年 5 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



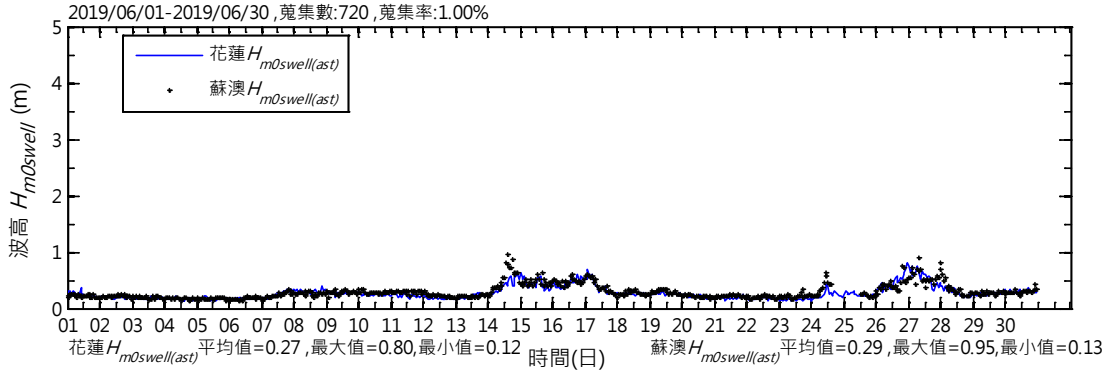
蒐集數=695 ,蒐集率=0.93 ,相關係數(R)=0.811 ,平均比值=1.1
平均絕對誤差=0.15 ,最大絕對誤差=1.2 ,均方根誤差(RMSE)=0.2

蒐集數=695 ,蒐集率=0.93 ,相關係數(R)=0.798 ,平均比值=1
平均絕對誤差=0.088 ,最大絕對誤差=0.73 ,均方根誤差(RMSE)=0.12

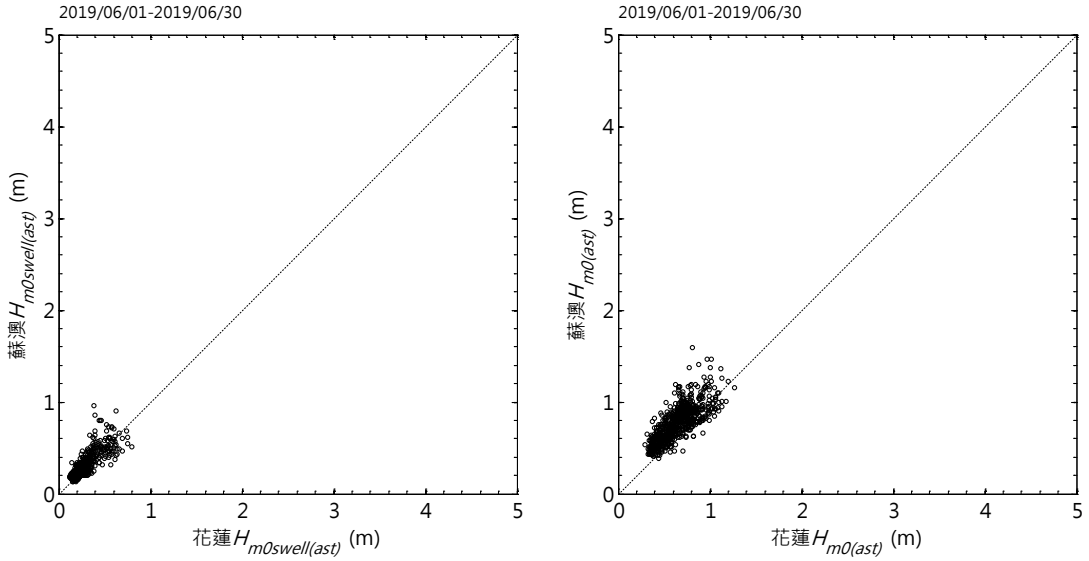
附四圖 3.3c 108 年 5 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



附四圖 3.4a 108 年 6 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



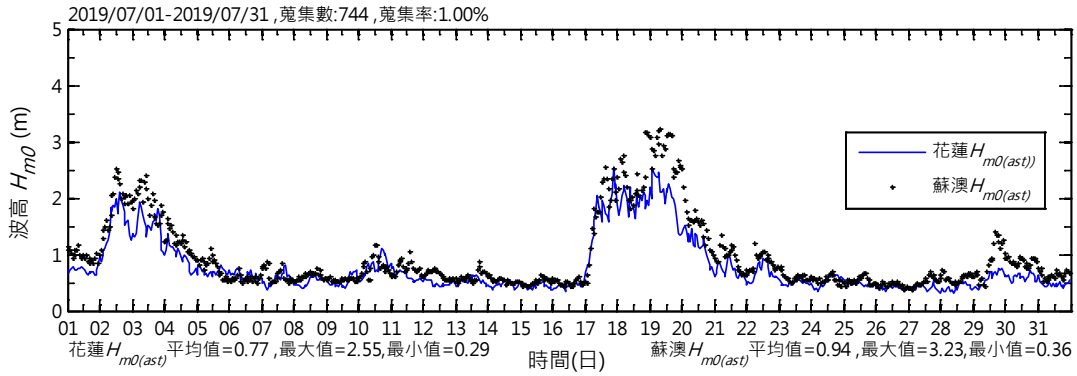
附四圖 3.4b 108 年 6 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



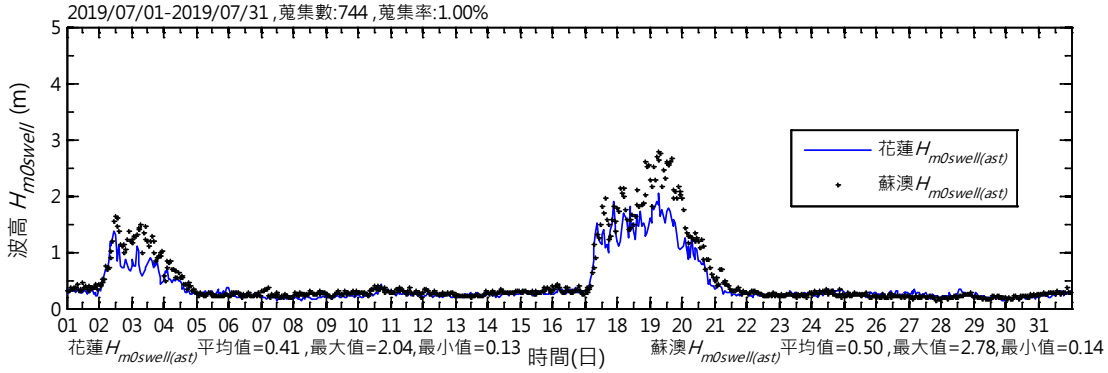
蒐集數=696 ,蒐集率=0.97 ,相關係數(R)=0.825 ,平均比值=1.1
平均絕對誤差=0.051 ,最大絕對誤差=0.57 ,均方根誤差(RMSE)=0.076

蒐集數=696 ,蒐集率=0.97 ,相關係數(R)=0.779 ,平均比值=1.2
平均絕對誤差=0.15 ,最大絕對誤差=0.78 ,均方根誤差(RMSE)=0.18

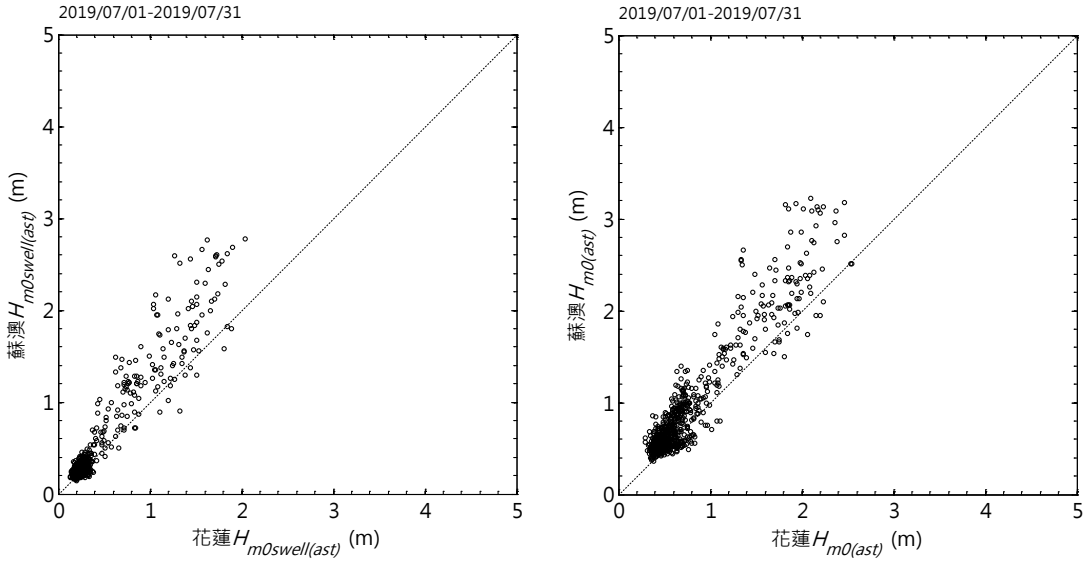
附四圖 3.4c 108 年 6 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



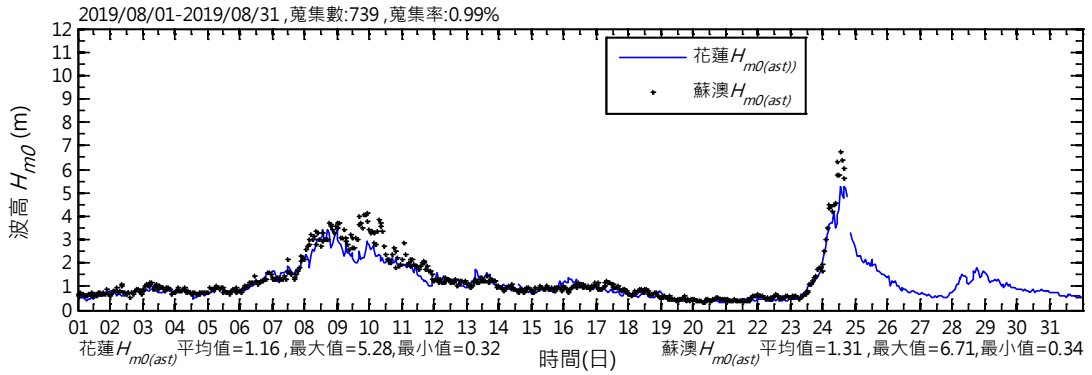
附四圖 3.5a 108 年 7 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



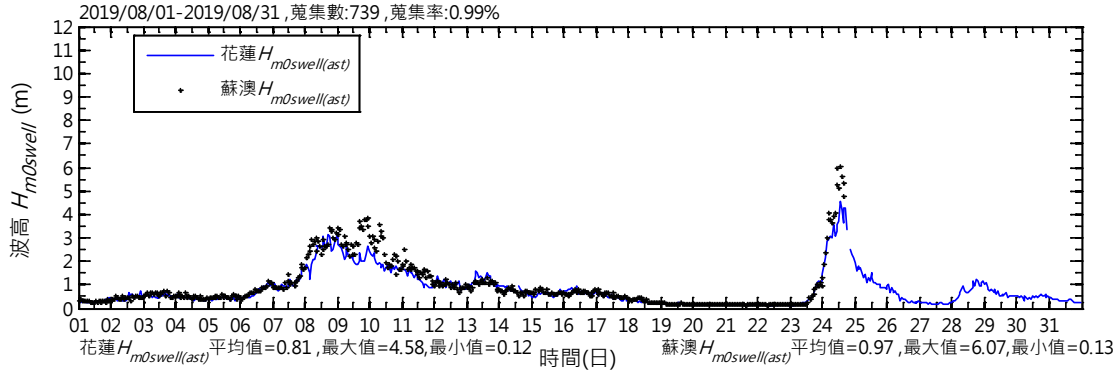
附四圖 3.5b 108 年 7 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



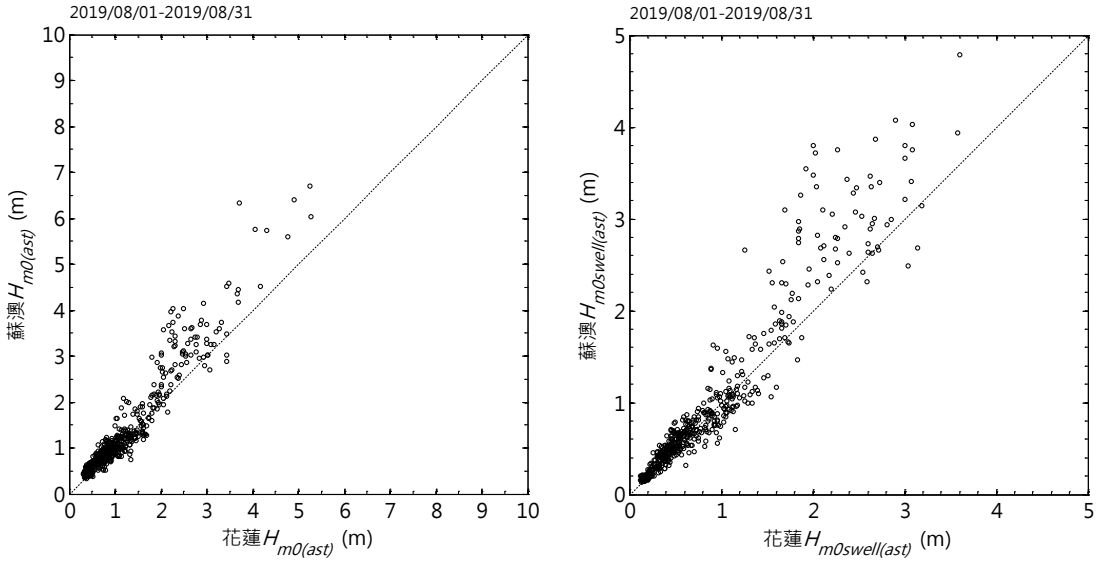
附四圖 3.5c 108 年 7 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



附四圖 3.6a 108 年 8 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



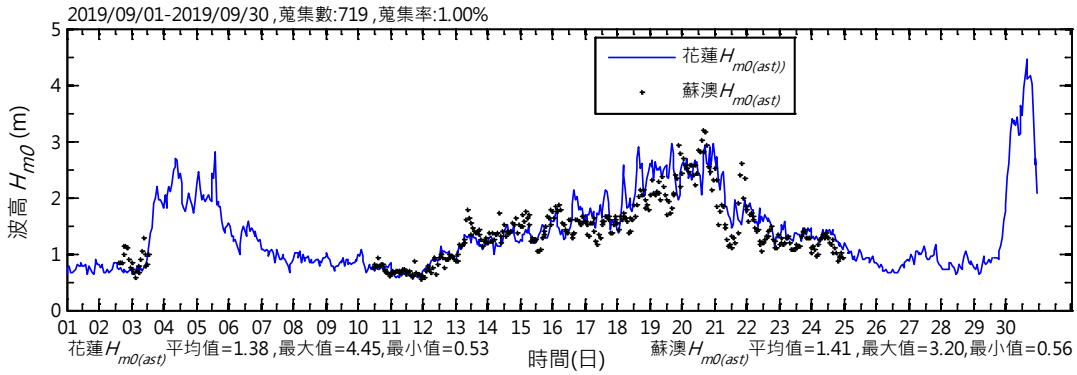
附四圖 3.6b 108 年 8 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



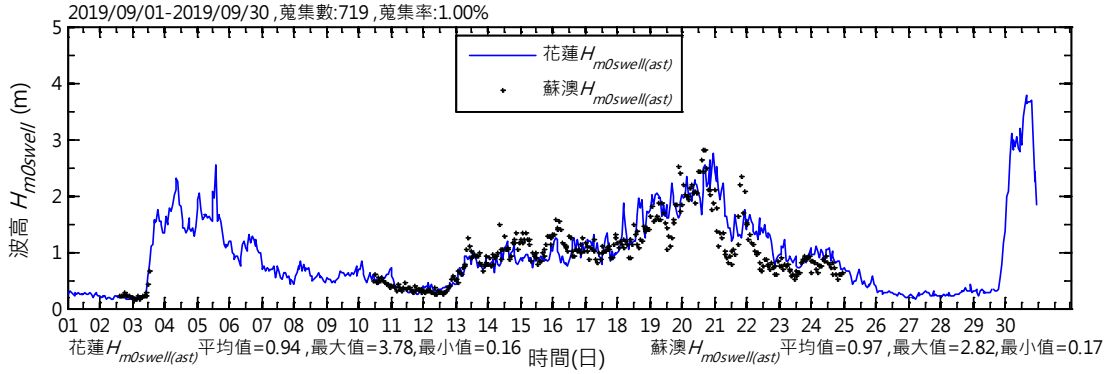
蒐集數=562 ,蒐集率=0.76 ,相關係數(R)=0.957 ,平均比值=1.1
平均絕對誤差=0.22 ,最大絕對誤差=2.6 ,均方根誤差(RMSE)=0.38

蒐集數=562 ,蒐集率=0.76 ,相關係數(R)=0.96 ,平均比值=1.1
平均絕對誤差=0.18 ,最大絕對誤差=2.7 ,均方根誤差(RMSE)=0.36

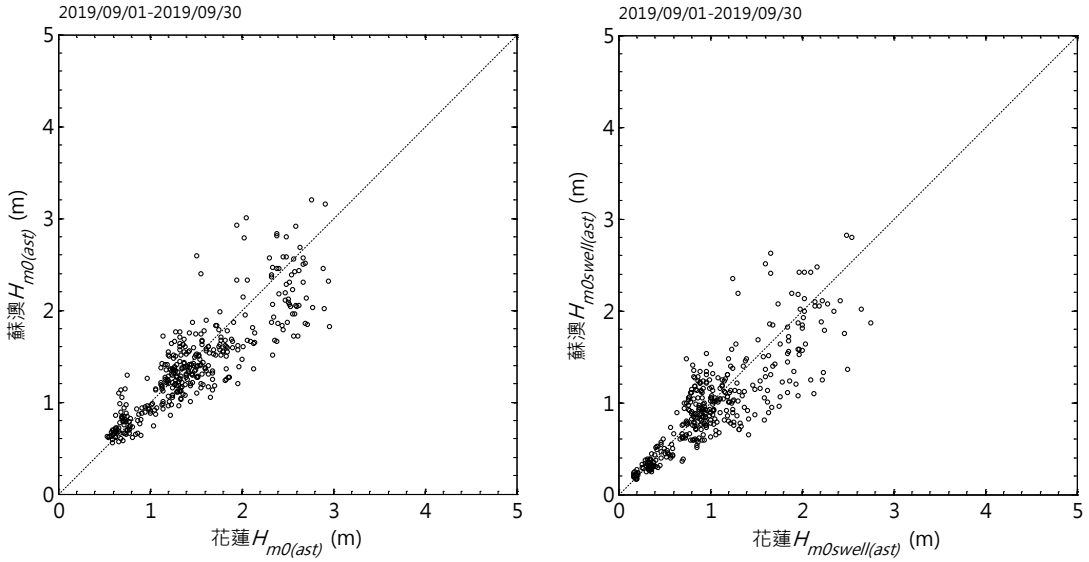
附四圖 3.6c 108 年 8 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



附四圖 3.7a 108 年 9 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



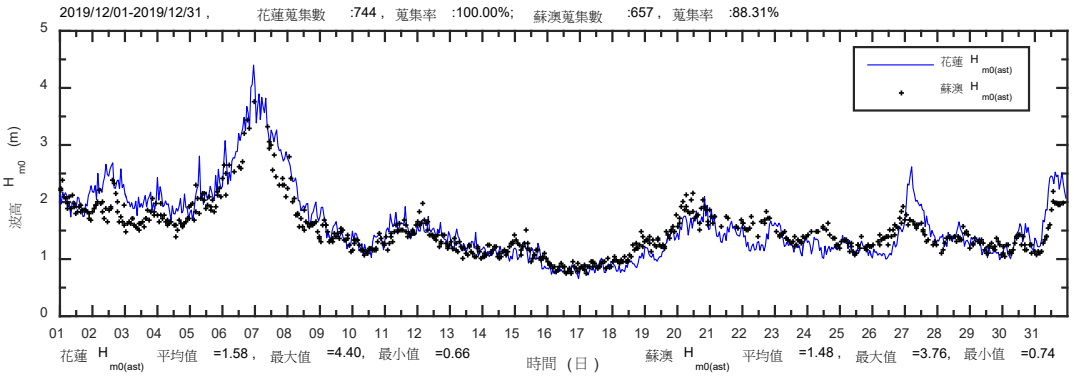
附四圖 3.7b 108 年 9 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



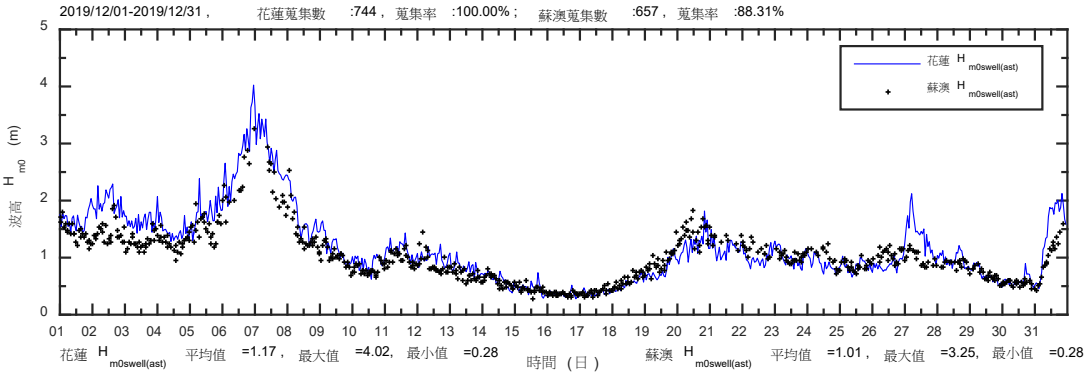
蒐集數=370 ,蒐集率=0.51 ,相關係數(R)=0.865 ,平均比值=0.98
平均絕對誤差=0.23 ,最大絕對誤差=1.1 ,均方根誤差(RMSE)=0.31

蒐集數=370 ,蒐集率=0.51 ,相關係數(R)=0.847 ,平均比值=0.97
平均絕對誤差=0.22 ,最大絕對誤差=1.1 ,均方根誤差(RMSE)=0.31

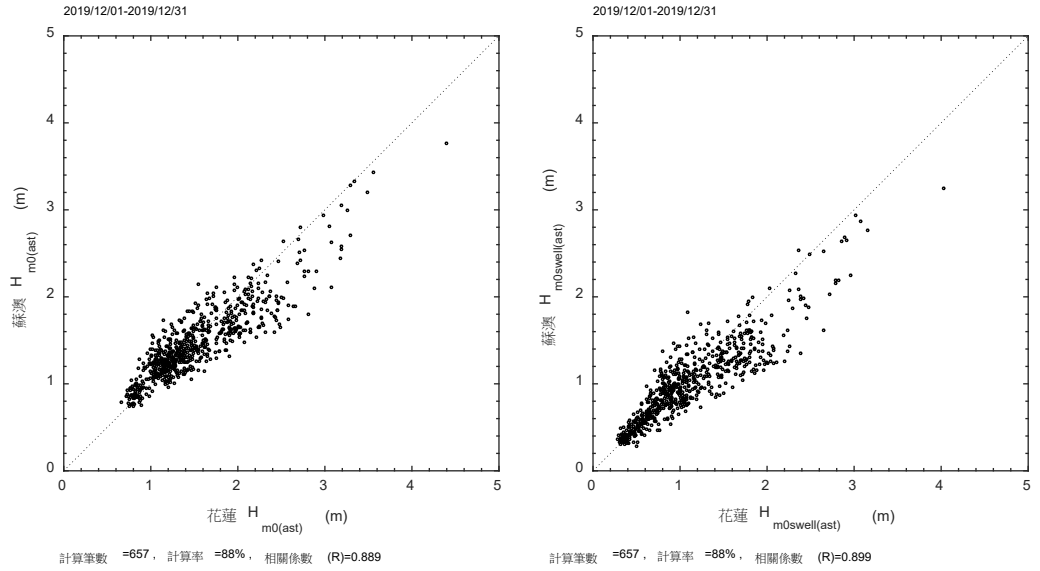
附四圖 3.7c 108 年 9 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



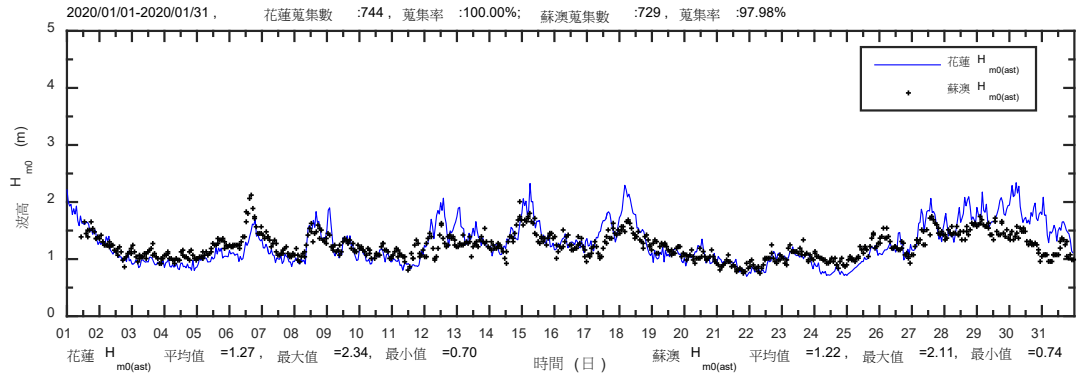
附四圖 3.8a 108 年 12 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



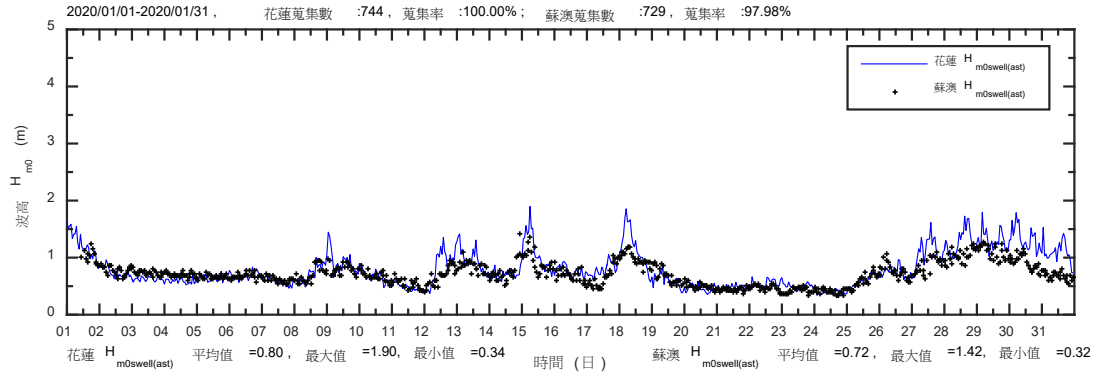
附四圖 3.8b 108 年 12 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



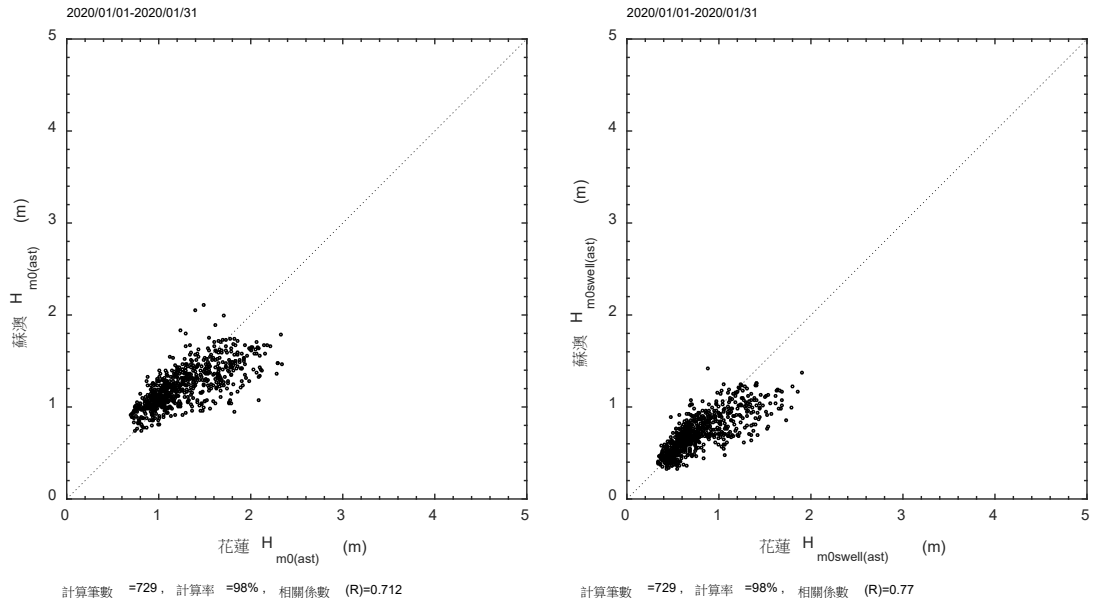
附四圖 3.8c 108 年 12 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



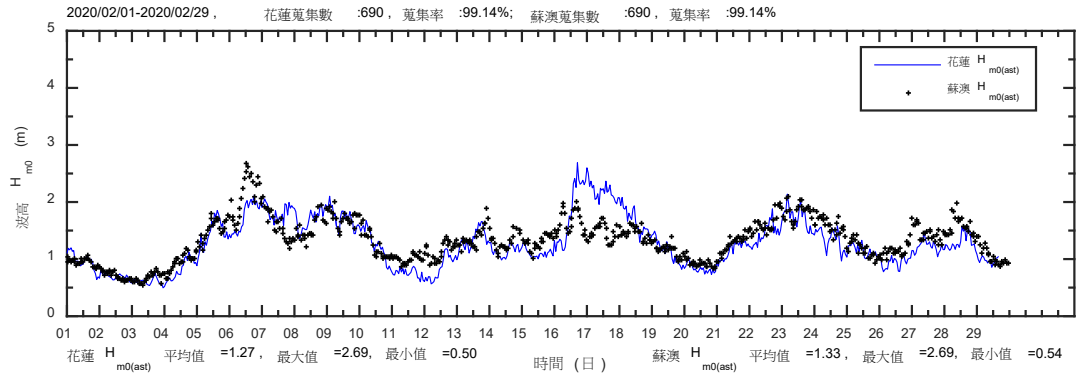
附四圖 3.9a 109 年 1 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



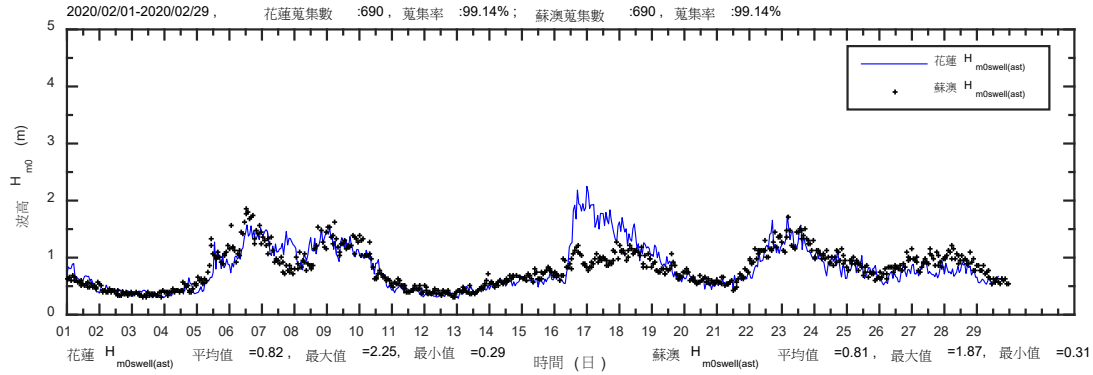
附四圖 3.9b 109 年 1 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



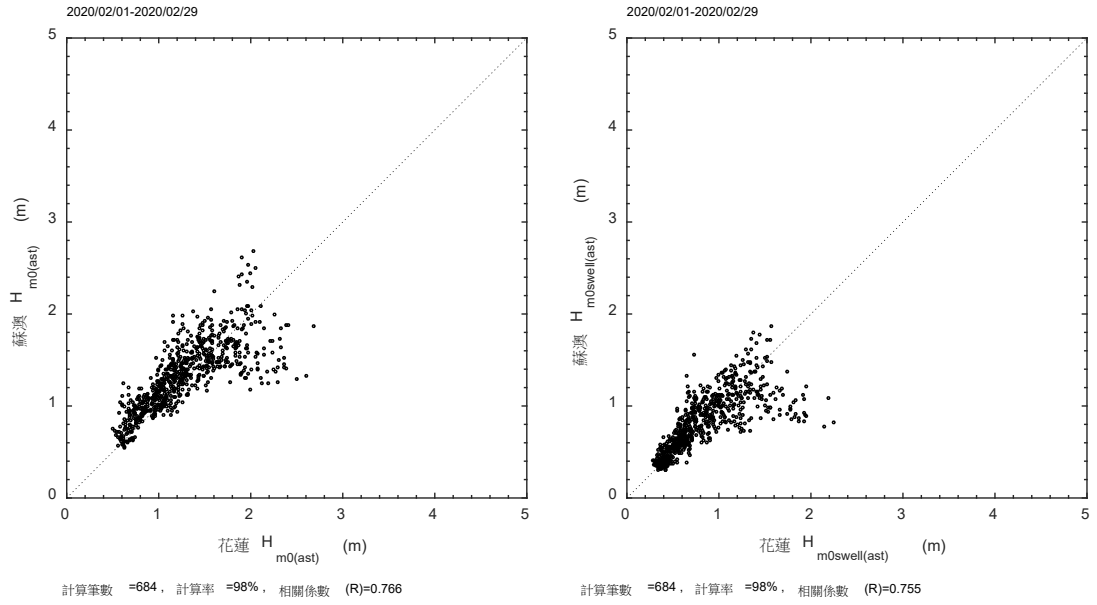
附四圖 3.9c 109 年 1 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



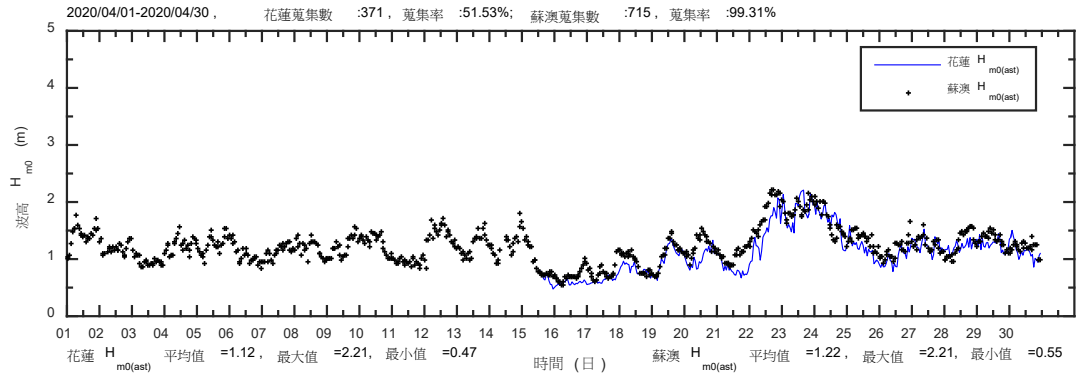
附四圖 3.10a 109 年 2 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



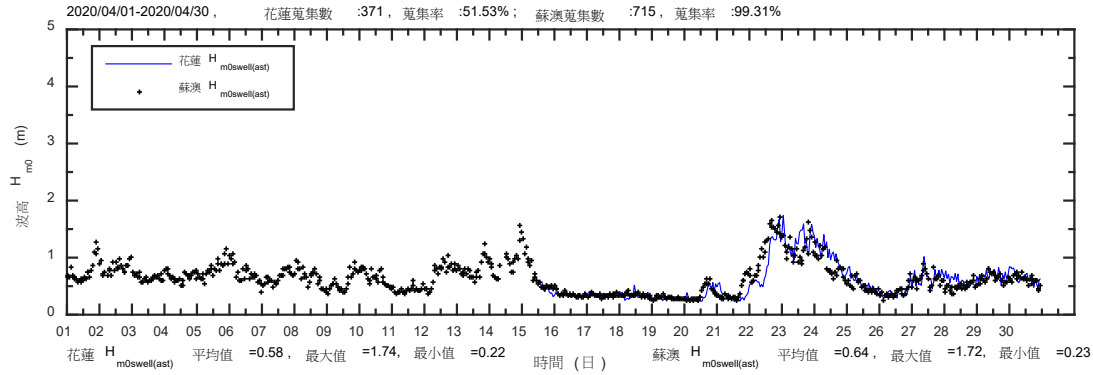
附四圖 3.10b 109 年 2 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



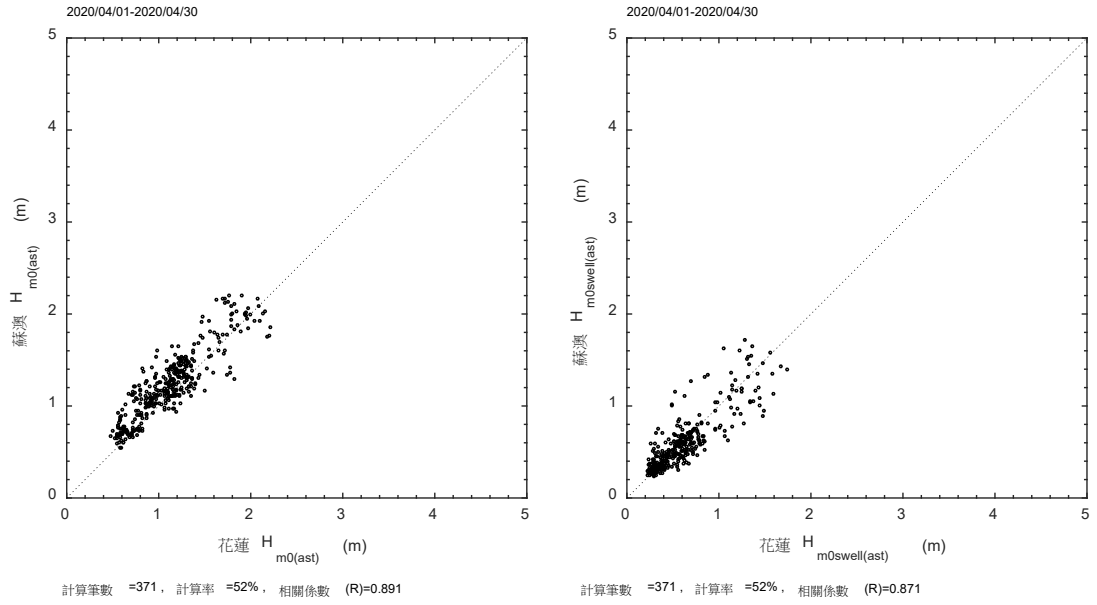
附四圖 3.10c 109 年 2 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



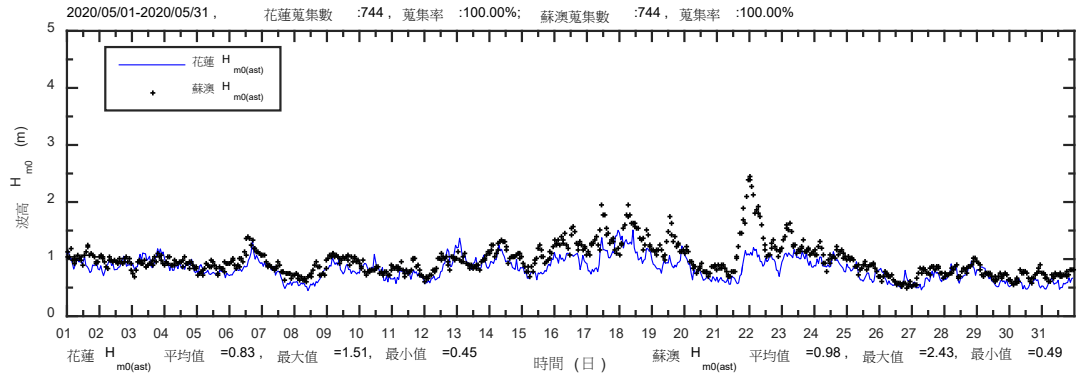
附四圖 3.11a 109 年 4 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



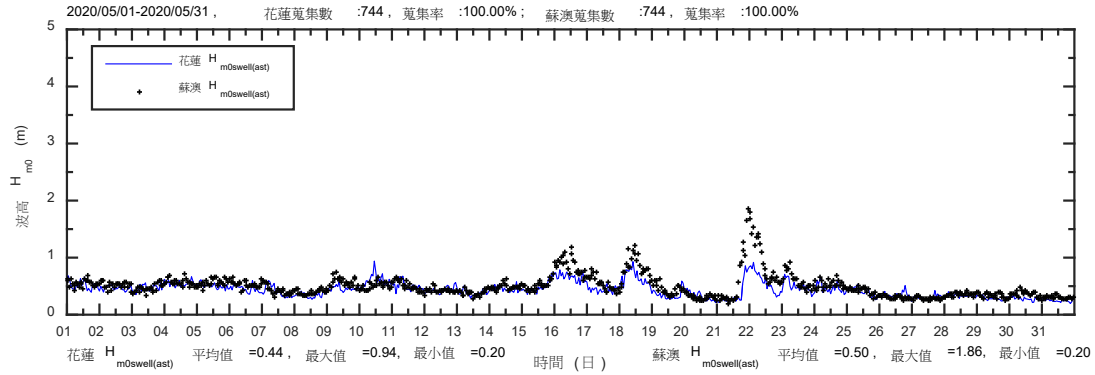
附四圖 3.11b 109 年 4 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



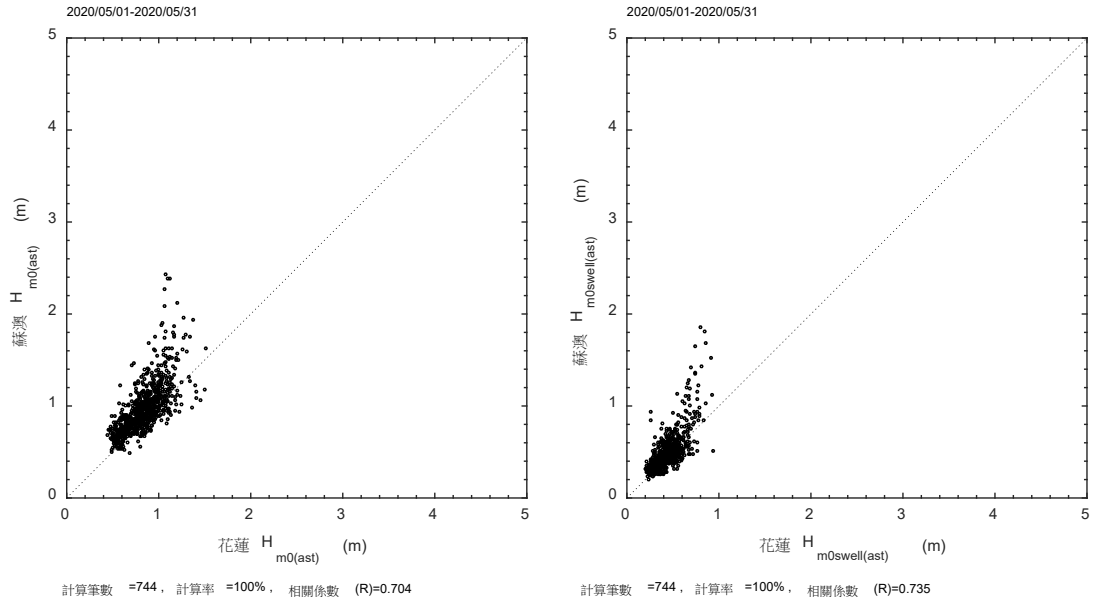
附四圖 3.11c 109 年 4 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



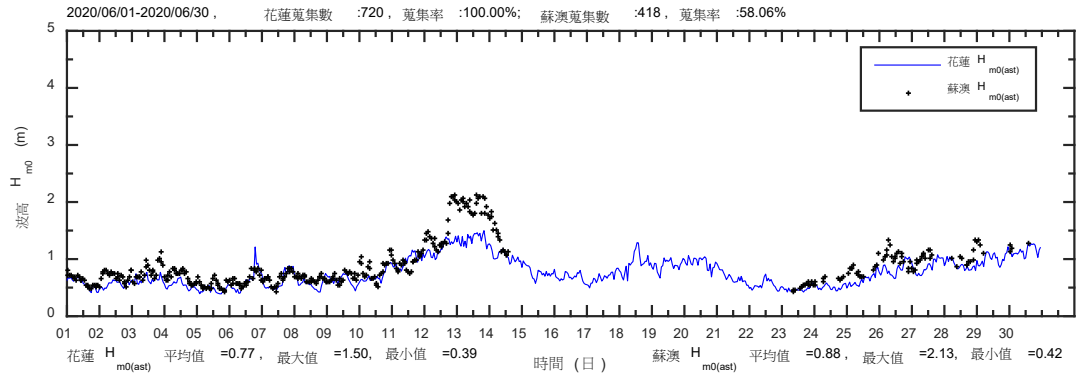
附四圖 3.12a 109 年 5 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



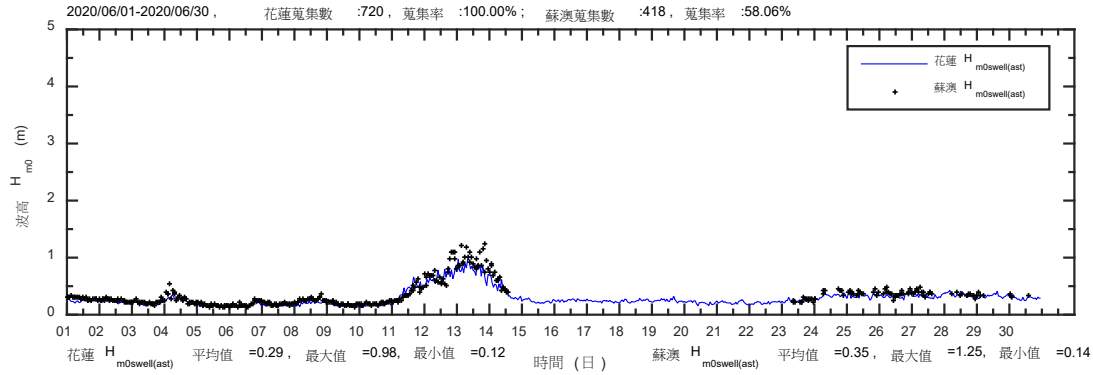
附四圖 3.12b 109 年 5 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



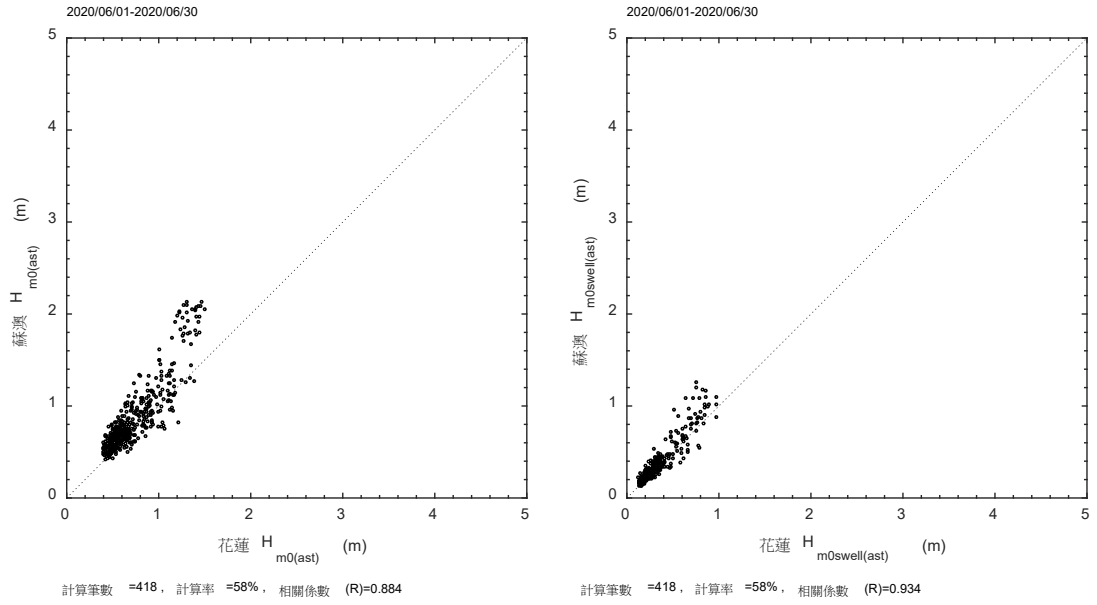
附四圖 3.12c 109 年 5 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



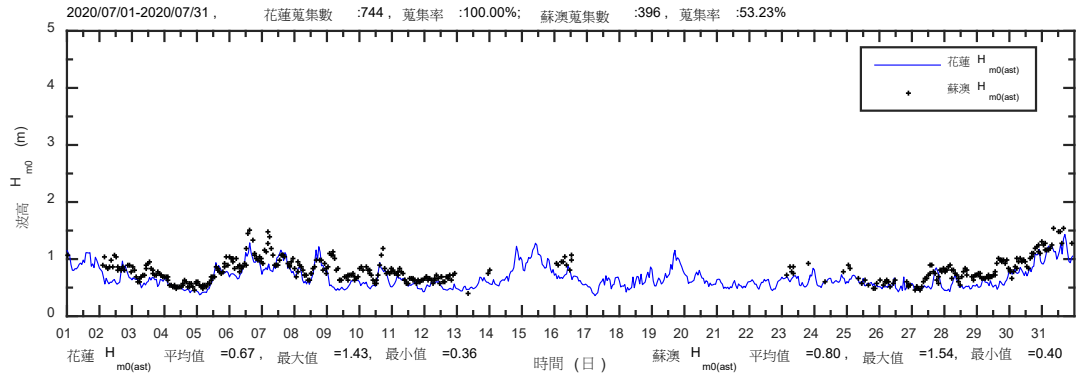
附四圖 3.13a 109 年 6 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



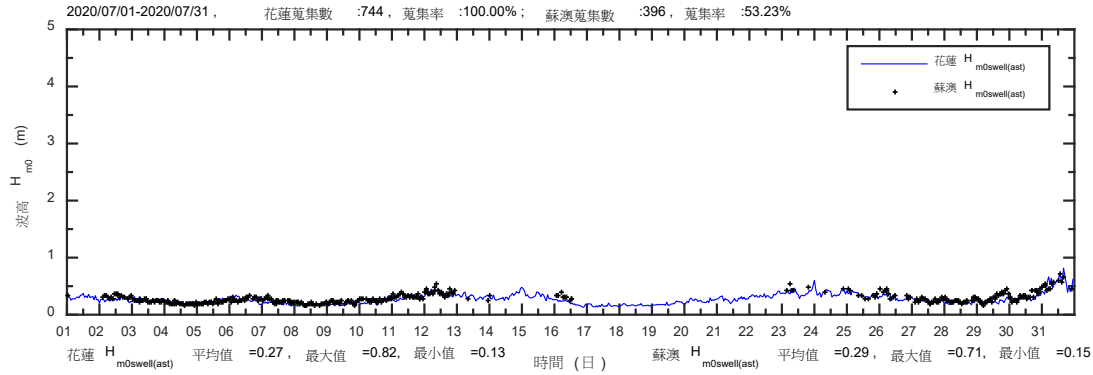
附四圖 3.13b 109 年 6 月花蓮及蘇澳$H_{m0\mathrm{swell}(ast)}$歷線圖



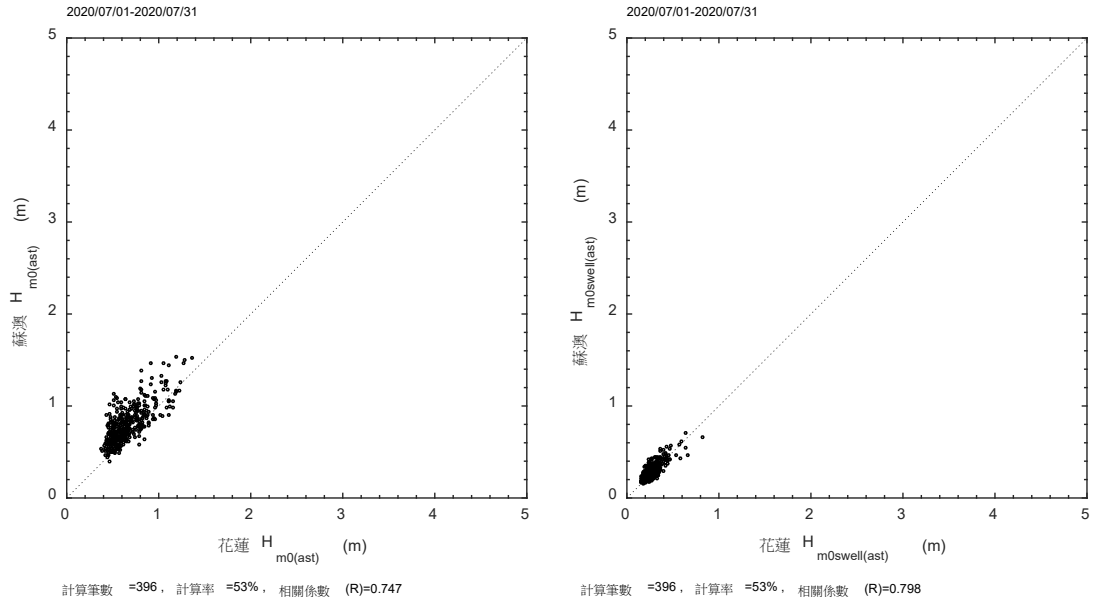
附四圖 3.13c 109 年 6 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0\mathrm{swell}(ast)}$散布圖



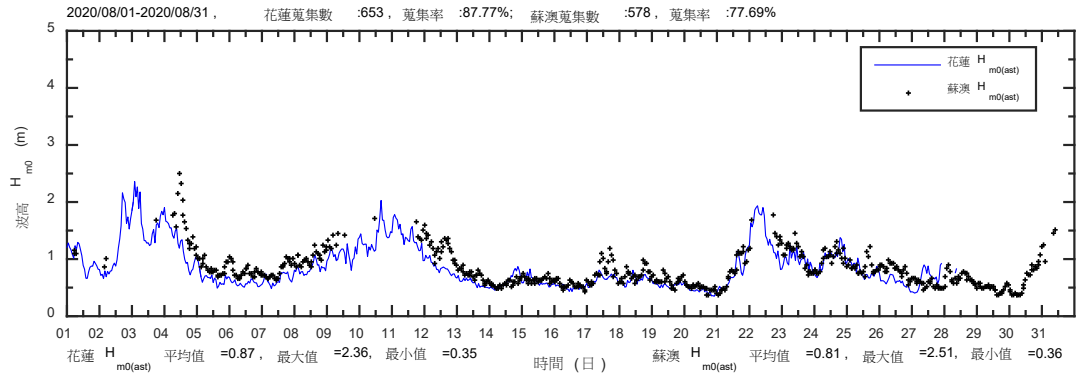
附四圖 3.14a 109 年 7 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



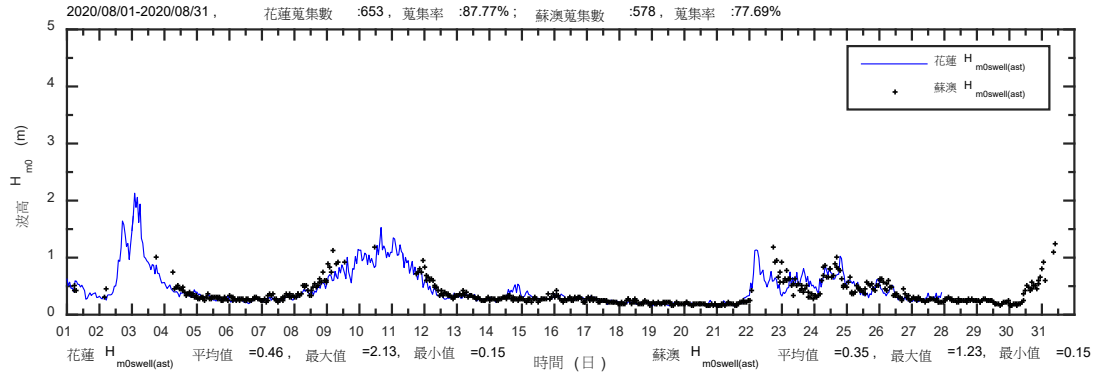
附四圖 3.14b 109 年 7 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



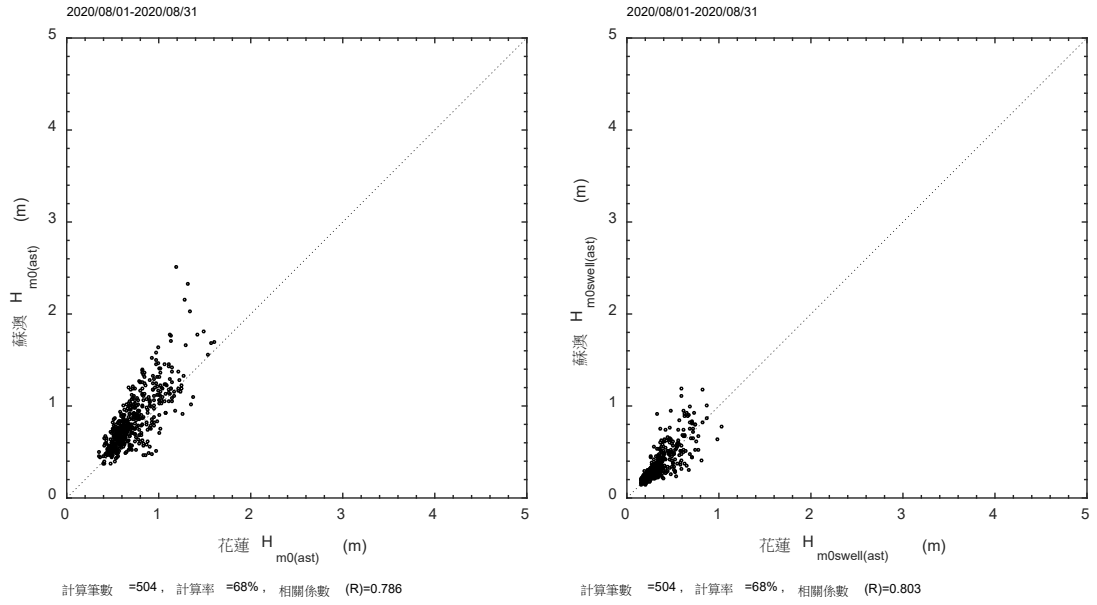
附四圖 3.14c 109 年 7 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



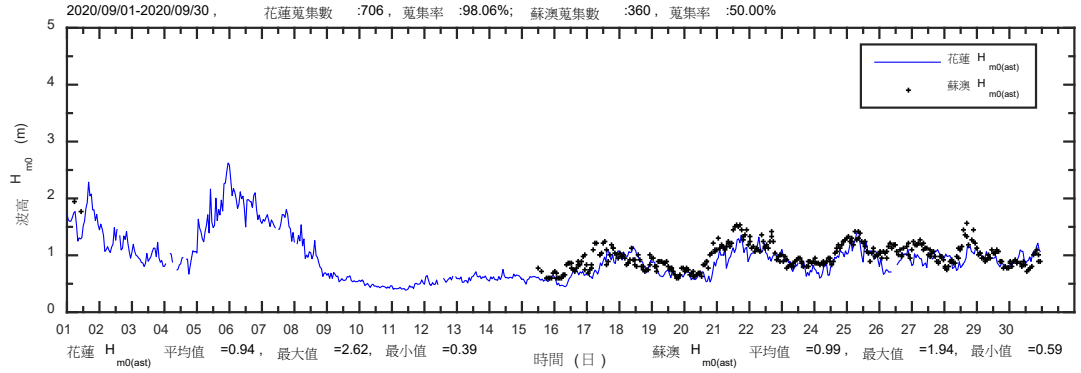
附四圖 3.15a 109 年 8 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



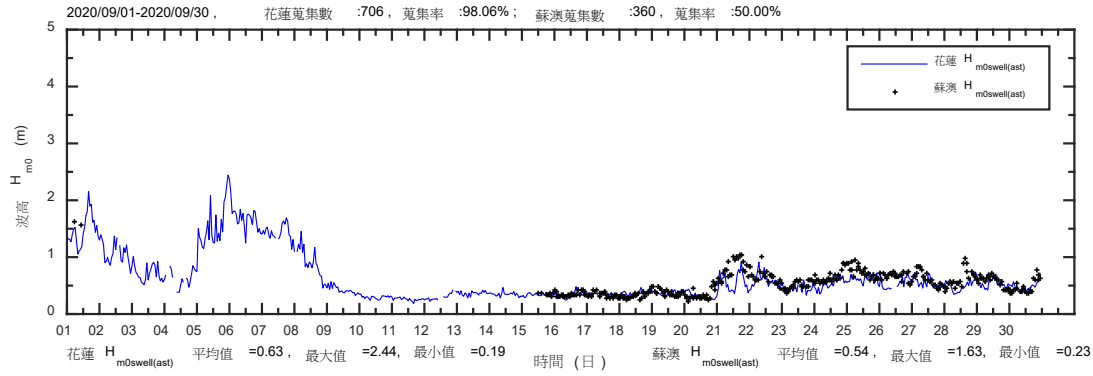
附四圖 3.15b 109 年 8 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



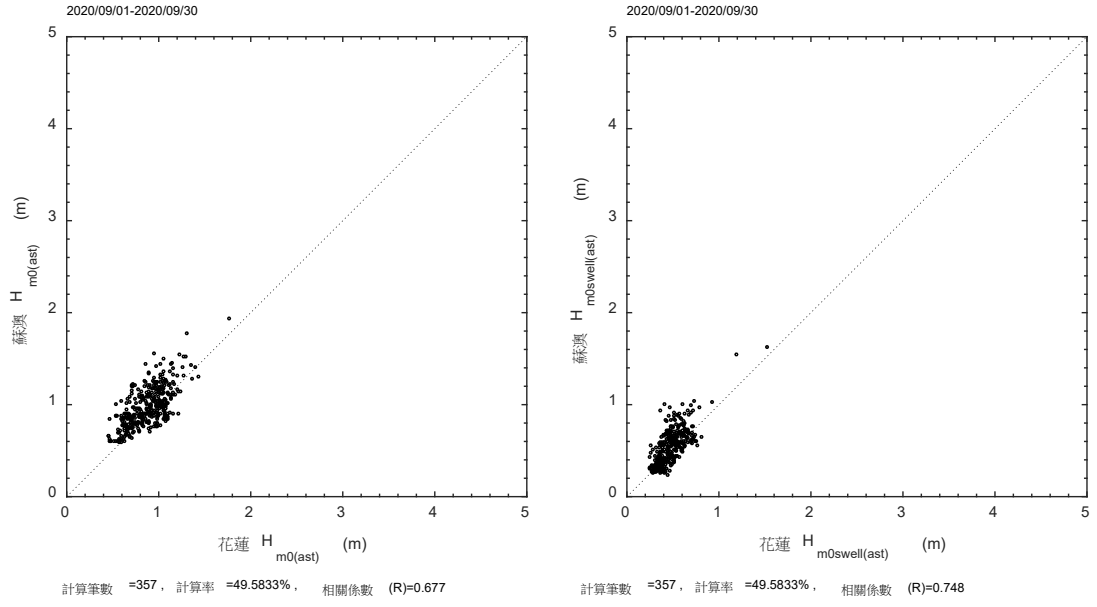
附四圖 3.15c 109 年 8 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



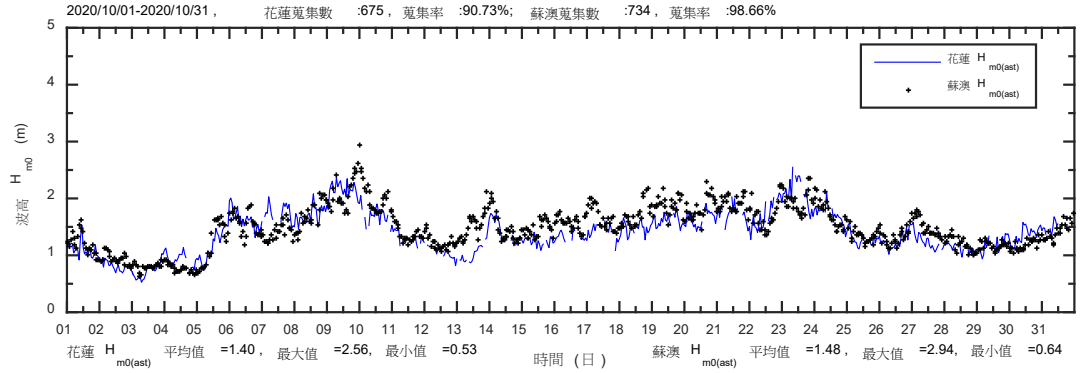
附四圖 3.16a 109 年 9 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



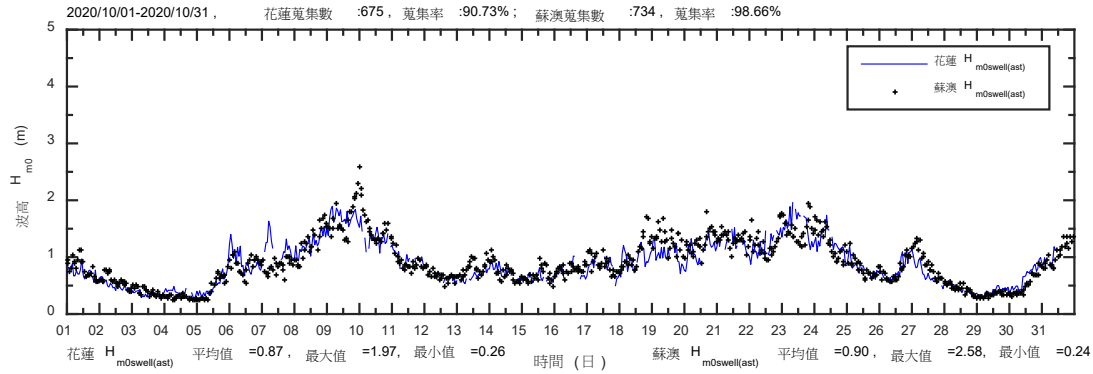
附四圖 3.16b 109 年 9 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



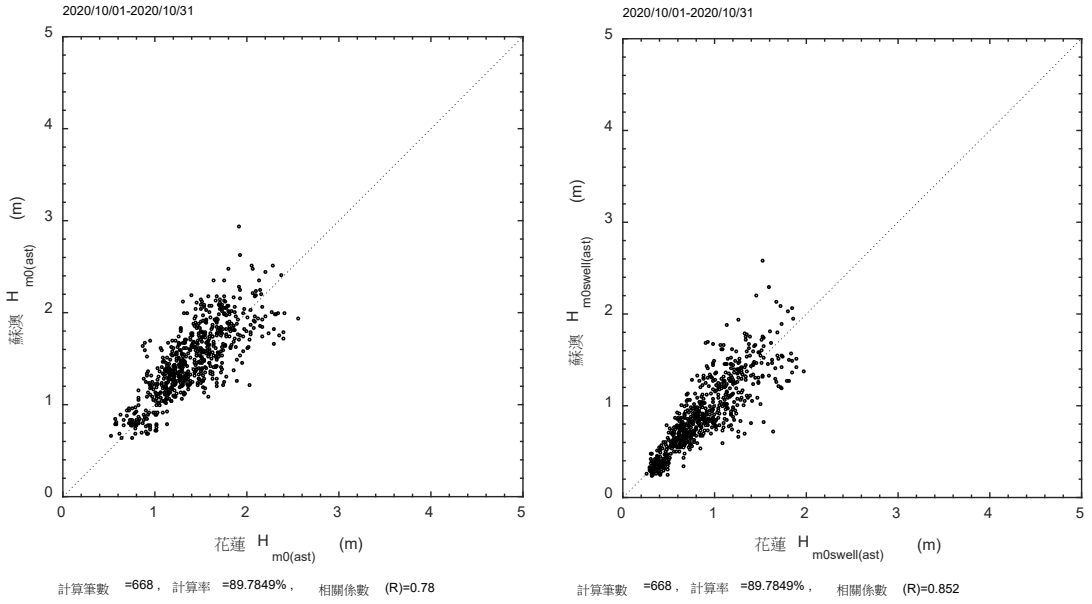
附四圖 3.16c 109 年 9 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



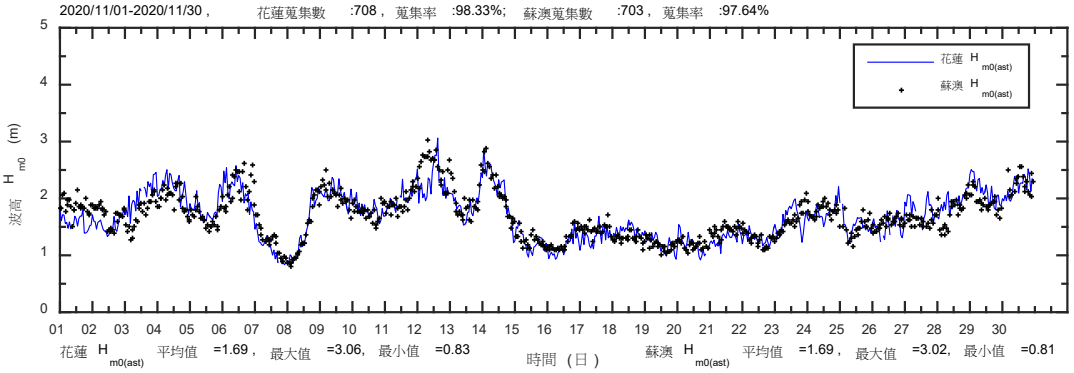
附四圖 3.17a 109 年 10 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



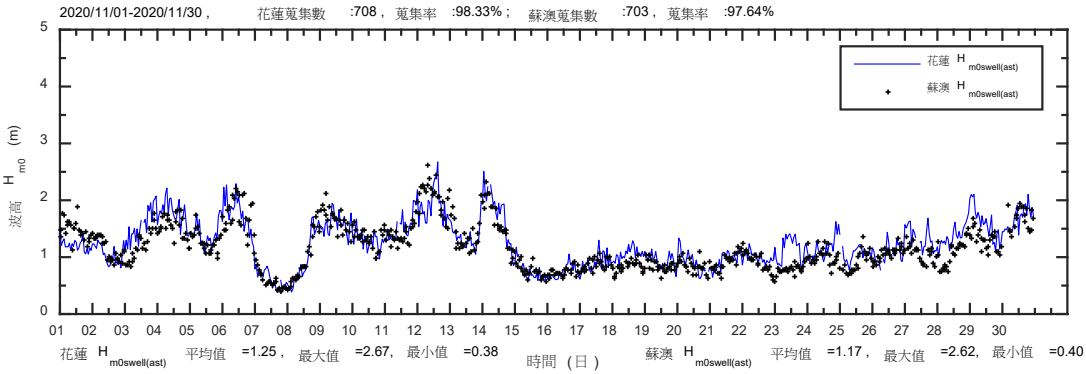
附四圖 3.17b 109 年 10 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



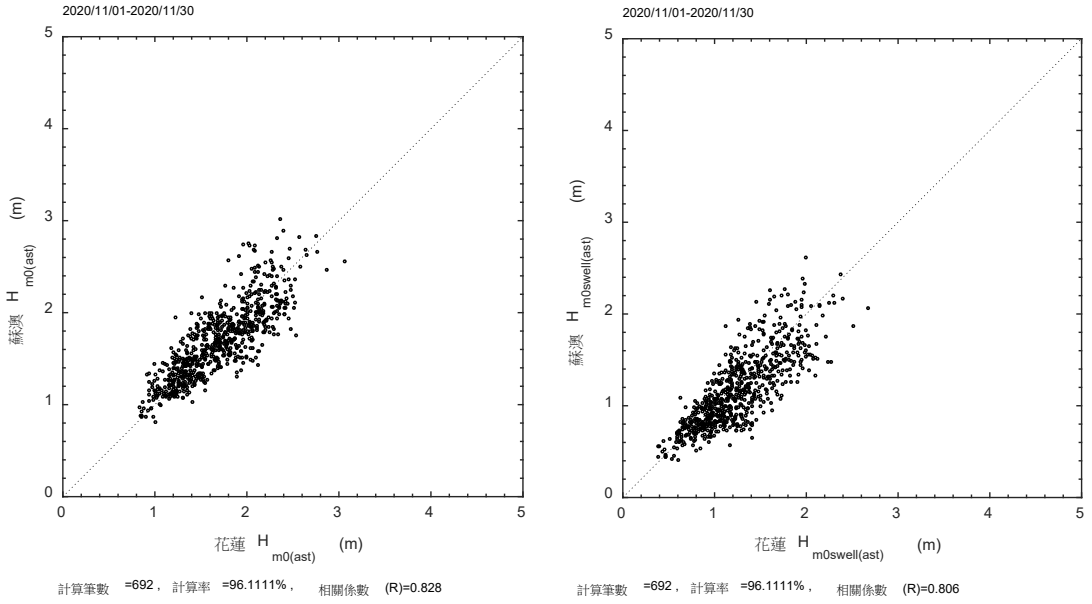
附四圖 3.17c 109 年 10 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖



附四圖 3.18a 109 年 11 月花蓮及蘇澳$H_{m0(ast)}$歷線圖



附四圖 3.18b 109 年 11 月花蓮及蘇澳$H_{m0swell(ast)}$歷線圖



附四圖 3.18c 109 年 11 月花蓮及蘇澳之$H_{m0(ast)}$及$H_{m0swell(ast)}$散布圖

附錄五

符號表

符號表

$H_{m0(pre)}$	自行解算 wad 檔內壓力訊號(pressure)之示性波高
$H_{m0swell(pre)}$	自行解算 wad 檔內壓力訊號(pressure)之長浪波高
$H_{m0(ast)}$	自行解算 wad 檔內超音波訊號(AST)之示性波高
$H_{m0swell(ast)}$	自行解算 wad 檔內超音波訊號(AST)之長浪波高
$H_{m0(mod)}$	風浪模式推算之示性波高
$H_{m0swell(mod)}$	風浪模式推算之長浪波高
H_s	示性波高
$H_{s(ast)}$	原廠軟體解算超音波訊號於 wap 檔內之示性波高
$H_{s(pre)}$	原廠軟體解算壓力訊號於 wap 檔內之示性波高
K_p	壓力轉換係數 $K_p = \frac{coshk(h+z)}{\cosh(kh)}$
S(f)	一維波浪頻譜
S_{pp}	實測底床動壓水頭能譜
$S_{\eta\eta}$	水位能譜。
T_m	平均週期
T_{m02}	平均週期，$T_{m02} = \sqrt{m_0/m_2}$
$T_{m02(ast)}$	原廠軟體解算超音波訊號於 wap 檔內之平均週期
$T_{m02(pre)}$	原廠軟體解算壓力訊號於 wap 檔內之平均週期
T_p	譜峰週期
$T_{p(ast)}$	原廠軟體解算超音波訊號於 wap 檔內之譜峰週期
$T_{p(pre)}$	原廠軟體解算壓力訊號於 wap 檔內之譜峰週期
f	頻率
f_{swell}	設定長浪頻率上限
g_i	第 i 個方向分量的重力加速度
h	水深
m_n	為頻譜的 n 階動差（moment），$m_n = \int_0^\infty f^n S(f)df$。
p	壓力
u_i	第 i 個方向分量的流速
z	儀器高
η	水位
η_a	節點水位
k	波數
ρ	密度
τ_{ij}	黏滯應力
〈 〉	代表時間平均

附錄六

計畫成果交流會

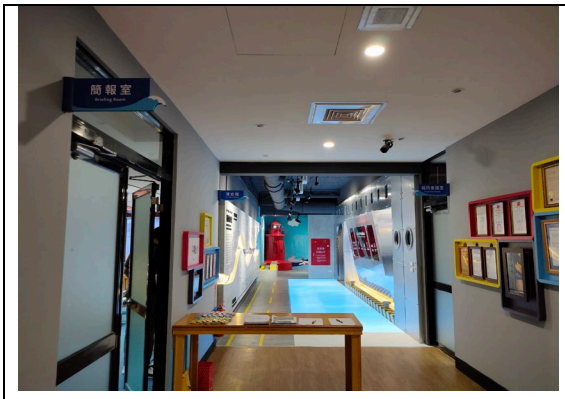
交通部運輸研究所110年度花蓮港研究計畫成果交流會

時間:110年10月21日(星期四)上午10時30分

地點:花蓮港務分公司

主持人:交通部運輸研究所港灣技術研究中心蔡立宏主任

時　間	計畫名稱	簡報者
10:30~10:45	「110 年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」資訊服務案	國立成功大學水工試驗所劉正琪 博士
10:45~11:00	「港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(4/4)-模擬評估及靜穩預警研究」自行研究計畫	交通部運輸研究所港灣技術研究中心 傅怡釧 副研究員
11:00~12:00	交流與討論	


簡報室

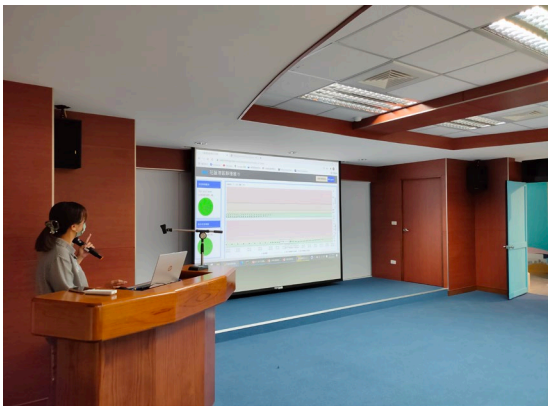







港灣風波潮流模擬及長波預警之研究(4/4)-
模擬評估及靜穩預警研究
交通部運輸研究所港灣技術研究中心
110年10月21日







附錄七

計畫報告審查會議

簡報資料

交通部運輸研究所110年自行研究計畫報告書審查會議

港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(4/4)-模擬評估及靜穩預警研究

港灣技術研究中心 第三科

林雅雯、傅怡釧、劉清松、陳鈞彥、謝佳紘、鄭采誼

中華民國 110年12月13日

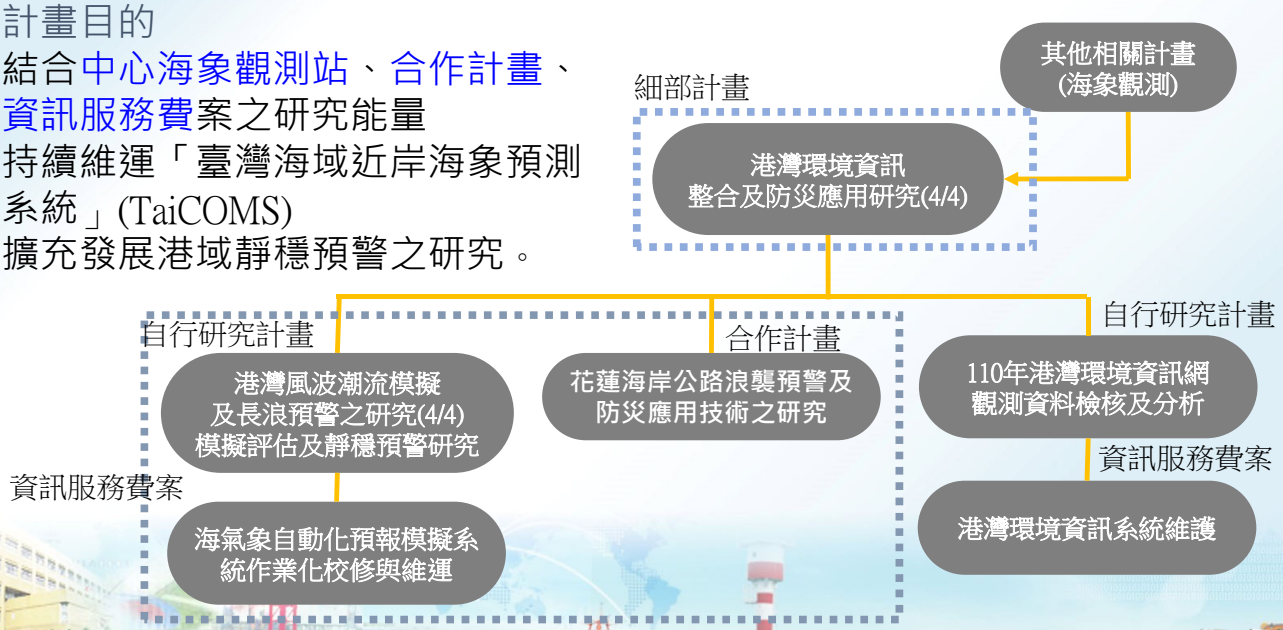
簡報大綱

一、前言
二、海象模擬作業化系統-維運及改善
三、海象模擬作業化系統-模擬及應用成果
四、海象模擬作業化系統-新建模組
五、花蓮港長浪分析及預警研究
六、結論與建議

一、 前言

- 110年度整體相關計畫架構

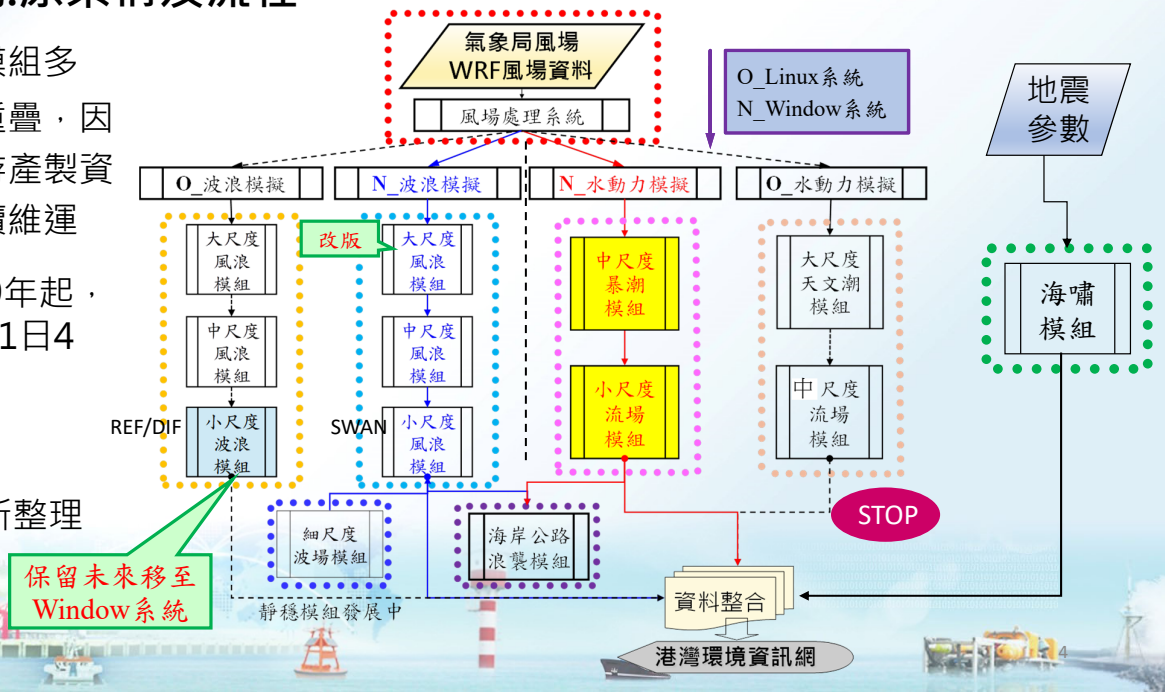
- 計畫目的
  結合中心海象觀測站、合作計畫、資訊服務費案之研究能量
- 持續維運「臺灣海域近岸海象預測系統」(TaiCOMS)
- 擴充發展港域靜穩預警之研究。



二、海象模擬作業化系統-維運及改善

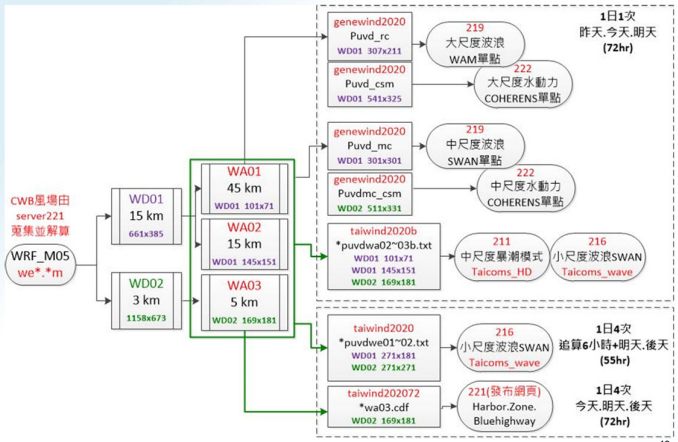
➢ TaiCOMS系統:原架構及流程

- 經歷年發展，系統模組多
- 部分模組部分功能重疊，因作業環境不同且下游產製資料有所不同，而持續維運
- 風浪預測次數從109年起，一日1次預測，提升1日4次預測
- 增加系統執行壓力
- 檢討系統架構、重新整理作業化流程

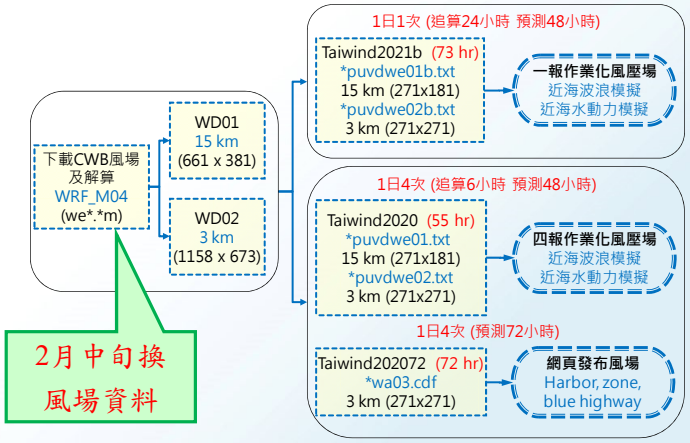


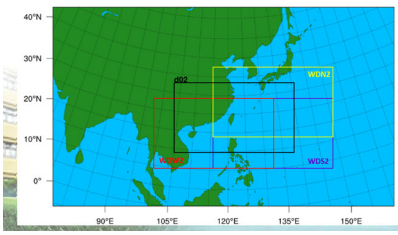
二、海象模擬作業化系統-維運及改善

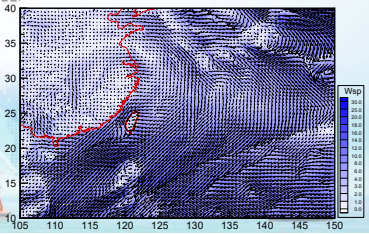
➢ 原風場處理子系統作業流程

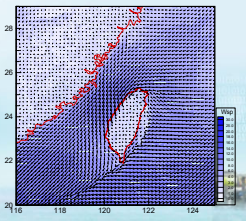


➢整理後風場處理子系統



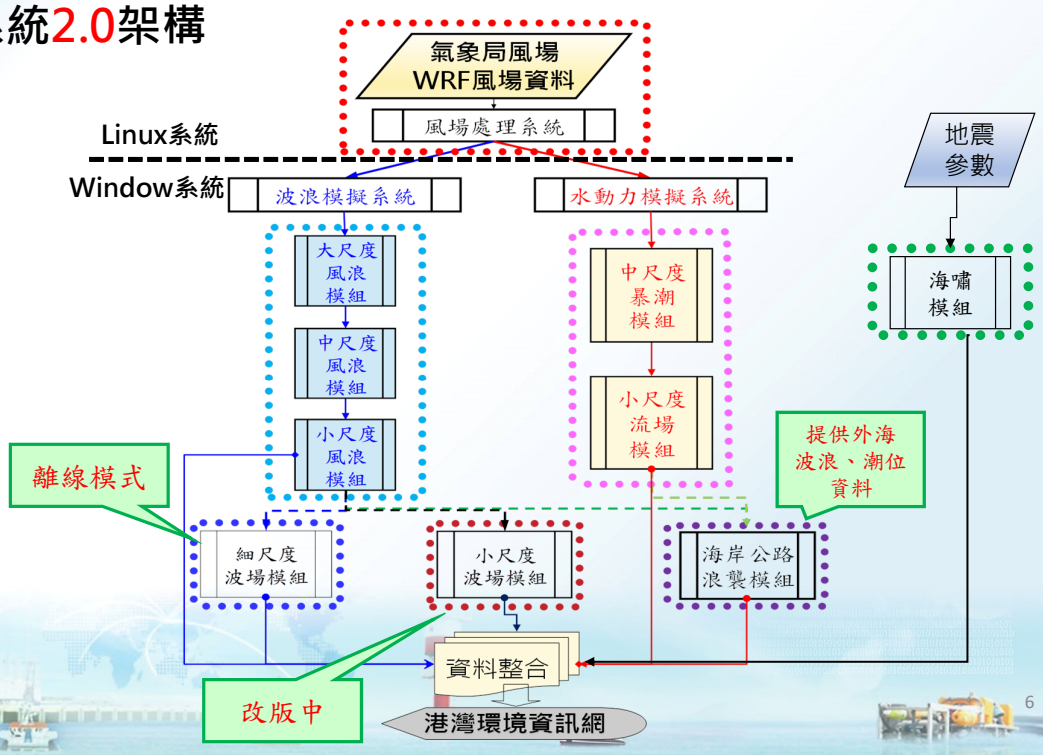






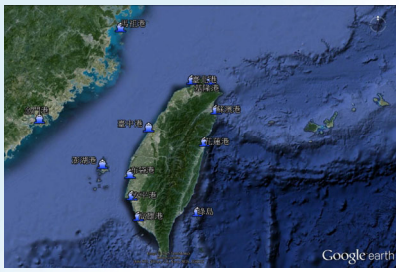
二、海象模擬作業化系統-維運及改善

➢海象模擬作業化系統2.0架構



三、海象模擬作業化系統-模擬及應用成果

➢模擬成果:110年度海象作業化成果



- 基隆、臺北、臺中、布袋、安平、高雄、花蓮、蘇澳及馬祖等9個商港海象模擬及觀測資料做比對。
- 時間:109年9月~110年8月
- 成果月報表:**報告書附錄二**

風力預測成果評估

- **風力實測與模擬資料統計特性**，如標準偏差(SD) .....等
- **風力實測與模擬值之差值統計特性**，如最小差值....等
- **實測風速、風向發生頻率統計**，
- **實測與模擬之風速、風向時序列歷線比較圖**
- **觀測、模擬風力玫瑰圖**

波浪預測成果評估

- **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) .....等
- **示性波高、譜峰週期、平均波向實測與模擬值差值統計特性**，如最大、最小差值.....等
- **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**

水位預測成果評估

- **實測潮位與模擬資料統計特性**，如標準偏差(SD) .....等
- **潮位實測與模擬差值統計特性**，如最大差值.....等
- **實測潮位與中尺度暴潮模組模擬值之時序列歷線比較圖**

海流預測成果評估

- **流速實測與模擬資料統計特性**，如標準偏差(SD) .....等
- **流速實測與模擬差值統計特性**，如最大、最小差值.....等
- **實測流速、流向與模擬流速、流向之時序列歷線比較圖**

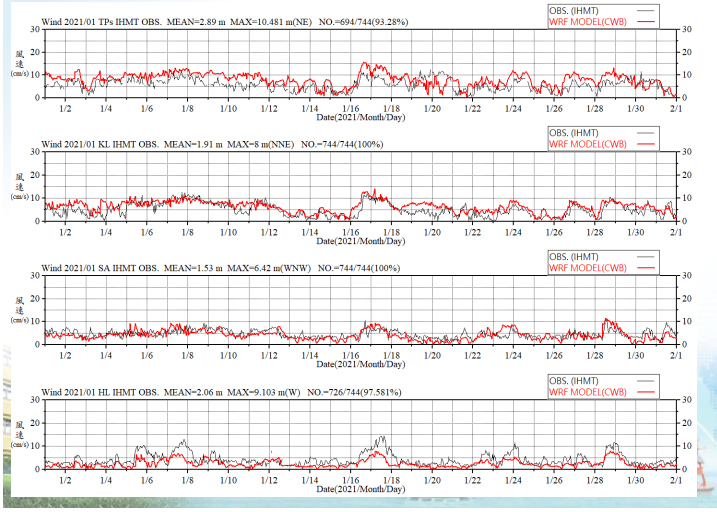
三、海象模擬作業化系統-模擬及應用成果

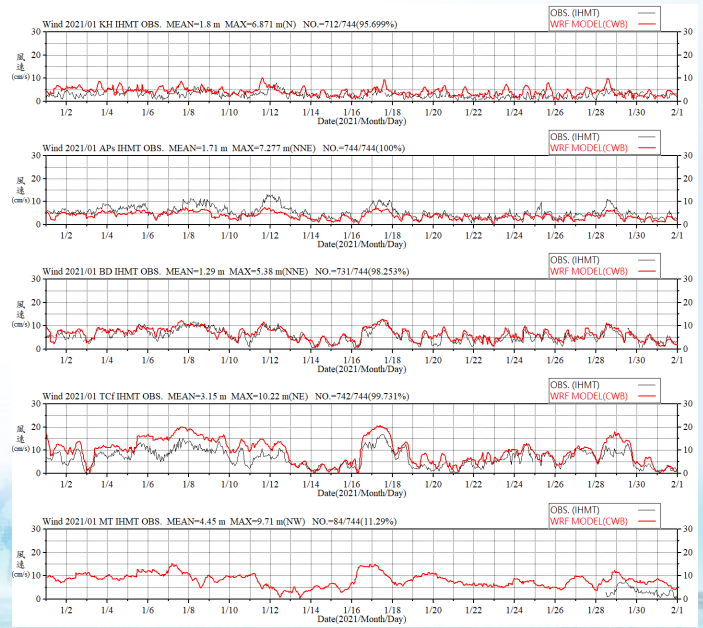
➢模擬成果:110年度海象預測作業化成果

風力預測成果評估

1.馬祖蒐集率71.49%(最低) 。
2.臺中港風速比對防風林風速測站，風速模擬值較觀測值高。
3.其餘各商港風速模擬之變化趨勢及風速大小近似觀測值相近似。

2021年1月





三、海象模擬作業化系統-模擬及應用成果

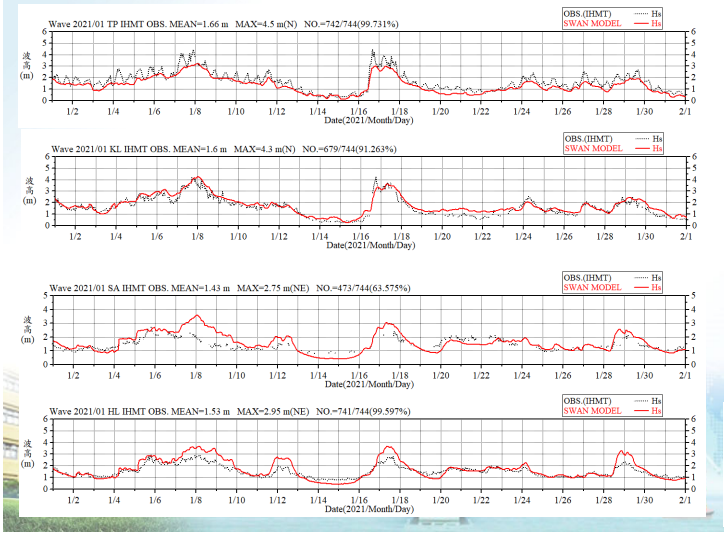
➢模擬成果:110年度海象預測作業化成果評估

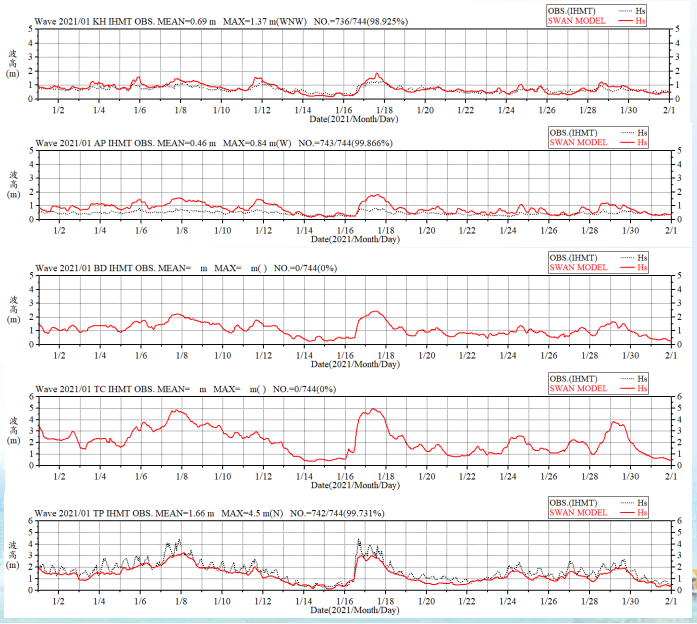
波浪預測成果評估

1.臺北、蘇澳、臺中蒐集率在73%~75%間，其餘商港蒐集率均在80%~100%。

2.冬季期間，波高模擬結果普遍略高於觀測值；夏季(6月)海面風浪較小，波高模擬值與觀測值誤差較小，呈現相近之趨勢。

2021年1月





三、海象模擬作業化系統-模擬及應用成果

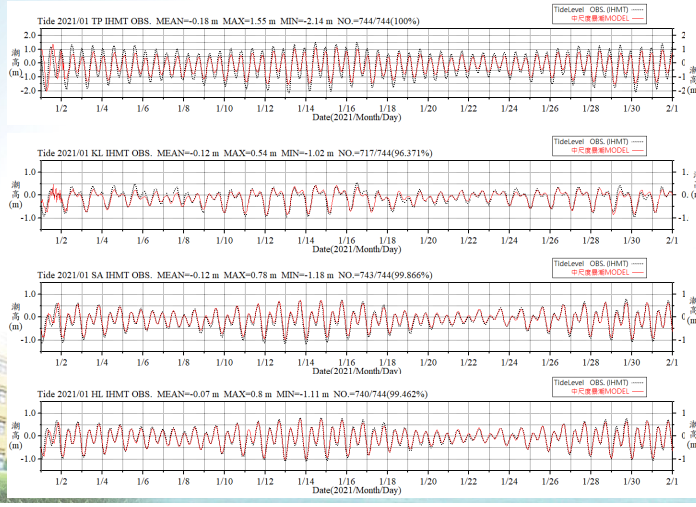
➢模擬成果:110年度海象預測作業化成果

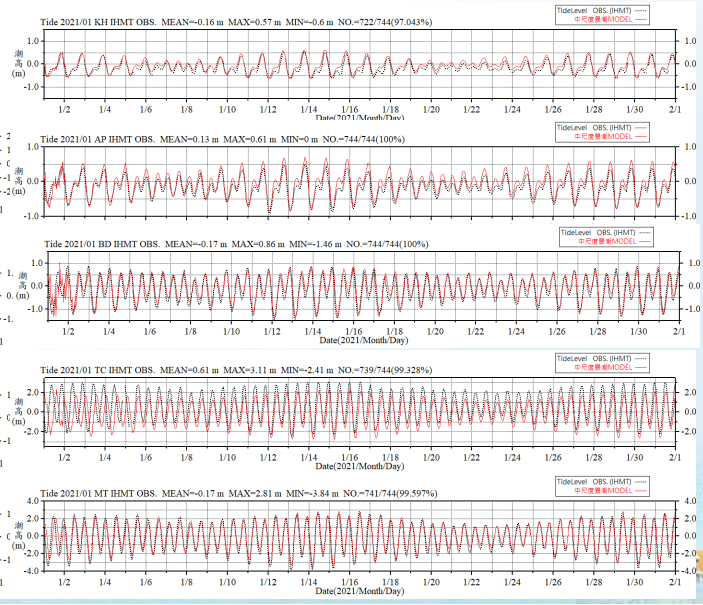
水位預測成果評估

1.蘇澳潮位蒐集率在78.1%(最低)，其餘商港潮位蒐集率均在84%~96%間。

2.潮位模擬結果均近似觀測值，臺北、臺中潮位模擬值略小於觀測值，安平模擬值略高於觀測值

2021年1月





三、海象模擬作業化系統-模擬及應用成果

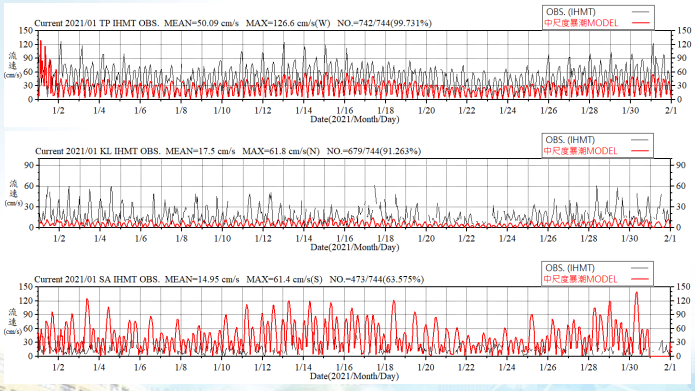
➢模擬成果:110年度海象預測作業化成果

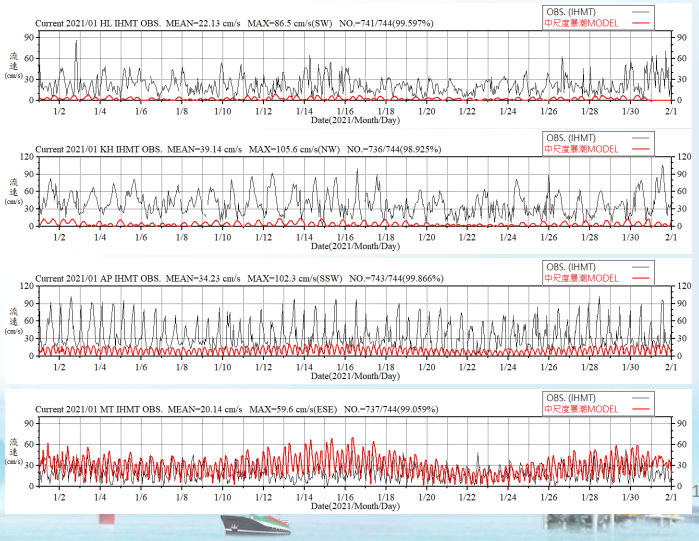
海流預測成果評估

1.臺北海流蒐集率在66%最低、蘇澳海流蒐集率在69%次低、臺中海流蒐集率在74%，其餘商港海流蒐集率均在82%~98%間。

2. 海流模擬結果與觀測值比較，蘇澳、馬祖模擬值大於觀測值，其餘各港模擬值小於觀測值

2021年1月，臺中、布袋無觀測資料





三、海象模擬作業化系統-模擬及應用成果

➢應用面:花蓮海岸公路浪襲預警系統

◆ 花蓮台11線人定勝天段的61 K到62.5 K區間，因部分道路與海岸距離不到20 m且道路高程僅約7到9 m，在颱風期間易受到海浪所影響。

◆ 公路總局公告二級監控路段-浪襲路段。

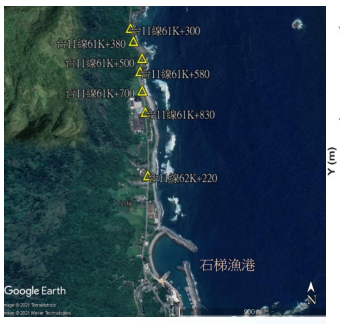
◆ 人定勝天路段

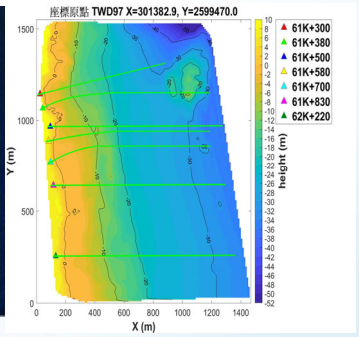
→辦理人定勝天路段:陸地及近岸地形測量工作

→海岸防護配置選擇

1.使用COBRAS (2維水動力模式)

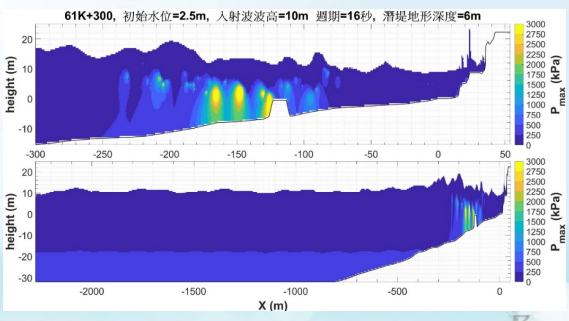
2.在不同波浪條件、不同離岸潛堤深度下，模擬7個路段地表壓力情形，選擇對路段地表壓力有明顯降幅之組合。





人定勝天段模擬條件組合

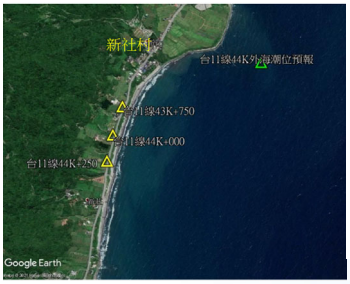
初始水位	離岸潛堤底床深度	站位
0 m	無潛堤	61K+300
1.0 m	4 m	61K+380
2.5 m	5 m	61K+500
	6 m	61K+580
	7 m	61K+700
	8 m	61K+830
		62K+220

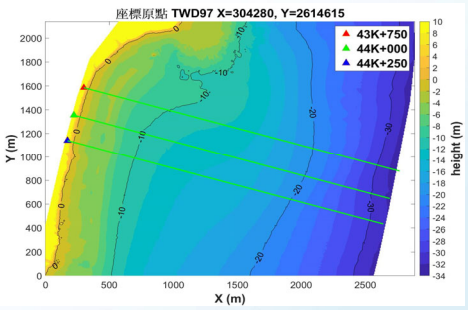


三、海象模擬作業化系統-模擬及應用成果

➢應用面:花蓮海岸公路浪襲預警系統

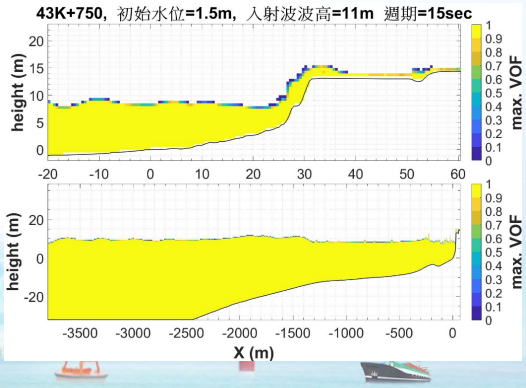
◆ 辦理豐濱新社路段:陸地及近岸地形測量
◆ 輸入不同波浪條件，模擬3個路段地表壓力情形，選擇對路段地表壓力有明顯降幅之組合。
◆ 利用資料同化技術修正預測值，精進浪襲模擬值

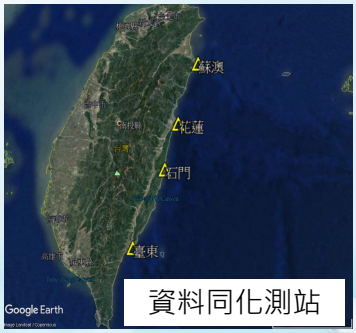




豐濱新社路段模擬條件組合

初始水位	入射波高	入射周期	位置
-0.5 m	5 m	10秒	43K+750
0 m	6 m	11秒	44K+000
0.5 m	7 m	12秒	44K+250
1.0 m	8 m	13秒	
1.5 m	9 m	14秒	
2.0 m	10 m	15秒	
2.5 m	11 m	16秒	
3.0 m	12 m		

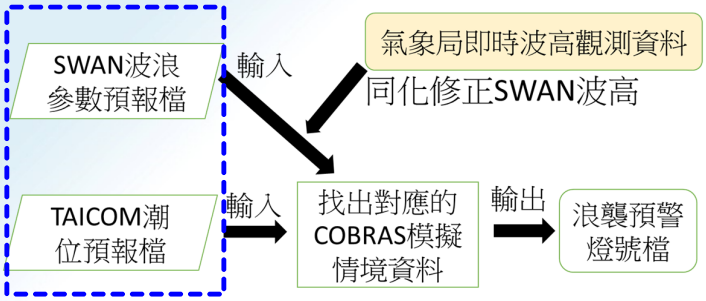




三、海象模擬作業化系統-模擬及應用成果

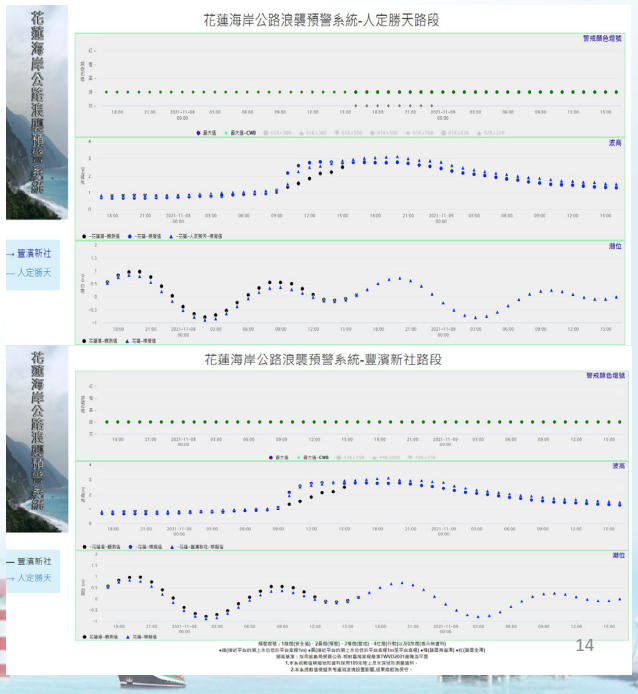
➢應用面:花蓮海岸公路浪襲預警系統

◆ 海象模擬作業化系統提供浪襲系統輸入資料



◆ 「花蓮海岸公路浪襲預警系統」網頁即時展示，供公路總局使用

PS:還有使用XBeach水平2維波浪模式探討不同潛堤長度和位置配置產生的壓力差異，詳**報告書3.2節**及本所**「花蓮海岸公路浪襲預警及防災應用技術之研究(2/2)-浪襲預警及因應對策」**



三、海象模擬作業化系統-模擬及應用成果

➢應用面:港灣環境資訊網

- ◆ 海象模擬作業化系統(TaiCOMS)產製之各項模擬資料、圖檔均即時展示於「**港灣環境資訊網**」。
- ◆ 今年度**系統架構及網頁改版、新增「港灣環境資訊圖臺」**。

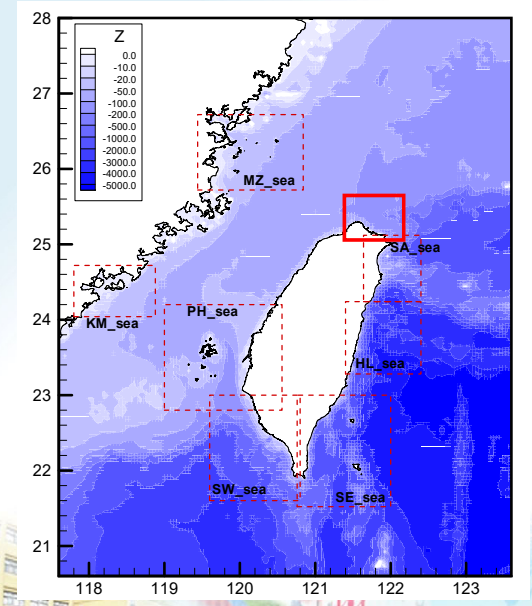




PS:詳報告書3.3節及本所「110年港灣環境資訊系統維護與功能提升」

四、海象模擬作業化系統-新建模組

➢北端海域小尺度風浪及水動力模組建置:

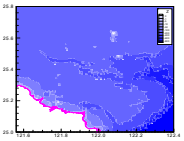


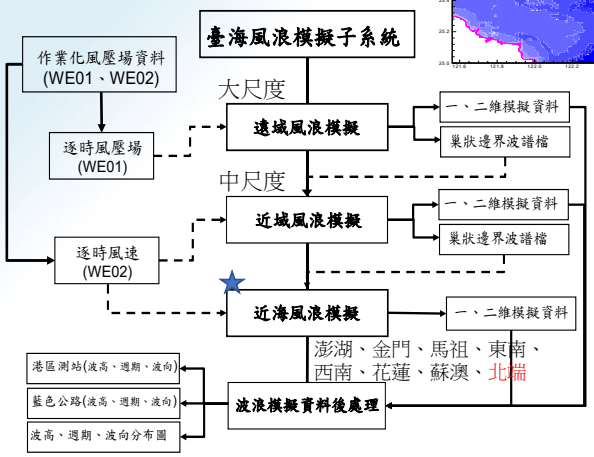
- ◆北端海域:富貴角向東延伸至三貂角間海岸區域
- ◆地形水深資料:使用海科中心提供臺灣周圍200m水深資料、109年基隆港測量資料
- ◆應用基隆港波浪、水位及海流等觀測資料校驗。

四、海象模擬作業化系統-新建模組

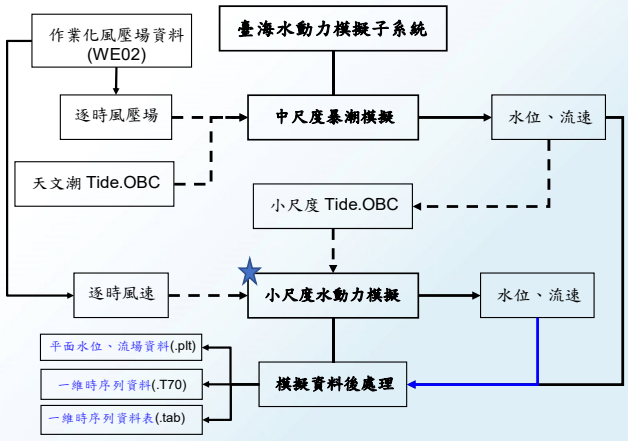
➢北端海域小尺度風浪及水動力模組建置:

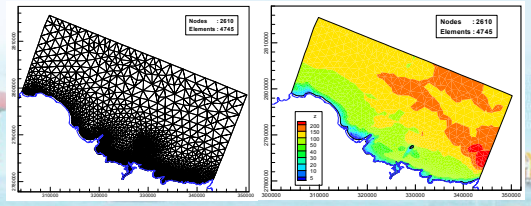
◆ 風浪模組在系統架構





◆ 水動力模組在系統架構



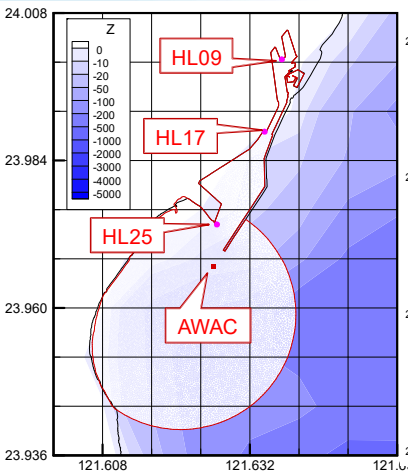


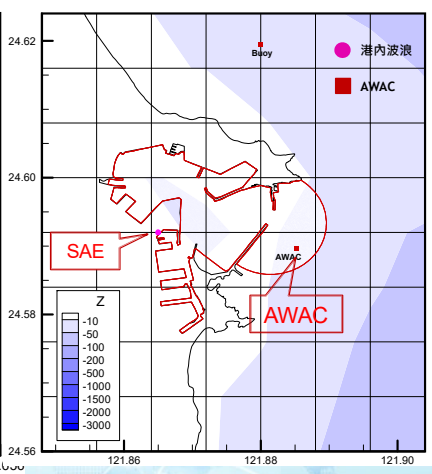
網格名稱	範圍		解析度(°)	格點數
	經度(°) 最小值/最大值	緯度(°) 最小值/最大值		
遠域風浪模組	110.0/145.0	10.0/35.0	0.2	176×126
近域風浪模組	117.6/123.6	20.60/28.0	0.04	151×186
北端海域風浪模組	121.40/122.40	23.28/24.24	0.008	126×121

四、海象模擬作業化系統-新建模組

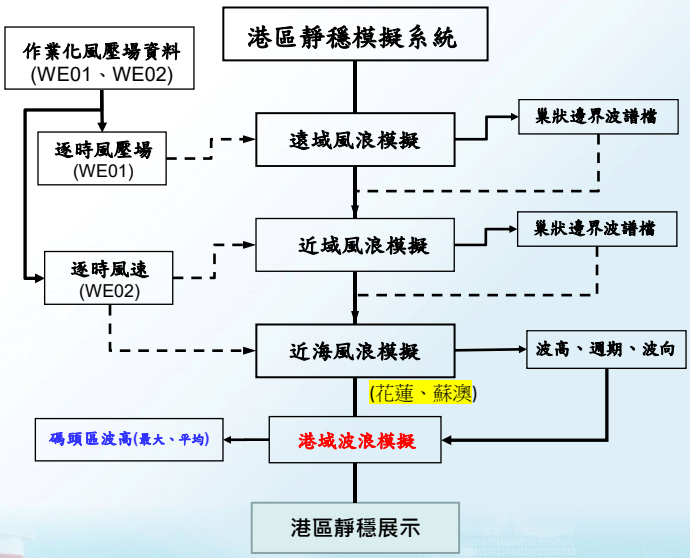
➢花蓮港及蘇澳港靜穩模組建置

- ◆ 港外波浪觀測 1 站 (AWAC)
- ◆ 港內靜穩(波浪)觀測：花蓮港 3 站、蘇澳港 1 站





- ● 建構獨立的港區靜穩模擬系統 。

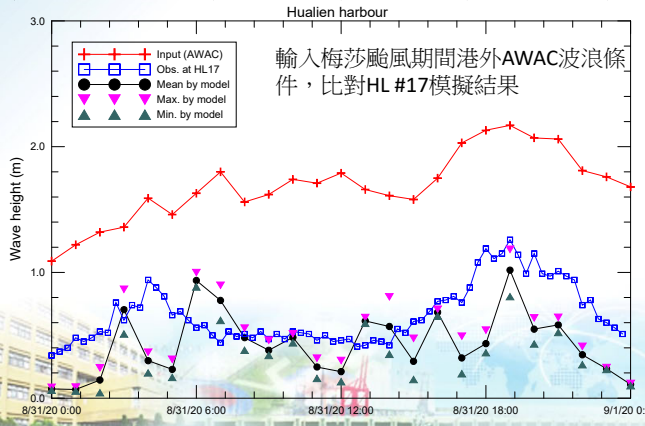


四、海象模擬作業化系統-新建模組

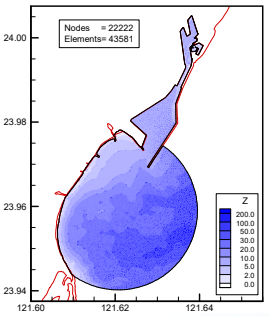
➢花蓮港及蘇澳港靜穩模組建置

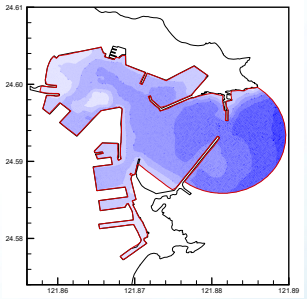
採用三角元素建構非結構數值計算網格，適用範圍為週期8.0 sec以上之波浪(相當於長浪定義)。

細尺度波浪模組名稱	三角形元素網格		外海假想邊界半徑(m)	最大水深(m)
	元素數目	節點數目		
花蓮港域波浪模組	122481	62116	2200.0	100.0
蘇澳港域波浪模組	70,797	36,436	826.0	30.0

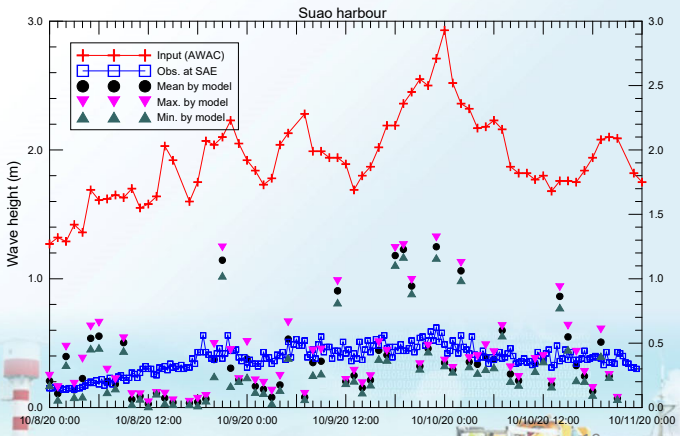


輸入梅莎颱風期間港外AWAC波浪條件，比對HL #17模擬結果





輸入昌鴻颱風期間港外波浪條件，比對SA #SAE模擬結果



PS:「110年海氣象自動化預報模擬系統作業化校修與維運」案報告

五、花蓮港長浪分析及預警研究

▲港內波高觀測資料蒐集

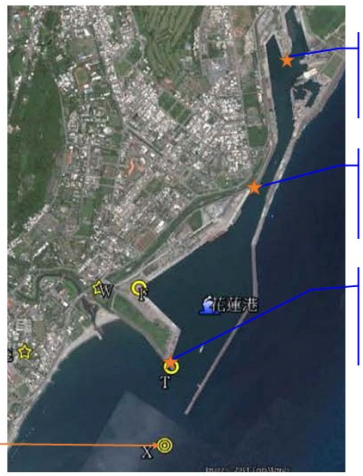


➢壓力波高計量測波壓，2Hz 每20分鐘2400筆觀測資料

▼港外波高觀測資料蒐集



➢超音波及壓力量測，1Hz 每1小時2048筆觀測資料



109年:9號碼頭波潮即時監測站

109年:17號碼頭波潮即時監測站

110年6月新增:
25號碼頭-波潮即時監測站、CCTV 2站







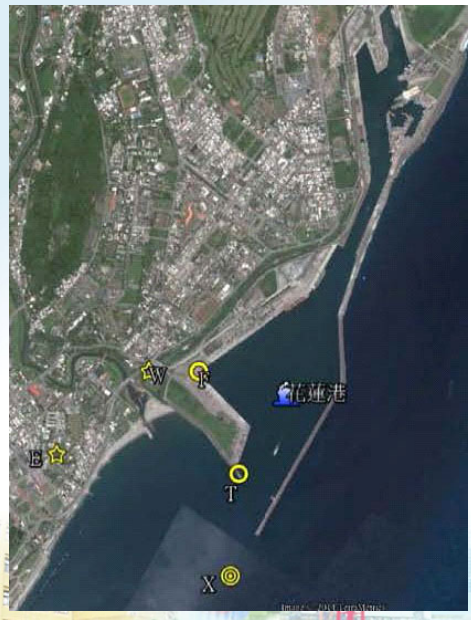
➢花蓮港因東臨遼闊的太平洋，常颱風未至，湧浪先行到港，致港域波浪不靜穩。

➢ 109年起設置港內波潮監測站

➢ 進行長浪分析及預警研究

五、

➢港外波浪分析

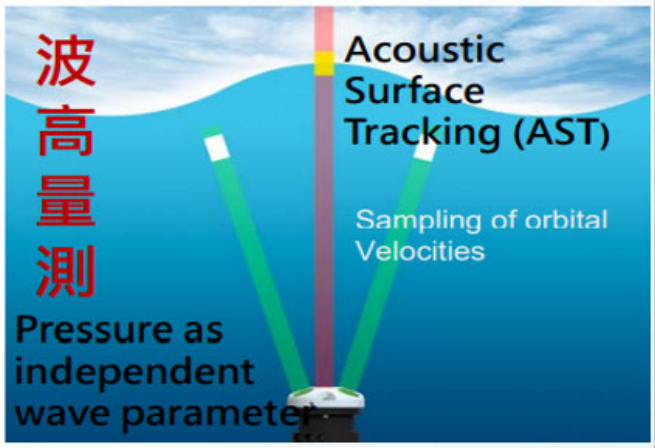




儀器： AWAC 600 kHz
波浪量測之最大深度範圍：60m
設定值：1Hz，每小時量測2048秒

量測方式

1.超音波量測【 AST】　　2.壓力量測【 Pressure】



五、

➢港外波浪分析

➢資料分析時間: 2019年12月 至2020年11月

AWAC



WPR

(1)

(2)

ASCII converted raw data files: a1, v1, a2, v2, a3, v3, csv, **wad**, dat, whd, hdr, nmea, stg, sen, ssl

Post-processed data files: a1, v1, a2, v2, a3, v3, csv, dat, sen, wpb, **wap**, was, wbd, wcf, whr, wdr, wds, wft, wst

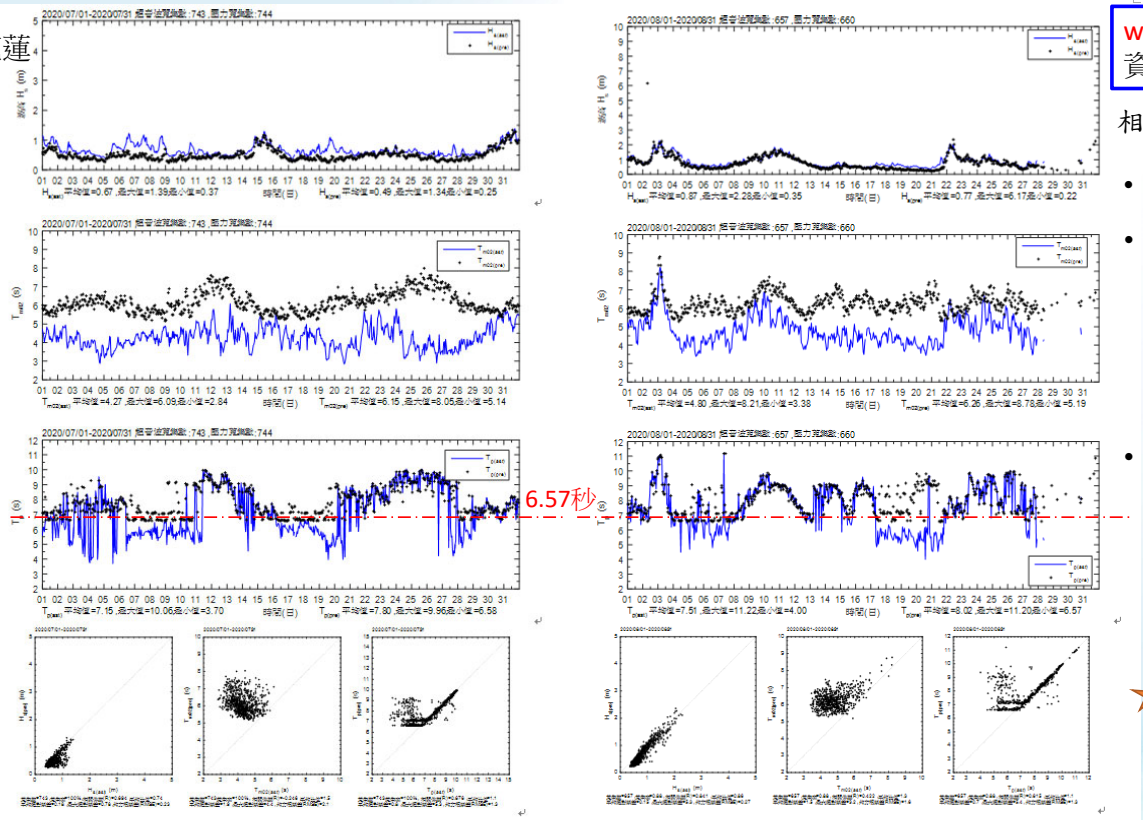
原始資料

(1)轉出ASCII原始數據
(2)後處理數據

拿來判斷哪種量測方式獲取的波浪資料較佳

分別勾選超音波訊號(AST)與壓力訊號(pressure) 轉換之wap檔案波浪時統計資料，示性波高分別以 $(H_{s(ast)})$及$(H_{s(pre)})$表示，週期以$(T_{m02(ast)}$、$T_{p(ast)})$ 及$(T_{m02(pre)}$、$T_{p(pre)})$表示

花蓮



附三圖 2.7 2020 年 7 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)壓線及散布圖

附三圖 2.8 2020 年 8 月花蓮港波高(H_s)、週期(T_{m02}、T_p)壓線及散布圖

wap檔:超音波&壓力訊號波浪資料相關性比較

相關性高/ $H_{s(pre)}$略小於$H_{s(ast)}$

- $T_{m02(pre)} > T_{m02(ast)}$
- 譜峰週期若低於6.57秒之波浪，其$T_{p(pre)}$值均是6.57秒(最小值)、此時$T_{m02(pre)}$約在5.02~5.2秒區間(最小值)，其餘時刻$T_{m02(pre)}$大都大於5.2秒以上
- 壓力訊號量測方式受限於水深，無法反應低週期性波浪

超音波訊號量測
較能反應低週期波浪
較具波浪真實特性

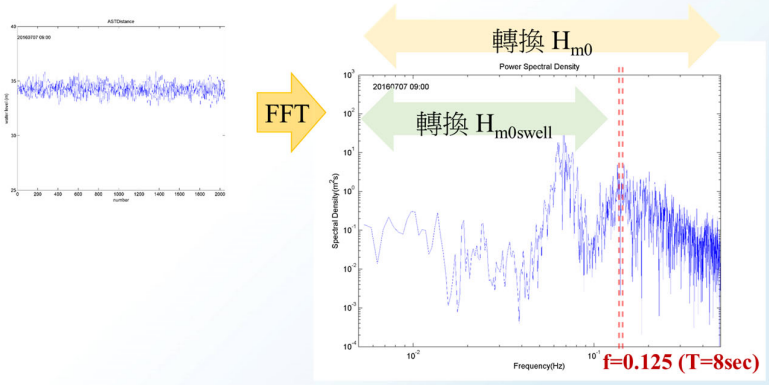
使用超音波訊號量測波浪進行長浪、颱風避湧分析

五、

長浪分析

- 長浪定義: 週期 8秒以上波浪
- 進行長浪分析使用之波浪資料為超音波訊號量測轉換之wad檔
- 每小時〈組〉2048筆波浪觀測資料
- 利用matlab語言內建函數及指定漢尼視窗函數hanning 進行轉換波浪能譜
- $H_{m0(ast)}$:示性波高
- $T_{m02(ast)}$：平均週期
- $T_{p(ast)}$：譜峰週期
- $H_{m0swell(ast)}$：長浪波高

在進行波譜轉換階段 ,分離出長浪Hm0swell



$$H_{m0} = 4\sqrt{\int_0^\infty f^0 S(f)df} = 4\sqrt{m_0} \quad \cdots\cdots$$

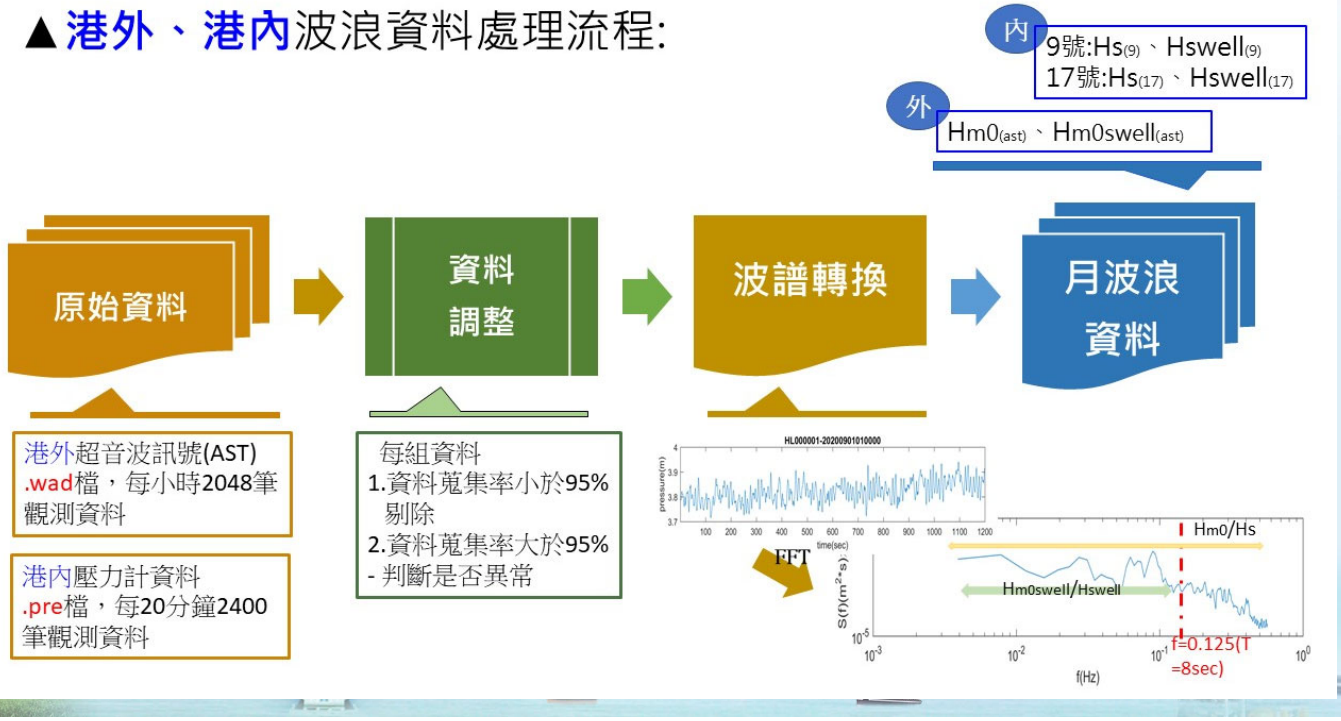
$$T_{m02} = \sqrt{m_0/m_2} \quad \cdots\cdots$$

$$m_n = \int_0^\infty f^n S(f)df \quad \cdots\cdots$$

$$H_{m0swell} = 4\sqrt{\int_0^{f_{swell}} f^0 S(f)df} \quad \cdots\cdots$$

五、

▲港外、港內波浪資料處理流程:



五、

本年度長浪分析結果 (2019年12月 -2020年11月)

單位:公尺

- 蒐集情形:
  - 除3、 4月以外，資料蒐集率高
- 長浪波高:
  - 平均值最大值
  - 平均值最小值
  - 波高最大值
  - 波高最小值
- 202007:
  自颱風統計20年以來，唯一無颱風生成的月份

年月	示性波高($H_{m0(ast)}$)			長浪波高($H_{m0swell(ast)}$)			蒐集率(%)
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	
201912	1.58	4.4	0.66	1.17	4.02	0.28	100
202001	1.27	2.34	0.70	0.8	1.9	0.34	100
202002	1.27	2.69	0.5	0.82	2.25	0.29	99.14
202003	-	-	-	-	-	-	-
202004	1.12	2.21	0.47	0.58	1.74	0.22	51.53
202005	0.83	1.51	0.45	0.44	0.94	0.20	100
202006	0.77	1.50	0.39	0.29	0.98	0.12	100
202007	0.67	1.43	0.36	0.27	0.82	0.13	100
202008	0.87	2.36	0.35	0.46	2.13	0.15	87.77
202009	0.94	2.62	0.39	0.63	2.44	0.19	98.06
202010	1.40	2.56	0.53	0.87	1.97	0.26	90.73
202011	1.69	3.06	0.83	1.25	2.67	0.38	98.33

五、

本計畫4年期間長浪分析結果（2015年12月 -2020年11月 ,5年)

單位:公尺

年月	示性波高($H_{m0(ast)}$)			長浪波高($H_{m0swell(ast)}$)			蒐集率 (%)
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	
201512	1.57	2.51	0.76	1.06	2.11	0.46	99.60
201601	1.57	3.74	0.81	1.02	2.94	0.36	98.25
201602	1.62	2.66	0.58	1.07	2.12	0.29	90.80
201603	1.26	2.50	0.55	0.81	1.91	0.24	98.25
201604	-	-	-	-	-	-	-
201605	0.78	1.80	0.27	0.38	1.38	0.13	99.60
201606	0.71	1.96	0.29	0.25	0.76	0.13	97.22
201607	0.85	6.24	0.24	0.48	5.55	0.16	99.06
201608	0.86	2.84	0.30	0.60	2.28	0.20	94.49
201609	1.41	11.1	0.36	0.99	9.92	0.14	97.36
201610	1.30	4.11	0.47	0.88	3.51	0.22	95.03
201611	1.32	2.79	0.34	0.83	2.28	0.17	53.89
201612	1.71	2.75	1.01	1.23	2.06	0.54	93.95
201701	1.42	2.58	0.77	0.95	2.20	0.39	99.87
201702	-	-	-	-	-	-	-
201703	1.02	1.80	0.60	0.57	1.31	0.22	45.97
201704	-	-	-	-	-	-	-
201705	-	-	-	-	-	-	-
201706	-	-	-	-	-	-	-
201707	0.87	4.91	0.33	0.47	3.59	0.16	79.70
201708	0.72	3.36	0.24	0.44	2.79	0.13	77.28
201709	0.89	2.75	0.39	0.56	2.39	0.16	99.86
201710	1.73	3.63	0.55	1.25	3.33	0.24	77.42
201711	1.48	2.95	0.82	0.93	2.19	0.35	59.17
201712	1.77	3.16	1.01	1.20	2.64	0.43	100.00
201801	1.51	2.64	0.82	0.97	2.06	0.43	100.00
201802	1.50	2.96	0.70	0.96	2.47	0.35	100.00
201803	1.22	2.69	0.67	0.79	2.13	0.30	84.95
201804	-	-	-	-	-	-	-
201805	-	-	-	-	-	-	-
201806	-	-	-	-	-	-	-
201807	-	-	-	-	-	-	-
201808	1.05	2.63	0.35	0.64	2.17	0.18	52.96
201809	1.52	6.21	0.31	1.21	5.05	0.19	98.33
201810	1.38	3.97	0.45	0.94	3.65	0.23	99.46
201811	1.45	2.71	0.69	1.00	2.36	0.29	17.92
201812	1.59	2.89	0.64	1.11	2.37	0.27	98.92
201901	1.39	2.43	0.71	0.88	2.03	0.33	99.46
201902	1.15	1.82	0.55	0.74	1.47	0.32	100
201903	1.16	2.03	0.62	0.63	1.37	0.22	95.83
201904	0.95	1.96	0.43	0.44	1.47	0.18	100
201905	0.88	1.57	0.36	0.49	1.36	0.18	93.41
201906	0.64	1.26	0.30	0.27	0.80	0.12	100
201907	0.77	2.55	0.29	0.41	2.04	0.13	100
201908	1.16	5.28	0.32	0.81	4.58	0.12	99.33
201909	1.38	4.45	0.53	0.94	3.78	0.16	99.86
201910	1.27	2.74	0.40	0.84	2.55	0.23	91.53
201911	-	-	-	-	-	-	-

五、

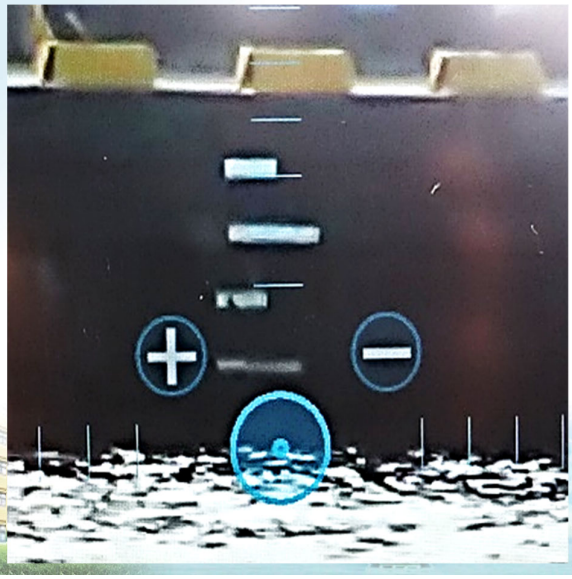
本計畫4年期間長浪分析結果（2015年12月 -2020年11月)

- 分析5年波浪資料，長浪波高情形:
  - 平均值最大值1.25m，發生在2017年10月及2020年11月份，該月示性波高平均值分別為1.73m、1.69m
  - 平均值最小值0.25m ，發生在2016年06月，該月示性波高平均值分別為0.71m
  - 長浪波高最大值9.92m，發生在2016年9月 ，尼伯特強烈颱風期間，亦是示性波高發生最大值月份 (11.1m)
  - 長浪波高最小值0.12m，發生在2019年6月、8月 及2020年6月，均在夏季時期。

五、

▲防颱避湧作業說明

- 「臺灣港務股份有限公司颱風期間船舶靠泊作業原則要點暨花蓮港作業摘要表」。



發布管制		管制標準	
狀況	決策單位	內港	外港
海上颱風警報發布，且警戒範圍包含台灣東部海域	防颱會議(緊急應變小組)	25 號碼頭水尺湧浪起伏達 1 公尺以上，內外港船舶依限出港避湧，實施內外港進出港管制。	

五、

▲防颱避湧作業調整

- 本年度4月22日辦理「花蓮港濃霧管制標準及能見度儀設置研商」會議，於臨時動議時與與會單位商議調整花蓮港颱風期間船進出港航行與靠泊作業規定。
- 增加2 種發布管制情況、實施內、外港分區管制措施
- 分析**4場颱風避湧案例:**

  北冕、海神、閃電、舒力基
  (108年12月~110年4月)

表 5-9 花蓮港出港避風避湧管制標準調整內容(110 年 4 月)

發布管制		管制標準	
狀況	決策單位	內港	外港
海上颱風警報發布，且警戒範圍包含台灣東部海域	防颱會議(緊急應變小組)	25 號碼頭水尺湧浪起伏達 1 公尺以上，內外港船舶依限出港避湧，實施內外港進出港管制。	
海上颱風警報發布，但警戒範圍不包含台灣東部海域	港務處監控中心	25 號碼頭水尺湧浪起伏達 1 公尺以上，實施內港「進」港管制。 ▲8 號碼頭水尺湧浪起伏未達 1 公尺：內港船舶得於裝卸作業完成後再行出港*註 1。 ▲8 號碼頭水尺湧浪起伏達 1 公尺以上：內港船舶依限出港避湧，實施內港「出」港管制。	25 號碼頭水尺湧浪起伏達 1 公尺以上，外港船舶依限出港避湧，實施外港「進、出」港管制。
颱風或熱帶低氣壓外圍環流影響			

註 1：裝卸期間，須由輪船長及船務代理行簽立切結書，自負靠泊安全及損害責任。

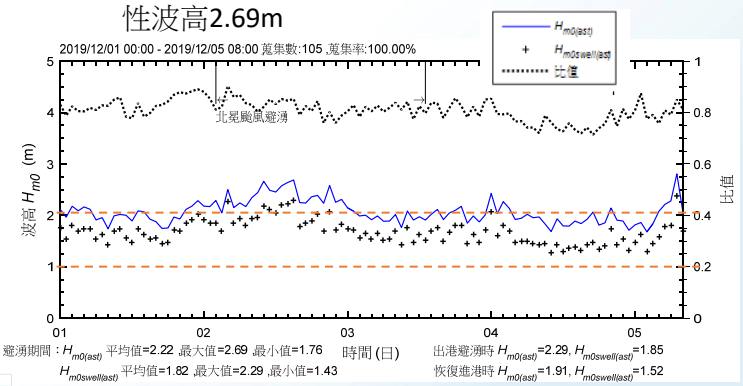
資料來源:臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司 110 年 4 月 22 日「花蓮港濃霧管制標準及能見度儀設置研商」會議紀錄。

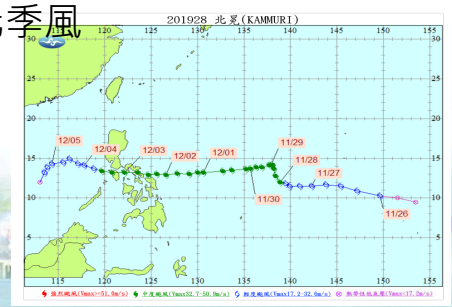
五、

▲北冕颱風期間(中度颱風、未發布警報)

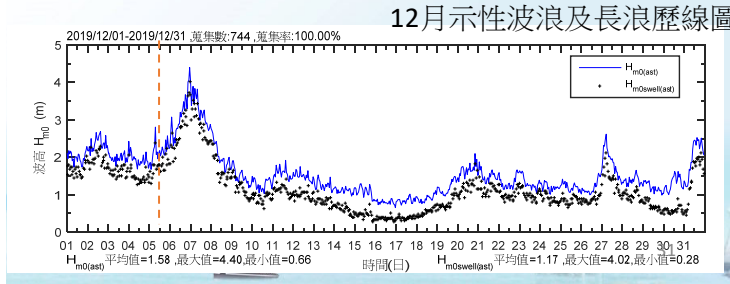
避湧期間:108年12月2日~12月3日，颱風期間最大示性波高2.69m

- 颱風時期:
- 示性波高、長浪波浪均分布在1.25m~2.7m間
- 波高比值(長浪波高/示性波高)大都介於0.7至0.9
- 颱風過後， 12月7日發生今年度波浪分析最大長浪4.02m (Hs=4.4m)，推測因該月有強烈東北季風





12月示性波浪及長浪歷線圖



五、

▲海神颱風期間(強颱、未發布警報)

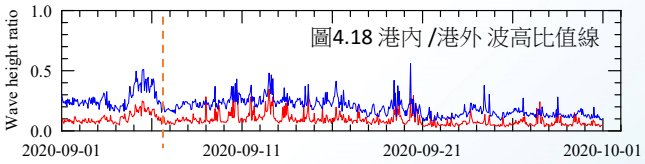
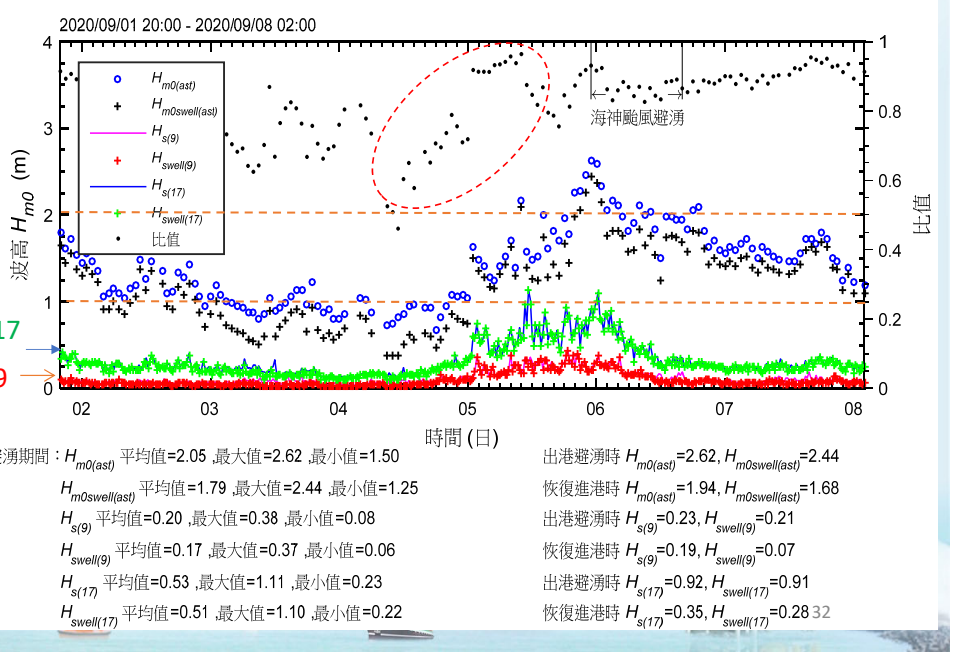


圖4.18 港內 /港外 波高比值線

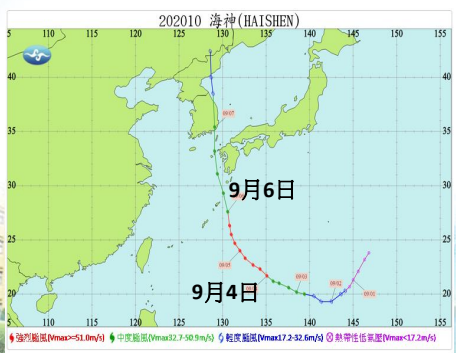
- 9月1日港外示性及長浪波高大於1m，颱風在東經145度
- 避湧前，波高比值從0.45 突增至0.9，顯示長浪有明顯快速增加趨勢，因恰為轉為強颱時期，路徑從花蓮港外海、由南向北經過，爰波浪遽增。

避湧期間:9月6日00時-6日16時，涵蓋颱風期間最大波高時刻



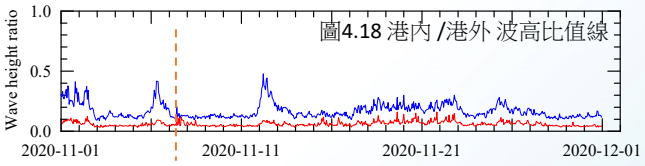
避湧期間 : $H_{m0(ast)}$ 平均值=2.05 ,最大值=2.62 ,最小值=1.50
$H_{m0swell(ast)}$ 平均值=1.79 ,最大值=2.44 ,最小值=1.25
$H_{s(9)}$ 平均值=0.20 ,最大值=0.38 ,最小值=0.08
$H_{swell(9)}$ 平均值=0.17 ,最大值=0.37 ,最小值=0.06
$H_{s(17)}$ 平均值=0.53 ,最大值=1.11 ,最小值=0.23
$H_{swell(17)}$ 平均值=0.51 ,最大值=1.10 ,最小值=0.22

出港避湧時 $H_{m0(ast)}$=2.62, $H_{m0swell(ast)}$=2.44
恢復進港時 $H_{m0(ast)}$=1.94, $H_{m0swell(ast)}$=1.68
出港避湧時 $H_{s(9)}$=0.23, $H_{swell(9)}$=0.21
恢復進港時 $H_{s(9)}$=0.19, $H_{swell(9)}$=0.07
出港避湧時 $H_{s(17)}$=0.92, $H_{swell(17)}$=0.91
恢復進港時 $H_{s(17)}$=0.35, $H_{swell(17)}$=0.28

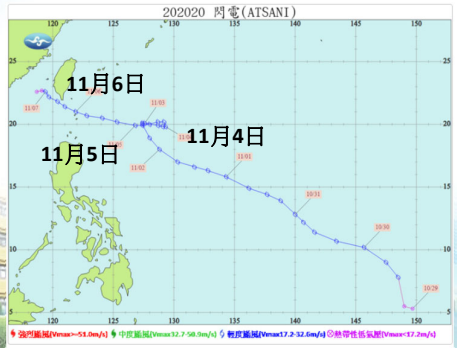


五、

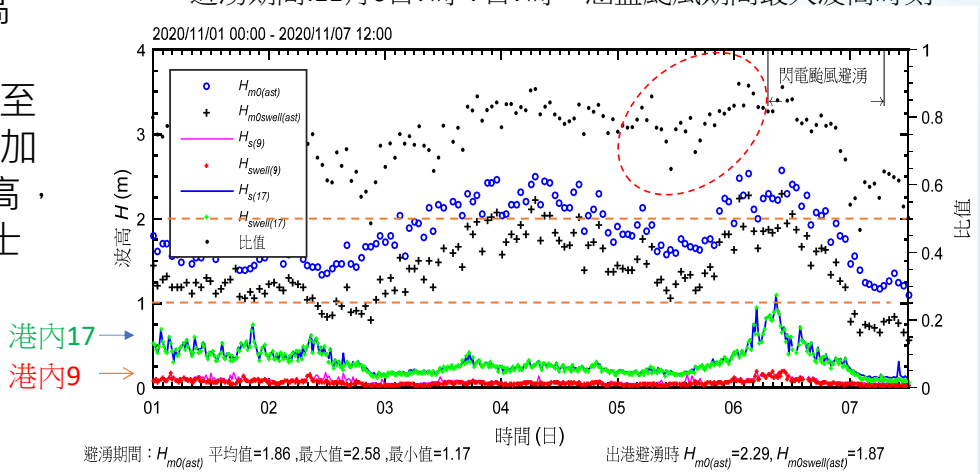
▲閃電颱風期間(輕颱、發布海陸警報)



- 11月1日港外示性及長浪波高大於1m，颱風在東經134度
- 避湧前，波高比值從0.6突增至0.9，顯示長浪有明顯快速增加趨勢，長浪近乎接近示性波高，此時恰為閃電往西從臺灣巴士海峽移動期間。



避湧期間:11月6日7時-7日7時，涵蓋颱風期間最大波高時刻

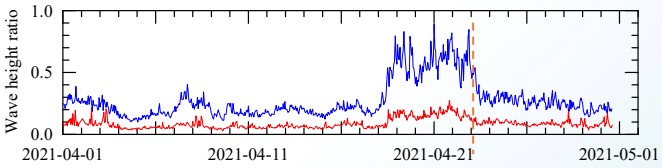


避湧期間：$H_{m0(ast)}$ 平均值=1.86 ,最大值=2.58 ,最小值=1.17
$H_{m0swell(ast)}$ 平均值=1.39 ,最大值=2.29 ,最小值=0.65
$H_{s(9)}$ 平均值=0.10 ,最大值=0.22 ,最小值=0.05
$H_{swell(9)}$ 平均值=0.07 ,最大值=0.19 ,最小值=0.02
$H_{s(17)}$ 平均值=0.40 ,最大值=1.10 ,最小值=0.12
$H_{swell(17)}$ 平均值=0.38 ,最大值=1.09 ,最小值=0.08

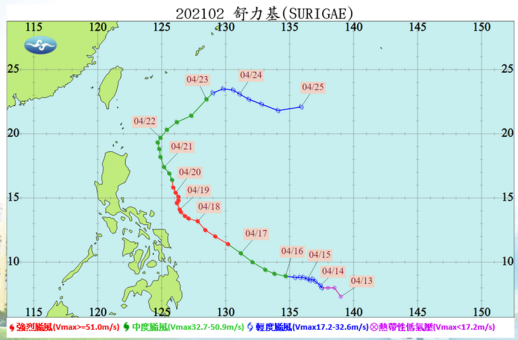
出港避湧時 $H_{m0(ast)}$=2.29, $H_{m0swell(ast)}$=1.87
恢復進港時 $H_{m0(ast)}$=1.21, $H_{m0swell(ast)}$=0.78
出港避湧時 $H_{s(9)}$=0.17, $H_{swell(9)}$=0.16
恢復進港時 $H_{s(9)}$=0.05, $H_{swell(9)}$=0.02
出港避湧時 $H_{s(17)}$=0.84, $H_{swell(17)}$=0.83
恢復進港時 $H_{s(17)}$=0.12, $H_{swell(17)}$=0.09

五、

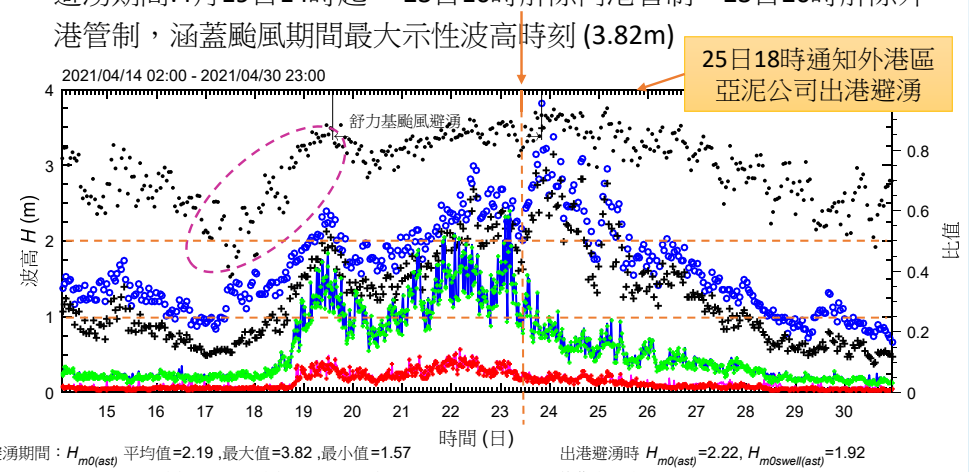
▲舒力基颱風期間(強颱、未發布警報)



- 罕見4月颱，避湧前波高比值從0.4突增至0.8，顯示長浪有明顯快速增加趨勢，長浪近乎接近示性波高，此時恰為舒力基颱風轉成強颱時期(17日~20日20時)。



避湧期間:4月19日14時起 ，23日10時解除內港管制、23日20時解除外港管制，涵蓋颱風期間最大示性波高時刻 (3.82m)



避湧期間：$H_{m0(ast)}$ 平均值=2.19 ,最大值=3.82 ,最小值=1.57
$H_{m0swell(ast)}$ 平均值=1.83 ,最大值=3.49 ,最小值=1.22
$H_{s(9)}$ 平均值=0.29 ,最大值=0.59 ,最小值=0.14
$H_{swell(9)}$ 平均值=0.27 ,最大值=0.56 ,最小值=0.10
$H_{s(17)}$ 平均值=1.22 ,最大值=2.41 ,最小值=0.56
$H_{swell(17)}$ 平均值=1.21 ,最大值=2.39 ,最小值=0.55

出港避湧時 $H_{m0(ast)}$=2.22, $H_{m0swell(ast)}$=1.92
恢復進港時 $H_{m0(ast)}$=3.82, $H_{m0swell(ast)}$=3.49
出港避湧時 $H_{s(9)}$=0.36, $H_{swell(9)}$=0.35
恢復進港時 $H_{s(9)}$=0.21, $H_{swell(9)}$=0.19
出港避湧時 $H_{s(17)}$=1.17, $H_{swell(17)}$=1.16
恢復進港時 $H_{s(17)}$=0.74, $H_{swell(17)}$=0.73

五、

本年度防颱避湧分析結果

- 舒力基颱風避湧最長，海神避湧最短
- 避湧期間大都涵蓋颱風時期最大波高時刻
- 示性波高平均值介於1.86m~2.22m;長浪波高平均值介於1.39m~1.83m
- 避湧前，波高比值突增，顯示長浪有明顯快速增加趨勢，若颱風路徑是從巴士海峽經過，雖無明顯突增，比值仍有0.6以上。避湧期間比值介於0.7~1之間。
- 出港避湧時長浪波高為1.87m~2.44m;前3場颱風恢復進港時長浪波高為0.78m~1.68m，但舒力基颱風恢復進港時外港長浪波高3.49m，雖比出港避湧時高，但查看歷線圖可知，此時內港區9號碼頭長浪低於1m，內港已趨於回穩現象

颱風名稱	出港避湧時間	恢復進港時間	影響時間
北冕*	108年12月02日02時	108年12月3日13時	1日11時
海神*	109年09月06日00時	09月06日16時	0日16時
閃電	109年11月06日07時	11月07日07時	0日24時
110年4月起，採內、外港分區管制措施			
舒力基*	110年04月19日14時	4月23日上午10時內港恢復進港;4月23日20時恢復內、外港進港	4日6時

單位：公尺

颱風名稱	避湧期間 $H_{m0(ast)}$ 平均值	最大值	最小值	避湧期間 $H_{m0swell(ast)}$ 平均值	最大值	最小值	出港避湧時 H_{m0}	出港避湧時 $H_{m0swell}$	恢復進港時 H_{m0}	恢復進港時 $H_{m0swell}$
舒力基	2.19	3.82	1.57	1.83	3.49	1.22	2.22	1.92	3.82	3.49
閃電	1.86	2.58	1.17	1.39	2.29	0.65	2.29	1.87	1.21	0.78
海神*	2.05	2.62	1.5	1.79	2.44	1.25	2.62	2.44	1.94	1.68
北冕*	2.22	2.69	1.76	1.82	2.29	1.43	2.29	1.85	1.91	1.52

表 5-9 避湧期間波高統計

單位：公尺

颱風名稱	避湧期間 $H_{m0(ast)}$ 平均值	最大值	最小值	避湧期間 $H_{m0swell(ast)}$ 平均值	最大值	最小值	出港避湧時 H_{m0}	出港避湧時 H_{m0swe}	恢復進港時 H_{m0}	恢復進港時 $H_{m0swell}$
舒力基*	2.19	3.82	1.57	1.83	3.49	1.22	2.22	1.92	3.82	3.49
閃電	1.86	2.58	1.17	1.39	2.29	0.65	2.29	1.87	1.21	0.78
海神*	2.05	2.62	1.5	1.79	2.44	1.25	2.62	2.44	1.94	1.68
北冕*	2.22	2.69	1.76	1.82	2.29	1.43	2.29	1.85	1.91	1.52
哈吉貝*	2.01	2.74	1.53	1.76	2.55	1.17	2.02	1.72	1.70	1.42
米塔	2.74	4.45	1.14	2.29	3.78	0.55	1.14	0.55	1.98	1.44
玲玲*	2.10	2.68	1.73	1.65	2.30	1.28	1.95	1.54	1.94	1.67
白鹿	2.91	5.28	1.14	2.26	4.58	0.54	1.20	0.54	2.14	1.52
利奇馬	2.54	3.45	1.48	2.21	3.19	1.10	1.48	1.10	2.39	1.93
丹娜絲	2.05	2.55	1.57	1.53	2.04	1.00	1.57	1.00	2.24	1.79
潭美*	3.15	3.92	2.42	2.83	3.56	2.13	2.89	2.60	2.80	2.62
山竹	3.00	6.21	1.69	2.51	5.05	1.43	1.69	1.44	2.21	1.76
瑪莉亞	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
泰利**	1.75	2.75	0.82	1.43	2.39	0.33	0.82	0.33	1.92	1.67
天鴿	2.29	2.86	1.57	1.70	2.20	1.24	2.72	2.17	1.57	1.24
尼莎、海棠	2.59	4.91	1.12	1.89	3.59	0.72	1.12	0.72	1.82	1.13
海馬*	2.93	4.11	1.90	2.52	3.51	1.40	1.92	1.72	2.62	2.04
梅姬	4.05	11.1	1.21	3.38	9.92	0.70	3.14	2.68	1.21	0.76
莫蘭蒂、馬勒卡	2.66	6.59	1.35	2.17	4.21	0.95	2.41	2.24	1.40	1.03
尼伯特	2.76	6.24	0.88	2.11	5.55	0.40	0.91	0.51	2.44	1.36
平均值							1.89	1.50	1.97	1.52

註 1:*為無發布颱風警報、**為僅發布海上颱風警報

註 2:灰底為本年度計畫新增之颱風事件

本計畫分析105年~110年20場颱風避湧期間

- 除了天鴿颱風外，避湧期間大都涵蓋颱風時期最大波高時刻
- 示性波高平均值介於1.75m~4.05m;長浪波高平均值介於1.39m~3.38m，最大值發生在梅姬颱風事件
- 在避湧前，波高比值有明顯增加趨勢，且比值約在0.6以上
- 整體出港避湧時長浪波高為0.33m~2.68m(梅姬);恢復進港時長浪波高為0.76m~2.62m(潭美)，但舒力基颱風3.49m，明顯高出其他19場避湧案例，但此次實際避湧操作還有區分內港、外港管制措施。

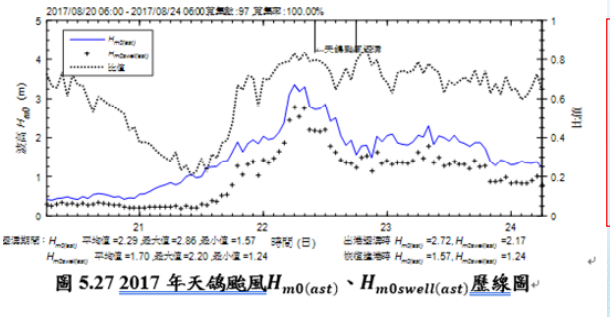


圖 5.27 2017 年天鴿颱風$H_{m0(ast)}$、$H_{m0swell(ast)}$歷線圖

出港避湧長浪波高大都低於2m，建議避湧指標訂於港外觀測長浪為2m

五、

TaiCOMS風浪模組改善對長浪模擬影響

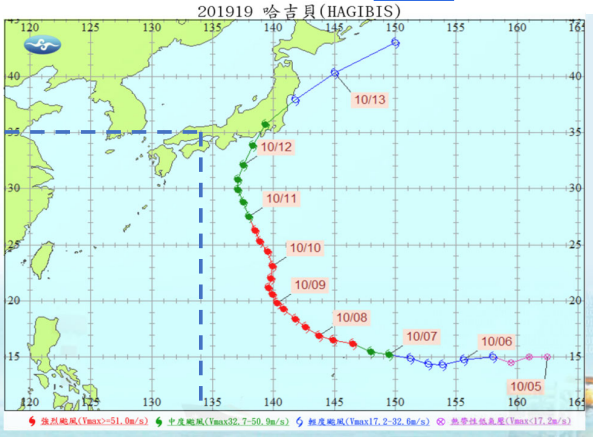
➢109年計畫執行期間

- 應用本所「臺灣近岸海象預測系統」(TaiCOMS)之風浪模組(2018版)，模擬8場颱風期間之模擬預測長浪與由波浪觀測資料分離之長浪相互比對
- 僅哈吉貝颱風事件比對結果相關性低(0.567)
- 推估因其颱風路徑非在風浪模組模擬範圍內
- 建議擴大模擬範圍

平均比值=觀測/模擬

	$H_{m0(ast)}$與$H_{m0(mod)}$		$H_{m0swell(ast)}$與$H_{m0swell(mod)}$	
	相關係數	平均比值	相關係數	平均比值
山竹颱風	0.934	1	0.917	0.86
潭美颱風	0.963	1.1	0.953	0.75
丹娜絲颱風	0.87	1.1	0.836	0.95
利奇馬颱風	0.903	1.1	0.898	0.96
白鹿颱風	0.986	1.1	0.988	0.74
玲玲颱風	0.895	1.4	0.893	1.3
米塔颱風	0.956	1	0.97	0.77
哈吉貝颱風	0.322	0.61	0.567	0.21

資料來源:本所109年「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

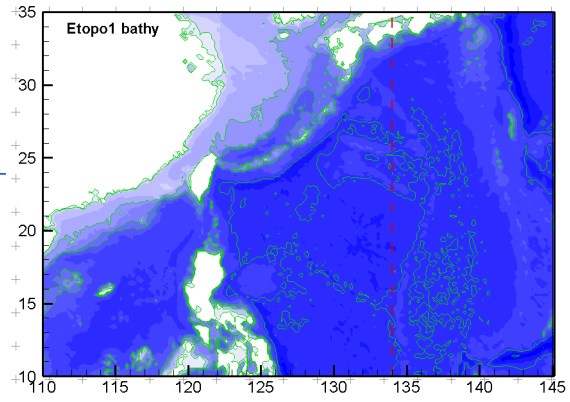


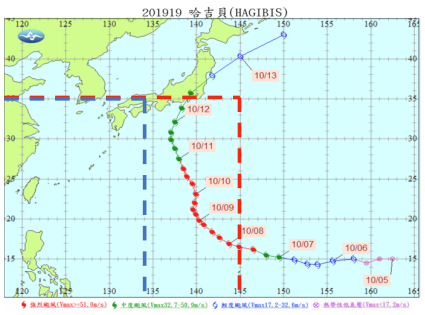
五、

TaiCOMS風浪模組改善對長浪模擬影響

➢TaiCOMS風浪模組改善

- 應用本所「臺灣近岸海象預測系統」(TaiCOMS)之風浪模組(2021版)
  1.大尺度模組擴大模擬範圍
  2.除了中尺度模組外，新增花蓮海域模組
  3.統一長浪模擬擷取頻率0.125
- 重新模擬哈吉貝颱風事件



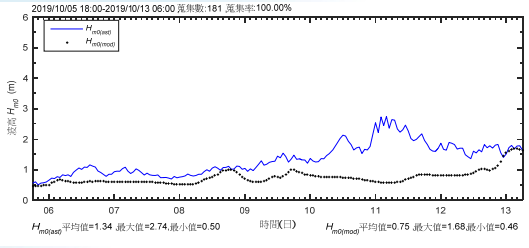


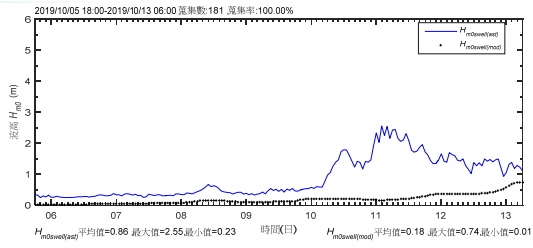
五、

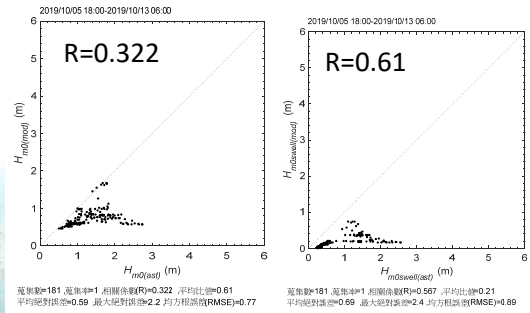
示性模擬

長浪模擬

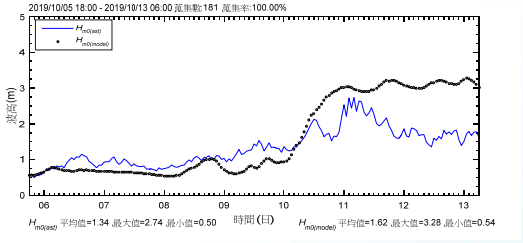
109年中尺度風浪模擬結果

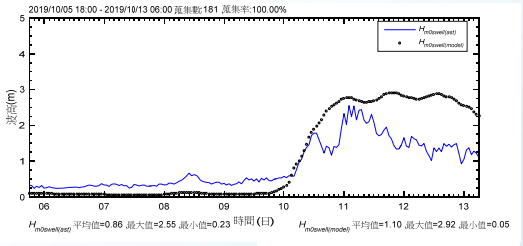


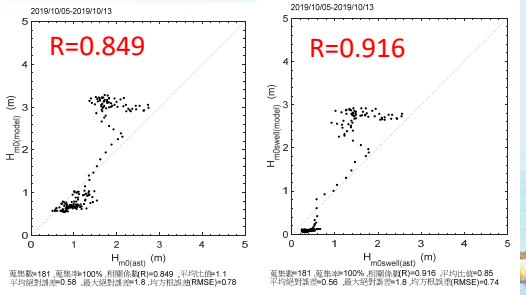




110年中尺度風浪模擬結果





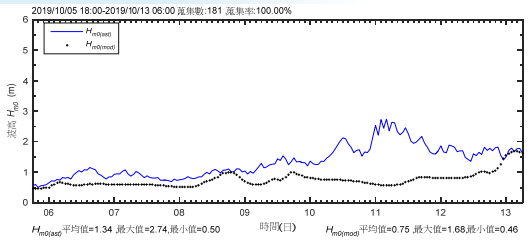


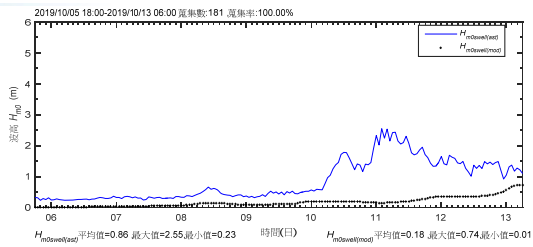
五、

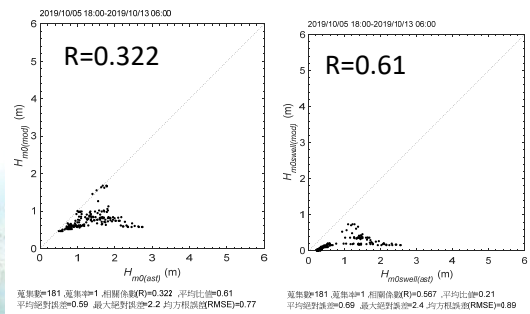
示性模擬

長浪模擬

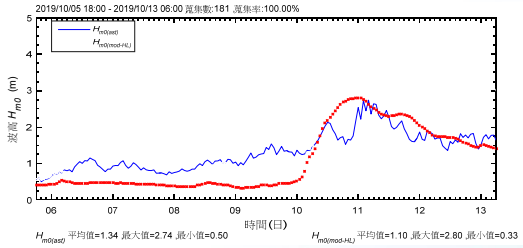
109年中尺度風浪模擬結果

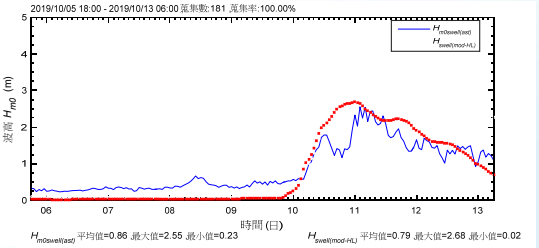


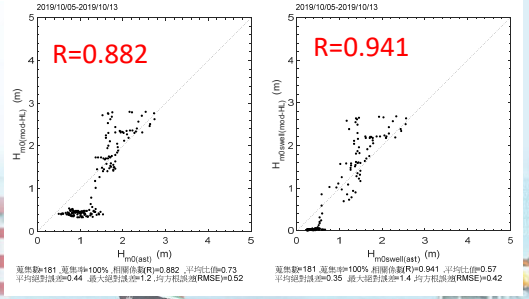




110年使用花蓮海域風浪模擬結果





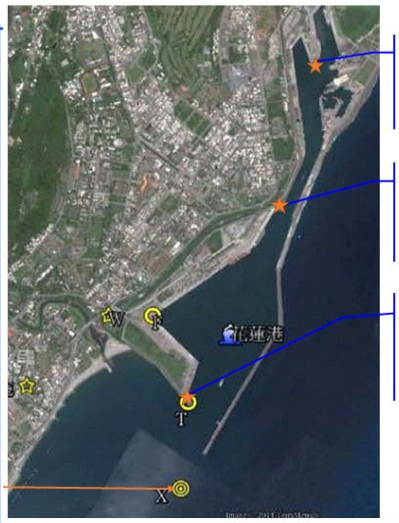


五、

https://isohe.ihmt.gov.tw/station/display/hua/Hu-login.aspx

花蓮港區靜穩展示

- 109年開發網頁
- 整合港內、外波浪、碼頭水尺影像、港區影像及海象模擬預測資訊。
- 提供花蓮港區靜穩觀測、近40小時模擬預測資訊及未來24小時最大長浪波高。
- 以綠、黃、橙、紅燈號做預警，亦有港外其他海象觀測(風、潮)及模擬等輔助資訊
- 提供花蓮港務分公司防災應變、船舶進出管理決策支援。



109年:9號碼頭
波潮即時監測站

109年:17號碼頭
波潮即時監測站

110年6月新增:
25號碼頭-波潮即時監測站、CCTV 2站



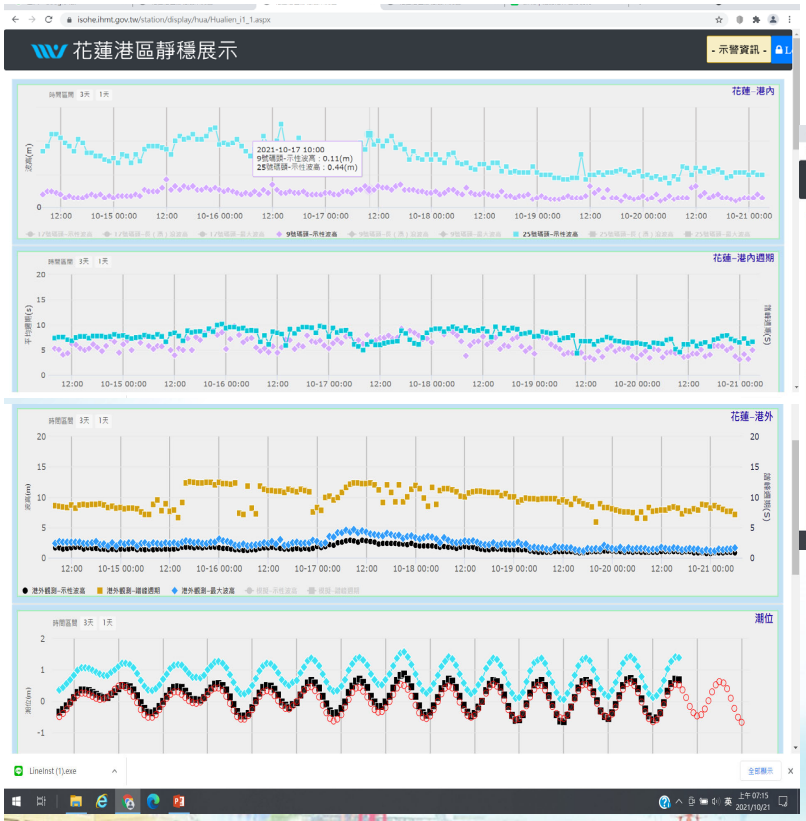


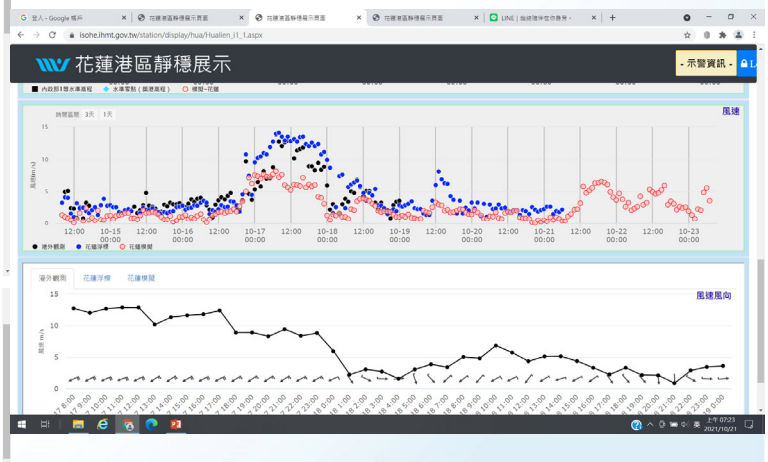


示警資訊

9月璨樹颱風期間







六、結論與建議

➢ 節錄與自行研究部分有關結論

- 本所發展「臺灣近岸海象預測系統」，本年度除了硬體設備更新以外，亦盤點系統架構，整併及改善模組以提升整體系統效能。
- 完成本年度(2020年9月至2021年8月)海象作業化預測成果評估年報。
- 以AWAC蒐集之波浪資料進行分析，壓力訊號受限水深而缺少短週期波浪解算結果，以超音波訊號量測之波浪資料作分析較佳。
- 舒力基颱風避湧期間，為花蓮港務分公司首次採取內港區、外港區分區管制措施案例，實際解除外港管制時，外港區17號碼頭波高仍有大於1m情形。爰後續執行內、外港分區管制措施時，除了靠人力監看25號、8號碼頭水尺之湧浪起伏狀況，仍須注意內、外港波浪即時監測資料或其他海象情資以輔助判斷。

六、

➢ 節錄與自行研究部分有關結論

- 4年計畫執行期間，分析20場颱風避湧事件，除天鴿颱風外，其餘各場颱風避湧管制期間均涵蓋颱風最大波高發生時間，避湧前波高比值會突增，顯示避湧作業前長浪波高有明顯快速增加趨勢。其中有6場颱風事件屬中央氣象局未發布颱風警報且港務公司仍有啟動避湧管理機制情形，經對應颱風路徑圖顯示，未來如在太平洋東經145度~160度左右，有生成颱風或熱帶氣旋者，其長浪就會開始對花蓮港有明顯影響。
- 檢視颱風期間出港避湧時之長浪波高，有15場出港避湧時之長浪波高低於2m，考量遠域颱風案例及今年度港內、外聯合觀測波浪情形，本計畫仍建議避湧指標以港外觀測長浪波高2m為指標。
- 本(110)年度辦理「臺灣近岸海象預測系統」波浪模組模擬範圍擴增改善工作，經重新模擬哈吉貝颱風事件，模組改善工作及新增小尺度風浪模組，確實有助於提升風浪模擬成效。

六、

➢ 節錄與自行研究部分有關結論

- 發展「花蓮港區靜穩展示」網頁，內容整合花蓮港內波浪即時監測資料、花蓮港海象觀測及模擬資訊並結合港區即時影像，波高情況以綠、黃、橙、紅燈號提供預警資訊，期望此客製化獨立網頁設計能更貼近花蓮港務分公司執行避湧作業之需求。
- 本所於110年10月21日於花蓮港務分公司辦理「交通部運輸研究所110年度花蓮港研究計畫成果交流會」，說明本所近年海象模擬及觀測成果，並介紹「花蓮港區靜穩分析展示」網頁。





➢ 建議

- 自今年度4月起，花蓮港避湧機制啟動時機增加2種考量情況，並採用內、外港分區管制措施，目前僅有舒力基颱風實際案例，後續仍需持續蒐集港內波高資料及分區管制案例，俾利辦理防颱避湧實務研析。

簡報結束
謝謝指教



附錄八

報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所自行研究計畫
報告審查意見處理情形表

計畫名稱：港灣風波潮流模擬及長浪預警之研究(4/4)模擬評估及靜穩預警研究

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
一、李忠潘委員	
1. 決定港內波浪大小的放大因素,一為港灣的遮蔽效果，另者為港灣的共振效應。後者除了以港內波高變化的趨勢，更應由實測波浪資料，研判是否有共振的波浪週期	1. 感謝委員意見，將納入後續相關計畫討論。
2. 報告書 2.6 節海岸公路浪襲根據的是近岸的波浪及暴潮，圖 2.1 及圖 2.47 請修正。	2. 報告書第二章 2.6 節已依委員意見，修正臺東、花蓮海岸公路浪襲系統部分。
3. 長浪及颱風波浪似以壓力式波高計較能免除白浪的影響。	3. 感謝委員意見，將納入後續相關計畫討論。
4. 港內避湧，除了波高還應考慮是否有共振的週期。	4. 感謝委員意見，將納入後續相關計畫討論。
5. 花蓮港所以要「避湧」,是因為有港池共振的長波，而不是長浪就要把船趕出港，因此是否要把「避湧」改為「避(共)振」或「避漾」 (港池共振亦稱港池盪漾)。	5. 使用「避湧」詞語，主因花蓮港內波浪振盪顯著時，花蓮港務分公司會發布「花蓮港內船舶出港避風避湧通知書」通知船舶代理商出港，且本計畫是 4 年期計畫最後 1 年，爰維持原規劃，委員意見將納入後續相關研究計畫辦理，感謝委員意見。
二、鄭景文委員	
1. 感謝貴中心的研究，本港已於 110 年 11 月 8 日起採用觀測資料，作為船舶出港避湧之參考。	1. 感謝委員意見。
2. 有關系統建議如下： (1)、日觀測資料留存(保存)多久？系統展示幾天內？3 天？是否能表格化？ (2)、有無可能增加港區靜穩模擬(預測)？ (3)、風力觀測、模擬，能否一併納入系統? (4)、有無考量增加告警功能？ (5)、預測模式風場來源，中央氣象局、歐洲、日本？	2. 委員意見回覆如下: (1)、現場儀器量測到觀測資料會直接傳到本所港研中心雲端資料庫收存，在「花蓮港區靜穩展示」網頁，目前以展示 3 日的資料為主，至於觀測數據是否要另製表格，納入明年度研議辦理。 (2)、今年已建置花蓮港、蘇澳港區靜穩分析模組，預計明(111)年模組會上線、精進，屆時系統會有港區各碼頭靜穩模擬預測資

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
	訊。 (3)、目前在「花蓮港區靜穩展示」之「觀測模擬資訊頁面」，已有展示本所設置風速計、中央氣象局設置的花蓮浮標量測之風速、風向資料，同時亦有本所海象模擬作業化系統，處理中央氣象局提供的預報風場，獲取的風速風向預測資料。 (4)、目前「花蓮港區靜穩展示」係設計預警燈號，燈號顏色依據波高大小以綠、黃、橙、紅 4 種顏色做為示警。 (5)、本所海象模擬作業化系統提供風波潮流模擬預測資料，系統資料來源為中央氣象局提供之 WRF 預報風場。
三、蘇青和委員	
1. 第一章第 1-7 頁第 11 行「進行 109 年...」應改為「進行 110 年...」。	1. 已修正，感謝委員意見。
2. 第二章第 2-2 頁圖 2.1「小尺度風浪模組」應改為「中小尺度風浪模組」，圖 2.1 建議增加「海嘯模組」說明。	2. 第二章圖 2.1 模組名稱已修正並補充海嘯模組流程部分。
3. 第二章第 2-10 頁表 2-1 波浪及水動力不同尺度作業時間，建議分別標示清楚，部分遺漏模組請補增。	3. 已補正第二章表 2-1。
4. 第二章第 2-27~2-30 頁，圖 2.15~圖 2.21「小尺度風」應改為「中小尺度」。	4. 第二章圖 2.15~圖 2.21 已補正。
5. 第二章第 2-37 頁表 2-5 遺漏布袋、高雄及馬祖模組請補增。	5. 目前系統每日執行小尺度水動力模組僅基隆港、臺北港、臺中港、安平港、花蓮港、蘇澳港、澎湖及金門海域 8 個區域。
6. 第二章第 2-50 頁第 2.6 節海岸公路內容建議增加新增花蓮部分。	6. 第二章第 2-50 頁第 2.6 節已補充花蓮部分及相關敘述。
7. 第三章第 3-1 頁第 3.1 節僅介紹臺灣主要商港，建議可考慮擴大為臺灣 12 海域。	7. 因本所海象模擬作業化系統模擬資料與本所設置在 9 個商港觀測站蒐集之觀測資料進行比對並產製評估年報，爰第三章 3.1 節主要以介紹本所在 9 個商港風波潮流觀測站為主。
8. 第三章第 3.2 節海岸公路浪襲系統，引用	8. 第三章第 3.2 節已檢視補正。

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
之波高是「平均波高」或是「示性波高」，週期是「平均週期」或是「尖峰週期」應要釐清，並標示清楚。	
9. 第四章第 4.1 節有關「北端海域小尺度」應改為「北端海域中小尺度」。	9. 各模組尺度大小在第二章說明，後續文章涉及北端海域風浪模組，以「北端海域風浪模組(中小尺度) 」做表示。
10. 第四章第 4.2 節有關花蓮港及蘇澳港 2 港區靜穩模擬成果精確度可再精進，建議未來強化港內及港外更多觀測資料比對改善。	10. 感謝委員意見，因港內波浪觀測資料蒐集工作係從 109 年開始辦理，後續將持續蒐集港內波浪資料，並與港外波浪資料比對。
11. 第五章名稱建議改為「港外長浪預警及港區靜穩預警系統」，5.2 節名稱建議改為「港外觀測長浪特性分析」，5.3 節名稱建議改為「港外長浪預警改善」。	11. 感謝委員意見，第五章已依委員建議名稱修正，5.3 節改成「港外長浪模擬預測改善」。
12. 第五章、結論與建議、摘要等引用之波高是「平均波高」或是「示性波高」，週期是「平均週期」或是「尖峰週期」應要釐清並標示清楚。提到「長浪」指標，除標示波高大小也要附上週期之要件，並註明何種「波高」及「週期」。	12. 報告書內涉及波高、週期等部分，均以補正為「平均波高」或「示性波高」、「平均週期」或「尖峰週期」。本計畫長浪係指波譜轉換時，擷取頻率 0.125 秒以下波浪(即週期 8 秒以上)波浪為長浪，另本計畫長浪定義未考慮波高大小。
四、李俊穎委員	
1. 在表 3-1、表 3-3 內建議移除待建置部分，相關圖面建議一併調整。	1. 報告書第三章 3.1 節之相關圖、表業依委員意見修正。
2. 在 4.2.1 節有關波浪模擬週期 8 秒以上，建議後續計畫要再討論其模組啟動條件以及成果如何展現部分。	2. 感謝委員意見，將納入後續相關計畫討論。
3. 圖 4.22、4.23、4.27 等縱軸是否為 Tp，請確認及修改。	3. 經檢視確認圖 4.22、4.23、4.27 等縱軸是 Tp，無誤植，修正圖名。
4. 第 2.6 小節採用 Coherence 模組之潮位，是否已調整為其它模組請確認及修改。	4. 已改由中尺度暴潮模組提供浪襲系統潮位資料，第 2.6 節相關敘述已修正。
5. 建議圖 5.38、5.39、5.40 內 Hs(9)、Hswell(9)、Hs(17)、Hswell(17)比照其他符號改為 Hm0(9)、Hm0swell(9)、Hm0(17)、Hm0swell(17)。	5. 圖 5.38~圖 5.40 業依委員意見修正。
6. 建議可考量在圖 1.2 內加入同化較符合目前架構。	6. 圖 1.2 增加同化，並更名成「海象觀測、模擬及展示系統架構示意圖」
7. 依圖 5.48 在颱風前似不太理想，建議在後續計畫可以加以討論。	7. 列入報告書第 6.2 節建議事項，並納入後續

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
	相關研究計畫探討。
五、林雅雯委員	
1. 英文摘要尚未附上。	1. 已增加英文摘要。
2. 第 2-15 頁表 2.3 應為 2-3，第 2-35 頁表 2.5 應為表 2-5，第 2-42 頁圖 2.46 應為 2.38。	2. 已依委員意見修正。
3. 第 2-18 及 2-19 頁 53、52 小時、72 小時及 73 小時，建議文字及圖再檢核。	3. 已檢核，相關內容修正。
4. 第 5-33 頁花蓮港務分公司以港內目視最大波高達 1 公尺為指標，本研究建議港外觀測長浪波高 2 公尺為指標，建議未來分析更多案例並結合本研究分析之港內/港外波高比值及長浪波高/AWAC 示性波高比值等，精進避湧判斷指標。	4. 將持續蒐集花蓮港颱風期間防颱避湧實務案例做進一步探討分析。
5. 結論提及未來如在太平洋東經 145 度~160 度左右，有生成颱風或熱帶氣旋者，其長浪就會對花蓮港有明顯影響，建議補充視颱風強度及路徑，如強烈颱風哈吉貝颱風其強度及路徑，其長浪就對花蓮港有明顯影響。	5. 結論依委員意見修正，詳第六章。