97-59-7344
MOTC-IOT-96-H3DA001

港灣環境資訊系統與數值模式應用研究（3/4）

交 通 部 運 輸 研 究 所
中華民國 97 年 4 月

97

港灣環境資訊系統與數值模式應用研究 (3/4)

交通部運輸研究所

GPN：1009701023
定價 500 元

97-59-7344
MOTC-IOT-96-H3DA001

港灣環境資訊系統與數值模式應用研究（3/4）

著 者：簡仲璟

交通部運輸研究所
中華民國 97 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

港灣環境資訊系統與數值模式應用研究. (1/2)
/ 簡仲璟著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部
運研所, 民97.04
面 ; 公分
參考書目:面
ISBN 978-986-01-4004-0(平裝)

1. 港埠管理 2. 數值分析 3. 地理資訊系統

443.2029 97007644

港灣環境資訊系統與數值模式應用研究（3/4）

著　　者：簡仲璟
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：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 97 年 4 月
印 刷 者：德輝興業有限公司
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： 500 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組• 電話：(02)23496880
五南文化廣場：臺中市中山路 6 號• 電話：(04)22260330

GPN：1009701023　　ISBN：978-986-01-4004-0 (平裝)

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣環境資訊系統與數值模式應用研究（3/4）

國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號
ISBN 978-986-01-4004-0 (平裝)	1009701023	97-59-7344	96-H3DA001

主辦單位：港灣技術研究中心
主管：邱永芳
計劃主持人：簡仲璟
研究人員：陳明宗、李俊穎、陳正義、馬維倫、張麗瓊
聯絡電話：04-26587131
傳真號碼：04-26564415

研究期間
自 96 年 01 月
至 96 年 12 月

關鍵詞：花蓮港、港池共振、海氣象、即時傳輸、波譜參數

摘要：本報告包含 3 個研究子計畫（一）花蓮港港池共振機制研究（3/4）、（二）港灣環境資訊網規劃與建置維護(2/3)及（三）颱風波浪頻譜形狀參數之研究（3/4）。

（一）花蓮港港池共振機制研究（3/4）

本計畫為四年期計畫之第三年，其目標為利用相關的現場觀測、數值模擬及水工模型試驗，探討花蓮港的港灣共振機制。本年度主要是持續進行花蓮港及附近海域現場波浪觀測與資料分析統計、以現場實測頻譜進行不規則波的港灣波動數值模擬，並與港內的實測值進行比較。同時，也進行多方向不規則波的數值模擬，以探討花蓮港港池共振機制、以及港池共振改善方案可行性評估。為了分析含有非定常及非線性波動特性的波浪記錄，本計畫也引用 Hilber-Huang 轉換(HHT)編寫 Matlab 程式對所觀測的水位資料進行分析，以瞭解波動裡面的各種成分。

（二）港灣環境資訊網規劃與建置維護(2/3)

本計畫為整體建置之第二階段第二年，主要工作項目包括： 1. 建置一個由關聯式資料庫管理系統所構成的海情資料庫，以彙整現場觀測所得之風速、風向、潮位、波高、週期、流速、流向、及數值模擬計算所得之港區附近海域海象預報資訊。2. 整合海氣象觀測子系統及數值預報子系統之系統介面控制軟體開發。3. 擴充建置花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統，並可透過網頁查看即時影像。4. 擴充建置港灣環境資訊管理系統，以確保整體系統運作之穩定性、資料品質可靠性以及系統保密與安全性。

（三）颱風波浪頻譜形狀參數之研究（3/4）

本研究利用依主頻區能量觀點所定義之波譜形狀新參數 SB 應用至實測颱風波浪，探討其波譜形狀之演變過程。同時也比較新參數 SB 與其他不同波譜形狀參數之差異性、相關性及在理論波譜擬合的適用性。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
97 年 4 月	468	500	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：
□密 □機密 □極機密 □絕對機密
（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: Applications of Harbor-Environment-Information-System and Mathematical Hydraulic Models（3/4）

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN978-986-01-4004-0 (pbk)	1009701023	97-59-7344	96-H3DA001

DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER
DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chung-Ching Chien
PROJECT STAFF: Ming-Tzung Chen, Chun-Ying Lee, Cheng-Yi Chen, Ma Wei-Luen Lee-Chung Chang
PHONE: 886-4-26587131
FAX: 886-4-26564415

PROJECT PERIOD
FROM January 2007 TO December 2007

KEY WORDS: Hualien Harbor, Harbor Resonance, Oceanic and Meteorological, Real-time Transmission, Spectral Parameters

ABSTRACT: This report includes three sub-projects: (1) Harbor Resonance of Hualien Harbor (3/4), (2) Construction and Maintenance for Harbor Environment Information System (2/3), and (3) Shape Parameters of Typhoon Wave Spectral (3/4). The summaries of the above three projects are as follows:

(1) Harbor Resonance of Hualien Harbor (3/4)

In this third year of a four-year research, the harbor resonance problem of Hualien Harbor was studied. In this third year project, we continue studying the transfer function, long period wave observations, and numerical simulations of harbor tranquilities induced by directional waves or practical irregular waves, and also the improvements about the long period oscillations of Hualien Port. In the first half year, we have maintained the wave observations around Hualien Harbor, and a new observation was deployed outside the Taichung Harbor. The Hilbert-Huang Transform (HHT) were also introduced and programmed to analyze the observed data to explore the component in the signal, and seeking the long period component.

(2) Construction and Maintenance for Harbor Environment Information System (2/3)

Important tasks of this project include: 1. Building a database of ocean conditions constituted with relational database managing system, which can compile the wind speed and direction, tide level, wave height and period, current speed and direction obtained from site observation, as well as forecast information on ocean model at sea area near harbor and obtained from simulation experiments, 2. Development of interface controlled software on integration of sub systems of weather observation and numerical forecast, 3. Planning for the construction of a real-time video monitoring and transmitted communication system in Hualien Harbor, as well as real-time images searching function via Web homepage, and 4. Expansion on constructing harbor-environment-information-management-system, which ensures the stability of overall system operation, reliability of information quality, and system's security and safety.

(3) Shape Parameters of Typhoon Wave Spectra (3/4)

In this study, a new method for calculating the wave spectral shape parameter was defined by main energy region of spectra. The new shape parameter was applied to the typhoon wave site observations around Hualien Harbor, and examined the variation trend of wave spectral shape during the wave generation, decay process. Furthermore, we analyzed the relativity between the new shape parameter and other parameters; the suitability for using the theoretic spectrum fitting was also rechecked.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
April 2008	468	500	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

港灣環境資訊系統與數值模式應用研究（3/4）

目　錄

第一子計畫

花蓮港港池共振機制研究（3/4）

著者：林炤圭、林玉峰、涂宗男、簡仲璟、李俊穎

第一子計畫目錄

圖目錄

表目錄

第一章 計畫背景分析

1.1 計畫目的

花蓮港為我國的國際商港之一，就地理位置來說對於臺灣東部地區的貨物運輸，應佔有相當重要的地位。然而，由於有些颱風侵襲期間，港內曾發生長週期蕩漾的現象，不利於船舶的靠泊與人員貨物的裝載，再加上東部的產業逐漸偏向於自然資源的利用與觀光產業的發展，因而導致花蓮港的貨運量偏低。然為了充分發揮花蓮港地利優勢，港灣的功能勢必轉型朝向多元化發展。在轉型的過程中，其服務範圍將由貨物運輸而逐漸偏向於海上遊憩的相關運輸行為，服務對象也將偏向於以人為主，相對地對於港灣的相關設施及功能，尤其是港灣的靜穩度的要求也會更高。

花蓮港由於海底地形與特有港形的緣故，在港內容易激發與港池特性長度相關的長週期振盪，嚴重影響港內船舶的靠泊。不僅影響船舶靠泊安全，也直接影響到人員登船與下船過程間的安全性。目前此一長週期蕩漾現象已經造成在惡劣天候下，尤其是在某些颱風侵襲之前，港內的船舶必須離港避難，明顯地違背港灣建設開發的目的。

為了瞭解花蓮港港池共振機制以及研提改善防治對策，有鑑於此，交通部運輸研究所(以下簡稱本所)乃依據94-97年度科技研究計畫「港灣環境資訊系統及數值模式應用研究」之綱要計畫總目標擬定為期四年的研究計畫以進行與花蓮港港池共振機制相關的研究。其中，並配合本所的相關研究，從水工模型試驗、現場觀測、及數值模擬等方面探討花蓮港的港池共振機制。

1.2 計畫重要性

花蓮港為我國唯一為處於台灣東部海岸的國際商港(如圖1.1所

示)，就其位置性來說花蓮港對於台灣東部地區的貨物運輸應佔有相當重要的地位，然而自四期擴建完成後由於港內經常發生長週期蕩漾的現象，不利於船舶的靠泊與人員貨物的裝載，再加上東部的產業逐漸偏向於自然資源的利用與觀光產業的發展，使得航商因為船舶安全以及成本業績的考量而裹足不前，因而導致花蓮港的貨運量偏低，與業務的衰退。就目前國內的經濟發展策略而言，由於相關的工業多集中在西部海岸，再加上北宜高速公路以及規劃中東部高速公路的開發，未來東部的工業發展仍會因為其地理位置、地質因素、以及政策的導向而趨於保守，自然資源、觀光產業及傳統農漁業仍可能主導花蓮港海洋運輸發展方向。

然而換另一角度，從地緣關係來看，花蓮縣位處台灣東部海岸的中段，其海岸線綿延約110公里，且面臨太平洋遼闊的豐富漁場。在台灣東部海岸，花蓮港以北較大的人工港灣(扣除特定用途的和平水泥專用港)就屬大約距離60公里外的蘇澳港，往南則也是大約50公里外的石梯漁港。以近海船舶的活動性與機動性來看，花蓮港的地理位置對發展東部海岸的各種型式的海洋事業或活動，不論是作為前進基地或是中繼站，都有其不可忽視的重要性。因此，為了充分發揮花蓮港地利優勢，花蓮港的功能勢須配合鐵公路交通的變革與發展，以及花東地區產業的發展結構，重新加以定位，並朝向多元性的港灣利用來進行規劃及轉型。在轉型的過程中，其服務的對象當然也可能由主要的貨物運輸而逐漸偏向於與海上遊憩的相關運輸行為。

由於服務對象將逐漸由以貨物為主移轉為以人為主，相對地對於港灣的相關設施及功能，尤其是港灣穩靜度的要求將會更加提高。然而目前花蓮港由於附近海底地形的陡峭與特有狹長港形的緣故(如圖1.2所示)，在港內容易激發與港池特性長度相關的長週期振盪，並嚴重地影響到港內船舶的靠泊，以及人員登船與下船過程間的安全性。目前此一長週期蕩漾現象已經造成在惡劣天候下，尤其是颱風侵襲之前，花蓮港內的船舶必須離港避難，而明顯地違背港灣建設開發的目的。再加上由於花蓮港外海水深浪大，船舶的出海錨泊仍可能因為流

錨而發生船舶擱淺的船難事件，所以基本上不應該是一標準正常的作業程序。

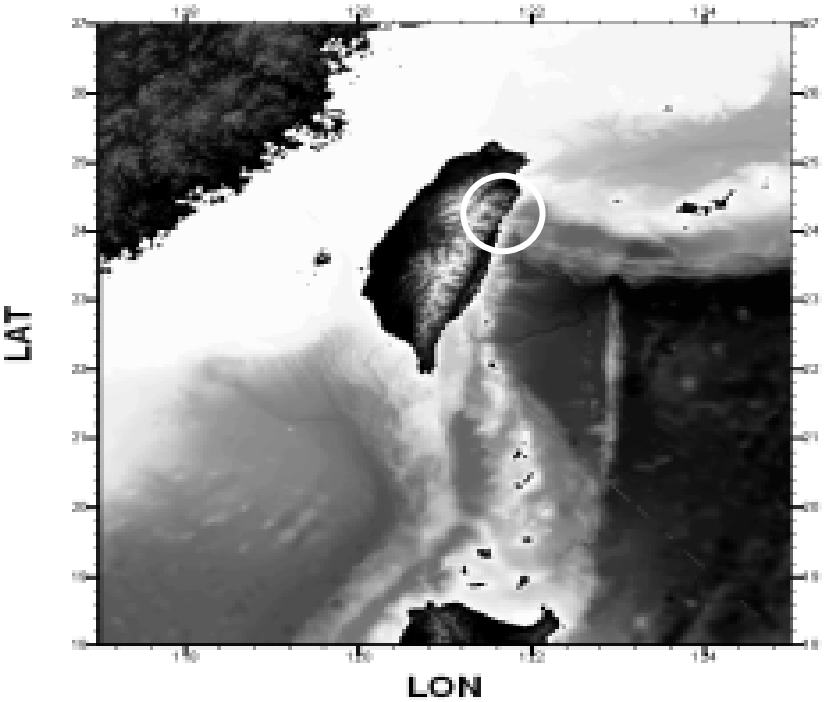


圖1.1 花蓮港位置示意圖

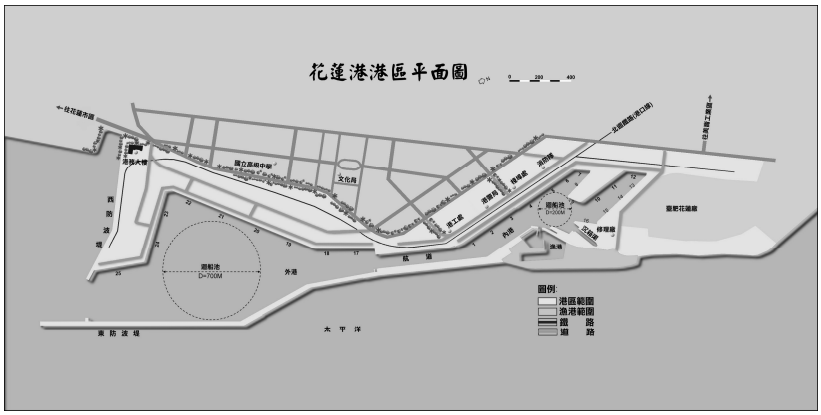


圖1.2 花蓮港現況配置圖

目前，花蓮港的水域屬於漁業與商業共用，其中漁業包括了傳統漁業及遊憩漁業，這些用途對水域的穩靜度有不同的要求。例如，位於花蓮港內的花蓮漁港原係由商港的小型船渠撥用改建，由於水域空間不足於民國89年起進行專用漁港的規劃設計與建設，原先有另外闢建進出口航道的構想，但基於建設經費與港內穩靜度的考量，最後仍

決定使用商港部份的航道作為漁船進出口。如果再加上花蓮港正在推動未來的海上遊樂船舶活動，則將使得對花蓮港港內穩靜度的要求更形提高，而如何解決港內長週期波動的需求也相對提高。

1.3 相關研究

為了找出花蓮港長週期振盪機制，在花蓮港務局的委託下，本所港灣技術研究中心(以下簡稱本中心)自民國78年起即陸續在港內及港外展開一系列的長期海氣象觀測，至民國89年更擴充至全港內與東防波堤外側多個測波站的同步觀測，其間也包括了許多自發性的研究計畫。由於收集的資料相當龐大，目前的資料分析僅完成初步港灣規劃、管理及工程設計所需的基本分析外，進一步的相關比對則仍陸續累積與整理當中。除了現場調查之外，本中心也進行了相當多的數值模擬及水工模型試驗。為了探討花蓮港共振的問題，花蓮港務局與本中心也曾於民國85年共同舉辦『花蓮港港池振盪及其改善方案研討會』。相關的研究有張及曾(1993)、張及曾(1995)、蘇及陳(1995)、曾及簡(1996)、蘇等人(1996)、簡及邱(1996)、張(1996)、曾(1998)、簡及曾(1999)、莊(2000)、莊及江(2000)、李等人(2001)、李(2001)、郭等人(2002)、蕭等人(2000)、邱等人(2003)、張及林(2003)、邱等人(2003)、蘇(2003)等、邱等人(2005)。為方便後續研究者的搜尋，相關文獻列於1.6節中。

邱等人(2005)的文獻中從改善花蓮港長週期振盪的出發點，整理了過去相關的現場觀測、模型試驗及數值分析的成果。在文章中指出有關現場觀測的資料分析部份，曾(1996)分析民國79至85年間的31個港外颱風波浪，其中民國83年的6個颱風(提姆、凱特琳、道格、弗雷特、葛拉絲及席斯)，以及民國84年的肯特颱風期間港內也進行了同步觀測。分析結果指出外海的颱風波能多集中在11至15秒之間，但在港口外側則顯示長週期成份波的能量顯著增加；內港區的長週期能量集中在147及158秒左右，而外港區則在137、147及185秒左右。由於東防波堤的遮蔽效應，外港區池的短週期能量可以降低一階，而內港區池則降了

兩階，然而160秒左右的波能卻增加二階。文中並指出可能引起港內超長重力波的機制有二：碎波點位置振盪所生的自由長波；或者伴隨短波群前進之強制長波。曾及簡(1996) 分析民國78年至82年的現場觀測資料也指出在民國83年提姆颱風侵襲期間港內有明顯的能量集中在47、82、98、114及158秒成份波處。簡及曾(1999)分析民國79年至87年間的45個颱風動態資料與現場波浪資料指出，颱風波浪的波高逐時變化除與颱風行進路徑、強度規模及移動速度有關外，也和背景波浪場、陸地遮蔽效應有密切關連。對花蓮港而言，颱風波浪的總作用時間大約1至2天；颱風波浪的明顯增大時間大約是颱風中心距花蓮港約500~900公里。郭等人(2002)利用民國83年至86年間的五個颱風時期所觀測的港內及港外波浪資料進行分析，以探討港池振盪的發生機制。其認為港內的振盪機制大致與線性波理論吻合，是由港外波浪低頻域能量所引起。但也指出港外風浪愈大，不一定港內振盪就大，必須視港外的低頻成份波的波向而定，而港外低頻波之波向也不一定與風浪主方向相同。顯示港池振盪的機制有著很複雜的關係。張及林(2003)利用最小二乘法發展出兩種可辨識水位訊號之主成份波週期及振幅的模式，並將其應用在花蓮港民國83年提姆(Tim)颱風的港內波動訊號上，辨識出港內主要成份波週期為87.6及152秒，而港外為15、52、80及130秒。

在數值模擬方面，蘇等人(1996)利用近岸波場推算數值模式-Model WP21探討港內的波動，並指出當入射波週期為42、87、92、118及155秒時，港內會引起明顯的振盪。莊(2000)、莊及江(2000)應用MIKE21-EMS以數值模擬方式探討花蓮港於颱風期間的港池不穩靜機制，並認為亞重力波顯著支配花蓮港的共振特性。他同時指出當亞重力波之入射週期為100、130、160及190秒時，港內會引起程度不同的共振，而且若花蓮港外海存在具有較顯著振幅(能量)的195秒波動時，則花蓮港內港域各碼頭區將面對全面性之最嚴重共振波動振盪。蕭等人(2000)應用雙互換邊界元素法解析花蓮港的港池波動問題時，指出港內增設消能池可改善長週期之波動，但港外設置潛堤則無多大效果。

航道拓寬與航道浚深可降低波高增幅係數值，但可能引發新的共振週期。李等人(2001)利用緩坡方程式及邊界元素法進行解析並發現入射波週期為48、56、96、116、140及160秒時會引起港內的長週期振盪。以上數值模擬所得到的振盪週期略有出入，猜測其原因應是各項研究所用數值模擬技巧不同所致，例如數值方法、元素切割等。但是可以確認的是，從數值模擬上可以曉得花蓮港的共振週期特性。

在水工模型試驗方面，簡(1996)嘗試幾種不同的港內配置方案試圖改善港內的長週期共振，但只能獲得有限的效果。簡等人(1997)藉由探討舊東堤改建、美崙溪導流堤延伸改善港口淤積、及南濱海岸侵蝕的問題，提出多種配置方案探討港內的長浪防制問題。邱等人(2000)從拓寬內航道、以及在港外加設潛堤或突堤的方式來探討長浪可能的防制方法，其中共測試了三種颱風週期(12.6、13.5及15.3秒)及四種長週期(40、100、140及160秒)，並發現140及160秒的入射波會引起港內的長週期振盪。在水工模擬方面，由於經費、時程與計畫任務導向的限制，往往只能針對少數幾個特定波浪週期進行實驗，因此我們可以將其視為一項驗證的工作，瞭解某些週期的港遲波動情形，或是確認某些週期會引發共振，但是對於沒有進行的波浪週期則無法獲得任何資訊。

綜合過去的相關研究中可以發現花蓮港的港池共振週期特性已經透過現場觀測、模型試驗、以及數值模擬的方式加以探討多年，但是對於如何引發此一現象的機制：亞重力波、波群所附帶的長波、緣岸波、或是其他因素，卻仍是無法定論。蘇(2003)從物理性質的角度分析三種可能的長週期振盪發生機制：亞重力波、波群所附帶的長波、及緣岸波。其認為接近80至90秒或130至160秒週期的亞重力波很難在一般颱風區域內產生。而除非是很規則的湧浪，現場不規則波浪很難出現有規則性的群波，因此推論波群所附帶的長波不應該是有效引起港池共振的入射波。然而該文僅只是概念性地認為花蓮港的長週期振盪應是由緣岸波所造成，但未作任何證明。再者，緣波的理論主要說明了入射波浪可以近似平行於海岸線走向的方向沿岸傳播，並可能攜帶大量能量入侵花蓮港。此一現象或許與花蓮港的共振有關，但就波浪

週期而言，緣岸波並未改變外海波浪的週期結構，因此猜測可能尚有其他的共振機制。

1.4 研究範圍與對象

本計畫主要是利用水工模型試驗、現場觀測、及數值模擬等方法探討花蓮港港池共振的機制。

在為期四年的研究工作中，首先利用水工模型試驗討論波壓與波高的關係，以便確認適合花蓮港海底地形的波壓與波高的轉換關係。其後，利用現場波浪觀測資料進行統計及頻譜分析以了解花蓮港港內及港外的波浪特性。此外，建置花蓮港附近水域的單方向及多方向不規則波及任意地形之波浪折繞射模式，以探討花蓮港附近的波動與水流特性，藉此研擬改善防治對策。

1.5 研究內容與工作項目

本計畫設定執行四年，目前係進行第三年的工作，各年之主要工作項目包括：

第一年(94年)：

1. 進行波壓與波高轉換函數相關的水工模型斷面試驗，建立港內波壓與波轉換關係

以不同深度的等水深地形，在同一位置使用容量式波高計及壓力頭模擬壓力式波高計同步量測不同入射週期及波高的水面波動與水底壓力變化時序性資料，分析比較壓力與波高之轉換關係。其次，變換底床坡度重複上項試驗與分析。試驗之波浪將以規則波與不規則波分別進行。而模型配置也分為空水槽及直立堤兩種。

2. 針對花蓮港現場波浪觀測的資料作波浪特性的統計與分析

針對目前正在持續進行的現場波浪觀測，以傳統的及第一項的經驗公式進行統計分析與比較。傳統的波浪分析將包含如零上切求個別波高及特性波高，頻譜分析及波高週期統計分析與理論曲線套配。

3. 建置花蓮港港灣波動數值模擬的模式，進行規則波的數值模擬，並與相關研究成果相比對

以花蓮港的地形，並考慮外海的波浪折射與淺化，以及海岸及碼頭岸壁的非定值反射特性，建構港灣波動數值模式。其中，將首先進行元素分割大小及數值收斂性的比較。其後，進行規則波的數值模擬以計算港內波高分布及特定點的增幅曲線，以與過去的研究成果相比較與驗證。

4. 花蓮港防波堤振動特性與沉箱變位資料分析

第二年(95年)：

1. 繼續進行波壓與波高轉換函數的相關水工模型平面試驗

在平面水槽設置部份開口之矩形港池，並視需要調整港外的海底地形坡度，進行不同入射方向所造成之港外入反射波場及港內多次反射波場之波壓與波高的轉換關係的探討。

2. 繼續進行花蓮港現場波浪觀測的資料分析與波浪特性統計

以理論頻譜進行不規則波的港灣波動數值模擬

以理論頻譜如JONSWAP、P-M或Bretschneider頻譜進行不規則波之港灣波動數值模擬，並計算港內特定點之反應頻譜，以及相關的波高與週期參數。

3. 規劃及設計三維潮流數值模式

針對花蓮港的地形引進三維潮流模式理論，建構適合花蓮港的潮流數值模式。

第三年(96年)：

1. 持續進行花蓮港及附近海域現場波浪觀測與資料分析統計

除延續第一及第二年確認波高與波壓關係之水工模型試驗工作外，將著重在長周期波的觀測及其頻譜特性與發生機制探討。

2. 以現場實測頻譜進行不規則波的港灣波動數值模擬，並與港內的實測值進行比較。同時，也進行多方向不規則波的數值模擬，以探討花蓮港港池共振機制。

3. 港池共振改善方案可行性評估。

第四年(97年)：

1. 延續前三年工作內容繼續進行花蓮港現場波浪觀測的資料分析與波浪特性統計

以規則波及不規則波的港灣波動數值模擬結果，對各改善方案之港池靜穩度進行評估

2. 以花蓮港的潮汐與潮流特性進行花蓮港附近三維潮流數值模擬

配合本所92~96年「近岸數值模擬系統之建立」研究計畫成果，探討及測試港灣波動數值模式與近海波浪預報模式結合，建構花蓮港波浪預報模式

1.6 重要文獻回顧

1.6.1 已完成之相關研究計畫

報告編號	報　　告　　名　　稱
S760390	花蓮港舊東防波堤外側潛堤穩定性及效用斷面模型試驗
S790630	花蓮港舊東防波堤身灌漿加固修護方法之可行性研究
S830990	花蓮港與蘇澳港八十三年颱風災害探討
S851260	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第一子計畫現場海氣象調查
S851270	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第二子計畫水工模型試驗
S851280	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第三子計畫數值模擬
S851290	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第四子計畫水深測量與漂沙堆積分析
S851300	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第五子計畫防波堤改善方案
S851310	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第六子計畫綜合改善方案
S861510	花蓮港整體規劃及未來發展計劃----長浪及漂砂防制研究第一子計畫：防波堤結構斷面型式試驗研究
S861520	花蓮港整體規劃及未來發展計劃----長浪及漂砂防制研究第二子計畫：防波堤堤線配置平面試驗
S861530	花蓮港整體規劃及未來發展計劃----長浪及漂砂防制研究第三子計畫：港口漂砂淤塞改善檢核試驗研究竟
S861540	花蓮港整體規劃及未來發展計劃----長浪及漂砂防制研究第四子計畫：綜合改善方案研定
B085031	台灣五個國際港附近海域海氣象調查研究
B085032	台灣五個國際港海氣象資料庫查詢系統建立研究
B085033	台灣五個國際港波譜預測模式之研究
B085080	花蓮和蘇澳港附近長波研究85
B088070	花蓮港波浪預警系統之應用研究
B089180	花蓮港商漁港分道與港池穩靜水工模型試驗研究-可行性分析
B089190	花蓮港商漁港分道與港池穩靜水工模型試驗研究-水工模型試驗報告
B090020	花蓮港港內和港外長波數值模式研究
B090030	台灣地區整體國內商港暨漁港客貨碼頭發展規劃
B090090	花蓮港共振強度估算模式研究
B091009	台灣國際五大港觀測潮汐資料專刊花蓮港)

1.6.2 相關文獻

1	張金機、曾相茂(1993)「花蓮港港池不穩靜初步調查研究」，第15屆海洋工程研討會，第489~502頁。
2	張金機、曾相茂(1995)「花蓮港港池不穩靜初步調查研究」，第17屆海洋工程研討會暨兩岸港口及海洋工程研討會，第131~143頁。
3	蘇青和、陳明宗(1995)「花蓮港港池之共振特性探討」，第17屆海洋工程研討會，第113~128頁。
4	簡仲璟、邱永芳(1996)「花蓮港港灣設施改善計畫之研究-模型試驗」，專刊127號，交通處港灣技術研究所。
5	張金機(1996)「花蓮港港灣設施改善計畫之研究-綜合改善方案」，專刊131號，交通處港灣技術研究所。
6	曾相茂、簡仲璟(1996)「花蓮港海域海象現場調查與分析」，花蓮港港池振盪及其改善方案研討會，第31~59頁，交通處港灣技術研究所。
7	蘇青和、蔡丁貴、張金機(1996)「花蓮港港灣設施改善計畫之研究-數值模擬」，專刊128號，交通處港灣技術研究所。
8	曾相茂(1998)「台灣海域海岸現象調查與及時回報系統建立之應用研究」，87-研(三)，交通處港灣技術研究所。
9	簡仲璟、曾相茂(1999)「花蓮港颱風波浪特性研究」，第21屆海洋工程研討會，第55~62頁。
10	蕭松山、王昭文、方惠民、陳建興(2000)「雙互換邊界元素法解析花蓮港港池波動問題」，第22屆海洋工程研討會，第327~334頁。
11	莊文傑(2000)「亞重力波與花蓮港之波動共振」，港灣報導，第54期，第26~33頁，交通處港灣技術研究所。
12	莊文傑、江中權(2000)「亞重力波引起花蓮港之共振機制與對策」，第22屆海洋工程研討會，第578~585頁。
13	邱永芳、蔡金吉、張金機(2000)「花蓮港商漁港分道與港池穩淨水工模型試驗研究-水工模型試驗報告」，MOTC-IOT-IHMT-CE-8801，交通處港灣技術研究所。
14	李兆芳(2001)「港池振盪之數值模擬計算」，2001海洋數值模式研討會，第4-1~4-20頁。
15	李兆芳、劉正琪、張憲國(2001)「港池振盪之數值模擬計算」，海洋工程學刊，第一卷第一期，第1~22頁，海洋工程學會。
16	郭一羽、林明儀、曾相茂(2002)「花蓮港池振盪現象的探討」，海洋工程學刊，第二卷第一期，第55~71頁，海洋工程學會。
17	邱永芳、蔡瑤堂、張富東、蔡金吉(2003)「花蓮港商漁分道之可行性研究」，第25屆海洋工程研討會，第897~902頁。
18	邱永芳、蔡金吉、張富東 (2003)「花蓮港長浪防治之試驗研究」，第25屆海洋工程研討會，第655~660頁。
19	張憲國、林立青(2003)「花蓮港港池振盪之頻率與振幅辨識模式」，第25屆海洋工程研討會，第103~110頁。
20	蘇明陽(2003)「花蓮港港池振盪入射波種類之探討及建議」，第25屆海洋工程研討會，第917~923頁。
21	邱永芳、林炤圭、簡仲璟(2004) 「花蓮港長浪特性試驗探討」海洋工程學刊

1.6.3 相關研究成果的檢討

就目前已經完成的研究成果來看，其研究的方法與方向幾乎已經涵蓋了目前所有的海岸工程方面的知識與技術，然而花蓮港的長週期振盪的機制似乎仍無法明確定位。為此，本中心乃決定重新審視過去所進行過的研究成果，以其尋找其中可能被忽略掉的資訊。本節將就從水工模型試驗、數值模擬及現場觀測三個方向，分析過去的研究中所可能遭遇到問題。

在水工模型試驗部份，本中心已經從改變近海入射波能的結構、削減或消散入侵港灣的波能、及改變港灣自然振動週期的構想，進行過多次的穩靜度改善試驗，但是發現都僅能夠做到有限程度的改善。邱等人(2004)彙整三個與花蓮港港池波動有關的水工模型試驗結果，包括本中心於1996、1997及2000年專題計畫的試驗結果(其成果分別發表於簡及邱，1996、簡等人，1999及邱等人，2003b)，進行綜合性的檢討。在這三個年度的計畫中，本中心嘗試著由變化各種不同的外廓設施配置方案，以期能削減港內的長週期振盪的發生或其能量。然而，試驗的結果發現改善的成效有限，花蓮港的港內仍然會有共振的現象出現。邱等人(2004)指出一旦港灣的主體佈置定型後，任何局部性改善措施都只能產生有限的效果而已。

基本上，由於花費的人力、經費與時間龐大，以及模型縮尺的限制，水工模型試驗一般較屬於是被動性與趨勢性的研究方法。也就是說，先決定要試驗的狀況與條件後，才進行相關的佈置與試驗測試。因此，大多數的港灣遮蔽或是港灣波動折繞射試驗是在驗證或評估指定的波浪條件下的港灣內外波動情形，並藉以驗證理論分析、數值模擬的結果。花蓮港的相關水工模型試驗也有類似的情形：其主要是驗證了某些入射波週期會引起花蓮港的港內共振、港內的波動情形與消波效果，很難找到花蓮港的共振機制。

數值模擬部份則由於各個學者各時期所使用的數值模式的控制方程式、邊界條件與數值解析度不同，雖然其都確認了花蓮港有長週期

的共振週期，但是各個數值試驗所得的共振週期都略有出入，而無法作成具體的結論。林(1997)曾指出數值模擬網格的不恰當切割可能導致港內共振週期的偏移。因此，如果要詳細驗證數值模擬的結果，可能先要確認各數值模式的收斂性與穩定性。

至於現場觀測部份則由於港灣附近的波浪量測在考量不影響船舶及其他水上活動的前提下，只能使用壓力式波高計。但由於壓力式波高計所需要的壓力水位轉換函數在國際間仍一直在討論而無法確認其間的關係，加上港內的波動可能屬於波動窄頻但多方向的狀況，其轉換函數可能與外海的寬頻多方向不同。因此，對於港內外的波浪觀測結果的分析仍有其不確定性。

1.7 前兩年的主要研究成果

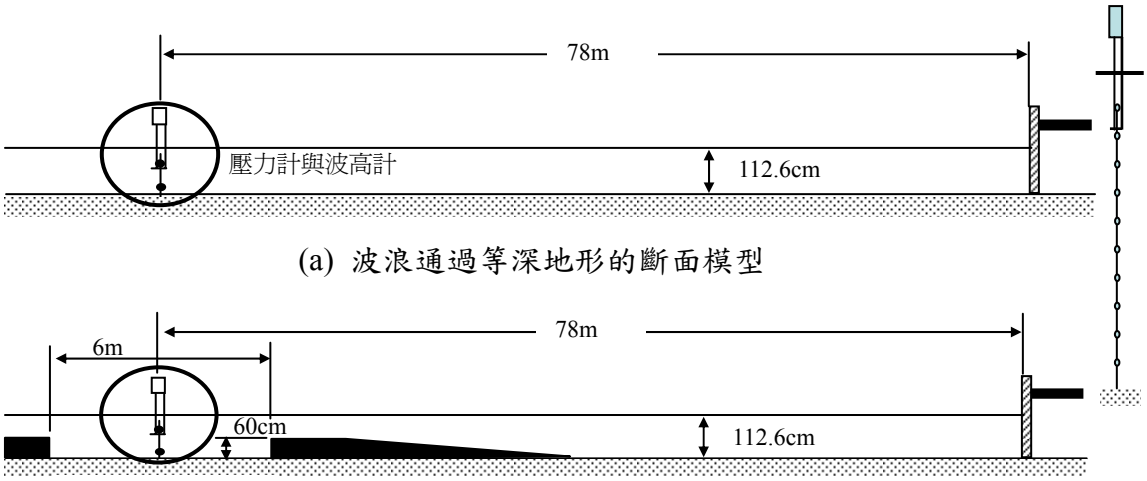
在本計畫的前兩年工作中，除了分別針對現場收集的波浪資料、水位變化進行整理分析外，也針對與壓力式波高計相關的壓力及波形轉換關係的探討、以及建構花蓮港港灣波動數值模擬程式與進行港灣波動的模擬。主要的工作成果如下所述：

1. 壓力與水面波動轉換關係的試驗研究

透過包含斷面水槽試驗中規則進行波通過等深地形及凹陷地形(如圖1.3所示)，不規則進行波通過凹陷地形，以及平面水槽試驗中規則波正向入射進入等深地形與部分開口矩形港池內的試驗結果分析，發現波形及壓力轉換並非如線性波浪理論以及一般所預期的簡單關係。圖1.4及圖1.5分別為凹陷地形與等深地形模型試驗中係不同造波條件中水面波形與水中壓力相關分佈的近似迴歸曲線，各圖均顯示九個不同深度處的關係曲線。從各圖中可以發現，在深水波及中間性波的範圍內，平均水面以下的波動與水壓間的關係近似於線性關係，但並非1:1的正比關係，而且隨著水深的加深其關係愈不明顯(趨於水平線)；但平均水面以上的波動則明顯呈現非線性的關係，同一週期波浪下，水壓

隨著波高的增加而快速衰減。顯示非線性的波動其傳遞至水下的動壓力會有明顯衰減的現象，也意謂著利用壓力式高計量測非線性水面波動的話，可能會有低估的情形。

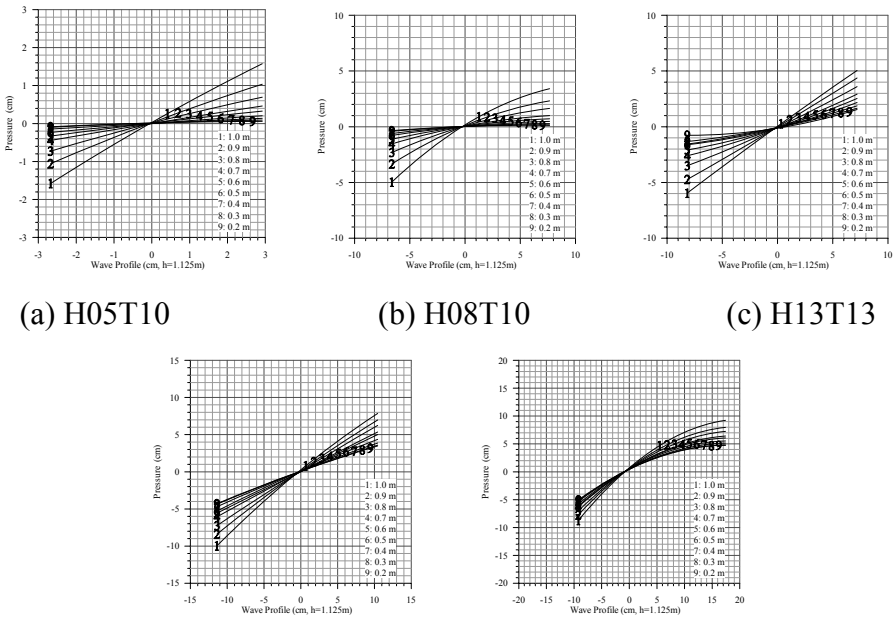
為進一步分析，圖1.6至圖1.8分別為凹陷地形規則波/不規則波模型試驗中，以及等深地形規則波模型試驗中由各不同水深所測壓力轉換的波高比值(以水深100cm處的波高值為分母)與理論轉換曲線的比較圖。從各圖中可以發現，由不同水深處量測的壓力值所轉換的波高比值與各理論值都很相近，但是與實際由容量式波高計所量測到的水深則有一明顯的衰減值。其原因仍應與波浪的非線性有關。



(a) 波浪通過等深地形的斷面模型

(b) 波浪通過凹陷砂槽的斷面模型

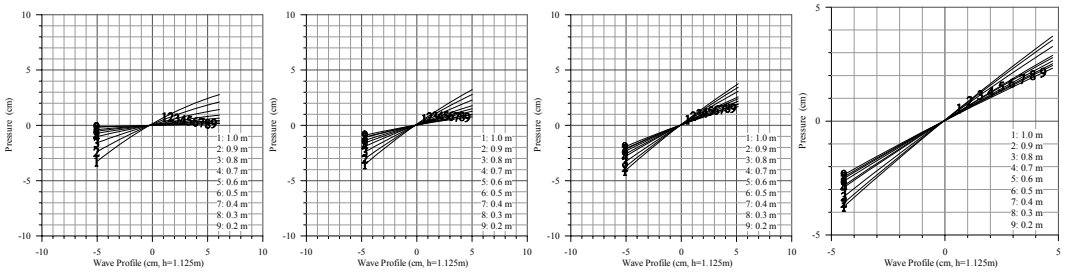
圖1.3 壓力與水位轉換水工試驗的斷面模型



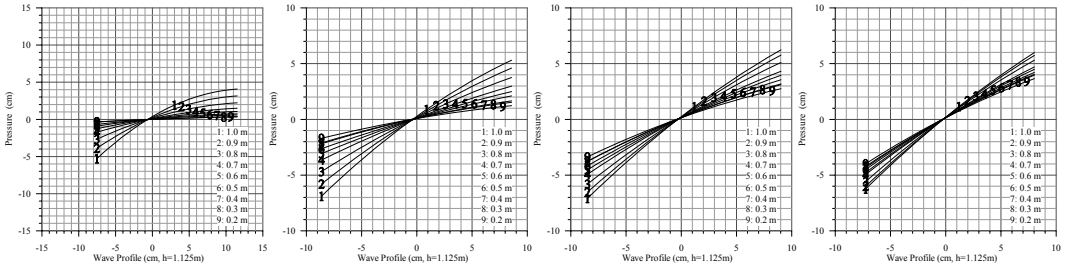
(a) H05T10 (b) H08T10 (c) H13T13

(d) H19T16 (e) H25T20

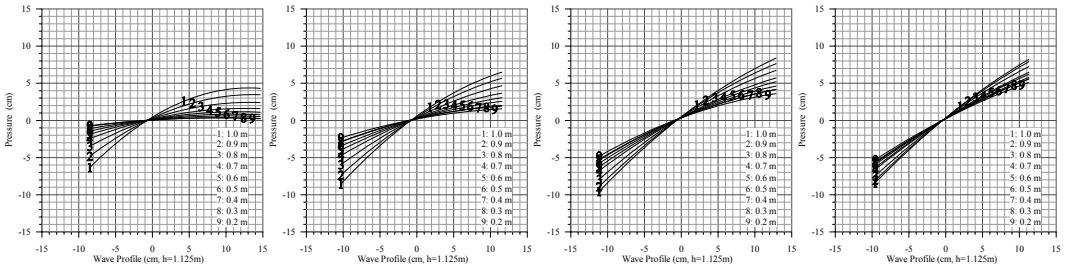
圖1.4 凹陷地形中水位與波壓的相關性(規則波)



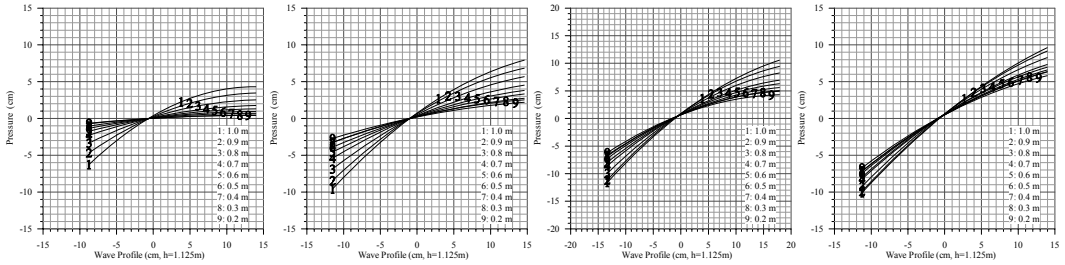
(a) H08T10 (b) H08T13 (c) H08T16 (d) H08T20



(e) H13T10 (f) H13T13 (g) H13T16 (h) H13T20

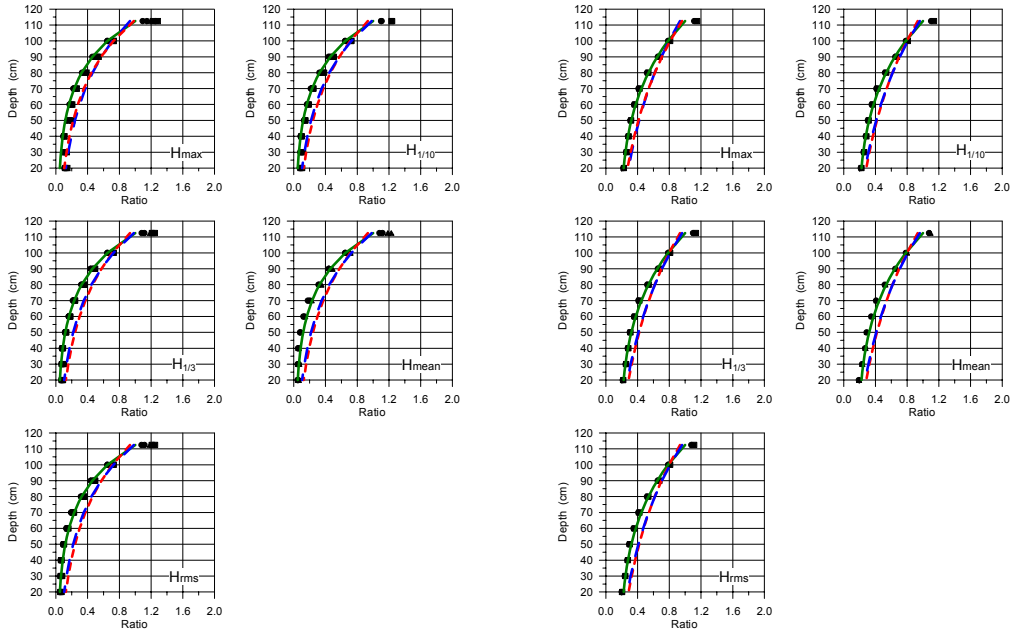


(i) H19T10 (j) H19T13 (k) H19T16 (l) H19T20

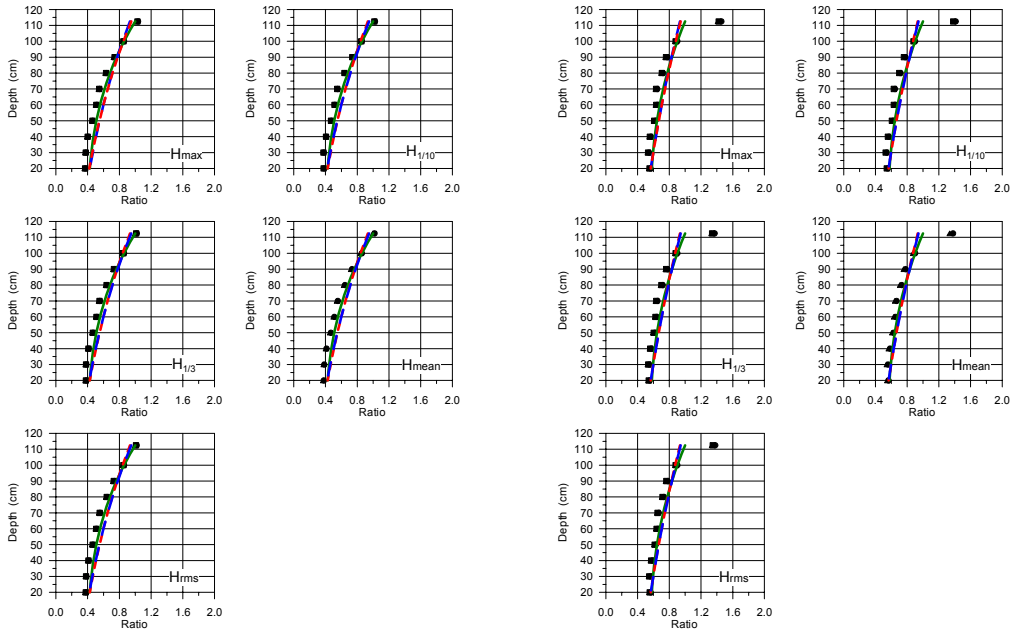


(m) H25T10 (n) H25T13 (o) H25T16 (p) H25T20

圖1.5 等深地形中水位與波壓的相關性(規則波)

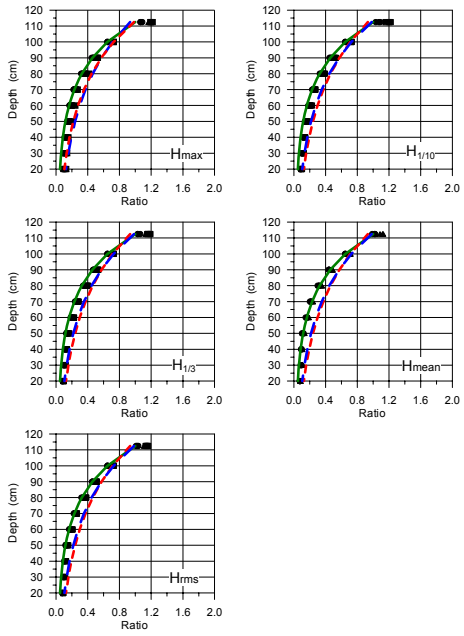


(a) T = 1.0 s (b) T = 1.3 s

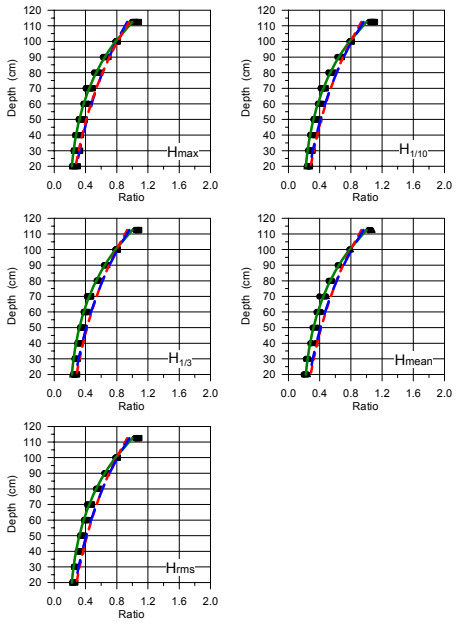


(c) T = 1.6 s (d) T = 2.0 s

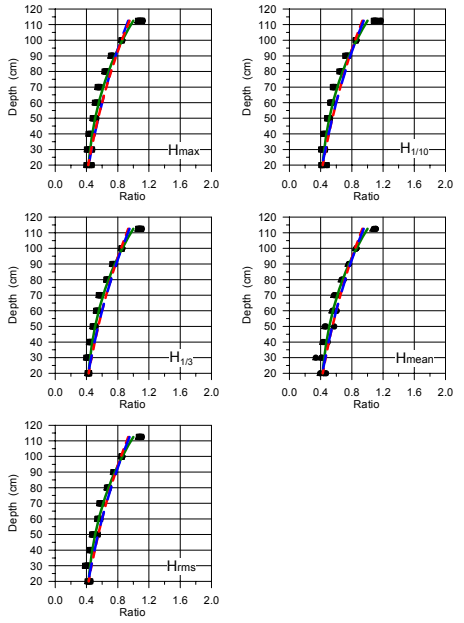
圖1.6　不同水深之轉換波高比值與理論波壓轉換函數的關係(凹陷地形、規則波)



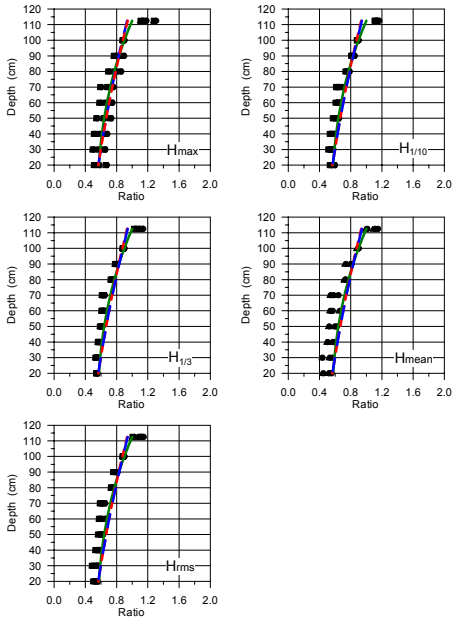
(a) F = 0.9Hz、H = 8cm



(b) F = 0.6Hz、H = 13cm

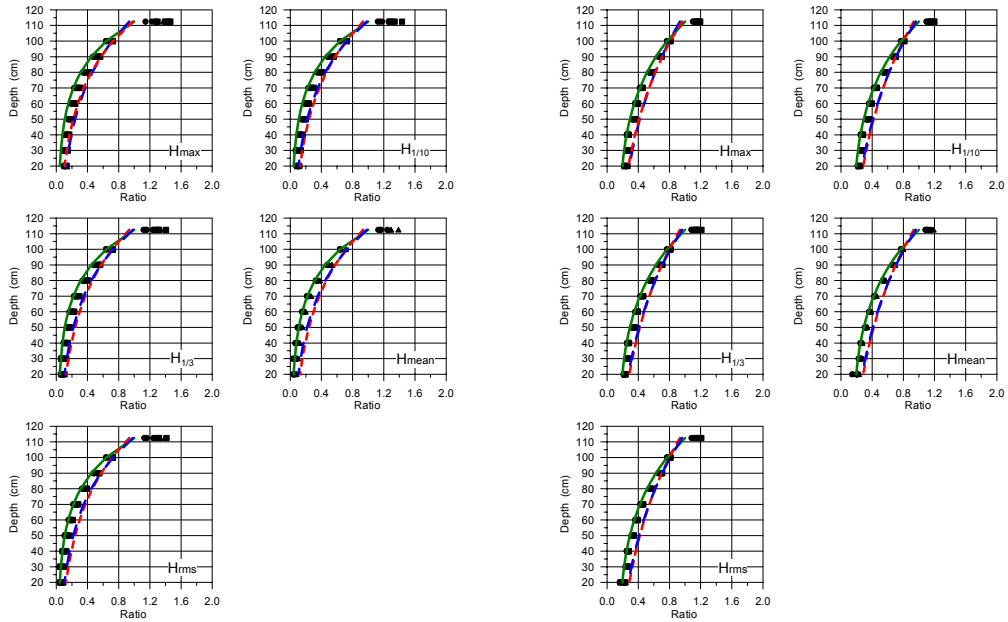


(c) F = 0.5Hz、H = 19cm

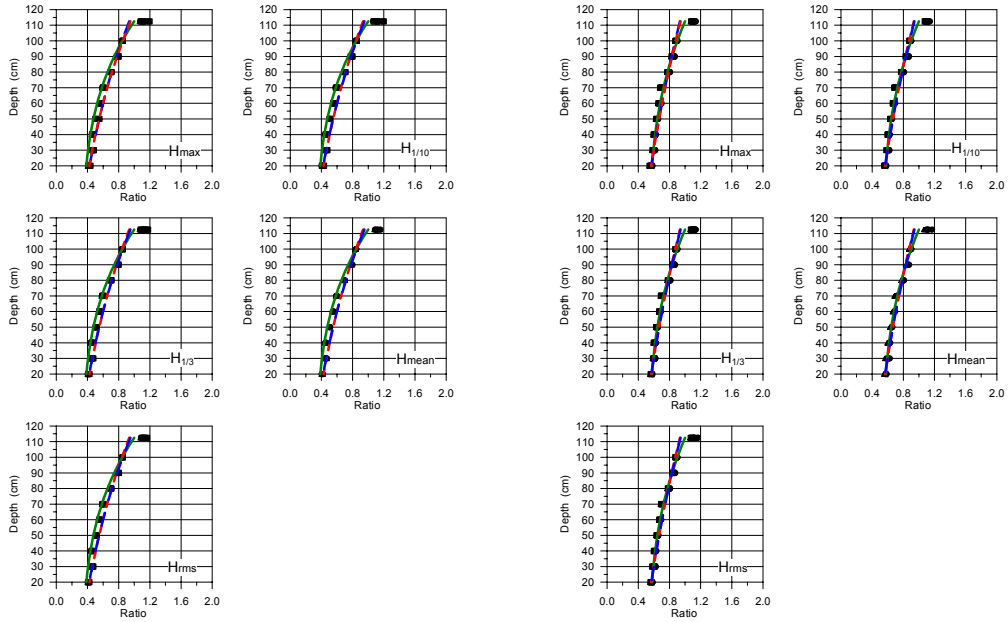


(d) F = 0.4Hz、H = 25cm

圖1.7　不同水深之轉換波高比值與理論波壓轉換函數的關係(凹陷地形、規則波)



(a) T = 1.0 s (b) T = 1.3 s



(c) T = 1.6 s (d) T = 2.0 s

圖1.8　不同水深之轉換波高比值與理論波壓轉換函數的關係(等深地形、規則波)

2.　花蓮港的長週期水位變動觀測分析

為瞭解花蓮港內的長週期波動成分，除了於94年4月起在花蓮港內持續進行水位觀測外，也於95年4月、6月及8月共進行了三次的現場聯

合觀測，觀測站涵蓋花蓮港、鹽寮漁港、石梯漁港、及金樽漁港，各站均獲得數筆15000秒的觀測資料。圖1.9為花蓮港內及距離約17公里的鹽寮漁港所裝設水位計的位置，表1.1為目前已經收集的時間範圍。圖1.10及圖1.11為2006年8月所進行的東海岸聯合觀測，部分分析資料的水位記錄及波譜。圖1.12至圖1.14則為2005年瑪莎颱風侵襲期間的路徑、水位記錄及相對波譜。從分析的資料發現花蓮港的港內波動可能存在有三種成分：一般重力波、與港灣自然共振週期有關的振盪(週期介於30秒至1250秒之間)、以及屬於太平洋尺度的長週期波動(週期高於1250秒)。在常時波浪中，東部海岸的港灣都可能存在著100秒以上，甚至可高達1000秒以上的長週期波動，而花蓮港內港則因為對短週期波的遮蔽良好，主要波動應屬於後兩種成分。但颱風來襲期間，花蓮港內週期介於100秒至500秒的波動成分則有明顯能量增加的情形。顯示引發花蓮港共振問題的波動成分可能是該區段的成分波。未來應持續進行觀測。

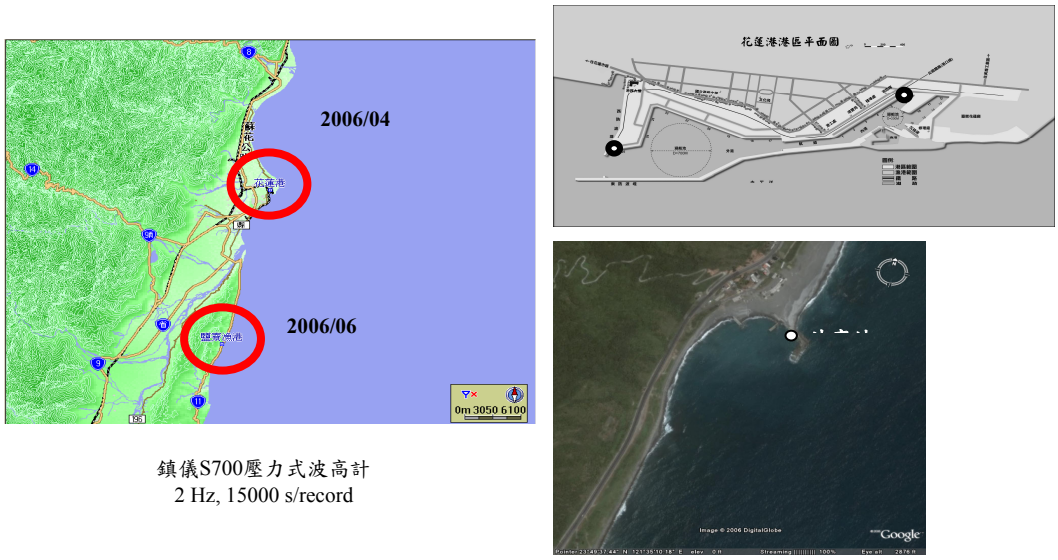


圖1.9 長週期波動之觀測

表1.1 2006年各觀測站的資料收集範圍

觀測位置	資料收集期間	使用儀器
蘇澳港	儀器故障	鎮儀公司S700壓力式波高計 Seabird公司SBR90潮位儀
花蓮港內港	20060405 15:00 ~ 20060407 17:00(12筆) 20060818 10:40 ~ 20060819 20:00(8筆)	
花蓮港外港	20060405 15:00 ~ 20060407 17:00(12筆) 20060818 10:40 ~ 20060819 15:50(7筆)	
鹽寮漁港	20060610 06:00 ~ 20060412 15:20(8筆) 20060818 10:40 ~ 20060819 07:30(5筆)	
石梯漁港	20060818 14:50 ~ 20060819 11:40(5筆)	
金樽漁港	20060818 19:00 ~ 20060819 11:40(4筆)	

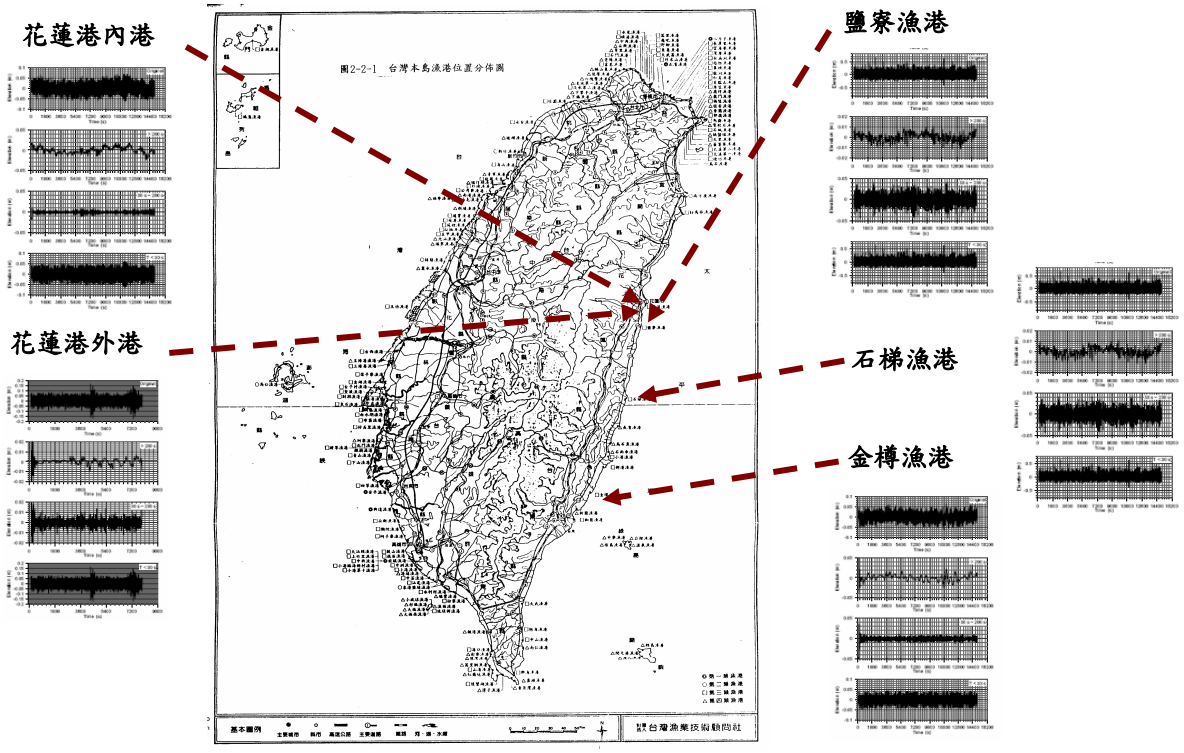


圖1.10 長週期波動之聯合觀測水位記錄(2006/8)

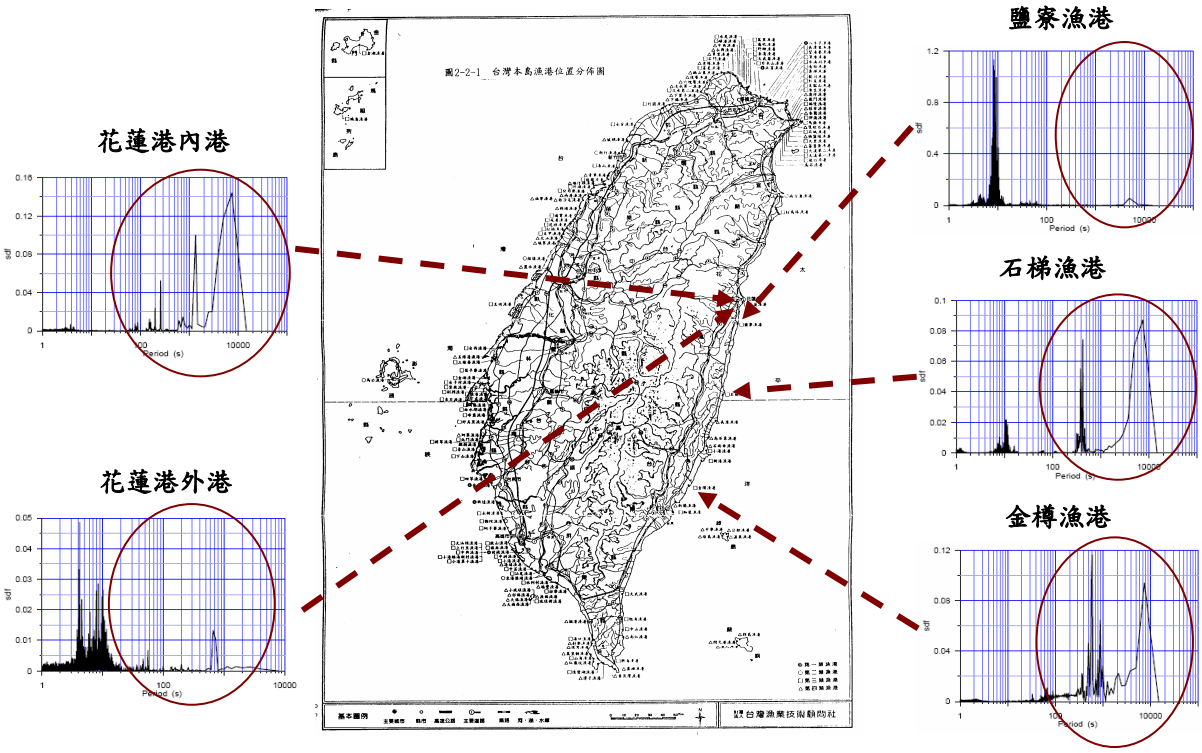


圖1.11 長週期波動之聯合觀測頻譜(2006/8)

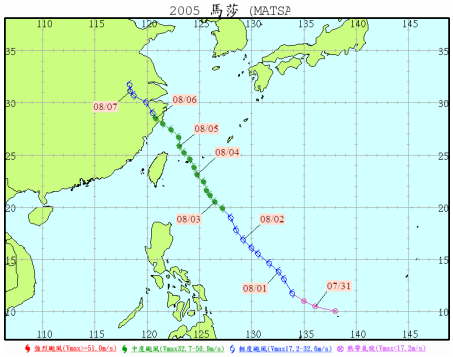
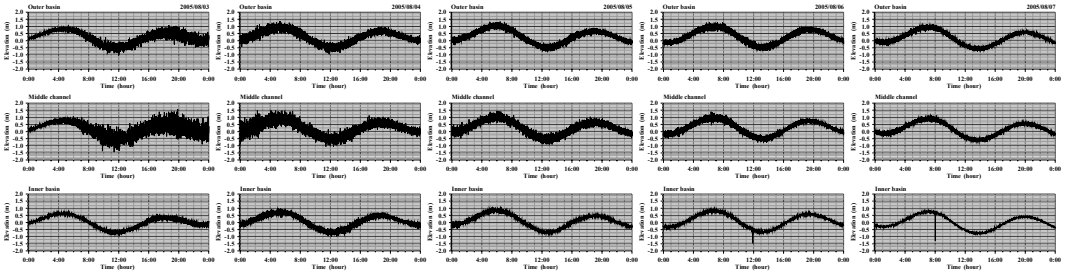
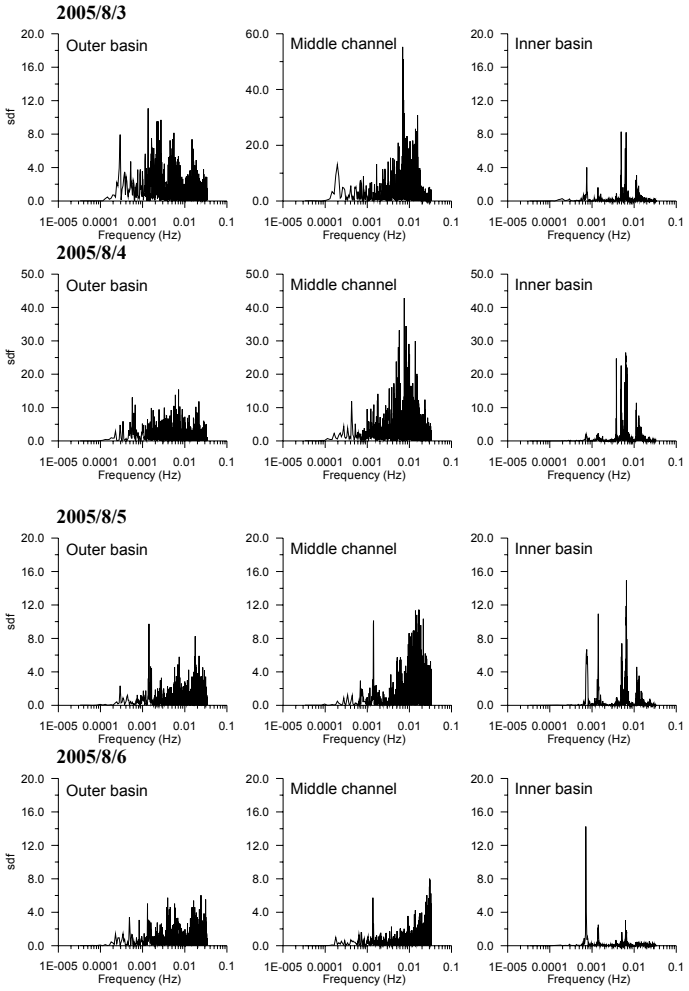


圖1.12 2005年瑪莎颱風侵襲路徑



(a) 2005/8/3　(b) 2005/8/4　(c) 2005/8/5　(d) 2005/8/6　(e) 2005/8/7

圖1.13 花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化時間序列



(縱軸單位：m2*s)

圖1.14 花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內頻譜變化圖

3. 花蓮港港灣波動數值模式的建立與數值模擬

為了瞭解花蓮港的港內波動特性，本計畫建置規則波/不規則波引致花蓮港港灣波動數值模式，並進行相關數值計算。在模擬中，除了進行理論頻譜的模擬外，也嘗試加入極長週期(例如1134秒)的獨立成分波。在模擬測試中發現即使是10公分的波高，也可能使得極長週期的波動主導整個港內的水域波動。圖1.15為不規則波模擬的作業流程。目前可引入的理論頻譜有Pierson-Moskowitz頻譜、Bretschneider-Mitsuyasu頻譜、以及JONSWAP頻譜。頻譜的分割方式為等週期分割。相關的理論基礎與研究成果將於第五章討論。

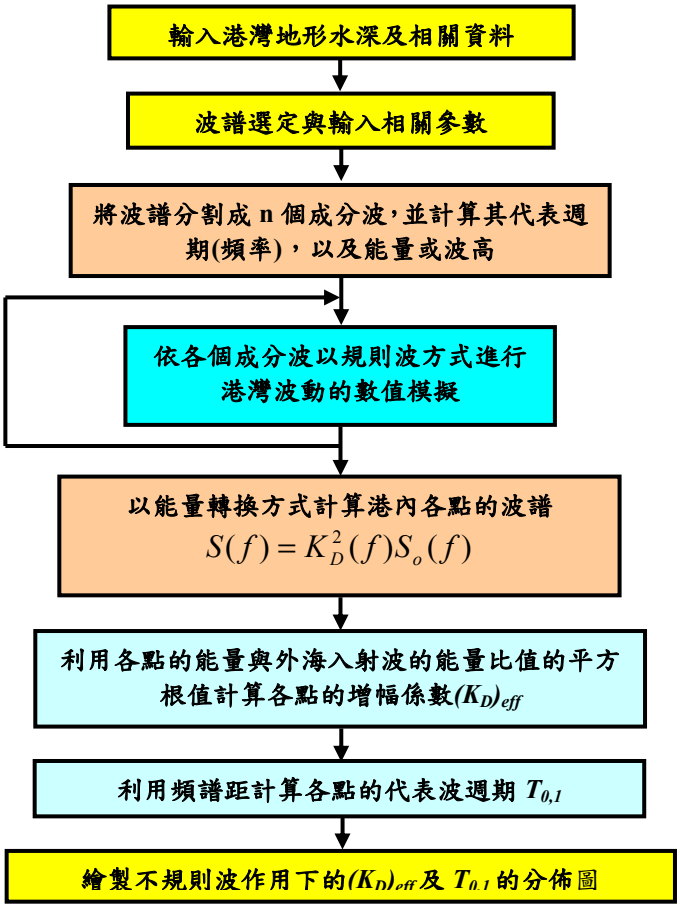


圖1.15 不規則波港灣波動數值模式的計算流程圖

1.8 本年度各項工作項目的內容、研究方法與進度

1. 持續進行花蓮港及附近海域現場波浪觀測與資料分析統計（合辦）

本年度工作除延續第一及第二年確認波高與波壓關係之水工模型試驗工作外，將著重在長周期波的觀測及其頻譜特性與發生機制探討。

前半年度除了持續在花蓮港附近水域進行水位觀測外，也在貴中心協助之下，在台中港的外海拋放了一組壓力式波高計(S700及SBE39)，進行觀測。並預定與下半年度在安平港外海的觀測樁附近拋放波高計觀測。此外，本團隊也嘗試在資料的分析上引入Hilbert-Huang轉換方法，目前分析程式已經設計完成並進行了初步的測試以及對民國94年及95年的觀測資料進行分析。相關討論將詳述於後面章節。

台中港的長週期水位變動觀測是設置在目前本中心在台中港外海的觀測站上，S700及SBE39分別以0.5秒及6秒的取樣週期進行採樣。由於作業期程的安排，與今年度多次颱風的侵襲造成多處港灣的測站儀器受損，目前尚未將本計畫所安置的儀器取回。未來配合本中心的回收作業再在進行資料下載及分析。

2. 港灣波動數值模擬

本年度工作預定以現場實測頻譜進行不規則波的港灣波動數值模擬，並與港內的實測值進行比較。同時，也進行多方向不規則波的數值模擬，以探討花蓮港港池共振機制。有關多方向不規則波的數值模擬，考慮以Mitsuyasu方向分佈函數及JONSWAP理論頻譜進行模擬。而由於現場外海實測頻譜不易獲得，本計畫將考慮參考鹽寮漁港所測得的波譜，或是由波浪推算所得的推算頻譜進行此部分的研究。

本上半年度進行了多方向不規則波的數值模擬的先期準備作業—針對花蓮港附近水域不同入射方向及不同週期的規則波動進行港灣波動的數值模擬，並將所有計算的水面波動儲存以建立基本資料庫。

計算的波浪條件包括：

(1) 入射波方向：以區域座標系統(平行海岸線向南為+x軸，角度以逆時針方向量度)，每間隔5°，自210°計算至330°(相當於自正東向逆時針量測的92°至212°)。

(2) 入射波週期：每間隔1秒，自3秒至200秒。

一共計算4950個檔案。雖然目前檔案數已經相當地大，但如果考量潮位對港灣波動的影響，其資料量將非常大量的增加。未來在資料庫的管理上，必須再做檢討。附錄A說明前兩個計畫年度有關港灣波動數值模擬的發展，以及相關檢討。由於本上半年度僅只是建立資料庫，因此本報告中不再贅述。唯該項資料庫亦提供另一項計畫：『近岸海象數值模擬與預警系統之建立參考。

3. 港池共振改善方案可行性評估。(合辦)

本年度工作預定研擬可能的改善方案，初步構想將考慮改變港內的布置，以及配合南北濱的海岸保護，進行相關數值模擬與評估。

有關港池共振改善方案，如果參考過去的相關數值模擬以及水工模型試驗，如邱等(2004)的相關研究回顧，可發現過去的專家學者已經從破壞入射波結構、削減或發散港內波動能量等方向進行相當多的嘗試，也顯示一般的減少港內共振的方式可能不適合於外部水深坡陡的狹長型花蓮港。因此，基本上能夠思考的方向為改變港池的幾何形狀。

第二章 取樣頻率對波動資料分析的影響

為了進行長期的波浪觀測，本計畫考量到自記式波浪儀的記憶體容量，以及人力資源的使用，除了兩次聯合觀測中，配置了兩種不同廠牌的壓力式波高計，其中鎮儀公司的S700波高計係以0.5秒(2 Hz)進行連續取樣，而SeaBird的SBE39水位計則是以6秒(0.16667 Hz)進行取樣。在例行性的觀測工作中則僅以SBE39水位計進行6秒(0.16667 Hz)或15秒(0.06667 Hz)的連續取樣。由於取樣頻率的不同，也引發了訊號失真(aliasing)的疑慮。本章的測試即針對此一主題進行相關的探討。

測試的波形如下式所示，係由兩個餘弦波線性疊加而成。為了能避免原始訊號的失真，我們以0.01秒的時間解析度以及1000秒的時間長度進行訊號的建構。

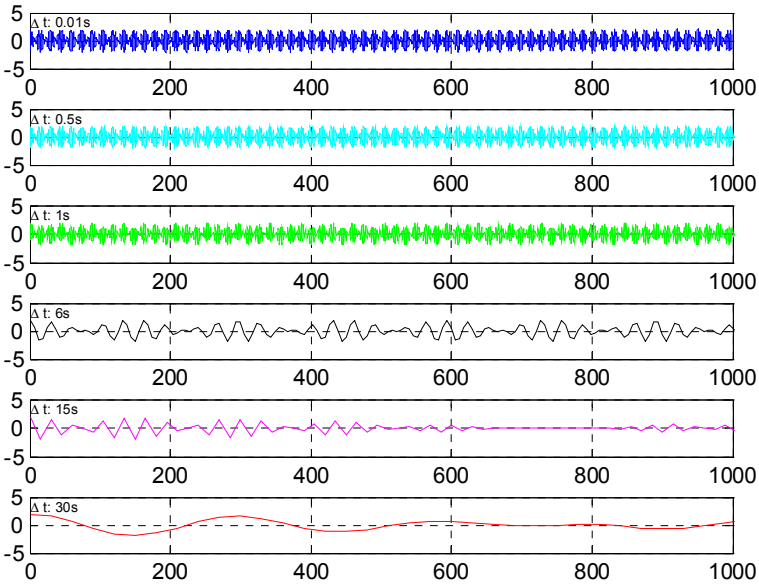
$$\eta(t) = \cos\left(\frac{2\pi}{T(1-\alpha)}t\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{T(1+\alpha)}t\right) \qquad (2.1)$$

式中，T 為主要代表週期，介於3至50秒之間，間隔1秒；α 為週期調整值，以介於0.02至0.2，間隔0.02進行相關的測試。在波形方面一共測試480種組合。為探討不同取樣頻率所可能造成的訊號失真問題，乃以不同的取樣時間間隔，如0.5、1、6、15及30秒等在原始波形上取樣，並進行FFT的頻譜分析，從頻譜上觀察訊號的失真情形。

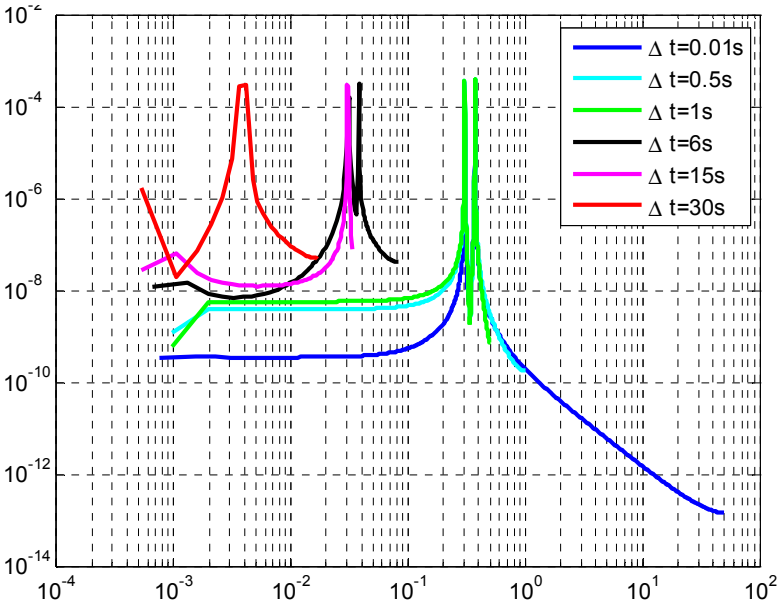
圖2.1至圖2.10分別為不同週期之規則餘弦波的合成波形所進行的取樣記錄波形及相對頻譜。從圖中可以看出不同週期的波浪在不同的取樣方式下，可能產生訊號的失真。例如圖2.1至圖2.3中所示，當 $T = 3s$ 、$T = 5s$ 、$T = 10s$ 及 $T = 20s$ 時，取樣時間間隔大於1秒即發生訊號週期向長週期偏移的失真情形。而圖2.5至圖2.7顯示，當 $T = 30s$、$T = 40s$ 及 $T = 50s$ 時，取樣時間間隔大於15秒才發生訊號週期向長週期偏移的失真情形。而圖2.8至圖2.10所示，當 $T \geq 100s$ 以上的測試中，即使取樣時間間隔等30秒也不發生訊號週期偏移的情形。因此，如同在Fourier頻譜分析中所要求的，只要所使用的取樣時間間隔能在一個波動中取

得兩個點，在頻譜分析中的各成分波頻率便不致發生失真問題。

依照以上的心得，本計畫所設定的波動觀測取樣時間間隔為6秒或15秒，應可以正確地抓取到週期12秒或30秒以上的波動成分。

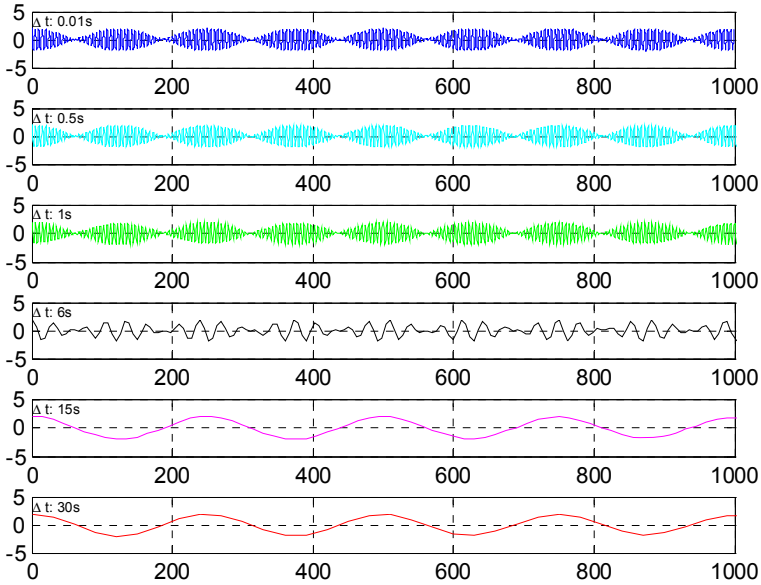


(a) 不同取樣時間間隔的波動時序訊號

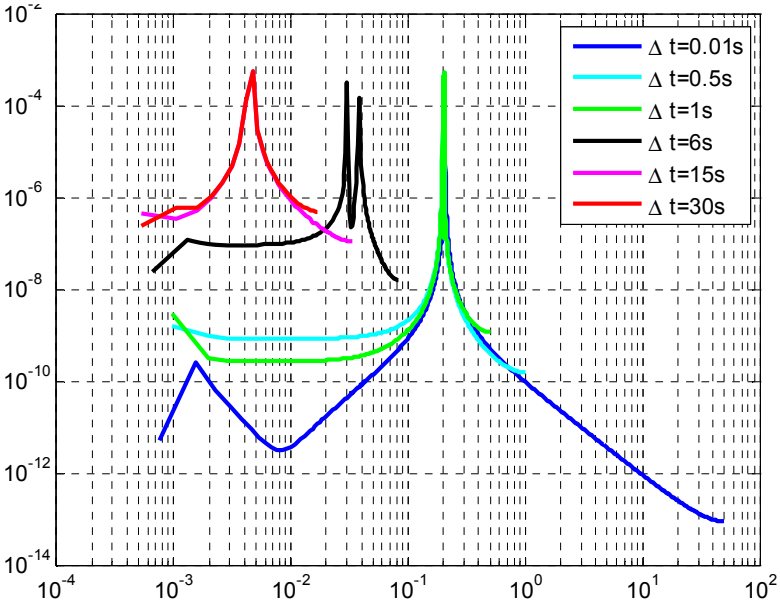


(b) 不同取樣時間間隔的波動頻譜

圖2.1 週期2.7秒及3.3秒波形組合的測試

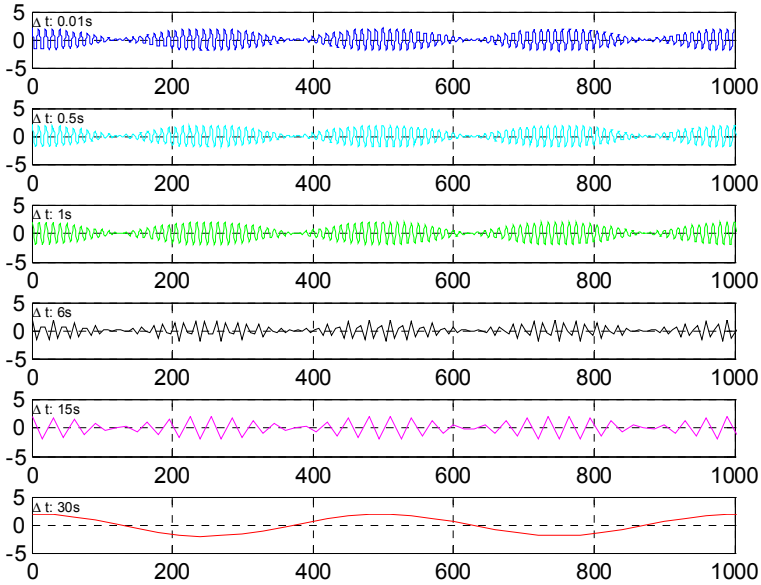


(a) 不同取樣時間間隔的波動時序訊號

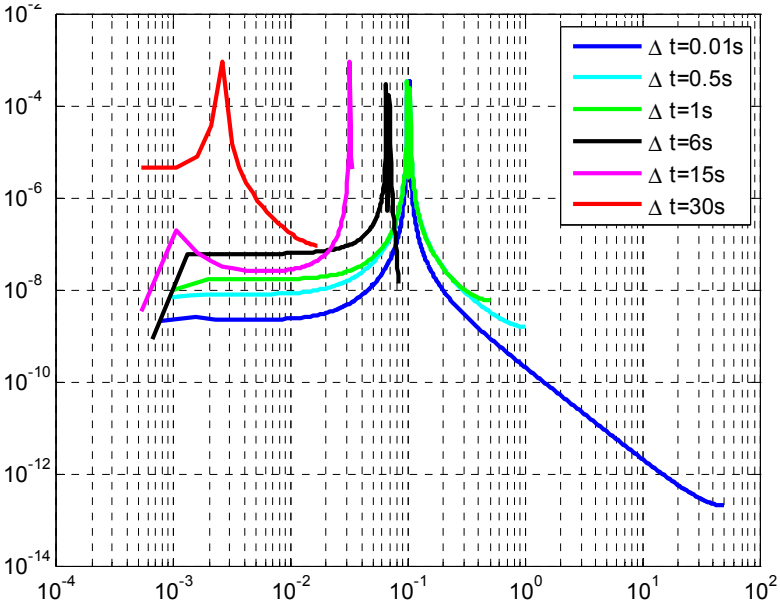


(b) 不同取樣時間間隔的波動頻譜

圖2.2 週期4.9秒及5.1秒波形組合的測試

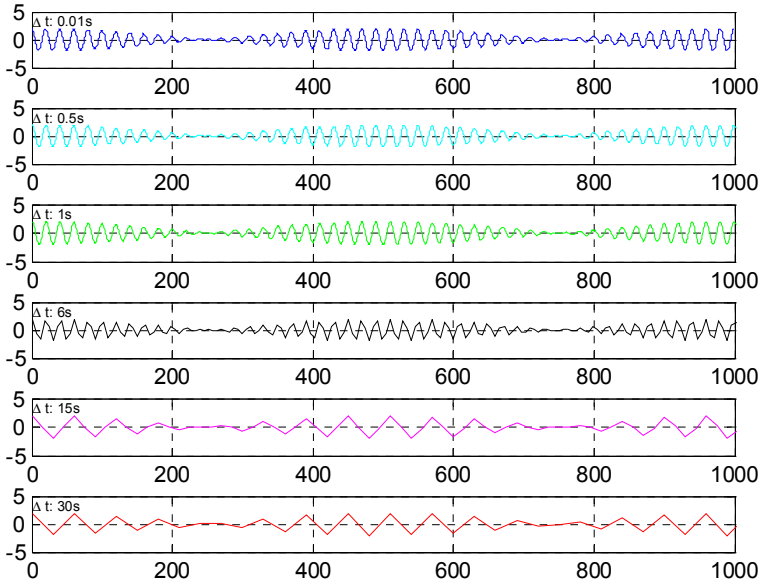


(a) 不同取樣時間間隔的波動時序訊號

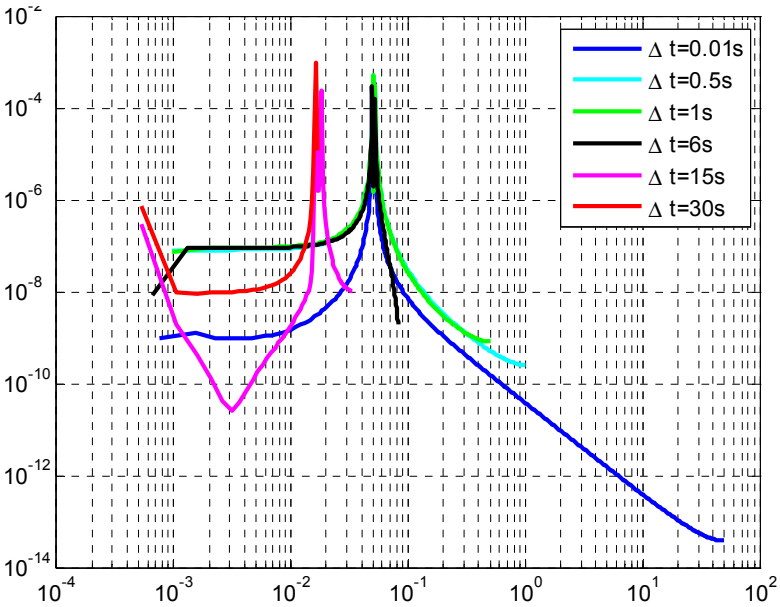


(b) 不同取樣時間間隔的波動頻譜

圖2.3 週期9.8秒及10.2秒波形組合的測試

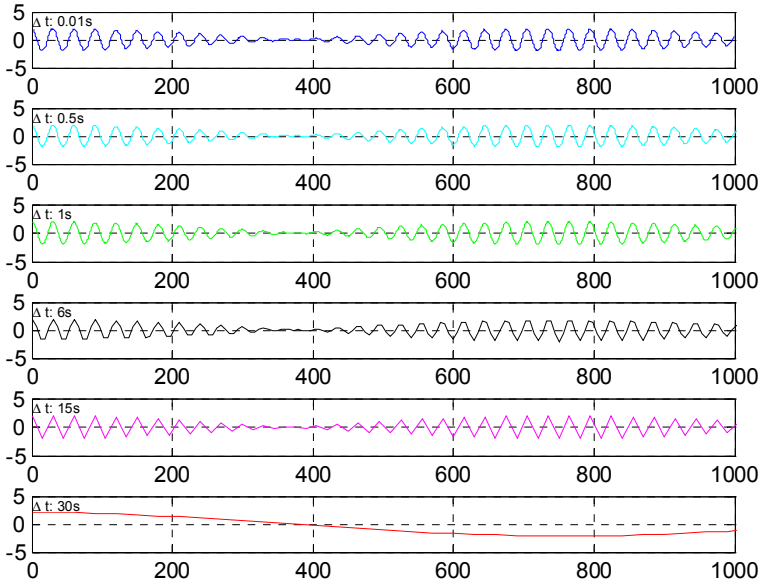


(a) 不同取樣時間間隔的波動時序訊號

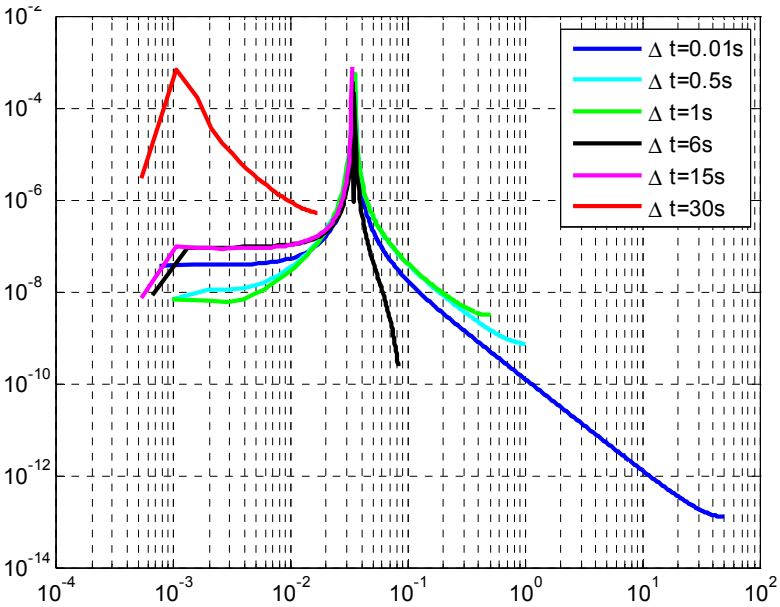


(b) 不同取樣時間間隔的波動頻譜

圖2.4 週期19.6秒及20.4秒波形組合的測試

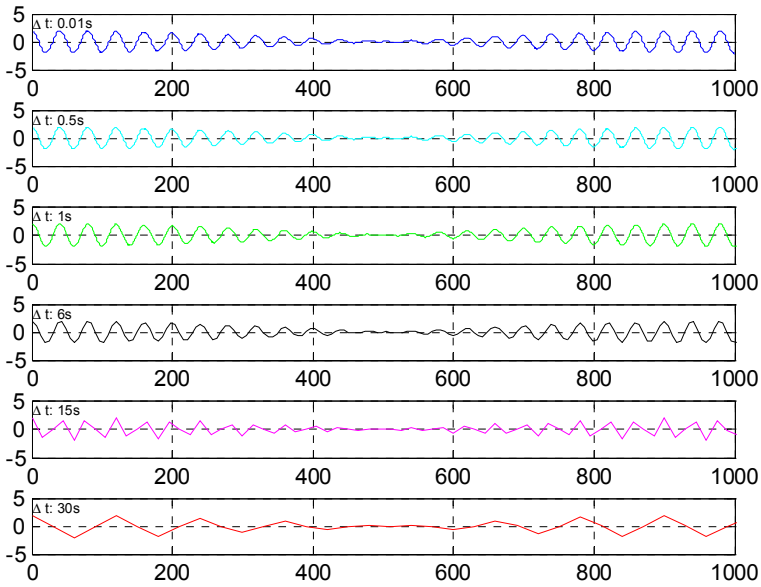


(a) 不同取樣時間間隔的波動時序訊號

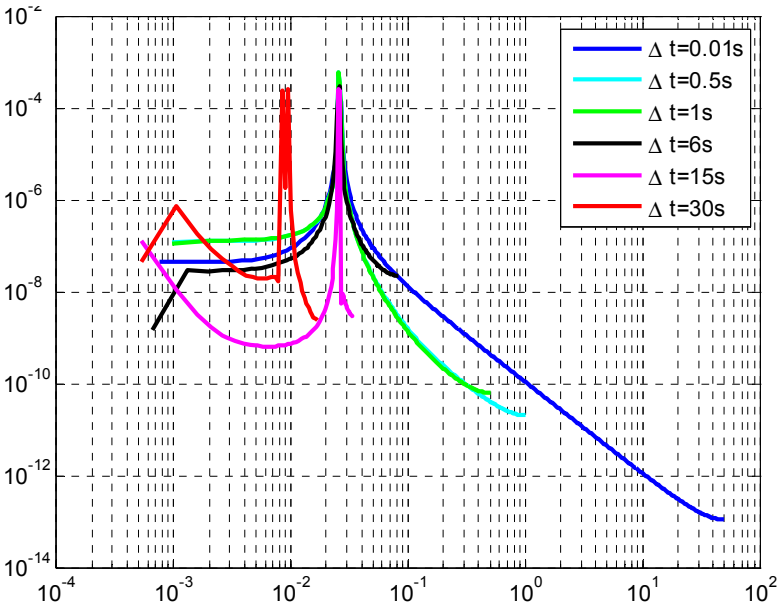


(b) 不同取樣時間間隔的波動頻譜

圖2.5 週期29.4秒及30.6秒波形組合的測試

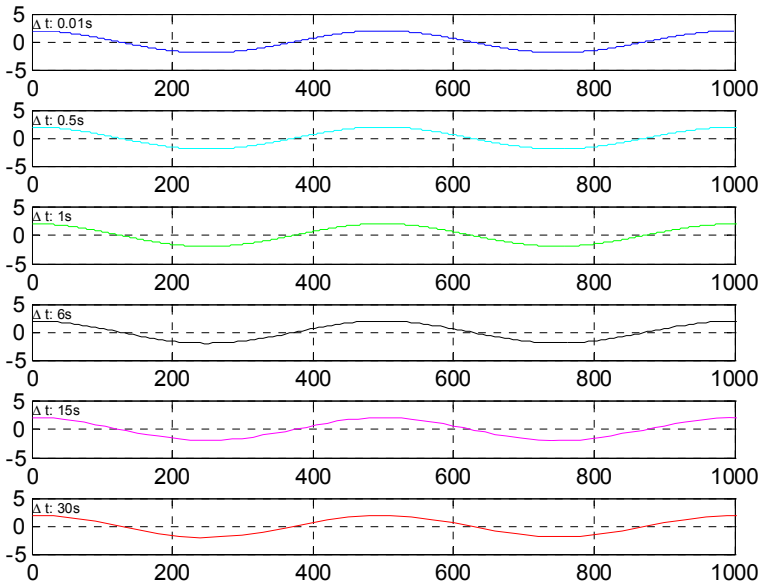


(a) 不同取樣時間間隔的波動時序訊號

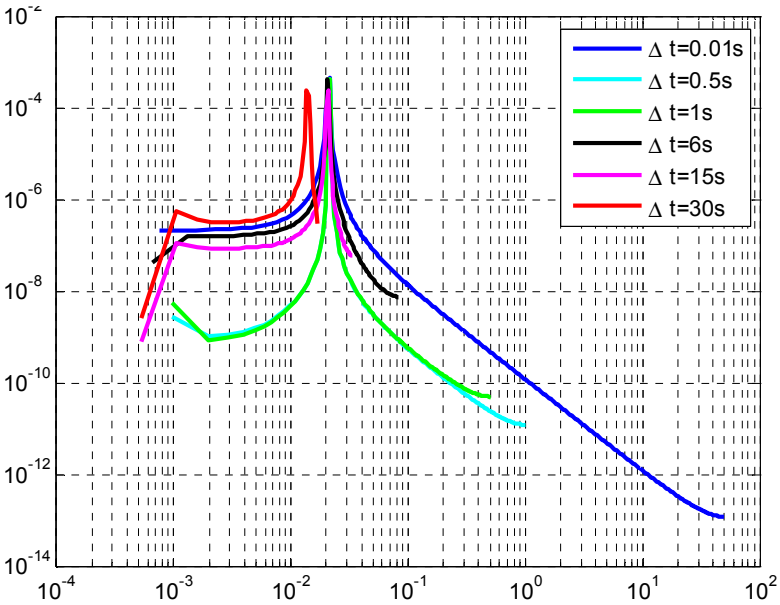


(b) 不同取樣時間間隔的波動頻譜

圖2.6 週期39.2秒及40.8秒波形組合的測試

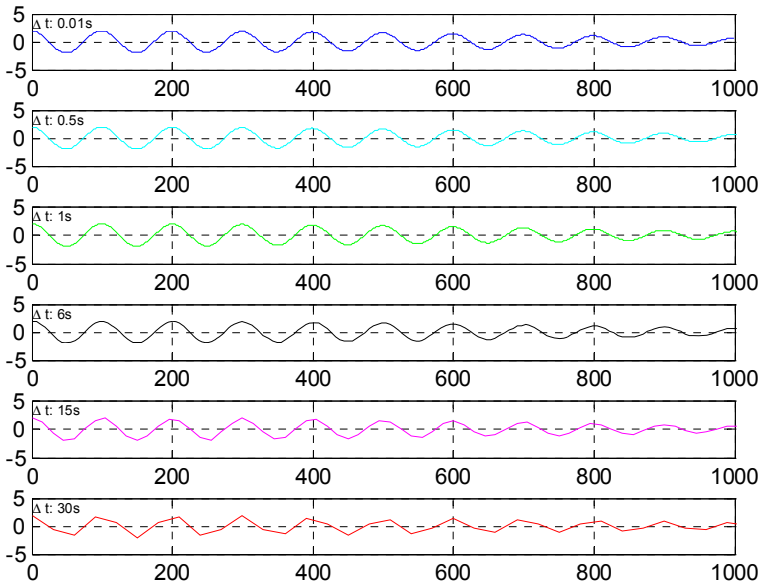


(a) 不同取樣時間間隔的波動時序訊號

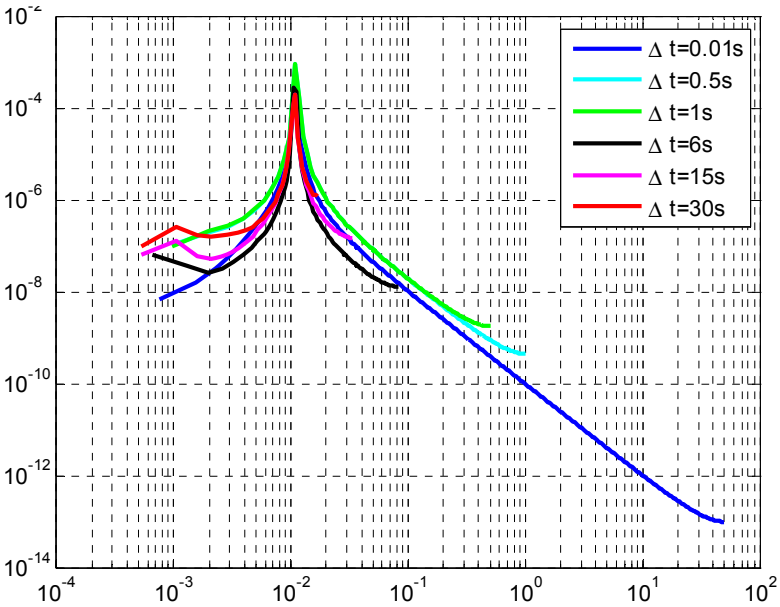


(b) 不同取樣時間間隔的波動頻譜

圖2.7 週期49秒及51秒波形組合的測試

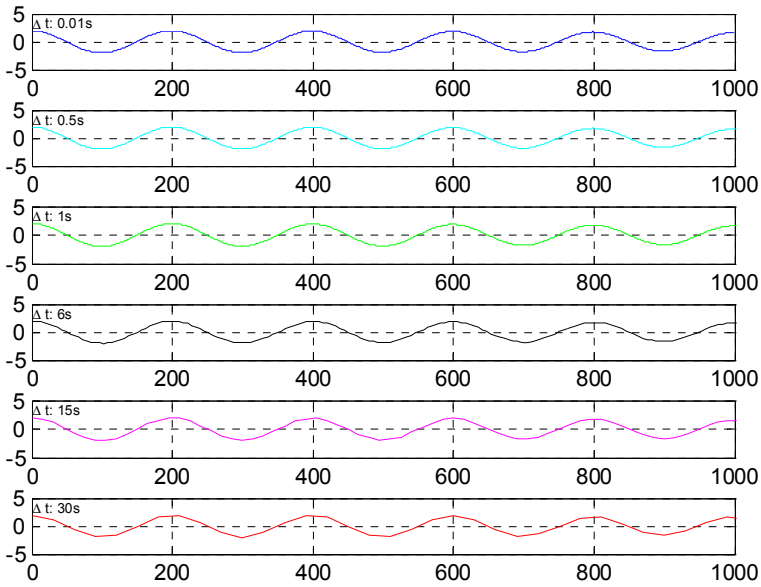


(a) 不同取樣時間間隔的波動時序訊號

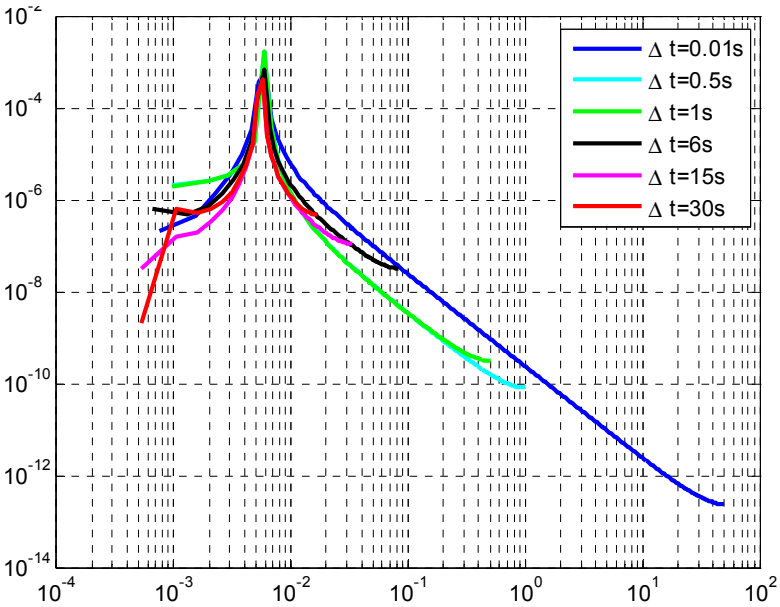


(b) 不同取樣時間間隔的波動頻譜

圖2.8 週期98秒及102秒波形組合的測試

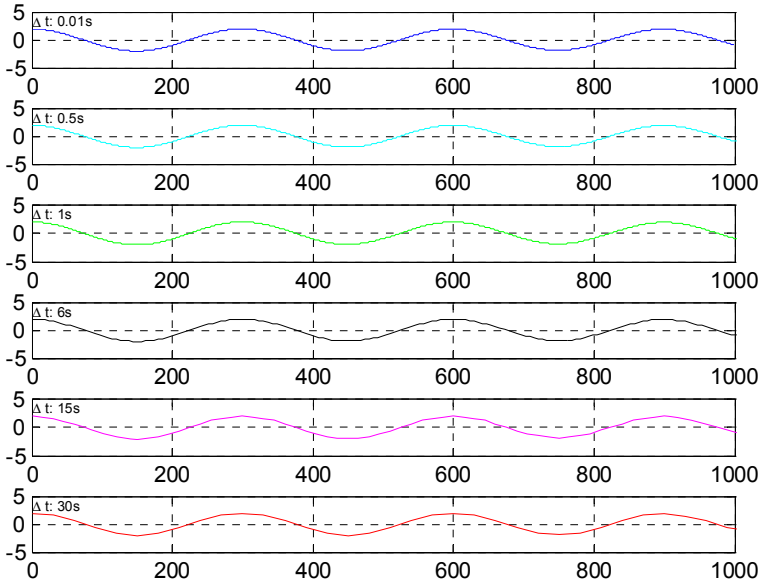


(a) 不同取樣時間間隔的波動時序訊號

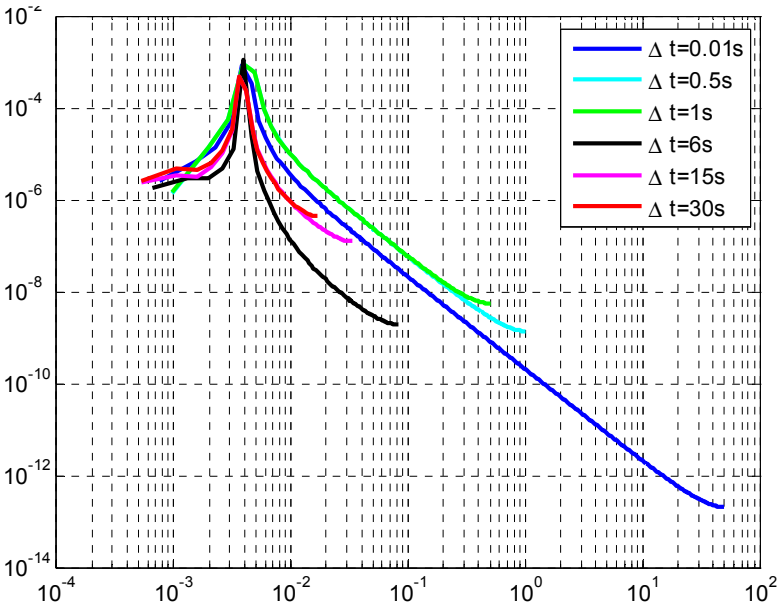


(b) 不同取樣時間間隔的波動頻譜

圖2.9 週期196秒及204秒波形組合的測試



(a) 不同取樣時間間隔的波動時序訊號



(b) 不同取樣時間間隔的波動頻譜

圖2.10 週期294秒及306秒波形組合的測試

第三章　Hilbert-Huang轉換在波動分析上的應用

為了能夠獲得更多的波動資訊，並考量如果所量測水面波動擁有長週期波的話，它可能是非線性甚至非定常的本質，因此本計畫嘗試著引入Hilbert-Huang轉換(Hilbert-Huang Transform, HHT)進行相關的分析。本章首先針對HHT的理論基礎與方法作一簡介，其後針對量測資料進行分析與討論。

3.1 Hilbert-Huang轉換的簡介

本文有關Hilbert-Huang轉換的簡介主要是參考Huang等(1996, 1998, 1999)及Huang and Shen(2005)的著作。傳統的訊號分析方法多建立於線性及定常的假設之下，直到近幾年來才有新的方法用來分析非定常及非線性的資料。例如，小波分析(wavelet analysis)及Wagner-Ville分佈(Flandrin 1999; Gröchenig 2001)是用來分析線性但非定常的資料。而也有多種時間序列分析方法(如Tong 1990; Kantz and Schreiber 1997; Diks 1999)被用來分析非線性但定常且確定性的系統(nonlinear but stationary and deterministic systems)。不巧的是，在大部分實際的系統中，不管是自然的或人為的，資料多半屬於非線性且非定常的。而要分析這種系統的資料是一件讓人非常氣餒的問題。即使是已經被廣泛接受建立在即時資訊準則上(a priori basis)的有關資料延伸數學演算也必須要避開，因為即時資訊準則的反覆計算可能會引發更多的問題。要表現非線性及非定常性資料的必要條件是必須要有一個適合的準則。一個由瞬間資訊所定義的函數，不論該基礎函數是多麼地精密，都無法被當成是一個基本成分。如Windrow and Stearns (1985)的整理，只有很少的方法適合用於訊號的分析。然而，這些參考書裡所提供的方法都是針對定常過程的資料。對於非定常及非線性的資料，則尚無合適的方法。這樣的準則應該如何建立？這樣的準則具有什麼樣的數學特性及問題？建立一個資料分析的適當方法的目標應該如何進行？所謂的‘合適

的’(adaptive)是指準則的定義必須是隨資料而變的(data-dependent)，是一個後定義(a posteriori-defined)的準則,，是一個完全和已經建立有關資料分析的數學演算不同的方法。因此，這樣的定義要求將是數學家的一大挑戰。即使是個挑戰，一個可以檢視實際環境中的資料的新方法仍是需要的。一個最近由Huang等(1996, 1998, 1999)新發展的方法，Hilbert-Huang轉換(Hilber-Huang Transform，以下簡稱HHT)，似乎可以符合這項挑戰。

HHT包含兩個主要步驟：經驗型訊號分離(Empirical Mode Decomposition，以下簡稱EMD)和Hilbert頻率譜分析(Hilbert Spectral Analysis，以下簡稱HSA)。本質上這個方法是可以用來分析非線性及非定常性的資料，尤其是在時間-頻率-能量相互間的表現。它也經過了相當多的測試與驗證(不過都是憑經驗與觀察所進行的！)，在所有研究的案例中，HHT在時間-頻率-能量相互間的表現上可以得到比其他任何傳統的方法更明顯的結果。更進一步地，在許多實際的資料檢驗中，HHT可以反映出實際的物理意義。主要是因為這個方法是完全依靠經驗的。不過，為了要讓這個方法更加地健全與精確，還有許多與HHT有關的重要數學問題必須要被解決。

EMD的處理主要是在簡單假設任何資料都包含不同的簡單內隱形式的振動(intrinsic mode of oscillations)。每一個內隱形式，不管是線性的或是非線性的，代表一個具有相同數目的極值與零切點的簡單振動。簡言之，EMD可以將時序波動訊號中的合成波形分離成許多個簡單且不需具有固定週期及振幅的時序波動訊號。在HHT中，時序訊號首先利用EMD的方法進行載波/騎乘波的訊號分離，每一個成功分離的時序訊號稱之為內隱型函數(Intrinsic Mode Function，以下簡稱為IMF)。而後再針對每一個IMF進行Hilbert轉換並進行能量加總以求得整個時序訊號的Hilbert頻率譜。在討論EMD之前，首先就與HHT相關的瞬時頻率(Instantaneous Frequency)及內隱型函數(Intrinsic Mode Function)作一簡單介紹。

3.1.1 Hilbert轉換與瞬時頻率(Instantaneous Frequency)

假設一任意的時序訊號，$X(t)$，我們可以從下列的公式計算得到它的Hilbert轉換，$Y(t)$，

$$Y(t)=\frac{1}{\pi}P\int_{-\infty}^{\infty}\frac{X(t')}{t-t'}dt' \quad (3.1)$$

式中，P 表示Cauchy主值(Cauchy principal value.)。這樣的轉換對所有的 L_P 階函數都存在。根據這個定義，$X(t)$ 及 $Y(t)$ 形成一個共軛複數對，我們可以得到一個解析訊號，$Z(t)$，如下所示

$$Z(t)=X(t)+iY(t)=a(t)e^{i\theta(t)} \quad (3.2)$$

其中，

$$a(t)=[X^2(t)+Y^2(t)]^{1/2},\quad \theta(t)=\arctan(\frac{Y(t)}{X(t)}) \quad (3.3)$$

理論上來說，定義式(3.2)的虛數部的方法有無限多，不過Hilbert轉換提供了一個唯一的方法。因此它的結果是個解析函數。本質上，式(3.1)定義了Hilbert轉換為 $X(t)$ 以 $1/t$ 的旋轉，因此它強調了 $X(t)$ 的區域性特性。在式(3.2)中，極座標的表示方法更進一步地澄清此一表示式的區域性本質：它是一個對 $X(t)$ 以變動振幅與相位的三角函數進行的最佳區域性擬合。即使是利用Hilbert轉換，對瞬時頻率的定義，如式(3.4)所示，還是有相當多的爭議。

$$\omega=\frac{d\theta(t)}{dt} \quad (3.4)$$

Cohen(1995)定義了一個單一成分函數(monocomponent function)。原則上，由於式(3.4)所定義的瞬時頻率在時間的單值函數，資料應該要有所限制。在任何時間上，都只有單一一個頻率值，因此只能代表一個成分，所以是單一成分。但不幸的是，對單一成分訊號並沒有明確的定義，以便作為到底函數是否為單一成分的判斷。基於缺乏正確的定義，窄頻(narrow band)被用來作為資料的限制以使瞬時頻率合理化

(Schwartz et al. 1966)。

對於頻帶寬的定義一般有兩種：第一種是用在訊號及波動的機率特性的研究上，機率過程被假設為定常的及高斯分佈的。因此，帶寬可以被定義為如下式所示的頻譜矩的運算。單位時間裡零切點數的期待值被定義為

$$N_0 = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{m_2}{m_0}} \quad \text{.....(3.5)}$$

單位時間裡極值點數的期待值被定義為

$$N_1 = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{m_4}{m_2}} \quad \text{.....(3.6)}$$

其中，m_i 表示第i階的譜矩。因此，定義參數ν

$$N_1^2 - N_0^2 = \frac{1}{\pi^2}\frac{m_4 m_0 - m_2^2}{m_2 m_0} = \frac{1}{\pi^2}\nu^2 \quad \text{.....(3.7)}$$

為一標準的頻譜帶寬度量值。對於窄頻頻譜，其$\nu = 0$，表示訊號中的零切點數與極值點數相同。

第二種定義是比較普遍的，它也是根據頻譜矩計算而得的，但計算方法不同。首先考慮一個在極座標上的複數函數

$$z(t) = a(t)e^{i\theta(t)} \quad \text{.....(3.8)}$$

式中，$a(t)$ 及 $\theta(t)$ 是時間的函數。假如此一函數有頻譜$\theta(t)$，則其平均頻率可以表為

$$\langle\omega\rangle = \int \omega |S(\omega)|^2 d\omega \quad \text{.....(3.9)}$$

也可以表示成其他的形式

$$
\begin{aligned}
\langle\omega\rangle &= \int z^*(t)\frac{1}{i}\frac{d}{dt}z(t)dt \\
&= \int\left(\dot{\theta}(t) - i\frac{\dot{a}(t)}{a(t)}\right)a^2(t)dt \quad \text{.....(3.10)} \\
&= \int \dot{\theta}(t)a^2(t)dt
\end{aligned}
$$

根據這個表示式，Cohen(1995)建議將 $\dot{\theta}(t)$ 視為瞬時頻率。因此，頻帶寬可以定義為

$$
\begin{aligned}
\nu^2 &= \frac{\left(\omega - \langle\omega\rangle\right)^2}{\langle\omega\rangle^2} = \frac{1}{\langle\omega\rangle^2}\int\left(\omega - \langle\omega\rangle\right)^2 |S(\omega)|^2 d\omega \\
&= \frac{1}{\langle\omega\rangle^2}\int z^*(t)\left(\frac{1}{i}\frac{d}{dt} - \langle\omega\rangle\right)^2 z(t)dt \quad \text{.....(3.11)} \\
&= \frac{1}{\langle\omega\rangle^2}\left[\int \dot{a}^2(t)dt + \int\left(\dot{\theta}(t) - \langle\omega\rangle\right)^2 a^2(t)dt\right]
\end{aligned}
$$

對於一窄頻的訊號，此一值必須很小，而 $a(t)$ 及 $\theta(t)$ 都必須是緩變函數。不幸的是，式(3.7)及(3.11)所定義的頻寬都是全域性(global)的，它們同時都是過度限制且缺乏精度的。因此，Hilbert轉換的頻寬限制其實是還沒有適當定義的。例如，Melville(1983)曾經成功地在帶寬中濾出訊號，但是仍然得到許多不具物理意義的負值頻率，在此也必須強調：利用濾波方式得到窄頻訊號是不被接受的，另一原因是濾出的資料已經被由於非線性及非定常性所產生的簡諧假訊號所污染。

為了得到有意義的瞬時頻率，有些限制條件被用在資料上，如 Gabor (1946), Bedrosian (1963) 及 Boashash (1992)：對於任何具有一個有意義瞬時頻率的函數，其Fourier轉換的實數部份必須只有正的頻率。這個限制可以從數學上來證明(Titchmarsh ，1948)，可是它仍然是全域性的。在資料分析上，我們必須要將這個要求轉換到物理上的執行步驟以發展一個簡單的方法以便應用。基於此一目的，我們必須要將限制條件從全域性的修改為區域性的，而準則也必須要滿足某些必要條件。

3.1.2 內隱型函數(Intrinsic Mode Function, IMF)

內隱型函數(IMF)是在EMD過程中所產生的時序訊號，它必須要滿足下列兩個條件：

(1) 在整個資料列中，極值與零切點的數目必須相等或最多差1；

(2) 在任何點上，局部最大與局部最小包絡線的平均值必須為0。

例如圖3.1即為一個IMF。

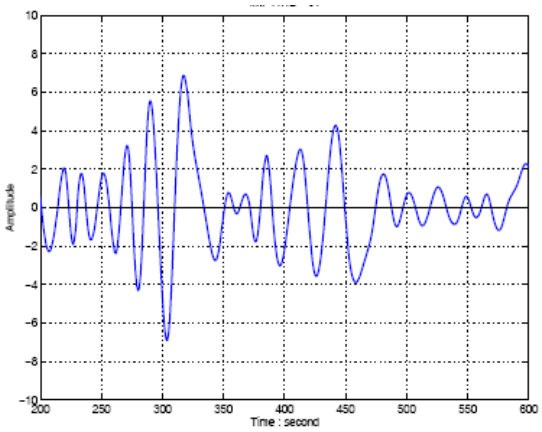


圖3.1　IMF的範例(Huang and Shen, 2005)

第一個條件類似於傳統的對一個定常高斯過程的窄頻要求。而第二個條件則是一個新的構想，它將古典的全域性要求修改為局部性要求。這個條件是必要的，因為它可以讓瞬時頻率不致因為不對稱性波形而產生不必要的震盪。理想狀況下，這一個要求應該是：‘局部性的平均值為0’(the local mean of the data being zero)。但對於非定常的資料而言，局部性平均值(local mean)的計算牽涉到一個無法定義的局部性時間尺度(local time scale)。因此，我們用極大值與極小值的包絡線的平均值以強迫局部性的對稱性來替代，這也是為了避開定義局部性時間尺度的必要近似方法。雖然它將會在非線性變形波動的瞬時頻率引發失真情形，但對於非線性的影響相較於對非定常的影響是較小的。利用以上定義的物理性質與近似方法，顯示這個方法並不保證在任何情況下都會得到一個完美的瞬時頻率。但無論如何，即使是在最差的情況下，計算出來的瞬時頻率仍能夠符合所研究問題的物理性。

IMF的命名是因為它代表資料中隱藏的振動形式。透過這樣的定義，在每一個用零切點定義的循環中的IMF只包含有單一一個振動形式，不會出現複雜的騎乘波情形。根據這樣的定義，也顯示IMF並沒有限制必須為一個窄頻訊號，而且它允許振幅與頻率是可調整的。事實上。它也可以是非定常的。如上所討論的，單一頻率或振幅調變的函數都可以是IMF，縱使依據傳統定義它們都是有限帶寬而非窄頻的。

在定義了IMF後，以下將說明式(3.4)是最佳的瞬時頻率定義。一個IMF經過Hilbert轉換後，可以表示為式(3.2)的形式。如果我們對式(3.2)的$Z(t)$進行Fourier轉換的話，可以得到

$$W(\omega)=\int_{-\infty}^{\infty}a(t)e^{i\theta(t)}e^{-i\omega t}dt=\int_{-\infty}^{\infty}a(t)e^{i(\theta(t)-\omega t)}dt \quad (3.12)$$

透過定常相位方法(stationary phase method)，可參考Copson (1967)，對$W(\omega)$的最大貢獻可以從滿足下列條件的頻率得到

$$\frac{d}{dt}(\theta(t)-\omega t)=0 \quad (3.13)$$

因此，我們可以得到式(3.4)的表示式。雖然在數學上，定常相位方法對指數函數要求一個大的參數值，假如頻率，ω，大於振幅變化的局部時間尺度的倒數的話，此處的推導是可以修正的。因此，瞬時頻率的定義符合逐漸變化頻率的最佳值。即使有這種情形，瞬時頻率仍優於零上切頻率，也優於Cohen(1995)的積分定義，如式(3.10)所示，而且它也符合古典波浪理論的頻率定義，例如Whitham(1975)。

如式(3.13)及式(3.2)至(3.4)所示，透過定常相位近似法所定義的頻率也與局部性的最佳三角函數近似符合，因此我們不需要整個振動週期就可以定義一個頻率值。我們可以在每一點上定義，並允許在各點之間變化。根據這樣的方法，即使是一個單調函數(monotonic function)也可以視為是一個振動函數的一部份，而且可以從式(3.4)計算出其瞬時頻率。任何頻率的變化稱之為調頻(frequency modulation)。實際上調頻有兩種：波與波之間的(interwave)及波內(intrawave)的調頻。第一種形式是在一個發散系統中振動的頻率在波動之間逐漸變化。在技術

上，發散波群中頻率在一個波動中也會變化，但為了方便或因為缺乏一個較正確的頻率定義而沒有被提及。第二種形式也是個很普遍的現象，假如當一個波動的頻率隨時在改變，則它的波形將不再是簡單的三角函數。因此，任何從三角函數形式變形的波形就是波內調頻(intrawave frequency modulation)。在過去，這樣的現象被當成諧波變形(harmonic distortions)，但視為波內調頻較具有物理意義。

3.1.3 經驗型分解法(EMD)

如Huang等(1996, 1998, 1999)文中的討論，EMD是處理非定常及非線性過程的資料的必要方法。這個新的方法，和幾乎過去所有的方法不同，是根據資料的變化情形及一個後定義的準則，而建立的一種直覺性、直接的、及可調整的方法。訊號分離的方法是根據一個簡單的假設:任何資料是由不同的簡單內隱型振動所組成。每一個代表一種簡單的振動的內隱型函數，不論是線性的或非線性的，的極值點數與零切點數最多差1。而且其振動對稱於區域性零點(local mean)，也就是符合前節所述的IMF的定義。在任何時間點上，分析資料都同時擁有許多不同振動型態(IMF)，而且一個疊加另一個之上，最後形成複雜的波動。

根據IMF的定義，我們可以進行波動時序訊號的分解(篩選處理，Sifting process)：

1. 取得待分析時序訊號資料η_0，如圖3.2(a)所示。
2. 令$h_0 = \eta_0$
3. 搜尋h_0的所有極值(即波峰與波谷)和零切點。
4. 利用三次仿樣曲線求得極大值(極小值)的上(下)包絡線方程式，此二條曲線應該包圍了所有的資料點，如圖3.2(b)所示。
5. 計算兩條包絡線的平均值曲線m_1，如圖3.2(b)所示。
6. 計算h_0與m_1間的差值h_1，即$h_1 = h_0 - m_1$，如圖3.2(c)所示。

7. 判斷h_1是否符合IMF的規定，如果不符合的話，令$c_0 = h_1$，重複步驟3至7。

8. 如果h_1符合IMF的規定，則令$\eta_0 = \eta_0 - h_1$，繼續篩選其他的IMF($h_i, i = 2,...$)。

9. 最後，η_0可以分解成$\sum_{i=1}^{n} c_i + r_n$，其中r_n為最後的殘差，可能是一個趨勢或是雜訊，但也可能是由於近似曲線計算而產生的誤差。

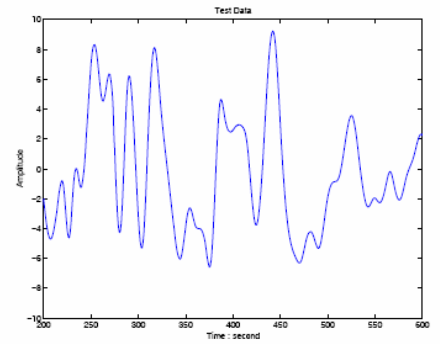
圖2(d)為h_1、包絡線及m_2曲線圖；圖3.2(e)為h_2、包絡線及m_3曲線圖；而圖3.2(f)為經過12次迭代後所得到的第一個IMF c_1。

訊號篩選的處理必須要有停止準則，目前大致有兩個準則被提出來：第一個是Huang等(1998)根據Cauchy型的收斂測試(Cauchy type of convergence test)所提出。該測試要求在相鄰兩次篩選過程的訊號h_{k-1}及h_k的正規平方差和必須要小。

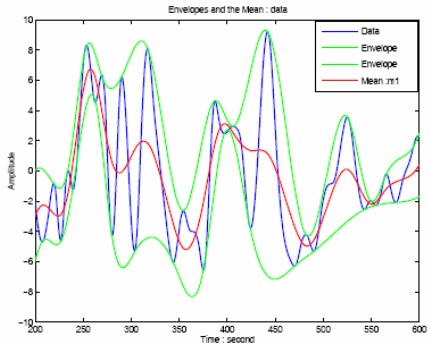
$$SD_k = \frac{\sum_{t=0}^{T} \left| h_{k-1}(t) - h_k(t) \right|^2}{\sum_{t=0}^{T} h_{k-1}^2(t)} \quad \text{.....(3.14)}$$

如果SD_k小於一個指定的容許值，則可以停止一個IMF的篩選過程。但此一看似簡單的準則在實用上並不容易達到。主要的問題在於到底容許值要多小才算合理？還有這個容許值是否應該隨著不同的IMF而變？第二種停止準則是Huang等(1999, 2003)所建議的：對篩選過程的迭代次數設定上限。當極值點數與零切點數持續保持相等或差1時，在迭代次數到達上限值時，停止篩選處理。同樣地，迭代次數的上限值應該為何？仍不能確認。Huang等(2003)在經過無數次的測試後，建議以4至8次迭代為上限。

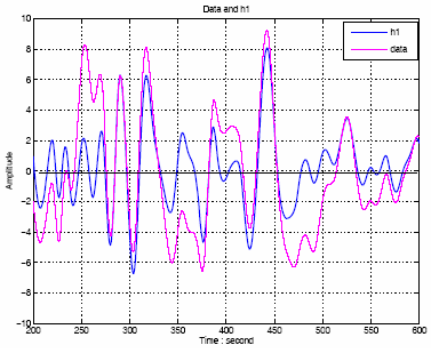
圖3.3(a)是量測地球每天自轉一週所花時間與24小時的差異變化量，圖3.3(b)及3.3(c)採用多種不同的迭代停止次數進行測試後的九個不同平均IMF值以及其標準差。從圖中可以發現，不同的迭代停止次數準則會在訊號中不同的位置發生不等量的誤差。



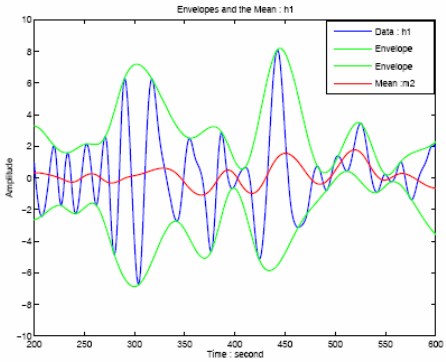
(a) 待分析時序訊號資料



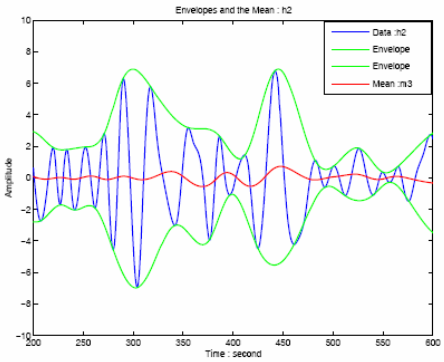
(b) 兩條包絡線與平均值曲線 m_1



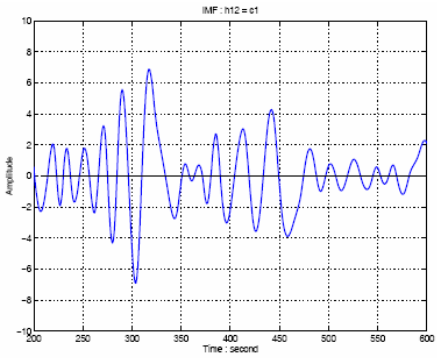
(c) 時序訊號及 h_1



(d) h_1 、包絡線及 m_2

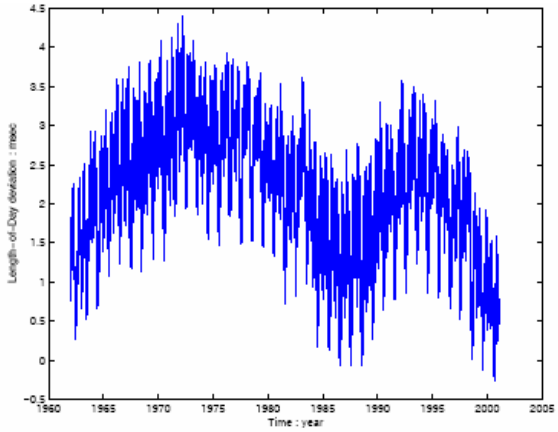


(e) h_2 、包絡線及 m_3

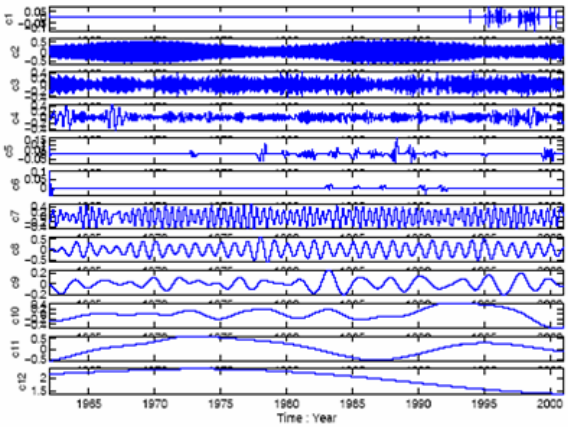


(f) 第一個IMF c_1 (12次迭代後)

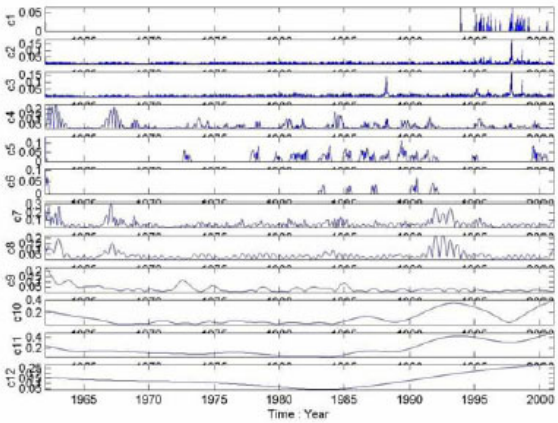
圖3.2　EMD解析過程的說明例



(a) 每日的長度差異值



(b) 用不同停止迭代次數所得之平均IMF



(c) IMF的標準差

圖3.3 地球自轉的每日長度變化

3.1.4 小結

綜合而言，HHT是由EMD及HST所組合而成，一個時序訊號首先利用EMD與適當的停止準則進行IMF的篩選處理，而後再利用HST計算各IMF的Hilbert頻率譜，並進行線性疊加。由於停止準則目前尚無確切且適當的選定建議，導致HHT仍必須以個案方式進行時序訊號的分解，但是由於它直接在時間域(time domain)中分解波動訊號，因此不致在處理非線性或非定常性的時序訊號時像FFT的處理中可能產生訊號的扭曲(例如，由許多個線性波組合成一個非線性波)。未來仍有相當大的發展與應用空間。Huang and Shen(2005)即提出一些最近的發展以及未來應繼續探討的相關課題。最近的發展包括：

1. Hilbert轉換的正規化(normalized Hilbert transform)
2. 信賴限度(confidence limit)
3. IMF的統計特性(statistical significance of the IMFs)

未來應繼續探討的問題主要與HHT在分解訊號時所使用的數學方法有關，如

1. 可調整資料分析方法的一般化(adaptive data analysis methodology in general)
2. 非線性系統的辨識方法(nonlinear system identification methods)
3. 非定常過程的預測問題--端點效應(prediction problem for nonstationary processes - end effect)
4. 仿樣曲線的問題，包括適合HHT的最佳仿樣曲線、收斂性與二維仿樣曲線(spline problem, including best spline implementation for the HHT, convergence and 2-D)
5. 最佳化問題，包括最佳IMF的選擇方式及唯一性(optimization problem, including the best IMF selection and uniqueness)

6. 近似問題，即Hilbert轉換及頻譜面積(approximation problems, including Hilbert transform and quadrature)

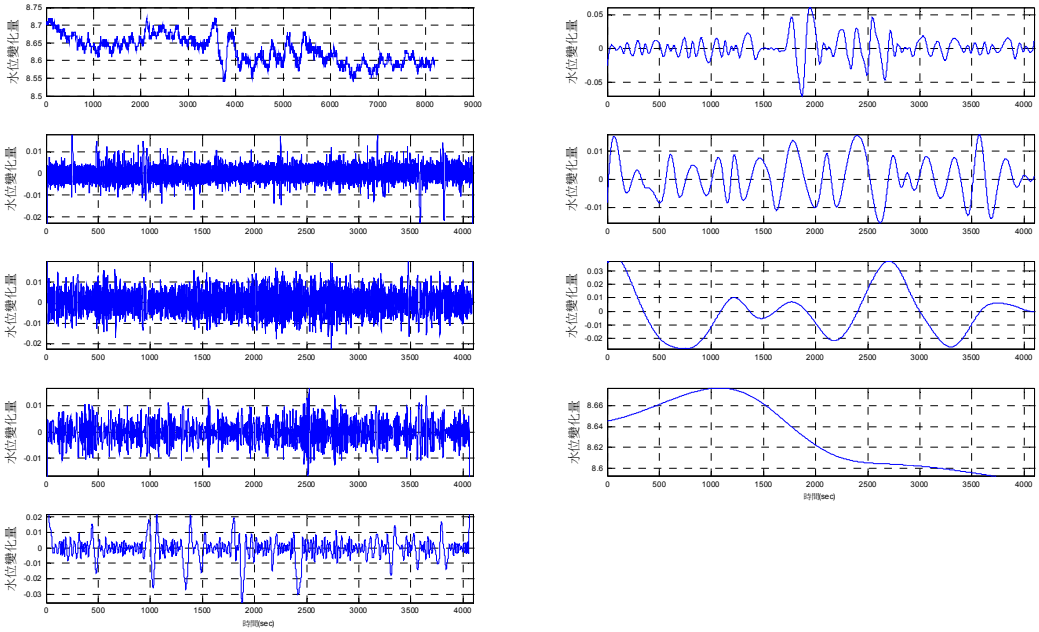
7. 其他相關的統計議題(miscellaneous statistical questions concerning the HHT)

3.2 HHT在水面波動時序訊號的應用

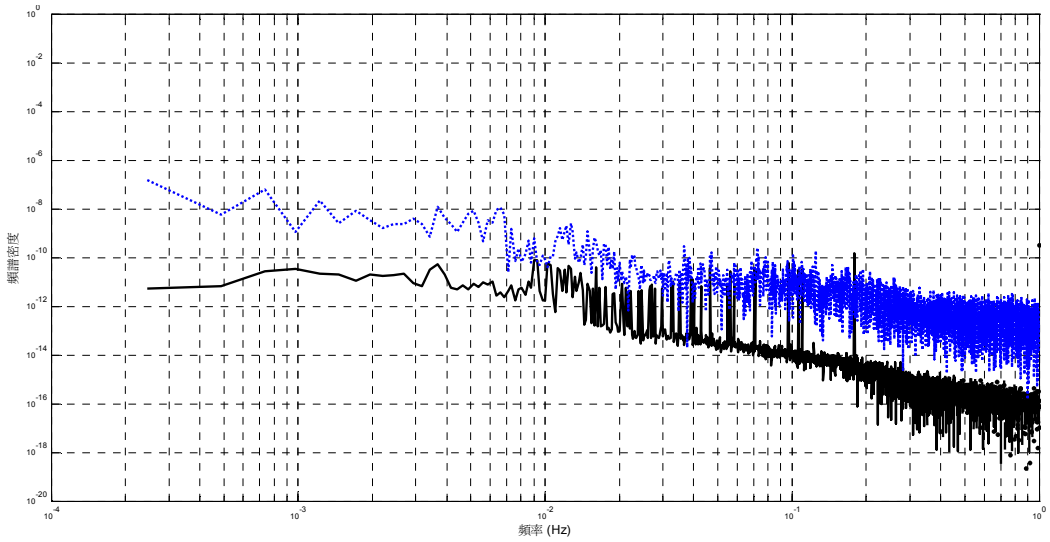
針對海洋波浪觀測的特性，本計畫測試並編寫了相關的HHT的matlab分析程式，並將其應用在花蓮港的實測波浪上。以下為相關的分析資料。

3.2.1 95年5月及8月的聯合觀測資料

如第一章1.7節所述，為瞭解花蓮港的港池共振特性，本團隊在花蓮港及東部海岸的的漁港內進行了聯合觀測。圖3.4至圖3.5為民國95年4月5日21：58在花蓮港內港及外港所觀測資料的分析結果。圖3.6至圖3.7為民國95年4月6日5：10在花蓮港內港及外港所觀測資料的分析結果。圖3.8至圖3.10為民國95年8月18日14：50在花蓮港內港及外港、以及鹽寮漁港所觀測資料的分析結果。圖3.11及圖3.12則分別為石梯漁港於民國95年8月18日19：00以及金樽漁港於民國95年8月18日23：10的觀測記錄分析結果。各圖中皆顯示分解的IMF以及Fourier頻率譜與Hilbert頻率譜。由於觀測期間的風浪不大，水面波動甚小，但仍約略可以看出長週期的振盪。

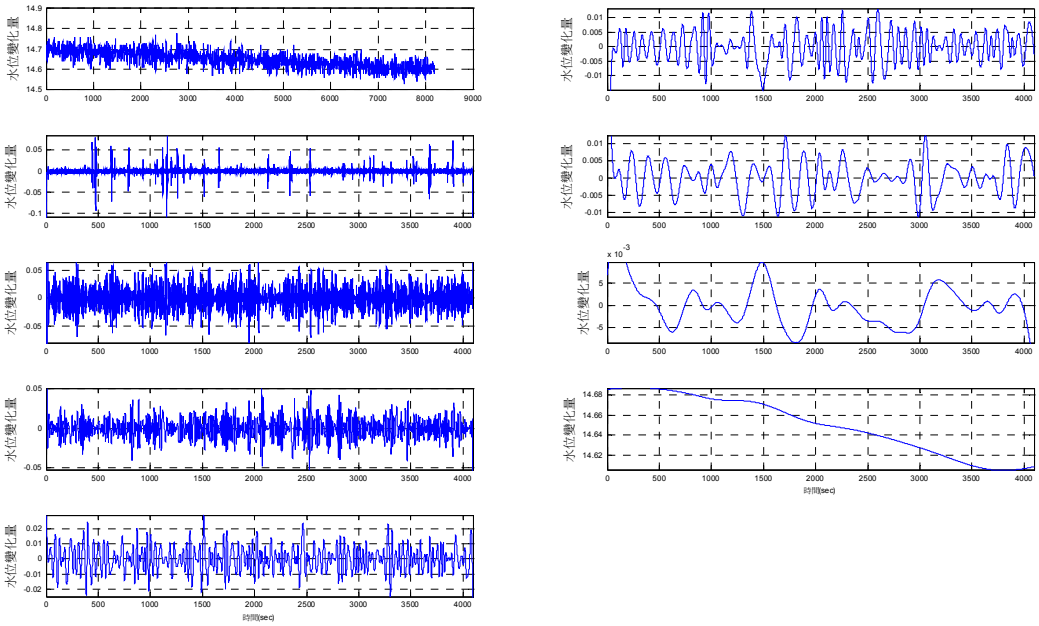


(a) EMD分解的IMF

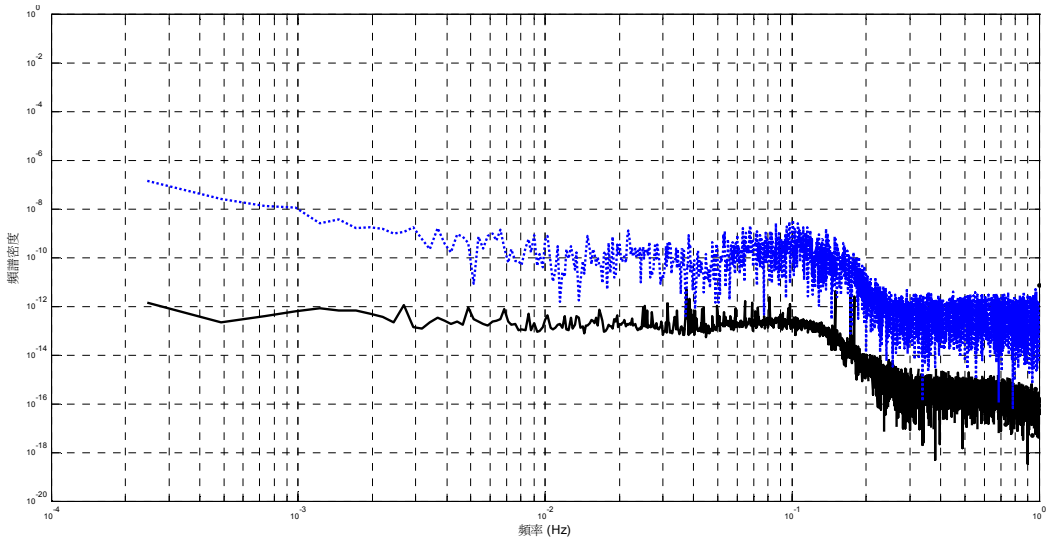


(b) Fourier頻譜及Hilbert頻率譜

圖3.4　民國95年4月5日 21：58(4096秒)花蓮港內港波動分析結果

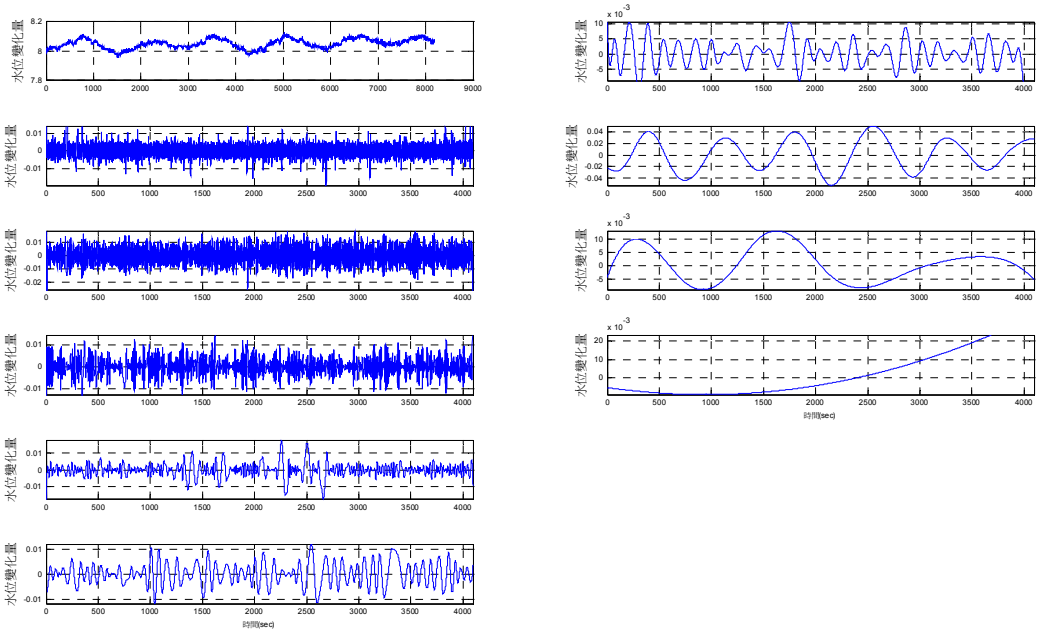


(a) EMD分解的IMF

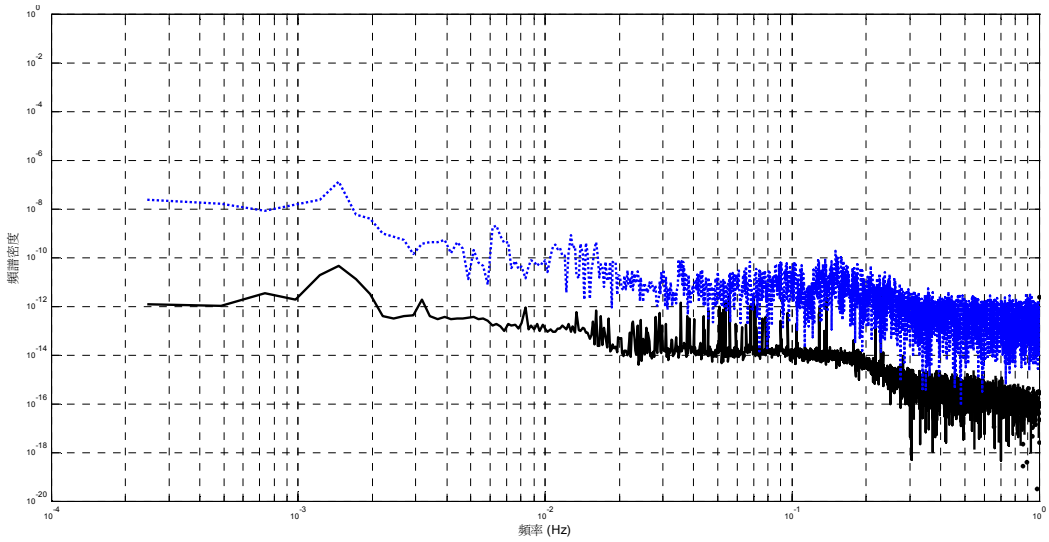


(b) Fourier頻譜及Hilbert頻率譜

圖3.5　民國95年4月5日 21：58(4096秒)花蓮港外港波動分析結果

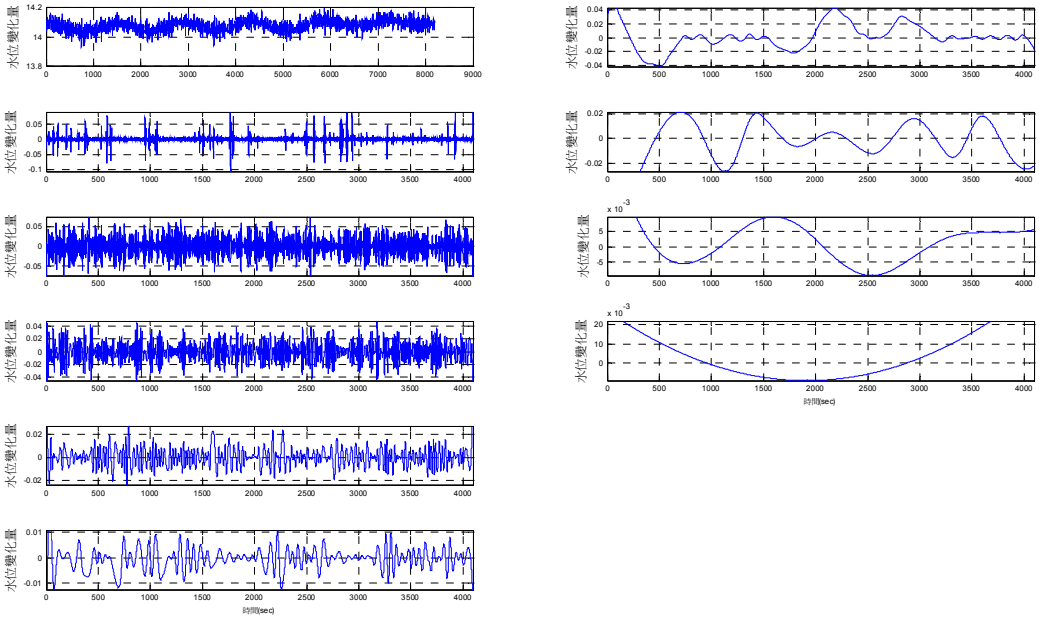


(a) EMD分解的IMF

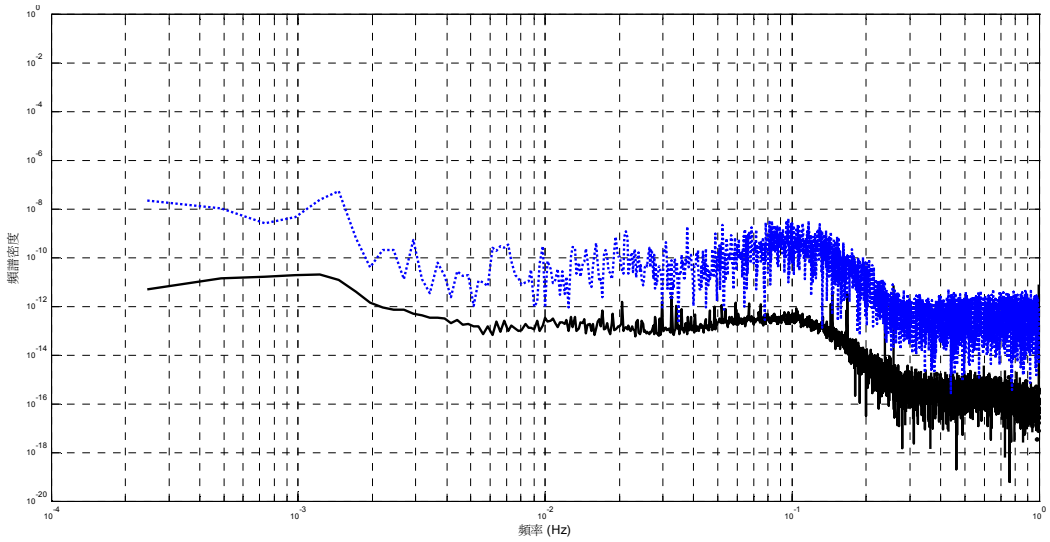


(b) Fourier頻譜及Hilbert頻率譜

圖3.6　民國95年4月6日 5：10(4096秒)花蓮港內港波動分析結果

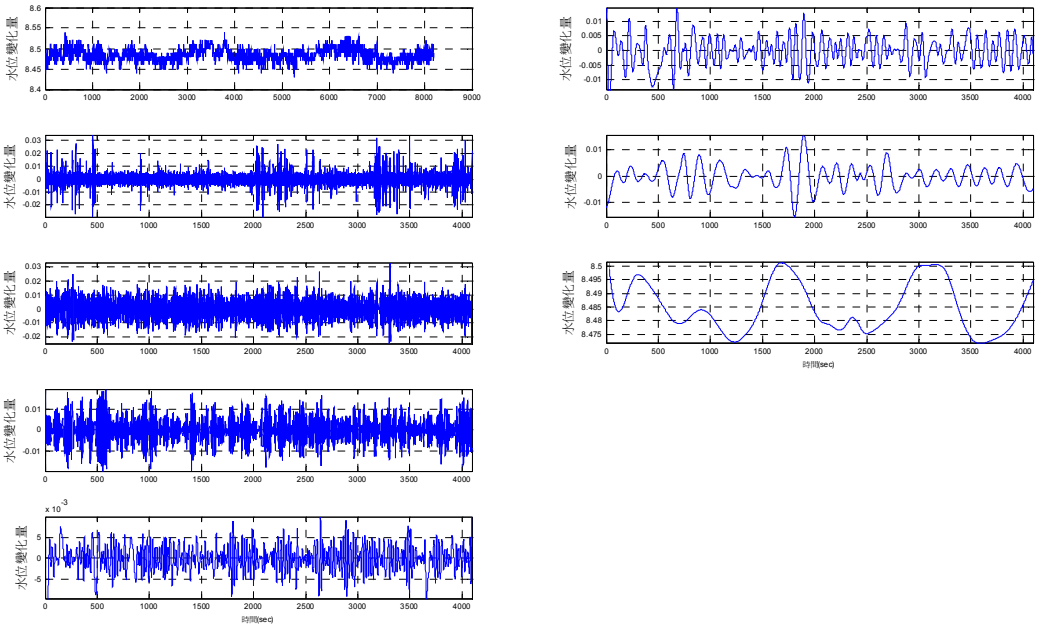


(a) EMD分解的IMF

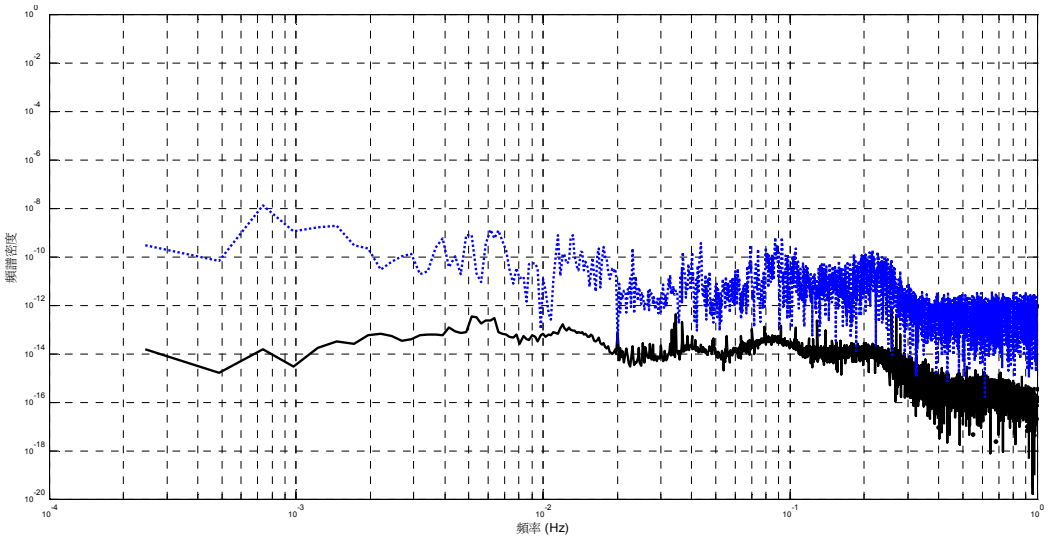


(b) Fourier頻譜及Hilbert頻率譜

圖3.7　民國95年4月6日 5：10(4096秒)花蓮港外港波動分析結果

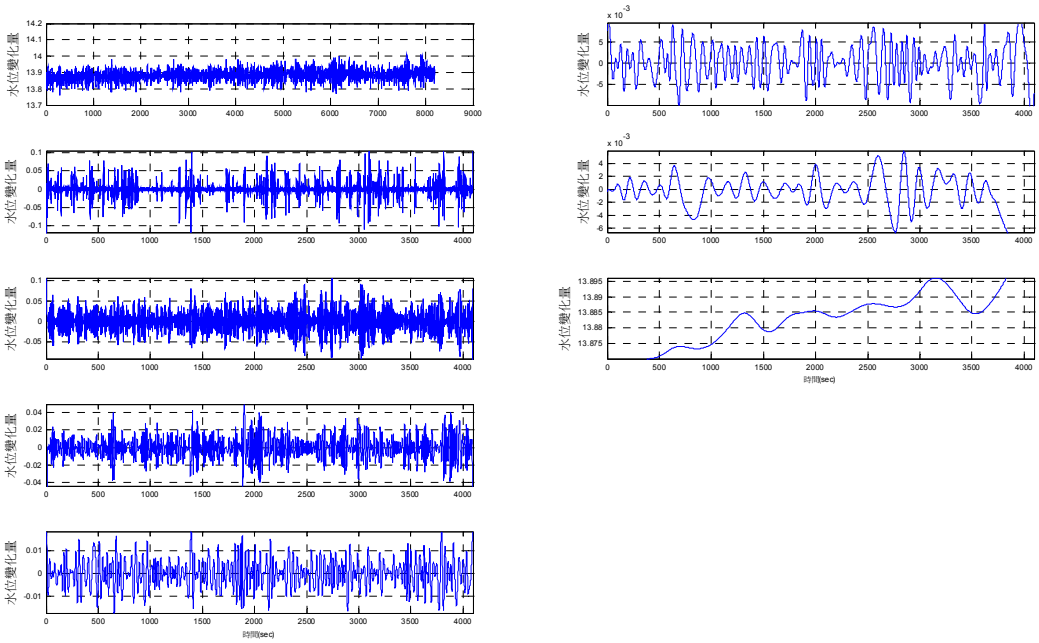


(a) EMD分解的IMF

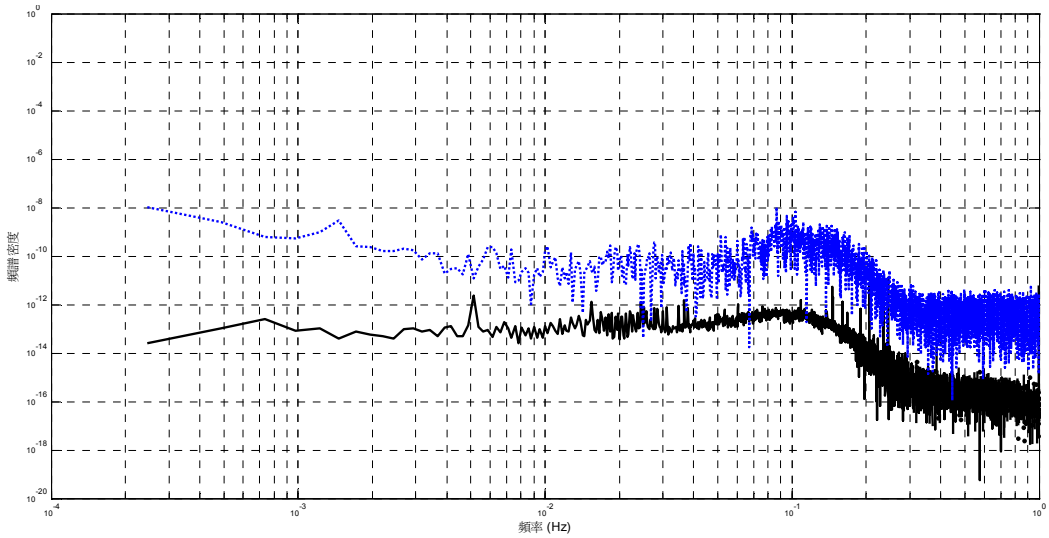


(b) Fourier頻譜及Hilbert頻率譜

圖3.8　民國95年8月18日　14：50(4096秒)花蓮港內港波動分析結果

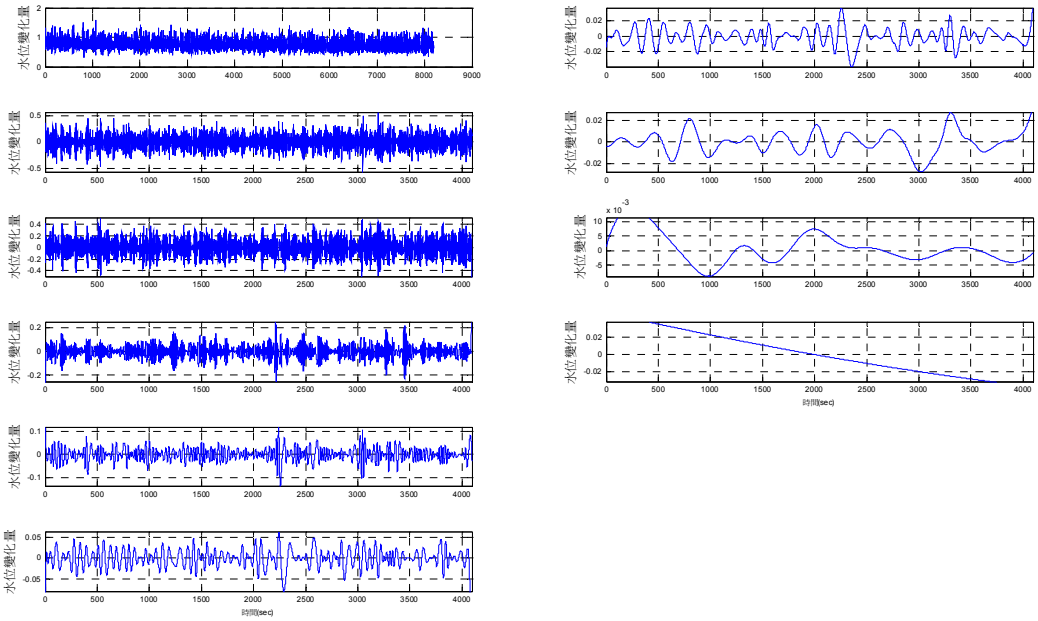


(a) EMD分解的IMF

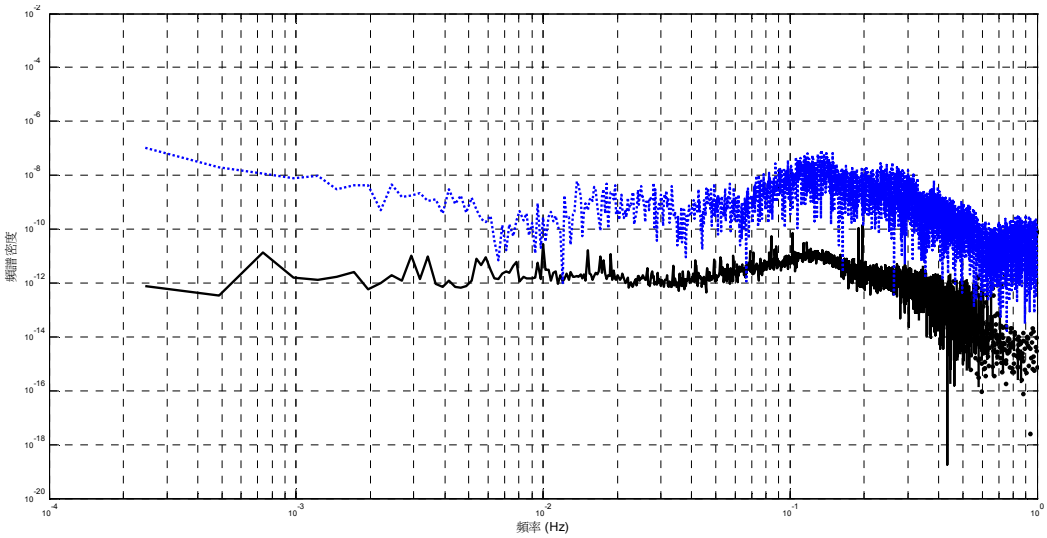


(b) Fourier頻譜及Hilbert頻率譜

圖3.9　民國95年8月18日　14：50(4096秒)花蓮港外港波動分析結果

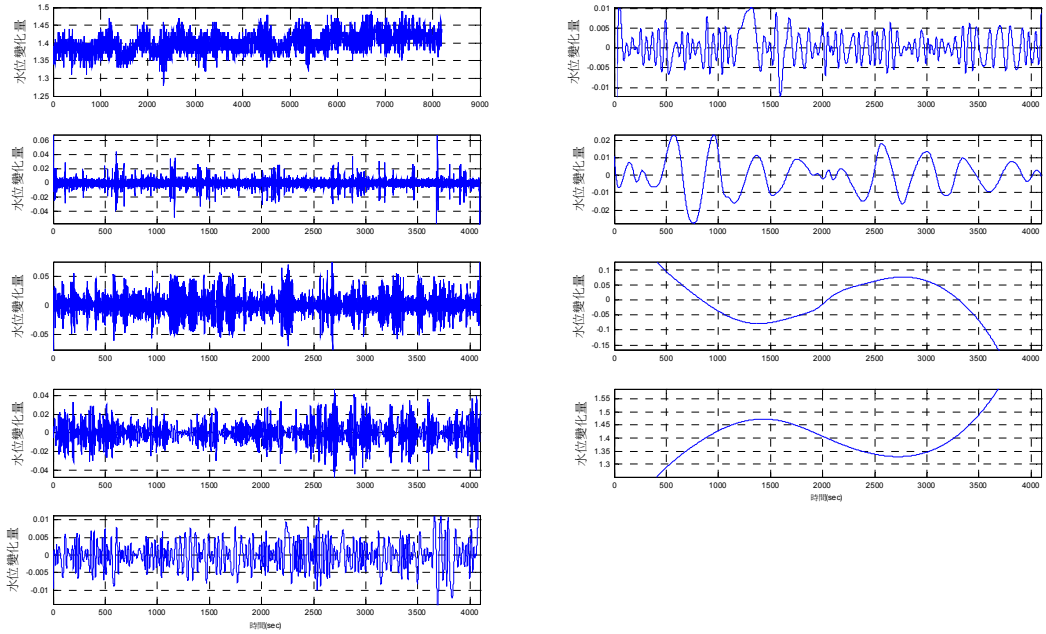


(a) EMD分解的IMF

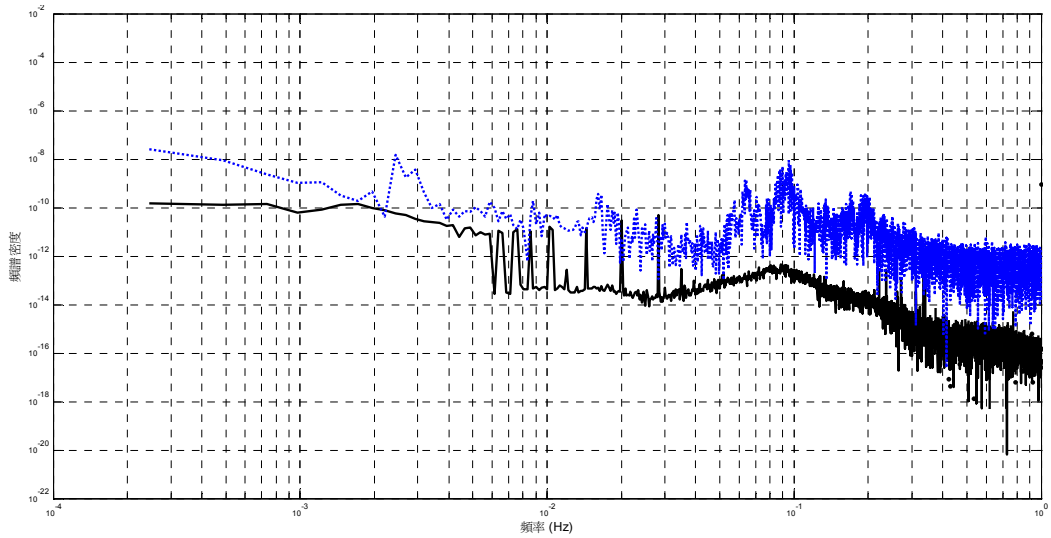


(b) Fourier頻譜及Hilbert頻率譜

圖3.10　民國95年8月18日　14：50(4096秒)鹽寮漁港波動分析結果

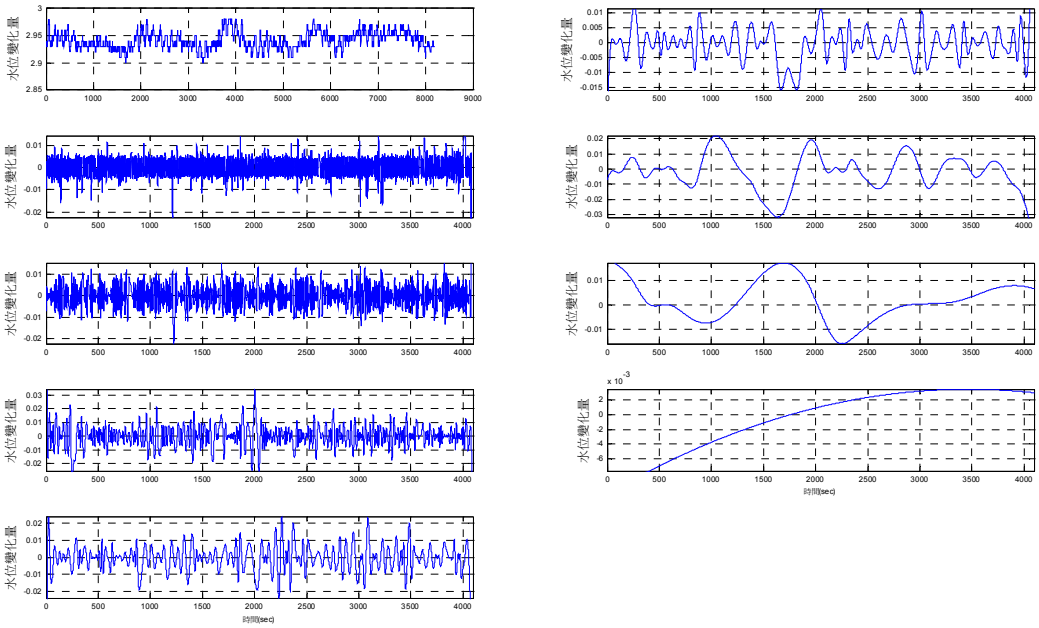


(a) EMD分解的IMF

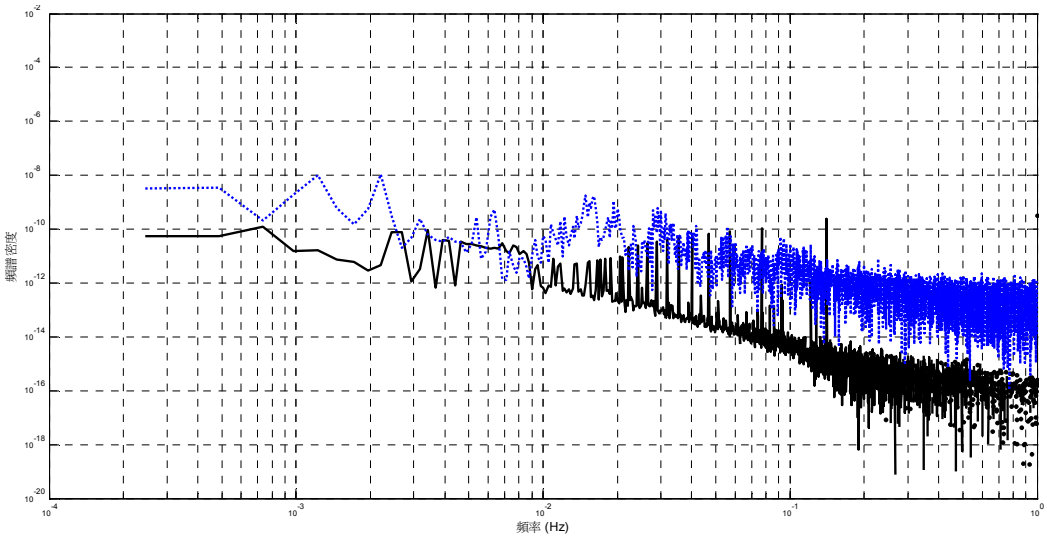


(b) Fourier頻譜及Hilbert頻率譜

圖3.11　民國95年8月18日　19：00(4096秒)石梯漁港波動分析結果



(a) EMD分解的IMF



(b) Fourier頻譜及Hilbert頻率譜

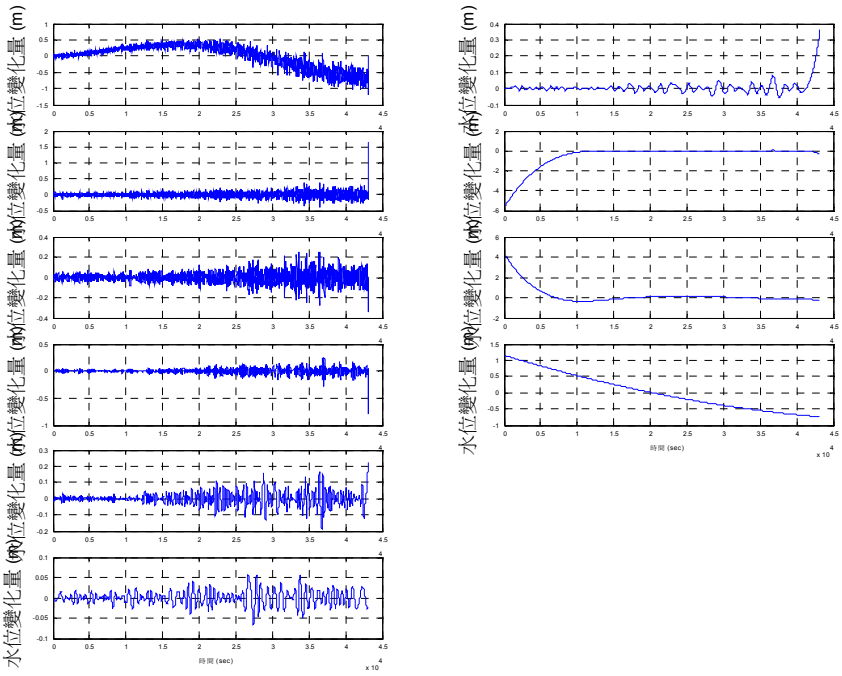
圖3.12　民國95年8月18日 23：10(4096秒)金樽漁港波動分析結果

3.2.2　94年8月3日瑪莎颱風侵襲期間的觀測資料

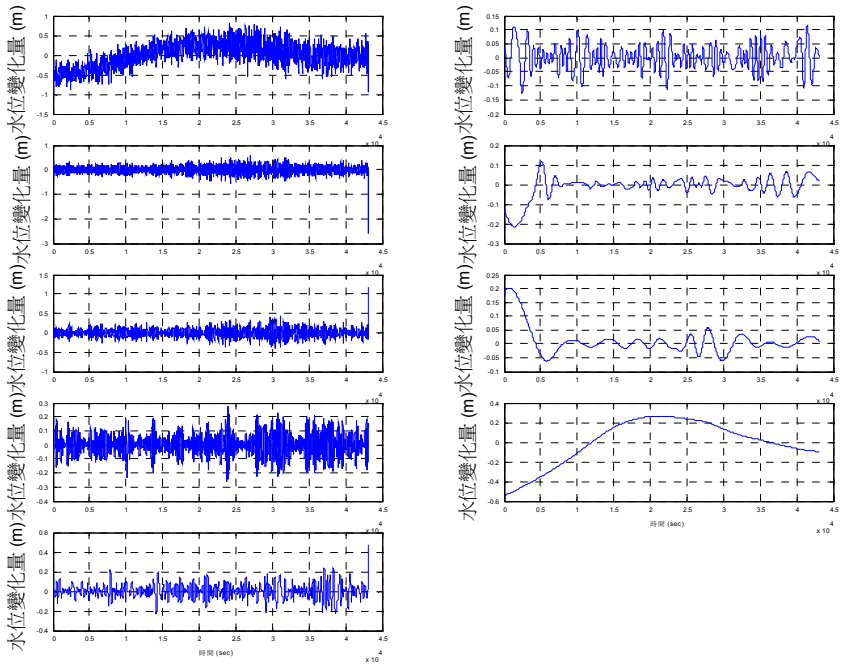
在花蓮港附近水域的水位觀測，本節分析了94年8月瑪莎颱風來襲期間的水位變動資料。圖3.13及圖3.14顯示花蓮港外港及內港於民國94年8月3日至8月7日間之水面波動分解 IMF；圖3.15及圖3.16則為該時期外港及內港水面波動的Fourier頻率譜與Hilbert頻率譜。同樣地，我們可以看到各種非線性及非定常的波動分量，也可以看到長週期的振盪成分。

3.3 HHT應用在水面波動分析的檢討

由於HHT方法中的EMD是直接在時間域內進行訊號的分解，因此不致發生如數值濾波必須透過頻率域的操作所發生的訊號過度分離或能量洩漏的情形，因此，HHT應用於近海具高度非線性與非定常的波浪分析，基本上是可行的。但在分析與測試過程中，我們也會看到許多不預期的訊號出現，如在各IMF時序圖中除了最後的殘餘訊號是Huang等(1998)所建議的趨勢外，也發現分解出波高小於2 cm的時序訊號，由於使用的壓力式波高計的解析度為1 cm，因此波高小於2 cm的訊號在理論上應是無法分析出來的，研判應該是屬於雜訊或者是由於取樣頻率不夠高所造成的訊號失真或者是由於所使用的仿樣曲線數值方法不夠好所致。這些情形導致IMF的分解過程所需要設置的門檻值，以及分解出的IMF的有效性判斷都是未來需要在努力的。再者，從各個頻譜圖中我們也發現，Hilber頻譜始終與Fourier頻譜有大約四階的差距，如果從能量的一致性來看，應該是 Hilbert頻譜的計算方式與解讀仍有需要進一步研究的空間。

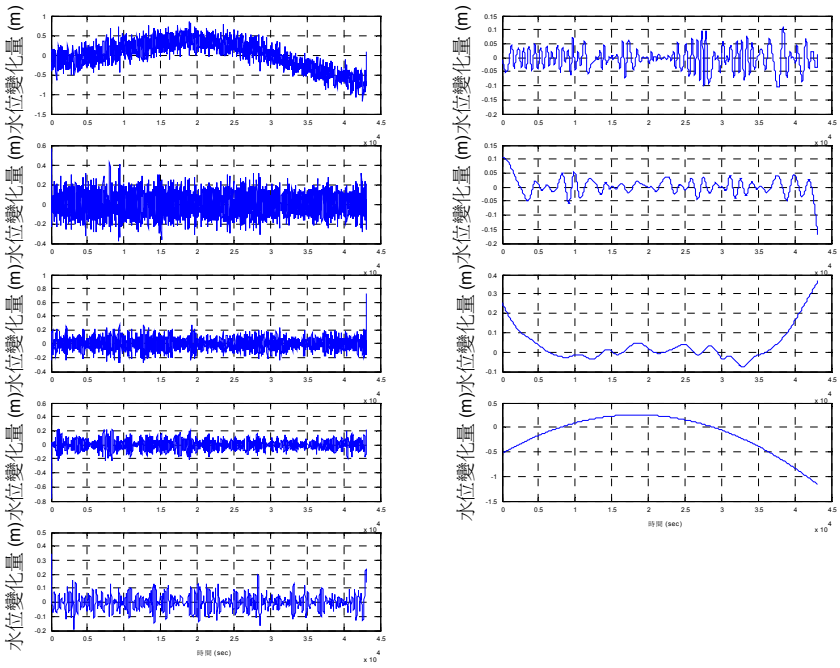


(a)　94/8/3 00h~12h

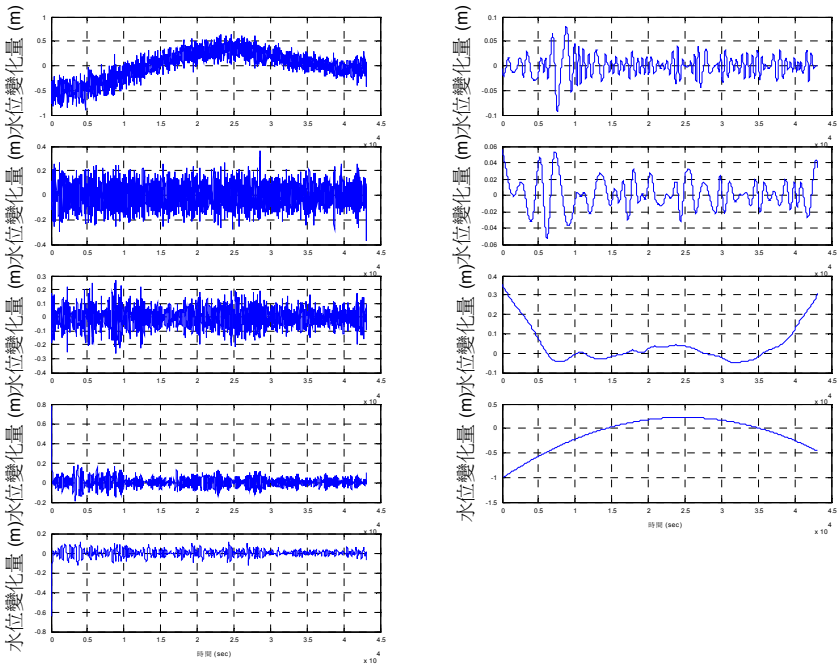


(b)　94/8/3 12h~24h

圖3.13　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港外港波動分析IMF

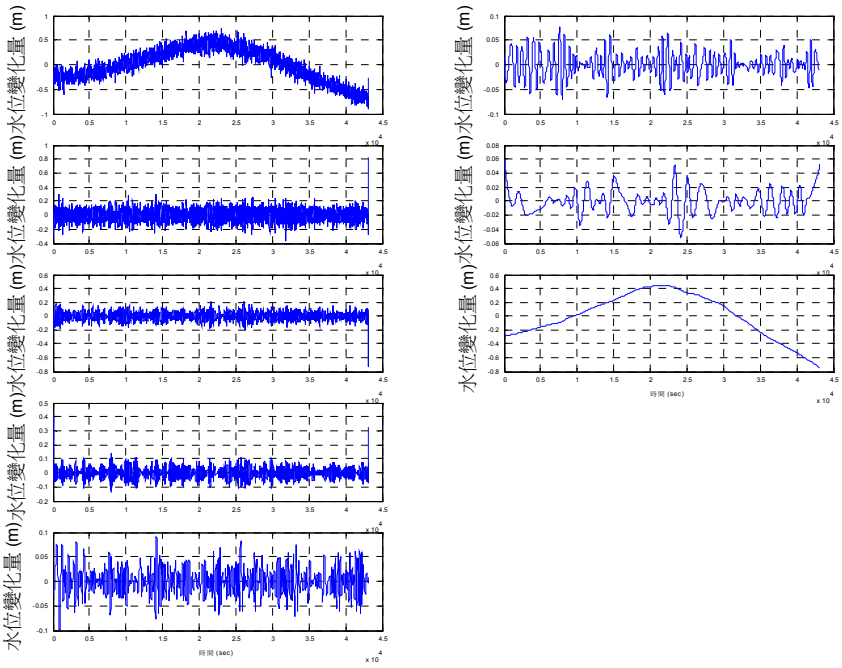


(c)　94/8/4 00h~12h

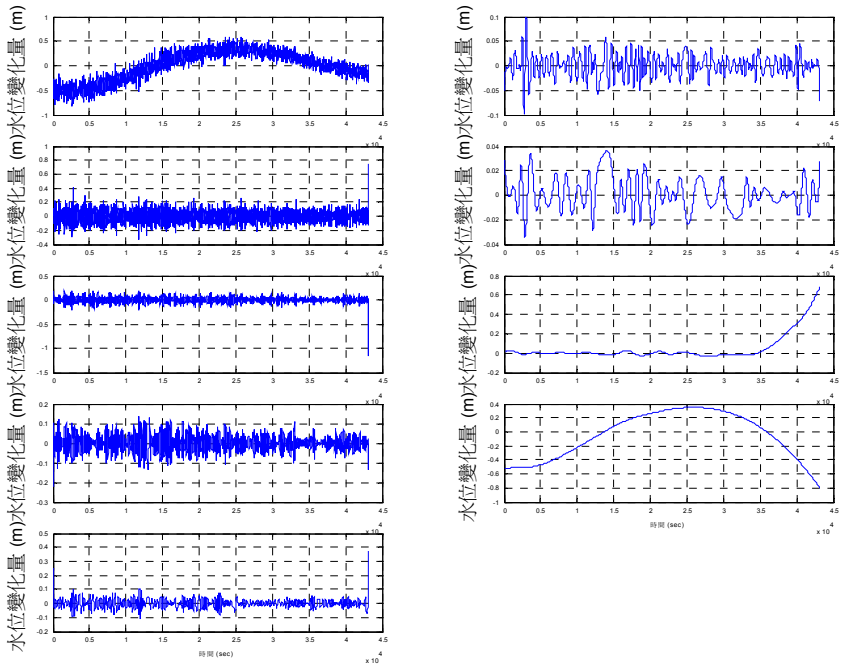


(d)　94/8/4 12h~24h

圖3.13(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港外港波動分析IMF

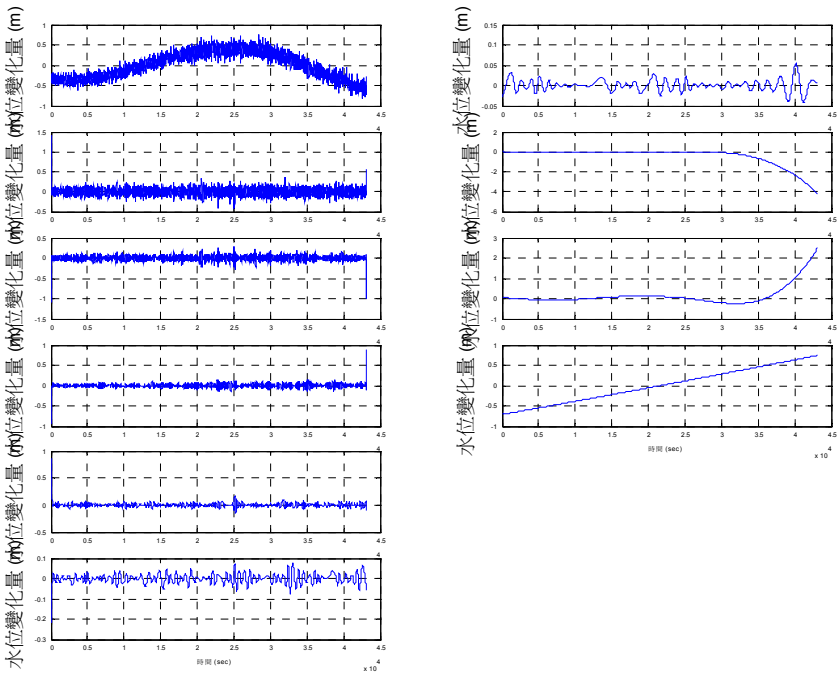


(e)　94/8/5 00h~12h

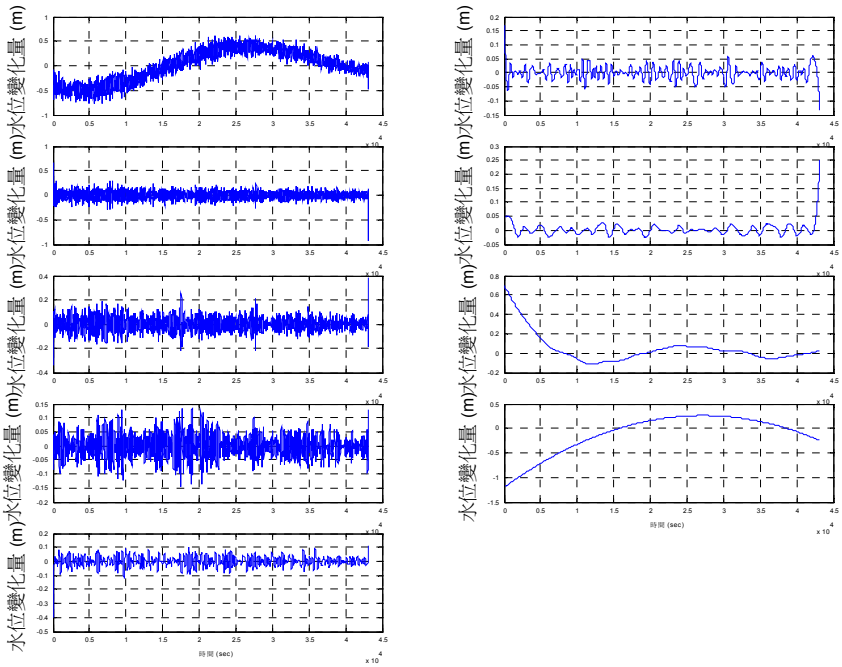


(f)　94/8/5 12h~24h

圖3.13(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港外港波動分析IMF

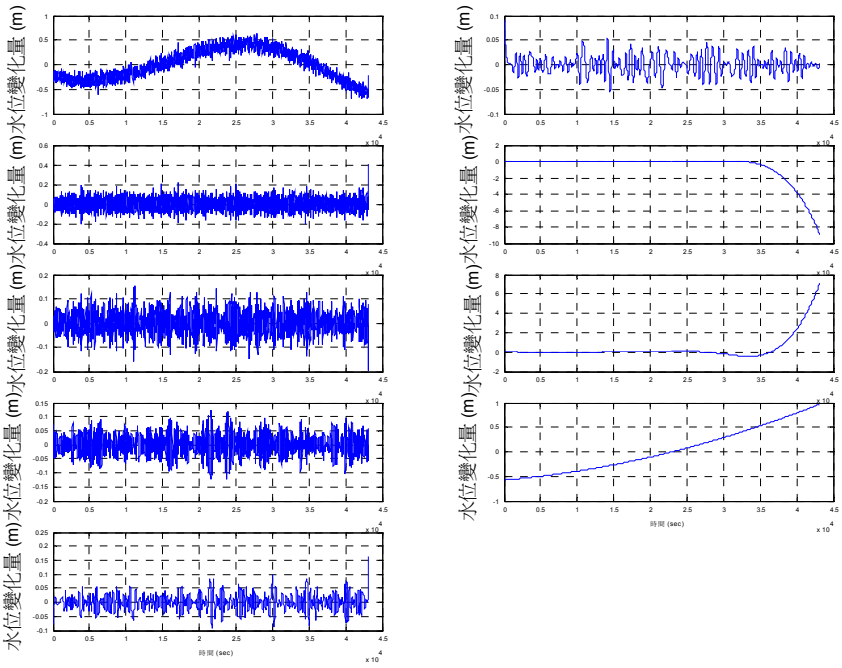


(g)　94/8/6 00h~12h

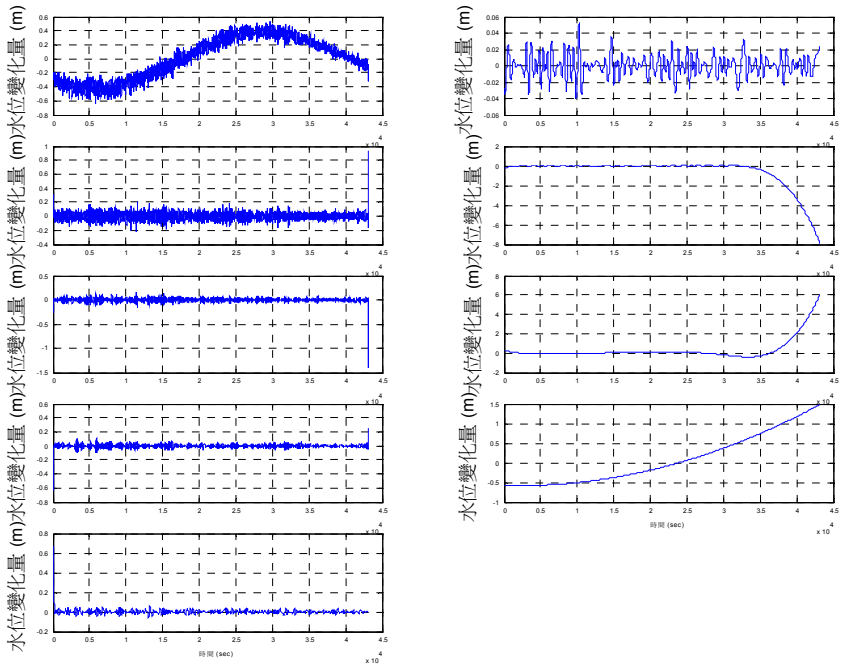


(h)　94/8/6 12h~24h

圖3.13(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港外港波動分析IMF

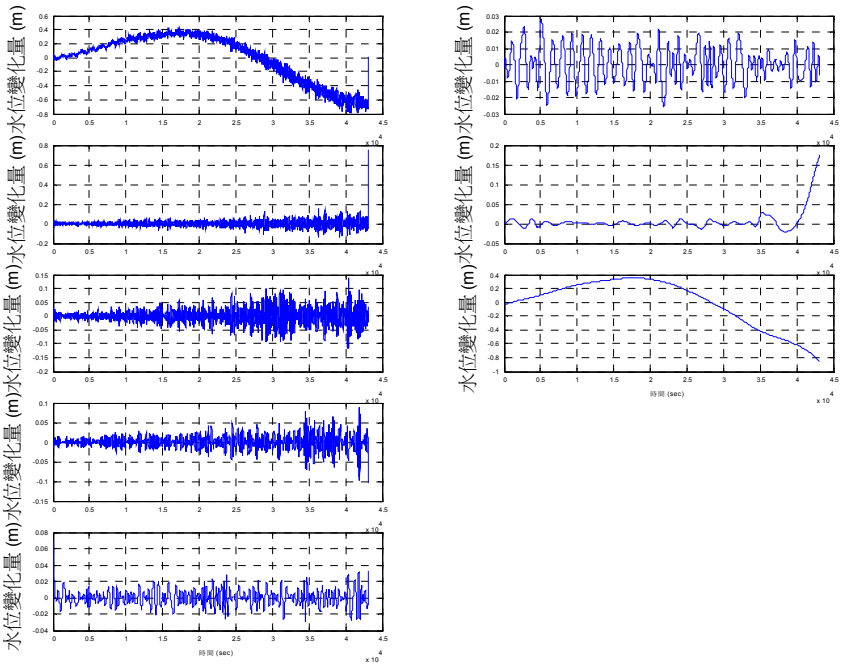


(i)　94/8/7 00h~12h

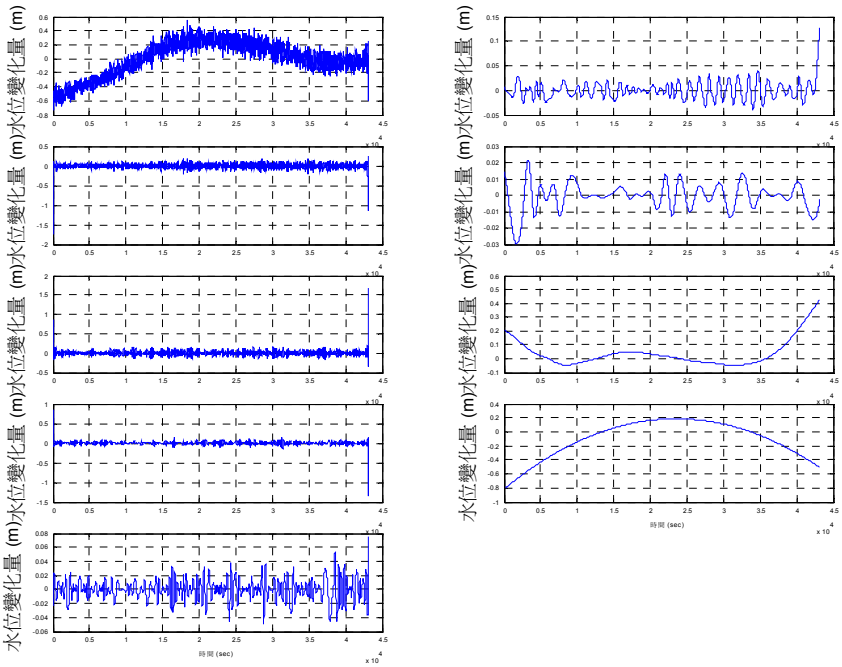


(j)　94/8/7 12h~24h

圖3.13(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港外港波動分析IMF

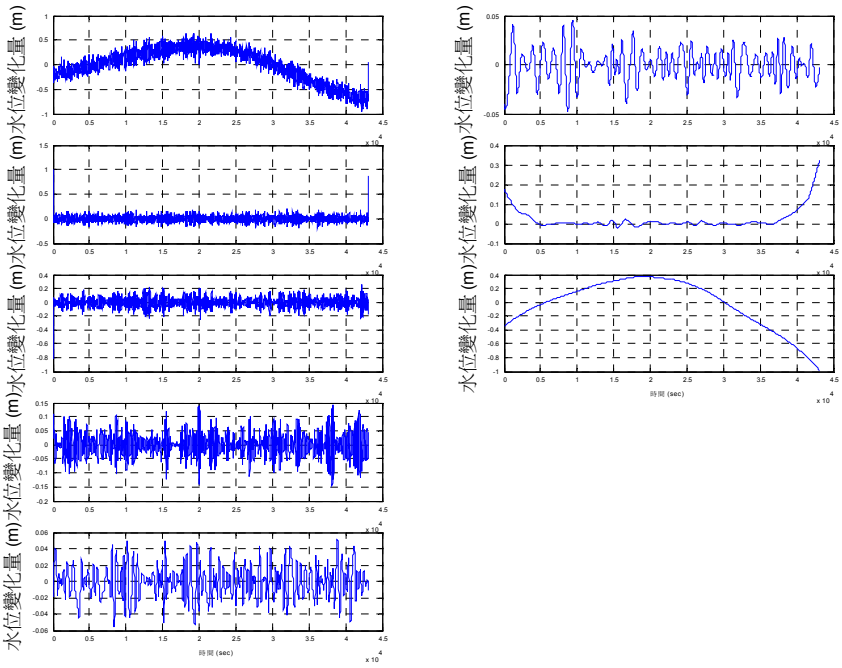


(a)　94/8/3 00h~12h

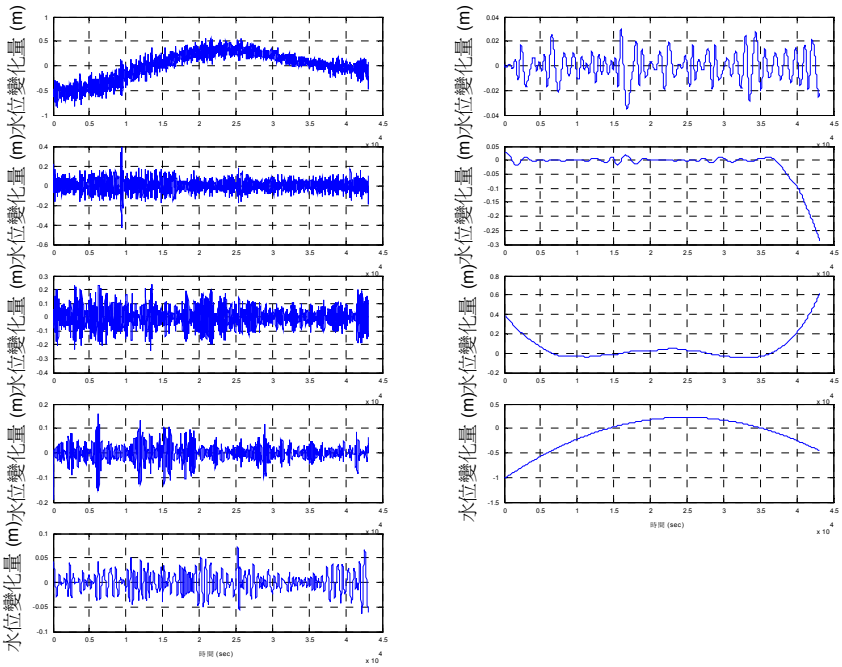


(b)　94/8/3 12h~24h

圖3.14　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港內港波動分析IMF

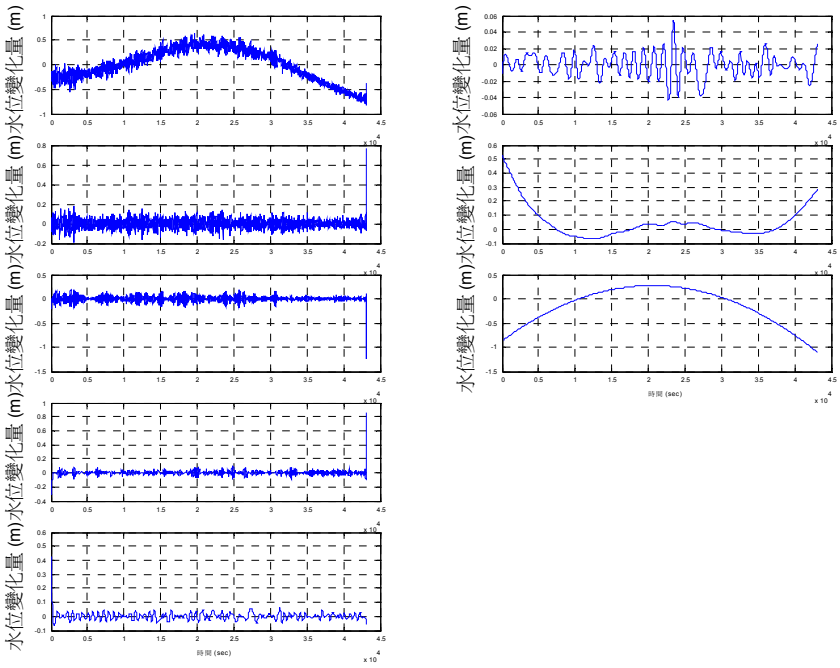


(c)　94/8/4 00h~12h

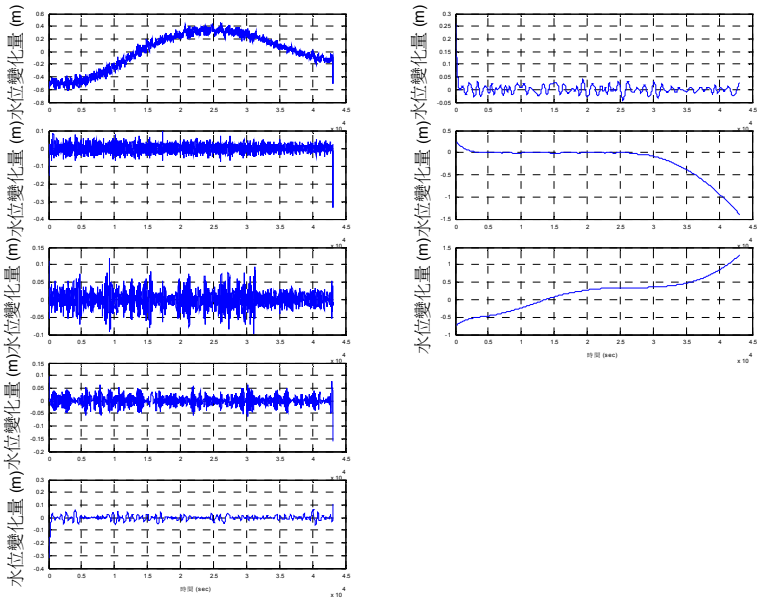


(d)　94/8/4 12h~24h

圖3.14(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港內港波動分析IMF

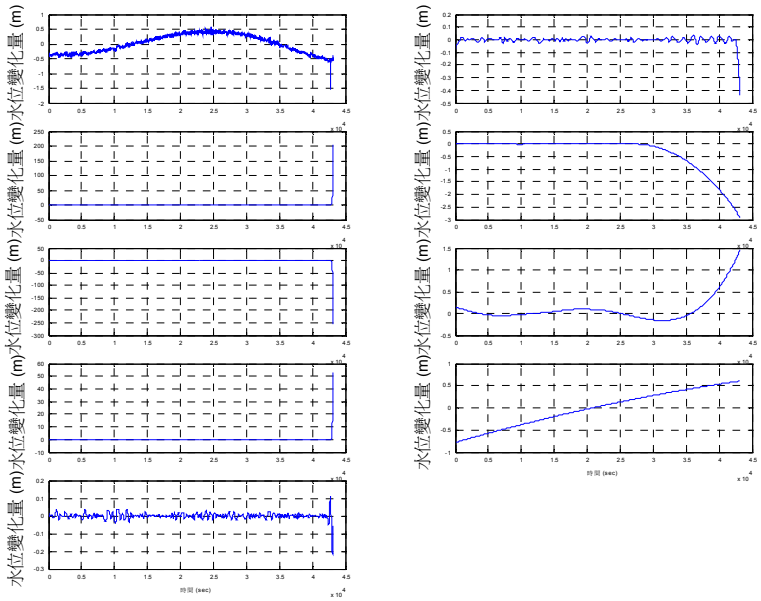


(e)　94/8/5 00h~12h

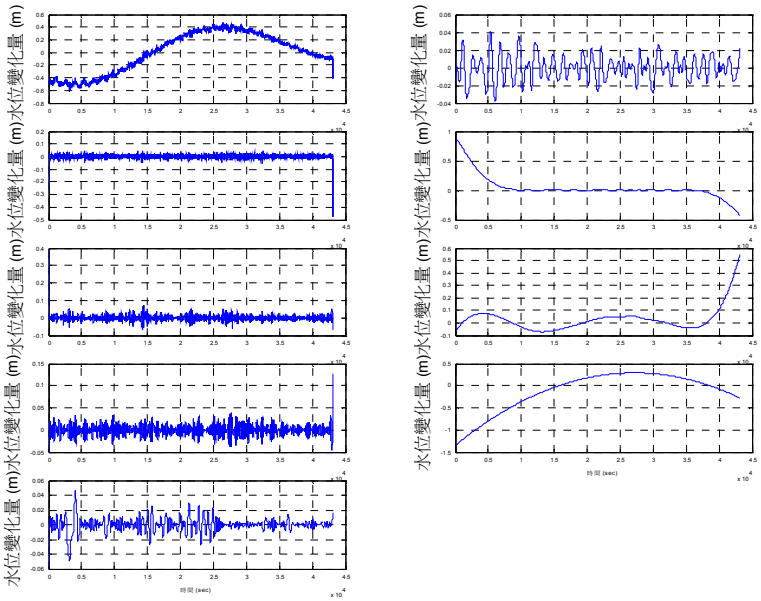


(f)　94/8/5 12h~24h

圖3.14(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港內港波動分析IMF

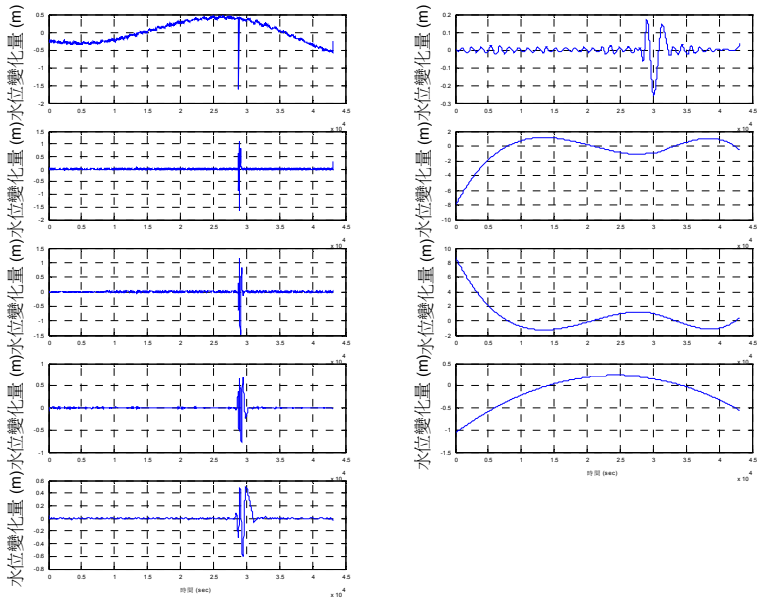


(g)　94/8/6 00h~12h

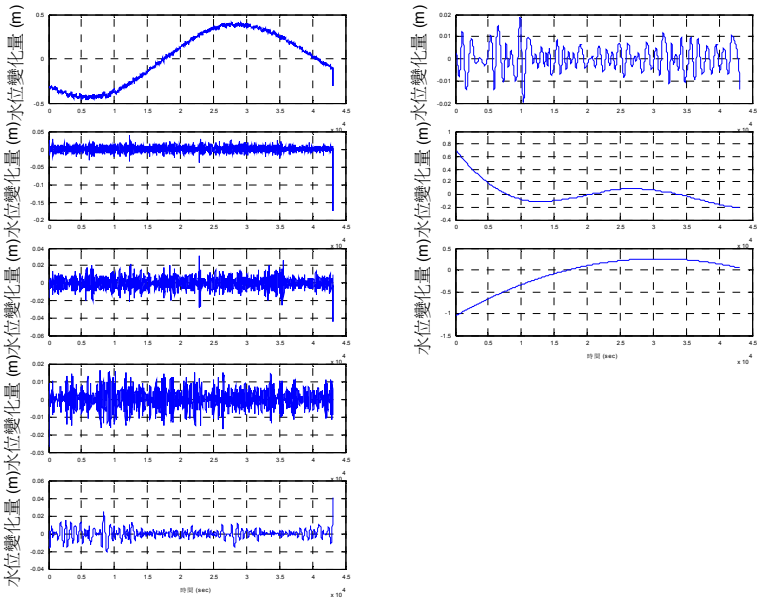


(h)　94/8/6 12h~24h

圖3.14(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港內港波動分析IMF

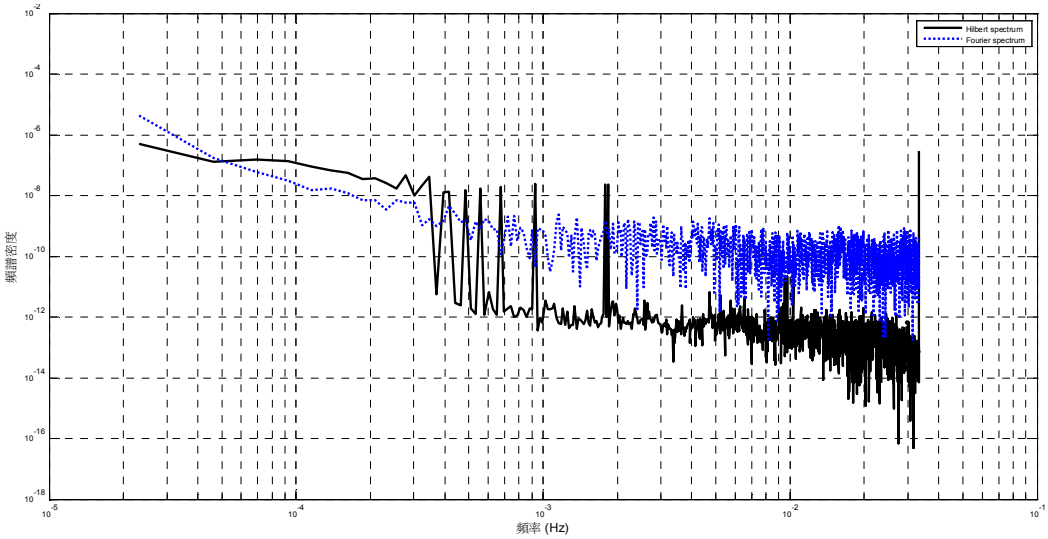


(i)　94/8/7 00h~12h

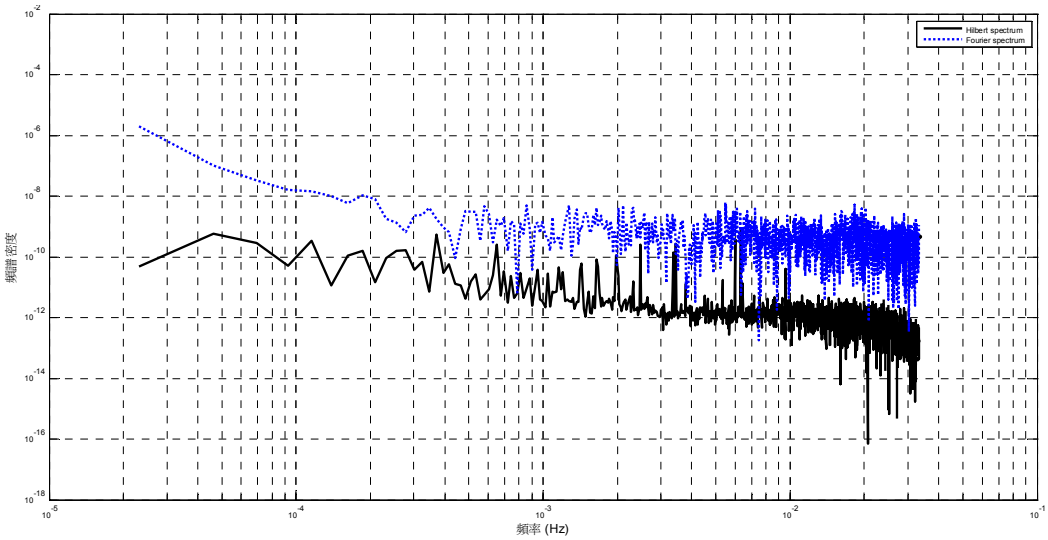


(j)　94/8/7 12h~24h

圖3.14(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港內港波動分析IMF

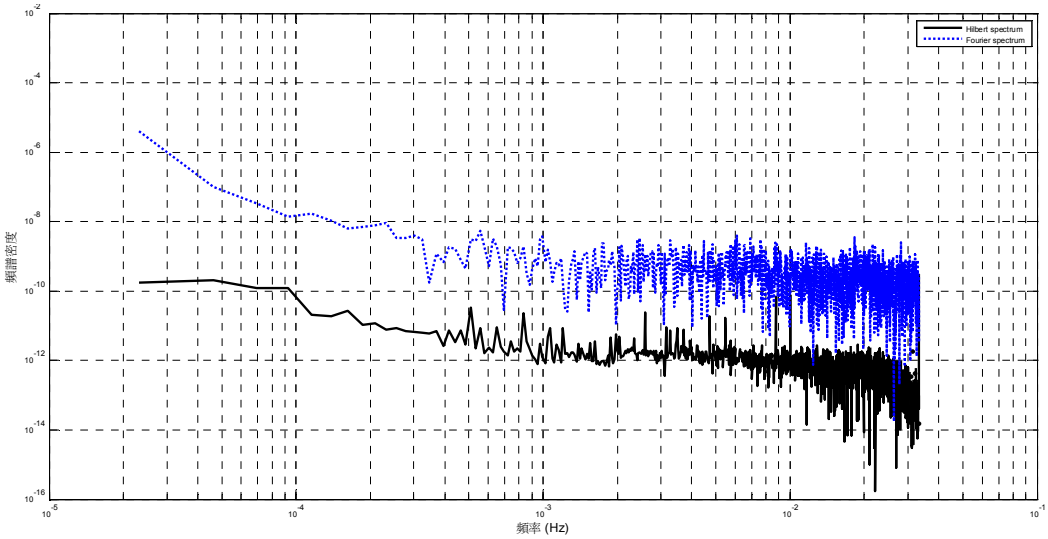


(a)　94/8/3 00h~12h

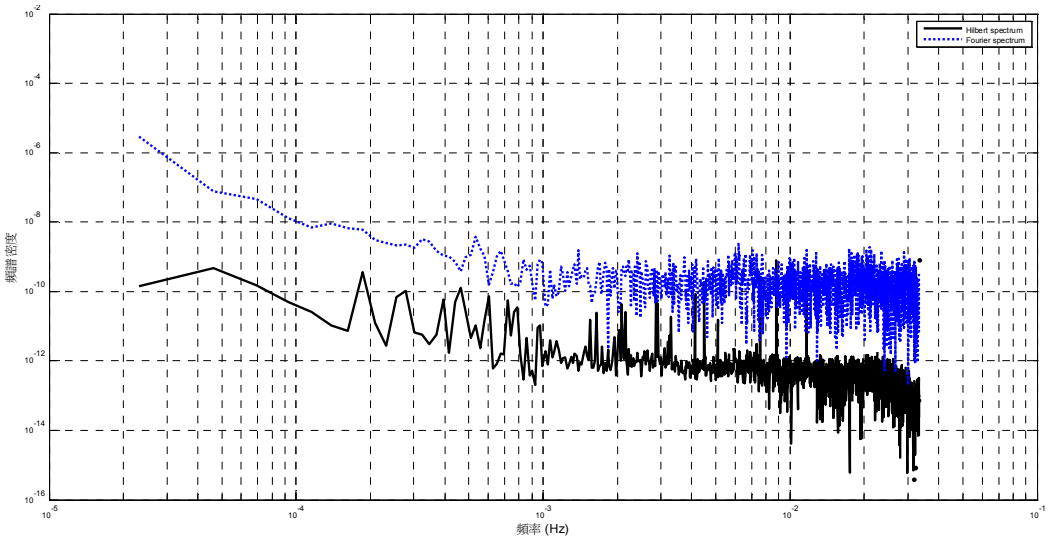


(b) 94/8/3 12h~24h

圖3.15　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港外港波動分析頻譜

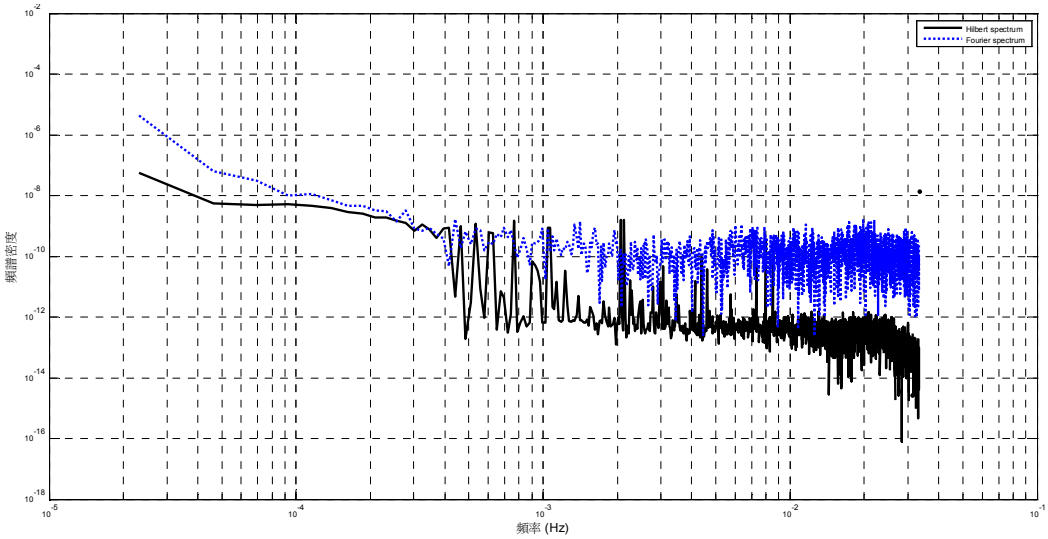


(c)　94/8/4 00h~12h

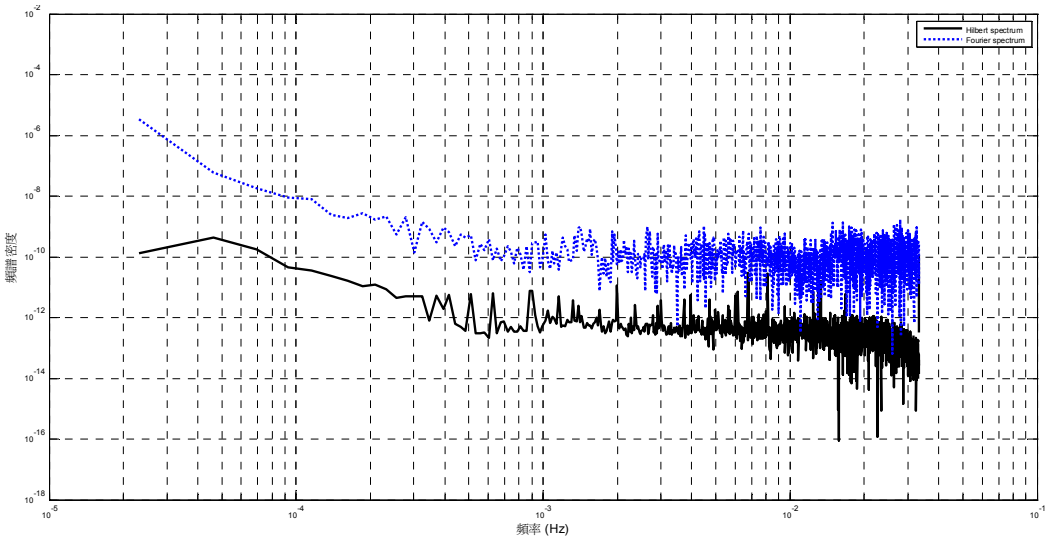


(d) 94/8/4 12h~24h

圖3.15(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港外港波動分析頻譜

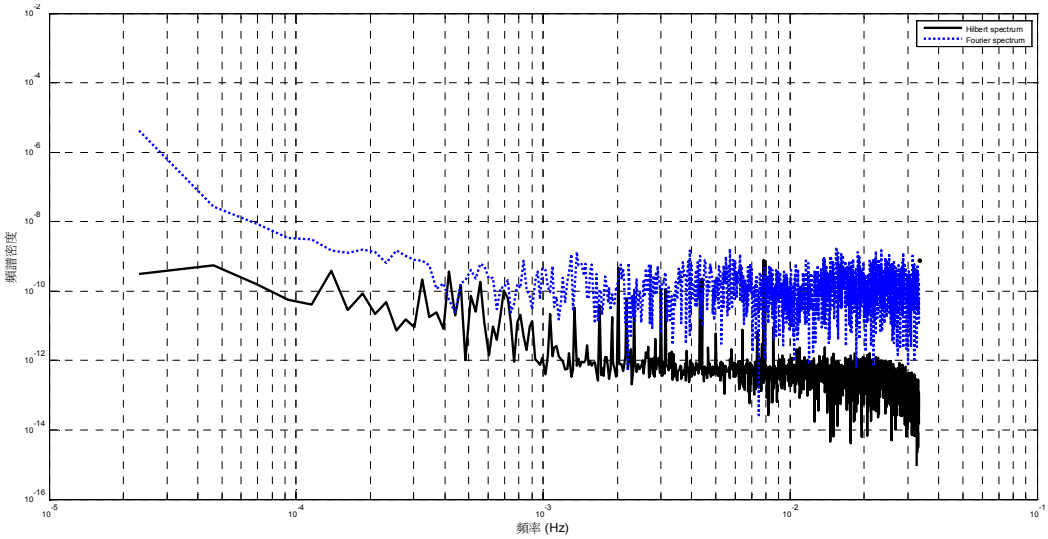


(e)　94/8/5 00h~12h

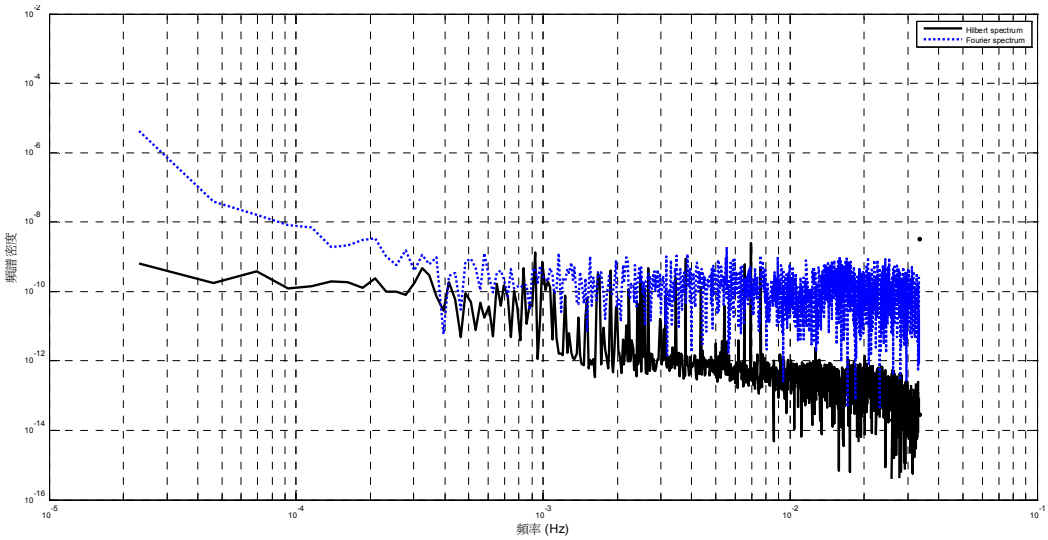


(f)　94/8/5 12h~24h

圖3.15(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港外港波動分析頻譜

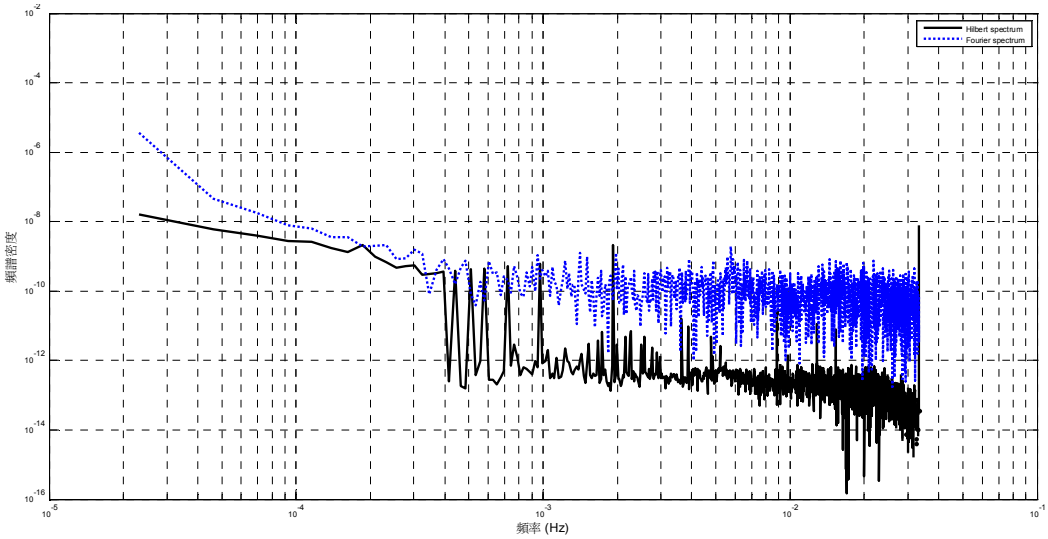


(g)　94/8/6 00h~12h

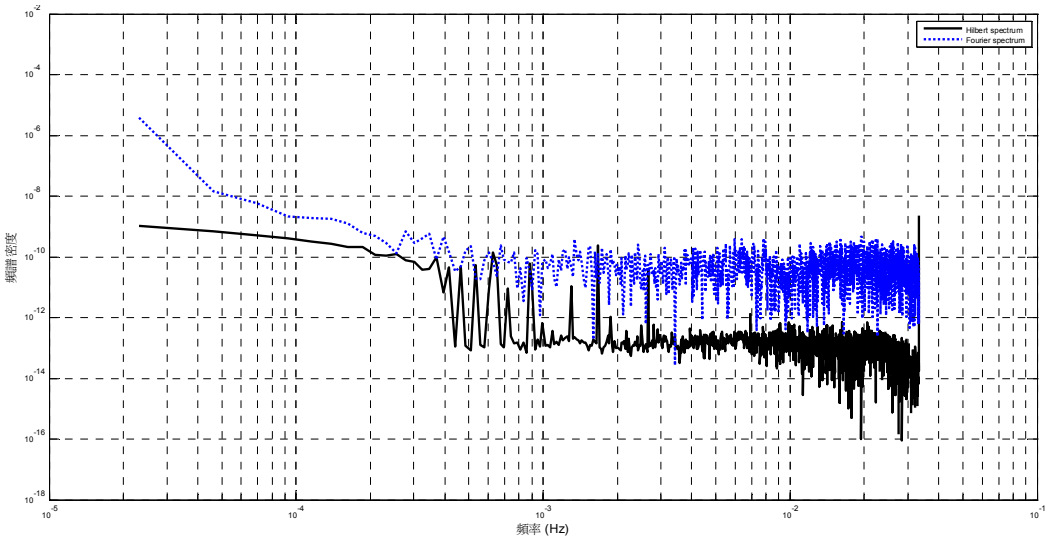


(h) 94/8/6 12h~24h

圖3.15(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港外港波動分析頻譜

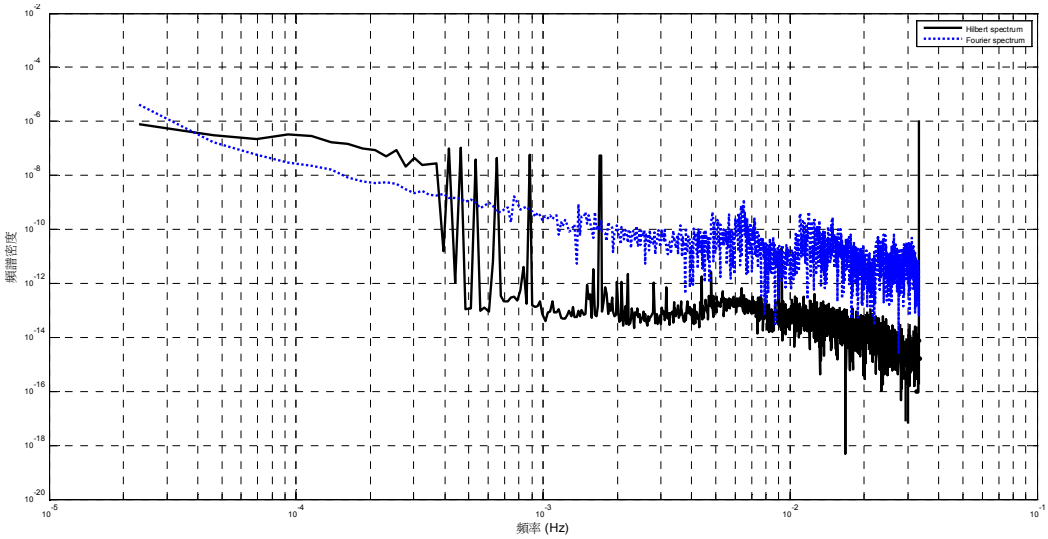


(i)　94/8/7 00h~12h

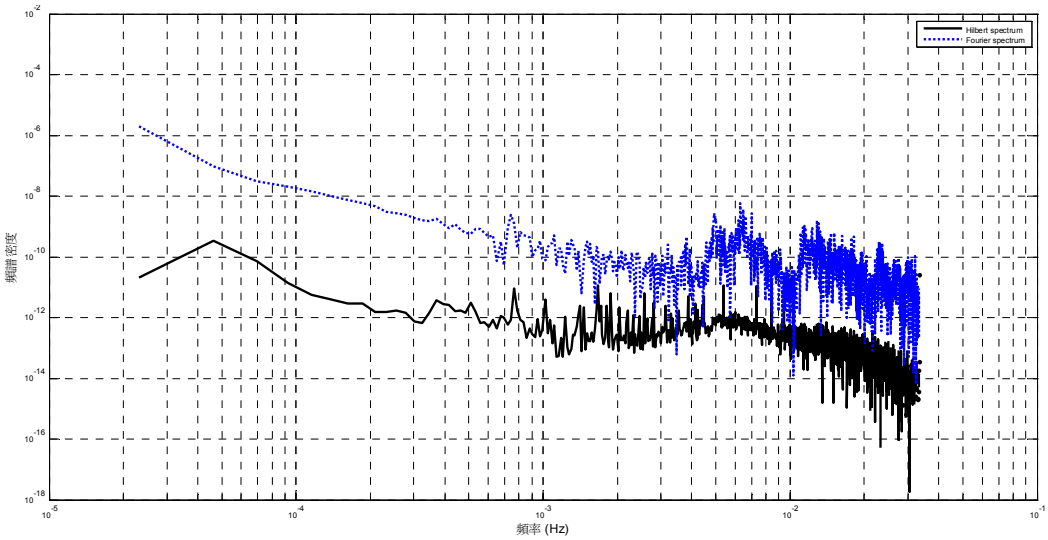


(j)　94/8/7 12h~24h

圖3.15(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港外港波動分析頻譜

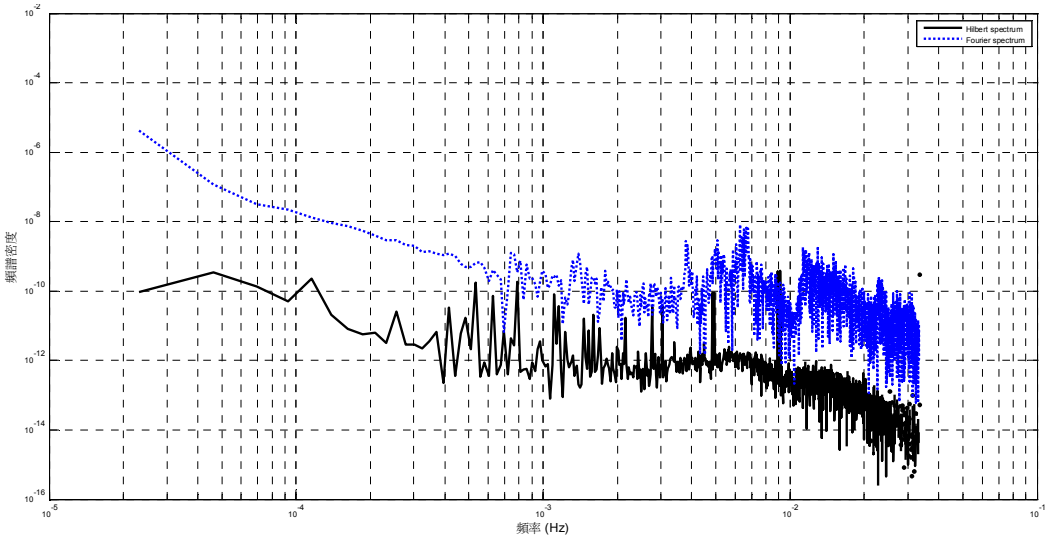


(a)　94/8/3 00h~12h

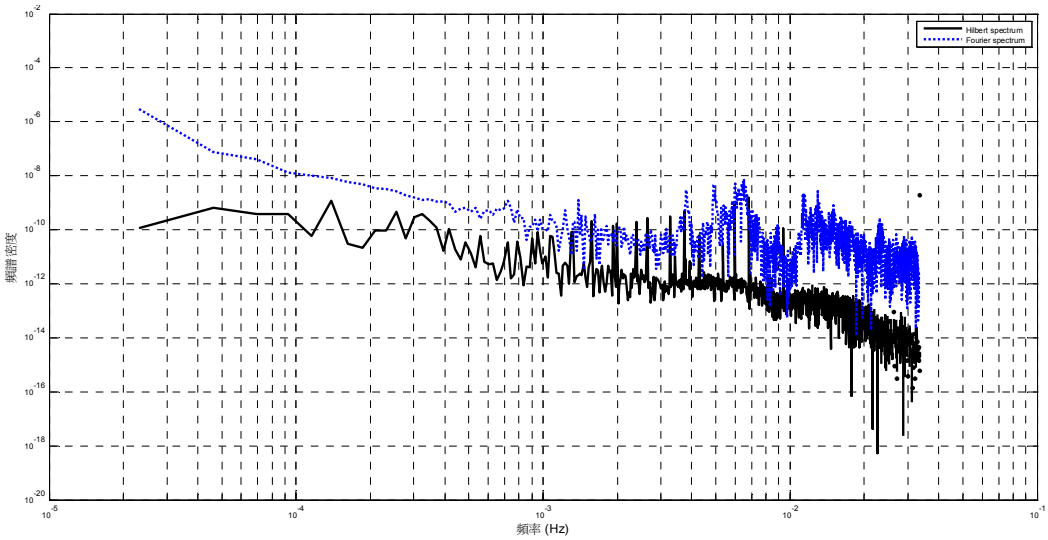


(b)　94/8/3 12h~24h

圖3.16　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港內港波動分析頻譜

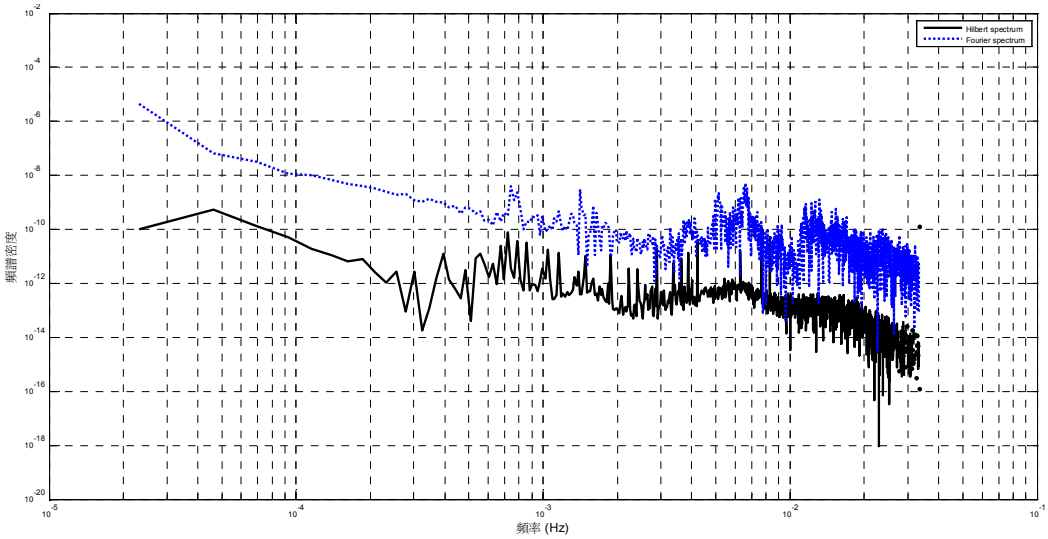


(c)　94/8/4 00h~12h

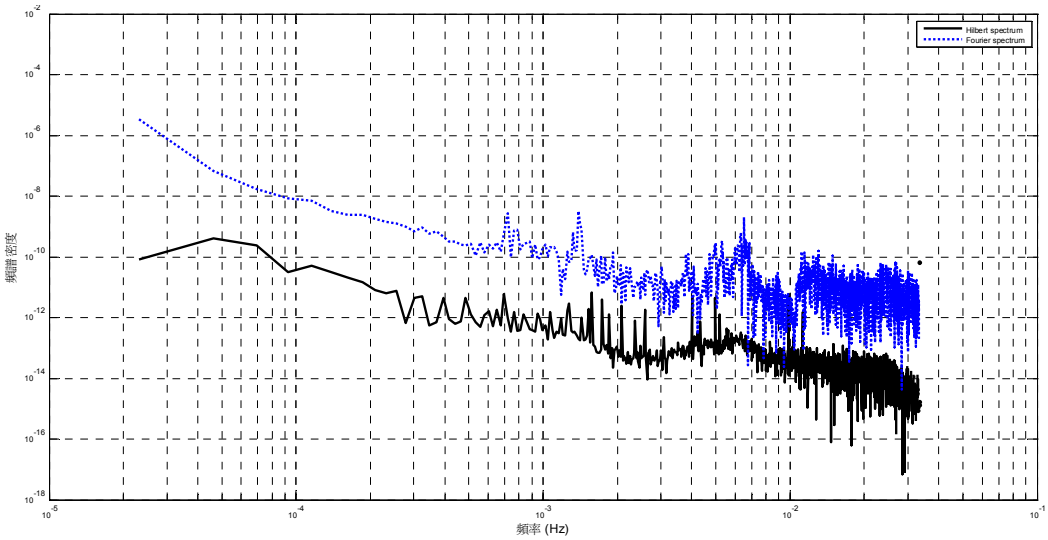


(d) 94/8/4 12h~24h

圖3.16(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港內港波動分析頻譜

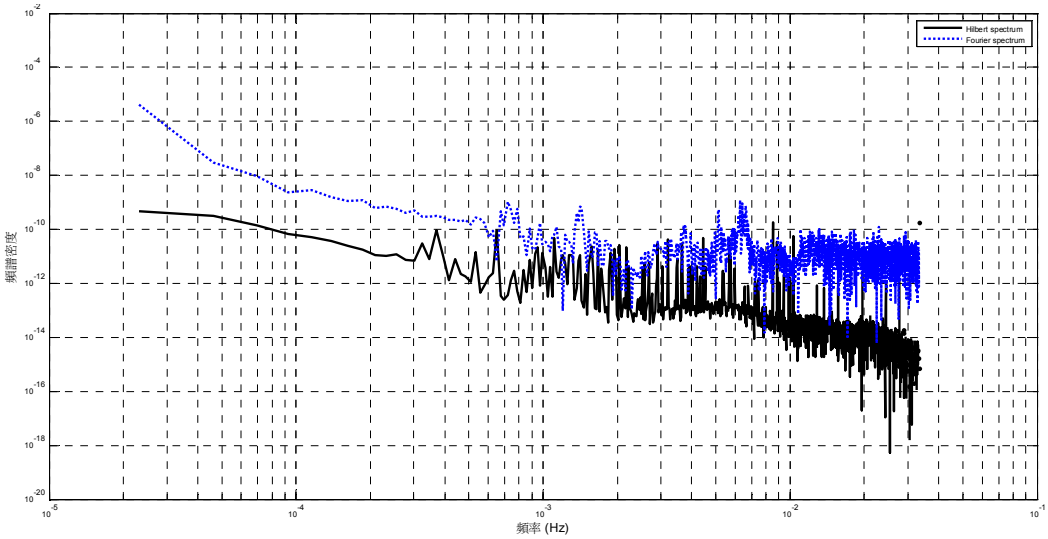


(e)　94/8/5 00h~12h

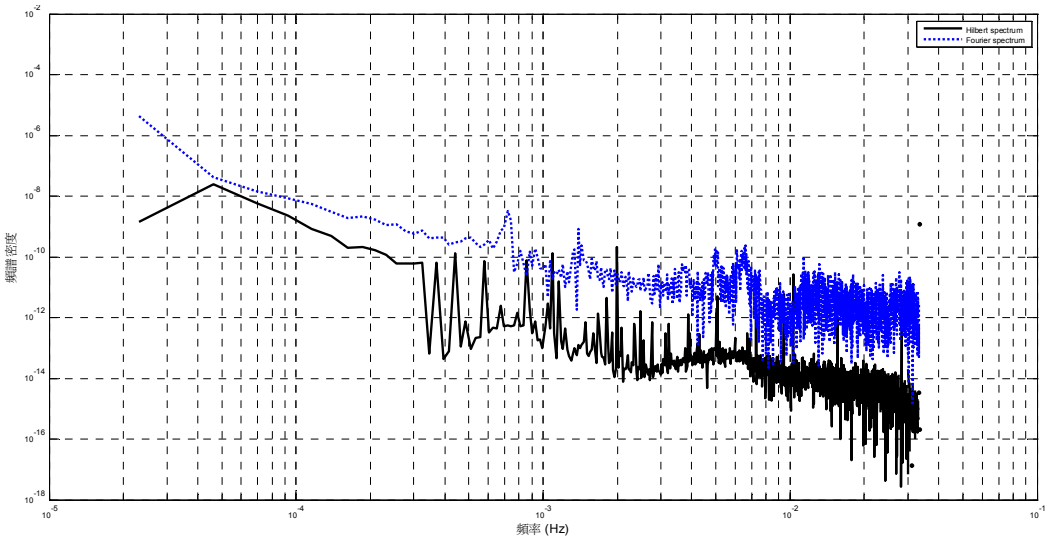


(f) 94/8/5 12h~24h

圖3.16(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港內港波動分析頻譜

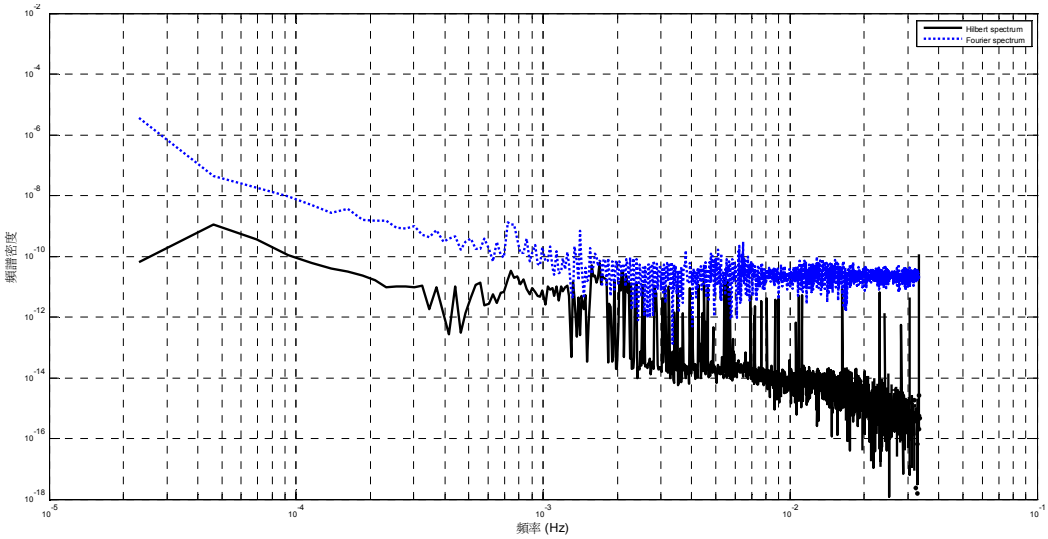


(g)　94/8/6 00h~12h

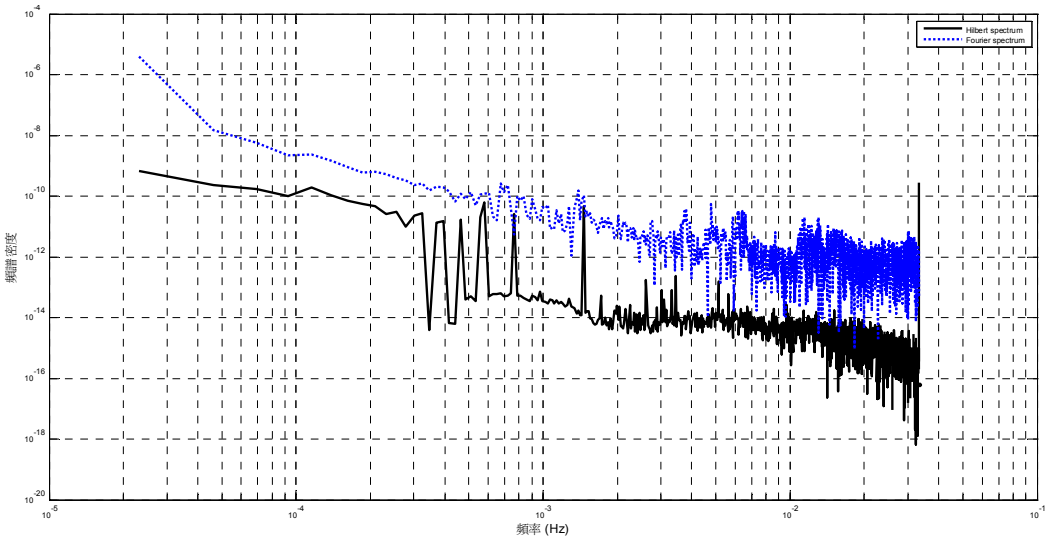


(h)　94/8/6 12h~24h

圖3.16(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港內港波動分析頻譜



(i)　94/8/7 00h~12h



(j)　94/8/7 12h~24h

圖3.16(續)　民國94年8月瑪莎颱風期間花蓮港內港波動分析頻譜

第四章　多方向不規則波的數值模擬

如圖4.1所示為不規則波作用下港灣波動數值模式的計算流程，首先讀入港池的水深地形、計算領域的邊界及相關邊界條件，其此選擇欲計算的理論頻譜形狀，並輸入相關的參數值，如代表頻率、週期、及波高等。利用適當的成分波分割方法將指定的頻譜分割成n個成分波，並計算其代表頻率或週期，以及能量或波高等參數值。將各個成分波視為規則波，分別規則波的港灣波動數值模擬，並儲存各個造波條件的計算結果。利用計算領域內各點的增幅係數K_D值與外海入射波的成分波能量值計算該點的成分波能量值，將各個成分波的能量組合後得到港內任一點反應頻譜。最後利用各點的反應頻譜能量與外海入射波能量的比值開根號求得不規則波作用下的有效增幅係數$(K_D)_{eff}$值，以及利用頻譜距計算代表之平均週期$T_{0,1}$，並繪製其分佈圖。藉由港池相關資料的輸入與入射波頻譜的輸入，數值模式可以自動進行所有的相關計算，簡化了需要複雜處理程序的不規則波港灣波動數值模擬作業。

規則成分波的港灣波動數值模擬程式是以Lin(1995)的數值模式建置花蓮港的港池波動數值模擬，該模式係延續以Snell法則計算外海入射波受到近海淺水區地形的影響所發生的淺化及折射效應，並連結Chen(1990)的無限元素解計算領域內的波浪折繞射。其相關的理論推導簡述如后。

4.1　無限元素港灣水面波動數值模式

本有關港口附近水面波動的數值計算模式是發展自陳炫杉博士(1990)的模式(林，1995)。該模式採用一般性的有限元素法解析假想邊界面以內水域的波動問題，並使用無限元素處理外海的散射波問題。與以前其他的數值模式不同的地方是：該模式假設外海為等坡度，而非等水深的海域。為了能考慮外海入射波的折射與淺化現象，該模式

在給定假想邊界面上的入射波資料之前，先利用Snell's法則及能量守恒法則追蹤入射波自深海處(或波高測站處)向岸傳播的過程中，因為底床變化所產生的波向與波高的變化情形，一直到假想邊界面上為止。在計算出邊界面上各節點的入射波高、波向與相位後，再進行港灣水面波動的模擬計算。

4.1.1 基本控制方程式

如圖4.1所示，考慮一任意形狀及水深的港池，其外海為一緩坡度變化的地形。將直角座標系統的 $x-y$ 平面置於靜水面上，原點 O 置於港池開口的正中央，x軸與海岸線的平均位置平行，正 y 軸則面向外海方向，而 z 軸為鉛直向上。入射波的角度 θ_I 係自正 x 軸以逆時針方向量測。假設水面的波動是一無迴旋性的理想流體的微小振幅波動，海底底床為不透水且緩變的地形，而固體邊界如海岸線、防波堤、港內的垂直岸壁及海底底床的波浪反射率，K_R，也分別假設為常數值。

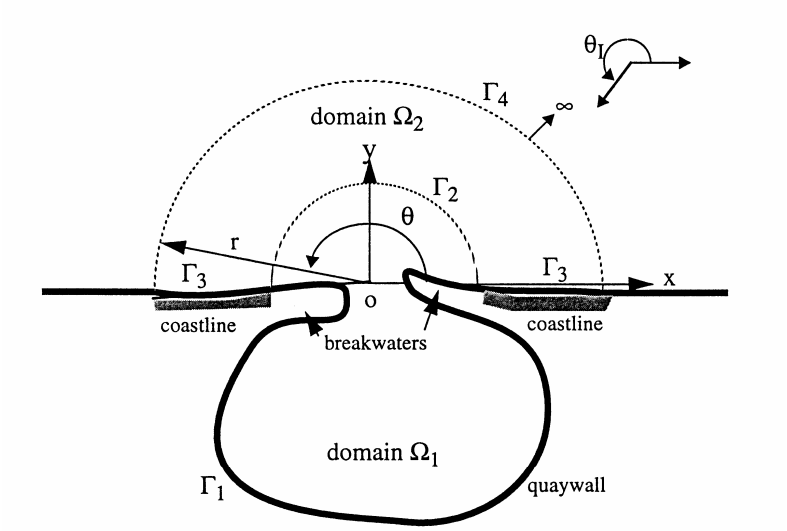


圖4.1　港池水面波動邊界值問題定義圖

根據以上的假設，二維水面的波動現象可以滿足如下所示的緩坡度方程式

$$\nabla \bullet \left(CC_g \nabla \phi\right) + \omega^2 \frac{C_g}{C} \phi = 0 \quad \text{.....(4.1)}$$

其中，$\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$；$C = L/T$ 為波速；L 為波長；T 為波浪週期；$C_g = nC$ 為群波速度；$n(x,y) = (1+2kh/\sinh 2kh)/2$；$k(x,y) = 2\pi/L$ 為波數；$h(x,y)$ 為水深；$\phi(x,y)$ 為複數型式的速度勢；而 $\omega = 2\pi/T$ 為角頻率。其中，波數k與角頻率 ω 間應滿足分散關係式，$\omega^2 = gk\tanh kh$，g 為重力加速度。

為了考慮底床摩擦的影響，陳(1986)對上式引介了一個與底床摩擦有關的修正係數 λ。修正後的公式如下

$$\nabla \bullet \left(\lambda CC_g \nabla\phi\right) + CC_g k^2 \phi = 0 \quad \text{.....(4.2)}$$

其中，$\lambda = \left(1 + \left(i\beta a_I / h\sinh kh\right)e^{i\gamma}\right)^{-1}$；$i = \sqrt{-1}$；$\beta$ 為無因次量的摩擦係數；a_I 為入射波振幅；γ 為相位角。由於本文主要是建立數值波動模式，而且 β 值必須經過實驗或現場實測決定，所以此處暫不考慮底床的摩擦，即假設 $\beta = 0$。

4.1.2 數值模式的建立

在建立數值模式時，使用了兩個半圓形的假想邊界面。如圖4.1中所示，Γ_4 位於外海無窮遠處，而 Γ_2 則位於港外適當的延伸距離處。整個水域被區隔為兩個水域：有限範圍的港池區 Ω_1 及無限範圍的外海區 Ω_2。港池區 Ω_1 係一由港池岸壁、港外的海岸線、防波堤、假想邊界面 Γ_2、自由水面及海底底床所包圍的水體；外海區 Ω_2 則為一由海岸線、假想邊界面 Γ_2 及 Γ_4、自由水面及海底底床所包圍的水體。港口外面的海底地形假設為坡度緩慢變化的直線海岸地形。港池區 Ω_1 及外海區 Ω_2 的水面波動均應分別滿足式(4.2)的控制方程式。兩個領域的控制方程式與相關的邊界條件分述如下：

1. 港池區 Ω_1 的波動控制方程式為

$$\nabla \bullet \left(\lambda CC_g \nabla\phi_{\Omega_1}\right) + CC_g k^2 \phi_{\Omega_1} = 0 \quad \text{.....(4.3)}$$

其中，ϕ_{Ω_1} 為港池區 Ω_1 內的速度勢。

2. 在邊界Γ1上的邊界條件分別為

$$\frac{\partial \phi_{\Omega_1}}{\partial n_{\Omega_1}} - \alpha \phi_{\Omega_1} = 0 \quad \text{.....(4.4)}$$

其中，$\alpha = ik[(1-K_R)/(1+K_R)]$，$K_R$為岸壁的反射係數，其值介於0至1之間；$n_{\Omega_1}$為單位法線向量並以向外為正。

3. 外海區Ω_2的波動場可以分為兩個部份，其一為屬於已知條件的外海入射波與由海岸線引起的反射波波場，其二為因港口的存在所引起的散射波波場，整個波動場的速度勢ϕ_{Ω_2}可表示為

$$\phi_{\Omega_2} = \phi_0 + \phi_S = (\phi_I + \phi_R) + \phi_S \quad \text{.....(4.5)}$$

其中，ϕ_{Ω_2}為外海區Ω_2內的速度勢；ϕ_I為入射波的速度勢；ϕ_R為反射波的速度勢；而ϕ_S為散射波的速度勢。ϕ_{Ω_2}，ϕ_0及ϕ_S應分別滿足式(4.2)的控制方程式，即

$$\nabla \bullet (\lambda C C_g \nabla \phi_{\Omega_2}) + C C_g k^2 \phi_{\Omega_2} = 0 \quad \text{.....(4.6)}$$

$$\nabla \bullet (\lambda C C_g \nabla \phi_0) + C C_g k^2 \phi_0 = 0 \quad \text{.....(4.7)}$$

及

$$\nabla \bullet (\lambda C C_g \nabla \phi_S) + C C_g k^2 \phi_S = 0 \quad \text{.....(4.8)}$$

4. 在邊界面Γ_3上的邊界條件分別為

$$\frac{\partial \phi_{\Omega_2}}{\partial n_{\Omega_2}} - \alpha \phi_{\Omega_2} = 0 \quad \text{.....(4.9)}$$

$$\frac{\partial \phi_0}{\partial n_{\Omega_2}} - \alpha \phi_0 = 0 \quad \text{.....(4.10)}$$

及

$$\frac{\partial \phi_S}{\partial n_{\Omega_2}} - \alpha \phi_S = 0 \quad \text{.....(4.11)}$$

5. 在邊界面Γ_4上，散射波的速度勢ϕ_S應該滿足Sommerfeld的輻射條

件，因此其邊界條件為

$$\lim_{r\to\infty}\sqrt{r}\left(\frac{\partial}{\partial r}-\frac{ik}{\sqrt{\lambda}}\right)\phi_S=0 \quad\text{.....(4.12)}$$

其中，r 是極座標系統裡自原點 O 至指定點的距離（參考圖4.1）。

6. 假想邊界面 Γ_2 為港池區 Ω_1 與外海區 Ω_2 的相接邊界面，由邊界面的兩側其能量與動量必須連續的法則，其連續邊界條件可表為

$$\frac{\partial\phi_{\Omega_2}}{\partial n_{\Omega_2}}=-\frac{\partial\phi_{\Omega_1}}{\partial n_{\Omega_1}} \quad\text{.....(4.13)}$$

及

$$\phi_{\Omega_2}=\phi_{\Omega_1} \quad\text{.....(4.14)}$$

由上述兩個區域的控制方程式與邊界條件根據變分法的極小值原理，可以推導得到全水域的穩態泛函如下所示

$$\begin{aligned}F(\phi)=&\frac{1}{2}\iint_{\Omega_1}\left(\lambda CC_g\nabla^2\phi_{\Omega_1}-CC_gk^2\phi_{\Omega_1}^2\right)dA+\frac{1}{2}\iint_{\Omega_2}\left(\lambda CC_g\nabla^2\phi_S-CC_gk^2\phi_S^2\right)dA\\&-\frac{1}{2}\int_{\Gamma_1}\alpha\lambda CC_g\phi_{\Omega_1}^2dL+\int_{\Gamma_2}\lambda CC_g\frac{\partial\phi_0}{\partial n_{\Omega_2}}\phi_{\Omega_1}dL-\frac{1}{2}\int_{\Gamma_3}\alpha\lambda CC_g\phi_S^2dL-\frac{1}{2}\int_{\Gamma_4}ik\frac{CC_g}{\sqrt{\lambda}}\phi_S^2dL\end{aligned}$$

.....(4.15)

透過離散化的處理，式(4.15)可以改寫成矩陣型式。式(4.15)中與港池區 Ω_1 有關的第一項積分可利用一般的有限元素法來近似求得。常用的線性三角元素被用來分割該水域。線性的線段元素則用在邊界面 Γ_1 及 Γ_2 上。外海區 Ω_2 是一個半無限大的水域，此處仍沿用Chen(1990)所建議的無限元素來處理與散射波有關的積分。雙節點的線性無限元素被用在式(4.15)的第二項積分，而單節點的無限元素則被用在邊界面 Γ_3 上的近似積分上。邊界面 Γ_4 上的積分由於散射波的速度勢 ϕ_S 會消失在無窮遠處，因此該項積分予以忽略。

如圖4.2所示，圖4.2(a)為單節點的無限元素，元素由距原點 r_1 處向

無窮遠處延伸，它的形狀函數為

$$N_r = \sqrt{\frac{r_1}{r}} \exp\left(i \frac{k}{\sqrt{\lambda}} (r - r_1) \right), \qquad 0 \le r_1 \le r \le \infty \quad \text{.....(4.16)}$$

式中，r_1 為無限元素與邊界Γ_2的交點至原點O的距離；r 為無限元素與邊界Γ_4的交點至原點O的距離。此一元素上的散射波速度勢可以近似地表為

$$\phi_S(r) = N_r \phi_S(r_1) \quad \text{.....(4.17)}$$

圖4.2(b)為一雙節點的扇形無限元素，其相關的形狀函數為

$$N_{r\theta_1} = \frac{\theta_2 - \theta}{\Delta\theta} N_r, \quad N_{r\theta_2} = \frac{\theta - \theta_1}{\Delta\theta} N_r \quad \text{.....(4.18)}$$

其中，$\theta_1 \le \theta \le \theta_2$；$\Delta = \theta_2 - \theta_1$。則元素上散射波的速度勢可表示為

$$\phi_S(r,\theta) = N_{r\theta_1} \phi_S(r_1,\theta_1) + N_{r\theta_2} \phi_S(r_2,\theta_2) \quad \text{.....(4.19)}$$

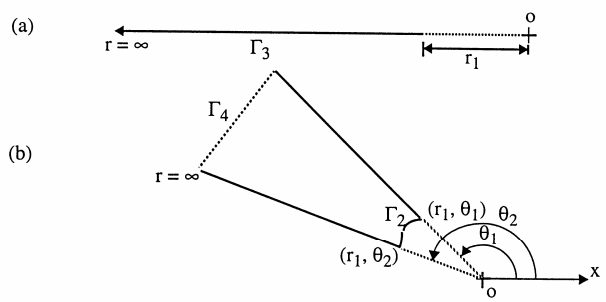


圖4.2　無限元素定義圖。(a)單節點無限元素；(b)雙節點無限元素

經過有限元素法與無限元素的離散化處理後，式(4.15)可改寫為矩陣形式，並作泛函數的極小化處理，之後可用相關的矩陣運算求解各個節點的速度勢值，則各節點的繞射係數K_D值可由下式求得

$$(K_D) = \left| \frac{\phi_i}{2\phi_I} \right|, \qquad i = 1 \ldots N \quad \text{.....(4.20)}$$

式中，N 為總節點數。此一部份較為詳細的相關推導可參考Chen(1990)或Lin(1995)。

7. 入射波的傳播與變形

為了考慮外海底床坡度對港池水面波動數值模擬的影響，本研究對於上節所建立的數值模式中屬於已知資料的入射波條件，增加了波浪自外海向岸傳播時的追蹤與計算。Snell法則被用來計算波浪的行進方向，而能量守恒法則則被用來計算在不同水深處的波高變化。此外，本模式也追蹤了波浪延波向線上的相位變化。相似的方法也用在追蹤反射波的波高、波向與相位的變化。所有有關入射波與反射波的計算均追蹤到邊界面Γ_2上的各個節點處。通常，對於海岸的消波能力常以一反射係數K_R來表示，因此各節點處的速度勢ϕ_0可表示為$\phi_0 = \phi_I + K_R \phi_R$。

4.2 花蓮港的數值水深地形檔

在花蓮港港灣波動模擬中除了必要的花蓮港的地形外，需考慮外海長週期入射波的折射與淺化，以及海岸及碼頭岸壁的非定值反射特性，以建構港灣波動數值模式。目前整個花蓮港內外的水深地形數值資料的取得，以及資料的一致性檢核。目前所知，如要建立花蓮港內外水域數值地形檔，將會需要花蓮港務局所測的港內水深地形、河川局的花蓮水深地形、以及國科會海科中心的外海水深方能竣工，然而其中的座標系統可能大不相同，而必須設法整合。在整合過程中發現，雖然各個測量系統可能使用不同的參考基準面，但其差值應僅在一至二公尺範圍，對供波浪折繞射計算的數值地形的建立尚不構成嚴重問題。比較顯著的問題是在各個水深測量系統的量測精度與解析度不同，再經過內插至較小網格時其誤差便以存在而且無法作有效地修正。

圖4.3是花蓮港水域數值水深資料彙整情形，由於上述的理由，我們可以發現外海的水深與灣內及港內的水深有一明顯的介面，而且外海水深過於規則應是在資料不足的情況下，利用較大網格的水深測量資料進行內插的結果。經過節點水深比較及部分平均化的處理後，得到圖4.4的數值水深地形，其差異性仍然存在，但已經較為緩和。本計

畫乃以此一數值地形進行花蓮港的波動模擬。該數值地形的有限元素網格計有5579個節點，10799個三角元素，比原始資料檔案的10568節點，20572個三角元素精簡很多。在沒有其他任何分享之下，平均利用個人電腦的計算每個波浪條件約需65秒。

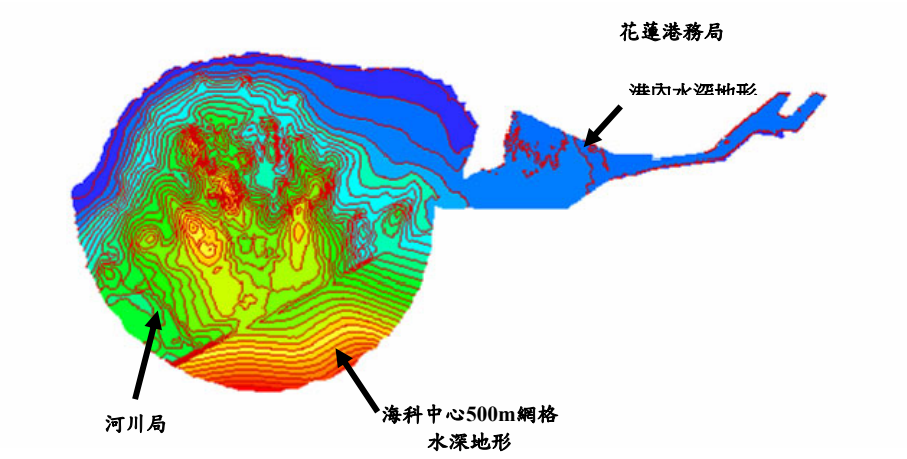


圖4.3 花蓮港水域數值水深資料彙整情形

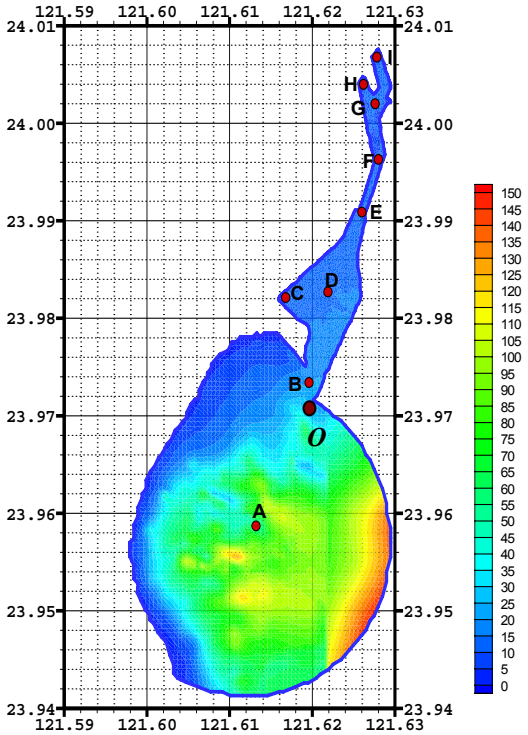


圖4.4 修正過的花蓮港水域數值水深地形

4.3 規則波數值模擬

為進行數值模擬，港外的海岸假設為部分消波($K_R = 0.5$)，而港內則全部假設為完全反射，以模擬最惡劣的情況。為瞭解極長週期波作用下港內可能的波動情形，本計劃模擬的造波週期介於8至1200秒。圖4.5為九個測站(位置如圖4.4中所示)全部的波高增幅曲線圖。從圖中可以看出，在長週期波部分，當波動週期約在60、65至90、108、116、380至530、606、以及1130秒時，整個港域會整體性地引發共振現象($K_D > 2.0$)，此一結論與以前的研究成果相當接近。而在重力波部分則顯示當波浪週期較短時，內港水域、受限航道、外港水域、以及港外，有不同的波動行為，但隨著波浪週期的加長則趨勢越趨於一致。圖4.6顯示造波週期分別為89、402及1132秒時之港區水域波高增幅係數分佈圖。

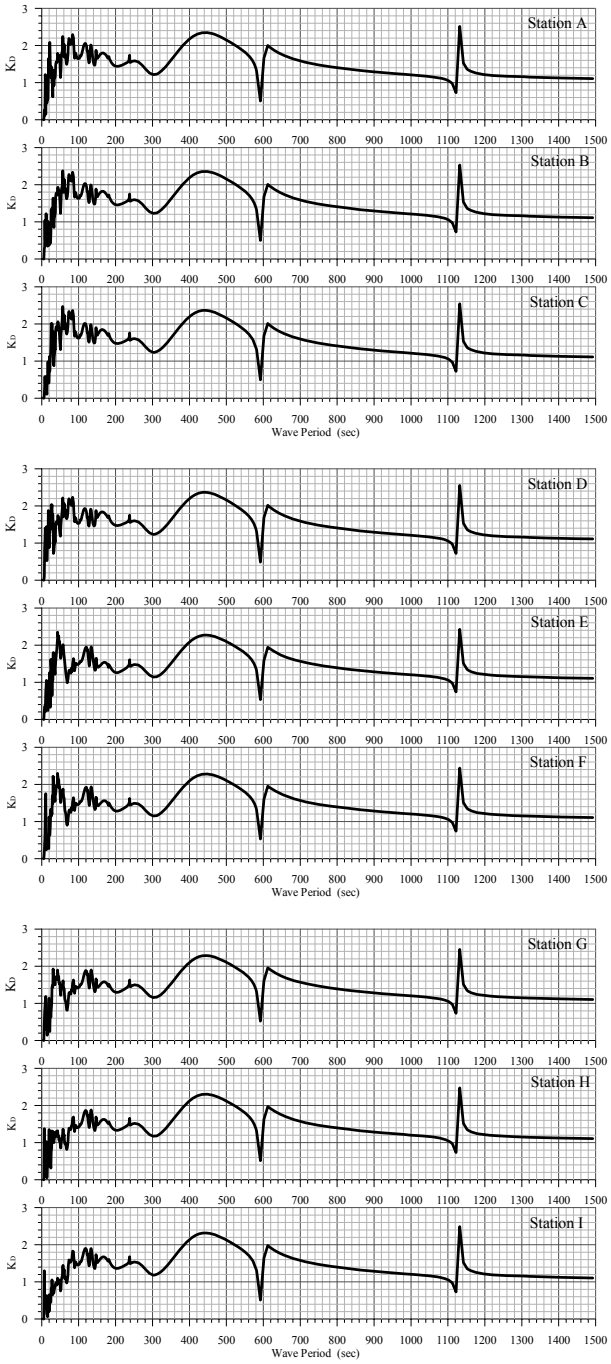


圖4.5 九個測站之波高增幅係數K_D曲線圖

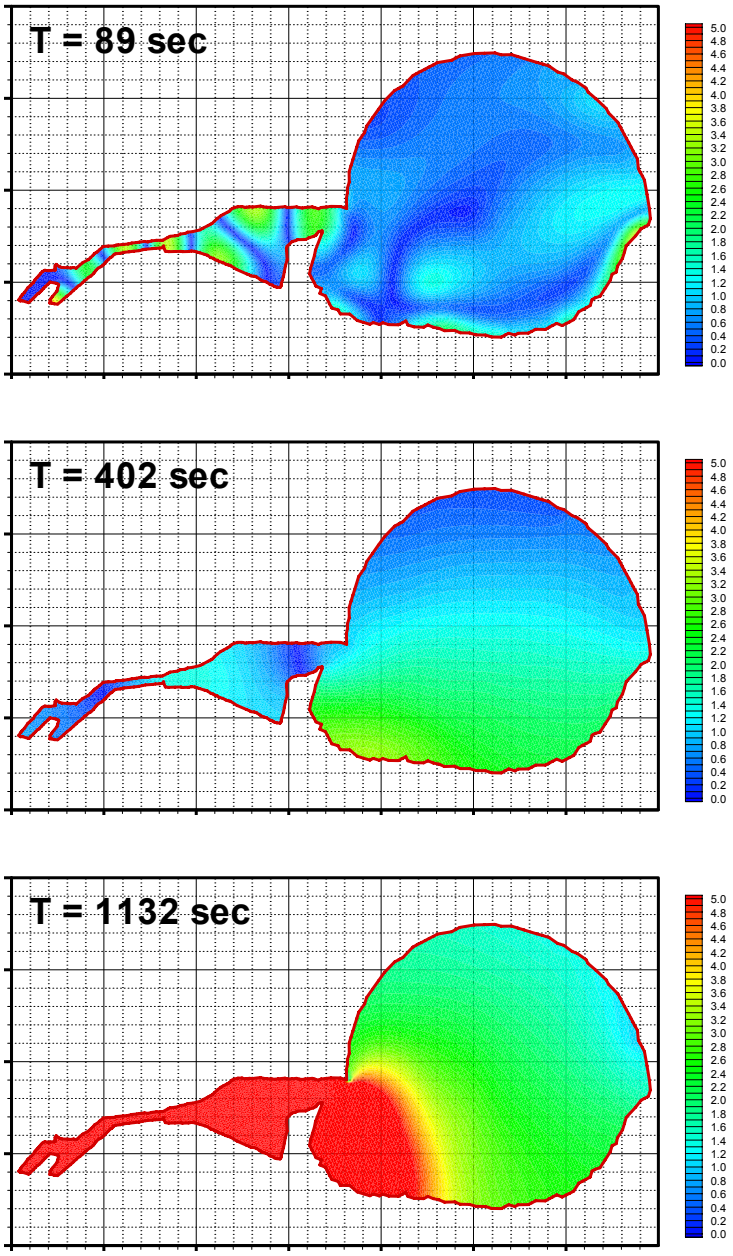


圖4.6 波高增幅係數K_D分佈圖

4.4 單方向不規則波的數值模擬

在不規則波模式中所引入的理論頻譜有Pierson-Moskowitz頻譜、Bretschneider- Mitsuyasu頻譜、以及JONSWAP頻譜。頻譜的分割方式則測試等能量分割、等頻率分割、等週期分割、以及混合分割等方法。

本計畫在經過上一年度的研討後，使用等週期分割以保持港灣波動受週期顯著影響的特性。圖4.7為單方向不規則波的模擬過程。

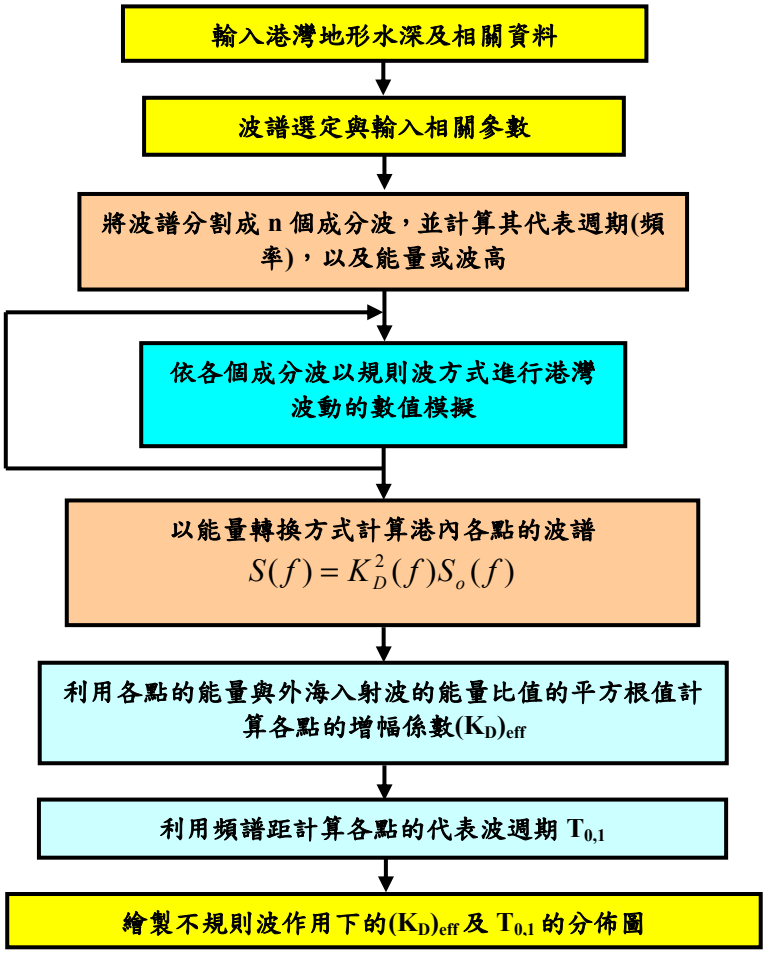


圖4.7 規則波港灣波動數值模式的計算流程圖

4.4.1 理論頻譜

1. Bretschneider頻譜

Bretschneider(1959)由無因次波高與無因次波長的聯合分佈函數所推導出之頻譜如下：

$$S(f)=3.437\frac{F_1^2}{F_2^4}\frac{g^2}{f^5}\exp\left[-0.675\frac{g^4}{(UF_2f)^4}\right] \quad (4.21)$$

其中，$F_1=g\overline{H}/U^2$，$F_2=g\overline{T}/(2\pi U)$，$U$ 為風速；$\overline{H}$ 為平均波高；$\overline{T}$ 為平均週期。

上式經過修正後，可以用示性波波高H_S及譜峰頻率f_p來表示：

$$S(f)=\frac{1.25}{4}\frac{f_p^4}{f^5}H_S^2\exp\left[-1.25\left(\frac{f_p}{f}\right)^4\right] \quad (4.22)$$

修改後的頻譜不同的地方在於頻譜所使用的特徵參數不再是風速U，而是使用示性波波高H_S及譜峰頻率f_p作為波譜的特徵參數，由於示性波波高H_S與譜峰頻率f_p可經由風速、吹風距離及吹風延時三者間的關係求得，因此此頻譜適用於成長階段或充分成長的風浪。

其後Mitsuyasu(1970) 利用其觀測資料推得，譜峰週期T_p或者其倒數譜峰頻率f_p與示性波週期T_S之間的關係為：$T_p=1.05T_S$。再針對式(4.22)中的係數作修改，修改後的公式如下：

$$S(f)=0.257H_S^2T_S^{-4}f^{-5}\exp\left[-1.03(T_S f)^{-4}\right] \quad (4.23)$$

式(4.23)也被稱為Bretschneider-Mitsuyasu頻譜(B-M譜)。

2. Pierson-Moskowitz頻譜

Pierson-Moskowitz頻譜(P-M譜)，這是最常被使用到的風浪頻譜之一，是Pierson與Moskowitiz在1964年時，根據在北大西洋的現場觀測資料，經過篩選分析所得出的風浪波譜，公式如下：

$$S(f)=8.1\times10^{-3}(2\pi)^{-4}g^2f^{-5}\exp\left[-0.74(g/2\pi fU)^4\right] \quad (4.24)$$

其中，g為重力加速度，單位為m/s^2，U為在平均海水面上19.5公尺高度所觀測到的風速，單位為m/s。

由於所觀測資料是在北大西洋收集到的，因此此風浪頻譜適用的範圍僅僅在外海遼闊且充分發展成熟的風浪。由於P-M頻譜公式需要風速作為輸入條件，若利用窄頻譜假設，可以得到譜峰頻率與風速間的轉換公式為：$f_p=1.253\Big/\sqrt{4.0\times\sqrt{2.84\times10^{-5}U^4}}$。將其代入原頻譜公式可以得到以下的公式：

$$S(f)=\frac{0.0081g^2}{(2\pi)^4}\frac{1}{f^5}\exp\left[-1.25\left(\frac{f_p}{f}\right)^4\right] \quad (4.25)$$

3. JONSWAP頻譜

在1968至1969年間，由Hasselmann等人所進行的聯合北海波浪計畫(Joint North Sea Wave Project，簡稱JONSWAP)，從丹麥、德國交界處西南岸的Sylt島沿西北方向布置一個測波段面，測站最大水深為50公尺。由所觀測到的資料得到有限風距下的風浪頻譜如下：

$$S(f)=\frac{\alpha_J g^2}{(2\pi)^4}\frac{1}{f^5}\exp\left[-1.25\left(\frac{f_p}{f}\right)^4\right]\gamma_J^{\varepsilon_f} \quad (4.26)$$

$$\alpha_J=\begin{cases}0.07 & for\ f\le f_p\\ 0.09 & for\ f>f_p\end{cases} \quad (4.27)$$

$$\varepsilon_f=\exp\left[-\frac{(f-f_p)^2}{2\alpha^2 f_p^2}\right] \quad (4.28)$$

其中，$\gamma_J=S(f)_{\max}/S(f)_{\max}^{PM}$，稱為譜峰升高因子，為頻譜最大值與P-M頻譜最大值$S(f)_{\max}^{PM}$之比；α_J為能量尺度因子。

為了工程上的方便應用，Goda(1999)將原頻譜改寫成以示性波波高及尖峰週期表示的型式，改寫後的JONSWAP頻譜如下：

$$S(f)=\beta_J H_S^2 T_p^{-4} f^{-5}\exp\left[-1.25(T_p f)^{-4}\right]\gamma_J^{\exp\left[-(T_p f-1)^2/2\alpha_J^2\right]} \quad (4.29)$$

$$\beta_J=\frac{0.06238}{0.23+0.0336\gamma_J-0.185(1.9+\gamma_J)^{-1}}(1.094-0.01915\ln\gamma_J) \quad (4.30)$$

$$T_S=\left[1-0.132(\gamma_J+0.2)^{-0.559}\right]T_p \quad (4.31)$$

$$\overline{T}=\left[1-0.532(\gamma_J+2.5)^{-0.569}\right]T_p \quad (4.32)$$

$$\alpha_J=\begin{cases}0.07 & for\ f\le f_p\\ 0.09 & for\ f>f_p\end{cases} \quad (4.33)$$

其中，$\overline{T}$ 表示為由零上切法所得到的平均週期；Hasselmann et al.(1973)建議 γ_J 值的範圍為1到7之間，平均值為3.3。

4.4.2 波高增幅係數

一般在描述港灣附近的波動情況時，常利用繞射係數 K_D (diffraction coefficient)來表示，繞射係數定義為港內之波高與港外入射波波高的比值，由繞射係數可以知道入射波浪對港灣內部所造成波高分佈之影響程度。由於港內波高並非為單一方向，與繞射係數的定義略有不同，因此後來對此一波高比改稱為波高增幅係數(wave amplification factor)，但是仍用 K_D 表示。

有關港內水面波動的評估，以往都是用波高增幅係數分佈圖以及增幅曲線圖(共振曲線)。波高增幅係數分佈圖是在特定的入射波條件下描述計算水域的等增幅係數值分佈，藉以評估港內的波動情形；增幅曲線圖是在指定的位置記錄不同外海入射波週期所引起的 K_D 變化情形，藉以瞭解港內特定點的波動自然頻率。然而這些計算多是在假設入射波週期以及入射波方向為一定的規則波條件下所求得的，與實際上的紛紜現象並不相同。

為了求不規則波作用下的水面波動情形，Goda將方向波譜導入，以求得實際之繞射波高，其不規則波之增幅係數公式如下：

$$(K_D)_{eff} = \left[\frac{1}{m_0} \int_0^{\infty} \int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} S(f,\theta) K_D^2(f,\theta) d\theta df \right]^{1/2} \quad \text{.....(4.34)}$$

其中，$(K_D)_{eff}$ 表示不規則波之增幅係數；$K_D(f,\theta)$ 為在波浪頻率 f 且入射波向 θ 條件下之成分波(規則波)所求得的增幅係數；m_0 表示方向頻譜的零階面積矩，即

$$m_0 = \int_0^{\infty} \int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} S(f,\theta) d\theta df$$

在單方向不規則波模擬方面，本文利用與Goda公式相同的方式來計算港內的增幅係數，即：

$$(K_D)_{eff} = \left[\frac{1}{m_0} \int_0^{\infty} S(f) K_D^2(f) df \right]^{1/2} \quad \text{.....(4.35)}$$

由於波高與頻譜能量的關係一般在假設頻譜為單峰窄頻，且波高為Rayleigh分佈時，可表示為

$$H_S = 4.004\sqrt{m_0} \quad \text{.....(4.36)}$$

而波高亦可以由傳統的增幅係數的定義求得

$$H = (K_D)_{eff} H_I \quad \text{.....(4.37)}$$

為了瞭解這兩種波高的求取方法的差異性，本研究也進行比較。

4.4.3 單方向不規則波的數值模擬

圖4.8至圖4.10為代表入射波週期為Ts=8 s時，利用規則波模式及不規則波模式(B-M波譜及JONSWAP波譜，代表入射波波高為Hs=6 m，週期範圍5 s至30 s)所計算之波高增幅係數分佈圖。從圖中可以發現，利用規則波進行的數值模擬結果較不規則波的數值來得小，但其他的入射波條件則可能增大。其原因應是港灣波動模擬對入射波週期的敏感度相當高，利用規則波進行模擬時，很容易反映出入射波週期與港灣的自然頻率的關係；反之，不規則波對入射波頻譜的能量是依理論頻譜規定的權重，將波能分配到所有的成分波裡，因此不同週期波動的線性疊加中，波浪能量便很容易地被分散掉。圖4.9及圖4.10的兩種不同理論頻譜的模擬結果則相當接近，應該與重力波範圍內(週期介於5 s至30 s)的能量分配相近。但JONSWAP頻譜的模擬結果比B-M頻譜略大，應是與能量的集中情形有關。

不規則波所引致的港灣水面波動在一般的認知裡面，常以波高增幅係數的分佈來闡釋無因次波高的變化情形，但是如果我們注意到不規則波的模擬是需要輸入有因次的特定頻譜，在該頻譜內包含了特定的波能、波高及週期等參數資訊，而且不同的參數值就可能引發不同的反應。因此，用無因次的增幅係數來表示不規則波的波動在基本定

義上是不像在模擬規則波波動上那麼肯定。目前有關不規則波的波高增幅係數可以有兩種不同的解讀：代表波高的比值，以及能量的比值開根號。其間的差異主要出在頻譜能量與波高間的關係，也就是說，一般在深海波時，如果波高滿足Rayleigh分佈，則示性波高等於頻譜能量開根號的4.004倍，但是港內的代表波高與頻譜能量間的關係則因為頻譜不屬於單峰的窄頻頻譜，波高分佈也不再是Rayleigh分佈，其間的關係是否能再適用，值得進一步思考。本研究在此先針對不規則波水面波動的表示方法進行探討於比較。圖4.11至圖4.14依序分別為以B-M頻譜及JONSWAP頻譜進行模擬，並分別以式(4.36)及式(4.37)的分別計算水面的波高分佈的數值結果。從圖中可以看出圖4.11及圖4.13間，以及圖4.12及圖4.14間的分佈極為相似，顯示在本模擬條件下，B-M頻譜及JONSWAP頻譜的能量分佈差異性不大。但是比較圖4.11與圖4.12之間，以及圖4.13與圖4.14之間就發現其波高分佈有些差異。其可能的原因應是式(4.36)進行波高計算時係假設示性波高與頻譜能量開根號值有4.004的比例，但目前在現場的波浪觀測中皆顯示大約在3.8左右，而且外海與港內可能有不同的係數。未來應針對此一部份進行探討。

圖4.15、圖4.16及圖4.17為代表入射波週期為Ts=10 s時，利用規則波模式及不規則波模式(JONSWAP波譜，代表入射波波高分別為為Hs=6 m及10 m，週期範圍5 s至30 s)所計算之波高增幅係數分佈圖。從各圖的比較也可以發現規則波的波動分佈較大，而入射波波高較大的頻譜所得到的水面K_D分佈也相對提高，顯示不規則波的水面波動分佈受到入射波波高及週期的影響，這點與規則波模擬中的想法不同。圖4.18及圖4.20，圖4.19及圖4.21是由圖4.16及圖4.17以式(4.36)及式(4.37)的分別計算水面的波高分佈。圖中也充分顯示入射波波高的影響。

4.4.4 長週期波動的模擬

在一般的理論頻譜中，波浪的能量主要包含在重力波的範圍內，週期大於30秒的成分波往往不具備太大的能量，然而，依花蓮港的波浪觀測資料來看(如第三章的討論)，除了重力波以外，還存在有極長週

期的波動。就連在94年度計畫中回顧的文獻中所提到的約80秒到160秒之內的共振週期也無法在理論頻譜中找到它們的能量。為了在數值模擬中能反映重力波以外的成分波所可能影響的水面波動情形，本計畫在考量沒有外海入射波波譜的狀況下，以獨立成分波動線性加入理論頻譜的方式，進行相關模擬。

圖4.22至圖4.27係將單一長週期波(週期為84秒，波高分別為1、2及3公尺；以及1134秒，波高分別為0.1、0.5及1公尺，所選定之週期為規則波模擬中會引起K_D值大於2的成分波)加入示性波高為6公尺，而示性週期為10秒的JONSWAP理論頻譜後所得的波高增幅係數分佈圖(原有模擬結果如圖4.16所示)。從圖中可以看到在84秒的模擬中，雖然相對規則波的K_D分佈可能都大於1甚至到2，但是如果其能量不夠大的話，對整體性的水面波動影響並不大。然而，對於1134秒的模擬中，即使波高僅有0.1公尺，也會引起港內很大的振盪。

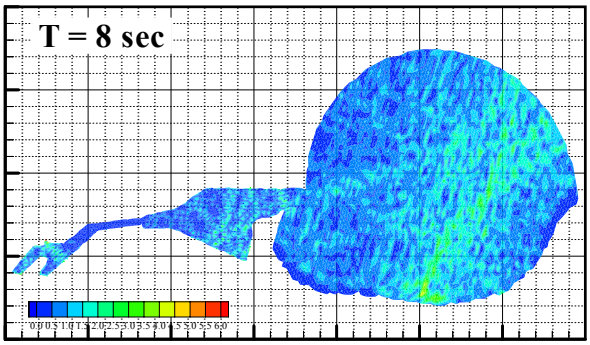


圖4.8 規則波作用下K_D分佈圖(Ts=8 s)

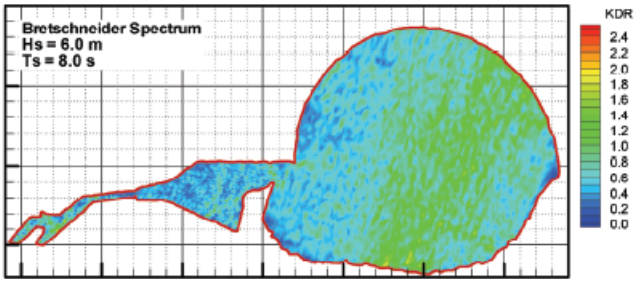


圖4.9 不規則波(B-M頻譜)作用下K_D分佈圖(Ts=8 s, Hs=6 m)

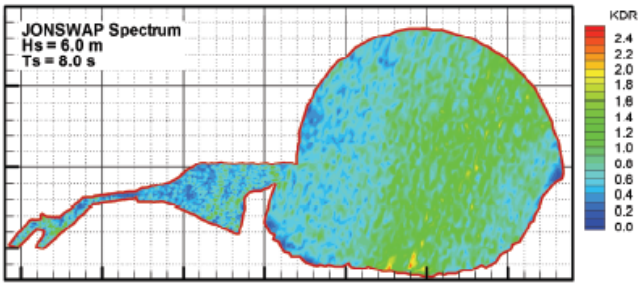


圖4.10 不規則波(JONSWAP頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=8 s, Hs=6 m)

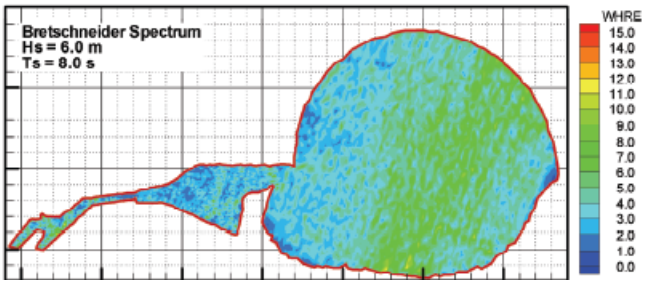


圖4.11 不規則波(B-M頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=8 s，Hs=6 m，式4.36)

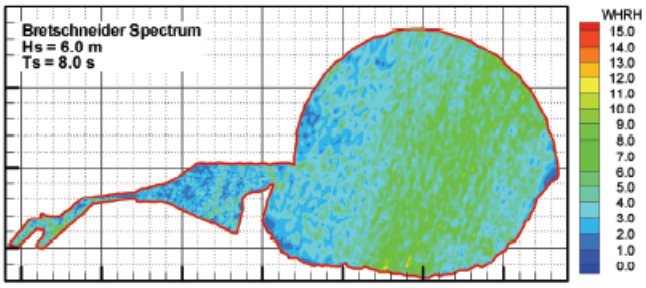


圖4.12 不規則波(B-M頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=8 s，Hs=6 m，式4.37)

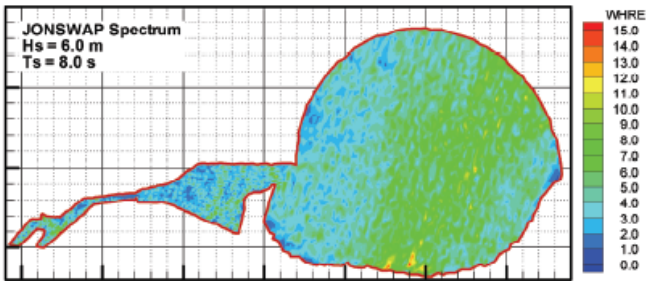


圖4.13 不規則波(JONSWAP頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=8 s，Hs=6 m，式4.36)

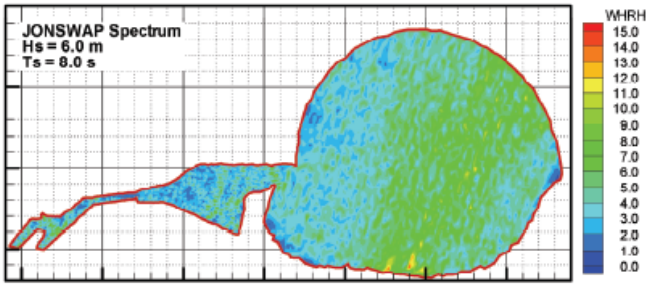


圖4.14 不規則波(JONSWAP頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=8 s，Hs=6 m，式4.37)

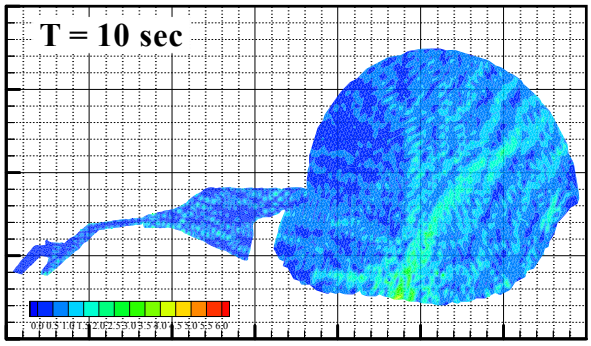


圖4.15 規則波作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s)

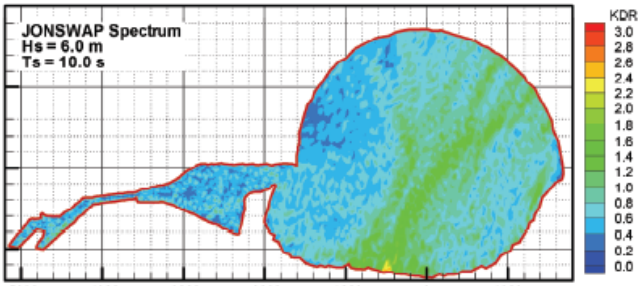


圖4.16 不規則波(JONSWAP頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=6 m)

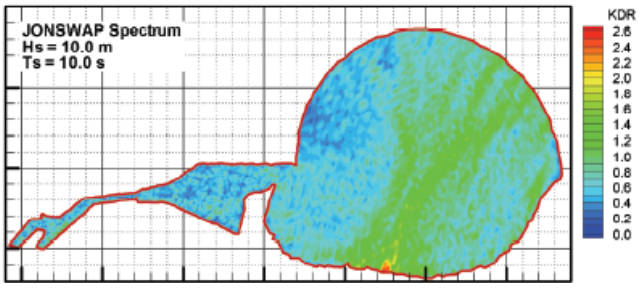


圖4.17 不規則波(JONSWAP頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=10 m)

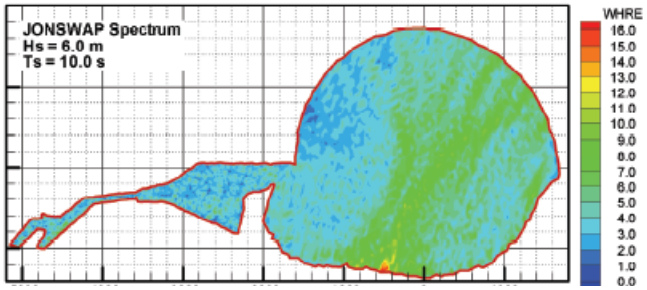


圖4.18 不規則波(JONSWAP頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=6 m，式4.36)

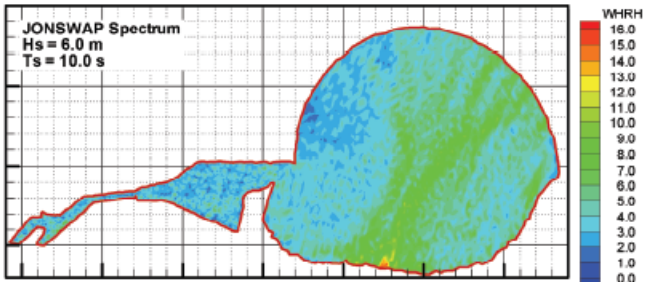


圖4.19 不規則波(JONSWAP頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=6 m，式4.37)

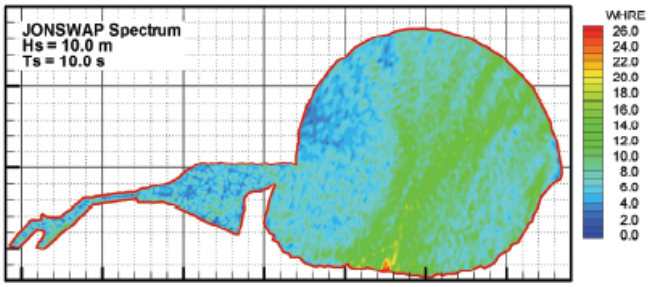


圖4.20 不規則波(JONSWAP頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=10 m，式4.36)

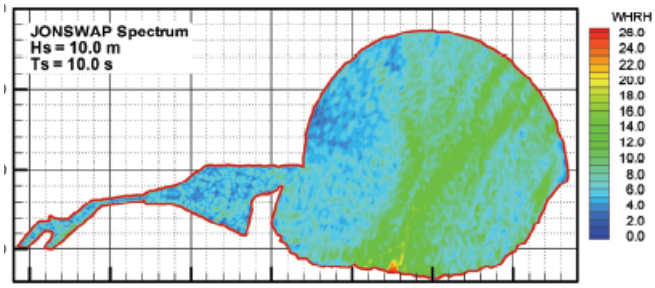


圖4.21 不規則波(JONSWAP頻譜)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=10 m，式4.37)

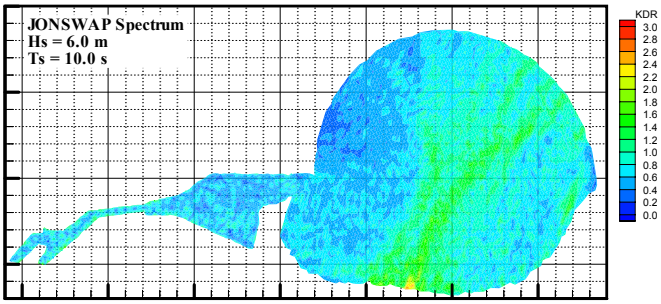


圖4.22 不規則波(JONSWAP頻譜)+84秒長波(波高1公尺)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=6 m)

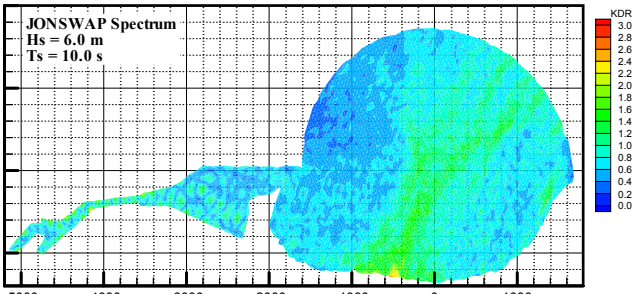


圖4.23 不規則波(JONSWAP頻譜)+84秒長波(波高2公尺)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=6 m)

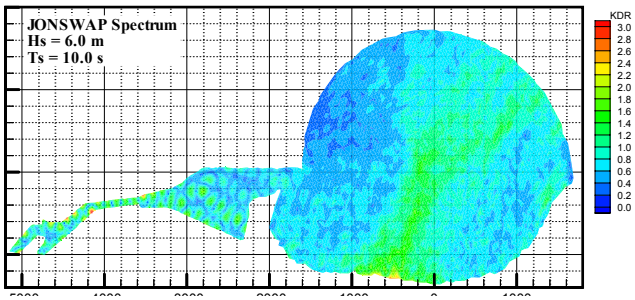


圖4.24 不規則波(JONSWAP頻譜)+84秒長波(波高3公尺)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=6 m)

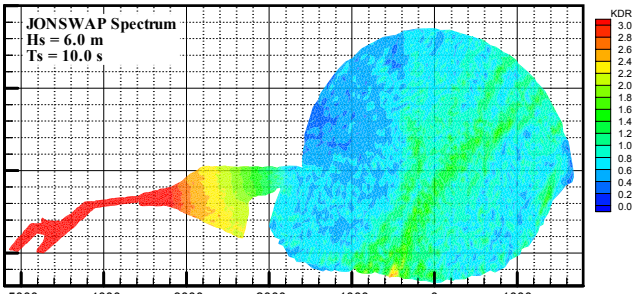


圖4.25 不規則波(JONSWAP頻譜)+1134秒長波(波高0.1公尺)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=6 m)

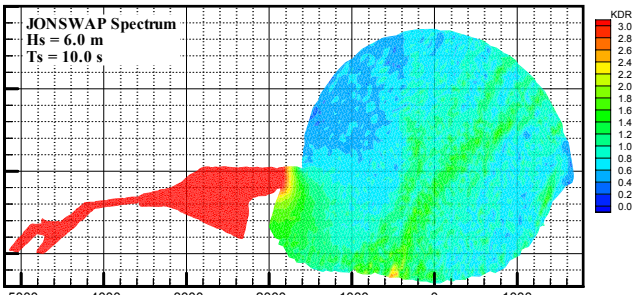


圖4.26 不規則波(JONSWAP頻譜)+1134秒長波(波高0.5公尺)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=6 m)

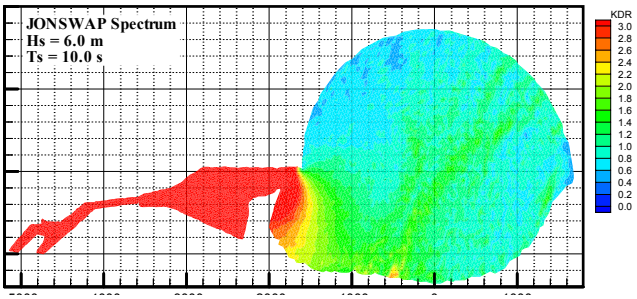


圖4.27 不規則波(JONSWAP頻譜)+1134秒長波(波高1公尺)作用下 K_D 分佈圖(Ts=10 s，Hs=6 m)

4.5 實測波譜的模擬

本節以1994年提姆(Tim)颱風期間，在花蓮港東堤外側靠近花蓮漁港處的觀測波浪資料進行實測波譜的模擬，圖4.28為提姆颱風的行進路徑圖，圖4.29為以花蓮港外海之觀測波浪記錄首先進行頻譜分析，再利用各成分波之頻率進行港灣波動之規則波模擬，進而計算得港內各點的反應頻譜，圖中測站ST2、#8碼頭、#10碼頭、#22碼頭分別為圖4.4中之測點O、C、H及I。從圖中各個不同時間的頻譜變化可以發現在7月10日上午12時颱風登陸以前港內的長週期波動有逐漸增強的趨勢，而颱風過境以後，短週期波首先消散，港內以長週期的蕩漾為主。圖4.30的港口內外實測頻譜亦有類似的情形。

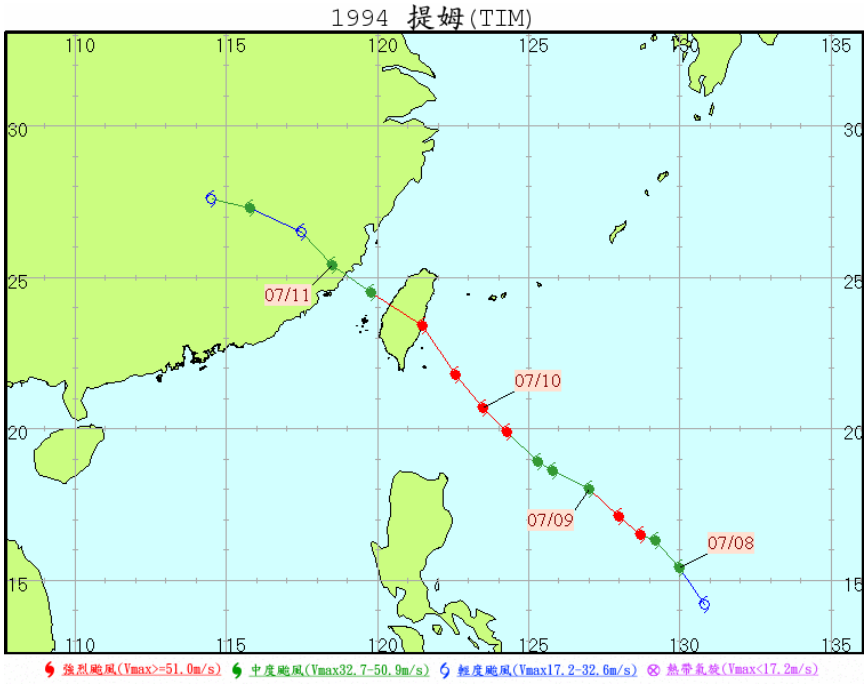
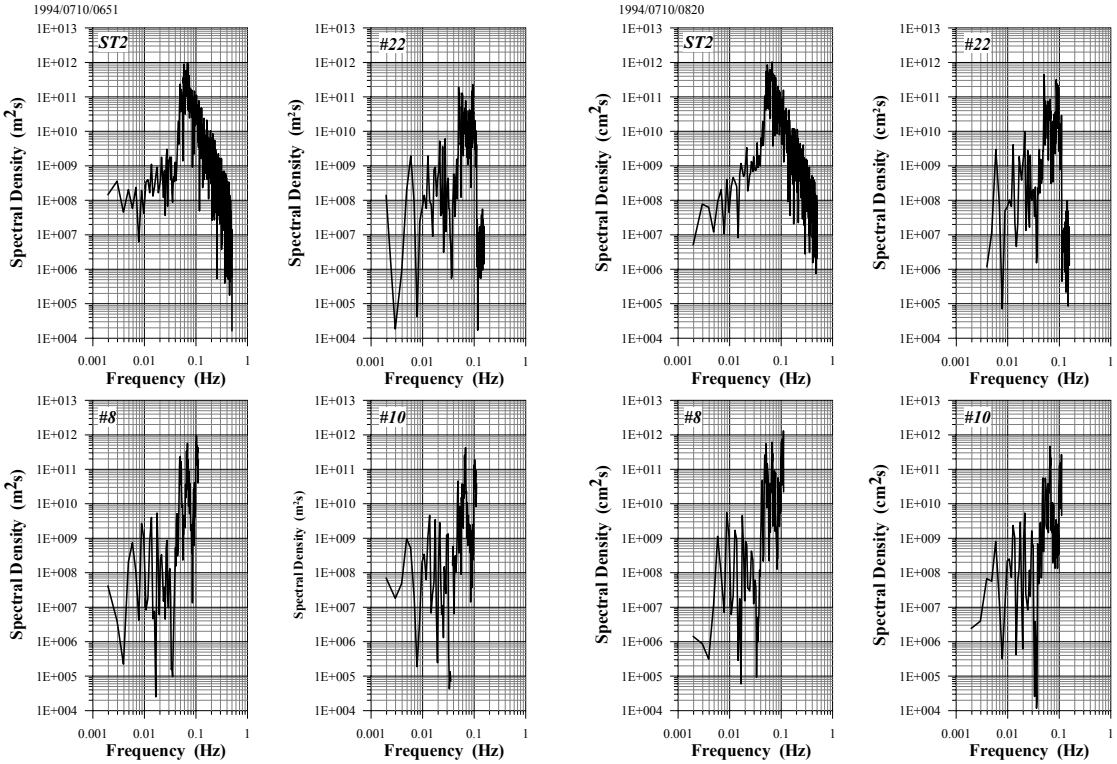
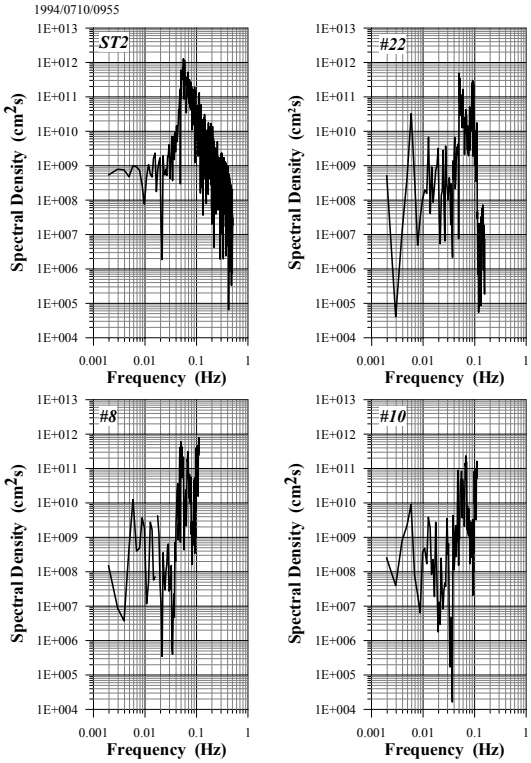


圖4.28 提姆颱風(1994)行進路徑圖

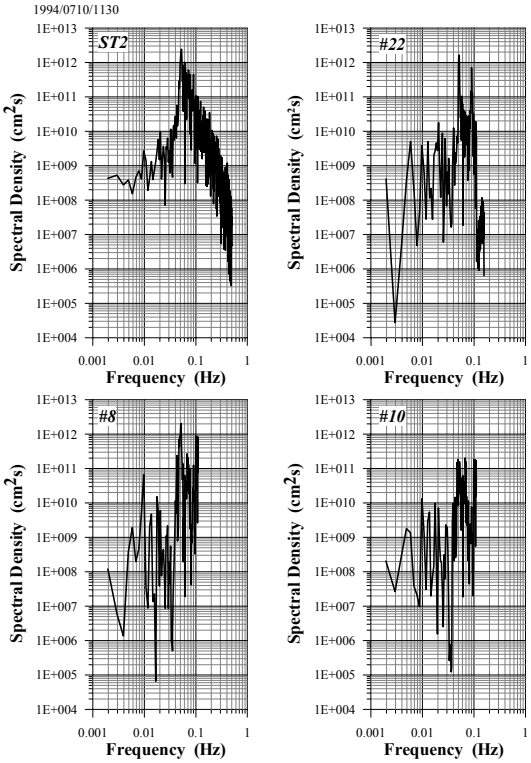


(a) 1994/7/10 06:51 (b) 1994/7/10 08:20

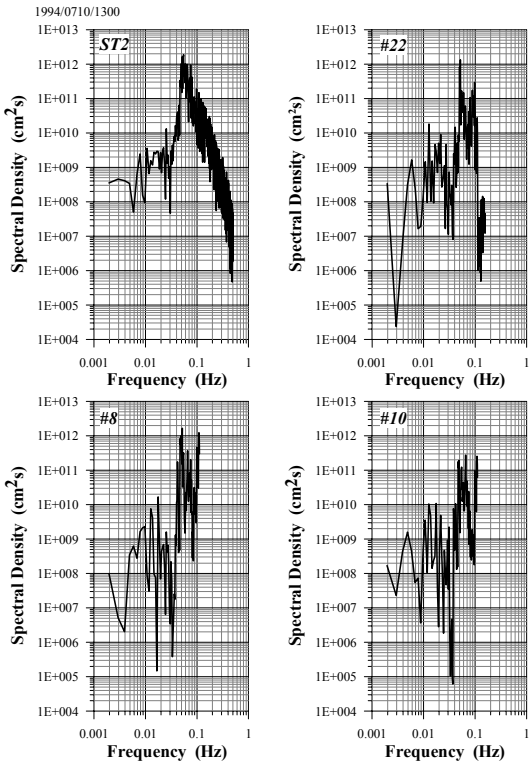
圖4.29 提姆颱風(1994)過境時花蓮港港灣波動之模擬



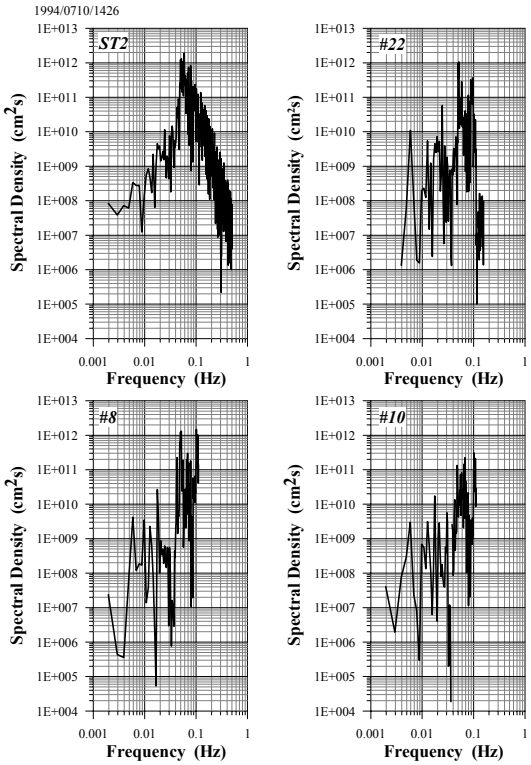
(c) 1994/7/10 09:55



(d) 1994/7/10 11:30

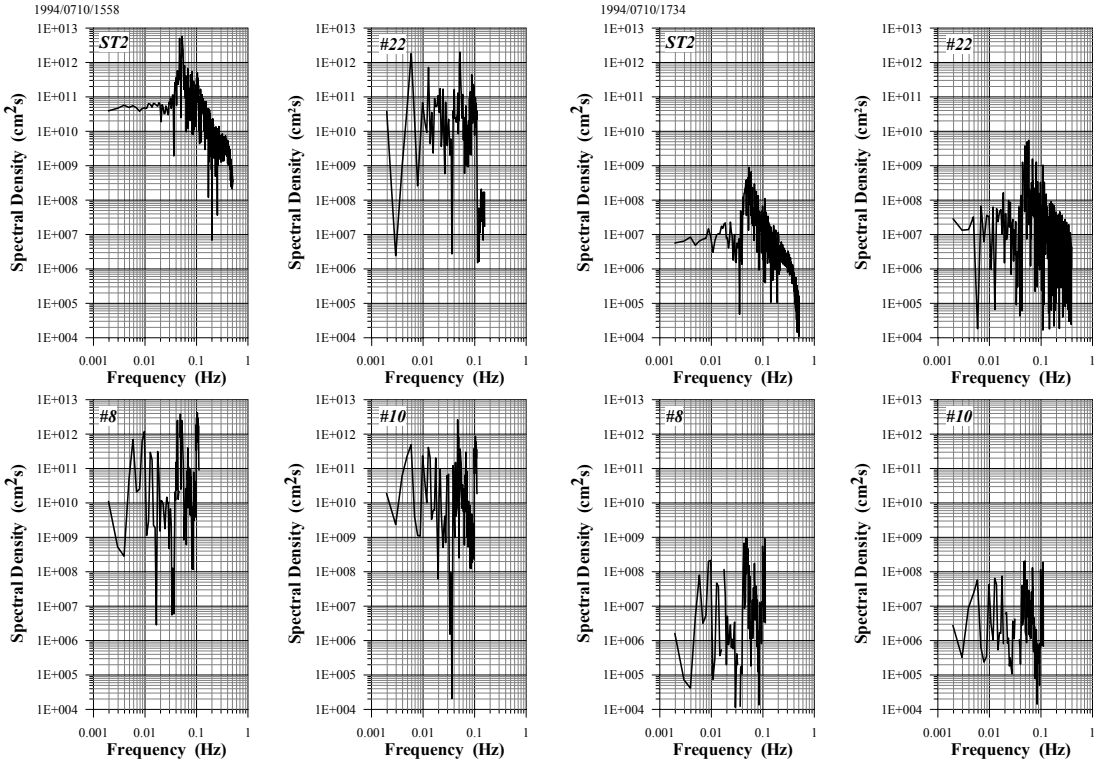


(e) 1994/7/10 13:00



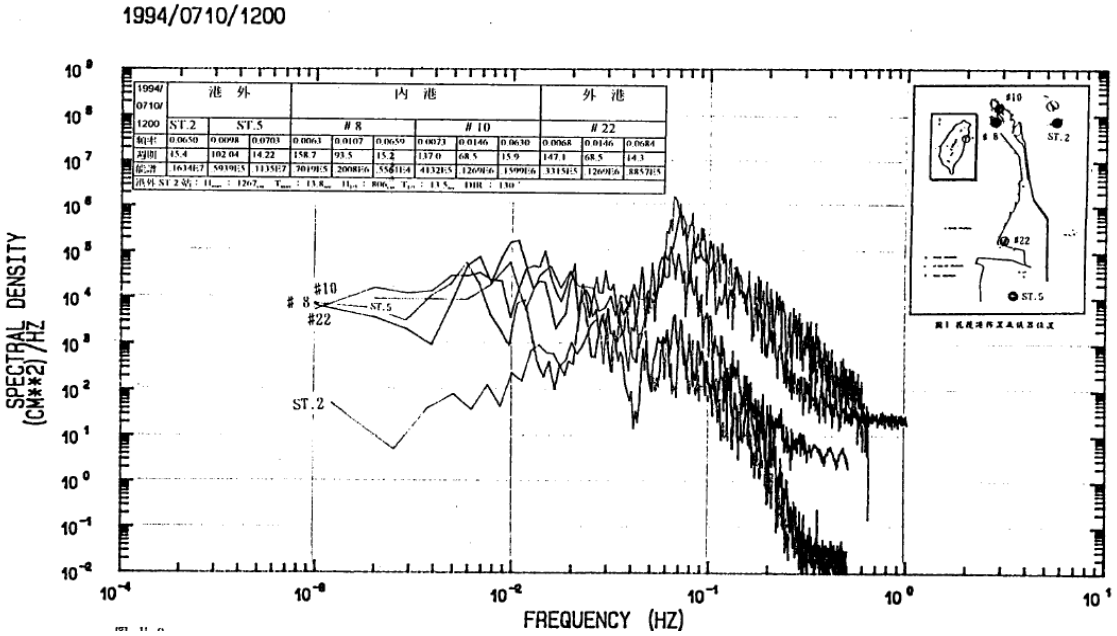
(f) 1994/7/10 14:26

圖4.29(續) 提姆颱風(1994)過境時花蓮港港灣波動之模擬



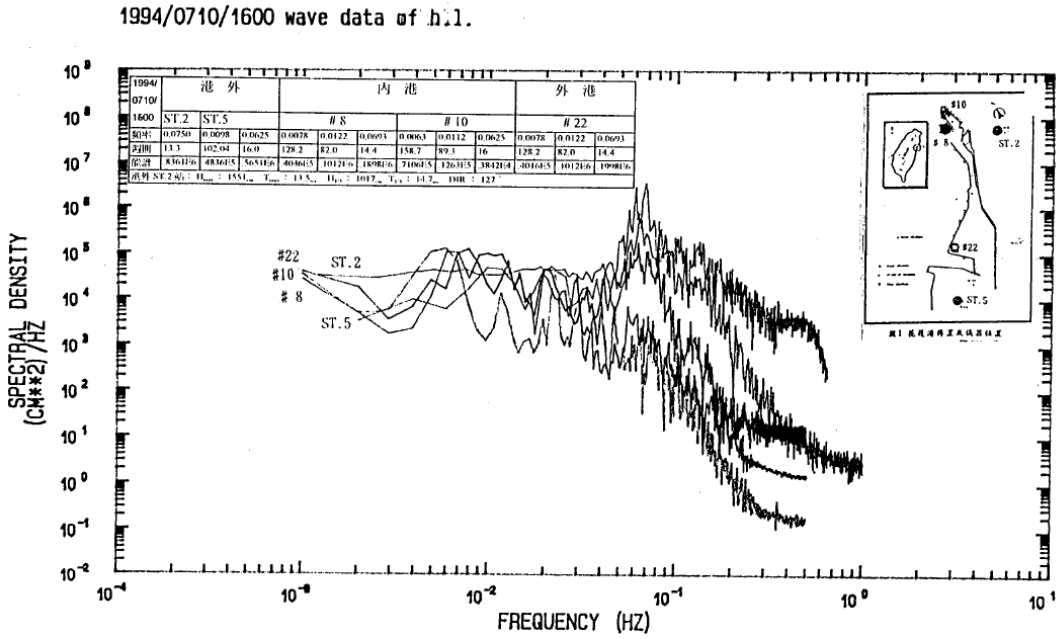
(g) 1994/7/10 15:58 (h) 1994/7/10 17:34

圖4.29(續) 提姆颱風(1994)過境時花蓮港港灣波動之模擬

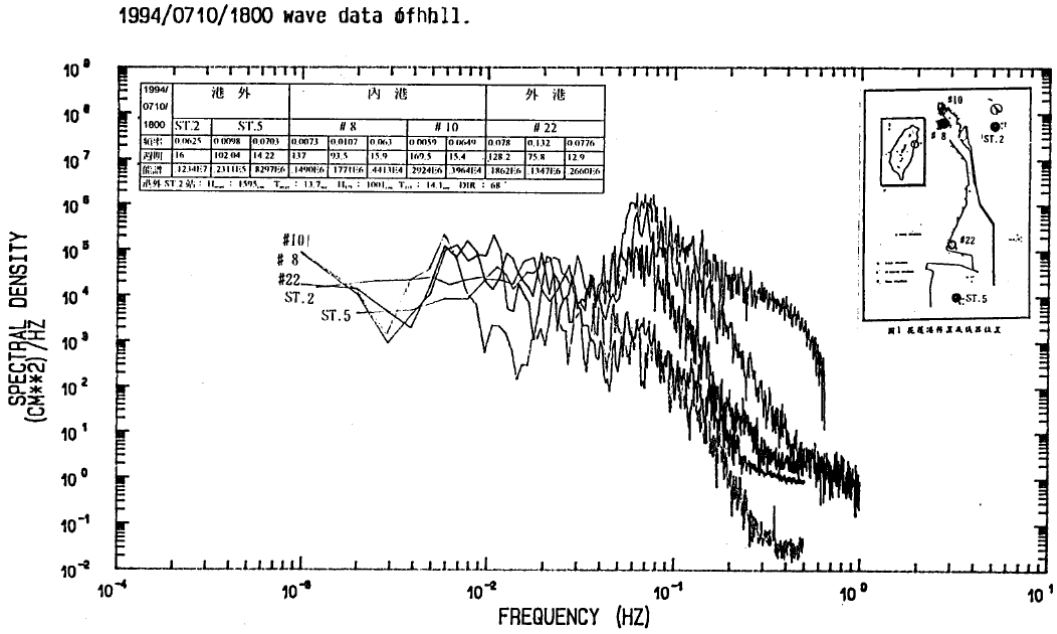


(a) 1994/07/10 12:00

圖4.30 提姆颱風(1994)過境時花蓮港實測頻譜



(b) 1994/07/10 16:00



(c) 1994/07/10 18:00

圖4.30(續) 提姆颱風(1994)過境時花蓮港實測頻譜

4.6 多方向不規則波的港灣波動模擬

多方向不規則波的模擬主要是假設多方向波譜$S(f,\theta)$可以用一維頻譜或能譜$S(f)$與方向分佈函數$G(f,\theta)$的乘積加以表示如下

$$S(f,\theta)=S(f)G(f,\theta) \qquad (4.38)$$

為滿足

$$S(f)=\int_0^{2\pi} S(f,\theta)d\theta \qquad (4.39)$$

的關係，首先$G(f,\theta)$必需為正值，而且必須滿足下式

$$\int_0^{2\pi} G(f,\theta)d\theta=1 \qquad (4.40)$$

因此方向分佈函數$G(f,\theta)$是表示各頻率成份波所含能量在方向上的分佈比例。

方向分佈函數的形式有多種不同的建議，本研究採用最常用的方向分佈函數

$$G(f,\theta)=G_0\cos^{2s}\left(\frac{\theta-\theta_M}{2}\right) \qquad (4.41)$$

其中

$$G_0=\frac{1}{\pi}2^{2s-1}\frac{\Gamma^2(s+1)}{\Gamma(2s+1)} \qquad (4.42)$$

s是決定方向分佈集中度的參數，θ_M為各頻率成分波之平均波向。s與θ_M應都是頻率的函數。Mitsuyasu(1975)建議方向分佈參數與頻率之間的關係為：

$$\begin{cases} s=s_{\max}(f/f_p)^5 & (f\le f_p) \\ s=s_{\max}(f/f_p)^{-2.5} & (f\ge f_p) \end{cases} \qquad (4.43)$$

合田(1990)建議在深海時之風浪 $s_{max}=10$，湧浪 $s_{max}=25\sim75$，且隨著淺化 s_{max} 會變大。

為建構多方向不規則波的數值模擬，本研究採用JONSWAP理論波譜、Mitsuyasu及Goda對波譜能量在方向分佈的建議，建構模擬程式。圖4.31為示性波高8 m、示性波週期10 sec，兩個不同主波方向角的多方向不規則波港灣增幅係數分佈圖。從圖中可以看出，多方向不規則波作用下的波高分佈，較單方向不規則波作用下的波高分佈為靜穩，而規則波作用下的波高分佈最高。

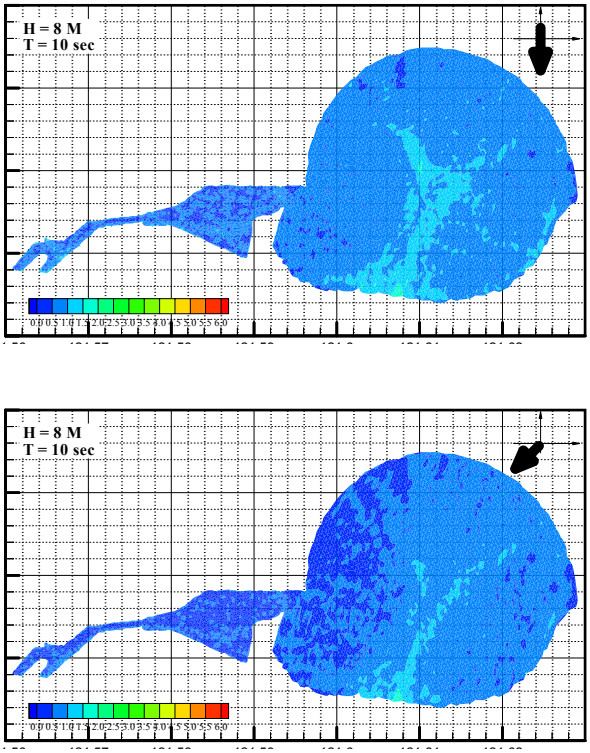


圖4.31　不同主波方向之多方向不規則波作用下 K_D 分佈圖 (JONSWAP頻譜、Ts=10 s，Hs=6 m)

第五章　港池共振改善方案可行性評估

5.1 水工模型試驗成果的回顧

為了改善花蓮港港池共振的情形，本計畫回顧貴中心所進行過的三個大規模的水工模型試驗：

(1)『花蓮港港灣設施改善計畫之研究— 2. 模型試驗』(簡及邱，1996)

(2)『花蓮港整體規劃及未來發展計畫—長浪及漂砂防制研究 2. 防波堤堤線配置平面試驗』(簡等人，1997)

(3)『花蓮港商漁分道與港池穩靜水工模型試驗研究—水工模型試驗報告』(邱等人，2000)

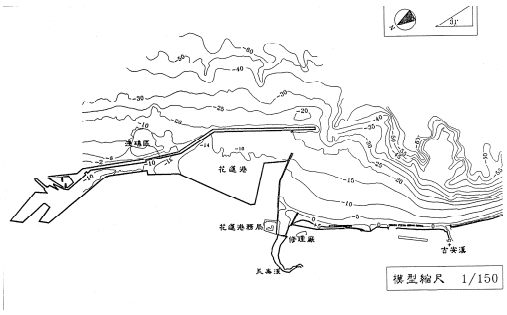
這三個試驗都是在本中心的第二試驗場進行的，該試驗場的平面水槽長62公尺、寬57公尺、深1公尺，1996的試驗是使用丹麥水工所(DHI)製作的可移動不規則推移式造波機。而1997及2000的試驗則是使用由加拿大Davis工程有限公司負責設計與製作之可移動不規則推移式造波機，並安裝由加拿大國家研究委員會(NRC)的加拿大水力中心(CHC)所研發之造波控制及分析軟體。以下分別摘要各個計畫的模型配置與研究成果。

5.1.1 『花蓮港港灣設施改善計畫之研究— 2. 模型試驗』

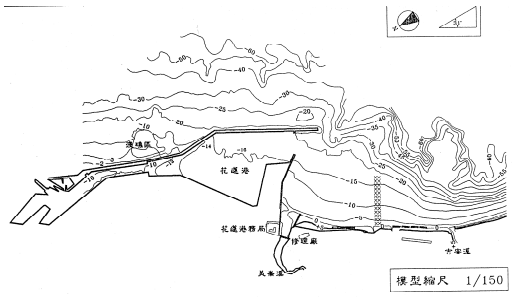
本試驗的範圍北起花蓮港七號碼頭，南至南濱海岸吉安溪出口南側500公尺，水深則至50公尺。模型縮尺採不等比，水平縮尺為1/150，垂直縮尺為1/100，並採用福祿數(Froude number)控制各項縮尺比例。圖5.1所示為五種配置方案以及波高測點的位置圖(為便於與其他兩個試驗區分及反應原有編號，各方案以1A、1B、1C、1D及1E表示)，其配置的差異性說明如表5.1，試驗造波條件如表5.2，主要以S、SSE及SE等三個入射波方向及1990年6月歐菲莉颱風的三組實測波浪，並採用JONSWAP理論頻譜模擬不規則之試驗波浪。圖5.1(f)顯示港內及港

外共佈放20支容量式波高計，並在#8碼頭及內航道處佈放2支電磁式流速計。

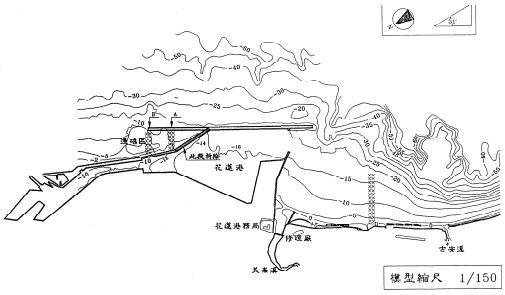
就整體性波浪遮蔽效果而言，各佈置從優到劣依序為方案1C→方案1D及1E→方案1B→方案1A。入射波向則以SE較佳、S最差，但差異性不大。就長週期波的抑制效果而言，外港區以方案1C較差，其他方案則相近。但對於內港區而言，則方案1C、1D及1E都有顯著效果。就長週期水位變動的分析來說，除了內港區的測點9在方案1C、1D及1E中有降低長週期波之波高及週期的效果，其他測點(27、28及29)的效果均不彰，甚至有負面的效果。而且此一現象不因入射波向的不同而異。從波譜分析的結果，方案1A的內外港區波浪頻譜形態顯示該佈置可以確切重現花蓮港的目前波動特性。長週期成份波進入港池後的能量放大現象內港區較外港區為大，反應出花蓮港現有的港池以內港區較易發生長週期的不穩靜現象。內港區長週期的能量降低情形以方案1C、1D及1E較佳，其中方案1E在SE波向時效果最顯著。外港區長週期的能量降低情形在S及SSE波向時，各方案的效果均不明顯；在SE波向時，以方案1D及1E有正面的效果，其中又以方案1E為佳，也就是拆除舊東堤及部份新東堤，並在外海側水深10~18公尺處配置新防波堤，並於南濱海岸，吉安溪出口以北，設置一垂直海岸長度600公尺的拋石潛堤，堤頭水深約18公尺。該方案不僅可以有效地改善內港區的不穩靜情形，也可以解決舊東堤的年久失修的問題。從各圖中都可發現由於新的開口通道分散了部份由外港區進入內港區的能量，內港區水域的波動有明顯改善的情形，但是對於外港區的不穩靜情形則無多大改善。



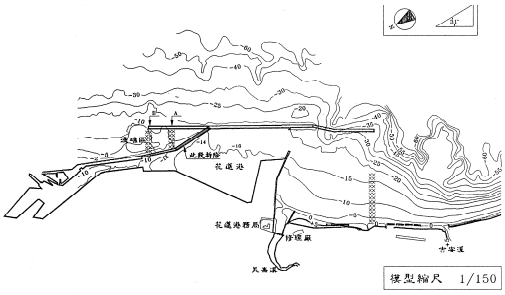
(a) 方案1A



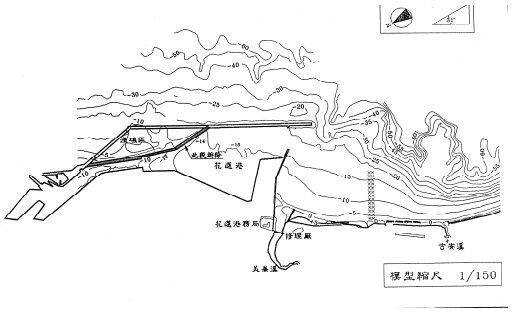
(b) 方案1B



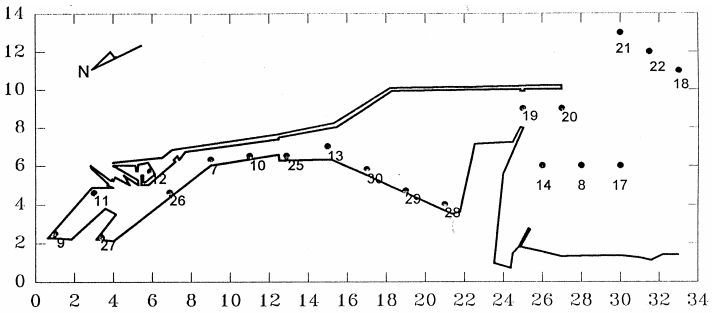
(c) 方案1C



(d) 方案1D



(e) 方案1E



測點位置對照

測點編號：	7	9	11	25	26	27	28	29	30
碼頭編號：	1	12	15	17	3	8	22	21	19

(f) 測點位置圖

圖5.1 水工模型試驗方案及測點位置圖

表5.1 各配置方案的差異比較

方案	說　　明
1A	● 目前花蓮港的現況，作為預備試驗及比對之用
1B	● 於南濱海岸，吉安溪出口以北，設置一垂直海岸長度600公尺的拋石潛堤，堤頭水深約18公尺
1C	● 延續方案1B ● 拆除新東堤南—北向段約500公尺， ● 向東北延長東北—西南向堤約750公尺
1D	● 延續方案1C ● 東堤再往南延伸800公尺
1E	● 延續方案1B ● 拆除舊東堤及部份新東堤 ● 在外海側水深10~18公尺處配置新防波堤

表5.2 JONSWAP頻譜試驗波浪條件

造波條件	編號	模型		原型	
		$H_{1/3}$ (cm)	$T_{1/3}$ (sec)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sec)
實測波浪	A	3.44	1.10	5.16	13.47
	B	6.10	1.11	9.15	13.59
	C	6.82	1.25	10.23	15.31
JONSWAP 理論波浪	1	6.90	1.27	10.35	15.55
	2	5.36	1.27	8.03	15.55
	3	3.49	1.24	5.24	15.19
	4	5.20	1.07	7.80	13.10
	5	3.76	1.06	5.64	12.98
	6	2.67	1.07	4.01	13.10
	7	3.92	0.86	5.88	10.53
	8	2.78	0.85	4.17	10.41
	9	1.57	0.84	2.36	10.29

5.1.2『花蓮港整體規劃及未來發展計畫—長浪及漂砂防制研究 2. 防波堤堤線配置平面試驗』

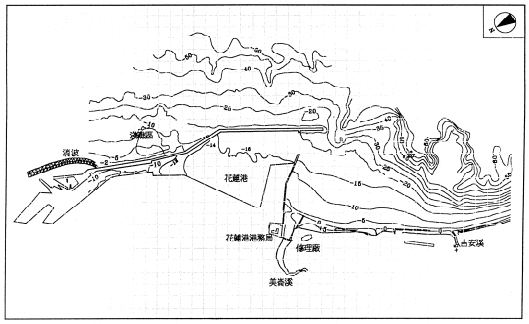
本試驗範圍及水深與1996年試驗相同但模型縮尺採等比縮尺，水平及垂直皆為1/150，並採用福祿數(Froude number)控制各項縮尺比例。圖5.2所示為11種新的配置方案，以及波高測點的位置圖，各配置方案的差異比較如表5.3所示。

試驗造波條件計採四個入射波方向(S、SSE、ENE與NE方向)、19個規則造波條件(如表5.4所示)，以及2個JONSWAP頻譜與2個1994年7月的提姆颱風實測波浪(7月9日21時及7月10日11時)的不規則造波條件(如表5.5所示)。圖8(m)顯示港內及港外共佈放23~27支容量式波高計，並在#8碼頭及內航道處佈放2支電磁式流速計。造波時間仍設為500秒，並以取樣頻率20Hz擷取後410秒的水面波動及流速值。

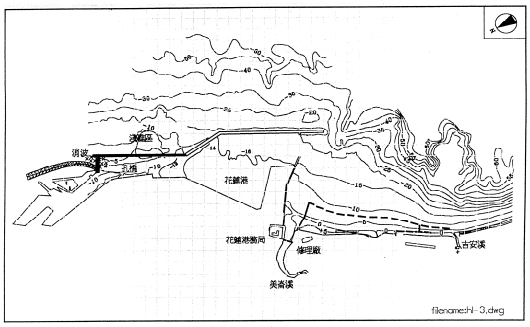
綜合該計畫的比較結果，可得下列結論：

(1) 由規則長週期波的試驗中目視發現南濱海岸的波場中有類似緣波的水理機制，而此緣波進入港內後，在外港區產生東西向的明顯振盪，其中尤以相對於原型週期140秒時最明顯。

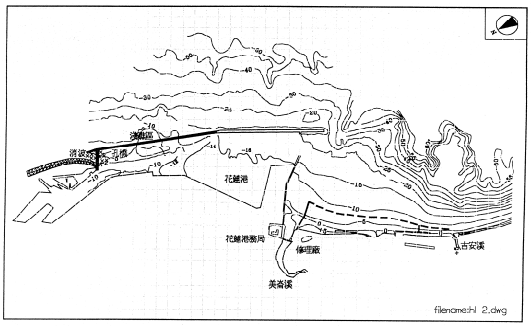
(2) 各改善方案相較於現況佈置，對長浪防制皆有不同程度的改善效果，其降低的波高大約在20~50%之間，其中又以方案2Q的改善程度最顯著。但港內長週期的振動仍無法明顯消除。



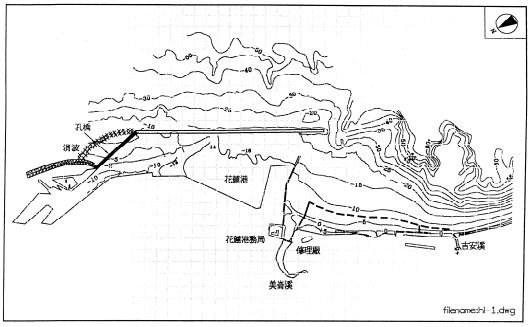
(a) 方案2A



(b) 方案2B

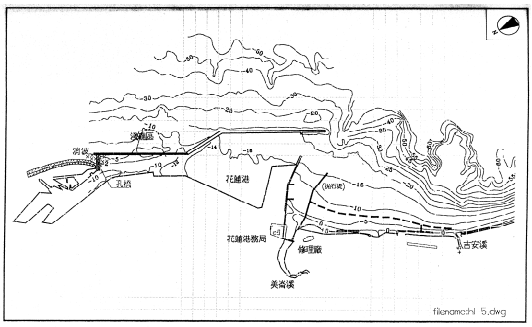


(c) 方案2C

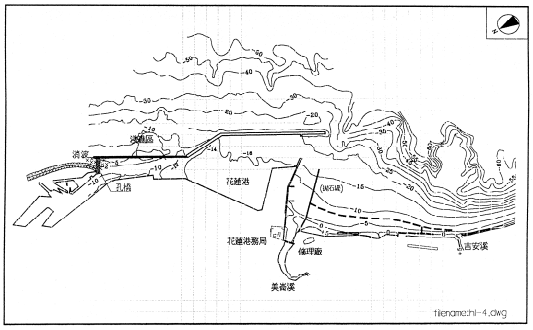


(d) 方案2D

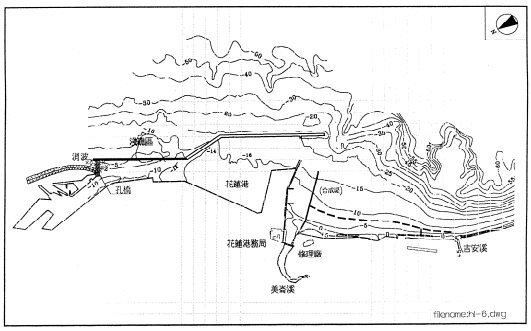
圖5.2 水工模型試驗方案及測點位置圖



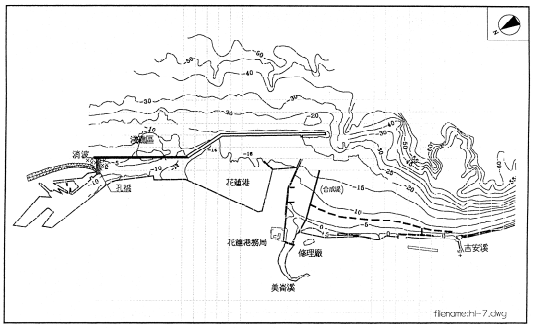
(e) 方案2E



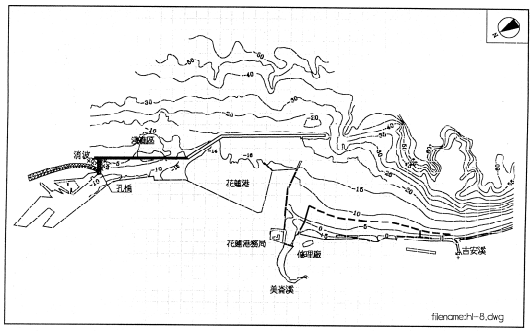
(f) 方案2F



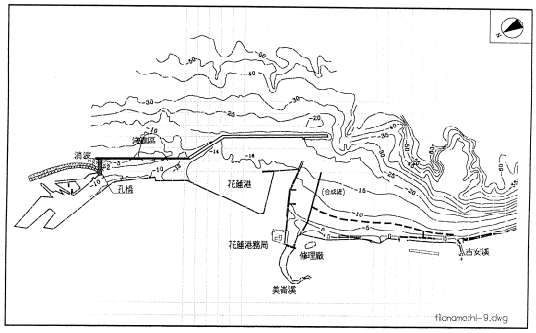
(g) 方案2H



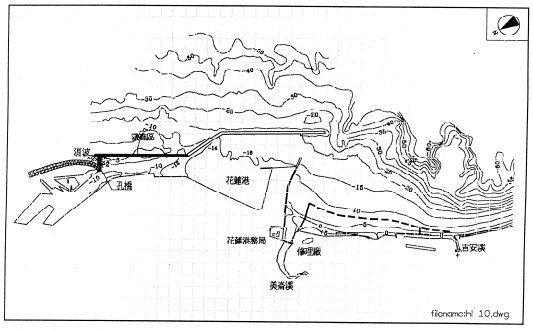
(h) 方案2I



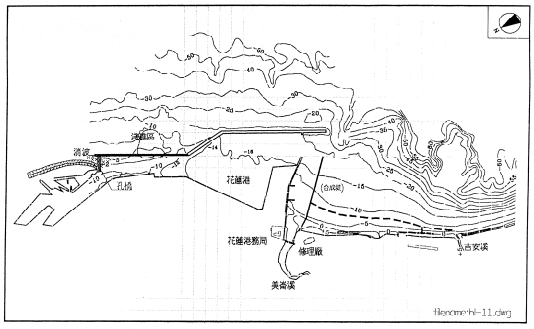
(i) 方案2J



(j) 方案2K

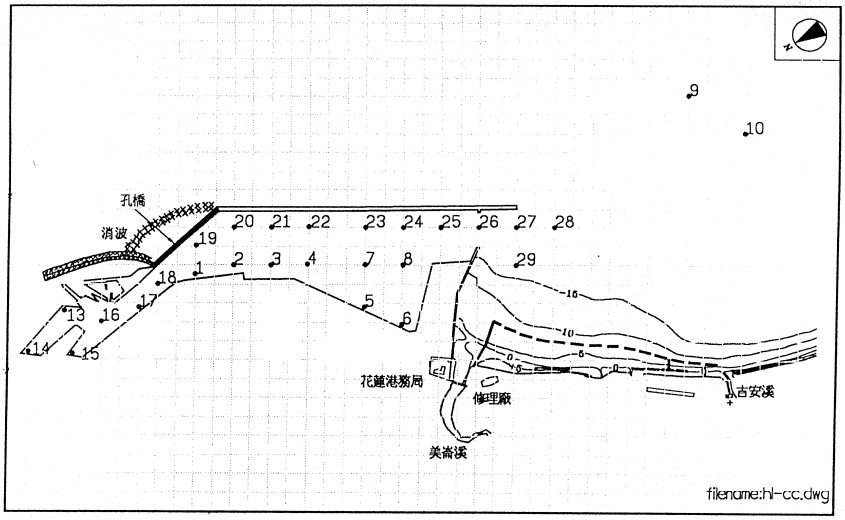


(k) 方案2P



(l) 方案2Q

圖5.2(續) 水工模型試驗方案及測點位置圖



波高計	位置	外海	#2碼頭	#8碼頭	#12碼頭	#20碼頭	#22碼頭
	編號	9	17	15	14	5	6

(m) 測點位置圖

圖5.2(續) 水工模型試驗方案及測點位置圖

表5.3 各配置方案的差異比較

方案	說　　明
2A	● 目前花蓮港的現況，作為預備試驗及比對之用
2B	● 拆除舊東堤及部份新東堤，並於外海興建東北—西南向防波堤，並與新東堤連接 ● 以孔橋聯繫方式於專用漁港海堤與新建防波堤間保留出口。 ● 美崙溪南岸興建導流堤至水深約-7公尺處 ● 美崙溪南側至吉安溪北側於水深約-7公尺處興建離岸堤
2C	● 拆除舊東堤、部份新東堤及北—南向新東堤約500公尺，並於外海興建北北東—南南西向的防波堤，並與新東堤連接 ● 以孔橋聯繫方式於專用漁港海堤與新建防波堤間保留出口。 ● 美崙溪南岸興建導流堤至水深約-7公尺處 ● 美崙溪南側至吉安溪北側於水深約-7公尺處興建離岸堤
2D	● 拆除舊東堤、部份新東堤及北—南向新東堤，並將向東北延伸東北—西南向東堤約750公尺 ● 以孔橋聯繫方式於專用漁港海堤與新建防波堤間保留出口，但外拋消波塊。 ● 美崙溪南岸興建導流堤至水深約-7公尺處 ● 美崙溪南側至吉安溪北側於水深約-7公尺處興建離岸堤
2E	● 延續方案2C ● 延伸美崙溪南導流堤(拋石堤)至水深-10公尺處，再向南南東轉折至-15公尺水深處 ● 南防波堤外側加設兩道導流堤
2F	● 延續方案2C ● 延伸美崙溪南導流堤(拋石堤)至水深-17公尺處 ● 南防波堤外側加設兩道導流堤
2H	● 延續方案2C ● 延伸美崙溪南導流堤(合成堤)至水深-17公尺處 ● 南防波堤外側加設兩道導流堤
2I	● 延續方案2H ● 於南防波堤內側#24及#25碼頭之間向東加設105公尺內堤
2J	● 延續方案2D ● 於南防波堤內側#24及#25碼頭之間向東加設105公尺內堤
2K	● 延續方案2H ● 於南防波堤內側#24及#25碼頭之間向北北東加設105公尺內堤
2P	● 延續方案2D ● 於南防波堤內側#24及#25碼頭之間向北北東加設105公尺內堤
2Q	● 延續方案2C ● 延伸美崙溪南導流堤(合成堤)至水深-19公尺處

表5.4 規則波試驗條件

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

表5.5 不規則波試驗條件

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

5.1.3 『花蓮港商漁分道與港池穩靜水工模型試驗研究—水工模型試驗報告』

本試驗研究主要針對以往未探討過的改善方案以水工模型試驗方式來探討花蓮港內的長浪效應。基本試驗構想是以改變波浪進行方向及消減入射波能之概念為主。由於目前花蓮南濱海岸已建構多道離岸潛堤來消減波能保護南濱海岸，但建構後對花蓮港內之長浪並無改善效果，因此本研究摒除離岸堤之構想，而以突堤、潛礁區、並在專用漁港區開闢一連外海通道來消能。計畫中共提出了三種改善方案和原配置進行比較，如圖5.3所示。方案3A於南濱海岸建構潛礁區；方案3B於南濱海岸建構突堤；方案3C於專用漁港區開闢一連外海通道；原配置方案以3D表示。各方案比較係將港池以分區討論與研析之方式來比較對長浪防制成效，同時在長浪作用下水域振盪特性亦作深入探討，

並針對各水域之能譜能量傳遞和頻譜能量分佈做比較分析，且使用平均遮蔽率加上積分法提出最佳改善方案。

試驗模型製作採用等比縮尺1/121，試驗條件主要考量兩個颱風方向S及SE向，造波條件如表5.6所示，包含3個颱風條件及4個長浪條件，並進行規則波和不規則波試驗。

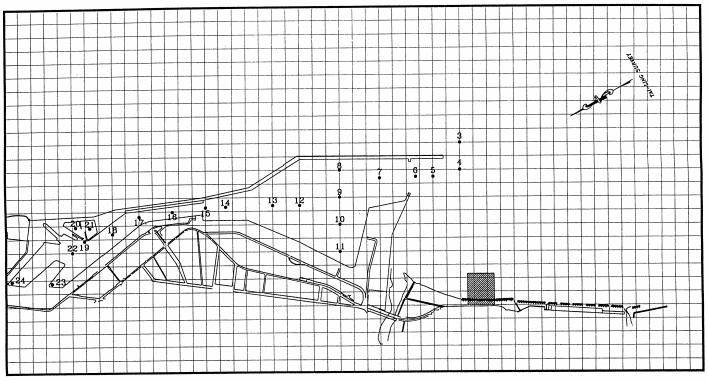
由各試驗方案之各分區遮蔽效果之比較，可發現以下之現象

1. 從外港區口到窄段前，由S方向入射的情況會以方案3B建構突堤的方案較能阻擋波浪進入港區，SE方向入射的情況又以潛礁區消能構造即方案3A為最佳，此顯示SE方向入射時，突堤有反射入港之現象，潛礁區則可消能並減少入射波的能量。

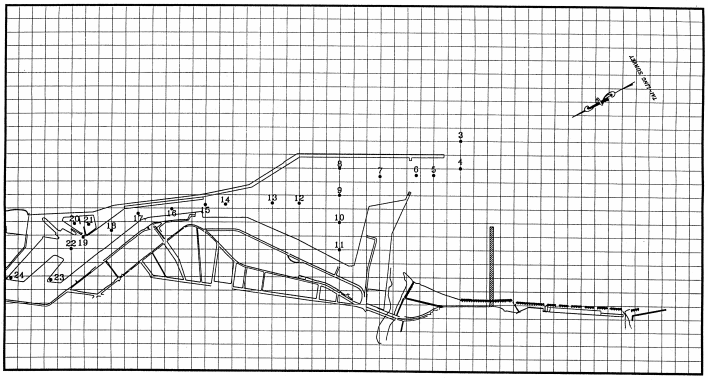
2. 波浪如由S方向直衝進入港內時，在各種波浪條件下皆顯示潛礁區對各頻率之波能有較好的消能現象，而突堤雖有阻擋波浪前進的功能，但無法針對各種頻率皆有效能，因此通常S方向方案3A對內港區有較正面的貢獻。

3. 在波浪進入窄段航道後，各水域的波高比，受波浪入射方向影響就很小，亦即波浪受窄段航道之引導減低了其方向性的影響。

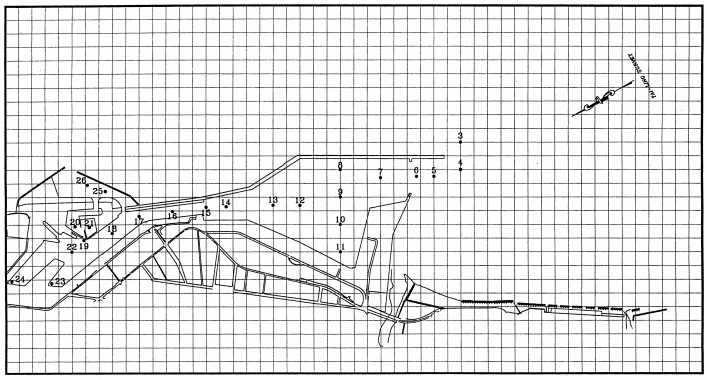
4. 在各水域分別討論，可發現各個改善方案，皆無法達到全面降低波能之功能，亦即各種方案皆對不同波浪條件有消波功能。



(a) 方案3A



(b) 方案3B



(c) 方案3C

圖5.3 三種改善方案配置示意圖

表5.6 規則波與不規則波造波條件

名稱	原型		模型		造波方向
	波高(m)	週期(sec)	波高(cm)	週期(sec)	
提姆	6.5	13.5	5.37	1.23	S、SE
安珀	8.06	12.6	6.66	1.15	S、SE
歐菲莉	10.23	15.3	8.45	1.39	S、SE
L1	0.75	40	0.62	3.64	S、SE
L2	0.75	100	0.62	9.09	S、SE
L3	0.75	140	0.62	12.73	S、SE
L4	0.75	160	0.62	14.54	S、SE

5.1.4 綜合討論與結論

從以上的整理中，大致有關花蓮港長週期振盪的改善構想為：

1. 在1996年的試驗中利用在南濱海岸興建的突堤以破壞入射波浪的結構使其入射波週期變短；以及利用舊東堤改建的機會，建構潛堤保留一新的通道企圖使港內的長週期波動能量能自該通道向外海消散，也局部性變化港池形狀，以降低或改變港內的長週期振盪。此一構想由於疏通了部份由外港區進入內港區的波浪能量，對於改善內港區的長週期振盪有明顯幫助；突堤由於受限於水深地形似乎發揮不了作用，因此外港區的波動沒有什麼改善；然而需要注意的是：入侵的波浪能量仍引起長週期的振盪，振盪週期仍是類似，只是振盪幅度改變而已。

2. 在1997年的試驗中配合舊東堤的改建、美崙溪導流堤的興建與專用漁港的海堤的興建，同時探討改善內航道過於狹窄與水深太淺、以及改善港池不穩靜與長週期振盪問題的可能性。其構想是利用美崙溪導流堤的興建，或是在南防波堤新建內堤以阻擋或削減外海入侵的波能；拆除舊東堤及部份新東堤以擴寬內水道，改變港池形狀；並在新建東防波堤及專用漁港海堤間保留一出口，疏散部份由外港區進入內港區的波能。其基本構想是來自1996年試驗的最佳方案。試驗結果顯示各方案對長週期振盪雖然無法消

滅但都有改善的效果，新建內堤可以阻擋部份入侵波浪，但受限於船舶航行安全而無法考慮。試驗中也發現，花蓮港的地形可能引發緣波效應，而緣波會在外港區引發東西向的振盪，此一發現顯示港內的長週期振盪可能會有很多種週期，也呼應了數值模擬的趨勢。

3. 2000年的試驗係針對過去未討論的改善方式，即以改善波浪進行方向及消去入射波能之概念提出試驗構想進行討論，例如以突堤、潛礁區、在專用漁港區開闢連接外海通道來消能。建置突堤或潛礁區基本上是認定花蓮港的長週期振盪係有緣波所引起，而試圖改變波浪的傳播方向，以及消減部份能量。專用漁港開闢出口則是延續上兩個計畫的構想設法藉由外廓設施的新建同時考量疏散部份的波浪能量。

而由三個年度的研究計畫成果，有關花蓮港的長浪防制部份的水工模型試驗探討，大致可分為下列幾個方向：

1. 在花蓮港南側的南濱海岸興建複合式突堤或拋石潛堤(如1996年計畫之方案1B、1C、1D及1E，與2000年之方案3A及3B)或延伸美崙溪的導流堤(如1997年的所有方案)以破壞外海入射波的波場結構，阻絕長週期的緣波進入港內，並可有效地減少南濱海岸的侵蝕與港口的淤積的問題。試驗結果顯示此一構想可以有限度地降低港內的長週期振盪能量，其中又以興建沒水潛堤為佳。然而這些海岸結構物由於需要抵抗東部的大波浪，其結構安全性必須審慎考慮。例如南濱海岸目前的離岸堤群即逐漸破壞中，其現象包含塊體破裂、流失與沈陷。如果有其他新的嘗試也需要考慮花蓮港外側的大水深地形。
2. 拆除舊東堤以及部份的新東堤，改變東防波堤的堤線，使其兼具更新老舊的舊東堤、擴寬窄段航道 (如1996年計畫之方案1C、1D及1E，與1997年的所有改善方案)，雖然可以削減部份長週期振盪能量，但也可能改變振盪的週期，而產生負面的效果。

3. 在漁港海堤與新建東堤之間保留適當的缺口，以宣洩部份的長週期波能(如1996年計畫之方案1C及1D，與1997年的所有改善方案)。對改善內港區的長週期振盪雖然略具成效，但在東北向波浪作用下，可能造成港內不穩靜，需要審慎規劃。
4. 然而綜合三個計畫所考慮之配置方案中，無論是利用突堤或淺礁區來減少入侵波能或破壞入射波結構，或是增加聯外通道以疏散港內長週期波能量，似乎都無法明顯地改善花蓮港內的長週期振盪問題。

5.2 改善構想的研討

在評估過去的研究成果後，本計畫研擬幾個可能的配置方案，並進行現場的可行性評估，而後選定較為可行的方案進行數值模擬的討論。圖5.4至圖5.7為幾種可能的配置構想。

配置構想一(圖5.4)主要係考量如果引致花蓮港長週期振盪的原因是由南面傳來的緣波所致。由於水深及地形的緣故，如果颱風在花蓮的南邊移動，大部分的颱風波浪多是從南或南南東方向北傳播，受到花蓮溪口南側海岸山脈的阻擋與導引，波浪方向可能會以小角度沿著岸邊傳播，而形成所謂緣岸波效應，使得有較大的波浪能量可能被地形引入花蓮港。因此，構想一是考量兼顧花蓮溪排洪，以及保護緣岸波侵襲南北濱及化仁海岸，在花蓮溪口的南側適當水深處建構一條突堤，以將緣岸波再度導引出海。如果考慮在花蓮溪的南岸地形轉折處設置防波堤，以便將緣波傳播方向導向海側，雖然仍然會有部分能量會藉由繞射效應進入港內，但其能量應可減少。此一構想在經過現場的勘查後，發現可能設置的地點仍然位在花蓮溪的沖積三角扇上面，除了目前波浪會在預定地點碎波以外，也可能因為防波堤的重量及颱風波浪的作用而引發大規模的沈陷或海底崩坍。如果是在颱風以較偏東方向直撲花蓮的話，將會完全失去作用。再者，由於此一佈置可能改變近海的波流場，對於河川的排洪及輸沙，以及海岸變遷必須再加

評估。在多方檢討後，此一構想暫時保留。

配置構想二(圖5.5)主要也是考量由南面傳來的緣波，為有效發揮突堤導波的功能，乃利用地形的變化，在海脊處建置突堤，以阻擋緣岸波作用到花蓮港。此一構想亦可以兼顧花蓮溪排洪，以及保護緣岸波侵襲南北濱。此一構想有些類似於以往水工模型的試驗配置，但是防波堤作大幅度地延伸。除了有在約80公尺的大水深建構防波堤的工程技術及經費問題外，由於此一佈置可能改變近海的波流場，對於河川的排洪及輸沙，以及海岸變遷。如果考量台灣沿岸的漂沙以由北向南為主，而且颱風波浪多由東南至南的方向入侵，此一防波堤的建構可能會加速南濱及化仁海岸的侵蝕，以及防波堤堤址的淘刷。有鑑於此，雖然目前尚未收集到花蓮海岸漂沙的長期觀測與分析，無法確定花蓮溪河川輸沙對花蓮市海岸的影響。再者，在圖5.5預定設置突堤位置南北兩側的水深地形都可發現有垂直於海岸的海溝，這些海溝在較長週期波動作用時，具有集波的作用，可能是造成目前南濱及化仁海堤破壞的原因之一，而突堤的設置是否會引發導波作用必須詳加評估。此一構想也暫時保留。

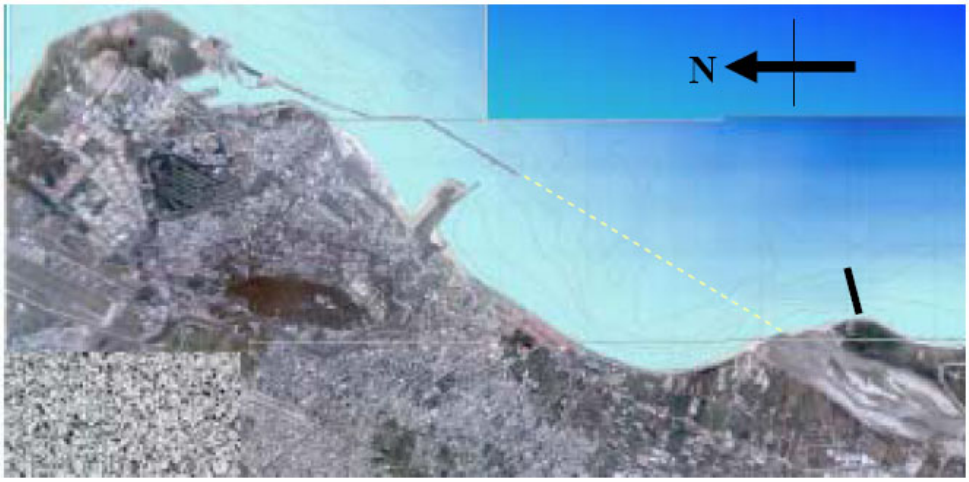


圖5.4 配置構想一

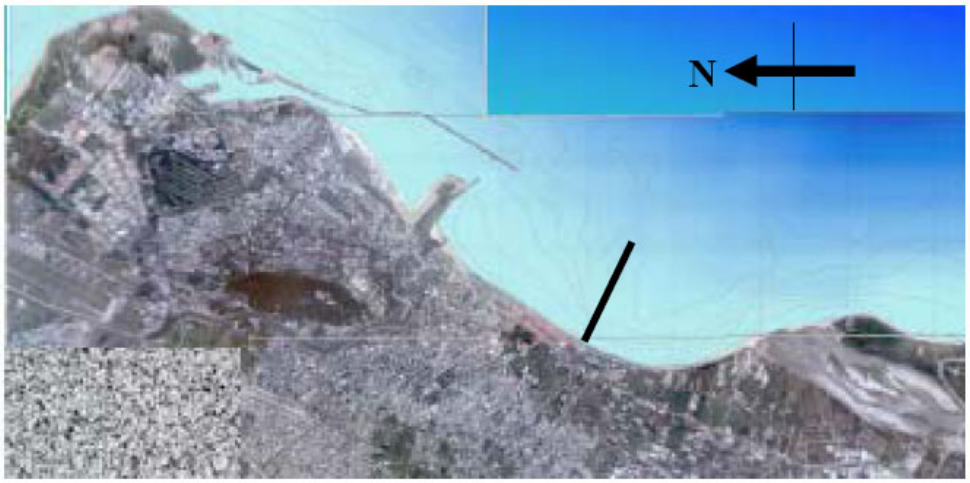
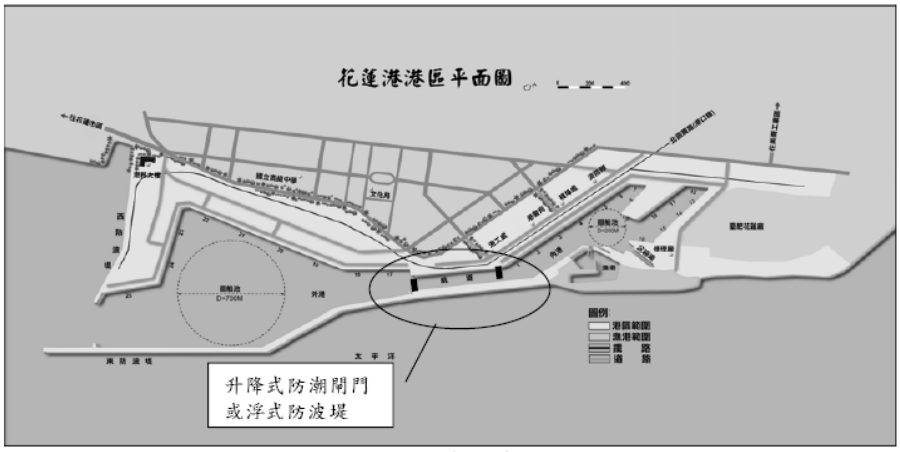
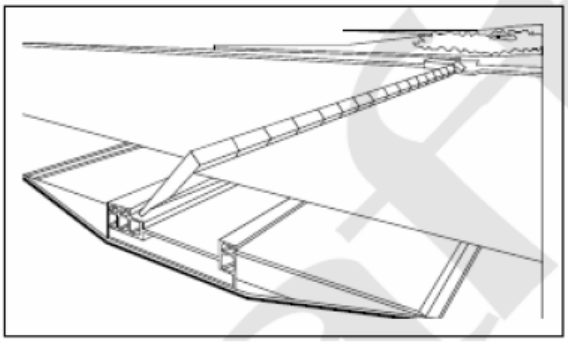


圖5.5 配置構想二

配置構想三，如圖5.6(a)所示，是考量如果外海波浪中即具有長週期波動的成分，而在颱風侵襲期間，該部分能量增加且無法避免該能量傳入港內的狀況下，研擬以在束縮水道處建構兩道臨時性防潮閘門或浮式結構物，如圖5.6(b)所示，以阻擋波浪進入內港，同時也改變花蓮港的港型，變化其港內波動機制。第一道結構物容許越波以減少反射，第二道結構物則採垂直設置以便在兩道結構物間構成一消能池，並阻絕波浪入侵內港。在束縮水道上建構防潮閘門，不論從工程技術上或者是工程經費上都有極高的可行性，只有在船舶動態管理上可能因為臨時性結構物的設置影響到船舶，尤其是漁船，的進出，導致在颱風時期應該在哪一個時間點關閉內港，可以阻擋大能量長週期波浪的入侵，以及確保漁船安全返航，成為一個必須要討論評估的要點。



(a) 束縮航道處設置兩道防潮閘門



圖片來源：美國海岸工程手冊

(b) 防潮閘門

圖5.6 配置構想三

配置構想四，如圖5.7所示，是延伸配置構想三的思考方向，並增加考慮漁船在颱風期間可能返航避難，需要進入內港的狀況。利用在束縮水道部分以臨時性的結構物在水道的兩側設置直立式短突堤。藉由突堤群對波浪的導波、反涉及繞射效應來改變港內的波動機制。此種設置方式可以在束縮航道上保留相當的寬度讓漁船即使在颱風期間也可以安全進入內港，但大型船舶則否。惟突堤長度的選擇必須考量到可能引起的橫向水面振盪。

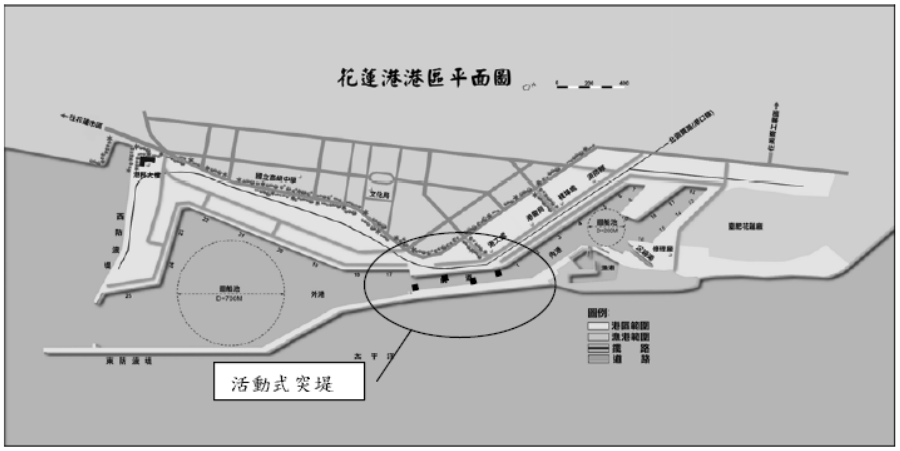


圖5.7 配置構想四

5.3 改善方案的數值模擬與檢討

依據上節的構想討論，本計畫擬定三種方案，並以數值模擬方式進行檢討與比較，同時也與現況進行比較。各方案說明如下：

方案一：現況配置，港外岸壁反射率設定為0.5，但港內均假設為1.0。

方案二：參考方案一，但增加束縮水道兩側岸壁的消波能力，並假設反射率為0.5。

方案三：參考方案一，但將束縮水道封閉，並假設封閉部分的反射率為0.5。

方案四：參考方案一，但在束縮水道的兩側岸壁分別設置兩道約30公尺的短突堤。

方案五：同方案一，但假設#7及#12碼頭為完全消波，反射率為0.0。

在比較中，本研究首先就九個測站的波高增幅係數曲線進行比較，其後再比較五個碼頭附近的波動變化情形(位置如圖5.8所示)。圖5.9至圖5.13分別為九個測站之波高增幅係數K_D曲線圖，圖5.14至圖5.18則分別為四種配置方案受到週期為20、37、55、88及123秒的入射波浪作用下的港內水面K_D分佈圖。以圖5.9及圖5.14之現況配置為參

考，比較各配置方案的波動情形可以發現：

1. 配置方案二：從九個測站的K_D曲線變化上，增加束縮水道的消波能力明顯地改變了整個港域的水面波動情形。就外港而言，入射波週期70秒以上的變化情形較大主要剩下130秒的共振週期，但70秒以下的波動似乎沒有太大改善。然而束縮水道區及內港的波動情形則有明顯地改善。究其原因應是內港的水面振盪等於室外港的造波源之一，如果透過束縮水道的消能設施將進入內港的波能加以削減的話，對內港的波動及由內港向外港傳播的波動能量都可明顯減小，連帶地也改變了外港的特性波動頻率。檢視圖5.15中港內水面K_D分佈圖的話，亦可以發現束縮水道消波能力的增加不僅使得內港的水面波動變得穩靜外，似乎也改變了外港及港口附近的波動。不過必須要強調的是：目前的消能設施對不同的波動週期有不一致的消波效果，因此如何能在束縮航道對各種不同週期的波動發生一定的消波能力，未來尚需要進一步研究。

2. 配置方案三：束縮水道及內港的封閉當然保持了該區水域的穩靜，但從五個測站的K_D曲線變化(圖5.11)，以及圖5.16中港內水面K_D分佈圖，可以發現水域形狀及面積的改變也使得外港水域發生優劣不等的變化。外港水域在長波作用下似乎橫向振盪為主(如圖5.16中E圖)。

3. 配置方案四：短突堤的設置，由於假設岸壁的反射率皆為1.0，從圖5.12中九個測站的K_D曲線變化及圖5.17中五個入射波週期的水面波動可以看出對港內短週期波動是負面的影響，而對長週期波動則無明顯的變化。

4. 配置方案五：將#7及#12碼頭設為完全消波，反射率為0.0時，從圖5.13中九個測站的K_D曲線變化及圖5.18中五個入射波週期的水面波動可以看出對港內短週期波動有明顯的降幅效應，而對長週期波動亦然，惟K_D值仍有接近2的值。顯示提高內港末端的消波功能可以降低花蓮港港內的波動。

圖5.19至圖5.23為5種不同港灣佈置的#4、#7、#12、#21及#25等5個碼頭附近的波高增幅曲線比較圖，各佈置方案的消能效果情形如前討論。

綜合以上的測試，可以發現內港的散射波對束縮水道、外港及港口處的水面波動有相當大的影響，其行為類似於在束縮水道入口的造波行為。增加束縮水道兩側岸壁的消波能力，或是在束縮水道設置消能池並容許越波，應有助於改善花蓮港的長週期振盪問題。

圖5.8 5個碼頭的相對位置

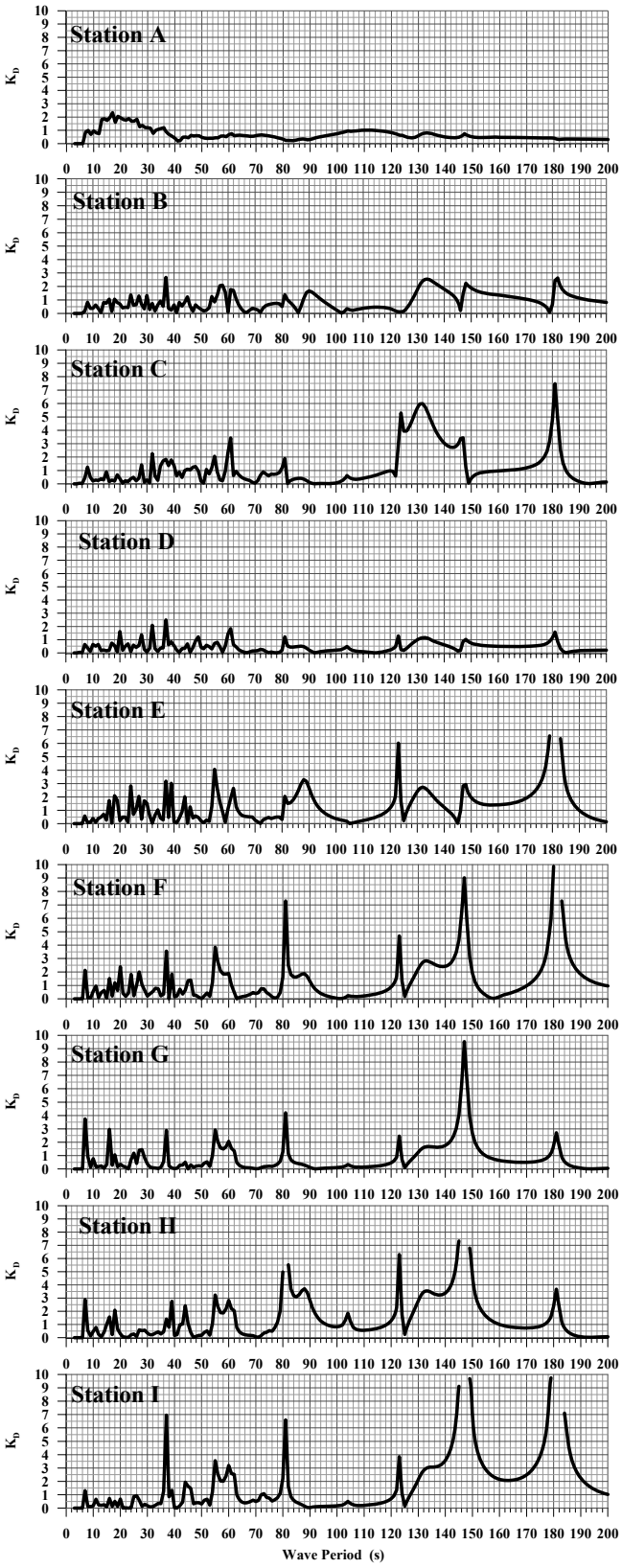


圖5.9 配置方案一，九個測站之波高增幅係數K_D曲線圖

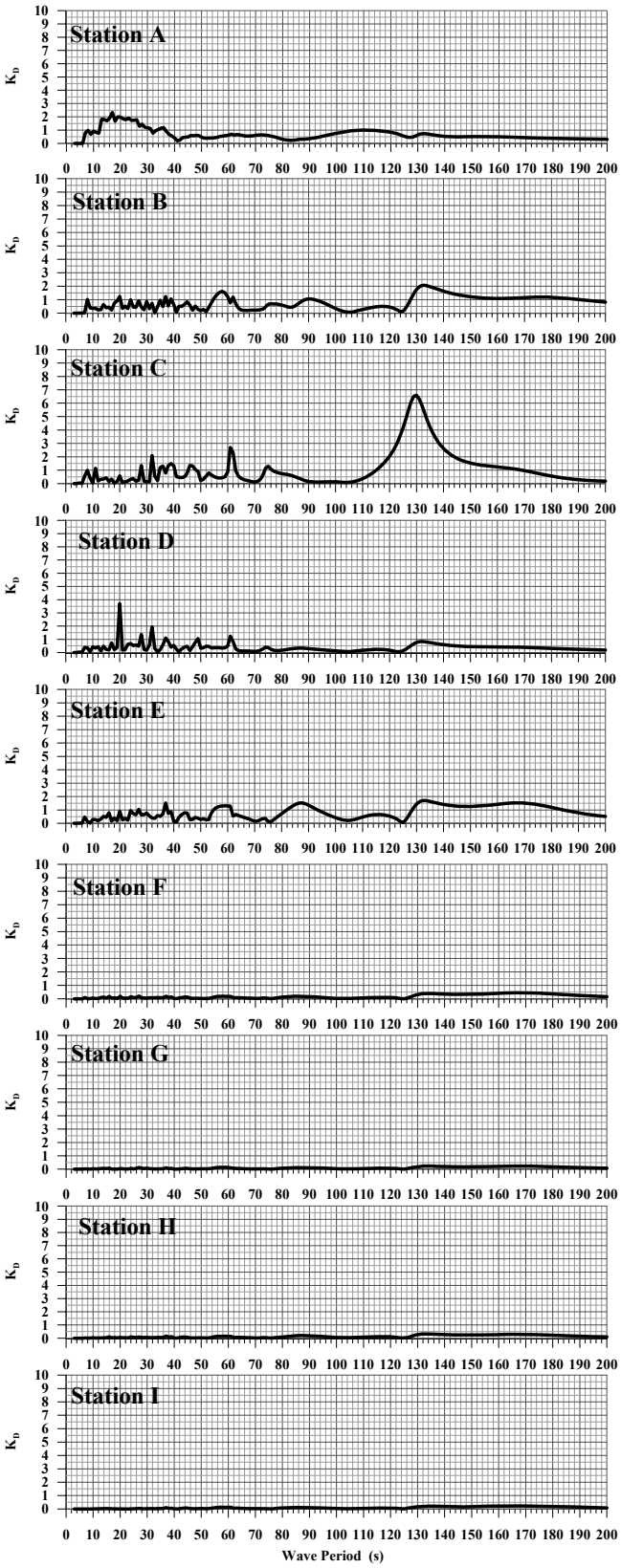


圖5.10 配置方案二，九個測站之波高增幅係數K_D曲線圖

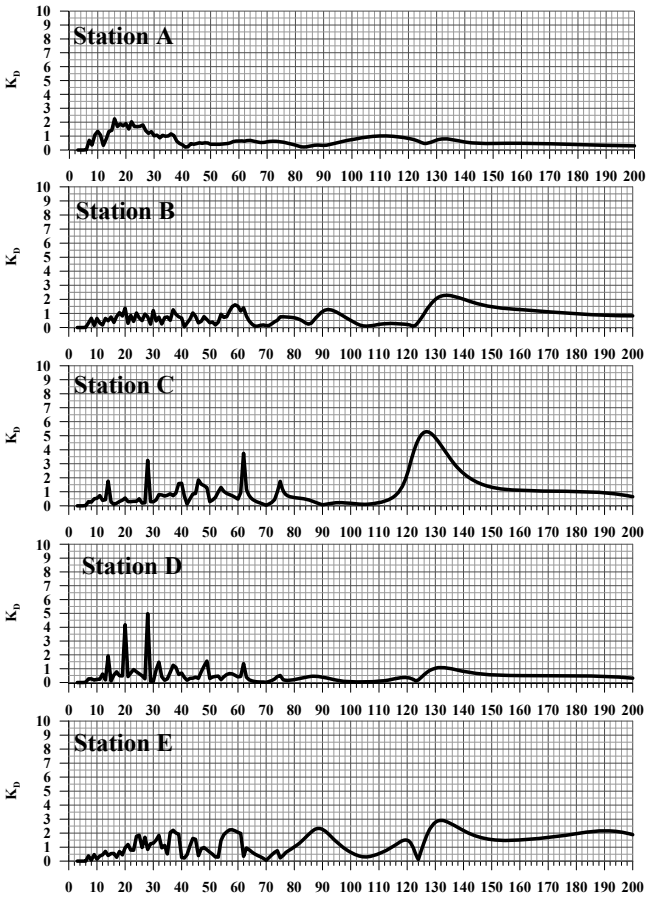


圖5.11 配置方案三，九個測站之波高增幅係數K_D曲線圖

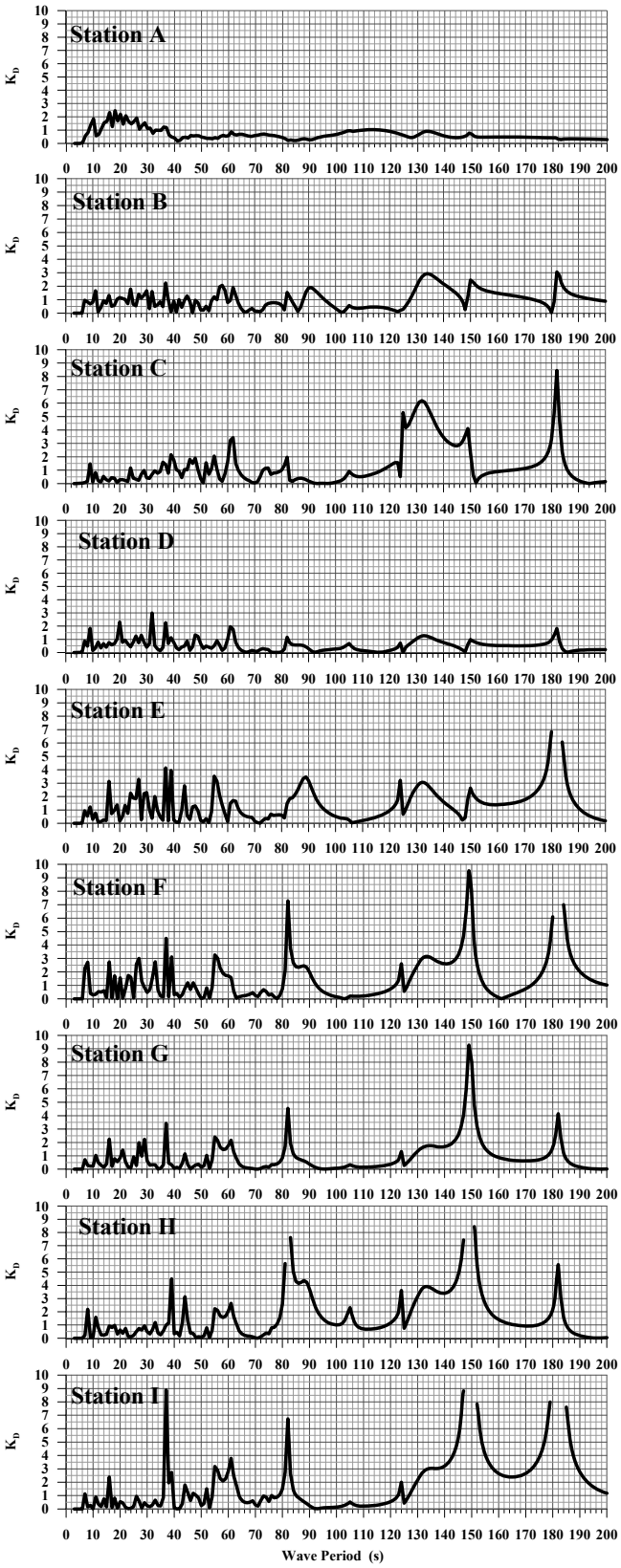


圖5.12 配置方案四，九個測站之波高增幅係數K_D曲線圖

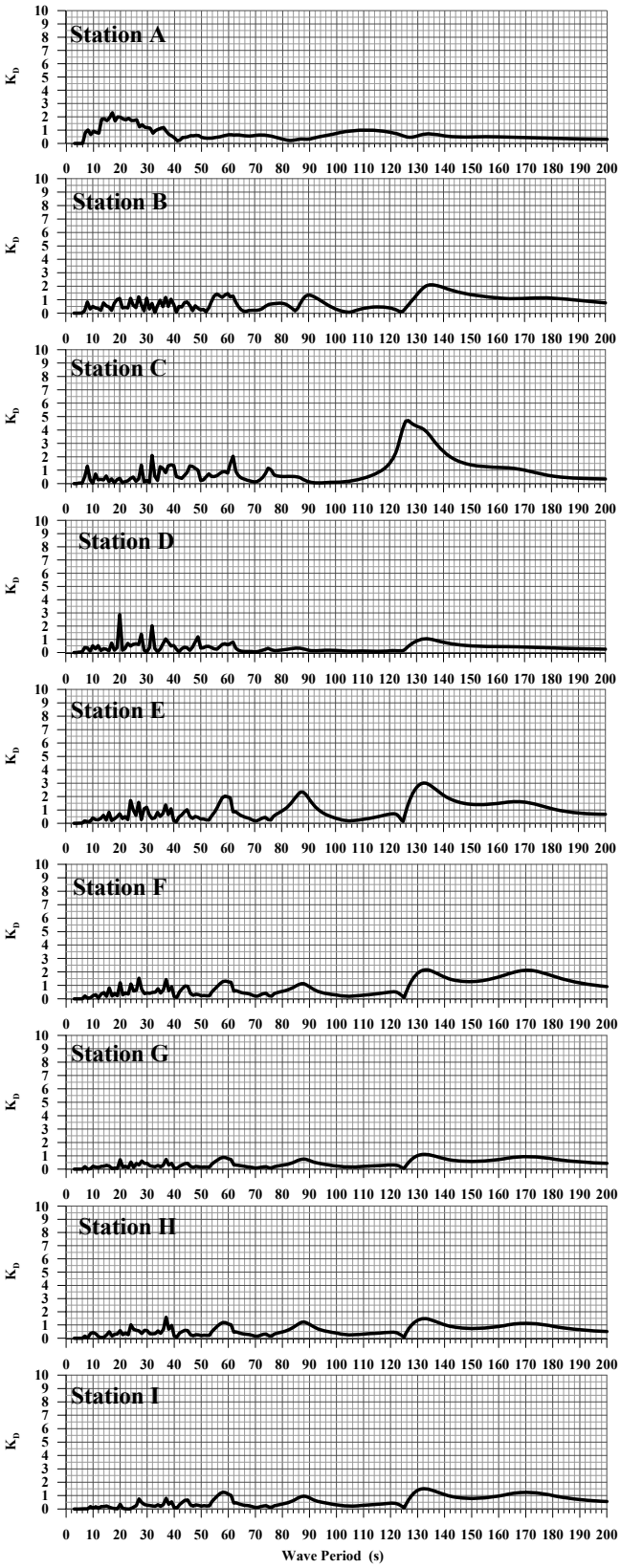
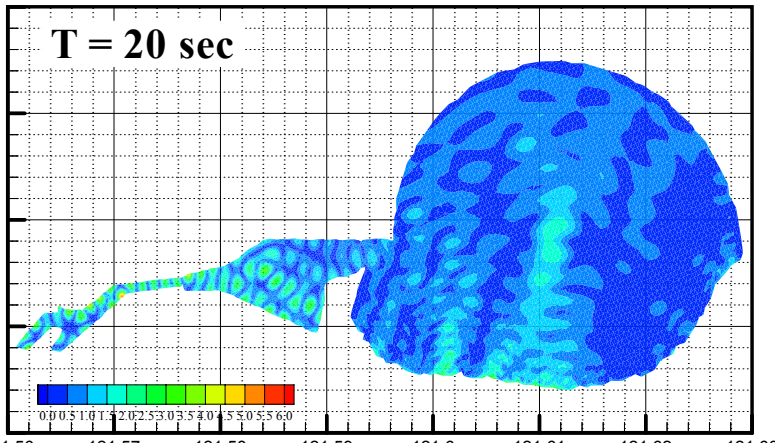
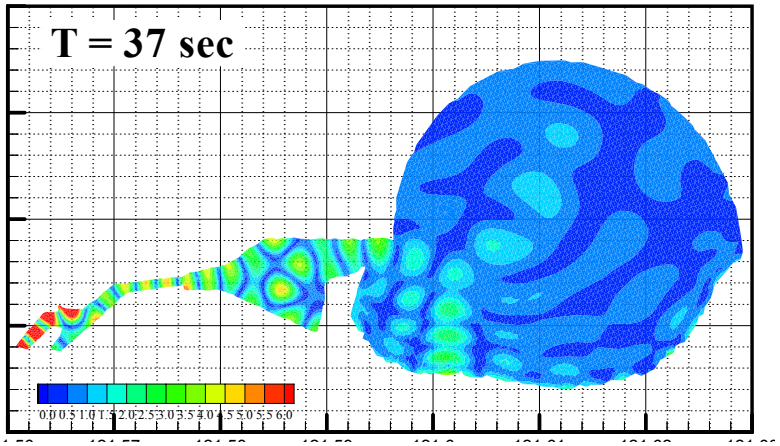


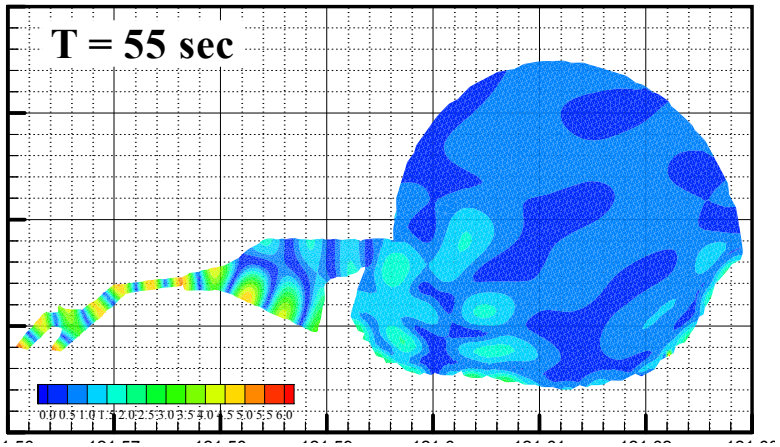
圖5.13 配置方案五，九個測站之波高增幅係數K_D曲線圖



(a) 入射波週期：20秒

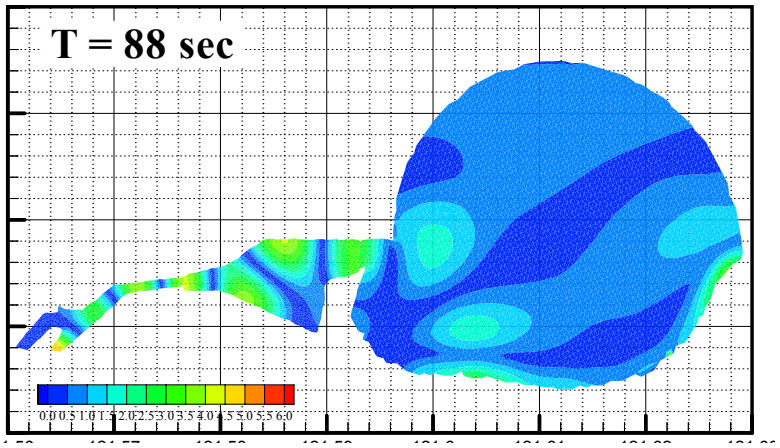


(b) 入射波週期：37秒

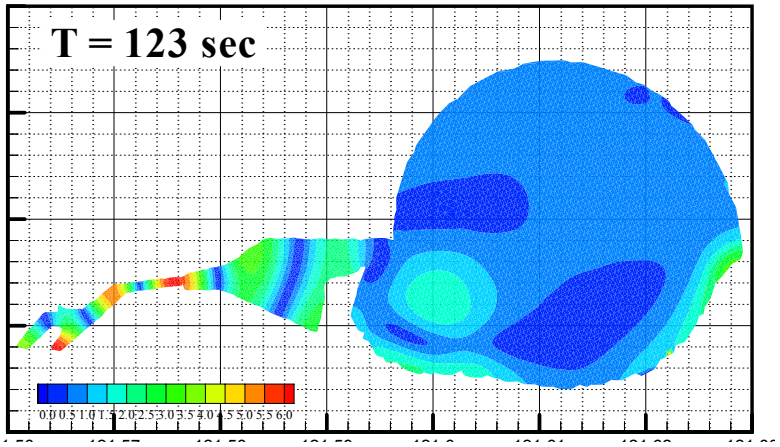


(c) 入射波週期：55秒

圖5.14 配置方案一，不同週期入射波之波高增幅係數K_D分佈圖

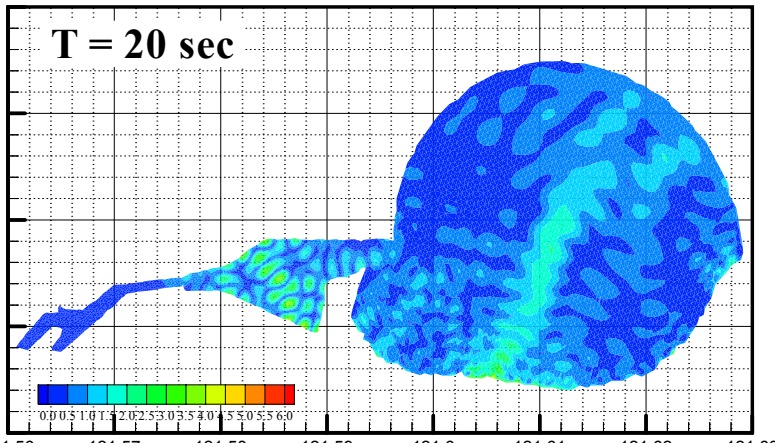


(d) 入射波週期：88秒

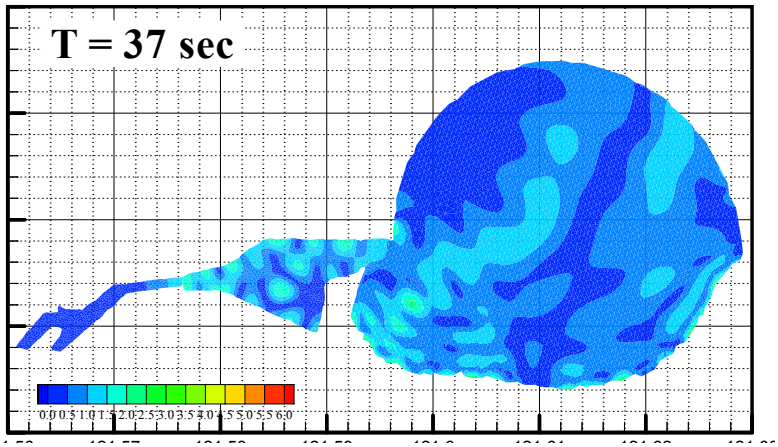


(e) 入射波週期：123秒

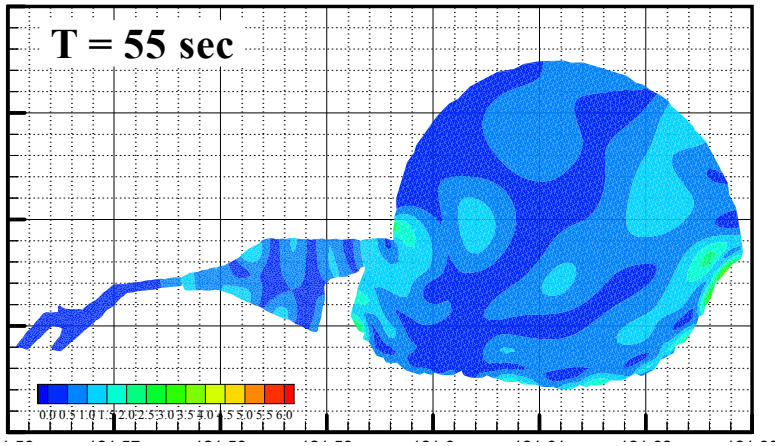
圖5.14(續) 配置方案一，不同週期入射波之波高增幅係數K_D分佈圖



(a) 入射波週期：20秒

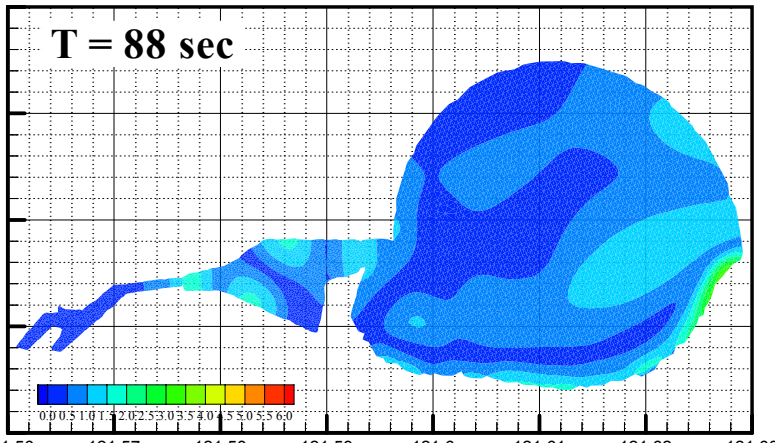


(b) 入射波週期：37秒

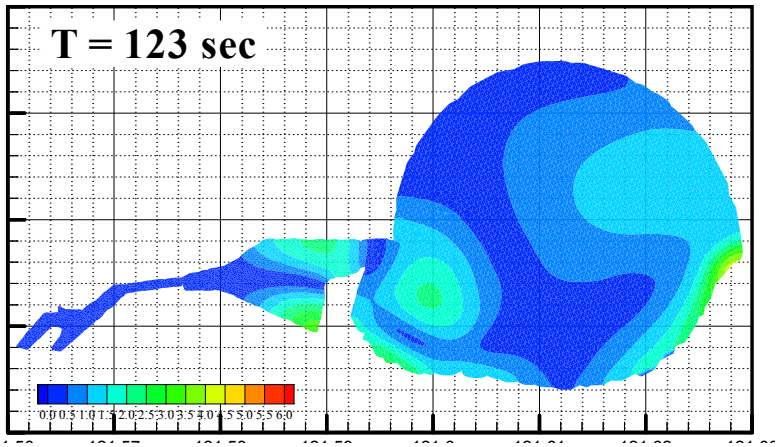


(c) 入射波週期：55秒

圖5.15 配置方案二，不同週期入射波之波高增幅係數K_D分佈圖

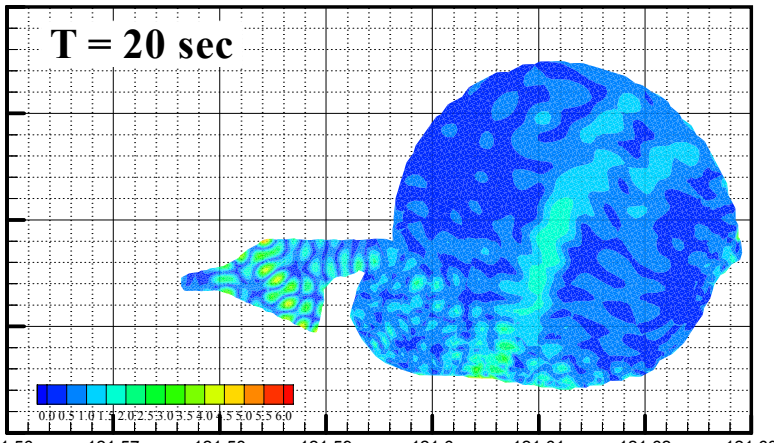


(d) 入射波週期：88秒

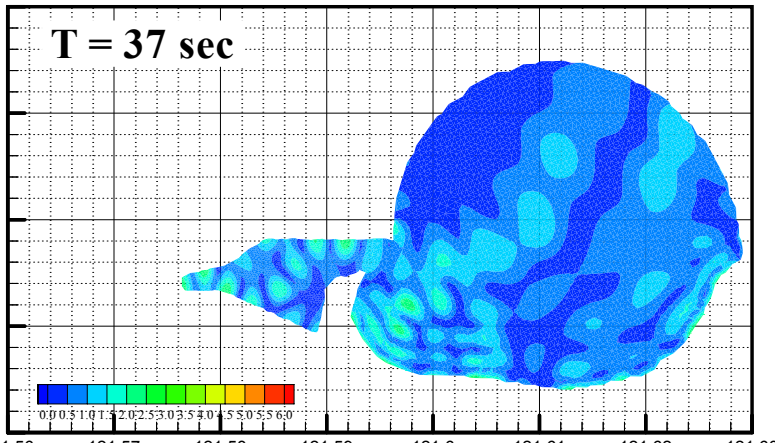


(e) 入射波週期：123秒

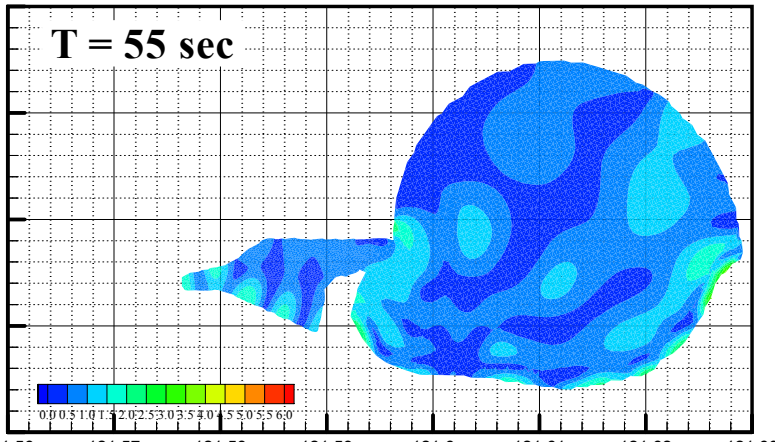
圖5.15(續) 配置方案二，不同週期入射波之波高增幅係數K_D分佈圖



(a) 入射波週期：20秒

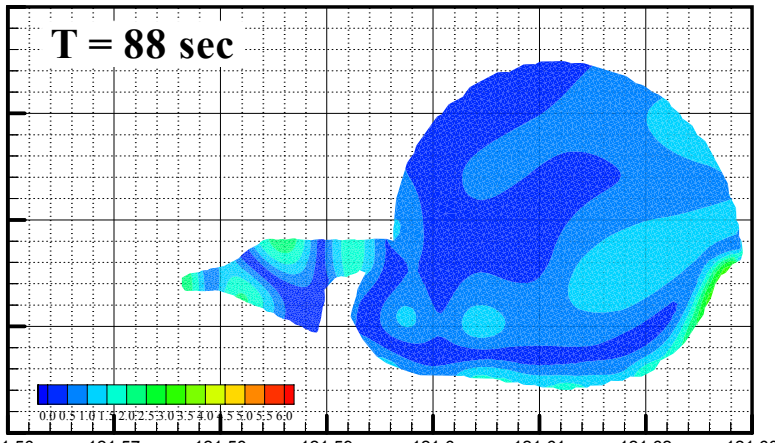


(b) 入射波週期：37秒

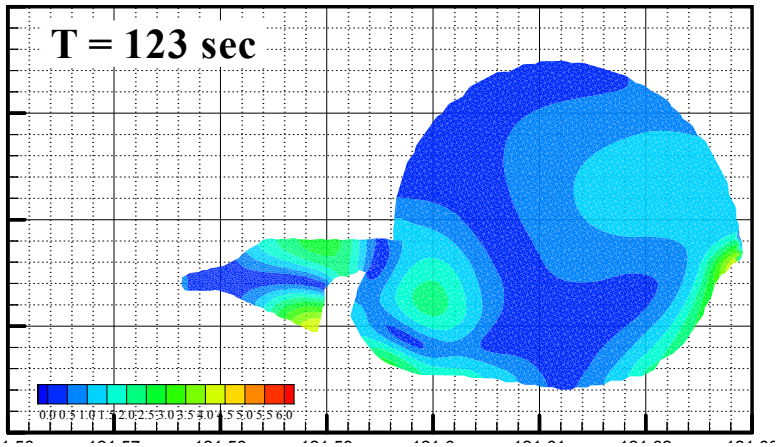


(c) 入射波週期：55秒

圖5.16 配置方案三，不同週期入射波之波高增幅係數K_D分佈圖

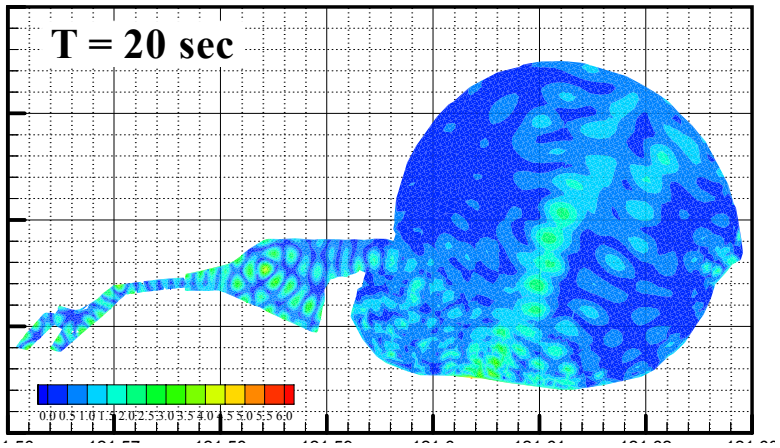


(d) 入射波週期：88秒

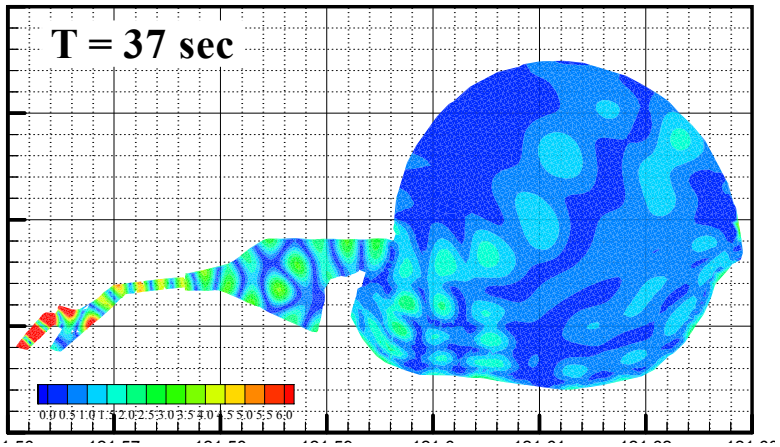


(e) 入射波週期：123秒

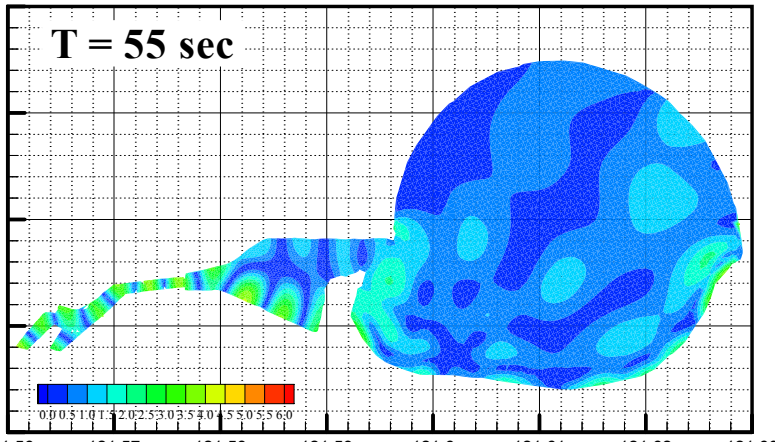
圖5.16(續) 配置方案三，不同週期入射波之波高增幅係數K_D分佈圖



(a) 入射波週期：20秒

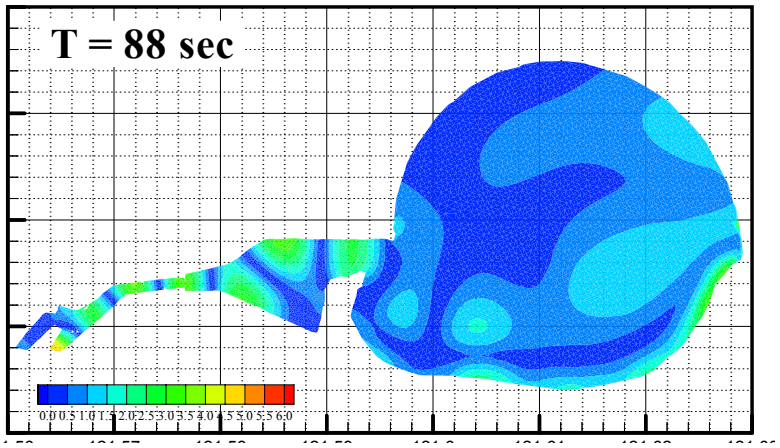


(b) 入射波週期：37秒

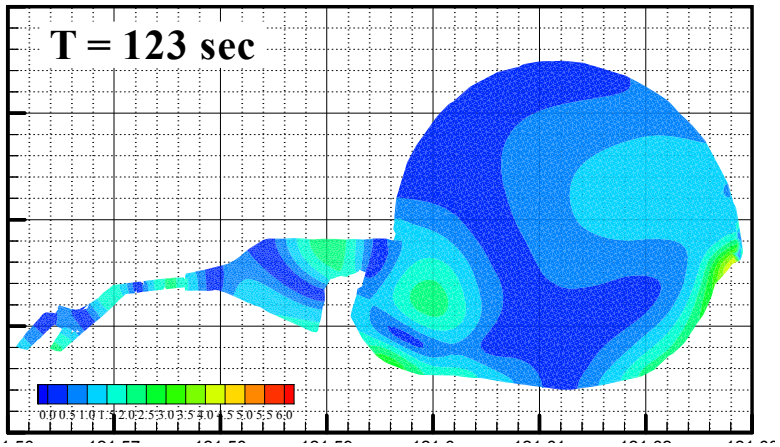


(c) 入射波週期：55秒

圖5.17 配置方案四，不同週期入射波之波高增幅係數K_D分佈圖

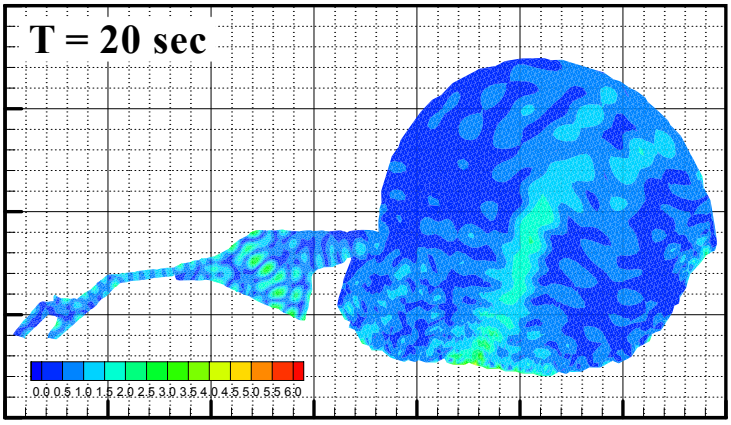


(d) 入射波週期：88秒

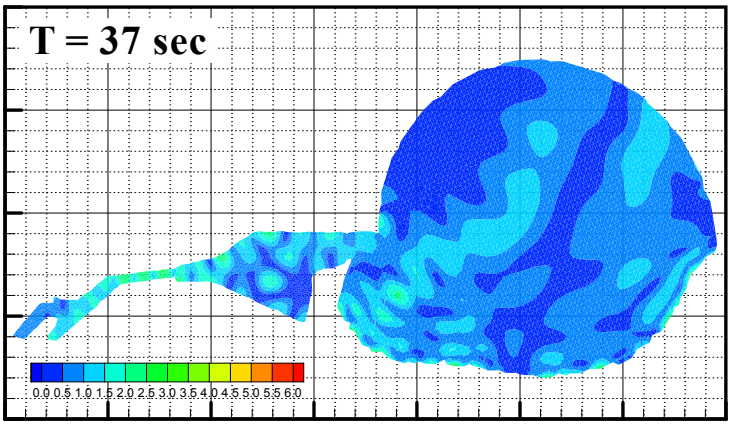


(e) 入射波週期：123秒

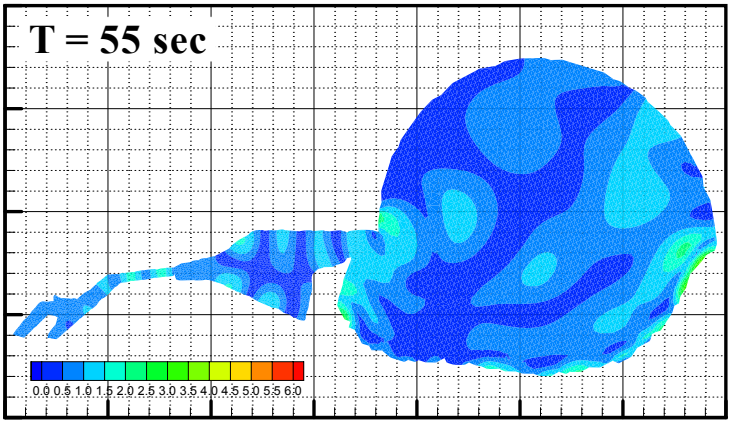
圖5.17(續) 配置方案四，不同週期入射波之波高增幅係數K_D分佈圖



(a) 入射波週期：20秒

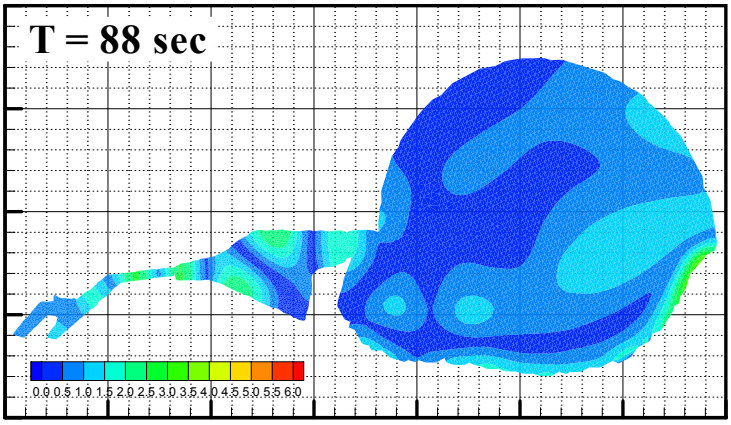


(b) 入射波週期：37秒

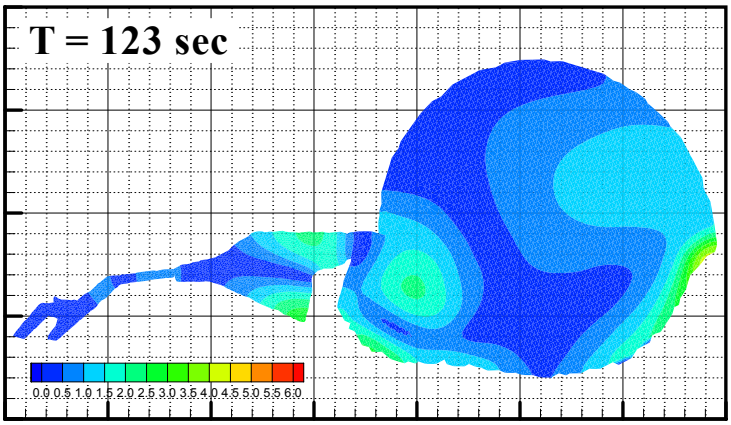


(c) 入射波週期：55秒

圖5.18 配置方案五，不同週期入射波之波高增幅係數K_D分佈圖



(d) 入射波週期：88秒



(e) 入射波週期：123秒

圖5.18(續) 配置方案五，不同週期入射波之波高增幅係數K_D分佈圖

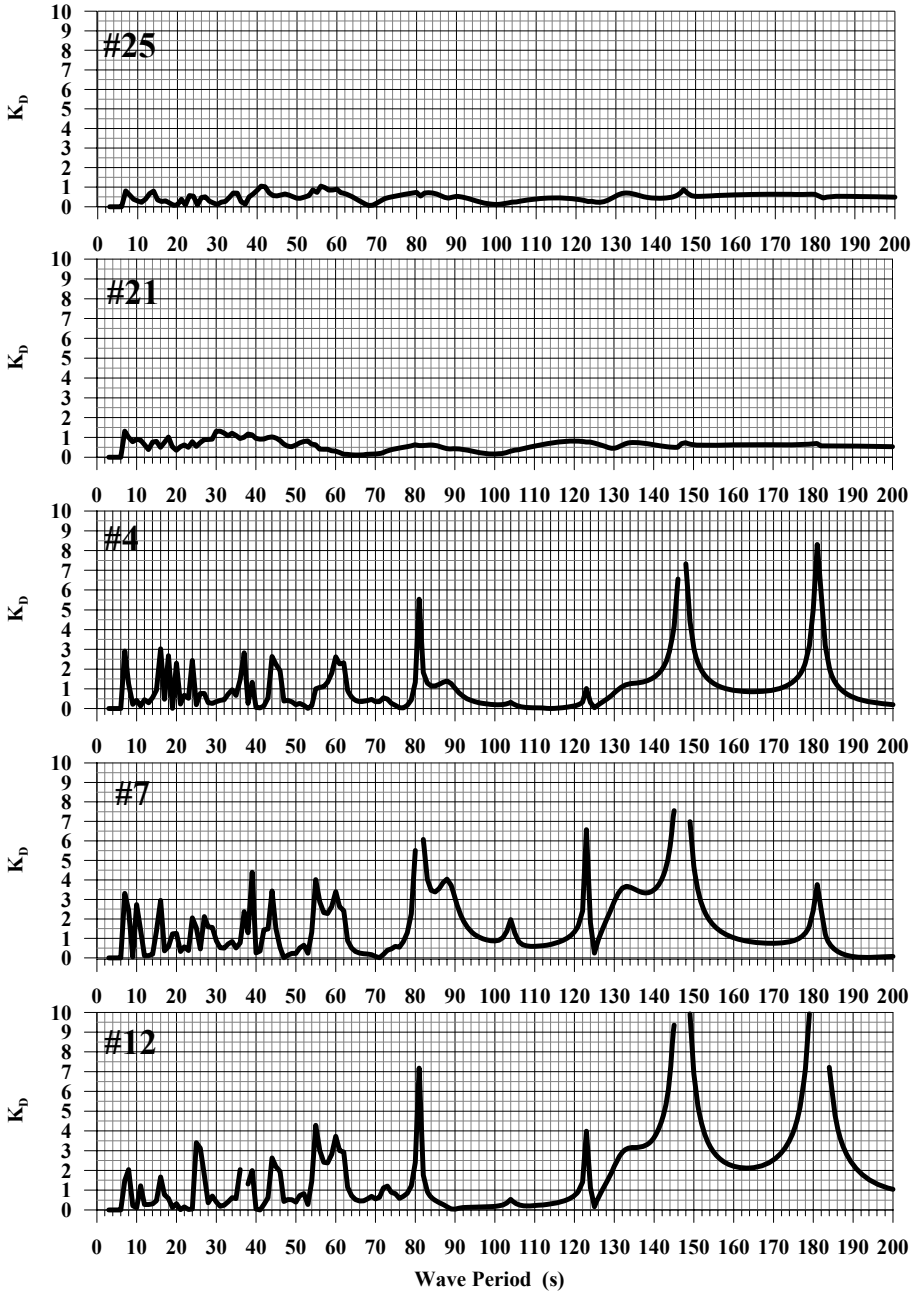


圖5.19 五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案一)

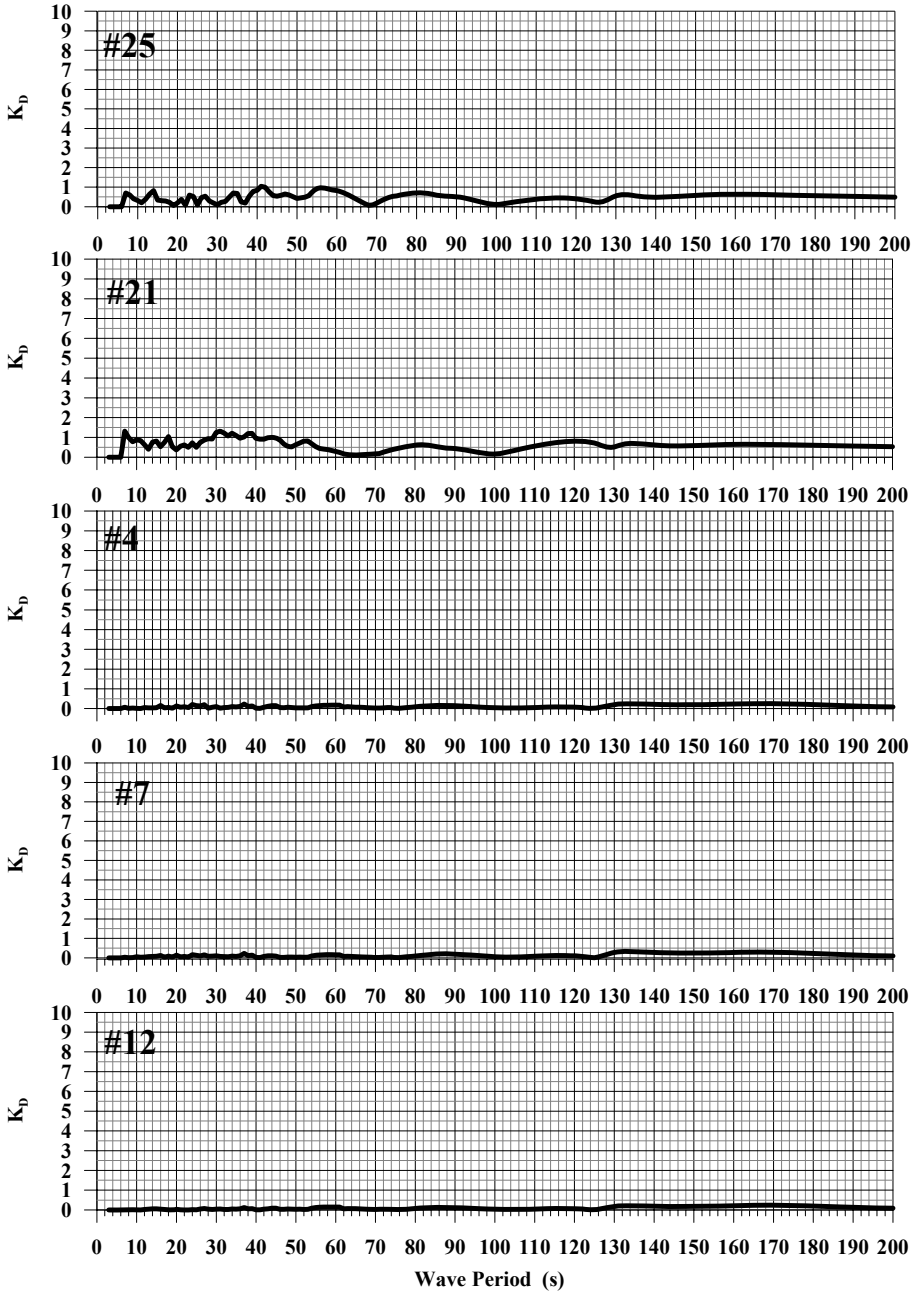


圖5.20 五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案二)

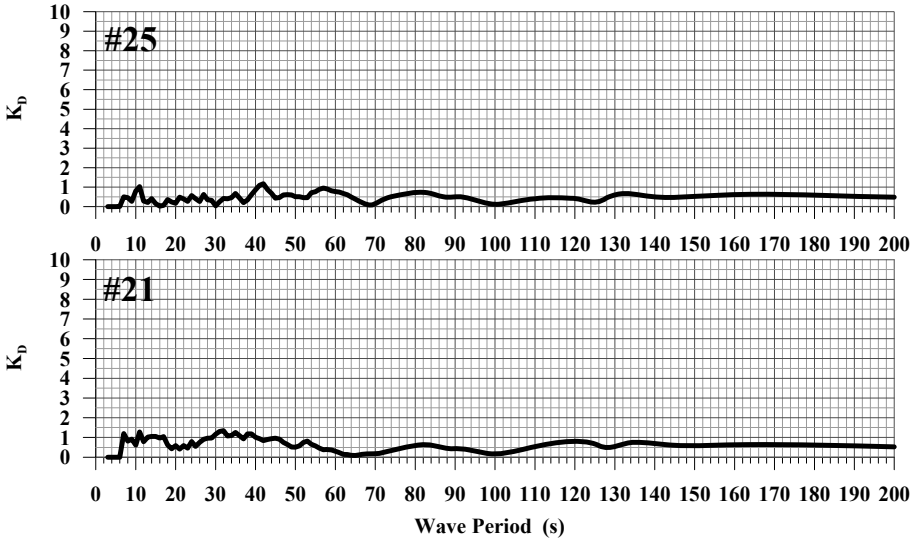


圖5.21 兩個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案三)

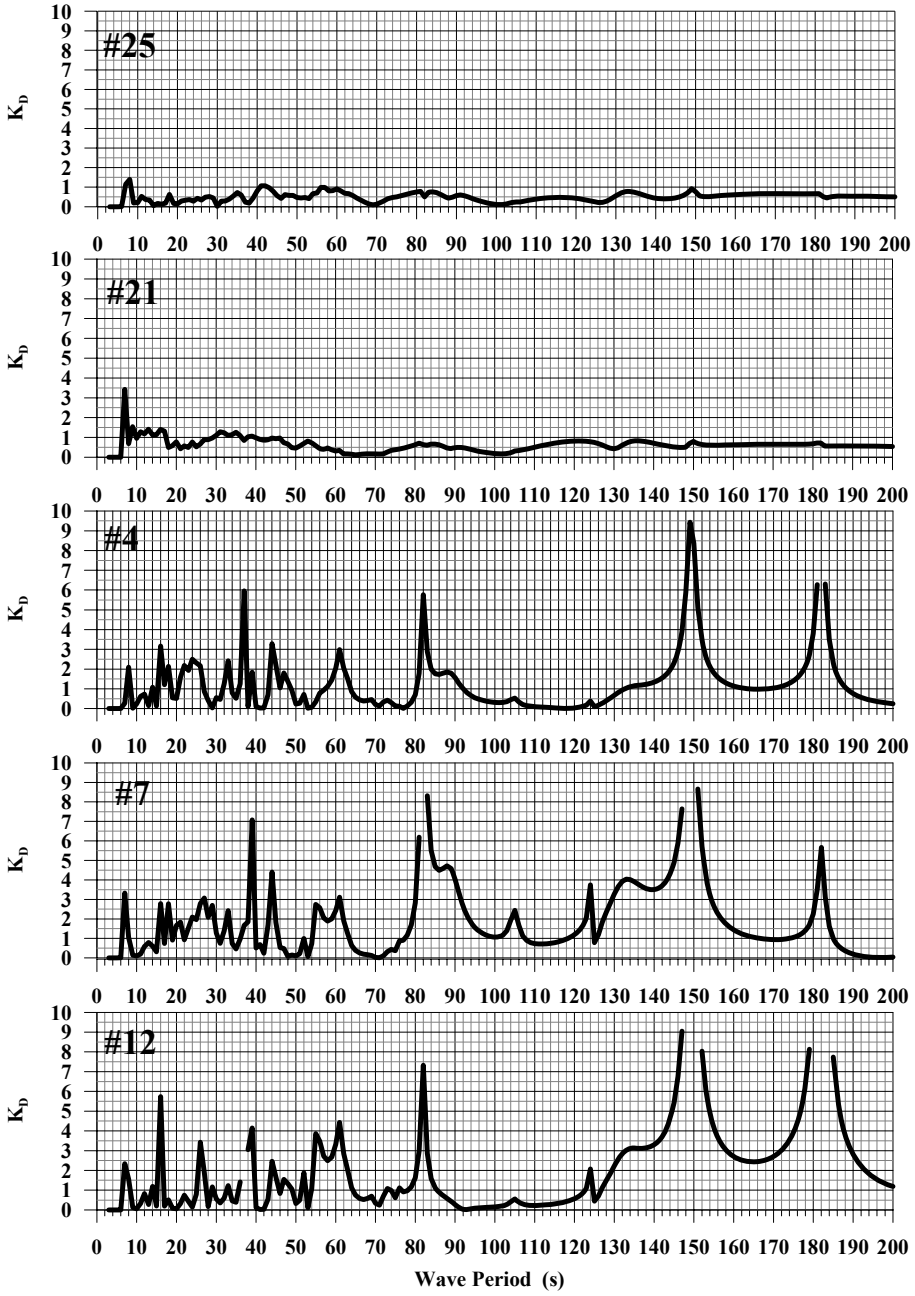


圖5.22 五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案四)

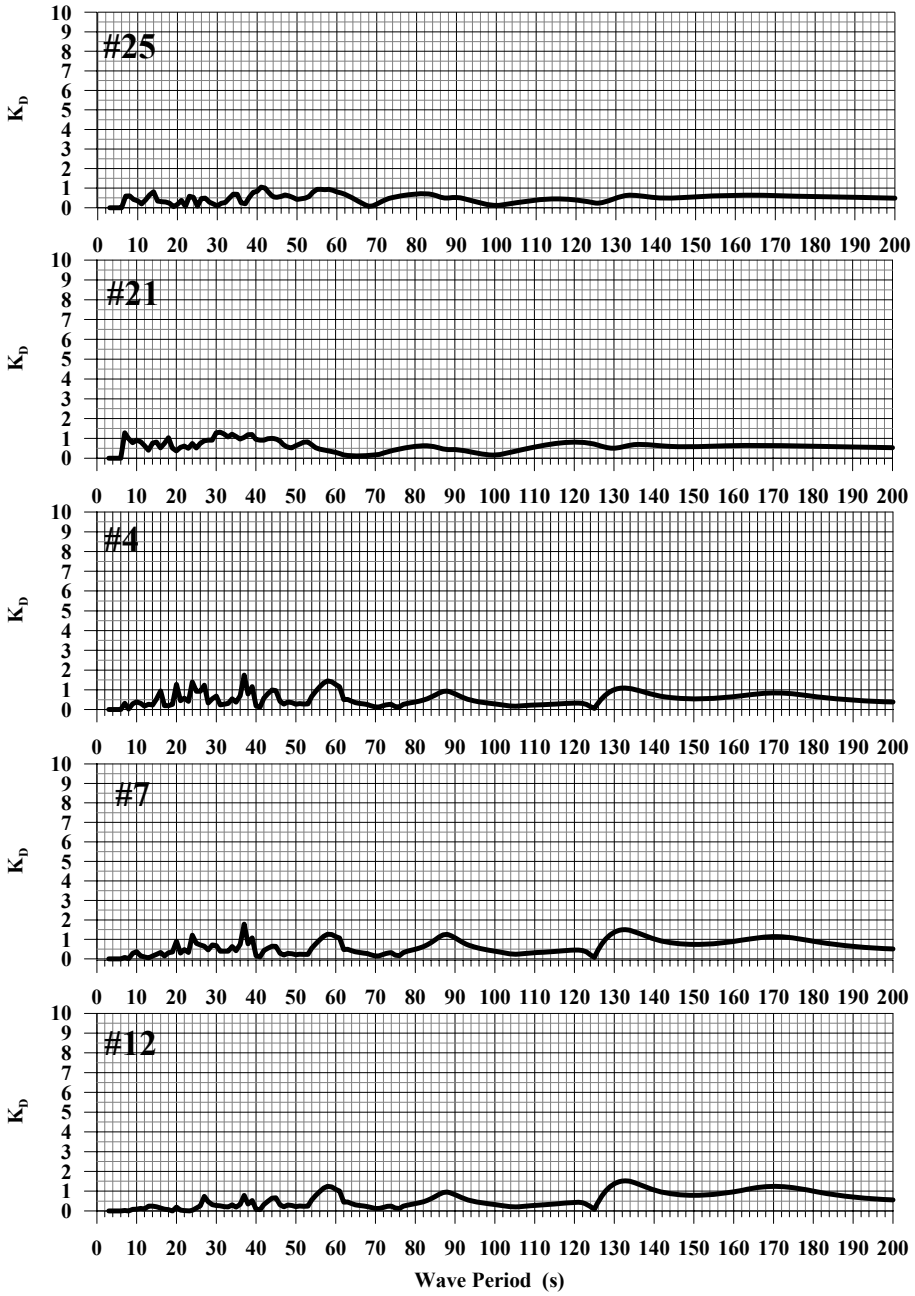


圖5.23 五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案五)

第六章　結　論

藉由數值模擬及現場觀測，本計畫對花蓮港港內長週期振盪的問題進行了大約三年的研究，今年的研究成果大致說明如下：

1. 除了持續在花蓮港內進行長期水位觀測外，也在東部海岸多個港口進行同步聯合觀測。由於資料龐大，目前尚有大量的資料需要編排適當的資料輸入格式以便進行分析。

2. 為了分析可能具有騎乘波/載波，以及非線性與非定常性波動成分的東部波浪，本計畫除了利用傳統的FFT及數值濾波技巧進行分析外也引進HHT中的EMD經驗型分解法，進行水位訊號的分析。就瑪莎颱風的水位觀測資料分析可以發現長週期的成分有隨著颱風的接近於增幅的現象。

3. 在港灣波動數值模擬方面，本計畫也先後建構了規則波、單方向不規則波，以及多方向不規則波的港灣波動模式，並進行相關的模擬及比較。此外也輸入現場的實測波譜進行測試。

4. 從現場的觀測以及數值模擬都發現花蓮港目前的港型佈置很容易羈留長週期的波動能量，因而導致長週期的振盪。

5. 在利用數值模擬探討可能的改善方案中，則發現如果能夠增加束縮航道兩側岸壁的消波能力削減進入內港水域的波浪能量，或是以臨時性防潮閘門阻絕波浪能量進入內港，都有助於改善花蓮港內的振盪問題。

未來的研究課題包含如何提升岸壁的消波能力、或者是如何建構臨時性防潮閘門，以及其波動能量削減情形，都有必要進行相關的水工模型試驗來加以驗證。

參考文獻

Baquerizo, A. and Losada, M. A.(1995), “Transfer function between wave height and wave pressure for progressive waves, by Y-Y Kuo and J-F Chiu: comments,” coastal Engineering, Vol. 24, pp.351-353.

Bergan, A. O., Torum, A. and Traetteberg, A.(1968), “Wave measurements by pressure type wave gauge,” Proceedings of the Eleventh Coastal Engineering conference, ASCE, London, Vol. 1, pp. 19-29.

Biesel F.(1982) “Second order theory of manometer wave measurement”. Proceedings of the 18th International Conference on Coastal Engineering, pp.129-135.

Bishop, C. T. and Donelan, M. A.(1987), “Measuring waves with pressure transducers,” Coastal Engineering, Vol. 11, pp.309-328.

Cavaleri, L., Ewing, J. A. and Smith, N. D.(1978), “Measurement of the pressure and velocity field below surface waves,” in Turbulent Fluxes through the Sea Surface, Wave Dynamics and Prediction, Plenum Press, New York, pp.257-272.

Cavaleri, L.(1980), “Wave measurement using pressure transducer”. Oceanal. Acta, 3(3), pp.339-945.

Chen, H. S.,(1990), “Infinite Elements for Water Wave Radiation and Scattering,” International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 11, pp.555-569.

Esteva, D. and Harris, D. L.(1970) “Comparison of pressure and staff wave gage records,” Proceedings of the twelfth Coastal Engineering Conference, ASCE, Vol. 1, pp.101-116.

Forristal, G. Z.(1982), “Subserface wave-measuring systems,” in: Measuring Ocean Waves, National Academy Press, Washington, D.C., pp.194-209.

Forristall, G.Z.(1987) “On the ststistical distribution of wave heights in a

storm". Journal of Geophysival Reserch, Vol.83, No.C5, pp.2253-2358.

Gabriel D. W. and T. S. Hedges(1986) "Effects of currents on interpretation of sub-surface pressure spectra", Journal of Coastal Engineering, Vol. 10. No.3, pp.309-323.

Grace, R.A.(1970) "How to measure waves". Ocean Ind., 5(2).pp.65-69.

Grace R. A.(1978) "Surface wave heights from pressure records". Journal of Coastal Engineering, Vol. 2. No. 1. pp.55-67.

Hameed T. S. S.(1985) and M. Baba, "Wave height distribution in shallow water". Journal of Ocean Engineering, Vol. 12, No. 4, pp.309-319.

Hom-ma, M. Horikawa, K. and Komori, S.(1966), "Response characteristics of underwater wave gauge," Proceedings of the Tenth Coastal Engineering Conference, ASCE, New York, Vol. 1, pp.99-114.

Huang, M.-C. and Chen, J-Y.(1998), "Wave direction analysis from data buoys," Ocean Engineering, Vol. 25(8), pp.621-637.

Huang, M.-C.,(2001), "Comparison of pressure transfer functions," 海洋工程學刊，第1 卷，第1 期，第23-34 頁

Lee, D.-Y. and Wang, H.(1984), "measurement of surface waves from subsurface gage," Proceedings of the Nineteenth Coastal Engineering Conference, ASCE, Tokyo, Vol. 1, pp.271-286.

Lin, J. G.,(1995), "Statistical Properties of Wave Conditions in Harbors," Department of Civil Engineering, North Carolina State University, USA.

Nielsen P.(1986), "Local approximations: A new way of dealing with irregular waves". Proceedings of the 20th International Conference on Coastal Engineering, pp.633-646.

Seiwell, H.R.(1947), "Investigation of underwater pressure records and simultaneous sea surface patterns", Trans. Am. Geophys. Union, Vol.28, pp.722-724.

Wang H., D.-Y. Lee and Allen Garcia(1986), "Time series surface-wave

recovery from pressure gage". Journal of Coastal Engineering, Vol. 10, No.4, pp.379-393.

郭一羽(1983), "不規則波浪水中波壓特性的研究", 中國工程學刊第六卷第一期, pp.1-8。

簡仲璟、郭一羽、黃啟天(1990), "水中波壓與水位變化之相關係研究", 第十二屆海洋工研討會論文集，pp.336-351。

邱永芳、郭一羽、簡仲璟(1993), "海洋波浪之波高與波壓間的轉換函數", 港灣技術第八期，pp.69-85。

張金機、曾相茂(1993),「花蓮港港池不穩靜初步調查研究」, 第15屆海洋工程研討會，第489~502頁。

黃家祥(1993), "水中波壓之實驗研究", 國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。

張金機、曾相茂(1995),「花蓮港港池不穩靜初步調查研究」, 第17屆海洋工程研討會暨兩岸港口及海洋工程研討會，第131~143頁。

蘇青和、陳明宗(1995),「花蓮港港池之共振特性探討」, 第17屆海洋工程研討會，第113~128頁。

張炯殷(1995), "現場觀測的水中波壓轉換為水面波浪之研究", 國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。

簡仲璟、邱永芳(1996),「花蓮港港灣設施改善計畫之研究-模型試驗」, 專刊127號，交通處港灣技術研究所。

張金機(1996),「花蓮港港灣設施改善計畫之研究-綜合改善方案」, 專刊131號，交通處港灣技術研究所。

曾相茂、簡仲璟(1996),「花蓮港海域海象現場調查與分析」, 花蓮港港池振盪及其改善方案研討會，第31~59頁，交通處港灣技術研究所。

蘇青和、蔡丁貴、張金機(1996),「花蓮港港灣設施改善計畫之研究-

數值模擬」，專刊128號，交通處港灣技術研究所。

林炤圭、陳炫杉(1996)，"外海底床坡度在港灣波動模擬上的影響"，第18屆海洋工程研討會，pp.55~62。

曾相茂(1998)，「台灣海域海岸現象調查與及時回報系統建立之應用研究」，87-研(三)，交通處港灣技術研究所。

簡仲璟、曾相茂(1999)，「花蓮港颱風波浪特性研究」，第21屆海洋工程研討會，第55~62頁。

蕭松山、王昭文、方惠民、陳建興(2000)，「雙互換邊界元素法解析花蓮港港池波動問題」，第22屆海洋工程研討會，第327~334頁。

莊文傑(2000)，「亞重力波與花蓮港之波動共振」，港灣報導，第54期，第26~33頁，交通處港灣技術研究所。

莊文傑、江中權(2000)，「亞重力波引起花蓮港之共振機制與對策」，第22屆海洋工程研討會，第578~585頁。

邱永芳、蔡金吉、張金機(2000)，「花蓮港商漁港分道與港池穩靜水工模型試驗研究-水工模型試驗報告」，MOTC-IOT-IHMT-CE- 8801，交通處港灣技術研究所。

李兆芳(2001)，「港池振盪之數值模擬計算」，2001海洋數值模式研討會，第4-1~4-20頁。

李兆芳、劉正琪、張憲國(2001)，「港池振盪之數值模擬計算」，海洋工程學刊，第一卷第一期，第1~22頁，海洋工程學會。

郭一羽、林明儀、曾相茂(2002)，「花蓮港池振盪現象的探討」，海洋工程學刊，第二卷第一期，第55~71頁，海洋工程學會。

邱永芳、蔡瑤堂、張富東、蔡金吉(2003)，「花蓮港商漁分道之可行性研究」，第25屆海洋工程研討會，第897~902頁。

邱永芳、蔡金吉、張富東(2003)，「花蓮港長浪防治之試驗研究」，第

25屆海洋工程研討會，第655~660頁。

張憲國、林立青(2003),「花蓮港港池振盪之頻率與振幅辨識模式」,第25屆海洋工程研討會，第103~110頁。

蘇明陽(2003),「花蓮港港池振盪入射波種類之探討及建議」，第25屆海洋工程研討會，第917~923頁。

陳松輝(2003),“水中波壓與水面波浪間轉換函數之研究”，成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。

邱永芳、林炤圭、簡仲璟(2004), ”花蓮港長浪特性試驗研究”， 海洋工程學刊，第4 卷，第1 期，第89頁~第121頁。

涂宗男(2005),“不規則波作用下港灣波動之數值分析研究”，海洋大學河海工程學系碩士論文。

第二子計畫

港灣環境資訊網規劃與建置維護(2/3)

著者：林廷燦、簡仲璟、陳明宗、劉清松

第二子計畫目錄

圖表目錄

第一章 緒論

1.1 計畫背景與目的

台灣為海洋之島人民生活與及開發「海洋資源」、「發展航運」等均需長期收集可靠之「海氣象」及「港灣水理」資料作為依據。目前港灣自然環境資訊是以提供港區觀測站所量測到之該測點即時資訊，並非港區全面式的即時資訊，船舶在進出港的航行中常因港灣結構物的影響，而有局部性的效應產生，此對船舶進出港的操航安全有極大之影響。

現階段海氣象資訊提供少數觀測點資訊，並且整合即時觀測與數值模計算結果建立具有全面性、即時性與預測性之港區環境資訊(港灣環境資訊網站)，同時與船舶交通服務系統連結(台中港 AIS 系統)，以提供給港灣管理單位、船長、引水人等，使其對港區之自然環境狀況能有較確實完整的掌握是本計畫最大之目標。

95 年港灣技術研究中心（以下稱本中心）『港灣環境資訊網規劃與建置維護(1/3)』計畫已完成：

一、擴充建置及維護一個由關聯式資料庫管理系統所構成的海情資料庫，以彙整現場觀測（五個國際港）及數值模擬計算所得之港區附近海域海象預報資訊，包括風速、風向、潮位、波高、週期、流速及流向等。

二、海氣象觀測子系統及數值預報子系統之系統整合介面控制軟體擴充。

三、港區地震觀測子系統之整合介面控制軟體建置。

四、建置高雄港即時影像監視及傳輸通訊系統，並可透過網頁查看即時影像及作選擇性自動錄影與歷史影像查詢規劃。

五、擴充建置港灣環境資訊管理系統，以確保整體系統運作之穩定

性、資料品質可靠性以及系統保密與安全性。

六、擴充建置港灣環境即時資訊展示系統之查詢及資訊下載網站，透過資訊網路即時提供給港灣管理單位、國內外船舶業者及相關研究人員查詢及下載。

1.2 研究內容與工作項目

本計畫預定執行三年，今年為計畫第二年主要工作項目包括：

一、海情資料庫維護，以穩定系統持續彙整現場觀測及數值模擬計算所得之港區附近海域海象預報資訊，包括風速、風向、潮位、波高、週期、流速及流向等。

二、海氣象觀測子系統及數值預報子系統之系統整合介面控制軟體功能提昇擴充。

三、試作港區附近海域海流流場預報資訊資料動畫展示及 GIS 應用於本系統之可行性評估。

四、PDA 版港灣環境資訊網頁開發。

五、規劃建置高雄港即時影像監視及傳輸通訊系統，並可透過網頁查看即時影像及作選擇性自動錄影與歷史影像查詢。

六、維護擴充建置港灣環境資訊管理系統，以確保整體系統運作之穩定性、資料品質可靠性以及系統保密與安全性。

七、系統規劃設計書、系統建置報告書、系統操作及維護手冊等文件更新，系統管理人員操作訓練課程（32 小時）。

1.3 預期成果、效益及應用

一、年度工作重點

(一)結合系統流程與 Web Services 技術，建置網際網路海氣象流程整合應用系統。

(二)提昇系統維運能力的支援及解決分散式流程管理的關鍵議題。

(三)建置及維護由關聯式資料庫管理系統所構成的海情資料庫。

(四)海氣象觀測子系統及數值預報子系統整合介面控制軟體擴充。

(五)規劃花蓮港即時影像監視及傳輸通訊擴充系統，並可透過網頁查看即時影像。

二、預期成果、效益及應用

(一)港灣環境資訊內容具全面性、一致性、流通性及方便性，同時達到資訊整合、精確與即時之目的。

(二)建立國內各主要港口「港灣環境資訊系統」之查詢下載網站，隨時提供各相關單位參考，以提昇港埠營運效能。

(三)整合港區附近海域涵蓋面式海象預報資訊及現場海氣象觀測即時資料，提供給船舶交通服務系統，以增進船舶近出港操航安全。

(四)提供各種可能發生之惡劣環境條件下的港灣水理特性，以快速研擬突發狀況之緊急因應對策。

第二章 研究方法與進行步驟

2.1 研究方法

本計畫實際為相關系統開發、功能新增及資訊相關之技術應用規劃與系統整合，工作方法包括相關系統技術分析與探討、資料收集與整理、資訊系統設計與規劃、系統分析與設計等，分別敘述如下：

一、海情資料庫系統

主要工作為海情資料庫維護以穩定系統持續彙整現場觀測及數值模擬計算所得之港區附近海域海象預報資訊，包括風速、風向、潮位、波高、週期、流速及流向等。

二、近岸數值模擬資料庫

主要工作為海氣象觀測子系統及數值預報子系統之系統整合介面控制軟體功能提昇擴充等。

三、港灣環境資訊系統主要工作為：

(一)試作港區附近海域海流流場預報資訊資料動畫展示

(二)地理資訊系統(GIS)應用於本系統之可行性評估。

(三)PDA 版港灣環境資訊網頁系統開發。

四、即時影像系統主要工作為：

(一)規劃擴充建置花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統規範。

(二)配合花蓮港港池共振改善計畫，影像監控系統技術支援等。

(三)新增影像部份於港灣環境資訊網，系統整合開發可透過網頁查看即時影像及作選擇性自動錄影與歷史影像查詢。

2.2 進行步驟

依據上述之工作項目，本計畫進行之程序可分為以下步驟，如下圖 2-2-1 所示：

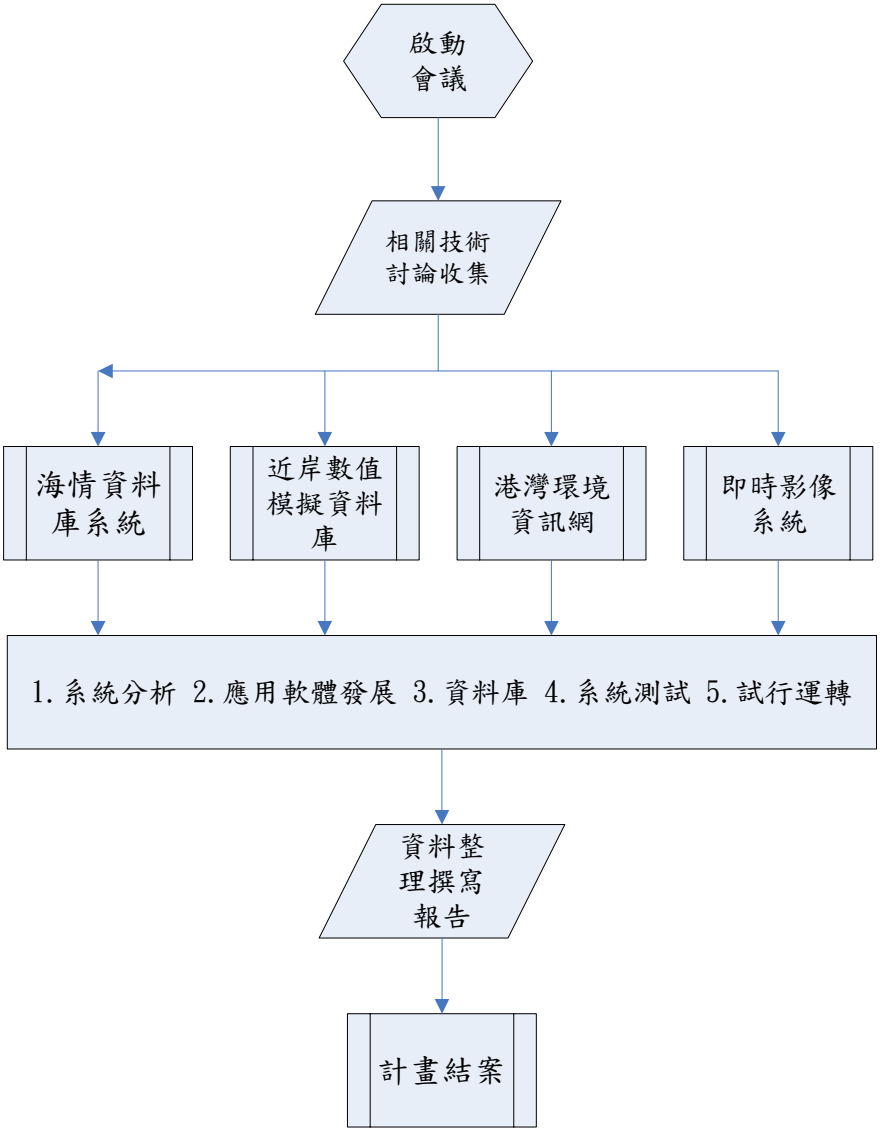


圖 2-2-1 計畫進行步驟流程圖

計畫建置工作流程包括：

一、海情資料庫系統

主要工作為海情資料庫維護以穩定系統持續彙整現場觀測及數值模擬計算所得之港區附近海域海象預報資訊，詳細工作內容分述如下：

(一)維護由關聯式資料庫管理系統所構成的海情資料庫，以彙整現場觀測（五個國際港）及數值模擬計算所得之港區附近海域海象預報資訊，包括風速、風向、潮位、波高、週期、流速及流向等。

(二)資料庫內歷史資料收集率分析，以探討整體作業流程、資訊應用系統穩定度，並予以系統改善及有效資料回補等。

二、近岸數值模擬資料庫

主要工作為海氣象觀測子系統及數值預報子系統之系統整合介面控制軟體功能提昇擴充等。

95 年配合本中心另案所進行之「近岸數值模擬系統之建立(2/4)」計畫，由海情中心提供海氣象觀測即時數值資料至數值推估預報系統指定主機。

配合數值模擬系統所推估完成之數值時間，定時讀取推估數值檔案。現有數值模擬計算所得資料已有水位、波高、週期、波向、風速、風向等資料。本年度詳細工作內容分述如下：

(一)資料收集問題發生之標準作業程序建立以增強系統之穩定度。

(二)即時觀測資料與數值模擬計算所得資料落差探討及改善。

三、港灣環境即時資訊展示系統

主要工作為：

(一)試作港區附近海域海流流場預報資訊資料動畫展示

(二)地理資訊系統(GIS)應用於本系統之可行性評估。

(三)PDA 版港灣環境資訊網頁系統開發。

四、即時影像監視及傳輸系統

主要工作為：

(一)規劃建置花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統。

(二)配合花蓮港港池共振改善計畫，影像監控系統技術支援等。

(三)新增影像部份於港灣環境資訊網，系統整合開發可透過網頁查看即時影像及作選擇性自動錄影與歷史影像查詢。

2.3 資訊應用系統架構

港灣環境即時資訊網站系統架構共區分為：海情資訊系統、GSN-VPN 網路、資訊應用系統及資訊供應鏈等三部份，各系統架構如下說明：

一、海情資訊系統

情資訊系統最主要進行工作：

1. 資料讀取、格式解析。

2. 提供資料庫系統查詢。

3. 網頁展示服務。

4. 其他應用系統等服務。

整體海情資訊系統架構設備計有網頁伺服器、資料庫伺服器、影像伺服(含 DAS 儲存設備)、資料轉檔伺服器及備份伺服器等，其架

構如下圖 2-3-1 所示：

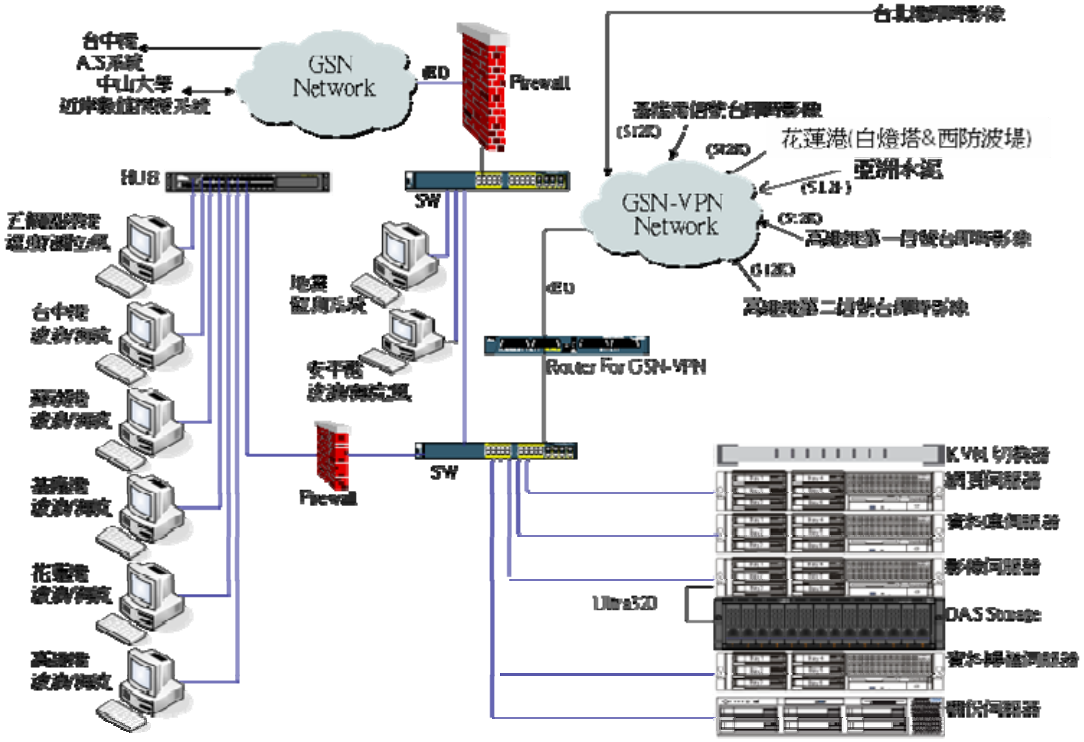


圖 2-3-1 資訊系統架構圖

二、GSN-VPN 網路

GSN-VPN 最主要是要提供影像系統傳輸、控制使用，本中心可透過 GSN-VPN(E1)可控制基隆港、花蓮港(白燈塔及西防坡堤)、花蓮港(亞洲水泥樓頂)、高雄港第一信號台及第二信號台傳輸即時影像，本中心其他專案所建置之台北港亦於去年底移轉至 GSN-VPN 同一群族網路內共享 E1 頻寬。

三、 資訊應用系統

資訊應用系統主要是提供網站網頁展示服務、報表元件及其他應用系統等服務。

(一) 網站網頁展示服務

網站主要採用 Microsoft Internet Information Server 作為網路伺服器並加上 Microsoft SQL 2000 Server 資料庫伺服器組織成基礎架構。

網際網路連結伺服器端與使用者，採用 Microsoft Windows 2003 作業系統與 Microsoft SQL 2000 Server 資料庫，加上 ASP .Net 處理網頁資訊，使用者端只要連上網際網路，利用瀏覽器便可瀏覽整個網站。

本專案系統開發時所使用之軟體工具如下圖 2-2-2 所示：

1.Web Site：以 Microsoft ASP .Net 為主。

2.Server Site：以 Service Component Microsoft C#為主。

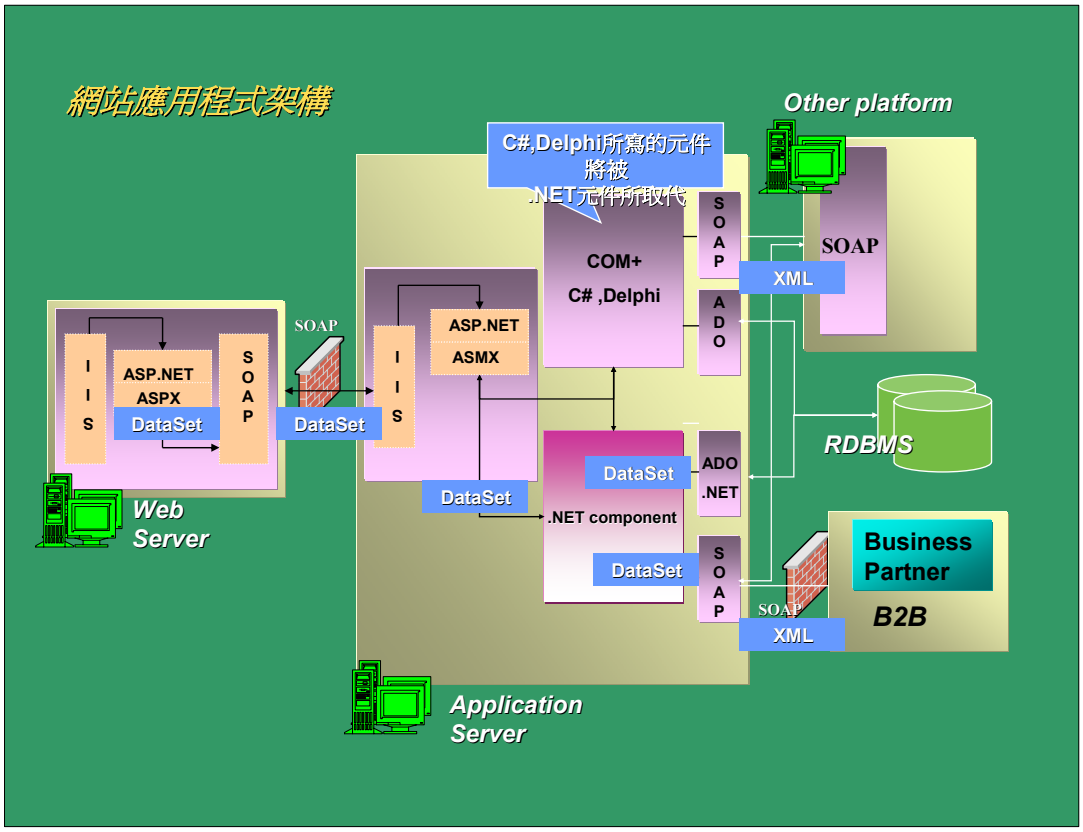


圖 2-3-2 軟體開發工具架構圖

(二)報表元件

Crystal Reports®是世界標準的企業報表工具，協助使用者設計、管理以及發佈報表在企業網站或企業應用軟體上，它可提供企業一個紮實的商業智慧策略(Business Intelligence Strategy) 起始點，將零散且需要的資訊透過高效能的報表格式，安全且快速的提供給企業內部或外部的使用者。

Crystal Reports XI 特色:

- 快速擷取個人及企業資料掌握企業及產業脈動。
- 可快速取得動態的資料分析。
- 降低軟體開發整合報表功能的困難度,CRXI 支援多程式語言 。
- 彈性控制資料的呈現方式以及格式，利於決策執行。
- 透過網站發佈高安全性、彈性、豐富功能的互動性報表。
- 彈性化的應用程式發展方式:發展人員可以獲得在 Java、.NET 與 COM 等技術上的跨平台支援能力。
- 提供在 web/server 應用系統中進行報表建立與整合性開發支援
- 提供由個人或企業資料來源進行報表建置

Crystal Reports XI New Features

(1)相依性檢測 (Dependency Checker)：快速找尋連結與公式錯誤以及資料相依性的問題以提升品質管理。

(2)Editable Data Export：可將報表內容匯出成 Excel、RTF、PDF、Word 讓使用者更容易自行修改。

(3)智慧圖型(Intelligent charting)：自動選擇最適合圖表格式來呈現您的資料。

(4)增加資料存取模式：提供可透過 Oracle, DB2, Sybase, NCR, SQLServer, MySQL, MS Access, ODBC, JDBC, OLEDB, XML, Javabean, ADO.NET, COM, MS Excel, MS Exchange, Informix, Pervasive SQL, Lotus Notes, ACT!6, Borland Database Engine, Text, File System, xBase, MS Outlook, NT Event Log, Microsoft IIS Log, Web Log, Business Objects universes 進行資料存取

(5)增強視覺化設計工具(Visual Designer)：使用直覺的使用者介面以及簡單的設計工具來設計報表。

(6)動態與層疊提示 (Dynamic and Cascading Prompts)：滿足所有使用者透過同一張報表來動態展示不同的需求。此外使用者可以建立屬於自己所需的報表與資料。

(7)HTML 預覽(HTML Preview)：在將報表公佈到網站前可透過 HTML Preview 功能瀏覽並修改資料。

(8)寶庫瀏覽器與工作檯 (Repository Explorer and Workbench)及友善的開發介面，同時呈現時程表、管理以及安全性等相關資訊，增加生產力。

第三章　計畫執行成果

3.1 各期計畫進行工作項目

本計畫進行共計區分為以下預定查核點：契約訂定、期中報告初稿、期末報告初稿及繳交各項報告及相關文件等共四階段。

一、契約訂定：已於 96 年 03 月 01 日完成。

二、期中報告初稿：已於 96 年 6 月 27 日完成。

已完成工作項目：

(一)海情資料庫系統維護 1/2。

(二)港灣環境資訊網：

1.PDA 版港灣環境資訊網頁系統開發。

2.海氣象即時觀測簡訊系統開發。

3.海氣象即時觀測傳真系統開發。

(三)即時影像監視及傳輸系統：

1.花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統擴充現勘。

2.規劃花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統建置規範。

三、期末報告初稿：預定於 96 年 10 月 29 日前完成。

已完成工作項目：

(一)海情資料庫系統維護 2/2。

(二)港灣環境資訊網：

1.試作港區附近海域海流流場預報資訊資料動畫展示：

(1)Gnuplot 軟體試作。

(2)Surfer Suite 8.0 3D 科學繪圖軟體試作。

(3)海氣象即時觀測統計圖表系統開發

- 直方圖(histogram) 試作。
- 玫瑰圖試作。

2.地理資訊系統(GIS)應用於本系統之可行性評估：

(1)風速風向(風標表示)圖試作。

(2)溫度(等溫色區表示)圖試作。

(三)即時影像監視及傳輸系統：

1.花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統建置驗收技術支援。

2.新增影像部份於港灣環境資訊網，系統整合開發可透過網頁查看即時影像及作選擇性自動錄影與歷史影像查詢。

3.2 海情資料庫系統

主要工作為海情資料庫維護以穩定系統持續彙整現場觀測及數值模擬計算所得之港區附近海域海象預報資訊，現況分析與工作說明如下：

3.2.1 海氣象即時觀測資料

海氣象即時觀測資料來源於岸上及海上儀器資料收集工作站上的波浪、海流、風力、潮汐及溫度觀測資料。資料透過系統自動進行資料讀取、格式解析及品管程序建立至海情資料庫系統(關聯式資料庫)中，系統功能流程如下圖 3-2-1 所示：

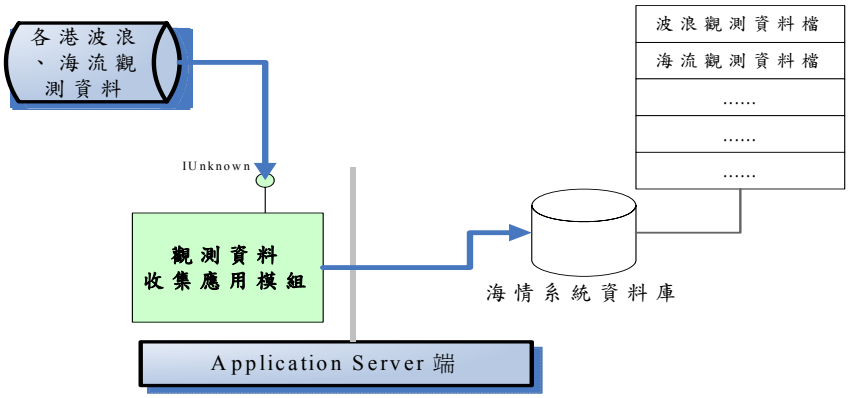


圖 3-2-1 觀測資料收集作業示意圖

3.2.2 海氣象即時觀測資料品管作業

為確保資料之正確性，本系統已建置完成資料篩檢管理，提供第一段之資料把關作業。

海氣象資料收集流程即透過網路向相關海氣象監測站，依不同格式擷取目標資料，相關資料並透過品管程式藉由系統管理員對於資料

收集方式進行設定，由系統依固定週期時間逕向工作站進行資料收集與排程，並依據品管設定排除異常資料，並通知管理者發生異常事件。系統品管模式作業說明如下圖 3-2-2 所示。

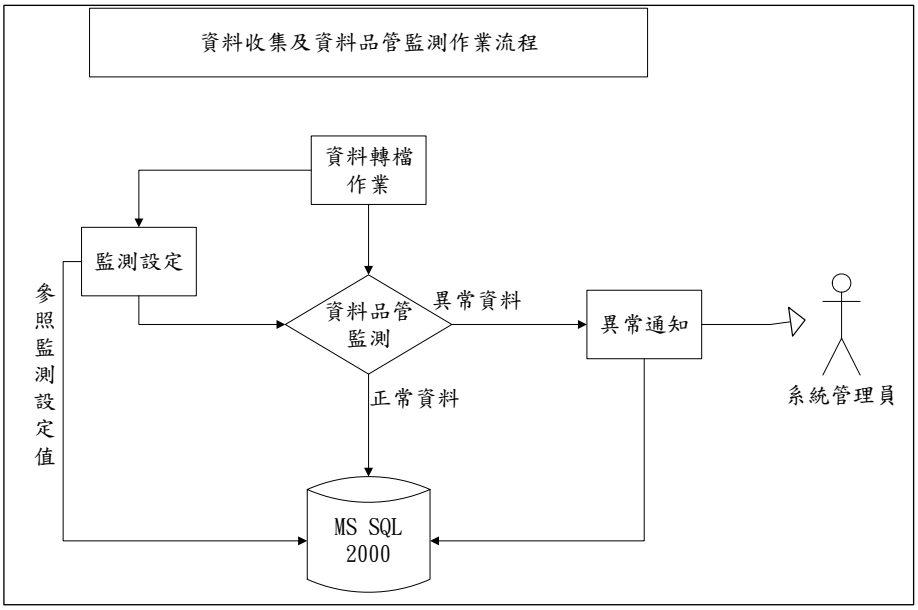


圖 3-2-2 系統資料品管作業模式圖

3.2.3 海情資料庫系統維護

一、每日專人確認港灣環境資訊網資訊顯示及系統運作狀況，並作成維護紀錄。

1.管理系統開發可設定每日固定時間檢查。

2.檢查狀況可自動產生報表。

3.系統運作狀況如下圖所示：

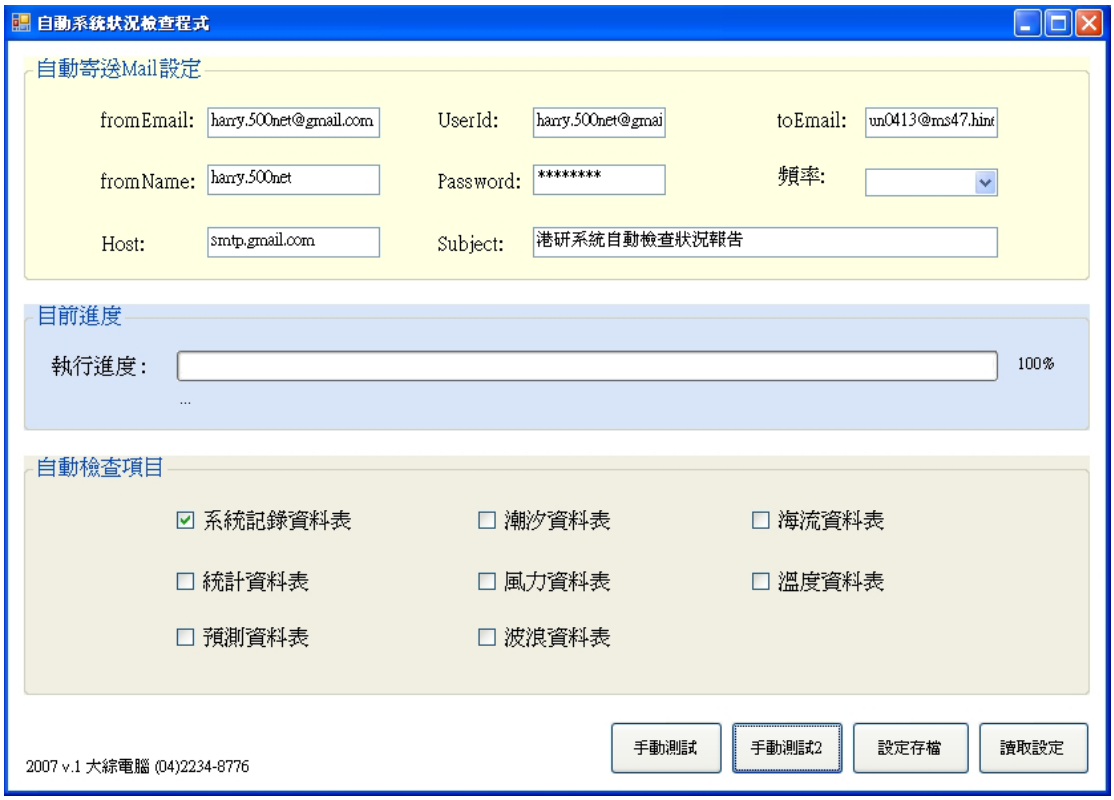


圖 3-2-3 資料品管系統圖

二、資料庫系統依年度進行資料表重整，以增進使用者查詢之速度。

三、資料庫資料妥善率偏低問題分析與探討？

本系統資料庫資料來源自海氣象即時觀測系統，資料庫資料妥善率偏低問題分析主要區分為以下說明：

(一)海氣象即時觀測系統：

(1)儀器設備故障?

(2)通訊問題資料沒有回傳?

(3)資料錯誤(包含資料超過品管值、資料格式錯誤...等)？

此部份之改善由本中心進行儀器系統更新。

(二)港灣環境資訊網等相關資訊系統：

(1)資訊系統故障、損壞?

解決:本系統建置採購皆具備 redundant 及 Disk RAID (0、1、5)備援功能，系統建置運轉迄今只有伺服主機電源供應器故障問題，皆已於最短時間完成更換修復工作。

(2)無法讀取資料?此部份可區分為資料庫系統及轉檔程式二問題所造成：

i>資料庫系統部份主要是異常資料 log 增加所造磁碟空間不足，導致正常資料無法寫入資料庫系統中?

ii>轉檔程式部份主要是資料讀取與資料回補同時自動執行，若因海氣象即時觀測系統所造成之無資料則資料回補系統異常資料 log 會一直增加會造成上述問題。

解決：

i>資料庫系統部份主要是異常資料 log 部份，定期確認清除。

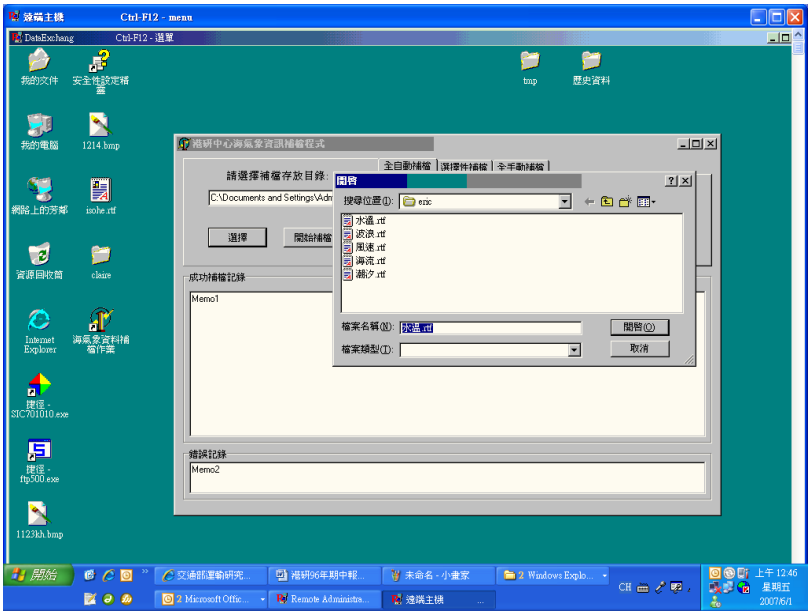
ii>轉檔程式重新改寫，區分為資料讀取子系統與資料回補子系統。一般狀況下系統只自動執行資料讀取子系統進行必要之資料讀取及格式解析等工作；資料回補工作由管理者依據需求進行資料回補工作。

(三)資料轉檔作業：

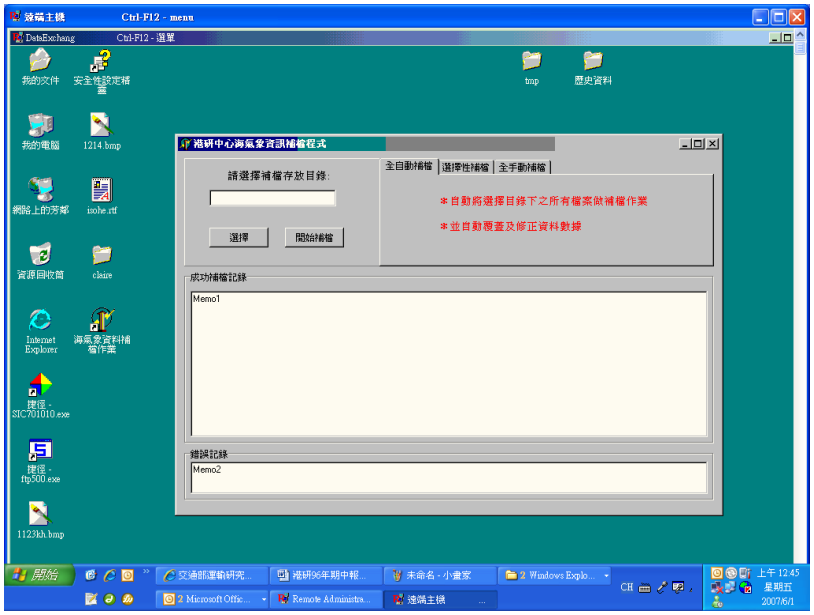
(1)自動或手動資料轉檔作業

資料回補工作作業流程如下說明：

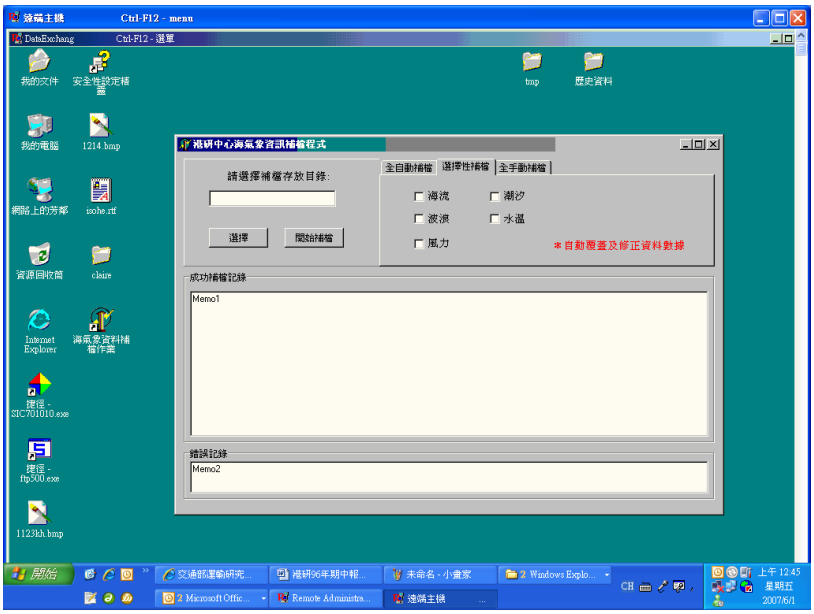
a.先選擇轉檔目錄或檔案



b.再選擇全自動轉檔



c.或選擇性補檔



d.或全手動補檔

(2)轉檔作業成結果

a.補檔程式位置: 轉檔主機 C:\SIC\ReTrans.exe

b.執行方式: 手動直接點選桌面上之捷徑"海氣象資料補檔作業"，執行後會有兩種操作模式:

i>手動補檔模式: 點選 local 端目錄後,點選手動補檔

說明:

可點選轉檔主機 local 端的任何一個目錄，將自動解析目錄中的檔案格式，並依欄位設定將原本錯誤的資料列數據，更新為檔案中正確的數據。

ii>自動補檔模式

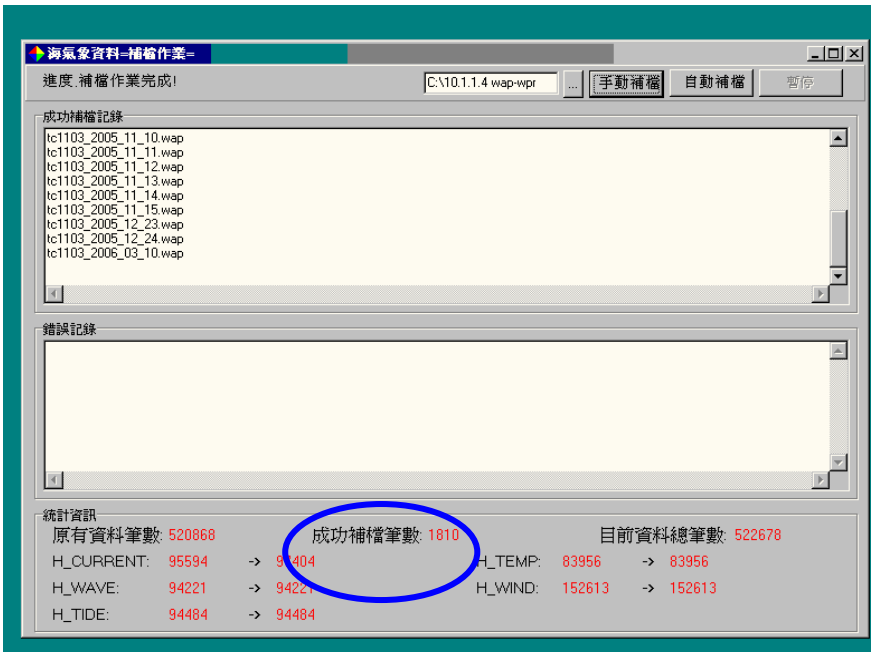
說明:當選擇自動補檔模式後，程式將會自動於系統原先設定各海氣象資訊檔案之存放遠端路徑，針對目前資料庫中之錯

誤記錄，依欄位設定更新為檔案中正確的數據。

iii>執行結果:

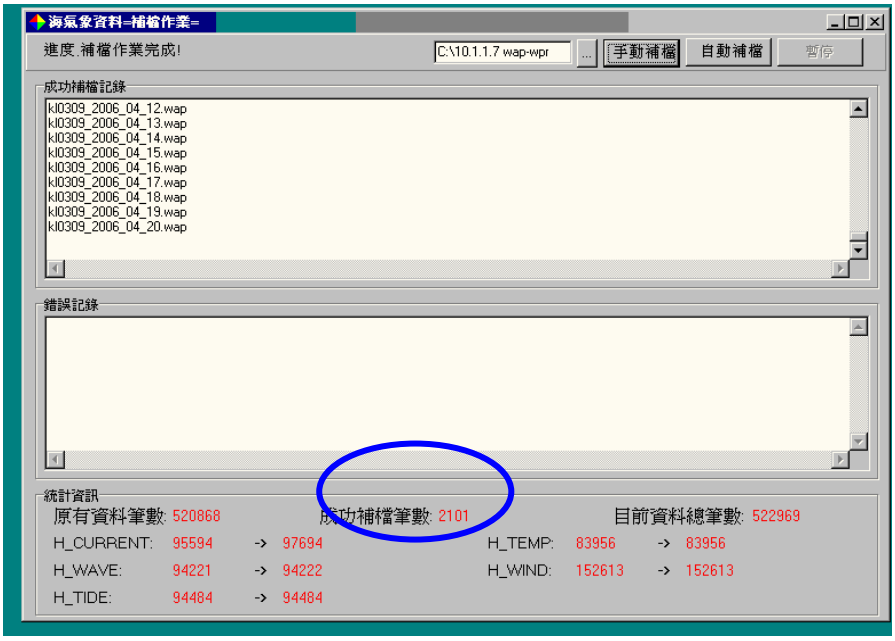
補檔前

補檔後



台中港成功補檔 1810 筆

蘇澳港 289 筆 (2099-1810)



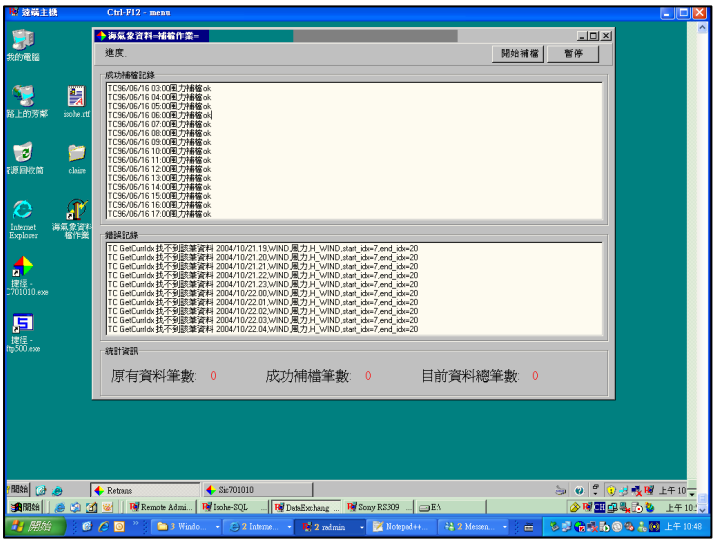
基隆港 2 筆 (2101-2099)

961005 補檔項目	原資料筆數	補資料筆數	完成後總筆數
H_CURRENT	95593	2101	97694

四、資料回補狀況：

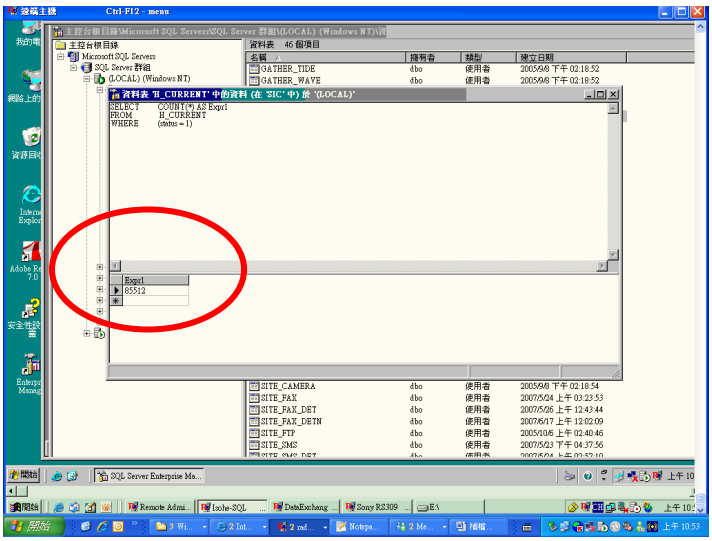
1.資料應有筆數

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
資料筆數	744	696	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8,784



檔案位置: 轉檔主機 c:\sic\ReTran.exe

程式執行後會依照設定,透過網芳去各測站抓資料.並且把舊測站文字檔重新轉入.



經驗證後成功資料筆數均有增加

項目	資料記錄總筆數	補檔前成功筆數	補檔後成功筆數
H_CURRENT	128726	85485	85512
H_TEMP	128306	73731	73766
H_TIDE	133000	73879	73919
H_WAVE	129718	84067	84094
H_WIND	139839	133808	133861

項目	成功補檔資料筆數
H_CURRENT	27
H_TEMP	35
H_TIDE	40
H_WAVE	27
H_WIND	53

五、評估轉移為 Oracle DB 可行性：

(一)目的：

1.改善系統問題。

2.追求系統穩定。

(二)現況說明：

SQL SERVER 主機目前因內建自動備份及備存一些事件(LOG)，常會造成資料庫效能不佳，資源佔光不會自動釋放出，因而影響資料庫主機穩定度，所以常常每週需要重新開機及手動釋放資源，不然會造成資料庫主機無法正常回應，影響系統正常運作。

(三)解決方式：

1.修定"轉檔程式"減低事件(LOG)發生(已完成程式修改)

2.更換資料庫平台由 SQL 改為 ORACLE

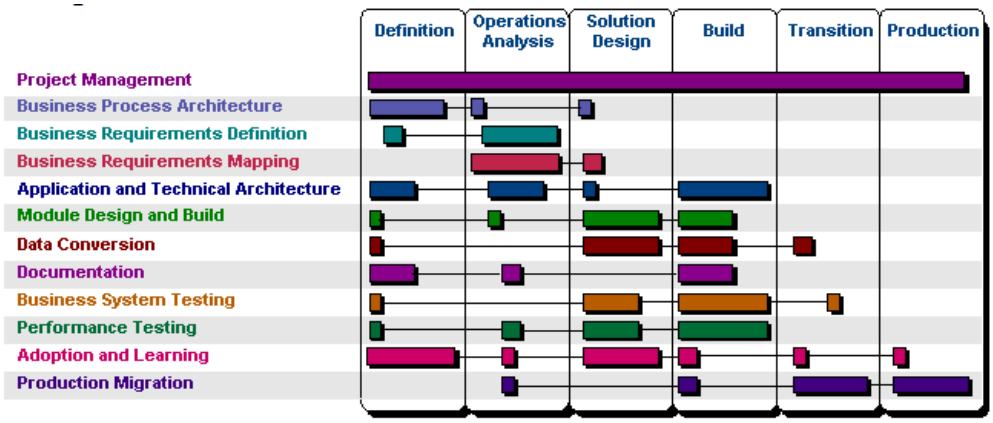
(四)ORACLE Database 與 SQL SERVER 比較：

ORACLE 及 SQL SERVER 最大的比較點在於效能、可擴性及應用性		
Feature	**Oracle Database**	**Microsoft SQL Server 2005**
Concurrency Model	Multi-version read consistency	Not by default. Must be enabled
	Non-Escalating row-level locking	Locks escalate
Clustered configurations	Transparent scalability with Real Application Clusters	Requires data partitioning in member tables and Distributed Partitioned Views
Indexing capabilities	B-Tree indexes	B-Tree indexes
	Index-organized Tables	Clustered Indexes
	Bitmap indexes	Not supported
	Bitmap Join Indexes	Not supported

Partitioning options	Range, hash, list and composite partitioning	Range and list
	Local and global indexes	Local and global indexes
Parallel execution	Queries, INSERT, UPDATE, DELETE	Queries only
Additional data warehousing capabilities	Materialized Views	Indexed Views
	MERGE	Not supported
	Multi-table INSERT	Not supported
	Pipelined table Functions	Not supported

表 3-2-4 Oracle Database 與 SQL Server 比較表

(五)評估轉移為 Oracle DB 可行性:



AIM 全稱為 Application Implementation Method。是實施 Oracle 應用程式全面的方法論及工具。

AIM 由 6 個階段構成：

1. 定義：規劃項目。確定項目的時間、資源、預算約束下的可行性。

2. 運營分析：說明業務需求、與應用程式的差異（需要二次開發）、系統架構。

3. 方案設計：創建符合未來業務需求及業務流程的解決方案。方案設計一直持續到客戶化開發及系統配置完成。

4. 建置：編碼、測試、介面數據轉換。用典型實驗來測試集成的企業業務系統。建立階段的成果是一個可以使用的、經過測試的業務系統解決方案。

5. 轉換：項目組向企業遞交最終解決方案。主要活動：為最終用戶培養訓練、變更管理、數據整理及導入

6. 產品： 系統開始使用時，就進入了產品階段。技術人員讓系統進行全部業務時保持穩定，並進行系統維護。用戶和實施小組開始一系列改進，以減少負面影響，達成定義階段的目標。

AIM 由 12 項活動構成：

1. 項目管理
2. 業務流程架構
3. 業務需求定義
4. 業務需求對應系統功能
5. 應用程式及系統架構
6. 模塊設計及建置
7. 數據轉移
8. 文件編寫
9. 業務系統測試
10. 性能測試
11. 過渡及培養訓練
12. 產品轉移及上線使用

Oracle AIM 包括大量的可交付文檔。所有 Oracle 合作伙伴在項目實施過程中都可以免費使用 AIM。

■ 資訊應用系統規劃建議:

目前本中心網站資訊應用系統所使用的架構為 MS .NET2003 環境，但因時代變遷，系統程式的開發環境也不斷再進步，在追求更高的系統效能及系統開發之安全性解決方案之際，建議可以考慮升級為

MS .NET2.0 之版本，以下為其優勢分析參考資料。

移轉的優點

將 Web 應用程式移轉至 ASP.NET 2.0 有許多優點，包括改善的標記和程式碼分離、保留的應用程式資料夾，以及自動化的程式碼編譯。

以部分類別為基礎的新程式碼後置模型可更有效地分離標記和程式碼，而且不需要在程式碼後置的檔案中放置控制項宣告和事件連接程式碼。在 ASP.NET 頁面編譯模型中，程式碼後置的檔案會在執行階段於首次要求對應的 .aspx 檔時編譯成多個組件。

ASP.NET 現在使用以保留資料夾為基礎的改善 Web 應用程式結構。這些資料夾含有特定內容，可協助您更有效率地組織應用程式。某些保留的資料夾 (例如 App_Data) 並不會回應 Web 要求而提供內容，但可以從應用程式程式碼中存取其內容。

當要求網站上的資源時，ASP.NET 2.0 編譯器會自動編譯應用程式的程式碼和相依的資源。例如，在 ASP.NET 2.0 中，對現有 Web 網頁或相依資源的變更可輕易地儲存，並針對要重新編譯的頁面和資源重新要求頁面。這項功能所適用的資源包括 App_Code 資料夾中的程式碼檔、App_GlobalResources 和 App_LocalResources 資料夾中的資源檔，以及 App_Themes 資料夾中的佈景主題。

如果您要移轉大型應用程式，建議使用 Visual Web Developer 2005、Visual Web Developer 2005 Express 版、Visual Studio 2005 或 Visual Studio 2005 Team System，因為它們每一個都具有移轉精靈，可自動化一般移轉作業中所涉及的許多工作。此精靈會進行必要的變更，以便將 ASP.NET 1.x Web 應用程式轉換成 ASP.NET 2.0。

其實不一定要移轉 Web 應用程式，因為 ASP.NET 2.0 提供了與舊版的高度回溯相容性 (Backward Compatibility)。如果您不移

轉，仍然可以在 Web 應用程式中使用許多 ASP.NET 2.0 的新功能，不過前提是您的應用程式要使用 .NET Framework 2.0。

網頁模型

ASP.NET 程式碼後置的 Web 網頁模型可以讓您將 Web 網頁的標記儲存在某一個檔案 (.aspx 檔案)，而將程式碼儲存在另一個檔案 (程式碼後置的檔案)。ASP.NET 2.0 的程式碼後置模型與舊版不同之處在於，它使用了被稱為部分類別的新語言功能。ASP.NET 2.0 中的新程式碼後置模型比舊版 ASP.NET 允許更有效地分離標記和程式碼。

使用舊版程式碼後置模型 (以 @ Page 指示詞的 CodeBehind 屬性為基礎) 的 Web 網頁將可繼續在 ASP.NET 2.0 中運作。不過，建議您在程式碼後置檔案中使用 @ Page 指示詞的 CodeFile 屬性和部分類別定義，將這些網頁移轉至新的程式碼後置模型，以便運用改善的標記和程式碼分離以及自動化的頁面編譯。使用舊版程式碼後置模型的 Web 網頁則必須手動加以編譯。

您可以手動進行變更，也可以使用含有移轉精靈的其中一個 Microsoft Visual Studio 2005 版本 (例如 Visual Web Developer 2005 Express 版)。

ASP.NET 1.1 版也會支援程式碼後置模型的變異形式，其中會以 Src 屬性取代 @ Page 指示詞的 CodeBehind 屬性。使用 Src 屬性的 Web 網頁將可繼續在 ASP.NET 2.0 中運作而且不需要修改即可執行。

相較於程式碼後置模型，單一檔案網頁模型可以將網頁的標記和程式碼放置在同一個實體 .aspx 檔案，是一個不錯的替代方式。舊版 ASP.NET 的單一檔案網頁將可繼續在 ASP.NET 2.0 中運作而且不需要修改即可執行。

跨 ASP.NET 版本共用資料

您可以選擇將網站的某些部分移轉至 ASP.NET 2.0 而保留其他部分不修改。如果您的網站是分成相互獨立但一起運作以提供網站功能的 Web 應用程式，您可能會選擇移轉有些應用程式，有些則否。在這種案例中，您就無法在已移轉的應用程式和未移轉的應用程式之間共用應用程式狀態。除非您提供可同時從 ASP.NET 1.x 和 ASP.NET 2.0 頁面存取的自訂工作階段狀態方案，否則同樣無法在應用程式之間共用工作階段狀態。

跨 ASP.NET 版本的表單驗證

表單驗證提供方法讓您使用自己的程式碼驗證使用者，然後在 Cookie 或網頁 URL 中維護驗證語彙基元 (Token)。ASP.NET 表單驗證可在執行不同 ASP.NET 版本的應用程式之間運作，如此某個版本所核發的驗證票證可由其他版本使用。

將驗證設定為跨 ASP.NET 版本運作與跨 Web 伺服器 (Web 伺服陣列) 網路設定驗證的程序很類似。在這兩種情況中，您都會明確設定 machineKey 項目的 validationKey 和 decryptionKey 屬性，以便讓應用程式共用具有相同金鑰的驗證票證。若要支援跨 ASP.NET 版本的驗證，您必須進行其他組態變更，也就是將 ASP.NET 2.0 應用程式之 Web.config 檔中的 machineKey 項目的 decryption 屬性設定為 3DES。ASP.NET 2.0 的預設加密 (Encryption) 為 AES，而舊版 ASP.NET 則使用 3DES。

名稱衝突

進行移轉之前，建議您掃描 Web 應用程式並搜尋與 .NET Framework 2.0 中的功能類別和命名空間 (Namespace) 發生衝突的名稱。當快取、成員資格、設定檔和角色等等之類的通用名稱同時在 Web 應用程式和 .NET Framework 中使用時，就可能會發生衝突。若要避免命名衝突，請在您的程式碼中找出有問題的名稱參考，並使用完整的參考。

ASP.NET 2.0 與舊版使用不同的網站配置。為了更容易使用 Web 應用程式，ASP.NET 會保留可用於特定類型內容的某些資料夾和檔案名稱。保留資料夾中的內容不會服務針對此內容所進行的 Web 要求。這可能會在您的現有應用程式中導致問題。因此，在移轉個別的應用程式檔案之前，建議您變更與 ASP.NET 2.0 保留資料夾和檔案名稱衝突的所有應用程式資料夾或檔案名稱。如需 ASP.NET 網站配置中保留的資料夾之詳細資訊，標記相容根據預設，ASP.NET 產生的所有標記和 ASP.NET 所包含的 Web 伺服器控制項，現在都符合 XHTML 1.0 Transitional 標準。在移轉之後，這可能會導致非預期的 HTML 呈現問題。若要協助移轉 Web 應用程式，您可以將 Web.config 檔中 xhtmlConformance 項目的 mode 屬性設定為 Legacy。這應該是移轉程序中的暫時步驟。就長期而言，建議您將 xhtmlConformance 項目的 mode 屬性設定為 Transitional，然後執行應用程式。此外，建議您將 DOCTYPE 項目加入至已移轉的頁面。

HttpOnly 和跨站台的指令碼

HttpCookie 類別的 HttpOnly 屬性是 .NET Framework 2.0 的新功能。將這個屬性設為 true 可以減低跨站台的指令碼攻擊。針對表單驗證 Cookie 和工作階段 ID Cookie，會自動將 HttpOnly 屬性設為 true，讓用戶端指令碼無法使用這些 Cookie。如果已移轉的 Web 網頁擲回 NullReferenceException 例外狀況 (Exception)，有可能是表示遺失了用戶端的工作階段，因為

HttpOnly 屬性已經設定為 true。在這種情況下，您可以使用下列其中一個解決方式：

- 在 Global.asax 檔案內 HttpApplication 類別的 EndRequest 事件處理常式中，將每個 Cookie 的 HttpOnly 屬性設為 false。
- 撰寫複製 Cookie 至另一個 Cookie 並清除 HttpOnly 屬性的自訂模組，這樣用戶端指令碼就可以對其加以管理。
- 撰寫不將 HttpOnly 屬性設為 true.的自訂工作階段 ID 管理員。

綜觀以上資料，.NET2.0 擁有更高的系統安全性、跨平台性、解決衝突及相容問題、以及更完整的網頁模型及控制項，以提供更高更好的系統效能與網站資訊應用系統之解決方案。並且也可以透過 .NET2.0 與 AJAX 技術的結合，開發新一代網站系統，便可提供更多與使用者互動的介面與機制，方便使用者操作。

3.3 應用系統開發

配合本中心業務發展與研究成果，現已逐步整合、建置完成「海情中心資訊系統」相關整體系統架構。

整體系統架構以海情資料庫為中心，逐步將研究成果之資料匯入，資料部份包含海氣象即時觀測、數值模擬預測報及國際港即時影像等，建構成一完整的展示系統『港灣環境資訊網站』。

本年度共計開發完成以下三個系統開發：

1. PDA 版港灣環境資訊網頁系統開發。

2.海氣象即時觀測簡訊系統開發。

3.海氣象即時觀測傳真系統開發。

3.3.1 PDA 版港灣環境資訊網頁系統開發

一、PDA 系統簡介

PDA 是 Personal Digital Assistant 的縮寫，可以說是簡化版的手持式個人電腦。個人隨身助理 (PDA) 與智慧型手機 (SmartPhone) 的市場逐年成熟，從早期 Palm 獨領風騷的年代，到 Windows CE 後來居上的時代，行動商務人士對行動裝置提供的即時資訊倚賴日深，體型輕巧，容易攜帶，可以無線上網的隨身裝置因而比筆記型電腦獲得更多行動族的關注。

前 PDA 版本服務（個人數位助理）可提供使用者、透過 PDA 的無線上網及桌上電腦同步連線功能連結至相關/網址，以開啟 PDA 入口網的即時與動態資訊。

行動裝置以其體積輕巧，可以隨身攜帶的特性成功地在 Tablet PC 與筆記型電腦以外另外覓得一塊戰場，行動裝置與 Tablet PC 或筆記型電腦的特性比較詳見下表說明：

	優點	缺點
個人隨身助理與智慧型手機	輕巧，適合行動族，非電腦專業人士使用	功能較少
Tablet PC 與筆記型電腦	功能完整，適合電腦專業人士使用	笨重，長時間攜帶會形成沉重的

使用 Visual Studio .NET 2003 開發行動裝置應用程式

Microsoft Visual Studio .NET 2003 應用程式開發工具內建支援開發兩種平台的行動裝置應用程式：Windows CE 和 Pocket PC 2002。

Visual Studio .NET 2003 支援的 Windows CE .NET 應用程式開發環境可以用來開發 Windows CE .NET 裝置 (不一定是行動裝置) 的應用程式。

Visual Studio .NET 2003 提供的 Windows CE .NET 模擬器的執行畫面，其操作和感覺和 Windows 作業系統十分近似如下圖 3-3-2 所示：

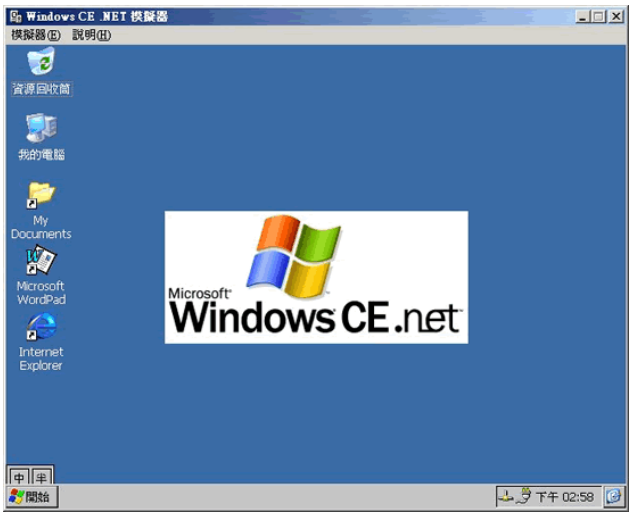


圖 3-3-1 Windows CE.NET 執行畫面圖

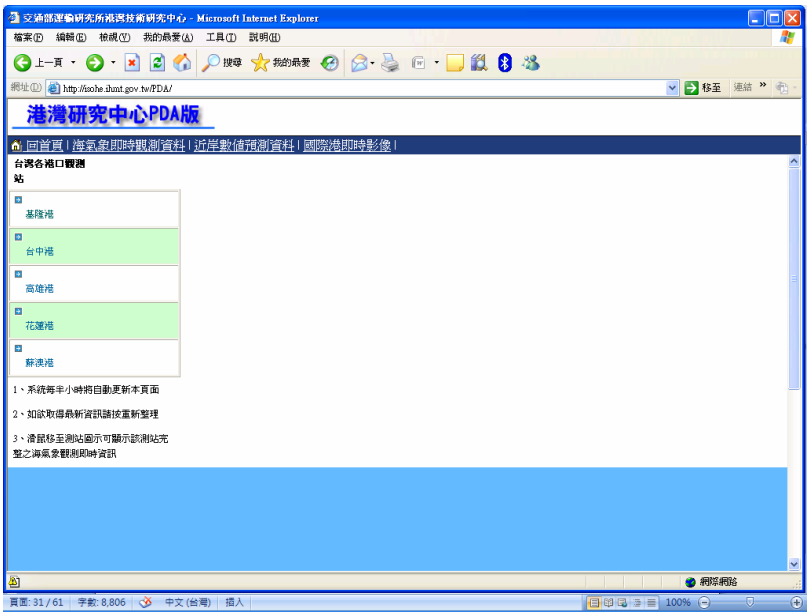
Visual Studio .NET 2003 對行動裝置應用程式的開發有兩種，一種是提供開發行動裝置應用程式的 [智慧型裝置應用程式] 計畫型態，一種是支援開發行動裝置瀏覽的網頁的 [ASP.NET Mobile Web 應用程式] 計畫型態。

二、PDA 系統開發

『港灣環境資訊網』PDA 版可應用於 Pocket PC 以至所有支援瀏覽器的手提電話等流動裝置（PDA / PDA Phone / 3G Phone）。並且可以選擇利用無線裝置（例：Wireless LAN / GPRS / 3G , Bluetooth）即時連上互聯網（Internet）來瀏覽『港灣環境資訊網』。

『港灣環境資訊網』PDA 版所提供之功能將以符合 PDA 小螢幕的需求、文字簡潔、每一頁主題明確、標題清楚等述求重點。並且透過 PDA 版網址 ：http://isohe.ihmt.gov.tw/pda/ 提供海氣象即時觀測資料、近岸數值模擬系統資料及國際港即時影像資料等。

圖 3-3-2 PDA 版網站入口



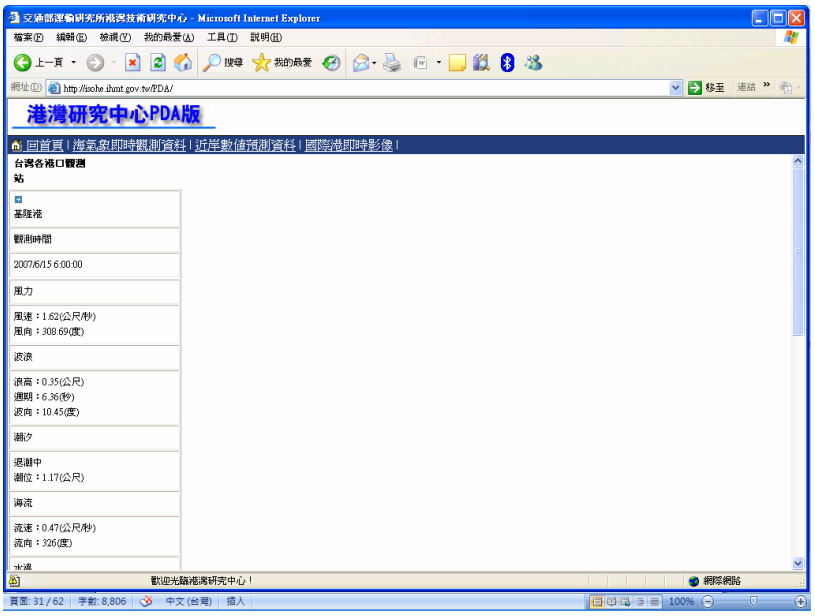


圖 3-3-3 PDA 海氣象即時觀測資料

圖 3-3-4 PDA 近岸數值模擬計算資料

圖 3-3-5 PDA 國際港即時影像

3.3.2 海氣象即時觀測簡訊系統開發

簡訊服務(Socket to Air)是一全方位管理與行銷工具，結合網際網路與無線傳訊的新行動通訊方式，傳送簡訊至國內外各電信業者 GSM 與 PHS 行動電話及中華電信呼叫器的系統平台，讓相關訊息能即時、大量傳送簡訊給相關人員等，做好訊息通知、提升應變行動效率。

一、系統應用架構：

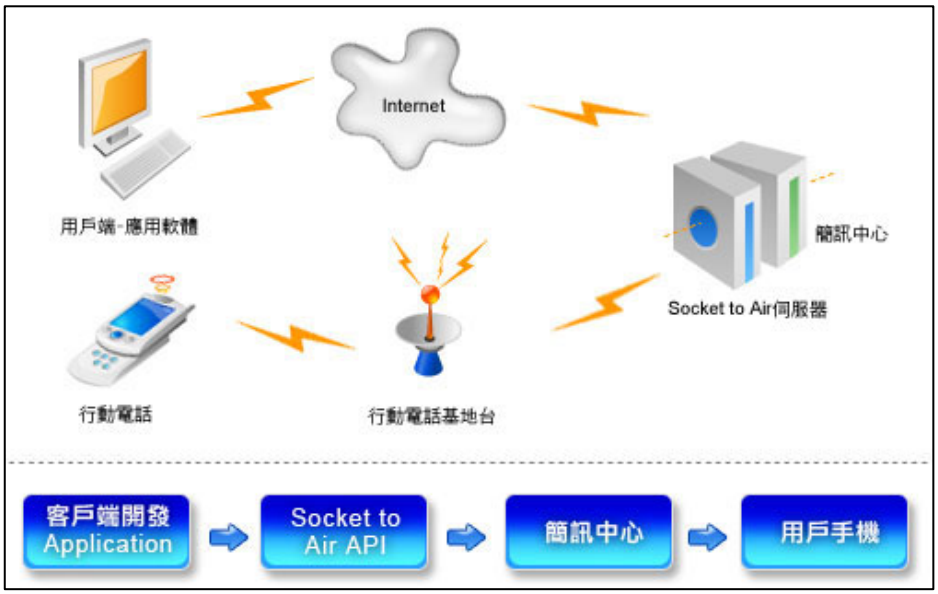


圖 3-3-6 簡訊系統架構圖

- 客戶端（應用軟體模式）→Internet→Socket to Air 伺服器→簡訊中心→用戶手機
- 客戶端（網頁瀏覽器模式）→Internet→企業簡訊 Web 網站→簡訊中心→用戶手機
- 客戶端（介面開發模式）←→Socket to Air API←→Socket to Air 伺服器←→簡訊中心←→用戶手機

二、簡訊系統開發

(一)系統流程

1.分為平時與颱風發怖時，一般狀況採平時作業標準，選勾颱風發怖時即不管平時作業標準而採颱風發怖時作業標準。

2.平時：

(1)每一小時檢查設定上限值，超過或等於上限值即發簡訊給所設定的人員手機。

(2)每封簡訊發出以港口為一封簡訊之單位。

(3)上限值檢查:

檢查值	發出簡訊內容
風速	港口+時間+風速+風向
波高	港口+時間+波高+週期+波向
海流	港口+時間+流速+流向
潮汐	港口+時間+潮位
風	港口+時間+風速+風向

3.颱風發怖時：

(1)可依時間設定發簡訊給所設定的人員手機。(不管上限值)

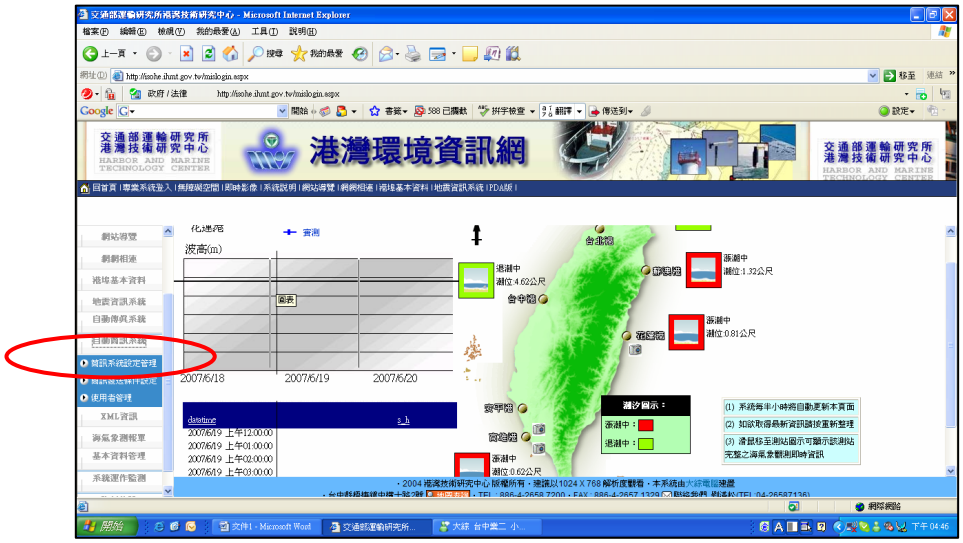
(2)時間採 0-24hr 自己句選方式

(3)每封簡訊發出以港口為一封簡訊之單位。

(二)系統操作步驟流程如下：

1.一般時段

(1)首先，以系統管理者登入系統：



(2)點選自動簡訊系統→簡訊發送條件設定：

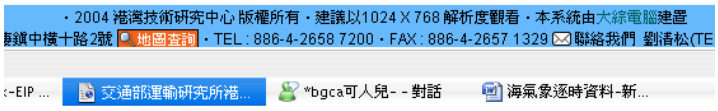
- 各港口數值設定上限值，數字型態為 xxx.xx(前三位為整數及小數點後兩位)。
- 所有欄位為必輸入資料，輸入”0”則表示不處理資料。
- 再按”確定儲存”按鍵。

簡訊發送條件設定維護

	KL基隆	HL花蓮	SA蘇澳	TC台中	KS高雄
s_h波高:	4	5	5	3	3
p_p週期:	12	15	15	10	10
mean_dir波向:	0	0	0	0	0
w_v_s流速:	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
w_d_s流向:	0	0	0	0	0
ws_avg風速:	15	20	20	15	12
wd_avg風向:	0	0	0	0	0
tide潮位:	0	0	0	0	0
temperature水溫:	0	0	0	0	0

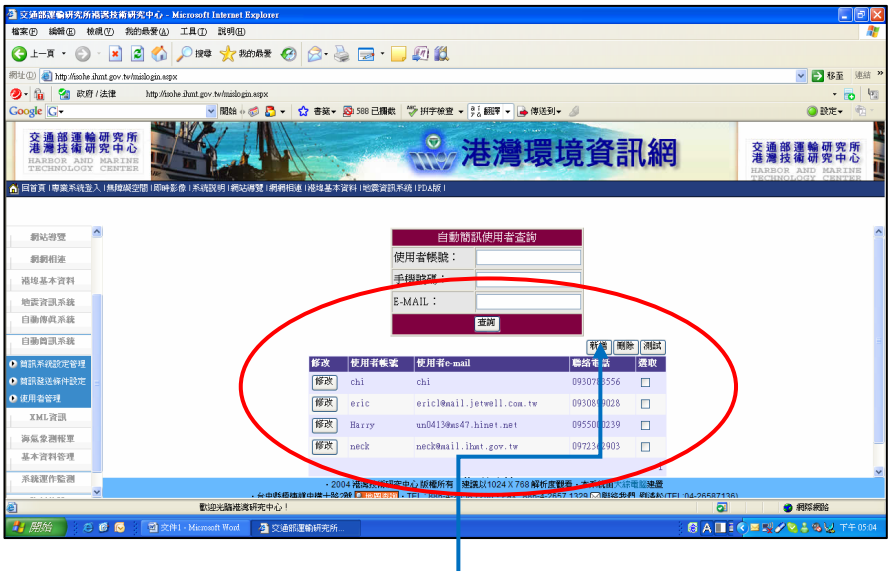
確定儲存 測試

所有欄位為必要輸入資料 輸入"0"則表示不處理資料



(3)點選自動簡訊系統→使用者管理

● 按"查詢"，列出所有已建立可收到簡訊的使用者



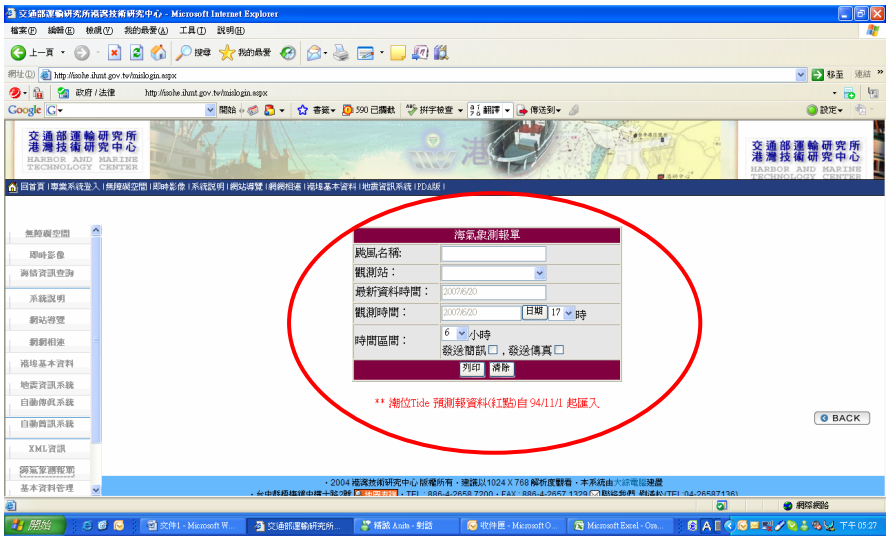
(新增)

- 欲新增使用者，則請按新增　則出下列畫面

- 使用者帳不可修改之必要資料，請注意
- 確定儲存

(4)颱風時段

勾選”發送簡訊”及時間區間，系統將自行依時段，自動發送簡訊



3.3.3 海氣象即時觀測傳真系統開發

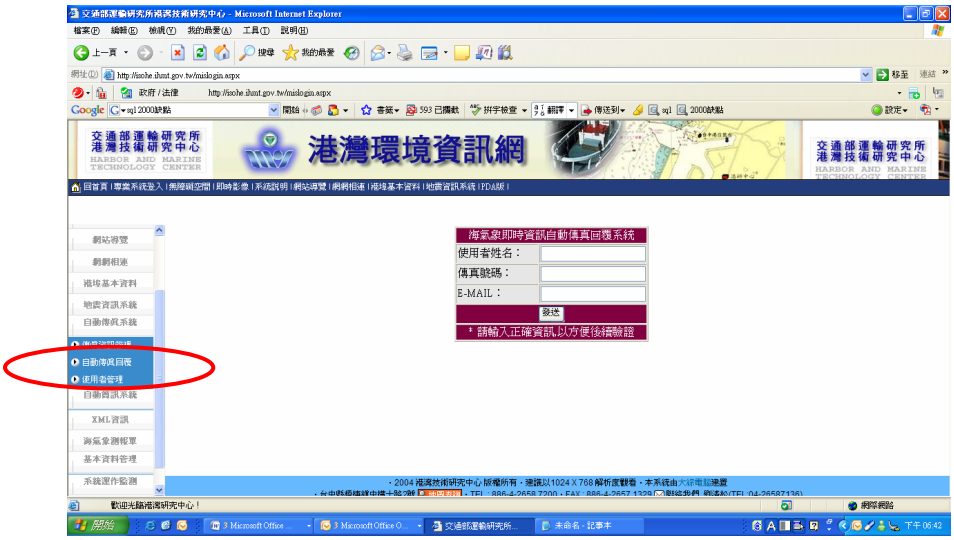
本子功能項目是將海氣象預報單結合自動傳真系統，於中央氣象局發佈颱風警報後由系統管理人員啟動系統，將海氣象即時觀測資料、預測報數值資料或者是上述二種資料透過自動傳真系統傳真到各港務局相關單位，以為防災應變準備之參考。

系統運作及設定步驟如下說明：

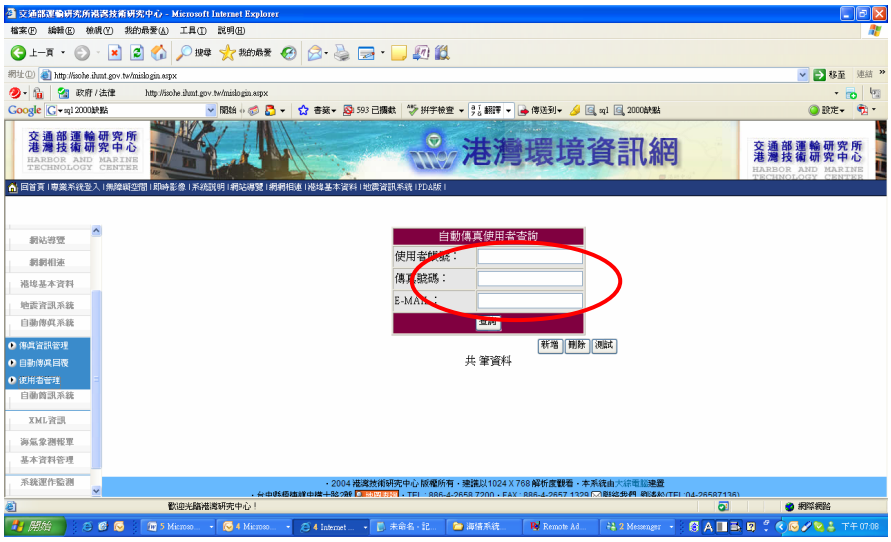
一、首先，以系統管理者登入系統：

二、自動傳真系統→自動傳真回覆

將使用者姓名及傳真號碼 XX-XXXX-XXXX(此規則)及 E-MAIL 填完



三、自動傳真系統→使用者管理

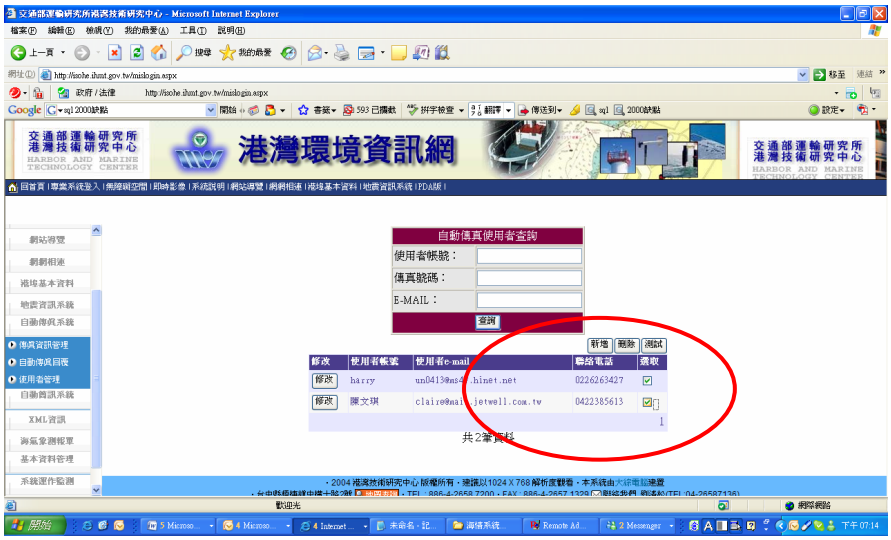


按"查詢"可列出目前已建立之可發送對象名單

>按"新增"可新增發送對象名單

>注意紅色欄位為不可修改之必要資料，依序建立後按"確定儲存"

勾選選取後，按"測試"即可立即測試



颱風時正式啟用傳真系統：

當颱風時要正式啟用傳真系統，請勾選發送傳真選項，並鍵入颱風名稱，選擇測站名稱，啟用時間及發送的時間區間，再按”列印”即可：

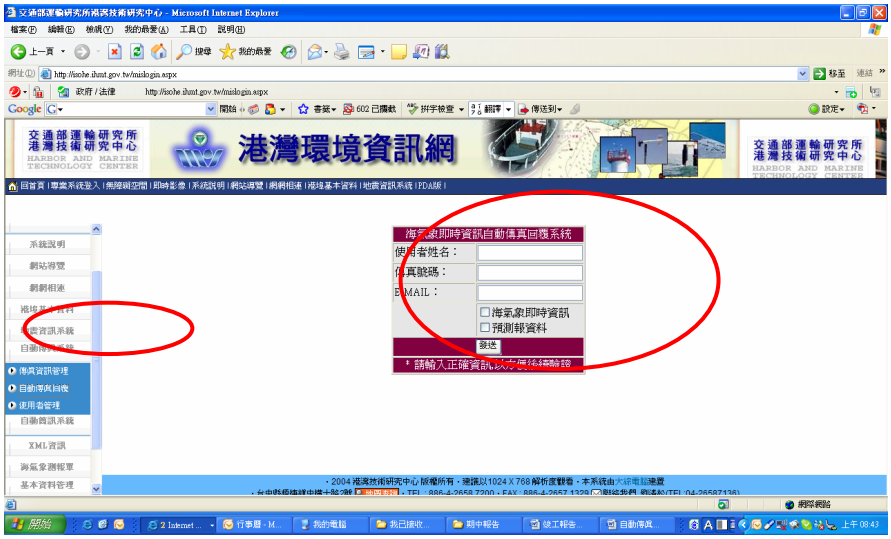
發送傳真時可選擇只傳真觀測資料或預測報資料或二者全選

自動傳真系統→自動傳真回覆

>勾選"海氣象即時資訊"，即傳送觀測資料

>勾選"預測報資料"，即傳送預測資料

>兩者皆勾選，即兩項資料皆傳送



3.3.4 海氣象即時觀測統計圖表系統開發

一、直方圖(histogram)：

一種用來展示分組數據的圖，圖中每個長方形寬度相對於組區間，面積則相對於它所代表的次數。

1.系統運作及設定步驟：

2.直方圖

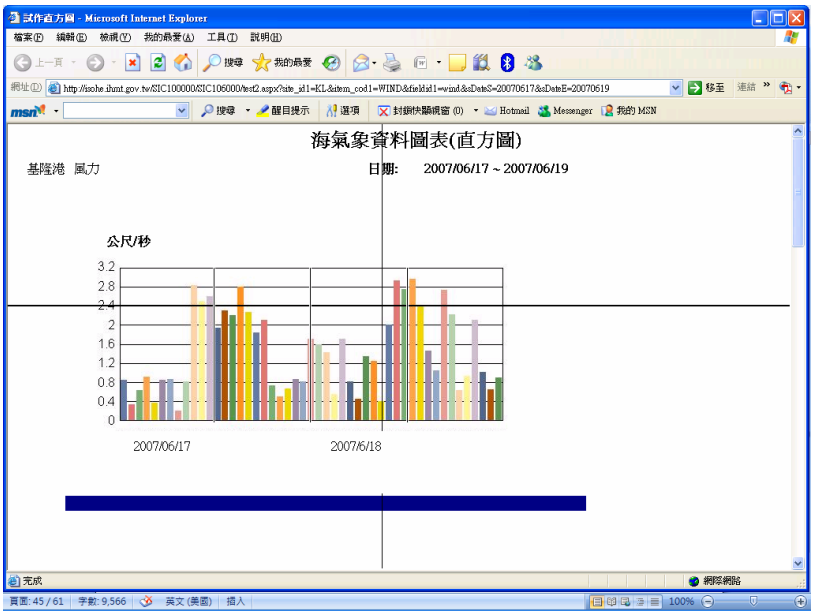


圖 3-3-7 海氣象即時觀測統計圖

二、玫瑰圖：

方向性資料在地質資訊裡面佔非常大的比例。層面，斷層面，節理等等都是以走向及傾角來表現他們的特性。另外還有以方位角來表現特性的資料，這些特性可以被測量，並且賦予屬性，就像其他的地質特性。

當我們獲得一份方向性資料時，可以用兩種方法來展現這份資料各個方向上的分布。我們可以在單位圓上用單位向量來表示這些資料的分布。若我們將圓做等分的分割，計算資料落在每一分割區的數量，依此我們就可以畫出玫瑰圖，如下參考圖 3-4-14 示意圖，實際仍需以資料所得提供為主。

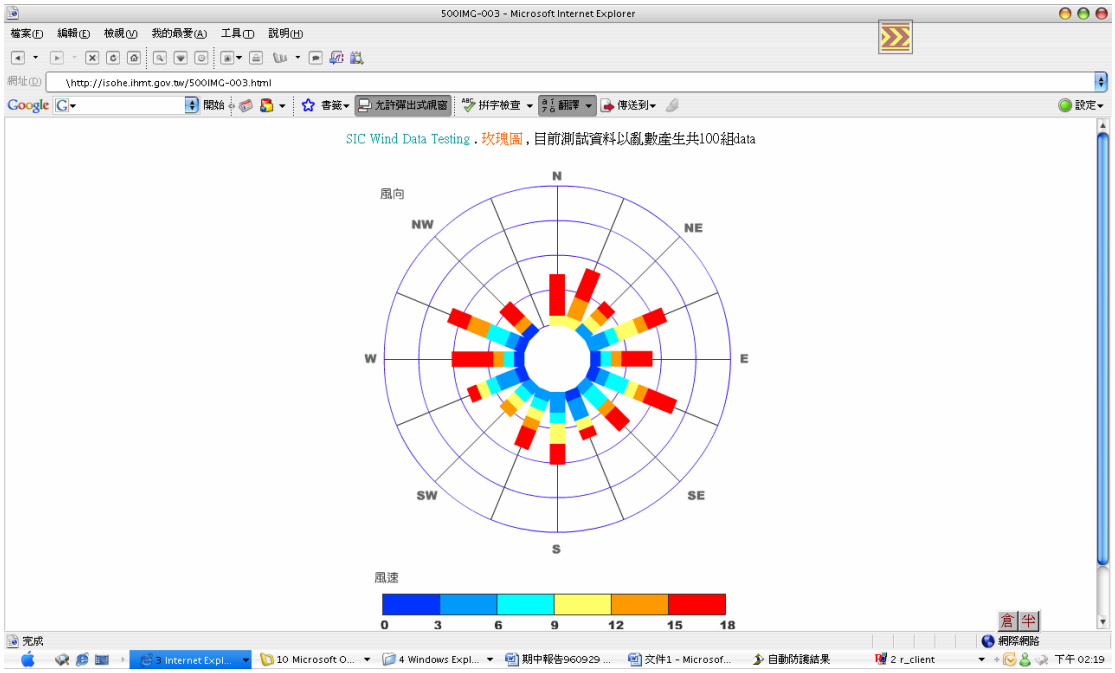


圖 3-3-8 海氣象即時觀測風玫瑰圖 1

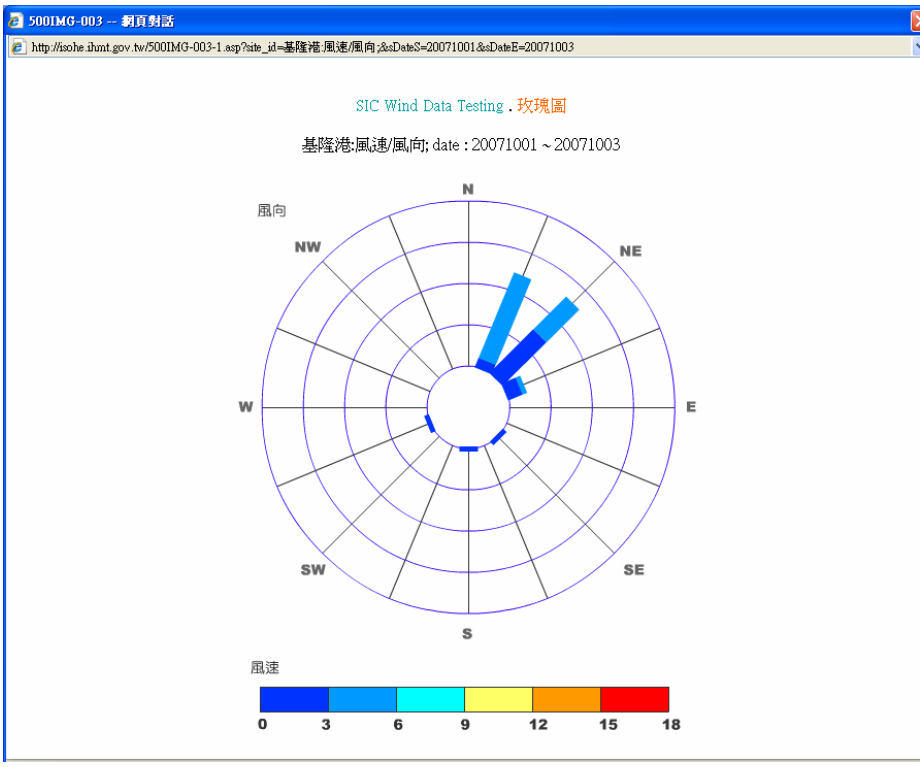


圖 3-3-9 海氣象即時觀測風玫瑰圖 2

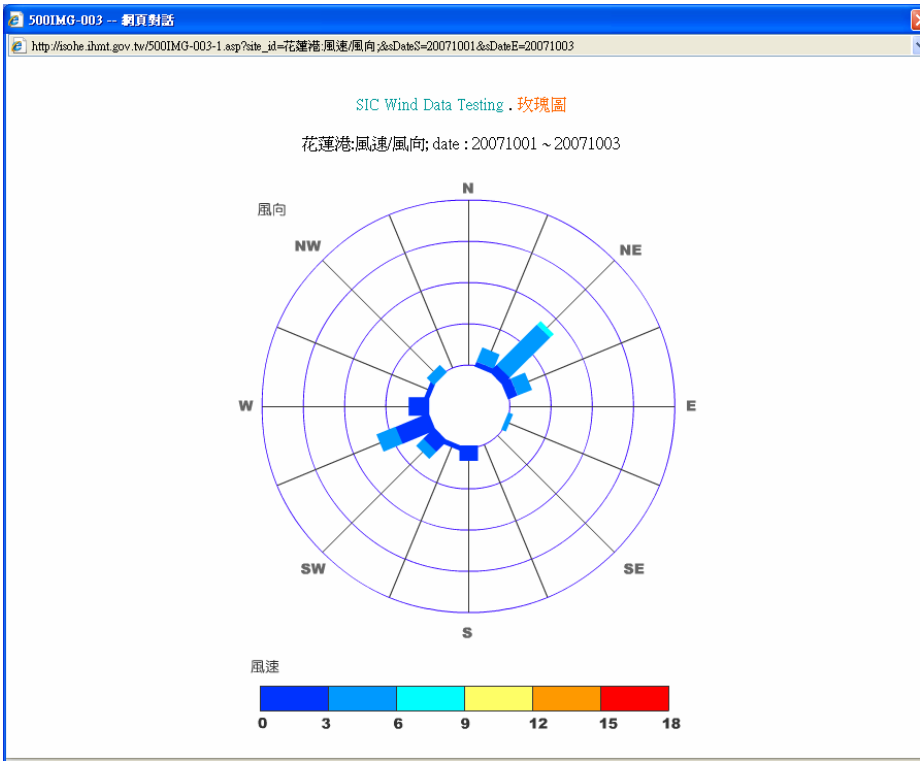


圖 3-3-10 海氣象即時觀測風玫瑰圖 3

三、統計報表

執行結果:

花蓮港: 將原本只有 94 年資料之統計結果，增加為自 94 年起到 96 年十月均有各項數據之統計資料，並已改用直方統計圖的方式呈現。

花蓮港流速/波向:

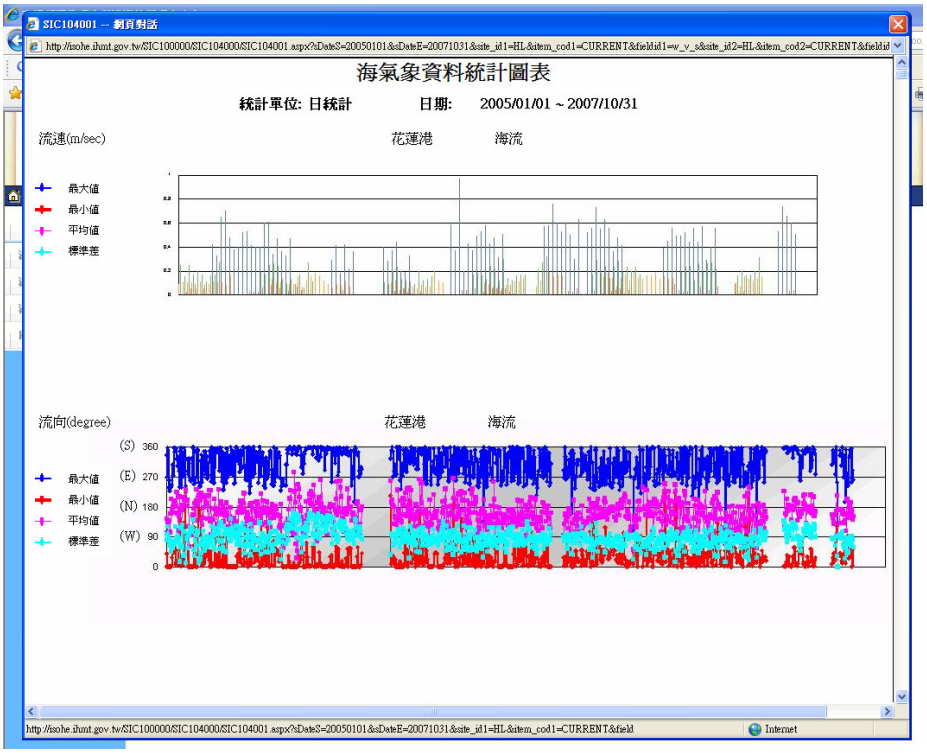


圖 3-3-11 花蓮港流速/波向統計圖

花蓮港水溫/潮汐：

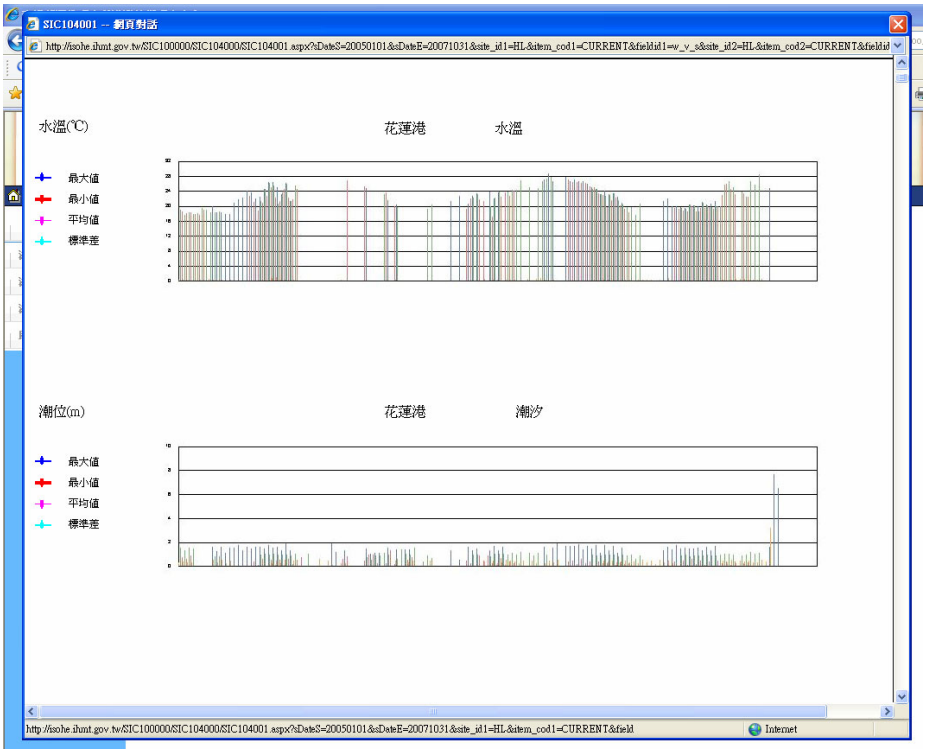


圖 3-3-12 花蓮港水溫/潮汐統計圖

花蓮港波高/週期：

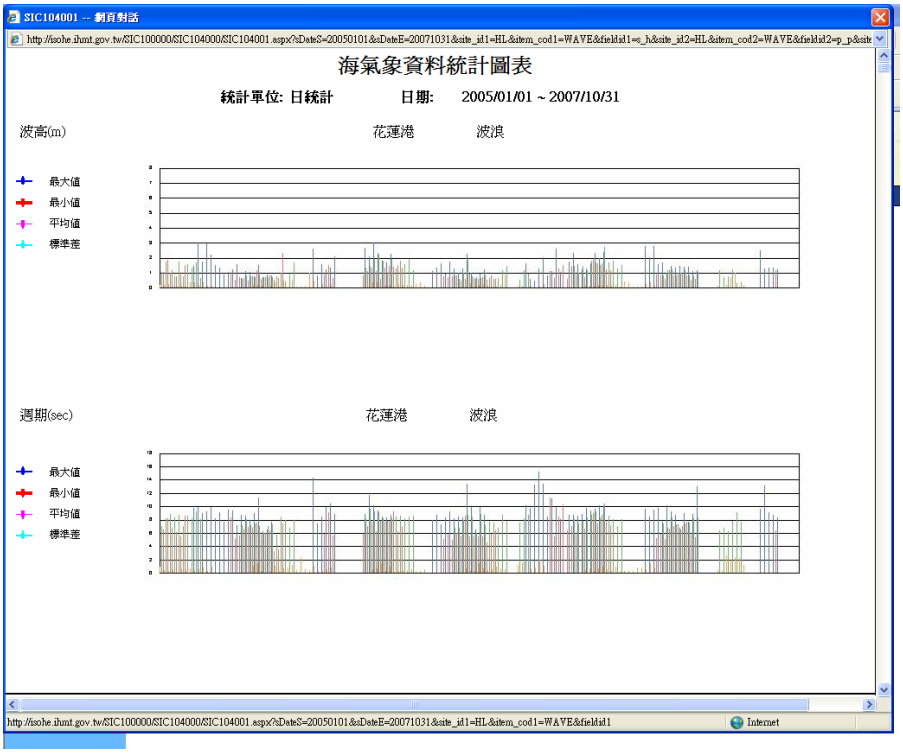


圖 3-3-13 花蓮港波高/週期統計圖

花蓮港波向/風力：

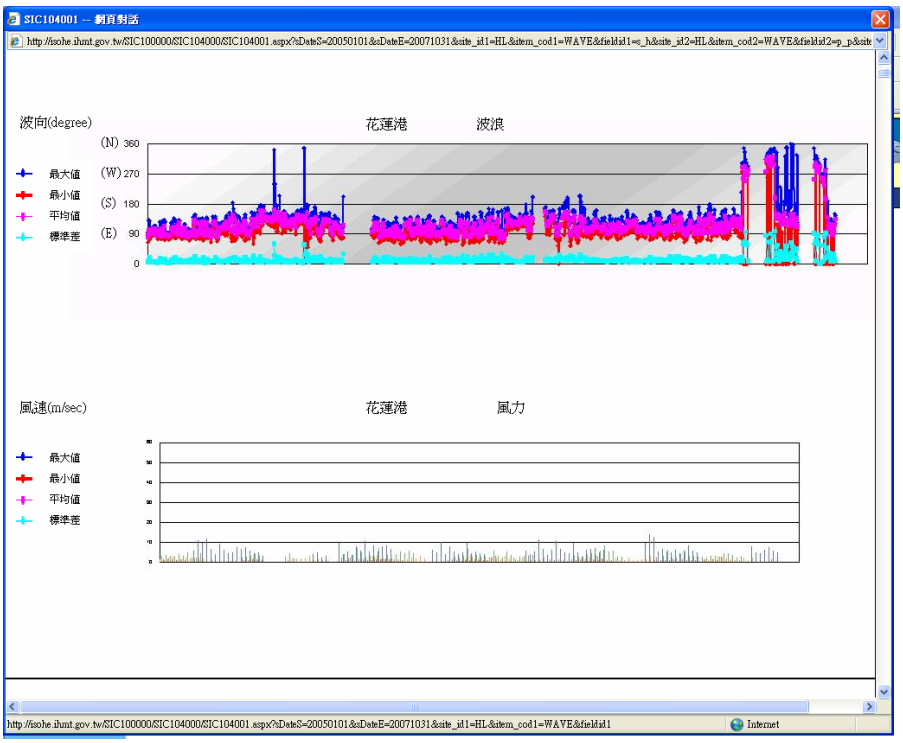


圖 3-3-14 花蓮港波向/風力統計圖

基隆港: 將原本只有 94 年資料之統計結果，增加為自 94 年起到

96 年十月均有各項數據之統計資料，並已改用直方統計圖的方式呈現。

基隆港流速/流向：

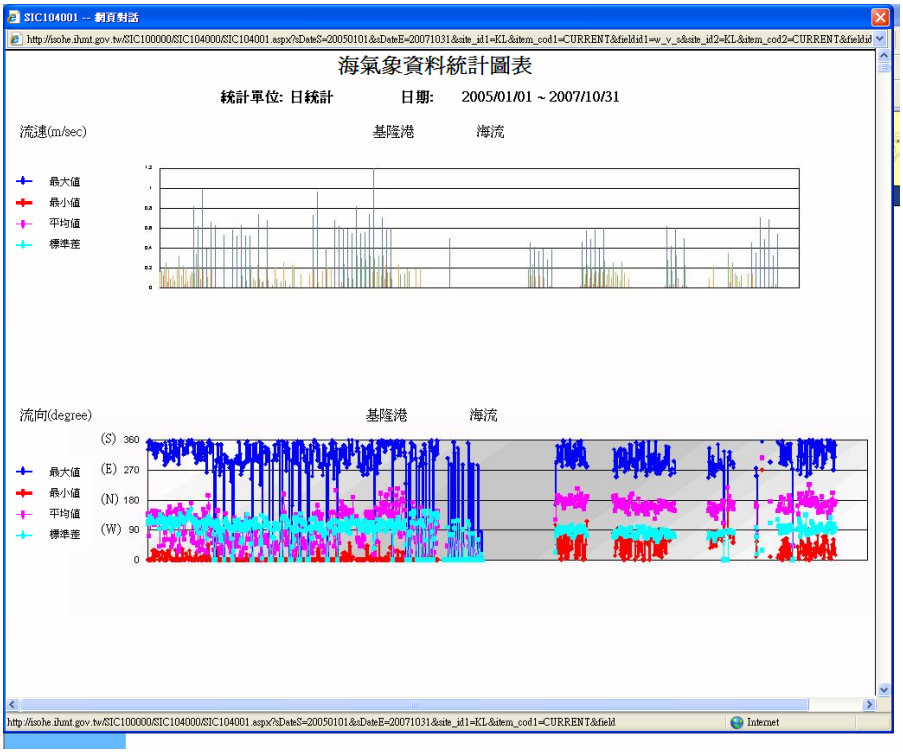


圖 3-3-15 基隆港流速/流向統計圖

水溫/潮汐

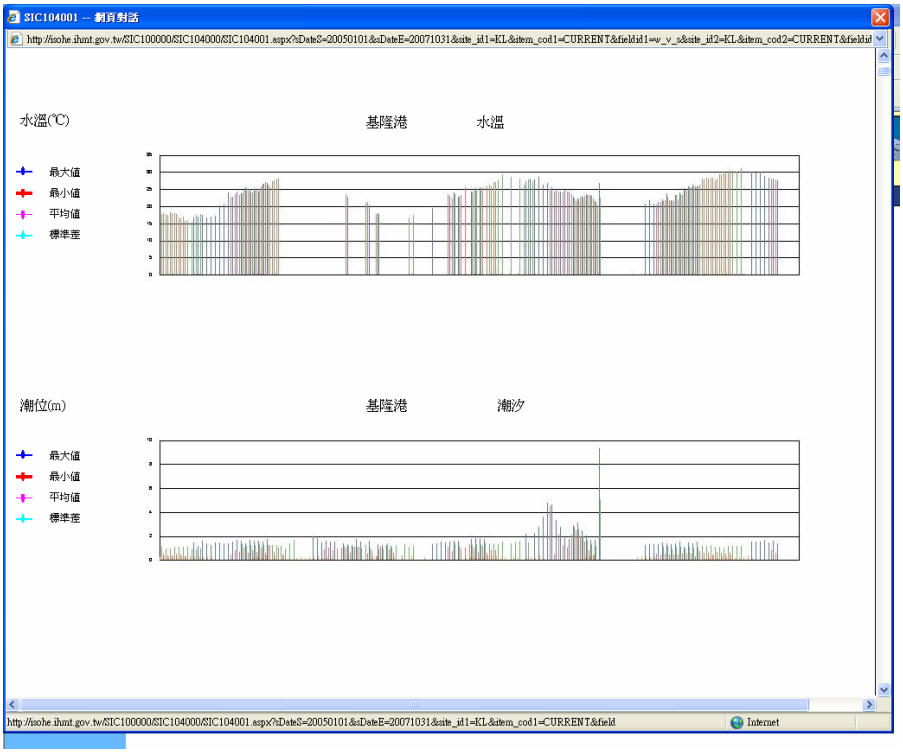
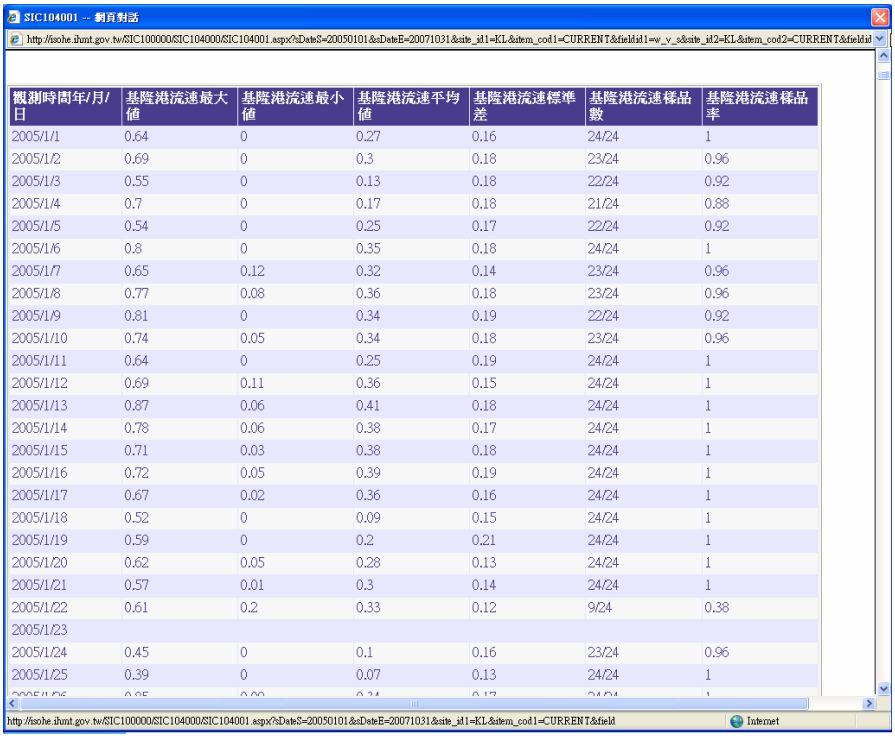


圖 3-3-16 基隆港水溫/潮汐統計圖

海氣象資料統計表



觀測時間年/月/日	基隆港流速最大值	基隆港流速最小值	基隆港流速平均值	基隆港流速標準差	基隆港流速樣品數	基隆港流速樣品率
2005/1/1	0.64	0	0.27	0.16	24/24	1
2005/1/2	0.69	0	0.3	0.18	23/24	0.96
2005/1/3	0.55	0	0.13	0.18	22/24	0.92
2005/1/4	0.7	0	0.17	0.18	21/24	0.88
2005/1/5	0.54	0	0.25	0.17	22/24	0.92
2005/1/6	0.8	0	0.35	0.18	24/24	1
2005/1/7	0.65	0.12	0.32	0.14	23/24	0.96
2005/1/8	0.77	0.08	0.36	0.18	23/24	0.96
2005/1/9	0.81	0	0.34	0.19	22/24	0.92
2005/1/10	0.74	0.05	0.34	0.18	23/24	0.96
2005/1/11	0.64	0	0.25	0.19	24/24	1
2005/1/12	0.69	0.11	0.36	0.15	24/24	1
2005/1/13	0.87	0.06	0.41	0.18	24/24	1
2005/1/14	0.78	0.06	0.38	0.17	24/24	1
2005/1/15	0.71	0.03	0.38	0.18	24/24	1
2005/1/16	0.72	0.05	0.39	0.19	24/24	1
2005/1/17	0.67	0.02	0.36	0.16	24/24	1
2005/1/18	0.52	0	0.09	0.15	24/24	1
2005/1/19	0.59	0	0.2	0.21	24/24	1
2005/1/20	0.62	0.05	0.28	0.13	24/24	1
2005/1/21	0.57	0.01	0.3	0.14	24/24	1
2005/1/22	0.61	0.2	0.33	0.12	9/24	0.38
2005/1/23						
2005/1/24	0.45	0	0.1	0.16	23/24	0.96
2005/1/25	0.39	0	0.07	0.13	24/24	1

圖 3-3-17 海氣象資料統計表

四、資料庫依年度進行資料表重整，以增進使用者查詢之速度。

1.海氣象觀測資料-日統計表

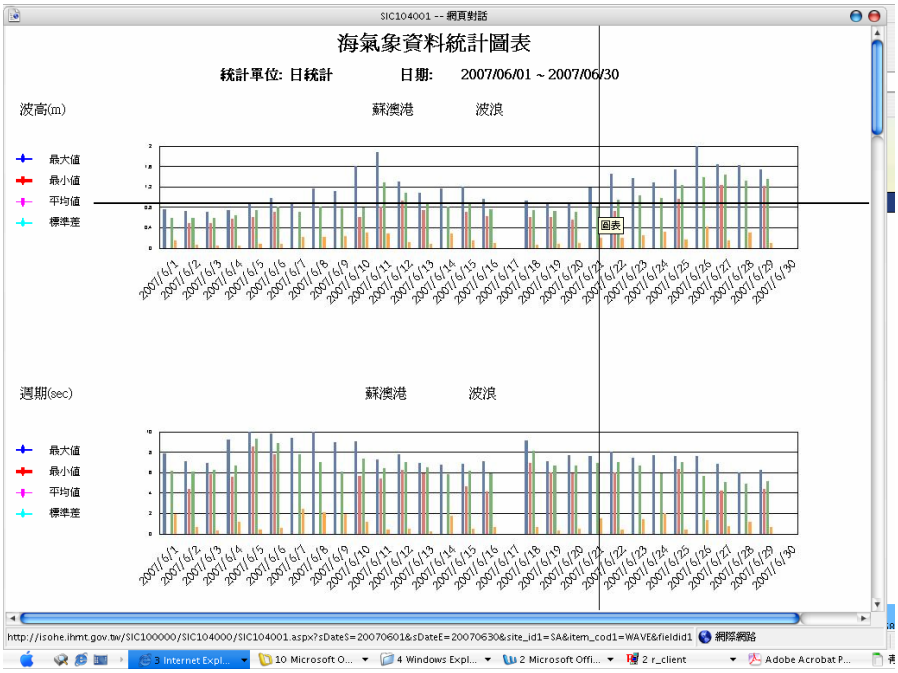


圖 3-3-18 海氣象日統計表

2.海氣象觀測資料-月統計表

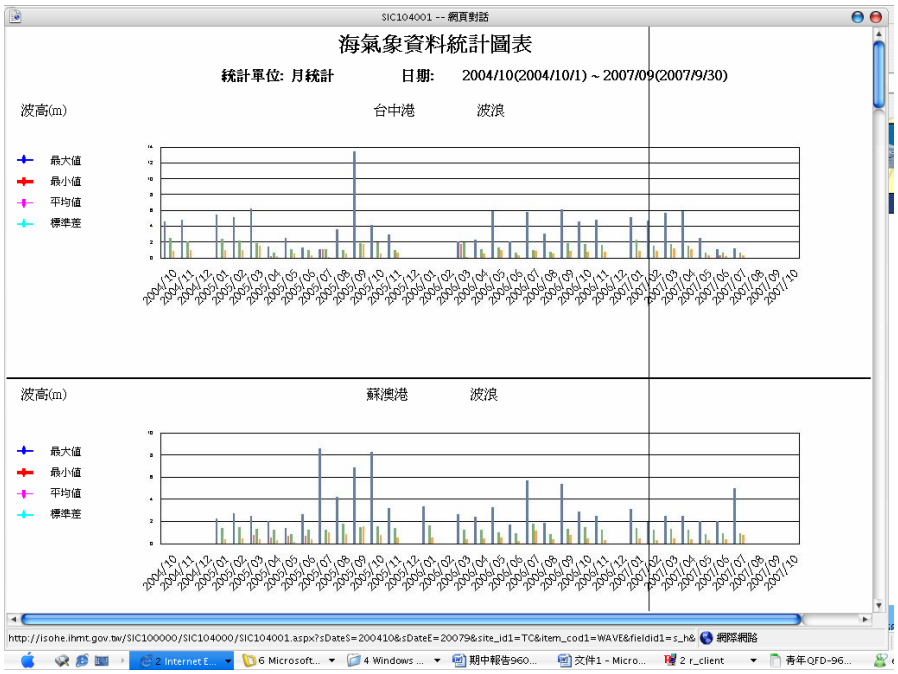


圖 3-3-19 海氣象日統計表

3.海氣象觀測資料-季統計表

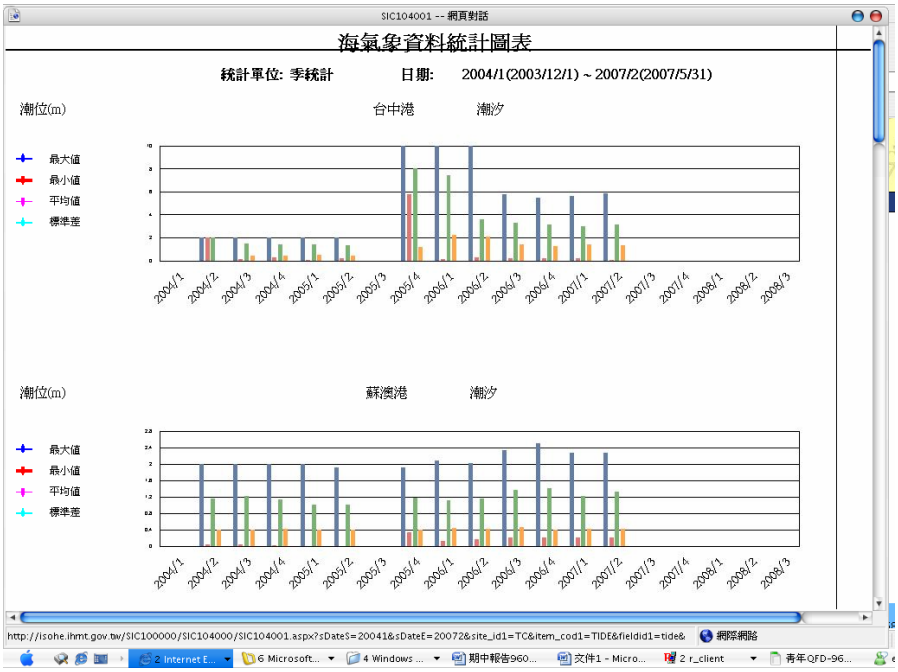


圖 3-3-20 海氣象日統計表

4.海氣象觀測資料-年統計表

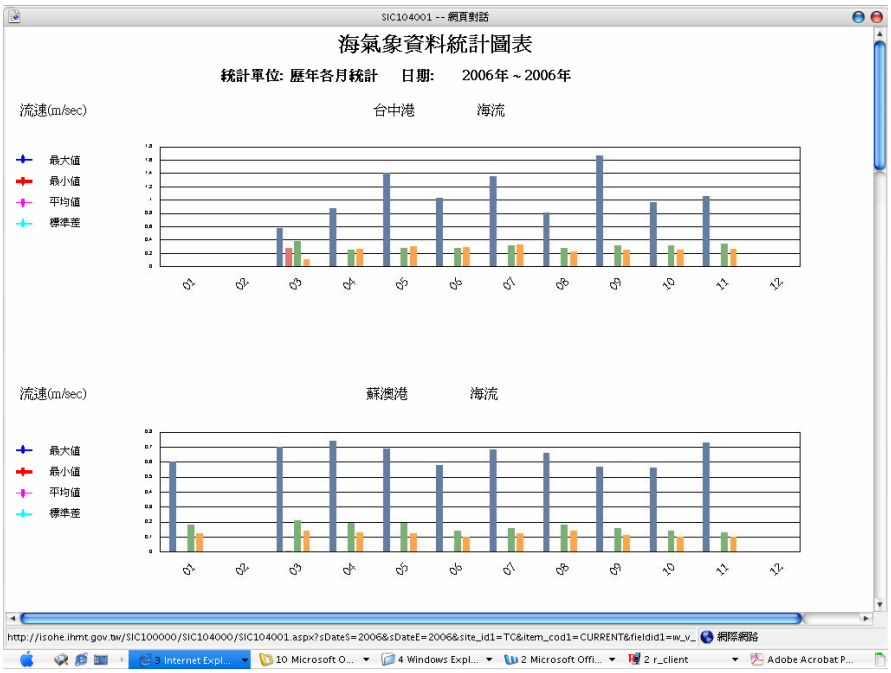


圖 3-3-21 海氣象年統計表

五、海氣象逐時資料—新增幾種圖示表現

以基隆港流速/流向為例：

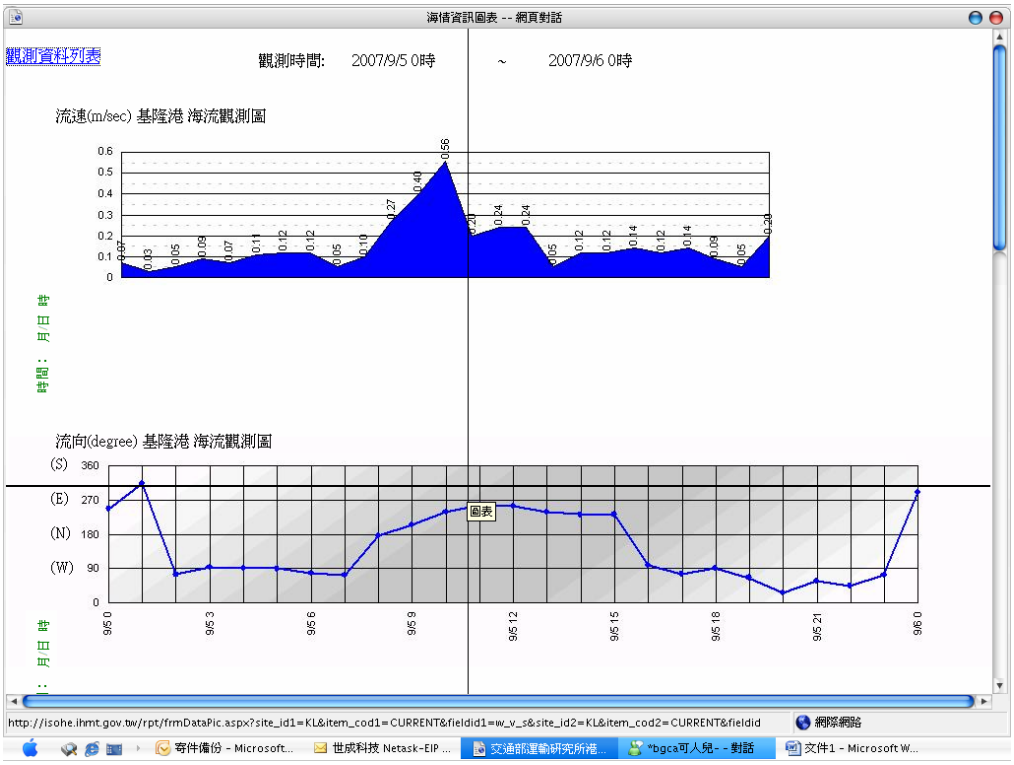


圖 3-3-22 海氣象流速/流向逐時資料歷線圖

溫度：

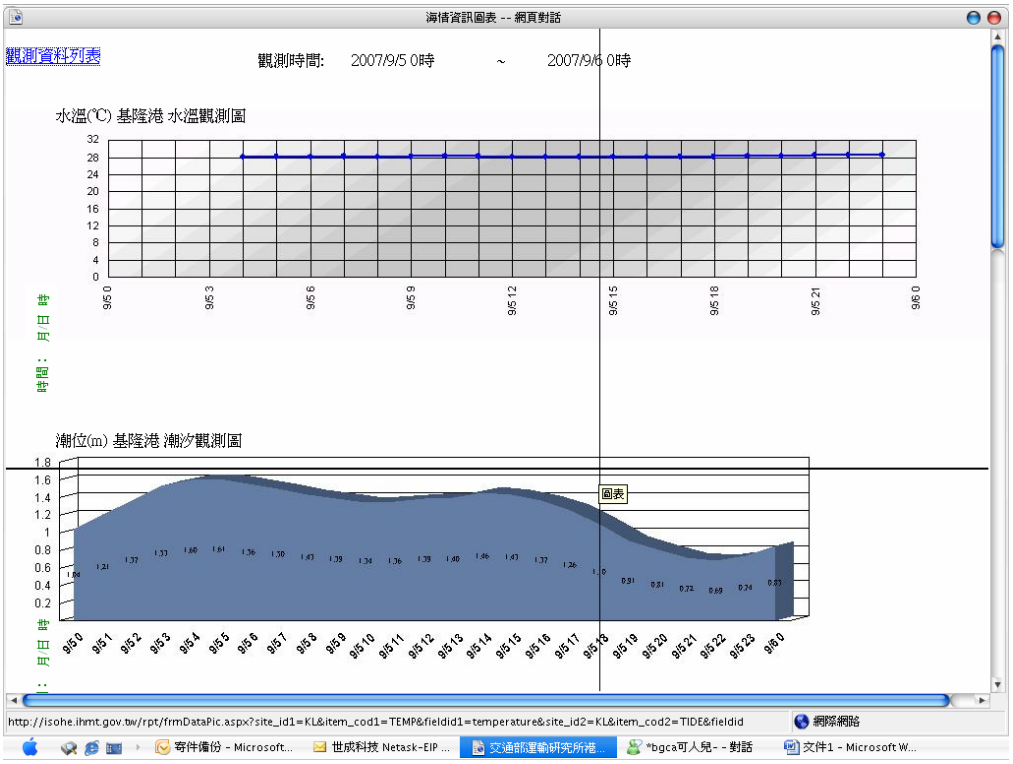
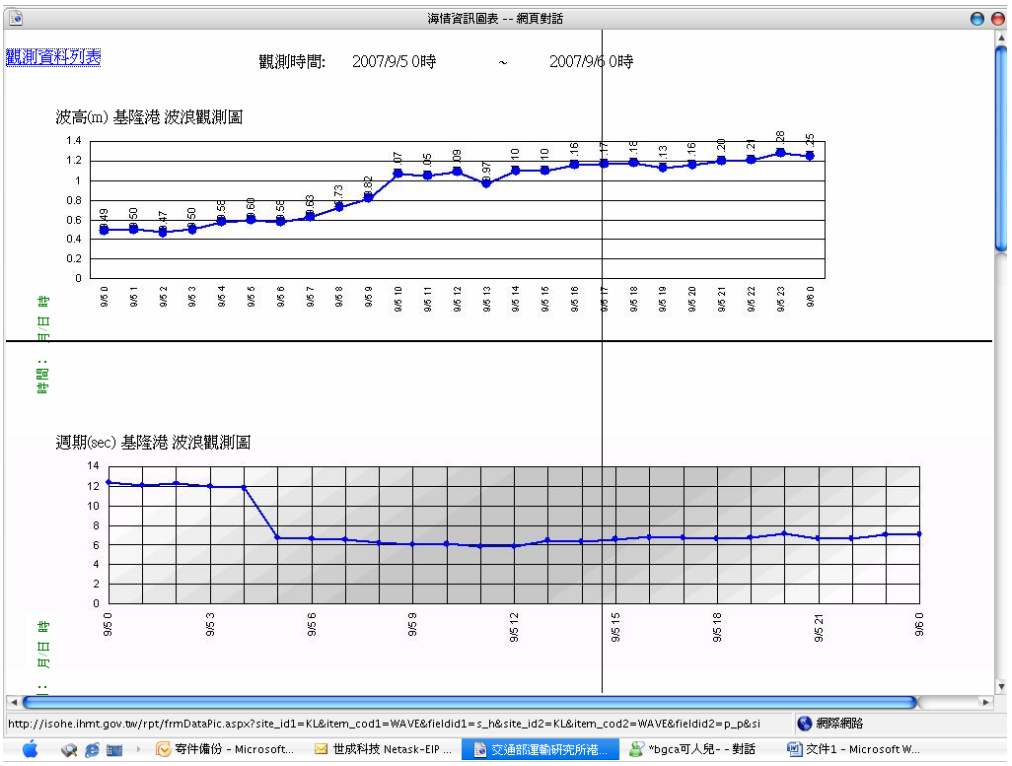


圖 3-3-23 海氣象溫度逐時資料歷線圖

波浪：



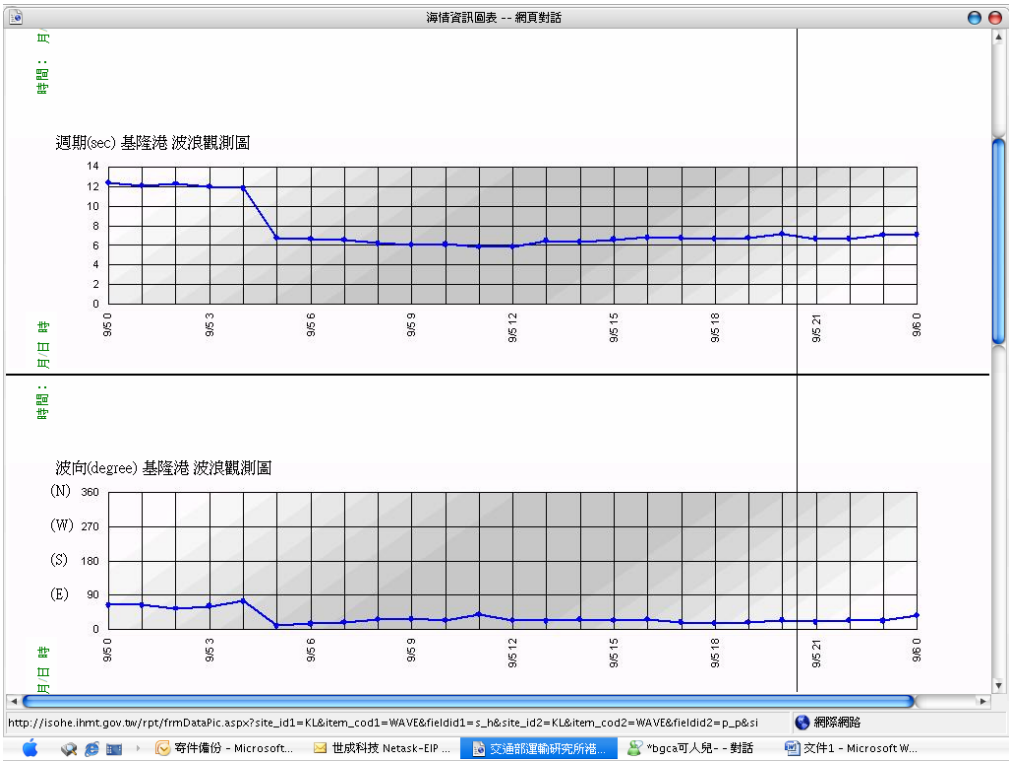


圖 3-3-24 海氣象波浪逐時資料歷線圖

風力:

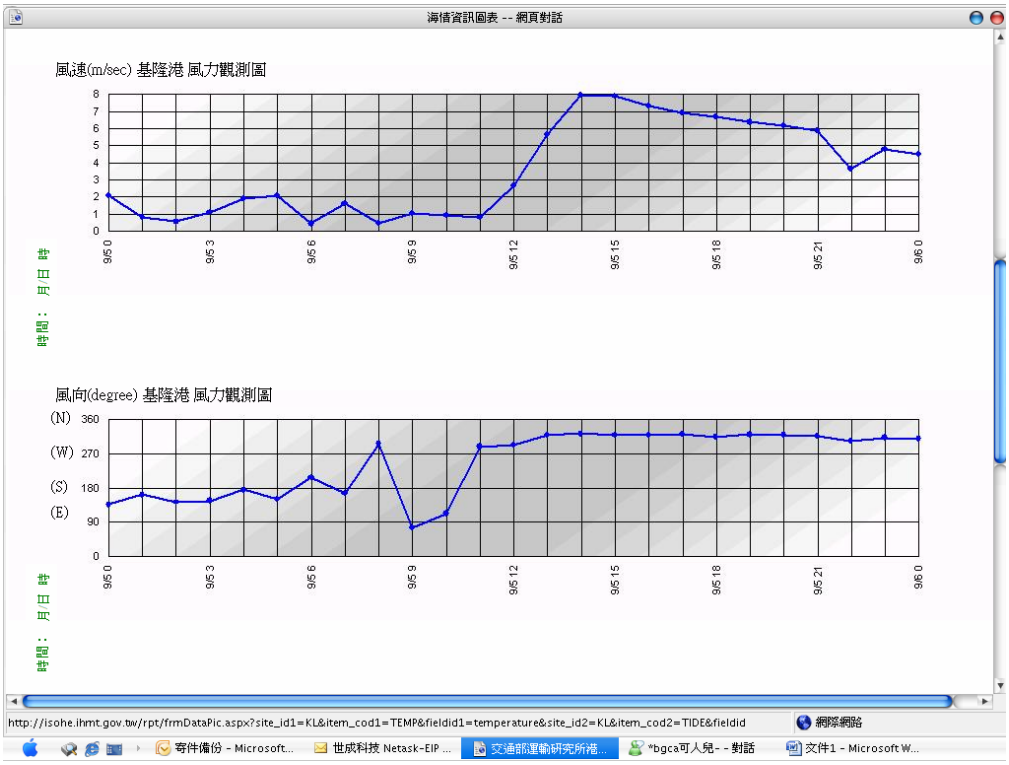
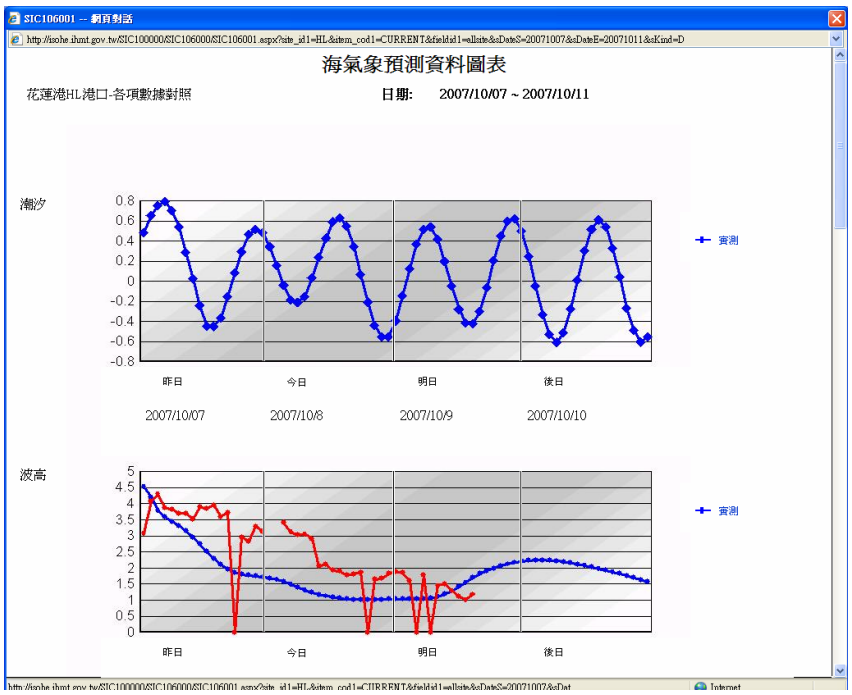


圖 3-3-25 海氣象風力逐時資料歷線圖

3.4 預測報資料

一、預測報資料合併即時資料顯示結果: (以花蓮港為例)



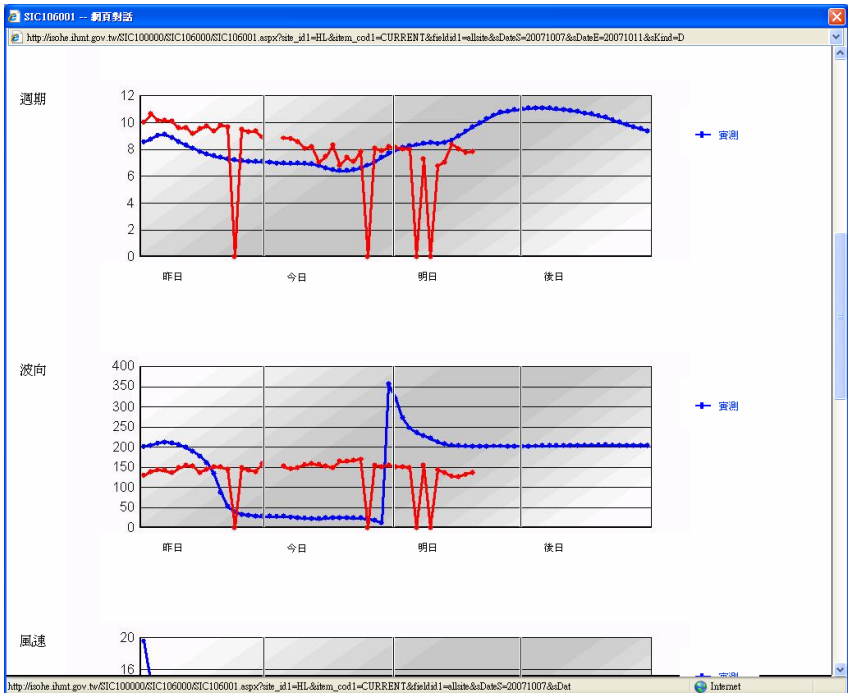


圖 3-3-26 預測報整合即時觀測資料歷線圖

二、預測報資料收集程式改善穩定度方案:

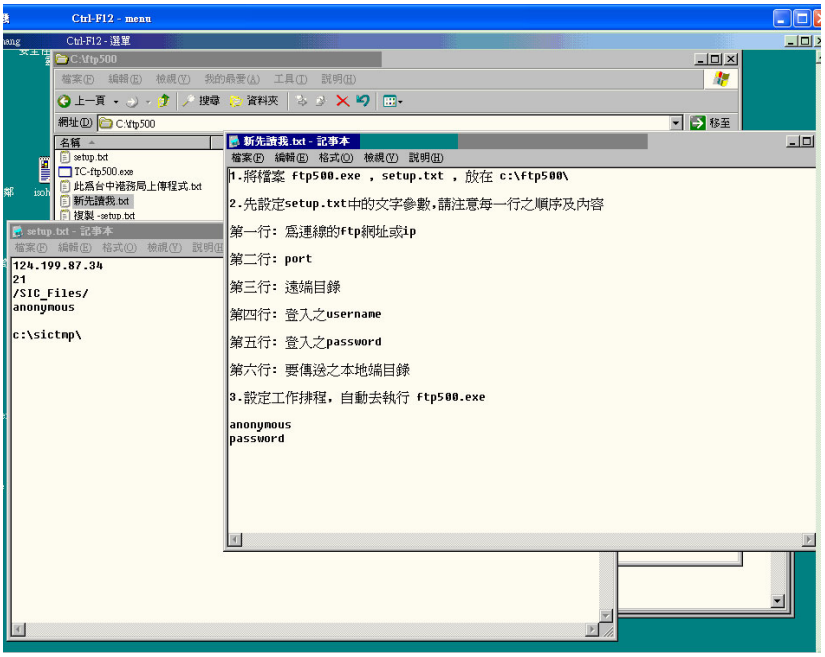


圖 3-3-27 預測報整合即時觀測系統改善

因預測報上傳主機有兩台機器目錄之備援機制，所以經常於 FTP 主機設定更動過後，即造成實測資料無法上傳的問題，有鑑於此，我們將檔案自動上傳程式，增加系統參數設定檔案，可透過即時的更改主機相關資訊後，讓自動傳輸程式得以繼續正常作業。

3.5 即時影像監視及傳輸系統

目前各港口海氣象觀測系統，各有詳實的數據資料庫，可供研究參考之用，配合現場影像情境提供真實臨場感受。由於波浪具有以下幾項特性，是系統規劃中所須考慮的基本要素：

1.波浪週期約為 6~15 秒，平時約 6~10 秒，大風雨或颱風來臨時可能長達 10~15 秒。

2.半小時內波浪狀況變化不大，可不必隨時記錄影像畫面。

3.觀察波浪需要平順之連續畫面，停格之視訊則失去觀察之效果。

4.波浪觀察重點在於大範圍之宏觀取景，而非細部特寫。

5.少數重點時段之畫面需要保存，經常性畫面則只需暫存即可。

除了上述幾項因波浪特性而須考慮的基本要素外，攝影器材、傳輸設備的安裝與維護、建置成本、經常支出負擔等，亦為系統規劃必須審慎評估的因素，我們將於計畫期間應用各種解決方案，並評估其成本、效益與執行上的各種優缺點分析，做為最後建置決策之參考依據。

本年度主要工作為：

1.配合花蓮港港池共振改善計畫，進行花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統擴充現勘及建置規範報告等。

2.新增影像部份於港灣環境資訊網，系統整合開發可透過網頁查看即時影像及作選擇性自動錄影與歷史影像查詢。

3.即時影像整體傳輸流暢度探討、分析檢討與相關改善建議。

一、花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統擴充現勘

本中心已於 93 年起分別建置完成基隆港、花蓮港及高雄港 IP 攝影機及即時影像錄影系統，今配合「花蓮港池共振改善計畫」預定於

花蓮港區擴充建置二組即時影像遠端 IP 攝影機等系統。

本計畫之先期規劃工作已於：96.3.14、96.4.18、96.5.2 進行現場勘查。現場勘查處所之地理環境及所能安裝攝影機高度之不同，所能觀測取得的影像亦不同，依現行攝影機可支援最大全景拍攝 340 度、傾斜範圍 115 度、25 倍光學變焦(300 倍數位變焦)可視距離約 200 公尺，依據攝影機裝設地點不同會有不同之取景效果。

經評估之後安裝地點：

地點一：

1.約略位置為西防波堤防邊由白燈塔起算第八支電線杆處，環境照片如下圖 3-4-1，

2.攝影機可觀看角度主要以第以19、23、24、25號等碼頭為主。

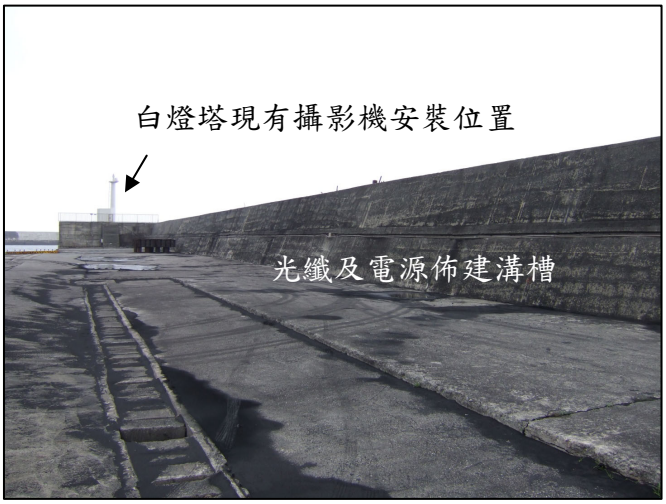


圖 3-4-1 西防波堤環境現堪圖

地點二：

1.位置為亞洲水泥辦公室頂樓上，環境照片如下圖示。

2.攝影機可觀看角度主要以第以5、6、7、8及11號等碼頭為主。

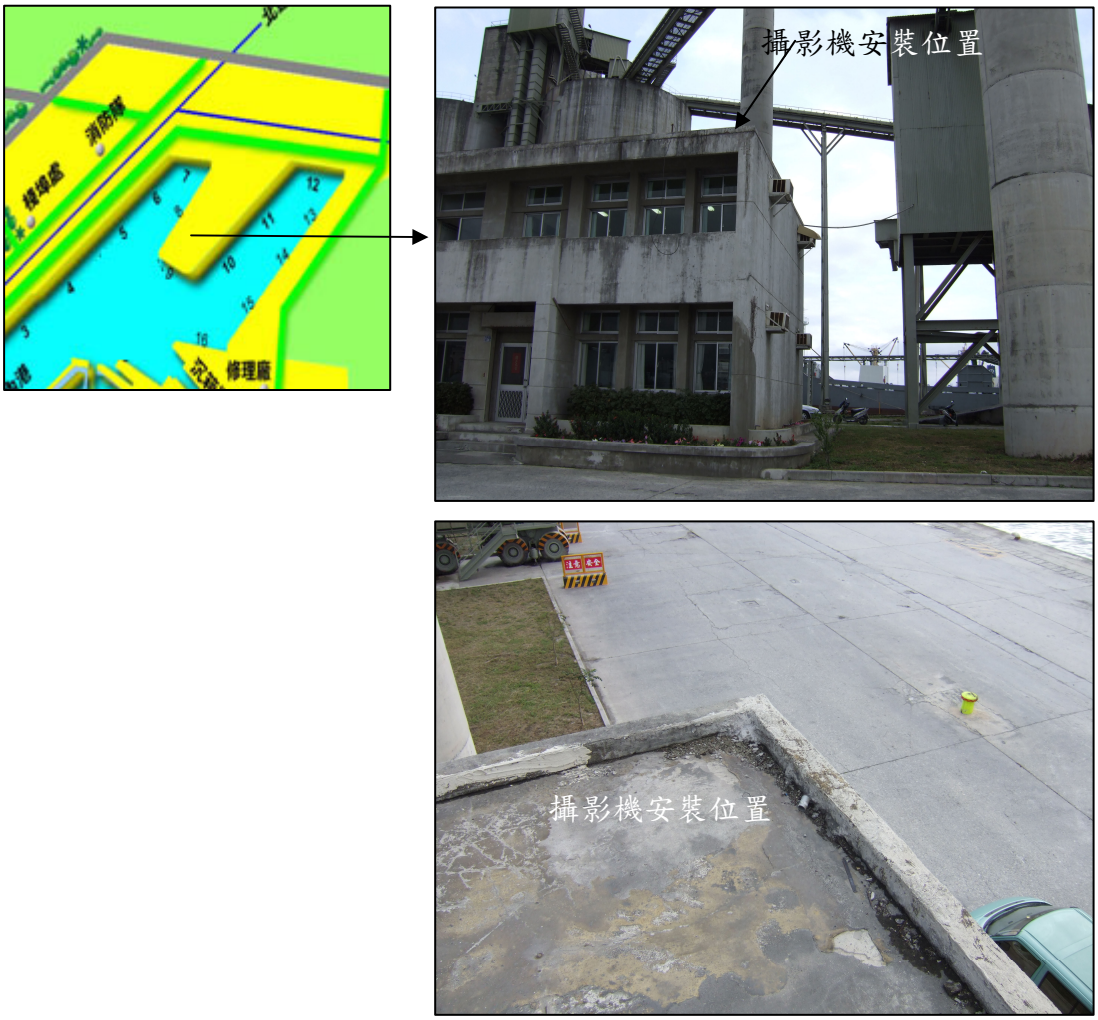


圖 3-4-2 亞洲水泥環境現勘圖

二、規劃花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統與架構

(一)數位攝影機：

數位攝影機內建操作控制單元如下圖 3-4-3，可由系統管理者從遠端控制旋轉以及遠近，以調整取景角度，安裝時除利用攝影機吊架外如下圖 3-4-4 所示，另需配合穩固固定架進行固定。

※ 攝影機主機：1/6 型彩色 CCD，支援 25 倍光學變焦、300 倍數位變焦。

※ 拍攝角度：全景拍攝為 340°，傾斜範圍 115°，全景拍攝速度為 2 秒/340 度，傾斜角度 1.5 秒/115 度。

※ 攝影機尺寸(W x H x D)：140 x 175 x 144mm

※ 電源需求：DC12V via AC adapter 100-240v

※ 消耗功率：21.6W

圖 3-4-3 Sony SNC-RZ30N

圖 3-4-4 攝影機吊架與室外保護罩

(二)系統架構：

為有效利用與管理網路頻寬等各項資源，本計畫之設計以採集中式管理、分散式儲存為目標，並且透過本中心進行監控、管理整個港區之監視系統，隨時掌握海氣象港區水域動態狀況，協助學術研究採證及突發狀況之處理等功能，以大幅提升海洋研究與港區安全，進而提高港埠國際競爭力。

本中心得視需要建立多個副控中心，在此架構下任一個具有權限之相關人員皆可透過一般個人電腦或筆記型電腦利用網頁瀏覽器，經由機關現有之網路取得其可監視範圍之遠端即時影像。

1.地點一利用現有光纖線路予以延伸後使用，並且於港務局建置安裝錄影伺服主機。

2.地點二另租用 GSN-VPN 512K ADSL 專線一路。

3.整體架構說明如下圖 3-4-5 所示，詳細規範說明請參考附錄 A。

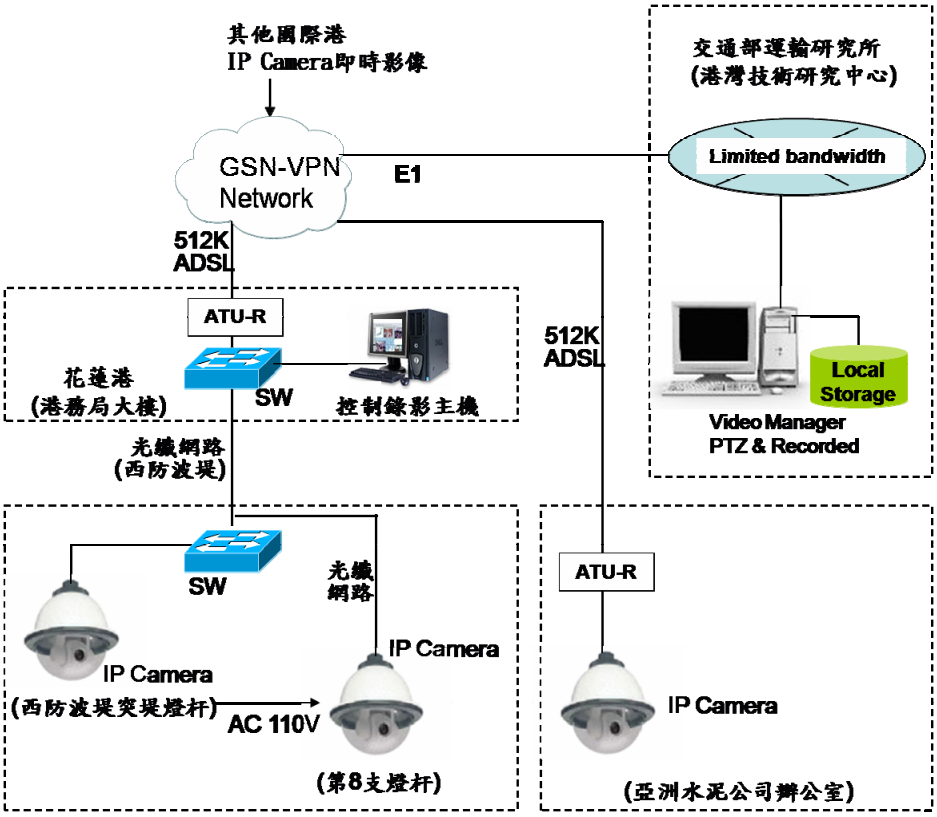


圖 3-4-5 即時影像系統整體架構圖

三、監控錄影整合軟體(RealShot Manager 3.0)系統架構圖如下圖 3-4-6 所示：

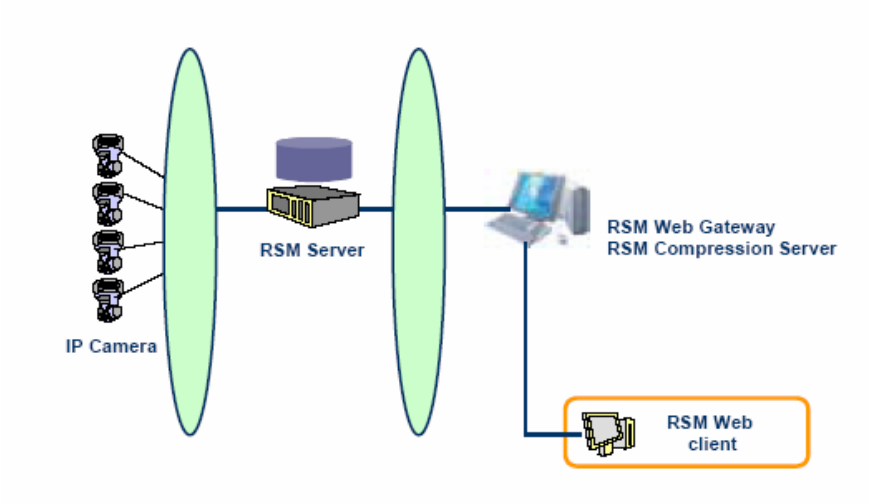


圖 3-4-6 SONY RealShot 系統架構圖

四、整合即時影像於同一控制平台

Sony Realshot Manager 支援 Sony IP 網路攝影機，並且可透過預覽視窗的方式管理 32 部攝影機，預錄排程、PTZ 控制及客製化設計影像展示，如下圖 3-4-7 所示。

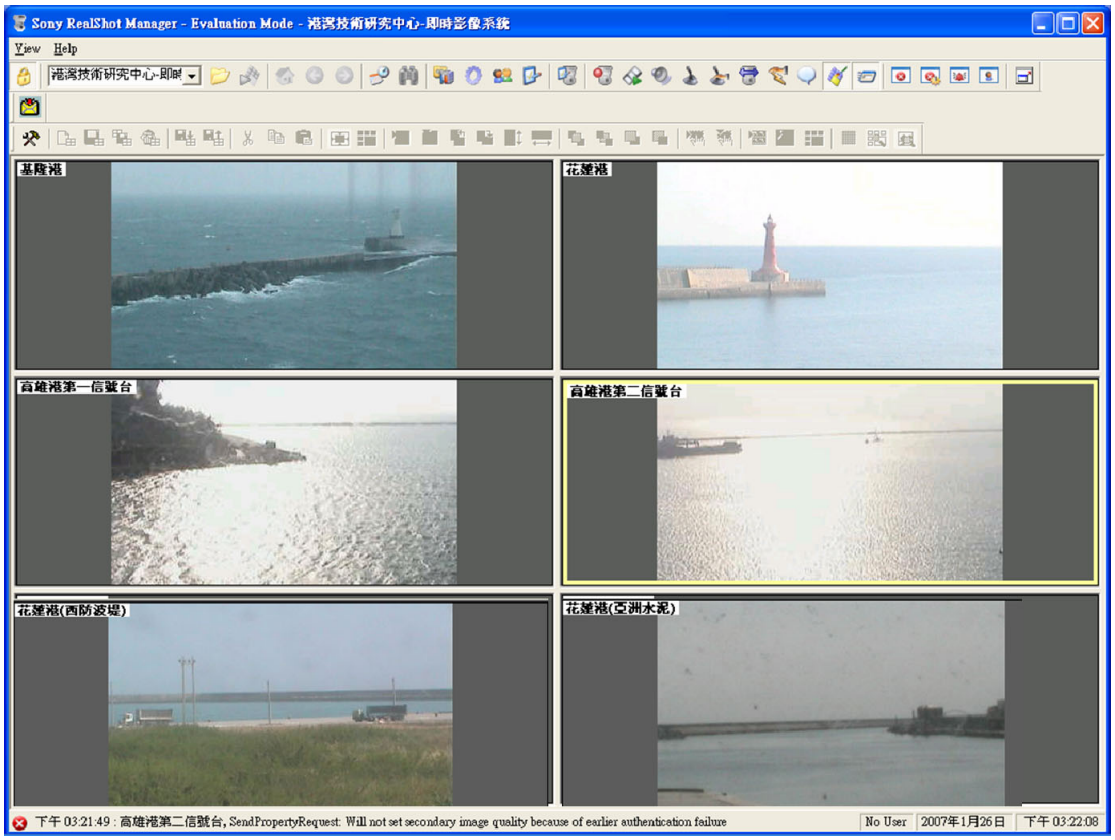


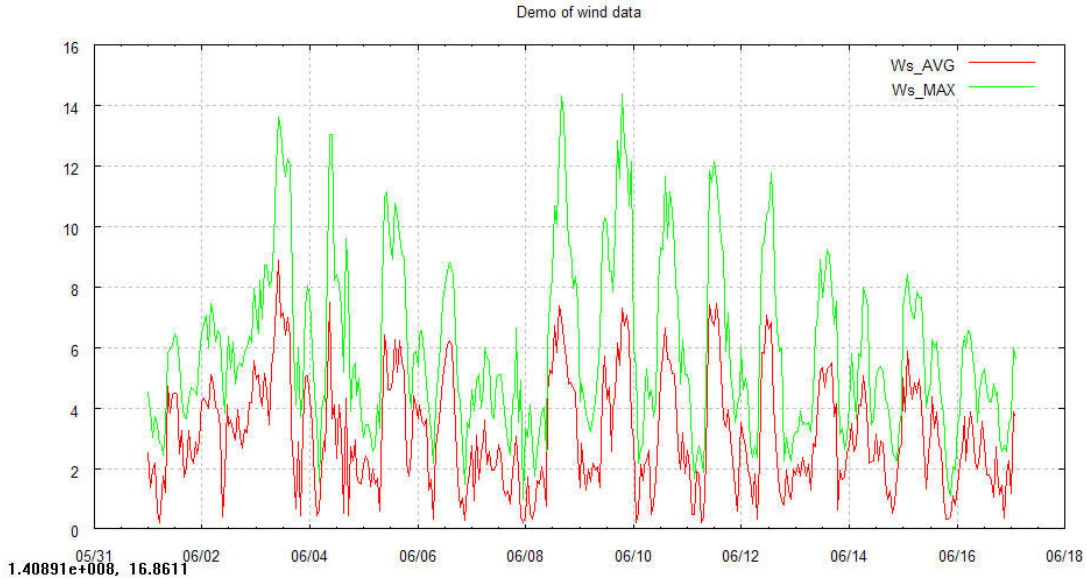
圖 3-4-7 即時影像整合控制畫面圖

3.5 海氣象資訊動畫

一、試作港區附近海域海流流場預報資訊資料動畫展示：

1.Gnuplot 軟體試作

SIC_DATA 為實際將海情資料處理過後產出的圖型：



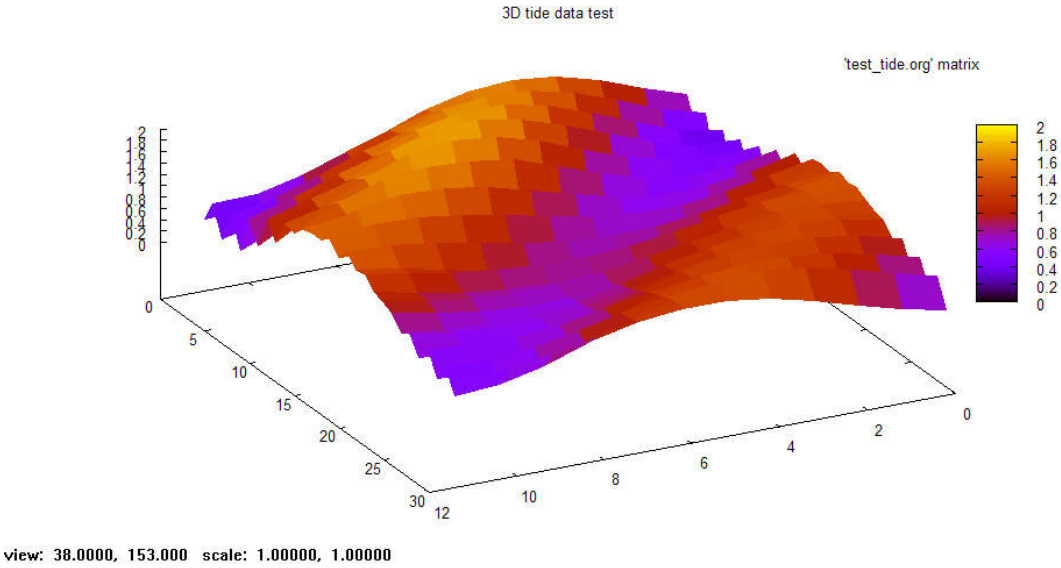
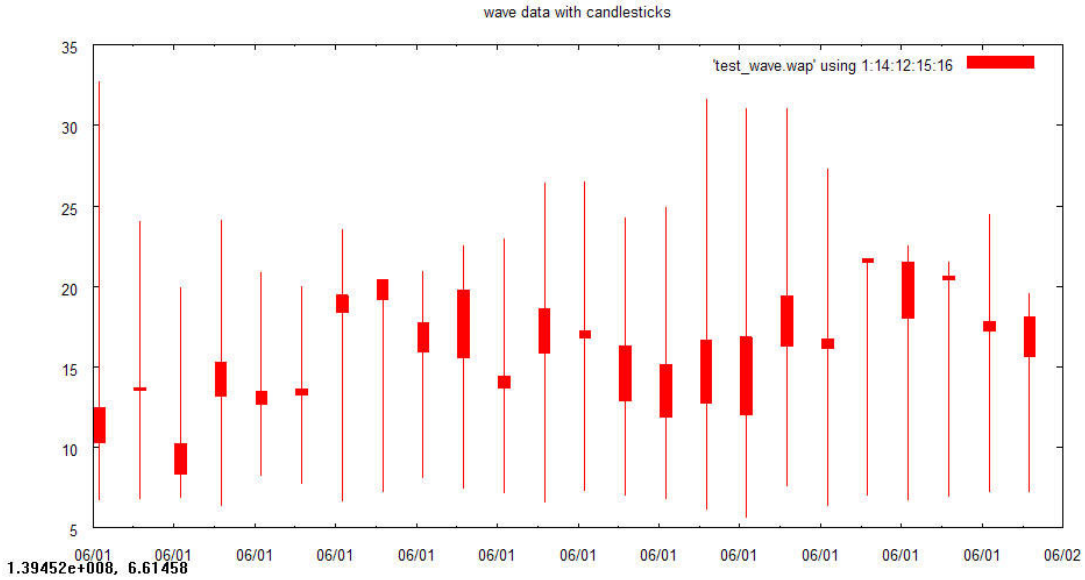


圖 3-5-1 Gnuplot 圖 1



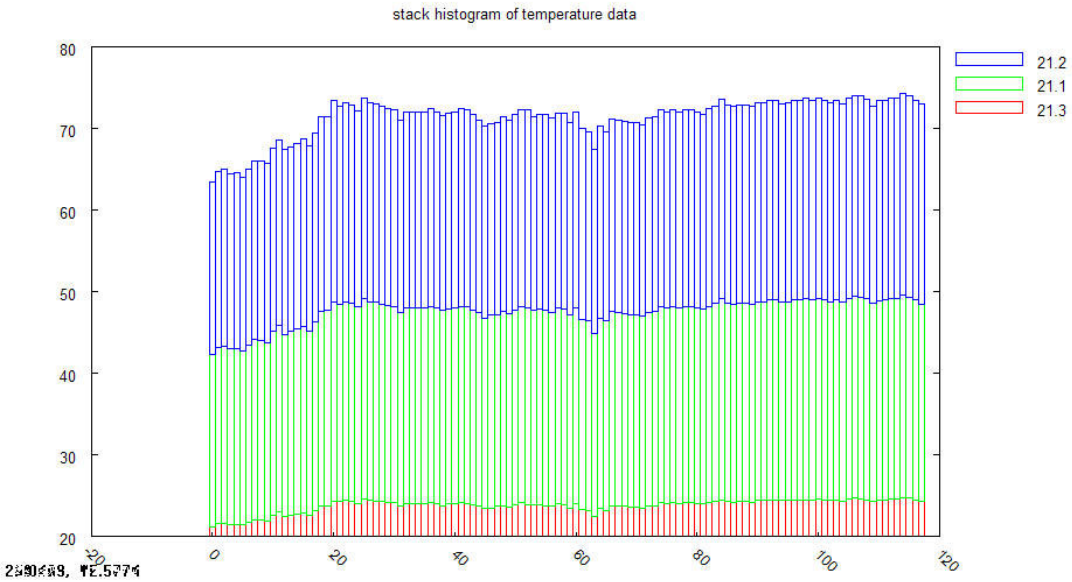
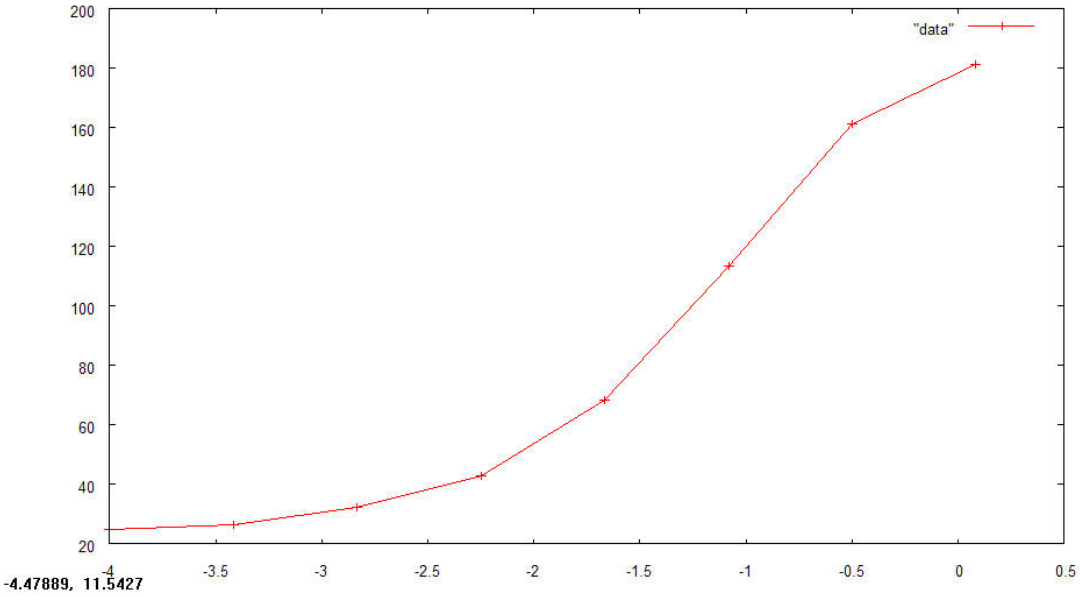


圖 3-5-2 Gnuplot 圖 2

TEMP_DATA 呈現該軟體可能可以應用的產出圖型範例：



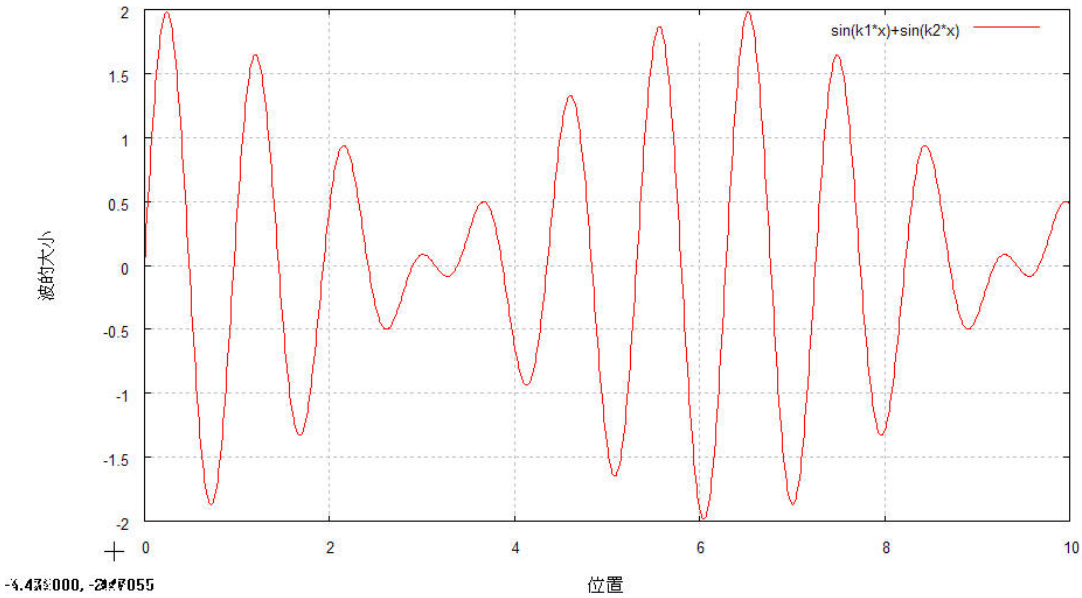
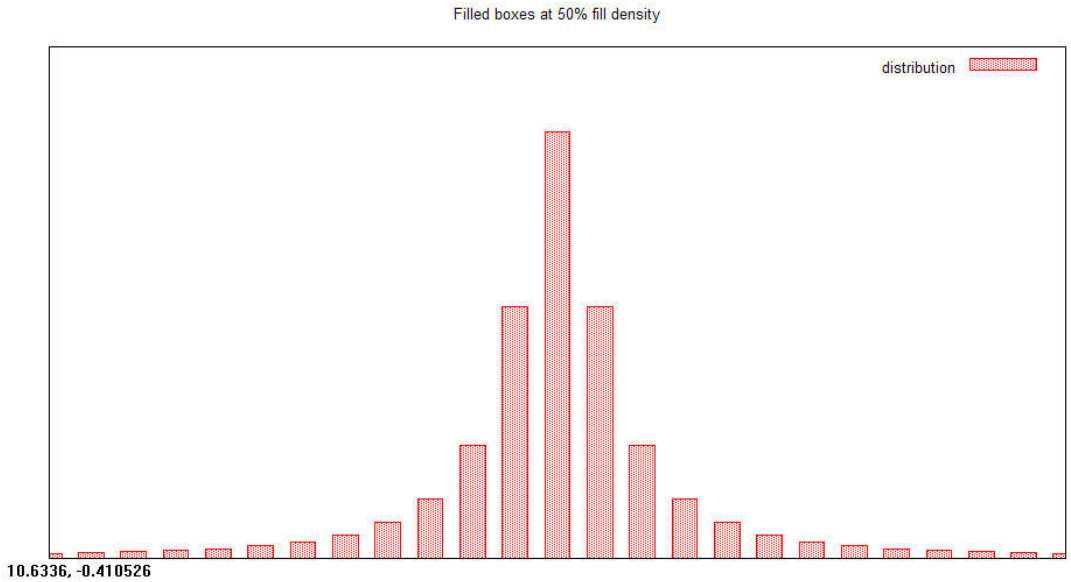


圖 3-5-3 Gnuplot 圖 3



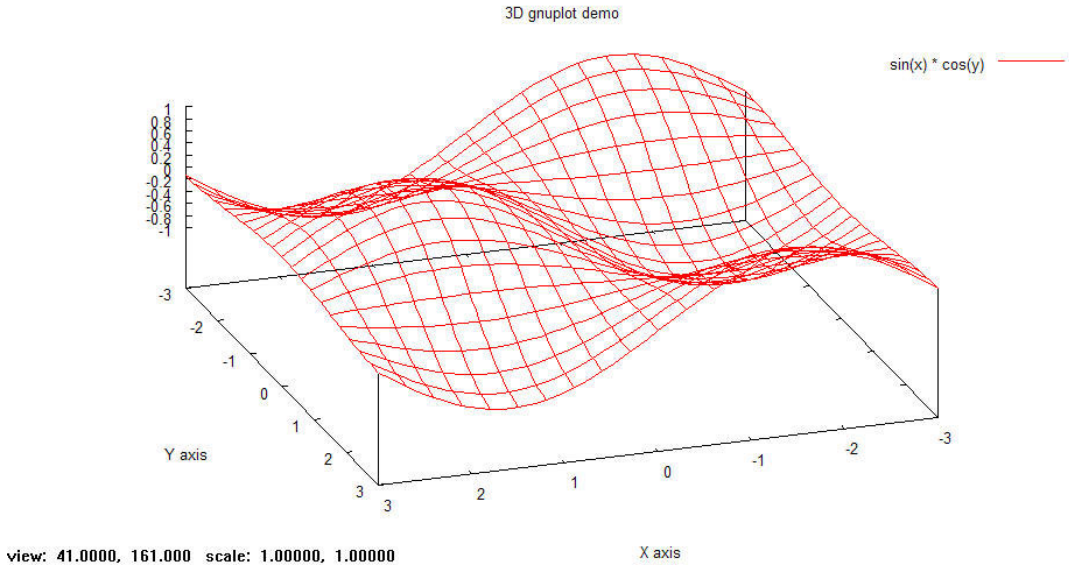


圖 3-5-4 Gnuplot 圖 4

2.Surfer Suite 8.0 3D 科學繪圖軟體試作

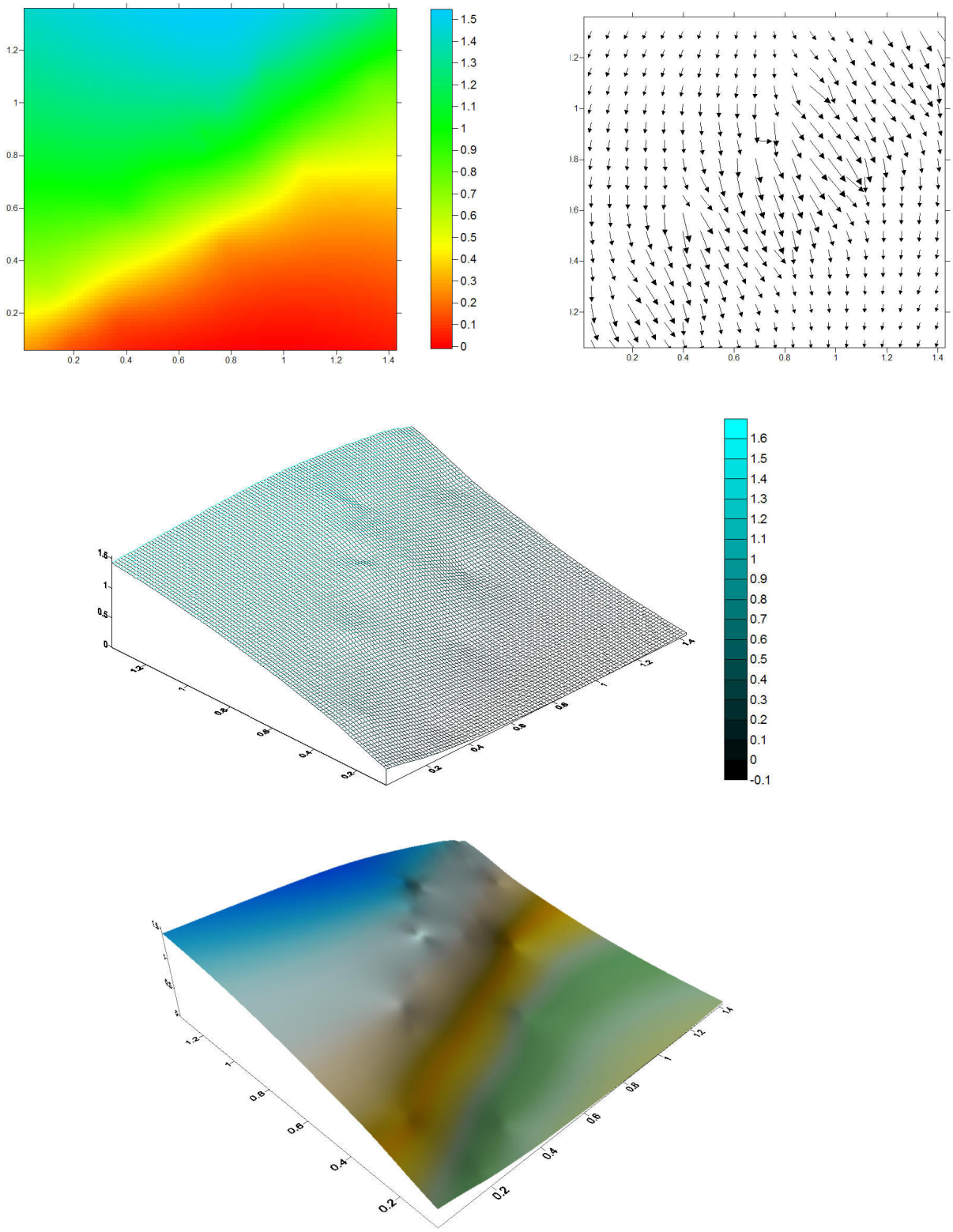


圖 3-5-5 Surfer Suite 3D 圖

3.以地理資訊系統(GIS)應用試作

a.風速風向(風標表示)圖

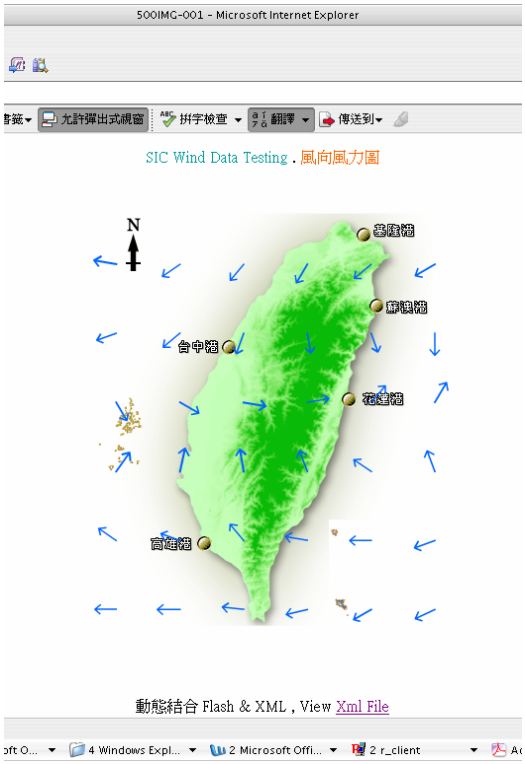


圖 3-5-6 ArcGIS 風標圖

b.溫度(等溫色區表示)

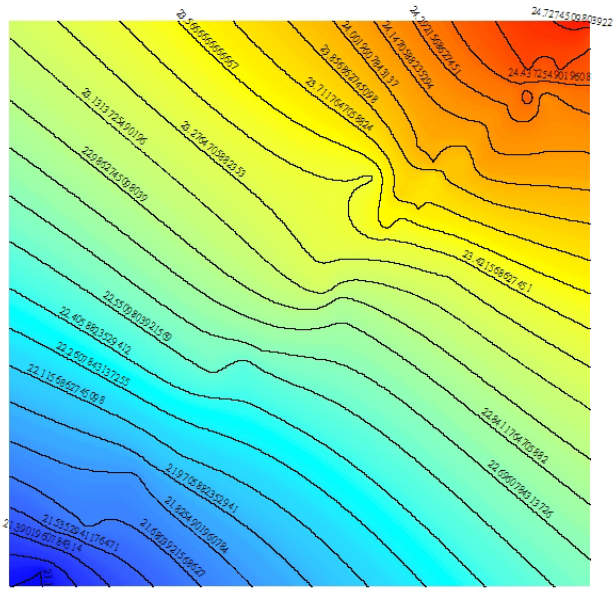
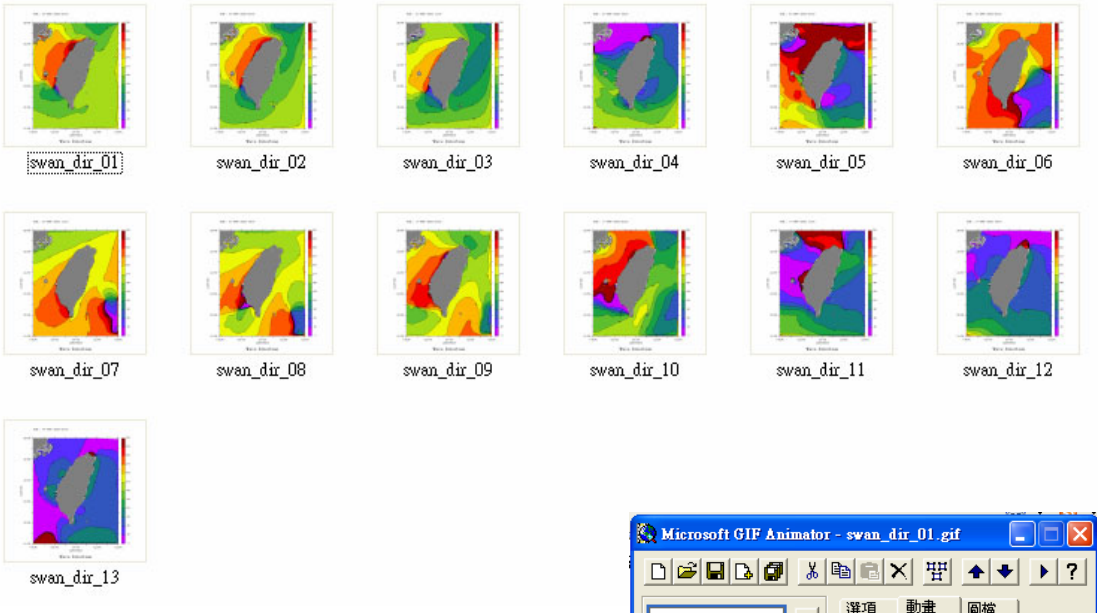


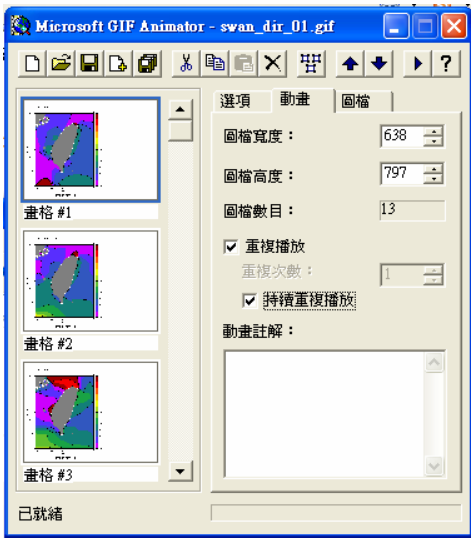
圖 3-5-7 ArcGIS 溫色區圖

4.海氣象資訊動畫(以 Microsoft GIF Animator 軟體試作)

a. 選擇相同尺寸的 GIF 格式圖檔



b.執行 Microsoft GIF Animator



c.動畫完成

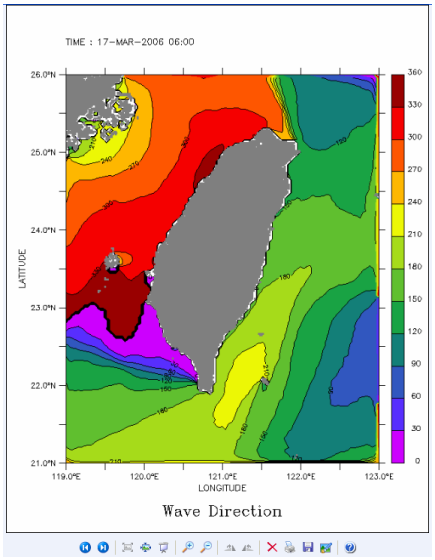


圖 3-5-8 海氣象動畫圖

3.6 港灣環境資訊網

本中心建置完成之『港灣環境資訊網站』目前可以提供海氣象資訊一個整合性的展示及專家查詢資訊平台，採『一般資訊查詢』及『專業查詢』資料呈現及查詢方式，並依查詢網站需要的使用者呈現不同資訊。

『港灣環境資訊網站』應用關聯式資料庫，以自動化系統分析資料格式確保資料品質，依現行運作所需之通訊與網路傳輸系統，搭配強化日常維護工作效率與品質；透過管理系統的運作協助系統管理人員日常資訊收集、分析作業，可即時掌握系統各種即時狀況與異常狀況。該系統目前可由 http://isohe.ihmt.gov.tw 連結上網進行海氣象即時資訊展示與專業查詢，如下圖 3-3-1 所示。

圖 3-6-1 港灣環境資訊網站

一、網頁更新規劃與特色

1.秉持『設計簡約、資訊分明』之原則，貫穿在整體設計及資訊導覽上。

2.將海氣象資訊詳細分類有系統地呈現，依其屬性及特色以「區塊」及「色彩」的型態作內容的規劃設計，各單元也皆以此概念作延伸發展，使瀏覽者能迅速地找到其所需。

3.針對不定期的最新訊息發佈，則在首頁規劃可依照其活動類別作概略性瀏覽（文字或圖片式），以期提供更精準的資訊呈現。

特色：依照一般瀏覽者的使用習慣及專業知識考量，在資訊架構上，將不同項目類別中相關性的部分作關聯式的連結，讓使用者之瀏覽能更加四通八達。

二、系統更新計畫

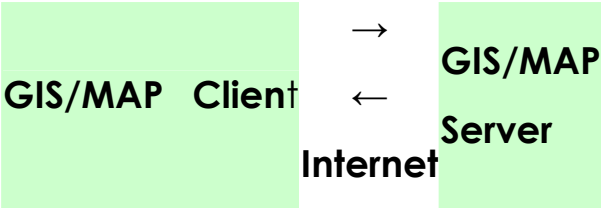
電子數值資料透過地圖於資料之展現、分析或整合模式，其目的在於以時間及空間為基礎，透過資料意涵與其關連(詮釋資料分析或表達資料內容與關聯性)整合同一時間、研究空間中的所有資訊，以研究展示空間中不同時間所記載或發生之現象。

WebGIS 是 Internet 技術應用于 GIS 開發的網繼網路系統，它將資訊發佈共用平臺的 Web 作為一個能夠承載地理空間資訊的平臺，使用者通過 GUI 交互操作介面，就可以通過網路訪問地理空間資料。

地理資訊和海氣象資訊可以結合，在海氣象資料處理方面適當地應用地理資訊能夠為處理大量資料、分析資料、作出預報決策等方面提供便利。

<u>Internet GIS / Internet Map</u>

將 GIS 的功能，分成 client 及 Server 兩部分，透過 Iinternet 來進行協調分工，完成 GIS 的功能。



意義：

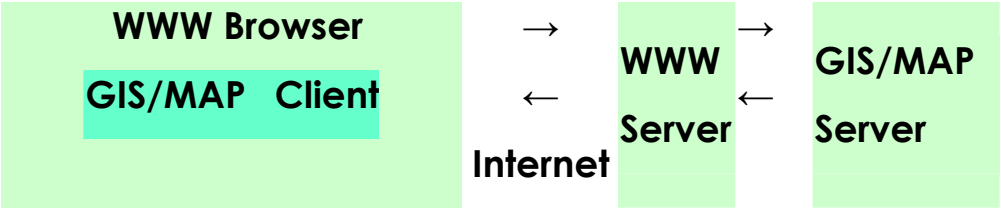
- 一般而言，GIS 功能多放在 Server 端，Client 僅作顯示及指令的介面 (Thin Client)。
- 一個 Sserver 來服務許多 Client
- Server 及 Client 可以在相鄰很遠的地方

Thin Client / Thick Client

- Thin Client 指 Client 僅提供很少的 GIS 功能，通常僅有提供顯示及指令介面的功能，大部分的工作在 Server 完成。
- Thick Client 指 Client 提供了較多的 GIS 功能，例如產生 Buffer，度量距離等功能，在極端的狀況下， Client 提供大部分的 GIS 功能，Server 僅提供資料。

Web GIS

將 GIS 的功能內嵌在 WWW 瀏覽器 中，透過 WWW Server 使用 GIS 功能



Client 可以使用 ActiveX control, Plug-in, Java, ASP/Java Script 等方式寫成。

常見的 GIS/ MAP Server

- ArcIMS
- Mapguide

- MapInfo® MapXtreme
- GeoMedia WebMap

本中心於進行海洋之研究多年，其間就各港口其範圍內的海氣象、港灣環境等研究調查成果累積豐碩，將模式及觀測網的資料作圖形化展示，採用地理資訊系統之人性化操作界面，以利各界之使用是我們努力的目標。

相關的資料、數值等結合 GIS 地圖方式進行多維度展示，亦可以充分展示海氣象主題的空間關聯性。

1.整體系統架構

配合「近岸數值模擬系統之建立」於可提供"流場場數值"之資料後，以自動化的資訊應用系統與資訊處理技術，透過系統化有效的使用者需求，依空間化（地圖形式）提供所需訊息，輔助專家學者或使用者對於海洋資源動態的掌握能力，並提升對資料的解譯能力，進而發揮最大的資訊分享功能。工作概念如下圖所示：

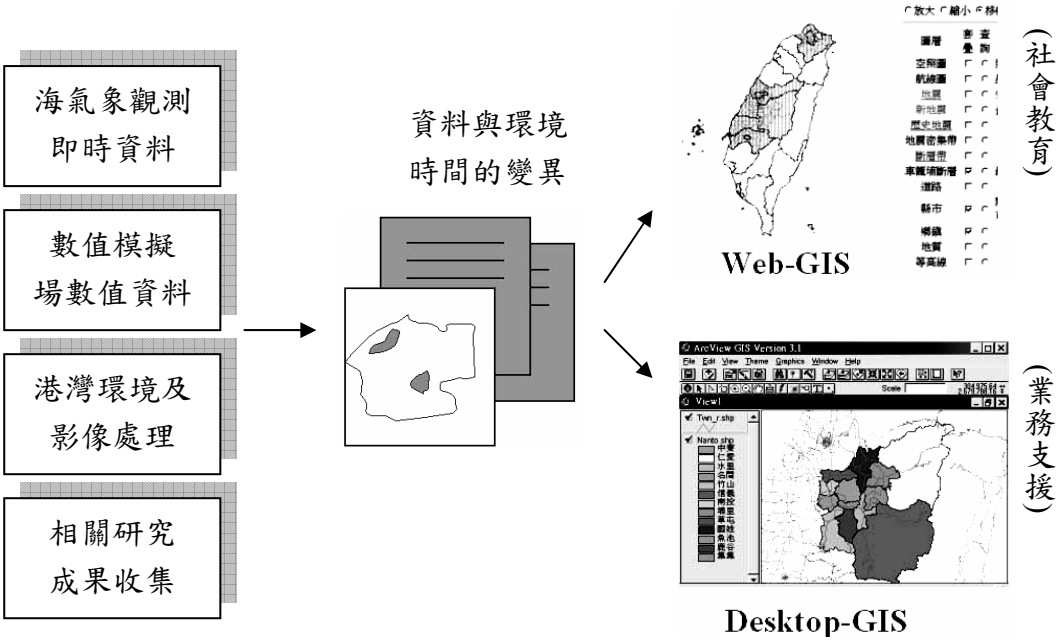


圖 3-6-2 WebGIS 系統運作示意圖

2.港灣環境資訊網站網頁改版構想

a.網頁構圖如下圖所示:

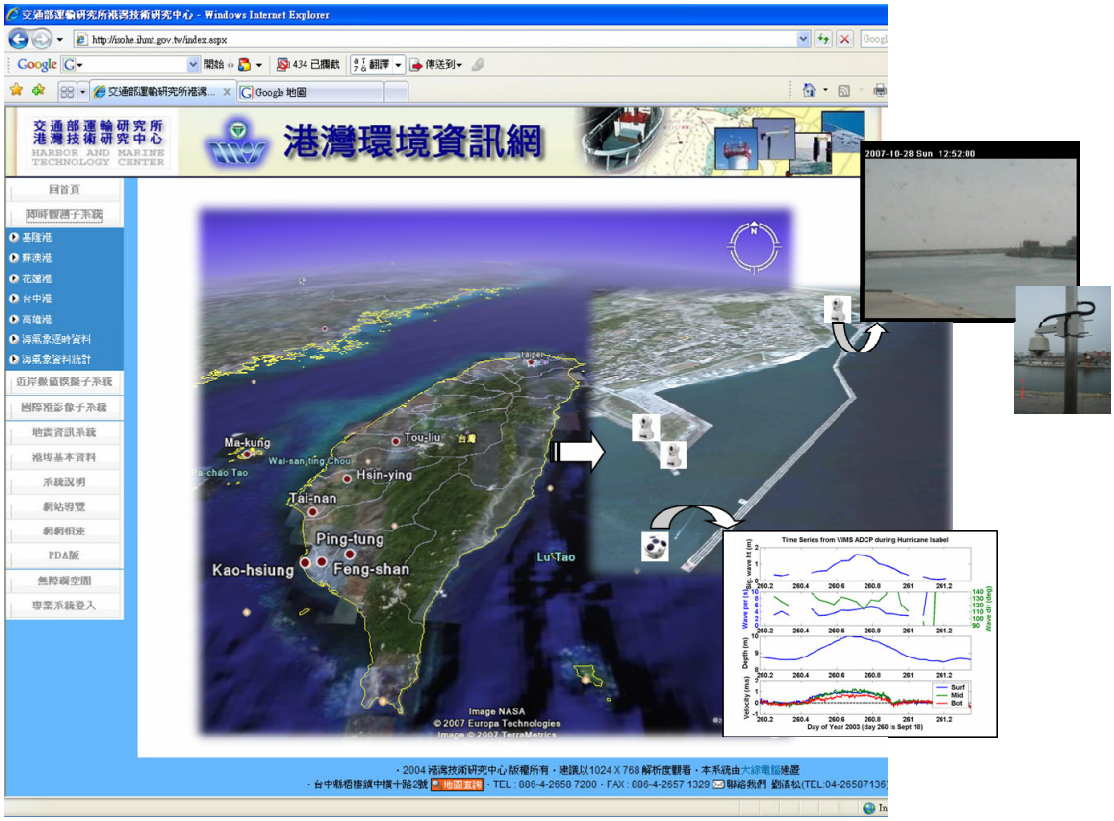


圖 3-6-3 港灣環境資訊網站網頁改版構想圖

b.整體架構以 GIS 地圖(Google Maps)為基礎，並區分割各港口 GIS 地圖(Google Maps)。

c.各港口 GIS 地圖(Google Maps)標示海氣象觀測儀器及即時影像系統相關位置。

d.使用者可點選各港口海氣象觀測儀器或即時影像系統，則於網頁上呈現：

i>海氣象觀測儀器：即時觀測資訊歷線圖等。

ii>即時影像系統:港口即時影像及相關設置環境簡介。

3.網頁改版架構圖

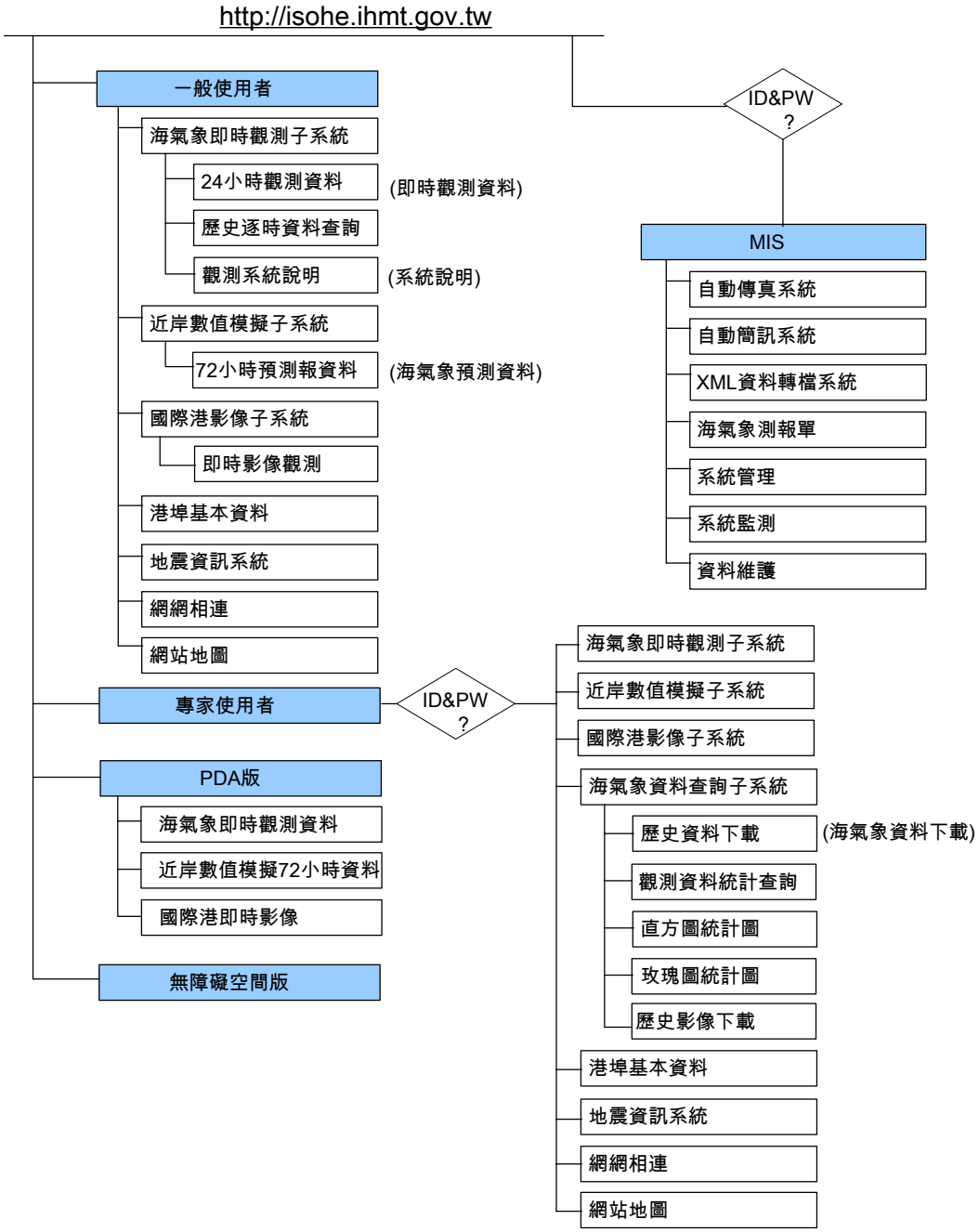


圖 3-6-4 港灣環境資訊網站網頁改版架構圖

4.系統資料架構圖

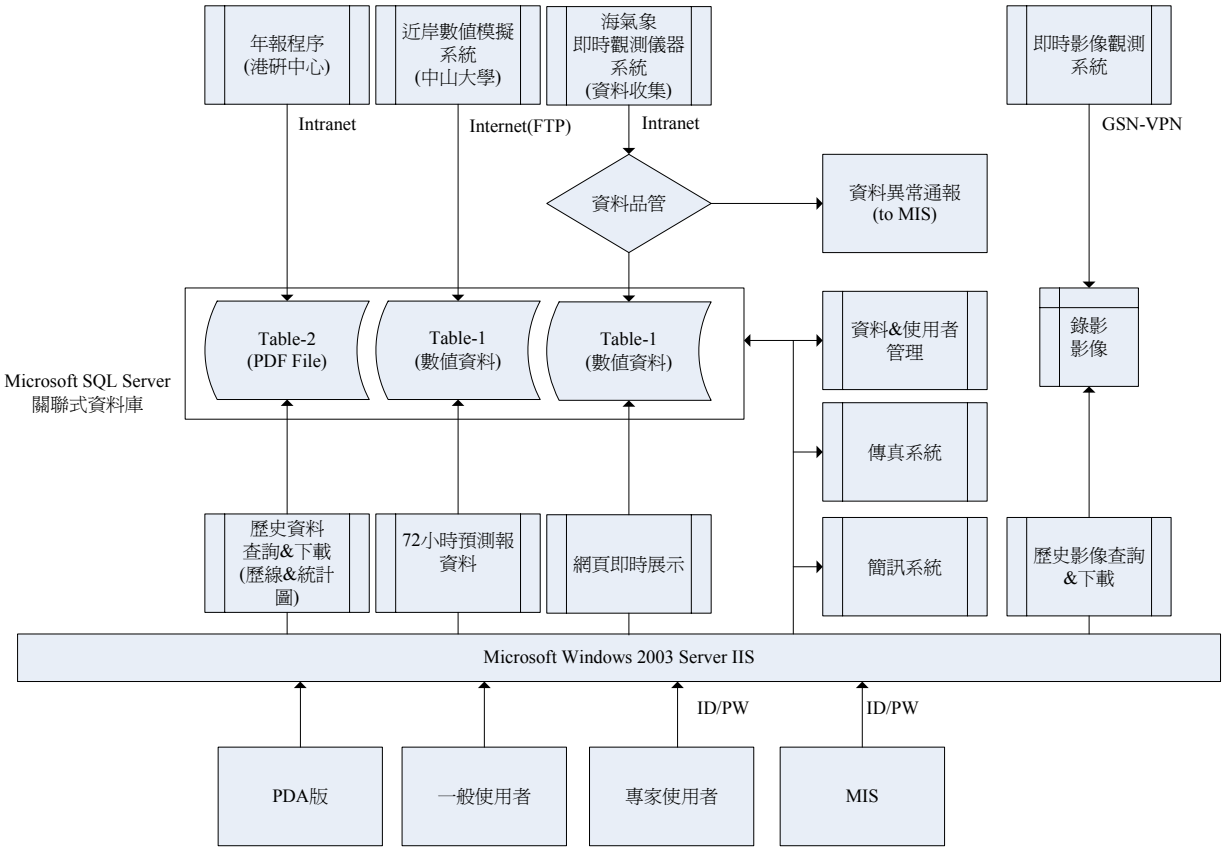


圖 3-6-5 港灣環境資訊網站系統資料架構圖

第四章 未來工作內容

一、海情資料庫系統維護

(一)系統定時且每日專人確認港灣環境資訊網資訊顯示及系統運作狀況，並作成維護紀錄。

1.管理系統設定每日固定時間檢查。

2.檢查狀況可自動產生報表。

(二)海氣象觀測資料庫維護。

(三)資料穩定及妥善維護。

二、近岸數值模擬資料庫

(一)配合辦理即時觀測資料與數值模擬計算所得資料落差配合探討、同化驗證及改善。

(二)配合辦理透過數值模擬面資料的提供擴充海氣象觀測子系統及數值預報子系統之系統整合介面控制軟體功能提昇等。

(三)維護資料收集問題及系統之穩定度。

三、港灣環境資訊系統

(一)網頁依需求訪談進行修改、試作資料動畫展示。

(二)維護港灣環境資訊網站系統服務穩定度。

第三子計畫

颱風波浪頻譜形狀參數之研究（3/4）

著者：簡仲璟

第三子計畫目錄

圖 目 錄

表 目 錄

第一章　前　言

1.1 研究背景

一般描述波浪最常見也最常使用的是統計的波高及週期。然而實際上波浪具有不規則性，因此，以單一之波高、週期大小（例如示性波高、示性週期）來描述波浪是僅就不規則的波動以統計上的觀點作處理，對於不規則之實質內涵表示是有所不足的。相較而言波浪頻譜對於波浪的不規則性則有較清楚的說明，因為由頻譜分析所得結果可以明瞭波浪在不同頻率（對應於週期）的能量（對應於波高）分佈情形。不過在實用上統計的波高、週期，因為僅以單一數值表示，所以較為方便。相對的，波譜則有一序列相對應之頻率與能量（或振幅）數值（非單一數值）表示，實用上較不方便。然而由於水面波動本身的物理特性，使得波浪之頻譜形狀具有某種程度的一致性。因此，有許多波浪之頻譜表示式被提出，例如常見之 Pierson-Moskowitz 波譜及 JONSWAP 波譜。這些波譜表示式中含有所謂之波譜形狀參數，例如主頻率、頻譜寬度、頻譜窄度、頻譜零階動差及高頻斜率等，波譜表示式即根據這些形狀參數加以定義。換言之，可由這些參數值的大小得知波譜的概略形狀，並進一步瞭解不規則波浪的成分組成。

1.2 研究目的

一般常用波譜形狀參數包括頻譜寬度、頻譜窄度及頻譜尖度等，這些參數基本上式由頻譜各階動差的無因次表示式組成。而這些波譜形狀參數在使用上仍有其缺點，例如 Rye 及 Goda 都指出波譜高頻部分，由於割棄（cut-off）的限界（$f_{max}=1/2dt$，與取樣頻率有關）對高階動差造成影響，因此使得形狀參數便得不穩定，例如頻譜寬度參數即含有頻譜第 4 階動差。目前波譜動差皆以頻率為零當作動差軸進行計算，然為何以頻率為零當作動差軸？並沒有相關的說明或討論。

因此本研究第一年（94 年度）嘗試以不同的動差軸，進行實測波譜之各階頻譜動差的計算，然後根據新的頻譜動差值計算各波譜形狀參數，並與原有形狀參數作比較。藉此明瞭不同的動差軸對波譜形狀參數的影響，並作為進一步嘗試定義新的波譜形狀參數的參考。其研究成果包括：(1) 頻譜動差階數愈高隨波高成長或衰退的一致性變化趨勢愈不明顯，除第 0 階動差外，低頻區之各階頻譜動差值，絕大部分皆較高頻區為小。(2) 頻譜動差值主要是受高頻區影響，而低頻區的影響雖然較小，但其頻譜動差值在高階時之變化趨勢仍與波高有較明顯的一致性，而高頻區則無。(3) 在波高的成長或衰退過程中，頻譜形狀之改變沒有對應之趨勢出現。但是該研究僅利用兩個颱風波浪資料進行初步分析，在統計上樣本是不足的。此外，由於實測波浪之頻譜形狀較複雜，不如理論波浪頻譜的單純與平滑。因此，造成分析結果比對上的困難。

因此，本研究第二年（95 年度）先利用已知之理論波浪波譜，例如 JONSWAP 或 Pierson-Moskowitz 波譜，在掌握頻譜形狀的情況下，重新檢視由高低頻區頻譜動差計算之頻譜形狀參數的應用情形。同時也利用波譜主要能量分割觀點定義新的形狀參數及探討其適用性。其研究成果包括：(1) 由參考頻率 $f_b=0$ 計算所得之波譜動差值，無法瞭解其主要是受高頻區或低頻區影響。但採用參考頻率 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 之高、低頻區的分割方法後，發現波譜動差值主要是受高頻區影響，因為高頻區動差值明顯較低頻區為較大。不過其差異隨波譜參數 γ 及 m 之增大而減小，尤其是在 Pierson-Moskowitz 波譜的高階動差。以參考頻率 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 計算所得之高頻區各階動差值非常接近（$f_b=F_p$ 稍大些），低頻區則以 $f_b=F_E$ 較大。(2) 高、低頻區之各階動差經無因次整合後，以參考頻率 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 計算所得之各階新動差隨波譜參數 γ 及 m 之變化趨勢與參考頻率 $f_b=0$ 相似，但其值皆較參考頻率 $f_b=0$ 計算者為小。此外 JONSWAP 波譜的新動差隨波譜參數 γ 之變化趨勢與 Pierson-Moskowitz 波譜不同，尤其在高階時愈明顯。(3) 以新、舊動

差參數分別定義之新、舊波譜形狀參數寬度參數ε及窄度參數ν，無論在 JONSWAP 或 Pierson-Moskowitz 波譜情況，皆不適合直接代替波譜參數γ值或 m 值。因為新、舊窄度參數ν及寬度參數ε隨波譜參數 m 的變化趨勢與隨波譜參數γ完全不同，此表示新參數對於波譜形狀的衡量在不同波譜的情況無法獲得一致性的結果。（4）依主頻區能量觀點所定義之新 SB 參數值非常接近波譜形狀參數γ或 m 之數值，若以主頻區能量佔全部能量之 65% 基準而言，其相對誤差不超過 5% ，因此新 SB 參數可以直接作為波譜形狀參數。換言之，若有一實測正規化波譜，以新 SB 參數值代入理論波譜表示式，即可得該波譜對應之正規化 JONSWAP 波譜或 Pierson-Moskowitz 波譜，而完成波譜擬合過程。

基於前二年之研究成果，本研究利用依主頻區能量觀點所定義之新波譜形狀參數 SB 實際應用至實測颱風波浪，探討其波譜形狀之演變過程及不同波譜形狀參數之適用性及相關性。本報告共分五章，第一章說明本計畫緣由及目的。第二章說明颱風波浪資料之蒐集及配合本研究所進行之資料分類。第三章探討波譜高、低頻區之能量隨波高逐時演變的趨勢特性及正規化波譜之擬合比較。第四章根據不同之波譜形狀參數比較其隨波高成長或衰退的變化特性，同時探討各參數間之相關性及適用性。第五章綜合檢討結果提出結論及未來研究方向的建議。

第二章 資料蒐集與波譜形狀參數定義

本章除說明颱風波浪資料蒐集與波高、週期隨颱風動態之逐時變化特性外，對於配合本研究需要所進行之資料分類方式。此外也對上一年度所提出之新波譜形狀參數 SB 在遭遇波譜多峰時之處理方法作一補充說明。

2.1 颱風波浪資料蒐集與分類

根據本所於花蓮港海域長期海氣象觀測站所量測之颱風波浪資料，選取 1990 年至 1998 年間共計 19 個颱風實測波浪資料，如表 2-1。為配合研究需要將各颱風波浪逐時資料選取特定 7 筆作進一步分析。並依這 7 筆資料之波高及週期變化趨勢區分為（1）波高週期成長（2）波高週期衰退及（3）波高週期近似穩定等 3 類。有關花蓮港海域之海氣象觀測作業之詳細情形，請參閱本所出版之海氣象觀測年報及專刊，在此不作贅述。

2.2 波浪逐時變化與颱風動態

配合上述所選取特定 7 筆資料，颱風波浪之波高、週期逐時變化部分情形如圖 2-1 至圖 2-19 所示，圖中標示該特定 7 筆資料之起訖日期與時間。完整之逐時變化圖可另參考以往之研究「臺灣海域海氣象現場調查與網路系統建立之應用研究」報告。至於颱風動態之相關圖示則另繪製於下一章中。

由上述圖中顯示，颱風侵襲花蓮港時之示性波高（以下簡稱波高）、示性週期（以下簡稱週期）逐時變化趨勢與颱風動態有密切關係，這些動態包括颱風強度、移動路徑、移動速度及陸地效應等。例如 TIM 颱風因為屬強烈颱風並直接侵襲花蓮港海域，所以創下最大波高達 10.7m 之觀測新紀錄。ZEB 颱風同樣為強烈颱風，但因颱風中心登陸菲律賓呂宋島，暴風風域受陸地影響，波高逐時變化出現特殊雙峰現

象。SETH 颱風雖然由強烈轉中度，但因移動路徑穩定撲向花蓮港海域，最大波高達 8m。MARK 颱風為輕度颱風且移動路徑在臺灣海峽，因此波高僅約 1.2m 左右且變化不大，此顯示行經臺灣海峽之颱風對花蓮港海域影響不大。OFELIA 及 AMY 颱風因移動路徑穩定，其波高、週期逐時變化出現相對穩定成長趨勢。綜合而言，颱風波浪之波高、週期逐時變化大致上隨颱風接近與遠離而分別出現增大與減小趨勢。但因颱風動態的不穩定，該趨勢會有些許差異。

對照最大波高及颱風移動行經區域，發現颱風若行經北緯 18° 至 24° 東經 121° 至 127° 之區域範圍並由東南方向逼近花蓮港，則颱風波浪波高值相對較大。例如強烈颱風 TIM 最大波高 10.7m、由強烈轉中度之 SETH 颱風最大波高 8.4m、強烈颱風 AMY 最大波高 8.4m、中度颱風 OFELIA 最大波高 9.2m、輕度但快速直接逼近花蓮港之 OTTO 颱風最大波高 6.7m 及同樣是輕度之 TED 颱風但因移動出現滯留現象其最大波高也達 6.7m。至於由區域範圍外側邊緣經過之颱風其最大波高相對較小。例如中度颱風 ABE 最大波高 3.5m、輕度轉中度颱風 TINA 最大波高 2.9m、中度颱風且受陸地影響之 GLORIA 其最大波高 4.8m 及強烈颱風 KORYN 最大波高 4.8m。因此北緯 18° 至 24° 東經 121° 至 127° 之區域範圍，對花蓮港而言是危險區域，當颱風行經此區域應提高警覺，另外要強調的是最大波高與颱風中心是否由花蓮港附近通過（或登陸）有密切關係。由歷年觀測資料顯示花蓮港颱風波浪之可能最大波高估計約 12m、對應最大周期則約 16sec。

2.3 波譜形狀參數之定義

海洋波浪之能量結構組成，一般可藉由波譜分析所得之各頻率成分波能量大小獲得瞭解，並且也可由波譜形狀的變化得知各成份波間其能量的轉移情形。在本次研究中參考以往學者所提出的三種常見波譜形狀參數如下：

Longuet-Higgins(1956)所提出之波譜形狀窄度參數

$$v = \sqrt{\frac{m_0 m_2}{m_1^2} - 1} \tag{2-1}$$

及波譜形狀寬度參數

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{m_2^2}{m_0 m_4}} \tag{2-2}$$

上列各式中 $m_n = \int f^n S(f) df$ 為頻譜的 n 階動差（moment）。

Goda, Y.（1970）認為窄度及寬度參數不能顯示波譜尖峰形狀，故另定義尖峰度如下：

$$QP = \frac{2}{m_0} \int_0^\infty f S^2(f) Df \tag{2-3}$$

此外在上一年度研究中基於波浪之波譜能量在尖峰頻率處最大且大部分集中於此頻率附近。因此，由尖峰頻率附近之能量佔全部總能量之百分比作考量，將頻譜分割成主頻區及副頻區如圖 2-20。由於主頻區頻率範圍屬頻率軸上的變化，而能量密度最大值則屬能量軸上的變化，因此本文定義兩個新無因次參數 S 及 B 如下：

$$S = S(f_P) / S_C \tag{2-4}$$

$S(f_P)$：尖峰頻率之能量密度；

S_C：主頻區能量基準

$$B = (f_{\max} - f_{\min}) / (fH - fL) \tag{2-5}$$

$f_{\max}$：頻率最大值；

$f_{\min}$：頻率最小值；

fH：主頻區頻率最大值；

fL：主頻區頻率最小值

基本上無因次參數 S 與波譜形狀之尖銳程度有關，因為當 $S(f_p)$值

愈大，而參數 S 也愈大，故可視為波譜尖度參數。主頻區之能量基準 S_c 係以主頻區能量總和佔全部頻區總能量之百分比而定，在本文中參照上一年度分析結果採用 65%。無因次參數 B 則與波譜形狀之寬度程度有關，因為當主頻區頻率範圍愈小即 fH-fL 值愈小，因而參數 B 愈大，故可視為波譜寬度參數。

當頻譜形狀出現多峰時，如圖 2-21，本方法會有頻譜分割後出現多個主頻區問題，此時參數 B 必須進一步修改成如下：

$$B = \sum_{i=1}^{n} [(fH_i - fL_i) \times \int_{fL_i}^{fH_i} S(f)df] \Big/ PE \qquad (2\text{-}6)$$

$$PE = (f_{\max} - f_{\min}) \times \sum_{i=1}^{n} \int_{fL_i}^{fH_i} S(f)df$$

為了方便比較，本文將上述兩種無因次參數結合為一新無因次參數 SB 如下：

$$SB = a \times (S \times B)^b \qquad (2\text{-}7)$$

上式中 a,b 為待定係數。SB 參數經分別以 JONSWAP 及 P-M 正規化波譜之 γ 與 m 形狀參數，依最小二乘方法回歸求得待定係數。JONSWAP 波譜之 a,b 值分別為 0.0887 與 0.9612；P-M 波譜之 a,b 值則分別為 0.8222 與 0.7244。待定係數會隨頻率最大值與最小值不同而有差異，上述待定係數值是依頻率最小值為 0；頻率最大值為 5.0 作計算範圍。

表 2-1 颱風波浪資料分類表

變化趨勢種類	年/月	颱風名稱	取樣頻率，資料點數
波高週期成長	1990/08	ABE	2.56Hz,3072
波高週期成長	1998/10	ZEB	2.56Hz,3072
波高週期成長	1994/07	TIM	1.28Hz,1536
波高週期成長	1998/08	OTTO	2.56Hz,3072
波高週期成長	1994/10	SETH	1.28Hz,1536
波高週期成長	1991/07	AMY	2.56Hz,3072
波高週期成長	1990/06	OFELIA	2.56Hz,3072
波高週期成長	1992/06	BOBBIE	2.56Hz,3072
波高週期成長	1992/09	TED	2.56Hz,3072
波高週期成長	1998/09	YANNI	2.56Hz,3072
波高週期成長	1996/07	HERB	1.28Hz,1536
波高週期成長	1996/05	CAM	1.28Hz,1536
波高週期衰減	1994/10	SETH	1.28Hz,1536
波高週期衰減	1998/08	OTTO	2.56Hz,3072
波高週期衰減	1996/07	GLORIA	1.28Hz,1536
波高週期衰減	1993/06	KORYN	2.56Hz,3072
波高週期衰減	1992/06	BOBBIE	2.56Hz,3072
波高週期衰減	1992/09	TED	2.56Hz,3072
波高週期衰減	1997/08	TINA	1.28Hz,1536
波高週期衰減	1995/07	GARY	1.28Hz,1536
波高週期衰減	1998/09	YANNI	2.56Hz,3072

波高週期穩定	1995/08	JANIS	1.28Hz,1536
波高週期穩定	1992/08	MARK	2.56Hz,3072
波高週期穩定	1990/08	BECKY	2.56Hz,3072

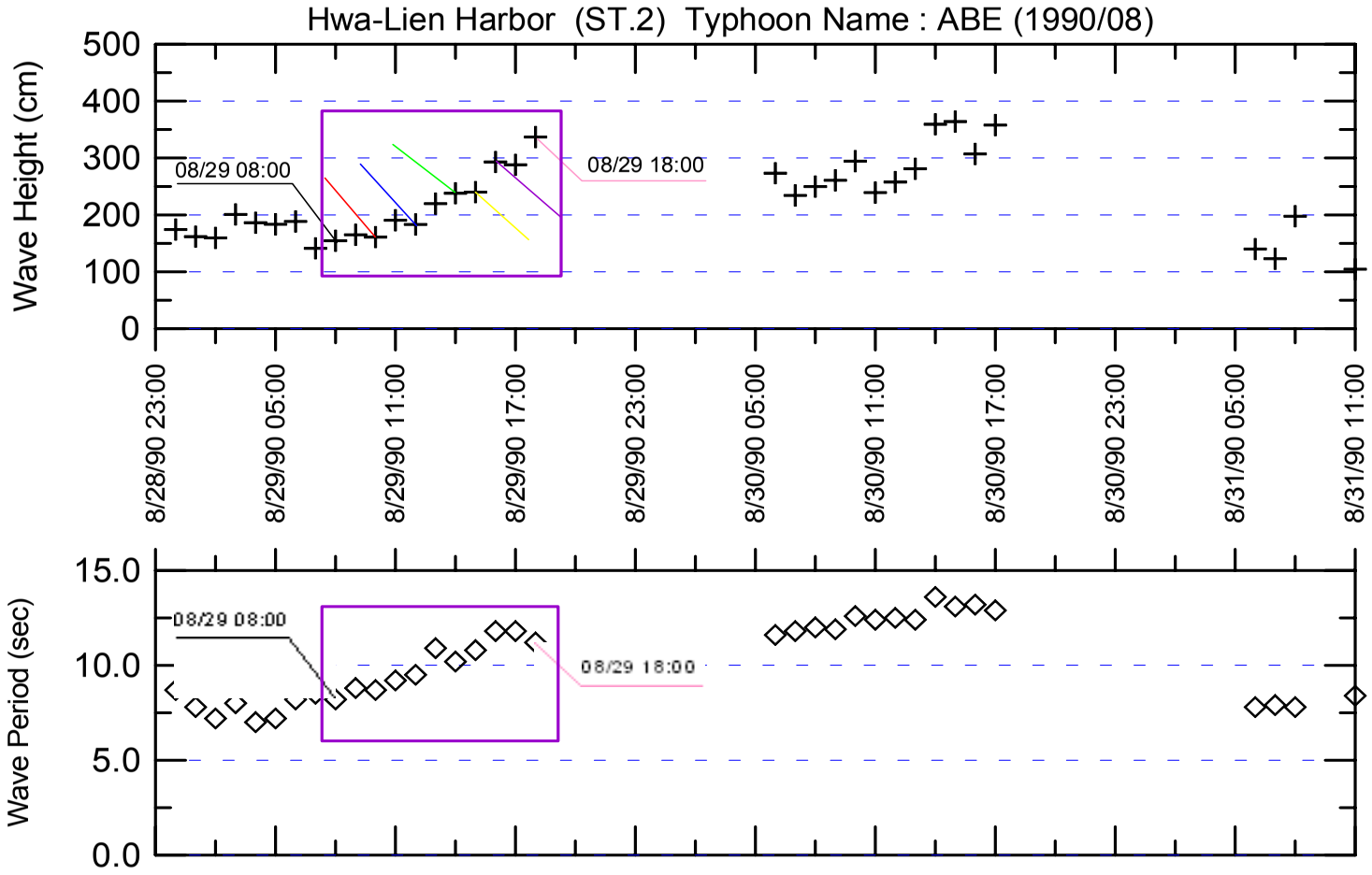


圖 2-1 ABE 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

ABE-HT1.GRF

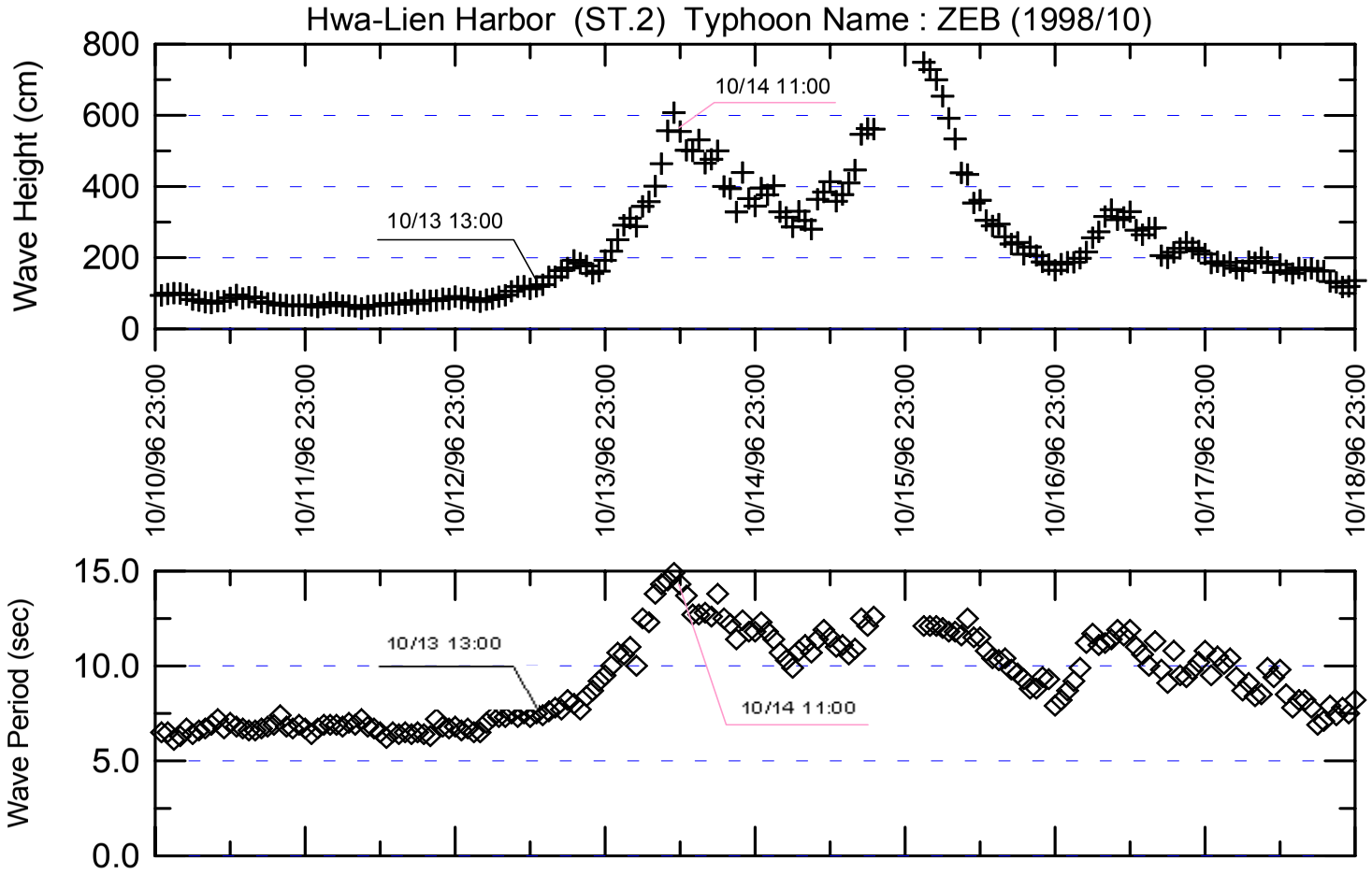


圖 2-2 ZEB 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

ZEB-HT1.GRF

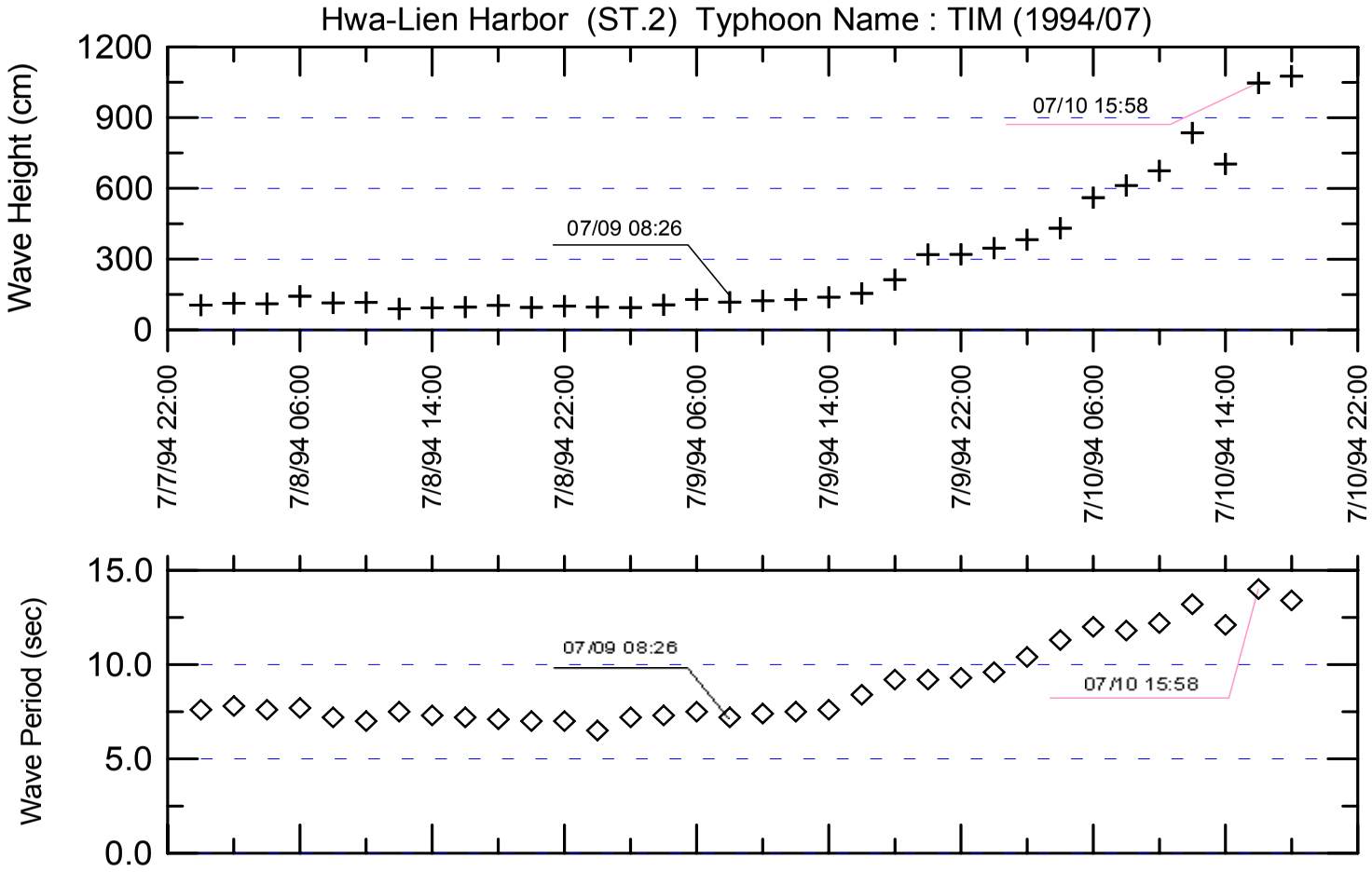


圖 2-3 TIM 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

TIM-HT1.GRF

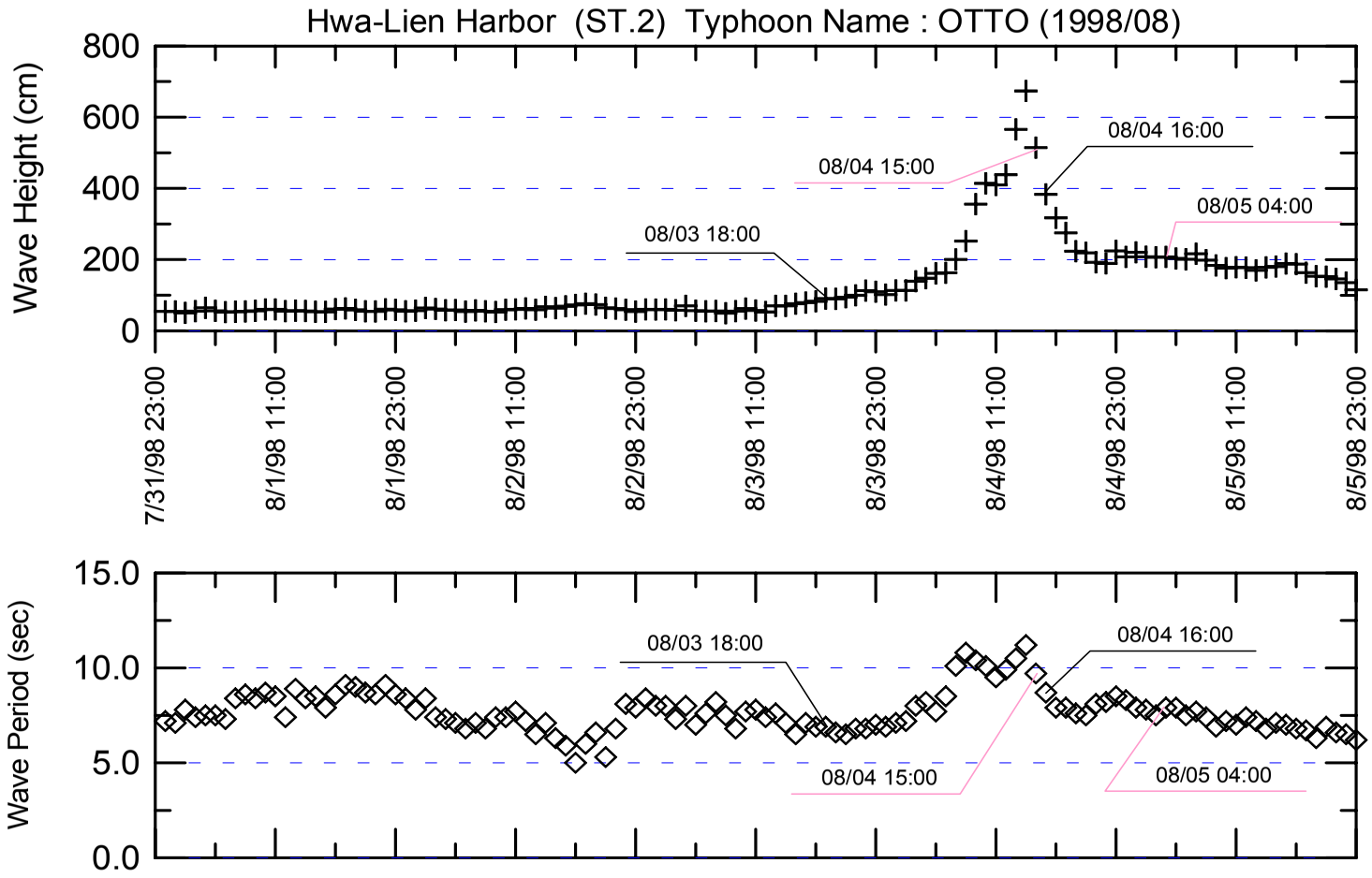


圖 2-4 OTTO 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

OTT-HT1.GRF

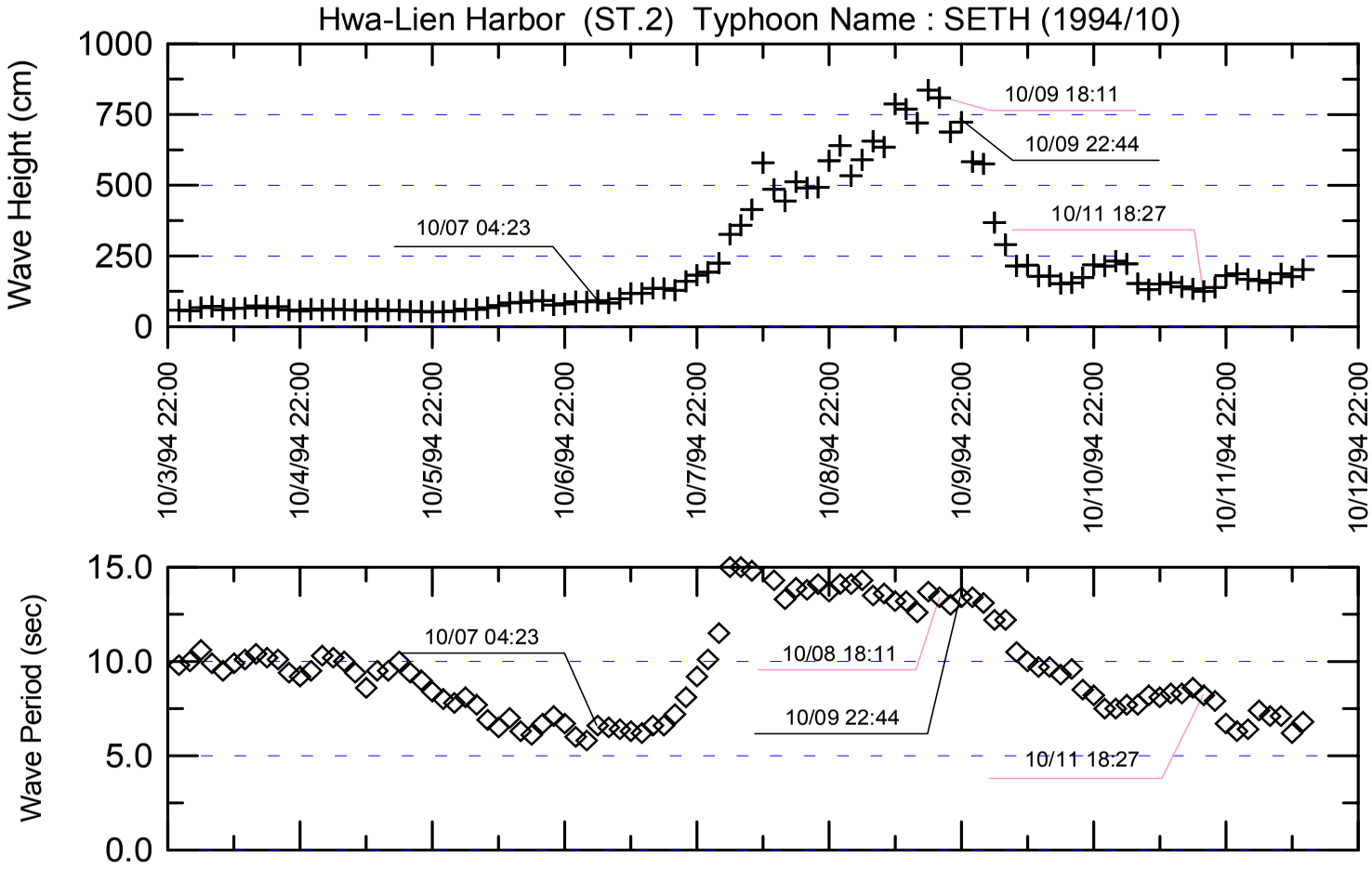


圖 2-5 SETH 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

SET-HT1.GRF

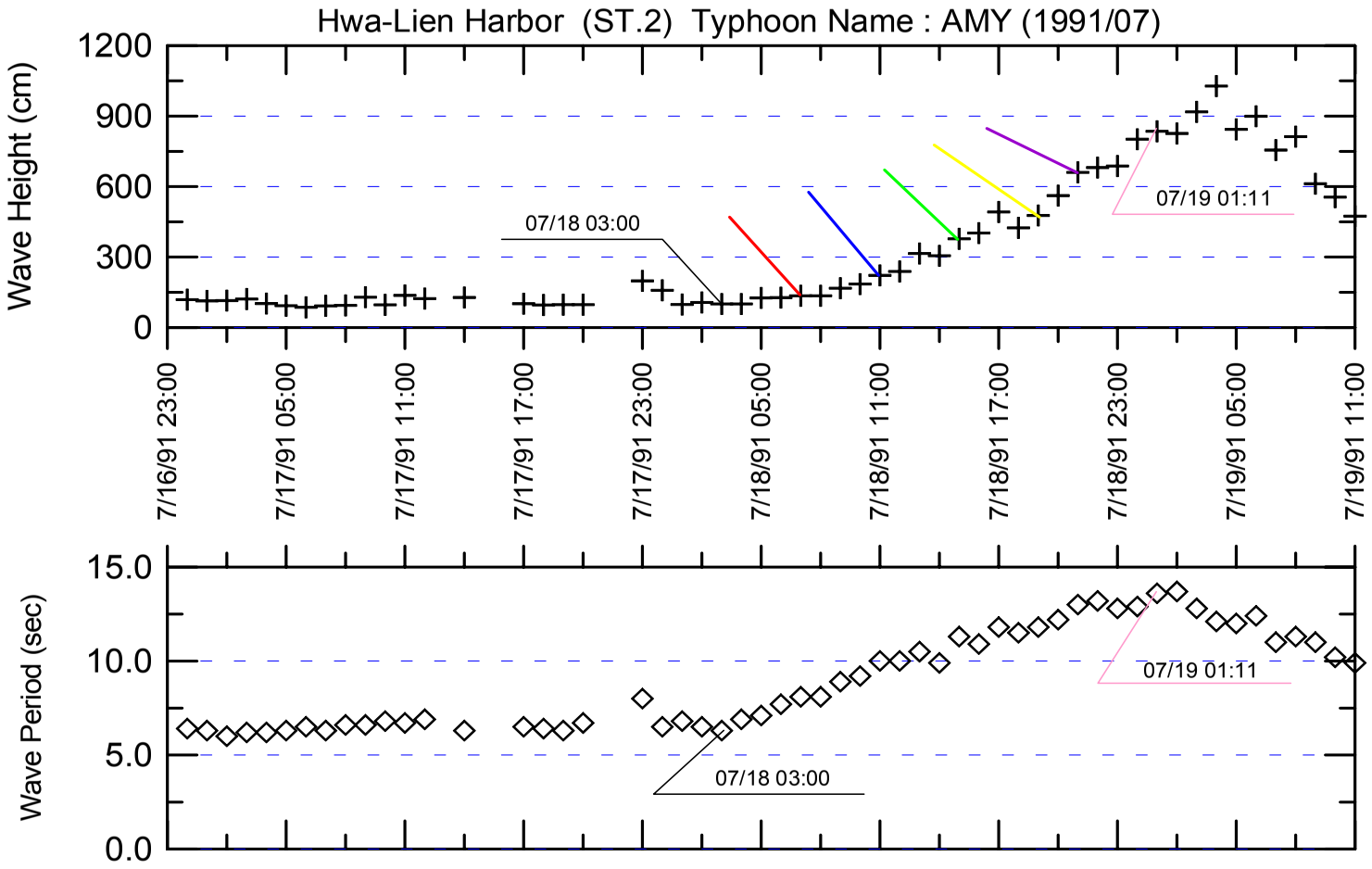


圖 2-6 AMY 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

AMY-HT1.GRF

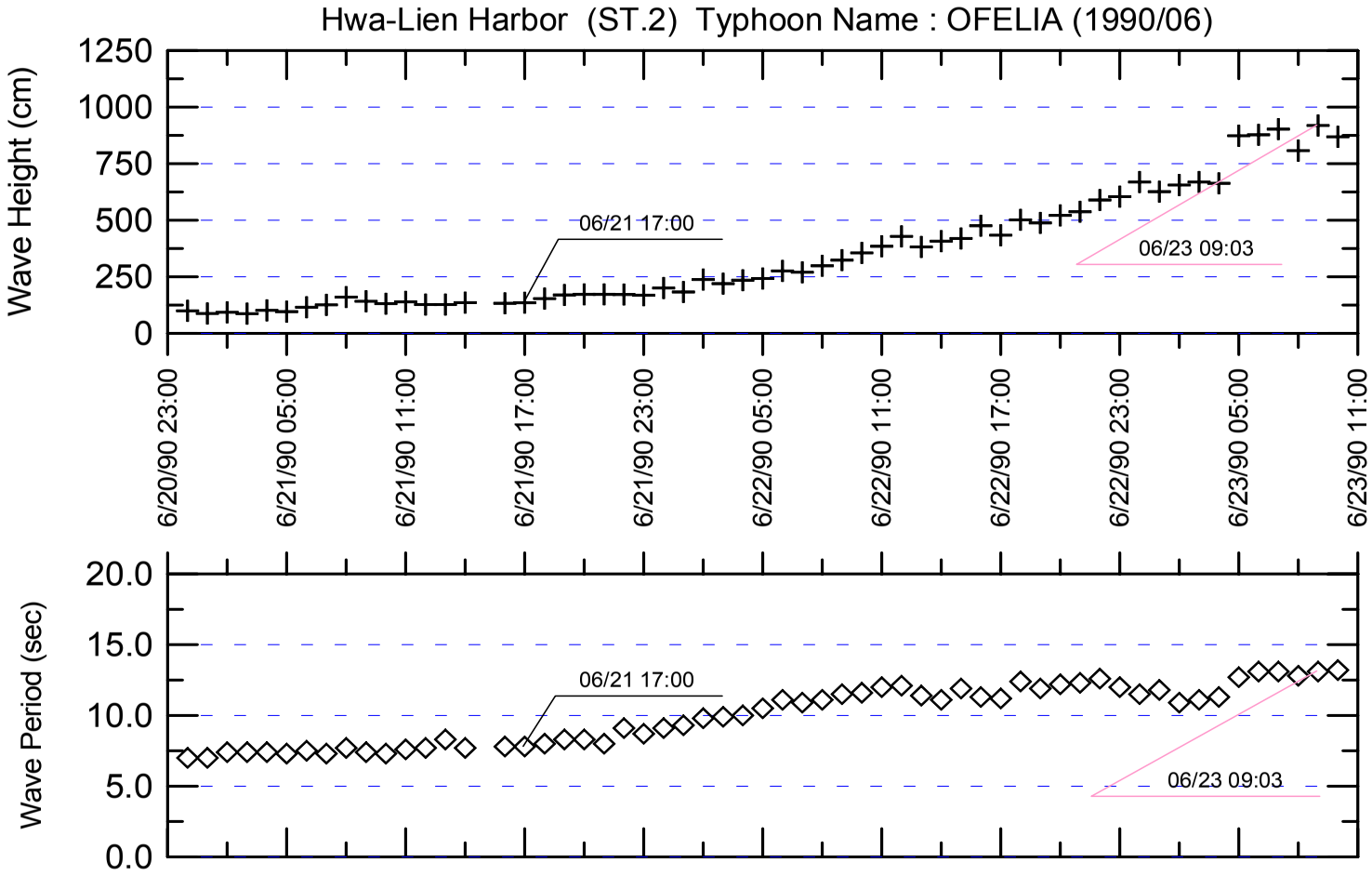


圖 2-7 OFELIA 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

OFE-HT1.GRF

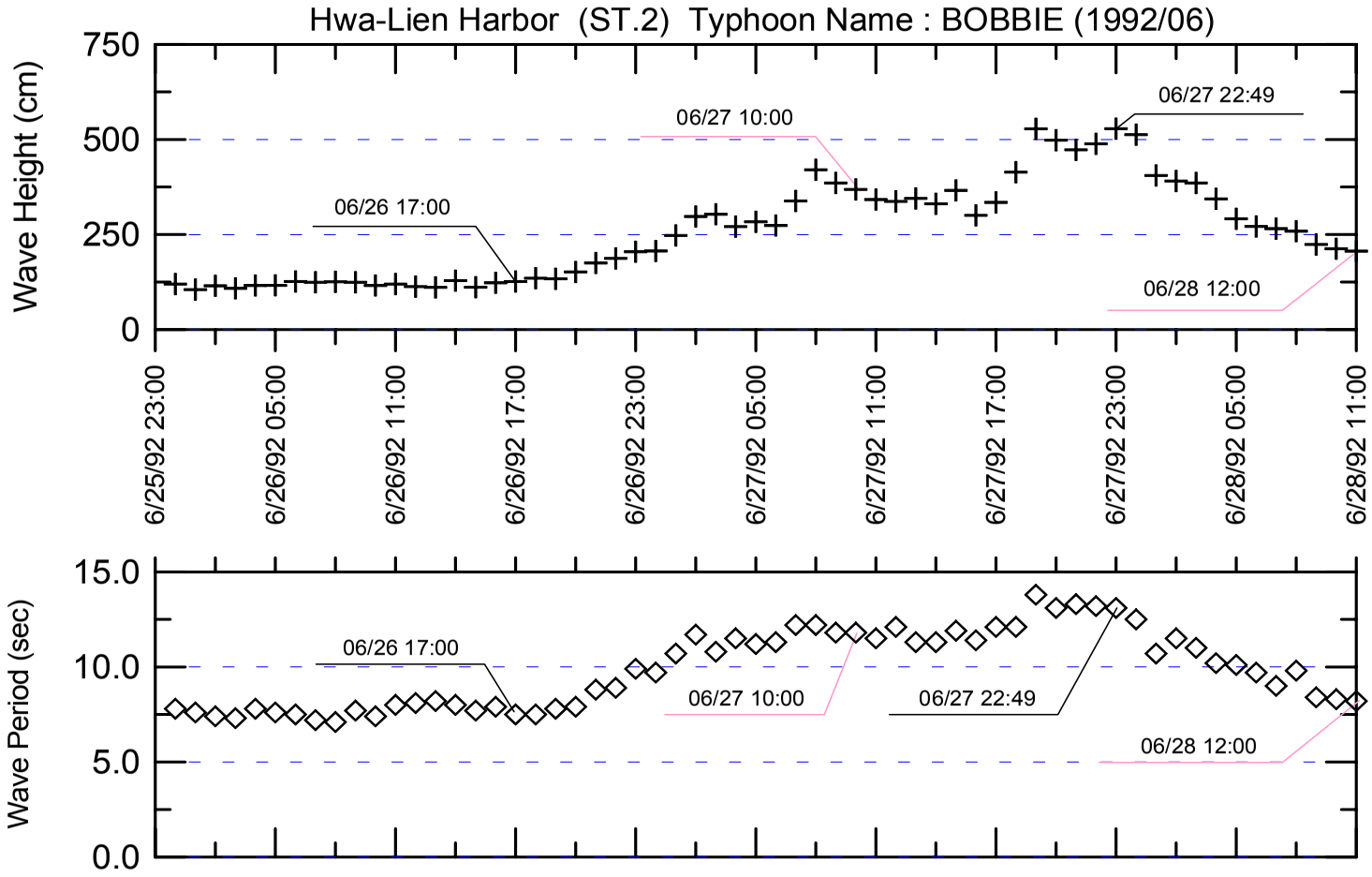


圖 2-8 BOBBIE 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

BOB-HT1.GRF

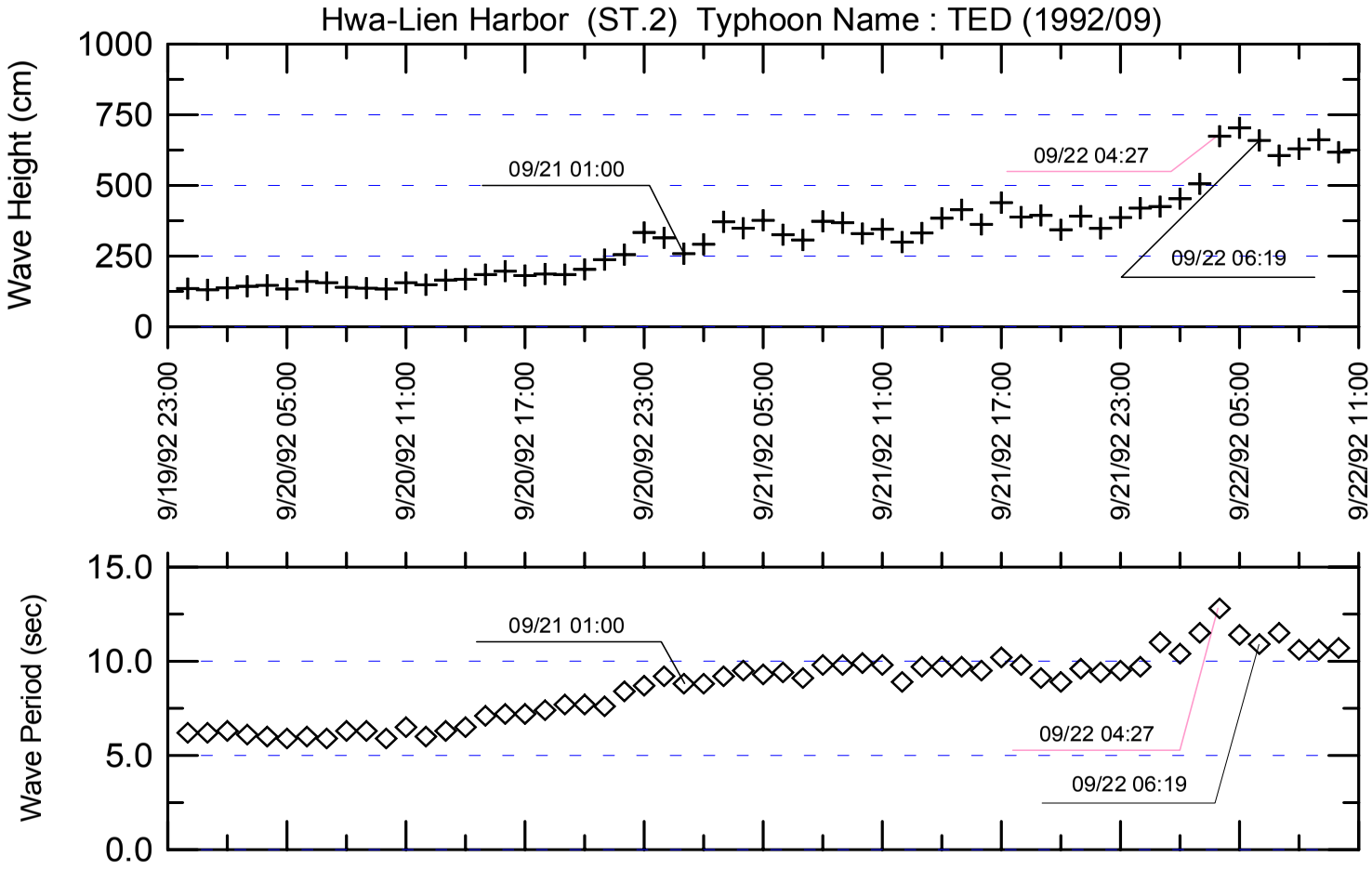


圖 2-9 TED 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

TED-HT1.GRF

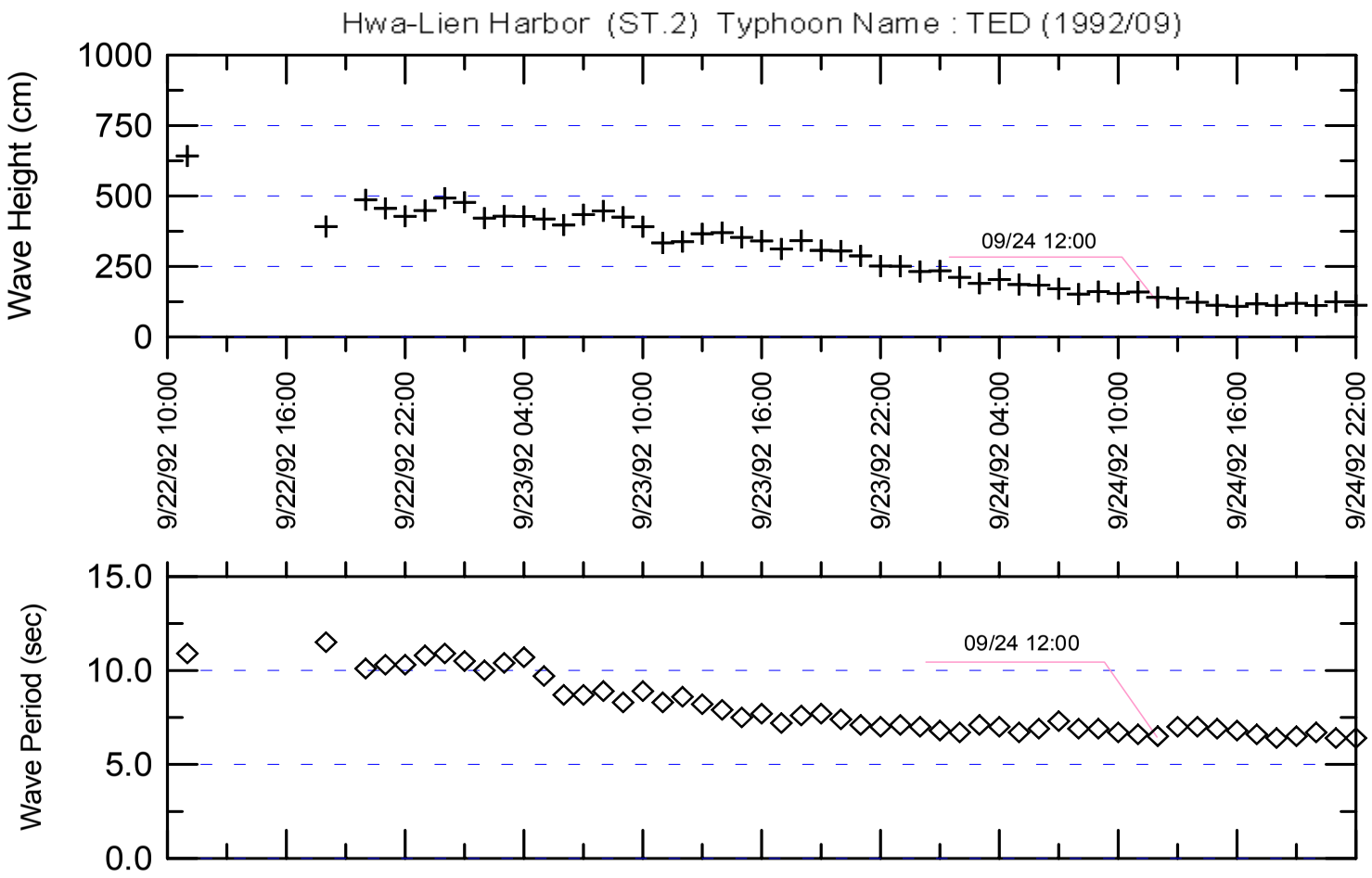


圖 2-9（續） TED 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

TED-HT2.GRF

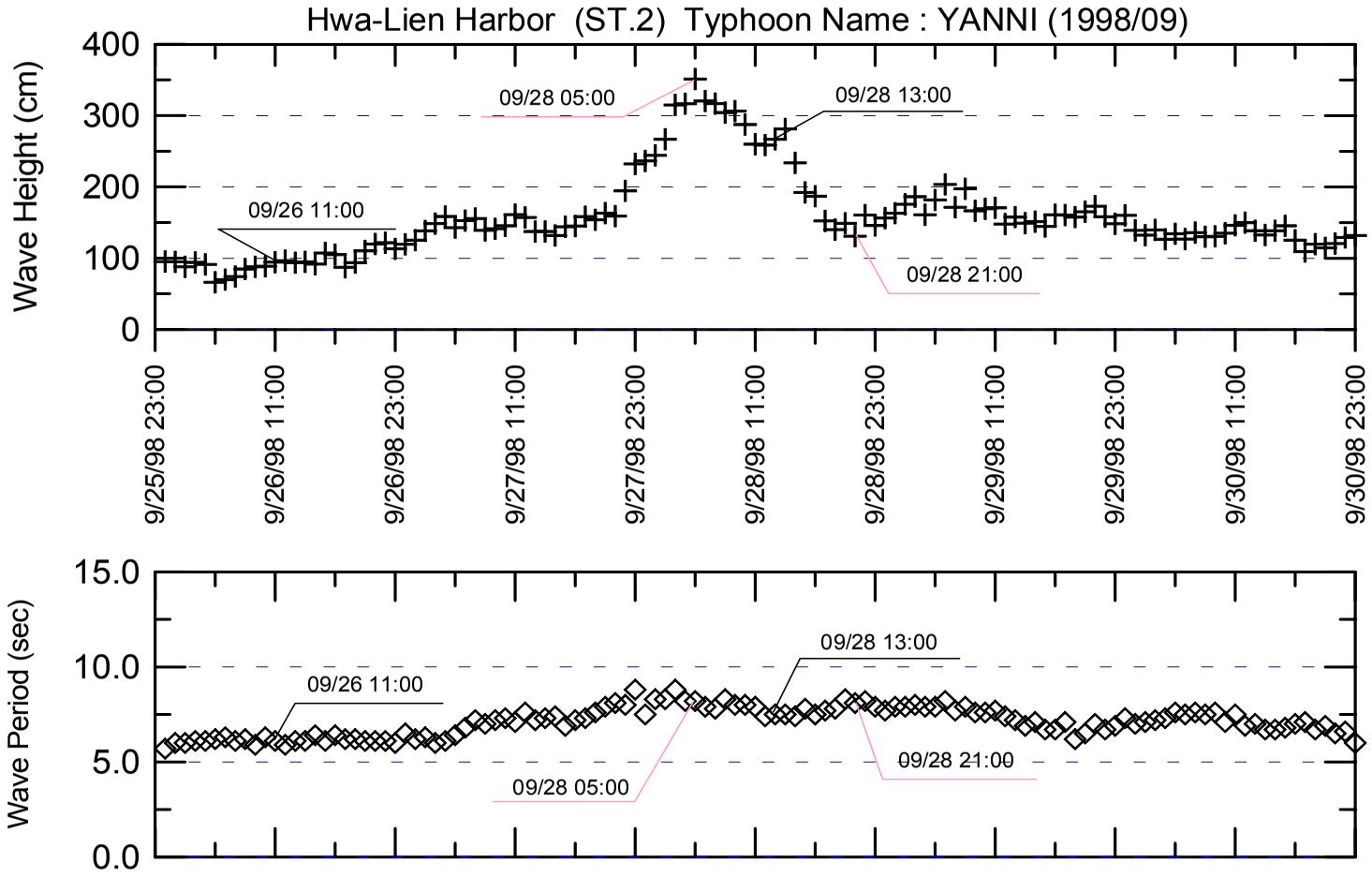


圖 2-10 YANNI 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

YAN-HT1.GRF

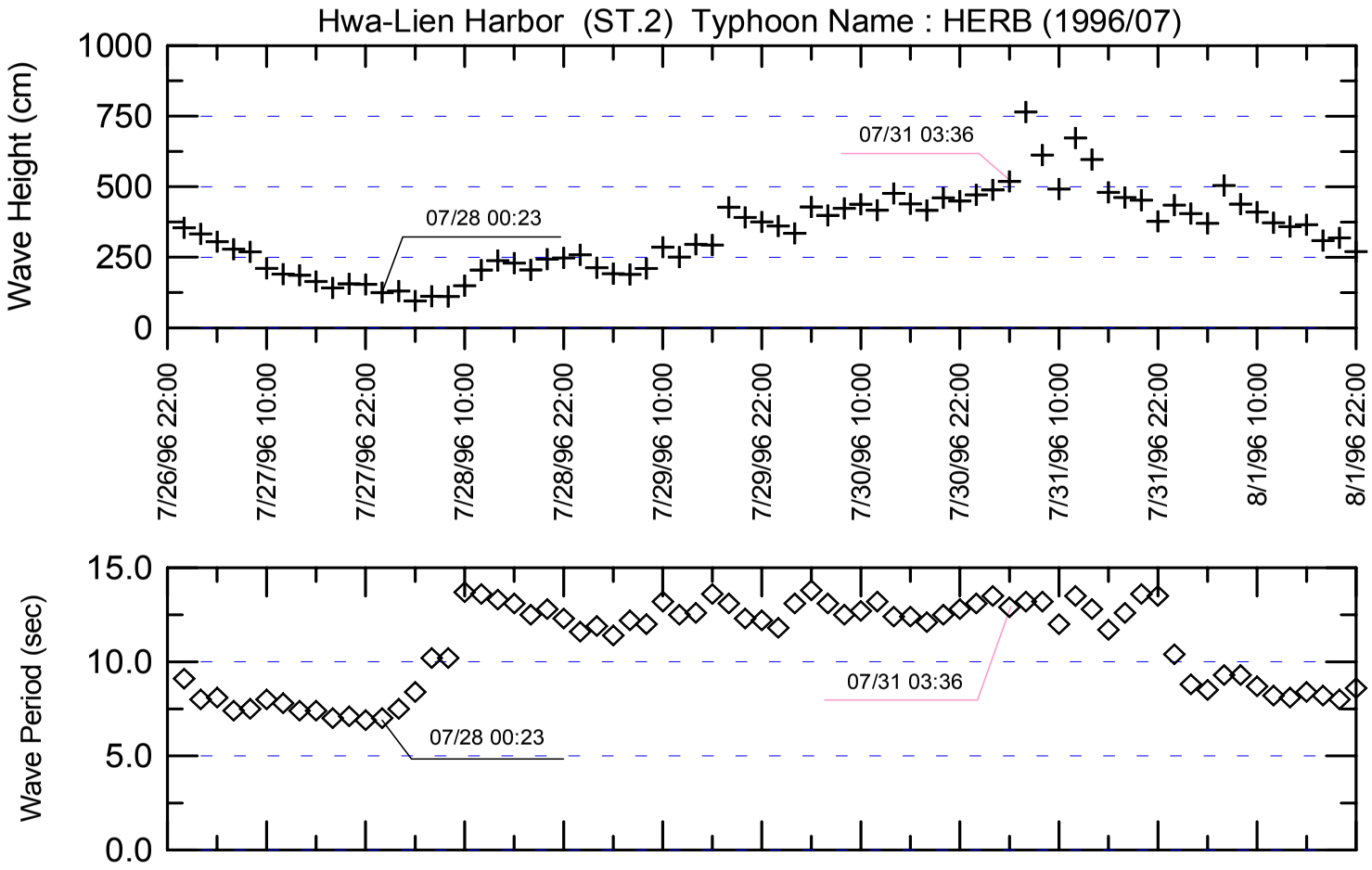


圖 2-11 HERB 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

HER-HT1.GRF

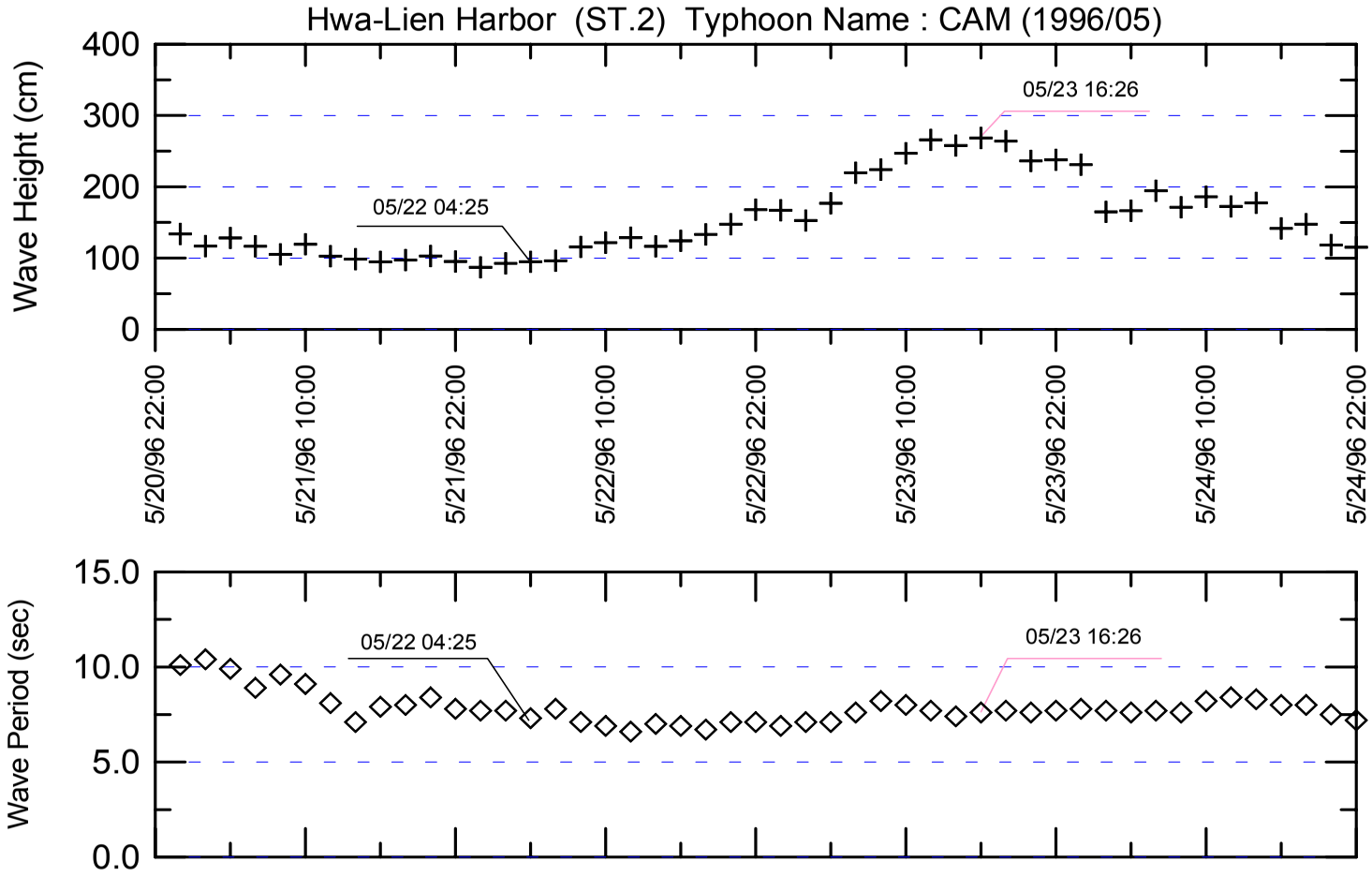


圖 2-12 CAM 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

CAM-HT1.GRF

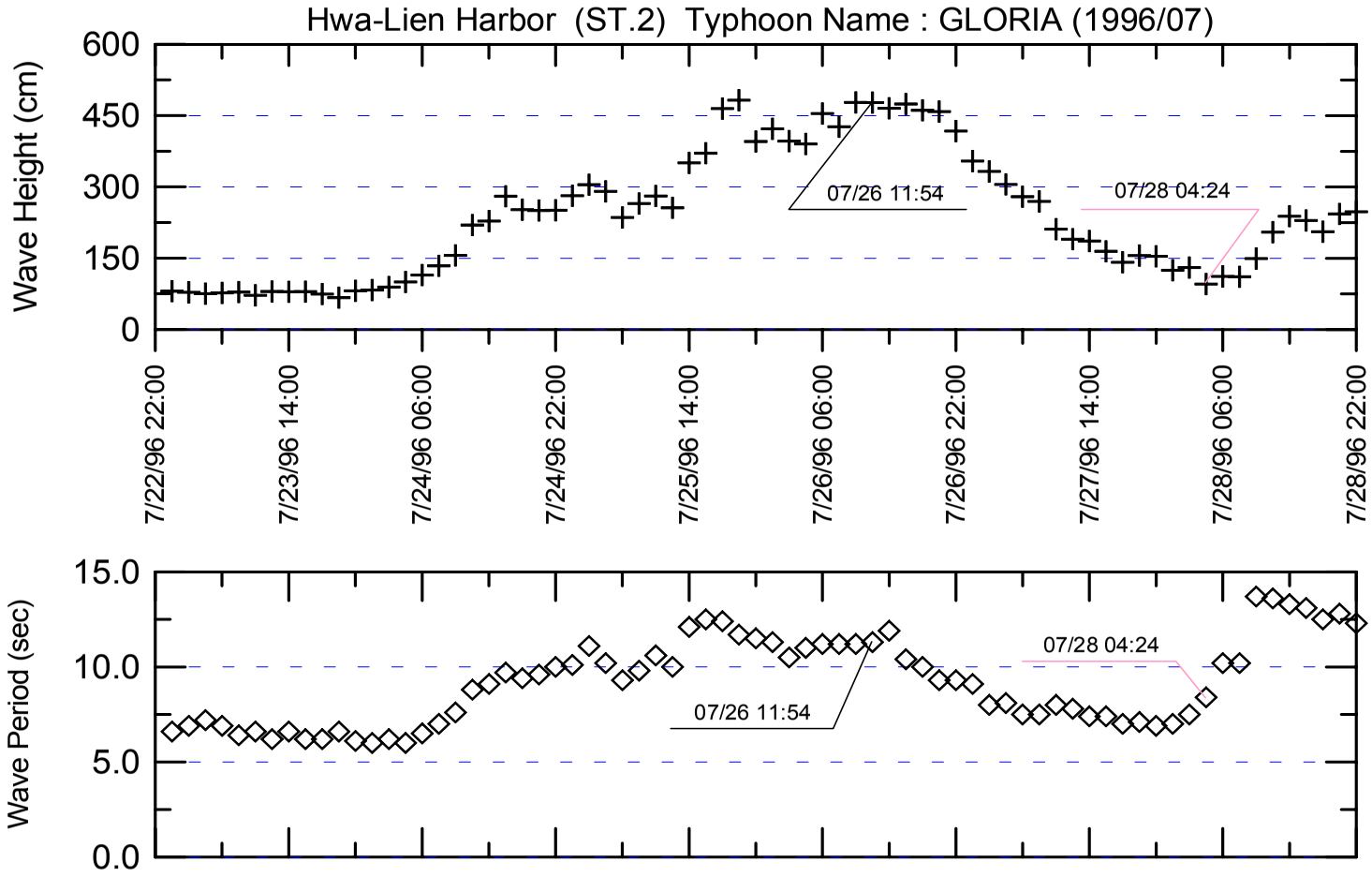


圖 2-13 GLORIA 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

GLO-HT1.GRF

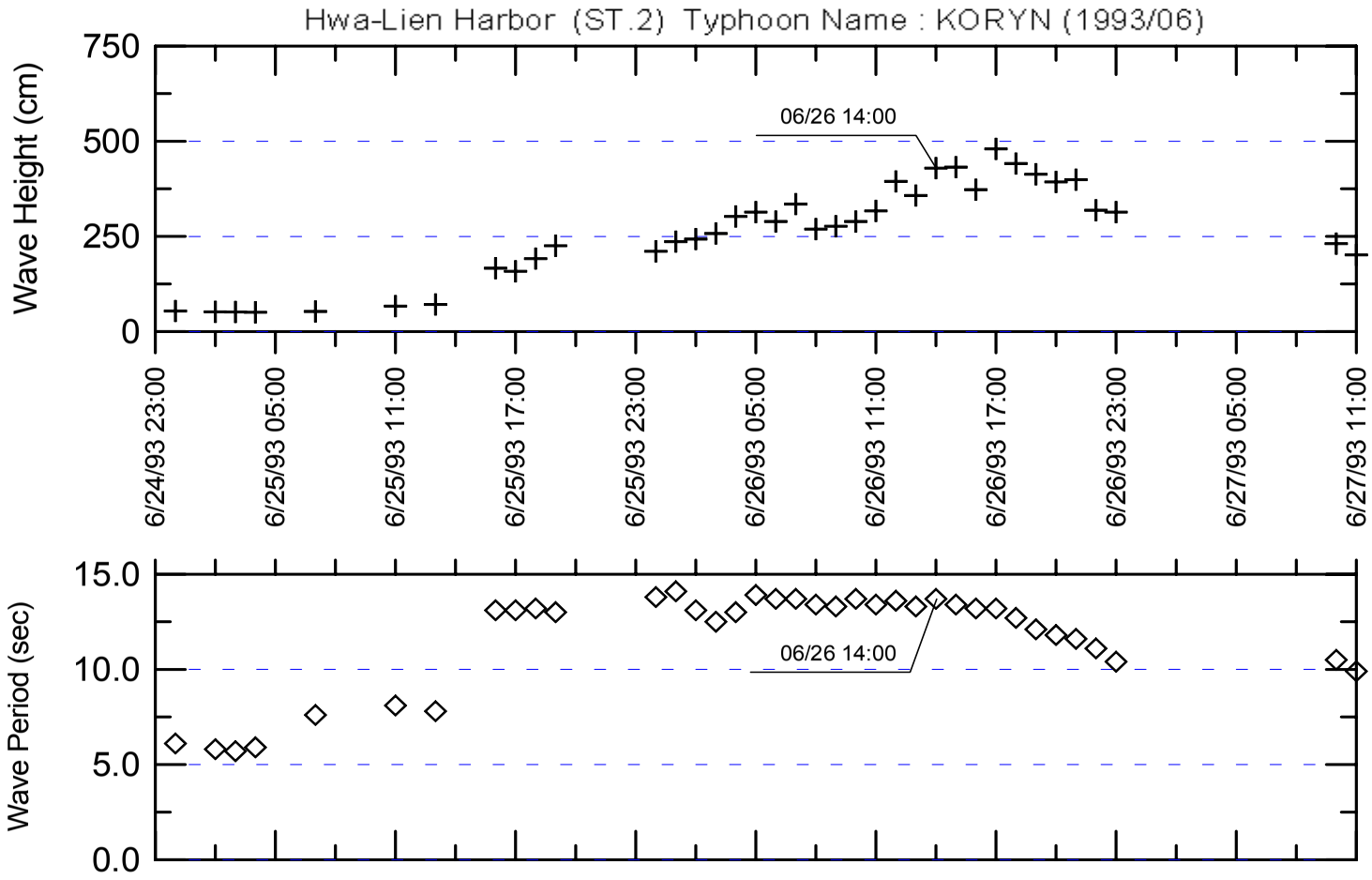


圖 2-14 KORYN 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

KOR-HT3.GRF

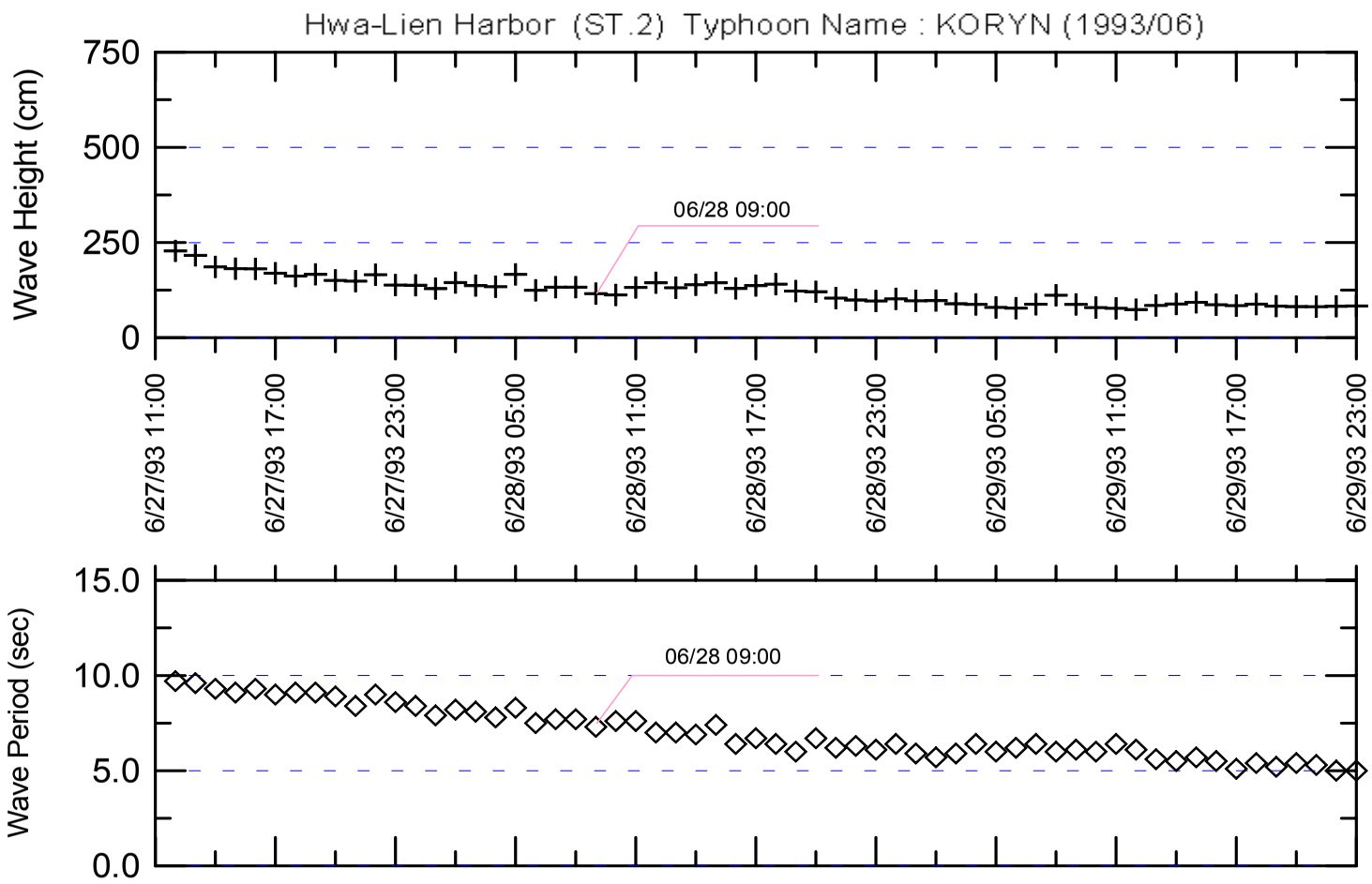


圖 2-14（續） KORYN 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

KOR-HT4.GRF

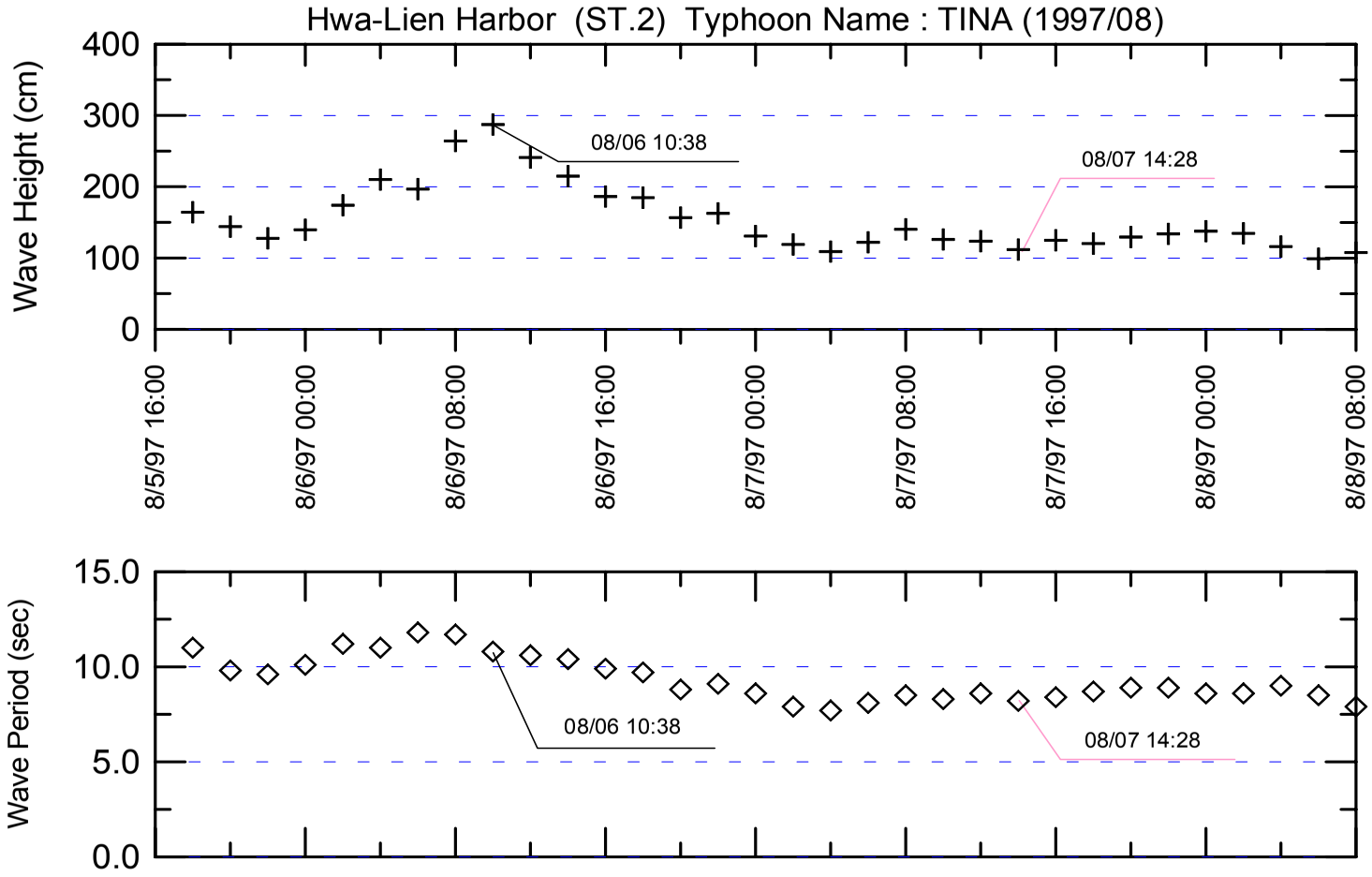


圖 2-15 TINA 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

TIN-HT1.GRF

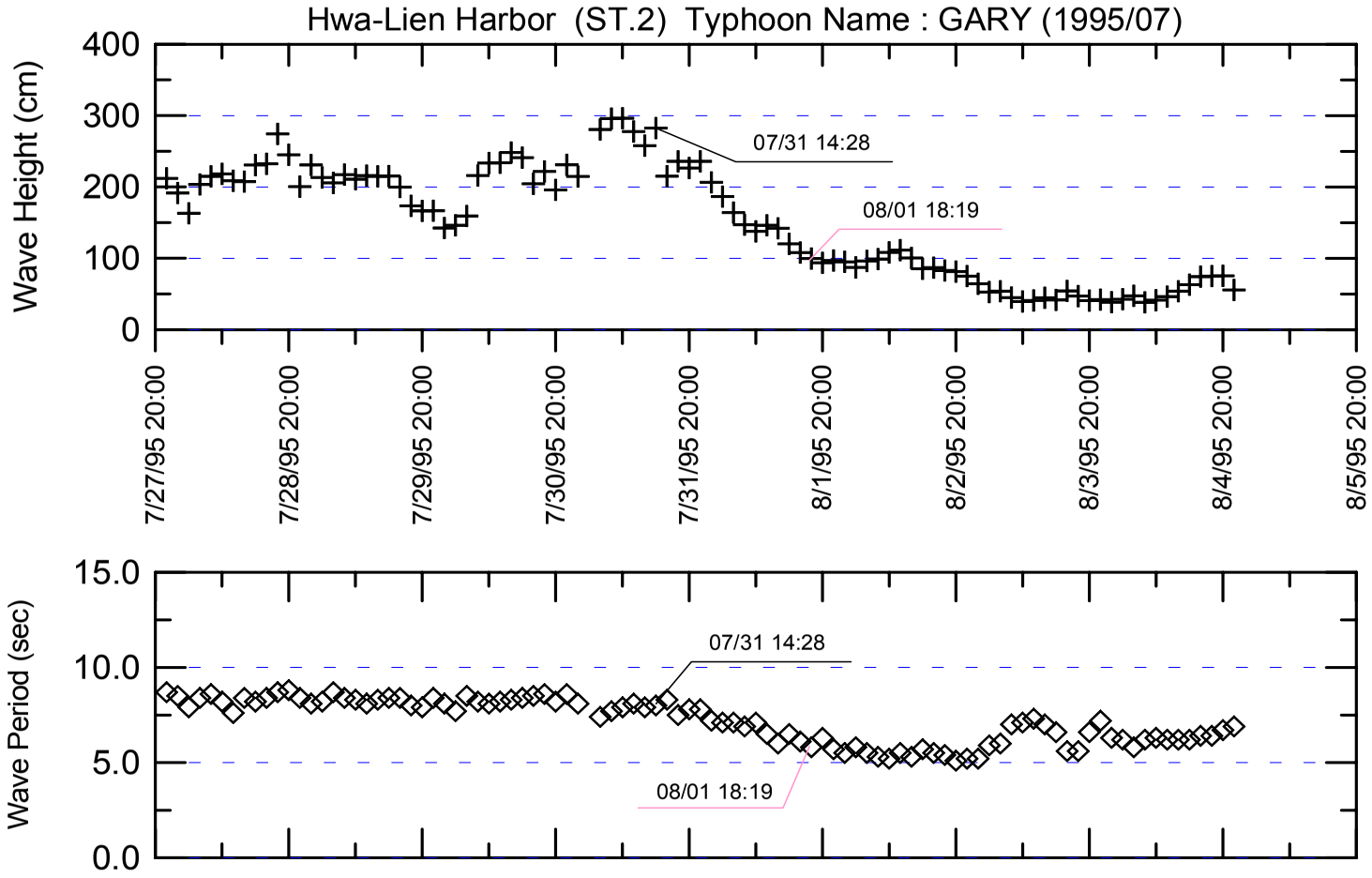


圖 2-16 GARY 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

GAR-HT1.GRF

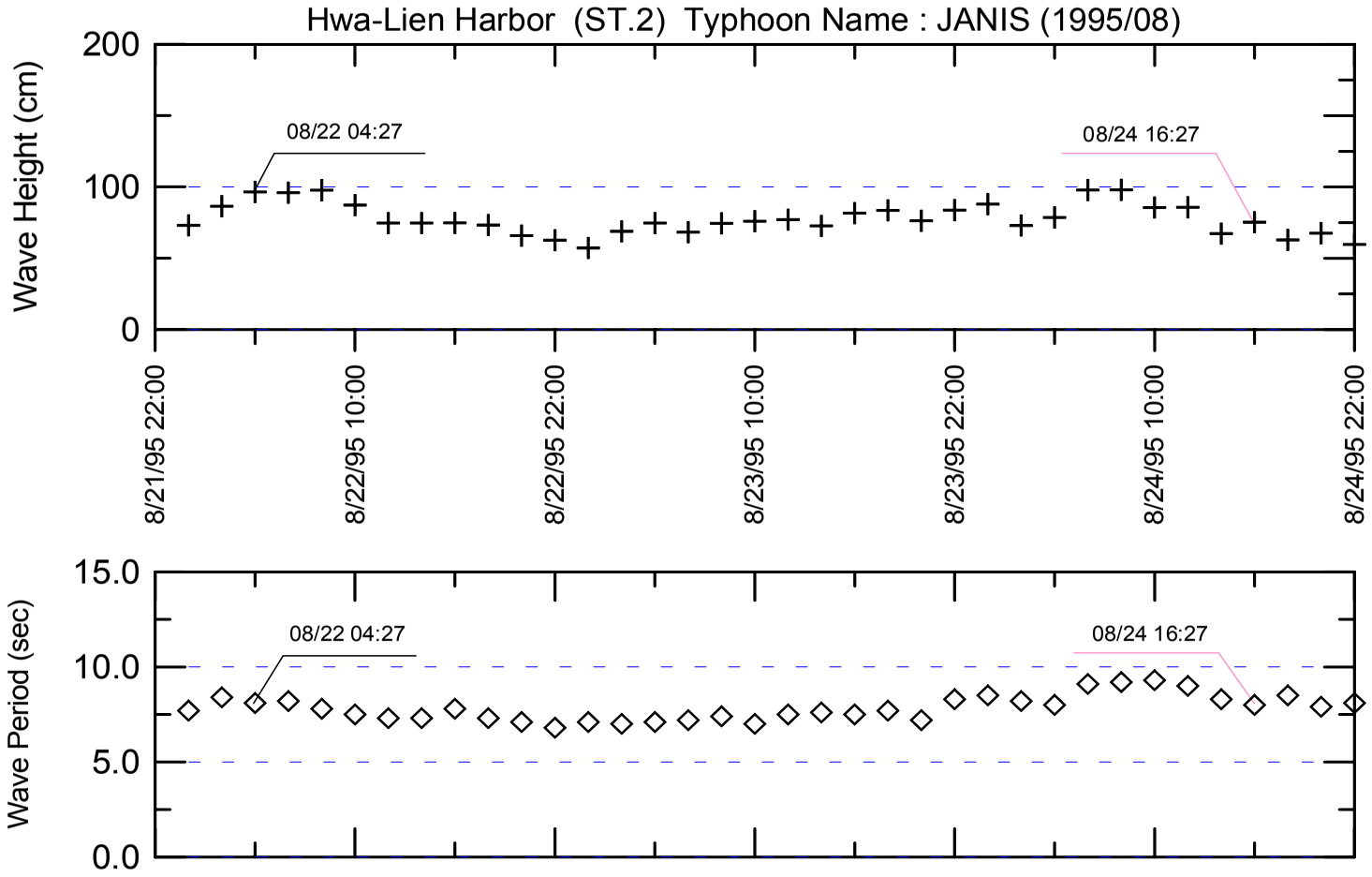


圖 2-17 JANIS 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

JAN-HT1.GRF

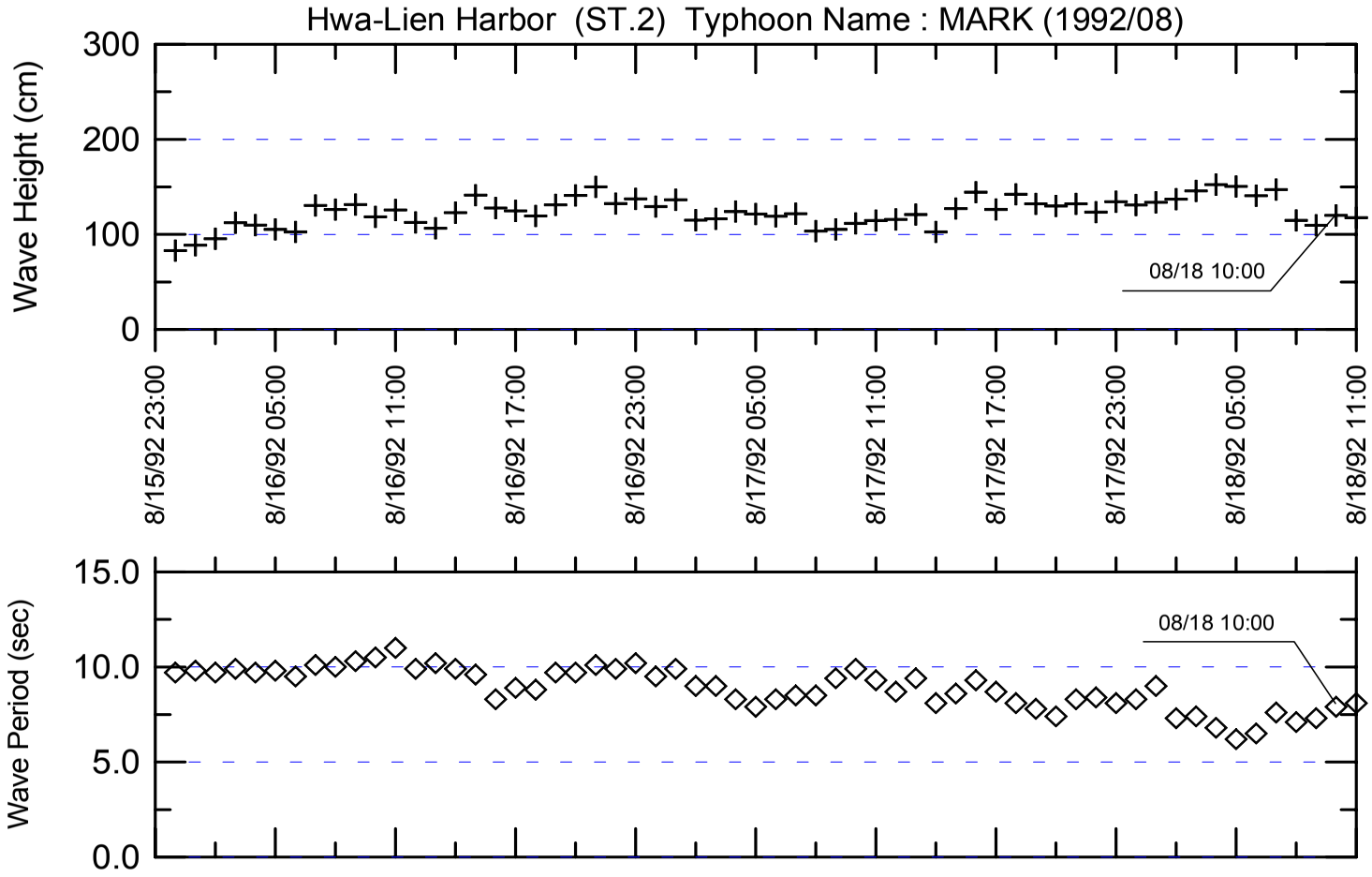


圖 2-18 MARK 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

MAR-HT1.GRF

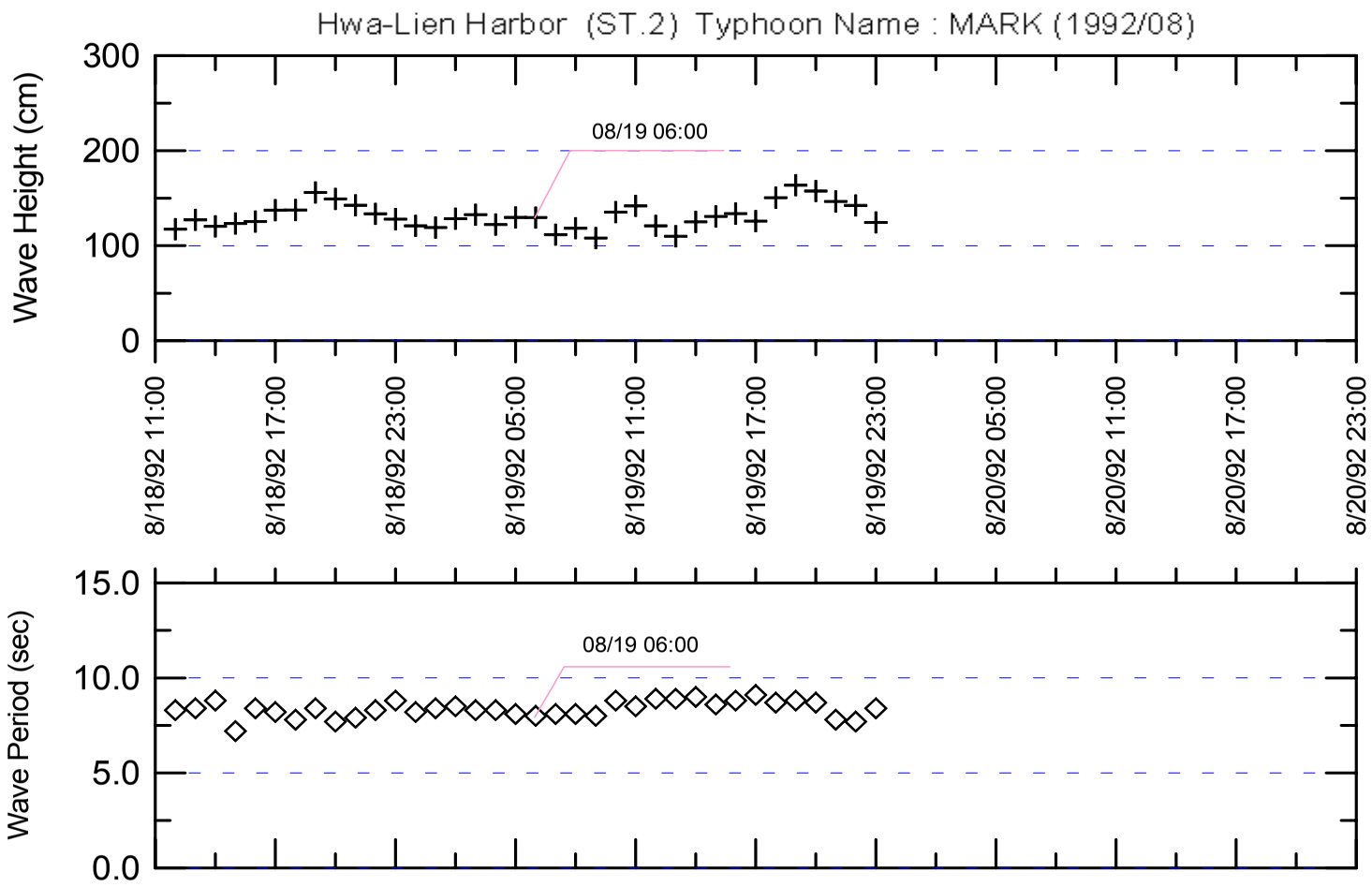


圖 2-18（續） MARK 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

MAR-HT2.GRF

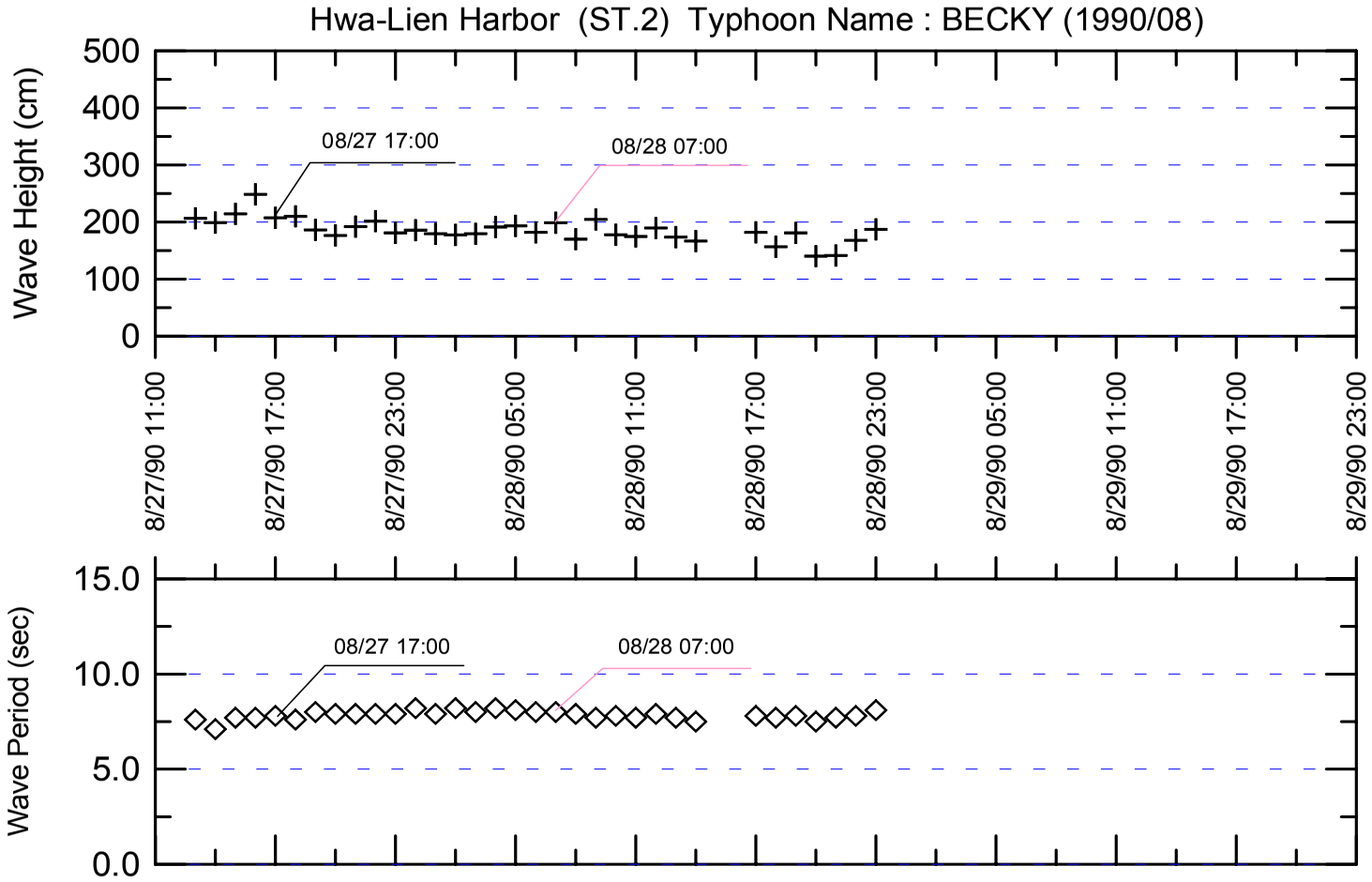


圖 2-19 BECKY 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

BEC-HT2.GRF

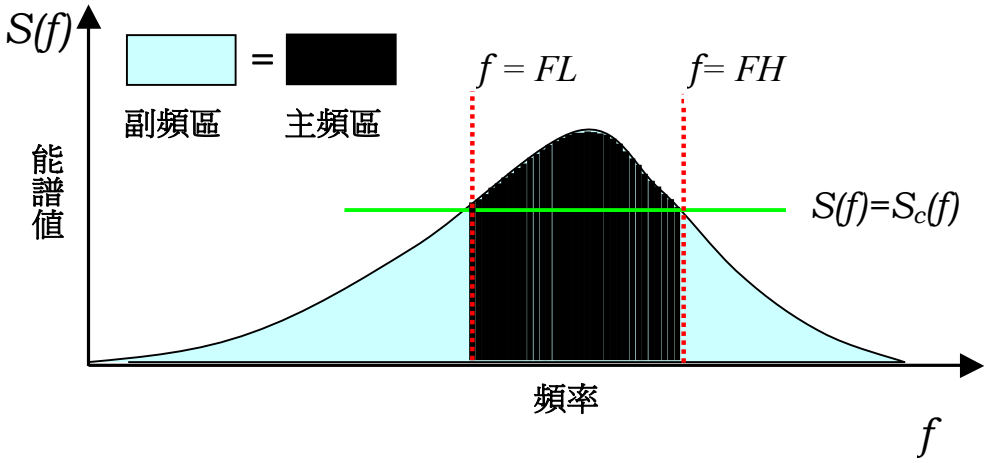


圖 2-20 以主頻區能量為考察重點參之頻譜分割示意圖

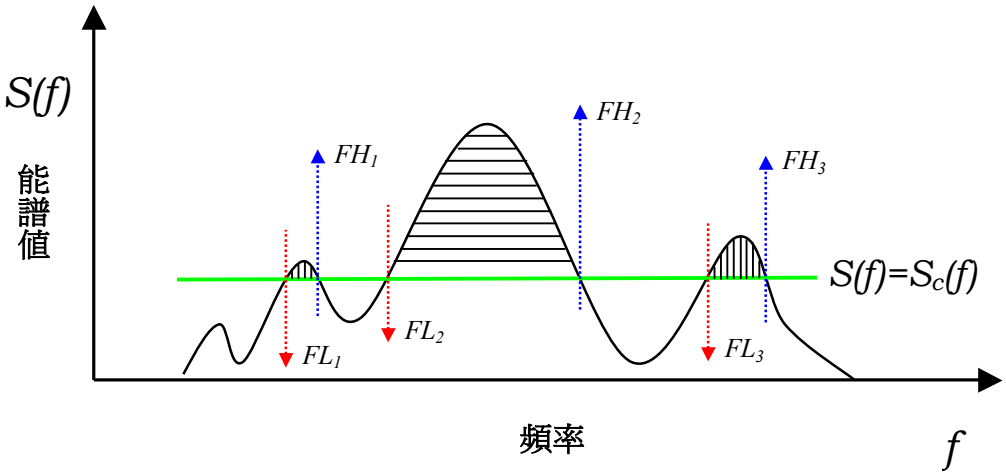


圖 2-21 多峰波譜之波譜分割之示意圖

第三章 波譜演變特性及擬合

本章分析前章所選取之特定 7 筆波浪資料之波譜演變趨勢，以瞭解在波高成長、衰退及近穩定過程中，高、低頻區波浪能量分佈之變化。本文所稱高、低頻區是以該 7 筆起始波浪資料之主頻率值作高低區分。此外同時探討該 7 筆資料其正規化波譜的形狀差異及其與理論波譜之擬合。

3.1 波譜高、低頻區能量之演變

為方便分析及比較於颱風波浪資料中，根據波高逐時變化趨勢，選取特定 7 筆資料進行波譜分析，這 7 筆資料包含波高成長或衰退或近穩定等情況，其波譜結果如圖 3-1 至圖 3-24 所示。為檢視高、低頻區能譜值之變化，故將 x 軸座標分別以線性及對數方式繪製，分別如圖中之上、下圖。圖中也另標示這 7 筆資料之波高、週期與發生日期及時間，以便相互對照。

由上述波浪能譜圖檢視，發現在波高成長時段，主頻率往低頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯逐筆增大約 10^2 至 10^5 倍；高頻區增大程度則較小，大致不超過 10 倍。波高衰退時段，主頻率往高頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯逐筆減小約 10^2 至 10^5 倍；高頻區減小程度則較小，大致也不超過 10 倍。因此，波浪成長及衰退過程其能量分佈的變化是循相同的途徑來回逐步演變，此與以往的學者研究結果一致。

以波譜的形狀外觀檢視，則發現高頻區波譜斜率近似固定，此與以往研究高頻區波譜斜率約-4.54 的結果一致，如圖 3-25 及圖 3-26。而低頻區斜率在波高成長時段有些微增大，如 OTTO 颱風、ZEB 颱風及 AMY 颱風；在波高衰退時段則有些微減小，如 SETH 颱風及 GARY 颱風；波高近穩定時段其波譜形狀大致上相似無明顯改變。依此綜合推論當波高浪成長時（波高增大）波譜形狀變得較尖銳；反之當波浪

衰退時（波高減小）則變得較平緩。

3.2 正規化波譜之形狀比較及擬合

波譜形狀之相互比較，一般依正規化處理以去除因波高或週期不同而產生波譜間主頻率及能量密度值之差異。正規化後在相同基礎來比較，才能檢視出波浪能量之相對分佈情形。各颱風特定 7 筆波浪資料之正規化波譜如圖 3-27 至圖 3-50，並另附颱風行進路徑圖，圖中實圓、半圓及虛圓分別表強烈、中度及輕度颱風。

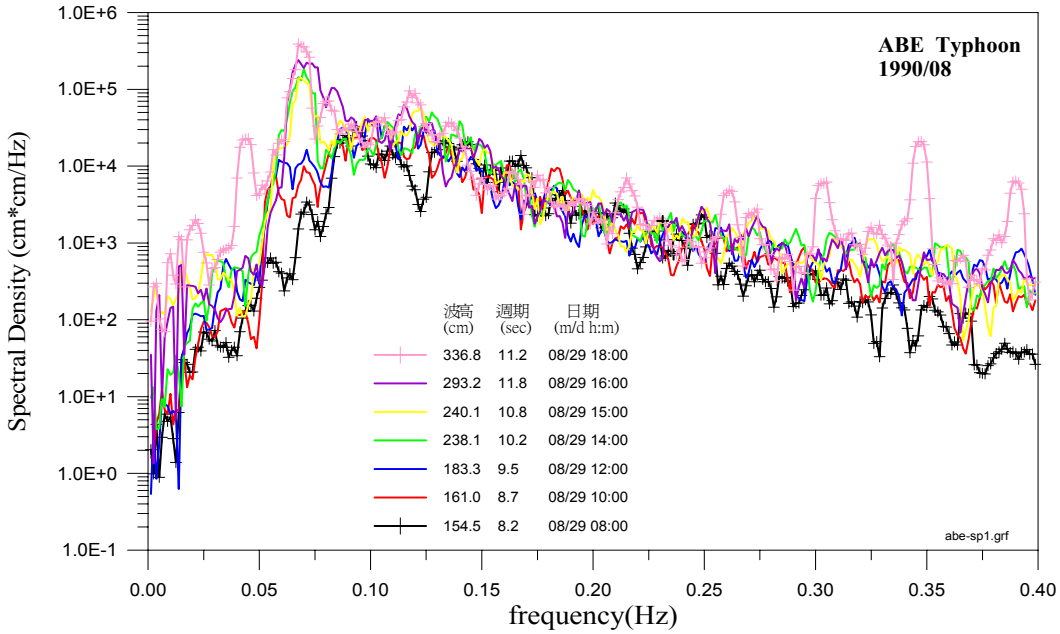
一般認為波浪之正規化波譜其形狀應相似，但這可能僅限於對發展成熟之波浪而言。而本研究所選取之波浪資料基本上是包含波高成長、衰退及近穩定等情況。因此，正規化波譜形狀會出現不一致的情形，此可由上述圖中最下側之重疊圖檢視。隨波高增大或減小過程各正規化波譜的形狀不相似，在波浪成長時段，當波高較小時正規化波譜較易出現複雜多峰且較平緩的形狀，但隨波高增大其形狀變得單純少峰且較尖銳。反之在波浪衰退時段，隨波高減小正規化波譜則由尖銳單純少峰逐漸演變成複雜多峰且較平緩的形狀。例如 OTTO 颱風、SETH 颱風、BOBBIE 颱風及 TED 颱風等。正規化波譜形狀不一致的原因，初步認為在波浪成長過程中，不同頻率之波浪成分正進行不平衡之能量相對轉移（如前章所述能量由高頻區往低頻區移動）；反之在衰退過程中，同樣也有由低頻區往高頻區移動之能量不平衡相對轉移現象。因此，無論在波浪成長或衰退過程中，皆屬不穩定之非成熟波浪，而無法符合成熟波浪其正規化波譜形狀一致之結果。

在波浪成長過程正規化波譜形狀演變漸趨成為較尖銳之單峰，此顯示波浪能量漸趨集中在主頻率附近。換言之，若外力因素颱風的條件不變，則波浪的成長將漸趨成熟。而在波浪衰退過程正規化波譜形狀演變漸趨成為較平緩之多峰，此顯示波浪能量漸趨分散至不同頻率，依本研究所選取衰退時段波浪而言，仍屬不穩定之非成熟波浪。須補充強調的實際情況是外力因素颱風條件（強度、路徑、移動速度

等）無論在波浪成長或衰退過程中並非保持固定不變。因此，波譜形狀的演變相當複雜，不易由目視結果作定量上的判斷或比較。另檢視波浪近穩定過程的情況如 JANIS 颱風、MARK 颱風及 BECKY 颱風，則發現正規化波譜形狀大都是多峰情形，但以平滑化來看則形狀相近，此顯示波浪屬近成熟狀態。

綜合而言，在波浪成長過程正規化波譜形狀由平緩多峰逐漸演變成較尖銳之單峰，反之在波浪衰退過程則由尖銳單峰逐漸演變成平緩多峰的形狀。因此，無論在波浪成長或衰退的時段裡正規化波譜形狀並不一致。至於波浪近穩定時段裡雖然正規化波譜仍是多峰情況，但若以平滑化方式檢視則形狀相近，可視為近成熟波浪。由於颱風的強度、路徑及移動速度等隨時在變化，對波浪而言並非穩定的外力條件，此造成波譜形狀演變趨勢比較上的不便與困擾。

由 19 個颱風中任意挑選 ABE 颱風（成長）、AMY 颱風（成長）、OFELIA 颱風（成長）、SETH 颱風（衰退）、TED 颱風（衰退）及 BECKY（近穩定）等波浪資料，以本研究所提出之波譜形狀新參數 SB 進行正規化波譜之理論波譜（JONSWAP 及 Pierson-Moskowitz）之擬合，其結果如圖 3-51 至圖 3-56，圖中並標示各正規化波譜擬合成理論波譜之 SB 值。由圖中顯示擬合結果理想，其中 JONSWAP 對於尖銳單峰之正規化波譜擬合結果較佳，尤其在主頻率處（$f/f_P=1$）之峰值較接近觀測值。而 Pierson-Moskowitz 則對於平緩多峰之正規化波譜擬合結果較佳。因此，本研究依能量觀點提出之參數 SB 可作為理想的波譜形狀參數，在波譜的擬合應用上則可直接作為理論波譜形狀參數 γ 或 m 之替代值。此外，檢視 SB 參數值發現其隨波浪成長與衰退過程分別有增大與減小的趨勢，而在波浪近穩定過程則保持近似固定不變，此與前述之目視結果一致。



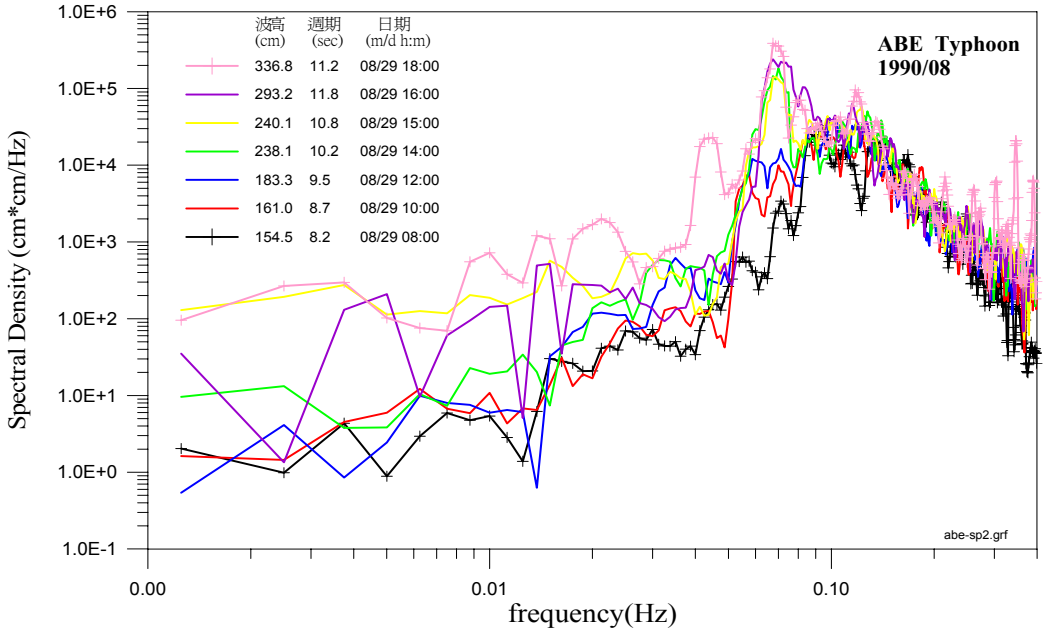
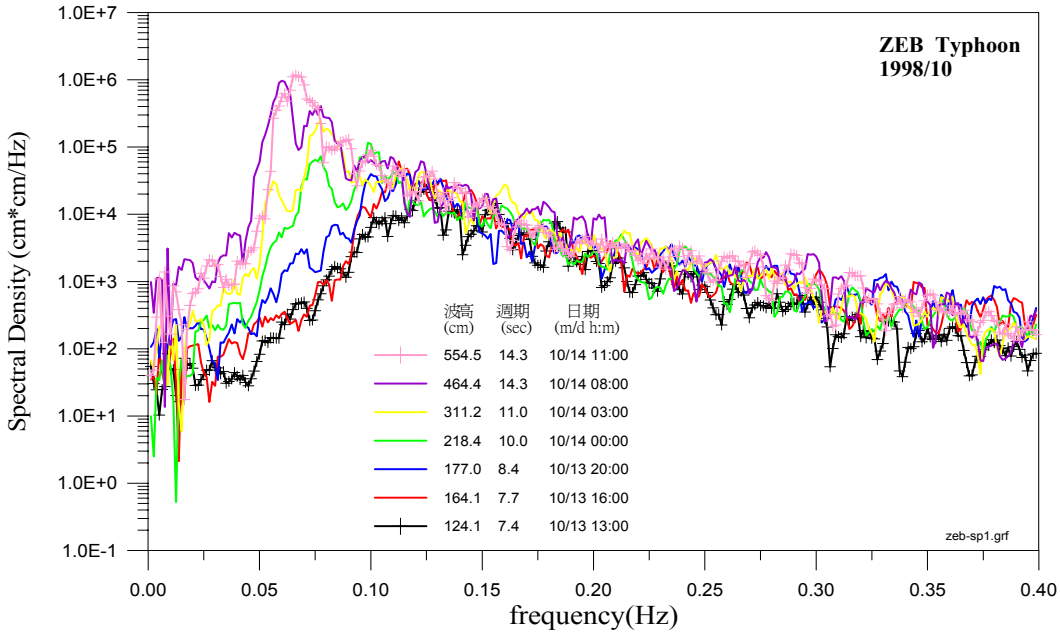


圖 3-1 ABE 颱風波浪能譜圖（成長時段）



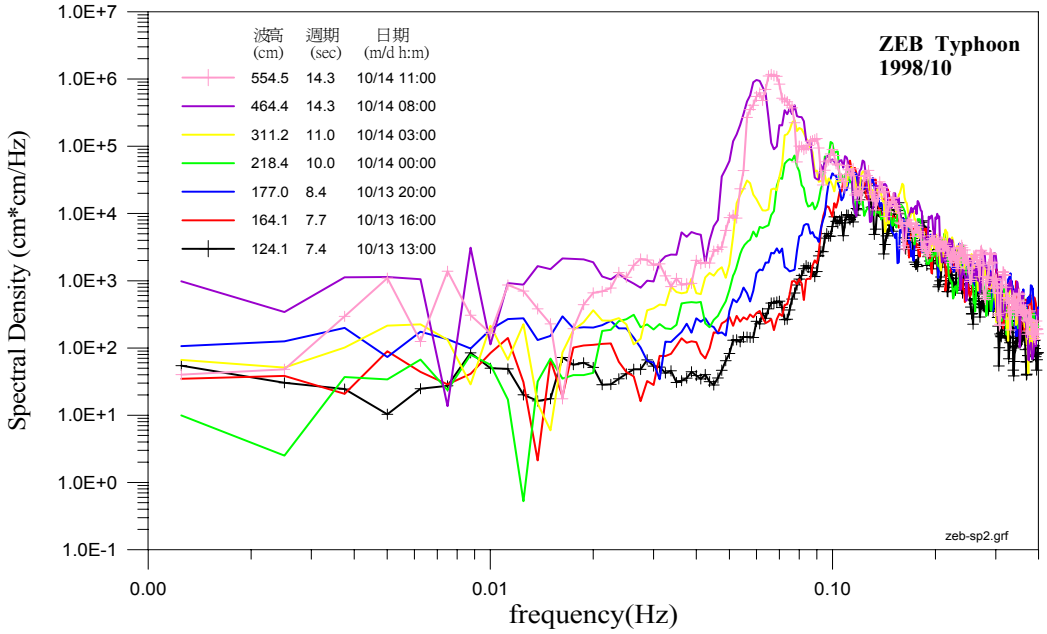
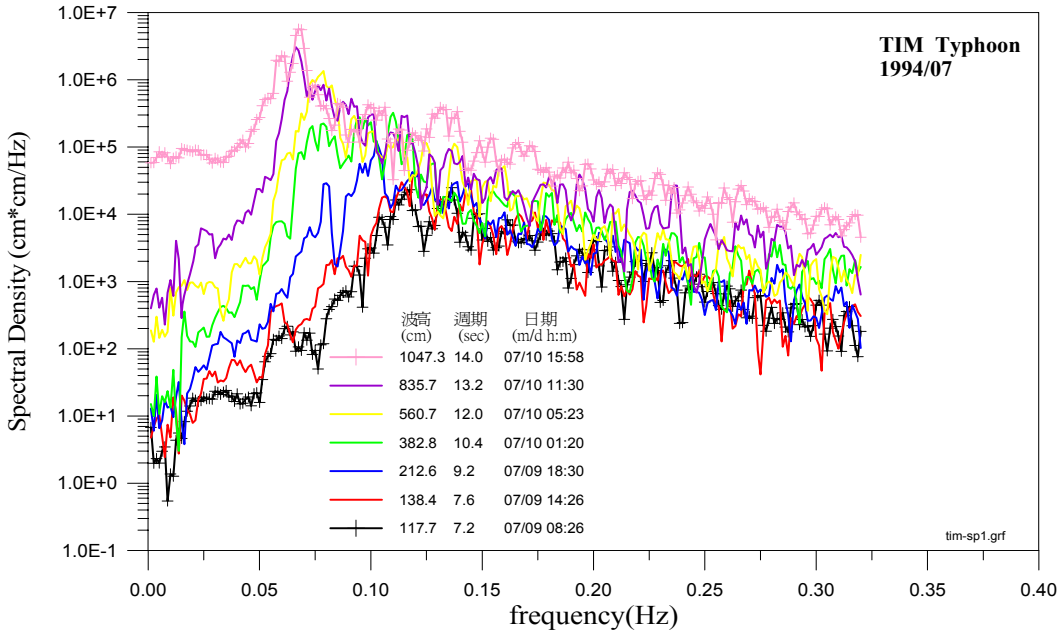


圖 3-2 ZEB 颱風波浪能譜圖（成長時段）



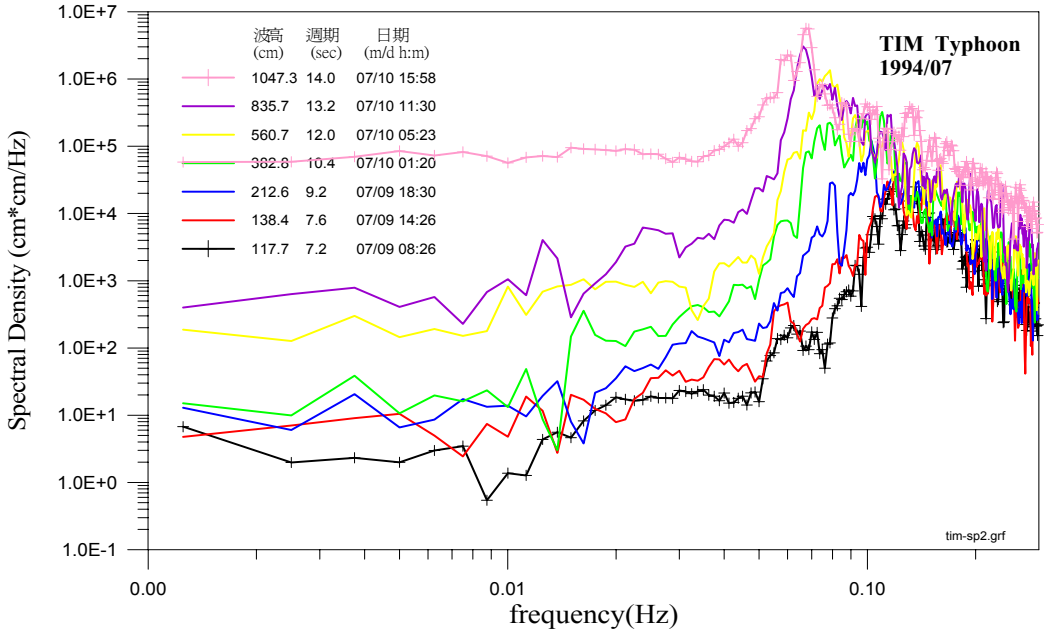
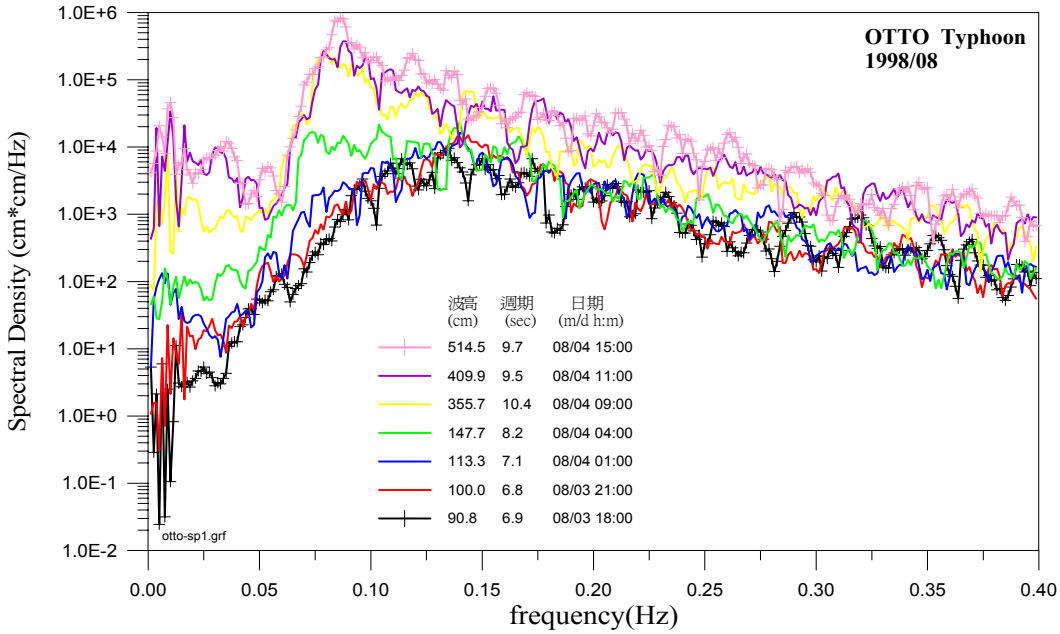


圖 3-3 TIM 颱風波浪能譜圖（成長時段）



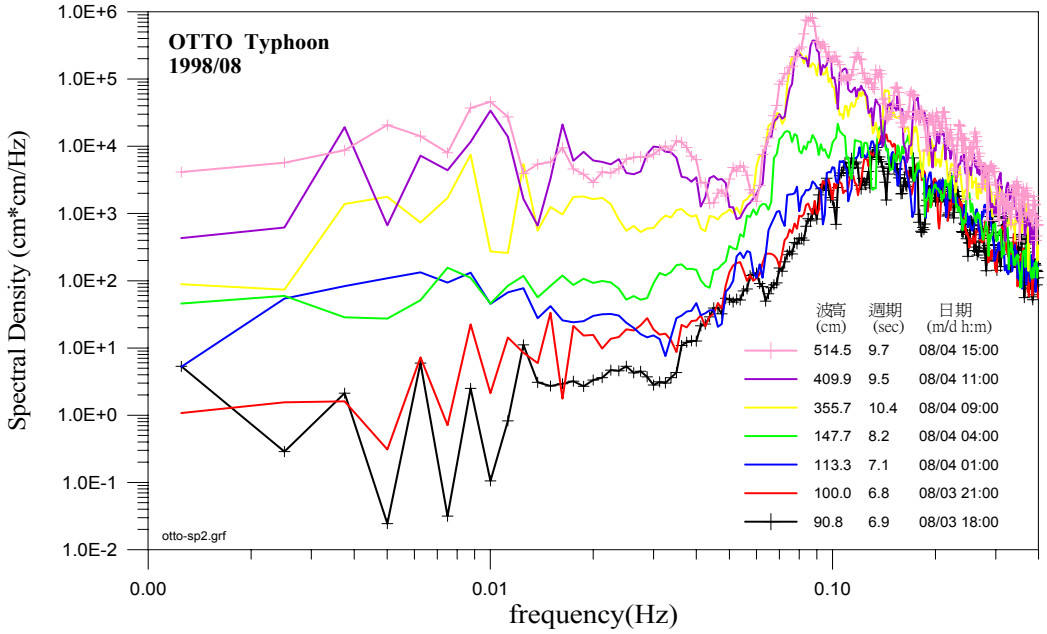
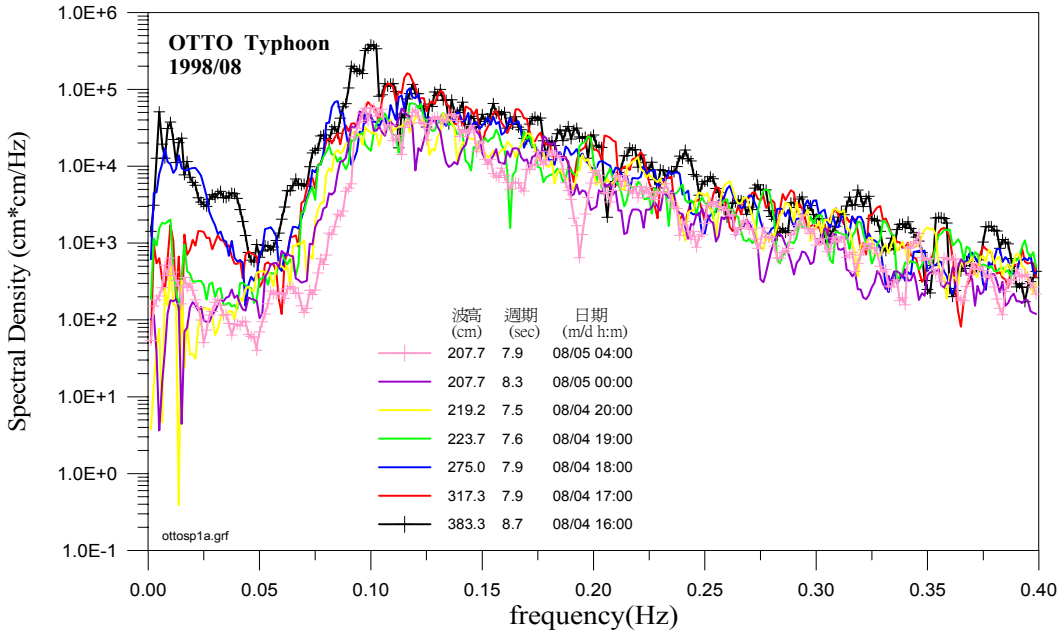


圖 3-4 OTTO 颱風波浪能譜圖（成長時段）



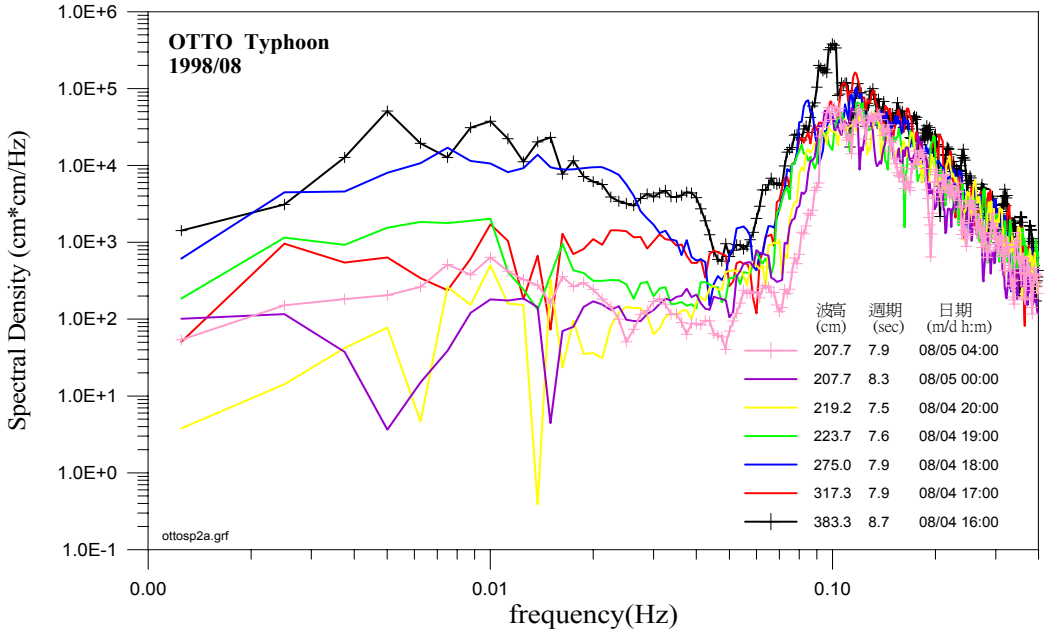
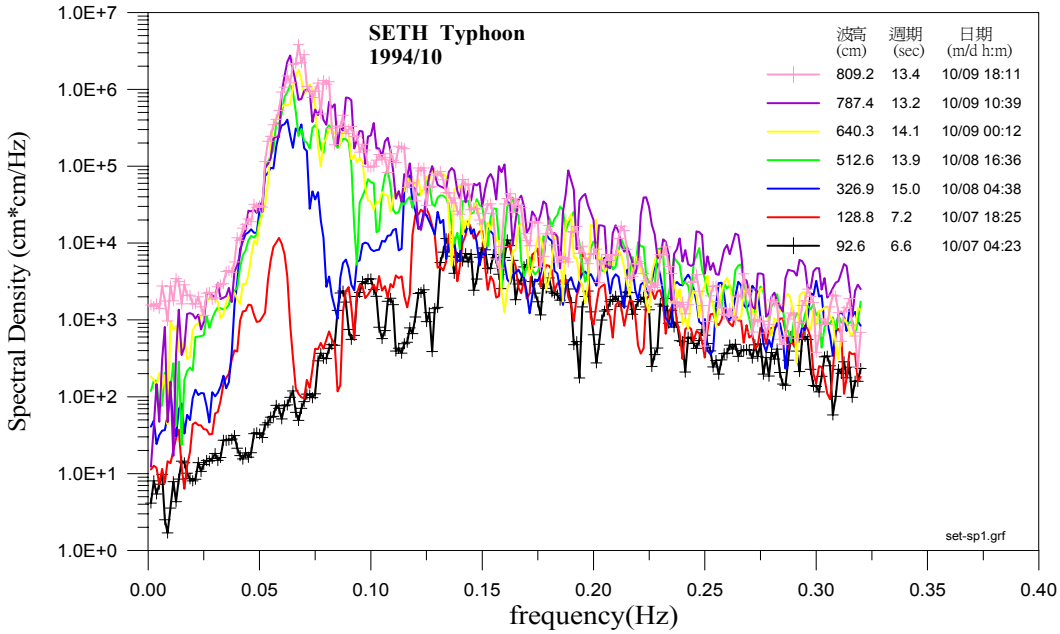


圖 3-5 OTTO 颱風波浪能譜圖（衰退時段）



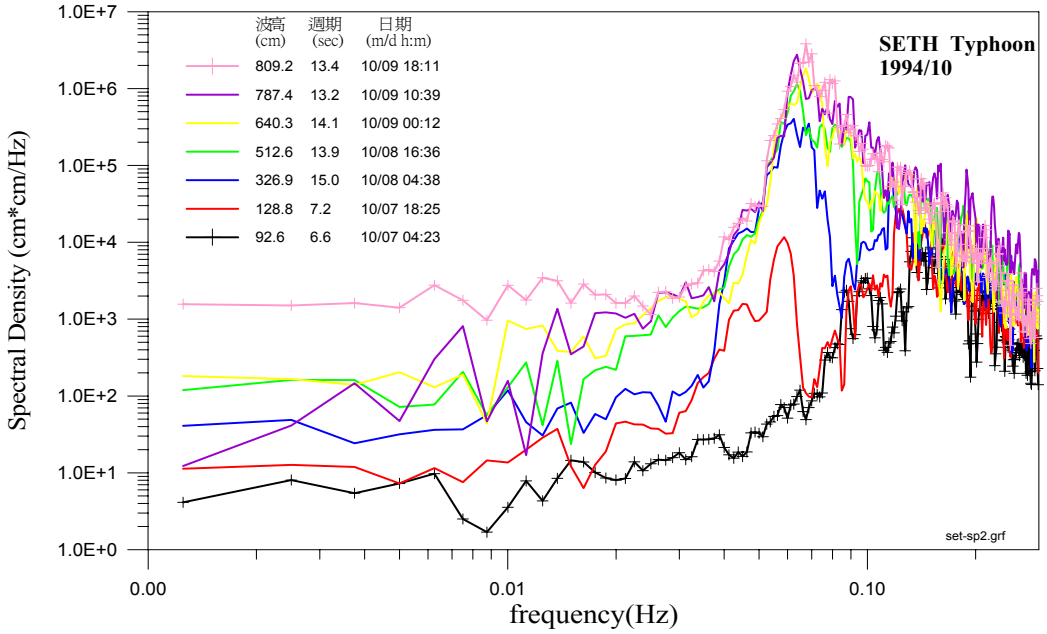
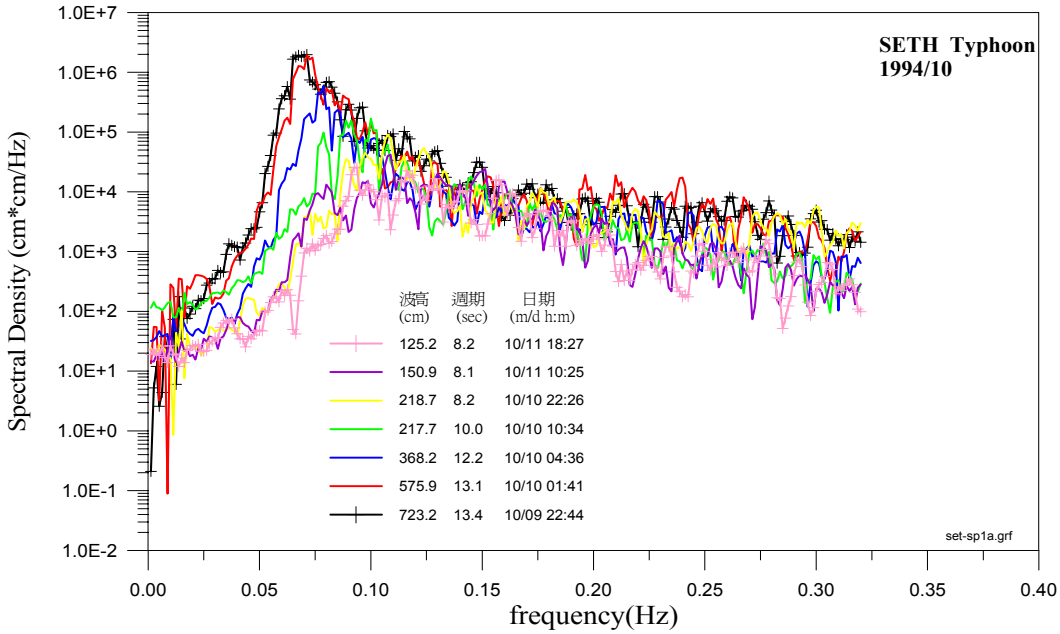


圖 3-6 SETH 颱風波浪能譜圖（成長時段）



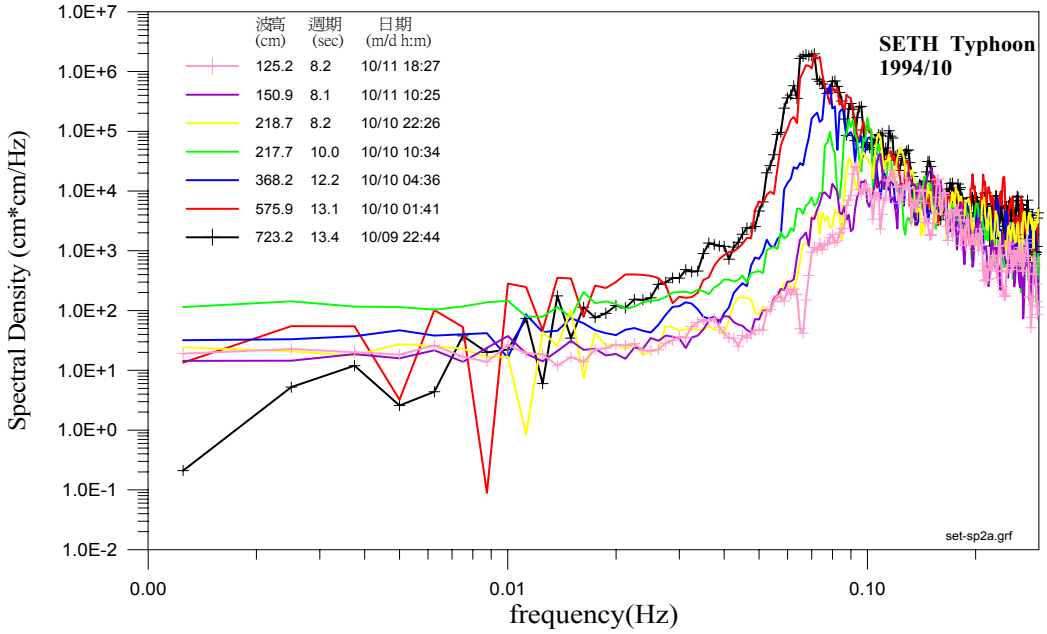
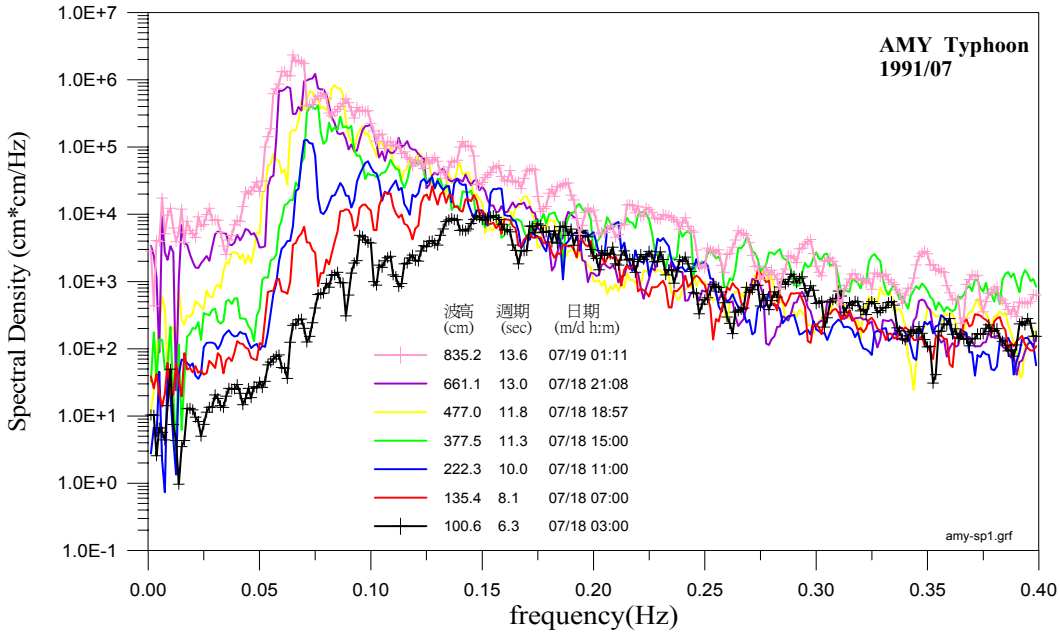


圖 3-7 SETH 颱風波浪能譜圖（衰退時段）



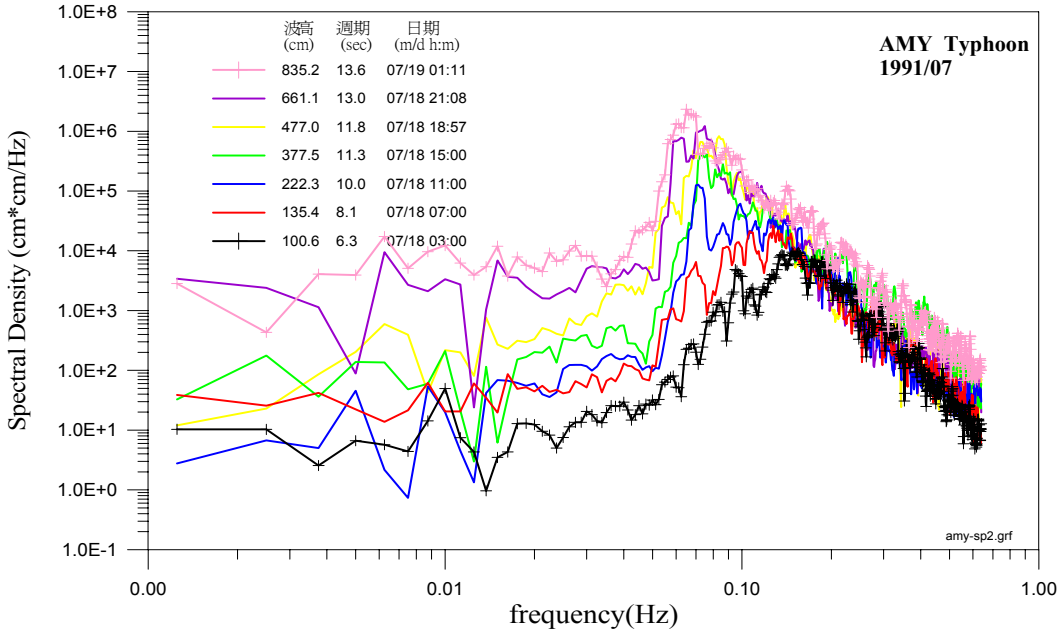
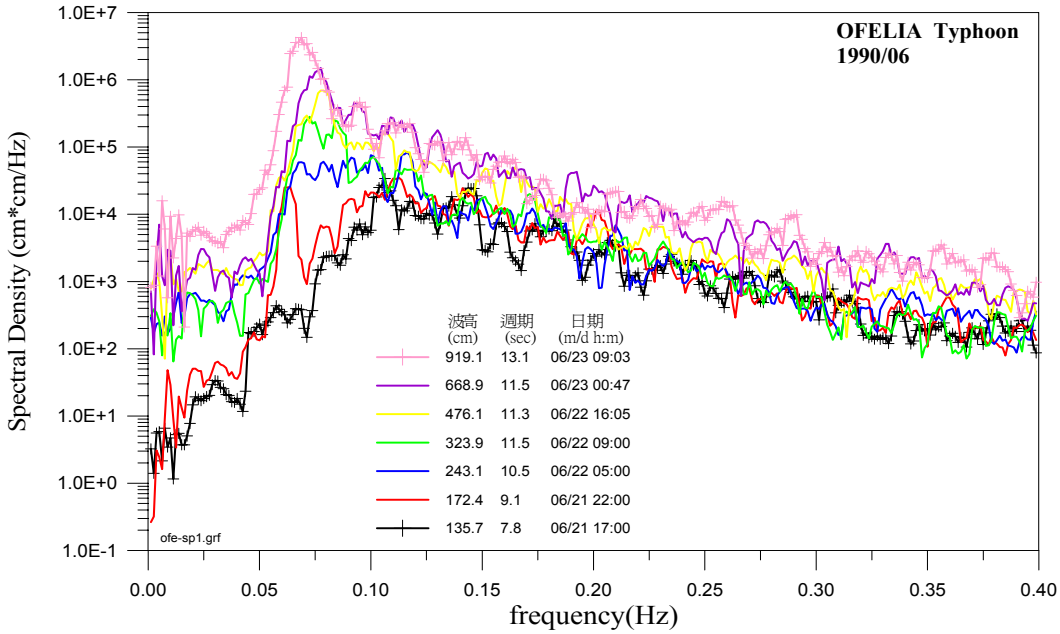


圖 3-8 AMY 颱風波浪能譜圖（成長時段）



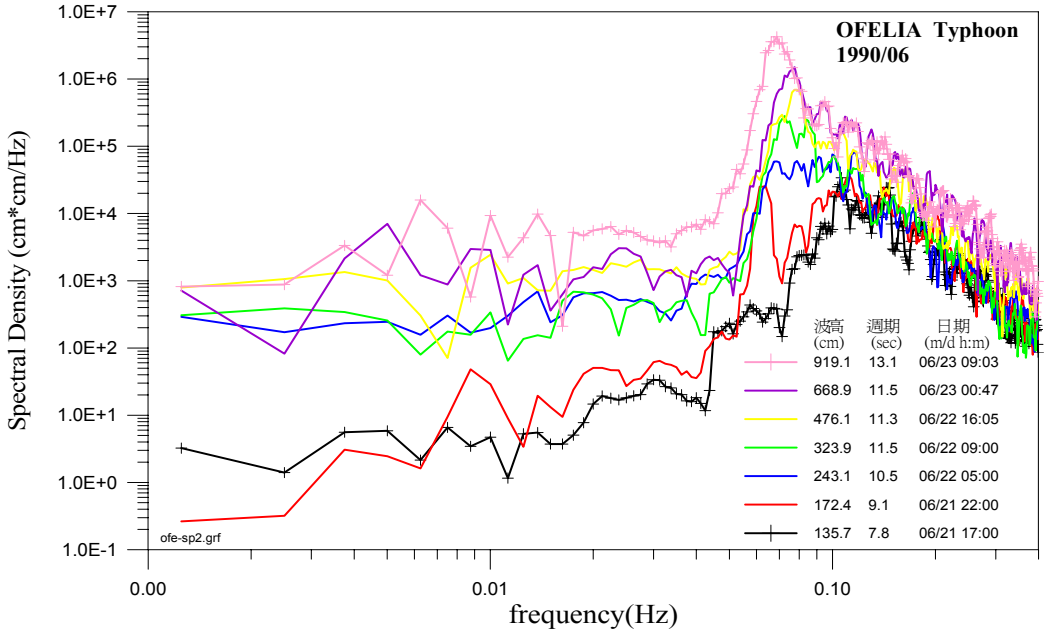
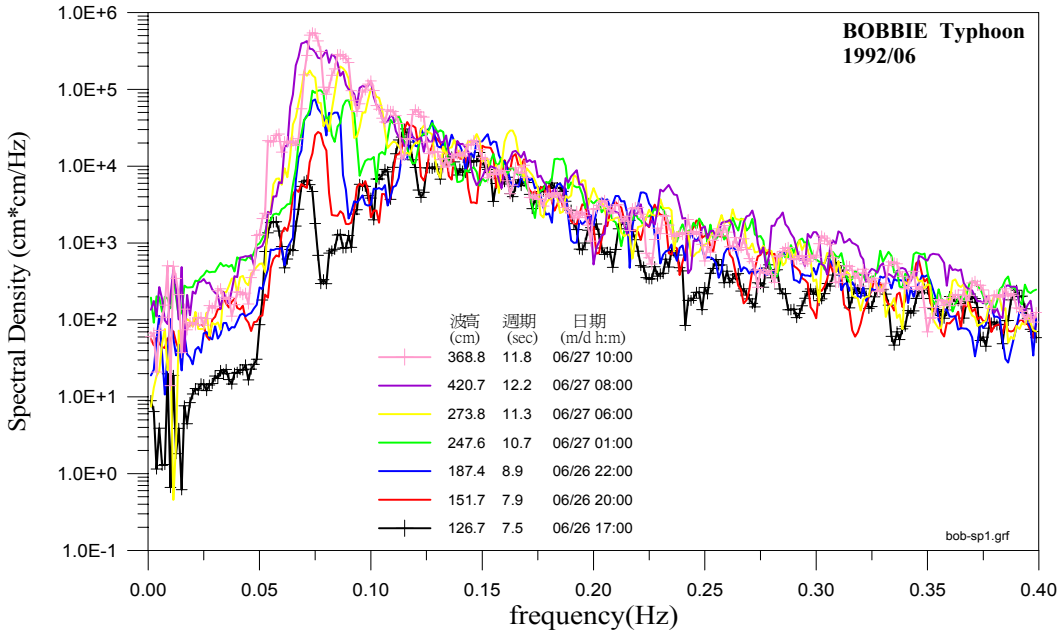


圖 3-9 OFELIA 颱風波浪能譜圖（成長時段）



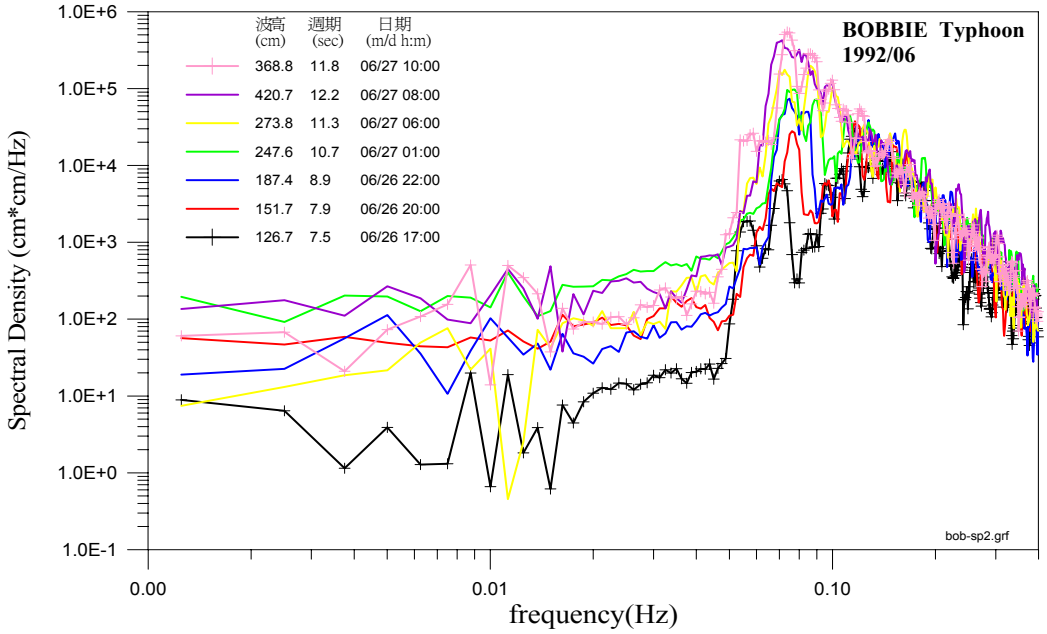
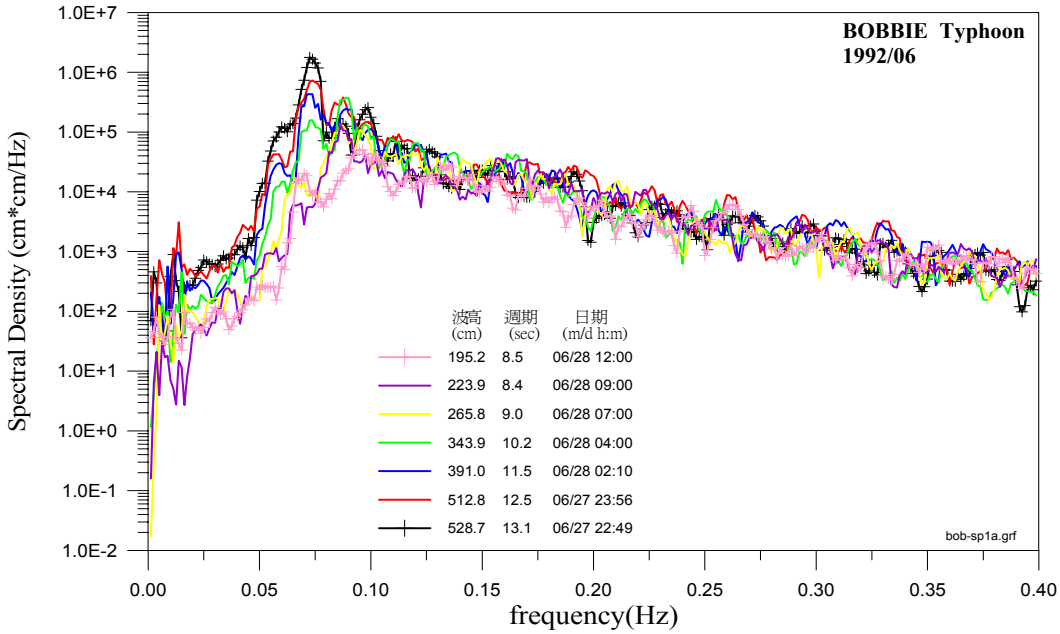


圖 3-10 BOBBIE 颱風波浪能譜圖（成長時段）



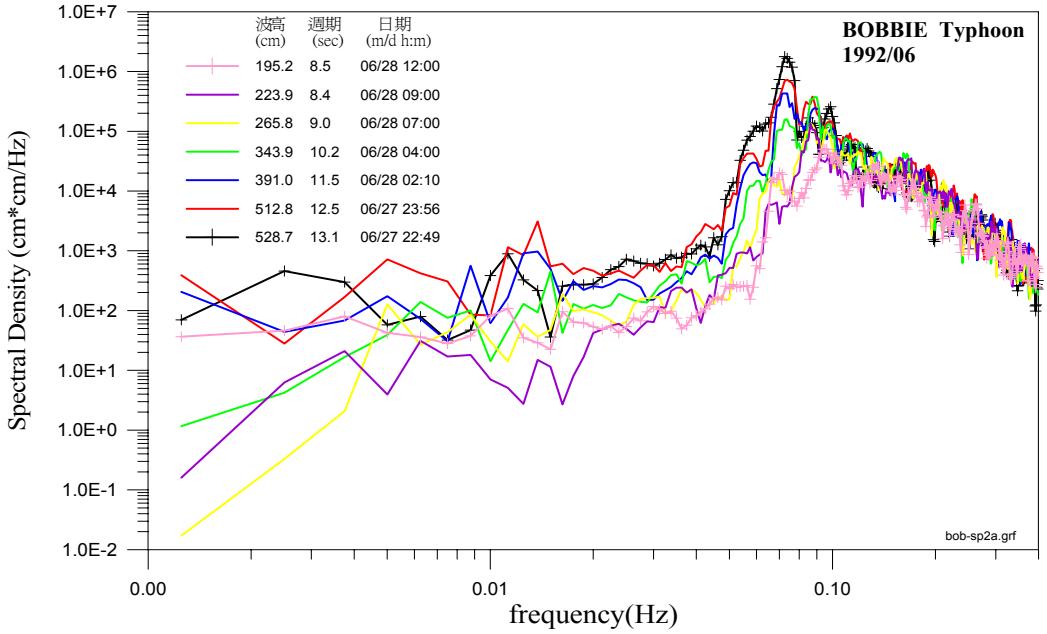
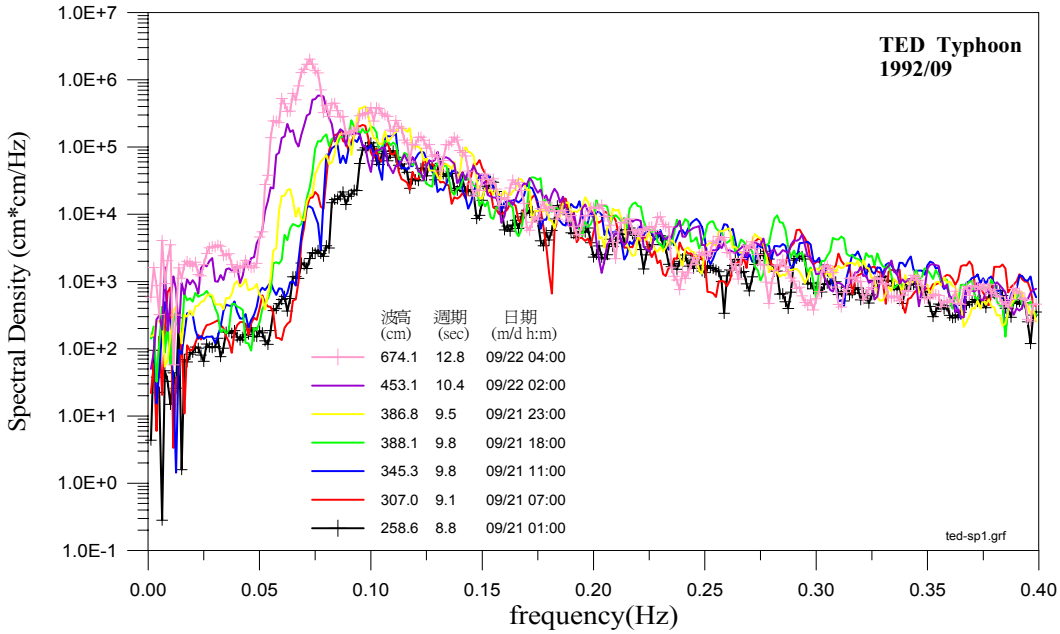


圖 3-11 BOBBIE 颱風波浪能譜圖（衰退時段）



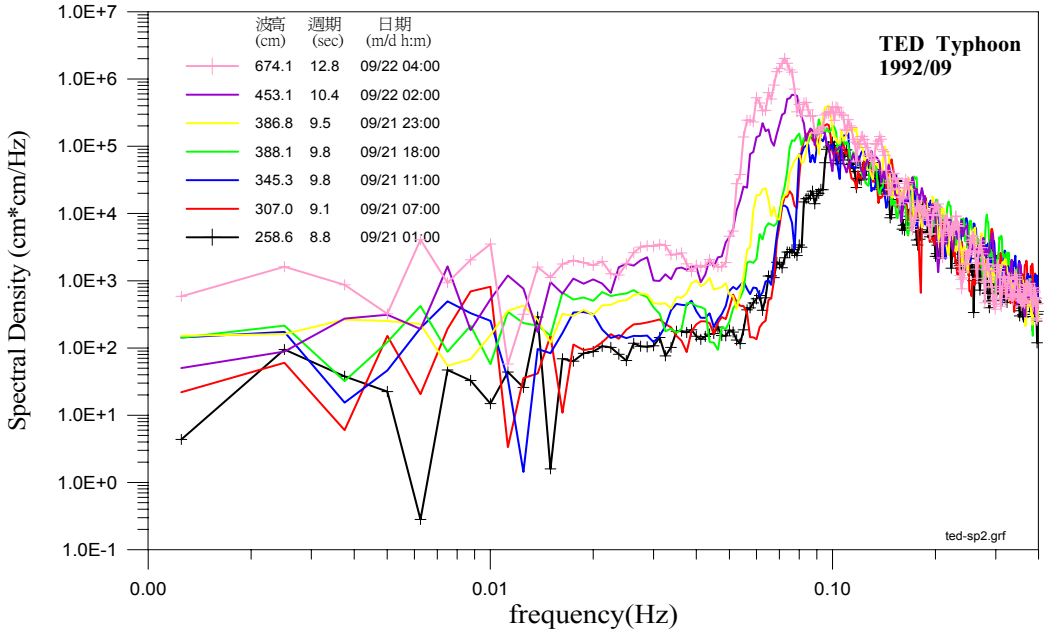
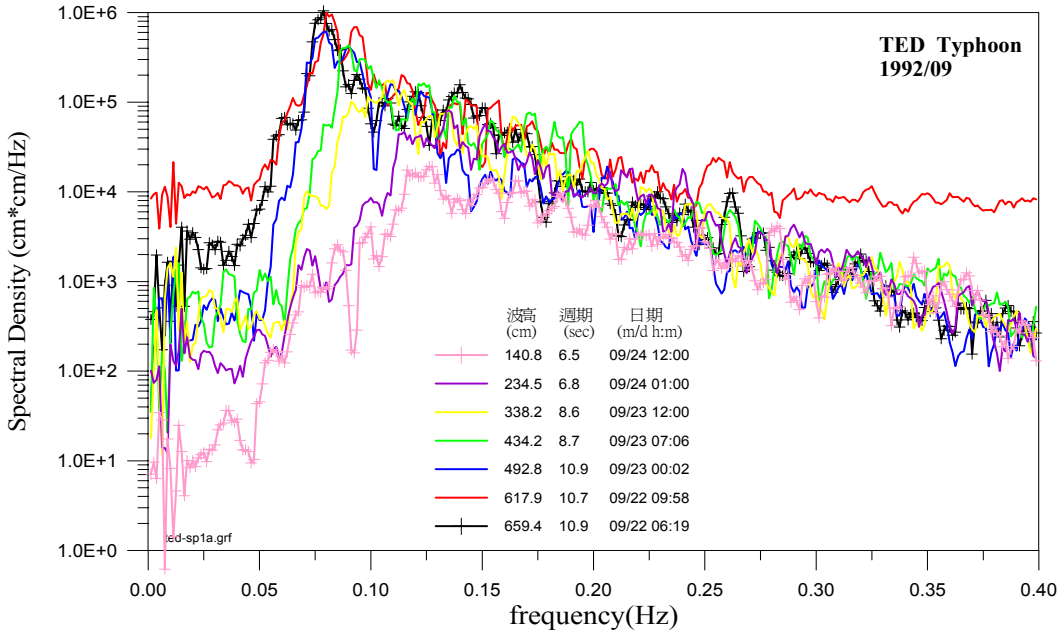


圖 3-12 TED 颱風波浪能譜圖（成長時段）



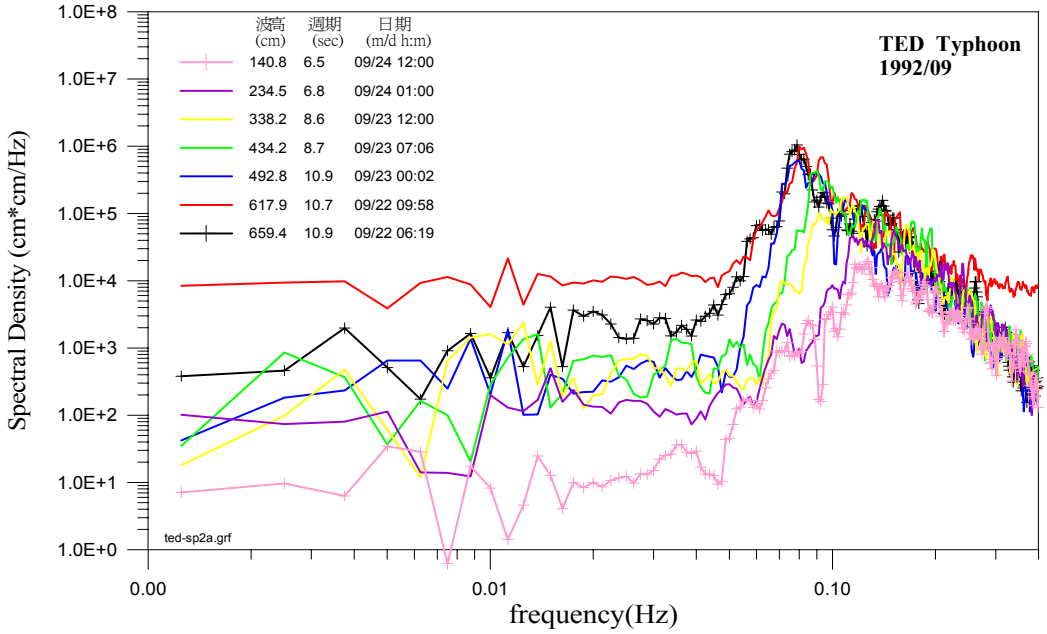
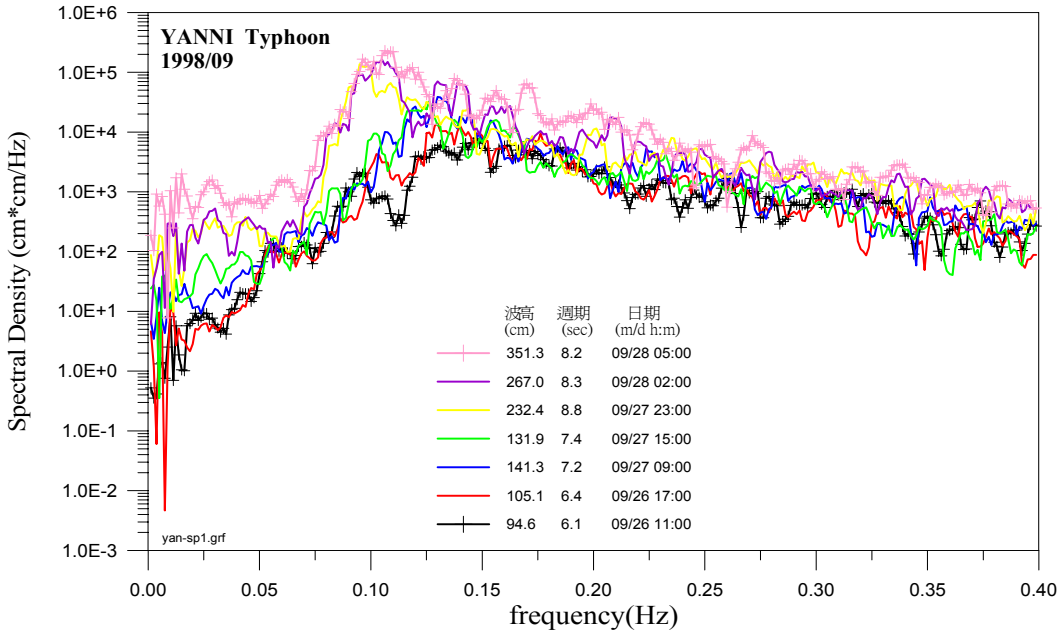


圖 3-13 TED 颱風波浪能譜圖（衰退時段）



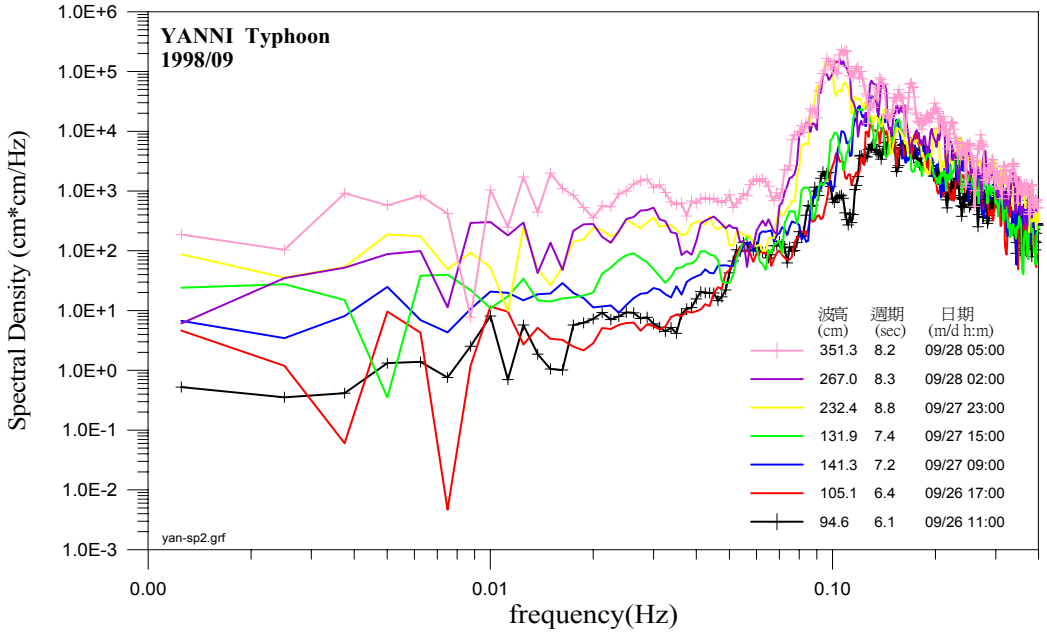
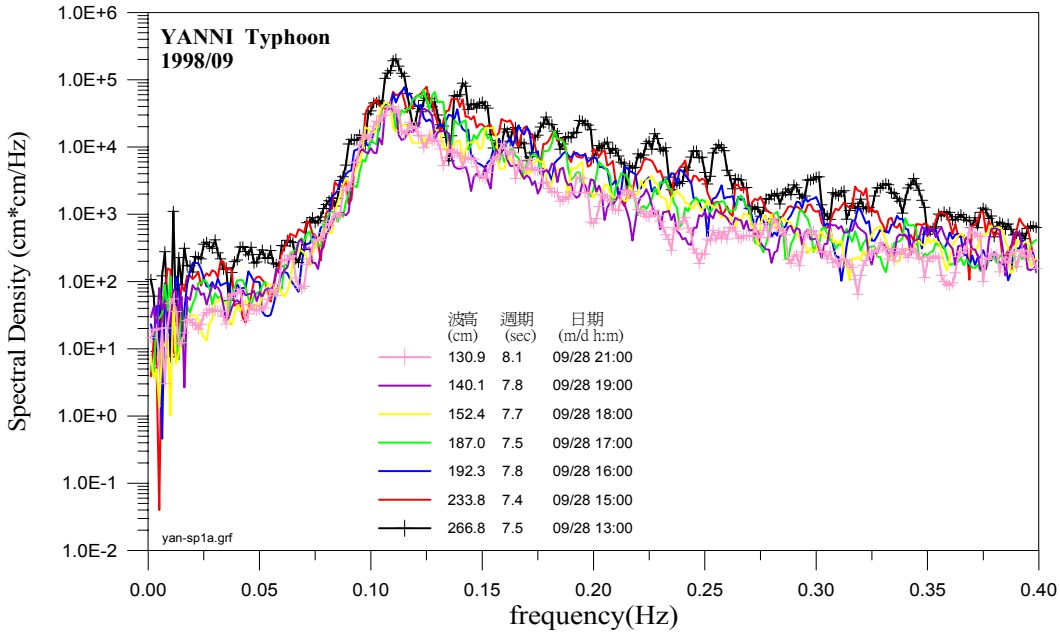


圖 3-14 YANNI 颱風波浪能譜圖（成長時段）



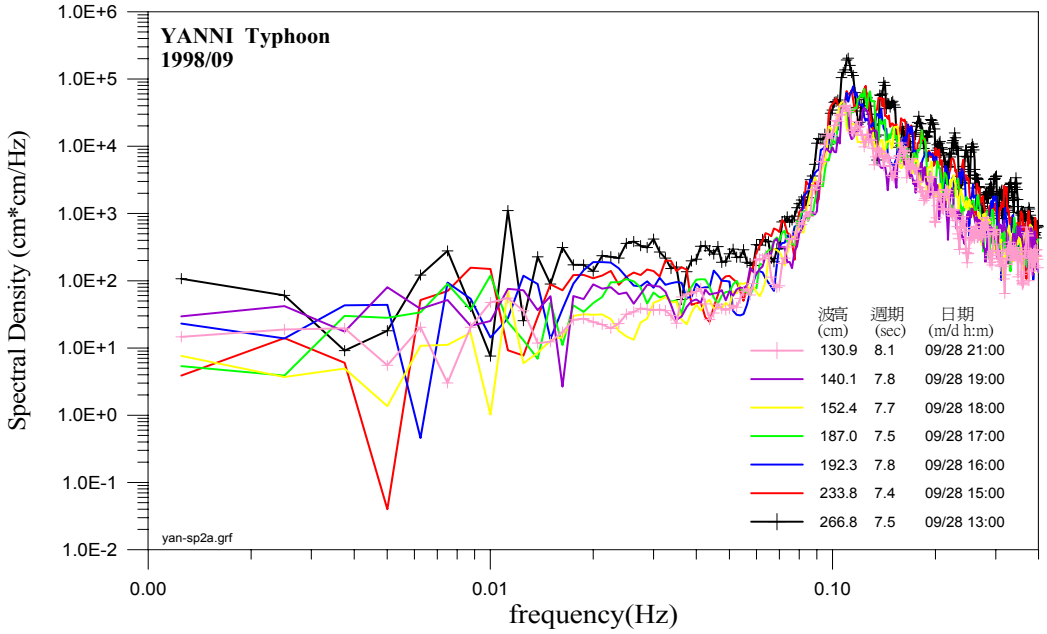
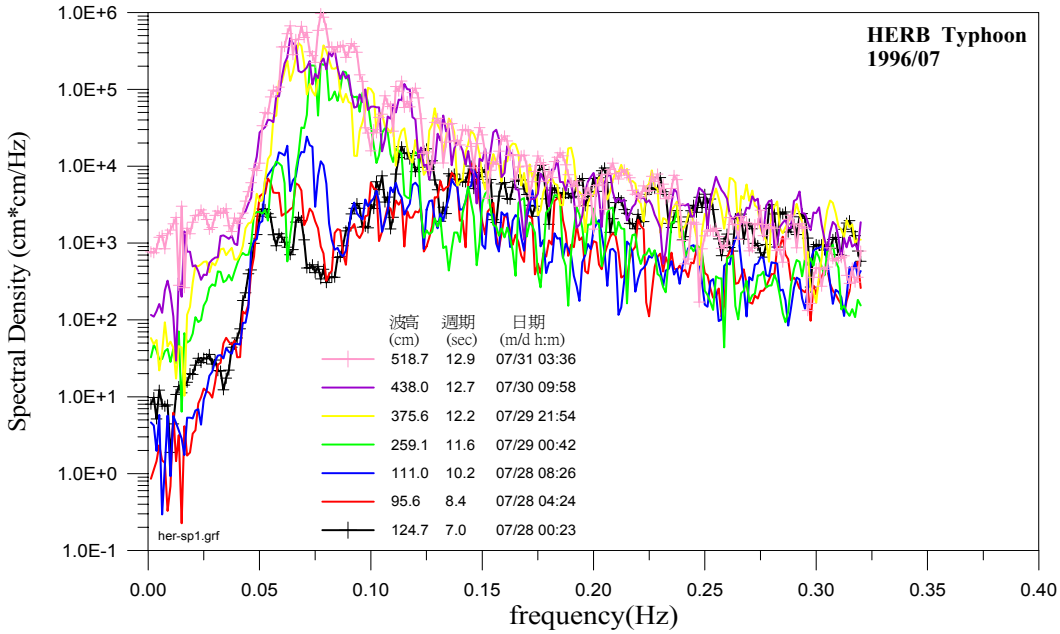


圖 3-15 YANNI 颱風波浪能譜圖（衰退時段）



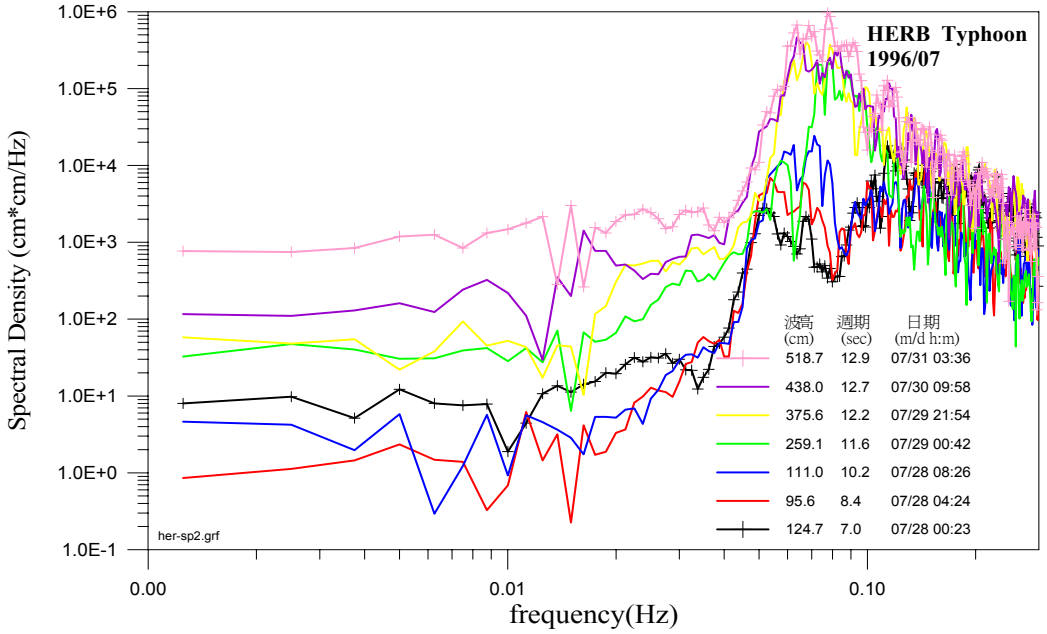
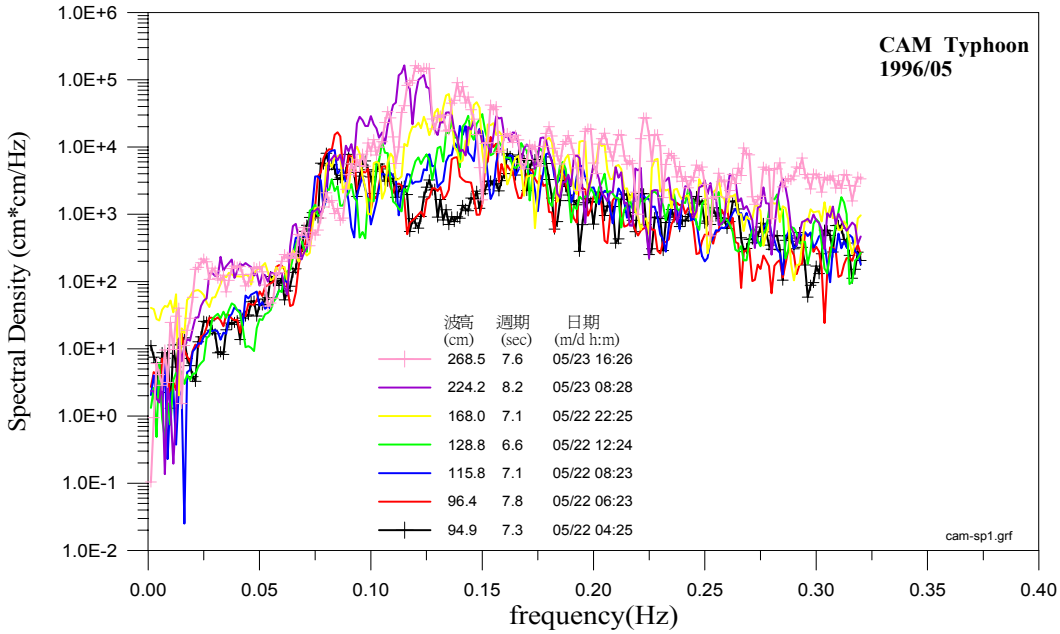


圖 3-16 HERB 颱風波浪能譜圖（成長時段）



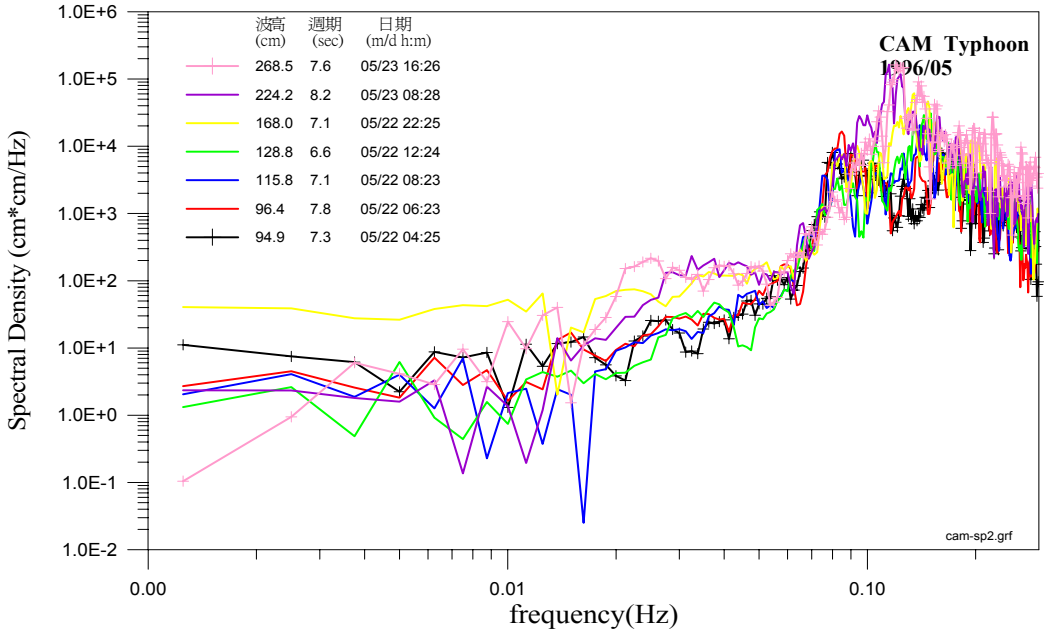
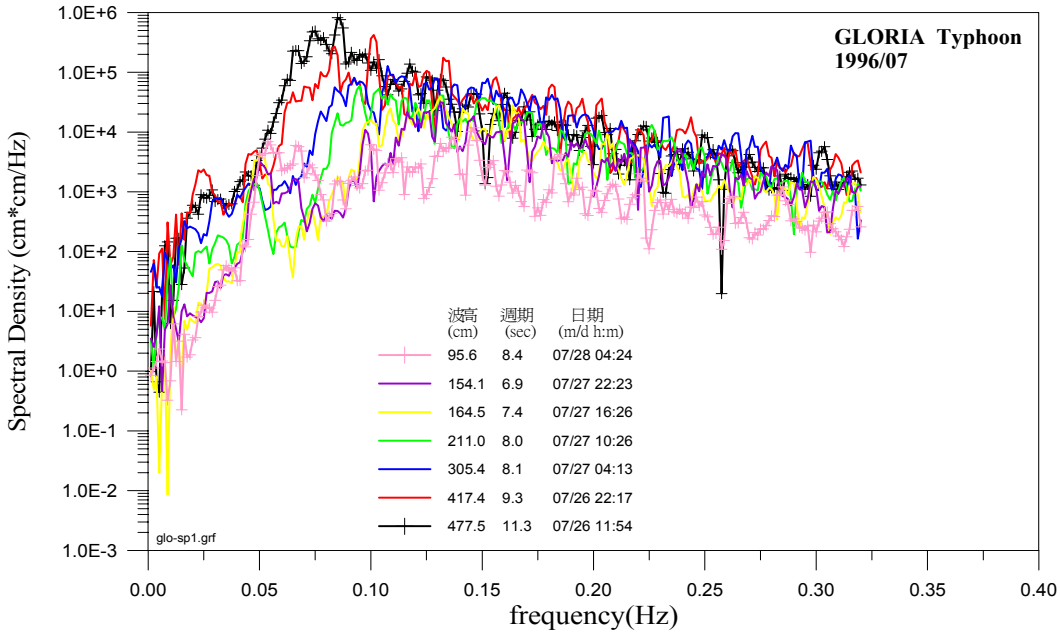


圖 3-17 CAM 颱風波浪能譜圖（成長時段）



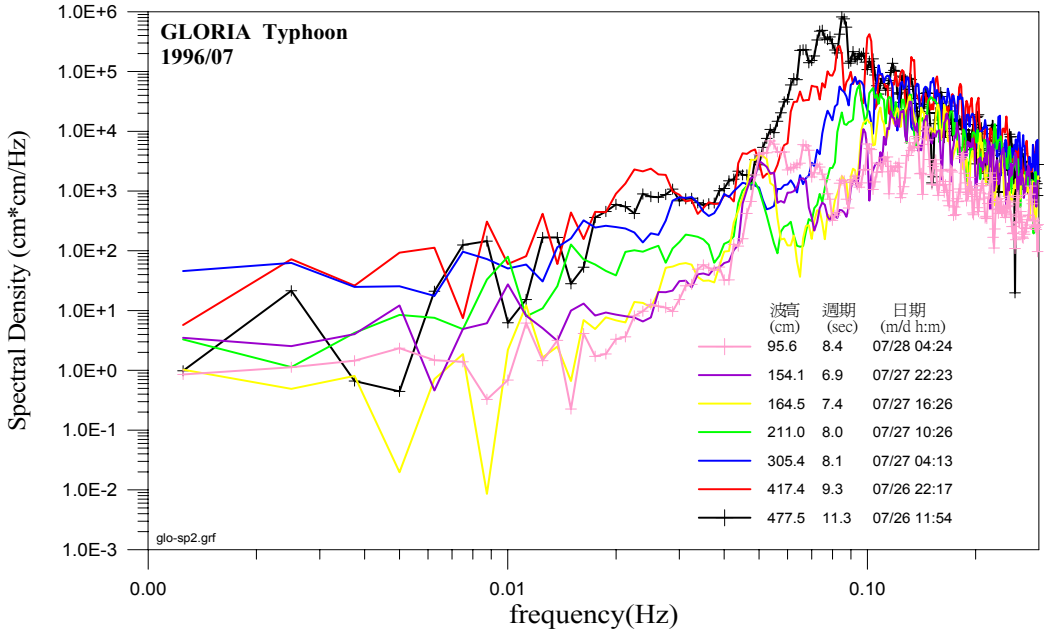
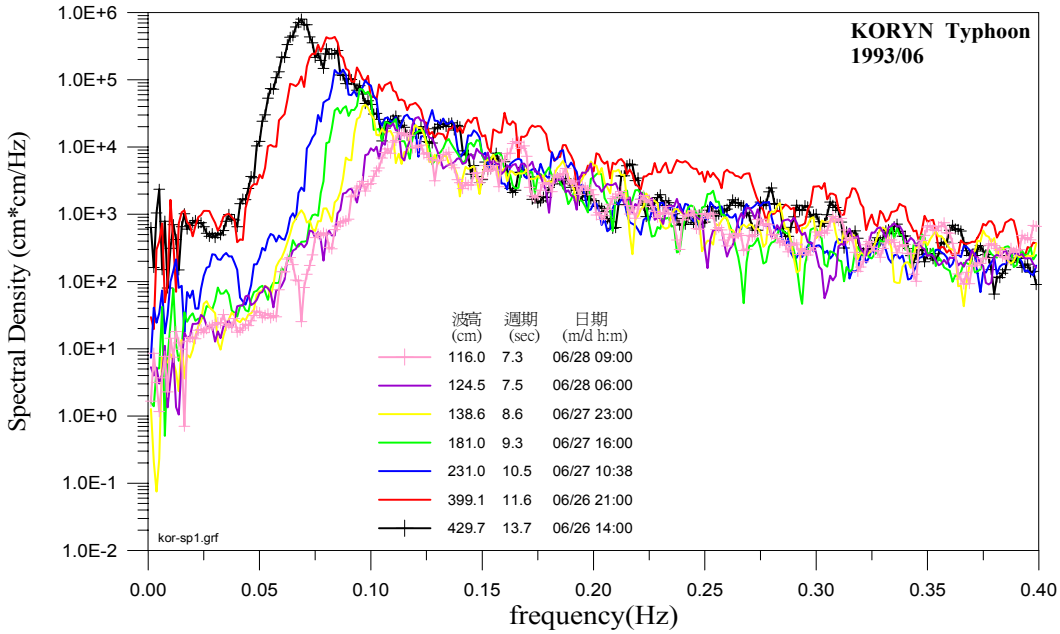


圖 3-18 GLORIA 颱風波浪能譜圖（衰退時段）



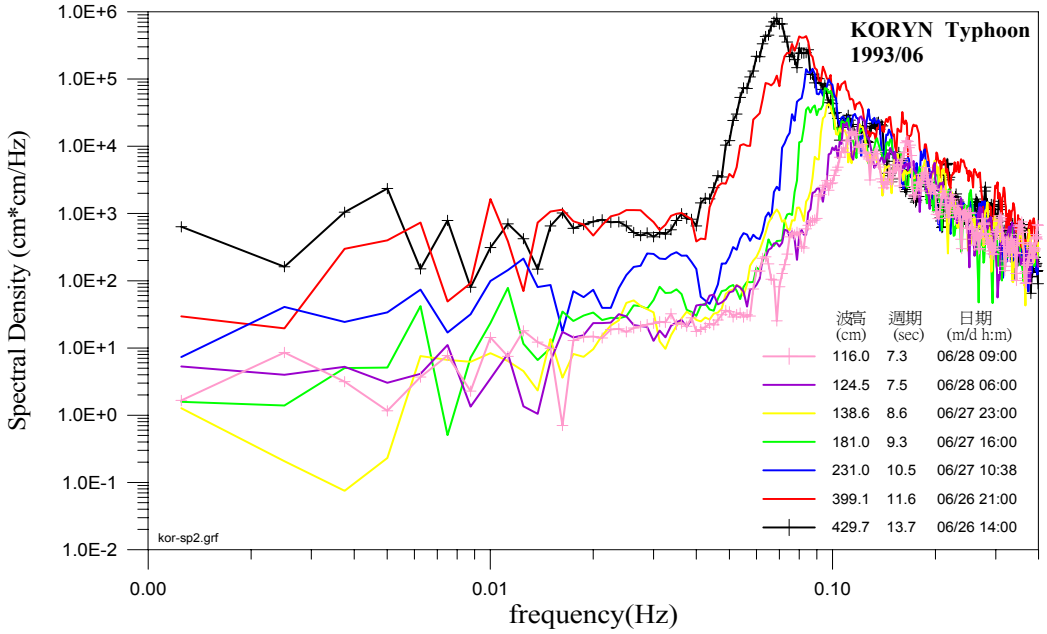
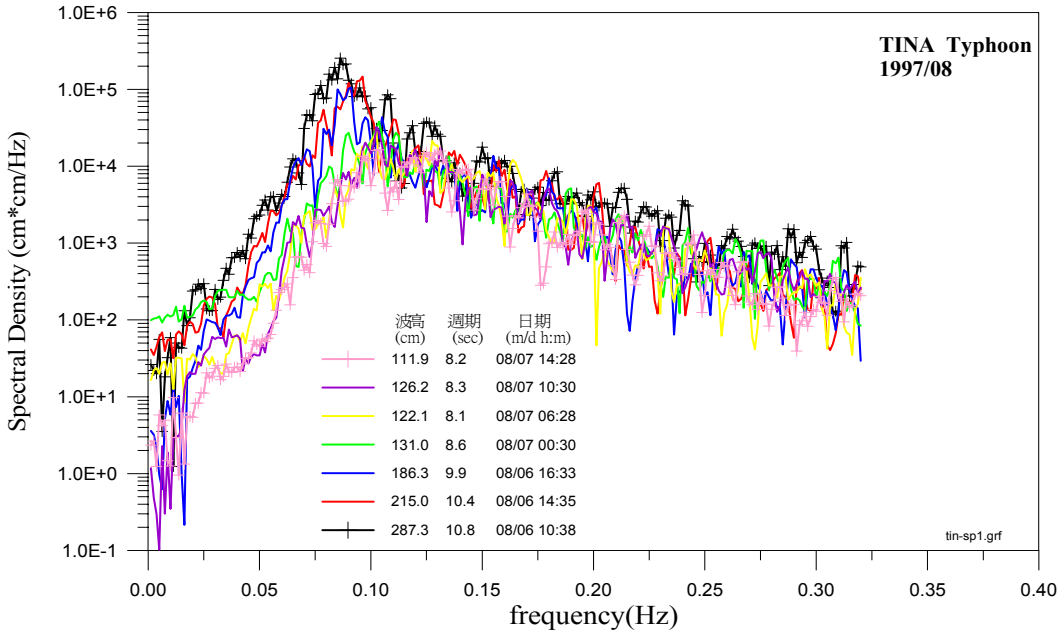


圖 3-19 KORYN 颱風波浪能譜圖（衰退時段）



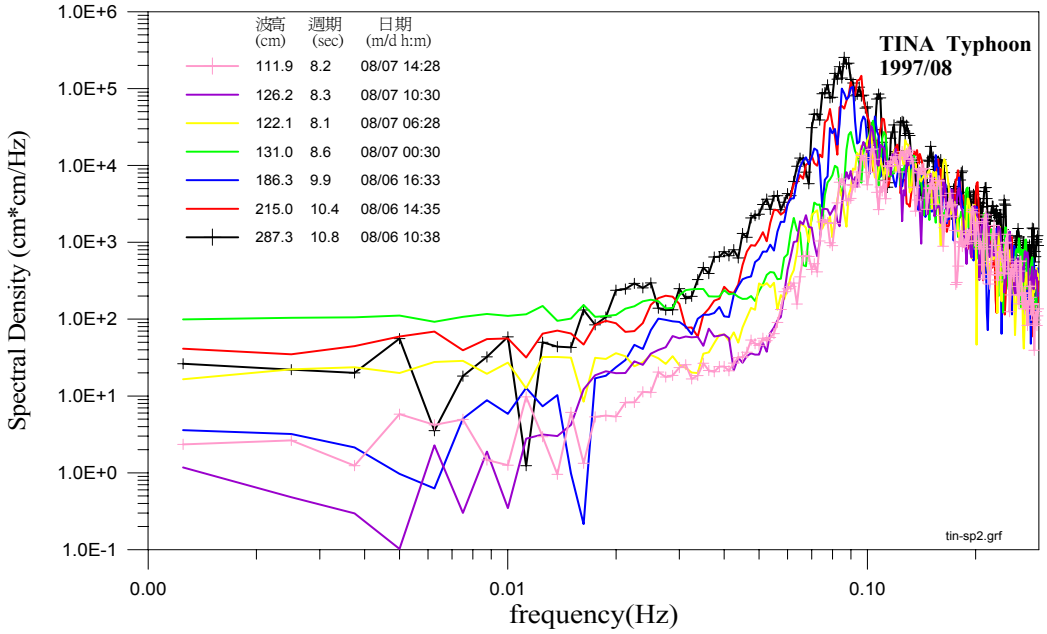
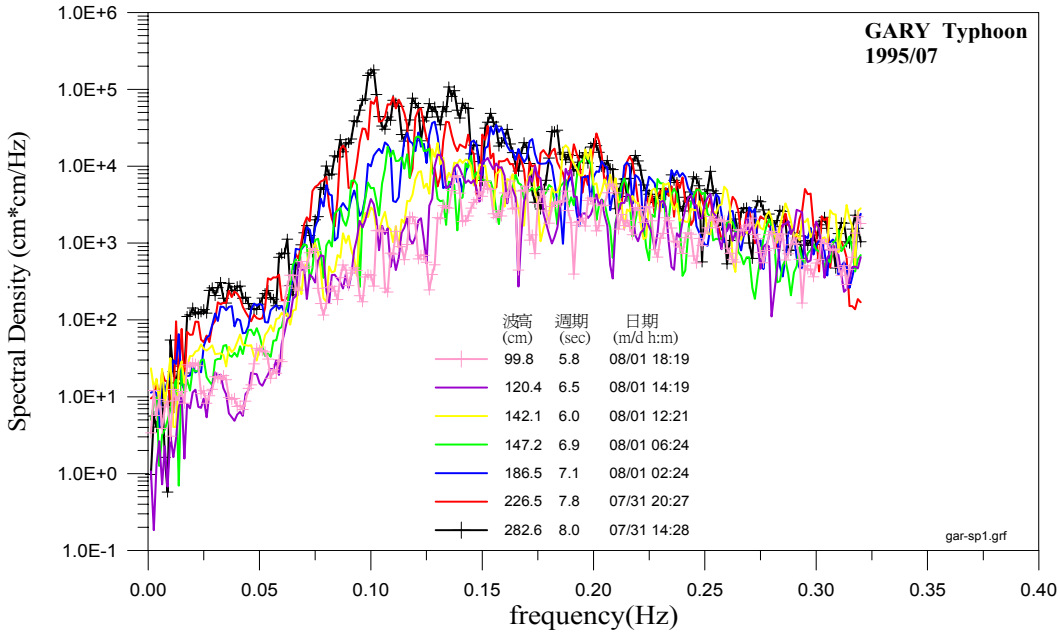


圖 3-20 TINA 颱風波浪能譜圖（衰退時段）



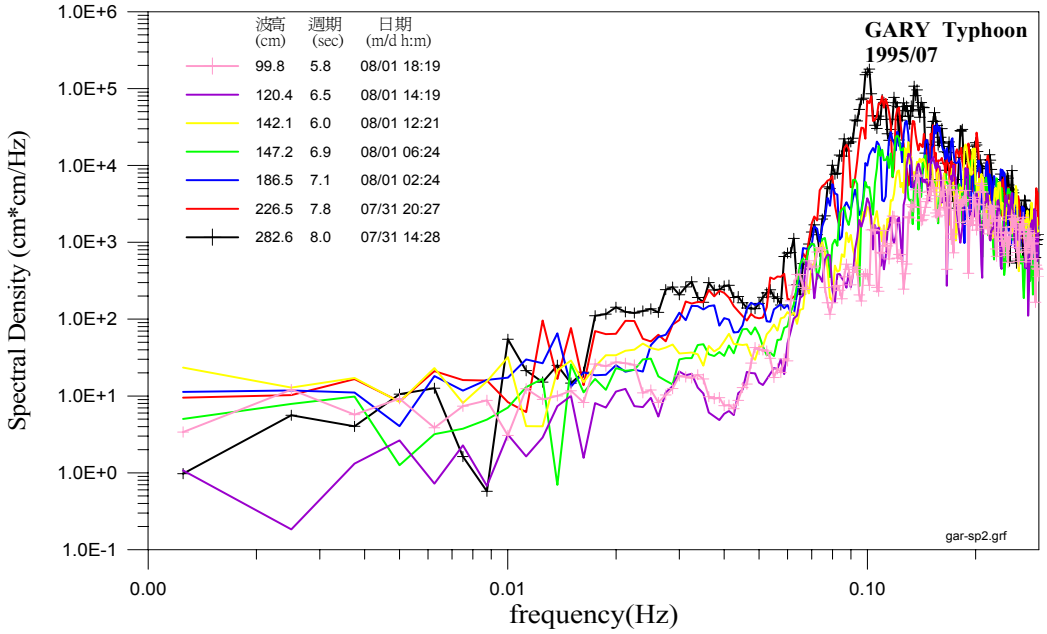
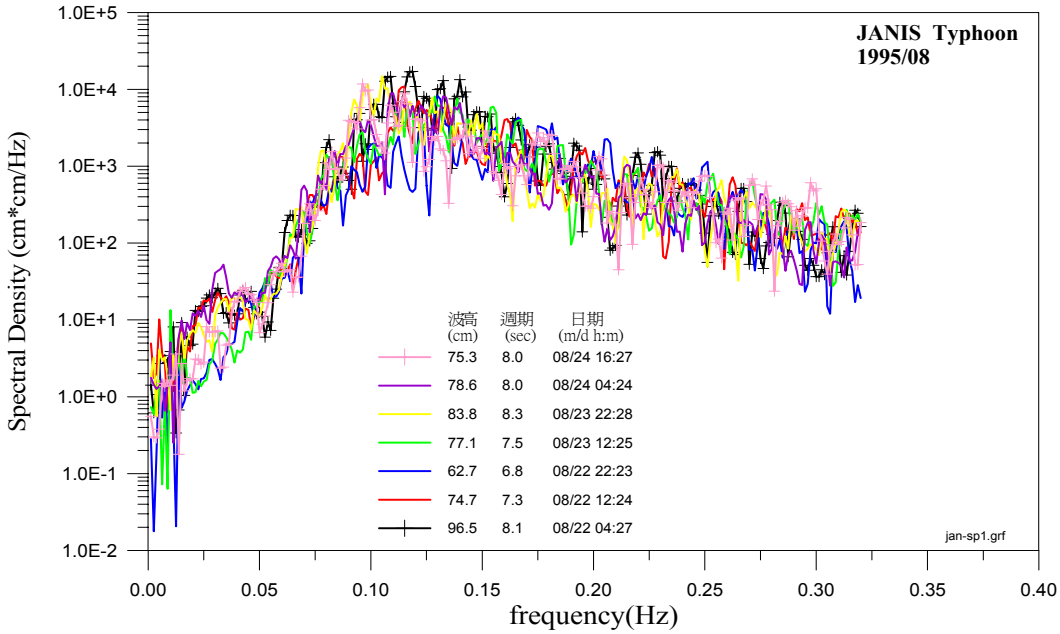


圖 3-21 GARY 颱風波浪能譜圖（衰退時段）



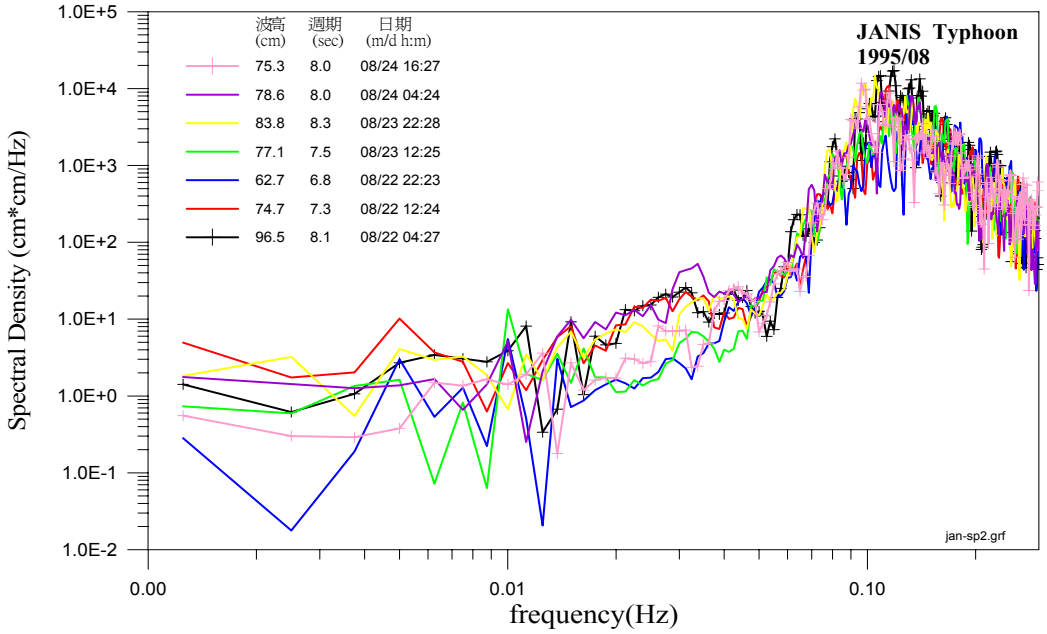
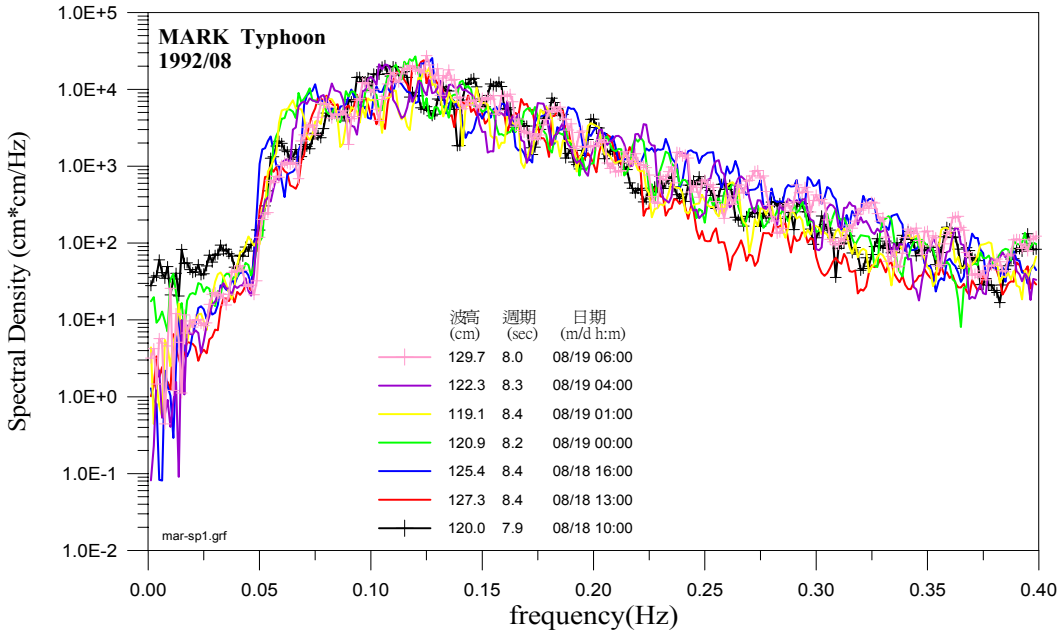


圖 3-22 JANIS 颱風波浪能譜圖（近穩定時段）



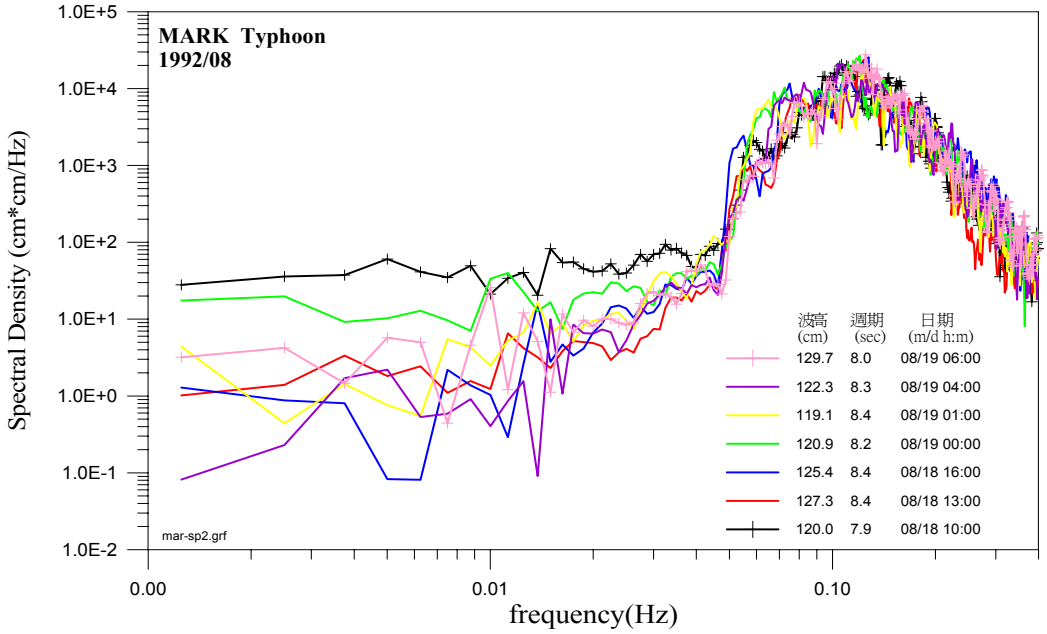
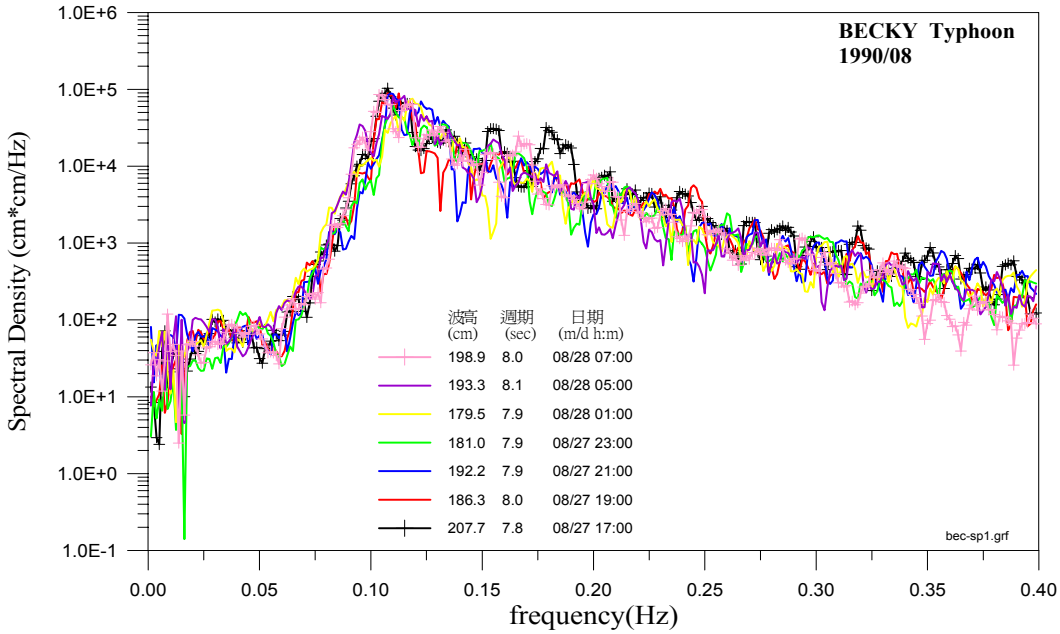


圖 3-23 MARK 颱風波浪能譜圖（近穩定時段）



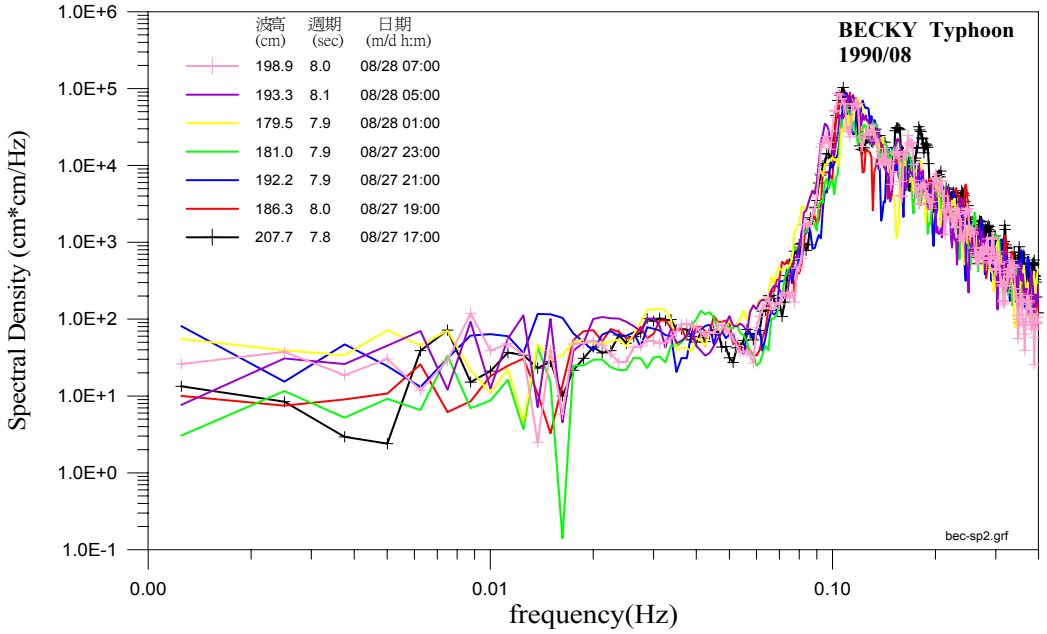


圖 3-24 BECKY 颱風波浪能譜圖（近穩定時段）

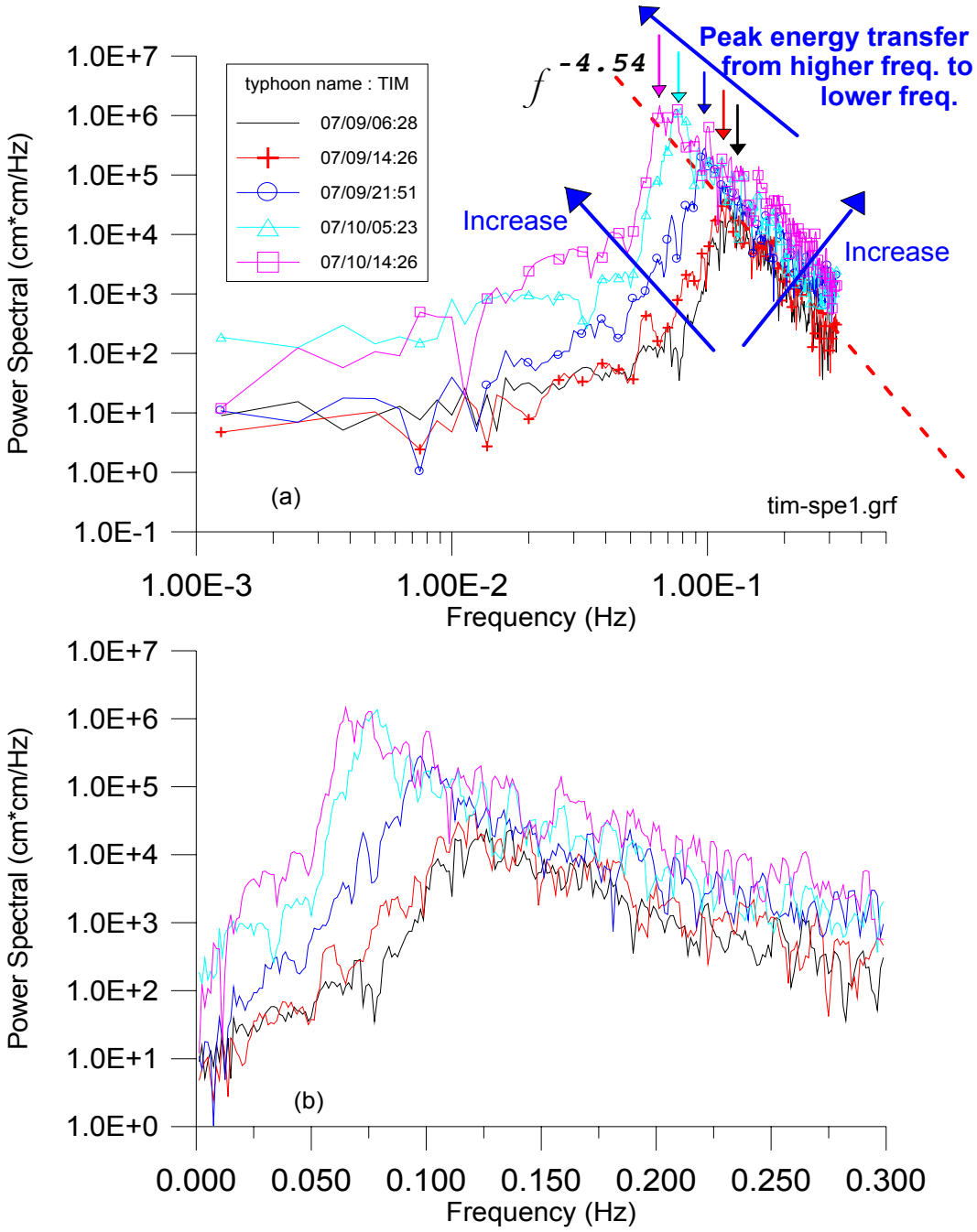


圖 3-25 TIM 颱風波浪能譜高頻區斜率

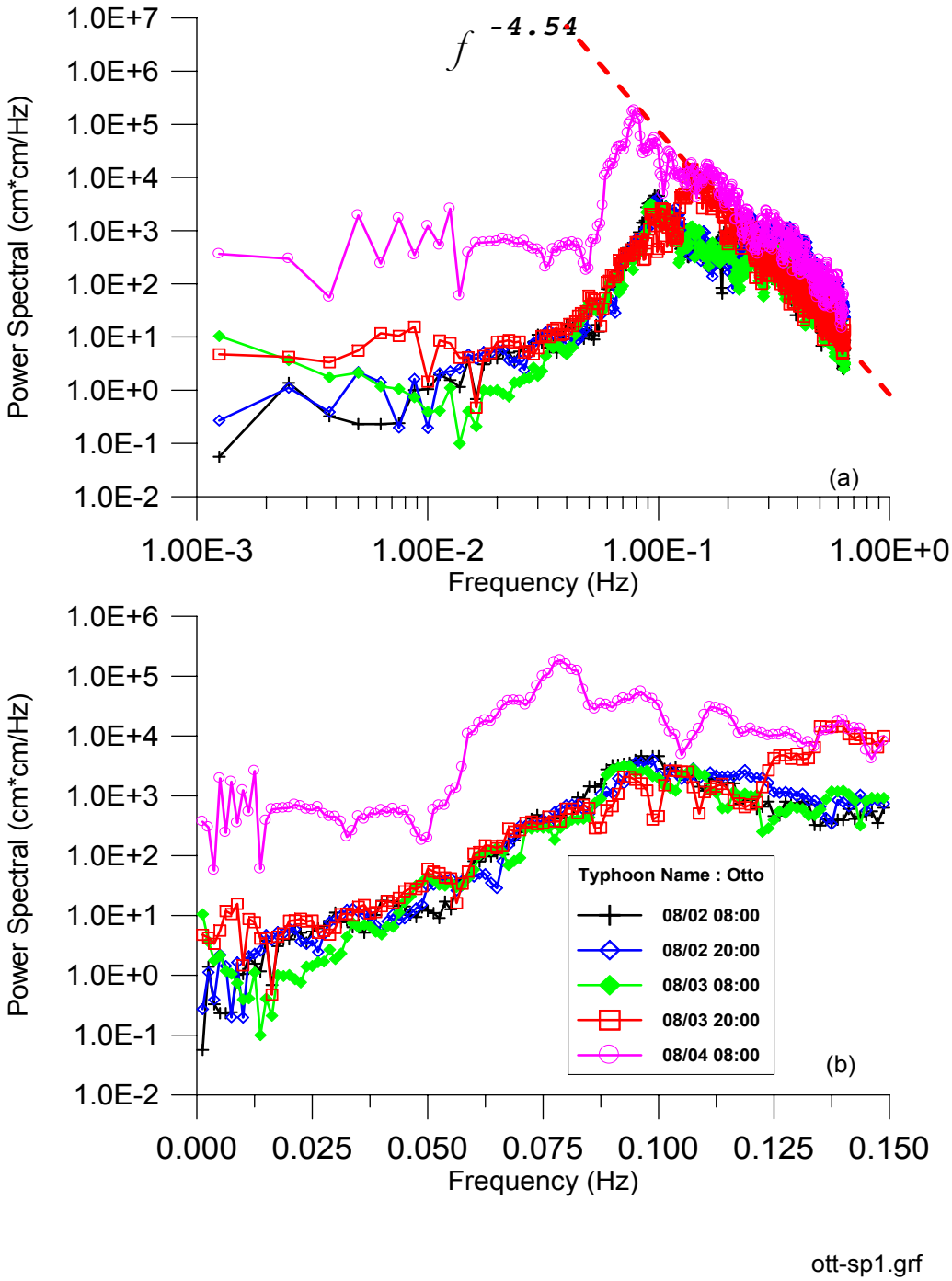


圖 3-26 OTTO 颱風波浪能譜高頻區斜率

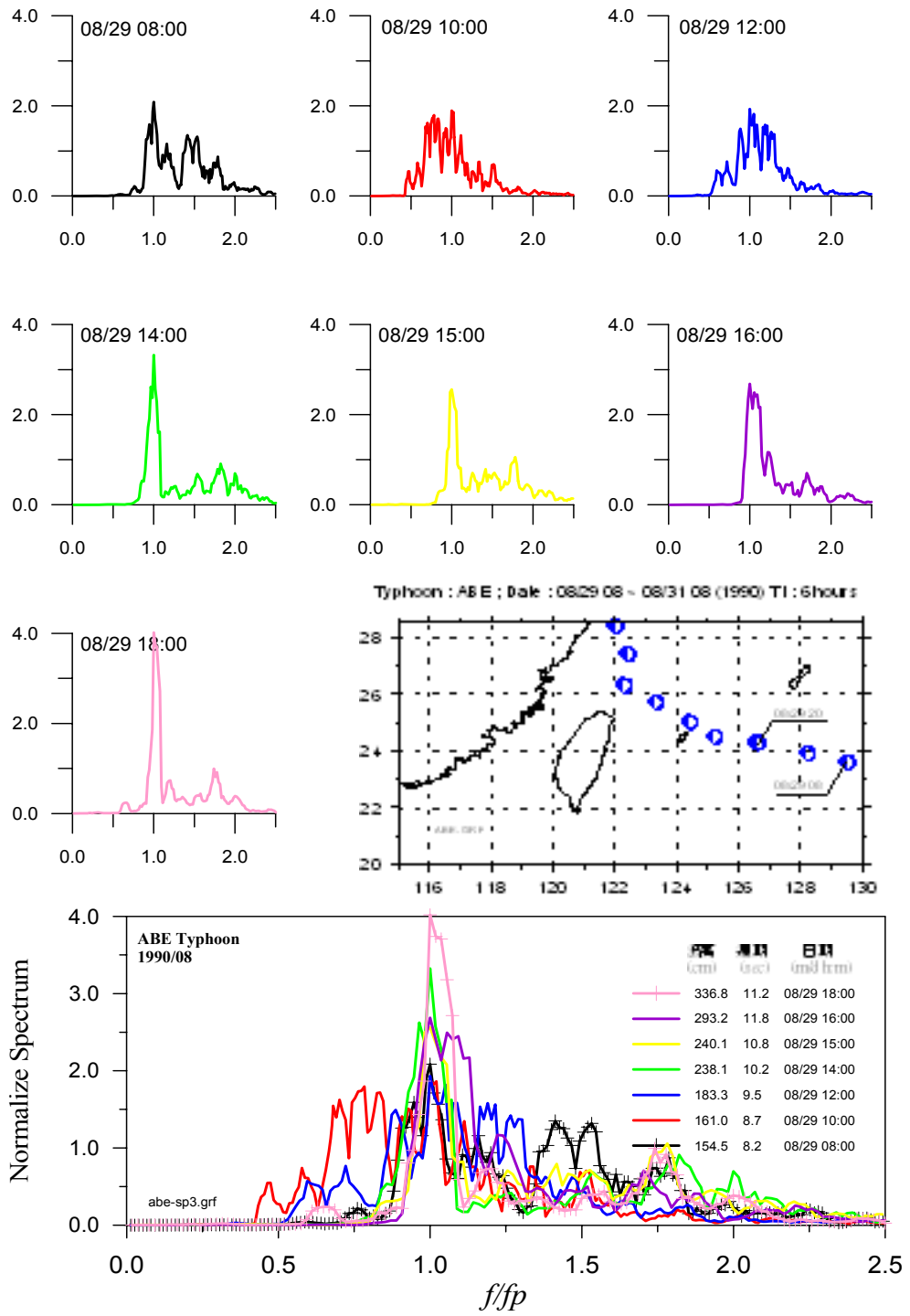


圖 3-27 ABE 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

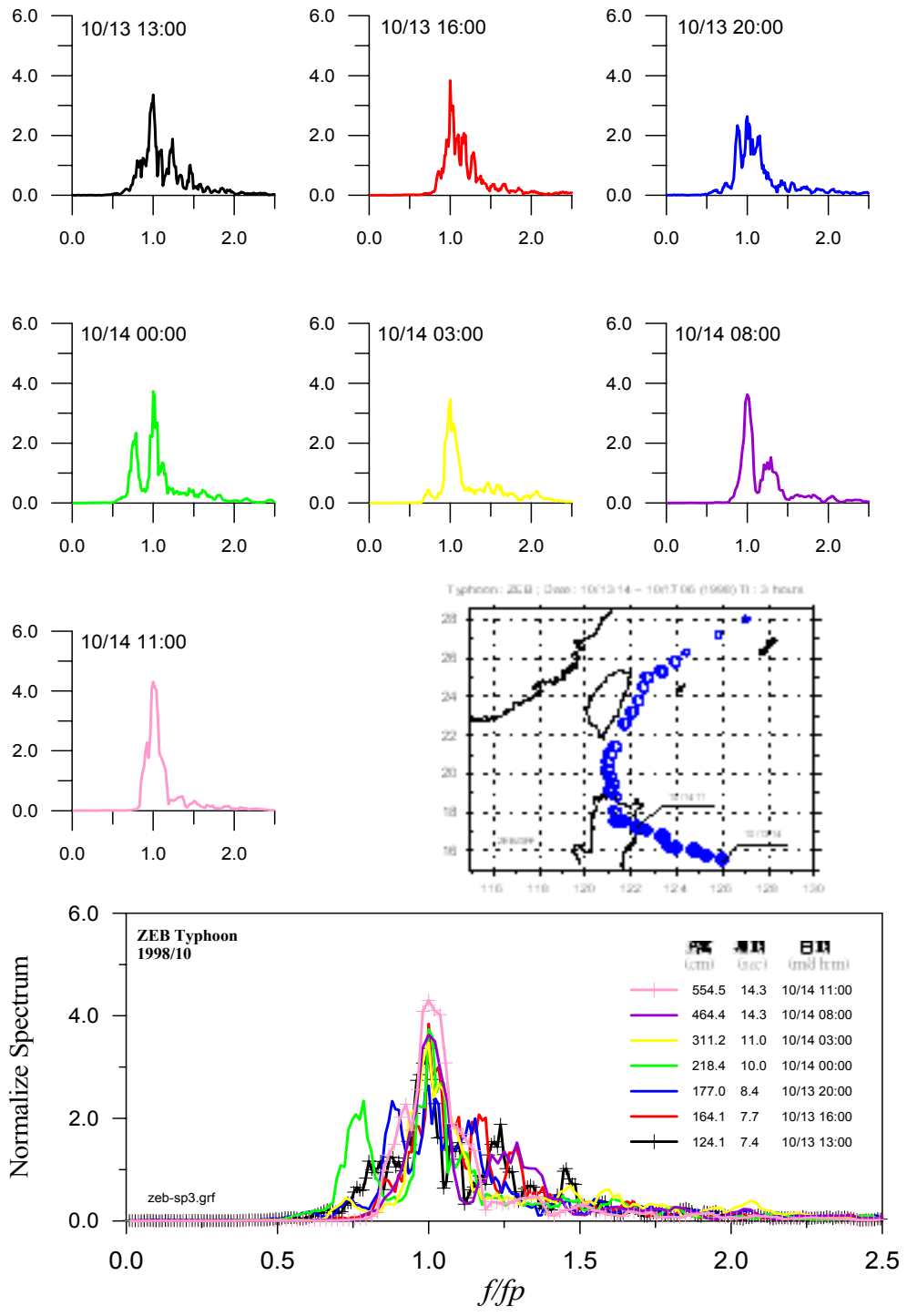


圖 3-28 ZEB 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

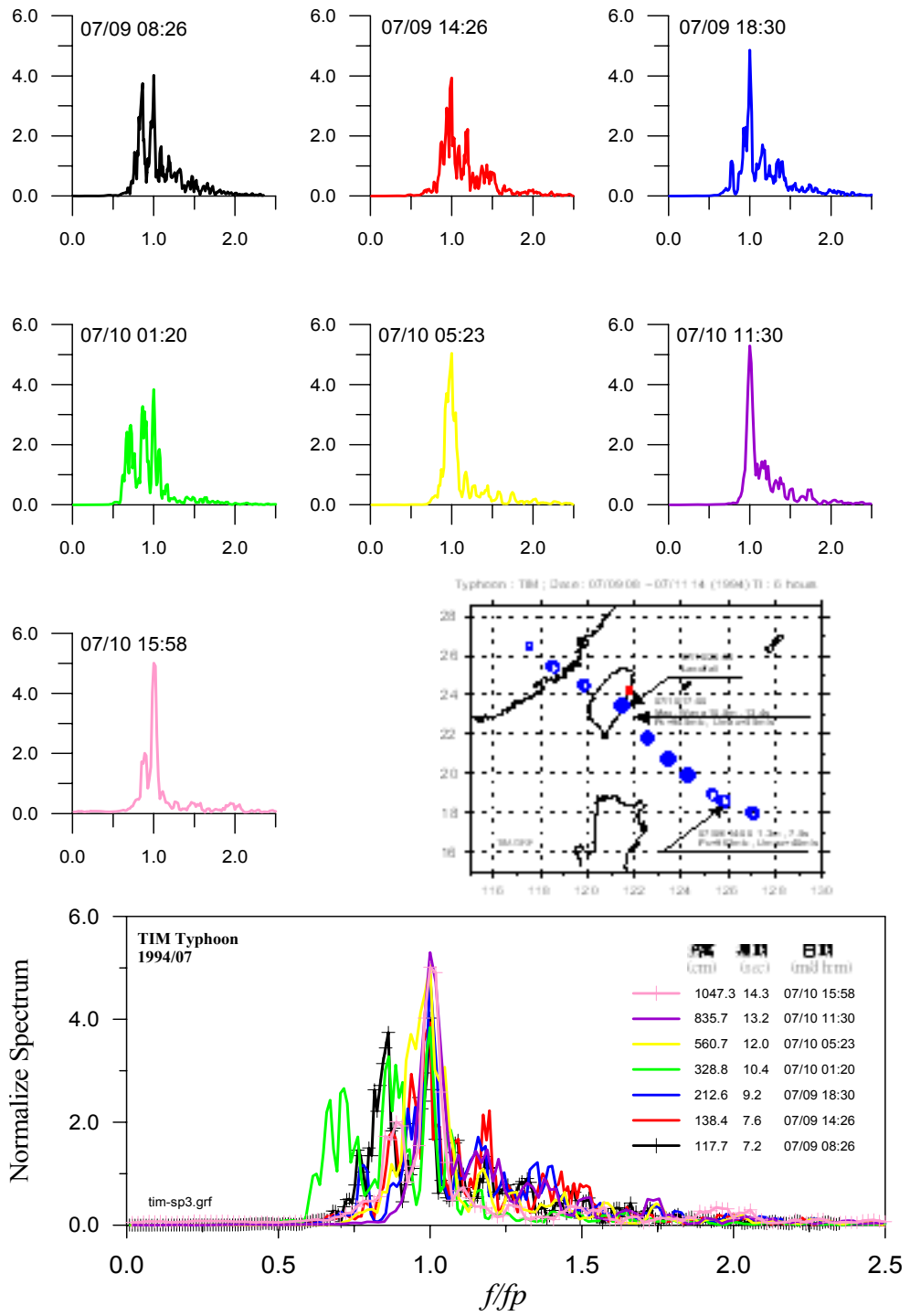


圖 3-29 TIM 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

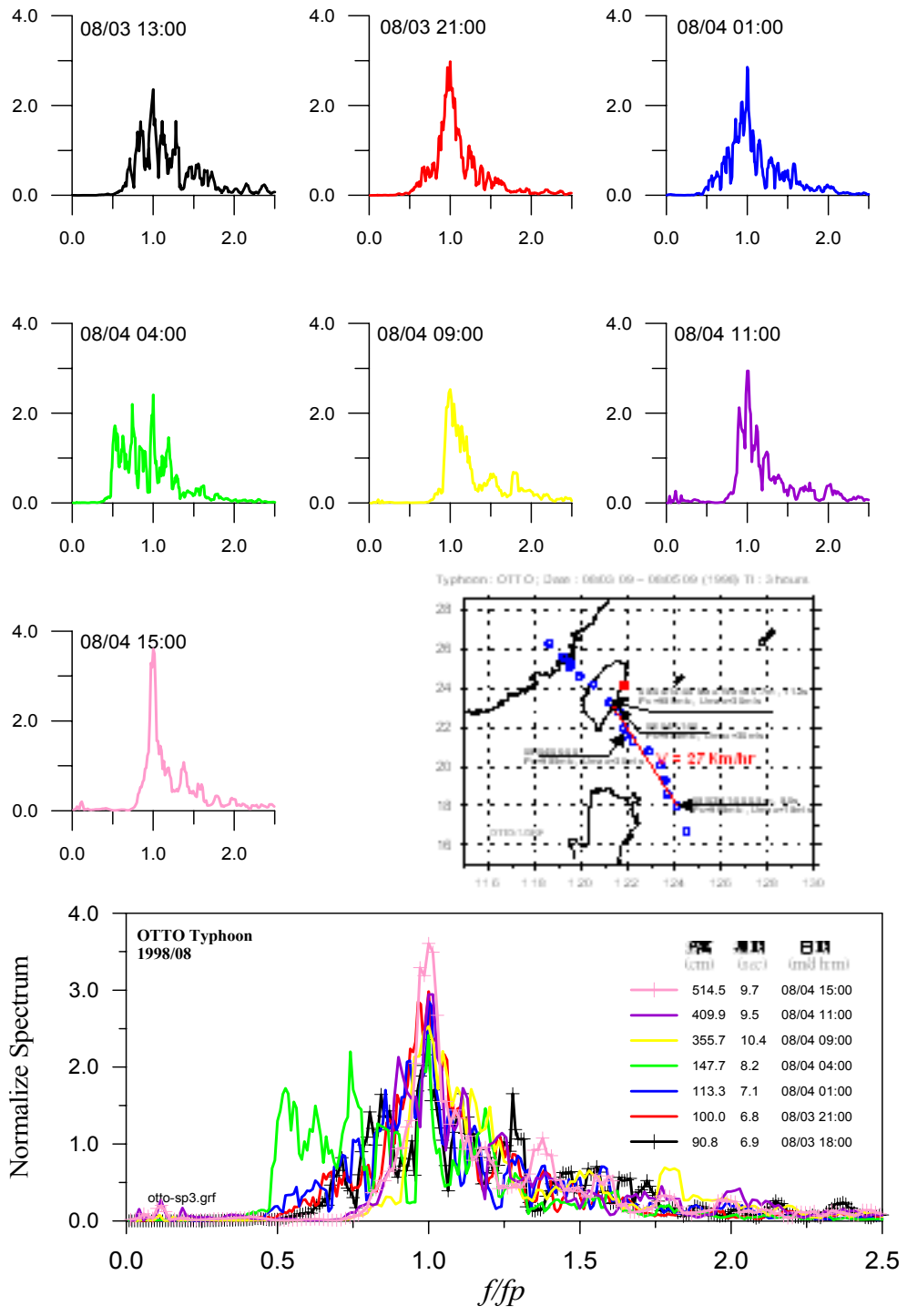


圖 3-30 OTTO 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

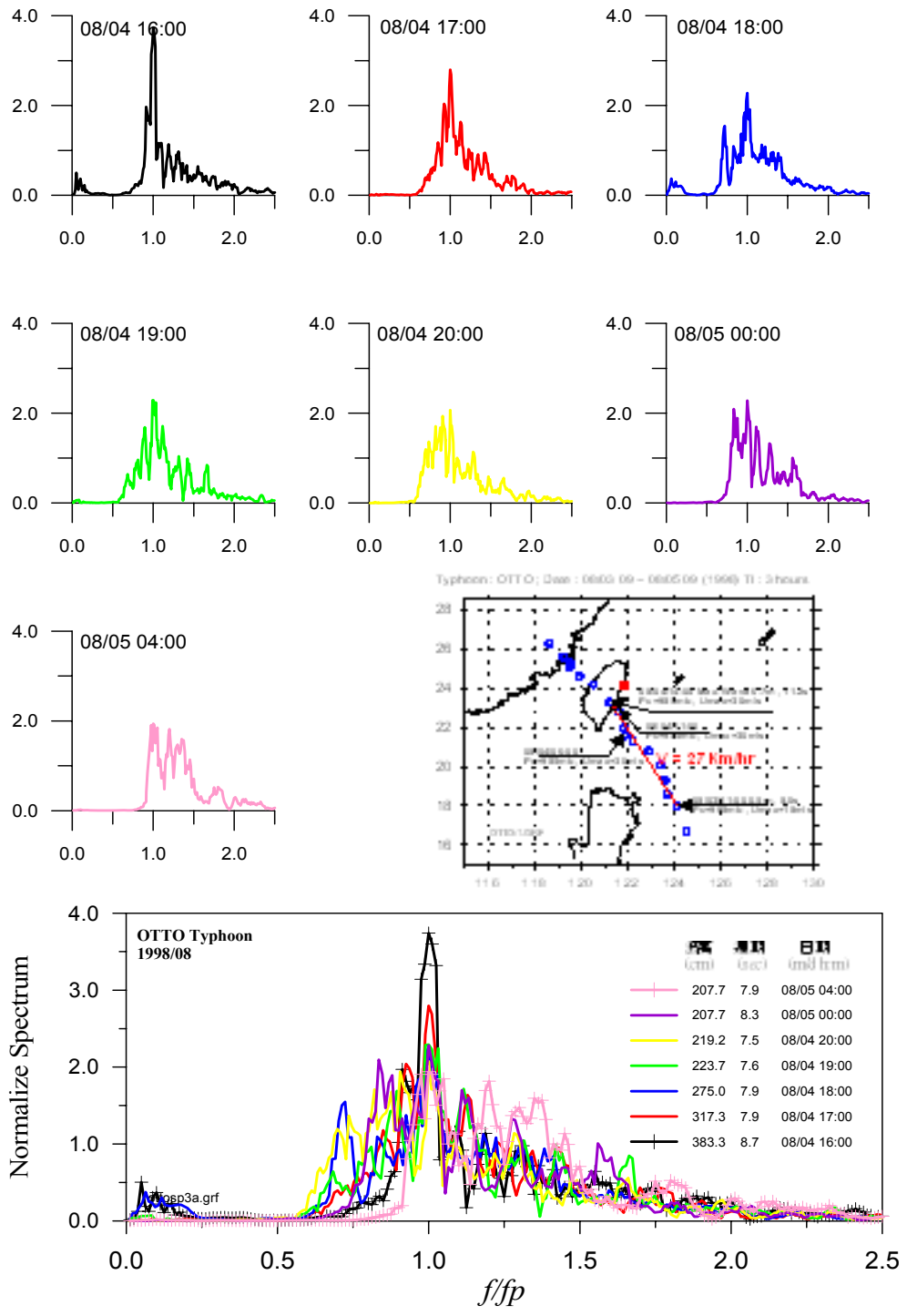


圖 3-31 OTTO 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

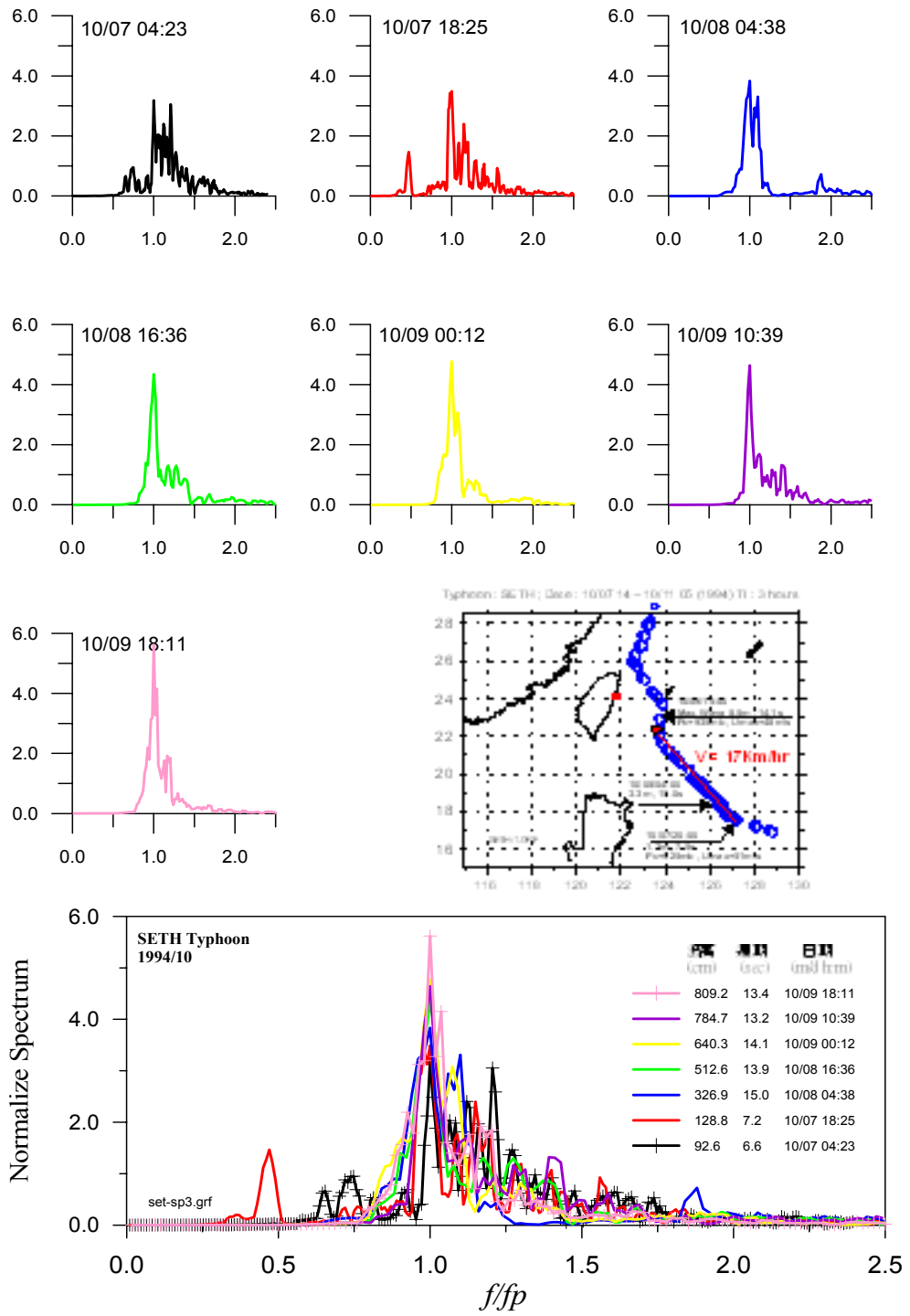


圖 3-32 SETH 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

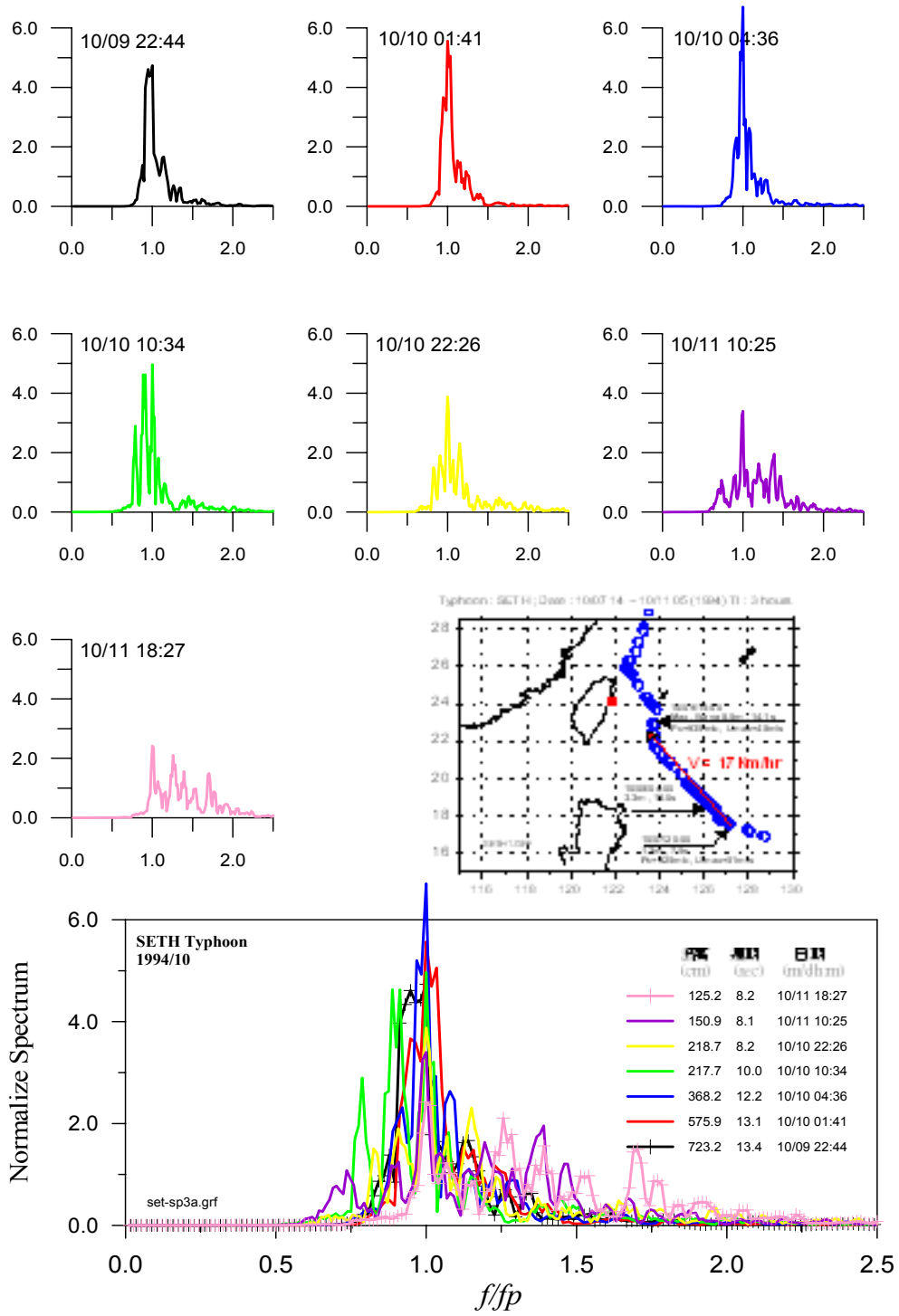


圖 3-33 SETH 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

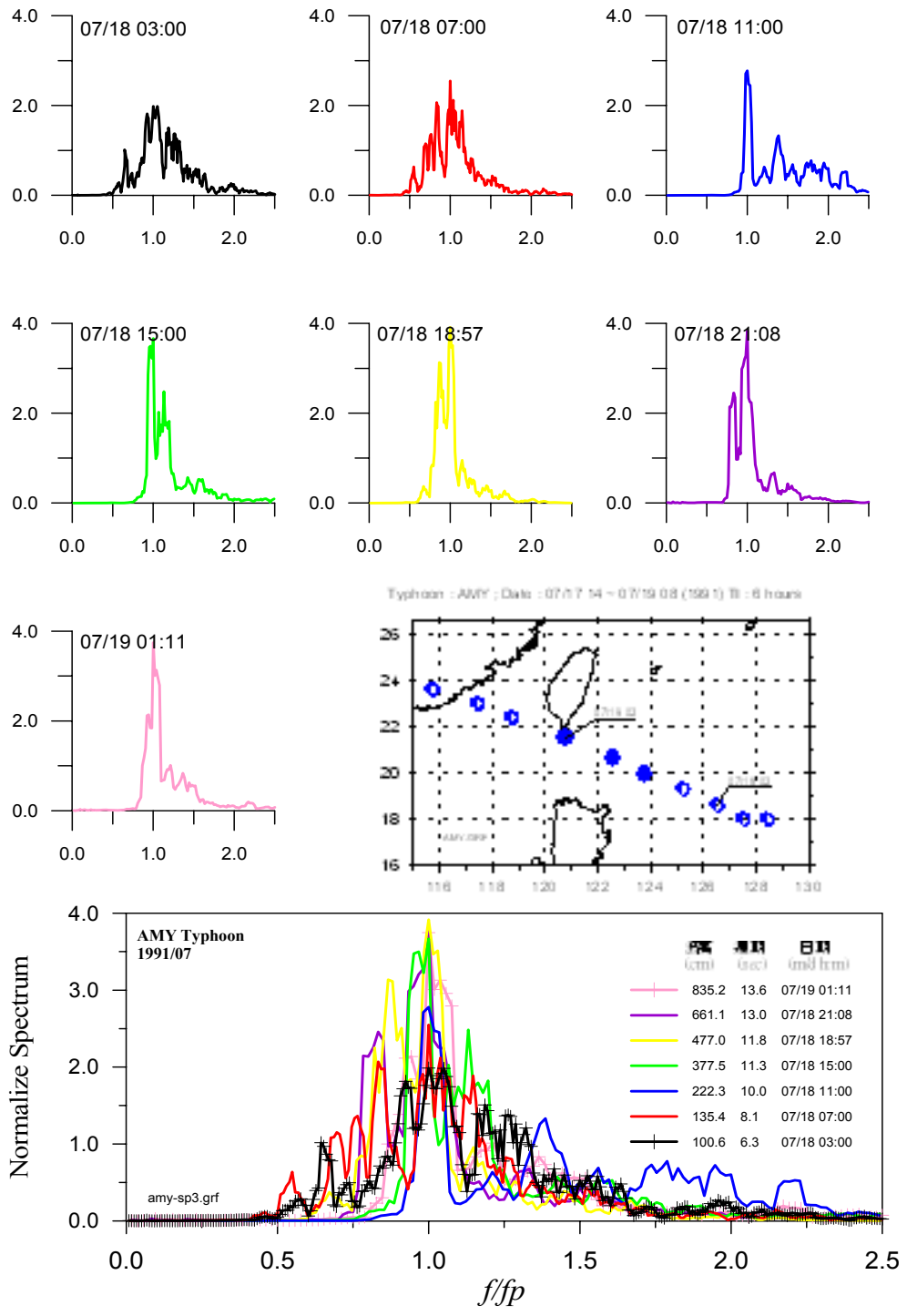


圖 3-34 AMY 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

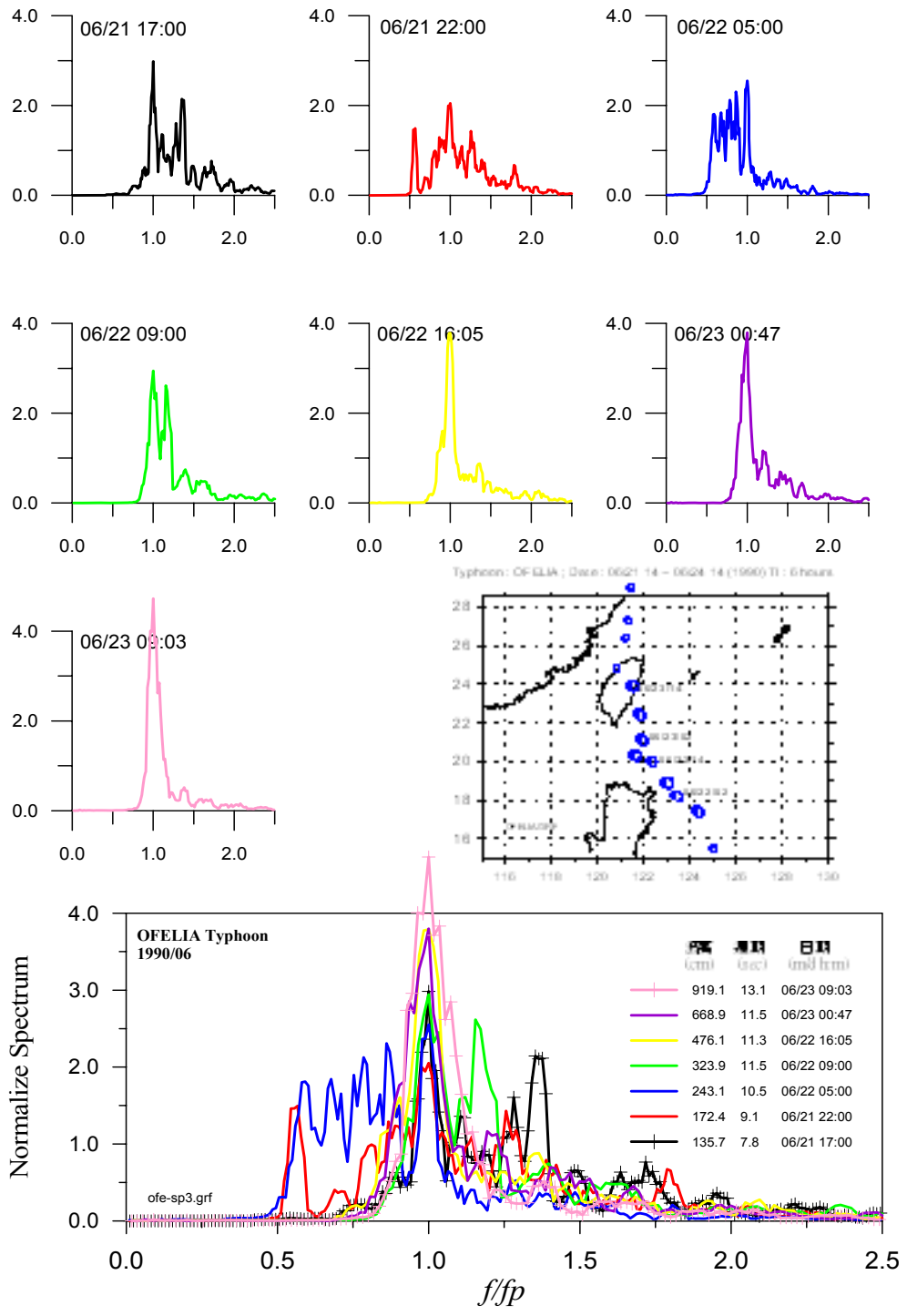


圖 3-35 OFELIA 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

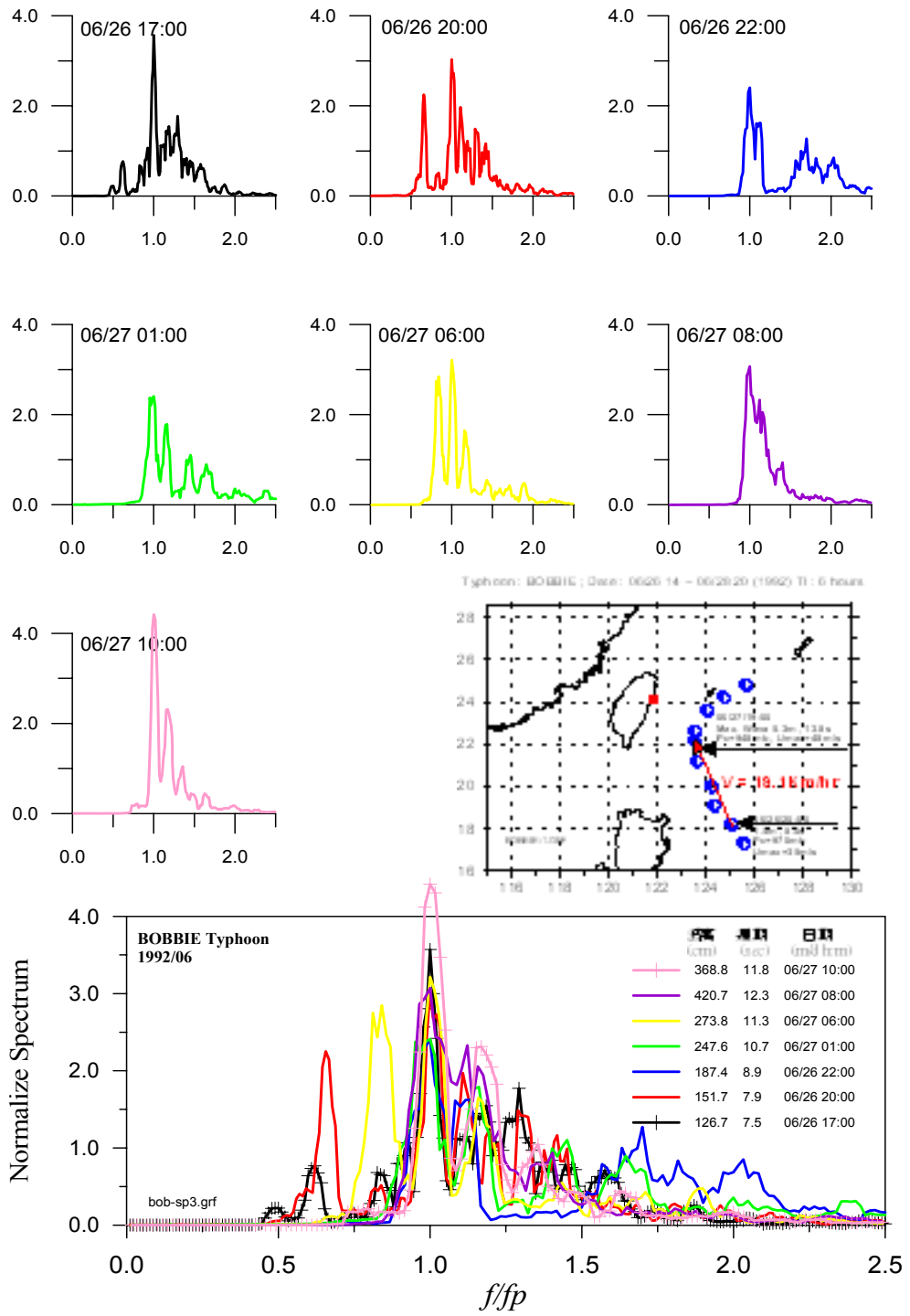


圖 3-36 BOBBIE 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

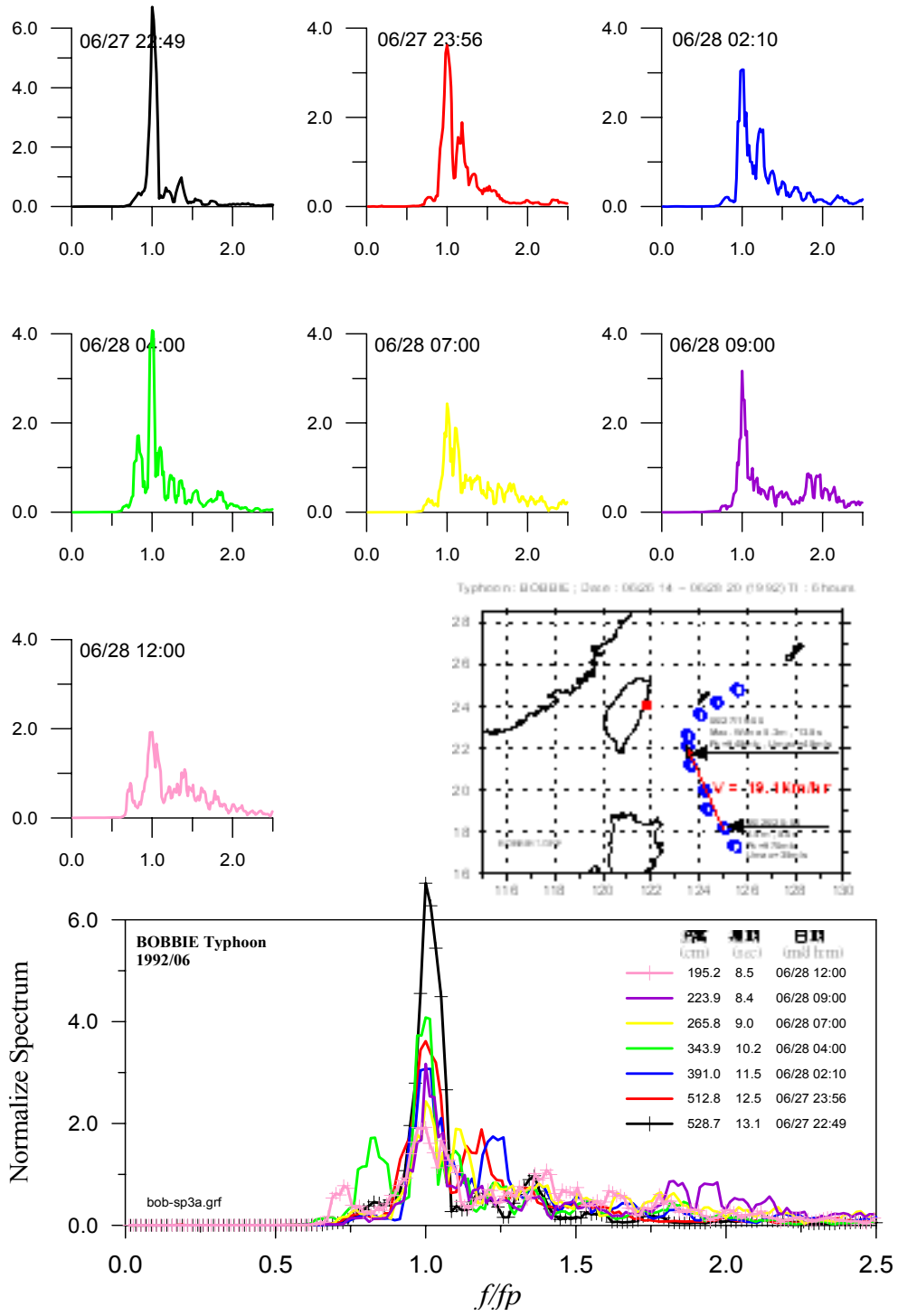


圖 3-37 BOBBIE 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

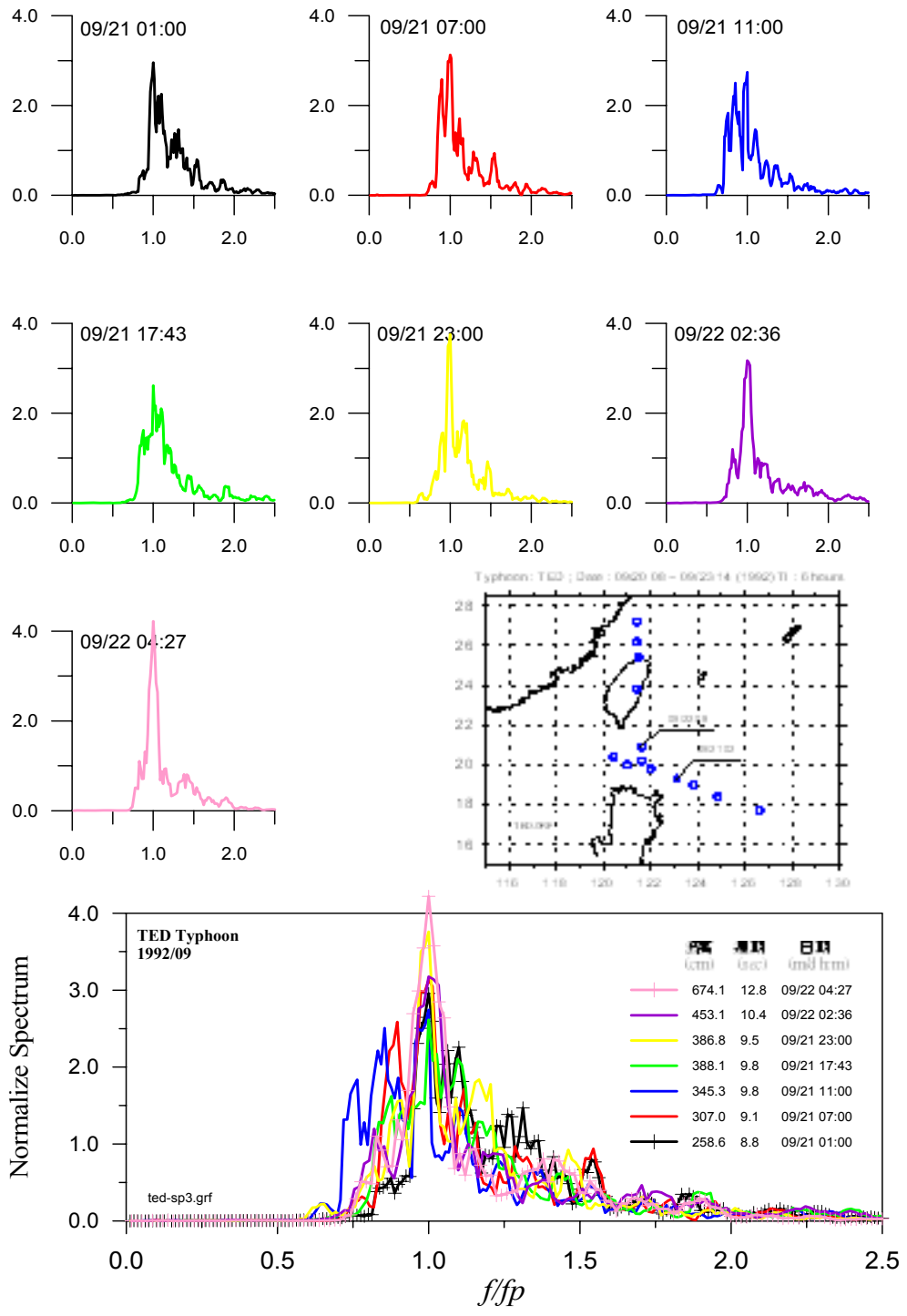


圖 3-38 TED 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

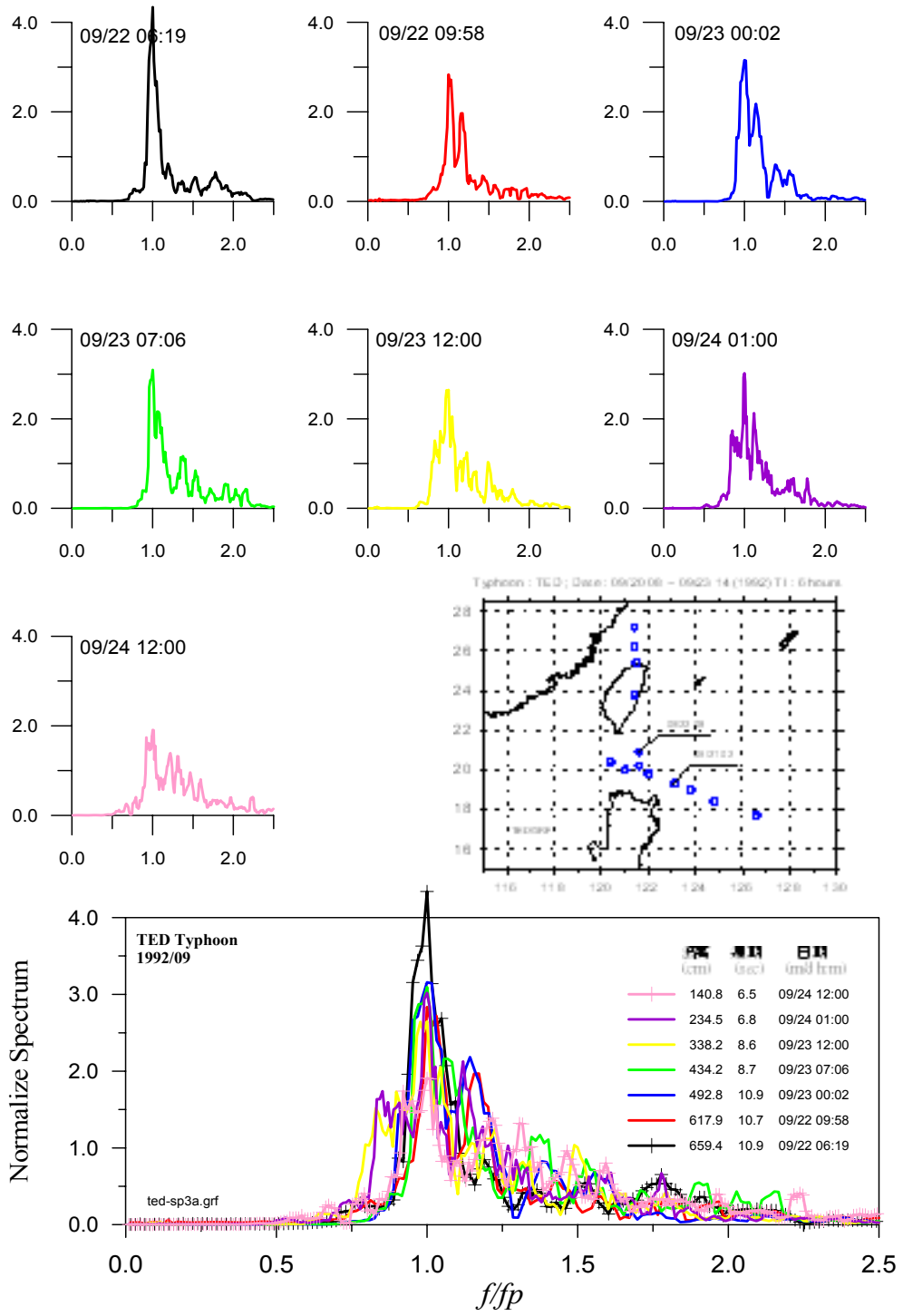


圖 3-39 TED 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

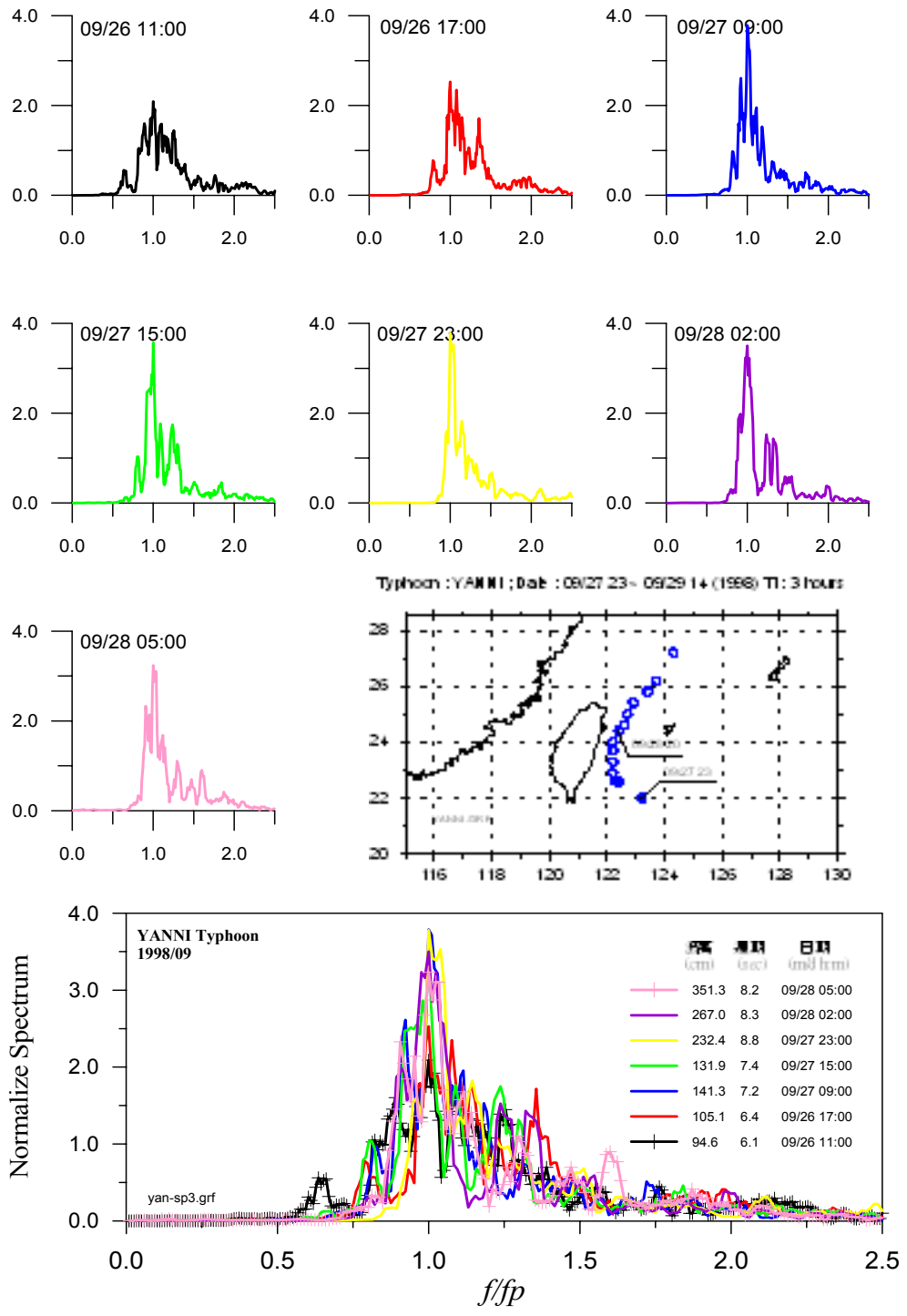


圖 3-40 YANNI 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

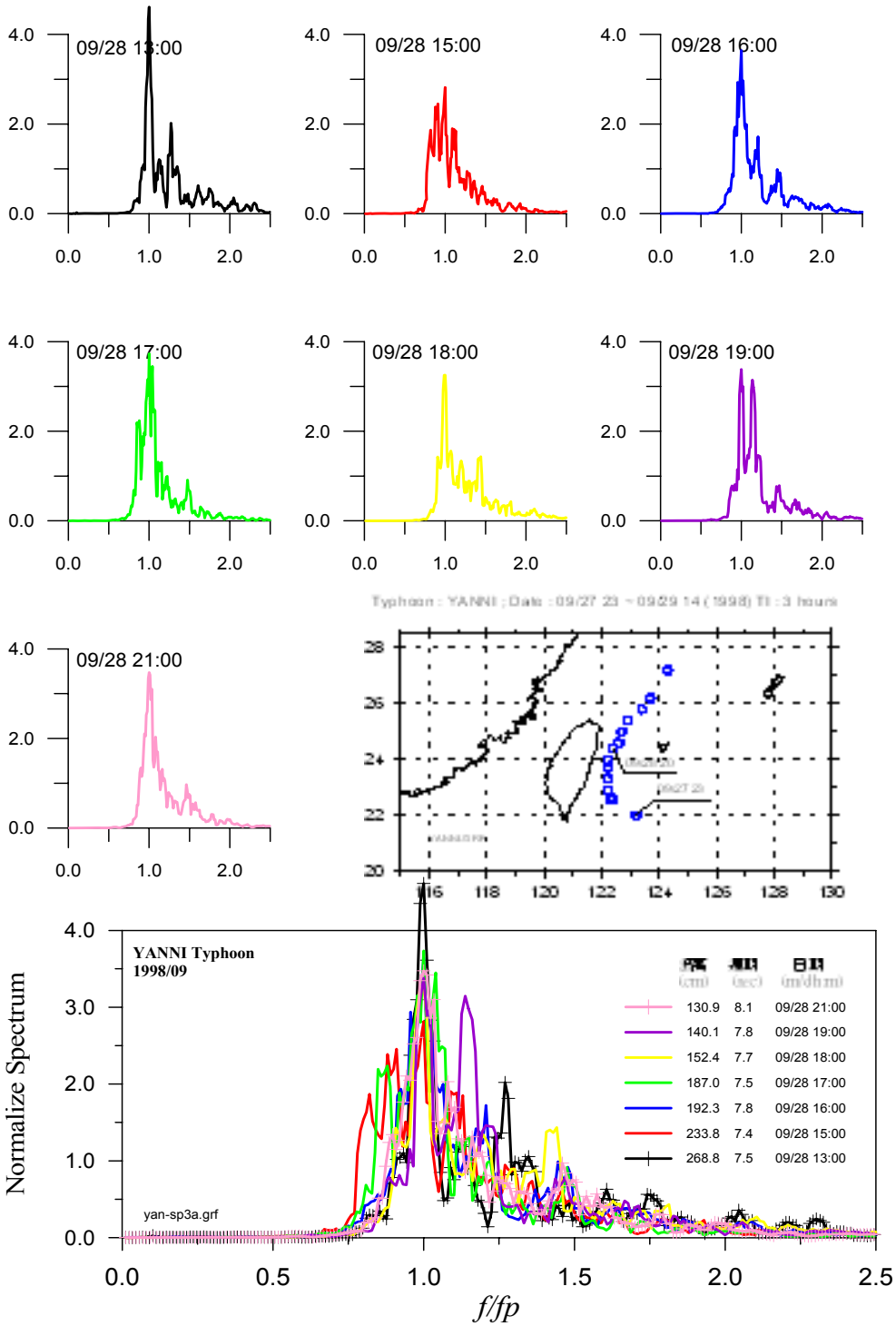


圖 3-41 YANNI 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

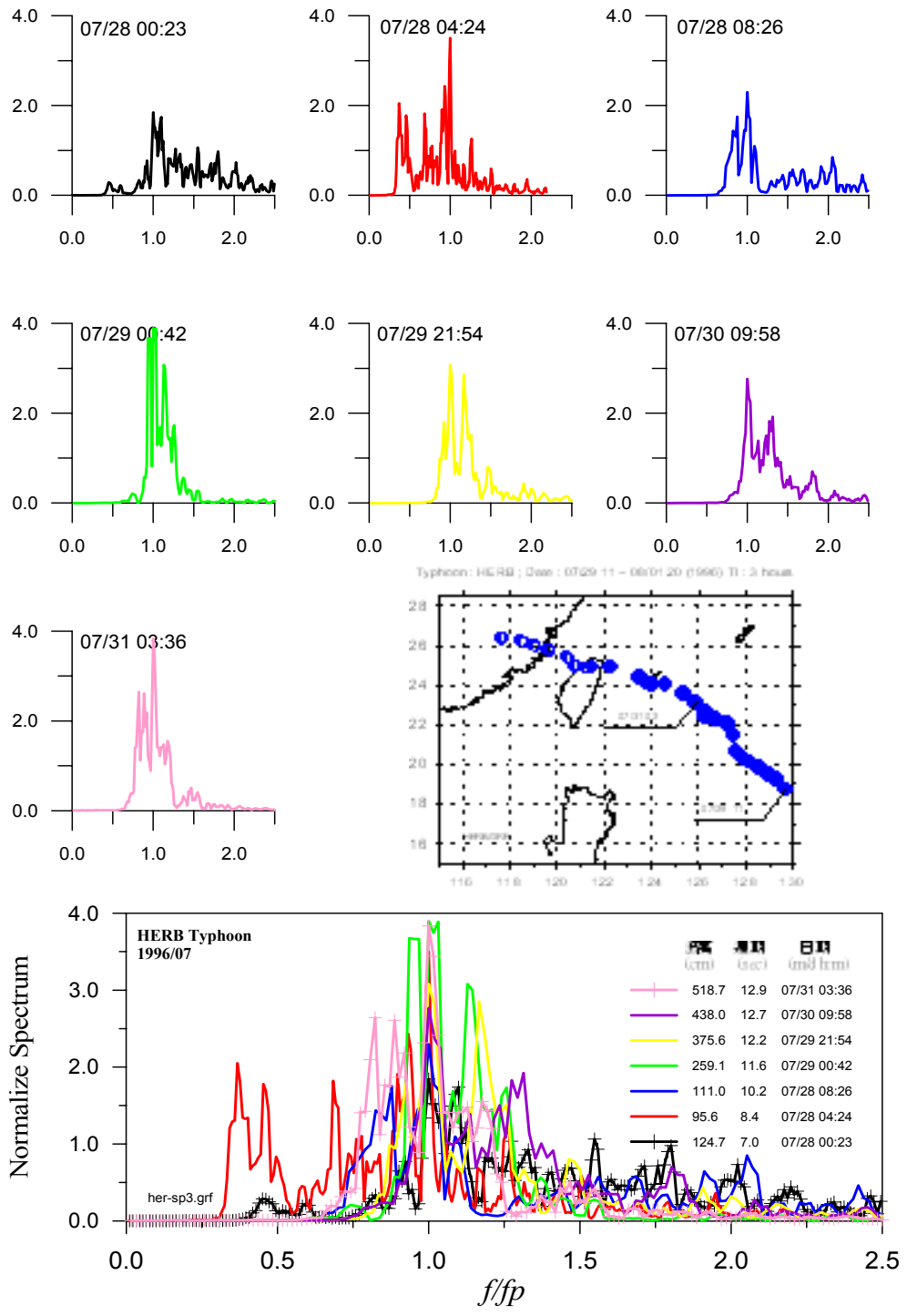


圖 3-42 HERB 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

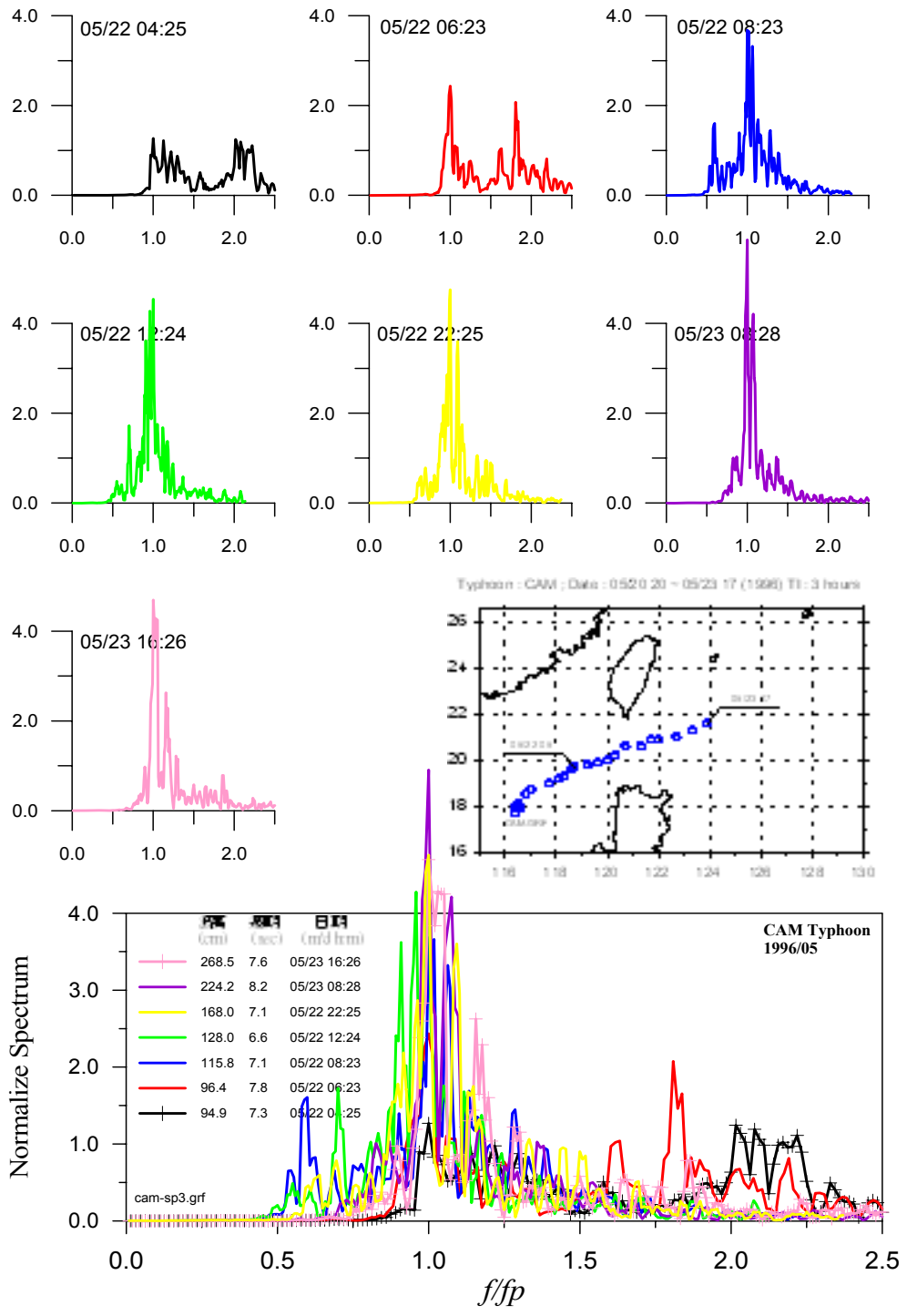


圖 3-43 CAM 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

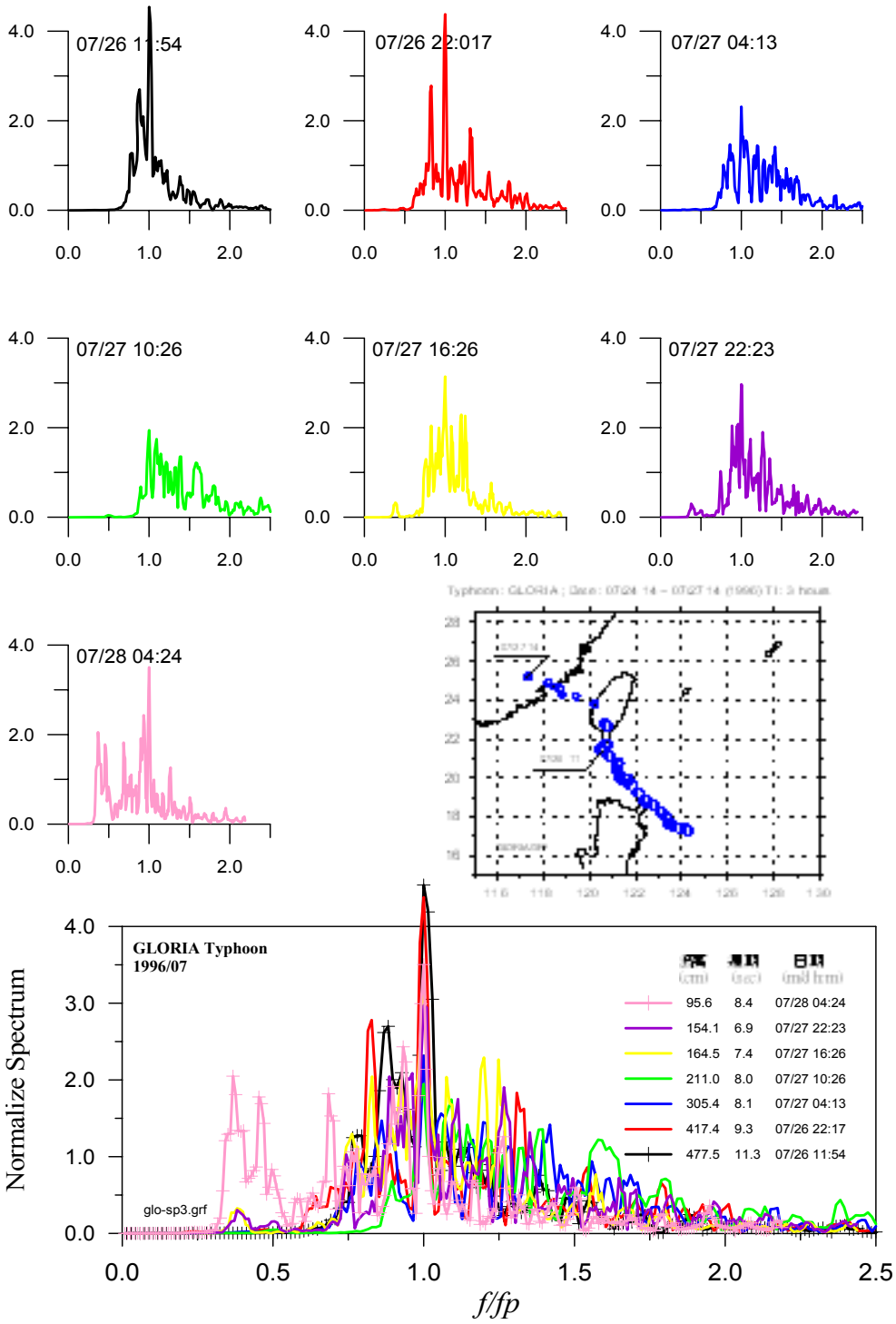


圖 3-44 GLORIA 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

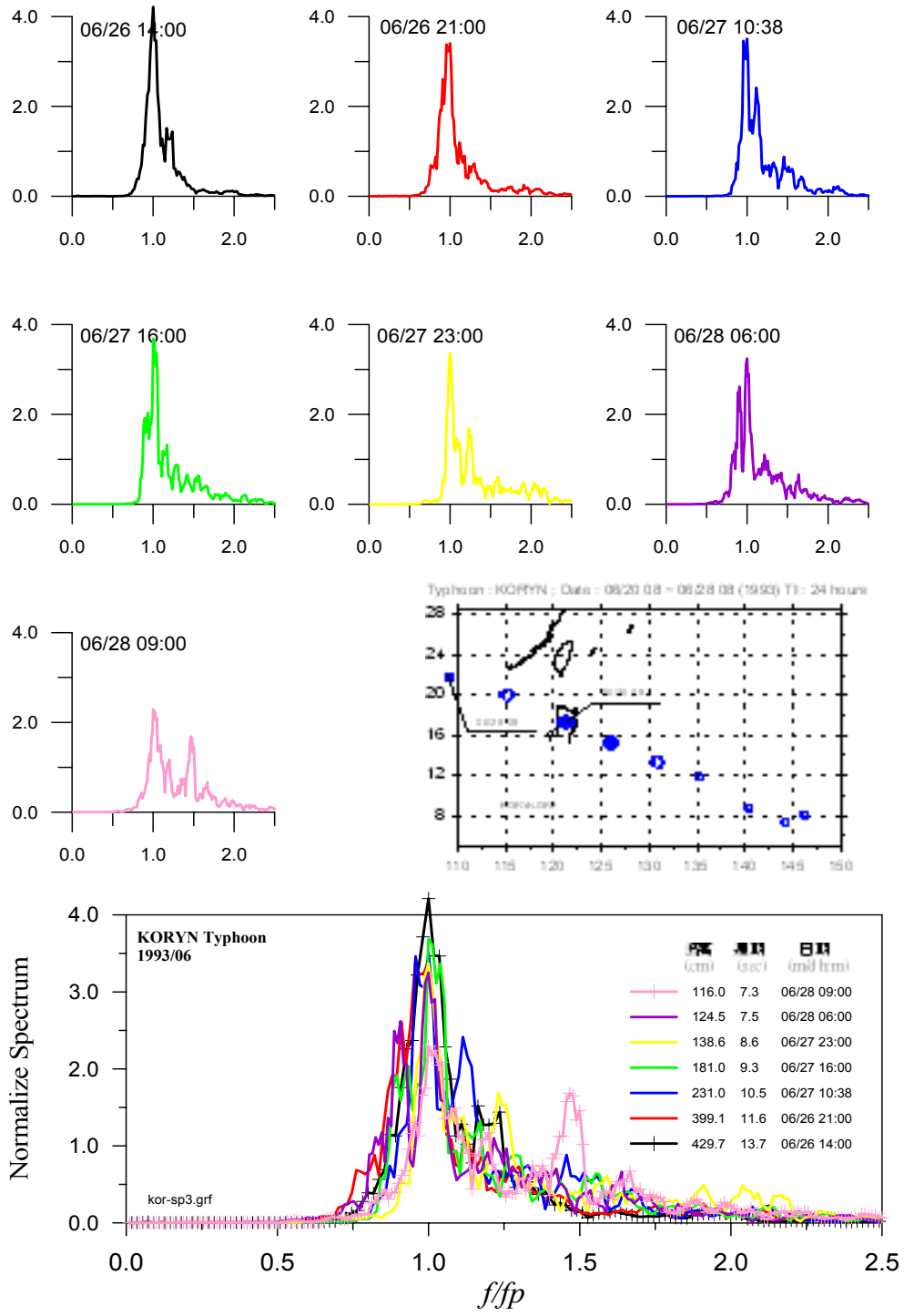


圖 3-45 KORYN 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

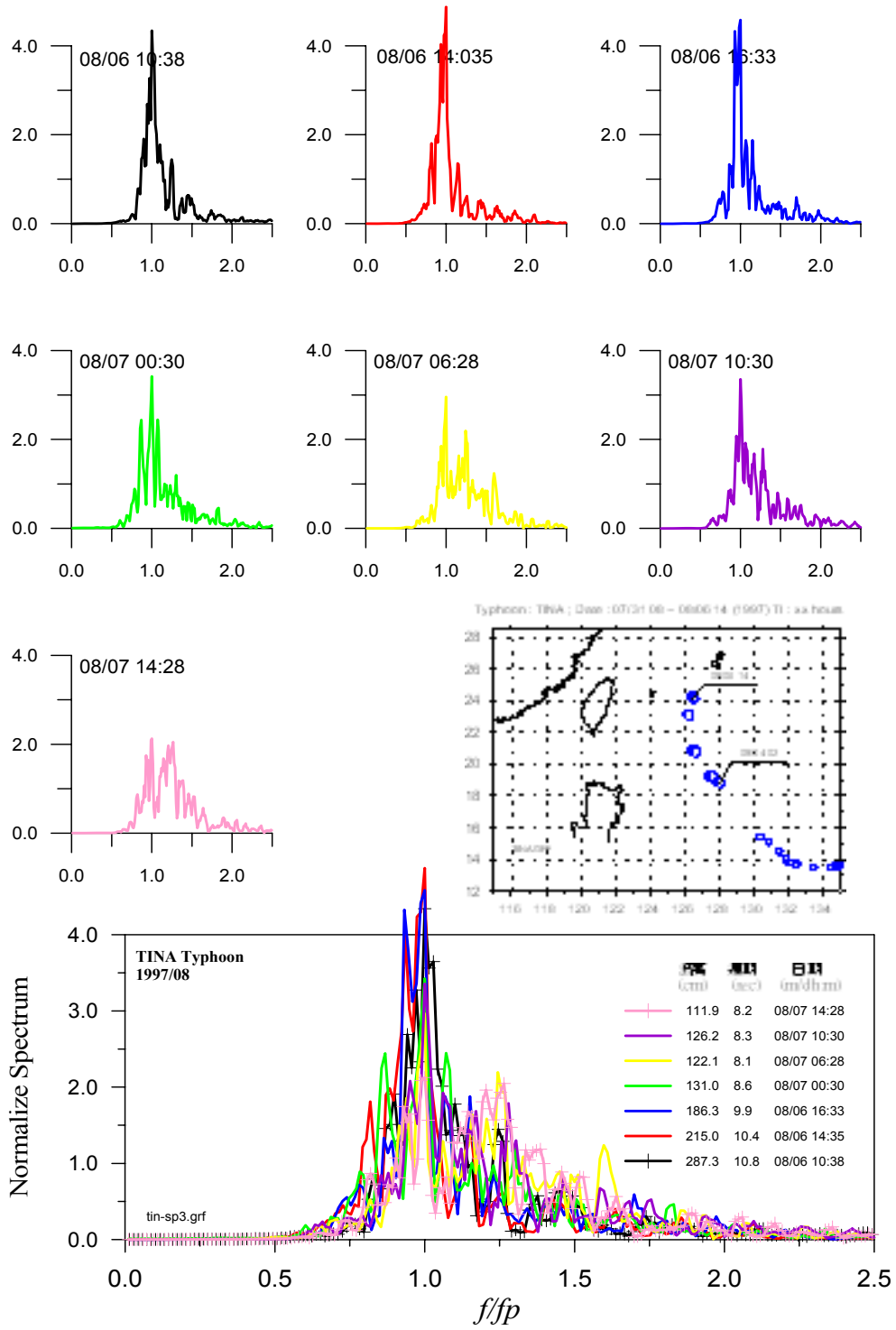


圖 3-46 TINA 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

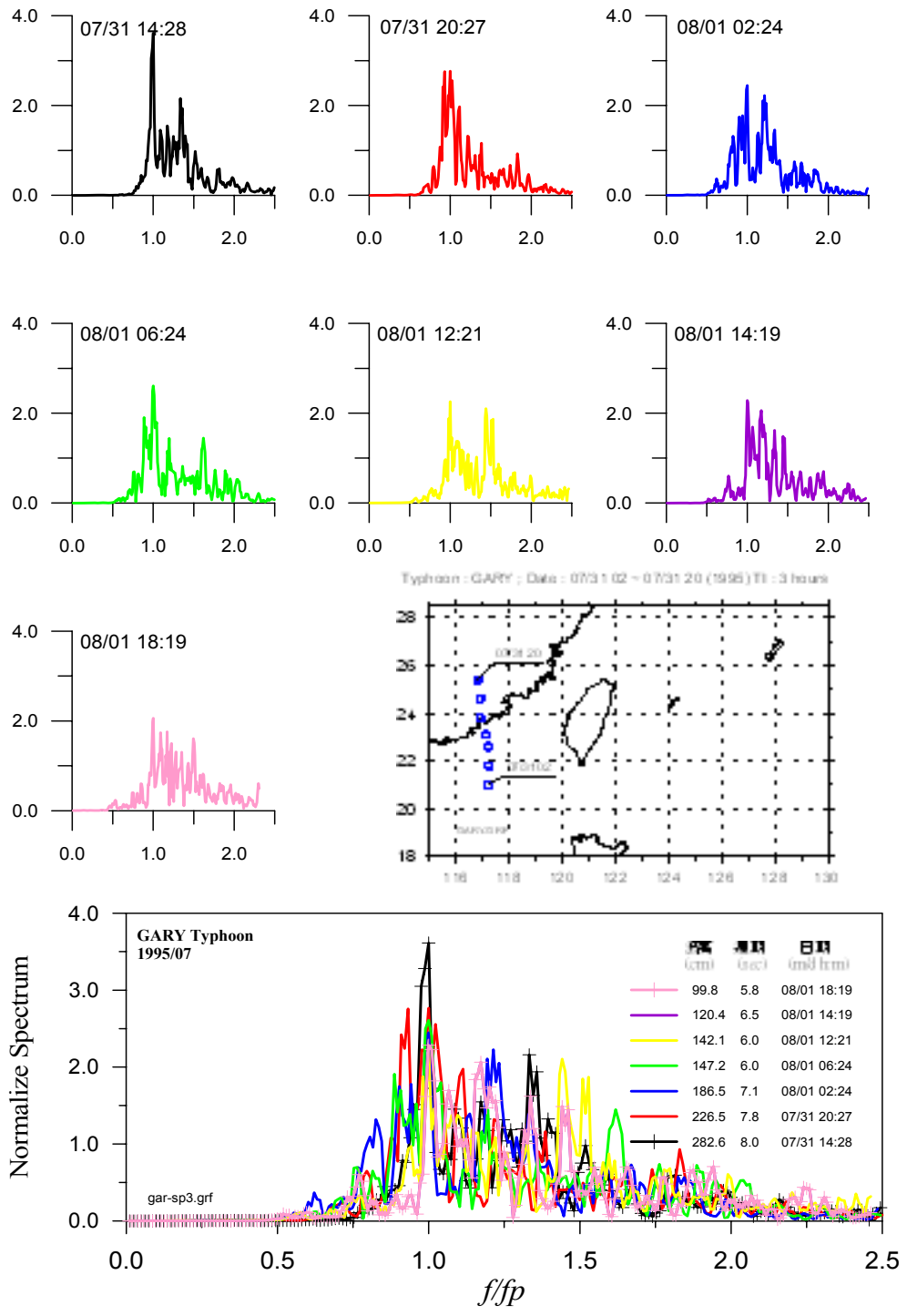


圖 3-47 GARY 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

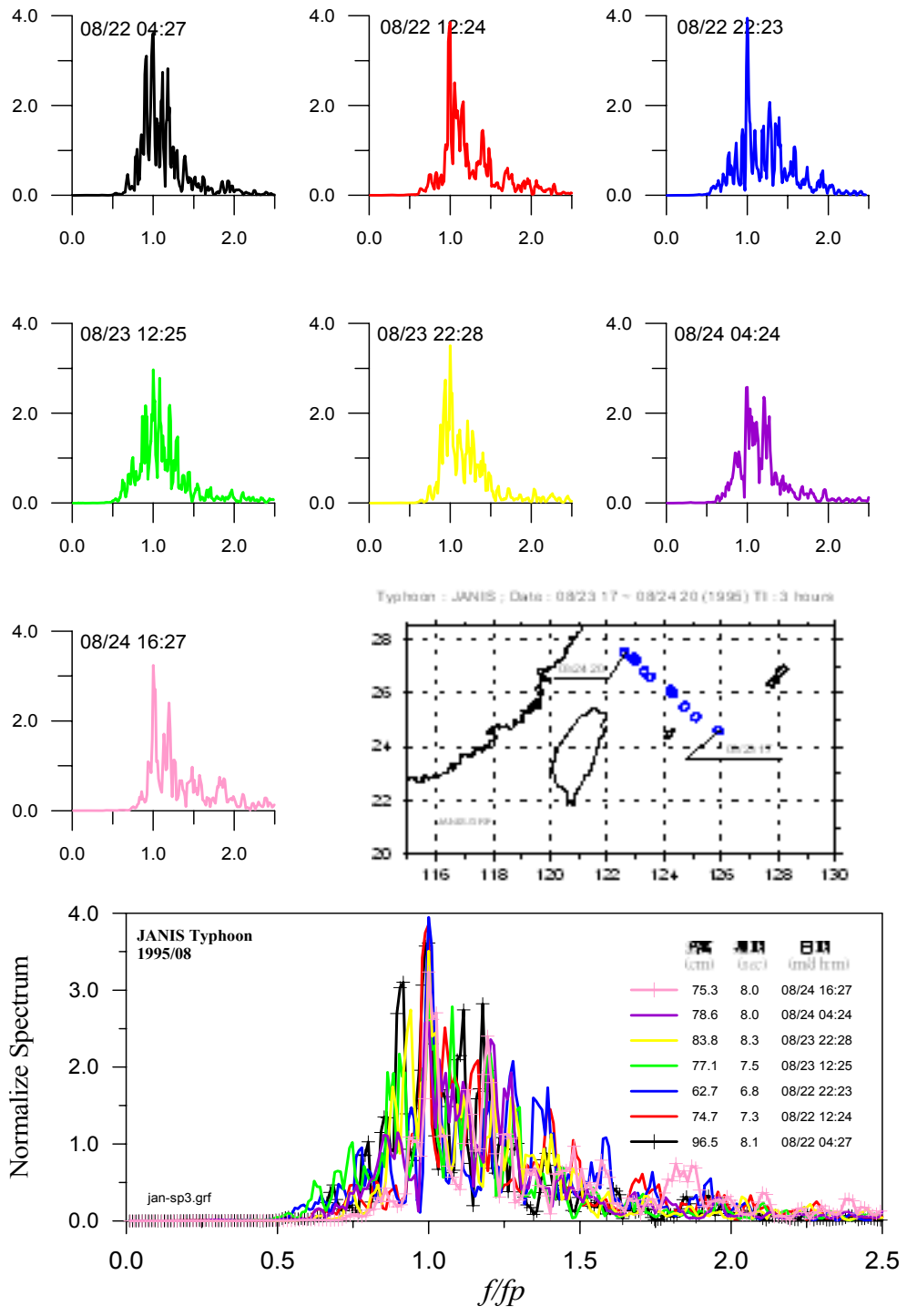


圖 3-48 JANIS 颱風波浪正規化頻譜（近穩定時段）及颱風路徑

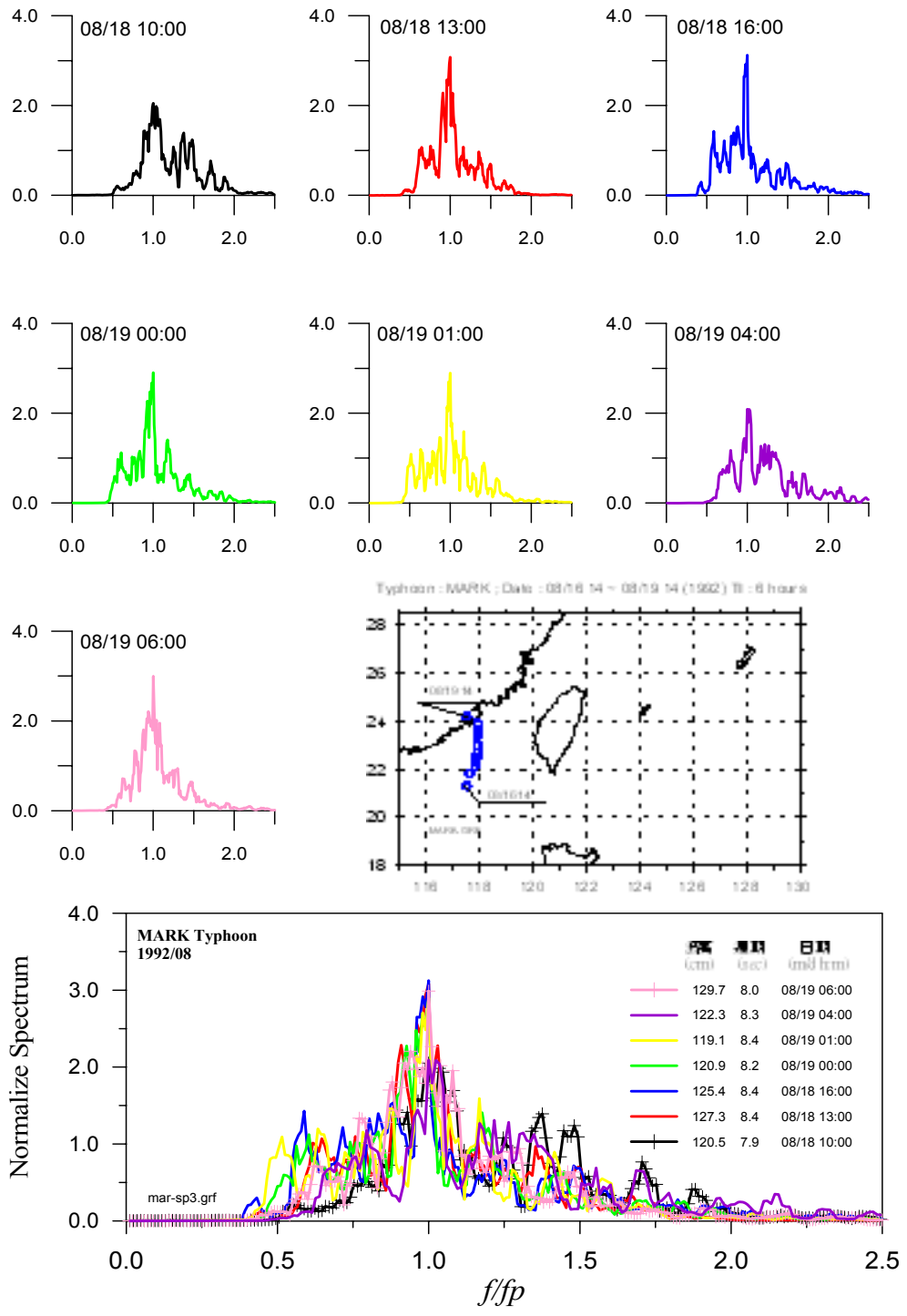


圖 3-49 MARK 颱風波浪正規化頻譜（近穩定時段）及颱風路徑

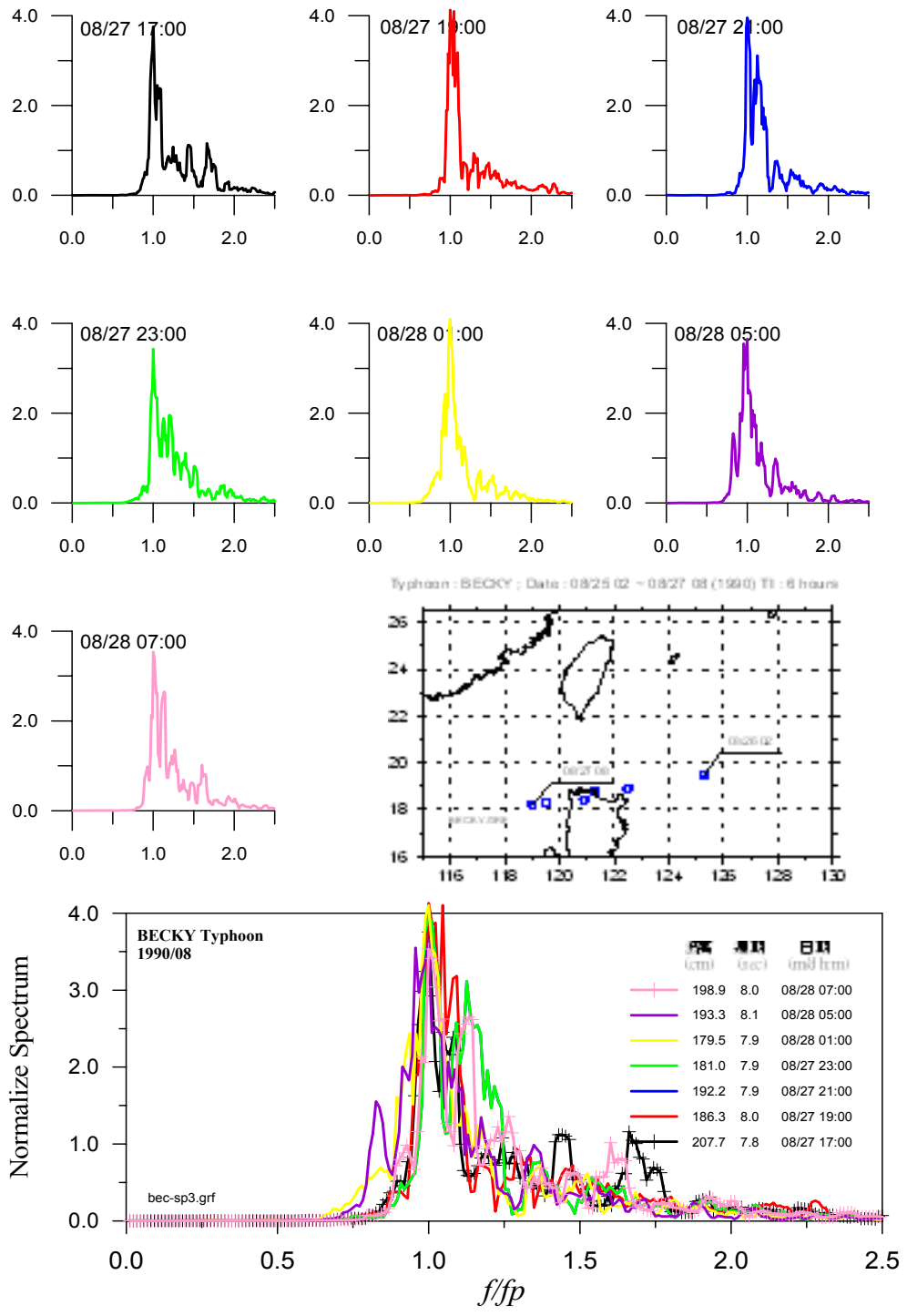


圖 3-50 BECKY 颱風波浪正規化頻譜（近穩定時段）及颱風路徑

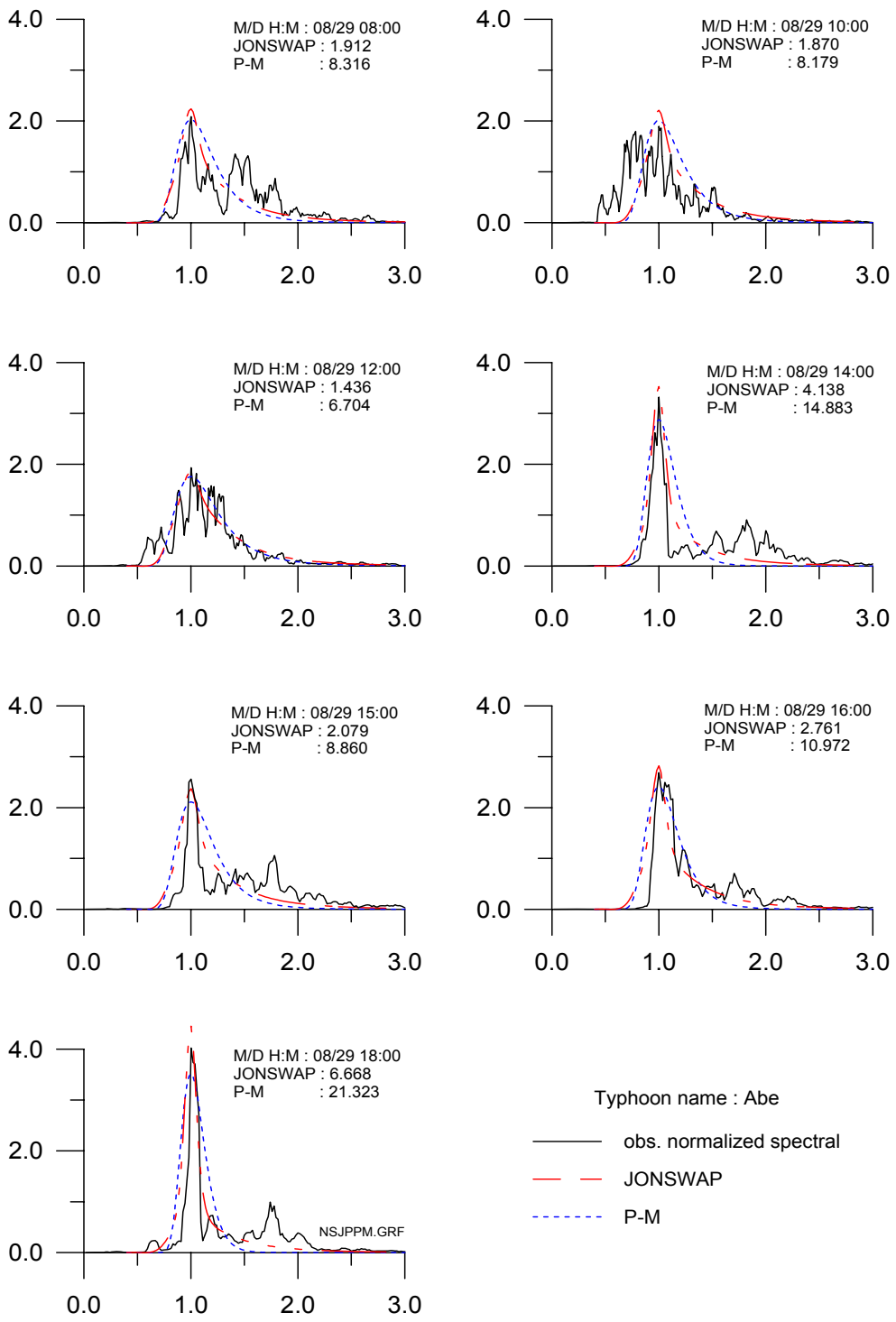


圖 3-51 ABE 颱風波浪正規化頻譜之擬合

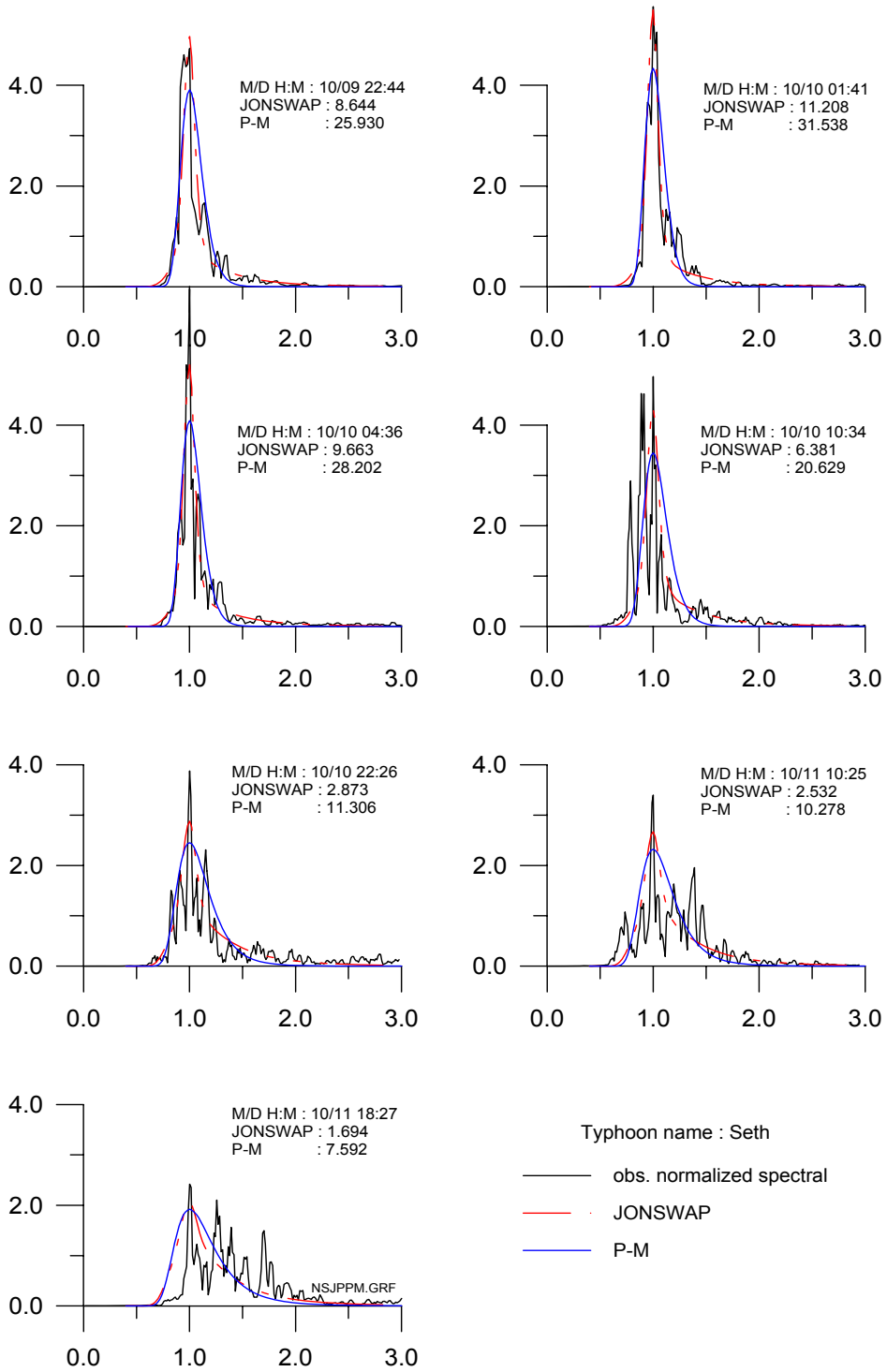


圖 3-52 SETH 颱風波浪正規化頻譜之擬合

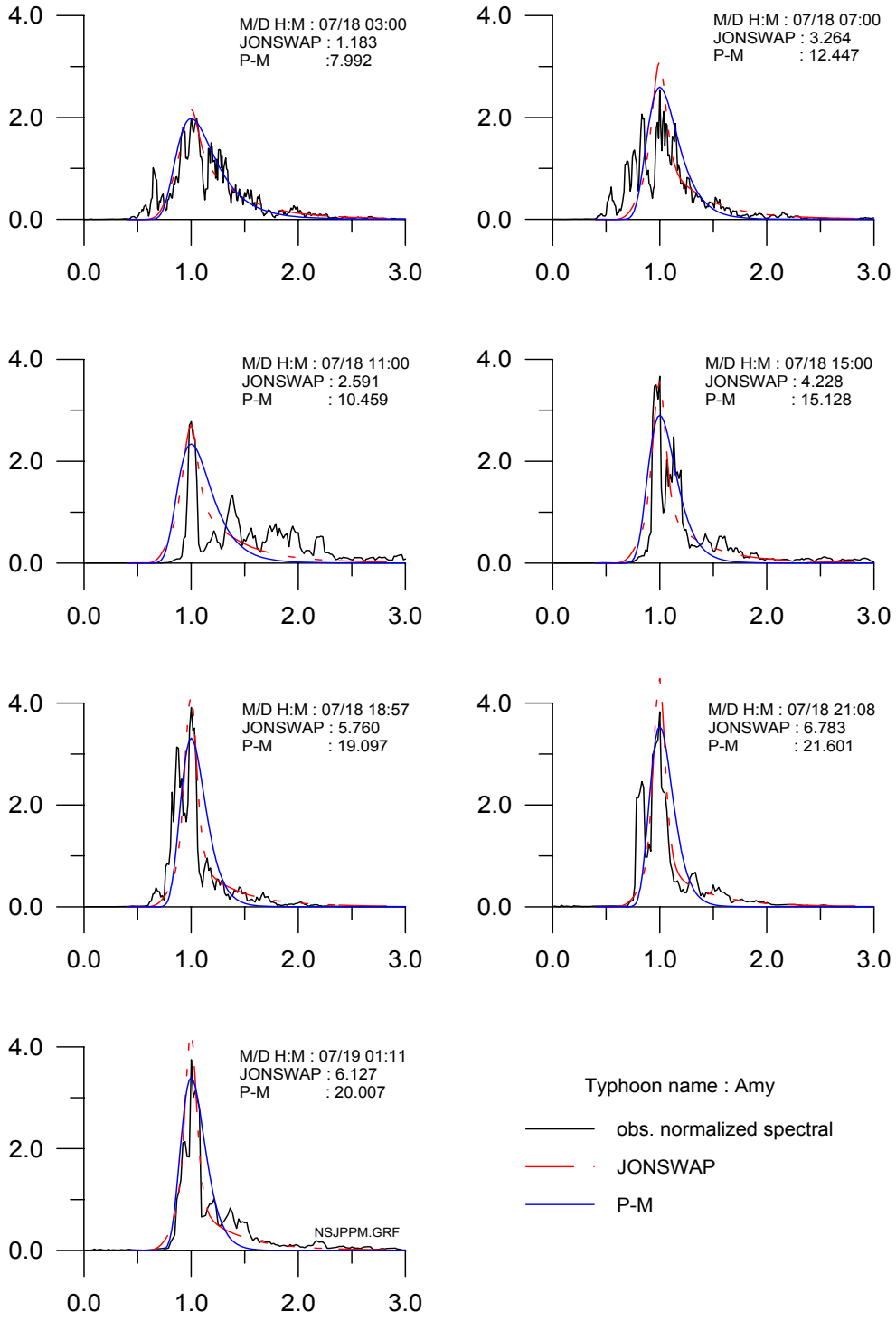


圖 3-53 AMY 颱風波浪正規化頻譜之擬合

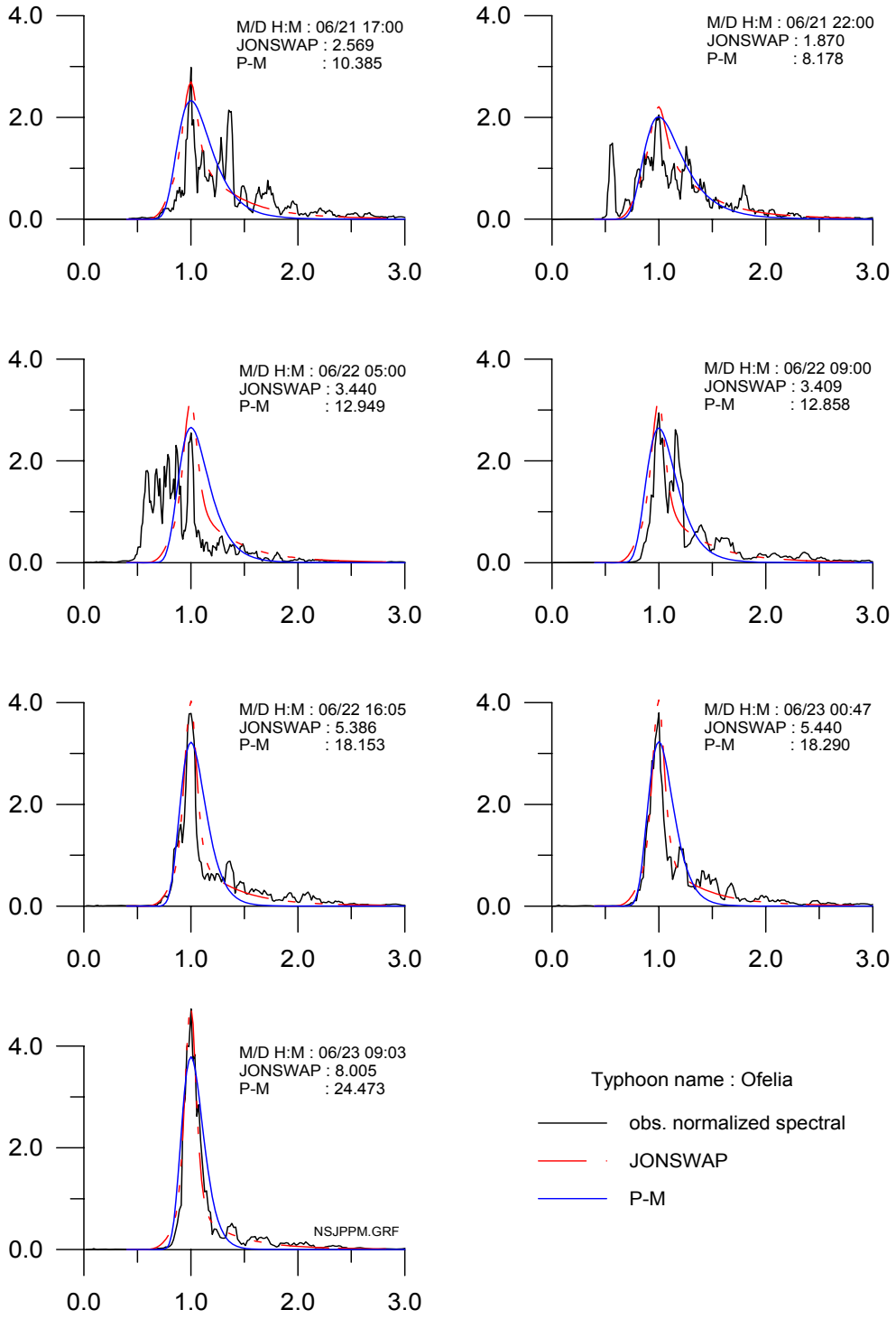


圖 3-54 OFELIA 颱風波浪正規化頻譜之擬合

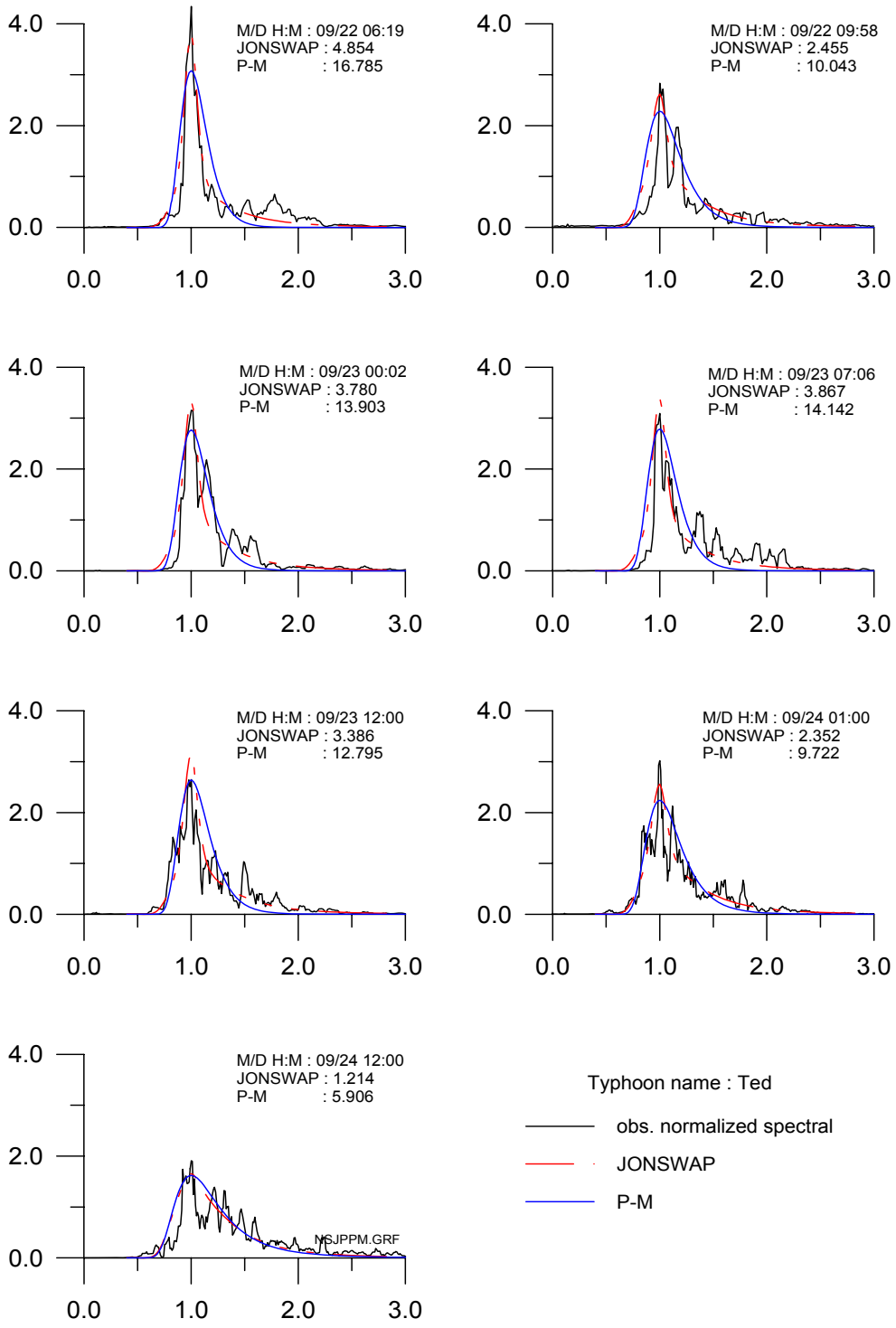


圖 3-55 TED 颱風波浪正規化頻譜之擬合

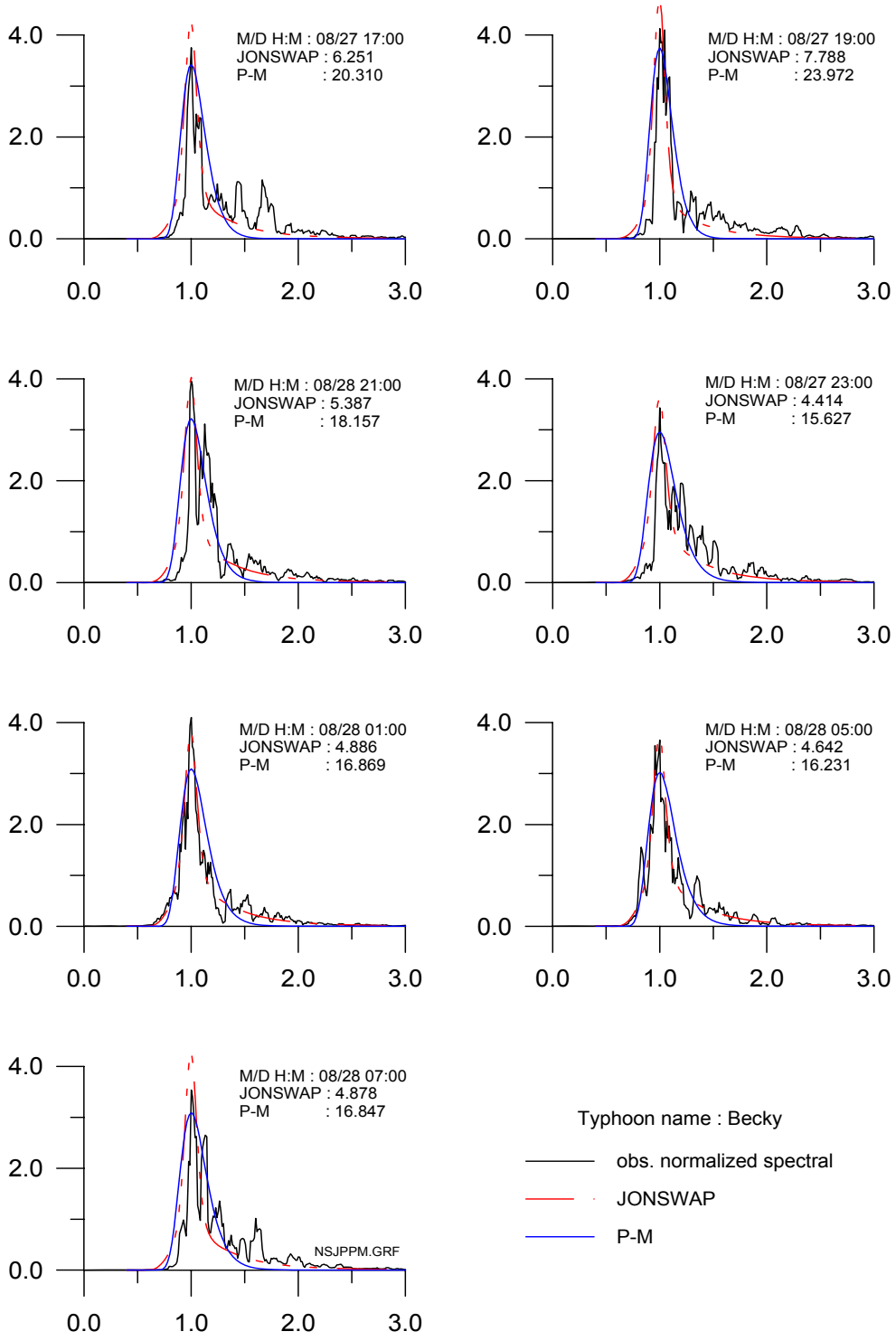


圖 3-56 BECKY 颱風波浪正規化頻譜之擬合

第四章 波譜形狀參數分析與比較

本章分析、比較各波譜形狀參數隨各颱風波高、週期變化之演變趨勢，以瞭解在波浪成長、衰退或近穩定過程中各參數值的變化。同時探討各參數間之相關性，以釐清不同波譜形狀參數的異同。本研究所採用之波譜形狀參數計有 Longuet-Higgins(1956)所提出之波譜形狀窄度參數 ν 及波譜形狀寬度參數 ε ；Goda, Y.（1970）所提出之波譜尖峰度 *QP*；及本研究所提出之波譜形狀新參數 *SB* 等四種，各參數之相關定義如第二章說明。

4.1 波譜形狀參數之逐時變化

各颱風波浪波高、週期及其對應之各波譜形狀參數如圖 4-1 至圖 4-19 所示。由圖中比較窄度參數 ν 及寬度參數 ε 隨波高與周期之逐時變化趨勢，發現無法得到一致性之結果。例如 ZEB 及 OFELIA 颱風波浪當波高與周期明顯增大（或減小）時，窄度參數 ν 及寬度參數 ε 並沒有明顯變化趨勢出現，前者大約維持在 0.4 左右；後者則大約維持在 0.7 附近。但以 TIM 颱風波浪為例，則此兩參數隨波高及週期增大而略有增大趨勢。又以 SETH 及 HERB 颱風波浪為例，此兩參數隨週期則有較一致性的變動趨勢。而波譜尖峰度 *QP* 及新形狀參數 *SB* 隨波高及週期之變動趨勢，同樣也無法明確歸納出一致性的結果。但此兩參數在波高成長與衰退時段，其值較大且變動較劇烈。例如 SETH 颱風波浪，在波高增大與減小時段，尖峰度 *QP* 值約在 2.0~6.0 之間變動，其他時段則大約維持在 2.0~4.0 之間；而新形狀參數 *SB* 在波高增大與減小時段，其值約在 2.0~15.0 之間變動，其他時段則大約維持在 1.5~5.0 之間。又如 HERB 颱風波浪，在大週期（波高增大）時段，尖峰度 *QP* 值約在 1.5~9.0 之間變動，其他時段則大約維持在 1.5~3.0 之間；而新形狀參數 *SB* 在相同時段，其值則約在 2.5~15.0 之間變動，其他時段則大約維持在 1.0~2.5 之間。由全部分析資料比較發現窄度參數 ν 及寬

度參數 ε 之值皆小於 1 且變動範圍較小，同時此兩參數的逐時變化趨勢相近。而波譜尖峰度 *QP* 及新形狀參數 *SB* 之值變動範圍較大，尤其是後者，同時此兩參數的逐時變化趨勢則較相近，但與前兩參數卻不一致。

綜合而言，本研究所採用之波譜形狀參數隨波高（或週期）之逐時變化並無明顯的一致性變動趨勢，此顯示在波浪的成長或衰退過程中波譜的形狀並無相關性的變化出現。不過在某些波浪資料中（例如 SETH 及 HERB 颱風波浪），這些形狀參數與周期有較明顯的相關性，此有待進一步探討。此外依參數間之變動趨勢而言，窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者相近；而波譜尖峰度 *QP* 則與新形狀參數 *SB* 兩者相近，但前兩者與後兩者之變動趨勢並不相同。

4.2 波譜形狀參數間相關性分析

19 個颱風波浪資料其波譜形狀參數之間的相關性分析結果，依各颱風波浪資料繪製如圖 4-20 至圖 4-38，圖中並分別標示各參數間之相關係數值。由圖中發現窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者之相關係數值大都大於 0.65，而波譜尖峰度 *QP* 則與新形狀參數 *SB* 兩者之相關繫數值則大都大於 0.86，此顯示窄度參數 ν 及寬度參數 ε 具有正相關性，而波譜尖峰度 *QP* 則與新形狀參數 *SB* 則具有更高的正相關性。至於其他參數間之相關係數值不高，故相關性不明顯。

窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者之間存在某一程度之相關，其原因初步推論可能與兩者都是波譜動差的無因次定義有關。而波譜尖峰度 *QP* 與新形狀參數 *SB* 兩者，雖然定義並不相同，但卻有更高的相關性存在。其可能原因為波譜尖峰度 *QP* 的計算式可拆解成某一頻率區間之波譜能量 $S(f)df$ 與該區間代表能量密度值 $S(f)$ 及與頻率軸轉矩 f 之乘積，其中能量密度值 $S(f)$ 可視為該頻率區間波譜能量之權重。因此，波譜尖峰度 *QP* 參數可視為以波譜能量分佈為考量之波譜形狀參數，此與本研究所提出之新形狀參數 *SB* 兩者在觀點上是相同。但兩者

計算方法不同，波譜尖峰度 *QP* 參數是波譜能量矩，而新形狀參數 *SB* 是波譜能量分佈形狀之直接衡量。以上僅是初步的研判，後續應可再進一步探討。

經由波譜參數相關性分析、比較，波譜尖峰度 *QP* 參數由於與新形狀參數 *SB* 具有高度相關，因此，經進一步處理後，可同新形狀參數 *SB* 一樣，作為理論波譜擬合時取代 γ 或 m 之用。而其差別為波譜尖峰度 *QP* 參數在計算上無新形狀參數 *SB* 面對波譜多峰時之處理困擾，雖然該困擾已有有效之解決方法。

將全部屬於成長、衰退及近穩定之特定 7 筆波浪資料的波譜形狀參數之相關分析結果分別繪製如圖 4-39 至圖 4-41。圖中顯示各參數間的相關性與個別颱風波浪之分析結果相似，因此，參數間之相關性與波浪處於何種發展階段無關。

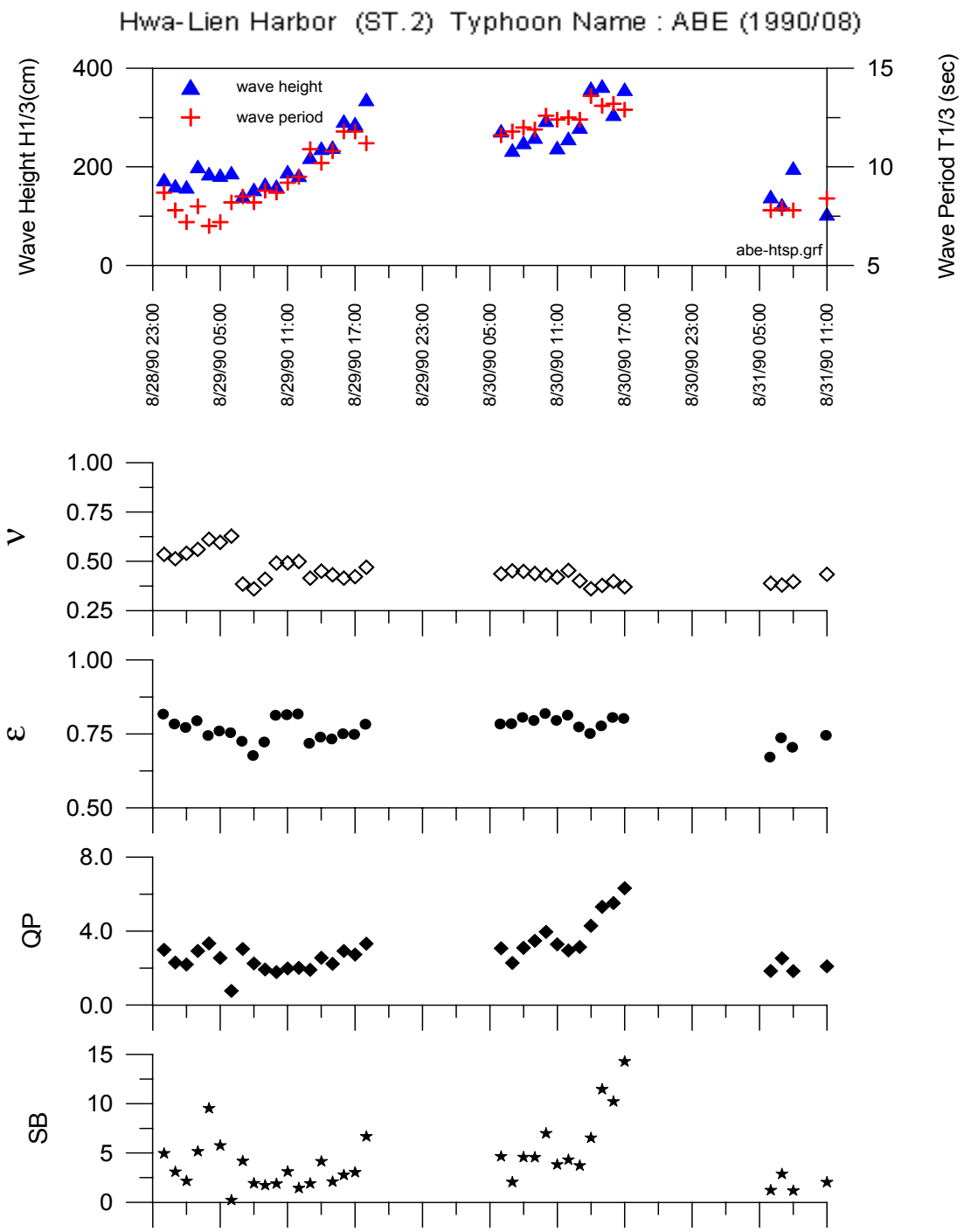


圖 4-1 ABE 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

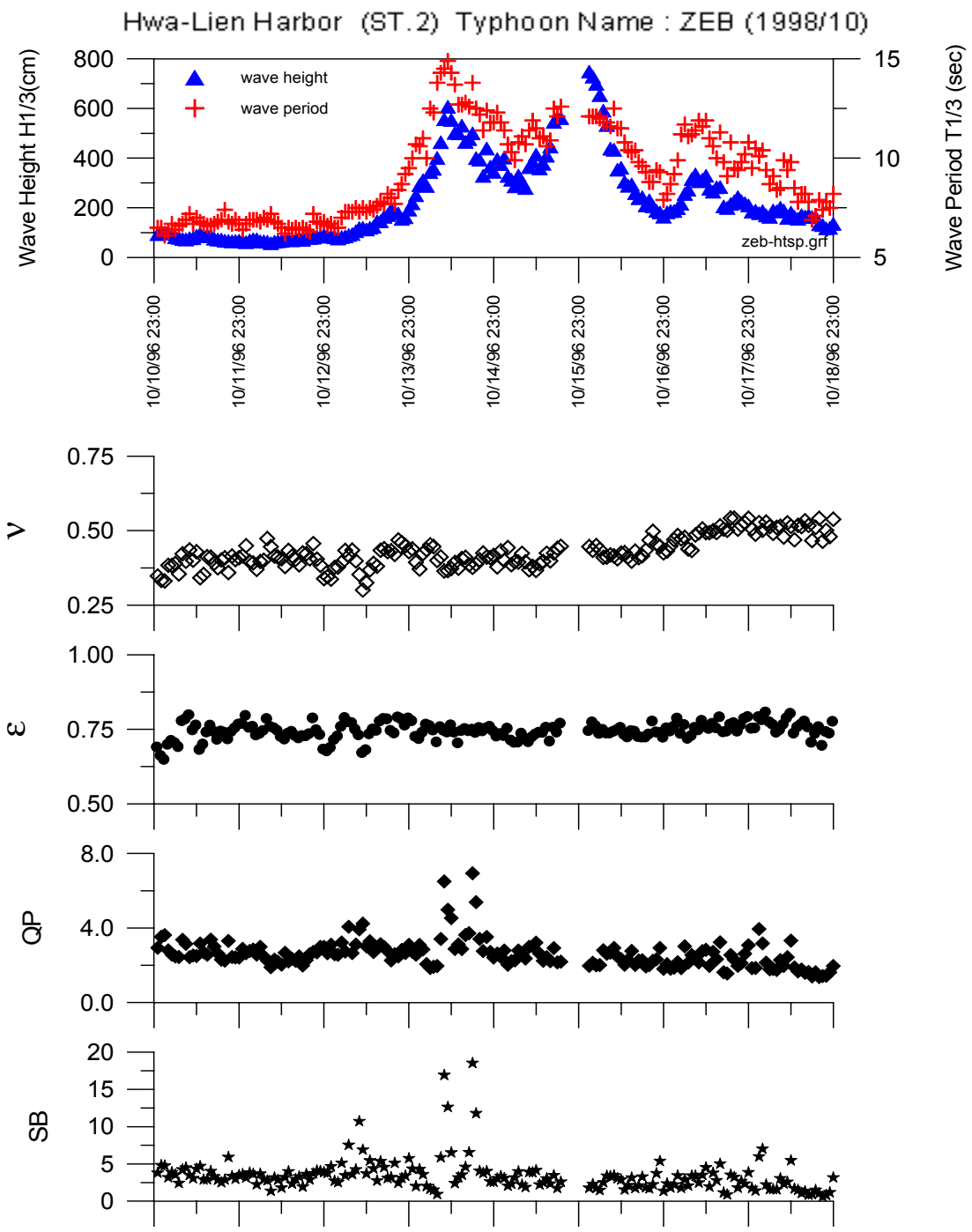


圖 4-2 ZEB 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

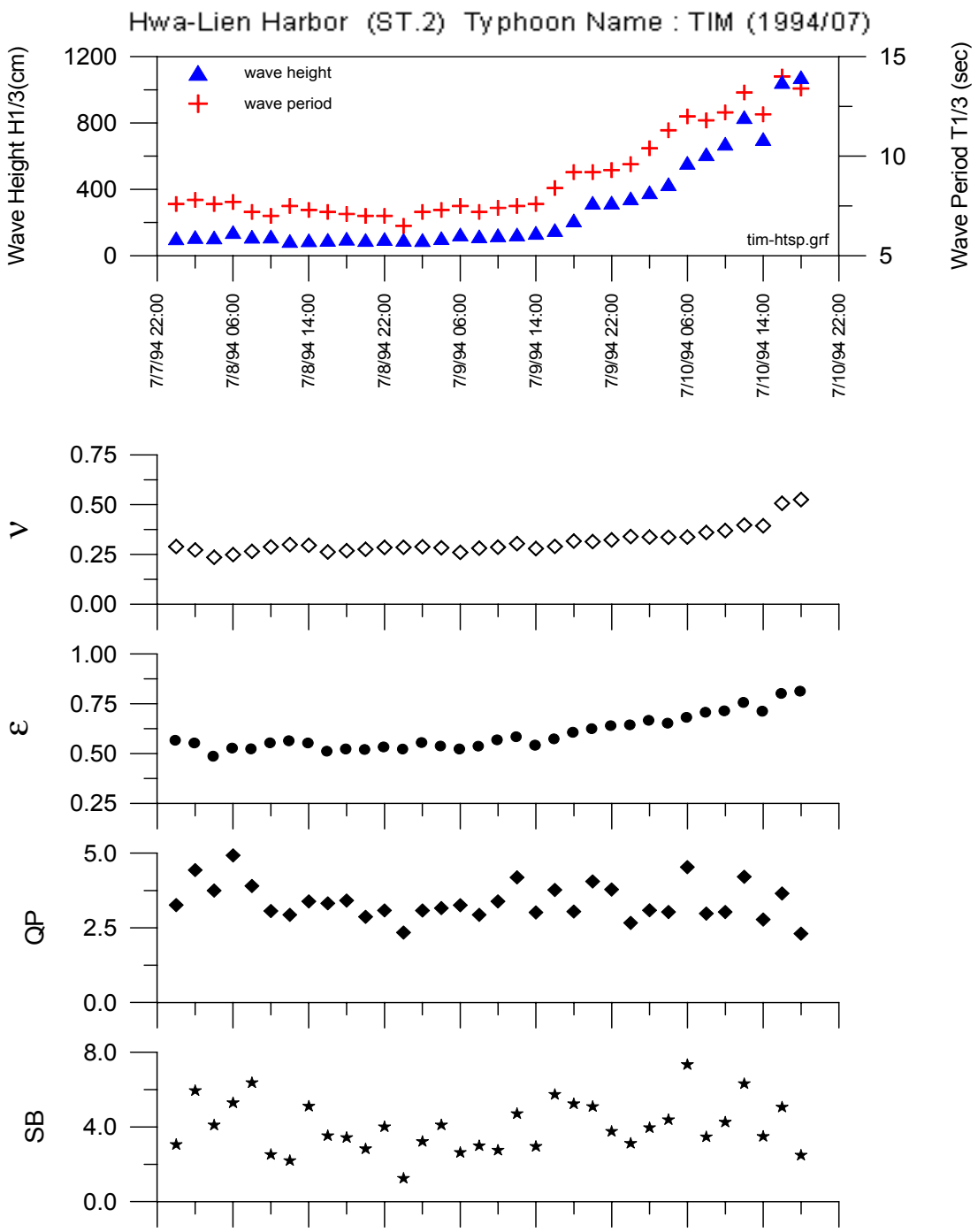


圖 4-3 TIM 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

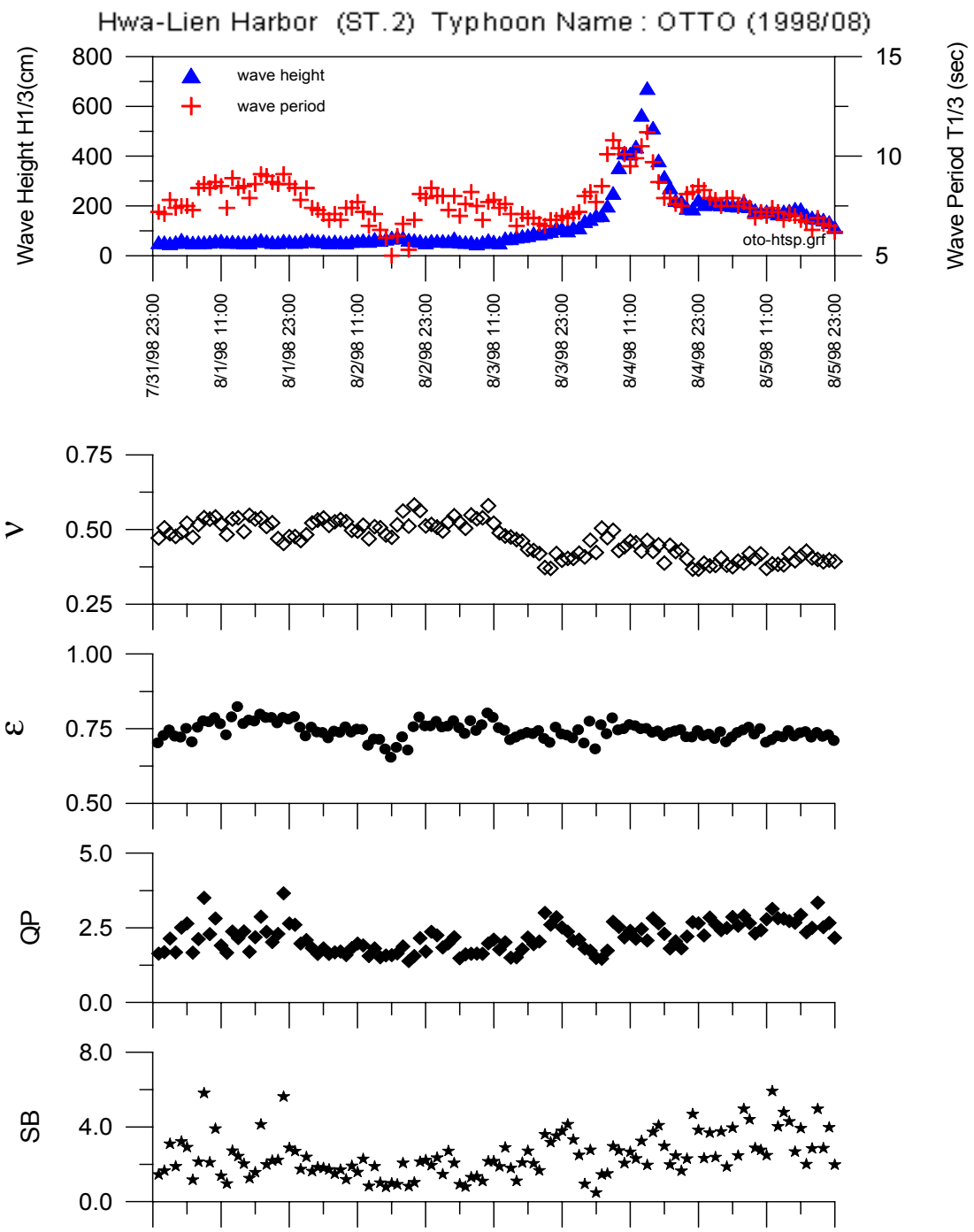


圖 4-4 OTTO 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

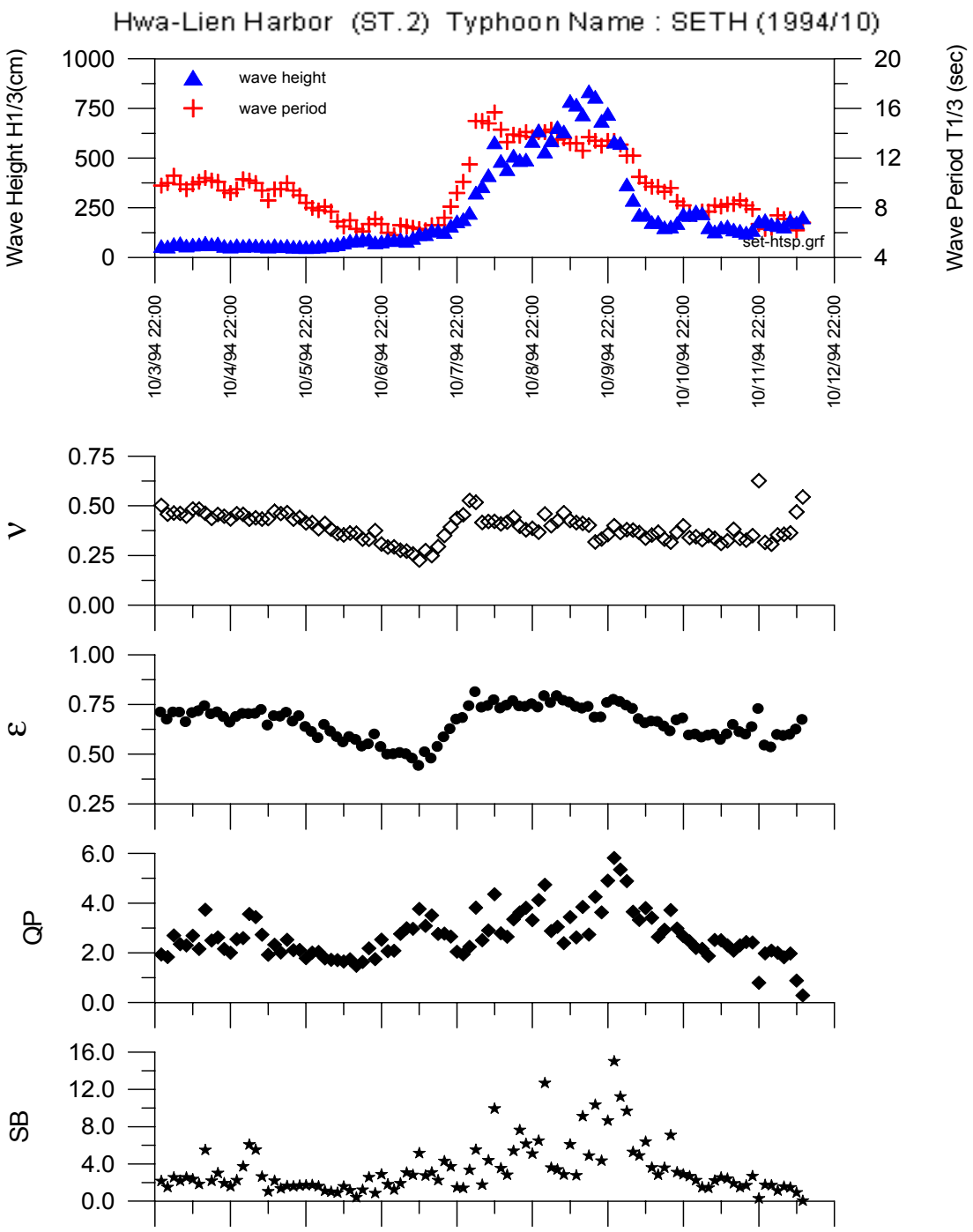


圖 4-5 SETH 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

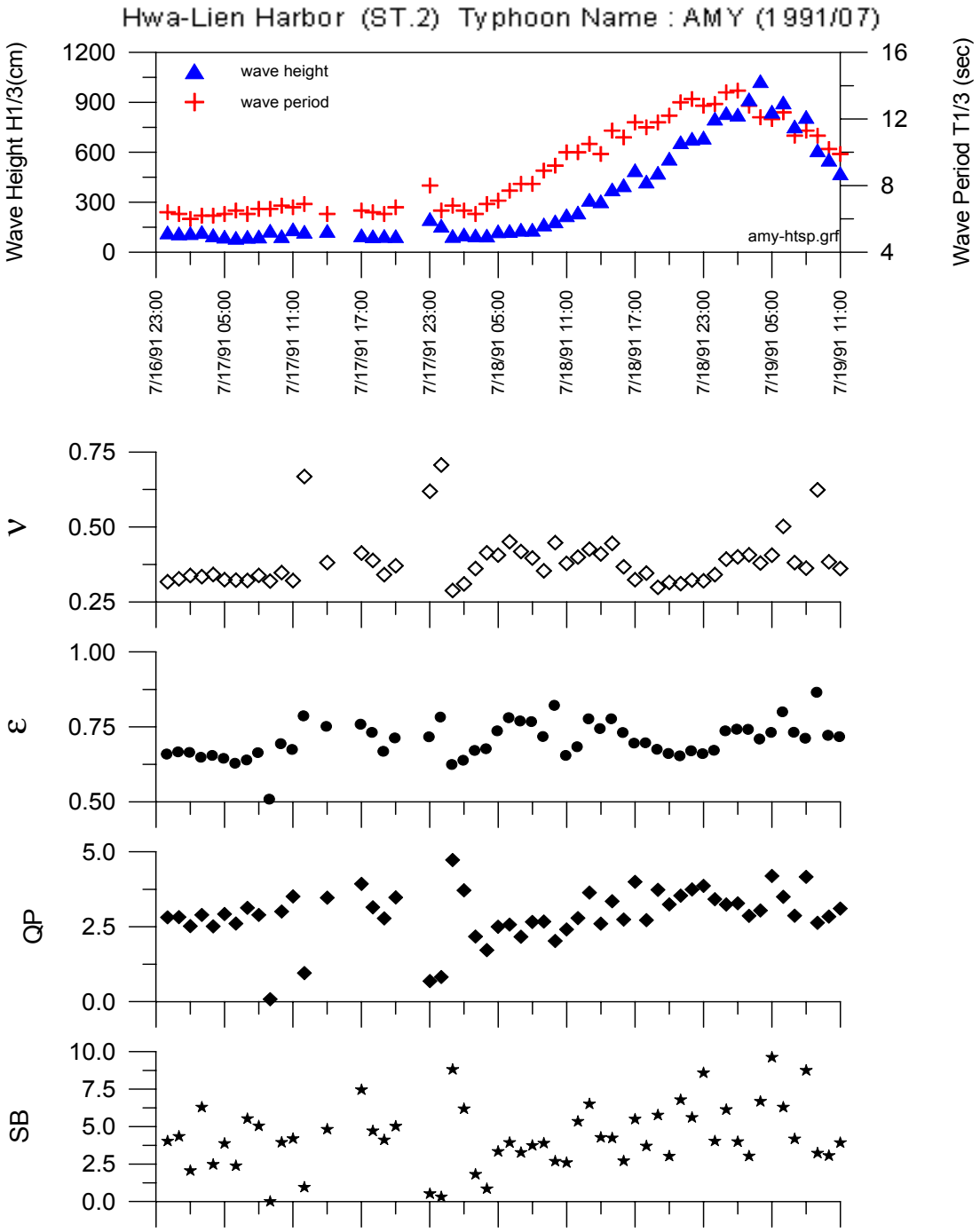


圖 4-6 AMY 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

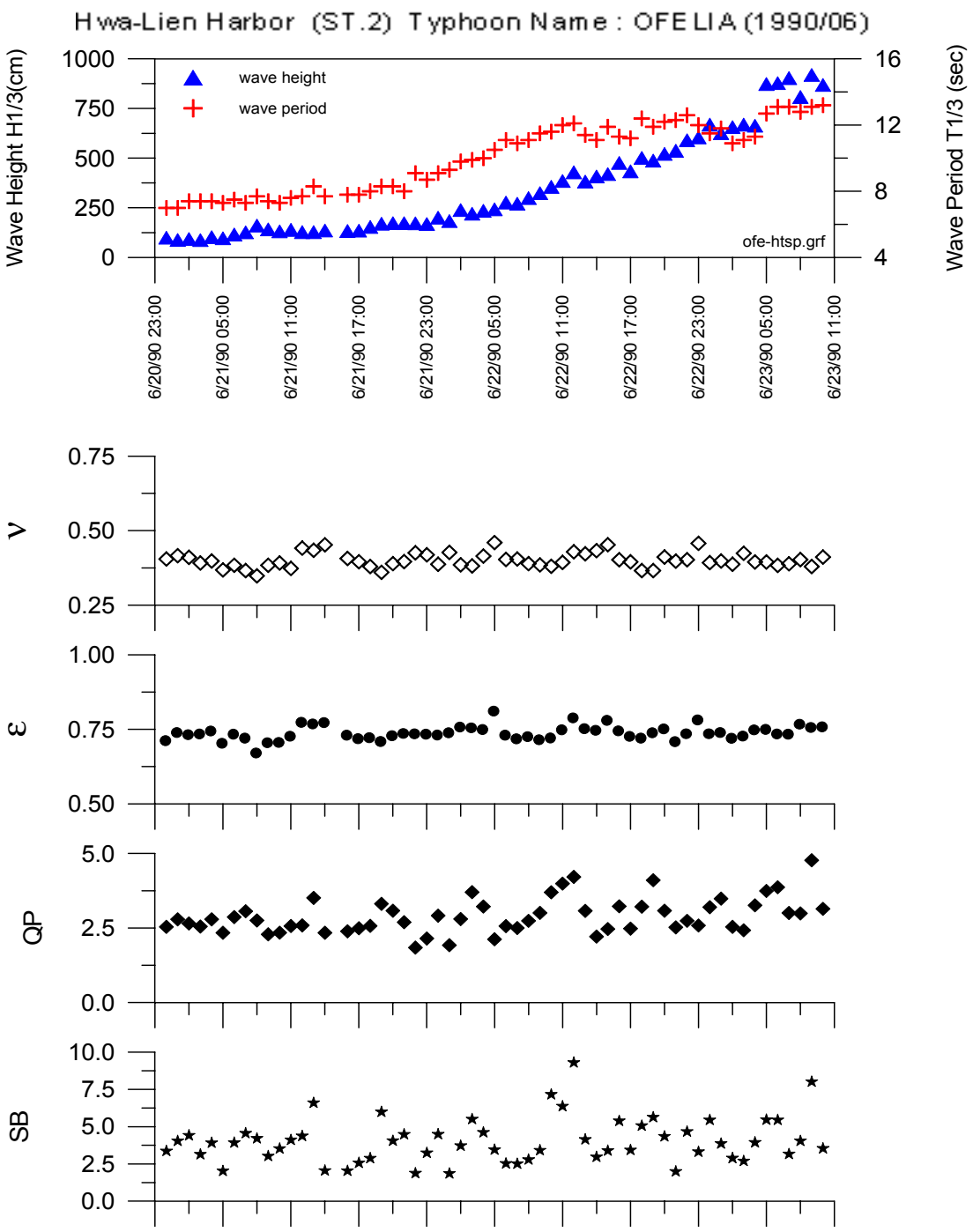


圖 4-7 OFELIA 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

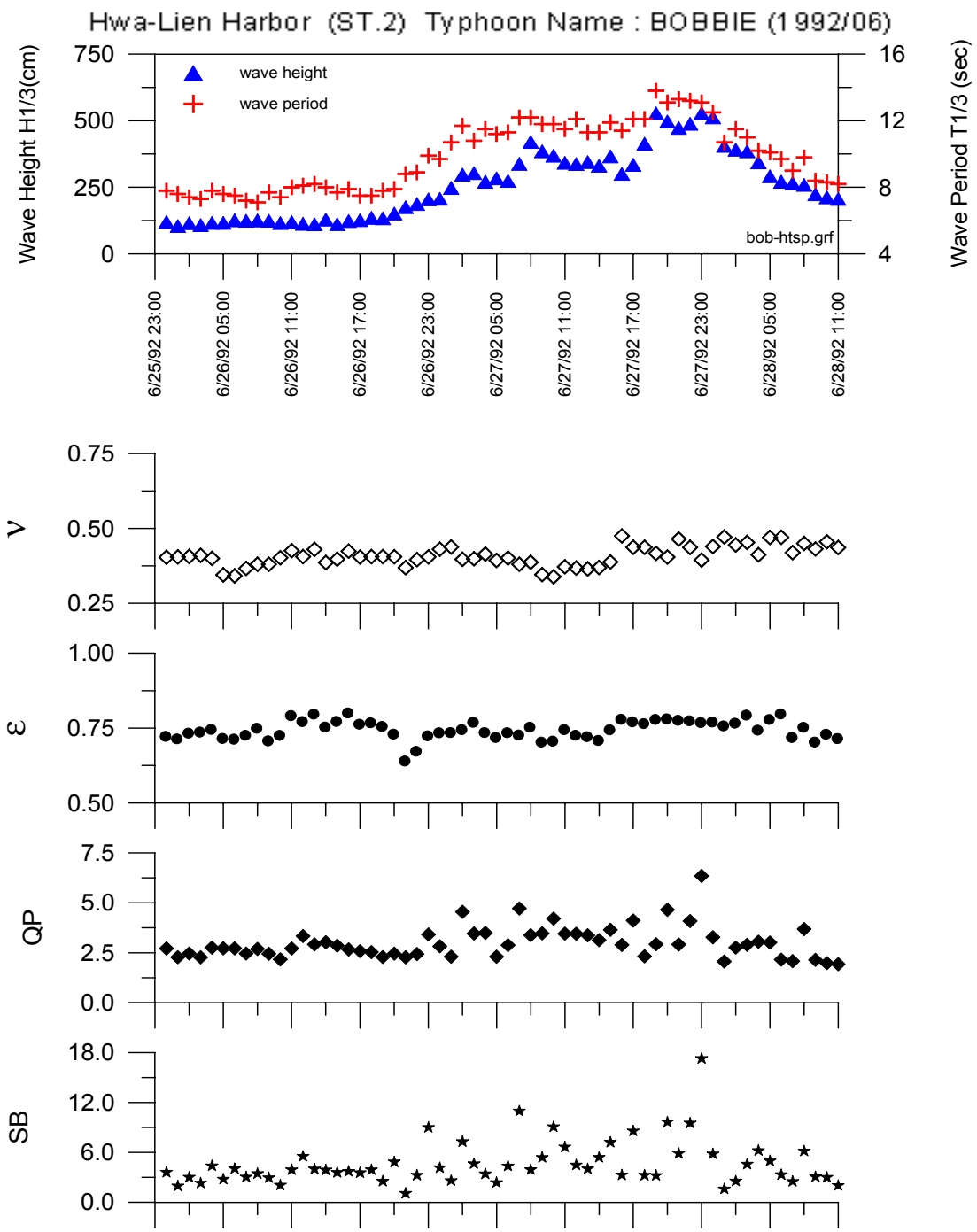


圖 4-8 BOBBIE 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

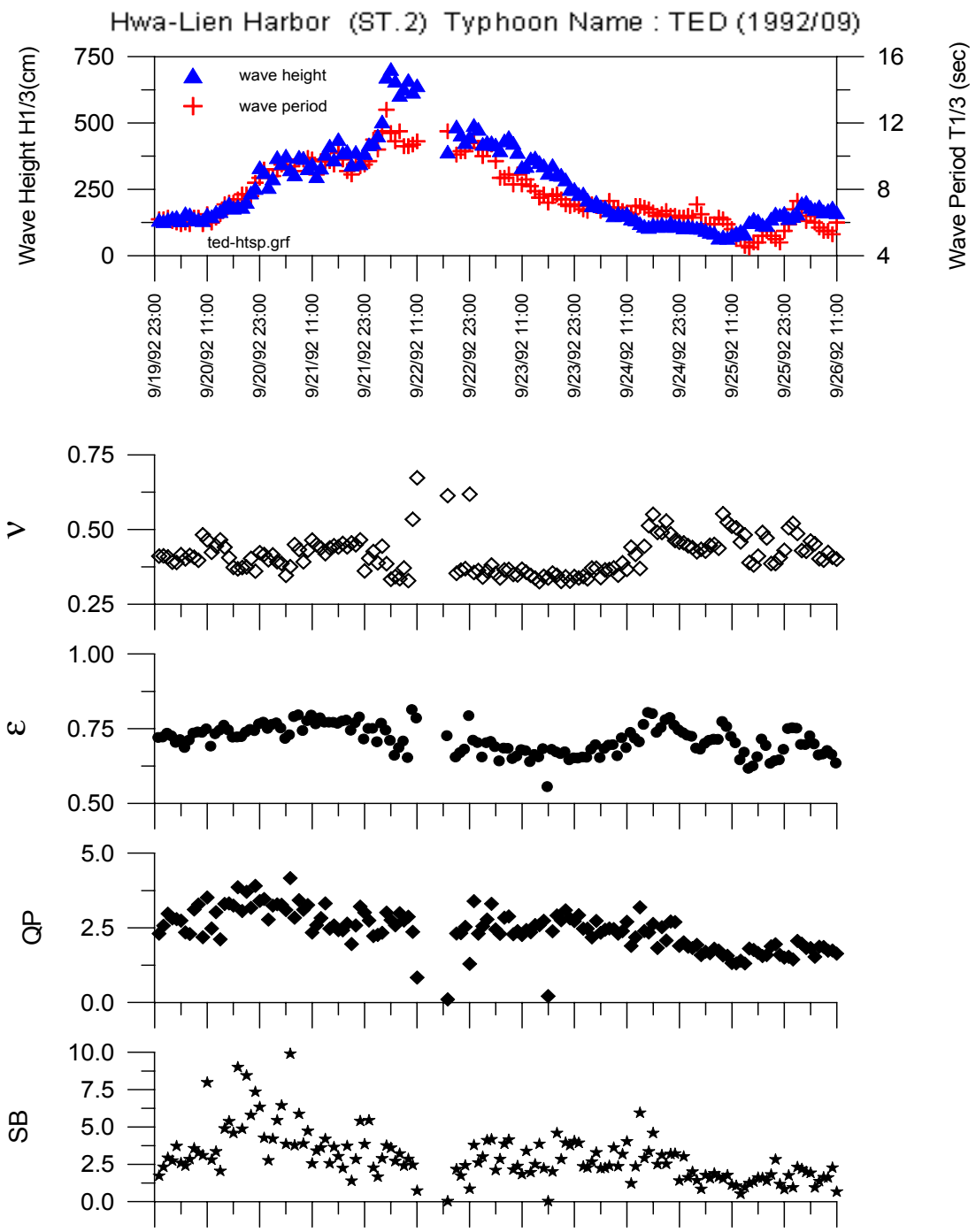


圖 4-9 TED 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

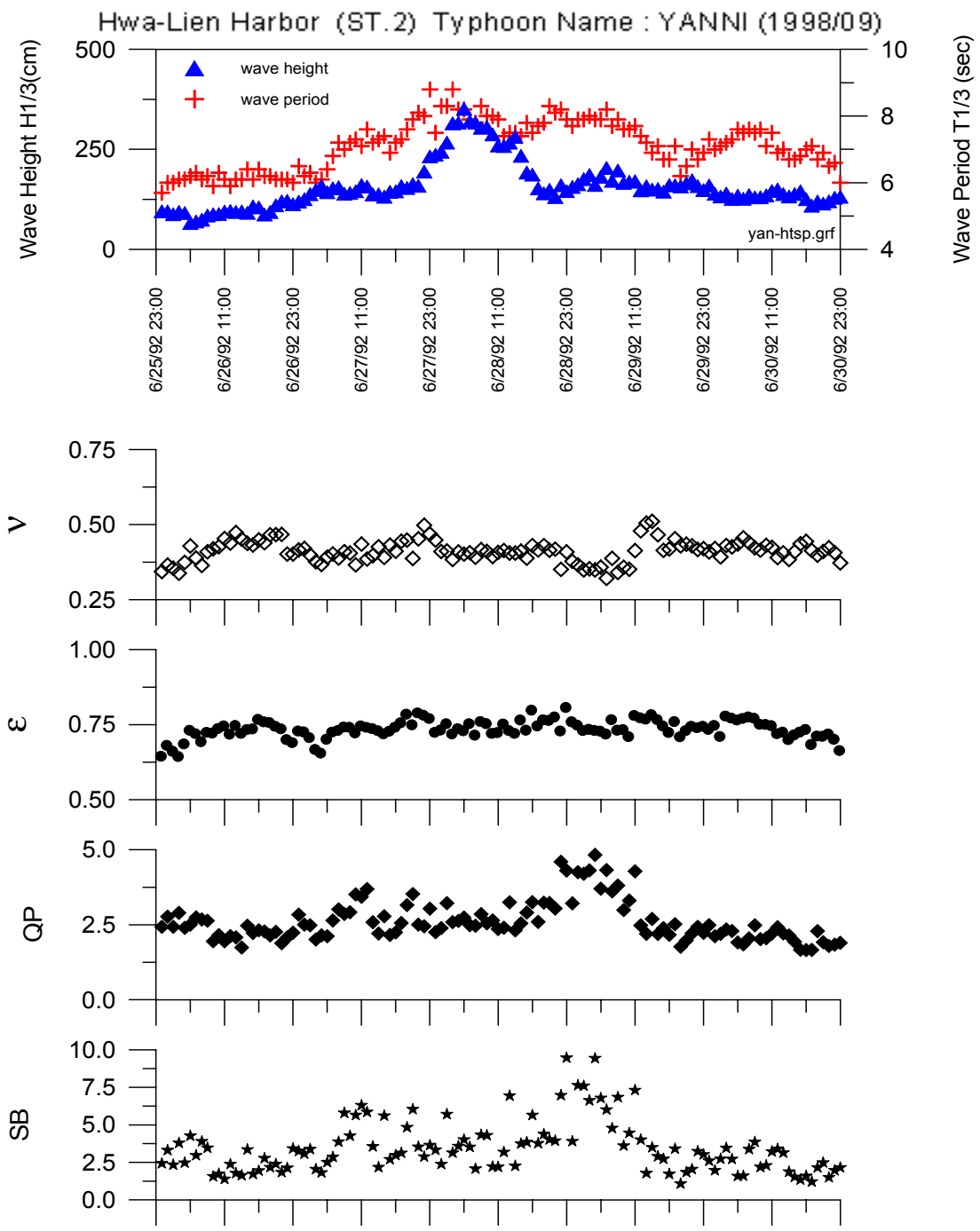


圖 4-10 YANNI 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

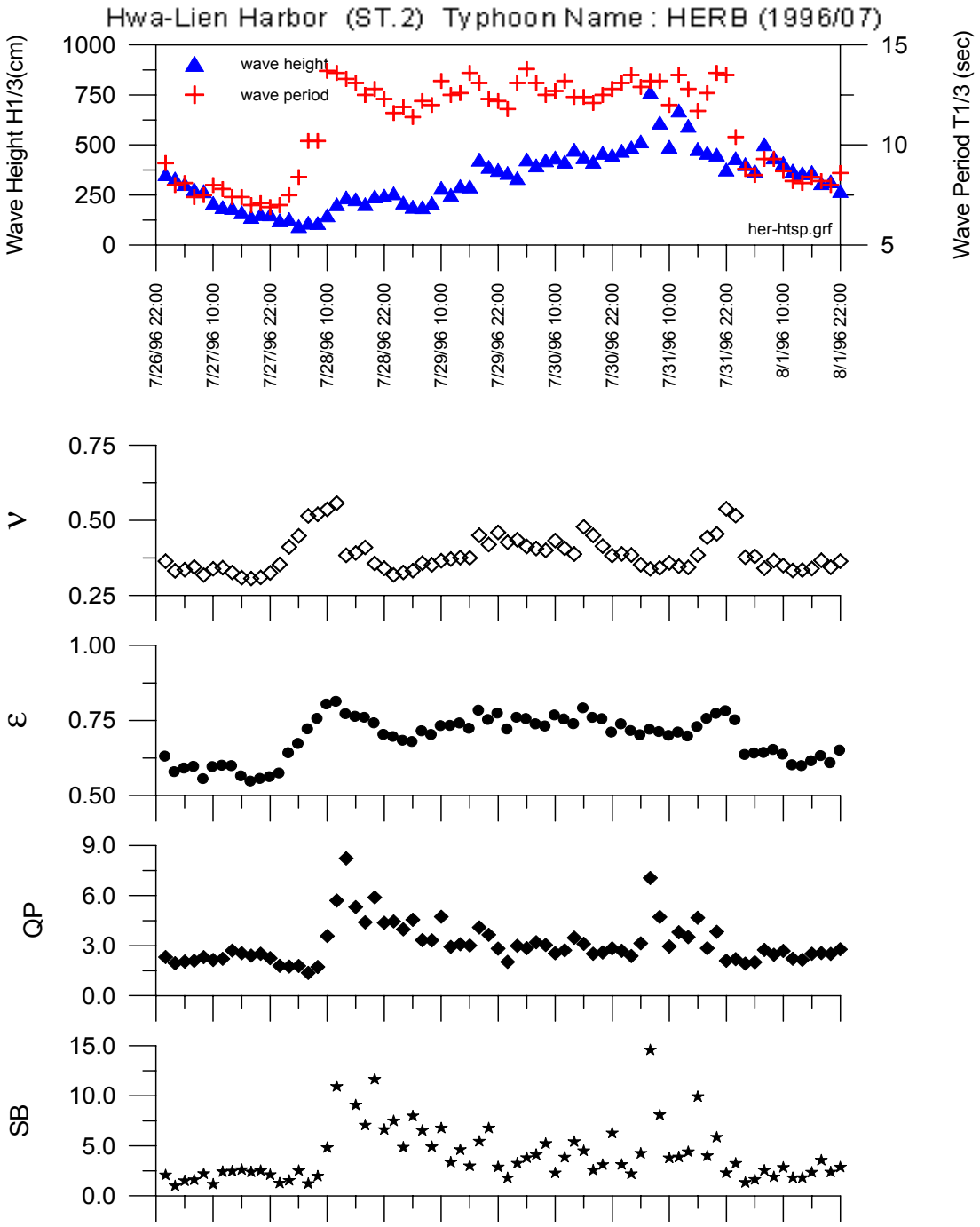


圖 4-11 HERB 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

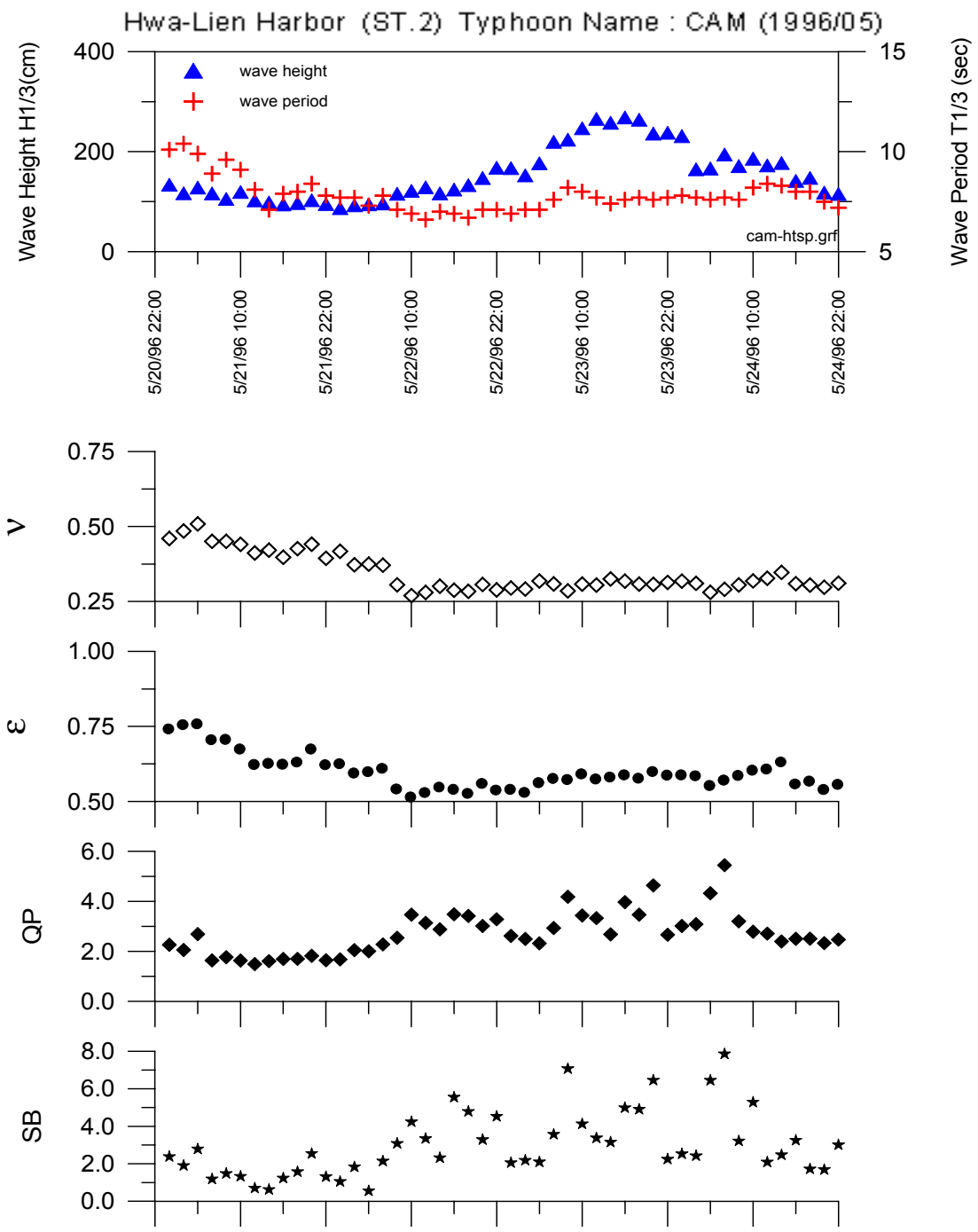


圖 4-12 CAM 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

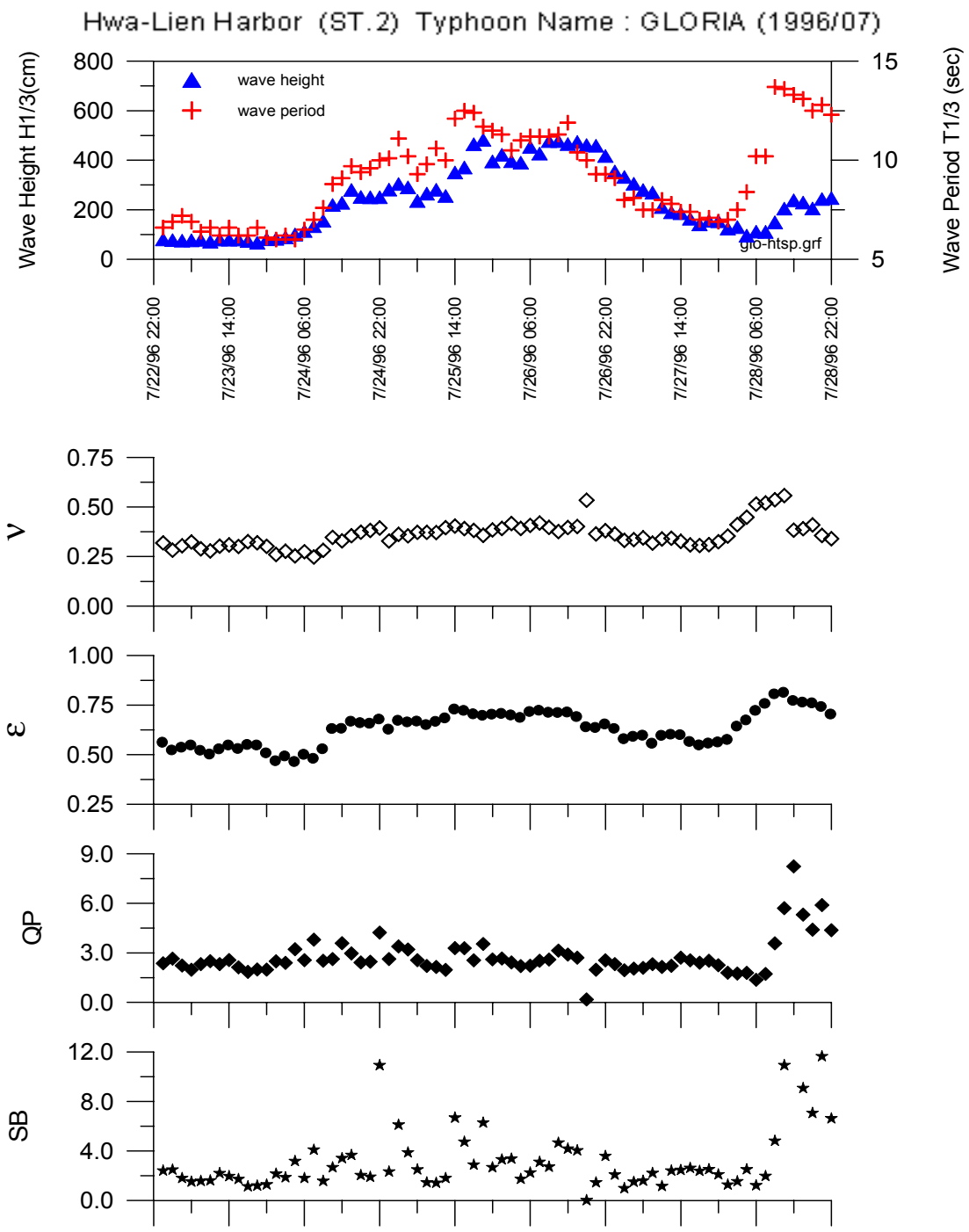


圖 4-13 GLORIA 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

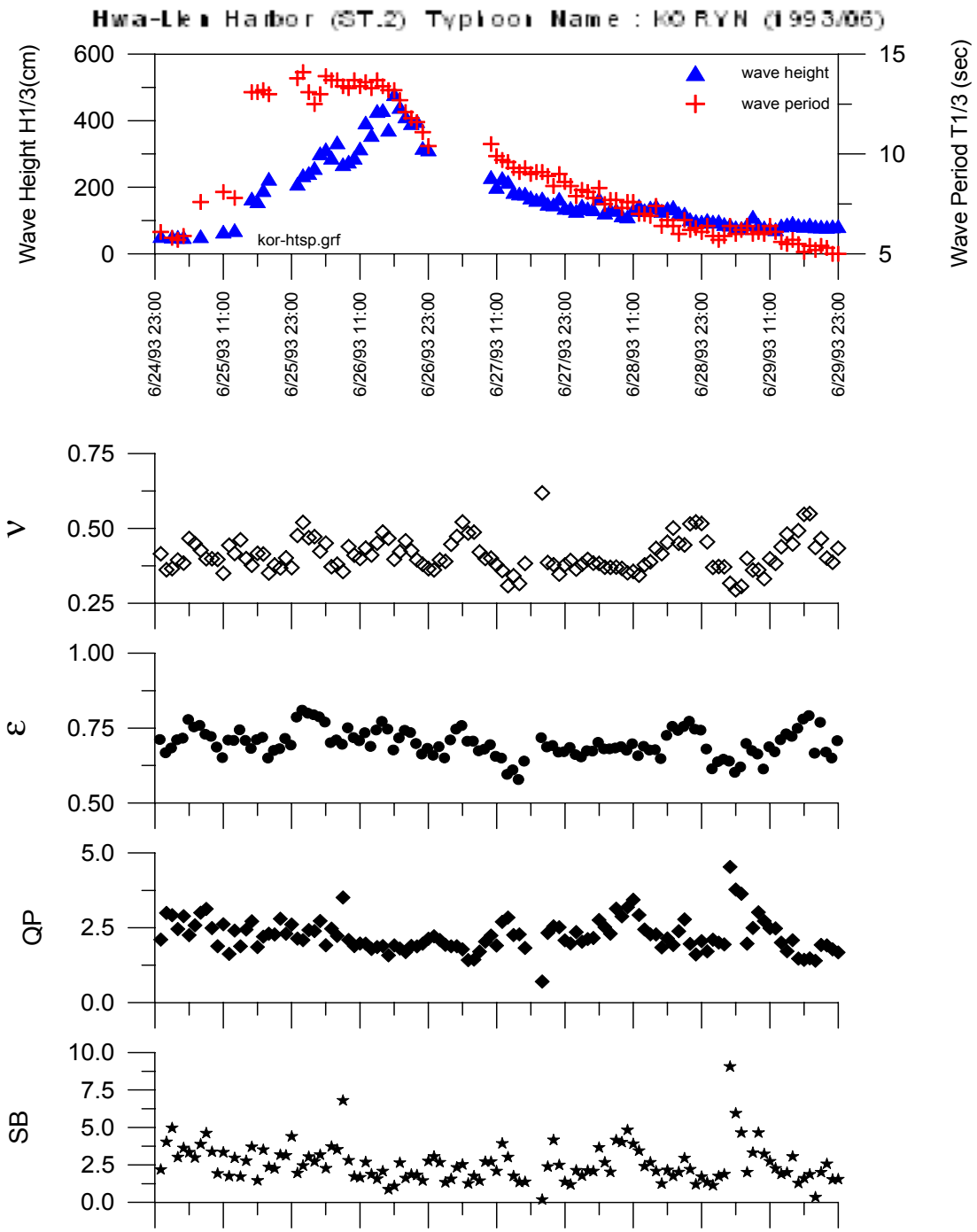


圖 4-14 KORYN 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

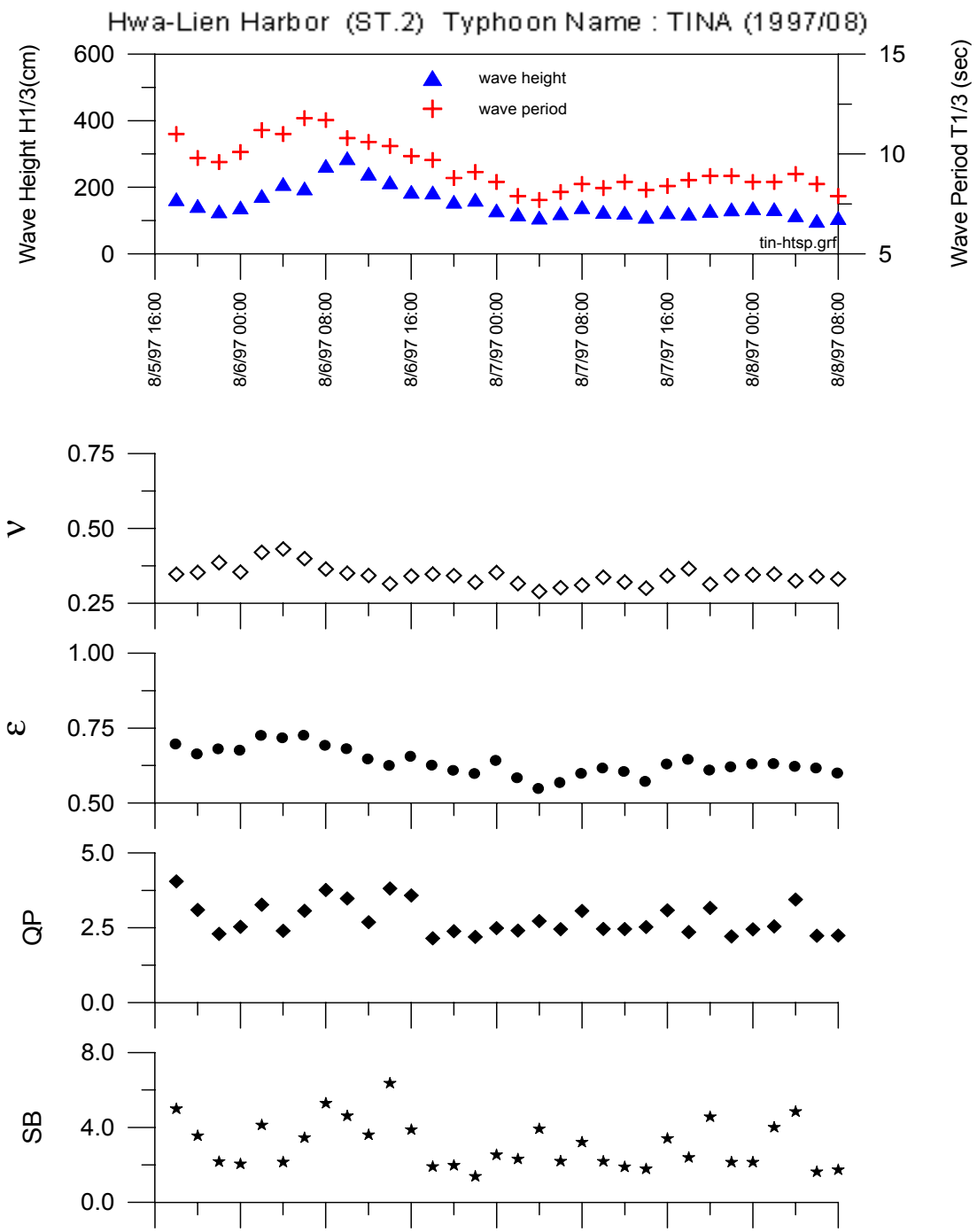


圖 4-15 TINA 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

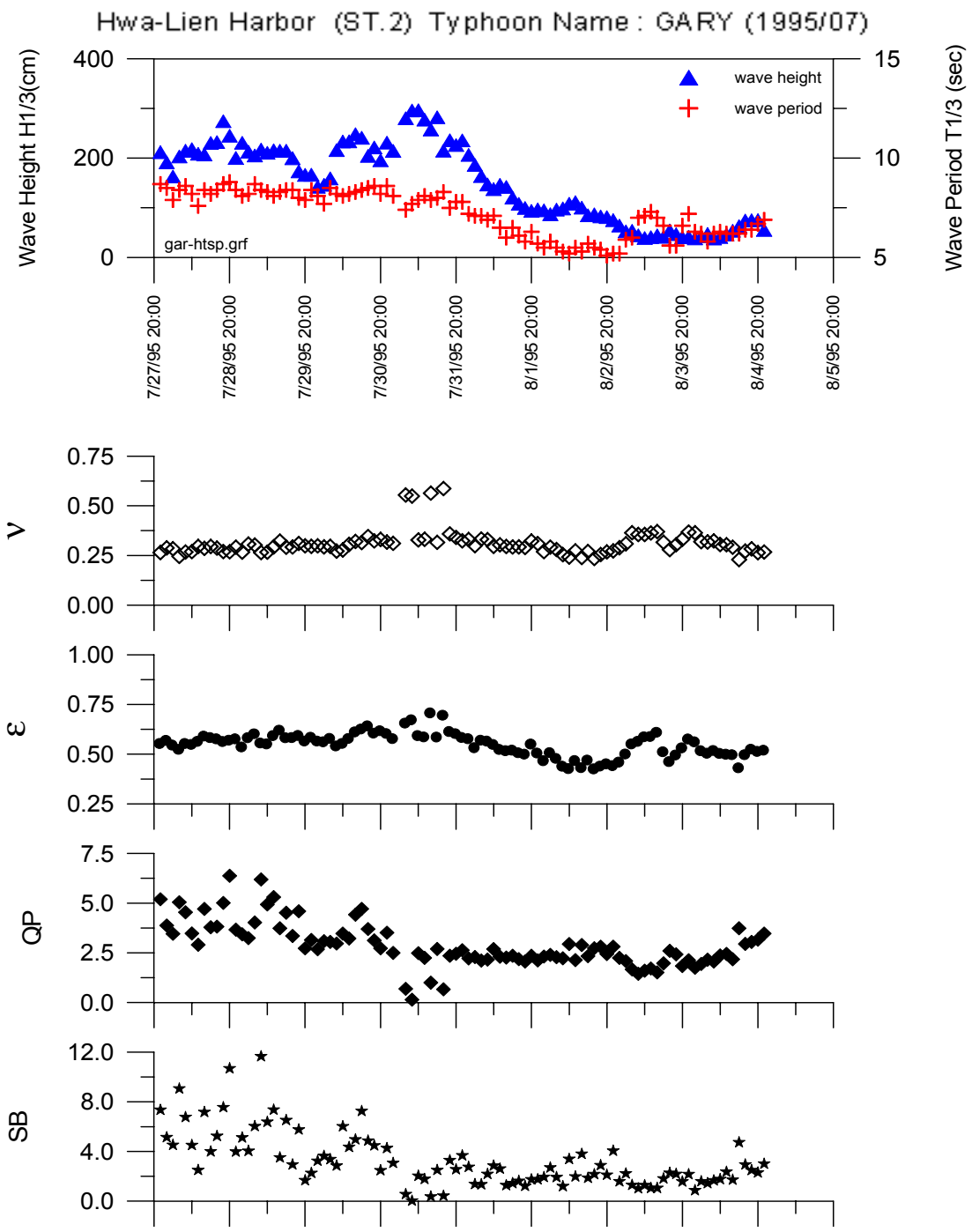


圖 4-16 GARY 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

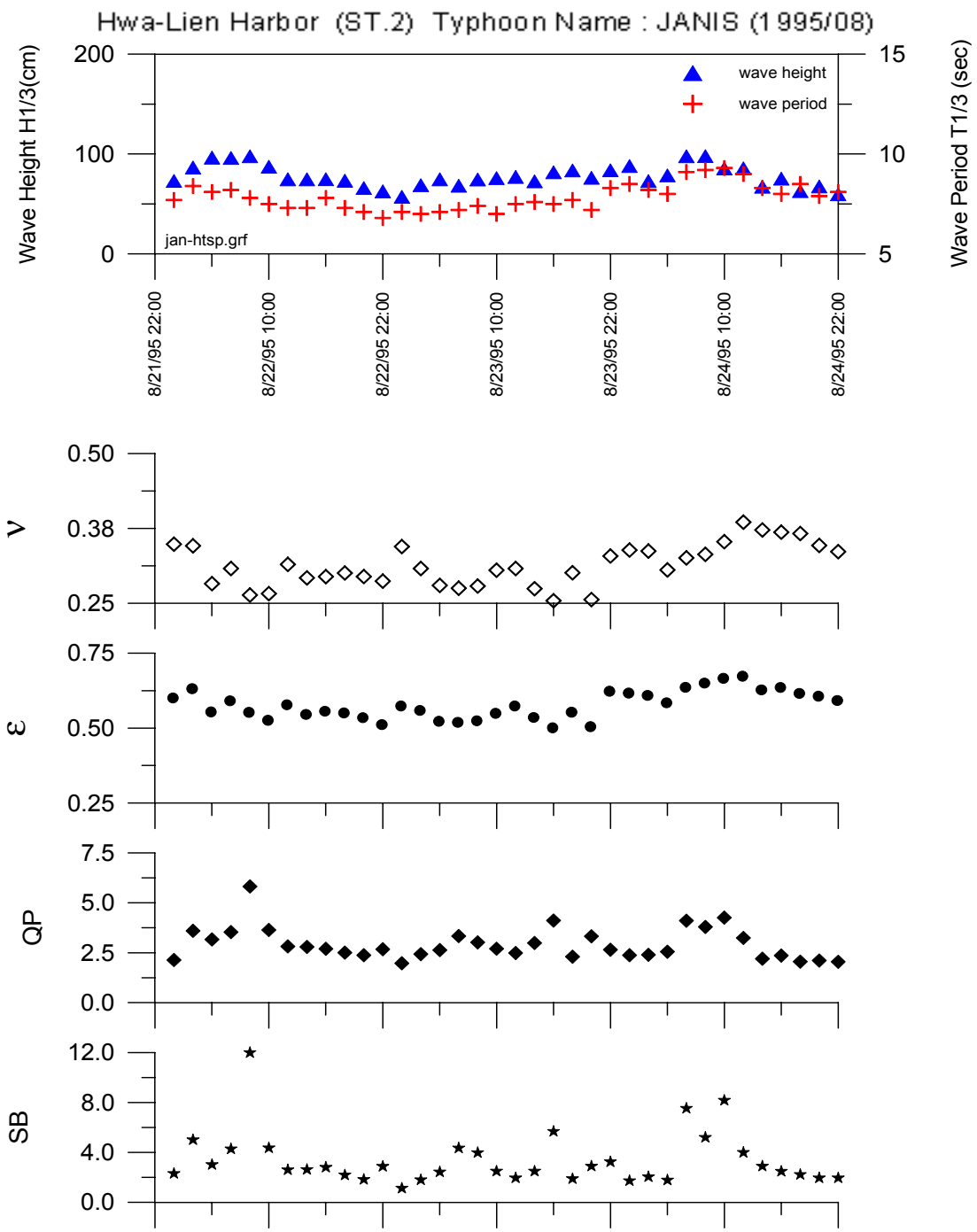


圖 4-17 JANIS 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

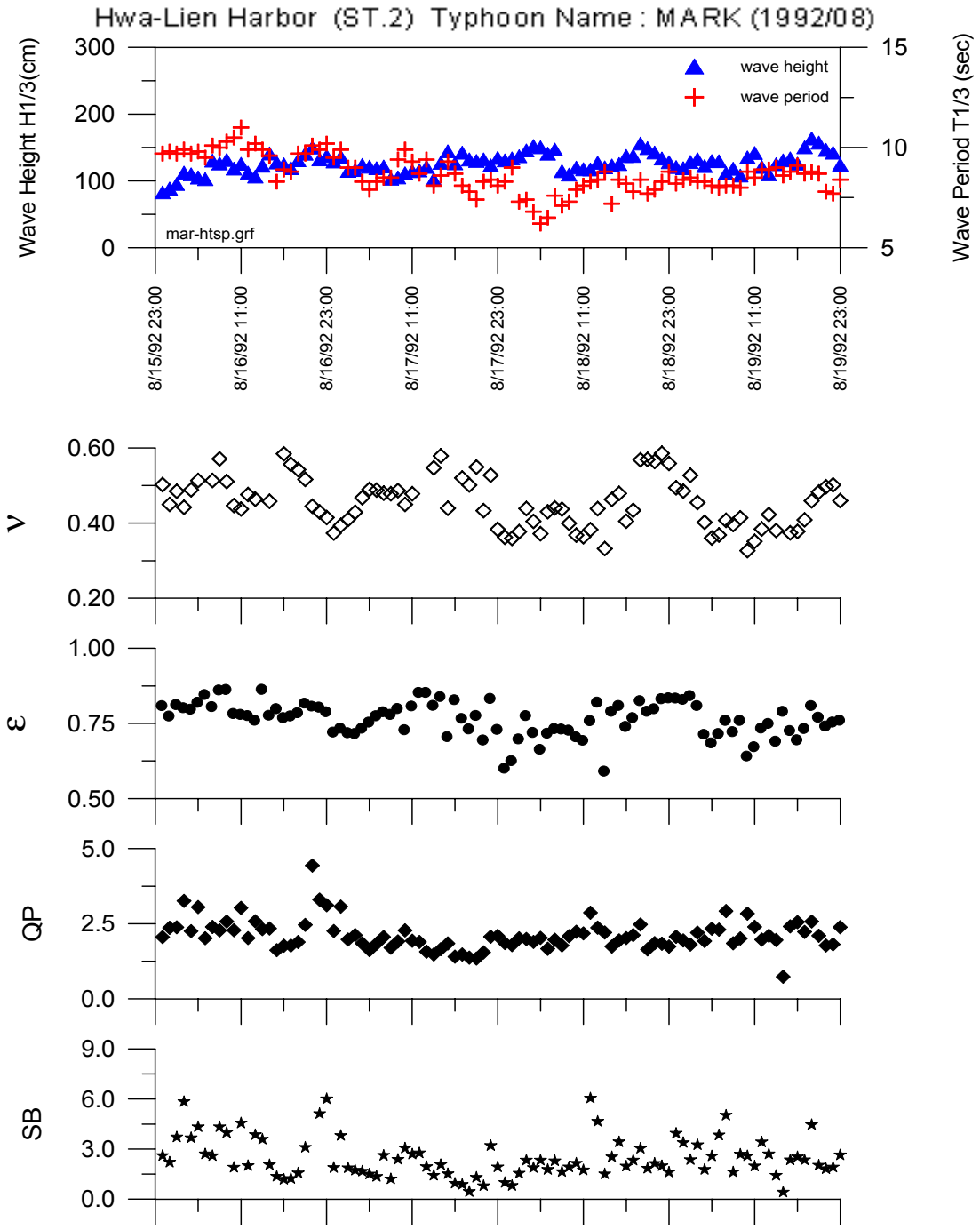


圖 4-18 MARK 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

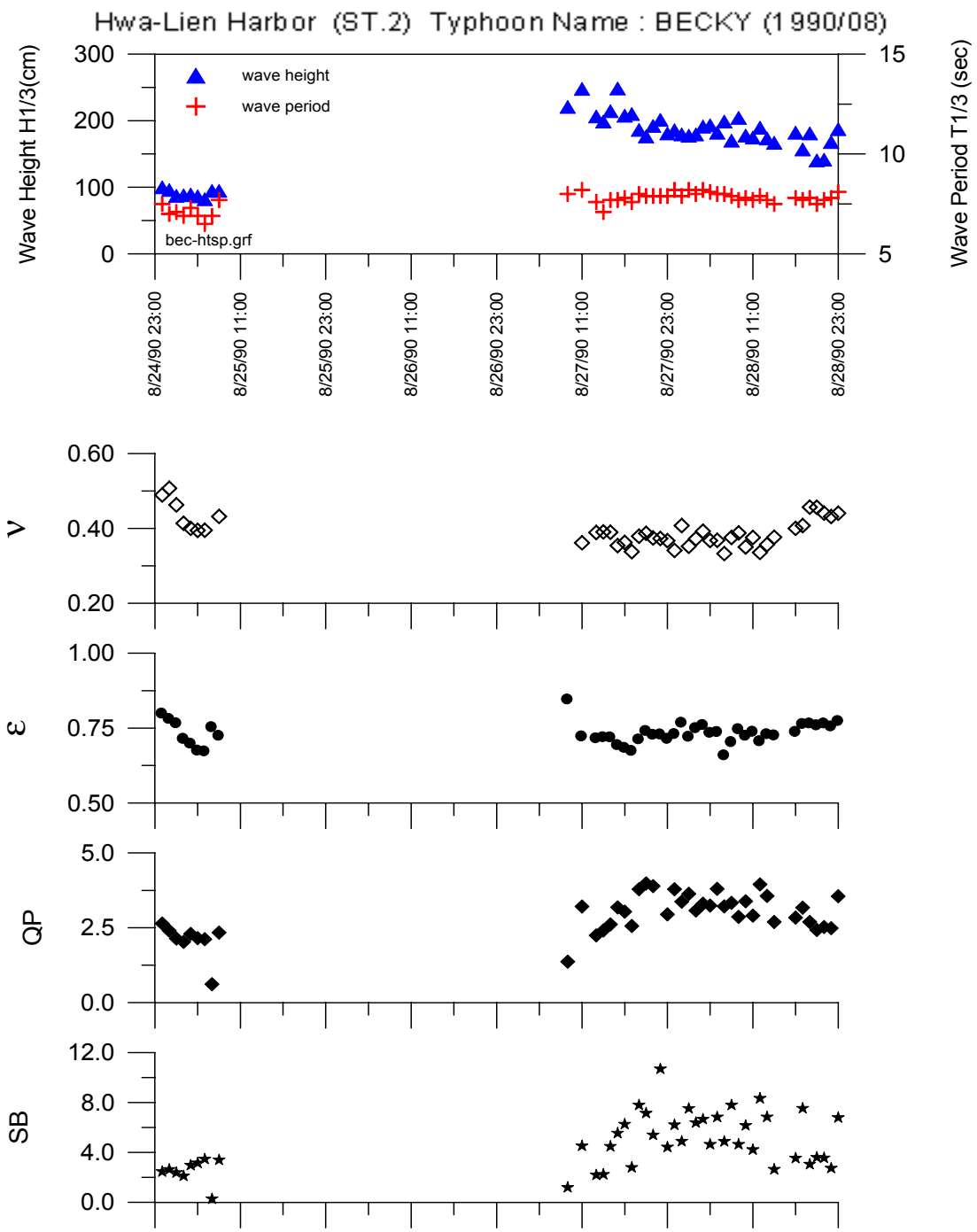


圖 4-19 BECKY 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

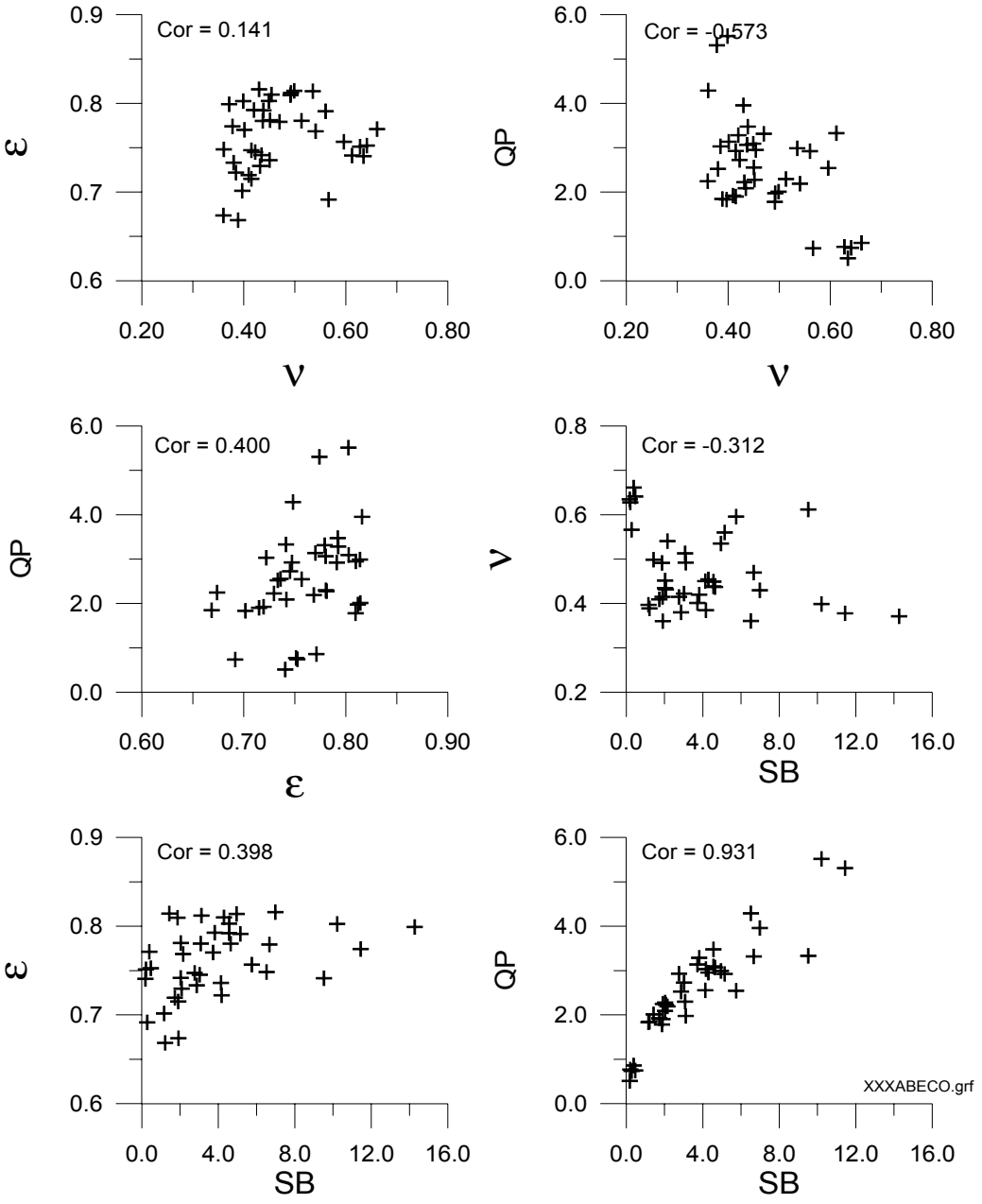


圖 4-20 ABE 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

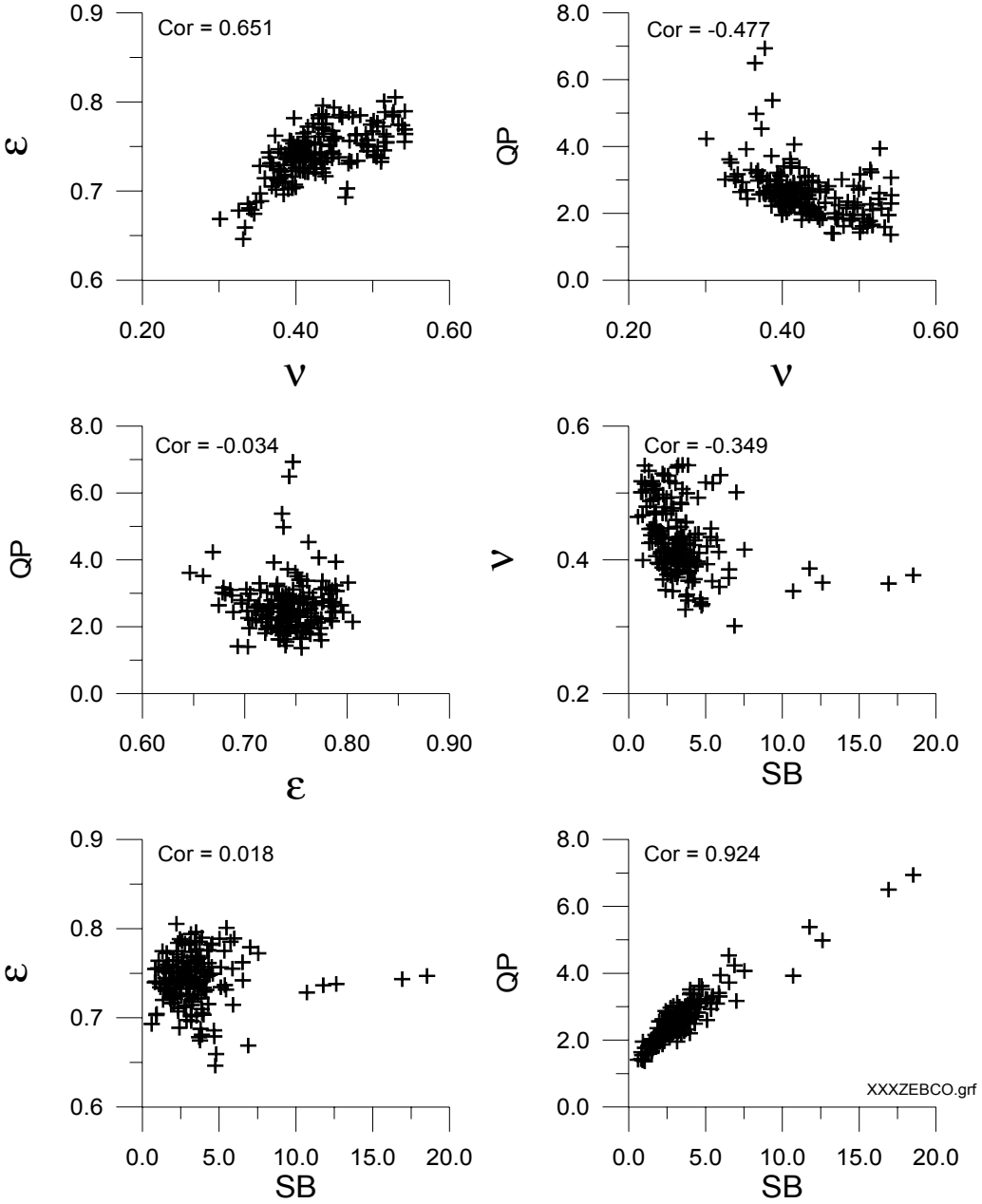


圖 4-21 ZEB 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

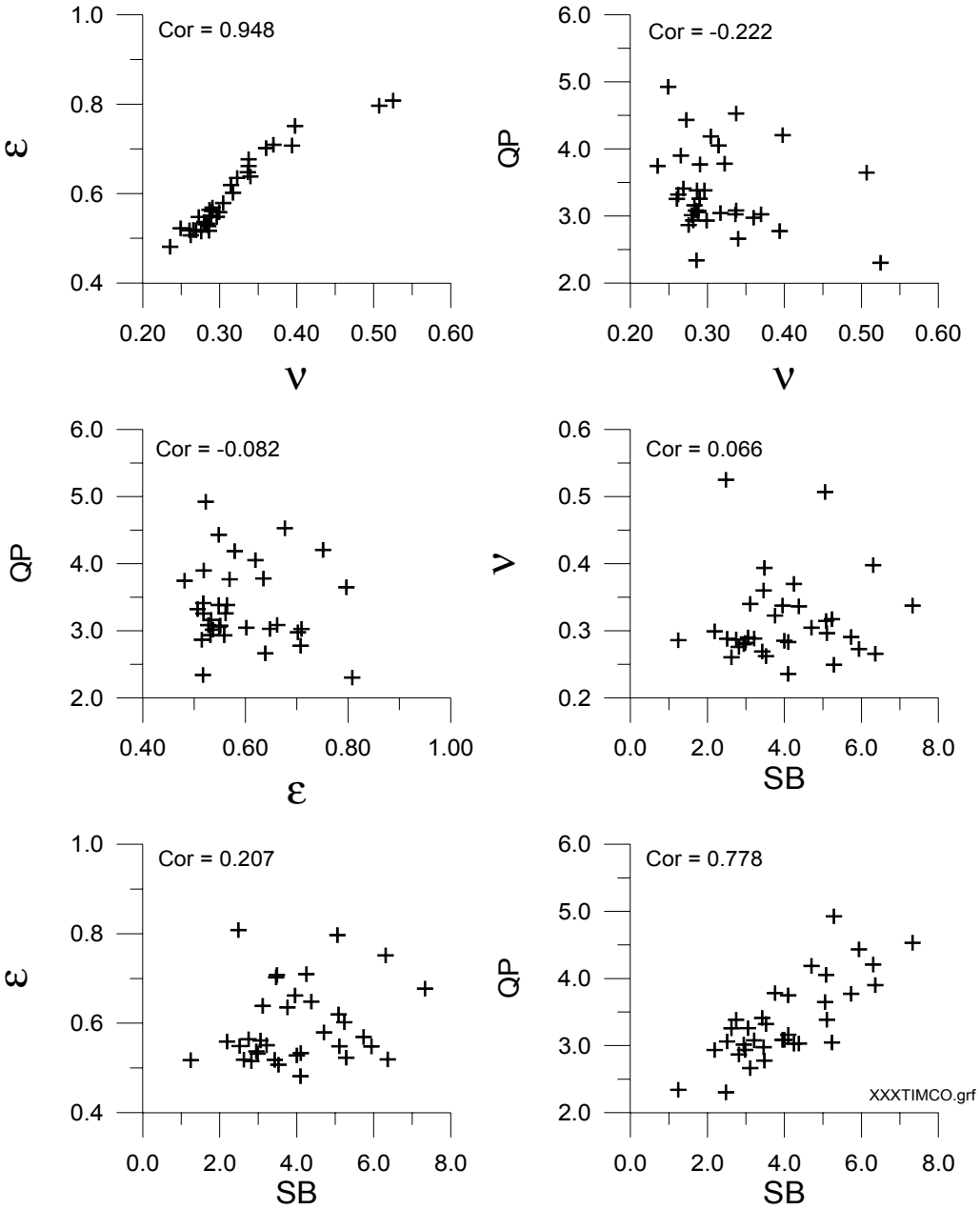


圖 4-22 TIM 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

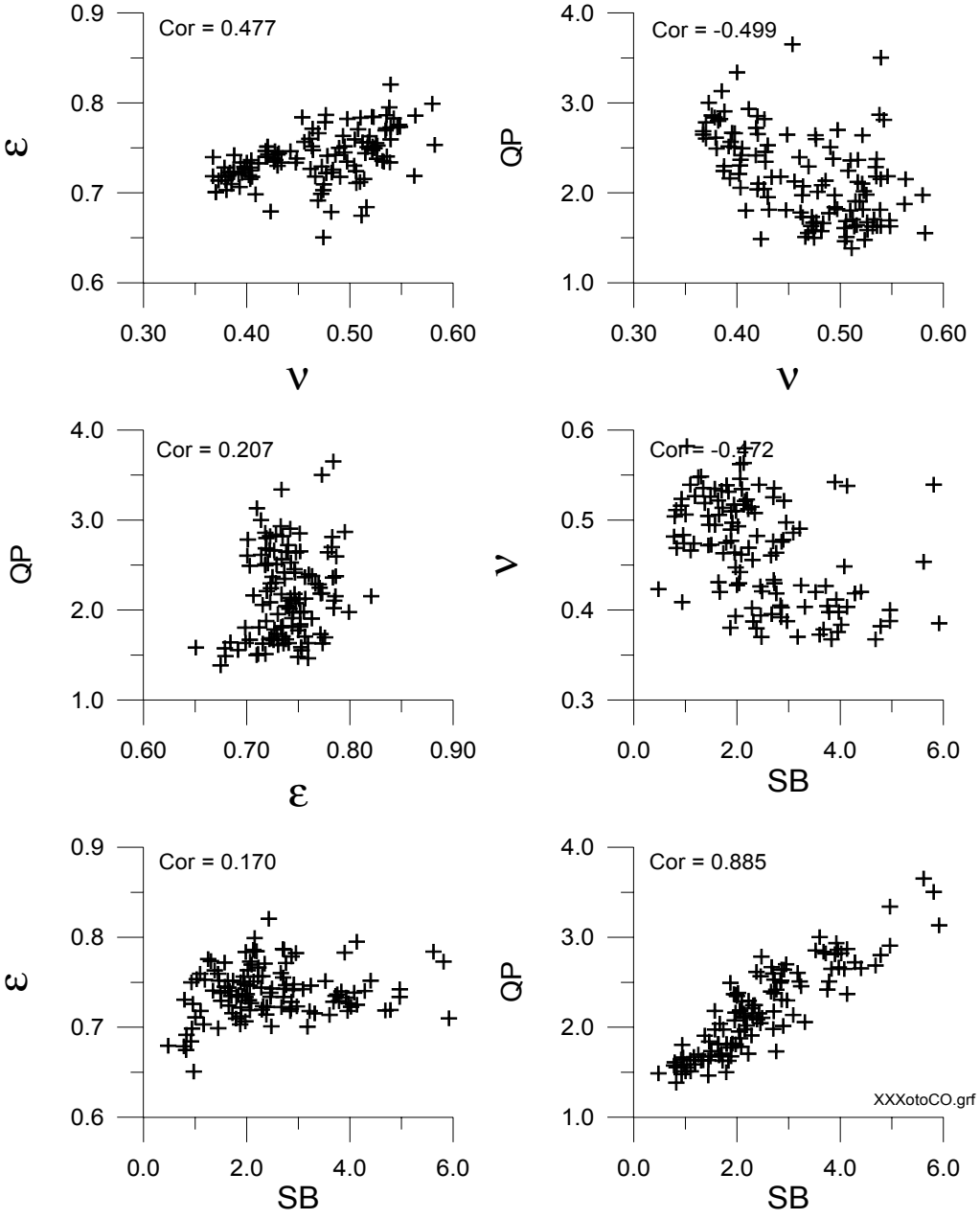


圖 4-23 OTTO 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

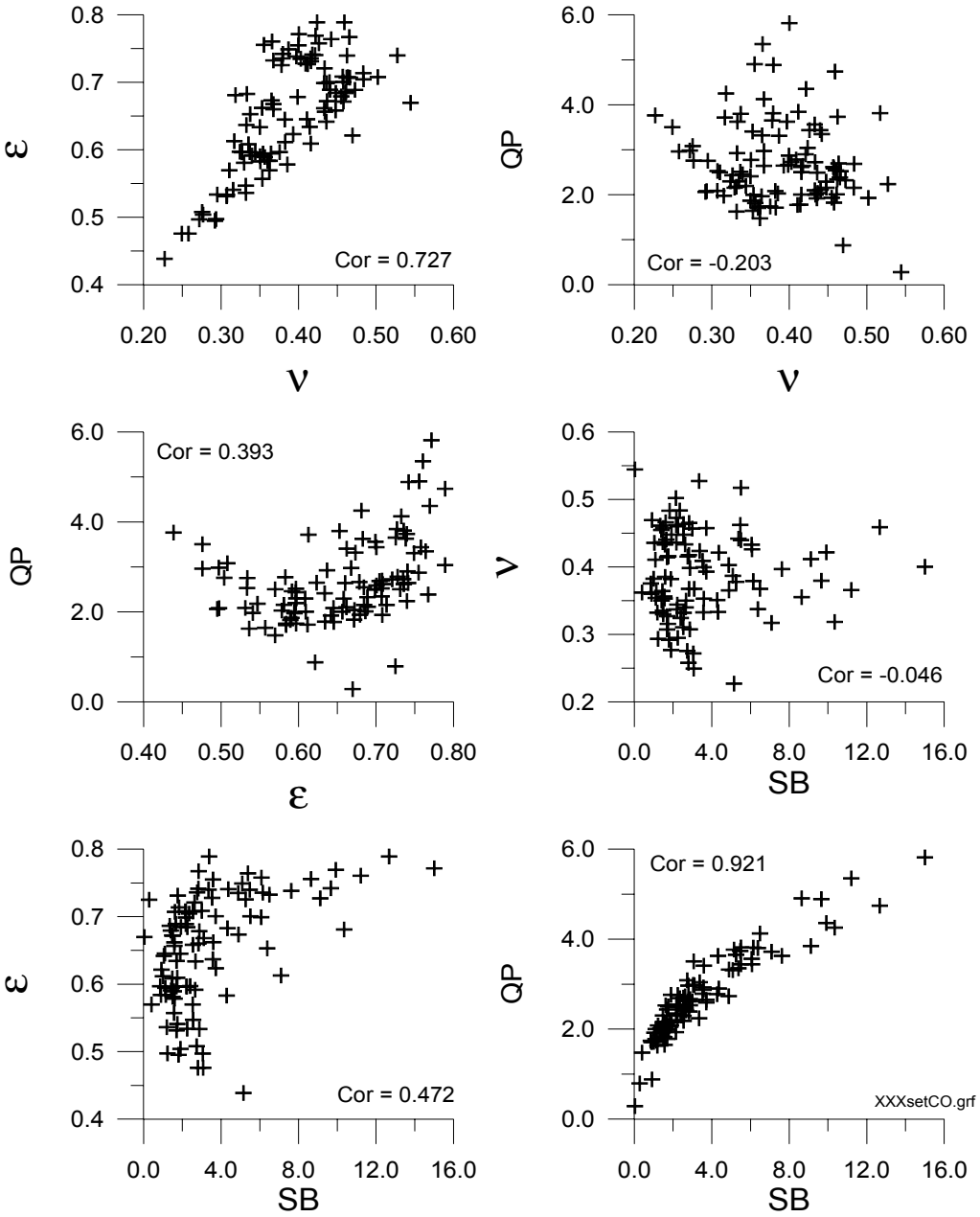


圖 4-24 SETH 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

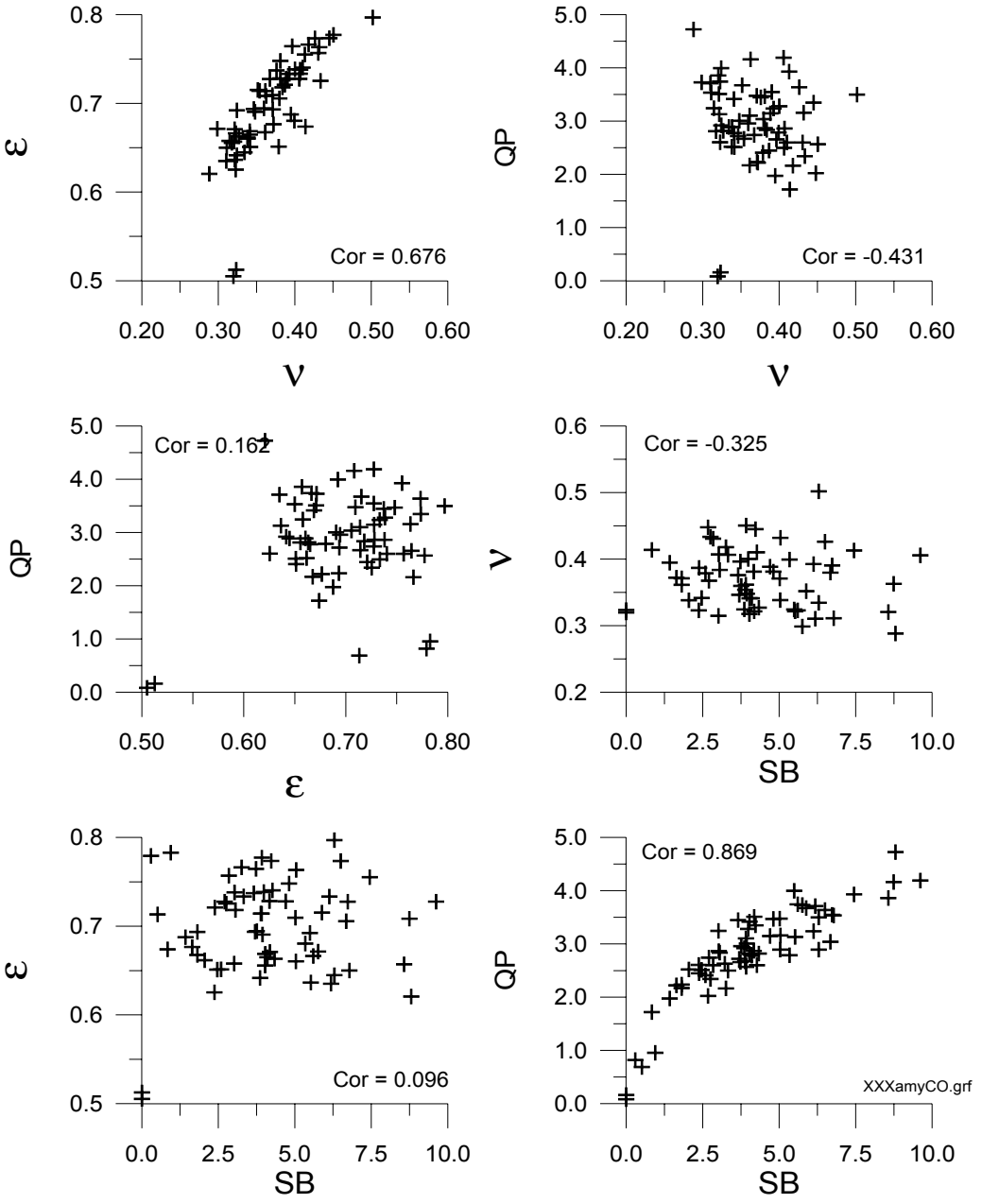


圖 4-25 AMY 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

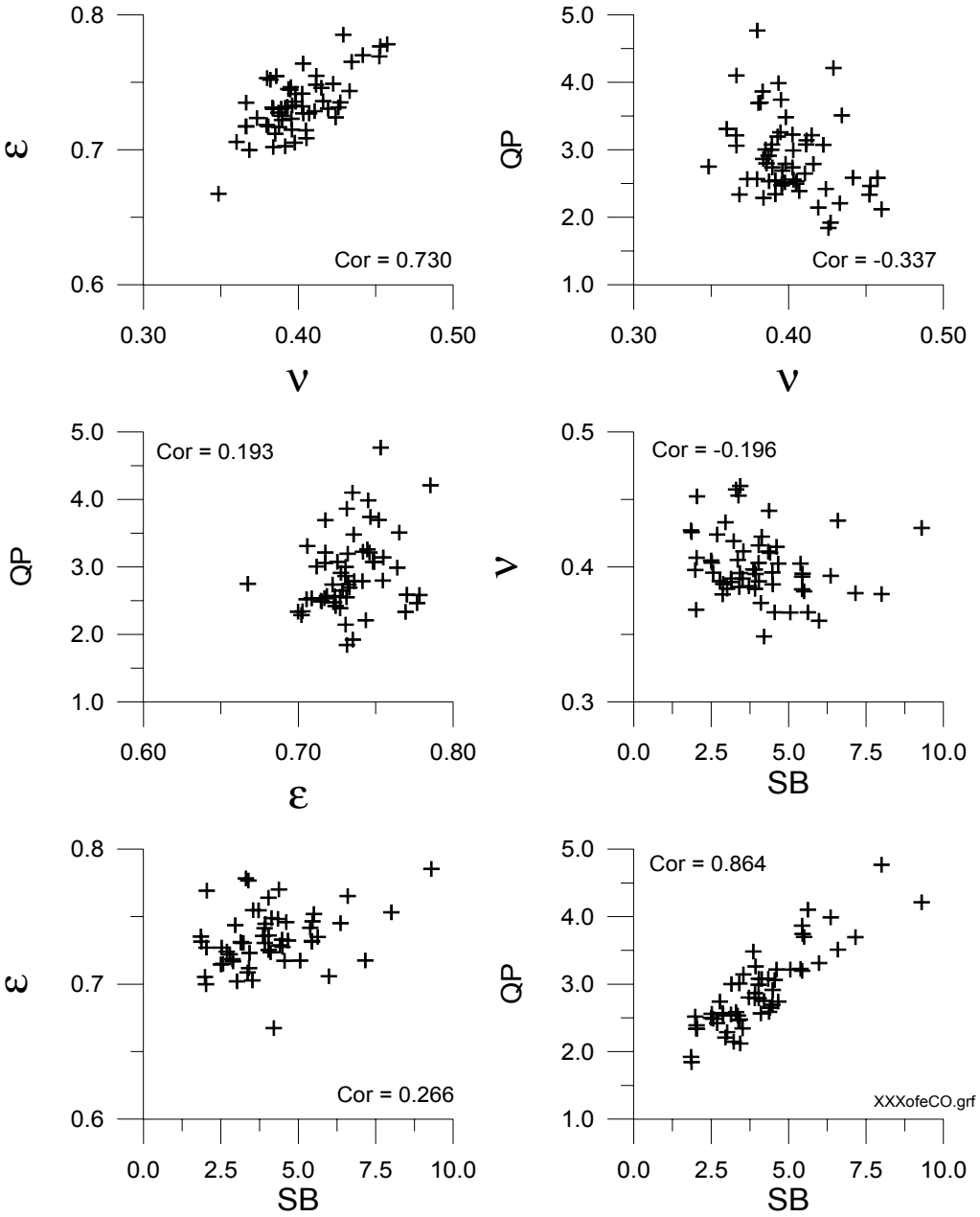


圖 4-26 OFELIA 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

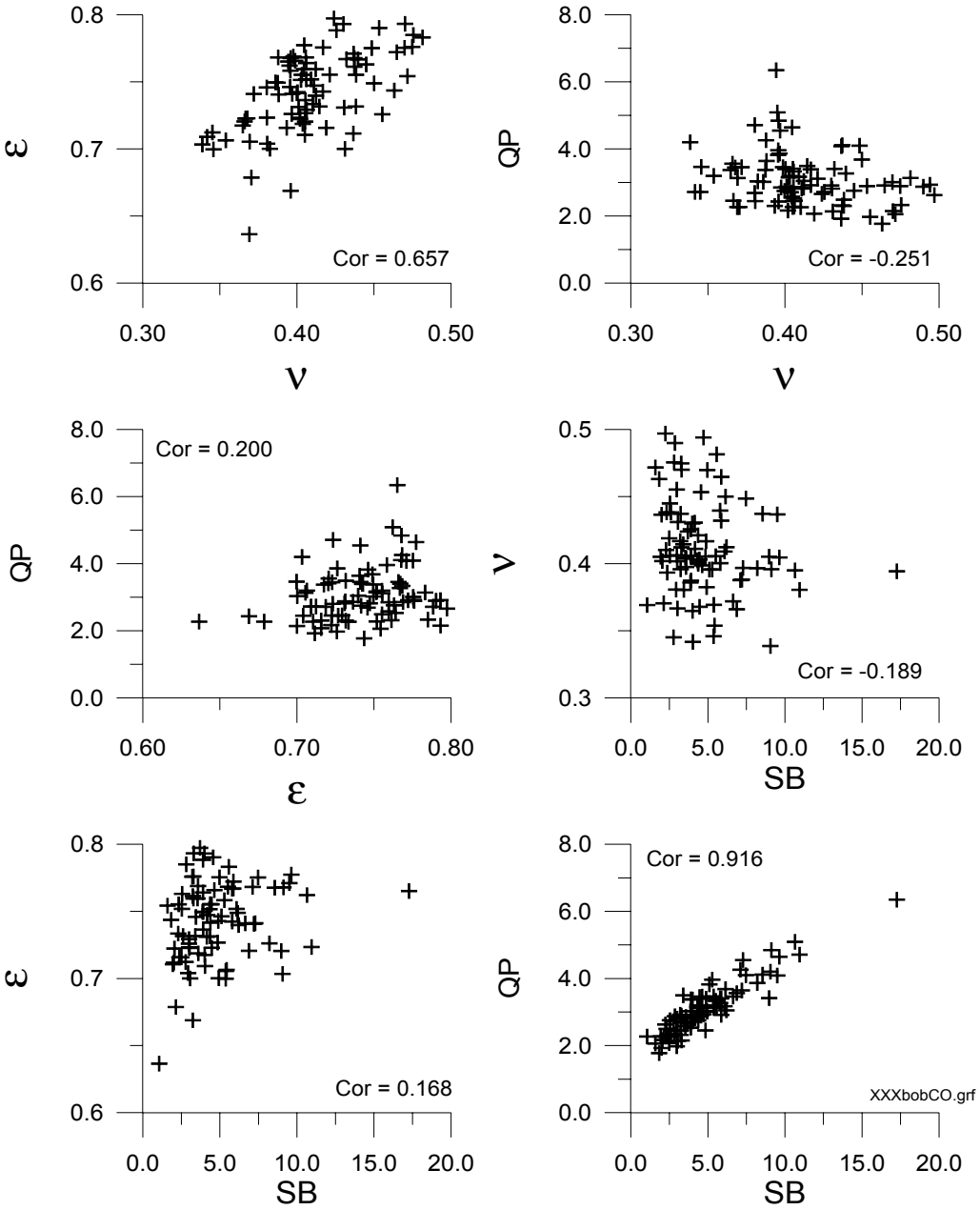


圖 4-27 BOBBIE 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

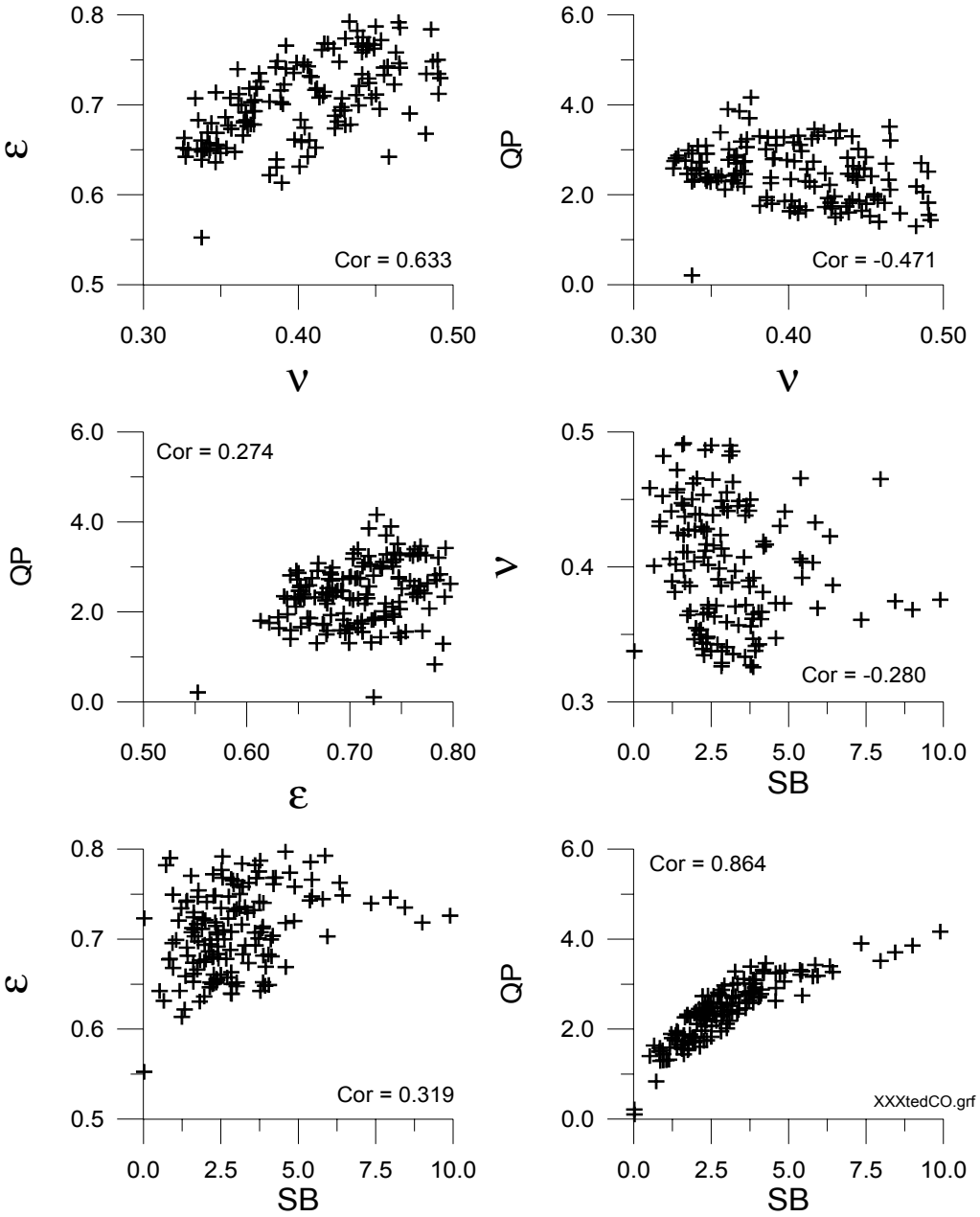


圖 4-28 TED 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

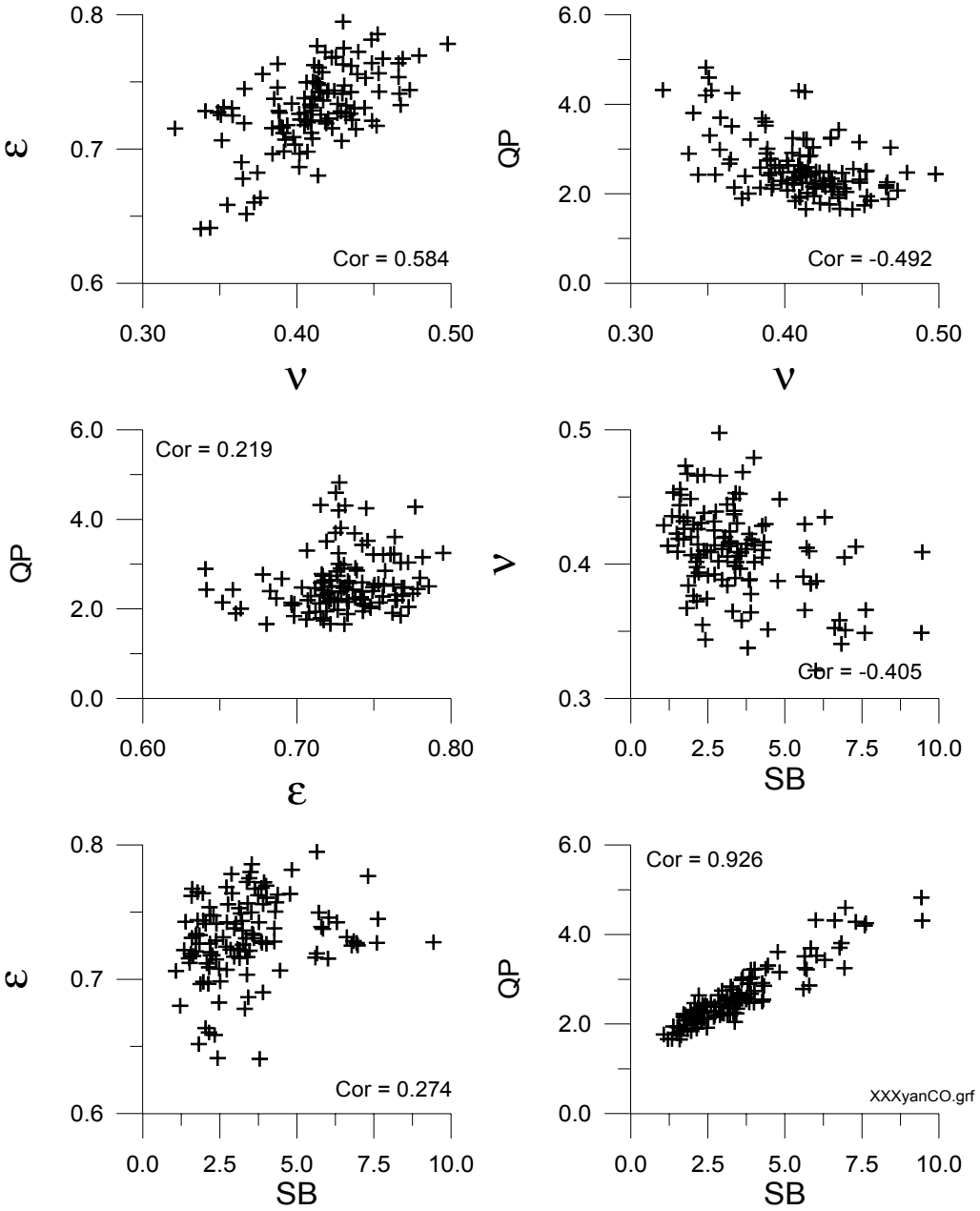


圖 4-29 YANNI 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

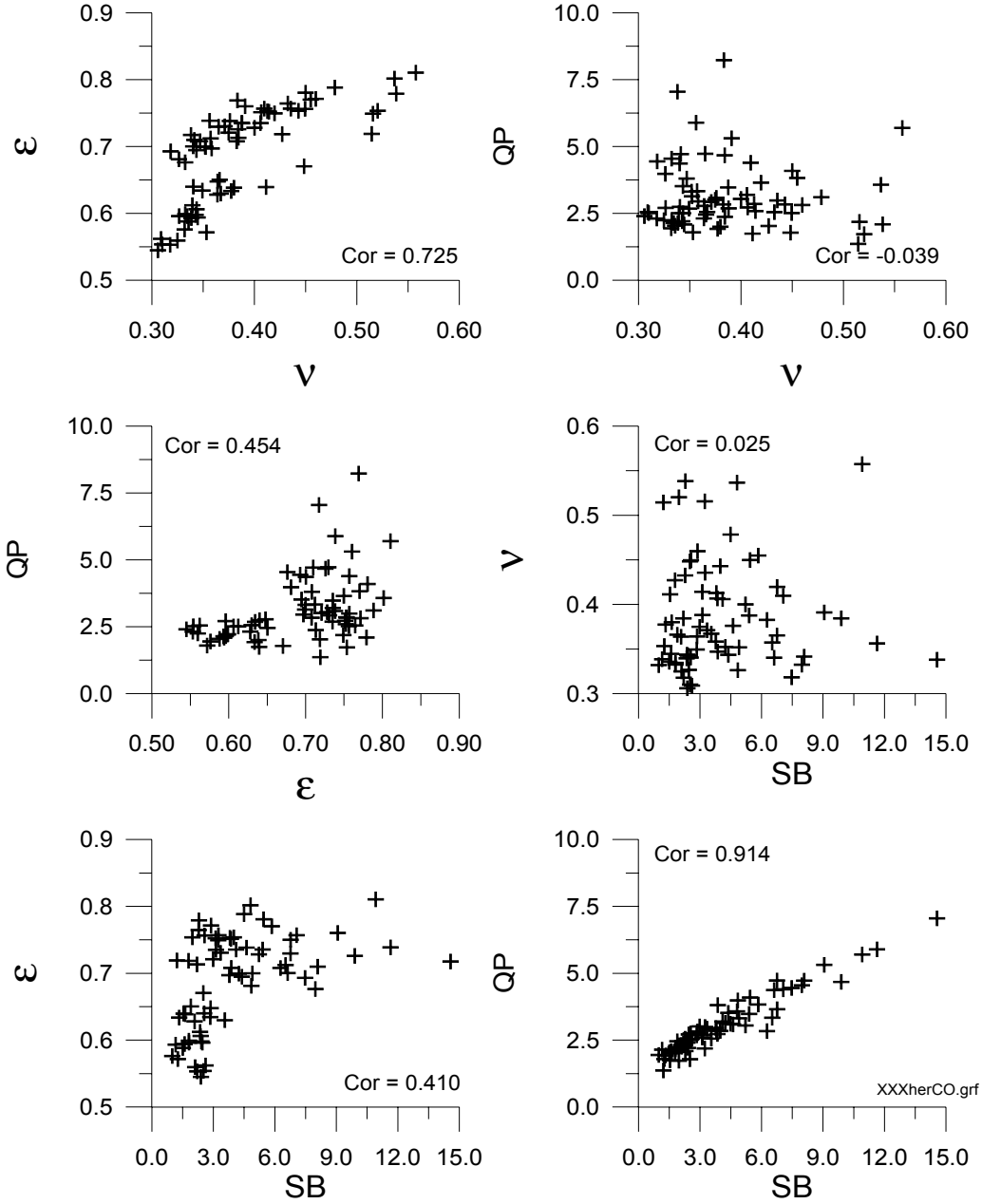


圖 4-30 HERB 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

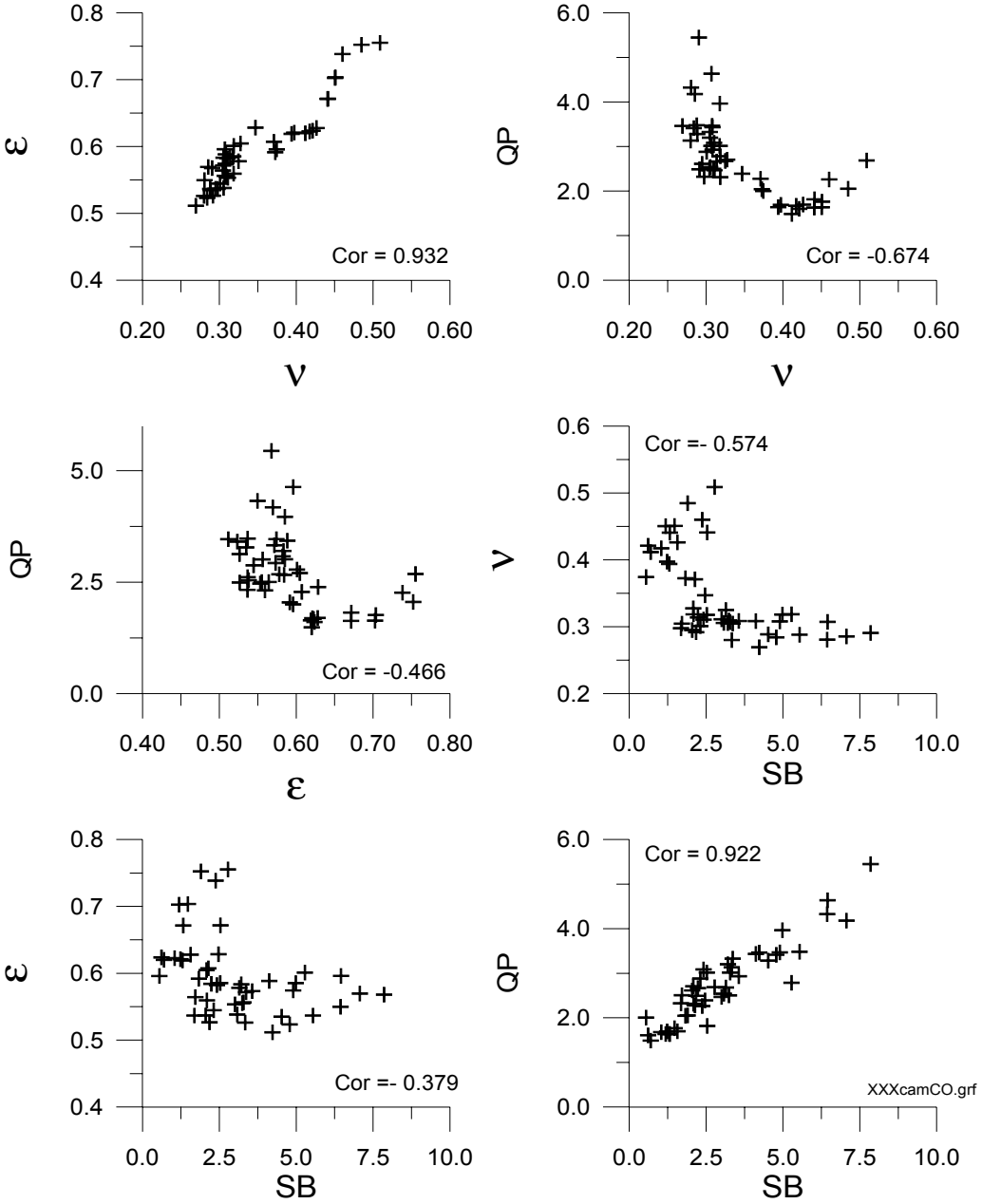


圖 4-31 CAM 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

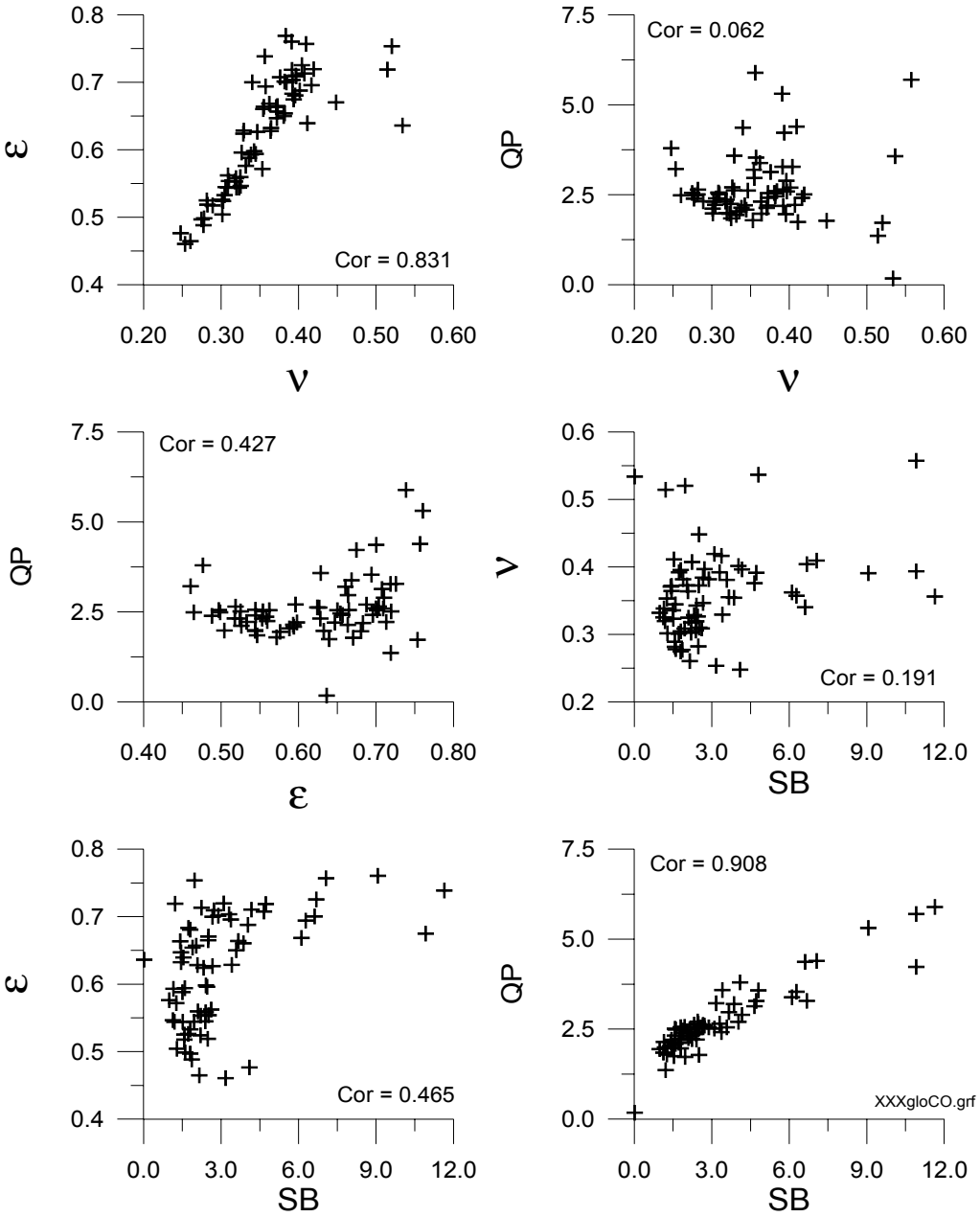


圖 4-32 GLORIA 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

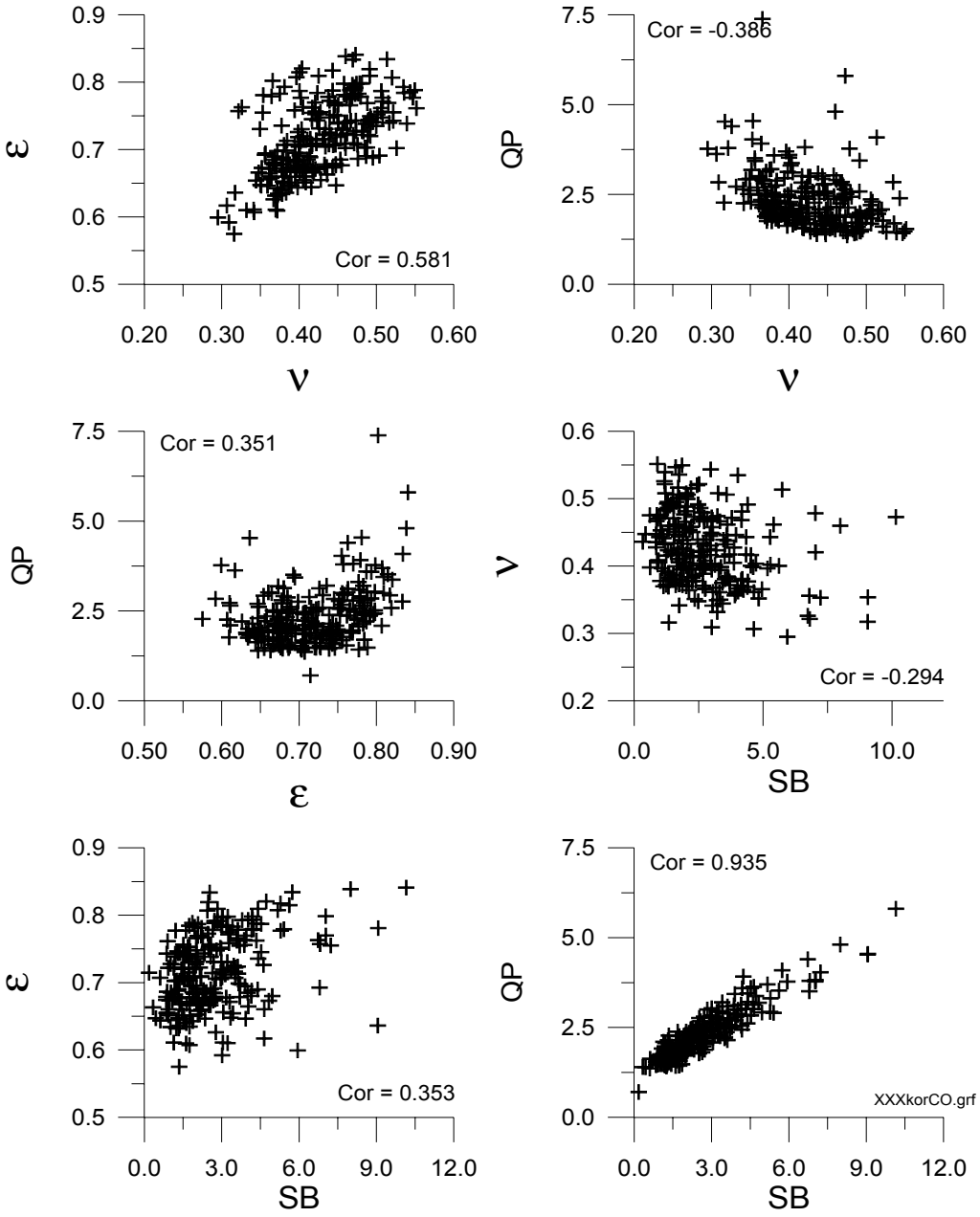


圖 4-33 KORYN 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

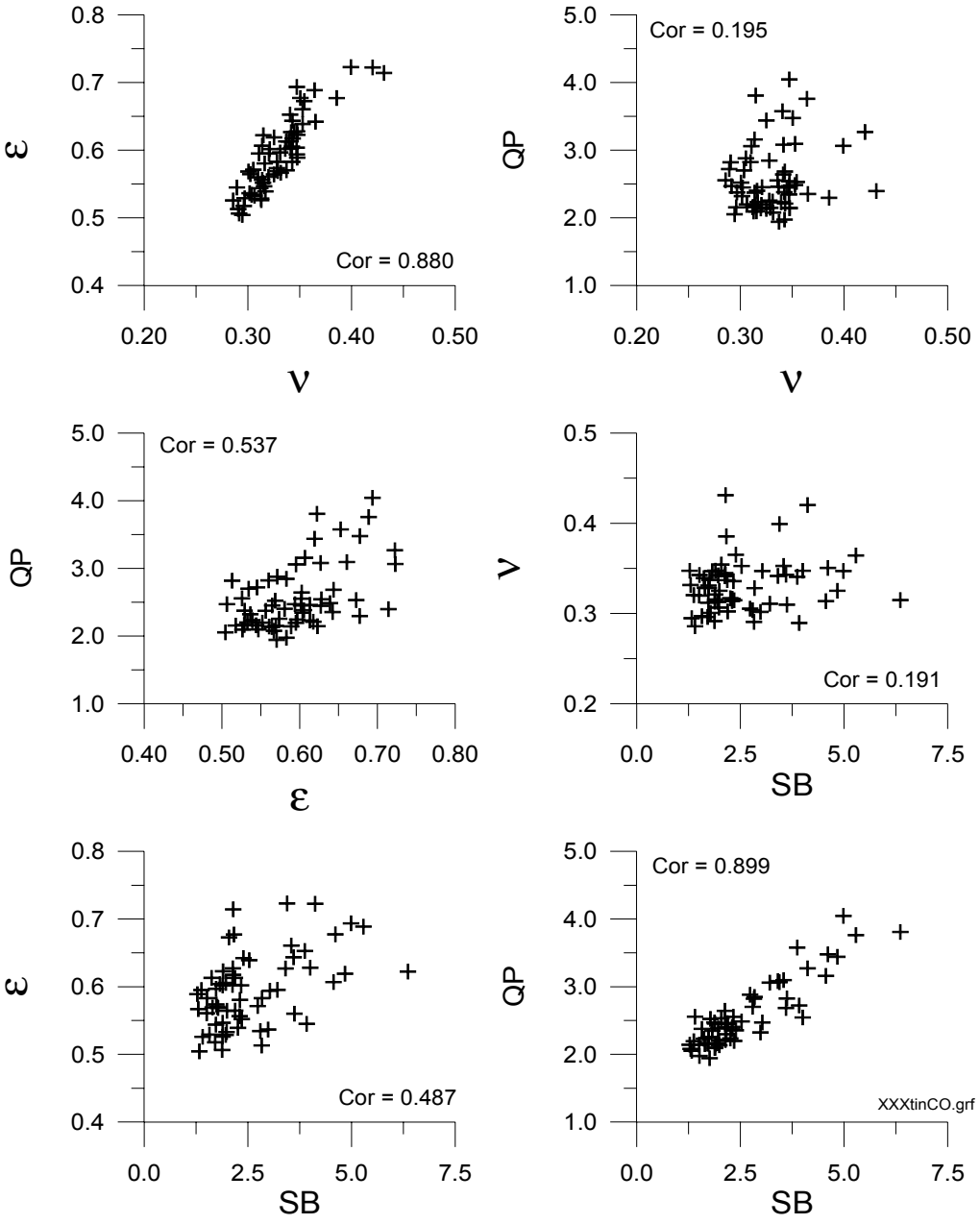


圖 4-34 TINA 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

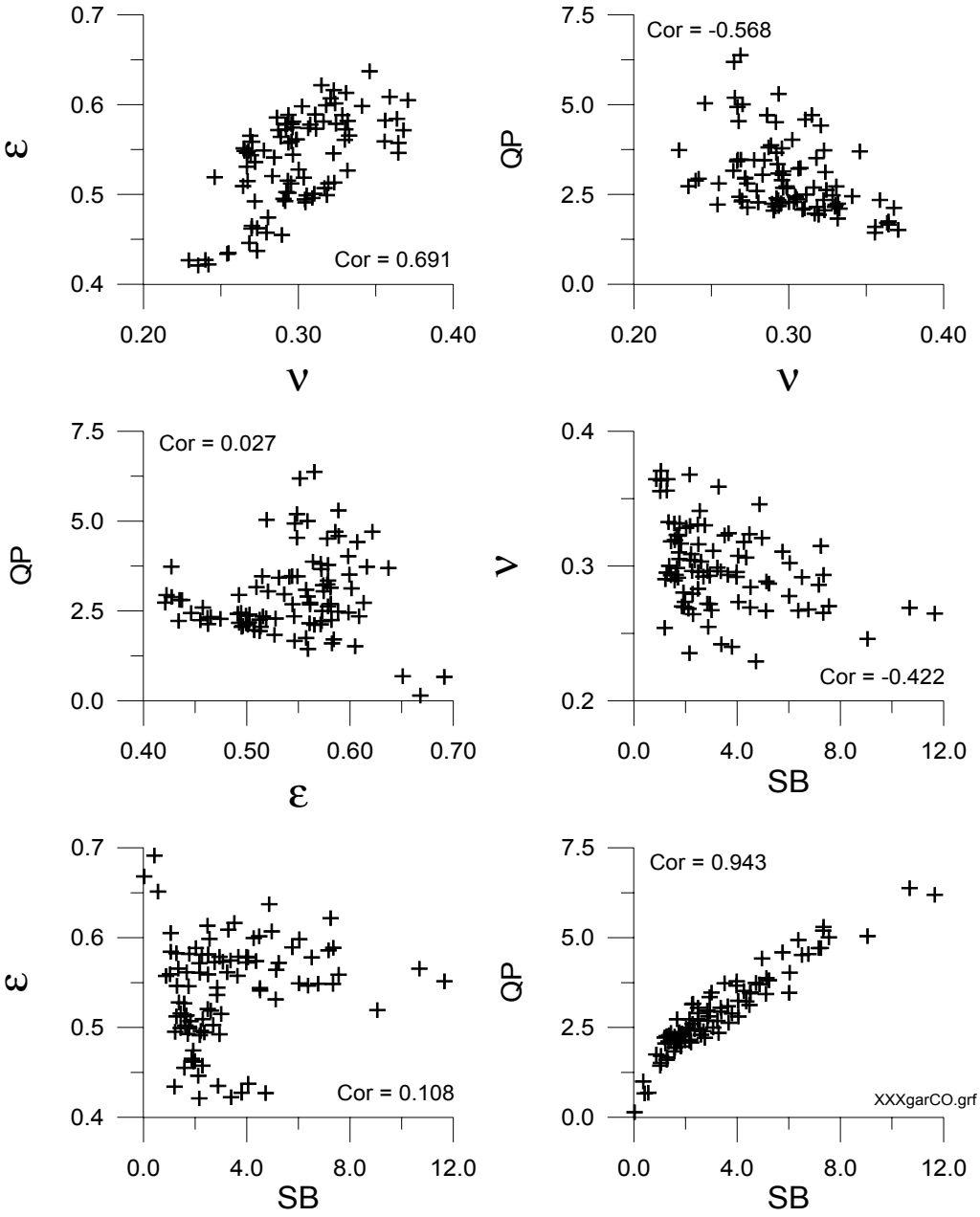


圖 4-35 GARY 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

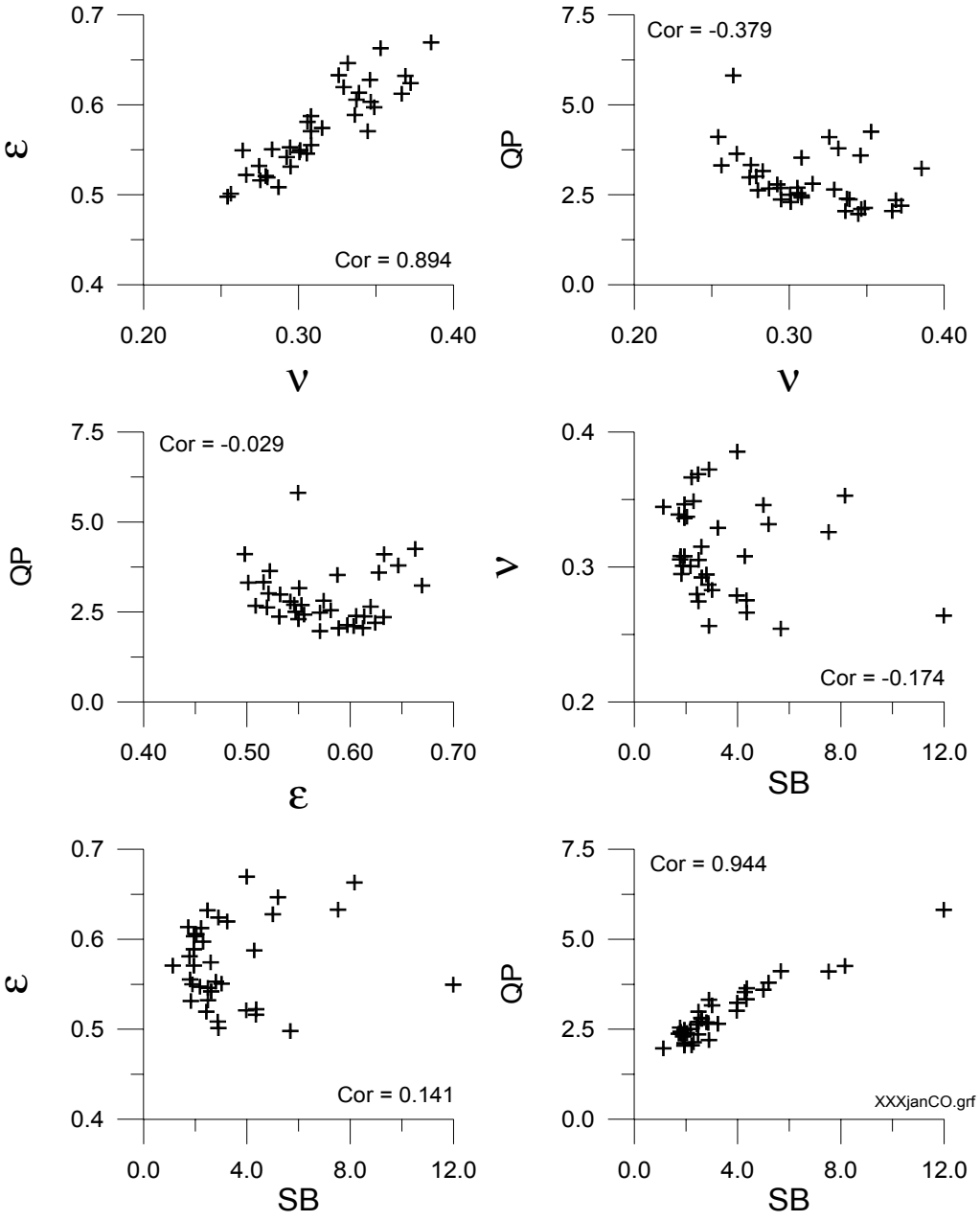


圖 4-36 JANIS 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

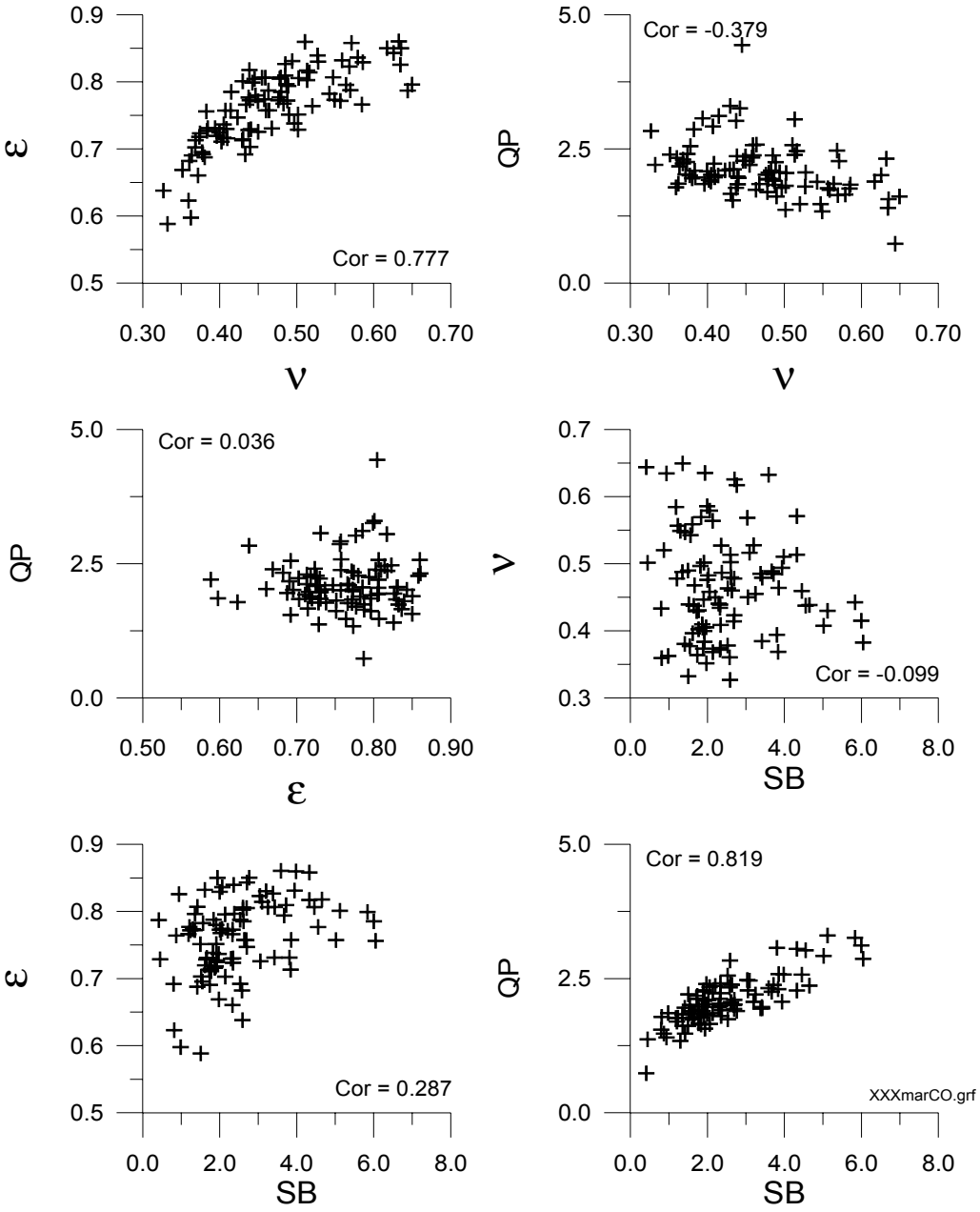


圖 4-37 MARK 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

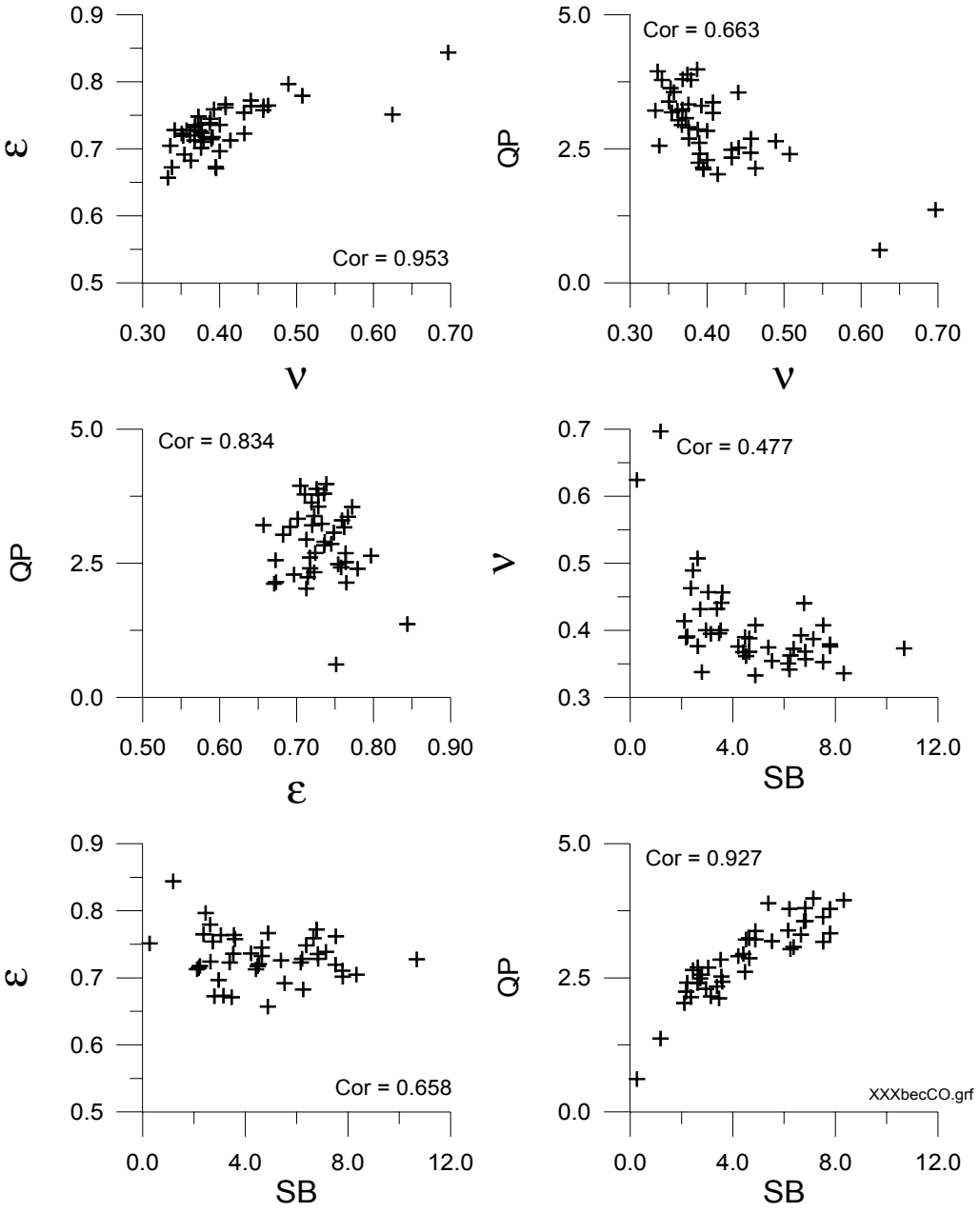


圖 4-38 BECKY 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

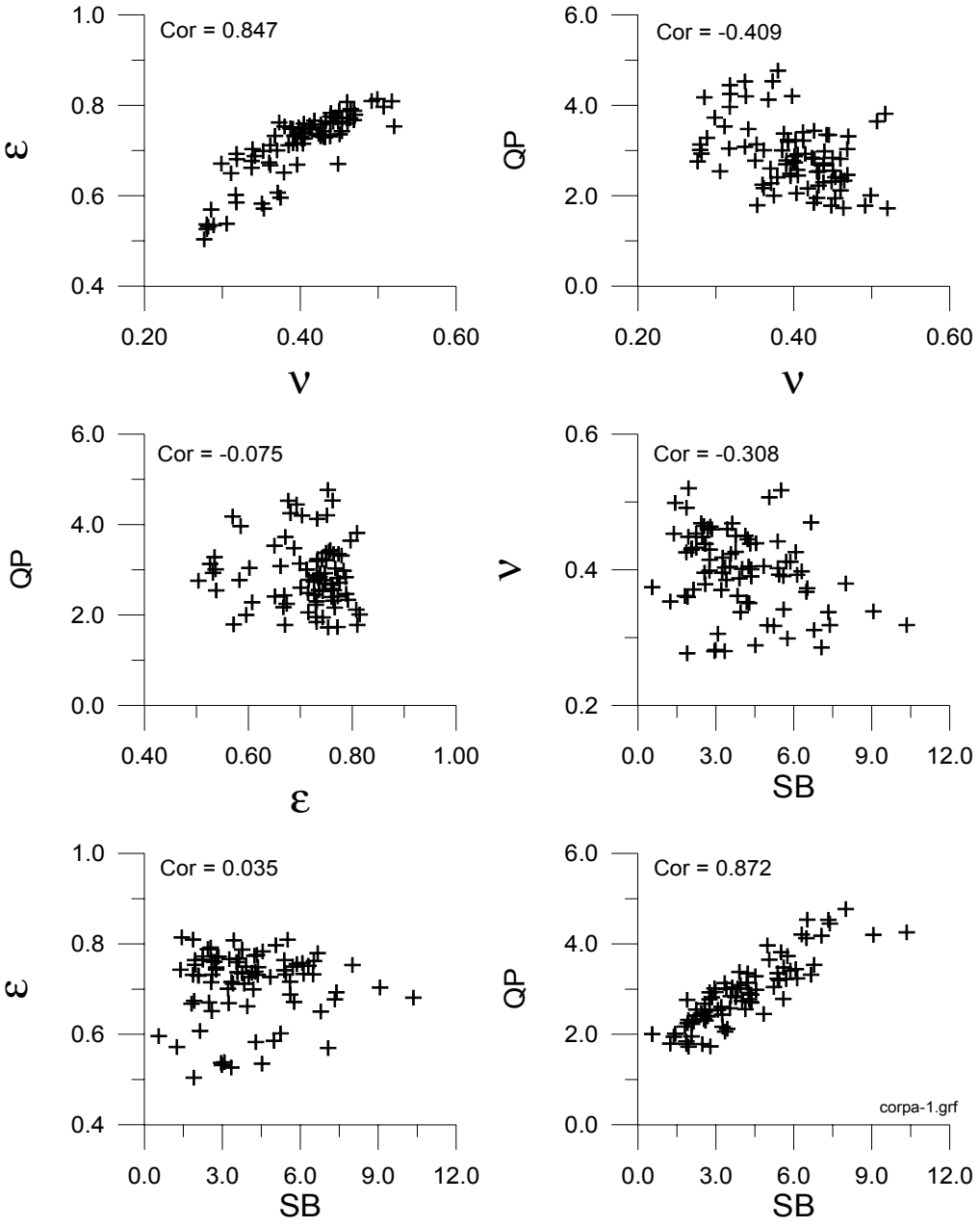


圖 4-39 颱風波浪成長時段波譜形狀參數相關分佈

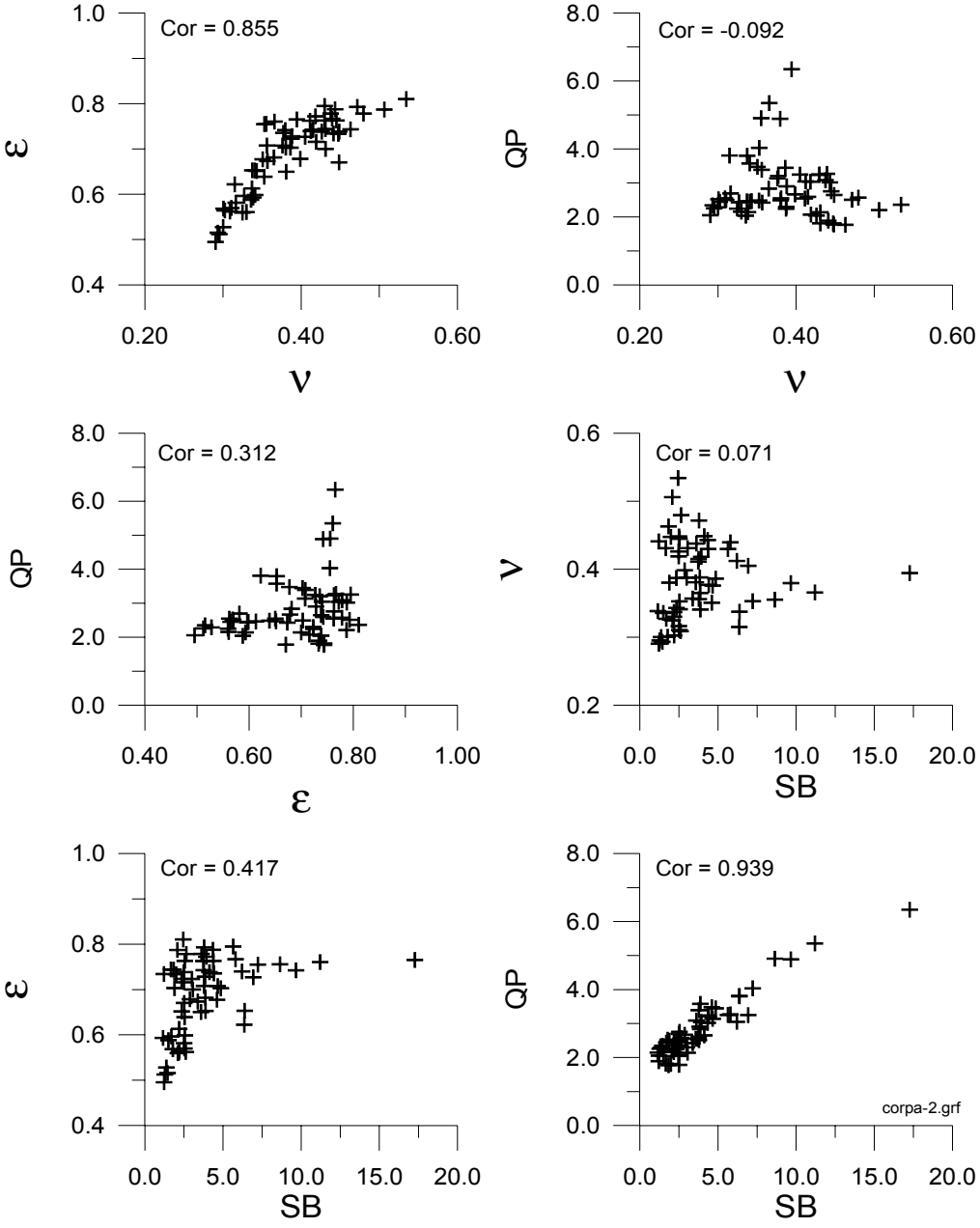


圖 4-40 颱風波浪衰退時段波譜形狀參數相關分佈

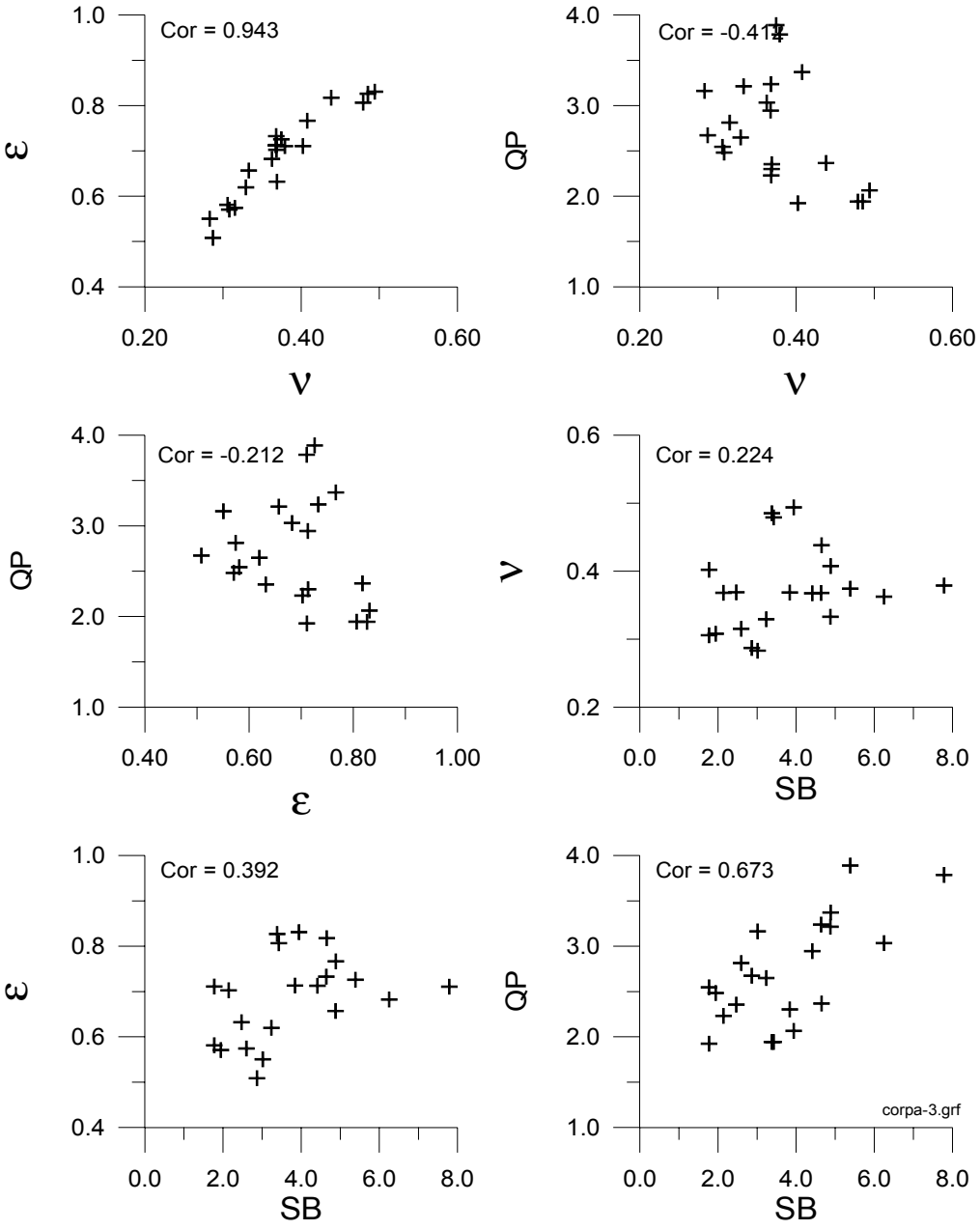


圖 4-41 颱風波浪近穩定時段波譜形狀參數相關分佈

第五章 結論與後續課題

本研究利用依主頻區能量觀點所定義之波譜形狀新參數 SB 實際應用至實測颱風波浪，探討其波譜形狀之演變過程及其他不同波譜形狀參數間之相關性及在理論波譜擬合的適用性。此外，由實測颱風波浪中分別選取波高成長、衰退及近穩定等時段資料，利用頻譜分析探討波浪能量之轉移。同時也比較在不同發展階段，各波譜形狀參數值隨波高（或週期）變化趨勢之對應演變情形。

5.1 結論

颱風波浪之波高、週期逐時變化大致上隨颱風接近與遠離而分別出現增大與減小趨勢。但因颱風動態的不穩定，該趨勢會有些許差異。此外，北緯 18° 至 24° 東經 121° 至 127° 之區域範圍，對花蓮港而言是危險區域，當颱風行經此區域應提高警覺，另外要強調的是最大波高與颱風中心是否由花蓮港附近通過（或登陸）有密切關係。由歷年觀測資料顯示花蓮港颱風波浪之可能最大波高估計約 12m、對應最大周期則約 16sec。

在波高成長時段，主頻率往低頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯逐筆增大，高頻區增大程度則較小，同時波譜形狀變得較尖銳。波高衰退時段，主頻率往高頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯逐筆減小，高頻區減小程度則較小，且波譜形狀變得較平緩。因此，波浪成長及衰退過程其能量分佈的變化是循相同的途徑來回逐步演變，此與以往的學者研究結果一致。此外，以波譜的形狀外觀檢視，則發現高頻區波譜斜率近似固定，此也與以往研究高頻區波譜斜率約 -4.54 的結果一致。

在波浪成長過程正規化波譜形狀由平緩多峰逐漸演變成較尖銳之單峰，反之在波浪衰退過程則由尖銳單峰逐漸演變成平緩多峰的形狀。因此，無論在波浪成長或衰退的時段裡正規化波譜形狀並不一致。

至於波浪近穩定時段裡雖然正規化波譜仍是多峰情況，但若以平滑化方式檢視則形狀相近，可視為接近成熟波浪。

以本研究所提出之波譜形狀新參數 SB 進行正規化波譜之理論波譜（JONSWAP 及 Pierson-Moskowitz）之擬合，可得理想之結果。因此，新參數 SB 可作為理想的波譜形狀參數，在波譜的擬合應用上則可直接作為理論波譜形狀參數 γ 或 m 之替代值。

波譜形狀參數隨波高（或週期）之逐時變化並無明顯的一致性變動趨勢，此顯示在波浪的成長或衰退過程中波譜的形狀並無相關性的變化出現。此外依參數間之變動趨勢而言，窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者相近；而波譜尖峰度 *QP* 則與新形狀參數 *SB* 兩者相近，但前兩者與後兩者之變動趨勢並不相同。

波譜形狀窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者之相關係數值大都大於 0.65，而波譜尖峰度 *QP* 則與新形狀參數 *SB* 兩者之相關繫數值則大都大於 0.86，此顯示窄度參數 ν 及寬度參數 ε 具有正相關性，而波譜尖峰度 *QP* 則與新形狀參數 *SB* 則具有更高的正相關性。至於其他參數間之相關係數值不高，故相關性不明顯。經由波譜參數相關性分析、比較，波譜尖峰度 *QP* 參數由於與新形狀參數 *SB* 具有高度相關，因此，經進一步處理後，可同新形狀參數 *SB* 一樣，作為理論波譜擬合時取代 γ 或 m 之用。

5.2 後續課題

波譜形狀參數隨波高（或週期）之逐時變化，雖然無明顯的一致性變動趨勢。不過在某些波浪資料中（例如 SETH 及 HERB 颱風波浪），波譜形狀參數與周期有較明顯的相關性，此有待進一步探討。

窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者之間存在某一程度之相關，其原因初步推論可能與兩者都是波譜動差的無因次定義有關。而波譜尖峰度 *QP* 與新形狀參數 *SB* 兩者，雖然定義並不相同，但卻有更高的相關

性存在。其可能原因為波譜尖峰度 *QP* 的計算式可拆解成某一頻率區間之波譜能量 *S*（*f*）*df* 與該區間代表能量密度值 *S*（*f*）及與頻率軸轉矩 *f* 之乘積，其中能量密度值 *S*（*f*）可視為該頻率區間波譜能量之權重。因此，波譜尖峰度 *QP* 參數可視為以波譜能量分佈為考量之波譜形狀參數，此與本研究所提出之新形狀參數 *SB* 兩者在觀點上是相同。但兩者計算方法不同，波譜尖峰度 *QP* 參數是波譜能量矩，而新形狀參數 *SB* 是波譜能量分佈形狀之直接衡量。以上僅是初步的研判，後續應可再進一步探討。

對於颱風波浪而言其主要影響條件包括颱風強度、颱風路徑、颱風移動速度等，但無論在波浪成長或衰退過程中這些條件並非保持固定不變。因此，波譜形狀的演變相當複雜，後續可將這些條件先進行分類後再作細部分析與比較。

本文所提新 SB 參數基本上是由與波譜尖銳程度有關之無因次參數 S 及波譜寬度程度有關之無因次參數 B 合併而成，如 $SB=a*(S*B)^b$ 所示，其中 a、b 為待定係數。後續將考慮不合併而以 $SB=a*S^{b1}*B^{b2}$ 表示，其中 a、b1、b2 為待定係數，可由二自變數之最小平方法求得。

參考文獻

簡仲璟、曾相茂 (2007)「颱風波浪頻譜形狀參數之研究」，第二十九屆海洋工程研討會論文集，第547-552頁。

簡仲璟 (2007)「颱風波浪頻譜形狀參數之研究」，交通部運輸研究所，出版品編號：96-48-7264，GPN：1009600964。

簡仲璟、張金機 (2003)「台灣地區國際港港灣水理數值模式應用研究(2/4)-颱風波浪之群波特性」，交通部運輸研究所，出版品編號：92-85-764，GPN：1009202116。

簡仲璟、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，第55-62頁。

Goda, Y. (1970) “Numerical experiments on wave statistics with spectral simulation”, Port and Harbor Research Institute, Vol. 9, No. 3, pp. 3-57.

Longuet-Higgins, M. S., (1956) ” The refraction of sea waves in shallow water”, J. Fluid Mech., Vol. 1, pp. 163-176.

附錄 1　期末審查會議紀錄

交通部運輸研究所港研中心

第三科 96 年度自辦研究計畫期末審查會議

壹、 會議時間：民國 97 年 2 月 4 日（星期一）下午 2 時 30 分

貳、 會議地點：本所港研中心辦公大樓 3 樓研究室

參、 主持人：港研中心　簡科長仲璟

肆、 出席單位及人員：

審查委員：	
臺灣大學　王教授　冑	王冑
臺灣大學　林教授　銘崇	林銘崇
臺灣大學　邱教授　逢琛	邱逢琛
臺灣大學　梁教授　乃匡	梁乃匡
中興大學　蔡教授　清標	蔡清標
本所港研中心	
	簡仲璟
	陳明亲
	蔡育新
	李俊穎
	單誠壽

伍、主席致詞：略。

陸、計畫主持人簡報：略。

柒、各單位綜合評論：

參與審查人員 及其所提之意見	處理情形
一、王胄委員	
1. 針對花蓮港港池盪漾問題，提出一些解決方案，另外也對建置港灣環境資訊網，相關成果有實際應用價值。	將持續利用數值模擬計算，探討花蓮港之港池共振改善方案。同時考量港埠發展方向、經濟效益及社會影響等層面評估其可行性。
2. 港灣環境資訊網如能與電子海圖與GPS相結合時對航安將有甚大貢獻。	目前資訊網已和台中港AIS系統做連結，提供進出港船舶及即時海氣象觀測資料。未來將推廣至其他港口，同時評估與電子海圖系統之整合。
3. p1-26、p5-1 有「貴中心」文字似乎不妥。	已修正。
4. p3-14 如何得出 Hilbert spectrum？內容未說明。	Hilbert spectrum之計算理論與過程將於下一年度報告於附錄中做詳盡說明。
5. p5-17 反「涉」…反射，p3-28 發「怖」….發佈。	已修正。
6. SB 定義欠說明。	已補充說明。如第 3 子計畫之第 2-4 頁。
二、林銘崇委員	
1. 花蓮港港池共振改善方案研擬具體，理論結果合理。	
2. 港灣環境資訊網規劃架構完整並能與數值模擬系統整合，未來研究方向正確。	
3. 波譜形狀參數分析之研究具創意，研究成果具實用參考。	
4. 針對花蓮港共振改善提到之增加消波能力可進一步構思具體方式。	將持續辦理。例如圓柱浮體之消波探討與評估。
三、邱逢琛委員	
1. 三個子計畫各自皆有具體成果，惟子計畫間之關聯性不甚明確，宜加強。	遵照辦理。
2. 子計畫三有創見，但參考文獻部分尤其較近年之研究文獻宜多補充。	後續蒐集與補充相關文獻資料。
3. 計畫之整合性或關聯性宜加強。	遵照辦理。
四、梁乃匡委員	
1. 以進行深入探討花蓮港共振問題，港灣環境	

資訊網站維護及颱風波浪頻譜形狀參數研究已有豐富成果。 2. 蒐集花蓮港港池共振船舶斷纜現象，以了解共振的週期及造成斷纜的原因為 surge 或 heave。可考慮在重複波的節點位置安裝半封閉圓柱管形成類似人工海中森林，以消殺波能。	蒐集 1997 年颱風期間花蓮港第 23 與 24 碼頭繫纜船舶運動現場錄影資料，進行判別與比較。
五、蔡清標委員 1. 本計畫有 3 個子計畫，包括花蓮港港池共振機制及改善模擬，實測資料之環境資訊系統的建置，及颱風波浪依頻譜參數之研究，包括數值模擬，現場觀測資料分析及相關現場研究，具有執行績效。 2. 港池共振成因，未來能值得繼續研究，尤其改善措施方面，未來除數值模擬外，建議可以水工模型試驗，以確立其可行性。 3. 本研究係以 mild-slop eqation 模擬港池分佈，及共振改善，但引用之方程式型態是否適用，建議可先與檢討改進。 4. 子計畫一，數值模式係以橢圓形緩坡方程式為控制方程式，是否適合花蓮港港域之底床地形建議應檢討，另改善方案中，反射率係以假設值輸入，可能有改進之空間，建議未來繼續研究。 5. 港池共振改善方案方面，未來除數值模擬外，建議進行水工模型試驗。改善措施或可朝向長週期波放入港後，能量之 Trapping 與 leaking 觀點再行研擬之。 6. 參考文獻應與內文一致。 7. 子計畫三建立之 SB 新的形狀參數以適用於颱風波浪波譜，成果值得肯定。	後續將另案根據數值模擬初步結果辦理水工模型試驗。 遵照辦理。 反射率的設定對數值模擬結果有很大影響，目前對於長周期波之反射率尚無可靠之文獻資料供參考，後續將針對此部分嘗試深入探討。 遵照辦理。 檢核後進行修正。

捌、散會。

附錄 2　期末審查簡報

港灣環境資訊系統與
數值模式應用研究(3/4)

計畫編號：**MOTC-IOT-96-H3DA001**

九十六年度科技計畫期末審查
梧棲，台中　**2008/02/04**

01

研究期程：
　全程：**94/01~97/12**　　年度：**96/01~96/12**

研究經費：**5,160**仟元**(96**年度預算**)**

研究人力：簡仲璟、陳明宗、劉清松、李俊穎

研究子計畫：
1.花蓮港港池共振機制研究**(3/4) -**合辦
2.港灣環境資訊網規劃與建置維護**(2/3) -**合辦
3.颱風波浪頻譜形狀參數之研究（**3/4**）**-**自辦

02

花蓮港港池共振機制研究(3/4)

計畫主持人：簡仲璟、林炤圭
參與人員：李俊穎

一、研究背景與目的
二、工作項目與成果
波壓與波高轉換函數研究
花蓮港長周期波現場觀測及分析
不規則波之港灣波動數值模擬
港池共振改善方案可行性評估
三、未來研究方向

03

一、研究背景與目的

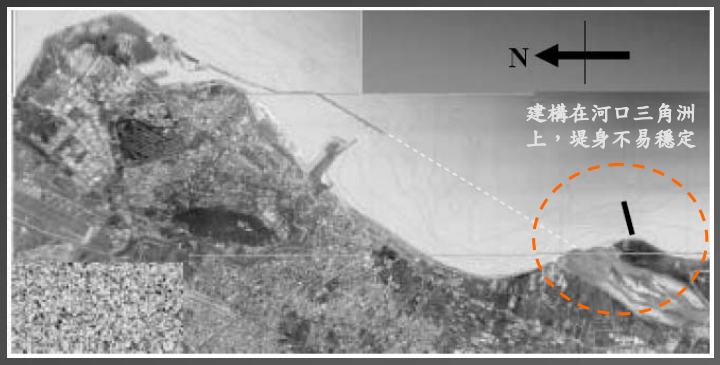
- 颱風侵襲期間花蓮港港池經常發生不穩靜的情況，造成繫泊船隻斷纜，影響港埠營運。
- 針對花蓮港港池共振問題，國內學者已多次研究探討。但迄今仍未有具體共識，該問題也尚未獲得解決。
- 利用相關的現場觀測、數值模擬及水工模型試驗，探討花蓮港的港灣共振機制。

04

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

佈置構想一



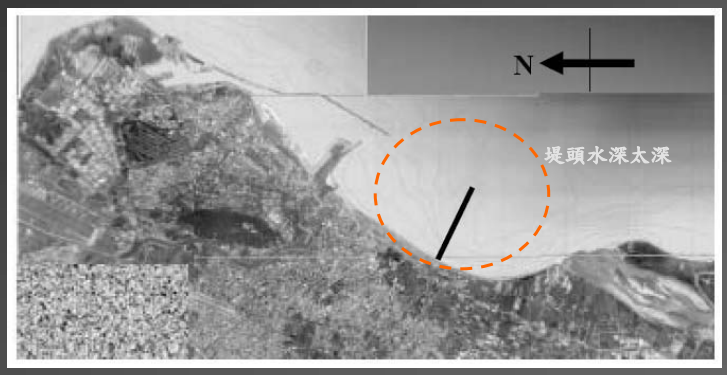
如果長週期振盪的來源是緣岸波？
⇓ 減少波浪入侵的能量

05

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

佈置構想二



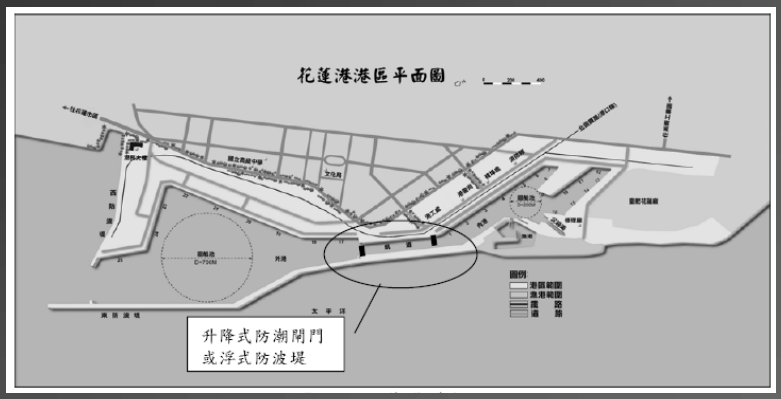
如果長週期振盪的來源是緣岸波？
⇓ 減少波浪入侵的能量

06

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

佈置構想三



颱風來襲時，阻絕入侵內港的波浪
並改變港內共振頻率

07

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

佈置構想四

颱風來襲時，阻絕入侵內港的波浪
並改變港內共振頻率

08

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

模擬評估佈置方案

佈置方案一：原始方案，港內反射率為1.0，港外海岸為0.5

佈置方案二：同佈置方案一，但束縮航道的兩側反射率設為0.5

佈置方案三：佈置構想三，自束縮航道入口處阻斷，模擬防潮閘門

佈置方案四：佈置構想四，在束縮航道兩側增設短突堤

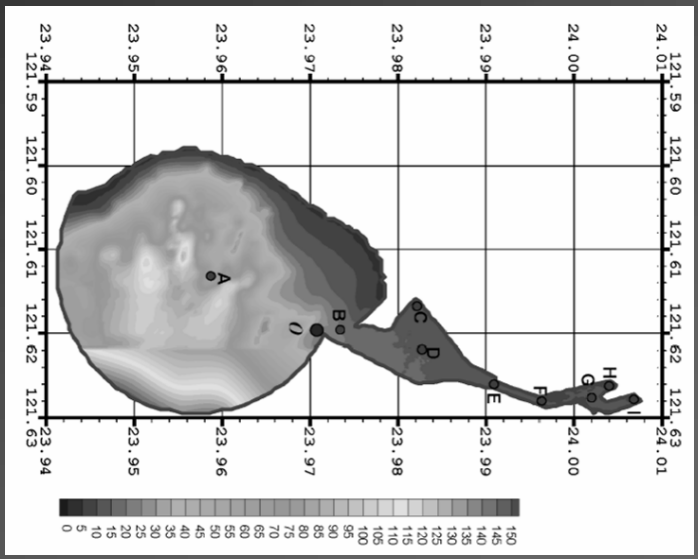
佈置方案五：同佈置方案一，但假設#7及#12碼頭處為沙灘反射率設為0.0

09

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

波高增幅係數 K_D 曲線圖檢視點位



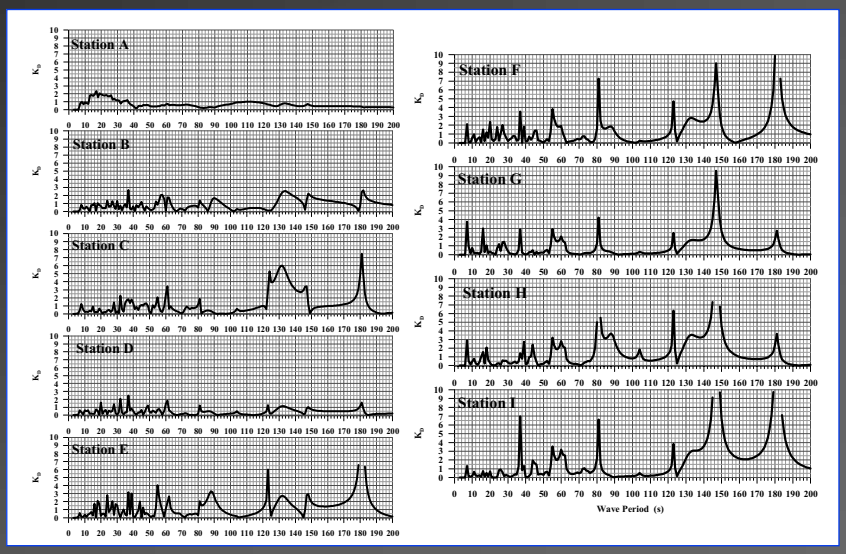
10

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

佈置方案一：原始方案，港內反射率為1.0，港外海岸為0.5

波高增幅係數 K_D 曲線圖



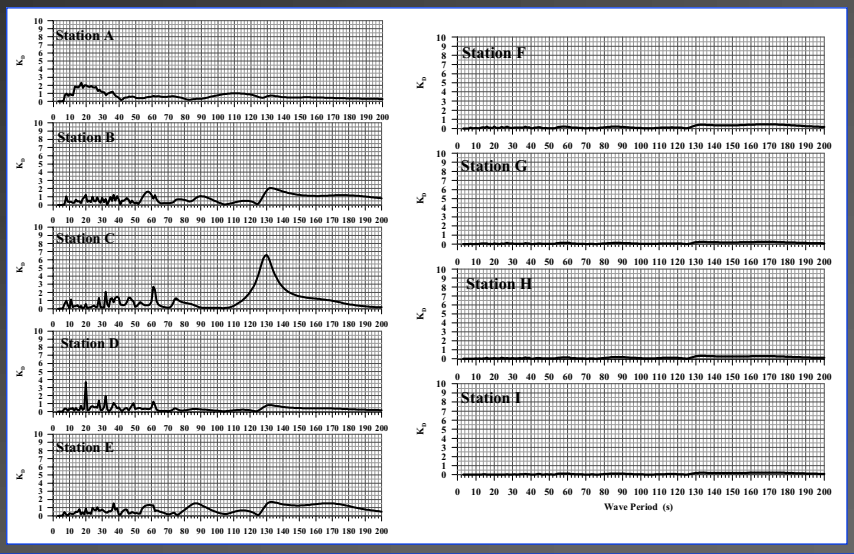
11

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

佈置方案二：同佈置方案一，但束縮航道的兩側反射率設為0.5

波高增幅係數 K_D 曲線圖



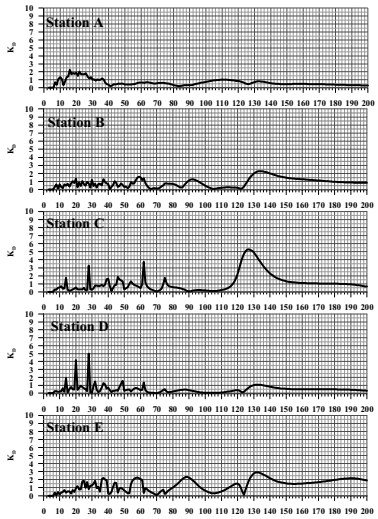
12

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

佈置方案三：佈置構想三，自東縮航道入口處阻斷，模擬防潮閘門

波高增幅係數 K_D 曲線圖



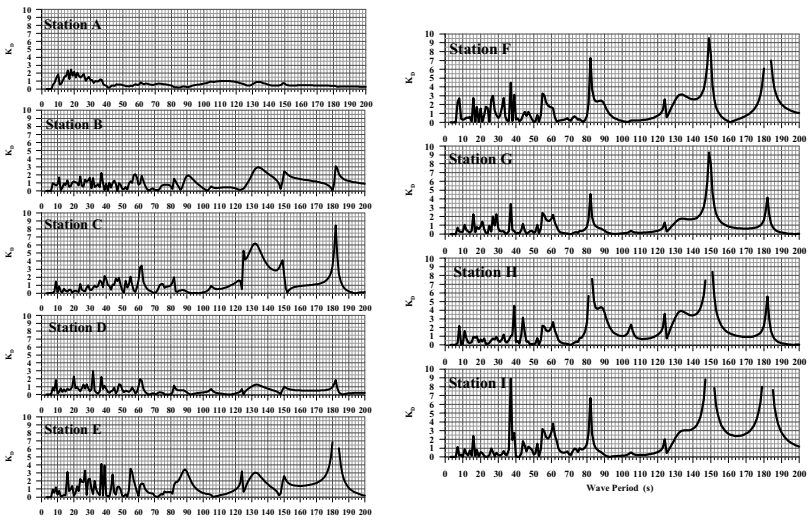
13

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

佈置方案四：佈置構想四，在東縮航道兩側增設短突堤

波高增幅係數 K_D 曲線圖



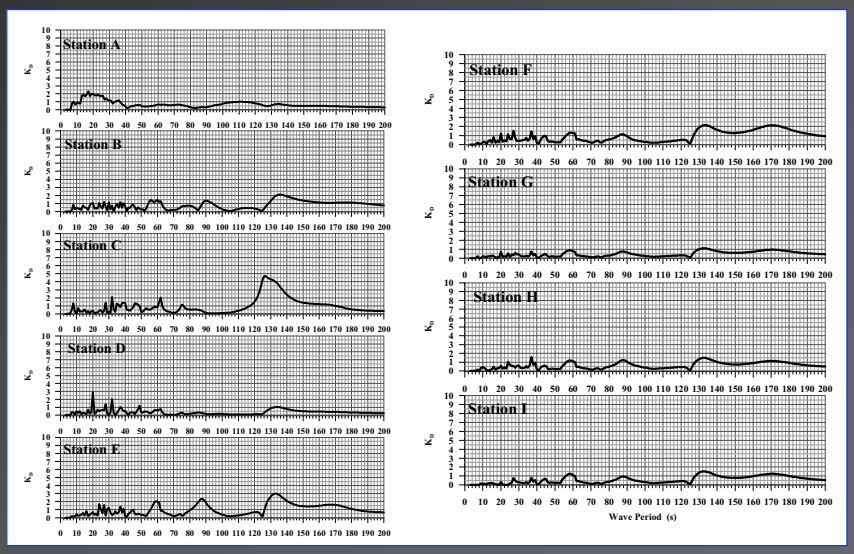
14

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

佈置方案五：同佈置方案一，但假設#7及#12碼頭處為沙灘，反射率設為0

波高增幅係數 K_D 曲線圖



15

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

波高增幅係數曲線對照檢視碼頭位置

16

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

波高增幅係數 K_D 曲線圖

佈置方案一

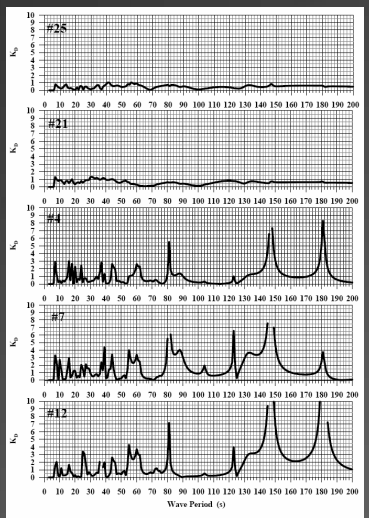


圖 X.2　五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案一)

佈置方案二

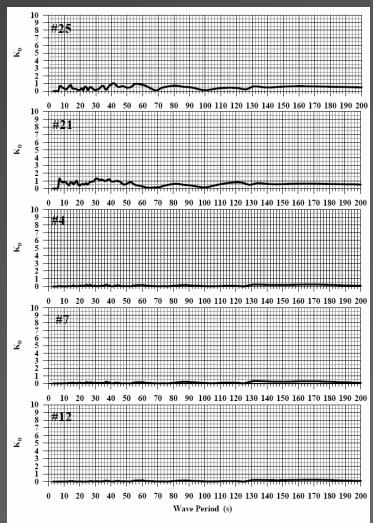


圖 X.3　五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案二)

17

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

波高增幅係數 K_D 曲線圖

佈置方案一

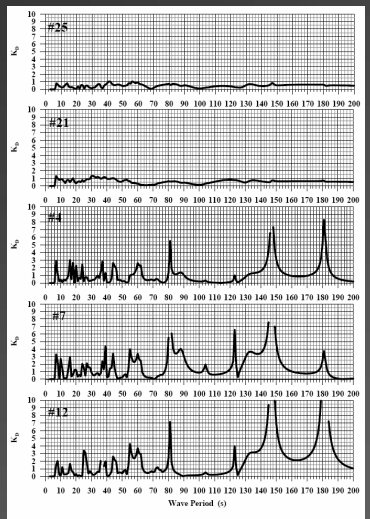


圖 X.2　五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案一)

佈置方案三

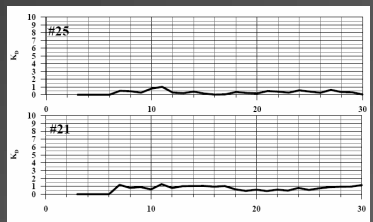


圖 X.4　兩個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案三)

18

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

波高增幅係數 K_D 曲線圖

佈置方案一

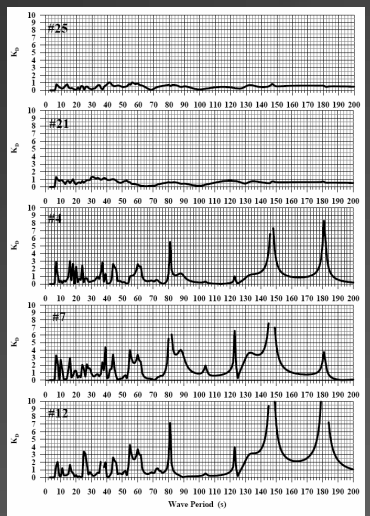


圖 X.2　五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案一)

佈置方案四

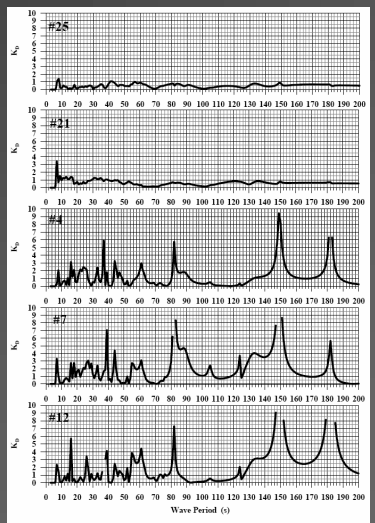


圖 X.5　五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案四)

19

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

波高增幅係數 K_D 曲線圖

佈置方案一

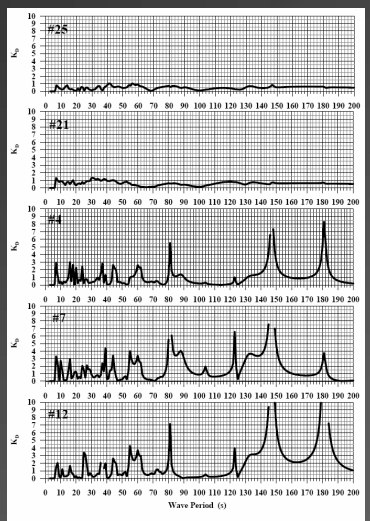


圖 X.2　五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案一)

佈置方案五

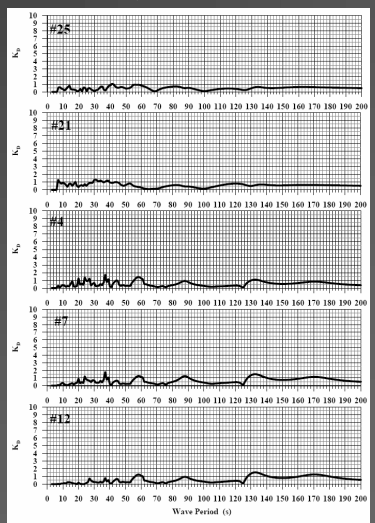


圖 X.6　五個碼頭附近之波高增幅係數曲線(配置方案五)

20

二、工作項目與成果

港池共振改善方案可行性評估

從現場的觀測以及數值模擬都發現花蓮港目前的港型佈置很容易羈留長週期的波動能量，因而導致長週期的振盪。

利用數值模擬探討可能的改善方案中，發現增加束縮航道兩側岸壁的消波能力，削減進入內港水域的波浪能量；或是以臨時性防潮閘門阻絕波浪能量進入內港；或是將內港岸壁改為沙灘以削減進入港內的波能，都有助於改善花蓮港內的振盪問題。

惟如何提升岸壁的消波能力、或者是如何建構臨時性防潮閘門，以及其波動削減情形，則有必要進行相關的水工模型試驗來加以驗證。

21

三、未來研究方向

- 延續前三年工作內容繼續針對長周期波動，進行花蓮港現場波浪觀測的資料分析與波浪特性統計。
- 以規則波、單方向及多方向不規則波的港灣波動數值模式，對各改善方案之港池靜穩度進行數值模擬與評估。並探討在港池共振作用下之港池穩靜度評估方法。
- 港池共振之其他改善方案研擬及分析。

22

三、未來研究方向

2004/11

1944/12

23

港灣環境資訊網規劃與建置維護(2/3)

計畫主持人：簡仲璟、林廷燦
參與人員：陳明宗、劉清松

一、研究背景與目的
二、工作項目與成果
- 系統架構說明
- 海氣象現場觀測資料收集作業
- 數值模擬計算資料收集作業
- 國際港口即時影像擴充建置

三、未來工作方向

24

一、研究背景與目的

- 將具有全面性、即時性與預測性之港區環境資訊，提供給港灣管理單位、船長、引水人等，使其對港區之自然環境狀況能有較確實完整的掌握。除提升日常作業安全外，對緊急狀況處理，也可迅速擬定適當之應變措施。
- 為整合各港口海氣地象觀測與其他計畫所建置之相關資料，建立穩定的資訊傳輸系統、方便的資訊展示與查詢系統及完整的資料庫。因此，推動「港灣環境資訊系統建置」計畫。
- 本系統提供各港口風力、波浪、潮汐及海流之現場觀測與數值預報、地震及監視影像等動態資訊項目，同時也提供各港口港灣地理資訊、歷史資料之統計及防救災體系等靜態資訊項目。

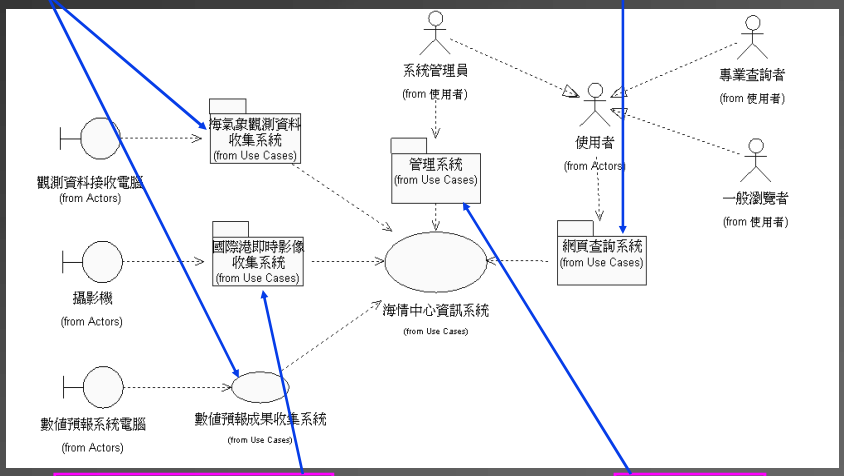
25

二、工作項目與成果

系統架構(以功能區分)

海氣地象資料收集系統

查詢系統



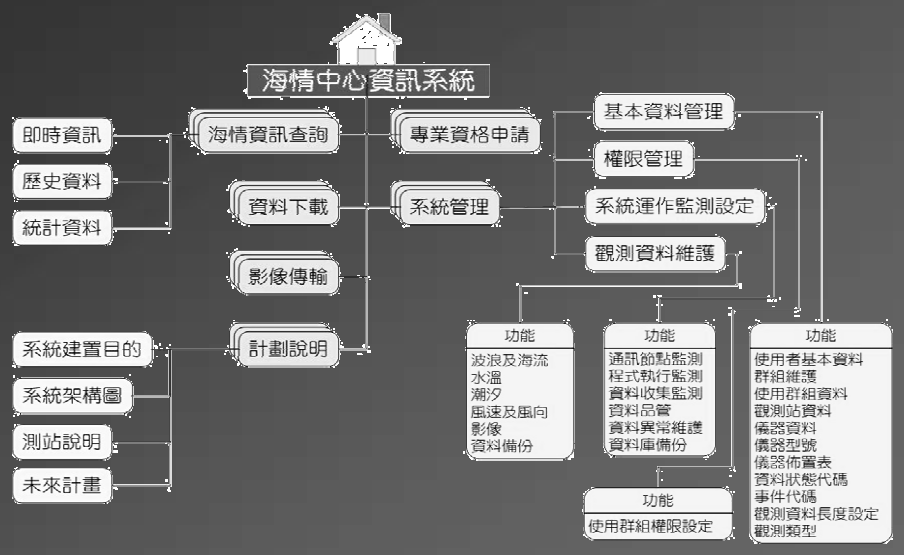
即時影像收集系統

管理系統

26

二、工作項目與成果

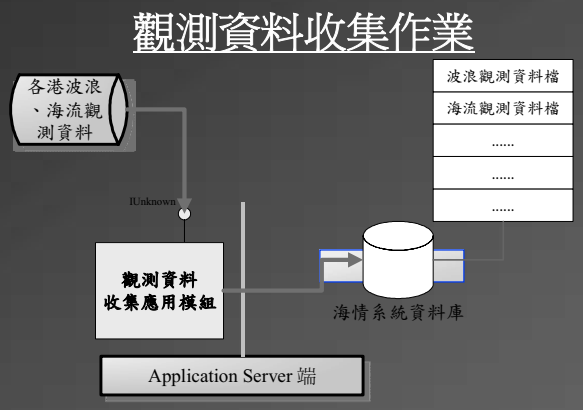
系統架構



27

二、工作項目與成果

海氣象現場觀測資料收集作業



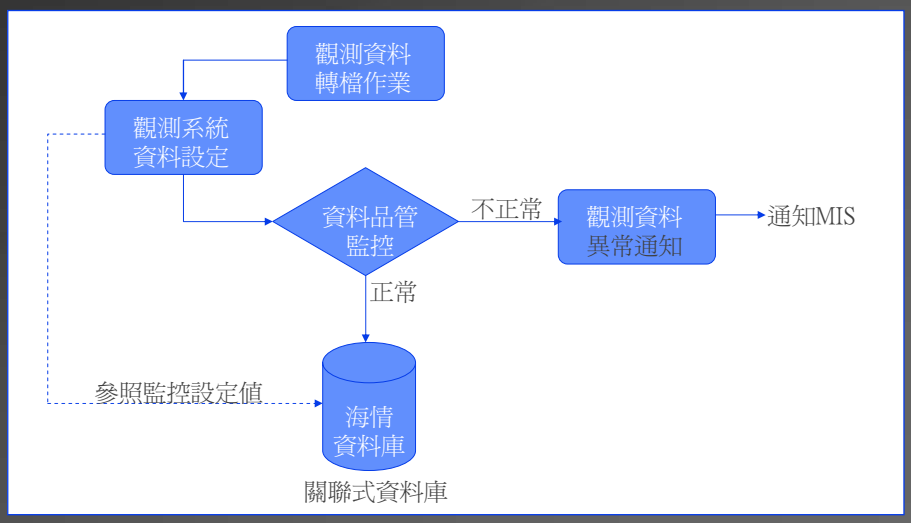
- 波浪、海流每一小時一筆資料；每一小時傳回資料一次。
- 風力、潮汐每一小時一筆資料；每三小時傳回資料一次。
- 水溫每一小時一筆資料；每三小時傳回資料一次。

28

二、工作項目與成果

海氣象現場觀測資料收集作業

觀測資料品管作業



29

二、工作項目與成果

海氣象現場觀測資料收集作業

資料異常通知

30

二、工作項目與成果

海氣象現場觀測資料收集作業

ON-LINE轉檔作業狀況

進度 GetSiteData:TP,WIND　自動轉檔　暫停

波浪 | 風速 | 潮汐 | 水溫 | 海流 | 手動轉檔 | E-mail設定

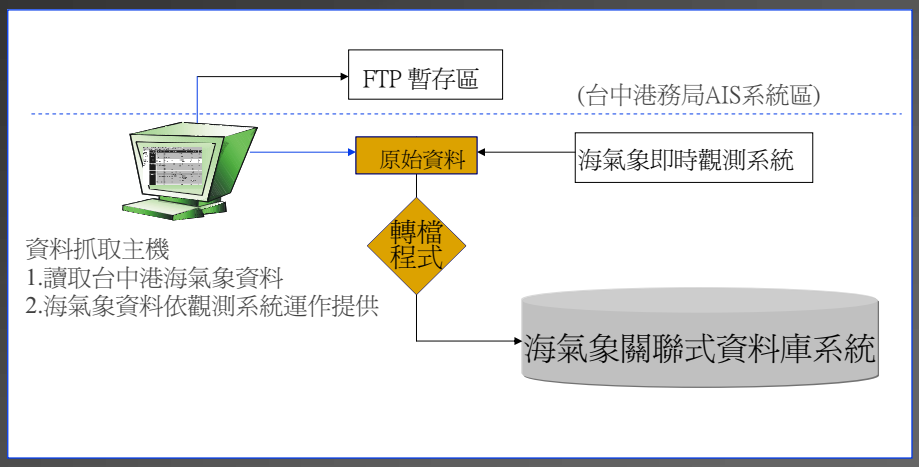
測站	觀測時間	波向	週期	波高	狀態	異動時間
KL	2006/9/13 上午 06:00:	30.3	9.06	1.87	1	2006/9/13 上午 06:48:
KS	2006/9/13 上午 06:00:				-2	2006/10/24 下午 11:32
HL	2006/9/13 上午 06:00:	85.45	8.28	1.37	1	2006/9/13 下午 01:00:
SA	2006/9/13 上午 06:00:	114.08	8.26	1.17	1	2006/9/13 上午 06:36:
TC	2006/9/13 上午 06:00:	4.34	7.79	1.49	1	2006/9/13 上午 06:36:
TC	2006/9/13 上午 05:00:	11.07	8.78	1.7	1	2006/9/13 上午 05:36:
SA	2006/9/13 上午 05:00:	115	10.25	1.26	1	2006/9/13 上午 05:36:
HL	2006/9/13 上午 05:00:	89.53	8.51	1.21	1	2006/9/13 下午 01:00:
KS	2006/9/13 上午 05:00:				-2	2006/10/24 下午 11:32
KL	2006/9/13 上午 05:00:	32.25	8.98	1.68	1	2006/9/13 上午 05:48:
AP	2006/9/13 上午 05:00:	217.5	7.41	1.02	1	2006/9/13 上午 05:36:
AP	2006/9/13 上午 04:00:	224.37	7.03	0.88	1	2006/9/13 上午 04:36:
KL	2006/9/13 上午 04:00:	15.02	9.07	2	1	2006/9/13 上午 04:48:
KS	2006/9/13 上午 04:00:				-2	2006/10/24 下午 11:32
HL	2006/9/13 上午 04:00:	104.04	9.12	1.07	1	2006/9/13 下午 01:00:
SA	2006/9/13 上午 04:00:	122.9	10.29	1.27	1	2006/9/13 上午 04:36:
TC	2006/9/13 上午 04:00:	5.94	8.64	1.91	1	2006/9/13 上午 04:36:
TC	2006/9/13 上午 03:00:	9.52	8.24	1.93	1	2006/9/13 上午 03:36:
SA	2006/9/13 上午 03:00:	118.54	10.87	1.46	1	2006/9/13 上午 03:36:
HL	2006/9/13 上午 03:00:	108.73	9.17	1.04	1	2006/9/13 下午 01:00:
KS	2006/9/13 上午 03:00:				-2	2006/10/24 下午 11:32
KL	2006/9/13 上午 03:00:	23.37	9.08	2.25	1	2006/9/13 上午 03:48:
AP	2006/9/13 上午 03:00:	221.53	7.36	1.16	1	2006/9/13 上午 03:36:

31

二、工作項目與成果

海氣象現場觀測資料收集作業

提供台中港AIS觀測站即時資料



32

二、工作項目與成果

數值模擬計算資料收集作業

配合本中心「近岸數值模擬系統之建立(3/4)」計畫進行以下作業：

- 定時將海氣象即時資料FTP到中山大學。
- 定時自中山大學取得近岸數值模擬計算資料。
- 每日產生72小時資料。
- 72小時=今天＋明天＋後天。
- 包含水位、波高、週期、波向、風速及風向資料。

33

二、工作項目與成果

數值模擬計算資料收集作業

觀測與預報資料整合

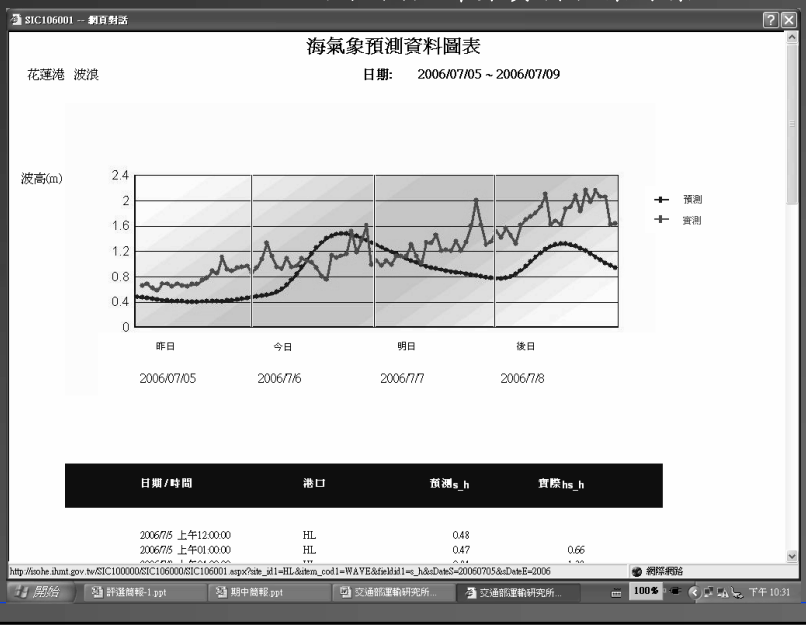
海氣象觀測資料與近岸數值模擬計算資料整合：

- 依數值格式標準進行資料轉檔程序。
- 於網頁上加上撰寫語言及ASP程式。
- 擷取資料庫中之數值資料，以歷線圖呈現。
- 系統整合於同一畫面，繪製網頁互動式圖表以利比較分析。

34

二、工作項目與成果

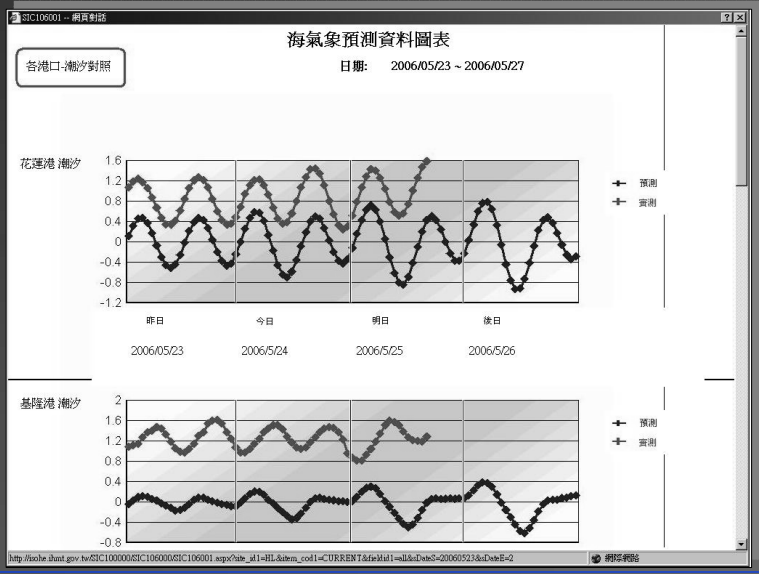
數值模擬計算資料收集作業



35

二、工作項目與成果

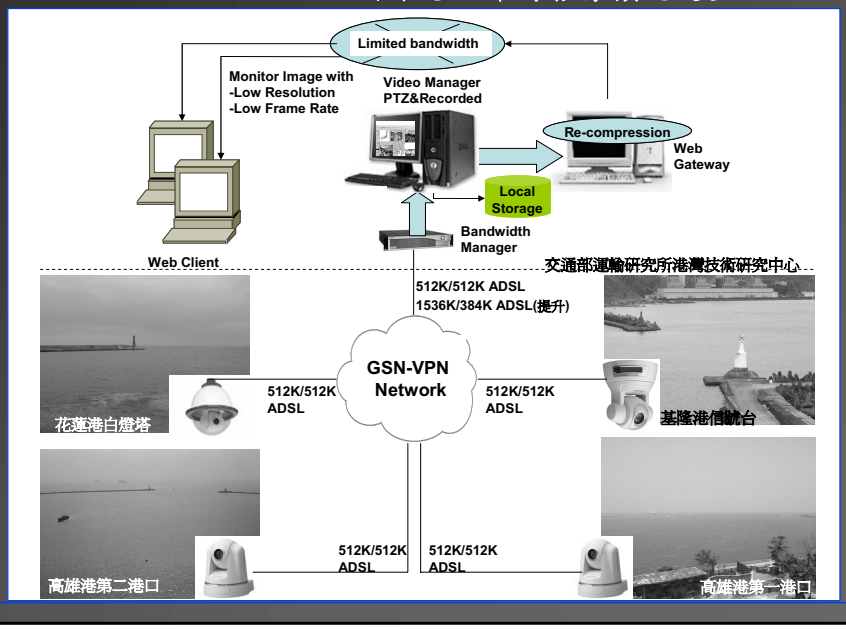
數值模擬計算資料收集作業



36

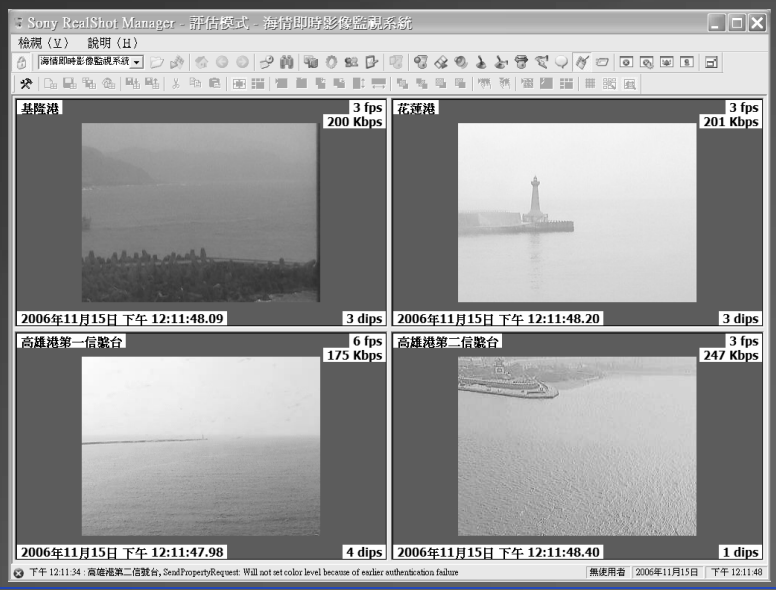
二、工作項目與成果

國際港口即時影像擴充建置



二、工作項目與成果

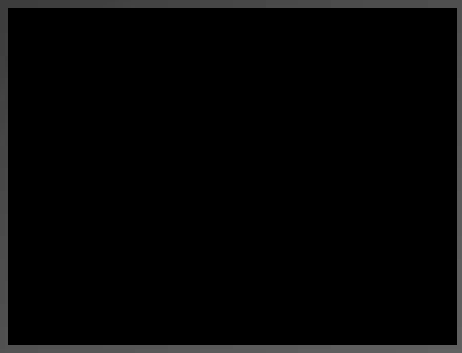
國際港口即時影像擴充建置



另外加台北港、花港西堤及亞泥

二、工作項目與成果

國際港口即時影像擴充建置



2007/11/27 16:13 米塔(Mitag)颱風侵臺，
基隆港東堤即時影像錄影

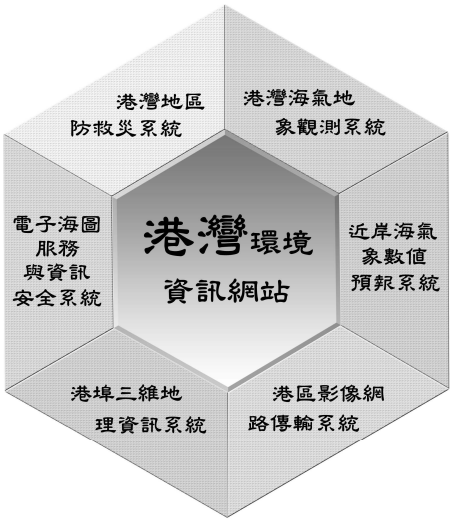
39

三、未來研究方向

- 繼續進行系統功能的擴充。例如地理資訊系統（GIS）的適度導入應用，提升各項資料展示與分析應用層面；配合無線網路的建置日漸普及，提供PDA版之網頁查詢及簡訊自動發送功能，以符合現地救災時之需求。
- 持續針對資訊傳輸之穩定性進行細部診斷，釐清斷訊原因，以提升系統運轉可靠度。
- 海情資料庫為本計畫之資料技術核心，對於如此重要且未來資料量會陸續增加的資料庫，應考量儲存安全及異地備援機制之建立。
- 與其他研究成果進行整合。例如港埠三維地理資訊系統、電子海圖服務與資訊安全系統、港灣地區防救災系統等。

40

三、未來研究方向



http://isohe.ihmt.gov.tw/

41

颱風波浪頻譜形狀參數之研究（3/4）

計畫主持人：簡仲璟
參與人員：曾相茂

一、研究背景與目的
二、工作項目與成果
依主頻區能量定義之形狀參數
正規化波譜之形狀比較及擬合
波譜形狀參數之逐時變化
波譜形狀參數間相關性分析
綜合檢討
三、未來研究方向

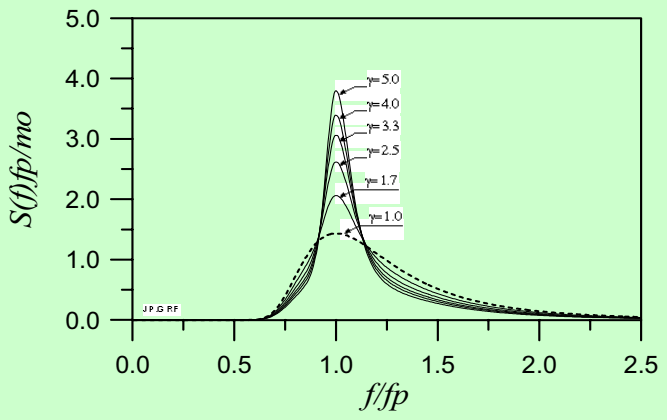
42

一、研究背景與目的

- 一般常見之波譜表示式中含有所謂之波譜形狀參數，例如主頻率、頻譜寬度、頻譜窄度、頻譜零階動差及高頻斜率等，波譜表示式即根據這些形狀參數加以定義。換言之，可由這些參數值的大小得知波譜的概略形狀，並進一步瞭解不規則波浪的成分組成。

43

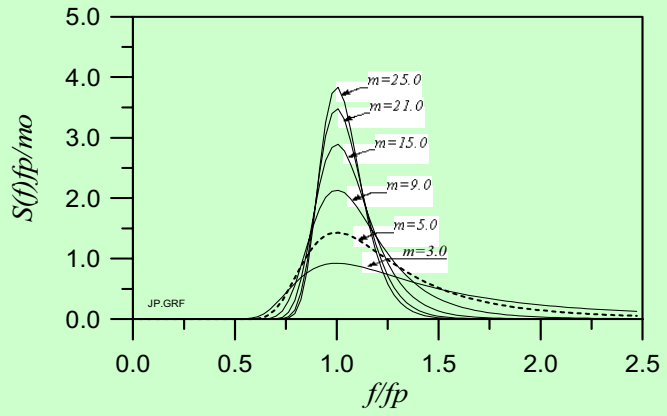
一、研究背景與目的



$$\frac{\lambda(f)f_p}{m_0} = \tilde{f}^{45}\exp\left(-\frac{5}{4}\tilde{f}^{4}\right)\left[\nu^{\exp\left(-4\tilde{f}^{4}(\tilde{f}/2\omega^2)\right)}\right]$$

44

一、研究背景與目的



$$\frac{\lambda/f0f_p}{m_0} | \frac{4}{B/m41/40™4} \left| \tilde{f}^{4m} \exp\left(-\frac{m}{4}\tilde{f}^{44}\right) \right|$$

一、研究背景與目的

$$v | \sqrt{\frac{m_0 m_2}{m_1^2}} 41$$ 波譜形狀窄度參數

$$\kappa | \sqrt{14\frac{m_2^2}{m_0 m_4}}$$ 波譜形狀寬度參數

$$m_n | \int f^n S(f)df$$

$$QP | \frac{2}{m_0} \int_0^{\infty} fS^2(f)Df$$ 波譜形狀尖度參數

一、研究背景與目的

- 這些參數基本上式由頻譜各階動差的無因次表示式組成。而這些波譜形狀參數在使用上，由於割棄（cut-off）的限界對高階動差造成影響，因此使得形狀參數變得不穩定，例如頻譜寬度參數即含有頻譜第4階動差。
- 以動差參數定義之波譜形狀參數寬度參數 κ 及窄度參數 τ，無論在JONSWAP或Pierson-Moskowitz波譜情況，皆不適合直接代替波譜參數#ν 值或 m 值。

47

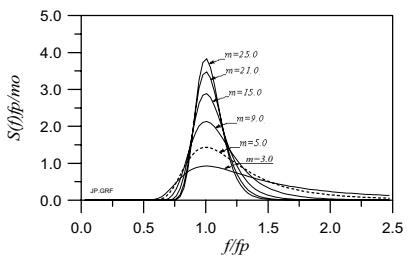
一、研究背景與目的

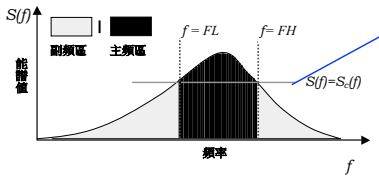
- 依主頻區能量觀點所定義之波譜形狀新參數SB值，非常接近波譜形狀參數 ν 或 m 之數值，因此新SB參數可以直接作為波譜形狀參數。換言之，若有一實測正規化波譜，以新SB參數值代入理論波譜表示式，即可得該波譜對應之正規化JONSWAP波譜或Pierson-Moskowitz波譜，而完成波譜擬合過程。
- 基於前二年之研究成果，本研究利用依主頻區能量觀點所定義之新波譜形狀參數SB實際應用至實測颱風波浪，探討其波譜形狀之演變過程及不同波譜形狀參數之適用性及相關性。

48

二、工作項目與成果

依主頻區能量定義之形狀參數





當波譜參數值愈大，主頻區頻率範圍愈小，能量密度最大值愈大；反之波譜參數值愈小，主頻區頻率範圍愈大，能量密度最大值愈小。

定義兩個新無因次參數

$S=S(f_p)/S_c$

S_c：主頻區之能量基準。

以主頻區能量總和佔全部頻區總能量之百分比而定，在本文設定為40%、50%、55%、60%、65%、75%及85%等7種

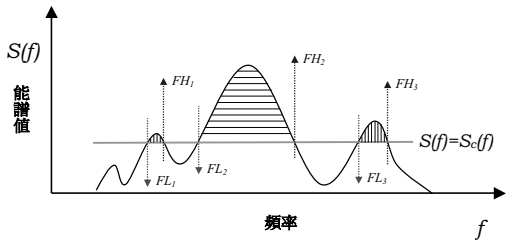
$B=(f_{max}-f_{min})/(f_H-f_L)$

f_H：主頻區頻率最大值

f_L：主頻區頻率最小值

二、工作項目與成果

依主頻區能量定義之形狀參數



$$B = PE \Big/ \sum_{i=1}^{n} \left(fH_i - fL_i \right) \int_{fL_i}^{fH_i} S(f)\,df$$

$$PE = f_{max} - f_{min} \Big/ \sum_{i=1}^{n} \int_{fL_i}^{fH_i} S(f)\,df$$

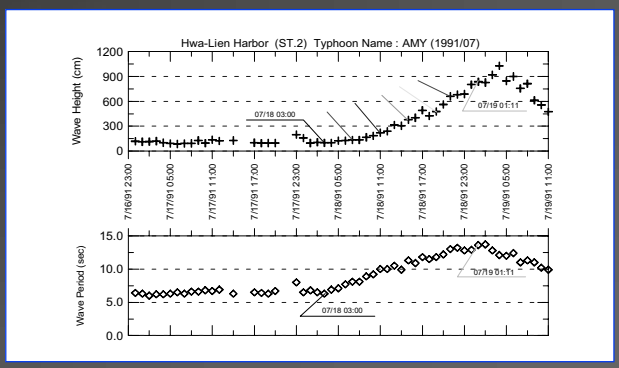
$$SB = a \cdot S \cdot B^{b}$$

上式中*a,b*為待定係數。*SB*參數經分別以JONSWAP及P-M正規化波譜之 *ν*與 *m* 形狀參數，依最小二乘方法回歸求得待定係數。

二、工作項目與成果

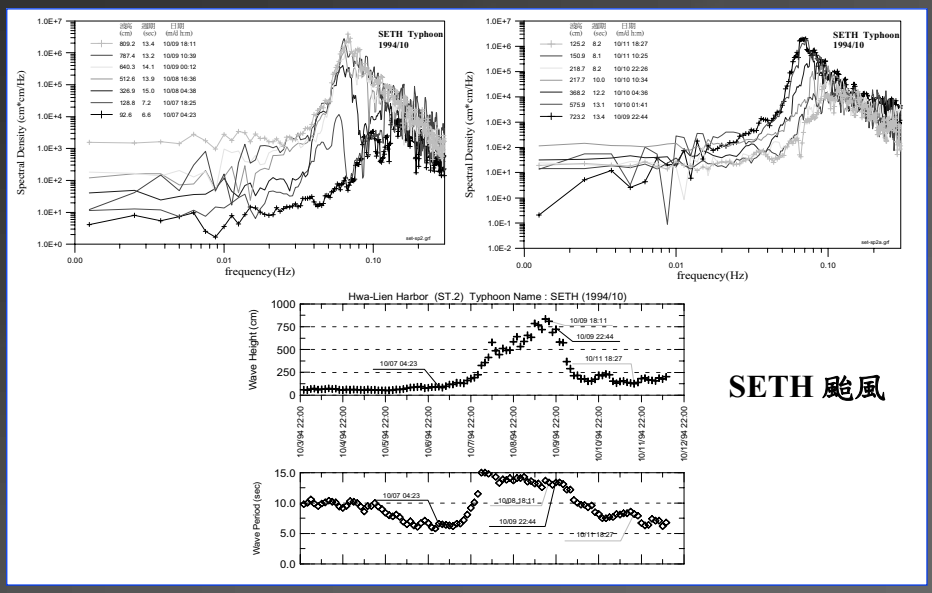
正規化波譜之形狀比較及擬合

根據本所於花蓮港海域長期海氣象觀測站所量測之颱風波浪資料，選取1990年至1998年間共計19個颱風實測波浪資料。將各颱風波浪逐時資料選取特定7筆，並依這7筆資料之波高及週期變化趨勢區分為（1）波高週期成長（2）波高週期衰退及（3）波高週期近似穩定等3 類。



二、工作項目與成果

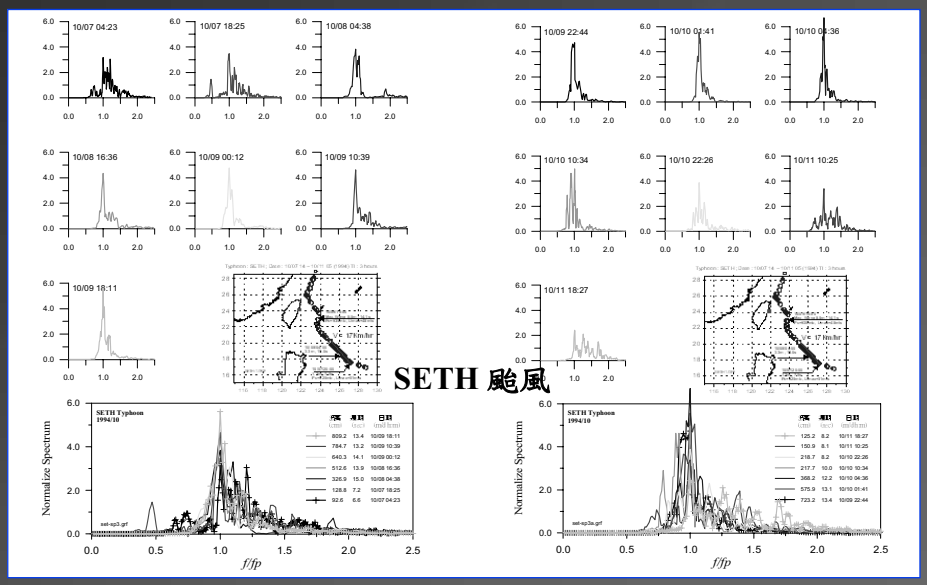
正規化波譜之形狀比較及擬合



SETH 颱風

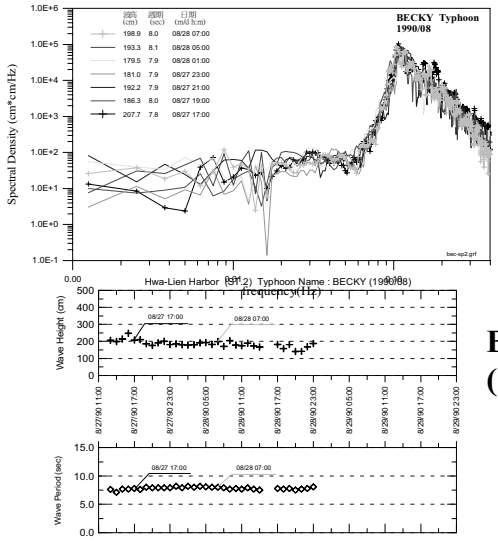
二、工作項目與成果

正規化波譜之形狀比較及擬合



二、工作項目與成果

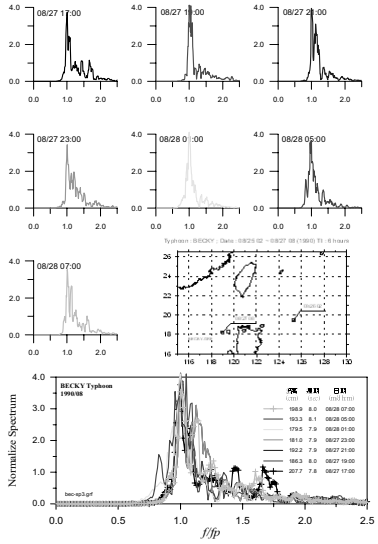
正規化波譜之形狀比較及擬合



BECKY 颱風
(近穩定)

二、工作項目與成果

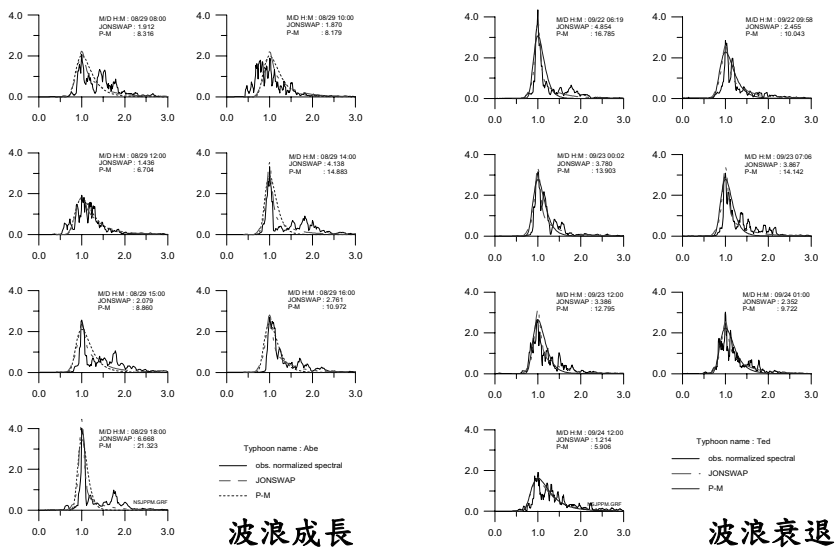
正規化波譜之形狀比較及擬合



BECKY 颱風
(近穩定)

二、工作項目與成果

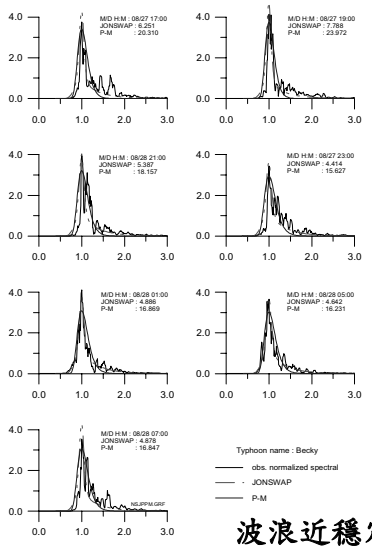
正規化波譜之形狀比較及擬合



波浪成長 **波浪衰退**

二、工作項目與成果

正規化波譜之形狀比較及擬合

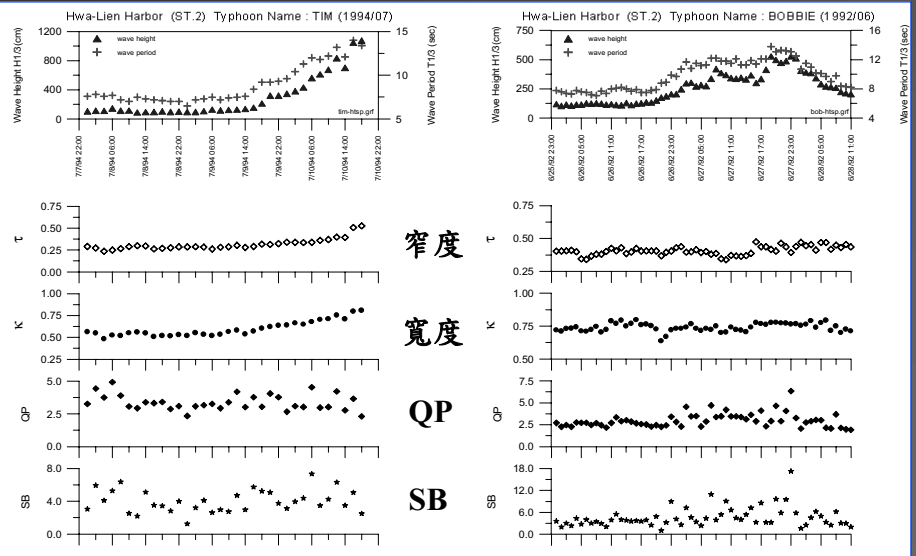


波浪近穩定

57

二、工作項目與成果

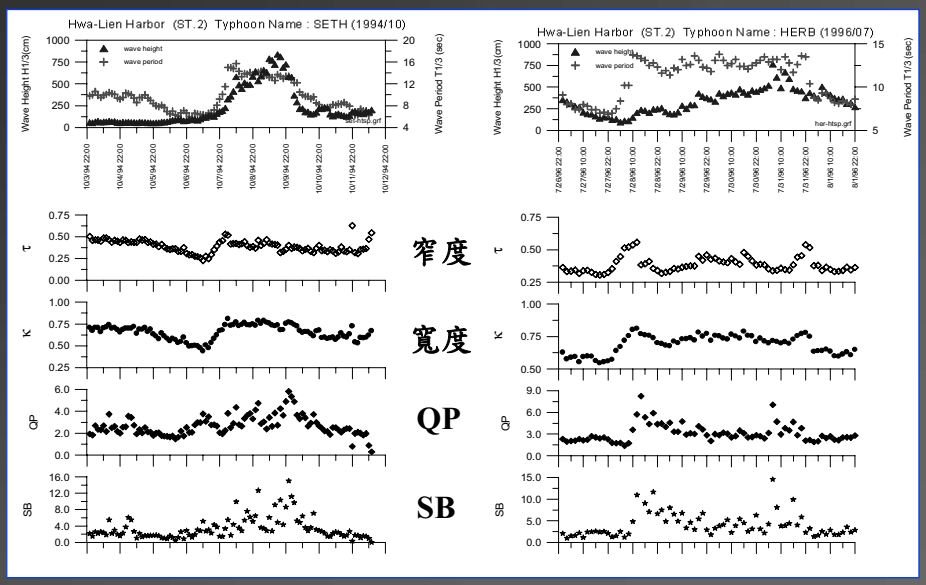
波譜形狀參數之逐時變化



58

二、工作項目與成果

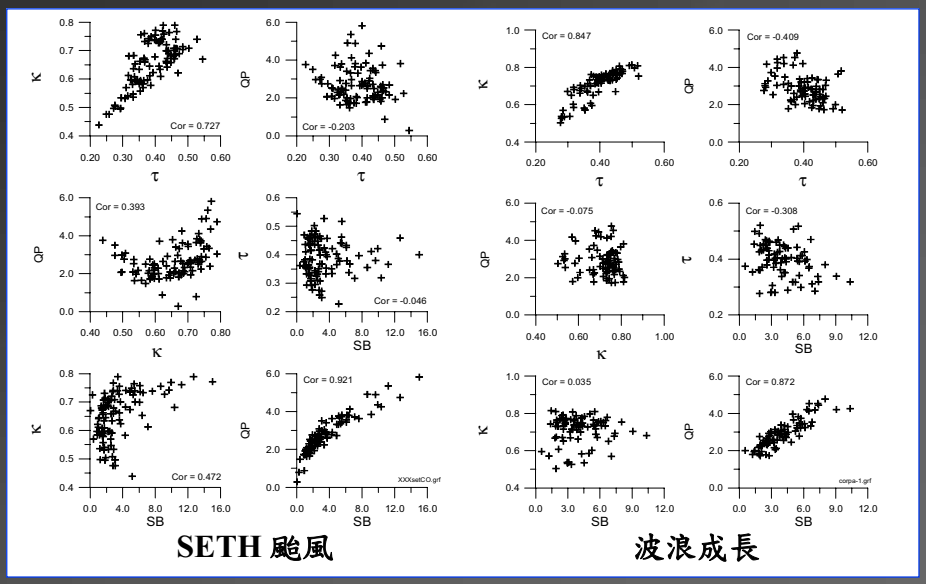
波譜形狀參數之逐時變化



59

二、工作項目與成果

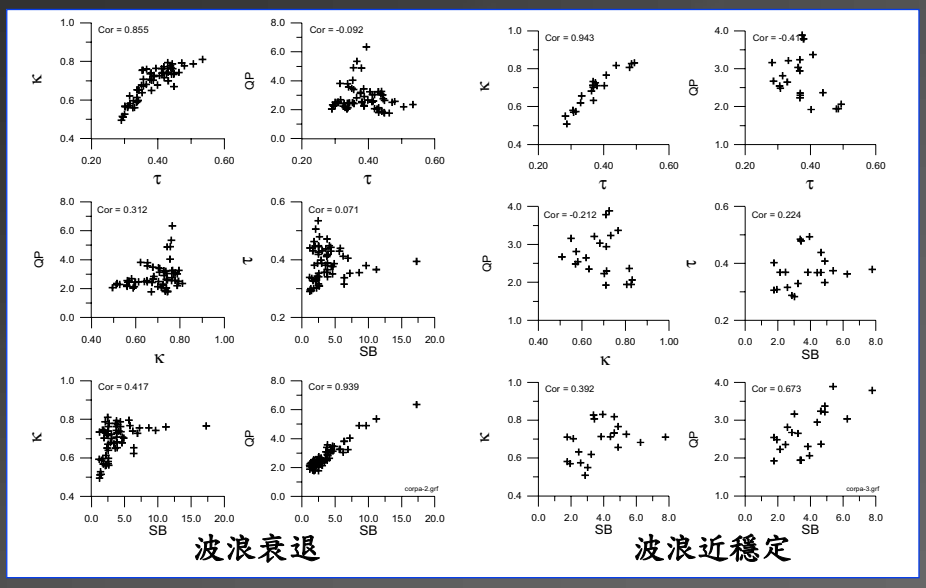
波譜形狀參數間相關性分析



60

二、工作項目與成果

波譜形狀參數間相關性分析



二、工作項目與成果

綜合檢討

以本研究所提出之波譜形狀新參數 *SB* 進行正規化波譜之理論波譜（JONSWAP及Pierson-Moskowitz）之擬合，可得理想之結果。因此，新參數 *SB* 可作為理想的波譜形狀參數，在波譜的擬合應用上則可直接作為理論波譜形狀參數 ν 或 *m* 之替代值。

波譜形狀參數隨波高（或週期）之逐時變化並無明顯的一致性變動趨勢，此外依參數間之變動趨勢而言，窄度參數 *τ* 及寬度參數 *κ* 兩者相近；而波譜尖峰度 *QP* 則與新形狀參數 *SB* 兩者相近，但前兩者與後兩者之變動趨勢並不相同。

二、工作項目與成果

綜合檢討

波譜形狀窄度參數 τ 及寬度參數 κ 兩者之相關係數值大都大於0.65，而波譜尖峰度 *QP* 則與新形狀參數 *SB* 兩者之相關係數值則大都大於0.86，此顯示窄度參數 τ 及寬度參數 κ 具有正相關性，而波譜尖峰度 *QP* 則與新形狀參數 *SB* 則具有更高的正相關性。至於其他參數間之相關性不明顯。

經由波譜參數相關性分析、比較，波譜尖峰度 *QP* 參數由於與新形狀參數 *SB* 具有高度相關，因此，經進一步處理後，可同新形狀參數 *SB* 一樣，作為理論波譜擬合時取代 ν 或 m 之用。

63

三、未來研究方向

- 波譜形狀參數隨波高（或週期）之逐時變化，雖然無明顯的一致性變動趨勢。不過在某些波浪資料中（例如SETH及HERB颱風波浪），波譜形狀參數與周期有較明顯的相關性，此有待進一步分析。
- 窄度參數 τ 及寬度參數 κ 兩者之間存在某一程度之相關，其原因初步推論可能與兩者都是波譜動差的無因次定義有關。而波譜尖峰度 *QP* 與新形狀參數 *SB* 兩者，雖然定義並不相同，但卻有更高的相關性存在，其原因也可再探討。
- 對颱風波浪而言，其主要影響條件包括颱風強度、颱風路徑、颱風移動速度等，但無論在波浪成長或衰退過程中這些條件並非保持固定不變。因此，波譜形狀的演變相當複雜，後續可將這些條件先進行分類後再作細部分析與比較。

64


簡報完畢
敬請指教
65