

95-66-7204

MOTC-IOT-94-H2DA001-3

# 臺灣地區港灣波浪推算與構造物 安全監測研究(1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 95 年 4 月

95-66-7204

MOTC-IOT-94-H2DA001-3

# 臺灣地區港灣波浪推算與構造物 安全監測研究(1/4)

著者：何良勝、林受勳、江玟德、張富東

交通部運輸研究所

中華民國 95 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

臺灣地區港灣波浪推算與構造物安全監測研究.  
(1/4) / 何良勝等著. -- 初版. -- 臺北市 :  
交通部運研所, 民95  
面 : 公分  
參考書目:面  
ISBN 986-00-4939-4(平裝)

1. 波動 - 臺灣 2. 防波堤 - 設計

351.941

95006905

臺灣地區港灣波浪推算與構造物安全監測研究(1/4)

著者：何良勝、林受勳、江玟德、張富東  
出版機關：交通部運輸研究所  
地址：台北市敦化北路 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 95 年 4 月  
印刷者：  
版(刷)次冊數：初版一刷 110 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：100 元  
展售處：  
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880  
國家書坊臺視總店：臺北市八德路 3 段 10 號 B1•電話：(02)25781515  
五南文化廣場：臺中市中山路 2 號 B1•電話：(04)22260330

GPN：1009500925

ISBN：986-00-4939-4(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。

GPN : 1009500925

定價 100 元

## 交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣地區港灣波浪推算與構造物安全監測研究 (1/4)			
國際標準書號 (或叢刊號) ISBN 986-00-4939-4 (平裝)	政府出版品統一編號 1009500925	運輸研究所出版品編號 95-66-7204	計畫編號 94-H2DA001-3
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：何良勝 研究人員：林受勳、江玟德、張富東、徐如娟、廖慶堂、蔡金吉 聯絡電話：04-26587121 傳真號碼：04-26571329			研究期間 自 94 年 01 月 至 94 年 12 月
關鍵詞：船隻異動指數、波浪資料補遺、防波堤安全監測			
摘要： <p>本研究主要為建立颱風波浪與港灣船舶動態關係推算模式，以及進行花蓮、蘇澳兩港外廓防波堤安全監測等兩者合構而成。本年度先以颱風路徑、規模、風速等颱風影響因子與船隻異動指數分類，初步完成花蓮港颱風期間之船隻動態特性機制探討，由分類結果得知，在颱風規模 4 以上之颱風來襲時，為避免斷纜之可能，船隻原則上需出港避風，而颱風發生於東經 120° ~ 140°、北緯 10° ~ 25° 之範圍，將影響花蓮港域之船隻異動。另以類神經網路推算模式建置之颱風波浪資料補遺方法，初步推算結果之誤差評估良好，而花蓮港域之波浪統計特性，Weibull 機率分佈較符合平時波浪資料，而 Gamma 分佈則較符合颱風波浪資料。</p> <p>由防波堤堤址與堤體之安全監測結果顯示，蘇澳港南外防波堤沉箱底部並未有明顯的掏空或護基方塊移位現象；而花蓮港東防波堤部份沉箱外海側則有高度 80~110cm 之底部掏空情況，及沉箱護基方塊有較明顯位移現象。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
95 年 4 月	100	100	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。
機密等級： <p>密 機密 極機密 絕對機密</p> (解密條件： 年 月 日解密， 公布後解密， 附件抽存後解密， 工作完成或會議終了時解密， 另行檢討後辦理解密)                 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: A Study of Typhoon Wave Calculation and Structure Investigation around Harbors in Taiwan (1/4)			
ISBN(OR ISSN) ISBN 986-00-4939-4 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009500925	IOT SERIAL NUMBER 95-66-7204	PROJECT NUMBER 94-H2DA001-3
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Chiu, Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ho, Liang-Sheng PROJECT STAFF: Lin, S.S, Jiang, W.D, Chang, F.T., Hsu, J.C, Liaw, C.T. PHONE: 886-4-26587121 FAX: 886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM January 2005 TO December 2005
KEY WORDS: Index of ship escape; Wave data remedy; Breakwater investigation			
<p><b>ABSTRACT:</b></p> <p>The present study combines the relationship between the conditions of ship escape and the resulting factors and the breakwater investigation of Hualien Harbor and Suao Harbor in Taiwan. We have finished the characteristics of ship escape with the route, scale and speed of typhoon influential factors in Hualien Harbor this year. As the result, a ship has to leave the port to avoid breaking cable if the typhoon scale is 4. If typhoon occurs in the area of longitude 120° ~ 140° E and latitude 10° ~ 25° N, it could cause the ship escape from Hualien Harbor. From the results of typhoon wave data remedied by the neural network model, the Weibull distribution responds to usual wave data, and the Gamma Distribution responds to typhoon wave data.</p> <p>The breakwater investigation of the site and base presents the displacement or settlement, as well as surface cracks of caissons at Suao Harbor. At Hualien Harbor, the east breakwater has been found 80-100cm erosive phenomena under caissons at sea side, and the protection blocks have been displaced apparently.</p>			
DATE OF PUBLICATION April 2006	NUMBER OF PAGES 100	PRICE 100	CLASSIFICATION RESTRICTED    CONFIDENTIAL SECRET        TOP SECRET UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 目 錄

中文摘要 .....	
英文摘要 .....	II
目 錄 .....	III
表目錄 .....	V
圖目錄 .....	VI
第一章 前言 .....	1-1
第二章 颱風風場特性與模式之探討 .....	2-1
2.1 颱風風場結構之探討.....	2-1
2.2 颱風模式之建立.....	2-3
第三章 船舶動態管理系統之建立 .....	3-1
3.1 影響船舶動態的颱風因子 .....	3-1
3.1.1 颱風路徑.....	3-2
3.1.2 颱風規模.....	3-4
3.1.3 颱風風速.....	3-5
3.1.4 颱風中心與花蓮港之角度.....	3-7
3.1.5 颱風中心之經緯度.....	3-7
3.2 船隻異動指數探討.....	3-8
3.3 船舶動態特性分析.....	3-10
3.3.1 颱風規模對船舶動態的影響 .....	3-10
3.3.2 颱風距離對船舶動態的影響 .....	3-11

3.4 港內外波浪特性與船舶動態關係分析 .....	3-14
3.5 視窗化操作系統之初步建構 .....	3-17
<b>第四章 花蓮港域波浪資料補遺與統計分析 .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 波浪資料補遺之模式架構 .....	4-1
4.2 類神經網路之理論架構 .....	4-7
4.3 颱風波浪資料補遺之分析 .....	4-11
4.3.1 類神經網路推算模式之檢測 .....	4-11
4.3.2 颱風波浪補遺之操作 .....	4-14
4.4 波浪資料之統計分析.....	4-17
4.4.1 統計分析模式簡介.....	4-17
4.4.2 波高與水位之統計特性.....	4-22
<b>第五章 港灣構造物之安全監測 .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 防波堤損壞原因探討.....	5-1
5.2 防波堤現場調查分析.....	5-4
5.2.1 防波堤堤腳與堤址之調查.....	5-4
5.2.2 防波堤堤體異位之調查.....	5-10
<b>第六章 結論與建議 .....</b>	<b>6-1</b>
<b>參考文獻 .....</b>	<b>7-1</b>
<b>附錄 花蓮港颱風與船隻動態關係表 .....</b>	<b>8-1</b>

## 表目錄

表 3.1	研究颱風之颱風路徑歸類表.....	3-3
表 3.2	Saffir-Simpson 的颱風規模分類標準 .....	3-4
表 3.3	1996 年~2004 年花蓮港之颱風規模歸類表 .....	3-5
表 3.4	蒲福風級與波高對照表.....	3-6
表 3.5	1996 年~2004 年花蓮港船隻異動指數歸類表 .....	3-9
表 3.6	颱風規模與船隻異動指數關係.....	3-10
表 3.7	花蓮港內波浪條件與船隻異動指數關係 .....	3-14
表 3.8	花蓮港外波浪條件與船隻異動指數關係 .....	3-15
表 4.1	類神經網路推算模式之波浪學習資料 .....	4-12
表 4.2	類神經網路推算模式之波浪檢驗資料 .....	4-12
表 4.3	模式學習指標 R, RMS, $\Delta H_{sp}$ and $\Delta t_p$ 測試結果 .....	4-13
表 4.4	模式測試指標 R, RMS, $\Delta H_{sp}$ and $\Delta t_p$ 測試結果 .....	4-14
表 4.5	波高機率分佈之最適性比較表.....	4-23
表 4.6	平時與颱風波浪特性比較表.....	4-27
表 5.1	蘇澳港南外防波堤堤腳與堤址調查說明表 .....	5-4
表 5.2	花蓮港東防波堤堤腳與堤址調查說明表 .....	5-6

## 圖目錄

圖 2.1	颱風結構示意圖.....	2-2
圖 2.2	KMA 亞洲區域 925 hPa 壓力場分佈 .....	2-3
圖 2.3	颱風運動參數符號說明.....	2-5
圖 3.1	五種西行颱風路徑示意圖.....	3-2
圖 3.2	兩種北行颱風路徑示意圖.....	3-2
圖 3.3	颱風路徑 8 之示意圖.....	3-3
圖 3.4	颱風路徑 9 之示意圖.....	3-3
圖 3.5	颱風中心與花蓮港之方位角度示意圖 .....	3-7
圖 3.6	颱風距離與花蓮觀測站示性波高關係 .....	3-8
圖 3.7	颱風規模 1 影響船隻異動的範圍.....	3-12
圖 3.8	颱風規模 2 影響船隻異動的範圍.....	3-12
圖 3.9	颱風規模 3 影響船隻異動的範圍.....	3-13
圖 3.10	颱風規模 4 影響船隻異動的範圍.....	3-13
圖 3.11	颱風規模 5 影響船隻異動的範圍.....	3-14
圖 3.12	船隻異動指數與港外示性波高相關性分析 .....	3-17
圖 3.13	船隻異動指數與港外示性週期相關性分析 .....	3-17
圖 4.1	花蓮觀測站之颱風中心位置區分圖 .....	4-7
圖 4.2	類神經網路推算模式之架構.....	4-11
圖 4.3	花蓮港 2004 年蘭寧(RANANIM)颱風之整場示性波高補遺 比較 .....	4-15
圖 4.4	花蓮港 2004 年艾利(AERE)颱風之整場示性波高補遺比較	4-15
圖 4.5	花蓮港 2004 年蘭寧(RANANIM)颱風之部份示性波高補遺 比較 .....	4-16

圖 4.6	花蓮港 2004 年艾利(AERE)颱風之部份示性波高補遺比較	4-16
圖 4.7	不同參數變化之 Normal 機率密度分佈圖	4-18
圖 4.8	不同參數時之 Gamma 機率分佈	4-19
圖 4.9	不同參數變化之 Rayleigh 分佈	4-20
圖 4.10	不同參數之 Weibull 機率密度分佈	4-20
圖 4.11	波高機率密度分析流程圖	4-21
圖 4.12	平時港內波浪時序圖	4-22
圖 4.13	颱風港內期間波浪時序圖	4-22
圖 4.14	波浪時序機率分佈分析圖	4-23
圖 4.15	平時波浪機率密度函數分佈比較圖	4-24
圖 4.16	颱風期間波浪各種機率密度函數分佈圖	4-24
圖 4.17	組數為六組之機率密度與 Rayleigh 分佈圖	4-25
圖 4.18	組數為十組之機率密度與 Rayleigh 分佈圖	4-25
圖 5.1	花蓮港東防波堤#65 沉箱外海側底部掏空情形	5-3
圖 5.2	花蓮港東防波堤#71 沉箱外海側底部掏空情形	5-3
圖 5.3	蘇澳港南外防波堤沉箱控制點測量範示意圖	5-11
圖 5.4	花蓮港新東堤沉箱控制點測量範示意圖	5-12
圖 5.5	蘇澳港南外堤沉箱堤面各 E 點之歷年高程變化比較	5-13
圖 5.6	蘇澳港南外堤沉箱堤面各 S 點之歷年高程變化比較	5-13
圖 5.7	蘇澳港南外堤沉箱堤面各 W 點之歷年高程變化比較	5-14
圖 5.8	花蓮港東堤沉箱堤面各 E 點之歷年高程變化比較	5-14
圖 5.9	花蓮港東堤沉箱堤面各 N 點之歷年高程變化比較	5-15
圖 5.10	花蓮港東堤沉箱堤面各 S 點之歷年高程變化比較	5-15
圖 5.11	花蓮港東堤沉箱堤面各 W 點之歷年高程變化比較	5-16

# 第一章 前言

臺灣四周環海，航運貿易尤為經濟發展之命脈，因此，港內之穩靜關係著船隻碇泊與貨物裝卸之作業。而從事港灣工程規劃設計者冀望以長期可靠之海氣象資料，作為港灣構造物、港內設施與船隻碇泊等相關事項改善之依據，尤其當颱風或異常波浪來襲時，能及時的提供相關安全資訊，作為港務管理單位實施預警性防護措施之參考。

由於臺灣地理位置正處於西太平洋颱風發生及主要行進的區域，夏秋兩季常受颱風侵襲，尤以臺灣東部最為嚴重；而颱風帶來的強大風浪及豪雨，不僅造成陸上人員傷亡與建築物的破壞，且當颱風來襲時，因颱風風力強力吹襲海面所形成的波浪具有較長週期與較大波高，波浪能量即較平時之季節風波浪強，相對於沿岸地形或港灣結構物的破壞也隨之增加；而港內則因波浪作用影響船舶安全以及碇泊作業的進行。因此，如何建立一個能快速且正確推算颱風波浪的模式，以提早瞭解波浪可能的未來狀況，使之有較充裕時間來應對必需的應變措施，以降低可能的災害及損失，是為吾人的責任與工作。

應用波浪推算模式預知颱風可能發生的狀況，是為減少港灣設施或港內船隻損失的有效方法之一，目前對於波浪推算的方法多採用經驗公式配合現場資料分析，以迴歸或數值模擬方式計算。然而，此兩種方法對於中小尺度的地理位置差異並無法充分反應，且目前國內主要港口尚無有關港內外波浪特性與船舶動態管理機制探討的具體研究成果。另外，依據實務觀測經驗，在颱風強大的波浪作用下，量測儀器往往可能受損或遺失，導致量測資料失去連續性或者有失真的情況產生，造致估計的設計波浪發生誤差，所以必須研究精確的資料補遺步驟及方法，建構完整的觀測資料庫，作為港灣擴建發展及防災的重要依據。

基於前述，如何建立觀測資料分類與分析，並進行預警系統的建

置，以作為港內船舶動態的管理機制，是為本研究重要課題之一。本研究擬利用現有實測海氣象資料進行統計分析，並以類神經網路與模糊理論分析方法，利用其自我學習、快速計算與容錯之能力，建立一個以臺灣港灣為主的颱風波浪與船舶動態關係之模式。並針對颱風動態參數與觀測資料進行統計分析與分類，以建立有系統之颱風波浪資料補遺方法。本研究並擬開發一套易操作的視窗化介面系統，俾讓使用者能簡易且快速地操作與預測颱風波浪可能的發生情況，進而能提高預警防災之應變能力。

臺灣每年遭受約 3.5 個颱風之侵襲，其中尤以東部地區為烈，針對港池外廓防波堤結構物而言，其為維繫港池穩靜的屏障，彼等結構物之保固是為港內設施與船隻碇泊安全的指標。觀之台灣東部蘇澳與花蓮兩港，不僅位處地震頻仍之地區，且因受颱風波浪之侵襲受損而危及港內。因此，研究探討結構物受害原因與比對結構物變動之差異，以提供港務單位預測推估之參考，此為本研究另一目的。因之本研究以東部花蓮與蘇澳兩港域為主要範圍，除了針對港內船隻動態與颱風關係探討而期望建立一適合性的船舶動態安全管理系統外，並對花蓮與蘇澳兩港之外廓結構物進行安全監測及分析，如此合構而成為提供港灣海域安全之參考依據。

本研究報告內容主要包括，第二章為探討颱風風場特性與模式結構之說明；第三章則為颱風與船舶動態特性之分析過程與結果，其中包括颱風影響船舶動態的機制因子及港內外波浪對船舶動態之關係說明；第四章為介紹颱風波浪資料補遺之架構與結果；第五章則是蘇澳與花蓮兩港防波堤受力特性分析及結構物堤體安全監測結果；最後，於第六章作一研究報告之結論。

## 第二章 颱風風場特性與模式之探討

### 2.1 颱風風場結構之探討

颱風結構呈漏斗狀之強烈渦流，下層空氣流向中心並向上竄升，高至 10 公里左右後，向四周流出，四周空氣涵蓋之範圍可達數百公里。由天氣圖上所見之颱風，約形成同心圓等壓線分佈之低氣壓，在近中心附近之壓力梯度愈大，風速愈強，但在颱風中心附近反呈無風狀態。成熟熱帶氣旋或颱風具有獨特螺旋狀雨帶和風眼，眼區半徑最大可達 100 公里，最小僅 5 公里，一般情形約為 25-60 公里。從颱風外圍向內，地面氣壓迅速下降，風力增強，並伴隨狂風大雨，風眼區內天氣較平靜熱帶氣旋的溫壓場。

颱風的氣壓場特徵為極低的中心氣壓和極大的水平氣壓梯度，形成颱風中心最低氣壓一般在 960 百帕(hPa)以下。地面天氣圖上，熱帶氣旋表現為一個圓形對稱的、梯度極大的閉合低壓系統。颱風的流場低層有強烈氣旋性風切變化和氣流流入，高層則有氣流流出，低層的氣流流場和高層的流場都從熱帶氣旋中心往外伸展約 1000 公里。颱風水平範圍大致可分為三部份：1.眼區，一般範圍約為數十公里，眼區內風力較弱；2.最大風速區，圍繞在颱風眼的環狀最大風速區，平均寬度約為 8 至 50 公里，最大風速區約與颱風眼壁的雲牆相當；3.外區，從最大風速區外緣至熱帶氣旋邊緣，在這個區域，風速向外急遽減弱。

颱風垂直結構也可分為三層：一為地面至 3 公里左右的氣旋性流入層，有強烈氣流流入中心，其中 1 公里以下的輻合最強；3 至 8 公里之中層，流入氣流很少，主要是垂直氣流，將低層輻合的暖濕空氣通過這一層輸送至高層；另一 8 公里到熱帶對流層頂部為流出層，最大輻散氣流出現在 10 公里左右。流出的空氣和四周的環境空氣混合下沉

至低層，形成熱帶氣旋的垂直環流，颱風結構表示如圖 2.1 所示。

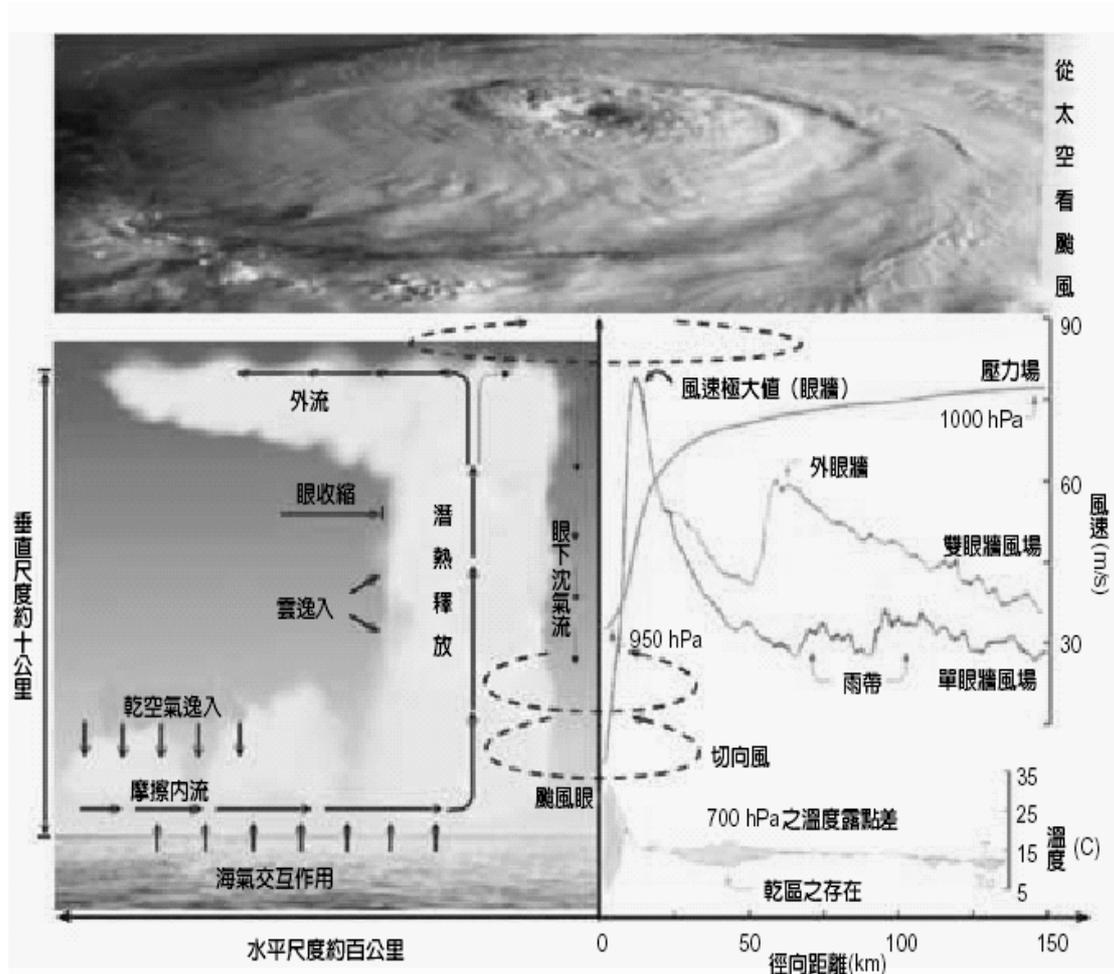


圖 2.1 颱風結構示意圖（摘自：科學發展月刊）

藉由衛星資料可以初步瞭解颱風的物理特性及颱風風場基本的變化機制，颱風風場的變化受制於颱風的運動行為、颱風能量增減及陸地的影響。颱風屬於熱帶性低氣壓，颱風運動行為受太平洋高氣壓對熱帶氣旋的移動、轉向的路徑有主要作用。當太平洋高氣壓強大、穩定，呈東西向帶狀分佈時，位於太平洋高氣壓南側的熱帶氣旋在東風氣流引導下會西移，當熱帶氣旋位於太平洋高氣壓西側時將向北移，又熱帶氣旋在太平洋高氣壓北側時將向東移。

在整個颱風的事件中，颱風風場是許多影響因素作用於颱風後的結果，在颱風波浪推算的過程中，颱風風場之變化即成為計算颱風波浪的主要影響因素，然颱風風場變化相當的迅速及複雜，針對風場進

行完整的量測及解析是為相當困難之作為。因此，目前大致應用在假設解析區域內的風場均勻的條件下，對於風場的量測採用每小時或是 6 小時內量測風速的平均值或是壓力場(如圖 2.2 所示)，再配合衛星資料分析計算描繪颱風風場，由資料的解析程度決定每一個解析點的風速涵蓋面積。由於風場與時間變化資料之完整性及快速性影響風場計算的準確度，因此，有關颱風模式的選擇，將依據颱風資料取得之方式，採用參數形式之颱風模式作為結合類神經颱風波浪計算模式。

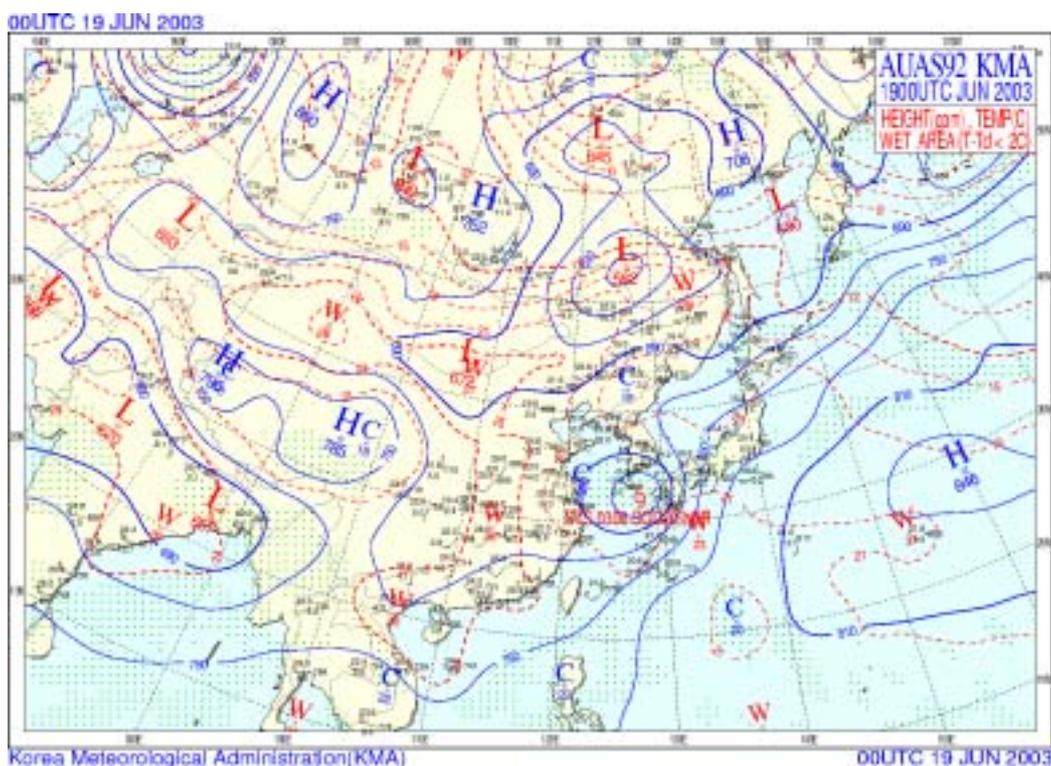


圖 2.2 KMA 亞洲區域 925 hPa 壓力場分佈

## 2.2 颱風模式之建立

有關大區域之波浪推算模式，自 1970 年代經不斷的修改控制方程式中相關能量交換的過程及作用機制，發展至目前的第三代波浪推算模式，如 WAM (1988)或 Tolman (1997)等，在風場作用下的二維波譜  $N(t, \phi, \theta, \lambda)$  能量守恆方程式表示為：

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (N \dot{\phi} \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (N \dot{\lambda}) + \frac{\partial}{\partial \theta} (N \dot{\theta}) = \frac{S}{\sigma} \dots\dots\dots(2.1)$$

其中  $S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} \dots\dots\dots(2.2)$

式中  $t$  為時間， $\theta$  是波浪的前進方向， $\phi$ 、 $\lambda$  是經度及緯度， $\sigma$  為成分波的頻率， $\dot{\phi}$ 、 $\dot{\lambda}$  是群波速度在經度及緯度方向的分量， $\dot{\theta}$  為波浪前進方向改變率， $S$  是總和的能量交換，包括風能輸入作用項 ( $S_{in}$ )，波波間非線性交互作用項 ( $S_{nl}$ )，由白沫現象或是碎波波浪產生之能量散逸 ( $S_{ds}$ )，及底床摩擦的能量消耗 ( $S_{bot}$ )。

颱風風場變動與能量輸入機制的瞭解對以能量平衡式推算颱風事件進行波浪相當重要。由於颱風風場的變動包括颱風移動速度及方向、颱風規模、颱風移動軌跡以及颱風位置的經緯度等，且颱風風場需要足夠的作用時間方能提供海面形成颱風波浪的能量。因此，颱風波浪波波間非線性交互作用、波浪白沫現象及碎波波浪產生之能量散逸皆與颱風運動行為及颱風規模的變動有密切的關係。

本研究為方便描述颱風中心的變化，乃以極座標  $r$ 、 $\theta_1$  取代一般的颱風中心經緯度  $\phi$ 、 $\lambda$ ，其中  $r$  為颱風中心至觀測站的距離， $\theta_1$  為颱風中心至觀測站的方位角。

由於颱風風場對海面波浪的作用需要有足夠的作用時間才能產生成熟的颱風波浪，因此在風場作用期間的變化將影響颱風波浪的行為，對於颱風連續性的變化包括有颱風規模  $V_{max}$  的變化、颱風移動速度  $V_f$  的變化、颱風相對移動位置  $r$ 、 $\theta_1$  的變化以及颱風風場分佈旋轉，即颱風行進方向與觀測夾角  $\theta_2$  的變化，颱風運動參數符號說明如圖 2.3 所示。

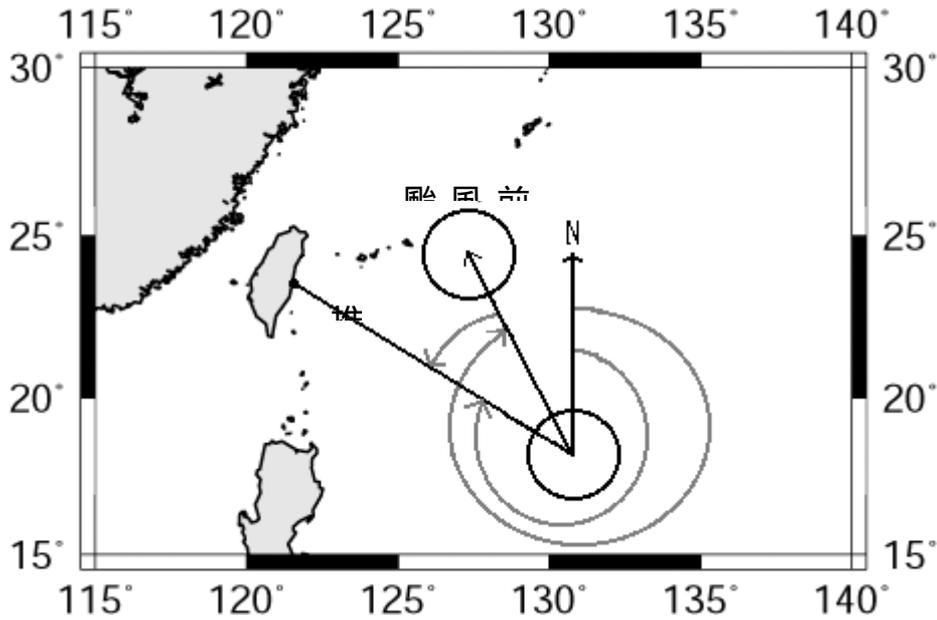


圖 2.3 颱風運動參數符號說明

式(2.2)之波浪能量的變化於颱風波浪及颱風運動行為中呈現之方式，詳述如下。

1.風能輸入作用項( $S_{in}$ )：

颱風風場能量輸入的建構方式可使用即時衛星觀測資料、大氣氣象模式模擬以及參數颱風風場模式等三種方式，本研究中採用參數形式的颱風風場模式當作能量輸入的計算模式，利用 Holland (1980)的經驗參數模式來描述颱風風場，其為

$$\frac{p - p_c}{p_n - p_c} = \exp\left[-\left(\frac{R}{r}\right)^B\right] \dots\dots\dots(2.3)$$

其中  $p_n$  為颱風影響範外的氣壓，此處設定為 1 大氣壓(1013.3 mb)， $p_c$  為颱風中心氣壓(mb)， $p$  (mb)為距離颱風中心  $r$  (km)的氣壓。風場內距離颱風中心  $r$  的風速  $V$  (m/s) 如下式所示：

$$V = \left[ \frac{B(p_n - p_c)}{\rho} \left(\frac{R}{r}\right)^B \exp\left[-\left(\frac{R}{r}\right)^B\right] + \frac{r^2 f^2}{4} \right]^{0.5} - \frac{rf}{2} \dots\dots\dots(2.4)$$

其中  $f$  為柯氏參數(Coriolis parameter)。若忽略柯氏力的影響，颱風最大風速可表示為：

$$V_{\max} = \left[ \frac{B(p_n - p_c)}{\rho \cdot e} \right]^{0.5} \dots\dots\dots(2.5)$$

係數 B 採用 Harper and Holland (1999)建議的關係式：

$$B = 2 - \frac{p_c - 900}{160}, \quad 1.0 < B < 2.5 \dots\dots\dots(2.6)$$

風場在海面上 10 公尺的風速為：

$$V_{10} = K_m V \dots\dots\dots(2.7)$$

Harper and Holland (1999)建議  $K_m = 0.7$ ，而颱風風場的風傾角假設為  $25^\circ$ 。颱風移動速度  $V_f$  對颱風風場內的影響，採用 Jelesnianski (1966)建議的關係式：

$$V(r) = \frac{R \cdot r}{R^2 + r^2} V_f \dots\dots\dots(2.8)$$

由風場的規模變動及推算點的距離、角度藉由式(2.3)至式(2.8)可推算出區域的  $V_{10}$ ，此  $V_{10}$  可充分表現出該區域颱風風場特性與颱風波浪的相對關係，所以，考慮颱風運動及颱風規模連續的變動則  $S_{in}$  隨時間的變動即可由  $V_{10}$ 、 $r$ 、 $\theta_1$  及時間  $t$  的函數表示之。

## 2. 波波間非線性交互作用項( $S_{nl}$ )

颱風波浪在生成與傳遞的過程中由於風場、颱風行為與颱風位置的快速變動等因素會造成不同週期、波高的波浪，因而形成波浪間的交互作用複雜的現象。假設交互作用的波浪都來自於颱風風場，並考慮颱風波浪場內的波浪大於當地的波浪或是忽略當地的波浪，在這樣的假設下波波間非線性交互作用項( $S_{nl}$ )只與颱風風場結構以及颱風運動有關，相似的颱風結構及颱風運動行為有相似的波波間非線性交互作

用結果。因此，波波間非線性交互作用可以利用颱風運動軌跡以及颱風規模的變動描述。

### 3. 能量散逸項( $S_{ds}$ )

對於颱風波浪能量散逸的型態主要來自於波浪的摩擦、碎波或是白沫現象，通常發生因素包括風速的驟變、地形的影響，在固定區域的考量下這些現象的發生亦來自於颱風型態及行為變化，如果相似的颱風結構及颱風運動行為有相似的能量散逸作用的結果。對能量散逸項( $S_{ds}$ )的描述也可以利用颱風運動軌跡以及颱風規模的變化進行描述。

### 4. 底床摩擦的能量消耗( $S_{bot}$ )

底床摩擦的能量消耗( $S_{bot}$ )因外海颱風所處的水深較深，底床地形對颱風及波浪影響甚低，若推算點的水深約蔚 20 公尺，不在近岸淺水區，波浪傳遞受底床摩擦力影響甚小，因此底床能量消耗因素，在本研究中不予以考慮。

### 5. 其他影響波浪傳遞的因素

颱風移動速度的變化直接影響颱風風場內波浪傳遞的情形，當颱風移動速度接近颱風波浪傳遞速度時，颱風波浪在颱風前進方向的傳遞就受到限制，使得波浪無法傳出颱風風場，當然，颱風移動速度緩慢時颱風波浪的傳遞就能夠容易的傳出風場的範圍，然而颱風移動速度並不會固定不變，加上風場作用海面的過程並非即時反應在生成波浪與改變波浪行為，因此某時刻的颱風波浪除了應該與  $t$  時刻的颱風位置及移動速度有關外，也應該與前時刻內發生過的颱風軌跡與移動速度的變化有關，也就是與  $V_f$  的變化有關。如果颱風中心的資料的取樣間距固定時， $V_f$  依速度定義就可以利用颱風中心位置的變動表示之，即為颱風的運動軌跡。

在颱風風場內不同位置的風速及風向而成非對稱，而此特性直接反應到颱風波浪的分佈，通常在北半球行進間的颱風，右半圓風速較左半

圓在相同半徑的風速大而波浪分佈亦相同，當颱風行為變化時，相對應的風場結構也會出現變動，對應不同颱風風場位置的波浪也因為風場結構的變動而出現變化。作用在海面的風場特性變動不大時，颱風波浪的行為相對單純，如果考慮颱風風場範圍內因颱風行進方向改變，造成海面受颱風作用區域內風場連續的變化對颱風波浪產生的連續影響，就必須同時考慮風場變動時間延時對風域內波浪的影響。假設相似行為、規模的颱風風場結構變動相似，颱風風場因為行進方向改變而產生的變動可以利用颱風行進方向與觀測站的夾角  $\theta_2$  隨時間的變動表示。

依據以上之論述，瞭解風速  $V_{10}$  為提供及影響颱風波浪大小主要的因素，而颱風的路徑及行為是影響颱風波浪變化的因素，在固定位置上即使兩個同樣的颱風規模但運動方向不同的路徑颱風波浪亦會不同。為了簡化能量方程式的架構，利用限制推算颱風波浪區域減少影響變數，對於固定區域颱風波浪推算總和能量  $S$  的能量交換在路徑及規模相似的颱風條件下，可用前  $m$  個小時  $V_{10}, r, \theta_1, \theta_2$  的函數線性組合表示之：

$$S(t) = f_1[V_{10}(t), r(t), \theta_1(t), \theta_2(t)] \dots\dots\dots(2.9)$$

式(2.9)中  $a_i$  為係數， $f_1$  為函數， $t_m$  為時間。根據以上的能量平衡觀念，颱風波浪為  $m$  小時內能量  $S$  的函數：

$$H_s(t) = \sum_{m=0}^n a_m f_2[S(t - m\Delta t)] \dots\dots\dots(2.10)$$

結合式(2.9)及式(2.10)可表示颱風波浪之示性波高為不同時間  $V_{10}, r, \theta_1, \theta_2$  的函數

$$H_s(t) = \sum_{m=0}^n b_m f(V_{10}, r, \theta_1, \theta_2; t - m\Delta t) \dots\dots\dots(2.11)$$

式(2.11)中  $m$  表示颱風開始影響颱風波浪的時間，即  $t$  時刻的颱風波浪只受過去  $m$  小時內的颱風行為影響， $m$  即為計算颱風波浪資料的延時時間。

## 第三章 船舶動態管理系統之建立

花蓮港為位於臺灣東部之人工港，沒有自然岬灣或灣澳的遮蔽，又因臨近海域海底地形特殊關係，且在每年夏季平均約有 3 至 4 個颱風侵襲，所以，具有長方港形之花蓮港面臨著港池震盪的問題。根據張(1996)分析花蓮港船隻動態與長波之關係中得知，每年颱風波浪造成船隻出港避風之次數高達 5 至 6 次之多，而除了強烈的風力對船隻停泊有影響外，長波所造成船隻的搖晃，亦是造成船隻斷纜或出港之主要因素，是以船隻動態與颱風波浪關係密切。因此，本研究擬由海氣象資料與歷年港內船隻碇靠、離港紀錄，探討颱風與船隻動態的因子關係，並尋求建立一套可快速預警的船舶動態管理系統。

### 3.1 影響船舶動態的颱風因子

由基本學理得知，當颱風中心愈接近港灣時風力愈大，較大的颱風波浪亦造成港池振盪愈劇烈，且愈影響船隻停泊的安全。因此，颱風強弱與行經路徑影響波浪大小，波浪大小影響港池之靜穩度，而港池靜穩度則關係著港內船隻停泊或出港避浪的不同因應作法。簡和曾(1999)論述颱風波浪大小與颱風行進路徑及強度規模有關；張與郭(1999)發現以外海入射波向為西南向波浪對花蓮港港池靜穩定之影響最大；張和錢(2003)發現當颱風距離推算點在 1500 公里以內時，波高隨著颱風的接近明顯升高，波高與距離有著明顯的關係。

由以上學者專家之論述歸納得知，影響花蓮港內船隻動態的颱風因子可包括：颱風路徑、颱風規模、風速、颱風中心與花蓮港之角度與颱風中心之經緯度等五個，以下將針對此五項颱風因子逐項詳述。本研究中有關颱風資料的來源，包括美國 <http://www.weather.unisys.com>、Joint Typhoon Warning Center (JTWC)及

國內中央氣象局等三個網站。

### 3.1.1 颱風路徑

依據中央氣象局之颱風路徑分類法，將侵台的颱風路徑分為九種：其中包括西行颱風部份，當颱風中心位置在東經 122°時，依不同的緯度區分為 5 種路徑，相關路徑如圖 3.1 所示。颱風路徑說明為：颱風路徑 1: 颱風在 25°N 緯度以上之西行者；颱風路徑 2: 颱風在 24°-25°N 緯度間上西行者；颱風路徑 3: 颱風在 23°-24°N 緯度間西行者；颱風路徑 4: 颱風在 22°-23°N 緯度間西行者；颱風路徑 5: 颱風低於 22°N 以下西行者。

另外，以中央山脈軸線為界將北行颱風分為兩種，在東者為颱風路徑 6，在西者為颱風路徑 7，如圖 3.2。而颱風路徑 8 為自太平洋西行而後「東北」轉向，如圖 3.3；颱風路徑 9 則為南海生成之颱風，如圖 3.4。

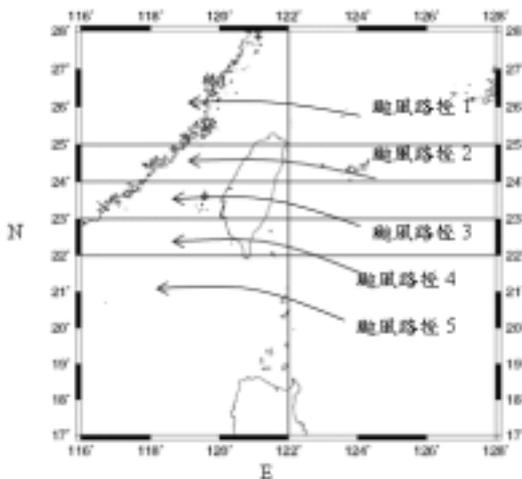


圖 3.1 五種西行颱風路徑示意圖

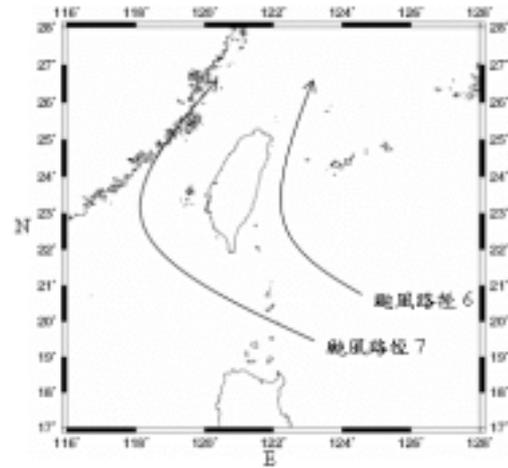


圖 3.2 兩種北行颱風路徑示意圖

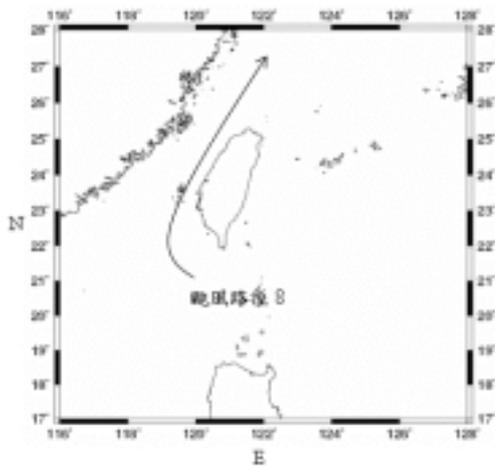


圖 3.3 颱風路徑 8 之示意圖

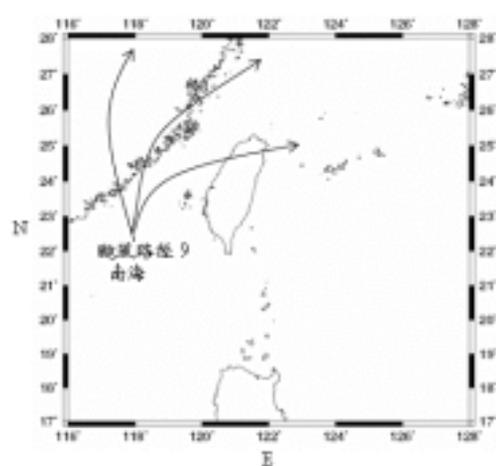


圖 3.4 颱風路徑 9 之示意圖

依據前述之 9 種颱風路徑分類，及花蓮港港務局提供民國 85 年至 93 年之船隻動態表中發生之颱風共 60 場整理其路徑分類，如表 3.1 所示。由表中發現屬第 6 種颱風路徑為最多，共有 34 個；其次為第 5 種路徑有 9 個，而第 2、4、9 種路徑最少，僅各有一個。

表 3.1 研究颱風之颱風路徑歸類表

颱風路徑	颱風名稱	個數
1	溫妮 (WINNIE, 1997)、辛樂克 (SINLAKE, 2002)、蘭寧 (RANANIM, 2004)、艾利 (AERE, 2004)	4
2	賀伯 (HERB, 1996)	1
3	安珀 (AMBER, 1997)、奧托 (OTTO, 1998)、碧利斯 (BILIS, 2000)、桃芝 (TORAJI, 2001)	4
4	莫拉克 (MORAKOT, 2003)	1
5	莎莉 (SALLY, 1996)、貝絲 (BETH, 1996)、瑪姬 (MAGGIE, 1999)、山姆 (SAM, 1999)、貝碧佳 (BEBINCA, 2000)、尤特 (UTOR, 2001)、尹布都 (IMBUDO, 2003)、科羅旺 (KROVANH, 2003)、杜鵑 (DUJUAN, 2003)	9
6	魏萊特 (VIOLET, 1996)、薩恩 (ZANE, 1996)、戴兒 (DALE, 1996)、伊莎 (ISA, 1997)、歐珀 (OPAL, 1997)、彼得 (PETER, 1997)、羅西 (ROSIE, 1997)、蒂娜 (TINA, 1996)、楊妮 (YANNI, 1998)、瑞伯 (ZEB, 1998)、凱特 (KATE, 1999)、歐佳 (OLGA, 1999)、奇洛基 (KIROGI, 2000)、雷馬遜 (RAMMASUN, 2002)	34

	科吉拉 (KUJIRA, 2003) 艾陶 (ETAU, 2003) 米勒 (MELOR, 2003) 蘇迪勒 (SOUDROR, 2003) 梅米 (MAEMI, 2003) 海燕 (HAIYAN, 2003) 盧碧 (LUPIT, 2003) 巴比崙 (PRAPIROON, 2000) 凱沙娜 (KETSANA, 2003) 舒達 (SUDAL, 2004) 妮妲 (NIDA, 2004) 康森 (CONSON, 2004) 敏督利 (MINDULLE, 2004) 梅姬 (MEGI, 2004) 佳芭 (CHABA, 2004) 納坦 (NOCK-TEN, 2004) 桑達 (SONGDA, 2004) 米雷 (MEARI, 2004) 馬鞍 (MAN-ON, 2004) 陶卡基 (TOKAGE, 2004)	
7	葛樂禮 (GLORIA, 1996) 奇比 (CHEBI, 2001) 丹恩 (DAN, 1999)	3
8	艾文 (IVAN, 1997) 維琪 (VICKI, 1998) 象神 (XANGSANE, 2000)	3
9	芭比絲 (BABS, 1998)	1

### 3.1.2 颱風規模

颱風規模係比照美國 <http://www.weather.unisys.com> 中 Saffir-Simpson 之分類標準，將颱風中心氣壓及最大風速分為五級，其分類標準如表 3.2 所示。依此標準，將前述之 60 場颱風分類出其颱風規模情形，如表 3.3。由表中可知，60 場颱風在 5 種颱風規模分類的個數相當平均。

表 3.2 Saffir-Simpson 的颱風規模分類標準

颱風規模	壓力 (mb)	風速 (knts)
1 級颱風	>980	64~82
2 級颱風	965~980	83~95
3 級颱風	945~965	96~112
4 級颱風	920~945	113~134
5 級颱風	<920	>134

表 3.3 1996 年~2004 年花蓮港之颱風規模歸類表

颱風規模	颱風名稱	個數
1 級颱風	彼得 (PETER, 1997)、楊妮 (YANNI, 1998)、奧托 (OTTO, 1998)、凱特 (KATE, 1999)、歐佳 (OLGA, 1999)、山姆 (SAM, 1999)、尤特 (UTOR, 2001)、莫拉克 (MORAKOT, 2003)、米勒 (MELOR, 2003)、梅姬 (MEGI, 2004)	10
2 級颱風	貝絲 (BETH, 1996)、葛樂禮 (GLORIA, 1996)、蒂娜 (TINA, 1997)、歐珀 (OPAL, 1997)、維琪 (VICKI, 1998)、象神 (XANGSANE, 2000)、貝碧佳 (BEBINCA, 2000)、科羅旺 (KROVANH, 2003)、巴比崙 (PRAPIROON, 2000)、海燕 (HAIYAN, 2001)、康森 (CONSON, 2004)、蘭寧 (RANANIM, 2004)、艾利 (AERE, 2004)	13
3 級颱風	薩恩 (ZANE, 1996)、安珀 (AMBER, 1997)、丹恩 (DAN, 1999)、瑪姬 (MAGGIE, 1999)、奇比 (CHEBI, 2001)、桃芝 (TORAJI, 2001)、雷馬遜 (RAMMASUN, 2002)、艾陶 (ETAU, 2003)、納坦 (NOCK-TEN, 2004)	9
4 級颱風	魏萊特 (VIOLET, 1996)、奇洛基 (KIROGI, 2000)、杜鵑 (DUJUAN, 2003)、科吉拉 (KUJIRA, 2003)、尹布都 (IMBUDO, 2003)、蘇迪勒 (SOUDELOR, 2003)、辛樂克 (SINLAKE, 2002)、凱沙娜 (KETSANA, 2003)、舒達 (SUDAL, 2004)、敏督利 (MINDULLE, 2004)、桑達 (SONGDA, 2004)、米雷 (MEARI, 2004)、陶卡基 (TOKAGE, 2004)	13
5 級颱風	戴兒 (DALE, 1996)、賀伯 (HERB, 1996)、莎莉 (SALLY, 1996)、溫妮 (WINNIE, 1997)、伊莎 (ISA, 1997)、艾文 (IVAN, 1997)、羅西 (ROSIE, 1997)、瑞伯 (ZEB, 1998)、芭比絲 (BABS, 1998)、碧利斯 (BILIS, 2000)、盧碧 (LUPIT, 2003)、梅米 (MAEMI, 2003)、妮妲 (NIDA, 2004)、佳芭 (CHABA, 2004)、馬鞍 (MAN-ON, 2004)	15

### 3.1.3 颱風風速

表 3.4 為依據蒲福風級(Beaufort Scale)分類之十八級風所對應風速與可能的波高範圍對照表，由表中觀察得知，當風速越大，波高則越

大，風速與波高有著明顯的關係。

表 3.4 蒲福風級與波高對照表

蒲福風級	名稱		風速		浪高 (公尺)	
	風	浪	每時海哩	每秒公尺	可能波高	最大波高
0	無風	-	1 以下	0 - 0.2	-	-
1	軟風	微波	1 - 3	0.3 - 1.5	0.1	0.1
2	輕風	微波	4 - 6	1.6 - 3.3	0.2	0.3
3	微風	小波	7 - 10	3.4 - 5.4	0.6	1.0
4	和風	小浪	11 - 16	5.5 - 7.9	1.0	1.5
5	清風	中浪	17 - 21	8.0 - 10.7	2.0	2.5
6	強風	大浪	22 - 27	10.8 - 13.8	3.0	4.0
7	疾風	大浪	28 - 33	13.9 - 17.1	4.0	5.5
8	大風	巨浪	34 - 40	17.2 - 20.7	6.0	7.5
9	烈風	猛浪	41 - 47	20.8 - 24.4	7.0	10.0
10	暴風	猛浪	48 - 55	24.5 - 28.4	9.0	12.5
11	狂風	狂濤	56 - 63	28.5 - 32.6	11.5	16.0
12	颶風	狂濤	64 - 71	32.7 - 36.9	14.0	16 以上
13	颶風	狂濤	72 - 80	37.0 - 41.4	14 以上	16 以上
14	颶風	狂濤	81 - 89	41.5 - 46.1	14 以上	16 以上
15	颶風	狂濤	90 - 99	46.2 - 50.9	14 以上	16 以上
16	颶風	狂濤	100 - 109	51.0 - 56.0	14 以上	16 以上
17	颶風	狂濤	109 - 118	56.1 - 61.2	14 以上	16 以上

### 3.1.4 颱風中心與花蓮港之角度

颱風的行經路徑意即颱風中心與花蓮港之角度和颱風波浪造成花蓮港共振因素極有關連，本研究中以颱風中心及花蓮港連線與花蓮港緯度線之夾角作為颱風行經路徑之判別依據，如圖 3.5 所示。圖中角度代表颱風中心位在花蓮港的方向，並以花蓮港之緯度線為界取順時針為正，若  $-90^\circ < \theta < 0^\circ$  時，表示颱風位於花蓮港之東北方；而若  $90^\circ < \theta < 180^\circ$  時，則表示颱風位於花蓮港之西南方；而  $-180^\circ < \theta < -90^\circ$  時，表示颱風位於花蓮港之西北方。上述三種角度之颱風所產生之波浪較不易傳入花蓮港內而引起港池共振，而當颱風在花蓮港的東南方時，影響花蓮港較大。

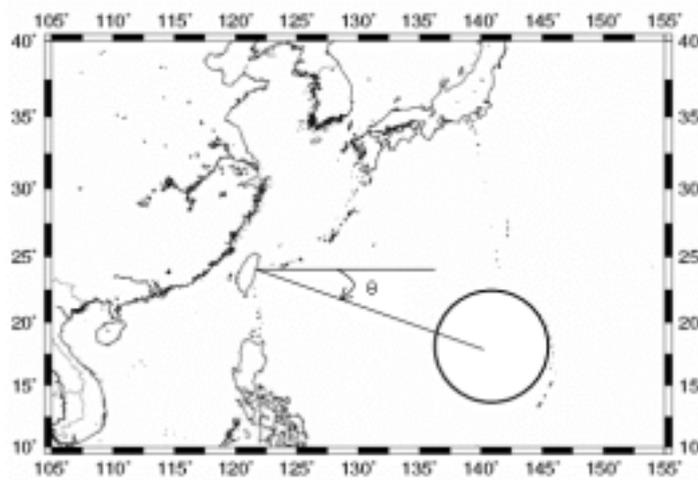


圖 3.5 颱風中心與花蓮港之方位角度示意圖

### 3.1.5 颱風中心之經緯度

依據張和錢(2003)探討颱風中心位置與花蓮港距離關係的研究中得知，當颱風距離花蓮港測站 1500 公里以上時波高與颱風無明顯關係，若在 1500 公里以內則波高與距離有較明顯的關係，其結果如圖 3.6 所示。

颱風中心之經緯度代表著颱風之所在位置，當颱風位於花蓮港之東南方時( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ )，颱風中心位置的經度越大，緯度越小時，表示颱風距離較遠；反之，當颱風位於花蓮港之東北方時(即  $-90^\circ < \theta < 0^\circ$ )，

颱風中心之經度越小，緯度越小時，表示颱風距離較近。據此，本研究中以颱風中心之經緯度與角度代表颱風距離，如此，可節省掉計算距離之時間。

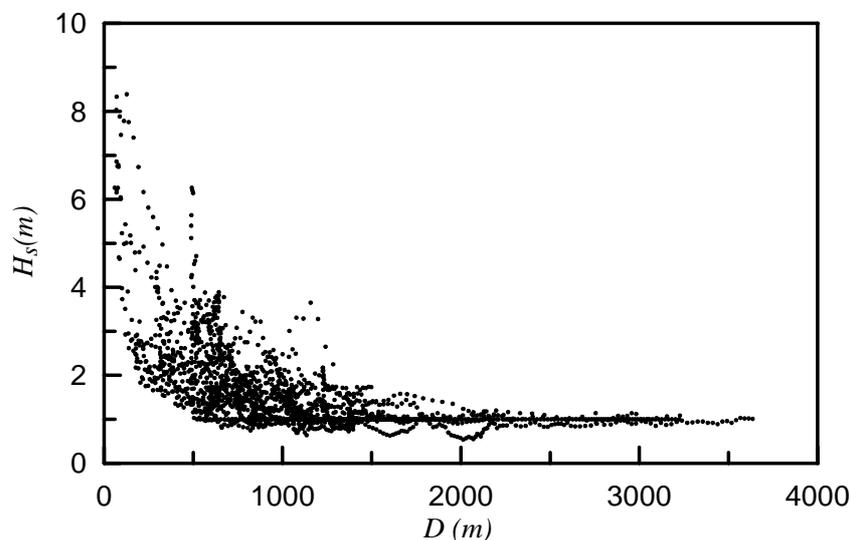


圖 3.6 颱風距離與花蓮觀測站示性波高關係

### 3.2 船隻異動指數探討

根據花蓮港港務局所公布的船隻動態表，表中記錄民國 85 至 93 年颱風期間港內船隻的異動情況，包括颱風來臨之時間、颱風名稱、颱風中心之經緯度、行進方向速度、七級風半徑、十級風半徑、中心最大風速、瞬間最大風速及船隻的動態等資料。本研究整理此表可發現，在颱風來臨期間，船隻動態情形可分成四種為：(1)港池及船隻皆未造成影響；(2)港內產生湧浪但未影響船隻裝卸作業；(3)船隻出港避風未造成斷纜；(4)船隻斷纜等情形。依據此四種船隻動態紀錄和對船隻異動的嚴重性，本研究中將定義為四個等級的船隻異動指數(Index for ship escape, ISE)如下：

1. 船隻異動指數 1：港內船隻及其裝卸作業皆未受影響。
2. 船隻異動指數 2：港內產生湧浪但並未影響裝卸，船隻亦不需出港避風。

3. 船隻異動指數 3：產生之湧浪大到船隻需出港避風，才能避免斷纜可能。
4. 船隻異動指數 4：發生船隻斷纜之最嚴重情況。

依據此 4 種船隻異動指數並配合前述的 60 個颱風加以歸類，如表 3.5 所示。由表中分類可知，其中有 24 場颱風造成船隻斷纜，有 13 場颱風船隻須出港避風，13 場有湧浪的產生，而另有 10 場對船隻沒有造成影響。

**表 3.5 1996 年~2004 年花蓮港船隻異動指數歸類表**

船隻異動指數	颱風名稱	個數
1	貝絲 ( BETH, 1996 )、維琪 ( VICKI, 1998 )、凱特 ( KATE, 1999 )、貝碧佳 ( BEBINCA, 2000 )、巴比崙 ( PRAPIROON, 2000 )、海燕 ( HAIYAN, 2001 )、凱莎娜 ( KETSANA, 2003 )、康森 ( CONSON, 2004 )、蘭寧 ( RANANIM, 2004 )、梅姬 ( MEGI, 2004 )	10
2	彼得 ( PETER, 1997 )、蒂娜 ( TINA, 1997 )、楊妮 ( YANNI, 1998 )、丹恩 ( DAN, 1999 )、辛樂克 ( SINLAKE, 2002 )、莫拉克 ( MORAKOT, 2003 )、科羅旺 ( KROVANH, 2003 )、科羅旺 ( KROVANH, 2003 )、梅米 ( MAEMI, 2003 )、妮妲 ( NIDA, 2004 )、佳芭 ( CHABA, 2004 )、米雷 ( MEARI, 2004 )、馬鞍 ( MA-ON, 2004 )	13
3	魏萊特 ( VIOLET, 1996 )、戴兒 ( DALE, 1996 )、羅西 ( ROSIE, 1997 )、瑪姬 ( MAGGIE, 1999 )、山姆 ( SAM, 1999 )、奇洛基 ( KIROJI, 2000 )、奇比 ( CHEBI, 2001 )、尤特 ( UTOR, 2001 )、柯吉拉 ( KUJIRA, 2003 )、杜鵑 ( DOJUAN, 2003 )、米勒 ( MELOR, 2003 )、舒達 ( SUDAL, 2004 )、桑達 ( SONGDA, 2004 )、納坦 ( NOCK-TEN, 2004 )	13
4	葛樂禮 ( GLORIA, 1996 )、賀伯 ( HERB, 1996 )、莎莉 ( SALLY, 1996 )、薩恩 ( ZANE, 1996 )、伊莎 ( ISA, 1997 )、歐珀 ( OPAL, 1997 )、溫妮 ( WINNIE, 1997 )、安珀 ( AMBER, 1997 )、艾文 ( IVAN, 1997 )、奧托 ( OTTO, 1998 )、瑞伯 ( ZEB, 1998 )、芭比絲 ( BABS, 1998 )、歐佳 ( OLGA, 2000 )、碧利斯 ( BILIS, 2000 )、象神 ( XANGSANE, 2000 )、桃芝 ( TORAJI, 2001 )、雷馬遜 ( RAMMASUN, 2002 )、蘇迪勒 ( SOUDELOR, 2003 )	24

	尹布都( IMBUDO, 2003 ) 艾陶( ETAU, 2003 ) 盧碧( LUPIT, 2003 ) 敏督利( MINDULLE, 2004 ) 艾利( AERE, 2004 ) 陶卡基( TOKAGE, 2004 )	
--	---	--

### 3.3 船舶動態特性分析

為分析花蓮港港內船隻於颱風侵襲期間之動態關係，本研究依據花蓮港務局於民國 85 至 93 年的船隻動態表與期間發生的颱風狀況，詳細分類整理如附錄所示。本節中將依據附錄資料及前節有關花蓮港颱風影響因子分與船隻異動指數之定義，分析說明如下。

#### 3.3.1 颱風規模對船舶動態的影響

表 3.6 係由附錄資料中整理出颱風規模 4 與颱風規模 5 的船隻異動指數情況，由表中得知，在颱風規模 4 以上之颱風其船隻異動指數除了辛樂克(Sinlake)、妮坦(NIDA)、凱莎娜(KETSANA)及梅米(Maemi)為 2 以下，其餘皆為 3 以上，因此依船隻異動指數定義，在颱風規模 4 以上之颱風來襲時，為避免斷纜之可能，船隻原則上需出港避風。

表 3.6 颱風規模與船隻異動指數關係

颱風規模 4				颱風規模 5			
颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數
杜鵑	3	陶卡基	4	溫妮	4	莎莉	4
柯吉拉	3	凱莎娜	1	伊莎	4	艾文	4
奇洛基	3	舒達	3	戴兒	3	芭比絲	4
魏萊特	3	桑達	3	盧碧	4	梅米	2
尹布都	4	米雷	4	瑞伯	4	妮坦	2

蘇迪勒	4			羅西	3	馬鞍	4
辛樂克	2			賀伯	4	佳芭	5
敏督利	4			碧莉絲	4		

### 3.3.2 颱風距離對船舶動態的影響

對港務管理單位而言，當颱風來襲時，掌握颱風規模與行經路徑對港內船隻的影響，是為即早研擬因應對策之重要關鍵。因此，本節中將利用附錄資料分析颱風之影響範圍與船隻異動關係。依據簡及曾(1999)之研究，花蓮港的颱風波浪總作用時間大部份為 1 至 2 日，而總作用時間為由波浪開始明顯增大之時刻起算，至波高達到最大之時間為增大作用時間；同樣選取波高開始明顯消退之時至波高消退回復至平常波高值之時間當做消退作用時間，此兩者之總和為颱風波浪之總作用時間。本研究中將附錄之船隻動態記錄之湧浪產生、船隻出港及船隻斷纜之時間往前推算兩日，當做颱風波浪影響花蓮港船隻停泊之起始點，並將時間調整成格林威治時間(GMT)後，且對照當時颱風之經緯度，繪製出不同颱風規模所產生船隻異動點之可能區域，分別如圖 3.7 至圖 3.11 所示。

由圖 3.7 之結果顯示，颱風規模 1 之船隻異動區域位於東經 $120^{\circ}$ 至東經 $135^{\circ}$ 及北緯 $14^{\circ}$ 至北緯 $22.5^{\circ}$ ；而圖 3.8 為颱風規模 2 之船隻異動區域位於東經 $125^{\circ}$ 至東經 $135^{\circ}$ 及北緯 $14^{\circ}$ 至北緯 $21^{\circ}$ ；圖 3.9 則是颱風規模 3 之船隻異動區域位於東經 $122.5^{\circ}$ 至東經 $135^{\circ}$ 及北緯 $14^{\circ}$ 至北緯 $22.5^{\circ}$ ；由圖 3.10 可知，颱風規模 4 之船隻異動區域位於東經 $125^{\circ}$ 至東經 $136^{\circ}$ 及北緯 $12.5^{\circ}$ 至北緯 $22^{\circ}$ ；圖 3.11 則顯示颱風規模 5 之船隻異動區域位於東經 $125^{\circ}$ 至東經 $137^{\circ}$ 及北緯 $12^{\circ}$ 至北緯 $23^{\circ}$ 。由上述各圖之分析結果可知，在颱風規模為 3 以下時，需較靠近花蓮港才會有船隻可能需出港避難或斷纜的可能；但在颱風規模 4 與規模 5 時，卻從東經  $125^{\circ}$  開始就產生船隻異動。由此可知，颱風規模越大者，其船隻異動之區域離花蓮港越遠，即越早產生船隻異動，且使花蓮港產生船隻異動指數為 2

以上之颱風，大都位於花蓮港之東南方。

綜合上述所言，花蓮港海域因颱風來襲所產生船隻異動區域大約在東經 $120^{\circ}$ 至東經 $138^{\circ}$ 及北緯 $10^{\circ}$ 至北緯 $23^{\circ}$ ，因此，本研究將此影響船隻異動的颱風所在範圍設定於東經 $120^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 、北緯 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之間。

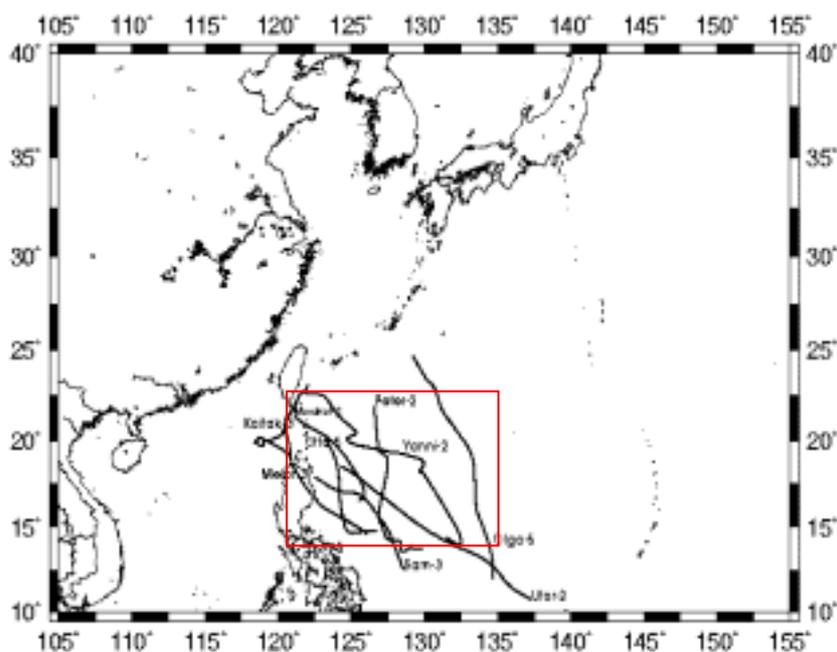


圖 3.7 颱風規模 1 影響船隻異動的範圍

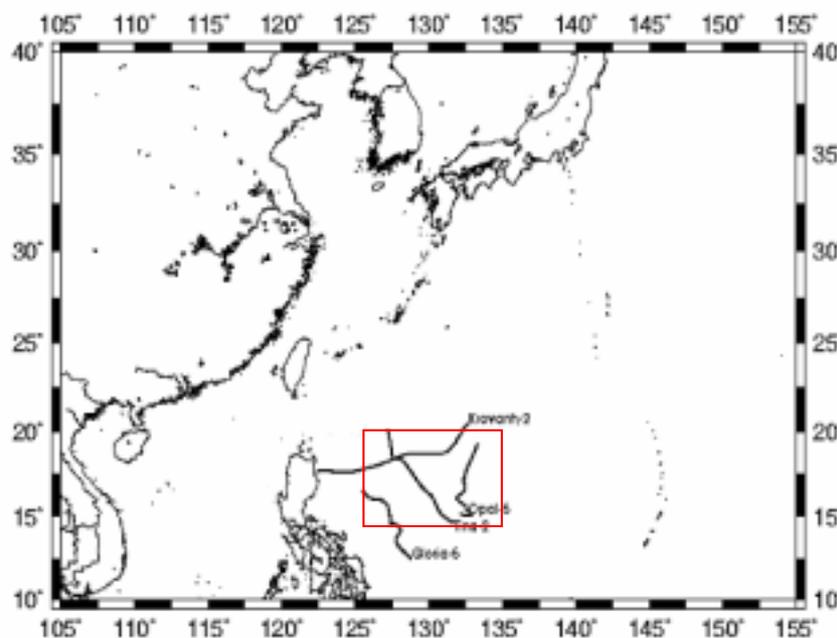


圖 3.8 颱風規模 2 影響船隻異動的範圍

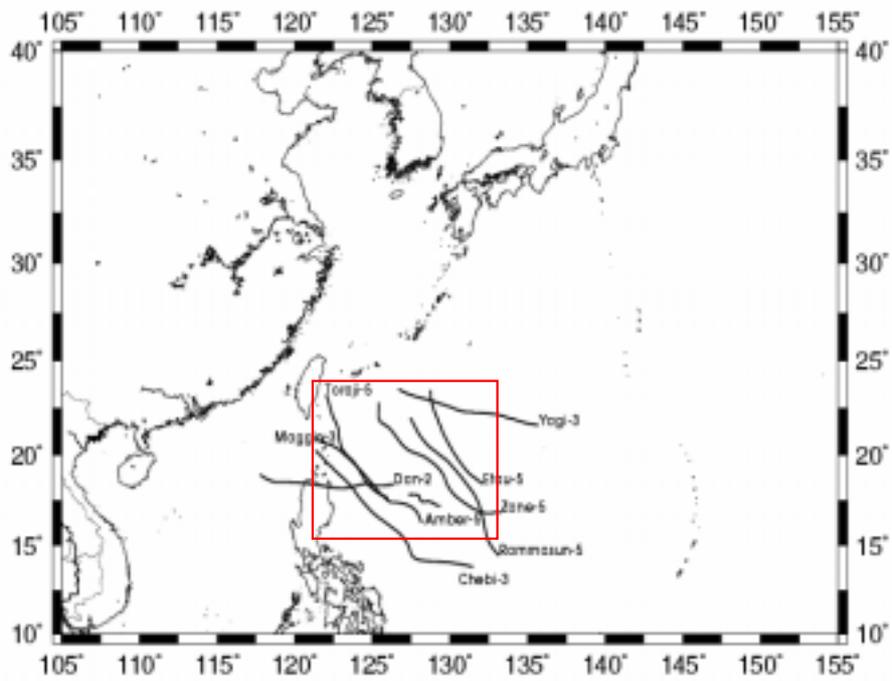


圖 3.9 颱風規模 3 影響船隻異動的範圍

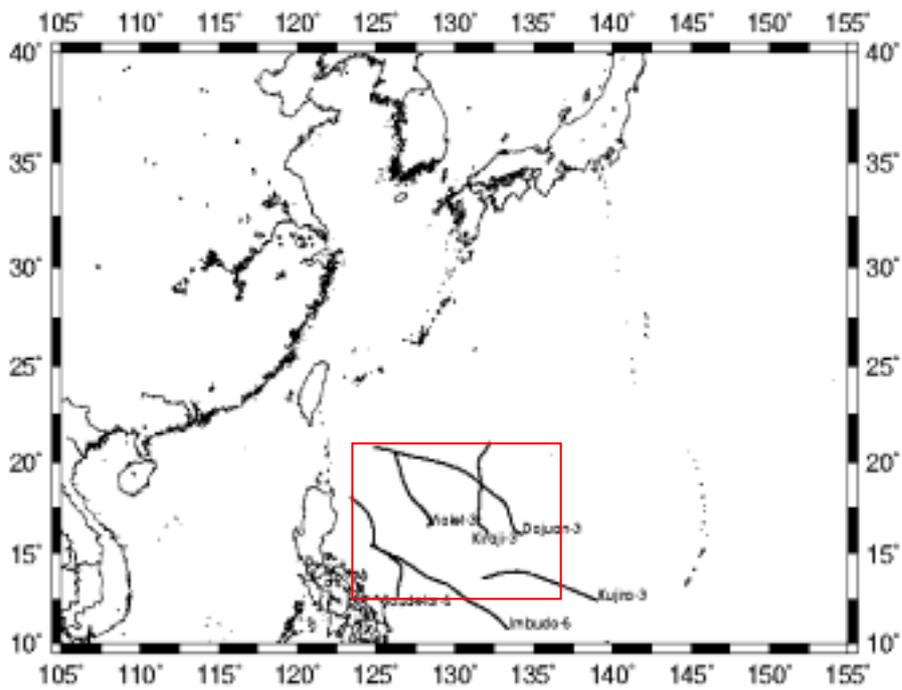


圖 3.10 颱風規模 4 影響船隻異動的範圍

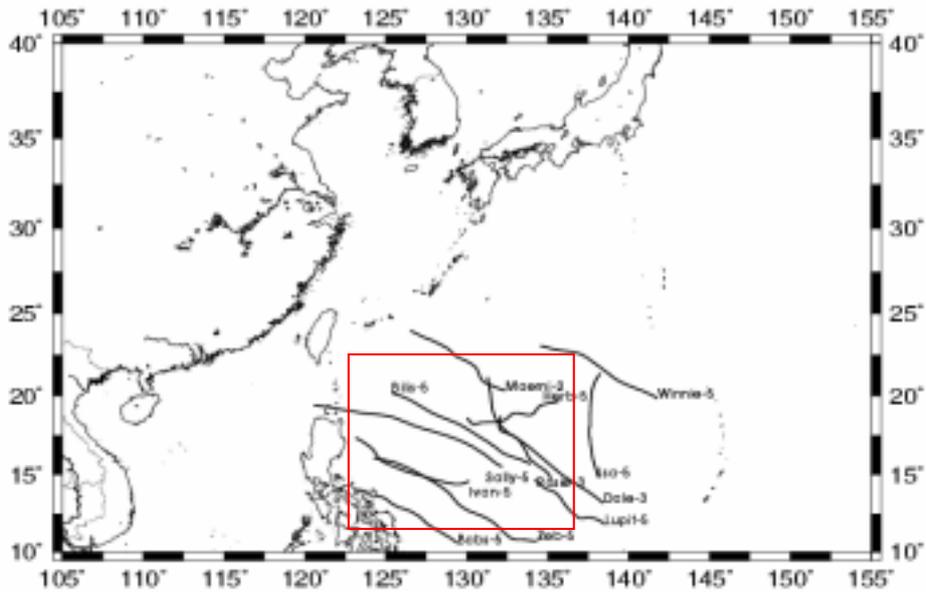


圖 3.11 颱風規模 5 影響船隻異動的範圍

### 3.4 港內外波浪特性與船舶動態關係分析

為更能瞭解颱風期間花蓮港船隻異動情況，本節中擬利用本所港研中心於花蓮港東防波堤外設置之長期海氣象觀測網站波浪資料及最近數年的港內水位量測資料，進行有關港內外波浪與船舶動態關係之分析。分別為（1996-2003）花蓮港外與花蓮港內數據。對應前節之分析期間，表 3.7 與表 3.8 分別為花蓮港內外波浪條件與船隻異動指數的關係。

表 3.7 花蓮港內波浪條件與船隻異動指數關係

颱風名稱	異動指數	$H_{1/3}(m)$	$T_{1/3}(s)$
海燕 ( HAIYAN,2001 )	1	1.49	5.41
諾古力( NOGURI,2002 )	1	0.14	13.25
柯吉拉 ( KUJIRA,2003 )	3	0.23	15.58
南卡 ( NANGKA,2003 )	1	0.10	11.66

蘇迪勒 ( SOUDELOR,2003 )	4	1.37	13.32
尹布都 ( IMBUDO,2003 )	4	0.54	13.13
莫拉克 ( MORAKOT,2003 )	2	0.08	12.10

表 3.8 花蓮港外波浪條件與船隻異動指數關係

颱風名稱	指數	H <sub>1/3</sub> (m)	T <sub>1/3</sub> (s)	颱風名稱	指數	H <sub>1/3</sub> (m)	T <sub>1/3</sub> (s)
葛樂禮 ( GLORIA,1996 )	4	2.08	8.90	葛樂禮 ( GLORIA,1999 )	1	1.25	7.30
賀伯 ( HERB,1996 )	4	2.76	13.20	丹瑞 ( DAMREY,2000 )	1	1.03	7.40
貝絲 ( BETH,1996 )	1	1.57	7.30	龍王 ( LONGWANG,2000 )	1	0.80	6.10
依莎 ( ISA,1997 )	4	2.04	10.80	碧利斯 ( BILIS,2000 )	4	0.50	7.40
里維 ( LEVI,1997 )	1	1.01	6.90	寶發 ( BOPHA,2000 )	1	0.76	6.20
歐珀 ( OPAL,1997 )	4	0.71	6.60	雅吉 ( YAGI,2000 )	3	0.74	7.30
彼得 ( PETER,1997 )	2	2.24	9.90	象神 ( XANGSA,2000NE )	4	1.60	7.10
羅西 ( ROSIE,1997 )	3	1.49	9.30	貝碧佳 ( BEBINCA,2000 )	1	1.30	7.20
溫妮( WINNIE,1997 )	4	2.98	14.50	西馬隆 ( CIMARON,2001 )	1	2.75	6.50
安珀( AMBER,1997 )	4	2.27	12.10	納莉 ( NARI,2001 )	1	1.53	7.70
艾文 ( IVAN,1997 )	4	3.14	12.42	利奇馬 ( LEKIMA,2001 )	2	2.15	7.00
奧托 ( OTTO,1998 )	4	2.29	9.45	海燕 ( HAIYAN,2001 )	1	2.83	6.80
維琪 ( VICKI,1998 )	1	1.16	6.46	諾古力 ( NOGURI,2002 )	1	0.53	6.60
楊妮 ( YANNI,1998 )	2	3.02	8.27	雷馬遜 ( RAMMASUN,2002 )	4	0.75	5.90
瑞伯 ( ZEB,1998 )	4	3.29	10.22	辛樂克 ( SINLAKU,2002 )	1	1.28	7.30
芭比絲( BABS,1998 )	4	3.39	11.66	南卡 ( NANGKA,2003 )	1	0.65	9.795
費絲 ( FAITH,1998 )	1	2.24	8.64	蘇迪勒 ( SOUDELOR,2003 )	4	1.20	11.50
山姆 ( SAM,1999 )	3	0.35	7.40	莫拉克 ( MORAKOT,2003 )	2	0.15	10.55
丹恩 ( DAN,1999 )	2	0.79	7.20				

由於港外波浪觀測時程較長、個數較多，因此先對港外之波浪條件與船隻異動指數進行相關性分析。圖 3.12 與圖 3.13 分別為港外示性波高、示性週期與船隻異動指數之關係，橫座標為異動指數，圖中並依線性迴歸與利用相關係數  $R^2$  做為評估相關與否之參數。

由圖 3.12 結果可知，船隻異動指數與示性波高之相關係數  $R^2$  約為 0.10，由圖 3-6 可知船隻異動指數為 1 時，示性波高發生區間為 0.10~2.83 公尺；船隻異動指數為 2 時，示性波高發生區間為 0.08~3.02 公尺；船隻異動指數為 3 時，示性波高發生區間為 0.23~1.49 公尺；船隻異動指數為 4 時，示性波高發生區間為 0.5~3.39 公尺。

圖 3.13 則為港外示性週期與船隻異動指數之分析結果，其相關係數  $R^2$  約為 0.33。由圖中可知船隻異動指數為 1 時，示性週期發生區間為 5.41~13.25 秒；船隻異動指數為 2 時，示性週期發生區間為 7~12.1 秒；船隻異動指數為 3 時，示性週期發生區間為 7.3~15.58 秒、船隻異動指數為 4 時，示性週期發生區間為 5.9~14.5 秒，其中以船隻異動指數為 4 的週期分布範圍最廣，其區間值約為 8.6 秒。

綜合前述之相關分析結果得知，船隻異動指數於颱風發生時之波高與週期關係呈現較分散的範圍，然而由圖 3.12 船隻異動指數與示性波高之發生區間得知，可能發生斷續情況之異動指數較高時，示性波高亦較大。其結果與颱風規模之船隻異動指數分析有相同的特性，船隻異動指數越高，則波浪特性或颱風規模並非呈線性增加。未來將慎選船隻異動情況，以及依颱風行經分類等因素，進一步進行分析其相關特性。

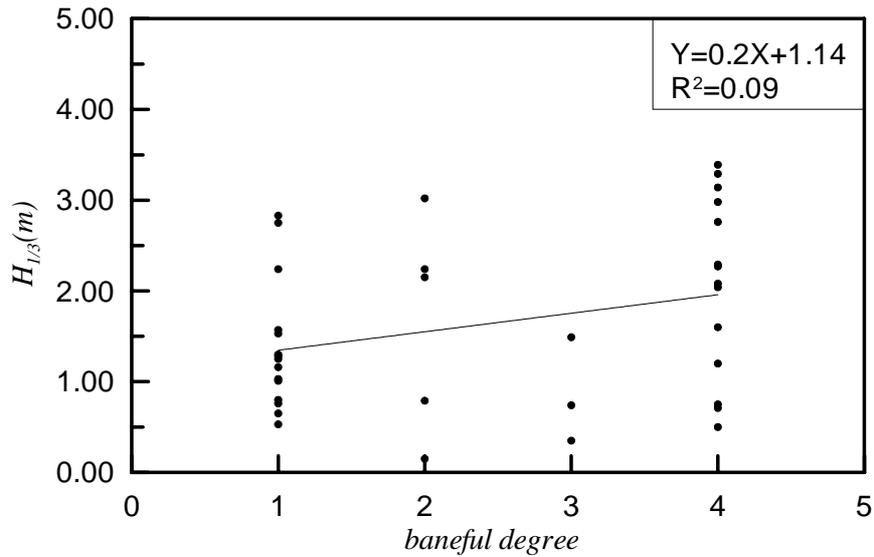


圖 3.12 船隻異動指數與港外示性波高相關性分析

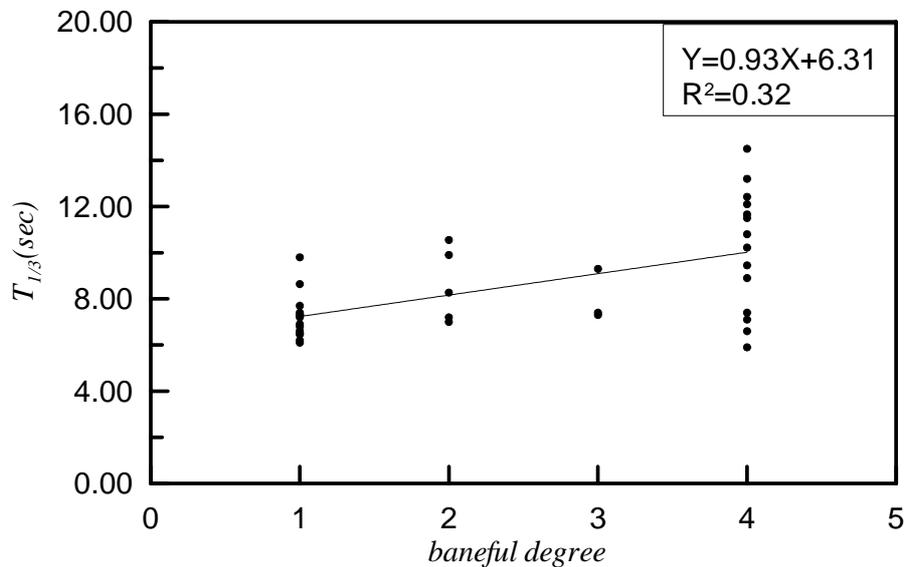


圖 3.13 船隻異動指數與港外示性週期相關性分析

### 3.5 視窗化操作系統之初步建構

依據前節所述，本研究利用包含颱風路徑、颱風規模等颱風影響因子與船隻異動紀錄，初步分析花蓮港船舶動態影響關係，未來將進一步應用類神經網路與模糊理論模式，建立一套可快速計算的視窗化操作系統，提供相關港務單位參考應用。

本視窗化操作系統主要係以圖形化使用者介面(Graphical User Interface)加以提升其操作性以及應用性，此介面以考慮未來船舶動態管理系統建立完成後的各項功能以及各輸出資料來研發，以人性化的操控介面整合而成。在介面外觀方面，採用類似一般使用者常接觸的 Windows 介面樣式來作設計，圖形化的表現能提升本介面與使用者之間的互動。本系統初步建構的圖形化使用者介面有三個主要目標，詳述於下：

### **1.擴展使用者族群**

近年來在專業領域中的應用程式開發，不論是在任何一種作業平台上，都開始趨向於採用對於使用者較為友善的圖形化介面，其目的除了介面視覺上的美觀之外，還能由圖示選項來代替原本程式操作所需要用的指令。如此一來可使原本颱風波浪預報模式的使用者，由原本所需要的富有程式操控能力且有颱風波浪相關知識的工作人員，擴展到擁有颱風波浪相關知識的工作人員。使得本模式的使用範圍更為廣泛，使用者所需具備的程式操控能力限制將會大幅降低。詳細的圖形介面以及完整的說明文件可以讓不具有程式語言能力的使用者輕鬆地就可以利用本介面進行颱風波浪的預測與評估，使用者只要熟練滑鼠的基本操作(單擊、雙擊、拖曳)，就可以完成所有的操作指令。

### **2.增加系統模式操作性**

在系統模式中輸入資料備妥的情況下，本圖形化介面只需使用滑鼠的點選即可完成整個系統資料的預測工作(包含資料輸入至結果輸出)。搭配輸入資料狀態視窗，可以清楚地列出輸入資料的長度，加上中文化介面以及完整的說明文件，提昇本介面的親和力。介面中的開發環境是以目前一般使用者所熟稔的 Windows 系統為基礎，使用者只要能夠具備有 Windows 的基本操作觀念甚至不需要操作手冊就可以對本介面輕鬆上手。

### 3.提升未來自動化環境可行性

本介面的開發不但提供使用者在操作上的便利,並且在開發過程中整合了整個系統模式的運作,整合後的模式可提升對於未來自動化環境的配合度。未來可應用於提供網頁即時預報之用,在無人操作的環境中,直接擷取所需資料並同時以該伺服器作即時發布。

## 第四章 花蓮港域波浪資料補遺與統計分析

海氣象資料品質之良窳與完整性往往影響引用者工作成果的正確性，而此類資料的來源又受觀測儀器設備所左右，依據實務觀測經驗，在較惡劣天候情況，尤其是颱風強大的波浪作用下，量測儀器往往可能受損或遺失，導致量測資料失去連續性或者有失真的情況產生，造致最需要的設計波浪發生估計誤差。因此，本研究中將針對花蓮港附近海域探討精確的波浪資料補遺步驟及方法，同時進行相關的波浪特性統計分析，建構完整的觀測資料庫，除可作為前節所述船舶動態管理系統之應用外，並可作為港灣擴建發展及防災的參考依據。

### 4.1 波浪資料補遺之模式架構

有關波浪資料補遺之模式引用方面，不論參數形式的經驗公式或是數值計算模式，在考量最需要引用的颱風波浪資料，以及對於波浪推算模式的推算誤差都必須對參數或是模式做適當的修正，又因為大部分推算誤差的產生不具規則性，影響因素也不易有效分離或解析，所以推算模式修正的過程往往相當複雜，效果也相當有限。在這一方面，類神經網路模式的自我修正能力相當良好，每次的推算誤差都可以藉由學習的過程，修正模式內各個輸入參數與輸出值的關係。因此，本研究中將應用類神經網路分析方法，作為波浪資料補遺之模式架構。

考量觀測的颱風以及氣象環境資料的不確定性及不準確性、波浪交互作用的複雜性、小尺度的區域特性，要達到計算快速及準確需要付出極大的成本，本研究由推算單一測站的颱風波浪著手，以類神經網路結構計算的方式，提高計算結果準確性的能力。

類神經網路推算模式以目前較常使用的波浪預報模式包括數值模式及參數模式作為建構的基礎，參考的推算模式整理如下：

1. WAM、WW3 能量守恆二維條件下波譜  $N(t, \phi, \theta, \lambda)$  其關係式為：

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (\dot{\phi} N \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (\dot{\lambda} N) + \frac{\partial}{\partial \theta} (\dot{\theta} N) = \frac{S}{\sigma} \dots\dots (4.1)$$

其中  $\theta$  是波浪方向、 $\phi$ 、 $\lambda$  是經度及緯度， $\dot{\phi}$ 、 $\dot{\lambda}$  是群波速度在經度及緯度方向的分量， $\dot{\theta}$  為波浪方向改變率， $S$  是能量的交換總和， $S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot}$ ， $S_{in}$  為風波作用項， $S_{nl}$  為波波間非線性交互作用項， $S_{ds}$  為波浪能量散逸， $S_{bot}$  來自底床摩擦的能量消耗，相關詳細說明可參考前第二章。

2. Bretshneider(1976)提出推算滯留颱風波浪之方法為：

$$H_s = K' \sqrt{R\Delta P} \dots\dots\dots (4.2)$$

其中  $H_s$  為最大風速處之示性波高，單位為  $m$ ， $K'$  值為  $\Omega$ 、 $\sin \phi$ 、 $R$  及  $V_{max}$  之函數，經迴歸分析其結果可表示如下：

$$K' = 0.3335 - 0.4493(X) + 0.4346(X)^2 - 0.153(X)^3 \dots\dots\dots (4.3)$$

$$X = \frac{2\Omega R \sin \phi}{V_{max}} \dots\dots\dots (4.4)$$

移動颱風中最大風速處之波高則修正為：

$$H'_s = H_s \left( 1 + \frac{V_f \cos(\theta + \beta)}{2V_{max}} \right) \dots\dots\dots (4.5)$$

$V_f$  為颱風移動速度， $\theta$  為等壓切線與颱風移動方向之夾角， $\beta$  為傾斜風向中心之夾角。

至於颱風內之波高，則由颱風內示性波高等值分佈圖之相對位置查比值即得該區域波高。而波浪示性週期  $T_s$  與  $H_s$  及風速關係如下

$$T_s = 0.734V_{\max} \tanh \left[ 1.07 \tanh^{-1} \left( \frac{34.81H_s}{V_{\max}^2} \right)^{0.6} \right] \dots\dots\dots(4.6)$$

3. 根據美國海岸保護手冊(1984)，當颱風緩慢移動時，風域內最大示性波高及其週期，與能量指標  $R\Delta p$  (Energy Index) 有關，其公式為：

$$H_{\frac{1}{2}} = 5.03e^{\frac{R\Delta p}{4700}} \left[ 1 + \frac{0.29V_f}{\sqrt{V_{\max}}} \right] \dots\dots\dots(4.7)$$

$$T_{\frac{1}{3}} = 8.60e^{\frac{R\Delta p}{9400}} \left[ 1 + \frac{0.145V_f}{\sqrt{V_{\max}}} \right] \dots\dots\dots(4.8)$$

式(4.7)及式(4.8)中， $H_{\frac{1}{2}}$  單位為  $m$ ， $V_{\max}$  為海面上 10 公尺處之最大風速，其單位為  $m/s$ ， $V_{\max}$  可由下式求得：

$$V_{\max} = 0.387(14.5\Delta p^{\frac{1}{2}} - 0.62R\Omega \sin \phi) + 0.5V_f \dots\dots\dots(4.9)$$

至於颱風圈內其他各處之示性波高分佈，可由緩慢移動颱風內示性波高等值分佈圖(Coastal Engineering Manual, 2005)依相對座標位置

查出相對波高值，再乘以最大示性波高即可得移動颱風內之波高，而此處波浪週期則可由下式求得

$$T_{\frac{1}{3}} = 3.83 \sqrt{H_{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots(4.10)$$

4. Young(1988)利用颱風最大風速 $V_{\max}$ 、颱風移動速度 $V_f$ 、等效風域吹送距離  $F$  與颱風最大風速半徑  $R$  組合計算風域內之最大示性波高為：

$$\frac{F}{R'} = aV_{\max}^2 + bV_{\max} + cV_f^2 + dV_{\max} + eV_f + f \dots\dots\dots(4.11)$$

其中係數  $a = -2.17 \times 10^{-3}$  ,  $b = 1.506 \times 10^{-2}$  ,  $c = -1.223 \times 10^{-1}$  ,  
 $d = 2.190 \times 10^{-1}$  ,  $e = 6.737 \times 10^{-1}$  ,  $f = 7.980 \times 10^{-1}$  , 而  $R'$  可由最大風速半徑  $R$  計算而得：

$$R' = 22.5 \times 10^3 \log R - 70.8 \times 10^3 \dots\dots\dots(4.12)$$

假設波浪的組成符合 JOSNWAP 波譜型式，則在風域內最大風速所產生的最大示性波高可以表示為：

$$\frac{gH_s}{V_{\max}^2} = 0.0016 \left( \frac{gF}{V_{\max}^2} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(4.13)$$

5. Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting(Bureau of Meteorology Research Centre)估算颱風近中心最大風速的最大示性波高為：

$$H_s = 0.20(p_n - p_c) \dots\dots\dots(4.14)$$

$p_n$  為颱風外環境大氣壓， $p_c$  為颱風中心氣壓 ( hPa )

觀察公式(4.1)至(4.14)可以發現，推算過程中輸入資料的正確性以及完整性相當重要，如海底地形資料、颱風規模及風場變化、波浪的交互作用及能量的消散等，若將各個公式影響颱風波浪的因素整合，並考慮波浪推算位置海面 10 公尺高的風速  $V_{10}$ ，颱風波浪示性波高的變化可以表示為：

$$H_s(t) = f_h(\Delta p, V_{\max}, V_f, V_{10}, R, \phi, \lambda, S_{in}, S_{nl}, S_{ds}, S_{bot}, t) \dots\dots\dots (4.15)$$

式(4.15)中， $\Delta p$ 、 $V_{\max}$ 、 $V_f$ 、 $V_{10}$ 、 $R$ 、 $S_{in}$  主要是描述颱風風場與波浪推算位置關係的參數，如果利用參數式颱風模型則可將這 6 個參數整合於颱風模型中，而颱風模型計算颱風風場所需的主要參數為  $V_f$ 、 $\Delta p$  或  $V_{\max}$ ，而  $R$ 、 $V_{10}$  或  $S_{in}$  就可以被計算出來。若將計算範圍、條件限制於固定區域內，地形及地理位置對颱風波浪的影響就可以假設為固定值，因此(4.15)式中  $S_{bot}$  的特性就可以直接反應在波浪行為。為描述颱風位置並因應颱風風場的特性，將  $\phi$ 、 $\lambda$  改以颱風眼為中心的極座標， $r$ 、 $\theta$  代表從颱風眼到波浪推算位置的距離及方位角，另外，假設相同或相似的颱風規模以及颱風路徑和行為，對於相同的地形、環境等具有相似的波浪特性及行為，所以波浪間的交互作用與能量散逸與颱風規模與行為有關，因此可以假設  $S_{nl}$ 、 $S_{ds}$  的影響包括在計算颱風風場及颱風位置的關係中，且假設颱風波浪不具有記憶效應，也就是不考慮延時的影響。另外考慮颱風移動速度  $V_f$ 、颱風最大風速  $V_{\max}$  與颱風波浪傳遞行為有關，所以(4.15)式可以簡化為：

$$H_s = f_h(V_{\max}, V_f, V_{10}, r, \theta) \dots\dots\dots (4.16)$$

若考慮颱風路徑及颱風停滯、加速、轉向等行為時，就必須考慮颱風過去時刻的行為，若考慮延時的效應則式(4.16)可以下式表示：

$$H_{s1}(t) = F_h [f_h(V_{10}, r, \theta, t), f_h(V_{10}, r, \theta, t-1), \dots, f_h(V_{10}, r, \theta, t-n)] \quad (4.17)$$

假設颱風風場內風浪行為會因為颱風行進方向改變，進而影響風場內發展中的風浪時，就必須考慮颱風風場角度的變動，若颱風角度的變動量為 $\theta_1$ 則式(4.17)可以進一步描述為：

$$H_{s2}(t) = F_h [f_h(H_{s1}, r, \theta, \theta_1, t), f_h(H_{s1}, r, \theta, \theta_1, t-1), \dots, f_h(H_{s1}, r, \theta, \theta_1, t-n)] \quad (4.18)$$

為了要分離陸地對颱風風場的影響，將對颱風中心與陸地位置對波浪推算位置與台灣的相對位置進行分類及限制，區分的方式以花蓮港為例如圖(4.1)所示。當颱風中心落在第一區時顯示颱風被陸地遮蔽，對花蓮測站的影響相對較小，當颱風位於第二區時則表示颱風可以直接影響花蓮測站，而對於第一區與第二區的交界位置可以利用位置的時間序列變動描述颱風波浪的特性，所以可以將式(4.18)修正為：

$$H_s(t) = F_h [f_h(H_{s2}, f(r, \theta), t), f_h(H_{s2}, f(r, \theta), t-1), \dots, f_h(H_{s2}, f(r, \theta), t-n)] \quad (4.19)$$

本研究中將針對式(4.19)的方式，建構類神經網路推算波浪資料的模式，並利用收集的颱風氣象與波浪資料進行類神經網路模式的測試與驗證。

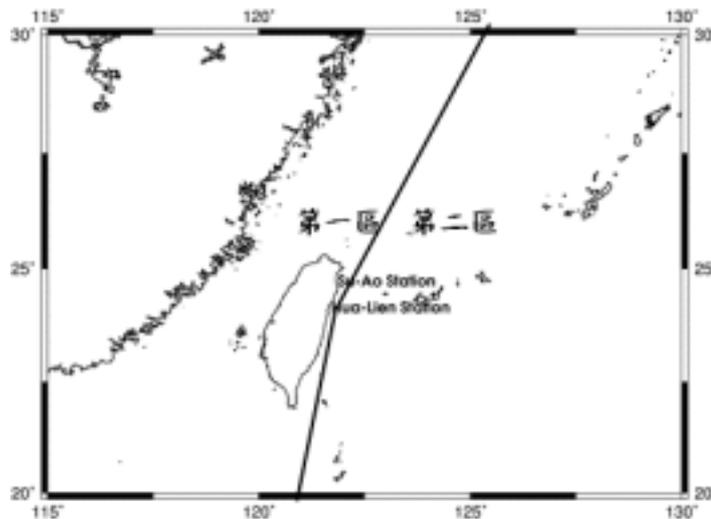


圖 4.1 花蓮觀測站之颱風中心位置區分圖

## 4.2 類神經網路之理論架構

本推算模式主要核心採用類神經網路理論及模糊理論二者合併，類神經網路具備包括(1)高速的計算能力(2)自我學習能力(3)高容量的記憶力(4)容錯的能力等特性。本研究之類神經網路模式係採用倒傳遞類神經網路架構(Backpropagation Neural Network, BPNN)，倒傳遞類神經網路對於線性及非線性函數有良好的模擬能力，而類神經網路在適當的結構組織下能夠模擬有限範圍的隨機函數，也就是類神經結構擁有極佳的記憶能力，模擬能力的好壞受限制於學習資料的完整性及類神經網路結構。有關類神經網路之基本架構及應用推算過程，陳述如下。

人工神經元輸出值與輸入值的關係式，可以表示如下：

$$Y_i = f\left(\sum_j W_{ij} X_j - \theta_i\right) \dots\dots\dots(4.20)$$

式中  $Y_i$  為人工神經元模型的輸出訊號； $f$  則是人工神經元模型的轉換函數(transfer function)，將人工神經元的輸出，經由轉換函數

處理後，得到輸出訊號； $W_{ij}$ 為人工神經元模型連結加權值； $X_j$ 為人工神經元模型的輸入訊號； $\theta_i$ 是人工神經元模型的閾值。

本研究使用 MATLAB 類神經網路軟體，選擇其中的工具程式庫之倒傳遞網路作為颱風推算的工具，倒傳遞類神經網路屬於前向監督式學習網路，其基本原理是利用最陡坡降法 (gradient steepest descent method)，疊代修正誤差函數而使誤差函數達到最小。倒傳遞類神經網路的總體運作學習方式有兩種，一為學習過程，就是網路依既定的學習演算法，從使用的輸入資料中學習，並藉以調整網路連結的加權值；使得網路演算結果與目標輸出值相同；另一種為回想過程，網路依照設定的回想法則，以輸入資料來決定網路的輸出值。

倒傳遞類神經網路學習演算法中，加權值矩陣為  $W_1$  及  $W_2$ ，偏權值量為  $\theta_1$  及  $\theta_2$ ，輸入量為  $X$ ，目標輸出量為  $T$ ，轉換函數則採用雙曲函數 (hyperbolic tangent function)，而網路輸出量為  $Y$ ，網路的學習過程大致可分為下列幾個單元：

#### 1. 計算隱藏層輸出量 $Z$ 與網路輸出量 $Y$

$$net_1 = \sum_i W_{1i} X_i - \theta_1 \dots\dots\dots (4.21)$$

$$Z = f(net_1) = \frac{e^{net_1} - e^{-net_1}}{e^{net_1} + e^{-net_1}} \dots\dots\dots (4.22)$$

$$net_2 = \sum_j W_{2j} X_j - \theta_2 \dots\dots\dots (4.23)$$

$$Y = f(net_2) = \frac{e^{net_2} - e^{-net_2}}{e^{net_2} + e^{-net_2}} \dots\dots\dots (4.24)$$

2. 計算隱藏層差距量  $\delta_1$  與輸出層差距量  $\delta_2$

$$\delta_1 = Z(1-Z)\sum_j (W_{2j}\delta_j) \dots\dots\dots(4.25)$$

$$\delta_2 = (1+Y)(1-Y)(Z-Y) \dots\dots\dots(4.26)$$

3. 計算加權值矩陣的修正量  $\Delta W$

由於監督式學習目的在降低網路的目標輸出值  $T_j$  與網路輸出值  $Y_j$  之間的差距，為了達到這個目的，以誤差函數  $E$  做為修正的加權值指標，並藉由轉換函數降低誤差函數值，誤差函數  $E$  設為：

$$E = \frac{1}{2} \sum_j (T_j - Y_j)^2 \dots\dots\dots(4.27)$$

此時加權值的修正量可表示為：

$$\Delta W = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial W} \dots\dots\dots(4.28)$$

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = -\delta_j^n A_i^{n-1} \dots\dots\dots(4.29)$$

其中  $\eta$  為學習速率(learning rate)，主要控制每次誤差函數最小化的速率快慢， $\delta_j^n$  為  $W_{ij}$  所連結第  $n$  層之處理單元差距量， $A_i^{n-1}$  為  $W_{ij}$  所連結第  $n-1$  層之處理單元值。

4. 隱藏層與輸出層加權值矩陣  $W_1$ 、 $W_2$  及偏權值向量  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  分別以  $W_1 = W_1 + \Delta W_1$ ； $\theta_1 = \theta_1 + \Delta \theta_1$ ； $W_2 = W_2 + \Delta W_2$ ； $\theta_2 = \theta_2 + \Delta \theta_2$  方式更新。

當倒傳遞類神經網路經過輸入值與目標輸出值一次的學習，便算是經過一個學習的循環，而學習循環的次數將取決於誤差函數收斂與否以及是否達到容許的誤差量。一般而言，倒傳遞類神經網路較其他的類神經網路需要較多的學習循環次數。由測試用的資料數據，利用學習完成的網路參數進行網路回想的過程，由網路回想過程得到的網路輸出值與目標輸出值比較，以評估網路學習的精度。

為了能評鑑倒傳遞類神經網路的網路學習的效能，本研究中以採用均方根誤差量(Root Mean Squared Error)做為評鑑指標，計算式如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n (T_i - Y_i)^2} \dots\dots\dots(4.30)$$

其中  $n$  為學習資料的筆數

式(4.16)及式(4.17)中的  $V_{max}$ 、 $V_f$ 、 $V_{10}$ 、 $r$  具有連續的特性， $\theta$  為颱風中心與波浪推算位置的方位角，在颱風行進的路徑可能發生角度不連續的現象，因此類神經網路採用兩個隱藏層的架構解決不連續的問題，若將颱風示性波浪與週期合併考量於推算模式時，因此式(4.17)至式(4.19)的類神經網路模式可以表示為三個計算階段：

$$O_1 = f_1(W_{S2 \times S1} \cdot f_1(W_{S1 \times (R \cdot n)} [I_{1R \times 1}]_{n \times 1} + b_{S1 \times 1}) + b_{S2 \times 1}) \dots\dots\dots(4.31)$$

$$O_2 = f_2(W_{S2 \times S1} \cdot f_1(W_{S1 \times (R \cdot n)} [I_{2R \times 1}]_{n \times 1} + b_{S1 \times 1}) + b_{S2 \times 1}) \dots\dots\dots(4.32)$$

$$O = f_3(W_{S2 \times S1} \cdot f_1(W_{S1 \times (R \cdot n)} [I_{3R \times 1}]_{n \times 1} + b_{S1 \times 1}) + b_{S2 \times 1}) \dots\dots\dots(4.33)$$

模式的輸出  $O_1 = \begin{bmatrix} H_{s1} \\ T_{s1} \end{bmatrix}$   $O_2 = \begin{bmatrix} H_{s2} \\ T_{s2} \end{bmatrix}$   $O_3 = \begin{bmatrix} H_s \\ T_s \end{bmatrix}$ ，輸入函數  $I_1 = [V_{10} r \theta]^T$ ， $I_2 = [O_1 r \theta \theta_1]^T$   $I_3 = [O_2 f(r, \theta)]^T$ ，輸入資料延時  $n_0$ 。

以式(4.17)至式(4.19)為基礎的模式，利用測站的風速 $V_{10}$ 、颱風位置 $r$ 、 $\theta$ 、颱風行進方向變動 $\theta_1$ 及地形修正函數 $f(\theta, r)$ 作為輸入參數，以颱風 24 個小時內移動的位置建立颱風軌跡、風速與示性波高及週期間的關係。第一階段模式的輸入為 24 個小時內的 $V_{10}$ 、 $r$ 及 $\theta$ 的資料，為降低類神經網路結構的複雜性，將以每 2 小時的 $V_{10}$ 、 $r$ 及 $\theta$ 的資料值為輸入資料，即  $t$ 、 $t-2$ 、 $t-4$ ..... $t-24$  時刻的 $V_{10}$ 、 $r$ 及 $\theta$ 共 39 個。在類神經組織結構第一個隱藏層使用 80 個神經元，第二個隱藏層採用 40 個神經元，輸出為 $O_1$ ，網路結構可表示為 (39-80-40-2)。

第二階段為每 2 小時的 $O_1$ 、 $r$ 、 $\theta$ 及 $\theta_1$ 的資料值為輸入資料，即  $t$ 、 $t-2$ 、 $t-4$ ..... $t-12$  時刻的資料共 28 個，輸出為 $O_2$ ，網路結構可表示為 (28-80-40-2)。第三階段為每 2 小時的 $O_2$ 及 $f(\theta, r)$ 的資料值為輸入資料，即  $t$ 、 $t-2$ 、 $t-4$ ..... $t-12$  時刻的資料共 28 個，輸出為颱風波浪之示性波高與週期 $O$ ，網路結構可表示為 (28-80-40-2)。圖 4.2 即為本推算模式之架構示意圖。

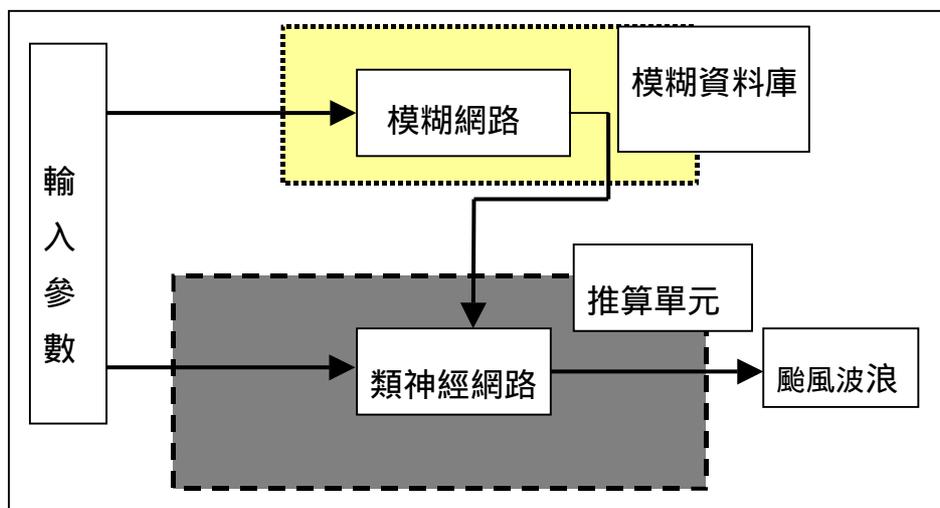


圖 4.2 類神經網路推算模式之架構

### 4.3 颱風波浪資料補遺之分析

#### 4.3.1 類神經網路推算模式之檢測

應用前節之類神經網路推算模式的操作說明，本研究中首先對建置之推算模式進行檢測，推算模式之檢測係以模式學習及模式檢驗兩部份分別進行。利用花蓮港之颱風波浪，模式中學習的颱風場次共有 9 場颱風波浪資料，如表 4.1 所示；而檢驗的颱風場次共有 8 場颱風，如表 4.2 所示。

**表 4.1 類神經網路推算模式之波浪學習資料**

花蓮港測站			
年代	颱風名稱	颱風資料時段	波浪資料時段
1997	LEVI	05/25(1800)~05/30(0600)	05/25(1800)~05/30(0600)
	OPAL	06/15(0600)~06/21(0600)	06/15(0600)~06/21(0600)
	PETER	06/23(0600)~06/29(0000)	06/23(0600)~06/29(0000)
1998	OTTO	08/02(0000)~08/05(0600)	08/02(0000)~08/05(0600)
1999	SAM	08/18(0600)~08/23(0000)	08/18(0600)~08/23(0000)
2000	JELAWAT	08/01(0000)~08/11(0000)	08/03(0800)~08/11(0000)
	BILIS	08/18(0600)~08/24(0000)	08/18(0600)~08/22(1200)
	BOPHA	09/05(1800)~09/11(0600)	09/08(0400)~09/11(0600)
	YAGI	10/22(1200)~10/27(0600)	10/22(1200)~10/27(0600)

**表 4.2 類神經網路推算模式之波浪檢驗資料**

花蓮港測站			
年代	颱風名稱	颱風資料時段	模式計算時段
1996	HERB	07/23(0600)~08/01(1200)	07/23(0600)~08/01(1200)
1998	ZEB	10/09(1800)~10/17(1200)	10/09(1800)~10/17(1200)
2001	CIMARON	05/07(0000)~05/14(1200)	05/07(0000)~05/14(1200)
	LEKIMA	09/22(0000)~09/29(1800)	09/22(0000)~09/29(1800)
	TORAJI	07/25(1800)~07/31(1200)	07/25(1800)~07/31(1200)

	CHEBI	06/19(1800)~06/24(0000)	06/19(1800)~06/24(0000)
2003	DUJUAN	08/30(0000)~09/03(0000)	08/30(0000)~09/03(0000)
	VAMCO	08/19(0000)~08/20(1200)	08/19(0000)~08/20(1200)

本推算模式之檢測指標包括：相關係數  $R$ 、均方根誤差  $RMS$ 、最大示性波高誤差  $\Delta H_{sp}$ ，最大示性波高發生時間誤差  $\Delta t_p$ ，表示方式如下：

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [H_{sm}(t_i) - H_{sp}(t_i)]^2} \dots\dots\dots (4.34)$$

$$\Delta H_{sp} = H_{sp,p} - H_{sp,m} \dots\dots\dots (4.35)$$

$$\Delta t_p = t_{p,p} - t_{p,m} \dots\dots\dots (4.36)$$

其中  $H_{sp,m}$  及  $H_{sp,p}$  為實測與模式預測最大示性波高，而  $t_{p,m}$  及  $t_{p,p}$  為實測與模式預測最大示性波高發生時間。表 4.3 與表 4.4 分別為前述颱風波浪資料之學習與檢驗的測試結果。

**表 4.3 模式學習指標  $R$ ,  $RMS$ ,  $\Delta H_{sp}$  and  $\Delta t_p$  測試結果**

	Levi	Opal	Peter	Otto	Sam	Jelawat	Bilis	Boph	Yagi
$R$	0.50	0.39	0.90	0.88	0.90	0.63	0.90	0.88	0.67
$RMS$ (m)	0.31	0.37	0.30	0.68	0.54	0.28	0.70	0.39	0.73
$\frac{RMS}{H_{spm}}$	0.16	0.19	0.12	0.08	0.14	0.15	0.08	0.14	0.25
$\Delta H_{sp}$	0.06	-0.20	-0.48	-0.96	-0.34	-0.02	-1.20	0.30	1.00

(m)									
$\frac{\Delta H_{sp}}{H_{spm}}$	0.03	0.10	0.15	0.12	0.09	0.01	0.14	0.11	0.35
$\Delta t_p$ (hr)	5	0	0	0	2	0	-3	5	4
$H_{spm}$	1.92	1.97	3.19	8.03	3.89	1.97	8.39	2.78	2.89

表 4.4 模式測試指標 R, RMS,  $\Delta H_{sp}$  and  $\Delta t_p$  測試結果

	Fred	Kent	Haiyan	Rananim	Aere	Maggie*
R	0.94	0.92	0.82	0.89	0.89	0.87
RMS (m)	0.35	0.45	0.51	0.39	0.68	0.66
$\frac{RMS}{H_{spm}}$	0.05	0.07	0.11	0.12	0.17	0.11
$\Delta H_{sp}$ (m)	0.50	-1.14	-0.30	0.51	0.60	0.30
$\frac{\Delta H_{sp}}{H_{spm}}$	0.07	0.18	0.07	0.16	0.15	0.05
$\Delta t_p$ (hr)	1	0	0	0	3	0
$H_{spm}$	6.75	6.29	4.49	3.29	4.09	5.96

#### 4.3.2 颱風波浪補遺之操作

應用前述類神經網路推算模式進行颱風波浪資料補遺之實例操作，本研究本年度先以既有的颱風波浪資料進行資料補遺之比對驗證工作。模式驗證分別以假設須整場資料補遺及部份資料補遺進行，相關分析結果如下。

## 1. 整場颱風波浪資料之補遺

當颱風波浪資料在颱風事件中遺缺時，直接可藉由歷史颱風氣象資料作為模式輸入，首先以完全沒有波浪資料情況下，藉由執行模式程式推算颱風波浪後得到推算的颱風波浪資料。圖 4.3 與圖 4.4 分別為花蓮港 2004 年蘭寧颱風(RANANIM)及艾利颱風(AERE)之示性波高的補遺推算結果，圖中 NN Model 值即為假設完成無波浪資料情況下的整場補遺結果，而另一實線則為實際之觀測資料。由圖中結果比較，於最大波浪處，波高值或延時皆有稍許差異，此對實際應用而言，本推算模式具有資料補遺之良好功能。

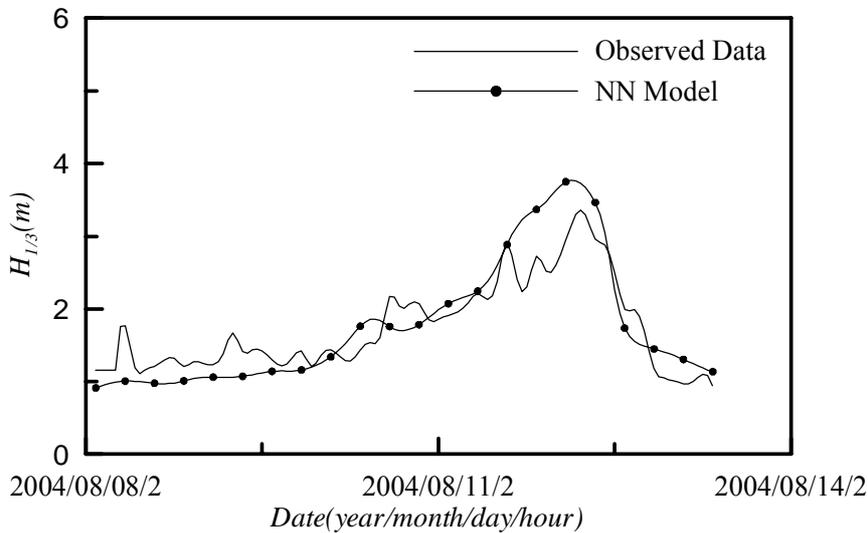


圖 4.3 花蓮港 2004 年蘭寧(RANANIM)颱風之整場示性波高補遺比較

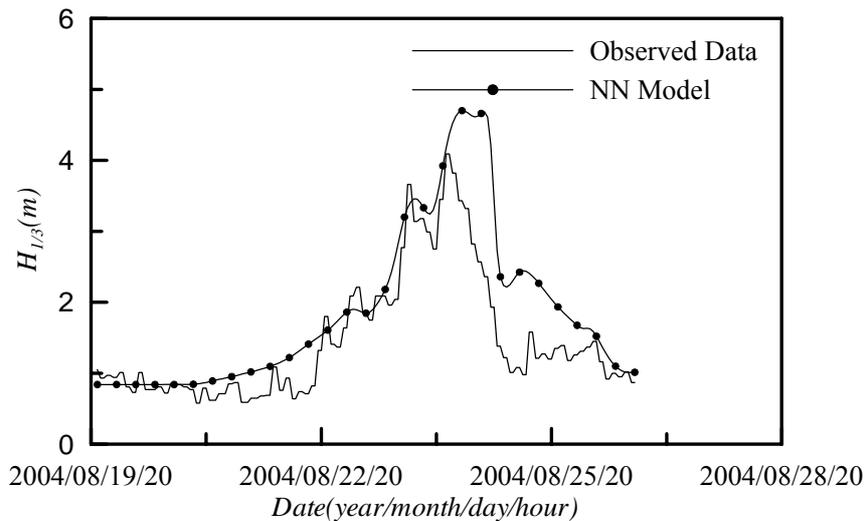


圖 4.4 花蓮港 2004 年艾利(AERE)颱風之整場示性波高補遺比較

## 2. 部份颱風波浪資料之補遺

當颱風波浪資料僅有部分缺遺時，利用模式進行颱風波浪推算，將缺少的資料進行補遺。補遺資料與實測資料的連結方式，可以利用缺遺資料的前六小時波高計算實測資料與補遺資料的平均誤差值後，採用資料平移修正方式修正與實測資料的誤差。圖 4.5 為假設 2004 年蘭寧颱風侵襲臺灣時，花蓮港測站於 2004 年 8 月 9 日 20 時故障而無資料紀錄，本推算模式的波浪資料補遺結果。而圖 4.6 則是假設艾利颱風之波浪資料於 2004 年 8 月 23 日 14 時開始失去記錄後的資料補遺結果。

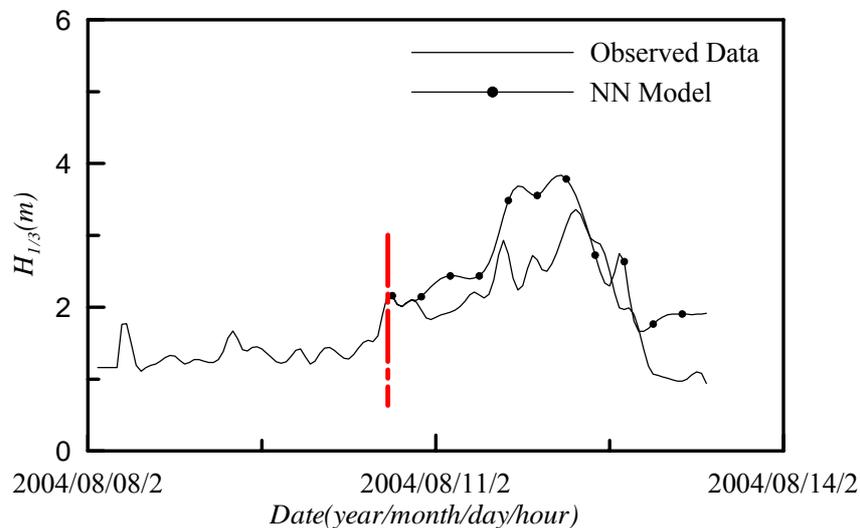


圖 4.5 花蓮港 2004 年蘭寧(RANANIM)颱風之部份示性波高補遺比較

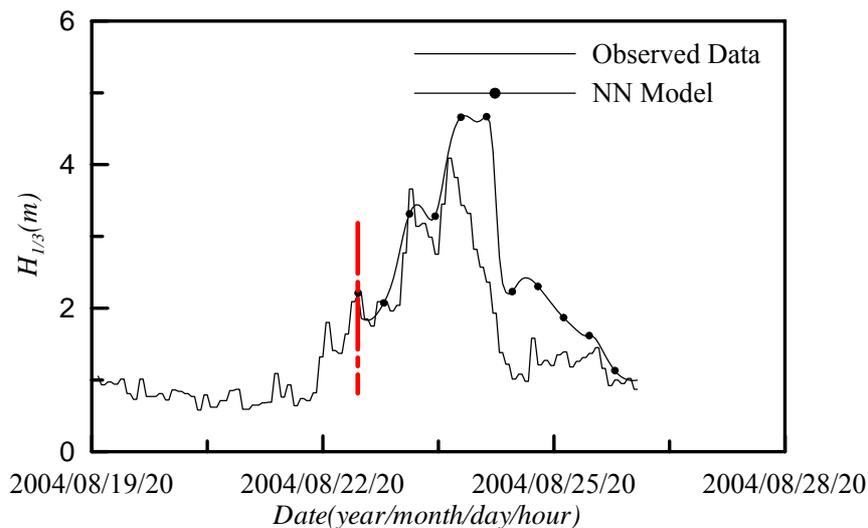


圖 4.6 花蓮港 2004 年艾利(AERE)颱風之部份示性波高補遺比較

## 4.4 波浪資料之統計分析

### 4.4.1 統計分析模式簡介

一般而言，風浪所造成的水面變化具有多方向不規則性，而以單點之水位計量測的水面變化只是時間軸上的訊號，無法顯示其方向分佈性，即所謂一維的不規則波。一般的波形信號，在統計分析上首先必須將其離散化，再以各個離散的水變位數據作成直方圖 (histogram)，以瞭解其機率分佈。理論上，假設海面上的風浪是由無限多的線性獨立成份波疊加而成，不論各成份波振幅變化的機率分佈為何，其疊加而成的最終波形之水面變位，依照統計學上的中央極限定理 (central limit theorem)，認為其必成一個常態分佈 (normal distribution) 的機率分佈，而波高的機率密度函數則是 Rayleigh 分佈的情形。本研究選取其他常用於工程或科學的 Weibull Gamma 及 Normal 三種機率分佈函數，並與 Rayleigh 分佈進行波高統計分析比較，分別計算出誤差均方根 RMS 與相關係數 R2 這兩參數為評估指標，以此來判定何者為最適當之機率密度函數。以下為相關機率密度函數之簡介。

#### 1. 常態分佈

$f(x; \mu, \sigma)$  為常態分佈的機率密度函數，示如式(4.37)

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0 \quad \dots\dots\dots(4.37)$$

常態分佈主要有兩個參數， $\sigma$  為標準偏差 (standard deviation)， $\mu$  為平均值 (mean value)。且由式 (4.38) 及式 (4.39) 推算標準偏差及平均值，其不同參數變化之機率分佈示如圖 4.7。

$$\hat{\mu} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \dots\dots\dots(4.38)$$

$$\hat{\sigma}^2 = s^2 = \frac{1}{N-1} (\sum_{i=1}^N x_i - \bar{x})^2 \dots\dots\dots(4.39)$$

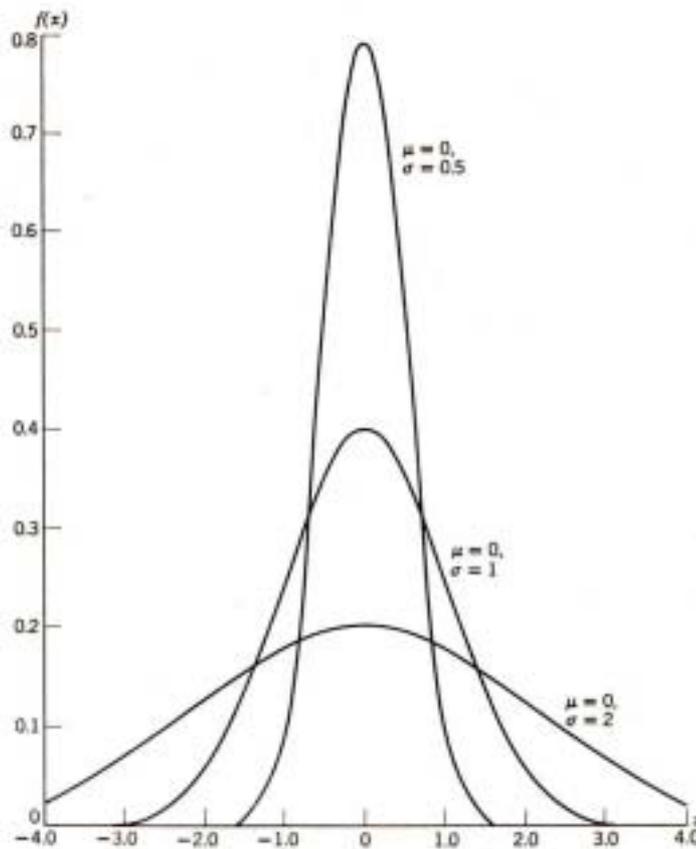


圖 4.7 不同參數變化之 Normal 機率密度分佈圖

2. Gamma 分佈

$f(x;\eta,\lambda)$  為 Gamma 分佈的機率密度函數，示如式(4.40)

$$f(x;\eta,\lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^\eta}{\Gamma(\eta)} x^{\eta-1} e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \eta > 0, \lambda > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \dots\dots\dots(4.40)$$

其中  $\Gamma(\eta) = \int_0^{\infty} x^{\eta-1} e^{-x} dx$  為 Gamma 函數，Gamma 函數中的兩個參數計算方式如下式，而不同參數變化之 Gamma 機率分佈則示如圖 4.8

$$\hat{\lambda} = \frac{\bar{x}}{s^2}, \quad \hat{\eta} = \hat{\lambda} \bar{x} \dots\dots\dots (4.41)$$

當  $\lambda = 1/2$  和  $\eta = n/2, n=1,2,\dots$  時，其分佈函數為卡方分佈 (Chi-square distribution)，為 Gamma 分佈的特例。當  $\eta=1$  時，其分佈函數為指數分佈 (Exponential distribution)，亦是 Gamma 分佈的特例。

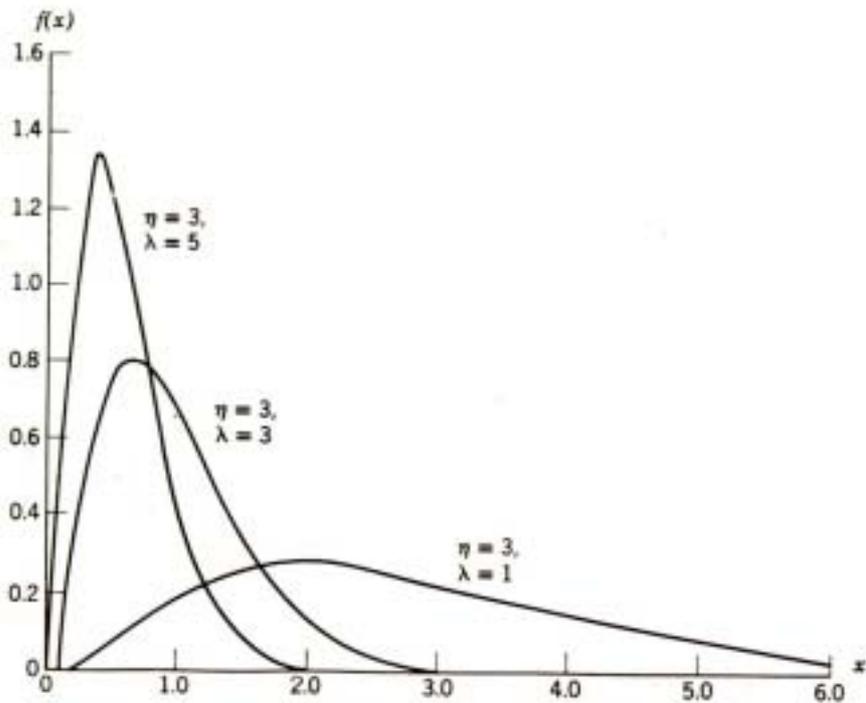


圖 4.8 不同參數時之 Gamma 機率分佈

### 3. Rayleigh 分佈

$f(x; a)$  為 Rayleigh 分佈的機率密度函數，示如式 (4.42)

$$f(x; \sigma) = \begin{cases} \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x \geq 0, \sigma > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \dots\dots\dots (4.42)$$

其中  $\sigma$  為一參數且其不同參數變化之機率密度如圖 6-3 所示

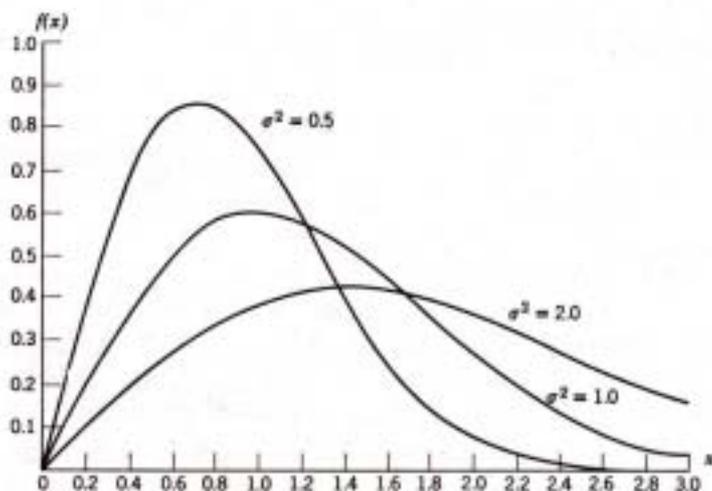


圖 4.9 不同參數變化之 Rayleigh 分佈

#### 4. Weibull 分佈

$f(x; \eta, \sigma)$  為 Weibull 分佈的機率密度函數，示如式 (4.43)

$$f(x; \eta, \sigma) = \begin{cases} \frac{\eta}{\sigma} \left(\frac{x}{\sigma}\right)^{\eta-1} e^{-\left(\frac{x}{\sigma}\right)^\eta}, & x \geq 0, \eta > 0, \sigma > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \dots\dots\dots(4.43)$$

其中  $\sigma$  和  $\eta$  為兩參數值，其不同參數變化之機率密度如圖 4.10 所示

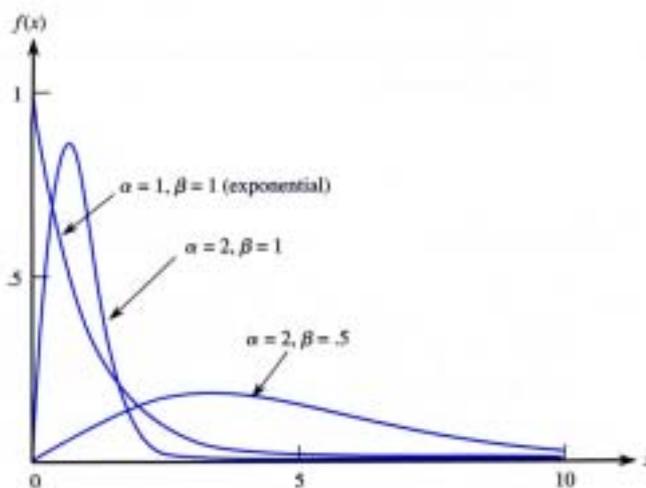


圖 4.10 不同參數之 Weibull 機率密度分佈

藉由上述各種機率密度函數之敘述，本文將利用所收集之波浪時序資料進行統計分析，分析資料為平時及颱風期間港內波浪時序資料共兩筆，平時量測的時間間隔為 4Hz，颱風期間時間間隔則為 2Hz。並以此探討最適之機率分析與分組組數對於資料分佈之密度函數的差異，誤差均方根 RMS 與相關係數  $R^2$ ，來評估其適用性，其統計分析流程圖如圖 4.11 所示，由圖中可知波高之機率密度分析步驟，乃由原始水位資料統計後，進行零上切法，得到波高時序值，以此進行計算並繪出實際波高機率密度直方圖。藉由波高時序資料求得不同機率密度分佈之參數，以獲得對應的理論密度分佈函數，而以最大概似法（Maximum Likelihood Estimator, MLE）求解各理論機率分佈之參數，其各參數值均落在 95%信賴區間，最後再根據分組組數與資料分佈的特性，以 RMS 及  $R^2$  探討最適之機率密度分佈特性。

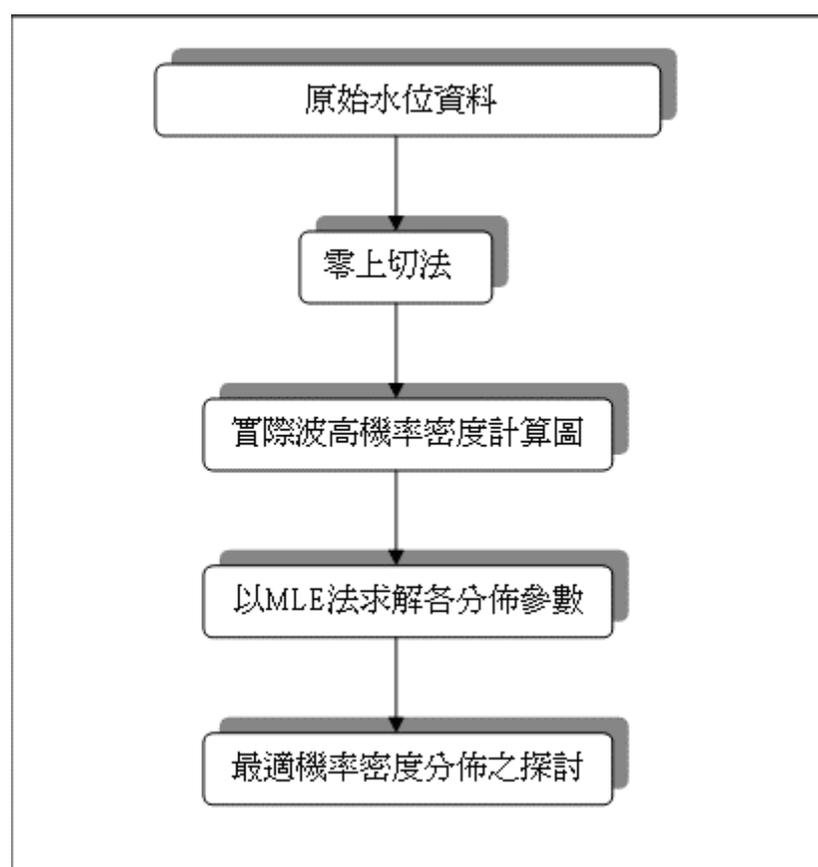


圖 4.11 波高機率密度分析流程圖

#### 4.4.2 波高與水位之統計特性

本研究以圖 4.11 之流程進行波高機率密度分析，圖 4.12 及圖 4.13 為平時及颱風期間港內波浪時序圖，圖 4.14 為波浪水位時序資料之機率分析結果，由圖 4.14 可知水位分佈，較符合 Normal 分佈。且經由上述流程即可求解並繪出平時與颱風波高機率密度分佈圖，示如圖 4.15 及圖 4.16。

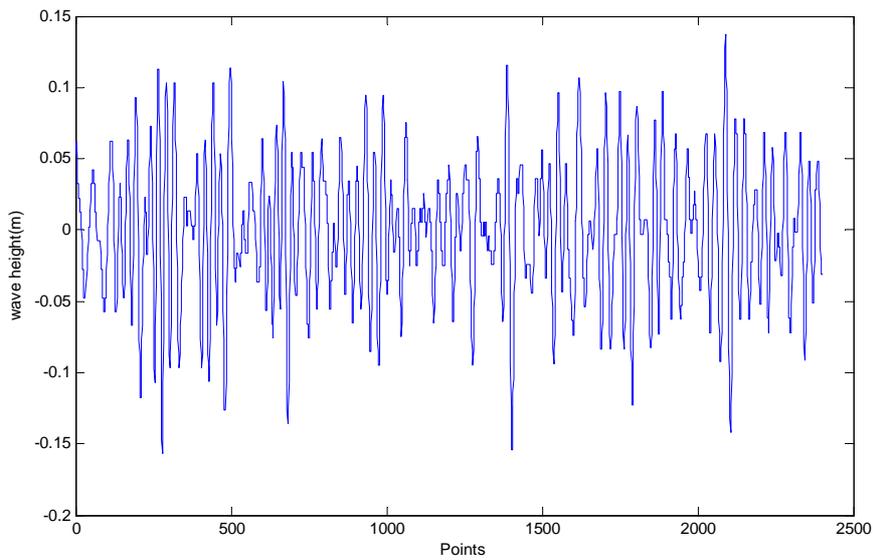


圖 4.12 平時港內波浪時序圖

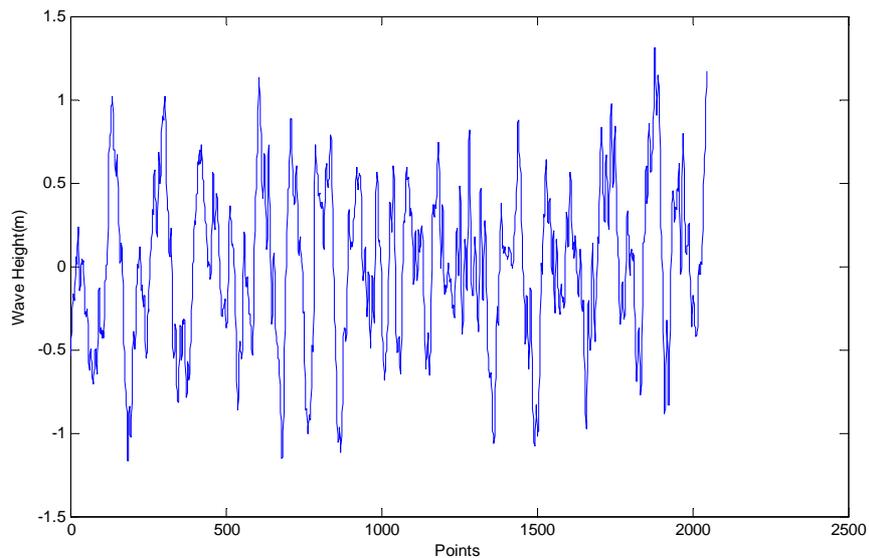


圖 4.13 颱風港內期間波浪時序圖

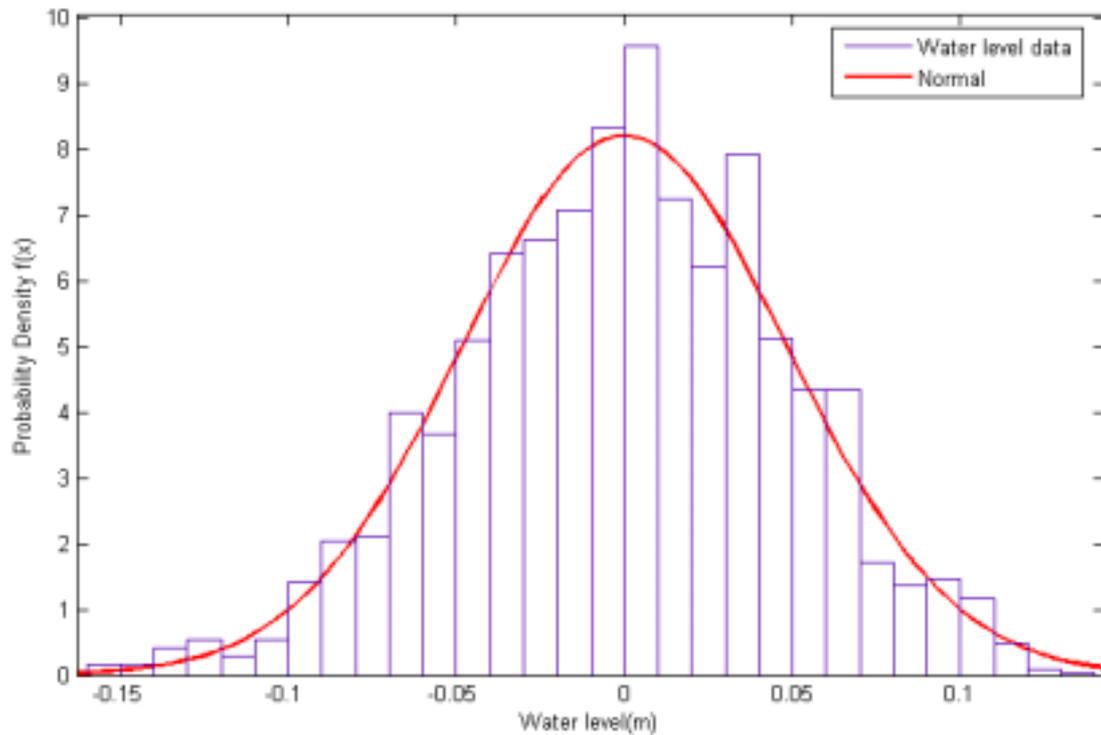


圖 4.14 波浪時序機率分佈分析圖

各機率密度函數描述平時與颱風時波高之適用指標，RMS 及  $R^2$  示如表 4.5。由表 4.5 及圖 4.15、圖 4.16 可知，平時波浪資料最符合 Weibull 分佈，其 RMS 為 1.02， $R^2$  為 0.82，而颱風波浪則最符合 Gamma 分佈，其 RMS 為 0.21， $R^2$  為 0.68，由此可知誤差均方根與相關係數可較客觀的判斷最適之波高機率分佈。

表 4.5 波高機率分佈之最適性比較表

波高類別	Gamma		Normal		Rayleigh		Weibull	
	<i>RMS</i>	$R^2$	<i>RMS</i>	$R^2$	<i>RMS</i>	$R^2$	<i>RMS</i>	$R^2$
平時波浪	1.40	0.68	0.82	0.89	1.06	0.81	1.02	0.82
颱風波浪	0.21	0.68	0.28	0.39	0.24	0.56	0.23	0.59

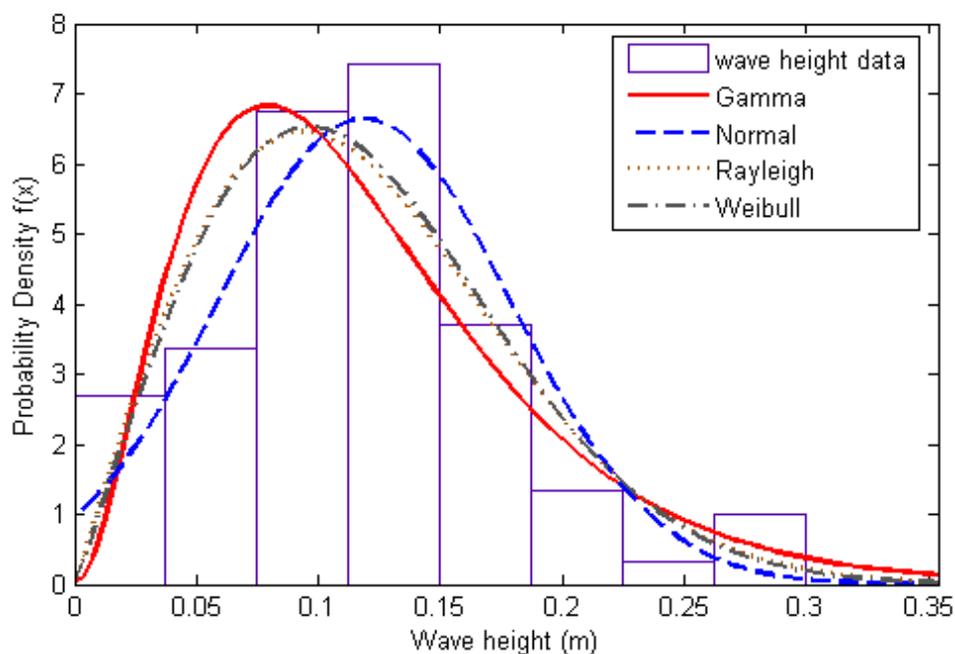


圖 4.15 平時波浪機率密度函數分佈比較圖

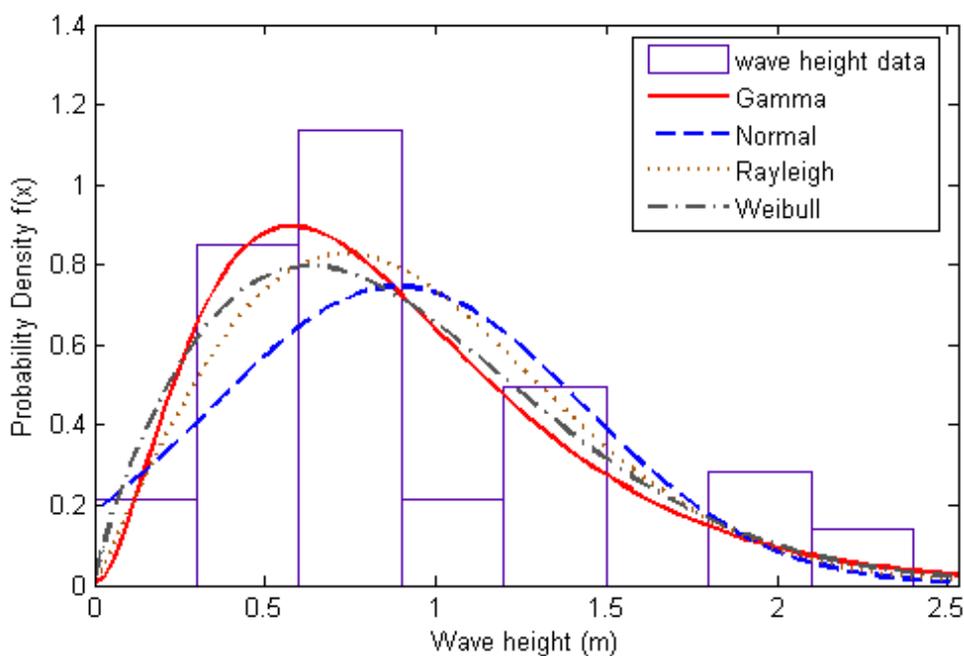


圖 4.16 颱風期間波浪各種機率密度函數分佈圖

本文為探討不同組數對理論機率分佈之 RMS 及 R2 關係是否有影響，因此茲將平時波浪資料分成六組與十組分別比較，並繪至波高機率密度分析圖中，分別示如圖 4.17 及圖 4.18。圖 4.17 之 RMS 為 0.565，R2 為 0.939，圖 4.18 之 RMS 為 1.163，R2 為 0.770。因此可知不同組

數確實會影響機率分佈是否為最適，因此本研究於未來將探討組數與最適之機率分佈相關之分析，經由波高機率分佈分析後，即可進行理論及實際示性波高之統計特性比較。

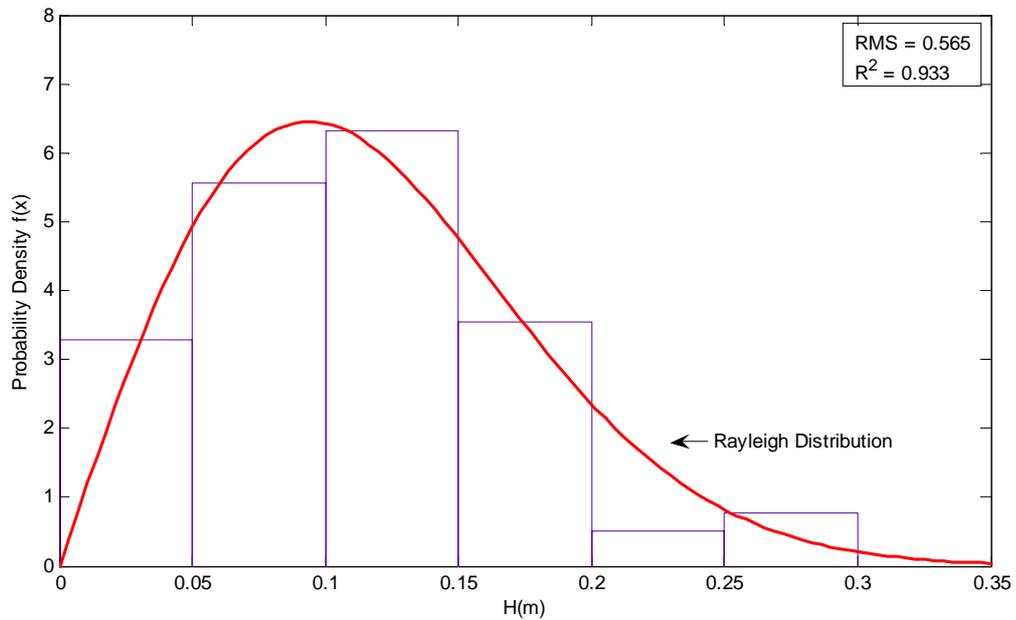


圖 4.17 組數為六組之機率密度與 Rayleigh 分佈圖

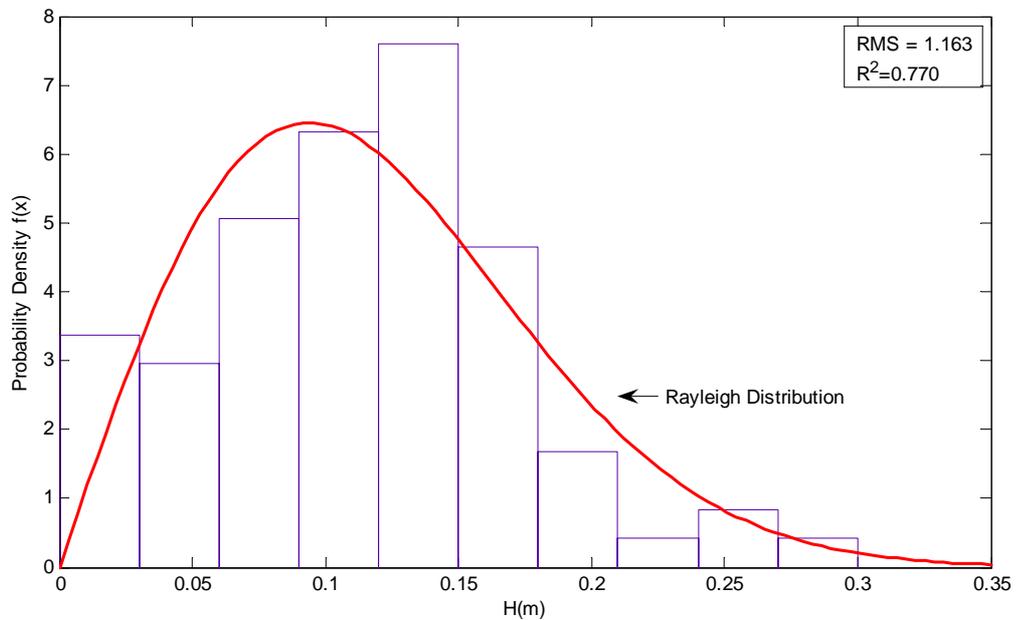


圖 4.18 組數為十組之機率密度與 Rayleigh 分佈圖

由波高資料可知波高的統計特性，如示性波高  $H_{1/3}$ 。若利用波高機率密度函數，今設大於某特定無因次波高值  $x_N (= H_N / \bar{H})$  的機率為  $1/3$ ，即

$$\int_{x_N}^{\infty} p\left(\frac{H}{\bar{H}}\right) d\left(\frac{H}{\bar{H}}\right) = \frac{1}{3} \dots\dots\dots (4.44)$$

已知機率密度函數  $p(x)$  時由式 (4.44) 即可求出  $x_N$ 。再依照  $H_{1/3}$  的定義，即自  $x_N$  至 範圍內所涵蓋面積之形心位置就是  $H_{\%} / \bar{H}$ ，以數學式表示之則為

$$\frac{H_{\%}}{\bar{H}} = \frac{\int_{x_N}^{\infty} \frac{H}{\bar{H}} p\left(\frac{H}{\bar{H}}\right) d\left(\frac{H}{\bar{H}}\right)}{\int_{x_N}^{\infty} p\left(\frac{H}{\bar{H}}\right) d\left(\frac{H}{\bar{H}}\right)} \dots\dots\dots (4.45)$$

將實測波高之密度函數  $p(H/\bar{H})$  代入式 (4.45) 計算，可求得理論之示性波高值。當波高的機率密度函數為 Rayleigh 分佈時，則理論之統計分析結果可得相關比值示如下

$$\frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}} = 2.413, \quad \frac{H_{\%}}{\sqrt{m_0}} = 3.774, \quad \frac{H_{\%}}{\sqrt{m_0}} = 4.733 \dots\dots\dots (4.46)$$

其中  $m_0 = \overline{\eta^2}$ ， $\eta$  為水面變位值。以式 (4.44) 及式 (4.45) 之計算，選擇 Rayleigh 分佈函數，得平時波浪之理論示性波高為 0.188，而依示性波高之定義計算之統計值為 0.183。颱風波浪之理論示性波高為 1.470，其統計值為 1.506。由此計算結果，再計算  $H_{1/3}$ 、 $H_{1/10}$ 、 $\bar{H}$ 、與  $\sqrt{m_0}$  之比值，示如表 4.6。由表中可知計算之比值與理論比值有異。

表 4.6 平時與颱風波浪特性比較表

類別	$\frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}}$	$\frac{H_{\frac{1}{3}}}{\sqrt{m_0}}$	$\frac{H_{\frac{1}{10}}}{\sqrt{m_0}}$
平時波浪	0.802	2.538	3.217
颱風波浪	1.273	4.294	5.788

## 第五章 港灣構造物之安全監測

蘇澳及花蓮港防波堤因經年受颱風、地震和東北季風波浪侵襲，造成堤面與胸牆處處龜裂，堤體有下陷及淘空情形，故每年必須花費龐大經費進行維修與復建，以維持構造物安全與港口正常營運。為港口整體規劃及未來發展，有必要進行外廓防波堤之長期監測與安全評估，用以減輕維修經費，避免港內設施與船隻之損壞。

本年度本項監測作業主要包括防波堤堤體變位、堤腳與堤址現況之現場調查工作，依據歷年之資料變化比對，以定性化之描述，先行瞭解防波堤結構物破壞之情況，後續將就防波堤受力特性因素加以分析探討，以作為防波堤結構物維護對策與破壞預測推估之參考依據。

### 5.1 防波堤損壞原因探討

沉箱式合成堤是目前臺灣各港口在大水深的地方廣泛採用的防波堤型式，主要是因為其能承受較大的波力，但防波堤的破壞災害也經常發生。依據本所港研中心於 1996 年辦理蘇澳港防波堤損壞過程模擬及可能造成破壞之影響因素探討的相關計畫中，其破壞過程之說明如下：

1. 防波堤長時間受各種波力往復作用及地震力作用，沉箱因而發生振動或微振。
2. 歷年來颱風期間產生大浪，造成沉箱往港內方向移動。
3. 沉箱內移後，造成港側相接海側之間隙變寬，形成樑形夾縫。
4. 港側因沉箱振動產生擠壓或波壓力集中衝擊造成港側堤頂破壞。
5. 沉箱內回填材料因長期受到振動或微振作用，因而搗實材料重新排列，形成大小不一之空隙。

6. 沉箱內空隙形成後，海側側牆所承受之背填土壓力減少，相對的加上側牆版厚不足，因此側牆版產生振動因而破裂。
7. 海側側牆破裂後，大量水體進入沉箱內，造成沉箱蓋板及消波胸牆消波室受波力與空氣之擠壓雙重衝擊，使得沉箱振動加速。
8. 沉箱上部結構長期振動，造成橫側牆的拉力與拉彎矩產生，使得橫側牆受拉力破壞。
9. 由於側牆破壞進而使第二隔艙橫側牆會有破洞出現，第二隔艙內回填材料被水體往外帶出，加速破洞擴大。
10. 由於沉箱內橫側牆接連破壞，更形成下一個側面牆的受拉彎矩的增大，使得沉箱破壞加速。
11. 最後沉箱各隔艙牆無法承受上載荷重及振動外力，導致沉箱內隔艙牆全體斷裂。
12. 斷裂之上部結構物材料便往前傾而墜入大海，散落在堤址前方。

經由以上破壞原因的探討可推測，沉箱斷裂之潛在原因為內填料經由長期振動而使得內填料重新排列而減少其抵抗波力能力。花蓮港與蘇澳港皆位於臺灣東部經常受颱風波浪侵襲與地震頻仍之海域，其外廓防波堤受外力作用之情況相近似。圖 5.1 與圖 5.2(水下攝影照片)為本年度(2005 年)9 月份花蓮港東防波堤部份沉箱於颱風侵襲後其底部被掏空的情況，兩沉箱外海側底部被掏空之最大高度約有 100cm，及至 9 月底之龍王颱風侵襲後，更造致部份沉箱港池內側結構之破壞。因此，先行現場調查瞭解花蓮與蘇澳兩港外廓防波堤堤體變位與堤址破壞情況，以作為未來後續防波堤結構物受力特性分析探討及提供相關維護與防治對策，是為本研究當務之課題。



圖 5.1 花蓮港東防波堤#65 沉箱外海側底部掏空情形



圖 5.2 花蓮港東防波堤#71 沉箱外海側底部掏空情形

## 5.2 防波堤現場調查分析

### 5.2.1 防波堤堤腳與堤址之調查

外廓防波堤堤腳與堤址之調查工作於每年颱風季節過後的 9、10 月份進行，其係由潛水人員依沉箱編號順序，以錄影和觀看方式進行，發現有沖蝕時再量測其破壞範圍，再由研究人員複查並記錄之，相關紀錄資料並提供港務單位作為防波堤維護之參考。本年度蘇澳港調查範圍為南外防波堤，相關結果如表 5.1 所示，表中沉箱編號為由堤岸往燈塔方向；而花蓮港調查範圍為新東堤 1837m、新東堤堤頭 300m，相關結果如表 5.2 所示，表中沉箱編號則為由燈塔往堤岸方向。

表 5.1 蘇澳港南外防波堤堤腳與堤址調查說明表

沉箱編號	調查狀況說明	備註
# 1	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 2	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 3	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 4	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 5	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 6	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 7	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 8	大型消波塊、水泥灌漿。	
# 9	大型消波塊、水泥灌漿。	
# 10	大型消波塊堆置	
# 11	大型消波塊堆置、水泥灌漿	
# 12	大型消波塊堆置、護基方塊上石塊堆積	

# 13	護基方塊上石塊堆積	
# 14	沉箱縫隙 50 公分	已修復沉箱
# 15	施工廢棄物、廢棄沉箱塊	
# 16	大型消波塊堆置、護基方塊上石塊堆積	
# 17	護基方塊上石塊堆積	
# 18	水泥灌漿及石塊	
# 19	沉箱縫隙 60 公分、施工廢棄鋼架	已修復沉箱
# 20	沉箱修復施工廢棄物	
# 21	沉箱縫隙 50 公分、石塊堆積	
# 22	沉箱修復施工廢棄物、沙包堆積	
# 23	沉箱縫隙 40 公分、施工廢棄物	已修復沉箱
# 24	沉箱縫隙 40 公分、石塊堆積、施工廢棄物	
# 25	石塊堆積、水泥灌漿、大型消波塊	
# 26	沉箱縫隙 30 公分、石塊堆積	
# 27	沉箱位差 90 公分、石塊堆積	已修復沉箱
# 28	石塊堆積、施工廢棄物	
# 29	施工廢棄物、石塊堆積	
# 30	沉箱縫隙 50 公分、石塊堆積	鋼筋部份外 露銹蝕
# 31	石塊堆積	
# 32	沉箱縫隙 70 公分、施工廢棄物、廢棄沉箱塊	
# 33	石塊堆積、廢棄沉箱塊	
# 34	沉箱縫隙 70 公分、石塊堆積、廢棄沉箱塊	

# 35	沉箱縫隙 50 公分、石塊堆積	
# 36	沉箱縫隙 40 公分、石塊堆積、水泥灌漿	
# 37	沉箱縫隙 30 公分、石塊堆積	
# 38	石塊堆積	
# 39	沉箱縫隙 30 公分、石塊堆積	
# 40	沉箱縫隙 80 公分、石塊堆積	港口轉角
內 # 39	沉箱縫隙 60 公分。	
內 # 38	無異狀。	

表 5.2 花蓮港東防波堤堤腳與堤址調查說明表

沉箱編號	調查狀況說明	備註
# 1	大型消波塊、護基方塊位移、大石塊散佈。	
# 2	大型消波塊、護基方塊位移分離、約有 1M、大石塊散佈。	
# 3	消波塊、護基方塊間隙、沉箱底部掏空長約 10M、高度約 100CM。	
# 4	沉箱縫隙 50CM、消波塊護基方塊位移。	
# 5	大石塊堆、消波塊護基方塊位移分離、約有 0.8M。	
# 6	消波塊、護基方塊間隙、大石塊堆護基方塊位移分離、約有 1.4M。	
# 7	沉箱縫隙 50CM、消波塊及大石塊堆護基方塊位移分離、約有 1M。	沉箱底部部份破損
# 8	沉箱縫隙 50CM、護基方塊位移、消波塊護基方塊位移分離。	

# 9	沉箱縫隙 90CM、沉箱全段掏空最高約 110CM、平均約為 70CM、護基方塊明顯位移。	沉箱底部部份破損
# 10	無異狀。	
# 11	無異狀。	
# 12	護基方塊間隙、護基方塊明顯位移。	
# 13	護基方塊明顯位移、護基方塊間隙。	
# 14	護基方塊位移分離、間隙約有 0.6M。	
# 15	護基方塊間隙位移。	
# 16	無異狀。	
# 17	護基方塊間隙。	
# 18	大石塊堆積於護基方塊上、高低約有 0.8M。	
# 19	護基方塊有間隙。	
# 20	大石塊堆置。	
# 21	大石塊堆積於護基方塊上。	東堤轉彎處
# 22	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 23	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 24	護基方塊間隙 大石塊堆積於護基方塊上。	
# 25	護基方塊明顯位移。	
# 26	護基方塊明顯位移、位移距離 4.5M 及 6.8M。	
# 27	無異狀。	
# 28	無異狀。	
# 29	護基方塊位移 大石塊堆積於護基方塊上。	

# 30	石塊堆積於護基方塊上。	
# 31	護基方塊位移間隙 90CM、大石塊堆積於護基方塊上。	
# 32	護基方塊明顯位移、大石塊較為雜亂。	
# 33	石塊堆積於護基方塊上。	
# 34	沉箱底部掏空長約 6.5M、高度約 80CM、外側護基方塊明顯位移。	沉箱底部部份破損
# 35	大石塊堆置、護基方塊明顯位移。	
# 36	大石塊堆積於護基方塊上、外側護基方塊位移 90CM。	
# 37	大石塊堆積於護基方塊上、外側護基方塊位移 90CM	
# 38	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 39	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 40	外側護基方塊位移、大石塊堆堆。	
# 41	無異狀。	
# 42	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 43	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 44	沉箱縫隙 40CM、大石塊堆、外側護基方塊位移。	
# 45	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 46	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 47	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 48	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 49	大石塊堆積於護基方塊上。	

# 50	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 51	無異狀。	
# 52	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 53	大石塊堆積於護基方塊上。	
# 54	石塊堆積於護基方塊上。	
# 55	無異狀。	
# 56	內側護基方塊明顯位移。	
# 57	護基方塊間隙、外側護基方塊位移 110CM、大石塊 1 堆堆積於護基方塊上。	
# 58	沉箱縫隙 60CM、大石塊 1 堆堆積於護基方塊上。	
# 59	無異狀。	
# 60	沉箱縫隙 40CM、外側護基方塊位移。	
# 61	部份大石塊堆積於護基方塊上。	
# 62	沉箱縫隙 40CM、大石塊、護基方塊位移。	
# 63	大石塊一堆堆積於護基方塊上。	
# 64	無異狀。	
# 65	沉箱縫隙 60CM。	
# 66	外側護基方塊位移、水泥補強脫落。	
# 67	外側護基方塊位移距離 3M 護基方塊位移凌亂。	
# 68	無異狀。	
# 69	無異狀。	
# 70	外側護基方塊位移。	
# 71	沉箱縫隙 90CM。	

# 72	無異狀。	
# 73	無異狀、本所波浪觀測用之儀器鐵架。	
堤頭	無異狀。	港口轉角
內堤頭	部份石塊堆積於護基方塊上。	
內 # 73	部份石塊堆積於護基方塊上。	
內 # 72	鋼筋等施工廢棄物、大石塊堆積於護基方塊上。	
內 # 71	鋼筋等施工廢棄物、大石塊堆積於護基方塊上。	
內 # 70	鋼筋等施工廢棄物、大石塊堆積於護基方塊上。	
內 # 69	大石塊堆積於護基方塊上。	

由表 5.1 之調查結果可知，本年度蘇澳港南外防波堤除部份沉箱有 30~80cm 之縫隙產生外，沉箱底部並未有明顯的掏空或護基方塊移位現象。而由表 5.2 之調查結果顯示，花蓮港東防波堤外海側之堤址則有較嚴重之變異情況，其中 # 40、# 65 與 # 71 沉箱有高度 80~110cm 之底部掏空情況，而 # 04、# 07、# 08、# 12、# 14、# 17、# 18、# 30、# 34、# 37、# 38、# 39、# 42、# 45、# 48、# 49、# 61 與 # 62 等 18 處沉箱之護基方塊有較明顯的位移現象。

### 5.2.2 防波堤堤體異位之調查

本項工作主要是以現場水準測量方式量測沉箱高程、法線位置，配合 GPS 衛星定位系統擷取座標位置，做為每一年比對沉箱是否有下陷或傾斜依據，並進一步比較沉箱間之相對位移量，再利用 GIS 或 AUTOCAD 地理繪圖系統繪製變化圖，以分析沉箱高程、法線位置變化情況。測量範圍蘇澳港仍為南外防波堤，而花蓮港亦是新東堤 1837m、新東堤堤頭 300m。

為明確比較沉箱變位起見，以東南西北等方位於每一沉箱面設定四個位置點，作為歷年調查資料比較之控制點，圖 5.3 與圖 5.4 各為蘇澳及花蓮港沉箱測量控制點之示意圖。

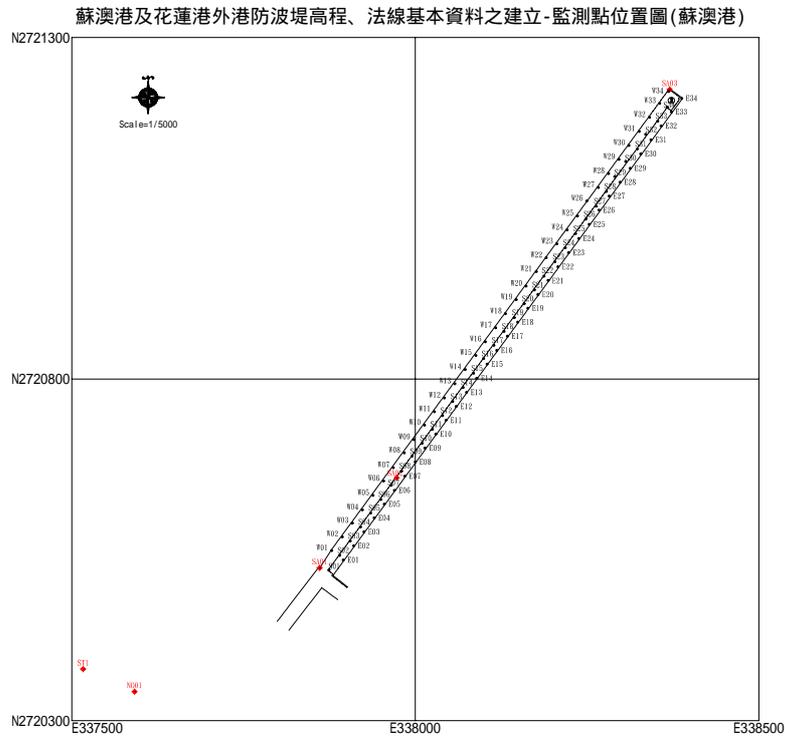
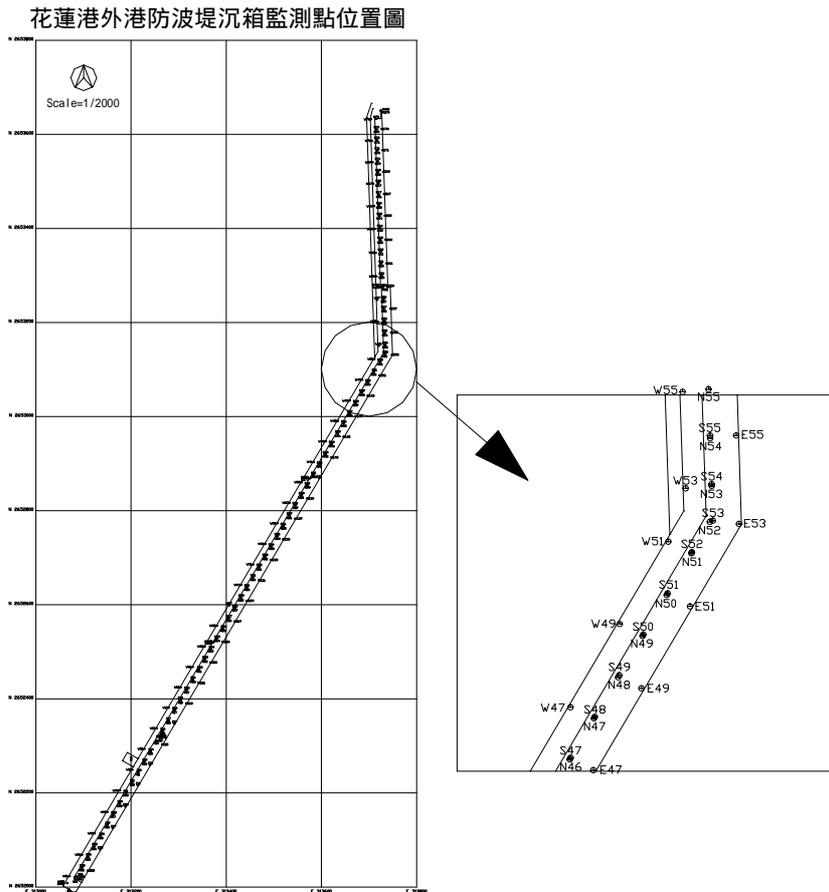


圖 5.3 蘇澳港南外防波堤沉箱控制點測量範示意圖



**圖 5.4 花蓮港新東堤沉箱控制點測量範示意圖**

圖 5.5 至圖 5.7 為蘇澳港南外堤沉箱堤面各測點於 91~94 年之高程變化比較，各圖之 E、S、W，表示同一沉箱面之東、南、西位置，另由於部份測點之鋼釘遺失，本年度於原測點附近增設並全面另測，故本年度有兩次測值。由各圖之比較結果得知(94 年新測值，因部份測點不同，不予比較)，除#27~#34 等沉箱面西側有 4cm 以內的變化外，其餘各沉箱堤面各方位的高程差異皆在 1cm 以內。整體而言，蘇澳港外廓防波堤堤體高程呈現穩定狀態。

圖 5.8 至圖 5.11 則是花蓮港東防波堤沉箱堤面各測點於 89~94 年之高程變化比較，圖中表示和前圖說明相同。由各圖之比較結果顯示，花蓮港東東防波堤各沉箱堤面除部份測點有 1~2cm 之高程變化外，其餘各沉箱堤面的高程差異皆在 1cm 以內。整體而言，花蓮港外廓防波堤堤體高程變化差異不大。

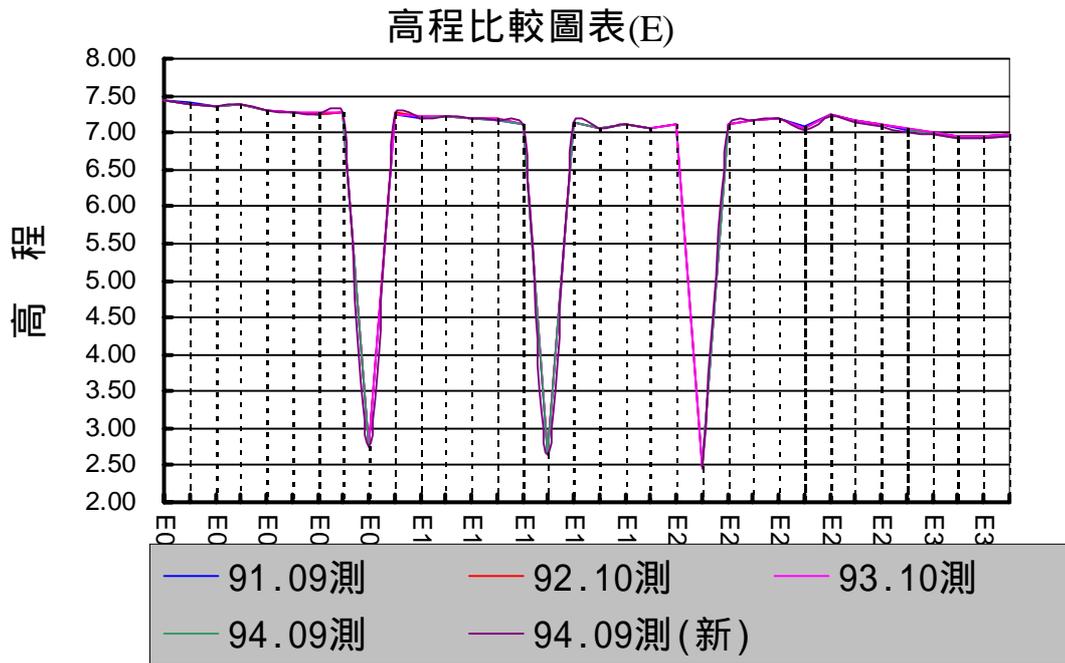


圖 5.5 蘇澳港南外堤沉箱堤面各 E 點之歷年高程變化比較

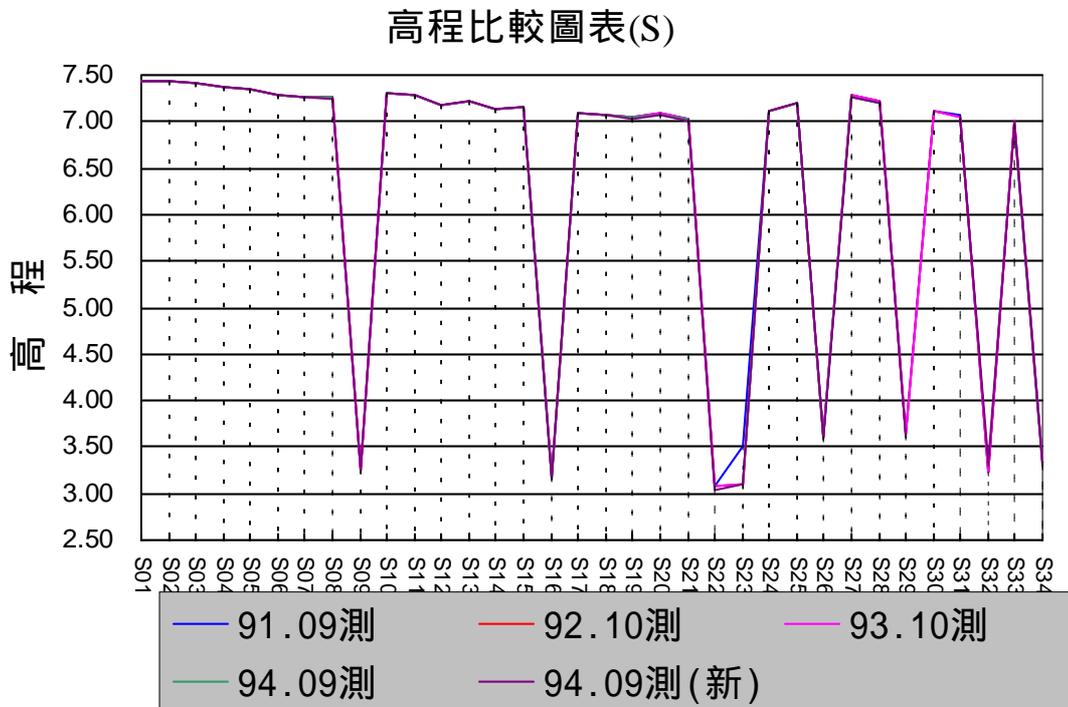


圖 5.6 蘇澳港南外堤沉箱堤面各 S 點之歷年高程變化比較

高程比較圖表(W)

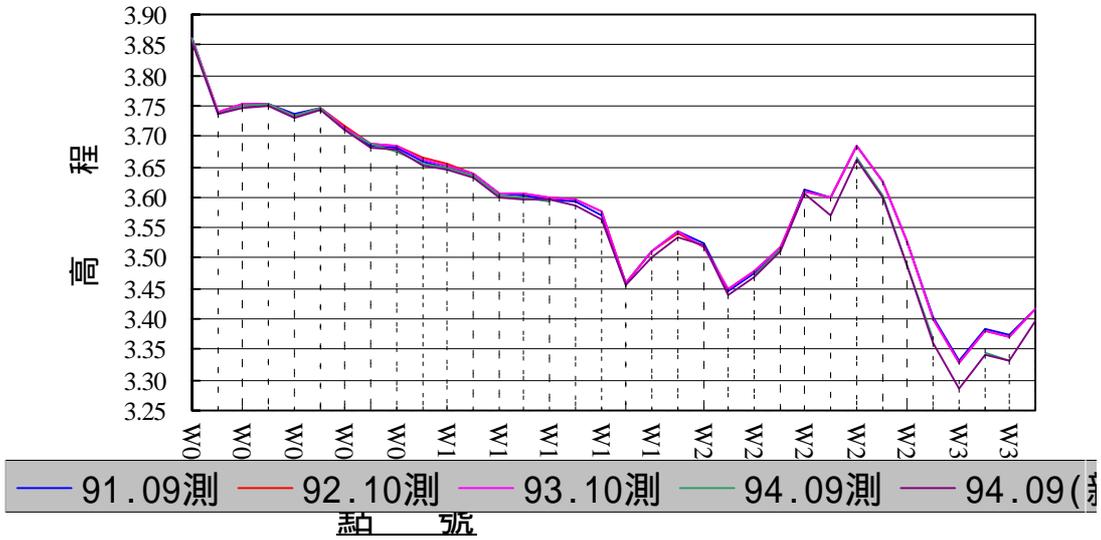


圖 5.7 蘇澳港南外堤沉箱堤面各 W 點之歷年高程變化比較

高程比較圖表(E)

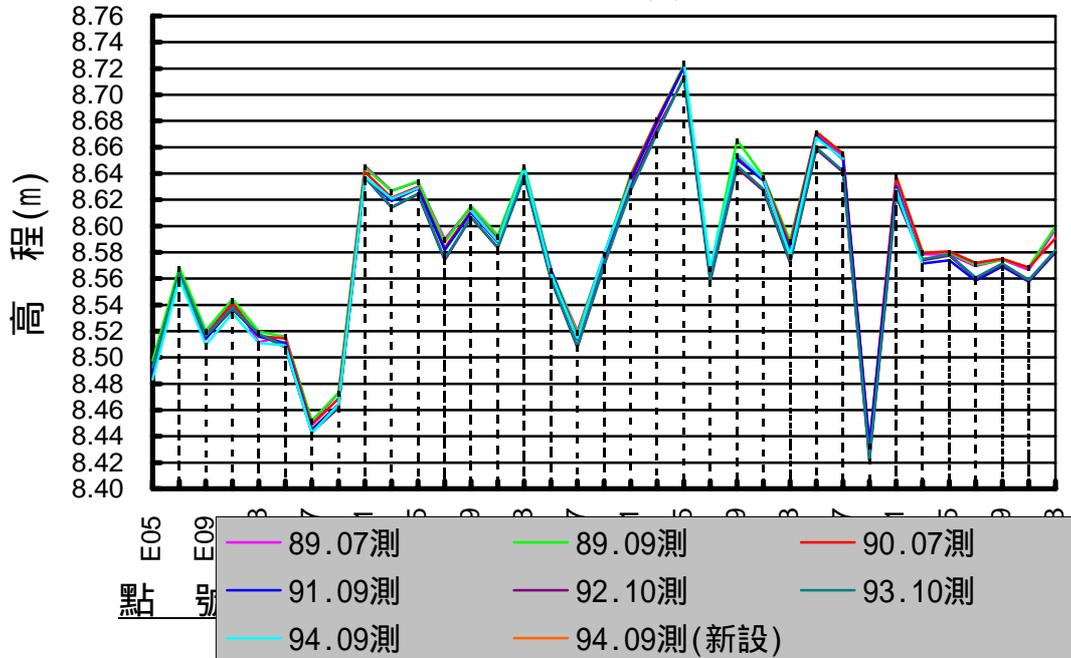


圖 5.8 花蓮港東堤沉箱堤面各 E 點之歷年高程變化比較

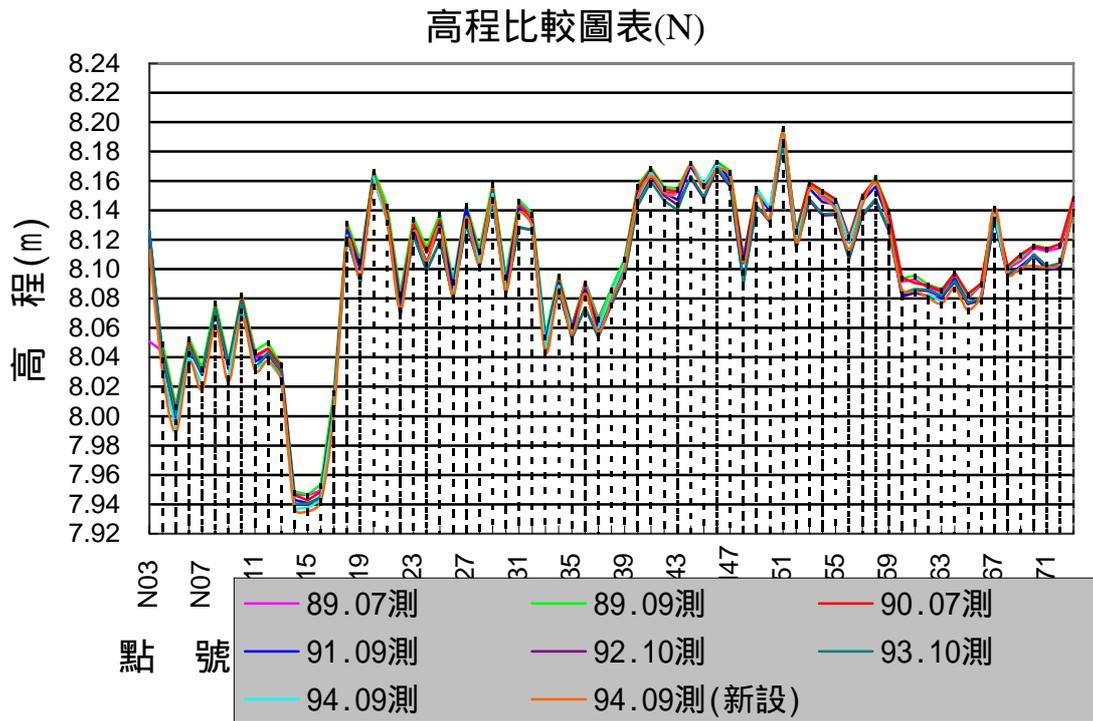


圖 5.9 花蓮港東堤沉箱堤面各 N 點之歷年高程變化比較

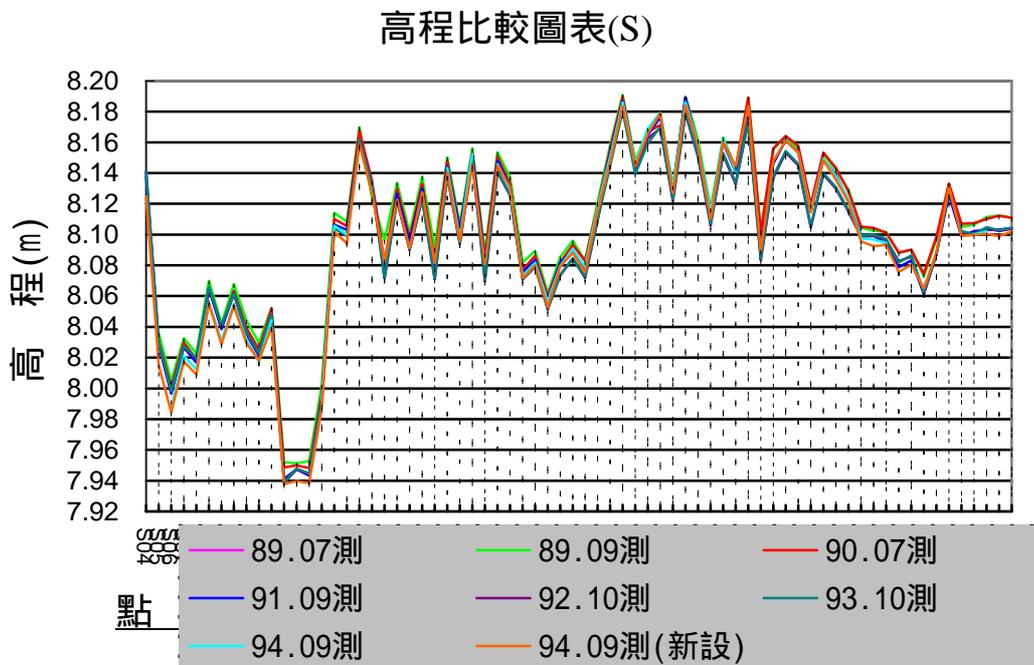


圖 5.10 花蓮港東堤沉箱堤面各 S 點之歷年高程變化比較

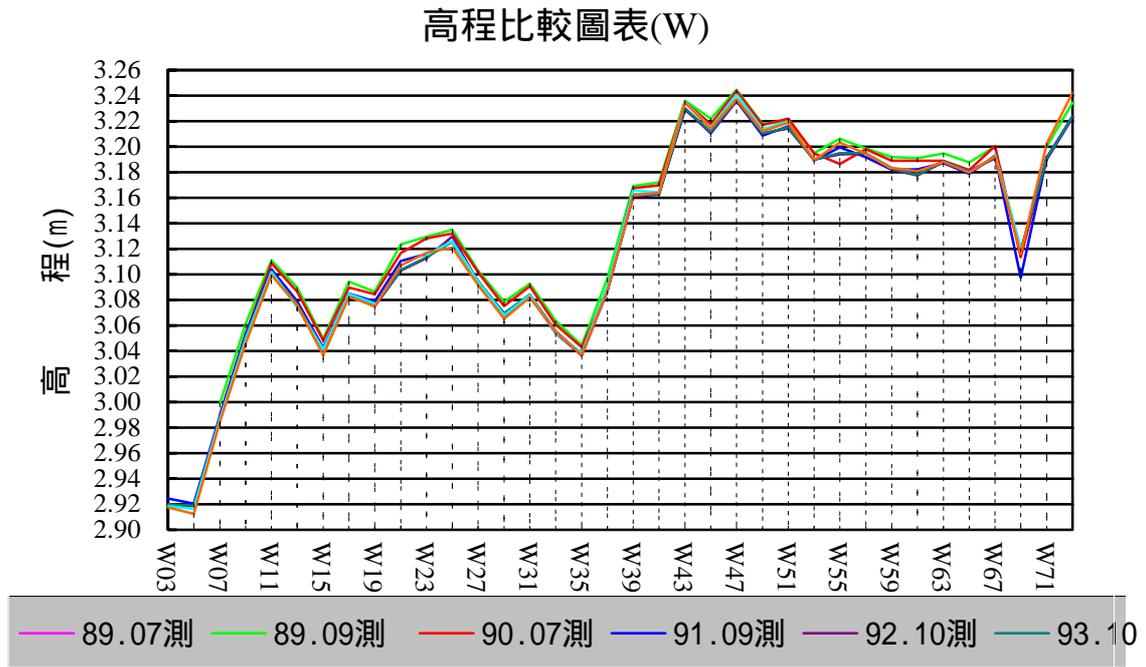


圖 5.11 花蓮港東堤沉箱堤面各 W 點之歷年高程變化比較

## 第六章 結論與建議

本研究主要以建立船舶動態管理系統及進行港灣防波堤結構物安全監測兩者合構而為計畫工作目標，其中有關船舶動態管理系統建置方面，本年度先行利用海氣象資料與歷年港內船隻碇靠、離港紀錄，探討花蓮港域颱風影響船舶動態的機制因子及港內外波浪對船舶動態之關係；同時應用類神經網路分析方法，探討精確的波浪資料補遺步驟及方法，並進行相關的波浪特性統計分析，期望建構完整的觀測資料庫，以作為船舶動態管理系統之應用。而有關防波堤結構物安全監測方面，本年度主要進行花蓮與蘇澳兩港之堤體、堤址的現場調查工作，以作為未來防波堤受力特性分析探討及相關維護對策與破壞預測推估之參考依據。綜合前章節之論述，可得數點結論如下：

1. 有關花蓮港域颱風對船隻動態的影響分析方面，本研究中以颱風路徑、颱風規模、風速、颱風中心與花蓮港之角度及颱風中心之經緯度等分類為五種颱風影響因子區分，並將歷年颱風侵襲期間之船隻動態紀錄以不同之船隻異動指數分類。依據颱風影響因子與船隻異動指數之分析結果顯示，在颱風規模 4 以上之颱風來襲時，為避免斷纜之可能，船隻原則上需出港避風；而颱風發生於東經  $120^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 、北緯  $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$  之範圍，將影響花蓮港域之船隻異動。另由港外波浪與船舶動態關係之分析結果，船隻異動指數於颱風發生時之波高與週期關係呈現較分散的範圍，但可能發生斷纜情況之異動指數較高時，示性波高亦較大。
2. 有關應用類神經網路分析方法探討波浪資料補遺方面，本年度已初步建置計算方式及推算模式之架構，依據花蓮港域之實測颱風波浪資料的驗證比對結果顯示，不論補遺整場颱風波浪資料或部份波浪紀錄，雖然於最大波浪處，波高值或延時皆有稍許差異，但對實際應用而言，本推算模式已具有資料補遺之良好功能。
3. 有關波浪統計特性分析方面，經由 Normal、Gamma、Rayleigh 與 Weibull 等四種機率分佈函數及不同的資料組距分析比較結果得

知，花蓮港域之平時波浪資料以 Weibull 分佈較佳，而 Gamma 分佈則較符合颱風波浪資料。

4. 依據防波堤堤址調查與堤體高程測量的結果顯示，蘇澳港南外防波堤除部份沉箱有縫隙產生外，沉箱底部並未有明顯的掏空或護基方塊移位現象；而花蓮港東防波堤部份沉箱外海側則有高度 80~110cm 之底部掏空情況，及沉箱護基方塊有較明顯位移現象。另本年度兩港之沉箱堤面之高程位移差量，並無明顯變化或差異。
5. 基於提供準確與即時性的船舶動態管理系統為目標，本研究除進一步探討颱風與船隻異動關係及建構完整的波浪資料分析架構外，並擬以易操作的圖形化使用者介面(GUI)，建立一套視窗化船舶動態管理系統操作系統，提供相關港務單位作為防護與應變參考。

## 參考文獻

1. 張金機(1996)“花蓮港長波與碇泊船隻動態關係”，花蓮港港池振盪及其改善方案研討會，61-82 頁。
2. 邱永芳、何良勝（1997）「蘇澳港防波堤改善工程規劃-防波堤受力之現場觀測與分析」，港灣技術研究中心專刊第 139 號。
3. 張憲國、郭一羽(1999)“花蓮港共振機制研究”，台灣省政府交通處研究報告。
4. 簡仲景、曾相茂(1999)“花蓮港颱風波浪特性研究”，第二十一屆海洋工程研討會論文集，55-62 頁。
5. 張金機、簡仲璟(2002)“花蓮港外海颱風波浪研究“，第 24 屆海洋工程研討會論文集，405-410 頁。
6. 錢維安、張憲國、何良勝(2002)“神經-模糊網路在推算颱風波浪之應用II”，第 24 屆海洋工程研討會論文集，461-468 頁。
7. 張憲國、錢維安、何良勝(2003) “應用類神經網路在台灣東岸海域颱風波浪推算之研究”，海洋工程學刊，第三卷，第一期，73-95 頁。
8. 張憲國、何良勝(2005) “臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究(一)”，交通部運輸研究所報告，MOTC-IOT-94-H2DB001。
9. Booij, N., Holthuijsen, L. H., and Ris, R.C. (1996) “The SWAN Wave Model for Shallow Water,” Proceedings of 24th Conference International Conference on Coastal Engineering, ASCE, Orlando, Vol. 1, pp. 668-676.
10. Bretschneider, C. L., and Tamaye, E. E. (1976) “Hurricane Wind and Wave Forecasting Techniques,” Proceedings of the Fifteenth Conference on Coastal Engineering, Hawaii, Vol. 1, pp. 202-237.
11. Hajime, M., Sakamoto, M., and Sakai, T. (1995) “Neural Network for Stability Analysis of Rubble-Mound Breakwaters,” Journal of

Waterway Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol. 97, pp. 139–154.

12. Mandal S., (2001) “A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L.,” Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, vol. 127, pp. 54-55.
13. Medina, J.R., (2001) “A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L.,” Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, vol. 127, pp. 55-57.

## 附錄 花蓮港颱風與船隻動態關係表

本附錄為花蓮港自民國 85 年至 93 年間有關颱風之路徑、強度、暴風圈範、行進速度等影響因子與港內船隻異動紀錄之關係表，依據颱風之行經路徑分類如下：

1. 在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北向接近台灣並直接侵襲花蓮者，影響最為嚴重者：

時間		颱風名稱	經緯度		行進方向 速度 (km/h)	七級風 半徑 (km)	十級風 半徑 (km)	中心最大 風速 (m/s)	瞬間最大 風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
86.08.27	0800	安 珀 AMBER	19.1	126.2	Wnw-9	200	80	43-14*	53-16*	08/26 1834 時起「亞 士皮」、「法羅」、「千 葉」均因斷纜分別由 23# 17# 6#碼頭出 港避風迄 08/30 再 返港；08/29 0400 左 右颱風眼通過本 港，造成東防波堤胸 牆倒塌等嚴重災情
86.08.28	0200		20.3	124.2	Wnw~nw-1	250	100	48-15*	58-17*	
86.08.28	1400		21.4	122.9	8	250	100	48-15*	58-17*	
86.08.29	0200		23.4	121.6	nw-18	250	100	48-15*	58-17*	
86.08.29	1400		24.8	120.0	nw-18 nw-18	250	100	35-12*	45-14*	
89.08.21	0800	碧利斯 Bilis	18.8	128.3	wnw-22	250	100	45-14*	55-16*	08/21 1730 時成立 防颱中心 08/21 2400 時前除 內港「天立一號」輪 堅不出港及「億滿 鴻」700 噸漁船要求 進港外，均已出港避 風。「天立一號」幾 乎完全斷纜在內港 迴船池漂盪，本次本 港包括東防波堤受 到重創。08/23 1200 時恢復正常。
89.08.22	0700		20.7	124.2	wnw-22	300	120	53-16*	65-17*	
89.08.22	2000		22.5	122.0	NW-22	300	120	53-16*	65-17*	
89.08.23	0200		23.6	120.2	wnw-20	300	120	45-14*	55-16*	
89.08.23	0500		23.8	119.5	wnw-20	300	120	45-14*	55-16*	
90.07.27	1400	桃 芝 Toraji	17.2	126.9	NW-11	200		23-9*	30-11*	07/28 1400t 成立應 變小組 07/31 1500 解除 07/29 2030 湧 浪開始劇烈，除 12# 碼頭「華龍」2300 時斷纜外，其他商船 均已出港 07/30 0500 時湧浪已減 緩。
90.07.28	0800		18.4	124.8	NW-17	250	100	35-12*	45-14*	
90.07.29	1300		22.0	122.5	Nnw-17	250	100	38-13*	51-16*	
90.07.30	0000		23.5	121.5	Nnw-17	250	100	38-13*	51-16*	
90.07.30	1400		25.2	120.6	Nnw-17	200	80	30-11*	40-13*	
93.06.23	1400	敏督利 Mindulle	16.7	142.9	wnw~w-11~	100		18-8*	25-10*	06/28 凌晨高潮位時 即開始有湧，「裕 東」、「傑昌」、「通華」 均因斷纜陸續出港 避湧 06/30 湧浪稍有減緩
93.06.24	1400		16.3	137.8	15	150		25-10*	33-12*	
93.06.25	1400		15.0	133.9	w-18	150		28-10*	35-12*	
93.06.26	1400		14.8	130.4	w-18	150		30-11*	38-13*	
93.06.27	1400		16.9	128.1	w~wnw-14	150		30-11*	38-13*	
	2000	17.4	127.0		200	50	33-12*	43-14*		
93.06.28	1400	18.4	125.5	wnw-18~12	250	100	40-13*	50-15*		

93.06.29	1400		18.9	123.7	wnw-18~12	250	100	45-14*	55-16*	07/01 因偏北轉向港內湧浪再漸次加劇，故船舶至 07/03 晚上始陸續進泊。 07/01 0830 召開防颱會議 本次颱風引進強烈西南氣流，重創台灣中南部。
93.06.30	1400		19.3	122.0	wnw-10	250	100	40-13*	50-15*	
	2000		19.8	122.1	wnw-8	250	100	40-13*	50-15*	
93.07.01	0800		21.7	121.8	wnw~nw-8	200		30-11*	38-13*	
	2200		23.7	121.7	nnw-10	200		30-11*	38-13*	
93.07.02	0800		25.0	121.6	nnw~n-15 n~nne-15 nne~ne-15	200		28-10*	35-12*	
93.10.19	0200	納坦	10.1	149.8	w~wnw-18	150	50	33-12*	43-14*	10/24 1600 高潮位前後湧浪加劇，原泊港商船三艘出港避風，惟「永順一號」仍堅持進靠 10#碼頭卸貨 10/25 0400 時起風勢漸強，0900 時起則持續吹南風至 1700 時仍未歇 10/26 上午恢復正常
93.10.20	1400	Nock-Te	11.4	144.0	nw-22	150	50	38-13*	48-15*	
93.10.21	0200	n	12.6	141.8	nw-22	150	50	40-13*	50-15*	
	1400		13.8	139.3	nw-22	150	50	40-13*	50-15*	
93.10.22	0200		14.5	137.3	nw-20	150	50	40-13*	50-15*	
93.10.23	0800		17.4	132.3	wnw-29	200	80	43-14*	53-16*	
93.10.24	0700		19.8	126.4	wnw~nw-27	250	100	43-14*	53-16*	
	2200		22.0	123.0	~21	250	100	43-14*	53-16*	
93.10.25	0200		22.7	122.5	nw~n-21~1	250	100	40-13*	50-15*	
	0800		24.0	122.2	8	250	100	40-13*	50-15*	
	1100		25.0	121.8	nnw~nne-19 ~15 n~ne-18 n~ne-20~23	250	100	40-13*	50-15*	

2. 在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北向接近台灣再轉北北西或轉北由花蓮外海通過者，影響亦甚顯著者：

呂宋島東方海域朝西北向接近台灣再轉北北西或轉北由花蓮外海通過颱風										
時 間		颱 風 名 稱	經 緯 度		行 進 方 向 速 度 ( km/h )	七 級 風 半 徑 ( km )	十 級 風 半 徑 ( km )	中 心 最 大 風 速 ( m/s )	瞬 間 最 大 風 速 ( m/s )	對 本 港 之 影 響 概 況
日	時		經 度	緯 度						
85.07.29	1100	賀 伯	18.7	129.7	wnw-19	350	150	53-16*	65-17*	暴風圈涵蓋本
85.07.30	0200	HERB	20.3	127.9	Nw-19	350	150	53-16*	65-17*	港，07/30 成立防
85.07.30	1400		22.0	127.2	nw~wnw-20	350	150	53-16*	65-17*	颱中心
85.07.31	0800		24.0	124.6	wnw-23	350	150	53-16*	65-17*	07/29「貝爾」，「羅
85.08.01	0800		25.4	120.4	wnw-19	300	100	40-13*	53-16*	伯」，「安康」，「安 吉拉」，「克蘭」， 「福全」，「聯榮」 分別因斷纜由 23#、25#、19#、 6#、24#、13#、15#

										碼頭出港避風，至 08/02 始陸續返港 「普堤」因主機故 障無法出港，在 20#碼頭經歷極度 之危險，並碰損碰 墊及船體
87.10.12	0200	瑞 伯	11.0	133.7	wnw-20	150		28-10*	35-12*	10/14 1730 成立防
87.10.12	1400	ZEB	12.3	131.3	wnw~nw-25	300	120	35-12*	45-14*	颱中心 10/16
87.10.13	0200		13.6	129.0	wnw~nw-25	300	120	40-13*	50-15*	1800 解除
87.10.13	1400		15.5	126.0	Nw-25	350	150	51-16*	63-17*	10/13 2249 「卡迪」
87.10.14	0200		16.2	123.7	Nw-18	350	150	55-16*	68-17*	預知颱風動態自
87.10.15	0200		18.8	121.3	N-15	350	120	45-14*	55-16*	15#碼頭出港 10/14
87.10.16	0800		23.8	122.3	nne-22	300	120	33-13*	48-15*	0651~0842 「江
87.10.16	1800		25.4	123.5	nne~ne-22	300	100	33-13*	43-14*	美」、「華榮」、「亞 七」因斷纜分別自 24#、23#、11#碼頭 出港避風；「捷運」 則私自於內港迴 船池拋錨。 10/17 後港內恢復 正常運作
92.04.18	0200	柯吉拉	13.6	131.4	W-13	250	100	45-14*	55-16*	04/17 晚上即出現
92.04.21	0500	Kujira	18.2	124.9	NW-13	250	100	43-14*	53-16*	湧浪，04/18 船舶
92.04.22	0200		19.5	124.0	NW-10	250	100	35-12*	45-14*	均出港避風，至
92.04.23	0800		20.8	122.5	NNW-7	180		23-9*	30-11*	04/24 始陸續恢復
92.04.24	0800		22.0	122.6	n~nne-7~15	180		18-8*	25-10*	船舶進港。
92.04.24	1700		24.1	123.8	NNE-20~30	150		18-8*	25-10*	

93.05.14	1400	妮妲	8.5	131.5	nw-15~23	100		20-8*	28-10*	05/18 0500 時高潮
93.05.16	0200	N I D	10.7	128.0	nm-23~20	220	80	38-13*	48-15*	位港內湧浪，24#
	1400	A	11.8	126.4	NW-19	250	100	45-14*	55-16*	碼頭「和風」搖盪
93.05.17	0800		14.1	124.3	nnw-16	250	100	45-14*	55-16*	仍勉強完成卸
	1400		14.7	123.8	nnw~n-13	250	100	45-14*	55-16*	載，並於 1300 時
93.05.18	0800		16.9	123.5	n~ne-17	250	100	45-14*	55-16*	出港，其他較小型
	1400		17.5	123.6	nne~ne-17~	250	100	45-14*	55-16*	之砂石船及內港
93.05.19	0800		20.2	125.2	20	250	100	40-13*	50-15*	靠泊船舶均仍可
	1400		21.3	126.5	ne-30~43	250	100	40-13*	50-15*	裝卸作業。05/19
93.05.20	0200		23.6	129.6	ne-36~44 ne-48~65	250	100	40-13*	50-15*	港內仍持續有 湧，05/19 1800 高 潮位時湧浪甚至 加劇，致「國昌」 延期進港。0520 上 午湧浪漸減。
93.10.13	0800	陶卡基	14.4	143.9	Wnw-19	100		18-8*	25-10*	10/18 上午湧浪漸
93.10.14	0200	Tokage:	14.2	139.0	w~wnw-21~	200	50	28-10*	35-12*	生，0900 時高潮位
	0800		13.8	138.1	15	200	50	28-10*	35-12*	後漸加劇，中午以
93.10.15	2000		15.5	134.4	w~wnw-18~	200	50	38-13*	48-15*	後因颱風與東北
93.10.16	1400		17.6	134.0	12	200	80	43-14*	53-16*	季風加乘效果港
93.10.17	0200		18.6	132.5	nw-12	200	80	43-14*	53-16*	內湧浪加劇，風及
93.10.18	0800		21.8	128.2	nw-15	200	80	43-14*	53-16*	浪持續增強，東堤
	1400		22.2	127.4	nw-15	200	80	43-14*	53-16*	越浪甚巨，下午四
	2000		23.0	126.9	nw~n-15	200	80	43-14*	53-16*	時以後外港及內
93.10.19	0800		24.7	127.2	nnw~nne-15 nnw~nne-15 ~20 nne-25~37	200	80	43-14*	53-16*	港船舶均漸次嚴 重斷纜，「祥樂」 從 18#移 6#碼頭仍 持續由拖船頂 住，13#「通和」

										亦靠拖船頂住，隨後 17#「富國新 6 號」、20#「佳新」、4#「亞五」、13#「通和」、10#「蘇太」、6#「祥樂」均緊急出港，3#「海朋」則錨泊內港迴船池。翌日雖港內湧漸緩，但東堤越浪仍甚劇。
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

3. 在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北向接近台灣由台灣南端或巴士海峽通過者，影響亦稱明顯者：

呂宋島東方海域朝西北向接近台灣由台灣南端或巴士海峽通過颱風										
時 間		颱 風 名 稱	經 緯 度		行 進 方 向 速 度 ( km/h )	七 級 風 半 徑 ( km )	十 級 風 半 徑 ( km )	中 心 最 大 風 速 ( m/s )	瞬 間 最 大 風 速 ( m/s )	對 本 港 之 影 響 概 況
日	時		經 度	緯 度						
85.07.24	1400	葛樂禮	17.3	124.2	Nw-15	250	80	33-12*	43-14*	暴風圈涵蓋本港， 07/25 成立防颱中 心 07/24 當日進港之 「羅伯」、「貝爾」、 「安吉拉」分別因 斷纜由 25#、23#、 4#碼頭出港避風， 至 07/28 始陸續返 港
85.07.25	0800	GLORIA	18.8	122.4	Nw-15	250	80	35-12*	45-14*	
85.07.26	0800		21.1	120.8	Nw-14	250	80	35-12*	45-14*	
85.07.27	0800		24.7	118.5	Nw-22	180		23-9*	33-12*	
85.09.07	0800	莎莉	18.1	127.0	wnw-20	200	50	33-12*	43-14*	09/08 0550「宏安」

85.09.08	0200	SALLY	19.2	121.9	w~wnw-28	250	80	45-14*	55-16*	於 10#碼頭斷纜經 推頂重新帶纜、 09/08 0753 至 0854 「長貴」及「艾特 絲」分別自 23#及 13#碼頭出港避風 迄 09/09 再進港。
85.09.08	1400		19.7	118.0	w-30	250	80	48-15*	58-17*	
87.08.03	0200	奧 托	15.5	124.8	Nw-13	100		18-8*	23-9*	08/04 0500 左右港 內開始明顯產生湧 浪 08/04 1000 成立 防颱中心 2200 解除 08/04 1300~1500 湧 浪最劇 08/04 0722~1037 「北斗 星」、「希吉」、「福 運」、「富國新六號」 因斷纜分別自 22#、23#、25#、20# 碼頭出港避風；「花 蓮一號」、「友泰六 號」自 21#移至 4#、 3#碼頭，幸安然度 過，惟仍有斷纜發 生
87.08.03	0800	OTTO	16.7	124.5	Nw-18	150		18-8*	25-10*	
87.08.03	1500		18.7	123.7	Nw-23	150		23-9*	30-11*	
87.08.03	2000		20.1	123.4	Nw-25	150		25-10*	33-12*	
87.08.04	0700		21.8	121.8	Nw-20	150		30-11*	43-14*	
87.08.04	1600		23.7	120.8	Nw-20	150		30-11*	43-14*	
87.08.04	1700		24.2	120.5	Nw-20	150		25-10*	33-12*	
88.06.03	0200	瑪 姬	14.3	129.4	NNW-11	150		23-9*	30-11*	06/05 1800 成立防 颱中心 06/06 1200 解除 06/05 2300 港 內湧浪加劇 06/06 0000 起內外港「達
88.06.04	1400	MAGGI	16.6	127.9	NW-15	220	80	30-12*	43-14*	
88.06.05	0800	E	18.9	124.5	WNW-17	250	100	38-13*	48-15*	
88.06.06	1200		22.3	118.6	WNW-26	250	100	38-13*	48-15*	

										和」、「東日」、「富國新六號」、「海富」、「伯那德」等分別出港避風。
88.08.19	1400	山姆	16.8	125.4	NW-20	200		18-8*	25-10*	08/20 上午外港湧
88.08.20	1100	SAM	18.3	121.8	wnw~nw-17	200		20-8*	28-10*	浪加劇，內港狀況
88.08.21	0500		18.8	118.9	NW-17	200		25-10*	33-12*	尚可「捷運」、「富海」由外港移內港、「庫島」自22#碼頭出港避風。
										08/21 外港仍有湧
88.10.03	1400	丹恩	17.9	129.4	W-13	100		18-8*	25-10*	10/06 上午湧浪出
88.10.04	0200	DAN	18.5	127.9	W-13	120		25-10*	33-12*	現「信輝」勉強泊
88.10.05	0800		18.2	122.4	W-19	250	80	38-13*	48-15*	靠23#碼頭，18#碼頭稍受影響，裝卸
88.10.06	0500		18.5	119.2	wnw-13	250	80	35-12*	45-14*	作業暫停。
88.10.07	0800		19.7	117.3	NW-8	250	80	35-12*	45-14*	
88.10.08	0700		21.6	118.1	N-8	220	80	33-12*	43-14*	本次颱風「富國新」於高雄旗津擱淺、「金門二號」於金門沉沒。
90.06.20	1400	奇比	13.0	133.0	wnw-19	150		18-8*	25-10*	06/22 1600 成立應
90.06.21	0800	Chebi	14.3	127.7	wnw-19	200		20-8*	28-10*	變小組 06/24 解除
90.06.22	1400		19.3	122.4	NW-23	200		30-11*	38-13*	06/22 1900 起湧浪
90.06.23	0100		20.9	120.0	nw~nnw-25	200	80	33-12*	43-14*	漸加劇，2209時23#碼頭「貿易」出港；06/23 0030時18#碼頭「宏安」出港。

										內港 3#碼頭「捷運」 情況尚可。
90.07.02	1400	尤 特	11.3	136.1	NW-28	250		20-8*	28-10*	07/04 0800 成立應
90.07.03	1400	Utor	15.2	129.8	NW-33	350		30-11*	38-13*	變小組 07/05 1830
90.07.04	1400		19.0	122.5	wnw-33~29	350	120	38-13*	48-15*	解除 07/04 0730 已
90.07.04	1800		19.1	121.0	wnw-33~29	350	120	38-13*	48-15*	產生湧浪，0900 時 23#碼頭「安裕」出 港「源利」、1200 時 21#碼頭「重榮」 出港，湧浪甚劇， 迄 07/06 恢復進 出，惟仍有湧。
90.09.23	2000	利奇馬	19.2	122.1	Wnw-5	180		25-10*	33-12*	09/25 1700 成立應
90.09.24	2000	Lekima	19.8	121.9	NW-5	180	50	33-12*	43-14*	變小組 09/27 1200
90.09.25	0900		20.4	122.0	nnw~nw-5	180	50	33-12*	43-14*	解除
90.09.26	2000		22.8	120.9	NW-7	180	50	33-12*	43-14*	內港未受影響、外
90.09.27	0800		23.4	120.4	NW-7	150		25-10*	33-12*	港自 09/26 上午起 有湧至晚上稍劇。 24#碼頭「伯那」勉 強撐過
92.07.17	1400	尹布都	8.3	140.9	NW-15	150		18-8*	25-10*	07/22 清晨開始明
92.07.18	0200	Imbudo	9.3	139.4	NW-15	150		18-8*	25-10*	顯有湧，23#碼頭
92.07.20	1400		12.1	131.6	WNW-19	300	120	40-13*	50-15*	「宏伶」原擬於
92.07.21	1400		14.3	127.1	NW-15	300	120	40-13*	50-15*	0530 時出港避風，
92.07.21	2000		15.0	125.8	NW-25	300	120	48-15*	58-17*	後因覺情況稍微轉
92.07.22	0200		15.7	124.4	NW-27	300	120	45-14*	55-16*	好而作罷，0830 時
92.07.22	0800		16.4	123.0	NW-27	300	120	43-14*	53-16*	由壽豐頂住趕卸
92.07.22	1400		16.9	121.3	WNW-27	300	100	40-13*	50-15*	1023 出港，損壞碰
92.07.23	0500		18.2	117.6	WNW-27	300	100	40-13*	50-15*	墊二組。

										18#碼頭「佳星」斷纜於 0944 時出港避風，損壞碰墊二組。 11#碼頭「金瀧」堅不出港。 07/22 中午過後湧浪加劇。「金瀧」斷纜嚴重。07/23 中午過後，湧浪漸減輕。
92.08.02	1700	莫拉克	19.1	124.6	Nw-15	100		18-8*	25-10*	本次颱風帶來雨量舒解旱象，除 08/03 晚上至 08/04 早上稍有湧外，均無影響船舶進出作業，亦無斷纜現象。 08/02 2350 時成立防颱、08/04 1830 時解除。
92.08.02	2300		19.8	123.9	Nw-15	100	20-8*	28-10*		
92.08.03	0500	Morakot	20.5	122.9	Nw-18	100	23-9*	30-11*		
92.08.03	1400		21.3	121.4	Nw-19	100	23-9*	30-11*		
92.08.04	1400		24.1	119.0	Nw-16	100	20-8	28-10		
92.08.30	0200	杜鵑	16.2	134.6	W-9	150		18-8*	25-10*	08/31 2130 成立應變小組 09/02 1830 解除 09/01 1000 時左右高潮位開始起湧， 17#碼頭「振興」提早於 1130 時出港； 18#碼頭「晶利 3 號」1230 時出港避風；
92.08.31	0200	Dujuan	18.5	132.2	wnw-22	250	100	33-12*	43-14*	
	2000		20.2	127.9	wnw-28	250	100	35-12*	45-14*	
92.09.01	0200		20.5	126.8	wnw-25	250	100	35-12*	45-14*	
	1600		21.0	123.2	w-26	250	100	43-14*	53-16*	
	2200		21.4	121.5	w-30	250	100	43-14*	53-16*	
92.09.02	1400		22.2	116.6	w-26	250	100	40-13*	50-15*	

										23#碼頭「范迪克」 在拖船協助推頂搶 卸完花崗石後 1330 時出港；21#碼頭 「長宏」1130 時移 泊 4#碼頭。 09/02 晚上後湧漸 緩和，「晶利 3 號」 2030 時進港。
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

4. 在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北，在距台灣尚遠時，緯度即高過花蓮者，在未接近台灣前即轉北北西或轉北由台灣東部外海通過，甚至轉北北東、東北而遠離台灣東部外海者，亦稍有影響或甚至無影響：

呂宋島東方海域朝西北在未接近台灣前即轉北北西或轉北通過東部外海甚至轉北北東、東北而遠離花蓮外海颱風										
時間		颱風名稱	經緯度		行進方向速度 (km/h)	七級風半徑 (km)	十級風半徑 (km)	中心最大風速 (m/s)	瞬間最大風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
85.09.15	2000	魏萊特 VIOLET	18.8	126.6	Nw-10	250	100	43-14*	53-16*	暴風圈無涵蓋本港，外港有湧，內港尚可。09/16「友泰六號」進泊 20#碼頭無法靠泊隨即出港。
85.09.16	0800		20.0	126.3	nw~nnw-10	300	120	51-16*	63-17*	
85.09.16	1700		20.5	126.2	nnw~n-10	300	120	51-16*	63-17*	
85.09.16	2000		20.5	126.6	n~nne-10	300	120	51-16*	63-17*	
85.09.27	1400	薩恩 ZANE	21.5	126.1	nw~nnw-13	200	80	43-14*	53-16*	暴風圈無涵蓋本港，港內產生湧浪 09/27「冒險家」因斷纜由 22#碼頭出港避風，「富國新六號」則因油料不足，無法在港外頂浪而緊急勉強進靠 24#碼頭。港內船隻多因斷纜而加強帶纜
85.09.28	0200		22.0	125.5	~10	200	80	43-14*	53-16*	
85.09.28	0800		22.9	125.4	nnw-8	200	80	43-14*	53-16*	
85.09.28	2000		24.3	125.6	n~nne-15 nne~ne-15	200	80	43-14*	53-16*	
85.11.10	0800	戴兒	16.8	133.8	nw-25	300	120	53-16*	65-17*	85.11.11.在港商船五艘全部出港避風 85.11.13.船舶陸續返港 22#碼頭護舷材受損
85.11.11	0200		19.4	131.6	nw~nnw-23					
85.11.13	0200		29.3	138.8	ne-42	250	100	48-15*	58-17*	

86.06.16	0800	歐 珀	15.0	132.9	Nnw-11	100		18-7*	23-9*	06/18 至 06/19 港內產生湧浪,「裕亨」於 25#碼頭艙艙各斷纜一次 06/19 0856 時,「米雪」於 24#碼頭擦碰船體受損
86.06.17	0800		16.4	132.4	n-12	180		25-10*	33-12*	
86.06.18	0800		20.7	133.6	n-22	220	80	38-13*	48-15*	
86.06.19	0800		27.4	133.7	n~nnw-34	250	100	34-13*	50-15*	
86.06.24	1400	彼 得	15.0	129.0	nw-11	100		18-7*	23-9*	06/26 外港產生湧浪,內港裝卸作業正常 06/26 0820 「明維」由 24#移至 3#碼頭 06/26 1030 「安傑利」由 23#移至 6#碼頭 06/26 1800 「友泰六號」由 21#移至 11#碼頭 06/27 外港仍有湧
86.06.25	0800		17.0	127.0	nw-11	150		18-7*	23-9*	
86.06.26	0200		19.3	127.2	nw-13	200		23-9*	28-10*	
86.06.26	0800		20.6	126.5	nnw-15	200		25-10*	33-12*	
86.06.26	1400		21.9	126.3	nnw~n-20	200		28-10*	35-12*	
86.06.27	0200		24.9	126.5	n~nne-26	200		30-11*	38-13*	
86.07.21	0200	羅 西	14.7	135.2	nw-13	150		23-9*	28-10*	07/23 港內有湧產生,「亞五」、「富國新六號」提早出港,其他各船尚能勉強靠泊,惟至 07/25 均影響正常裝卸作業。
86.07.21	1400		15.9	134.0	nw-15	250	100	33-12*	43-14*	
86.07.22	0800		17.5	132.6	nw~nnw-15	300	120	40-13*	50-15*	
86.07.23	0800		19.1	131.9	n-15	400	200	51-16*	63-17*	
86.07.24	0800		22.4	132.5	n-21	400	200	53-16*	65-17*	
86.07.25	0200		25.9	133.6	n-21	350	150	45-14*	55-16*	
86.08.01	1400	蒂 娜	13.4	135.0	滯留	100		20-8*	25-10*	08/05 港內有湧產生,然船舶進出港作業均未受影響。
86.08.02	0800		13.5	133.5	nw-13	150		25-10*	33-12*	
86.08.03	0800		14.5	131.5	nw-12	180		28-10*	35-12*	
86.08.04	0800		17.0	129.2	nw~nnw-17	200	80	33-12*	43-14*	
86.08.05	0800		20.0	127.0	nnw~n-18	200	80	33-12*	43-14*	
86.08.06	0200		22.0	126.2	n-13	250	100	40-13*	50-15*	
86.08.06	1400		24.2	126.5	n-19	200	80	40-13*	50-15*	
86.08.13	1400	溫 妮 WINNIE	19.6	142.2	Wnw-19	300	120	55-16*	68-17*	08/15 港內產生湧浪,無法正常裝卸作業。「昌盛」、「宏記」、「諄鵝」均因斷纜分別由 22#、8#、24#碼頭出港;「希吉」則由 23#移至 4#碼頭,惟仍斷纜。
86.08.14	0800		20.9	139.5	Wnw-19	300	120	53-16*	65-17*	
86.08.15	0800		22.6	135.7	Wnw-19	300	100	48-15*	58-17*	
86.08.16	0800		23.7	132.0	Wnw-15	300	100	45-14*	55-16*	
86.08.17	0800		24.5	128.3	Wnw-15	300	100	40-13*	50-15*	
86.10.18	0800		艾 文 IVAN	14.8	127.2	w-19~11	250	100	55-16*	
86.10.19	1400	17.1		123.4	nw~n 11~7	250	100	55-16*	68-17*	
86.10.20	0800	18.8		122.0	n~ne-7	200	80	45-14*	55-16*	
86.10.21	0800	19.4		122.6	ne~ene-11	200	80	35-12*	45-14*	
86.10.21	1400	19.8		123.9	ene-15~19	200	80	35-12*	45-14*	
88.07.30	0800	歐 佳 OLGA	16.6	133.7	NNW-15	150		18-8*	25-10*	港內有湧,雖未影響靠泊,惟 08/01 至 08/02 外港部分船隻仍有斷纜。
88.07.31	0200		20.8	131.9	NW-19	180		25-10*	33-12*	
88.08.01	0800		24.8	129.3	NW-19	200		28-10*	35-12*	
88.09.19	0800	巴 特 BART	21.8	128.0	nw~nnw-9	100		18-8*	25-10*	無影響船舶進出裝卸作業
88.09.20	0800		23.4	125.5	N-slowly	120		25-10*	33-12*	
88.09.21	1400		24.5	125.9	nne-slowly	180	80	40-13*	50-15*	

89.07.04	2000	奇洛基	19.0	131.6	Nnw-15	250	100	38-13*	48-15*	07/04 2321 時 22#碼頭「曼多」及 07/05 1005 時 25#碼頭「快捷」出港避湧，外港各船勉強維持至 07/06 下午後漸改善恢復作業。
89.07.05	0200	Kirogi	20.0	131.4	Nnw-15	250	100	38-13*	48-15*	
89.07.05	1400		21.6	132.5	Nne-19	280	120	45-14*	55-16*	
89.07.06	0200		23.3	133.6	Nne-19	280	120	45-14*	55-16*	
89.08.27	2000	巴比倫	22.3	130.1	wnw-18	250		20-8*	28-10*	08/28 1730 時成立防颱中心 08/30 上午解除 港內運作正常
89.08.28	1600	Prapiroon	23.0	127.1	wnw-18	250		23-9*	30-11*	
89.08.29	1100	n	24.0	125.1	NW-19	250		25-10*	33-12*	
89.08.30	0700		26.6	123.4	nw~nnw-22	250		30-11*	38-13*	
89.10.23	0200	雅吉	22.2	133.8	W-23	100		20-8*	28-10*	港內幾無湧浪產生，惟於 10/24 1700 成立防颱中心並建議外港「盛寶」及內港「瑞和」出港避風。
89.10.24	0800	Yagi	23.0	128.2	W-19	150		25-10*	33-12*	
89.10.25	0800		24.7	124.9	W-18~9	180	50	33-12*	43-14*	
90.10.15	1100	海燕	22.4	127.2	wnw-16	200	80	33-12*	43-14*	10/15 1600 成立應變小組 10/16 2130 解除 未受影響
90.10.15	2300	Haiyan	23.4	125.4	wnw~nw-18	250	100	35-12*	45-14*	
90.10.16	0200		23.8	125.1	~15	250	100	35-12*	45-14*	
90.10.16	0800		24.4	124.4	nw-15 nw~n-15~9	250	100	35-12*	45-14*	
91.06.29	1400	雷馬遜	11.3	136.0	wnw-10	100		18-8*	25-10*	港內產生湧浪多數 船舶斷纜，24#碼頭「可兒」撞損碰墊。
91.07.02	0200	Rammasun	18.6	131.0	nw-23	280	80	33-12*	43-14*	
91.07.03	0200		22.3	127.3	nw-19	300	100	45-14*	53-16*	
91.07.03	1700		24.2	125.6	nnw~n-15	300	100	45-14*	55-16*	
92.08.03	1400	艾陶	13.5	139.6	Nw-17	150		18-8*	25-10*	本次颱風無影響船舶進出靠泊，惟於 08/07 凌晨高潮位起即有越浪並稍有湧，持續至下午 1530 時高潮位後始漸穩靜。18#碼頭「雷尼」及 19#碼頭「行運」均有斷纜現象。
92.08.04	0200	E T A	14.7	138.1	Nw-17	150		20-8*	28-10*	
92.08.04	1400	U	15.6	135.3	nw~nnw-22	200		28-10*	35-12*	
92.08.05	0200		17.8	133.7	nw~nnw-22	250	50	35-12*	45-14*	
92.08.05	1400		18.7	131.5	nw~nnw-23	250	80	38-13*	48-15*	
92.08.06	0200		20.5	130.3	nnw~n-25	250	80	38-13*	48-15*	
92.08.07	0200		25.3	128.7	n~nne-25	300	120	43-14*	53-16*	
92.08.19	1100	梵高	21.6	125.2	Nw-26	100		18-8*	25-10*	
92.08.19	1500	Vanco	22.5	124.7	Nw-26	100		18-8*	25-10*	
92.08.19	1800		23.1	124.2	Nw-26	100		18-8*	25-10*	
92.08.19	2000		24.2	123.4	Nw-28	100		18-8*	25-10*	
92.08.19	2300		24.7	122.7	Nw-28	100		18-8*	25-10*	
92.09.10	0200	梅米	23.4	127.8	wnw~nw-14	200	80	45-14*	55-16*	09/10 上午有湧，惟不影響港內船舶靠泊
	0800	Maemi	23.6	127.2	wnw-12	200	100	48-15*	58-17*	
	1400		23.9	126.7	nw~nnw-14	200	100	51-16*	60-17*	
92.10.20	0200	凱莎娜	15.4	130.3	Steady	180		25-10*	33-12*	無任何影響
92.10.20	1400	Ketsana	15.7	130.9	ne-slowly	250	100	30-11*	38-13*	
92.10.21	0200		16.1	131.2	NNE-6	250	100	35-12*	45-14*	
	1400		16.7	131.3	NNE-8	300	100	40-13*	50-15*	
92.10.22	0200		17.2	131.3	NNE-10	300	120	43-14*	53-16*	
	1400		17.8	131.3	NNE-10	300	120	43-14*	53-16*	
92.10.23	0800		18.7	131.9	nne~ne-11	300	120	43-14*	53-16*	
	1400		19.1	132.2	NE-12	300	120	43-14*	53-16*	
92.10.24	1400		21.0	133.7	NNE-20	300	120	40-13*	50-15*	

92.11.22	1400	盧碧 L upit	8.8	152.3	W-24	150		25-10*	33-12*	11/27 下午起湧， 23#「莎菲」晚上無 法卸貨作業，11/29 湧浪加劇，至 12/01 上午始趨緩和。23# 「莎菲」15000 噸級 勉強支撐度過本次 颱風，其他砂石船 亦均免強維持作 業。內港船舶則尚 可作業，惟斷纜難 免。
92.11.23	1400		8.1	146.9	w~wnw-25	150		28-10*	35-12*	
92.11.24	1400		8.5	143.5	wnw-21	250	100	40-13*	50-15*	
92.11.25	1400		11.6	138.7	nw-23~16	250	100	43-14*	53-16*	
92.11.26	1400		13.1	136.4	NW-13	250	100	51-16*	63-17*	
92.11.27	1400		14.4	134.5	NW-10	250	100	51-16*	63-17*	
92.11.28	1400		16.1	132.5	Nnw-13	250	100	48-15*	58-17*	
92.11.29	1400		19.2	130.9	Nne~ne-16~	250	100	43-14*	53-16*	
92.11.30	1400		23.1	133.8	29	250	100	40-13*	50-15*	
92.12.01	0200	25.9	137.5	NE-36 NE-43	250	80	38-13*	48-15*		
93.04.05	0800	舒達 S udal	8.0	149.0	Wnw-7	100		18-8*	25-10*	04/12 早上外港已 稍有湧並通報各代 理行、中午高潮位 後轉劇通知金豐及 寶光 04/12 1730 時 23#雲天客出港避 湧 04/12 2100 時 25#裕樸出港避湧 並通知七海行原訂 04/13 0000 時進靠 24#福順延後進港 04/13 湧浪加劇 04/14 早上仍有湧 浪，中午左右福 順、雲天客、裕樸 等陸續進港，04/14 1400 高潮位過後， 湧浪慢慢減弱。
93.04.06	0800		9.5	147.0	Wnw-15	120		23-9*	30-11*	
93.04.07	0800		10.1	144.4	Wnw-14	150	50	30-11*	40-13*	
93.04.08	0800		9.2	140.6	w~wnw-14	200	80	33-12*	43-14*	
93.04.09	0800		9.1	138.1	nwn~nw-12	220	100	40-13*	50-15*	
93.04.10	0800		10.8	135.3	~15	250	100	43-14*	53-16*	
93.04.11	1400		13.7	131.6	NW-14	250	100	43-14*	53-16*	
93.04.12	0800		15.4	131.0	nnw~nne-11	250	100	38-13*	48-15*	
93.04.13	0800		17.2	131.7	n~nne-11	250	100	38-13*	48-15*	
93.04.14	0800		20.5	134.0	NE-17	250	100	38-13*	48-15*	
93.04.15	0800	23.7	138.8	ne~ene-24~ 27 ene-36~45	200	50	33-12*	43-14*		
93.10.04	1400	馬鞍 MA-ON	16.9	134.4	wnw-siow	100		18-8*	25-10*	10/08 上午稍有湧 浪，惟 25#「海安」 仍正常卸載 10/08 中午湧浪稍 增強，惟下午即轉 趨減弱 舊東堤越浪甚巨
93.10.05	1400		18.7	134.7	nw-6	100		20-8*	28-10*	
93.10.06	1400		20.6	132.7	wnw~nw-9	150	50	28-10*	35-12*	
93.10.07	0200		21.3	131.6	nnw~n-10	200	80	33-12*	43-14*	
93.10.08	0200		23.2	130.8	nne-20~27	200	80	51-16*	63-17↑	
	0800		23.8	131.5	nne-29~40	200	80	51-16*	63-17↑	
	1400	25.2	132.2	nne-35~46	250	80	53-16*	65-17↑		
93.08.09	0200	蘭寧 Ranim	18.8	130.4	Nne-12	150		23-9*	30-11*	本次颱風對本港泊 港船舶毫無影響， 甚至 25#碼頭之「裕 東」輪均正常卸載 煤炭。 惟因東堤越浪，堤 頭燈塔施工中已樹 立之鋼筋均被衝 垮。 本局於 08/11 1530 時成立緊急應變小 組 08/12 2030 時解 除。
93.08.10	0200		20.9	129.3	Nnw-11	200	50	28-10*	35-12*	
	0800		21.3	128.1	nw-11	200	50	30-11*	38-13*	
	1400		22.1	128.1	nw-13	200	50	33-12*	43-14*	
93.08.11	0200		22.9	127.1	Nw-13	250	100	33-12*	43-14*	
	0800		23.1	126.4	Nw-13	250	100	35-12*	45-14*	
	1400	23.9	125.6	Nw-17	250	100	38-13*	48-15*		
93.08.16	1400	梅姬 Megi	18.8	130.8	wnw~nw-25	200		18-8*	25-10*	本次颱風對本港毫 無影響。
93.08.17	0200		21.1	128.8	nw-25	200		18-8*	25-10*	
	0800		23.0	127.8	nw~nnw-30	200		20-8*	28-10*	
	1400		24.7	127.1	nnw~n-28~ 22	200		20-8*	28-10*	

93.08.20	0800	佳芭 C haba	13.4	157.6	w-20	100		20-8*	28-10*	08/25 上午 0900 時左右港內開始有較大湧浪產生,但「信興」仍進靠 21#碼頭、「富國新七號」仍靠 17#碼頭,油輪「安運」則取消進泊。 08/26 上午湧浪已減小,船舶均已正常進出作業。
	1400		13.8	157.0	w-20	100		20-8*	28-10*	
93.08.21	1400		14.4	151.8	w~wnw-21	150	50	28-10*	35-12*	
93.08.22	1400		14.3	146.3	wnw-21	200	80	40-13*	50-15*	
93.08.24	0800		17.5	140.2	nw-20	300	120	55-16*	68-17↑	
93.08.25	0800		20.3	138.2	nw-16	300	120	55-16*	68-17↑	
93.08.26	0200		22.5	136.7	nw-16~13	300	120	55-16*	68-17↑	
93.08.20	0800	艾利 A ere	13.4	135.3	Nw-12	150		18-8*	25-10*	08/23 早上開始有湧,泊港船舶多有斷纜情形,惟仍可正常裝卸作業。除 25#碼頭「富國新七號」外,其他砂石船均進泊內港。 08/23 1500 時成立緊急應變小組
	1400		14.7	136.5	Nw=15	150		20-8*	28-10*	
93.08.21	1400		18.2	132.9	Nw-18	150	50	28-10*	35-12*	
93.08.22	1400		20.9	129.1	Nw-19~15	150	50	30-11*	38-13*	
93.08.23	0800		22.9	126.4	nw~wnw-15	200	50	33-12*	43-14*	
93.08.24	0800		24.9	124.0	~12	200	50	35-12*	45-14*	
93.08.25	0800	25.4	121.4	w-11	200	50	38-13*	48-15*		
				w-15						
93.09.03	1400	桑達 SONGD A	22.4	135.2	w-19	200	80	48-15*	58-17*	09/03 上午八時左右高潮位時稍見湧浪 09/04 上午九時左業「宏裕」於 18#碼頭斷纜出港避湧, 09/04 至 09/05 下午外港湧浪較巨, 惟數艘砂石船仍進出裝貨。09/05 2100 時高潮位後港內已較平靜, 惟舊東堤越浪仍甚巨
93.09.04	0800		23.3	132.1	wnw-17~14	200	80	48-15*	58-17*	
	1400		24.1	131.1	wnw-17~14	200	80	48-15*	58-17*	
93.09.05	0200		25.1	129.7	wnw~nw-13	200	50	48-15*	58-17*	
	1400		26.3	128.2	nw~nnw-13~10	250	100	48-15*	58-17*	
93.09.21	0800	米雷 MEARI	13.1	141.9	Wnw-13	100		18-8*	25-10*	25 日晚上至 26 日下午稍有湧浪, 惟不影響船舶正常作業 (本次颱風形成行進期間適逢大陸高壓南下)
93.09.22	0800		15.0	139.6	Wnw-14	100		23-9*	30-11*	
93.09.23	0800		17.2	137.5	NW-16	150	50	33-12*	43-14*	
93.09.24	0800		19.4	134.3	NW-17	200	80	40-13*	50-15*	
93.09.25	0800		22.2	131.2	NW-19	200	80	45-14*	55-16*	
93.09.26	0800		25.8	126.4	w-15~9	200	80	40-13*	50-15*	
93.09.27	0800		26.0	124.8	stdy~nne-7	200	80	40-13*	50-15*	

5. 由台灣西南方之南中國海生成之颱風由巴士海峽約朝東北向進入台灣東南海域並持續遠離台灣者,均不至對花蓮港港池造成共振現象:

時間		颱風名稱	經緯度		行進方向速度 ( km/h )	七級風半徑 ( km )	十級風半徑 ( km )	中心最大風速 ( m/s )	瞬間最大風速 ( m/s )	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
85.05.22	1400	凱 姆 CAM	19.9	119.6	ne-15	150		20-8*	25-10*	船舶進出港作業正常
85.05.23	0800		20.9	122.0	ne-18	150		20-8*	25-10*	
85.05.23	1400		21.3	123.3	ne-22	150		20-8*	25-10*	
87.09.18	0200	維 琪 VICKI	17.0	118.7	滯留	100		18-8*	25-10*	船舶正常進出港及裝卸作業
87.09.21	0200		23.2	128.7	ne~nne-25	120		28-10*	35-12*	
87.09.21	1400		26.0	131.0	nne-30	200		30-11*	38-13*	

90.05.11	0800	西馬隆 Cima	17.0	119.0	N-13	100		18-8*	25-10*	05/12 1400 成立防颱中心 未造成港內湧浪「金瀧」在 23#碼頭待修及沉箱渠內之沉箱均安然。
90.05.12	0800		18.8	119.5	n~nne-11	120		20-8*	28-10*	
90.05.13	0700		21.0	121.7	nne-19	150		20-8*	28-10*	
90.05.13	1700		22.7	123.4	NE-26	150		23-9*	30-11*	
91.06.08	1400	諾古力 Noguri	21.0	118.0						無任何影響
91.06.09	1400		22.0	124.5						
91.06.10	1400		24.9	125.5						
92.06.01	2000	南卡 Nangka	18.2	117.8	Ne-15	100		18-8*	25-10*	無任何影響
92.06.02	1400		20.6	120.3	Ne-23~33	100		23-9*	30-11*	
92.06.03	0200		21.8	122.9	Ne-28~39	100		23-9*	30-11*	
92.11.02	0500	米勒 Melor	19.6	120.7	NW-10	150		23-9*	30-11*	11/02 1100 成立應變小組 11/03 1600 解除本次颱風動態與氣象局預測誤差太大 11/03 0900 時召開防颱會議要求船舶出港避風，「康運」經強制要求於 1200 時前出港，其他船舶則均未出港避風，港內亦無明顯湧浪形成。
92.11.03	1100		20.3	120.5	nnw~nw-10	150		23-9*	30-11*	
	1700		21.0	120.8	N-10	150		23-9*	30-11*	
	2200		21.4	121.0	N-10	150		25-10*	33-12*	
	0600		22.4	121.7	N-10	150		25-10*	33-12*	
	1100		22.8	122.2	Nne-10	120		20-8*	28-10*	
	1700		23.5	123.1		120		18-8*	25-10*	
93.06.07	0800	康森 Conson	16.4	118.7	Nne-10	100		20-8*	28-10*	06/08 1630 成立緊急應變小組 06/09 1830 解除本次颱風對本港無任何影響，亦無湧浪產生。
93.06.08	0800		18.3	119.3	Nne-11	150		25-10*	33-12*	
93.06.09	1800		19.8	119.9	Nne-11	150		30-11*	38-13*	
	0800		21.2	121.3	Nne-15	150	50	33-12*	43-14*	
	1400		22.3	122.6	Ne-25~32	150	50	33-12*	43-14*	
	1700	22.9	123.0	ne-30	150	50	33-12*	43-14*		

6. 由台灣東北部外海生成之颱風朝西南向接近台灣而未直接侵襲花蓮者，亦不至對花蓮港港池造成共振現象：

由台灣東北部外海朝西南向接近台灣颱風

時間		颱風名稱	經緯度		行進方向速度 (km/h)	七級風半徑 (km)	十級風半徑 (km)	中心最大風速 (m/s)	瞬間最大風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
89.09.08	1400	寶發 Bopha	25.5	128.0	w~wsw-19	180		23-9*	30-11*	09/09 0900 成立防颱 09/10 1500 解除內外港均靠泊有船並無斷續情事。
89.09.09	1000		25.3	124.7	wsw~sw-17	150		23-9*	30-11*	
89.09.09	2100		24.3	123.6	sw~ssw-17	150		23-9*	30-11*	
89.09.10	0700		22.5	123.0	ssw~s-17	150		23-9*	30-11*	
90.09.13	1400	納莉 Nari	26.9	126.2	Wnw-8	150	50	30-11*	38-13*	09/15 0900 成立應變小組 09/27 1200 解除本次颱風非常詭異重創台灣，惟本港完全未受影響。
90.09.14	1400		27.5	124.9	Wsw-8	150	50	30-11*	38-13*	
90.09.15	1400		25.9	123.9	Sw-12	150	50	30-11*	38-13*	
90.09.16	1400		25.4	122.6	Wsw-6	150	50	40-13*	50-15*	
90.09.17	1400		24.0	120.8	Sw-4	120		20-8*	28-10*	
90.09.18	1500		23.7	120.4	w-3	120		18-8*	25-10*	
90.09.19	2000		22.4	118.8	w-10	80		18-8*	25-10*	

7. 在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西向通過呂宋島者，亦不至對花蓮港港池造成共振現象：

由呂宋島東方海域朝西向通過呂宋島颱風										
時間		颱風名稱	經緯度		行進方向 速度 (km/h)	七級風半徑 (km)	十級風半徑 (km)	中心最大風速 (m/s)	瞬間最大風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
85.10.17	0200	貝絲	17.7	125.2	w-12					無明顯浪湧 無船舶斷纜或出港避風
85.10.18	0200		17.6	122.1	w-15					
85.10.19	0200		18.6	119.6	w-11					
87.12.10	2000	費絲 FAITH	11.7	126.0	w-25	120		23-9*	28-10*	船舶正常進出港及裝卸作業（冷鋒南下）
87.12.11	0800		12.0	122.0	w-28	150		28-10*	35-12*	
87.12.11	1400		11.5	120.1	w-28	200		30-11*	38-13*	
92.08.21	0800	科羅旺 Krovanh	18.8	129.2	W-17	150		23-9*	30-11*	本次颱風發布海上颱風警報。
	1400		18.4	128.0	W-19	200		25-10*	33-12*	
92.08.22	0200	科羅旺 Krovanh	17.9	125.9	W-22	200	50	30-11*	38-13*	除 08/22 晚上稍有湧外，不影響進出作業。
	1100		17.7	123.7	W-22	250	100	33-12*	43-14*	
2300	17.7		121.5	w~wnw-21	250	100	30-11*	38-13*		
92.08.23	0800		17.6	119.2	w~wnw-22	250	100	30-11*	38-13*	
93.07.14	0800	康伯斯 Kompasu	21.2	125.0	Wnw-18	100		18-8*	25-10*	本次颱風在較高緯度生成，本局於 07/14 1500 時召開防颱會議並於 1530 時配合交通部成立緊急應變小組，由於颱風持續偏西且維持輕度，故對本港絲毫無影響，07/15 0700 時解除應變小組。
	1400		21.4	123.5	wnw-20	100		18-8*	25-10*	
93.07.15	2000	20.9	121.5	wnw-20	100		20-8*	28-10*		
	0200	20.9	120.5	wnw-20	100		20-8*	28-10*		