

113-024-7D63
MOTC-IOT-112-H2CA001j

花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)- 試驗規劃及建置



交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

113-024-7D63
MOTC-IOT-112-H2CA001j

花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)- 試驗規劃及建置

著者：陳智恆、李俊穎、林受勳、李江澤、
陳天時

交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

花蓮港湧浪遮蔽試驗(二)試驗規劃及建置

交通部運輸研究所

GPN : 1011300225

定價 200 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

花蓮港湧浪遮蔽試驗. (1/3) - 試驗規劃及建置 / 陳智恆, 李俊穎, 林受勳, 李江澤, 陳天時著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 113.03
面 ; 公分
ISBN 978-986-531-565-8(平裝)

1.CST: 港埠工程 2.CST: 港埠管理

443.2

113001473

花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

著 者：陳智恆、李俊穎、林受勳、李江澤、陳天時

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.ihmt.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)23496880

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號•電話：(02) 2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市區中山路 6 號•電話：(04)2226-0330

GPN：1011300225

ISBN：ISBN: 978-986-531-565-8 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-565-8 (平裝)	政府出版品統一編號 1011300225	運輸研究所出版品編號 113-024-7D63	計畫編號 MOTC-IOT-112-H2CA001j
主辦單位：交通部運輸研究所運輸技術研究中心 主管：蔡立宏 計劃主持人：陳智恆 研究人員：李俊穎、林受勳、李江澤、陳天時 聯絡電話：(04)2658-7200 傳真號碼：(04)2657-1329			研究期間 自 112 年 01 月 至 112 年 12 月
關鍵詞：花蓮港、水工模型試驗、湧浪、消能			
<p>摘要：</p> <p>花蓮港自建港以來一直扮演串連東部運輸及經濟發展的關鍵角色，然而，其特殊的港型，使得颱風於太平洋所產生之湧浪，傳遞至花蓮港內不易宣洩，使其經常發生港池不靜穩現象，嚴重影響船隻穩定及人員安全。近年來，花蓮港面臨國際海運趨勢及競爭，將並行發展運輸及觀光遊憩。故在未來氣候變遷及轉型的挑戰下，如何在現有港型基礎，減少湧浪影響以提升港池靜穩度及維持港區安全，為當前首要課題。</p> <p>本計畫彙整過往成果及 2023 現場波浪觀測資料，發現港內港內 25 號碼頭靜穩觀測站示性波高大於 1 公尺事件共有 9 次，期間共受到 7 場颱風直接或間接影響；本文亦藉由本所長期波浪觀測資料及 111 年花蓮港水深地形圖，規劃水工模型試驗。本試驗預計採用 1/100 模型比尺，水深 40 公分；造波條件規劃梅姬颱風、海神颱風、山竹颱風及丹娜絲颱風四種颱風波浪條件；另參照 DAVIS 造波系統之造波曲線，設計 5 組規則波試驗條件；而花蓮港全年波浪，則以 JONSWAP 不規則波進行，選定 ESE、SE、SSE、S 做為主要造波方向。改善方案部分共研擬(1)參考日本苫小牧港，於防波堤旁以塊石及消波塊設置消能設施(2)港區出口設置底床消能工(3)#7 及#12 碼頭局部改為消能型式碼頭(4)本所 2009 年所提數值改善方案等 4 種方案，可於後續試驗進行改善效果評估。而在規劃試驗條件期間，本所亦完成第二試驗廠棚進行整體修繕工程，有助於提升後續試驗之安全性及工作效率。</p> <p>本計畫透過彙整花蓮港相關研究，應用本所長期觀測之波浪統計資料，規劃水工模型相關試驗及進行消能方案研擬，以期許後續試驗結果，能提供花蓮港務分公司及相關單位參考應用，有助於花蓮港未來建設之發展。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
113 年 3 月	187	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：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Wave Attenuation Experiment of Hualien Port (1/3) - Experiment Planning and Implementation			
ISBN (OR ISSN) 978-986-531-565-8 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011300225	IOT SERIAL NUMBER 113-024-7D63	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-112- H2CA001j
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chih-Heng Chen PROJECT STAFF: Chun-Ying Lee, Shou-Shiun Lin, Chiang-Tse Lee, Tian-Shih Chen PHONE: 886-4-2658-7200 FAX: 886-4-2657-1329			PROJECT PERIOD FROM January 2023 TO December 2023
KEY WORDS: Hualien Port, Hydraulic model test, Surge, Energy dissipation			
<p>ABSTRACT:</p> <p>Since the construction of its own harbor, Hualien Port has consistently played a crucial role in connecting transportation and economic development in the eastern region. However, its unique harbor type makes it difficult to dissipate the surges generated by typhoons in the Pacific Ocean, leading to frequent instability in the harbor basin and adversely affecting the stability of vessels and the safety of personnel. In recent years, Hualien Port has faced international shipping trends and competition, necessitating concurrent development in transportation and tourism. Therefore, addressing the challenges of climate change and transition while reducing the impact of surges on the existing harbor type to enhance basin stability and maintain port safety becomes a top priority. This project consolidates past achievements and 2023 on-site wave observation data, revealing that the indicative wave height at Station 25 in the harbor exceeded 1 meter on nine occasions, with seven instances directly or indirectly influenced by typhoons. The study also plans hydraulic model experiments using long-term wave observation data and a bathymetric map of Hualien Port from 111 years. The experiment is expected to employ a 1/100 scale model with a depth of 40 cm, simulating wave conditions from four typhoons: Megi, Haitang, Mangkhut, and Danas. Additionally, five sets of regular wave test conditions will be designed based on the DAVIS wave-making system curve, and Hualien Port's annual waves will be simulated using JONSWAP irregular waves with ESE, SE, SSE, and S as the main wave directions. For improvement solutions, four proposals are developed: (1) installing energy dissipation facilities with block stones and wave absorbers near breakwaters, referencing Tomakomai Port in Japan; (2) placing seabed energy dissipation structures at the harbor exit; (3) converting sections of #7 and #12 piers into energy dissipation-type piers; and (4) implementing numerical improvement measures proposed by the institute in 2009. The effectiveness of these solutions will be assessed in subsequent experiments. During the planning of the experiment conditions, the institute has completed a comprehensive renovation of the second experimental shed, contributing to the safety and efficiency of future experiments. This project, through the integration of relevant studies on Hualien Port, the application of long-term wave statistics, the planning of hydraulic model experiments, and the development of energy dissipation solutions, aims to provide valuable references for Hualien Port Authority and related entities in future construction and development.</p>			
DATE OF PUBLICATION March 2024	NUMBER OF PAGES 187	PRICE 200	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VII
第一章 緒論.....	1-1
1.1 計畫緣起與目的.....	1-1
1.2 計畫範圍與對象.....	1-3
1.3 計畫內容與工作項目.....	1-4
第二章 相關研究回顧.....	2-1
2.1 風浪與湧浪.....	2-1
2.2 花蓮港港池共振歷年相關研究.....	2-2
2.2.1 現場觀測.....	2-2
2.2.2 數值分析與模擬.....	2-5
2.2.3 水工模型試驗.....	2-8
2.3 相關改善方案.....	2-8
2.3.1 水工模型試驗.....	2-9
2.3.2 數值模擬試驗.....	2-16
2.4 小結.....	2-19
第三章 花蓮港背景資料.....	3-1
3.1 地文背景.....	3-1
3.1.1 地理位置.....	3-1
3.1.2 港區配置概述.....	3-2
3.1.3 水深地形.....	3-5
3.2 海、氣象環境.....	3-6
3.2.1 風.....	3-6
3.2.2 波浪.....	3-11
3.2.3 潮汐.....	3-17
3.2.4 海流.....	3-20
3.2.5 颱風.....	3-26
3.3 建港歷程與未來規劃.....	3-27
3.3.1 建港歷程.....	3-27
3.3.2 未來規劃.....	3-30
3.4 小結.....	3-32
第四章 花蓮港港內外波浪觀測分析.....	4-1
4.1 觀測站基本資料.....	4-1
4.1.1 港外底碇式波流觀測站.....	4-1

4.1.2 港區靜穩觀測站.....	4-5
4.2 港內外波浪觀測資料初步分析.....	4-7
4.3 小結.....	4-16
第五章 水工模型試驗規劃及建置前作業.....	5-1
5.1 試驗波浪條件評估.....	5-1
5.1.1 造波設施.....	5-1
5.1.2 季風波浪條件.....	5-4
5.1.3 颱風波浪條件.....	5-4
5.1.4 試驗波浪條件歸納.....	5-7
5.2 水工模型配置及試驗規劃.....	5-7
5.2.1 試驗比尺.....	5-7
5.2.2 模型配置及試驗規劃.....	5-8
5.3 消能設施研擬.....	5-10
5.3.1 方案構想.....	5-10
5.3.1 方案研擬.....	5-15
第六章 第二試驗廠棚修繕工程概述.....	6-1
6.1 工程概要.....	6-1
6.1.1 工程背景及目的.....	6-1
6.1.2 設計依據及預期效益.....	6-2
6.1.3 基本資料.....	6-2
6.2 工程履約管理.....	6-3
6.2.1 主辦機關督導執行情形.....	6-4
6.2.2 監造單位及施工廠商品管執行情形.....	6-6
6.3 成果.....	6-8
6.3.1 工程完工對照.....	6-8
6.3.2 工程施工查核及驗收.....	6-11
第七章 結論與建議.....	7-1
7.1 結論.....	7-1
7.2 建議.....	7-2
7.3 成果效益與應用情形.....	7-3
參考文獻.....	參-1
附錄 1 期末報告審查意見處理情形.....	附 1
附錄 2 期末報告簡報.....	附 2
附錄 3 工作會議紀要.....	附 3
附錄 4 與花蓮港務分公司交流會議紀錄.....	附 4

圖目錄

圖 1.1 花蓮港務分公司發步避湧(避颱)訊息.....	1-2
圖 1.2 本計畫研究範圍示意圖	1-3
圖 2.1 以週期進行之波浪分類	2-2
圖 2.2 伴隨高頻波群之非線性效應所衍生之水面波揚與波降	2-4
圖 3.1 花蓮港地理位置圖	3-1
圖 3.2 花蓮港區現況圖	3-3
圖 3.3 花蓮港及鄰近海岸海圖	3-5
圖 3.4 花蓮港風力主要觀測站位置示意圖	3-6
圖 3.5 歷年花蓮港風玫瑰圖(2002-2022)	3-8
圖 3.6 花蓮港波浪測站位置圖	3-12
圖 3.7 歷年花蓮港波浪玫瑰圖(2002-2022)	3-14
圖 3.8 花蓮港域潮汐觀測站位置示意圖	3-18
圖 3.9 花蓮港海流觀測站位置示意圖	3-21
圖 3.10 歷年花蓮港海流玫瑰圖(2002-2022)	3-23
圖 3.11 侵襲臺灣之颱風路徑統計圖	3-27
圖 3.12 花蓮港各期擴建區域示意圖	3-29
圖 3.13 花蓮港近期與前期土地使用分區說明圖	3-31
圖 4.1 花蓮港觀測儀器位置圖	4-2
圖 4.2 底碇式波流觀測站架構圖	4-2
圖 4.3 AWAC 內 wpr 轉出不同檔案示意圖	4-3
圖 4.4 港內 9 號碼頭靜穩監測站照片	4-6
圖 4.5 港內 17 號碼頭旁靜穩監測站照片	4-6
圖 4.6 港內 25 號碼頭旁靜穩監測站照片	4-7
圖 4.7 港外 AWAC 主站波浪歷線圖	4-8
圖 4.8 港外 AWAC 副站波浪歷線圖	4-8
圖 4.9 港內 9 號碼頭靜穩觀測站波高歷線圖	4-9
圖 4.10 港內 17 號碼頭靜穩觀測站波高歷線圖	4-9
圖 4.11 港內 25 號碼頭靜穩觀測站波高歷線圖	4-10
圖 4.12 202302 瑪娃颱風路徑圖	4-11
圖 4.13 202305 杜蘇芮颱風路徑圖	4-12
圖 4.14 202306 卡努颱風路徑圖	4-12
圖 4.15 202309 蘇拉颱風路徑圖	4-13
圖 4.16 202311 海葵颱風路徑圖	4-13
圖 4.17 202314 小犬颱風路徑圖	4-14
圖 4.18 2023 年 1 月至 7 月北太平洋西部海域生成颱風路徑圖 ...	4-14

圖 5.1 二廠棚造波機(左:HR、右 DAVIS).....	1
圖 5.2 HR 造波機造波曲線圖(H/L=9)	2
圖 5.3 HR 造波機造波曲線圖(H/L=7)	3
圖 5.4 Davis 造波機造波曲線圖	3
圖 5.5 花蓮港試驗配置平面圖	5-9
圖 5.6 日本苫小牧港位置圖	5-10
圖 5.7 日本苫小牧港位置圖	5-11
圖 5.8 苫小牧港消能設施設計圖	5-12
圖 5.9 苫小牧港消能設施現場情形	5-13
圖 5.10 苫小牧港消能設施成果	5-14
圖 5.11 花蓮港消能設施設計斷面圖	5-15
圖 5.12 花蓮港改善方案研擬示意圖	5-16
圖 6.1 106 年二廠棚北側屋頂鋼構嚴重鏽蝕.....	6-2
圖 6.2 106 年二廠棚北側屋頂鋼構嚴重鏽蝕.....	6-2
圖 6.3 本工程三級品管組織架構.....	6-4
圖 6.4 二廠棚施工前、後對照圖.....	6-11
圖 6.5 工程施工查核(文書審查).....	6-12
圖 6.4 工程施工查核(文書審查).....	6-12

表目錄

表 2-1	1996 年水工模型試驗彙整表	9
表 2-2	1996 試驗波浪條件一覽表(比尺 1/150)	10
表 2-3	1997 年水工模型試驗改善方案彙整表	11
表 2-4	1997 年規則波試驗條件一覽表(比尺 1/150)	13
表 2-5	1997 年不規則波試驗條件一覽表(比尺 1/150)	14
表 2-6	2000 年水工模型試驗改善方案彙整表	14
表 2-7	2000 年試驗規則波與不規則波造波條件(比尺 1/121)	15
表 2-8	歷年水工模型試驗改善方案成果彙整表	15
表 2-9	98 年數值模擬改善方案評估彙整表	17
表 2-10	各方案綜合評選優劣排序一覽表	19
表 3-1	花蓮港進港計畫船型表	3-4
表 3-2	碼頭席數統計表	3-4
表 3-3	花蓮港各類碼頭席數需求檢討一覽表	3-4
表 3-4	花蓮港主要風力測站一覽表	3-6
表 3-5	歷年花蓮港主測站風速及風向重要統計量統計表(2002-2022)	3-9
表 3-6	歷年花蓮港主測站觀測風速分佈百分比統計表(2002-2022)	3-10
表 3-7	歷年花蓮港主測站觀測風向分佈百分比統計表(2002-2022)	3-10
表 3-8	花蓮港波浪測站一覽表	3-11
表 3-9	波浪觀測儀器規格表	3-11
表 3-10	歷年花蓮港主測站示性波高週期及波向統計量統計表(2002- 2022)	3-15
表 3-11	歷年花蓮港主測站波高分佈百分比統計表(2002-2022)...	3-16
表 3-12	歷年花蓮港主測站波向分佈百分比統計表(2002-2022)...	3-16
表 3-13	歷年花蓮港主測站波浪週期分佈百分比統計表(2002-2022)	3-17
表 3-14	花蓮港潮汐測站一覽表	3-18
表 3-15	歷年花蓮港主測站潮差及潮位重要統計量統計表(2019- 2022)	3-19
表 3-16	花蓮港海流測站一覽表	3-20
表 3-17	歷年花蓮港主測站海流流速及流向重要統計量統計表(2002- 2022)	3-24
表 3-18	歷年花蓮港主測站海流流速分佈百分比統計表(2002-2022)	3-25

表 3- 19 歷年花蓮港主測站海流流向分佈百分比統計表(2002-2022)	3-25
.....	3-25
表 3- 20 花蓮港擴建歷程一覽表	3-28
表 3- 21 花蓮港觀光遊憩功能土地綜整表	3-32
表 4- 1 AWAC 轉出副檔名 wap 欄位定義表	4-4
表 4- 2 AWAC 轉出副檔名.wad 欄位定義表	4-5
表 4- 3 25 號碼頭靜穩觀測站示性波高大於 1m 事件表	4-14
表 4- 4 西北太平洋颱風列表	4-14
表 5- 1 花蓮港季風波浪重要資訊統計表	5-4
表 5- 2 避湧暨颱風波浪極值資訊統計表	5-5
表 5- 3 試驗波浪條件一覽表	5-8
表 6- 1 主辦機關督導執行情形	6-5
表 6- 2 施工協調會議辦理情形	6-5
表 6- 3 監造單位抽查統計總表	6-6
表 6- 4 施工廠商自主檢查統計總表	6-7
表 6- 5 材料檢試驗統計總表	6-7

第一章 緒論

1.1 計畫緣起與目的

花蓮港位於我國花蓮市區東北方，東濱太平洋，西依美崙山，自日治時期建港以來，一直扮演串連東部地區貨運串聯及經濟發展的關鍵腳色。民國 80 年，花蓮港第四期擴建工程完成後，港區東堤含觀光遊憩區全長約 4 公里，整體港形呈現內港航道甚窄(約 80 公尺)，外港口寬(約 275 公尺)之近似漏斗狀。因花蓮港特殊的港型，無論夏季颱風是否直接侵襲，颱風於太平洋所產生之湧浪，亦會傳遞至花蓮港內，港內湧浪能量不易宣洩，使其經常發生港池振盪及不靜穩現象，致港內船隻無法穩定作業甚至發生斷纜事件；嚴重者，則造成船隻碰撞或港灣設施損壞，影響安全甚鉅。

為改善或減緩港池振盪情形，交通部運輸研究所運輸技術研究中心(以下簡稱運技中心)自民國 79 年起即著手進行花蓮港一系列的研究；民國 96 年，花蓮港務局(今花蓮港務分公司)委託本所研擬「花蓮港港池共振改善計畫」以解決或減輕港池不穩靜之情況，提昇船舶靠泊安全。經綜整過往資料，及精進相關現場觀測、模型試驗及數值模式，研擬若干結構性與非結構性改善方案，並獲得多數專家學者認同。惟結構性工程對花蓮港區影響甚鉅，在有限的經費與時間條件下，短期內恕難執行整體結構性改善工程，且花蓮港共振機制成因，仍有部分待商榷；故多數單位認為宜優先朝風浪預警系統、船舶管理等非結構性方案精進發展。目前實務上，花蓮港務分公司主要依據「花蓮港颱風湧浪期間船舶靠泊作業注意事項」規定，根據交通部中央氣象署之海上、陸上颱風警報，及與本所合作建置之港池靜穩度觀測站即時監視系統，觀測外港#25 號碼頭湧浪起伏達數據 1 公尺以上，適時發佈港內船隻避湧(避颱)訊息等方式，進行船舶管理作業，避免發生船舶碰撞、斷纜等事件，以維護港區安全。(如圖 1.1 所示)

The screenshot shows the website of the Hualien Port Branch of the Taiwan International Ports Corporation (TIPC). The page is titled '動態訊息' (Dynamic Information) and features a search bar and navigation menu. A table of news items is displayed, with one item highlighted in a red box:

類別	標題	上下版日期
最新消息	等你來寫生 – 「彩繪花蓮港」寫生比賽	112-10-12~ 112-11-12
最新消息	【解除管制】本港自112年10月6日10時起恢復船舶進出港作業。	112-10-06~ 112-10-13
最新消息	【管制訊息】因中度颱風「小犬」致本港湧浪達1公尺，本港訂於10月3日10時實施進出港管制，請查照。	112-10-03~ 112-10-10
最新消息	花蓮港內港區14號倉招商引資 藝文活動隆重登場	112-09-30~ 112-11-02
最新消息	推動水岸觀光業務，花蓮港14號碼頭通關旅遊設施主體工程完工	112-09-15~ 112-10-15

圖 1.1 花蓮港務分公司發布避湧(避颱)訊息

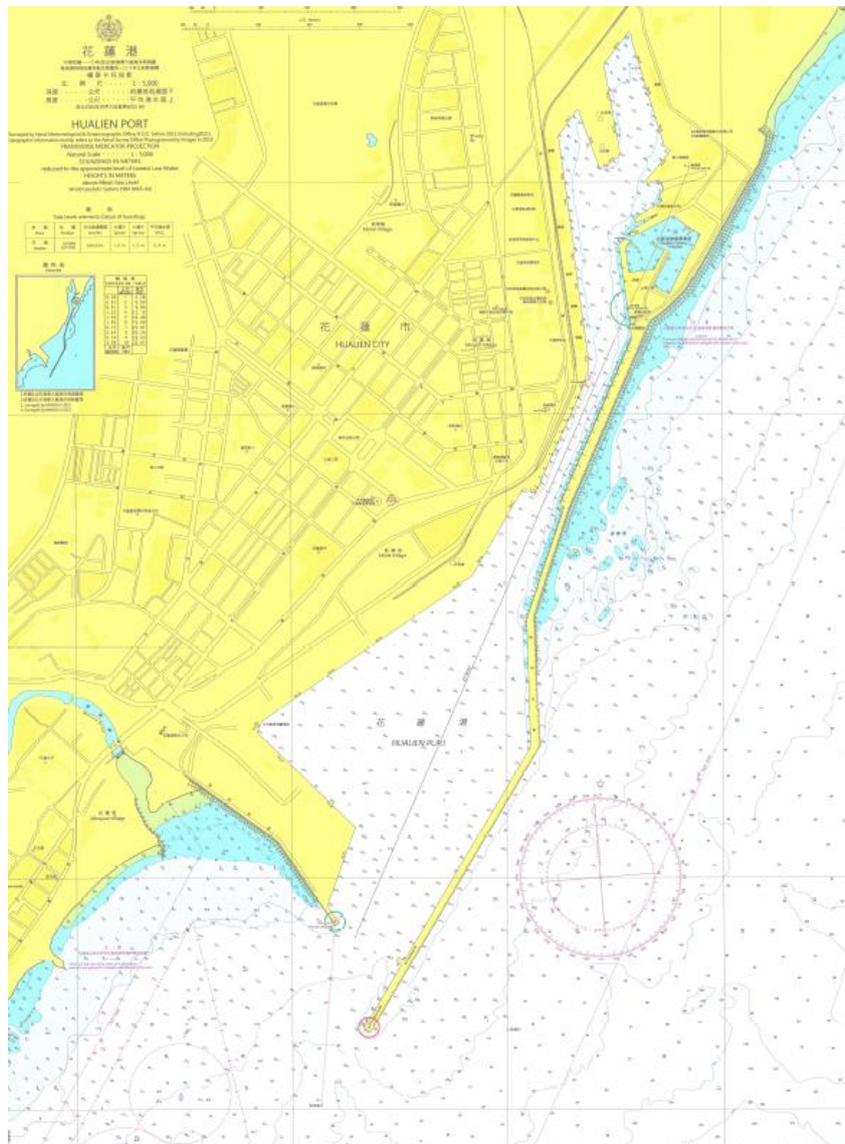
近年來，花蓮港面臨國際海運趨勢演變及競爭，亟需規劃港埠重大建設計畫，除了既有工業外，亦需同步發展觀光、遊憩等各種產業，吸引民間業者投資開發，以達港區跨域加值之目標；然而，在全球化的時代下，伴隨而來的即是氣候變遷與劇烈天災(如颱風)發生頻率增加，因颱風直接侵襲，或其間接生成之長浪、湧浪造成之災害日趨嚴重，不僅對海洋、港灣工程構造物造成損害，更嚴重威脅濱海居民生命財產安全。為因應種種挑戰，花蓮港務分公司正著手進行一系列相關規劃，而如何在現有港型條件下，提升港池靜穩度或減少湧浪影響，維持港區安全，成為當前首要課題。

而近期的重大工程建設受益於電腦性能的快速發展，通常可以在工程規劃和設計階段進行數值模擬，以在短時間內找到經濟有效的方案。但是，港灣工程涉及波、流與結構物複雜的耦合作用，宜需輔以水工模型試驗加以佐證；藉由相似定律(依現場尺度、水理運動及動力特性)建立模型，即可於試驗過程中直接觀察實際物理現象，做為規劃設計之參考依據。因此，本所運技中心為落實「運輸環境災防技術發展研究」目標、提升港區防災效益，有必要應用花蓮港現有海氣象及港池靜穩度觀測資料，綜整過往研究，配合水工模型試驗探討其在湧

浪作用下之港池不靜穩情形，並進一步分析港內波浪特性及進行消能方案研擬評估，以提供相關單位參考應用，以利花蓮港建設發展。

1.2 計畫範圍與對象

本計畫主要以花蓮港港區，及其周圍地形為原型，按水平及垂直比尺 1/100 之比例，建置水工模型進行試驗模擬分析；計畫範圍如下圖 1.2 所示，北起花蓮港區#12、#13 號碼頭，南至近南濱太平洋公園處。



圖片來源：臺灣港務股份有限公司「國際商港未來發展及建設計畫(111~115年)」

圖 1.2 本計畫研究範圍示意圖

1.3 計畫內容與工作項目

為以水工模型試驗探討花蓮港不靜穩實際物理現象，並進一步分析港內波浪特性及進行消能方案研擬，本所預計辦理為期3年(112至114年)之「花蓮港湧浪遮蔽試驗」自行研究計畫；惟本年度計畫進行時，恰逢運技中心第二試驗廠棚辦理修繕工程，影響試驗水池作業，故本年度計畫內容以試驗規劃為主軸。藉由本文規劃，有助於113及114年辦理花蓮港水工模型試驗前，先行建立相關基礎試驗條件，以利研擬不同湧浪條件之消能設施方案；後續再根據花蓮港區特性及實務條件，評估較適當者，供相關單位做為港池不靜穩改善方案參考。本研究計畫各年度相關工作項目如下：

112 年度：

1. 文獻回顧：回顧有關花蓮港港池不靜穩情形相關研究，初判造成港池振盪之相關湧浪週期、波高、波向等條件。
2. 海氣象資料彙整：利用本所長期於花蓮港蒐集觀測之海氣象資料，彙整並分析其風、波、潮、海流等海氣象特性，以利擇定合適造波條件。
3. 地形資料蒐集：蒐集如圖 1.2 範圍之地形資料，並盡可能將周遭地形納入考量，以提昇試驗模型之真實性。
4. 試驗條件及配置規劃：就運技中心試驗水槽尺寸，利用模型相似定律，規劃將花蓮港區及周邊地形之原型，以適當比例縮小，建置其定床水工模型；接續依造波機造波能力，擇定符合該模型之湧浪試驗條件，可做為後續試驗之比較基礎。
5. 消波塊模型製作：根據適當比例，先行製作花蓮港定床水工模型所需之消波塊模型材料。
6. 實驗室整建：運技中心試驗廠棚年久失修，為確保人員安全及建築物穩定，於正式執行本試驗前，辦理建築物結構及相關附屬設施整建工程。

113 年度：

1. 文獻回顧：持續蒐集國內、外有關湧浪及相關消能設施之相關研究。
2. 模型建置優化：持續完善花蓮港及鄰近海域整體模型。
3. 消能設施研擬及佈設：根據花蓮港湧浪特性，研擬合適之消能設施，並將其布設於花蓮港模型，以進行後續試驗。
4. 成效評估試驗及分析：針對原模型進行基礎試驗，並將其做為基準，以評估消能工法對於各湧浪條件下之波能削減成效。

114 年度：

1. 消能設施精進評估：除持續蒐集有關湧浪消能相關研究資訊外，並根據前期研究，精進本計畫所使用之消能構造物。
2. 成果彙整：彙整本計畫 3 年研究成果，並根據花蓮港區特性及實務面條件，評估較適當之港池不靜穩改善方案。

第二章 相關研究回顧

花蓮港自第四期擴建工程完工以來，港池共振問題一直是產、官、學界關注的焦點。對此，運技中心自民國 78 年起與相關單位投入大量資源，對該港區進行海氣象觀測、數值模擬和水工模型試驗等研究，以深入探討港池共振致不靜穩情形之議題；即使如此，至今對於引發港池振盪的波源判定仍未完全定論，而現有的港型態和嚴苛的海象、海床條件，也使相關結構性改善方案難以執行。故本章旨在回顧過去迄今對花蓮港港池共振的相關研究，從多個面向深入探討港池共振的影響因素、機制，尋找關鍵因子，以期能於本計畫研擬適當之試驗規劃，並於爾後提出具體、務實可行之湧浪消能方案。

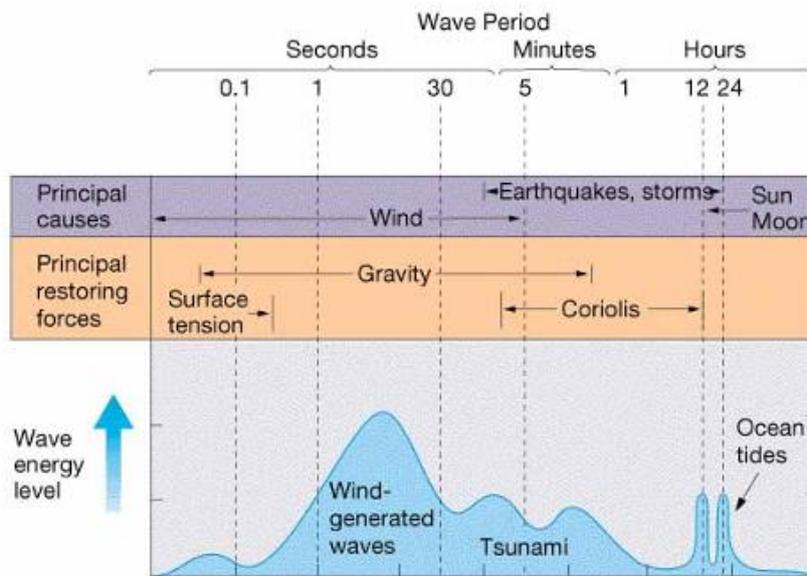
2.1 風浪與湧浪

波浪為海洋水面受外力而發生改變，引起水粒子及水壓隨之變化產生的自然波動現象，通常為風力、重力及地震等因素所致；所有波動主要以波高、週期(或波長)及水深等物理量呈現。故 Munk(1951)將具有不同產生動力之各類型波動型態及其所對應之波浪名稱，依其對應之顯要週期區間，整理如圖 2.1 所示。

由觀察該圖可見，風浪(wind waves)為常見的波浪形式之一，亦即因風場(如季風、颱風)而起之波浪，其特性取決於風的強度、風向、風區的大小和風的持續時間；強風能夠生成較大和更高的風浪，而風的方向和區域大小則影響波浪的形狀和方向。風浪週期大多小於 30 秒，而且，週期約在 8~10 秒間之風浪，相對性地具有最大之波動能量。

湧浪(swells)為遠方風力引起之波浪，週期一般在 5~30 秒、波高約落在 1~5 米；我國交通部中央氣象署則定義波高超過 1.5 米，平均週期(Mean wave period)超過 8 秒者為湧浪(長浪)，並發布即時訊息；另根據日本全國港灣海洋波浪情報網 NOWPHAS，當週期超過 30 秒則可定義為長週期波。湧浪通常是在遠離風源的區域形成，當風在遠洋區域上吹拂一段時間後，會在海面上產生一系列的風浪；若該風浪週期及波

高逐漸發展，其波速就會大於風速，進而脫離風區，但仍以重力波型態向外持續傳播。故一旦太平洋海面上有颱風生成，即使未接近臺灣，仍會對花蓮港等東部港域造成影響；又因為湧浪的特點是具有較長週期，且由於其尖銳度較小，不容易破碎與消散，使它能夠在相對較長的距離上保持穩定波動，故又俗稱為「長浪」。



圖片來源：Adapted from Munk, 1951

圖 2.1 以週期進行之波浪分類

2.2 花蓮港港池共振歷年相關研究

2.2.1 現場觀測

張與曾(1993)分析颱風期間，造成花蓮港內船隻不能作業時的波浪能譜，結果顯示出相當成份的長週期波浪能量，因此判定長週期能量是影響花蓮港穩靜的關鍵因素。

曾(1996)分析民國 79 至 85 年間的 31 個港外颱風波浪，其中民國 83 年的 6 個颱風(提姆、凱特琳、道格、弗雷特、葛拉絲及席斯)，以及民國 84 年的肯特颱風期間港內也進行了同步觀測。分析結果指出外海的颱風波能週期多集中在 11 至 15 秒之間，但在港口外側則顯示長週

期成份波的能量顯著增加；內港區的長週期能量集中在 147 及 158 秒左右，而外港區則在 137、147 及 185 秒左右。由於東防波堤的遮蔽效應，外港區池的短週期能量可以降低一階，而內港區池則降了兩階，然而 160 秒左右的波能卻增加二階。該文指出可能引起港內超長重力波的機制有二：碎波點位置振盪所生的自由長波；或者伴隨短波群前進之強制長波。曾及簡(1996)在花蓮港內外設置波高計觀測提姆(Tim)颱風來襲期間波浪資料，結果指出於外海測站波浪能量峰值的週期集中在 11 秒至 15 秒之間，無異常的長週期能量，但是在港口附近測站已有顯著的長週期波浪能量出現，於港內有明顯的能量集中在 47、82、98、114 及 158 秒成份波處，而小於 15 秒的短週期波浪能量已變得很小。

簡及曾(1999)分析民國 79 年至 87 年間的 45 個颱風動態資料與現場波浪資料指出，颱風波浪的波高逐時變化除與颱風行進路徑、強度規模及移動速度有關外，也和背景波浪場、陸地遮蔽效應有密切關連。對花蓮港而言，颱風波浪的總作用時間大約 1 至 2 天；颱風波浪的明顯增大時間大約是颱風中心距花蓮港約 500~900 公里。

郭等人(2002)利用民國 83 年至 86 年間的五個颱風時期所觀測的港內及港外波浪資料進行分析，以探討港池振盪的發生機制。其認為港內的振盪機制大致與線性波理論吻合，是由港外波浪低頻域能量所引起。但也指出港外風浪愈大，不一定港內振盪就大，必須視港外的低頻成份波的波向而定，而港外低頻波之波向也不一定與風浪主方向相同。顯示港池振盪的機制有著很複雜的關係。

張及林(2003)利用最小二乘法發展出兩種可辨識水位訊號之主成份波週期及振幅的模式，並將其應用在花蓮港民國 83 年提姆(Tim)颱風的港內波動訊號上，辨識出港內主要成份波週期為 87.6 及 152 秒，而港外為 15、52、80 及 130 秒。

林等人(2006)，延長連續取樣時間(由從 1200 秒延長為 15000 秒)，針對花蓮港附近水域收集較長時間的水位變動資料，並利用數值濾波方式分離水位資料的時間序列，結果發現花蓮港內外水域除了一般的

重力波以外，還存在亞重力波以及週期大於 1000 秒的超長重力波。並指出，花蓮港共振問題由於受到過去所使用現場觀測方式的限制，一直無法獲得完整的波動資訊，以致過去的研究多集中在會引起港灣共振的自然週期，以及 200 秒以下的亞重力波等方面的研究，也使得自民國 78 年至今的相關研究都無法肯定花蓮港共振的機制。另林等人(2009)研究結論指出，從壓力與水面波動相關性研究來看，可發現現場壓力計所感應到的壓力並不完全是來自於水面波形的改變，可能還包括了附近流場變化所引致的壓力變化；如果有可能，應同步量測附近水流變化，並進行水流壓力的修正。

簡等人(2009) 為了解港內外長週期波動特性及形成原因，利用運技中心 2004 年至 2007 年波浪觀測資料分析指出，防波堤對週期小於 25 秒之波浪提供良好的遮蔽效果，但對 25 秒以上之長週期波浪則效果減弱，颱風期間水位變化顯著，各水域皆受到亞重力波影響。

莊、曾(2009)曾針對不同颱風長浪影響期間，應用花蓮港外 AWCP 之長期波動監測紀錄，結合 EMD (Empirical Mode Decomposition)經驗模態分解(Huang et al., 1998)，再透過高頻群波所組構包絡波之頻譜比對，辨識造成花蓮港港灣振盪之長浪波源，並確認亞重力波主要係源自於高頻波群(wave groups)伴隨非線性效應所衍生之波揚(wave set-up)與波降(wave set-down)，如圖 2.2 所示，且其存在性，與侵台颱風路徑無關，但與港外高頻波群之波動振幅大小關係密切。

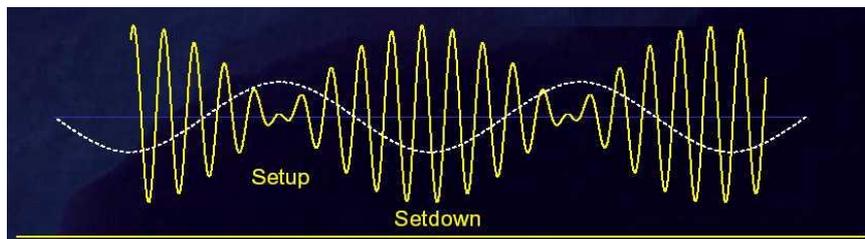


圖 2.2 伴隨高頻波群之非線性效應所衍生之水面波揚與波降

綜合歸納現場觀測結果，在花蓮港港內或港外的波浪觀測及港內水位觀測，皆可發現有極長週期的水面變動，而且其波動振幅隨著港外的海象變動；若能延長取樣的時間、同步觀測附近水域變化等，應能提

升對當地波動特性的瞭解。期望未來觀測技術的進步，能使我們更深入瞭解花蓮港內外水域，甚至是遠洋波浪之波浪特性。

2.2.2 數值分析與模擬

蘇等人(1996)利用近岸波場推算數值模式 Model WP21 探討港內的波動，並指出當入射波週期為 42、87、92、118 及 155 秒時，港內會引起明顯的振盪。

莊(2000)、莊及江(2000)應用 MIKE21-EMS 以數值模擬方式探討花蓮港於颱風期間的港池不穩靜機制，並認為亞重力波顯著支配花蓮港的共振特性。他同時指出當亞重力波之入射週期為 100、130、160 及 190 秒時，港內會引起程度不同的共振，而且若花蓮港外海存在具有較顯著振幅(能量)的 195 秒波動時，則花蓮港內港域各碼頭區將面對全面性之最嚴重共振波動振盪。

蕭等人(2000)應用雙互換邊界元素法解析花蓮港的港池波動問題時，指出港內增設消能池可改善長週期之波動，但港外設置潛堤則無多大效果。航道拓寬與航道浚深可降低波高增幅係數值，但可能引發新的共振週期。

李等(2001)利用緩坡方程式及邊界元素法進行解析並發現入射波週期為 48、56、96、116、140 及 160 秒時會引起港內的長週期振盪。

郭等(2002)研究以往颱風時期實際水位觀測數據進行快速傅利葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)分析，於外海波浪頻譜主要為 0.08Hz，進入港內之後有 0.01Hz 能量出現，並證實花蓮港在颱風到達之前港內振盪較劇烈，颱風登陸以後反而沒有引起更大的共振，並指出港內振盪大小與港外波浪能量方向分散度有關。

林等(2004)分析颱風作用時水位振盪之主要週期，使用兩個長週期與一個短週期波浪為入射波浪條件並使用 MIKE21BW 模式模擬港外

含有長波成份之波浪入射，經由內港水位變化比較後得到模擬入射波與內港水位振盪與實測颱風波浪港內外的自相關性相似。

Chen et al. (2004)、陳等(2006)認為緣波為可能生成花蓮港內亞重力波的機制，經由實際觀測結果波浪在進入花蓮港之前就已經產生亞重力波，文中並建議於海上設置防波堤可以減少緣岸波產生的共振現象。

Maa and Tsai (2006)使用 RIDE 與布斯尼斯克模式數值模擬花蓮近海，結果顯示在海岸法線方向之波高分布用波浪淺化、折射與反射就足以解釋，即使用 50 度入射波浪仍無法產生緣波。

林等 (2008) 以 EEMD(Ensemble Empirical Mode Decomposition method)法分析海棠颱風各測站水位資料，港內長週期放大因子最大值約為 5.6，颱風期間港外的長週期成份之能量比率約為 10%~20%。

莊、林(2009)認為花蓮港主要亞重力波來源非南向入射之高頻颱風波浪，受海岸地形水深影響所形成的緣波，而是由港外較大波高之高頻波動受港灣地形影響，因而在近岸衍生頻率高於 0.3cpm(200 秒)以上之水位波降(set-down)-波昇(set-up)，進而受花蓮港港池地形放大長週期成份。

楊等(2009)分析海棠颱風時期的颱風波浪資料，當港外波高變化越大包絡線標準差也隨之增大，而包絡線標準差代表群波強度，其認為港內之亞重力波可能與群波有關。

Maa et al.(2010)分析提姆颱風(Tim)港內波浪資料，發現港內 8、10 與 22 號碼頭之長波波高幾乎有一固定比例，他們亦使用 RIDE 模式模擬港外有離岸堤時長波進入港內之情形，發現離岸堤可降低港內長波。楊等(2010)使用 Mike21 布斯尼斯克(BW)模式模擬 Bowers(1977)群波產生共振的水槽實驗，模擬結果與 Bowers 的實驗結果相當接近，另外模擬在水槽岸壁增加孔隙層，模擬結果發現孔隙層的設置能夠降低共振

槽內的振幅；另外模擬以群波輸入花蓮港地形，結果顯示在內港會產生共振現象，若於外港增加孔隙層可減低內港的共振現象。

蔡(2010)以 Lee 等人(1998) 的港池共振波場數值模式為基礎，建置花蓮港港池共振數值模式，並以花蓮港現場所量測波浪資料，作模式修正及驗證。該研究共提出若干改善佈置方案，其中，於碼頭壁加設消波設施可以消滅長週期波，有效降低共振強度，但無法對 100 秒以上長波消能，並建議將#13 及#14 碼頭形式，變更為棧橋式碼頭，並在碼頭後側附近的防風林帶加以浚挖，使內部港池與北部外海相通，以達到消滅。

楊等(2011)利用 Mike21 BW 模式，採用實測之 2005 年海棠颱風波浪資料，模擬該颱風期間花蓮港內產生亞重力波的現象，由結果得知於港內 8 號碼頭所測得的亞重力波之波浪能量，主要是因為港外短週期波群所造成，而非港外長週期波浪的輸入後在港內放大；亦即港內長週期的亞重力波可能是由於港外波群所造成。另模擬若在南、北濱處設置離岸堤，降低長週期波能量的效果，與離岸堤配置及颱風波浪入射角度有關。

周等(2021)利用 FUNWAVE-TVD 非線性波浪數值模式，採用波高 7.81 公尺及尖峰週期 14.22 秒之 JONSWAP 波譜，模擬 2005 年龍王颱風波浪從 ESE 及 SE 向入射港口之情況，模式結果顯示平面空間之波浪分布，示性波高在外港區稍高，內港區相對穩靜，亞重力波在內港區及連結內外港之航道都相當顯著，最大的亞重力波高出現在港最內側的碼頭。整體而言，SE 向之示性波高分布大於 ESE 向，相反地，ESE 向的亞重力波高大於 SE 向。本研究模擬範圍涵蓋花蓮港南側海岸，斜向入射之 SE 向波浪理論上可形成較顯著的緣波傳入港內，後續研究可分析南側海岸之亞重力波特性和了解其主控週期成分與港內亞重力波之關係。

以上數值模擬研究，根據不同的數值模式、網格與元素切割方法，雖然得到的振盪週期可能與現場觀測略有出入，但就結果而言，仍可以

推論花蓮港的共振週期特性，及與長週期波有一定的關聯性。因此，未來進行數值模擬時，在各數值模式的收斂性與穩定性皆確認合理的情況下，應盡量充分考量波浪與灣的入口、地形、消波設施等邊界之交互作用情形，以建構合理之模式。

2.2.3 水工模型試驗

簡及邱(1996)嘗試幾種不同的港內配置方案試圖改善港內的長週期共振，但只能獲得有限的效果。

簡等人(1997)藉由探討舊東堤改建、美崙溪導流堤延伸改善港口淤積、及南濱海岸侵蝕的問題，提出多種配置方案探討港內的長浪防制問題。

邱等人(2000)從拓寬內航道、以及在港外加設潛堤或突堤的方式來探討長浪可能的防制方法，其中共測試了 3 種颱風週期(12.6、13.5 及 15.3 秒)及四種長週期(40、100、140 及 160 秒)，並發現 140 及 160 秒的入射波會引起港內的長週期振盪。

水工模型試驗，大多受限於經費、時程與計畫任務導向的限制，僅能擇定少數特定波浪條件進行試驗，因此可以將其視為一項驗證的工作，瞭解某些週期的港池波動情形，或確認某些週期會引發共振。換句話說，如果給定造波條件是屬於共振週期，則港內必然引起共振；而對於其他波浪週期則無法獲得任何資訊，其與實際水域波動的關連性應該再加以釐清，不易找到共振確切原因。

2.3 相關改善方案

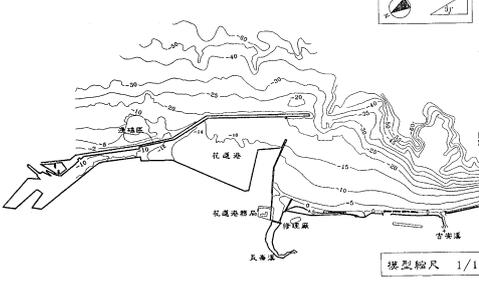
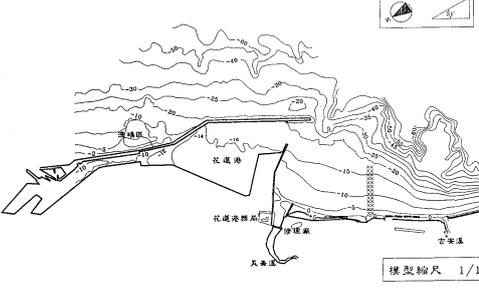
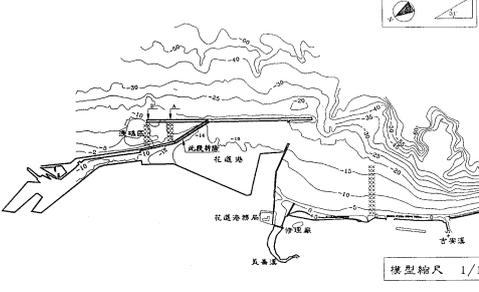
本小節引述 98 年「花蓮港港池共振改善計畫」報告中所彙整，有關水工模型試驗及數值模擬所提出之花蓮港結構性改善方案。

2.3.1 水工模型試驗

回顧運技中心歷年所進行過的3個較大規模的水工模型試驗如下：

1. 「花蓮港港灣設施改善計畫之研究—2. 模型試驗」(簡及邱, 1996), 改善方案及波浪條件分別彙整如表 2-1 至 2-2。
2. 「花蓮港整體規劃及未來發展計畫—長浪及漂砂防制研究 2. 防波堤堤線配置平面試驗」(簡等人, 1997), 改善方案及波浪條件分別彙整如表 2-3 至 2-5。
3. 「花蓮港商漁分道與港池穩靜水工模型試驗研究—水工模型試驗報告」(邱等人, 2000), 改善方案及波浪條件分別彙整如表 2-6 至 2-7。

表 2-1 1996 年水工模型試驗彙整表

編號	方案配置圖	方案說明
1A		參考花蓮港現況，做為預備試驗及比對之用
1B		於南濱海岸，吉安溪出口以北，設置一垂直海岸長度 600 公尺的拋石潛堤，堤頭水深約 18 公尺。
1C		<p>延續方案 1B 拆除新東堤南—北向段約 500 公尺，向東北延長東北—西南向約 750 公尺。 於新舊東堤間佈置一拋石潛堤長約 300 公尺，並在該潛堤北側約 300 公尺處平行佈置一拋石堤約 320 公尺。</p>

編號	方案配置圖	方案說明
1D		延續方案 1C 東堤再往南延伸 800 公尺
1E		延續方案 1B 拆除舊東堤及部份新東堤 在外海側水深 10~18 公尺處配置新防波堤

表 2-2 1996 試驗波浪條件一覽表(比尺 1/150)

造波條件	編號	模 型		原 型	
		H _{1/3} (cm)	T _{1/3} (sec)	H _{1/3} (m)	T _{1/3} (sec)
實測波浪 颱風波浪 試驗條件	A	3.44	1.10	5.16	13.47
	B	6.10	1.11	9.15	13.59
	C	6.82	1.25	10.23	15.31
備註：採三種入射波方向即S、SSE及SE方向。					
JONSWAP 理論波浪	1	6.90	1.27	10.35	15.55
	2	5.36	1.27	8.03	15.55
	3	3.49	1.24	5.24	15.19
	4	5.20	1.07	7.80	13.10
	5	3.76	1.06	5.64	12.98
	6	2.67	1.07	4.01	13.10
	7	3.92	0.86	5.88	10.53
	8	2.78	0.85	4.17	10.41
	9	1.57	0.84	2.36	10.29

表 2-3 1997 年水工模型試驗改善方案彙整表

編號	方案配置圖	方案說明
2A		<p>參考花蓮港現況，做為預備試驗及比對之用</p>
2B		<p>拆除舊東堤及部份新東堤，並於外海興建東北—西南向防波堤，並與新東堤連接 以孔橋聯繫方式於專用漁港海堤與新建防波堤間保留出口。 美崙溪南岸興建導流堤至水深約-7 公尺處 美崙溪南側至吉安溪北側於水深約-7 公尺處興建離岸堤</p>
2C		<p>拆除舊東堤、部份新東堤及北—南向新東堤約 500 公尺，並於外海興建北北東—南南西向的防波堤，並與新東堤連接以孔橋聯繫方式於專用漁港海堤與新建防波堤間保留出口。 美崙溪南岸興建導流堤至水深約-7 公尺處 美崙溪南側至吉安溪北側於水深約-7 公尺處興建離岸堤</p>
2D		<p>拆除舊東堤、部份新東堤及北—南向新東堤，並將向東北延伸東北—西南向東堤約 750 公尺 以孔橋聯繫方式於專用漁港海堤與新建防波堤間保留出口，但外拋消波塊。 美崙溪南岸興建導流堤至水深約-7 公尺處 美崙溪南側至吉安溪北側於水深約-7 公尺處興建離岸堤</p>

編號	方案配置圖	方案說明
2E		<p>延續方案 2C 延伸美崙溪南導流堤(拋石堤)至水深-10 公尺處，再向南南東轉折至-15 公尺水深處 南防波堤外側加設兩道導流堤</p>
2F		<p>延續方案 2C 延伸美崙溪南導流堤(拋石堤)至水深-17 公尺處 南防波堤外側加設兩道導流堤</p>
2H		<p>延續方案 2C 延伸美崙溪南導流堤(合成堤)至水深-17 公尺處 南防波堤外側加設兩道導流堤</p>
2I		<p>延續方案 2H 於南防波堤內側#24 及#25 碼頭之間向東加設 105 公尺內堤</p>
2J		<p>延續方案 2B 於南防波堤內側#24 及#25 碼頭之間向東加設 105 公尺內堤</p>

編號	方案配置圖	方案說明
2K		延續方案 2H 於南防波堤內側#24 及#25 碼頭之間向 北北東加設 105 公尺內堤
2P		延續方案 2D 於南防波堤內側#24 及#25 碼頭之間向 北北東加設 105 公尺內堤
2Q		延續方案 2C 延伸美崙溪南導流堤(合成堤)至水深- 19 公尺處

表 2-4 1997 年規則波試驗條件一覽表(比尺 1/150)

原型	週期 (s)	8	10	15	40	80	100	125	135	140	145	150	160	180
	波高 (m)	2.00	4.00	4.00 8.00	0.75	0.75 1.50	0.75	0.40 0.75 1.25	0.75	0.75	0.40 0.75	0.75	0.40 0.75	0.75
模型	週期 (s)	0.65	0.82	1.22	3.30	6.50	8.20	10.2	11.0	11.4	11.9	12.3	13.1	14.7
	波高 (cm)	1.33	2.67	2.67 5.33	0.50	0.50 1.00	0.50	0.27 0.50 0.83	0.50	0.50	0.27 0.50	0.50	0.27 0.50	0.50
造波代碼	RN	RM	RX RY	R9	R8 RE	R7	RC R6 RD	R5	R4	RB R3	R2	RA R1	R0	

表 2-5 1997 年不規則波試驗條件一覽表(比尺 1/150)

		JONSWAP		提姆颱風	
原型	週期 (s)	8.00	10.0	13.5	11.0
	波高 (m)	2.00	4.00	6.50	2.50
模型	週期 (s)	0.65	0.82	1.10	0.90
	波高 (cm)	1.33	2.67	4.33	1.67
造波代碼		M1	M2	T1	T2

表 2-6 2000 年水工模型試驗改善方案彙整表

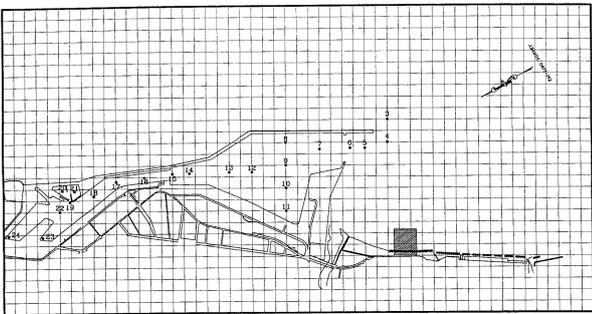
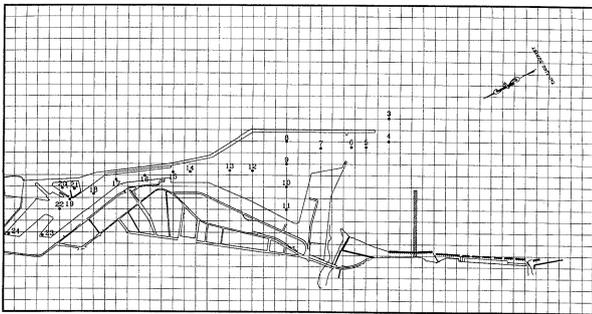
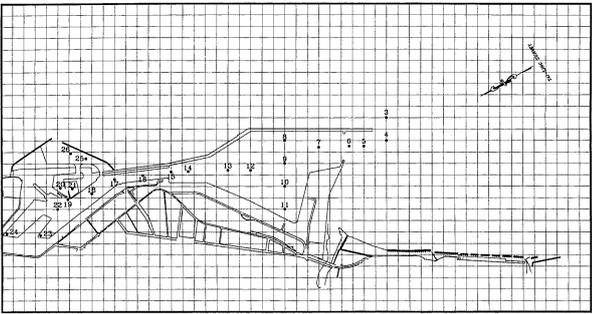
編號	方案配置圖	方案說明
3A		於南濱海岸建構潛礁區
3B		於南濱海岸建構突堤
3C		於專用漁港區開闢一連外海通道

表 2-7 2000 年試驗規則波與不規則波造波條件(比尺 1/121)

名稱	原 型		模 型		造波方向
	波高(m)	週期(sec)	波高(cm)	週期(sec)	
提 姆	6.5	13.5	5.37	1.23	S、SE
安 珀	8.06	12.6	6.66	1.15	S、SE
歐菲莉	10.23	15.3	8.45	1.39	S、SE
L1	0.75	40	0.62	3.64	S、SE
L2	0.75	100	0.62	9.09	S、SE
L3	0.75	140	0.62	12.73	S、SE
L4	0.75	160	0.62	14.54	S、SE

由過往水工模型試驗可知，主要改善構想大多為調整現有防波堤佈置改變港池形狀、建構新通道及於港外放置突堤等，期望能調整港池共振頻率、消散港池內能量及遮蔽外海入射波浪，進而抑制長週期波能量擴增於港內而降低港池不穩靜現象；各配置之成果可簡要歸納如表 2-8，該表顯示各方案對降低花蓮港內的長週期振盪現象，效果似乎有限。

表 2-8 歷年水工模型試驗改善方案成果彙整表

方案配置	案號	立意	結論
在花蓮港南側的南濱海岸興建複合式突堤或拋石潛堤或延伸美崙溪的導流堤	1996: 1B、1C、1D、1E 1997:全 2000:3A、3B	期望能以破壞外海入射波的波場結構，阻絕長週期的緣波進入港內，並減少南濱海岸的侵蝕與港口的淤積的問題	有限度地稍降低港內的長週期振盪能量，其中又以興建沒水潛堤為佳
改變東防波堤的堤線	1996:1C、1D 1997:全	兼具更新老舊的舊東堤，擴寬窄段航道	試驗結果顯示雖然可以削減部份長週期振盪能量，但也可能改變振盪的週期，而產生負面的效果
漁港海堤或新建東堤之間保留適當的缺口	1996:1C、1D 1997:全 2000:3C	宣洩部份的長週期波能	對改善內港區的長週期振盪雖然略具成效，但在冬季東北季風盛行時東北向波浪作用下，反而可能造成港內不穩靜

2.3.2 數值模擬試驗

與水工模型試驗不同，數值模擬試驗可藉由輸入各種波浪條件，再配合地形、結構物及波浪參數的調整，以計算全港區之波場變化，且針對必要之特定點計算其波高放大係數(港內與外海波高之比值)，可迅速地推測港池共振週期；俾利與現場觀測資料、模型試驗結果進行比較研擬不同改善方案。以往較為完整的數值模式報告為「花蓮港港灣設施改善計畫之研究—長浪及漂砂防制研究 3. 數值模擬」(蘇等人,1996)；而近年，運技中心根據前開報告基礎上，於98年「花蓮港港池共振改善計畫」進一步提出7種結構性改善方案，且概估所需工期及經費，彙整如表 2-9。

若優先考量「港池振盪」及「港埠營運」因素，方案4(阻擋策略)及方案7(疏導策略)為較佳方案。惟前者除因國內尚無相關應用，且估算閘門設置費用約新台幣100億(並未估算每年維護管理費用)；後者對共振改善效果雖不如預期，但卻提供了另一面向之思維，即內港設立新港口，有助於日後花蓮港整體港埠營運轉型，及解決舊東堤維修之問題。故該報告研擬方案8，以直接圍堵內外港航道之方式，取代設置閘門封閉內港，並拆除舊東堤約400m及新建外廓防波堤共約1,300m，以闢建新港口，且浚深外港迴船池，更有4.5公頃新生地可產生土地現值，亦可供花蓮港務分公司出租使用，增加其附加價值。

該計畫亦考量其他影響因子，將藉由層級評分法(Hierarchy Scoring method; HS)，來進行各方案之評選，結果如表 2-10 所示。(註:方案2及方案5因無法估算工期、經費，爰未列入評比)

表 2-9 98 年數值模擬改善方案評估彙整表

	方案1	方案2
		
概估 工期 經費	3年、100億元	None
	方案3	方案4
		
概估 工期 經費	1年、5.23億元	3年、105.23億元

	方案5	方案6
5		
概估 工期 經費	None	3年、40.7億元
	方案7	方案8
概估 工期 經費	3年、30.7億元	3年、38億

表 2-10 各方案綜合評選優劣排序一覽表

評估指標	權重	方案 1	方案 3	方案 4	方案 6	方案 7	方案 8
1.施工期程	14.7%	4.9%	14.7%	4.9%	4.9%	4.9%	4.9%
2.工程經費	15.4%	3.2%	15.4%	2.7%	2.0%	2.6%	2.3%
3.施工難易度	14.0%	5.6%	14.0%	4.9%	10.5%	10.5%	10.5%
4.港池共振改善效果	20.0%	15.1%	8.4%	20.0%	10.8%	6.3%	6.6%
5.對海岸地形之影響	16.4%	16.4%	16.4%	16.4%	15.6%	16.4%	16.4%
6.對花蓮港營運之影響	19.4%	10.4%	12.2%	10.4%	6.6%	16.1%	19.4%
加權合計	100%	55.6%	81.1%	59.3%	50.4%	56.8%	60.1%
方案排序		5	1	3	6	4	2

2.4 小結

根據過往相關文獻，基本上已可以大致了解引發花蓮港內、外港港池振盪週期，對於引發港池振盪的機制，則尚未有一致的共識。目前各界研究主要集中在亞重力波、波群所附帶的長波、緣岸波等因素，進行探討；綜合歸納港池振盪根本機制，應是外海的長週期入射波成分受到花蓮港特有地形及喇叭狀港形的影響，會將外海的長週期波浪聚集，使波浪能量在水深較淺的港內累積、增幅所致。

雖然本所辦理過多次的穩靜度改善試驗(如改變近海入射波能的結構、削減或消散入侵港灣的波能、及改變港灣自然振動週期等)之共振削減效果有限，邱等人(2005)更指出「一旦港灣的主體佈置定型後，任何局部性改善措施都只能產生有限的效果而已，除非大規模地重新塑造整個水域結構。」；但是，現階段仍應盡可能在既有港型基礎上，逐步進行能夠削減長週期波浪能量的岸壁消能設施或碼頭，以期能盡量減少其在港內累積的能量，因應未來在氣候快速變遷及全球局勢的挑戰。

第三章 花蓮港背景資料

3.1 地文背景

3.1.1 地理位置

花蓮港位於北緯 23 度 59 分 11 秒，東經 121 度 37 分 35 秒，即在臺灣東部花蓮市東北方，東臨西太平洋，該港距蘇澳港約 40 海浬，基隆港約 90 海浬，臺中港約 200 海浬，高雄港約 202 海浬，如圖 3.1 所示，是臺灣東部唯一的國際商港。



摘錄自：臺灣地區商港整體發展規劃(96~100 年)

圖 3.1 花蓮港地理位置圖

3.1.2 港區配置概述

本小節引述「國際商港未來發展及建設計畫(111~115年)」，花蓮港港區水域面積為 1,045 公頃、陸域面積為 170 公頃，總面積共 1,215 公頃(109 年 1 月 10 日院臺交字第 1090000314 號函核定)，港區範圍如圖 3.2 所示。該港屬於人工港，由東、西兩防波堤所圍成，全長共 4,147 公尺；其中，外廓東防波堤長 3,097 公尺，主要保護港區避免受太平洋波浪直接侵襲，以達到基本遮蔽效果，並在距堤頭 300 公尺處，有一 25 公尺長之突堤；西防波堤長 1,050 公尺，可減少沿岸流及漂沙進入，保護港區。又東西防波堤左右環抱，開口西南，區分為內、外港，自外港往北經狹長航道而進入內港，呈現一喇叭狀，開口朝 S23.5°W 向。

航道基本資訊部分，外港區東、西防波堤間最短距離約 275m、有效寬 240m、水深-16.4~-19.6m。外港區航道水域之長度、寬度及深度，目前均可符合最大進港計畫船型要求(如表 3-1 所示)；惟迴船池水深-14m~16.5m，外港區進港船型限制吃水深 CD.-14m，進港時須停俾於-16.5m 之水域，並輔以拖駁船協助靠泊，故雖迴船池部分區域水深略有不足，但操航及營運方面尚無問題。內外港區途經狹長連結航道，連結航道寬 100m，內港區計畫船型船寬 30.5m，可符合單向通行要求，但寬度不足無法雙向通行。另內港區碼頭為船渠型式，進出靠泊裝卸皆需由拖船協助，故內港區無需設置迴船池。綜上，花蓮港內港區之連結航道寬度不足，商船進出需管制單向航行。

碼頭部分，花蓮港現有碼頭共 25 座，以散雜貨碼頭 13 座佔最大宗(水泥專用碼頭 2 座、礦石專用碼頭 1 座、煤礦為主碼頭 1 座、砂石為主碼頭 3 座、水泥為主碼頭 1 座、一般散雜貨碼頭 5 座)、客貨運碼頭 2 座及非營運碼頭 10 座(港勤為主碼頭 3 座、公務為主碼頭 3 座及調度碼頭 4 座)；依據本小節首揭計畫，碼頭數量近期無更動，茲配合碼頭使用情形調整功能。碼頭配置如下表 3-2、表 3-3。



摘錄自：國際商港未來發展及建設計畫(111~115年)

圖 3.2 花蓮港區現況圖

表 3-1 花蓮港進港計畫船型表

港區	船種	船舶大小	船長(m)	船寬(m)	吃水(m)
外港區	貨輪	100,000 DWT	240	38	14
	客輪	171,500 GT	316	43	8
內港區	貨輪	15,000 DWT	140	23	9.1
	客輪	10,000 GT	112.6	30.5	2.9

摘錄自：國際商港未來發展及建設計畫(111~115 年)

表 3-2 碼頭席數統計表

港區	碼頭編號	席數	備註
內港區	#1~#16	共 16 席	#1~#7、#9、#12，未營運
外港區	#17~#25	共 9 席	
總計		共 25 席	

摘錄自：國際商港未來發展及建設計畫(111~115 年)

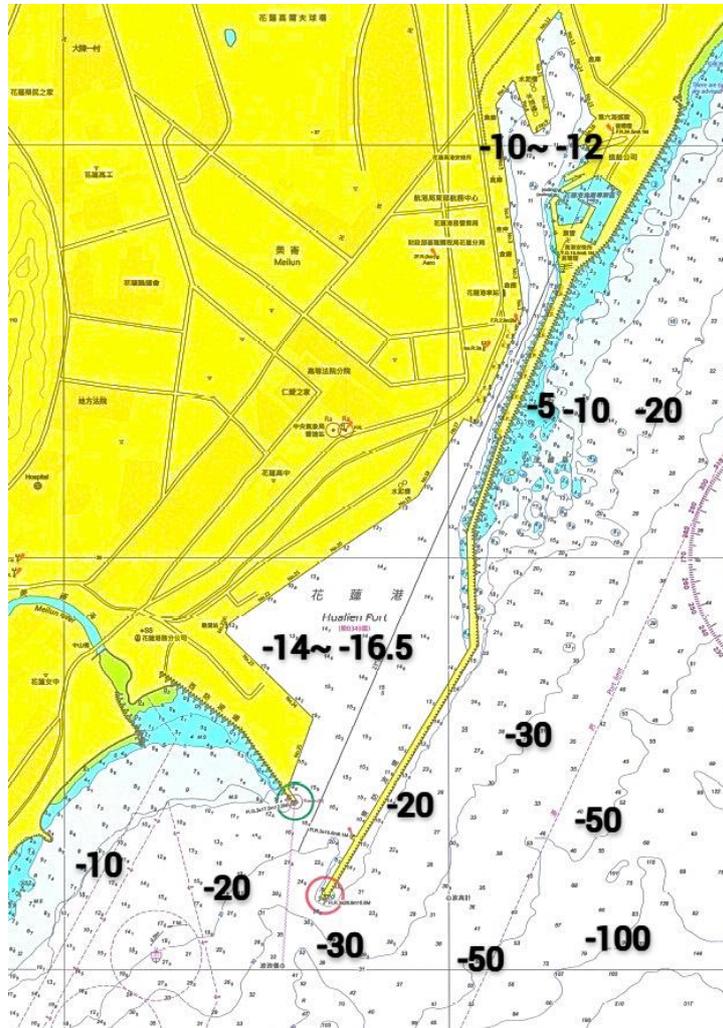
表 3-3 花蓮港各類碼頭席數需求檢討一覽表

碼頭類別	年期	109 年配置(現況)		115 年配置		備註
		碼頭編號	席數	碼頭編號	席數	
散雜貨/多功能碼頭區	礦石專用	#11	1	#11	1	維持現狀
	砂石為主	#17、#20、#21	3	#17、#20、#21	3	維持現狀
	煤為主	#25	1	#25	1	維持現狀
	水泥專用 水泥為主	#10、#18 #8	3	#10、#18	2 -	註 1，#8 仍提供水泥裝卸
	散雜貨	#4、#13、#14、 #19、#24	5	#8、#19、#24	3	註 1、2、3
客運/客貨碼頭	客貨碼頭	#22、#23	2	#13~#16、#22、 #23	6	註 2，客貨碼頭6席，可供散雜貨裝卸與客運共用
其他碼頭	港勤碼頭	#1、#2、#3	3	#1、#2、#3	3	維持現狀
	公務碼頭	#5、#6、#7	3	#4、#5、#6、#7	4	註 4，增加一席
	調度碼頭	#9、#12、#15、#16	4	#9、#12	2	註 5
碼頭合計			25		25	

摘錄自：國際商港未來發展及建設計畫(111~115 年)

3.1.3 水深地形

根據海軍氣象局(2022)海圖資料(如圖 3.3 所示)，整體近岸區之等深線大致平行海岸線。港區水深部分，外港區水深約-14~-16.5 公尺，內港區約-10~-12 公尺，港口處水深則約有-25 公尺；港外以南處約 220 公尺處，水深即驟降至約-50 公尺，坡度為 0.227，水深地形變化劇烈。近岸地形部分，美崙溪口以南，鄰近北濱海岸處，離海岸線約 200 公尺處，水深約為 10 公尺，離海岸線約 500 公尺處，水深約為 20 公尺，整體坡度為 0.04，相對港區而言較為平緩。



摘錄自:海軍氣象局(2022)

圖 3.3 花蓮港及鄰近海岸海圖

3.2 海、氣象環境

本所運技中心長期於花蓮港進行海、氣象觀測；迄今為止，已累積許多觀測資料，本節引用運技中心彙整之 2022 年報及相關特性分析報告，說明花蓮港之海、氣象環境。

3.2.1 風

本所花蓮港風力觀測係 2002 年 6 月起觀測，主要風力測站及觀測期間如表 3-4 所示，風力測站位置示意圖如圖 3.4。風力測站資料之蒐集係採取每小時測定十分鐘之風速、風向數據加以平均，而得出該小時之平均風速、平均風向、最大陣風風速、最大陣風風向、最大陣風之發生時間。本所之風力資料以取平均風速(m/s)及平均風向(度)為主。

表 3-4 花蓮港主要風力測站一覽表

測站	緯度(N)	經度(E)	架設高度	觀測期間	儀器
HLWD01M10	23°58'50"	121°37'12"	31.5 m	2002/06-2007/11	Young Brand
HLWD01M10	23°58'50"	121°37'12"	31.5 m	2007/12-2018/04	Gill
HLWD01M10	23°58'49"	121°37'12"	31.54 m	2018/05-2022/11	Sonic
HLWD01M10	23°58'49"	121°37'12"	31.54 m	2022/12-至今	Sonic

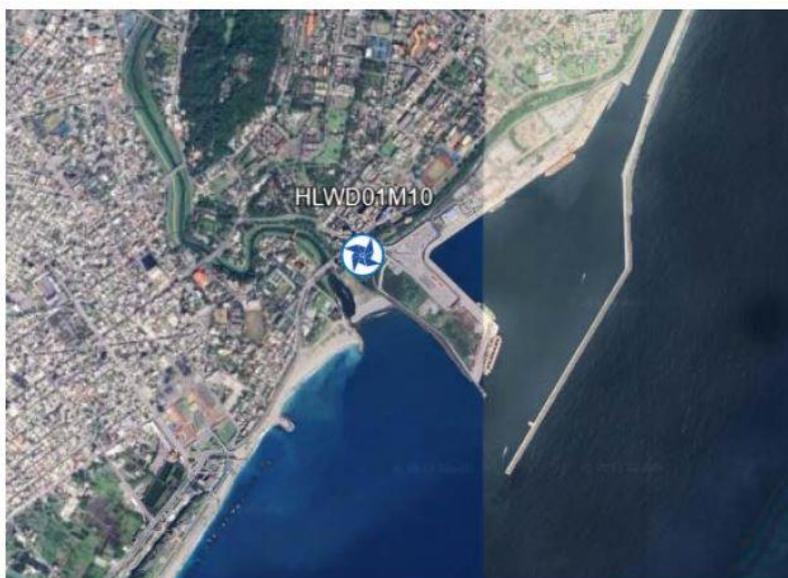


圖 3.4 花蓮港風力主要觀測站位置示意圖

該年報歷年統計資料為 2002 年至 2022 年(整體資料蒐集率為 97%)，歷年主要測站風速及風向統計量表如表 3-5 所示，風速、風向分佈百分比如表 3-6、3-7 所示，風玫瑰圖如圖 3.5 所示。相關資訊彙整如下：

花蓮港歷年全年風速平均值為 3.4 m/s，最大風速為 53.8 m/s (E)。輕風的比例為 58.6%，和風的比例為 37.0%，強風的比例為 4.3%，疾風的比例為 0.1%；主要風向為 WSW，所佔比例為 13.3%。

冬季平均風速為 3.8 m/s，最大風速為 16.0 m/s (SSW)。輕風的比例為 53.9%，和風的比例為 39.0%，強風的比例為 7.1%，疾風的比例為 0%。主要風向為 NE，佔全部觀測點數的比例為 20.2%

春季平均風速為 3.2 m/s，最大風速為 14.2 m/s (S)。輕風的比例為 61.3%，和風的比例為 35.6%，強風的比例為 3.1%，疾風的比例為 0%。主要風向為 WSW，佔全部觀測點數的比例為 13.2%

夏季平均風速為 3.1 m/s，最大風速為 23.5 m/s (SE)。輕風的比例為 63.3%，和風的比例為 34.2%，強風的比例為 2.2%，疾風的比例為 0.2%。主要風向為 WSW，佔全部觀測點數的比例為 15.7%

秋季平均風速為 3.6 m/s，最大風速為 53.8 m/s (E)。輕風的比例為 55.6%，和風的比例為 39.2%，強風的比例為 5.0%，疾風的比例為 0.1%。主要風向為 NE，佔全部觀測點數的比例為 16.1%。

Rose Diagram of Wind

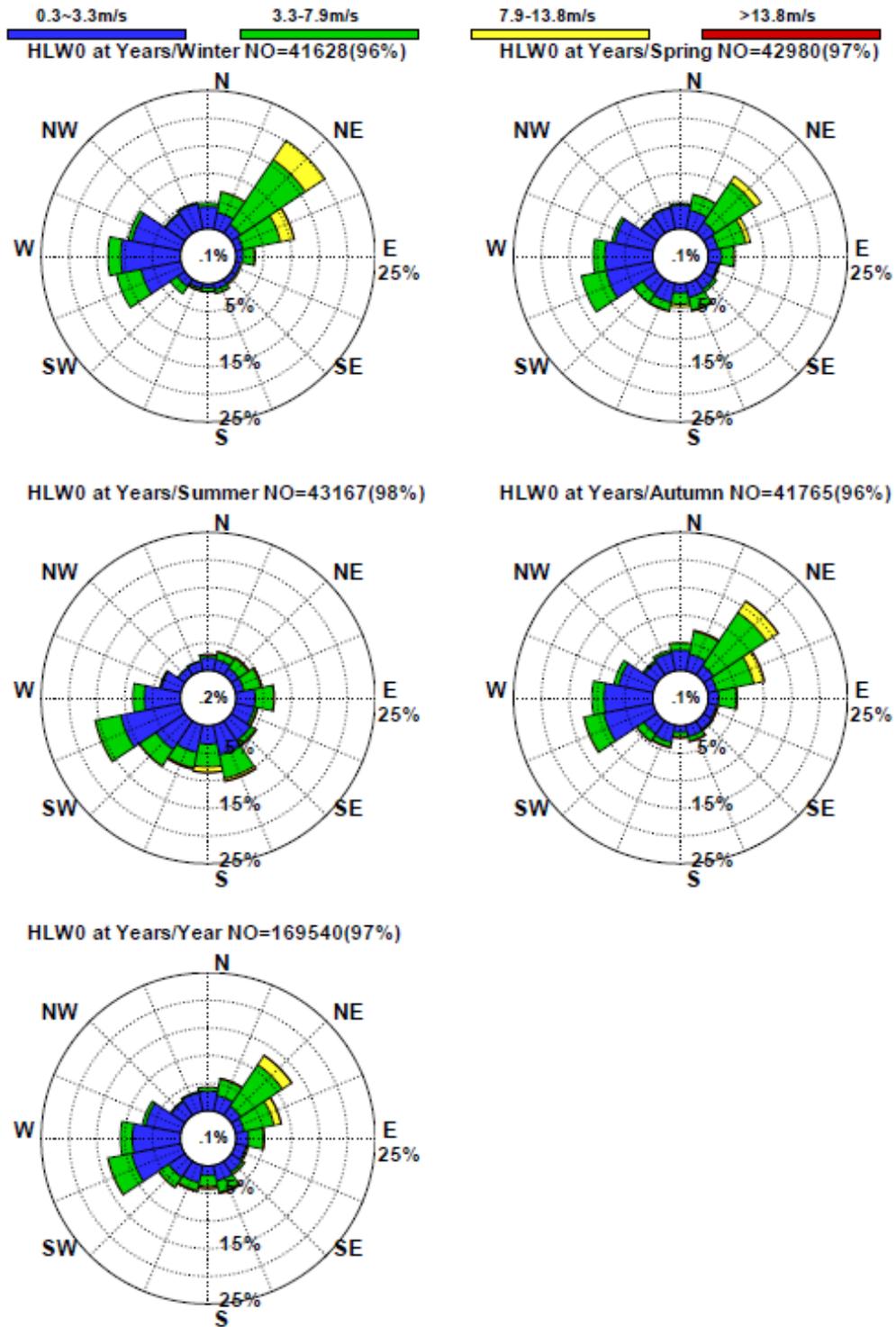


圖 3.5 歷年花蓮港風玫瑰圖(2002-2022)

表 3-5 歷年花蓮港主測站風速及風向重要統計量統計表(2002-2022)

序 號	日期 (年/月)	觀測 點數	風速		最大風	輕風	和風	強風	疾風	風向	風向	風向	風向	主要風向 方向/百分比
			平均值 (m/s)	風速/風向 (m/s)/(來向)	風速/風向 (m/s)/(來向)	<3.3 (%)	~7.9 (%)	~13.8 (%)	>13.8 (%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)	
1	歷年/12	14348(96%)	4.0	1.9/NNE	15.1/ENE	51.1	40.2	8.7	.0	47.0	5.1	22.8	25.1	NE /22.9%
2	歷年/01	14476(97%)	3.7	1.5/NNE	14.4/ENE	55.1	38.2	6.7	.0	42.4	5.0	23.4	29.2	NE /20.0%
3	歷年/02	12804(94%)	3.6	1.0/NNE	16.0/SSW	55.6	38.5	5.9	.0	37.4	8.4	27.4	26.7	NE /17.5%
4	歷年/03	14263(96%)	3.5	.6/NNE	14.2/S	56.3	38.7	5.0	.0	34.2	11.7	30.1	24.0	NE /15.5%
5	歷年/04	13851(96%)	3.3	.2/NE	13.9/ENE	60.5	36.6	2.9	.0	31.0	14.3	32.8	21.9	WSW/13.0%
6	歷年/05	14866(100%)	2.9	.1/ENE	13.4/SSW	66.8	31.8	1.4	.0	29.5	17.2	32.6	20.7	WSW/13.4%
7	歷年/06	13997(97%)	3.0	.8/S	16.4/SSE	64.4	33.5	2.1	.0	21.9	23.9	39.7	14.5	WSW/14.1%
8	歷年/07	14356(97%)	3.3	1.5/S	23.5/SE	60.2	36.9	2.7	.3	12.9	32.6	46.2	8.3	WSW/15.7%
9	歷年/08	14814(100%)	3.1	.9/SSW	22.8/S	65.5	32.2	2.0	.3	16.1	26.9	45.0	12.0	WSW/17.2%
10	歷年/09	13960(97%)	3.2	.1/ENE	26.3/ENE	61.4	35.8	2.6	.2	28.1	16.8	37.2	17.9	WSW/15.7%
11	歷年/10	14563(98%)	3.9	1.8/NE	53.8/E	50.6	42.8	6.5	.2	47.2	7.0	23.6	22.1	NE /18.6%
12	歷年/11	13242(92%)	3.7	1.5/NNE	14.4/NE	55.1	38.9	6.0	.0	43.1	7.2	26.1	23.5	NE /21.0%
13	歷年/冬	41628(96%)	3.8	1.5/NNE	16.0/SSW	53.9	39.0	7.1	.0	42.5	6.1	24.5	27.0	NE /20.2%
14	歷年/春	42980(97%)	3.2	.3/NE	14.2/S	61.3	35.6	3.1	.0	31.5	14.4	31.8	22.2	WSW/13.2%
15	歷年/夏	43167(98%)	3.1	1.1/S	23.5/SE	63.3	34.2	2.2	.2	16.9	27.8	43.7	11.6	WSW/15.7%
16	歷年/秋	41765(96%)	3.6	1.1/NE	53.8/E	55.6	39.2	5.0	.1	39.5	10.4	28.9	21.2	NE /16.1%
17	歷年/年	169540(97%)	3.4	.5/NE	53.8/E	58.6	37.0	4.3	.1	32.5	14.8	32.3	20.4	WSW/13.3%

DISW3A.BAT 測站編號:HLW

運輸技術研究中心

表 3-6 歷年花蓮港主測站觀測風速分佈百分比統計表(2002-2022)

風速 (m/s)	靜風 <0.3	軟風 ~1.5	輕風 ~3.3	微風 ~5.4	和風 ~7.9	清風 ~10.7	強風 ~13.8	疾風 ~17.1	大風 ~20.7	烈風 ~24.4	狂風 ~28.4	暴風 ~32.6	颶風 ~36.9	- ~41.4	- ~46.1	- >46.1	蒐集率 (%)
年、月																	
歷年/12	.0	6.9	44.1	23.4	16.8	7.6	1.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	96
歷年/01	.0	7.0	48.0	24.7	13.5	5.9	.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97
歷年/02	.1	8.5	47.0	25.3	13.2	5.2	.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	94
歷年/03	.1	10.1	46.1	26.5	12.3	4.6	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	96
歷年/04	.1	12.2	48.2	26.2	10.4	2.7	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	96
歷年/05	.2	16.3	50.3	24.7	7.1	1.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100
歷年/06	.2	16.3	47.8	26.7	6.8	1.8	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97
歷年/07	.1	12.0	48.1	28.2	8.6	2.1	.6	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97
歷年/08	.1	13.6	51.7	25.9	6.3	1.5	.5	.1	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100
歷年/09	.1	11.1	50.2	27.6	8.2	2.0	.5	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97
歷年/10	.1	8.0	42.5	27.2	15.5	5.8	.6	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	98
歷年/11	.1	9.3	45.8	25.0	13.8	5.4	.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	92
歷年/冬	.1	7.4	46.4	24.4	14.5	6.3	.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	96
歷年/春	.1	12.9	48.2	25.8	9.9	2.8	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97
歷年/夏	.2	13.9	49.3	26.9	7.2	1.8	.5	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	98
歷年/秋	.1	9.4	46.1	26.7	12.5	4.4	.6	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	96
歷年/年	.1	11.0	47.5	26.0	11.0	3.8	.5	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97
DISW5A.BAT	測站編號:HLW															運輸技術研究中心	

表 3-7 歷年花蓮港主測站觀測風向分佈百分比統計表(2002-2022)

風向 年、月	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	靜風	蒐集率 (%)
歷年/12	4.8	8.1	22.9	11.4	3.3	1.0	1.0	1.6	1.1	1.3	3.1	11.0	12.3	8.3	4.0	4.7	.0	96
歷年/01	4.7	6.5	20.0	11.2	3.7	.9	1.0	1.4	1.1	1.1	2.8	11.7	13.2	10.7	5.0	5.2	.0	97
歷年/02	4.3	5.9	17.5	9.6	3.5	1.5	1.5	2.8	2.5	1.9	3.8	12.7	13.6	9.9	4.2	4.8	.1	94
歷年/03	4.0	6.4	15.5	8.1	3.6	1.3	2.1	4.7	3.8	4.4	4.8	13.1	11.0	8.7	4.0	4.3	.1	96
歷年/04	4.8	6.2	11.9	8.1	4.4	2.0	2.5	5.5	4.4	5.5	5.3	13.0	11.4	7.3	3.6	4.0	.1	96
歷年/05	5.0	6.5	9.9	7.2	6.1	3.1	3.7	5.4	4.5	5.7	5.4	13.4	9.7	6.9	3.3	3.9	.2	100
歷年/06	3.8	4.7	5.8	5.9	6.8	3.4	4.3	9.0	7.2	7.5	8.9	14.0	8.9	4.8	2.1	2.6	.2	97
歷年/07	2.2	2.6	2.5	3.9	6.8	4.0	6.2	12.6	10.9	9.3	11.5	15.7	6.6	2.9	1.1	1.2	.1	97
歷年/08	2.7	3.4	3.3	4.7	7.0	4.7	5.5	9.5	7.5	7.8	9.2	17.2	10.0	4.0	1.6	1.9	.1	100
歷年/09	4.0	5.0	8.9	8.6	6.4	3.3	3.5	5.3	3.6	5.7	6.5	15.7	12.0	6.5	2.3	2.7	.1	97
歷年/10	5.7	9.4	18.6	13.0	5.4	1.2	1.4	1.7	1.1	3.2	3.6	10.5	9.9	7.4	3.3	4.3	.1	98
歷年/11	5.3	7.9	21.0	9.3	3.8	1.1	1.3	2.3	2.1	3.7	3.3	11.8	10.9	7.6	4.0	4.5	.1	92
歷年/冬	4.6	6.9	20.2	10.7	3.5	1.1	1.2	1.9	1.5	1.4	3.2	11.8	13.0	9.6	4.4	4.9	.1	96
歷年/春	4.6	6.4	12.4	7.8	4.7	2.2	2.8	5.2	4.3	5.2	5.2	13.1	10.7	7.6	3.6	4.1	.1	97
歷年/夏	2.9	3.6	3.8	4.8	6.9	4.0	5.4	10.4	8.5	8.2	9.9	15.7	8.5	3.9	1.6	1.9	.2	98
歷年/秋	5.0	7.5	16.1	10.4	5.2	1.9	2.1	3.1	2.2	4.2	4.5	12.7	10.9	7.2	3.2	3.9	.1	96
歷年/年	4.3	6.1	13.1	8.4	5.1	2.3	2.9	5.2	4.2	4.8	5.7	13.3	10.8	7.1	3.2	3.7	.1	97
DISW5A.BAT	測站編號:HLW															運輸技術研究中心		

3.2.2 波浪

花蓮港波浪之觀測系運技中心在花蓮港東防波堤往南延長 380m 水深 33m 處，於 2001 年 8 月安裝挪威 NORTEK 公司 AWAC 波流儀，以進行長期觀測；各波浪測站及觀測期間如表 3-8 所示，各波浪測站位置示意圖如圖 3.6。

波浪觀測 AWAC 系統(詳表 3-9)統計資料為每小時擷取整點 10 分鐘後之約 17.07 或 34.14 分鐘儀器觀測資料，後經儀器進行能譜分析轉換後，推算示性波高、尖峰週期、波向。AWAC 波高量測模式有兩種，分別為傳統式壓力感應器量測及聲波式的高度感應器量測，平時以聲波式的高度感應器量測為主，颱風期間因海面紊亂導致訊號無法分析時則改採用傳統式壓力感應器量測分析轉換。AWAC 波向的量測從海面下 3 公尺以上的流向資料與波高資料計算轉換而得。AWAC 儀器規格如下表所示。

表 3-8 花蓮港波浪測站一覽表

測站	緯度(N)	經度(E)	水深	觀測期間	儀器	位置概述
HLAW01H01	23°58'02"	121°37'34"	-33 m	2001/08-2022/11 (觀測中)	AWAC	綠燈塔南方約 680 m 處

表 3-9 波浪觀測儀器規格表

名稱	規格說明
NORTEK 剖面海流表面波浪監測系統(簡稱 AWAC)	<ul style="list-style-type: none"> ● 廠牌：挪威 Nortek 公司 ● 儀器型號：600kHz ● 量測方式：波高量測共可分為(1)PUV 模式(2)波速量測模式(3)直接量測水面波高變化等 3 種模式 <ol style="list-style-type: none"> (1) PUV 模式：依據壓力計及 U、V 向量流速量測波高，可應用於長週期波量測，但量測深度因壓力變化隨深度衰減而有所限制。 (2) 波速量測模式：根據波浪上下運動所形成之波速來計算波高變化。 (3) 直接量測水面波高變化：以儀器本身之音鼓測量由波浪所形成之水面位移變化，可應用於短週期波量測。 ● 量測範圍（底床至水面距離）：依據儀器型號不同，波浪最大量

	<p>測範圍可由 35 公尺~100 公尺；海流最大量測範圍為 25 公尺~90 公尺。</p> <ul style="list-style-type: none">● 波高精確度 (H_s) : < 1% of measured value / 1 cm● 波向精確度 : $2^\circ / 0.1^\circ$ <p>海流精確度 : $\pm 1\%$ of measured value ± 0.5 cm/s</p>
--	---



圖 3.6 花蓮港波浪測站位置圖

該年報歷年統計資料為 2002 年至 2022 年(整體資料蒐集率為 96%)，歷年主要測站示性波高、週期及波向統計量表如表 3-10 所示，各波高 Hs、波向及週期 Tp 分佈百分比如表 3-10 至表 3-13 所示，波浪玫瑰圖如圖 3.7 所示。相關資訊彙整如下：

花蓮港歷年全年 Hs 平均值為 1.23 m、Tp 平均值為 8.4s，Hs 最大之波高/週期/波向為 12.5m/7.3s/SW、主波向為 ESE，所佔比例為 39%、第 1 次波向為 E (佔 32%)、第 2 次波向為 SE (佔 32%)。

冬季 Hs 平均值為 1.53 m、Tp 平均值為 8.5s，Hs 最大之波高/週期/波向為 4.4m/9.6s/SE、主波向為 E，所佔比例為 48%、第 1 次波向為 ESE (佔 35%)、第 2 次波向為 SE (佔 11%)。

春季 Hs 平均值為 1.09 m、Tp 平均值為 8.2s，Hs 最大之波高/週期/波向為 3.8m/11.1s/ESE、主波向為 ESE，所佔比例為 44%、第 1 次波向為 E (佔 32%)、第 2 次波向為 SE (佔 20%)。

夏季 Hs 平均值為 0.92 m、Tp 平均值為 7.9s，Hs 最大之波高/週期/波向為 9.3m/11.9s/NNE、主波向為 SE，所佔比例為 46%、第 1 次波向為 ESE (佔 33.6%)、第 2 次波向為 SSE (佔 10.4%)。

秋季 Hs 平均值為 1.39 m、Tp 平均值為 8.8s，Hs 最大之波高/週期/波向為 12.5m/7.3s/SW、主波向為 ESE，所佔比例為 42%、第 1 次波向為 E (佔 39%)、第 2 次波向為 SE (佔 14%)。

Rose Diagram of Wave

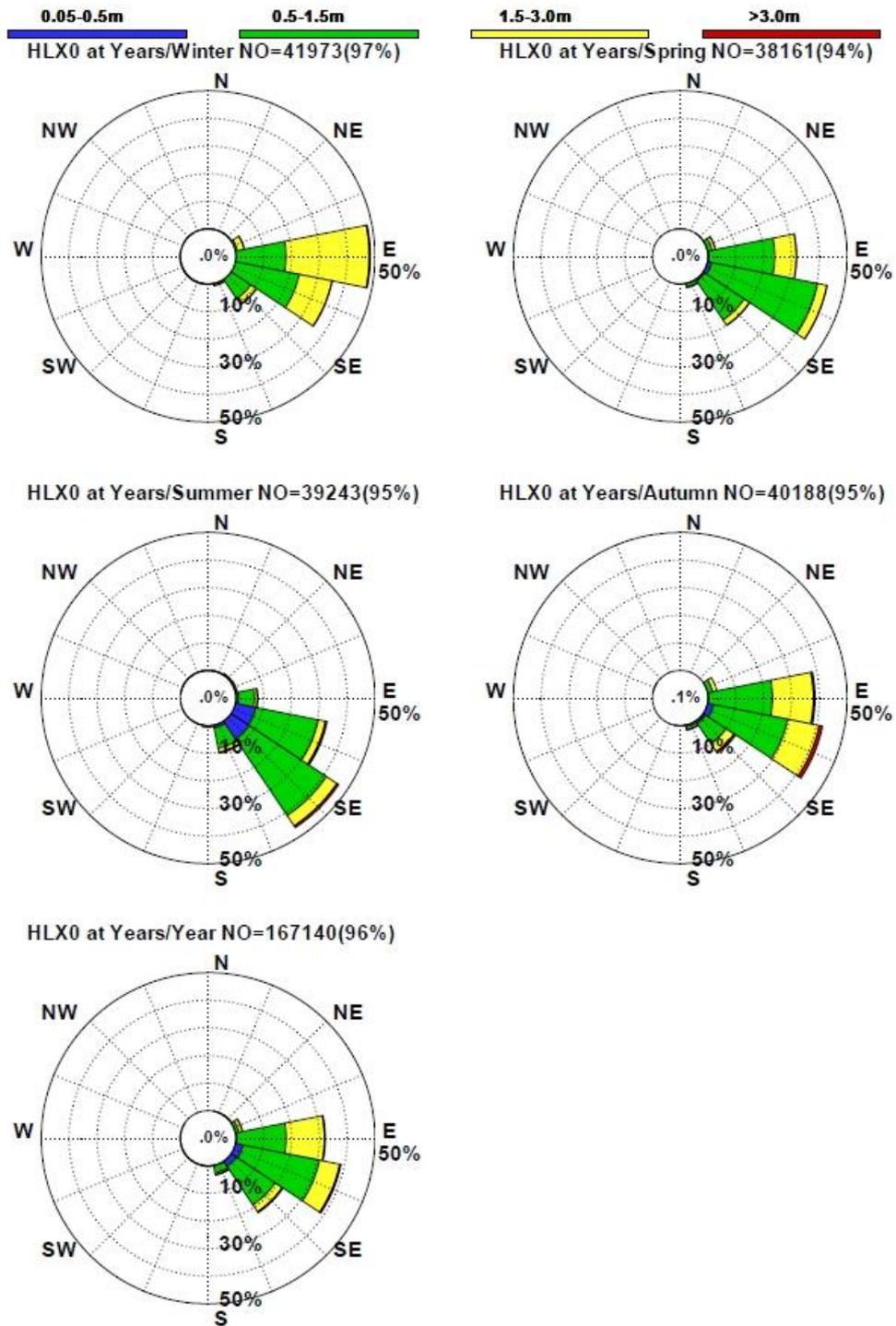


圖 3.7 歷年花蓮港波浪玫瑰圖(2002-2022)

表 3-10 歷年花蓮港主測站示性波高週期及波向統計量統計表(2002-2022)

觀測日期	波高 \$H_s\$	\$H_s\$ 最大	\$T_p\$	\$T_p\$	小波	小浪	中浪	大浪	\$T_p\$	\$T_p\$	\$T_p\$	\$T_p\$	波向	波向	波向	波向	波向	主波向	
年、月	蒐集率	平均 (m)	(波高/週期/波向)	平均	最大	<0.5m	~1.5m	~3m	>3m	<6s	6~8s	8~10s	>10s	蒐集率	N~E	E~S	S~W	W~N	(百分比)
			(m/s/來向)	(s)	(s)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)	(%)	來向/%
歷年/12	98%	1.63	4.4/ 9.6/SE	8.7	14.2	.0	42.8	56.1	1.0	1.7	25.4	57.9	15.0	98%	20.3	78.3	1.2	.2	E/48%
歷年/01	98%	1.51	3.6/ 6.3/E	8.5	13.0	.0	53.9	45.8	.3	4.4	26.3	59.7	9.7	98%	26.6	72.1	1.0	.3	E/51%
歷年/02	94%	1.44	3.6/12.4/E	8.4	14.3	.0	60.3	39.4	.2	5.3	29.7	53.1	11.9	94%	23.7	76.2	.0	.0	E/45%
歷年/03	91%	1.26	3.8/11.1/ESE	8.5	14.6	.0	76.5	23.3	.2	3.2	29.5	51.9	15.3	91%	18.7	81.3	.0	.0	ESE/42%
歷年/04	97%	1.12	3.8/ 6.3/SE	8.1	15.5	.3	84.5	15.1	.1	7.6	40.0	40.6	11.7	97%	14.9	85.1	.0	.0	ESE/45%
歷年/05	95%	.88	3.3/14.6/ESE	7.8	25.2	6.9	86.7	6.3	.1	12.6	43.8	34.8	8.8	95%	12.6	87.4	.0	.0	ESE/44%
歷年/06	97%	.83	3.7/ 7.5/SSE	7.3	21.4	10.2	84.7	4.9	.2	24.5	45.0	24.2	6.2	97%	5.7	94.2	.0	.0	SE/42%
歷年/07	93%	.92	7.5/12.8/ESE	8.0	16.9	23.7	62.5	11.3	2.5	15.1	37.5	31.4	16.0	93%	1.7	98.1	.1	.1	SE/53%
歷年/08	96%	1.00	9.3/11.9/NNE	8.5	16.7	18.7	65.6	12.9	2.8	11.4	32.2	33.8	22.6	96%	3.0	96.8	.1	.1	SE/44%
歷年/09	99%	1.18	12.5/ 7.3/SW	9.1	16.9	9.9	67.6	18.7	3.8	5.4	30.2	32.3	32.1	99%	14.7	85.2	.0	.0	ESE/41%
歷年/10	94%	1.50	10.9/12.4/ESE	8.9	16.5	.5	58.3	37.8	3.5	2.3	31.4	41.9	24.4	94%	24.5	75.5	.0	.0	E/47%
歷年/11	93%	1.48	4.4/11.7/E	8.4	25.3	.2	58.5	40.5	.8	2.2	34.9	51.8	11.1	93%	15.4	84.5	.1	.1	ESE/48%
歷年/冬	97%	1.53	4.4/ 9.6/SE	8.5	14.3	.0	52.0	47.5	.5	3.7	27.0	57.1	12.2	97%	23.5	75.5	.8	.2	E/48%
歷年/春	94%	1.09	3.8/11.1/ESE	8.2	25.2	2.4	82.5	14.9	.1	7.8	37.8	42.5	12.0	94%	15.4	84.6	.0	.0	ESE/44%
歷年/夏	95%	.92	9.3/11.9/NNE	7.9	21.4	17.6	70.7	9.8	1.9	16.8	38.1	29.9	15.2	95%	3.4	96.4	.1	.1	SE/46%
歷年/秋	95%	1.39	12.5/ 7.3/SW	8.8	25.3	3.6	61.5	32.2	2.8	3.3	32.1	41.8	22.8	95%	18.3	81.6	.0	.0	ESE/42%
歷年/年	96%	1.23	12.5/ 7.3/SW	8.4	25.3	5.8	66.6	26.3	1.3	8.0	33.5	43.2	15.4	96%	15.5	84.2	.2	.1	ESE/39%

DISV3A.BAT 測站編號:HLX

運輸技術研究中心

表 3-11 歷年花蓮港主測站波高分佈百分比統計表(2002-2022)

H_s (m) 年、月	微波 <0.1m	小波 ~0.5m	小波 ~1.0	小浪 ~1.5	小浪 ~2.0	中浪 ~3.0	大浪 ~4.0	大浪 ~5.0	大浪 ~6.0	巨浪 ~7.0	巨浪 ~8.0	猛浪 ~10	猛浪 ~12	狂滔 ~16	狂滔 ~20	狂滔 >20	蒐集率 (%)
歷年/12	.0	.0	6.7	36.1	36.5	19.6	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	98.
歷年/01	.0	.0	9.0	44.9	33.9	11.9	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	98.
歷年/02	.0	.0	12.4	48.0	29.4	10.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	94.
歷年/03	.0	.0	26.1	50.4	18.2	5.1	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	91.
歷年/04	.0	.3	43.9	40.5	11.4	3.6	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97.
歷年/05	.0	6.9	65.2	21.6	5.0	1.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	95.
歷年/06	.0	10.2	67.2	17.5	3.3	1.6	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97.
歷年/07	.0	23.7	48.7	13.8	6.0	5.3	1.5	.6	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	93.
歷年/08	.0	18.7	47.3	18.3	7.5	5.4	1.9	.5	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	96.
歷年/09	.0	9.9	42.8	24.8	10.8	7.9	2.7	.7	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	99.
歷年/10	.0	.5	22.4	35.8	22.3	15.5	2.8	.5	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	94.
歷年/11	.2	.1	14.2	44.3	25.2	15.3	.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	93.
歷年/冬	.0	.0	9.2	42.8	33.5	14.0	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97.
歷年/春	.0	2.4	45.0	37.5	11.5	3.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	94.
歷年/夏	.0	17.6	54.1	16.6	5.7	4.1	1.2	.4	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	95.
歷年/秋	.1	3.5	26.7	34.8	19.3	12.9	2.1	.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	95.
歷年/年	.0	5.7	33.6	33.0	17.7	8.6	1.0	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	96.
DISV5A.BAT	測站編號:HLX															運輸技術研究中心	

表 3-12 歷年花蓮港主測站波向分佈百分比統計表(2002-2022)

波向 年、月	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	蒐集率 (%)
歷年/12	.0	.0	.1	2.2	48.5	38.2	9.0	.5	.2	.4	.4	.3	.2	.0	.0	.0	98.
歷年/01	.0	.0	.1	4.4	51.2	32.8	9.4	.6	.2	.3	.3	.2	.3	.0	.0	.0	98.
歷年/02	.0	.0	.1	3.2	44.7	35.2	15.1	1.6	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	94.
歷年/03	.0	.0	.0	2.7	38.1	42.1	16.0	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	91.
歷年/04	.0	.0	.0	3.1	30.8	45.2	19.8	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97.
歷年/05	.0	.0	.0	2.7	26.4	44.1	24.3	2.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	95.
歷年/06	.0	.0	.0	1.2	12.6	29.0	42.4	14.3	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97.
歷年/07	.1	.1	.7	.4	3.3	33.7	52.6	8.7	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	93.
歷年/08	.0	.1	.6	.4	7.9	37.8	44.2	8.3	.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	96.
歷年/09	.0	.0	.0	2.9	28.5	41.1	23.2	4.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	99.
歷年/10	.0	.0	.0	4.7	47.3	38.1	8.9	.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	94.
歷年/11	.0	.0	.0	2.5	39.3	47.8	9.8	.5	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	93.
歷年/冬	.0	.0	.1	3.3	48.3	35.4	11.0	.9	.1	.3	.3	.2	.2	.0	.0	.0	97.
歷年/春	.0	.0	.0	2.8	31.8	43.8	20.0	1.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	94.
歷年/夏	.0	.1	.5	.6	7.9	33.6	46.4	10.4	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	95.
歷年/秋	.0	.0	.0	3.4	38.5	42.2	14.0	1.9	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	95.
歷年/年	.0	.0	.1	2.6	32.1	38.7	22.4	3.6	.2	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	96.
DISV5A.BAT	測站編號:HLX															運輸技術研究中心	

表 3-13 歷年花蓮港主測站波浪週期分佈百分比統計表(2002-2022)

T_p (Sec)	<3	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20	40	60	>80	蒐集率 (%)
年、月	~4	~5	~6	~7	~8	~9	~10	~12	~14	~16	~20	~40	~60	~80			
歷年/12	.0	.0	.0	1.7	9.2	16.2	27.5	30.4	14.4	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	98.
歷年/01	.0	.0	.0	4.4	9.3	17.0	31.8	27.9	9.3	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	98.
歷年/02	.0	.0	.2	5.2	12.4	17.3	29.1	24.0	10.4	1.3	.2	.0	.0	.0	.0	.0	94.
歷年/03	.0	.0	.2	3.0	10.2	19.4	28.6	23.3	14.4	.8	.1	.0	.0	.0	.0	.0	91.
歷年/04	.0	.1	.8	6.7	17.4	22.7	23.1	17.6	9.4	1.9	.5	.0	.0	.0	.0	.0	97.
歷年/05	.0	.3	1.8	10.4	20.5	23.3	20.8	14.0	7.4	1.2	.1	.1	.0	.0	.0	.0	95.
歷年/06	.0	.4	3.8	20.3	23.1	21.9	15.4	8.9	5.0	1.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	97.
歷年/07	.0	1.0	3.5	10.6	19.5	17.9	15.7	15.6	10.2	4.2	1.6	.1	.0	.0	.0	.0	93.
歷年/08	.0	.4	2.1	8.9	14.7	17.5	17.0	16.8	15.1	6.6	.8	.1	.0	.0	.0	.0	96.
歷年/09	.0	.0	1.0	4.4	11.4	18.7	18.1	14.3	18.2	10.5	3.2	.1	.0	.0	.0	.0	99.
歷年/10	.0	.0	.2	2.1	9.7	21.7	24.1	17.7	16.2	6.7	1.5	.1	.0	.0	.0	.0	94.
歷年/11	.1	.0	.0	2.1	10.2	24.7	29.2	22.6	9.7	1.1	.2	.1	.0	.0	.0	.0	93.
歷年/冬	.0	.0	.1	3.7	10.2	16.8	29.5	27.6	11.4	.7	.1	.0	.0	.0	.0	.0	97.
歷年/春	.0	.1	.9	6.7	16.0	21.8	24.2	18.3	10.4	1.3	.2	.0	.0	.0	.0	.0	94.
歷年/夏	.0	.6	3.1	13.1	19.0	19.1	16.1	13.8	10.2	4.0	.9	.0	.0	.0	.0	.0	95.
歷年/秋	.0	.0	.4	2.9	10.4	21.6	23.7	18.1	14.8	6.2	1.7	.1	.0	.0	.0	.0	95.
歷年/年	.0	.2	1.1	6.6	13.7	19.8	23.4	19.7	11.7	3.0	.7	.0	.0	.0	.0	.0	96.

DISV5A.BAT 測站編號:HLX

運輸技術研究中心

3.2.3 潮汐

花蓮港潮汐觀測係 2002 年 6 月起觀測，各潮汐測站及觀測期間如表 3-14 所示，各潮汐測站位置示意圖如圖 3.8 所示。運技中心 2002 年 6 月於港區安裝美國 TE 公司 KPSI 735 壓力式潮位計，其為類比式潮位計，利用量測電流方式轉換成水位。2018 年於花蓮港內增設即時水深潮位站，使用的是美國 Campbell 公司 CS456 壓力式潮位計，其為數位式潮位計，直接量測水壓後再轉換成水位。

潮位資料取樣方式過去為每 1 小時量測一次水位變化，自 2020 年起改為 6 分鐘資料之平均水位變化。潮位基準引測 TWVD2001，測點編號為 TIDE-13，高程為 2.248m，若採用花蓮港築港高程應修正為 TWVD2001+0.71 m。

本所潮汐主要測站採用 HLTD01H01 測站資料，惟因受潮位基準點變動因素影響，歷年資料茲從 2019 年 12 月開始進行統計分析。歷年花蓮港的平均潮差為 0.95 m，最大潮差達 1.94 m，平均潮位則為 0.06

m。冬季時，平均潮差為 0.94 m，最大潮差達 1.94 m，平均潮位則為-0.02 m。春季時，平均潮差為 0.98 m，最大潮差達 1.9 m，平均潮位則為 0.01 m。夏季時，平均潮差為 0.91 m，最大潮差達 1.91 m，平均潮位則為 0.15 m。秋季時，平均潮差為 0.96 m，最大潮差達 1.63 m，平均潮位則為 0.11 m，呈現如表 3-15。

表 3-14 花蓮港潮汐測站一覽表

測站	緯度(N)	經度(E)	水深(m)	觀測期間	儀器	位置概述
HLTD01H01	23°58'25"	121°37'36"		2002/06-2022/11 (觀測中)	KPSI 735	9 號碼頭
HLTD02M60	24°00'02"	121°38'15"		2018/10-2022/11 (觀測中)	CS456	

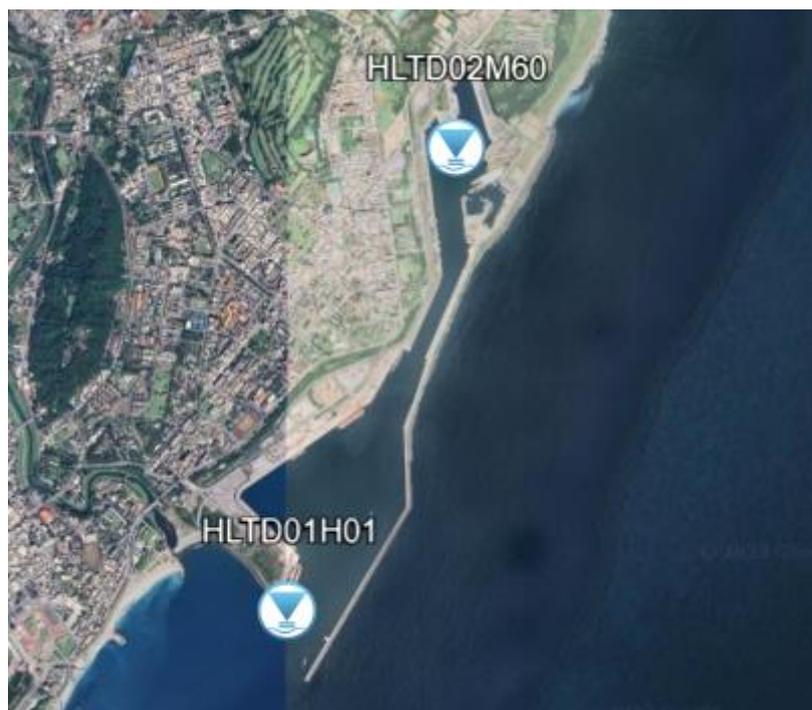


圖 3.8 花蓮港域潮汐觀測站位置示意圖

表 3-15 歷年花蓮港主測站潮差及潮位重要統計量統計表(2019-2022)

序 號	日期 (年/月)	測 站	平均 潮差 (公分)	最大 潮差 (公分)	潮差 個數 (個)	平均 潮位 (公分)	最高 潮位 (公分)	最低 潮位 (公分)	水位 點數 (個)(%)	平均 高潮位 (公分)	大潮平均 高潮位 (公分)	平均 低潮位 (公分)	大潮平均 低潮位 (公分)
1	歷年/12	T	93	193	59	-8	89	-114	744(100)	39	53	-54	-63
2	歷年/01	T	92	194	118	0	88	-114	1488(100)	47	56	-46	-59
3	歷年/02	T	94	190	104	0	100	-96	1344(100)	47	63	-48	-55
4	歷年/03	T	100	176	112	0	93	-95	1488(100)	51	66	-50	-66
5	歷年/04	T	97	174	112	0	83	-107	1440(100)	50	68	-48	-68
6	歷年/05	T	95	188	118	3	86	-105	1488(100)	50	65	-45	-62
7	歷年/06	T	93	157	61	10	103	-88	794(55)	57	66	-36	-51
8	歷年/07	T	91	170	117	18	128	-88	1486(100)	63	79	-27	-38
9	歷年/08	T	91	153	114	14	104	-83	1470(99)	61	80	-31	-45
10	歷年/09	T	97	154	111	19	107	-80	1440(100)	67	86	-29	-48
11	歷年/10	T	95	164	63	9	87	-96	826(56)	56	79	-38	-61
12	歷年/11	T	94	158	61	0	86	-105	785(55)	47	68	-47	-65
13	歷年/冬	T	94	194	284	-2	100	-114	3576(82)	46	58	-48	-59
14	歷年/春	T	98	190	346	1	93	-107	4416(100)	50	66	-48	-65
15	歷年/夏	T	91	191	296	15	128	-88	3750(85)	61	76	-31	-44
16	歷年/秋	T	96	163	237	11	107	-105	3051(70)	59	80	-36	-55
17	歷年/年	T	95	194	1167	6	128	-114	14793(84)	54	69	-41	-56

測站編號:HLT

運

3.2.4 海流

花蓮港波浪之觀測系運技中心在花蓮港東防波堤往南延長 380m 水深 33m 處，於 2001 年 8 月安裝挪威 NORTEK 公司 AWAC 波流儀，以進行長期觀測；海流測站及觀測期間如表 3-16 所示，海流測站位置示意圖如圖 3.9。

AWAC 剖面海流流速的量測可以依照使用在不同水深即自固定在海床上之儀器位置到水表面來設定量測不同的間距，觀測站每層水深間距設定為 1 至 2 公尺；每小時擷取整點後連續量測 10 分鐘，再將總和平均代表其取樣每一層間距層之海流流速、流向等資料，記錄在感應器內，並由海底電纜傳訊回接收站之電腦中儲存。

表 3-16 花蓮港海流測站一覽表

測站	緯度(N)	經度(E)	水深	觀測期間	儀器	位置概述
HLAW01H01	23°58'02"	121°37'34"	-33 m	2001/08- 2022/11 (觀測中)	AWAC	綠燈塔南方 約 680 m 處



圖 3.9 花蓮港海流觀測站位置示意圖

該年報歷年統計資料為 2002 年至 2022 年(整體資料蒐集率為 95%)，所呈現之海流統計資料為表層流速及流向資料。歷年主要測站流速及流向統計量表如表 3-17 所示，流速、流向分佈百分比如表 3-18、3-19 所示，海流瑰圖如圖 3.10 所示。相關資訊彙整如下：

花蓮港歷年全年流速平均值為 19.4 cm/s、平均流流速為 2.4 cm/s (SSW，去向)、最大流流速為 311.7 cm/s (SSE，去向)、主要流向為 SW，佔全部觀測點數的比例為 11.3%。

冬季流速平均值為 18.5 cm/s、平均流流速為 3.6 cm/s (SSW，去向)、最大流流速為 117.2 cm/s (SW，去向)、主要流向為 SW，佔全部觀測點數的比例為 12.6%。

春季流速平均值為 19.4 cm/s、平均流流速為 2.2 cm/s (S，去向)、最大流流速為 206.8 cm/s (NNE，去向)、主要流向為 SW，佔全部觀測點數的比例為 11.5%。

夏季流速平均值為 19.7 cm/s、平均流流速為 1.9 cm/s (NNE, 去向)、最大流流速為 211.0 cm/s (NE, 去向)、主要流向為 ENE, 佔全部觀測點數的比例為 10.5%。

秋季流速平均值為 20.3 cm/s、平均流流速為 4.6 cm/s (S, 去向)、最大流流速為 311.7 cm/s (SSE, 去向)、主要流向為 SW, 佔全部觀測點數的比例為 13.2%。

Rose Diagram of Current

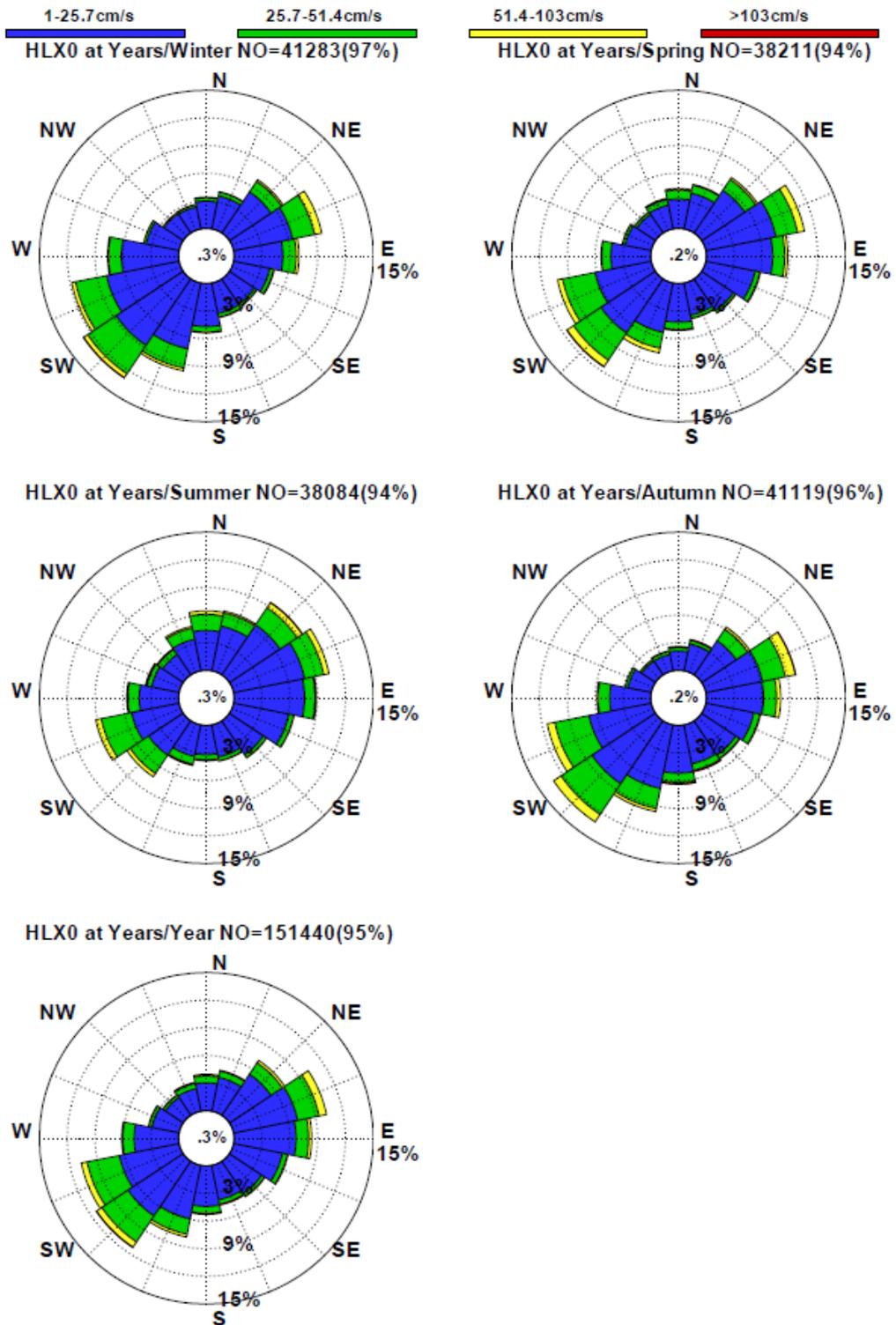


圖 3.10 歷年花蓮港海流玫瑰圖(2002-2022)

表 3-17 歷年花蓮港主測站海流流速及流向重要統計量統計表(2002-2022)

序 號	日期 (年/月)	觀測 點數	流速	平均流	最大流	1/2節流	1節流	2節流	大流	流向	流向	流向	流向	主要流向 方向/百分比
			平均值 (cm/s)	流速/流向 (cm/s)/(去向)	流速/流向 (cm/s)/(去向)	<25.7 (%)	~51.4 (%)	~103 (%)	>103 (%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)	
1	歷年/12	13948(99%)	17.2	5.0/SSW	117.2/SW	80.6	17.3	2.1	.0	22.3	20.0	44.5	13.2	SW /13.6%
2	歷年/01	14675(99%)	19.0	3.5/SSW	107.9/ENE	76.4	20.4	3.2	.0	27.0	15.8	42.3	15.0	SW /13.0%
3	歷年/02	12660(93%)	19.2	2.2/SSW	109.9/SW	76.8	19.0	4.1	.0	30.5	16.2	38.7	14.6	SW /12.1%
4	歷年/03	12934(92%)	18.8	2.0/SSW	206.8/NNE	77.5	19.0	3.5	.0	30.7	17.2	37.7	14.5	SW /11.8%
5	歷年/04	12522(97%)	20.2	2.4/S	112.4/SW	74.4	20.6	5.0	.0	30.7	21.6	34.4	13.3	SW /11.6%
6	歷年/05	12755(95%)	19.3	2.3/S	157.7/E	76.3	20.2	3.5	.0	28.9	23.7	34.1	13.3	SW /11.0%
7	歷年/06	12599(97%)	19.2	1.1/ENE	102.9/SSW	76.7	20.1	3.2	.0	33.9	22.7	28.4	15.0	ENE/10.7%
8	歷年/07	12035(90%)	20.3	3.6/NNE	211.0/NE	74.1	21.3	4.6	.0	35.6	20.3	23.5	20.6	ENE/10.0%
9	歷年/08	14170(95%)	19.5	1.3/NE	95.9/NW	75.6	20.5	3.9	.0	33.9	22.9	26.1	17.1	ENE/10.5%
10	歷年/09	13919(97%)	21.0	2.8/SSE	115.0/ESE	72.8	21.4	5.8	.0	28.4	25.6	33.0	13.0	ENE/11.1%
11	歷年/10	14504(98%)	19.9	6.3/SSW	104.3/WSW	74.8	20.8	4.4	.0	22.2	22.1	46.7	9.0	SW /15.6%
12	歷年/11	11977(92%)	20.3	5.2/SSW	311.7/SSE	74.3	21.1	4.3	.3	25.1	20.3	44.0	10.6	SW /14.2%
13	歷年/冬	41283(97%)	18.5	3.6/SSW	117.2/SW	78.0	18.9	3.1	.0	26.5	17.3	41.9	14.2	SW /12.9%
14	歷年/春	38211(94%)	19.4	2.2/S	206.8/NNE	76.1	19.9	4.0	.0	30.1	20.8	35.4	13.7	SW /11.5%
15	歷年/夏	38084(94%)	19.7	1.9/NNE	211.0/NE	75.3	20.7	3.9	.0	34.7	21.7	26.0	17.7	ENE/10.5%
16	歷年/秋	41119(96%)	20.3	4.6/S	311.7/SSE	74.0	21.1	4.8	.1	25.2	22.7	41.4	10.7	SW /13.2%
17	歷年/年	151440(95%)	19.4	2.4/SSW	311.7/SSE	76.1	19.9	3.9	.0	28.5	21.3	36.4	13.8	SW /11.3%

DISC3A.BAT 測站編號:HLX

運輸技術研究中心

表 3-18 歷年花蓮港主測站海流流速分佈百分比統計表(2002-2022)

流速 (cm/s)	1/5節	1/4節	1/3節	1/2節	2/3節	3/4節	1.0節	1.5節	2.0節	2.5節	3.0節	3.5節	4.0節	4.5節	5.0節	>5節	蒐集率 (%)
年、月	<5.1	~12.8	~17.1	~25.7	~34.2	~38.4	~51.4	~77.1	~103	~129	~154	~180	~206	~231	~257	>257	
歷年/12	10.1	33.8	16.7	20.0	10.0	7.3	2.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	99
歷年/01	8.1	30.5	16.2	21.6	11.4	9.0	2.9	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	99
歷年/02	8.6	31.2	15.7	21.4	10.8	8.3	3.4	.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	93
歷年/03	8.8	31.4	15.7	21.7	11.0	8.0	3.1	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	92
歷年/04	7.7	29.6	15.9	21.1	11.4	9.2	4.0	.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97
歷年/05	7.5	29.9	16.7	22.1	10.9	9.3	3.2	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	95
歷年/06	7.6	29.7	17.1	22.2	10.9	9.3	3.1	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97
歷年/07	7.4	27.9	16.5	22.4	11.1	10.2	4.1	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	90
歷年/08	7.5	30.0	16.3	21.9	11.2	9.3	3.6	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	95
歷年/09	7.2	27.1	16.2	22.3	11.8	9.6	5.1	.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97
歷年/10	7.8	29.0	15.8	22.2	11.7	9.1	4.0	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	98
歷年/11	8.1	30.0	15.6	20.5	10.8	10.4	4.0	.3	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.1	.0	92
歷年/冬	8.9	31.8	16.2	21.0	10.7	8.2	2.7	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	97
歷年/春	8.0	30.3	16.1	21.7	11.1	8.8	3.5	.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	94
歷年/夏	7.5	29.3	16.6	22.0	11.1	9.6	3.6	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	94
歷年/秋	7.7	28.6	15.9	21.8	11.5	9.6	4.3	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	96
歷年/年	8.2	30.3	16.2	21.4	10.9	9.0	3.5	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	95
DISC5A.BAT	測站編號:HLX															運輸技術研究中心	

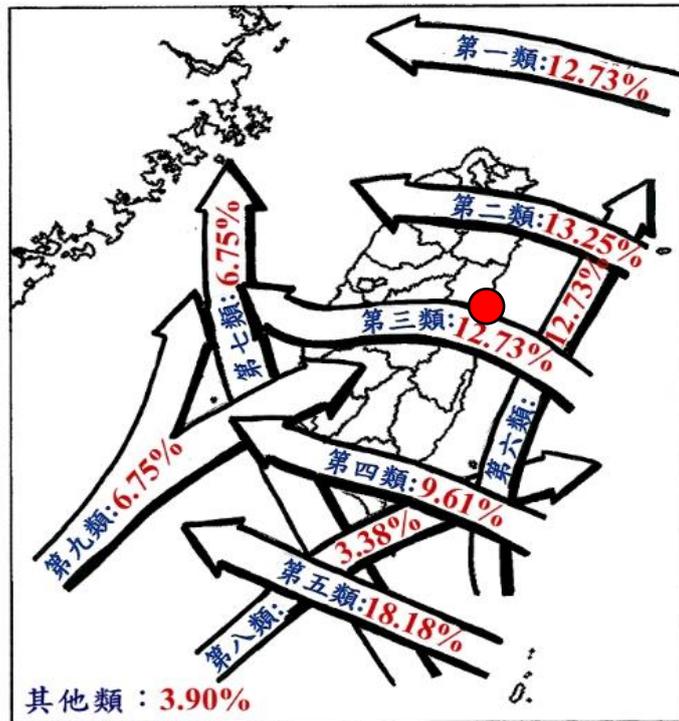
表 3-19 歷年花蓮港主測站海流流向分佈百分比統計表(2002-2022)

流向 年、月	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	蒐集率 (%)
歷年/12	2.4	3.3	5.5	8.3	7.2	5.2	4.1	4.7	6.6	10.8	13.6	12.0	7.5	3.8	2.5	2.3	99
歷年/01	3.5	3.9	6.9	10.5	6.5	4.0	3.3	3.5	4.9	9.3	13.0	12.4	8.5	4.2	2.7	2.9	99
歷年/02	4.4	5.3	8.6	10.2	7.3	4.3	3.3	3.4	4.6	9.0	12.1	10.9	6.9	3.7	2.8	3.0	93
歷年/03	4.7	5.4	7.9	10.6	7.6	4.7	3.5	3.5	5.0	8.6	11.8	10.9	5.8	3.4	2.8	3.6	92
歷年/04	4.2	4.6	7.5	11.4	9.0	6.4	4.7	4.1	4.8	7.7	11.6	9.7	5.1	3.0	2.8	3.4	97
歷年/05	4.2	4.7	6.4	10.6	9.8	6.9	5.2	4.2	5.5	6.9	11.0	10.3	5.2	3.2	2.6	3.2	95
歷年/06	5.6	5.9	9.3	10.7	9.8	7.1	4.8	4.0	4.0	5.6	8.4	9.5	4.8	3.1	3.0	4.4	97
歷年/07	7.4	7.2	9.9	10.0	8.6	6.1	4.7	3.9	3.4	3.5	6.6	8.8	5.8	4.5	4.1	5.4	90
歷年/08	6.3	6.5	9.0	10.5	8.8	7.1	5.2	4.2	4.1	4.4	7.0	9.4	6.1	3.5	3.2	4.9	95
歷年/09	3.3	3.9	6.9	11.1	9.3	7.3	5.9	5.5	5.2	6.4	9.6	10.6	6.0	3.3	2.5	3.1	97
歷年/10	2.0	2.9	5.5	8.8	7.3	5.3	4.8	5.3	7.4	11.0	15.6	12.4	5.9	2.6	1.6	1.5	98
歷年/11	2.7	3.7	6.5	9.6	7.3	5.5	4.1	4.7	6.5	11.6	14.2	11.1	5.6	2.8	2.0	2.2	92
歷年/冬	3.4	4.1	7.0	9.7	7.0	4.5	3.6	3.9	5.4	9.7	12.9	11.8	7.7	3.9	2.7	2.7	97
歷年/春	4.4	4.9	7.3	10.9	8.8	6.0	4.5	4.0	5.1	7.7	11.5	10.3	5.4	3.2	2.7	3.4	94
歷年/夏	6.5	6.6	9.5	10.5	8.9	6.6	4.8	4.0	3.9	4.5	7.3	9.2	5.6	3.7	3.5	4.9	94
歷年/秋	2.6	3.5	6.3	9.9	8.0	6.0	5.0	5.2	6.4	9.6	13.2	11.4	5.8	2.9	2.0	2.2	96
歷年/年	4.0	4.5	7.2	10.2	8.4	6.0	4.6	4.4	5.3	7.9	11.3	10.7	6.1	3.4	2.7	3.2	95
DISC5A.BAT	測站編號:HLX															運輸技術研究中心	

3.2.5 颱風

根據中央氣象署資料，在北太平洋西部生成的颱風，主要受太平洋副熱帶高氣壓環流所導引，因此在太平洋上多以偏西路徑移動，但到達臺灣或菲律賓附近時，常在太平洋副熱帶高氣壓邊緣，故路徑變化多端，有繼續向西進行者，有轉向東北方向進行者，更有在原地停留或打轉者。該署將影響臺灣地區的颱風路徑分成十類，路徑分佈及影響比例，如圖 3.11 所示。

又統計 1911 年至 2021 年間，共有 371 個颱風侵襲臺灣地區(註：颱風中心在臺灣登陸；或雖未登陸，僅在臺灣近海經過，但陸上有災情者)，平均每年約有 3~4 個颱風會侵襲臺灣，且多發生在 7 至 9 月。花蓮港海域位於台灣東側，在各類颱風路徑中（不包括特殊路徑及未登陸），以第三、四、五、六及八種路徑對港區影響較大，發生機率各為 12.73%、9.61%、18.18%，12.73%及 3.38%，共佔 56.63%。而颱風對港區靜穩度的影響，將於下一章節說明。



摘錄自：中央氣象署

圖 3.11 侵襲臺灣之颱風路徑統計圖

3.3 建港歷程與未來規劃

3.3.1 建港歷程

花蓮港在清朝及日治時期，因尚未完成鐵路及公路的修築，運輸極為不便且危險，為解決這一問題，日本政府於昭和 5 年(1930 年)通過花蓮港築港案，撥款 700 多萬日圓進行興建工程，該工程於日治時期昭和 6 年(1931 年)10 月動工，並於昭和 14 年(1939 年)完工，共建成三座碼頭，可停泊 3,000 噸級船舶三艘，年吞吐量可達 20 萬噸。同時，也計畫大力發展臨港工業，包括鋁業、電氣、氮氣、金屬精煉等。然而，由於太平洋戰爭的爆發，日本政府中止了後續的築港工程。

戰後，我國政府於 1959 年 4 月利用美援贈款進行花蓮港的第一期擴建工程，並於 1962 年 10 月完成。隨著花蓮港於 1963 年 9 月 1 日開放為國際港，貨運量逐年增加，船舶進出頻繁，故持續辦理後續擴建工

程，花蓮港現今港型於 1991 年 12 月完成。相關擴建內容彙整如下表 3-20，擴建示意圖如圖 3.12 所示。

表 3-20 花蓮港擴建歷程一覽表

	完工期程	工程內容	事由
第一期 擴建	1962.10	<ol style="list-style-type: none"> 1.水深 8.5 公尺，可供 10,000 噸級貨輪停泊的碼頭 2 座(#4、#5)，總長 320 公尺。 2.淺水碼頭 200 公尺。 3.護岸 335 公尺，航道維持為 70 公尺。 4.水域面積增加 96,000 平方公尺，年吞吐量增加至 50 萬噸。 	於 1944 年第二次世界大戰期間遭受美軍轟炸，多數港區設施及工廠皆被破壞，光復後 1946 年開始進行修復工程，1956 年修復完成後，因貨物量逐年上升，於 1958 年提出花蓮港擴建計畫，至 1962 年 10 月完工。
第二期 擴建	1973.06	<ol style="list-style-type: none"> 1.深水碼頭 3 座(#6~#8)。 2.增建碼頭倉庫及拓寬航道。 3.小船船渠 1 座，面積 28,754 平方公尺。 	於 1963 年 9 月 1 日開放為國際商港，貨運量逐年增加，船舶進出頻繁，於 1969 年 9 月開始第二期擴建工程，至 1973 年 6 月完工。
第三期 擴建	1978.09	<ol style="list-style-type: none"> 1.新建深水碼頭 8 座(#9~#16)。 2.拓寬航道 100 公尺，長 524 公尺。 3.擴建內港航道面積 62,000 平方公尺。 4.擴建水域面積 84,546 平方公尺，使花蓮港總水域面積增為 358,000 平方公尺。 	第二期擴建工程完成後，因貨運量持續增加，導致深水碼頭不敷使用，於 1974 年 7 月進行第三期擴建工程，至 1978 年 9 月完工。
第四期 擴建	1991.12	<ol style="list-style-type: none"> 1.水深 12 公尺~16 公尺的深水碼頭 9 座。 2.延長東防波堤 1,835 公尺，新建西防波堤 1,050 公尺。 3.構築沉箱渠 1 座，長 180 公尺，寬 28 公尺，水深 9.5 公尺，可同時燒製沉箱 5 座，擴建完成後可改建 15,000 噸級修造船塢。 4.填築碼頭新生地 55 公頃。 5.港區鐵路 9,500 公尺，道路 62,830 平方公尺。 	基於花蓮港天然條件限制，航道狹窄，配合開發東部資源及航運需求，實施第四期外港區擴建工程，計畫自港口延伸至美崙溪口止，於 1976 年開始規劃設計，1978 年起施工，至 1991 年 12 月完工。

	<p>6.新增給水、排水、配電與導航等設施。</p> <p>7.擴建水域面積 1,042,000 平方公尺，完成外港水域面積 1,400,000 平方公尺。</p>	
--	--	--

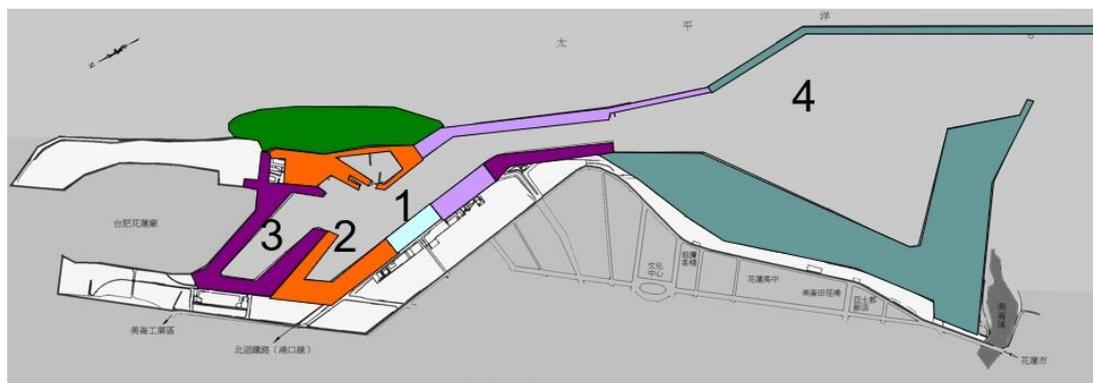


圖 3.12 花蓮港各期擴建區域示意圖

3.3.2 未來規劃

花蓮港作為東部海運貨物進出最佳之港口，每年固定運送大宗物料等貨物進出港，並於 2013 年開啟往來蘇澳、花蓮間國內航線之藍色公路、不定期大型國際郵輪東部掛靠港，在港埠功能上，已充分發揮原設定之發展定位，而港埠設施與結構物部分，根據 3.3.1 小節內容，在民國 130 年前皆能符合需求。

由於花蓮港區土地與相鄰都市土地利用關係密切，而該區域範圍內之國土計畫、都市計畫等願景，係以發展觀光遊憩為主軸，爰花蓮港除了原規劃之海運功能之外，將導入觀光遊憩元素。根據行政院國家發展委員會刻正推動之「花蓮地區深層海水海洋產業廊道」計畫，及交通部航港局提出之「藍色公路十年整體發展規劃」，因花蓮具世界級景觀與景點，故於「國際商港未來發展及建設計畫(111~115 年)」中，研擬相關近程計畫及未來藍圖，將花蓮港定調為觀光遊憩港，並與原有之運輸功能並行發展。

有鑑於此，花蓮港務分公司規劃#1~#4 碼頭親水遊憩區、海濱歡樂城、#13~#16 碼頭水陸遊憩觀光廊帶、海洋觀光遊憩園區四大主題，並歸納為觀光遊憩商業區(如表 3-21、圖 3.13 所示)。該區已於 109 年規劃改建#14 倉庫外部景觀，打造東海岸文創倉庫市集，邀請商家進駐，並設置簡易通關設施，以符合旅運需求。此外，預留#13~#16 碼頭為客貨兩用，以因應未來跳島郵輪營運成熟後，可轉型成為探索型郵輪跳島旅運及補給基地，進一步發展郵輪補給業務。另遊艇俱樂部或遊艇會員大樓、飯店旅宿等構想，可配合#13-#16 水域及後線，未來由民間投資建設，進行本區之觀光遊憩開發。



摘錄自：國際商港未來發展及建設計畫(111~115 年)

圖 3.13 花蓮港近期與前期土地使用分區說明圖

表 3-21 花蓮港觀光遊憩功能土地綜整表

區位	土地機能	面積	發展重點
#1~#4 後線	碼頭親水遊憩區	4.12 公頃	1.文創倉庫(風獅爺等) 2.藍鵲輪之靠泊碼頭基地
民生路以東基地	濱海歡樂城	7.37 公頃	1.親子渡假旅館、主題商場、主題樂園、商業娛樂中心或設計展示中心、星級飯店、咖啡小憩、觀景平台等複合機能的海濱歡樂城 2.需都市計畫變更
#13-#16 碼頭水陸遊憩觀光廊帶	1. 東海岸文創倉庫市集 2. 探索型郵輪跳島旅運及補給基地	5 公頃	1.倉庫市集 2.探索型郵輪靠泊碼頭及補給基地 3.遊艇區(俱樂部、遊艇會員中心、飯店)
東工地	海洋觀光遊憩園區	18.2 公頃	1.在地慢活為主題打造 VILLA 度假村 2.需都市計畫變更 3.海洋資源博物館選址地之一 4.防風隔離帶、餐飲、露營、生態公園、Village Center、星空觀海 Villa、海洋渡假旅館

摘錄自：國際商港未來發展及建設計畫(111~115 年)

3.4 小結

花蓮港因其特殊港型，在地理及海、氣象條件交互影響下，產生之港池不靜穩情形，使的港區的經營有較高的難度；然而為了因應國際商港趨勢及氣候變遷的挑戰，花蓮港務分公司積極進行轉型規劃和辦理新興建設，以提升港區整體運作水平。隨著花蓮港導入觀光遊憩開發構想，相關水上活動，如風帆、遊艇、郵輪等大型船舶對港區靜穩度的要求也將逐漸提高，因此，在花蓮港未來的發展中，改善港區靜穩度，對保障船舶安全、提高港口營運效率、促進港口觀光發展至關重要。

第四章 花蓮港港內外波浪觀測分析

考量花蓮港為一面臨太平洋之國際商港，且花蓮港常受長週期波浪(特定頻率)而有港池盪漾問題，本所運技中心自 109 年度起透過與臺灣港務股份有限公司(以下簡稱港務公司)及花蓮港務分公司，在花蓮港陸續內增設 3 處靜穩度觀測站提供全時觀測資料。本章節彙整 2022 年 12 月至 2023 年 11 月港外 2 處底碇式波流儀觀站及 3 處靜穩度觀測站觀測資料，並初步分析期間受颱風影響情形。

4.1 觀測站基本資料

4.1.1 港外底碇式波流觀測站

運技中心於 89 年起在主要商港裝設底碇式波流觀測設備，該設備為挪威 Nortek 公司生產簡稱 AWAC (Acoustic Waves and Currents)，可利用超音波及壓力感應設備，取得波浪與剖面海流資訊。

花蓮港歷年長期港外波浪觀測，為花蓮港東防波堤南邊 200 公尺外，平面位置如圖 4.1 所示，水深約 33 公尺處，儀器高約 1.8 公尺，作為主要測站，另 2022 年在其附近增設 1 站作為備援站(副站)，以確保提供港務公司即時資料都能穩定，且自 112 年 1 月 3 日起主要測站 AWAC 儀器觀測設定波浪觀測時間為每小時第 10 分鐘開始，以 2Hz 連續觀測 2048 筆資料，約 17 分鐘，即時回傳原始觀測二進制資料其副檔名為 wpr 資料，每小時 2 筆資料回傳並已作業化自動轉出波流統計資料之文字檔其副檔名為 wap (Wave parameter file)資料。而副站則是設定每小時 2 筆資料回傳。

觀測同仁應用儀器所提供 AWAC AST Dial-up 軟體可進行即時展示、處理、記錄及掌握逐時潮、波及流相關資料，並存入資料庫及對外提供每小時流速和波浪數據，另底碇式波流觀測站測站供電方式可採市電或太陽能，在花蓮港電力是採用太陽能進行，觀測資料則透過 4G

回傳，回傳後則將波流浪統計資料自動化匯入資料庫內，架構圖如圖 4.2 所示。所傳送之副檔名為 wpr 資料，可利用軟體轉出儀器所觀測美國標準資訊交換碼原始資料檔案(ASCII converted raw data files)，以及處理後數據資料檔案(Post-processed data files)，如圖 4.3 所示。



圖 4.1 花蓮港觀測儀器位置圖

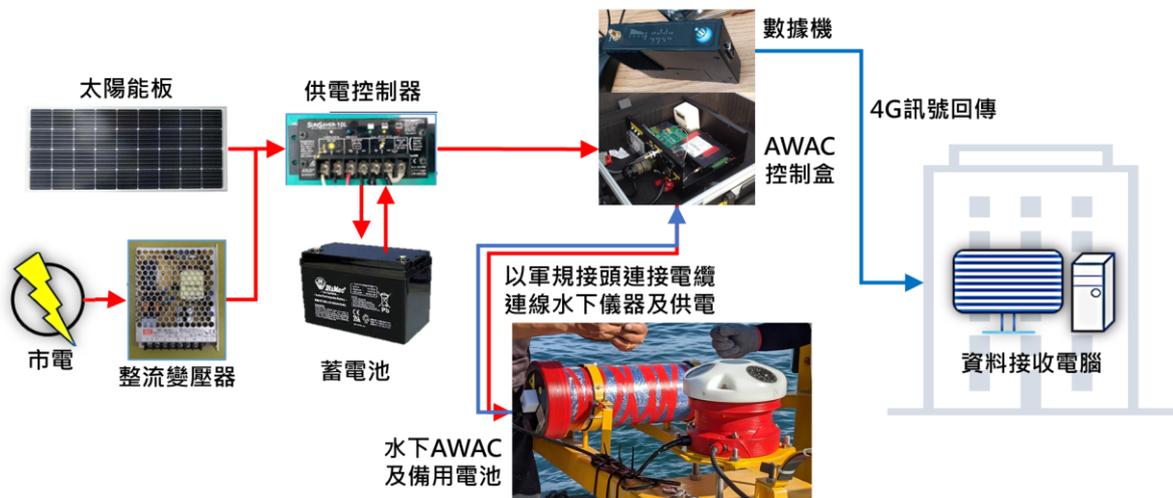
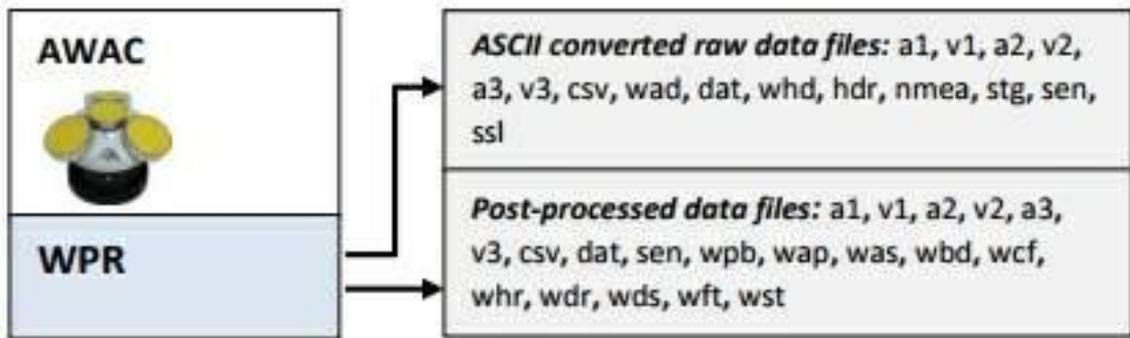


圖 4.2 底碇式波流觀測站架構圖

本章節內利用 AWAC AST Dial-up 軟體轉出副檔名 wap 檔案了解目前現有設備其提供波浪統計資訊，包含分別利用超音波訊號以及壓力訊號轉出之示性波高 H_s 、譜峰週期 T_p 、平均波向 M_{dir} 等。其副檔名 wap 內檔案各欄位完整定義，如表 4-1 所示，另副檔名 wad 內檔案各欄位定義如表 4-2 所示。



摘錄自 Nortek 手冊

圖 4.3 AWAC 內 wpr 轉出不同檔案示意圖

表 4- 1 AWAC 轉出副檔名 wap 欄位定義表

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

表 4- 2 AWAC 轉出副檔名.wad 欄位定義表

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

4.1.2 港區靜穩觀測站

本所於 109 年度分別在花蓮港港內 2 處(北測站及南測站)靜穩觀測站，並由運技中心二科同仁及其委託團隊，於 9 號碼頭及 17 號碼頭旁增設港內全時靜穩觀測站，9 號碼頭為即時水深觀測站旁，17 號碼頭為港務公司評估當有颱風湧浪進來時有較大水位變動區域，並 110 年度在 25 號碼頭靠近潮位測站旁，其位置圖如圖 4.1 所示，架設站現場照片如圖 4.4、圖 4.5 及圖 4.6 所示。

新設港內波浪即時觀測系統為太陽能自主供電系統，採用壓力式水位計量測碼頭附近水面波動，取樣頻率為 2Hz，採連續方式觀測，並透過 4G LTE 無線傳輸模組即時將觀測訊號上傳至運技中心雲端伺服器。觀測站資料採用兩種方式進行分析。

(1) 壓力波譜分析設定採用 2048 筆數據，觀測時間約耗費 17 分 04 秒，因此波浪觀測系統設定每 20 分鐘輸出一組波浪觀測資料，內容包含示性波高(H_s)、平均週期(T_m)、譜峰週期(T_p)、湧(長)浪波高(H_{swell})及湧(長)浪平均週期(T_{swell})等波浪參數。

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



圖 4.4 港內 9 號碼頭靜穩監測站照片



圖 4.5 港內 17 號碼頭旁靜穩監測站照片



圖 4.6 港內 25 號碼頭旁靜穩監測站照片

4.2 港內外波浪觀測資料初步分析

本計畫取得去年(111 年)12 月至 112 年 11 月港內靜穩觀測站資料及港外波浪觀測站資料進行初步分析討論。

港外 AWAC 主站示性波高 H_s 、譜峰週期 T_p 、平均波向 M_{dir} ，如圖 4.7 所示，副站如圖 4.8 所示。主站示性波高 H_s 平均值為 1.21m，譜峰週期 T_p 平均值為 8.47sec。示性波高 H_s 最大值發生時間 9 月 4 日 7 時 40 分，其最大值為 13.2m，對應譜峰週期為 12.3sec，對應平均波向為 124 度。副站示性波高 H_s 平均值為 1.22m，譜峰週期 T_p 平均值為 8.48sec。

港內靜穩站 9 號、17 號及 25 號碼頭示性波高歷線圖分別如圖 4.9、圖 4.10 及圖 4.11 所示。9 號碼頭靜穩站示性波高平均值為 0.09m，示性波高最大值發生時間 5 月 29 日 9 時，其最大值為 1.09m。17 號碼頭靜穩站示性波高平均值為 0.26m，示性波高最大值發生時間 5 月 30 日 4 時，其最大值為 3.37m。25 號碼頭靜穩站示性波高平均值為 0.31m，示性波高最大值發生時間 9 月 3 日 13 時，其最大值為 3.48m。

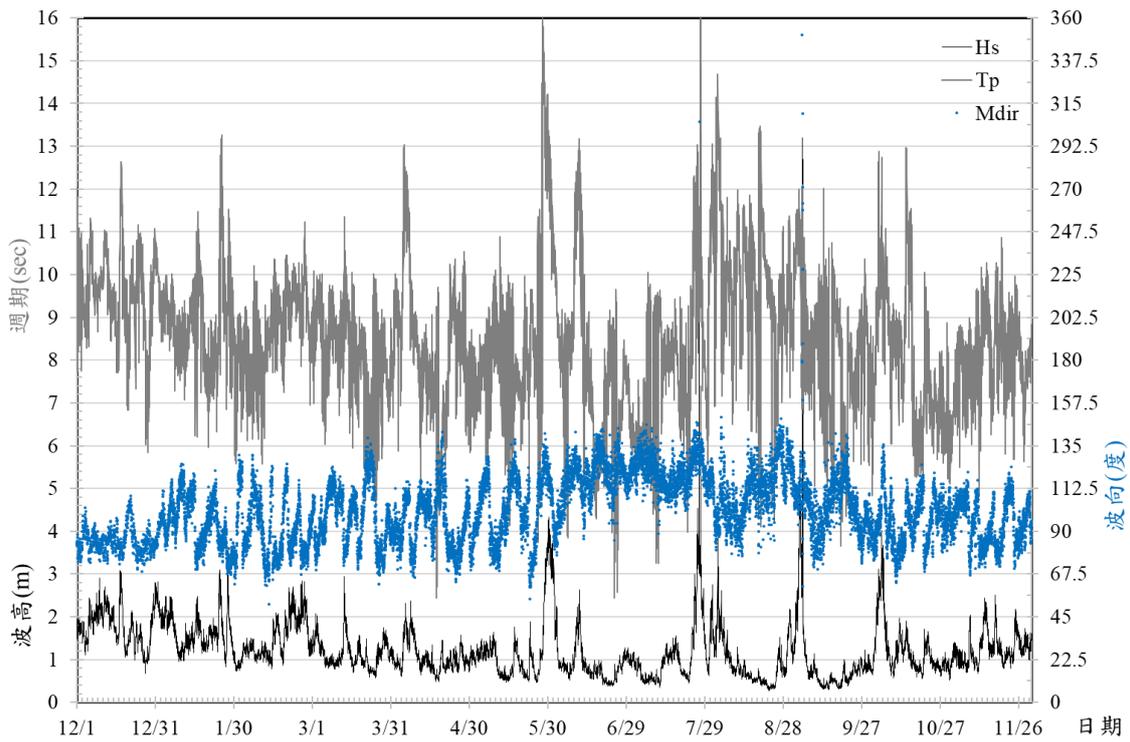


圖 4.7 港外 AWAC 主站波浪歷線圖

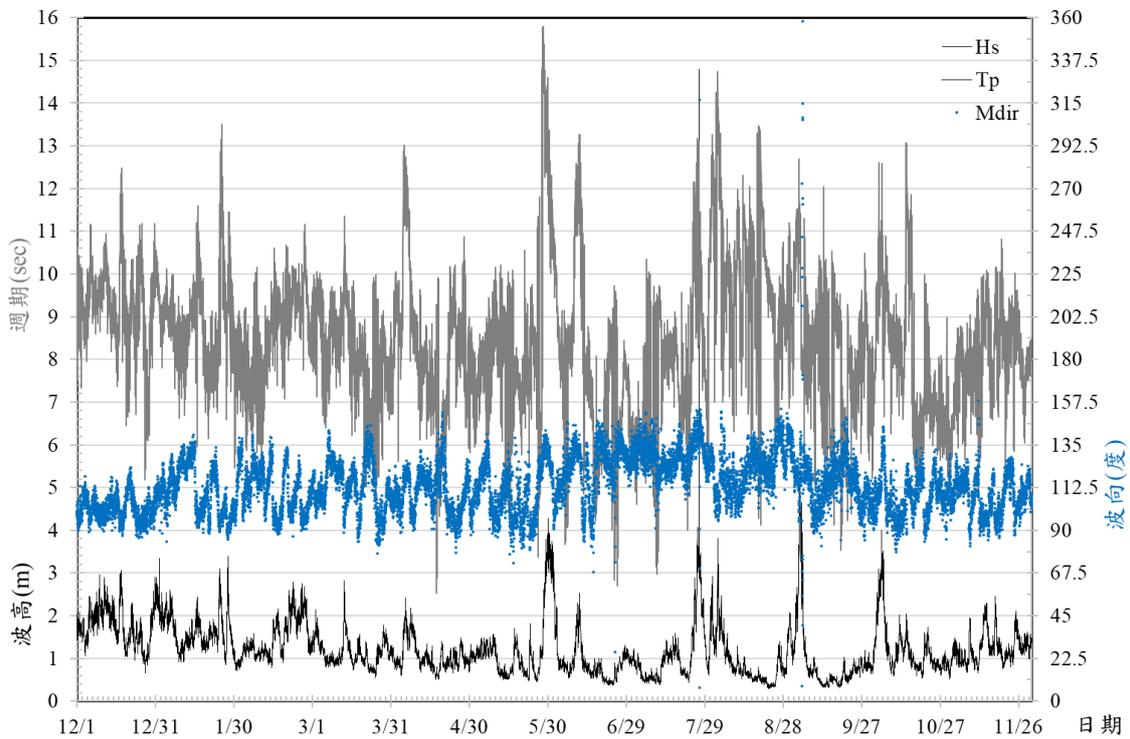


圖 4.8 港外 AWAC 副站波浪歷線圖

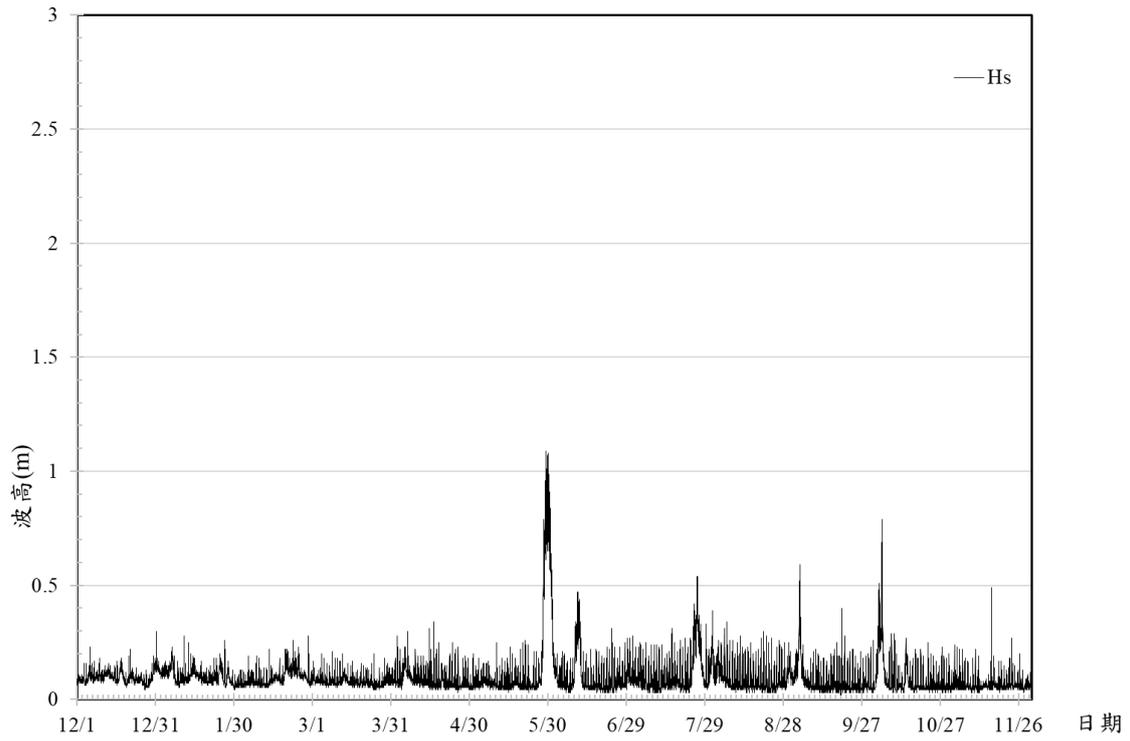


圖 4.9 港內 9 號碼頭靜穩觀測站波高歷線圖

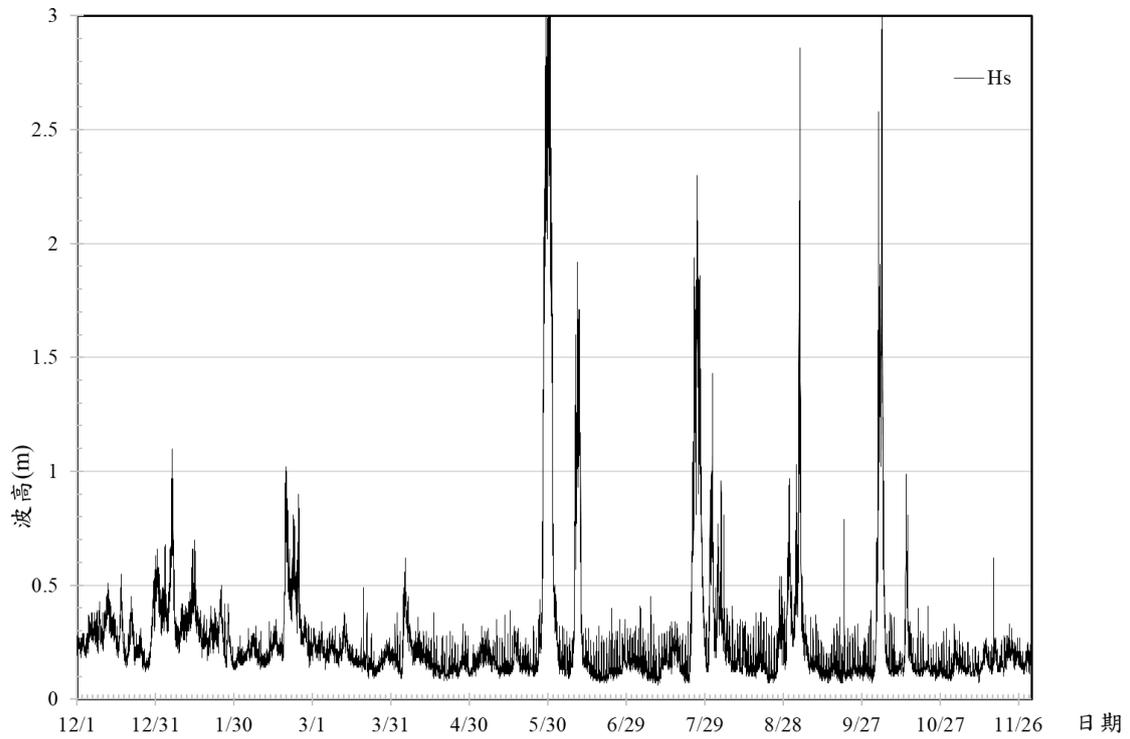


圖 4.10 港內 17 號碼頭靜穩觀測站波高歷線圖

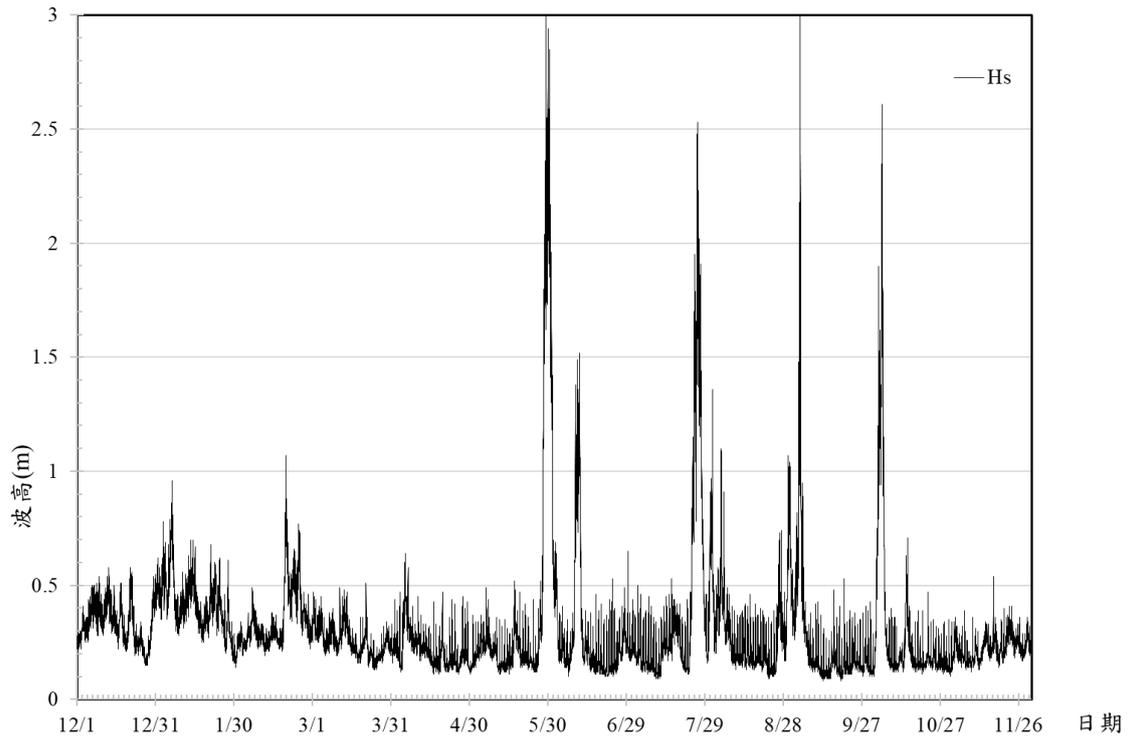


圖 4.11 港內 25 號碼頭靜穩觀測站波高歷線圖

港內 25 號碼頭靜穩觀測站示性波高大於 1m 事件共計有 9 次，時間區間如下表 4-3 所彙整。

表 4-3 25 號碼頭靜穩觀測站示性波高大於 1m 事件表

項次	時間區間	事件
1	2023/2/18 21:20~2023/2/18 22:00	冬季季風
2	2023/5/28 05:20~2023/5/31 21:00	202302 瑪娃颱風
3	2023/6/9 11:40~2023/6/11 08:40	202303 谷超颱風
4	2023/7/24 10:00~2023/7/27 22:00	202305 杜蘇芮颱風
5	2023/7/31 22:40~2023/8/1 02:20	202306 卡努颱風
6	2023/8/4 07:40~2023/8/4 09:20	202306 卡努颱風
7	2023/8/30 01:00~2023/8/30 16:00	202309 蘇拉颱風
8	2023/9/2 22:20~2023/9/3 21:20	202311 海葵颱風
9	2023/10/3 04:20~2023/10/5 10:40	202314 小犬颱風

分析期間共受到 7 場颱風影響，其中杜蘇芮、卡努、蘇拉、海葵、小犬為中央氣象署有發布警報之颱風，而瑪娃及谷超則都未發布警報。中央氣象署在颱風資料庫(<https://rdc28.cwa.gov.tw/TDB/>)可查詢颱風路徑圖，其顯示颱風於生命期間路徑圖，每 6 小時一筆之路徑與強度資料，圖檔資料顯示時間為 UTC。使用中央氣象署最佳路徑資料繪製。當最佳路徑資料尚未釋出前，使用路徑資料繪製，且在圖中標示*號。摘錄如圖 4.12~圖 4.17，另 202303 谷超颱風僅能由 2023 年 1 月至 7 月北太平洋西部海域颱風之氣候分析查詢其路徑，如圖 4.18；另本計畫彙整 2023 年北太平洋西部海域颱風，如表 4-4 所示。

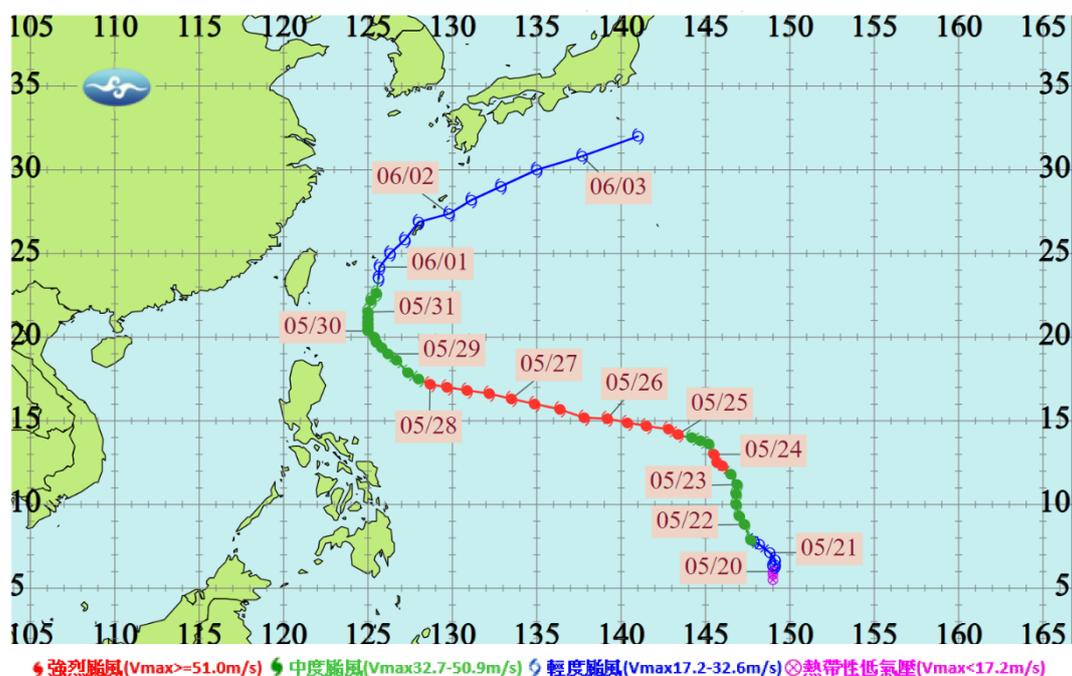


圖 4.12 202302 瑪娃颱風路徑圖

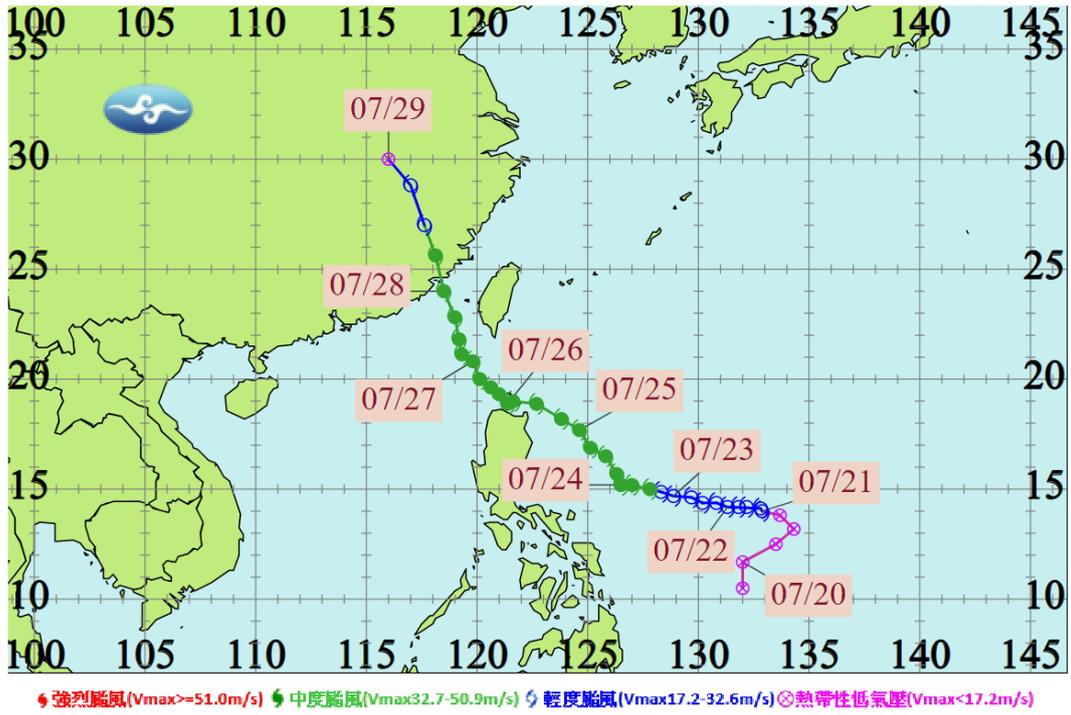


圖 4.13 202305 杜蘇芮颱風路徑圖

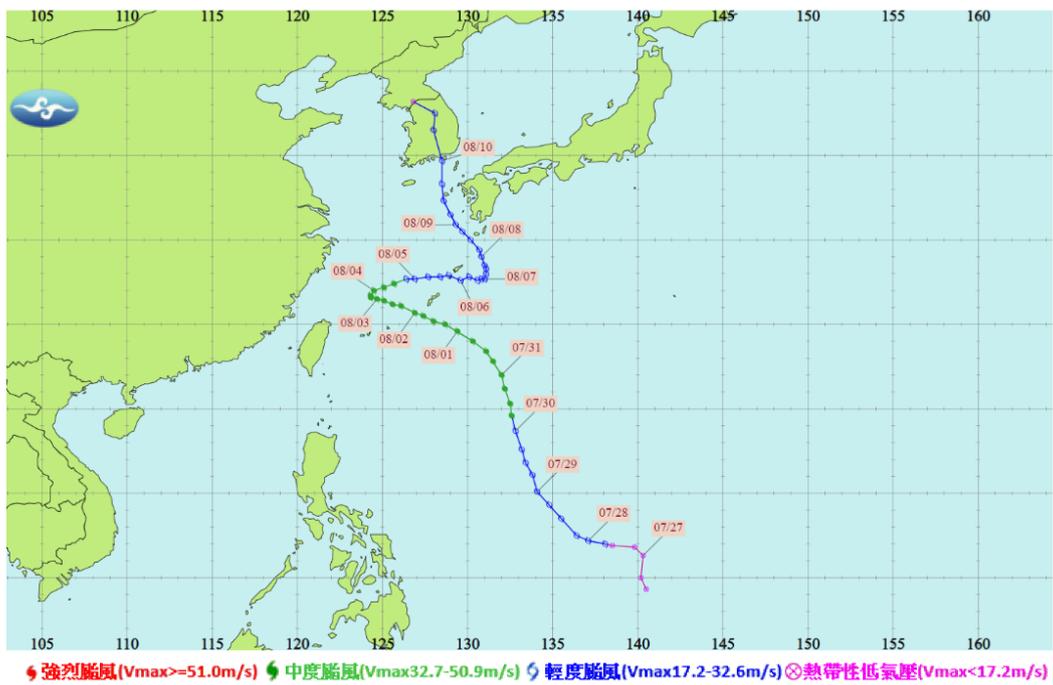


圖 4.14 202306 卡努颱風路徑圖

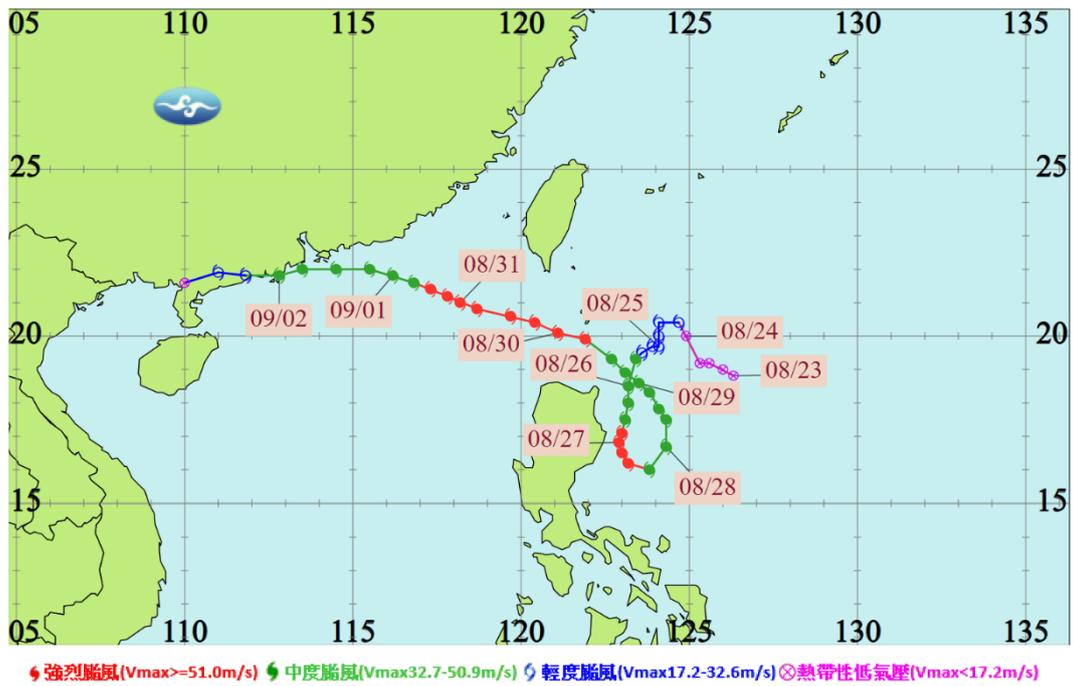


圖 4.15 202309 蘇拉颱風颱風路徑圖

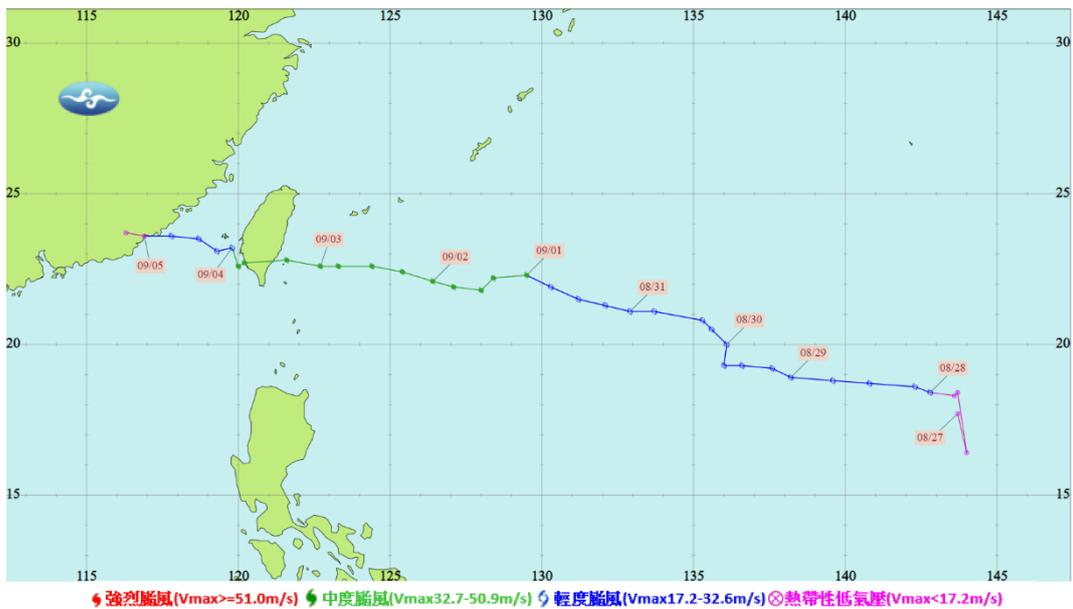


圖 4.16 202311 海葵颱風颱風路徑圖

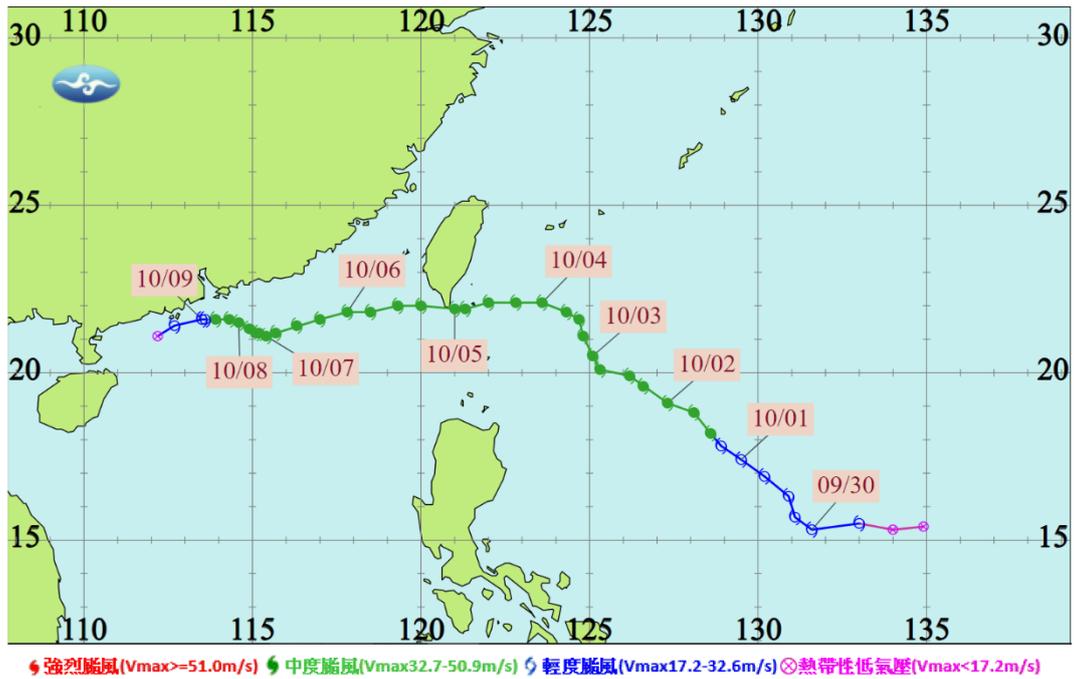


圖 4.17 202314 小犬颱風颱風路徑圖

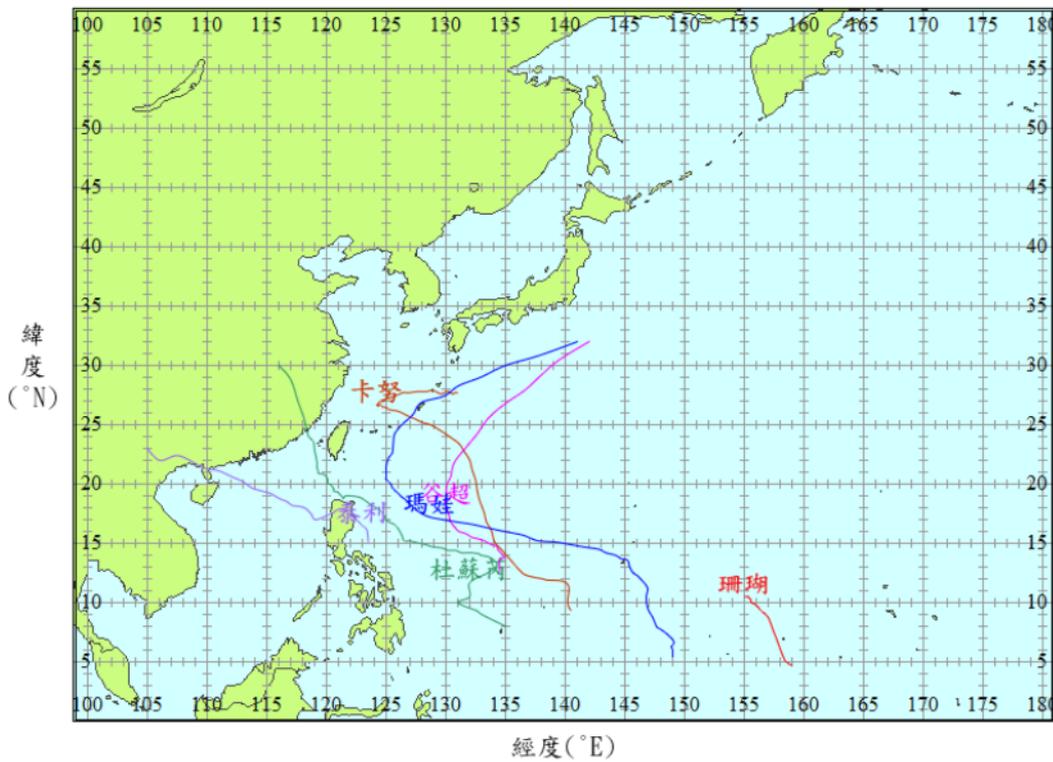


圖 4.18 2023 年 1 月至 7 月北太平洋西部海域生成颱風路徑圖

表 4-4 西北太平洋颱風列表

颱風編號	颱風名稱	颱風生命期間		颱風生命期間中心最低氣壓 (hPa)	颱風生命期間中心最大風速 (m/s)	颱風生命期間最大7級風暴風半徑 (km)	颱風生命期間最大10級風暴風半徑 (km)	警報發布報數
2023 16	三巴 (SANBA)	2023/10/1 8 6:00	2023/10/2 0 12:00	1000	18	80	---	---
2023 15	布拉萬 (BOLAVEN)	2023/10/7 6:00	2023/10/1 4 12:00	900	58	280	130	---
2023 14	小犬 (KOINU)	2023/9/29 18:00	2023/10/9 12:00	930	48	250	90	29
2023 13	鴛鴦(YUN- YEUNG)	2023/9/5 12:00	2023/9/8 12:00	995	20	80	---	---
2023 12	鴻雁 (KIROGI)	2023/8/30 12:00	2023/9/3 6:00	985	25	100	---	---
2023 11	海葵 (HAIKUI)	2023/8/28 0:00	2023/9/5 0:00	945	43	180	60	29
2023 10	丹瑞 (DAMREY)	2023/8/24 18:00	2023/8/29 6:00	985	25	180	---	---
2023 09	蘇拉 (SAOLA)	2023/8/24 6:00	2023/9/2 18:00	915	53	200	80	22
2023 08	朵拉(DORA)	2023/8/12 0:00	2023/8/15 12:00	975	40	150	50	---
2023 07	蘭恩(LAN)	2023/8/8 0:00	2023/8/17 6:00	940	45	250	120	---
2023 06	卡努 (KHANUN)	2023/7/27 18:00	2023/8/10 18:00	930	48	280	100	22
2023 05	杜蘇芮 (DOKSURI)	2023/7/21 0:00	2023/7/29 0:00	935	48	300	100	32
2023 04	泰利 (TALIM)	2023/7/15 6:00	2023/7/18 12:00	970	33	200	70	---
2023 03	谷超 (GUCHOL)	2023/6/6 12:00	2023/6/12 18:00	960	38	220	80	---
2023 02	瑪娃 (MAWAR)	2023/5/20 6:00	2023/6/3 6:00	900	58	300	120	16
2023 01	珊瑚 (SANVU)	2023/4/20 6:00	2023/4/22 12:00	1000	20	100	---	---

4.3 小結

本計畫彙整 2022 年 12 月至 2023 年 11 月港外 2 處底碇式波流儀觀站及 3 處靜穩度觀測站觀測資料。港外 AWAC 主站主站示性波高 H_s 平均值為 1.21m，譜峰週期 T_p 平均值為 8.47sec。示性波高 H_s 最大值發生時間 9 月 4 日 7 時 40 分，其最大值為 13.2m，對應譜峰週期為 12.3sec，對應平均波向為 124 度。

港內靜穩站 9 號碼頭靜穩站示性波高平均值為 0.09m，示性波高最大值發生時間 5 月 29 日 9 時，其最大值為 1.09m。17 號碼頭靜穩站示性波高平均值為 0.26m，示性波高最大值發生時間 5 月 30 日 4 時，其最大值為 3.37m。25 號碼頭靜穩站示性波高平均值為 0.31m，示性波高最大值發生時間 9 月 3 日 13 時，其最大值為 3.48m。

港內內 25 號碼頭靜穩觀測站示性波高大於 1m 事件共計有 9 次分析期間共受到 7 場颱風影響，其中杜蘇芮、卡努、蘇拉、海葵、小犬為中央氣象署有發布警報之颱風，而瑪娃及谷超則都未發布警報。

第五章 水工模型試驗規劃及建置前作業

為了探討花蓮港池靜穩度改善議題，本所預計於明年度(113 年)辦理花蓮港水工模型遮蔽試驗及消能設施方案評估，爰需於本年度進行試驗前置作業。為利於分析，本試驗首先忽略風、海流及潮汐現象，僅探討波浪與花蓮港之交互作用。本章將盤點第二試驗廠棚平面試驗水槽設施，並依據花蓮港地形、波浪資料，進行試驗模型配置及相關前期規劃。

5.1 試驗波浪條件評估

5.1.1 造波設施

本所造波設施為英國 HR Walingford 及加拿大 DAVIS 所製造之長波峰造波機(Long Crested Wavemakers)各一組(如圖 5.1 所示)，每套造波機皆有 4 臺長、高分別為 6m、0.8m 的往復平推式造波板模組，最大可組成 24m 之平面造波寬度。規則波可以在指定的時間週期、振幅、相位和方向從造波板面產生規則諧波，不規則波造波軟體可供選擇使用之波譜軟體內有建大量的波譜形式，如 JONSWAP、Pierson-Moskowitz、TMA、Bretschneider and ISSC、Ochi double peak、SIWEH 波群模擬等。



圖 5.1 二廠棚造波機(左:HR、右 DAVIS)

HR 造波系統之使用手冊指出，在平均水深為 0.6 公尺的情況下，正常生成的規則波和不規則波性能曲線如圖 5.2 所示，該造波系統有效

波浪週期為 0.8 秒到 6 秒，但是在 5.6 秒後性能會下降。在規則波條件下，水深為 0.6 公尺、週期 1.7 到 2.4 秒時， H_{max} 可達 0.33 公尺；不規則波條件下， H_{max} 則為 0.18 公尺。而若改變波浪尖銳度，可些微增加造波極限(如圖 5.3)，亦即在規則波條件下，水深為 0.6 公尺、週期 1.4 秒時， H_{max} 可達 0.33 公尺；不規則波條件下， H_{max} 則為 0.18 公尺。

而根據 DAVIS 造波系統曲線圖(圖 5.4)，在平均水深為 0.4 公尺的情況下，有效波浪週期為 0.8 秒到 3 秒，當週期達 2.25 秒時， H_{max} 可達約為 0.225 公尺。

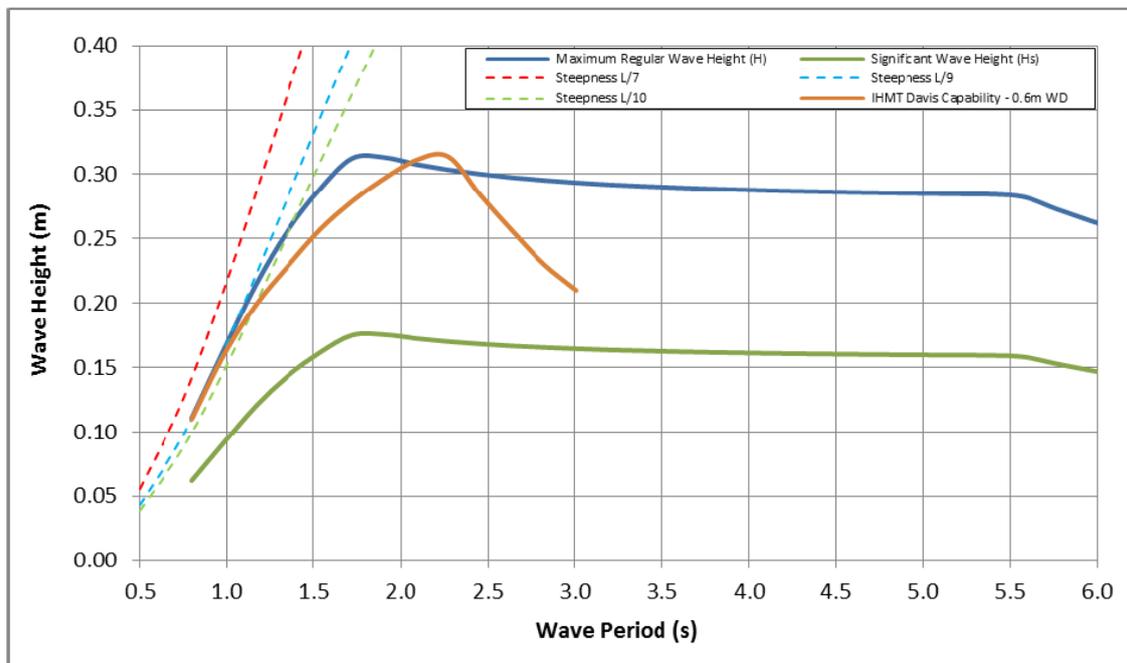


Figure C.1: Predicted wave generation performance (steepness $H/L=9$ and depth $H/D=0.6$)

圖 5.2 HR 造波機造波曲線圖($H/L=9$)

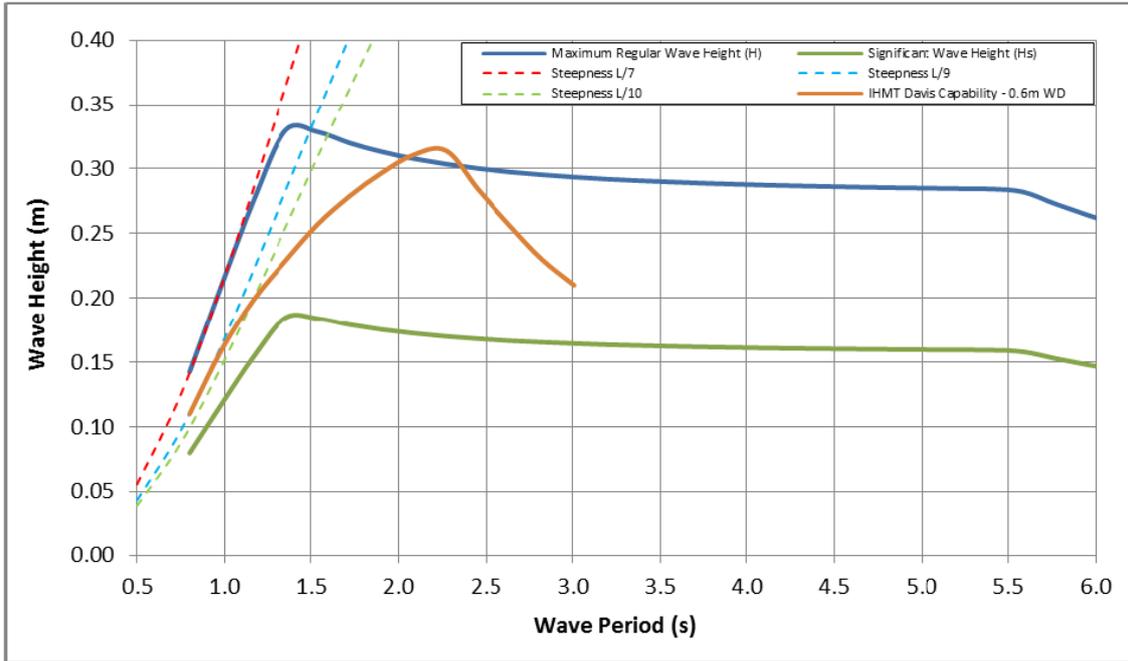


Figure C.2: Extended predicted wave generation performance (steepness $H/L=7$ and depth $H/D=0.6$)

圖 5.3 HR 造波機造波曲線圖($H/L=7$)

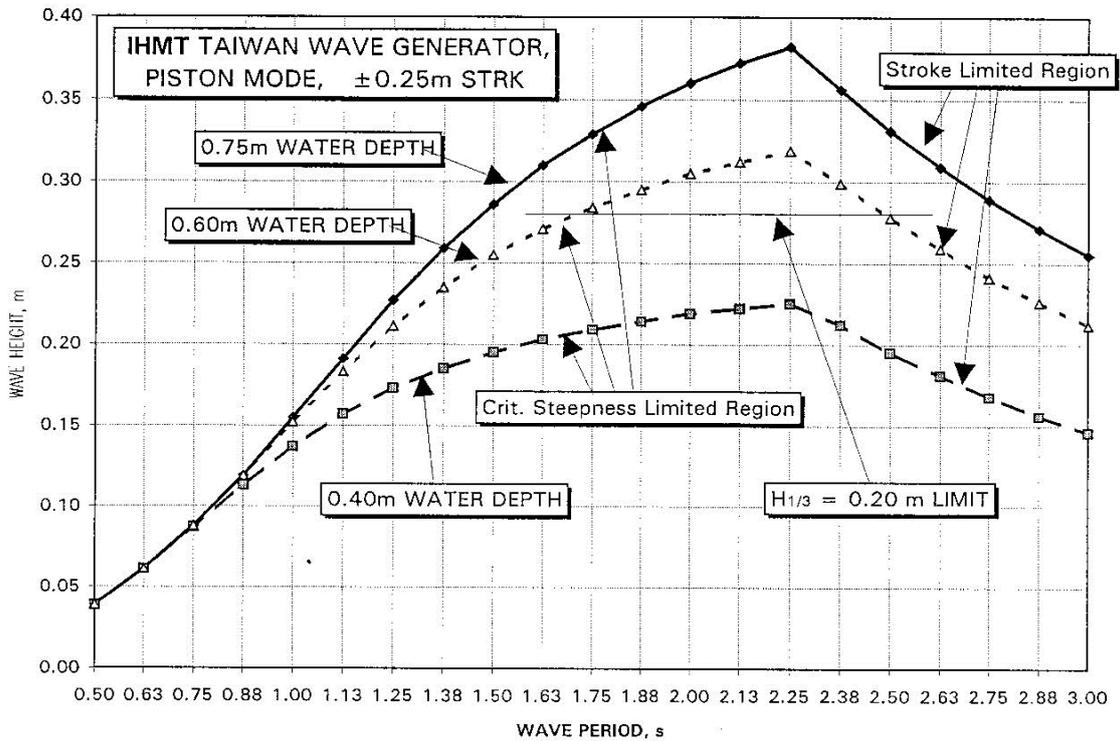


圖 5.4 Davis 造波機造波曲線圖

波高量測儀器及資料擷取系統：容量型波高計及資料擷取處理系統：波高計用於量測水位變化。透過資料擷取處理系統，波高計感應之波浪條件，經 PC 分析後，選擇及修正需要的試驗波浪。

5.1.2 季風波浪條件

本小節說明水工模型試驗之波浪資料，本所統計 2002 至 2022 年(整體資料蒐集率為 96%)之波浪資料，並彙整如先前章節之各季季風波浪資料，本小節謹製表如下表 5-1。

表 5-1 花蓮港季風波浪重要資訊統計表

季節	平均 Hs (m)	平均 Tp (s)	主波向/第 1 次波向 /第 2 次波向	Hsmax/Tp/波向
冬季	1.53	8.5	E/ESE/SE	4.4m/9.6s/SE
春季	1.09	8.2	ESE/E/SE	3.8m/11.1s/ESE
夏季	0.92	7.9	SE/ESE/SSE	9.3m/11.9s/NNE
秋季	1.39	8.8	ESE/E/SE	12.5m/7.3s/SW
全年	1.23	8.4	ESE/E/SE	12.5m/7.3s/SW

摘錄自本所年報，本計畫彙整

5.1.3 颱風波浪條件

每當颱風形成時，花蓮港務分公司皆會加強對港區波高之監控，如觀察#25 碼頭浪湧起伏達 1 公尺以上，致使船泊靠泊碼頭有損害港埠設施或船泊安全顧慮時，得指示船舶出港避風(湧)。本計畫依據花蓮港務分公司提供之防颱作業通報紀錄，彙整 105 年至 111 年影響花蓮港之 23 個颱風及其波浪極值訊息，如表 5-2。

觀察下表可得知，即使是未發佈警報之颱風亦會使花蓮港需進行避湧作業。近 6 年來，對花蓮港港池不靜穩最具影響力的為梅姬颱風，颱風期間觀測波高最大值為 15.23m、Hs 極值之波高/週期/方向為 9.12m/12.39s/ESE。而經 AWAC 所觀測到各颱風的波浪方向由主要至次要依序為 ESE(9 個)、SSE(7 個)、SE(5 個)、E(1 個)。

表 5-2 避湧暨颱風波浪極值資訊統計表

颱風名稱	強度	路徑	出港避湧時間	恢復進港時間	影響時間	極值發生時間	Hmax(m)	Hs 極值 (m)	極值對應之 Tp(s)	極值對應之波向
梅花+	中度	--	111 年 9 月 11 日 7 時	09 月 12 日 16 時	1 日 9 時	9/12、6 時	6.16	3.66	11.99	ESE
軒嵐諾+	強烈	6	111 年 9 月 2 日 11 時	09 月 4 日 11 時	2 日 0 時	9/3、9 時	4.56	3.14	10.39	ESE
燦樹	強烈	6	110 年 09 月 10 日 17 時	09 月 13 日 7 時	2 日 14 時	9/12、2 時	7.5	4.49	12.3	SSE
舒力基*		--	110 年 04 月 19 日 14 時	04 月 23 日 20 時	4 日 06 時	4/23、20 時	5.48	3.5	12.14	SSE
閃電颱風	輕度	5	109 年 11 月 06 日 07 時	11 月 07 日 07 時	1 日 0 時	11/6、10 時	3.61	2.54	10.09	SE
海神颱風*		--	109 年 09 月 06 日 00 時	09 月 06 日 16 時	0 日 16 時	9/6、0 時	4.72	2.51	15.61	SSE
北冕颱風*		--	108 年 12 月 02 日 02 時	12 月 03 日 13 時	1 日 11 時	12/2、10 時	3.74	2.61	11.12	ESE
哈吉貝*		--	108 年 10 月 10 日 11 時	10 月 12 日 07 時	1 日 20 時	10/11、6 時	4.1	2.67	14	ESE
米塔	中度	6	108 年 09 月 29 日 20 時	10 月 01 日 11 時	1 日 15 時	9/30、15 時	7.45	4.31	13.3	SE
玲玲*		--	108 年 09 月 03 日 21 時	09 月 05 日 07 時	1 日 10 時	9/4、9 時	3.9	2.65	10.26	ESE
白鹿	中度	4	108 年 08 月 23 日 17 時	08 月 25 日 12 時	1 日 19 時	8/24、13 時	7.52	5.33	11.86	SE
利奇馬	強烈	1	108 年 08 月 07 日 17 時	08 月 10 日 07 時	2 日 14 時	8/9、0 時	6.14	3.69	12.21	ESE
丹娜絲	中度	--	108 年 07 月 17 日 17 時	07 月 19 日 14 時	1 日 21 時	7/17、21 時	4.27	2.42	8.51	E
潭美*		--	107 年 09 月 25 日 10 時	09 月 29 日 12 時	4 日 2 時	9/27、20 時	5.16	4.04	13.06	ESE
山竹	強烈	--	107 年 09 月 13 日 22 時	09 月 16 日 18 時	2 日 20 時	9/15、9 時	8.05	5	16.32	SE
瑪莉亞	強烈	1	107 年 07 月 09 日 23 時	07 月 11 日 20 時	1 日 21 時	none	none	none	none	none
泰利+	中度	--	106 年 09 月 12 日 18 時	09 月 14 日 09 時	1 日 15 時	9/13、12 時	3.8	2.71	13.26	ESE
天鴿	中度	--	106 年 08 月 22 日 10 時	08 月 22 日 18 時	0 日 08 時	8/22、7 時	4.99	3.33	10.29	SE

尼莎、海棠	中度、 輕度	2、7	106年07月28日18時	07月31日07時	2日13時	7/29、20時	8.05	4.82	8.72	SSE
海馬*		--	105年10月19日13時	10月21日07時	1日18時	10/20、14時	6.41	3.93	13.76	SSE
梅姬	中度	3	105年09月26日16時	09月29日07時	2日15時	9/27、14時	15.23	9.12	12.39	ESE
莫蘭蒂、馬 勒卡	強烈、 中度	7、--	105年09月13日16時	09月17日17時	4日01時	9/14、12時	11.92	7.14	12.74	SSE
尼伯特	強烈	4	105年07月06日20時	07月09日07時	2日11時	7/8、8時	9.61	5.76	11.83	SSE

註1：花蓮港務分公司提供相關紀錄，本計畫彙整

註2：*為無發布颱風警報、+為僅發布海上颱風警報，瑪莉亞颱風因儀器受損無資料

5.1.4 試驗波浪條件歸納

本試驗採用波浪條件，主要分為颱風波浪及 DAVIS 造波機極限週期之波浪，並使用規則波造波，前者規劃自表 5-2 中擇定梅姬(Hs 最大)、海神(Hs 次小、Tp 次大)、山竹(Tp 最大)3 組颱風波浪；而丹娜絲颱風雖然 Hs 跟 Tp 皆最小，但是波浪方向為 E，在本試驗中，需微調波浪方向為 ESE。而為了使試驗更貼近真實情形，亦以 JONSWAP 不規則波，進行不同方向之試驗。整體試驗波浪條件經模型、原型換算，將一併於 5.2 節呈現。

5.2 水工模型配置及試驗規劃

5.2.1 試驗比尺

本所二廠棚平面試驗水池尺寸為 56 公尺* 53 公尺，斜邊長度為 77.1 公尺；本計畫參照 111 年水深地形圖，試驗範圍預計北起花蓮港 #12 碼頭，南至太平洋公園近吉安溪處，最大長度將近 5.45 公里，最大寬度約為 1.5 公里，水深配合二廠棚水池條件，擇定至 40 公尺。為了盡可能還原花蓮港海域，並降低試驗中受波高計的影響，水工模型比尺宜盡量最大化；惟考量試驗水池大小、水深與造波機造波能力後，決定採用 1/100 等比模型比尺，如此一來，可藉由模型旋轉方式，將花蓮港及其周邊區域之原型縮小納入試驗水池，該比尺亦是至今花蓮港水工模型試驗之最大者。

由於試驗波浪屬於重力波範圍，故可忽略波浪水體黏滯性影響，而僅以重力為考慮因素，因此，採用福祿數作為主要參數，本試驗時間比尺之關係與模型尺寸關係如下：

$$\frac{T_P}{T_m} = \sqrt{\frac{L_P}{L_m}} \quad (1)$$

式(1)中，L 與 T 分別代表長度與時間尺度，下標 P 與 m 分別代表原型與模型；若將本試驗模型比尺 1/100 帶入上式，可得下列關係式：

$$T_m = \frac{T_p}{10} \quad (2)$$

5.2.2 模型配置及試驗規劃

綜合 5.1 節之波浪評估情形，雖然偶有觀測到 W 向或 N 向的波高極值，然經繞射進入港區後的波高影響較小，且颱風波浪大多來自 E~S 內範圍，對港區影響更大；爰本試驗選定 ESE、SE、SSE、S 做為主要造波方向，並依其置放造波機。以線性波分散關係式，概估波浪生成距離約 10 公尺後，整體模型配置如圖 5.5 所示(圖中長方形為 1 組造波系統，共 24 公尺)。另假設未來欲增做來自 E 方向的波浪，則造波機可再調整。整體試驗波浪條件之模型、原型可根據式(2)換算，配合參照圖 5.4(DAVIS 造波機 40 公分曲線)，彙整如下表 5-3，共有 4 組颱風條件、5 組造波機極值條件及 1 組歷年花蓮港波浪條件。

表 5-3 試驗波浪條件一覽表

造波條件	編號	模 型		原 型		備註	波浪方向
		Hs (cm)	Tp (sec)	Hs (m)	Tp (sec)		
颱風波浪試驗條件 (規則波)	TA	9.12	1.24	9.12	12.4	梅姬	ESE
	TB	2.51	1.56	2.51	15.6	海神	SSE
	TC	5	1.63	5	16.3	山竹	SE
	TD	2.4	0.85	2.42	8.51	丹娜絲	ESE
造波機極值 波浪條件 (規則波)	M1	10	0.85	10	8.5	-	ESE、SE、 SSE、S
	M2	17	1.25	17	12.5	-	
	M3	19	1.5	19	15.0	-	
	M4	22.5	2.25	22.5	22.5	波高極限	
	M5	14.5	3	14.5	30	週期極限	
季風波浪 JONSWAP 理論波浪	J	0.12	0.84	1.23	8.4	歷年季風 波浪平均	

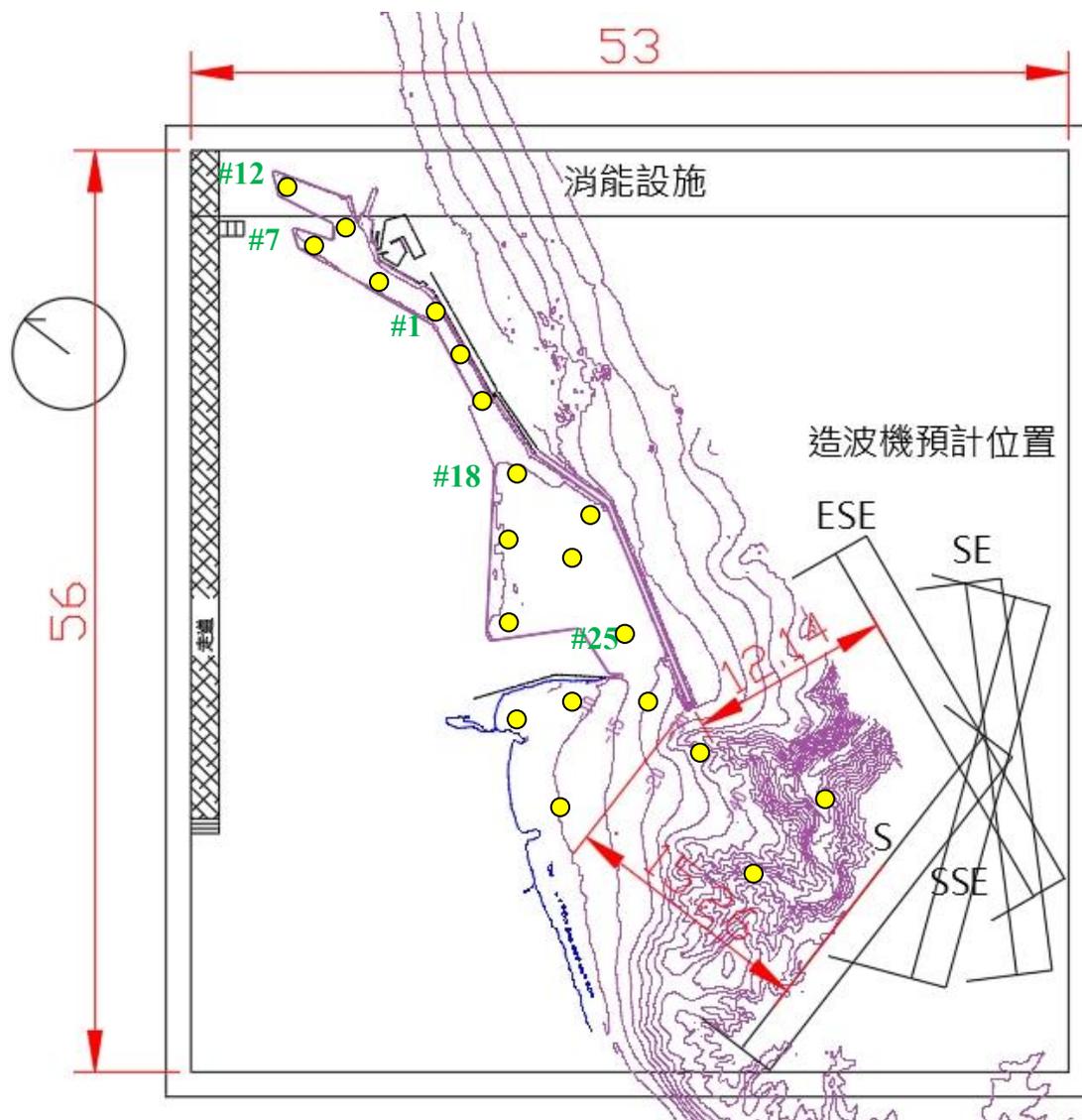


圖 5.5 花蓮港試驗配置平面圖

5.3 消能設施研擬

5.3.1 方案構想

本計畫參考日本「苫小牧港における長周期波対策工の効果検証，2012」之研究，日本做為海島型國家，與我國類似，部分重大港口也備受長週期波影響。位於日本北海道南部的苫小牧港(如圖 5.6 所示)，是當地最大港口，也是日本重要的工業港口之一，其貨物吞吐量在該國內排名第八。然而，近年來，苫小牧港卻頻頻遭受長週期波浪的襲擊，造成船舶擱淺、港口設施受損等問題。為此，相關單位自 2008 年起，逐步於現地推動相關長週期波消能設施，並追蹤改善成效，至 2012 年完成約 390 公尺，如圖 5.7 所示。



摘自苫小牧港における長周期波対策工の効果検証(2012)

圖 5.6 日本苫小牧港位置圖

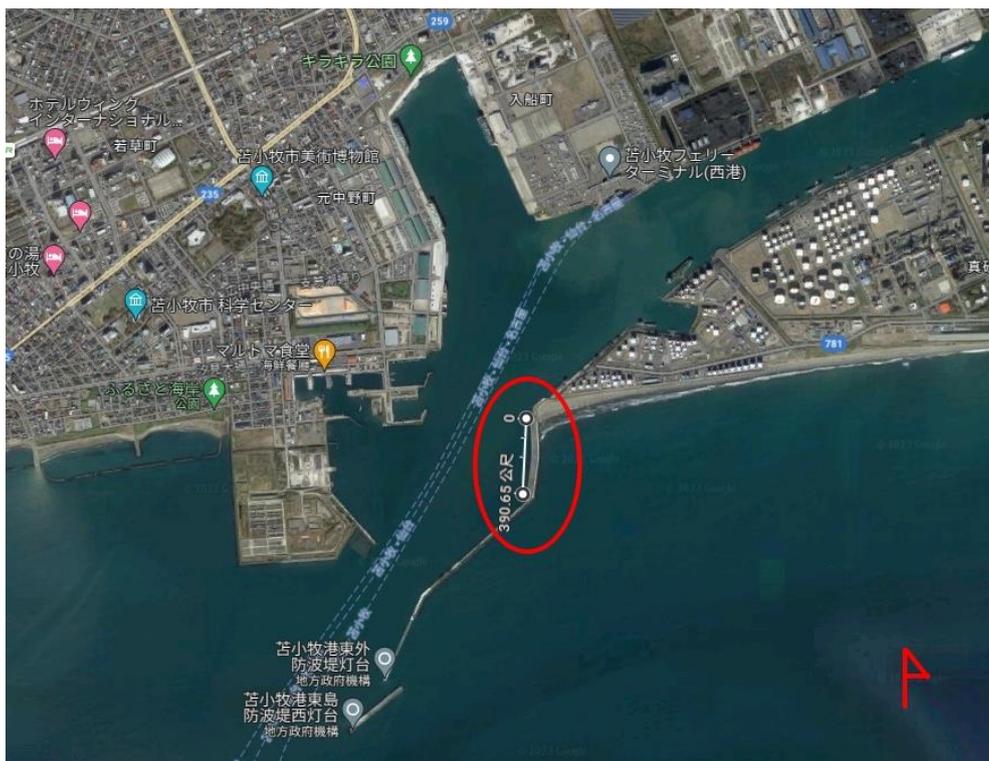
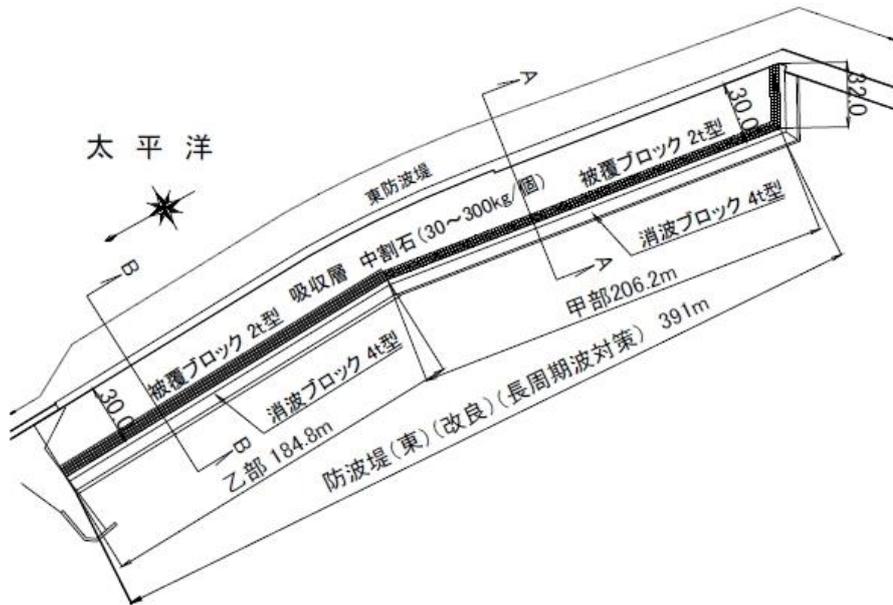
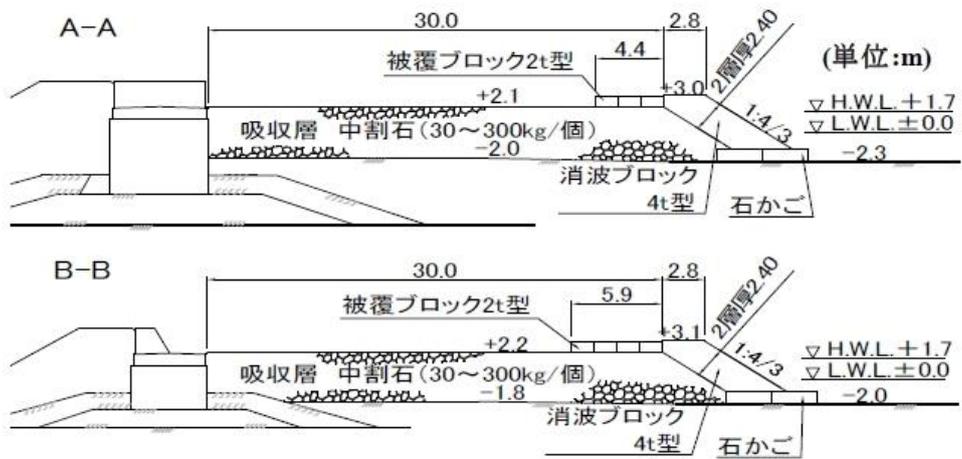


圖 5.7 日本苦小牧港位置圖

該港消能設施位於西港區，東防波堤後方，主要以塊石消散、吸收湧浪能量，並在其外部佈設 4T 消波塊保護工，上層覆蓋 2T 消波塊作為護甲層，避免吸收層流失；其設計圖如圖 5.8 所示、現場照片如圖 5.9 所示。根據「苦小牧港西港區における長周期波対策工の 効果検証，2013」，工程完工後隔年之觀測成果，如圖 5.10 所示，各觀測站之波高降低約 20 至 30%。又查「苦小牧港長周期波対策事業の効果検証に関する調査報告書，2022」內容、港口設施受損的情況由每年平均 1.2 次減少到 0.6 次，顯示該工法應具有一定的成效。



長周期波対策工の平面配置



長周期波対策工の断面形状

摘自苦小牧港における長周期波対策工の効果検証(2012)

圖 5.8 苦小牧港消能施設設計圖



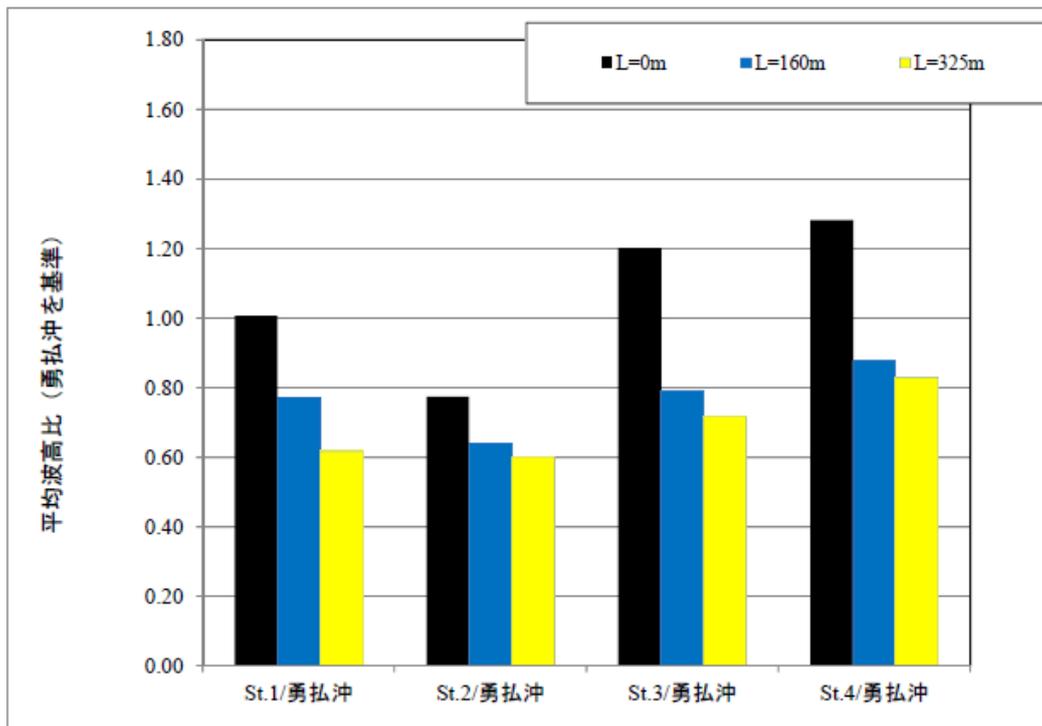
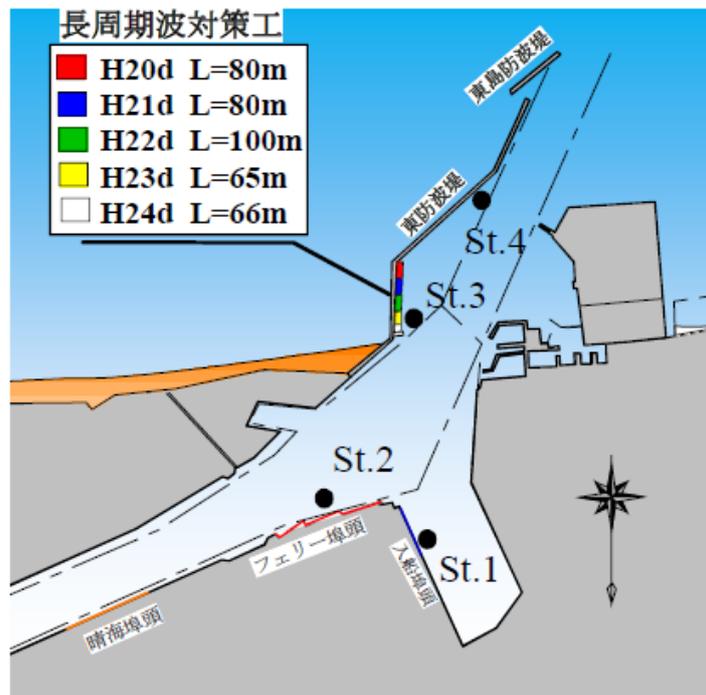
長周期波対策工施工状況 (2011年4月撮影)



長周期波対策工沖側端部 (2012年4月撮影)

摘自苦小牧港における長周期波対策工の効果検証(2012)

圖 5.9 苦小牧港消能設施現場情形



摘自苫小牧港西港区における長周期波対策工の効果検証(2013)

圖 5.10 苫小牧港消能設施成果



圖 5.12 花蓮港改善方案研擬示意圖

第六章 第二試驗廠棚修繕工程概述

安全無虞的試驗場地，為辦理水工模型試驗前的首要條件；因此，維持建築結構穩定及實驗設施、設備妥善是本計畫工作最重要的一環。本所運技中心第二試驗廠棚自完工迄今，已逼近建築物使用年限，為確保建築結構穩定及維護工作人員安全，本所於 112 年(本年度)辦理「港研中心第二試驗廠棚修繕工程(二期)」，並於 11 月 28 日順利完工。本章節將簡要介紹該工程執行情形。

6.1 工程概要

6.1.1 工程背景及目的

二廠棚於 73 年建置至今已逾 38 年，僅曾於 90 年全面翻修屋面板，104 年受颱風損壞修補局部屋面板；鑑於廠棚為鋼構建築與鋼板屋頂，且地處臨海地區，長期容易受高溫、高濕與高鹽份腐蝕，故 106 年開始針對鋼構及屋面板鏽蝕較嚴重範圍進行修繕(如圖 6.1、圖 6.2 所示)。

近年因降雨致結構內部滲水，鋼構柱體及鋼筋膨脹鏽蝕，造成二廠棚部分牆面混凝土劣化剝落，以及電力設施發生短路，導致造波設備異常，影響工作人員安全及水工模型試驗作業；再加上，原附屬儀器室為木造空間，不符現行消防法規。為確保本所同仁及設備安全，並獲得良好之試驗研究成果，打造安全工作環境實屬必要，故辦理首揭工程採購案。



圖 6.1 106 年二廠棚北側屋頂鋼構嚴重鏽蝕

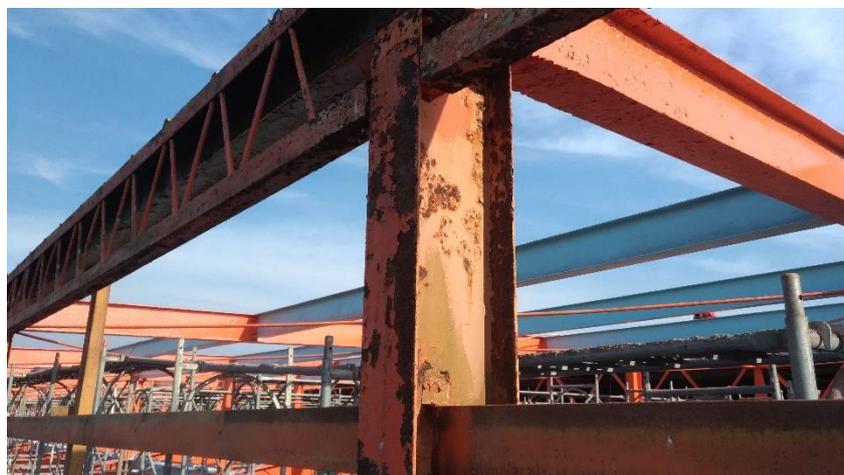


圖 6.2 106 年二廠棚北側屋頂鋼構嚴重鏽蝕

6.1.2 設計依據及預期效益

本年度工程係依據運技中心 106 年「第二試驗廠棚結構安全評估及規劃設計成果報告書」內容及設計原則，辦理設計圖說編修及工程發包預算編列工作。若依原規劃設計，整體修繕完成可抗 12 級風、6 級震度，且受 17 級風達破壞時不至於立即倒塌。

6.1.3 基本資料

本工程基本資料如下列說明，而相關資訊亦依據行政院公共工程委員會規定，皆已登載於「公共工程雲端服務網」。

1. 工程名稱：港研中心第二試驗廠棚修繕工程(二期)

2. 主辦機關：交通部運輸研究所
3. 設計人：林孟達建築師事務所(111.09.14~111.11.25)
4. 監造人：林孟達建築師事務所(112.03.23~112.12)
5. 承造人：佐恩營造股份有限公司
6. 工程地點：本所運技中心第二試驗廠棚
7. 契約金額/變更後金額：新臺幣 1,250 萬元 / 1,275 萬 2,000 元
8. 施工期間：
112 年 6 月 7 日至 11 月 28 日(因變更設計致工期展延 1 次)
9. 驗收完成日：112 年 12 月 11 日

而工程項目羅列如下：

二廠棚土木工程：包含北側屋頂下層鋼板更新工程、南側柱基礎除鏽補強工程、南側鋼構除鏽上漆工程、北側下層窗戶更新工程。

儀器室空間修繕工程：包含牆面及平頂工程、粉刷工程、電氣工程、弱電工程、消防工程。

雜項工程：包含全棟外牆補修工程、屋頂排水溝防水工程、抓漏防水工程、停車場側面鋼板更新工程。

6.2 工程履約管理

為確保工程進行能符合設計及規範的品質要求，本所依據 111 年 7 月 4 日行政院公共工程委員會修正「公共工程施工品質管理制度」，確實辦理工程督導工作，並委託林孟達建築師事務所(監造單位)辦理監造作業，確保第二級之品質保證，更要求佐恩營造股份有限公司(施工廠商)做好第一級品質管制，以落實三級品質管制(如圖 6.3 所示)。

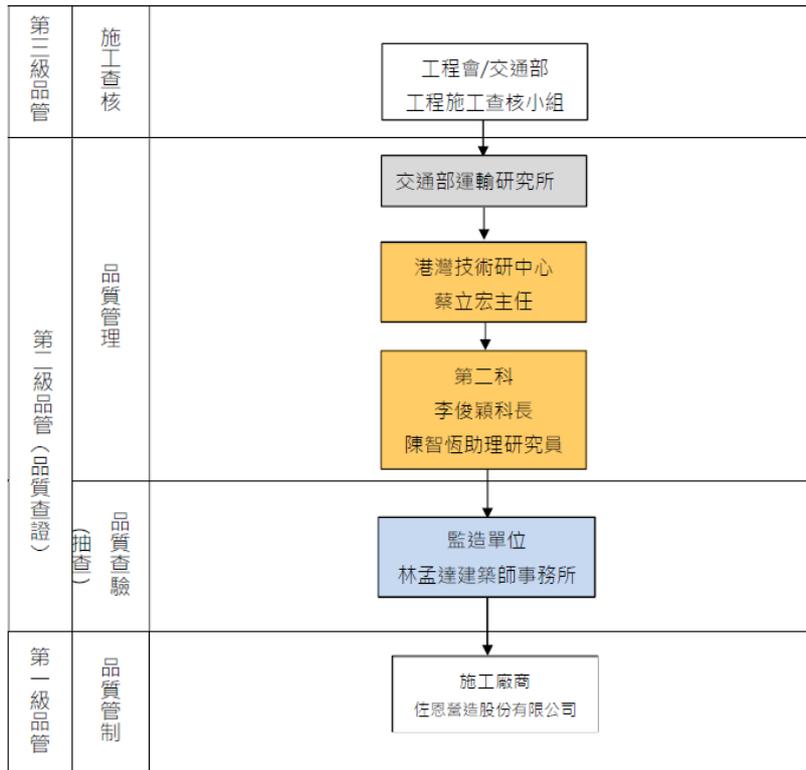


圖 6.3 本工程三級品管組織架構

6.2.1 主辦機關督導執行情形

本工程由運技中心主任率隊，督導人員由副主任、秘書、第二科科长及同仁組成，辦理工程督導；第二科科长及承辦人員不定期進行走動式督導，並做成督導紀錄。此外，前述人員亦會在施工期間隨機巡查，以隨時掌握工程執行狀況。

為確保工程得以順利進行，本所於開工前辦理施工前協調會，並於施工中不定期召開協調會及進度會議，以利協調施工界面及解決各種施工疑義。綜上，主辦機關於施工期間，針對工程施工品質及品管文件內容，辦理 4 次走動式督導、1 次中心工程督導(督導共計 5 次)，及實地廠驗(至材料廠查驗)；並辦理 4 次正式協調會議。相關內容彙整成表 6-1 及 6-2。

表 6-1 主辦機關督導執行情形

項次	型式	日期	缺失紀錄(僅列代表性項目)	辦理情形
1	走動式督導	6/21	二廠棚南側鋼構部分區域(結構上部及連接處)之面漆不均勻，請改善	改善結案
2	走動式督導	7/10	因北側窗戶更新，而掉落於工區內之舊有物料影響安全，請清除	改善結案
3	走動式督導	8/17	1.因應後續二廠棚屋面板施工,請儘速清除羽球場之油漆粉塵及廢料 2.職業安全衛生告示牌日期及內容未即時更新	改善結案
4	中心工程督導	8/28	1.二廠棚南側，部分鋼構柱體表面不平整，請改善 2.第 13 及 14 檯窗戶周邊雖有修復，然未上漆，請改善 3.檢試驗報告未加註判讀日期 4.請監造單位針對屋面板材料增做相關試驗 1 次	改善結案
5	走動式督導	9/26	1.屋頂鋼板刮傷、接縫不平整 2.屋頂防水層平整度不佳	改善結案
其他	廠驗	8/2	屋頂鋼板材料廠驗	--

表 6-2 施工協調會議辦理情形

項次	型式	日期	會議主題
1	施工前協調會議	5/31	1.工程施作內容及順序 2.可能之界面問題 3.職業安全衛生事項宣達
2	儀器室室內裝修圖說送審協調會議	6/2	儀器室室內裝修圖說修正及送審事宜
3	第 1 次施工協調暨進度會議	7/13	1.進度討論 2.防水層施工問題 3.職業安全衛生事項宣達
4	第 2 次施工協調暨進度會議	7/31	1.進度討論 2.外牆修補問題 3.職業安全衛生事項宣達

6.2.2 監造單位及施工廠商品管執行情形

在工程開工前，監造單位應根據工程會最新頒布之監造計畫製作綱要、工程特性，勞動部及交通部相關規定擬定監造計畫、材料及施工品質標準，訂定檢驗停留點，以建立相關審查、抽驗與抽查機制，隨時就施工品質進行查證，並確保工地施工安全及環境整潔。施工廠商亦須根據監造計畫內容及相關規定，擬定施工、品質計畫，建立材料及施工品質自主檢查機制，使施工人員執行施工作業時，能時刻自主檢查，為工程品質第一線把關。監造單位整體抽查統計總表如表 6-3，並針對職業安全衛生、環境保護及防汛作為，每月依規定頻率隨機抽查；另施工廠商之自主檢查統計總表則呈現如表 6-4，職業安全衛生、環境保護自主檢查表則每日填寫，防汛作為每月填寫至少 1 次，如遇颱風或豪雨則增加檢查頻率；而材料檢試驗次數(如表 6-5)，則根據相關施工規範規定辦理。

表 6-3 監造單位抽查統計總表

項次	抽查項目	抽驗次數	抽驗結果		備註
			合格	不合格	
1	鋼構除鏽上漆工程施工抽查表	5	5	0	
2	屋面板更新工程施工抽查表	3	2	1	已改善
3	基礎螺栓(含無收縮水泥)工程施工抽查表	3	3	0	
4	窗戶更新工程施工抽查表	3	3	0	
5	防水工程施工抽查表	2	2	0	
6	照明、插座、開關施工抽查表	1	1	0	
7	弱電設備抽查表	1	1	0	
8	消防設備施工抽查表	1	1	0	
9	輕隔間工程施工抽查表	1	1	0	
10	天花板工程施工抽查表	1	1	0	
合計		21	20	1	

表 6-4 施工廠商自主檢查統計總表

項次	自主檢查項目	自主檢查次數	自主檢查結果		備註
			合格	不合格	
1	鋼構除鏽上漆工程施工自檢表	8	8	0	
2	屋面板更新工程施工自檢表	4	4	0	
3	基礎螺栓(含無收縮水泥)工程施工自檢表	3	3	0	
4	窗戶更新工程施工自檢表	3	3	0	
5	防水工程施工自檢表	2	2	0	
6	照明、插座、開關施工自檢表	2	2	0	
7	弱電設備自檢表	2	2	0	
8	消防設備施工自檢表	2	2	0	
9	輕隔間工程施工自檢表	3	3	0	
10	天花板工程施工自檢表	2	2	0	
合計		31	31	0	

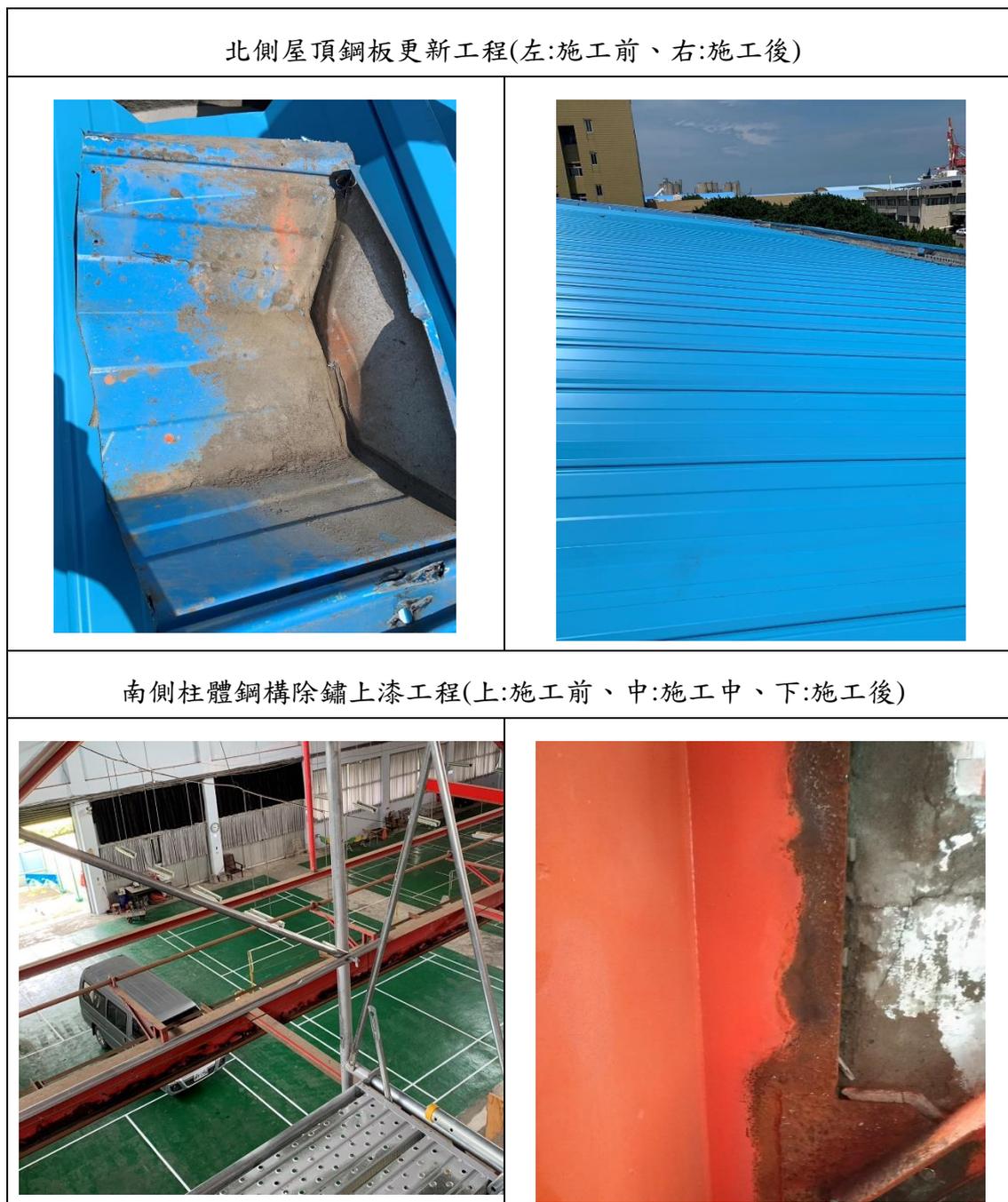
表 6-5 材料檢試驗統計總表

項次	試驗項目	應驗次數	已驗次數	檢試驗結果		備註
				合格	不合格	
1	非破壞性檢測	1	1	1	0	
2	螺栓試驗	2	2	2	0	
3	鍍鋅量試驗	1	1	1	0	
4	膜厚度檢測	4	4	4	0	
5	其他試驗(屋面板材料相關試驗)	1	1	1	0	

6.3 成果

6.3.1 工程完工對照

本小節展示二廠棚各區域經本工程修繕後，施工前、後狀況對照情形，如下圖 6.4。





北側第二層窗戶更新工程(左:施工前、右:施工後)



儀器室空間修繕工程(左:施工前、右:施工後)



屋頂排水溝防水工程(左:施工前、右:施工後)





圖 6.4 二廠棚施工前、後對照圖

6.3.2 工程施工查核及驗收

本工程經交通部工程施工查核小組於 112 年 9 月 11 日辦理工程施工查核作業，查核委員現場宣布本工程不扣點，獲甲等評定；根據查核紀錄，查核成績為甲等(評分為 81 分)，該紀錄所列優點包含確實辦理督導、文書資料完善及進度超前等 16 點；缺點部分則為工程品質管制制度落實、文書格式及施工瑕疵等 55 點，未對工程品質造成重大影響。相關改善情形之文書作業彙整「查核缺失改善情形報告」後，已依限於 112 年 10 月 25 日前函送交通部，並經審查後同意結案。查核情形如圖

6.5、圖 6.6 所示。本工程全案相關施工程序辦理完畢後，業於 11 月 28 日申報竣工，並於 12 月 11 日辦理驗收合格。



圖 6.5 工程施工查核(文書審查)



圖 6.6 工程施工查核(現場勘查)

第七章 結論與建議

本計畫透過彙整花蓮港相關研究，應用本所長期觀測之波浪統計資料，規劃水工模型相關試驗及進行消能方案研擬，以期許後續試驗結果，能提供花蓮港務分公司及相關單位參考應用，有助於花蓮港未來建設之發展。

7.1 結論

藉由彙整過往相關文獻，歸納港池振盪根本機制，主要為外海的長週期入射波成分受到花蓮港特有地形及喇叭狀港形，與港內水深淺化的影響，會將外海的長週期波浪聚集，使波浪能量在水深較淺的港內累積、增幅所致。雖然邱等人(2005)指出「一旦港灣的主體佈置定型後，任何局部性改善措施都只能產生有限的效果而已，除非大規模地重新塑造整個水域結構。」；但是，現階段仍應盡可能在既有港型基礎上，逐步進行能夠削減長週期波浪能量的岸壁消能設施或碼頭，以期能盡量減少其在港內累積的能量。

根據「國際商港未來發展及建設計畫(111~115年)」資料，花蓮港未來將定調為觀光遊憩港，並與原有之運輸功能並行發展。花蓮港務分公司規劃#1~#4 碼頭親水遊憩區、海濱歡樂城、#13~#16 碼頭水陸遊憩觀光廊帶、海洋觀光遊憩園區四大主題，並歸納為觀光遊憩商業區。目前正著手進行相關工程規劃作業，各娛樂活動對港區靜穩度的要求也將逐漸提高，因此，亟需在現有港型基礎，儘可能改善港區靜穩度，以確保營運安全。

本計畫彙整 2022 年 12 月至 2023 年 11 月港外 2 處底碇式波流儀觀站及 3 處靜穩度觀測站觀測資料，相關成果如下：

1. 港外 AWAC 主站主站示性波高 H_s 平均值為 1.21m，譜峰週期 T_p 平均值為 8.47sec。示性波高 H_s 最大值發生時間 9 月 4 日 7 時 40

分，其最大值為 13.2m，對應譜峰週期為 12.3sec，對應平均波向為 124 度。

2. 港內靜穩站 9 號碼頭靜穩站示性波高平均值為 0.09m，示性波高最大值發生時間 5 月 29 日 9 時，其最大值為 1.09m。17 號碼頭靜穩站示性波高平均值為 0.26m，示性波高最大值發生時間 5 月 30 日 4 時，其最大值為 3.37m。25 號碼頭靜穩站示性波高平均值為 0.31m，示性波高最大值發生時間 9 月 3 日 13 時，其最大值為 3.48m。
3. 在 2023 年度，25 號碼頭靜穩觀測站示性波高大於 1m 事件共計有 9 次分析期間共受到 7 場颱風影響，其中杜蘇芮、卡努、蘇拉、海葵、小犬為中央氣象署有發布警報之颱風，而瑪娃及谷超則都未發布警報。

試驗規劃部分，本試驗模型採用 1/100 模型比尺，水深 40 公分，儘可能將花蓮港及周邊海域納入試驗範圍。波浪條件規劃梅姬颱風、海神颱風、山竹颱風及丹娜絲颱風四種颱風波浪條件；另參照 DAVIS 造波系統之造波曲線，設計 5 組規則波試驗條件；而花蓮港全年波浪，則以 JONSWAP 不規則波進行。試驗波浪方向選定 ESE、SE、SSE、S 做為主要造波方向。改善方案部分共研擬(1)參考日本苫小牧港，於防波堤旁以塊石及消波塊設置消能設施(2)港區出口設置底床消能工(3)#7 及#12 碼頭局改為消能型式碼頭(4)本所 2009 年所提數值改善方案等 4 種方案，可於後續試驗進行改善效果評估。又本計畫時逢第二試驗廠棚修繕工程，執行期間受交通部查核管控，本所同仁皆全力投入此案，並獲得甲等(81 分)成績，值得肯定。

7.2 建議

本計畫分析本所 2023 年度之颱風波浪歷線，主要探討極端值發生時之示性波高/週期/方向，與颱風事件時序之關係，並未對作用於港區之湧浪進行深入分析，特別是湧浪(長週期波之分離)，故尚無法得知造成港池振盪之頻率、能量，與其他相關資訊。考量 2023 年侵台之颱風

為近年來較為有感者，爾後可針對此部分進一步分析，並期許未來之觀測技術能更上層樓，以利精進海、氣象之觀測。

本計畫因時逢第二試驗廠棚修繕工程，囿於修繕期間之時程壓力，且受交通部查核管控，目前所規劃之港區配置僅有平面圖，後續將對於花蓮港模型之建置進行細部規劃，並針對改方方案，探討水工模型調整性。另造波條件部分，由於 HR 系統未呈現水深 40 公分時之造波能力，故目前主要參考 DAVIS 造波曲線(40 公分水深)，惟該曲線之週期限只有 3 秒，實屬可惜；未來將檢討相關造波條件，評估 HR 系統於水深 40 公分時之造波能力。

7.3 成果效益與應用情形

1. 初步彙整影響花蓮之歷年颱風以及避湧資訊，有助於後續相關研究應用。
2. 所初步規劃之配置，經 112 年 12 月 14 日與臺灣港務股份有限公司及花蓮港務分公司交流，獲得認同，並期許後續試驗之成果分享。
3. 本計畫所蒐集之花蓮港未來發展資訊，有助於相關單位進行港灣工程規劃時，能兼顧不同面向。

參考文獻

1. 張金機、曾相茂(1993)「花蓮港港池不穩靜初步調查研究」，第 15 屆海洋工程研討會，第 489-502 頁。
2. 簡仲璟、邱永芳(1996)，「花蓮港港灣設施改善計畫之研究-模型試驗」，專刊 127 號，交通處港灣技術研究所。
3. 曾相茂、簡仲璟 (1996)，「花蓮港海域海象現場調查與分析」，交通處港灣技術研究所。
4. 蘇青和、蔡丁貴、張金機(1996)，「花蓮港港灣設施改善計畫之研究-數值模擬」，專刊 128 號，交通處港灣技術研究所。
5. 簡仲璟(1997)，「花蓮港整體規劃及未來發展計畫—長浪及漂砂防制研究 2.防波堤堤線配置平面試驗」，專刊 152 號，交通處港灣技術研究所。
6. 簡仲璟、曾相茂(1999) ，「花蓮港颱風波浪特性研究」，第 21 屆海洋工程研討會，第 55-62 頁。
7. 邱永芳、蔡金吉、張金機(2000)，「花蓮港商漁港分道與港池穩靜水工模型試驗研究-水工模型試驗報告」，專刊 190 號，交通處港灣技術研究所。
8. 莊文傑(2000)，「亞重力波與花蓮港之波動共振」，港灣報導第 54 期，第 26-42 頁。
9. 莊文傑、江中權(2000)，「亞重力波引起花蓮港之共振機制與對策」，第 22 屆海洋工程研討會，第 578-585 頁。
10. 郭一羽 (2001)，「海岸工程學」，文山書局。
11. 李兆芳、劉正琪、張憲國 (2001) ，「港池振盪之數值計算模擬計算」，海洋工程學刊，第 1 卷，第 1 期，第 1-22 頁。
12. 郭一羽、林明儀、曾相茂(2002)，「花蓮港池振盪現象的探討，海洋工程學刊」，第 2 卷，第 1 期，第 55-71 頁。

13. 邱永芳、蔡金吉、張富東(2003)「花蓮港長浪防治之試驗研究」，第 25 屆海洋工程研討會，第 655-660 頁。
14. 蘇明陽(2003)「花蓮港港池振盪入射波種類之探討及建議」，第 25 屆海洋工程研討會，第 917-923 頁。
15. 張憲國、林立青(2003)，「花蓮港池振盪之頻率與振幅辨識模式」，第 25 屆海洋工程研討會論文集，第 103-110 頁。
16. 邱永芳、林焯圭、簡仲璟(2004)，「花蓮港長浪特性試驗研究」，海洋工程學刊，第 4 卷，第 1 期，第 89-121 頁。
17. 林焯圭、林玉峰、蕭俊賢、鄭璟生、邱永芳(2006)，「花蓮港長週期振盪之觀測研究」，第 25 屆海洋工程研討會。
18. 陳冠宇、簡仲璟、蘇青和、曾相茂(2006)，「邊緣波引致花蓮港共振問題之研究」。港灣報導第 74 期，第 27-40 頁。
19. 單誠基、林焯圭(2007)。「淺談花蓮港港池共振研究經驗與未來方向」。港灣報導第 76 期，第 34-40 頁。
20. 簡仲璟、張富東、單誠基(2009)，「花蓮港颱風波浪之長週期波動研究」，第 31 屆海洋工程研討會論文集，第 441-446 頁。
21. 楊一中、陳佑廷、蔡政翰(2009)，「群波與花蓮港內亞重力波」，第 31 屆海洋工程研討會論文集，第 55-60 頁。
22. 楊自立、楊一中、陳佑廷、蔡政翰(2010)，「使用 Boussinesq 模式探討群波與花蓮港亞重力波的關係」，第 32 屆海洋工程研討會論文集，第 109-113 頁。
23. 楊自立、楊一中、陳佑廷、蔡政翰(2011)，「颱風時期花蓮港亞重力波之探討」，第 32 屆海洋工程研討會論文集。
24. 蔡立宏(2010)，「花蓮港港池共振機制及改善對策之研究」，交通部運輸研究所。
25. 莊文傑(2020)，「臺灣東部海岸颱風長浪群波引致之港灣振盪」，交通部運輸研究所。

26. 周立翔、夏武成、蘇仕峰(2021)，「花蓮港颱風波浪之數值模擬」，第32屆海洋工程研討會論文集，第397-401頁。
27. 臺灣港務股份有限公司(2021)，「國際商港未來發展及建設計畫(111~115年)」。
28. 蘇青和，洪維屏，陳鈞彥(2021)，「離岸風電區鄰近海岸漂沙機制探討(4/4)」，交通部運輸研究所。
29. 李政達、林受勳、李江澤、陳天時、李俊穎(2022)，「臺中港靜穩度水工試驗暨波浪數值水槽之初步探討」，交通部運輸研究所。
30. 周立翔(2022)，「數值模擬花蓮港之颱風波浪」，淡江大學碩士論文。
31. 羅冠顯、林達遠、廖慶堂、劉明鑫、曹勝傑、柯拓宇、陳子健、陳孟宏(2023)，「2022年臺灣海氣象觀測資料統計年報」，交通部運輸研究所。
32. 臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司(2023)，「花蓮港颱風湧浪期間船舶靠泊作業注意事項」。
33. 今卓也、松野健、小葉松和也、田川人士、葛西弘行(2012)，「苫小牧港における長周期波対策工の効果検証」，日本海岸工學會年會論文集。
34. 松野健、青野獎、矢野隆博(2013)，「苫小牧港西港区における長周期波対策工の効果検証」，日本海岸工學會年會論文集。
35. 日本國土交通省北海道開發局(2022)，「苫小牧港長周期波対策事業の効果検証に関する調査報告書」。

附錄 1 期末報告審查意見處理情形

交通部運輸研究所自辦研究計畫

期末報告審查意見處理情形表

計畫編號：MOTC-IOT-112-H2CA001j

計畫名稱：花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

審查日期：112年12月28日

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
鄭智文委員	
摘要表(3)#7及#12碼頭局”部”有漏字。	已於摘要補正。
花蓮港湧浪引發港池共振，目前原因為何及具體改善措施尚未有一致之共識，本研究值得持續進行。	本所將於113、114年度賡續辦理本計畫後續相關研究。
雖然港灣的主體布置已經定型，但因波浪仍有相當程度的未知性，建議仍應對此湧浪議題深入探討，增進港池靜穩度，提昇國內研究水準。	本所將於113、114年度賡續辦理本計畫後續相關研究，並將針對由外海傳遞至花蓮港之波浪，加強現場觀測分析，並針對湧浪進行深入之探討。
圖3-5水深地形圖數字太小。	已將圖3-3(圖3-5屬誤植)放大，詳P3-5。
表3-10~3-13文字模糊。	已加強表格內容清晰度。
表3-17~3-19文字模糊。	已加強表格內容清晰度。
第5-1頁第一行不靜穩，建議改正為靜穩度。	已將P5-1第一行不靜穩修正為靜穩度。
花蓮港外水深變化極大，水工試驗應具體模擬臺灣東岸外海之地形。	感謝委員建議，本計畫為觀測花蓮港內港較為明顯之水理現象，及減少波高計對試驗波浪之擾動，並評估本所運技中心二廠棚平面水池大小、水深，及造波機位置，故選定試驗範圍為外海水深40m處；此位置應尚可模擬湧浪傳遞情形。
造波機距離花蓮港之距離是否足夠湧浪生成。	本報告中，造波機預計位置距離花蓮港區結構物約12m，根據初步規劃試驗波浪條件及水池深度，以超越方程式估算波長約為8~10m，應足夠湧浪生成；後續將考量於進行試驗前，先行測試造波機造浪情形。
在試驗室的尺度範圍內忽略波浪水體黏滯係數，可否實際模擬現地實況。	流體運動中雷諾數(Re)為慣性力與黏滯力之比值，就一般風浪範疇內之波浪而言，其雷諾數量級約有 10^5 ，黏滯力佔比極小，故波浪運動可視為一種非旋(黏)性運動，故在水工模型中係以重力，亦即福祿數(Fr)之為主要參數，可模擬現地實況。

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
花蓮港防波堤內側直立岸壁的反射波改善。	本文改善方案 3，若將花蓮港#7 及#12 碼頭置換成消能式碼頭，可評估反射波改善情形。
(二) 黃清和委員	
此計畫為 3 年期計畫，建議增列一章節，說明分年計畫執行目標、策略以及預期成果。	有關本計畫各年度之分年計畫執行目標、策略以及預期成果，已補述於本報告第 1.3 節，詳 P1-4。
花蓮港因港池形狀特殊，除有共振現象外，建議應進一步探討港內水域水面上升所導致之共振現象。	感謝委員建議，花蓮港因其特殊港型，且港區外部海域地形變化極大，當湧浪進入港區後，狹窄且變淺之水域，確實為花蓮港共振產生的原因之一，爰本計畫後續可考量根據不同位置所量測之波高，進一步探究港區地形與花蓮港共振之關係。
文中摘錄許多有關過去學者、專家對花蓮港池共振研究報告，建議文中應歸納重點，指出未來建議遮蔽試驗應採取策略之參考。	感謝委員建議，本文第二章各小節末段，已就花蓮港現場觀測、數值模擬，及水工模型試驗各部分分別歸納重點，並於該章最後一節歸納前人研究結果；本計畫後續將於文獻回顧中，加強著墨前人水工模型試驗研究成果，以做為遮蔽試驗執行之參考。
過去遮蔽試驗(定床)很少從事模型製作，完成後其表面粗糙與邊界條件是否與現場相符?目前因港內、港外均已有觀測紀錄，建議試驗前應施作一”驗證試驗”，證明模型之邊界與現場是相符合的。	感謝委員建議，本計畫之水工模型將儘考量防波堤及其他結構物(如消波塊)實際位置，使其邊界條件儘可能符合現場情形。另本年度報告中規劃之試驗條件，波浪方向係為 AWAC 波浪觀測儀現場定點觀測之統計結果，屆時可於試驗施作前，於相同位置佈放波高計，觀察波浪運動情形；惟需注意試驗波浪方向為單一方向且為觀測資料統計後之結果，不能百分之百代表現場波浪運動情形。
港灣工程有其特殊性，國外案例能否複製，值得商榷。	感謝委員建議，本計畫參考日本苫小牧港長周期波對策工法，於港區防波堤側邊佈設塊石與混凝土塊，該法之成效業經實地檢驗經；本計畫執行期間，與花蓮港務分公司意見交流分享日本作法，應可先進行水工模型試驗，待評估成效後，再分階段於現場實際施作。
缺參考文獻、年代、作者等，建議加以補齊。	參考文獻、年代、作者等已補正於參考文獻章節。
改善方案建議於港外適當地點施放塊石，先行將長週期波”折射”到港外。	感謝委員建議，本計畫旨在針對花蓮港共振問題，評估各種可能之改善方案，本項建議將俟原計畫改善方案完成後，視預算運用及試驗執行情形評估施作。

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
試驗時應考慮”造波時間”，避免反射波折回再反射回去。	後續進行本計畫試驗時，將審慎考量造波時間，避免反射效應。
(三) 楊瑞源委員	
水工模型試驗之規劃除參酌以往之試驗成果以外，建議亦可先進行數值模擬，其模擬結果可做為水工模型試驗規劃之參考並篩選必要之試次。	感謝委員建議，本計畫後續將視本所經費及試驗執行情形，評估辦理數值模擬作業。
目前運輸技術研究中心造波機配置共有 4 部(每部 6m 寬)，若改變不同波向宜先規劃如何調整造波機，或港埠模型之因應調整。	本試驗之花蓮港模型完成後，港區模型之平面位置將不更動，僅就不同改善方案局部調整模型配置、組合；另有關造波機位置部分，將於每方向波浪條件完成之後，利用第二試驗廠棚吊車進行吊運調整。
水工模型試驗之地形水深鋪設是否已有考量波浪發展段、地形漸變段及實際地形段等之鋪設範圍。	本報告中，造波機預計位置距離花蓮港區結構物約 12m，根據初步規劃試驗波浪條件及水池深度，以超越方程式估算波長約為 8~10m，應足夠湧浪生成；後續將考量於進行試驗前，先行測試造波機造浪情形。另本研究為觀測花蓮港內港較為明顯之水理現象，及減少波高計對試驗波浪之擾動，並評估本所運技中心二廠棚平面水池大小、水深，及造波機位置，故選定試驗範圍為外海水深 40m 處；此位置應尚可模擬湧浪傳遞情形。
造波機是否有主動吸波功能(ARC)，如有，建議可進行有無開啟 ARC 功能之差異分析。	本所運技中心二廠棚平面造波機未具備主動吸波功能。
波浪量測系統與佈設點位，亦建議先行規劃，此外測試之波浪條件是否規則波及不規則波皆有考量?另建議納入不同潮汐水位之試次。	波高計佈設位置已初步規劃如圖 5.5 所示，主要佈設在造波機前、港區靜穩站及重要節點。 本計畫所規劃之試驗造波條件，颱風波浪及造波機極值條件以規則波為主；季風波浪條件則以 JONSWAP 不規則波浪測試。 本試驗潮位部分，將規劃以中潮系統平均潮位做為花蓮港水深，後續可視試驗情形調整。
(四) 本所運輸技術研究中心李俊穎副研究員	
建議後續蒐集國內外近年相關研究文獻及國外案例說明，並將參考文獻放入。	感謝委員建議，本計畫將於 113 年度持續蒐集國、內外相關研究文獻。 參考文獻、年代、作者等已補正於參考文獻章節。
訪談結果及與臺灣港務股份有限公司開會結果，建議摘錄部分內容於本文內。	已將與臺灣港務股份有限公司開會結果，納入本文附錄。

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
建議造波條件要先採用規則波部分來確認其遮蔽係數及對應後續消能效果。	本計畫所規劃之試驗造波條件，颱風波浪及造波機極值條件以規則波為主；季風波浪條件則以 JONSWAP 不規則波浪測試。
建議再審慎評估試驗方案及所需試驗次數等。	本計畫規劃試次原則上依照本報告表 5-6 所示，後續將持續檢視造波機性能，以評估是否需調整試驗次數或造波條件。
(五) 本所運輸技術研究中心胡啟文副研究員	
文獻資料蒐集完整，以瞭解導致港池共振可能之主要原因，並據以規劃出未來方案。	感謝委員肯定。
圖 4.1 花蓮港觀測位置圖，應標示出各靜穩度觀測站之編號，以便於對照圖 4.9~4.11 中觀測紀錄其與所在位置間，數據所呈現之意義。	已於圖 4.1 標示花蓮港各靜穩站位置對應之碼頭，詳 P4-2。
4.3 小節，港外 AWAC 主站於 9/4 測得最大示性波高 13.2m，對應譜峰週期為 12.3s，對照港內 25 號靜穩站最大示性波高發生於 9/3，有直接關聯；但港內 9 號及 17 號靜穩站最大示性波高則發生於 5/29、5/30(對照站外 AWAC 譜峰週期應為該年度最大值)，造成該差異性之可能原因為何？建議可在本小結內論述說明。	因外海波浪具相當變化性，故港外 AWAC 測站所測得之最大適性波高及波向為瞬間值，其與鄰近之#25 靜穩站關聯性較大；當波浪持續往港區內行進，容易受到結構物之折、繞射影響，導致港內#9 及#17 靜穩站最大示性波高則發生時間與#25 不同，非完全正相關；惟需留意的是，雖然各靜穩站極值發生時間不同，但港內外波高變化仍有基本關聯性。
P5-8、表 5-3 模型 Hs 數值是否有誤？造波機極值波浪條件及季風波浪 JONSWAP 理論波浪所輸入之波浪方向配置為何？以目前配置來看為 6x4=24 組，若加上 5.3.1 所研擬之方案，其試驗組數會相當多，時間是否足夠？建議可再進一步規劃相關作業期程。	表 5-3 模型試驗之 Hs 單位為公分，該數值為原型 Hs(單位為公尺)之 1/100。 本報告規劃造波機極值波浪條件及季風波浪 JONSWAP 理論波浪輸入之波浪方向皆為 ESE、SE、SSE 及 S，儘可能在本計畫期間嘗試多種試次，後續將於本所 113 年工作計畫書中，審慎規劃試驗作業期程。
P5-16，圖 5.11 花蓮港改善方案研擬，應加註各方案編號於圖中輔助說明。	已於圖 5.1 標示花蓮港改善方案編號，以利與內文對照，詳 P5-16。
112/12/14(原文 12/24 日期有誤) 「花蓮港-港池共振內港削減改善討論會議」決議 2 事項中，港公司預計 114 編列經費辦理研究，其與本計畫之關聯性為何？	有關該會議決議 2「114 年編列經費辦理研究案」一節，係因花蓮港務分公司刻正辦理港區之觀光遊憩區規劃，相關工程可能於 115 年後進行，爰於 114 年編列經費以評估港內靜穩度；經費部分與本計畫尚無直接關聯，現階段僅先著重於研究成果與意見交流。
(六) 本所運輸技術研究中心蔡世璿助理研究員	
本研究回顧花蓮港自民國 80 年起至今之現場觀測、水工模型及數值模擬之各項研究，資料蒐集相當完整，資料豐富，為後續研究提供寶貴且全面的參考價值。今年度對於第	感謝委員肯定。

參與審查人員 及其所提之意見	執行單位說明
二試驗廠棚的修繕工程圓滿結束，對後續研究進程與執行研究之同仁安全均相當重要，值得肯定。	
圖、表目錄之圖號、表號格式，請依本所出版品規定調整；另有參照連結失效，請修正。	遵照辦理，已修正本計畫之圖表格示，並修正參照連結失效情形。
內文所提的表號與表格之編號格式不同，請再檢視統一。	內文所提的表號與表格之編號格式不同部份，已全面檢視統一之。
第 2-4 頁，圖 2.2 之圖號與圖片順序倒置，請再確認修正。	已修正圖 2.2 之圖片與圖號順序，詳 P2-4。
第 4-10 頁，波高大於 1 公尺的事件，建議以表格呈現。第 4-15 頁為空白頁。	已將#25 碼頭靜穩觀測站示性波高大於 1 公尺事件，改以表格呈現，詳 P4-10。
參考文獻請再補齊。	參考文獻、年代、作者等已補正於參考文獻章節。

附錄 2 期末報告簡報



交通部運輸研究所

花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗 規劃及建置

報告人：陳智恆 助理研究員

成員：李俊穎、林受勳、李江澤、陳天時

日期：112年12月28日

大綱

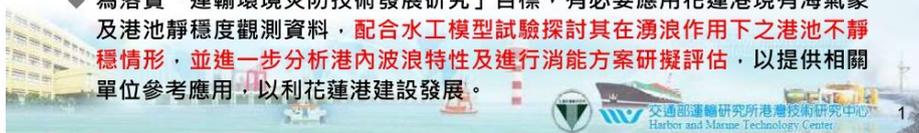
- CH1、緒論
- CH2、相關研究回顧
- CH3、花蓮港背景資料
- CH4、花蓮港內外波浪觀測分析
- CH5、水工模型試驗規劃及前置作業
- CH6、第二試驗廠棚修繕工程概述
- CH7、結論與建議



CH1 緒論

1.1 計畫緣起與目的

- ◆ 花蓮港自建港以來，一直扮演串連東部運輸及經濟發展的關鍵腳色，然而，其特殊的港型，使得颱風於太平洋所產生之湧浪，容易傳遞至花蓮港內。港內湧浪不易宣洩之能量，使其經常發生港池振盪不靜穩現象，嚴重影響船隻穩定及人員安全。
- ◆ 本所運技中心民國98年完成之「花蓮港港池共振改善計畫」已研擬若干結構性與非結構性改善方案，並獲得多數專家學者認同。惟結構性工程對花蓮港區影響甚鉅，在有限的經費與時間條件下，短期內恐難執行；且花蓮港共振機制成因仍有部分待商榷。
→現階段主要優先發展非結構性方案，如風浪預警系統和船舶管理(觀察#25 碼頭靜穩觀測站，波高達1M，發布管制訊息)
- ◆ 近年來，花蓮港面臨國際海運趨勢及競爭課題：
→發展運輸及觀光遊憩，雙主軸發展。
→如何在現有港型基礎，提升港池靜穩度或減少湧浪影響，為重要課題
- ◆ 為落實「運輸環境災防技術發展研究」目標，有必要應用花蓮港現有海氣象及港池靜穩度觀測資料，配合水工模型試驗探討其在湧浪作用下之港池不靜穩情形，並進一步分析港內波浪特性及進行消能方案研擬評估，以提供相關單位參考應用，以利花蓮港建設發展。



類別	標題	日期
最新消息	【解除管制】本港自112年10月6日10時起恢復船舶進出港作業。	10/6
最新消息	【管制訊息】因中度颱風「小犬」致本港浪浪達1公尺，本港訂於10月3日10時實施出港管制，請查照。	10/3
最新消息	【解除管制】本港自112年9月4日15時30分起恢復船舶進出港作業。	9/4
最新消息	【管制訊息】因中度颱風「海葵」外圍環流影響，本港訂於9月2日10時實施出港管制，請查照。	9/2

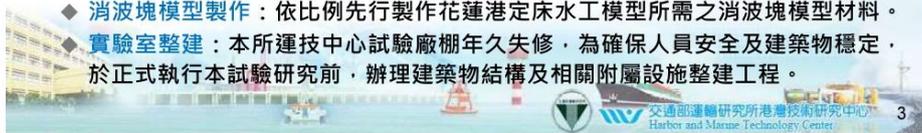
CH1 緒論

1.2 計畫範圍

- ◆ 北起花蓮港區#12、#13號碼頭，南至近南濱太平洋公園處

1.3 計畫內容及工作項目

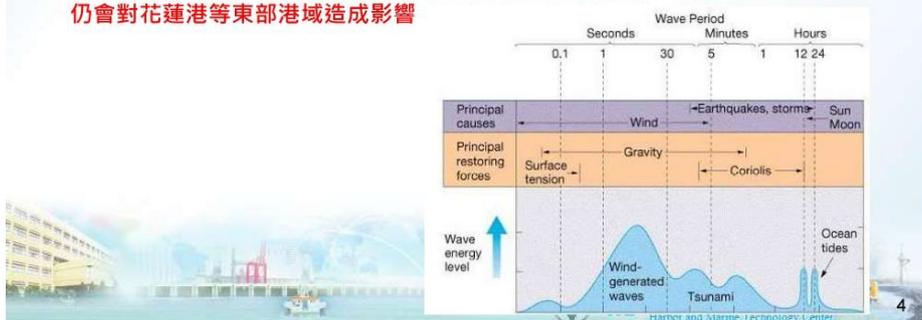
- ◆ **文獻回顧**：回顧有關花蓮港港池不靜穩情形相關研究，初判造成港池振盪之相關湧浪週期、波高、波向等條件。
- ◆ **海氣象資料彙整**：利用本所長期於花蓮港蒐集觀測之海氣象資料，彙整並分析其風、波、潮、海流等海氣象特性，以利擇定合適造波條件。
- ◆ **地形資料蒐集**：蒐集計畫範圍之地形資料，並盡可能將周遭地形納入考量，以提昇試驗模型之真實性。
- ◆ **試驗條件及配置規劃**：就本所運技中心試驗水槽尺寸，利用模型相似定律，規劃將花蓮港區及周邊地形之原型，以適當比例縮小，建置其定床水工模型；接續依造波機造波能力，擇定符合該模型之湧浪試驗條件，可做為後續試驗之比較基礎。
- ◆ **消波塊模型製作**：依比例先行製作花蓮港定床水工模型所需之消波塊模型材料。
- ◆ **實驗室整建**：本所運技中心試驗廠棚年久失修，為確保人員安全及建築物穩定，於正式執行本試驗研究前，辦理建築物結構及相關附屬設施整建工程。



CH2 相關研究回顧

2.1 風浪與湧浪

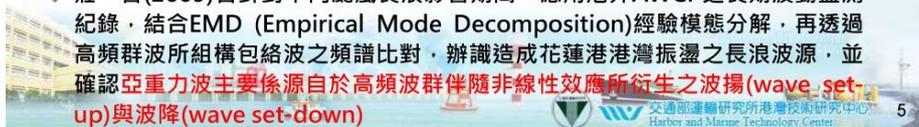
- ◆ 風浪(wind waves)為常見的波浪形式之一，亦即因風場(如季風、颱風)而起之波浪，其特性取決於風的強度、風向、風區的大小和風的持續時間。週期大多 ≤ 30 秒，而且，週期約在8~10秒間之風浪，波動能量相對大
- ◆ 交通部中央氣象署則定義**波高超過1.5米**，平均週期(Mean wave period)**超過8秒者為湧浪(長浪)**，通常湧浪週期落在**5~30秒**。
- ◆ 當風浪週期及波高逐漸發展，其波速就會大於風速，進而脫離風區，但仍以重力波型態向外持續傳播。故**一旦太平洋海面上有颱風生成，即使未接近臺灣，仍會對花蓮港等東部港域造成影響**



CH2 相關研究回顧

2.2 歷年相關研究 現場

- ◆ 張與曾(1993)分析颱風期間，造成花蓮港內船隻不能作業時的波浪能譜，判定長週期能量是影響花蓮港穩靜的關鍵因素。
- ◆ 曾及簡(1996)在花蓮港內外設置波高計觀測提姆颱風來襲期間波浪資料，結果指出於外海測站波浪能量峰值的週期集中在11秒至15秒之間，無異常的長週期能量，但是在港口附近測站已有顯著的長週期波浪能量出現，於港內有明顯的能量集中在47、82、98、114及158秒成份波處，而小於15秒的短週期波浪能量已變得很小
- ◆ 張及林(2003)利用最小二乘法，分析民國83年提姆颱風的港內波動訊號上，辨識出港內主要成份波週期為87.6及152秒，而港外為15、52、80及130秒。
- ◆ 林等人(2006)，延長連續取樣時間(由從1200秒延長為15000秒)，針對花蓮港附近水域收集較長時間的水位變動資料，並用數值濾波方式分離水位資料的時間序列，結果發現花蓮港內外水域除了一般的重力波，還存在亞重力波以及週期大於1000秒的超長重力波
- ◆ 莊、曾(2009)曾針對不同颱風長浪影響期間，應用港外AWCP之長期波動監測紀錄，結合EMD (Empirical Mode Decomposition)經驗模態分解，再透過高頻群波所組構包絡波之頻譜比對，辨識造成花蓮港港灣振盪之長浪波源，並確認亞重力波主要係源自於高頻波群伴隨非線性效應所衍生之波揚(wave set-up)與波降(wave set-down)



CH2 相關研究回顧

數值

- ◆ 蘇等人(1996)利用近岸波場推算數值模式Model WP21探討港內的波動，並指出當入射波週期為42、87、92、118及155秒時，港內會引起明顯的振盪。
- ◆ 莊(2000)、莊及江(2000)應用MIKE21-EMS以數值模擬，並認為亞重力波顯著支配花蓮港的共振特性。當亞重力波之入射週期為100、130、160及190秒時，港內會引起程度不同的共振，而且若花蓮港外海存在具有較顯著振幅(能量)的195秒波動時，則花蓮港內港域各碼頭區將面對全面性嚴重振盪。
- ◆ 李等(2001)利用緩坡方程式及邊界元素法進行解析並發現入射波週期為48、56、96、116、140及160秒時會引起港內的長週期振盪。
- ◆ 郭等(2002)研究以往颱風時期實際水位觀測數據進行快速傅利葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)分析，於外海波浪頻譜主要為0.08Hz，進入港內之後有0.01Hz能量出現，證實花蓮港在颱風到達之前港內振盪較劇烈，颱風登陸以後反而沒有引起更大的共振
- ◆ Chen et al. (2004)、陳等(2006)認為緣波為可能生成花蓮港內亞重力波的機制，經由實際觀測結果波浪在進入花蓮港之前就已經產生亞重力波，文中並建議於海上設置防波堤可以減少緣岸波產生的共振現象。
- ◆ 林等(2008)以EEMD(Ensemble Empirical Mode Decomposition method)法分析海棠颱風各測站水位資料，港內長週期放大因子最大值約為5.6，颱風期間港外的長週期成份之能量比率約為10%~20%。



CH2 相關研究回顧

數值

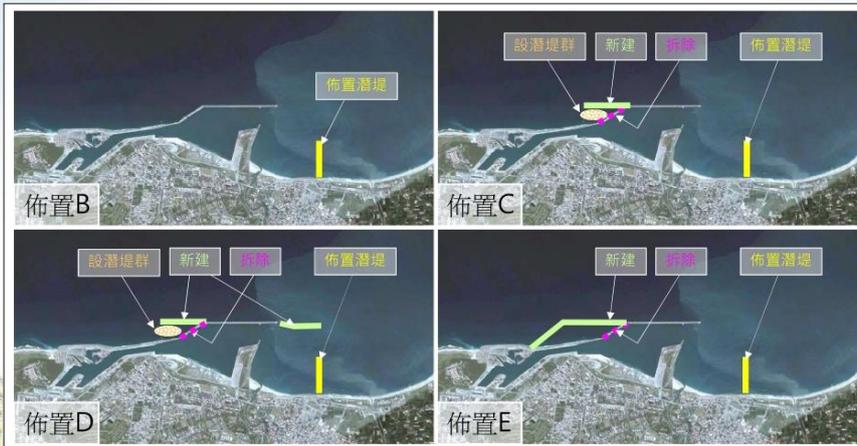
- ◆ 楊等(2010)使用Mike21(BW)模式模擬Bowers(1977)群波產生共振的水槽實驗，模擬在水槽岸壁增加孔隙層，該設置能夠降低共振槽內的振幅；另外模擬以群波輸入花蓮港地形，若於外港增加孔隙層可減低內港的共振現象。
- ◆ 蔡(2010)以Lee等人(1998)的港池共振波場數值模式為基礎，建置花蓮港港池共振數值模式。該研究共提出若干改善佈置方案，其中，於碼頭壁加設消波設施可以消滅長週期波，有效降低共振強度，但無法對100秒以上長波消能，並建議將#13及#14碼頭形式，變更為棧橋式碼頭，並在碼頭後側附近的防風林帶加以浚挖，使內部港池與北部外海相通，以達到消滅。
- ◆ 楊等(2011)利用Mike21 BW模式，採用實測之2005年海棠颱風波浪資料，模擬該颱風期間花蓮港內產生亞重力波的現象，由結果得知於港內8號碼頭所測得的亞重力波之波浪能量，主要是因為港外短週期波群所造成，而非港外長週期波浪的輸入後在港內放大。另模擬若在南、北濱處設置離岸堤，降低長週期波能量的效果，與離岸堤配置及颱風波浪入射角度有關。
- ◆ 蘇(2021)利用FUNWAVE-TVD非線性波浪數值模式，模擬2005年龍王颱風波浪從ESE及SE向入射港口之情況，模式結果顯示平面空間之波浪分布，示性波高在外港區稍高，內港區相對穩靜，亞重力波在內港區及連結內外港之航道都相當顯著，最大的亞重力波高出現在港最內側的碼頭。整體而言，SE向之示性波高分布大於ESE向，相反地，ESE向的亞重力波高大於SE向。

CH2 相關研究回顧

水工模型試驗及其他數值改善方案

- ◆ 「花蓮港港灣設施改善計畫之研究」之改善方案，簡及邱(1996)
- ◆ 比尺1/150

水工模型

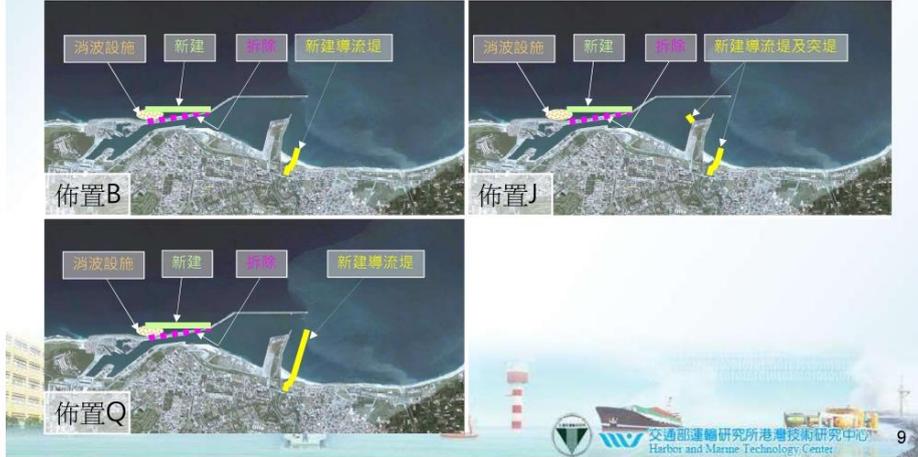


CH2 相關研究回顧

水工模型試驗及其他數值改善方案

- ◆ 「花蓮港整體規劃及未來發展計畫—長浪及漂砂防制研究」之改善方案·簡等 (1997)
- ◆ 比尺1/150

水工模型



CH2 相關研究回顧

水工模型試驗及其他數值改善方案

水工模型

方案配置	立意	結論
在花蓮港南側的南濱海岸興建複合式突堤或拋石潛堤或延伸美崙溪的導流堤	期望能以破壞外海入射波的波場結構，阻絕長週期的緣波進入港內，並減少南濱海岸的侵蝕與港口的淤積的問題	有限度地稍降低港內的長週期振盪能量，其中又以興建沒水潛堤為佳
改變東防波堤的堤線	兼具更新老舊的舊東堤，擴寬窄段航道	試驗結果顯示雖然可以削減部份長週期振盪能量，但也可能改變振盪的週期，而產生負面的效果
漁港海堤或新建東堤之間保留適當的缺口	宣洩部份的長週期波能	對改善內港區的長週期振盪雖然略具成效，但在冬季東北季風盛行時東北向波浪作用下，反而可能造成港內不穩靜



CH2 相關研究回顧

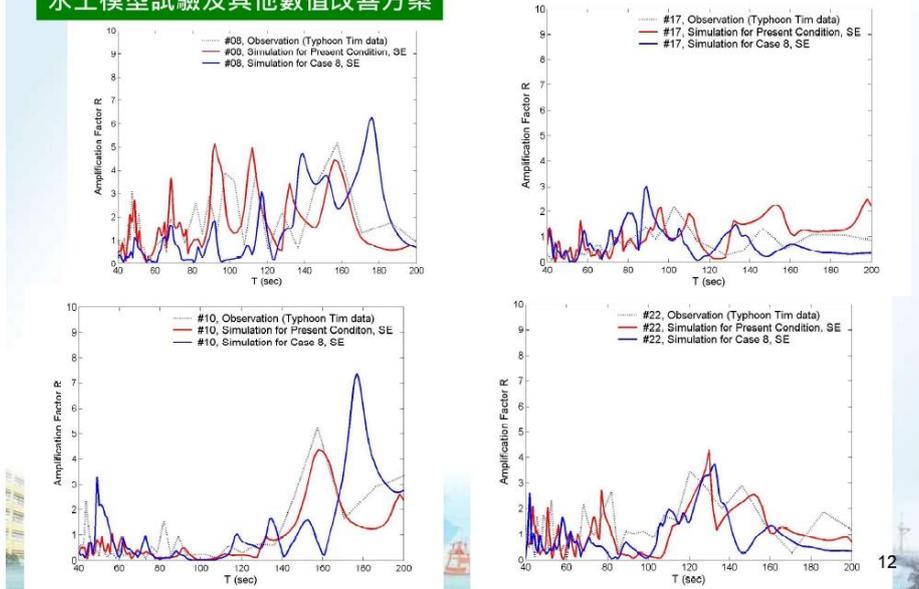
水工模型試驗及其他數值改善方案

	方案1	方案2	方案3	方案4
工期	3年	—	1年	3年
工程經費	100億元	—	5.23億元	105.23億元

	方案5	方案6	方案7	方案8
工期	—	3年	3年	3年
工程經費	—	40.7億元	30.7億元	3年38億

CH2 相關研究回顧

水工模型試驗及其他數值改善方案



CH3

花蓮港背景資料

3.1 地文背景

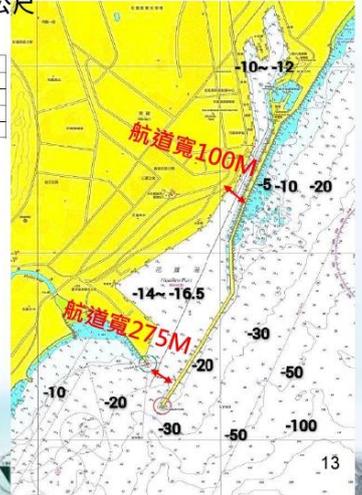
- ◆ 花蓮港港區水域面積為1,045公頃、陸域面積為170公頃，總面積共1,215公頃(109年1月10日院臺交字第1090000314號函核定)。
- ◆ 外廓東防波堤長3,097公尺、西防波堤1,050公尺

表 3-1 花蓮港進港計畫船型表

港區	船種	船艙大小	船長(m)	船寬(m)	吃水(m)
外港區	貨輪	100,000 DWT	240	38	14
	客輪	171,500 GT	316	43	8
內港區	貨輪	15,000 DWT	140	23	9.1
	客輪	10,000 GT	112.6	30.5	2.9

表 3-3 花蓮港各類碼頭席數需求檢討一覽表

碼頭類別	109年配置(現況)		115年配置		備註	
	碼頭編號	席數	碼頭編號	席數		
散雜貨/多功能碼頭區	礮石專用	#11	1	#11	1	維持現狀
	砂石為主	#17、#20、#21	3	#17、#20、#21	3	維持現狀
	煤為主	#25	1	#25	1	維持現狀
	水泥專用	#10、#18	3	#10、#18	2	註 1、#18 仍提供水泥裝卸
	散雜貨	#4、#13、#14、#19、#24	5	#8、#19、#24	3	註 1、2、3
客運/客貨碼頭	客貨碼頭	#22、#23	2	#13-#16、#22、#23	6	註 2、客貨碼頭6席，可供散雜貨裝卸與客運共用
其他碼頭	港勤碼頭	#1、#2、#3	3	#1、#2、#3	3	維持現狀
	公務碼頭	#5、#6、#7	3	#4、#5、#6、#7	4	註 4、增加一席
	網皮碼頭	#9、#12、#15、#16	4	#9、#12	2	註 5
碼頭	合計		25		25	



CH3

花蓮港背景資料

3.2 海、氣象環境

風力：2站
能見度：1站

潮：2站
靜：3站(#9、#17、#25)

AWAC：2站

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

CH3

風

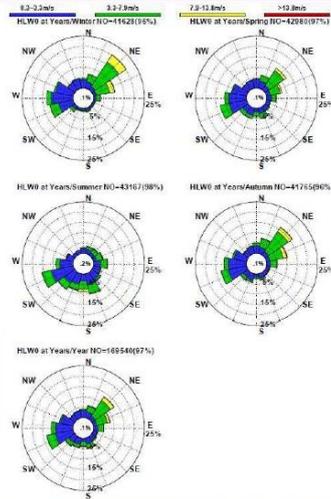
花蓮港背景資料

序 號	日期 (年/月)	觀測 點數	風速		最大風 風速/風向 (m/s)/(風向)	輕風和風				強風				主要風向 方向/百分比
			平均風 (m/s)	平均風 (m/s)/(風向)		<3.3 (%)	~7.9 (%)	>13.8 (%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)		
1	歷年/12	14348(96%)	4.0	1.9/NNE	15.1/ESE	51.1	40.2	8.7	.0	47.0	5.1	22.8	25.1	NE /22.9%
2	歷年/01	14476(97%)	3.7	1.5/NNE	14.4/ESE	55.1	38.2	6.7	.0	42.4	5.0	23.4	29.2	NE /20.0%
3	歷年/02	12804(94%)	3.6	1.0/NNE	16.0/SSW	55.6	38.5	9.9	.0	37.4	8.4	27.4	26.7	NE /17.3%
4	歷年/03	14263(96%)	3.5	.6/NNE	14.2/S	56.3	38.7	5.0	.0	34.2	11.7	30.1	24.0	NE /13.3%
5	歷年/04	13551(96%)	3.3	2/NE	13.9/ESE	68.5	36.6	2.9	.0	31.0	14.3	32.8	21.9	WSW/13.0%
6	歷年/05	14866(100%)	2.9	.1/ESE	13.4/SSW	66.8	31.8	1.4	.0	29.5	17.2	32.6	20.7	WSW/13.4%
7	歷年/06	13997(97%)	3.0	.8/S	16.4/SSE	64.4	33.5	2.1	.0	21.9	23.9	39.7	14.5	WSW/14.1%
8	歷年/07	14356(97%)	3.3	1.5/S	23.5/SE	68.2	36.9	2.7	.3	12.9	32.6	46.2	8.3	WSW/15.7%
9	歷年/08	14811(100%)	3.1	.9/SSW	22.8/S	65.5	32.2	2.0	.3	16.1	26.9	45.0	12.0	WSW/17.2%
10	歷年/09	13990(97%)	3.2	1/ESE	26.3/ESE	61.4	35.8	2.6	.2	28.1	16.8	37.2	17.9	WSW/15.7%
11	歷年/10	14563(98%)	3.9	1.8/NE	53.8/E	30.6	42.8	6.5	.2	47.2	7.0	23.6	22.1	NE /18.6%
12	歷年/11	13242(92%)	3.7	1.5/NNE	14.4/NE	55.1	38.9	6.0	.0	43.1	7.2	26.1	23.5	NE /21.0%
13	歷年/冬	41628(96%)	3.8	1.5/NNE	16.0/SSW	53.9	39.0	7.1	.0	42.5	6.1	24.5	27.0	NE /20.2%
14	歷年/春	42980(97%)	3.2	.3/NE	14.2/S	61.3	35.6	3.1	.0	31.5	14.4	31.8	22.2	WSW/13.2%
15	歷年/夏	40167(98%)	3.1	1.1/S	23.5/SE	63.3	34.2	2.2	.2	16.9	27.8	43.7	11.6	WSW/15.7%
16	歷年/秋	41765(96%)	3.6	1.1/NE	53.8/E	55.6	39.2	5.0	.1	39.5	10.4	28.9	21.2	NE /16.1%
17	歷年/年	169540(97%)	3.4	.5/NE	53.8/E	58.6	37.0	4.3	.1	32.5	14.8	32.3	20.4	WSW/13.3%

DSW&BAT 潮站編號:HW

運輸技術研究中心

Rose Diagram of Wind

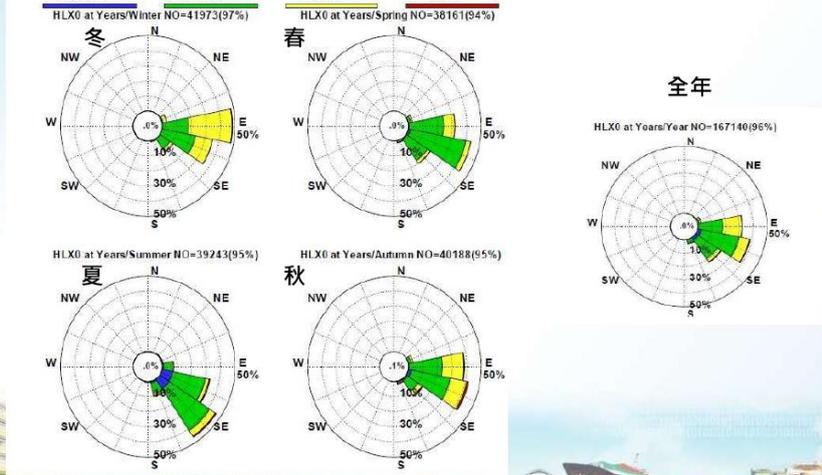


CH3

波浪

花蓮港背景資料

Rose Diagram of Wave



CH3

花蓮港背景資料

波浪

觀測日期	波高	H_s	H_s 最大	T_p	T_p	小波	小浪	中浪	大浪	T_p	T_p	T_p	T_p	波向	波向	波向	波向	波向	波向	主波向
年、月	率	(m)	(m/s/波向)	(s)	(s)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	率	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
歷年/12	98%	1.63	4.4/9.6/SE	8.7	14.2	.0	42.8	56.1	1.0	1.7	25.4	57.9	15.0	98%	20.3	78.3	1.2	.2	E/48%	
歷年/01	98%	1.51	3.6/6.3/E	8.5	13.0	.0	53.9	45.8	.3	4.4	26.3	59.7	9.7	98%	26.6	72.1	1.0	.3	E/51%	
歷年/02	94%	1.44	3.6/12.4/E	8.4	14.3	.0	60.3	39.4	.2	5.3	29.7	53.1	11.9	94%	23.7	76.2	.0	.0	E/45%	
歷年/03	91%	1.26	3.8/11.1/ESE	8.5	14.6	.0	76.5	23.3	.2	3.2	29.5	51.9	15.3	91%	18.7	81.3	.0	.0	ESE/42%	
歷年/04	97%	1.12	3.8/6.3/SE	8.1	15.5	.3	84.5	15.1	.1	7.6	40.0	40.6	11.7	97%	14.9	85.1	.0	.0	ESE/45%	
歷年/05	95%	.88	3.3/14.6/ESE	7.8	25.2	6.9	86.7	6.3	.1	12.6	43.8	34.8	8.8	95%	12.6	87.4	.0	.0	ESE/44%	
歷年/06	97%	.83	3.7/7.5/SSE	7.3	21.4	10.2	84.7	4.9	.2	24.5	45.0	24.2	6.2	97%	5.7	94.2	.0	.0	SE/42%	
歷年/07	93%	.92	7.5/12.8/ESE	8.0	16.9	23.7	62.5	11.3	2.5	15.1	37.5	31.4	16.0	93%	1.7	98.1	.1	.1	SE/53%	
歷年/08	96%	1.00	9.3/11.9/NNE	8.5	16.7	18.7	65.6	12.9	2.8	11.4	32.2	33.8	22.6	96%	3.0	96.8	.1	.1	SE/44%	
歷年/09	99%	1.18	12.5/7.3/SW	9.1	16.9	9.9	67.6	18.7	3.8	5.4	30.2	32.3	32.1	99%	14.7	85.2	.0	.0	ESE/41%	
歷年/10	94%	1.50	10.9/12.4/ESE	8.9	16.5	.5	58.3	37.8	3.5	2.3	31.4	41.9	24.4	94%	24.5	75.5	.0	.0	E/47%	
歷年/11	93%	1.48	4.4/11.7/E	8.4	25.3	.2	58.5	40.5	.8	2.2	34.9	51.8	11.1	93%	15.4	84.5	.1	.1	ESE/48%	
歷年/冬	97%	1.53	4.4/9.6/SE	8.5	14.3	.0	52.0	47.5	.5	3.7	27.0	57.1	12.2	97%	23.5	75.5	.8	.2	E/48%	
歷年/春	94%	1.09	3.8/11.1/ESE	8.2	25.2	2.4	82.5	14.9	.1	7.8	37.8	42.5	12.0	94%	15.4	84.6	.0	.0	ESE/44%	
歷年/夏	95%	.92	9.3/11.9/NNE	7.9	21.4	17.6	70.7	9.8	1.9	16.8	38.1	29.9	15.2	95%	3.4	96.4	.1	.1	SE/46%	
歷年/秋	95%	1.30	12.5/7.3/SW	8.8	25.3	3.6	61.5	32.2	2.8	3.3	32.1	41.8	22.8	95%	18.3	81.6	.0	.0	ESE/42%	
歷年/年	96%	1.23	12.5/7.3/SW	8.4	25.3	5.8	66.6	26.3	1.3	8.0	33.5	43.2	15.4	96%	15.5	84.2	.2	.1	ESE/39%	

DISV3A.BAT

測站編號:HLX

運輸技術研究中心



CH3

花蓮港背景資料

潮位

序號	日期	測站	平均潮差	最大潮差	潮差個數	平均潮位	最高潮位	最低潮位	水位點數	平均高潮位	大潮平均高潮位	平均低潮位	大潮平均低潮位
	(年/月)		(公分)	(公分)	(個)	(公分)	(公分)	(公分)	(個)	(公分)	(公分)	(公分)	(公分)
1	歷年/12	T	93	193	59	-8	89	-114	744(100)	39	53	-54	-63
2	歷年/01	T	92	194	118	0	88	-114	1488(100)	47	56	-46	-59
3	歷年/02	T	94	190	104	0	100	-96	1344(100)	47	63	-48	-55
4	歷年/03	T	100	176	112	0	93	-95	1488(100)	51	66	-50	-60
5	歷年/04	T	97	174	112	0	83	-107	1440(100)	50	68	-48	-68
6	歷年/05	T	95	188	118	3	86	-105	1488(100)	50	65	-45	-62
7	歷年/06	T	93	157	61	10	103	-88	794(55)	57	66	-36	-51
8	歷年/07	T	91	170	117	18	128	-88	1486(100)	63	79	-27	-38
9	歷年/08	T	91	153	114	14	104	-83	1470(99)	61	80	-31	-45
10	歷年/09	T	97	154	111	19	107	-80	1440(100)	67	86	-29	-48
11	歷年/10	T	95	164	63	9	87	-96	826(56)	56	79	-38	-61
12	歷年/11	T	94	158	61	0	86	-105	785(55)	47	68	-47	-65
13	歷年/冬	T	94	194	284	-2	100	-114	3576(82)	46	58	-48	-59
14	歷年/春	T	98	190	346	1	93	-107	4416(100)	50	66	-48	-65
15	歷年/夏	T	91	191	296	15	128	-88	3750(85)	61	76	-31	-44
16	歷年/秋	T	96	163	237	11	107	-105	3051(70)	59	80	-36	-55
17	歷年/年	T	95	194	1167	6	128	-114	14793(84)	54	69	-41	-56

測站編號:HLT

圖



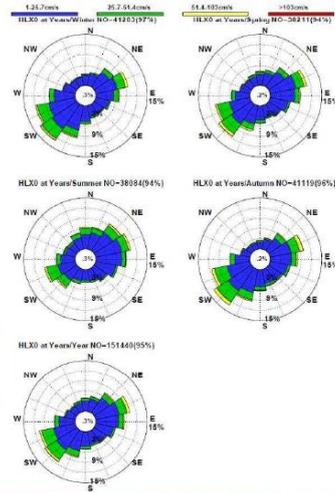
CH3

花蓮港背景資料

海流

序號	日期(年/月)	觀測點數	流速 (cm/s)	平均流 (cm/s)	最大流 (cm/s)	1/2 節度										潮流比
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	歷年/12	13948(99%)	17.2	5.0/SSW	117.2/SW	80.6	17.3	2.1	0	22.3	20.8	44.5	13.2	SW	13.0%	
2	歷年/01	14075(99%)	19.0	3.5/SSW	107.9/ENE	76.4	20.4	3.2	0	27.0	15.8	42.3	15.0	SW	13.0%	
3	歷年/02	12060(93%)	19.2	2.2/SSW	109.9/SW	76.8	18.0	4.1	0	30.5	16.2	38.7	14.0	SW	12.1%	
4	歷年/03	12924(95%)	18.8	2.0/SSW	106.8/ENE	77.5	19.0	3.5	0	30.7	17.2	37.7	14.5	SW	11.8%	
5	歷年/04	10523(97%)	20.2	2.4/S	112.4/SW	74.4	20.6	5.0	0	30.7	21.6	34.4	13.3	SW	11.6%	
6	歷年/05	12753(95%)	19.3	2.3/S	115.7/E	76.3	20.2	3.5	0	28.9	23.7	34.1	13.3	SW	11.0%	
7	歷年/06	12590(97%)	19.2	1.1/ENE	102.9/SSW	76.7	20.1	3.2	0	33.9	22.7	28.4	15.0	ENE	10.7%	
8	歷年/07	12003(95%)	20.3	3.6/NNE	211.0/NE	74.1	21.3	4.6	0	35.6	20.3	23.5	28.6	ENE	10.0%	
9	歷年/08	14170(95%)	19.5	1.3/NE	95.9/NW	75.6	20.5	3.9	0	33.9	22.9	26.1	17.1	ENE	10.5%	
10	歷年/09	13018(97%)	21.0	2.8/SSE	115.0/ESE	72.8	21.4	5.8	0	28.4	25.6	33.0	13.0	ENE	11.1%	
11	歷年/10	14504(98%)	19.9	6.3/SSW	104.3/WSSW	74.8	20.8	4.4	0	22.2	22.1	46.7	9.0	SW	13.6%	
12	歷年/11	11971(92%)	20.3	0.2/SSW	311.7/SSE	74.3	21.1	4.3	0	23.1	20.3	44.0	10.6	SW	14.2%	
13	歷年/年	41283(97%)	18.5	3.6/SSW	117.2/SW	78.0	18.9	3.1	0	26.5	17.3	41.9	14.2	SW	12.9%	
14	歷年/春	38211(94%)	19.4	2.2/S	206.8/NNE	76.1	19.9	4.0	0	30.1	20.8	35.4	13.7	SW	11.0%	
15	歷年/夏	38084(94%)	19.7	1.9/NNE	211.0/NE	75.3	20.7	3.9	0	34.7	21.7	26.0	17.7	ENE	10.5%	
16	歷年/秋	41119(96%)	20.3	4.6/S	311.7/SSE	74.0	21.1	4.8	0	25.2	22.7	41.4	10.7	SW	13.2%	
17	歷年/年	15146(40%)	19.4	2.4/SSW	311.7/SSE	76.1	19.9	3.9	0	26.5	21.3	36.4	13.8	SW	11.3%	

Rose Diagram of Current

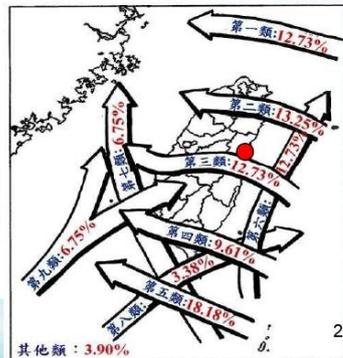
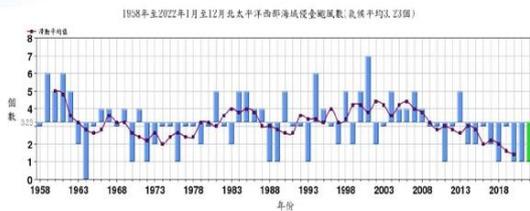


CH3

花蓮港背景資料

颱風

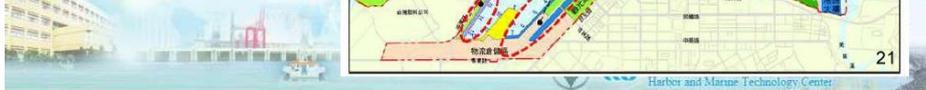
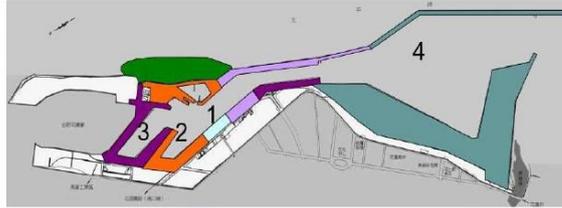
- ◆ 統計1911年至2021年間，共有371個颱風侵襲臺灣地區(註：颱風中心在臺灣登陸；或雖未登陸，僅在臺灣近海經過，但陸上有災情者)，平均每年約有3~4個颱風會侵襲臺灣，且多發生在7至9月。
- ◆ 花蓮港海域位於台灣東側，在各類颱風路徑中(不包括特殊路徑及未登陸)，以第三、四、五、六及八種路徑對港區影響較大，發生機率各為12.73%、9.61%、18.18%、12.73%及3.38%，共佔56.63%



3.3 建港歷程與未來規劃

- ◆ 花蓮港興建工程於日治時期昭和6年(1931年)10月動工，並於1939年完工
- ◆ 1963年9月1日開放為國際港，貨運量逐年增加，船舶進出頻繁，故持續辦理後續擴建工程；1991年12月完成第四期擴建
- ◆ 近程計畫及未來藍圖，將花蓮港定調為**觀光遊憩港**，與既有運輸功能並行發展
- ◆ 觀光遊憩主題類別：

1. 濱海遊樂區
2. 親水歡樂城
3. 文創觀光市集
4. 郵輪跳島旅運、遊艇俱樂部



CH4 花蓮港港內外波浪觀測分析

4.1 觀測站基本資料

供電形式

市電110V → 整流變壓器 → 110V轉12V → 供電控制器 → 負載器 → 水下AWAC及備用電池

備用蓄電池

AWAC控制盒 (內含數據機及定時器)

資料接收電腦 無線訊號

水下AWAC系統及備用電池桶

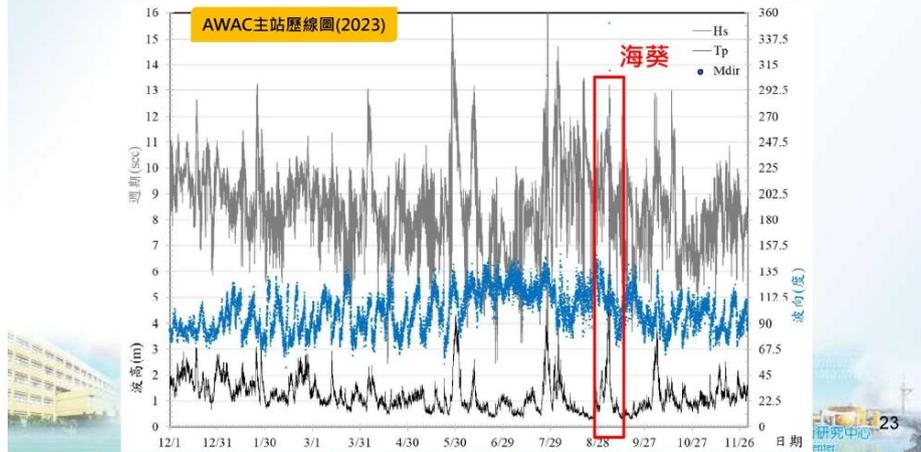
岸上接收站
太陽能供電系統及傳輸天線

AWAC五固定架

CH4 花蓮港港內外波浪觀測分析

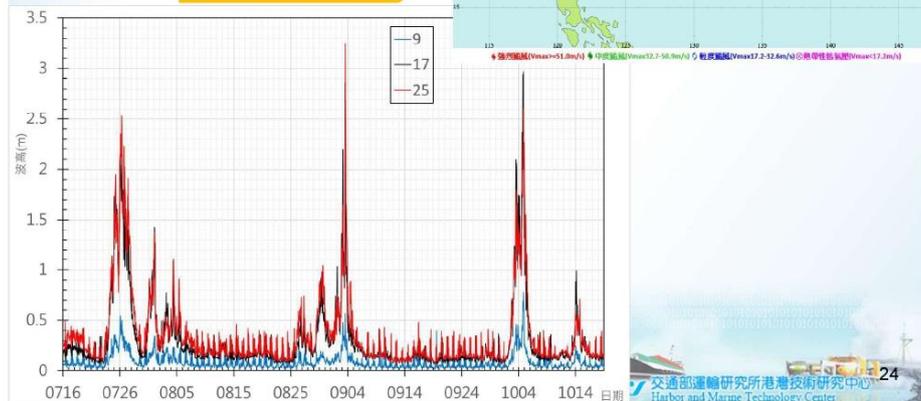
4.2 港內外波浪觀測資料初步分析 分析2022/12~2023/11觀測資料

- ◆ 港外AWAC主站主站Hs平均值為1.21m，Tp平均值為8.47sec。Hsmax最大值为13.2m，發生時間9月4日7時40分對應譜峰週期為12.3sec，對應平均波向為124度(ESE)。



CH4

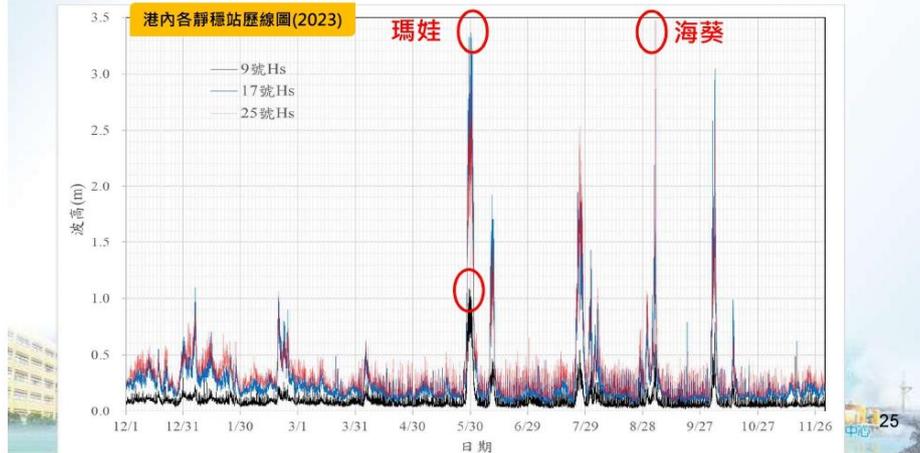
港內各靜穩站歷線圖 (7/16~10/16)



CH4 花蓮港港內外波浪觀測分析

4.2港內外波浪觀測資料初步分析

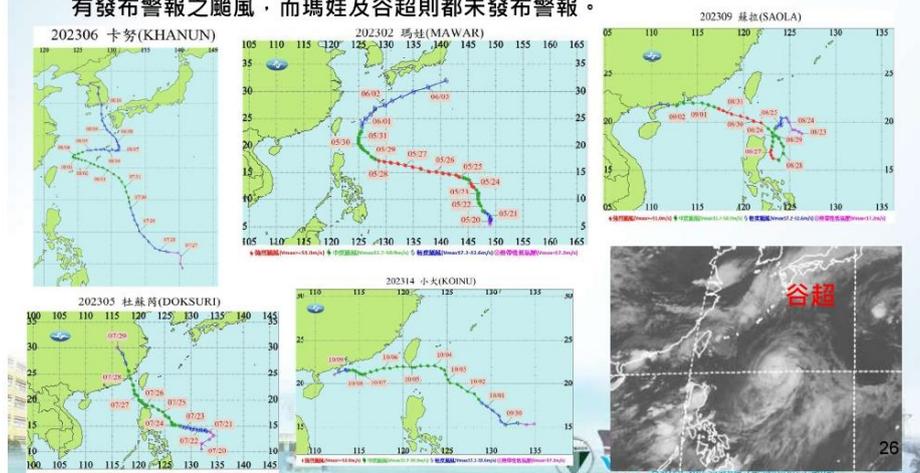
- ◆ #9碼頭靜穩站：Hs平均值為0.09m，Hsmax=1.09，發生時間5月29日9時
- ◆ #17碼頭靜穩站：Hs平均值為0.26m，Hsmax=3.37，發生時間5月30日4時
- ◆ #25碼頭靜穩站：Hs平均值為0.31m，Hsmax=3.48，發生時間9月3日13時



CH4 花蓮港港內外波浪觀測分析

4.2港內外波浪觀測資料初步分析

- ◆ 港內內25號碼頭靜穩觀測站示性波高大於1m事件共計有9次分析期間共受到7場颱風影響，其中杜蘇芮、卡努(影響2次)、蘇拉、海葵、小犬為中央氣象署有發布警報之颱風，而瑪娃及谷超則都未發布警報。



CH5 水工模型試驗規劃及建置前作業

5.1 試驗波浪評估

造波設施

- ◆ 造波機：HR造波系統及DAVIS造波系統各一組，每組長度4片*6M，共24M
- ◆ HR系統：有效週期為0.8~6秒，在規則波條件下，水深為0.6公尺、週期1.7到2.4秒時，Hmax可達0.33公尺；不規則波條件下，Hmax則為0.18公尺
- ◆ DAVIS系統：在平均水深為0.4公尺的情況下，有效波浪週期為0.8秒到3秒，當週期達2.25秒時，Hmax可達約為0.225公尺

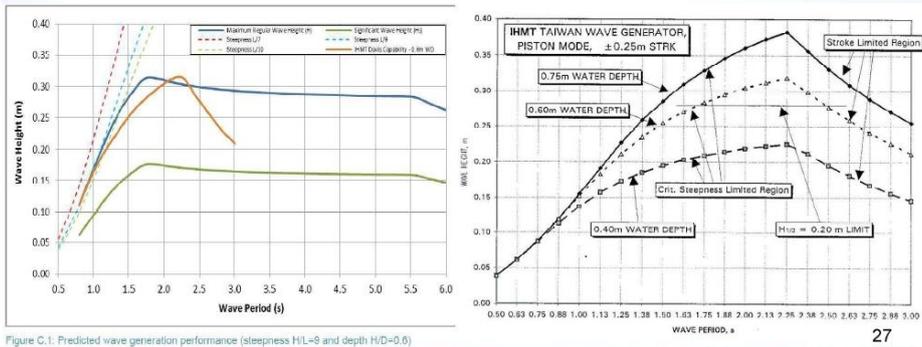


Figure C.1: Predicted wave generation performance (steepness H/L=9 and depth H/D=0.6)

27

CH5 水工模型試驗規劃及建置前作業

季風波浪

- ◆ 彙整2002~2022歷年波浪資料

季節	平均Hs (m)	平均Tp (s)	主波向/第1次波向/第2次波向	Hsmax/Tp/波向
冬	1.53	8.5	E/ESE/SE	4.4m/9.6s/SE
春	1.09	8.2	ESE/E/SE	3.8m/11.1s/ESE
夏	0.92	7.9	SE/ESE/SSE	9.3m/11.9s/NNE
秋	1.39	8.8	ESE/E/SE	12.5m/7.3s/SW
歷年	1.23	8.4	ESE/E/SE	12.5m/7.3s/SW

颱風波浪

- ◆ 依據花蓮港務分公司提供之防颱作業通報紀錄，彙整105年至111年影響花蓮港之23個颱風及其波浪極值訊息。
- ◆ 近6年來，對花蓮港港池不靜穩最具影響力的為梅姬颱風，颱風期間觀測波高最大值為15.23m、Hs極值之波高/週期/方向為9.12m/12.39s/ESE。而經AWAC所觀測到各颱風的波浪方向由主要至次要依序為ESE(9個)、SSE(7個)、SE(5個)、E(1個)。



28

CH5 水工模型試驗規劃及建置前作業

颱風名稱	強度	路徑	出港避濤時間	恢復進港時間	影響時間	極值發生時間	Hmax(m)	Hs 極值 (m)	極值對應之 Tp(s)	極值對應之波向
梅花+	中度	--	111年09月11日07時	09月12日16時	1日09時	9/12-6時	6.16	3.66	11.99	ESE
軒風+	強烈	6	111年09月2日11時	09月4日11時	2日0時	9/3-9時	4.56	3.14	10.39	ESE
澗樹	強烈	6	110年09月10日17時	09月13日7時	2日14時	9/12-2時	7.5	4.49	12.3	SSE
舒力基*	--	--	110年04月19日14時	04月23日20時	4日06時	4/23-20時	5.48	3.5	12.14	SSE
閃電颱風	輕度	5	109年11月06日07時	11月07日07時	1日0時	11/6-10時	3.61	2.54	10.09	SE
海神颱風*	--	--	109年09月06日00時	09月06日16時	0日16時	9/6-0時	4.72	2.51	15.61	SSE
北冕颱風*	--	--	108年12月02日02時	12月03日13時	1日11時	12/2-10時	3.74	2.61	11.12	ESE
哈吉貝*	--	--	108年10月10日11時	10月12日07時	1日20時	10/11-6時	4.1	2.67	14	ESE
眾塔	中度	6	108年09月29日20時	10月01日11時	1日15時	9/30-15時	7.45	4.31	13.3	SE
玲玲*	--	--	108年09月03日21時	09月05日07時	1日10時	9/4-9時	3.9	2.65	10.26	ESE
白鹿	中度	4	108年08月23日17時	08月25日12時	1日19時	8/24-13時	7.52	5.33	11.86	SE
利奇馬	強烈	1	108年08月07日17時	08月10日07時	2日14時	8/9-0時	6.14	3.69	12.21	ESE
丹娜絲	中度	--	108年07月17日17時	07月19日14時	1日21時	7/17-21時	4.27	2.42	8.51	E
潭美*	--	--	107年09月25日10時	09月29日12時	4日2時	9/27-20時	5.16	4.04	13.06	ESE
山竹	強烈	--	107年09月13日22時	09月16日18時	2日20時	9/15-9時	8.05	5	16.32	SE
瑪莉亞	強烈	1	107年07月09日23時	07月11日20時	1日21時	none	none	none	none	none
泰利-	中度	--	106年09月12日18時	09月14日09時	1日15時	9/13-12時	3.8	2.71	13.26	ESE
尼瑪	中度	--	106年08月22日10時	08月22日18時	0日08時	8/22-7時	4.09	3.33	10.29	SE
尼莎、海棠	中度、輕度	2、7	106年07月28日18時	07月31日07時	2日13時	7/29-20時	8.05	4.82	8.72	SSE
海馬*	--	--	105年10月19日13時	10月21日07時	1日18時	10/20-14時	6.41	3.93	13.76	SSE
梅姬	中度	3	105年09月26日16時	09月29日07時	2日15時	9/27-14時	15.23	9.12	12.39	ESE
莫蘭蒂、馬勒卡	強烈、中度	7、--	105年09月13日16時	09月17日17時	4日01時	9/14-12時	11.92	7.14	12.74	SSE
尼伯特	強烈	4	105年07月06日20時	07月09日07時	2日11時	7/8-8時	9.61	5.76	11.83	SSE

註1: 花蓮港務分公司提供相關紀錄, 本計畫彙整
註2: *為無發布颱風警報, +為僅發布海上颱風警報, 瑪莉亞颱風因儀器受損無資料

29

CH5 水工模型試驗規劃及建置前作業

5.2 水工模型配置及試驗規劃

試驗比尺

- ◆ 本所二廠棚平面試驗水池尺寸為56公尺* 53公尺, 斜邊長度為77.1公尺
- ◆ 本計畫參照111年水深地形圖, 試驗範圍預計北起花蓮港 #12碼頭, 南至太平洋公園近吉安溪處, 最大長度將近5.45公里, 最大寬度約為1.5公里, 水深配合二廠棚水池條件, 擇定至40公尺
- ◆ 模型比尺採用1/100, 為至今花蓮港水工模型試驗之比尺最大者

$$\frac{T_p}{T_m} = \sqrt{\frac{L_p}{L_m}} \rightarrow T_m = \frac{T_p}{10}$$

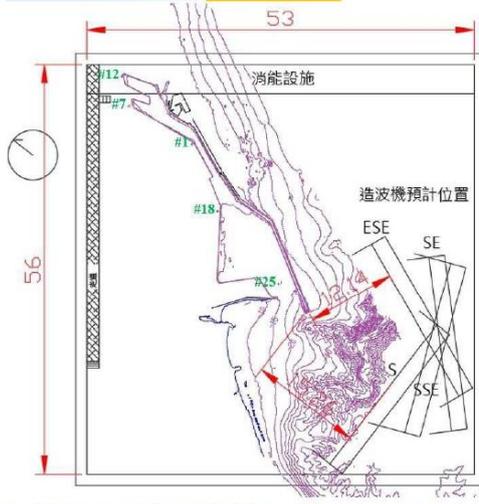
模型配置及試驗規劃

- ◆ 擇定梅姬(Hs最大)、海神(Hs次小、Tp次大)、山竹(Tp最大)3組颱風波浪; 而丹娜絲颱風雖然Hs跟Tp皆最小, 但是波浪方向為E, 在本試驗中, 需微調波浪方向為ESE→共4組颱風波浪
- ◆ 另外依照DAVIS造波曲線, 擬定5組條件+全年波浪以JONSWAP不規則波造波(方向為ESE、SE、SSE、S)

30

CH5 水工模型試験計画及建置前作業

試験配置平面圖



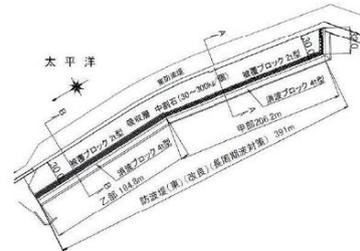
試驗波浪條件一覽表

造波條件	編號	擬型		原型		備註	波浪方向
		Hs (cm)	Tp (sec)	Hs (m)	Tp (sec)		
颱風波浪試驗條件 (規則波)	TA	9.12	1.24	9.12	12.4	梅嶺	ESE
	TB	2.51	1.56	2.51	15.6	海神	SSE
	TC	5	1.63	5	16.3	山竹	SE
	TD	2.4	0.85	2.42	8.51	丹娜絲	ESE
造波機極值波浪條件 (規則波)	M1	10	0.85	10	8.5	-	ESE・SE・SSE・S
	M2	17	1.25	17	12.5	-	
	M3	19	1.5	19	15.0	-	
	M4	22.5	2.25	22.5	22.5	浪高極限	
	M5	14.5	3	14.5	30	週期極限	
季風波浪 JONSWAP 理論波浪	J	0.12	0.84	1.23	8.4	歷年季風波浪平均	



CH5 水工模型試驗計劃及建置前作業

5.3 消能設施研擬 方案構想



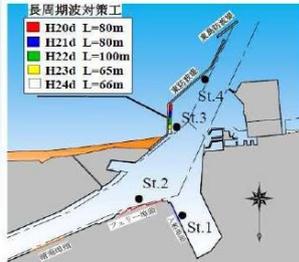
長周期波対策工の平面配置



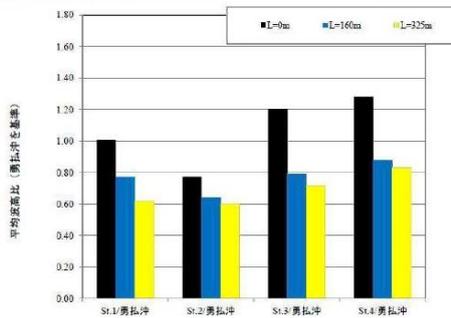
長周期波対策工の断面形状



CH5 水工模型試驗規劃及建置前作業



照片2 長周期波浪對抗工程施工情況 (2011年4月拍攝)



照片3 海上長周期波浪對抗工作結束 (2012年4月拍攝)

33

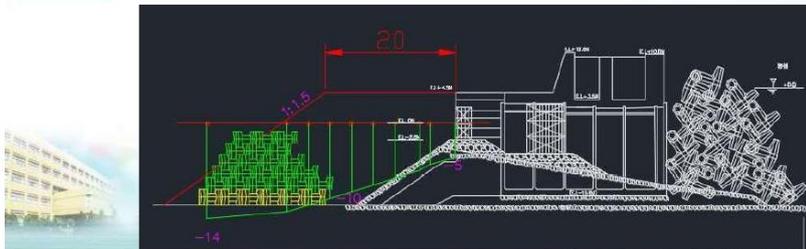
CH5 水工模型試驗規劃及建置前作業

方案研擬

現有港型

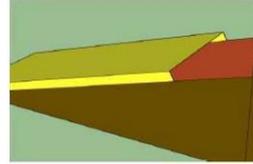
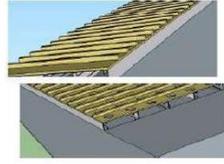
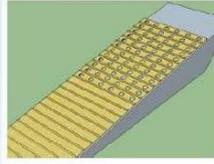
新港型

- ◆ 方案1：初步研擬設置區域為新東堤折角處約200公尺，考量花蓮港水深較深，外層以20T消波塊作為護甲層，內填塊石，斷面長度約20至40公尺，避免影響迴船池及航行安全
- ◆ 方案2：假設長週期波係為流體流動型態，若在湧浪進入港區前，於改變海床粗糙度，可先行削減若干波浪能量。本研究經與花蓮港務分公司意見交流，評估較適當之底床消能工可設置於東堤末端，港區出口水深15至25公尺處
- ◆ 方案3：配合本所後續「長週期波斷面模型試驗」研究成果，於#7及#12碼頭局部修改模型，設置消能碼頭
- ◆ 方案4：本所2009年所提數值改善方案



34

CH5 水工模型試驗規劃及建置前作業



CH6 第二試驗廠棚修繕工程概述

6.1 工程概要 緣起及設計依據

- ◆ 第二試驗廠棚(以下稱二廠棚)於73年建置迄今已逾38年，僅曾於90年全面翻修屋面板，106年針對頂層屋面板及鋼構鏽蝕較嚴重範圍進行修繕
- ◆ 近年因強降雨致結構內部滲水，鋼構柱體及鋼筋膨脹鏽蝕，造成二廠棚部分牆面混凝土劣化剝落，以及電力設施發生短路，導致造波設備損壞，影響人員安全及水工模型試驗作業
- ◆ 106年「第二試驗廠棚結構安全評估及規劃設計成果報告書」內容及設計原則，辦理設計圖說編修及工程發包預算編列工作
→ 整體修繕完成可抗12級風、6級震度，且受17級風達破壞時不至於立即倒塌



CH6

第二試驗廠棚修繕工程概述

基本資料

工程名稱：港研中心第二試驗廠棚修繕工程(二期)

主辦機關：交通部運輸研究所

設計人：林孟達建築師事務所 (9萬9,000元、111.09.14~111.11.25)

監造人：林孟達建築師事務所 (96萬8,000元、112.03.23~112.12.22)

承造人：佐恩營造股份有限公司

工程地點：港研中心第二試驗廠棚

契約金額/變更設計金額：1,250萬元/1,275萬2,000元

施工期間：112年06月07日至11月28日

驗收日期：112年12月11日

工程項目：二廠棚土木工程(包含北側屋頂下層鋼板更新工程、南側柱基礎除鏽補強工程、南側鋼構除鏽上漆工程、北側下層窗戶更新工程)。儀器室空間修繕工程(包含牆面及平頂工程、粉刷工程、電氣工程、弱電工程、消防工程)。雜項工程(包含全棟外牆補修工程、屋頂排水溝防水工程、抓漏防水工程、停車場側面鋼板更新工程)。

CH6

第二試驗廠棚修繕工程概述

6.2 履約管理

主辦機關督導執行情形

- ◆ 依據111年7月4日行政院公共工程委員會修正「公共工程施工品質管理制度」辦理。
- ◆ 本工程由本中心主任率隊，督導人員由副主任、秘書、第二科科長及同仁組成，辦理工程督導。第二科科長及承辦人員不定期進行走動式督導，並做成督導紀錄。
- ◆ 主任、第二科科長，及承辦人員隨機巡(檢)查。

工程開工前辦理施工前協調會，施工中不定期召開協調會及進度會議，以利協調施工界面及解決施工疑義。

5/31施工前協調會



6/21科長走動式督導



7/28 承辦隨機檢查



8/2 廠驗



8/22 主任隨機巡查



8/28中心工程督導



CH6

第二試驗廠棚修繕工程概述

項次	型式	日期	缺失紀錄(僅列代表性項目)	辦理情形
1	走動式督導	6/21	二廠棚南側鋼構部分區域(結構上部及連接處)之面漆不均勻,請改善	改善 結案
2	走動式督導	7/10	因北側窗戶更新,而掉落於工區內之舊有物料影響安全,請清除	改善 結案
3	走動式督導	8/17	1.因應後續二廠棚屋面板施工,請儘速清除羽球場之油漆粉塵及廢料 2.職業安全衛生告示牌日期及內容未即時更新	改善 結案
4	中心工程督導	8/28	1.二廠棚南側,部分鋼構柱體表面不平整,請改善 2.第13及14樓窗戶周邊雖有修復,然未上漆,請改善 3.檢試驗報告未加註判讀日期 4.請監造單位針對屋面板材料增做相關試驗1次	改善 結案
5	走動式督導	9/26	1.屋頂鋼板刮傷、接縫不平整 2.屋頂防水層平整度不佳	改善 結案
其他	廠驗	8/2	屋頂鋼板材料廠驗	-

項次	型式	日期	會議主題
1	施工前協調會議	5/31	1.工程施作內容及順序 2.可能之界面問題 3.職業安全衛生事項宣達
2	儀器室室內裝修圖說送審協調會議	6/2	儀器室室內裝修圖說修正及送審事宜
3	第1次施工協調暨進度會議	7/13	1.進度討論 2.防水層施工問題 3.職業安全衛生事項宣達
4	第2次施工協調暨進度會議	7/31	1.進度討論 2.外構修補問題 3.職業安全衛生事項宣達

監造抽查及 施工廠商自檢

材料試驗

項次	試驗項目	應驗次數	已驗次數	檢試驗結果		備註
				合格	不合格	
1	非破壞性檢測	1	1	1	0	
2	螺栓試驗	2	2	2	0	
3	鐵錳量試驗	1	1	1	0	
4	膜厚度檢測	4	4	4	0	
5	其他試驗(屋面板材料相關試驗)	1	1	1	0	

監造抽查

項次	抽查項目	抽驗次數	抽驗結果		備註
			合格	不合格	
1	鋼構除鏽上漆工程施工抽查表	5	5	0	
2	屋面板更新工程施工抽查表	3	2	1	已改善
3	基礎螺栓(含無收縮水泥)工程施工抽查表	3	3	0	
4	窗戶更新工程施工抽查表	3	3	0	
5	防水工程施工抽查表	2	2	0	
6	照明、插座、開關施工抽查表	1	1	0	
7	弱電設備抽查表	1	1	0	
8	消防設備施工抽查表	1	1	0	
9	輕隔間工程施工抽查表	1	1	0	
10	天花板工程施工抽查表	1	1	0	
合計		21	20	1	

廠商自檢

項次	自檢項目	自主檢查次數	自主檢查結果		備註
			合格	不合格	
1	鋼構除鏽上漆工程施工自檢表	8	8	0	
2	屋面板更新工程施工自檢表	4	4	0	
3	基礎螺栓(含無收縮水泥)工程施工自檢表	3	3	0	
4	窗戶更新工程施工自檢表	3	3	0	
5	防水工程施工自檢表	2	2	0	
6	照明、插座、開關施工自檢表	2	2	0	
7	弱電設備自檢表	2	2	0	
8	消防設備施工自檢表	2	2	0	
9	輕隔間工程施工自檢表	3	3	0	
10	天花板工程施工自檢表	2	2	0	
合計		31	31	0	40

肆 主辦機關督導及缺失改善情形

職安衛管理、汛期防汛督導及作為

6/29請工程相關人員
參與消防講習



112.06.29

8/23 檢查高空作
業車工作情形



112.08.23

7/24 發文通知辦理
杜蘇芮颱風防汛工作

交通部運輸研究所 函

地址：105004 臺北市中山區敦化北路21
430008 臺中港橋區中港十路2號
承辦人：陳嘉庚
電話：01-2618-7122
傳真：04-2618-0961
電子郵件：hsung218@gmail.com.tw

受文者：

發文日期：中華民國112年7月24日

發文字號：港港字第112101004號

類別：普通函

簽單及檢附資料：無

主旨：

為因應杜蘇芮颱風影響，貴公司承攬本所「T01-112-

H2F02 港研中心第二試驗廠維修工程(二期)」，請務

必做好防汛準備，請遵照。

說明：本工程相關人員，應隨時依照職業安全衛生及環境保護

(含緊急應變)計畫及防汛自主檢查表內容，隨時待命，以

應變隨時之狀況。

正本：港港運輸研究所
副本：港港運輸研究所

8/28 1機3證檢查



112.08.28

8/31 檢查防墜網



112.08.31

9/2 海葵颱風前撤離屋面板



112.09.02

交通部運輸研究所港港技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center 41

肆 主辦機關督導及缺失改善情形

其他事項

設置工程監控系統



2023年8月09日 11:11:56

既有大型設備影響施工動線



112.08.29

與行政科會勘協調



112.07.03

本中心同仁協助挪移



112.08.30

與他案人員會勘協調



112.08.30

交通部運輸研究所港港技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center 42

CH6

第二試驗廠棚修繕工程概述

6.3 成果



CH6

第二試驗廠棚修繕工程概述

6.3 成果

◆ 交通部工程施工查核甲等，81分



CH7 結論與建議

7.1 結論

- ◆ 藉由彙整過往相關文獻，已歸納港池振盪根本機制。邱等人(2005)指出「一旦港灣的主體佈置定型後，任何局部性改善措施都只能產生有限的效果而已，除非大規模地重新塑造整個水域結構。」；但是，現階段仍應盡可能在既有港型基礎上，**逐步進行能夠削減長週期波浪能量的岸壁消能設施或碼頭，以期能盡量減少其在港內累積的能量。**
- ◆ 根據「國際商港未來發展及建設計畫(111~115年)」資料，**花蓮港未來將定調為觀光遊憩港**，並與原有之運輸功能並行發展。因此，亟需在現有港型基礎，儘可能改善港區靜穩度，以確保營運安全。
- ◆ 本計畫彙整2022年12月至2023年11月港外2處底碇式波流儀觀測站及3處靜穩度觀測站觀測資料，相關成果如下：
 1. 港外AWAC主站主站示性波高Hs平均值為1.21m，譜峰週期Tp平均值為8.47sec。Hs最大值發生時間9月4日7時40分，其最大值為13.2m，對應譜峰週期為12.3sec，對應平均波向為124度(ESE)
 2. 港內靜穩站9號碼頭靜穩站示性波高Hs平均值為0.09m，示性波高最大值發生時間5月29日9時，其最大值為1.09m。17號碼頭靜穩站Hs平均值為0.26m，示性波高最大值發生時間5月30日4時，其最大值為3.37m。25號碼頭靜穩站Hs平均值為0.31m，示性波高最大值發生時間9月3日13時，其最大值為3.48m

CH7 結論與建議

3. 在2023年度，25號碼頭靜穩觀測站示性波高大於1m事件共計有9次。分析期間共受到7場颱風影響，其中杜蘇芮、卡努、蘇拉、海葵、小犬為中央氣象署有發布警報之颱風，而瑪娃及谷超則都未發布警報。
- ◆ 試驗規劃部分，本試驗模型採用**1/100模型比尺，水深40公分**，儘可能將花蓮港及周邊海域納入試驗範圍。波浪條件規劃**梅姬颱風、海神颱風、山竹颱風及丹娜絲颱風**四種颱風波浪條件；另參照DAVIS造波系統之造波曲線，設計**5組規則波試驗條件**；而**花蓮港全年波浪**，則以**JONSWAP不規則波**進行。試驗波浪方向選定**ESE、SE、SSE、S**做為主要造波方向。
 - ◆ 改善方案部分共研擬**(1)參考日本苦小牧港，於防波堤旁以塊石及消波塊設置消能設施(2)港區出口設置底床消能工(3)#7及#12碼頭局改為消能型式碼頭(4)本所2009年所提數值改善方案等4種方案**，可於後續試驗進行改善效果評估。

CH7 結論與建議

7.2 建議

- ◆ 本文分析2023年度之颱風波浪歷線，主要探討極端值發生時之示性波高/週期/方向，與颱風事件時序之關係，並未對作用於港區之湧浪進行深入分析，特別是湧浪(長週期波之分離)，故尚無法得知造成港池振盪之頻率、能量，與其他相關資訊。→未來可深入探究
- ◆ 第二試驗廠棚修繕工程之工作內容相當繁瑣。囿於修繕期間之時程壓力，目前僅有水工模型平面配置圖，後續將加強模型建置之細部規劃，並針對改方方案，探討水工模型調整性。另造波條件部分，由於HR系統未呈現水深40公分時之造波能力，故目前主要參考DAVIS造波曲線(40公分水深)，惟該曲線之週期期限只有3秒，實屬可惜；未來將檢討相關造波條件，評估HR系統於水深40公分時之造波能力

7.3 成果效益與應用情形

- ◆ 初步彙整影響花蓮之歷年颱風以及避湧資訊，有助於後續相關研究應用
- ◆ 所初步規劃之配置，經112年12月14日與臺灣港務股份有限公司及花蓮港務分公司交流，獲得認同，並期許後續試驗之成果分享
- ◆ 本計畫所蒐集之花蓮港未來發展資訊，有助於相關單位進行港灣工程規劃時，能兼顧不同面向



簡報完畢
敬請指教



附錄 3 工作會議紀要

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二科 112 年自行研究計畫第 1 次工作會議

時間：112 年 06 月 28 日(星期三)下午 02 時 00 分至 04 時 30 分(第 1 場次)

112 年 06 月 29 日(星期四)上午 09 時 30 分至 12 時 30 分(第 2 場次)

112 年 07 月 12 日(星期三)上午 10 時 00 分至 11 時 30 分(第 3 場次)

地點：本所港灣技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎科長

彙整：許師瑜

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所港灣技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
2. 風力觀測資料庫整合及更新進度。
3. 風力觀測資料品管作業精進及方法導入情形。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 整理與彙整主要商港潮位觀測資料。
2. 彙整 2011 至 2020 台中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料。
3. 蒐集國內外相關暴潮研究文獻。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 底碇式波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
2. 無線式水下波流觀測系統可行性評估。
3. 高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 商港海流觀測系統維運作業情形說明。
 2. 臺北港潮流特性分析初步成果報告。
 3. 年度研究報告章節編排討論。
- (五) 智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析
1. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
 2. 臺灣周圍海域與主要港埠航道交通流量。
 3. 彙整高雄港和基隆港之海氣象觀測資料。
- (六) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析
1. 海洋雷達觀測應用相關文獻回顧。
 2. 海洋雷達設備維護與校正作業摘要說明
 3. 海流監測資料分析與交互驗證工作情形。
- (七) 應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化
1. 臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底碇式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
 2. 臺北港微波雷達測站現況說明。
- (八) 港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討
1. 完成港區水下設施巡查項目初步盤點。
 2. 港區水下設施巡查方式探討。
 3. 蒐集國外水下無人載具應用相關文獻。
- (九) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置
1. 第二試驗廠棚修繕工程進度說明。
 2. 花蓮港海氣象資料初步彙整。
 3. 模型比尺及試驗條件初步規劃。
- (十) 長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討
1. 蒐集研讀國內長週期波及花蓮港相關研究文獻。
 2. 可能致災的波浪定義與分析。

3. 熟悉斷面水槽目前配置、新增設備及後續研究規劃。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 海氣象觀測儀器盤點情形說明。
2. 各觀測儀器系統架構、維護流程、資料流向、品管方法之彙整。
3. 報告書章節之規劃。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 風力觀測資料庫系統之數據傳輸方式及資安管理作業。
2. 臺灣港務股份有限公司海氣象觀測資料庫(臺中 IDC 機房)與本所港研中心之異地備援機制及資料庫整合工作。
3. 利用紊流強度分析觀測站受鄰近結構物之影響。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 潮位觀測年報內容討論。
2. 潮汐分潮研議。
3. 颱風路徑與暴潮分析交換意見。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 商港波浪觀測站建置概況及本年度觀測系統現場相關作業期程。
2. 無線式水下波流觀測系統水下實測期程規劃。
3. 高雄港洲際二期 S03 及 S13 碼頭靜穩度觀測站建置進度。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 剔除極端氣候(如颱風)影響期間觀測資料之潮流特性分析可行性討論。
2. 垂直剖面流分析方法及成果呈現方式討論。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 彙整國內外特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 分析彰化風場航道與離岸風電浮動式風場(苗栗及墾丁外海)各類船舶往(來)及返(回)的交通流統計量與航跡密度。

3. 針對高雄港和基隆港之海事事故，彙整船舶航行軌跡與海氣象狀況。
- (六) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析
1. 雷達電力系統改善與海洋雷達天線劣化汰舊更新討論。
 2. 針對 6 月 15 日表面海流監測資料進行分析與驗證討論
 3. 討論期末報告章節規劃與後續工作檢討
- (七) 應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化
1. 臺北港底碇式波流儀資料蒐集情形討論。
 2. 臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。
 3. 臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。
- (八) 港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討
1. 港區水下檢測項目之判定標準討論。
 2. 港區水下設施巡查方式說明。
 3. 國外水下無人載具應用案例分析。
- (九) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置
1. 花蓮港季風及颱風波浪資料呈現方式。
 2. 水工模型規劃及相關試驗設備材料需求評估。
 3. 花蓮港湧浪型態探討。
- (十) 長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討
1. 更新造波機測試過程內容，建議於報告書定稿前彙整進報告書。
 2. 考量斷面水槽的尺寸及造波機效能，週期縮尺最大僅能模擬原型 36 秒的波浪，後續再評估是否以數值方法，模擬更長週期的波浪。
 3. 應針對花蓮港的現況及破壞紀錄多加探討，以研擬出適用花蓮港內消滅長週期波能的結構物斷面或設施型式。
- (十一) 海象觀測作業數位管理規劃
1. 儀器盤點需補充說明處之討論。

2. 各系統維護程序及資料流向需補充說明處之討論。
3. 報告書文獻回顧可加強處之討論。

貳、重點紀要/主要結論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 目前風力年報已利用 Python 重新編程，並透過公用區分享程式碼，相關研究同仁可參考交流，以精進工作職能。
2. 112 年度海洋工程研討會預定 9 月開始徵稿，階段性研究成果可適時投稿。
3. 建議補充紊流強度之數學定義，以及測站配置與現場圖片，以利瞭解測站與結構物之相對位置。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 彙整潮位觀測資料進行統計分析，繪製成圖表並出版統計年報，年報內容擇期再討論。
2. 建議優先擇取有發布陸上颱風警報的歷史颱風做暴潮分析。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 請依規劃期程督導現場作業廠商，使本年度波浪觀測系統現場佈放及維護等作業能如期如質完成。
2. 無線通訊數據機目前已可與底碇式波流儀(AWAC)溝通，後續將至國立成功大學水工試驗所斷面水槽實際測試，建議測試期間同步實施造浪，模擬未來應用於港區執行監測作業之境。
3. 高雄港洲際二期 S03 及 S13 碼頭靜穩度觀測站已建置完成，後續請持續掌握觀測站運作情形，並可著手分析船席遮蔽係數。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 建議於年度研究報告內增加資料浮標之流速剖面儀設備說明。
2. 潮流特性分析建議延長分析期間，確保分析結果之正確性。
3. 垂直剖面流建議採完整斷面呈現，可擷取年度最大潮或最小潮之觀測資料進行分析，期能獲得具代表性之成果。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 針對目前 AIS 所蒐集的船舶資訊與 VDES 系統蒐集資料，建議進行相關資料比對。
2. 建議「彙整特定港口之海氣象觀測資料」與「船舶動態與海氣象資訊應用分析」，兩章節內容要互相連動整合。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 本案表面流觀測資料量龐大且時程緊迫，工作量繁重，請相關研究人力與工作安排須合理進行。建議本案未來海流資料提供予應用單位時，須確定資料提供標準與項目，以保海氣象資料之正確性。
2. 有關本所與國海院、氣象局及大氣海洋局規劃合作辦理 114-117 跨部會案件，後續年度工作項目建議於後續年度適時配合調整。
3. 有關高頻雷達訊號應用文獻回顧部分，請盤點過去相關研究成果，以利瞭解過去研究發展階段情形。
4. 有關表面流觀測資料的統計與比較分析，建議參考氣象局於臺中港南側佈放的浮標資料進行比較分析與討論，特別是冬季東北季風期間特性，以及大潮與小潮時段的特性，建議納入分析探討。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底碇式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。
2. 臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 6 月份。
3. 建議盡速蒐集臺北港微波雷達觀測資料進行資料比對。
4. 自辦計畫報告中，有關微波雷達測站及各測站之位置平面圖應清楚呈現。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 目前已蒐集國外水下無人載具應用相關案例，建議可針對國內新興技術應用於港區水下巡查作業之相關文獻，進行補充。

2. 水下無人載具應用於港區發展之架構可再進行補述。
3. 水下無人載具之影像取得及定位測試，預計納入明年計畫辦理。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 花蓮港季風波浪及颱風波浪資料建議妥善整理。
2. 請評估本案所需相關試驗設備材料。
3. 俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 更新造波機設備的到貨及測試時程，應確實掌握進度，朝向提前完成的目標執行。
2. 針對造波機效能的測試內容，需先提出斷面配置規劃，以利設置斷面的測試設施。
3. 研究過程及報告書撰寫期間若遇困難，應及時提出，再一同進行討論。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 本案原工作計畫書階段有納入岸基高頻雷達 2 站及微波雷達 1 站之規劃，惟考量雷達站設備複雜，相關架構及程序尚待後續研究擬定，故本案有關雷達站部分建議先不予規劃。
2. 各種儀器之資料定義、各系統維護頻率及資料流向未列部分，建議再補充說明。
3. 報告書之文獻回顧章節，建議可參考儀器之說明文件，及納入測站維護與資料品管計畫之參考文獻與投稿文章等。

會議簽到表

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 1 次工作會議(第 2 場次)

時間：112 年 6 月 29 日(星期四)上午 9 時 30 分

地點：本所港研中心 3樓會議室

主持人：李俊穎科長 李俊穎

出席單位	簽名	
第一科科長	賴瑞尊	
第三科科長	林雅雯	
第二科		
		傅惠婷
	林宜宜	劉朋鑫
	林子卿	謝佳毓
	陳宜銘	潘子健
	劉淑敏	許義宏
	鄭懷芳	柯玟亭
	顏所香	蔡展白
	林文子	陳孟宏
	李心洋	陳冠宇
	陳智恒	曹勝仁
	羅冠翹	洪維爵
	邱志銘	許師瑜

會議簽到表

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 1 次工作會議(第 3 場次)

時間：112 年 7 月 12 日(星期三)上午 10 時 00 分

地點：本所港研中心 3樓會議室

主持人：李俊穎科長 李俊穎

出席單位	簽名	
第一科科長	賴瑞尊	
第三科科長	林雅雯	
第二科	黃易存	
		孫道志
		李俊穎
	林文女	柯拓宇
	劉明志	陳智怡
	陳孟宏	曹騰浩
	洪維屏	羅家翹
邱志光	許師海	

112 年 8 月工作會議紀要

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科 112 年自行研究計畫第 2 次
工作會議

時間：112 年 08 月 31 日(星期四)上午 09 時 30 分至 16 時 30 分

地點：本所運輸技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎科長

彙整：許師瑜

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所運輸技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
2. 風力觀測資料庫整合及更新進度。
3. 風力觀測資料品管作業精進及方法導入情形。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 彙整並分析主要商港潮位觀測資料。
2. 彙整 2011 至 2020 臺中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料。
3. 期末報告初稿大綱說明。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 底碇式波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
2. 無線式水下波流觀測系統可行性評估。
3. 高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 商港海流觀測系統維運作業情形說明。
2. 臺北港海流垂直剖面流分析方式討論。
3. 年度研究報告章節編排檢討。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 風電工作船軌跡與主要港埠航道交通流量。
3. 彙整高雄港海事案件資料。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 進行海洋雷達觀測應用相關文獻回顧，並完成期刊研討。
2. 報告海洋雷達設備維護與校正作業情形。
3. 報告海流監測資料品管與檢核工作。
4. 討論海流資料分析驗證情形。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底錠式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
2. 臺北港微波雷達測站現況說明。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 完成水下遙控載具(ROV)功能分析比較。
2. 完成港區水下巡查設施項目盤點及巡查方式探討。
3. 持續蒐集國外水下無人載具應用相關文獻。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 第二試驗廠棚修繕工程及本計畫材料採購進度說明。
2. 花蓮港海氣象資料彙整。
3. 水工模型平面配置及消波設施配置。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 彙整國內外長週期波及花蓮港相關研究文獻。
2. 選定可能致災的長週期波浪類型，供後續進行分析討論。
3. 規劃測試新設造波機的斷面水槽配置。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 海氣象觀測儀器盤點系統架構之補充說明。
2. 各觀測儀器維護流程、資料流向補充說明，自主檢查表之彙

整。

3. 報告書撰寫進度說明。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 風力觀測資料品管機制及整合資料庫系統架構。
2. 商港風力觀測統計年報辦理進度。
3. 商港強風延時統計程式計算結果。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 潮位觀測年報出版研議。
2. 調和常數採用 6 個潮汐分潮。
3. 侵臺颱風路徑分析。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 蘇澳港測站更新、基隆港測站遷移與海氣象資料浮標建置進度。
2. 無線式水下波流觀測系統水下實測進度。
3. 高雄港洲際二期瑪娃颱風港內靜穩度分析成果探討。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 臺北港潮流恆流特性分析成果討論。
2. 垂直剖面流資料蒐集、分析方法及成果呈現方式探討。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 彙整國內外特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 繪製 112 年 12 月 31 日前，航港局核可之非本國籍從事離岸風電工作船舶之許可，及已入級驗船中心(CR)之風電工作船軌跡。
3. 彙整高雄港之海事事務船舶航行軌跡。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 討論雷達天線間距量測與卡努颱風後雷達南站自譜與雷達地網情形。

2. 討論雷達資料(L0 級產品)品管與檢核工作。
3. 針對雷達表面海流觀測與其他觀測資料進行分析與驗證。
4. 討論雷達表面海流流向之正確性。與後續工作檢討

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底錠式波流儀資料蒐集情形討論。
2. 臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。
3. 臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 水下遙控載具(ROV)功能分析說明。
2. 港區水下設施巡查項目及方式討論。
3. 國內外水下無人載具應用案例分析。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型平面配置調整。
2. 水工模型消能設施佈設方式。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 抵禦長週期波斷面水工模型試驗的成果，建議未來可提供給平面遮蔽試驗做為結構物配置參考。
2. 建議未來可考量進行防波堤的港內外兩側斷面水工模型試驗，針對同一防波堤斷面討論港內外的消波情況。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 系統架構及資料流向補充處之討論。
2. 現有管理模式及自檢表之討論。
3. 儀器資料格式及欄位之討論。

貳、重點紀要/主要結論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 風力觀測資料品管方法尚屬妥適，原則同意納入港務公司之海氣象即時應變系統，並請將品管詳細流程納入期末報告初稿。

2. 風力觀測品管資料之可疑數據處理，建議強化人工品管檢核及回補機制，以避免資料誤刪。
3. 風力觀測統計年報資料，請於 9 月底前將報告初稿送主管核閱。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 依中央氣象局侵臺颱風路徑分析對臺中港潮位影響。
2. 自辦計畫報告請盡速規劃章節及撰寫。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 本年度已完成更新、遷移及建置之測站，請持續留意傳輸狀況，颱風期間各測站即時通訊情形亦需加強注意。
2. 水下無線通訊數據機通訊品質易受水面及固體邊界影響，後續觀測儀器架設計需將此因素納入考量。
3. 持續蒐集分析本年度颱風及季風期間之監測數據，測站即時系統運作情形請持續留意。
4. 高雄港洲際二期港內靜穩度請持續掌握冬季季風觀測資料，做為重點分析成果，期能獲得具代表性之成果。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 請盡速完成海流統計年報初稿。
2. 針對垂直剖面流所蒐集底碇式波流儀及資料浮標等測站資料，建議進行相關資料比對工作。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 針對高雄港海事事故發生案件，建議增加船舶 AIS 航行軌跡。
2. 有關利用 AIS 傳發海氣象觀測資料，建議可參考目前氣象局相關研究報告。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 雷達表面流觀測工作量繁重，有關高頻雷達資料品管與檢核部分，建議持續辦理品管作業，對於海流方向部分請與 SeaView 原廠討論可能造成此問題的原因，並予以排除，須確

保資料演算標準與項目規範，以維持海氣象資料之正確性。

2. 本年度雷達站於今(112)年 4 月份進行調整，關於海流觀測資料分析，建議探討雷達調整前後表面海流觀測差異。

3. 關於本案主要研究項目內容，建議持續檢討，異常部分請納入分析檢討，並安排後續工作，以確保數據與期末報告之品質。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底碇式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。

2. 臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 8 月份。

3. 自辦計畫報告請盡速規劃章節及撰寫。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 目前已蒐集國內外水下無人載具應用相關案例，建議可針對應用於港區水下巡查之案例進行分析比較。

2. 本年度計畫成果可進行彙整，並投稿相關期刊。

3. 水下無人載具之影像取得及定位測試可進行規劃，以利明年計畫進行。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型配置，建議後續可與花蓮港務分公司相關單位討論。

2. 俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 依照報告書章節規劃，開始依序撰寫報告書內容。

2. 分析長週期波作用機制，以構思抵禦長週期波結構物方案。

3. 針對新設造波機部分，持續跟進並調整測試規劃。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 文獻及後續規劃可參考本所港灣構造物維護管理系統及港灣環境資訊網維護之相關規劃。

2. 運技中心既有設備管理 E 化系統可供參考，惟現場維護介面建議簡化並留下重要維管資訊。

3. 架構方面，需考量儀器產出原始資料保存之規劃。

會議簽到表

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 2 次工作會議

時間：112 年 8 月 31 日(星期四)上午 9 時 30 分

地點：本所港研中心 3樓會議室

主持人：李俊穎科長 李俊穎

出席單位	簽名		
第一科科長	賴瑞輝		
第三科科長	林雅雯		
第二科			
		陳子偉	鄭慶芳
		劉淑敏	陳智恆
		黃民信	許義宏
		劉明在	柯達達
		林京文	柯拓宇
		羅冠勳	曹勝傑
		李政廷	陳天時
		李以澤	陳西宏
	許張堯	許師瑜	
		顏麗香	

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二科 112 年自行研究計畫第 3 次
工作會議

時間：112 年 10 月 30 日(星期一)上午 09 時 30 分至 16 時 30 分

地點：本所運輸技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎 副研究員
許師瑜

彙整：

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所運輸技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
2. 風力觀測資料分析結果說明。
3. 期末報告撰寫進度。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 完成主要商港潮位資料統計分析。
2. 完成 2011 至 2020 臺中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料分析。
3. 期末報告初稿大綱概述。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
2. 水下無線傳輸技術應用於底碇式波流觀測系統可行性評估。
3. 高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 臺北港海流垂直剖面流分析方式討論。
2. 年度研究報告章節編排檢討及撰寫進度說明。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 船舶動態與海氣象資訊應用分析。
3. 彙整海事案件資料。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 進行海洋雷達觀測應用相關文獻回顧。
2. 辦理南站雷達天線組更換，報告海洋雷達設備維護與校正作業情形。
3. 報告海流監測資料品管與檢核工作。
4. 與國外教授探討海流資料比對結果，討論海流資料分析驗證情形。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底碇式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
2. 臺北港微波雷達測站現況說明。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 完成港區水下巡查設施項目盤點及巡查方式探討。
2. 完成水下遙控載具(ROV)功能分析比較及國內外文獻回顧。
3. 進行水下遙控載具定位試驗之初步規劃。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 第二試驗廠棚修繕工程及本計畫材料採購進度說明。
2. 花蓮港海氣象資料彙整。
3. 水工模型平面配置及消波設施配置。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 彙整長週期波致災案例及分析破壞機制。
2. 研提長週期波消能結構物方案及未來研究方向。
3. 期末報告書撰寫。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 本所海氣象觀測既有管理模式風險之說明。
2. 海氣象觀測數位化管理系統架構規劃說明。
3. 海氣象觀測資料庫管理規劃說明。
4. 報告書撰寫進度說明。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測特性及強陣風分析結果。
2. 商港颱風分析內容及產出項目。
3. 期末報告章節編排。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 侵臺颱風路徑分析。
2. 侵臺颱風路徑對臺中港潮位影響分析探討。
3. 年度研究報告章節編排檢討。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 商港波浪觀測站運作情形及海氣象資料浮標建置進度。
2. 無線式水下波流觀測系統於大型斷面水槽測試結果。
3. 高雄港洲際二期港內靜穩度分析成果探討。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 臺北港潮流特性分析成果討論。
2. 垂直剖面流資料蒐集、分析方法及成果呈現方式探討。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 彙整國內外特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 繪製航港局核可之非本國籍從事離岸風電工作船舶之許可，及已入級驗船中心(CR)之風電工作船軌跡，並針對軌跡異常船舶進行說明。
3. 分析船舶動態與當日海氣象狀況。
3. 彙整高雄港之海事事務船舶航行軌跡。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 辦理南側雷達站資料品管與檢核工作
2. 於 10 月 5-6 日第 45 屆海洋工程研討會辦理發表研究成果。
3. 本所與國家海洋研究院、交通部中央氣象署、國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心與國立成功大學近海水文中心，共同舉辦 2023 年海洋達人工作坊，進行臺灣海洋雷達遙測發展與技術交流。
4. 討論雷達表面海流流向之正確性。與後續數據追算工作。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底碇式波流儀資料蒐集情形討論。
2. 臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。
3. 臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 水下遙控載具(ROV)功能分析說明。
2. 港區水下設施巡查項目及方式討論。
3. 國內外水下無人載具應用案例分析及定位測試之初步規劃。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型消能設施形式之構思。
2. 花蓮港未來觀光發展議題及港內構造物改善。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 針對花蓮港的現況，討論消減長週期波能的結構物或設施配置方式。
2. 討論於花蓮港內，設置抵禦長週期波結構物或設施的之可行性。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 海氣象觀測數位化管理系統架構規劃之討論。
2. 海氣象觀測資料庫管理規劃之討論。
3. 後續工作事項及報告書撰寫之討論。

4. 113 年度工作規劃及委外事項之討論。

貳、重點紀要/主要結論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 本計畫原則符合工作計畫書之各項進度，請依限完成期末報告撰擬，並於 12 月中旬召開期末報告審查。
2. 同一港區不同測站之風力資料比對是否存在時間位相差，建議可進一步檢查。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 颱風路徑對臺中港潮位影響討論。
2. 自辦計畫報告書於 11 月底初稿完成。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 已建置完成之資料浮標測站，請留意系統運作情形，霧燈及夜間警示燈須確保正常運作。
2. 大型斷面水槽測試結果顯示，已可透過水下聲學數據機與 AWAC 溝通，但隨著通訊距離拉長，訊號傳遞呈現不穩定情形，本年度獲取之相關數據，可做為後續開放海域實測應用參考。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 請盡速完成年度研究報告初稿。
2. 針對垂直剖面流所蒐集底碇式波流儀及資料浮標等測站資料，建議進行相關資料比對工作。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 針對電子海圖顯示與資訊系統目前使用中心舊版 S-57 海圖，建議可向國土測會中心購置新版海圖。
2. 有關利用蘇澳港漁船及漁具濫用 AIS，建議可移除不列入考量，避免誤解。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 有關高頻雷達資料品管與檢核部分，建議持續辦理品管作業，並盡快完成 SeaView 資料演算工作，以維持海氣象資料之正

確性。

2. 本年度報告書建議將原機關單位名稱，修改為組改過後名稱，以免發生名稱錯植與其他誤會。

3. 關於本案主要研究項目內容，建議持續檢討，並盡快完成報告書初稿撰寫工作，以確保期末報告之品質。

(七) 應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底碇式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。請盡快蒐集後續觀測資料。

2. 臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 10 月份。

3. 波向資料異常，可能為匯出資料時之設定問題，應再檢視。

4. 請確認後續報告撰寫內容如何搭配主題。

(八) 港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 就目前已蒐集之港區水下巡查設施及方式，再進行分類及探討，研擬可優先適用於水下無人載具巡查之物件。

2. 本年度計畫成果可進行彙整，並投稿相關期刊。

3. 建議針對目前盤點之港區水下巡查標的物，蒐集合適作業之水下無人載具，以利進行明年定位試驗。

(九) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型配置，預計於 12 月中旬與花蓮港務分公司相關單位討論。

2. 俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。

3. 請妥善彙整過往相關研究。

(十) 長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 依照報告書章節規劃，於期程內完成報告書撰寫。

2. 再深入探討長週期波作用機制，加強抵禦長週期波結構物方案內容。

3. 針對新設造波機部分，持續跟進並確認測試規劃。

(十一) 海象觀測作業數位管理規劃

1. 有關時序列資料及 RAW 檔資料上傳及下載連結，規劃須考量該網址或路徑變更時系統如何管理維護。
2. 後續年度之實施計畫，基礎資料建置為重要步驟，建議強化匯入功能，將既有基本資料表單直接匯入以減少人力負擔；另考慮強化資料匯出功能，將本所需產出資料簡便匯出。系統便易性及其他擴充功能期於後續透過使用者回饋精進。
3. 所內人員訪談請接續進行，並建議邀請測站目前維護廠商進行訪談，討論實際需要及規劃架構是否有其他問題。

會議簽到表

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 3 次工作會議

時間：112 年 10 月 30 日(星期一)上午 9 時 30 分

地點：本所運技中心 3樓會議室

主持人：李俊穎副研究員 李俊穎

出席單位	簽名		
第一科科長	賴瑞博		
第三科科長	林雅雯		
第二科			
		王喬莉	陳子健
		劉用允	郭淑芳
		劉淑敏	陳智恒
		柯振亨	陳孟良
		洪維南	黃崑信
		曹常洪	許義宏
		羅冠毅	李政遠
		林文良	林廷廷
		許政堯	許師瑜
	陳天呀	李以鴻	

附錄 4 與花蓮港務分公司交流會議紀錄

「花蓮港-港池共振內港削減改善討論會議」 會議紀錄

一、時間：112年12月14日(星期四)下午3時整

二、地點：花蓮港務分公司3樓會議室

三、主持人：王總經理派峰

紀錄：王珮茹

四、出席單位及人員：略

五、會議決議：

- (一) 花蓮港內港轉型作觀光遊憩發展是確定的方向，港池共振是花蓮港長久問題所在，並直接影響未來十年內港港池水域能否作為風帆船或遊艇基地之發展目標。透過本次意見交流，瞭解到國內外已有相關消能設施案例，而花蓮港航道整建為消波岸壁、#7與#12碼頭整建為消波岸壁、#9至#16碼頭間水域增建消能擋浪堤、或其他可能工程方案等，均不排除為削減港池共振之可行方案，爰港務公司期盼繼前期花蓮港港池共振改善計畫(98年)，爭取與運輸研究所運輸技術研究中心合作推動後續各項短中長期的相關研究計畫。
- (二) 短期內港務公司將優先參考運輸技術研究中心的研究成果報告，自113年度起透過東堤港側拋放消波塊與其他可行方式，以削減港池共振的問題。中長期則規劃透過委託研究計劃以探求最佳可行方案，嗣編列114年度起為期3年預算辦理港池共振改善與可行評估，目標十年內優先改善內港#9至#16碼頭間水域港池共振問題決定，以滿足內港港池水域開發需要，及降低整體港池共振的問題。

柒、散會：下午17時05分

簽到表

臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司
 花蓮港-港池共振內港削減改善討論會議

簽到單

1. 會議時間：112 年 12 月 14 日(星期四) 下午 3 時整
2. 會議地點：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司 3 樓會議室
3. 召集人：臺灣港務股份有限公司花蓮分公司總經理 王派峰
4. 出席人員：

項次	單位/職稱	姓名	簽到
1	臺灣港務股份有限公司 花蓮港務分公司/總經理	王派峰	王派峰
2	臺灣港務股份有限公司 花蓮港務分公司/副總經理	李順益	李順益
3	臺灣港務股份有限公司 花蓮港務分公司/港務長	林清富	林清富
4	臺灣港務股份有限公司 花蓮港務分公司/副總工程司	鍾權宏	鍾權宏
5	港務處	羅偉志 鄭毅 黃妍	羅偉志 鄭毅 黃妍
6	業務處	張自英 許惠唯 蔡若屏 楊雅若 鄭偉真 張子秋	張自英 許惠唯 蔡若屏 楊雅若 鄭偉真 張子秋
7	工程處	劉啟成 王珮茹	劉啟成 王珮茹

**臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司
花蓮港-港池共振內港削減改善討論會議**

簽到單

1. 會議時間：112 年 12 月 14 日(星期四) 下午 3 時整
2. 會議地點：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司 3 樓會議室
3. 召集人：臺灣港務股份有限公司花蓮分公司總經理 王派峰
4. 出席人員：

項次	單位	職稱/姓名
1	交通部運輸研究所運輸技術研究中心	<p style="text-align: center;">蔡三宏 李修穎 林雅雯 陳智恒 許師瑜</p>
2	臺灣港務股份有限公司	<p style="text-align: center;">黃仁平 胡銘紋 薛湘樺</p>

