

100-44-7529
MOTC-IOT-99-H3DB001a

近岸海象數值模擬及預警系統 之建立(4/4)-波浪部份



交通部運輸研究所

中華民國 100 年 4 月

100-44-7529
MOTC-IOT-99-H3DB001a

近岸海象數值模擬及預警系統 之建立(4/4)-波浪部份

著者：林炤圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和
陳明宗、李俊穎、林莉凰

交通部運輸研究所

中華民國 100 年 4 月

100

近岸海象數值模擬及預警系統之建立 (4/4) | 波浪部分

交通部運輸研究所

GPN: 1010000527
定價 300 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)-波浪部份
/林昭圭等著.--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，

民 100.04

面 ； 公分

ISBN 978-986-02-7377-9 (平裝)

1. 海洋氣象 2. 數值分析 3. 港埠資訊查詢系統

444.94029

100004506

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)-波浪部份

著 者：林昭圭、劉正琪、邱永芳、蘇青和
陳明宗、李俊穎、林莉凰

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 100 年 4 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 100 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站

定 價：300 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207

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

GPN：1010000527

ISBN：978-986-02-7377-9 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)-波浪部分			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN978-986-02-7377-9(平裝)	政府出版品統一編號 1010000527	運輸研究所出版品編號 100-44-7529	計畫編號 99-H3DB001a
本所主辦單位：港研中心 主 管：邱永芳 主持人：邱永芳、蘇青和 研究人員：陳明宗、李俊穎 參與人員：錢爾潔、陳正義 馬維倫、張麗瓊 聯絡電話：04-26587133 傳真號碼：04-26564415	合作研究單位：國立臺灣海洋大學 主持人：林昭圭 研究人員：劉正琪、林莉凰、許師瑜 謝嘉凌、李健鴻、黃冠諭、蔡沂廷 地址：202 基隆市北寧路 2 號 聯絡電話：02-24622192~6125		研究期間 自 99 年 3 月 至 99 年 12 月
關鍵詞：近岸海象數值模擬及預警系統；波浪模式；水動力模式			
<p>摘要：</p> <p>本計畫係屬交通部運輸研究所「近岸海象數值模擬及預警系統之建立」四年期合作研究計畫中的波浪推算部分，本第四年的主要工作包含近岸風浪模擬技術之研發及預警精度改進；結合相關計畫之海象即時監測作業，發展颱風波浪之模擬技術，建置近岸防災預警方法，以減低颱風期間海岸災害破壞；以及加強近岸海象預警系統之作業化效能之提昇，預報系統採人性化操作界面，以利相關單位使用。本年度除持續進行波浪自動化預報系統的改善，並確認現有預警系統的作業方式外，也針對2005年至2009年所發生的颱風波浪，以及2005年至2009年所有月份的季風波浪進行模擬，同時也針對七個主要商港區及附近海域波場進行評估，及探討由推算波浪所得的最大波高及最長週期。此外，亦建立了基隆港波浪模擬子系統並進行了相關測試。</p>			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
100 年 4 月	332	300	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。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>(解密條件：<input type="checkbox"/>年 <input type="checkbox"/>月 <input type="checkbox"/>日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密，<input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)-波浪部分

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
圖目錄.....	VI
表目錄.....	XVII
第一章 計畫背景分析及文獻回顧	1-1
1.1 計畫目的.....	1-1
1.2 計畫重要性.....	1-1
1.3 民國 96 年至 98 年的研究成果	1-3
1.4 計畫研究內容與工作項目	1-4
1.5 國內外相關研究情況.. ..	1-7
1.5.1 歐美國家的風浪模式發展.. ..	1-8
1.5.2 我國的風浪模式發展.. ..	1-14
1.6 後續的發展.....	1-18
第二章 研究範圍與對象	2-1
2.1 近岸海象數值模擬及預警系統	2-1
2.2 近岸數值模擬及預警系統網格架構	2-1
2.3 七港區作業化預報操作	2-6
第三章 台灣海域全域風浪模式系統	3-1
3.1 風浪模式的簡介	3-1

3.1.1	WAM 的理論簡述.....	3-1
3.1.2	SWAN 的理論簡述.....	3-3
3.2	2005 年至 2010 年颱風波浪的模擬.....	3-9
3.2.1	颱風時期的近岸波動模擬.....	3-29
3.2.2	七個商港的颱風時期波動模擬.....	3-35
3.3	2005 年至 2010 年季風波浪的模擬.....	3-110
第四章	近岸及港域波浪模擬	4-1
4.1	近岸海域及港域波浪模擬	4-1
4.1.1	近岸區域波浪模式之基本理論	4-2
4.1.2	港域波浪模式之基本理論.....	4-4
4.1.3	本年度工作項目..	4-7
4.2	歷年近岸港區及港內波浪模擬成果	4-7
4.2.1	近岸港區及港內波浪模式模擬範圍	4-7
4.2.2	近岸港區及港內波浪模式數值計算網格	4-8
4.2.3	近岸港區波浪模擬成果	4-9
4.2.4	港域波浪模擬成果	4-10
4.3	基隆港近岸海象—波浪數值模擬子系統建置	4-28
4.3.1	基隆港波浪資料	4-28
4.3.2	基隆港近岸港區波浪模式建置與模擬結果	4-29
4.3.3	基隆港港域波浪模式建置與模擬結果	4-41
第五章	七個主要商港區及附近海域即時波場模擬作業	5-1
第六章	結論與建議	6-1
6.1	結論.....	6-1

6.2 建議.....	6-2
參考文獻.....	參-1
附錄 1 WAM 模式使用手冊	附 1-1
附錄 2 SWAN 模式使用手冊.....	附 2-1
附錄 3 期中報告審查意見處理情形表	附 3-1
附錄 4 期末報告審查意見處理情形表	附 4-1
附錄 5 期末簡報資料	附 5-1

圖目錄

圖 1.1	海象預報系統之計算範圍與水深圖	1-19
圖 1.2	中央氣象局海象預報系統作業構想圖	1-20
圖 1.3	交通部運輸研究所臺灣近海海象預報系統架構圖	1-20
圖 1.4	臺灣近海海象預報系統遠域波浪計算範圍及水深分佈圖 ...	1-21
圖 2.1	臺灣近岸海象數值模擬及預警系統架構圖	2-3
圖 2.2	西太平洋(大尺度)預報模式範圍.....	2-4
圖 2.3	臺灣周圍海域預報模式(中尺度)範圍.....	2-4
圖 2.4	近岸預報模式範圍示意圖--花蓮港.....	2-5
圖 2.5	近岸預報模式範圍示意圖--安平港.....	2-5
圖 2.6	近岸海象數值模擬及預警系統線上作業流程	2-7
圖 2.7	近岸海象數值模擬及預警系統每日線上作業範例	2-7
圖 3.1	風浪模式之計算範圍(方框為巢狀網格範圍).....	3-2
圖 3.2	風浪遠域模式之波高分佈圖.....	3-2
圖 3.3	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖	3-11
圖 3.3(續 1)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖	3-11
圖 3.3(續 2)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖	3-13
圖 3.3(續 3)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖	3-14
圖 3.3(續 4)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖	3-15

圖 3.3(續 5)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖	3-16
圖 3.3(續 6)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖	3-17
圖 3.3(續 7)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖	3-18
圖 3.3(續 8)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖	3-19
圖 3.3(續 9)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖	3-20
圖 3.3(續 10)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑 圖.....	3-21
圖 3.3(續 11)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑 圖.....	3-22
圖 3.3(續 12)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑 圖.....	3-23
圖 3.3(續 13)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑 圖.....	3-24
圖 3.3(續 14)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑 圖.....	3-25
圖 3.3(續 15)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑 圖.....	3-26
圖 3.3(續 16)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑 圖.....	3-27
圖 3.3(續 17)	2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑 圖.....	3-28

圖 3.4	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 RC 風場分佈及向量圖	3-29
圖 3.5	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 MC 局部風場分佈及向量圖	3-30
圖 3.6	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算示性波高分佈圖	3-30
圖 3.7	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算平均週期分佈圖	3-31
圖 3.8	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算譜峰周期分佈圖	3-31
圖 3.9	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算平均波向分佈圖	3-32
圖 3.10	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算示性波高分佈圖	3-32
圖 3.11	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算平均週期分佈圖	3-33
圖 3.12	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算譜峰周期分佈圖	3-33
圖 3.13	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算平均波向分佈圖	3-34
圖 3.14	2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算主波方向分佈圖	3-34
圖 3.15	2009 年蓮花颱風期間基隆港的波動分佈圖	3-39
圖 3.16	2009 年莫拉非颱風期間基隆港的波動分佈圖	3-40
圖 3.17	2009 年莫拉克颱風期間基隆港的波動分佈圖	3-41
圖 3.18	2009 年芭瑪颱風期間基隆港的波動分佈圖	3-42
圖 3.19	2009 年蓮花颱風期間台北港的波動分佈圖	3-43
圖 3.20	2009 年莫拉非颱風期間台北港的波動分佈圖	3-44
圖 3.21	2009 年莫拉克颱風期間台北港的波動分佈圖	3-45
圖 3.22	2009 年芭瑪颱風期間台北港的波動分佈圖	3-46
圖 3.23	2009 年蓮花颱風期間台中港的波動分佈圖	3-47
圖 3.24	2009 年莫拉非颱風期間台中港的波動分佈圖	3-48
圖 3.25	2009 年莫拉克颱風期間台中港的波動分佈圖	3-49
圖 3.26	2009 年芭瑪颱風期間台中港的波動分佈圖	3-50

圖 3.27	2009 年蓮花颱風期間安平港的波動分佈圖.....	3-51
圖 3.28	2009 年莫拉非颱風期間安平港的波動分佈圖.....	3-52
圖 3.29	2009 年莫拉克颱風期間安平港的波動分佈圖.....	3-53
圖 3.30	2009 年芭瑪颱風期間安平港的波動分佈圖.....	3-54
圖 3.31	2009 年蓮花颱風期間高雄港的波動分佈圖.....	3-55
圖 3.32	2009 年莫拉非颱風期間高雄港的波動分佈圖.....	3-56
圖 3.33	2009 年莫拉克颱風期間高雄港的波動分佈圖.....	3-57
圖 3.34	2009 年芭瑪颱風期間高雄港的波動分佈圖.....	3-58
圖 3.35	2009 年蓮花颱風期間花蓮港的波動分佈圖.....	3-59
圖 3.36	2009 年莫拉非颱風期間花蓮港的波動分佈圖.....	3-60
圖 3.37	2009 年莫拉克颱風期間花蓮港的波動分佈圖.....	3-61
圖 3.38	2009 年芭瑪颱風期間花蓮港的波動分佈圖.....	3-62
圖 3.39	2009 年蓮花颱風期間蘇澳港的波動分佈圖.....	3-63
圖 3.40	2009 年莫拉非颱風期間蘇澳港的波動分佈圖.....	3-64
圖 3.41	2009 年莫拉克颱風期間蘇澳港的波動分佈圖.....	3-65
圖 3.42	2009 年芭瑪颱風期間蘇澳港的波動分佈圖.....	3-66
圖 3.43	2010 年萊羅克及南修颱風期間基隆港的波動分佈圖	3-67
圖 3.44	2010 年莫蘭帝颱風期間基隆港的波動分佈圖.....	3-68
圖 3.45	2010 年凡那比颱風期間基隆港的波動分佈圖.....	3-69
圖 3.46	2010 年梅姬颱風期間基隆港的波動分佈圖.....	3-70
圖 3.47	2010 年萊羅克及南修颱風期間台北港的波動分佈圖	3-71
圖 3.48	2010 年莫蘭帝颱風期間台北港的波動分佈圖.....	3-72
圖 3.49	2010 年凡那比颱風期間台北港的波動分佈圖.....	3-73

圖 3.50	2010 年梅姬颱風期間台北港的波動分佈圖.....	3-74
圖 3.51	2010 年萊羅克及南修颱風期間台中港的波動分佈圖	3-75
圖 3.52	2010 年莫蘭帝颱風期間台中港的波動分佈圖.....	3-76
圖 3.53	2010 年凡那比颱風期間台中港的波動分佈圖.....	3-77
圖 3.54	2010 年梅姬颱風期間台中港的波動分佈圖.....	3-78
圖 3.55	2010 年萊羅克及南修颱風期間安平港的波動分佈圖	3-79
圖 3.56	2010 年莫蘭帝颱風期間安平港的波動分佈圖.....	3-80
圖 3.57	2010 年凡那比颱風期間安平港的波動分佈圖.....	3-81
圖 3.58	2010 年梅姬颱風期間安平港的波動分佈圖.....	3-82
圖 3.59	2010 年萊羅克及南修颱風期間高雄港的波動分佈圖	3-83
圖 3.60	2010 年莫蘭帝颱風期間高雄港的波動分佈圖.....	3-84
圖 3.61	2010 年凡那比颱風期間高雄港的波動分佈圖.....	3-85
圖 3.62	2010 年梅姬颱風期間高雄港的波動分佈圖.....	3-86
圖 3.63	2010 年萊羅克及南修颱風期間花蓮港的波動分佈圖	3-87
圖 3.64	2010 年莫蘭帝颱風期間花蓮港的波動分佈圖.....	3-88
圖 3.65	2010 年凡那比颱風期間花蓮港的波動分佈圖.....	3-89
圖 3.66	2010 年梅姬颱風期間花蓮港的波動分佈圖.....	3-90
圖 3.67	2010 年萊羅克及南修颱風期間蘇澳港的波動分佈圖	3-91
圖 3.68	2010 年莫蘭帝颱風期間蘇澳港的波動分佈圖.....	3-92
圖 3.69	2010 年凡那比颱風期間蘇澳港的波動分佈圖.....	3-93
圖 3.70	2010 年梅姬颱風期間蘇澳港的波動分佈圖.....	3-94
圖 3.71	2005 年~2010 年所有颱風期間最大波向分佈圖	3-102
圖 3.72	2005 年~2010 年所有颱風期間最大週期分佈圖	3-103

圖 3.73	2005 年~2010 年所有颱風期間最大示性波高分佈圖	3-104
圖 3.74	2005~2010 年冬季季風期間基隆港波浪推算相關參數關係圖	3-120
圖 3.75	2005~2010 年冬季季風期間台北港波浪推算相關參數關係圖	3-121
圖 3.76	2005~2010 年冬季季風期間台中港波浪推算相關參數關係圖	3-122
圖 3.77	2005~2010 年冬季季風期間安平港波浪推算相關參數關係圖	3-123
圖 3.78	2005~2010 年冬季季風期間高雄港波浪推算相關參數關係圖	3-124
圖 3.79	2005~2010 年冬季季風期間花蓮港波浪推算相關參數關係圖	3-125
圖 3.80	2005~2010 年冬季季風期間蘇澳港波浪推算相關參數關係圖	3-126
圖 4.1	REF/DIF 數值計算網格座標系統.....	4-4
圖 4.2	港域波浪模式計算領域示意圖.....	4-7
圖 4.3	國內七大港口地理位置及港區示意圖.....	4-11
圖 4.4	基隆港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍	4-12
圖 4.5	台北港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍	4-12
圖 4.6	台中港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍	4-13
圖 4.7	安平港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍	4-13
圖 4.8	高雄港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍	4-14
圖 4.9	花蓮港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍	4-14
圖 4.10	蘇澳港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍	4-15

圖 4.11	基隆港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖	4-15
圖 4.12	台北港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖	4-16
圖 4.13	台中港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖	4-16
圖 4.14	安平港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖	4-17
圖 4.15	高雄港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖	4-17
圖 4.16	花蓮港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖	4-18
圖 4.17	蘇澳港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖	4-18
圖 4.18	基隆港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖	4-19
圖 4.19	台北港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖	4-19
圖 4.20	台中港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖	4-20
圖 4.21	安平港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖	4-20
圖 4.22	花蓮港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖	4-21
圖 4.23	蘇澳港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖	4-21
圖 4.24	基隆港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較	4-22
圖 4.25	台北港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較	4-22
圖 4.26	台中港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較	4-22

圖 4.27	安平港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較	4-23
圖 4.28	高雄港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較	4-24
圖 4.29	花蓮港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較	4-24
圖 4.30	蘇澳港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)之比較	4-25
圖 4.31	近岸港區波浪模擬結果.....	4-26
圖 4.32	商港港域波浪模擬結果.....	4-27
圖 4.33	基隆港東防波堤延伸工程施工現況.....	4-31
圖 4.34	基隆港西 18、19 貨櫃碼頭延建工程完工後現況.....	4-31
圖 4.35	基隆港港池外廓及港池配置現況.....	4-32
圖 4.36	基隆港港內、外觀測站儀器安裝佈置示意圖.....	4-32
圖 4.37	基隆港港內、外測站 2009 年 12 月份示性波波高及週期之時序 列比較圖.....	4-34
圖 4.38	基隆港港內、外測站 2010 年 1 月份示性波波高及週期之時序 列比較圖.....	4-35
圖 4.39	基隆港港內、外測站 2010 年 2 月份示性波波高及週期之時序 列比較圖.....	4-36
圖 4.40	基隆港港內、外測站 2010 年 3 月份示性波波高及週期之時序 列比較圖.....	4-37
圖 4.41	基隆港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分布圖(點位 A~D 為模式模擬結果之輸出點位).....	4-39

圖 4.42	基隆港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖(波浪資料觀測時間：2006091700， $H_{1/3} = 4.07\text{m}$ ， $T_{1/3} = 10.7\text{sec}$ ， $D = 35.4^\circ$)	4-40
圖 4.43	基隆港波浪觀測值之波高與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)	4-40
圖 4.44	基隆港波浪觀測值之波向與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)	4-41
圖 4.45	基隆港東防波堤延伸工程及西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程施工前之港池形狀及其粗網格分布圖	4-44
圖 4.46	基隆港東防波堤延伸工程及西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程施工後之港池形狀及其粗網格分布圖	4-45
圖 4.47	基隆港港域波浪模式數值計算網格之水深分布情形	4-46
圖 4.48	基隆港港域波浪數值模式邊界反射係數配置示意圖	4-47
圖 4.49	港內波高遮蔽係數 K_d 值計算區位及網格節點分布圖	4-48
圖 4.50a	基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$)	4-49
圖 4.50b	基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$)	4-49
圖 4.51a	基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 9 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$)	4-50
圖 4.51b	基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 9 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$)	4-50
圖 4.52a	基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 N 偏 $W21.8^\circ$)	4-51

圖 4.52b	基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 N 偏 W21.8°).....	4-51
圖 4.53a	基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 N 偏 W21.8°).....	4-52
圖 4.53b	基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 N 偏 W21.8°).....	4-52
圖 4.54	基隆港現況舊港池配置數值模擬結果，區位 A 之平均波高遮蔽係數 Kd 值之比較圖（波浪正向入射情況）	4-53
圖 4.55	基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 B 之平均波高遮蔽係數 Kd 值之比較圖（波浪正向入射情況）	4-53
圖 4.56	基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 C 之平均波高遮蔽係數 Kd 值之比較圖（波浪正向入射情況）	4-54
圖 4.57	基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 D 之平均波高遮蔽係數 Kd 值之比較圖（波浪正向入射情況）	4-54
圖 4.58	基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 E 之平均波高遮蔽係數 Kd 值之比較圖（波浪正向入射情況）	4-55
圖 4.59a	基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 NNE).....	4-56
圖 4.59b	基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 NNE).....	4-56
圖 4.60a	基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 9 秒，波向 NNE).....	4-57
圖 4.60b	基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 9 秒，波向 NNE).....	4-57

圖 4.61a	基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 NNE).....	4-58
圖 4.61b	基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 NNE).....	4-58
圖 4.62a	基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 NNE).....	4-59
圖 4.62b	基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 NNE).....	4-59
圖 4.63	基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 A 之平均波高遮蔽係數 Kd 值之比較圖 (NNE 波向)	4-60
圖 4.64	基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 B 之平均波高遮蔽係數 Kd 值之比較圖 (NNE 波向)	4-60
圖 4.65	基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 C 之平均波高遮蔽係數 Kd 值之比較圖 (NNE 波向)	4-61
圖 4.66	基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 D 之平均波高遮蔽係數 Kd 值之比較圖 (NNE 波向)	4-61
圖 4.67	基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 E 之平均波高遮蔽係數 Kd 值之比較圖 (NNE 波向)	4-62

表目錄

表 1.1	西元 2000 至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報統計表	1-2
表 1.2	SWAN 模式學說與修正參數.....	1-15
表 3.1	不同堤體之透過係數參數表.....	3-7
表 3.2	2005 年~2010 年中央氣象局發佈之颱風警報.....	3-9
表 3.2(續)	2005 年~2010 年中央氣象局發佈之颱風警報.....	3-10
表 3.3	各商港波浪觀測站位置座標.....	3-35
表 3.4	基隆港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-95
表 3.5	台北港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-96
表 3.6	台中港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-97
表 3.7	安平港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-98
表 3.8	高雄港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-99
表 3.9	花蓮港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-100
表 3.10	蘇澳港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-101
表 3.11	2005 年~2010 年颱風時期各商港各相關參數參考值	3-105
表 3.12a	基隆港颱風時期時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-106
表 3.12b	台北港颱風時期時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-106
表 3.12c	台中港颱風時期時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-107
表 3.12d	安平港颱風時期時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-107
表 3.12e	高雄港颱風時期時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-108
表 3.12f	花蓮港颱風時期時期最大波向統計表(2005~2010)	3-108

表 3.12g	蘇澳港颱風時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-109
表 3.13	2005 年~2009 年颱風時期安平港相對於高雄港之各相關參數 比值	3-109
表 3.14a	基隆港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-112
表 3.14b	基隆港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-112
表 3.15a	台北港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-113
表 3.15b	台北港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-113
表 3.16b	台中港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-114
表 3.17a	安平港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-115
表 3.17b	安平港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-115
表 3.18a	高雄港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-116
表 3.18b	高雄港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-116
表 3.19a	花蓮港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-117
表 3.19b	花蓮港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-117
表 3.20a	蘇澳港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-118
表 3.20b	蘇澳港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010).....	3-118
表 3.21	2005 年~2009 年冬季季風時期各商港各相關參數參考值	3-119
表 3.20	各商港夏季季風時期最大波浪參數值(2005~2010).....	3-127
表 4.1	近岸區域波浪模式數值計算網格資料.....	4-10
表 4.2	港域波浪模擬之數值計算網格資料.....	4-11
表 4.3	基隆港港外及港內各測站示性波波高、週期及波向等重要統計量 之統計表	4-33
表 5.1	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場資料蒐集統計表	5-3

表 5.2a	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場平均風速統計表	5-3
表 5.2b	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場主要風向統計表	5-4
表 5.2c	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場東西分量平均風速 統計表.....	5-4
表 5.2d	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場南北分量平均風速 統計表.....	5-5
表 5.3a	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場最大風速(風向)統計 表.....	5-5
表 5.3b	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場最大風速(日/時)統 計表.....	5-6
表 5.4a	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 MC 預報風速各種偏差統計 表.....	5-6
表 5.4b	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 MC 預報風向各種偏差統計 表.....	5-7
表 5.4c	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 MC 預報風速東西分量各種 偏差統計表.....	5-7
表 5.4c	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 MC 預報風速南北分量各種 偏差統計表.....	5-8
表 5.4e	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 RC 預報風速各種偏差統計表	5-8
表 5.4f	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 RC 預報風向各種偏差統計表	5-9
表 5.4g	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 RC 預報風速東西分量各種 偏差統計表.....	5-9

表 5.4h	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 RC 預報風速南北分量各種 偏差統計表	5-10
表 5.5a	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪資料蒐集統計表	5-10
表 5.6a	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪平均示性波高統計 表	5-11
表 5.6b	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪主要波向統計表	5-11
表 5.6c	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪平均示性週期統計 表	5-12
表 5.7a	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪最大示性波高(波向 及週期)統計表	5-12
表 5.7b	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪最大示性波高(日/ 時)統計表.....	5-13
表 5.7c	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪最大示性週期(波向 及波高)統計表	5-13
表 5.7d	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪最大示性週期(日/ 時)統計表.....	5-14
表 5.8a	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 SWAN 預報示性波高各種偏 差統計表	5-14
表 5.8b	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 SWAN 預報波向各種偏差統 計表	5-15
表 5.8c	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 SWAN 預報示性週期各種偏 差統計表	5-15
表 5.8d	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 WAM 預報示性波高各種偏 差統計表	5-16

表 5.8e	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 WAM 預報波向各種偏差統計表	5-16
表 5.8f	2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 WAM 預報示性週期各種偏差統計表	5-17

第一章 計畫背景分析及文獻回顧

1.1 計畫目的

為了能讓地狹人稠、陸上資源有限且四面環海的臺灣能夠積極而有效地規劃與開發近岸生活圈，以邁向 21 世紀的海洋國家，各級政府機構除積極推動及規劃近岸海域的開發利用外，對於沿海的百姓生命財產及活動、近海的各種遊憩及漁業活動、海上運輸的安全，更不餘遺力地加以保護，同時也積極推廣海洋科技教育，以祛除由於過去長期海禁所造成人們對海洋知識的不足與恐懼，甚至誤解。近年來由於全球環境變遷劇烈，許多內陸觀光遊憩資源由於長期的風化作用造成地表鬆動，更於經年發生的地震及暴雨作用下遭到破壞，至今尚無法完全復原，促使國內遊憩人口向海邊移動，並導致沿近海的遊憩活動變得更加活躍，此種趨勢造成過去藉由觀測資料加以統計分析所做的海氣象預測已不足以應付即時性海氣象資訊的需求，而提供海岸工程或港灣工程需要的各項迴歸週期之設計基準也因為過去所引用的資料較少，偏差度較高。而今由於長期性觀測資料已經累積相當數量，新的理論推算模式也已經有顯著地發展，有必要重新檢討修正相關的設計基準，並設法提供較能符合近些年來劇烈變化的自然條件所造成的效應。因此，即時性的海洋資訊系統以及近岸防救災系統的建立是在 21 世紀配合臺灣要邁向海洋國家最重要的施政項目之一。

1.2 計畫重要性

臺灣屬於是海島型的生活圈，不僅是四面環海，東西向寬度約 144 公里，而南北向縱深大約 395 公里，陸域面積約 3 萬 6 千平方公里，其中山脈和丘陵佔了臺灣總陸地面積的三分之二，但環島海岸線長約 1140 公里，如果包含澎湖群島總長約 1,500 公里，然而這塊小小的土地上卻居住了 2 千 4 百萬的人口。此種窘境導致城鄉的發展除了山區稀疏的開發以外，大多集中於水岸地區，包含河川的兩岸及濱海地區。

而由於臺灣特殊的地理環境東部面對浩瀚的太平洋，海床陡峭，風、浪及流都大；西部以大約 200 公尺水深的大陸棚與大陸連接，形成槽溝型的臺灣海峽，潮汐及流的變化極大，引發出強勁的海岸漂沙活動導致海岸劇烈變遷；北部與南部則鄰近波潮流與大陸板塊的交會點，地形及波潮流的變化更大。在大自然這樣的嚴酷考驗下，如何提供一良好的生活環境，一直是政府相關機構所努力的目標。港研中心為配合政府「廿一世紀臺灣要邁向海洋國家」的政策，以提供政府決策單位及民間機構有一個參考依據，乃推動發展近岸海域海象預報系統，而近岸海象數值模擬及預警系統則是其近中程目標之一，亦為近岸防救災系統中的一環。

根據中央氣象局統計西元 1896 至 2000 年間共計 104 年的颱風資料結果顯示，平均每年約有 3.5 個次颱風曾侵襲臺灣海岸。然而如果統計西元 2000 至 2010 年間中央氣象局曾發佈陸上海上颱風警報的次數來看(如表 1.1 所示)，颱風次數在近幾年內有明顯的增加，雖然說颱風並不一定登陸，但已經對臺灣沿近海造成了威脅。

表 1.1 西元 2000 至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報統計表

西元年代	年度發佈 颱風警報總次數	強烈颱風	中度颱風	輕度颱風
		次數	次數	次數
2010	5	0	2	3
2009	4	0	2	2
2008	6	2	4	0
2007	6	2	2	2
2006	7	0	5	2
2005	7	3	3	1
2004	9	0	7	2
2003	9	1	4	4
2002	3	0	2	1
2001	10	0	8	2
2000	7	1	5	1
平均	6.64	0.82	4.00	1.82

1.3 民國 96 年至 98 年的研究成果

本研究屬交通部運輸研究所「近岸海象數值模擬及預警系統」四年期計畫的第四年，前 3 年已依照本計畫的主要工作目標完成以下的重要工作項目：

1. 完成風場(氣壓)及波浪等數值模式建置及自動化預報系統作業，每日提供包括 72 小時模擬及即時模擬等資訊。
2. 完成 96、97 及 98 年度參個年度之風場(氣壓)、波浪預報模式作業化成果評估，及包括基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港及安平港等七個主要商港口之港區及附近海域(港口)波場模擬作業。
3. 完成 98 年以前臺灣環島主要商港長期風場及波場模擬結果，並分析重要據點之風力及波浪特性(包括季風波浪及颱風波浪)。

此外，本團隊亦進行了相關的討論，部分重要的成果簡述如下：

1. 風向與波向的檢討：從波向的比較分析中發現，在過去風波預報中常發生不合理的波向情形主要應係採用平均波向的緣故。採用主波波向的話在主要的風域內(例如東北季風時的臺灣東北角海域)將有與風向較一致的分佈，但是在下風區或背風區則發生明顯差異，研判應是風波推算模式無法反應波浪的繞射效應，使得該區域的波浪場仍由風場主導所致。
2. MC 及 RC 風場的嵌合：在嵌合測試中發現 MC 風場因邊界的影響所造成的差異性大約涵蓋 1° 左右，如果在 MC 風場四周各截去 1° 的話，不論是風向或風速方面，與 RC 風場鑲嵌的吻合度相當高。且藉此亦可用雙線性內插方式加密風場的格網。未來可以提供擴大近海風浪推算的可能性。
3. 整合 ETOPO2 及 TaiDBMv5 兩種數值水深地形：從整合過程的比較中發現其間具有明顯的差異性，該差異性對大尺度的風浪推算而言可能影響不大，但對於近岸地區的風浪推算則有明顯影響。透過

地形水深的嵌合與雙線性內插的修正可以改善此種差異性，但無法完全消弭不同測量系統所導致的差異性。大體而言，本次的整合仍算成功。

4. 港灣波動預警系統：本計畫以花蓮港為例，成功地結合 Taicom 近海波浪數值模擬系統，以及港灣波浪折繞射模式，並建置成港灣波動的預警系統。透過本系統，未來只要外海的波浪經由中央氣象局所提供的預報風場，藉由 Taicom 近海波浪數值模擬系統的推算，即可擴大其功能，以一維波譜進一步推算到港內的波動，而達到港內的波浪預報。

1.4 計畫研究內容與工作項目

本研究屬交通部運輸研究所「近岸海象數值模擬及預警系統」四年期合作研究計畫之第四年計畫中的波浪預報部分，研究之主要目的有以下幾項：

1. 近岸風浪模擬技術之研發及預警精度改進。
2. 結合本所相關計畫之海象即時監測作業，發展颱風波浪之模擬技術，建置近岸防災預警方法，以減低颱風期間海岸災害破壞。
3. 近岸防災預警系統之作業化研究，加強作業效能之提昇，預報系統採人性化操作界面，以利相關單位使用。

依據招標文件所述，本年度預期需完成的工作項目及內容如下：

1. 精進波浪自動化預報系統：預報系統需提供整個年度由風場(氣壓)及波浪等數值模式，於臺灣環島海域不同尺度之計算結果。計畫期間並維持每日提供包括 72 小時模擬及即時模擬等資訊，颱風侵臺時期為研究重點。
2. 風場(氣壓)、波浪模式作業化預報成果評估：本計畫引進或建立之各種風浪模式(包括大域、中域及小域等 3 種全區域模式)，每日 72 小時模擬之精確度、計算速度改進等成果評估，並取用本所港研中

心七個主要商港(或其他單位)，現場觀測資料進行校驗及精度評估等工作，並於每個颱風離臺後及每季結束後(分四季)兩星期內將預報資料及評估結果提送本所港研中心，本年度需包括七個主要商港口之近海波浪模擬成果，颱風波浪為評估重點。

3. 臺灣七個主要商港區及附近海域(港口)即時波場模擬作業：本計畫建立之近岸及港區波浪模式(包括小域及細域等 2 種全區域模式)精確度及計算速度改進，以自動作業化方式，取用本所港研中心七個主要商港現場即時觀測資料，進行每日即時模擬作業。本年度需包括基隆港、臺北港、臺中港、安平港、高雄港、花蓮港、及蘇澳港等七個主要商港口之模擬作業，颱風侵臺時期為研究重點。
4. 臺灣環島近岸長期風場及波場模擬結果分析：引用預報模式推算至少 6 年以上之分析結果(包括夏季、冬季強烈季風盛行期，每年至少各一個月及所有颱風等)，並引用本所港研中心七個主要商港(或其他單位)觀測資料進行比較驗證，以求得重要據點之風力及波浪特性(包括季風波浪及颱風波浪)。
5. 設計波高：在臺灣環島七個主要商港重要據點，利用長期觀測波浪資料，或長期數值推算波浪資料(需有觀測資料比較驗證)進行統計分析，以求得設計波高。本年度原則以長 6 年以上之侵臺颱風期間(或強烈季風盛行期)為分析範圍。
6. 建立基隆港波浪模擬子系統：為提供基隆港港口船舶交通航運相關港灣環境資訊，建立基隆港波浪模擬子系統，以提供基隆港務局使用。
7. 資料與技術之轉移：數值模式、推算資料及相關資料與技術之轉移，年度結束時，須將風場、氣壓及波浪等數值模擬結果，包括各種測試結果、與現場觀測資料比較評估成果、正式預報結果及網站相關資料等，裝設於港研中心之個人電腦，並提相關原始程式檔及使用手冊予港研中心。
8. 以上為建立近岸防救災預報系統及相關數值預報子系統之模式計

算、資料庫維護管理、資料統計、繪圖等工作，需派碩士級(含)以上專業人員一員至本中心駐點服務。

1.5 國內外相關研究情況

風浪推算從作業時程上來說可分為追算(hindcasts)、現報(nowcasts)與預報(forecasts)。其中，追算係藉由已發生的事件來進行實測與理論或數值的比對，以探討已發生事件的特性，以及參數的修正以改善風浪預報模式的準確性與適用性，而現報與預報則是利用過去或目前發生的事件來推估未來的可能發展，因此僅能以風浪數值推算模式或統計模式來獲得必要資訊。有關風浪預測的準確與否直接影響了工程或決策單位是否能獲得進一步的資訊，而作出正確的判斷與因應。對於預報的課題在氣象學中已有多年的發展基礎，也有許多對於預測模式進行校正的方式，但對於波浪預報方面仍是新興的問題，尤其是颱風波浪推測與預報。

隨著科技進步，電腦運算能力的增進，許多學者相繼投入以數值方法來模擬波浪演化之物理模型，世界各先進國家也都相繼發展適合於該國的波浪預報模式。這些眾多的國內外波浪數值模式雖各有所長，卻也都有其應用上的限制。例如 WAMDI(1988)所提出的第三代風浪模式 WAM(Wave Model)，它是目前各國最常使用的深海風浪預報模式，但其對於近岸淺水域的風浪運動行為模擬則略顯不足。近來由荷蘭 Delft 大學所發展之 SWAN(Simulating Waves Nearshore, Booij 等人, 1996)近岸海域之風浪模擬雖可彌補大尺度範圍模式對近岸風浪行為模擬的不足，但卻無法正確地反應波浪遇到障礙物的繞射效應。而歐等人(1999, 2000), Ou 等人(2002)及廖等人(2002)曾利用 SWAN 模式對侵襲臺灣之颱風風浪做過一系列之研究與模擬，並且已有初步成果。此外，Ou 等人(2002)以有限元素法為基礎來解析波浪作用力平衡方程式，保留了各種風浪模式之優點，發展適用於近岸與遠域波浪模擬之波浪模式，此模式也經驗證適用於臺灣近岸海域之風浪模擬。林等人(2003)、徐等人(2004)也將 SWAN 應用在臺灣北部海域及東北部海域的海岸遊憩資訊系統中進行波浪預報的系統建構。相關的文獻回顧已於第一及第二年度計畫裡有翔實回顧，此處僅簡略概述。

關於作業化風浪預報模式方面，數值模式的優點在於可以得到完整的時空特性，並可根據過去的模擬結果預測未來的發展趨勢，由於現在電腦的運算能力比起從前強大許多，加上數值計算方法的進步，使得數值模式的精度與執行效率較以往大幅的增加。歐美日等先進國家均已有多年的發展，而臺灣鄰近的各國如香港、韓國、泰國及新加坡等也陸續進行作業化風浪預報模式的建立，而我國的中央氣象局、經濟部水利署、交通部運輸研究所等機構亦依據其任務積極發展近海預報模式，且有相當的成果。

近海預報模式包含了風浪、潮汐、暴潮等現象的預報。歐洲在這方面起步較早，所以近海預報系統也較為完備，美國現在亦以歐洲發展的基礎根據美國的地區特性加以改善成為美國本土性的近海預報模式系統，以下就國內外近海海象預報系統的發展情況概述如下。

1.5.1 歐美國家的風浪模式發展

(1) ECMWF

ECMWF(The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)是一個跨 32 個國家的獨立組織它的成員國有比利時、丹麥、德國、希臘、西班牙、法國、愛爾蘭、義大利、盧森堡、荷蘭、挪威、澳大利亞、葡萄牙、瑞士、芬蘭、瑞典、土耳其及英國。另外也和保加利亞、捷克、蒙特內哥羅、愛沙尼亞、克羅埃西亞、冰島、拉脫維亞、立陶宛、外蒙古、摩洛哥、羅馬尼亞、塞爾維亞、斯洛維尼亞及斯洛伐克等國，以及世界氣象組織(World Meteorological Organisation, WMO)、歐洲氣象衛星探測組織(European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites, EUMETSAT)、非洲開發氣象應用中心(African Centre of Meteorological Applications for Development, ACMAD)、聯合研究中心(Joint Research Centre, JRC)、廣泛禁止核子試爆協定組織的籌備委員會(Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty Organisation, CTBTO)、長距離跨邊界空氣污染大會執行處(Executive Body of the Convention on Long-Range

Transboundary Air Pollution, CLRTAP)與亞洲太空組織(European Space Agency, ESA)簽署合作協議。ECMWF 當初在 COST(European Co-operation in Science and Technology)計畫支持下於 1975 年成立的。第一個及時性中範圍預報是在 1979 年 6 月建立的，而作業化的中範圍預報系統則是在 1979 年 8 月開始運作。

ECMWF 中心的主要研究目標是

- 開發中距離氣象預報(medium-range weather forecasts)數值方法
- 在一般的基礎下，準備中距離氣象預報以便發放給會員國的氣象服務單位
- 導引科學性及技術性的研究以期能改善相關的預報作業
- 收集與儲存適當的氣象資料

此外，該中心還具有下列任務

- 提供相當比例的電腦設備給各會員國作研究
- 協助世界氣象組織的程式的使用
- 對會員國的科技人員提供有關數值氣象預報的進一步訓練
- 提供會員國以外的單位相關的研究成果資料

(2) HIRLAM(High Resolution Limited Area Model)

HIRLAM 是一個自 1985 年開始發展的歐洲跨國性的科學合作計畫，其目的是要開發一套大尺度及中尺度具高解析度的作業化短期性數值氣象預報系統。HIRLAM 的成員也和 ALADIN 數值氣象預報計畫的成員共同發展一套中尺度的預報系統，稱之為 HARMONIE。而大尺度的 HIRLAM 目前已經在所有 HIRLAM 中心執行作業化預報。它結合了丹麥、芬蘭、冰島、愛爾蘭、荷蘭、挪威、愛沙尼亞、西班牙及瑞典等國家的氣象研究單位。2006 年它進入另一個新的階段-HIRLAM-A。HIRLAM-A 的研發目標有三個：

- 開發一個適合作業化的中尺度模式，目標是水平方向解析度為 2.5 公里(HARMONIE)。

- 繼續開發大尺度的HIRLAM模式，其水平方向解析度為5~15公里(HIRLAM)
- 開發一套適合有限領域短期性多模式的總體預報系統(ensemble prediction system)以使用於異常氣象(GLAMEPS)

HIRLAM 配合了 3D-VAR 的分析，在利用半拉格朗日水靜力格點模式推算後兩、三天的氣象前，首先利用觀測資料進行之預報資料的同化修正。相關的預報資料包含溫度、風、濕度、雲層水氣及表面氣壓。該系統使用的座標系在水平方向是旋轉過的經緯度系統，而垂直方向則為混合的 p - σ 系統。

以挪威為例，挪威氣象中心(Norwegian Meteorological Institute, DNMI)發展的三維海洋模式 ECOM(Estuarine, Coastal and Ocean Model)預報風暴潮及海流情況(Engedahl, 1995; Martinsen et al., 1997)，採用平面網格解析度為 20 公里的卡氏座標系統，涵蓋了大部分西北歐的大陸棚。在風暴潮的預報部分，ECOM 使用三維正壓項模擬(垂直分為 12 層)，於海流預報則加入斜壓項分為 17 層，預報變數包含海流、海水水位變化及溫度、鹽度等資料。預報的時程部分則是一天做兩次預報，分別在 00 及 12 UTC 預報未來 48 小時的海象狀況。其輸入的風場及氣壓場資料則是由挪威氣象中心執行的HIRLAM(High Resolution Limited Area Model)氣象預報模式所提供。

其主要的模式 H50 在水平方向解析度是 0.5° ，以及 31 個水平分層。該系統每天執行 4 次，每次推算 60 小時，而前 6 個小時是以同化處理過的資料當作輸入值。每天在 6UTC 及 18UTC 兩個時間，模式會利用較多的觀測值來執行一個短期性的計算以便能得到一較佳的猜測值提供給主要的執行程序。從 ECMWF(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)所得來的 3 小時間隔的變數場會被引用來當作模式的側向邊界輸入條件。而水體表面，則引入一混合的大氣場及觀測的資料。

在 H50 模式下，將巢狀連結一個 0.1° 解析度的 H10 模式，該模式每天在 0UTC 及 12UTC 時間執行，但本身並不進行資料同化。目

前在試驗階段是採用 0.2°解析度，41 個垂直分層且涵蓋範圍與 H50 相同的 H20 模式，未來 H20 可能取代 H50。而第三層巢狀模式則為 H05(0.05°解析度)，它涵蓋挪威的南部地區。

由於所有模式所產生的輸出結果，其數量及種類都相當地多，通常海平面 2m 高的溫度、10m 高的風及降雨可以每小時輸出一次，像溫度場及風場則可以每 3 或 6 小時輸出。其他尚有很多輸出參數可以在特殊要求之下以後處理輸出。

目前 HIRLAM 的研究方向如下：

- Semi-Lagrangian time integration scheme.
- Lateral boundary conditions, reduced resolution near the boundaries.
- Radiation.
- Clouds and condensation.
- Turbulence parameterisation.
- Surface parameterisation.
- Physiography.
- Non-hydrostatic formulation.
- OI analysis.
- Development of variational analysis system.
- Satellite data.
- Surface parameter analysis.
- Case studies and verification.
- Ports to massively parallel architectures.
- Documentation tools.

波浪預報的部分挪威氣象中心並使用 WAM 波浪模式做為預報波浪的工具，網格解析度為 0.45 度，範圍包含了北大西洋、北海，挪威海、格林蘭海及白令海。每天預報 2 次，每次預報 2 天，氣象資料由 HIRLAM 氣象預報模式所提供；另外再使用 European Centre

for Medium-Range Weather Forecasts(ECMWF)所提供的資料做預報，每天 1 次，每次預報 7 天

(3) 荷蘭

荷蘭皇家氣象研究所(KNMI)自 1990 年開始即使用一套由 Delft Hydraulics 及 Rijkswaterstaat (Gerritsen et al., 1995 ; Phillippart and Gebraad, 1997)所發展的 Dutch Continental Shelf Model(DCSM)來預報潮汐及暴潮。其初期模擬的範圍為西北歐洲大陸棚，網格解析度為緯度為 1/6 度，經度為 1/4 度，邊界條件為 10 個分潮加上暴潮的水位變化。自 1993 年起，增加了風場的輸入(風場由 KNMI 的HIRLAM 大氣模式產生)。DCSM 預報的時間為每 6 小時 1 次，預報未來 48 小時的海象狀況。自 1998 年開始，DCSM 使用了' state-of-the-art'的最佳化方法來校正模式(e.g. Phillippart et al., 1998)，同時於 1992 年起便引進實測資料來進行模式的資料同化，以提升預報的精度

在波浪推算部分，自 1977 年起 KNMI 就已經開始預報北海的波浪，到了 1990 年，開始使用由第三代 WAM 修改的局部區域模式—NEDWAM 做為波浪預報的工具(Komen et al., 1994 ; Voorrips et al., 1997)。模式的模擬範圍包含了北海、挪威海、格林蘭海及英吉利海峽，網格解析度則為 32 公里。風場則由 KNMI—HIRLAM 大氣模式產生。每 6 個小時進行 12 小時的追報及 48 小時的預報。

(4) 比利時

隸屬比利時國家研究院的北海數值模式管理中心，MUMM (Management Unit of the North Sea Mathematical Model)於 1970 年代開始即使用垂直平均的 2D 水動力模式進行潮汐及風暴潮的預報，其預報範圍為北海(Adam, 1979)，網格解析度在北海北部使用 20 分網格大小，南部則使用 7 公里網格的巢式網格模式系統。由於模式範圍的限制，遠洋海域產生的潮波無法傳遞至模式內，所以對某些風暴的型態無法準確的預報。1998 年正式啟用新版本的大範圍耦合水動力模式(Yu et al, 1994)在 MUMM 及 AWK(公共工程部海岸及航道

工程處 Afdeling Waterwegen Kust ; Ministry of the Flemish Government) (Ozer et al., 1997 ; van den Eynde et al., 1998)。其網格解析度為緯度 2.5 分，經度 5 分。風場及氣壓場部分則使用英國氣象局(UKMO)所提供的資料。每天預報兩次，每次追報一天及預報 3 天。

MUMM 及 AWK 自 1992 年起使用由 GKSS(van den Eynde, 1992)發展的二代風浪模式 HYPAS 預報波浪，其使用了波浪浮標監測記錄及衛星 ERS-1 波高計的資料進行模式線上校正，並使用 HTML 發展使用者介面，讓使用者可以很容易的讀取模式產生的資料，現在亦積極發展以 WAM 結合 SWAN 的近海波浪模式系統上線預報。

(5) 英國

英國氣象局(UKMO)自 1978 年起即使用由 POL(Proudman Oceanographic Laboratory)發展的二維風暴潮模式與潮汐模式預報潮位變化，模擬的範圍自北緯 48°至北緯 63°，西經 12°至東經 13°，模式解析度在緯度方面為 1/9°，經度方面為 1/6°。模式預報時間為每天兩次，每次預報未來 36 小時。於 1999 年以後，使用新的模式來預報風暴潮，由於考慮潮汐的變化，因此可以得到更為準確的暴潮水位。

對於波浪的預報，英國氣象局使用由 Goldin(1983)為基礎的二代波浪模式，其後此模式由 Holt(1994)來維持更新。此模式不但可以模擬大尺度的範圍，同時也可以模擬水深 200 公尺以內的大陸棚區。在大尺度範圍方面，使用的網格點為 0.833°×0.56°，風場部分使用同樣尺度的全球數值氣候預報模式(NWP)預報風場，並且使用 ERS-2 波高計的資料來做同化。此模式每天預報兩次，分別為 00 UTC 及 12 UTC，預報未來五天的波浪。小尺度區域模式，包含西北歐洲大陸棚、地中海、波羅的海及黑海，網格解析度為 0.4°×0.25°，也是每天預報兩次，分別於 0230 UTC 及 1430 UTC 做預報，預報時間亦為 48 小時，風場使用全球數值氣候預報模式(NWP)預報風場，邊界部分則是使用大尺度模式的模擬結果。

(6) 美國

美國的近海海岸預報系統，目前是由 NAVOCEANO (Ocean Modeling Branch of the National Weather Service's Environmental Modeling Center、the National Ocean Service's Coast Survey Development Lab、Princeton University、以及 Naval Oceanographic Office) 所共同發展的 Regional Ocean Forecast System(ROFs)，此套系統是由 1991 年開始發展，並於 1993 年開始作實驗性的預報。此系統為一三維水動力模式，模擬的範圍為北緯 30 度至 47 度，由美國東岸海岸線向外延伸至西經 50 度，網格解析度為 20 公里，在近岸的部分則變為 10 公里，海水表面的驅動力則是由 NCEP(National Centers for Environmental Prediction)的 Eta 中尺度大氣模式提供。此套系統一天預報一次，每次預報其後時間 48 小時。

在波浪的部分，則是使用由 NCEP 下的環境模式中心(EMC)中的海洋模式及分析部門(MMAB)所發展的 WAVEWATCH III，此模式為第三代風浪預報模式 WAM 的修正版本，目前發展至 2.22 版本。

1.5.2 我國的風浪模式發展

(1) 交通部中央氣象局的近海風浪預報模式

我國中央氣象局海象測報中心為建構臺灣北海岸和東北角海岸附近水域的波浪推算模式，以提供近海遊憩資訊，自民國 92 年引進近海波浪推算模式(SWAN)，並著手進行與現有西北太平洋的波浪預報模式(NWW3)的結合。目前海象中心所建立的海象預報系統架構如圖 1.1 及 1.2 所示，在預報系統中(如圖 1.3 所示)預定採用兩層遠域波浪預報模式(暫以 NWW3-1 及 NWW3-2 表示)，及兩層近岸波浪預報模式(暫以 SWAN-3 及 SWAN-4 表示)。遠域波浪預報模式係引進美國海洋及大氣局(NOAA)所開發的 NWW3 (NOAA WaveWatch III) 軟體，進行西北太平洋水域的波浪預報，以及臺灣近海水域的波浪預報。近海波浪預報則採用荷蘭 Delft 技術大學(Delft University of Technology)所開發並放置於公開網站供人免費下載的近海波浪推算

軟體 SWAN(Simulating WAve Nearshore)進行近岸地區水域的波浪推算，如北部海域波浪預報(SWAN-3)及富貴角至鼻頭角之間海域波浪預報(SWAN-4)。相關資料簡述如下：

- (a) 水深地形資料檔：在 NWW3-1 及 NWW3-2 中為 ETOPO5；在 SWAN-3 及 SWAN-4 則為 TaiDBMv5。
- (b) 引用的風場資料：包含 45km 解析度風場(NWW3-1)、15km 解析度風場(NWW3-2)，以及 5km 解析度風場(SWAN-3 及 SWAN-4)。
- (c) 波浪推算的網格解析度：NWW3-1 為 0.5° 、NWW3-2 為 0.25° 、SWAN-3 為 0.05° 、而 SWAN-4 為 500m。
- (d) 波浪預報的範圍：(如圖 1.1 所示)
 - (i) NWW3-1：南北向為 1°N 至 41°N ；東西向為 90°E 至 155°E ；
 - (ii) NWW3-2：南北向為 10°N 至 35°N ；東西向為 110°E 至 135°E ；
 - (iii) SWAN-3：南北向為 21°N 至 26.5°N ；東西向為 118.75°E 至 123°E ；
 - (iv) SWAN-4：南北向為 24.5°N 至 25.5°N ；東西向為 121.25°E 至 122.25°E 。
- (e) 水位變化：尚未考慮。
- (f) 流場變化：尚未考慮。
- (g) SWAN 參數修正：針對 SWAN 波浪模式所採用學說與參數設定值之修正如表 1.2 所示。

表 1.2 SWAN 模式學說與修正參數

波浪能量授受機制	SWAN 模式所採用的學說與參數值
風的線性成長項	Cavaleri 和 Malanotte-Rizzoli (1981)
風的指數成長項	Komen 等人 (1984)
白沫消散項	Komen 等人 (1984) $\bar{s}_{EM} = 3.02 \times 10^{-3}$, $C_{ds} = 2.33 \times 10^{-5}$
四個波波交互作用項	Hasselmann 等人 (1985) $C_{nl4} = 3 \times 10^7$, $C_{sh1} = 5.5$, $C_{sh2} = 6/7$, $C_{sh3} = -1.25$
三個波波交互作用項	Eldeberky (1996) , $\alpha B_{EBB} = 0.1$
碎波消耗項	Battjes 和 Stive (1985) , $\gamma B_{bB} = 0.73$
底部摩擦項	Hasselmann 等人的 JONSWAP (1973)

以下將就目前的海象波浪推算流程作一簡述，以期對整個預報過程有一簡單了解。在整個推算過程中，主要的計算分為風場的推算及波場的推算。

(a) 風場的推算過程：

中央氣象局海象中心所計算的風場如前所述，共分為三個領域：大域風場、中域風場及小域風場。大域風場涵蓋整個西北太平洋，並以 45km 的網格解析度進行計算。中域風場涵蓋台澎金馬、以及部份菲律賓及大陸地區附近海域，並以 15km 的網格解析度進行計算。小域風場則涵蓋臺灣附近海域，並以 5km 的網格解析度進行計算。

各個風場皆是以非定常狀態由分析場開始進行預報場的推算，首先是 45km 大域風場由利用氣壓場的變化推算分析場後，繼續計算間隔 6 小時連續 72 小時的預報風場，其中除了保留分析波場作為下一時刻(12 小時以後)的初始值外，亦以巢狀運算的型式儲存預報風場部份供 15km 中域風場以及 NWW3-1 波場推算所需要的參考值。15km 中域風場係利用同一時刻 45km 大域分析風場作為初始值進行中域分析風場的推算，然後繼續進行間隔 6 小時連續 72 小時預報風場的推算。同樣地，除了保留分析波場作為下一時刻(12 小時以後)的初始值外，亦以巢狀運算的型式儲存預報風場部份供 5km 小域風場以及 NWW3-1 波場推算所需要的邊界值。5km 小域風場也是利用同一時刻 15km 中域分析風場作為初始值進行小域分析風場的推算，然後繼續進行間隔 6 小時連續 72 小時預報風場的推算。同樣地，除了保留分析波場作為下一時刻(12 小時以後)的初始值外，亦以巢狀運算的型式儲存預報風場部份供 SWAN-3 及 SWAN-4 波場推算所需要的邊界值。

(b) 波場的推算過程：

波浪場的推算如前所述，共分四個階段：NWW3-1、NWW3-2、SWAN-3 及 SWAN-4。NWW3-1 涵蓋整個西北太平洋，並以 0.5° 的網格解析度進行計算。NWW3-2 涵蓋台澎金馬、以及部份

菲律賓及大陸地區附近海域，並以 0.25° 的網格解析度進行計算。SWAN-3 則涵蓋臺灣附近海域，並以 0.05° 的網格解析度進行計算。SWAN-4 則涵蓋臺灣附近海域，並以 500m 的網格解析度進行計算。

各個波場皆是以非定常狀態由分析場開始進行預報場的推算，首先是 NWW3-1 除承接上一預報時刻之分析波場作為初始值外，也由大域風場提供分析風場及所有預報風場的風場資料，在推算分析波場後，繼續計算間隔 6 小時連續 72 小時的預報波場，其中除了保留分析波場作為下一時刻(12 小時以後)的初始值外，亦以巢狀運算的型式儲存所有波場供 NWW3-2 波場推算所需要的邊界值。NWW3-2 波場推算係利用同一時刻 NWW3-1 的波場作為邊界值，並配合 15km 中域風場進行分析及預報波場的推算，在各個計算時段都以巢狀運算的型式儲存所有波場供 SWAN-3 波場推算所需要的邊界值。SWAN-3 波場推算係利用同一時刻 NWW3-2 的波場作為邊界值，並配合 5km 小域風場進行分析及預報波場的推算，在各個計算時段都以巢狀運算的型式儲存所有波場供 SWAN-4 波場推算所需要的邊界值。SWAN-4 波場推算係利用同一時刻 SWAN-3 的波場作為邊界值，並配合 5km 小域風場進行分析及預報波場的推算。在各個階段及各個時段的計算波場均予以輸出以作為後續繪圖或分析之用。

目前此一模式主要以近海遊憩活動所需之波浪資訊為主，與本計畫的研究目標不同，而對於整個作業的流程，包含計算領域的層次與範圍切割、網格大小、計算時程等都仍在檢討與測試中。另外，交通部港灣技術研究中心也為了提供國內各商港足夠的海象資訊，自民國九十三年初起推動「臺灣環島海象預報系統」(TaiComs)的建構，其預報目標包含風、波、潮流、及水位等資料。

(2) 交通部運輸研究所的臺灣環島海象預報模式(TaiCOMS)

為了要提供臺灣沿海包含國際航線及藍色公路的船舶航行安全，交通部運輸研究所港灣技術研究中心參考各國近海海象預報系

統的發展狀況規劃臺灣近岸海象預報系統-TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，其系統(如圖 1.3 所示)整合了數值預報模式以及海氣象觀測網的作業。臺灣海域觀測網路部分可以得到的觀測資料除地形、水深外，各國際商港附近的氣壓、颱風、風場(風速、風向)、波場(波高、週期及波向)、水位(天文潮位、暴潮位)及流場(流速、流向)等現場資料，均可經由同步連線系統回傳，經整理後統一輸入資料庫中；而臺灣海域模式預報系統則包含了波浪、水位、流場及擴散等相關模式的模擬與預報。其中，波浪的模擬包含季風波浪及颱風波浪，水位的模擬則包含天文潮位及暴潮潮位，海流的模擬則包含天文潮流、風驅流(暴潮流)等。擴散模擬預報的主要重點為油污，其他污染(如颱風期間河川沖出之高濁度水團之擴散現象)，亦可應用海流資料進行模擬推估。

在 TaiComs 系統中，波浪的推算係分成遠域及近岸波浪的預報，如圖 1.4 所示。遠域的波浪推算是採用 WAM 模式，其範圍涵蓋西北太平洋的水域，包含部分中國大陸、日本及菲律賓的陸地，計算網格為 $10^{\circ}\text{N}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 及 $110^{\circ}\text{E}\sim 135^{\circ}\text{E}$ ，網格解析度為 $0.2^{\circ}\times 0.2^{\circ}$ ，採用中央氣象局所提供的 RC 風場；近域的波浪推算則以臺灣附近的海域為主，採用 SWAN 模式，計算網格為 $20^{\circ}\text{N}\sim 27^{\circ}\text{N}$ 及 $119^{\circ}\text{E}\sim 125^{\circ}\text{E}$ ，網格解析度為 $0.04^{\circ}\times 0.04^{\circ}$ ，採用中央氣象局所提供的 MC 風場。

1.6 後續的發展

近海海象的模擬與預警系統基本上除了收集有關風場、波場、流場及水位場的預報外，應該考慮各模式之間相互的影響關係，目前已知的近海海域報系統已經逐漸地由基本的海氣象預報擴展到海域環境的監測與預報，也就是藉由海器向的預報來推算可能的水質變化情形。雖然就事實來看，近海海域的作用是由波浪、潮汐及暴潮相互影響所造成的，但可以發現目前的海象預報系統仍然多獨立地使用不同的模式來提供預報資料，而要呈現較接近於實際海水面變化的話，就要將這三種模式耦合起來同時考慮，這也是目前各個國家在努力的目

標，如歐洲的 PROMISE(Pre-Operational Modelling In the Sea of Europe) 計劃便包含了整合各個模式的目標，本計畫所研究的對象『近岸海象模擬與預警系統』也是結合波浪、水位、海流流場、海嘯、及污染擴散等相關模式，建立近岸海象的及時性模擬及預警系統，提供政府機關在規劃近海活動以及救災系統的參考依據。

此外，本研究團隊也考量現下波浪推算模式相對於海岸結構物附近的波浪折繞射問題或者是港灣波動問題，都仍屬於大尺度的數值模擬，無法也不適於反應解析度小到 10 至 15 公尺的近岸波動模擬，因此進行也完成了結合波浪推算模式與波浪折繞射模式的港灣波動預報系統，以及離島或人工構造物附近水域的波浪折繞射預報系統的建置。

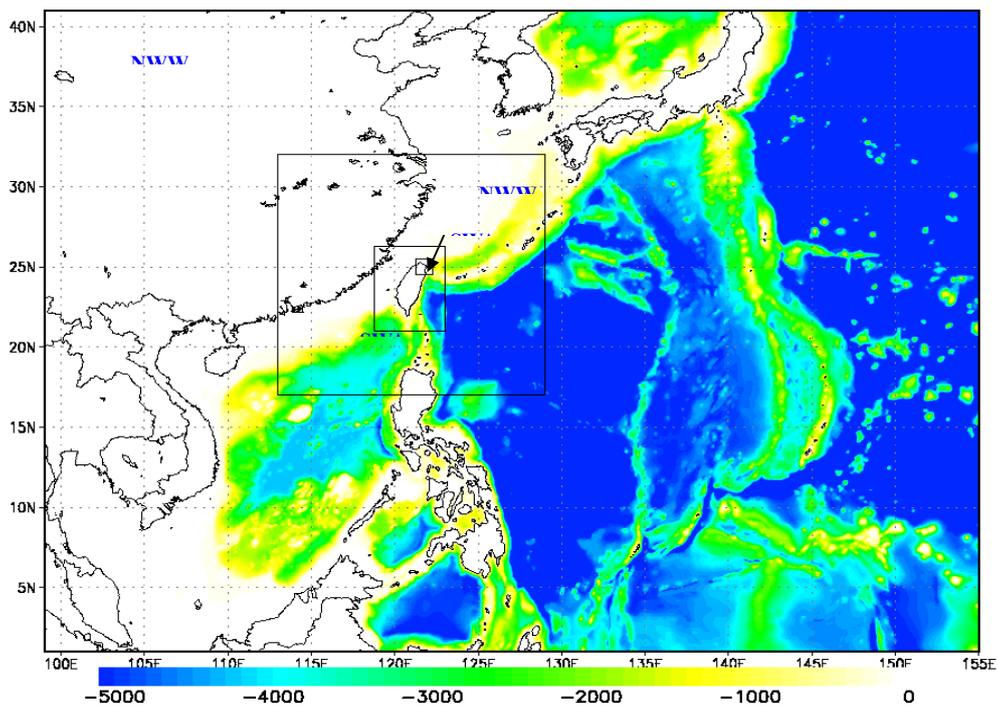


圖 1.1 海象預報系統之計算範圍與水深圖

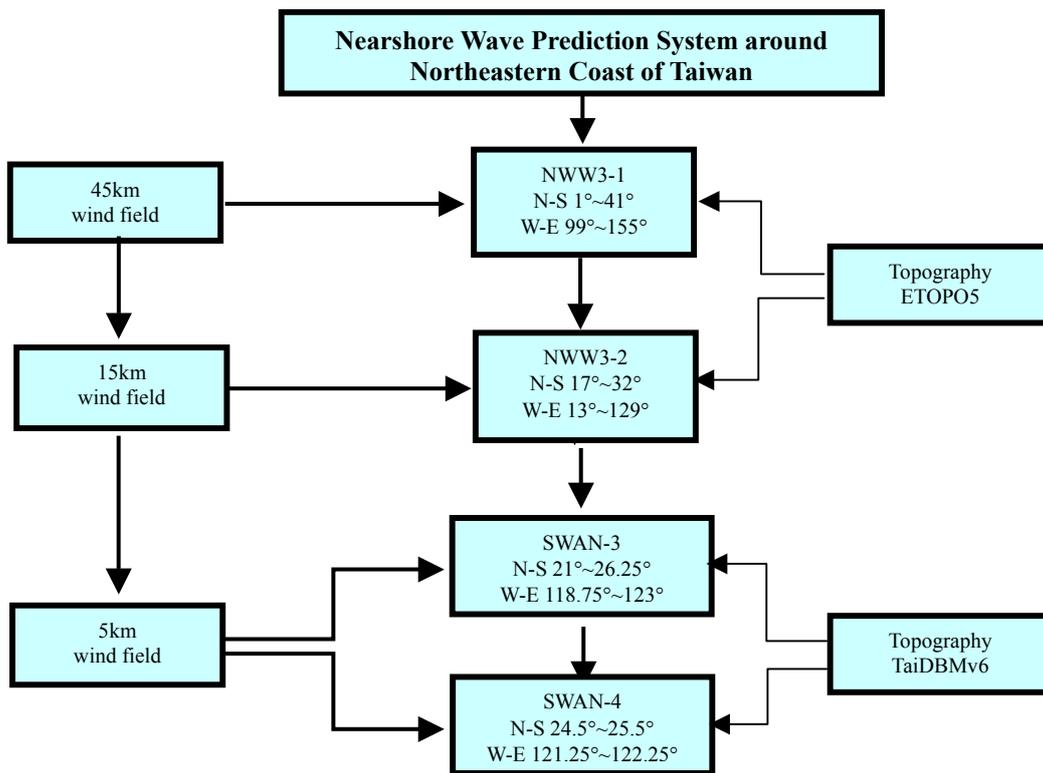


圖 1.2 中央氣象局海象預報系統作業構想圖

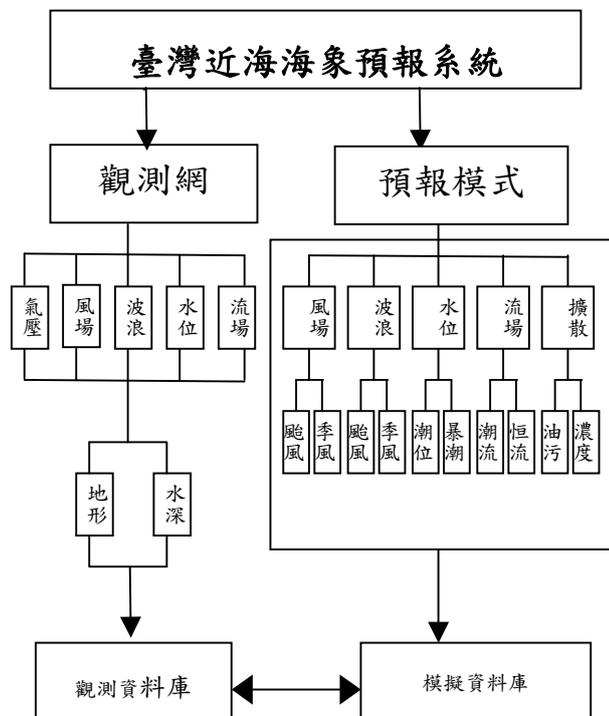


圖 1.3 交通部運輸研究所臺灣近海海象預報系統架構圖

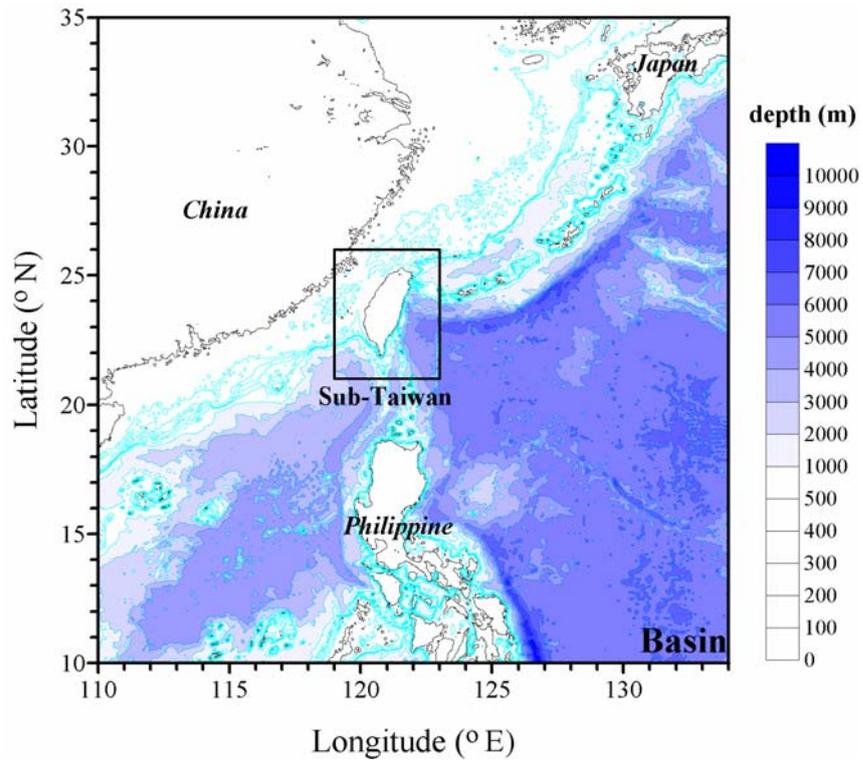


圖 1.4 臺灣近海海象預報系統遠域波浪計算範圍及水深分佈圖

第二章 研究範圍與對象

本計畫研究之對象為近岸海象數值模擬及預警系統，相關資料簡述如下：

2.1 近岸海象數值模擬及預警系統

近岸海象數值模擬及預警系統的建置，規劃涵蓋風場、波浪、水位、流場及擴散等模擬。波浪的模擬包含季風波浪及颱風波浪，由於類神經網路具有快速計算及學習的功能，因此也將類神經波浪模式納入系統；水位的模擬則包含天文潮位及暴潮潮位，另外同樣也將類神經暴潮模式納入計算；海流的模擬則包含天文潮流、風驅流(暴潮流)波浪引起之沿岸流等。由於污染傳輸及擴散的現象在近岸海域已受到大眾的關切，尤其自龍坑阿瑪斯號油污染事件發生以來，宜蘭外海也曾發生吉尼號擱淺事件，船舶運輸的石油及化學品可能在載運傳輸的過程所發生的意外事件更為受到關注，所以在海流預報模式建置完成後，模擬預警的主要重點為油污擴散，油污擴散模式則是其主要的應用方向。風場預報的部分平日引用中央氣象局產生的全域即時預報風場及氣壓場來提供給各個模式使用，本計劃架構下不擬執行一般風場的預報，僅於颱風期間由中央氣象局所提供的颱風路徑、中心最大風速與暴風半徑等資料，搭配參數化颱風模式模擬颱風內部風場及氣壓提供颱風期間各模式所需要的氣象資料，視實際需要進行預警作業。為了提升波浪預警作業的速度及精度，本系統亦規劃了波浪相關模式及波浪資料同化等工作，整個系統架構如圖 2.1。

2.2 近岸數值模擬及預警系統網格架構

本計畫規劃四種尺度的網格點，包括西太平洋範圍(遠域)、臺灣周圍海域範圍(近域)、近岸海域範圍及港域範圍，以期將臺灣海域所有可能預報的的海象狀況包含在其中。以下分別就各推算範圍的相關資料

進行說明：

(1) 遠域波浪推算：以西太平洋海域為範圍，屬於大尺度的推算，其目的是希望得到較佳的近域波浪推算邊界參考輸入值，同時也考慮能涵蓋各種侵台的颱風路徑。地形水深所採用的美國海洋及大氣總署國家地理資料中心(NOAA NGDC/MGG)的 ETOPO2 水深地形資料，經重新整理後取解析度為 0.2° 的地球座標弧形網格，引用資料範圍由北緯 9° 至 41° 及東經 109° 至 141° (如圖 2.2 所示)。所使用的風場為由中央氣象局所提供的 RC 風場，經整理後其範圍涵蓋北緯 0° 至 35° 及東經 99° 至 150° ，而解析度為 0.166667° 。主要應用的波浪推算模式是使用目前世界各國在海洋波浪預測模式評價相當好的 WAM 來模擬。本部分的計算及輸出格網解析度為 0.2° ，範圍涵蓋北緯 10° 至 35° ，東經 110° 至 134° 。

(2) 近域波浪推算：指的是臺灣周圍海域模式範圍(中尺度)，所採用的解析度為 1 分網格，範圍由北緯 21° 至 26° ，東經由 118° 至 123° (如圖 2.3 所示)，此部分模擬則可以提供近岸範圍模式的邊界條件，波浪預警部分採用以荷蘭 Delft 大學發展的近海風浪模式 SWAN 做為基礎並以適合臺灣海域的模式參數改善。近域波浪推算的輸入邊界條件是以巢狀計算的觀念，自遠域浪推算結果中擷取近域波浪推算範圍的邊界上各節點的代表波高、週期及方向，其間將會用到線性內插求值的處理。

(3) 近岸波浪推算：小尺度的近岸區域模式系統是依據個各商港地區不同特性來規劃，如圖 2.4 及圖 2.5 所示，圖中的藍色線為近岸波浪的計算範圍示意。此一模式的輸入邊界條件係承接近岸波浪推算的結果，由於近岸波浪推算採用的解析度為 1 分網格，一般在一個商港附近僅能得到一個計算節點，或者用線性內插方式計算得到指定座標點的波浪資料。而考量 SWAN 的計算結果可以為由頻譜換算的示性波高與平均週期以及主波方向，或者是一維或二維的頻譜與主波方向，以及考量有限的及時作業化時程，本部分初期係以各商港實測的波浪作為入射波的條件，並以其模擬計算結果與實測資料相比對，待發展成熟後，乃改採近岸波浪推算的結果作為輸入值。但

有鑑於近岸的波浪往往受到地形的影響相當顯著，目前近岸波浪推算所採用的解析度可能仍然過大，而無法反應地形對波浪的影響效應；但從另一個角度來看，目前也沒有較正確且詳細的水深地形可供參考。本部分所使用波浪折繞射模式為 REF/DIF 模式，相關理論將於第四章說明。

(4) 港域波浪推算：如圖 2.4 及圖 2.5 所示，圖中的紅色線為港區波場計算範圍示意，本範圍的推算係承接近岸波浪推算的結果，同樣地由於執行時間的考量，所採用的為位於指定座標上的單點代表波浪，包括波高、週期及方向。所使用的模式是以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素法數值模式。

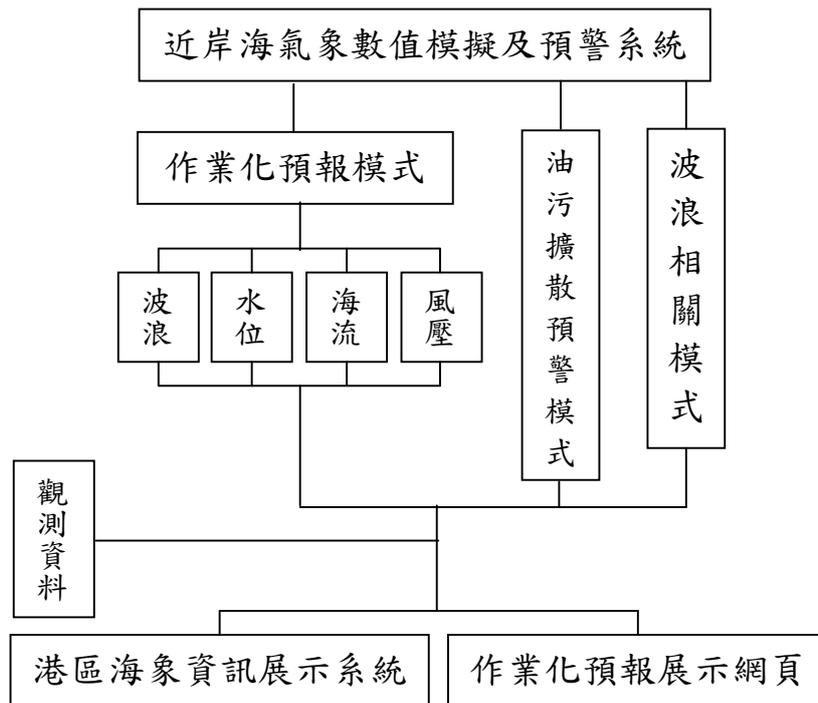


圖 2.1 臺灣近岸海象數值模擬及預警系統架構圖

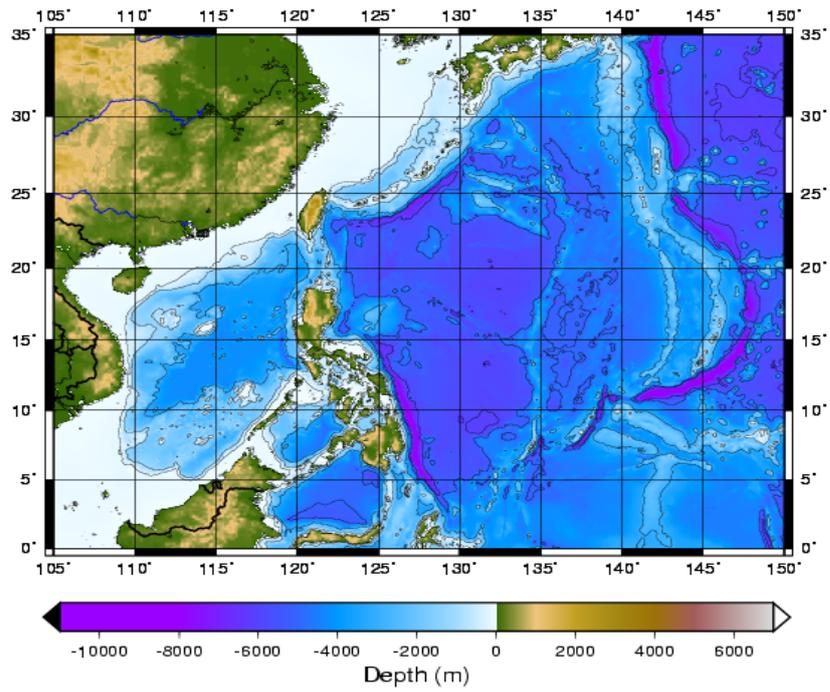


圖 2.2 西太平洋(大尺度)預報模式範圍

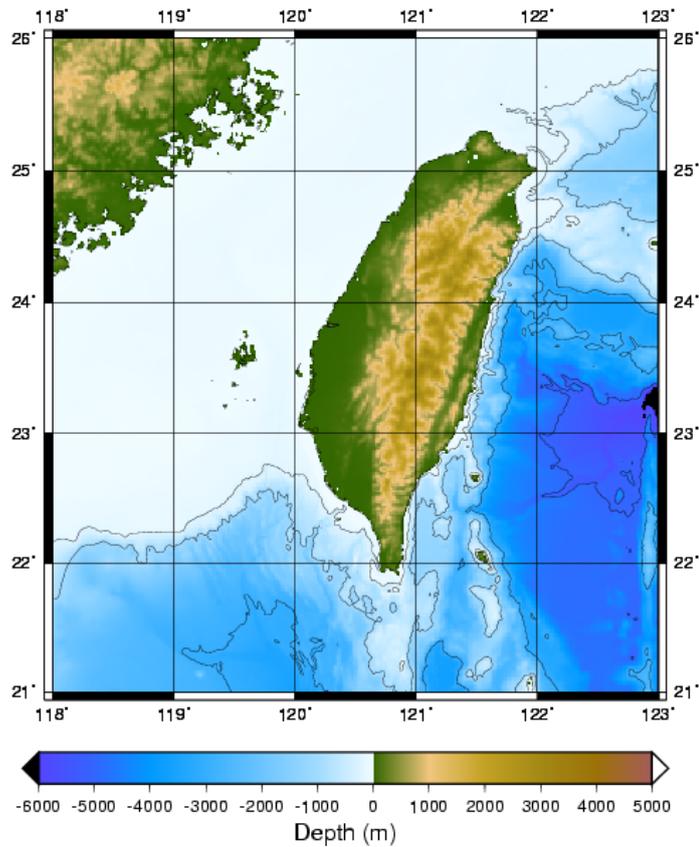


圖 2.3 臺灣周圍海域預報模式(中尺度)範圍

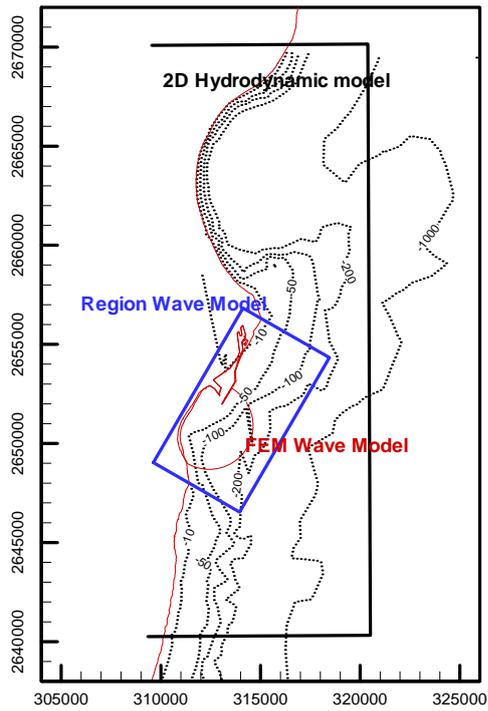


圖 2.4 近岸預報模式範圍示意圖--花蓮港

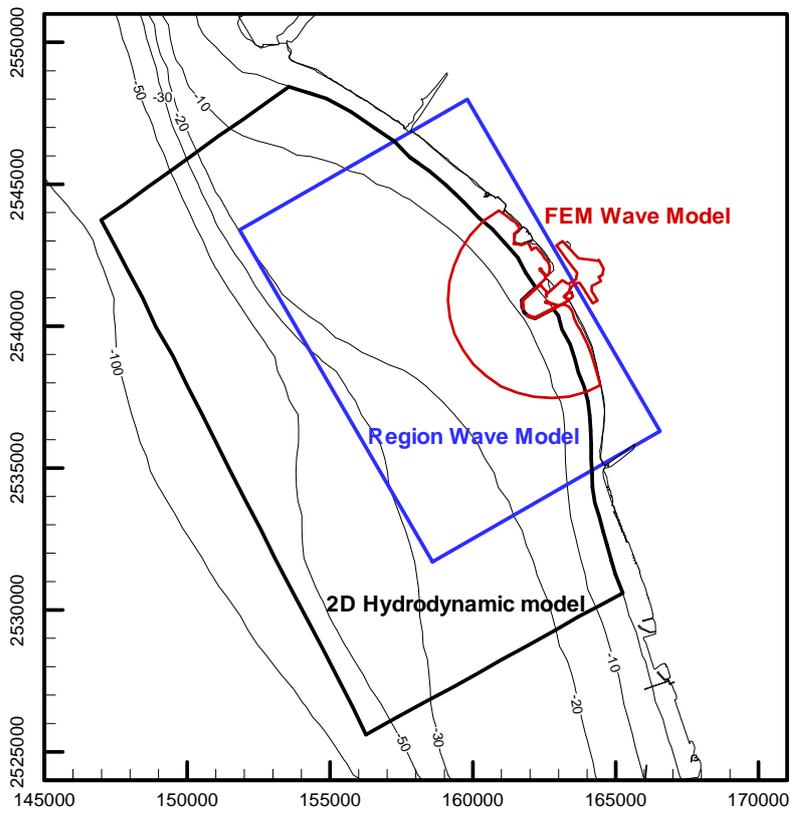


圖 2.5 近岸預報模式範圍示意圖--安平港

2.3 七港區作業化預報操作

近岸海象數值模擬及預警系統最重要的功能便是每日進行海象模擬計算作業，除了提供近海的風場、氣壓場、水位場、波浪場及流場外，也提供七大商港區三天的風、氣壓、水位、波浪及水流資訊供使用者參考，現行作業程序說明如下：

本系統所需要的表面氣壓場及風場預報資料係由中央氣象局所提供，該每天於下載每日 08:00 及 20:00(相當於格林威治時間的 0:00 及 12:00)美國海洋及大氣總署所提供的表面氣壓場，並開始推算相關的風場(RC、MC 及 HC)及風場預報資料，並於大約 03:00 及 15:00 前上傳推算資料。在考量中央氣象局的氣象預報資料從計算完成至上傳仍需數小時，並避免影響本系統的作業，及考量模擬計算的時效性，目前規劃以前一日 12:00 的預報氣象資料作為推算的基準，設定於每日 0 時開始之模擬預警計算作業能在 03:00 以前下載取得前一日 12:00 時所產生的 72 小時之表面氣壓場及風場預報資料，經解碼重整及內插產出各模式所需氣象資料後，隨即開始進行各模式的計算作業，全部計算結果預計於 10:00 時以前完成，待圖表製作完成後，預計於每天 14:00 即時更新網頁資料，如圖 2.6。每次模擬作業時間為三天(72 小時)，其中包含 24 小時現報模擬(現報結果將與七大港即時觀測系統資料比對以便由使用者判斷本次模擬作業結果之可信度)及 48 小時預測模擬計算(僅提供模式計算結果)，每日作業一次。圖 2.7 為即時現報作業範例，例如，1 月 2 日 14 時發佈的現報資料時間為 1 月 1 日 0 時至 1 月 4 日 0 時，此時會將 1 月 2 日 0 時的計算結果存檔，以作為 1 月 3 日的計算起始點(warm start data)，如此便可以直接將每日的氣象條件引入模式進行計算，無需重新啟動模式，如此更能模擬連續的波浪及水位結果。

本作業流程設置的主要關鍵有兩個：電腦軟硬體的執行效率及預報資料的發佈時間點，未來可能會因為作業系統的改變(例如平行處理)，或電腦硬體的更新而調整。

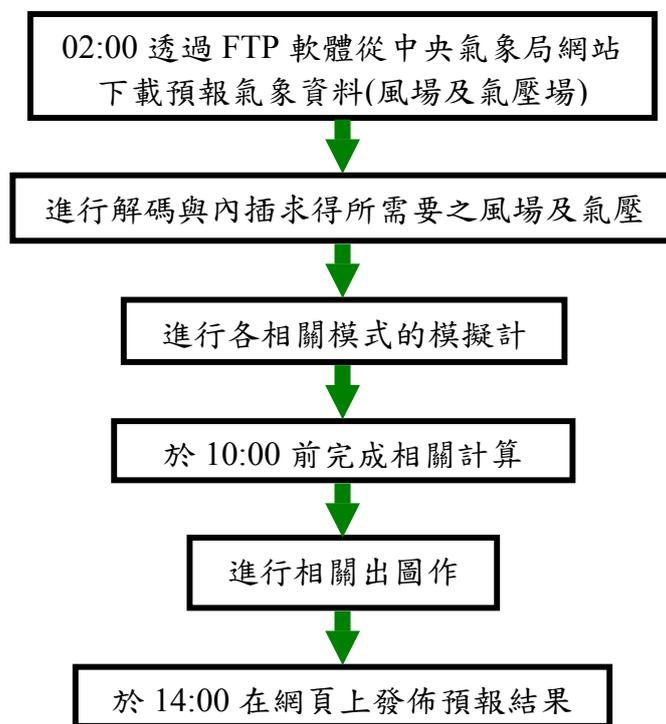


圖 2.6 近岸海象數值模擬及預警系統線上作業流程

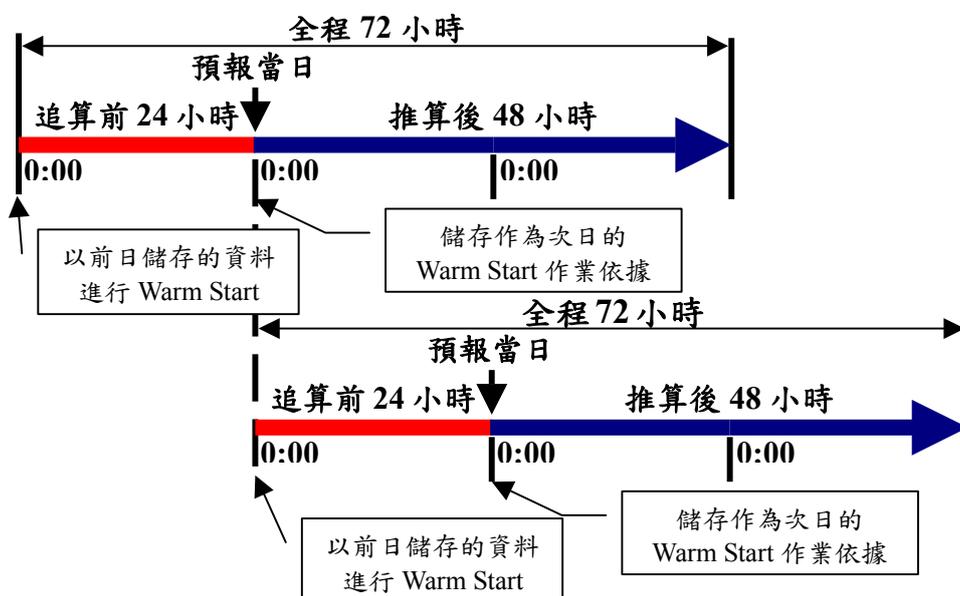


圖 2.7 近岸海象數值模擬及預警系統每日線上作業範例

第三章 台灣海域全域風浪模式系統

3.1 風浪模式的簡介

3.1.1 WAM 的理論簡述

目前使用的 WAM 模式經 WAMDI Group (1988) 在模式的物理過程和數值方法上加以改良，適用於遠域風浪之預報。WAM 模式所使用的基本方程式為波浪能量平衡方程式，此方程式能描述方向波譜在時間及空間上的變化過程。這些變化過程包括風傳遞到波浪的波能輸入條件、白沫效應、底床摩擦和波、波之非線性交互作用。其波浪能量平衡方程式可表示為：

$$\frac{dF}{dt} + \frac{\partial}{\partial \phi}(\dot{\phi}F) + \frac{\partial}{\partial \lambda}(\dot{\lambda}F) + \frac{\partial}{\partial \theta}(\dot{\theta}F) = S_{tot} \dots\dots\dots (3.1)$$

式中， $F = F(f, \theta, \phi, \lambda)$ 為頻譜密度， f 為波浪的頻率， θ 為波浪的傳播方向， ϕ 為緯度， λ 為經度。而 $\dot{\phi}$ 、 $\dot{\lambda}$ 及 $\dot{\theta}$ 分別為位置 (ϕ, λ) 及波浪沿大圓路徑傳播方向角的變化率。 C_ϕ 、 C_λ 與 C_θ 分別 ϕ 、 λ 與 θ 領域之傳遞速度，在大範圍波場計算時，地球曲率會影響波浪的傳遞，為使模式適用於大範圍之計算，將式(3.1)從直角座標轉換為球面座標，其方程式為(WAMDI Group, 1988)：

$$\frac{\partial E}{\partial t} + (\cos \phi)^{-1} \frac{\partial}{\partial \phi}(C_\phi E) + \frac{\partial}{\partial \lambda}(C_\lambda E) + \frac{\partial}{\partial \theta}(C_\theta E) = S_{tot} \dots\dots\dots (3.2)$$

式中， C_ϕ 、 C_λ 與 C_θ 分別 ϕ 、 λ 與 θ 領域之傳遞速度，各領域的傳遞速度如下：

$$C_\phi = C_g \sin \theta / R, \quad C_\lambda = C_g \cos \theta / R \cos \phi \dots\dots\dots (3.3)$$

$$C_\theta = \frac{1}{k} \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left(\frac{\sin \theta}{\cos \phi} \frac{\partial d}{\partial \lambda} - \cos \theta \frac{\partial d}{\partial \phi} \right) / R \dots\dots\dots (3.4)$$

如同波譜的線性假設，源項 S_{tot} 可表示為不同波浪成長與消散的能量總和，即

$$S_{tot} = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + \dots \dots \dots (3.5)$$

式中 S_{in} 為風傳遞到波浪的波能輸入通量， S_{nl} 為波與波間之非線性交互作用波能傳遞通量， S_{ds} 為白沫效應所引起的波能消散通量。

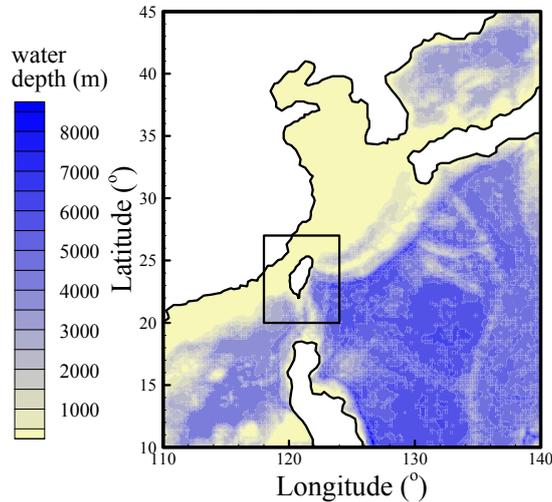


圖 3.1 風浪模式之計算範圍(方框為巢狀網格範圍)

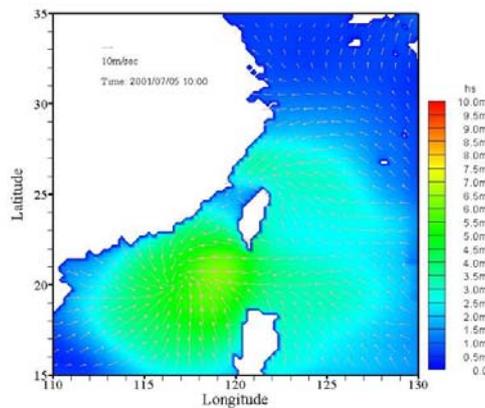


圖 3.2 風浪遠域模式之波高分佈圖

圖 3.1 為風浪模式計算範圍示意圖，圖中黑色方框為巢狀格網範圍，由圖中所示，風浪模式計算時先由遠域範圍計算，由遠域模式所得之結果經由內插方式，獲得近域範圍計算所需之邊界條件，再次計算近域範圍內之風浪，如此則可獲得近岸地區較為詳細與準確的風浪計算結果。圖 3.2 為遠域範圍內之波高分佈圖範例，圖中向量為風速與風向大小。

3.1.2 SWAN 的理論簡述

SWAN(Simulating WAVes Nearshore)風浪模式(Booij et al. 1996)，是由由荷蘭 Delft 技術大學統合以往學者之研究並加以改良所發展而成，模式具有第三代風浪模式的特徵，且在能量成長與消散項的參數選擇上，比其它模式更具彈性；同時也提供第一代、第二代與第三代的相關波浪成長與消散參數，可供使用者應用。因此，模式具有可預報近岸海域風浪之功能。此模式也經過學者 Holthuijsen et al.(1997)和 Booij et al.(1998)應用實測風浪資料加以驗證。而歐等人(1999，2000，2001)也曾利用 SWAN 對侵襲台灣之颱風風浪做過一系列之研究與模擬，並且已有初步成果。

SWAN 模式是一個利用風、海底底床及海流狀況以獲得在海岸地區、湖泊或河口附近水域的合理預估的波浪參數的波浪數值模式，這個數值模式基本上是依據波浪作用力平衡方程式(wave action balance equation)或是沒有流作用下的能量平衡方程式，以及源流與沉流(source and sink)，它是屬於第三代的風浪預報模式。此一模式係累積過去學者的研究成果為基礎加以整合及改良而成，它可以計算波浪在時間及空間領域中的傳遞、波與波的非線性交互作用、波浪受風的成長、碎波、因底床摩擦所造成的能量衰減、及受到海流及地形變化而產生的頻率位移、淺化與折射。因此，SWAN 模式具有推算近岸波浪的功能。從 SWAN 的功能中可表現出下列的波浪傳播過程：

- (1) 在地理空間中的正線性傳播
- (2) 由於海底底床與水流在空間上的變化而引致的折射與淺化
- (3) 由於對向海流引起的阻滯與反射
- (4) 障礙物所引致的反射、阻滯或通過的情形

以及下列有關波浪的生成及消散過程：

- (1) 因為風所引致的波浪生成
- (2) 因為白沫(whitecapping)所引致的波浪消散

(3) 因為水深引起碎波(depth-induced wave breaking)所引致的波浪消散

(4) 因為底床摩擦(bottom friction)所引致的波浪消散

(5) 波浪間的交互作用 (quadruplets and triads wave-wave interaction)

(6) 障礙物

此外，SWAN 也可以計算因為波浪所引致的平均海水面的上升 (wave-induced set-up)。SWAN Cycle III 可以在直角座標及球面座標系統中進行定常(stationary)及部分非定常狀態(optionally non-stationary)的波浪模擬。定常狀態的模擬應用於短期的波浪作用，例如當波浪通過該水域的時間小於地理學上的條件(如波浪的邊界條件、風、潮位及暴潮等)。而類定常的模擬(quasi-stationary)則可以結合定常的 SWAN 計算模擬在時變序列上的定常狀況。

然而，我們也必須了解到 SWAN 並沒有考慮波浪的繞射。因此，SWAN 不應使用於在很短波長的距離內水深變化很大的場合，也因此 SWAN 不適用於島嶼或港灣附近的波浪模擬。SWAN 也不計算因為波浪引致的水流，該項水流必須被視為資料輸入的一部份。

在 SWAN 波浪推算中，不論非線性效應是否明顯，波浪均是利用二維的波浪作用力頻譜密度函數來描述。其理由是當在高度非線性的情形下，波浪作用力頻譜密度函數似乎可以比較合理且正確地預測波浪的二階頻譜矩的分布。因此，SWAN 中所適用的頻譜是波浪作用力頻譜密度函數 $N(\sigma, \theta)$ (其中， σ 為相對頻率； θ 為波浪方向角)，而不是能量頻譜密度函數 $E(\sigma, \theta)$ ，主要是因為當有流的作用時，作用力密度可以守恆，但能量密度則否(例如，Whitham, 1974)。 $N(\sigma, \theta) = E(\sigma, \theta) / \sigma$ 。在 SWAN 中，此一頻譜可以隨著時間及空間而改變。其理論簡述如下，詳細的理論敘述可參考 SWAN 的使用手冊：

1. 作用力平衡方程式(wave action balance equation)

波譜的發展過程可以用頻譜作用力平衡方程式來描述 (Hasselmann et al., 1973)

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \dots\dots\dots(3.6)$$

其中，左式第一項表示作用力密度隨時間的變化率；第二及第三項為作用力在空間中分別以 c_x 及 c_y 的速度在 x-及 y-軸方向傳遞；第四項為受到水深及流的變化所導致相對頻率在 σ -軸上以 c_σ 的速度位移；第五項係表示因為水深或流所引起的折射(在 θ -軸上以 c_θ 的速度傳遞)；這些速度可以線性波理論計算而得(如，Whitham, 1974；Mei, 1983；Dingemans, 1997)。右式的 $S(=S(\sigma,\theta))$ 是以能量密度表示的來源項，包含能量的生成、衰減、及非線性的波浪交互作用。

2. 風的能量輸入

風的能量傳入波的理論是以 Phillips(1957)的共鳴機制(resonance mechanism)以及 Miles(1957)的回饋機制(feed-back mechanism)來描述，其關係式如下：

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta) \dots\dots\dots(3.7)$$

其中，A 及 B 的係數值受到波浪頻率及方向，以及風速及風向的影響。流的影響也是以區域性的風速及風向來表示。

3. 能量消散

SWAN 考慮的波浪能量的消散項包含了三個部分：飛沫 $S_{ds,w}(\sigma, \theta)$ 、底床摩擦 $S_{ds,b}(\sigma, \theta)$ 、及水深引起碎波 $S_{ds,br}(\sigma, \theta)$ 。

飛沫主要是由波形尖銳度 (wave steepness) 所控制，依據 Hasselmann(1974) 所推導的 Pulse-based 模式，此一消散項可表為

$$S_{ds,w}(\sigma, \theta) = -\Gamma \tilde{\sigma} \frac{k}{\tilde{k}} E(\sigma, \theta) \dots\dots\dots (3.8)$$

其中， Γ 是與波形尖銳度有關的係數； $k=2\pi/L$ 是波數； L 是波長； $\tilde{\sigma}$ 及 \tilde{k} 分別為平均相對頻率及平均波數。

因為水深引致的能量消散的原因包含了底床摩擦、底床運動、底部滲漏、及因為底床不規則性所產生的逆向散射。對於屬砂質底床的大陸棚海域，其主要的消散機制應該是底床摩擦

$$S_{ds,b}(\sigma, \theta) = -C_{bottom} \frac{\sigma^2}{g^2 \sinh^2 kd} E(\sigma, \theta) \dots\dots\dots (3.9)$$

其中， C_{bottom} 為底床摩擦係數。由於底床摩擦所引致的平均水流對能量消散的影響並不在考慮範圍內，其原因是在於該項因子的影響程度尚無法掌握。

有關因為水深引致的碎波過程，至今我們的了解仍然有限，更遑論它的頻譜變化。目前可以掌握的是因為碎波所引致的總能量消散

$$S_{ds,br}(\sigma, \theta) = \frac{D_{tot}}{E_{tot}} E(\sigma, \theta) \dots\dots\dots (3.10)$$

其中， E_{tot} 是總波浪能量； D_{tot} (負值) 是依據 Battjes 及 Janssen(1978) 所提有關因為碎波導致的總能量消散。 D_{tot} 的值與碎波參數 $\gamma=H_{max}/d$ 有明顯關係，其中 H_{max} 為最大可能個別波高； d 為當地水深。

SWAN 可以估算透過一個結構體(如防波堤或壩)的波浪。這樣的結構物可能以兩種方式影響波浪場：其一，它可以沿著結構體的堤身局部性降低波高；其次，在結構體的端緣產生波浪的繞射。SWAN

本質上並不考慮繞射現象，但對於多方向不規則波場而言，除非波譜為窄頻，且在結構物附近一至二個波長的範圍內，波浪繞射效應並不顯著，因此 SWAN 仍可以很合理地計算結構物附近的波場。就 SWAN 的海底地形格點分割而言，因為結構物的橫斷面積相對太小而無法顯示，因此往往將結構物視為一條線。如果防波堤是容許越波情形發生時，其透過係數可表為

$$K_t = 0.5 \left[1 - \sin \left(\frac{\pi}{2\alpha} \left(\frac{F}{H_i} + \beta \right) \right) \right] \quad \text{for} \quad -\beta - \alpha < \frac{F}{H_i} < \alpha - \beta \quad \dots\dots\dots(3.11)$$

其中， $F=h-d$ 是堤體的乾舷高度； H_i 是入射波高； h 是冠牆高度； d 是平均水位； α 及 β 係數則與堤體的形狀有關，參考值如表 3.1。

表 3.1 不同堤體之透過係數參數表

堤體種類	α	β
直立薄板	1.8	0.10
沉箱	2.2	0.40
2:3 坡度的壩體	2.6	0.15

4. 非線性波浪交互作用

在深水區裡，四波交互作用(quadruplet wave-wave interaction)的現象主導了頻譜的發展。它將能量從譜峰處下低頻區傳遞(所以譜峰頻率向低頻方向移動)以及向高頻區傳遞(以白沫型式消散能量)。而在非常淺水區，三波交互作用將能量低頻區傳遞至高頻區而引起較高的諧波。

在 SWAN 波浪數值模式中，主要是利用有限差分法來求解，對於邊界之處理，SWAN 模式中假定波浪能量遇陸地邊界為完全消散，亦即無任何波浪能量反射，而外海開放邊界條件則假設沒有任何波能可以由邊界外進入，且波能可以由邊界內自由離開計算領域。

由於計算網格的大小會影響計算結果與精度，故其需要與解析問題互相配合。例如在模擬颱風波浪時，在颱風中心處所形成的波浪向外傳遞形成湧浪 (swell)，其可傳遞至相當遠的距離，因此計算領域亦需夠大才可模擬此一現象。較小計算網格距離固然可以提高波浪解析的精度，但計算時間較長。此外在海岸工程的應用上，複雜的地形與多變的海岸線也需要較小的網格距離才能加以描述，使近岸推算處的波浪能達到適當精度。巢狀網格 (nested grid) 與非結構性網格的應用可以有效解決網格大小問題。較粗的網格應用在起始計算領域，使得計算能快速模擬大範圍的波浪演變，較細的巢狀網格可以插入其中，以適當模擬海岸之波浪變化，如此可以更精確地預報波浪，也可以有效率地解決問題。

3.2 2005 年至 2010 年颱風波浪的模擬

為了改善波浪預報系統的計算精度與時效性，本研究團隊持續與港研中心的工作團隊進行作業化每一個過程的檢討，並在預報作業的程序中發現幾處缺失並已經進行改善。本期中報告將以 2005 年至 2010 年颱風時期的波浪推算為主要資料進行相關的檢討。表 3.2 為期間中央氣象局曾經發佈颱風警報的歷史紀錄，一共發佈有 30 個颱風警報。圖 3.3 為這些颱風的颱風路徑圖(下載自中央氣象局網站)。由於資料眾多，本報告僅列出 2009 年的部分結果，再針對本計畫的各項工作進行分項討論。

表 3.2 2005 年~2010 年中央氣象局發佈之颱風警報

名稱	編號	發佈時間	解除時間	最大強度
海棠 (HAI TANG)	0505	海上:2005/07/16 14:30 陸上:2005/07/16 23:30	海上:2005/07/20 02:30 陸上:2005/07/20 02:30	強烈
馬莎 (MATSA)	0509	海上:2005/08/03 08:30 陸上:2005/08/04 02:30	海上:2005/08/06 08:30 陸上:2005/08/05 20:30	中度
珊瑚 (SANVU)	0510	海上:2005/08/11 16:00 陸上:2005/08/13 02:30	海上:2005/08/13 20:30 陸上:2005/08/13 17:30	輕度
泰利 (TALIM)	0513	海上:2005/08/30 08:30 陸上:2005/08/30 20:30	海上:2005/09/01 23:30 陸上:2005/09/01 23:30	強烈
卡努 (KHANUN)	0515	海上:2005/09/09 17:30 陸上:2005/09/10 02:30	海上:2005/09/11 14:30 陸上:2005/09/11 05:30	中度
丹瑞 (DAMREY)	0518	海上:2005/09/21 10:30	海上:2005/09/23 08:30	中度
龍王 (LONGWANG)	0519	海上:2005/09/30 20:30 陸上:2005/10/01 05:30	海上:2005/10/03 08:30 陸上:2005/10/03 08:30	強烈
珍珠 (CHANCHU)	0601	海上:2006/05/16 17:30 陸上:2006/05/17 02:30	海上:2006/05/18 17:30 陸上:2006/05/18 17:30	中度
艾維尼 (EWINIAR)	0603	海上:2006/07/07 23:30	海上:2006/07/09 05:30	中度
碧利斯 (BILIS)	0604	海上:2006/07/12 02:30 陸上:2006/07/12 08:30	海上:2006/07/15 02:30 陸上:2006/07/15 02:30	輕度
凱米 (KAEMI)	0605	海上:2006/07/23 14:30 陸上:2006/07/23 23:30	海上:2006/07/26 02:30 陸上:2006/07/26 02:30	中度
桑美 (SAOMAI)	0608	海上:2006/08/09 02:30 陸上:2006/08/09 11:30	海上:2006/08/10 23:30 陸上:2006/08/10 23:30	中度
寶發 (BOPHA)	0609	海上:2006/08/07 20:30 陸上:2006/08/08 14:30	海上:2006/08/09 14:30 陸上:2006/08/09 11:30	輕度
珊珊 (SHANSHAN)	0613	海上:2006/09/14 14:30	海上:2006/09/16 14:30	中度

表 3.2(續) 2005 年~2010 年中央氣象局發佈之颱風警報

名稱	編號	發佈時間	解除時間	最大強度
帕布 (PABUK)	0706	海上:2007/08/06 23:30 陸上:2007/08/07 05:30	海上:2007/08/08 14:30 陸上:2007/08/08 11:30	輕度
梧提 (WUTIP)	0707	海上:2007/08/08 11:30 陸上:2007/08/08 11:30	海上:2007/08/09 11:30 陸上:2007/08/09 11:30	輕度
聖帕 (SEPAT)	0708	海上:2007/08/16 08:30 陸上:2007/08/16 20:30	海上:2007/08/19 14:30 陸上:2007/08/19 14:30	強烈
韋帕 (WIPHA)	0712	海上:2007/09/17 05:30 陸上:2007/09/17 14:30	海上:2007/09/19 08:30 陸上:2007/09/19 08:30	中度
柯羅莎 (KROSA)	0715	海上:2007/10/04 17:30 陸上:2007/10/05 05:30	海上:2007/10/07 23:30 陸上:2007/10/07 20:30	強烈
米塔 (MITAG)	0723	海上:2007/11/26 05:30	海上:2007/11/27 11:30	中度
卡玫基 (KALMAEGI)	0807	海上:2008/07/16 14:30 陸上:2008/07/17 02:30	海上:2008/07/18 23:30 陸上:2008/07/18 20:30	中度
鳳凰 (FUNG-WONG)	0808	海上:2008/07/26 11:30 陸上:2008/07/27 02:30	海上:2008/07/29 11:30 陸上:2008/07/29 11:30	中度
如麗 (NURI)	0812	海上:2008/08/19 11:30	海上:2008/08/21 08:30	中度
辛樂克 (SINLAKU)	0813	海上:2008/09/11 08:30 陸上:2008/09/12 05:30	海上:2008/09/16 14:30 陸上:2008/09/15 20:30	強烈
哈格比 (HAGUPIT)	0814	海上:2008/09/21 14:30 陸上:2008/09/22 02:30	海上:2008/09/23 08:30 陸上:2008/09/23 02:30	中度
薔蜜 (JANGMI)	0815	海上:2008/09/26 23:30 陸上:2008/09/27 08:30	海上:2008/09/29 23:30 陸上:2008/09/29 17:30	強烈
蓮花 (LINFA)	0903	海上:2009/06/19 20:30 陸上:2009/06/20 23:30	海上:2009/06/22 08:30 陸上:2009/06/22 08:30	輕度
莫拉菲 (MOLAVE)	0906	海上:2009/07/16 22:00	海上:2009/07/18 08:30	輕度
莫拉克 (MORAKOT)	0908	海上:2009/08/05 20:30 陸上:2009/08/06 08:30	海上:2009/08/10 05:30 陸上:2009/08/10 05:30	中度
芭瑪 (PARMA)	0917	海上:2009/10/03 05:30 陸上:2009/10/04 05:30	海上:2009/10/06 17:30 陸上:2009/10/05 23:30	中度
萊羅克 (LIONROCK)	1006	海上:2010/08/31 20:30 陸上:2010/09/01 02:30	海上:2010/09/02 14:30 陸上:2010/09/02 08:30	輕度
南修 (NAMTHEUM)	1008	海上:2010/08/30 22:30 陸上:2010/08/30 22:30	海上:2010/08/31 20:30 陸上:2010/08/31 20:30	輕度
莫蘭蒂 (MERANTI)	1010	海上:2010/09/09 10:00 陸上:2010/09/09 11:30	海上:2010/09/10 11:30 陸上:2010/09/10 08:30	輕度
凡那比 (FANAPI)	1011	海上:2010/09/17 23:30 陸上:2010/09/18 05:30	海上:2010/09/20 14:30 陸上:2010/09/20 14:30	中度
梅姬 (MEGI)	1013	海上:2010/10/21 02:30 陸上:2010/10/21 17:30	海上:2010/10/23 23:30 陸上:2010/10/23 23:30	中度

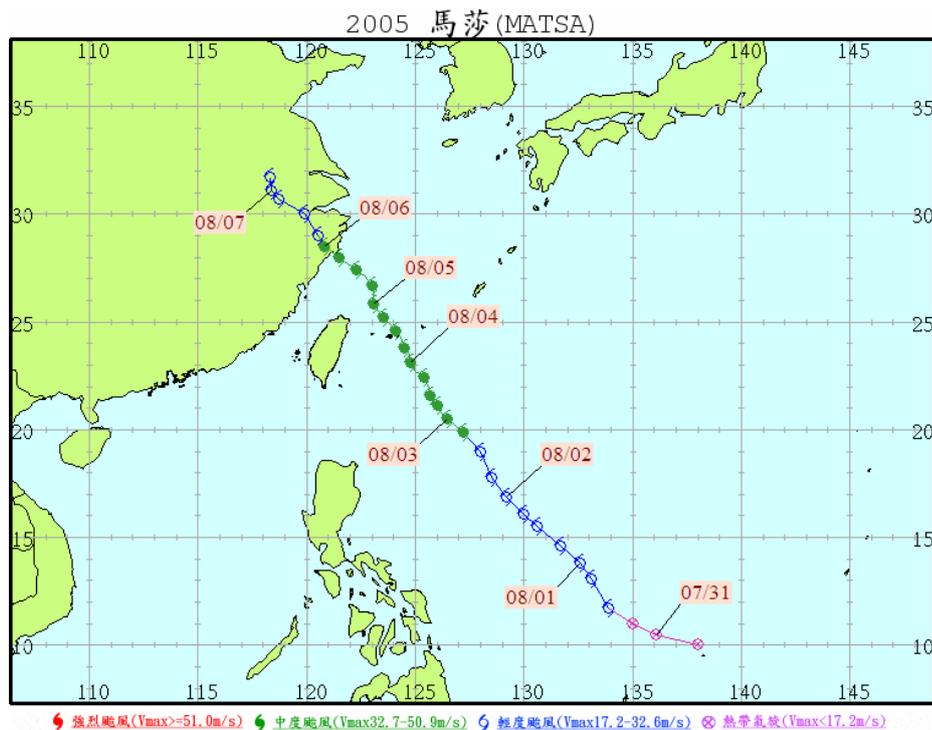
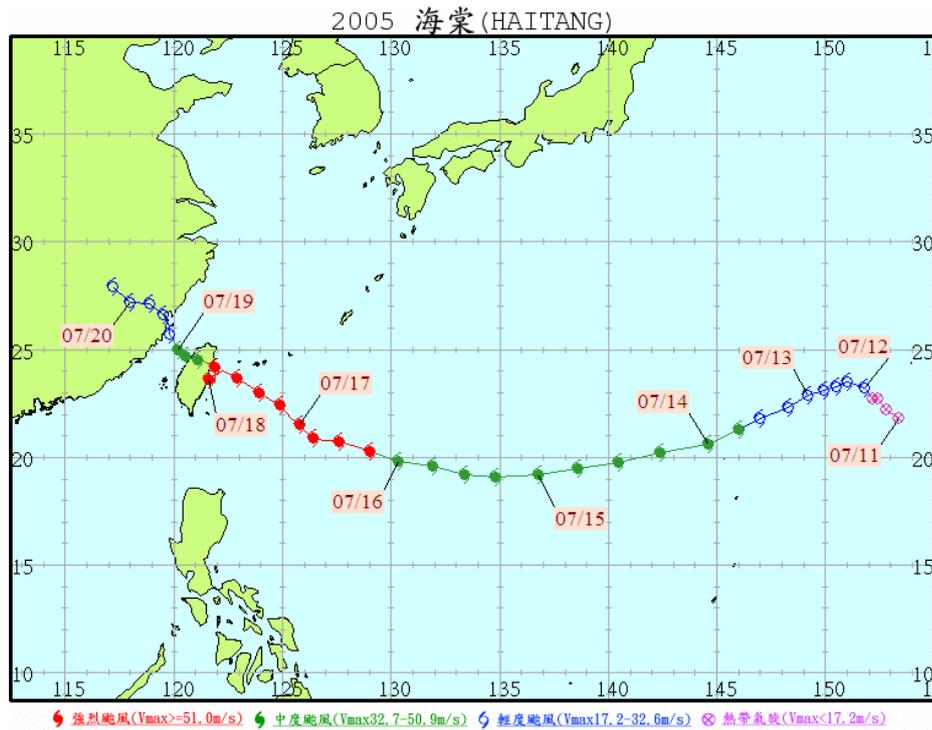


圖 3.3 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

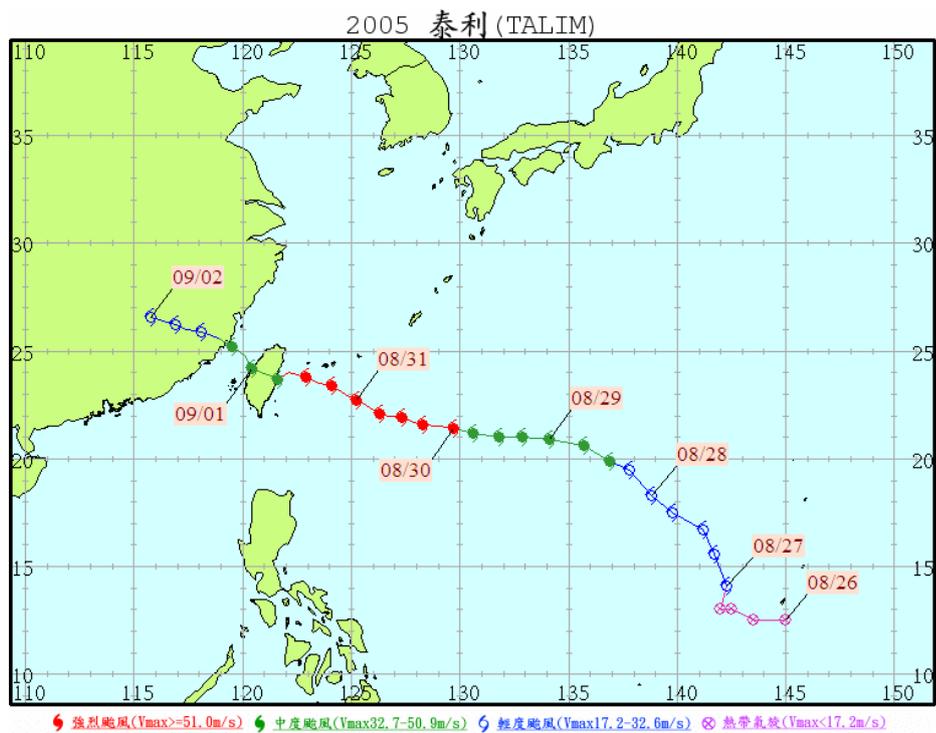
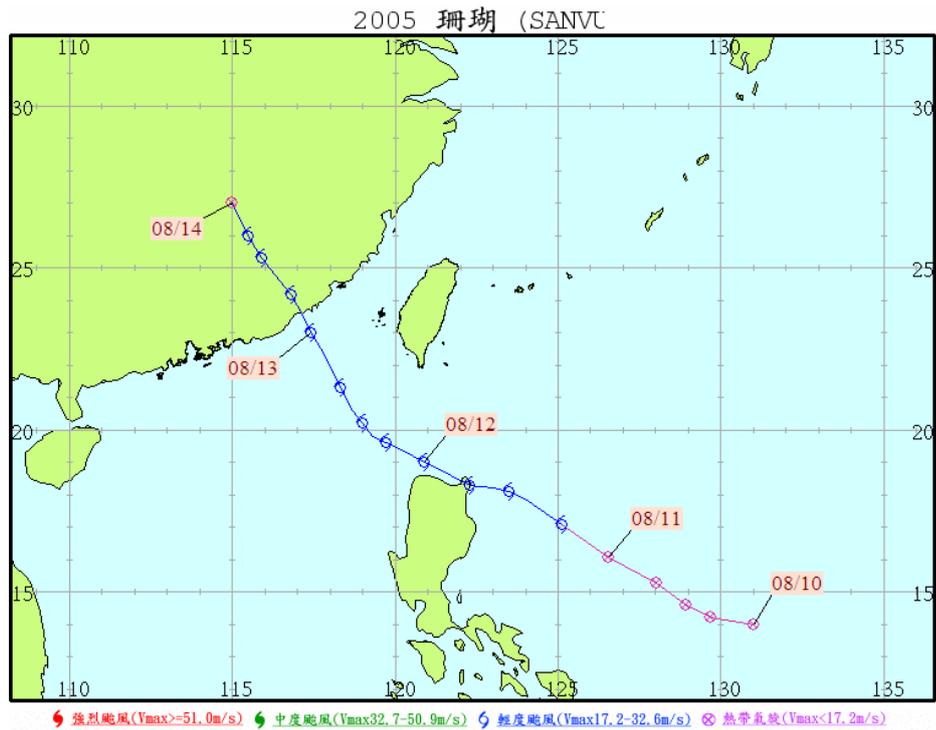


圖 3.3(續 1) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

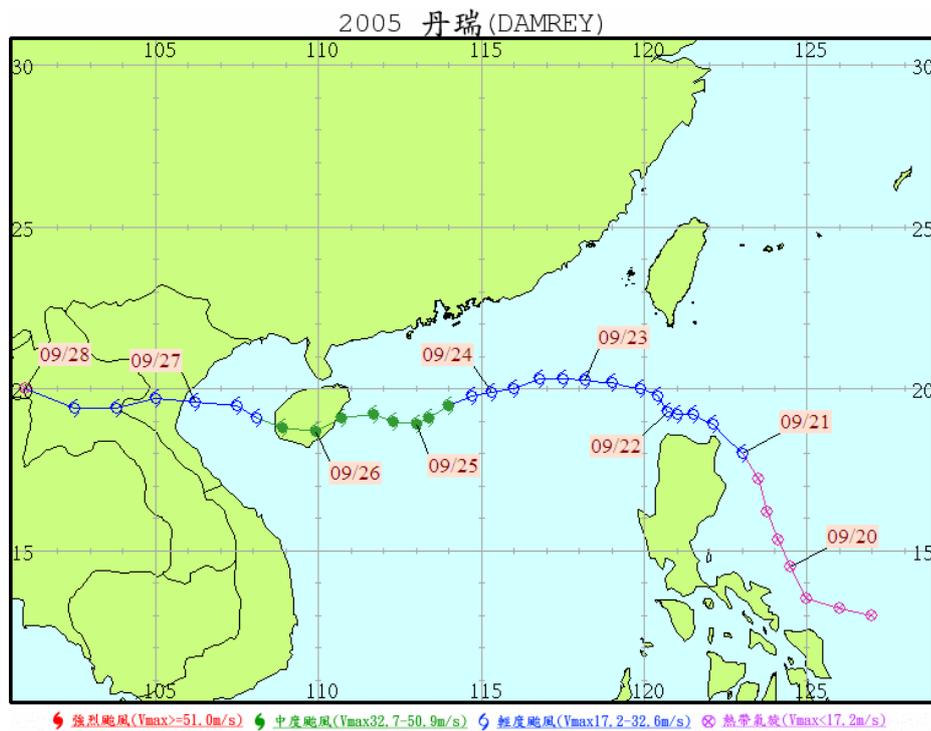
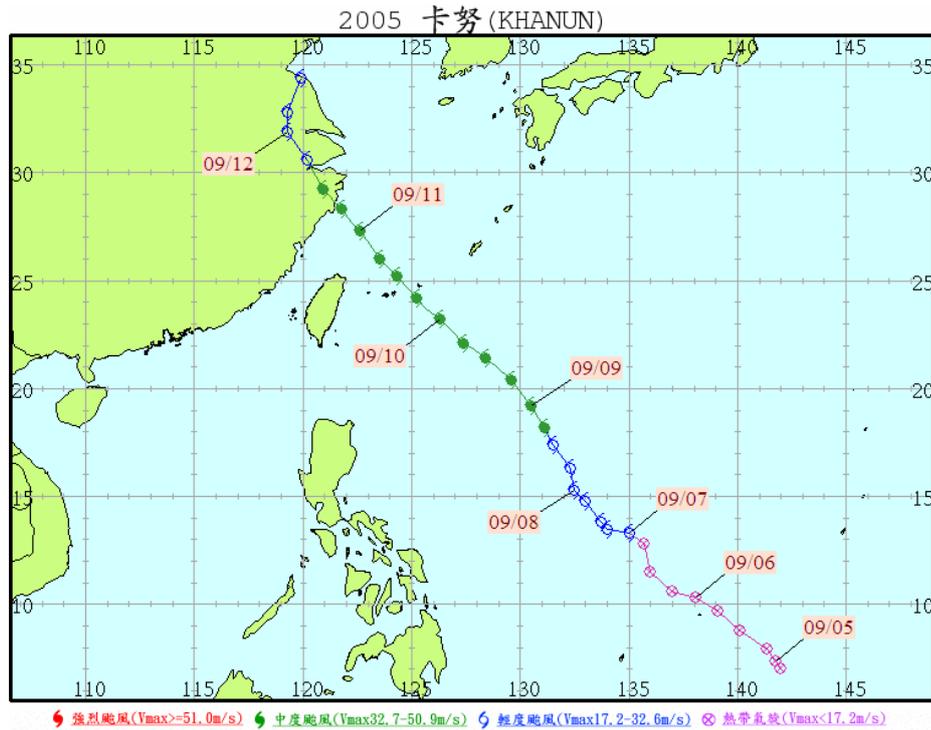


圖 3.3(續 2) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

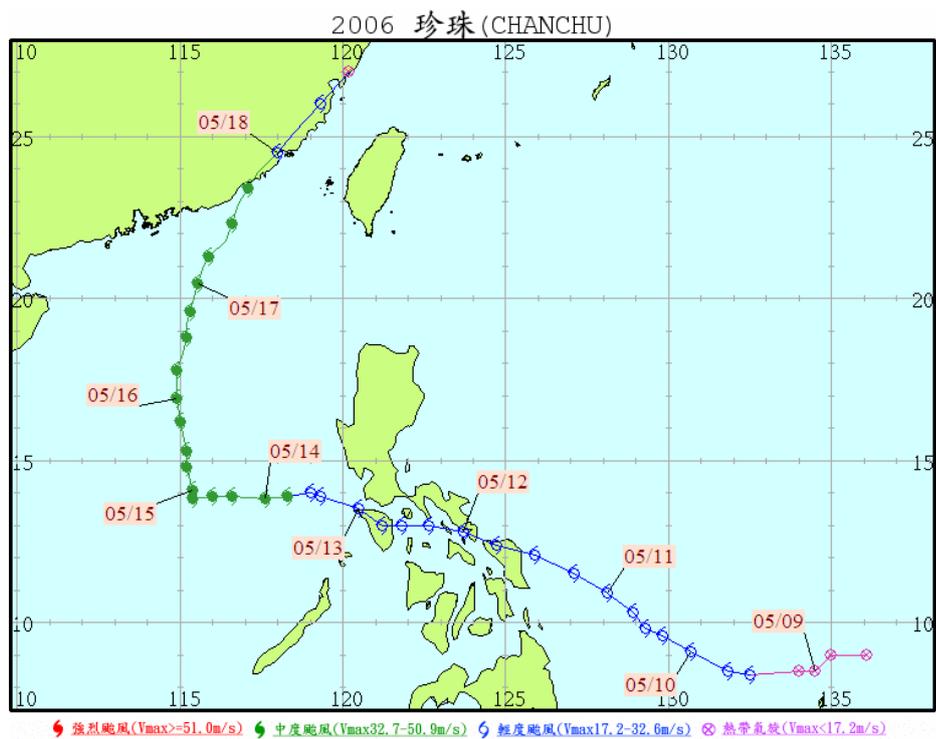
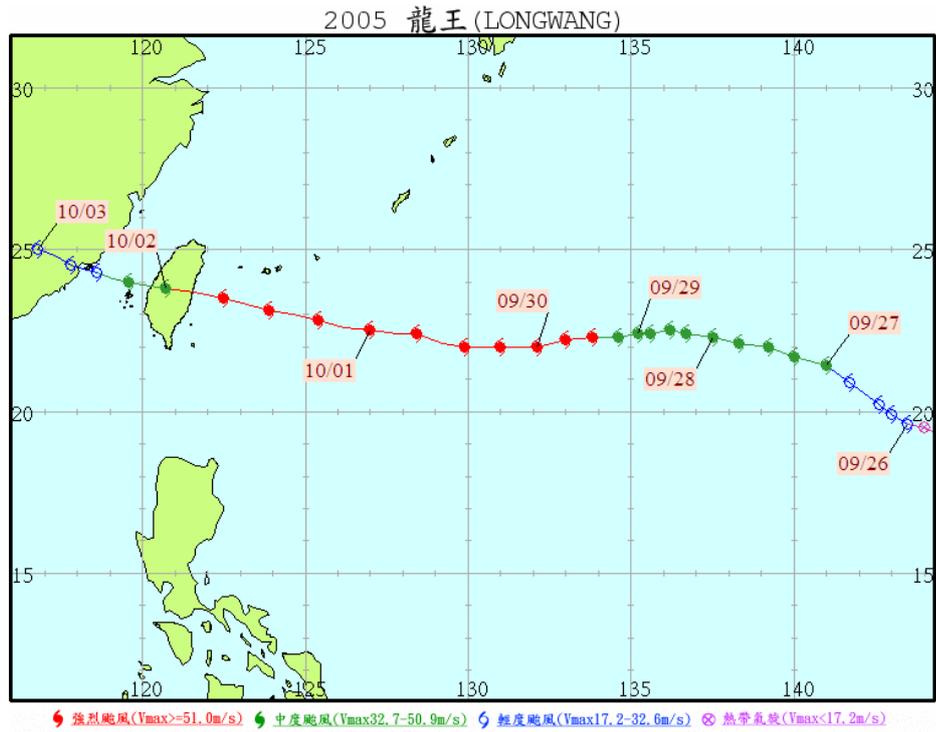


圖 3.3(續 3) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

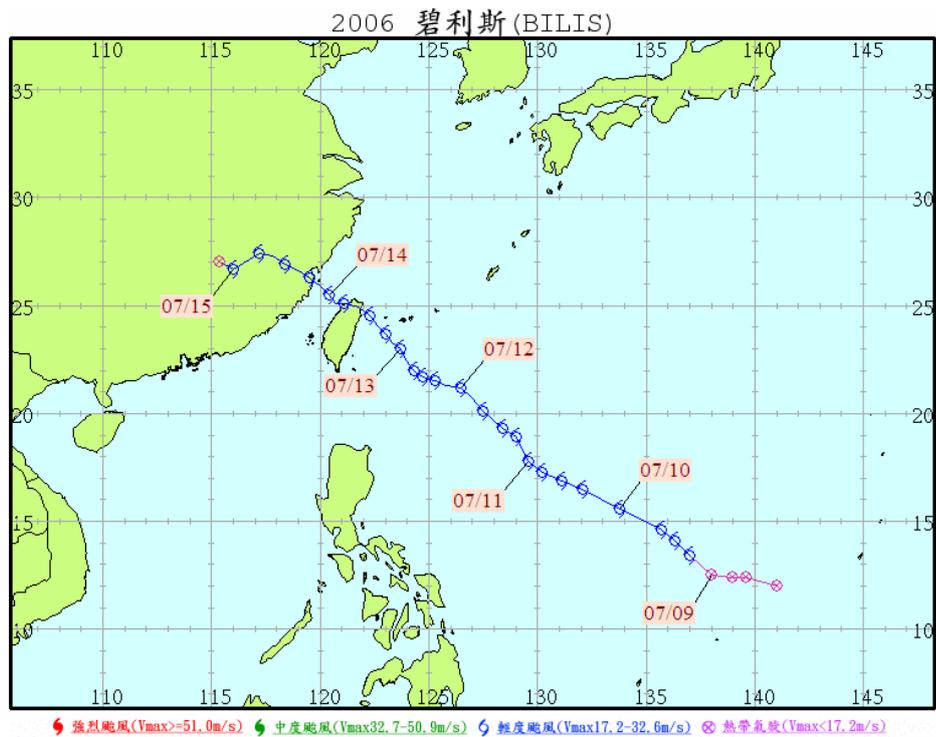
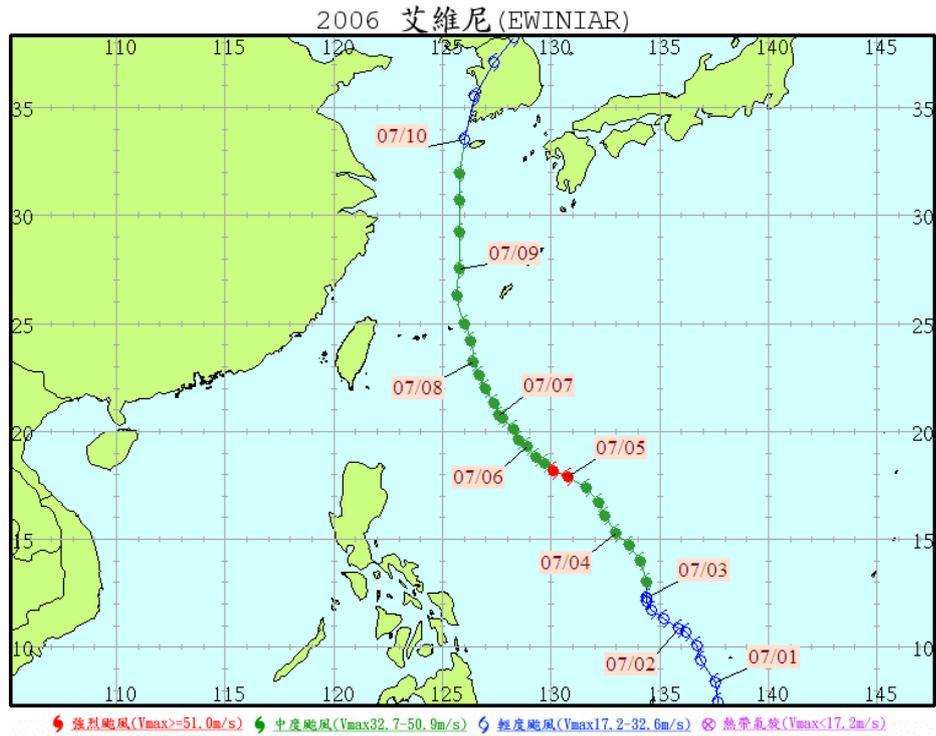


圖 3.3(續 4) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

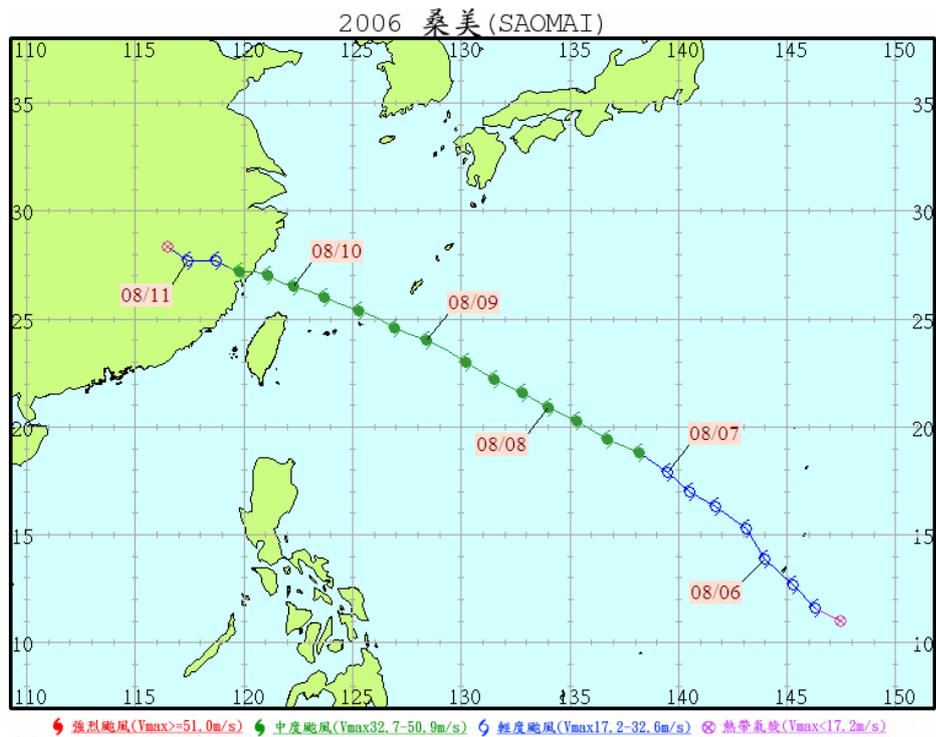
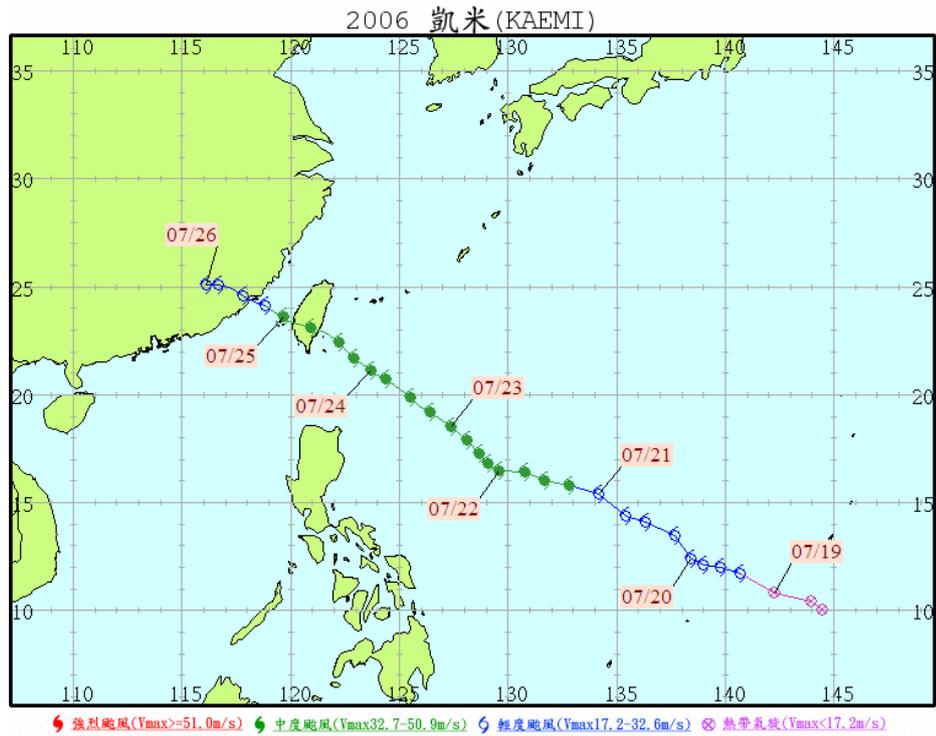


圖 3.3(續 5) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

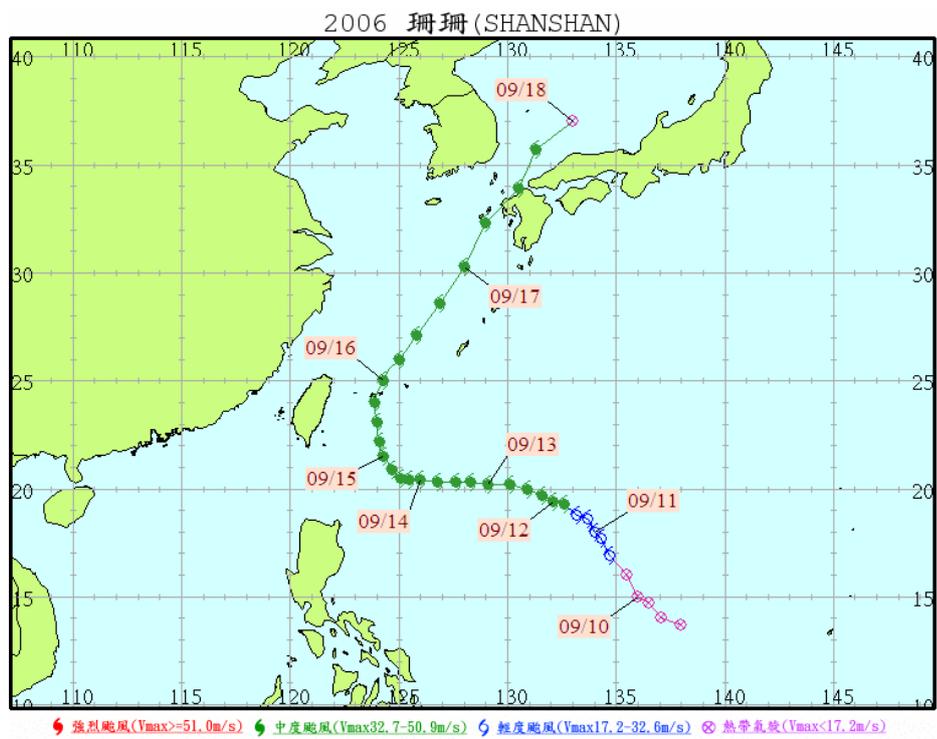
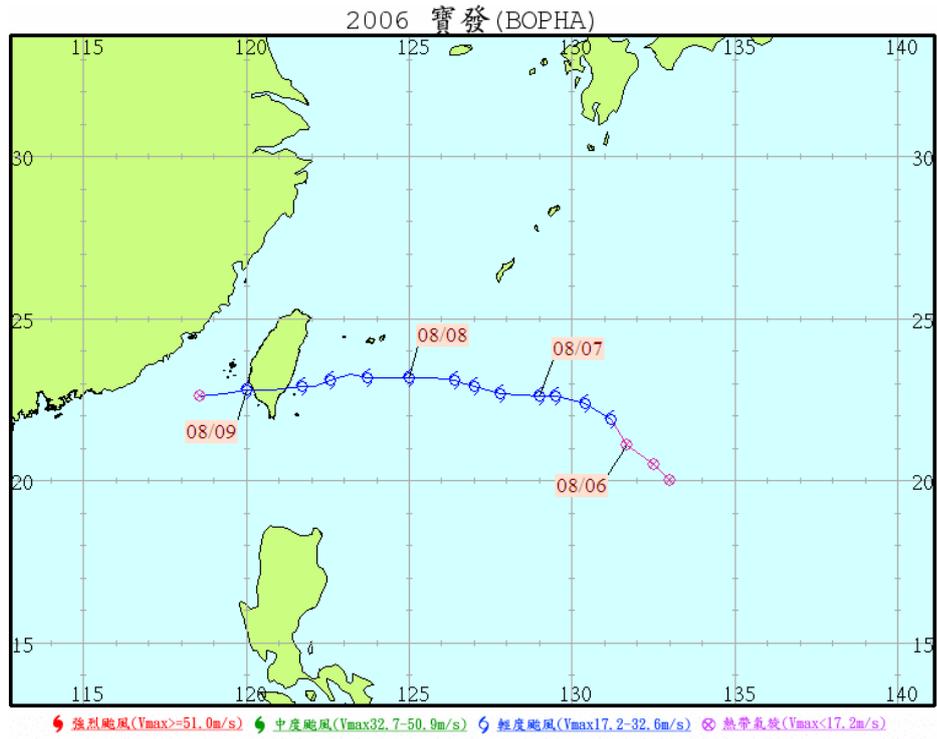


圖 3.3(續 6) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

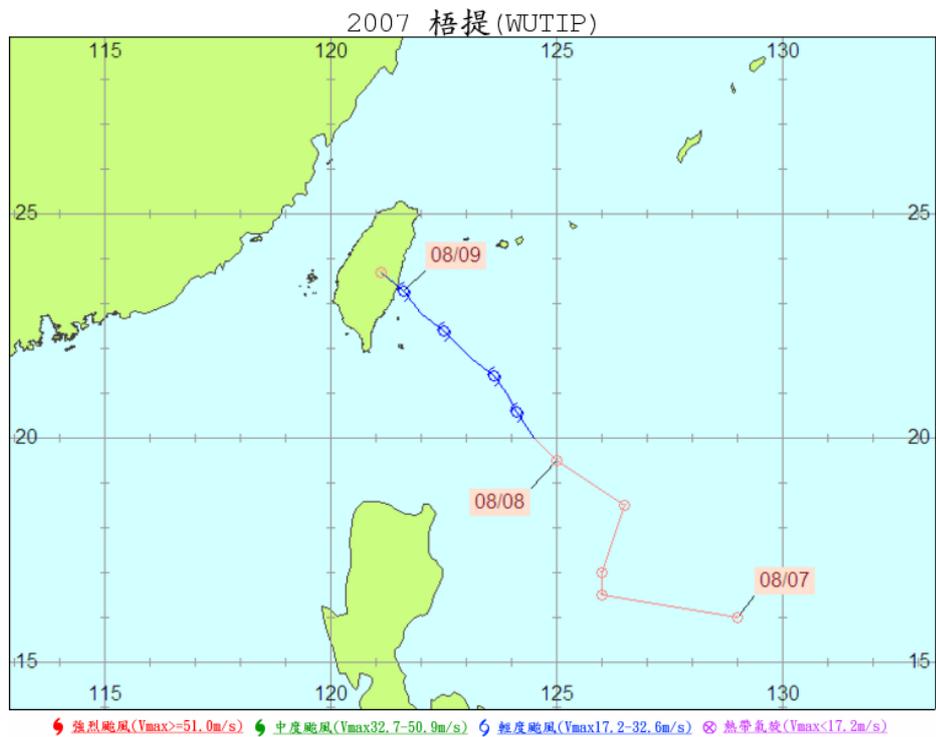
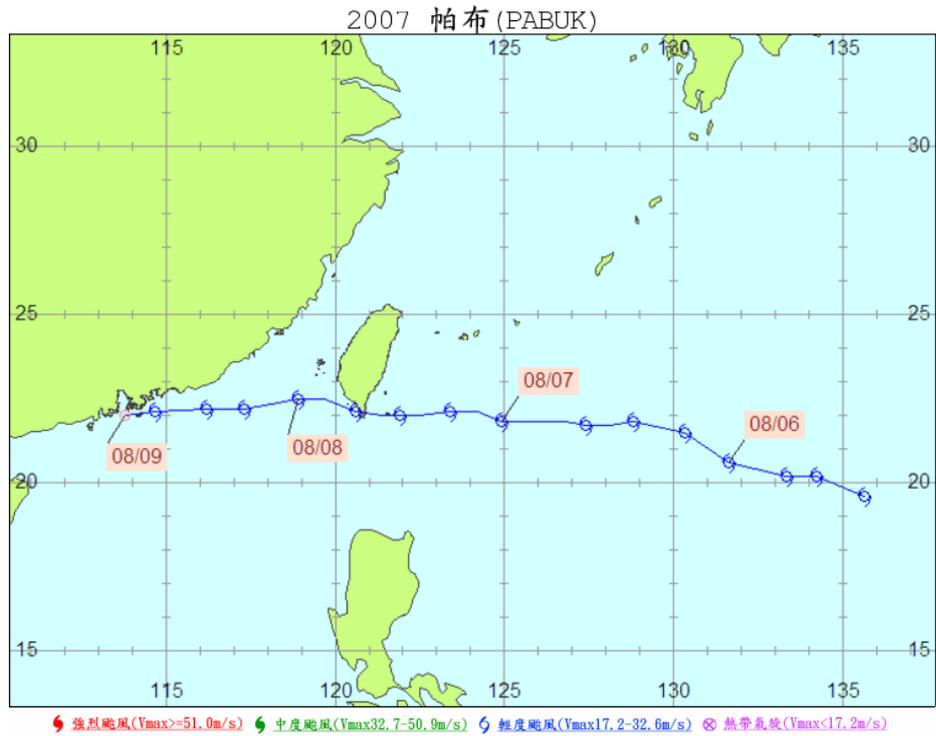


圖 3.3(續 7) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

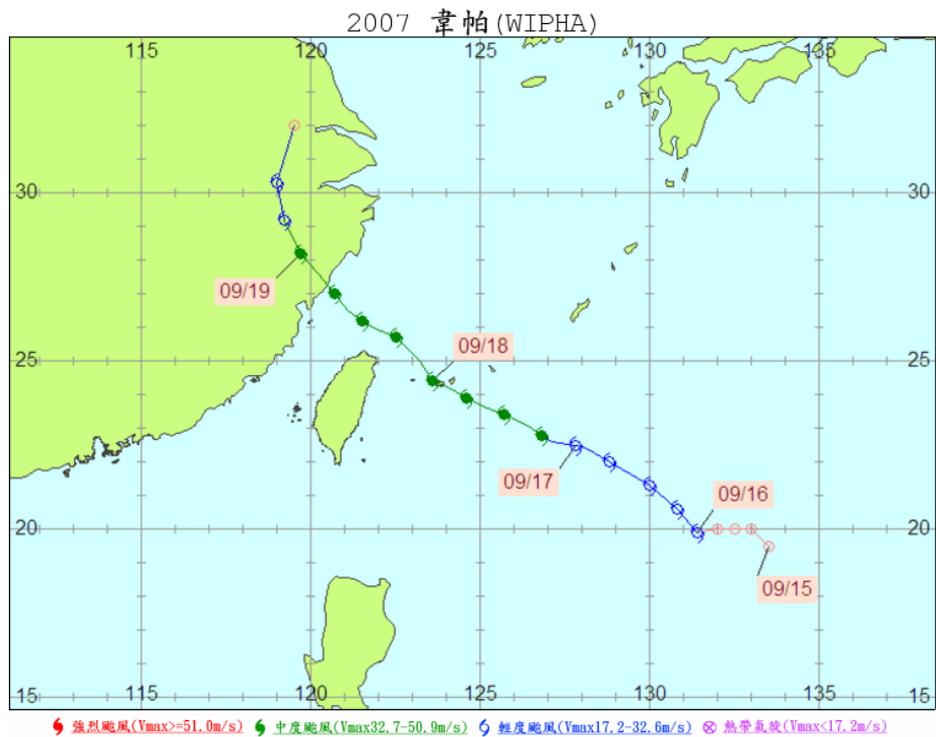
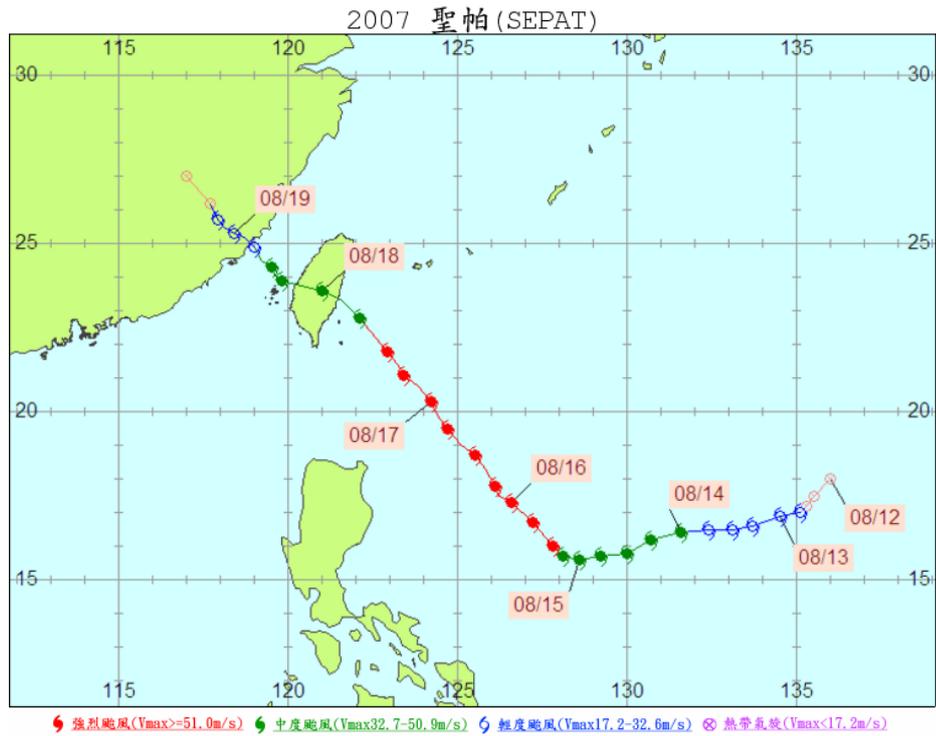


圖 3.3(續 8) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

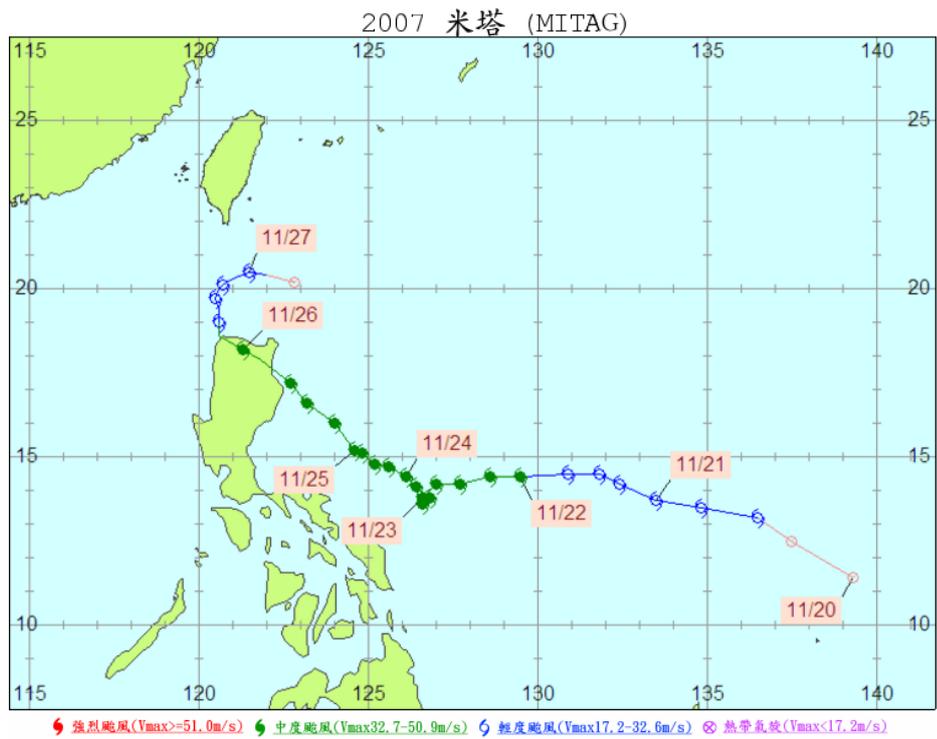
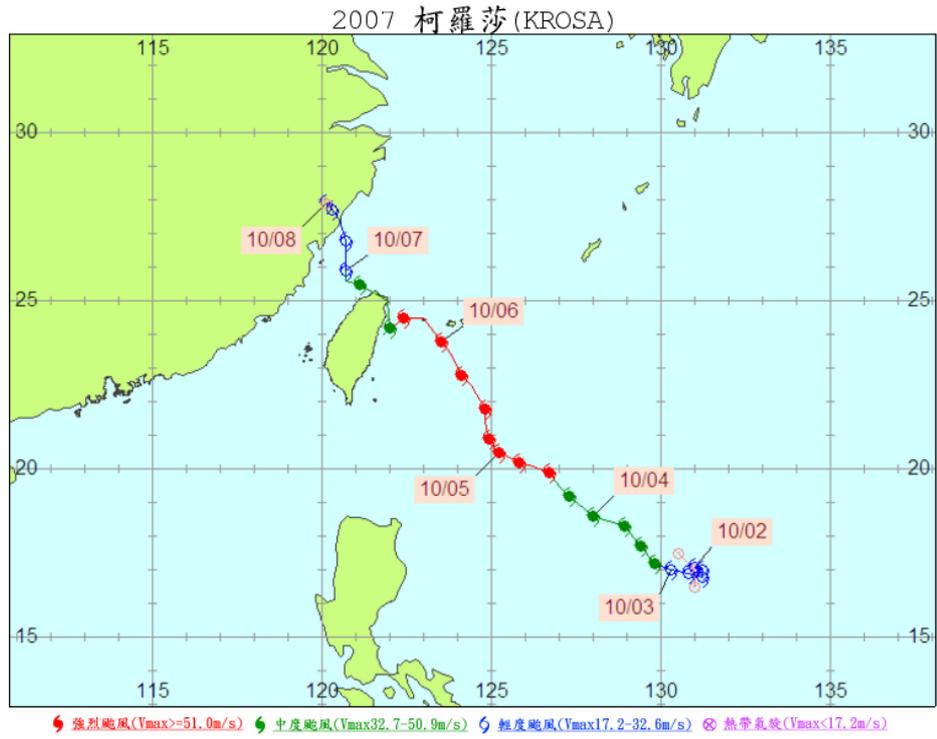


圖 3.3(續 9) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

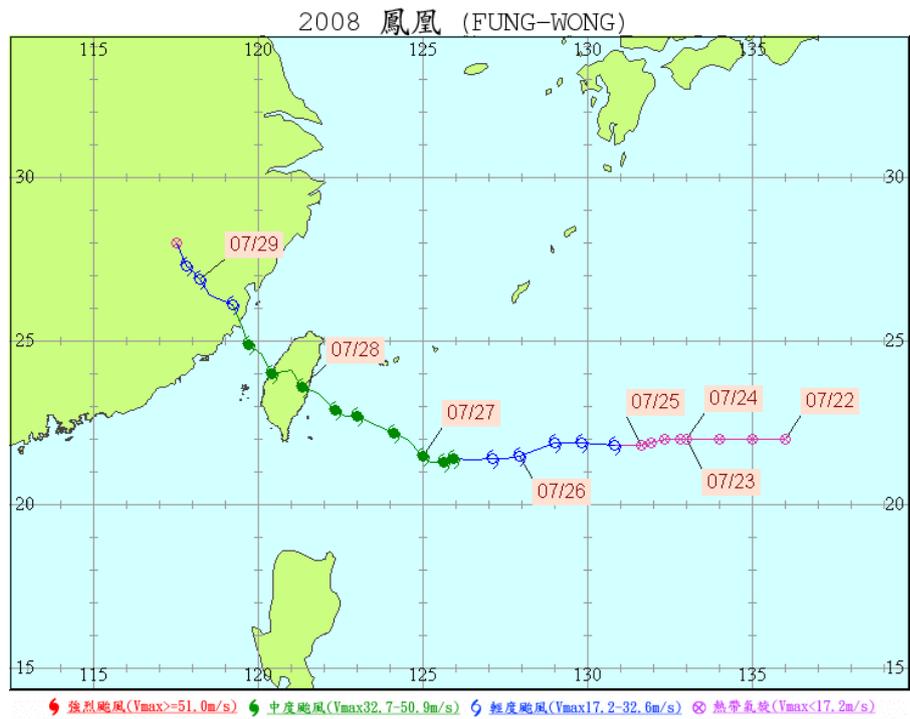
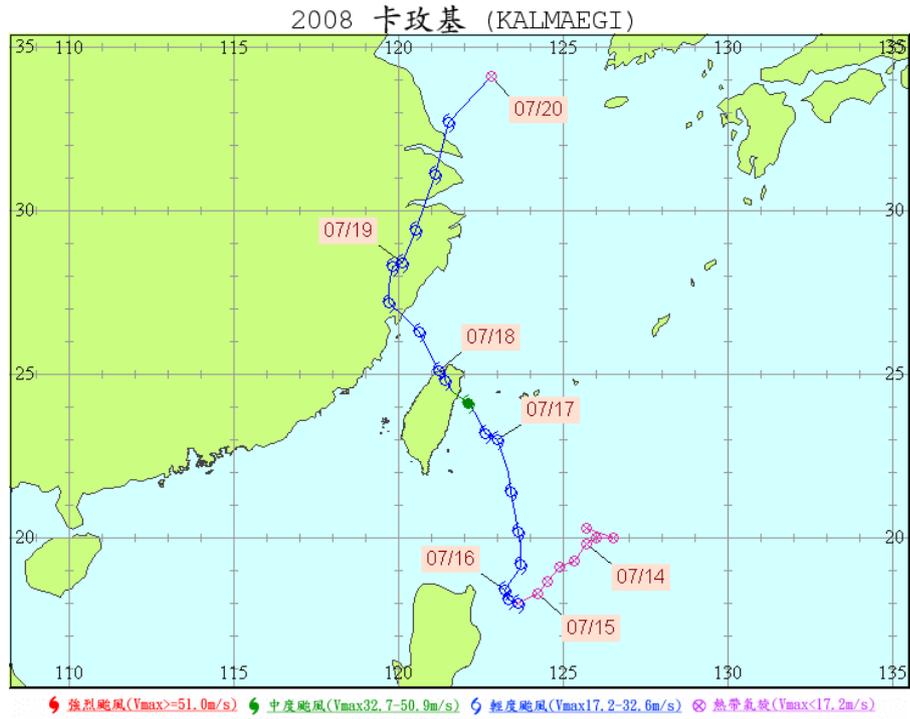


圖 3.3(續 10) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

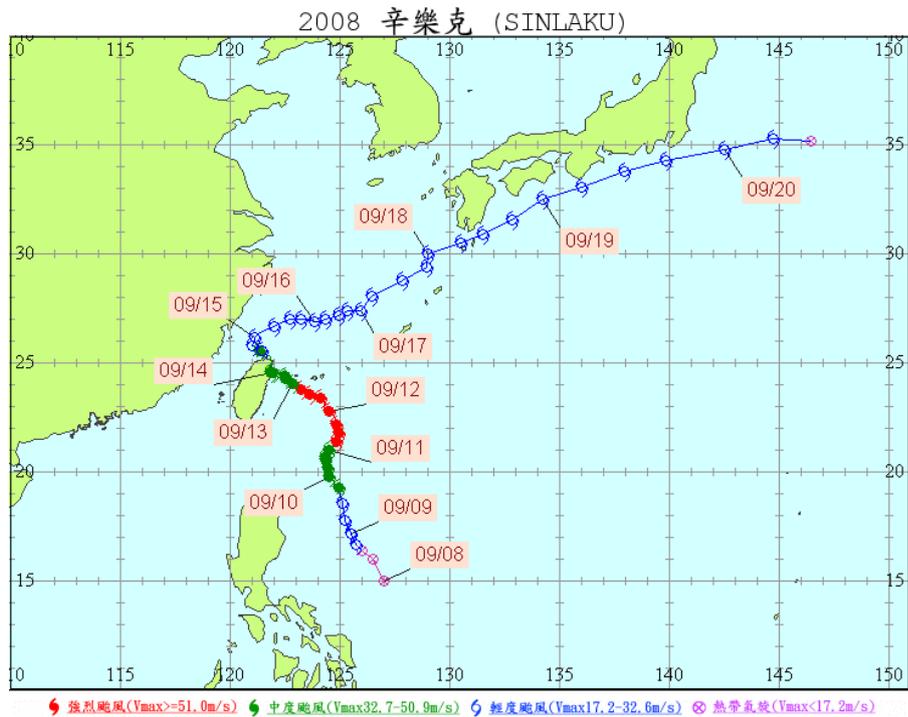
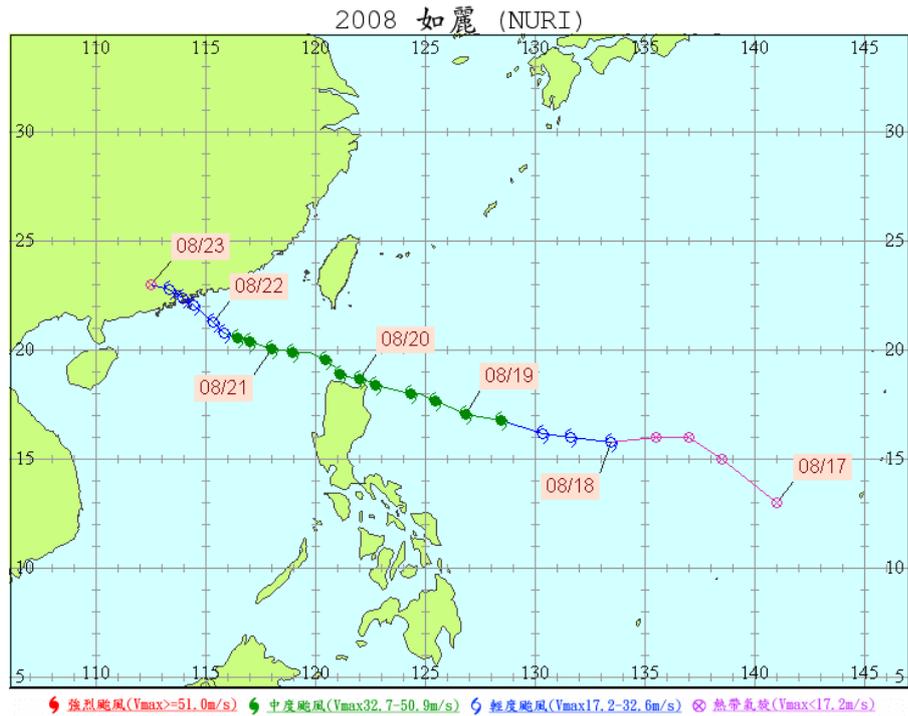


圖 3.3(續 11) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

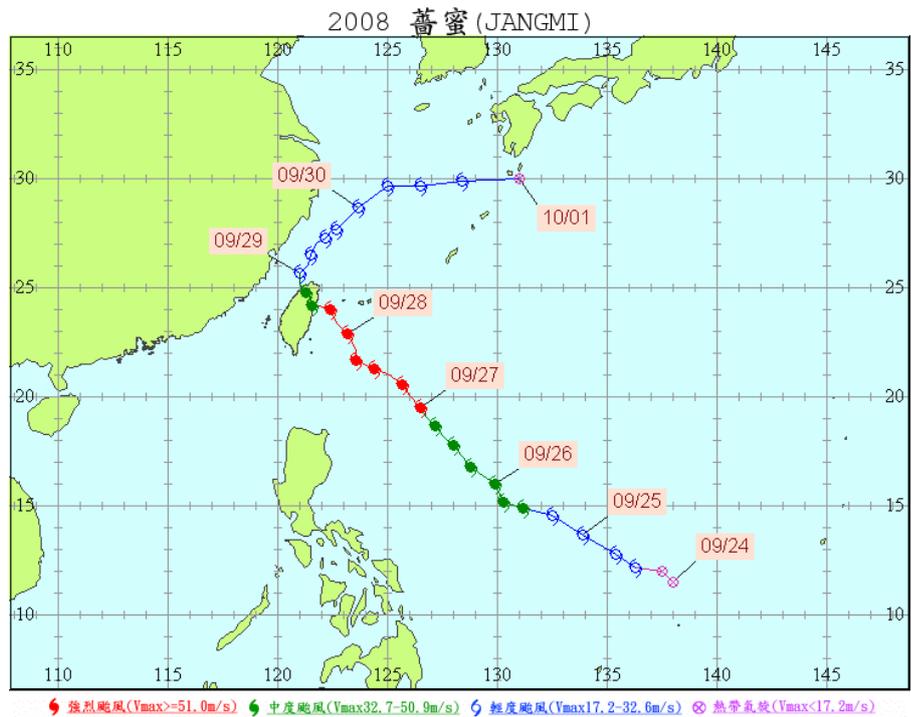
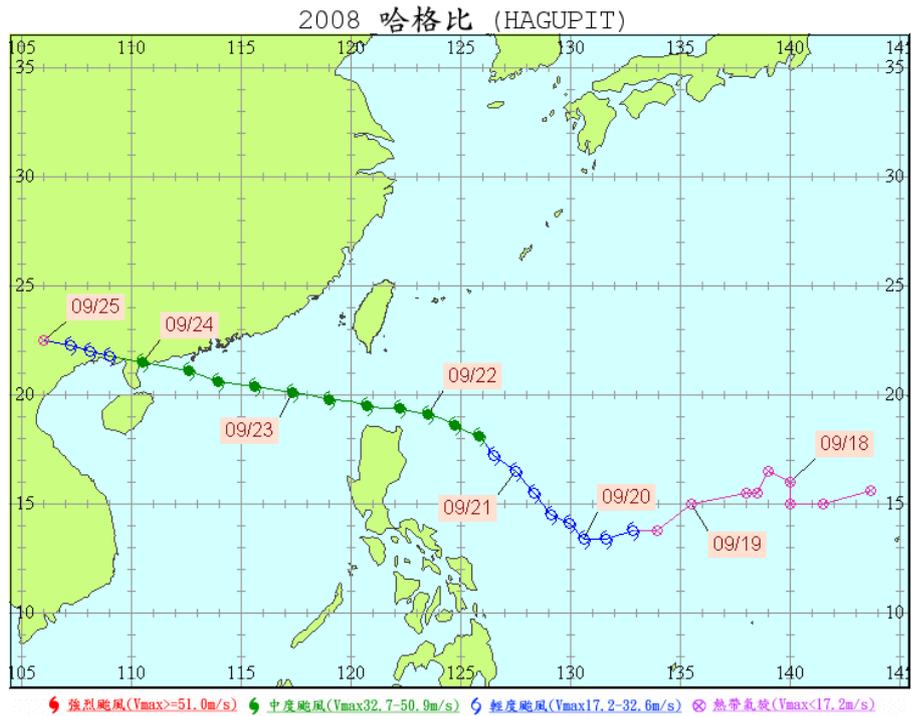


圖 3.3(續 12) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

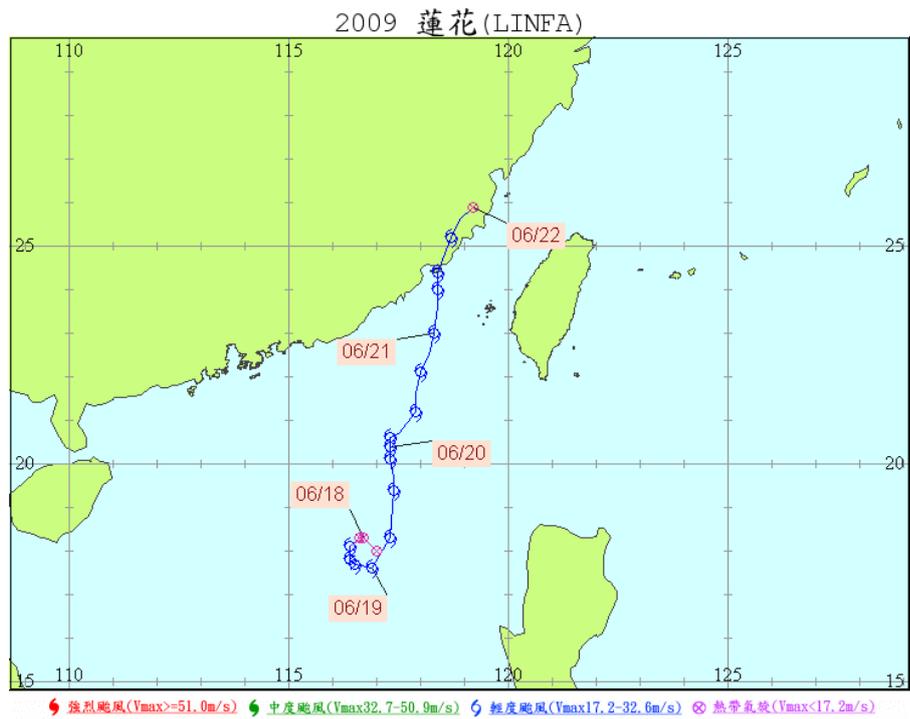


圖 3.3(續 13) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

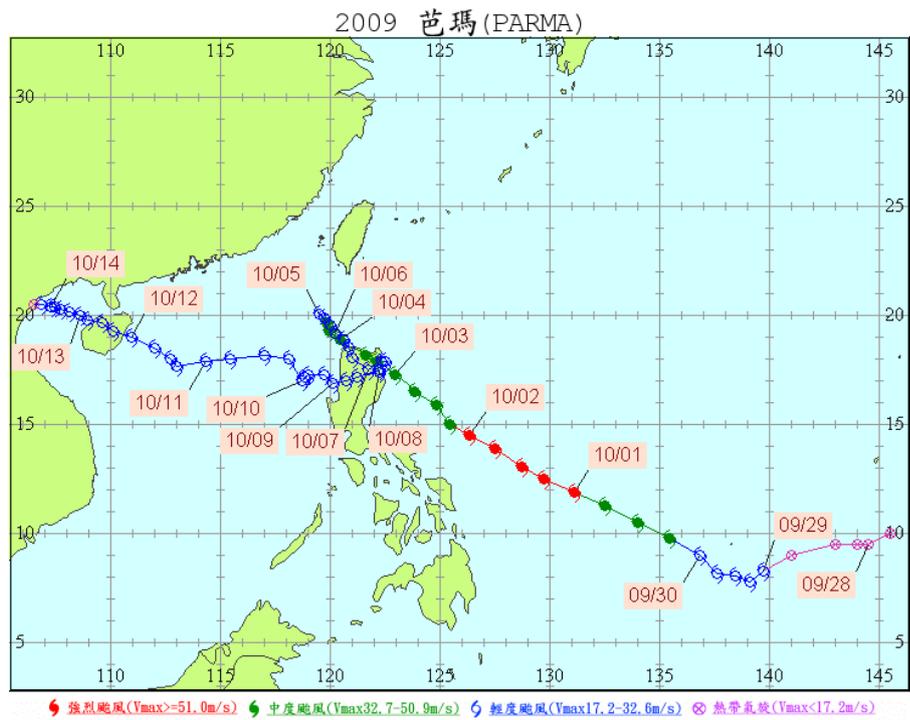
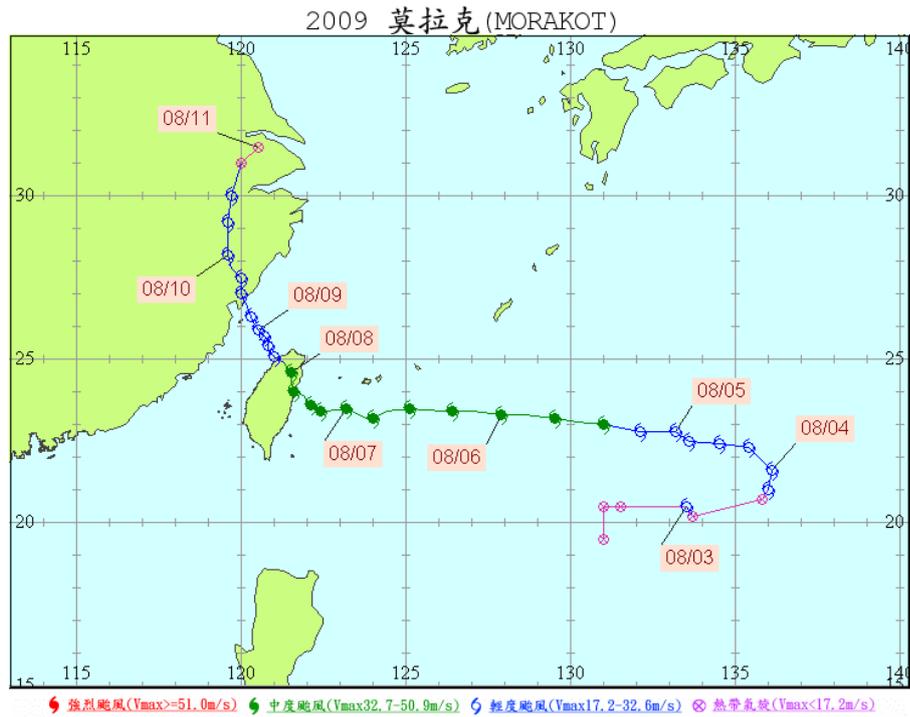


圖 3.3(續 14) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

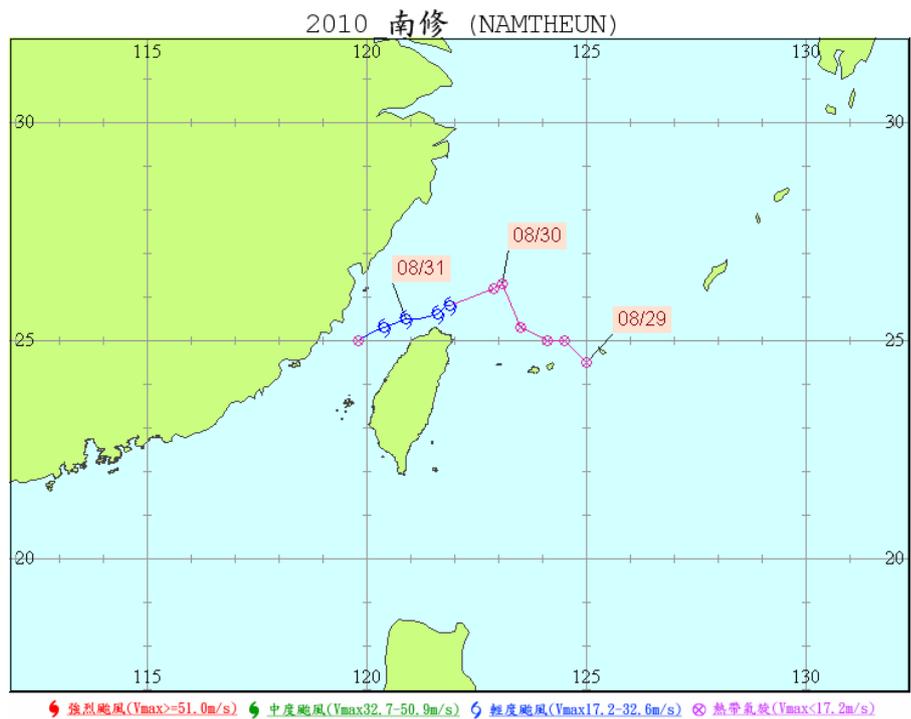
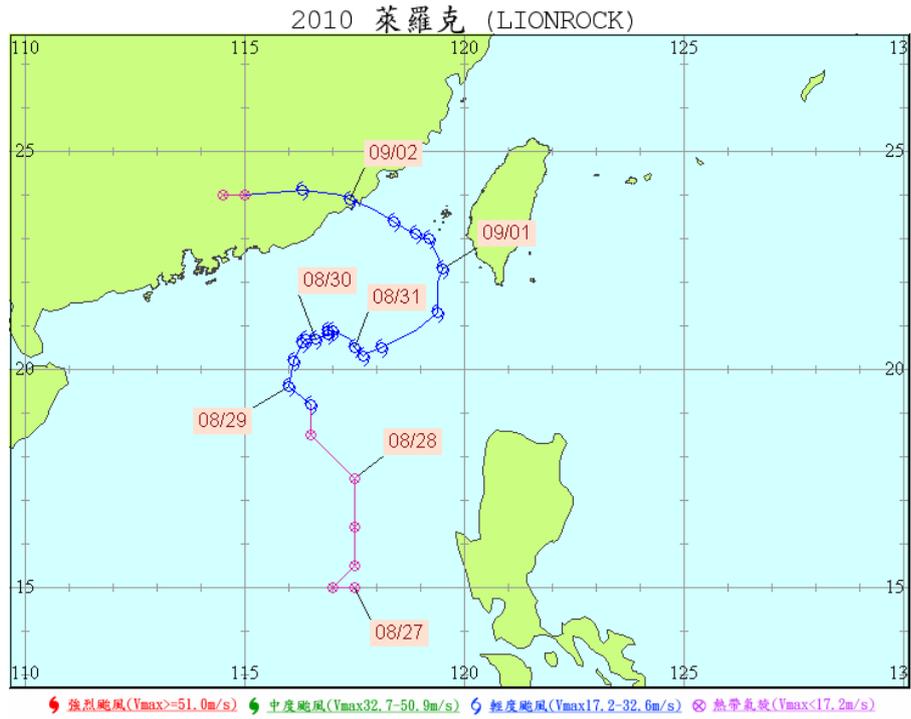


圖 3.3(續 15) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

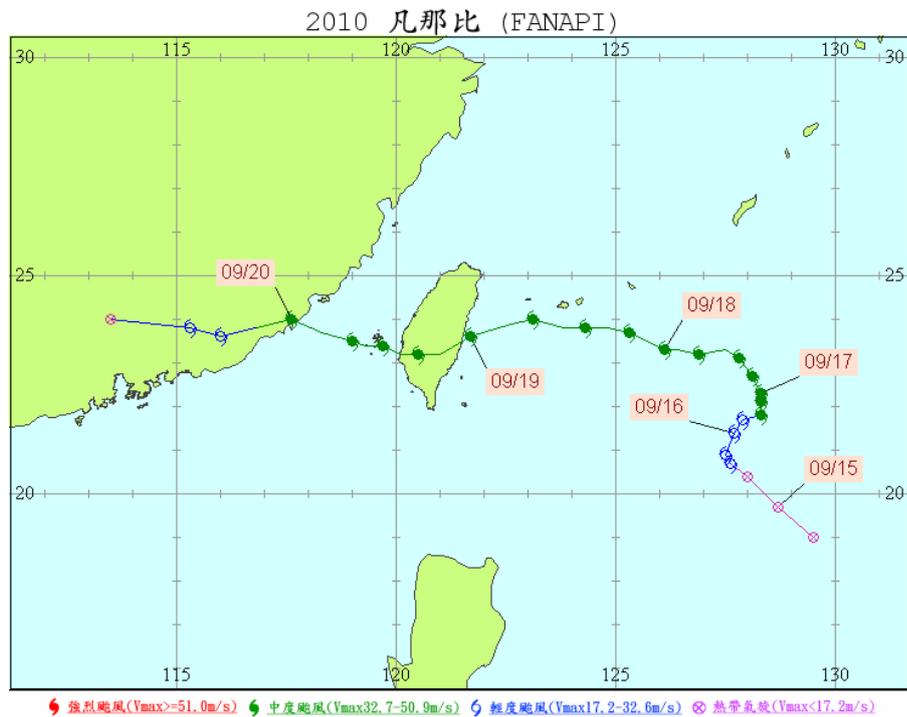
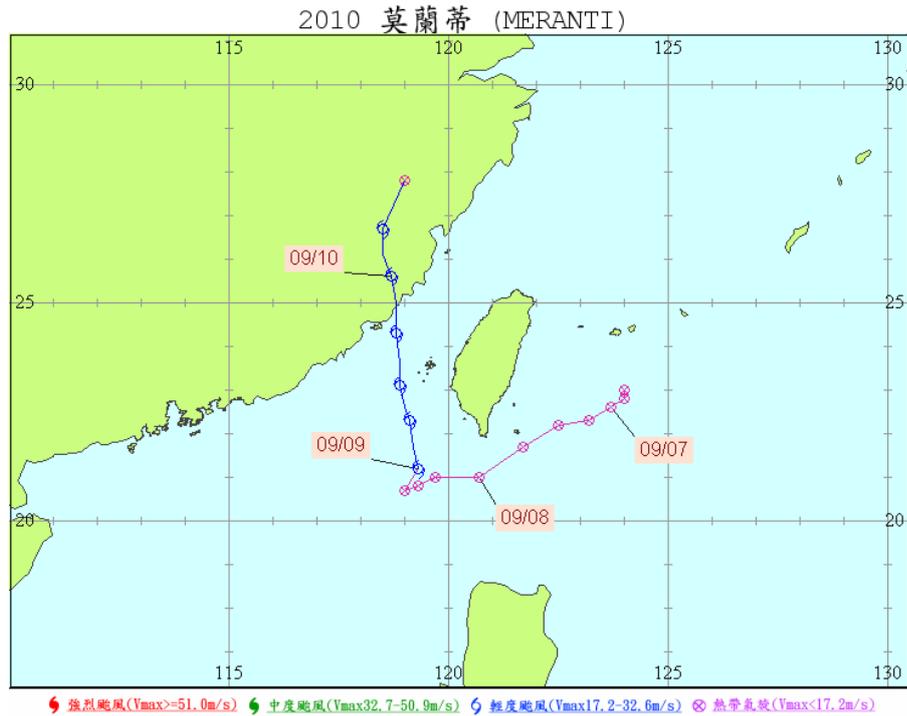


圖 3.3(續 16) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

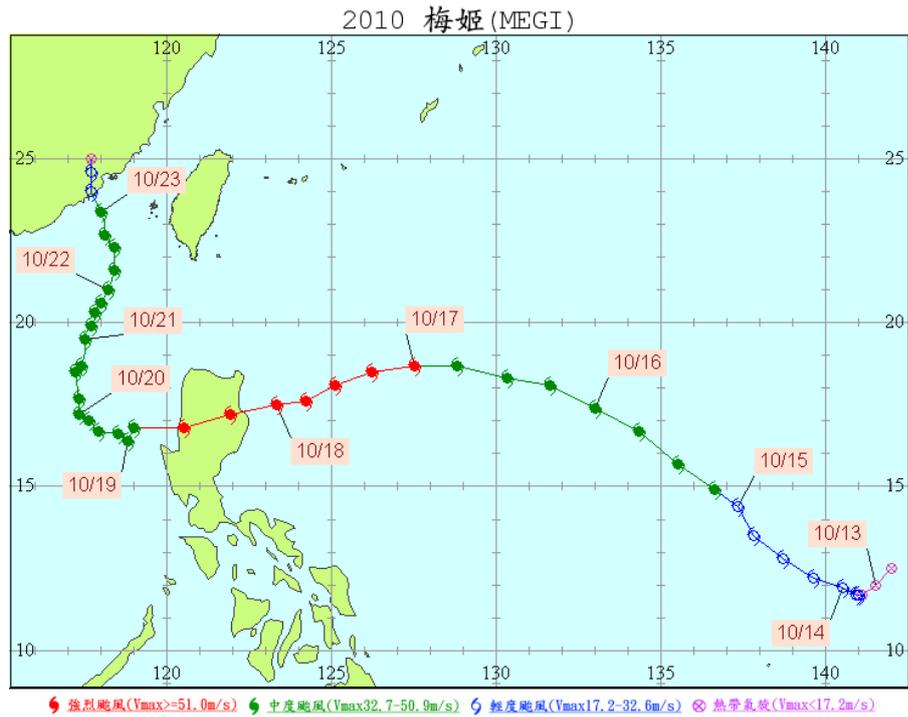


圖 3.3(續 17) 2005 年至 2010 年中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖

3.2.1 颱風時期的近岸波動模擬

圖 3.4 至圖 3.13 為 2009 年 6 月 7 日 12 時莫拉克颱風侵襲時期的 WAM 及 SWAN 的推算結果，圖 3.4 及 3.5 為 RC 及 MC 風場的速度分布圖與向量圖，為了便於觀察，圖 3.5 僅顯示與 SWAN 計算領域相同範圍的風場。圖 3.6 至圖 3.9 分別為 WAM 在該時段所推算的示性波高分佈、平均周期分佈、譜峰周期分佈、及平均波向分佈圖，圖 3.10 至圖 3.14 則為 SWAN 於該段所推算的示性波高分佈、平均周期分佈、譜峰周期分佈、平均波向分佈圖及主要波向分佈圖。從風場圖中可以看到颱風接近台灣時仍以颱風眼為中心逆時針方向變化，然而從圖 3.6 由 WAM 的局部推算的波高波向分佈結果，以及圖 3.10 由 SWAN 推算的波高波向分佈結果均有極大的差異性，其原因可能是台灣附近地形效應，或者是計算時間的搭配有不一致的地方則尚待查證。由於資料眾多(28 個颱風紀錄)，此處僅以莫拉克颱風為例說明。

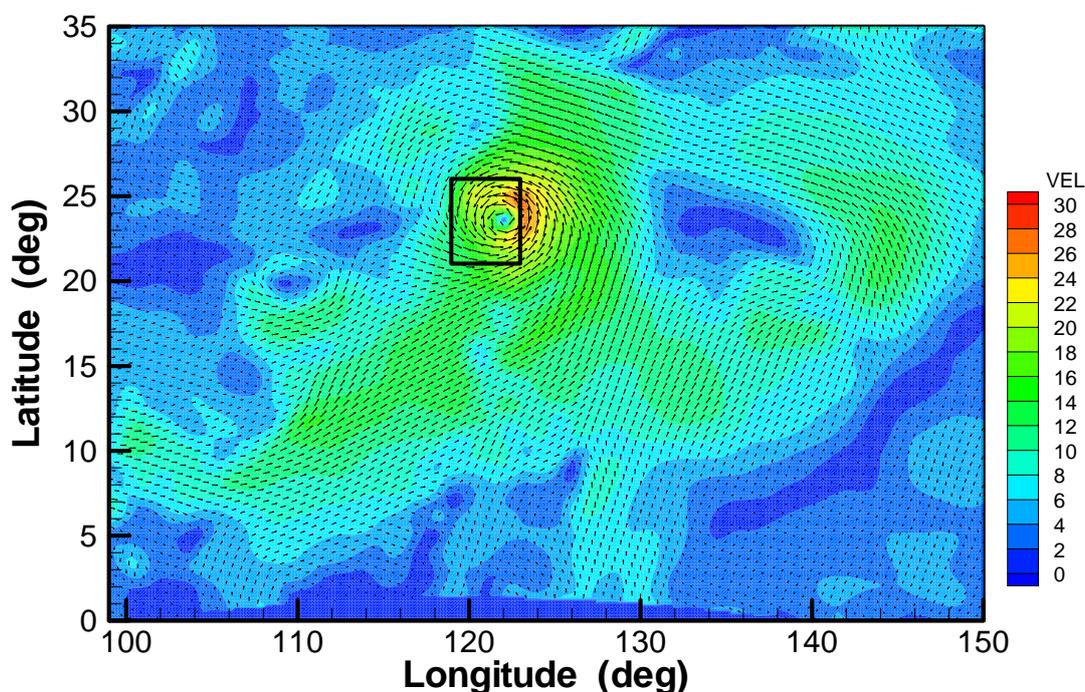


圖 3.4 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 RC 風場分佈及向量圖

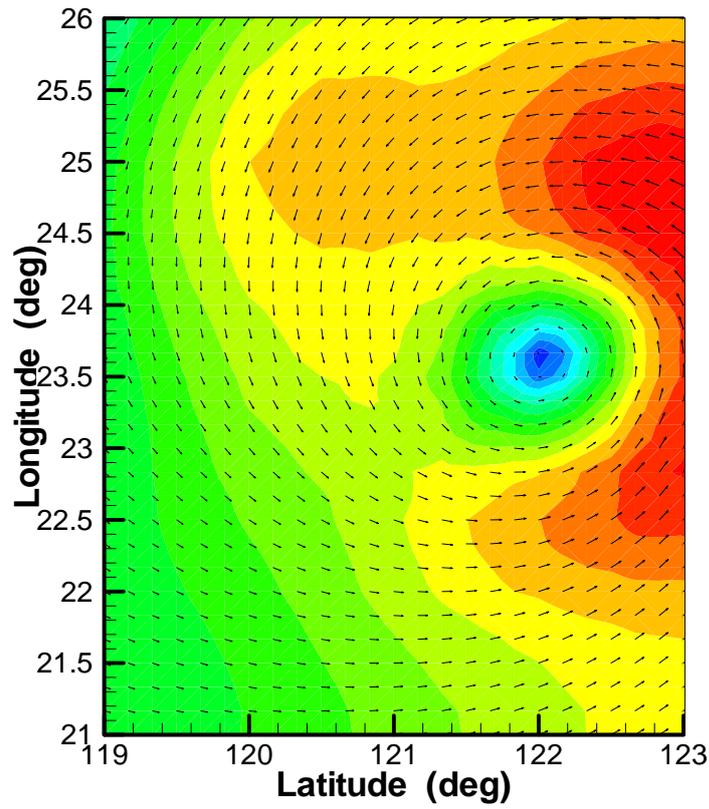


圖 3.5 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 MC 局部風場分佈及向量圖

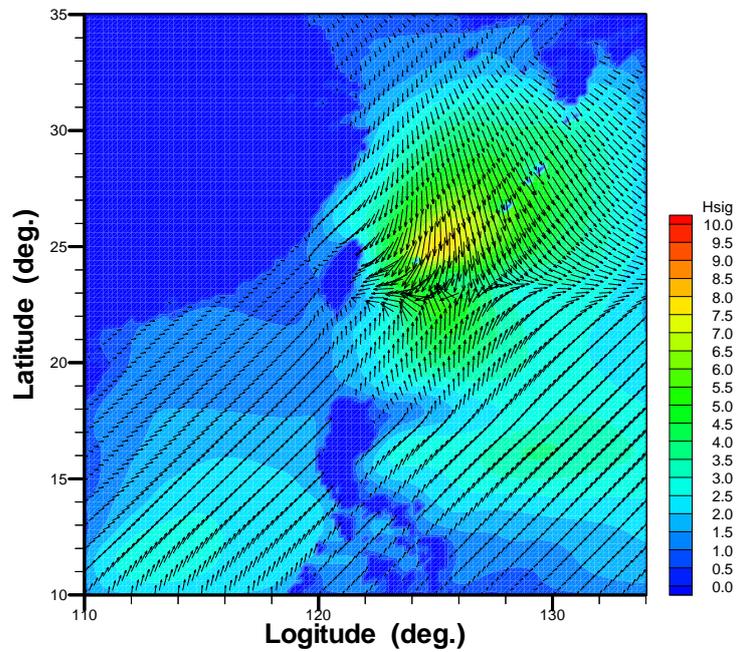


圖 3.6 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算示性波高分佈圖

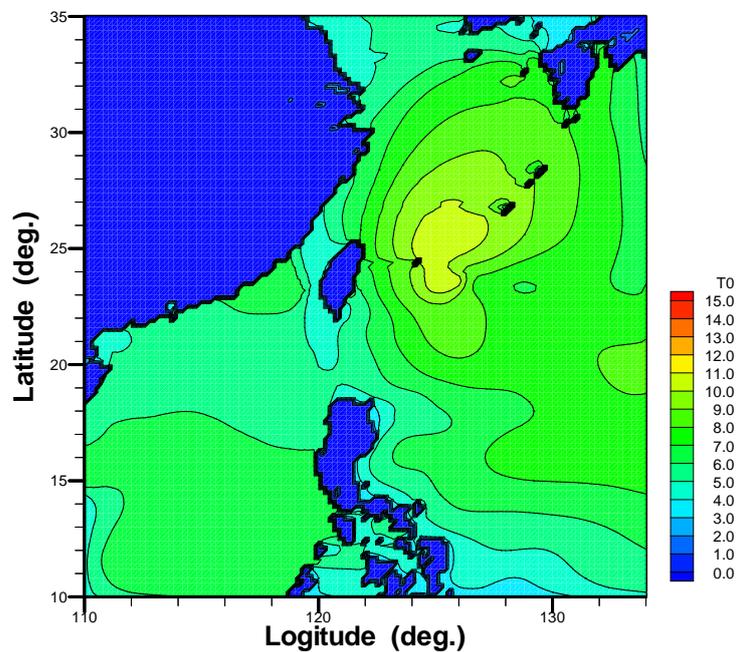


圖 3.7 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算平均週期分佈圖

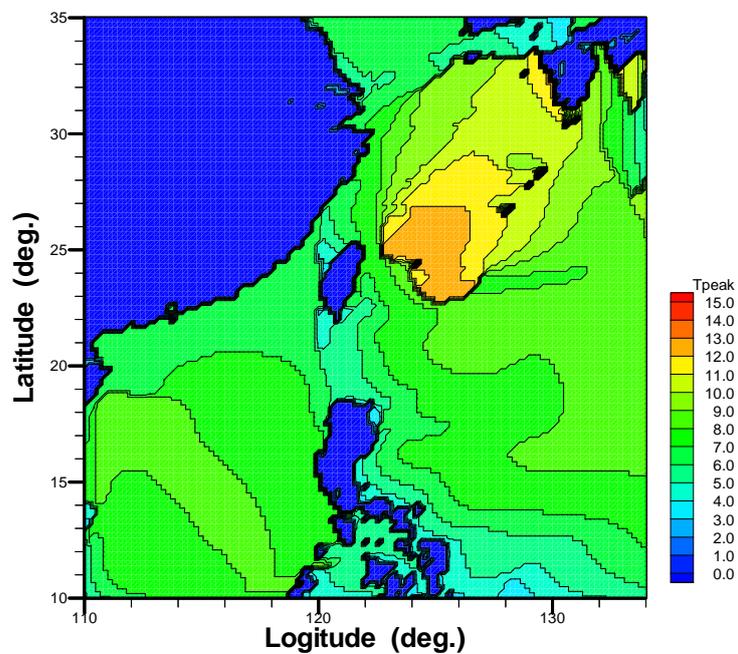


圖 3.8 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算譜峰周期分佈圖

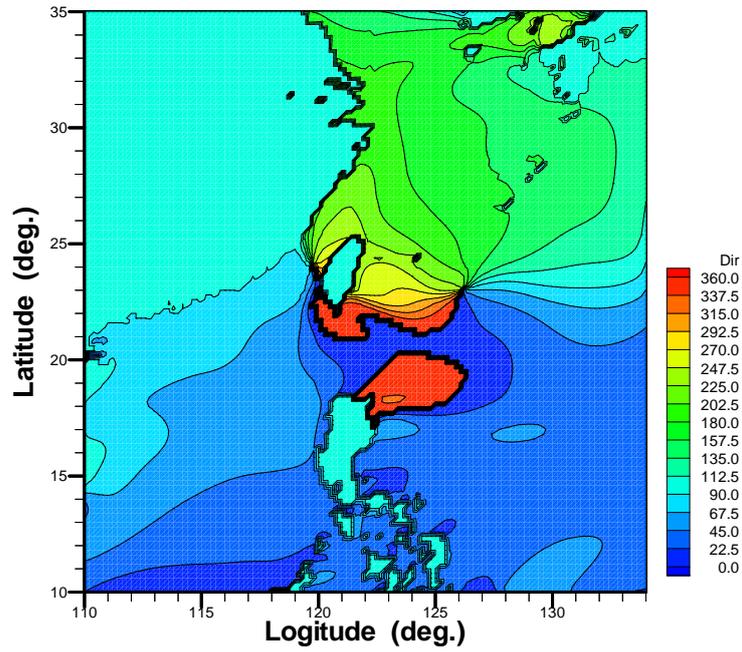


圖 3.9 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 WAM 推算平均波向分佈圖

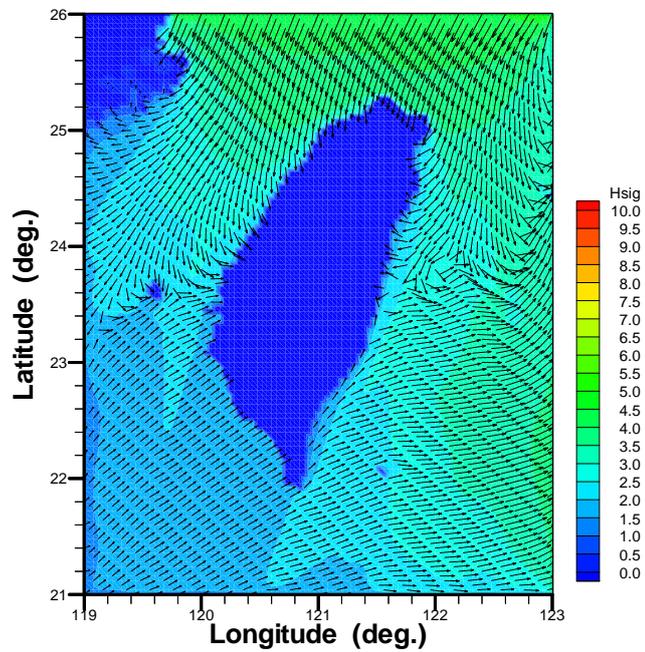


圖 3.10 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算示性波高分佈圖

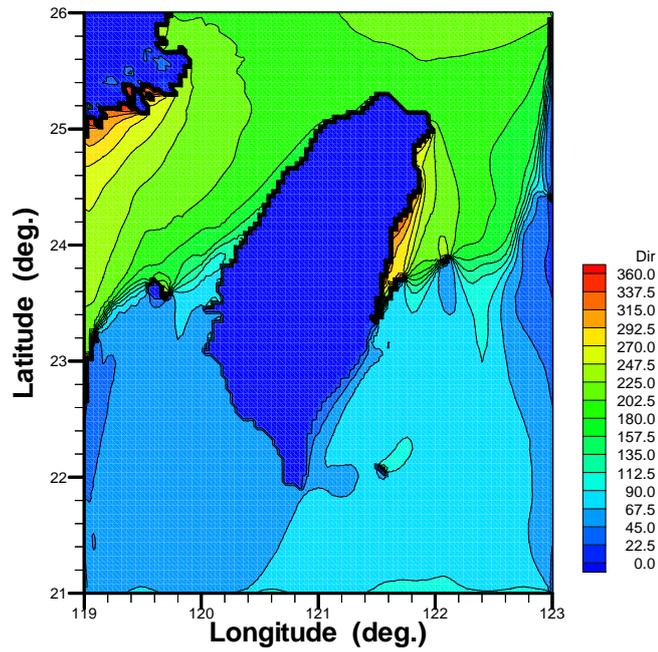


圖 3.11 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算平均週期分佈圖

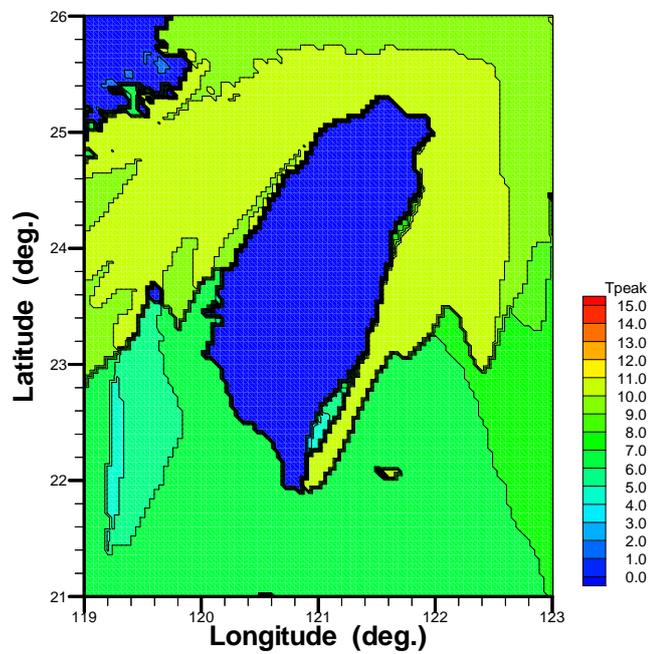


圖 3.12 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算譜峰周期分佈圖

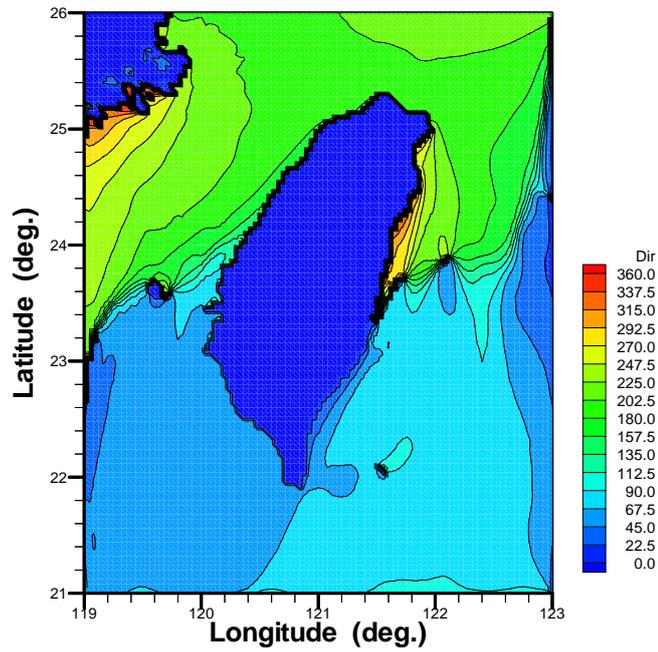


圖 3.13 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算平均波向分佈圖

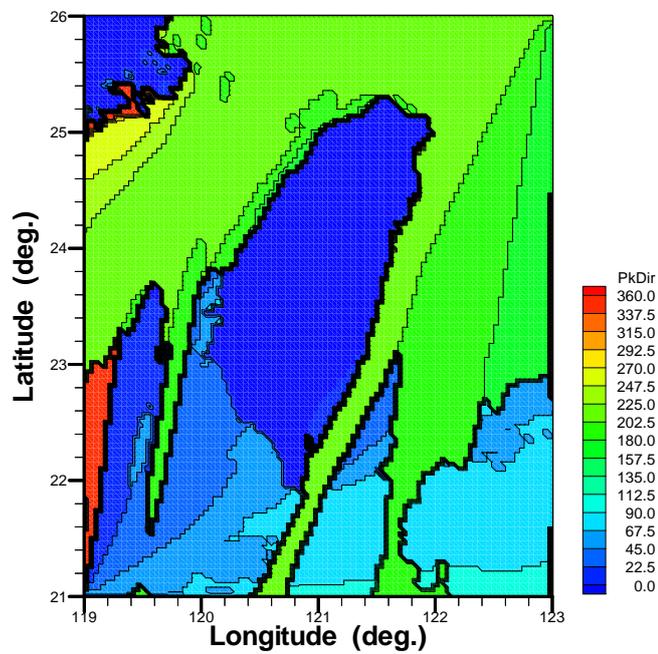


圖 3.14 2009/8/7 12H 莫拉克颱風 SWAN 推算主波方向分佈圖

3.2.2 七個商港的颱風時期波動模擬

在期中報告中曾經以各個商港的測站為中心(座標經緯度如表 3.3 所示)擷取周圍 4 個節點的推算值，從比較發現地形的複雜與否直接影響了波浪代表性的選擇。以安平港而言，雖然四個節點均各自相鄰 4 公里，但是其不論是波高、週期或是波向都相當一致，僅有芭瑪颱風時由於路徑怪異而在波高及週期上有較大的變動，應該是安平港附近的海底地形較為均勻有關；花蓮港也是類似的情形，颱風路徑從北部通過時有稍大的差異性，應該是與其面對深邃的太平洋有關；高雄港在不同路徑的颱風作用下，4 個節點的波動值都有某一程度的差異性，究其原因可能係其附近地形(海岸線形狀)變化較大，造成遮蔽效應及波浪變形較大所致。基隆港由於周遭海岸地形變化非常劇烈，對每一個方向來的風與波都有某一不等程度的遮蔽及影響，因此每個颱風中，4 個節點的波動不一樣。此種情形也出現在蘇澳港及台北港，而台中港的波動情形大致均勻，但與颱風的路徑有關。

綜合而言，安平港、花蓮港及台中港外海的波動大致還均勻，在未來決定設計波浪時應該不致遭受到困難，而高雄港、基隆港、蘇澳港及台北港雖然 4 個節點的波動變化趨勢還一致，可是其值有稍大的差異性，需要再做進一步比較，以求得其代表性的波動值。

表 3.3 各商港波浪觀測站位置座標

商港名稱	東經經度	北緯緯度
基隆港	121.753	25.155
台北港	121.376	25.182
台中港	120.486	24.299
安平港	120.136	22.944
高雄港	120.288	22.614
花蓮港	121.627	23.974
蘇澳港	121.866	24.592

圖 3.15~圖 3.42 分別顯示在 2009 年四個颱風(蓮花、莫拉非、莫拉克及芭瑪)作用期間 7 個商港附近的波動情形，各圖中，上圖為平均波向及主波方向，中圖為平均週期及譜峰週期，下圖為示性波高。從圖中可以看到由於各商港的地形特性，各個颱風的主波方向變化並不大。而平均波向的變化範圍則略大，應與颱風路徑有關。由於在 SWAN 的波浪推算中，格網大小為 0.04° ，也就是大約為 4 公里，由於國內的商港所佔據的海岸線大約為 3 到 6 公里，使得想要選擇作為入射波條件的參考點沒有太多選擇。為了便於觀察，圖幅的安排是以各個商港為主，收集 4 個颱風的推算結果。其中，蓮花颱風是沿著台灣海峽由南向北推進，莫拉非颱風則是從巴士海峽通過，而莫拉克及芭瑪颱風則路徑類似台灣北海岸通過。

圖 3.43~圖 3.70 分別顯示在 2010 年間五個颱風(萊羅克、南修、莫蘭帝、凡那比及梅姬)作用期間 7 個商港附近的波動情形，各圖中，上圖為平均波向及主波方向，中圖為平均週期及譜峰週期，下圖為示性波高。圖中亦顯示各個商港的實測波高及週期，從圖中看到推算波浪與實測波浪間的關係並非很穩定，其原因應該和颱風的路徑有關，未來有必要再從颱風的路徑上面檢討波浪推算的準確性。由於實測波浪可能充分表現當地的區域波浪變形特性，是波浪推算模式所望塵莫及的。但我們也必須要注意到實測波浪的資料僅屬於單點的波浪特性，它無法反應鄰近各點的波浪特性；而波浪推算則屬於網格平均性的資料。此種差異性可能造成實測波浪一直與推算波浪之間有差異性的原因，未來應該如何比對現場實測資料以及波浪推算結果，以及是否以『任選』最相近的一點即可以合理比較，應再研議。也是基於此一緣故，圖 3.43~圖 3.70 並未比較波向。

表 3.4 至表 3.10 分別為 7 個商港於 2005 年~2009 年期間之颱風所發生的最大波動值，其中平均週期與平均波向是以發生最大示性波高的時間點所對應的值；而主波方向則是相對於最大譜峰週期，可提供討論設計波高之參考。原有的平均波向與主波方向的角度輸出是以直角座標系統為準，為了討論方便，此處改為以航海座標系統為基準，

並以來向為基準，即 N 向為 0° 、NE 向為 45° 、E 向為 90° 、SE 向為 135° 、S 向為 180° 、SW 向為 225° 、W 向為 270° 及 NW 向為 315° 。

為便於比較，圖 3.71 至圖 3.73 依序分別繪製了 7 個商港於 2005 年至 2010 年間 34 個颱風期間的最大平均波向(●)與主波方向(◇)、相對於最大示性波高的平均週期與譜峰週期、以及最大示性波高的分佈情形。其中，桑美(SAOMAI)及寶發(Bopha)，帕布(PABUK)及梧提(WUTIP)，萊羅克(LIONROCK)及南修(NAMTHEUM)因發生時間很近，本計畫將其視為連續性的風浪一併推算。圖中各小圖由上而下分別為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港。表 3.11 列出各商港於颱風時期各相關參數的平均值與信賴區間，表 3.12a 至表 3.12g 為各商港於颱風時期的最大波向統計表。從圖 3.71 及表 3.12 中可以看到各個商港在這 5 年期間的颱風波浪方向都還算一致，應該是與地形對波浪傳輸方向的影響有關。基隆港不論是平均波向或者是主波方向都集中於 N-NE-ENE 之間；台北港的平均波向集中於 N-NW-WNW 之間，主波方向則集中於 N-NNW-NW 之間；台中港的平均波向集中於 N-WNW-W 之間，主波方向則集中於 SW-N-WNW 之間；安平港的平均波向集中於 SSE-S-SW-W 之間，主波方向則集中於 S-SW-W 之間；高雄港的平均波向集中於 SSE-S-SW-W 之間，主波方向則集中於 S-SW-W-NW 之間；花蓮港的平均波向集中於 ENE-N-ESE 之間，主波方向則集中於 NE-NNE-S-SE 之間；蘇澳港的平均波向集中於 ENE-E-ESE-SSE 之間，主波方向則集中於 NE-ENE-SE-S 之間。充分反映了地形效應對波向的影響。而圖 3.72 中顯示譜峰週期都大於平均週期，表 3.11 為該期間各商港颱風時期最大譜峰週期與最大示性波高所對應之平均週期之比值，台中港位於台灣西部的中間位置，其週期比大於 2.0；基隆港、台北港、安平港及高雄港的週期比大約在 1.8 至 1.9 之間；花蓮港及蘇澳港則因為面對太平洋，其週期比約在 1.67 左右。此種現象應仍與當地的地理特性有關，而值得注意的是高雄港與安平港不論是波向、週期或波高都極為相似。安平港相對於高雄港的各相關參數比值如表 3.13 所示，不論是波高、週期與波向的信賴區間與平均值的比值都在 3% 以下，顯示此二商

港的波浪特性可能有相當強烈的相關性。從圖 3.73 可以看到推算各個颱風時期的最大示性波高多在 6m 以下，研判其原因可能是目前的波浪推算模式的網格解析度仍然太大而無法反應區域性的波浪變形特性，例如淺化、折射、繞射與碎波。

20090619_Linfa_KL

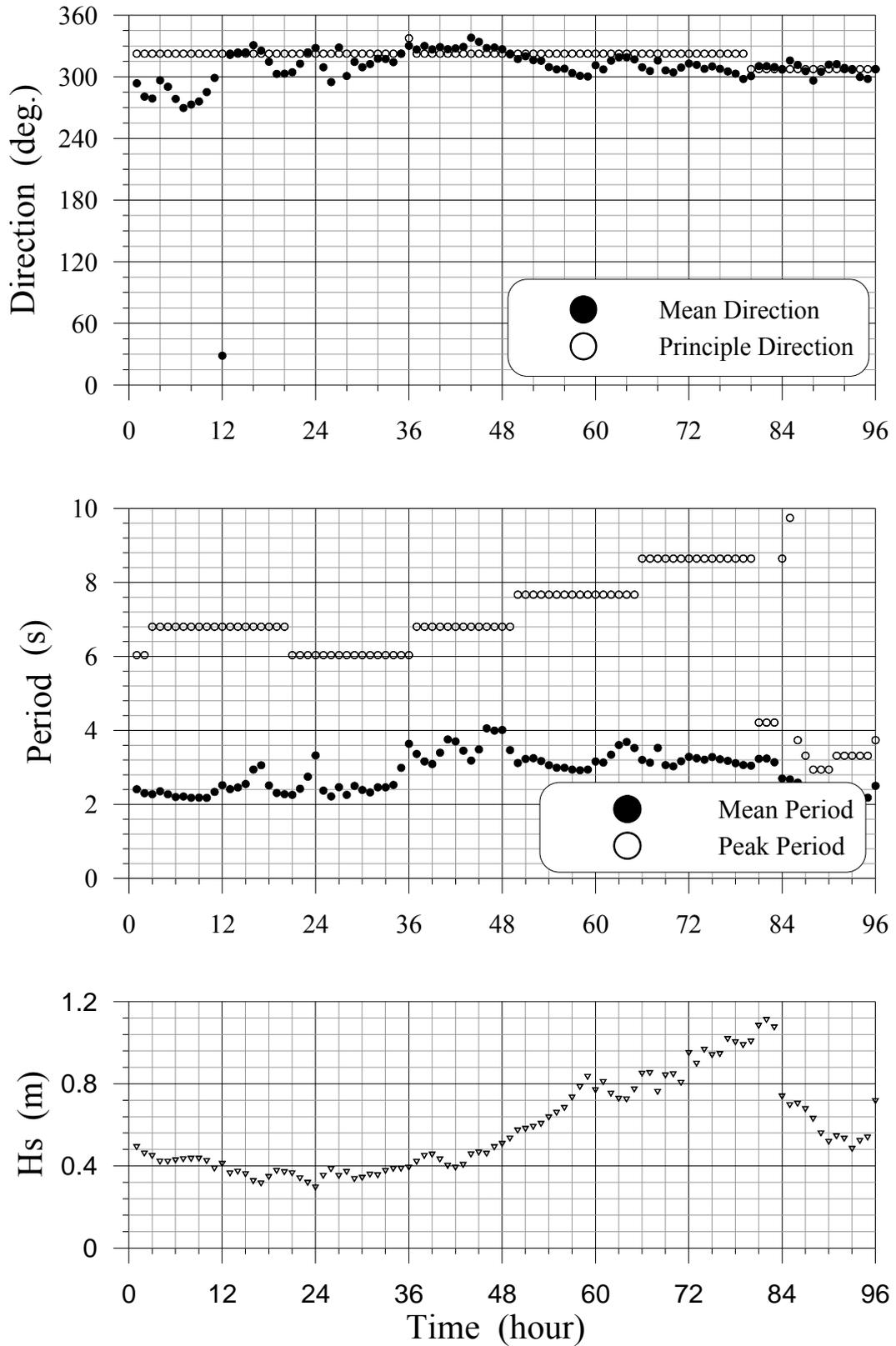


圖 3.15 2009 年蓮花颱風期間基隆港的波動分佈圖

20090716_Molave_KL

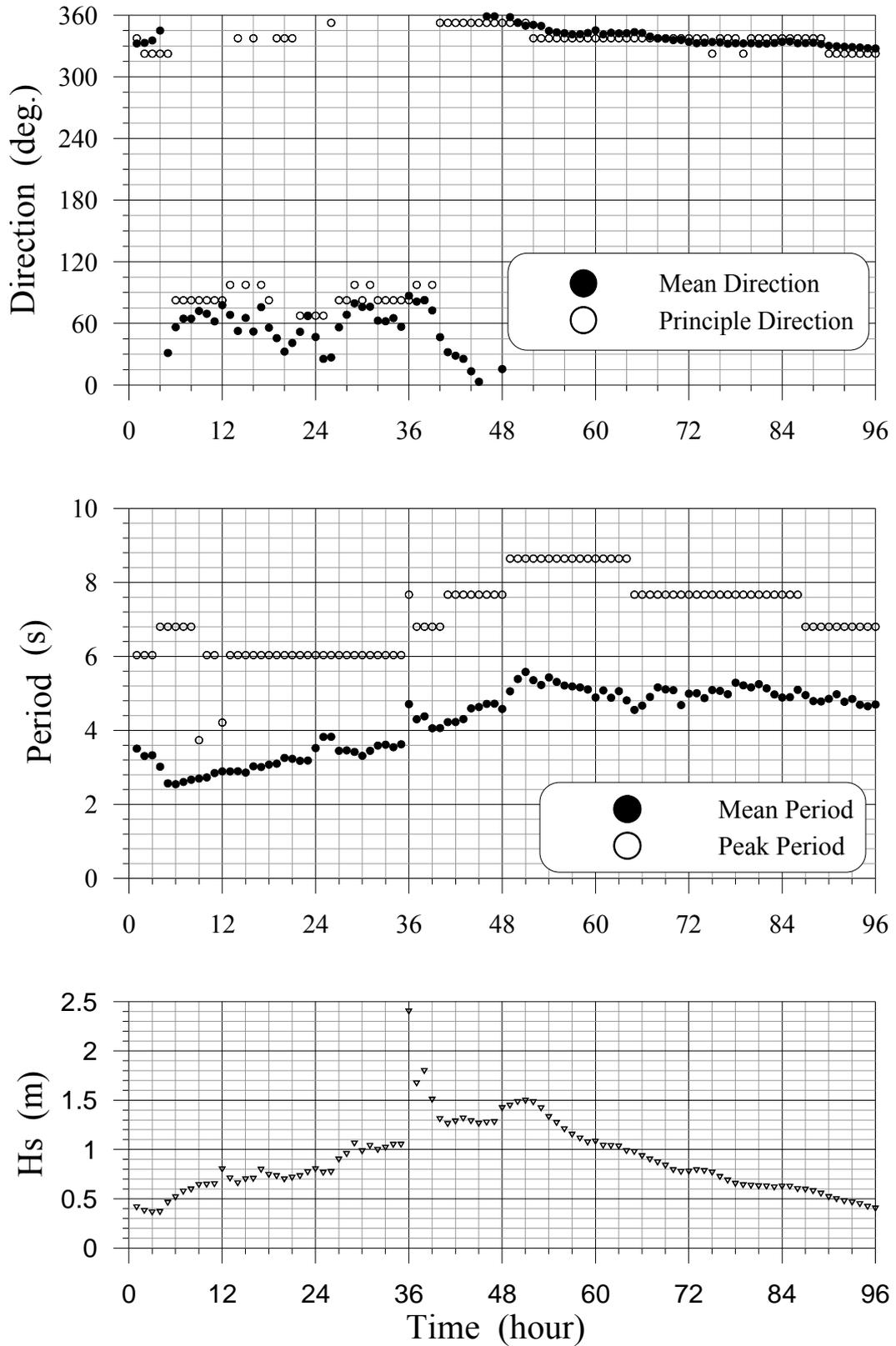


圖 3.16 2009 年莫拉非颱風期間基隆港的波動分佈圖

20090805_Morakot_KL

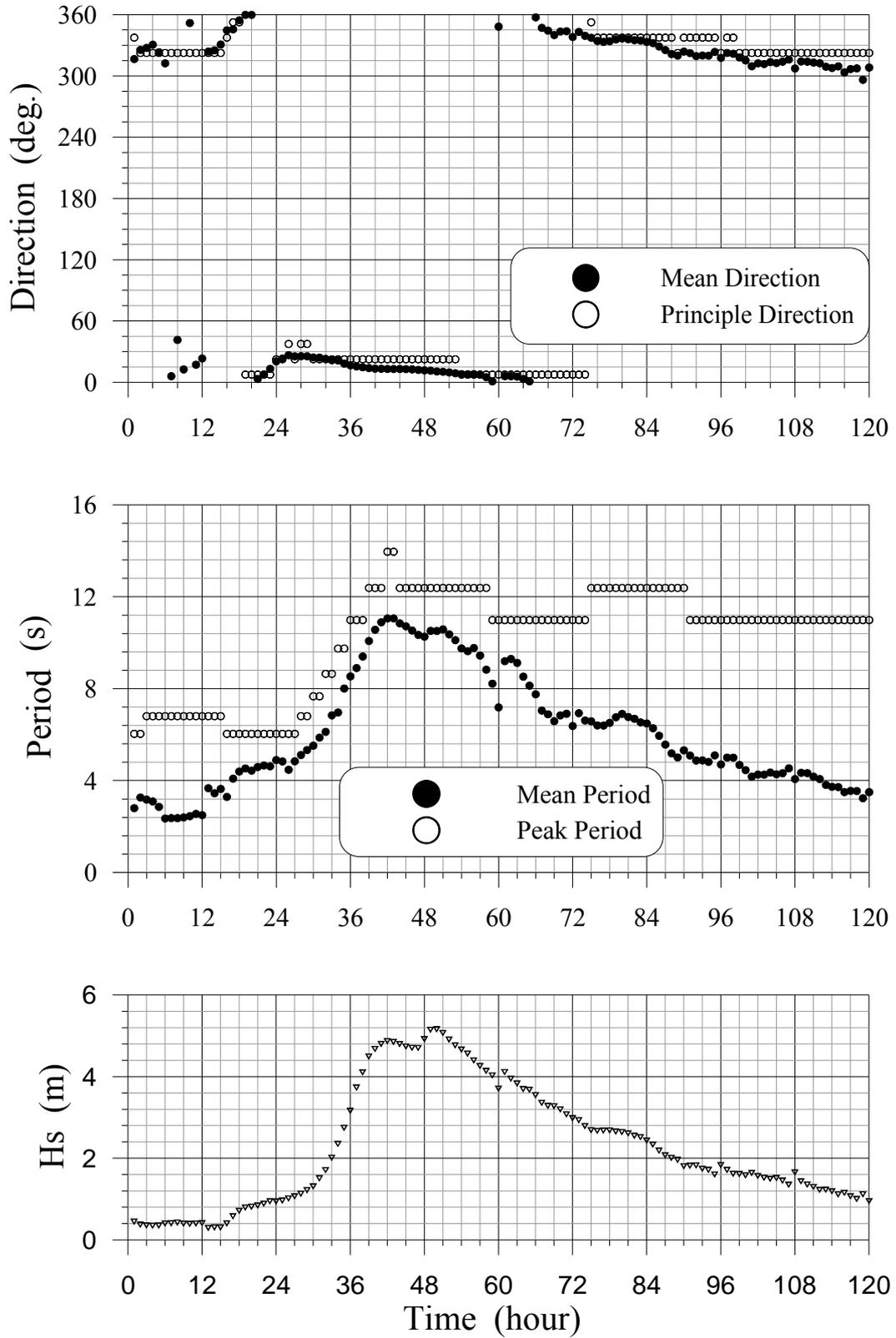


圖 3.17 2009 年莫拉克颱風期間基隆港的波動分佈圖

20091002_Parma_KL

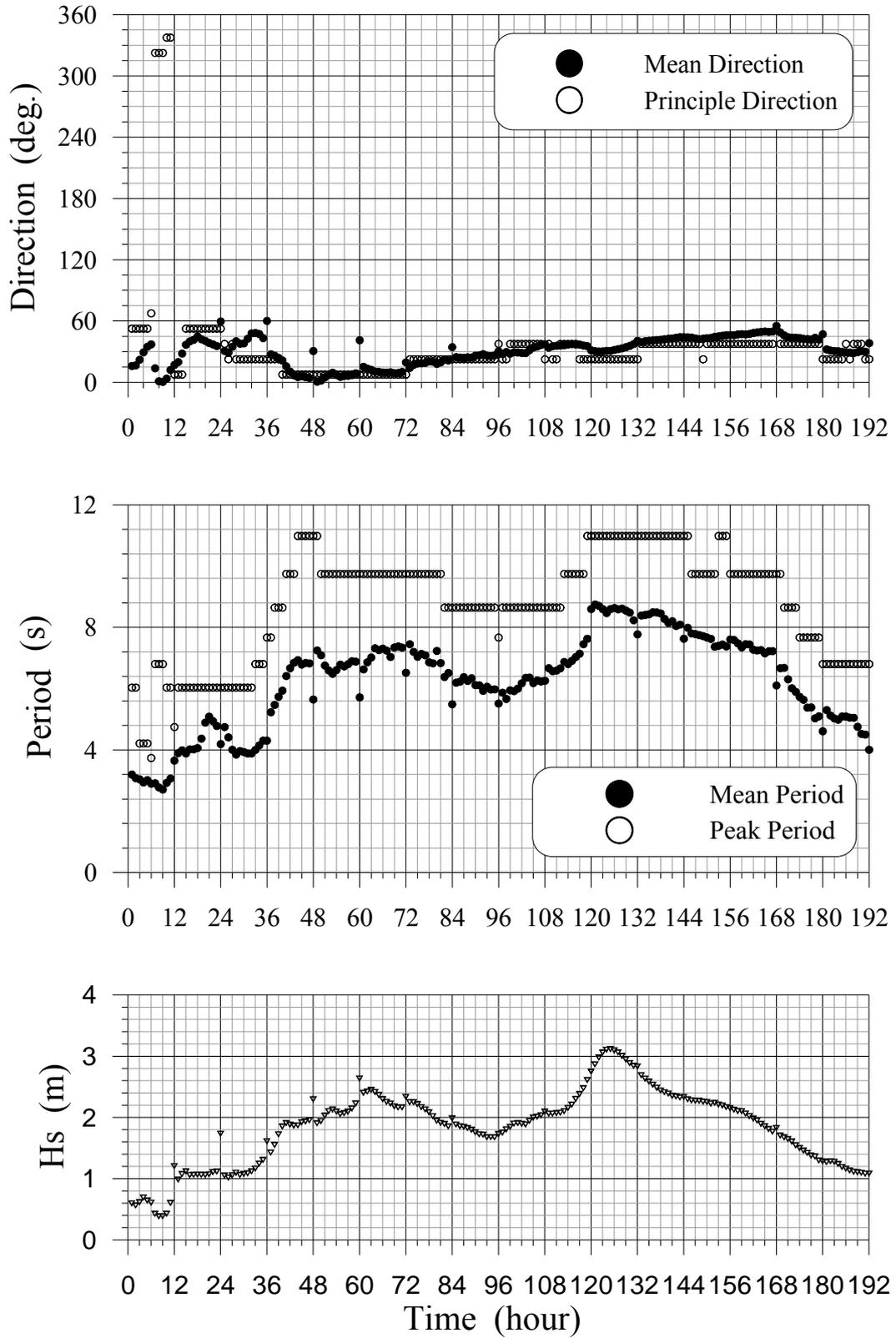


圖 3.18 2009 年芭瑪颱風期間基隆港的波動分佈圖

20090619_Linfa_TP

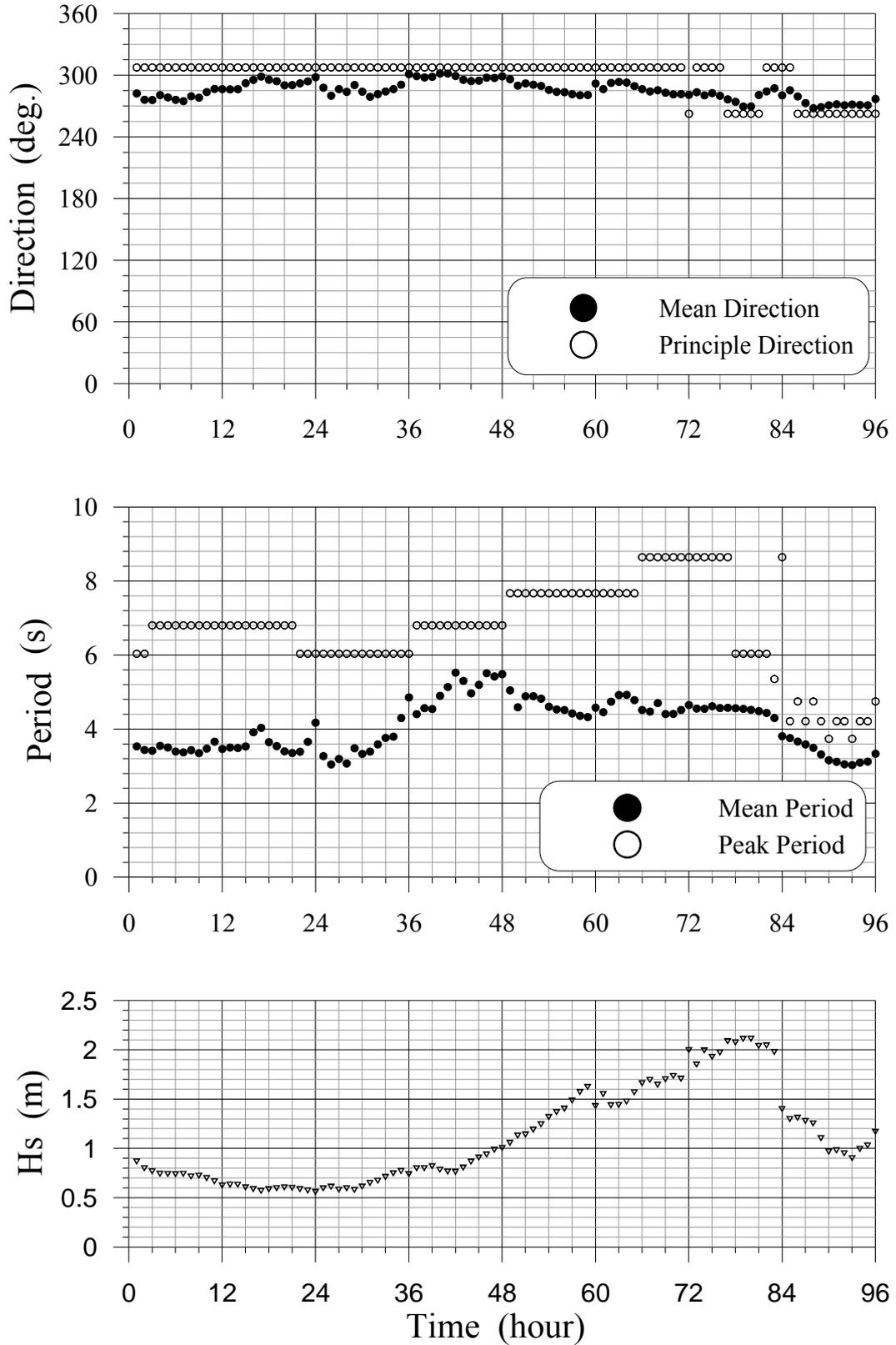


圖 3.19 2009 年蓮花颱風期間台北港的波動分佈圖

20090716_Molave_TP

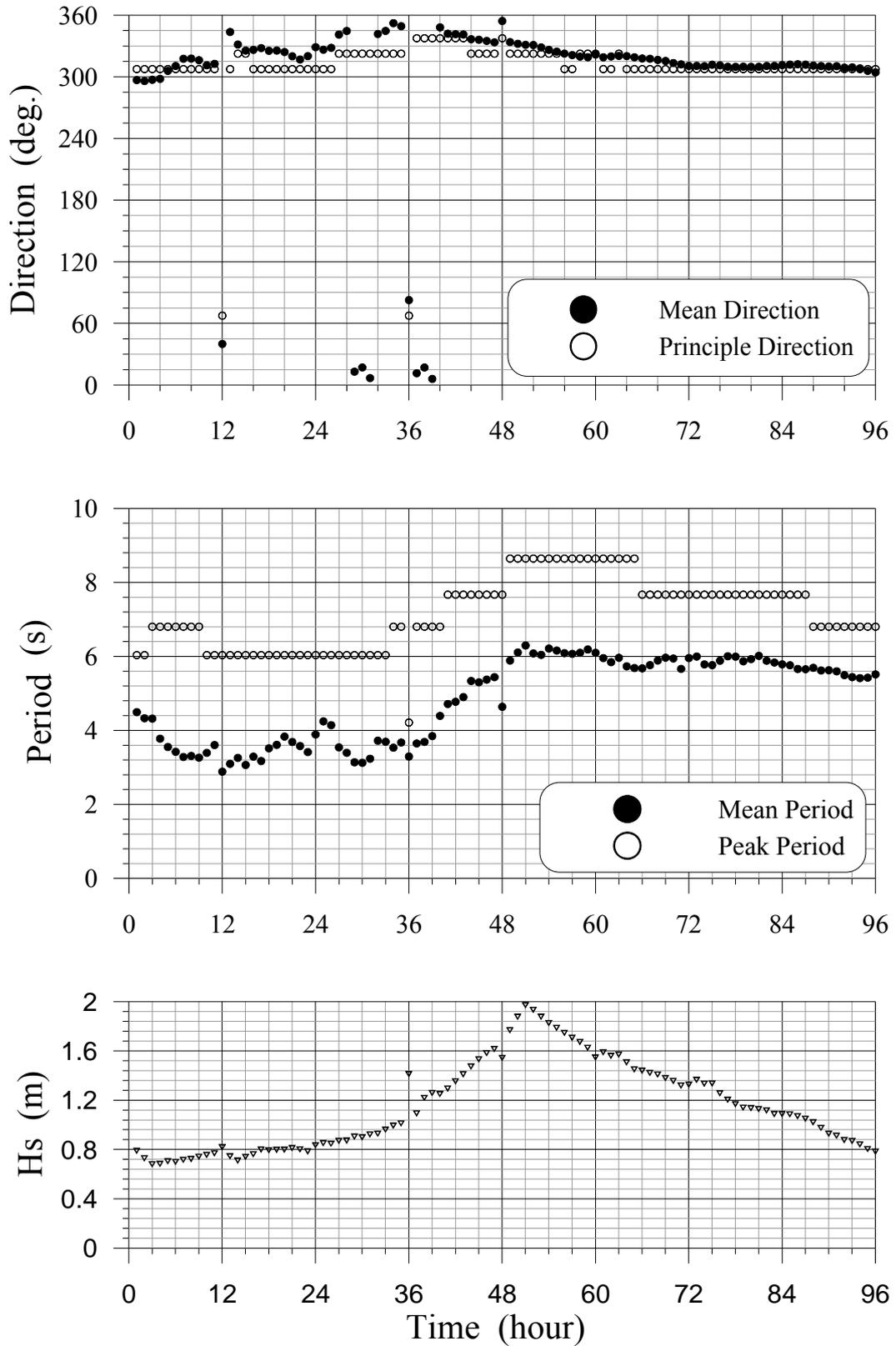


圖 3.20 2009 年莫拉非颱風期間台北港的波動分佈圖

20090805_Morakot_TP

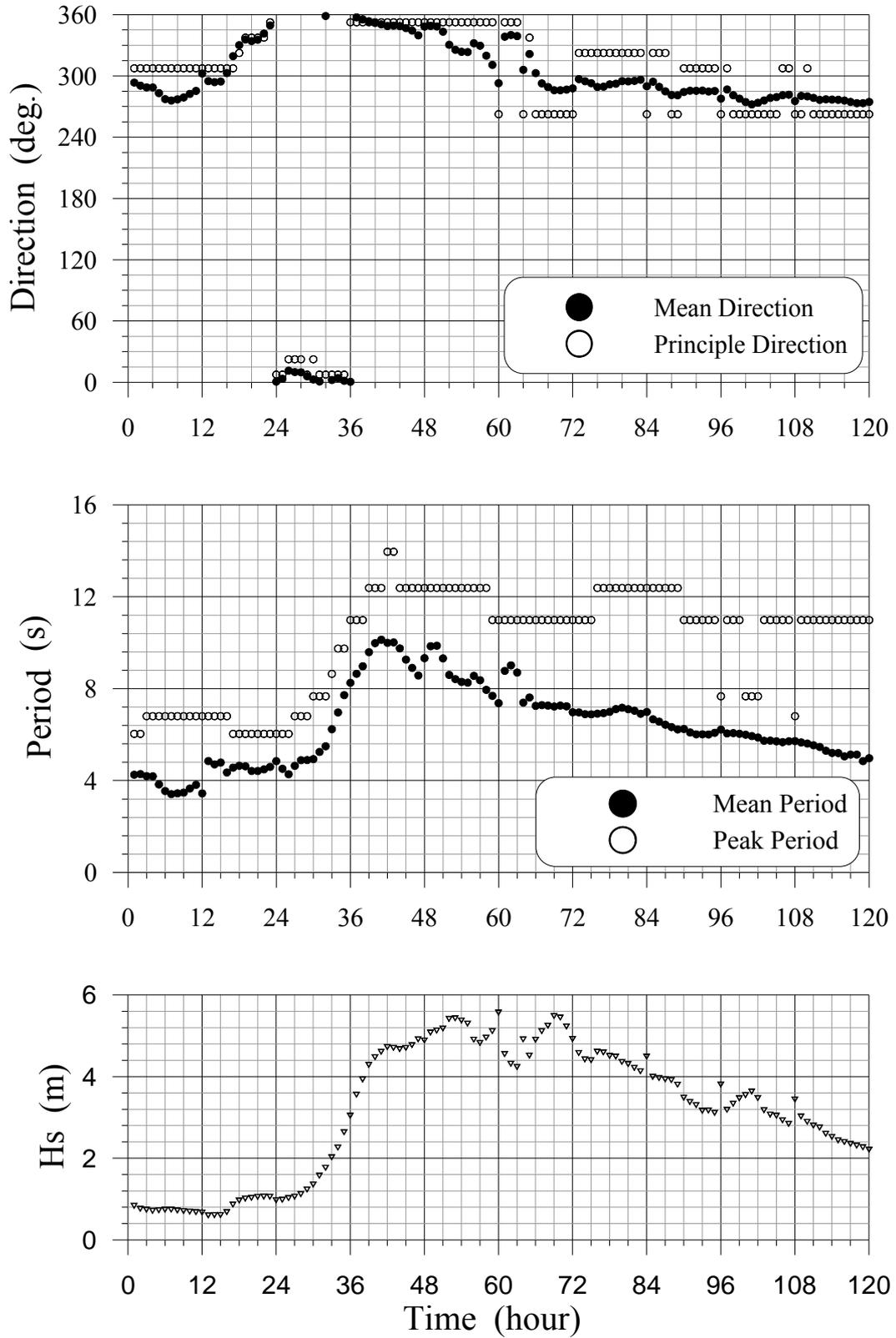


圖 3.21 2009 年莫拉克颱風期間台北港的波動分佈圖

20091002_Parma_TP

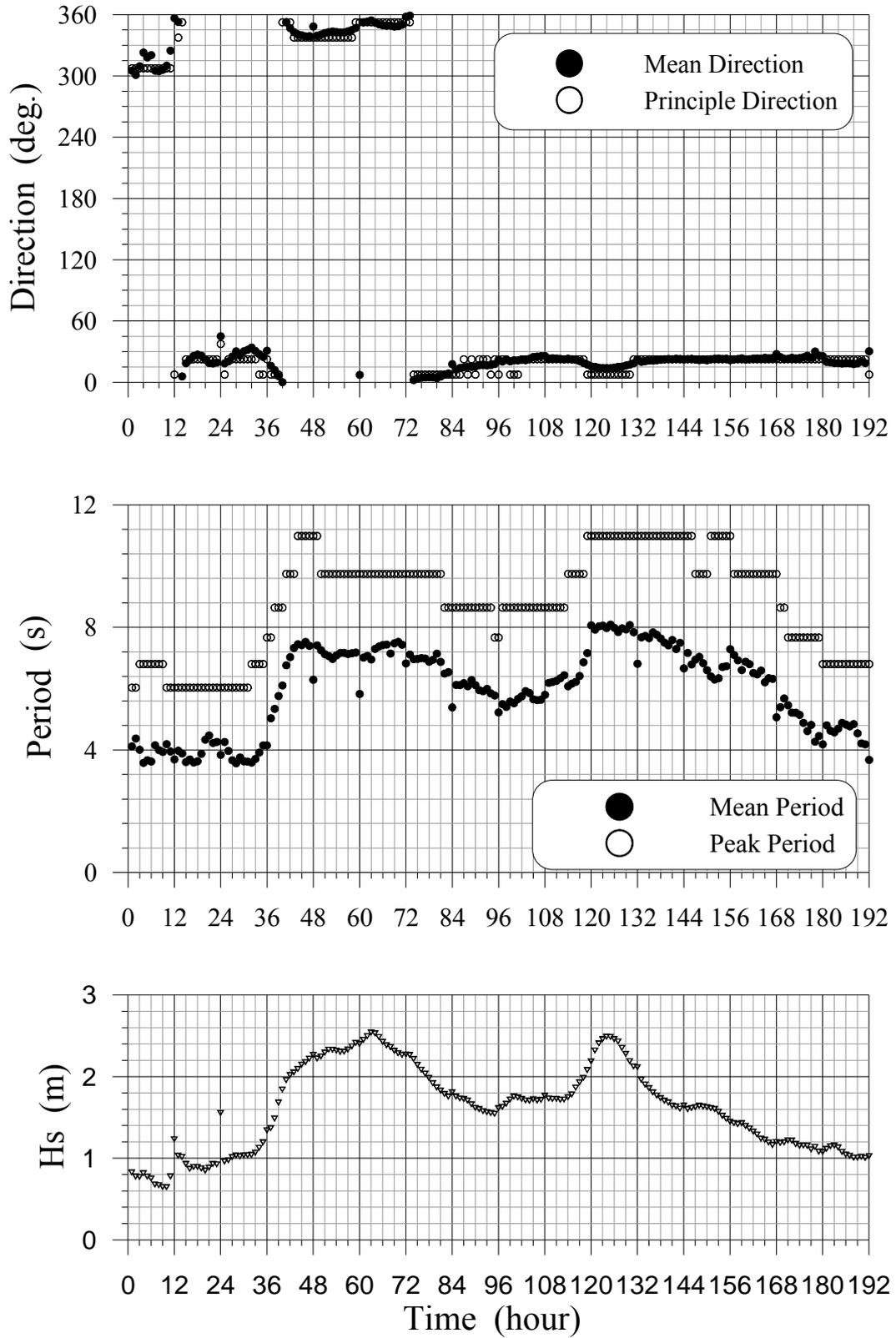


圖 3.22 2009 年芭瑪颱風期間台北港的波動分佈圖

20090619_Linfa_TC

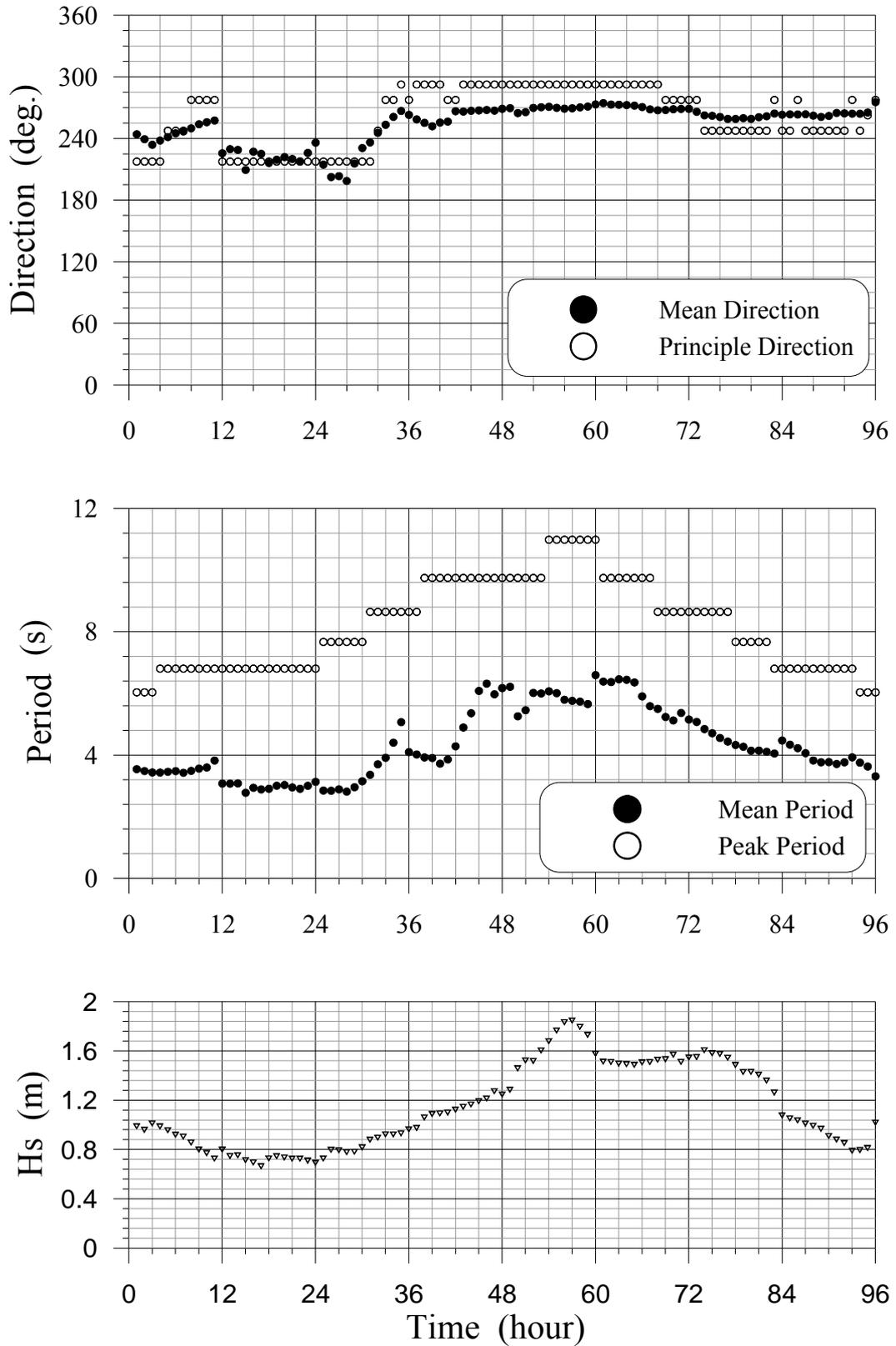


圖 3.23 2009 年蓮花颱風期間台中港的波動分佈圖

20090716_Molave_TC

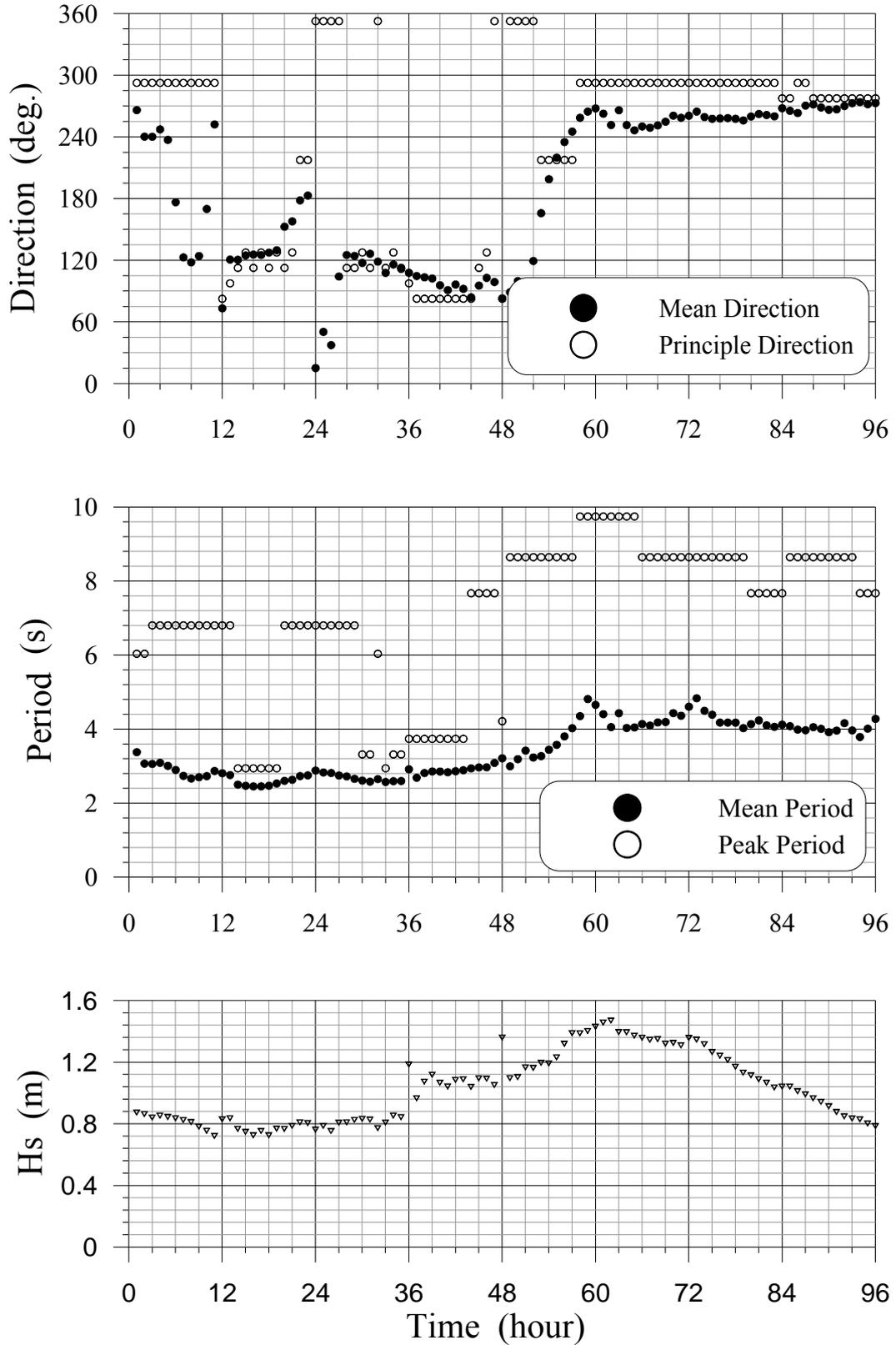


圖 3.24 2009 年莫拉非颱風期間台中港的波動分佈圖

20090805_Morakot_TC

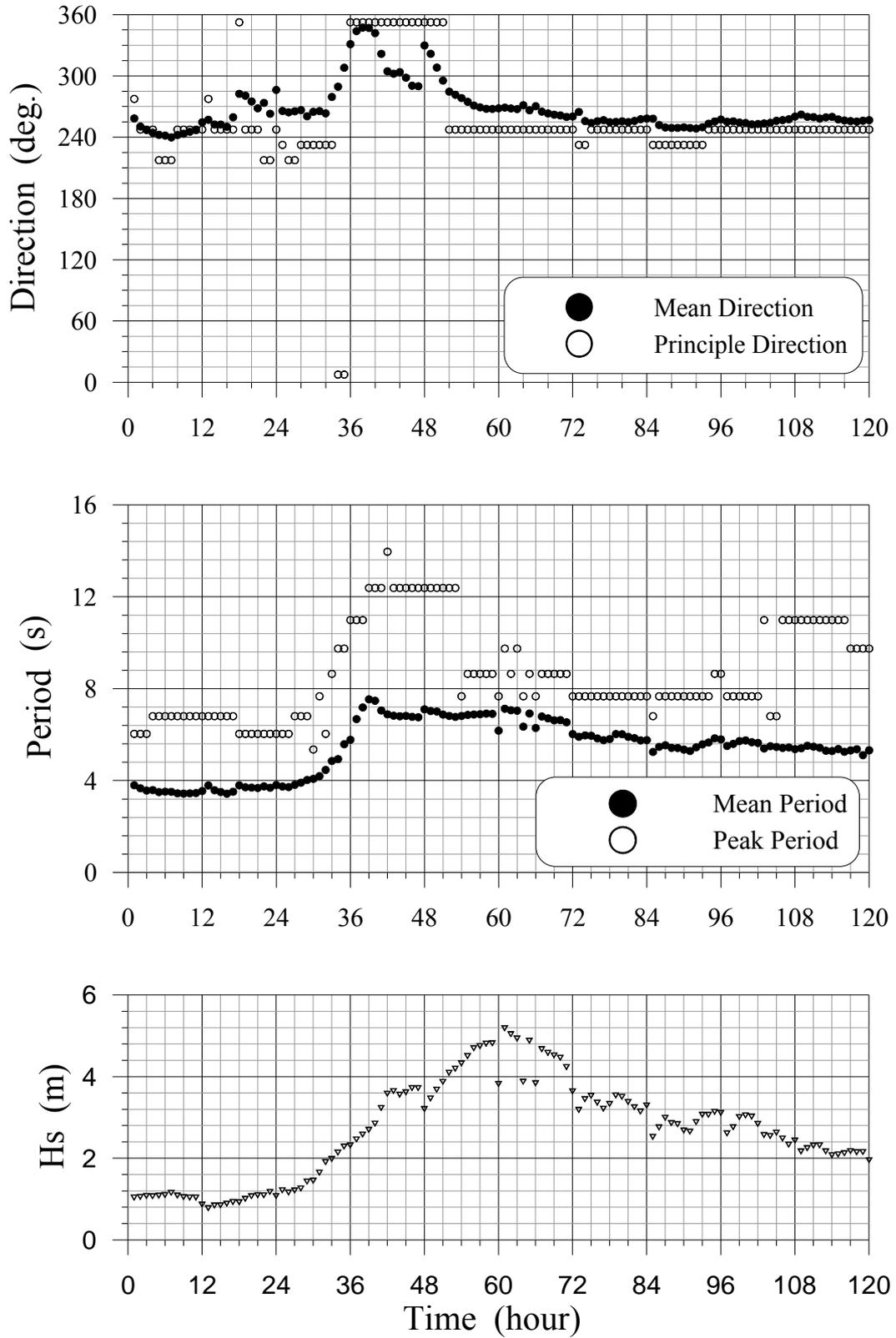


圖 3.25 2009 年莫拉克颱風期間台中港的波動分佈圖

20091002_Parma_TC

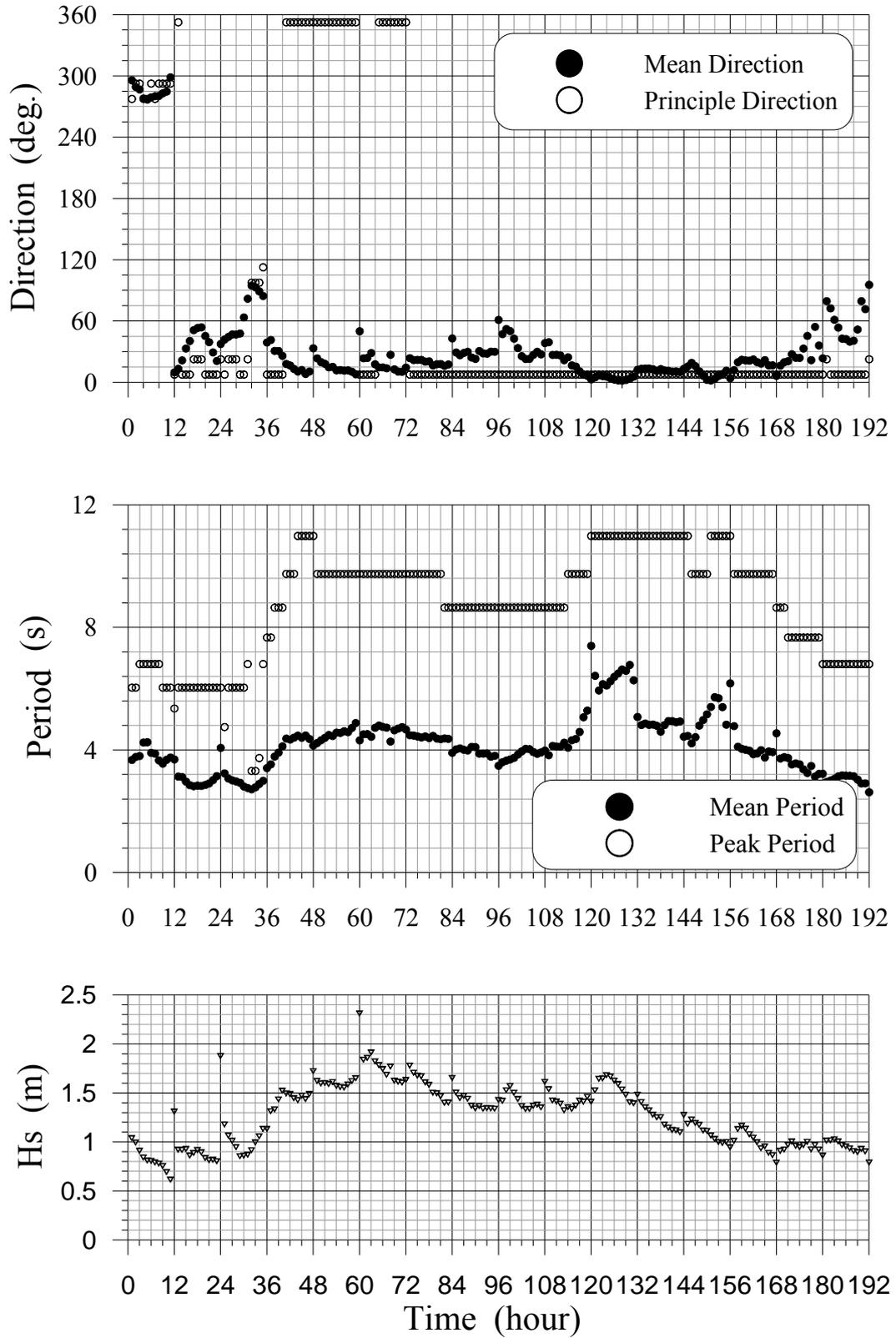


圖 3.26 2009 年芭瑪颱風期間台中港的波動分佈圖

20090619_Linfa_AP

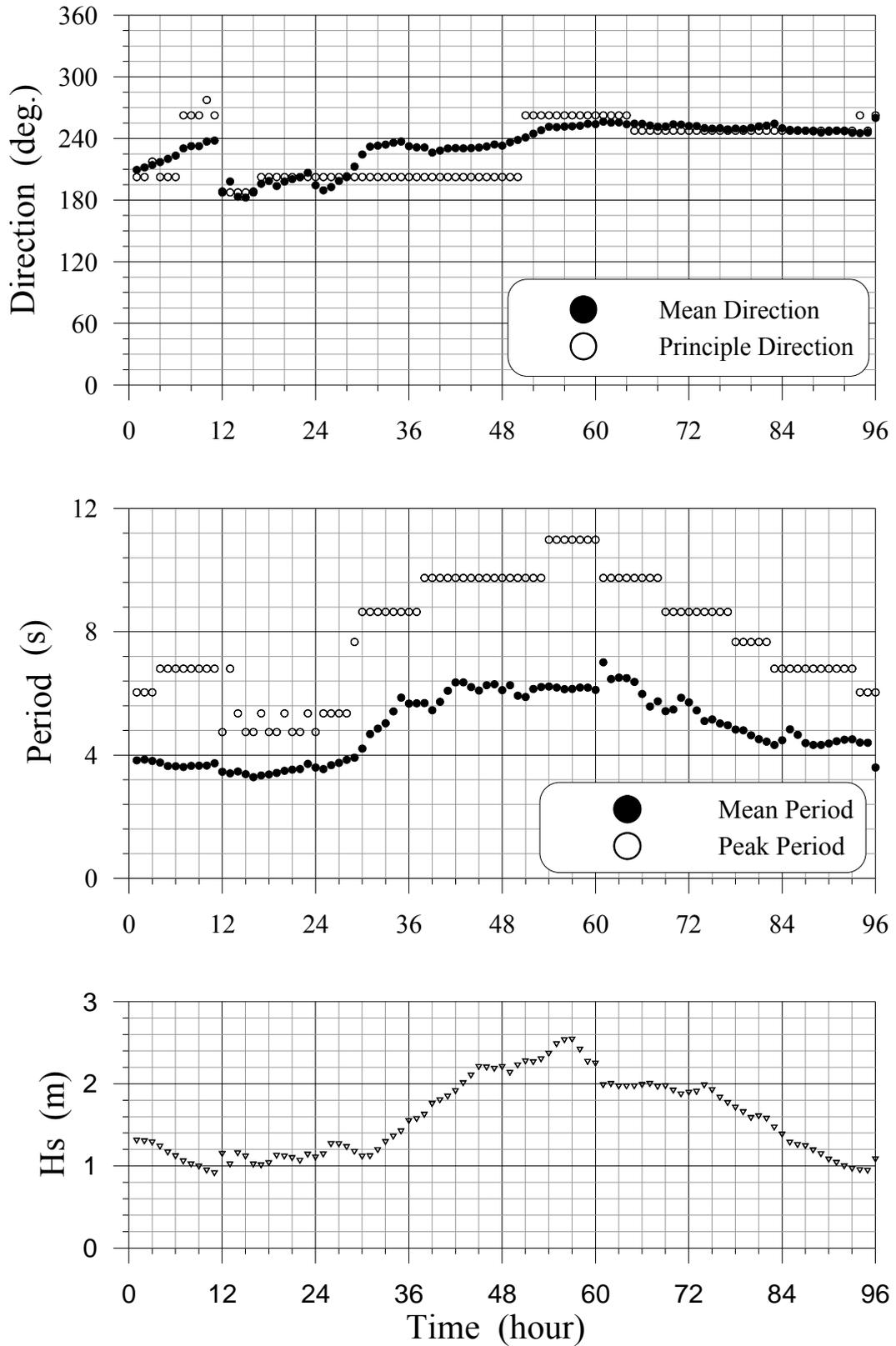


圖 3.27 2009 年蓮花颱風期間安平港的波動分佈圖

20090716_Molave_AP

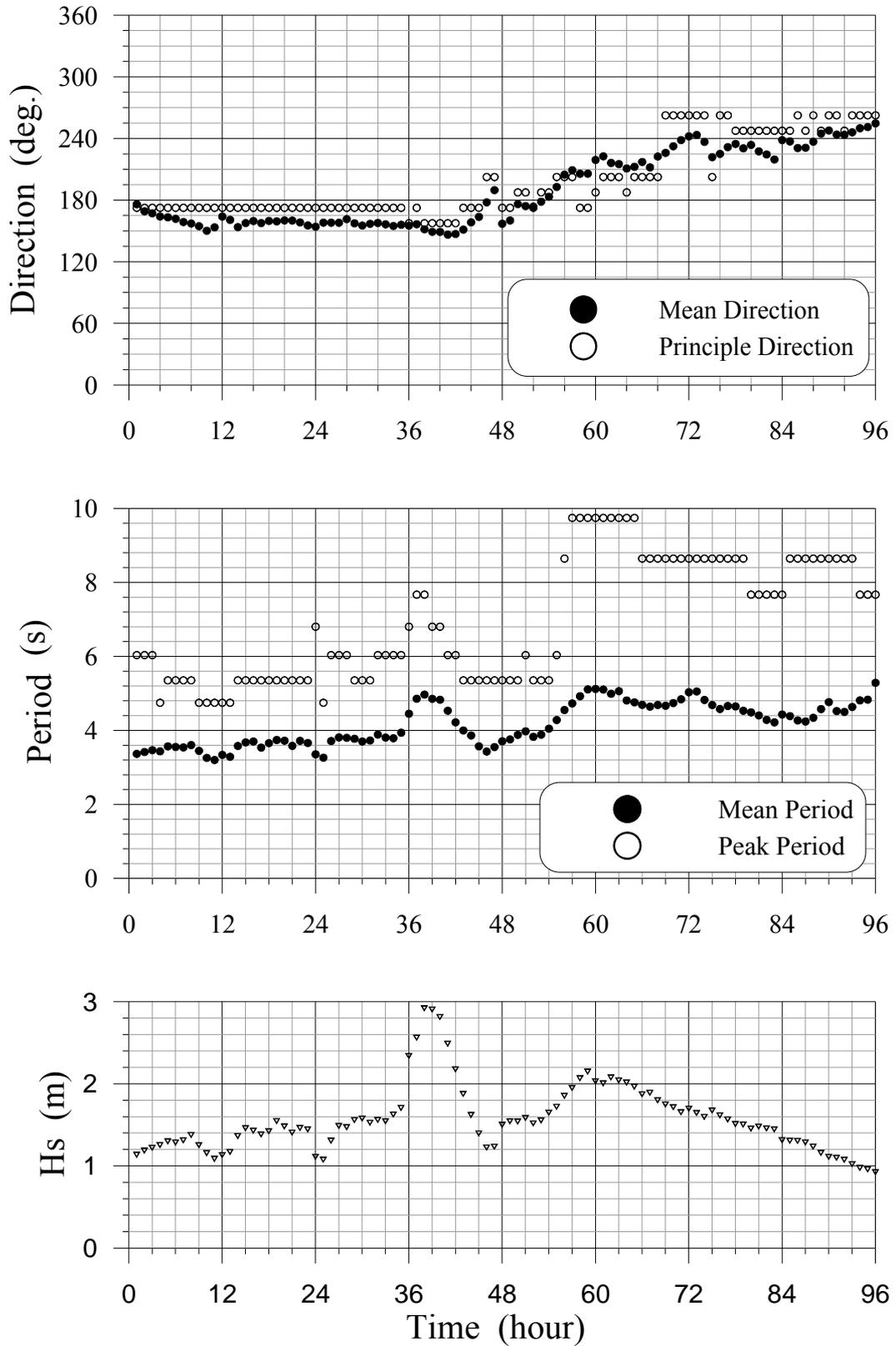


圖 3.28 2009 年莫拉非颱風期間安平港的波動分佈圖

20090805_Morakot_AP

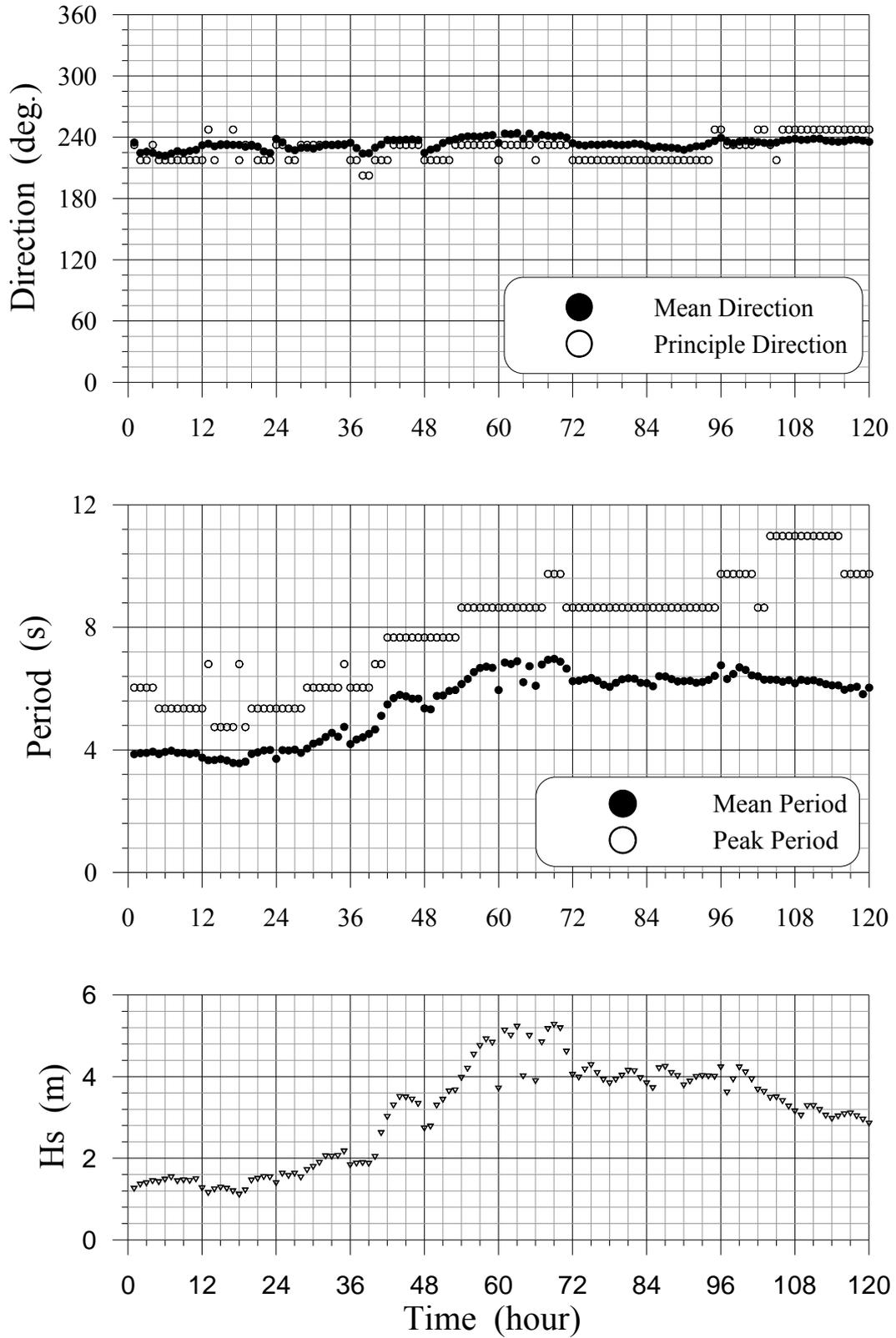


圖 3.29 2009 年莫拉克颱風期間安平港的波動分佈圖

20091002_Parma_AP

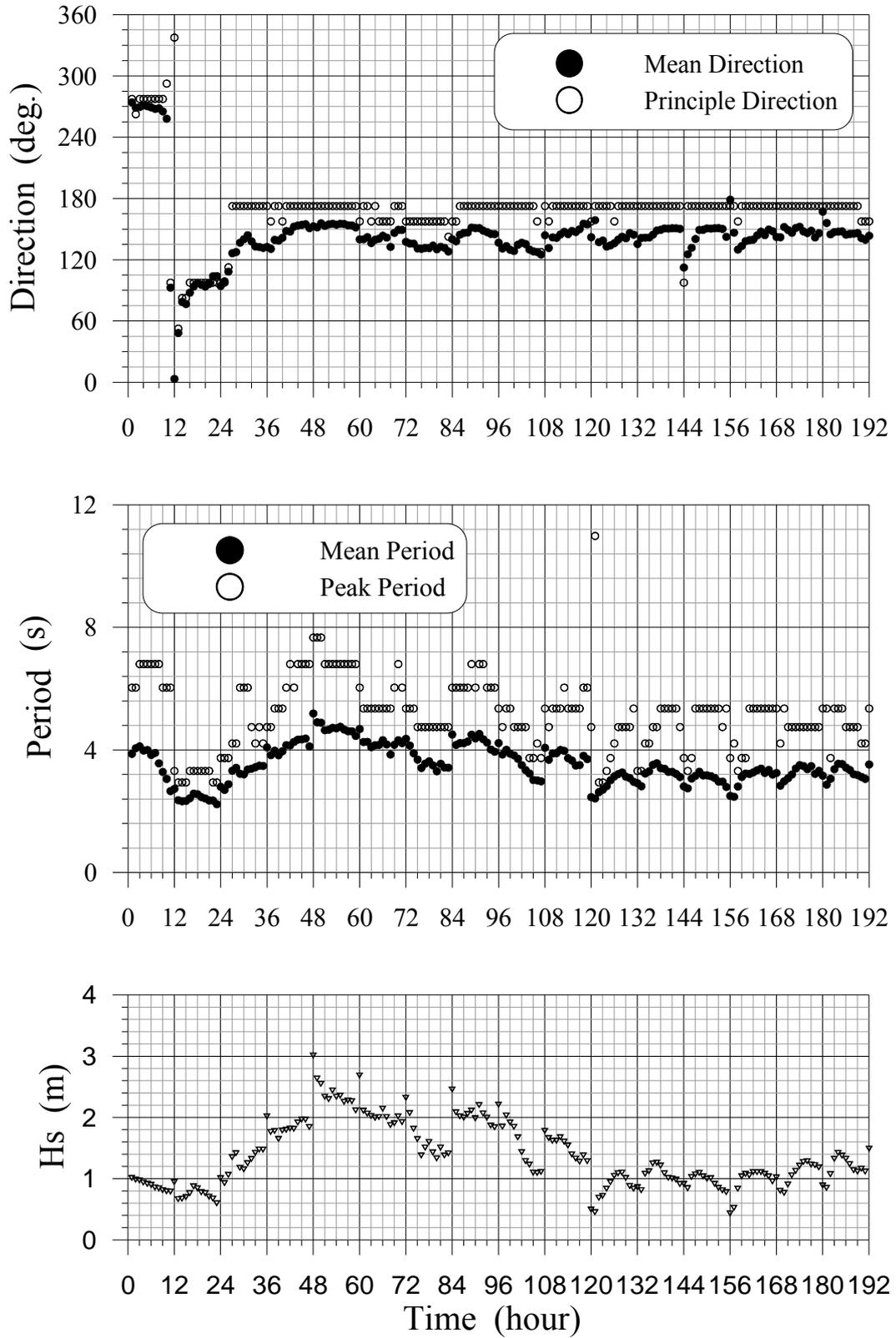


圖 3.30 2009 年芭瑪颱風期間安平港的波動分佈圖

20090619_Linfa_KH

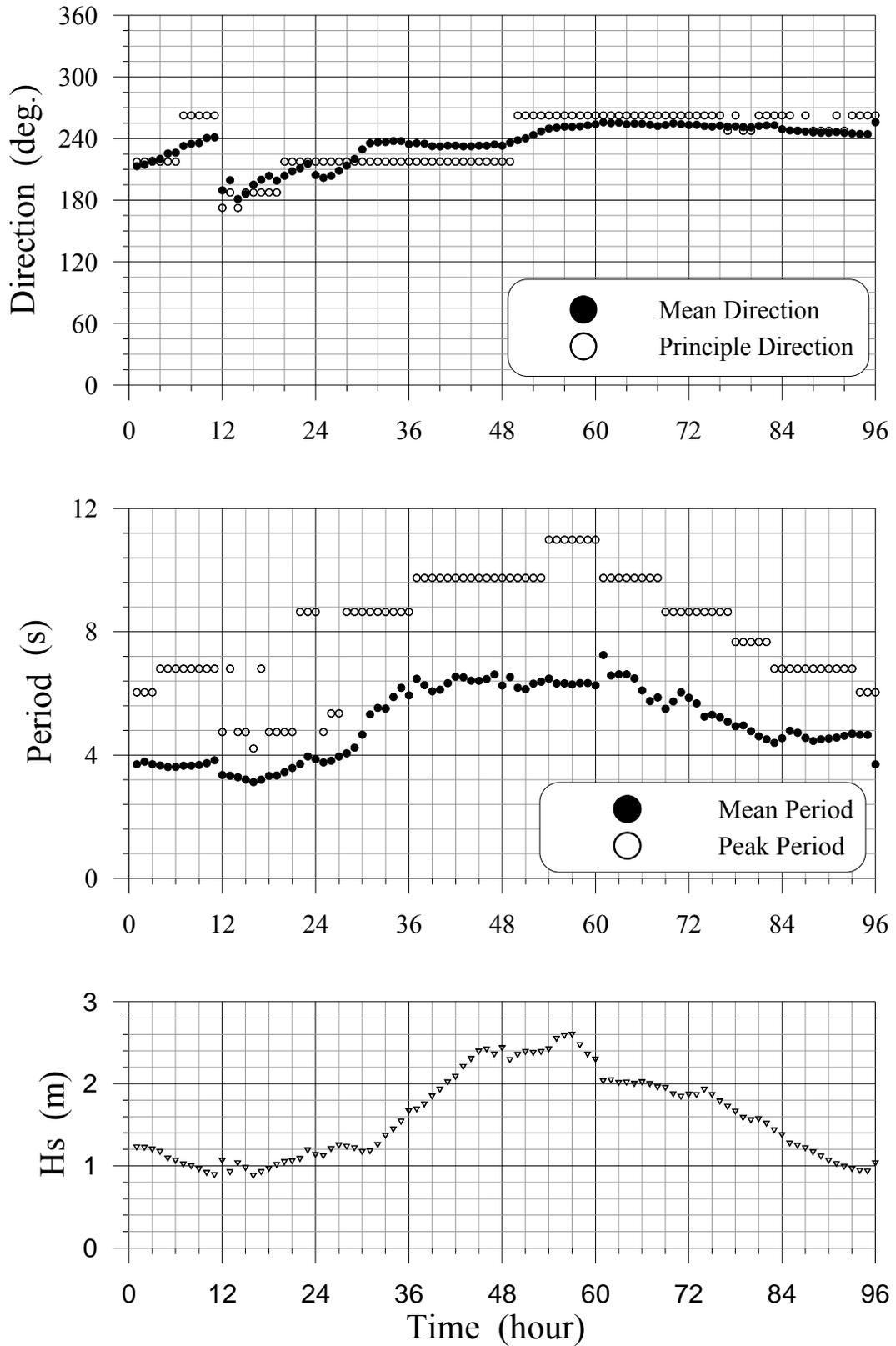


圖 3.31 2009 年蓮花颱風期間高雄港的波動分佈圖

20090716_Molave_KH

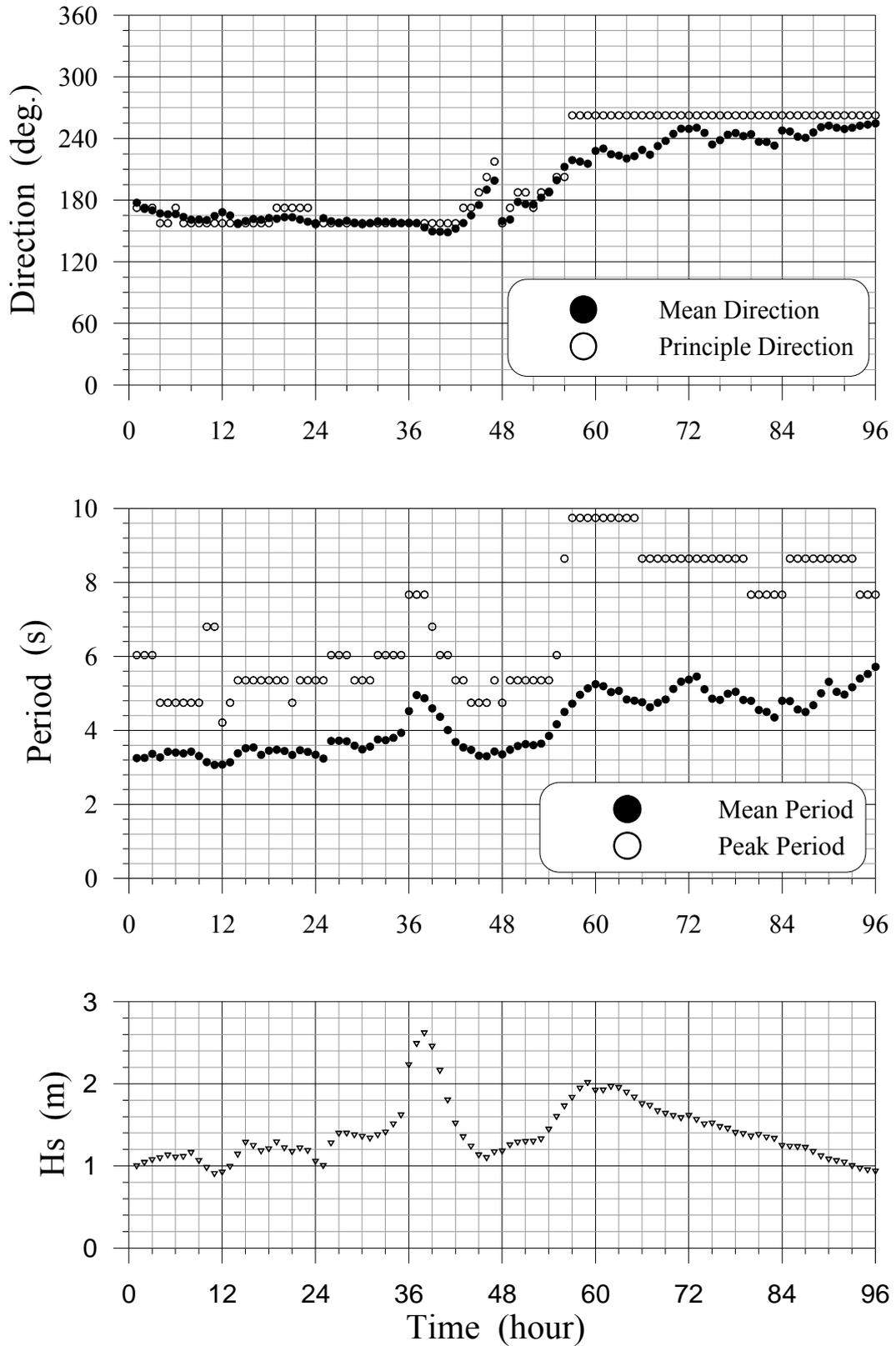


圖 3.32 2009 年莫拉非颱風期間高雄港的波動分佈圖

20090805_Morakot_KH

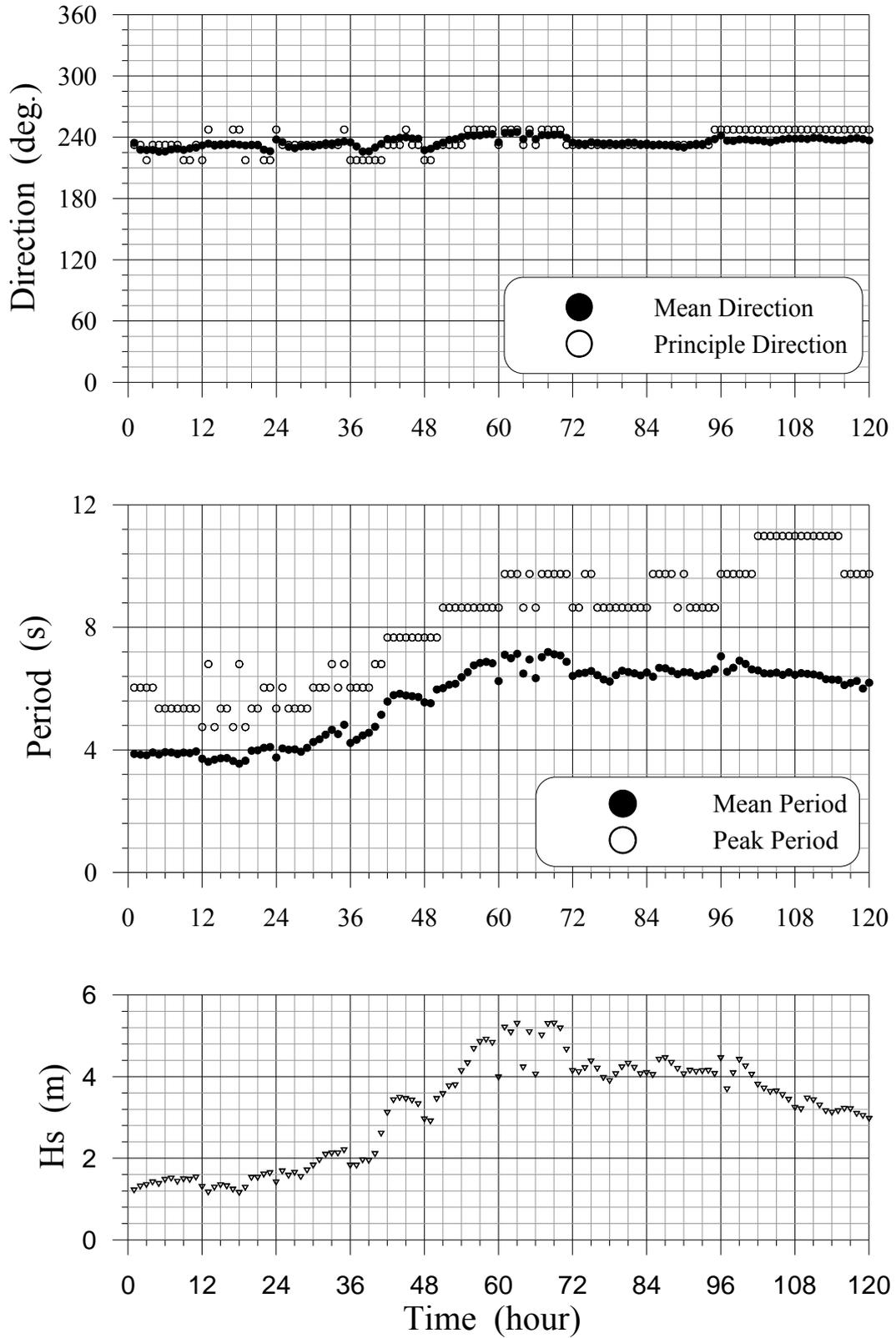


圖 3.33 2009 年莫拉克颱風期間高雄港的波動分佈圖

20091002_Parma_KH

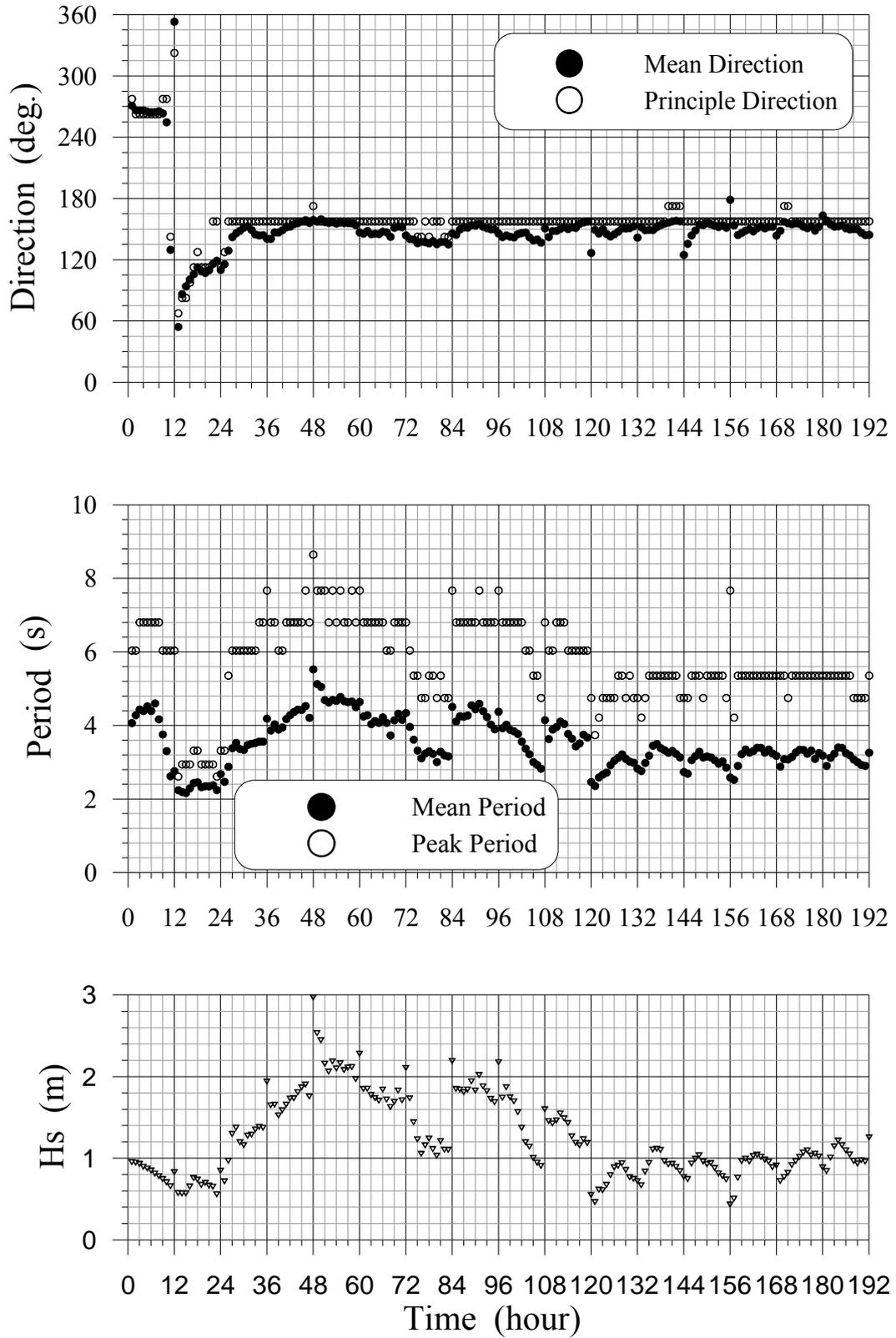


圖 3.34 2009 年芭瑪颱風期間高雄港的波動分佈圖

20090619_Linfa_HL

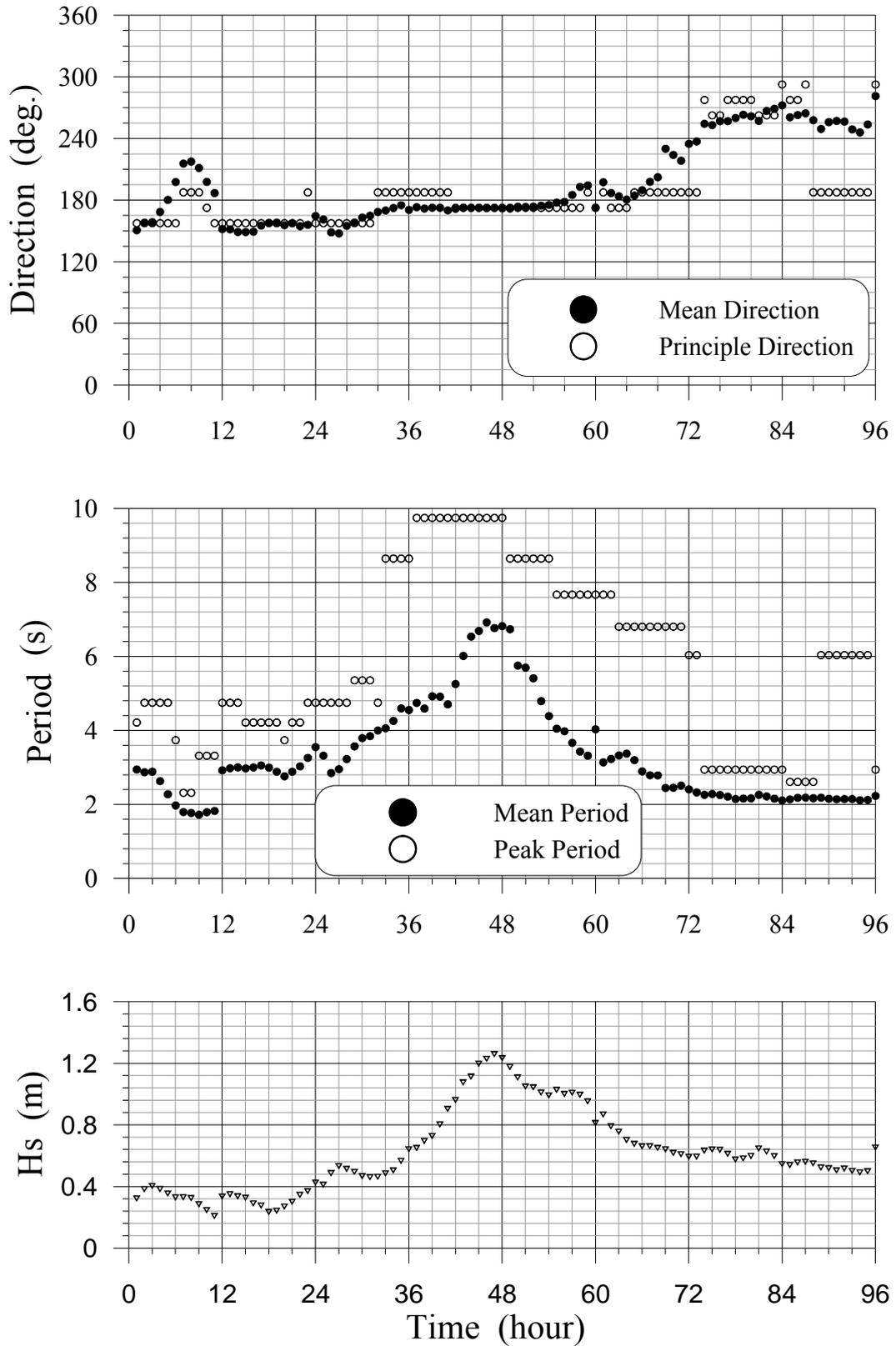


圖 3.35 2009 年蓮花颱風期間花蓮港的波動分佈圖

20090716_Molave_HL

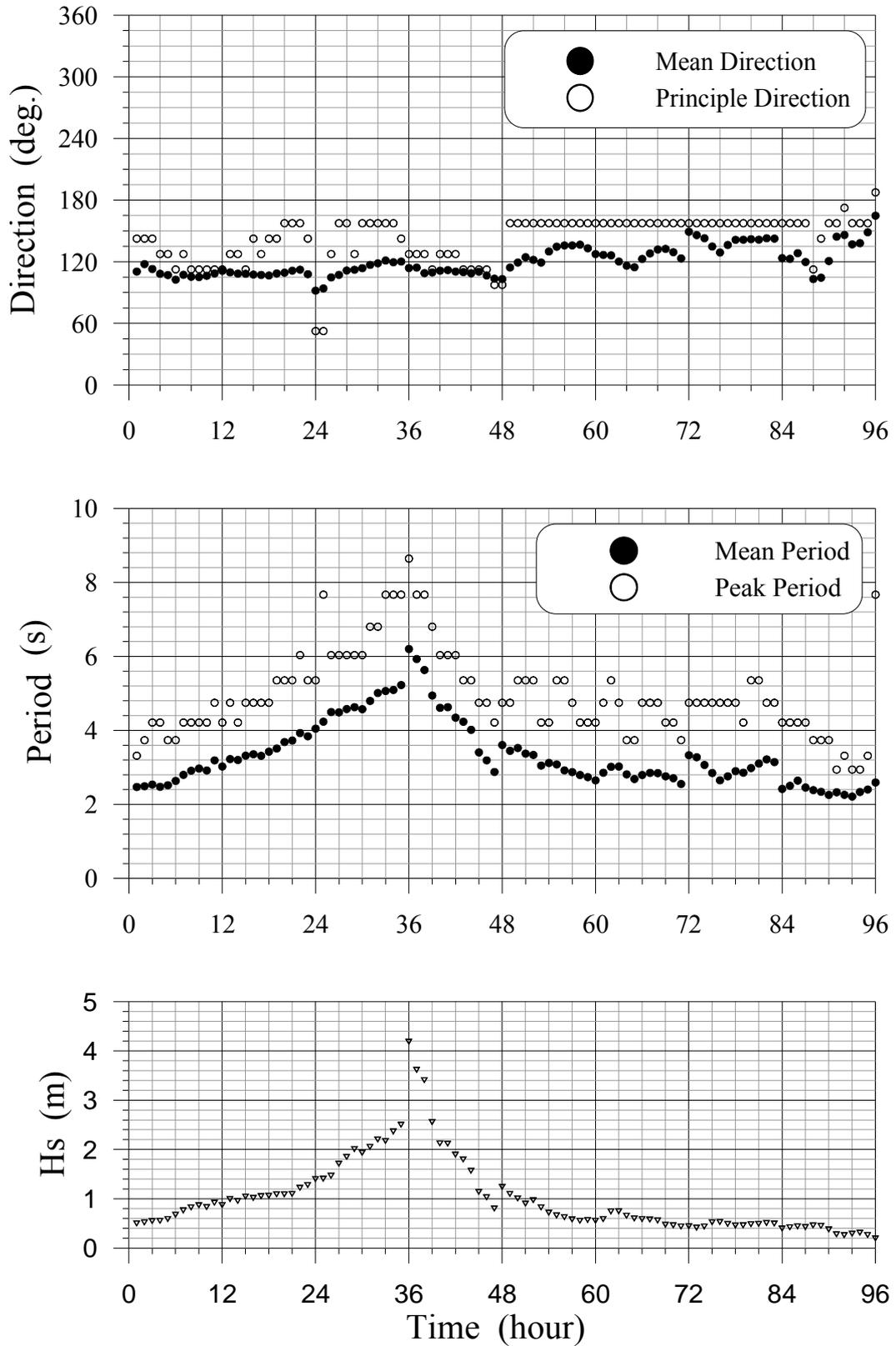


圖 3.36 2009 年莫拉非颱風期間花蓮港的波動分佈圖

20090805_Morakot_HL

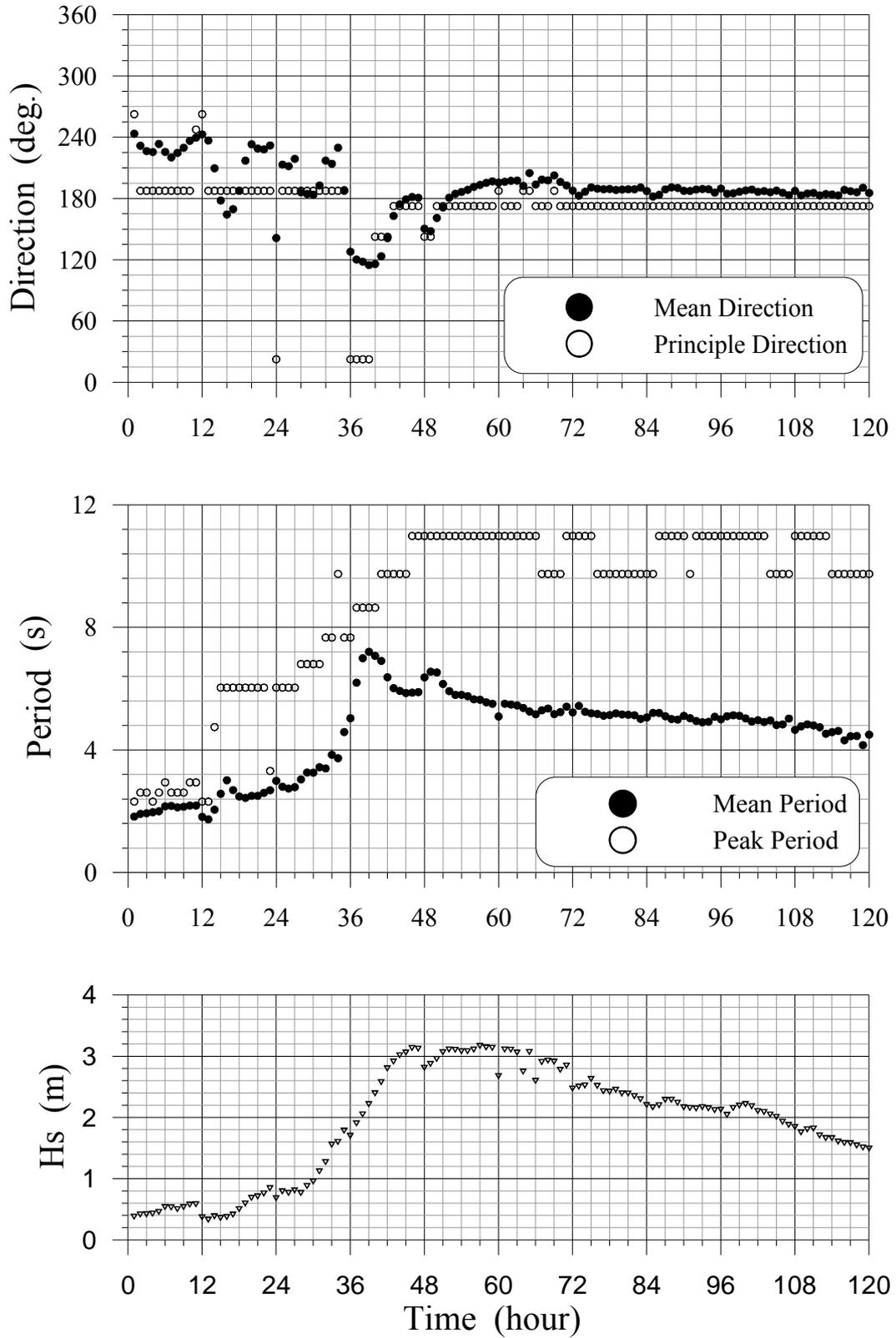


圖 3.37 2009 年莫拉克颱風期間花蓮港的波動分佈圖

20091002_Parma_HL

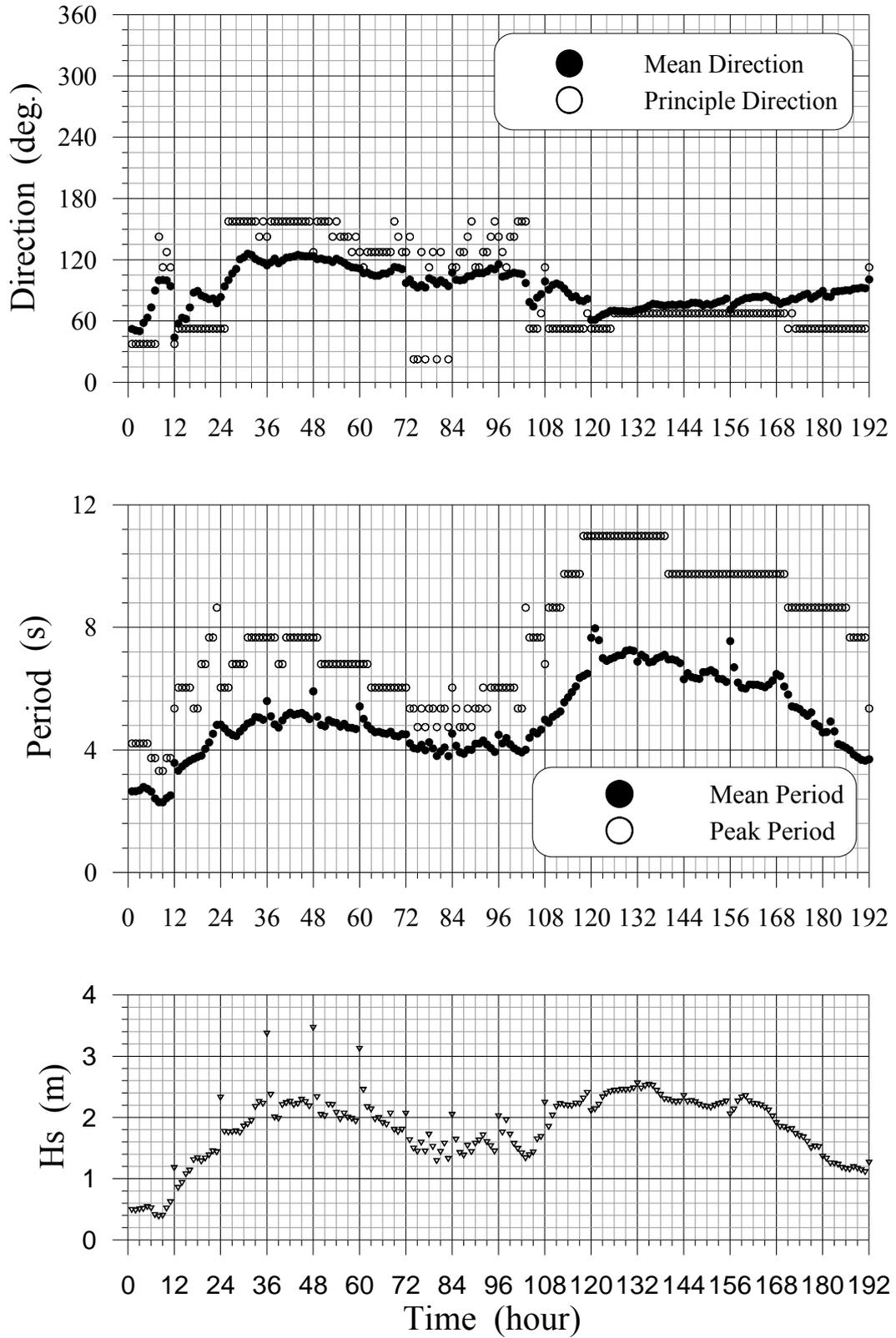


圖 3.38 2009 年芭瑪颱風期間花蓮港的波動分佈圖

20090619_Linfa_SA

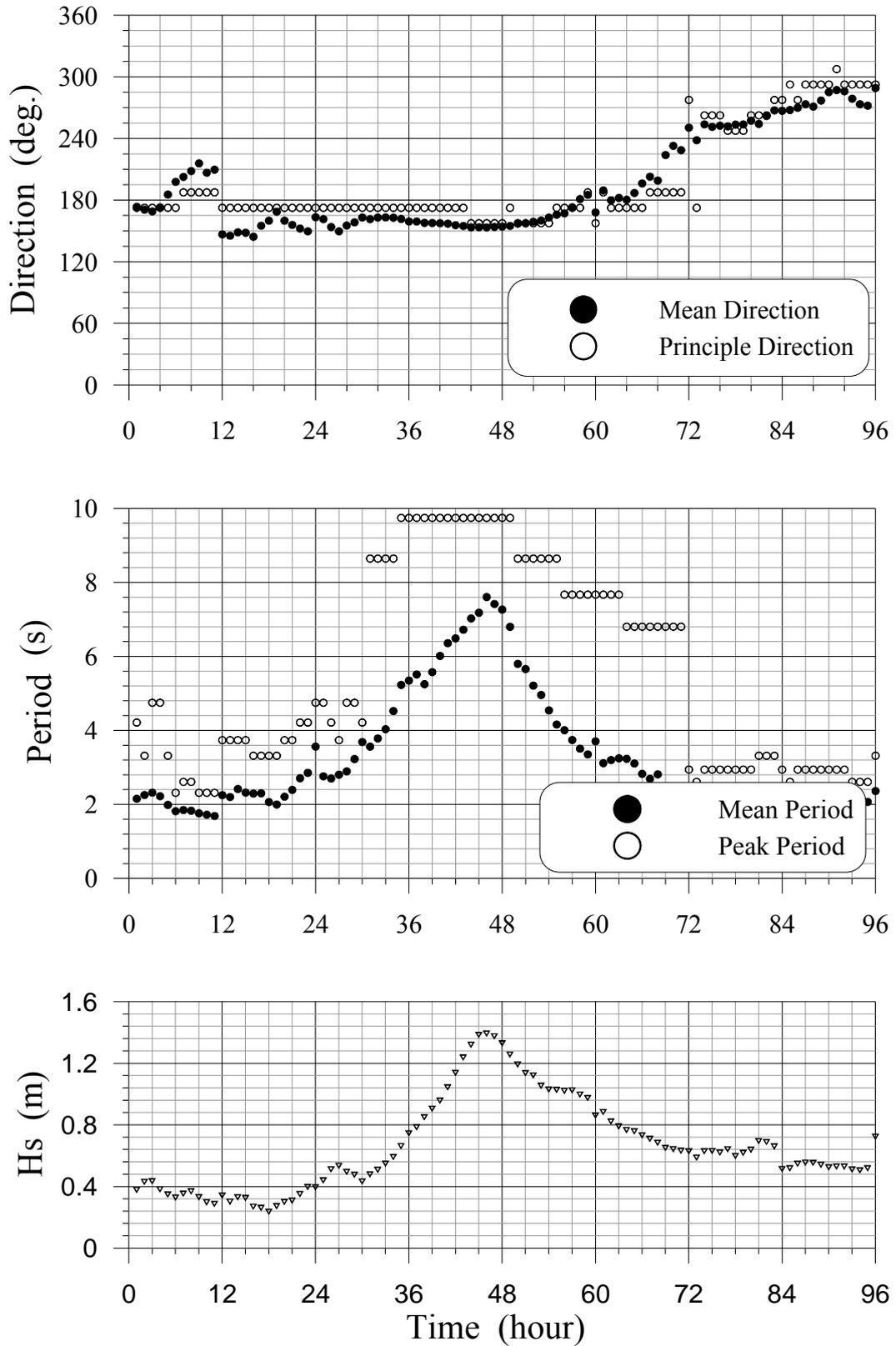


圖 3.39 2009 年蓮花颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

20090716_Molave_SA

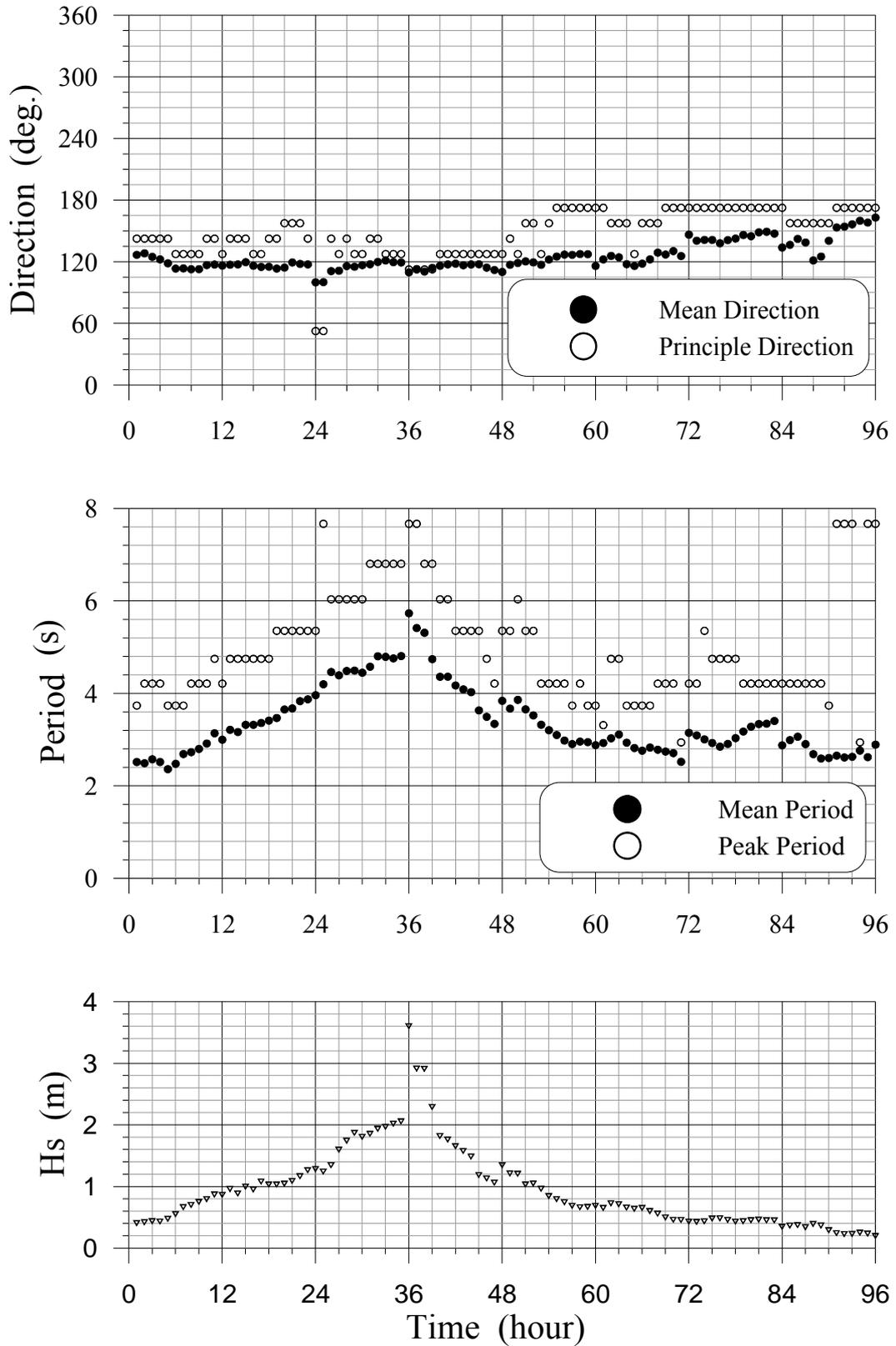


圖 3.40 2009 年莫拉非颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

20090805_Morakot_SA

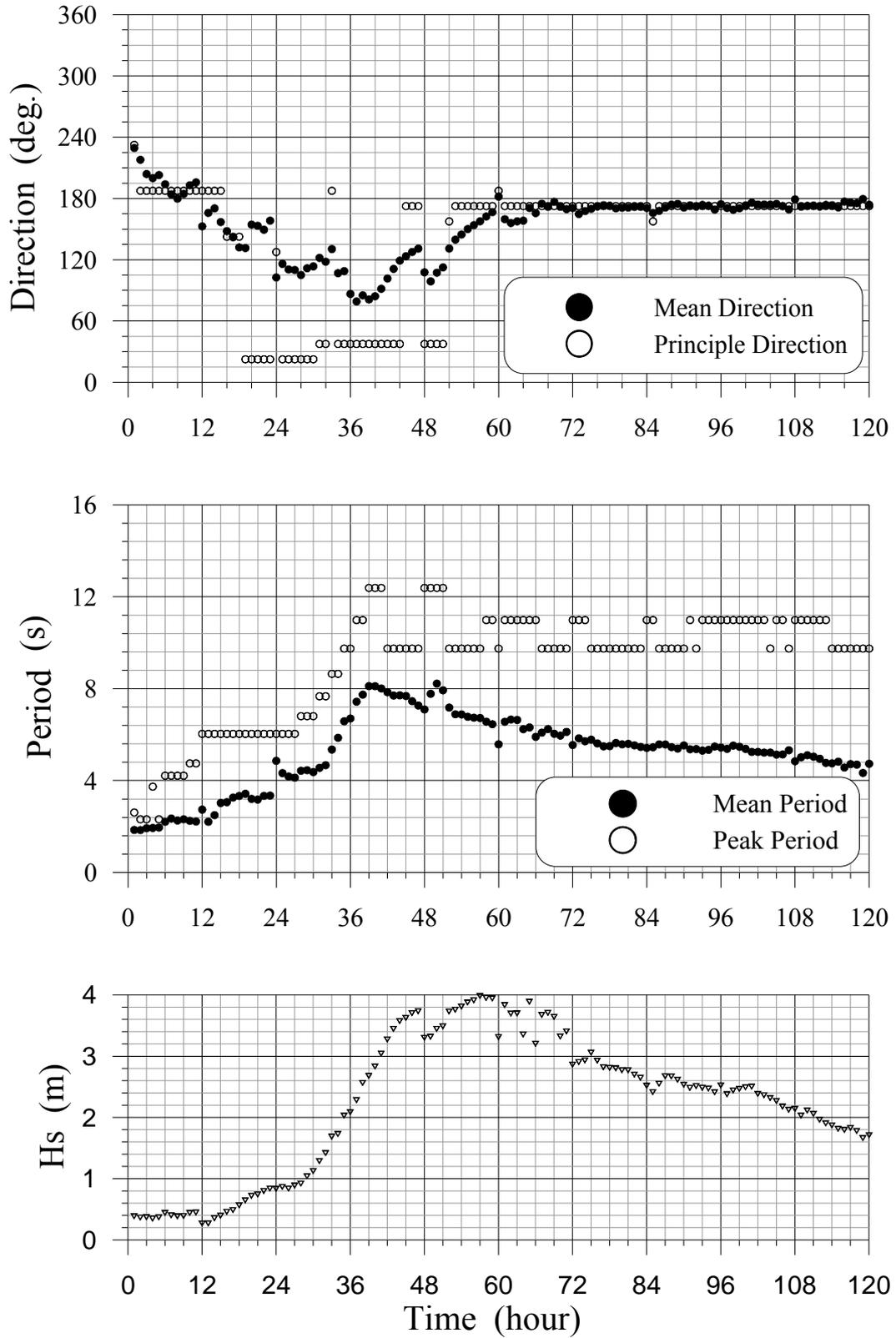


圖 3.41 2009 年莫拉克颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

20091002_Parma_SA

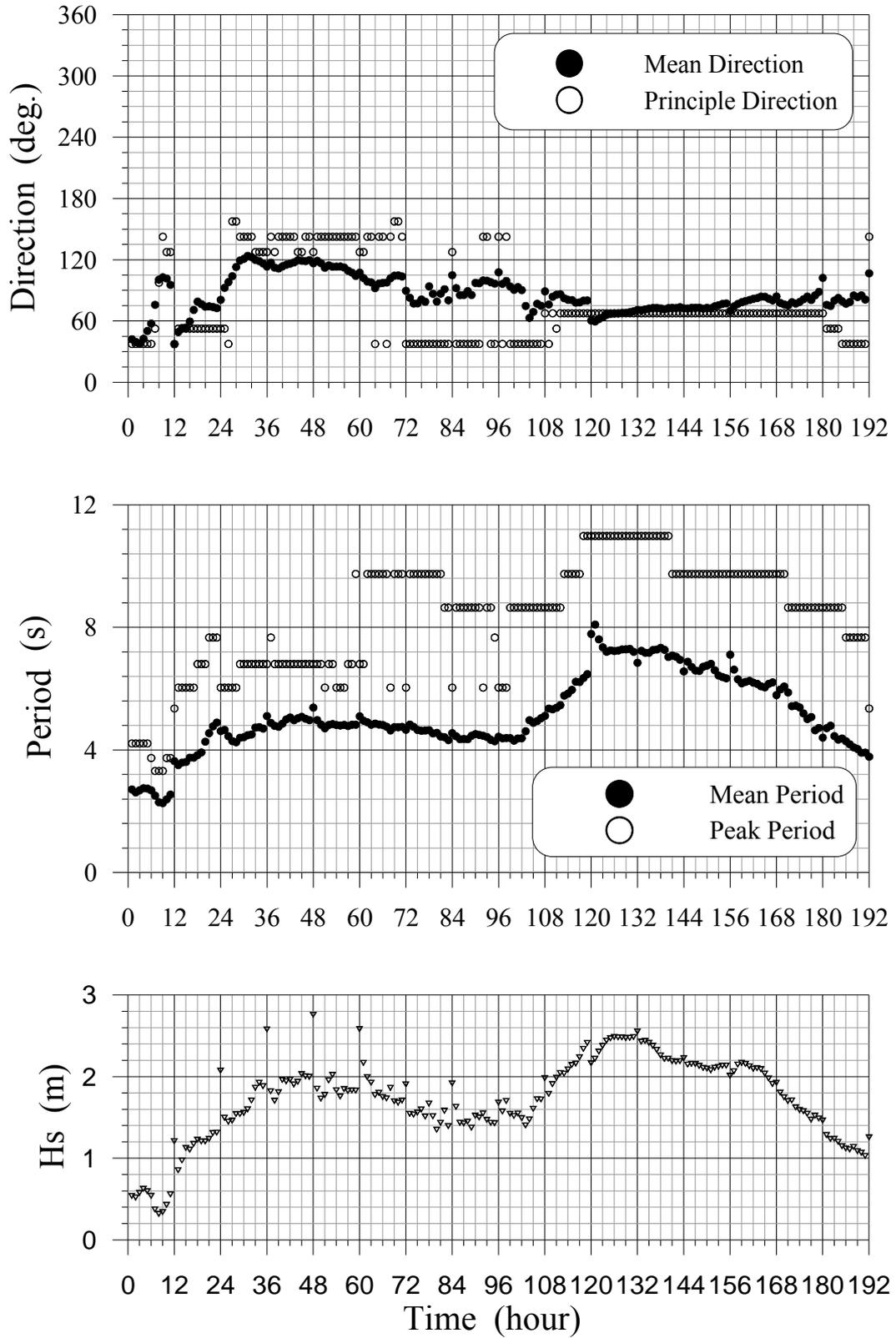


圖 3.42 2009 年芭瑪颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

20100830_Lionrock & Namtheum_KL

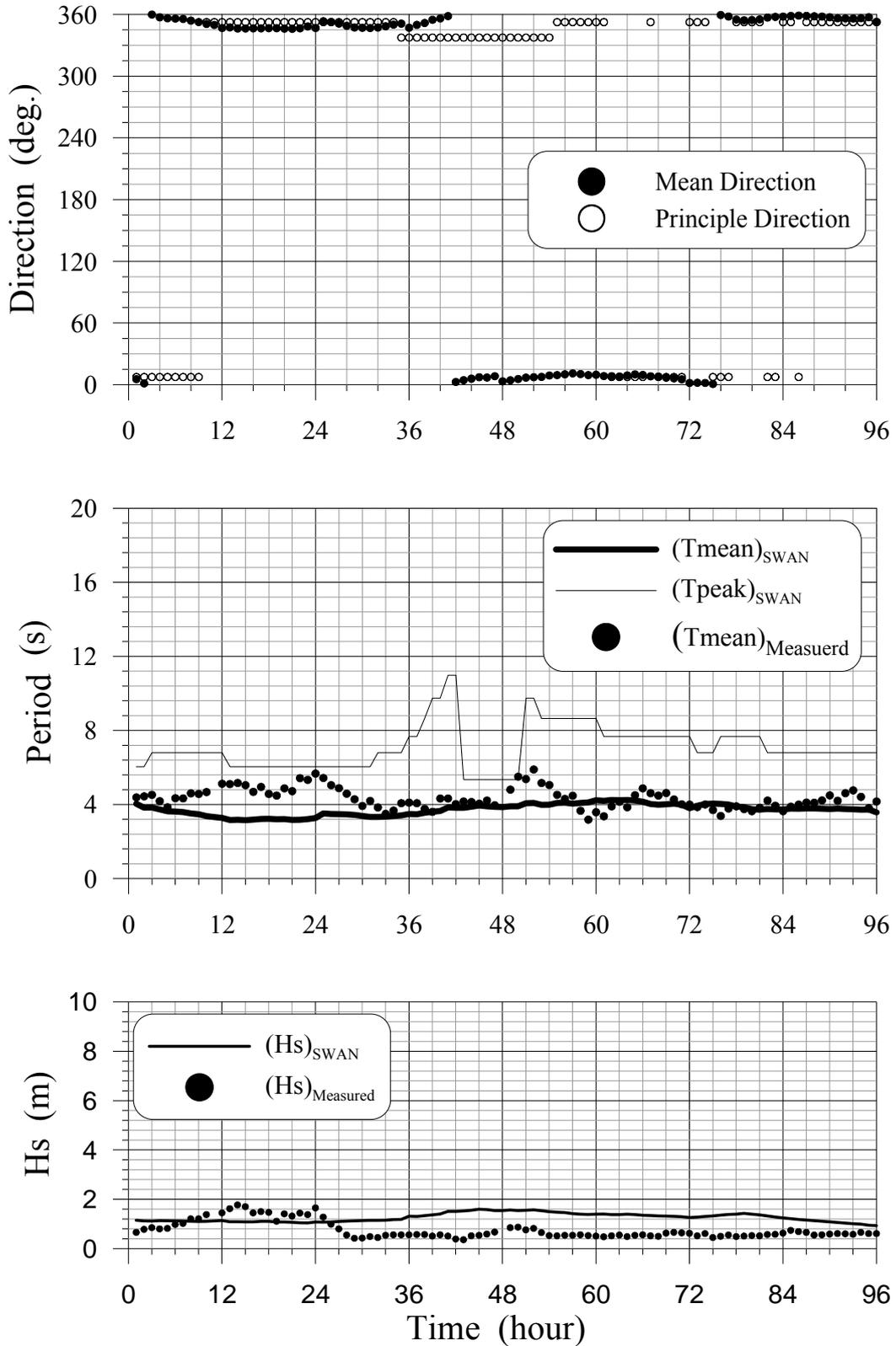


圖 3.43 2010 年萊羅克及南修颱風期間基隆港的波動分佈圖

20100909_Meranti_KL

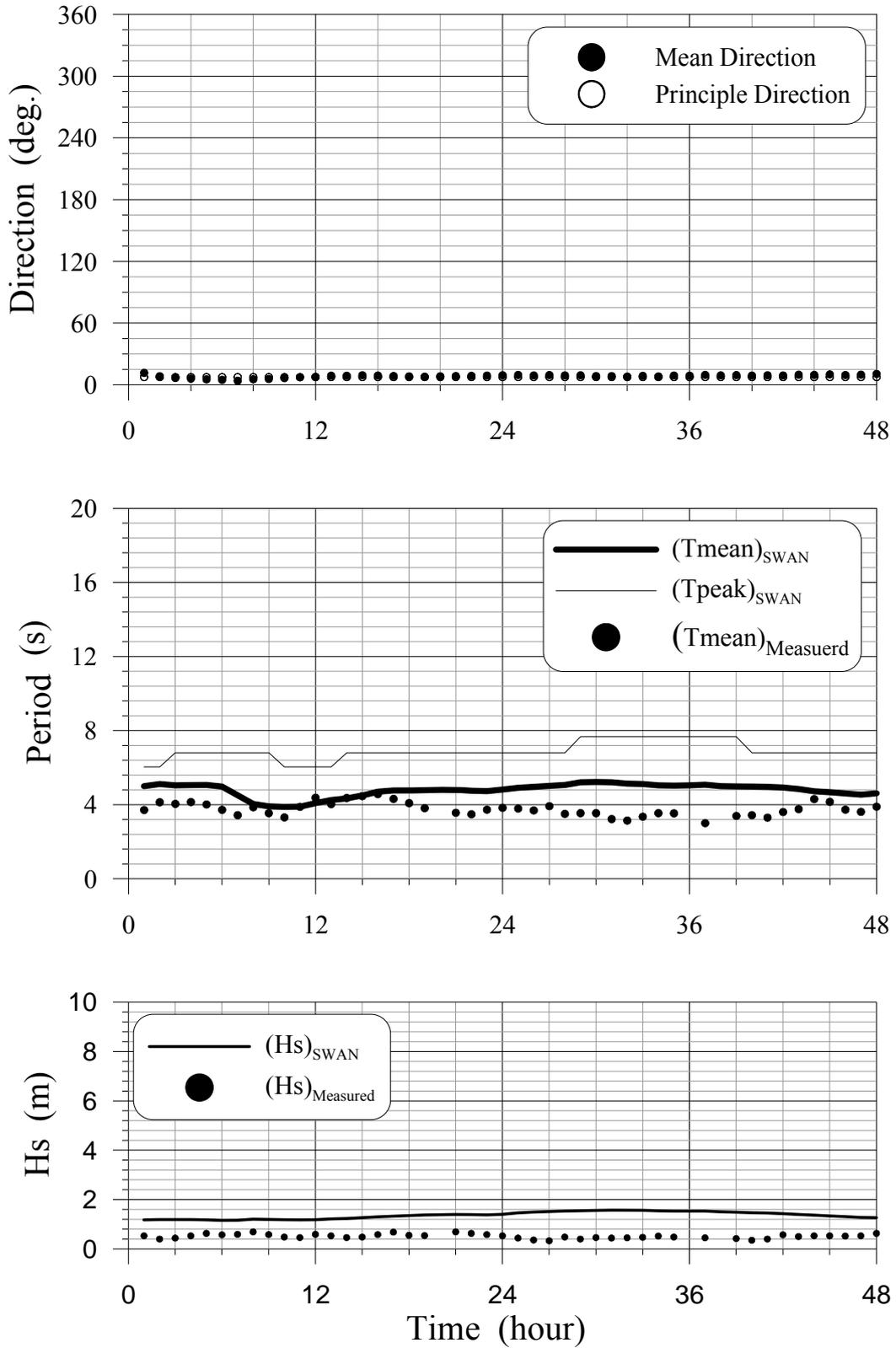


圖 3.44 2010 年莫蘭帝颱風期間基隆港的波動分佈圖

20100917_Fanapi_KL

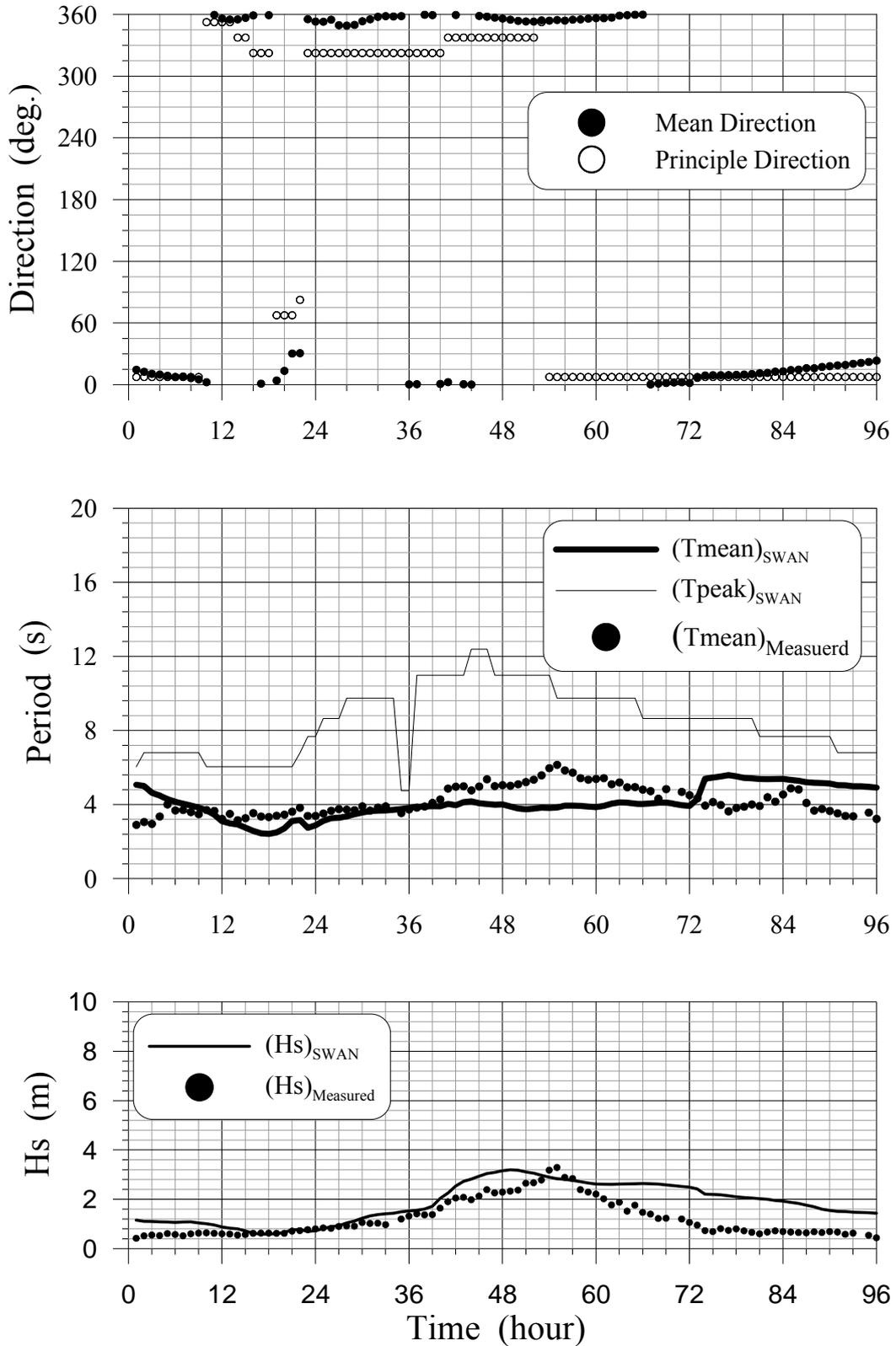


圖 3.45 2010 年凡那比颱風期間基隆港的波動分佈圖

20101021_Megi_KL

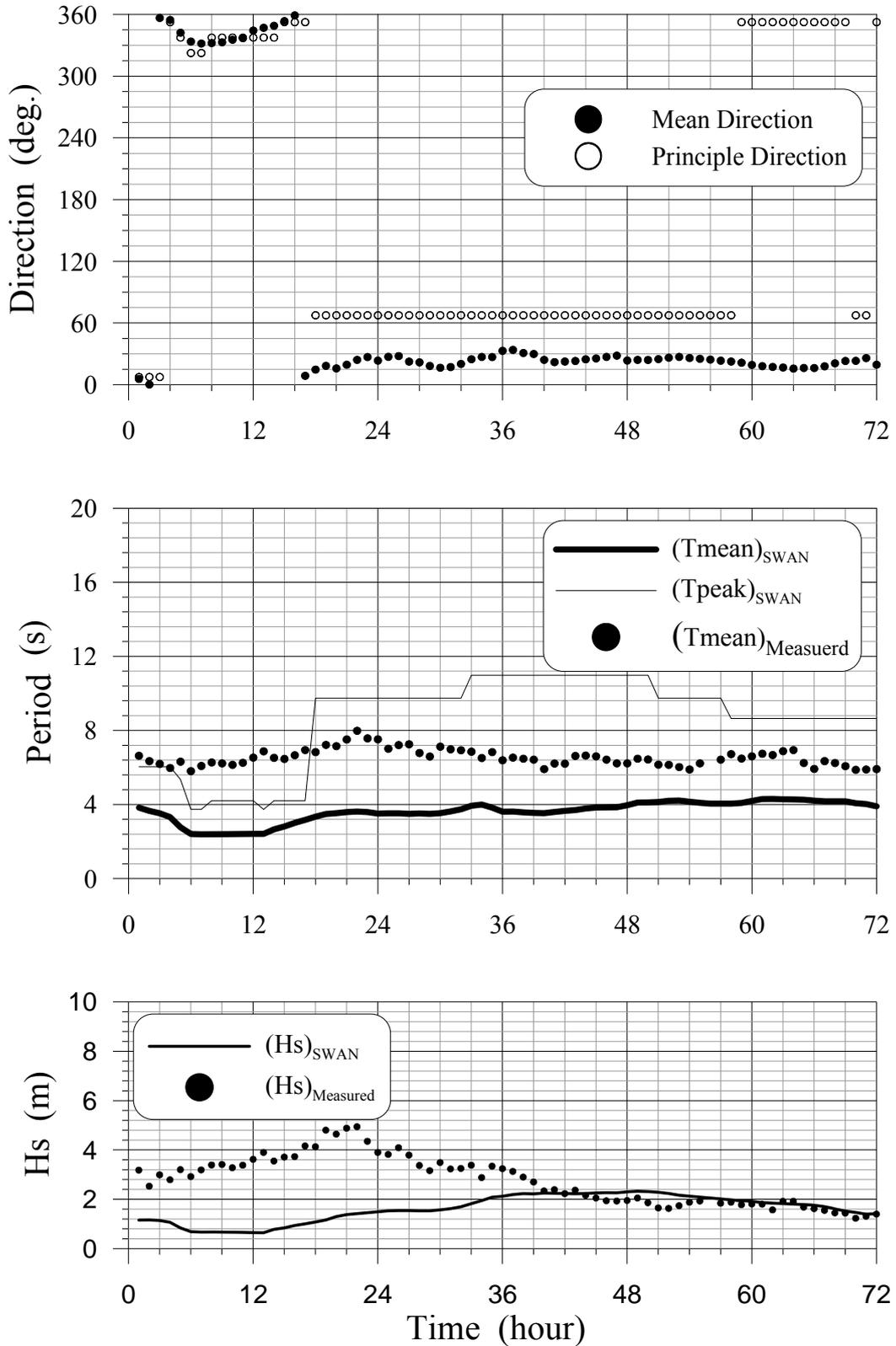


圖 3.46 2010 年梅姬颱風期間基隆港的波動分佈圖

20100830_Lionrock & Namtheum_TP

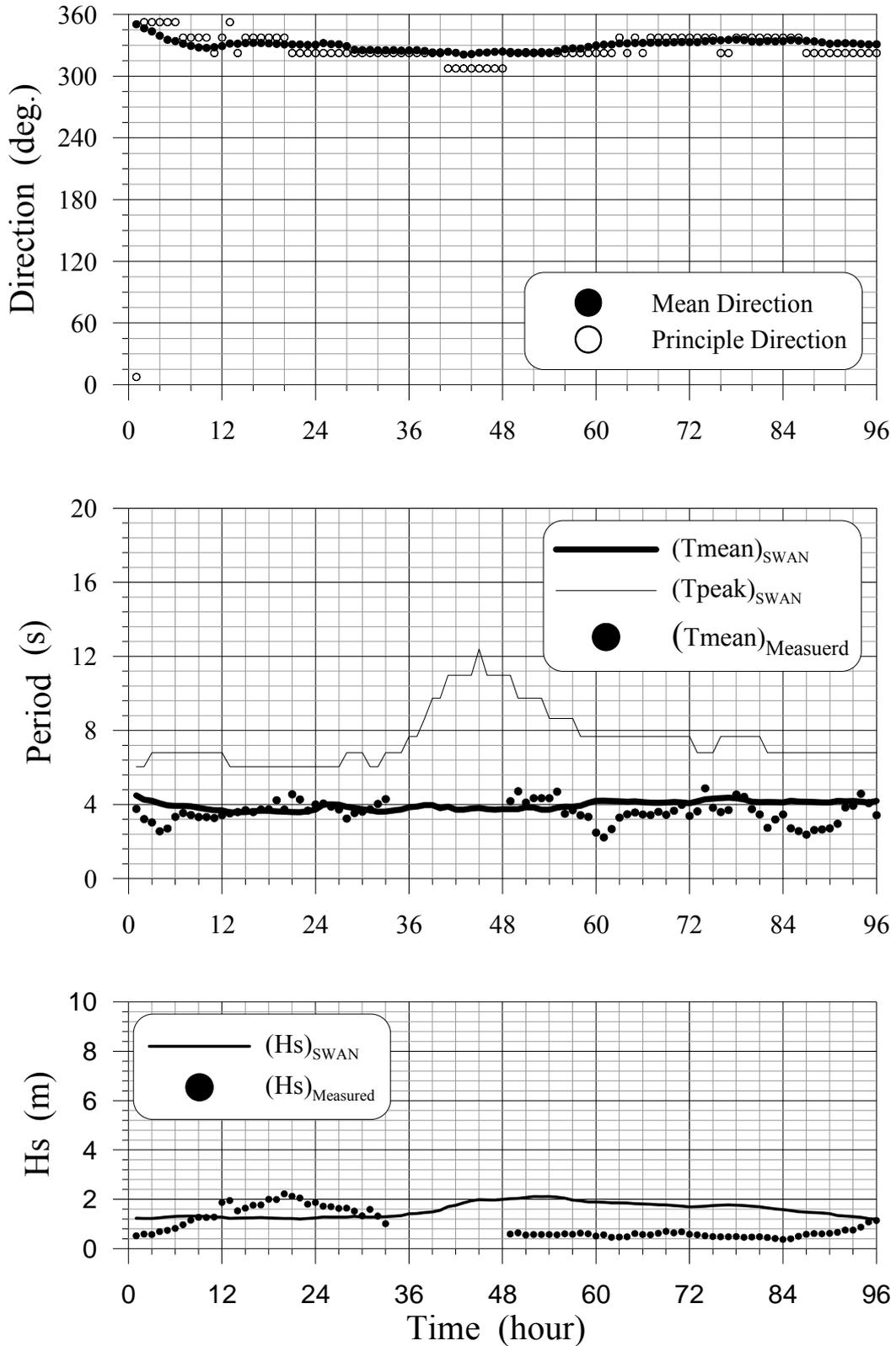


圖 3.47 2010 年萊羅克及南修颱風期間台北港的波動分佈圖

20100909_Meranti_TP

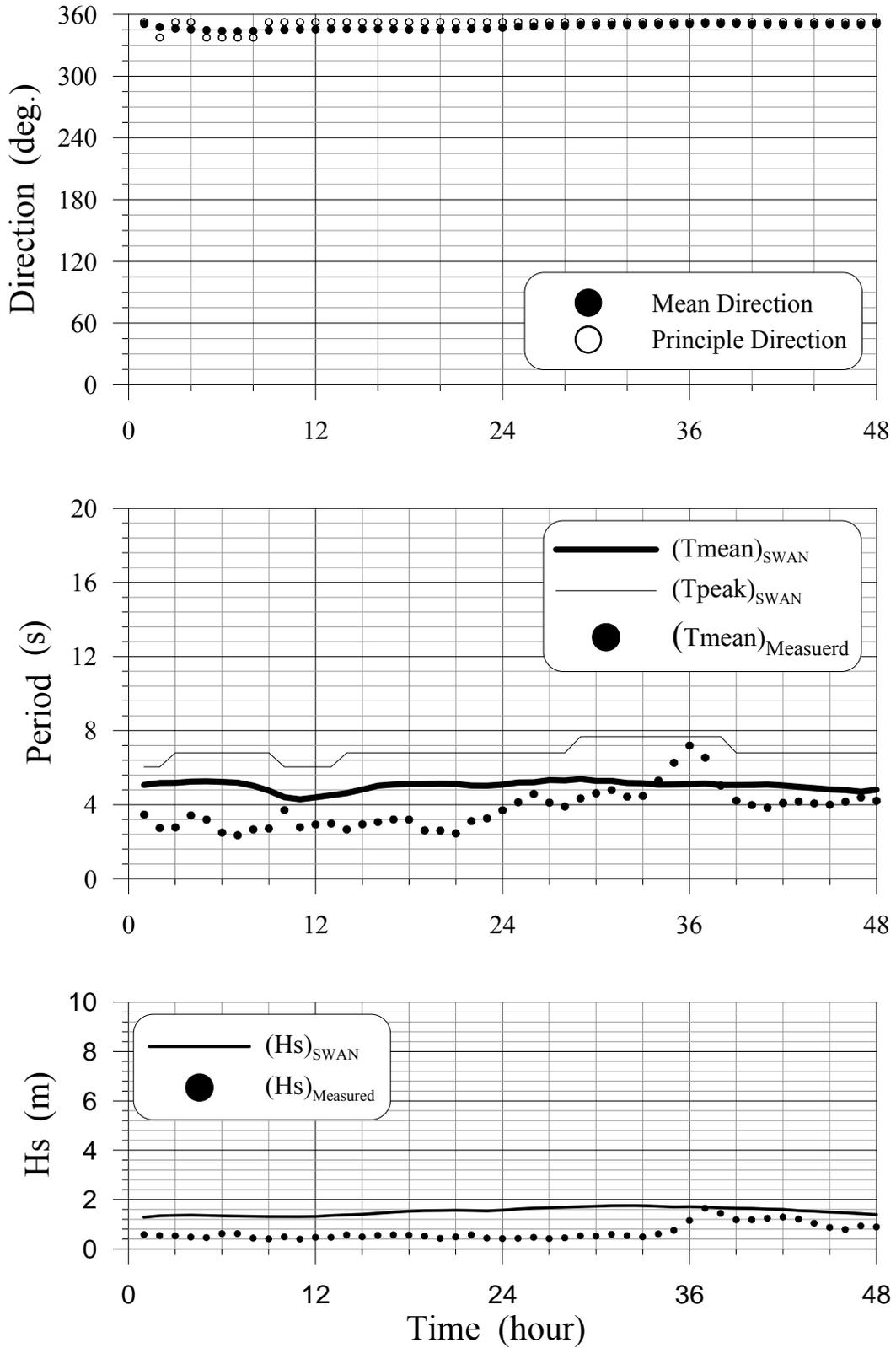


圖 3.48 2010 年莫蘭帝颱風期間台北港的波動分佈圖

20100917_Fanapi_TP

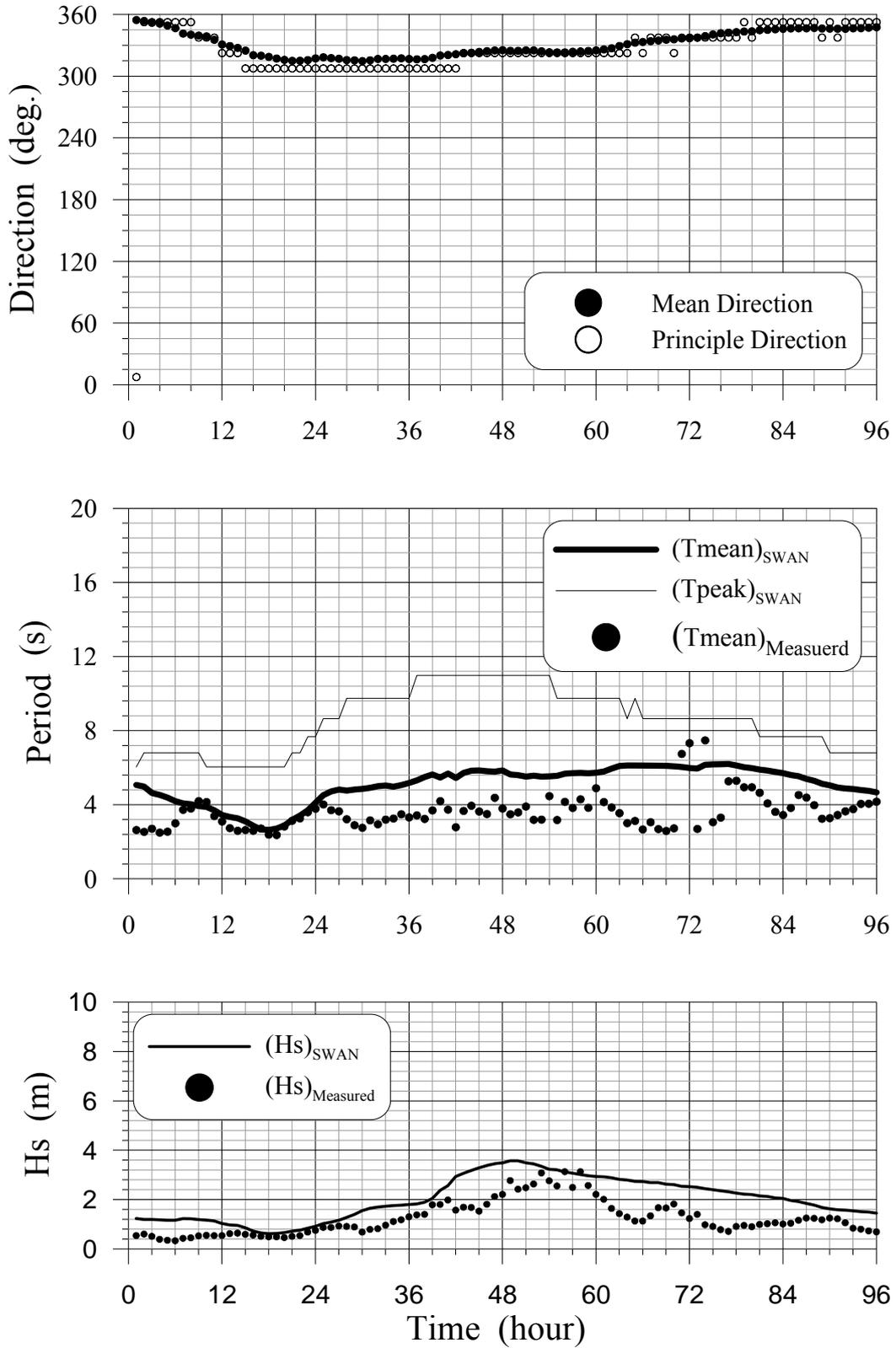


圖 3.49 2010 年凡那比颱風期間台北港的波動分佈圖

20101021_Megi_TP

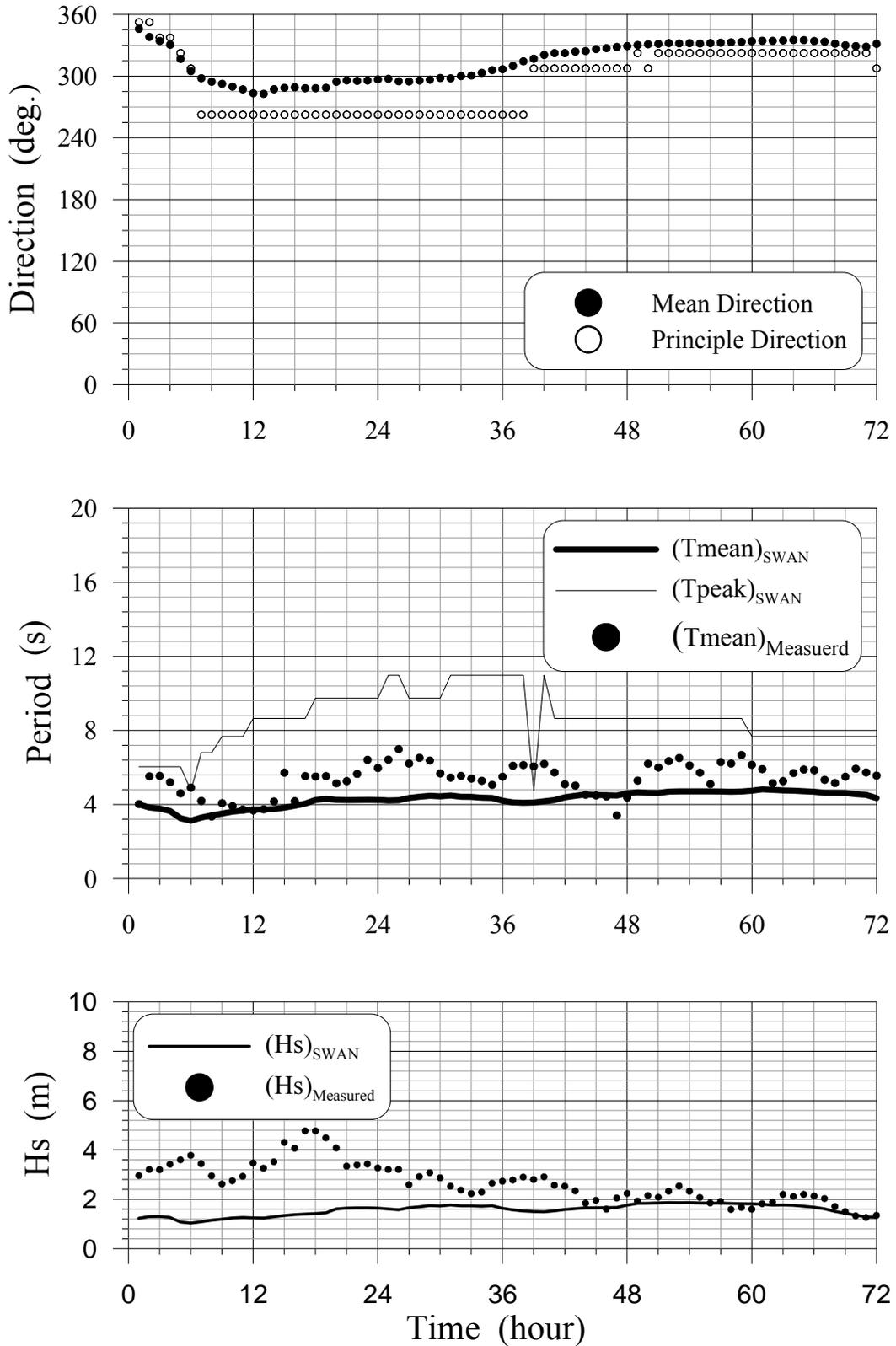


圖 3.50 2010 年梅姬颱風期間台北港的波動分佈圖

20100830_Lionrock & Namtheum_TC

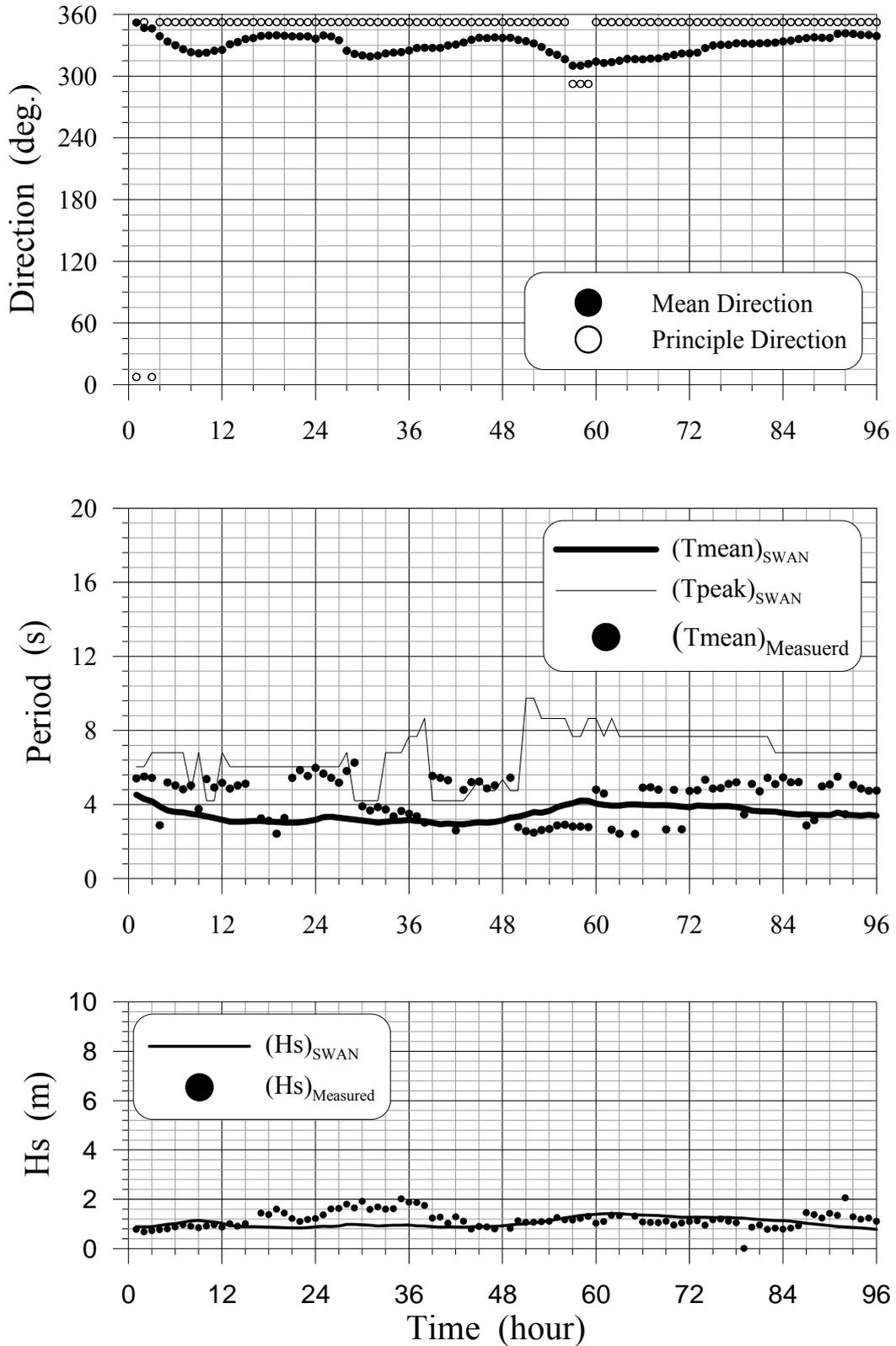


圖 3.51 2010 年萊羅克及南修颱風期間台中港的波動分佈圖

20100909_Meranti_TC

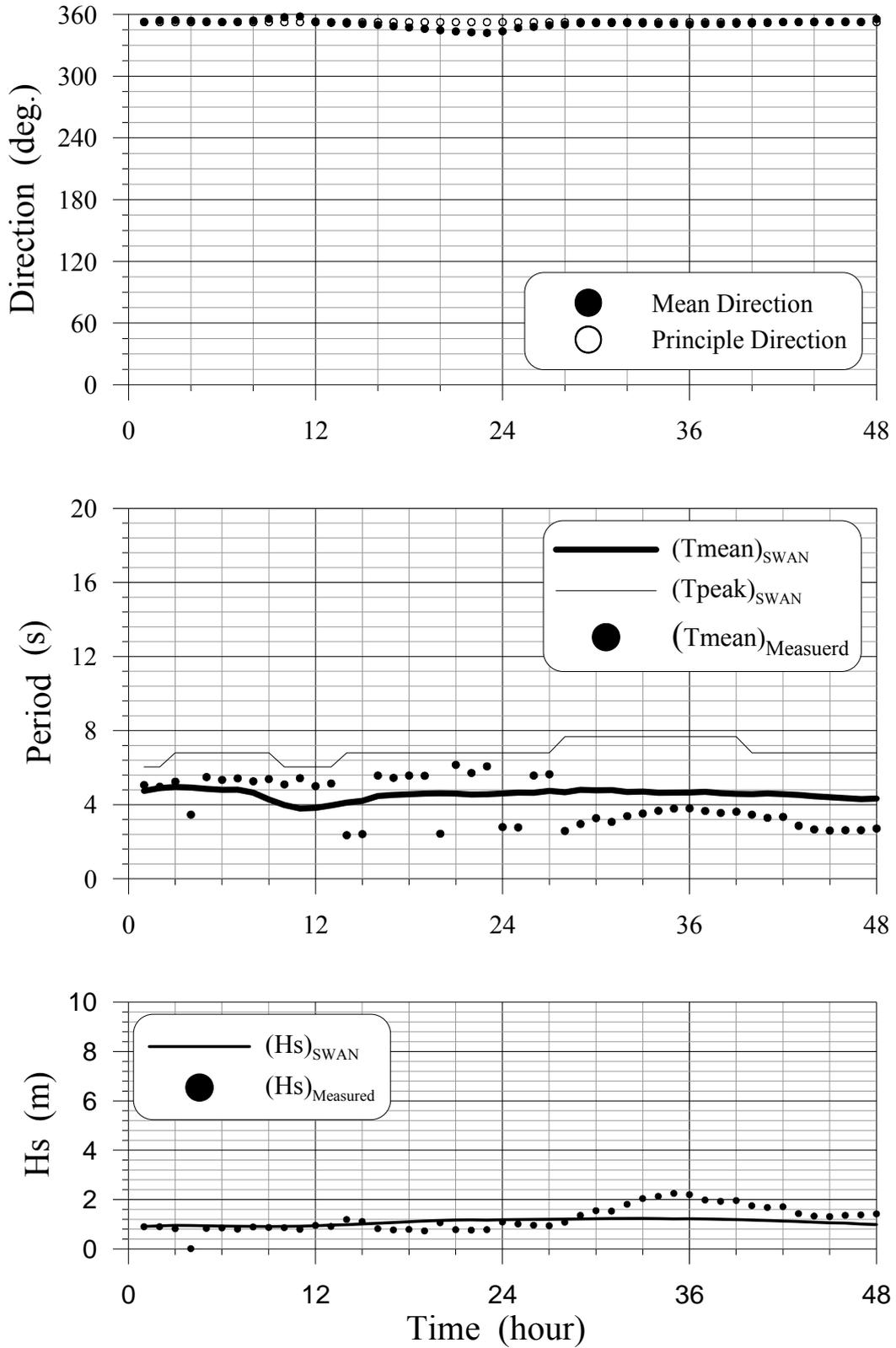


圖 3.52 2010 年莫蘭帝颱風期間台中港的波動分佈圖

20100917_Fanapi_TC

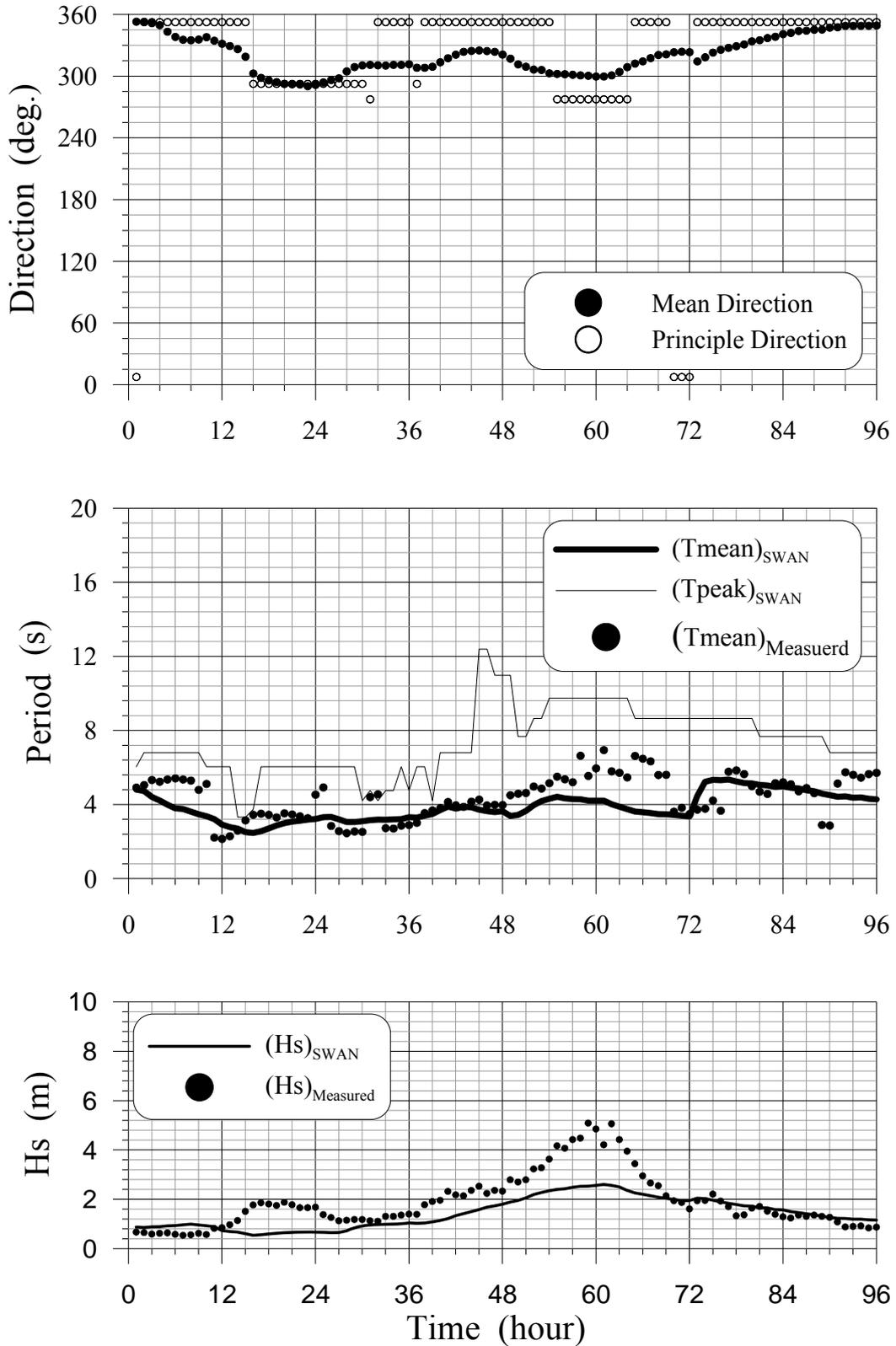


圖 3.53 2010 年凡那比颱風期間台中港的波動分佈圖

20101021_Megi_TC

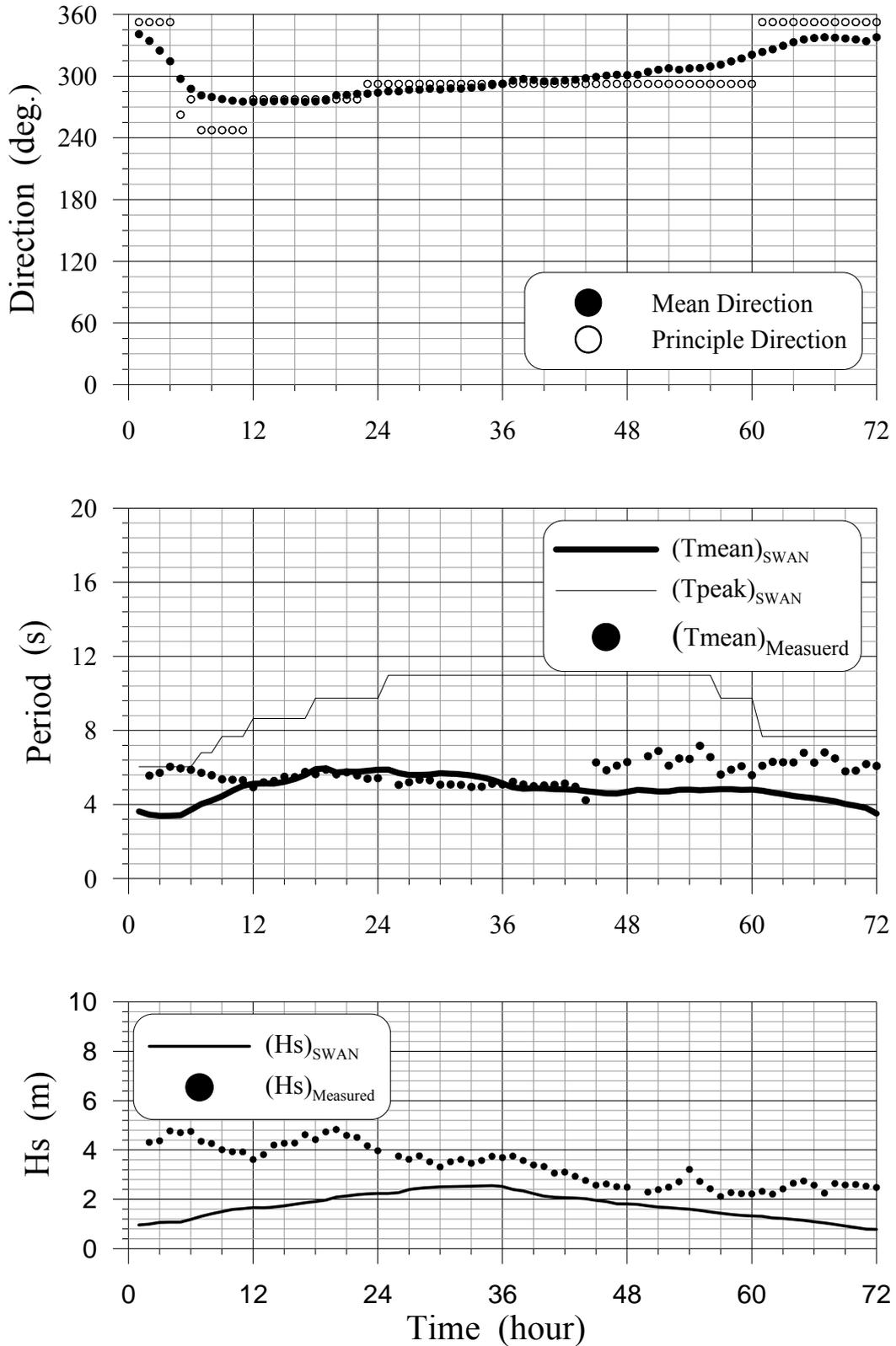


圖 3.54 2010 年梅姬颱風期間台中港的波動分佈圖

20100830_Lionrock & Namtheum_AP

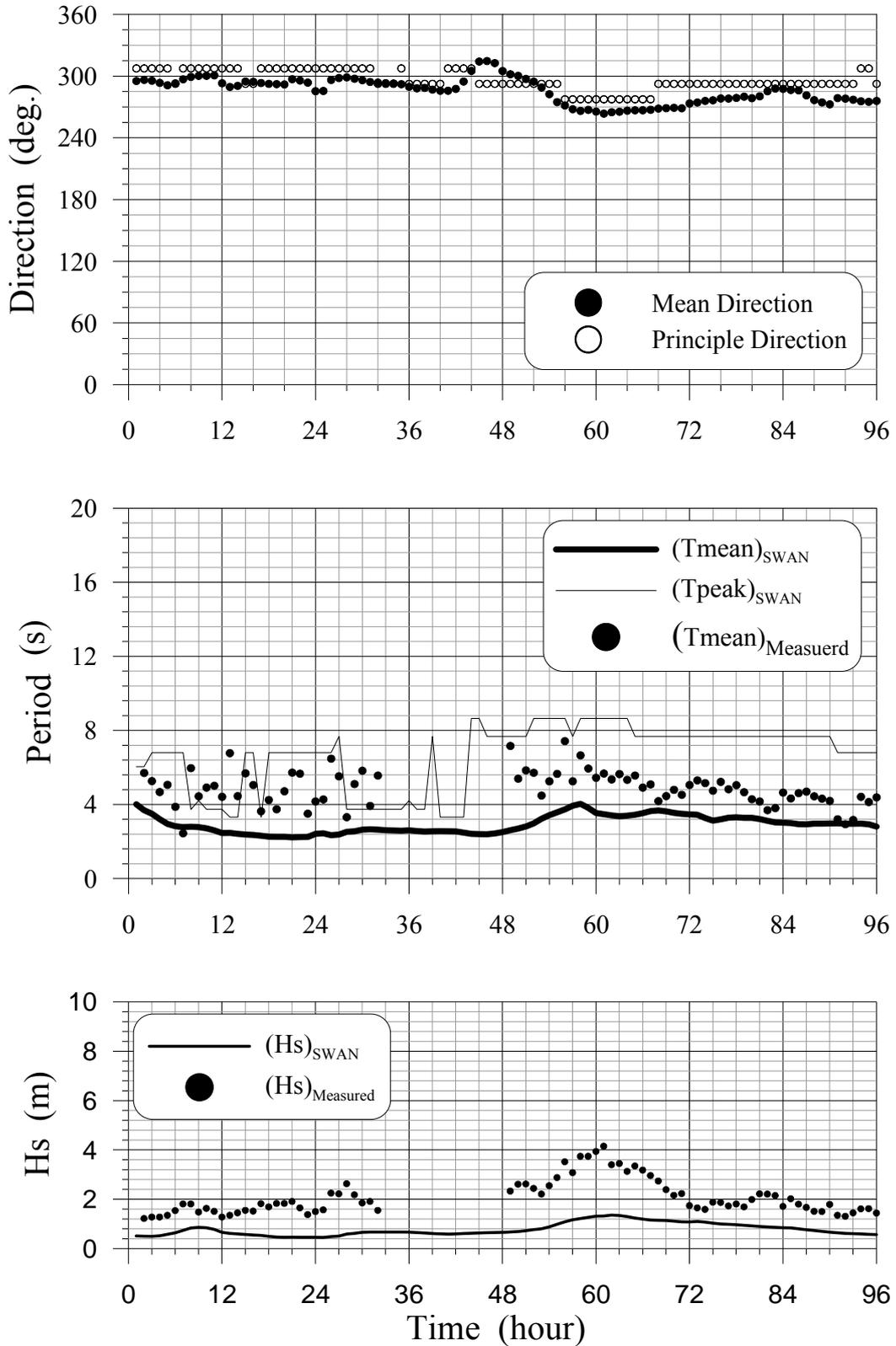


圖 3.55 2010 年萊羅克及南修颱風期間安平港的波動分佈圖

20100909_Meranti_AP

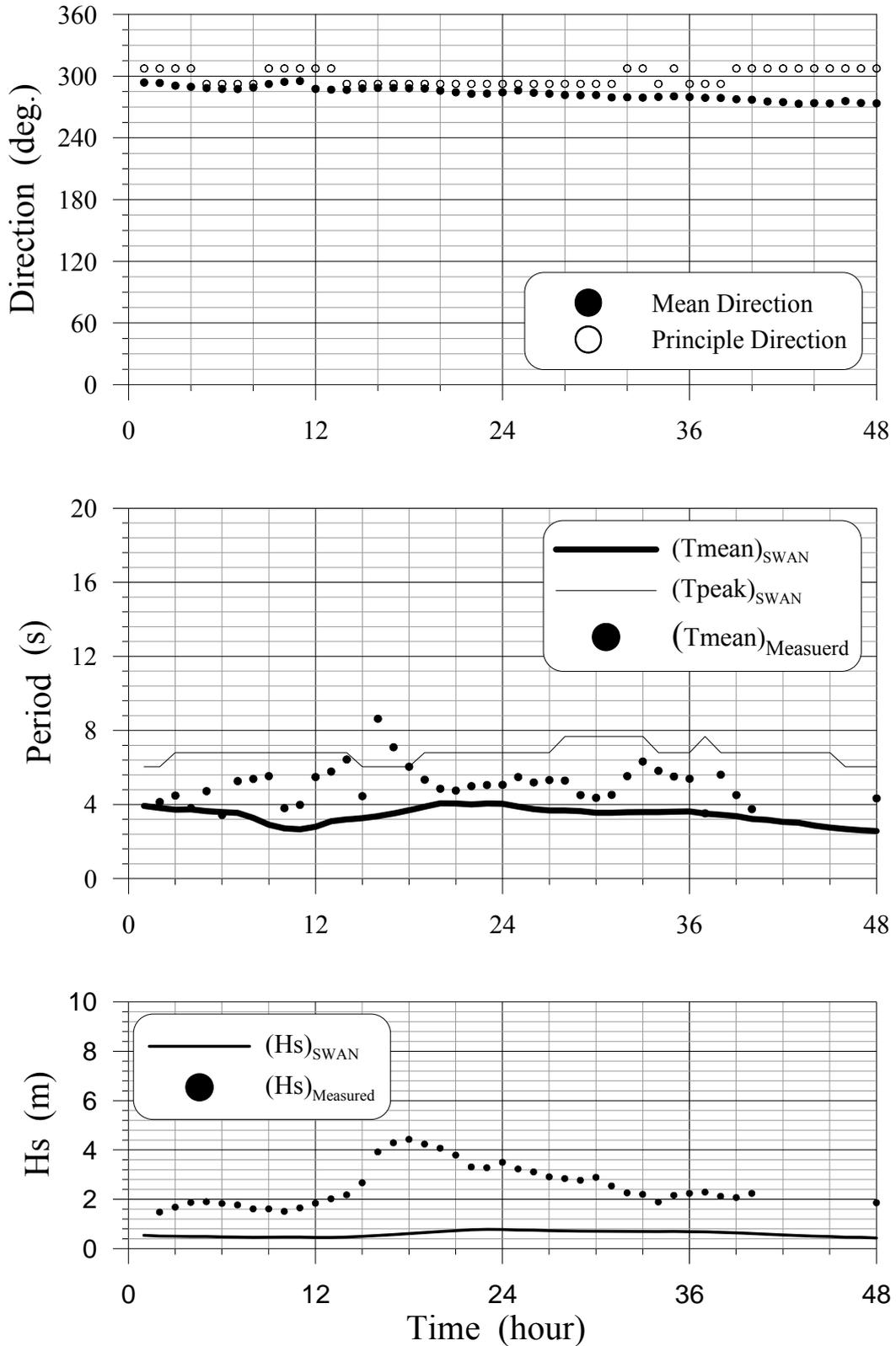


圖 3.56 2010 年莫蘭帝颱風期間安平港的波動分佈圖

20100917_Fanapi_AP

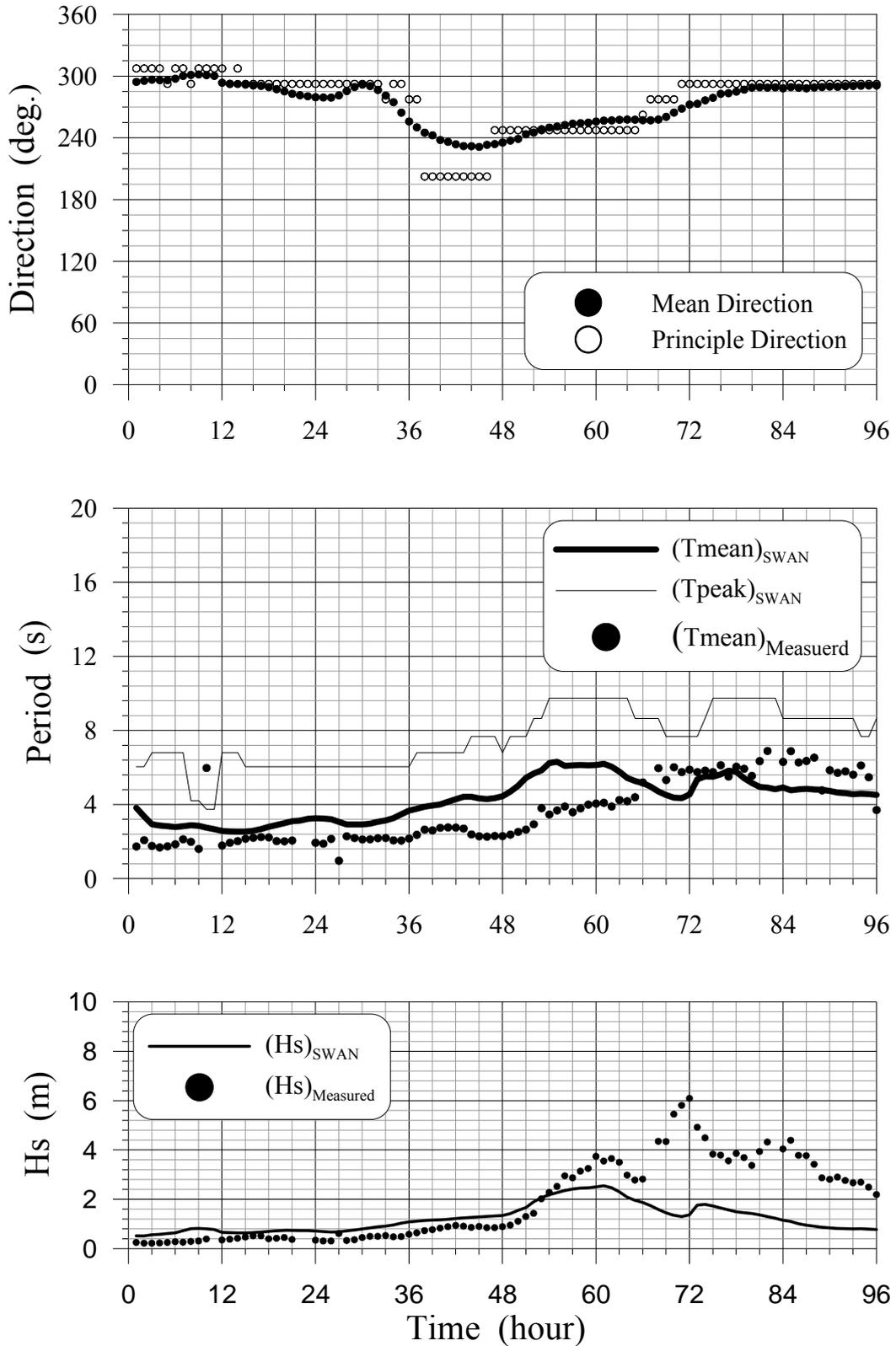


圖 3.57 2010 年凡那比颱風期間安平港的波動分佈圖

20101021_Megi_AP

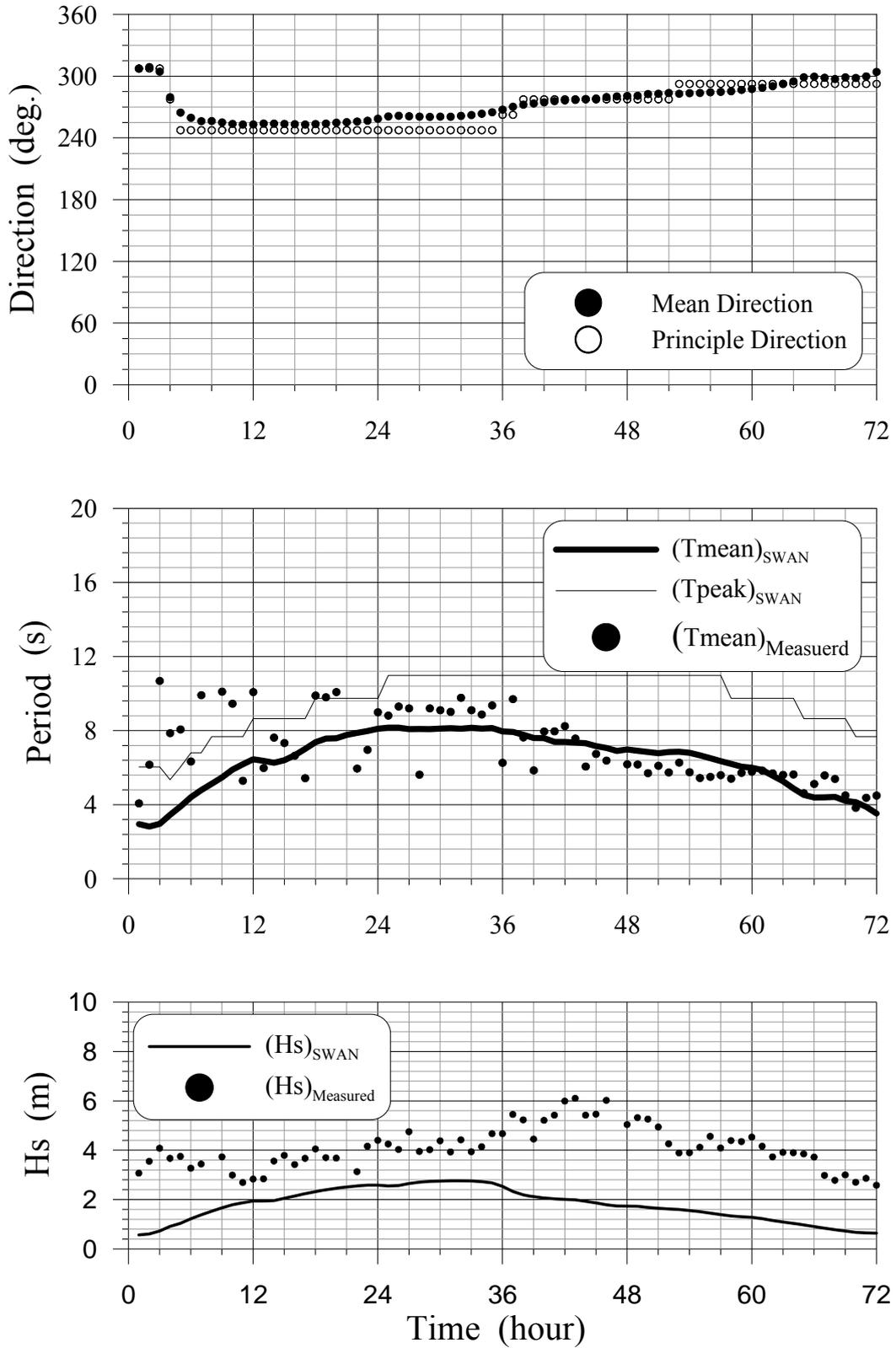


圖 3.58 2010 年梅姬颱風期間安平港的波動分佈圖

20100830_Lionrock & Namtheum_KH

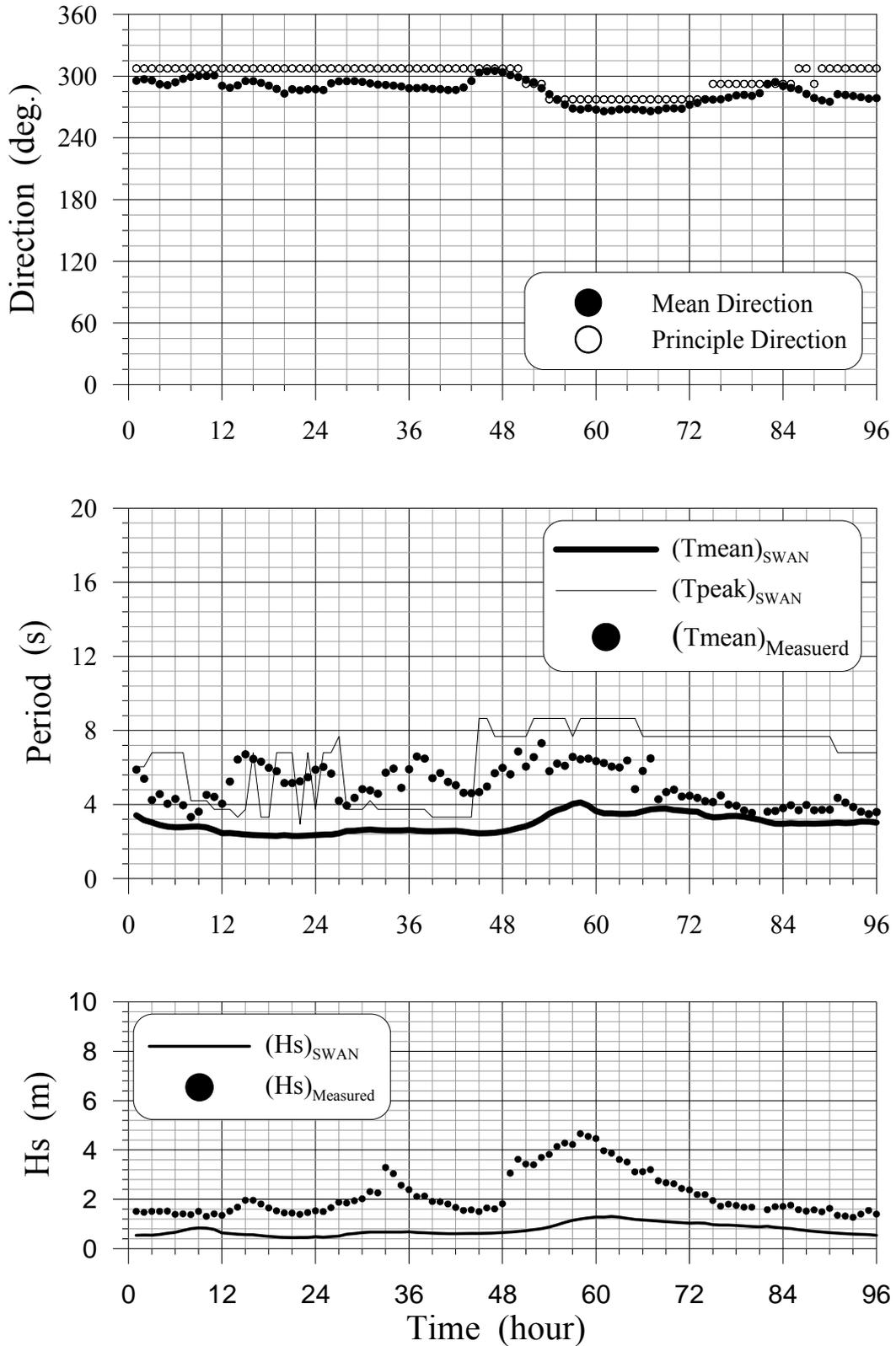


圖 3.59 2010 年萊羅克及南修颱風期間高雄港的波動分佈圖

20100909_Meranti_KH

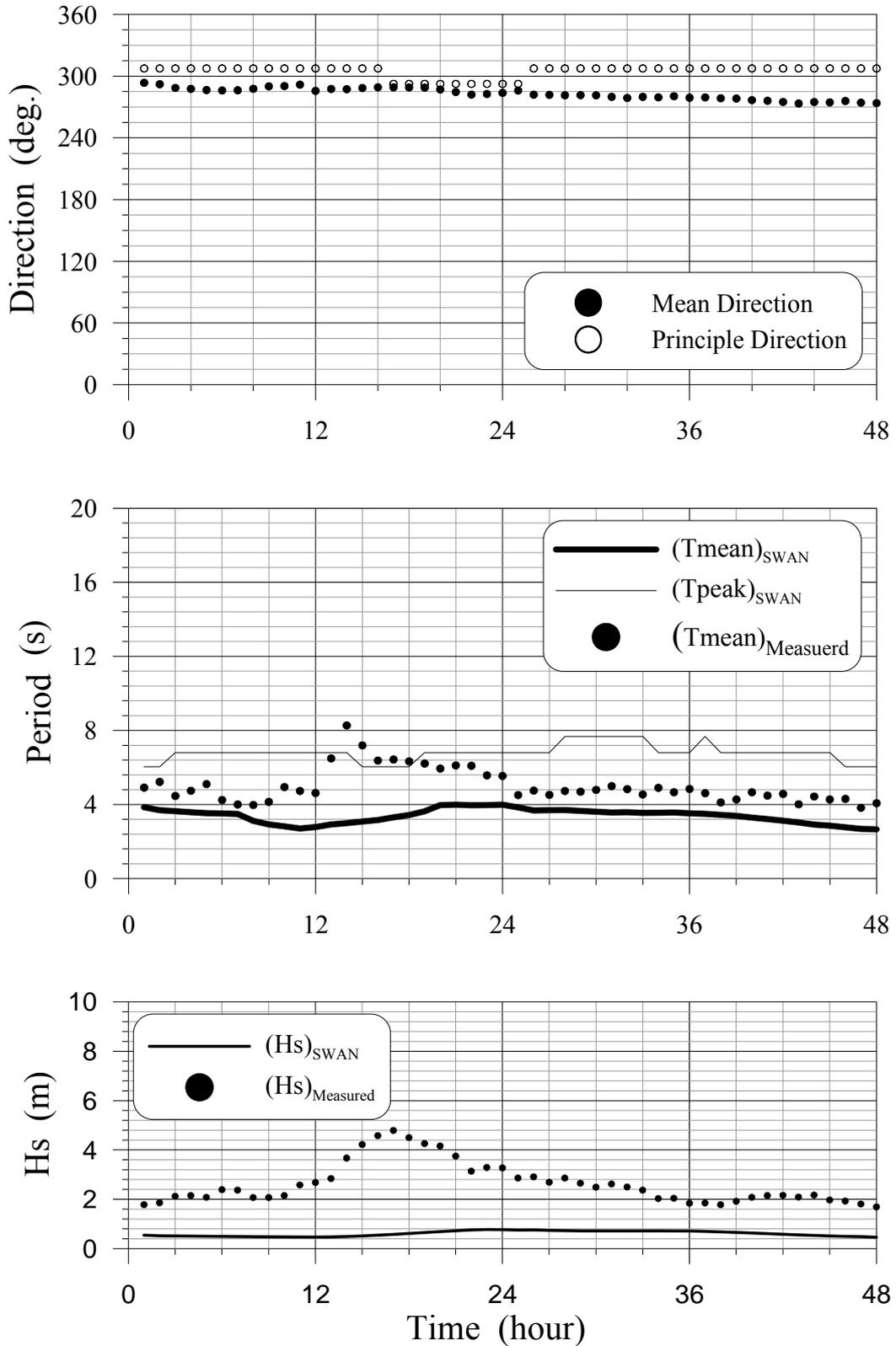


圖 3.60 2010 年莫蘭帝颱風期間高雄港的波動分佈圖

20100917_Fanapi_KH

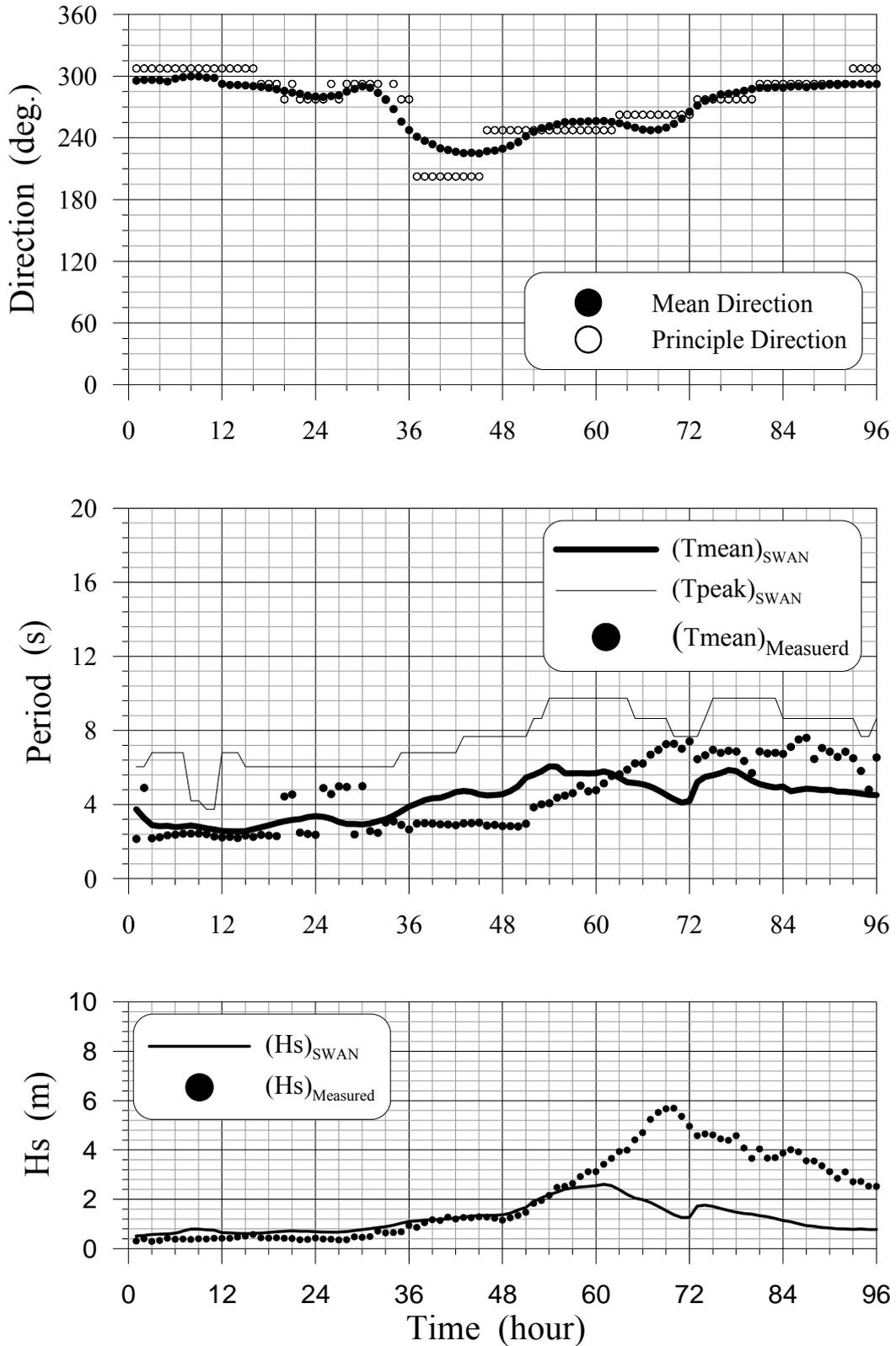


圖 3.61 2010 年凡那比颱風期間高雄港的波動分佈圖

20101021_Megi_KH

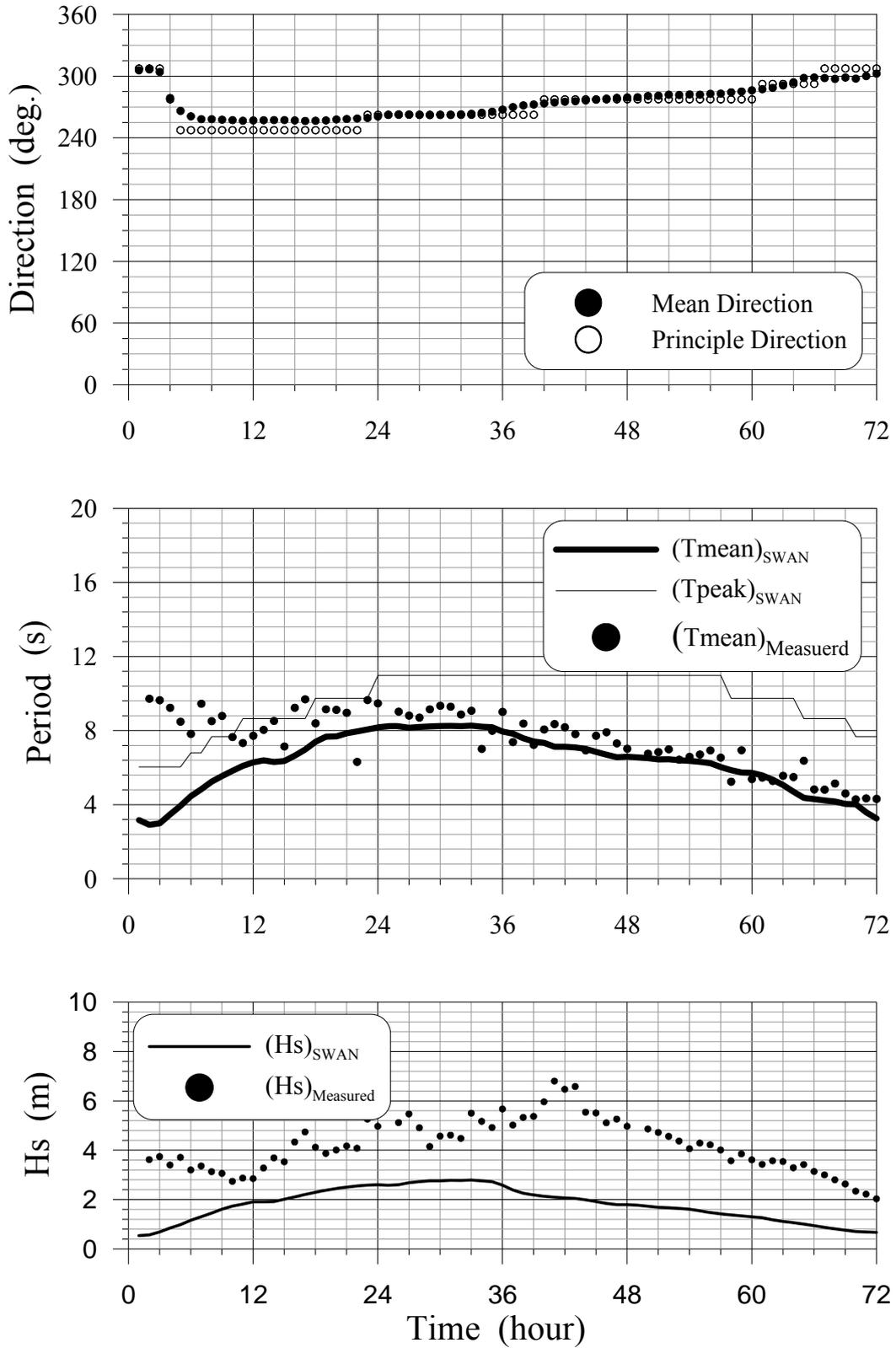


圖 3.62 2010 年梅姬颱風期間高雄港的波動分佈圖

20100830_Lionrock & Namtheum_HL

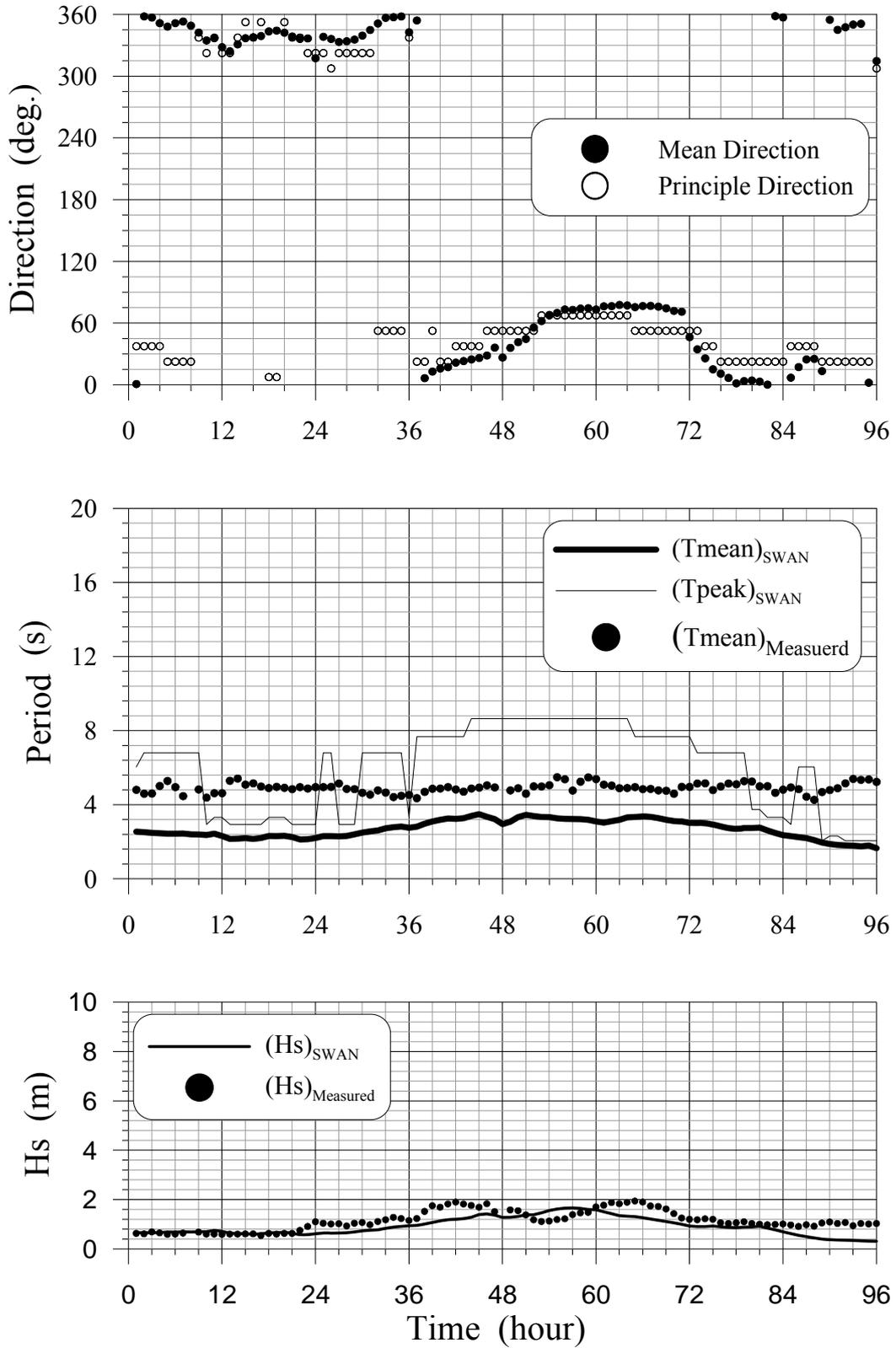


圖 3.63 2010 年萊羅克及南修颱風期間花蓮港的波動分佈圖

20100909_Meranti_HL

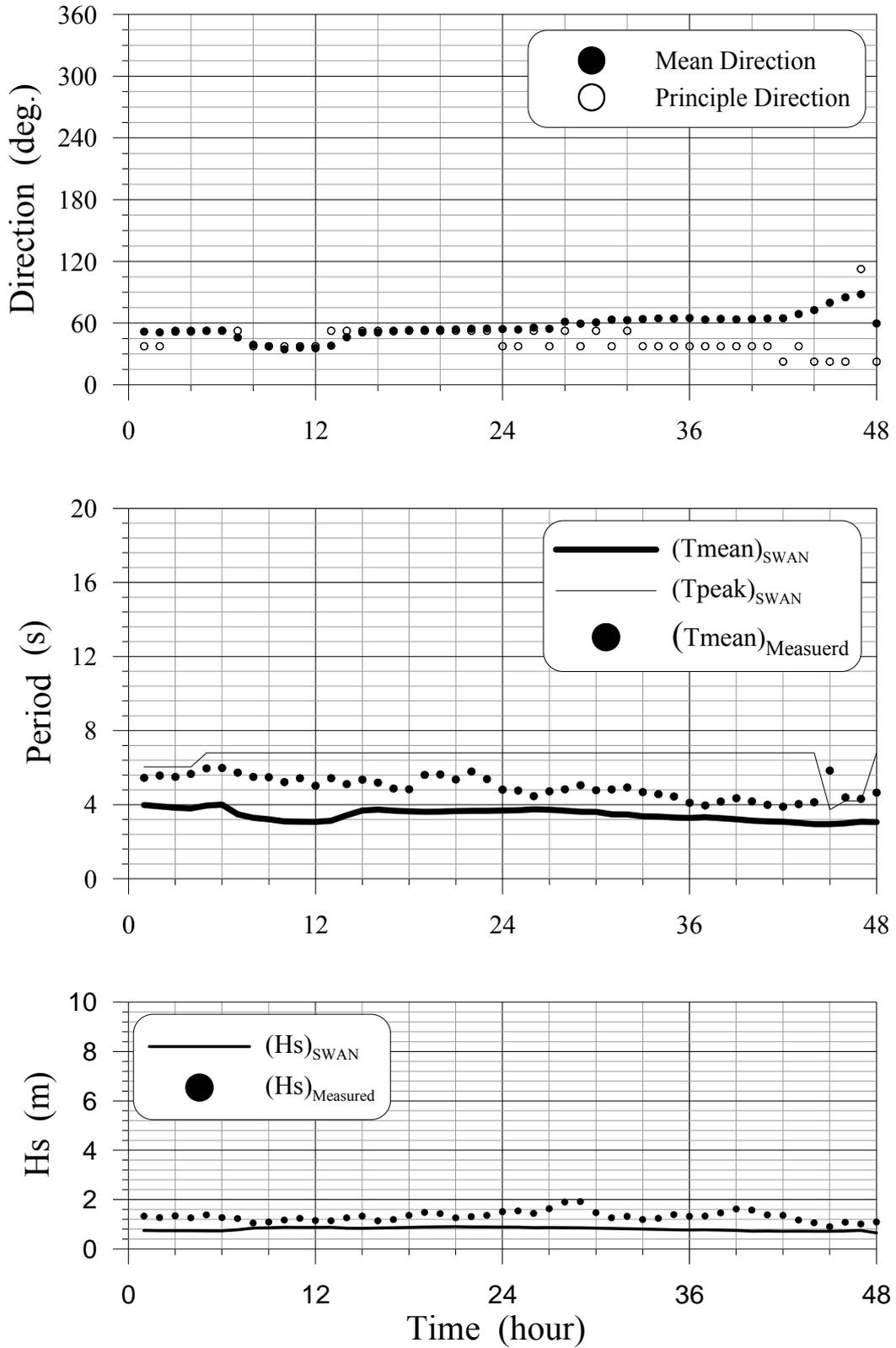


圖 3.64 2010 年莫蘭帝颱風期間花蓮港的波動分佈圖

20100917_Fanapi_HL

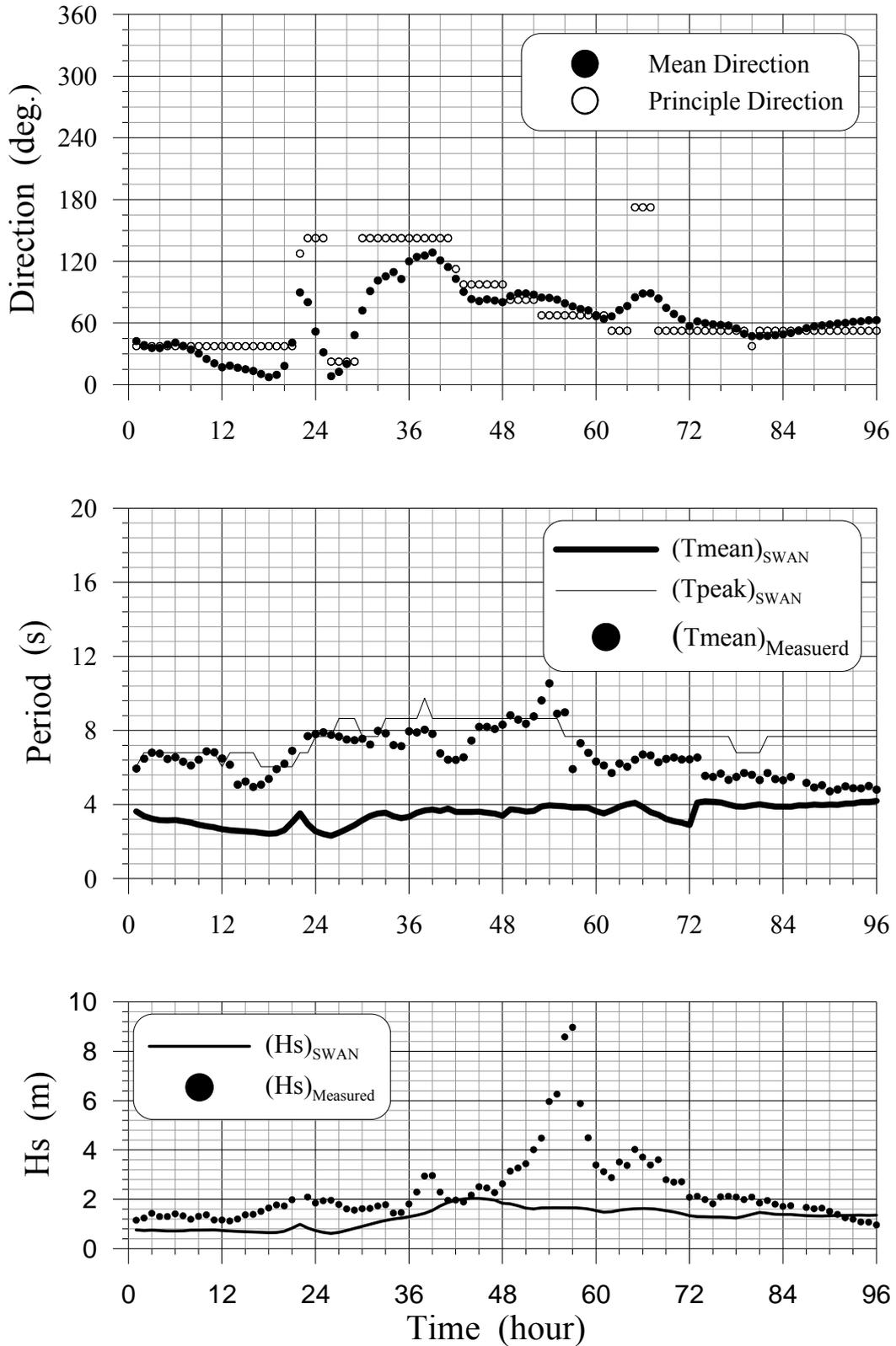


圖 3.65 2010 年凡那比颱風期間花蓮港的波動分佈圖

20101021_Megi_HL

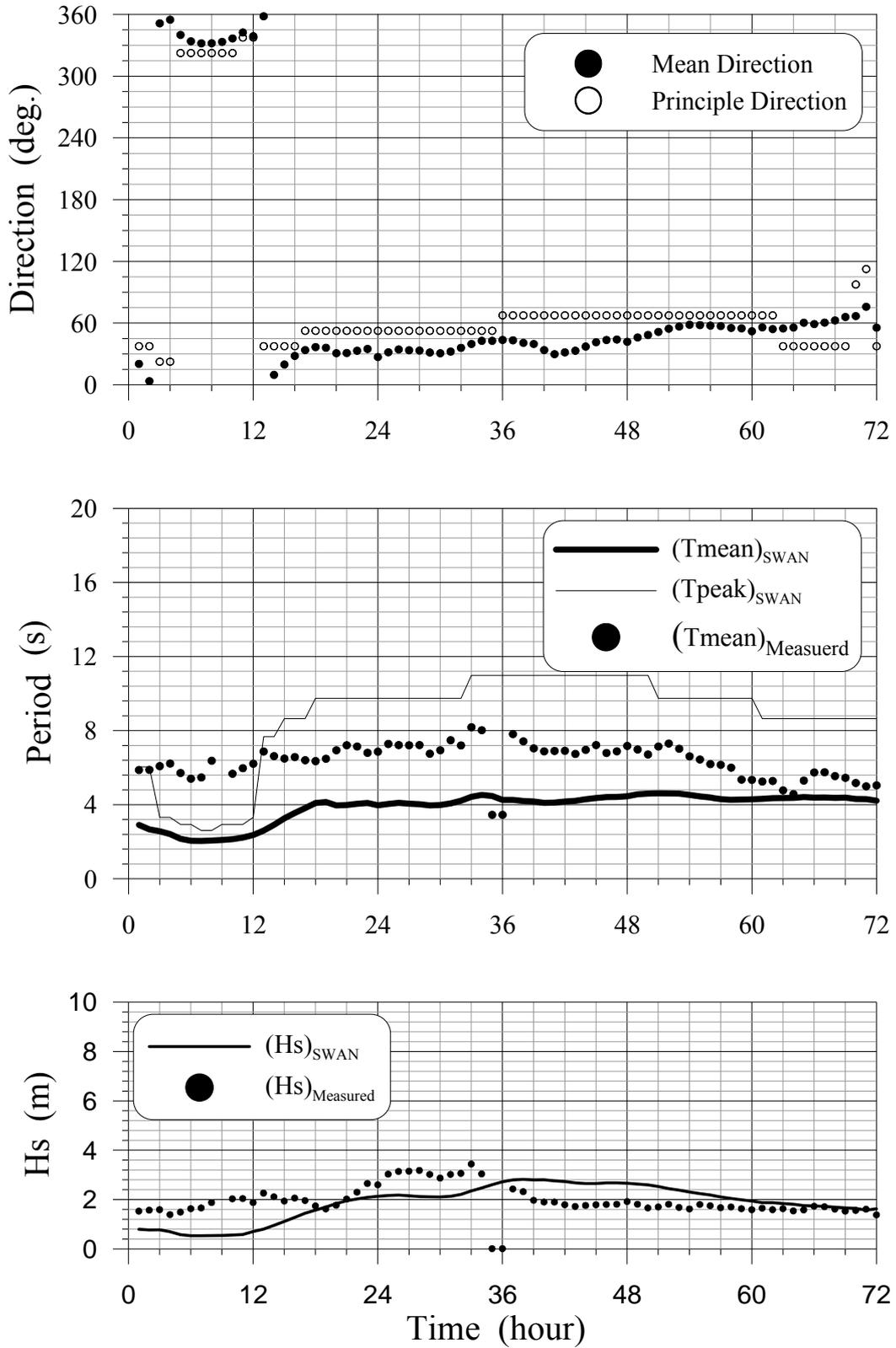


圖 3.66 2010 年梅姬颱風期間花蓮港的波動分佈圖

20100830_Lionrock & Namtheum_SA

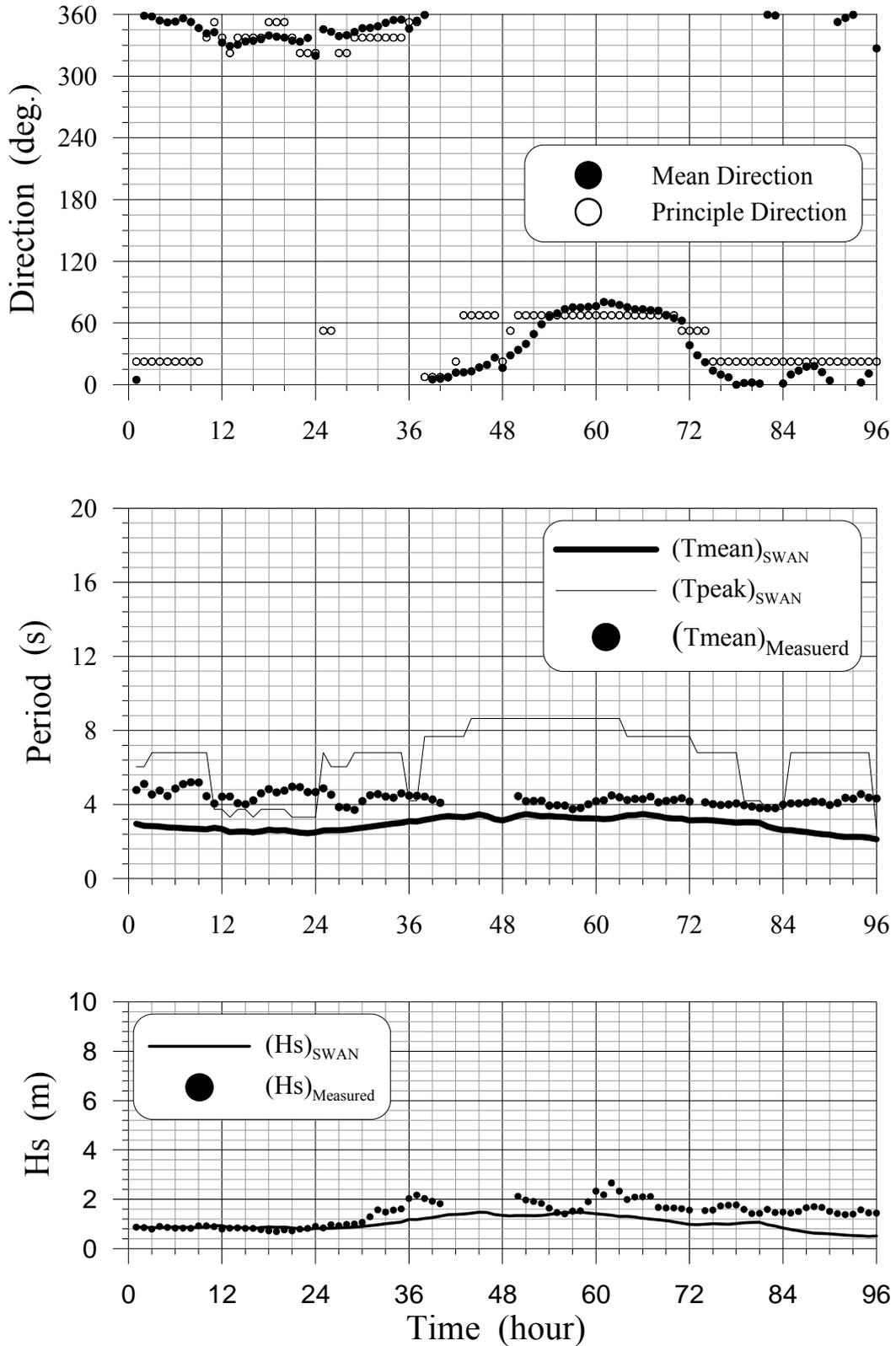


圖 3.67 2010 年萊羅克及南修颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

20100909_Meranti_SA

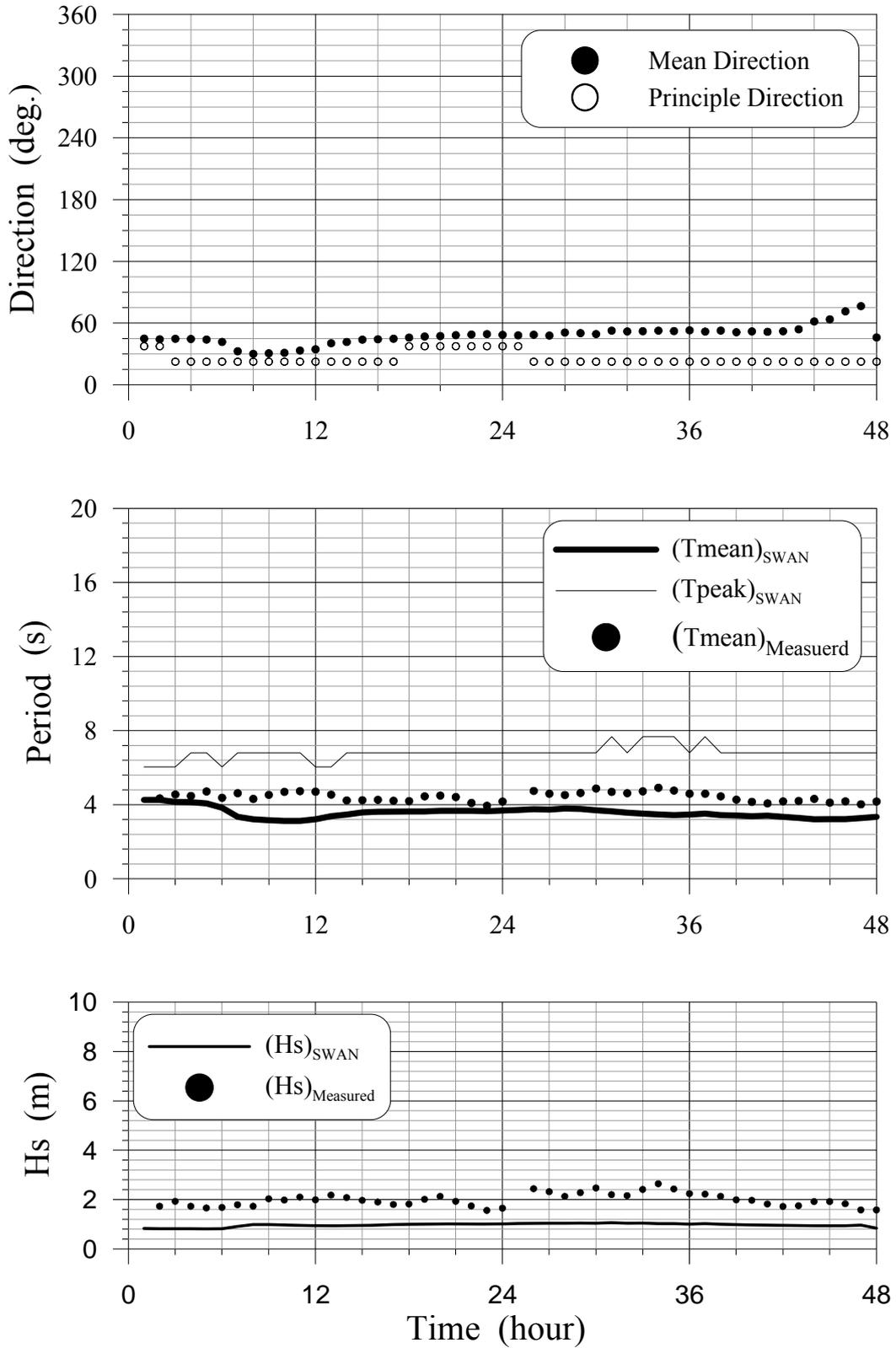


圖 3.68 2010 年莫蘭帝颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

20100917_Fanapi_SA

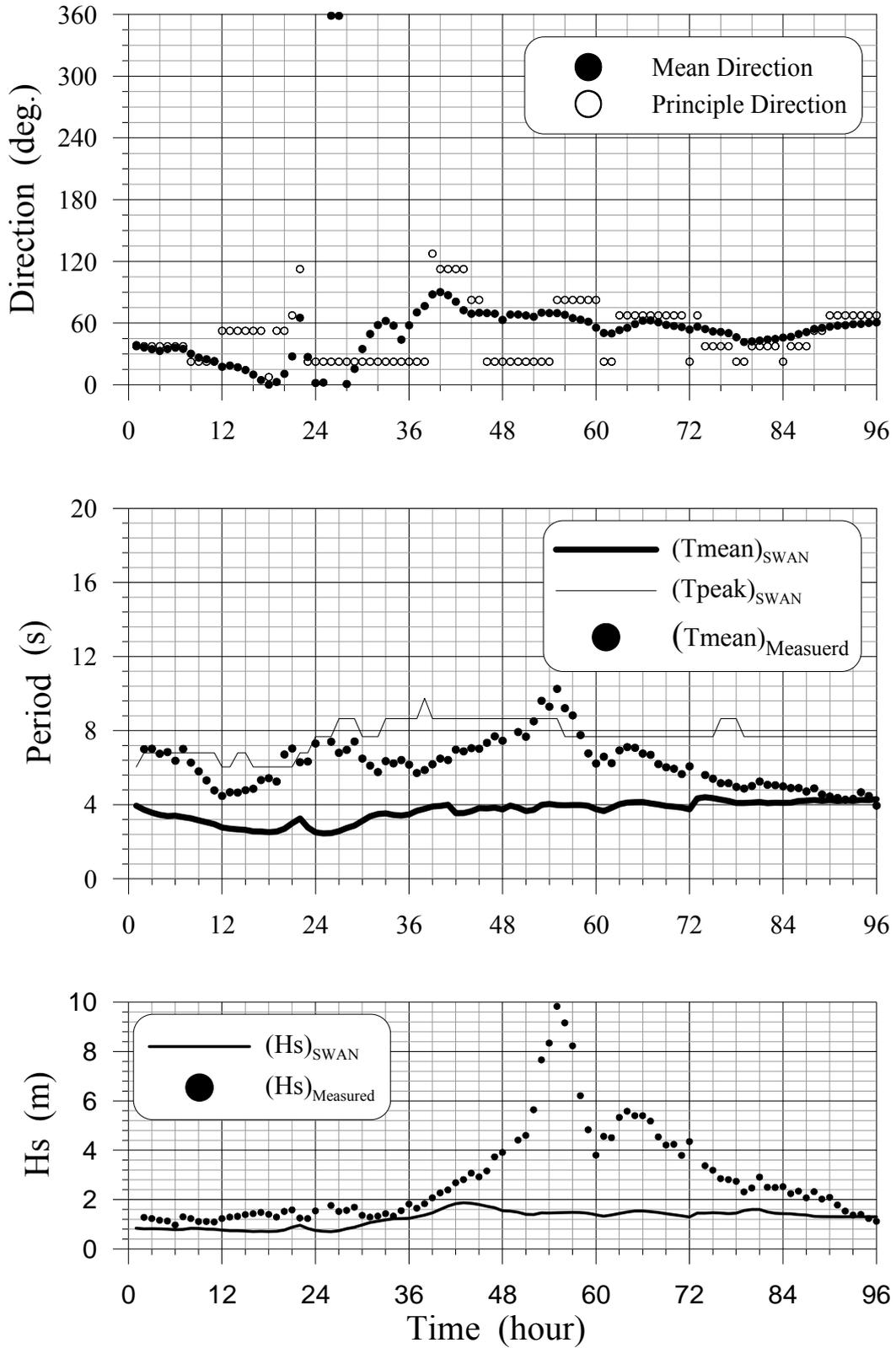


圖 3.69 2010 年凡那比颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

20101021_Megi_SA

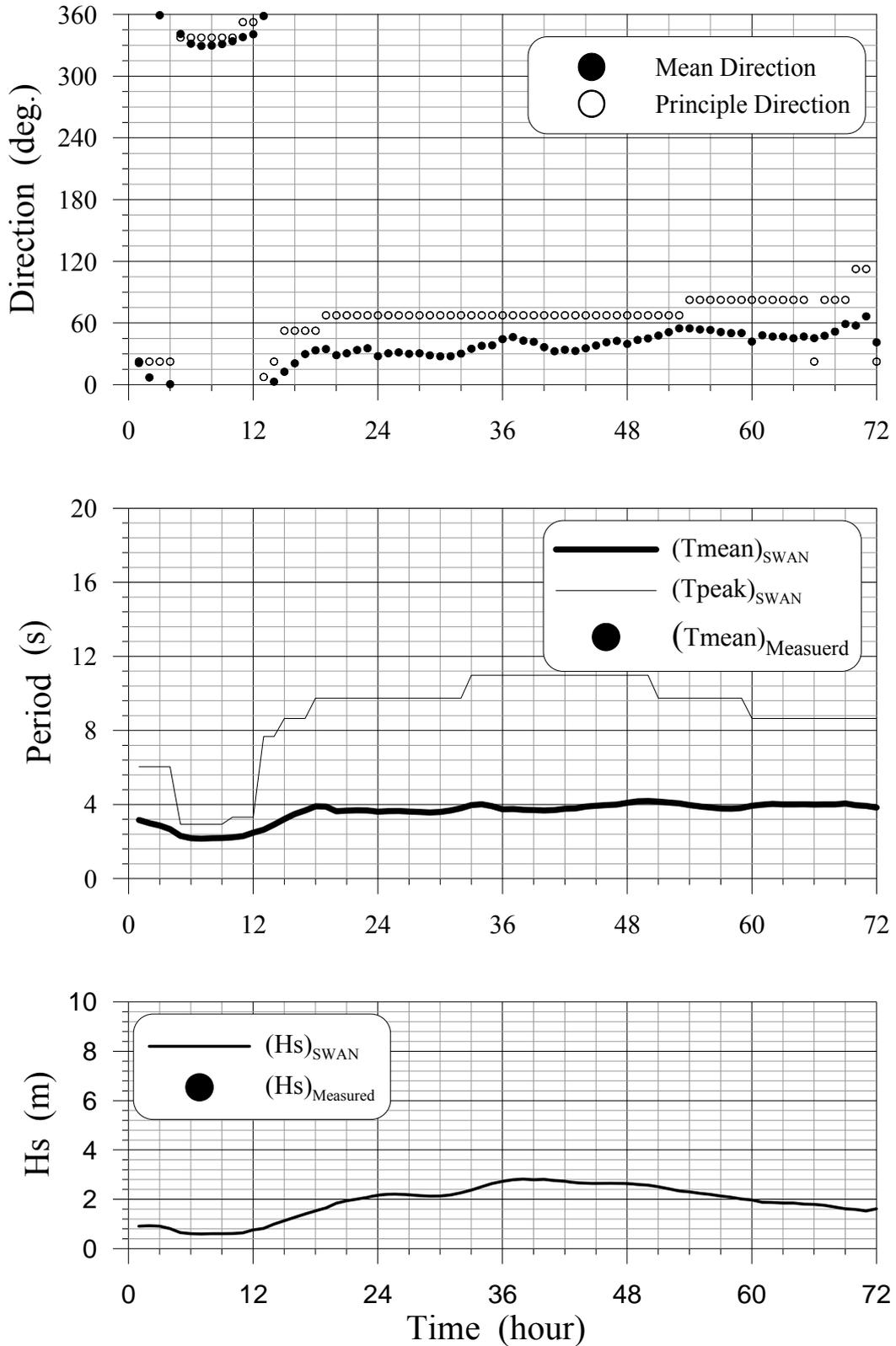


圖 3.70 2010 年梅姬颱風期間蘇澳港的波動分佈圖

表 3.4 基隆港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)

颱風名稱	編號	示性波高(m)	平均週期(s)	平均波向(°)	譜峰週期(s)	主波方向(°)
馬莎 (MATSU)	0509	3.85	8.68	21.58(NNE)	12.38	22.50(NNE)
珊瑚 (SANVU)	0510	1.53	5.75	77.97(ENE)	9.75	112.50(ESE)
泰利 (TALIM)	0513	0.52	2.31	114.79(ESE)	6.80	322.50(NW)
卡努 (KHANUN)	0515	3.13	5.77	72.00(ENE)	9.75	22.50(NNE)
丹瑞 (DAMREY)	0518	1.64	5.57	76.89(ENE)	7.67	67.50(ENE)
龍王 (LONGWANG)	0519	2.57	7.46	48.97(NE)	10.99	67.50(ENE)
珍珠 (CHANCHU)	0601	1.21	3.25	316.38(NW)	13.96	37.50(NE)
艾維尼 (EWINIAR)	0603	2.68	7.80	358.86(N)	12.38	337.50(NNW)
碧利斯 (BILIS)	0604	2.35	4.72	325.23(NW)	10.99	307.50(NW)
凱米 (KAEMI)	0605	0.87	4.69	27.68(NNE)	9.75	67.50(ENE)
桑美 (SAOMAI) 及 寶發 (Bopha)	0608 0609	3.03	8.34	12.63(NNE)	10.99	22.50(NNE)
珊珊 (SHANSHAN)	0613	3.05	7.51	6.89(N)	10.99	67.50(ENE)
帕布 (PABUK) 及 梧提 (WUTIP)	0706 0707	5.70	7.95	69.35(ENE)	10.99	67.50(ENE)
聖帕 (SEPAT)	0708	2.53	5.20	67.69(ENE)	12.38	67.50(ENE)
韋帕 (WIPHA)	0712	3.14	7.92	23.75(NNE)	10.99	22.50(NNE)
柯羅莎 (KROSA)	0715	3.27	8.29	25.00(NNE)	13.96	52.50(NE)
米塔 (MITAG)	0723	3.93	8.54	22.68(NNE)	10.99	22.50(NNE)
卡玫基 (KALMAEGI)	0807	1.24	2.92	279.63(W)	6.80	322.50(NW)
鳳凰 (FUNG-WONG)	0808	3.85	8.97	355.32(N)	12.38	7.50(N)
如麗 (NURI)	0812	1.97	4.57	71.47(ENE)	9.75	337.50(NNW)
辛樂克 (SINLAKU)	0813	4.06	9.96	6.32(N)	12.38	7.50(N)
哈格比 (HAGUPIT)	0814	3.33	5.67	71.24(ENE)	10.99	67.50(ENE)
薔蜜 (JANGMI)	0815	4.68	9.71	45.35(NE)	13.96	7.50(N)
蓮花 (LINFU)	0903	1.11	3.24	310.38(NW)	9.75	307.50(NW)
莫拉菲 (MOLAVE)	0906	2.40	4.71	86.93(E)	8.64	352.50(N)
莫拉克 (MORAKOT)	0908	5.16	10.51	10.58(N)	13.96	22.50(NNE)
芭瑪 (PARMA)	0917	3.12	8.60	30.72(NNE)	10.99	7.50(N)
萊羅克 (LIONROCK) 及南修 (NAMTHEUM)	1006 1008	1.60	3.94	7.29(N)	10.99	337.50(NNW)
莫蘭蒂 (MERANTI)	1010	1.57	5.20	8.50(N)	7.67	7.50(N)
凡那比 (FANAPI)	1011	3.20	3.90	354.88(N)	12.38	337.50(NNW)
梅姬 (MEGI)	1013	2.32	4.10	24.14(NNE)	10.99	67.50(ENE)

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

表 3.5 台北港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)

颱風名稱	編號	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均波向(°)	譜峰 週期(s)	主波 方向(°)
馬莎(MATSA)	0509	3.58	8.83	353.91(N)	12.38	7.50(N)
珊瑚(SANVU)	0510	0.87	3.32	264.20(W)	8.64	67.50(ENE)
泰利(TALIM)	0513	0.84	4.52	295.71(WNW)	6.80	307.50(NW)
卡努(KHANUN)	0515	2.84	7.28	358.25(N)	9.75	352.50(N)
丹瑞(DAMREY)	0518	0.93	3.17	241.46(WSW)	7.67	67.50(ENE)
龍王(LONGWANG)	0519	2.38	7.04	356.71(N)	10.99	52.50(NE)
珍珠(CHANCHU)	0601	2.01	4.68	293.18(WNW)	10.99	262.50(W)
艾維尼(EWINIAR)	0603	3.21	6.84	330.15(NNW)	12.38	322.50(NW)
碧利斯(BILIS)	0604	4.54	6.34	278.25(W)	10.99	262.50(W)
凱米(KAEMI)	0605	1.01	3.26	285.11(WNW)	7.67	247.50(WSW)
桑美(SAOMAI)及 寶發(Bopha)	0608 0609	3.08	7.94	355.94(N)	10.99	352.50(N)
珊珊(SHANSHAN)	0613	3.36	7.86	341.53(NNW)	9.75	352.50(N)
帕布(PABUK)及 梧提(WUTIP)	0706 0707	2.75	4.63	66.78(ENE)	10.99	52.50(NE)
聖帕(SEPAT)	0708	4.91	6.59	278.46(W)	12.38	52.50(NE)
韋帕(WIPHA)	0712	3.23	5.60	305.00(NW)	10.99	247.50(WSW)
柯羅莎(KROSA)	0715	5.17	6.64	288.03(WNW)	10.99	22.50(NNE)
米塔(MITAG)	0723	3.57	8.00	358.73(N)	10.99	352.50(N)
卡玫基(KALMAEGI)	0807	2.60	4.66	263.40(W)	6.80	307.50(NW)
鳳凰(FUNG-WONG)	0808	5.72	7.71	297.15(WNW)	12.38	337.50(NNW)
如麗(NURI)	0812	1.65	4.16	25.44(NNE)	9.75	322.50(NW)
辛樂克(SINLAKU)	0813	5.36	6.96	288.60(WNW)	12.38	337.50(NNW)
哈格比(HAGUPIT)	0814	2.85	5.14	37.62(NE)	10.99	322.50(NW)
薔蜜(JANGMI)	0815	6.95	8.00	294.95(WNW)	13.96	322.50(NW)
蓮花(LINFA)	0903	2.11	4.52	269.61(W)	8.64	307.50(NW)
莫拉菲(MOLAVE)	0906	1.97	6.29	331.11(NNW)	8.64	322.50(NW)
莫拉克(MORAKOT)	0908	5.57	7.37	292.87(WNW)	13.96	352.50(N)
芭瑪(PARMA)	0917	2.54	6.95	354.33(N)	10.99	337.50(NNW)
萊羅克(LIONROCK) 及南修(NAMTHEUM)	1006 1008	2.11	3.71	323.05(NW)	12.38	307.50(NW)
莫蘭蒂(MERANTI)	1010	1.75	5.28	349.81(N)	7.67	352.50(N)
凡那比(FANAPI)	1011	3.57	5.59	324.64(NW)	10.99	307.50(NW)
梅姬(MEGI)	1013	1.87	4.69	332.15(NNW)	10.99	262.50(W)

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

表 3.6 台中港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)

颱風名稱	編號	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均 波向(°)	譜峰 週期(s)	主波 方向(°)
馬莎(MATSA)	0509	2.37	6.45	344.89(NNW)	12.38	7.50(N)
珊瑚(SANVU)	0510	1.19	5.55	257.96(WSW)	8.64	217.50(SW)
泰利(TALIM)	0513	0.96	4.64	269.00(W)	7.67	277.50(W)
卡努(KHANUN)	0515	1.91	5.96	356.83(N)	9.75	352.50(N)
丹瑞(DAMREY)	0518	1.31	3.61	223.45(SW)	6.80	217.50(SW)
龍王(LONGWANG)	0519	1.57	6.61	359.52(N)	8.64	7.50(N)
珍珠(CHANCHU)	0601	2.35	5.34	291.25(WNW)	13.96	7.50(N)
艾維尼(EWINIAR)	0603	1.81	7.56	346.70(NNW)	10.99	352.50(N)
碧利斯(BILIS)	0604	2.59	4.87	279.58(W)	10.99	292.50(WNW)
凱米(KAEMI)	0605	1.04	3.50	227.82(SW)	8.64	217.50(SW)
桑美(SAOMAI)及 寶發(Bopha)	0608 0609	1.94	7.49	356.12(N)	10.99	7.50(N)
珊珊(SHANSHAN)	0613	2.08	6.17	349.41(N)	9.75	352.50(N)
帕布(PABUK)及 梧提(WUTIP)	0706 0707	1.21	3.09	81.73(E)	8.64	292.50(WNW)
聖帕(SEPAT)	0708	3.60	5.35	277.68(W)	10.99	292.50(WNW)
韋帕(WIPHA)	0712	2.03	5.57	351.30(N)	9.75	7.50(N)
柯羅莎(KROSA)	0715	3.26	5.53	286.72(WNW)	10.99	7.50(N)
米塔(MITAG)	0723	2.29	5.46	8.88(N)	10.99	7.50(N)
卡玫基(KALMAEGI)	0807	1.21	3.32	251.80(WSW)	7.67	277.50(W)
鳳凰(FUNG-WONG)	0808	4.33	6.76	270.92(W)	12.38	352.50(N)
如麗(NURI)	0812	1.68	3.53	78.41(ENE)	10.99	217.50(SW)
辛樂克(SINLAKU)	0813	3.63	6.01	285.26(WNW)	12.38	352.50(N)
哈格比(HAGUPIT)	0814	2.81	4.63	54.79(NE)	10.99	352.50(N)
薔蜜(JANGMI)	0815	4.16	6.62	273.31(W)	13.96	352.50(N)
蓮花 (LINFA)	0903	1.85	5.76	269.39(W)	10.99	292.50(WNW)
莫拉菲(MOLAVE)	0906	1.47	4.05	251.51(WSW)	9.75	292.50(WNW)
莫拉克(MORAKOT)	0908	5.18	7.13	268.99(W)	13.96	352.50(N)
芭瑪(PARMA)	0917	2.31	4.31	49.89(NE)	10.99	352.50(N)
萊羅克(LIONROCK) 及南修 (NAMTHEUM)	1006 1008	1.43	3.94	313.62(NW)	9.75	352.50(N)
莫蘭蒂(MERANTI)	1010	1.23	4.68	351.68(N)	7.67	352.50(N)
凡那比(FANAPI)	1011	2.60	4.21	299.66(WNW)	12.38	352.50(N)
梅姬(MEGI)	1013	2.56	5.34	291.49(WNW)	10.99	292.50(WNW)

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

表 3.7 安平港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)

颱風名稱	編號	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均 波向(°)	譜峰 週期(s)	主波 方向(°)
馬莎(MATSA)	0509	2.42	4.98	180.60(S)	9.75	202.50(SSW)
珊瑚(SANVU)	0510	1.79	6.09	228.89(SW)	8.64	202.50(SSW)
泰利(TALIM)	0513	1.09	4.98	263.66(W)	7.67	187.50(S)
卡努(KHANUN)	0515	1.42	3.73	181.80(S)	8.64	157.50(SSE)
丹瑞(DAMREY)	0518	1.53	4.00	199.62(SSW)	8.64	172.50(S)
龍王(LONGWANG)	0519	1.30	3.73	165.92(SSE)	9.75	172.50(S)
珍珠(CHANCHU)	0601	3.35	10.25	213.67(SSW)	13.96	217.50(SW)
艾維尼(EWINIAR)	0603	1.22	6.47	241.00(WSW)	8.64	202.50(SSW)
碧利斯(BILIS)	0604	2.84	6.52	234.14(SW)	10.99	277.50(W)
凱米(KAEMI)	0605	1.48	5.85	224.32(SW)	8.64	202.50(SSW)
桑美(SAOMAI)及 寶發(Bopha)	0608 0609	1.35	3.25	119.04(ESE)	9.75	202.50(SSW)
珊珊(SHANSHAN)	0613	1.11	4.24	265.78(W)	8.64	292.50(WNW)
帕布(PABUK)及 梧提(WUTIP)	0706 0707	1.57	5.73	223.83(SW)	8.64	202.50(SSW)
聖帕(SEPAT)	0708	2.20	7.19	247.59(WSW)	10.99	292.50(WNW)
韋帕(WIPHA)	0712	1.43	3.96	207.73(SSW)	9.75	292.50(WNW)
柯羅莎(KROSA)	0715	2.28	4.86	279.50(W)	10.99	292.50(WNW)
米塔(MITAG)	0723	1.06	5.00	263.19(W)	10.99	292.50(WNW)
卡玫基(KALMAEGI)	0807	1.34	3.79	241.15(WSW)	7.67	187.50(S)
鳳凰(FUNG-WONG)	0808	4.85	6.73	237.79(WSW)	9.75	232.50(SW)
如麗(NURI)	0812	2.53	4.84	156.25(SSE)	10.99	187.50(S)
辛樂克(SINLAKU)	0813	3.08	5.27	254.99(WSW)	6.80	277.50(W)
哈格比(HAGUPIT)	0814	4.10	5.90	154.62(SSE)	10.99	172.50(S)
薔蜜(JANGMI)	0815	3.45	5.72	235.17(SW)	9.75	172.50(S)
蓮花 (LINFA)	0903	2.54	6.14	251.88(WSW)	10.99	262.50(W)
莫拉菲(MOLAVE)	0906	2.92	4.97	151.64(SSE)	9.75	202.50(SSW)
莫拉克(MORAKOT)	0908	5.27	6.97	240.47(WSW)	10.99	232.50(SW)
芭瑪(PARMA)	0917	3.01	5.19	152.68(SSE)	10.99	172.50(S)
萊羅克(LIONROCK) 及南修(NAMTHEUM)	1006 1008	1.36	3.40	264.99(W)	8.64	307.50(NW)
莫蘭蒂(MERANTI)	1010	0.78	4.06	283.11(WNW)	7.67	292.50(WNW)
凡那比(FANAPI)	1011	2.55	6.20	256.82(WSW)	9.75	247.50(WSW)
梅姬(MEGI)	1013	2.76	8.13	260.62(W)	10.99	247.50(WSW)

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

表 3.8 高雄港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)

颱風名稱	編號	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均 波向(°)	譜峰 週期(s)	主波 方向(°)
馬莎(MATSA)	0509	2.36	5.20	183.72(S)	9.75	262.50(W)
珊瑚(SANVU)	0510	1.87	6.39	229.22(SW)	8.64	217.50(SW)
泰利(TALIM)	0513	1.06	5.00	262.88(W)	7.67	187.50(S)
卡努(KHANUN)	0515	1.40	3.88	202.94(SSW)	8.64	157.50(SSE)
丹瑞(DAMREY)	0518	1.48	3.99	199.96(SSW)	8.64	172.50(S)
龍王(LONGWANG)	0519	1.32	4.00	170.01(S)	9.75	307.50(NW)
珍珠(CHANCHU)	0601	4.11	10.54	213.57(SSW)	13.96	217.50(SW)
艾維尼(EWINIAR)	0603	1.30	6.50	237.66(WSW)	8.64	262.50(W)
碧利斯(BILIS)	0604	3.04	6.68	234.42(SW)	10.99	262.50(W)
凱米(KAEMI)	0605	1.58	6.25	219.64(SW)	8.64	217.50(SW)
桑美(SAOMAI)及 寶發(Bopha)	0608 0609	1.23	3.16	124.69(SE)	9.75	217.50(SW)
珊珊(SHANSHAN)	0613	1.07	4.31	262.25(W)	8.64	307.50(NW)
帕布(PABUK)及 梧提(WUTIP)	0706 0707	1.68	6.13	225.96(SW)	8.64	202.50(SSW)
聖帕(SEPAT)	0708	2.24	7.33	247.50(WSW)	10.99	307.50(NW)
韋帕(WIPHA)	0712	1.37	3.86	206.00(SSW)	9.75	307.50(NW)
柯羅莎(KROSA)	0715	1.99	4.73	279.18(W)	10.99	307.50(NW)
米塔(MITAG)	0723	1.03	5.03	262.78(W)	10.99	307.50(NW)
卡玫基(KALMAEGI)	0807	1.62	4.07	242.01(WSW)	7.67	202.50(SSW)
鳳凰(FUNG-WONG)	0808	5.00	6.88	241.62(WSW)	9.75	247.50(WSW)
如麗(NURI)	0812	2.32	4.94	156.89(SSE)	10.99	187.50(S)
辛樂克(SINLAKU)	0813	3.15	5.44	250.45(WSW)	7.67	247.50(WSW)
哈格比(HAGUPIT)	0814	4.19	6.57	164.21(SSE)	10.99	172.50(S)
薔蜜(JANGMI)	0815	3.46	5.83	237.36(WSW)	10.99	172.50(S)
蓮花 (LINFA)	0903	2.60	6.29	251.30(WSW)	10.99	262.50(W)
莫拉菲(MOLAVE)	0906	2.61	4.87	153.45(SSE)	9.75	262.50(W)
莫拉克(MORAKOT)	0908	5.30	7.12	242.34(WSW)	10.99	247.50(WSW)
芭瑪(PARMA)	0917	2.97	5.52	158.90(SSE)	8.64	172.50(S)
萊羅克(LIONROCK) 及南修 (NAMTHEUM)	1006 1008	1.30	3.52	266.51(W)	8.64	307.50(NW)
莫蘭蒂(MERANTI)	1010	0.78	3.97	282.68(WNW)	7.67	307.50(NW)
凡那比(FANAPI)	1011	2.61	5.79	256.42(WSW)	9.75	247.50(WSW)
梅姬(MEGI)	1013	2.79	8.27	263.47(W)	10.99	262.50(W)

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

表 3.9 花蓮港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)

颱風名稱	編號	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均 波向(°)	譜峰 週期(s)	主波 方向(°)
馬莎(MATSA)	0509	4.92	6.65	119.76(ESE)	10.99	157.50(SSE)
珊瑚(SANVU)	0510	2.24	6.14	114.62(ESE)	9.75	142.50(SE)
泰利(TALIM)	0513	0.97	3.06	170.21(S)	6.03	187.50(S)
卡努(KHANUN)	0515	2.57	5.51	102.06(ESE)	9.75	22.50(NNE)
丹瑞(DAMREY)	0518	2.37	5.82	104.52(ESE)	8.64	127.50(SE)
龍王(LONGWANG)	0519	2.60	7.41	77.96(ENE)	10.99	52.50(NE)
珍珠(CHANCHU)	0601	3.87	10.64	163.80(SSE)	13.96	172.50(S)
艾維尼(EWINIAR)	0603	1.08	3.80	68.38(ENE)	12.38	37.50(NE)
碧利斯(BILIS)	0604	2.65	5.55	165.83(SSE)	10.99	187.50(S)
凱米(KAEMI)	0605	3.68	6.26	93.35(E)	9.75	37.50(NE)
桑美(SAOMAI)及 寶發(Bopha)	0608 0609	1.70	6.55	100.60(E)	10.99	22.50(NNE)
珊珊(SHANSHAN)	0613	2.26	5.16	51.60(NE)	10.99	52.50(NE)
帕布(PABUK)及 梧提(WUTIP)	0706 0707	5.54	7.45	98.60(E)	10.99	97.50(E)
聖帕(SEPAT)	0708	3.79	9.74	62.42(ENE)	12.38	52.50(NE)
韋帕(WIPHA)	0712	2.38	5.55	136.00(SE)	9.75	22.50(NNE)
柯羅莎(KROSA)	0715	4.34	10.79	57.45(ENE)	13.96	52.50(NE)
米塔(MITAG)	0723	3.01	7.43	69.96(ENE)	10.99	67.50(ENE)
卡玫基(KALMAEGI)	0807	2.12	5.19	145.57(SE)	7.67	142.50(SE)
鳳凰(FUNG-WONG)	0808	3.61	8.30	89.23(E)	12.38	187.50(S)
如麗(NURI)	0812	3.01	5.42	107.38(ESE)	10.99	52.50(NE)
辛樂克(SINLAKU)	0813	3.54	8.25	92.59(E)	10.99	67.50(ENE)
哈格比(HAGUPIT)	0814	5.69	7.28	118.31(ESE)	12.38	52.50(NE)
薔蜜(JANGMI)	0815	5.02	9.96	82.11(E)	12.38	52.50(NE)
蓮花 (LINFA)	0903	1.26	6.76	172.33(S)	9.75	187.50(S)
莫拉菲(MOLAVE)	0906	4.19	6.20	113.90(ESE)	8.64	127.50(SE)
莫拉克(MORAKOT)	0908	3.17	5.64	193.29(SSW)	10.99	172.50(S)
芭瑪(PARMA)	0917	3.46	5.91	123.43(ESE)	10.99	52.50(NE)
萊羅克(LIONROCK) 及南修 (NAMTHEUM)	1006 1008	1.66	3.22	72.81(ENE)	8.64	37.50(NE)
莫蘭蒂(MERANTI)	1010	0.89	3.63	53.59(NE)	6.80	52.50(NE)
凡那比(FANAPI)	1011	2.03	3.60	83.26(E)	9.75	142.50(SE)
梅姬(MEGI)	1013	2.82	4.20	40.74(NE)	10.99	52.50(NE)

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

表 3.10 蘇澳港颱風時期最大波浪參數值(2005~2010)

颱風名稱	編號	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均 波向(°)	譜峰 週期(s)	主波 方向(°)
馬莎(MATSA)	0509	4.30	6.33	112.90(ESE)	12.38	142.50(SE)
珊瑚(SANVU)	0510	2.17	5.83	110.76(ESE)	9.75	127.50(SE)
泰利(TALIM)	0513	1.02	3.19	166.80(SSE)	6.03	172.50(S)
卡努(KHANUN)	0515	2.92	5.53	99.62(E)	9.75	37.50(NE)
丹瑞(DAMREY)	0518	2.29	5.46	109.33(ESE)	8.64	142.50(SE)
龍王(LONGWANG)	0519	2.54	7.17	73.67(ENE)	10.99	52.50(NE)
珍珠(CHANCHU)	0601	4.02	10.89	139.72(SE)	13.96	127.50(SE)
艾維尼(EWINIAR)	0603	1.35	5.51	62.93(ENE)	12.38	37.50(NE)
碧利斯(BILIS)	0604	2.85	5.84	155.93(SSE)	10.99	187.50(S)
凱米(KAEMI)	0605	2.50	5.61	108.68(ESE)	9.75	52.50(NE)
桑美(SAOMAI)及 寶發(Bopha)	0608 0609	1.59	6.02	98.25(E)	10.99	37.50(NE)
珊珊(SHANSHAN)	0613	2.73	5.27	59.14(ENE)	10.99	52.50(NE)
帕布(PABUK)及 梧提(WUTIP)	0706 0707	6.60	8.02	92.28(E)	10.99	82.50(E)
聖帕(SEPAT)	0708	3.52	9.84	66.70(ENE)	12.38	67.50(ENE)
韋帕(WIPHA)	0712	2.42	5.59	132.12(SE)	9.75	37.50(NE)
柯羅莎(KROSA)	0715	4.23	10.82	63.30(ENE)	13.96	67.50(ENE)
米塔(MITAG)	0723	2.95	7.29	67.63(ENE)	10.99	37.50(NE)
卡玫基(KALMAEGI)	0807	2.26	5.13	151.26(SSE)	8.64	142.50(SE)
鳳凰(FUNG-WONG)	0808	3.30	8.13	85.21(E)	12.38	172.50(S)
如麗(NURI)	0812	2.48	4.91	105.85(ESE)	10.99	52.50(NE)
辛樂克(SINLAKU)	0813	3.31	8.00	89.01(E)	12.38	37.50(NE)
哈格比(HAGUPIT)	0814	4.53	6.63	109.38(ESE)	12.38	67.50(ENE)
薔蜜(JANGMI)	0815	4.74	9.80	78.47(ENE)	12.38	67.50(ENE)
蓮花 (LINFA)	0903	1.39	7.60	153.34(SSE)	9.75	172.50(S)
莫拉菲(MOLAVE)	0906	3.60	5.73	109.63(ESE)	7.67	52.50(NE)
莫拉克(MORAKOT)	0908	3.98	6.72	157.67(SSE)	12.38	37.50(NE)
芭瑪(PARMA)	0917	2.76	5.38	116.47(ESE)	10.99	67.50(ENE)
萊羅克(LIONROCK) 及南修 (NAMTHEUM)	1006 1008	1.48	3.25	75.06(ENE)	8.64	67.50(ENE)
莫蘭蒂(MERANTI)	1010	1.06	3.64	52.67(NE)	7.67	22.50(NNE)
凡那比(FANAPI)	1011	1.87	3.54	72.48(ENE)	9.75	22.50(NNE)
梅姬(MEGI)	1013	2.82	3.71	42.80(NE)	10.99	67.50(ENE)

註：表列中之方向角及方向代碼均為來向。

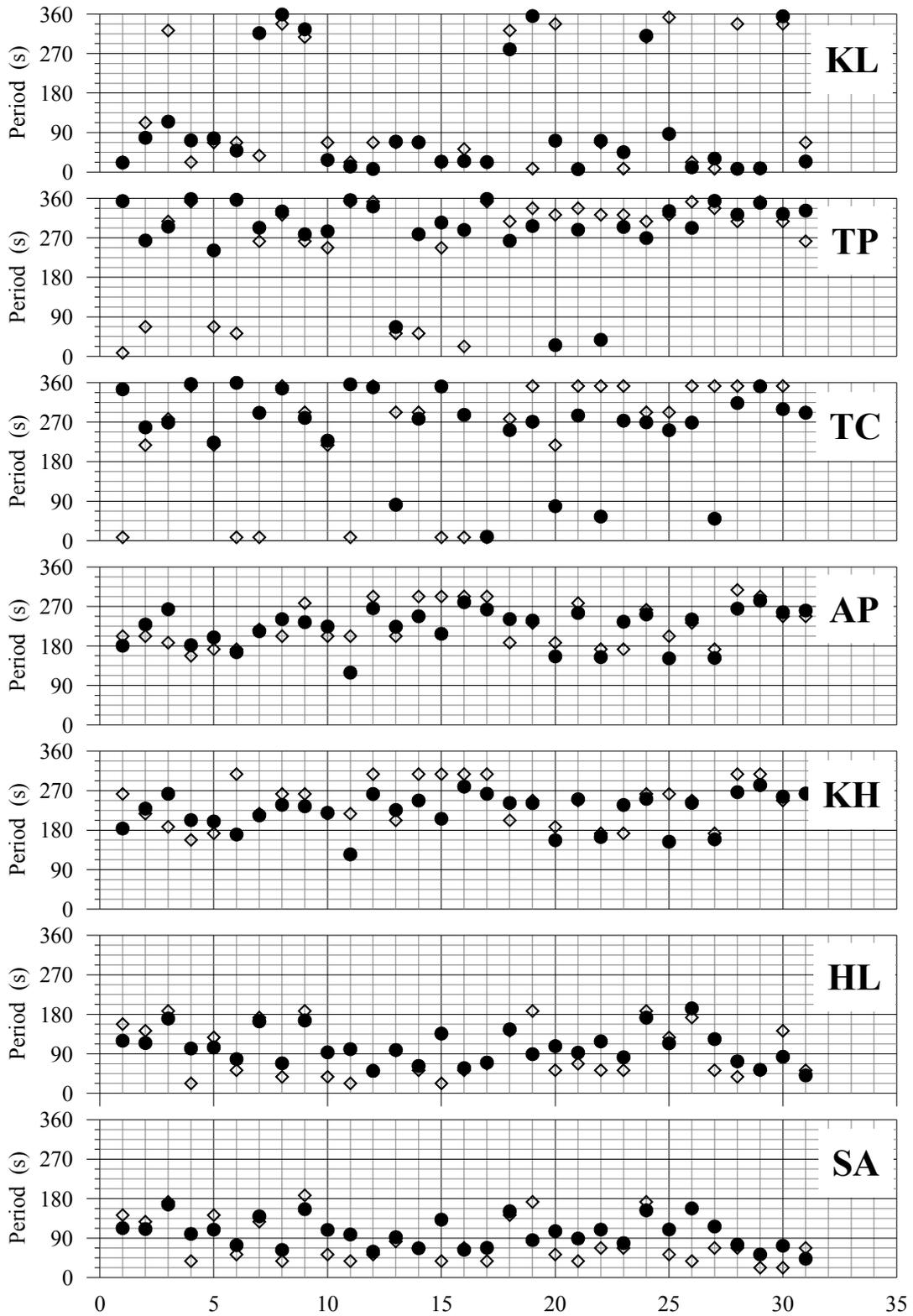


圖 3.71 2005 年~2010 年所有颱風期間最大波向分佈圖

(由上而下分別為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港，橫軸為颱風的次數)

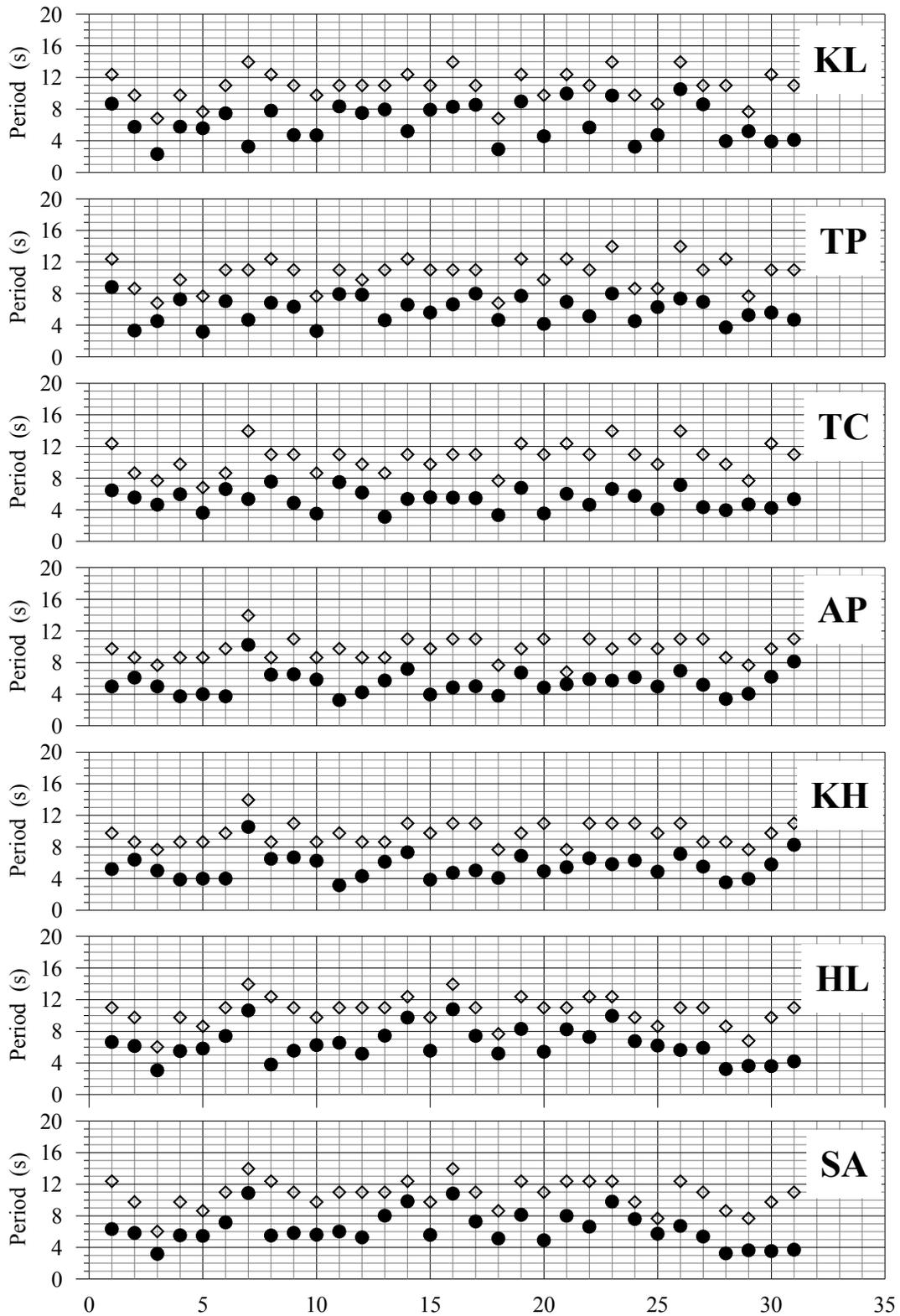


圖 3.72 2005 年~2010 年所有颱風期間最大週期分佈圖

(由上而下分別為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港，橫軸為颱風的次數)

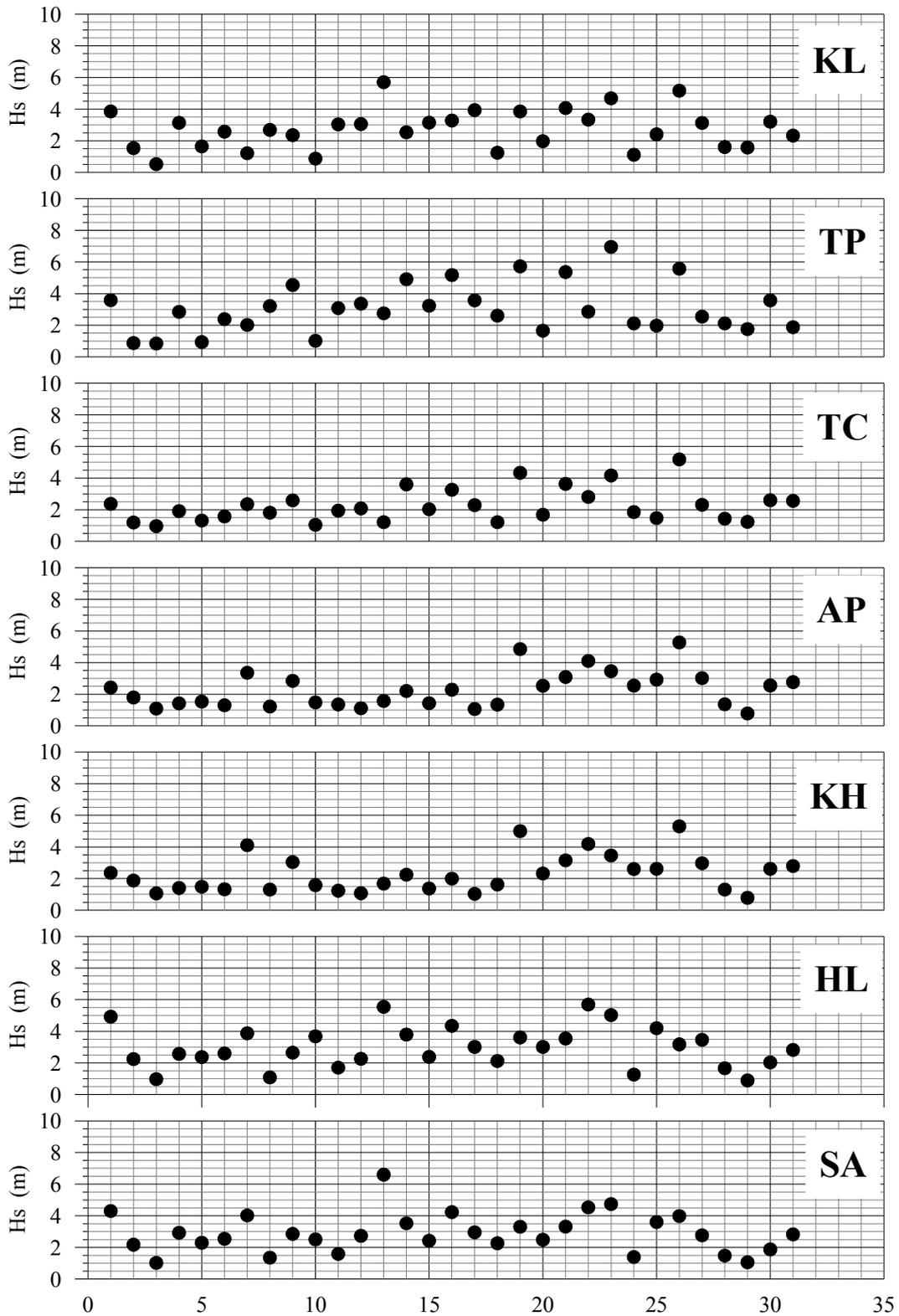


圖 3.73 2005 年~2010 年所有颱風期間最大示性波高分佈圖

(由上而下分別為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港，橫軸為颱風的次數)

表 3.11 2005 年~2010 年颱風時期各商港各相關參數參考值

商港名稱	參數	最大示性波高(m)	相對平均週期(s)	最大譜峰週期(s)	最大譜峰週期與相對平均週期比值
基隆港	平均值	2.7291	6.3144	10.8806	1.9298
	標準差	1.2595	2.3167	1.9747	0.7287
	信賴區間	0.4434	0.8155	0.6951	0.2565
	信賴區間/平均值	0.1625	0.1292	0.0639	0.1329
台北港	平均值	3.0620	5.9222	10.5107	1.8665
	標準差	1.5658	1.6176	1.9280	0.4721
	信賴區間	0.5512	0.5695	0.6787	0.1662
	信賴區間/平均值	0.1800	0.0962	0.0646	0.0890
台中港	平均值	2.2566	5.2597	10.4958	2.0682
	標準差	1.0494	1.2555	1.8892	0.4530
	信賴區間	0.3694	0.4420	0.6650	0.1595
	信賴區間/平均值	0.1637	0.0840	0.0634	0.0771
安平港	平均值	2.2569	5.4236	9.7013	1.8792
	標準差	1.1308	1.5100	1.4650	0.4373
	信賴區間	0.3981	0.5315	0.5157	0.1539
	信賴區間/平均值	0.1764	0.0980	0.0532	0.0819
高雄港	平均值	2.2847	5.5505	9.6937	1.8401
	標準差	1.1803	1.5690	1.4287	0.4405
	信賴區間	0.4155	0.5523	0.5029	0.1551
	信賴區間/平均值	0.1819	0.0995	0.0519	0.0843
花蓮港	平均值	2.9819	6.3574	10.5348	1.7717
	標準差	1.2936	2.0660	1.8246	0.4819
	信賴區間	0.4554	0.7273	0.6423	0.1696
	信賴區間/平均值	0.1527	0.1144	0.0610	0.0957
蘇澳港	平均值	2.8898	6.3359	10.6980	1.7976
	標準差	1.2324	2.0706	1.8528	0.4405
	信賴區間	0.4338	0.7289	0.6522	0.1551
	信賴區間/平均值	0.1501	0.1150	0.0610	0.0863

表 3.12a 基隆港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
N	8	26%	N	6	19%
NNE	8	26%	NNE	6	19%
NE	2	6%	NE	2	6%
ENE	7	23%	ENE	8	26%
E	1	3%	ESE	1	3%
ESE	1	3%	NW	4	13%
W	1	3%	NNW	4	13%
NW	3	10%			

表 3.12b 台北港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
N	7	23%	N	7	23%
NNE	1	3%	NNE	1	3%
NE	1	3%	NE	3	10%
ENE	1	3%	ENE	2	6%
WSW	1	3%	WSW	2	6%
W	5	16%	W	3	10%
WNW	8	26%			
NW	3	10%			
NNW	4	13%			

表 3.12c 台中港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
N	7	23%	N	19	61%
NE	2	6%	SW	4	13%
ENE	1	3%	W	2	6%
E	1	3%	WNW	5	16%
SW	2	6%	NW	1	3%
WSW	3	10%			
W	7	23%			
WNW	5	16%			
NW	1	3%			
NNW	2	6%			

表 3.12d 安平港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
ESE	1	3%	SSE	1	3%
SSE	5	16%	S	8	26%
S	2	6%	SSW	7	23%
SSW	3	10%	SW	3	10%
SW	5	16%	WSW	2	6%
WSW	8	26%	W	3	10%
W	6	19%	WNW	6	19%
WNW	1	3%	NW	1	3%

表 3.12e 高雄港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
SE	1	3%	SSE	1	3%
SSE	4	13%	S	6	19%
S	2	6%	SSW	2	6%
SSW	4	13%	SW	4	13%
SW	4	13%	WSW	4	13%
WSW	9	29%	W	6	19%
W	6	19%	NW	8	26%
WNW	1	3%			

表 3.12f 花蓮港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
NE	3	10%	NNE	3	10%
ENE	6	19%	NE	13	42%
E	7	23%	ENE	2	6%
ESE	8	26%	E	1	3%
SE	2	6%	SE	5	16%
SSE	2	6%	SSE	1	3%
S	2	6%	S	6	19%
SSW	1	3%			

表 3.12g 蘇澳港颱風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
NE	2	6%	NNE	2	6%
ENE	9	29%	NE	12	39%
E	5	16%	ENE	7	23%
ESE	8	26%	E	1	3%
SE	2	6%	SE	5	16%
SSE	5	16%	S	4	13%

表 3.13 2005 年~2009 年颱風時期安平港相對於高雄港之各相關參數
比值

參 數	最大 示性波高(m)	相對 平均週期(s)	最大 譜峰週期(s)	最大譜峰週期與 相對平均週期比值
平均值	0.9964	0.9791	1.0015	1.0245
標準差	0.0703	0.0355	0.0574	0.0761
信賴區 間	0.0247	0.0125	0.0202	0.0268
信賴區 間/平均值	0.0248	0.0128	0.0202	0.0261

3.3 2005 年至 2010 年季風波浪的模擬

為了瞭解波浪預報對常時波浪的推算結果，本計畫團隊針對 2005 年 1 月至 2010 年 10 月的所有風場進行波浪的推算，由於資料量過大，所有的成果將以電腦檔案形式移轉運輸研究所。在考量區隔颱風波浪的前提下，本節主要針對該時期的季風波浪的模擬結果進行分析，其中包含夏季西南季風季節以 7 月為主，以及冬季冬季季風季節以翌年 12 月及該年 1 及 2 月為範圍。表 3.14 至表 3.20 所示依序為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港於推算期間冬季季風時期最大波浪參數值(表 a)及波向統計表(表 b)，表中的所示的角度及代碼均是以正北方向為 0° 的航海座標系統所顯示的波浪來向。從各個表中可以看到，在冬季季風時期所推算的 17 個月裡，基隆港的最大平均波向以 NE、NNE 及 ESE 向為主，而最大主波方向則多分佈於 N 及 E 向為主。台北港的最大平均波向以 NNE 及 NE 向為主，但 SSE 及 NNW 亦佔相當比例，而最大主波方向則多分佈於 WSW、W 及 NW 向為主。台中港的最大平均波向以 W、WSW 及 WNW 為主，而最大主波方向則多分佈於 WSW 向。安平港的最大平均波向以 SW、SSW 及 WSW 為主，而最大主波方向則多分佈於 SSW 及 WSW 向。高雄港的最大平均波向以 SSW、SW 及 WSW 為主，而最大主波方向則多分佈於 SW 及 WSW 向。花蓮港的最大平均波向以 SSE、SE 及 NE 為主，而最大主波方向則多分佈於 SE、SSE 及 S 向。蘇澳港的最大平均波向以 SSE 及 SE 為主，而最大主波方向則多分佈於 SE 向。

表 3.21 為推算期間冬季季風時期針對各商港所推算之各相關參數最大值的統計值，各參數平均值之信賴區間均在 10% 以下。由於目前的統計分析方式僅係以各推算月份之全月份推算結果，擷取最大值進行分析，其代表性可能無法反應海象變化的時間特性，未來可能還需要設定各商港的極值統計分析的門檻值，使其更具意義。圖 3.74 至圖 3.80 是各商港於推算期間冬季季風時期針對各商港所推算之各相關參數的關係圖，圖中亦約略可以看到示性波高與平均週期，以及譜峰週期與平均週期之間的線性關係，但其他參數與波向的關係則非常不明

顯。在東部及東北部海岸的基隆港、花蓮港與蘇澳港的平均波向及主波方向都相當集中，但其他商港如台北港、台中港、安平港及高雄港則相當地分散，應與其位於相對較淺的水域以及台灣海峽內受到台灣的遮蔽與繞射效應有關。

表 3.14a 基隆港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

月份	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均波向(°)	譜峰 週期(s)	主波方向(°)
2005/01	1.23	3.24	102.52(ESE)	6.80	112.50(ESE)
2005/02	1.53	3.65	43.42(NE)	7.67	352.50(N)
2005/12	1.91	4.04	52.23(NE)	6.80	7.50(N)
2006/01	2.36	4.36	33.58(NNE)	9.75	7.50(N)
2006/02	1.48	3.62	32.32(NNE)	6.80	7.50(N)
2006/12	2.48	4.59	87.42(E)	8.64	67.50(ENE)
2007/01	1.20	3.22	102.55(ESE)	6.80	7.50(N)
2007/02	1.46	3.63	32.59(NNE)	6.80	7.50(N)
2007/12	1.26	3.34	31.78(NNE)	6.80	7.50(N)
2008/01	1.62	3.80	44.93(NE)	6.80	97.50(E)
2008/02	1.56	3.74	51.27(NE)	6.80	7.50(N)
2008/12	1.78	3.93	44.94(NE)	6.80	7.50(N)
2009/01	1.21	3.16	105.83(ESE)	6.80	97.50(E)
2009/02	2.06	4.56	16.78(NNE)	7.67	7.50(N)
2009/12	1.49	3.62	37.41(NE)	6.80	7.50(N)
2010/01	1.30	3.39	45.59(NE)	7.67	82.50(E)
2010/02	1.62	3.79	34.63(NE)	7.67	7.50(N)

註：表列中之方向及方向代碼均為來向。

表 3.14b 基隆港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
ESE	3	18%	ESE	1	6%
E	1	6%	E	3	18%
NE	8	47%	ENE	1	6%
NNE	5	29%	N	12	71%

表 3.15a 台北港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

月份	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均波向(°)	譜峰 週期(s)	主波方向(°)
2005/01	1.18	3.03	106.72(ESE)	7.67	37.50(NE)
2005/02	1.38	4.29	345.60(NNW)	8.64	247.50(WSW)
2005/12	1.53	3.59	42.06(NE)	8.64	247.50(WSW)
2006/01	1.93	3.83	343.04(NNW)	9.75	322.50(NW)
2006/02	1.40	3.48	18.57(NNE)	9.75	262.50(W)
2006/12	1.54	3.33	87.07(E)	8.64	322.50(NW)
2007/01	1.24	3.60	17.75(NNE)	7.67	247.50(WSW)
2007/02	1.21	3.36	357.68(N)	7.67	262.50(W)
2007/12	1.27	4.06	2.57(N)	7.67	52.50(NE)
2008/01	1.41	3.47	35.16(NE)	8.64	262.50(W)
2008/02	1.38	3.33	42.74(NE)	8.64	247.50(WSW)
2008/12	1.30	3.28	32.41(NNE)	8.64	247.50(WSW)
2009/01	1.20	3.04	104.13(ESE)	7.67	247.50(WSW)
2009/02	2.25	4.50	0.99(N)	7.67	352.50(N)
2009/12	1.22	3.92	1.86(N)	7.67	262.50(W)
2010/01	1.34	3.62	2.79(N)	8.64	247.50(WSW)
2010/02	1.38	4.32	356.79(N)	8.64	307.50(NW)

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

表 3.15b 台北港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
ESE	2	12%	WSW	7	41%
NNW	2	12%	W	4	24%
E	1	6%	NW	3	18%
NNE	3	18%	N	1	6%
NE	3	18%	NE	2	12%

表 3.16a 台中港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

月份	示性 波高(m)	平均 週期 (s)	平均波向(°)	譜峰 週期(s)	主波方向(°)
2005/01	1.13	3.77	284.56(WNW)	7.67	22.50(NNE)
2005/02	1.47	6.40	264.56(W)	8.64	247.50(WSW)
2005/12	1.36	3.50	263.01(W)	8.64	247.50(WSW)
2006/01	1.55	4.54	250.85(WSW)	8.64	247.50(WSW)
2006/02	1.84	3.98	302.75(WNW)	9.75	247.50(WSW)
2006/12	1.45	4.43	273.13(W)	8.64	352.50(N)
2007/01	1.22	3.58	266.42(W)	7.67	247.50(WSW)
2007/02	1.27	5.64	263.30(W)	7.67	247.50(WSW)
2007/12	1.26	3.66	285.07(WNW)	7.67	247.50(WSW)
2008/01	1.61	5.29	272.89(W)	8.64	247.50(WSW)
2008/02	1.51	3.66	352.44(N)	8.64	247.50(WSW)
2008/12	1.37	3.90	244.78(WSW)	8.64	247.50(WSW)
2009/01	1.28	3.42	245.99(WSW)	7.67	247.50(WSW)
2009/02	1.56	3.65	5.26(N)	7.67	352.50(N)
2009/12	1.15	3.44	254.49(WSW)	7.67	247.50(WSW)
2010/01	1.36	4.53	266.02(W)	8.64	247.50(WSW)
2010/02	1.33	3.87	277.03(W)	8.64	22.50(NNE)

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

表 3.16b 台中港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
WSW	4	24%	WSW	13	76%
W	8	47%	NNE	2	12%
WNW	3	18%	NNE	2	12%
N	2	12%			

表 3.17a 安平港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

月份	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均波向(°)	譜峰 週期(s)	主波方向(°)
2005/01	1.56	4.20	210.26(SSW)	8.64	202.50(SSW)
2005/02	2.01	7.15	242.92(WSW)	8.64	247.50(WSW)
2005/12	2.46	3.90	211.85(SSW)	9.75	217.50(SW)
2006/01	2.17	6.12	225.90(SW)	8.64	247.50(WSW)
2006/02	2.41	7.07	235.66(SW)	9.75	247.50(WSW)
2006/12	2.11	5.91	232.58(SW)	9.75	202.50(SSW)
2007/01	1.79	5.35	218.22(SW)	9.75	202.50(SSW)
2007/02	1.57	5.70	248.27(WSW)	7.67	202.50(SSW)
2007/12	1.73	4.01	189.37(S)	7.67	247.50(WSW)
2008/01	2.36	7.14	235.99(SW)	10.99	217.50(SW)
2008/02	1.99	6.33	230.04(SW)	9.75	217.50(SW)
2008/12	2.15	4.31	199.18(SSW)	9.75	202.50(SSW)
2009/01	1.95	4.22	215.20(SW)	9.75	202.50(SSW)
2009/02	1.84	6.01	237.66(WSW)	7.67	247.50(WSW)
2009/12	1.79	4.37	223.68(SW)	7.67	202.50(SSW)
2010/01	1.93	5.72	215.22(SW)	8.64	247.50(WSW)
2010/02	1.68	6.47	232.00(SW)	8.64	247.50(WSW)

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

表 3.17b 安平港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
S	1	6%	SSW	7	41%
SSW	3	18%	SW	3	18%
SW	10	59%	WSW	7	41%
WSW	3	18%			

表 3.18a 高雄港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

月份	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均波向(°)	譜峰 週期(s)	主波方向(°)
2005/01	1.71	4.25	198.76(SSW)	8.64	217.50(SW)
2005/02	2.06	7.18	243.26(WSW)	8.64	247.50(WSW)
2005/12	2.74	3.65	207.90(SSW)	10.99	232.50(SW)
2006/01	2.26	6.48	226.06(SW)	9.75	247.50(WSW)
2006/02	2.55	7.43	236.45(WSW)	9.75	247.50(WSW)
2006/12	2.21	5.34	232.65(SW)	9.75	217.50(SW)
2007/01	2.05	4.80	197.86(SSW)	9.75	217.50(SW)
2007/02	1.53	5.80	250.75(WSW)	8.64	217.50(SW)
2007/12	1.84	4.16	186.55(S)	8.64	217.50(SW)
2008/01	2.45	7.04	237.57(WSW)	10.99	247.50(WSW)
2008/02	2.18	5.45	207.91(SSW)	9.75	217.50(SW)
2008/12	2.26	4.39	204.18(SSW)	10.99	172.50(S)
2009/01	2.08	3.63	198.16(SSW)	9.75	217.50(SW)
2009/02	1.99	4.99	231.72(SW)	8.64	217.50(SW)
2009/12	1.86	4.33	223.46(SW)	8.64	217.50(SW)
2010/01	2.13	5.93	212.29(SSW)	9.75	217.50(SW)
2010/02	1.77	6.71	230.18(SW)	8.64	247.50(WSW)

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

表 3.18b 高雄港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
WSW	4	24%	WSW	5	29%
SW	5	29%	SW	11	65%
SSW	7	41%	S	1	6%
S	1	6%			

表 3.19a 花蓮港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

月份	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均波向(°)	譜峰 週期(s)	主波方向(°)
2005/01	2.37	4.74	155.78(SSE)	8.64	172.50(S)
2005/02	1.76	3.95	141.87(SE)	9.75	157.50(SSE)
2005/12	3.34	4.84	153.64(SSE)	10.99	157.50(SSE)
2006/01	2.72	5.34	147.84(SSE)	9.75	142.50(SE)
2006/02	2.60	4.65	151.19(SSE)	9.75	172.50(S)
2006/12	2.70	4.81	103.28(ESE)	10.99	142.50(SE)
2007/01	2.75	4.79	148.87(SSE)	9.75	157.50(SSE)
2007/02	1.89	4.04	45.95(NE)	8.64	142.50(SE)
2007/12	2.53	4.56	148.86(SSE)	7.67	37.50(NE)
2008/01	1.95	4.01	48.07(NE)	10.99	142.50(SE)
2008/02	2.35	4.19	140.62(SE)	9.75	142.50(SE)
2008/12	2.39	4.26	146.08(SE)	10.99	142.50(SE)
2009/01	2.56	4.65	150.26(SSE)	10.99	157.50(SSE)
2009/02	1.96	4.07	47.16(NE)	8.64	142.50(SE)
2009/12	2.40	4.86	154.14(SSE)	9.75	157.50(SSE)
2010/01	2.29	4.45	151.20(SSE)	9.75	172.50(S)
2010/02	1.72	3.75	140.63(SE)	8.64	157.50(SSE)

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

表 3.19b 花蓮港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
SSE	9	53%	SSE	6	35%
SE	4	24%	SE	7	41%
ESE	1	6%	S	3	18%
NE	3	18%	NE	1	6%

表 3.20a 蘇澳港冬季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

月份	示性 波高(m)	平均 週期(s)	平均波向(°)	譜峰 週期(s)	主波方向(°)
2005/01	2.36	4.66	151.45(SSE)	8.64	157.50(SSE)
2005/02	2.03	4.21	148.05(SSE)	9.75	142.50(SE)
2005/12	3.48	5.47	146.30(SSE)	9.75	127.50(SE)
2006/01	2.79	5.10	139.89(SE)	9.75	127.50(SE)
2006/02	2.67	4.82	144.33(SE)	9.75	142.50(SE)
2006/12	2.71	4.78	99.69(E)	10.99	127.50(SE)
2007/01	2.74	4.78	148.67(SSE)	9.75	142.50(SE)
2007/02	1.74	4.14	136.98(SE)	8.64	142.50(SE)
2007/12	2.48	4.64	145.15(SE)	7.67	157.50(SSE)
2008/01	1.91	4.01	45.40(NE)	10.99	127.50(SE)
2008/02	2.26	4.45	151.65(SSE)	9.75	127.50(SE)
2008/12	2.40	4.66	144.40(SE)	9.75	142.50(SE)
2009/01	2.55	4.76	143.03(SE)	9.75	127.50(SE)
2009/02	1.88	3.95	43.53(NE)	8.64	37.50(NE)
2009/12	2.39	4.94	147.10(SSE)	9.75	142.50(SE)
2010/01	2.33	4.52	149.34(SSE)	9.75	142.50(SE)
2010/02	1.88	4.08	141.67(SE)	8.64	142.50(SE)

註：表列中之方向角為去向，方向代碼為來向。

表 3.20b 蘇澳港冬季季風時期最大波向統計表(2005~2010)

平均波向			主波方向		
波 向	出現次數	出現比例	波 向	出現次數	出現比例
SSE	7	41%	SSE	2	12%
SE	7	41%	SE	14	82%
E	1	6%	NE	1	6%
NE	2	12%			

表 3.21 2005 年~2009 年冬季季風時期各商港各相關參數參考值

商港名稱	參數	最大示性波高(m)	相對平均週期(s)	最大譜峰週期(s)	最大譜峰週期與相對平均週期比值
基隆港	平均值	1.6207	3.7442	7.2876	1.9564
	標準差	0.3861	0.4402	0.8310	0.1867
	信賴區間	0.1456	0.1660	0.3135	0.0704
台北港	平均值	1.4209	3.6494	8.3720	2.3234
	標準差	0.2778	0.4416	0.6996	0.3153
	信賴區間	0.1048	0.1666	0.2639	0.1189
台中港	平均值	1.3961	4.1915	8.3073	2.0403
	標準差	0.1821	0.8574	0.6097	0.3320
	信賴區間	0.0687	0.3234	0.2300	0.1252
安平港	平均值	1.9712	5.5290	9.0057	1.6945
	標準差	0.2789	1.1515	0.9859	0.3928
	信賴區間	0.1052	0.4343	0.3719	0.1482
高雄港	平均值	2.0979	5.3850	9.5108	1.8637
	標準差	0.3096	1.2499	0.8719	0.5005
	信賴區間	0.1168	0.4714	0.3289	0.1888
花蓮港	平均值	2.3689	4.4682	9.7288	2.1911
	標準差	0.4181	0.4222	1.0262	0.2744
	信賴區間	0.1577	0.1593	0.3871	0.1035
蘇澳港	平均值	2.3877	4.5867	9.5099	2.0860
	標準差	0.4338	0.4098	0.8402	0.2416
	信賴區間	0.1636	0.1546	0.3169	0.0911

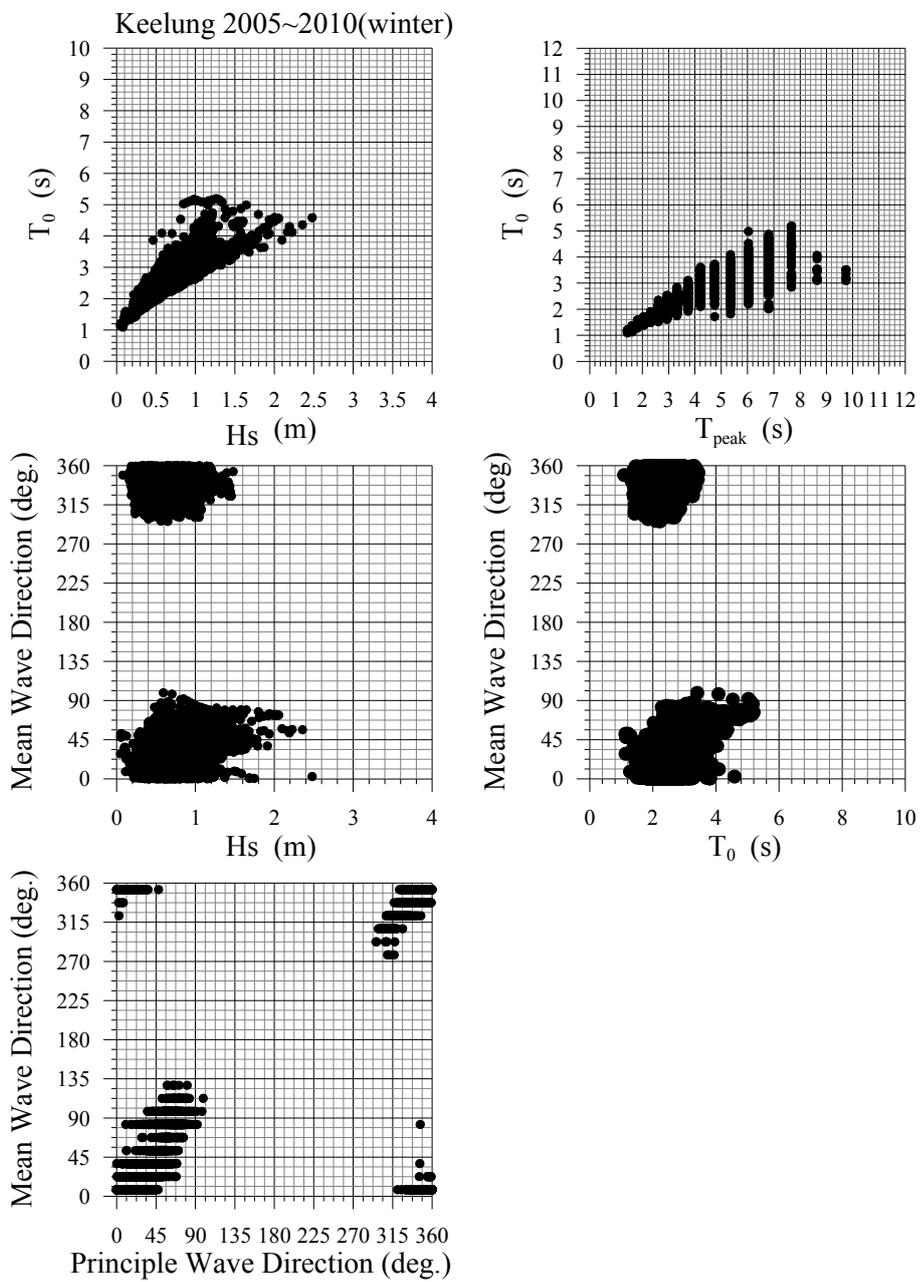


圖 3.74 2005~2010 年冬季季風期間基隆港波浪推算相關參數關係圖

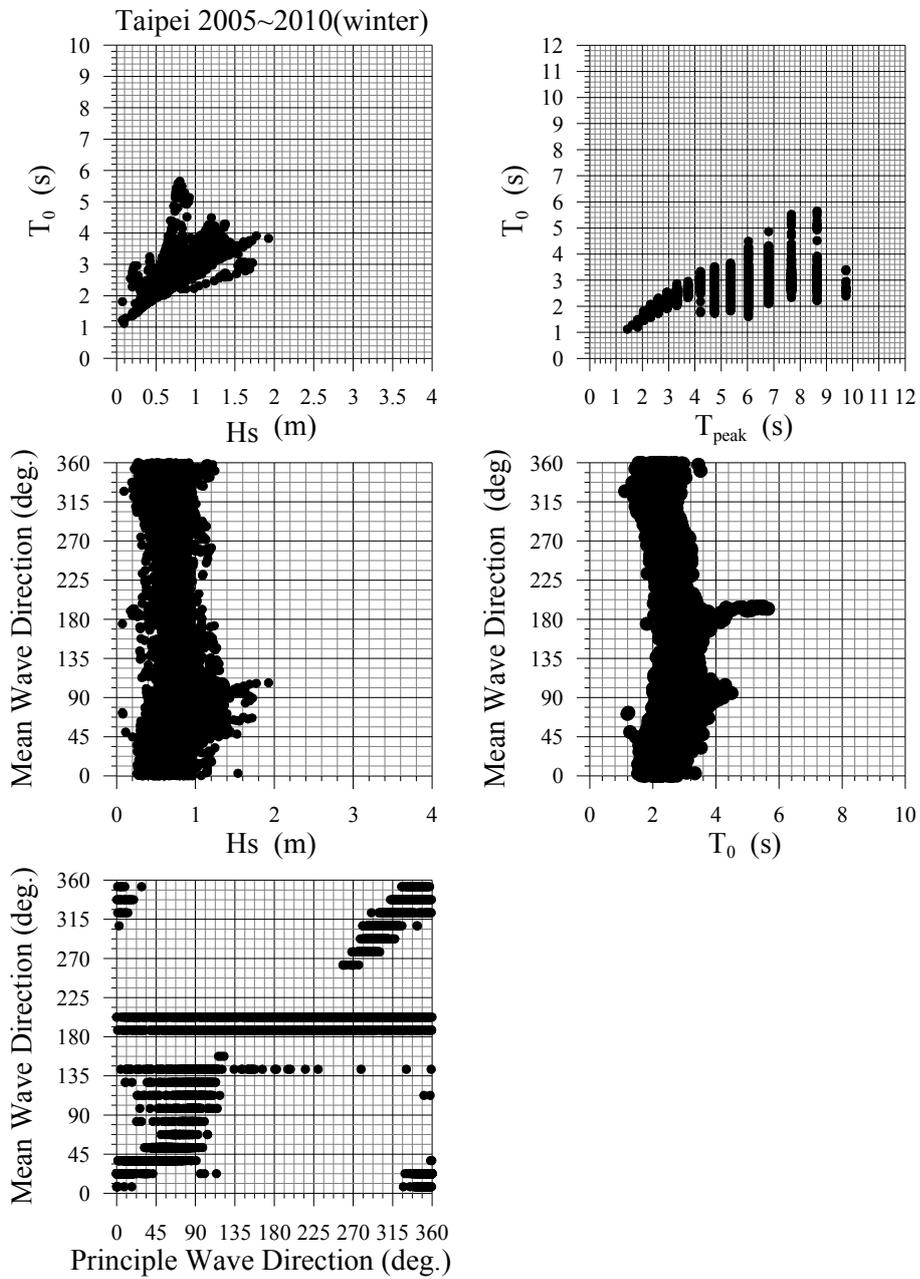


圖 3.75 2005~2010 年冬季季風期間台北港波浪推算相關參數關係圖

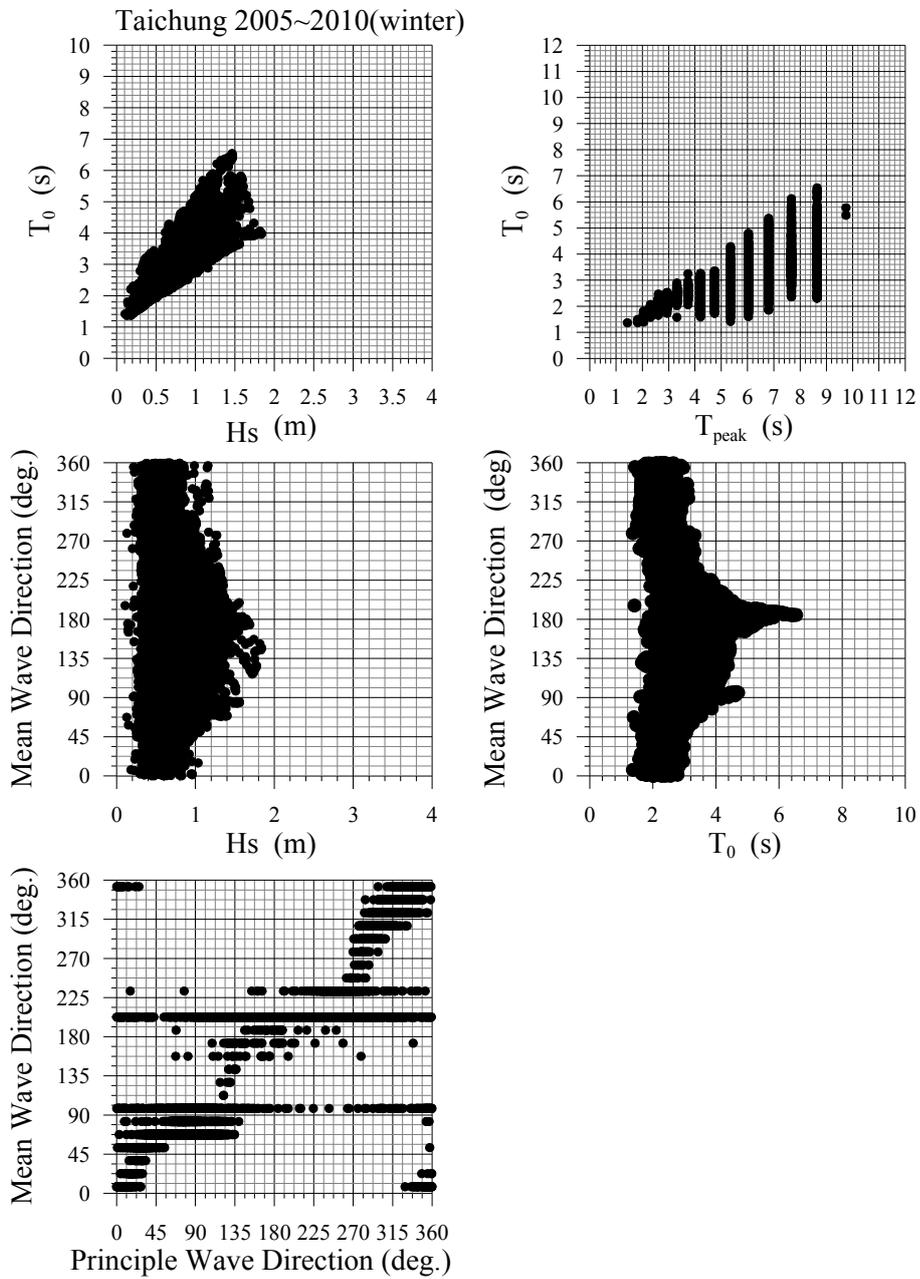


圖 3.76 2005~2010 年冬季季風期間台中港波浪推算相關參數關係圖

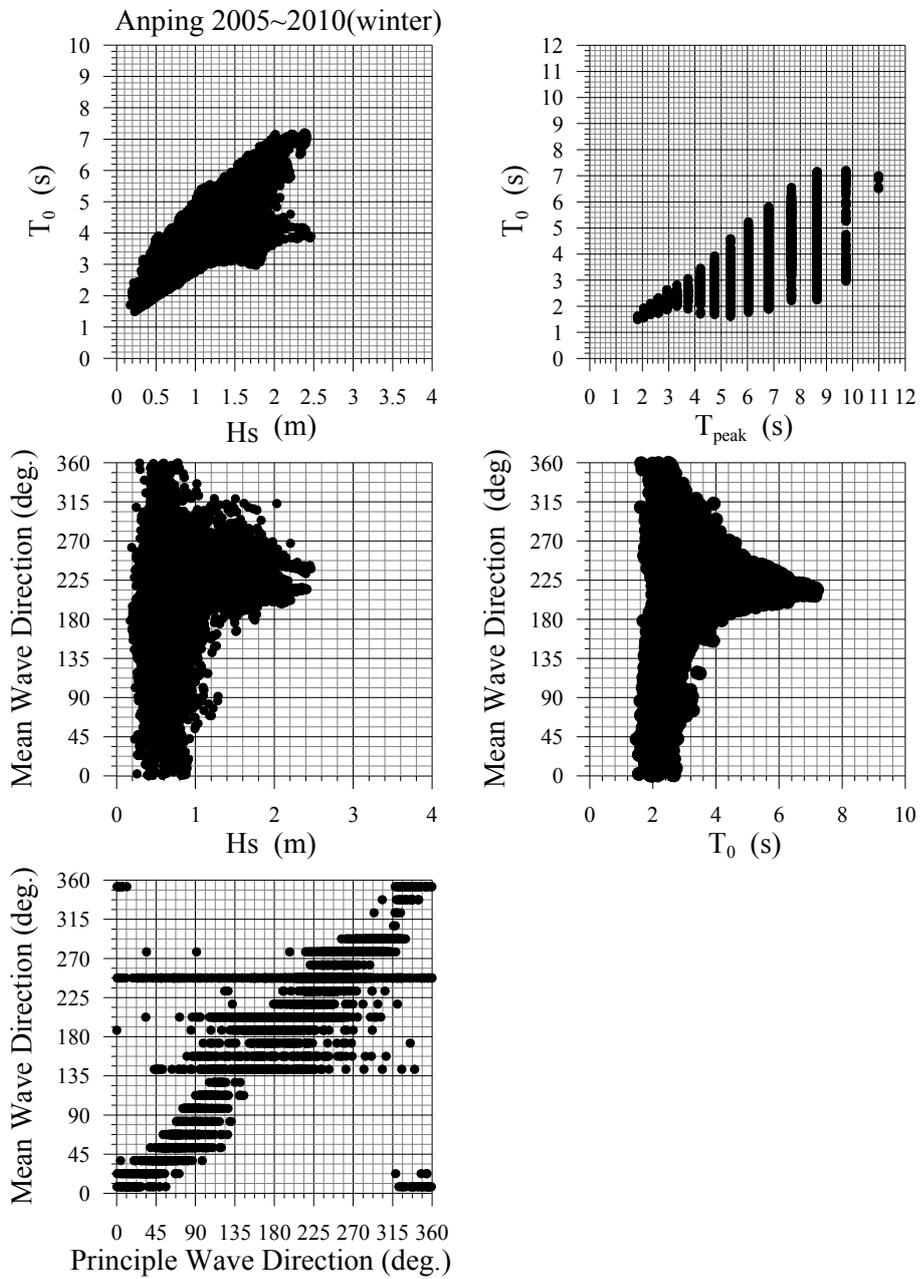


圖 3.77 2005~2010 年冬季季風期間安平港波浪推算相關參數關係圖

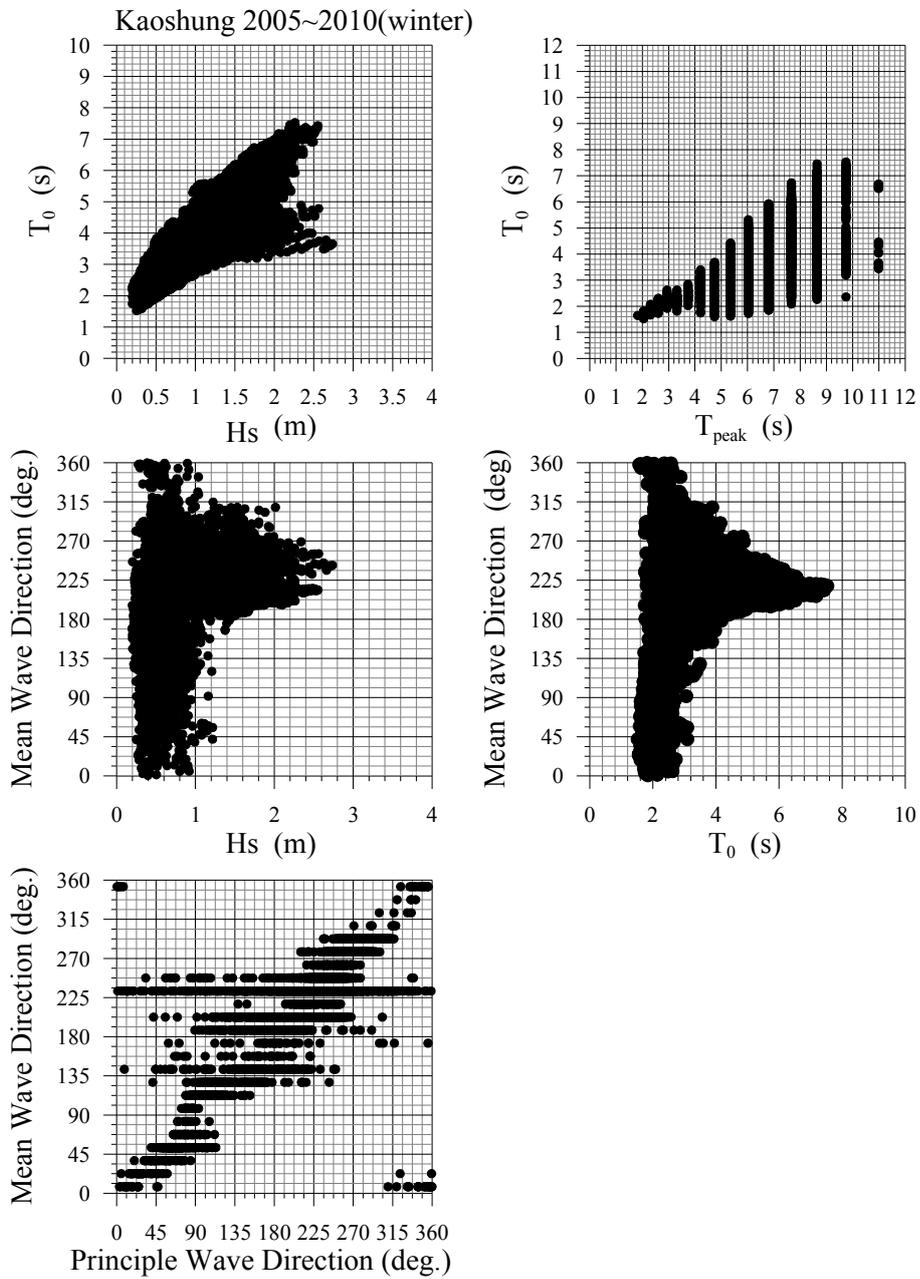


圖 3.78 2005~2010 年冬季季風期間高雄港波浪推算相關參數關係圖

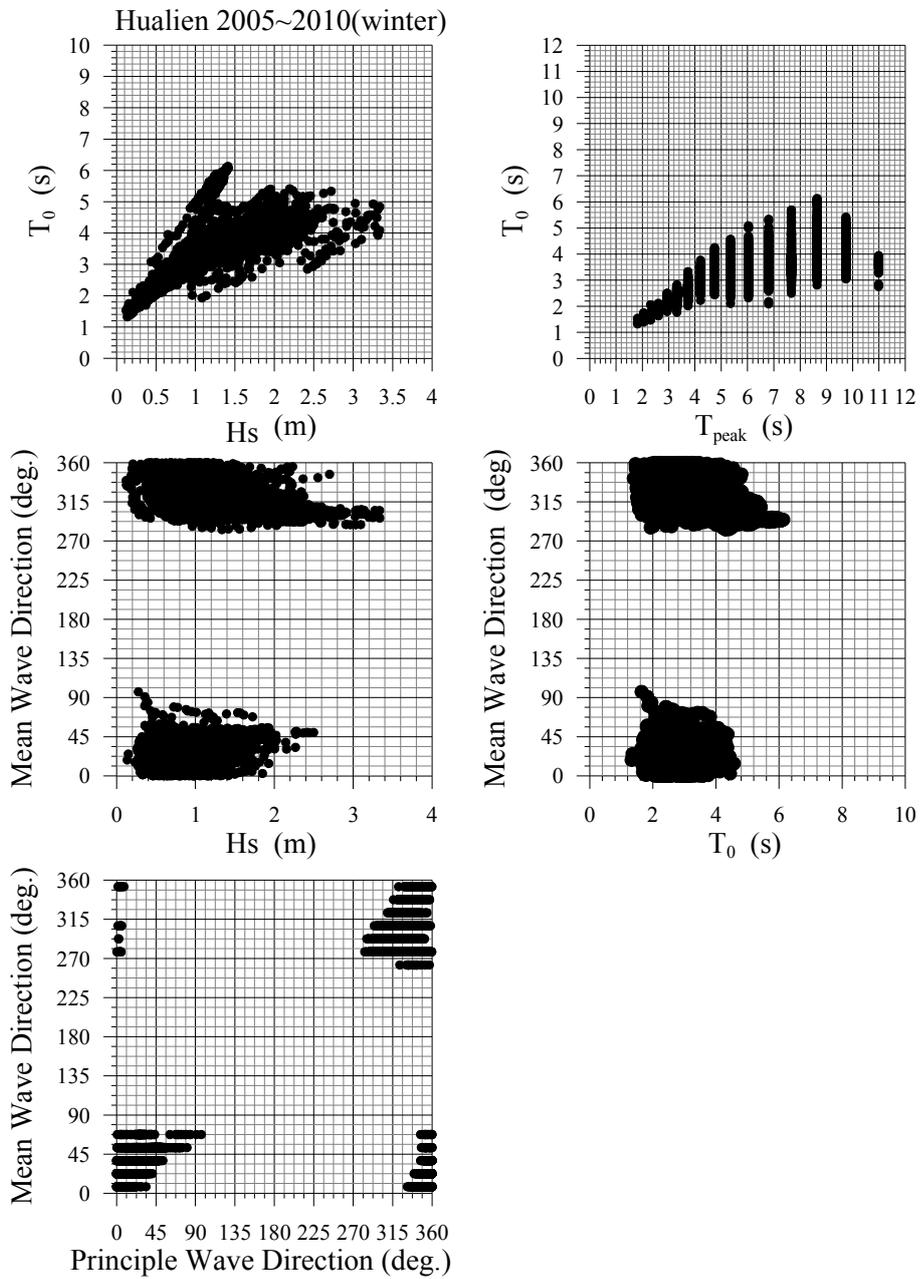


圖 3.79 2005~2010 年冬季季風期間花蓮港波浪推算相關參數關係圖

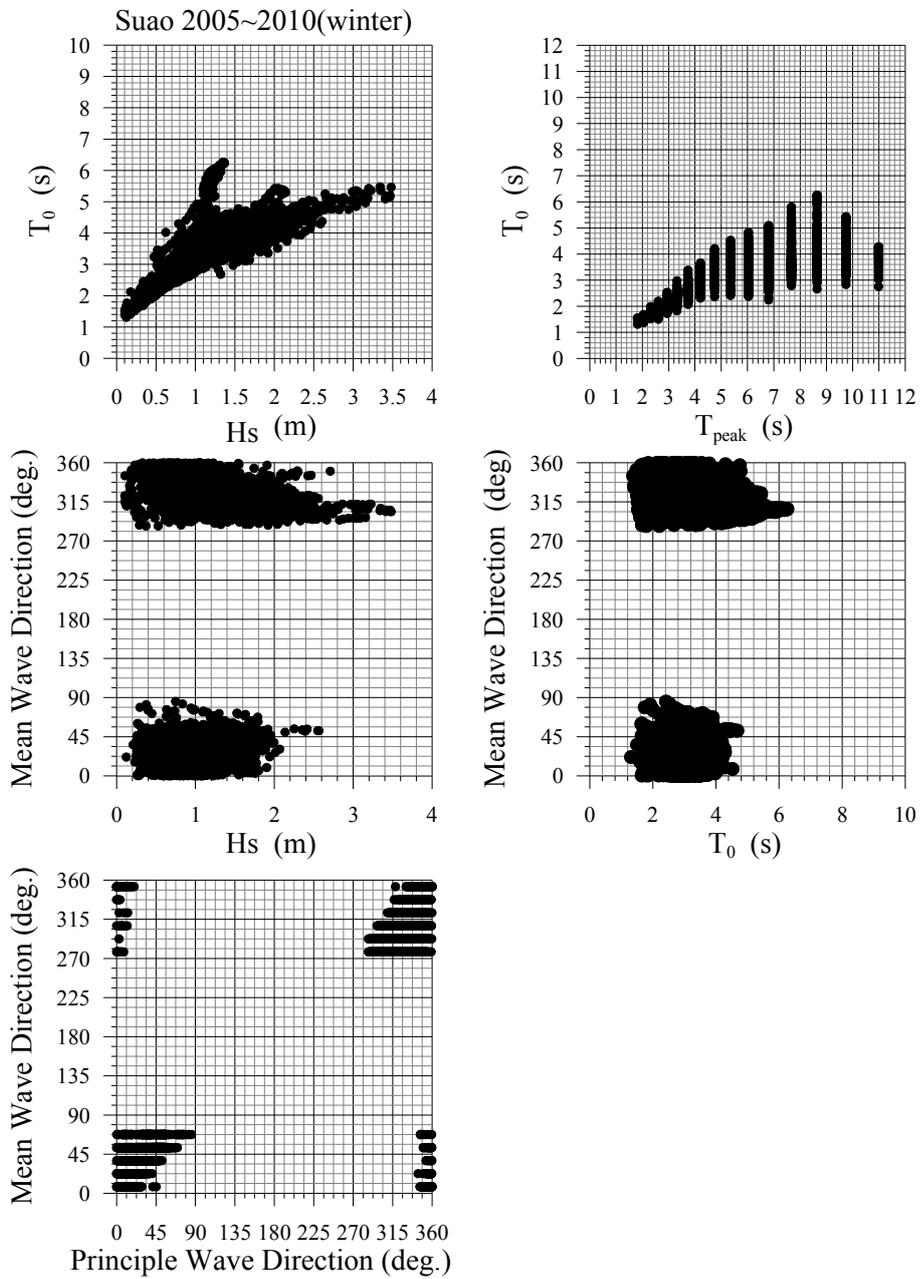


圖 3.80 2005~2010 年冬季季風期間蘇澳港波浪推算相關參數關係圖

表 3.20 各商港夏季季風時期最大波浪參數值(2005~2010)

商港名稱	月份	示性波高(m)	平均週期(s)	平均波向(°)	譜峰週期(s)	主波方向(°)
基隆港	2005/07	4.86	5.69	357.12(N)	13.96	337.50(NNW)
	2006/07	2.59	3.47	355.38(N)	15.74	337.50(NNW)
	2007/07	2.88	4.94	13.79(NNE)	13.96	337.50(NNW)
	2008/07	4.18	4.31	347.86(NNW)	12.38	337.50(NNW)
	2009/07	1.74	4.48	8.53(N)	8.64	352.50(N)
	2010/07	1.47	3.66	62.38(ENE)	7.67	37.50(NE)
台北港	2005/07	4.60	9.06	332.12(NNW)	13.96	322.50(NW)
	2006/07	3.24	4.37	308.07(NW)	15.74	337.50(NNW)
	2007/07	2.59	7.71	324.16(NW)	13.96	322.50(NW)
	2008/07	4.25	5.41	322.45(NW)	12.38	322.50(NW)
	2009/07	2.29	3.96	319.70(NW)	8.64	322.50(NW)
	2010/07	1.61	4.55	351.01(N)	7.67	22.50(NNE)
台中港	2005/07	3.43	7.14	307.33(NW)	13.96	352.50(N)
	2006/07	2.41	4.98	286.79(WNW)	12.38	352.50(N)
	2007/07	1.53	4.12	337.26(NNW)	13.96	352.50(N)
	2008/07	2.80	4.69	332.38(NNW)	12.38	352.50(N)
	2009/07	1.46	3.33	316.99(NW)	8.64	352.50(N)
	2010/07	1.39	3.16	59.60(ENE)	7.67	7.50(N)
安平港	2005/07	4.42	4.33	264.25(W)	12.38	217.50(SW)
	2006/07	2.62	6.67	257.44(WSW)	10.99	247.50(WSW)
	2007/07	1.45	3.43	255.95(WSW)	9.75	277.50(W)
	2008/07	2.40	6.42	248.380(WSW)	10.99	247.50(WSW)
	2009/07	1.39	3.58	236.04(SW)	9.75	292.50(WNW)
	2010/07	1.20	2.88	93.44(E)	8.64	292.50(WNW)
高雄港	2005/07	4.51	5.17	264.49(W)	12.38	217.50(SW)
	2006/07	2.63	6.37	259.94(W)	10.99	247.50(WSW)
	2007/07	1.43	3.27	267.07(W)	12.38	322.50(NW)
	2008/07	2.44	6.53	249.63(WSW)	10.99	247.50(WSW)
	2009/07	1.35	3.47	200.45(SSW)	9.75	277.50(W)
	2010/07	1.00	2.66	102.72(ESE)	8.64	307.50(NW)
花蓮港	2005/07	3.02	3.85	41.61(NE)	12.38	22.50(NNE)
	2006/07	2.56	5.23	57.97(ENE)	13.96	22.50(NNE)
	2007/07	2.14	5.41	70.41(ENE)	9.75	142.50(SE)
	2008/07	2.18	4.30	84.19(E)	10.99	307.50(NW)
	2009/07	1.41	3.62	151.26(SSE)	8.64	187.50(S)
	2010/07	2.43	4.63	75.53(ENE)	7.67	67.50(ENE)
蘇澳港	2005/07	3.16	3.88	68.88(ENE)	13.96	112.50(ESE)
	2006/07	2.49	4.75	56.10(NE)	12.38	67.50(ENE)
	2007/07	2.16	5.32	66.02(ENE)	9.75	22.50(NNE)
	2008/07	2.13	4.36	61.34(ENE)	10.99	22.50(NNE)
	2009/07	1.44	3.70	149.35(SSE)	8.64	22.50(NNE)
	2010/07	2.30	4.75	80.55(E)	7.67	37.50(NE)

第四章 近岸及港域波浪模擬

4.1 近岸海域及港域波浪模擬

當外海波浪向近岸傳播時，受到海域水深變淺之影響，波浪本身會產生淺化效應（即波長變短，波高增大），導致波浪尖銳度變大，產生非線性效應。一旦波浪尖銳度增大至波形保存之極限時，波浪即發生碎波現象，並釋出大量的波能。此外，在波浪傳播過程中，平面波浪受到底床地形變化或水中結構物之影響則會產生諸如折射，繞射及反射等現象，導致海面波浪形狀變得相當複雜。除上述物理現象外，底床之摩擦效應以及碎波所造成的波能損失均會改變波浪之形狀。因此，如何有效且精確地模擬國內各主要港口及其周圍波浪狀況乃為本計畫目標之一。

本計畫在臺灣近海波浪預報模擬作業化下，分別規畫大、中、小尺度及細網格等四種不同尺度網格進行臺灣近海波浪模擬與預報。其中小尺度網格主要用於模擬近岸及港域周圍波浪場，主要考慮外海波浪向近岸傳播過程中因地形及水深變化所產生的波浪變形，其物理機制主要有波浪之淺化效應、折繞射現象以及波浪碎波後波高減衰現象；細網格主要用於模擬波浪傳播至港口及港內水域時波浪及波高分佈情形，其物理機制包括地形水深引起的淺化效應、港口或海岸結構物或港域形狀所引起的折射、繞射及反射等現象。

針對近岸海域小尺度網格波浪模擬，由於所考慮的模擬範圍較大，在兼顧作業化需求及運算速度之考量下，本計畫選取 Kirby and Dalrymple (1983)依據拋物線型緩坡方程式所發展的波浪折繞射模式(REF/DIF)為本計畫之近岸區域波浪模式。由於此類型波浪模式本身不僅具有較快速且穩定的數值計算，同時可適用於較大的空間尺度之波浪場模擬，因此非常適合於本計畫之線上作業化，並可承接本計畫全域波浪預報模式(WAN & SWAN)預報模擬結果，將近海波浪推算至岸邊。

針對港口及港內波浪模擬，在考量港池形狀之不規則性及港池構造物對波浪反射之影響，本計畫選取以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素法波浪模式為本計畫之港域波浪模式，此類型波浪模式不僅可以準確地模擬波浪之折、繞現象，同時可以模擬波浪受到港域構造物影響所產生的反射現象。唯此類型波浪數值模式對於數值計算網格之需求相當龐大且數值計算相當費時，因而無法滿足本計畫 TaiCOMS 之線上作業需求，針對此問題本計畫另以建立港域波浪相關模式因應之。現階段港域波浪模擬重點主要針對颱風侵台期間所引起的大波浪進行相關數值模擬。

針對本計畫所採用的近岸區域波浪模式及港域波浪模式之基本理論簡述如下：

4.1.1 近岸區域波浪模式之基本理論

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

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

$$\begin{aligned} & (C_g + U)A_x + VA_y + i(\bar{k} - k)(C_g + U)A + \frac{\sigma}{2} \left\{ \left(\frac{C_g + U}{\sigma} \right)_x + \left(\frac{V}{\sigma} \right)_y \right\} A \\ & - \frac{i}{2\sigma} \left[(p - V^2)A_y \right]_y - \sigma \frac{k^2}{2} D|A|^2 A = 0 \end{aligned} \quad \dots\dots (4-1)$$

式中 $A(x, y)$ 為複數型式之自由表面波形振幅， A_x 及 A_y 分別為 x 及 y 方向之振幅分量， $\sigma = \omega - kU$ 為內在頻率(intrinsic frequency)， ω 為波浪之角頻率， $k(x, y)$ 為波浪週波數， \bar{k} 為參考週波數(定義為沿 y 軸上週波數之平均值)， U 及 V 分別為 x 及 y 方向之平均流速度，參數 $p = CC_g$ ， C 為波浪之波速， C_g 為波浪群速度， D 為非線性影響項等於

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

式中 h 為靜水深。Kirby (1986) 進一步依據 minimax 原則將 Booij 之近似解延伸以提升模式適用性之範圍，使得模式可以處理較大角度波浪傳播問題。因此，REF/DIF 模式之基本方程式如下：

$$\begin{aligned} & (C_g + U)A_x - 2\Delta_1 VA_y + i(\bar{k} - a_0 k)(C_g + U)A + \left\{ \frac{\sigma}{2} \left(\frac{C_g + U}{\sigma} \right)_x - \Delta_1 \sigma \left(\frac{V}{\sigma} \right)_y \right\} A \\ & + i\Delta' \left\{ \left[(p - V^2) \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_y - i\Delta_1 \left\{ \left[UV \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_x + \left[UV \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x \right]_y \right\} \right\} \\ & + i\sigma \frac{k^2}{2} D |A|^2 A + \frac{\nu}{2} A + \frac{-b_1}{k} \left\{ \left[(p - V^2) \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_{yx} + 2i \left[\sigma V \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_x \right\} \\ & + b_1 \beta \left\{ 2i\omega U \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x + 2i\sigma V \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y - 2UV \left(\frac{A}{\sigma} \right)_{xy} + \left[(p - V^2) \left(\frac{A}{\sigma} \right)_y \right]_y \right\} \\ & - \frac{i}{k} b_1 [(\omega V)_y + 3(\omega U)_x] \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x - \Delta_2 \left[\omega U \left(\frac{A}{\sigma} \right)_x + \frac{1}{2} \omega U_x \left(\frac{A}{\sigma} \right) \right] \\ & + ik\omega U (a_0 - 1) \left(\frac{A}{\sigma} \right) = 0 \end{aligned} \dots\dots\dots (4-3)$$

式中

$$\beta = \frac{k_x}{k^2} + \frac{\left[k(p - U^2) \right]_x}{2k^2(p - U^2)} \dots\dots\dots (4-4)$$

$$\Delta_1 = a_1 - b_1, \quad \Delta_2 = 1 + 2a_1 - 2b_1, \quad \Delta' = a_1 - b_1 \frac{\bar{k}}{k} \dots\dots\dots (4-5)$$

上述各式中， ν 為波浪消散因子，可依據能量消散特性給定不同的型式。而係數 a_0 ， a_1 及 b_1 可依據所考慮的波浪入射角度範圍利用

Minimax approximation 決定之，此處模式所採用的係數值分別為 $a_0 = 0.994733$ ， $a_1 = -0.890065$ ， $b_1 = -0.451641$ 。

當考慮波浪受到底床摩擦影響以及波浪碎波所產生的波能損失，模式採用具有消散項的線性緩坡方程式處理，即

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{i}{k} \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \nu A \dots\dots\dots (4-6)$$

式中 $i = \sqrt{-1}$ 。

本計畫 REF/DIF 模式採用有限差分數值方法求解此一拋物線型方程式，亦即將計算領域分割成具 Δx 及 Δy 大小之矩形網格，並求解格點上之複數振幅 $A(x, y)$ ，振幅 A 所在之位置係以 (i, j) 表示而非以座標 (x, y) ，如圖 4.1 所示，惟模式計算所需之地形可以輸入具 (x_i, y_j) 座標，其中 $x_i = (i-1)\Delta x$ ， $y_j = (j-1)\Delta y$ 。

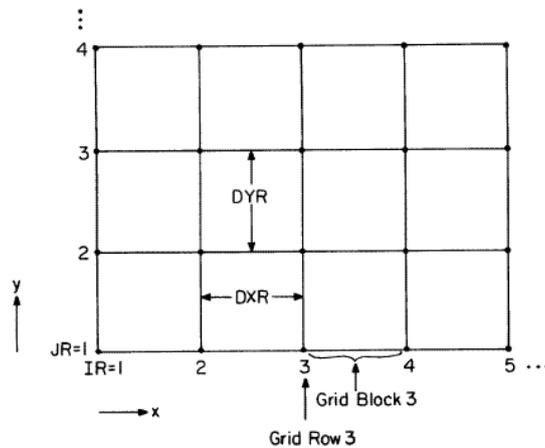


圖 4.1 REF/DIF 數值計算網格座標系統

4.1.2 港域波浪模式之基本理論

當波浪自外海傳播至港域時，受到水深地形變化以及海岸線、防波堤和港內岸壁等結構物之影響，波浪會產生繞射、折射及反射等現象。針對此一問題常見之求解方法是將整個問題的領域分為外海半無限領域和港池有限領域等兩個領域，如圖 4.2 所示；同時假設外海半無限領域為等水深，僅考慮港池有限領域則為緩變之不等深水域，且不考慮波浪的碎波現象。

如圖 4.2 所示，所取之直角座標系統為 X 軸與海岸線重合，Y 軸向外海為正，Z 軸垂直紙面向上為正，Z=0 為靜水面。外海半無限領域及有限領域別以領域(I)及(II)稱之，領域(I)及領域(II)之相連邊界為半徑 R_0 之半圓，以 B_1 表示。領域(II)則包含了港池內及港外半徑 R_0 之半圓區內水域部分，其所包括的海岸邊界、防波堤邊界及港池岸壁邊界以 B_2 表示。假設領域(I)為等水深 h_1 ，領域(II)之水深變化為 $h_2(x, y)$ 。各領域內水位變化 $\eta_j(x, y, t)$ 可表示成

$$\eta_j(x, y, t) = f_j(x, y)e^{i\omega t}, \quad j=1,2 \quad \dots\dots\dots (4-7)$$

式中 $f_1(x, y)$ 及 $f_2(x, y)$ 分別稱為領域(I)及領域(II)之波浪水位函數， ω 為入射波之角頻率 $\omega = 2\pi/T$ ， T 為入射波之週期。所欲求解之波浪水位函數 $f_j(x, y)$ ， $j=1, 2$ 分別滿足下列控制方程式：

$$\nabla^2 f_1 + K_1^2 f_1 = 0, \quad \text{在領域(I)內} \quad \dots\dots\dots (4-8)$$

$$\nabla \cdot (C_2 C_{2g} \nabla \phi) + (C_2 C_{2g} K_2^2 + i\omega\mu + iC_{2g}\omega\gamma)\phi = 0, \quad \text{在領域(II)內} \quad \dots\dots\dots (4-9)$$

式中 $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$ 為二維梯度運算子， μ 為摩擦因子， γ 為考慮波浪碎波之碎波參數， K_1 及 K_2 分別為波浪在領域(I)及(II)內之波數， C_2 為波浪在領域(II)內之波速(= L_2/T)， C_{2g} 為群速度(= κC_2)。其中 κ 定義為

$$\kappa = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2K_2 h_2}{\sinh 2K_2 h_2} \right) \quad \dots\dots\dots (4-10)$$

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

$$\mu = \frac{2\kappa\omega}{K_2} \left(\frac{2f_r}{3\pi} \frac{\alpha K_2^2}{(2K_2 h_2 + \sinh 2K_2 h_2) \sinh K_2 h_2} \right) \quad \dots\dots\dots (4-11)$$

式中， a 為波浪之振幅， f_r 為摩擦係數。碎波參數 γ 可採用下列計算式

$$\gamma = \frac{\chi}{h_2} \left(1 - \frac{\Gamma^2 h_2^2}{4a^2} \right) \quad \dots\dots\dots (4-12)$$

式中 χ 及 Γ 分別為經驗常數(其值可分別採用 0.15 及 0.4)。

在領域(I)及(II)之交接假想邊界(B_1)上須滿足下列連續條件：

$$f_1 = f_2 \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \dots\dots\dots (4-13)$$

$$C_1 C_{1g} \frac{\partial f_1}{\partial n} = -C_2 C_{2g} \frac{\partial f_2}{\partial n} \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_1 \text{ 上} \dots\dots\dots (4-14)$$

此外，在一般海岸線或結構物邊界(B_2)上須滿足下列部份反射邊界條件：

$$\frac{\partial f_2}{\partial n} = -i\alpha K_2 f_2 \quad , \quad \text{在假想邊界 } B_2 \text{ 上} \dots\dots\dots (4-15)$$

式中 n 表示邊界面上離開領域向外之單位法線向量， α 為消能係數，其值與波浪入射角、相位及港池岸壁之反射係數有關， $\alpha=0$ 時表示港池岸壁為完全反射之情況(即 $\partial f_2 / \partial n = 0$)，而 $\alpha=1$ 則表示港池岸壁具有完全消能之作用。一般常用之計算式如下：

$$\alpha = \frac{1 - K_r}{1 + K_r} \dots\dots\dots (4-16)$$

式中 K_r 為邊界之反射係數。

在領域(I)內波浪水位函數 f_1 通常是由入射波 f_I 及受到直線海岸線影響產生的反射波 f_R 及受到防波堤配置和港池開口影響而向外傳播之散射波 f_S 等構成的，因此 f_1 可表示

$$f_1 = f_I + f_R + f_S \dots\dots\dots (4-17)$$

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

$$\lim_{K_1 r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left(\frac{\partial}{\partial r} + iK_1 \right) f_S = 0 \dots\dots\dots (4-18)$$

假設入射波浪 $\eta^I(x, y, t)$ 之振幅為 A^I ，波長為 L_1 ，週波數為 K_1 ，波向為與正 X 軸成 θ° 角度，其複數表示為：

$$\eta^I(x, y, t) = A^I e^{-i[K_1(x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0) - \omega t]} \dots\dots\dots (4-19)$$

針對上述邊界值問題，一般常採用混合方法求解(Mei, 1989)，即對

於領域(I)使用理論解析法，領域(II)使用有限元素法合併求解(詳細求解過程請參考 Mei, 1989，或李等, 2002)。

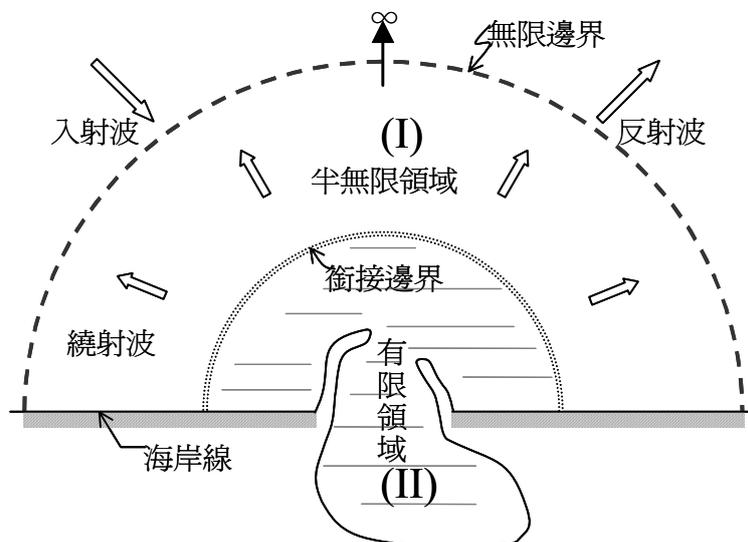


圖 4.2 港域波浪模式計算領域示意圖

4.1.3 本年度工作項目

本計畫近岸港區周圍及港內波浪模擬主要針對國內七大港口：基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等進行港區周圍及港內波浪場模擬工作，各港口之地理位置及港池外廓形狀如圖 4.3 所示。本年度為四年分期計畫之第四年，本年度計畫除了延續上述各港口港區周圍及港內波浪模擬作業化測試及提升模擬結果之準確性外，主要工作內容為建立基隆港波浪模擬子系統，以提供基隆港口船舶交通航運相關港灣環境資訊為目的。

4.2 歷年近岸港區及港內波浪模擬成果

本年度為四年期計畫「臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化研究」之第四年，以下僅將歷年研究成果摘要整理敘述。

4.2.1 近岸港區及港內波浪模式模擬範圍

本計畫小尺度波浪場模擬包括模擬範圍較大之各港區周圍近岸波浪場模擬及模擬範圍較小之各港域(港口及港內)波浪場模擬，前者數值

計算方法為有限差分法，其模擬範圍為矩形領域；後者數值計算方法為有限元素法，其模擬範圍在港口及海岸線外為一半圓形領域。針對各港區近岸港區波浪場模擬範圍及港域波浪場模擬範圍之選取說明如下：

港區周圍近岸波浪模擬範圍大小之選取，除了考慮各港口面積大小及形狀外，同時需要考慮海岸線走向及波浪可能來向，因此各港區周圍近岸波浪場模擬範圍之選取大致上依循沿岸方向距離約在 10km~20km 之間，離岸方向距離與地形水深有關約在 5km~10km 以內。另外，港域波浪模式模擬範圍之選取則考量各港口海岸地形、港口形狀與方向及兼顧模式理論之基本假設(如平直海岸線及半圓無限領域等)等因素。圖 4.4 至圖 4.10 所示分別為本計畫基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等七大港口近岸港區波浪模式及港域波浪模式模擬範圍，其中藍色粗線條之矩形範圍代表近岸港區波浪模式模擬範圍，紅色粗線條包圍之範圍代表港域波浪模式模擬範圍。

4.2.2 近岸港區及港內波浪模式數值計算網格

本計畫採用 Kirby and Dalrymple (1983)所發展的有限差分法波浪折繞射模式(REF/DIF)模擬港區周圍近岸波浪場狀況，其數值計算方法係以方格網座標為基礎，如圖 4.1 所示，其中方格網座標 x 軸正向定義為向岸方向，y 軸定義為平行海岸方向且向上為正。本計畫針對基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等港口所選取的近岸港區波浪場模擬範圍分別建立直角座標數值計算網格及地形水深分布如圖 4.11 至及圖 4.17 所示。圖中各港口數值計算網格之方格網間距為 10 m，點位 A、B、C、D 代表數值模擬結果輸出之點位，其中點位 A 代表各港口波浪觀測點位置。表 4.1 所列為各港口近岸港區波浪模擬數值計算網格相關參數，包括計算網格原點之二度分帶座標、座標轉換旋轉角度及數值計算網格大小等。

本計畫港域波浪模擬採用三角形元素構建非結構之數值計算網格，各港口非結構之數值計算網格產生程序說明如下：

步驟一：依各港口港域波浪模擬範圍以人為方法建構三角形元素節點，產生非結構之三角形網格，如圖 4.18 至圖 4.23 所示。圖中座標軸定義各港口外海邊界半圓之圓心為座標軸之原點，x 軸向右為正，y 軸向上為正。

步驟二：依據步驟一所產生的粗網格資料(邊界節點及內部節座標及水深)，給定適當之波浪週期條件(例如波浪週期 7 秒)及每個波長至少含有之節點數(例如 8 個)，利用三角網格自動生成程式可產生適合各港口港域波浪模擬所需之三角形元素非結構細網格及最佳化之節點編號。如表 4.2 所示為目前各港口港域波浪模擬所使用之三角形元素非結構細網格資料，包括三角形元素數目，節點數目、外海假想半圓邊界之半徑等。

4.2.3 近岸港區波浪模擬成果

本計畫近岸海象數值模擬作業系統除了延續原規劃之 72 小時數值模擬預報作業外，自 96 年起配合各港口海象觀測資訊及時傳輸網路建置，逐年構建港區即時(每小時)海象數值模擬作業系統。為達成各港口近岸港區波浪即時數值模擬作業目標，本計畫除了針對各港口近岸港區波浪模式進行模式校正外，並依據 2006 年各港口波浪觀測資料(波高、週期、波向)分別建立各港口近岸港區波浪模式之邊界模擬條件，並檢核波高觀測資料與模式模擬結果之差異，提出模式邊界波浪模擬條件與波高觀測資料間之校正關係，藉以提升數值模擬結果之準確性。

本計畫自 96 年度起逐年分別於 96 年度完成台中港、安平港及花蓮港等三港口近岸港區波浪模式校驗與即時數值模擬作業化測試，97 年度完成台北港及高雄港等港口近岸港區波浪模式校驗與即時數值模擬作業化測試，98 年度完成基隆港及蘇澳港等港口近岸港區波浪模式校驗。圖 4.24 至圖 4.30 所示分別為基隆港、台北港、台中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等港口近岸港區波浪模式波高邊界條件校驗成果，圖中所示分別代表各港口波高觀測資料與近岸港區波浪模式模擬波高間之相關性，顯示各港口模擬波高與觀測波高之相關性以基隆港最為分散，其次為花蓮港；此一結果顯示目前基隆港及花蓮港近岸

港區波浪模式仍有待進一步研究改善數值模擬結果。

有關各港口港區近岸波浪模擬成果較詳細資料可分別參考各年度(96、97、98)研究報告，圖 4.31 所示為本計畫各港口近岸港區波浪模擬結果輸出之等波高分布及浪波前進方向向量圖。

4.2.4 港域波浪模擬成果

依本計畫近岸海象數值模擬作業系統規劃，各港口港域波浪數值模擬作業化受到模式運算時間較費時之影響，需要另外建置各港口港域波浪模擬相關模式因應外，僅須在颱風侵臺期間進行數值模擬作業化測試。

本計畫分別於 96 年度完成台中港、安平港及花蓮港等三港口港域波浪模式之建置，96 年度完成台北港港域波浪模式之建置及 97 年度完成基隆港及蘇澳港等港口港域波浪模式之建置，其中高雄港因雙港口(一、二港口並存)問題目前尚未完成建置。另外，在港域波浪模擬相關模式問題上，本計畫已於 97 年度完成台中港港域波浪模擬之波高相關模式，並進行作業化模擬測試。上述相關研究成果可分別參考各年度(96、97、98)研究報告，圖 4.32 所示為本計畫各港口港域波浪模擬結果輸出之等波高分布圖。

表 4.1 近岸區域波浪模式數值計算網格資料

港口 名稱	原點座標(二度分帶)		座標系統 旋轉角度	網格大小 (10m)
	X(m)	Y(m)		
基隆港	322539.0	2787360.0	256.0°	621×731
台北港	278577.0	2784690.0	-55.0°	801×1301
台中港	198113.0	2696163.0	-36.0°	1001×1901
安平港	162072.0	2533583.0	60.0°	1001×501
高雄港	177877.0	2487555.0	38.0°	801×1701
花蓮港	316892.0	2655232.0	150.0°	321×801
蘇澳港	341180.0	2725933.0	185.0°	601×801

表 4.2 港域波浪模擬之數值計算網格資料

港口名稱	數值計算之三角網格		外海假想邊界半徑(m)	最大水深(m)
	元素數目	節點數目		
基隆港	59,694	30,679	1000.0	50.0
台北港	268,830	135,484	3500.0	25.0
台中港	327,611	166,214	3500.0	23.0
安平港	100,728	51,159	2000.0	15.0
花蓮港	130,169	258,117	2200.0	100.0
蘇澳港	70,797	36,436	826.0	30.0

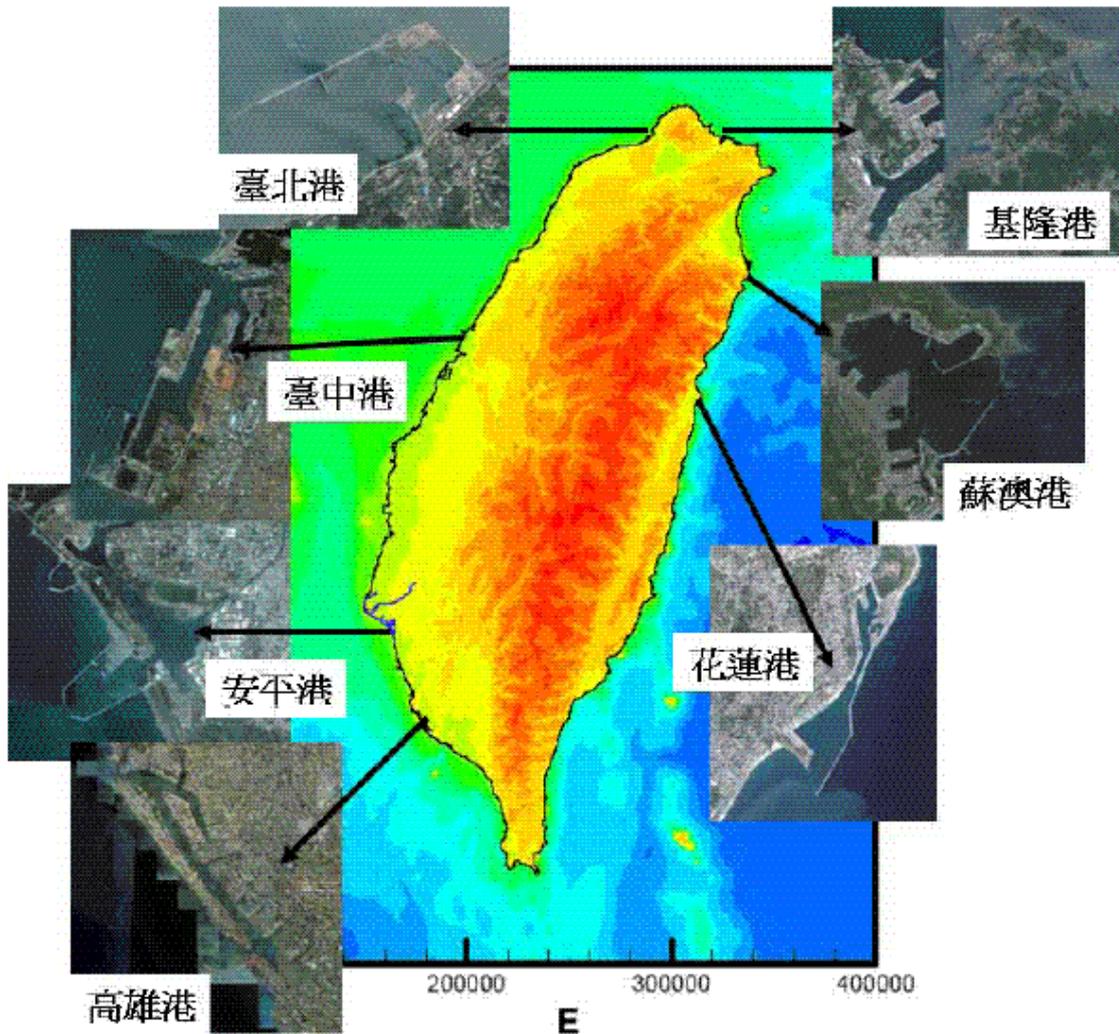


圖 4.3 國內七大港口地理位置及港區示意圖示意圖

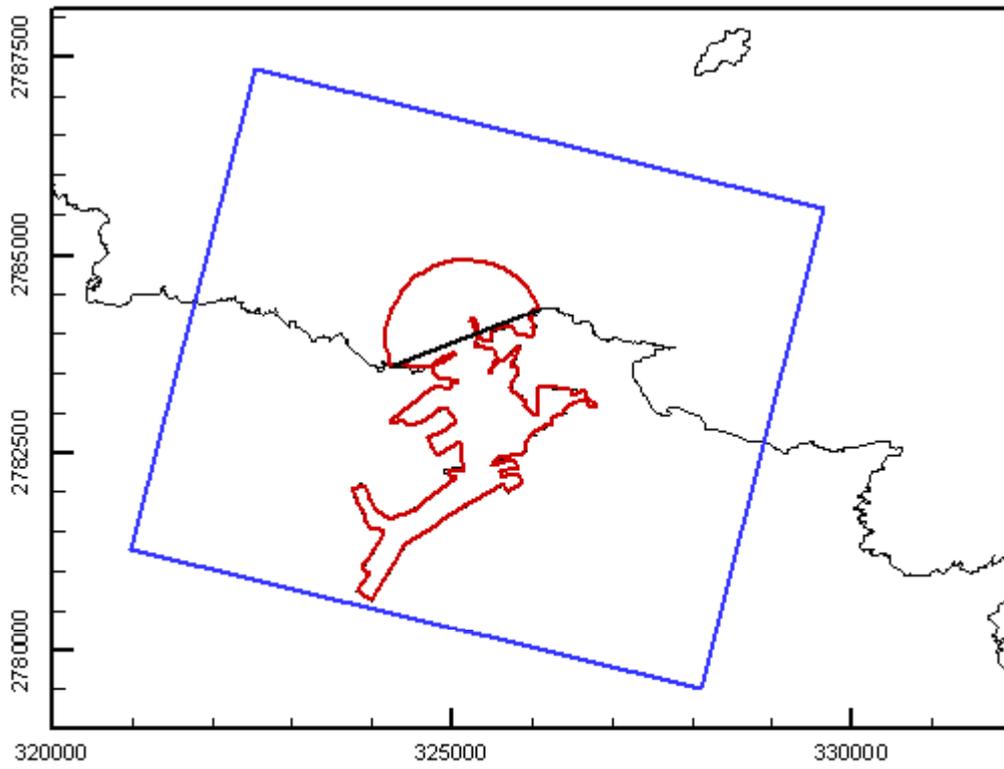


圖 4.4 基隆港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

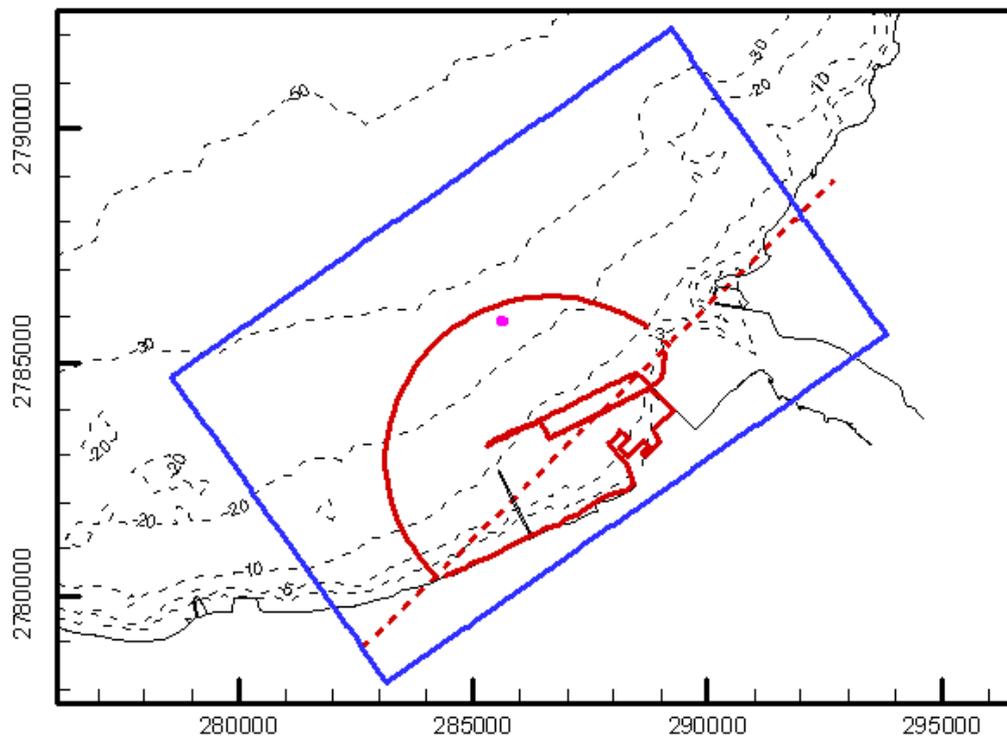


圖 4.5 台北港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

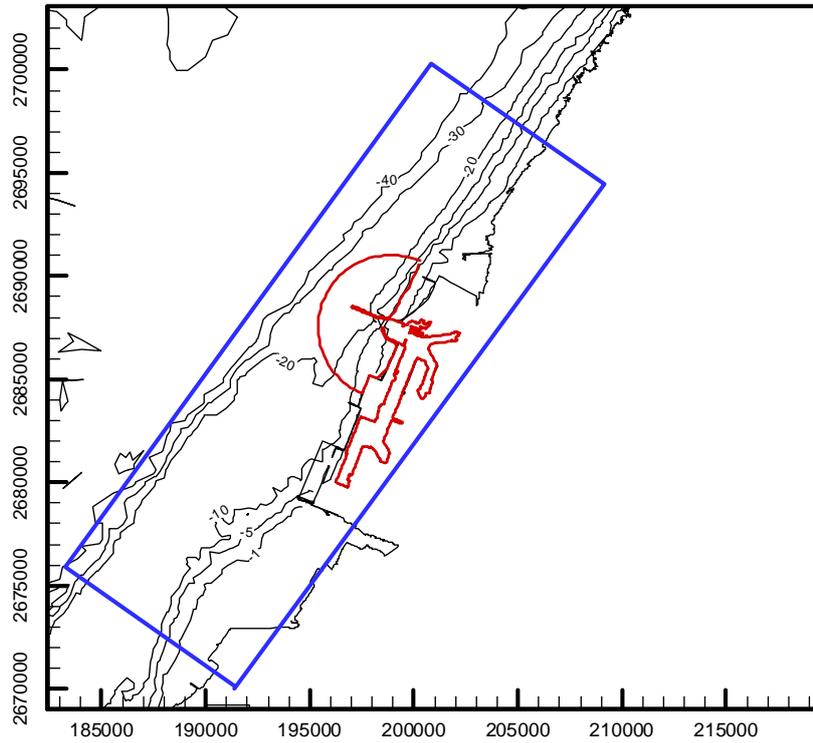


圖 4.6 台中港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

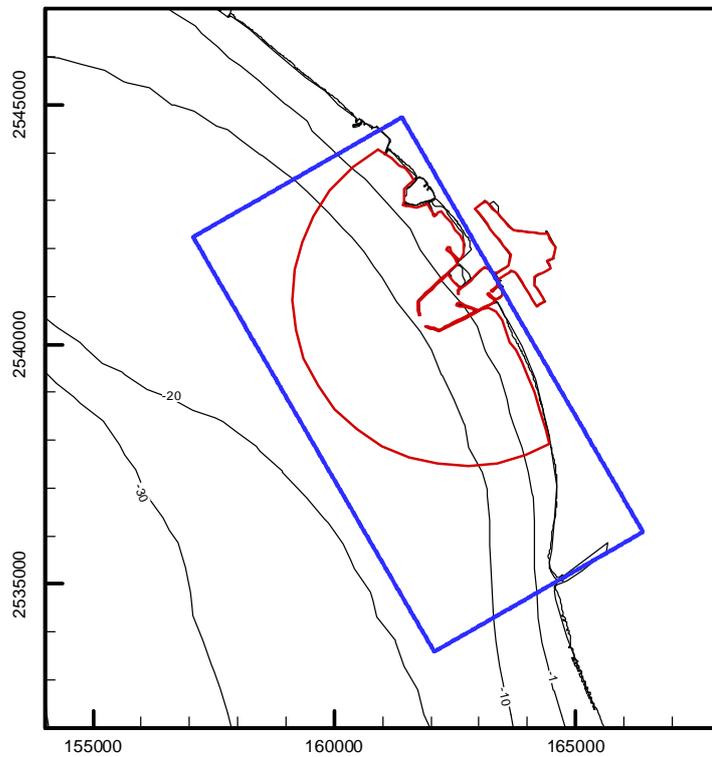


圖 4.7 安平港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

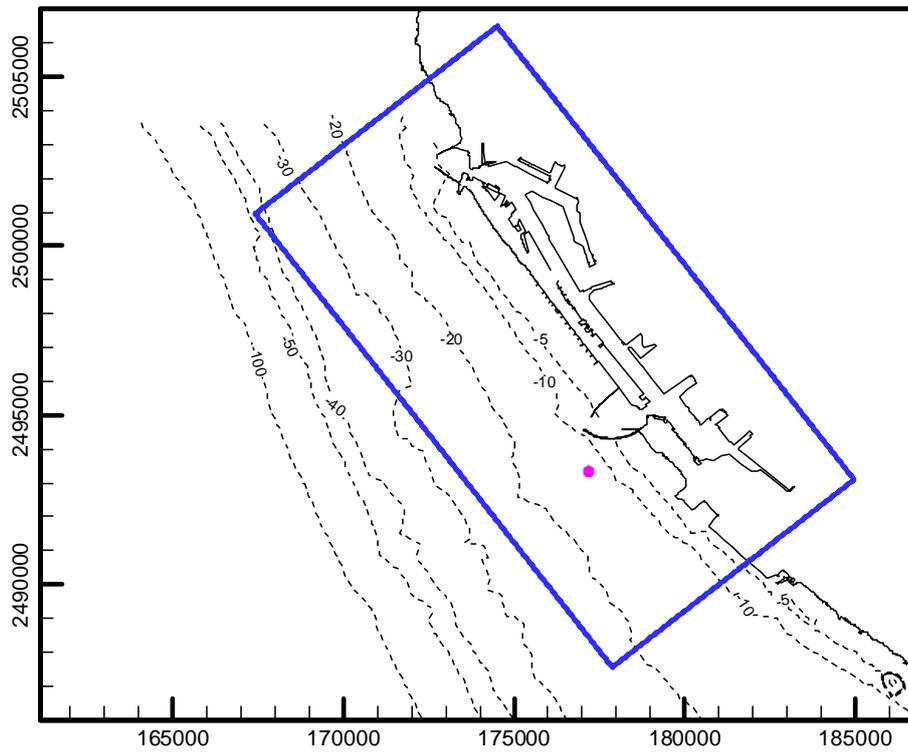


圖 4.8 高雄港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

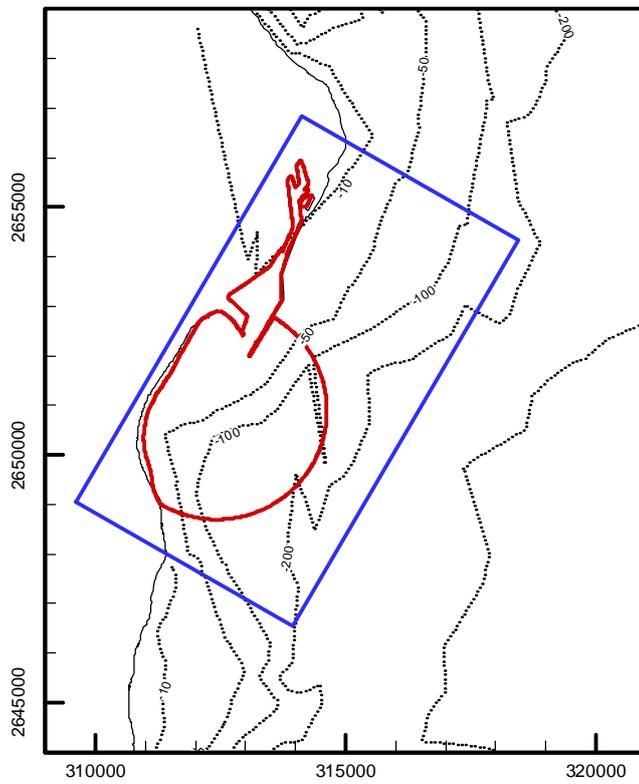


圖 4.9 花蓮港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

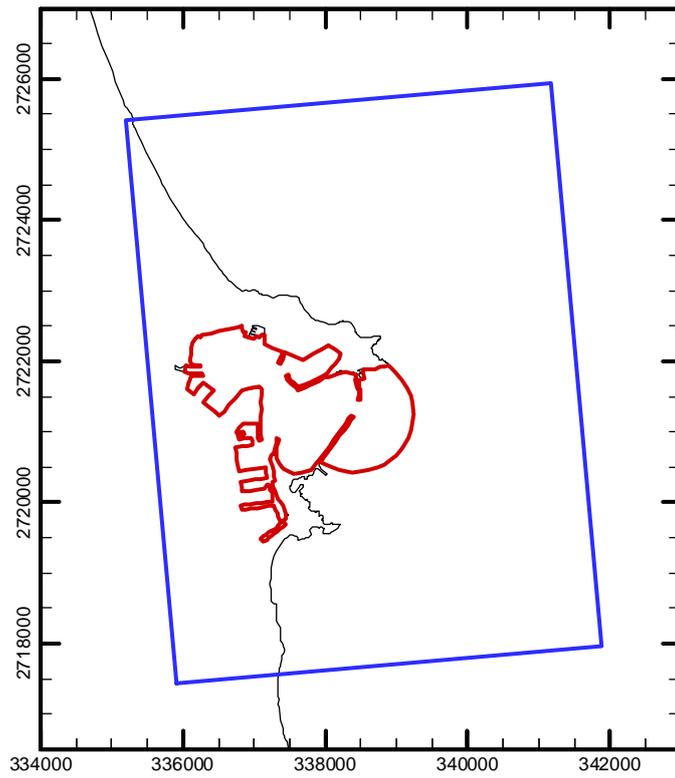


圖 4.10 蘇澳港近岸港區(藍色)及港域(紅色)波浪場模擬範圍

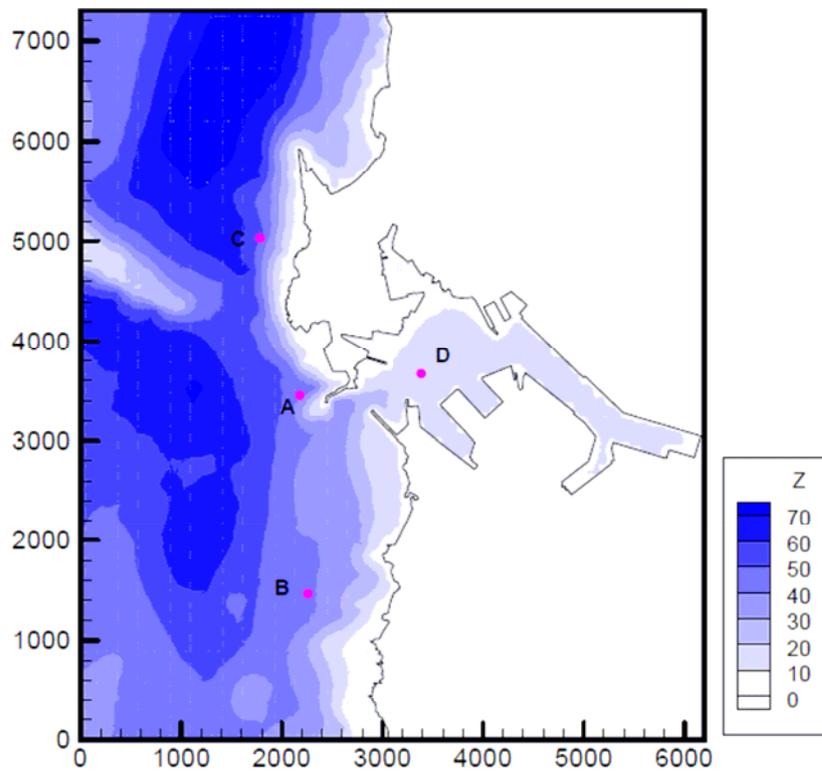


圖 4.11 基隆港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

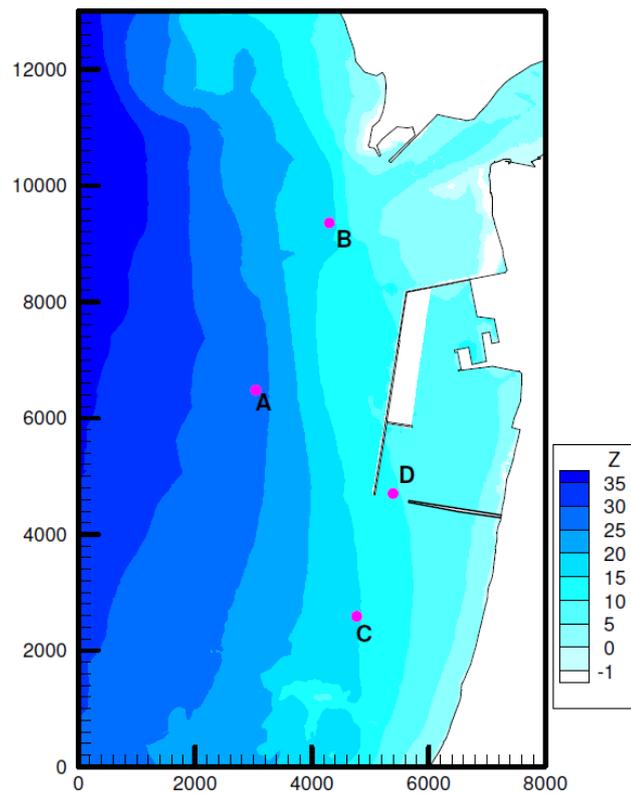


圖 4.12 台北港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

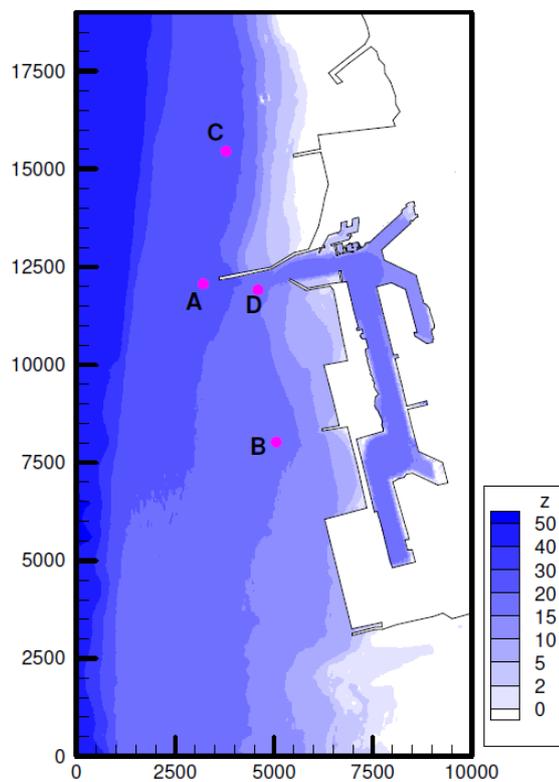


圖 4.13 台中港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

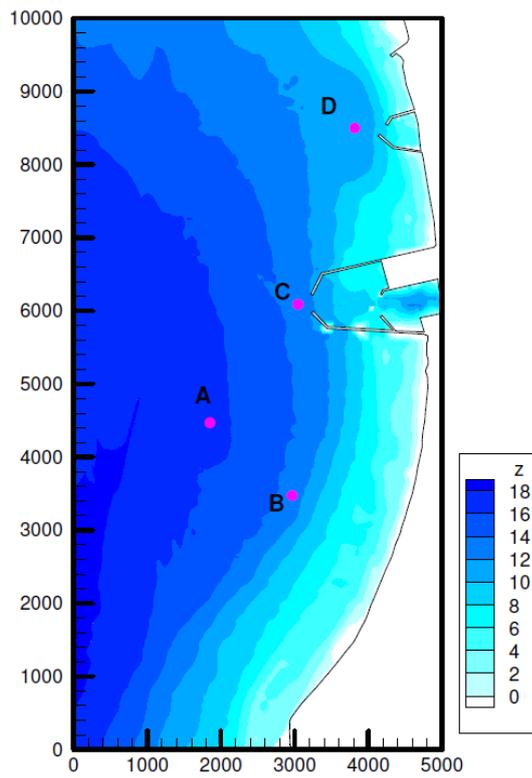


圖 4.14 安平港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

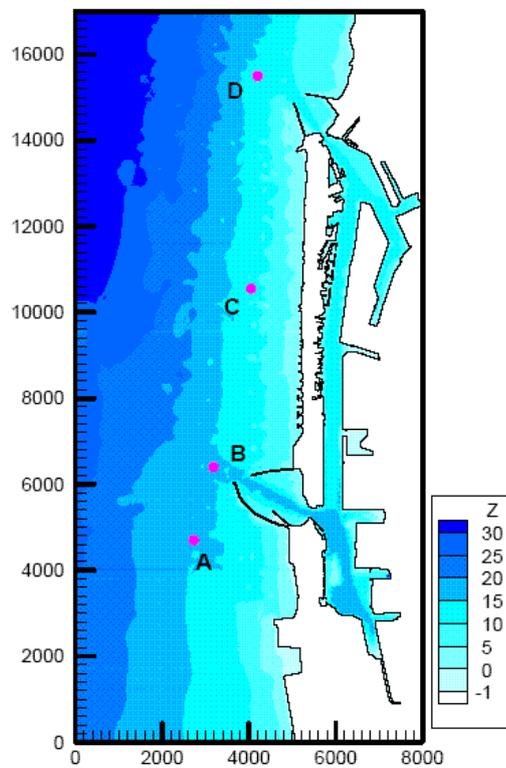


圖 4.15 高雄港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

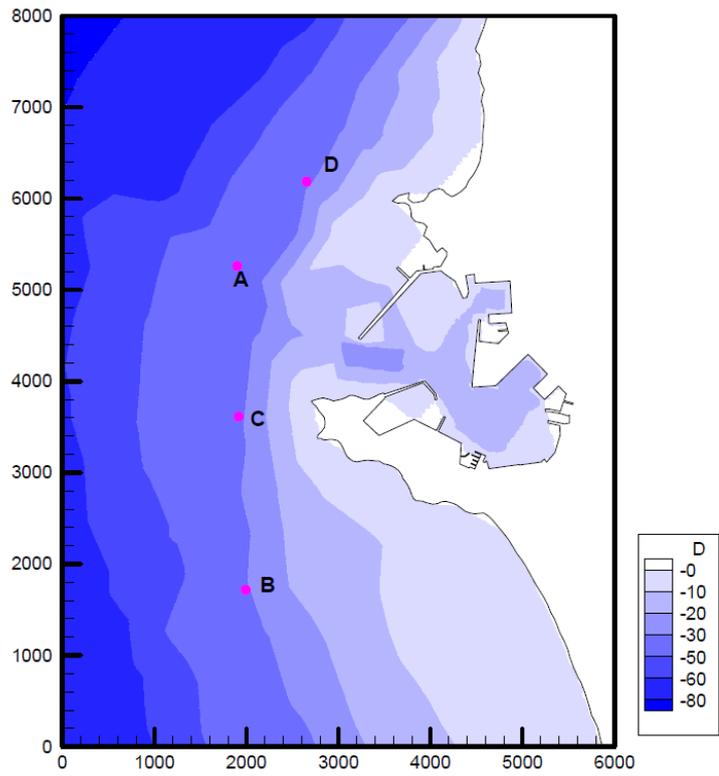


圖 4.16 花蓮港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

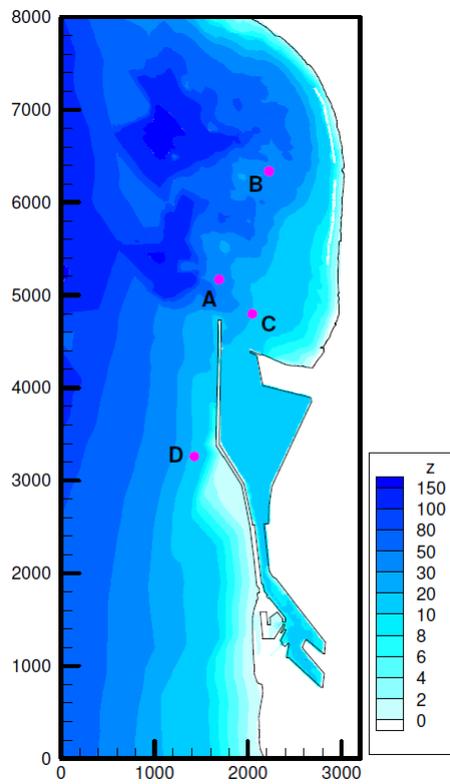


圖 4.17 蘇澳港近岸港區波浪模擬數值計算網格及地形水深分布圖

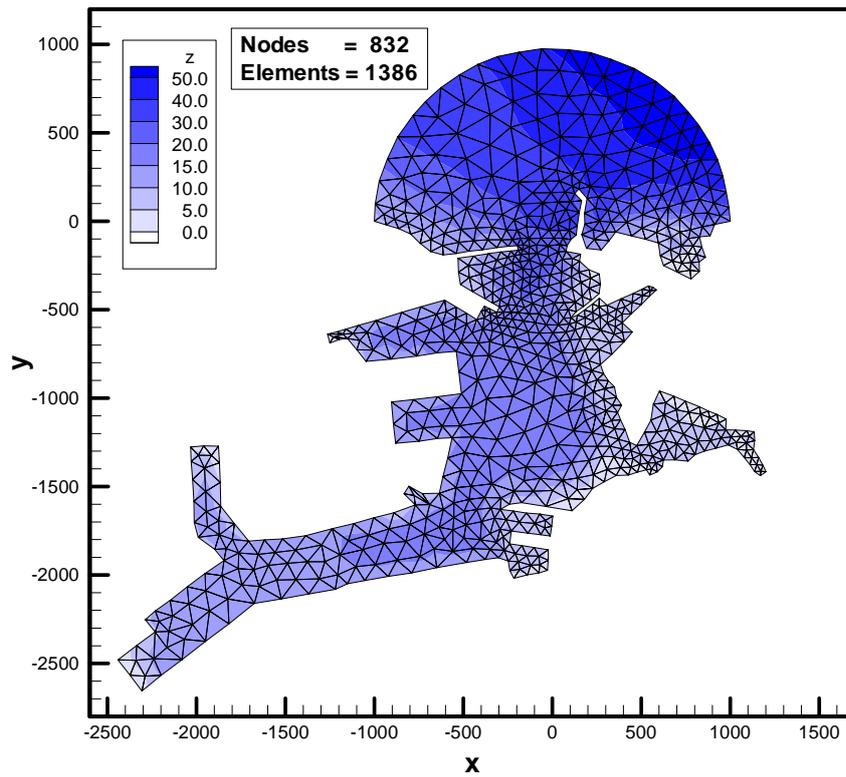


圖 4.18 基隆港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

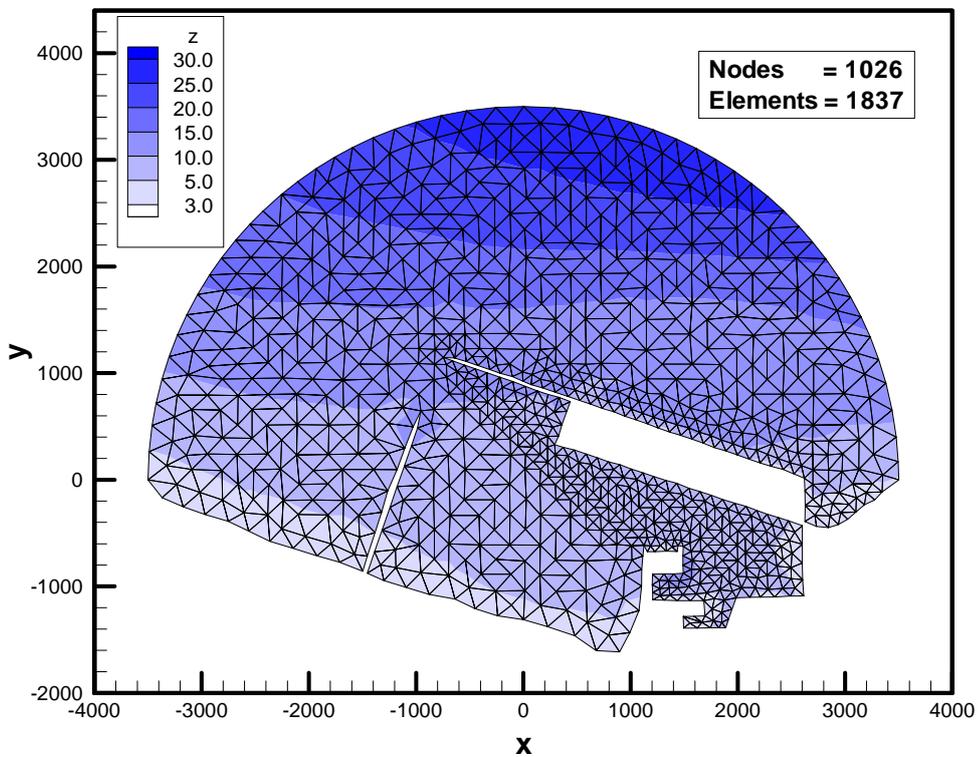


圖 4.19 台北港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

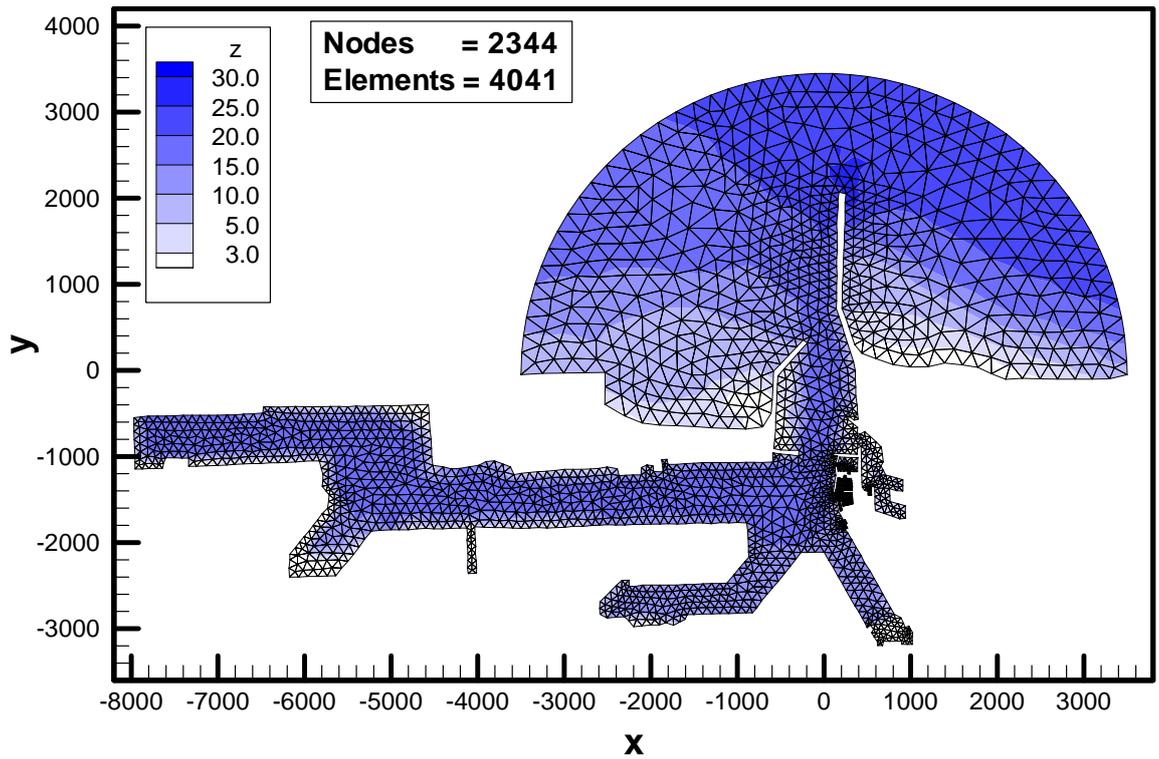


圖 4.20 台中港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

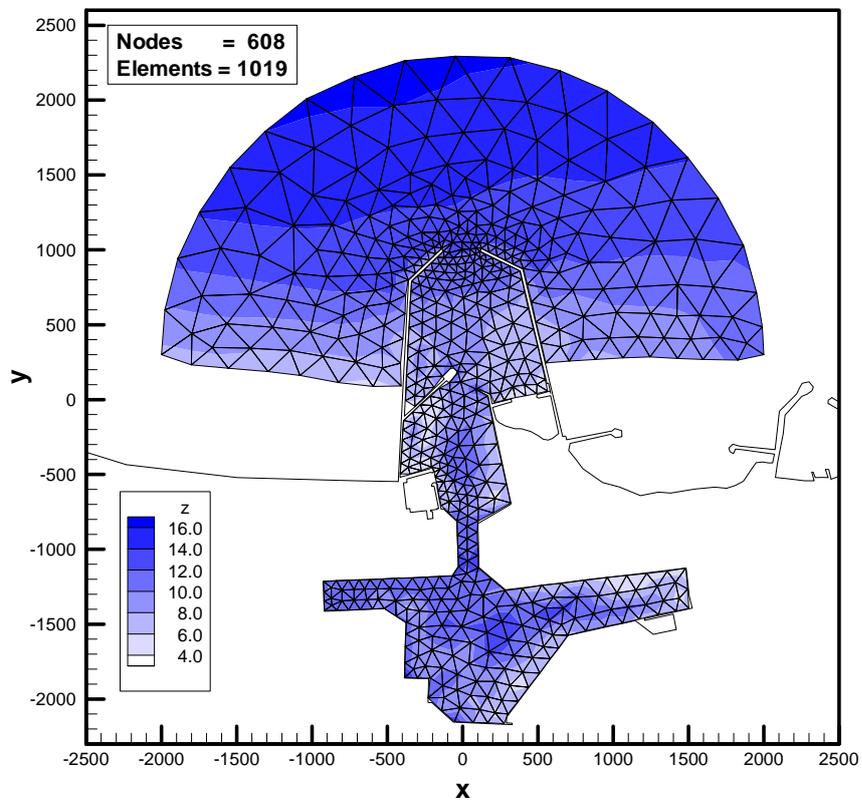


圖 4.21 安平港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

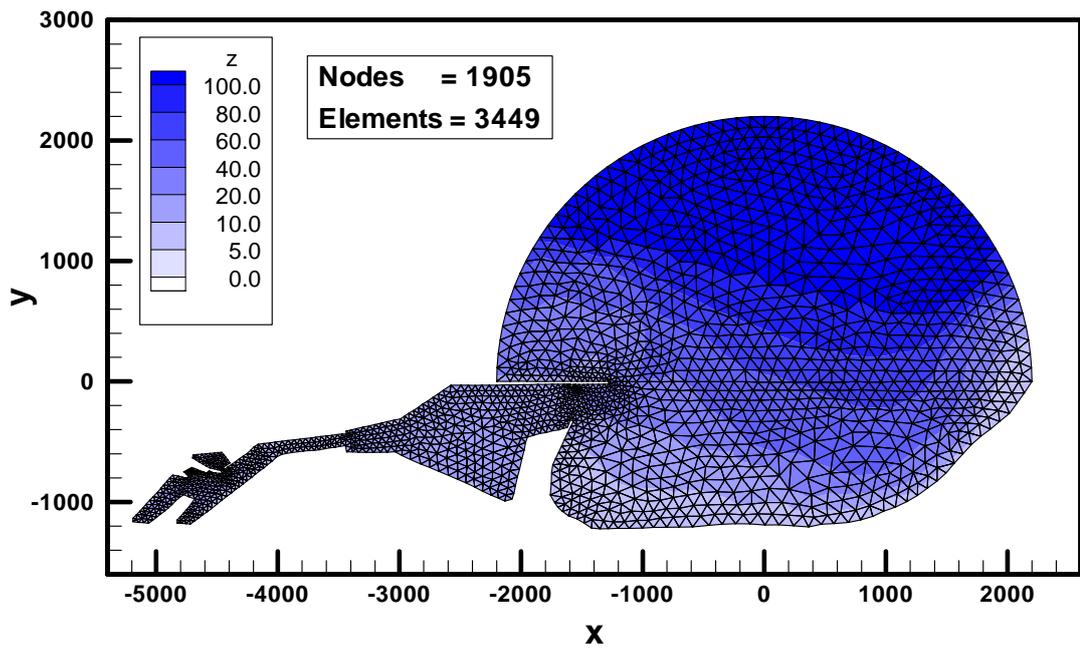


圖 4.22 花蓮港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

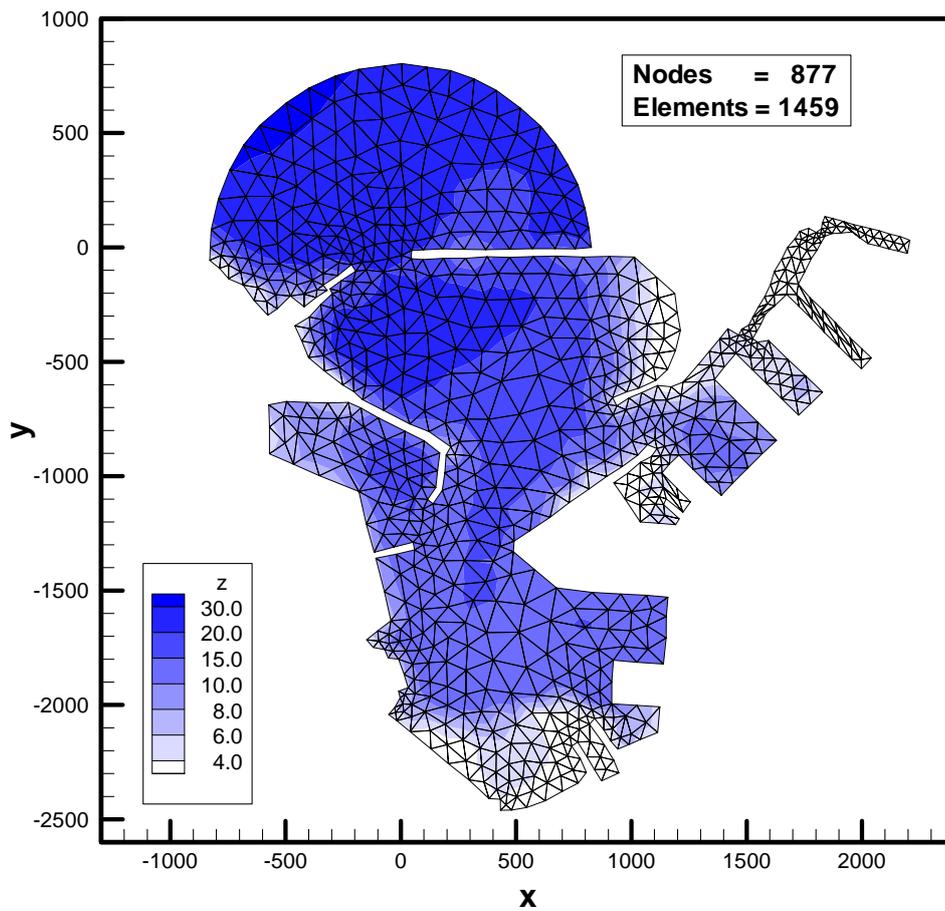


圖 4.23 蘇澳港港域非結構三角元素粗網格及水深分布圖

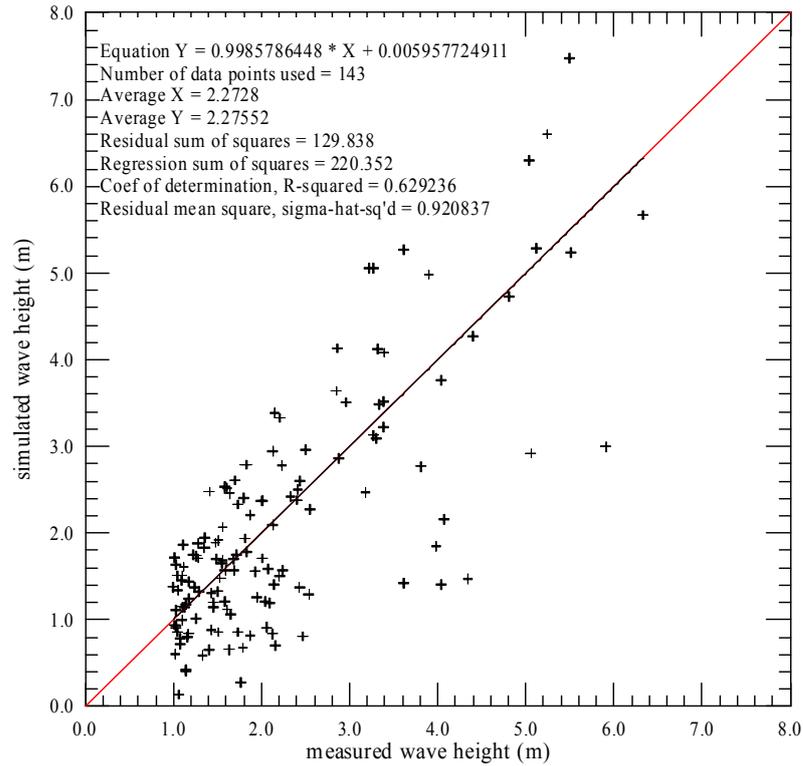


圖 4.24 基隆港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

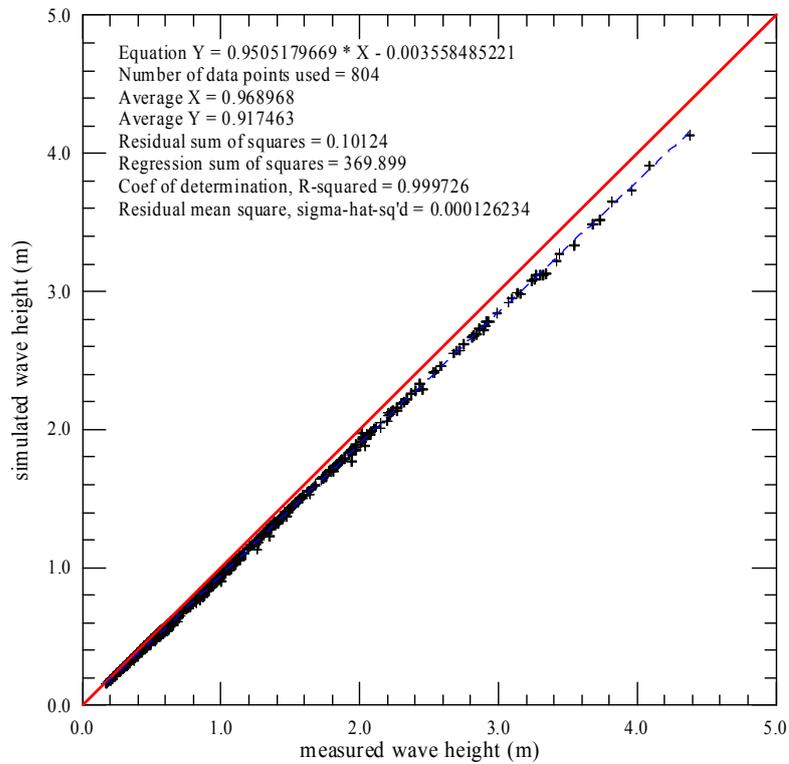


圖 4.25 台北港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

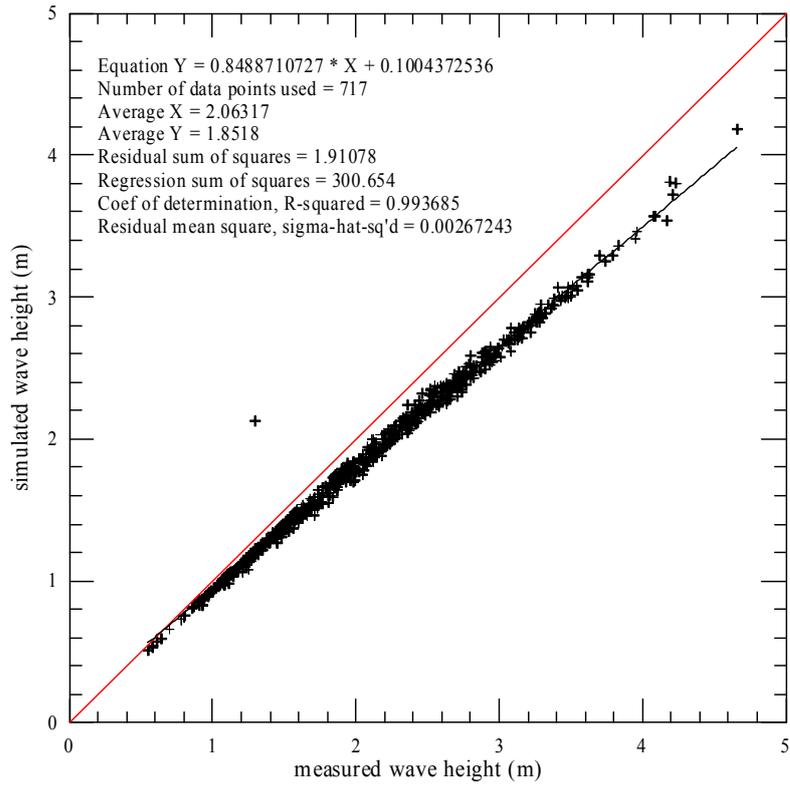


圖 4.26 台中港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

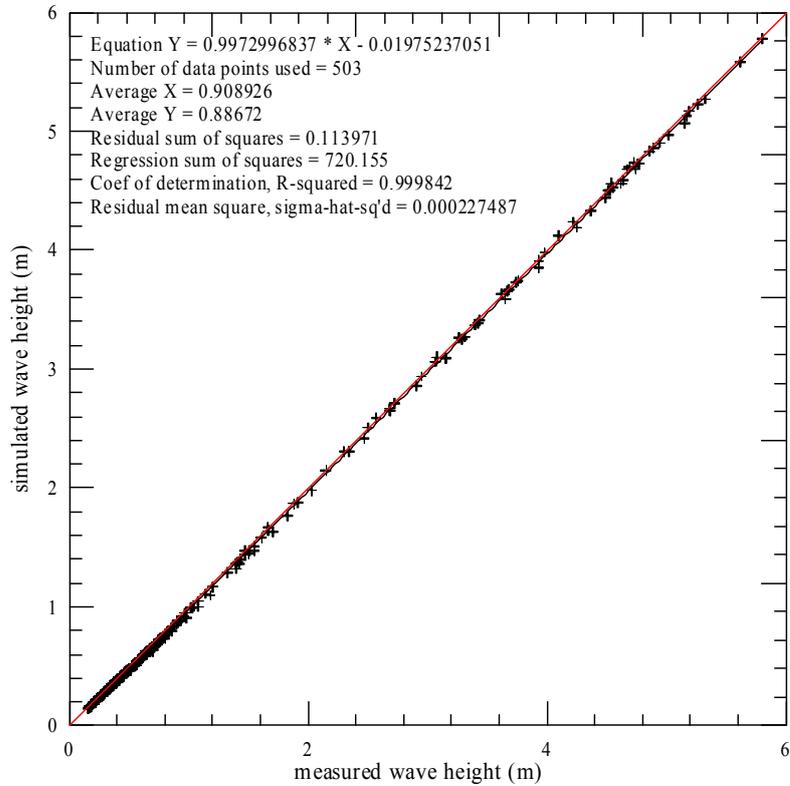


圖 4.27 安平港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

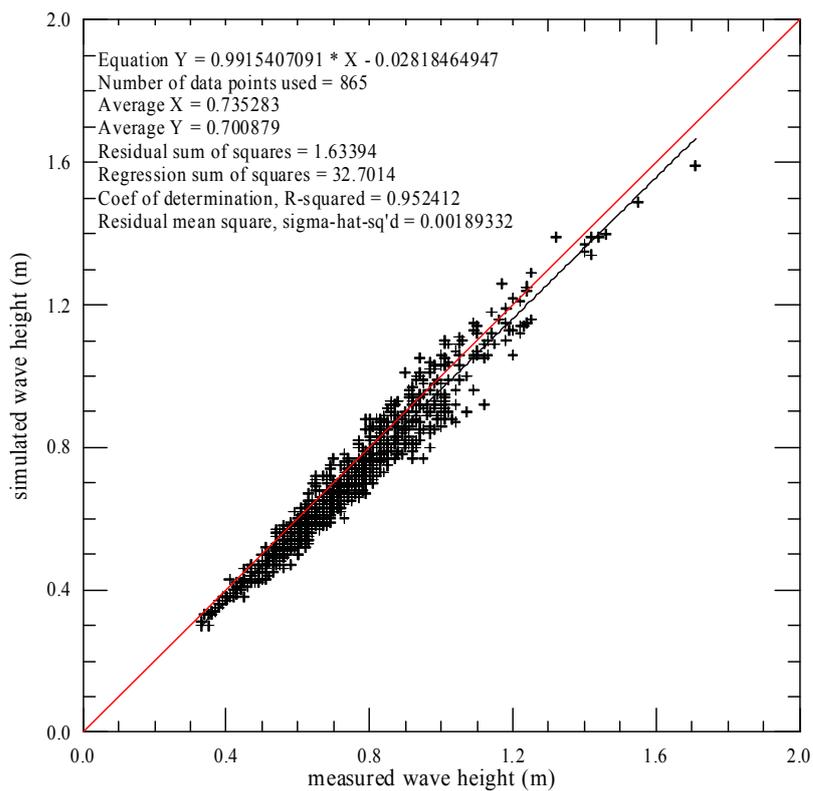


圖 4.28 高雄港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

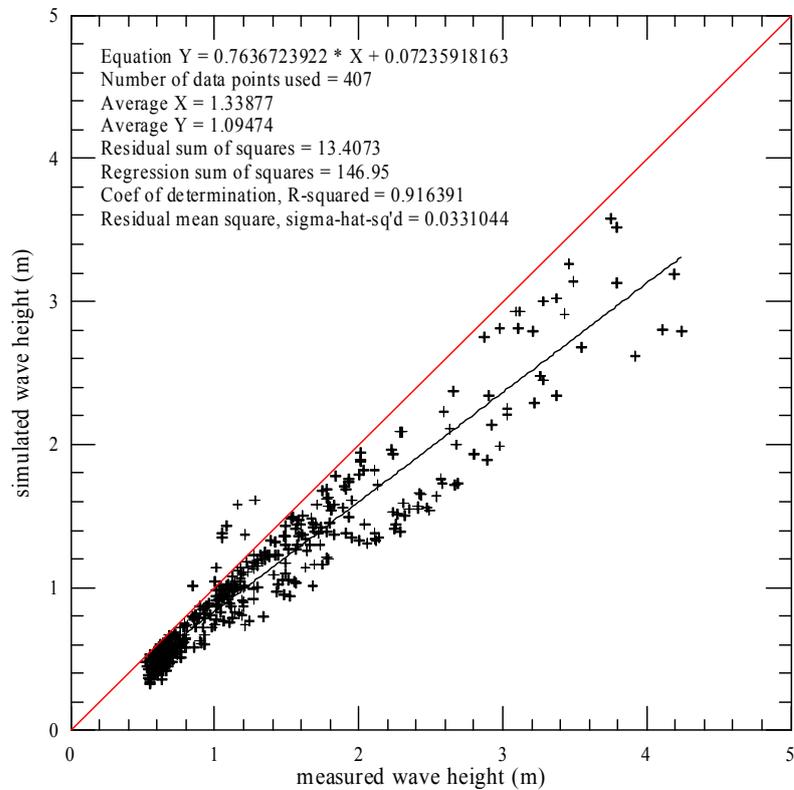


圖 4.29 花蓮港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)比較

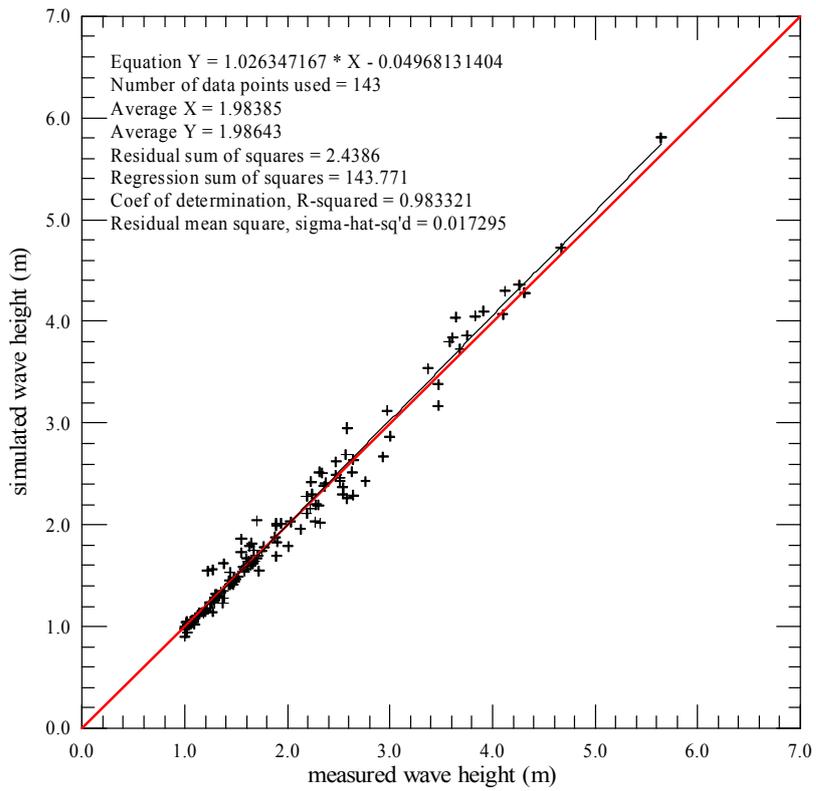


圖 4.30 蘇澳港波高觀測值(橫座標)與模式波高模擬結果(縱座標)之比較

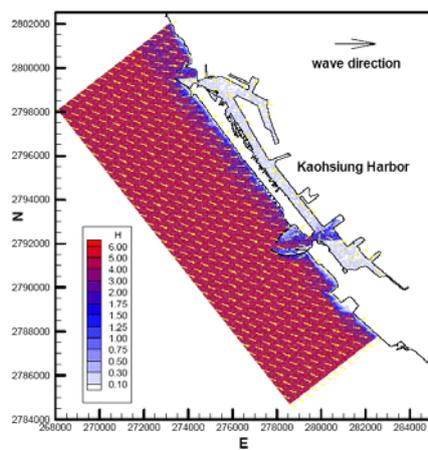
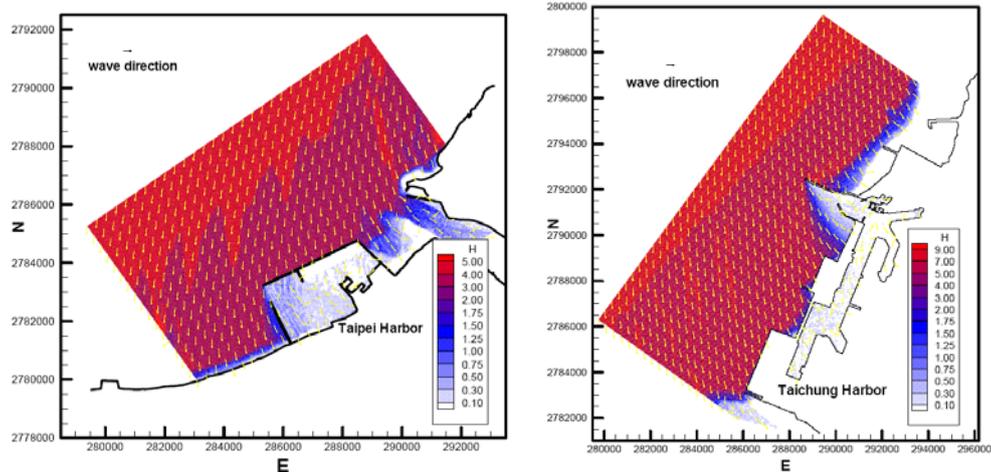
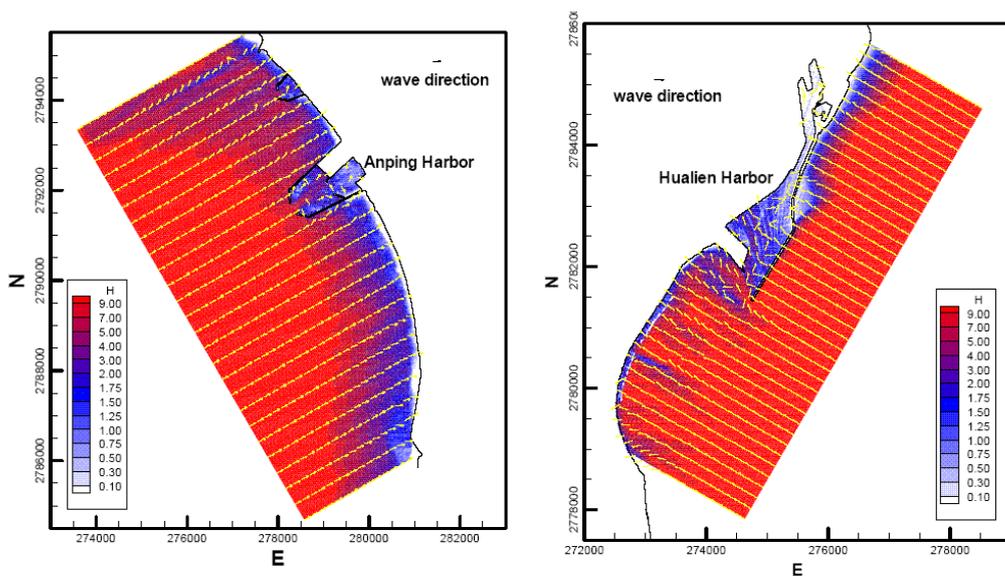
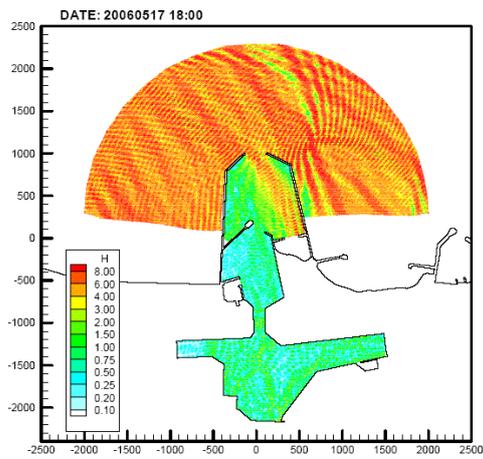
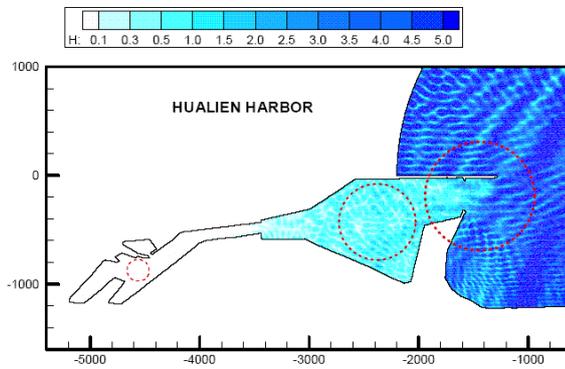


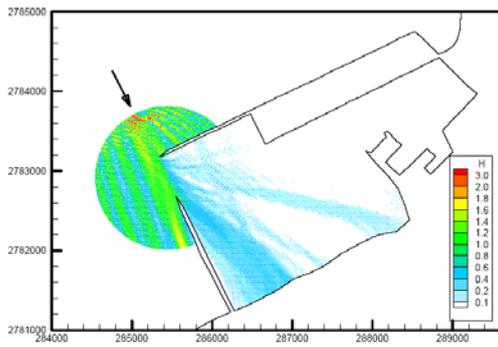
圖 4.31 近岸港區波浪模擬結果



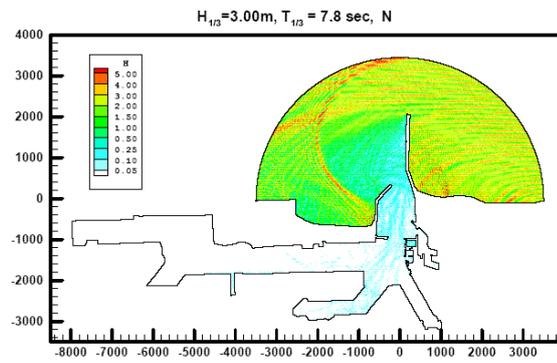
(a) 安平港



(b) 花蓮港



(c) 台北港



(d) 台中港

圖 4.32 商港港域波浪模擬結果

4.3 基隆港近岸海象一波浪數值模擬子系統建置

因應基隆港東防坡堤延伸工程已近完工(如圖 4-33 所示)，以及基隆港西 18、19 號貨櫃碼頭延建及後線場地填建工程完工(如圖 4-34 所示)，本年度除了蒐集交通部運輸研究所港灣技術研究中心於 98 年 12 月至 99 年 4 月間針對基隆港進行港內、外海象觀測之波浪資料進行分析外，同時修正基隆港近岸港區周圍及港內波浪模式之港池外廓形狀及港池配置(如圖 4-35 所示)以符合現況情形。

針對上年度(98)本計畫近岸港區周圍波浪模擬結果得知：基隆港近岸港區周圍波浪場模擬結果明顯受到港口外海東北方向基隆嶼海底地形隆起之影響，致使近岸港區波浪模式之邊界條件不易由港口外海波浪觀測資料決定。因此本年度除了修正模式之港池外廓形狀外，並嘗試修改模式模擬範圍及模式邊界條件(波浪入射條件)，以期提升模式驗證之精確度。

本年度基隆港近岸海象一波浪數值模擬子系統建置主要包括近岸港區波浪模擬及港域波浪模擬兩部份。

4.3.1 基隆港波浪資料

交通部運輸研究所港灣技術研究中心於 98 年 12 月至 99 年 4 月間除了在基隆港外海現存海象觀測位置上持續進行海象觀測外，同時針對基隆港內分別選擇三個點位進行海象觀測。圖 4-36 所示為基隆港港內、外海象觀測位置分布示意圖，其中港內三測站分別位於西防波堤堤頭 W33(#1)離碼頭約 50 公尺水深 18 公尺處、東 22 碼頭堤頭 E22(#2)離碼頭約 50 公尺水深 9.5 公尺處及西 5 碼頭 W5(#3)離碼頭約 50 公尺水深 13.5 公尺處。

圖 4-37 至圖 4-40 所示分別為 98 年 12 月至 99 年 3 月間基隆港港外(1 測站)及港內(3 測站)示性波波高及週期之時序列比較圖，顯示外海波高明顯受到風面影響變化很大：港內波高普遍以測站#1 所量測波高值較大，測站#3 所量測波高值較小。表 4-1 所示為基隆港港外及港內各測站示性波波高、週期及波向等重要統計量之統計表，結果顯示觀

測期間港口外海示性波波高最大值為 4.83 m，週期為 10.6 sec，波向為 NNE；觀測期間港口外海示性波波向主要集中於 N~E 之間，週期大於 10 sec 者以 3 月份所佔比例最高，約為 40.6%。

本年度基隆港近岸港區周圍波浪模擬將依據上述觀測資料進行模式之率定與驗證。

4.3.2 基隆港近岸港區波浪模式建置與模擬結果

本年度基隆港近岸港區波浪模式之數值計算網格修正包括：(1)東防波堤延伸工程依原東防波堤方向延長 200 公尺至水深 42 m 處，(2)西 18、19 號貨櫃碼頭延建及後線場地填建工程。上述計算網格修正結果如圖 4.41 所示，圖中近岸波浪場模擬範圍在沿岸方向之距離為 7.3km，離岸方向之距離為 6.2km，外海邊界水深約介於 50m~60m 間；數值計算網格之大小為 621x731，網格間距為 10 m；數值計算網格座標原點之二度分帶座標(TW67)及 Y 軸與方位正北之逆時針方向夾角如表 4.1 所列。

由於近岸港區波浪模擬需要給定波浪之週期、波高及波向等邊界條件，因此本計畫近岸海象數值模擬作業化系統對於近岸港區波浪模擬設定模式之波浪邊界條件來源有二，分別為來自大尺度西太平洋波浪模式(WAM)或中尺度臺灣海域波浪模式(SWAN)之模擬結果，及各港區外海波浪觀測資料。由於前者目前雖已納入每日 72 小時作業化模擬預報，惟相關模擬結果與驗證仍待改善，因此現階段主要針對採用港區外海波浪觀測資料為模式邊界條件之問題進行探討。

當採用港區外海波浪觀測資料為模式邊界條件時，本計畫先以港外波浪觀測資料為模式之輸入邊界條件進行系列波浪場數值模擬並輸出波浪觀測地點附近之波浪模擬結果，再依據波浪觀測資料與模式模擬結果，利用回歸分析方法求得模式邊界條件之校正因子。最後再依據校正後之邊界條件進行港區周圍近岸波浪場模擬，以提升模式模擬結果之精確度。

目前基隆港外海波浪觀測點位於基隆港港口附近(圖 4.41 之點位

A)，由 98 年度基隆港近岸波浪模擬結果顯示，基隆港港口附近波浪明顯受到外海海底淺灘地形及港口防波堤影響，如圖 4.42 所示，導致模式波浪邊界條件校正結果不佳，因此建議將基隆港外海波浪觀測點位向西移或另外設置新的波浪觀測點。

由於本年度基隆港外海波浪觀測資料仍為原來測點，因此本計畫修正之基隆港近岸波浪模式仍採用基隆港外海波浪觀測資料共有 730 組，逕行直接模擬再輸出點位模擬結果與基隆港外海波浪觀測資料比較，如圖 4.43 及圖 4.44 所示。模擬結果顯示模式模擬之波高及波向值與觀測之波高及波向間相關性仍然不佳，本計畫未來進一步由上述 730 組模擬結果從波向、波高及週期等因素，分析是否可找到模式邊界條件較佳校正方法。



圖 4-33 基隆港東防波堤延伸工程施工現況



圖 4-34 基隆港西 18、19 貨櫃碼頭延建工程完工後現況

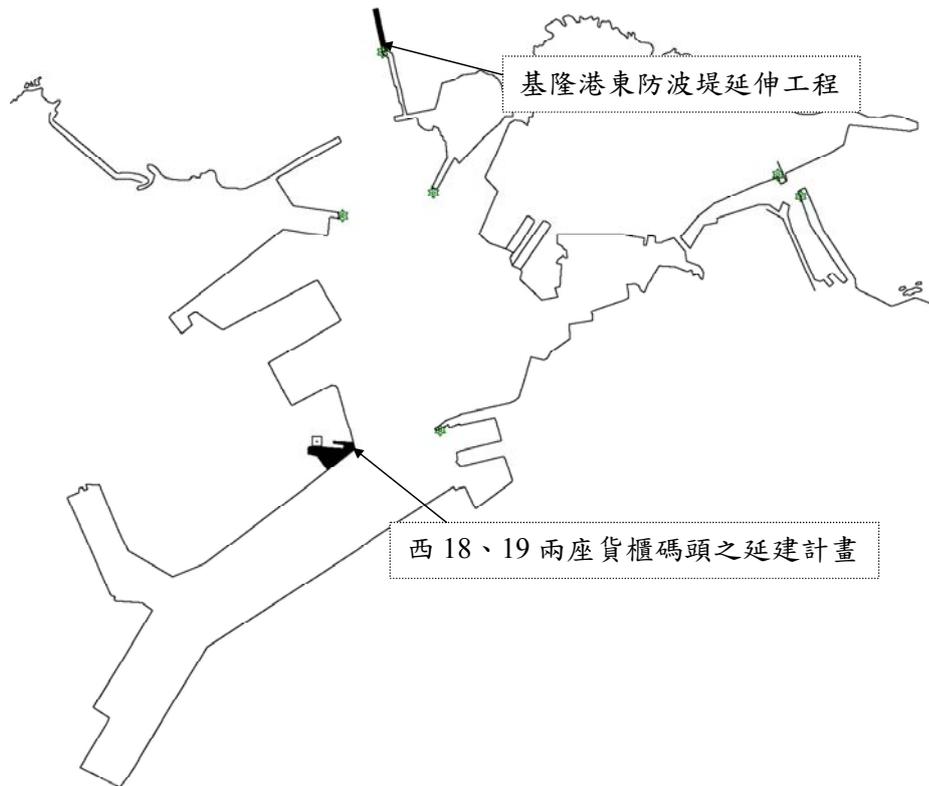


圖 4-35 基隆港港池外廓及港池配置現況

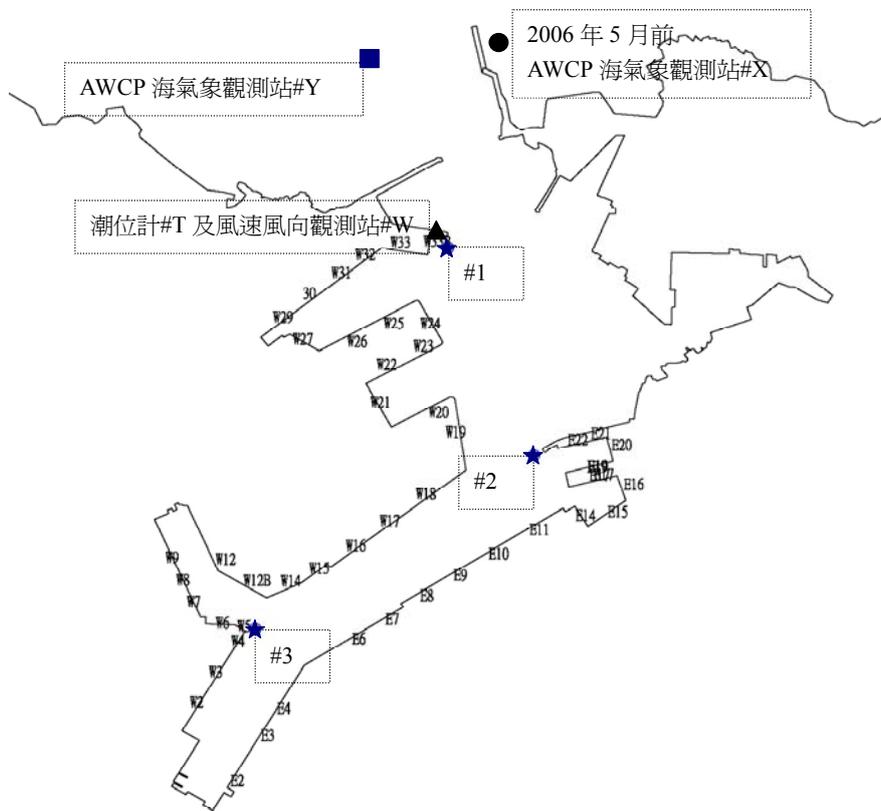


圖 4-36 基隆港港內、外觀測站儀器安裝佈置示意圖

表 4.3 基隆港港外及港內各測站示性波波高、週期及波向等重要統計量之統計表

年、月	測站	觀測點數	$H_{1/3}$	$T_{1/3}$	$H_{1/3}$	週期 (s)	波向 (來向)	$H_{1/3}$	$H_{1/3}$	$H_{1/3}$	$H_{1/3}$	波向 (%)	波向 (%)	波向 (%)	波向 (%)	$T_{1/3}$	$T_{1/3}$	$T_{1/3}$	$T_{1/3}$
			平均值 (m)	平均值 (s)	最大值 (m)			< 0.5m (%)	0.5< 1m (%)	1~5m (%)	> 5 m (%)					< 6s (%)	6~8s (%)	8~10s (%)	> 10s (%)
2009/12	0	348(100%)	1.66	9.3	3.69	10.1	NNE	16.4	13.8	69.8	.0	100.0	.0	.0	.0	.0	3.4	85.6	10.9
2009/12	1	348(100%)	.45	8.1	1.08	8.6	NNE	58.9	40.8	.3	.0	94.3	1.1	.9	3.7	.3	39.4	60.3	.0
2009/12	2	348(100%)	.54	7.5	1.23	5.8	WSW	43.1	55.2	1.7	.0	.9	.6	8.9	89.7	4.0	68.7	27.3	.0
2009/12	3	348(100%)	.31	7.3	.64	8.1	E	98.9	1.1	.0	.0	29.3	56.3	9.8	4.6	10.6	62.6	26.7	.0
2010/01	0	744(100%)	1.49	9.5	4.83	10.6	NNE	4.8	33.6	61.6	.0	100.0	.0	.0	.0	.0	6.5	64.8	28.8
2010/01	1	744(100%)	.39	8.2	1.26	9.2	NNE	72.3	27.0	.7	.0	96.4	1.1	.1	2.4	.0	37.4	60.8	1.9
2010/01	2	744(100%)	.36	7.6	1.14	8.5	NW	81.0	18.7	.3	.0	2.6	.3	.8	96.4	.7	63.2	36.2	.0
2010/01	3	744(100%)	.17	7.5	1.77	7.9	S	98.9	.3	.8	.0	21.5	63.4	9.0	6.1	1.1	68.4	29.2	1.3
2010/02	0	672(100%)	1.38	9.7	4.26	10.5	NNE	20.8	23.8	55.4	.0	100.0	.0	.0	.0	.0	.4	59.2	40.3
2010/02	1	672(100%)	.36	8.4	1.09	9.2	NNE	74.7	25.1	.1	.0	87.4	7.0	1.9	3.7	.0	26.5	72.0	1.5
2010/02	2	672(100%)	.33	7.7	.86	8.9	NNW	83.8	16.2	.0	.0	5.5	.3	2.2	92.0	1.2	63.5	35.3	.0
2010/02	3	672(100%)	.14	7.5	1.30	7.2	WSW	98.8	1.0	.1	.0	22.4	59.3	9.9	8.5	3.3	67.9	28.1	.7
2010/03	0	744(100%)	1.33	9.7	4.09	10.1	NNE	16.1	31.2	52.7	.0	100.0	.0	.0	.0	.0	1.3	58.1	40.6
2010/03	1	744(100%)	.34	8.5	1.02	9.7	NE	76.9	23.0	.1	.0	91.5	3.8	1.1	3.6	.0	25.8	72.0	2.2
2010/03	2	744(100%)	.31	7.8	.89	8.2	NNW	83.9	16.1	.0	.0	9.5	.1	2.0	88.3	.4	61.2	38.4	.0
2010/03	3	744(99%)	.15	7.6	1.87	6.9	WNW	99.2	.4	.4	.0	22.8	54.2	13.5	9.5	1.5	69.8	27.6	1.2
2010/04	0	179(100%)	1.55	9.5	3.85	10.4	NNE	3.4	35.8	60.9	.0	100.0	.0	.0	.0	.0	1.7	77.1	21.2
2010/04	1	179(100%)	.34	8.4	.83	9.2	NE	76.5	23.5	.0	.0	98.3	1.1	.0	.6	.0	29.1	65.9	5.0
2010/04	2	179(100%)	.35	7.8	.84	8.5	NNW	77.7	22.3	.0	.0	2.8	.6	.0	96.6	1.1	58.1	40.8	.0
2010/04	3	179(100%)	.14	7.8	.82	7.1	NNW	99.4	.6	.0	.0	20.1	65.4	7.3	7.3	.6	59.8	38.5	1.1

2009/12 KL-0 H1/3: MEAN= 1.7m MAX= 3.7m(NNE,10s) NO= 348(47%)	T1/3: MEAN= 9s MAX=13s(.4m, NE) NO= 348(47%)
2009/12 KL-1 H1/3: MEAN= .4m MAX= 1.1m(NNE, 9s) NO= 348(47%)	T1/3: MEAN= 8s MAX= 9s(.6m,NNE) NO= 348(47%)
2009/12 KL-2 H1/3: MEAN= .6m MAX= 1.2m(WSW, 8s) NO= 348(47%)	T1/3: MEAN= 8s MAX= 9s(.6m,WNW) NO= 348(47%)
2009/12 KL-3 H1/3: MEAN= .3m MAX= .6m(E , 8s) NO= 348(47%)	T1/3: MEAN= 7s MAX= 9s(.3m, N) NO= 348(47%)

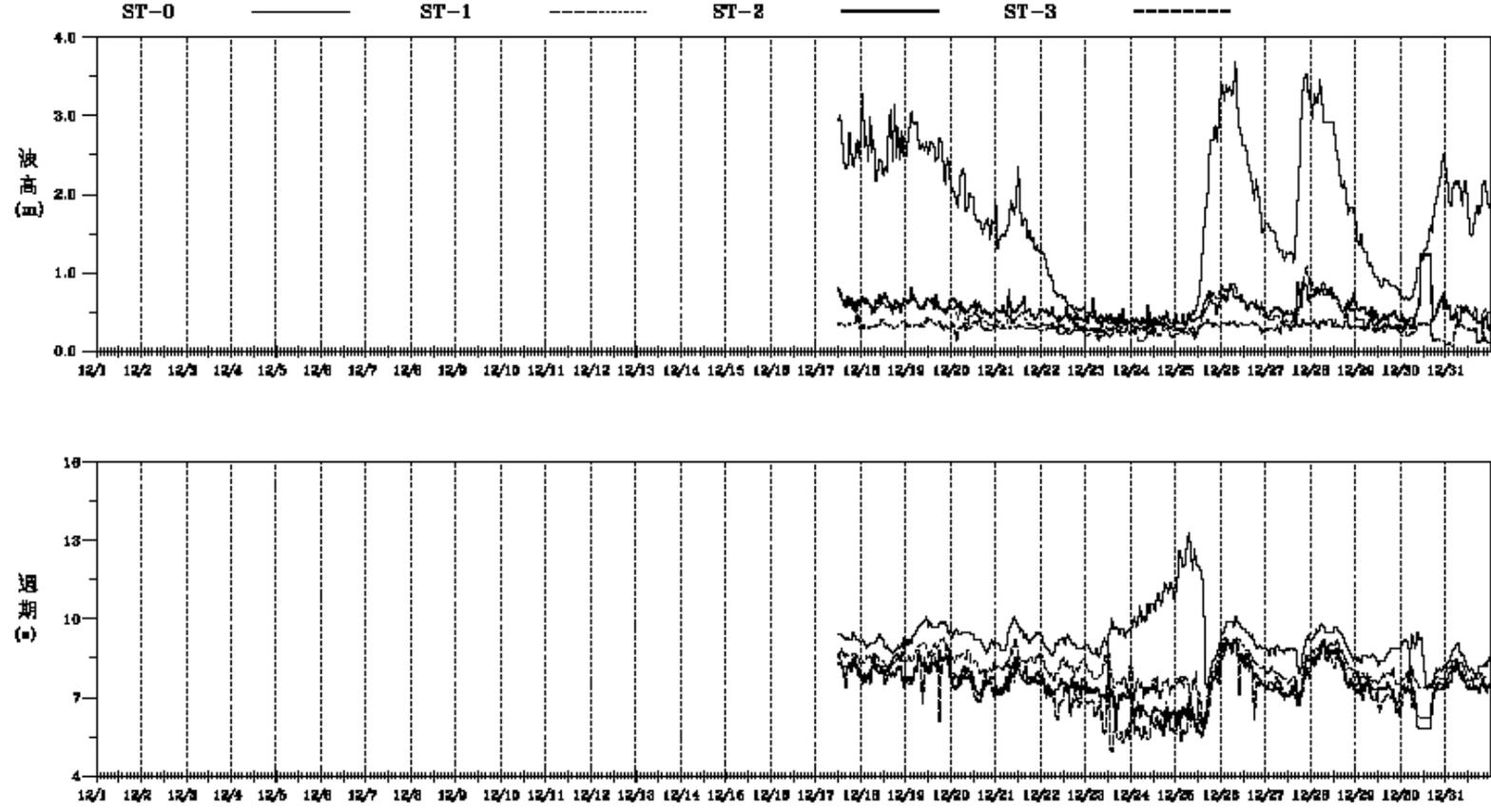


圖 4.37 基隆港港內、外測站 2009 年 12 月份示性波波高及週期之時序列比較圖

2010/01 KL-0 H1/3: MEAN= 1.5m MAX= 4.8m(NNE, 11s) NO= 744(100%)	T1/3: MEAN= 9s MAX=14s(4m, NE) NO= 744(100%)
2010/01 KL-1 H1/3: MEAN= .4m MAX= 1.3m(NNE, 9s) NO= 744(100%)	T1/3: MEAN= 8s MAX=10s(.3m, ESE) NO= 744(100%)
2010/01 KL-2 H1/3: MEAN= .4m MAX= 1.1m(NW, 9s) NO= 744(100%)	T1/3: MEAN= 8s MAX= 9s(.8m, NW) NO= 744(100%)
2010/01 KL-3 H1/3: MEAN= .2m MAX= 1.8m(S, 8s) NO= 744(100%)	T1/3: MEAN= 8s MAX=10s(.1m, NNE) NO= 744(100%)

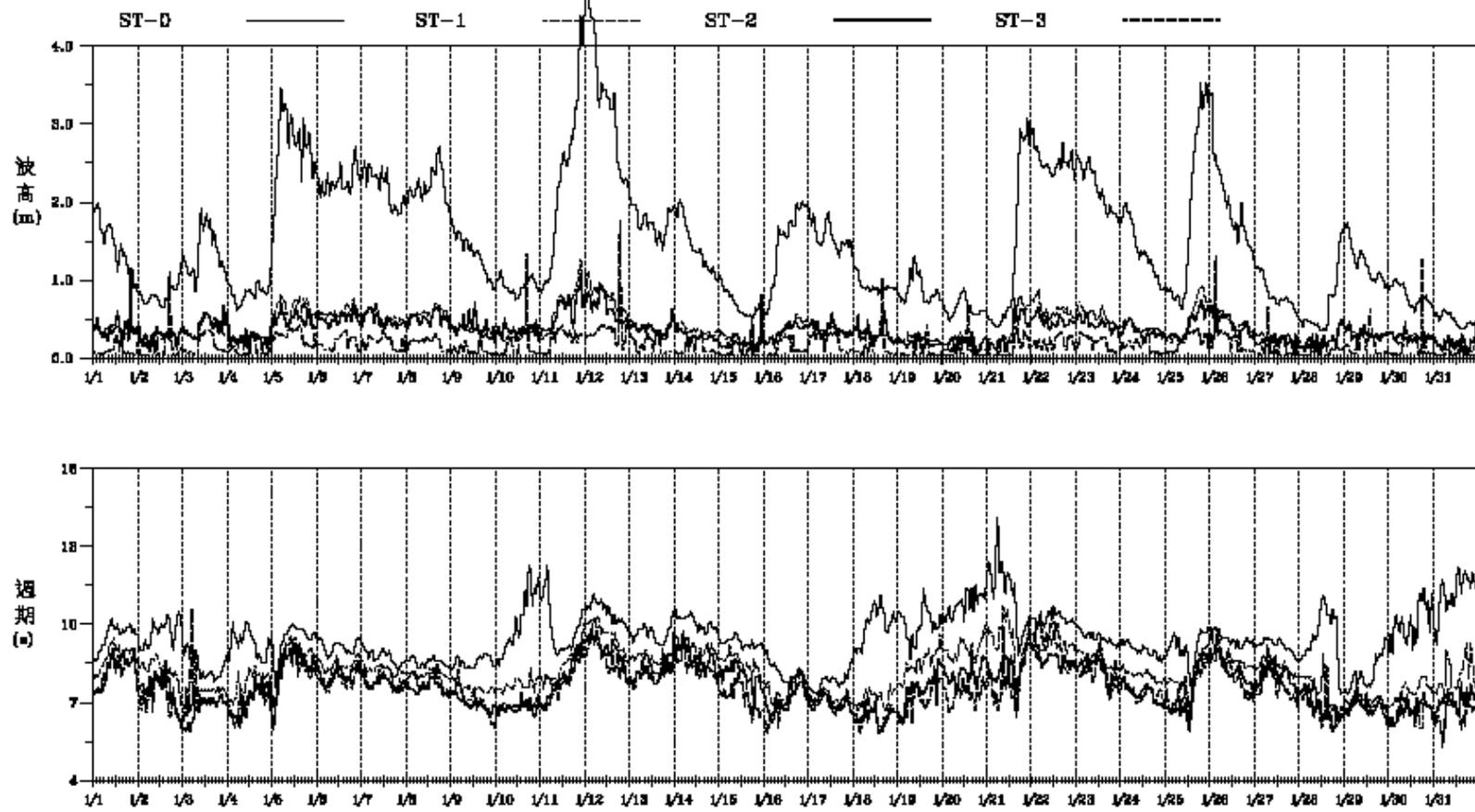


圖 4.38 基隆港港內、外測站 2010 年 1 月份示性波波高及週期之時序列比較圖

2010/02 KL-0 H1/3: MEAN= 1.4m MAX= 4.3m(NNE, 11s) NO= 672(100%)	T1/3: MEAN=10s MAX=11s(.3m,NNE) NO= 672(100%)
2010/02 KL-1 H1/3: MEAN= .4m MAX= 1.1m(NNE, 9s) NO= 672(100%)	T1/3: MEAN= 8s MAX=10s(.2m,ESE) NO= 672(100%)
2010/02 KL-2 H1/3: MEAN= .3m MAX= .9m(NNW, 9s) NO= 672(100%)	T1/3: MEAN= 8s MAX= 9s(.8m,NNW) NO= 672(100%)
2010/02 KL-3 H1/3: MEAN= .1m MAX= 1.3m(WSW, 7s) NO= 672(100%)	T1/3: MEAN= 8s MAX=12s(.1m,ESE) NO= 672(100%)

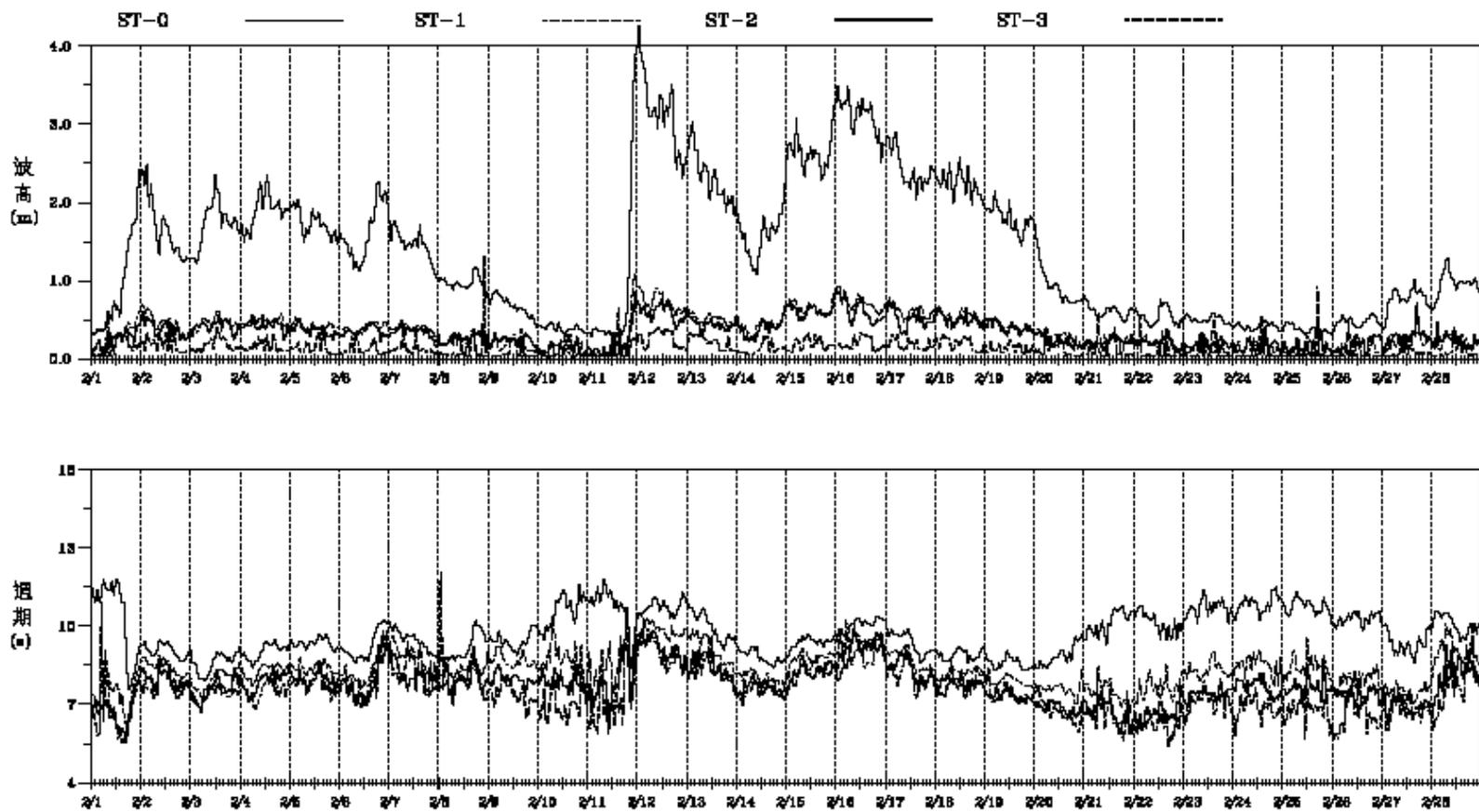


圖 4.39 基隆港港內、外測站 2010 年 2 月份示性波波高及週期之時序列比較圖

2010/03 KL-0 H1/3: MEAN= 1.3m MAX= 4.1m(NNE,10s) NO= 744(100%)	T1/3: MEAN=10s MAX=11s(.4m, NE) NO= 744(100%)
2010/03 KL-1 H1/3: MEAN= .3m MAX= 1.0m(NE,10s) NO= 744(100%)	T1/3: MEAN= 8s MAX=11s(.2m, NE) NO= 744(100%)
2010/03 KL-2 H1/3: MEAN= .3m MAX= .9m(NNW, 8s) NO= 744(100%)	T1/3: MEAN= 8s MAX= 9s(.5m,NNW) NO= 744(100%)
2010/03 KL-3 H1/3: MEAN= .1m MAX= 1.9m(WNW, 7s) NO= 744(100%)	T1/3: MEAN= 6s MAX=13s(.1m,WSW) NO= 744(100%)

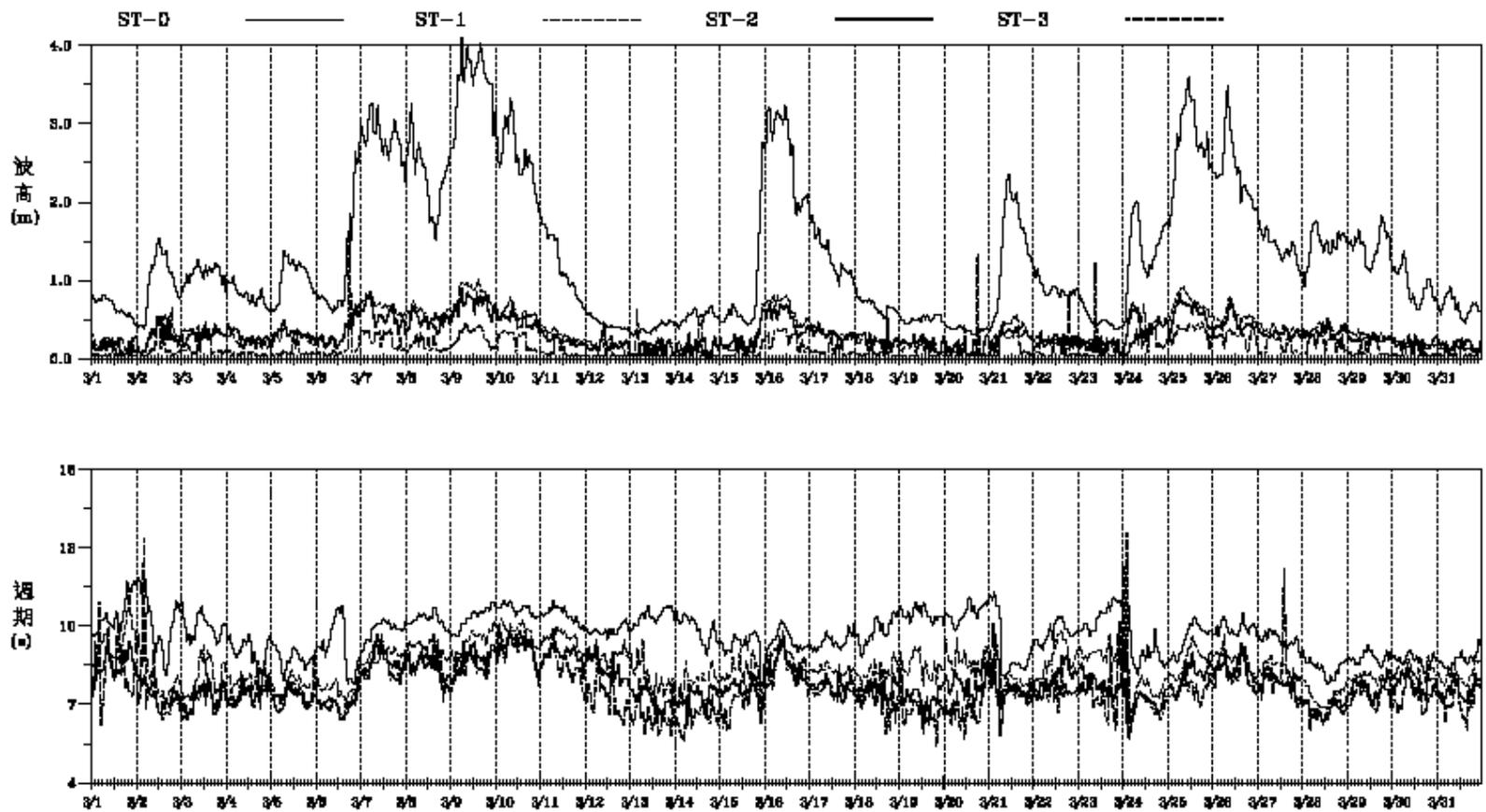


圖 4.40 基隆港港內、外測站 2010 年 3 月份示性波波高及週期之時序列比較圖

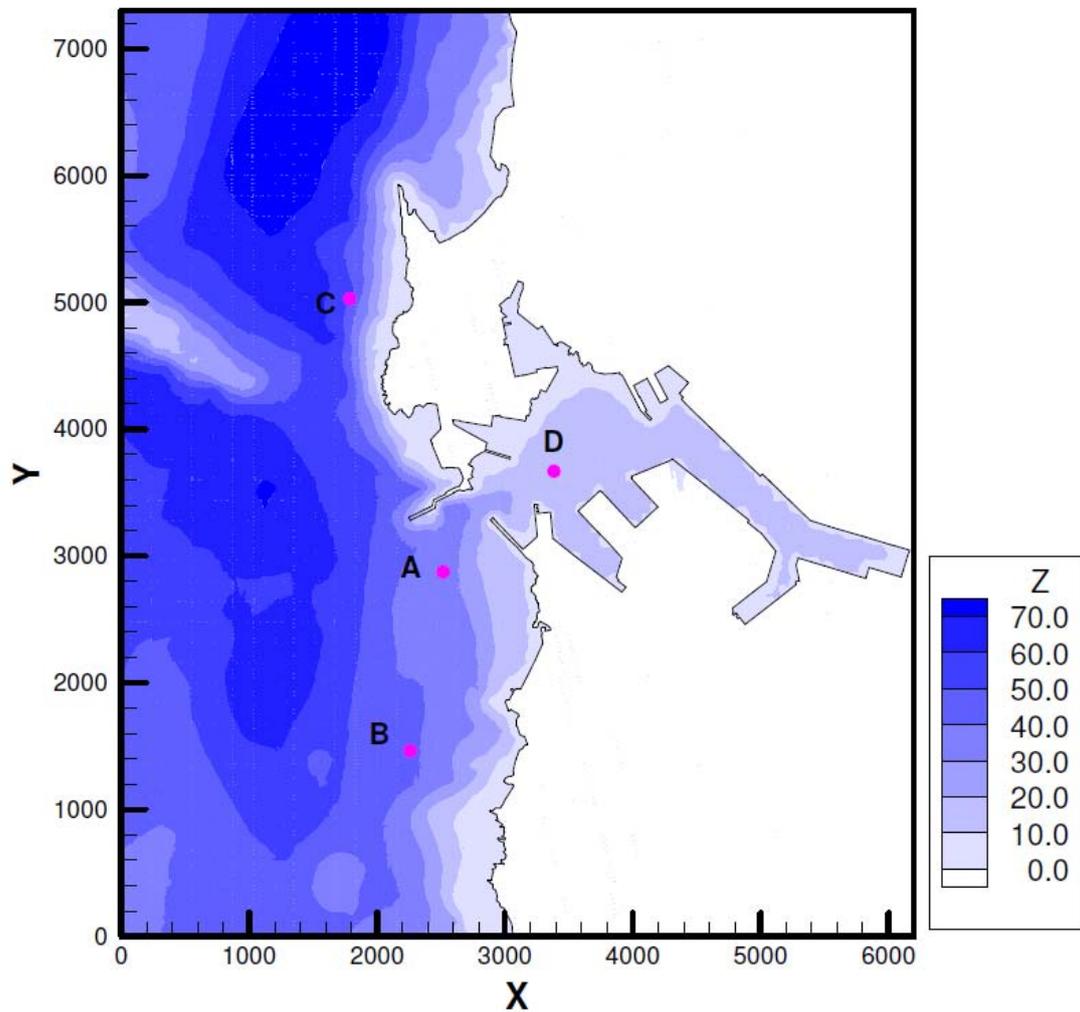


圖 4.41 基隆港近岸波浪模式數值計算網格及地形水深分布圖(點位 A~D 為模式模擬結果之輸出點位)

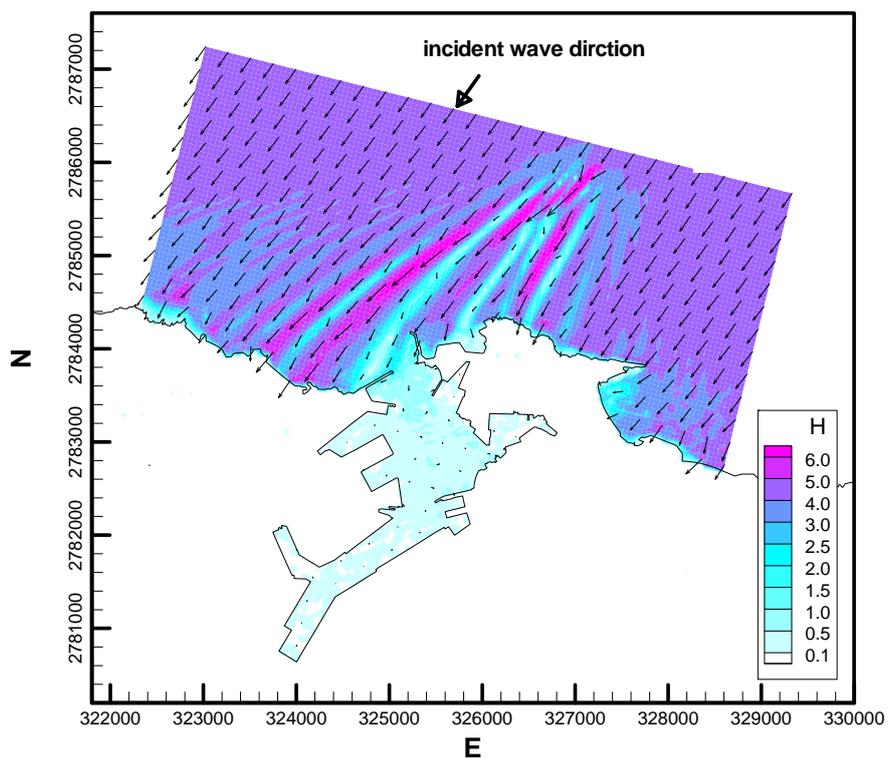


圖 4.42 基隆港近岸波浪場模擬結果之波高分布與波向向量平面圖(波浪資料觀測時間：2006091700， $H_{1/3} = 4.07\text{m}$ ， $T_{1/3} = 10.7\text{sec}$ ， $D = 35.4^\circ$)

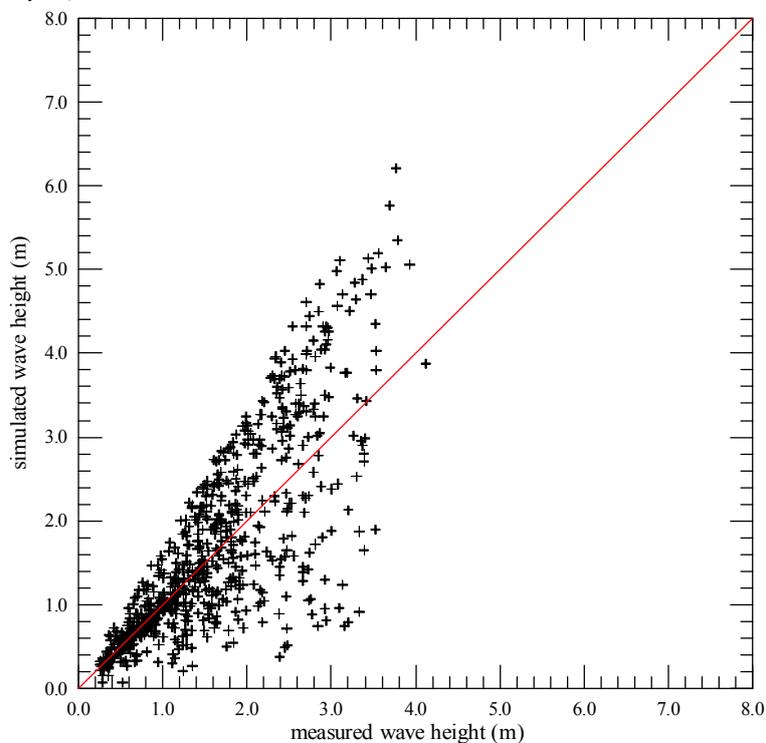


圖 4.43 基隆港波浪觀測值之波高與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

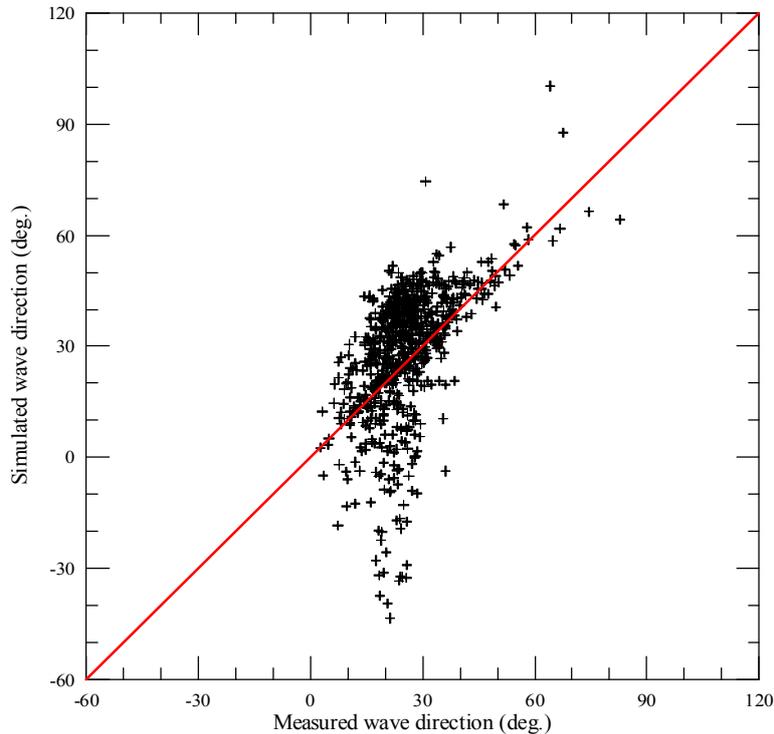


圖 4.44 基隆港波浪觀測值之波向與模式模擬結果之波高之比較(圖中紅色對角線代表 1:1 之關係)

4.3.3 基隆港港域波浪模式建置與模擬結果

本年度計畫除了針對颱風期間進行基隆港、台北港、台中港、安平港、花蓮港及蘇澳港等港口港內波浪作業化模擬測試外，主要工作為配合基隆港波浪模擬子系統之建立。

(1) 基隆港港域波浪數值計算網格

由於上年度(98)所建置的基隆港港域波浪模式數值計算網格，並未考慮到東防波堤延伸工程及港內西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程完工後，將造成基隆港港口外廓形狀及港池碼頭配置改變之事實。因此本年度首要工作為配合基隆港波浪模擬子系統之建立，修正基隆港港域波浪模式數值計算網格，以期數值模擬能符合現況。圖 4.45 所示為上年度(98)本計畫針對基隆港所建置的三角形元素粗網格分布

圖，圖 4.46 所示則為本年度考慮東防波堤延伸工程及港內西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程完工後，修正之三角形元素粗網格分布圖。

基本上，本計畫港域波浪模式之數值計算三角形元素網格大小須滿足一個波長內至少涵蓋 8 至 10 個節點，才足以合理地描述波浪場之變化。因此本計畫數值計算細網格的產生，係以粗網格為基礎，利用三角網格自動生成程式，輸入波浪計算條件最小週期，此處採用波浪週期 8 秒，依地形水深條件產生符合需求(每個波長至少 8 個節點)的數值計算細網格。本年度修正後的數值計算細網格是由 38,554 個節點及 74,850 個三角元素組成的。此外，本計畫亦建置一由 55,047 個節點及 107,670 個三角元素組成更細之數值計算網格，以檢驗前述數值計算網格之模擬結果是否達到網格獨立之需求。圖 4.47 所示為基隆港港域模式數值計算網格之水深分布情形，其中模擬範圍內最大水深約為 60 m。

(2) 基隆港港域波浪模擬結果

由於基隆港外廓形狀及港池配置有變動，為瞭解基隆港東防波堤延長 200 公尺及西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程對基隆港靜穩可能造成的影響，本計畫乃針對基隆港舊有的外廓形狀及港池配置(如圖 4.45 所示)及現況(圖 4.46)分別進行港域波浪數值模擬。

基隆港港域波浪模式之邊界包括自然海岸線、防波堤、碼頭區及其他非碼頭區邊界等，由於邊界反射係數大小不僅與其構造有關，且與波浪週期關係密切，因此如何決定模式邊界反射係數大小在實際操作上相當困難。除非針對特定波浪條件進行模擬與驗證外，基於簡化理由，通常假設邊界反射係數為定值，且不受波浪週期影響而改變。目前基隆港港埠碼頭設施大多為直立壁，其反射率通常接近全反射，因此本計畫假設其反射係為 1.0；港口外防波堤及港內防波堤構造多為直立堤及消波塊，其反射率約介於 0.6~0.8 之間，本計畫對於外防波堤假設其反射係為 0.8，內防波堤反射係為 0.65；至於港內非碼頭區之其他邊界，則假設其反射係為 0.75，如圖 4.48 所示。

此外，為瞭解東防波堤延長段對港內波浪靜穩之影響，本計畫針對港內水域分別選取五個區位，如圖 4.49 所示，計算各區位上之平均波高遮蔽係數(Kd)值，藉由 Kd 值變化情形評估外海波浪條件與東防波堤延長段對港內波浪靜穩之影響。本計畫定義平均波高遮蔽係數 Kd 值為區位內各節點波高平均值/(入射波高+反射波高)。圖 4.49 所示每個區位內含有為數不等之節點，其中 A、B、C 三點位代表港內波浪觀測位置，D 點代表東 11 碼頭(位於西 18 碼頭前方)，E 點代表西 18 碼頭延建段。

首先考慮波浪正向入射(波向 N 偏 W21.8°)之情況，針對週期為 8 至 18 秒(間隔 0.1 秒)之波浪進行數值模擬。圖 4.50 至圖 4.53 所示分別為波浪週期 8、9、10 及 11 秒條件下數值計算結果，現況及舊港池配置之波高分布圖，結果顯示東防波堤延伸 200 公尺對於正向入射波浪之遮蔽改善並不顯著。圖 4.54 至圖 4.58 所示分別為現況及舊港池配置在 A、B、C、D、E 區位內平均波高遮蔽係數(Kd)值與波浪週期關係之比較圖，整體而言，東防波堤延長 200 公尺對於正向入射波浪之遮蔽效果改善並不顯著。由於本計畫以區域平均波高定義遮蔽係數 Kd 值，可能受到選取之區域範圍影響而導致 Kd 值與波浪週期間關係變動較大。此外，當波浪週期為 17.6~17.9 秒時，模擬結果顯示外海波浪似乎被阻擋在港外，港內波浪相當小，形成此一結果之原因，推測可能與港口寬度及外海地形水深條件有關，或者目前模式外海半圓假想邊界不夠遠，導致對於週期較大(或波長較長)之波浪模擬結果已失真，實際原因仍需進一步研究。

其次，考慮外海波浪波向為 NNW 之情況，本計畫亦針對週期為 8 至 18 秒(間隔 0.1 秒)之波浪進行數值模擬。圖 4.59 至圖 4.62 所示分別為波浪週期 8、9、10 及 11 秒條件下數值計算結果，現況及舊港池配置之波高分布圖，結果顯示針對 NNW 方向波浪，基隆港舊有的港池配置及現況東防波堤延伸 200 公尺均具有較佳之遮蔽效應。圖 4.63 至圖 4.67 所示分別為現況及舊港池配置在 A、B、C、D、E 區位內平均波高遮蔽係數(Kd)值與波浪週期關係之比較圖，對於

NNW 波向而言，東防波堤延伸 200 公尺後西 33 碼頭附近(區位 A) 之平均波高遮蔽係數(Kd)值普遍有降低之趨勢，B、C、D 三區位平均波高遮蔽係數 Kd 則隨波浪週期不同而呈現增加或降低互見之情況。至於區位 E 現況模擬結果呈現 Kd 值增加之現象，主要是因為西 18、19 碼頭延建工程之因素造成的。此外，外海波浪波向為 NNW 時，波浪週期為 17.6~17.9 秒之模擬結果，並未呈現外海波浪被阻擋在港外之結果，港內波浪仍受到東防堤繞射波之影響。

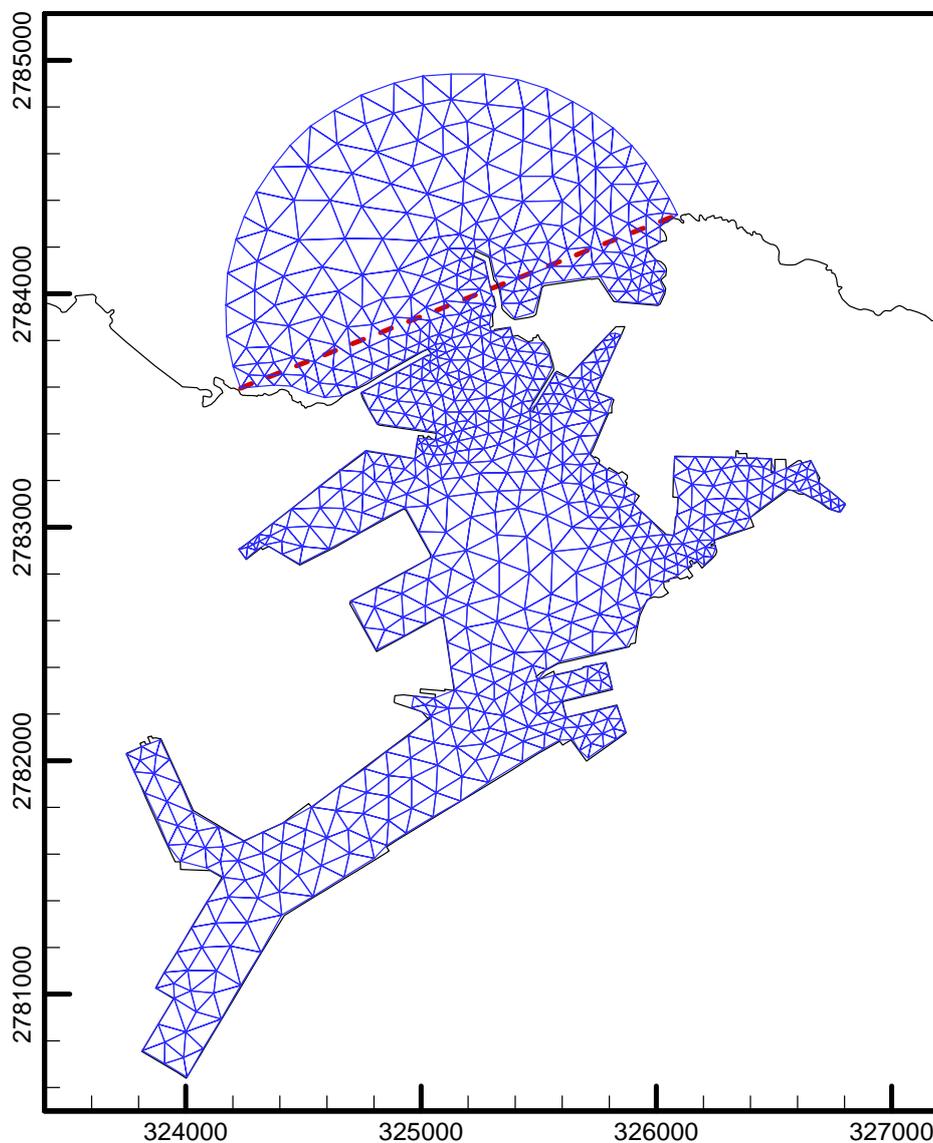


圖 4.45 基隆港東防波堤延伸工程及西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程施工前之港池形狀及其粗網格分布圖

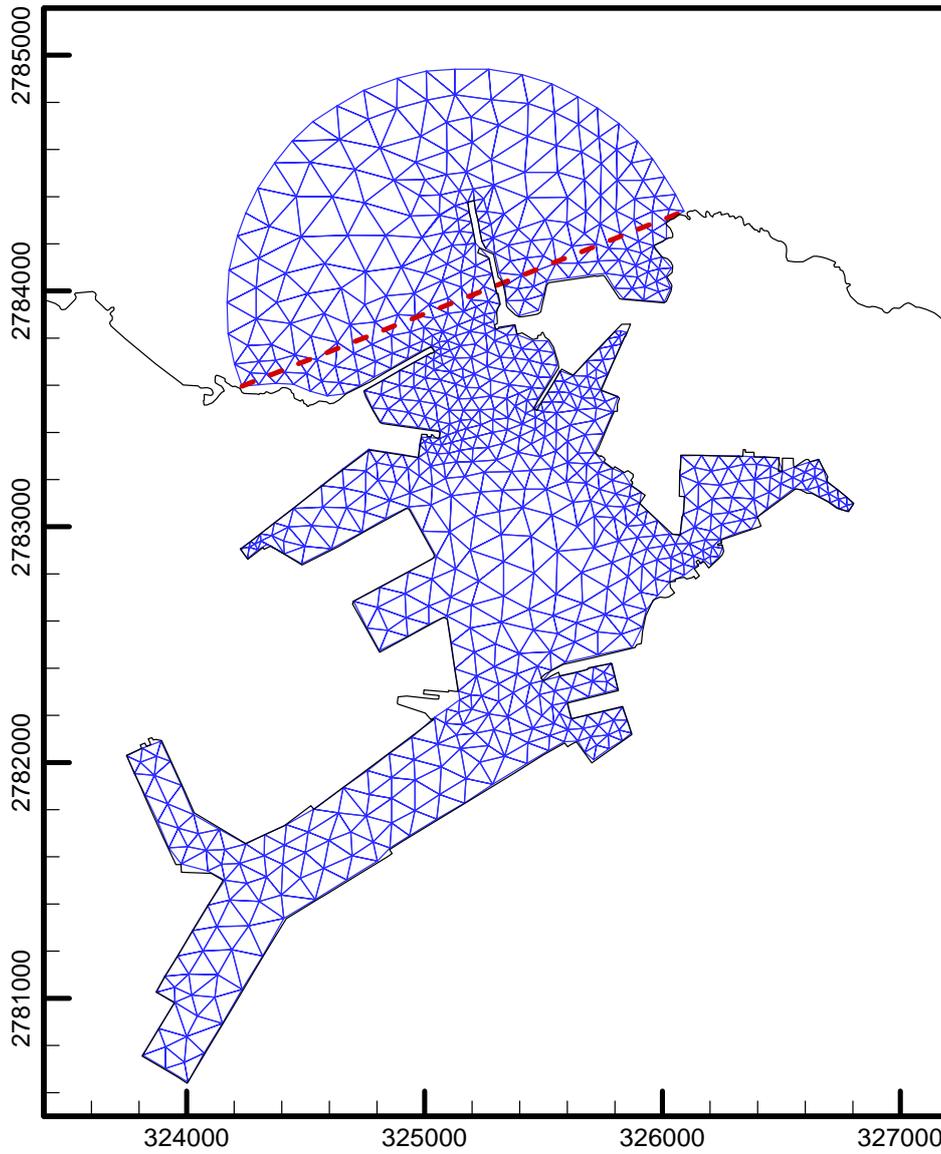


圖 4.46 基隆港東防波堤延伸工程及西 18、19 號貨櫃碼頭延建工程施
工後之港池形狀及其粗網格分布圖

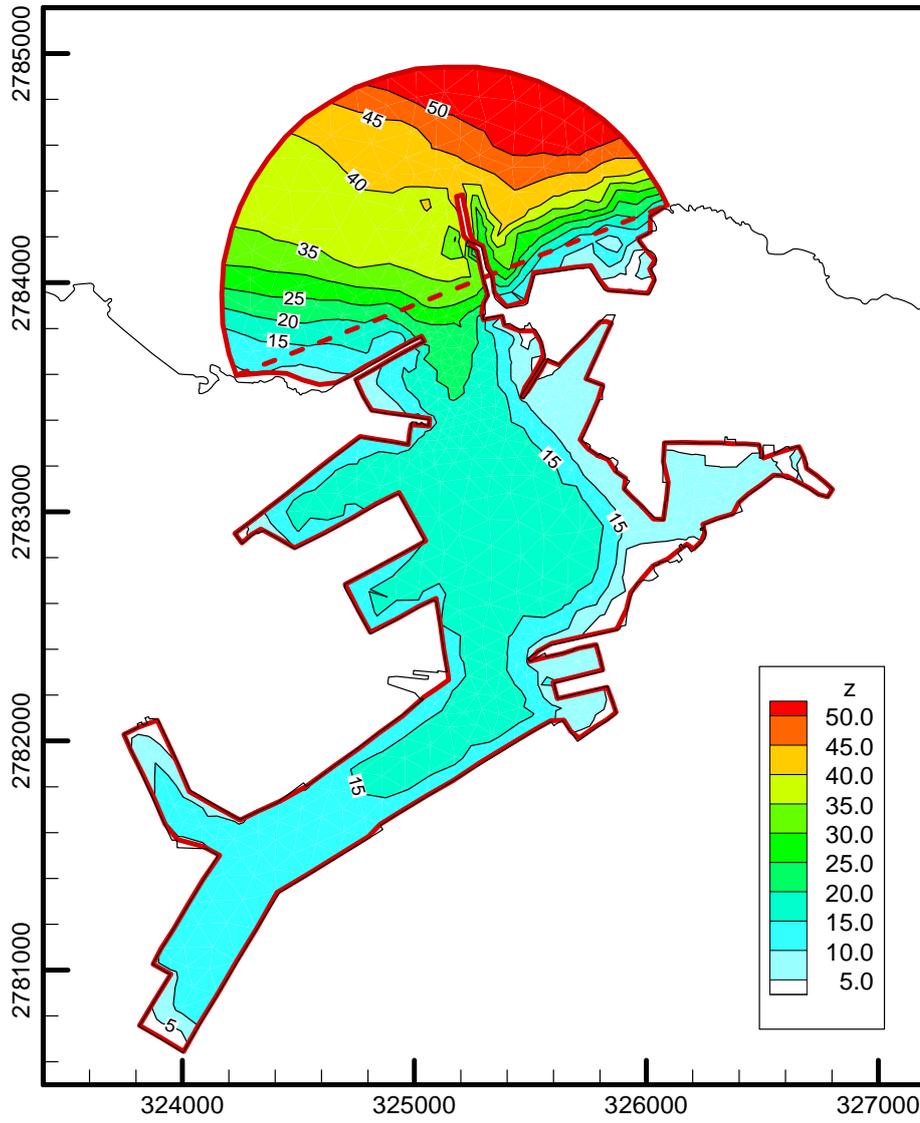


圖 4.47 基隆港港域波浪模式數值計算網格之水深分布情形

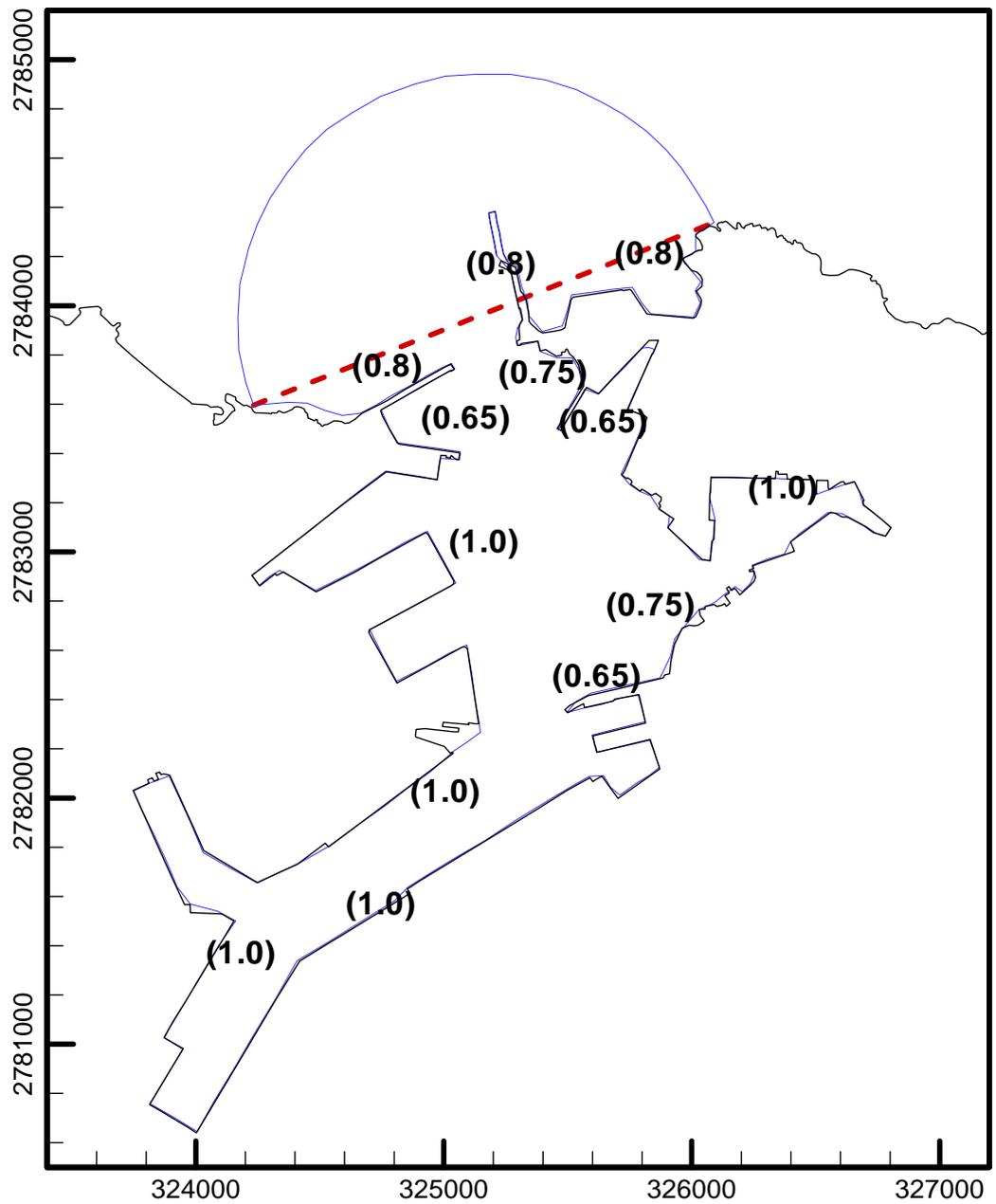


圖 4.48 基隆港港域波浪數值模式邊界反射係數配置示意圖

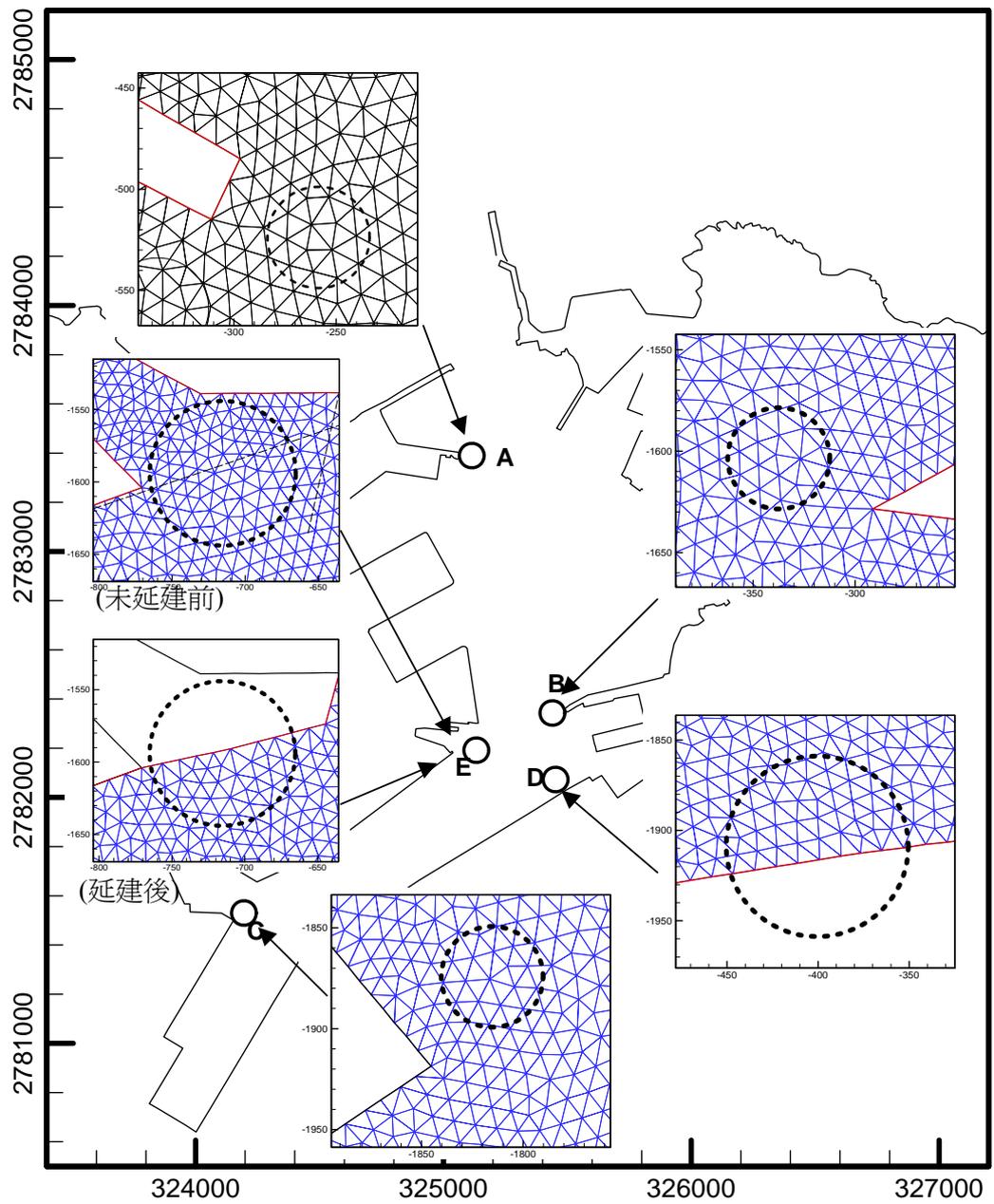


圖 4.49 港內波高遮蔽係數 K_d 值計算區位及網格節點分布圖

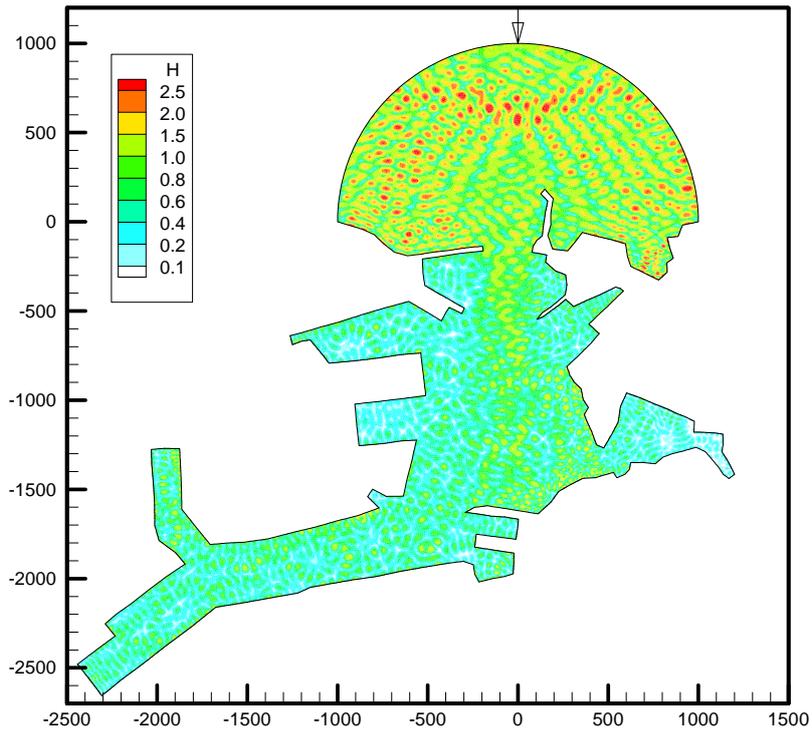


圖 4.50a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 N 偏 W21.8°)

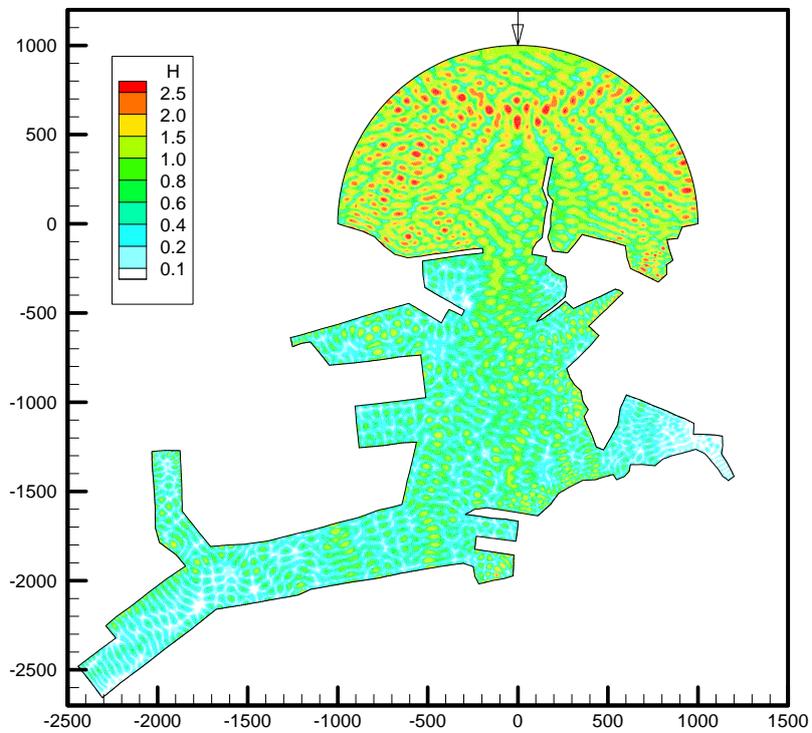


圖 4.50b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 N 偏 W21.8°)

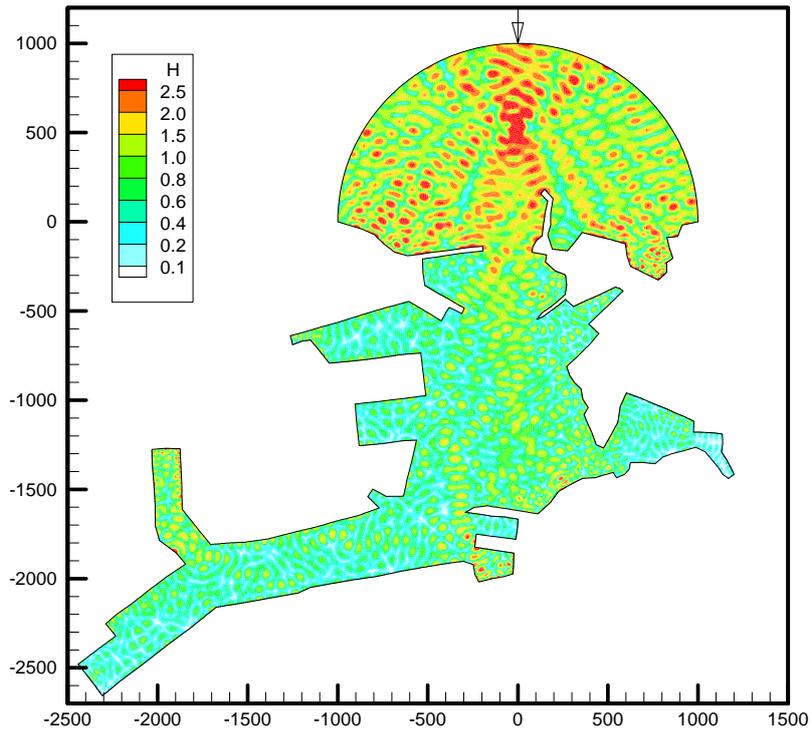


圖 4.51a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期9秒，波向 N 偏 W21.8°)

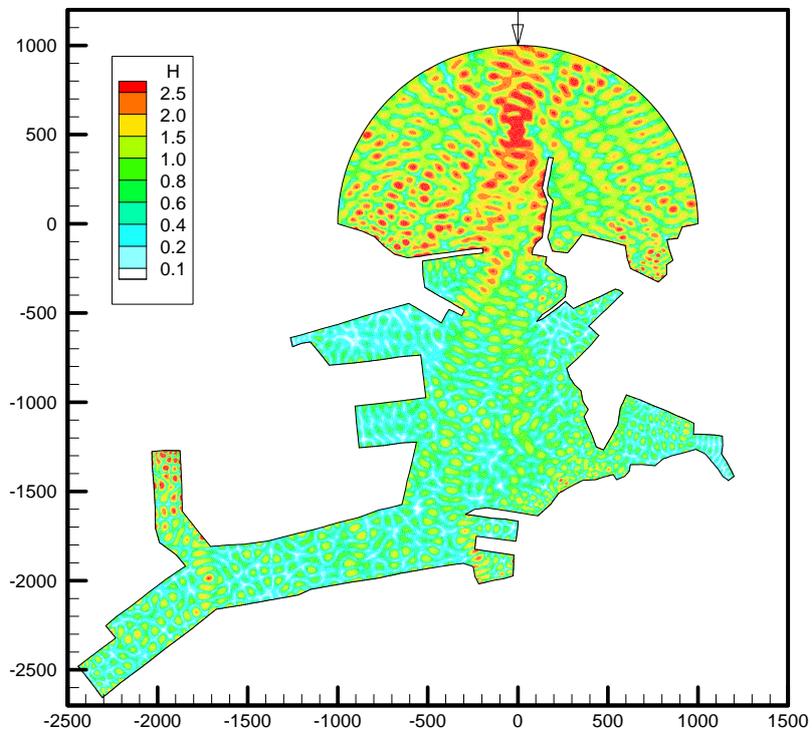


圖 4.51b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期9秒，波向 N 偏 W21.8°)

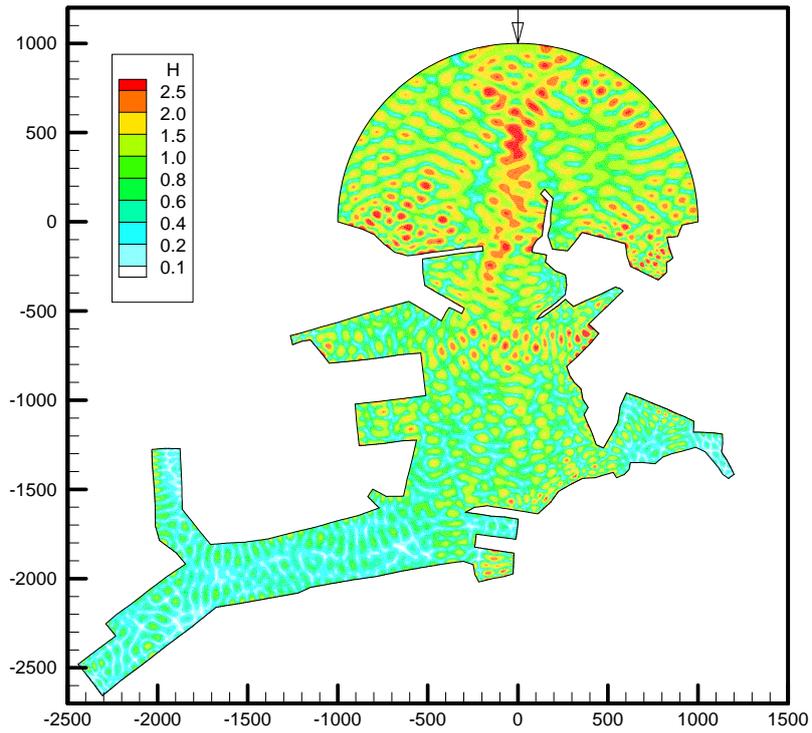


圖 4.52a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 N 偏 W21.8°)

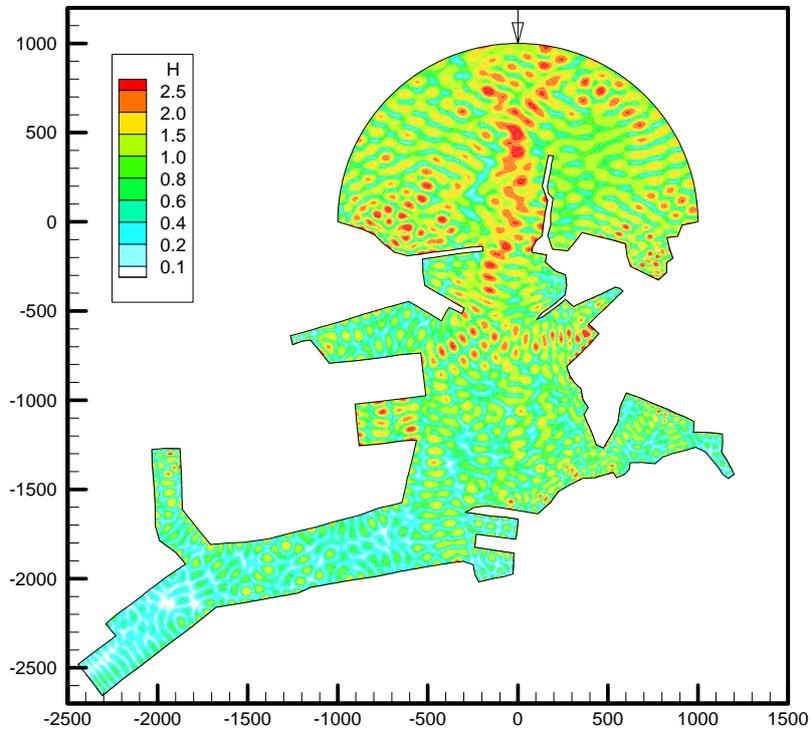


圖 4.52b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 N 偏 W21.8°)

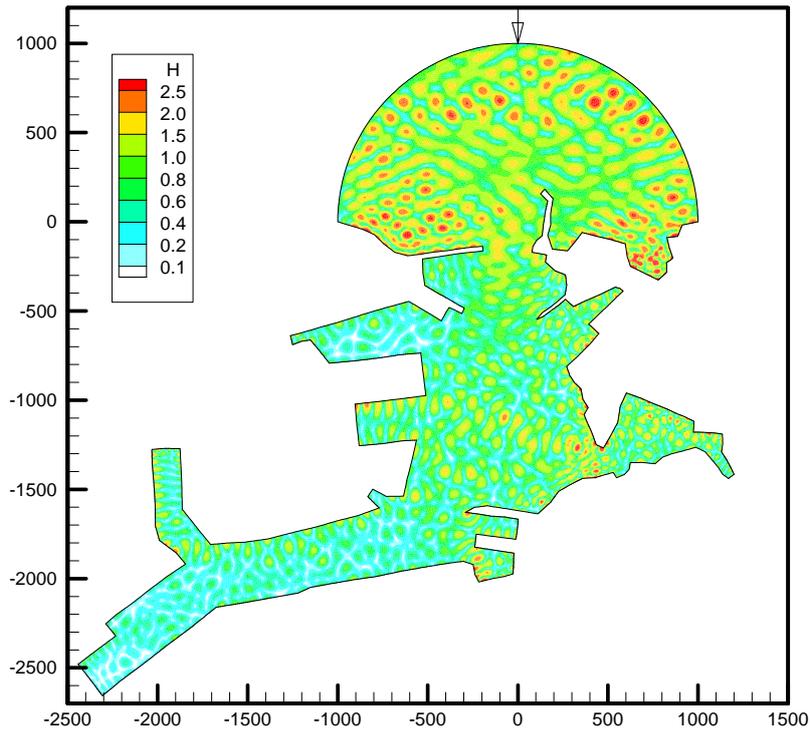


圖 4.53a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 N 偏 W21.8°)

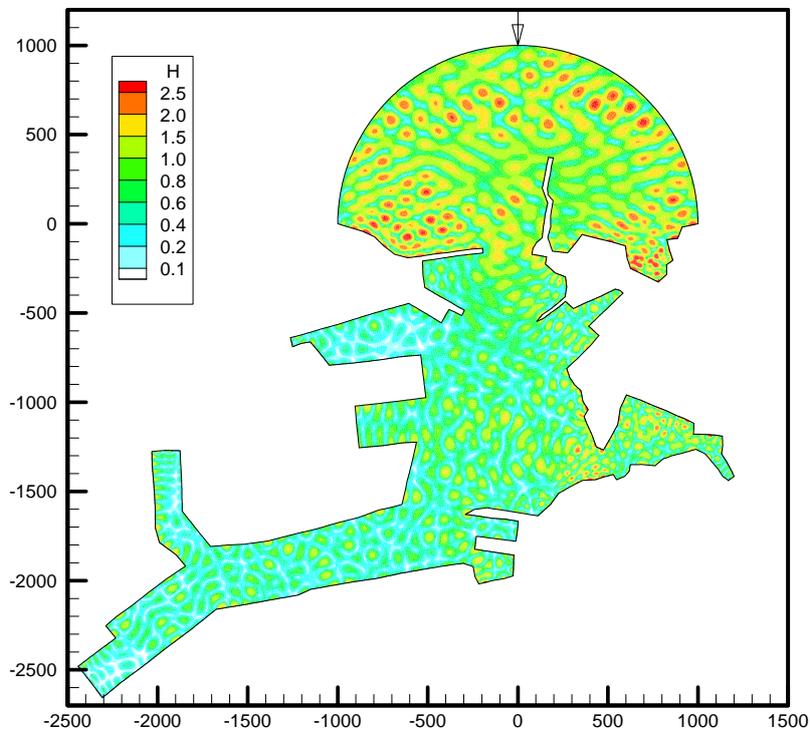


圖 4.53b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 N 偏 W21.8°)

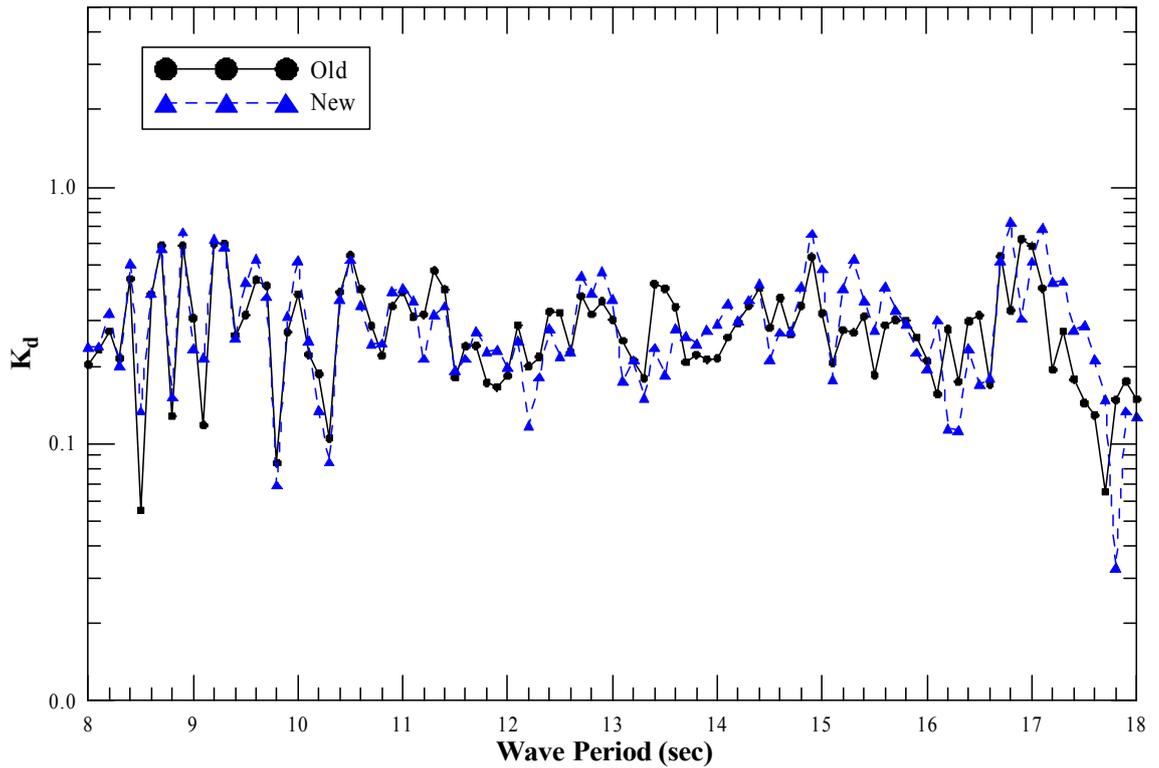


圖 4.54 基隆港現況舊港池配置數值模擬結果，區位 A 之平均波高遮蔽係數 K_d 值之比較圖（波浪正向入射情況）

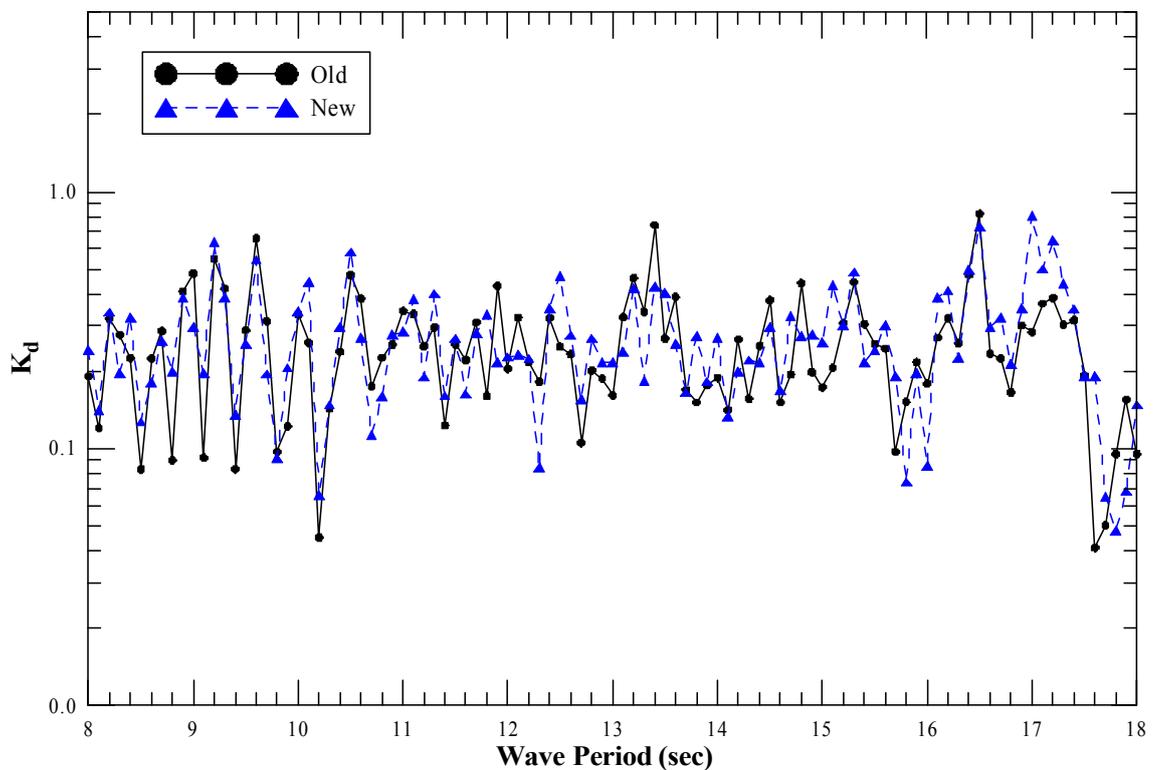


圖 4.55 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 B 之平均波高遮蔽係數 K_d 值之比較圖（波浪正向入射情況）

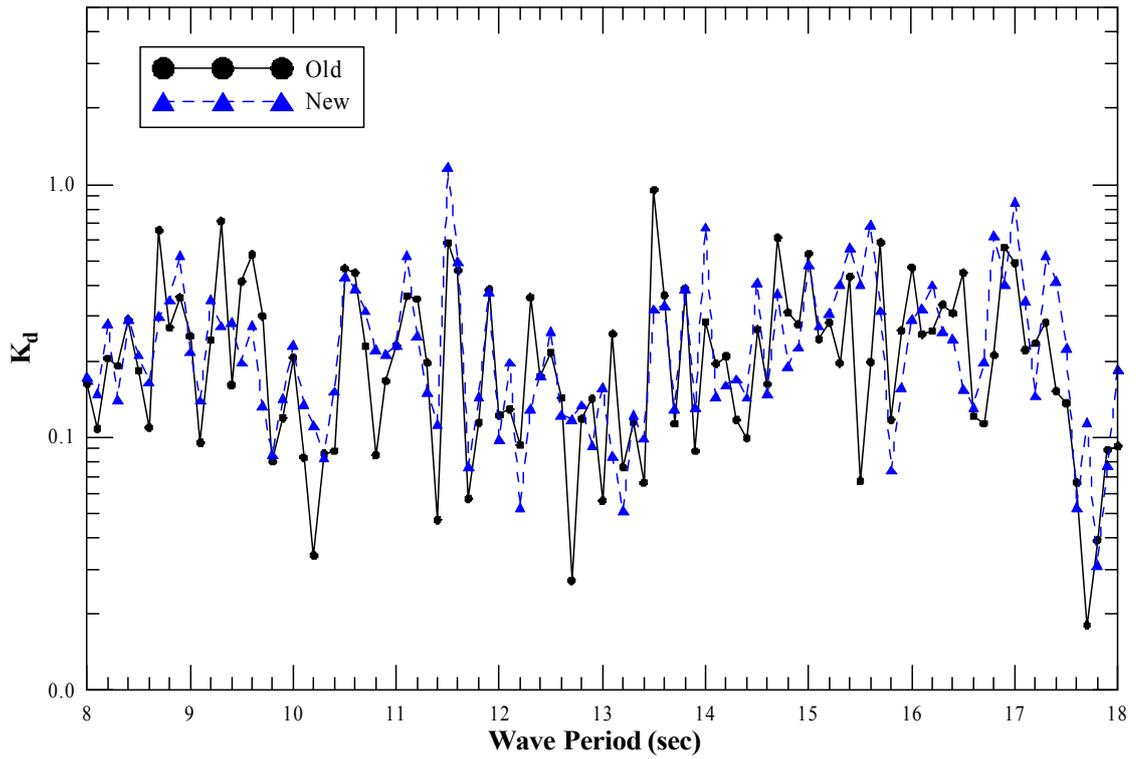


圖 4.56 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 C 之平均波高遮蔽係數 K_d 值之比較圖（波浪正向入射情況）

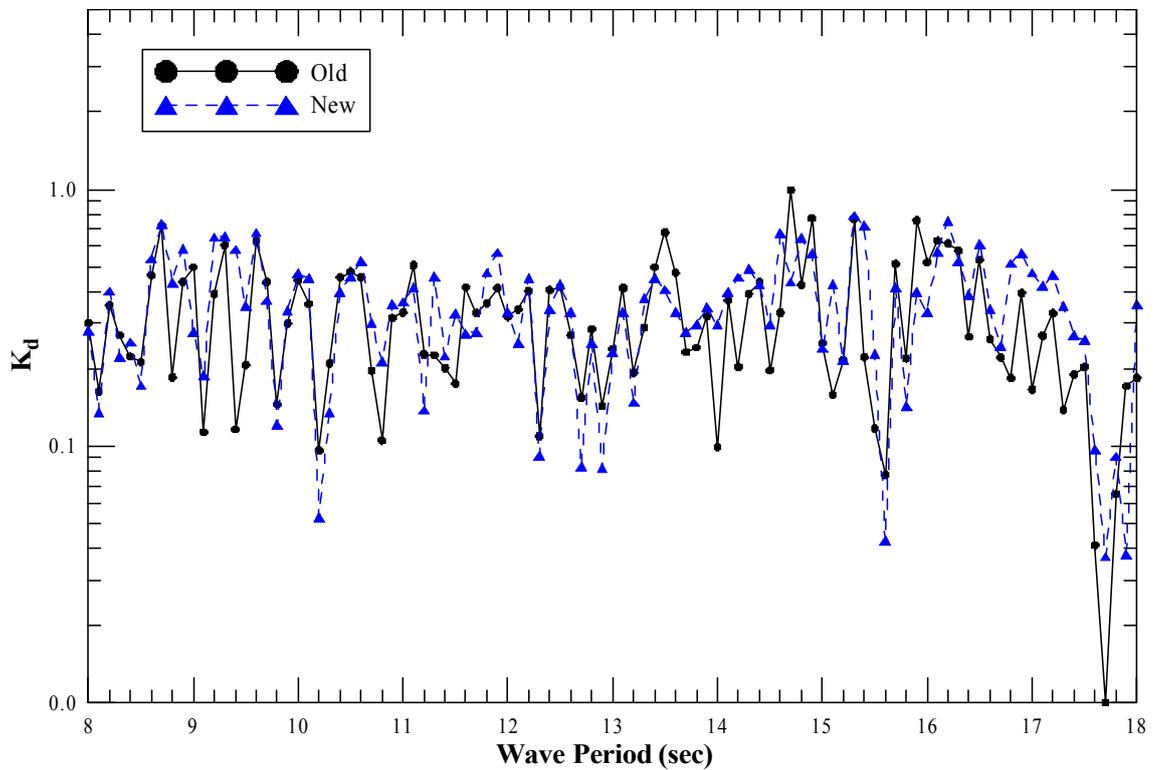


圖 4.57 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 D 之平均波高遮蔽係數 K_d 值之比較圖（波浪正向入射情況）

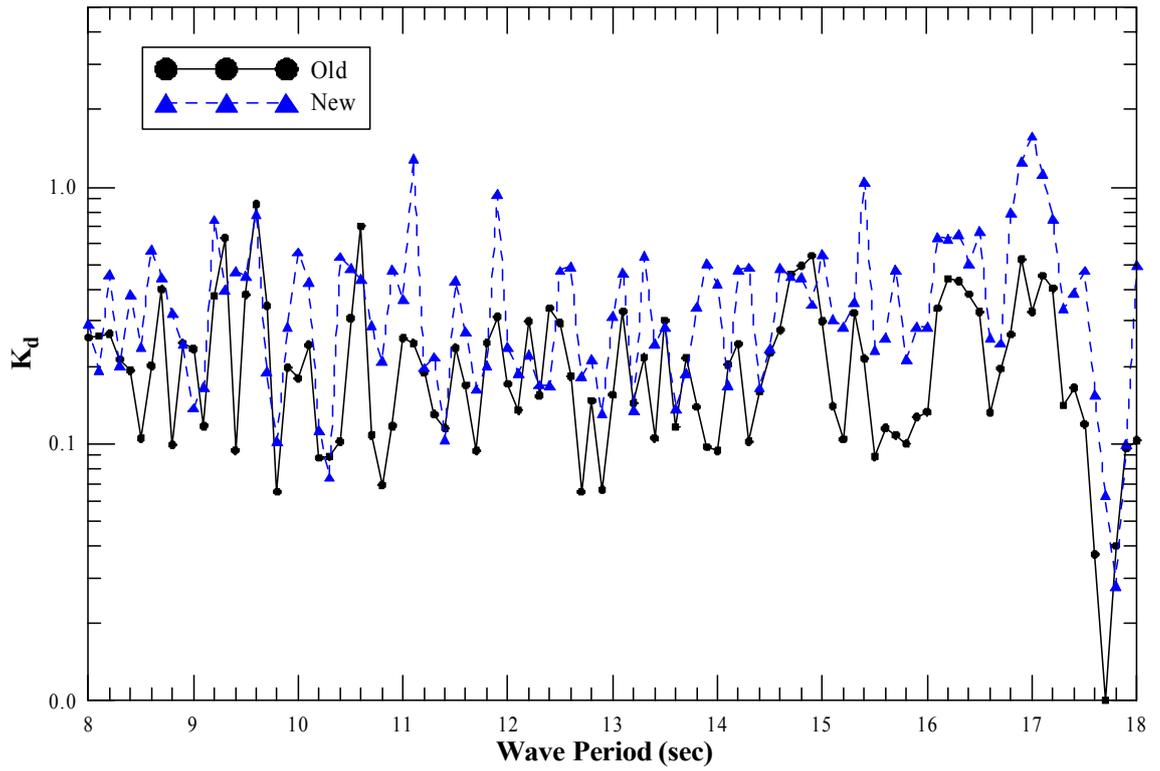


圖 4.58 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 E 之平均波高遮蔽係數 K_d 值之比較圖（波浪正向入射情況）

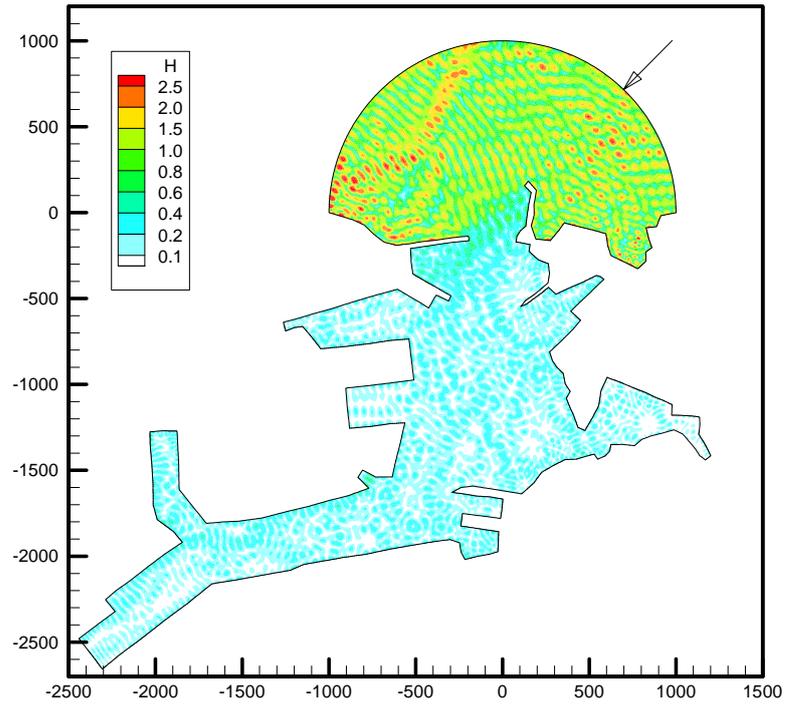


圖 4.59a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 NNE)

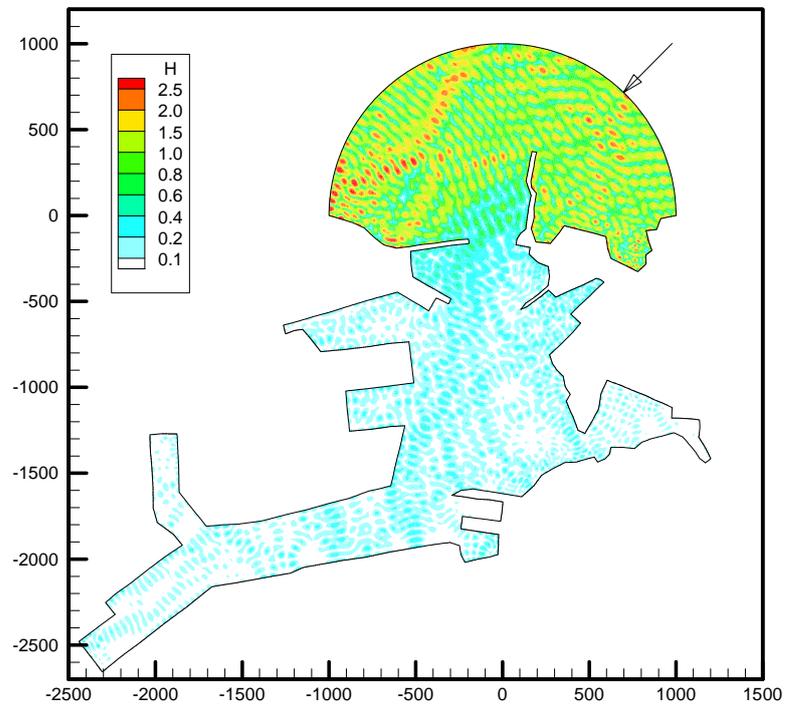


圖 4.59b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 8 秒，波向 NNE)

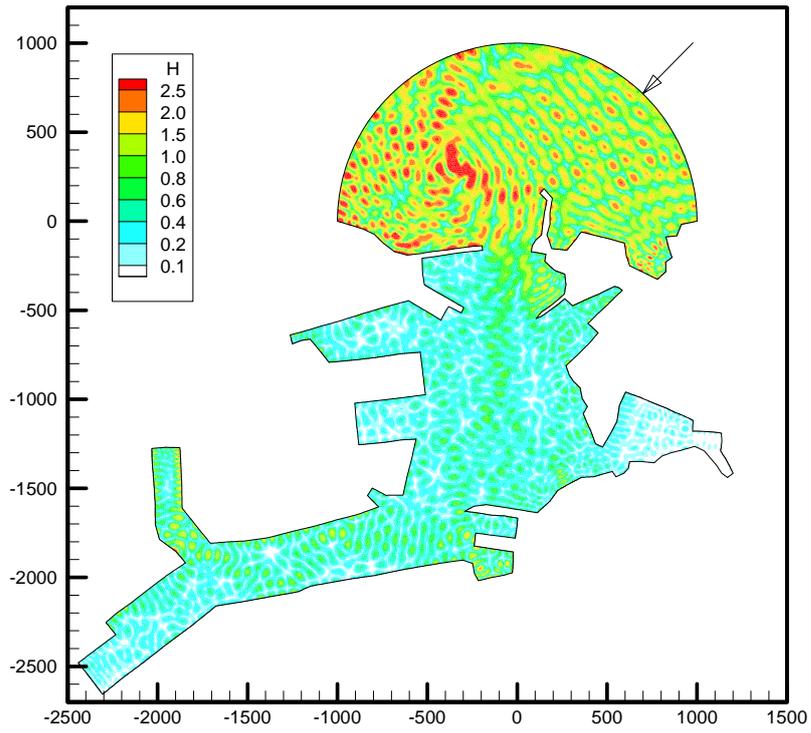


圖 4.60a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期9秒，波向 NNE)

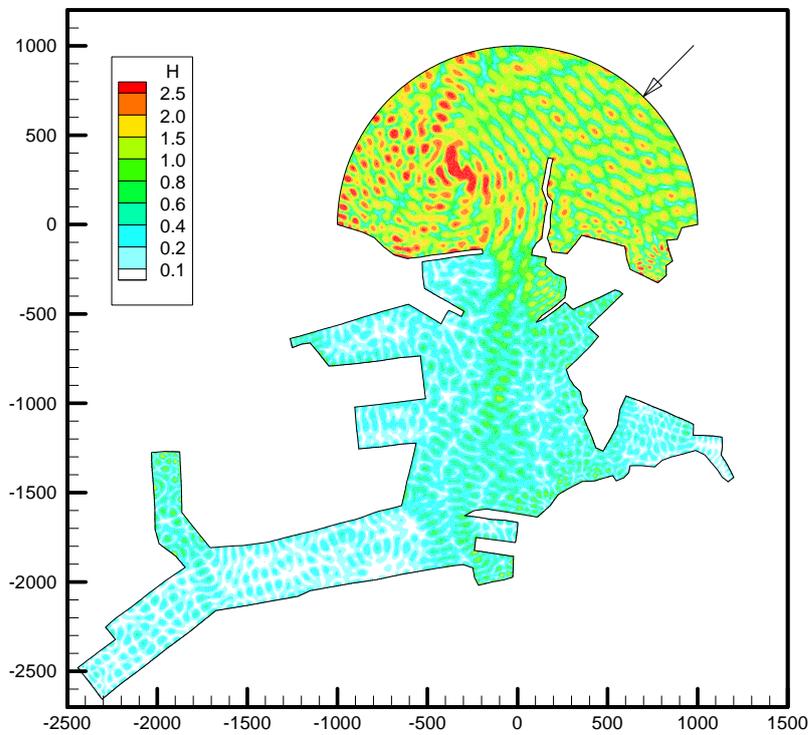


圖 4.60b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期9秒，波向 NNE)

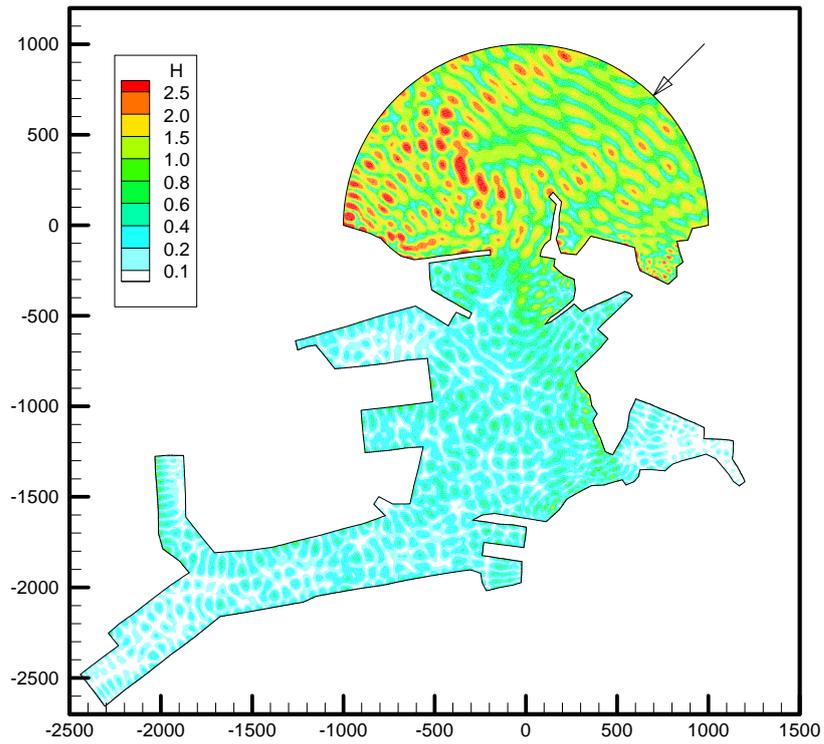


圖 4.61a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 NNE)

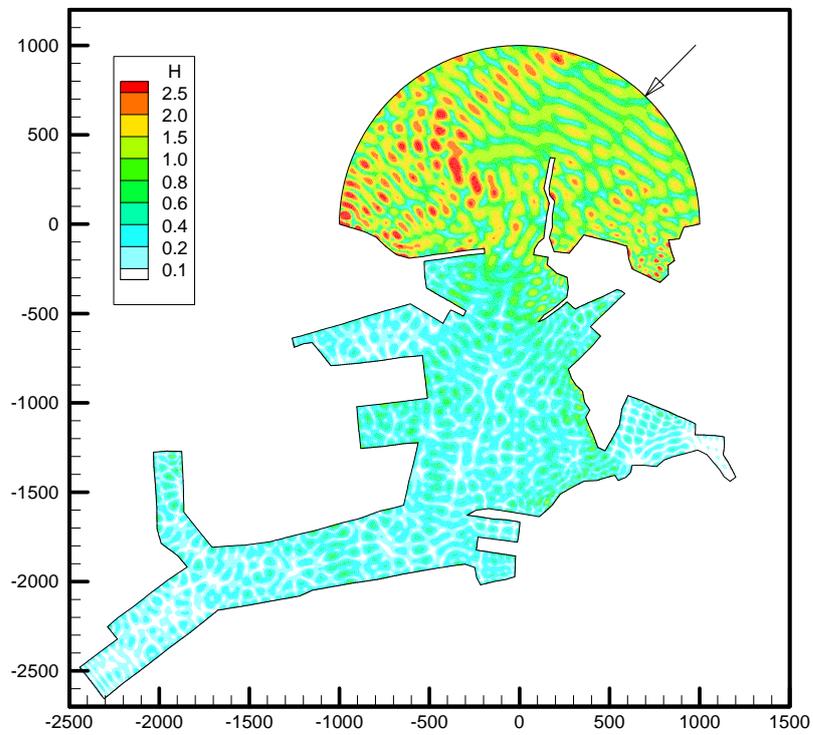


圖 4.61b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 10 秒，波向 NNE)

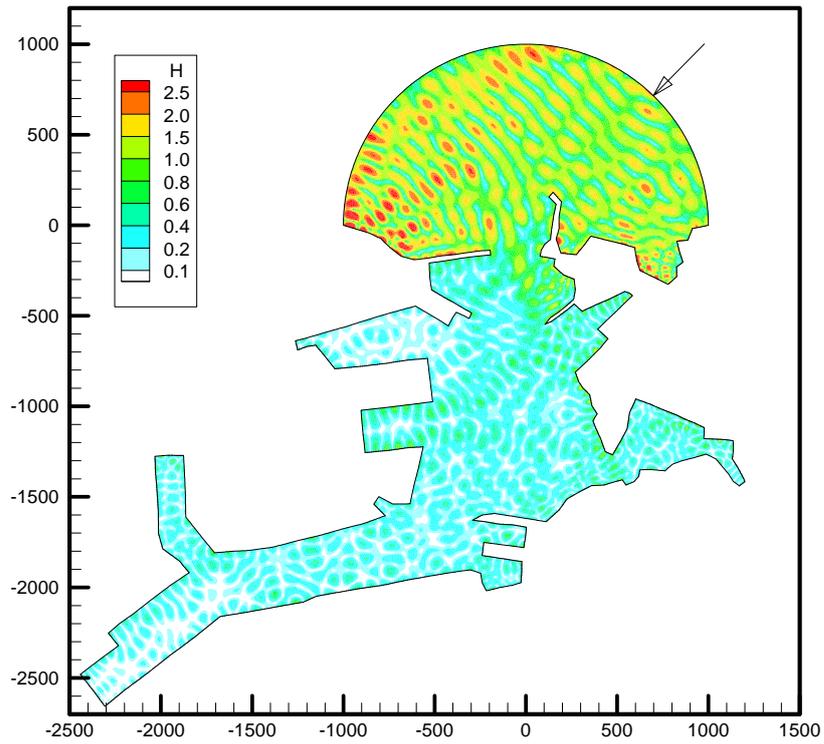


圖 4.62a 基隆港舊港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 NNE)

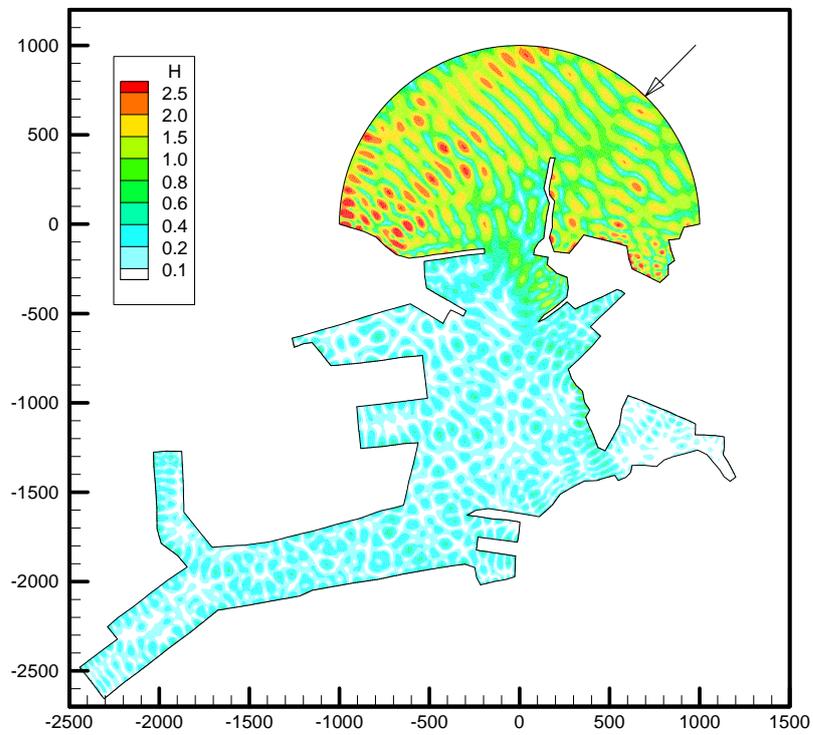


圖 4.62b 基隆港現況港池配置波浪模擬結果之波高分布情形(波浪週期 11 秒，波向 NNE)

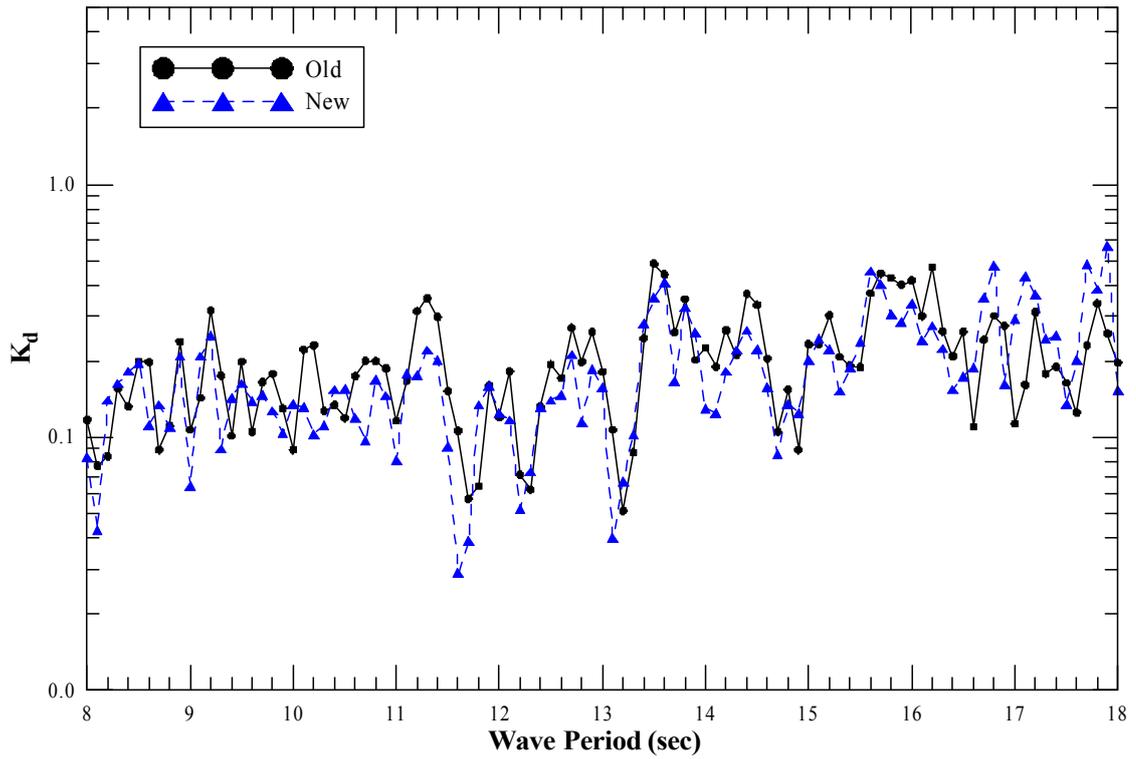


圖 4.63 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 A 之平均波高遮蔽係數 K_d 值之比較圖 (NNE 波向)

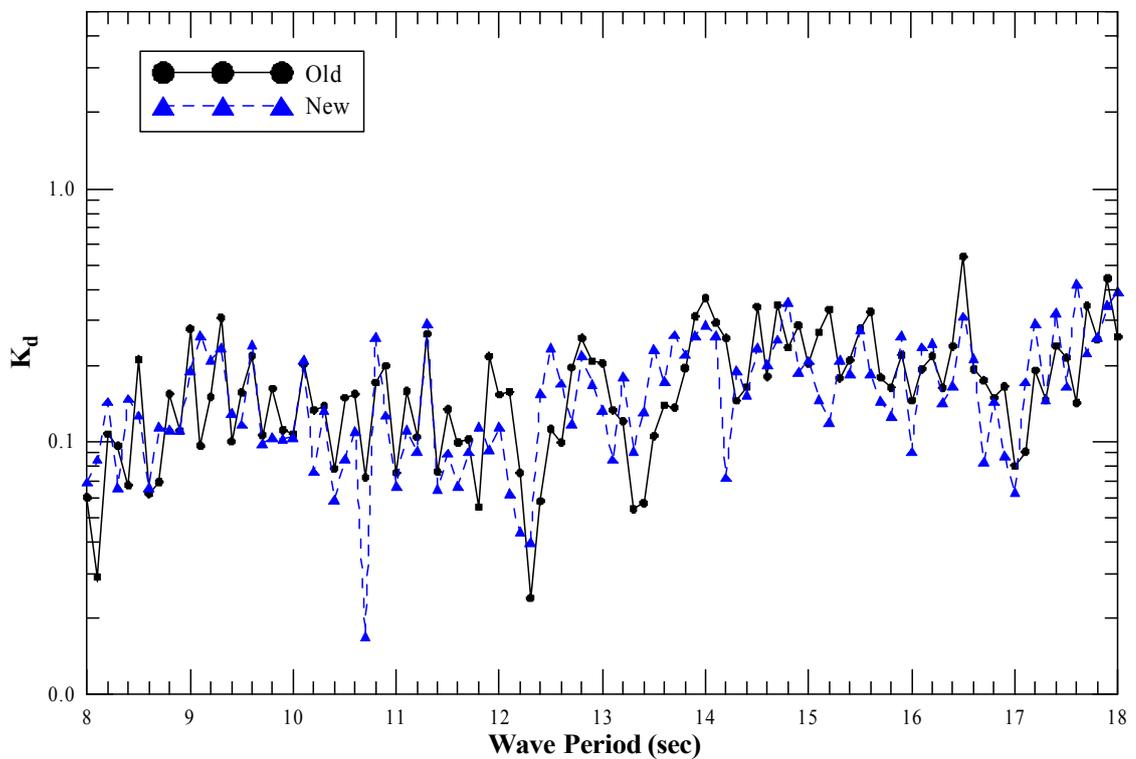


圖 4.64 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 B 之平均波高遮蔽係數 K_d 值之比較圖 (NNE 波向)

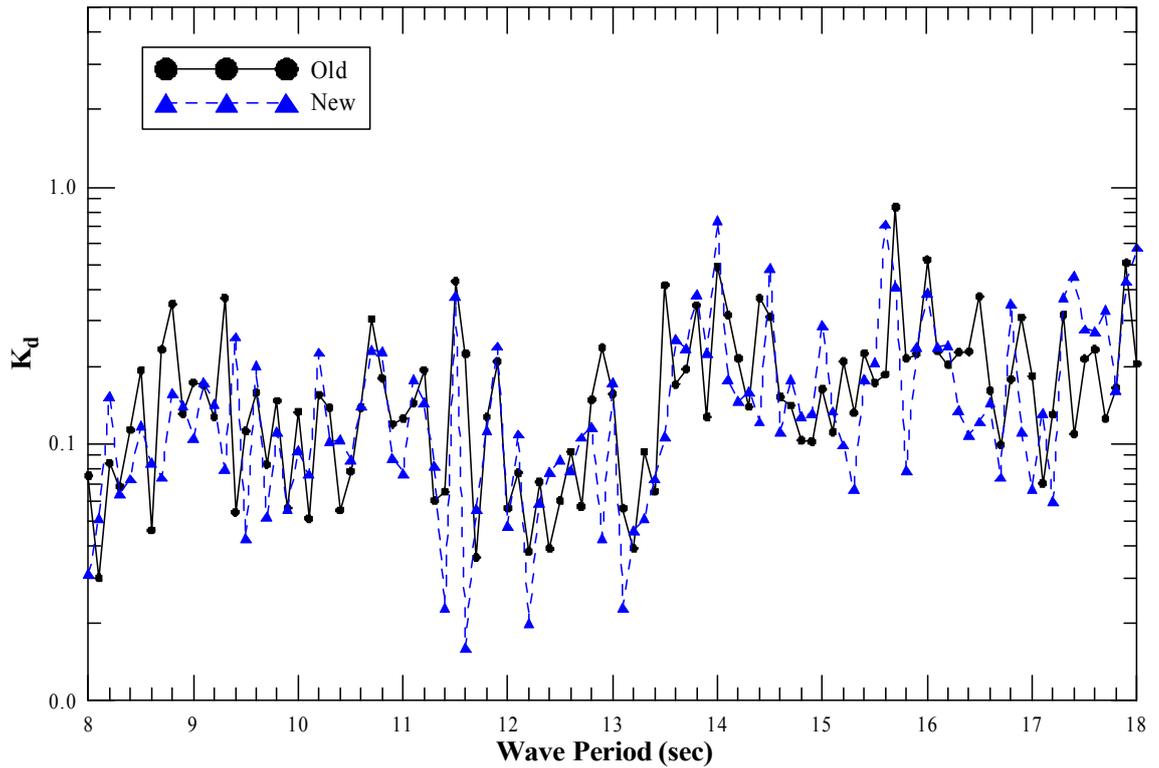


圖 4.65 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 C 之平均波高遮蔽係數 K_d 值之比較圖 (NNE 波向)

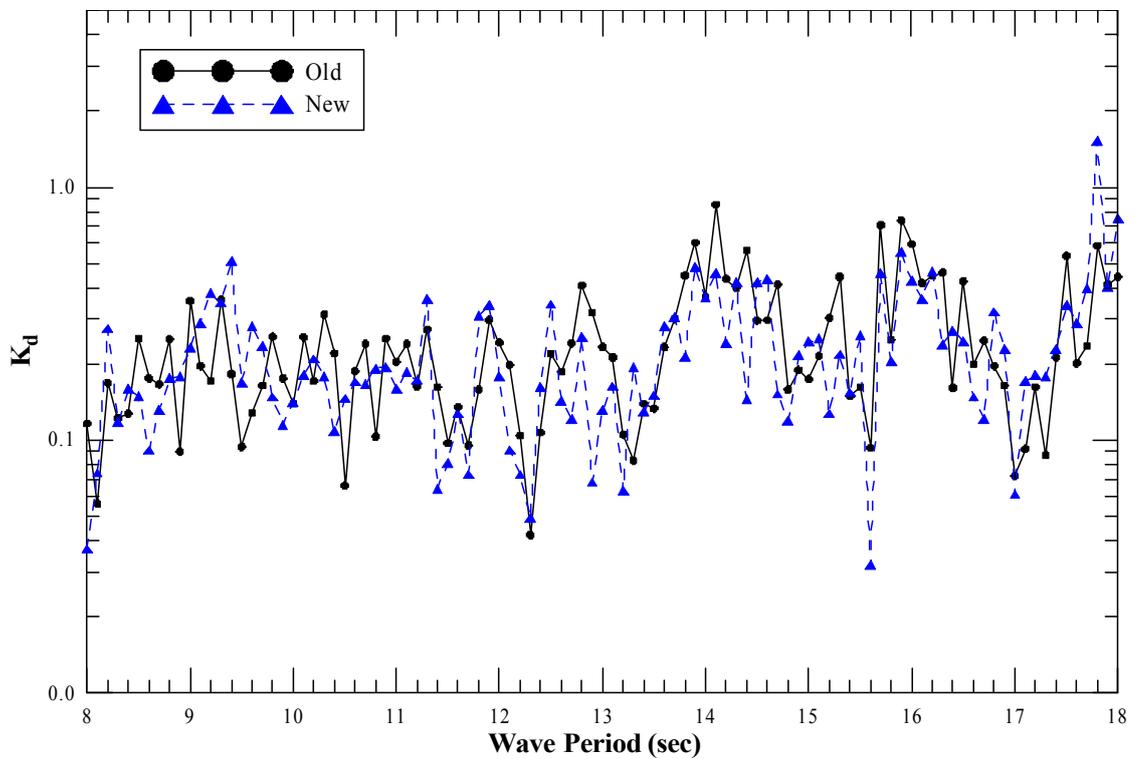


圖 4.66 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 D 之平均波高遮蔽係數 K_d 值之比較圖 (NNE 波向)

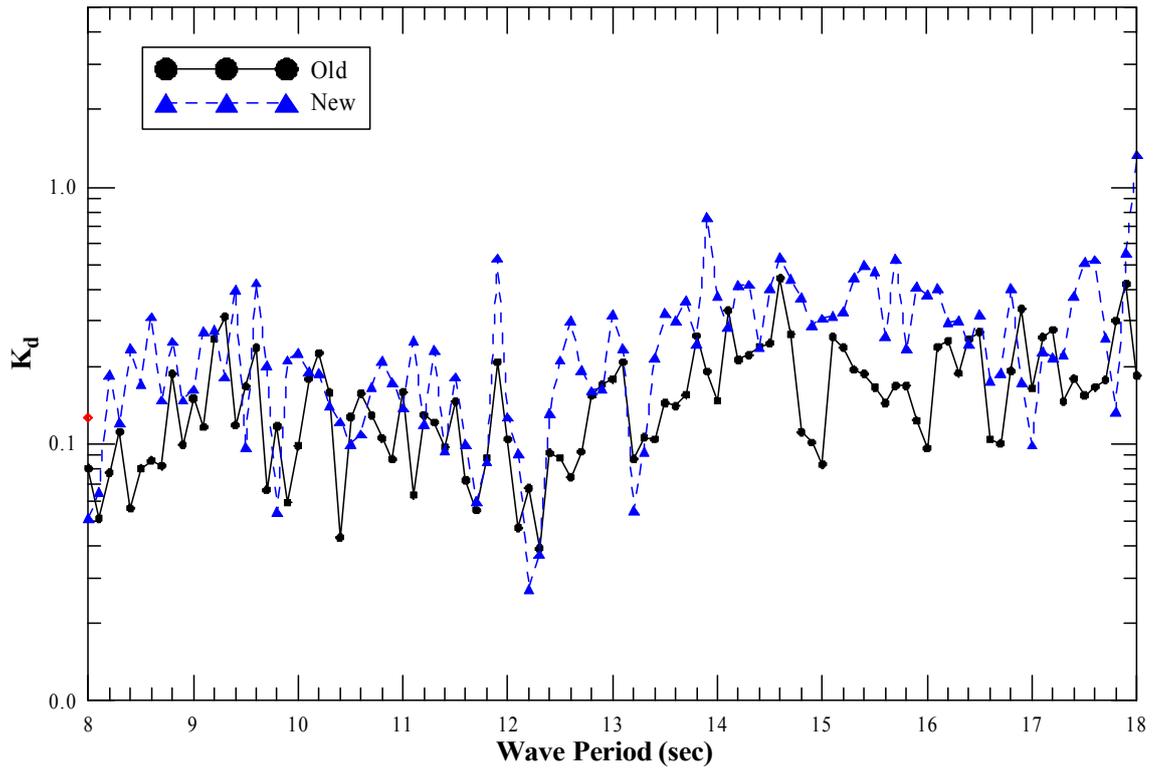


圖 4.67 基隆港現況及舊港池配置數值模擬結果，區位 E 之平均波高遮蔽係數 K_d 值之比較圖 (NNE 波向)

第五章 七個主要商港區及附近海域即時波場模擬作業

本部分之模擬作業主要是由本計畫團隊派駐在港研中心之專案助理配合中心及時作業系統所進行的工作成果，其涵蓋時間自 2009 年 12 月至 2010 年 11 月。相關的資料分析項目簡列如下：

1. 年度颱風風場作業化預報成果

- (1) 2010 年颱風七商港觀測及預報風場資料蒐集率統計表
- (2) 2010 年颱風七商港觀測及預報風場平均值統計表
- (3) 2010 年颱風七商港觀測及預報風場極端值統計表
- (4) 2010 年颱風七商港觀測及預報風場偏差值統計表

2. 第二章年度颱風波浪作業化預報成果

- (1) 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪資料蒐集率統計表
- (2) 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪平均值統計表
- (3) 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪極端值統計表
- (4) 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪偏差值統計表

3. 第三章年度每月風場作業化預報成果

- (1) 2010 年每月七商港觀測及預報風場資料蒐集率統計表
- (2) 2010 年每月七商港觀測及預報風場平均值統計表
- (3) 2010 年每月七商港觀測及預報風場極端值統計表
- (4) 2010 年每月七商港觀測及預報風場偏差值統計表

4. 第四章年度每月波浪作業化預報成果

- (1) 2010 年每月七商港觀測及預報波浪資料蒐集率統計表
- (2) 2010 年每月七商港觀測及預報波浪平均值統計表
- (3) 2010 年每月七商港觀測及預報波浪極端值統計表

(4) 2010 年每月七商港觀測及預報波浪偏差值統計表

5. 2010 年颱風期間七商港預報與觀測風場及波浪歷線比較圖(附錄 A)

6. 2010 年每月七商港預報與觀測風場歷線及比較圖(MC) (附錄 B)

7. 2010 年每月七商港預報與觀測波浪歷線及比較圖(SWAN) (附錄 C)

8. 2010 年每月七商港預報與觀測風場歷線及比較圖(RC) (附錄 D)

9. 2010 年每月七商港預報與觀測波浪歷線及比較圖(WAM) (附錄 E)

因資料繁多，本章僅摘錄部分結果，其餘部分將以附件型式於結案時繳交。表 5.1 至表 5.4 為年度颱風風場作業化預報成果，其中表 5.1 為 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場資料蒐集統計表；表 5.2 為 2010 年颱風七商港觀測及預報風場平均值統計表；表 5.3 為 2010 年颱風七商港觀測及預報風場極端值統計表；表 5.4 為 2010 年颱風七商港觀測及預報風場偏差值統計表。表 5.5 至表 5.8 為年度颱風波浪作業化預報成果，其中表 5.5 為 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪資料蒐集率統計表；表 5.6 為 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪平均值統計表；表 5.7 為 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪極端值統計表；表 5.8 為 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪偏差值統計表。比較各圖中表格的數值可以發現，不論是預報的風場(RC 或 MC)都與實測的風速風向資料不完全一致，預報波浪與實測波浪亦有類似情形，究其原因應是不論是風場或波場的預報模式都仍屬於大的格網，其是否仍與單點式的風速風向或波浪量測直接進行比對，仍有待討論與改進。

表 1.1.1 2010 年颱風期間七商港觀測及預報風場資料蒐集率統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	23 (88.5%)	* (*)	25 (96.2%)	24 (92.3%)	25 (96.2%)	26 (100%)	26 (100%)
	RC	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)
	MC	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)
茉莉克	OBS1	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	31 (91.2%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)
	RC	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)
	MC	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)
莫蘭蒂	OBS1	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)
	RC	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)
	MC	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)
凡那比	OBS1	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	65 (100%)	65 (100%)
	RC	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)
	MC	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站風速資料

RC: NFS RC 預報風速資料

MC: NFS MC 預報風速資料

表 5.1 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場資料蒐集統計表

表 1.1.2a 2010 年颱風期間七商港觀測及預報風場平均風速統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	2.5 (88.5%)	* (*)	2.4 (96.2%)	3.4 (92.3%)	3.4 (96.2%)	6.1 (100%)	4.4 (100%)
	RC	4.4 (100%)	3.9 (100%)	3.7 (100%)	4.6 (100%)	4.1 (100%)	3.5 (100%)	2.1 (100%)
	MC	5.8 (100%)	4.3 (100%)	2.5 (100%)	5.9 (100%)	4.5 (100%)	4.8 (100%)	2.3 (100%)
茉莉克	OBS1	5.2 (100%)	2.2 (100%)	6.9 (100%)	3.2 (91.2%)	10.9 (100%)	4.6 (100%)	11.1 (100%)
	RC	7.6 (100%)	4.9 (100%)	8.7 (100%)	6.6 (100%)	7.1 (100%)	6.6 (100%)	8.8 (100%)
	MC	8.9 (100%)	2.2 (100%)	10.2 (100%)	5.7 (100%)	7.2 (100%)	5.4 (100%)	10.6 (100%)
莫蘭蒂	OBS1	4.1 (100%)	2.6 (100%)	7.9 (100%)	3.0 (100%)	11.4 (100%)	5.9 (100%)	12.9 (100%)
	RC	8.1 (100%)	5.3 (100%)	8.8 (100%)	6.4 (100%)	7.4 (100%)	6.8 (100%)	9.5 (100%)
	MC	9.4 (100%)	3.7 (100%)	9.9 (100%)	6.5 (100%)	8.0 (100%)	4.4 (100%)	10.1 (100%)
凡那比	OBS1	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	11.5 (100%)	14.2 (100%)
	RC	10.5 (100%)	9.7 (100%)	9.3 (100%)	8.8 (100%)	10.1 (100%)	10.0 (100%)	9.3 (100%)
	MC	9.7 (100%)	9.7 (100%)	9.9 (100%)	10.4 (100%)	9.6 (100%)	9.0 (100%)	10.1 (100%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站風速資料

RC: NFS RC 預報風速資料

MC: NFS MC 預報風速資料 單位: m/s

表 5.2a 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場平均風速統計表

表 1.1.2b 2010年颱風期間七商港觀測及預報風場主要風向 (%) 統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	WSW(26.9%)	* (100%)	S (34.6%)	SSW (38.5%)	WNW(23.1%)	S (19.2%)	SSE (42.3%)
	RC	SSE (38.5%)	WSW(23.1%)	S (42.3%)	SW (42.3%)	S (34.6%)	S (30.8%)	SSW (26.9%)
	MC	SE (34.6%)	SW (50.0%)	SSE (38.5%)	S (57.7%)	SSE (69.2%)	SSW (23.1%)	SE (30.8%)
萊羅克	OBS1	SSE (41.2%)	NE (26.5%)	SE (32.4%)	SSW (61.8%)	S (82.4%)	SE (29.4%)	SSE (32.4%)
	RC	SE (67.6%)	SE (52.9%)	SSE (35.3%)	SSE (79.4%)	SSE (64.7%)	SE (88.2%)	SSE (50.0%)
	MC	SE (73.5%)	NW (20.6%)	SSE (52.9%)	SSW (55.9%)	SSE (67.6%)	SE (76.5%)	SSE (73.5%)
莫蘭蒂	OBS1	SE (29.2%)	SSE (20.8%)	S (45.8%)	SSW (87.5%)	S (79.2%)	SE (58.3%)	S (37.5%)
	RC	SSE (70.8%)	SSE (41.7%)	S (58.3%)	S (54.2%)	SSE (75.0%)	SSE (54.2%)	S (50.0%)
	MC	SSE (62.5%)	SE (16.7%)	SSE (58.3%)	SSW (79.2%)	S (83.3%)	SE (41.7%)	SSE (37.5%)
凡那比	OBS1	* (100%)	* (100%)	* (100%)	* (100%)	* (100%)	NNE(30.8%)	N (21.5%)
	RC	NNE(35.4%)	NNE(27.7%)	NNW(23.1%)	N (35.4%)	N (29.2%)	NNE(35.4%)	S (18.5%)
	MC	NNE(26.2%)	NNE(47.7%)	NNW(21.5%)	N (27.7%)	NNW(24.6%)	NNE(29.2%)	NNW(26.2%)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測1站風向資料

RC: NFS RC 預報風向資料

MC: NFS MC 預報風向資料

表 5.2b 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場主要風向統計表

表 1.1.2c 2010年颱風期間七商港觀測及預報風場東西分量平均風速統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	1.4 (88.5%)	* (*)	-7 (96.2%)	.1 (92.3%)	1.6 (96.2%)	1.7 (100%)	-1.7 (100%)
	RC	-2.0 (100%)	2.7 (100%)	-.4 (100%)	2.2 (100%)	.2 (100%)	-1.0 (100%)	-.5 (100%)
	MC	-2.1 (100%)	2.5 (100%)	-1.1 (100%)	.8 (100%)	-1.1 (100%)	.0 (100%)	-.6 (100%)
萊羅克	OBS1	-.9 (100%)	-.7 (100%)	-3.2 (100%)	.7 (91.2%)	.5 (100%)	-2.2 (100%)	-5.8 (100%)
	RC	-4.5 (100%)	-2.8 (100%)	-1.7 (100%)	-2.2 (100%)	-2.8 (100%)	-4.5 (100%)	-3.5 (100%)
	MC	-5.2 (100%)	.4 (100%)	-3.6 (100%)	1.8 (100%)	-1.5 (100%)	-3.7 (100%)	-4.1 (100%)
莫蘭蒂	OBS1	-.9 (100%)	.6 (100%)	-2.4 (100%)	1.0 (100%)	.2 (100%)	-3.6 (100%)	-3.4 (100%)
	RC	-3.5 (100%)	-1.2 (100%)	-1.8 (100%)	-1.3 (100%)	-2.1 (100%)	-3.0 (100%)	-2.9 (100%)
	MC	-4.7 (100%)	.2 (100%)	-3.8 (100%)	2.5 (100%)	-1.1 (100%)	-2.5 (100%)	-3.4 (100%)
凡那比	OBS1	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	-7.4 (100%)	3.0 (100%)
	RC	-6.6 (100%)	-5.1 (100%)	4.2 (100%)	-2.7 (100%)	-4.9 (100%)	-6.6 (100%)	1.8 (100%)
	MC	-5.9 (100%)	-3.1 (100%)	4.2 (100%)	-2.7 (100%)	-2.5 (100%)	-6.4 (100%)	2.4 (100%)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測1站風 EW 資料

RC: NFS RC 預報風 EW 資料

MC: NFS MC 預報風 EW 資料 單位: m/s

表 5.2c 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場東西分量平均風速統計表

表 1.1.2d 2010 年颱風期間七商港觀測及預報風場南北分量平均風速統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	1.1 (88.5%)	* (*)	1.3 (96.2%)	3.2 (92.3%)	1.4 (96.2%)	1.9 (100%)	3.5 (100%)
	RC	3.4 (100%)	.4 (100%)	3.5 (100%)	3.7 (100%)	3.8 (100%)	2.2 (100%)	1.8 (100%)
	MC	4.2 (100%)	2.8 (100%)	1.9 (100%)	5.6 (100%)	4.3 (100%)	2.8 (100%)	1.4 (100%)
萊羅克	OBS1	4.9 (100%)	-2 (100%)	5.6 (100%)	3.0 (91.2%)	10.8 (100%)	2.8 (100%)	8.0 (100%)
	RC	6.0 (100%)	3.8 (100%)	8.1 (100%)	6.1 (100%)	6.4 (100%)	4.8 (100%)	7.8 (100%)
	MC	7.1 (100%)	.2 (100%)	9.2 (100%)	5.2 (100%)	7.0 (100%)	3.6 (100%)	9.6 (100%)
莫蘭蒂	OBS1	3.4 (100%)	1.4 (100%)	6.6 (100%)	2.8 (100%)	11.2 (100%)	4.3 (100%)	10.8 (100%)
	RC	7.2 (100%)	4.8 (100%)	7.9 (100%)	6.1 (100%)	7.1 (100%)	5.9 (100%)	8.2 (100%)
	MC	7.9 (100%)	1.7 (100%)	8.7 (100%)	5.9 (100%)	7.9 (100%)	2.8 (100%)	9.1 (100%)
凡那比	OBS1	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	-3.2 (100%)	-1.8 (100%)
	RC	-1.0 (100%)	-2.4 (100%)	1.0 (100%)	.0 (100%)	-6 (100%)	-1.8 (100%)	-.4 (100%)
	MC	.3 (100%)	-4.4 (100%)	.5 (100%)	-2.9 (100%)	-.3 (100%)	-1.5 (100%)	-1.1 (100%)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測 1 站風 NS 資料

RC: NFS RC 預報風 NS 資料

MC: NFS MC 預報風 NS 資料 單位: m/s

表 5.2d 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場南北分量平均風速統計表

表 1.1.3a 2010 年颱風期間七商港觀測及預報風場最大風速 (風向) 統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	5.4 (WSW)	* (*)	5.0 (SE)	7.2 (SSE)	7.5 (S)	15.5 (SSW)	8.3 (SE)
	RC	8.0 (S)	6.4 (WNW)	7.1 (SSE)	6.5 (SW)	7.6 (SSW)	5.7 (ESE)	5.8 (SSE)
	MC	10.4 (S)	8.8 (WNW)	7.8 (SSE)	9.1 (S)	7.2 (S)	9.5 (SSW)	5.8 (SE)
萊羅克	OBS1	8.9 (S)	5.9 (NNE)	10.7 (SE)	5.6 (S)	17.4 (S)	14.1 (SE)	17.1 (S)
	RC	10.0 (SE)	7.9 (SE)	13.6 (SSE)	8.7 (SSE)	9.2 (SE)	9.3 (SE)	14.0 (SSE)
	MC	10.9 (SE)	3.9 (SSE)	15.7 (SSE)	7.4 (SSW)	9.0 (SSE)	7.7 (SE)	14.4 (SE)
莫蘭蒂	OBS1	9.0 (SSE)	7.8 (SSW)	12.7 (SSE)	5.2 (S)	13.4 (S)	12.2 (SE)	20.4 (SSE)
	RC	10.5 (SSE)	12.3 (S)	15.2 (S)	9.1 (S)	9.8 (S)	9.4 (SE)	17.0 (S)
	MC	11.6 (SSE)	10.9 (SSW)	14.4 (S)	10.3 (SSW)	10.4 (S)	7.4 (SE)	17.6 (S)
凡那比	OBS1	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	24.3 (ESE)	28.7 (S)
	RC	23.1 (ENE)	24.3 (NNE)	15.9 (SSW)	17.5 (E)	25.4 (E)	22.9 (ENE)	18.8 (NNW)
	MC	23.3 (E)	27.1 (NNE)	20.3 (SSW)	28.3 (E)	26.7 (E)	23.7 (ENE)	19.0 (SSW)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測 1 站風速資料

RC: NFS RC 預報風速資料

MC: NFS MC 預報風速資料 單位: m/s(來向)

表 5.3a 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報風場最大風速(風向)統計表

表 1.1.3b 2010年颱風期間七商港觀測及預報風場最大風速 (日/時) 統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	5.4 (30/23)	* (*)	5.0 (31/22)	7.2 (31/18)	7.5 (31/13)	15.5 (31/04)	8.3 (31/19)
	RC	8.0 (31/08)	6.4 (31/08)	7.1 (31/23)	6.5 (31/08)	7.6 (31/08)	5.7 (31/22)	5.8 (31/23)
	MC	10.4 (31/08)	8.8 (31/08)	7.8 (31/23)	9.1 (31/08)	7.2 (31/08)	9.5 (31/08)	5.8 (31/21)
萊羅克	OBS1	8.9 (01/12)	5.9 (01/09)	10.7 (01/09)	5.6 (01/12)	17.4 (01/13)	14.1 (01/12)	17.1 (01/12)
	RC	10.0 (01/19)	7.9 (01/20)	13.6 (01/08)	8.7 (01/19)	9.2 (01/19)	9.3 (01/19)	14.0 (01/20)
	MC	10.9 (01/12)	3.9 (01/08)	15.7 (01/08)	7.4 (01/03)	9.0 (01/12)	7.7 (01/19)	14.4 (01/11)
莫蘭蒂	OBS1	9.0 (09/22)	7.8 (10/09)	12.7 (09/17)	5.2 (09/17)	13.4 (10/03)	12.2 (09/14)	20.4 (09/20)
	RC	10.5 (09/20)	12.3 (10/08)	15.2 (09/20)	9.1 (10/08)	9.8 (10/08)	9.4 (09/20)	17.0 (09/20)
	MC	11.6 (09/14)	10.9 (10/08)	14.4 (09/20)	10.3 (10/08)	10.4 (10/08)	7.4 (09/22)	17.6 (09/20)
凡那比	OBS1	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	24.3 (20/00)	28.7 (19/23)
	RC	23.1 (19/08)	24.3 (19/08)	15.9 (19/20)	17.5 (19/08)	25.4 (19/08)	22.9 (19/08)	18.8 (19/08)
	MC	23.3 (19/08)	27.1 (19/08)	20.3 (19/20)	28.3 (19/08)	26.7 (19/08)	23.7 (19/08)	19.0 (19/20)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站風速資料

RC: NFS RC 預報風速資料

MC: NFS MC 預報風速資料 單位: m/s(日/時)

表 5.3b 2010年颱風期間7個商港觀測及預報風場最大風速(日/時)統計表

表 1.1.4a 2010年颱風期間七商港觀測及 MC 預報風速各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	3.1 (88.5%)	* (*)	-1 (96.2%)	2.6 (92.3%)	1.1 (96.2%)	-1.2 (100%)	-2.0 (100%)
	標準偏差	3.7 (88.5%)	* (*)	1.7 (96.2%)	3.3 (92.3%)	2.5 (96.2%)	4.4 (100%)	2.9 (100%)
	最大偏差	8.1 (88.5%)	* (*)	-3.7 (96.2%)	6.1 (92.3%)	5.7 (96.2%)	-10.5 (100%)	-5.9 (100%)
	平均比值	2.7 (88.5%)	* (*)	1.0 (96.2%)	2.1 (92.3%)	1.6 (96.2%)	1.4 (100%)	.6 (100%)
萊羅克	平均偏差	3.7 (100%)	.0 (100%)	3.3 (100%)	2.5 (91.2%)	-3.7 (100%)	.8 (100%)	-.5 (100%)
	標準偏差	4.1 (100%)	1.5 (100%)	3.6 (100%)	2.9 (91.2%)	4.3 (100%)	4.0 (100%)	2.4 (100%)
	最大偏差	8.0 (100%)	-5.0 (100%)	6.6 (100%)	5.1 (91.2%)	-8.7 (100%)	-9.7 (100%)	-6.3 (100%)
	平均比值	2.0 (100%)	1.2 (100%)	1.5 (100%)	2.2 (91.2%)	.7 (100%)	1.9 (100%)	1.0 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	5.3 (100%)	1.1 (100%)	2.0 (100%)	3.5 (100%)	-3.4 (100%)	-1.6 (100%)	-2.8 (100%)
	標準偏差	5.8 (100%)	1.8 (100%)	3.4 (100%)	3.9 (100%)	3.8 (100%)	2.9 (100%)	4.9 (100%)
	最大偏差	8.7 (100%)	4.4 (100%)	7.9 (100%)	6.7 (100%)	-5.7 (100%)	-8.4 (100%)	-11.2 (100%)
	平均比值	3.1 (100%)	1.5 (100%)	1.4 (100%)	2.3 (100%)	.7 (100%)	.9 (100%)	.9 (100%)
凡那比	平均偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	-2.6 (100%)	-4.0 (100%)
	標準偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	5.1 (100%)	6.1 (100%)
	最大偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	-11.8 (100%)	-14.1 (100%)
	平均比值	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	.9 (100%)	.8 (100%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: m/s

表 5.4a 2010年颱風期間7個商港觀測及 MC 預報風速各種偏差統計表

表 1.1.4b 2010年颱風期間七商港觀測及 MC 預報風向各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	71.2 (88.5%)	* (*)	49.5 (96.2%)	24.1 (92.3%)	81.1 (96.2%)	48.9 (100%)	44.1 (100%)
南修	標準偏差	85.9 (88.5%)	* (*)	64.3 (96.2%)	26.7 (92.3%)	93.7 (96.2%)	60.6 (100%)	61.9 (100%)
南修	最大偏差	174.4(88.5%)	* (*)	179.4(96.2%)	47.7 (92.3%)	156.6(96.2%)	136.1(100%)	143.2(100%)
萊羅克	平均偏差	31.6 (100%)	104.2(100%)	10.9 (100%)	14.4 (91.2%)	14.8 (100%)	44.6 (100%)	21.9 (100%)
萊羅克	標準偏差	38.9 (100%)	117.2(100%)	14.6 (100%)	22.4 (91.2%)	17.1 (100%)	65.3 (100%)	30.0 (100%)
萊羅克	最大偏差	84.2 (100%)	177.1(100%)	34.4 (100%)	92.1 (91.2%)	38.0 (100%)	175.0(100%)	66.0 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	35.1 (100%)	57.0 (100%)	16.7 (100%)	8.1 (100%)	9.9 (100%)	36.6 (100%)	20.2 (100%)
莫蘭蒂	標準偏差	44.1 (100%)	74.3 (100%)	22.0 (100%)	10.9 (100%)	11.8 (100%)	55.0 (100%)	26.4 (100%)
莫蘭蒂	最大偏差	84.1 (100%)	155.4(100%)	57.2 (100%)	32.6 (100%)	22.4 (100%)	179.9(100%)	63.6 (100%)
凡那比	平均偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	24.2 (100%)	17.7 (100%)
凡那比	標準偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	40.5 (100%)	29.7 (100%)
凡那比	最大偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	166.2(100%)	127.5(100%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值,單位為度,偏差大小範圍為 0-180度。

表 5.4b 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 MC 預報風向各種偏差統計表

表 1.1.4c 2010年颱風期間七商港觀測及 MC 預報風速東西分量各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	-3.1 (88.5%)	* (*)	-3 (92.3%)	.4 (92.3%)	-2.7 (96.2%)	-1.8 (100%)	1.1 (100%)
南修	標準偏差	3.7 (88.5%)	* (*)	1.3 (92.3%)	1.6 (92.3%)	3.2 (96.2%)	4.2 (100%)	2.0 (100%)
南修	最大偏差	-6.0 (88.5%)	* (*)	-3.7 (92.3%)	3.1 (92.3%)	-7.1 (96.2%)	-8.8 (100%)	4.8 (100%)
萊羅克	平均偏差	-4.3 (100%)	1.1 (97.1%)	-5 (100%)	1.2 (85.3%)	-2.1 (100%)	-1.5 (100%)	1.6 (100%)
萊羅克	標準偏差	4.6 (100%)	1.9 (97.1%)	1.4 (100%)	1.9 (85.3%)	2.6 (100%)	4.3 (100%)	2.9 (100%)
萊羅克	最大偏差	-8.3 (100%)	4.2 (97.1%)	-3.0 (100%)	4.1 (85.3%)	-5.4 (100%)	-8.1 (100%)	7.1 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	-3.8 (100%)	-3 (100%)	-1.3 (100%)	1.5 (100%)	-1.3 (100%)	1.1 (100%)	.0 (100%)
莫蘭蒂	標準偏差	4.4 (100%)	1.9 (100%)	2.1 (100%)	1.7 (100%)	2.1 (100%)	2.9 (100%)	3.4 (100%)
莫蘭蒂	最大偏差	-8.1 (100%)	-6.0 (100%)	-4.0 (100%)	3.1 (100%)	-4.1 (100%)	8.4 (100%)	10.4 (100%)
凡那比	平均偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	1.0 (100%)	-6 (100%)
凡那比	標準偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	3.9 (100%)	4.0 (100%)
凡那比	最大偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	-10.8 (100%)	-10.4 (100%)

[註]: 偏差=預報值-觀測值,單位:m/s

表 5.4c 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 MC 預報風速東西分量各種偏差統計表

表 1.1.4d 2010年颱風期間七商港觀測及 MC 預報風速南北分量各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	3.0 (84.6%)	* (*)	.5 (96.2%)	2.7 (92.3%)	2.9 (96.2%)	.9 (100%)	-2.1 (100%)
南修	標準偏差	3.9 (84.6%)	* (*)	2.3 (96.2%)	3.4 (92.3%)	4.4 (96.2%)	4.6 (100%)	3.4 (100%)
南修	最大偏差	10.0 (84.6%)	* (*)	6.0 (96.2%)	6.3 (92.3%)	8.1 (96.2%)	-9.6 (100%)	-8.4 (100%)
萊羅克	平均偏差	2.2 (100%)	.4 (100%)	3.5 (100%)	2.2 (91.2%)	-3.9 (100%)	.8 (100%)	1.2 (94.1%)
萊羅克	標準偏差	2.8 (100%)	3.3 (100%)	3.9 (100%)	2.6 (91.2%)	4.4 (100%)	3.4 (100%)	4.2 (94.1%)
萊羅克	最大偏差	6.4 (100%)	6.6 (100%)	6.7 (100%)	5.0 (91.2%)	-9.0 (100%)	7.1 (100%)	8.6 (94.1%)
莫蘭蒂	平均偏差	4.5 (100%)	.3 (100%)	2.1 (100%)	3.2 (100%)	-3.4 (100%)	-1.4 (100%)	-1.6 (100%)
莫蘭蒂	標準偏差	5.5 (100%)	2.3 (100%)	4.0 (100%)	3.7 (100%)	3.7 (100%)	2.8 (100%)	5.7 (100%)
莫蘭蒂	最大偏差	8.1 (100%)	4.1 (100%)	9.3 (100%)	6.6 (100%)	-5.8 (100%)	-5.9 (100%)	-12.6 (100%)
凡那比	平均偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	1.8 (100%)	.7 (100%)
凡那比	標準偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	5.1 (100%)	5.9 (100%)
凡那比	最大偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	12.0 (100%)	16.4 (100%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 單位: m/s

表 5.4c 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 MC 預報風速南北分量各種偏差統計表

表 1.1.4e 2010年颱風期間七商港觀測及 RC 預報風速各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	1.7 (88.5%)	* (*)	1.2 (96.2%)	1.2 (92.3%)	.7 (96.2%)	-2.6 (100%)	-2.2 (100%)
南修	標準偏差	3.1 (88.5%)	* (*)	1.7 (96.2%)	2.0 (92.3%)	2.0 (96.2%)	6.1 (100%)	3.1 (100%)
南修	最大偏差	5.7 (88.5%)	* (*)	3.5 (96.2%)	3.7 (92.3%)	6.1 (96.2%)	-13.9 (100%)	-6.5 (100%)
南修	平均比值	2.2 (88.5%)	* (*)	1.8 (96.2%)	1.6 (92.3%)	1.5 (96.2%)	1.3 (100%)	.6 (100%)
萊羅克	平均偏差	2.3 (100%)	2.7 (100%)	1.8 (100%)	3.4 (91.2%)	-3.8 (100%)	2.0 (100%)	-2.3 (100%)
萊羅克	標準偏差	3.0 (100%)	3.3 (100%)	2.6 (100%)	3.7 (91.2%)	4.4 (100%)	4.0 (100%)	3.4 (100%)
萊羅克	最大偏差	6.9 (100%)	5.6 (100%)	6.0 (100%)	6.2 (91.2%)	-9.4 (100%)	-7.2 (100%)	-9.6 (100%)
萊羅克	平均比值	1.7 (100%)	2.8 (100%)	1.3 (100%)	2.6 (91.2%)	.7 (100%)	2.2 (100%)	.8 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	4.0 (100%)	2.7 (100%)	.9 (100%)	3.4 (100%)	-3.9 (100%)	.8 (100%)	-3.4 (100%)
莫蘭蒂	標準偏差	4.7 (100%)	4.2 (100%)	3.0 (100%)	3.8 (100%)	4.1 (100%)	4.2 (100%)	5.7 (100%)
莫蘭蒂	最大偏差	8.4 (100%)	6.8 (100%)	6.3 (100%)	5.5 (100%)	-5.6 (100%)	7.9 (100%)	-13.7 (100%)
莫蘭蒂	平均比值	2.8 (100%)	2.4 (100%)	1.2 (100%)	2.4 (100%)	.7 (100%)	2.0 (100%)	.9 (100%)
凡那比	平均偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	-1.6 (100%)	-4.9 (100%)
凡那比	標準偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	4.8 (100%)	6.6 (100%)
凡那比	最大偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	-12.4 (100%)	-16.6 (100%)
凡那比	平均比值	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	1.1 (100%)	.8 (100%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: m/s

表 5.4e 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 RC 預報風速各種偏差統計表

表 1.1.4f 2010 年颱風期間七商港觀測及 RC 預報風向各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	65.3 (88.5%)	* (*)	53.5 (96.2%)	30.3 (92.3%)	71.7 (96.2%)	39.9 (100%)	35.9 (100%)
南修	標準偏差	77.9 (88.5%)	* (*)	69.6 (96.2%)	35.3 (92.3%)	88.4 (96.2%)	48.0 (100%)	42.8 (100%)
南修	最大偏差	169.3(88.5%)	* (*)	139.3(96.2%)	71.9 (92.3%)	157.0(96.2%)	92.1 (100%)	98.6 (100%)
萊羅克	平均偏差	31.6 (100%)	76.7 (100%)	18.3 (100%)	35.2 (91.2%)	24.2 (100%)	40.5 (100%)	20.7 (100%)
萊羅克	標準偏差	38.3 (100%)	88.6 (100%)	22.2 (100%)	37.8 (91.2%)	27.0 (100%)	63.3 (100%)	25.9 (100%)
萊羅克	最大偏差	83.5 (100%)	168.6(100%)	56.3 (100%)	55.1 (91.2%)	47.9 (100%)	179.0(100%)	49.1 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	29.6 (100%)	58.0 (100%)	13.9 (100%)	34.9 (100%)	17.5 (100%)	24.8 (100%)	17.1 (100%)
莫蘭蒂	標準偏差	39.1 (100%)	78.2 (100%)	18.9 (100%)	37.1 (100%)	18.7 (100%)	41.7 (100%)	20.9 (100%)
莫蘭蒂	最大偏差	75.4 (100%)	151.9(100%)	51.8 (100%)	58.9 (100%)	28.0 (100%)	160.5 (100%)	52.9 (100%)
凡那比	平均偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	29.8 (100%)	23.8 (100%)
凡那比	標準偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	52.8 (100%)	37.7 (100%)
凡那比	最大偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	176.3(100%)	118.6(100%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 單位為度, 偏差大小範圍為 0-180 度。

表 5.4f 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 RC 預報風向各種偏差統計表

表 1.1.4g 2010 年颱風期間七商港觀測及 RC 預報風速東西分量各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	-3.0 (88.5%)	* (*)	.4 (96.2%)	2.3 (92.3%)	-1.4 (96.2%)	-2.8 (100%)	1.2 (100%)
南修	標準偏差	3.2 (88.5%)	* (*)	1.4 (96.2%)	2.8 (92.3%)	2.7 (96.2%)	5.3 (100%)	2.2 (100%)
南修	最大偏差	-5.3 (88.5%)	* (*)	-3.6 (96.2%)	5.1 (92.3%)	-6.6 (96.2%)	-11.3 (100%)	5.1 (100%)
萊羅克	平均偏差	-3.6 (100%)	-2.1 (97.1%)	1.4 (100%)	-2.9 (88.2%)	-3.3 (100%)	-2.3 (100%)	2.3 (100%)
萊羅克	標準偏差	4.0 (100%)	2.7 (97.1%)	1.9 (100%)	3.1 (88.2%)	3.9 (100%)	4.5 (100%)	3.1 (100%)
萊羅克	最大偏差	-8.4 (100%)	-4.8 (97.1%)	4.8 (100%)	-4.6 (88.2%)	-7.9 (100%)	-10.3 (100%)	8.1 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	-2.6 (100%)	-1.8 (100%)	.7 (100%)	-2.4 (100%)	-2.3 (100%)	.5 (100%)	.5 (100%)
莫蘭蒂	標準偏差	3.2 (100%)	2.2 (100%)	2.3 (100%)	2.7 (100%)	2.6 (100%)	3.0 (100%)	3.5 (100%)
莫蘭蒂	最大偏差	-5.9 (100%)	-6.3 (100%)	-4.6 (100%)	-4.8 (100%)	-4.8 (100%)	7.0 (100%)	10.6 (100%)
凡那比	平均偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	.8 (100%)	-1.2 (100%)
凡那比	標準偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	4.4 (100%)	4.8 (100%)
凡那比	最大偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	10.6 (100%)	-15.4 (100%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 單位: m/s

表 5.4g 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 RC 預報風速東西分量各種偏差統計表

表 1.1.4h 2010 年颱風期間七商港觀測及 RC 預報風速南北分量各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	2.3 (84.6%)	* (*)	2.1 (96.2%)	.5 (92.3%)	2.4 (96.2%)	.3 (100%)	-1.7 (100%)
南修	標準偏差	3.4 (84.6%)	* (*)	2.9 (96.2%)	1.6 (92.3%)	3.7 (96.2%)	4.3 (100%)	2.9 (100%)
南修	最大偏差	7.7 (84.6%)	* (*)	6.4 (96.2%)	3.0 (92.3%)	8.3 (96.2%)	-12.8 (100%)	-6.7 (100%)
萊羅克	平均偏差	1.1 (100%)	4.0 (100%)	2.4 (100%)	3.1 (91.2%)	-4.4 (100%)	2.0 (100%)	-7 (94.1%)
萊羅克	標準偏差	1.9 (100%)	4.6 (100%)	3.3 (100%)	3.4 (91.2%)	4.9 (100%)	3.6 (100%)	4.0 (94.1%)
萊羅克	最大偏差	4.3 (100%)	7.4 (100%)	7.0 (100%)	5.7 (91.2%)	-9.9 (100%)	7.4 (100%)	-10.4 (94.1%)
莫蘭蒂	平均偏差	3.8 (100%)	3.4 (100%)	1.3 (100%)	3.4 (100%)	-4.2 (100%)	1.6 (100%)	-2.6 (100%)
莫蘭蒂	標準偏差	4.7 (100%)	4.3 (100%)	3.2 (100%)	3.8 (100%)	4.4 (100%)	3.8 (100%)	5.6 (100%)
莫蘭蒂	最大偏差	8.3 (100%)	6.8 (100%)	7.5 (100%)	5.7 (100%)	-5.9 (100%)	7.8 (100%)	-14.2 (100%)
凡那比	平均偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	1.5 (100%)	1.4 (100%)
凡那比	標準偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	5.0 (100%)	6.6 (100%)
凡那比	最大偏差	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	* (*)	14.2 (100%)	-16.7 (100%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 單位: m/s

表 5.4h 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 RC 預報風速南北分量各種偏差統計表

表 2.2.1 2010 年颱風期間七商港觀測及預報波浪資料蒐集率統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	25 (96.2%)	25 (96.2%)	26 (100%)	25 (96.2%)	18 (69.2%)	11 (42.3%)	10 (38.5%)
南修	WAM	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)
南修	SWAN	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)	26 (100%)
萊羅克	OBS1	34 (100%)	33 (97.1%)	33 (97.1%)	34 (100%)	32 (94.1%)	34 (100%)	34 (100%)
萊羅克	WAM	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)
萊羅克	SWAN	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)	34 (100%)
莫蘭蒂	OBS1	23 (95.8%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	23 (95.8%)	24 (100%)	24 (100%)
莫蘭蒂	WAM	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)
莫蘭蒂	SWAN	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)	24 (100%)
凡那比	OBS1	63 (96.9%)	65 (100%)	65 (100%)	64 (98.5%)	62 (95.4%)	65 (100%)	63 (96.9%)
凡那比	WAM	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)
凡那比	SWAN	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)	65 (100%)

OBS1: 港灣技術研究中心觀測 1 站波高資料

WAM: WAM 預報波高資料

SWAN: SWAN 預報波高資料

表 5.5a 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪資料蒐集統計表

表 2.2.2a 2010 年颱風期間七商港觀測及預報波浪平均示性波高統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	.7 (96.2%)	1.4 (96.2%)	2.0 (100%)	1.3 (96.2%)	1.4 (69.2%)	1.6 (42.3%)	1.9 (38.5%)
南修	WAM	.2 (100%)	.4 (100%)	1.5 (100%)	.4 (100%)	.4 (100%)	.2 (100%)	1.3 (100%)
南修	SWAN	.7 (100%)	.9 (100%)	.8 (100%)	1.4 (100%)	1.2 (100%)	.7 (100%)	.8 (100%)
萊羅克	OBS1	.6 (100%)	1.1 (97.1%)	3.1 (97.1%)	1.4 (100%)	1.8 (94.1%)	.6 (100%)	2.6 (100%)
萊羅克	WAM	1.1 (100%)	1.1 (100%)	2.0 (100%)	1.0 (100%)	1.1 (100%)	1.1 (100%)	1.8 (100%)
萊羅克	SWAN	1.2 (100%)	1.1 (100%)	2.1 (100%)	1.3 (100%)	1.6 (100%)	.8 (100%)	2.3 (100%)
莫蘭蒂	OBS1	.5 (95.8%)	1.1 (100%)	3.2 (100%)	1.4 (100%)	2.1 (95.8%)	.5 (100%)	3.0 (100%)
莫蘭蒂	WAM	1.4 (100%)	.9 (100%)	1.0 (100%)	.9 (100%)	1.3 (100%)	1.1 (100%)	1.0 (100%)
莫蘭蒂	SWAN	1.4 (100%)	1.3 (100%)	2.0 (100%)	1.6 (100%)	1.9 (100%)	.9 (100%)	2.2 (100%)
凡那比	OBS1	1.5 (96.9%)	2.3 (100%)	2.6 (100%)	2.8 (98.5%)	3.5 (95.4%)	1.5 (100%)	2.3 (96.9%)
凡那比	WAM	1.8 (100%)	1.2 (100%)	1.1 (100%)	1.5 (100%)	1.8 (100%)	1.3 (100%)	1.1 (100%)
凡那比	SWAN	2.1 (100%)	2.6 (100%)	2.2 (100%)	2.5 (100%)	2.2 (100%)	2.0 (100%)	2.5 (100%)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測 1 站波高資料

WAM: WAM 預報波高資料

SWAN: SWAN 預報波高資料 單位: m

表 5.6a 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪平均示性波高統計表

表 2.2.2b 2010 年颱風期間七商港觀測及預報波浪主要波向 (%) 統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	NE (56.0%)	N (56.0%)	SW (57.7%)	SSE (100%)	SSW (66.7%)	NNW(54.5%)	SW (100%)
南修	WAM	ENE (100%)	WSW(80.8%)	SSW (80.8%)	WSW(88.5%)	W (69.2%)	E (61.5%)	SSW (61.5%)
南修	SWAN	ESE (38.5%)	WNW(23.1%)	SW (76.9%)	S (61.5%)	SSE (57.7%)	SW (34.6%)	SW (50.0%)
萊羅克	OBS1	NE (94.1%)	N (36.4%)	SW (51.5%)	SE (52.9%)	S (34.4%)	NNW(38.2%)	SSW (70.6%)
萊羅克	WAM	ESE (64.7%)	SE (26.5%)	WSW(38.2%)	S (35.3%)	ESE (38.2%)	ESE (64.7%)	WSW(44.1%)
萊羅克	SWAN	ESE (58.8%)	SW (64.7%)	S (64.7%)	SE (35.3%)	SSE (64.7%)	E (11.8%)	S (67.6%)
莫蘭蒂	OBS1	NE (87.0%)	NNW(33.3%)	SSW (54.2%)	SE (70.8%)	SSW (39.1%)	NNW(37.5%)	SSW (91.7%)
莫蘭蒂	WAM	ESE (100%)	ESE (33.3%)	WSW(58.3%)	SSW (45.8%)	ESE (62.5%)	ESE (79.2%)	WSW(75.0%)
莫蘭蒂	SWAN	SE (75.0%)	SSW (41.7%)	S (50.0%)	SSE (58.3%)	SSE (87.5%)	WSW(33.3%)	S (50.0%)
凡那比	OBS1	NE (90.5%)	NNE(41.5%)	WNW(29.2%)	ESE (57.8%)	E (40.3%)	NNE(41.5%)	WNW(46.0%)
凡那比	WAM	ESE (23.1%)	NE (30.8%)	WNW(36.9%)	N (26.2%)	N (23.1%)	NE (24.6%)	WNW(26.2%)
凡那比	SWAN	NNE(29.2%)	NNE (61.5%)	NW (53.8%)	NNE (44.6%)	NNE (44.6%)	NNE(38.5%)	NNW(50.8%)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測 1 站波向資料

WAM: WAM 預報波向資料

SWAN: SWAN 預報波向資料

表 5.6b 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪主要波向統計表

表 2.2.2c 2010 年颱風期間七商港觀測及預報波浪平均示性週期統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	4.3 (96.2%)	4.6 (96.2%)	5.3 (100%)	4.8 (96.2%)	4.4 (69.2%)	3.8 (42.3%)	4.8 (38.5%)
	WAM	4.8 (100%)	5.7 (100%)	5.7 (100%)	5.2 (100%)	5.0 (100%)	4.9 (100%)	5.5 (100%)
	SWAN	2.5 (100%)	3.1 (100%)	3.5 (100%)	3.8 (100%)	3.6 (100%)	2.7 (100%)	3.5 (100%)
萊羅克	OBS1	4.3 (100%)	3.9 (97.1%)	5.4 (97.1%)	5.0 (100%)	4.1 (94.1%)	3.7 (100%)	5.2 (100%)
	WAM	5.1 (100%)	6.1 (100%)	6.5 (100%)	5.0 (100%)	5.2 (100%)	5.3 (100%)	6.6 (100%)
	SWAN	3.1 (100%)	4.1 (100%)	4.2 (100%)	3.7 (100%)	3.7 (100%)	3.0 (100%)	4.5 (100%)
莫蘭蒂	OBS1	3.8 (95.8%)	4.3 (100%)	5.5 (100%)	5.1 (100%)	4.5 (95.8%)	3.6 (100%)	5.4 (100%)
	WAM	5.4 (100%)	5.1 (100%)	5.1 (100%)	4.7 (100%)	5.4 (100%)	5.1 (100%)	5.2 (100%)
	SWAN	3.4 (100%)	4.2 (100%)	4.3 (100%)	4.1 (100%)	4.1 (100%)	3.4 (100%)	4.4 (100%)
凡那比	OBS1	4.5 (96.9%)	4.5 (100%)	4.9 (100%)	7.0 (98.5%)	6.6 (95.4%)	3.8 (100%)	3.9 (96.9%)
	WAM	6.0 (100%)	5.0 (100%)	4.7 (100%)	6.2 (100%)	6.2 (100%)	5.2 (100%)	4.7 (100%)
	SWAN	4.5 (100%)	4.7 (100%)	4.2 (100%)	4.7 (100%)	4.0 (100%)	4.5 (100%)	4.4 (100%)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測 1 站週期資料

WAM: WAM 預報週期資料

SWAN: SWAN 預報週期資料 單位: s

表 5.6c 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪平均示性週期統計表

表 2.2.3a 2010 年颱風期間七商港觀測及預報波浪最大示性波高 (波向, 週期) 統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	1.6 (N , 6)	2.0 (N , 4)	3.3 (WSW, 6)	1.9 (SSE, 5)	2.2 (SSW, 5)	1.9 (NNW, 4)	2.6 (SW, 3)
	WAM	.3 (ENE, 5)	.6 (WSW, 7)	2.1 (SSW, 6)	.4 (WSW, 5)	.4 (ENE, 5)	.3 (E, 5)	1.9 (S, 6)
	SWAN	1.1 (SSE, 3)	1.8 (NW, 4)	1.3 (S, 4)	2.4 (S, 5)	2.1 (S, 5)	1.0 (SW, 3)	1.2 (S, 4)
萊羅克	OBS1	.9 (NE, 6)	1.4 (N, 3)	4.7 (SSW, 6)	1.9 (SSE, 5)	2.7 (SW, 5)	.7 (NNW, 3)	4.2 (SSW, 6)
	WAM	1.8 (ESE, 6)	1.4 (SSE, 6)	2.4 (WSW, 7)	1.5 (S, 5)	1.6 (SE, 6)	1.6 (ESE, 6)	2.0 (SW, 6)
	SWAN	1.5 (ESE, 4)	1.5 (SW, 5)	3.9 (S, 6)	1.8 (SSE, 5)	1.9 (SE, 4)	1.1 (S, 3)	3.7 (SSE, 5)
莫蘭蒂	OBS1	.7 (NE, 4)	2.1 (WSW, 4)	4.8 (SSW, 6)	1.9 (SSE, 5)	2.6 (SSW, 5)	.6 (W, 5)	4.4 (SSW, 6)
	WAM	1.7 (ESE, 6)	1.1 (ENE, 6)	1.2 (WSW, 5)	1.0 (SSW, 4)	1.5 (ESE, 6)	1.5 (E, 5)	1.1 (WSW, 5)
	SWAN	1.6 (SE, 4)	2.8 (SSW, 5)	3.7 (SSW, 6)	2.1 (S, 4)	2.8 (SSE, 5)	1.7 (WSW, 6)	4.7 (S, 6)
凡那比	OBS1	3.3 (NE, 6)	5.1 (N, 6)	5.7 (WSW, 7)	9.0 (ESE, 6)	9.8 (E, 10)	3.1 (NNE, 4)	6.1 (SW, 6)
	WAM	2.8 (N, 7)	2.3 (S, 6)	2.5 (SW, 7)	2.6 (N, 8)	3.0 (N, 8)	2.1 (ESE, 6)	2.6 (SSW, 6)
	SWAN	6.4 (E, 7)	7.3 (NNE, 7)	4.8 (SW, 6)	7.5 (E, 8)	7.8 (ESE, 7)	5.7 (NE, 7)	5.3 (NW, 7)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測 1 站波高資料

WAM: WAM 預報波高資料

SWAN: SWAN 預報波高資料 單位: m(來向,s)

表 5.7a 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪最大示性波高(波向及週期)統計表

表 2.2.3b 2010 年颱風期間七商港觀測及預報波浪最大示性波高 (日/時) 統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	1.6 (30/23)	2.0 (31/10)	3.3 (31/08)	1.9 (31/17)	2.2 (31/12)	1.9 (30/23)	2.6 (31/03)
	WAM	.3 (30/22)	.6 (31/23)	2.1 (31/23)	.4 (31/05)	.4 (30/22)	.3 (30/22)	1.9 (31/23)
	SWAN	1.1 (31/08)	1.8 (31/08)	1.3 (31/23)	2.4 (31/08)	2.1 (31/08)	1.0 (31/11)	1.2 (31/23)
萊羅克	OBS1	.9 (01/01)	1.4 (01/13)	4.7 (01/09)	1.9 (01/16)	2.7 (01/13)	.7 (01/20)	4.2 (01/12)
	WAM	1.8 (01/23)	1.4 (02/08)	2.4 (01/12)	1.5 (01/14)	1.6 (01/23)	1.6 (02/00)	2.0 (02/03)
	SWAN	1.5 (02/08)	1.5 (01/22)	3.9 (01/08)	1.8 (01/08)	1.9 (02/01)	1.1 (02/00)	3.7 (01/08)
莫蘭蒂	OBS1	.7 (09/20)	2.1 (10/09)	4.8 (09/16)	1.9 (10/04)	2.6 (10/09)	.6 (10/09)	4.4 (09/17)
	WAM	1.7 (09/10)	1.1 (09/10)	1.2 (09/23)	1.0 (10/03)	1.5 (09/10)	1.5 (09/10)	1.1 (10/00)
	SWAN	1.6 (09/14)	2.8 (10/08)	3.7 (09/20)	2.1 (10/08)	2.8 (10/08)	1.7 (10/08)	4.7 (09/20)
凡那比	OBS1	3.3 (19/06)	5.1 (19/10)	5.7 (19/21)	9.0 (19/08)	9.8 (19/06)	3.1 (19/07)	6.1 (19/23)
	WAM	2.8 (18/21)	2.3 (20/14)	2.5 (20/08)	2.6 (18/17)	3.0 (18/19)	2.1 (20/06)	2.6 (20/10)
	SWAN	6.4 (19/08)	7.3 (19/08)	4.8 (19/20)	7.5 (19/08)	7.8 (19/08)	5.7 (19/08)	5.3 (19/12)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測 1 站波高資料

WAM: WAM 預報波高資料

SWAN: SWAN 預報波高資料 單位: m(日/時)

表 5.7b 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪最大示性波高(日/時)統計表

表 2.2.3c 2010 年颱風期間七商港觀測及預報波浪最大示性週期 (波向, 波高) 統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	5.7 (N , 2)	6.3 (N , 2)	6.6 (WSW, 2)	5.1 (SSE, 1)	4.9 (SW, 1)	4.3 (NW, 1)	6.5 (SW, 2)
	WAM	5.3 (ENE, 0)	6.8 (WSW, 1)	6.4 (SSW, 2)	5.5 (W , 0)	5.4 (ENE, 0)	5.4 (S , 0)	6.1 (SSW, 1)
	SWAN	2.7 (ESE, 1)	3.1 (WSW, 1)	3.7 (S , 1)	3.2 (SSE, 1)	3.1 (SE, 1)	2.9 (NE, 1)	3.6 (S , 1)
萊羅克	OBS1	5.9 (NE, 1)	5.4 (NW, 1)	7.3 (SSW, 4)	5.5 (SE, 1)	4.5 (SW, 3)	4.9 (W , 1)	7.4 (SSW, 4)
	WAM	6.0 (ESE, 2)	7.5 (WSW, 1)	7.1 (WSW, 2)	5.6 (S , 1)	6.1 (ESE, 1)	6.2 (ESE, 0)	7.3 (WSW, 2)
	SWAN	3.5 (ESE, 2)	5.1 (SW, 1)	5.5 (S , 4)	4.6 (SSE, 2)	4.2 (SSE, 2)	3.5 (SSE, 1)	5.3 (SSE, 4)
莫蘭蒂	OBS1	4.6 (NNE, 1)	6.2 (NW, 1)	8.3 (SSW, 4)	5.8 (SE, 1)	4.9 (SW, 2)	5.3 (W , 1)	8.6 (SSW, 4)
	WAM	5.6 (ESE, 2)	5.6 (ENE, 1)	5.2 (SW, 1)	5.1 (SW, 1)	5.6 (ESE, 1)	5.4 (E , 1)	5.4 (SSW, 1)
	SWAN	3.6 (SE, 2)	5.5 (SW, 2)	5.7 (SSW, 4)	4.3 (SSE, 2)	4.9 (SSE, 3)	5.7 (WSW, 2)	6.2 (S , 5)
凡那比	OBS1	6.1 (NE, 3)	6.9 (N , 4)	7.6 (WSW, 4)	10.5 (ESE, 6)	10.3 (E , 10)	7.5 (N , 1)	6.9 (SW, 4)
	WAM	7.3 (N , 3)	6.7 (NE, 1)	6.8 (SSW, 2)	7.7 (N , 3)	7.6 (NNW, 3)	6.8 (NE, 1)	6.7 (SSW, 2)
	SWAN	7.1 (E , 6)	7.1 (NNE, 7)	6.3 (WNW, 5)	7.5 (E , 8)	7.3 (ESE, 8)	6.6 (NE, 6)	6.6 (NW, 5)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測 1 站週期資料

WAM: WAM 預報週期資料

SWAN: SWAN 預報週期資料 單位: s(來向,m)

表 5.7c 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪最大示性週期(波向及波高)統計表

表 2.2.3d 2010 年颱風期間七商港觀測及預報波浪最大示性週期 (日/時) 統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	OBS1	5.7 (30/23)	6.3 (31/04)	6.6 (31/12)	5.1 (31/02)	4.9 (31/00)	4.3 (31/08)	6.5 (31/01)
	WAM	5.3 (30/22)	6.8 (31/23)	6.4 (31/16)	5.5 (30/22)	5.4 (30/22)	5.4 (31/23)	6.1 (31/15)
	SWAN	3.0 (31/08)	4.1 (31/08)	3.8 (31/07)	4.9 (31/08)	4.6 (31/08)	3.2 (31/20)	4.0 (31/19)
萊羅克	OBS1	5.9 (01/03)	5.4 (01/00)	7.3 (01/04)	5.5 (01/06)	4.5 (01/13)	4.9 (02/01)	7.4 (01/07)
	WAM	6.0 (02/03)	7.5 (01/06)	7.1 (01/13)	5.6 (02/07)	6.1 (02/06)	6.2 (01/07)	7.3 (01/14)
	SWAN	3.5 (01/23)	5.1 (01/23)	5.5 (01/08)	4.6 (01/08)	4.2 (01/08)	3.5 (01/23)	5.3 (01/08)
莫蘭蒂	OBS1	4.6 (09/15)	6.2 (09/20)	8.3 (09/13)	5.8 (09/21)	4.9 (10/05)	5.3 (10/09)	8.6 (09/15)
	WAM	5.6 (09/11)	5.6 (09/11)	5.2 (10/03)	5.1 (09/20)	5.6 (09/12)	5.4 (09/11)	5.4 (09/12)
	SWAN	3.6 (09/20)	5.5 (10/00)	5.7 (09/20)	4.3 (10/06)	4.9 (10/08)	5.7 (10/08)	6.2 (09/20)
凡那比	OBS1	6.1 (19/06)	6.9 (19/12)	7.6 (20/14)	10.5 (19/05)	10.3 (19/06)	7.5 (20/01)	6.9 (20/09)
	WAM	7.3 (18/20)	6.7 (19/14)	6.8 (20/15)	7.7 (18/17)	7.6 (18/17)	6.8 (19/08)	6.7 (20/14)
	SWAN	7.1 (19/08)	7.1 (19/08)	6.3 (19/11)	7.5 (19/08)	7.3 (19/08)	6.6 (19/08)	6.6 (19/11)

OBS1: 臺灣技術研究中心觀測 1 站週期資料

WAM: WAM 預報週期資料

SWAN: SWAN 預報週期資料 單位: s(日/時)

表 5.7d 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及預報波浪最大示性週期(日/時)統計表

表 2.2.4a 2010 年颱風期間七商港觀測及 SWAN 預報示性波高各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	.01 (96.2%)	-.49 (96.2%)	-1.20 (100%)	.03 (96.2%)	-.14 (69.2%)	-.90 (42.3%)	-1.21 (38.5%)
	標準偏差	.45 (96.2%)	.62 (96.2%)	1.30 (100%)	.51 (96.2%)	.30 (69.2%)	.95 (42.3%)	1.27 (38.5%)
	最大偏差	-1.21 (96.2%)	-1.15 (96.2%)	-2.54 (100%)	1.18 (96.2%)	.60 (69.2%)	-1.25 (42.3%)	-1.95 (38.5%)
	平均比值	1.22 (96.2%)	.70 (96.2%)	.41 (100%)	1.06 (96.2%)	.91 (69.2%)	.44 (42.3%)	.38 (38.5%)
萊羅克	平均偏差	.61 (100%)	.04 (97.1%)	-.96 (97.1%)	-.09 (100%)	-.24 (94.1%)	.24 (100%)	-.27 (100%)
	標準偏差	.72 (100%)	.38 (97.1%)	1.24 (97.1%)	.50 (100%)	.52 (94.1%)	.31 (100%)	.71 (100%)
	最大偏差	1.06 (100%)	1.22 (97.1%)	-2.05 (97.1%)	-.79 (100%)	-1.09 (94.1%)	.55 (100%)	-1.27 (100%)
	平均比值	2.16 (100%)	4.73 (97.1%)	.74 (97.1%)	1.00 (100%)	.89 (94.1%)	1.46 (100%)	.94 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	.92 (95.8%)	.22 (100%)	-1.23 (100%)	.26 (100%)	-.17 (95.8%)	.39 (100%)	-.76 (100%)
	標準偏差	.94 (95.8%)	.46 (100%)	1.43 (100%)	.38 (100%)	.31 (95.8%)	.48 (100%)	1.14 (100%)
	最大偏差	1.16 (95.8%)	.80 (100%)	-2.70 (100%)	.90 (100%)	-.58 (95.8%)	1.22 (100%)	-2.38 (100%)
	平均比值	2.91 (95.8%)	1.20 (100%)	.64 (100%)	1.22 (100%)	.93 (95.8%)	1.82 (100%)	.79 (100%)
凡那比	平均偏差	.61 (96.9%)	.29 (100%)	-.43 (100%)	-.30 (98.5%)	-1.31 (95.4%)	.45 (100%)	.08 (96.9%)
	標準偏差	.88 (96.9%)	.77 (100%)	1.09 (100%)	.90 (98.5%)	1.96 (95.4%)	.74 (100%)	1.07 (96.9%)
	最大偏差	3.58 (96.9%)	2.89 (100%)	-2.63 (100%)	-4.75 (98.5%)	-6.57 (95.4%)	3.25 (100%)	-2.55 (96.9%)
	平均比值	1.60 (96.9%)	1.18 (100%)	.94 (100%)	.91 (98.5%)	.70 (95.4%)	1.37 (100%)	1.34 (96.9%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: m

表 5.8a 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 SWAN 預報示性波高各種偏差統計表

表 2.2.4b 2010 年颱風期間七商港觀測及 SWAN 預報波向各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	90.2 (96.2%)	69.3 (96.2%)	14.5 (100%)	12.7 (96.2%)	42.3 (69.2%)	74.5 (42.3%)	3.5 (38.5%)
	標準偏差	95.6 (96.2%)	74.5 (96.2%)	18.6 (100%)	14.1 (96.2%)	43.4 (69.2%)	77.5 (42.3%)	4.2 (38.5%)
	最大偏差	165.8(96.2%)	123.3(96.2%)	41.4 (100%)	24.8 (96.2%)	59.2 (69.2%)	100.5(42.3%)	9.0 (38.5%)
萊羅克	平均偏差	75.7 (100%)	93.0 (97.1%)	30.8 (97.1%)	15.2 (100%)	38.0 (94.1%)	119.2(100%)	33.2 (100%)
	標準偏差	76.1 (100%)	96.5 (97.1%)	32.2 (97.1%)	23.1 (100%)	41.4 (94.1%)	123.7(100%)	35.2 (100%)
	最大偏差	94.2 (100%)	132.9(97.1%)	48.8 (97.1%)	54.4 (100%)	85.6 (94.1%)	178.9(100%)	53.3 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	84.7 (95.8%)	60.4 (100%)	29.8 (100%)	9.8 (100%)	47.6 (95.8%)	83.9 (100%)	28.2 (100%)
	標準偏差	85.4 (95.8%)	68.5 (100%)	31.4 (100%)	13.6 (100%)	51.2 (95.8%)	90.9 (100%)	30.8 (100%)
	最大偏差	100.6(95.8%)	126.2(100%)	46.0 (100%)	34.1 (100%)	87.1 (95.8%)	156.3(100%)	46.3 (100%)
凡那比	平均偏差	37.3 (96.9%)	28.3 (100%)	28.5 (100%)	54.4 (98.5%)	44.3 (95.4%)	43.4 (100%)	44.3 (96.9%)
	標準偏差	48.0 (96.9%)	40.1 (100%)	36.6 (100%)	67.8 (98.5%)	47.5 (95.4%)	59.3 (100%)	47.4 (96.9%)
	最大偏差	93.4 (96.9%)	164.8(100%)	174.2(100%)	173.8(98.5%)	69.5 (95.4%)	173.8(100%)	81.7 (96.9%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 單位為度, 偏差大小範圍為 0-180 度。

表 5.8b 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 SWAN 預報波向各種偏差統計表

表 2.2.4c 2010 年颱風期間七商港觀測及 SWAN 預報示性週期各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	-1.8 (96.2%)	-1.5 (96.2%)	-1.8 (100%)	-9 (96.2%)	-6 (69.2%)	-1.3 (42.3%)	-1.4 (38.5%)
	標準偏差	2.0 (96.2%)	1.8 (96.2%)	1.9 (100%)	1.2 (96.2%)	1.0 (69.2%)	1.4 (42.3%)	1.7 (38.5%)
	最大偏差	-3.8 (96.2%)	-2.9 (96.2%)	-2.9 (100%)	-2.2 (96.2%)	-2.2 (69.2%)	-1.7 (42.3%)	-3.2 (38.5%)
	平均比值	.6 (96.2%)	.7 (96.2%)	.7 (100%)	.8 (96.2%)	.9 (69.2%)	.6 (42.3%)	.7 (38.5%)
萊羅克	平均偏差	-1.2 (100%)	.3 (97.1%)	-1.2 (97.1%)	-1.4 (100%)	-.4 (94.1%)	-.7 (100%)	-.8 (100%)
	標準偏差	1.5 (100%)	1.1 (97.1%)	1.5 (97.1%)	1.5 (100%)	.6 (94.1%)	1.0 (100%)	1.2 (100%)
	最大偏差	-3.5 (100%)	2.3 (97.1%)	-3.1 (97.1%)	-2.6 (100%)	-1.0 (94.1%)	-2.1 (100%)	-3.5 (100%)
	平均比值	.7 (100%)	1.2 (97.1%)	.8 (97.1%)	.7 (100%)	.9 (94.1%)	.8 (100%)	.9 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	-.5 (95.8%)	-.1 (100%)	-1.3 (100%)	-1.0 (100%)	-.4 (95.8%)	-.2 (100%)	-1.0 (100%)
	標準偏差	.6 (95.8%)	1.8 (100%)	1.5 (100%)	1.1 (100%)	.5 (95.8%)	.5 (100%)	1.5 (100%)
	最大偏差	-1.2 (95.8%)	2.7 (100%)	-4.0 (100%)	-1.9 (100%)	-.9 (95.8%)	1.2 (100%)	-4.1 (100%)
	平均比值	.9 (95.8%)	1.1 (100%)	.8 (100%)	.8 (100%)	.9 (95.8%)	.9 (100%)	.8 (100%)
凡那比	平均偏差	-.1 (96.9%)	.2 (100%)	-.7 (100%)	-2.3 (98.5%)	-2.5 (95.4%)	.6 (100%)	.5 (96.9%)
	標準偏差	.6 (96.9%)	.8 (100%)	1.5 (100%)	2.8 (98.5%)	2.8 (95.4%)	1.4 (100%)	1.3 (96.9%)
	最大偏差	1.4 (96.9%)	1.9 (100%)	-3.0 (100%)	-5.0 (98.5%)	-5.6 (95.4%)	-3.4 (100%)	2.7 (96.9%)
	平均比值	1.0 (96.9%)	1.1 (100%)	.9 (100%)	.7 (98.5%)	.6 (95.4%)	1.2 (100%)	1.2 (96.9%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: s

表 5.8c 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 SWAN 預報示性週期各種偏差統計表

表 2.2.4d 2010 年颱風期間七商港觀測及 WAM 預報示性波高各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	-.41 (96.2%)	-.99 (96.2%)	-.43 (100%)	-.95 (96.2%)	-1.02 (69.2%)	-1.31 (42.3%)	-.92 (38.5%)
南修	標準偏差	.51 (96.2%)	1.06 (96.2%)	.75 (100%)	1.01 (96.2%)	1.12 (69.2%)	1.33 (42.3%)	1.00 (38.5%)
南修	最大偏差	-1.34 (96.2%)	-1.56 (96.2%)	-1.90 (100%)	-1.52 (96.2%)	-1.81 (69.2%)	-1.60 (42.3%)	-1.64 (38.5%)
南修	平均比值	.42 (96.2%)	.34 (96.2%)	.82 (100%)	.32 (96.2%)	.30 (69.2%)	.16 (42.3%)	.53 (38.5%)
萊羅克	平均偏差	.55 (100%)	.01 (97.1%)	-1.07 (97.1%)	-.40 (100%)	-.69 (94.1%)	.50 (100%)	-.82 (100%)
萊羅克	標準偏差	.81 (100%)	.42 (97.1%)	1.41 (97.1%)	.51 (100%)	.87 (94.1%)	.74 (100%)	1.16 (100%)
萊羅克	最大偏差	1.24 (100%)	1.38 (97.1%)	-2.89 (97.1%)	-1.17 (100%)	-1.74 (94.1%)	1.06 (100%)	-2.35 (100%)
萊羅克	平均比值	2.06 (100%)	5.18 (97.1%)	.72 (97.1%)	.72 (100%)	.63 (94.1%)	1.96 (100%)	.75 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	.86 (95.8%)	-.19 (100%)	-2.20 (100%)	-.43 (100%)	-.77 (95.8%)	.64 (100%)	-2.02 (100%)
莫蘭蒂	標準偏差	.88 (95.8%)	.52 (100%)	2.33 (100%)	.47 (100%)	.82 (95.8%)	.67 (100%)	2.15 (100%)
莫蘭蒂	最大偏差	1.28 (95.8%)	-1.36 (100%)	-3.71 (100%)	-.89 (100%)	-1.41 (95.8%)	1.15 (100%)	-3.42 (100%)
莫蘭蒂	平均比值	2.79 (95.8%)	.94 (100%)	.33 (100%)	.70 (100%)	.64 (95.8%)	2.32 (100%)	.34 (100%)
凡那比	平均偏差	.27 (96.9%)	-1.13 (100%)	-1.54 (100%)	-1.29 (98.5%)	-1.74 (95.4%)	-.22 (100%)	-1.30 (96.9%)
凡那比	標準偏差	.68 (96.9%)	1.61 (100%)	1.99 (100%)	2.02 (98.5%)	2.64 (95.4%)	.76 (100%)	1.83 (96.9%)
凡那比	最大偏差	1.40 (96.9%)	-3.89 (100%)	-4.38 (100%)	-7.47 (98.5%)	-7.93 (95.4%)	-1.76 (100%)	-4.84 (96.9%)
凡那比	平均比值	1.40 (96.9%)	.61 (100%)	.44 (100%)	.62 (98.5%)	.63 (95.4%)	.99 (100%)	.59 (96.9%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: m

表 5.8d 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 WAM 預報示性波高各種偏差統計表

表 2.2.4e 2010 年颱風期間七商港觀測及 WAM 預報波向各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	42.9 (96.2%)	117.7(96.2%)	18.1 (100%)	100.0(96.2%)	95.9 (69.2%)	116.3(42.3%)	14.5 (38.5%)
南修	標準偏差	48.6 (96.2%)	119.9(96.2%)	21.1 (100%)	100.2(96.2%)	104.8(69.2%)	117.9(42.3%)	16.2 (38.5%)
南修	最大偏差	90.1 (96.2%)	152.9(96.2%)	38.9 (100%)	108.5(96.2%)	166.6(69.2%)	152.1(42.3%)	25.4 (38.5%)
萊羅克	平均偏差	52.9 (100%)	132.4(97.1%)	17.1 (97.1%)	54.3 (100%)	80.7 (94.1%)	130.5(100%)	22.8 (100%)
萊羅克	標準偏差	57.1 (100%)	135.6(97.1%)	19.0 (97.1%)	62.3 (100%)	89.4 (94.1%)	132.4(100%)	27.6 (100%)
萊羅克	最大偏差	81.9 (100%)	168.8(97.1%)	33.5 (97.1%)	113.7(100%)	167.5(94.1%)	175.7(100%)	45.5 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	74.8 (95.8%)	125.8(100%)	31.2 (100%)	50.7 (100%)	78.3 (95.8%)	146.0(100%)	35.7 (100%)
莫蘭蒂	標準偏差	75.2 (95.8%)	128.4(100%)	35.0 (100%)	56.0 (100%)	79.7 (95.8%)	147.5(100%)	38.7 (100%)
莫蘭蒂	最大偏差	91.7 (95.8%)	165.7(100%)	56.1 (100%)	89.6 (100%)	101.6(95.8%)	177.6(100%)	80.8 (100%)
凡那比	平均偏差	38.2 (96.9%)	60.0 (100%)	14.9 (100%)	107.2(98.5%)	77.8 (95.4%)	58.3 (100%)	47.2 (96.9%)
凡那比	標準偏差	45.6 (96.9%)	75.6 (100%)	25.1 (100%)	112.1(98.5%)	82.1 (95.4%)	82.4 (100%)	69.4 (96.9%)
凡那比	最大偏差	85.2 (96.9%)	177.0(100%)	142.1(100%)	174.7(98.5%)	125.2(95.4%)	179.4(100%)	178.9(96.9%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 單位為度, 偏差大小範圍為 0-180 度。

表 5.8e 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 WAM 預報波向各種偏差統計表

表 2.2.4f 2010 年颱風期間七商港觀測及 WAM 預報示性週期各種偏差統計表

颱風名稱	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
南修	平均偏差	.5 (96.2%)	1.1 (96.2%)	.5 (100%)	.4 (96.2%)	.7 (69.2%)	1.0 (42.3%)	.3 (38.5%)
南修	標準偏差	.6 (96.2%)	1.5 (96.2%)	.9 (100%)	.5 (96.2%)	.8 (69.2%)	1.1 (42.3%)	1.1 (38.5%)
南修	最大偏差	1.2 (96.2%)	3.4 (96.2%)	1.7 (100%)	.8 (96.2%)	1.5 (69.2%)	1.6 (42.3%)	1.7 (38.5%)
南修	平均比值	1.1 (96.2%)	1.3 (96.2%)	1.1 (100%)	1.1 (96.2%)	1.2 (69.2%)	1.3 (42.3%)	1.1 (38.5%)
萊羅克	平均偏差	.9 (100%)	2.2 (97.1%)	1.2 (97.1%)	-.1 (100%)	1.1 (94.1%)	1.6 (100%)	1.3 (100%)
萊羅克	標準偏差	1.3 (100%)	2.8 (97.1%)	1.5 (97.1%)	.6 (100%)	1.3 (94.1%)	1.7 (100%)	1.5 (100%)
萊羅克	最大偏差	2.6 (100%)	4.7 (97.1%)	2.4 (97.1%)	-1.4 (100%)	2.3 (94.1%)	2.9 (100%)	2.6 (100%)
萊羅克	平均比值	1.2 (100%)	1.8 (97.1%)	1.3 (97.1%)	1.0 (100%)	1.3 (94.1%)	1.5 (100%)	1.3 (100%)
莫蘭蒂	平均偏差	1.6 (95.8%)	.9 (100%)	-.5 (100%)	-.4 (100%)	.9 (95.8%)	1.5 (100%)	-.2 (100%)
莫蘭蒂	標準偏差	1.6 (95.8%)	1.6 (100%)	1.1 (100%)	.5 (100%)	1.0 (95.8%)	1.8 (100%)	1.0 (100%)
莫蘭蒂	最大偏差	2.2 (95.8%)	3.3 (100%)	-3.3 (100%)	-.8 (100%)	1.6 (95.8%)	2.7 (100%)	-3.5 (100%)
莫蘭蒂	平均比值	1.4 (95.8%)	1.3 (100%)	.9 (100%)	.9 (100%)	1.2 (95.8%)	1.5 (100%)	1.0 (100%)
凡那比	平均偏差	1.5 (96.9%)	.5 (100%)	-.1 (100%)	-.8 (98.5%)	-.3 (95.4%)	1.4 (100%)	.8 (96.9%)
凡那比	標準偏差	1.6 (96.9%)	1.0 (100%)	.9 (100%)	1.5 (98.5%)	1.3 (95.4%)	1.8 (100%)	1.1 (96.9%)
凡那比	最大偏差	2.4 (96.9%)	2.7 (100%)	-1.9 (100%)	-3.6 (98.5%)	-3.3 (95.4%)	3.2 (100%)	2.7 (96.9%)
凡那比	平均比值	1.3 (96.9%)	1.1 (100%)	1.0 (100%)	.9 (98.5%)	1.0 (95.4%)	1.4 (100%)	1.3 (96.9%)

(註): 偏差=預報值-觀測值, 比值=預報值÷觀測值, 單位: s

表 5.8f 2010 年颱風期間 7 個商港觀測及 WAM 預報示性週期各種偏差統計表

第六章 結論與建議

6.1 結論

本(99)年度預期目標為：

(1) 建立本土化風場(氣壓)數值模式，可提供環島海域及港區之風場及氣壓場計算。

(2) 建立本土化波浪數值模式，可提供環島海域及港區波場計算。

(3) 完成年度侵臺颱風期及典型季風期之風場及氣壓模擬預報及檢驗成果評估。

(4) 完成年度侵臺颱風期及典型季風期之波浪模擬預報及檢驗成果評估。

(5) 完成七個主要商港長期風場、颱風波浪及典型季風波浪模擬結果及特性分析。

(6) 完成七個主要商港之設計波高估算量。

目前完成的事項包含：

(1) 精進波浪自動化預報系統：除了已經發現而且改善的問題外，將持續與港研中心相關作業人員進行密切討論與人員訓練，以期使預報系統更臻完善。本計畫除了進行本年度的即時性波浪推算外，也對 2005 年至 2009 年各月份的風場進行波浪場的追算。

(2) 完成 2005 年至 2010 年間的所有颱風波浪，以及冬季季風波浪的推算並以七個商港為對象針對設計波高以及近岸波浪與港灣波動模擬所需要的代表波高與週期進行檢討。

(3) 協助建立基隆港波浪模擬子系統，以提供基隆港港口船舶交通航運相關港灣環境資訊，建立基隆港波浪模擬子系統，以提供基隆港務局使用。

(4) 資料與技術之轉移：包含數值模式、推算資料及相關資料與技術，風場、氣壓及波浪等數值模擬結果，包括各種測試結果、與現場觀測資料比較評估成果、正式預報結果及網站相關資料等，以及相關原始程式檔及使用手冊。

6.2 建議

後續工作中，除了正常維持作業化系統的運作外，建議檢討下列事項：

(1) 從第 3 章對 2005 年~2009 年的颱風時期的數值模擬推算，並針對 7 個商港進行的討論與比較中，可以發現波浪推算模式可以適切地反映出區域性的波動特性，例如安平港與高雄港的波動特性極為相似即是。未來可藉由數值模式的擴大模擬推算，以及與現場實測波動的比較而更瞭解台灣附近海域的波動特性。

(2) 波浪預報中的相關輸出參數由於離散化的過程而可能產生與實測值間的偏差，應在檢討各比較參數的適切性。例如，譜峰週期與主波方向因屬於離散化的處理結果，例如理論頻譜的成分波分割，以及方向分佈的分割，其譜峰週期與主波方向角度都會被簡化成其成分波的代表週期及波向，因此直接與實測的譜峰週期及波向相比較可能會有較大的差異，應再檢討，以免誤解為推算不正確。

(3) 水位變化及流場變化可能影響波高的推算，目前的模式並未加以考慮，未來應檢討引入水位場及流場的可能性

(4) 考慮以單一計算領域與單一模式及較高解析度的方式進行波浪的推算，並考慮其對颱風波浪推算的影響。

參考文獻

1. Booij, N., 1981, "Gravity waves on water with non-uniform depth and current," Report No 81-1, Department of Civil Engineering, Delft Univ. of Technology, Delft, The Netherland.
2. Booij, N., J.G. Haagsma, L.H. Holthuijsen, A.T.M.M. Kieftenburg, R.C. Ris, A.J. van der Westhuysen, M. Zijlema, 2004, SWAN Cycle III version 40.41 USER MANUAL, Delft University of Technology
3. Bouttier, F., P. Courtier, 1999, "Data Assimilation Concepts and Methods," Meteorological Training Course Lecture Series, ECMWF
4. Chen, H.S., D. Behringer, L.D. Burroughs, and H.L. Tolman, (2004), "A Variational Wave Height Data Assimilation System for NECP Operational Wave Models," Technical Procedures bulletin, NWS, NCEP, NOAA, USA.
5. Chiu, Y.F., J.G. Lin and H.S. Hou, 2004, "WAVE CONDITIONS INSIDE THE HUALIEN PORT, TAIWAN," Presented in PACON, 2004.(in print)
6. Engedahl, H., 1995, Implementation of the Princeton Ocean Model (POM/ECOM 3D) at Norwegian Meteorological Institute. Research Report No.5, DNMI.
7. Gerritsen, H., de Vries, J.W., Phillipart, M.E., 1995. The Dutch continental shelf model. Quantitative Skill Assessment for Coastal Ocean Models. In: Lynch, D., Davies, A.M. (Eds.), Coastal and Estuarine Studies AGU, Washington DC, pp. 425-467.
8. Golding, B., 1983. A wave prediction system for real time sea state forecasting. Q.J.R. Meteorol. Soc. 109, 393-416.
9. Holt, M.W., 1994. Improvements to the UKMO wave model swell dissipation and performance in light winds. Forecasting Research Division Technical Report 119, October 1994. Unpublished report available from the Met. Office.
10. Hsu, Y.J. G., T.W. Hsu, J.G. Lin, J.M. Liao, T.W. Yang and F.J. Lin, 2004, "Nearshore Wave Predictions Around the Northeastern Coast of Taiwan," The Fourteenth OMISAR Workshop on Ocean Models, PACON.
11. Kirby, J.T., 1986, "Rational approximations in the parabolic equation method for water waves," Coastal Eng., Vol. 10, pp. 355-378.
12. Kirby, J.T. and Dalrymple, R.A., 1983, "A parabolic equation for combined refraction- diffraction of Stokes waves by mildly varying topography," J.

- Fluid Mech., Vol. 136, pp. 219-232.
13. Komen, G.J., Cavaleri, L., Donelan, M. Hasselmann, K., Hasselmann, S., Janssen, P.A.E.M., 1994. Dynamics and modeling of Ocean Waves. Cambridge Univ. Press, Cambridge UK.
 14. Martinsen, E.A., Hackett B., Røed, L.P., Melstrom, A., 1997. Operational marine models at Norwegian Meteorological Institute. In: Stel, J.H. (Ed.), Operational Oceanography. The challenge for European Co-operation. Elsevier, Amsterdam, pp. 436-443, Elsevier Oceanography Series 62, 757 pp.
 15. Mei, C.C., 1989, "The Applied Dynamics of Ocean Surface Waves", John Wiley, New York.
 16. Oder, J., Berlamont, J., Van den Eynde, D., Yu, C.S., 1997. Operational modeling of the Northwest European Continental Shelf. Activity Report No. 5. Report MNECS/O/XX/199710/NL/AR/5,25 pp.
 17. Phillipart, M.E., Gebraad, A., 1997. A new storm surge forecasting system. In: Stel, J.H. (Ed.), Operational Oceanography. The Challenge for European Co-operation. Elsevier, Amsterdam, pp. 487-495, Elsevier Oceanography Series 62, 757 pp.
 18. Phillipart, M.E., Gebraad, A.W., Scharroo, R., Roset, M.R.T., Bollebregt, E.A.H., Jacobs, A., van den Boogaard, H.F.P., Peters, H.C., 1998. DATUM2: data assimilation with altimetry; Techniques used in a tidal model, 2nd program. Netherlands Remote Sensing Board (BCRS) NRSP-2 report 98-19.
 19. Radder, A.C., 1979, "On the parabolic equation method for water-wave propagation," J. Fluid. Mech., Vol. 95, pp. 159-176.
 20. van den Eynde, D., 1992. MU-WAVE: an operational wave forecasting system for the Belgian coast. Proceedings of the third International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Montreal, 19-22 May 1992. pp. 313-324.
 21. van den Eynde, D., Malisse, J.-p., Ozer, J., Scory, S., 1998. Operational modeling of the Northwst European Continental Shelf: Gebruikershandleiding. Report OMNECS/O/XX/199808/NL/TR/3.1, 83 pp.
 22. voorrips, A.C., Hersbach, H., Koek, F.B., Komen, G.J., Makin, V.K., Onvlee, J.R.N., 1997. Wave prediction and data assimilation at the North

Sea. In: Stel, J.H. (Ed.), *Operational Oceanography. The Challenge for European Co-operation*. Elsevier, Amsterdam, pp. 463-471, Elsevier Oceanography Series 62, 757pp.

23. 尤皓正、江朕榮、于嘉順、蘇青和，2007，「台中港結構對近岸流場的影響」，第二十九屆海洋工程研討會論文集，153頁-158頁。
24. 江中權、曾相茂、莊文傑，2002，「臺灣北部海域海流之數值模擬計算」，第二十四屆海洋工程研討會論文集，205頁-212頁。
25. 李兆芳、劉正琪、張憲國，港池振盪之數值模擬計算，海洋工程學刊，第一卷，第一期，1-22頁。中華民國90年。
26. 李忠潘、陳陽益、林炤圭、劉景毅、王兆璋、張憲國、許泰文、薛憲文、于嘉順，近岸數值模擬系統之建立(II)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-94-H3DB001，中華民國94年11月。
27. 李忠潘、陳陽益、薛憲文、林炤圭、劉正琪、張憲國、于嘉順、王兆璋，近岸數值模擬系統之建立(III)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-95-H3DB001，中華民國95年11月。
28. 林炤圭、徐月娟、莊士賢、羅司宜、劉玉祥、林昭暉，2003，「東北角海域區域波浪模式之建置研究」，第二十五屆海洋工程研討會東北角海岸專題(東北角海域海氣象特性與海岸防護)，基隆，17頁-23頁。
29. 林炤圭，2003，沿海遊憩安全資訊與監測系統之建立(1/2)－沿海遊憩安全資訊系統之建立，交通部科技顧問室92年度專題研究計畫報告
30. 林炤圭，2004，沿海遊憩安全資訊與監測系統之建立(2/2)－沿海遊憩安全資訊系統之建立，交通部科技顧問室93年度專題研究計畫報告
31. 林炤圭，2003，東北角海域海象預報系統的建立，中央氣象局92年度研究計畫報告
32. 林炤圭，2004，東北角海域波浪預報模式之建立與檢核，中央氣象局93年度研究計畫報告
33. 林炤圭、許泰文，2005，近岸風浪預報模式之研究與建立(1/3)，中央氣象局94年度研究計畫報告
34. 林炤圭、岳景雲、林玉峰、涂宗男，花蓮港港池共振機制研究(1/4)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-94-H3DB003，226頁，中華民國94年11月。(95年4月出版)
35. 林炤圭、岳景雲、林玉峰、涂宗男，花蓮港港池共振機制研究(2/4)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-95-H3DB002，中華民國95年11月。

36. 林焯圭、岳景雲、林玉峰、涂宗男，花蓮港港池共振機制研究(3/4)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-96-H3DB002，中華民國96年11月。
37. 林焯圭、岳景雲、林玉峰，花蓮港港池共振機制研究(4/4)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-97-H3DB002，中華民國97年11月。
38. 林焯圭、許泰文、廖建明，海岸區域溢淹災害潛勢分析研究—近岸波浪計算預測模式之建置(I)，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，NSC94-2625-Z-019-007，中華民國95年10月。
39. 林勝豐、楊穎堅、唐存勇，2005，「北臺灣沿海潮流特性分析」，第二十七屆海洋工程研討會論文集，295頁-301頁。
40. 林豐福、洪憲忠、廖建明、林達遠、許泰文，2004，「台北港海域潮流流場數值模擬分析」，第二十六屆海洋工程研討會論文集，175頁-182頁。
41. 陳明宗、邱永芳、李中潘、陳陽益、劉正琪、于嘉順、林焯圭、張憲國、薛憲文、王兆璋，近岸海象數值模擬及預警系統之建立(1/4)，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，MOTC-IOT-96-H3DB001，中華民國96年12月。
42. 許泰文、歐善惠、廖建明、陳亞嵐，2003，「修正型近岸風浪模式之研究」，第二十五屆海洋工程研討會論文集，基隆，179頁-185頁。
43. 廖建明、歐善惠、許泰文、方介群、臧效義，2002，「應用SWAN模式模擬臺灣附近颱風波浪之特性」，第二十四屆海洋工程研討會論文集，台中，469-476頁。
44. 歐善惠、許泰文、臧效義、方介群、廖建明，1999，「應用SWAN波浪模式推算臺灣附近海域颱風波浪之研究」，第二十一屆海洋工程研討會論文集，87頁-95頁。
45. 歐善惠、許泰文、臧效義、廖建明、方介群，2000，「應用SWAN模式於臺灣西部海岸之波浪預測」，第二屆國際海洋大氣會議論文集，台北，183頁-188頁。
46. 蘇青和、吳基、廖慶堂、徐如娟，2003，「台北港港口區域潮汐及海流特性研究」，第二十五屆海洋工程研討會論文集，23頁-30頁。

附錄 1 WAM 模式使用手冊

1.1 模式簡介

1.1.1 模式基本簡介及功能概述

目前使用的 WAM 模式經 WAMDI Group (1988) 在模式的物理過程和數值方法上加以改良，適用於遠域風浪之預報。WAM 模式所使用的基本方程式為波浪能量平衡方程式，此方程式能描述方向波譜在時間及空間領域的變化過程。WAM 模式所使用的基本方程式為波浪能量平衡方程式，其表示為：

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

其中， E 為波浪能量密度函數， ϕ 為緯度， λ 為經度， θ 為波浪角度， C_{ϕ} 、 C_{λ} 與 C_{θ} 分別為 ϕ 、 λ 與 θ 領域之傳遞速度，此方程式能描述方向波譜在時間及空間領域的變化過程。這些變化過程包括風傳遞到波浪的波能輸入條件、白沫效應、底床摩擦和波波之間的非線性交互作用。

1.1.2 模式硬體及作業系統規格

目前測試時所用硬體採用個人桌上型電腦來計算。參考規格如下：處理器為 Intel Pentium 4 3 GHz，記憶體 1024 MB，可在 Microsoft Windows XP 或 Linux（建議使用）作業系統下運作。由於 WAM 是以 Fortran 90 程式語言開發，因此使用到的編譯器為 Compaq Visual Fortran Professional Edition 6.6（Windows）與 Intel Fortran Compiler 9.1.036（Linux）。

實際作業化之電腦系統則以多核心伺服器之配備來運作。

1.1.3 模式流程圖

下圖 1.1 為 WAM 模式的執行流程，各部分詳細的說明請參考之後的說明。

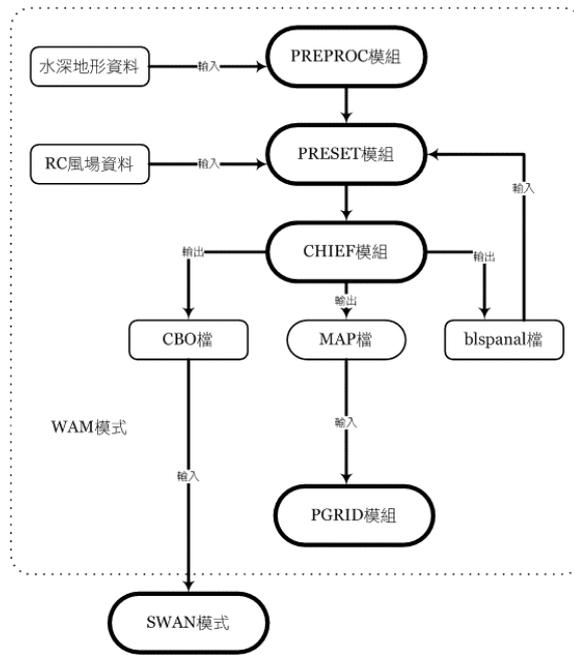


圖 1.1 WAM 風浪模式操作流程

1.2 模式相關程式檔說明

目前所使用的 WAM 版本是 WAM cycle 4，其中包含數個模組 PREPROC、PRESET、CHIEF、BOUINT、PGRID、PSWGRID、PSPEC 及 PSWSPEC 等，而目前只使用到地形格網處理模組 PREPROC、風場初始值給定模組 PRESET、風浪計算模組 CHIEF 與後處理模組 PGRID。以下說明各模組之處理程序。

WAM 模式計算時，首先執行格網處理模組 PREPROC，程式檔檔名為 preproc.exe，此模組為模式計算前置作業之一，主要處理模式計算所需之格網水深資料、頻率帶及方位角、巢狀格網等相關資料，記錄於目錄/coarse 下之 gridtai、ubuftai、bouctai。前置作業之二為初始值給定模組 PRESET，程式檔檔名為 preset.exe，此模組主要為 JONSWAP 波譜相關參數及風場輸入資料之設定，並將模式計算之初始條件記錄於目錄/coarse 下之 blspanal、slatanal、lawianal。本計劃應用 WAM 模式進行長期波浪推算，因模式計算設定條件相同，故僅於首次計算時執行此二模組，初始條件則紀錄於相關檔案中，供後續模式計算使用。

風浪計算模組 CHIEF，程式檔檔名為 wamodel.exe，此模組為模式計算之主軸，包含決定模式計算時間、座標系、考慮折射與否以及計算結果相關輸出內容。後處理模組 PGRID，程式檔檔名為 pgrid.exe，此模組則是將風浪計算模組計算輸出之二維資料，分析為簡易作業之格式。

1.3 模式相關輸入檔(*.NML)說明

本計劃使用格網處理模組 PREPROC、初始值給定模組 PRESET、風浪計算模組 CHIEF 與後處理模組 PGRID 等，各模組在模式中處理不同之程序，其所需之輸入檔亦包含處理相關程序之區塊，以下分別說明。

(1) PREPROCmmdd.NML (mmdd 為計算時間的月日)

格網處理模組 PREPROC 所需之輸入檔主要包含標頭 (runhead)、頻率及角度 (freqdir)、格網輸出 (outgrid)、地形變更 (fudge)、波譜輸出 (outspec)、模式選擇 (options)、巢狀格網 (nest)、相關資料路徑 (interface) 等八個區塊，本計劃使用之相關區塊格式內容及相關說明如下所示。

圖 1.2 格網處理模組輸入檔(PREPROCmmdd.NML)區塊格式說明

```
! preproc 設定檔
!
!      user input of preproc.          created 06/02/2001
!      =====
! 本使用者輸入檔案主要是提供給 uiprep 程式讀取，
! 其中各列若以"! "為首字的内容將被視為註解文字
! -----
! 表頭區塊(會輸出到相關的檔案裡，最多 70 個字)
!
&runhead
  header = 'wave model daily run version 4.0a in Taicomcs',
&end
! -----
! 頻率及方向分割格網區塊
!      ml      integer*5      頻率分割數
!      kl      integer*5      方向分割數
!      fr(1)   real*10        最低頻率(Hz)
&freqdir
  ml = 25,
  kl = 24,
  fr1 = 0.05,
&end
! -----
! 定義計算(輸出)格網
!      xdella   real          格網緯度的增量(度)—格網分隔間距
!      xdello   real          格網經度的增量(度)—格網分隔間距
!      amosop   real          格網最南端緯度(度)
!      amonop   real          格網最北端緯度(度)
!      amowep   real          格網最西端經度(度)
!      amoeap   real          格網最東端經度(度)
!
&outgrid
  xdella = 0.2,
  xdello = 0.2,
  amosop = 10.0,
  amonop = 35.0,
```

```

amowep = 110.0,
amoeap = 134.0,
&end
!-----
!格網內要改變水深的區域(最多 80 個矩形區域)
!
!   nout      integer    要改變水深的區域數目
!   xouts     real       最南端緯度 (度)
!   xoutn     real       最北端緯度 (度)
!   xoutw     real       最西端經度 (度)
!   xoute     real       格網最東端經度 (度)
!   noutd     integer    新的水深(以公尺計，-999 表示為陸地)
!
&fudge
  nout = 0,
  xouts = 0.0,
  xoutn = 0.0,
  xoutw = 0.0,
  xoute = 0.0,
  noutd = -999,
&end
!-----
!指定輸出頻譜的位置點座標 (最多可有 100 個點位)
!
!   ngout     integer    總輸出點數
!   outlat    real       各點的座標緯度(度)
!   outlong   real       各點的座標經度(度)
!
&outspec
  ngout = 3,
  outlat = 24.00, 24.85, 24.85,
  outlong = 121.70, 121.90, 120.80,
&end
!-----
!模式的特殊設定 (options)
!
!   iform     integer    = 1    只作非格式化(unformatted)輸出
!                       = 2    只作格式化(formatted)輸出
!                       =其他  同時作非格式化及格式化輸出
!   irefra    integer    = 2    加入一個流場的處理
!                       =其他  不作任何處理
!   itest     integer    輸出測試結果的等級
!                       > 0    到輸出副程式計算過程的等級
!                       = 0    不作任何測試輸出
!   itestb    integer    若 itest>0，輸出區塊等級的測試結果
!                       > 0    輸出測試結果的區塊等級
!
&options
  iform = 3,
  irefra = 0,

  itest = 0,
  itestb = 4,
&end
!-----
!巢狀格網設定 (本程式是提供給後續的 SWAN 波浪推算使用)
!
```

```

!   ibounc  integer  粗格網的控制旗標
!                   = 1      產生給巢狀(細)格網所需要的資訊
!                   = 其他  不輸入邊界點
!   ibounf  integer  細格網的控制旗標
!                   = 1  設定本程式是在執行一個細格網的計算，其邊界上的相關資訊將
!                   期待由一個先前執行過的粗格網計算結果所提供
!                   = 其他  不輸入邊界點
!   amosoc  real     巢狀格網的最南端緯度 (度)
!   amonoc  real     巢狀格網的最北端緯度 (度)
!   amowec  real     巢狀格網的最西端經度 (度)
!   amoeac  real     巢狀格網的最東端經度 (度)
!                   (當 ibounc = 1 時，這些格網邊界一定要設定)
!
!&nest
!   ibounc = 1,
!   ibounf = 0,
!   amosoc = 21.0,
!   amonoc = 26.0,
!   amowec = 119.0,
!   amoeac = 123.0,
!&end
!-----
!輸出的 I/O 介面(檔名或路徑)
!
!   pth_iu01  character*40  輸入地形資料檔名
!   pth_iu02  character*40  輸出水流資料 (若 irefra == 2)
!   pth_iu03  character*40  輸入粗格網邊界(若 ibounf == 1)
!   pth_iu07  character*40  輸出格網 (unformatted)
!   pth_iu08  character*40  輸出 ubuf (unformatted)
!   pth_iu09  character*40  輸出粗格網邊界資訊 (unformatted)
!   pth_iu10  character*40  輸出細格網邊界資訊 (unformatted)
!   pth_iu17  character*40  輸出格網 (formatted)
!   pth_iu18  character*40  輸出 ubuf (formatted)
!   pth_iu19  character*40  輸出粗格網邊界資訊(formatted)
!   pth_iu20  character*40  輸出細格網邊界資訊(formatted)
!   gradspath character*40  輸出 grads 路徑 (沒有檔名)
!   netcdfpath character*40  輸出 netcdf 路徑 (沒有檔名)
!
!&interface
!pth_iu01 = '/home/knicks/taicoms/wam/topo_taiwan.dat', ! 地形資料檔路徑
!   pth_iu02 = '????',
!   pth_iu03 = '????',
!   pth_iu07 = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/gridtai',
!   pth_iu08 = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/ubuftai',
!   pth_iu09 = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/bouctai',
!   pth_iu10 = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/bfintai',
!   pth_iu17 = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/fgridtai',
!   pth_iu18 = '????',
!   pth_iu19 = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/fbouctai',
!   pth_iu20 = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/bfintai',
!   gradspath = '/home/knicks/taicoms/wam/grads',
!   netcdfpath = '/home/knicks/taicoms/wam/output',
!&end
!-----
!                   end of user input of preproc
!-----

```

(2) PRESETmmdd.NML (mmdd 為計算時間的月日)

初始值給定模組 PRESET 所需之輸入檔主要包含標頭 (runhead)、模式選擇 (options)、波譜參數 (sparams)、輸入風場 (wparams)、相關資料路徑 (interface) 等五個區塊，本計劃使用之相關區塊格式及相關說明如下所示。

圖 1.3 初始值給定模組輸入檔(PRESETmmdd.NML)區塊格式說明

```
! preset 設定檔
!
!       user input of preset.                created 06/02/2001
!       =====
! 本使用者輸入檔案中各列若以"! "為首字的内容將被視為註解文字
! -----
! 表頭區塊(會輸出到相關的檔案裡，最多 70 個字)
!
&runhead
  header = 'wave model daily run version 4.0a in Taicoms',
&end
! -----
! 初始頻譜的設定
!
!       iopti   = 0 與風力無關的初始值
!               = 1 風力引發的初始值，但若風速為 0 時其能量等於 0
!               = 2 風力引發的初始值，但若風速為 0 時其能量有給定的參數計算
!       itest   = 0 不作任何測試輸出
!               > 0 執行到副程式等級的測試輸出
!       itestb  > 0 執行到區塊等級的測試輸出
!
&options
  iopti = 1,
  itest = 0,
  itestb = 0,
&end
! -----
! 初始頻譜的參數
!
!       alfa    = phillips' 參數 (若 iopti = 1 則無效)
!       fm      = 譜峰頻率或最大頻率 (Hz)
!       gamma   = overshoot factor
!       sa      = 譜峰左側寬度
!       sb      = 譜峰右側寬度
!       theta   = 主波方向 (度)(若 iopti = 1 則無效)
!       fetch   = 風域長度 (以公尺計，若為 0 則採用經度的格網增量)
!
&sparams
  alfa = 0.018,
  fm   = 0.2,
  gamma = 3.0,
  sa   = 0.07,
  sb   = 0.09,
  theta = 0.0,
  fetch = 0.0,
&end
```

```

!-----
!風場的輸入參數
!
!   idatea  integer*10  起算日期 (yymmddhhmm)
!   idelwi  integer*7   風場輸入檔案的時間間隔 (秒或小時)
!   tunit   character*1  時間的單位 ('s'或'h')
!
!&wparams
!
!   idatea = '0901010000',
!   idelwi = 1,
!   tunit  = 'h',
!&end
!-----
!檔案名稱
!
!   uid      character*3  使用者辨識代號
!   rid      character*3  執行代碼
!   ingrid   character*70  從 preproc 得到的無格式化輸入格網
!   inwind   character*70  外部輸入風場檔案路徑及名稱
!   outpath  character*60  輸出檔案的路徑
!
!&interface
!   userid   = 'jgl',
!   runid    = 'adr',
!   ingrid   = 'g:\wam_swan\wam\coarse\ugridws',
!   inwind   = 'g:\wam_swan\wam\wind_wam_0101.dat',
!   outpath  = 'g:\wam_swan\wam\coarse',
!&end
!
!-----
!
!                               end of user input prog. preset.
!-----

```

(3) CHIEFmmdd.NML (mmdd 為計算時間的月日)

風浪計算模組 CHIEF 所需之輸入檔主要包含標頭 (runhead)、計算時間 (period)、時間設定 (timings)、輸出時間 (outime)、波譜輸出 (specout)、輸出內容 (outdata)、模式選擇 (options)、邊界 (boundary)、相關資料路徑 (interface) 等九個區塊，本計劃使用之相關區塊格式內容及相關說明如下所示。

圖 1.4 風浪計算模組輸入檔(CHIEFmmdd.NML)區塊格式說明

```

! wamodel 設定檔
!
!
!   user input of model.                               created 07/02/2001
!-----
! 本使用者輸入檔案中各列若以"! "為首字的内容將被視為註解文字
!
!-----
! 表頭區塊(會輸出到相關的檔案裡，最多 70 個字)
!
!&runhead
!   header='wave model daily run version 4.0a in Taicoms',

```

```

&end
!-----
!模式計算的時間範圍
!
!   idatea  interger*10  起算時間  (yymmddhhmm)
!   idatee  interger*10  終止時間  (yymmddhhmm)
!
&period
  idatea = '0901010000',
  idatee = '0901040000',
&end
!-----
!模式的計算時間間隔
!
!   idelpro  interger*7   波浪傳播的時間間隔
!   idelt    interger*7   外力的時間間隔
!   idelwo   interger*7   輸出風場的時間間隔
!   idelwi   interger*7   輸入風場資料的時間間隔
!   u        character*1  時間間隔單位('s'或'h')
!
!           -----
!           要求： 所有的比例必須要是整數 n 或其倒數 1/n
!           -----
!
&timings
  idelpro = 360,
  prounit = 's',
  idelt   = 360,
  sunit   = 's',
  idelwo  = 1,
  wounit  = 'h',
  idelwi  = 1,
  wiunit  = 'h',
&end
!-----
!固定區間的輸出時間
!
!           -----
!           要求： 所有的輸出時間間隔必須要是 idelpro 的倍數
!           -----
!
!   idelint  interger*7   整個海面的整合參數
!   idelins  interger*7   湧浪的整合參數
!   idelspt  interger*7   整個海面的頻譜
!   idelsps  interger*7   湧浪的頻譜
!   idelres  interger*7   儲存的輸出及重新啟動檔
!   u        character*1  時間單位('s'或'h')
!
&outime
  idelint = 1,
  intunit = 'h',
  idelins = 1,
  swunit  = 'h',
  idelspt = 1,
  sptunit = 'h',
  idelsps = 1,
  spsunit = 'h',
  idelres = 24,

```

```

    resunit = 'h',
&end
!-----
!指定的輸出時間
!最多可以指定 100 個時間(yymmddhhmm).
!假如 noutt > 0, 則以上所有指定的輸出時間都將被忽略

!-----
!      要求： 所有的輸出時間必須要是一個波播過程的結束時間
!-----
&specout
    noutt = 0,
    ioutt = '0901020000',
&end
!-----
!輸出資料的選定
!
!   pflag      邏輯印表輸出
!               .t: 資料要列印; 其他: 不列印
!   fflag      邏輯檔案輸出
!               .t: 資料要列印; 其他: 不列印
!   outfield list: 可以輸出的變數
!               1) significant wave height 2) mean wave direction
!               3) wave mean frequency      4) friction velocity
!               5) wind direction           6) wave peak frequency
!               7) drag coefficient         8) normalised wave stress
!
!               9) swell wave height       10) swell direction
!               11) wind wave direction    12) swell mean frequency
!               13) spectra of total sea   14) swell spectra
!
!               1  2  3  4  5  6  7  8  9  10 11 12 13 14
&outdata
    pflag      = .f.,.f.,.f.,.f.,.f.,.f.,.f.,.f.,.f.,.f.,.f.,.f.,.f.,.f.,
    fflag      = .t.,.t.,.t.,.t.,.t.,.t.,.t.,.t.,.t.,.t.,.t.,.t.,.t.,.t.,
&end
!-----
!模式的特殊設定 (options)
!
!   icase      integer*7  波浪傳播設定
!                   = 1  球面座標系統(spherical)
!                   =其他  直角座標系統(cartesian)
!   ishallo    integer*7  淺水波模式旗標
!                   = 1  啟動深水波模式
!                   =其他  啟動淺水波模式
!   irefra     integer   淺化效應設定
!                   = 0  不考慮淺化效應
!                   = 1  考慮地形引起的淺化效應
!                   = 2  考慮地形及水流引起的淺化效應
!   itest      integer   輸出測試結果的等級
!                   > 0  到輸出副程式計算過程的等級
!                   = 0  不作任何測試輸出
!   itestb     integer   若 itest>0, 輸出區塊等級的測試結果
!                   > 0  輸出測試結果的區塊等級

```

```

!      irect   integer*7  重新啟動設定
!
!                      = 1    儲存重新啟動檔案
!                      =其他  不儲存重新啟動檔案
!
!
&options
  irect = 1,
  ishallow = 1,
  irect = 1,
  itest = 0,
  itestb = 4,
  irect = 1,
&end
!-----
!邊界點屬性
!
!      irect   integer  粗格網的控制旗標
!                      = 1    產生給巢狀(細)格網所需要的資訊
!                      = 其他  不輸入邊界點
!
!      irect   integer  細格網的控制旗標
!                      = 1    設定本程式是在執行一個細格網的計算，其邊界上的相關資訊將
!                      期待由一個先前執行過的粗格網計算結果所提供
!                      = 其他  不輸入邊界點
!
&boundary
  irect = 1,
  irect = 0,
&end
!-----
!檔案名稱
!
!      uid      character*3  使用者辨識代號
!      rid      character*3  執行代碼
!      path     character*60  檔案的路徑
!
&interface
  uid = 'jgl',
  rid = 'adr',
  inwind = '/home/knicks/taicoms/wam/wind_wam_0101.dat',
  inspec = '?????',
  ingrid = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/ugridws',
  inubuf = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/uubufws',
  incbou = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/ubersws',
  infbou = '?????',
  resblsp = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/blspanal',
  resslat = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/slatanal',
  reslawi = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse/lawianal',
  outpath = '/home/knicks/taicoms/wam/coarse',
&end
!-----
!
!                      end of user input prog model.
!-----

```

(4) PGRIDmmdd.NML (mmdd 為計算時間的月日)

後處理模組 PGRID 所需之輸入檔主要包含標頭 (runhead)、輸出時間 (outime)、特殊輸出 (outspec)、相關資料路徑 (interface)、輸出

內容 (pflags)、輸出格點 (site) 等六個區塊，本計劃使用之相關區塊格式內容及相關說明如下所示。

圖 1.5 後處理模組輸入檔(PGRIDmdd.NML)區塊格式說明

```
! pgrid 設定檔
!  
!      input of program pgrid (print grid)
!  
!      =====
!  
! 本使用者輸入檔案中各列若以"! "為首字的內容將被視為註解文字
!  
! -----
!  
! 表頭區塊(會輸出到相關的檔案裡，最多 70 個字)
!  
!&runhead
!   header='wave model daily run version 4.0a in taiwan',
!&end
!  
! -----
!  
! 指定區間的輸出時間
!  
!       idatea = 起始輸出時間    (yymmddhhmm)
!  
!       idatee = 終止輸出時間    (yymmddhhmm)
!  
!       ideldo = 輸出時間的間隔  (second)
!  
!       u       = 時間的單位 ('s'或'h')
!  
!&outime
!   idatea = '0901010000',
!   idatee = '0901040000',
!   ideldo = 1,
!   dunit  = 'h',
!&end
!  
! -----
!  
! 指定的輸出時間
!  
! 最多可以指定 100 個時間(yymmddhhmm).
!  
! 假如 noutt > 0，則以上所有指定的輸出時間都將被忽略
!  
!  
! -----
!  
!&outspec
!   noutt = 0,
!   doutt = '0901010600',
!&end
!  
! -----
!  
! 檔案要求
!  
!       idatef   = 第一個檔案名稱的時間 (yymmddhhmm)
!  
!       idelfi   = 檔案的時間間隔 (seconds)
!  
!       u        = 時間的單位 ('s'或'h')
!  
!       usd      = 使用者代碼(3 個字元)
!  
!       rid      = 個案代碼(3 個字元，僅限於 cyber_205)
!  
!       fid      = 檔案代碼(3 個字元，建議用'map')
!  
!       path     = 路徑(60 個字元，不含檔名)
!  
!       gradspath = 輸出 grads 的路徑(60 個字元，不含檔名)
!  
!&interface
!   idatef = '0901020000',
```

```

idelfi      = 24,
tunit       = 'h',
userid      = 'jgl',
runid       = 'adr',
fileid      = 'map',
inpath      = 'g:\wam_swan\wam\coarse',
gradspath   = 'g:\wam_swan\wam\grads',
netcdfpath  = 'g:\wam_swan\wam\output',
filecont    = 'wam090101',
&end
!-----
! 列印參數設定
!          pflag : 列印旗標
!                  = t (true) 要列印
!                  = f (false) 不列印
! 可列印的參數
!          1) wam wave heights
!          2) wam wave directions
!          3) 10m wind speed
!          4) friction velocity
!          5) wind direction
!          6) mean period
!          7) peak period
!          8) drag coefficient
!          9) normalised wave stress
!
!          1  2  3  4  5  6  7  8  9
&pflags
pflag = .t.,t.,t.,t.,t.,t.,t.,t.,t.,
&end
!-----
! 巢狀格網設定 (本程式是提供給後續的 SWAN 波浪推算使用)
!
!  filenest          = 供巢狀格網計算的檔案名稱
!
!  ibounc  integer  粗格網的控制旗標
!                  = 1      產生給巢狀(細)格網所需要的資訊
!                  = 其他    不輸入邊界點
!  ibounf  integer  細格網的控制旗標
!                  = 1      設定本程式是在執行一個細格網的計算，其邊界上的相關資訊將
!                  期待由一個先前執行過的粗格網計算結果所提供
!                  = 其他    不輸入邊界點
!  amosoc  real      巢狀格網的最南端緯度 (度)
!  amonoc  real      巢狀格網的最北端緯度 (度)
!  amowec  real      巢狀格網的最西端經度 (度)
!  amoeac  real      巢狀格網的最東端經度 (度)
!                  (當 ibounc = 1 時，這些格網邊界一定要設定)
!
&nest
filenest = 'swan090101',
ibounc   = 1,
ibounf   = 0,
amosoc   = 21.0,
amonoc   = 26.0,
amowec   = 119.0,
amoeac   = 123.0,
&end
!-----

```

```

! 指定輸出點位座標
! siteno =          輸出點位數目
! sitex  =          指定點位的經度座標 (度)
! sitey  =          指定點位的緯度座標 (度)
! siten  =          指定點位的代碼
!
&site
  siteno = 7
  sitex = 121.20, 120.48, 120.00, 120.25,
          121.76, 121.90, 121.80
  sitey = 25.17, 24.60, 22.94, 22.51,
          25.17, 24.60, 23.96
  siten = taipei, taichung, anping, kaohsung,
          keelung, suao, hualien
&end
! -----
!          end of user input program pgrid.
! -----

```

1.4 模式相關輸出檔說明

透過後處理模組 PGRID 可將模式計算結果輸出，每小時輸出一筆資料，輸出內容包含時間、經度、緯度、示性波高、波向、風速、摩擦速度、風向、平均週期、尖峰週期、拖曳力係數以及波浪應力，如下圖所示。

圖 1.6 WAM 模式計算結果輸出檔格式說明

time	lon	lat	Hs	T0	wvdir	Tpeak	U10	wspd	wndir	drage	wstr
0603040100	120.000	23.000	1.4962	4.8811	4.4763	5.2666	2.6601	0.0853	255.0807	0.0010	0.1020
0603040200	120.000	23.000	1.2926	5.2109	7.4853	6.3726	3.0055	0.0927	256.0548	0.0010	0.0529
0603040300	120.000	23.000	1.1863	5.3875	9.6794	6.3726	3.2330	0.0987	257.5161	0.0009	0.0283
0603040400	120.000	23.000	1.1179	5.4955	11.3118	6.3726	2.8230	0.0863	261.1470	0.0009	0.0193
0603040500	120.000	23.000	1.0664	5.5696	12.5582	6.3726	2.4205	0.0748	268.6367	0.0010	0.0178
0603040600	120.000	23.000	1.0237	5.6218	13.5259	6.3726	2.6361	0.0810	277.3594	0.0009	0.0193
0603040700	120.000	23.000	0.9856	5.6566	14.2603	6.3726	2.9188	0.0890	286.0992	0.0009	0.0249
0603040800	120.000	23.000	0.9503	5.6740	14.7089	6.3726	3.1776	0.0973	294.1059	0.0009	0.0404
0603040900	120.000	23.000	0.9176	5.6693	14.6661	6.3726	3.6900	0.1155	297.0196	0.0010	0.0791

1.5 模式實例操作說明及輸入與輸出結果列印

本計畫應用 WAM 模式能快速模擬風浪能力與 SWAN 模式能解析近岸較小校格網之功能，利用兩者相互配合模擬海面風浪，使用 WAM 模式模擬大範圍海域風浪演變，利用 SWAN 模式內插 WAM 模式所計算出來的二維頻譜，獲得小範圍 SWAN 模式所需之邊界入射條件，使用巢狀格網進行計算，可清楚模擬出颱風波浪於近岸處的分佈情形。

說明 WAM 模式實例操作過程。遠域計算利用適用於大範圍計算的 WAM 風浪模式進行，其計算範圍為南至北緯 10 度，北至北緯 35 度，西至東經 110 度與中國大陸陸地為界，東至東經 134 度，計算範圍應足可包含台灣附近風浪的影響範圍，且可計算移動較為快速的湧浪，模式的格網大小為 0.2 度，約為 20 公里，最小與最大頻率解析度為 0.05 Hz 和 1.0 Hz，並

採指數遞增分佈共 25 個頻率帶，方向波譜之解析度則採用 15 度，計算時間間隔為 6 分鐘。

首先執行格網處理模組 PREPROC，輸入檔檔名為 preproc.nml，依據計算條件設定輸入檔，如圖 1.2 所示，其中包含頻率帶、方位角、最小截頻、計算範圍格網、巢狀格網輸出邊界，並指定地形水深檔輸入路徑，水深檔名為 topo_taiwan.dat。接著執行初始值給定模組 PRESET，輸入檔檔名為 preset.nml，相關設定如圖 1.3 所示，其中包含 JONSWAP 波譜參數設定，並指定輸入風場路徑，輸入風場資料檔名為 wind_WAM_0101.dat，輸入風場範圍為南至北緯 10 度，北至北緯 40 度，西至中國大陸約在東經 110 度，東至東經 140 度。

完成上述模式計算前置作業後，執行風浪計算模組 CHIEF，輸入檔檔名為 wamodel_0101.nml，相關輸入檔設定如圖 1.4 所示，其中包含模式計算時間、時間間距及計算結果輸出時間等。由於風浪計算模組將計算結果以 MAP 檔二為資料格式輸出，必須再執行後處理模組 PGRID，後處理模組輸入檔檔名為 pgrid.nml，相關設定如圖 1.5 所示，其中包含輸出內容及格點等。輸出結果以東吉島為例，如圖 1.6 所示。

1.6 模式主要程式原始檔列印

本計劃使用之 WAM 模式為 WAM cycle 4 版本，模式相關程式原始檔均可由網路自行下載，故本章不加以列印相關程式原始檔。

1.7 參考文獻

WAMDI Group, “The WAM Model – A Third Generation Ocean Wave Prediction Model,” *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 18, pp. 1775-1810 (1988).

附錄 2 SWAN 模式使用手冊

2.1 模式簡介

2.1.1 模式基本簡介及功能概述

SWAN(Simulating WAVes Nearshore)風浪模式(Booij et al. 1996)，是由由荷蘭 Delft 技術大學統合以往學者之研究並加以改良所發展而成，模式具有第三代風浪模式的特徵，且在能量成長與消散項的參數選擇上，比其它模式更具彈性；同時也提供第一代、第二代與第三代的相關波浪成長與消散參數，可供使用者應用。因此，模式具有可預報近岸海域風浪之功能。此模式也經過學者 Holthuijsen et al.(1997)和 Booij et al.(1998)應用實測風浪資料加以驗證。而歐等人(1999, 2000, 2001)也曾利用 SWAN 對侵襲台灣之颱風風浪做過一系列之研究與模擬，並且已有初步成果。

SWAN 模式是一個利用風、海底底床及海流狀況以獲得在海岸地區、湖泊或河口附近水域的合理預估的波浪參數的波浪數值模式，這個數值模式基本上是依據波浪作用力平衡方程式(wave action balance equation)或是沒有流作用下的能量平衡方程式，以及源流與沉流(source and sink)，它是屬於第三代的風浪預報模式。此一模式係累積過去學者的研究成果為基礎加以整合及改良而成，它可以計算波浪在時間及空間領域中的傳遞、波與波的非線性交互作用、波浪受風的成長、碎波、因底床摩擦所造成的能量衰減、及受到海流及地形變化而產生的頻率位移、淺化與折射。因此，SWAN 模式具有推算近岸波浪的功能。從 SWAN 的功能中可表現出下列的波浪傳播過程：

- (1) 在地理空間中的正線性傳播
- (2) 由於海底底床與水流在空間上的變化而引致的折射與淺化
- (3) 由於對向海流引起的阻滯與反射
- (4) 障礙物所引致的反射、阻滯或通過的情形

以及下列有關波浪的生成及消散過程：

- (1) 因為風所引致的波浪生成
- (2) 因為白沫(whitecapping)所引致的波浪消散

- (3) 因為水深引起碎波(depth-induced wave breaking)所引致的波浪消散
- (4) 因為底床摩擦(bottom friction)所引致的波浪消散
- (5) 波浪間的交互作用(quadruplets and triads wave-wave interaction)
- (6) 障礙物

此外，SWAN 也可以計算因為波浪所引致的平均海水面的上升(wave-induced set-up)。SWAN Cycle III 可以在直角座標及球面座標系統中進行定常(stationary)及部分非定常狀態(optionally non-stationary)的波浪模擬。定常狀態的模擬應用於短期的波浪作用，例如當波浪通過該水域的時間小於地理學上的條件(如波浪的邊界條件、風、潮位及暴潮等)。而類定常的模擬(quasi-stationary)則可以結合定常的 SWAN 計算模擬在時變序列上的定常狀況。

然而，我們也必須了解到 SWAN 並沒有考慮波浪的繞射。因此，SWAN 不應使用於在很短波長的距離內水深變化很大的場合，也因此 SWAN 不適用於島嶼或港灣附近的波浪模擬。SWAN 也不計算因為波浪引致的水流，該項水流必須被視為資料輸入的一部份。

在 SWAN 中，不論非線性效應是否明顯，波浪是利用二維的波浪作用力頻譜密度函數來描述。其理由是在高度非線性的情形下，它似乎可以比較合理且正確地預測波浪的二階頻譜矩的分布。SWAN 中所適用的頻譜是波浪作用力頻譜密度函數 $N(\sigma, \theta)$ (其中， σ 為相對頻率； θ 為波浪方向角)，而不是能量頻譜密度函數 $E(\sigma, \theta)$ ，主要是因為當有流的作用時，作用力密度可以守恆，但能量密度則否 (例如，Whitham, 1974)。 $N(\sigma, \theta) = E(\sigma, \theta) / \sigma$ 。在 SWAN 中，此一頻譜可以隨著時間及空間而改變。其理論簡述如下，詳細的理論敘述可參考 SWAN 的使用手冊：

(1) 作用力平衡方程式(wave action balance equation)

波譜的發展過程可以用頻譜作用力平衡方程式來描述(Hasselmann et al., 1973)

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

其中，左式第一項表示作用力密度隨時間的變化率；第二及第三

項為作用力在空間中分別以 c_x 及 c_y 的速度在 x -及 y -軸方向傳遞；第四項為受到水深及流的變化所導致相對頻率在 σ -軸上以 $c\sigma$ 的速度位移；第五項係表示因為水深或流所引起的折射(在 θ -軸上以 $c\theta$ 的速度傳遞)；這些速度可以線性波理論計算而得(如，Whitham, 1974；Mei, 1983；Dingemans, 1997)。右式的 $S(=S(\sigma, \theta))$ 是以能量密度表示的來源項，包含能量的生成、衰減、及非線性的波浪交互作用。

(2) 風的能量輸入

風的能量傳入波的理論是以Phillips(1957)的共鳴機制(resonance mechanism)以及Miles(1957)的回饋機制(feed-back mechanism)來描述，其關係式如下：

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta) \quad (2)$$

其中， A 及 B 的係數值受到波浪頻率及方向，以及風速及風向的影響。流的影響也是以區域性的風速及風向來表示。

(3) 能量消散

SWAN考慮的波浪能量的消散項包含了三個部分：飛沫 $S_{ds,w}(\sigma, \theta)$ 、底床摩擦 $S_{ds,b}(\sigma, \theta)$ 、及水深引起碎波 $S_{ds,br}(\sigma, \theta)$ 。

飛沫主要是由波形尖銳度(wave steepness)所控制，依據Hasselmann(1974)所推導的Pulse-based模式，此一消散項可表為

$$S_{ds,w}(\sigma, \theta) = -\Gamma \tilde{\sigma} \frac{k}{k} E(\sigma, \theta) \quad (3)$$

其中， Γ 是與波形尖銳度有關的係數； $k=2\pi/L$ 是波數； L 是波長； $\tilde{\sigma}$ 及 \tilde{k} 分別為平均相對頻率及平均波數。

因為水深引致的能量消散的原因包含了底床摩擦、底床運動、底部滲漏、及因為底床不規則性所產生的逆向散射。對於屬砂質底床的大陸棚海域，其主要的消散機制應該是底床摩擦

$$S_{ds,b}(\sigma, \theta) = -C_{bottom} \frac{\sigma^2}{g^2 \sinh^2 kd} E(\sigma, \theta) \quad (4)$$

其中， C_{bottom} 為底床摩擦係數。由於底床摩擦所引致的平均水流對能量消散的影響並不在考慮範圍內，其原因是在於該項因子的影響程度尚無法掌握。

有關因為水深引致的碎波過程，至今我們的了解仍然有限，更遑論它的頻譜變化。目前可以掌握的是因為碎波所引致的總能量消散

$$S_{ds,br}(\sigma, \theta) = \frac{D_{tot}}{E_{tot}} E(\sigma, \theta) \quad (5)$$

其中， E_{tot} 是總波浪能量； D_{tot} (負值)是依據Battjes及Janssen(1978)所提有關因為碎波導致的總能量消散。 D_{tot} 的值與碎波參數 $\gamma=H_{max}/d$ 有明顯關係，其中 H_{max} 為最大可能個別波高； d 為當地水深。

SWAN可以估算透過一個結構體(如防波堤或壩)的波浪。這樣的結構物可能以兩種方式影響波浪場：其一，它可以沿著結構體的堤身局部性降低波高；其次，在結構體的端緣產生波浪的繞射。SWAN本質上並不考慮繞射現象，但對於多方向不規則波場而言，除非波譜為窄頻，且在結構物附近一至二個波長的範圍內，波浪繞射效應並不顯著，因此SWAN仍可以很合理地計算結構物附近的波場。就SWAN的海底地形格點分割而言，因為結構物的橫斷面積相對太小而無法顯示，因此往往將結構物視為一條線。如果防波堤是容許越波情形發生時，其透過係數可表為

$$K_t = 0.5 \left[1 - \sin \left(\frac{\pi}{2\alpha} \left(\frac{F}{H_i} + \beta \right) \right) \right] \quad \text{for} \quad -\beta - \alpha < \frac{F}{H_i} < \alpha - \beta \quad (6)$$

其中， $F=h-d$ 是堤體的乾舷高度； H_i 是入射波高； h 是冠牆高度； d 是平均水位； α 及 β 係數則與堤體的形狀有關，參考值如下表。

表 2.1 不同堤體之透過係數參數表

堤體種類	α	β
直立薄板	1.8	0.10
沉箱	2.2	0.40
2:3 坡度的壩體	2.6	0.15

(4) 非線性波浪交互作用

在深水區裡，四波交互作用(quadruplet wave-wave interaction)的現象主導了頻譜的發展。它將能量從譜峰處下低頻區傳遞(所以譜峰頻率向低頻方向移動)以及向高頻區傳遞(以白沫型式消散能量)。而在非常淺水區，三波交互作用將能量低頻區傳遞至高頻區而引

起較高的諧波。

在 SWAN 波浪數值模式中，主要是利用有限差分法來求解，對於邊界之處理，SWAN 模式中假定波浪能量遇陸地邊界為完全消散，亦即無任何波浪能量反射，而外海開放邊界條件則假設沒有任何波能可以由邊界外進入，且波能可以由邊界內自由離開計算領域。

由於計算網格的大小會影響計算結果與精度，故其需要與解析問題互相配合。例如在模擬颱風波浪時，在颱風中心處所形成的波浪向外傳遞形成湧浪 (swell)，其可傳遞至相當遠的距離，因此計算領域亦需夠大才可模擬此一現象。較小計算網格距離固然可以提高波浪解析的精度，但計算時間較長。此外在海岸工程的應用上，複雜的地形與多變的海岸線也需要較小的網格距離才能加以描述，使近岸推算處的波浪能達到適當精度。巢狀網格 (nested grid) 與非結構性網格的應用可以有效解決網格大小問題。較粗的網格應用在起始計算領域，使得計算能快速模擬大範圍的波浪演變，較細的巢狀網格可以插入其中，以適當模擬海岸之波浪變化，如此可以更精確地預報波浪，也可以有效率地解決問題。

2.1.2 使用硬體及作業系統

目前測試時所用硬體採用個人桌上型電腦來計算。參考規格如下：處理器為 Intel Pentium 4 3 GHz，記憶體 1024 MB，可在 Microsoft Windows XP 或 Linux(建議使用)作業系統下運作。由於 SWAN 是以 Fortran 90 程式語言開發，因此使用到的編譯器為 Compaq Visual Fortran Professional Edition 6.6 (Windows)與 Intel Fortran Compiler 9.1.036 (Linux)。實際作業化之電腦系統則以多核心伺服器之配備來運作為宜。

2.1.3 操作流程

藉由 WAM 所計算出來的二維波浪頻譜結果，作為近域 SWAN 所需之邊界條件；使用 WAM+SWAN 套疊網格進行計算，可清楚模擬出颱風波浪於近岸處的分佈情形。SWAN 操作流程須具備 CBO 邊界資料檔案、MC 風場資料及水深資料，並依計算條件設定相關輸入檔，即可進行波浪計算。中繼檔是給下一個時段 SWAN 模擬所需的資料。

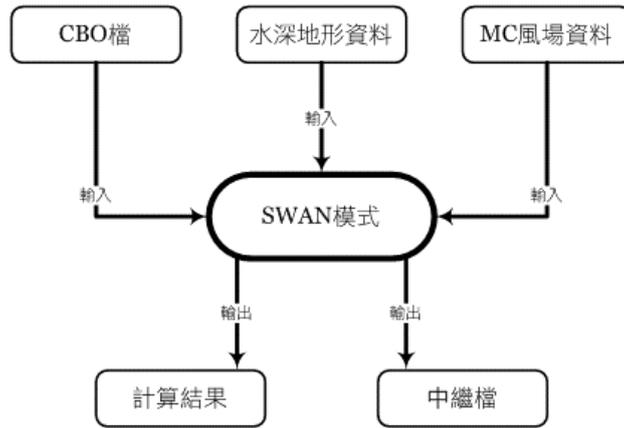


圖 2.1 SWAN 風浪模式操作流程

2.2 模式相關程式檔說明

目前所使用的 SWAN 模式版本為 SWAN cycle III Version 40.51A，模式執行程式包含前處理程式(preswan.exe)及主要計算程式(swan.exe)。為了簡化相關操作程序，使用了批次處理的方式來進行模式計算，以便能輕易地完成整個模式的計算過程。

模式程式檔之執行方式簡介如下：在 Linux 環境下，模式所在目錄須包括下列檔案：模式輸入檔(由 taicoms_run.exe 產生)、水深資料(sub1_6hc.z)、風場資料(原始資料需經 taicoms_run.exe 處理)及 CBO 邊界資料檔(wam 模式計算產生)。執行批次檔(/taicoms/wam/mainrun.sh)，即可完成模式計算。

2.3 模式相關輸入檔說明

下面為 SWAN 輸入設定檔 taicoms0001.swn 範例，基本的說明資料已直接附加在其中。若需要更詳細的使用說明，可以參考下面網址：

http://vlm089.citg.tudelft.nl/swan/online_doc/swanuse/swanuse.html

另外礙於計算時間考量，目前下方所使用的設定檔內容並未完全使用到 SWAN 所有的功能。

```

$ SWAN 輸入設定檔案
$ 輸入列最大長度 = 120 字元
$ 檔案名稱最大長度 = 36 字元
$ 繪圖標題最大長度 = 36 字元
$ 檔案名稱最大個數 = 99 個
PROJ '港灣技術研究中心' '0101'
$ 基本常數設定包括：水位、正北方角度、門檻水深、錯誤訊息容許量、重力加速度、海水密度等等
  
```

```

SET level 0
SET nor 90
SET depmin 0.05
SET maxmes 200
SET maxerr 1
SET grav 9.81
SET rho 1025
SET inrhog 0
SET hsrerr 0.10
SET CART
SET pwtail 4
SET froudmax 0.8
SET printf 4
SET prtest 4
$ 定常模式 二維
MODE STAT TWOD
$ 球面座標系統 投影方式
COORD SPHE CCM
$ 計算格點設定
CGRID REG 119.000 21.000 0.0 4.000 5.000 100 125 CIR 24 0.05 1 25
$ 輸入地形格點設定
INP BOT REG 119.000 21.000 0.0 100 125 0.040 0.040
$ 讀取地形
READ BOT 1. '/home/knicks/taicoms/swan/sub1_6hc.z' 3 0 FRE
$ 輸入風場格點設定
INP WI REG 110.0 10.0 0.0 300 300 0.08333 0.0833
$ 讀取風場
READ WI 1. '/home/knicks/taicoms/swan/0501010100wnd' 3 0 FOR '(10x, 10f9.4)'
$ 邊界條件設定
BOUN SHAP JON 3.3 MEAN DSPR POW
$ 由 CBO 檔案取出邊界條件
BOUN SIDE N CLOCKW VAR PAR 0.02 1.06 4.62 203.29 2. &
0.04 1.16 4.65 201.02 2. 0.04 1.22 4.66 199.97 2. &
0.04 1.28 4.67 198.98 2. 0.04 1.32 4.68 197.32 2. &
0.04 1.35 4.69 195.10 2. 0.04 1.38 4.69 192.38 2. &
0.04 1.39 4.70 188.98 2. 0.04 1.41 4.71 185.53 2. &
0.04 1.43 4.72 182.00 2. 0.04 1.47 4.74 178.66 2. &
0.04 1.51 4.76 175.80 2. 0.04 1.55 4.79 173.31 2. &
0.04 1.60 4.81 171.23 2. 0.04 1.64 4.83 169.63 2. &
0.04 1.68 4.85 168.22 2. 0.02 1.70 4.86 167.00 2.
BOUN SIDE E CLOCKW VAR PAR 0.02 1.70 4.86 167.00 2. &
0.04 1.70 4.86 168.40 2. 0.04 1.70 4.86 169.87 2. &
0.04 1.70 4.86 171.41 2. 0.04 1.70 4.86 173.10 2. &
0.04 1.70 4.85 174.91 2. 0.04 1.69 4.85 176.97 2. &
0.04 1.69 4.85 179.20 2. 0.04 1.68 4.84 181.61 2. &
0.04 1.68 4.84 184.19 2. 0.04 1.68 4.84 186.81 2. &
0.04 1.69 4.84 189.42 2. 0.04 1.70 4.84 191.88 2. &
0.04 1.71 4.85 194.10 2. 0.04 1.73 4.86 196.05 2. &
0.04 1.75 4.87 197.68 2. 0.04 1.77 4.89 199.11 2. &
0.04 1.78 4.90 200.29 2. 0.04 1.79 4.90 201.37 2. &
0.04 1.80 4.91 202.37 2. 0.04 1.80 4.92 203.35 2. &
0.04 1.80 4.92 204.31 2. 0.04 1.80 4.92 205.25 2. &
0.04 1.79 4.92 206.15 2. 0.04 1.78 4.92 207.03 2. &
0.02 1.77 4.92 207.82 2.
BOUN SIDE S CLOCKW VAR PAR 0.02 1.77 4.92 207.82 2. &
0.04 1.77 4.92 209.23 2. 0.04 1.77 4.92 210.70 2. &

```

```

0.04 1.77 4.91 212.23 2. 0.04 1.77 4.91 213.78 2. &
0.04 1.76 4.91 215.30 2. 0.04 1.74 4.90 216.77 2. &
0.04 1.71 4.88 218.04 2. 0.04 1.67 4.86 219.15 2. &
0.04 1.61 4.84 219.83 2. 0.04 1.55 4.81 220.14 2. &
0.04 1.49 4.78 219.86 2. 0.04 1.44 4.76 218.85 2. &
0.04 1.39 4.74 217.28 2. 0.04 1.36 4.73 215.15 2. &
0.04 1.33 4.72 212.82 2. 0.04 1.34 4.72 210.62 2. &
0.04 1.36 4.72 208.86 2. 0.04 1.39 4.74 207.72 2. &
0.04 1.43 4.75 207.11 2. 0.02 1.47 4.78 207.07 2.
BOUN SIDE W CLOCKW VAR PAR 0.02 1.47 4.78 207.07 2. &
0.04 1.47 4.77 207.49 2. 0.04 1.48 4.77 207.87 2. &
0.04 1.50 4.78 208.15 2. 0.04 1.53 4.79 208.28 2. &
0.04 1.57 4.81 208.30 2. 0.04 1.61 4.83 208.28 2. &
0.04 1.67 4.85 208.28 2. 0.04 1.72 4.88 208.31 2. &
0.04 1.78 4.90 208.39 2. 0.04 1.83 4.93 208.55 2. &
0.04 1.87 4.94 208.74 2. 0.04 1.89 4.95 208.92 2. &
0.04 1.89 4.95 209.09 2. 0.04 1.86 4.94 209.18 2. &
0.04 1.80 4.91 209.18 2. 0.04 1.72 4.87 209.10 2. &
0.04 1.61 4.82 208.85 2. 0.04 1.48 4.76 208.68 2. &
0.04 1.33 4.68 209.13 2. 0.02 1.07 4.51 212.59 2.
$ 物理現象模擬
$ 第三代波浪模式
GEN3 KOM 2.36e-5 3.02e-3
$ 碎波參數
BRE CONSTANT 1.0 0.73
$ 摩擦係數
FRICTION JON 0.067
$ 三波交互作用
TRI 0.1 2.2 0.2 0.01
$ 輸出單點或全區域的資料，包括示性波高、波向、主波向、平均週期等等
POIN 'tp' 121.20 25.17
TAB 'tp' HEAD 'swan05010101tp' HS DIR PDIR TM01 RTP PER TM02 DEP WIND XP YP
POIN 'tc' 120.48 24.60
TAB 'tc' HEAD 'swan05010101tc' HS DIR PDIR TM01 RTP PER TM02 DEP WIND XP YP
POIN 'ap' 120.00 22.94
TAB 'ap' HEAD 'swan05010101ap' HS DIR PDIR TM01 RTP PER TM02 DEP WIND XP YP
POIN 'ks' 120.25 22.51
TAB 'ks' HEAD 'swan05010101ks' HS DIR PDIR TM01 RTP PER TM02 DEP WIND XP YP
POIN 'kl' 121.76 25.17
TAB 'kl' HEAD 'swan05010101kl' HS DIR PDIR TM01 RTP PER TM02 DEP WIND XP YP
POIN 'sa' 121.90 24.60
TAB 'sa' HEAD 'swan05010101sa' HS DIR PDIR TM01 RTP PER TM02 DEP WIND XP YP
POIN 'hl' 121.80 23.96
TAB 'hl' HEAD 'swan05010101hl' HS DIR PDIR TM01 RTP PER TM02 DEP WIND XP YP
TAB 'COMPGRID' HEAD 'swan05010101.tbl' HS DIR PDIR TM01 RTP PER TM02 DEP WIND XP
YP
$ 測試用指標
TEST 1 0
$ 開始計算
COMP
$ 產生中繼檔
HOTF 'swanhot0001'
$ 計算結束
STOP

```

2.4 結果輸出檔案說明

SWAN 計算的結果輸出格式依照輸入設定檔中 TABLE 指令之設定，結果如表 4-1 之範例，TABLE 指令之設定為每小時輸出一筆資料，輸出內容包含時間、經度、緯度、示性波高、平均週期、尖峰週期、波向、x 方向風速、y 方向風速、水深、風速及風向。另外輸出的表格除單點(七大商港)資料外，另外會輸出全部計算範圍的資料。

表 2.1 結果輸出檔範例格式

TIME	XP	YP	HS	TM01	RTP	DIR	WX	WY	DEP	WSPEED	WDIR
101010900	119.6	23.56	0.5483	2.035	2.94	209.5	-6.948	-4.589	25	8.326681512	213.4438752
101011000	119.6	23.56	0.5846	2.012	2.94	209.1	-6.2	-4.698	25	7.77889478	217.1527332
101011100	119.6	23.56	0.5865	1.965	2.94	210.8	-5.421	-4.784	25	7.230068948	221.4282073
101011200	119.6	23.56	0.5815	1.988	2.608	219.3	-4.325	-4.666	25	6.362167948	227.1720032
101011300	119.6	23.56	0.5799	2.038	2.608	234.8	-3.162	-4.493	25	5.494114396	234.8635937
101011400	119.6	23.56	0.5769	2.12	2.94	269	-1.913	-4.212	25	4.626068849	245.5734687
101011500	119.6	23.56	0.5788	2.213	3.736	305.1	-1.554	-4.533	25	4.791972976	251.0772926
101011600	119.6	23.56	0.5943	2.27	3.736	313.7	-1.178	-4.816	25	4.95797741	256.2552482
101011700	119.6	23.56	0.6069	2.31	3.736	316.7	-0.7924	-5.063	25	5.124633329	261.1049098
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

2.5 模式操作說明

利用 WAM 模式能快速模擬風浪能力與 SWAN 模式能解析近岸較小網格之功能，利用兩者相互套疊來模擬海面風浪，使用 WAM 模式模擬大範圍海域風浪演變，利用 SWAN 模式內插 WAM 模式所計算出來的二維頻譜，獲得小範圍 SWAN 模式所需之邊界入射條件，使用套疊網格進行計算，可清楚模擬出颱風波浪於近岸處的分佈情形。

SWAN 模式實例操作過程。SWAN 模式之計算範圍：緯度介於北緯 21 度與北緯 26 度之間，經度則介於東經 119 度與東經 123 度之間；模式所使用的網格大小 0.04 度，最小與最大頻率解析度為 0.05 Hz 和 1.0 Hz，並採指數遞增分佈共 25 個頻率帶，方向波譜之解析度為 15 度，共計 24 個方位角，計算時間間隔為 10 分鐘。地形水深檔檔名為 sub1_6hc.z，資料排列方式自左下往右排列，再由下往上排列。輸入風場範圍為南至北緯 10 度，北至北緯 34 度，西至東經 110 度，東至東經 135 度，格網大小 0.2 度，每 1 小時輸入一筆風場資料，風場序列檔檔名為 yymmddhhnnwnd(年年月月日日時時分分 wnd)。利用 WAM 模式生成之套疊網格邊界檔檔名為 wam_nestmdd.dat。模式計算結果輸出於 swan_yymmddhh.tbl，依據上述計算條件進行模式設定模式相關輸入檔。

2.6 模式原始程式檔

目前所使用的 SWAN 風浪模式為 SWAN Cycle III version 40.51A，相關資訊(包含主程式碼、Windows 版本之執行檔及使用手冊等等)均可在下列網址：

<http://vlm089.citg.tudelft.nl/swan/index.htm>

中取得，由於 SWAN 原始程式碼相當龐大，此處不特別印出，有興趣查閱者請經由上述網址取得原始程式碼觀看。

2.7 參考文獻

1. Booij, N., L.H. Holthuijsen and R.C. Ris, "The SWAN Wave Model for Shallow Water," Proceedings of 24th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, Orlando, Vol. 1, pp. 668-676 (1996).
2. Booij, N., L.H. Holthuijsen and I.J.G. Haagama, "Comparison the Second-Generation HISWA Wave Model with the Third-Generation SWAN Wave Model," Proceedings of 5th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Jan. 27-30, Melbourne, Florida, pp. 215-212 (1998).
3. Holthuijsen, L.H., N. Booij, R.C. Ris, J.H. Andorka Gal and J.C.M. de Jong, "A Verification of the Third-Generation Wave Model SWAN along the Southern North Sea Coast," Proceedings 3rd International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis, WAVES'97, ASCE, pp. 49-63 (1997).
4. 歐善惠、許泰文、臧效義、方介群、廖建明，「應用 SWAN 波浪模式推算台灣附近海域颱風波浪之研究」，第二十一屆海洋工程研討會論文集，87 頁-95 頁 (1999)。
5. 歐善惠、許泰文、臧效義、廖建明、方介群，「應用 SWAN 模式於台灣西部海域之波浪預測」，第二屆國際海洋大氣會議論文彙編，183 頁-188 頁 (2000)。
6. 歐善惠、許泰文、廖建明、臧效義、鄧秋霞，「近岸颱風波浪推算之研究」，2001 海洋數值模式研討會論文集，5-1 頁-5-19 頁 (2001)。

附錄 3 期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：近岸海象數值模擬及預警系統之建立（4/4） - 波浪部份

執行單位：國立臺灣海洋大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、楊德良委員：		
1. 大中小及區域模式在邊界條件及觀測值之使用，請詳細說明之。	1. 在遠域及近域波浪推算中係以模式提供的巢狀連結方式處理，近域到近岸模式中預定以代表波方式進行入射波的設定，但因 SWAN 的推算結果尚待確定，因此目前係以觀測浪值作為入射波條件。未來將在期末報告中說明。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 在區域模式有限元素法模式，請至少做兩種格網，以突顯 mesh independence 已做到數值收斂。	2. 謝謝委員建議，相關模擬結果將納入期末報告	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 請儘量校驗觀測資料與數值模式之是否相符，如否，請說明原委。	3. 謝謝委員建議，其中港域波浪模式模擬結果與觀測資料間之校驗，因開放邊界條件之決定在現況模擬尚有技術上問題待克服，若無法達到將依委員建議於期末報告說明。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
4. 文中仍有些筆誤，如 P4-20，Line 8，圖 4.14 應為 4.15 才對？	4. 謝謝委員指正，將於期末報告修正。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
二、許泰文委員：		
1. 風場解析度將影響風浪預報結果，本計畫使用 5km × 5km 區域預報風場，並在 6 小時更換預報風場推算，建議再用更細網格進行模擬。	1. 由於風場戲中央氣象局所提供，其網格解析度以即時間軸上的切割已經確定，目前能做的僅是自行用線性或非線性內插的方式加密，就大域的風場而言其差異性應該有限，而且 WAM 及 SWAN 都已經進行線性的內插。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. SWAN 模式在週期預報能力較低，宜針對源項的能量消散項作適當修正。	2. 將遵照審查會議中委員們的建議於下半年嘗試引進非結構性網格的 SWAN 模式，並縮小推算範圍。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. P.4-7，圖 4.2 半無限領域必須為等水深，在實例計算時，是否滿足等水深條件？	3. 謝謝委員指正，港域波浪模式在應用上與實際現況有點出入，因為等水深條件不易滿足。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
4. 港池波高分佈 (Fig.4.17) 對色必須量化，模式適用情形宜詳細討論。	4. 謝謝委員建議。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
三、蔡清標委員：		
<p>1. 本計畫目的在於近岸風浪及各港區的波浪模擬及預警精度的改進，期中研究成果績效佳，予以肯定。</p> <p>2. 表 3.4 各商港於颱風期間的最大波動值，建議附註發生的區位。</p> <p>3. 圖 3.15—3.42 等應於圖中標示符號說明。</p> <p>4. 圖 4.4 各近岸港區波浪模擬結果，是否包括碎波？建議圖應放大說明。</p> <p>5. 圖 4.18 各邊界反射係數之考量依據，建議仍應說明。</p> <p>6. 圖 4.24—4.28，應為區位中某定點或平均的 kd 值。而在較長週期如近 18sec 情況 kd 值較低，明顯與圖 4.33—4.37 結果不同，請檢討之。另計算波浪為 1m，而由計算的週期條件，相對的波浪尖銳度僅為 0.002—0.01，但計算結果 kd 卻呈較大的變動狀態，建議應檢討之。</p>	<p>1. 謝謝委員肯定。</p> <p>2. 謝謝委員建議。</p> <p>3. 將於期末報告中修正。</p> <p>4. 未包括碎波。</p> <p>5. 謝謝委員建議，將於期末報告補充說明。</p> <p>6. 謝謝委員指正，相關問題之檢討將於期末報告補充說明。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
四、林銘崇委員：（書面審查）：		
<p>1. 波浪各相關模式之綜合選定適切，模式之應用計算純熟，計算內容詳盡。</p> <p>2. 圖 3.6 與圖 3.10 由不同模式計算所得結果之差異性，除可能台灣附近地形效應外，模式本身之不同亦可能導致其差異。</p> <p>3. 可能由於各商港特性不儘完全相同，應用同一模式計算之結果有所差異，不同港域建議應用不同適當模式或修正模式之可能性如何？</p>	<p>1. 謝謝委員肯定。</p> <p>2. 各模式推算結果之間的差異性將利用更多的推算資料進行比較，以期能找出其間的特性。</p> <p>3. 謝謝委員建議。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>
五、蘇青和委員：		
<p>1. 建議加強作業化預報成果評估分析成果，一般性之圖表應以附冊印製，報告應重點說明代表性之評估分析成果（例如颱風期間應為重點）及改善情形。</p> <p>2. 第 3 章及第 4 章之圖說明不清楚，建議改善。</p> <p>3. 細域港區模擬部份請儘速上本中心環境資訊網站。</p>	<p>1. 期末報告中將一併改善。</p> <p>2. 期末報告一併改善。</p> <p>3. 遵照辦理。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>4. 近岸小域 REF 模式模擬部份, 引用 72 小時 swan 計算, 或引用即時觀測波浪資料, 兩者差異為何, 建議作一詳細比較分析。</p> <p>5. 基隆港港域波浪模擬結果, 建議引用本年度港內觀測資料作比較驗證。</p>	<p>4. 謝謝委員建議, 比較結果於期末報告說明。</p> <p>5. 謝謝委員建議,</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>
六、簡仲璟委員：		
<p>1. WAN 及 SWAN 之波高波向分佈之差異, 除地形效應及計算時間搭配不一致等原因外, 可能還有其他原因, 例如 WAN 之計算結果作為 SWAN 之邊界條件時出現問題、方向定義發生錯誤等, 請儘速釐清。</p> <p>2. 表 3.2 請以標準表格繪製 (加格子)。波高、週期及波向分佈圖請以合適之方式顯示, 例如圖 3.6 波高分佈圖有波高色階分佈, 同時也有波向向量 (猜測, 因無對應圖說)、圖 3.9 平均波向以色階圖顯示不合適。</p> <p>3. 表 3.3 外海參考點除表列其經緯度座標外, 建</p>	<p>1. 邊界條件與方向定義部分由於多年研究中做過多種嘗試, 可能產生不一致性, 將於期中報告後儘速確定。</p> <p>2. 相關圖表將於期末報告改進。</p> <p>3. 相關圖表將於期末報告改進。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>議另以圖示方式顯示。</p> <p>4. 表 3.4 為颱風期間各港之最大波動值，然颱風名稱下之年月日是何意？（颱風發生時間？海上警報發布？陸上警報發布？最大波動時間？）。此外，表中所列最大波高與實測有明顯差異，如花蓮港於凱米颱風實測最大示性波高達 7m、聖帕颱風則高達近 11m，請再檢視颱風波浪之計算結果。</p> <p>5. 基隆港東堤延伸 200m 對於西 18、19 號碼頭之靜穩度改善似乎是負面，對其他區域改善效果也不明顯。建議增加不同之入射波向在某幾種主要波高週期組合條件下進行進一步比較，如果可以也應和之前之規劃設計報告作比較。</p>	<p>4. 相關圖表將於期末報告改進。</p> <p>5. 謝謝委員建議，補充結果納入期末報告。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>

附錄 4 期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

□期中■期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4) - 波浪部份

執行單位：國立臺灣海洋大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、林銘崇委員：		
1. 針對設計波高檢討之內涵為何？	感謝委員指教，設計波高檢討是為了提供給未來港灣或海岸工程設計參考。目前本計畫先針對推算的颱風波浪進行基本的統計特性分析，何者是適當的分析方法尚有討論的空間。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 比較各商港最大譜峰週期與平均週期之比值相較於統計理論值，有何特性？	感謝委員指教，因應各個商港的地形與地理特性，最大譜峰週期與平均週期之比值可能會各不相同，該分析乃是要瞭解各商港的區域特性。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 各階段所使用之模式，其界面處理可作適度說明。可能的話，可進一步探討單一模式應用。	感謝委員指教，巢狀運算的界面處理將再加強說明。單一模式的應用如前三年的研究成果中所述，涉及風場及地形水深資料的整合，而本計畫主要還是針對作業化的改進，與多年資料的波浪追算，工作量相當龐大，單一模式的應用可能需要另案處理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>二、楊德良委員：</p> <p>1. 整本報告在書寫上仍有些改善之處，如有些章節仍停留在期中報告，請加強之！請以四年期末報告為之，如期末審查表。</p> <p>2. 報告請以彩色印刷為之，黑白圖片並看不清楚。</p> <p>3. 請查明基隆港正向波為何進不了港內？</p> <p>4. 好像數模都沒實測波浪驗證？</p>	<p>感謝委員寶貴意見，將於定稿進行修改。</p> <p>感謝委員寶貴意見，爾後必將改進。</p> <p>謹遵委員意見，將於後續研究探明原因。</p> <p>感謝委員指教，部份案例仍有與實測波浪進行驗證，但因網格點與實測位置的差距影響，使得結果並不完全相同。另由於港域波浪模式入、反射波條件(波高及波向)不易由單一點位波浪觀測資料決定，因此模式模擬結果與實測資料間驗證在實際操作上有其困難性。</p>	<p>定稿已修改。</p> <p>定稿已改進。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>
<p>三、蔡清標委員：</p> <p>1. 本計畫為四年期合作計畫的第四年，主要在建立近岸數值模擬及預警系統，建議於第一章中，應將四年之分年工作項目全部列出，並於第五章作四年之總結及檢討。</p> <p>2. 報告應附期中審查會議之意見回覆表。</p>	<p>感謝委員寶貴意見，將於定稿進行修改。</p> <p>感謝委員寶貴意見，將於定稿進行修改。</p>	<p>定稿已修改。</p> <p>定稿已附期中審查會議之意見回覆表。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>3. 4.3.3 節有關基隆港域波浪之模擬，其外海波向及波浪條件，建議再分冬季及颱風波浪之條件合理模擬之。於補充報告中，有關 Kd 值之計算，其波高輸入值應有說明，而計算週期為 8~18 秒，屬於颱風波浪週期範疇，其輸入波高應有合理對應，以反應波浪入港前可能已碎波之減衰現象。而 17.6~17.9 秒週期的波浪，Kd 值偏低，應再討論；如，刻意假設港口防波堤長度縮減模擬之，以檢討是否為防波堤之效應或地形效應。</p>	<p>謝謝委員之建議，未來港域波浪模擬，將配合波浪觀測資料進行區分。目前港域波浪模擬並未考慮碎波(因為模擬碎波現象模式需要疊代計算至收斂相當費時)；至於港口防波堤長度之效應，後續會進一步探討。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>
<p>四、許泰文委員：</p> <p>1. 發展颱風波浪模式，建立港灣附近海域防災系統之作業化，採人性化操作界面，以利相關單位使用，結論部份要大幅修改。</p> <p>2. 期末報告建議將委員意見和主辦單位簽辦意見及執行情形放在報告附錄。</p>	<p>感謝委員指教，結論部分文字將再重新討論以其合乎四年總結報告的要求。</p> <p>感謝委員寶貴意見，將於定稿進行修改。</p>	<p>定稿已改進。</p> <p>定稿已修改。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>3. 風浪模式以各月份推算結果，擷取最大值進行分析，宜以各港極值統計分析門檻值進行分析更具意義。</p> <p>4. 港域波浪數值模擬所應用模式不含反射效應，應用有限元素法描述波浪碎波，碎波點並非在節點，建議在報告中詳加說明。</p> <p>5. 未來模式發展朝 SWAN 單一程式作業化努力。</p>	<p>感謝委員指教，由於對颱風侵台時期如何界定目前尚未明確定義，為恐定義不當扭曲了統計性質，例如侵台時程涵蓋前後的時間究係應以發佈及解除海上颱風的時間點，或者是當波高或週期達到某一門檻，才啟動統計分析等，目前只能先進行基本的分析。</p> <p>本計畫近岸波浪模式雖不含反射效應，但港域波浪模式則有考慮反射效應。另港域波浪模式(有限元素法)目前計算均未考慮碎波效應。</p> <p>感謝委員指教，將建議運研所納入後續計畫研究。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>
<p>五、李俊穎委員：</p> <p>1. 感謝合作單位配合分析長期模式推算及統計資料。</p> <p>2. 請選取部份颱風，利用改善後 SWAN 模式與本中心觀測資料進行誤差分析。</p> <p>3. 請於期末定稿補充計算 99 年度侵台颱風，近岸及港區模式計算結果。</p> <p>4. 請協助完成港區波場模式作業化。</p>	<p>感謝委員肯定。</p> <p>感謝委員指教，將再收集實測波浪進行比較。</p> <p>感謝委員指教，將再收集實測波浪進行比較。</p> <p>遵照辦理。</p>	<p>定稿已改進。</p> <p>定稿已改進。</p> <p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
5. 請補充本計畫結論及建議，以及四年總結成果說明。	遵照辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
六、簡仲璟委員：		
1. WAM 的模擬計算效果較 SWAN 差。因此，是否可考慮不執行計算 WAM，而直接擴大 SWAN 之計算範圍，以作為台灣四周海域的波浪場模擬。同樣近岸波浪場用折繞射模式 (REF/DIF) 效果也不理想。因此是否可考量擴大橢圓型緩坡方程式之數值模擬計算範圍(若計算時間符合作業化需求)，以做為港域波浪場模擬。	感謝委員指教，目前委員所做建議均已有部分的研究心得，但因計畫的目標以作業化部分的改進優先，未能充分反應及評估比較各種可能方式的優劣。將建議納入後續研究。但基隆港波浪模擬結果深受外海地形效應影響，若擴大模式模擬範圍，更不易決定波浪計算條件與觀測資料間之對應關係。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 第 2-2 頁有關海流部份之說明，建議可刪除(本報告僅為波浪部分)。	感謝委員寶貴意見，將於定稿進行修改。	定稿已修改。
3. SWAN 目前的計算範圍是否包括金門 (24.45,118.38)、馬祖 (26.2,120.1) 及釣魚台 (25.5,124.0)，以目前報告中所述之範圍似乎皆在計算邊界附近。建議計算範圍可適度再擴大些，以納入這些海域。	感謝委員指教，依據本計畫歷年的成果，委員的要求在後續計畫中可以達成。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
<p>4. 表 3.3 之說明建議改為〔各商港波浪觀測站位置座標〕。第五章名稱建議改為〔結論與建議〕，本計畫 99 年度之預期目標是否已達成？獲得哪些具體成果？建議於本章做補充說明。也請一併請補充期中及期末委員審查意見與回覆辦理情形說明。</p>	<p>遵照辦理，將再補充。</p>	<p>定稿已補充。</p>
<p>5. 近岸港區周圍波浪模擬之率定與驗證工作結果應有說明。報告 4.3 節主要似乎在藉由數值模擬分析基隆港東防波堤延伸 200 公尺前後港外及港內波浪場之變化，以確認東堤延伸工程之成效；而非在探討各港口近岸港區周圍(或港區波浪)之波浪模擬計算結果與現場觀測結果之比較。</p>	<p>感謝委員指教，將再改進。由於 4.3 節有關基隆港近岸海象—波浪數值模擬子系統建置，主要工作是在探討如何整合建置基隆港的波浪模擬子系統，並因應運研所的計畫要求探討東堤延伸對港內波動的影響，因此未能充分討論基隆港的波動特性。未來在實務應用時，應審慎參酌委員的意見。此部份原為配合港研中心之需求而辦理。</p>	<p>同意合作研究單位之說明與處理情形。</p>

附錄 5 期末簡報資料

交通部運輸研究所合作研究計畫

近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)

-波浪部分-

(MOTC-IOT-99-H3DB001a)

期末報告

國立臺灣海洋大學 林炤圭
國立成功大學大水工試驗所 劉正琪

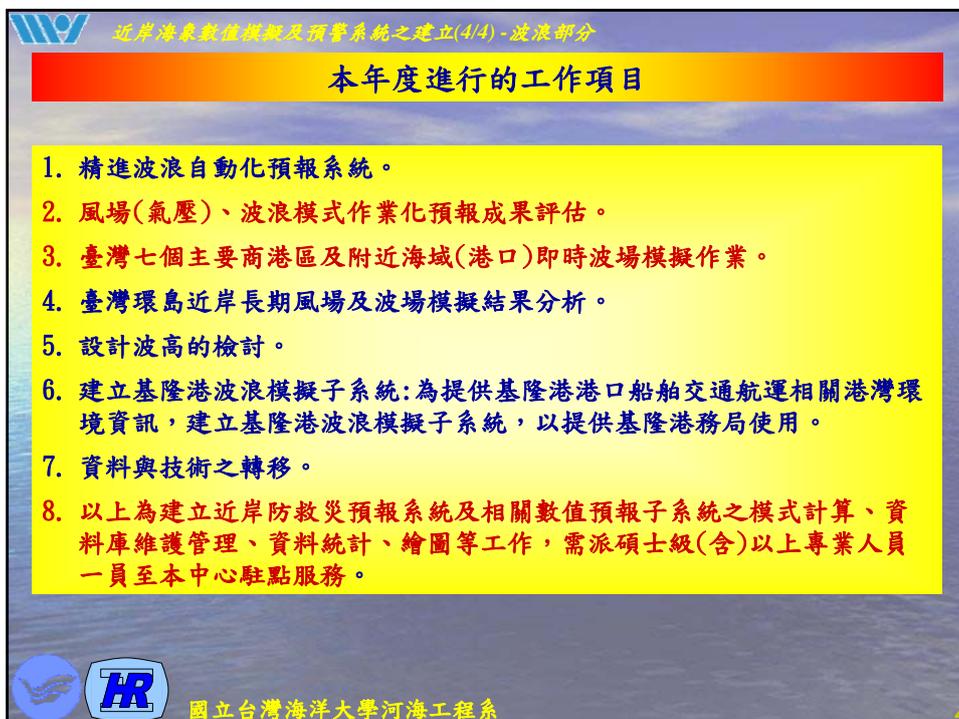
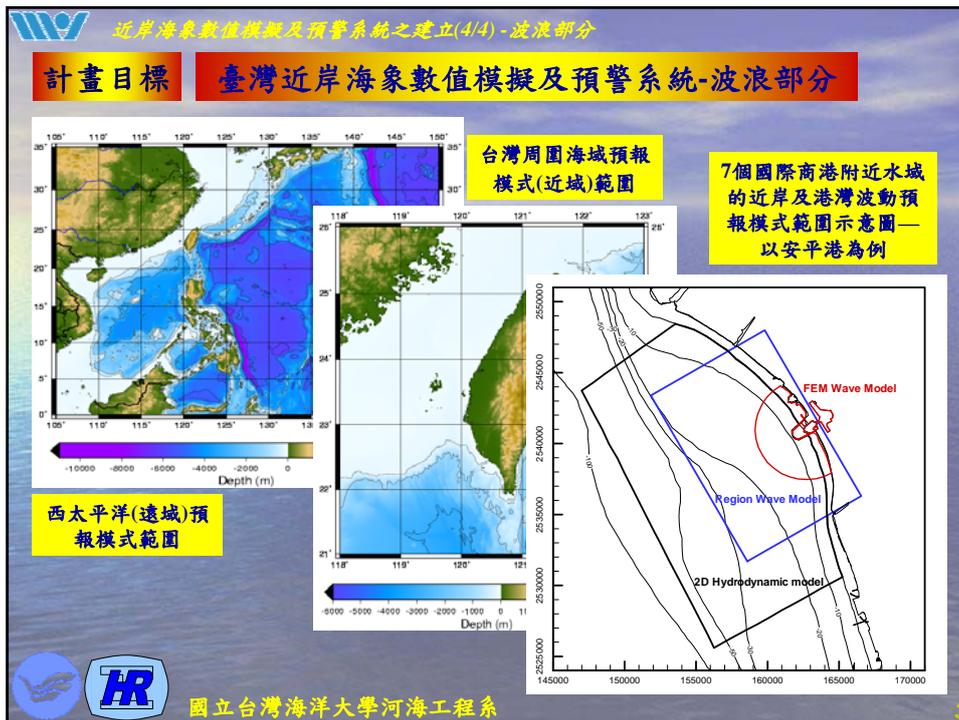
 近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)-波浪部分

主要研究目的

1. 近岸風浪模擬技術之研發及預警精度改進。
2. 結合本所相關計畫之海象即時監測作業，發展颱風波浪之模擬技術，建置近岸防災預警方法，以減低颱風期間海岸災害破壞。
3. 近岸防災預警系統之作業化研究，加強作業效能之提昇，預報系統採人性化操作界面，以利相關單位使用。

  國立台灣海洋大學河海工程系

2



近岸海象數值預測及預警系統之建立(4/4)-波浪部分

報告項目

1. 2005年至2010年颱風波浪的模擬
2. 2005年至2010年季風波浪的模擬
3. 近岸港區及港內波浪模擬成果
4. 基隆港近岸海象—波浪數值模擬子系統建置
5. 七個主要商港區及附近海域即時波場模擬作業討論
6. 討論與建議



 國立台灣海洋大學河海工程系

5

近岸海象數值預測及預警系統之建立(4/4)-波浪部分

2005年至2010年颱風波浪的模擬

西元2000至2010年中央氣象局發佈颱風警報統計表

西元年代	年度發佈颱風警報總次數	強烈颱風次數	中度颱風次數	輕度颱風次數
2010	5	0	2	3
2009	4	0	2	2
2008	6	2	4	0
2007	6	2	2	2
2006	7	0	5	2
2005	7	3	3	1
2004	9	0	7	2
2003	9	1	4	4
2002	3	0	2	1
2001	10	0	8	2
2000	7	1	5	1
平均	6.64	0.82	4.00	1.82



 國立台灣海洋大學河海工程系

6



2005年至2010年颱風波浪的模擬

西元2005至2010年中央氣象局發佈颱風警報統計表

名稱	編號	發佈時間	解除時間	最大強度	名稱	編號	發佈時間	解除時間	最大強度
海棠 (HAITANG)	0505	海上:2005/7/16 14:30 陸上:2005/7/16 23:30	海上:2005/7/20 2:30 陸上:2005/7/20 2:30	強烈	科羅莎 (KROSA)	0715	海上:2007/10/4 17:30 陸上:2007/10/5 5:30	海上:2007/10/7 23:30 陸上:2007/10/7 20:30	強烈
馬莎 (MATSU)	0509	海上:2005/8/3 8:30 陸上:2005/8/4 2:30	海上:2005/8/6 8:30 陸上:2005/8/5 20:30	中度	米塔 (MITAG)	0723	海上:2007/11/26 5:30	海上:2007/11/27 11:30	中度
珊珊 (SANNU)	0510	海上:2005/8/11 16:0 陸上:2005/8/13 2:30	海上:2005/8/13 20:30 陸上:2005/8/13 17:30	輕度	千代美 (KALMAEGI)	0807	海上:2008/7/16 14:30 陸上:2008/7/17 2:30	海上:2008/7/18 20:30 陸上:2008/7/18 20:30	中度
泰利 (TALIM)	0513	海上:2005/8/30 8:30 陸上:2005/8/30 20:30	海上:2005/9/1 23:30 陸上:2005/9/1 23:30	強烈	環娥 (FUNG-WONG)	0808	海上:2008/7/26 11:30 陸上:2008/7/27 2:30	海上:2008/7/29 11:30 陸上:2008/7/29 11:30	中度
卡努 (KHANUN)	0515	海上:2005/9/9 17:30 陸上:2005/9/10 2:30	海上:2005/9/11 14:30 陸上:2005/9/11 5:30	中度	如麗 (NURI)	0812	海上:2008/8/19 11:30	海上:2008/8/21 8:30	中度
丹瑞 (DAMREY)	0518	海上:2005/9/21 10:30	海上:2005/9/23 8:30	中度	辛樂克 (SINLUK)	0813	海上:2008/9/11 8:30 陸上:2008/9/12 5:30	海上:2008/9/16 14:30 陸上:2008/9/15 20:30	強烈
龍王 (LONGWANG)	0519	海上:2005/9/30 20:30 陸上:2005/10/1 5:30	海上:2005/10/3 8:30 陸上:2005/10/3 8:30	強烈	哈格比 (HAGUPIT)	0814	海上:2008/9/21 14:30 陸上:2008/9/22 2:30	海上:2008/9/23 8:30 陸上:2008/9/23 2:30	中度
珍珠 (ZHANZHU)	0601	海上:2006/5/16 17:30 陸上:2006/5/17 2:30	海上:2006/5/18 17:30 陸上:2006/5/18 17:30	中度	茉莉 (JANGMI)	0815	海上:2008/9/26 9:30 陸上:2008/9/27 8:30	海上:2008/9/29 17:30 陸上:2008/9/29 17:30	強烈
艾維尼 (EWINIAR)	0603	海上:2006/7/7 23:30	海上:2006/7/9 5:30	中度	蓮花 (LINFU)	0903	海上:2009/6/19 20:30 陸上:2009/6/20 23:30	海上:2009/6/22 8:30 陸上:2009/6/22 8:30	輕度
碧利斯 (BILIS)	0604	海上:2006/7/12 2:30 陸上:2006/7/12 8:30	海上:2006/7/15 2:30 陸上:2006/7/15 2:30	輕度	莫拉菲 (MOLAVE)	0906	海上:2009/7/16 22:00	海上:2009/7/18 8:30	輕度
凱美 (KAEMI)	0605	海上:2006/7/23 14:30 陸上:2006/7/23 23:30	海上:2006/7/26 2:30 陸上:2006/7/26 2:30	中度	莫拉克 (MORAKOT)	0908	海上:2009/8/5 20:30 陸上:2009/8/6 8:30	海上:2009/8/10 5:30 陸上:2009/8/10 5:30	中度
桑美 (SAOMAI)	0608	海上:2006/8/9 2:30 陸上:2006/8/9 11:30	海上:2006/8/10 23:30 陸上:2006/8/10 23:30	中度	琵瑪 (PARMA)	0917	海上:2009/10/3 5:30 陸上:2009/10/4 5:30	海上:2009/10/6 17:30 陸上:2009/10/5 23:30	中度
碧莎 (BOPHA)	0609	海上:2006/8/7 20:30 陸上:2006/8/8 14:30	海上:2006/8/9 14:30 陸上:2006/8/9 11:30	輕度	利申 (LIONROCK)	1006	海上:2010/8/31 20:30 陸上:2010/9/1 2:30	海上:2010/9/2 14:30 陸上:2010/9/2 8:30	輕度
珊珊 (SHANSHAN)	0613	海上:2006/9/14 14:30	海上:2006/9/16 14:30	中度	尚邦 (NAMTHEUM)	1008	海上:2010/8/30 22:30 陸上:2010/8/30 22:30	海上:2010/8/31 20:30 陸上:2010/8/31 20:30	輕度
帕布 (PABUK)	0706	海上:2007/8/6 23:30 陸上:2007/8/7 5:30	海上:2007/8/8 14:30 陸上:2007/8/8 11:30	輕度	莫蘭蒂 (MERANTI)	1010	海上:2010/9/9 10:00 陸上:2010/9/9 11:30	海上:2010/9/10 11:30 陸上:2010/9/10 8:30	輕度
梅提 (WUTIP)	0707	海上:2007/8/8 11:30 陸上:2007/8/8 8:30	海上:2007/8/9 11:30 陸上:2007/8/9 11:30	輕度	凡那比 (FANAPI)	1011	海上:2010/9/17 23:30 陸上:2010/9/18 5:30	海上:2010/9/20 14:30 陸上:2010/9/20 14:30	中度
賽帕 (SEPAT)	0708	海上:2007/8/16 8:30 陸上:2007/8/16 20:30	海上:2007/8/19 14:30 陸上:2007/8/19 14:30	強烈	梅姬 (MEGI)	1013	海上:2010/10/21 2:30 陸上:2010/10/21 17:30	海上:2010/10/23 23:30 陸上:2010/10/23 23:30	中度
韋帕 (WIPHA)	0712	海上:2007/9/17 5:30 陸上:2007/9/17 14:30	海上:2007/9/19 8:30 陸上:2007/9/19 8:30	中度					

35個颱風

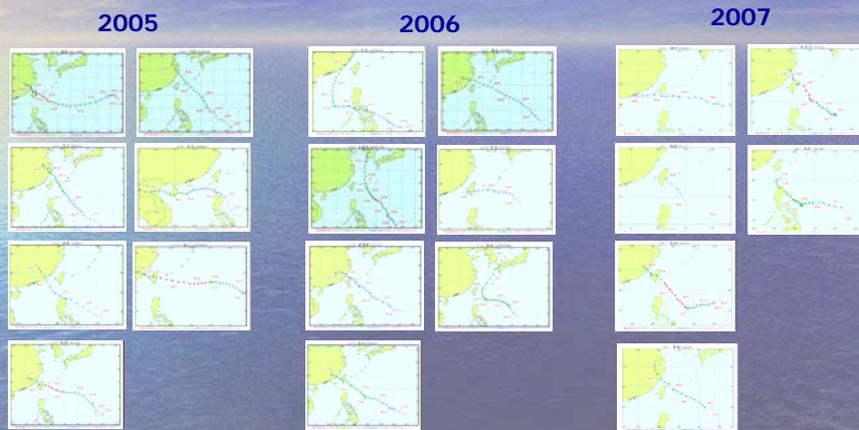


國立台灣海洋大學河海工程系

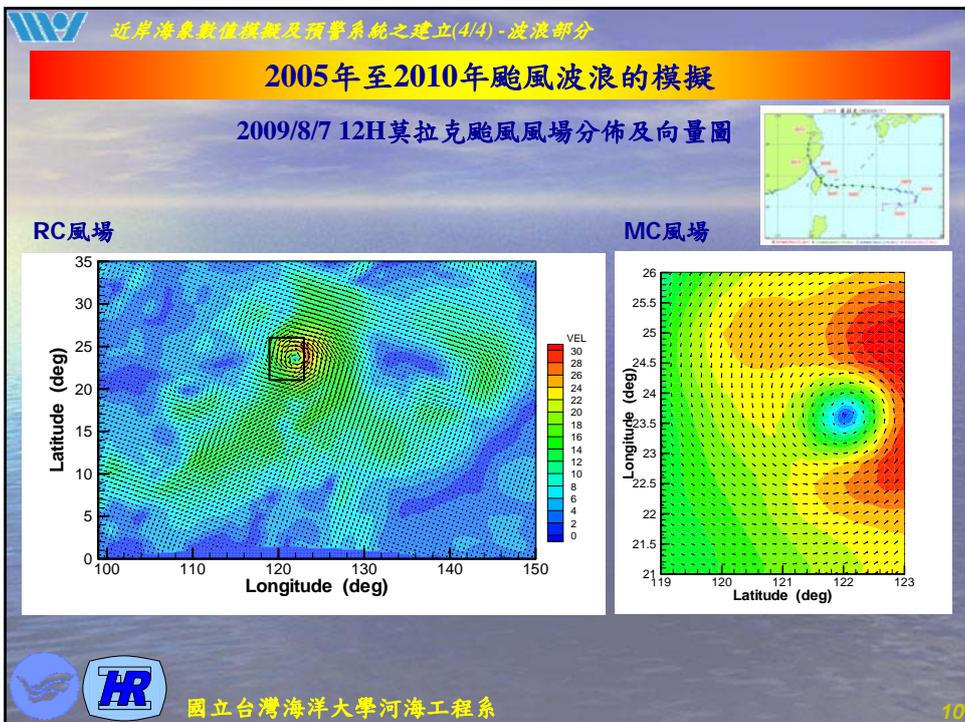


2005年至2010年颱風波浪的模擬

中央氣象局發佈颱風警報的颱風路徑圖



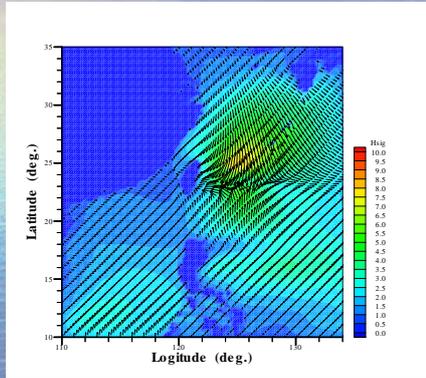
國立台灣海洋大學河海工程系



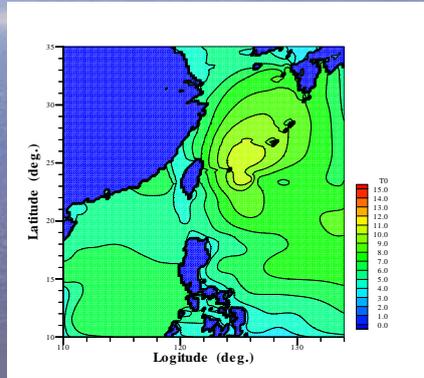


2005年至2010年颱風波浪的模擬

2009/8/7 12H莫拉克颱風WAM推算示性波高及平均週期分佈圖



示性波高

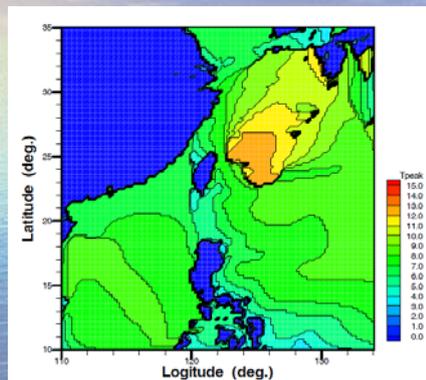


平均週期

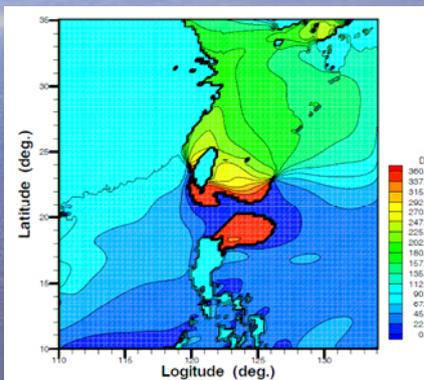


2005年至2010年颱風波浪的模擬

2009/8/7 12H莫拉克颱風WAM推算譜峰週期及平均波向分佈圖



譜峰週期



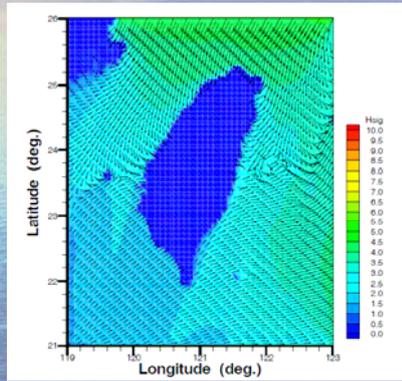
平均波向



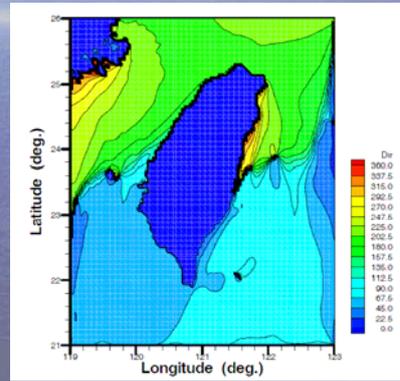


2005年至2010年颱風波浪的模擬

2009/8/7 12H莫拉克颱風SWAN推算示性波高及平均週期分佈圖



示性波高

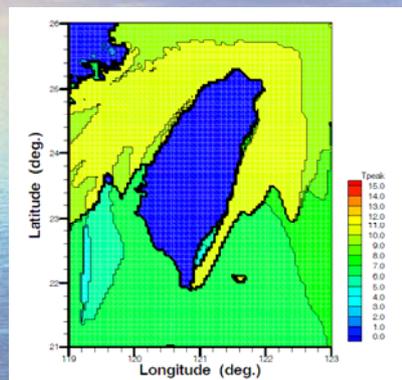


平均週期

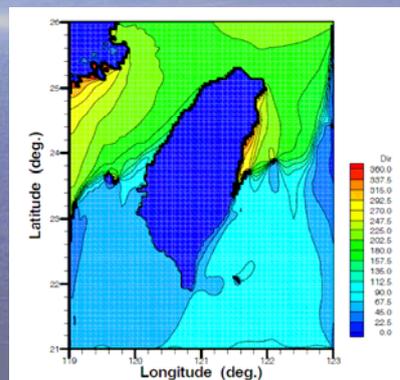


2005年至2010年颱風波浪的模擬

2009/8/7 12H莫拉克颱風SWAN推算譜峰週期及平均波向分佈圖



譜峰週期



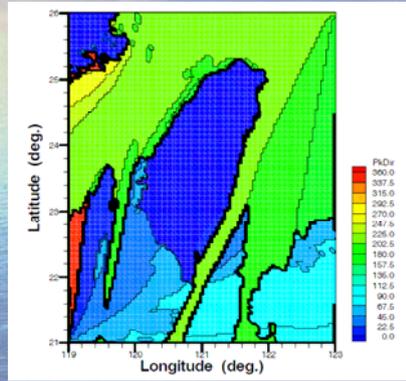
平均波向



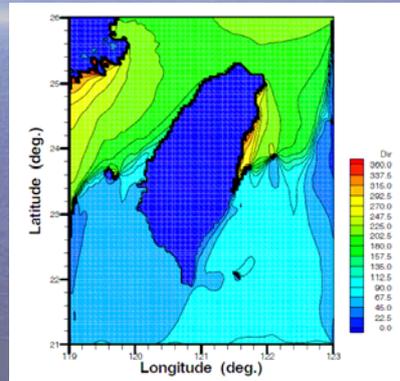


2005年至2010年颱風波浪的模擬

2009/8/7 12H莫拉克颱風SWAN推算主波方向及平均波向分佈圖



主波方向

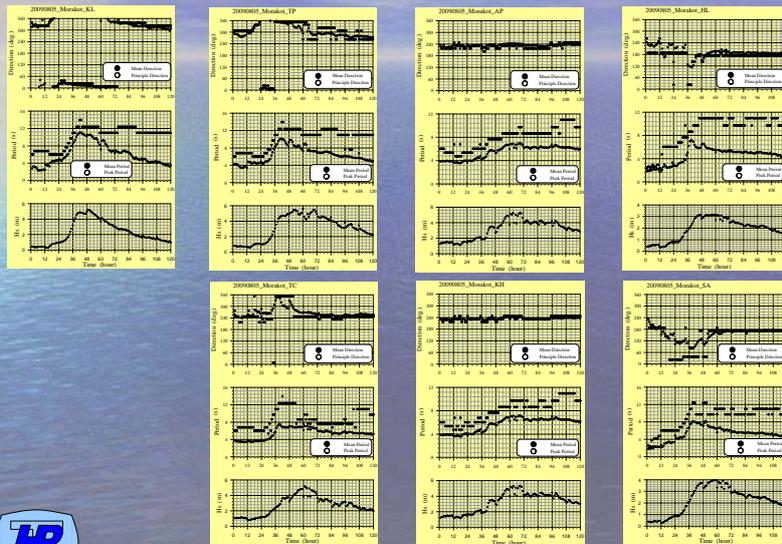


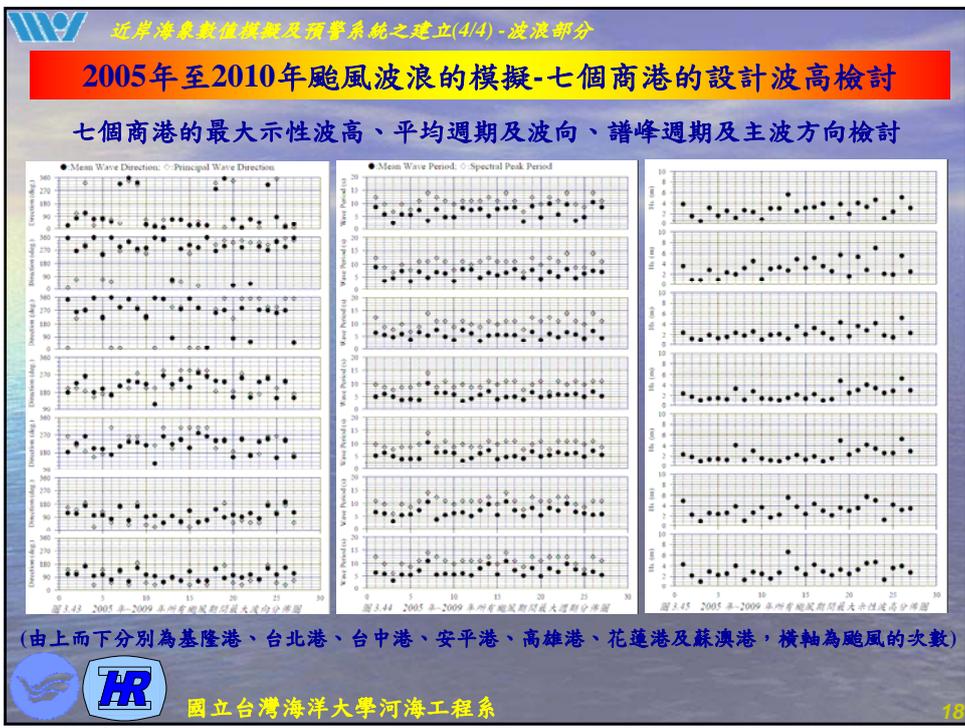
平均波向



2005年至2010年颱風波浪的模擬

2009莫拉克颱風SWAN推算各商港之波高、週期及波向分佈圖







2005年至2010年颱風波浪的模擬-七個商港的設計波高檢討

2005年~2009年颱風時期各商港各相關參數參考值

商港名稱	參數	最大示性波高 (m)	相對平均週期 (s)	最大譜峰週期 (s)	最大譜峰週期與 相對平均週期比值
基隆港	平均值	2.8116	6.6147	10.9362	1.8411
	標準差	1.3068	2.3287	2.0029	0.6977
	信賴區間	0.4929	0.8784	0.7555	0.2632
台北港	平均值	3.1710	6.0856	10.5114	1.8062
	標準差	1.6282	1.6510	1.9560	0.3934
	信賴區間	0.6142	0.6227	0.7378	0.1484
台中港	平均值	2.3014	5.3658	10.5403	2.0372
	標準差	1.0926	1.2980	1.9080	0.4393
	信賴區間	0.4121	0.4896	0.7197	0.1657
安平港	平均值	2.3157	5.4204	9.7665	1.8851
	標準差	1.1592	1.4483	1.4855	0.4352
	信賴區間	0.4373	0.5463	0.5603	0.1642
高雄港	平均值	2.3462	5.5744	9.7579	1.8388
	標準差	1.2105	1.5163	1.4444	0.4451
	信賴區間	0.4566	0.5719	0.5448	0.1679
花蓮港	平均值	3.1492	6.7565	10.7556	1.6684
	標準差	1.2774	1.9039	1.7566	0.4047
	信賴區間	0.4818	0.7182	0.6626	0.1526
蘇澳港	平均值	3.0504	6.7506	10.9109	1.6760
	標準差	1.2165	1.8863	1.8332	0.2991
	信賴區間	0.4589	0.7115	0.6915	0.1128



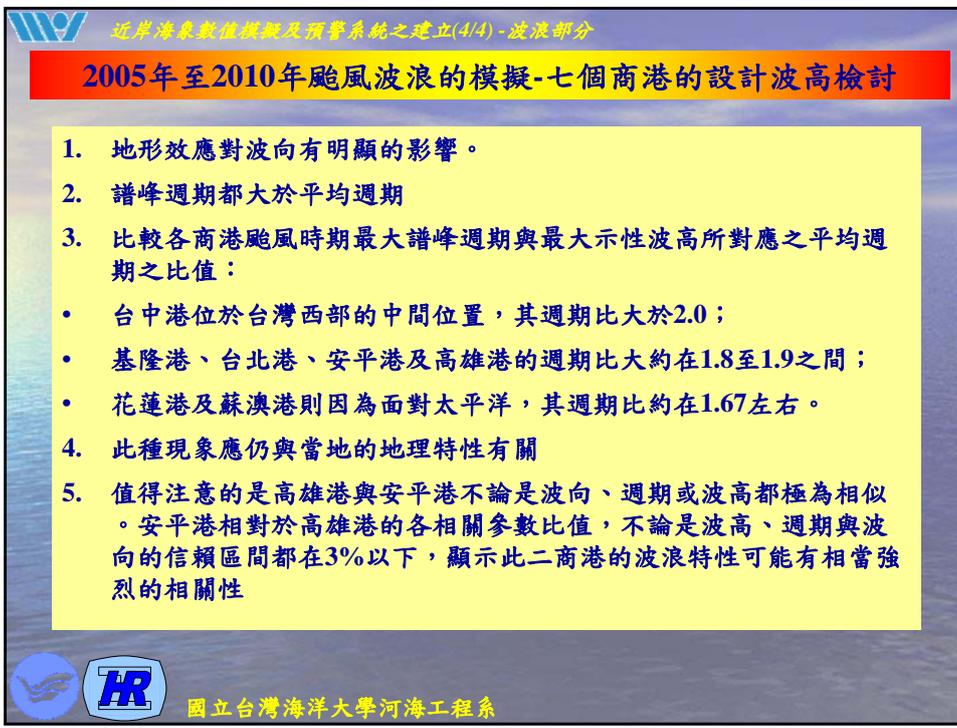
2005年至2010年颱風波浪的模擬-七個商港的設計波高檢討

2005年~2009年颱風時期安平港相對於高雄港之各相關參數比值

參數	最大示性波高 (m)	相對平均週期 (s)	最大譜峰週期 (s)	最大譜峰週期與 相對平均週期比值
平均值	0.9955	0.9745	1.0017	1.0293
標準差	0.0748	0.0323	0.0616	0.0791
信賴區間	0.0282	0.0122	0.0232	0.0298

不論是波高、週期與波向的信賴區間都在3%以下，顯示此二商港的波浪特性可能有相當強烈的相關性。







2005年至2010年季風波浪的模擬

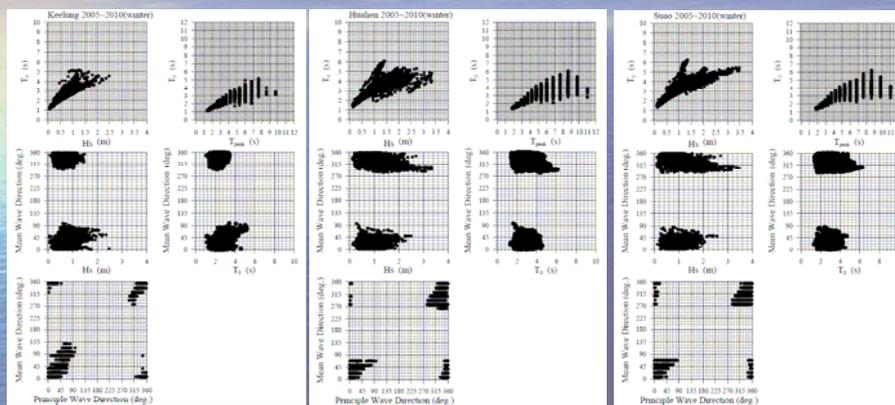
2005年~2009年冬季季風時期各商港各相關參數參考值

商港名稱	參數	最大示性波高 (m)	相對平均週期 (s)	最大譜峰週期 (s)	最大譜峰週期與 相對平均週期比值
基隆港	平均值	1.6207	3.7442	7.2876	1.9564
	標準差	0.3861	0.4402	0.8310	0.1867
	信賴區間	0.1456	0.1660	0.3135	0.0704
台北港	平均值	1.4209	3.6494	8.3720	2.3234
	標準差	0.2778	0.4416	0.6996	0.3153
	信賴區間	0.1048	0.1666	0.2639	0.1189
台中港	平均值	1.3961	4.1915	8.3073	2.0403
	標準差	0.1821	0.8574	0.6097	0.3320
	信賴區間	0.0687	0.3234	0.2300	0.1252
安平港	平均值	1.9712	5.5290	9.0057	1.6945
	標準差	0.2789	1.1515	0.9859	0.3928
	信賴區間	0.1052	0.4343	0.3719	0.1482
高雄港	平均值	2.0979	5.3850	9.5108	1.8637
	標準差	0.3096	1.2499	0.8719	0.5005
	信賴區間	0.1168	0.4714	0.3289	0.1888
花蓮港	平均值	2.3689	4.4682	9.7288	2.1911
	標準差	0.4181	0.4222	1.0262	0.2744
	信賴區間	0.1577	0.1593	0.3871	0.1035
蘇澳港	平均值	2.3877	4.5867	9.5099	2.0860
	標準差	0.4338	0.4098	0.8402	0.2416
	信賴區間	0.1636	0.1546	0.3169	0.0911



2005年至2010年季風波浪的模擬

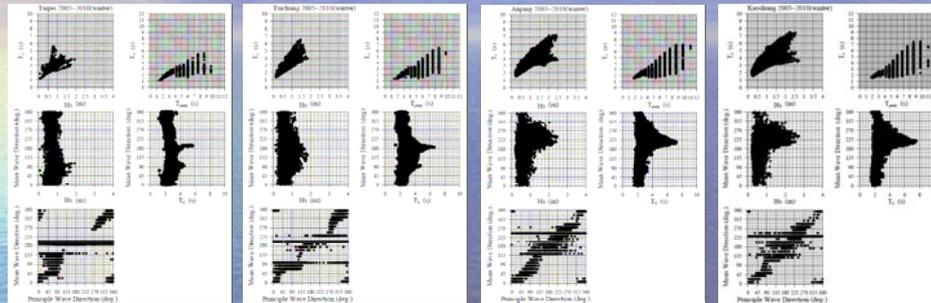
2005年~2009年冬季季風時期各商港波浪推算相關參數關係圖





2005年至2010年季風波浪的模擬

2005年~2009年冬季季風時期各商港波浪推算相關參數關係圖



2005年至2010年季風波浪的模擬

七個商港夏季季風最大示性波高、平均週期及波向、譜峰週期及主波方向

商港名稱	月份	示性波高 (m)	平均週期 (s)	平均波向 (°)	譜峰週期 (s)	主波方向 (°)
基隆港	2005/07	4.06	5.69	357.12(N)	13.96	377.50(NNW)
	2006/07	2.59	3.47	355.38(N)	15.74	337.50(NNW)
	2007/07	2.88	4.94	13.79(NNE)	13.96	337.50(NNW)
	2008/07	4.15	4.31	347.86(NNW)	12.38	337.50(NNW)
	2009/07	1.74	4.48	8.53(N)	8.64	352.50(N)
2010/07	1.47	3.66	62.38(ENE)	7.67	37.50(NE)	
台北港	2005/07	4.60	9.06	332.12(NNW)	13.96	322.50(NW)
	2006/07	3.24	4.37	308.07(NW)	15.74	337.50(NNW)
	2007/07	2.59	7.71	324.16(NW)	13.96	322.50(NW)
	2008/07	4.25	5.41	322.45(NW)	12.38	322.50(NW)
	2009/07	2.29	3.96	319.70(NW)	8.64	322.50(NW)
2010/07	1.61	4.55	351.01(N)	7.67	22.50(NNE)	
台中港	2005/07	3.43	7.14	307.33(NW)	13.96	352.50(N)
	2006/07	2.41	4.90	206.79(NNW)	12.30	352.50(N)
	2007/07	1.53	4.12	337.26(NNW)	13.96	352.50(N)
	2008/07	2.80	4.69	332.38(NNW)	12.38	352.50(N)
	2009/07	1.46	3.33	316.99(NW)	8.64	352.50(N)
2010/07	1.39	3.16	59.60(ENE)	7.67	7.50(N)	
安平港	2005/07	4.42	4.23	264.25(W)	12.38	217.50(W)
	2006/07	2.62	6.47	257.44(WNW)	10.99	247.50(W)
	2007/07	1.45	3.43	255.95(WNW)	9.75	277.50(W)
	2008/07	2.40	6.42	248.39(WNW)	10.99	247.50(W)
	2009/07	1.39	3.58	236.04(W)	9.75	292.50(WNW)
2010/07	1.20	2.88	93.44(E)	8.64	292.50(W)	
高雄港	2005/07	4.51	5.17	264.49(W)	12.38	217.50(W)
	2006/07	2.63	6.37	259.94(W)	10.99	247.50(W)
	2007/07	1.43	3.27	267.07(W)	12.38	322.50(W)
	2008/07	2.44	6.53	249.63(WNW)	10.99	247.50(W)
	2009/07	1.35	3.47	200.45(WNW)	9.75	277.50(W)
2010/07	1.00	2.66	102.72(ESE)	8.64	307.50(W)	
花蓮港	2005/07	3.02	3.85	41.61(NE)	12.38	22.50(NNE)
	2006/07	2.56	5.23	57.97(ENE)	13.96	22.50(NNE)
	2007/07	2.14	5.41	70.41(ENE)	9.75	142.50(SE)
	2008/07	2.18	4.30	84.19(E)	10.99	307.50(W)
	2009/07	1.41	3.62	151.26(SSE)	8.64	187.50(E)
2010/07	2.43	4.63	75.53(ENE)	7.67	67.50(ENE)	
蘇澳港	2005/07	3.16	3.88	68.88(ENE)	13.96	112.50(ESE)
	2006/07	2.49	4.75	56.10(NE)	12.38	67.50(ENE)
	2007/07	2.16	5.32	66.02(ENE)	9.75	22.50(NNE)
	2008/07	2.13	4.36	61.34(ENE)	10.99	22.50(NNE)
	2009/07	1.44	3.70	149.35(SSE)	8.64	22.50(NNE)
2010/07	2.30	4.75	80.55(E)	7.67	37.50(NE)	





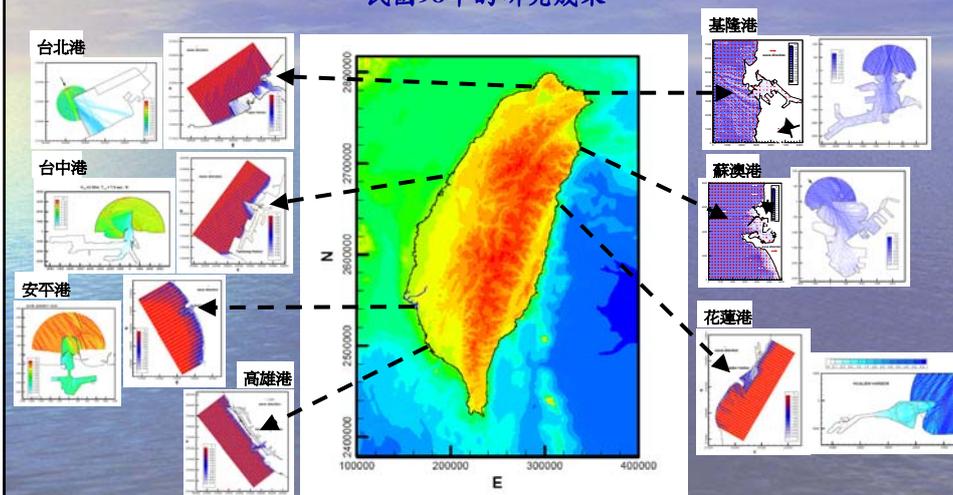
2005年至2010年季風波浪的模擬

1. 推算期間冬季季風時期針對各商港所推算之各相關參數最大值的統計值，各參數平均值之信賴區間均在10%以下。由於目前的統計分析方式僅係以各推算月份之全月份推算結果，擷取最大值進行分析，其代表性可能無法反應海象變化的時間特性，未來可能還需要設定各商港的極值統計分析的門檻值，使其更具意義。
2. 示性波高與平均週期，以及譜峰週期與平均週期之間約略呈線性關係
3. 但其他參數與波向的關係則非常不明顯。
4. 在東部及東北部海岸的基隆港、花蓮港與蘇澳港的平均波向及主波方向都相當集中
5. 但其他商港如台北港、台中港、安平港及高雄港則相當地分散，應與其位於相對較淺的水域以及台灣海峽內受到台灣的遮蔽與繞射效應有關。



近岸及港區波浪模擬

民國98年的研究成果





基隆港近岸海象—波浪數值模擬子系統建置

➤ 為提供基隆港港口船舶交通航運相關港灣環境資訊，建立基隆港波浪模擬子系統，以提供基隆港務局使用。

➤ 在目前建構的波浪預報系統架構下，依據基隆港港口船舶交通航運所需的相關港灣環境資訊，針對基隆港的波浪模擬進行進一步的整合與檢討，以求落實的實務應用。



基隆港近岸海象—波浪數值模擬子系統建置



基隆港東防波堤延伸工程施工現況



基隆港西18、19貨櫃碼頭延建工程完工後現況



基隆港東防波堤延伸工程

西18、19兩座貨櫃碼頭之延建計畫

基隆港港池外廓及港池配置現況





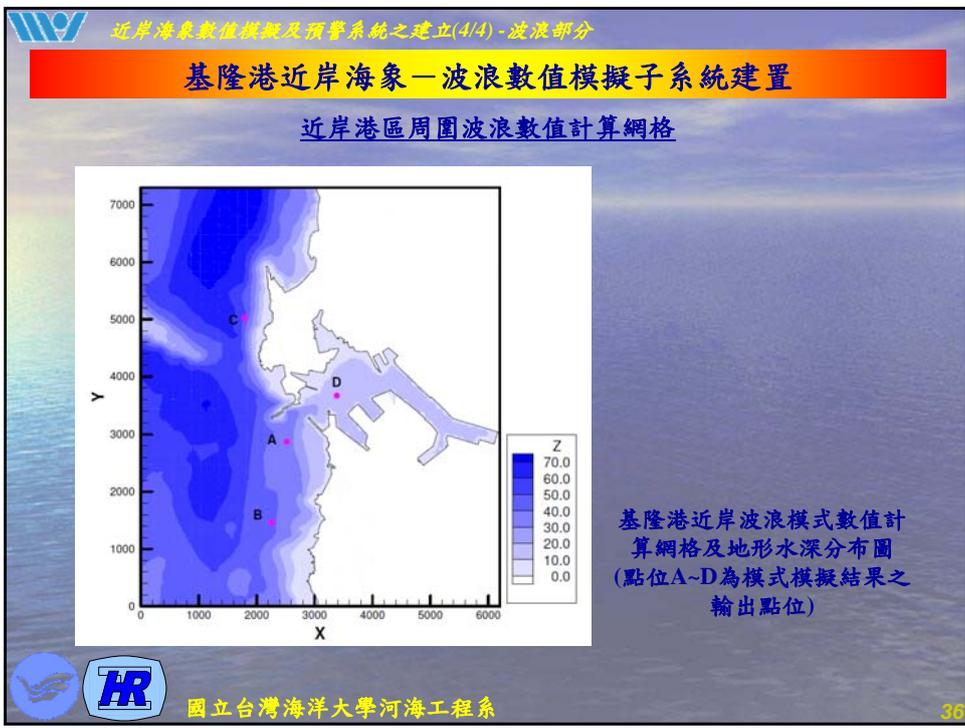
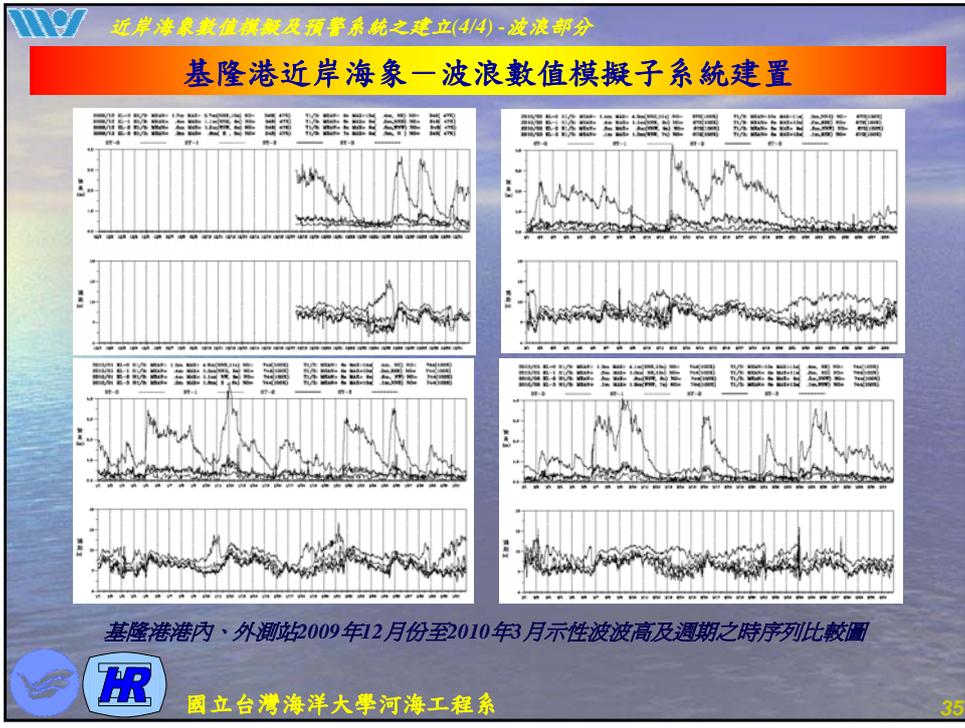
近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)-波浪部分

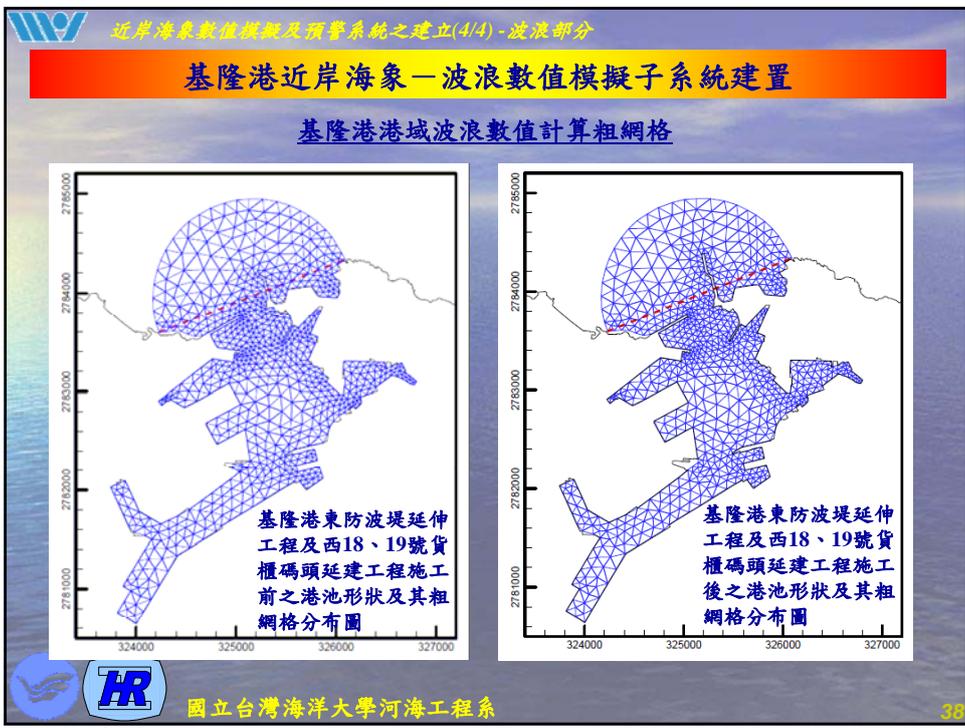
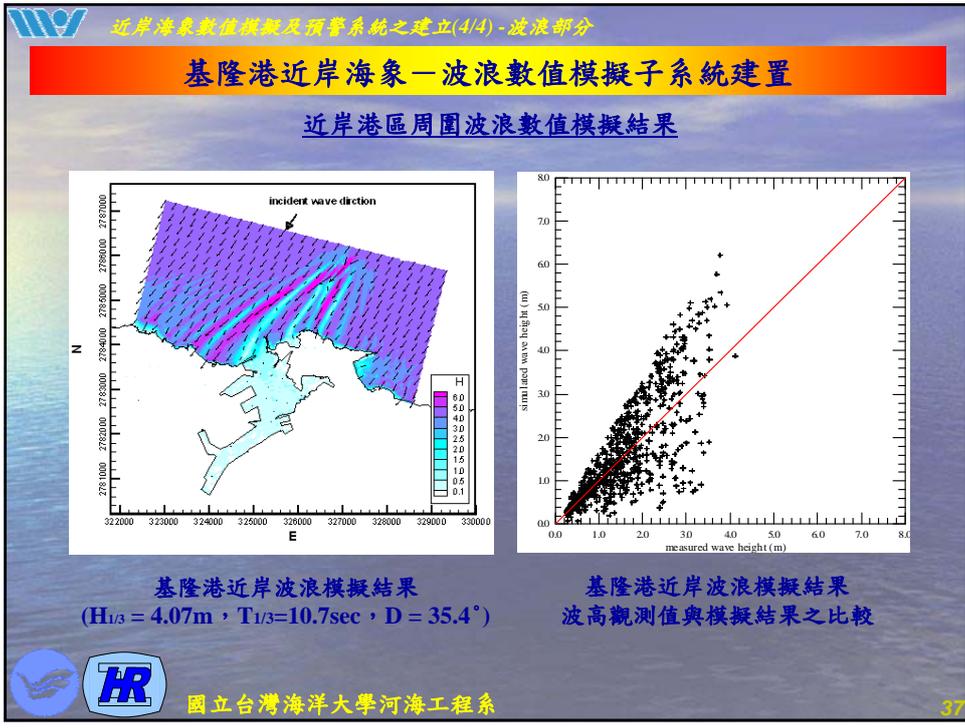
基隆港近岸海象—波浪數值模擬子系統建置

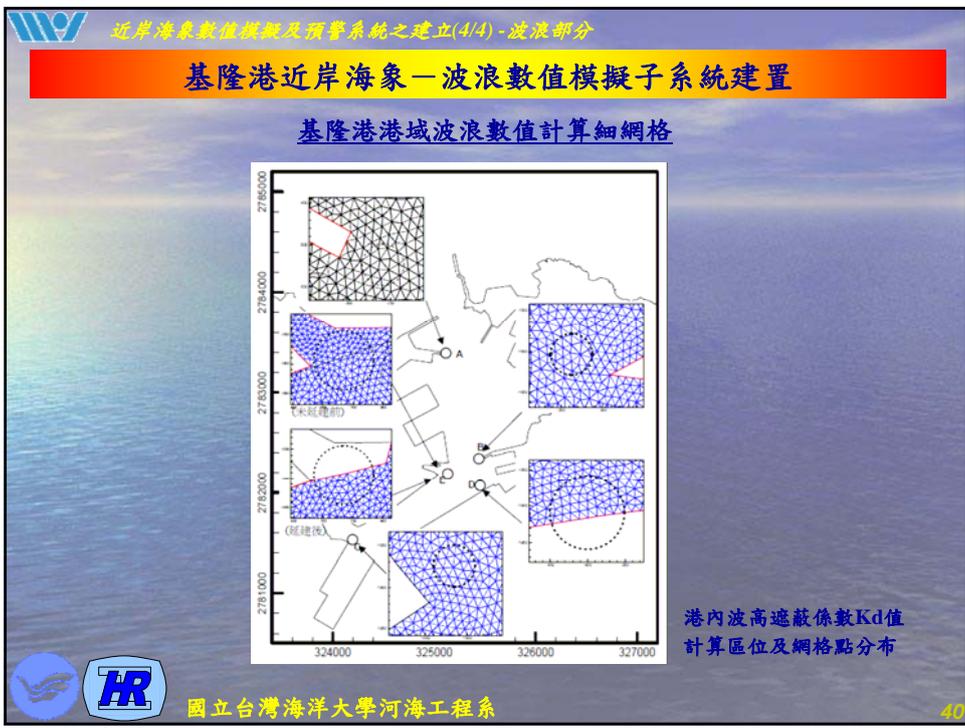
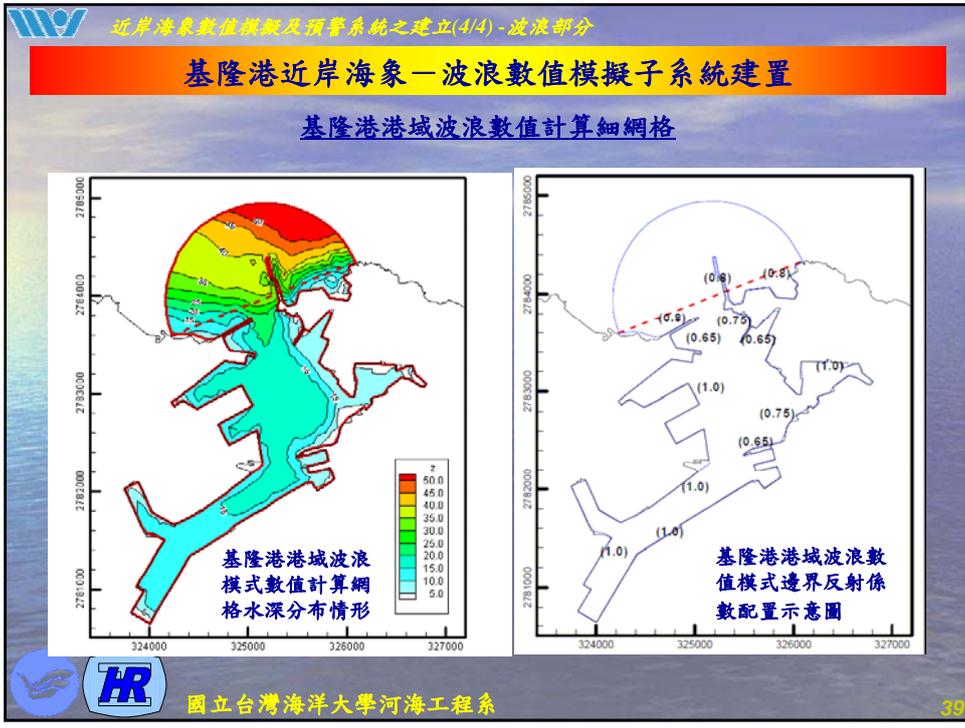
基隆港港外及港內各測站示性波波高、週期及波向等重要統計量之統計表

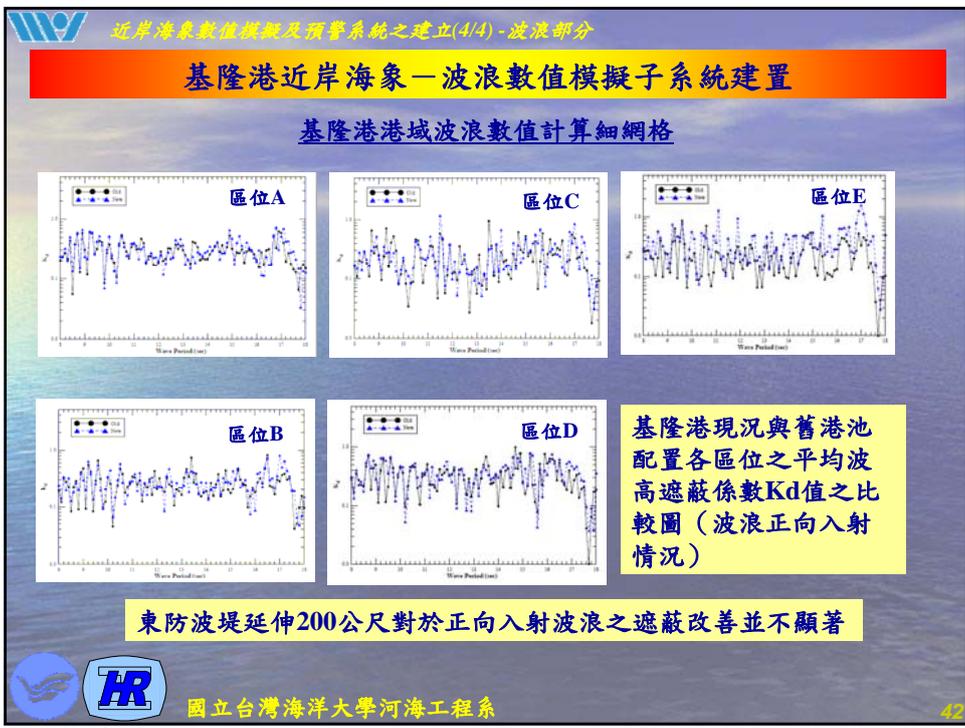
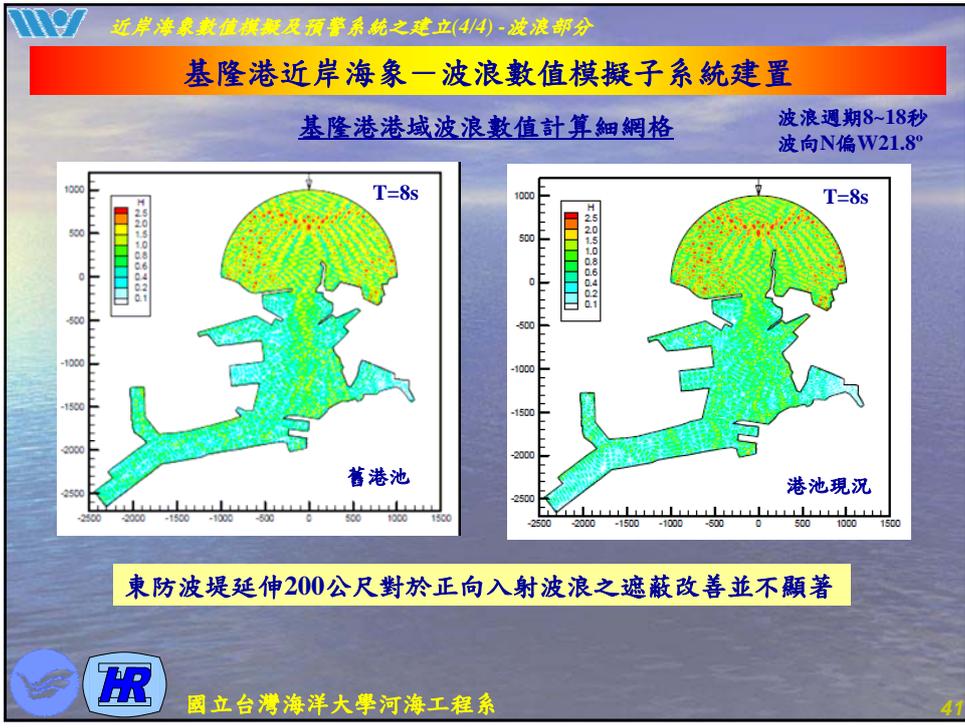
年 月	測 站	觀測 點數	$H_{1/2}$	$T_{1/2}$	$H_{1/2}$	$H_{1/2}$	$H_{1/2}$	$H_{1/2}$	$H_{1/2}$	波向	波向	波向	波向	$T_{1/2}$	$T_{1/2}$	$T_{1/2}$	$T_{1/2}$		
			平均 (m)	平均 (s)	最大 (m)	週期 (s)	波向 (%)	< 0.5m (%)	0.5~1m (%)									1~5m (%)	> 5m (%)
2009/12	0	348(100%)	1.66	9.3	3.09	10.1	NNE	16.4	13.8	09.8	.0	100.0	.0	.0	.0	3.4	95.6	10.9	
2009/12	1	348(100%)	.45	8.1	1.08	8.6	NNE	58.9	40.8	.3	.0	94.3	1.1	.9	3.7	.3	39.4	40.3	.0
2009/12	2	348(100%)	.54	7.5	1.23	5.8	WSW	43.1	55.2	1.7	.0	.9	.6	8.9	89.7	4.0	68.7	27.3	.0
2009/12	3	348(100%)	.31	7.3	.64	8.1	E	98.9	1.1	.0	.0	29.3	56.3	9.8	4.6	10.6	62.6	26.7	.0
2010/01	0	744(100%)	1.49	9.5	4.83	10.6	NNE	4.8	33.6	61.6	.0	100.0	.0	.0	.0	.0	6.5	61.8	28.8
2010/01	1	744(100%)	.39	8.2	1.26	9.2	NNE	72.3	27.0	.7	.0	96.4	1.1	.1	2.4	.0	37.4	40.8	1.9
2010/01	2	744(100%)	.36	7.6	1.14	8.5	NW	81.0	18.7	.3	.0	2.6	.3	.8	96.4	.7	63.2	36.2	.0
2010/01	3	744(100%)	.17	7.5	1.77	7.9	S	98.9	.3	.8	.0	21.5	63.4	9.0	6.1	1.1	68.4	29.2	1.3
2010/02	0	672(100%)	1.38	9.7	4.26	10.5	NNE	20.8	23.8	55.4	.0	100.0	.0	.0	.0	.4	59.2	40.3	
2010/02	1	672(100%)	.36	8.4	1.09	9.2	NNE	74.7	25.1	.1	.0	87.4	7.0	1.9	3.7	.0	26.5	72.0	1.5
2010/02	2	672(100%)	.39	7.7	.36	8.9	NW	83.8	16.2	.0	.0	5.5	.3	2.2	92.0	1.2	63.5	35.3	.0
2010/02	3	672(100%)	.14	7.5	1.30	7.2	WSW	98.8	1.0	.1	.0	22.4	59.3	9.9	8.5	3.3	67.9	28.1	.7
2010/03	0	744(100%)	1.33	9.7	4.09	10.1	NNE	16.1	31.2	52.7	.0	100.0	.0	.0	.0	.0	1.3	58.1	40.6
2010/03	1	744(100%)	.34	8.5	1.02	9.7	NE	76.9	23.0	.1	.0	91.5	3.8	1.1	3.6	.0	25.8	72.0	2.2
2010/03	2	744(100%)	.31	7.8	.39	8.2	NW	83.9	16.1	.0	.0	9.5	.1	2.0	98.3	.4	61.2	38.4	.0
2010/03	3	744(99%)	.15	7.6	1.87	6.9	WNW	99.2	.4	.4	.0	22.8	54.2	13.5	9.5	1.5	69.8	22.6	1.2
2010/04	0	179(100%)	1.55	9.5	3.85	10.4	NNE	3.4	35.8	60.9	.0	100.0	.0	.0	.0	.0	1.7	77.1	21.2
2010/04	1	179(100%)	.34	8.4	.83	9.2	NE	76.5	23.5	.0	.0	98.3	1.1	.0	.6	.0	29.1	65.9	5.0
2010/04	2	179(100%)	.35	7.8	.84	8.5	NW	77.7	22.3	.0	.0	2.8	.6	.0	96.6	1.1	58.1	40.8	.0
2010/04	3	179(100%)	.14	7.8	.32	7.1	NW	99.4	.6	.0	.0	20.1	65.4	7.3	7.3	.6	59.8	38.5	1.1

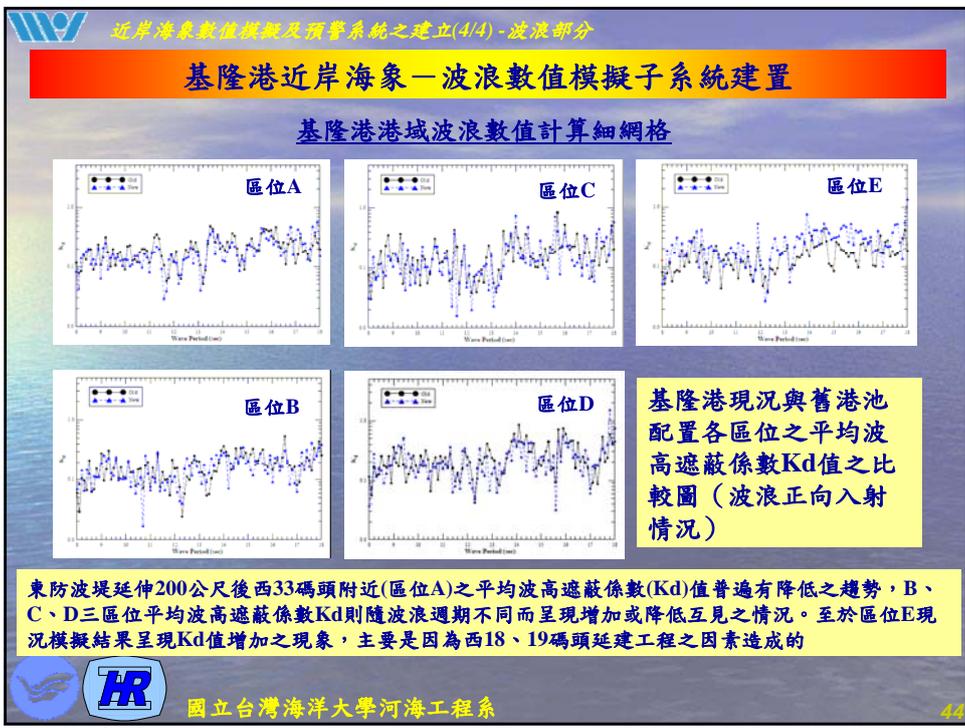
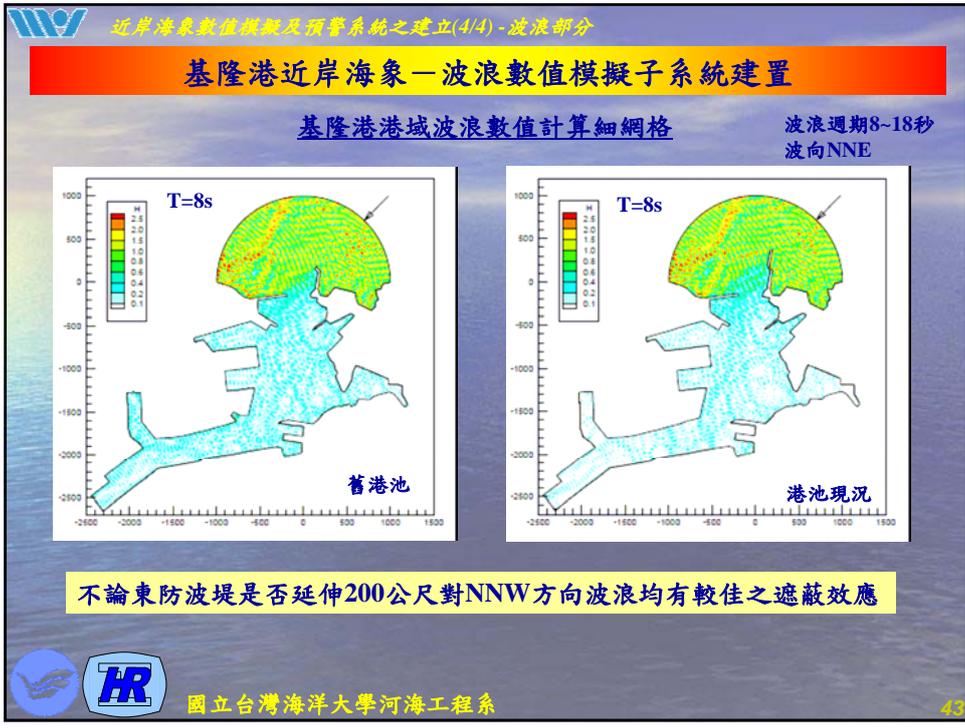
國立台灣海洋大學河海工程系











近岸波浪數值預測及預警系統之建立(4/4)-波浪部分

七個主要商港區及附近海域即時波場模擬作業討論

1. 年度颱風風場作業化預報成果
 - (1) 2010 年颱風七商港觀測及預報風場資料蒐集率統計表
 - (2) 2010 年颱風七商港觀測及預報風場平均值統計表
 - (3) 2010 年颱風七商港觀測及預報風場極端值統計表
 - (4) 2010 年颱風七商港觀測及預報風場偏差值統計表
2. 第二年度颱風波浪作業化預報成果
 - (1) 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪資料蒐集率統計表
 - (2) 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪平均值統計表
 - (3) 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪極端值統計表
 - (4) 2010 年颱風七商港觀測及預報波浪偏差值統計表
3. 第三年度每月風場作業化預報成果
 - (1) 2010 年每月七商港觀測及預報風場資料蒐集率統計表
 - (2) 2010 年每月七商港觀測及預報風場平均值統計表
 - (3) 2010 年每月七商港觀測及預報風場極端值統計表
 - (4) 2010 年每月七商港觀測及預報風場偏差值統計表
4. 第四年度每月波浪作業化預報成果
 - (1) 2010 年每月七商港觀測及預報波浪資料蒐集率統計表
 - (2) 2010 年每月七商港觀測及預報波浪平均值統計表
 - (3) 2010 年每月七商港觀測及預報波浪極端值統計表
 - (4) 2010 年每月七商港觀測及預報波浪偏差值統計表
5. 2010 年颱風期間七商港預報與觀測風場及波浪歷線比較圖(附錄A)
6. 2010 年每月七商港預報與觀測風場歷線圖及比較圖(MC)(附錄B)
7. 2010 年每月七商港預報與觀測波浪歷線圖及比較圖(SWAN)(附錄C)
8. 2010 年每月七商港預報與觀測風場歷線圖及比較圖(RC)(附錄D)
9. 2010 年每月七商港預報與觀測波浪歷線圖及比較圖(WAM)(附錄E)

國立台灣海洋大學河海工程系

近岸波浪數值預測及預警系統之建立(4/4)-波浪部分

七個主要商港區及附近海域即時波場模擬作業討論

比較各圖中表格的數值可以發現，不論是預報的風場(RC或MC)都與實測的風速風向資料不完全一致，預報波浪與實測波浪亦有類似情形，究其原因應是不論是風場或波場的預報模式都仍屬於大的格網，其是否仍與單點式的風速風向或波浪量測直接進行比對，仍有待討論與改進。

國立台灣海洋大學河海工程系



討 論

目前完成的事項

1. 精進波浪自動化預報系統：改善已經發現的問題，討論未來可能需要探討的方向
2. 對2005年至2010年各月份的風場進行波浪場的追算
3. 完成2005年至2010年間的所有颱風波浪，以及冬季季風波浪的推算
4. 並以七個商港為對象針對設計波高以及近岸波浪與港灣波動模擬所需要的代表波高與週期進行檢討。
5. 協助建立基隆港波浪模擬子系統，以提供基隆港港口船舶交通航運相關港灣環境資訊，建立基隆港波浪模擬子系統，以提供基隆港務局使用。
6. 資料與技術之轉移：包含數值模式、推算資料及相關資料與技術，風場、氣壓及波浪等數值模擬結果，包括各種測試結果、與現場觀測資料比較評估成果、正式預報結果及網站相關資料等，以及相關原始程式檔及使用手冊。



後續研究建議

1. 從對2005年~2010年的颱風時期的數值模擬推算，並針對7個商港進行的討論與比較中，可以發現波浪推算模式可以適切地反映出區域性的波動特性，例如安平港與高雄港的波動特性極為相似即是。未來可藉由數值模式的擴大模擬推算，以及與現場實測波動的比較而更瞭解台灣附近海域的波動特性。
2. 波浪預報中的相關輸出參數由於離散化的過程而可能產生與實測值間的偏差，應在檢討各比較參數的適切性。例如，譜峰週期與主波方向因屬於離散化的處理結果，例如理論頻譜的成分波分割，以及方向分佈的分割，其譜峰週期與主波方向角度都會被簡化成其成分波的代表週期及波向，因此直接與實測的譜峰週期及波向相比較可能會有較大的差異，應再檢討，以免誤解為推算不正確。
3. 水位變化及流場變化可能影響波高的推算，目前的模式並未加以考慮，未來應檢討引入水位場及流場的可能性
4. 考慮以單一計算領域與單一模式及較高解析度的方式進行波浪的推算，並考慮其對颱風波浪推算的影響





簡報完畢

敬請指教



