

113-030-7D69
MOTC-IOT-112-H3CA001e

花蓮海域風浪模組 模擬參數調校探討



交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

113-030-7D69
MOTC-IOT-112-H3CA001e

花蓮海域風浪模組 模擬參數調校探討

著者：陳鈞彥、林雅雯

交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討/陳鈞彥, 林雅雯著. -- 初版. -- 臺北市: 交通部運輸研究所, 民 113.03

面; 公分

ISBN 978-986-531-566-5(平裝)

1.CST: 海洋氣象 2.CST: 管理資訊系統

444.94

113001474

花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

著 者: 陳鈞彥、林雅雯

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 113 年 3 月

印 刷 者: 綠凌興業社

版(刷)次冊數: 初版一刷 50 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價: 200 元

展 售 處:

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話: (02)2349-6789

國家書店松江門市: 10485 臺北市中山區松江路 209 號•電話: (02)2518-0207

五南文化廣場: 40042 臺中市區中山路 6 號•電話: (04)2226-0330

GPN: 1011300203

ISBN: 978-986-531-566-5 (平裝)

著作財產權人: 中華民國 (代表機關: 交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-531-566-5(平裝)	政府出版品統一編號 1011300203	運輸研究所出版品編號 113-030-7D69	計畫編號 MOTC-IOT-112-H3CA001e
本所主辦單位：運技中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：林雅雯 研究人員：陳鈞彥 聯絡電話：(04)26587132 傳真號碼：(04)26564415			研究期間 自 112 年 1 月 至 112 年 12 月
關鍵詞：數值模擬、風浪模式、參數敏感度、花蓮港			
摘要： 本計畫利用本所發展之 TaiCOMS 系統，採用 WAM 及 SWAN 模擬遠域、近域、及花蓮海域之近海風浪，以 SWAN 模式中第三代風浪模式不同理論之風浪成長項及白帽消散項參數(Janssen、Komen、Westhuysen)，針對 111 及 112 年對花蓮較有影響之 4 場颱風期間(璨樹、圓規、軒蘭諾、及梅花颱風)，比較其模擬結果差異，並進一步就 Komen 理論之各項參數中，選取白帽消散速率、PM 頻譜平均波浪尖銳度、波浪尖銳度之冪次等 3 種參數，比較模擬結果差異及探討參數敏感度，根據敏感度比較結果，於 Komen 理論參數中設置 2 種參數組合，以璨樹、圓規、軒蘭諾及梅花颱風期間之驗證模擬結果與原 TaiCOMS 模擬值比較，評估改善結果，可供後續於港區風浪模擬持續精進研究之應用參考。			
成果效益與應用情形： 本計畫研究成果可供掌握花蓮港區風浪模擬與觀測資料評估成果，以瞭解各項參數對模擬結果影響程度，提供後續 TaiCOMS 模擬預測改善應用之研究依據，提供航港局、臺灣港務股份有限公司及國內外船舶業者等相關單位及人員，確實地掌握港區經營管理及防災等海象資訊。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
113 年 3 月	146	200	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：本計畫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: : Adjustment and exploration of simulation parameters for the wave model in the Hualien sea area.			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-566-5(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011300203	IOT SERIAL NUMBER 113-030-7D69	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-112-H3CA001e
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ya-Wen Lin PROJECT STAFF: Chun-Yen Chen PHONE: (04) 26587132 FAX: (04) 26564415			PROJECT PERIOD FROM January 2023 TO December 2023
KEY WORDS: Numerical simulation, wave and wind models, parameter sensitivity, Hualien Harbor.			
ABSTRACT: This study utilizes the TaiCOMS system developed by our institute, employing WAM and SWAN to simulate far-field, near-field, and nearshore wind and waves in the Hualien region. Different theories of the third-generation wind wave models in the SWAN model, including wave growth terms and white-capping dissipation parameters (Janssen, Komen, Westhuysen), are applied. The study focuses on four typhoon events (Chan-Hom, Yuanlin, Haima, and Maysak) during the years 111 and 112, which had a significant impact on Hualien. The differences in simulation results are compared. Furthermore, specific parameters from the Komen theory, including white-capping dissipation rate, PM spectrum average wave sharpness, and the power of the wave sharpness, are selected for a detailed analysis of the simulation results and parameter sensitivity. Based on the sensitivity comparison, two parameter combinations are proposed within the Komen theory. The simulation results are validated during the typhoon events Haima and Maysak, and compared with the original TaiCOMS simulation values to evaluate the improvement. This study provides valuable insights for ongoing research to enhance the simulation of wind and waves in harbor areas. The achievements, benefits, and applications. The research results provide insights into the simulation and assessment of wind and wave conditions in the Hualien Harbor area, facilitating an understanding of the impact of various parameters on simulation outcomes. This information serves as a basis for improving subsequent TaiCOMS simulations and predictions. It is intended to benefit relevant authorities such as the Harbor Bureau, port management companies, and domestic and international shipping entities, enabling them to effectively manage port operations and disaster prevention through accurate marine meteorological information.			
DATE OF PUBLICATION Mar 2024	NUMBER OF PAGES 146	PRICE 200	
1. The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications. 2. The budget of this research project is contributed by Institute of Transportation, MOTC.			

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目 錄.....	III
圖 目 錄.....	VI
表 目 錄.....	XII
第一章 緒論.....	1-1
1.1 計畫緣起與目的	1-1
1.2 研究範圍.....	1-1
1.3 研究內容與工作項目	1-2
1.4 進度甘梯圖.....	1-2
第二章 文獻蒐集.....	2-1
2.1 風浪模式介紹	2-1
2.1.1 WAM 模式介紹.....	2-1
2.1.2 SWAN 模式介紹	2-2
2.2 SWAN 模式相關研究	2-6
2.3 模式架構與設定	2-9
第三章 花蓮海域風浪模組參數測試及影響評估	3-1
3.1 研究方法.....	3-1
3.2 Janssen、Komen、Van der Westhuysen 參數比較分析.....	3-3
3.3 參數敏感度比較分析	3-11
3.3.1 白帽消散速率敏感度探討	3-11
3.3.2 PM 頻譜平均波浪尖銳度敏感度探討	3-20
3.3.3 波浪尖銳度之冪次敏感度探討	3-28
3.4 小結.....	3-36
第四章 花蓮海域風浪模組波浪模擬驗證與改善評估	4-1
4.1 兩參數組驗證測試與改善評估	4-1
4.2 小結.....	4-8
第五章 即時影像監測設備更新汰換及系統維護工作	5-1
5.1 即時影像監測設備與例行維護	5-1

5.2 維護異常狀況處置	5-8
第六章 結論與建議	6-1
6.1 結論.....	6-1
6.2 建議.....	6-2
6.3 成果效益及應用情形	6-2
參考文獻.....	參-1
附錄一 專家學者座談會及歷次工作會議紀要	附 1-1
附錄二 期末報告審查意見回覆及處理情形	附 2-1
附錄三 期末報告簡報	附 3-1

圖 目 錄

圖 2.1 七股與大鵬灣浮標站觀測及各 C_{ds} 模擬示性波高歷線圖	2-7
圖 2.2 均勻與非均勻風場之示性波高模擬值差異百分比分布圖	2-7
圖 2.3 2014 年鳳凰颱風舟山群島浮標站觀測及模擬示性波高歷線圖	2-7
圖 2.4 2014 年鳳凰颱風舟山群島浮標站觀測及模擬示性波高歷線圖	2-8
圖 2.5 SWAN 模式白帽消散項參數敏感度分析模擬結果(蘇迪勒颱風)	2-8
圖 2.6 璨樹颱風期間花蓮港示性波高模擬結果圖	2-8
圖 2.7 璨樹颱風期間花蓮港平均週期模擬結果圖	2-9
圖 2.8 TaiCOMS 架構圖	2-10
圖 2.9 中央氣象署 WRF 成員 M04 水平網格模擬範圍圖	2-11
圖 2.10 TaiCOMS 作業化風壓場 WE01(左)、WE02(右)資料輸出範圍	2-11
圖 2.11 遠域風浪模組(左)及近域風浪模組(右)模擬範圍	2-11
圖 2.12 近海風浪模組模擬範圍(花蓮海域)	2-12
圖 2.13 各尺度風浪模組於花蓮海域比對位置	2-12
圖 2.14 近海風浪模組驗證及波流觀測站位置(花蓮海域)	2-13
圖 2.15 璨樹颱風期間各尺度於花蓮海域之示性波高歷線圖	2-13
圖 2.16 璨樹颱風期間各尺度於花蓮海域之尖峰週期歷線圖	2-13
圖 2.17 璨樹颱風路徑圖	2-14
圖 3.1 璨樹颱風期間不同理論參數之示性波高歷線圖	3-4
圖 3.2 璨樹颱風期間不同理論參數之尖峰週期歷線圖	3-5
圖 3.3 璨樹颱風期間不同理論參數之平均週期歷線圖	3-5
圖 3.4 璨樹颱風期間不同理論參數之平均波向歷線圖	3-5
圖 3.5 璨樹颱風期間不同理論參數與觀測波浪能譜比較圖	3-5
圖 3.6 璨樹颱風路徑圖	3-6
圖 3.7 圓規颱風期間不同理論參數之示性波高歷線圖	3-6
圖 3.8 圓規颱風期間不同理論參數之尖峰週期歷線圖	3-6
圖 3.9 圓規颱風期間不同理論參數之平均週期歷線圖	3-7
圖 3.10 圓規颱風期間不同理論參數之平均波向歷線圖	3-7

圖 3.11 圓規颱風期間不同理論參數與觀測波浪能譜比較圖	3-7
圖 3.12 圓規颱風路徑圖	3-8
圖 3.13 軒蘭諾颱風期間不同理論參數之示性波高歷線圖	3-8
圖 3.14 軒蘭諾颱風期間不同理論參數之尖峰週期歷線圖	3-8
圖 3.15 軒蘭諾颱風期間不同理論參數之平均週期歷線圖	3-8
圖 3.16 軒蘭諾颱風期間不同理論參數之平均波向歷線圖	3-9
圖 3.17 軒蘭諾颱風期間不同理論參數與觀測波浪能譜圖	3-9
圖 3.18 軒蘭諾颱風路徑圖	3-9
圖 3.19 梅花颱風期間不同理論參數之示性波高歷線圖	3-9
圖 3.20 梅花颱風期間不同理論參數之尖峰週期歷線圖	3-10
圖 3.21 梅花颱風期間不同理論參數之平均週期歷線圖	3-10
圖 3.22 梅花颱風期間不同理論參數之平均波向歷線圖	3-10
圖 3.23 梅花颱風期間不同理論參數與觀測波浪能譜圖	3-10
圖 3.24 梅花颱風路徑圖	3-11
圖 3.25 燦樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高歷線圖	3-12
圖 3.26 燦樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高差值歷線圖	3-13
圖 3.27 燦樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期歷線圖	3-13
圖 3.28 燦樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖	3-13
圖 3.29 燦樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期歷線圖	3-13
圖 3.30 燦樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期差值歷線圖	3-14
圖 3.31 燦樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均波向歷線圖	3-14
圖 3.32 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高歷線圖	3-14
圖 3.33 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高差值歷線圖	3-14
圖 3.34 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期歷線圖	3-15
圖 3.35 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖	3-15
圖 3.36 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期差值歷線圖	3-15
圖 3.37 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期差值歷線圖	3-15
圖 3.38 燦樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均波向歷線圖	3-16
圖 3.39 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高歷線圖	3-16
圖 3.40 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高差值歷線圖 ...	3-16
圖 3.41 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期歷線圖	3-16
圖 3.42 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖 ...	3-17
圖 3.43 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期歷線圖	3-17
圖 3.44 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期差值歷線圖 ...	3-17

圖 3.45 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均波向歷線圖.....	3-17
圖 3.46 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高歷線圖.....	3-18
圖 3.47 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高差值歷線圖.....	3-18
圖 3.48 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期歷線圖.....	3-18
圖 3.49 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖.....	3-18
圖 3.50 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期歷線圖.....	3-19
圖 3.51 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期差值歷線圖.....	3-19
圖 3.52 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均波向歷線圖.....	3-19
圖 3.53 燦樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高歷線圖.....	3-21
圖 3.54 燦樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高差值歷線圖.....	3-21
圖 3.55 燦樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期歷線圖.....	3-21
圖 3.56 燦樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖.....	3-21
圖 3.57 燦樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期歷線圖.....	3-22
圖 3.58 燦樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期差值歷線圖.....	3-22
圖 3.59 燦樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均波向歷線圖.....	3-22
圖 3.60 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高歷線圖.....	3-22
圖 3.61 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高差值歷線圖.....	3-23
圖 3.62 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期歷線圖.....	3-23
圖 3.63 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖.....	3-23
圖 3.64 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期歷線圖.....	3-23
圖 3.65 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期差值歷線圖.....	3-24
圖 3.66 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均波向歷線圖.....	3-24
圖 3.67 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高歷線圖.....	3-24
圖 3.68 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高差值歷線圖...	3-24
圖 3.69 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期歷線圖.....	3-25
圖 3.70 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖...	3-25
圖 3.71 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期歷線圖.....	3-25
圖 3.72 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期差值歷線圖...	3-25
圖 3.73 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均波向歷線圖.....	3-26
圖 3.74 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高歷線圖.....	3-26
圖 3.75 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高差值歷線圖.....	3-26
圖 3.76 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期歷線圖.....	3-26
圖 3.77 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖.....	3-27
圖 3.78 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期歷線圖.....	3-27

圖 3.79 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期差值歷線圖	3-27
圖 3.80 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均波向歷線圖	3-27
圖 3.81 燦樹颱風期間 p 參數增減後之示性波高歷線圖	3-29
圖 3.82 燦樹颱風期間 p 參數增減後之示性波高差值歷線圖	3-29
圖 3.83 燦樹颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期歷線圖	3-29
圖 3.84 燦樹颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖	3-29
圖 3.85 燦樹颱風期間 p 參數增減後之平均週期歷線圖	3-30
圖 3.86 燦樹颱風期間 p 參數增減後之平均週期差值歷線圖	3-30
圖 3.87 燦樹颱風期間 p 參數增減後之平均波向歷線圖	3-30
圖 3.88 圓規颱風期間 p 參數增減後之示性波高歷線圖	3-30
圖 3.89 圓規颱風期間 p 參數增減後之示性波高差值歷線圖	3-31
圖 3.90 圓規颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期歷線圖	3-31
圖 3.91 圓規颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖	3-31
圖 3.92 圓規颱風期間 p 參數增減後之平均週期歷線圖	3-31
圖 3.93 圓規颱風期間 p 參數增減後之平均週期差值歷線圖	3-32
圖 3.94 圓規颱風期間 p 參數增減後之平均波向歷線圖	3-32
圖 3.95 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之示性波高歷線圖	3-32
圖 3.96 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之示性波高差值歷線圖	3-32
圖 3.97 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期歷線圖	3-33
圖 3.98 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖	3-33
圖 3.99 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之平均週期歷線圖	3-33
圖 3.100 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之平均週期差值歷線圖	3-33
圖 3.101 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之平均波向歷線圖	3-34
圖 3.102 梅花颱風期間 p 參數增減後之示性波高歷線圖	3-34
圖 3.103 梅花颱風期間 p 參數增減後之示性波高差值歷線圖	3-34
圖 3.104 梅花颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期歷線圖	3-34
圖 3.105 梅花颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖	3-35
圖 3.106 梅花颱風期間 p 參數增減後之平均週期歷線圖	3-35
圖 3.107 梅花颱風期間 p 參數增減後之平均週期差值歷線圖	3-35
圖 3.108 梅花颱風期間 p 參數增減後之平均波向歷線圖	3-35
圖 4.1 軒蘭諾颱風期間兩參數組模擬示性波高歷線圖	4-2
圖 4.2 軒蘭諾颱風期間兩參數組模擬平均週期歷線圖	4-2
圖 4.3 軒蘭諾颱風期間兩參數組模擬尖峰週期歷線圖	4-2
圖 4.4 軒蘭諾颱風期間兩參數組模擬平均波向歷線圖	4-2

圖 4.5 軒蘭諾颱風期間花蓮港風速觀測及模擬值歷線圖	4-3
圖 4.6 梅花颱風期間兩參數組模擬示性波高歷線圖	4-3
圖 4.7 梅花颱風期間兩參數組模擬平均週期歷線圖	4-3
圖 4.8 梅花颱風期間兩參數組模擬尖峰週期歷線圖	4-3
圖 4.9 梅花颱風期間兩參數組模擬平均波向歷線圖	4-4
圖 4.10 梅花颱風期間花蓮港風速觀測及模擬值歷線圖	4-4
圖 4.11 璨樹颱風期間兩參數組模擬示性波高歷線圖	4-4
圖 4.12 璨樹颱風期間兩參數組模擬平均週期歷線圖	4-4
圖 4.13 璨樹颱風期間兩參數組模擬尖峰週期歷線圖	4-5
圖 4.14 璨樹颱風期間兩參數組模擬平均波向歷線圖	4-5
圖 4.15 璨樹颱風期間花蓮港風速觀測及模擬值歷線圖	4-5
圖 4.16 圓規颱風期間兩參數組模擬示性波高歷線圖	4-5
圖 4.17 圓規颱風期間兩參數組模擬平均週期歷線圖	4-6
圖 4.18 圓規颱風期間兩參數組模擬尖峰週期歷線圖	4-6
圖 4.19 圓規颱風期間兩參數組模擬平均波向歷線圖	4-6
圖 4.20 圓規颱風期間花蓮港風速觀測及模擬值歷線圖	4-6
圖 5.1 花蓮港區即時影像位置圖	5-1
圖 5.2 花蓮港區即時影像圖	5-2
圖 5.3 台 11 線人定勝天路段即時影像圖	5-2
圖 5.4 花蓮港區即時影像維護 a(第 1 季).....	5-2
圖 5.5 花蓮港區即時影像維護 b(第 1 季).....	5-3
圖 5.6 花蓮港區即時影像維護 c(第 1 季).....	5-3
圖 5.7 花蓮縣台 11 線人定勝天路段即時影像維護(第 1 季).....	5-3
圖 5.8 花蓮港區即時影像維護 a(第 2 季).....	5-4
圖 5.9 花蓮港區即時影像維護 b(第 2 季).....	5-4
圖 5.10 花蓮港區即時影像維護 c(第 2 季).....	5-4
圖 5.11 花蓮縣台 11 線人定勝天路段即時影像維護(第 2 季).....	5-5
圖 5.12 花蓮港區即時影像維護 a(第 3 季).....	5-5
圖 5.13 花蓮港區即時影像維護 b(第 3 季).....	5-5
圖 5.14 花蓮港區即時影像維護 c(第 3 季).....	5-6
圖 5.15 花蓮縣台 11 線人定勝天路段即時影像維護(第 3 季).....	5-6
圖 5.16 花蓮港區即時影像維護 a(第 4 季).....	5-6
圖 5.17 花蓮港區即時影像維護 b(第 4 季).....	5-7
圖 5.18 花蓮港區即時影像維護 c(第 4 季).....	5-7

圖 5.19 花蓮縣台 11 線人定勝天路段即時影像維護(第 4 季)..... 5-7

表 目 錄

表 2-1 SWAN 風浪成長項及白帽理論參數及建議值.....	2-4
表 2-2 深海與淺水的波與波間非線性交互作用項(三波).....	2-5
表 2-3 深海與淺水的波與波間非線性交互作用項(四波).....	2-5
表 2-4 SWAN 模式底床摩擦項參數.....	2-5
表 2-5 SWAN 模式碎波消散項參數.....	2-5
表 2-6 中央氣象署 WRF 成員 M04 水平兩層巢狀網格資訊表....	2-14
表 2-7 TaiCOMS 海象模擬作業化系統之風壓場資料格式.....	2-14
表 2-8 TaiCOMS 海象模擬作業化系統之各尺度模型網格表	2-15
表 2-9 TaiCOMS 近海風浪模組比對位置表.....	2-15
表 3-1 SWAN 各理論參數及建議值.....	3-3
表 3-2 SWAN 模式參數風浪/白帽消散項參數敏感度測試表.....	3-11
表 3-3 改變 C_{ds} 後與原波高、週期之最大差異比較表	3-20
表 3-4 改變 $\tilde{S}_{PM}$ 後與原波高、週期之最大差異比較表.....	3-28
表 3-5 改變 p 後與原波高、週期之最大差異比較表	3-36
表 4-1 SWAN 模式參數組設定表.....	4-1
表 4-2 軒蘭諾颱風期間模擬誤差分析表	4-7
表 4-3 梅花颱風期間模擬誤差分析表	4-7
表 4-4 燦樹颱風期間模擬誤差分析表	4-7
表 4-5 圓規颱風期間模擬誤差分析表	4-8
表 5-1 即時影像設備清單	5-1
表 5-2 即時影像異常狀況處置	5-8

第一章 緒論

1.1 計畫緣起與目的

交通部運輸研究所(以下簡稱本所)運輸技術研究中心為推動海岸災害防救科技發展，以提升商港及海岸公路海氣象模擬預測水準為主軸，維護與發展港灣風、波、潮及流模擬預測系統，配合運輸管理需求，於港灣環境資訊網對外提供資訊服務，進而促進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，成為智慧港口不可缺少一環。

本所作業化之臺灣近岸海象預測系統 TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，應用中央氣象局風壓場預報資訊，進行風浪模式、潮汐模式、海流模式及海嘯模式等模擬計算並提供預測模擬資料，應用於國內主要商港、及發展海岸公路波浪溯上模組，持續進行長期性模式校驗及維運，為強化商港及近岸之海象模擬模組，111 年度初步進行花蓮海域風浪模組(SWAN Model)中有關白帽消散項參數調整模擬測試，評估於波高、週期等模擬結果差異。

本(112)年度持續針對花蓮海域風浪模組進行模擬計算之成效評估，並探討花蓮海域風浪模組中各項物理參數於颱風期間等之影響差異，提出可供 TaiCOMS 花蓮海域風浪模組於花蓮港海域模擬之精進建議，以提升模擬結果之正確性，俾利航港局、臺灣港務股份有限公司(以下簡稱港務公司)掌握港灣海象變化情勢。

1.2 研究範圍

本計畫研究之 TaiCOMS 平時提供國內各商港區風場、波浪、水位及流場等海象模擬資訊，以供各港務單位港口船舶交通航運安全使用，在颱風或面臨緊急海難、海岸災害(如海嘯、暴潮等)時，亦能迅速提供救災必要資訊。本計畫針對花蓮海域風浪模組數值模擬，評估模組內各項參數於颱風期間模擬結果差異，藉蒐集觀測資料與數值模擬資料進行驗證，評估改善結果，提出精進建議。

本計畫研究成果可提供航港局、港務公司、國內外船舶業者及有關人員即時獲得港區波浪模擬資訊做為船舶出港操航安全之應用，及本所後續研究改善應用。

1.3 研究內容與工作項目

本計畫針對花蓮海域風浪模組內不同理論、涵蓋之模式參數於颱風期間模擬結果差異進行探討，以蒐集觀測資料與數值模擬資料進行驗證，評估改善結果，提出精進建議。

本計畫內容及主要工作項目如下：

一、文獻蒐集。

蒐集風浪數值模式、參數探討等相關文獻、花蓮港波浪觀測資料、港區地形資料。

二、花蓮海域風浪模組參數測試及影響評估。

評估風浪數值模式之各物理參數敏感性及參數影響程度測試。

三、花蓮海域風浪模組波浪模擬驗證與改善評估。

選定風浪數值模式之參數進行調校，與觀測資料驗證並評估改善結果，提出精進建議。

四、辦理即時影像監測設備更新汰換及系統維護工作。

持續進行花蓮港即時影像監測維護，提供即時影像供本所花蓮港靜穩展示頁面及後續越波研究(合作研究案)應用。

第二章 文獻蒐集

目前風浪數值模式主要以波浪能量平衡為模式主要考量，透過風驅動作用、波與波之間交互作用、及消散作用，來推算波浪在時間及空間的變化過程，常用的風浪數值模式有 WAM(WAve Model)、WAVEWATCH III、SWAN(Simulating WAVes Nearshore)等，本所作業化之 TaiCOMS 採用 WAM 及 SWAN 進行遠域、近域、近海風浪模擬。

2.1 風浪模式介紹

2.1.1 WAM 模式介紹

WAM (WAve Model, WAMDI Group, 1988)模式為一可完整解析波與波間非線性交互作用機制之模式，本所作業化之 TaiCOMS 使用 WAM 模式作為西太平洋範圍風浪模組之基礎，其控制方程式可以二維波浪能量平衡方程式表示，如 2.1 式：

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{C}_g F) = S \quad (2.1)$$

(2.1) 式中 $F = F(f, \theta, \vec{x}, t)$ 為能量密度函數 (spectral density function)、 f 為波浪頻率、 θ 為波浪傳播方向(角度)、 $\vec{x}$ 為位置、 t 為時間、 $\vec{C}_g$ 為波群速度(group velocity)、 S 為源函數(source function)。當模式用於大範圍計算域時，受地球曲率影響，可以 2.2 式表示：

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (C_\phi F) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (C_\lambda F) + \frac{\partial}{\partial \theta} (C_\theta F) = S \quad (2.2)$$

(2.2)式中 ϕ 為緯度、 λ 為經度、 C_ϕ 、 C_λ 、 C_θ 分別為球面座標 ϕ 、 λ 、 θ 方向上的波群速度，在 WAM 模式中，源函數 S 如 2.3 式：

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{dis} + S_{bot} \quad (2.3)$$

(2.3)式中，分別 S_{in} 為風浪成長項、 S_{nl} 為波浪間非線性交互作用項、 S_{dis} 為能量消散項、 S_{bot} 為底床摩擦項，此控制方程式能描述方向波譜在時間及空間領域的變化過程。這些變化過程包括風傳遞到波浪

的波能輸入條件、白帽效應、底床摩擦和波、波之非線性交互作用。

2.1.2 SWAN 模式介紹

SWAN(Simulating WAVes Nearshore, Booij et al, 1996)模式是由荷蘭 Delft 大學主導發展之近海風浪波浪模式，此模式亦具有第三代風浪模式的特徵，且在能量成長及消散項的參數選擇上比其他模式更具彈性，可計算波浪在時間及空間領域之傳遞、波與波間非線性交互作用、波浪受風之成長、碎波之能量消散、底床摩擦引起的能量損失以及波浪受到海流及地形變化影響而產生的頻率位移、淺化與折射等物理過程，利用風、海底底床及海流狀況計算在海岸地區、湖泊或河口附近水域波浪參數的波浪數值模式，主要依據波浪作用力平衡方程式(wave action balance equation)，以及源函數項等求解波浪作用力密度波譜(action density spectrum)，控制方程式如 2.4 式至 2.8 式所示：

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial C_x N}{\partial x} + \frac{\partial C_y N}{\partial y} + \frac{\partial C_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial C_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S_{tot}}{\sigma} \quad (2.4)$$

$$c_x = \frac{dx}{dt} = C_g \cos \theta + U_x \quad (2.5)$$

$$c_y = \frac{dy}{dt} = C_g \sin \theta + U_y \quad (2.6)$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{k} \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left(\sin \theta \frac{\partial d}{\partial x} - \cos \theta \frac{\partial d}{\partial y} \right) + \left(\sin \theta \frac{\partial U_s}{\partial x} - \cos \theta \frac{\partial U_s}{\partial y} \right) \quad (2.7)$$

$$c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left(\frac{\partial d}{\partial t} + U_x \frac{\partial d}{\partial x} + U_y \frac{\partial d}{\partial y} \right) - C_g k \left(-\cos \theta \frac{\partial U_s}{\partial x} + \sin \theta \frac{\partial U_s}{\partial y} \right) \quad (2.8)$$

其中 N 為波浪作用力密度波譜， σ 為頻率、 θ 為波浪方向角、 x 、 y 為直角座標系統之座標方向， c_x 、 c_y 、 c_θ 分別為波浪作用力在 x 、 y 、 θ 方向之傳遞速度、 c_σ 為波浪作用力在頻率空間之傳遞速度， S_{tot} 為波浪成長與消散之源函數、 C_g 為波群速度、 U_x 、 U_y 為流速在 x 、 y 方向之分量、 k 為波數。此模式以有限差分法來求解(2.4)式，於邊界條件假設波浪能量到陸地邊界完全消散，即無波浪能量反射，外海開放邊界條件假設無波浪能量進入計算區域，但允許波浪能量由開放邊界內自由離開計算領域。

依據(2.4)式，SWAN 模式由控制方程式中之波浪成長與消散之源函數項 S_{tot} 驅動，模式各參數設定可於此設定， S_{tot} 包含各物理作用項可以 2.9 式表示：

$$S_{tot} = S_{in} + S_{nl3} + S_{nl4} + S_{ds,w} + S_{ds,b} + S_{ds,br} \quad (2.9)$$

其中 S_{in} 為風浪成長項、 S_{nl3} 、 S_{nl4} 為深海與淺水的波與波間非線性交互作用項， $S_{ds,w}$ 為白帽消散項、 $S_{ds,b}$ 為底床摩擦項、 $S_{ds,br}$ 為碎波消散項，本計畫之 TaiCOMS 系統風浪成長項 S_{in} 採用第 3 代風浪模式，依使用手冊說明可採用 Janssen(1981)、Komen(1984)、Van der Westhuysen (Yan, 1987、Van der Westhuysen, 2007)等人提出之理論參數進行驅動，且風浪成長項(S_{in})與白帽消散項($S_{ds,w}$)於模式中預設為使用相同理論參數，各理論分述如後。根據使用手冊說明，WAMDI 團隊(1988)修正 Hasselmann(1974)提出之理論，白帽消散項如 2.10、2.11 式所示：

$$S_{ds,w}(\sigma, \theta) = -\Gamma \tilde{\sigma} \frac{k}{\tilde{k}} E(\sigma, \theta) \quad (2.10)$$

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds} \left[(1 - \delta) + \delta \frac{k}{\tilde{k}} \right] \left(\frac{\tilde{S}}{\tilde{S}_{PM}} \right)^p \quad (2.11)$$

其中 σ 為頻率、 $\tilde{\sigma}$ 為平均頻率、 k 為波數、 $\tilde{k}$ 為平均波數、 Γ 為波浪尖銳度係數， $\tilde{S}$ 為平均波浪尖銳度、 $\tilde{S}_{PM}$ 為 Pierson-Moskowitz 頻譜的平均波浪尖銳度， C_{ds} 為白帽消散速率、 p 波浪尖銳度之冪次、 δ 為白帽消散對波數之依賴係數，Janssen 及 Komen 理論參數皆適用此表示式，使用手冊建議若採用 Janssen 理論， $C_{ds}=4.1 \times 10^{-5}$ 、 $\delta=0.5$ 、 $p=4$ ，若採用 Komen 理論， $C_{ds}=2.36 \times 10^{-5}$ 、 $\delta=0$ 、 $p=2$ (使用手冊建議為 2，技術手冊建議為 4，本計畫以 $p=2$ 進行模擬)，其中 δ 於 SWAN 40.91A 版本時建議值由 0 變更為 1，參數設定值與理論依據，彙整如表 2-1 所示，依據使用手冊，SWAN 模式預設值為 Komen 理論，TaiCOMS 系統亦採用 Komen 等人(1984)之指數成長型理論及使用手冊建議參數值。

波與波間非線性交互作用項之三波交互作用項 S_{nl3} 中，各項參數如表 2-2，其中相稱係數(trfac)，使用手冊建議於 LTA 法採 0.05，SPB

法採 0.9，TaiCOMS 系統採用 0.8 進行模擬，其餘皆採用使用手冊建議值。

波與波間非線性交互作用項之四波交互作用項 S_{nl4} 中相關參數如表 2-3，TaiCOMS 系統皆採用手冊建議值，白帽消散項 $S_{ds,w}$ 之相關參數併同風浪成長項如表 2-1 內設定，TaiCOMS 系統之 SWAN 模式為 40.85 版，其白帽消散對波數之依賴係數採用 0 進行模擬，底床摩擦項 $S_{ds,b}$ 中相關參數形式如表 2-4，TaiCOMS 系統採用 JONswap 常數形式，碎波消散項 $S_{ds,br}$ 中相關參數形式如表 2-5，TaiCOMS 系統採用常數形式。

表 2-1 SWAN 風浪成長項及白帽理論參數及建議值

理論形式	參數	參數定義	參數值
Janssen(1981)	C_{ds}	白帽消散速率	4.1×10^{-5}
	δ	白帽對波數之係數	0.5
Komen(1984)	C_{ds}	白帽消散速率	2.36×10^{-5}
	δ	白帽對波數之係數	0
	stpm	PM 頻譜平均波浪尖銳度	3.02×10^{-5}
	powst	正規化波浪尖銳度之冪次	2 (使用手冊建議為 2，技術手冊建議為 4，本計畫以 p=2 進行模擬)
Westhuysen(Yan 1987、Van der Westhuysen2007)	C'_{ds}	相稱係數	5.0×10^{-5}
	B_r	方向角積分譜飽和度閾值	1.75×10^{-3}
	p_0	可率定參數	4

表 2-2 深海與淺水的波與波間非線性交互作用項(三波)

作用項	參數	參數定義	參數建議值
TRIad 三波交互作用	trfac	相稱係數	0.05 for LTA method 0.9 for SPB method 本計畫 TaiCOMS 採用 0.8
	cutfr	最大頻率/平均頻率之比值	2.5
	urcrit	臨界厄塞爾數 (Ursell number)	0.2
	urslim	最低厄塞爾數 (Ursell number)	0.01

表 2-3 深海與淺水的波與波間非線性交互作用項(四波)

作用項	參數	參數定義	參數建議值
QUADrupl 四波交互作用	iquad	數值計算指令	依不同計算法有不同建議值，預設 值為 2 (fully explicit computation of the nonlinear transfer)
	lambda	四波配置係數	2.5
	Cnl4	四波相稱係數	3×10^7
	Csh1	淺水縮放係數	5.5
	Csh2	淺水縮放係數	0.8333
	Csh3	淺水縮放係數	-1.25

表 2-4 SWAN 模式底床摩擦項參數

理論形式	參數	參數定義	參數建議值
JONswap Constant(1973)	cfjon	JONSWAP 公式之係數	0.038
COLLins(1972)	cfw	Collins 底床摩擦係數	0.015
MADsen(1988)	Kn	底床粗糙長度	0.05(m)
RIPples(Smith et al. 2011)	S	懸浮載比重	2.65
	D	懸浮載粒徑	0.0001(m)

表 2-5 SWAN 模式碎波消散項參數

理論形式	參數	參數定義	參數建議值
CONSTANT	alpha	消散速率之比率係數	1
	gamma	碎波指標，最大波高與水深比值	0.73
KD(考慮底床坡，無因次化水深)	alpha	消散速率之比率係數	1
	gamma0	底床坡度對應參數	0.54
	a1	第一碎波指標	7.59
	a2	第二碎波指標	-8.06
	a3	第三碎波指標	8.09

2.2 SWAN 模式相關研究

由於 SWAN 模式於國內外廣泛應用於近岸風浪模擬，本計畫概略蒐集 SWAN 模式參數探討之相關研究如下，李怡婷(1994)探討 SWAN、WAM、NWWIII、WAM/SWAN 等模式於計算時間、模擬結果差異，並討論模式白帽消散項中不同白帽消散速率(C_{ds})情況下，當 $C_{ds}=2.36 \times 10^{-5}$ 時，有越準確之模擬結果(如圖 2.1)。

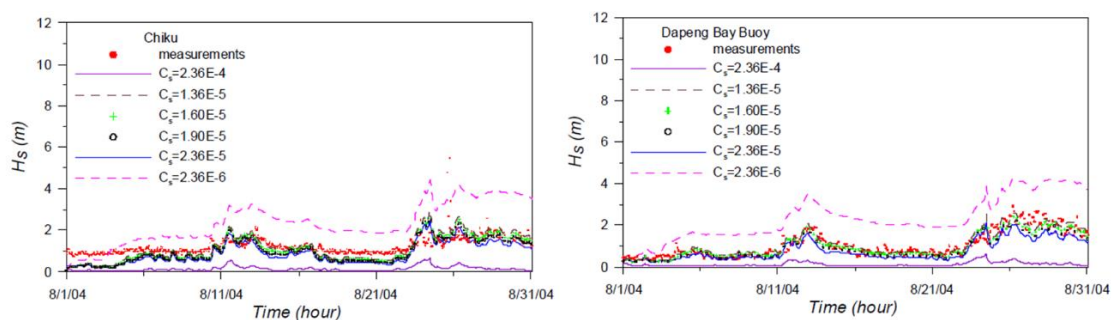
Qin 等人(2005)以均勻風場及空間變異性風場模擬美國德拉瓦灣之波高、週期、波向等結果，探討對風場資料之 SWAN 模式之敏感性，研究結果指出於，示性波高與尖峰週期於德拉瓦灣區對風場資料分布差異較不敏感，於灣內近出海口處及外海大陸區域，則對風場分布差異具有敏感性，如圖 2.2。

Yang 等人(2020)應用 SWAN 及 FVCOM(有限體積海洋海岸模式)，於 SWAN 模式風浪成長項採用 Westhuysen 理論參數模擬 2014、2015 年中國舟山群島海域之波流情形，可得良好驗證，如圖 2.3。

Son 等人(2021)應用 SWAN 模式風浪成長項，採用 ST6 參數，並依據 Rogers 等人(2012)之文獻建議之不同參數組合(DL1M1、UL1M4、UL2M2、UL4M4)及 Komen 理論參數，並以 3 種來源風場資料(KMA-RDAPS、ECMWF-ERA5、JMA-MSM)，模擬韓國東海(日本海)之冬季暴風波浪，比較其模擬結果，得出以 UL4M4 參數組搭配 ECMWF-ERA5 風場資料為最佳模擬方案之結論，如圖 2.4。

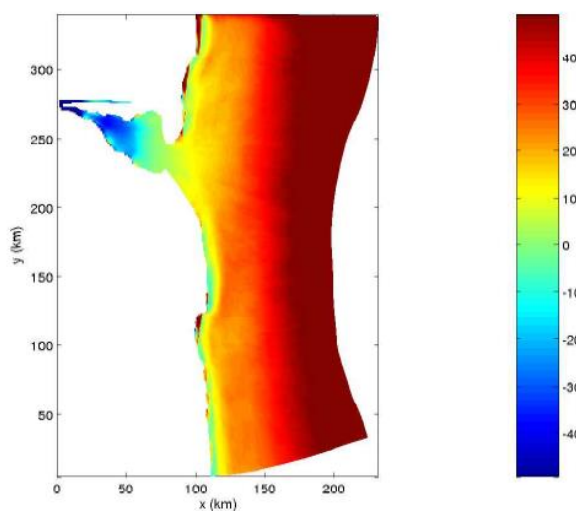
柳(2022)應用適合分別為 ADCIRC 模式與 SWAN 模式，將歷史颱風事件進行波浪-暴潮模擬，及影響風暴潮及波浪之參數敏感度分析，就 SWAN 參數敏感度部分，將模式白帽消散項參數各增減 50% 進行敏感度分析，如圖 2.5，其敏感度排序依次為 $\tilde{S}_{PM}(stpm)$ 、 $p(powst)$ 、 $C_{ds}(cds2)$ 。

本所前期計畫曾以變更 TaiCOMS 系統中 SWAN 模式白帽消散項之參數 $\delta(\delta)$ 、 $C_{ds}(cds2)$ ，比較變更後模擬結果之差異， δ 由 0 改為 1 後，示性波高與 TaiCOMS 模擬值相比無明顯差異， C_{ds} 由 2.36×10^{-5} 改為 2.36×10^{-4} 後，示性波高與 TaiCOMS 模擬值相比降低約 20%，平均週期模擬結果則差異不大，如圖 2.6、圖 2.7。



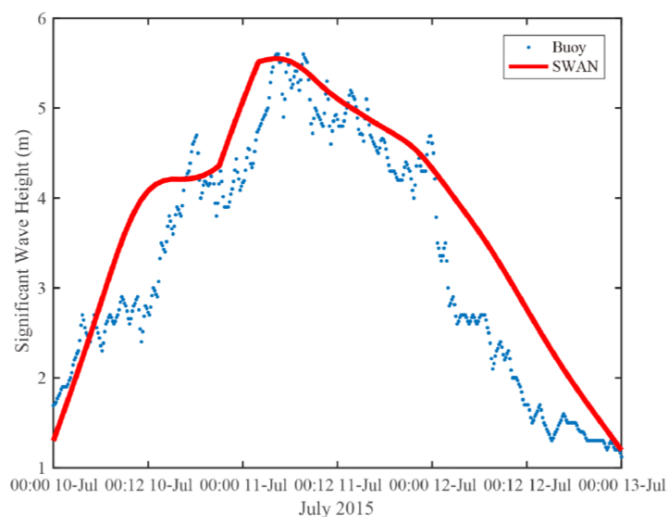
(來源：李怡婷，1994)

圖 2.1 七股與大鵬灣浮標站觀測及各 C_{ds} 模擬示性波高歷線圖



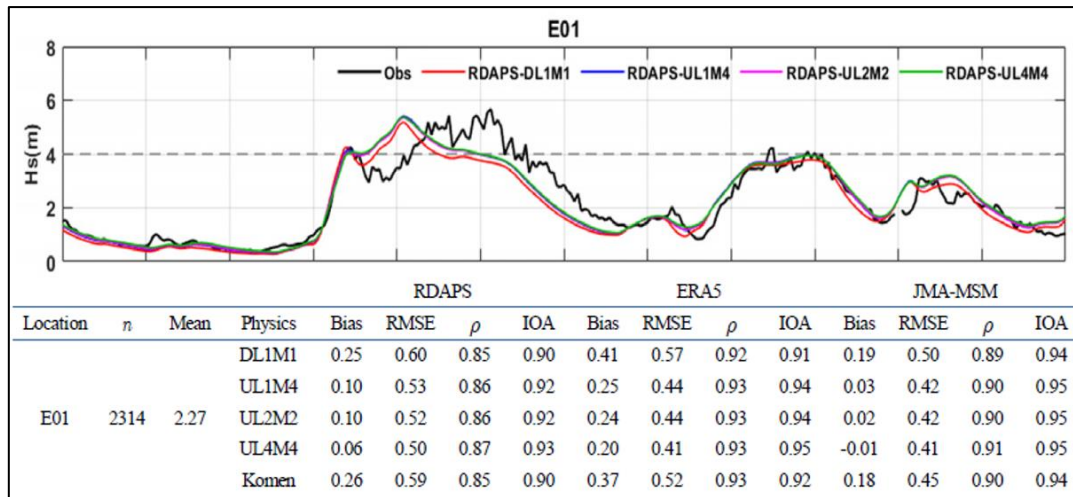
(來源：Qin 等，2021)

圖 2.2 均勻與非均勻風場之示性波高模擬值差異百分比分布圖



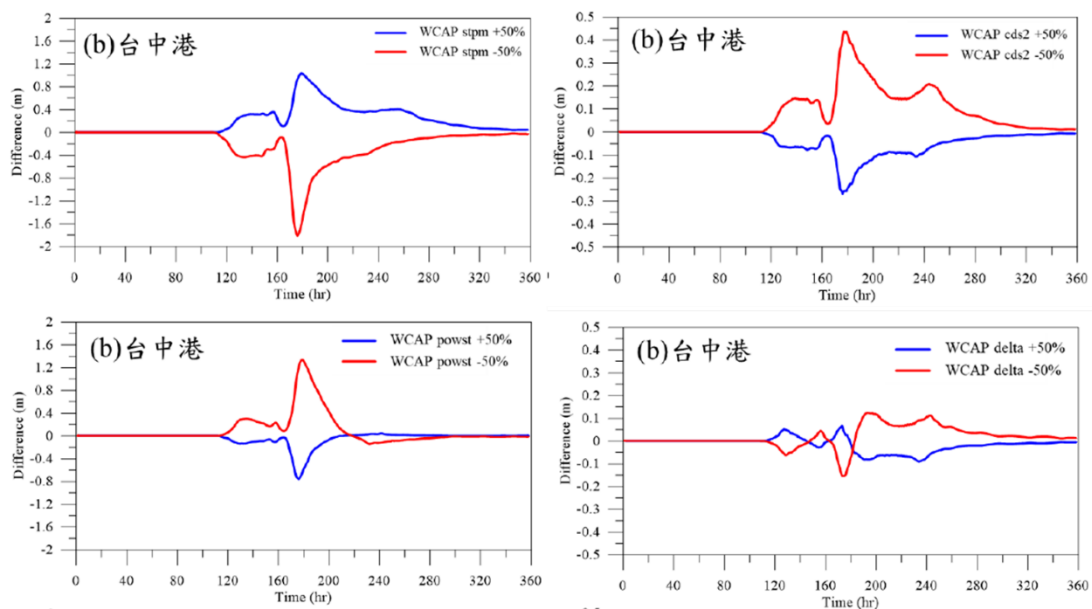
(來源：Yang 等人，2020)

圖 2.3 2014 年鳳凰颱風舟山群島浮標站觀測及模擬示性波高歷線圖



(來源：Son 等，2021)

圖 2.4 2014 年鳳凰颱風舟山群島浮標站觀測及模擬示性波高歷線圖



(來源：柳文成，2022)

圖 2.5 SWAN 模式白帽消散項參數敏感度分析模擬結果(蘇迪勒颱風)

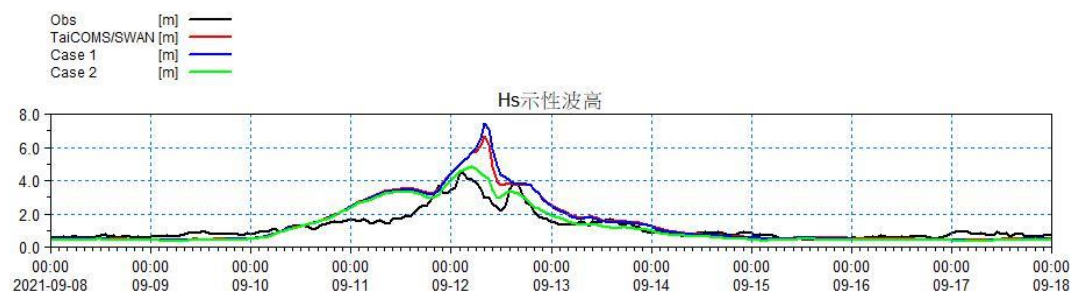


圖 2.6 燦樹颱風期間花蓮港示性波高模擬結果圖

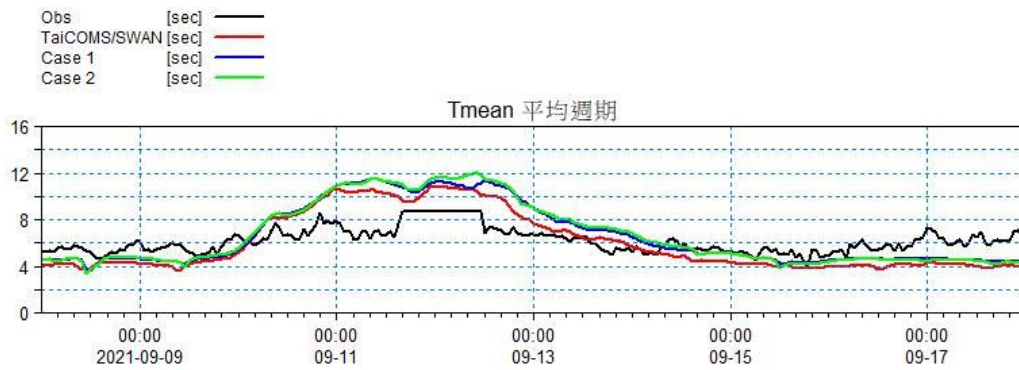


圖 2.7 璨樹颱風期間花蓮港平均週期模擬結果圖

2.3 模式架構與設定

本計畫以 TaiCOMS 架構中之波浪模擬系統為基礎，TaiCOMS 架構如圖 2.8，首先由風場處理系統採用中央氣象署提供之 WRF(Weather Research and Forecast)成員之 M04 風、氣壓場預報資料，如圖 2.9，經解碼後得兩者風、氣壓場解析度均為 15km 及 3km 之巢狀網格，以 WD01 及 WD02 表示，如圖 2.8 及表 2-6，將 WD01 及 WD02 風、氣壓場預報資料，分別擷取海平面高度 10m 之風場及海平面氣壓場資料，提供 TaiCOMS 使用，擷取後之資料依範圍及網格解析度區分為西太平洋風場及氣壓(以 WE01 表示)及臺灣海域風場及氣壓(以 WE02 表示)資料，WE01 及 WE02 風、壓場之範圍與網格資料如圖 2.10、表 2-7。

TaiCOMS 之波浪模擬系統包含遠域(大尺度)風浪模組、近域(中尺度)風浪模組及近海(小尺度)風浪模組，其中遠域及近域風浪模組分別以 WAM 模式模擬西太平洋、SWAN 模式模擬臺灣周圍海域範圍，近海風浪模組則包含澎湖海域、金門海域、馬祖海域及臺灣本島東南海域、西南海域、花蓮海域及蘇澳海域等 7 個模組，以 SWAN 模式進行模擬(本計畫取花蓮海域模組進行模擬)，由遠域風浪模組應用處理後之 WE01 風壓場資料執行模擬，產出近域風浪模組所需之開放邊界條件，再由近域風浪模組應用處理後之 WE02 風壓場資料及遠域風浪模組產出之開放邊界條件進行風浪模擬，產出方向波譜資料做為近海風浪模組之開放邊界條件，再由近海風浪模組模擬各海域之主要商港之海象預測模擬資訊(示性波高、週期、波向等)，其中於 SWAN 模

式在邊界條件設定中，為假定波浪能量遇到陸地邊界為完全消散(即無波浪能量反射)，外海開放邊界條件則假設無任何波浪能量由開放邊界外進入，但允許波浪能量可以由開放邊界內自由離開計算領域，各尺度風浪模式模擬範圍與使用之風浪模組資訊，如圖 2.11、圖 2.12 及表 2-8，及各尺度風浪模組輸出模擬值之位置及本所設置於花蓮港區波流觀測站位置，如圖 2.13、圖 2.14 及表 2-9。

由圖 2.15、圖 2.16 可看出，就璨樹颱風(路徑圖如圖 2.17)案例，遠域、近域及近海風浪模組之波高、週期模擬結果，可反應颱風於遠域之影響，可提供本計畫接續於風浪模組參數敏感度測試。

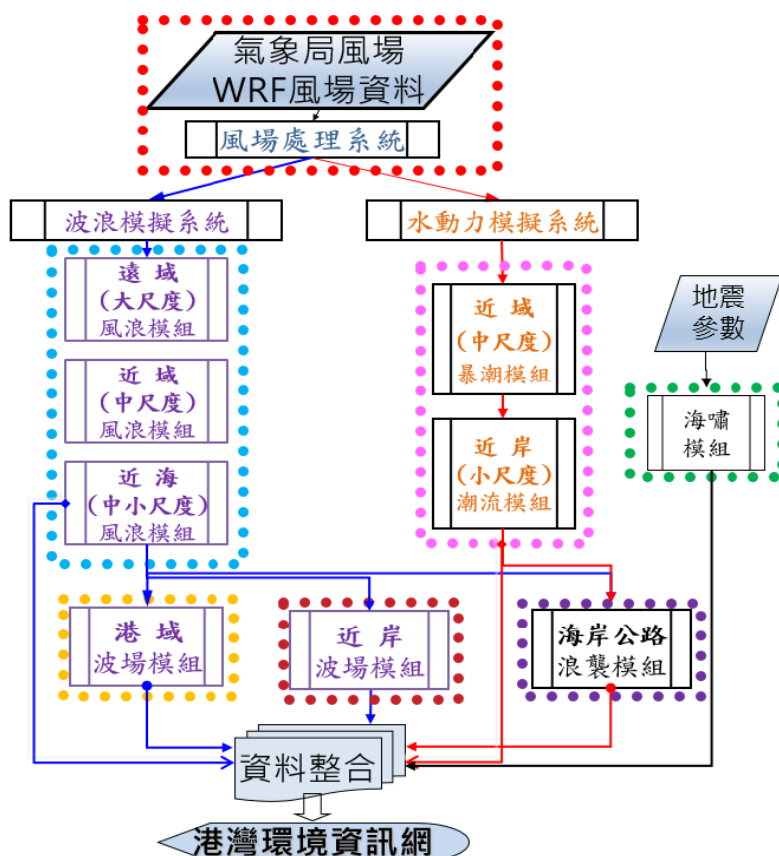


圖 2.8 TaiCOMS 架構圖

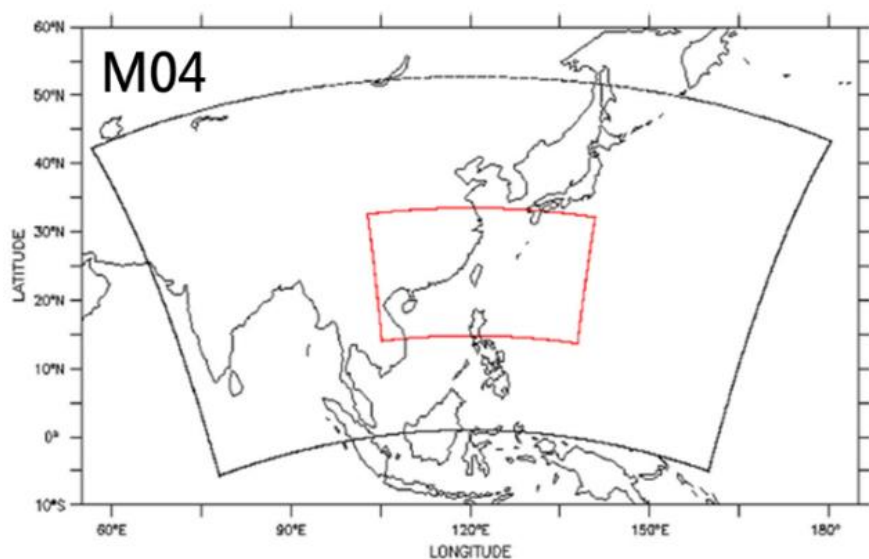


圖 2.9 中央氣象署 WRF 成員 M04 水平網格模擬範圍圖

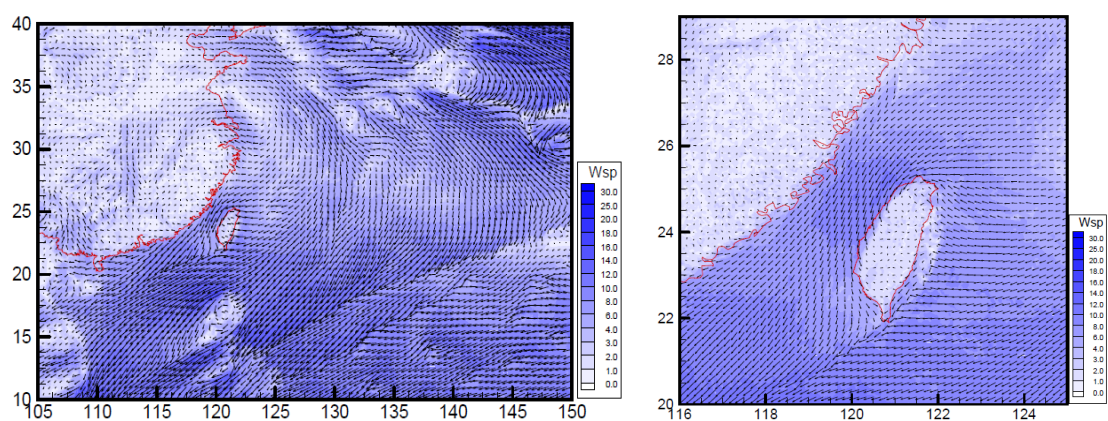


圖 2.10 TaiCOMS 作業化風壓場 WE01(左)、WE02(右)資料輸出範圍

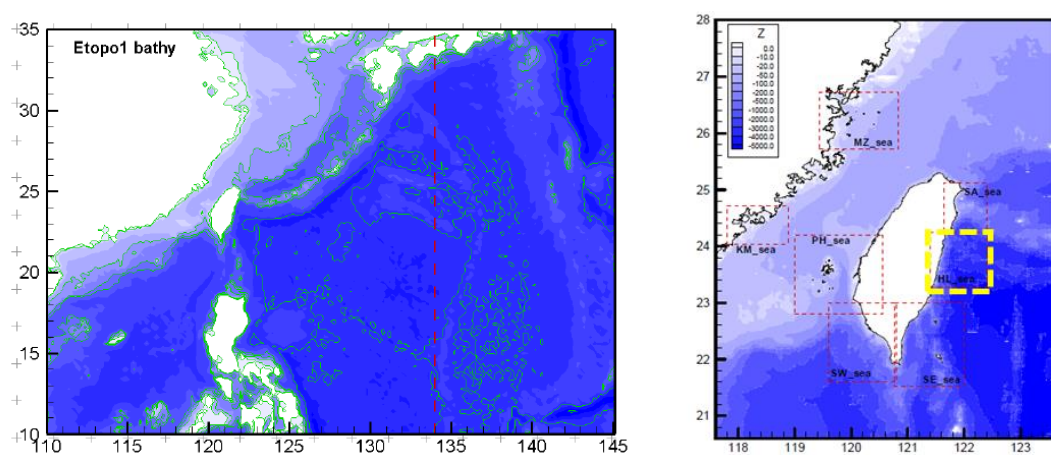


圖 2.11 遠域風浪模組(左)及近域風浪模組(右)模擬範圍

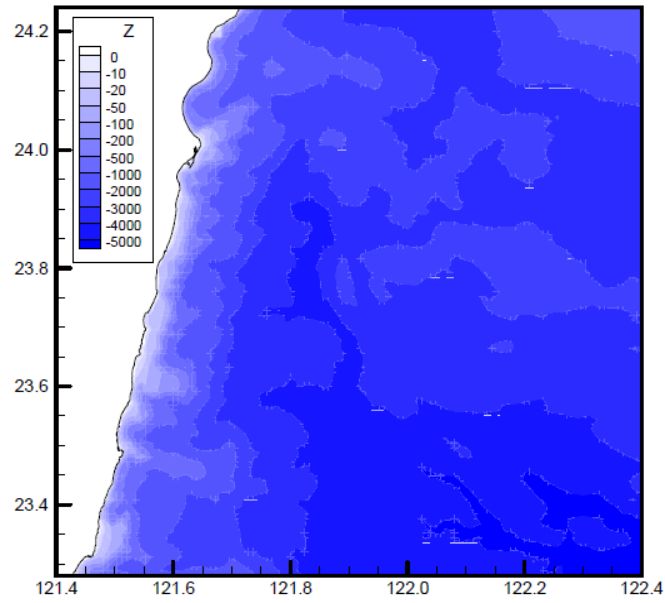


圖 2.12 近海風浪模組模擬範圍(花蓮海域)



圖 2.13 各尺度風浪模組於花蓮海域比對位置



圖 2.14 近海風浪模組驗證及波流觀測站位置(花蓮海域)

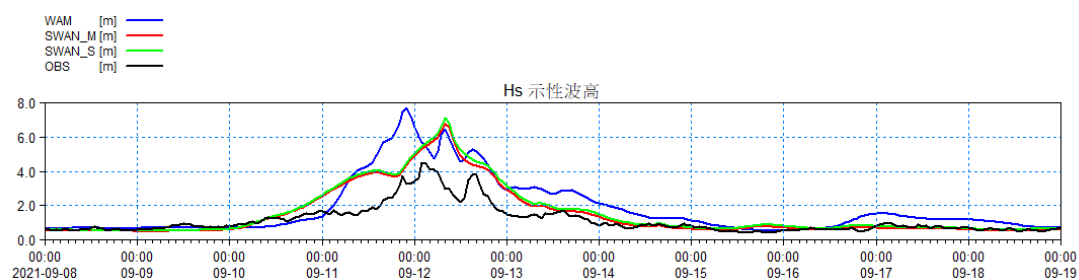


圖 2.15 璨樹颱風期間各尺度於花蓮海域之示性波高歷線圖

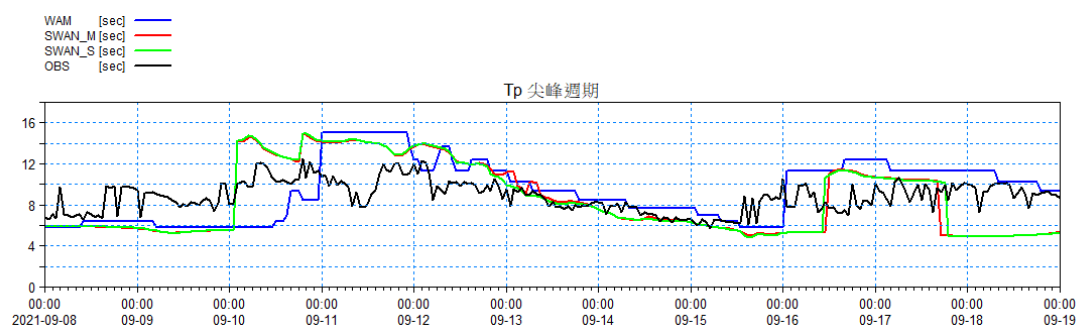


圖 2.16 璨樹颱風期間各尺度於花蓮海域之尖峰週期歷線圖

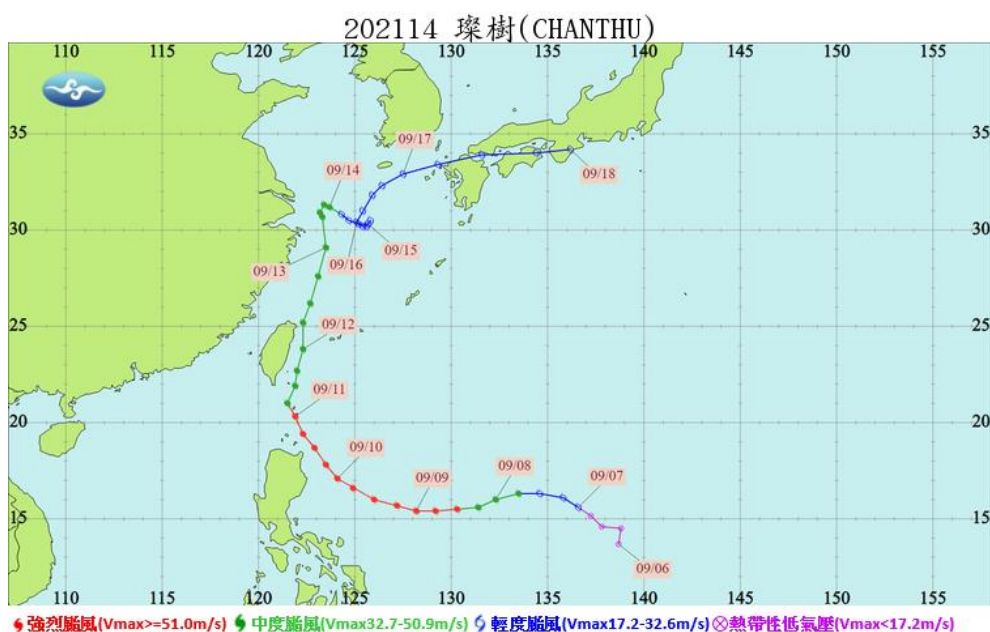


圖 2.17 璨樹颱風路徑圖

表 2-6 中央氣象署 WRF 成員 M04 水平兩層巢狀網格資訊表

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

表 2-7 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(°)	格點位置
西太平洋風場及氣壓 WE01	271×181	1/6°≈ 0.167°	左下點(10°N,105°E) 右上點(40°N,150°E)
臺灣海域風場及氣壓 WE02	271×271	1/30°≈ 0.033°	左下點(20°N,116°E) 右上點(29°N,125°E)

表 2-8 TaiCOMS 海象模擬作業化系統之各尺度模型網格表

模組	尺度	模擬範圍	解析度	數值模式	格點數
遠域風浪模組	大	10°N - 35°N 110°E - 145°E	0.2°	WAM	176×126
近域風浪模組	中	20.6°N - 28°N 117.6°E - 123.6°E	0.04°	SWAN	151×186
近海風浪模組 (花蓮海域)	小	23.28°N - 24.24°N 121.4°E - 122.4°E	0.008°	SWAN	126×121

表 2-9 TaiCOMS 近海風浪模組比對位置表

點位	位置座標
遠域風浪模組(大尺度)驗證位置	121.8°E 24° "N
近域風浪模組(中尺度)驗證位置	121.64°E 23.96°N
近海風浪模組(小尺度)驗證位置	121°38'24.00"E 23°57'7.20 "N
波流觀測站	121°37'33.65"E 23°58'1.98"N

第三章 花蓮海域風浪模組參數測試及影響評估

本章針對第二章提及近海(小尺度)風浪模組使用之 SWAN 模式進行探討，SWAN 模式由控制方程式中之波浪成長與消散之源函數(S_{tot})驅動，之風浪成長項(S_{in})以不同理論參數比較模擬結果差異，並針對理論內不同參數分析其敏感度差異。

3.1 研究方法

SWAN 模式中風浪成長項(S_{in})，依使用手冊說明可採用 Janssen(1981)、Komen(1984)、Van der Westhuysen (Yan, 1987、Van der Westhuysen, 2007)等人提出之理論進行驅動，且風浪成長項(S_{in})與白帽消散項($S_{ds,w}$)於模式中預設為使用相同理論參數，各理論分述如後。根據使用手冊說明，WAMDI 團隊(1988)修正 Hasselmann(1974)提出之理論，白帽消散項詳如 2.10 式、2.11 式：

其中 σ 為頻率、 $\bar{\sigma}$ 為平均頻率、 k 為波數、 $\bar{k}$ 為平均波數、 Γ 為波浪尖銳度係數、 $\tilde{S}$ 為平均波浪尖銳度、 $\tilde{S}_{PM}$ 為 Pierson-Moskowitz 頻譜的平均波浪尖銳度、 C_{ds} 為白帽消散速率、 p 波浪尖銳度之冪次、 δ 為白帽消散對波數之依賴係數，Janssen 及 Komen 理論參數皆適用 2.10 式、2.11 式，使用手冊建議若採用 Janssen 理論， $C_{ds}=4.1\times 10^{-5}$ 、 $\delta=0.5$ 、 $p=4$ ，若採用 Komen 理論， $C_{ds}=2.36\times 10^{-5}$ 、 $\delta=0$ 、 $p=2$ (使用手冊建議 $p=2$ ，技術手冊建議值為 $p=4$)，其中 δ 於 SWAN 40.91A 版本，建議值由 0 變更為 1。

而 Van der Westhuysen 等人(2007) 將能量消散模式分為碎波和非碎波兩部分，它們在頻譜的不同部分具有主導作用，如 3.1 式所示：

$$S_{ds,w}(\sigma, \theta) = f_{br}(\sigma)S_{ds,break} + [1 - f_{br}(\sigma)]f_{br}(\sigma)S_{ds,non-break} \quad (3.1)$$

$$S_{ds,break}(\sigma, \theta) = C'_{ds} \left(\frac{B(k)}{B_r} \right)^{p/2} (\tanh kh)^{(2-p_0)/4} \sqrt{gk} E(\sigma, \theta) \quad (3.2)$$

$$B(k) = \int_0^{2\pi} c_g k^3 E(\sigma, \theta) d\theta \quad (3.3)$$

其中 $S_{ds,break}$ 、 $S_{ds,non-break}$ 分別為碎波與非碎波之貢獻， C'_{ds} 為相

稱係數， p_0 為可率定參數、 $B(k)$ 為方向角積分譜飽和度、 c_g 為波群速度、 B_r 為飽和度之閾值、 ω 為尺度參數、依 SWAN 模式技術手冊說明， $C'_{ds}=5.0 \times 10^{-5}$ 、 $B_r=1.75 \times 10^{-3}$ ，當 $B(k) > B_r$ 時為碎波， $B(k) < B_r$ 時為非碎波。

ST6 形式為 Rogers 等人(2012)分為局部消散項和非累積消散項兩部分，其表示如 3.4 式至 3.6 式所示，式中參數： L 、 M 為可率定參數， a_1 、 a_2 可率定冪次，參數建議值可參考 Rogers 等人(2012)以現場觀測數據計算推得知結果。

$$S_{ds}(f, \theta) = [T_1(f, \theta) + T_2(f, \theta)]N(f, \theta) \quad (3.4)$$

$$T_1(f, \theta) = a_1 A(f) f \left[\frac{\Delta(f)}{\bar{E}(f)} \right]^L E(f, \theta) \quad (3.5)$$

$$T_2(f, \theta) = a_2 \left[\int_0^k A(f') \right] \left[\frac{\Delta(f)}{\bar{E}(f)} \right]^M df' E(f, \theta) \quad (3.6)$$

前述 Janssen、Komen、Van der Westhuysen、ST6 等形式之參數，整理如表 3-1，參數值皆採用 SWAN 模式使用手冊之建議值(及預設值)，唯 Komen 理論之 δ ，雖 SWAN 40.91A 及後續版本建議值為 1，因本所 TaiCOMS 系統以 SWAN 40.85A 版本運行仍以 $\delta=0$ 進行模擬，故此處仍以 $\delta=0$ 進行模擬，另 SWAN 40.85A 版本無 Rogers 等人發展之 ST6 形式參數，故本節以 Janssen、Komen、Van der Westhuysen 等 3 種理論參數，分別模擬 111 及 112 年對花蓮較有影響之颱風期間，比較其模擬結果差異。

表 3-1 SWAN 各理論參數及建議值

理論形式	參數	參數定義	參數值
Janssen(1981)	C_{ds}	白帽消散速率	4.1×10^{-5}
	δ	白帽對波數之係數	0.5
Komen(1984)	C_{ds}	白帽消散速率	2.36×10^{-5}
	δ	白帽對波數之係數	0
	stpm	PM 頻譜平均波浪尖銳度	3.02×10^{-5}
	powst	正規化波浪尖銳度之冪次	2 (使用手冊建議為 2，技術手冊建議為 4，本計畫以 p=2 進行模擬)
Westhuysen(Yan 1987、Van der Westhuysen2007)	C'_{ds}	相稱係數	5.0×10^{-5}
	B_r	方向角積分譜飽和度閾值	1.75×10^{-3}
	p_0	可率定參數	4
ST6(Rogers et al. 2012)	L	可率定參數	Rogers 建議 4 組參數
	M	可率定參數	
	a_1	可率定冪次	
	a_2	可率定冪次	

3.2 Janssen、Komen、Van der Westhuysen 參數比較分析

以表 3-1 所 Janssen、Komen、Van der Westhuysen 等 3 種理論參數，分別模擬 2021 及 2022 年 4 場颱風期間(璨樹、圓規、軒蘭諾、及梅花颱風)之模擬結果及颱風路徑圖，如圖 3.1 至圖 3.24，示性波高模擬結果顯示，璨樹颱風期間，Janssen 與其他理論參數模擬值偏低之外，且 Janssen 之模擬示性波高達最高點後以較快趨勢下降(圖 3.1)，3 種理論參數之波高模擬值與觀測值相比皆有高估情況，於圓規、軒蘭諾、梅花颱風期間，示性波高幾乎無明顯差異(圖 3.7、圖 3.13、圖 3.19)，但軒蘭諾颱風期間，Komen 模擬值之示性波高模擬值與 Janssen

和 Van der Westhuysen 相比，波高上升速度較慢，但波高之最大值最大。以尖峰週期模擬結果而言(圖 3.2、圖 3.8、圖 3.14、圖 3.20)，3 種理論形式模擬結果無明顯差異。

以平均週期模擬結果而言，璨樹颱風期間(圖 3.3)，可看出於 2021/9/10 至 2021/9/14 之間，呈現 Janssen > Westhuysen > Komen 之現象，且 3 種理論參數之模擬值與觀測值相比皆高估，於 2021/9/11 至 2021/9/12，觀測及模擬之示性波高、平均週期逐漸增加期間，觀察圖 3.5 之波浪能譜變化，3 種參數波譜差異由頻率 0.2 以上(週期 5 秒以下)轉變為頻率 0.15 以上(週期 6.67 秒以下)，圓規颱風期間於 2021/10/10 至 2021/10/14 間(圖 3.9)，亦呈現 Janssen > Westhuysen > Komen 之現象，Janssen 與 Westhuysen 模擬結果之間較為接近，期間 2021/10/10 至 2021/10/11 之波高增加期間，3 種參數波浪能譜由一致轉變為頻率 0.17 以上(週期 5.88 秒以下)產生差異(圖 3.11)，軒蘭諾颱風期間則於 2022/9/1 至 2022/9/6 間呈現 Komen 相對偏低之現象(圖 3.15)，Janssen 與 Westhuysen 模擬結果差異極小，於 2022/9/1 至 2022/9/3 波高增加期間，波譜差異由頻率 0.225 以上(週期 4.44 秒以下)轉變為頻率 0.12 以上(週期 8.33 秒以下)，如圖 3.17，梅花颱風期間亦呈現 Komen 相對偏低現象(圖 3.21)，於 2022/9/10 至 2022/9/12 波高增加期間，波譜差異由頻率 0.225 以上(週期 4.44 秒以下)轉變為頻率 0.12 以上(週期 8.33 秒以下)，如圖 3.23。以平均波向模擬結果而言，於璨樹颱風遠離臺灣周圍後之 2021/9/16 至 2022/9/18 間，Janssen 異於與其餘 2 種理論參數，如圖 3.4，其餘颱風期間之平均波向均無參數差異之分別，如圖 3.10、圖 3.16、圖 3.22。

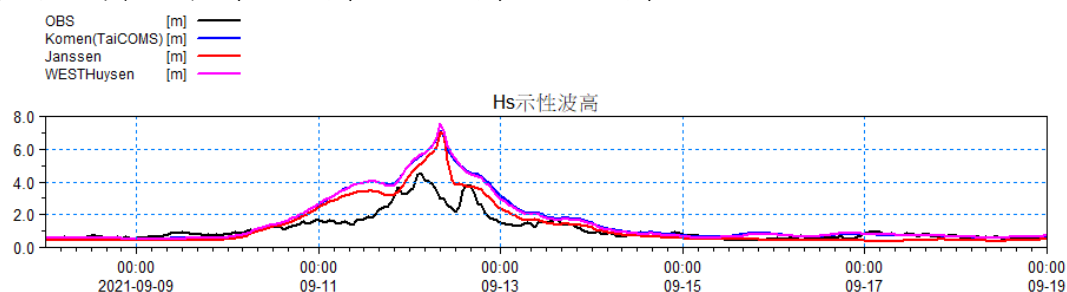


圖 3.1 璨樹颱風期間不同理論參數之示性波高歷線圖

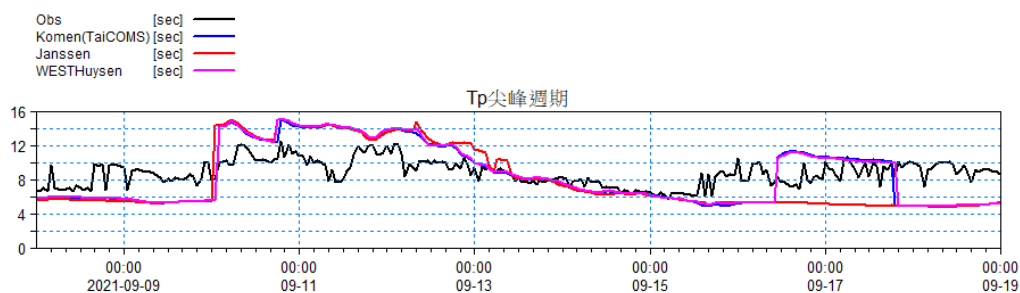


圖 3.2 璨樹颱風期間不同理論參數之尖峰週期歷線圖

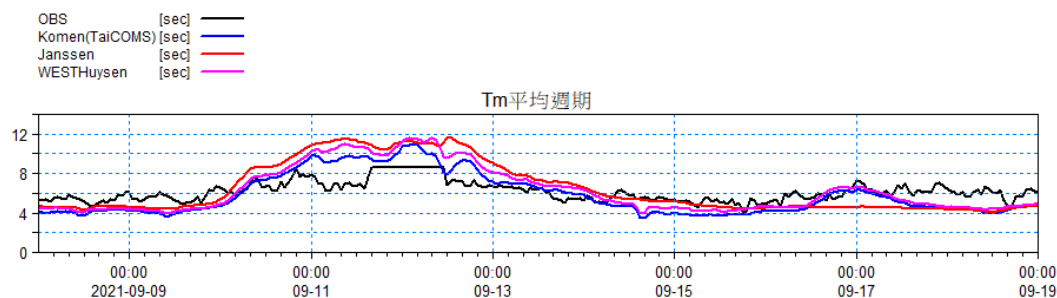


圖 3.3 璨樹颱風期間不同理論參數之平均週期歷線圖

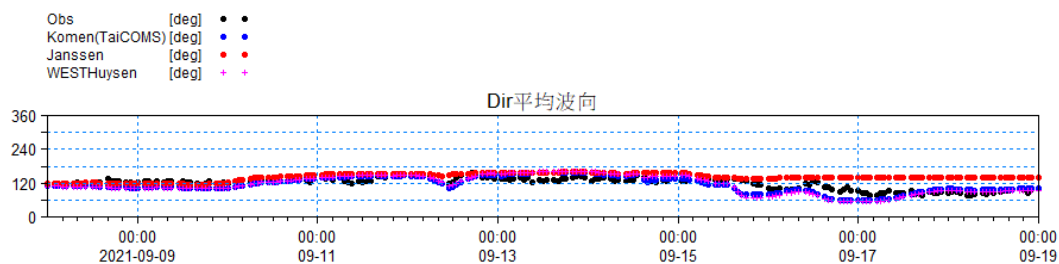


圖 3.4 璨樹颱風期間不同理論參數之平均波向歷線圖

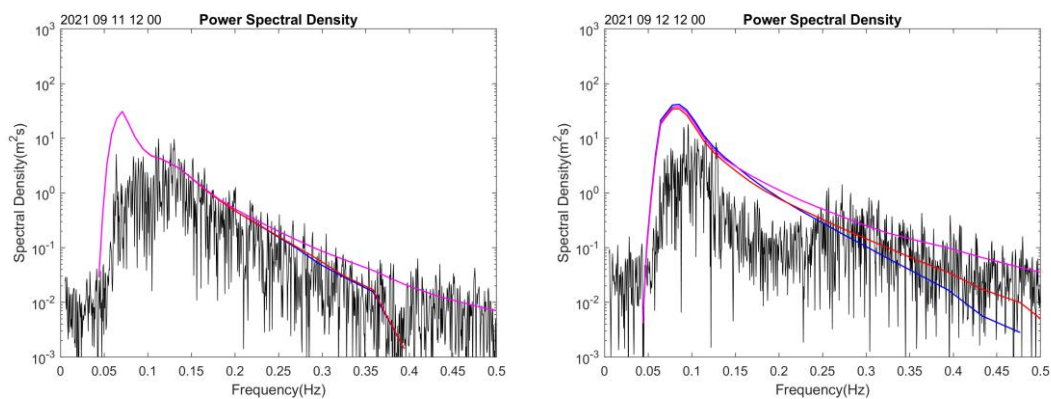


圖 3.5 璨樹颱風期間不同理論參數與觀測波浪能譜比較圖

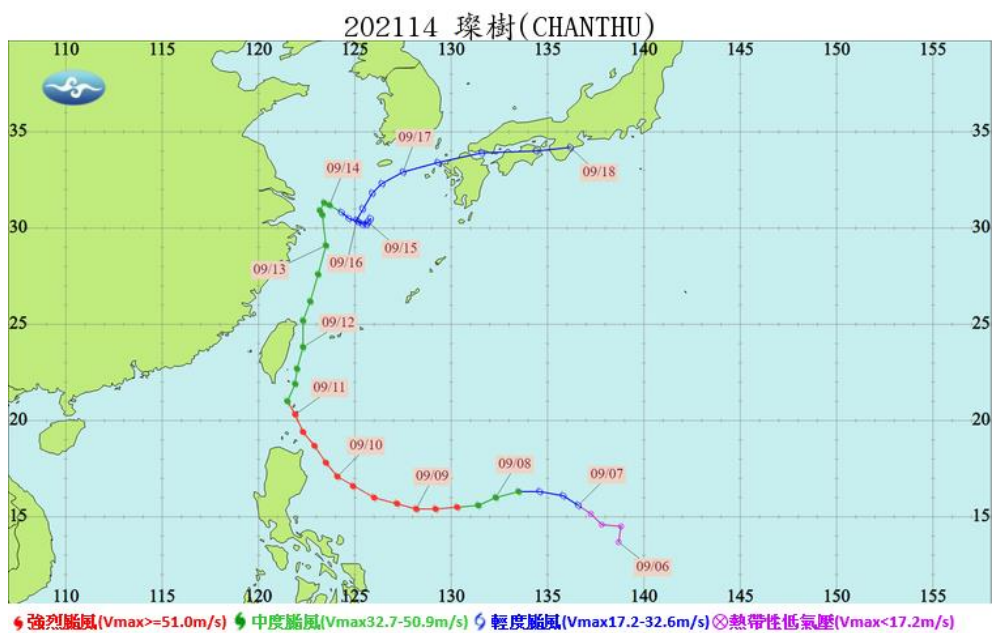


圖 3.6 璨樹颱風路徑圖

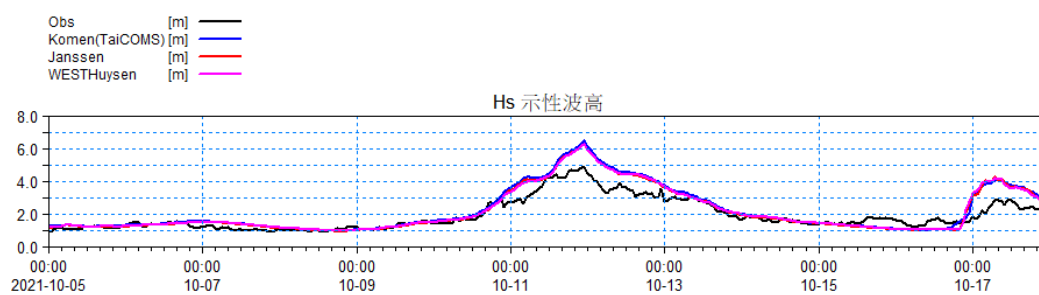


圖 3.7 圓規颱風期間不同理論參數之示性波高歷線圖

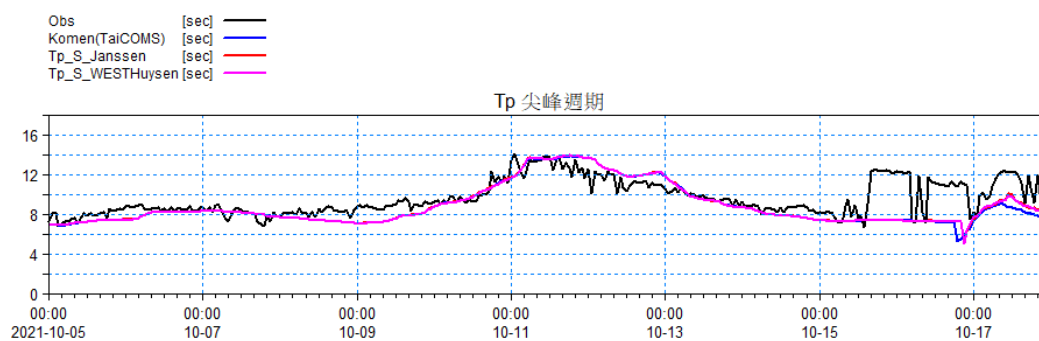


圖 3.8 圓規颱風期間不同理論參數之尖峰週期歷線圖

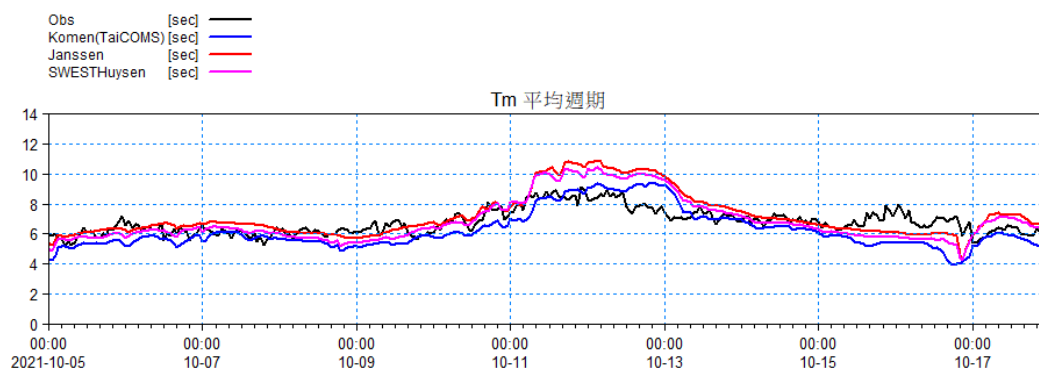


圖 3.9 圓規颱風期間不同理論參數之平均週期歷線圖

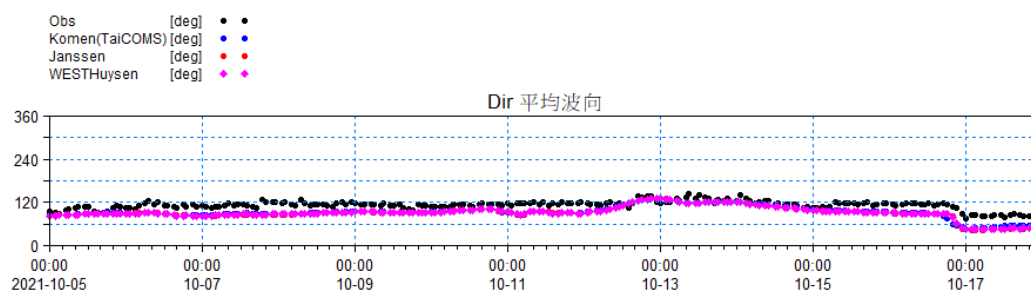


圖 3.10 圓規颱風期間不同理論參數之平均波向歷線圖

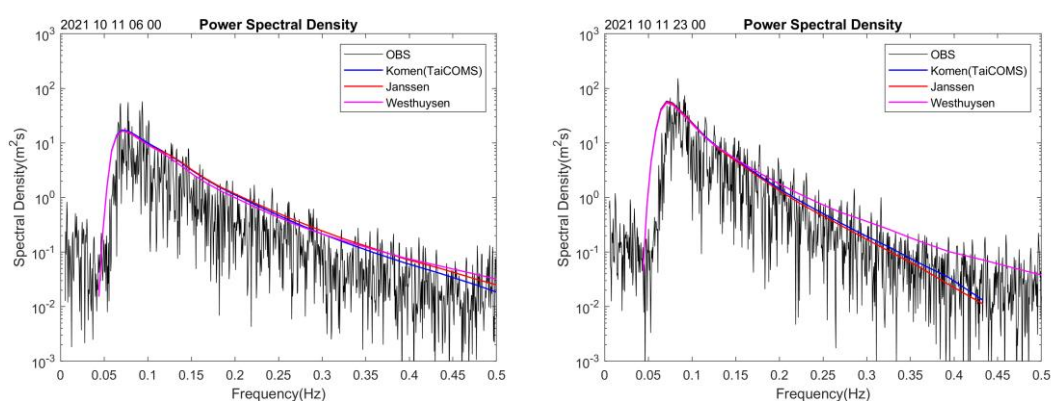


圖 3.11 圓規颱風期間不同理論參數與觀測波浪能譜比較圖

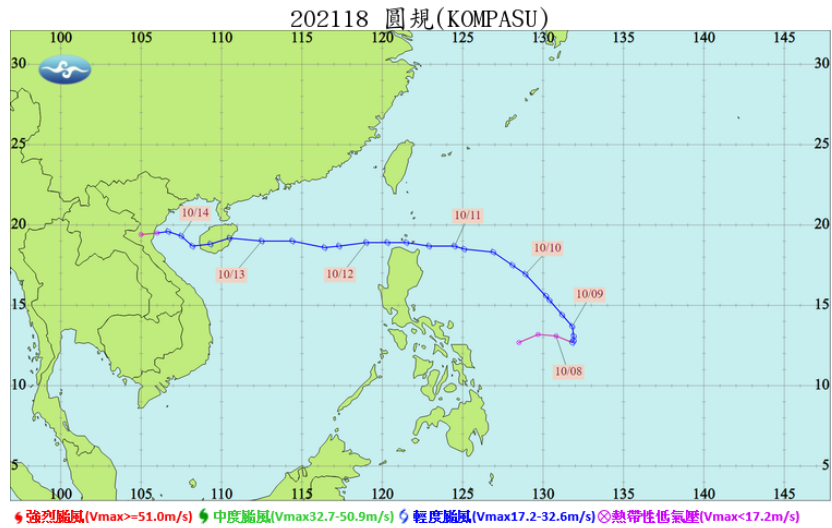


圖 3.12 圓規颱風路徑圖

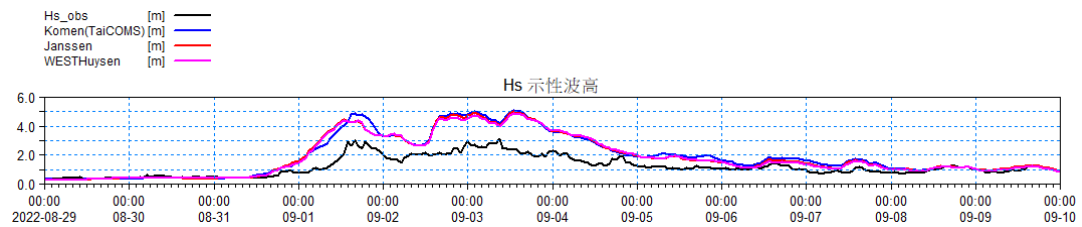


圖 3.13 軒蘭諾颱風期間不同理論參數之示性波高歷線圖

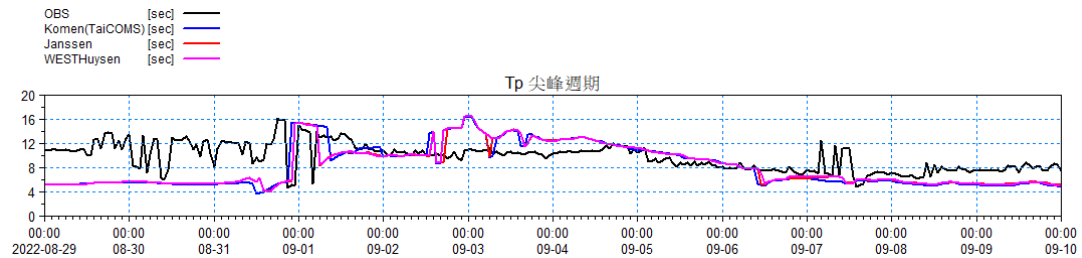


圖 3.14 軒蘭諾颱風期間不同理論參數之尖峰週期歷線圖

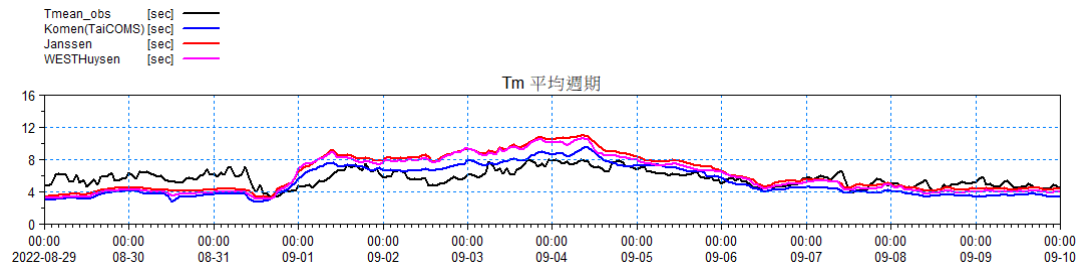


圖 3.15 軒蘭諾颱風期間不同理論參數之平均週期歷線圖

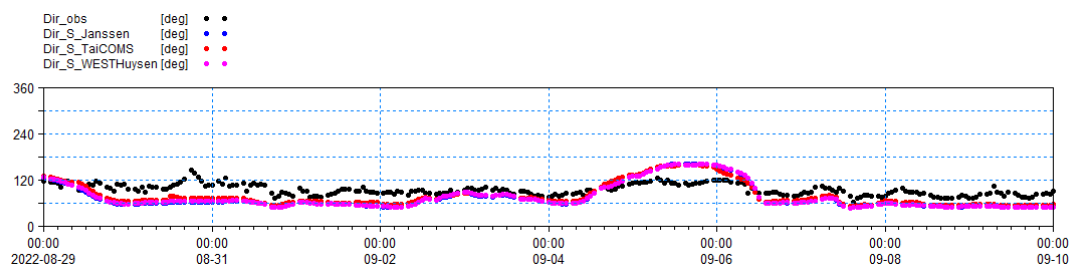


圖 3.16 軒蘭諾颱風期間不同理論參數之平均波向歷線圖

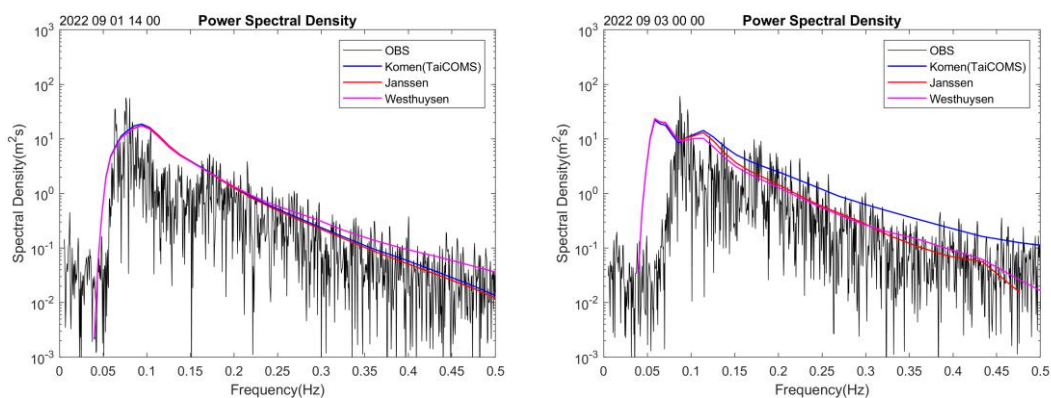


圖 3.17 軒蘭諾颱風期間不同理論參數與觀測波浪能譜圖

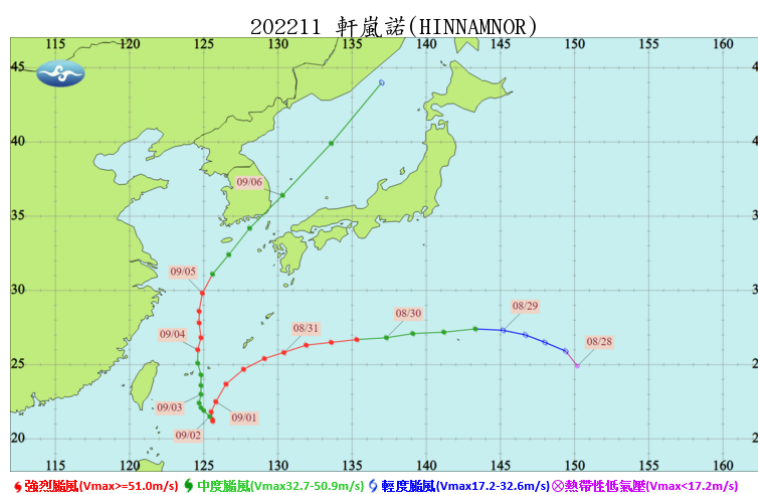


圖 3.18 軒蘭諾颱風路徑圖

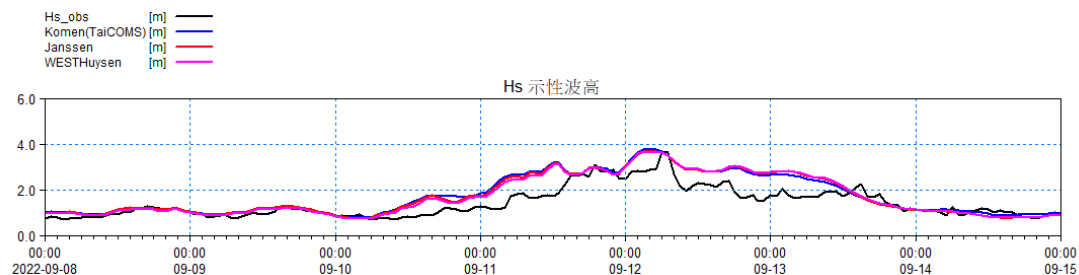


圖 3.19 梅花颱風期間不同理論參數之示性波高歷線圖

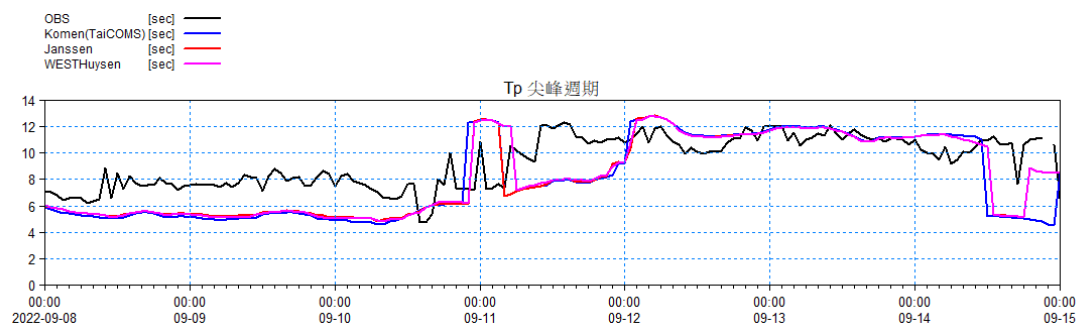


圖 3.20 梅花颱風期間不同理論參數之尖峰週期歷線圖

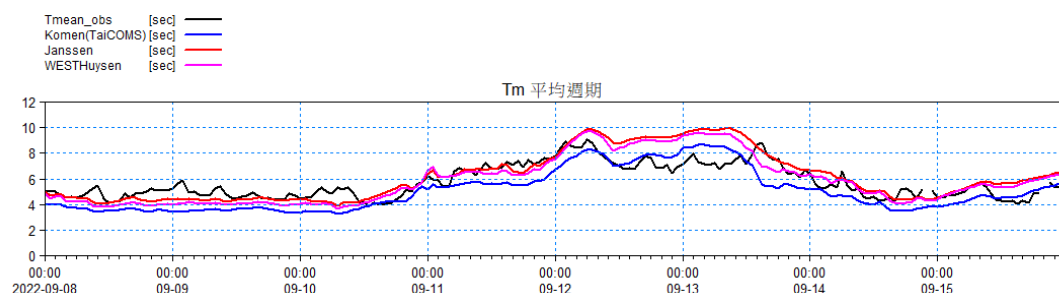


圖 3.21 梅花颱風期間不同理論參數之平均週期歷線圖

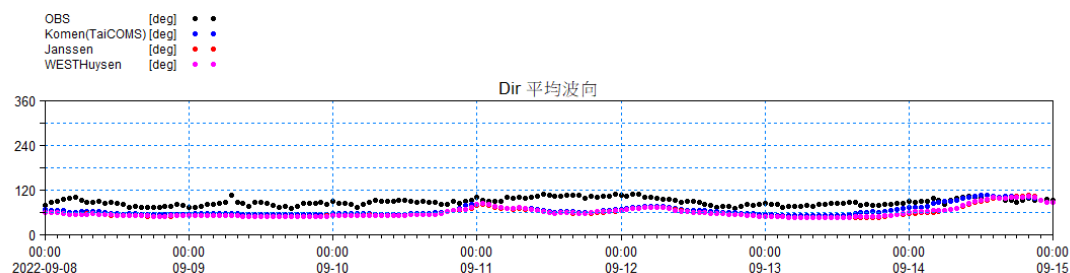


圖 3.22 梅花颱風期間不同理論參數之平均波向歷線圖

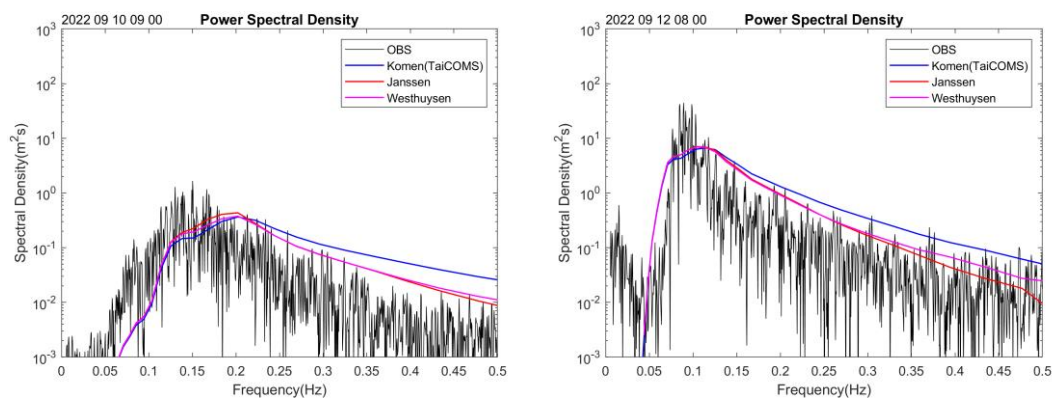


圖 3.23 梅花颱風期間不同理論參數與觀測波浪能譜圖

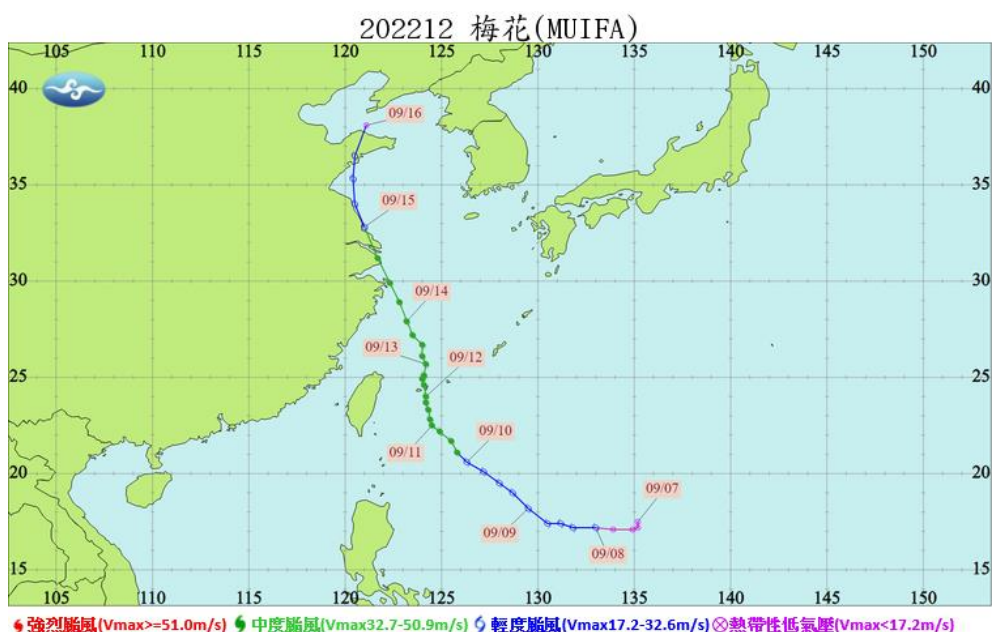


圖 3.24 梅花颱風路徑圖

3.3 參數敏感度比較分析

本節以本所 TaiCOMS 系統中使用之 SWAN 模式，採用 Komen 理論之參數進行敏感度探討，參考柳文成(2022)，SWAN 模式風浪/白帽消散項參數分別增減 50%後進行模擬，與原參數設定值模擬結果比較，本計畫選擇表 3-1 中白帽消散速率(C_{ds})、PM 頻譜平均波浪尖銳度($\tilde{S}_{PM}$)、波浪尖銳度之冪次(p)等 3 種參數進行敏感度探討，各參數增減 50%之敏感度探討列表如表 3-2。

表 3-2 SWAN 模式參數風浪/白帽消散項參數敏感度測試表

	C_{ds}	$\tilde{S}_{PM}$	p
原始值	2.36×10^{-5}	3.02×10^{-5}	2
原始值+50%	3.54×10^{-5}	4.53×10^{-5}	3
原始值-50%	1.68×10^{-5}	1.51×10^{-5}	1

3.3.1 白帽消散速率敏感度探討

將 SWAN 模式風浪/白帽消散項中，白帽消散速率參數值分別增減 50%進行模擬，模擬結果及模擬結果與原參數差異如圖 3.25 至圖 3.52 所示，黑線表示參數原始值模擬結果，藍線表示 C_{ds} 增加 50%後

之模擬結果，紅線表示 C_{ds} 減少 50%後之模擬結果。

普遍來說示性波高、尖峰週期、平均週期、平均波向在增減 C_{ds} 50%後，模擬結果差異皆不大，其中示性波高與 C_{ds} 的增減呈現負相關，增加 C_{ds} 設定值後，示性波高模擬結果與 C_{ds} 原設定值相比略減，示性波高在增減 C_{ds} 50%後，以璨樹之模擬值來看，減少 C_{ds} 50%後與 TaiCOMS 示性波高模擬值相比，差異最大達 1.135m，圓規颱風期間，差異最大達 0.626m，璨樹及圓規颱風期間，增加 C_{ds} 50%後與 TaiCOMS 示性波高模擬值相比，波高模擬值減少範圍皆在 0.5m 以內，軒蘭諾颱風期間則出現不同特性，於 9/1 至 9/2 間示性波高逐漸增加，增加 C_{ds} 50%之模擬值提前出現波高衰減，減少 C_{ds} 50%之模擬值持續至 9/4 後示性波高才下降，較符合觀測值之變化趨勢，梅花颱風期間則與圓規颱風相似，增減 C_{ds} 50%後與 TaiCOMS 之模擬值差異皆不大，9/2 之後波高變化與觀測值變化趨勢相符，此 4 場颱風案例可約略看出，減少 C_{ds} 50%後之模擬值與 TaiCOMS 模擬值相比，差異較大。

平均週期模擬結果與 C_{ds} 原設定值相比略增，平均週期模擬結果就 4 場颱風之歷線圖不易觀察，取與 TaiCOMS 之模擬值相減之歷線圖可看出，平均週期與 C_{ds} 的增減約呈正相關，增加 C_{ds} 設定值後，改變量約於 1 秒之內，取各颱風期間之示性波高及平均週期最大差異，彙整如表 3-3，可看出示性波高及平均週期對減少 C_{ds} 設定值比增加 C_{ds} 設定值更為敏感。

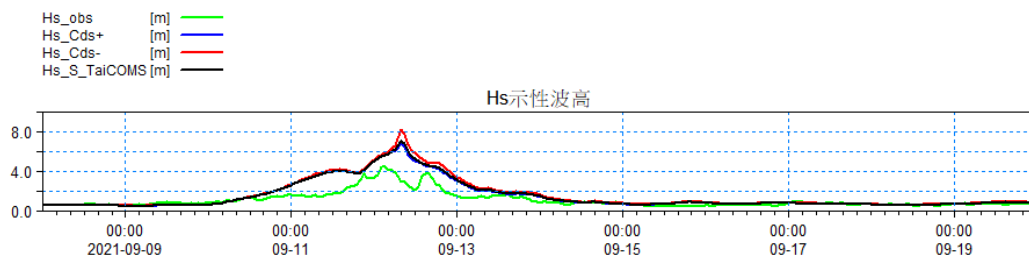


圖 3.25 璨樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高歷線圖

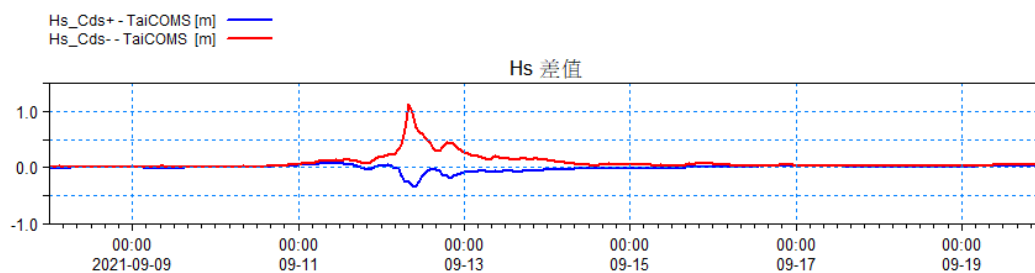


圖 3.26 璨樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高差值歷線圖

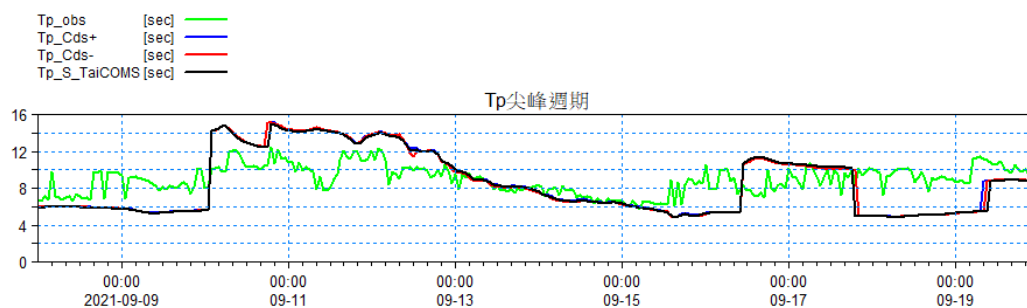


圖 3.27 璨樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期歷線圖

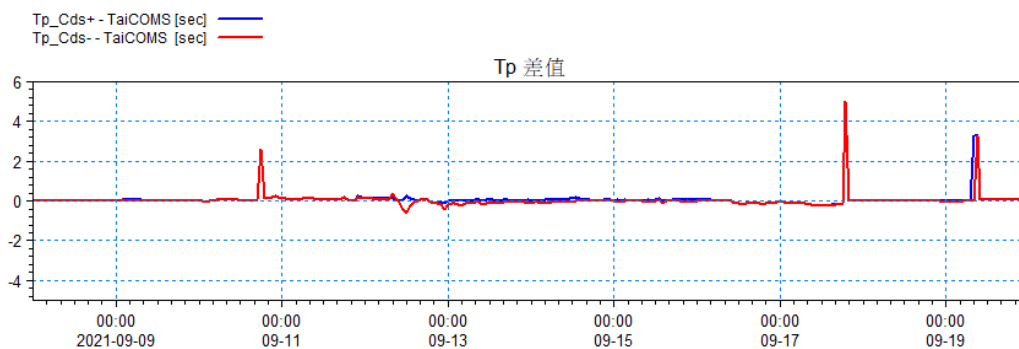


圖 3.28 璨樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

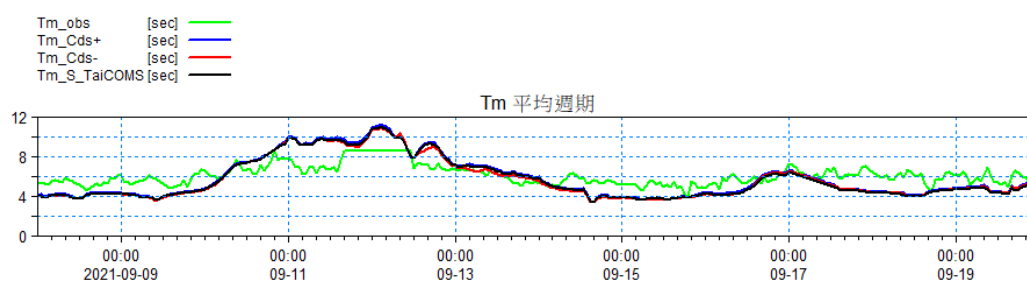


圖 3.29 璨樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期歷線圖

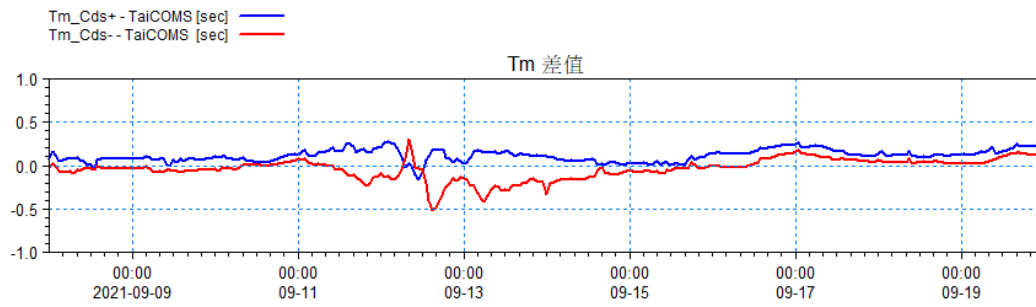


圖 3.30 璨樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期差值歷線圖

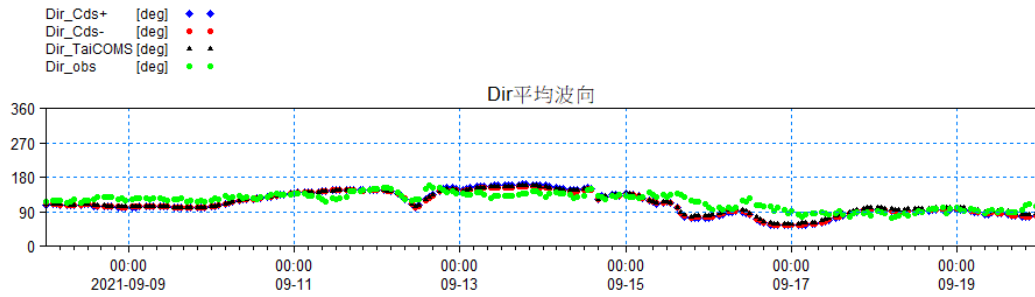


圖 3.31 璨樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均波向歷線圖

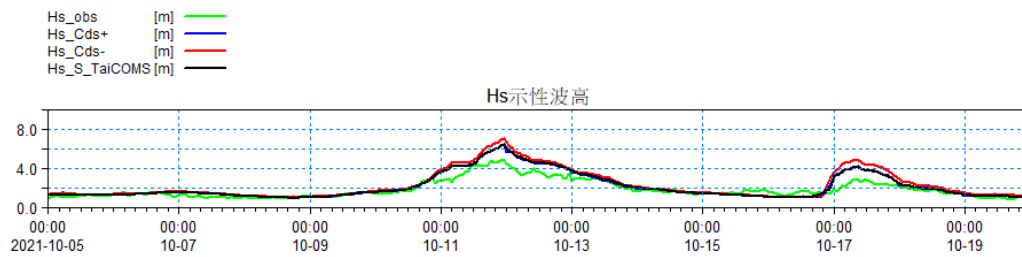


圖 3.32 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高歷線圖

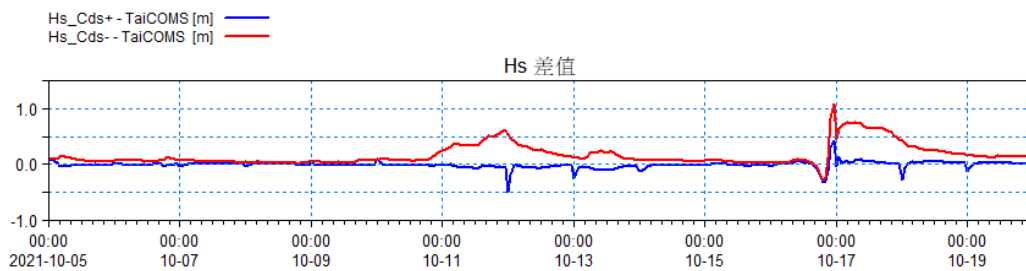


圖 3.33 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高差值歷線圖

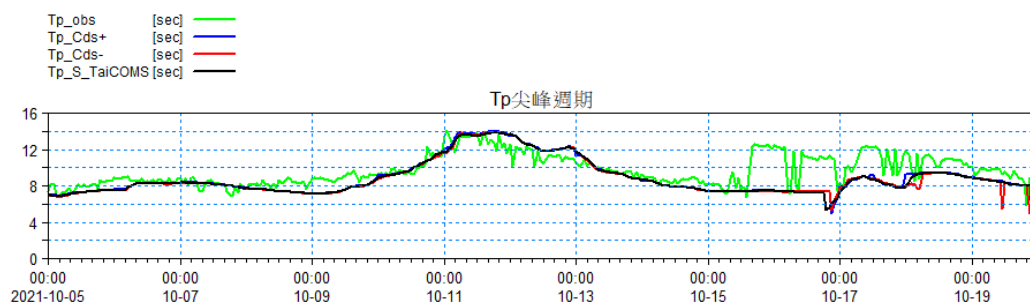


圖 3.34 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期歷線圖

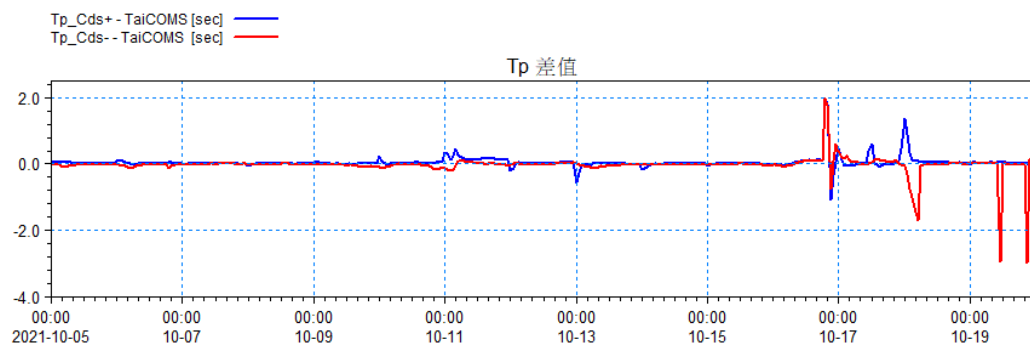


圖 3.35 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

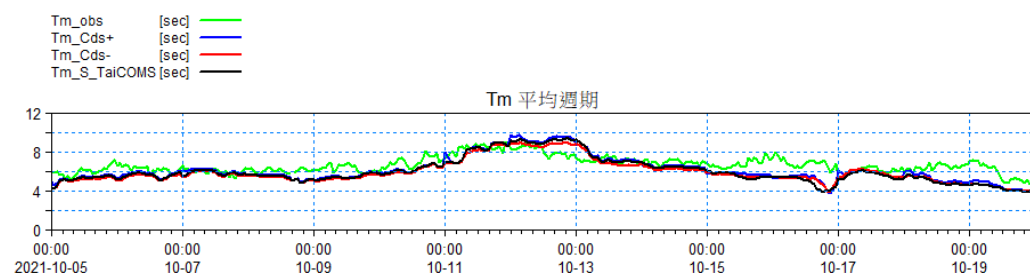


圖 3.36 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期差值歷線圖

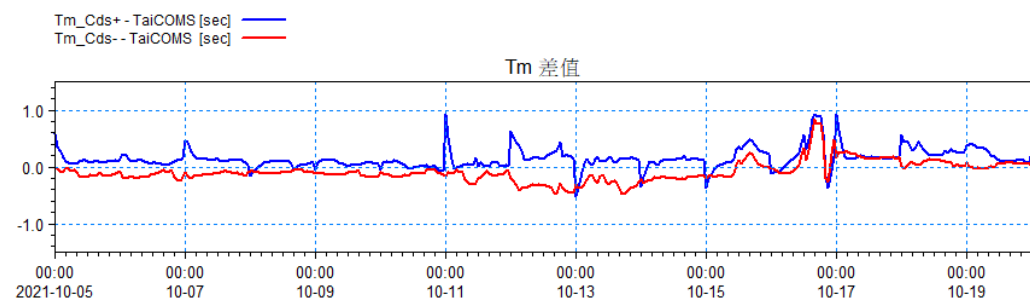


圖 3.37 圓規颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期差值歷線圖

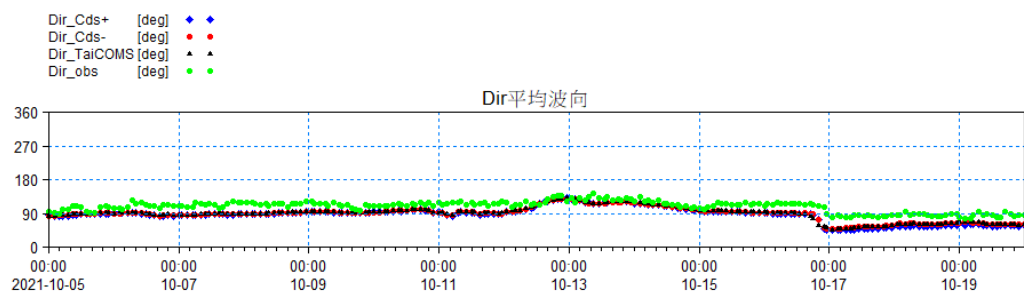


圖 3.38 璨樹颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均波向歷線圖

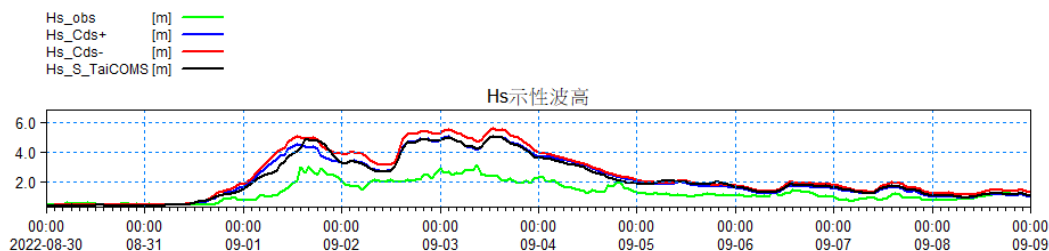


圖 3.39 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高歷線圖

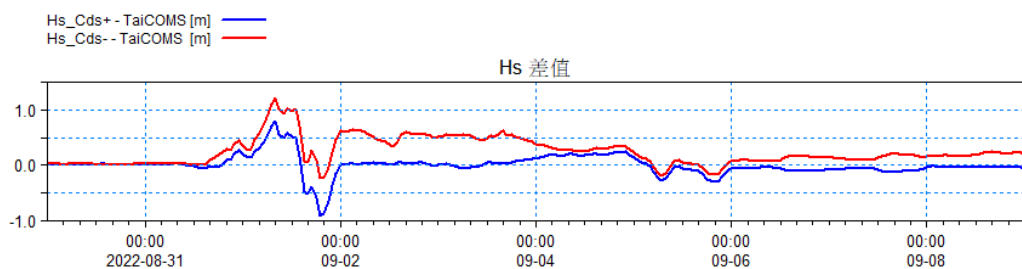


圖 3.40 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高差值歷線圖

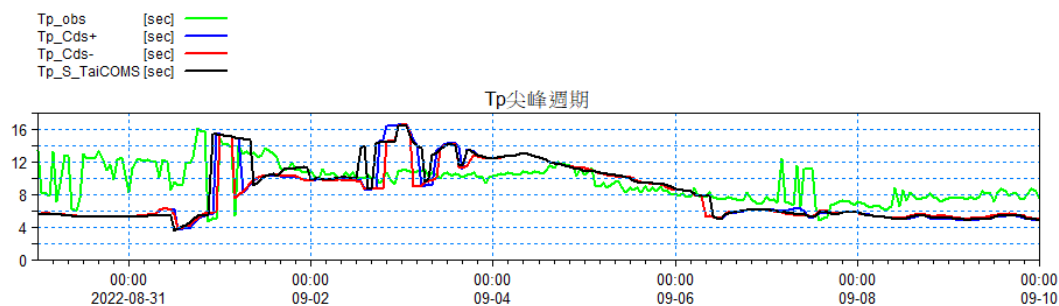


圖 3.41 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期歷線圖

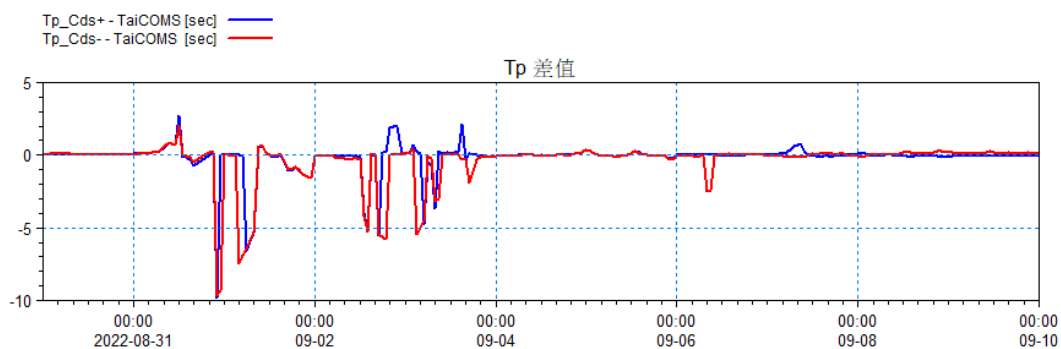


圖 3.42 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

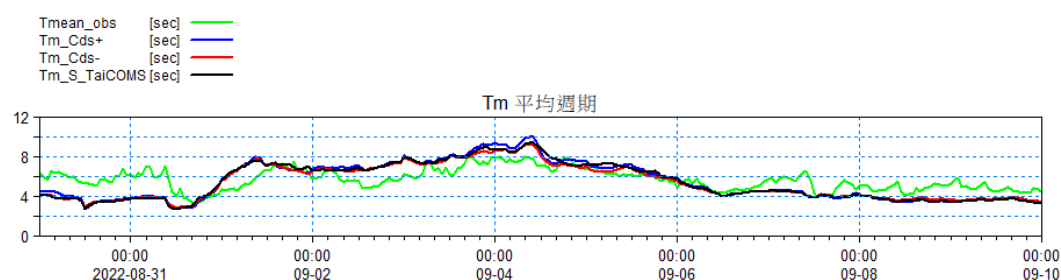


圖 3.43 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期歷線圖

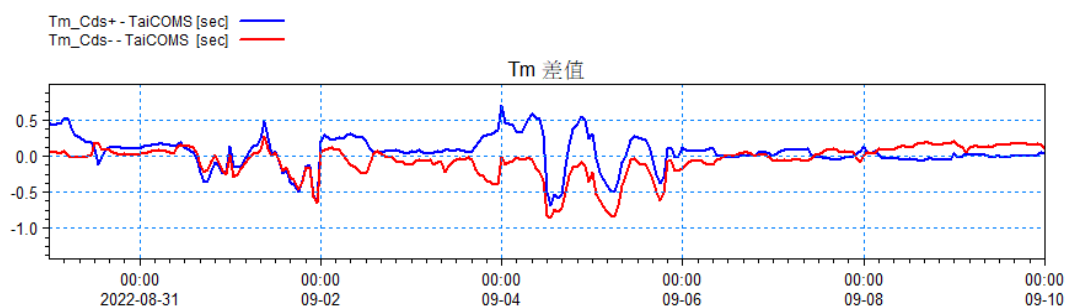


圖 3.44 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期差值歷線圖

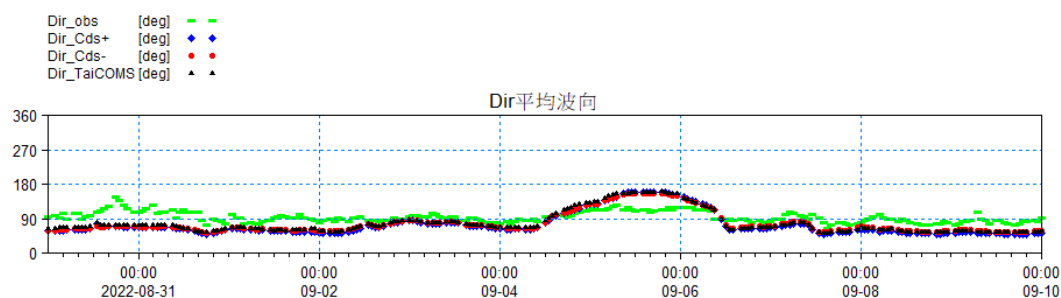


圖 3.45 軒蘭諾颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均波向歷線圖

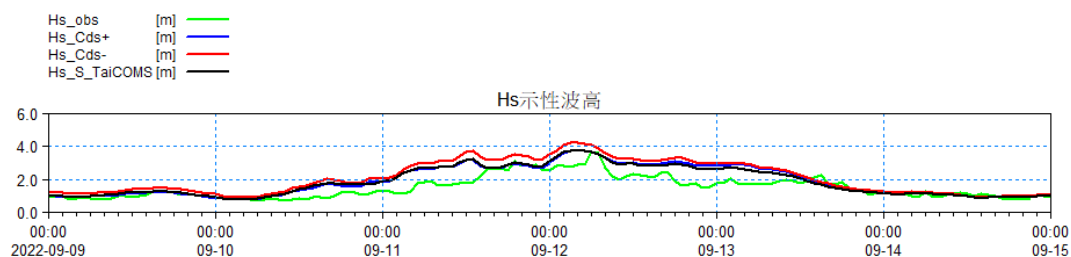


圖 3.46 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高歷線圖

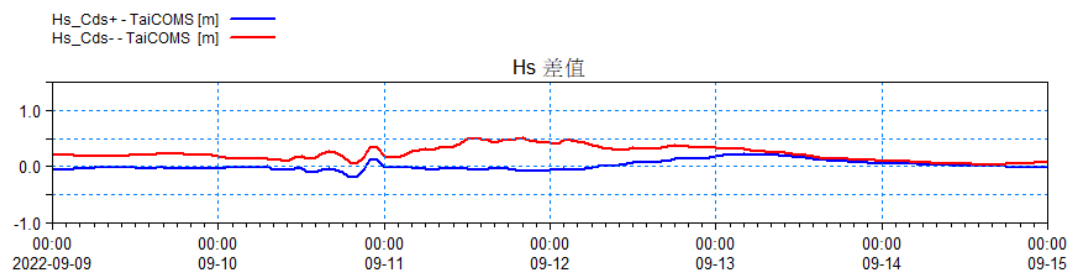


圖 3.47 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之示性波高差值歷線圖

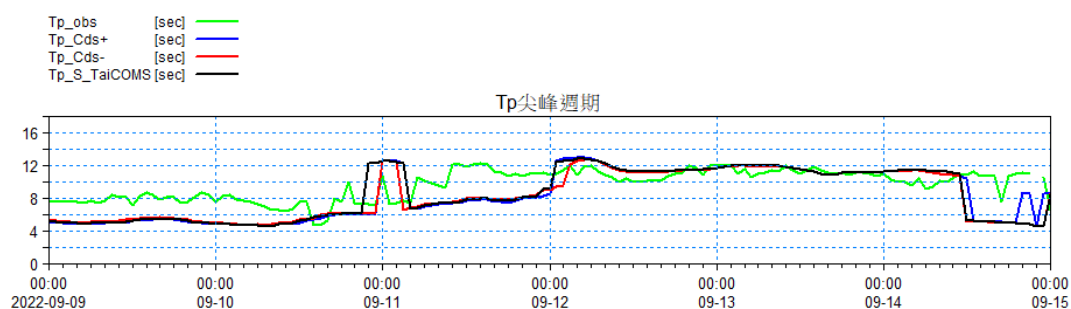


圖 3.48 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期歷線圖

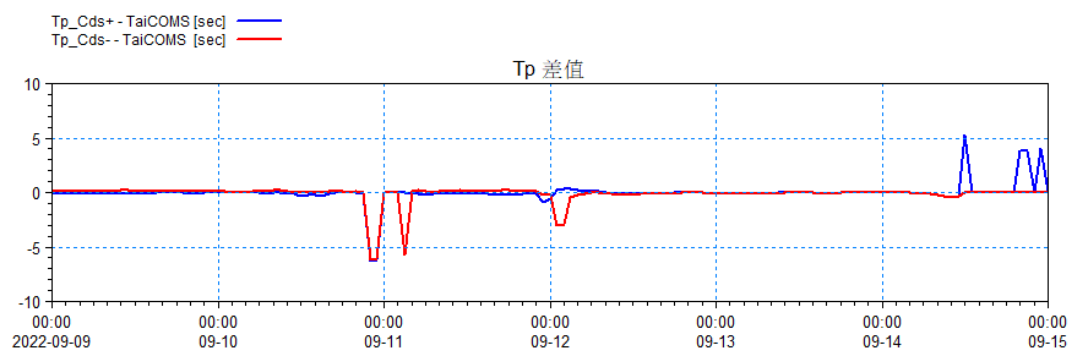


圖 3.49 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

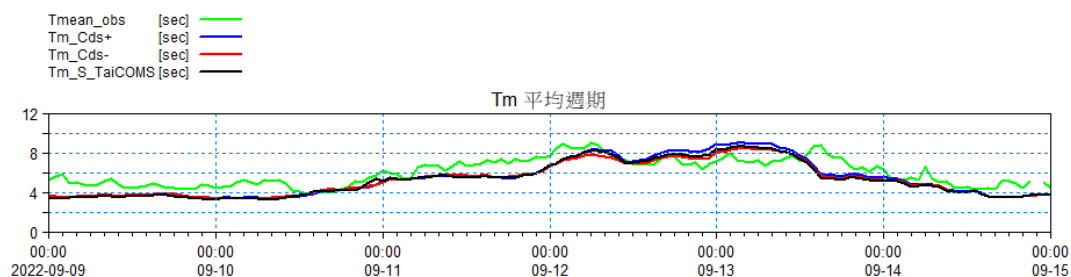


圖 3.50 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期歷線圖

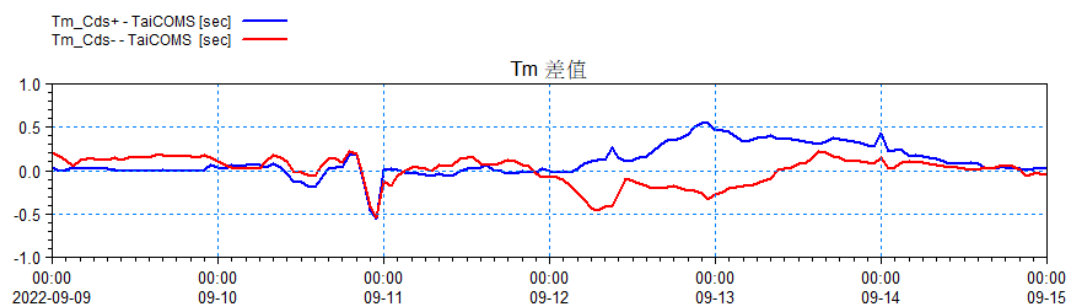


圖 3.51 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均週期差值歷線圖

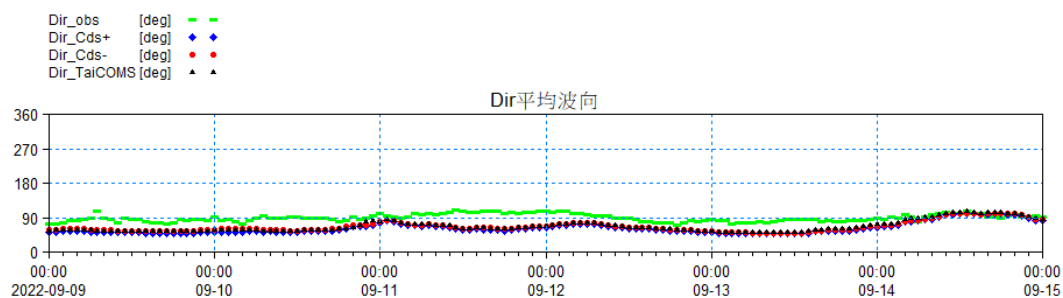


圖 3.52 梅花颱風期間 C_{ds} 參數增減後之平均波向歷線圖

表 3-3 改變 C_{ds} 後與原波高、週期之最大差異比較表

物理量	颱風 名稱	Cds+50%		Cds-50%	
		最大差異	最大差異 百分比(%)	最大差異	最大差異 百分比(%)
Hs 示性波高 (m)	璨樹	-0.343	-5.70	1.135	15.95
	圓規	-0.503	-8.20	0.626	9.67
	軒蘭諾	-0.902	-19.21	1.218	30.58
	梅花	-0.195	-11.37	0.494	13.44
Tm 平均週期 (sec)	璨樹	0.280	2.56	-0.523	-5.72
	圓規	0.928	13.21	-0.469	-5.03
	軒蘭諾	0.696	8.03	-8.424	-12.97
	梅花	0.545	6.92	-0.460	-5.90

3.3.2 PM 頻譜平均波浪尖銳度敏感度探討

將 SWAN 模式風浪/白帽消散項中，PM 頻譜平均波浪尖銳度($\tilde{S}_{PM}$)參數值分別增減 50%進行模擬，模擬結果及模擬結果與原參數差異，如圖 3.53 至圖 3.80 所示，圖中黑線表示參數原始值模擬結果，藍線表示 $\tilde{S}_{PM}$ 增加 50%後之模擬結果，紅線表示 $\tilde{S}_{PM}$ 減少 50%後之模擬結果。

以各颱風期間之示性波高、尖峰週期、平均週期、平均波向歷線圖來看，在增減 $\tilde{S}_{PM}$ 50%後，模擬結果差異亦不大，其中示性波高與 $\tilde{S}_{PM}$ 呈正相關，增加 $\tilde{S}_{PM}$ 設定值後，示性波高模擬結果與 $\tilde{S}_{PM}$ 原設定值相比略增，減少 $\tilde{S}_{PM}$ 設定值後，示性波高模擬結果與 $\tilde{S}_{PM}$ 原設定值相比亦降低，示性波高在增減 $\tilde{S}_{PM}$ 50%後，改變量約於 1.5m 之內，其中又以減少 $\tilde{S}_{PM}$ 50%後，模擬值差異較大。

平均週期與 $\tilde{S}_{PM}$ 的增減約呈負相關，增加 $\tilde{S}_{PM}$ 設定值後，平均週期模擬結果與 $\tilde{S}_{PM}$ 原設定值模擬結果相比略減，減少 $\tilde{S}_{PM}$ 設定值後，平均週期模擬結果增加，取各颱風期間之示性波高及平均週期最大差異，

彙整如表 3-4，模擬值對減少 $\tilde{S}_{PM}$ 設定值比增加 $\tilde{S}_{PM}$ 設定值更為敏感，尤其以平均週期更為明顯，其中於軒蘭諾及梅花颱風期間，平均週期模擬值有達超過 10%之差異。

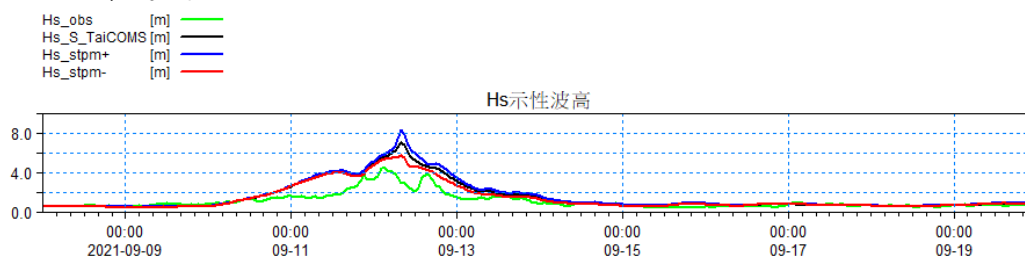


圖 3.53 璨樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高歷線圖

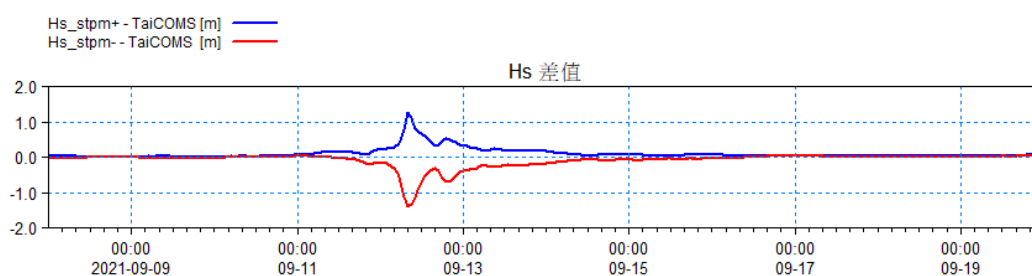


圖 3.54 璨樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高差值歷線圖

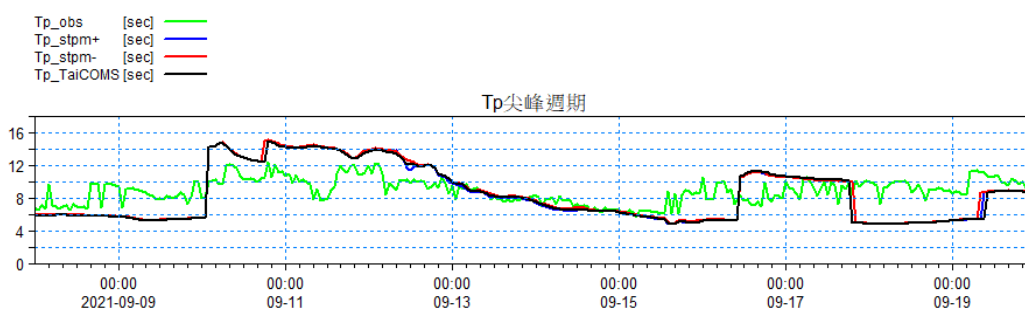


圖 3.55 璨樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期歷線圖

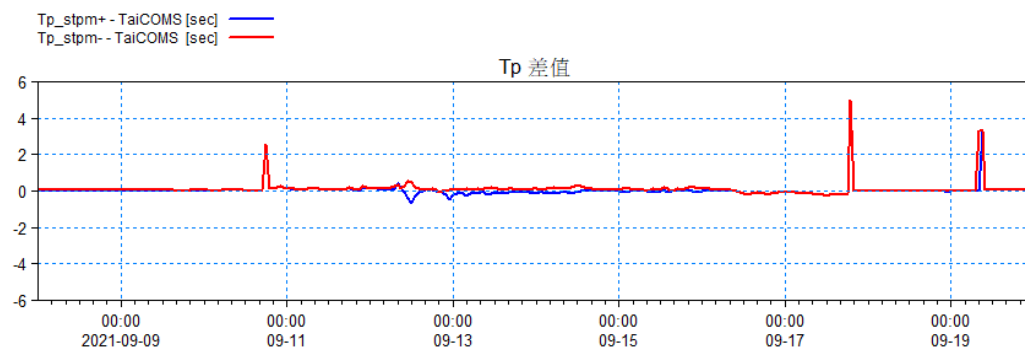


圖 3.56 璨樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

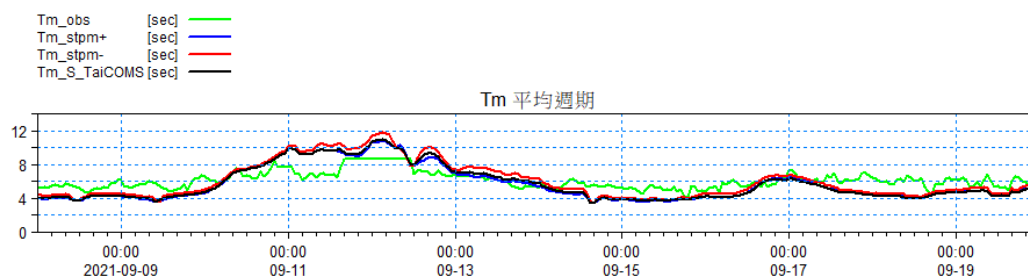


圖 3.57 璨樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期歷線圖

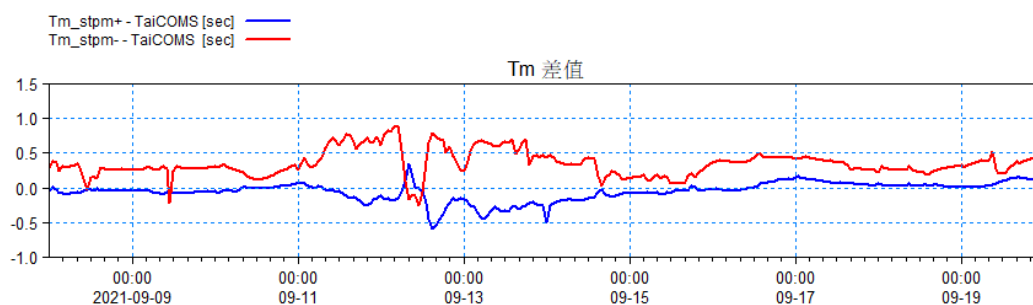


圖 3.58 璨樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期差值歷線圖

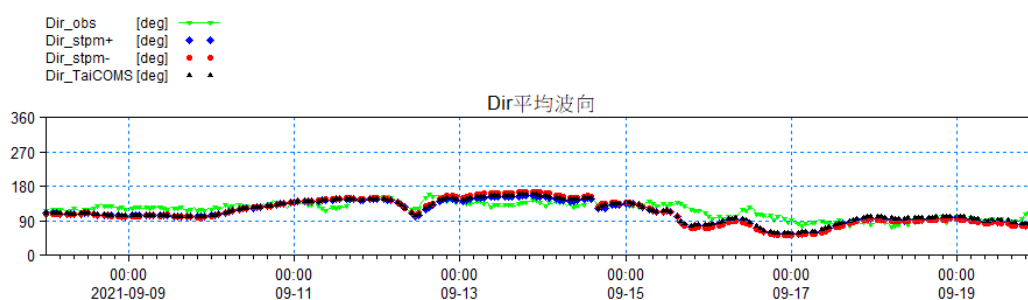


圖 3.59 璨樹颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均波向歷線圖

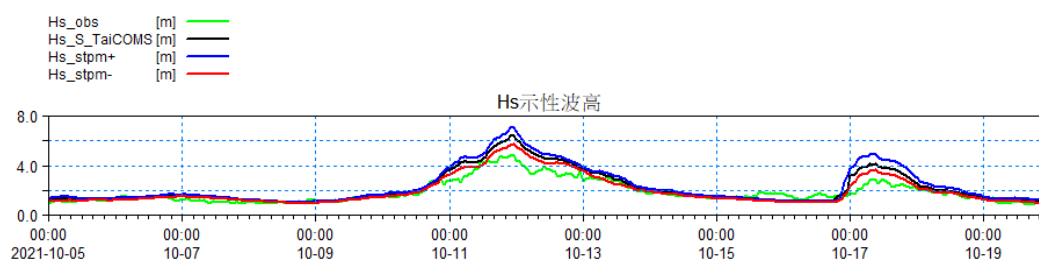


圖 3.60 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高歷線圖

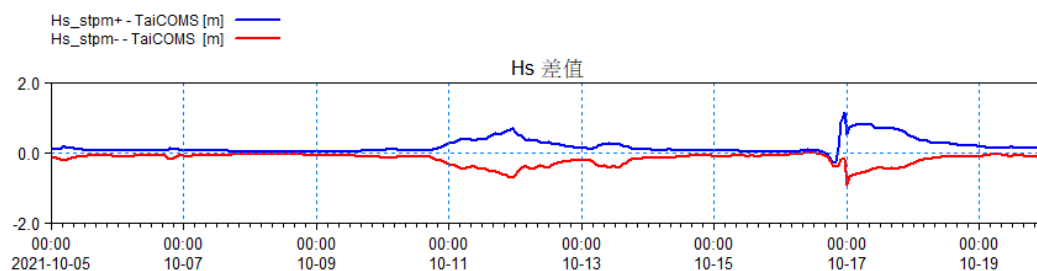


圖 3.61 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高差值歷線圖

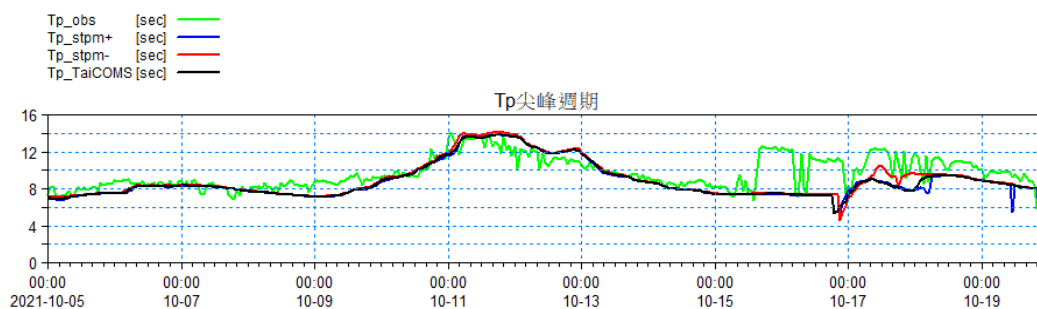


圖 3.62 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期歷線圖

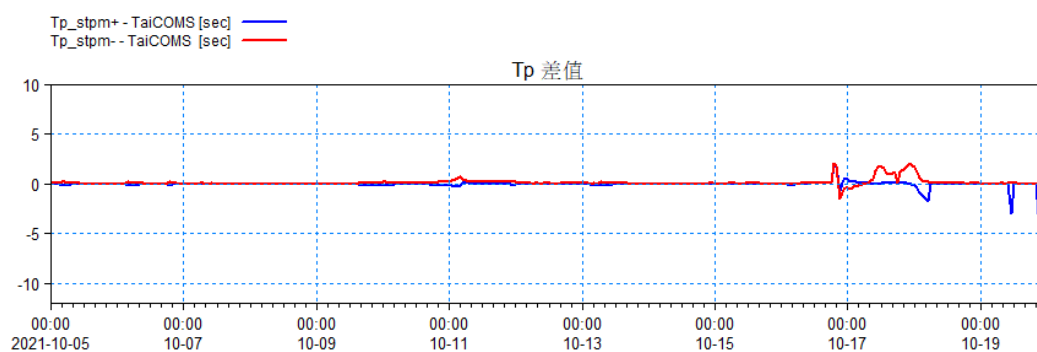


圖 3.63 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

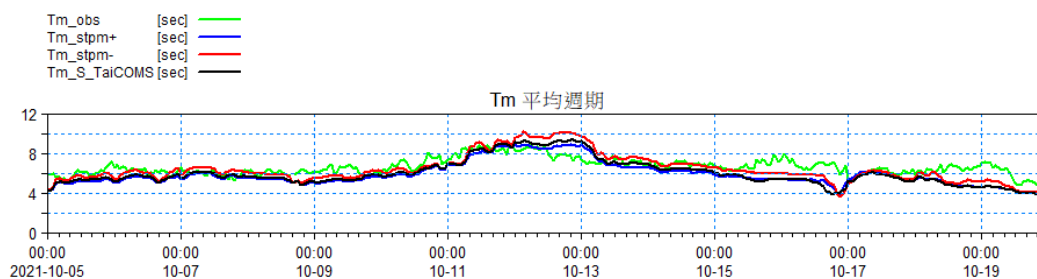


圖 3.64 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期歷線圖

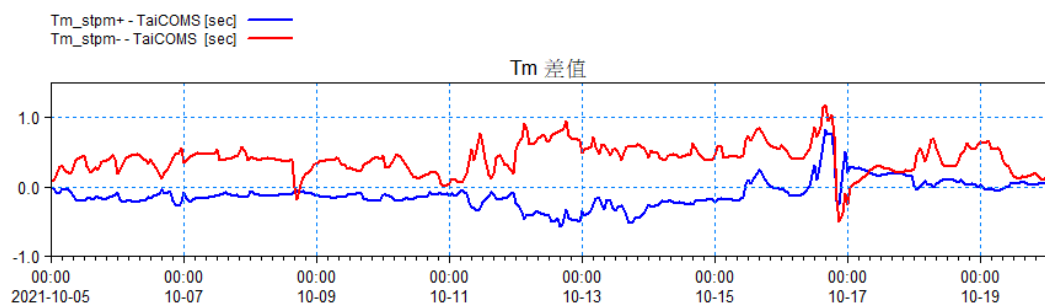


圖 3.65 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期差值歷線圖

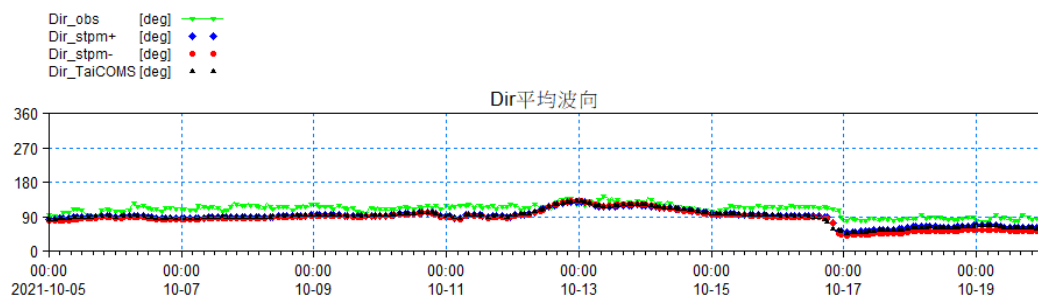


圖 3.66 圓規颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均波向歷線圖

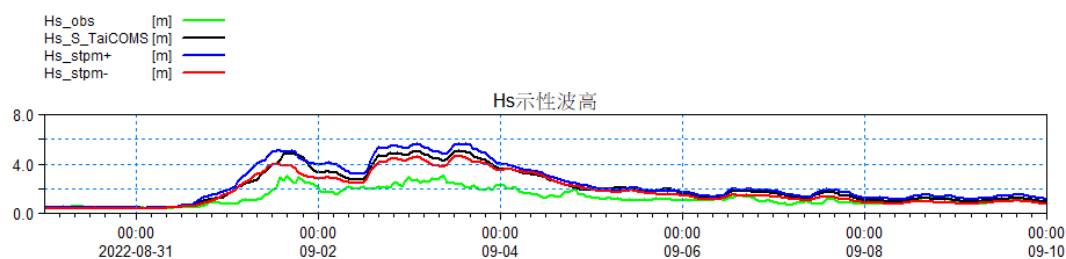


圖 3.67 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高歷線圖

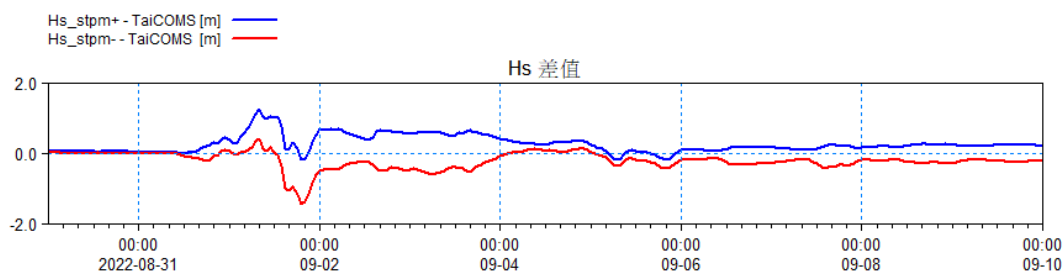


圖 3.68 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高差值歷線圖

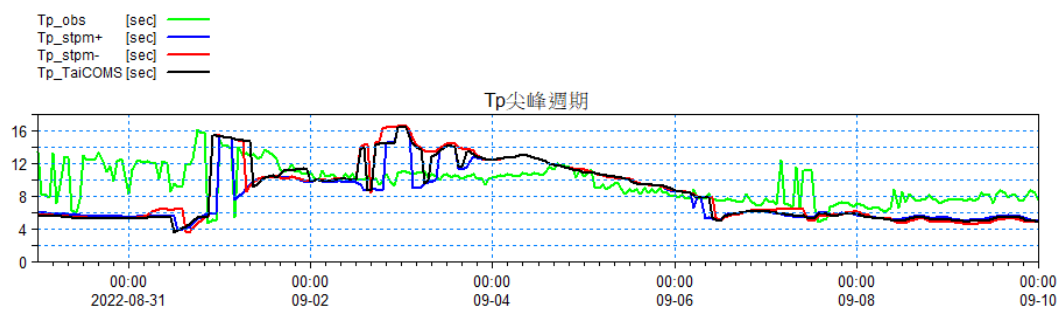


圖 3.69 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期歷線圖

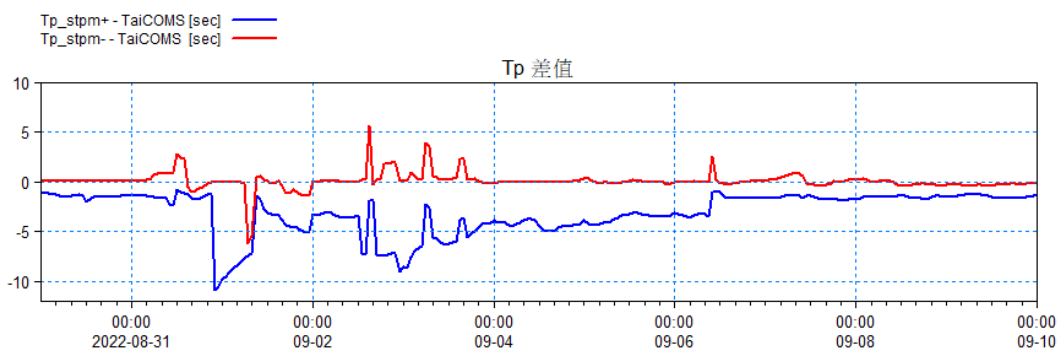


圖 3.70 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

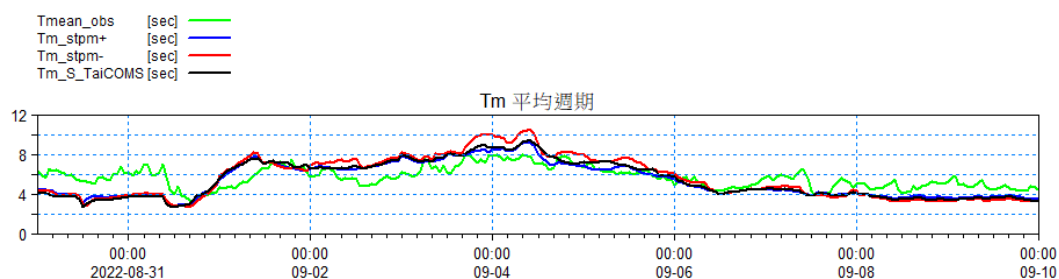


圖 3.71 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期歷線圖

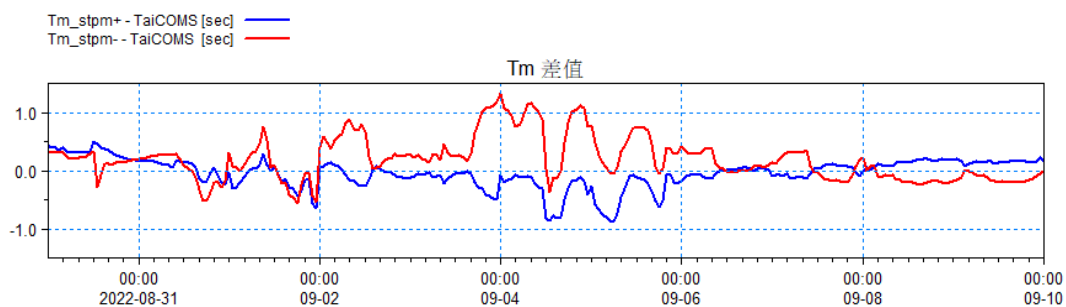


圖 3.72 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期差值歷線圖

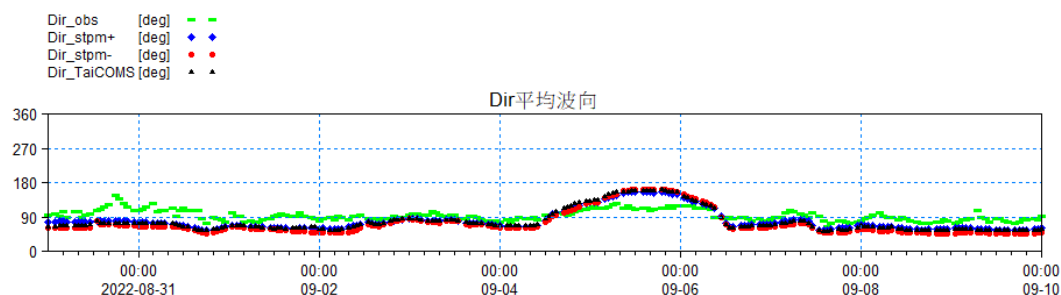


圖 3.73 軒蘭諾颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均波向歷線圖

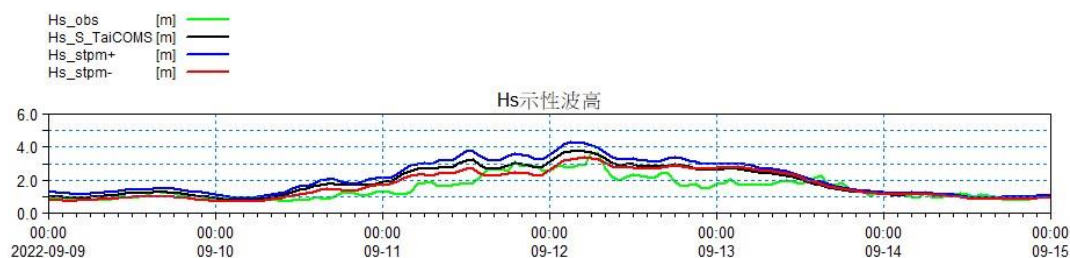


圖 3.74 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高歷線圖

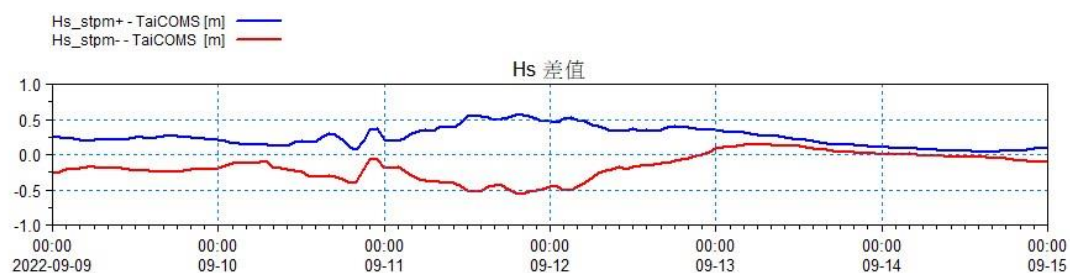


圖 3.75 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之示性波高差值歷線圖

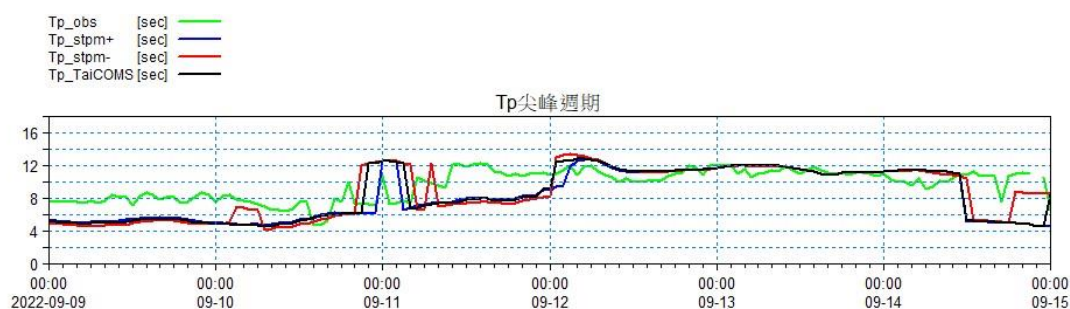


圖 3.76 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期歷線圖

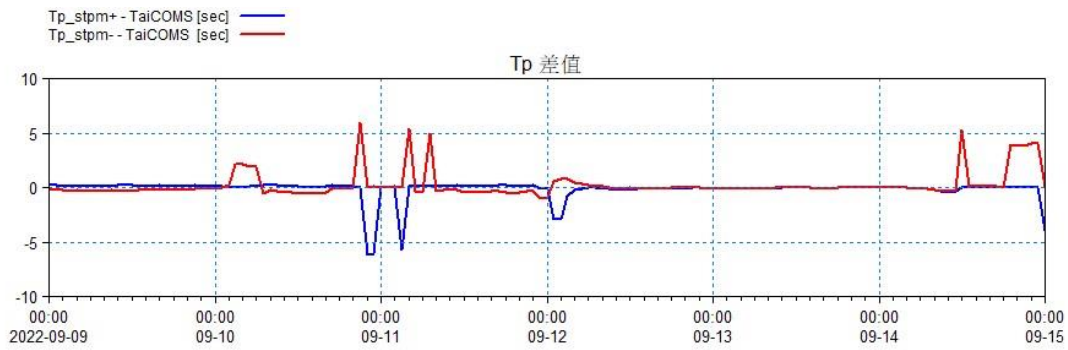


圖 3.77 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

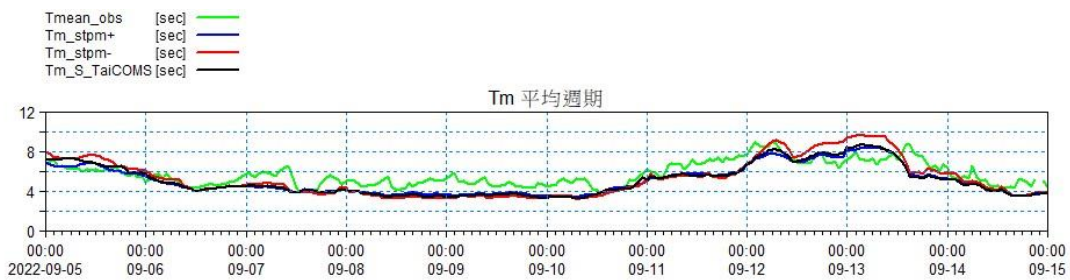


圖 3.78 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期歷線圖

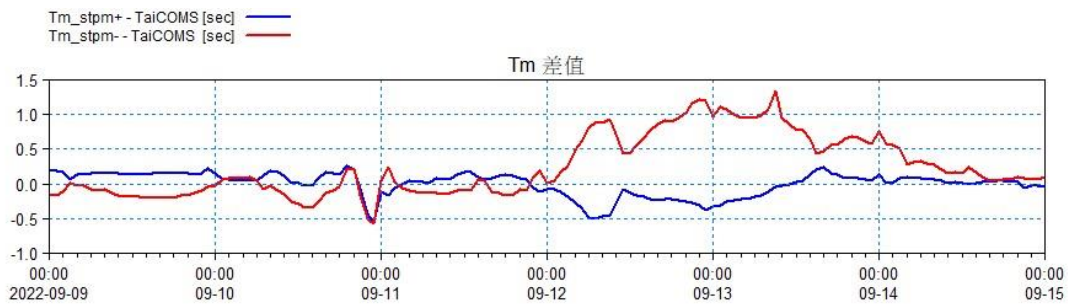


圖 3.79 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均週期差值歷線圖

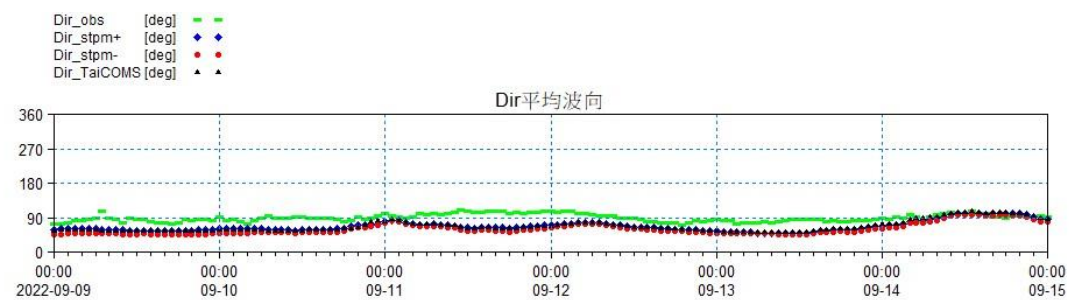


圖 3.80 梅花颱風期間 $\tilde{S}_{PM}$ 參數增減後之平均波向歷線圖

表 3-4 改變 $\tilde{S}_{PM}$ 後與原波高、週期之最大差異比較表

		$\tilde{S}_{PM}+50\%$		$\tilde{S}_{PM}-50\%$	
物理量	颱風名稱	最大差異	最大差異百分比(%)	最大差異	最大差異百分比(%)
Hs 示性波高 (m)	璨樹	1.272	17.88	-1.39	-19.54
	圓規	0.691	10.66	-0.709	-10.94
	軒蘭諾	1.258	45.51	-1.447	-30.82
	梅花	0.565	19.01	-0.564	-18.99
Tm 平均週期 (sec)	璨樹	-0.583	-6.38	0.824	7.55
	圓規	-5.774	-6.21	0.943	10.31
	軒蘭諾	-0.887	-12.09	1.332	15.37
	梅花	-0.504	-6.11	1.334	16.21

3.3.3 波浪尖銳度之冪次敏感度探討

將 SWAN 模式風浪/白帽消散項中，波浪尖銳度之冪次參數值(p)分別增減 50%進行模擬，模擬結果及模擬結果與原參數差異如圖 3.81 至圖 3.108 所示，圖中黑線表示參數原始值模擬結果，藍線表示 p 值增加 50%後之模擬結果，紅線表示 p 值減少 50%後之模擬結果。

以各颱風期間之示性波高、尖峰週期、平均週期、平均波向歷線圖來看，在增減 p 值 50%後，模擬結果差異亦不大，其中示性波高與 p 值的增減呈負相關，增加 p 值設定值後，示性波高模擬結果與 p 值原設定值相比略減，示性波高在增減 p 值 50%後，改變量約於 1.5m 之內，其中又以減少 p 值 50%後，模擬值差異較大。

平均週期與 p 值的增減亦呈負相關，增加 p 值後，平均週期模擬結果與 p 值原設定值相比略減，取各颱風期間之示性波高及平均週期最大差異，彙整如表 3-5，模擬值對減少 p 值設定值比增加 p 設定值更為敏感，尤其以平均週期更為明顯。

比較表 3-3 至表 3-5 可知，3 種參數中，對模擬結果最敏感為 PM 頻譜平均波浪尖銳度($\tilde{S}_{PM}$)，其次波浪尖銳度之冪次(p)，最末為白帽消散速率(C_{ds})。

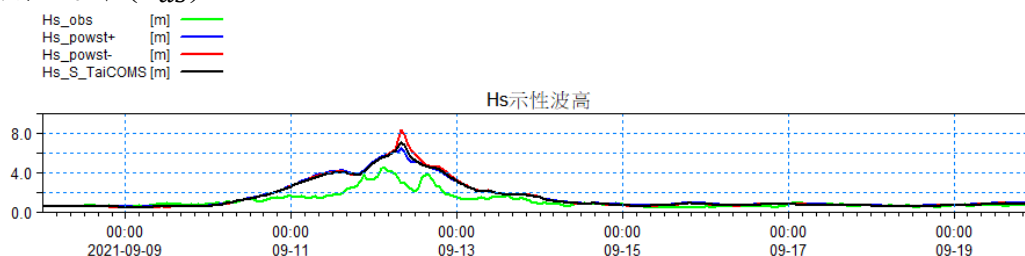


圖 3.81 璨樹颱風期間 p 參數增減後之示性波高歷線圖

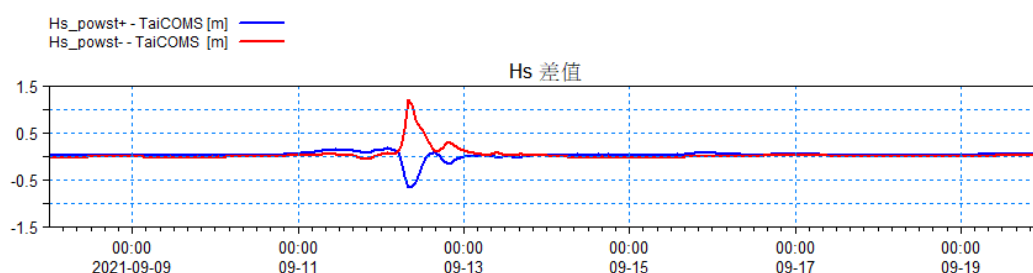


圖 3.82 璨樹颱風期間 p 參數增減後之示性波高差值歷線圖

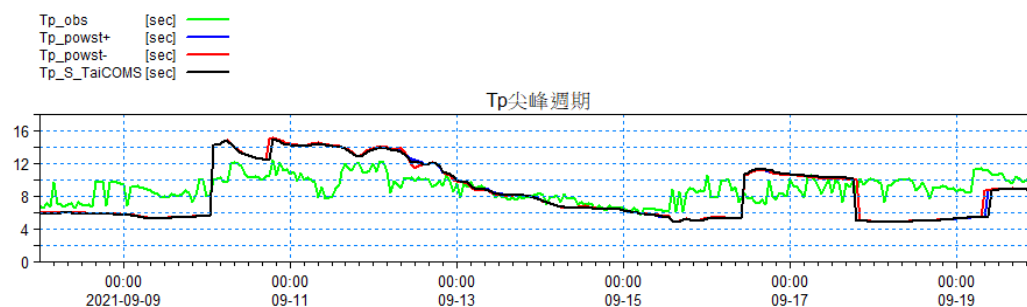


圖 3.83 璨樹颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期歷線圖

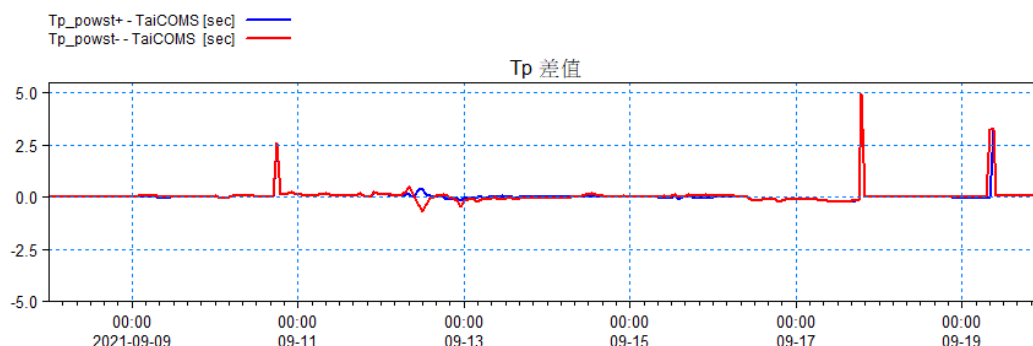


圖 3.84 璨樹颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

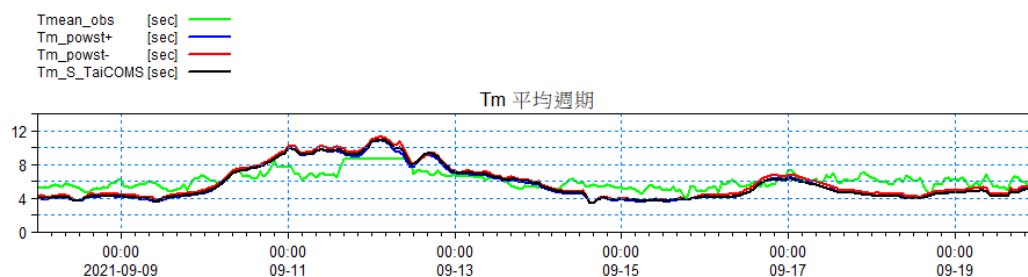


圖 3.85 璨樹颱風期間 p 參數增減後之平均週期歷線圖

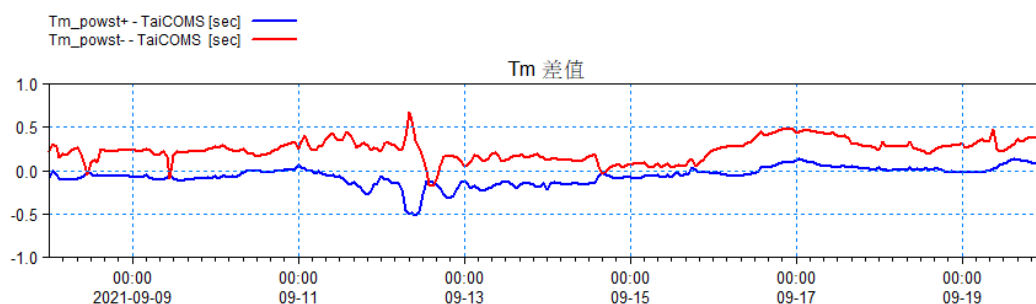


圖 3.86 璨樹颱風期間 p 參數增減後之平均週期差值歷線圖

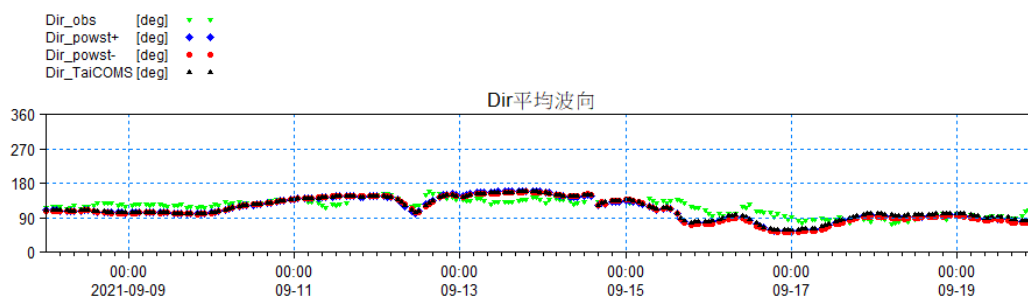


圖 3.87 璨樹颱風期間 p 參數增減後之平均波向歷線圖

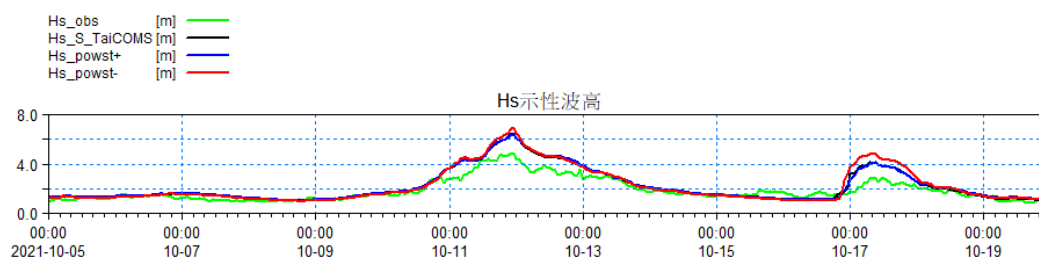


圖 3.88 圓規颱風期間 p 參數增減後之示性波高歷線圖

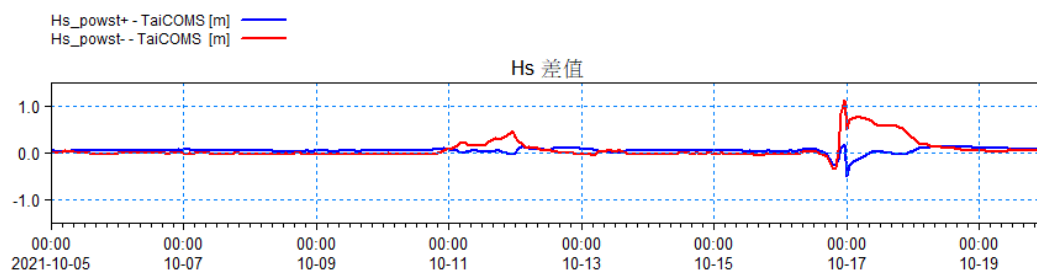


圖 3.89 圓規颱風期間 p 參數增減後之示性波高差值歷線圖

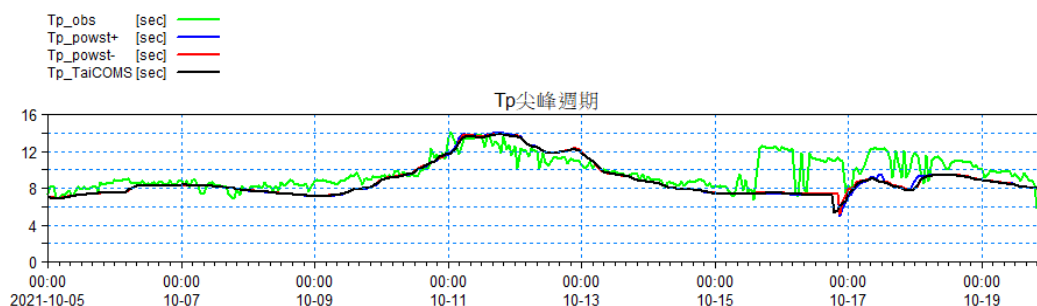


圖 3.90 圓規颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期歷線圖

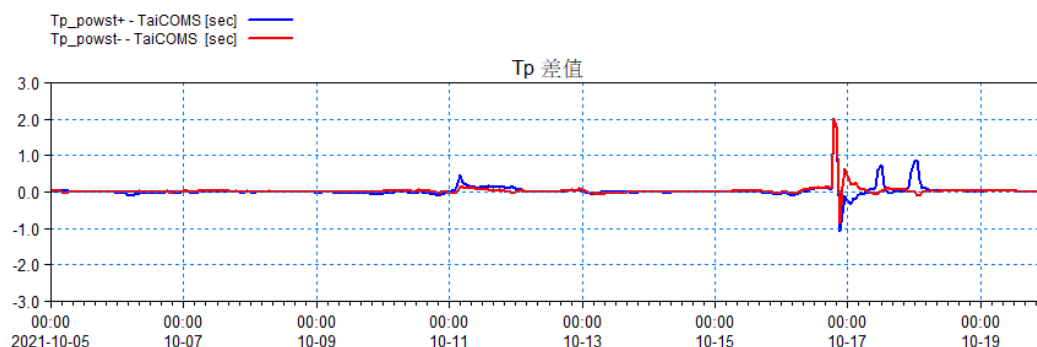


圖 3.91 圓規颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

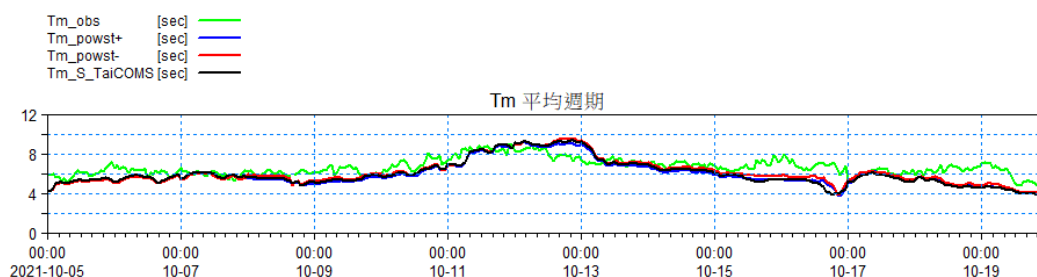


圖 3.92 圓規颱風期間 p 參數增減後之平均週期歷線圖

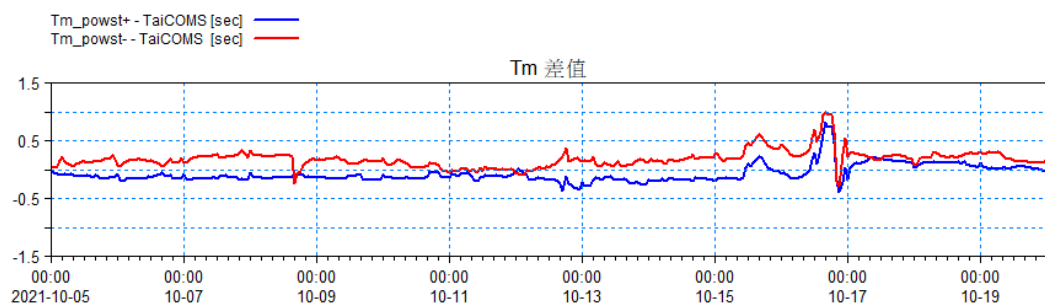


圖 3.93 圓規颱風期間 p 參數增減後之平均週期差值歷線圖

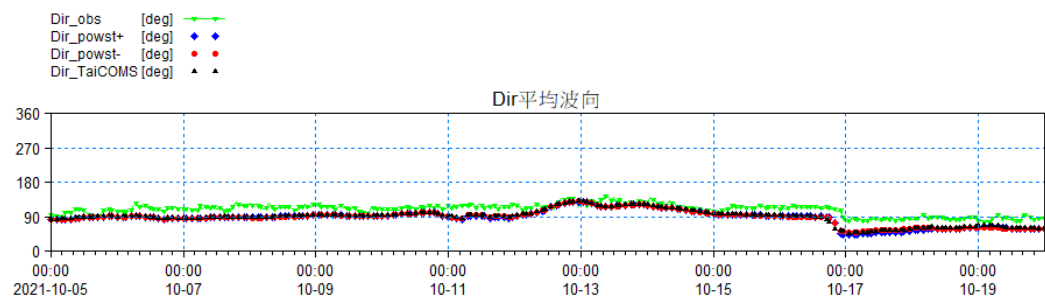


圖 3.94 圓規颱風期間 p 參數增減後之平均波向歷線圖

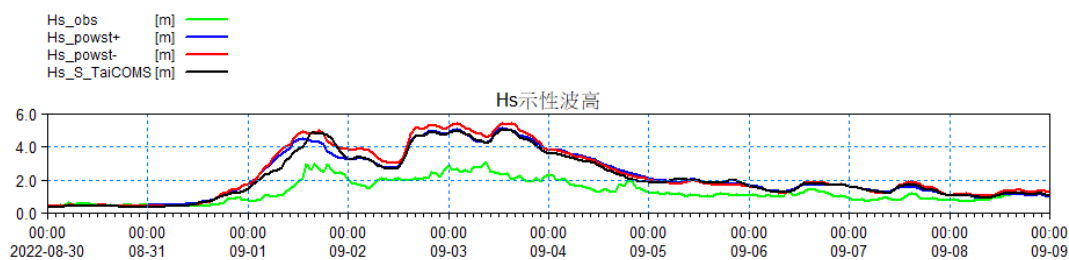


圖 3.95 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之示性波高歷線圖

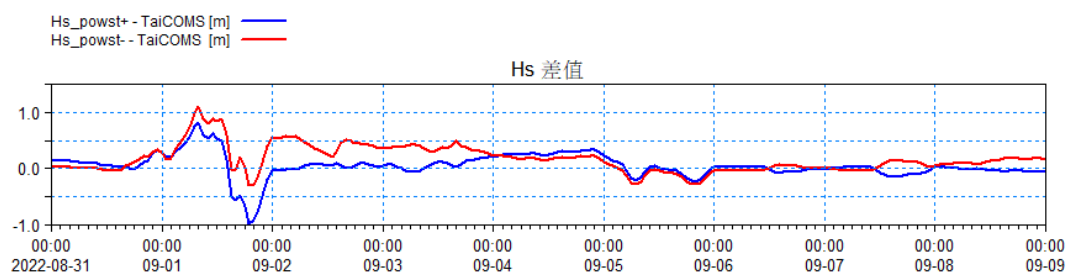


圖 3.96 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之示性波高差值歷線圖

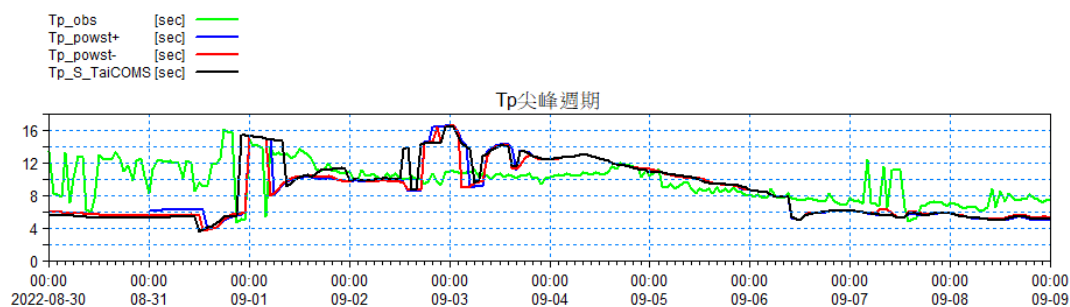


圖 3.97 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期歷線圖

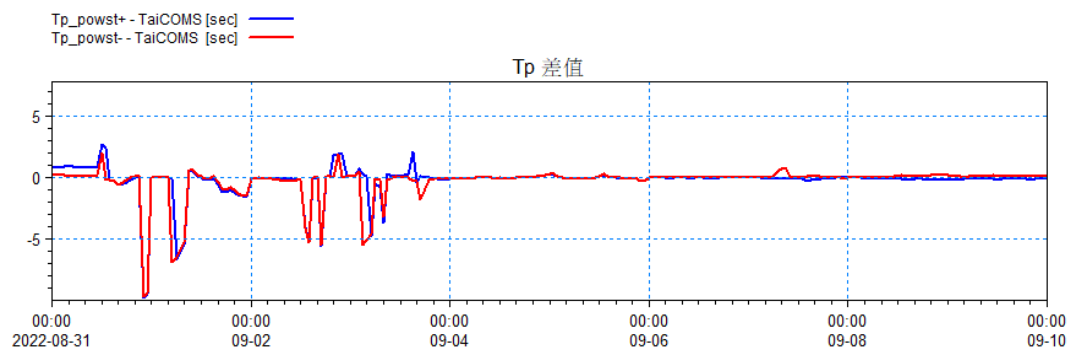


圖 3.98 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

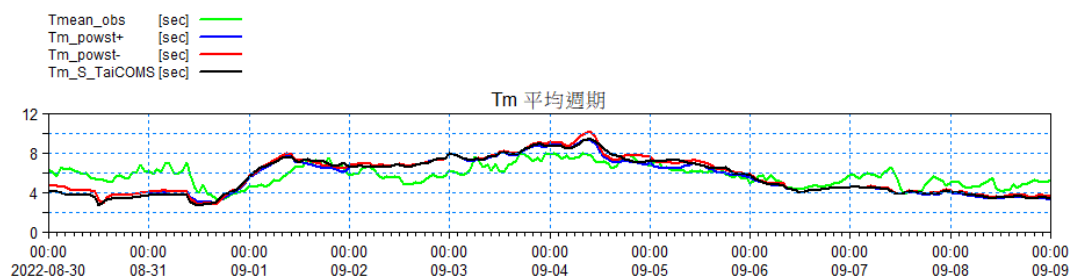


圖 3.99 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之平均週期歷線圖

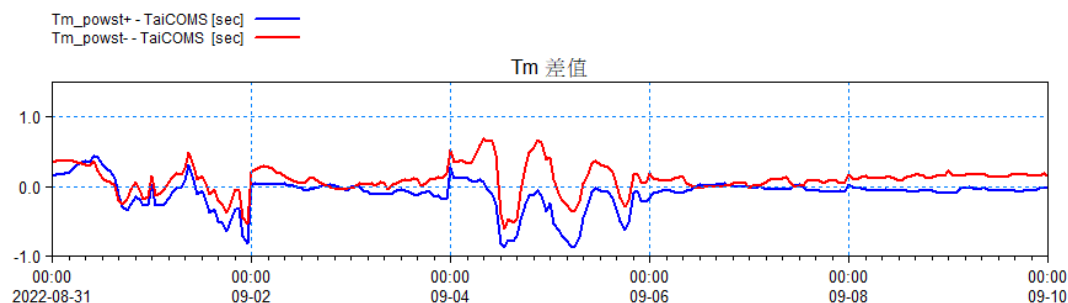


圖 3.100 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之平均週期差值歷線圖

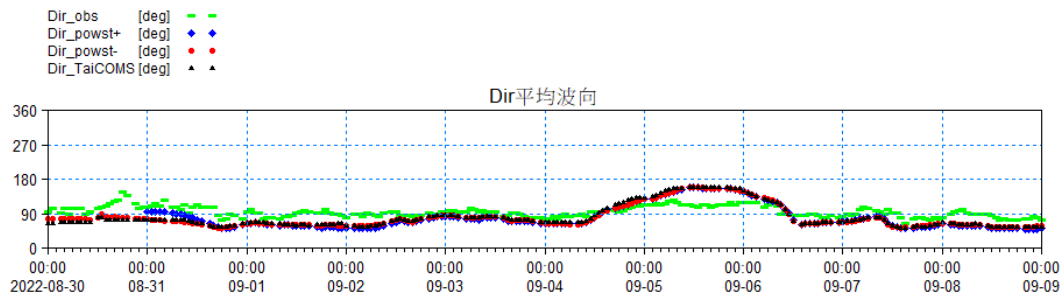


圖 3.101 軒蘭諾颱風期間 p 參數增減後之平均波向歷線圖

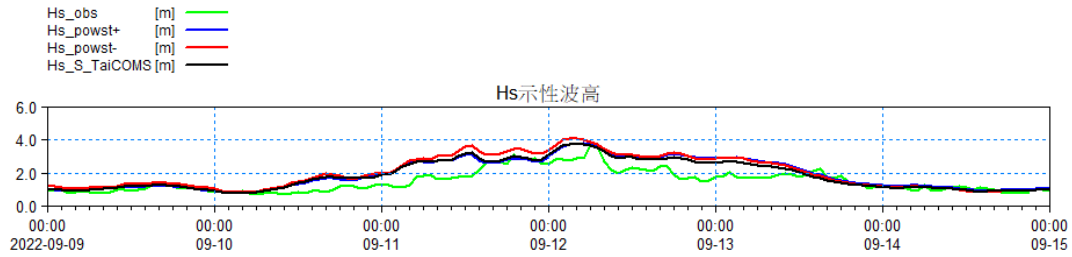


圖 3.102 梅花颱風期間 p 參數增減後之示性波高歷線圖

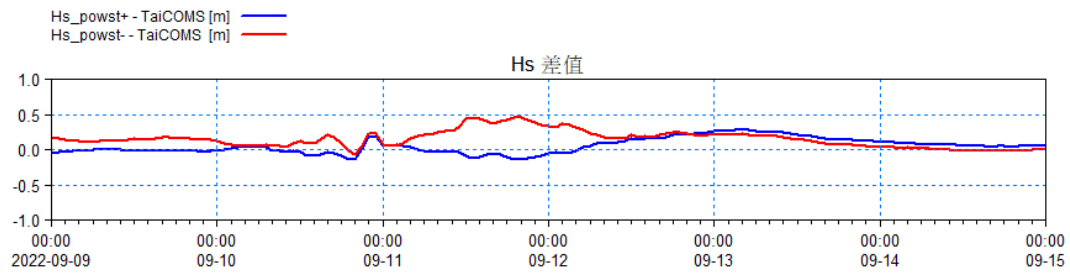


圖 3.103 梅花颱風期間 p 參數增減後之示性波高差值歷線圖

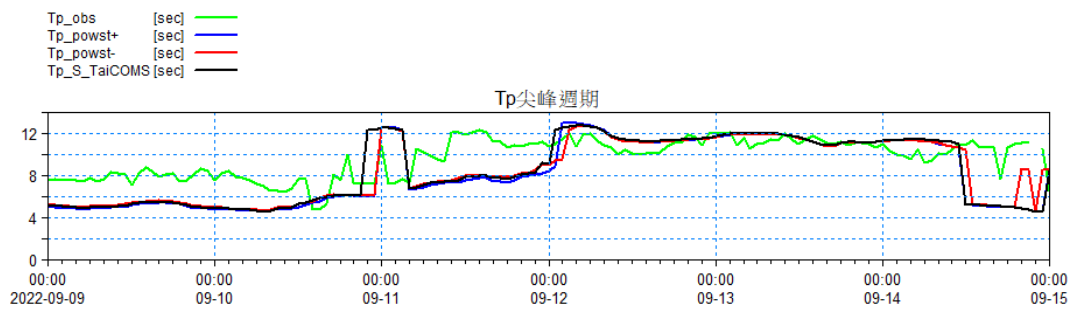


圖 3.104 梅花颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期歷線圖

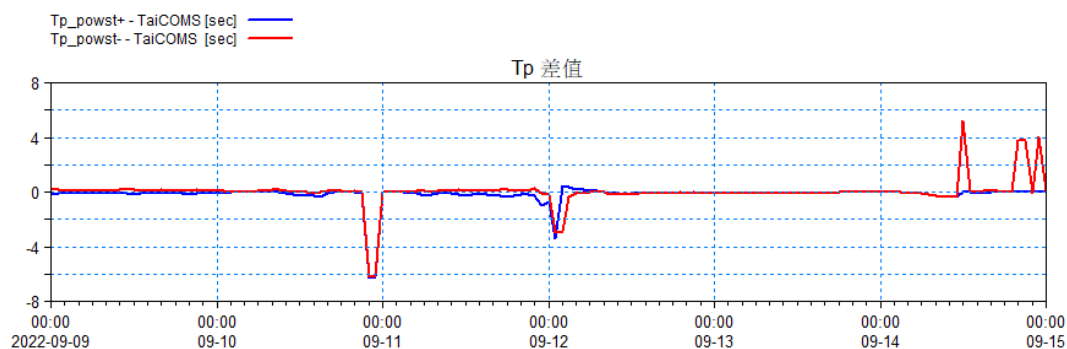


圖 3.105 梅花颱風期間 p 參數增減後之尖峰週期差值歷線圖

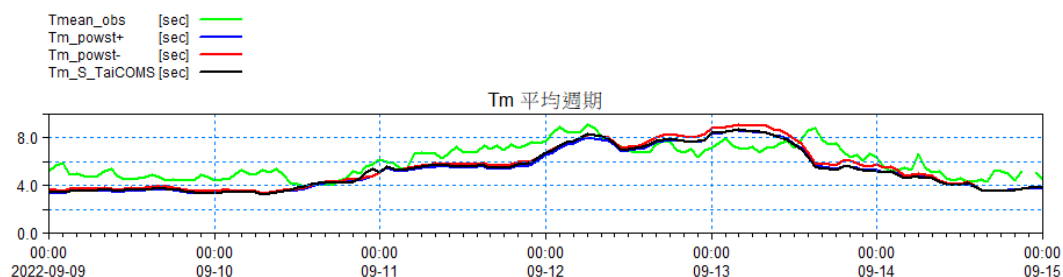


圖 3.106 梅花颱風期間 p 參數增減後之平均週期歷線圖

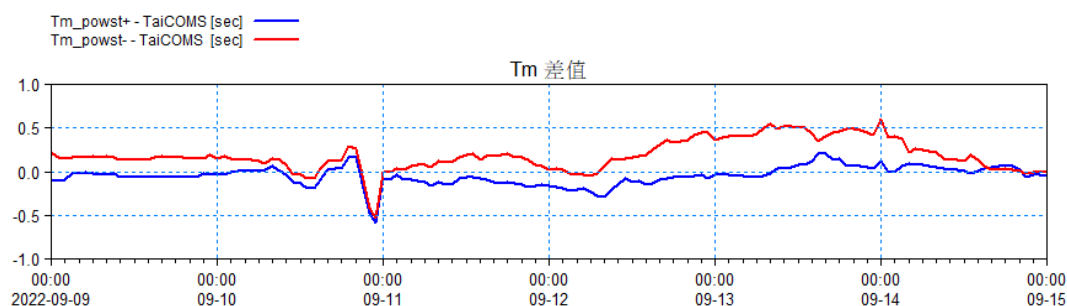


圖 3.107 梅花颱風期間 p 參數增減後之平均週期差值歷線圖

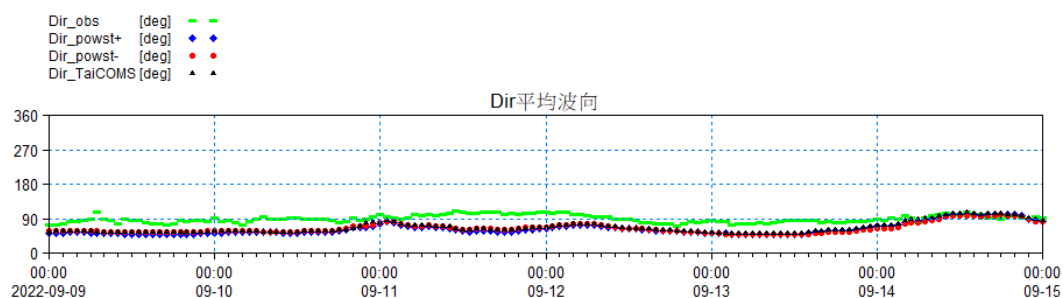


圖 3.108 梅花颱風期間 p 參數增減後之平均波向歷線圖

表 3-5 改變 p 後與原波高、週期之最大差異比較表

物理量	颱風 名稱	$p+50\%$		$p-50\%$	
		最大差異	最大差異 百分比(%)	最大差異	最大差異 百分比(%)
Hs 示性波高 (m)	璨樹	-0.649	-9.12	1.211	17.01
	圓規	0.131	2.40	0.462	7.13
	軒蘭諾	-0.975	-7.18	1.095	3.58
	梅花	-0.141	-8.22	0.457	15.12
Tm 平均週期 (sec)	璨樹	-0.521	-5.82	0.674	6.75
	圓規	-0.374	-4.02	0.362	3.96
	軒蘭諾	-0.880	12.0	0.662	9.33
	梅花	-0.590	-10.98	0.610	11.83

3.4 小結

本章分別臚列 Janssen、Komen、Van der Westhuysen 等學者提出 SWAN 模式之風浪成長項及白帽消散項內參數表示式，根據使用手冊及蒐集文獻，分別測試模擬結果差異，並就本所 TaiCOMS 系統中 SWAN 模式採用 Komen 理論參數並參考柳文成(2022)，選擇白帽消散速率、PM 頻譜平均波浪尖銳度、波浪尖銳度之冪次等 3 種參數進行敏感度探討，經比較後可得 3 種參數中對模擬結果依敏感性排序最敏感之參數為 PM 頻譜平均波浪尖銳度($\tilde{S}_{PM}$)，其次為波浪尖銳度之冪次(p)，白帽消散速率(C_{ds})為相對較不敏感之參數。

3 項參數之敏感度分析中，白帽消散速率(C_{ds})與示性波高呈負相關、與平均週期呈正相關，PM 頻譜平均波浪尖銳度($\tilde{S}_{PM}$)與示性波高呈正相關、與平均週期呈負相關，波浪尖銳度之冪次(p)與示性波高及平均週期皆呈負相關，另 3 項參數均以減少參數設定值 50%後，與原參數預設值之模擬解果有較大之差異。

第四章 花蓮海域風浪模組波浪模擬驗證與改善評估

經第三章比較後已知，Komen 理論參數中 3 種參數中對模擬結果最敏感為 PM 頻譜平均波浪尖銳度($\tilde{S}_{PM}$)，其次為波浪尖銳度之冪次(p)，最末為白帽消散速率(C_{ds})，本計畫以較敏感之 2 參數 $\tilde{S}_{PM}$ 、 p ，設定 2 組變動後參數組進行測試，參數組設定如表 4-1，表中標註底線數值為變動後之參數值，未標註底線為參數預設值，其中 Case A 將 $\tilde{S}_{PM}$ 之預設值減少 67%，降為 1.01×10^{-5} ，Case B 將 $\tilde{S}_{PM}$ 之預設值減少 50%，降為 1.51×10^{-5} ，並將 p 增加為 3(增加 50%)，以此 2 組比較模擬結果。

表 4-1 SWAN 模式參數組設定表

	C_{ds}	$\tilde{S}_{PM}$	p	δ
Komen(TaiCOMS)	2.36×10^{-5}	3.02×10^{-5}	2	0
Case A	2.36×10^{-5}	<u>1.01×10^{-5}</u>	2	0
Case B	2.36×10^{-5}	<u>1.51×10^{-5}</u>	<u>3</u>	0

4.1 兩參數組驗證測試與改善評估

以表 4-1 之參數組合針對軒蘭諾、梅花、燦樹及圓規等颱風案例分別模擬後，模擬結果與 TaiCOMS 之模擬結果比較如圖 4.1 至圖 4.20。由圖 4.1、圖 4.6、圖 4.11 及圖 4.16 顯示出此 4 場颱風期間之示性波高模擬結果，Case A 與 Case B 差異極小，兩者皆較 TaiCOMS 模擬值為低，圖 4.2、圖 4.7、圖 4.12 及圖 4.17 顯示出，Case A 與 Case B 之平均週期皆大於 TaiCOMS 之模擬值，且又以 Case A 略大於 Case B，圖 4.3、圖 4.8、圖 4.13 及圖 4.18 顯示出 Case A 與 Case B 之尖峰週期歷線圖差異極小，圖 4.4 及圖 4.9 圖 4.14 及圖 4.19 則顯示 Case A 與 Case B 於與平均波向可視為無差異，Case A 與 Case B 於軒蘭諾及梅花颱風期間模擬值之誤差分析表如表 4-2 至表 4-5，總體而言，示性波高、尖峰週期、平均波向於 2 組參數組之模擬結果間差異極小，平均週期模擬結果則以 Case A 略大於 Case B，皆大於 TaiCOMS 之模擬值。

另此 4 場颱風期間，不同參數組合之模擬結果於示性波高、平均週期均有高估情形，檢視各颱風期間之風速觀測與模擬值歷線圖(圖 4.5、圖 4.10、圖 4.15、圖 4.20)，觀察其風速可知，風速模擬值與觀測值相比以低估為主，僅於燦樹颱風期間有風速模擬值明顯高估之情形(圖 4.15)，此種數值風場低估，波高、週期模擬結果卻高估情形，顯示此風浪模組仍有精進空間。

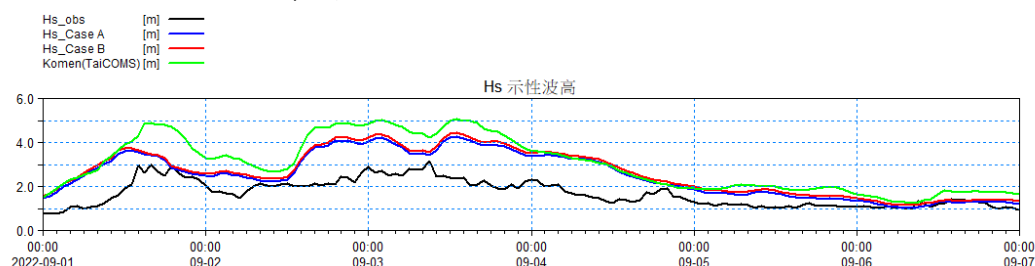


圖 4.1 軒蘭諾颱風期間兩參數組模擬示性波高歷線圖

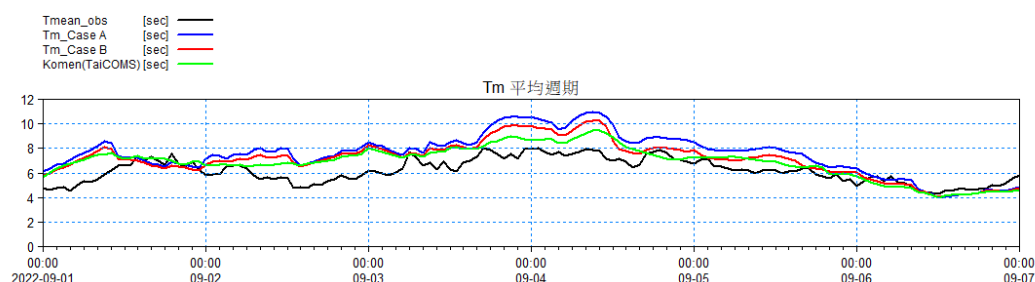


圖 4.2 軒蘭諾颱風期間兩參數組模擬平均週期歷線圖

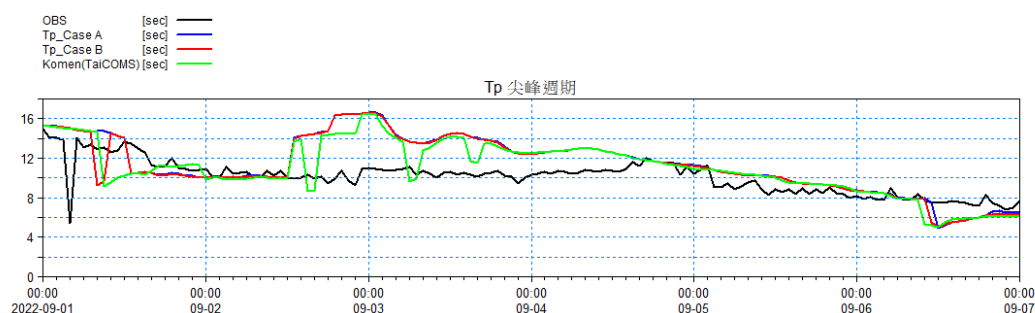


圖 4.3 軒蘭諾颱風期間兩參數組模擬尖峰週期歷線圖

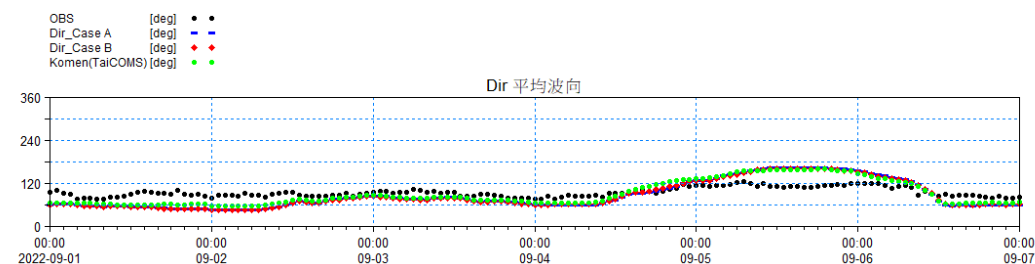


圖 4.4 軒蘭諾颱風期間兩參數組模擬平均波向歷線圖

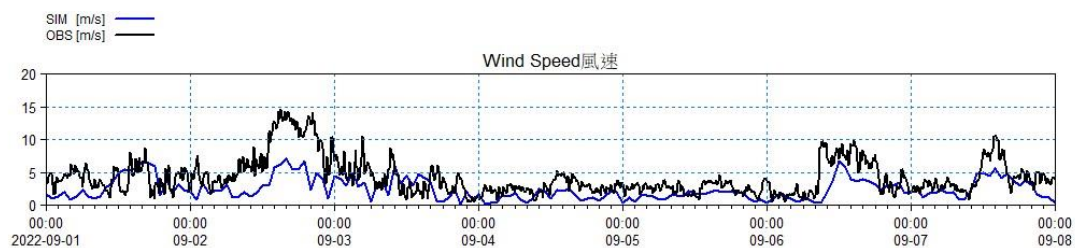


圖 4.5 軒蘭諾颱風期間花蓮港風速觀測及模擬值歷線圖

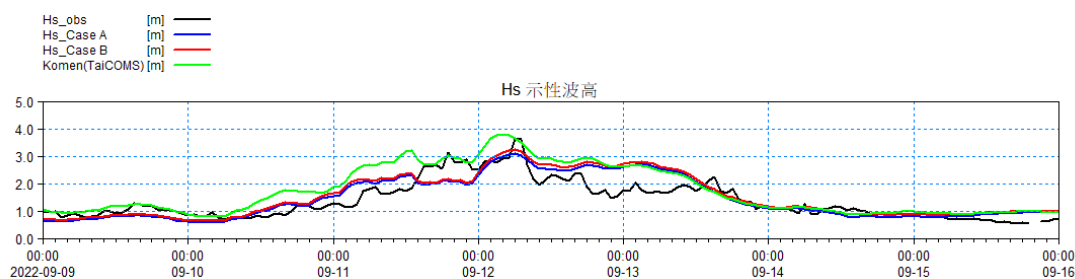


圖 4.6 梅花颱風期間兩參數組模擬示性波高歷線圖

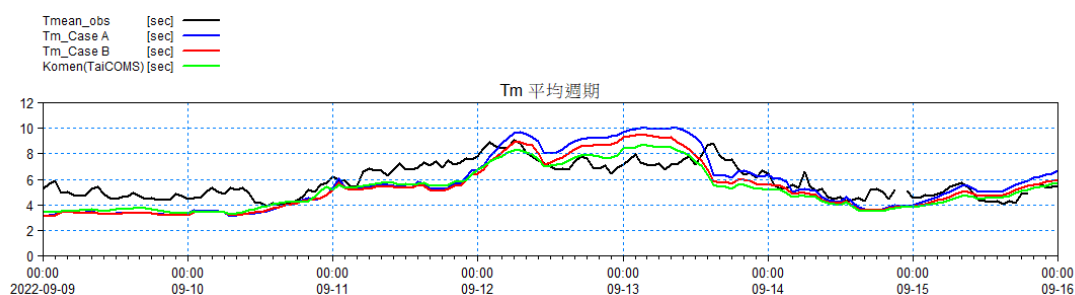


圖 4.7 梅花颱風期間兩參數組模擬平均週期歷線圖

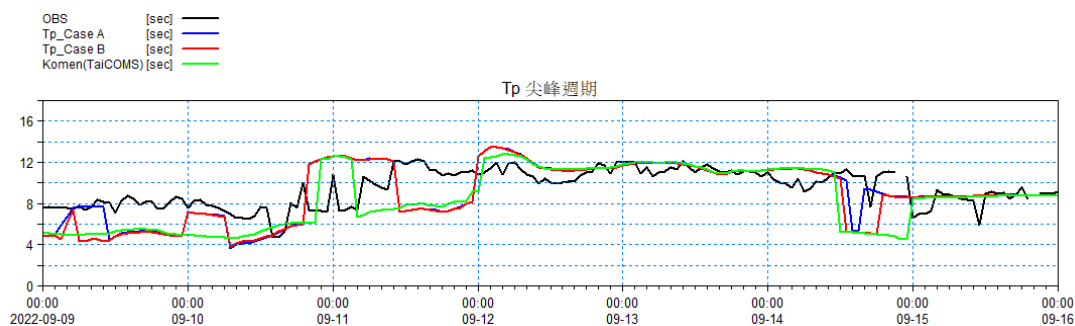


圖 4.8 梅花颱風期間兩參數組模擬尖峰週期歷線圖

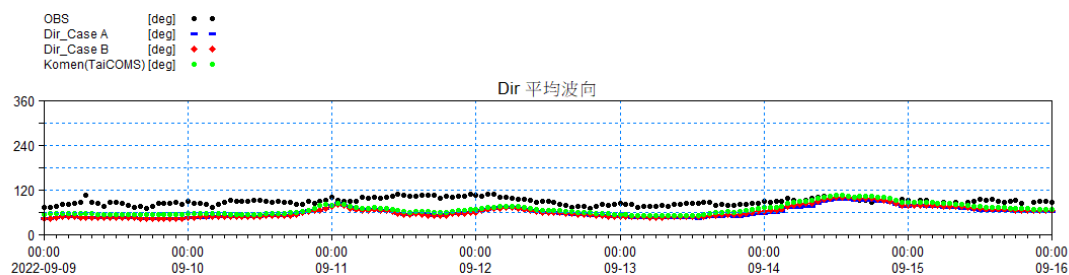


圖 4.9 梅花颱風期間兩參數組模擬平均波向歷線圖

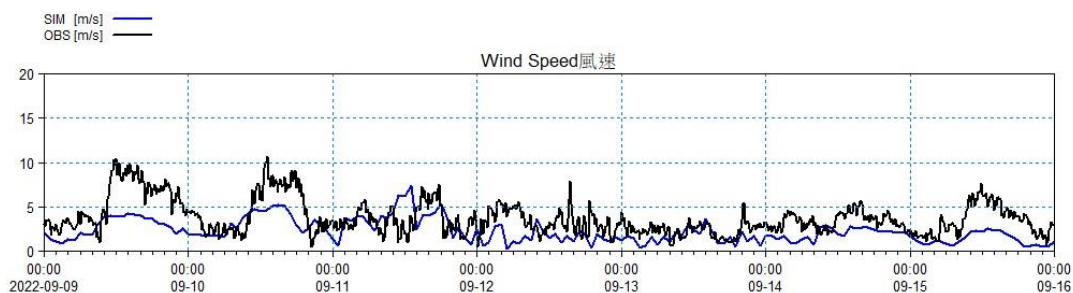


圖 4.10 梅花颱風期間花蓮港風速觀測及模擬值歷線圖

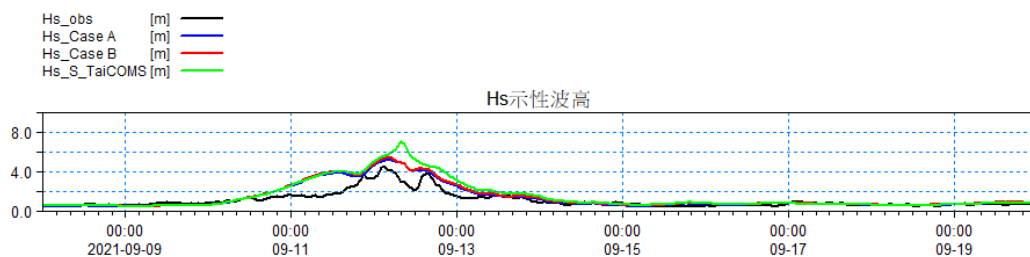


圖 4.11 璨樹颱風期間兩參數組模擬示性波高歷線圖

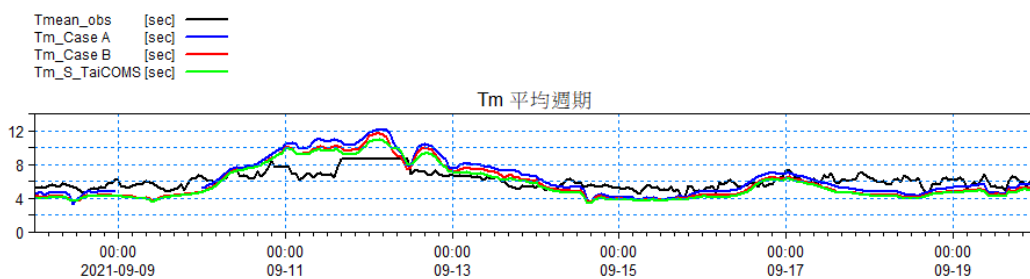


圖 4.12 璨樹颱風期間兩參數組模擬平均週期歷線圖

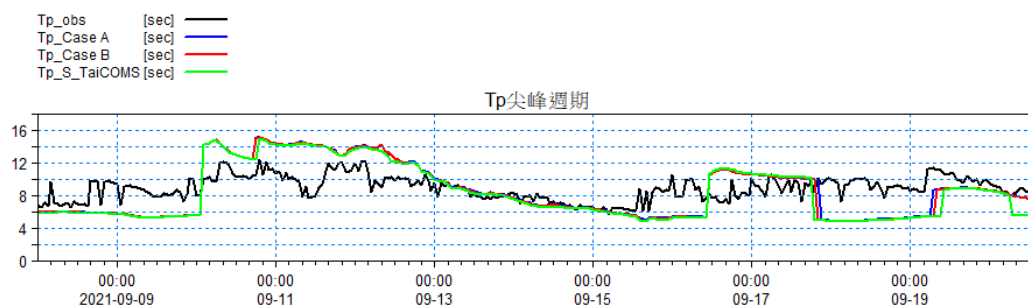


圖 4.13 璨樹颱風期間兩參數組模擬尖峰週期歷線圖

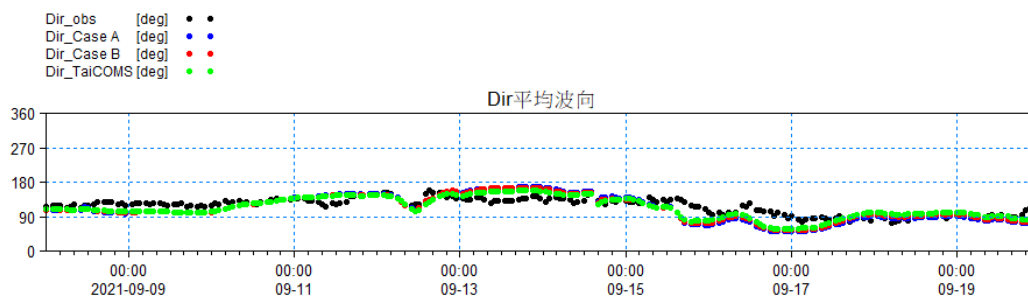


圖 4.14 璨樹颱風期間兩參數組模擬平均波向歷線圖

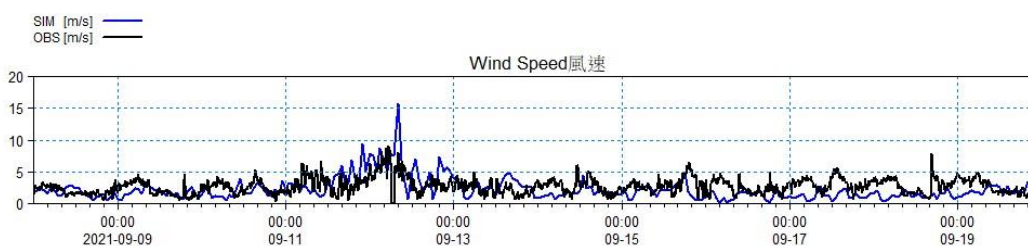


圖 4.15 璨樹颱風期間花蓮港風速觀測及模擬值歷線圖

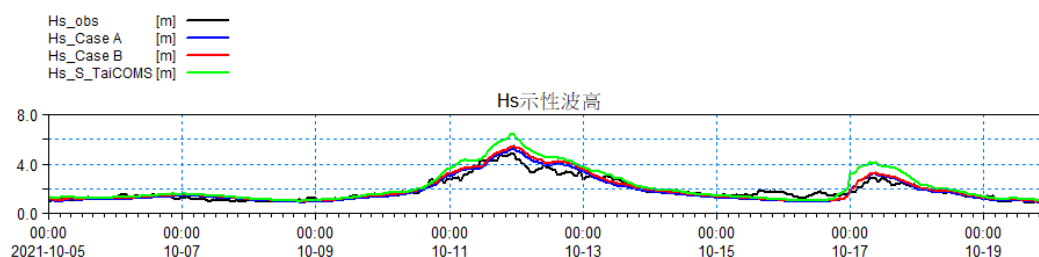


圖 4.16 圓規颱風期間兩參數組模擬示性波高歷線圖

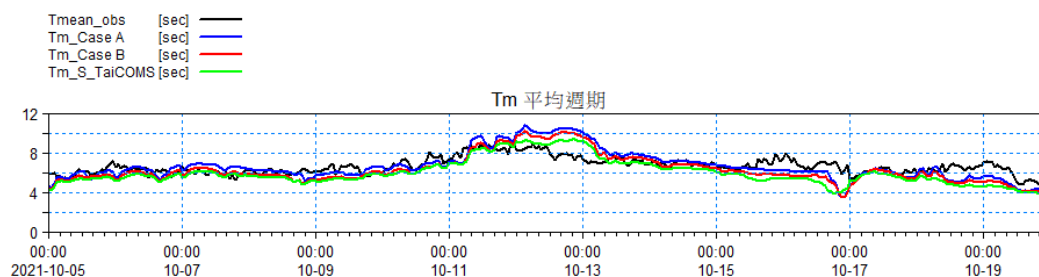


圖 4.17 圓規颱風期間兩參數組模擬平均週期歷線圖

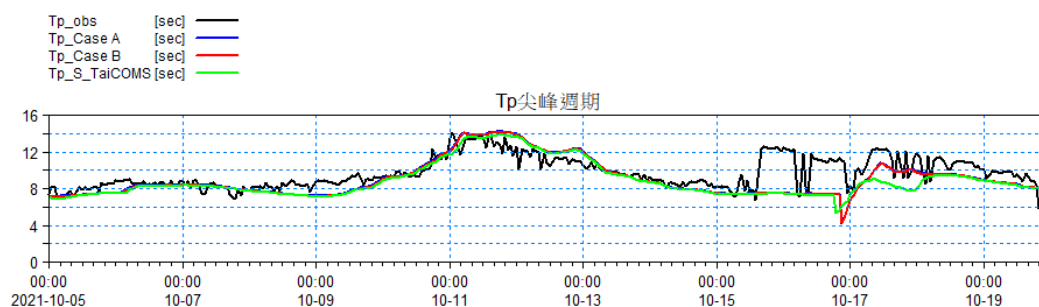


圖 4.18 圓規颱風期間兩參數組模擬尖峰週期歷線圖

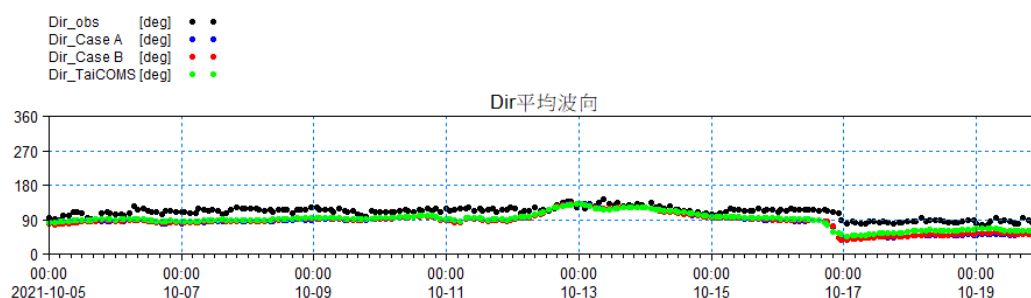


圖 4.19 圓規颱風期間兩參數組模擬平均波向歷線圖

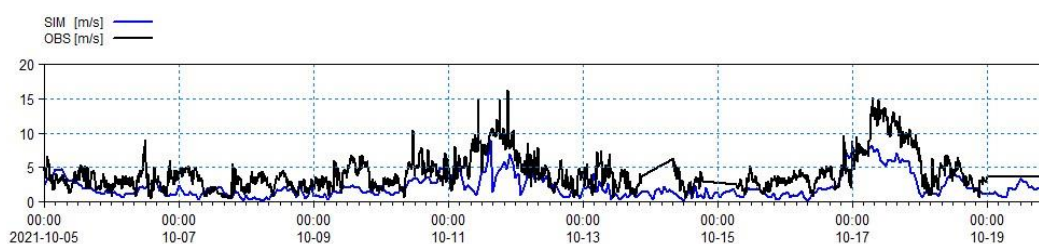


圖 4.20 圓規颱風期間花蓮港風速觀測及模擬值歷線圖

表 4-2 軒蘭諾颱風期間模擬誤差分析表

	評估指標	Case A	Case B	Komen(TaiCOMS)
示性波高(Hs)	平均絕對誤差(m)	0.792	0.905	1.311
	均方根誤差(m)	1.004	1.109	1.504
尖峰週期(Tp)	平均絕對誤差(sec)	1.894	1.939	1.733
	均方根誤差(sec)	2.604	2.632	2.285
平均週期(Tm)	平均絕對誤差(sec)	1.419	1.084	0.880
	均方根誤差(sec)	1.667	1.301	1.070
平均波向(Dir)	平均絕對誤差(°)	10.31	10.33	3.93
	均方根誤差(°)	29.00	28.04	24.15

表 4-3 梅花颱風期間模擬誤差分析表

	評估指標	Case A	Case B	Komen(TaiCOMS)
示性波高(Hs)	平均絕對誤差	0.322	0.339	0.402
	均方根誤差	0.420	0.450	0.550
尖峰週期(Tp)	平均絕對誤差(sec)	1.798	2.002	2.061
	均方根誤差(sec)	2.393	2.606	2.626
平均週期(Tm)	平均絕對誤差(sec)	1.208	1.152	1.000
	均方根誤差(sec)	1.441	1.350	1.188
平均波向(Dir)	平均絕對誤差(°)	25.90	25.10	21.14
	均方根誤差(°)	29.00	28.04	24.15

表 4-4 燦樹颱風期間模擬誤差分析表

	評估指標	Case A	Case B	Komen(TaiCOMS)
示性波高(Hs)	平均絕對誤差(m)	0.354	0.392	0.483
	均方根誤差(m)	0.620	0.679	0.878
尖峰週期(Tp)	平均絕對誤差(sec)	2.316	2.371	2.395
	均方根誤差(sec)	2.821	2.895	2.909
平均週期(Tm)	平均絕對誤差(sec)	1.215	1.242	1.225
	均方根誤差(sec)	1.532	1.451	1.408
平均波向(Dir)	平均絕對誤差(°)	17.90	16.28	14.20
	均方根誤差(°)	22.09	20.18	17.65

表 4-5 圓規颱風期間模擬誤差分析表

	評估指標	Case A	Case B	Komen(TaiCOMS)
示性波高(Hs)	平均絕對誤差(m)	0.247	0.252	0.412
	均方根誤差(m)	0.324	0.354	0.601
尖峰週期(Tp)	平均絕對誤差(sec)	1.109	1.129	1.205
	均方根誤差(sec)	1.620	1.641	1.753
平均週期(Tm)	平均絕對誤差(sec)	0.738	0.777	0.866
	均方根誤差(sec)	1.051	1.037	1.108
平均波向(Dir)	平均絕對誤差(°)	23.71	23.18	19.65
	均方根誤差(°)	26.14	25.54	21.74

4.2 小結

以較敏感之 2 個參數 $\tilde{S}_{PM}$ 、 p ，設定 2 組變動後參數組(如表 4-1)進行模擬測試，並以平均絕對誤差與均方根誤差 2 種評估指標，比較 Case A、Case B 及 TaiCOMS 之模擬結果，由表 4-2 至表 4-5 可看出，於示性波高模擬值中，誤差最低為 Case A、其次為 Case B，TaiCOMS 之模擬值誤差相對較高，於尖峰週期及平均週期中，誤差最低為 TaiCOMS，Case A 與 Case B 間則無固定趨勢，平均波向則以 TaiCOMS 模擬值誤差最低，Case A 與 Case B 之間則差異極小。

第五章 即時影像監測設備更新汰換及系統維護工作

5.1 即時影像監測設備與例行維護

本計畫同時辦理本所於花蓮港區及花蓮縣台 11 線人定勝天路段設置之即時影像設備維護，影像設備資訊及位置，如表 5-1、圖 5.1 至圖 5.3 所示，即時影像供越波影像判釋、港區靜穩度系統與數值模擬等研究參考驗證應用，維護方式為每季維護 1 次(共 4 次)，本年度第 1 至 4 季之現場維護照片如圖 5.4 至 5.19。

表 5-1 即時影像設備清單

項次	設備名稱及型號	位置	數量
1	室外 PTZ 鏡頭(M5525-E)	港務大樓	1
2	室外 PTZ 鏡頭(Q1789-LE)	西防波堤燈塔	1
3	室外 PTZ 鏡頭(P5624-E)	西防波堤燈塔	1
4	室外槍型鏡頭(Q1786-LE)	西防波堤燈塔	1
5	室外 PTZ 水尺鏡頭 (Q1378-LE)	西防波堤燈塔	1
6	室外 PTZ 鏡頭(P5514-E)	亞洲水泥公司	1
7	室外 PTZ 鏡頭(P5515-E)	台 11 線人定勝天路段 62.5K	1
8	室外槍型熱成像鏡頭(Q1942)	台 11 線人定勝天路段 62.5K	1



圖 5.1 花蓮港區即時影像位置圖

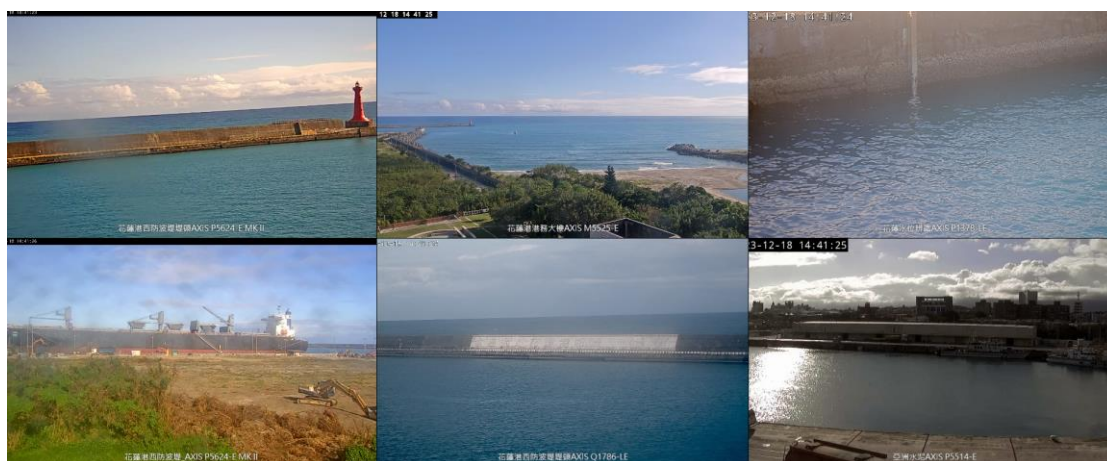


圖 5.2 花蓮港區即時影像圖



圖 5.3 台 11 線人定勝天路段即時影像圖



圖 5.4 花蓮港區即時影像維護 a(第 1 季)



圖 5.5 花蓮港區即時影像維護 b(第 1 季)



圖 5.6 花蓮港區即時影像維護 c(第 1 季)



圖 5.7 花蓮縣台 11 線人定勝天路段即時影像維護(第 1 季)



圖 5.8 花蓮港區即時影像維護 a(第 2 季)



圖 5.9 花蓮港區即時影像維護 b(第 2 季)



圖 5.10 花蓮港區即時影像維護 c(第 2 季)



圖 5.11 花蓮縣台 11 線人定勝天路段即時影像維護(第 2 季)

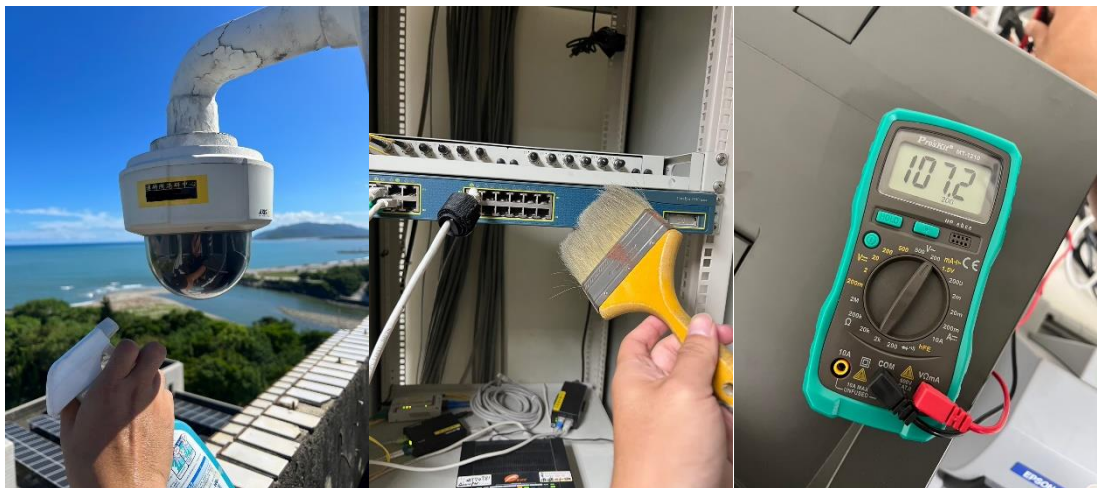


圖 5.12 花蓮港區即時影像維護 a(第 3 季)



圖 5.13 花蓮港區即時影像維護 b(第 3 季)



圖 5.14 花蓮港區即時影像維護 c(第 3 季)



圖 5.15 花蓮縣台 11 線人定勝天路段即時影像維護(第 3 季)



圖 5.16 花蓮港區即時影像維護 a(第 4 季)



圖 5.17 花蓮港區即時影像維護 b(第 4 季)



圖 5.18 花蓮港區即時影像維護 c(第 4 季)



圖 5.19 花蓮縣台 11 線人定勝天路段即時影像維護(第 4 季)

5.2 維護異常狀況處置

本工作項目已執行完成，全年度異常處理彙整如表 5-2。

表 5-2 即時影像異常狀況處置

維護時間	異常設備	異常設備位置	異常狀況
112 年 4 月 (第 1 季)	室外 PTZ 鏡頭 (Q1789-LE)	西防波堤燈塔	支架鏽蝕區域擴大，補漆處理
	室外槍型鏡頭 (Q1786-LE)	西防波堤燈塔	電源跳脫，重接電源後正常運作
112 年 7 月 (第 2 季)	室外槍型鏡頭 (Q1786-LE)	西防波堤燈塔	電源跳脫，重接電源後正常運作
	室外 PTZ 鏡頭 (P5514-E)	亞洲水泥公司	攝影機故障，更換本所備品
112 年 9 月 (第 3 季)	室外 PTZ 鏡頭 (P5515-E)	人定勝天路段	POE 交換器燈號異常，查為電源控制器為正常供電，重開電源後正常運作
	室外槍型熱成像鏡頭(Q1942)	人定勝天路段	
112 年 12 月 (第 4 季)	無	無	無

第六章 結論與建議

本計畫利用本所發展之 TaiCOMS 系統，採用 WAM 及 SWAN 進行遠域、近域、及花蓮海域之近海風浪模擬，以 SWAN 模式中第三代風浪模式不同理論之風浪成長項及白帽消散項參數(Janssen、Komen、Westhuysen)，針對 111 及 112 年對花蓮較有影響之 4 場颱風期間(璨樹、圓規、軒蘭諾、及梅花颱風)，比較其模擬結果差異，並進一步就 Komen 理論之各項參數中，選取白帽消散速率(C_{ds})、PM 頻譜平均波浪尖銳度($\tilde{S}_{PM}$)、波浪尖銳度之冪次(p)等 3 種參數，比較模擬結果差異及探討參數敏感度，根據敏感度比較結果，於 Komen 理論參數中設置 2 種參數組合，亦以前述之 4 場颱風期間驗證模擬結果並與原 TaiCOMS 模擬值比較，評估改善結果，可供後續於港區風浪模擬持續精進研究提供參考。

6.1 結論

1. 本計畫以 SWAN 模式中第三代風浪模式不同理論之風浪成長項及白帽消散項參數(Janssen、風浪成長項及白帽消散項參數、Westhuysen)，針對 111 及 112 年對花蓮較有影響之 4 場颱風期間(璨樹、圓規、軒蘭諾、及梅花颱風)，分別測試模擬結果差異，由模擬結果可知，採用不同理論參數並依建議使用手冊(或技術手冊)之參數建議值，模擬結果於示性波高及平均週期較有差異，尖峰週期及平均波向以各理論參數模擬均得相近結果。
2. 就 SWAN 模式風浪成長項及白帽消散項參數，採用 Komen 理論之參數，將白帽消散速率(C_{ds})、PM 頻譜平均波浪尖銳度($\tilde{S}_{PM}$)、波浪尖銳度之冪次(p)等 3 種參數個增減 50%，比較模擬結果差異後可知，示性波高與($\tilde{S}_{PM}$)成正相關，與(C_{ds})及波浪尖銳度之冪次(p)呈負相關，平均週期則與(C_{ds})呈現正相關，與($\tilde{S}_{PM}$)及(p)呈負相關；與 TaiCOMS 比較模擬後可知，3 種參數中對模擬結果最敏感為 PM 頻譜平均波浪尖銳度，其次波浪尖銳度之冪次為，白帽消散速率則較不敏感。
3. 以相對較敏感之 2 個參數 $\tilde{S}_{PM}$ 、 p ，設定 2 組變動後參數組(表 4-1

之 Case A、Case B)進行模擬測試，經比較模擬結果歷線圖與誤差分析表後可知，將 $\tilde{S}_{PM}$ 從預設值減少 67%(Case A)，於颱風期間之示性波高有較低的誤差，但平均週期及平均波向以 TaiCOMS 模擬值誤差較低。

4. 本計畫已完成本所於花蓮港區及人花蓮縣台 11 線人定勝天路段設置之即時影像設備今年度維護工作，並排除發現之異常狀況或更換備品，確保設備及系統正常運作，維持影像資料傳輸供研究所需。

6.2 建議

1. SWAN 調整參數後於軒蘭諾及梅花颱風之模擬結果，雖於示性波高有較接近觀測值之結果，但仍有高估情形，且平均週期在以高估情況下更偏離觀測值，此部分可納入後續精進模式之研究方向。
2. 近年影像判釋相關研究興起，本所亦有進行海岸公路及港區相關越波影像判釋研究，建議持續辦理維護工作，以維持即時影像穩定傳輸，以達研究成果提供防災需求。

6.3 成果效益及應用情形

1. 掌握花蓮港區風浪模擬與觀測資料評估成果，以了解各項參數對模擬結果影響程度，提供後續 TaiCOMS 模擬預測改善應用。
2. 本計畫研究成果可做為本所後續相關研究之依據，持續研究測試模擬改善成效，提供航港局、臺灣港務股份有限公司及國內外船舶業者等相關單位及人員，確實有效地掌握港區經營管理及防災等海象資訊。
3. 提供花蓮港區及台 11 線人定勝天路段即時影像資訊，供本所「應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究」計畫蒐集現場影像，分析海岸公路海近岸波浪，發展波浪溯升/越波之影像自動化判釋技術，提供公路單位於浪襲防災參考應用，花蓮港區影像資料供後續將針對花蓮港區發展防波堤越波影像判釋技術之應用。

參考文獻

1. 交通部中央氣象署網站，<https://www.cwa.gov.tw>。
2. 李怡婷(2003)，風浪模式最佳化研究，國立成功大學碩士論文。
3. 許泰文、廖建明、陳亞嵐、李怡婷(2005)，數值海浪預報之精進及應用，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
4. 張恆文、顏厥正、劉進金、馬名軍、林宛瑩、胡哲魁、李科豎(2021)，波浪資料同化系統與菲律賓預報建置研究計畫(1/3)，交通部中央氣象局委託研究計劃(期末)成果報告修正版。
5. 陳鈞彥、林雅雯、羅冠顯、蔡立宏(2023)，花蓮海域風浪模組模擬成效評估及精進，港灣季刊第 125 期。
6. 劉正琪、林雅雯、傅怡釗、李兆芳、謝佳紘、江朕榮(2022)，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。
7. 傅怡釗、林雅雯、劉清松、陳鈞彥、謝佳紘、鄭采誼(2022)，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。
8. 柳文成(2022)，河川及海岸堤防破壞之數值模擬、機制分析與模型試驗研究-風暴潮及波浪衝擊引起之海堤破堤模擬與不確定性分析(子計畫五)(I)，國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告。
9. 劉正琪、傅怡釗、林雅雯、李兆芳、謝佳紘、江朕榮(2023)，海氣象預測模擬系統之維運與精進(1/4)—精進基隆海域模組，交通部運輸研究所。
10. Swan User Manual, SWAN Cycle III version 41.31AB, Delft University of Technology.
11. Swan Scientific And Technical Documentations, SWAN Cycle III version 41.41, Delft University of Technology.

12. Komen, G.J., S. Hasselmann, and K. Hasselmann(1984), “On the existence of a fully developed wind-sea spectrum,” J. Phys. Oceanogr., 14, 1271-1285.
13. WAMDI group(1988), “The WAM model – a third generation ocean wave prediction model,” J. Phys. Oceanogr., 18, 1775–1810.
14. Wentung QIN, James T. Kirby and Mohsen Badiey(2005), “APPLICATION OF THE SPECTRAL WAVE MODEL SWAN IN DELAWARE BAY”, Research Report NO. CACR-05-09
15. Van der Westhuysen, A.J.(2007), “Advances in the spectral modelling of wind waves in the nearshore,” Ph.D. thesis, Delft University of Technology, Department of Civil Engineering, The Netherlands.
16. Zhehao Yang, Weizeng Shao, Yang Ding, Jian Shi, and Qiyan Ji(2020), “Wave Simulation by the SWAN Model and FVCOM Considering the Sea-Water Level around the Zhoushan Islands,” J. Mar. Sci. Eng. 2020, 8, 783; doi:10.3390/jmse8100783.
17. Bongkyo Son, Kideok Do(2021), “Optimization of SWAN Wave Model to Improve the Accuracy of Winter Storm Wave Prediction in the East Sea,” Journal of Ocean Engineering and Technology 35(4), 273-286, August, 2021.

附錄一

專家學者座談會及 歷次工作會議紀要

交通部運輸研究所港灣技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：交通部運輸研究所港灣技術研究中心第二科與第三科自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：112 年 4 月 28 日(星期五)上午 10 時

參、地點：本所港灣技術研究中心 2 樓會議室

肆、主持人：蔡立宏主任 紀錄：蔡金吉、蔡世璿

伍、出單位及人員：如後附簽到表

陸、委員意見：

一、臺灣港務股份有限公司鍾英鳳副總經理(退休)

(一)計畫建議將維護資料庫列入，並進行品管作業、資料整合分析及成果繪製，及統計分析均納入。

(二)臺北、臺中、高雄因近年來有繼續擴建，對波、潮、流及漂沙之影響程度為何？建議納入研究範圍內，作為未來港口擴建造成之影響探討。

(三)蘇澳、高雄、安平波浪站更新，以及基隆港遷移，是否造成資料中斷不連續，建議可敘明及分析變動情形。

(四)相關之原始數據(Raw Data)建議可開放外界使用，並將資料整合以利各方應用及驗證模式之參考。

(五)海流之觀測主要在港外且屬垂直剖面，目前港口對於海象氣象之需求甚殷，對未來發展智慧港口甚為重要；建議可否整理出上、中、下層海流之實際觀測值，配合數值模擬場域之流速比對。

(六)商港潮位觀測統計分析，基於資料顯示部分港口潮位資料不連續，建議潮位計高程應定期檢測。

(七)智慧港口之海氣象觀測之應用分析內容非在港口，建議考量修正成港口周邊之船舶航道及海氣象，即第二年著重在港口，第三年近海航道(包括離岸風場之影響、漁港)，第四年為 AI 運用於船舶安全、操航、廢氣排放。本計畫四年中，其中第 1、2、3 項每年均同建議可調整。

(八)港區巡查只是初步的作為，但水下巡查涉及效率、能見度，及水下載具目前之功能及可做項目，來設定各年之工作項目，

建議第一年須了解水下巡查可做及需做之項目，及目前水下載具之功能。

(九)花蓮港湧浪遮蔽及長週期波斷面模型試驗，其中湧浪遮蔽試驗，又含消能措施規劃，二者並不一致，遮蔽試驗通常常以防波堤、擋浪堤為主，以平面佈置為主，而消能措施則以斷面如消波塊、消能池、緩波、沙灘、消波碼頭，建議是否以平面布置作為花蓮港湧浪遮蔽試驗，長週期波斷面模型試驗則建議以斷面消能為主。

(十)海氣象觀測作業數位管理規劃時，建議確認為儀器設備管理或資料庫管理。儀器設備管理主要在設備之維護更新、使用效能、維護費，而資料庫管理亦有不同之思維。

(十一)離岸堤出水高度計畫，因其與不同之波向、波流、風向、地形、漂砂方向等有關，建議可先設定研究案例。

(十二)商港海氣象風力及波浪示警機制，未來建議考量預報示警。

二、臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司港務處羅偉佑處長

(一)海象觀測設備應定期校正避免數據誤差，而影響後續分析結果，如

遇實際環境改變，應注意觀測數據的使用。

(二)觀測結果建議網頁可提供簡易報表，供相關單位決策參考。

(三)有關港池共振改善研究建議將花蓮港形狀因素納入研究分析。

三、國立成功大學水利及海洋工程學系董東璟教授

(一)建議在海氣象觀測方法、儀器、取樣頻率檢校、品管方法、資料庫

等宜與國內相關夥伴單位，如中央氣象局、國家海洋研究院有定期

研討及整合，促使觀測資料品質趨於一致。

(二)可以考慮推動船舶上的海氣象觀測(長期)，短期可考慮蒐集各港域

船舶已有海氣象觀測數據以充實港域海氣象資料庫。

(三)所有觀測儀器之檢校、品管宜有完整之文件紀錄。

(四)港區風力、波浪示警研究工作目標設定宜仔細思考，因此議題影響因子太多如船舶型態、港域特性，不易有很綜整的結果，

另因子間的聯合效應如風、浪關係也可納入考量，港域海氣象時空變化快，參考何種資料(現場即時或未來模擬資料)也需討論，若是參考現場資料，何點位資料也需討論。

- (五)發展 AI 技術如第 4 案使用倒傳遞類神經網路預測波高是未來方向予以支持，但要注意是否有足夠資料可以訓練模式，另，利用非物理模式針對非常小點位(9、17、25 號碼頭)進行預測，是否合宜值得多加探究。

四、交通部航港局中部航務中心張家豪主任

(一) 商港風力、潮位、波浪、海流觀測與統計分析

1. 金門港之潮位、波浪、海流(運研所有觀測)是否能公開於港灣環境資訊網?
2. 第 1 頁，金門港是否考慮增設風力觀測工作?
3. 第 2 頁，風力觀測系統 112 年預計汰換 10 站，汰換標準(頻率)為何? 第 7 頁，經費概估未計算汰換以及緊急搶修費用。
4. 第 3 頁，甘特圖所示應共計 12 個月(11 個月應為誤植)。
5. 本中心去年研議臺中港船舶進港風力管制標準時參考港研中心提供之歷年風力觀測資料，發現 110 年底至 111 年初臺中港北堤測站因設備故障致該段期間無相關風力觀測資料，建議應提升設備之巡查頻率及即時修復能力。
6. 統計分析作業(公開的年報)似乎停滯於 2019 年，港灣環境資訊網海氣象觀測資料年報會重新發布 2022、2023 年版本嗎?
7. 潮位(臺中港暴潮特性)、波浪(水下無聲傳輸技術可行性及洲際二期港內波浪特性)、海流(臺北港海流特性)除維運及統計年報工作項目外，皆有規劃 1 個研究主題，風力是否增加其他研究主題，例如：臺中港各測站風力特性分析，可供臺中港船舶進港風力管制標準改採單一測站之參酌。
8. 第 11 頁，表示將分析近幾年臺中港潮位資料，探討颱風發生時實際潮位資料與天文潮預測潮位差異，但近幾年實際侵襲臺灣的颱風很少，是否會影響分析作業?
9. 第 16 頁，欲瞭解基隆港既有底碇式波浪觀測站遷移原因。

(二) 智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 第 30 頁，本計畫主要利用 AIS 船舶動態資訊分析之交通流量

與海氣象資訊及海事案件之關係，111 年度-海氣象資訊與船舶海事案件關係探討的結果為何？

2. 第 31 頁，依據 112 年工作計畫包含分析臺灣周圍海域與主要港埠航道交通流量，因此研究範圍應該有包括各商港港區範圍外之海域（包含彰化風場），由於彰化風場目前已公告設有南北向航道，並由本局成立彰化航道 VTS 中心管理該航道，研究單位希望本研究成果可以提供管理單位分散航線的評估，以減少碰撞事故發生機率，可否更具體說明如何分散航線。
3. 第 31～32 頁，比對 2022-2024 年的船舶分布軌跡，預期可以得到什麼樣的成果？
4. 第 33 頁，海氣象資訊於船舶監控預警系統將如何運用？如船舶即將進入 10 級風範圍前先預警(SOLAS/V/5-9 鼓勵船長通知鄰近船舶及岸台)？結合 AI 技術於船舶航行安全整合系統的初步規劃內容為何？其優於現行 NAVTEX 或其他傳遞海氣象資訊設備的功能為何？

(三) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析

1. 第 44 頁，相關設施自 109 年即建置，建議先說明先前已完成的工作項目，例如是否已完成海洋陣列雷達與現行觀測儀器的差異分析(是否會較一般儀器精確)？另陣列雷達是否受天候或其他因素影響？
2. 第 46～47 頁本次主要探討單雷達與雙雷達差異分析，故原始資料是否會有 109 年單站雷達、110 年南側雷達，以及雙雷達共同調查分析的資料？那單站及南側雷達是否有差異？

(四) 應用微波雷達於臺北港域環境監測

臺中港選擇海洋陣列雷達、臺北港選擇微波雷達有無特別考量？

(五) 港區水下巡查技術

1. 工作計畫未說明水下無人載具將採用哪一類 ROV/AUV 來測試？
2. 計畫緣起為以機器替代潛水員進行水下巡查可行性，文內提及兩大類操作技術似乎已是既有技術，故本研究結論倘分析不具可行性的原因可能為何？另本案欲得到的結論為何(怎樣的

巡查成果可稱之為可行、是否涉及成本效益分析)？

3. 本研究如具可行性，未來可以水下無人載具作為港區水下設施巡查作業之應用，相同的，因港區內易會發生船與船或船與固定設施碰撞事件，亦可利用 ROV/AUV 進行船底水下檢查船舶損壞情形。

(六) 花蓮港湧浪遮蔽試驗、長週期波斷面模型試驗

第 85 頁，第 10 案長週期波浪之研究亦提及「將研擬適用於花蓮港消減長週期波浪的結構物斷面或設施型式」，此研究成果與第九案湧浪消能措施是否會互相衝突？

(七) 海氣象觀測作業數位管理規劃

計畫緣起提及儀器、資材、通訊資源之維護、稽查、紀錄等，成果卻未提及這一方面的內容。另目前觀測數位管理所遭遇之難題為何？各觀測站的統計整理方式會有不同嗎？

(八) 離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

本案規劃運用 Youtube 影片進行研究，是否已掌握相關資源？

(九) 商港風力、波浪示警機制

應用面上風力示警燈號未來可否運用在各港之船舶進港管制標準上，供使用者標準判別更為淺顯易懂。

(十) 倒傳遞類神經網路建置花蓮港波高預測模式、花蓮港風浪模組模擬參數條校探討

第 15 案應用 TaiCOMS2.0 預測碼頭波高，第 16 案則欲精進 TaiCOMS 正確性，兩案之間會相互配合嗎？

(十一) 風力及波浪準確度分析

比對模擬資料與觀測資料的準確度，並展示於港灣環境資訊網的意圖為何？準確度的定義是什麼？預計未來的參考應用方向是什麼？

五、國立中山大學海洋科學系陳冠宇教授

- (一) 風波潮流的即時觀測與分析多年來已經累積大量成果，持續的進行資料蒐集十分重要，也值得肯定。這些資料取得主要在計畫一~四，配合計劃十七、十八進行近一步的分析與品管，構成完整的資料系統。

(二)除了傳統的單點觀測，計劃九、十以及與計劃十六相關的數值模式，都可以提供面的，甚至 3-D 的資訊，點和面的資料可以相互印證。

(三)資料的加值運用，如計劃五、十一、十三 R 十五，和以上的資料取得與品管的計劃相互呼應，顯示第二科與第三科的合作。

(四)針對實際的海岸與港灣工程問題的研究很有意義，惟一般人不易了解其詳細沿革，建議多強調這些計畫之創新性。

六、海洋委員會國家海洋研究院翁健二主任秘書

(一)第 2 頁，商港風力觀測編列經費是否有包含設備更換？

(二)商港波浪觀測與海流工作項目相似。

(三)第 18 頁，商港波浪觀測，水下無線傳輸系統測試，有無評估通訊距離、速率？通訊方式？

(四)雷達表面流觀測，如何驗證觀測資料正確性？

(五)陣列雷達表面流觀測編列經費是否包含維運經費？

(六)陣列雷達觀測數據如何呈現以提供相關單位參考依據？

(七)第 54 頁，陣列雷達維運是否同仁自行維運？

(八)臺北港雷達站，觀測數據如何驗證？

(九)第 55 頁，陣列雷達解析度 500m，如何進行船舶觀測分析？

(十)第 122 頁，花蓮港碼頭波高預測使用 LSTM 預測解析度？另硬體設備是否有相關配套措施？

(十一)港區水下巡查技術初探，港務公司已有計畫在執行。

柒、結論：

感謝委員提供本所自行研究計畫之專業建議，請案關同仁將委員意見納為執行計畫重要參採依據，俾以達到成果實際應用目的，以及提升研究成果之廣度及實用性。

捌、散會：上午 12 時 45 分

會議簽到表

會議名稱：交通部運輸研究所港灣技術研究中心第二科與第三科自行研究計畫專家學者座談會議

時間：112 年 4 月 28 日(星期五)上午 10 時

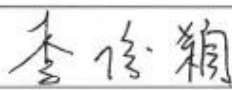
地點：本所港研中心2樓會議室

主持人：蔡立宏主任 

專家學者：

專家學者	簽名
鍾英鳳 委員	
羅偉佑 委員	
董東璟 委員	
張家豪 委員	
陳冠宇 委員	
翁健二 委員	

出席單位及人員：

出席單位	職稱	簽名
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	科長	
	科長	
	科長	

單位	簽名
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	黃茂信 李政廷 羅冠顯 陳釗亮 洪維屏 陳智恆 劉淑敏 許義宏 林有騰 莊文傑 邱元光 郭瑞芬 傅怡釗 蔡敏玲 蔡金吉 曹勝強 劉明義 蔡世瑞 劉清平
	顏碩香 謝榮業 劉以宏明

112年6月工作會議紀要

會議名稱：本所港灣技術研究中心第三科112年自行研究計畫第1次工作會議

時間：112年6月30日(星期五)上午10時

地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議)

主持人：林雅雯科長

出席者：如後附簽到表

主辦單位：本所港灣技術研究中心第三科

紀錄：林有騰

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

- 1.茄荳及林園海域離岸堤群之 Google Earth 影像檢視。
- 2.茄荳離岸堤群配置及堤後海灘地形變遷文獻檢索、諮詢。
- 3.高雄茄荳及林園海岸離岸堤群現場考察。

(二)商港海氣象風力、波浪示警機制影響評估

- 1.更新綜整各商港現行海氣象相關實務管理作業要點。
- 2.研析國內外商港海氣象示警機制之相關文獻。
- 3.分析問卷調查有關各港對港外波高之管制需求與特性。
- 4.透過本所觀測年報統計數據，進行風力及波浪燈號示警門檻建議值之初步影響評估。

(三)港研中心業務決策支援系統規劃(2/2)-架構規劃

- 1.蒐集業務單位決策支援系統資料及相關文獻。
- 2.依前期計畫結果進行決策支援系統架構需求初步分析作業。

(四)應用倒傳遞類神經網路建置花蓮港碼頭波高預測模式

- 1.蒐集109-111年花蓮港外、港內觀測波浪資料，進行港外 AWAC 測站風、湧浪分離工作，以及港內3測站相關性分析，並產製相關統計圖表及歷線圖。
- 2.整理109-111年 TaiCOMS 系統產製花蓮港波浪模擬資料，進

行模擬資料內插工作，並比較中、小尺度波浪模擬結果。

3. 規劃各碼頭神經網路，訓練、驗證及測試集使用之資料。

4. 持續維運「花蓮港區靜穩展示頁面」。

(五) 花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

1. 蒐集風浪數值模式、參數探討等相關文獻。

2. 針對110年至111年颱風事件，進行花蓮海域風浪模組不同參數對於模擬影響比較分析。

3. 已完成第1、2次花蓮港區即時影像監測設備定期維護工作。

(六) 馬祖北竿、莒光及東引港口海氣象特性分析

1. 完成北竿、莒光及東引歷年海氣象觀測資料蒐集(位置、高程)。

2. 完成歷年海氣象觀測資料蒐集率統計(月、4季及年)。

3. 相關性及海氣象特性分析對象及資料使用確立(年度、夏季及冬季)。

4. 完成北竿、莒光及東引歷年海氣象觀測資料品管作業。

(七) 風力及波浪資料準確度分析及展示

1. 文獻回顧。

2. 蒐集臺中港風力、波浪之觀測與模擬資料。

3. 進行資料彙整與分析相關性。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一) 離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

1. 觀察、探討離岸堤群中毗鄰離岸堤衍生「離岸堤效應」之差異。

2. 分析、掌握毗鄰離岸堤後衍生「離岸堤效應」差異之控制因素。

(二) 商港海氣象風力、波浪示警機制影響評估

1. 討論各商港最新更新之風力及波高相關實務管理作業要點。

2. 討論風力及波浪燈號示警門檻建議值之初步影響評估。

(三) 港研中心業務決策支援系統規劃(2/2)-架構規劃

- 1.討論所內外與決策支援相關之文獻。
- 2.依前期自辦計畫成果進行初步架構內容討論。

(四)應用倒傳遞類神經網路建置花蓮港碼頭波高預測模式

- 1.討論花蓮港域波浪受颱風湧浪影響之特性。
- 2.討論花蓮港模擬資料適用性。

(五)花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

- 1.有關平均週期的討論，因平均週期有不同定義，建議先釐清使用之定義(例如 T_{m02})再進行比較。
- 2.TaiCOMS 於花蓮港區小尺度模組輸出點位有變更過，建議驗證時釐清所用模擬結果位置。

(六)馬祖北竿、莒光及東引港口海氣象特性分析

- 1.定義歷年海氣象觀測資料蒐集率70%以上資料較有代表性：
 - (1)歷年風速測站大部分僅1年達到70%。
 - (2)歷年波浪及海流測站大部分僅2年達到70%。
 - (3)歷年潮汐測站狀況較好，有3年以上達到70%。
- 2.品管方式使用 QARTOD Manual 品管檢驗(Test 1、4、5、6、7及8)，增加 Test 6標記4於颱風警報期間須保留之規則。
- 3.增加使用有判定不合格(標記4)的品管方式，如 Test 6，可協助檢出多筆異常資料，提升特性分析的準確性。

(七)風力及波浪資料準確度分析及展示

- 1.針對模擬風場與波浪推算之取點結果值進行討論。
- 2.討論不同分類相關性分析之初步結果。

貳、重點紀要/主要結論

一、離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

相鄰離岸堤之近岸沙舌或繫岸沙洲之沖淤機制與離岸堤之出水高度關係可再進一步釐清。

二、商港海氣象風力、波浪示警機制影響評估

- (一)本案係考量港外波高，後續可進一步探討港內波高(靜穩度)。
- (二)相關觀測統計分析數據，請再考量合理之採計期間。
- (三)海氣象及應變即時系統之推播，建議後續可參考中央氣象局作法，以客製化個人專屬的警示設定及推播。

三、港研中心業務決策支援系統規劃(2/2)-架構規劃

- (一)建議將決策支援系統之使用者限縮於港研中心內部，並確認系統使用對象與其應有功能。
- (二)預計納入決策支援系統的資料庫過於龐大，建議依照功能複雜程度排定優先順序。

四、應用倒傳遞類神經網路建置花蓮港碼頭波高預測模式

因輸入條件為港外波高，是否不同颱風皆有良好之預測結果，建議再分析釐清。

五、花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

- (一)建議清楚交代模擬範圍、各參數理論之差異及瞭解本所 TaiCOMS 採用 SWAN 過往曾改動過之參數。
- (二)建議不同參數對於模擬影響比較分析，可就颱風事件做波譜分布圖比較分析。
- (三)TaiCOMS 於花蓮港區小尺度模組驗證點位有變更過，建議釐清模擬結果位置。

六、馬祖北竿、莒光及東引港口海氣象特性分析

海氣象觀測站數量及類型眾多，下一階段要思考如何說明其與地形環境的關係及各島之間的相關性。

七、風力及波浪資料準確度分析及展示

- (一)建議說明觀測與模擬取點之測站點位。
- (二)關於風場與波浪的模擬資料，建議說明擷取的模擬風場範圍。
- (三)資料分析建議將誤差值剔除後再分析。

簽到表

壹、會議名稱：本所港灣技術研究中心第三科 112 年自行研究計畫第 1 次
工作會議

貳、時間：112 年 6 月 30 日(星期五) 上午 10 時

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室

肆、主持人：林雅雯科長 林雅雯

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所港灣技術研究中心 第一科	科長	賴瑞雄
本所港灣技術研究中心 第二科	科長	李俊穎
本所港灣技術研究中心 第三科	研究員	劉鴻玲
	研究員	蔣敏玲
	研究員	莊文傑
	副研究員	陳金玲
	副研究員	傅怡釗
	助理研究員	莊世巧
	助理研究員	林有騰

112 年 8 月工作會議紀要

會議名稱：本所港灣技術研究中心第三科112年自行研究計畫第2次工作會議

時間：112年8月29日(星期二)上午9時

地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議)

主持人：林雅雯科長

出席者：如後附簽到表

主辦單位：本所港灣技術研究中心第三科 紀錄：林有騰

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

- 1.高雄茄萣、林園、屏東林邊及佳冬海岸離岸堤群之 Google Earth 影像檢視、現場考察及堤後海灘地形變遷文獻檢索。
- 2.觀察、探討離岸堤群中毗鄰岸堤衍生「離岸堤效應」之差異。
- 3.分析、掌握毗鄰離岸堤後衍生「離岸堤效應」差異之控制因素。

(二)商港海氣象風力、波浪示警機制影響評估

- 1.更新綜整各商港現行海氣象相關實務管理作業要點。
- 2.研析國內外商港海氣象示警機制之相關文獻。
- 3.籌辦座談會相關事宜。
- 4.透過本所歷史觀測數據，進行風力及波浪燈號示警門檻建議值之初步影響評估。

(三)港研中心業務決策支援系統規劃(2/2)-架構規劃

- 1.研析業務單位決策支援系統資料及相關文獻。

2.持續參加本所運輸資訊組「112年度運輸研究專利與決策支援應用」工作圈會議。

3.進行決策支援系統架構相關人員意見蒐整作業。

4.進行系統架構之細步分析作業。

(四)應用倒傳遞類神經網路建置花蓮港碼頭波高預測模式

1.將109-111年花蓮港外、港內觀測資料及 TaiCOMS 系統產製花蓮港波浪模擬資料進行補遺、內插及正規化處理。

2.以處理後之港外觀測資料及港內觀測資料訓練，建立17、25號碼頭神經網路。—

3.持續維運「花蓮港區靜穩展示頁面」。

(五)花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

1.針對110年至111年颱風事件，進行花蓮海域風浪模組 Komen、Janssen、Westhuysen 等理論參數對於模擬影響比較分析。

2.已完成第1、2次花蓮港區即時影像監測設備定期維護工作，並於6月29日完成花蓮港區鏡頭維修更換作業。

(六)馬祖北竿、莒光及東引港口海氣象特性分析

1.完成北竿、莒光及東引歷年海氣象觀測資料相關性分析。

2.完成北竿、莒光及東引歷年海氣象觀測資料特性分析。

(七)風力及波浪資料準確度分析及展示

1.蒐集臺中港北堤風力觀測與風場資料。

2.研提風力資料準確度評估步驟。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

1.高雄茄萣毗鄰離岸堤後之淤沙效能差異探討：建造年代先後與出水高度差異、離岸堤群之斷面佈置、離岸堤群之出水高度差異。

- 2.高雄林園離岸堤後之淤沙效能差異探討：出水高度差異。
- 3.屏東離岸堤群之出水高度差異、海堤與離岸堤之原始設計斷面展示。
- 4.離岸堤後繞射波冲刷效能探討。

(二)商港海氣象風力、波浪示警機制影響評估

- 1.討論辦理座談會籌辦前置事宜。
- 2.討論風力及波浪燈號示警門檻建議值之初步影響評估。

(三)港研中心業務決策支援系統規劃(2/2)-架構規劃

- 1.說明本所112年度運輸研究專利與決策支援應用合作計畫目前辦理情形。
- 2.討論決策支援系統架構需求分析作業內容。

(四)應用倒傳遞類神經網路建置花蓮港碼頭波高預測模式

- 1.討論17號碼頭訓練、驗證及連續預測結果。
- 2.討論25號碼頭訓練、驗證及連續預測結果。

(五)花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

- 1.有關模式參數敏感度分析，目前參考柳等人(2022)研究報告之作法，將參數分別增減50%後模擬值與預設參數模擬值比較。
- 2.TaiCOMS 於花蓮港區小尺度模組輸出點位有變更過，已釐清所用模擬結果位置進行比較。

(六)馬祖北竿、莒光及東引港口海氣象特性分析

- 1.比較及說明歷年海氣象觀測資料夏季及冬季期間之相關性。
- 2.說明及展示各島港口測站年度、夏季及冬季之風力及波浪特性。

(七)風力及波浪資料準確度分析及展示

- 1.模擬風場資料擷取區間討論。

2.不同月份、時間的風場相關性分析討論。

貳、重點紀要/主要結論

一、離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

建議考量未來調適、因應對策之研提方式(個案或通案)。

二、商港海氣象風力、波浪示警機制影響評估

(一)未來港內波高(靜穩度)是否進行示警，後續可再考量各港是否有需求及進行評估。

(二)示警機制亦可參考中央氣象局作法，以客製化個人專屬的警示設定及推播，以滿足不同使用者之需求。

三、港研中心業務決策支援系統規劃(2/2)-架構規劃

(一)建議決策支援系統執行面可分項分年實施。

(二)預計納入決策支援系統資料庫資料項目與需求，建議請再釐清排定優先順序。

四、應用倒傳遞類神經網路建置花蓮港碼頭波高預測模式

(一)17號碼頭神經網路於訓練資料擴充後，颱風期間峰值預測結果比擴充前略減，於撰寫報告時可探討其原因及後續改善作為。

(二)神經網路執行連續預測結果，目前呈現預測20min 及連續預測3小時結果，可再增加連續預測6小時、2小時或1小時之結果，供明年度進行作業化研究參考。

五、花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

(一)建議釐清各理論參數來源及不同理論參數之差異。

(二)建議可著手研析未來報告呈現之章節、結果討論及應用。

六、馬祖北竿、莒光及東引港口海氣象特性分析

建議風向相關性使用分量的方式進行比較，並加以說明各港口風力特性與其地形特徵差異。

七、風力及波浪資料準確度分析及展示

- (一)建議風場資訊的擷取說明圖示再評估如何呈現。
- (二)建議加強說明分析期間的資料性質(如:是否有包含颱風期間等)。

簽到表

壹、會議名稱：本所港灣技術研究中心第三科 112 年自行研究計畫第 2 次
工作會議

貳、時間：112 年 8 月 29 日(星期二) 上午 9 時

參、地點：本所港灣技術研究中心5樓第一會議室

肆、主持人：林雅雯科長 林雅雯

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所港灣技術研究中心 第一科	科長	賴瑞璽
本所港灣技術研究中心 第二科	科長	李俊穎
本所港灣技術研究中心 第三科	研究員	邱清玲
	研究員	蔣淑玲
	研究員	莊文傑
	副研究員	傅怡釗
	副研究員	陳鈞廷
	助理研究員	蔡世瑋
	助理研究員	林有騰

112年10月工作會議紀要

會議名稱：本所運輸技術研究中心第三科112年自行研究計畫第3次工作會議

時間：112年10月31日(星期二)上午10時

地點：本所運輸技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議)

主持人：林雅雯科長

出席者：如後附簽到表

主辦單位：本所運輸技術研究中心第三科

紀錄：林有騰

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

- 1.藉高雄旗津海岸施行人工灣澳保護工程所布建出水離岸堤及系列潛堤後的對應海灘變遷形態之對照比較，評估離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響。

- 2.海洋工程研討會初步研究成果發表。

(二)商港海氣象風力、波浪示警機制影響評估

- 1.研析國內外商港海氣象示警機制之相關文獻。
- 2.辦理座談會相關意見綜整。
- 3.提出風力及波浪燈號示警門檻建議值。
- 4.透過本所長期歷史觀測數據，進行風力及波浪燈號示警門檻建議值之初步影響評估。

(三)港研中心業務決策支援系統規劃(2/2)-架構規劃

- 1.持續參加本所運輸資訊組「112 年度運輸研究專利與決策支援應用」工作圈會議。
- 2.進行系統架構之細步分析作業。
- 3.進行決策支援報告初稿撰寫。

(四)應用倒傳遞類神經網路建置花蓮港碼頭波高預測模式

- 1.完成 3 個碼頭類神經網路建置工作，訓練資料分別以港外波浪觀測資料及港外模擬資料訓練 2 大類，執行各碼頭類神經網路建立工作。輸入層參數在港外波浪條件部分，又區分為只考慮波高參數，以及考慮波高、週期、波向等 2 種組合做訓練、驗證及測試。
- 2.持續維運「花蓮港區靜穩展示頁面」。

(五)花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

- 1.完成 110 年至 111 年颱風事件，進行花蓮海域風浪模組 Komen、Janssen、Westhuysen 等理論參數對於模擬影響比較分析。
- 2.以 110 年至 111 年颱風事件進行 Komen 理論參數敏感度比較分析。
- 3.已完成第 1、2、3 次花蓮港區即時影像監測設備定期維護工作，並於 9 月 23 日完成人定勝天路段鏡頭傳輸異常排除。

(六)馬祖北竿、莒光及東引港口海氣象特性分析

- 1.完成 112 年 8 月 29 日工作會議建議修改部分。
- 2.完成馬祖北竿、莒光及東引港口海陸風差異分析。

(七)風力及波浪資料準確度分析及展示

- 1.蒐集臺中港波浪觀測與波浪模擬資料。

- 2.研提波浪資料準確度評估步驟。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

- 1.影響堤後淤沙效能的控制因素研判：沙源補注的不必要性。

- 2.評估堤體出水高度影響之對比案例：評估高雄旗津海岸施行人工灣澳保護工程所布建出水離岸堤及系列潛堤後的對應海灘變遷形態，分別針對高雄茄萣海岸、林園海岸、屏東林邊海岸崎峰海堤外、佳東海岸塹豐頂寮海堤外之離岸堤群同質性及異質性探討並評估各歷年出水高度變化對堤後淤沙效能之影響。

(二)商港海氣象風力、波浪示警機制影響評估

- 1.討論風力及波浪燈號示警門檻建議值。

- 2.討論風力及波浪燈號示警門檻建議值之初步影響評估。

(三)港研中心業務決策支援系統規劃(2/2)-架構規劃

- 1.說明本所 112 年度運輸研究專利與決策支援應用合作計畫目前辦理情形。

- 2.討論決策支援系統架構規劃結果與建議。

(四)應用倒傳遞類神經網路建置花蓮港碼頭波高預測模式

建立之神經網路進行連續預測 6 小時、3 小時、2 小時、1 小時並檢視評估結果。

(五)花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

- 1.以 Komen、Janssen、Westhuysen 各理論分別進行模擬，其波高、週期、波向等結果差異皆不顯著。

2.Komen 理論之參數敏感度比較分析可得知，stpm 參數(PM 頻譜平均波浪尖銳度)較 cds2 參數(白帽消散速率)易受數值變動影響。

(六)馬祖北竿、莒光及東引港口海氣象特性分析

- 1.比較氣象署 W11 不同布放位置之年度、夏季及冬季風力特性差異。
- 2.比較馬祖北竿、莒光及東引港口風力 U 及 V 分量之相關性。
- 3.比較馬祖北竿、莒光及東引港口海陸風效應之差異。

(七)風力及波浪資料準確度分析及展示

- 1.模擬波浪資料擷取區間討論。
- 2.討論 2021 年與 2022 年波浪相關性。

貳、重點紀要/主要結論

一、離岸堤出水高度對堤後淤沙效能之影響評估

離岸堤設置及維護目的、離岸堤出水高度堤體透水性及波浪繞射情形等，皆與堤後淤沙效能有關，本案研究成果可做為離岸堤設計及維護之決策支援應用。

二、商港海氣象風力、波浪示警機制影響評估

- (一)有關臺北港風力與花蓮港港外波高之燈號示警門檻建議值，請再考量是否調整。
- (二)相關影響評估之統計分析，請儘速完成後投稿。

三、港研中心業務決策支援系統規劃(2/2)-架構規劃

- (一)建議多研析資料之決策支援應用項目。

(二)檔案建立各科室分工、檔案管理系統建置及維護可行性及資安需求建議釐清。

四、應用倒傳遞類神經網路建置花蓮港碼頭波高預測模式

(一)以港外波浪模擬資料訓練建置之神經網路，可採用考慮港外波浪條件有波高、週期及波向之組合，但 9 號碼頭使用港外波浪條件只有波高之組合較佳。

(二)神經網路執行連續預測結果，目前呈現連續預測 1 小時結果優於預測 20min，此結果可供明年度進行作業化研究參採。

五、花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

(一)有關參數敏感度分析，預計將冪次參數納入比較分析，並探討改變參數代表之物理意義。

(二)有關參數敏感度分析，建議可討論其波譜差異。

六、馬祖北竿、莒光及東引港口海氣象特性分析

(一)建議多補充說明西莒 2019 年海陸風日逐時影響程度與 2019 年 4 季日逐時風速變化 2 者間的差異。

(二)建議思考馬祖北竿、莒光及東引港口風力相關性比較的應用性。

七、風力及波浪資料準確度分析及展示

(一)建議增加圖表說明。

(二)建議再確認 1 日 4 報的資料特性。

簽到表

壹、會議名稱：本所運輸技術研究中心第三科 112 年自行研究計畫第 3 次
工作會議

貳、時間：112 年 10 月 31 日(星期二) 上午 10 時

參、地點：本所運輸技術研究中心5樓第一會議室

肆、主持人：林雅雯科長 林雅雯

伍、出席單位及人員：

出席單位	職稱	姓名
本所運輸技術研究中心 第一科	科長	賴瑞惠
本所運輸技術研究中心 第二科	科長	請假
本所運輸技術研究中心 第三科	副研究員	劉清軒
	副研究員	陳鈞彥
	副研究員	傅怡釗
	副研究員	莊文傑
	副研究員	蔣敏玲
	助理研究員	蔡世鴻
	助理研究員	林有騰
	約用人員	顏慧敏
	駐點人員	李麗雯

附錄二 期末報告審查意見回覆及處理情形

期末報告審查意見回覆及處理情形表

委員意見	意見回覆與處理情形表
一、陳文俊委員	
1.本計畫為精進TaiCOMS模式參數設定之探討，對提供模式預測模擬結果之精準有絕對之幫助，也得到具體成果，給予團隊努力肯定。	1.感謝委員肯定。
2.因中心已更名，報告中部分敘述「港灣技術研究中心」宜更正。	2.感謝委員意見，已遵照辦理修正文字。
3.TaiCOMS參數設定中已依使用手冊，將白帽消散對波數之依賴係數(δ)由0改成1，波浪尖銳度之冪次(p)之參數值於手冊中究竟為2或4？報告書p2-3敘述建議為4，而p3-3表3-1中敘述，使用手冊建議為2(表中取 $p=4$)，而表4-1中又採 $p=2$ ，此部分建議敘述清楚。	3.感謝委員建議，查SWAN模式有關白帽消散項中，若採用Komen理論，參數 p (powst)值於「使用手冊」建議值為2，於「技術手冊」中則建議為4，本研究以 $p=2$ 為基礎進行模擬及敏感度探討，已補充敘述於p2-3及修正表2-1、表3-1。
4.將各 C_{ds} 、 $\tilde{s}_{PM}$ 、 p 增減50%做敏感度分析，發現似以 $\tilde{s}_{PM}$ 對示性波高及平均週期於最大差異百分比呈現較明顯，未來或可針對其值做更詳細之敏感度分析，或可使TaiCOMS於颱風期間波高模擬偏高部分有較佳之改善。	4.感謝委員建議，將於後續研究研議納入辦理。
5.由表4-1設定case A、B，調整 $\tilde{s}_{PM}$ 、 p 後，確實比TaiCOMS有較佳之模擬結果，惟不知為何 C_{ds} 沒有更動？且由前面敏感度分析， C_{ds} 增加後波高模擬值會降低，或亦有助改善目前波高模擬值仍偏高現象，同理冪次(p)增加後波高模擬值亦可降低，故未來或可再嘗試相關參數組合讓波高於颱風期間模擬偏高現象再改善。	5.感謝委員建議，經參數敏感度測試， $\tilde{s}_{PM}$ 、 p 為較敏感之參數， C_{ds} 為較不敏感之參數，故參數調校設定案例時，以較敏感之參數 $\tilde{s}_{PM}$ 、 p 為目標改動調校測試，相關參數組合將於後續研究研議納入辦理。
6.第4-1頁，「case A將 $\tilde{s}_{PM}$ 之原始值」應該為「case B」，結論可再強化些具體成果	6.感謝委員意見，已修正錯誤敘述，及加強說明6.1節。
二、陳冠宇委員	

1.本計畫利用運技中心之優勢，大量實測資料進行數值模式校驗，研究方向正確。	1.感謝委員肯定。
2.現在學術界利用AI風氣盛行，建議可作為爾後之研究方向，例如於此反推模式參數之相關議題。	2.感謝委員建議，將於後續研究研議納入辦理。
3.實測資料應越多越好，不用考慮過度擬合之狀況。	3.感謝委員建議，已於4.1節補充2021年璨樹、圓規颱風案例比較結果。
4.敏感性分析之趨勢對參數調校意義重大，值得肯定，尤其分成case A、B，調整 $\tilde{s}_{PM}$ 之步長其有意義。	4.感謝委員肯定。
三、溫志中委員	
1.以SWAN模式模擬可有效推估風浪時序列特性，惟波高尖峰值與實測仍有差異。	1.感謝委員提醒，本研究目的為針對SWAN模式探討參數敏感度及參數調校後之探討，參數經調教後雖波高尖峰值與實測仍有差異，探討成果仍可納入本所作業化TaiCOMS系統持續精進之參考。
2.建議可利用不同風場來源資料比較上游資料之差異。	2.感謝委員建議，本研究以本所TaiCOMS系統作業化運作之SWAN模式為基礎，採用中央氣象署提供風場資料，暫無考慮其他風場來源資料。
3.建議可比較遠域、近域、近海風浪模組。	3.感謝委員建議，已以璨樹颱風為例，比對遠域(大尺度)、近域(中尺度)、近海(小尺度)風浪模組於花蓮海域之模擬示性波高及尖峰週期，確認各尺度模擬波高可反映遠域颱風，並補充相關敘述於2.3節。
4.建議遠域、近域、近海風浪模組可再放大東側邊界範圍，以立風場於邊界處反應。	4.感謝委員建議，同上意見回覆，以璨樹颱風為例，比對遠域(大尺度)、近域(中尺度)、近海(小尺度)風浪模組於花蓮海域之模擬示性波高及尖峰週期，確認各尺度模擬波高可反映遠域颱風，故本研究之遠域風浪模組不再放大東側邊界範圍，相關討論補充於2.3節。

5.邊界條件設定建議探討。	5.感謝委員建議，已補充敘述於2.3節。
四、本所運輸技術研究中心第一科黃宇謙副研究員(書面意見)	
1.本研究精進本所建置之TaiCOMS系統模擬模式，並利用在地化資料進行參數調校，有利發展成我國相對適用之近海風浪模擬模式，研究成果努力值得肯定。	1.感謝委員肯定。
2.建議未來可利用其他港區不同方式、不同颱風資料驗證本研究所提出之調校參數，是否一體適用於我國其他地區之近海風浪模擬成果，以便更周全的探討。	2.感謝委員建議，將於後續研究研議納入辦理。
五、本所運輸技術研究中心第二科李俊穎副研究員	
1.建議在第三章補述採用花蓮港域風浪模組是否與第二章相同。	1.感謝委員建議，已於p3-1補充敘述。
2.建議可將前期成果納入本報告說明。	2.感謝委員建議，已補充於2.3節。
3.模式採用風場常為影響風浪主因，若風場不準，可能不易反應實際波高，在報告內可再加強說明及考量。	3.感謝委員建議，已補充颱風期間花蓮港風速模擬與觀測值歷線圖，並補充相關說明於4.1節。
4.建議可將測試方案及所搭配參數製作總表來說明。	4.感謝建議，已修訂表4-1及補充相關敘述，以利了解。
5.簡報內容及說明建議可轉化納入至報告書內。	5.感謝建議，已補充說明於3.3及3.4節。
六、本所運輸技術研究中心第三科林雅雯科長	
1.第1-1頁港灣技術研究中心請修正為運輸技術研究中心。	1.感謝委員意見，已遵照辦理修正文字。
2.第1-1頁TaiCOMS應為風浪及水動力模式，建議修正。	2.感謝委員意見，已遵照辦理修正文字。
3.第3-5頁圖3.5之2021/09/11 12:00 Janssen與Komen波譜重疊，但圖3.3平均週期不同，請再確認	3.經確認圖3.3、圖3.5無錯誤。
4.第3-5頁圖3.5模擬之波譜與實際波譜建議套疊俾利比較。	4.感謝建議，已將模擬及觀測波譜套疊修正於圖3.5、3.11、3.17、3.23。

5.第3-20頁表3-3與原波高、週期之最大差異，原波高、週期指的為何？參數敏感度後續建議可看波譜差異，後續建議研析公式、機制並探討其與波高及週期之關係。	5.原波高、週期為SWAN模式以表3-2中，參數原始值之波高、週期模擬值，表3-20中「差異」為設定不同參數值之模擬結果相差，波譜差異與敏感度關係及機制探討將於後續研究研議納入辦理。
6.第3-9頁圖3.17波譜圖建議以彩色呈現。	6.圖3.17已修正為彩色顯示。

附錄三 期末報告簡報

花蓮海域風浪模組模擬參數調校探討

期末報告審查

報告人：陳鈞彥
112.12.25

簡報大綱

- 計畫緣起與目的
- 文獻蒐集
- 研究方法
- 自動化影像判釋系統建立
- 花蓮海域風浪模組波浪模擬驗證與改善評估
- 即時影像監測設備更新汰換及系統維護工作
- 結論與建議

計畫緣起與目的

經費: 50千元
來源: 本所業務費

研究緣起與目的 (WHY)

- ✓ 考量臺灣周遭水域的船舶與人員航行安全，以及水域環境維護之重要性，開發**臺灣近岸海象預測系統**，提供港埠管理單位、國內外船舶業者及有關人員**獲得港灣海氣象模擬資訊**。
- ✓ 111年度初步進行花蓮海域風浪模組(SWAN Model)中有關白帽消散項參數調整模擬測試，評估於波高、週期等模擬結果差異。為強化商港及近岸之海象模擬模組，進行**花蓮海域風浪模組模擬成效評估觀測及精進研究**，以**提升模擬結果之正確性**，俾利港務公司、航港局掌握港灣海象變化情勢。

研究範圍與應用單位 (WHO)

- ✓ 本年度針對**花蓮海域風浪模組數值模擬**，評估模組內各項參數於季風、颱風期間模擬結果差異，藉蒐集觀測資料與數值模擬資料進行**驗證**，**評估改善結果，提出精進建議**。
- ✓ **研究成果為花蓮港區波浪模擬資訊**，提供航港局、港務公司及國內外船舶業者及有關人員做為船舶進出港操航安全之應用，及本所**臺灣近岸海象預測系統**後續研究改善應用。

3

計畫緣起與目的

研究項目與內容 (WHAT)

- ✓ 蒐集風浪模組相關文獻、花蓮港區波浪觀測、地形資料、及有關風浪模擬之文獻。
- ✓ 探討花蓮海域風浪模組不同物理參數之敏感度，及對於花蓮港區之模擬影響、及波浪模擬結果驗證。
- ✓ 花蓮海域風浪模組改善評估與精進建議。

辦理方式 (HOW)

- ✓ 應用本所「臺灣近岸海象預測系統」之風浪模組，結合本所在花蓮港佈設**波流觀測站**蒐集之波浪資訊，進行**花蓮海域風浪模擬**。
- ✓ 進行**花蓮海域風浪模組模擬校驗測試及改善成效評估**等工作。
- ✓ 提出**花蓮海域風浪模組精進建議**。

預期成果、效益及應用

- ✓ 預期成果(效益)
 - 完成**花蓮海域風浪模組精進建議**，提供花蓮港近岸波浪模組所需之邊界條件。
- ✓ 應用:
 - 花蓮海域風浪模組精進建議可提供本中心「**臺灣近岸海象預測系統**」**模擬預測改善應用**。
 - 提高**花蓮港區海象預測資訊準確度**，俾利航港局、港務公司、船舶業者等相關單位，**掌握港區經營管理及防救災等海情資訊**。

4

花蓮海域風浪模組模擬成效評估及精進

辦理時程
甘特圖
(WHEN)

工作項目	112年											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1.工作計畫書研擬/修訂												
2.文獻蒐集												
3.花蓮海域風浪模組參數測試及影響評估												
4.花蓮海域風浪模組花蓮港區波浪模擬驗證與改善評估												
5.辦理即時影像監測系統維護工作												
5.召開專家學者座談會				※								
6.辦理工作會議						※		※		※		
7.撰寫報告初稿												
8.辦理報告審查												
9.報告書修訂/簽陳印製												
預定進度累計百分比	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	95%
➤ 預定查核點	➤ 1. 112.4.30前召開專家學者座談會 ➤ 2. 112.6.30、8.31、10.31前辦理工作會議 ➤ 3. 112.11.30前完成期末報告初稿 ➤ 4. 112.12.15前完成期末報告審查 ➤ 5. 112.12.31前完成報告書修訂/簽陳印製 ➤ 6. 113.2.28前完成報告書出版											

5

文獻蒐集

WAM模式

$$\text{控制方程式 } \frac{\partial F}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{C}_g F) = S$$

$F = F(f, \theta, \vec{x}, t)$ 能量密度函數

f 波浪頻率, $\vec{x}$ 位置, t 時間

θ 波浪傳播方向(角度)

$\vec{C}_g$ 波群速度

S 源函數

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \frac{1}{\cos \varphi} \frac{\partial}{\partial \varphi} (C_\varphi F) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (C_\lambda F) + \frac{\partial}{\partial \theta} (C_\theta F) = S \quad \varphi, \lambda, \theta \text{ 球座標方向}$$

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{dis} + S_{bot} \left\{ \begin{array}{l} S_{in} \text{ 風浪成長項} \\ S_{nl} \text{ 波浪間非線性交互作用項} \\ S_{dis} \text{ 能量消散項} \\ S_{bot} \text{ 底床摩擦項} \end{array} \right.$$

6

文獻蒐集

SWAN模式

$$\text{控制方程式} \quad \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial C_x N}{\partial x} + \frac{\partial C_y N}{\partial y} + \frac{\partial C_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial C_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S_{tot}}{\sigma}$$

N 波浪作用力密度波譜

f 波浪頻率, t 時間, σ 頻率 x, y 直角坐標,

θ 波浪傳播方向

$\vec{C}_g$ 波群速度

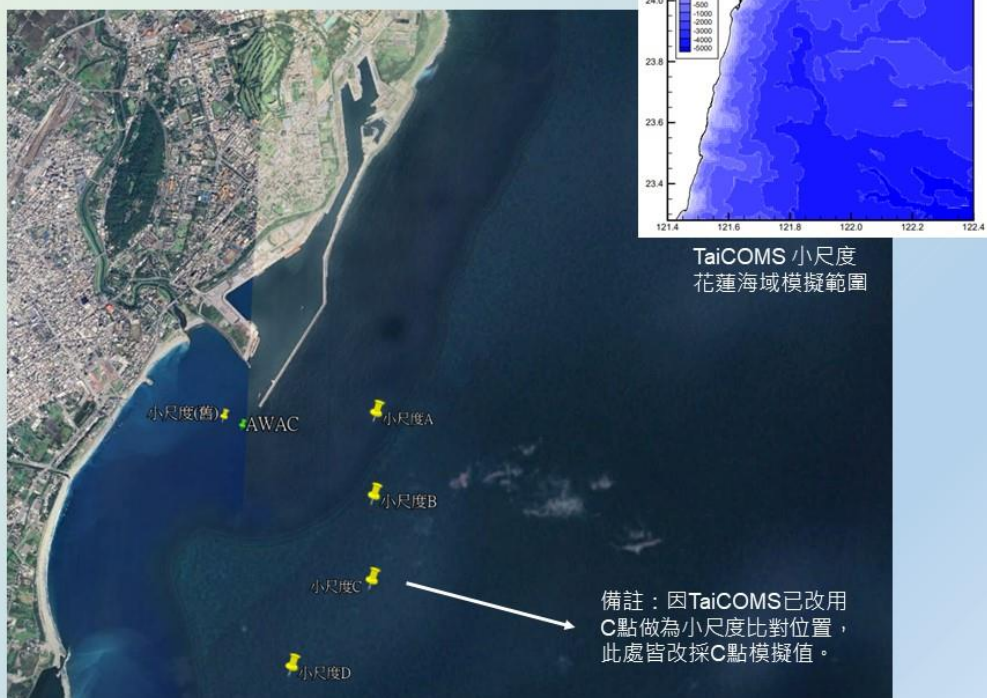
S 源函數

$$S_{tot} = S_{in} + S_{nl3} + S_{nl4} + S_{ds,w} + S_{ds,b} + S_{ds,br}$$

- S_{in} 風浪成長項
- S_{nl3} 波浪間非線性交互作用項(三波)
- S_{nl4} 波浪間非線性交互作用項(四波)
- $S_{ds,w}$ 白帽消散項
- $S_{ds,b}$ 底床摩擦項
- $S_{ds,br}$ 碎波消散項

7

目前辦理情形



8

目前辦理情形

Simulating Waves Nearshore (SWAN)

控制方程式

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla_{\vec{x}} \cdot [(\vec{c}_g + \vec{u})N] + \frac{\partial c_{\sigma} N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_{\theta} N}{\partial \theta} = \frac{S_{\text{tot}}}{\sigma}$$

運動波譜密度
函數時變項
運動波譜密度函
數空間傳導項
水深變化和平均流
引起的頻移效應
折射效應

$$S_{\text{tot}} = S_{\text{in}} + S_{\text{nl3}} + S_{\text{nl4}} + S_{\text{ds,w}} + S_{\text{ds,b}} + S_{\text{ds,br}}$$

風浪成長項
白帽消散項
底床摩擦項
碎波消散項

9

目前辦理情形

Simulating Waves Nearshore (SWAN)

$$S_{\text{tot}} = S_{\text{in}} + S_{\text{nl3}} + S_{\text{nl4}} + S_{\text{ds,w}} + S_{\text{ds,b}} + S_{\text{ds,br}}$$

風浪成長項
白帽消散項

理論形式	參數	參數定義	參數值
Janssen (1981)	cds1	白帽消散速率	4.5
	delta	白帽對波數之係數	0.5
Komen (1984)	cds2	白帽消散速率	2.36*10 ⁻⁵
	stpm	PM頻譜平均波浪尖銳度	3.02*10 ⁻³
	powst	正規化波浪尖銳度之冪次	4
	delta	白帽消散對波數之依賴係數	0→1
ST6 Rogers et al. (2012)	a1sds	局部消散係數	根據Hwang、Fan等 理論有不同建議值
	a2sds	累積消散係數	
	p1sds	局部消散冪次係數	4
	p2sds	累積消散冪次係數	4
Westhuysen (Yan 1987、 Westhuysen2007)	Cds2	相稱係數	5.0 × 10 ⁻⁵
	Br	方向角積分譜飽和度門檻	1.75 × 10 ⁻³
	p ₀	可率定參數	4

10

目前辦理情形

白帽消散項(whitecapping) – Komen、Janssen形式

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

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds} \left((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k} \right) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$

σ : 頻率, $\tilde{\sigma}$: 平均頻率, k : 波數, $\tilde{k}$: 平均波數

$\tilde{s}$: 平均波浪尖銳度, $\tilde{s}_{PM}$: Pierson–Moskowitz譜的平均波浪尖銳度

p : 正規化波浪尖銳度之冪次

C_{ds} : 能量消散係數, δ : 白帽消散對波數之依賴係數(權重值)

$C_{ds} = 2.36 \times 10^{-5}$ 、 $\tilde{s}_{PM} = 3.02 \times 10^{-3}$ 、 $\delta = 0$ 、 $p = 4$ 、Komen(1984)

$C_{ds} = 2.36 \times 10^{-5}$ 、 $\tilde{s}_{PM} = 3.02 \times 10^{-3}$ 、 $\delta = 1$ 、 $p = 2$ 、Since SWAN version 40.91A

$C_{ds} = 4.1 \times 10^{-5}$ 、 $\delta = 0.5$ 、Janssen(1992)

11

目前辦理情形

白帽消散項(whitecapping) – Westhuysen形式

$$S_{ds,w}(\sigma, \theta) = -C_{ds} \left(\frac{B(k)}{B_r} \right)^{p/2} (\tanh(kh))^{(2-p_0)/4} \sqrt{gk} E(\sigma, \theta)$$

σ : 頻率, k : 波數

p_0 : 可率定參數

$C_{ds} = 5.0 \times 10^{-5}$, 相稱係數

c_g : 波群速度

$$B(k) = \int_0^{2\pi} c_g k^3 E(\sigma, \theta) d\theta$$

方向角積分譜飽和度 $B(k) > B_r$, 碎波
 $B(k) \leq B_r$, 無碎波

$$p_0(\sigma) = 3 + \tanh \left[w \left(\frac{u_*}{c} - 0.1 \right) \right]$$

$P_0=4$, 風輸入強驅動
 $P_0=2$, 風輸入弱驅動

SWAN模式中風浪成長與白帽消散項是一起設定, 本計畫比較Komen(TaiCOMS現行使用)、Janssen、WESTHuysen理論建議參數模擬結果。(swan 40.85 無ST6)

12

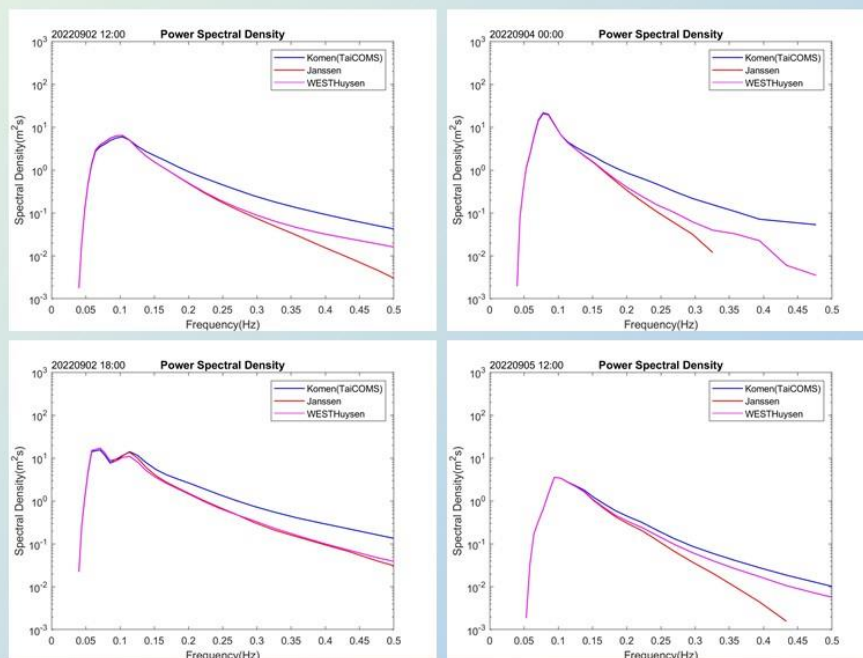
2022.9 軒蘭諾颱風



1. 波高模擬值與觀測值相比皆偏大，三種理論之間差異極小。
2. 尖峰週期、平均波向，三種理論之間差異極小。
3. 平均週期以Komen模擬值較低，Janssen、Westhuyssen差異極小。

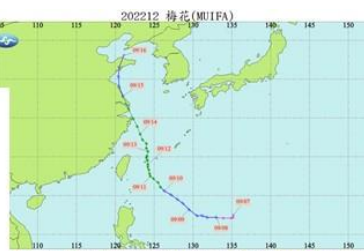
13

2022.9 軒蘭諾颱風



14

2022.9 梅花颱風



1. 波高模擬值與觀測值相比皆偏大，三種理論之間差異極小。
2. 尖峰週期、平均波向，三種理論之間差異極小。
3. 平均週期以Komen模擬值較低，Janssen、Westhuysen差異極小。

15

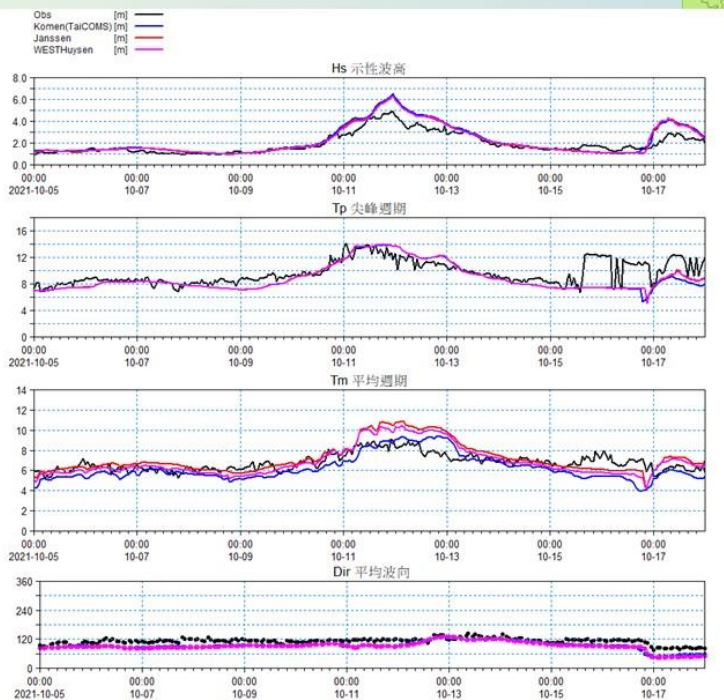
2021.9 燦樹颱風



1. 平均週期較有差異，波高、波向、尖峰週期幾乎無差異。
2. 平均週期模擬結果，以Janssen參數模擬值整體高於Komen。
3. WESTHuysen與Komen在波高差異極小

16

2021.10 圓規颱風



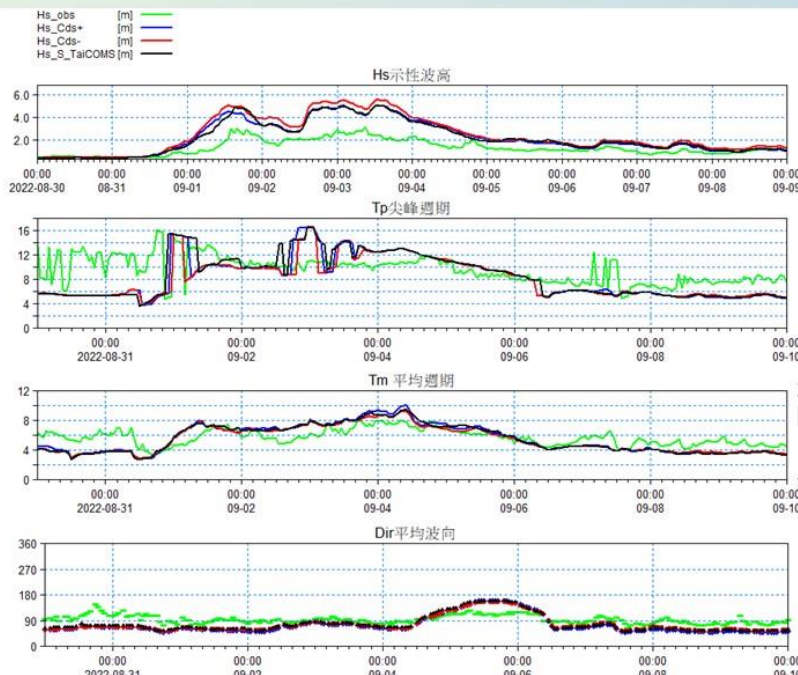
平均週期於10/10-10/13間，
Janssen 參數模擬結果較
Komen模擬結果，平均約高
出15%(或1.29sec)。

17

參數敏感度測試 2022.9 軒蘭諾颱風

Komen C_{ds}

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



	$C_{ds}2(C_{ds})$
原始值	2.36×10^{-5}
原始值+50%	3.54×10^{-5}
原始值-50%	1.57×10^{-5}

增加 C_{ds} ，Hs變化量小
降低 C_{ds} ，Hs增加
尖峰、平均週期變化量皆小

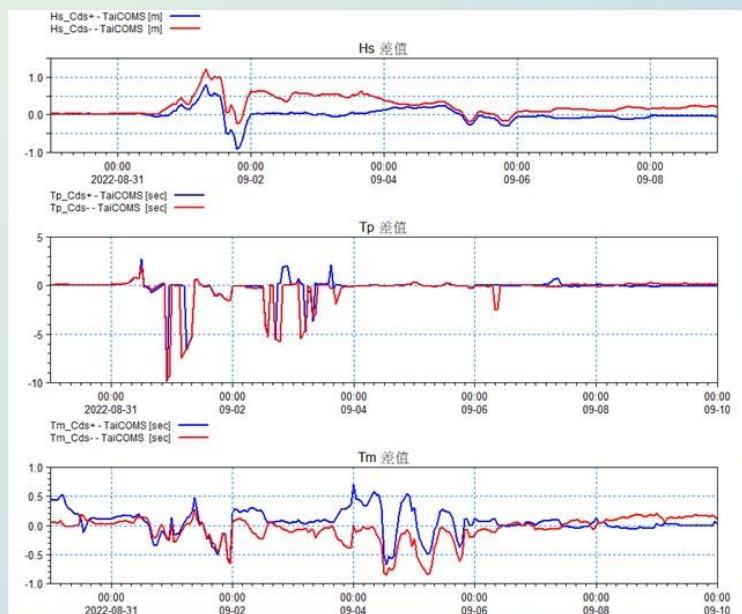
18

參數敏感度測試

2022.9 軒蘭諾颱風

Komen C_{ds}

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} \left(C_{ds} \left((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k} \right) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p \right)$$



(參數改變後)-(原參數)之差值時序圖

Hs變化量於-1m~1.5m內

Tm變化量於±1sec內

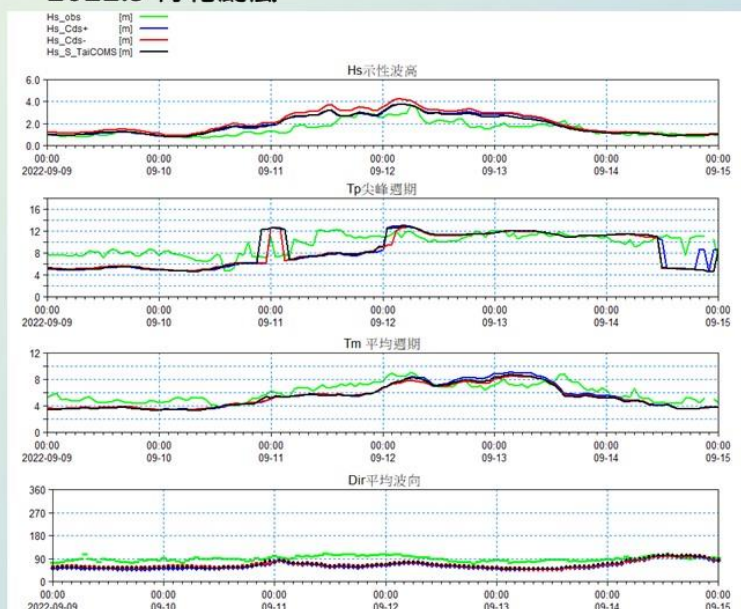
19

參數敏感度測試

2022.9 梅花颱風

Komen C_{ds}

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} \left(C_{ds} \left((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k} \right) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p \right)$$



增加 C_{ds} · Hs變化量小
降低 C_{ds} · Hs增加

尖峰、平均週期變化量皆小

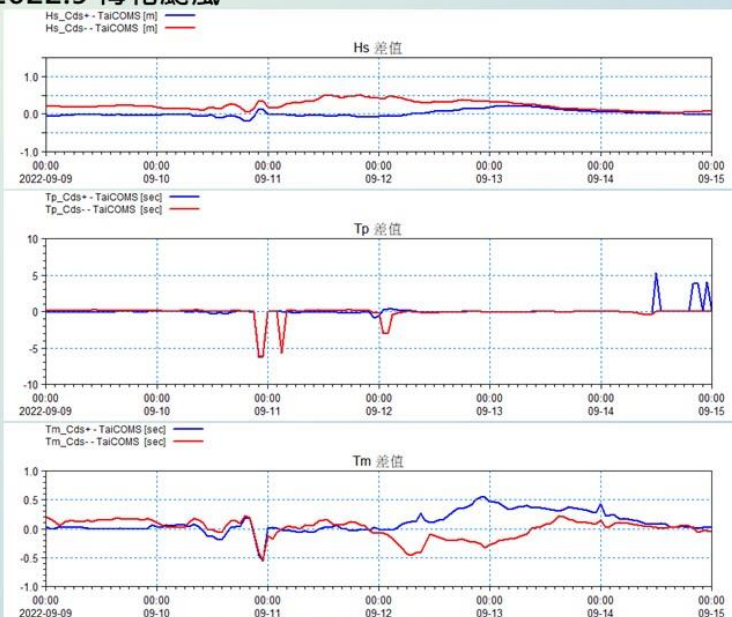
20

參數敏感度測試

Komen C_{ds}

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} \left(C_{ds} \left((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'} \right) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p \right)$$

2022.9 梅花颱風



(參數改變後)-(原參數)之差值時序圖

Hs變化量於±1m內

Tm變化量約於±0.5sec內

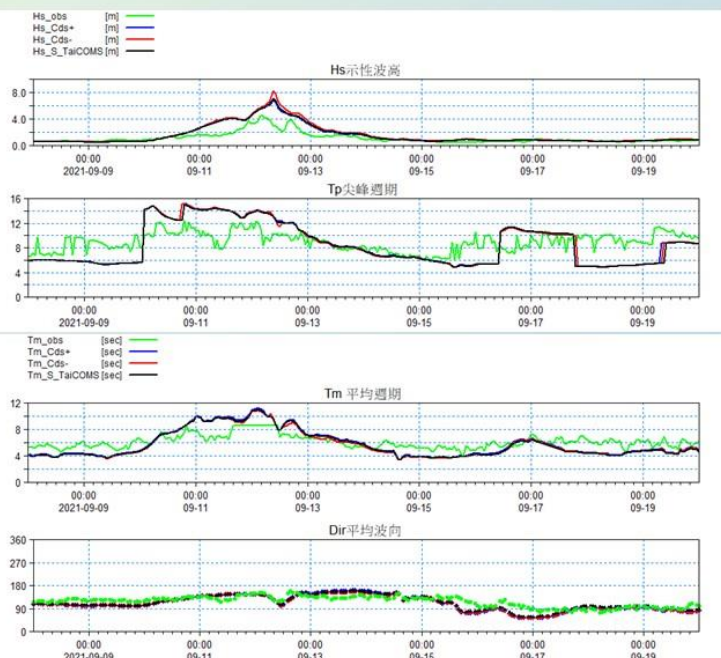
21

參數敏感度測試

Komen C_{ds}

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} \left(C_{ds} \left((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'} \right) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p \right)$$

2021.9 璨樹颱風



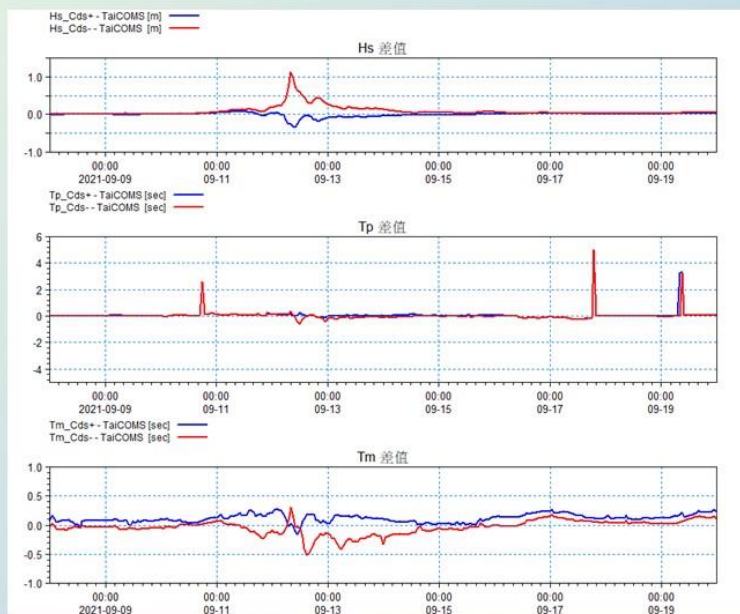
22

參數敏感度測試

2021.9 璨樹颱風

Komen C_{ds}

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} \left(C_{ds} \left((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'} \right) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p \right)$$



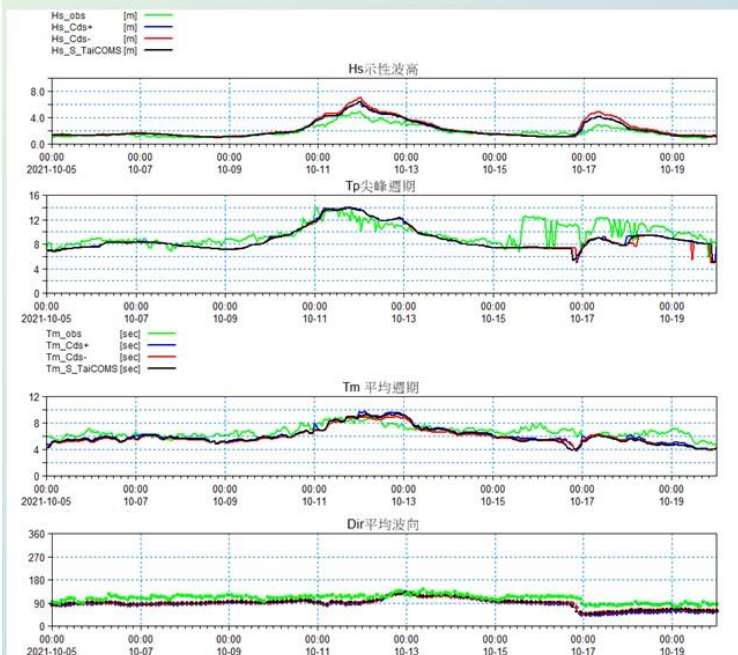
23

參數敏感度測試

2021.10 圓規颱風

Komen C_{ds}

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} \left(C_{ds} \left((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'} \right) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p \right)$$



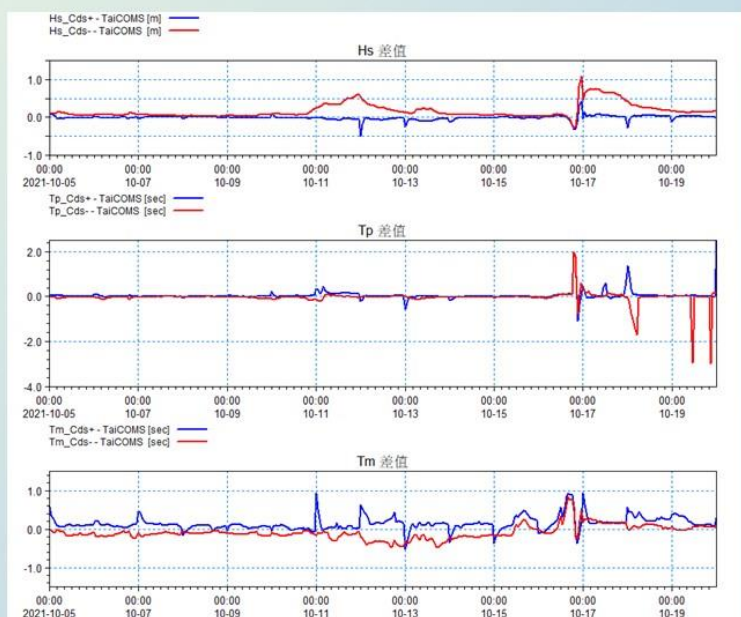
24

參數敏感度測試

2021.10 圓規颱風

Komen C_{ds}

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



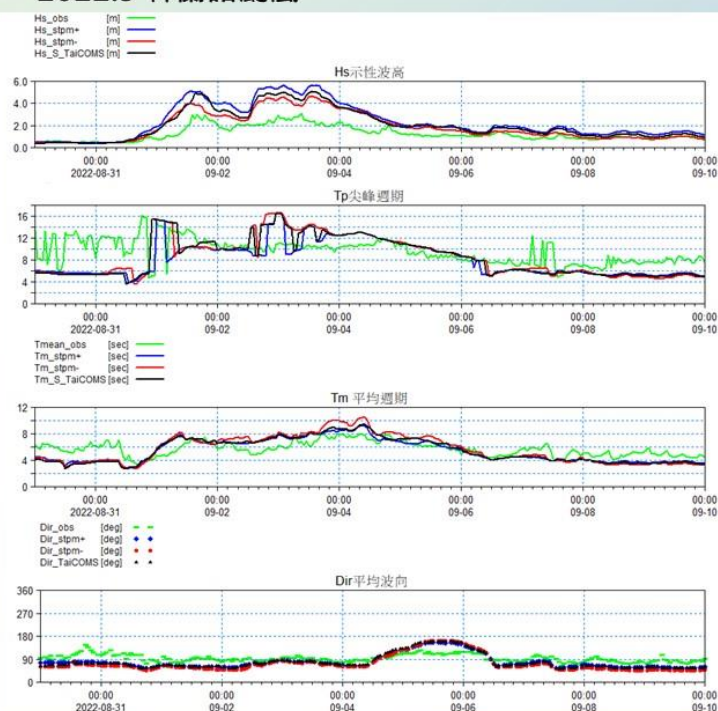
25

參數敏感度測試

2022.9 軒蘭諾颱風

Komen $Stpm$

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



	stpm
原始值	3.02×10^{-3}
原始值+50%	4.53×10^{-3}
原始值-50%	2.01×10^{-3}

增加Stpm · Hs增加
降低Stpm · Hs減少

尖峰週期變化量小

降低Stpm · 略有增加

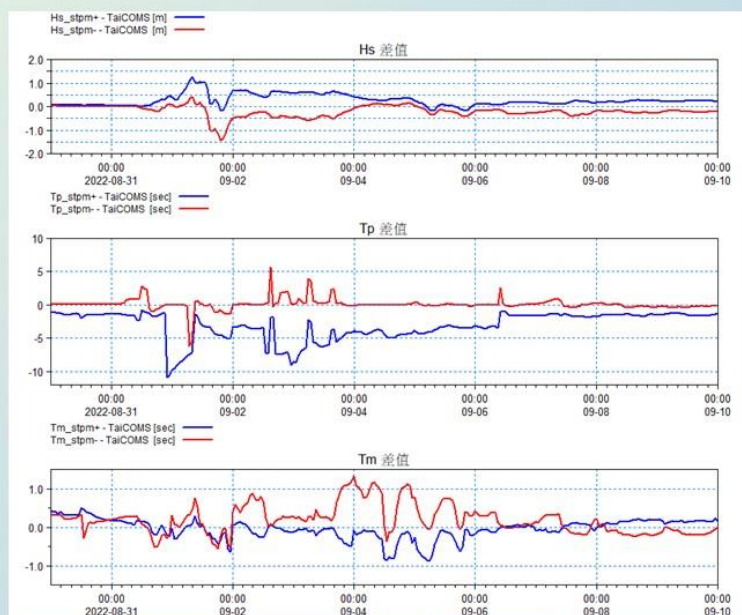
26

參數敏感度測試

2022.9 軒蘭諾颱風

Komen Stpm

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



27

參數敏感度測試

2022.9 梅花颱風

Komen Stpm

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



	stpm
原始值	3.02×10^{-3}
原始值+50%	4.53×10^{-3}
原始值-50%	2.01×10^{-3}

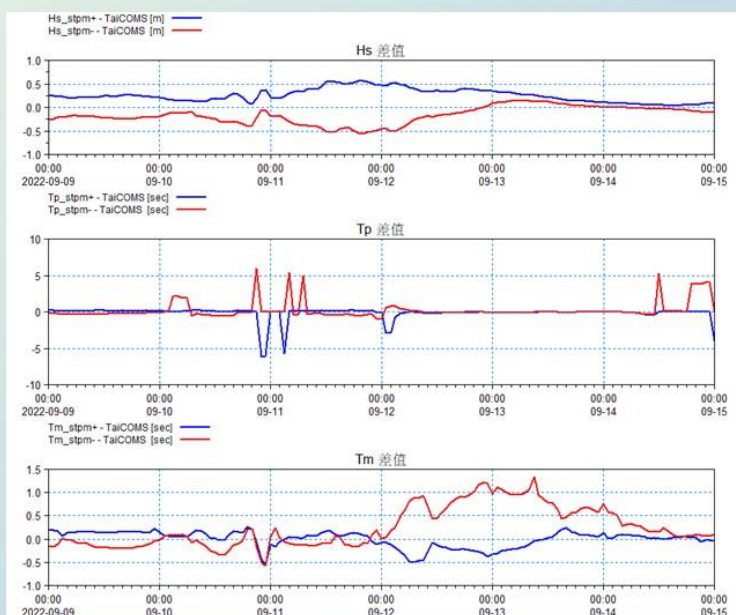
28

參數敏感度測試

2022.9 梅花颱風

Komen Stpm

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



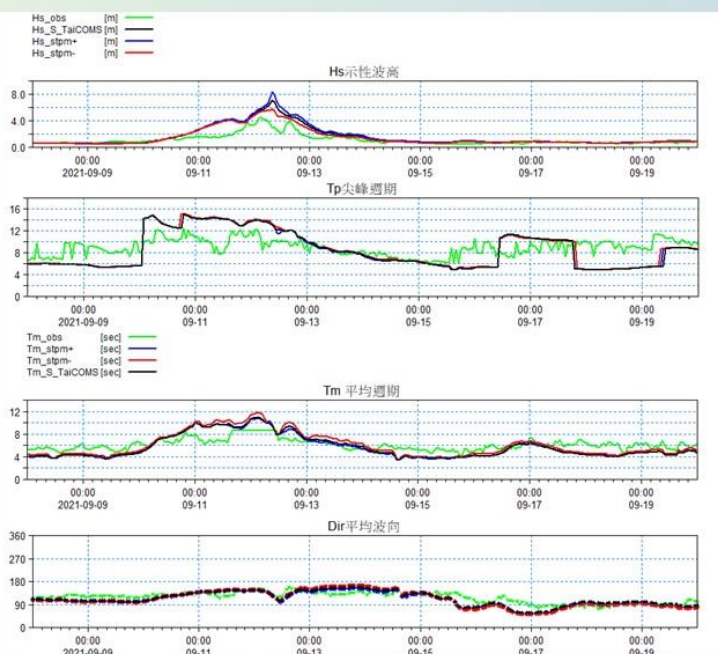
29

參數敏感度測試

2021.9 璨樹颱風

Komen Stpm

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



	stpm
原始值	3.02×10^{-3}
原始值+50%	4.53×10^{-3}
原始值-50%	2.01×10^{-3}

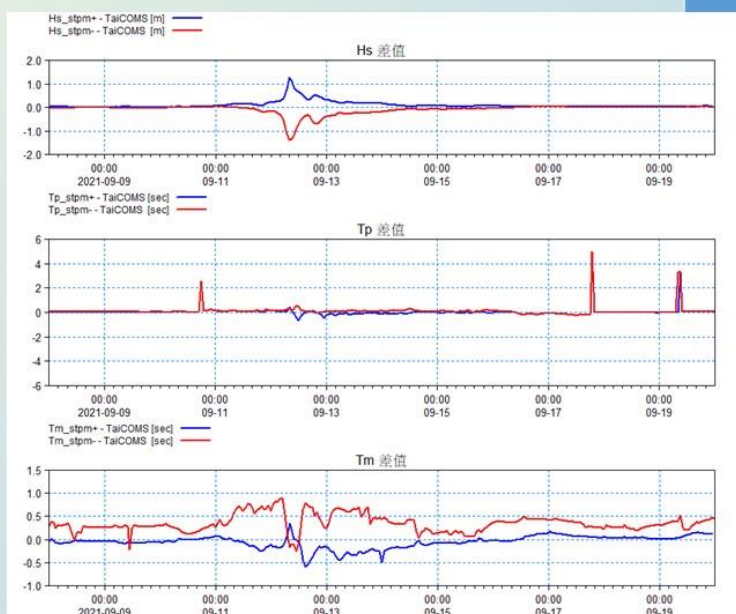
30

參數敏感度測試

Komen Stpm

2021.9 璨樹颱風

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{\tilde{s}}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



	stpm
原始值	3.02×10^{-3}
值+50%	4.53×10^{-3}
值-50%	2.01×10^{-3}

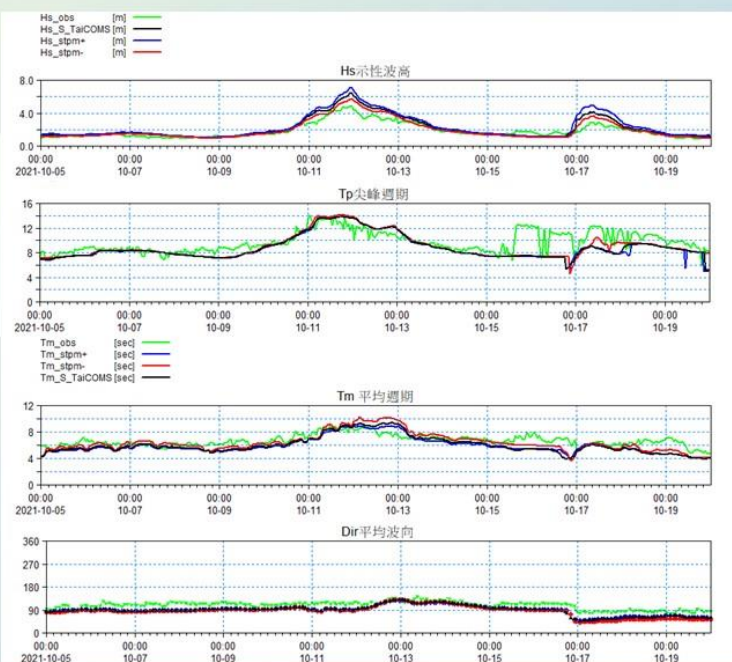
31

參數敏感度測試

Komen stpm

2021.9 圓規颱風

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{\tilde{s}}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



	stpm
原始值	3.02×10^{-3}
原始值+50%	4.53×10^{-3}
原始值-50%	2.01×10^{-3}

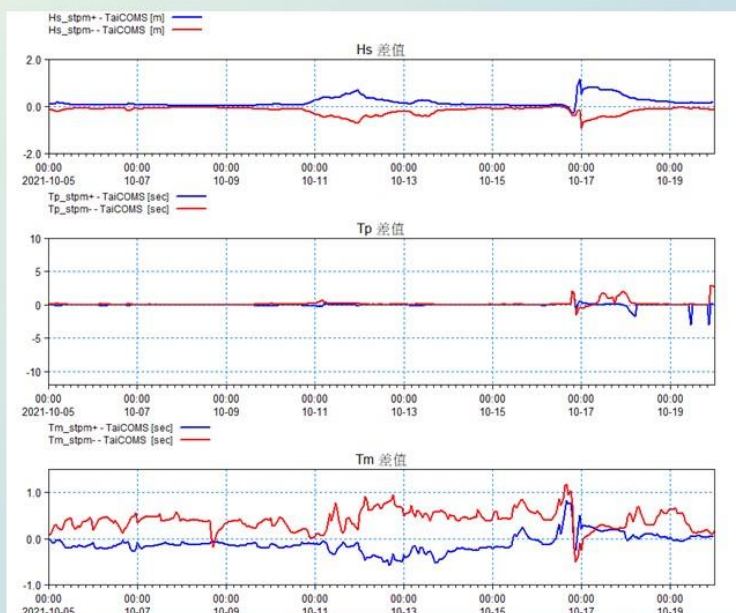
32

參數敏感度測試

Komen stpm

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$

2021.9 圓規颱風



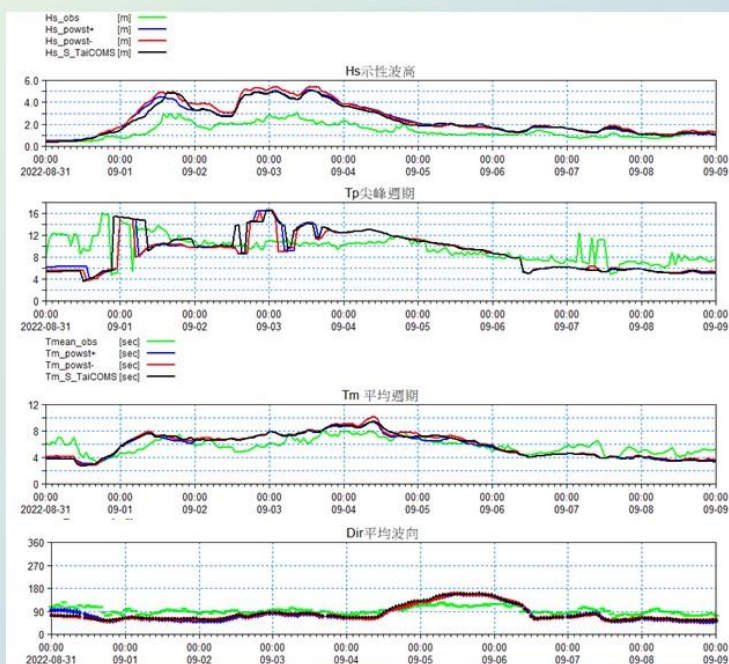
33

參數敏感度測試

Komen powst

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$

2022.9 軒蘭諾颱風



	powst
原始值	2
原始值+50%	3
原始值-50%	1

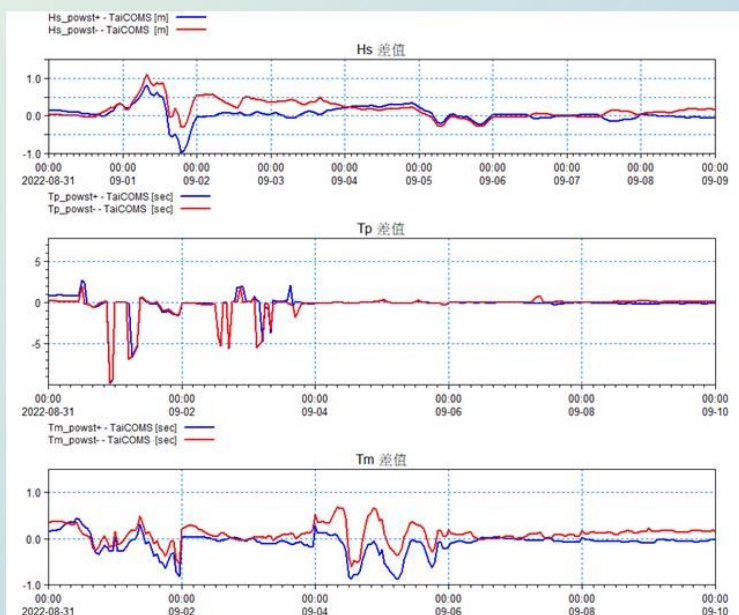
34

參數敏感度測試

2022.9 軒蘭諾颱風

Komen powst

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



35

參數敏感度測試

2022.9 梅花颱風

Komen powst

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



	stpm
原始值	3.02×10^{-3}
原始值+50%	4.53×10^{-3}
原始值-50%	2.01×10^{-3}

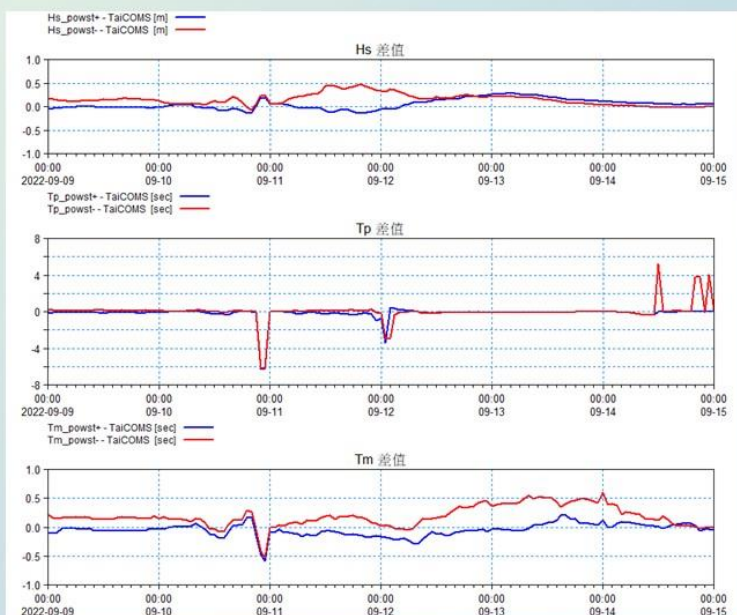
36

參數敏感度測試

Komen powst

2022.9 梅花颱風

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



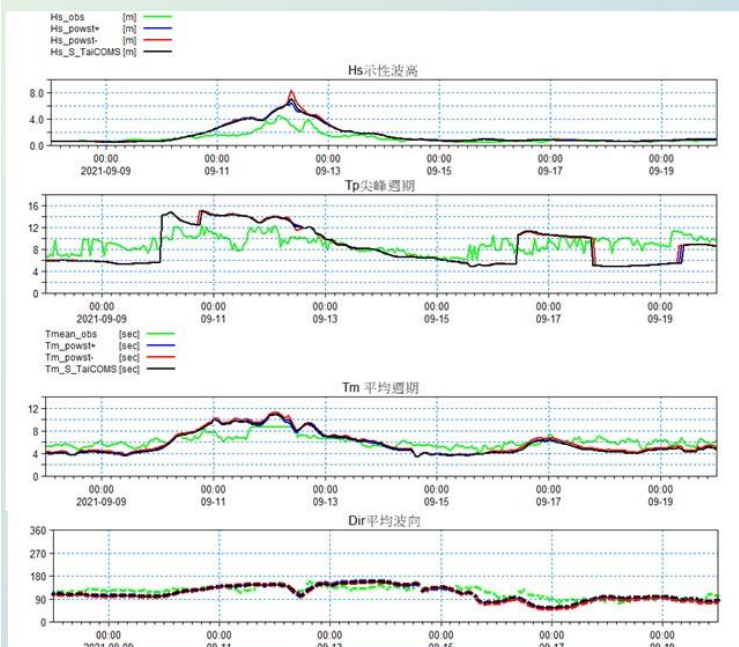
37

參數敏感度測試

Komen powst

2021.9 璨樹颱風

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



	stpm
原始值	3.02×10^{-3}
原始值+50%	4.53×10^{-3}
原始值-50%	2.01×10^{-3}

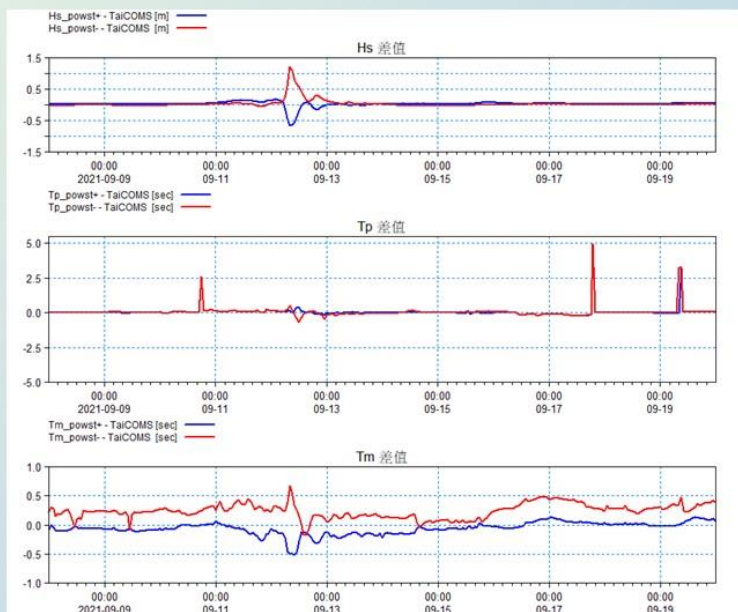
38

參數敏感度測試

Komen powst

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$

2021.9 璨樹颱風



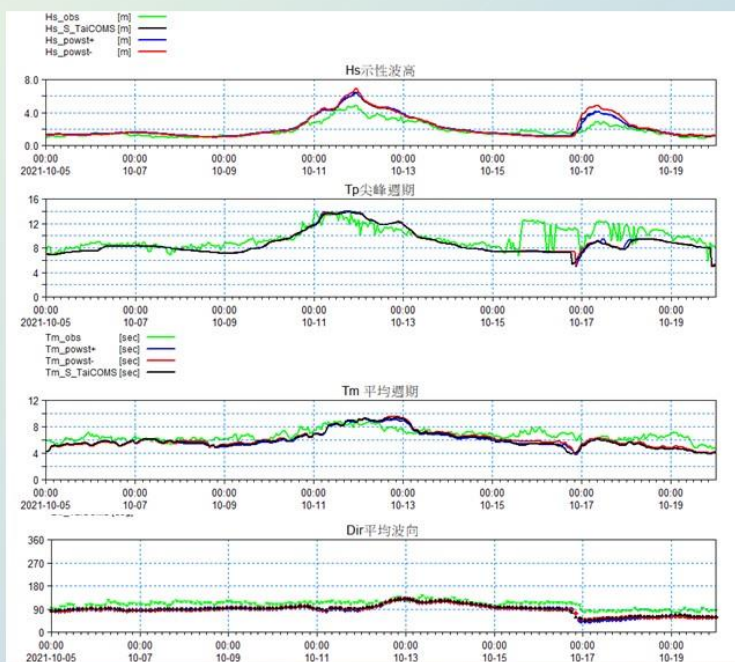
39

參數敏感度測試

Komen powst

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k'}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$

2021.10 圓規颱風



	powst
原始值	3.02×10^{-3}
原始值+50%	4.53×10^{-3}
原始值-50%	2.01×10^{-3}

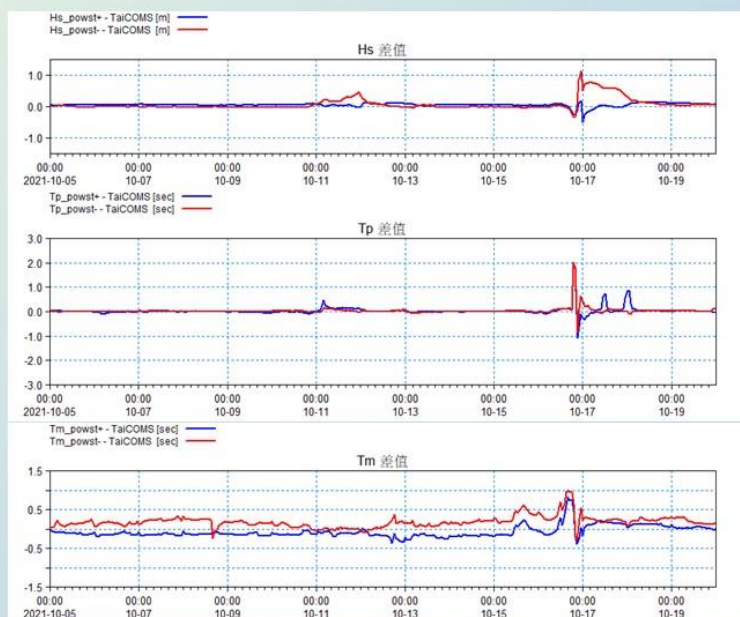
40

參數敏感度測試

Komen powst

2021.10 圓規颱風

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$



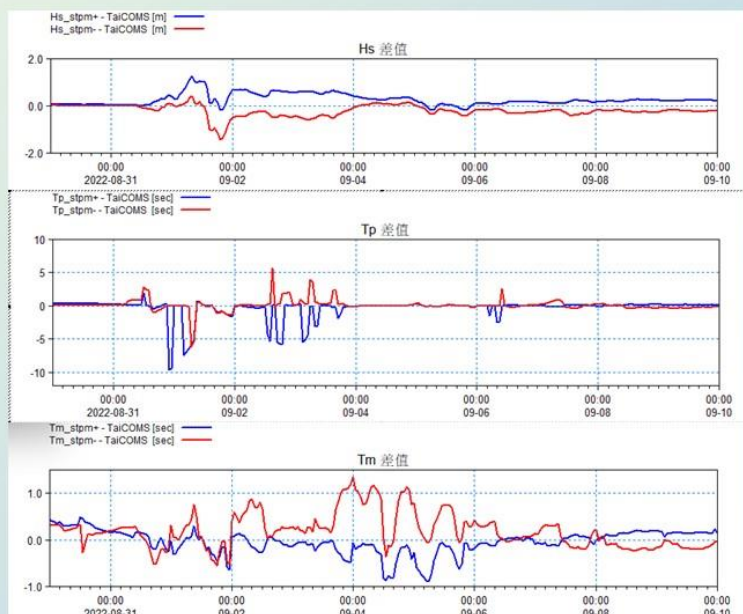
41

參數敏感度測試

Komen Stpm

2022.9 軒蘭諾颱風

$$\Gamma = \Gamma_{KJ} = C_{ds}((1 - \delta) + \delta \frac{k}{k}) \left(\frac{\tilde{s}}{\tilde{s}_{PM}} \right)^p$$

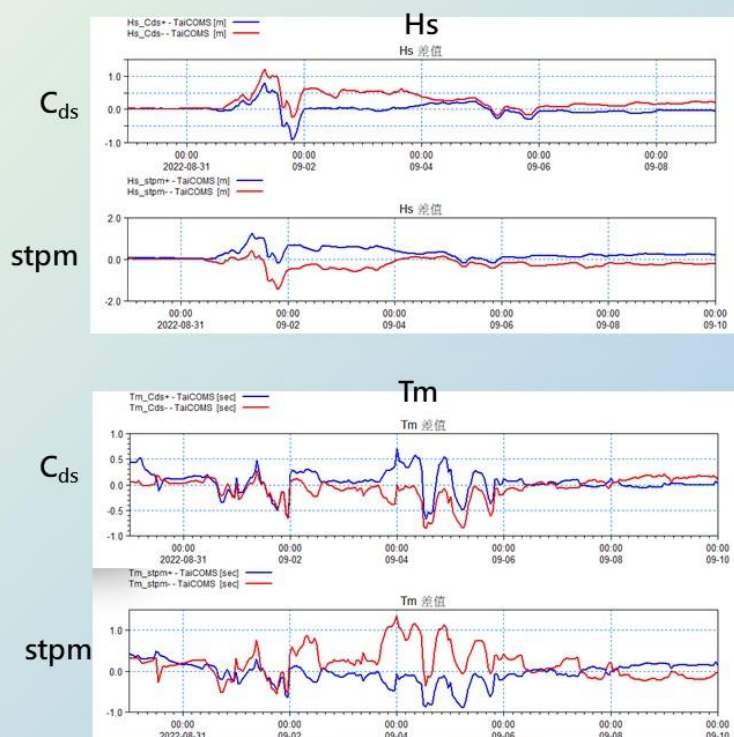


Hs變化量於±2m內

Tm變化量於±1sec內

42

參數敏感度測試 (軒蘭諾颱風)



敏感度：Stpm > Cds

43

即時影像監測設備更新汰換及系統維護

於4/7 - 4/8、6/6 - 6/7、9/23
完成定期維護工作

9/23 完成排除人定勝天路段
影像訊號中斷狀況



44

即時影像監測設備更新汰換及系統維護

於4/7 - 4/8、6/6 - 6/7、9/23
完成定期維護工作

9/23 完成排除人定勝天路段
影像訊號中斷狀況



維護時間	異常設備	異常設備位置	異常狀況
112年4月 (第1季)	室外PTZ鏡頭 (Q1789-LE)	西防波堤燈塔	支架鏽蝕區域擴大，補漆處理
	室外槍型鏡頭 (Q1786-LE)	西防波堤燈塔	電源跳脫，重接電源後正常運作
112年7月 (第2季)	室外槍型鏡頭 (Q1786-LE)	西防波堤燈塔	電源跳脫，重接電源後正常運作
	室外PTZ鏡頭 (P5514-E)	亞洲水泥公司	攝影機故障，更換本所備品
112年9月 (第3季)	室外PTZ鏡頭 (P5515-E)	人定勝天路段	POE交換器燈號異常，查為電源控制器為正常供電，重開電源後正常運作
	室外槍型熱成像鏡頭(Q1942)	人定勝天路段	
112年12月 (第4季)	無	無	無