95-33-7177

MOTC-IOT-94-H3DA002

港灣環境資訊系統與數值模式應用研究（1/4）

交 通 部 運 輸 研 究 所

中華民國 95 年 3 月

95-33-7177
MOTC-IOT-94-H3DA002

港灣環境資訊系統與數值模式應用研究（1/4）

著 者：簡仲璟

交 通 部 運 輸 研 究 所
中華民國 95 年 3 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.（1/4）
/ 簡仲璟著. -- 初版. --臺北市 ： 交通部運研所, 民 95
面； 公分
參考書目：面
ISBN 986-00-4762-6(平裝)

1. 港埠 – 管理 – 自動化 2. 地理資訊系統

443.2029 95005669

港灣環境資訊系統與數值模式應用研究(1/4)

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 94 年 3 月
印 刷 者：德輝興業有限公司
版(刷)次數冊：初版一刷 130 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
國家書坊臺視總店：臺北市八德路 3 段 10 號 B1．電話：(02)25781515
五南文化廣場：臺中市中山路 2 號 B1．電話：(04)22260330

GPN：1009500710　　ISBN：986-00-4762-6（平裝）
著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

95

港灣環境資訊系統與數值模式應用研究(1/4)

交通部運輸研究所

GPN：1009500710
定價 500 元

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：港灣環境資訊系統與數值模式應用研究（1/4）

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 986-00-4762-6 （平裝）	1009500710	95-33-7177	94–H3DA002

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：張金機、陳明宗、曾相茂、劉清松
聯絡電話：04-26587131
傳真號碼：04-26564415

研究期間
自 94 年 01 月
至 94 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（1/4）（二）港灣環境即時資訊傳輸系統建置研究（三）颱風波浪頻譜形狀參數之研究。

（一）花蓮港港池共振機制研究（1/4）

本計畫為四年期計畫，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。第一年的工作成果包括由斷面及平面水槽的模型試驗，發現波壓水位轉換函數並不僅是水面波形與水下壓力的直接關係，其可能與水粒子運動速度或流速有關。由花蓮港內水位觀測站的資料，發現港內一直都有長週期的振盪，且颱風侵襲時 2000 秒以上的振盪有明顯的能量增加。

（二）港灣環境即時資訊傳輸系統建置研究

本計畫為整體建置之第二階段，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. 規劃設計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

本研究對於定義波浪頻譜形狀參數有關之頻譜動差的計算方式，提出依不同參考頻率將頻譜分割為高、低頻區的新構想，而檢視各階頻譜動差在高、低頻區的差異及其隨波高成長或衰退之變化趨勢。同時根據高、低頻區之各階頻譜動差值，重新計算頻譜形狀參數，並檢討這些參數的特性及和以往計算方法所得結果的差異。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
95 年 3 月	326	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（1/4）

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 986-00-4762-6 (pbk)	1009500710	95-33-7177	94-H3DA002

DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER
DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chung-Ching Chien
PROJECT STAFF: Chien-Kee Chang, Ming-Tzung Chen, Hsiang-Mao Tseng, Ching-Song Liu
PHONE: 886-4-26587131
FAX: 886-4-26564415

PROJECT PERIOD
FROM January 2005
TO December 2005

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

ABSTRACT: This report includes three sub-projects: (1) A Study on the Harbor Resonance of Hwalien Harbor; (2) Construction of Real-time Transmission Control System for Harbor-Environment-Information, and (3) Study on the Shape Parameters of Typhoon Wave Spectral. The summaries of the above three projects are the following:

(1) A Study on the Harbor Resonance of Hwalien Harbor

Within the first year project results of the entire four-year research, the harbor resonance problem of Hwalien Harbor was studied. The data from hydraulic model tests in a wave flume and in the basin about the transfer function of wave pressure and water elevation have been analyzed, and the results indicated that the transfer function between wave pressure and wave profile is not only the function of surface elevation, but also the function of current or particle velocity around the pressure gauge. Three field tidal stations in Hwalien Harbor have been installed and operated, long period oscillations with period over 2000 seconds were found to be existed even in ordinary wave duration, and they will increase their energies during typhoon intrusions.

(2) Construction of Real-time Transmission Control System for Harbor Environment Information

Important tasks of this project include: (a) Build 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; (b) Development of interface controlled software on integration of sub systems of weather observation and numerical forecast; (c) Planning for the construction of a real-time video monitoring and transmitted communication system in Hwalien Harbor, as well as real-time images searching function via web page, and (d) 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) Study on the Shape Parameters of Typhoon Wave Spectral

A new conception was proposed that the wave spectral is divided into higher and lower two frequency regions by a new frequency level. Generally, the shape parameters of wave spectral obtained from the moment of spectral. According to the moment of spectral at higher and lower frequency regions from different frequency levels, the shape parameters of spectral were rechecked, and examined the variation trend of spectral moment when the wave height is in increasing or decreasing process.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
March 2006	326	500	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ▨UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

第一子計畫

花蓮港港池共振機制研究（1/4）

著者：簡仲璟、張金機、曾相茂

摘 要

本計畫為四年期計畫，其工作目標在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。在第一年的工作成果中包含由斷面水槽以及平面水槽的模型試驗發現波壓水位轉換函數的關係並不僅是水面波形與水下壓力的直接關係，其可能與水粒子運動速度或流速有關。花蓮港 2004 年現場港內港外波浪的統計程式與分析已經完成。花蓮港的港灣穩靜度規則波數值模式已經建置並進行初步的測試模擬。潮位計與波壓計率定系統已經建置。由本年度在花蓮港內新安裝的三個水位觀測站的觀測資料發現花蓮港內一直都有長週期的振盪，而且颱風侵襲時，2000 秒以上的振盪有明顯的能量增加。

關鍵詞：花蓮港共振、現場觀測、數值模擬、波壓轉換函數

花蓮港港池共振機制研究(1/4)

目　錄

摘要..... I
目錄..... II
圖目錄..... IV
表目錄..... IX
照片目錄..... X
第一章　前　言..... 1-1
1.1 計畫目的..... 1-1
1.2 計畫重要性..... 1-1
1.3 相關研究..... 1-4
1.4 研究成果的檢討..... 1-7
1.5 研究範圍與對象..... 1-8
1.6 研究內容與工作項目..... 1-8
1.7 預定進度甘梯圖..... 1-10
第二章 波壓與波高轉換函數的相關研究..... 2-1
2.1 前人研究..... 2-1
2.2 波高波壓轉換函數的相關理論..... 2-2
2.3 頻譜轉換..... 2-7
2.4 現有試驗水面波動與水下波壓資料的分析..... 2-9
2.5 矩形港池平面遮蔽試驗..... 2-16
2.6 綜合討論..... 2-17
2.7 現場壓力式波高計與容量式波高計的觀測規劃..... 2-26
第三章 現場波浪觀測資料的統計與分析..... 3-1
3.1 資料分析方法..... 3-2
3.2 檔案的規劃與管理..... 3-7
3.3 原始壓力資料記錄的處理..... 3-9
3.4 短期波浪統計分析..... 3-10
3.5 長期波浪統計分析..... 3-11
3.6 資料分析結果..... 3-11
第四章 花蓮港港灣波動數值模式的建立與數值模擬..... 4-1
4.1 不規則波引致港灣波動數值模式的建立..... 4-1
4.2 花蓮港的水深地形檔與相關係數的整理..... 4-14
第五章 花蓮港防波堤振動特性與沉箱變位資料分析..... 5-1
第六章 花蓮港內長週期振盪的調查研究..... 6-1
6.1 花蓮港內長週期成分波動的統計分析..... 6-1

6.2 花蓮港內長週期波動的觀測..... 6-5
第七章 海岸結構物安全評估系列演講..... 7-1
7.1 董啟超博士個人簡歷..... 7-1
7.2 國立台灣海洋大學河海工程系專題演講..... 7-4
7.3 交通部運輸研究所港灣技術研究中心專題演講..... 7-5
第八章 綜合討論與建議..... 8-1
8.1 綜合討論..... 8-1
8.2 建議..... 8-3
參考文獻..... 9-1
附錄 A 相關文獻收集
A.1 已完成之相關研究計畫..... A.1
A.2 相關文獻..... A.1
附錄 B 波壓與波高轉換函數研究之水工模型試驗分析結果
附錄 C TaiComs 系統資料檔名
附錄 D 波浪觀測相關檔案範例與格式說明
D.1 *.TXT 檔案格式..... D.1
D.2 *.WAV 檔案格式..... D.2
D.3 *.ETA 檔案格式..... D.3
D.4 *.LVL 檔案格式..... D.4
D.5 *.ZUC 檔案格式..... D.5
D.6 *.OSP 檔案格式..... D.6
D.7 *.ELE 檔案格式..... D.7
D.8 *.CHR 檔案格式..... D.8
D.9 *.DIS 檔案格式..... D.9
D.10 *.FIT 檔案格式..... D.10
D.11 *.JHT 檔案格式..... D.11
D.12 *.TEC 檔案格式..... D.12
D.13 *.RTO 檔案格式..... D.13
附錄 E 波壓觀測相關檔案範例與格式說明
E.1 *.ASC 檔案格式一..... E.1
E.2 *.ASC 檔案格式二..... E.2
附錄 F 無限元素港灣水面波動數值模式
1. 基本控制方程式..... F.1
2. 數值模式的建立..... F.2
3. 入射波的傳播與變形..... F.4
附錄 G 董啟超教授在海洋大學/港研中心演講內容

圖 目 錄

圖 1.1 花蓮港位置示意圖…….. 1-2
圖 1.2 花蓮港現況配置圖…….. 1-3
圖 2.1 壓力與水位轉換水工試驗的斷面模型…….. 2-9
圖 2.2 波浪通過凹陷地形時水面波形與水中壓力波形間相關係數的水深變化圖…….. 2-13
圖 2.3 波浪通過等深地形時水面波形與水下壓力波形間相關係數的水深變化圖…… 2-13
圖 2.4 規則波通過凹陷地形之波高比值沿水深變化圖…… 2-14
圖 2.5 規則波通過等深地形之波高比值沿水深變化圖…… 2-15
圖 2.6 波峰與波谷之垂直波壓分布…… 2-16
圖 2.7 部份開口矩形港池之平面遮蔽試驗中壓力計(P)與波高計(W)之佈置情形…….. 2-18
圖 2.8 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 0.8 秒之港內波高變化圖… 2-19
圖 2.9 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 1 秒之港內波高變化圖…… 2-19
圖 2.10 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 1.2 秒之港內波高變化圖.. 2-20
圖 2.11 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 1.4 秒之港內波高變化圖.. 2-20
圖 2.12 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 1.6 秒之港內波高變化圖.. 2-21
圖 2.13 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 1.8 秒之港內波高變化圖.. 2-21
圖 2.14 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 2 秒之港內波高變化圖.. 2-22
圖 2.15 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 0.8 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖…….. 2-22
圖 2.16 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 1 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖…….. 2-23
圖 2.17 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 1.2 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖…… 2-23
圖 2.18 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 1.4 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖…….. 2-24
圖 2.19 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 1.6 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖…….. 2-24
圖 2.20 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 1.8 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖…….. 2-25
圖 2.21 部份開口矩形港池、0 正向入射、週期 2 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖…….. 2-25
圖 2.22 現場觀測設備規劃示意圖…… 2-28
圖 3.1 現場波高計及水位計的佈放位置示意圖…….. 3-1
圖 3.2 零上切法示意圖…….. 3-3
圖 3.3 民國 93 年 6 月港內(#1)波浪觀測之各相關參數比值之時間序列分佈…….. 3-13
圖 3.4 民國 93 年 6 月港內波浪觀測之波高及週期統計…….. 3-14

圖 3.5 民國 93 年 6 月港內波浪觀測各參數之相關比較…… 3-14
圖 3.6 民國 93 年 6 月港外波浪觀測之各相關參數比值之時間序列分佈….. 3-15
圖 3.7 民國 93 年 6 月港外波浪觀測之波高及週期統計…… 3-16
圖 3.8 民國 93 年 6 月港外波浪觀測各參數之相關比較…….. 3-16
圖 4.1 不規則波港灣波動數值模式的計算流程圖…….. 4-3
圖 4.2 長方形港池在不同成分波數目下的港灣波動分佈情形…….. 4-4
圖 4.3 正方形港池在不同成分波數目下的港灣波動分佈情形…….. 4-5
圖 4.4 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、240 入射、Fpeak=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、等頻率分割、n=30)……. 4-6
圖 4.5 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、240 入射、Fpeak=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、混合分割、n=30)…….. 4-7
圖 4.6 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、240 入射、Fpeak=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、等週期分割、n=30)…….. 4-8
圖 4.7 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270 入射、Fpeak=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、等頻率分割、n=30)…… 4-9
圖 4.8 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270 入射、Fpeak=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、混合分割、n=30)…….. 4-10
圖 4.9 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270 入射、Fpeak=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、等週期分割、n=30)…….. 4-11
圖 4.10 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270 入射、Fpeak=0.0833Hz、$H_{1/3}$=3m、等頻率分割、n=30)…….. 4-12
圖 4.11 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270 入射、Fpeak=0.0833Hz、$H_{1/3}$=3m、混合分割、n=30)…… 4-13
圖 4.12 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270 入射、Fpeak=0.0833Hz、$H_{1/3}$=3m、等週期分割、n=30)…… 4-14
圖 4.13 花蓮港水域數值水深資料彙整情形…… 4-16
圖 4.14 修正過的花蓮港水域數值水深地形…….. 4-16
圖 4.15 九個測站之波高增幅係數曲線圖…….. 4-17
圖 4.16 九個測站之波高增幅係數曲線圖(重力波部分)…… 4-18
圖 4.17 波高增幅係數分佈圖…….. 4-19
圖 4.17(續) 波高增幅係數分佈圖…… 4-20
圖 5.1 花蓮港東防波堤沈箱構造物監測調查位置示意圖…….. 5-2
圖 5.2 花蓮港東防波堤地震及波壓儀器裝設位置示意圖…….. 5-2
圖 5.3 12 個頻道的時間序列圖範例…….. 5-3
圖 5.4 12 個頻道的頻譜圖範例…….. 5-3
圖 6.1 花蓮港內波浪觀測站位置佈署圖…….. 6-2
圖 6.2 寶發颱風路徑圖(民國 89/9/8 89/9/10)……. 6-2
圖 6.3 各測站的頻譜能量(m_0)時序圖……... 6-3
圖 6.4 港內波高的能量分布 (民國 89/09/07 至 89/10/11)……. 6-4
圖 6.5 測站 8 各成分波區間的能量分布(民國 89/9/6 至 89/10/11)…… 6-5
圖 6.6 基隆港潮位觀測站的設置位置圖…… 6-6

圖 6.7 基隆港內(民國 93/11/6~93/11/11)各潮位站之原始水位觀測時間序列圖…… 6-6
圖 6.8 民國 93/11/7 基隆港內各潮位站之水位變化時間序列圖…….. 6-7
圖 6.9 基隆港內(民國 93/11/6~93/11/11)各潮位站與驗潮站之水位變化差值時間序列圖…….. 6-7
圖 6.10 花蓮港潮位站(✦)安裝位置示意圖…….. 6-10
圖 6.11 潮位計檢測記錄…… 6-10
圖 6.12 民國 94/4/5 0:00~94/4/9 16:00 花蓮港各潮位站之水位變化時間序列圖…….. 6-11
圖 6.13 民國 94/4/5 0:00~94/4/5 12:00 花蓮港各潮位站之水位變化時間序列圖…….. 6-11
圖 6.14 瑪莎颱風侵襲記錄…….. 6-12
圖 6.15 花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化時間序列…….. 6-13
圖 6.15(續) 花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化時間序列…… 6-14
圖 6.15(續) 花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化時間序列…… 6-15
圖 6.16 花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化的頻譜分析圖…….. 6-16
圖 6.16(續) 花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化的頻譜分析圖…… 6-17
圖 6.16(續) 花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化的頻譜分析圖…… 6-18
圖 B.1 凹陷地形、不同波高、週期 1 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.1
圖 B.2 凹陷地形、波高 13cm、週期 1.3 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.2
圖 B.3 凹陷地形、波高 19cm、週期 1.6 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.2
圖 B.4 凹陷地形、波高 25cm、週期 2 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.3
圖 B.5 等深地形、不同波高、週期 1 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.4
圖 B.5(續) 等深地形、不同波高、週期 1 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.5
圖 B.6 等深地形、不同波高、週期 1.3 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…… B.6
圖 B.6(續) 等深地形、不同波高、週期 1.3 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.7
圖 B.7 等深地形、不同波高、週期 1.6 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.8
圖 B.7(續) 等深地形、不同波高、週期 1.6 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.9
圖 B.8 等深地形、不同波高、週期 2 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.10

圖 B.8(續) 等深地形、不同波高、週期 2 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖…….. B.11
圖 B.9 凹陷地形、JONSWAP 頻譜、波高 25cm、f_{peak}=0.4Hz、三次不規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖…….. B.12
圖 B.10 凹陷地形、JONSWAP 頻譜、波高 19cm、f_{peak}=0.5Hz、三次不規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖…….. B.13
圖 B.11 凹陷地形、JONSWAP 頻譜、波高 13cm、f_{peak}=0.6Hz、三次不規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖…….. B.14
圖 B.12 凹陷地形、JONSWAP 頻譜、波高 8cm、f_{peak}=0.9Hz、三次不規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖…….. B.15
圖 B.13 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=0.8 秒)……. B.16
圖 B.14 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.0 秒)……. B.17
圖 B.14(續) 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.0 秒)……. B.18
圖 B.15 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.2 秒)……. B.19
圖 B.16 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.4 秒)……. B.20
圖 B.16 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.6 秒)…… B.21
圖 B.17 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.8 秒)…… B.22
圖 B.18 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=2.0 秒)…… B.23
圖 B.19 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=0.8 秒)……. B.24
圖 B.20 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.0 秒)……. B.25
圖 B.21 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.2 秒)……. B.26
圖 B.21(續) 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.2 秒)……. B.27
圖 B.22 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.4 秒)……. B.28
圖 B.22(續) 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.4 秒)……. B.29
圖 B.23 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.6 秒)……. B.30

圖 B.24 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖 (T=1.8 秒)……. B.31
圖 B.25 規則波作用下港內壓力式及容量式波高計量測之波高相關比較圖 (T=2.0 秒)……. B.32

表　目　錄

表 2.1 斷面試驗造波條……. 2-10
表 2.2 平面試驗造波條件……. 2-16
表 3.1 檔案名稱的命名規……. 3- 9

照　片　目　錄

照片 2.1 容量式波高計與壓力式波高計的率定……..... 2-28
照片 6.1 現場觀測使用的潮位……. 6-8
照片 6.2 潮位計安裝情……. 6-11

第一章　前　言

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(以下簡稱貴所)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，並配合貴所的相關研究，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。

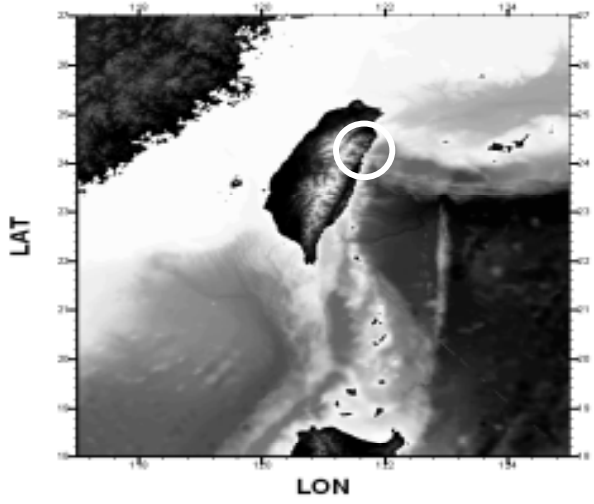


圖 1.1 花蓮港位置示意圖

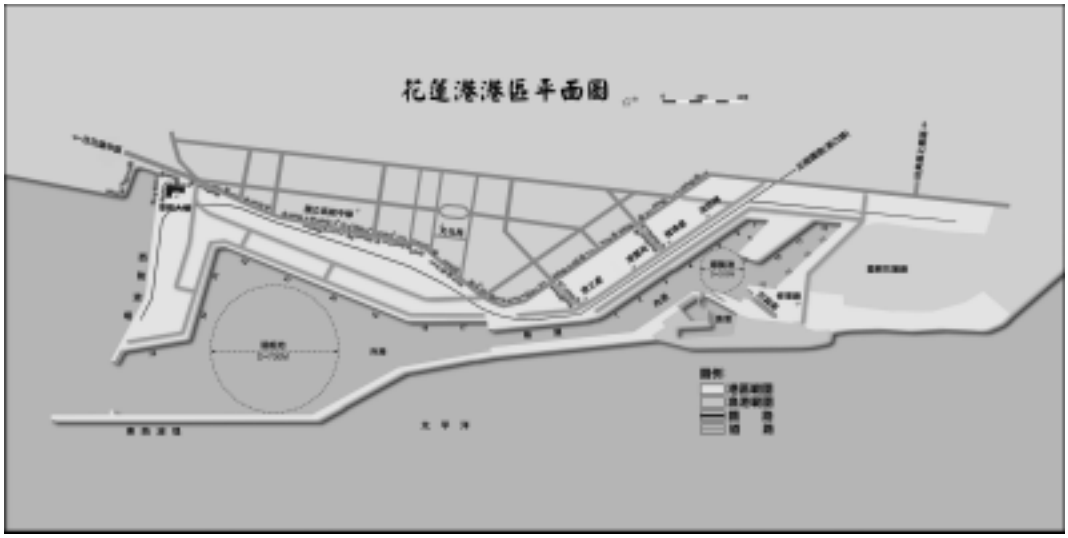


圖 1.2 花蓮港現況配置圖

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。

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，貴所港灣技術研究中心(以下簡稱港研中心)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，港研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，花蓮港務局與港研中心也曾於民國 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，相關文獻列於附錄 A 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。

綜合而言，從過去所有的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，港研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。

(1) 在水工模型試驗部份，港研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(2005)彙整三個與花蓮港港池波動有關的水工模型試驗結果，包括港研中心於民國 85、86 及 89 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，港研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(2005)指出一旦港灣的主體佈置定型後，任何局部性改善措施都只能產生有限的效果而已。

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。

(2) 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。

(3) 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，只能用壓力式的波高計。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。

1.5 研究範圍與對象

有鑑於相關的研究成果的不確定性，以及港灣共振機制的不明確，本計畫擬繼續利用水工模型試驗、現場觀測、及數值模擬等方法探討花蓮港港池共振的機制。所有相關的模型試驗及現場觀測主要由港研中心提供，而計畫執行單位必須配合港研中心的內部研究，參與實驗或量測的規劃與資料的分析，必要時得配合進行附屬相關工作。

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不規則波及任意地形之波浪折繞射模式與三維潮流模式，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。

1.6 研究內容與工作項目

本第一年度的主要工作項目包括：

(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**

分析過去在斷面水槽所進行的波高與波壓的量測資料,以比較求得波壓與波高的轉換關係，並與現有的理論相比較。此外，壓力頭的衰減情形也進行探討。並依據分析結果研擬規劃並進行中進行不同深度等水深地形及不同坡度地形的斷面水槽造波試驗,以探討波壓與波高的轉換關係。

(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**

依據港研中心所提供的防波堤沈箱振動時間序列與變位之觀測資料分析沈箱受波力作用時的反應行為，並與同一時間的外海波浪觀測資料進行比較，以求其相關性。第一年主要著重於資料檔案的整理與分析。

各工作項目將以獨立章節說明工作進度及部分成果。

1.7 預定進度甘梯圖(Gantt Chart)

工作項目	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月	第8月	第9月	第10月	第11月	第12月	備　註
1. 進行波壓與波高轉換函數相關的水工模型斷面試驗，建立港內波壓與波高轉換關係													
(1) 分析現有試驗資料			※										
(2) 規劃及進行小型斷面水工模型試驗、分析資料						※							
(3) 規劃及進行大型斷面水工模型試驗、分析資料												※	
(4) 討論波壓及波高轉換關係						※			※			※	
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													
(5) 收集及整理現場波浪觀測資料			※										
(6) 評估及進行濾波、以及波浪分析統計						※			※				
(7) 港內港外波浪統計特性分析												※	
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													
(8) 收集花蓮港附近水深地形，並建置地形水深數值資料檔			※			※							
(9) 進行數值模擬及討論									※			※	
4. 花蓮港防波堤振動特性與沉箱變位資料分析													
(10) 收集、整理及分析現場波壓及振動觀測資料			※			※			※			※	
5. 報告撰寫													
工作進度估計百分比(累積數)	**10**	**15**	**20**	**25**	**35**	**50**	**60**	**70**	**80**	**85**	**90**	**100**	

第二章 波壓與波高轉換函數的相關研究

本工作項目主要是設計及進行波壓與波高轉換函數相關的水工模型斷面試驗，建立港內波壓與波高轉換關係。

2.1 前人研究

有關波壓與波高間的轉換關係，首先 Folsom 與 Seiwell(1947)利用線性波理論提出相關的轉換關係。然而由過去的模型實驗或現場觀測的結果比對，發現即使在規則波的情況下，亦無法正確地利用線性理論來描述波壓與波高間的關係。因此大多數學者皆認同於在波壓與波高間的轉換公式中加入一個經驗修正係數，以改善線性理論轉換時的不正確性。而此一經驗修正係數可能受到相當多參數的影響，例如相對水深、波浪尖銳度、壓力計設置深度、水流及雜訊等，且各參數間的關係亦相當複雜，導致至今壓力修正係數仍未能有一定論。

關於此一修正係數的研究自西元 1966 年起即陸續有許多學者提出相關研究與建議，相關的研究列於參考文獻，例如 Hom-ma et al.(1966)、Bergan et al.(1968)、Simpson(1969)、Esteva and Harris(1970)、Cavaleri(1980) 、 Biesel(1982) 、 Lee and Wang(1984) 、 Hameed and Baba(1985)、Gabriel and Hedges(1986)、Bishop and Donelan(1987)、郭(1983)、簡仲璟等(1990)、邱永芳等(1993)、黃家祥(1993)、張炯般(1995)、Huang et al.(1998)、Huang(2001)、陳松輝等(2003)。其中，Bergan et al.(1968)比較量測的壓力及 Stoke's 的理論結果，發現用 Stoke's 五階波差異性遠比線性波理論小。Lee and Wang(1984)用二階攝動法(perturbation technique)解弱非線性不規則波並發現由於線性及非線性的轉換函數在中間性波至深水波的範圍中差異不大，因此判斷非線性的影響並不顯著。Wang et al.(1986)提出之修正線性濾波法(modified linear filter method)，其方法是將線性濾波法進行修正，以一簡單視窗轉換函數的型式應用於波壓與水位間的轉換。然而，一般研究都了解在淺水波的部分非線性的修正是相當重要的。Kuo and Chiu(1994)比較

了量測波壓及線性波與 Stoke's 三階波理論，並發現在他們的實驗中非線性的波形尖銳度影響很小。然而，Baquerizo and Losada(1995)使用微小振幅波理論的推導，認為邱、郭與簡(1993)之經驗轉換函數中之常數項應為水深無因次項$\omega^2 d/g$ 之函數($\omega=2\pi f$ 為波浪之角週頻率；f 為頻率；d 為水深；g 為重力加速度)，不應為一定值。黃明志也指出此一不一致的結論似乎祇反映了研究中的波浪條件不同而已。

2.2 波高波壓轉換函數的相關理論

依據線性波理論，二維進行波的波壓公式可表示為

$$p(x,y;t) = p_S - \rho g z + \rho \frac{\partial \phi}{\partial t} - \frac{1}{2}\rho\left(u^2 + w^2\right) \quad \cdots\cdots (2.1)$$

其中，t 為時間；x-軸為水平軸，z-軸為直立軸，以平均水面為零點並取向上為正；p 為總水壓力；p_S 為自由水面大氣壓力；ρ 為水的密度；g 為重力加速度；ϕ為流體的速度勢(velocity potential)；$u=-\partial\phi/\partial x$ 為水平水分子速度；$v=-\partial\phi/\partial y$ 為垂直水分子速度。而單一波動的波形及相關速度勢函數為

$$\eta(x;t) = a\sin(kx - \omega t) \quad \cdots\cdots (2.2)$$

$$\phi(x,z;t) = \frac{ag}{\omega}\frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh}\cos(kx - \omega t) \quad \cdots\cdots (2.3)$$

其中，而 a 為波浪的振幅；$\omega=2\pi/T$ 為波動的角週頻率(angular frequency)；T 為波浪週期；h 為水深；$k=2\pi/L$ 為波數(wave number)；L 為波長。ω 及 k 滿足線性波的分散關係式

$$\omega^2 = gk\tanh kh \quad \cdots\cdots (2.4)$$

其動壓部分可以表為

$$p_d(x,z;t) = \rho g K_{pL}\eta(x;t) = \rho g \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh}\eta(x;t) \quad \cdots\cdots (2.5)$$

其中，K_{pL} 稱為線性波的壓力轉換函數。依循類似的推導過程可得非線性波的波壓公式為

$$p_d(x,z;t) = \rho g K_{pN} \eta(x;t) \quad \cdots\cdots (2.6)$$

對於量測及線性波理論間的差異性，一般提出一個經驗的修正係數 N

$$p_d(x,z;t) = \rho g K_{pC} \eta(x;t) = \rho g \frac{K_{pL}}{N} \eta(x;t) \quad \cdots\cdots (2.7)$$

Forristal(1982)曾指出量測及線性波理論間差異性的可能原因為二階的動能項或是非線性波的影響未被考慮，或者是分析的方法不恰當。Bishop and Donelan(1987)：曾根據不同的試驗及現場資料對 N 值做了檢討。並依據他們自己的試驗，他們認為線性波理論在由水下壓力紀錄計算波高時還是正確的。一個設計良好的壓力式波高計系統估算水面波高應可達到 95%的準確性。他們也指出以前的修正係數可能受到不正確的波高量測、儀器限制(如訊號/雜訊比，率定誤差、動水壓力干擾等)、以及不恰當的分析方法(波別法 wave-by-wave method，頻譜洩漏 spectral leakage)的影響。Kuo and Chiu(1994)提出一動壓力的經驗公式

$$p_d(x,z;t) = \rho g K_{pE} \eta(x;t) \quad \cdots\cdots (2.8)$$

其中，K_{pE} 為經驗轉換函數，已由因次分析及中間性波與深水波的試驗資料的回歸得到下列的結果

$$K_{pE} = \exp(0.905 \frac{\omega^2 z}{g} - 0027) \quad ; \quad 0.1 \le \frac{\omega^2 |z|}{g} \le 5.0 \quad , \quad \frac{h}{L} \ge 0.07 \quad \cdots\cdots (2.9)$$

由因次分析可以得到下列的函數關係

$$K_{pE} = f_1\left(\frac{\omega^2 z}{g}, \frac{\omega^2 h}{g}, \frac{\omega^2 H}{g}\right) = f_2\left(\frac{\omega^2 z}{g}, \frac{z}{h}, \frac{H}{L}\right) \quad \cdots\cdots (2.10)$$

其中，H 為波高；$\omega^2|z|/g$ 為頻率參數；$\omega^2 h/g$ 為水深參數；H/L 為波形尖銳度；$|z|/h$ 為壓力計沒水深度參數。因此，式(2.9)是在中間性波及深水波的範疇內推導的，且僅在波性尖銳度影響較小及壓力計沒水深度參數可被忽略的情形下才適用。

Chen(2000)的沒水深度參數 0.9 的迴歸公式則表為

$$K_{pN} = \exp(0.711\frac{\omega^2 z}{g} + 0022) \quad \cdots\cdots (2.11)$$

在 Kuo and Chiu(1994)中發現由於第三階壓力與第一階壓力的比值小於 1.08，因此非線性的效應很小。他們也認為"由於同一頻率波動及沒水深度的轉換函數在不同的水深處均沒改變"因此壓力計沒水深度參數是可以被忽略的。然而黃(2001)認為依據 Kuo and Chiu(1994)文章的第四圖即顯示此一結論不正確，即使是最簡單的線性波理論轉換函數也強烈地顯示其與沒水深度有關。當壓力計安置在底床時，Kuo and Chiu(1994)的經驗公式有比線性波理論較大的波高預測結果。Baqerizo and Losada(1995)對 Kuo and Chiu(1994)的建議是應該將該項試驗結論歸類在較小的深度參數或沒水深度參數中。公式(2.9)的另一個問題是在高頻區的資料過少可能導致迴歸推算時的誤差。由於在波壓轉換波高的過程中可能會引介入額外的高頻能量，因此在使用 Kuo and Chiu 的經驗公式時必須特別小心。

各種不同的壓力轉換函數也可以用對線性壓力轉換函數的修正係數來表示，即

$$K_{pN} = \frac{K_{pL}}{N}, \quad K_{pC} = \frac{K_{pL}}{N}, \quad K_{pE} = \frac{K_{pL}}{N} \quad \cdots\cdots (2.12)$$

其中，N 一般為相對水深、波形尖銳度及壓力計沒水深度的函數，可由數值計算或實驗資料獲得。

一般進行因次分析時，主要的目標是將因變數推導轉換成多個由自變數所組成的無因次參數。因此，在推導波壓轉換函數的因次分析時，假設其為水深(h)、波高(H)與壓力計沒水深度(z)的函數並表示成

$$K_P = f_1\left(\frac{\omega^2|z|}{g}, \frac{\omega^2 h}{g}, \frac{\omega^2 H}{g}\right) \quad \cdots\cdots (2.13)$$

依 Chiu & Kuo 的推導

$$K_{PE} = f_1\left(\frac{\omega^2|z|}{g}, \frac{|z|}{h}, \frac{H}{L}\right) \quad \cdots\cdots (2.14)$$

式中，$\omega^2|z|/g$ 為頻率參數(frequency parameter)；$|z|/h$ 為壓力計沒水參數(transducer submergence parameter)；H/L 為波型尖銳度(wave steepness)。

黃正欣等(2003)利用斷面水槽進行一系列的模型試驗，包含五種不同水深、六種規則波週期、及六種相對應的不規則波示性波週期，以及多種入射波高，並發現壓力轉換函數仍與底床水深、波高及壓力計的放置水深都有關係。並利用回歸分析方式得到不同的參數如下所示：

$$K_p = \exp\left(-0.539\frac{\omega^2|z|}{g} - 0.067\right) \quad \text{Kuo 及 Chiu 模式} \cdots\cdots (2.15)$$

$$K_p = \exp\left(-\left(0.015\frac{\omega^2 d}{g} + 0.532\right)\frac{\omega^2|z|}{g} + \left(0.012\frac{\omega^2 d}{g} - 0.072\right)\right)$$

Baquerizo 及 Losada 模式$\cdots\cdots$(2.16)

而黃正欣等也提出自己的壓力轉換函數

$$K_p = \exp\left(-\left(0.151\frac{\omega^2 d}{g} - 0.460\frac{\omega^2 H}{g} + 0.498\right)\frac{\omega^2|z|}{g} + \left(0.189\frac{\omega^2 d}{g} - 0.838\frac{\omega^2 H}{g} - 0.059\right)\right) \quad \cdots\cdots (2.17)$$

並以壓力值 p 取代較不容易獲得的波高值 H

$$K_p = \exp\left(-\left(0.106\frac{\omega^2 d}{g} - 0.114\frac{\omega^2 P}{g} + 0.517\right)\frac{\omega^2|z|}{g} + \left(0.157\frac{\omega^2 d}{g} - 0.797\frac{\omega^2 P}{g} - 0.057\right)\right) \quad \cdots\cdots (2.18)$$

然而，由於黃正欣等係採用回歸方法求得各項係數，利用壓力值 p 取代波高值 H，卻也連帶著變動了水深 d 的係數，使得該公式仍存在有不確定性。也顯示出波高與波壓間的關係仍有深入探討的必要性。

有關頻率參數的部份似乎有些混淆，因為如果是頻率參數的話，則該參數中之自變數應是與波浪頻率直接相關的變數。然而，波浪頻率並不會隨壓力計沒水深度(z)而變。而且

$$\frac{\omega^2|z|}{g}=\frac{\omega^2 h}{g}\times\frac{|z|}{h} \quad \cdots\cdots(2.19)$$

其實此一參數為$\omega^2 h/g$ 與$|z|/h$(壓力計沒水參數)的函數。因此，若重新整理 Chiu & Kuo 以及 Chen 的建議公式

$$K_{PE}=Exp(-0.905\frac{\omega^2 h}{g}\bullet\frac{|z|}{h}-0.027) \qquad for\ 0.1\le {\omega^2|z|}/{g}\le 5,\quad {h}/{L}\ge 0.07$$

$$\cdots\cdots(2.20)$$

$$K_{PN}=Exp(-711\frac{\omega^2 h}{g}\bullet\frac{|z|}{h}+0.022) \qquad for\ {|z|}/{h}=0.9 \quad \cdots\cdots(2.21)$$

由公式中可知，蔡等所說 Chiu & Kuo 的經驗公式忽略了壓力計沒水參數，似乎有待商榷。不過值得一提的是，波形尖銳度目前沒有任何理論可以說明。

至於不規則波之壓力和水位間的轉換關係，可分為兩種不同的轉換方式，一種方式是將量測到的壓力，先求出壓力頻譜，再利用壓力轉換函數將壓力頻譜轉換為水位頻譜，邱、郭與簡(1993)即是以此種方法對不規則波做分析。另一種方式則是將量測到的壓力，利用線性壓力轉換函數或邱、郭與簡(1993)之經驗公式轉換為水位，再由轉換得到的水位，求出水位頻譜，此方式所得之水位頻譜在高頻處會有急遽放大的不合理現象，因此轉換公式的頻率適用上限是一個重要的因子，而且必須適當的決定。另對於不規則波之轉換，Nielson(1986)提出局部波壓波形近似處理法(local approximation method)，係將局部波壓波形以正弦波形來描述，將求出之相對應局部頻率視為該點之頻率，再應用線性波理論加以轉換；張(1995)提出前後週期平均法，對轉換函數的頻率做一上限，再代入線性反應函數或經驗轉換函數加以轉換。

在考慮水流或非線性效應對轉換結果之影響方面，亦有學者提出相關文獻，如 Bergan et al.(1968)由風洞水槽模擬水深 20 公尺外之波

浪，比較線性波浪理論與 Stokes 五階波浪理論之轉換結果，以頻譜及波高分析做估算，發現其誤差在 10%以內；Lee and Wang(1984)指出在淺水時需考慮水流及非線性效應之影響。

2.3 頻譜轉換

波浪能量譜可以由壓力譜得到

$$S_{\eta\eta}(f)=\frac{S_{pp}(f)}{[K_P(f)]^2} \quad \cdots\cdots (2.22)$$

其中，f 為頻率；$S_{\eta\eta}$ 為波譜；S_{pp} 為壓力譜；K_p 為正確的壓力轉換函數，例如 K_{pL}，K_{pN}，K_{pC}，K_{pE} 中的任何一個。Bergan et al.(1968)根據試驗室的資料發現利用線性壓力轉換函數所得的轉換頻譜與波譜相當接近。Esteva and Harris(1970) 根據現場的資料也指出有同樣的情形。Lee and Wang(1984)也同樣地指出線性轉換函數在能量守恒的範圍內有很好的表現，但是在低頻部分有低估能量而高頻部分則有高估的情形。

由於沒水式波高計的壓力轉換函數受到水深增幅的影響而有隨著頻率增加而減小的情形，壓力譜的高頻的成分可能太小甚至因壓力計的解析度或精確度的極限，以及儀器本身的電子或數值上的雜訊干擾(noise)而完全漏失，Lee and Wang(1984)建議依據下式從高頻成分中完全移除雜訊部分

$$S_{\eta\eta}(f)=\frac{S_{pp}(f)-NL}{[K_P(f)]^2} \quad \cdots\cdots (2.23)$$

式中，NL 為高頻部分的平均雜訊部分(average noise level)。上式與 Huang and Chen(1998)所推導利用浮筒式(pitch roll buoy)波浪觀測的訊號中處理低頻雜訊的修正技巧類似。Lee and Wang(1984)也建議可以用如下所示的切除高頻的 windowed 轉換函數(windowed transfer function with high-frequency cut-off)處理

$$S_{pp}(f)=0; \qquad f\geq f_C \quad \cdots\cdots (2.24)$$

利用式(2.24)從實際的波浪成分裡面移除額外的的雜訊部份(noise level)的一個好處是在轉換後的頻譜的高頻部分總是有一幅度較大的增量然後伴隨著快速地消減至零振幅的情形(Lee and Wang, 1984)

其他的雜訊修正技巧討論如下：

（1） 根據解析度或精確度的雜訊修正

假設壓力計受限於它的解析度或精確度，則可以這一極限值 a_{ppl}(例如壓力計的解析度為 0.1cm)作為整個雜訊部分的評估值(estimate)及設定振幅的切斷條件

$$a_{ppn}(f)=0; \qquad a_{ppn}(f)\le a_{ppl} \quad \cdots\cdots (2.25)$$

式中，a_{ppn}(f)為第 n 個壓力成分的振幅。同樣地，上式也可以改寫為頻譜振幅的切斷條件

$$S_{ppn}(f)=0; \qquad S_{ppn}(f)\le S_{ppl} \quad \cdots\cdots (2.26)$$

式中，$S_{ppn}(f)$及 S_{ppl} 為與 $a_{ppn}(f)$及 $_{appl}$ 相關的頻譜振幅。

（2） 根據最大頻譜振幅的雜訊修正

在理論上，假如雜訊是個頻率的已知函數，則壓力訊號便可以被修正。然而實際上卻因為全部的雜訊部分(包含水動力雜訊、非線性及流的影響)乃是隨著海象而變。一個解決此一問題的方法是利用一個與最大頻譜振幅 S_{ppm} 有關的固定比例係數 R 作為切斷條件。

$$S_{ppn}(f)=0; \qquad S_{ppn}(f)\le R\cdot S_{ppm} \quad \cdots\cdots (2.27)$$

假如 R 值較小則相對的切斷頻率 f_c 將會較高。

（3） 根據最小轉換函數值的雜訊修正

除了式(2.27)以外，我們也可以在高頻部分設定一最小轉換函數

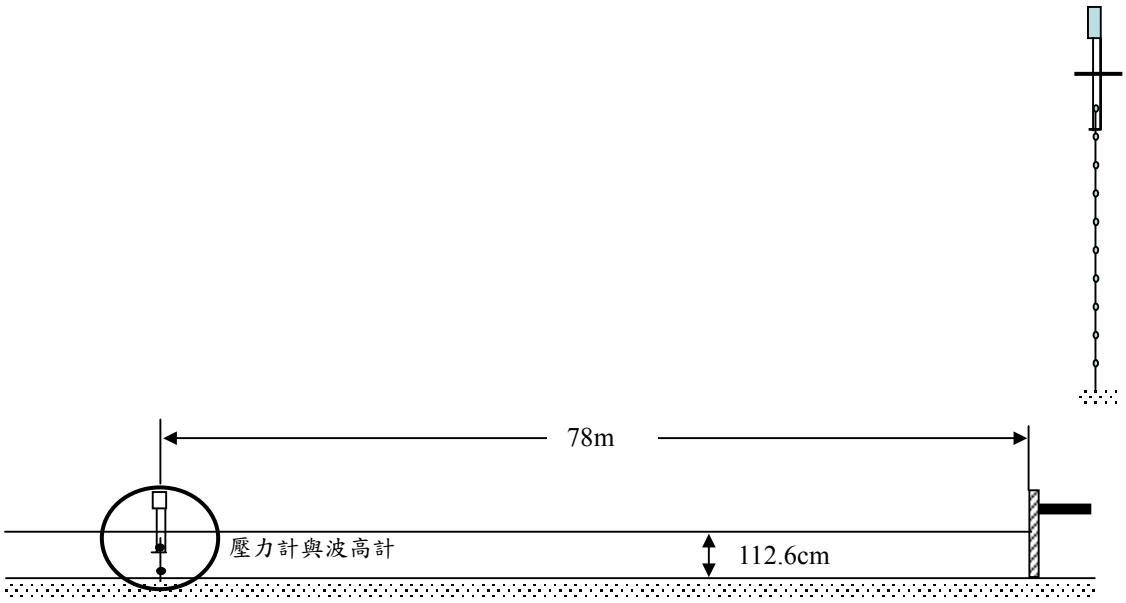
$$K_p(f)=K_p(f_c); \qquad S_{ppn}(f)\le R\cdot S_{ppm} \quad \cdots\cdots (2.28)$$

式中，K_p 為正確的壓力轉換函數。這種方式等於是對轉換頻譜在

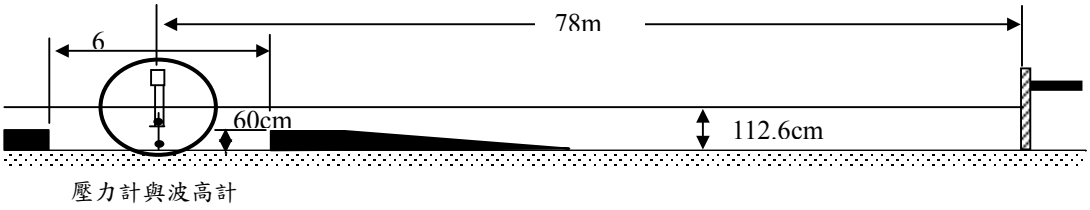
切斷頻率 f_c 以上的部分進行平滑化的處理。

2.4 現有試驗水面波動與水下波壓資料的分析

依據本計畫團隊與港研中心於民國 92 年合作在中心的風洞實驗室中所進行有關壓力與水面波動轉換關係的試驗研究，試驗地形如圖 2.1 所示包含等深地形及凹陷地形兩種，除了在水面上設置容量式波高計(編號為 W0)外，也在同一點的不同深度處(12.6 cm 至 92.6 cm 每間隔 10 cm 一個，原點設在靜水面上，Z 軸以向下為正)設置了 9 個壓力頭(由上而下分別編號為 P1～P9)。相關的造波條件如表 2.1 所示。從線性波理論而言，所試驗的波浪中，週期 1 秒的波浪在本試驗水深中屬於深水波，而其餘三種波浪週期皆屬於中間性波。



(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 2.1 壓力與水位轉換水工試驗的斷面模型

為了瞭解波壓在水中的傳遞情形，本研究首先就水面波形與水中壓力波形的相關性進行探討，圖 2.2 及 2.3 分別顯示規則/不規則波浪通過凹陷地形，以及規則波通過水平底床時，不同水深處之壓力波形與水面波形間最大相關係數值隨水深的變化圖。由於凹陷地形為一有限長度(6 公尺)的矩形凹槽，可能與波長產生交互作用，因此圖 2.2(a)大致上顯示水面波形與水中壓力波形的相關性有隨著波浪週期的加長而加大。圖 2.2(b)中的不規則波作用下亦有相類似的趨勢。但是圖 2.2(a)中週期為 1 秒(深水波長為 156cm)的結果顯示相關係數值在水深大於 78cm 時便急遽減小。如果以線性波理論的二分之一波長的影響水深為準，則在 Z=78cm 處的最大相關係數約為 0.5。此外，同圖中也顯示波高的增加會提高水面波形與水中壓力的相關性。

表 2.1 斷面試驗造波條件

規則波通過凹陷地形		
週期(秒)	波高(cm)	代　　號
1.0	5,8	H05T10, H08T10
1.3	13	H13T13
1.6	19	H19T16
2.0	25	H25T20
不規則波通過凹陷地形		
頻率(Hz)	波高(cm)	代　　號
0.9	8	F09H08
0.6	13	F06H13
0.5	19	F05H19
0.4	25	F04H25
規則波通過等深地形		
週期(秒)	波高(cm)	代　　號
1.0	8, 13, 19, 25	H08T10, H13T10, H19T10, H25T10
1.3	8, 13, 19, 25	H08T13, H13T13, H19T13, H25T13
1.6	8, 13, 19, 25	H08T16, H13T16, H19T16, H25T16
2.0	8, 13, 19, 25	H08T20, H13T20, H19T20, H25T20

當波浪通過水平底床時，圖 2.3 顯示不同造波週期之規則波水面波形與水中壓力波形間相關係數的水深變化圖，各圖中均含有四種不同波高的結果。就大趨勢而言，隨著造波週期的加長，水面波形與水中壓力波形間相關性就越高，在水深方向的相關性相對增大。除了週期為 1 秒的結果可能受到波形非線性的影響使得波高增大時其相關性有

減小的趨勢外，其他週期裡的波高影響性不大。由於週期 1 秒的波浪屬於深水波，因此圖 2.3 之右上圖中可以發現水深大於 78cm 時，相關係數值有急遽變化。

圖 2.4 及 2.5 分別顯示在等深地形與凹陷地形中四種不同造波週期的波高比曲線。波高比值係以水面上的容量式波高計量測波高求各壓力頭轉換波高的比值。圖中也比對了線性波理論、郭與邱、以及 Baquerio and Losada 的壓力水位轉換理論。其中可發現，不同的波高的差異性不大，但即使在等水深的情況下，各個理論仍與試驗值有一差距，而且似乎壓力的量測有發生衰減的現象(以 T=2 秒為例)。而當波浪通過凹陷地形時(圖 2.5)，此種衰減現象更是明顯。

為了更進一步瞭解水面波形與壓力轉換波形間的差異性，本計畫將不同造波條件所得的時間序列以及波高計與各壓力計所量測的水面波動變化關係，繪製如附錄 B 中圖 B.1 至 B.24 所示，其中圖 B.1 至 B.4 為凹陷地形規則波作用的結果；圖 B.5 至圖 B.8 為等深地形規則波作用的結果。圖 B.9 至 B.12 為凹陷地形不規則波作用的結果。從圖 B.1 至 B.4 的規則波試驗中可以發現，雖然各波壓記錄經過波壓靜態轉換係數的修正，但是各水深波壓記錄所轉換的水面波動卻均有不同，其主要影響因子應為波動場中的水粒子運動會隨波長與水深而變化。圖 B.9 至 B.12 的不規則波試驗也可以看到相同的情形。圖 B.9 為波高 25cm、f_{peak}=0.4Hz(JONWAP 頻譜)之三次不規則波試驗結果，三次試驗的結果相當一致，但是隨著水深的加深，波高計與壓力計的量測值便愈來愈不成正比關係，而且綜合圖 B.9 至 B.12 的觀察比較，可發現此一現象隨著不規則波的能量集中情形而改變，當能量愈集中於高頻區則該曲線斜率則欲趨於水平。這顯示在凹陷地形中的波動場，如果利用壓力計來量測水面波動，會隨著水深愈深，或能量愈集中於高頻區而偏差度愈大，也就是愈不能反應實際的水面波動。然而，目前的分析係以靜態轉換係數進行修正，未來若使用動態轉換係數可能會更佳。

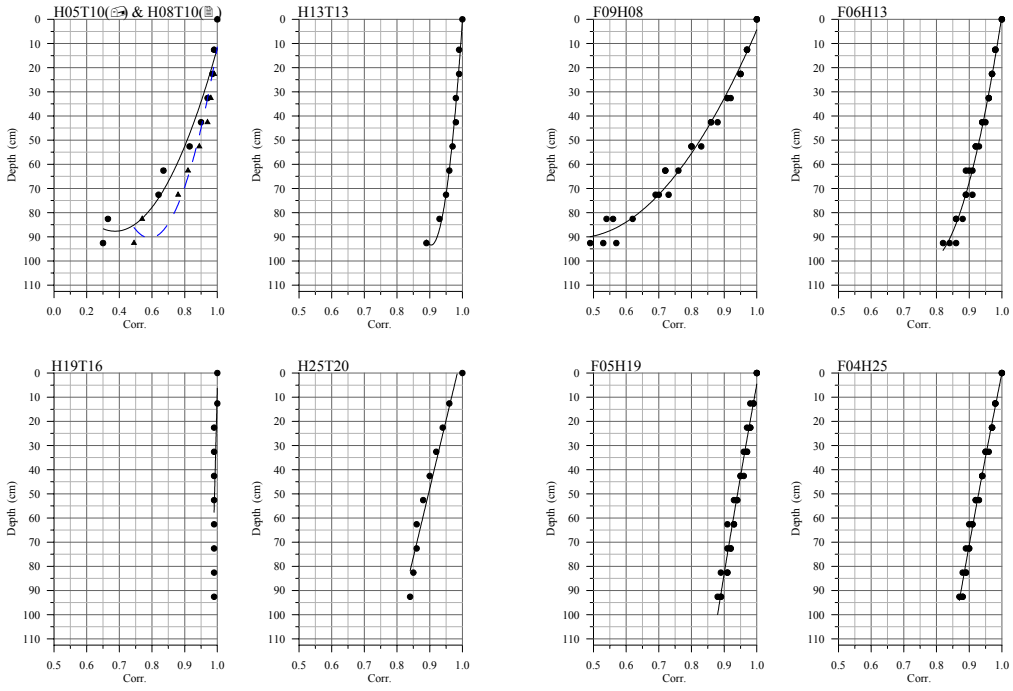
圖 B.5 至圖 B.8 係等水深地形下所進行的規則波試驗結果，在短週期的造波條件中(例如，1 秒週期)，圖 B.5 顯示各水深的關係曲線與凹

陷地形的圖 B.1 類似。其他的造波條件也有類似的結果趨勢。

從這些圖中可得到一整體的印象就是隨著水深的加大，壓力頭所量測到水頭變化就相對減少，此與壓力與波形轉換的關係一致。也就是由於長週期波的水粒子可及於底床，因此水壓力變化也可以傳達到底床，而短週期波則因為水粒子運動不及於底床，因此較深水處的壓力計量到很小的壓力變化。在深水處的波形都有高頻振動的情形應是由於壓力計的體積所造成的擾動。未來將利用濾波的方式將此一干擾濾除再在進行比較。而需要注意到的是，即使是非線性波動，其壓力傳遞到某一水深(例如-42.5 cm)以下，所量測到的壓力都幾乎呈規則性變化的情形，如圖 B.4 水面明顯為非線性週期波動，但是壓力計所量測到的變化則近乎線性波的週期性波動。而由於波形尖銳度過大而形成不穩定波形的試驗中，壓力計所量測到的波形也都較為平滑，此與依波壓與水位轉換函數所述的關係應為形狀類似但振幅大小呈,餘弦超越函數衰減的特性有不合之處。而由各圖中之水位高程變化比較圖也發現，在短週期波(1 秒)時深水處的波壓力近似於零，但仍有些微的變化，而且其關係分佈明顯顯示在波峰及波谷處的非線性現象。

綜合以上的觀察，顯示波動下的水壓力傳遞可能尚有其他機制，例如水力子的運動所造成的局部性流速，而非一般在流體力學中所認定的 $p=\gamma(h+\eta)$，h 及η係指某一點垂直方向的高度值，純粹以(非水平面)靜水壓的形式來計算，如圖 2.6 所示。壓力有隨水深重新分佈組合的情形。

對規則進行波水面波形與水中壓力波形間的關係可能隨著波浪的特性而不同，深水波的波壓力在二分之一波長之內的水深中，波壓力有隨水深衰減的情形，波高也顯示出有局部性的影響，而二分之一波長以下的水深中由於流體的質量與動量連續，仍然有某一程度的擾動；中間性波由於水粒子的運動幅度隨水深而不同，因此也有不同程度衰減；而淺水波則會有完全相關的性質。因此，線性波理論可能仍適合於解釋規則進行波水面波形與水中壓力波形間的關係，但需要加上一個隨水深、波浪週期及波高變化的比例係數進行修正。



(a) 規則波　　(b)不規則波

圖 2.2 波浪通過凹陷地形時水面波形與水中壓力波形間相關係數的水深變化圖

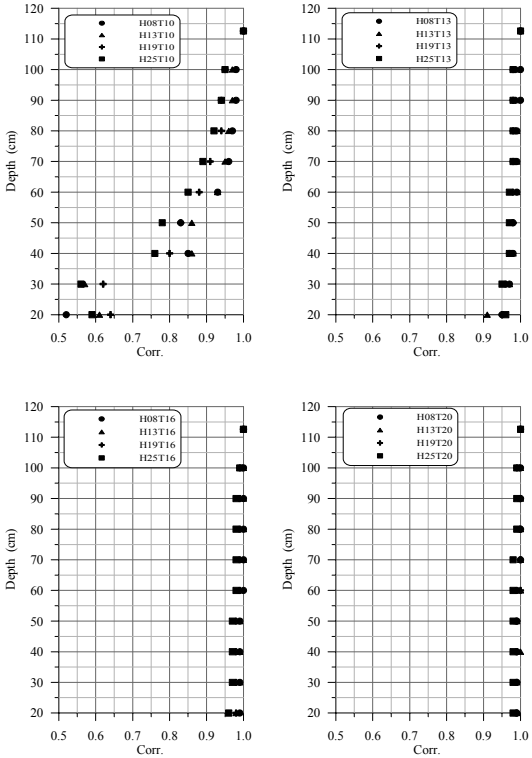


圖 2.3 波浪通過等深地形時水面波形與水下壓力波形間相關係數的水

深變化圖

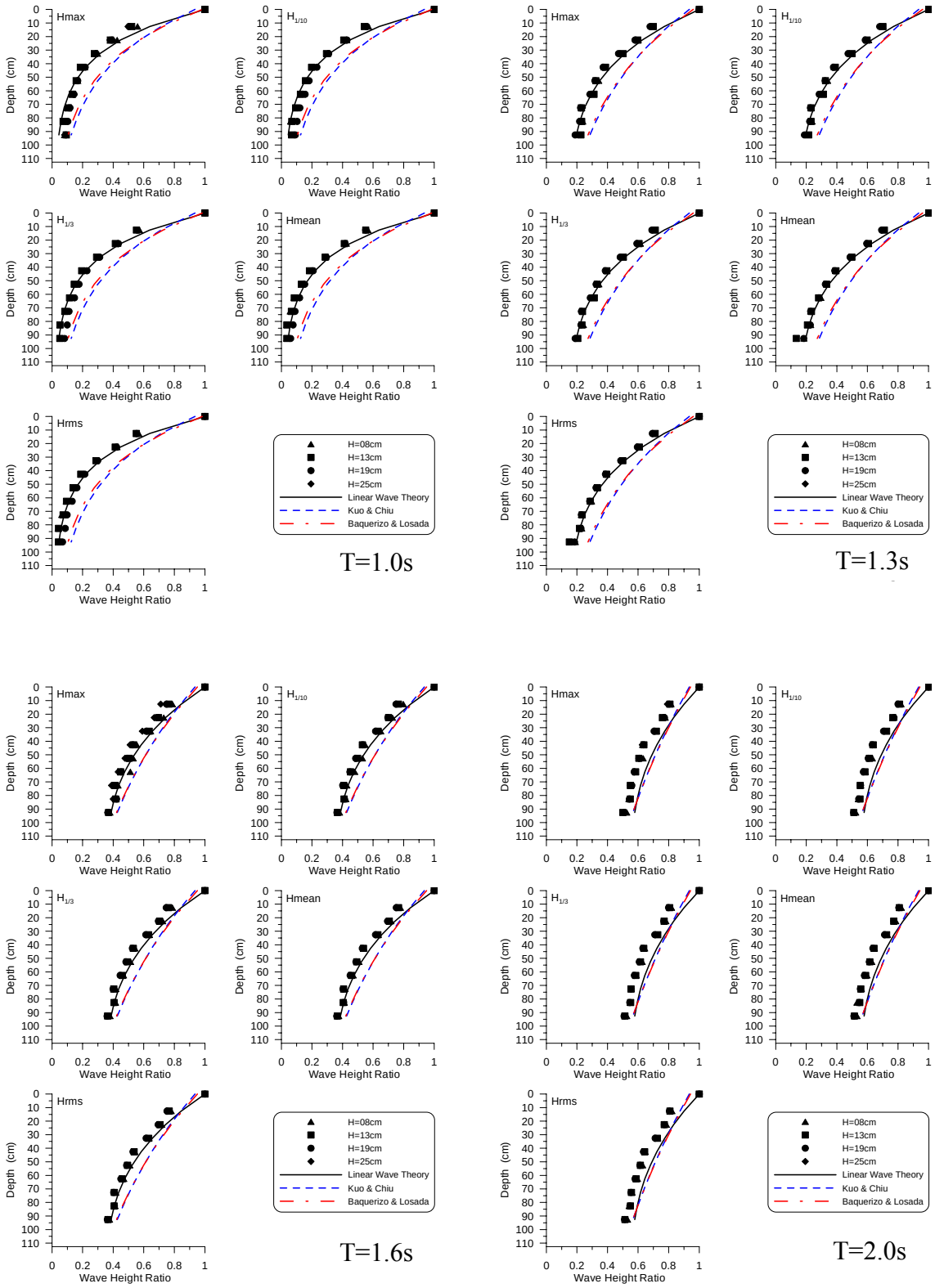


圖 2.4 規則波通過等深地形之波高比值沿水深變化圖

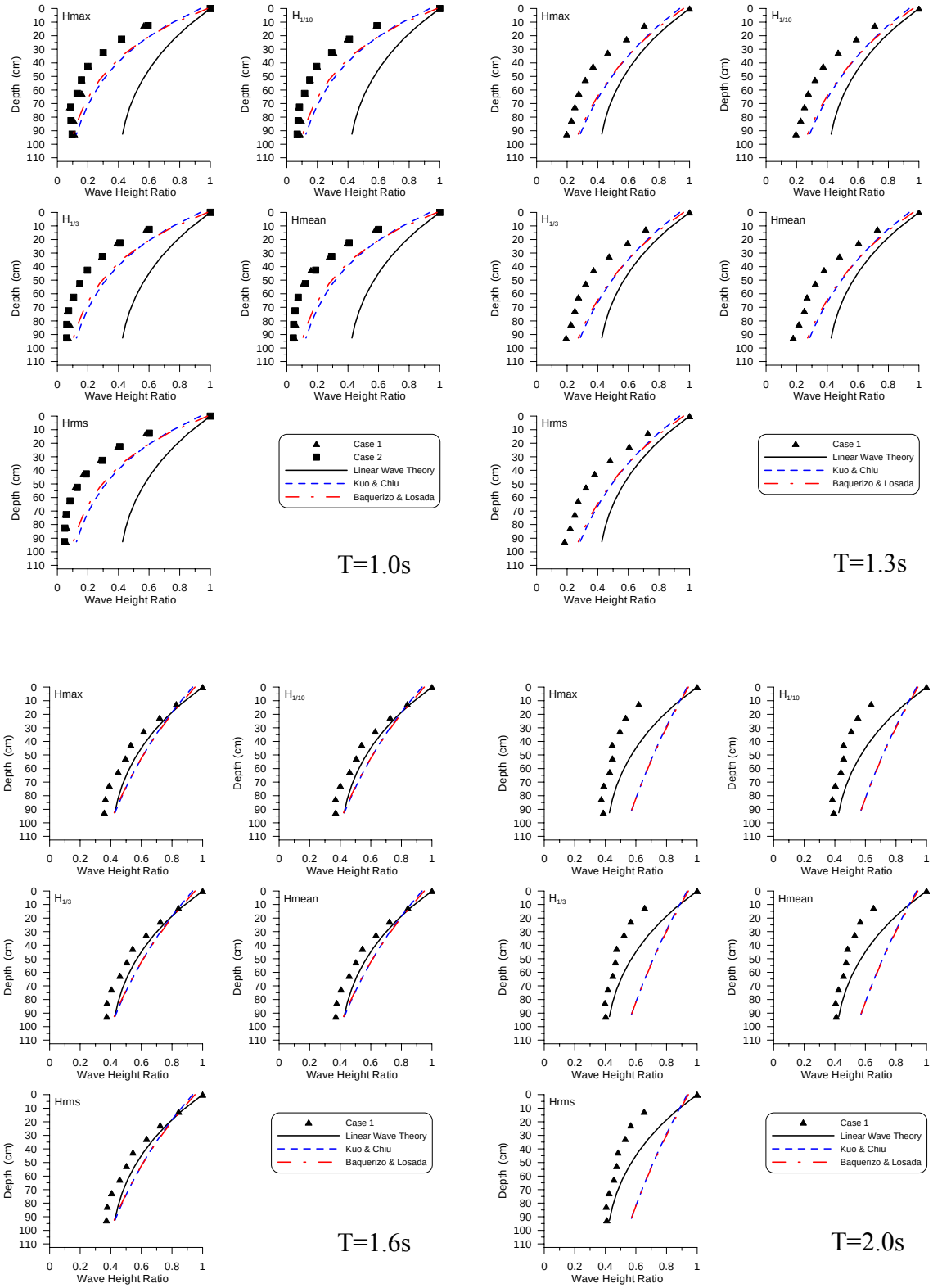


圖 2.5 規則波通過凹陷地形之波高比值沿水深變化圖

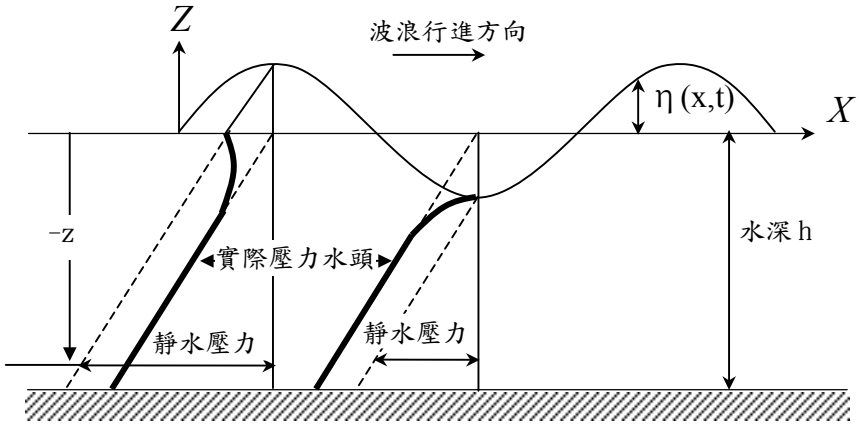


圖 2.6 波峰與波谷之垂直波壓分布

2.5 矩形港池平面遮蔽試驗

為了瞭解波浪進入港灣後，由於港形所造成的多重反射後，港內水面波動與水下波壓間的關係，港研中心利用一 6m×6m 的部份開口(2m)等水深矩形港池(水深為 40cm)進行平面遮蔽試驗，港口內外的壓力計(編號為 P01~P15)與容量式波高計(編號為 W16~W30)的佈置如圖 2.7 中所示。其中，P01~P11 壓力計與 W16~W26 波高計依序分別相對應地佈置於同一地點之水面及水底。實驗的波向共進行了正向(0°)及斜向(45°)兩種與規則及不規則造波，造波週期分布於 0.8~2.0 秒，而波高則分布於 2~14 公分之間，如表 2.2 所示。

表 2.2 平面試驗造波條件

造波週期 ($T_{1/3}$, sec)	0° 正向入射		45° 斜向入射	
	規則波波高 ($H_{1/3}$, cm)	不規則波波高 ($H_{1/3}$, cm)	規則波波高 ($H_{1/3}$, cm)	不規則波波高 ($H_{1/3}$, cm)
0.8	2,3,4,6	2,5,8,10	3,5,10,12	3,6,7,8
1.0	2,4,5,6	2,3,5,6,10	3,6,8,10	6,7,8,9,10
1.2	6,8,10,12,14	3,6,7,10	5,8,10,12	4,6,7,8
1.4	4,6,8,10,12	3,6,10,12	4,7,10,12	2,4,6,8,9
1.6	3,6,10,14	4,6,9,12	5,8,12,14	2,4,7,8,9
1.8	4,8,12,14	2,5,8,12	5,7,9,10,12	2,4,5,7,8
2.0	6,8,12,13	3,6,10,13	4,8,10,12,14	2,4,5,6,8

試驗分析除了傳統的特性波高分析(時間域零上切法)與頻譜分析

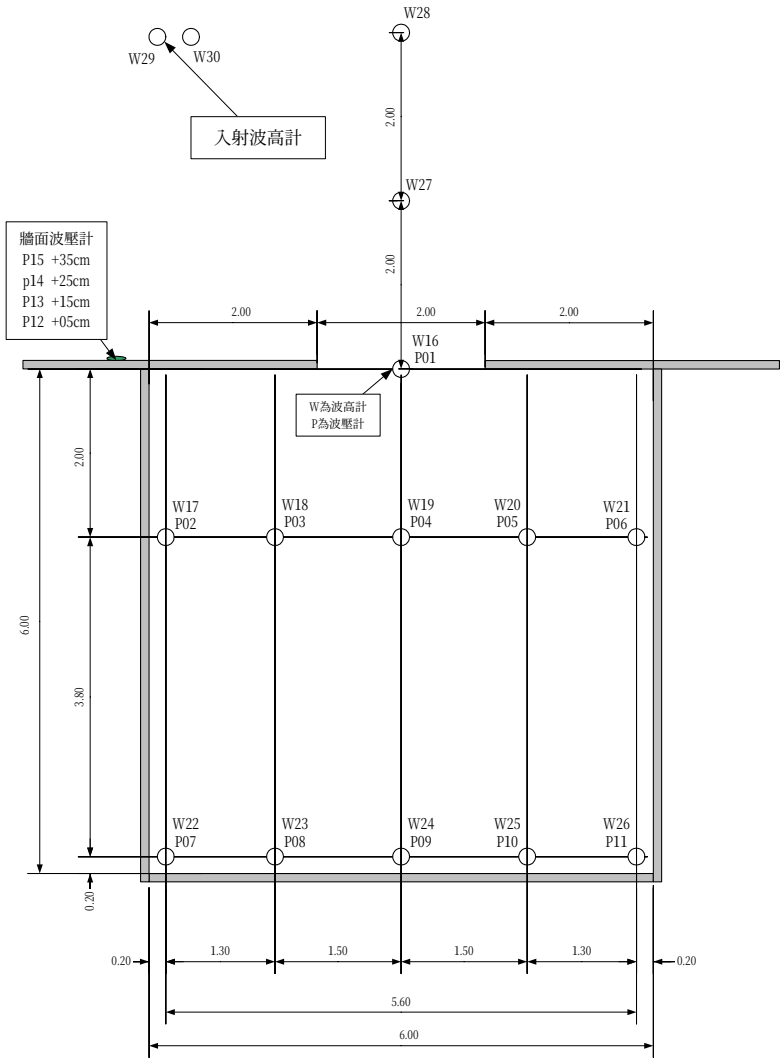
(頻率域)以外，也探討波高計所直接量測的水面波動與由不同水深所得波壓記錄的換算水面波動的比較。但由於資料量過大，圖 2.8 至圖 2.14 顯示各測站(壓力計與波高計)的波高變化情形，圖 2.15 至圖 2.21 為相同位置壓力計轉換波高與波高計量測波高的比值圖，而附錄 B 中圖 B.19 至圖 B.25 為波高計與壓力計所量測的水面波動變化關係。

圖 2.8 至圖 2.14 中可以看到壓力計所量測轉換的波高與波高計的量測波高變化趨勢還很類似，但是波高值就有很明顯的差異。在短週期波時此種差異較顯著，而長週期波時則波高值較為接近。為進一步瞭解其比值的變化，圖 2.15 至圖 2.21 繪製了相同位置壓力計轉換波高與波高計量測波高的比值，圖中可以發現，不論是規則波或者是不規則波的作用，波高的比值不僅是不同造波條件就不一樣，同一造波條件中的不同量測位置亦明顯不同。

附錄 B 中圖 B.19 至圖 B.25 的波高計與壓力計所量測的水面波動變化關係也發現與前述斷面水槽中的試驗結果有明顯的差異性。即使水面波動變化不大時，卻仍可以量測到大幅度的壓力變化。

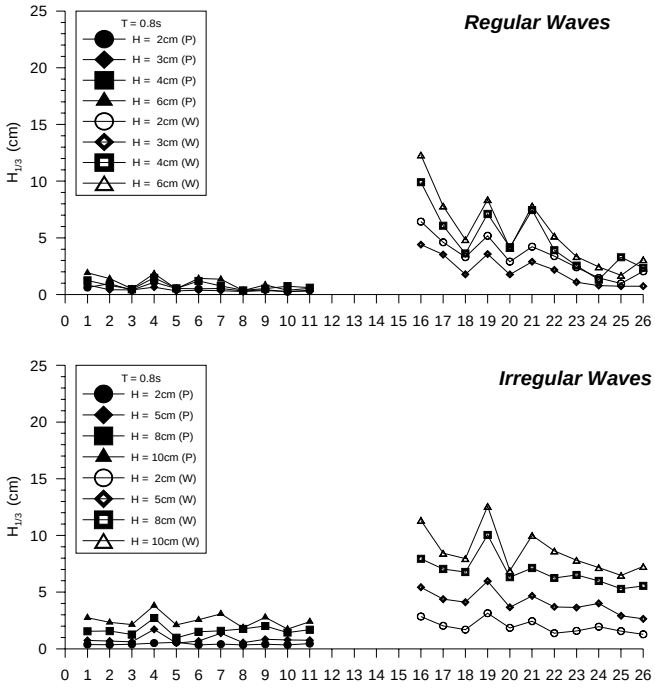
2.6 綜合討論

綜合以上的試驗結果，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，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，可以發現並非如線性波浪理論以及一般所預期的簡單關係，在進行波的試驗結果中其水壓力與水面波動的轉換關係較符合線性波理論，但至少需要再進行一與波長、波高及水深相關的衰減修正。在港內的試驗結果，由於波浪係多方向且多重反射，即使是規則波的造波條件，其水壓力與水面波動的轉換關係就明顯與線性波理論不同。推測應是與水粒子的運動有關(區域性的流速)。所以，水壓力與水面波動的轉換關係除了與水位的變化有關外，應與水下個量測點附近的水粒子速度有強烈關係。目前無法得到一肯定的關係式，而且未來有必要在擴大試驗與現場觀測。



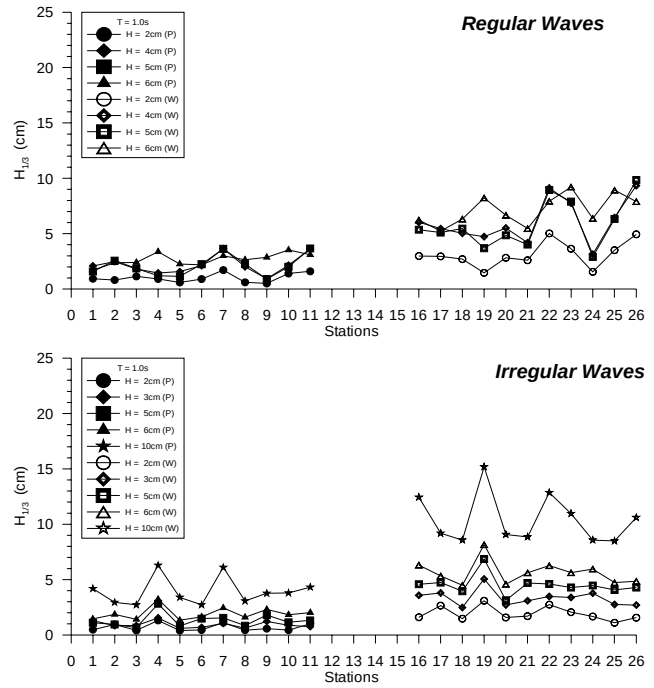
單位：cm

圖 2.7 部份開口矩形港池之平面遮蔽試驗中壓力計(P)與波高計(W)之佈置情形



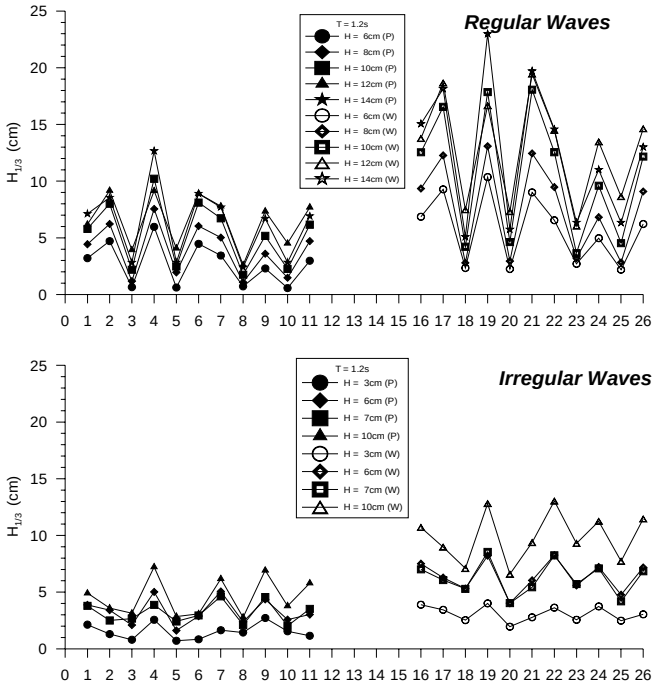
(水平軸：1~15：壓力計、16~30：波高計)

圖 2.8 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 0.8 秒之港內波高變化圖



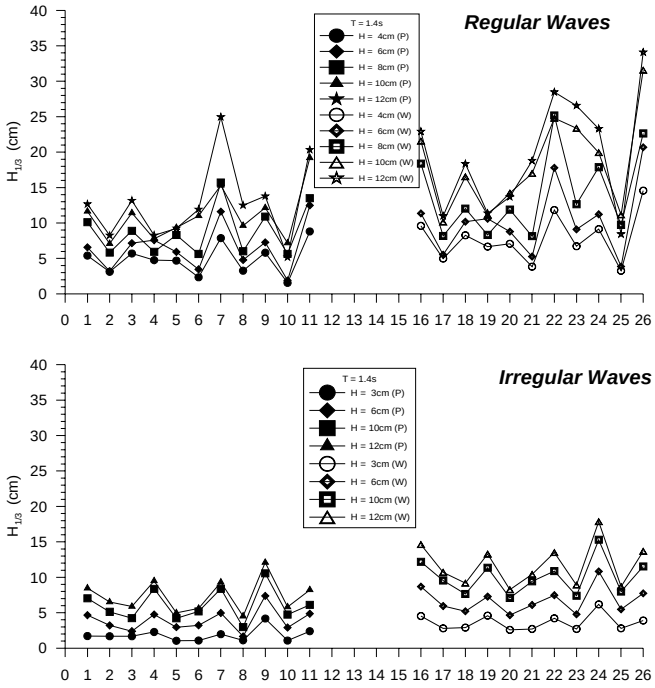
(水平軸：1~15：壓力計、16~30：波高計)

圖 2.9 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 1 秒之港內波高變化圖



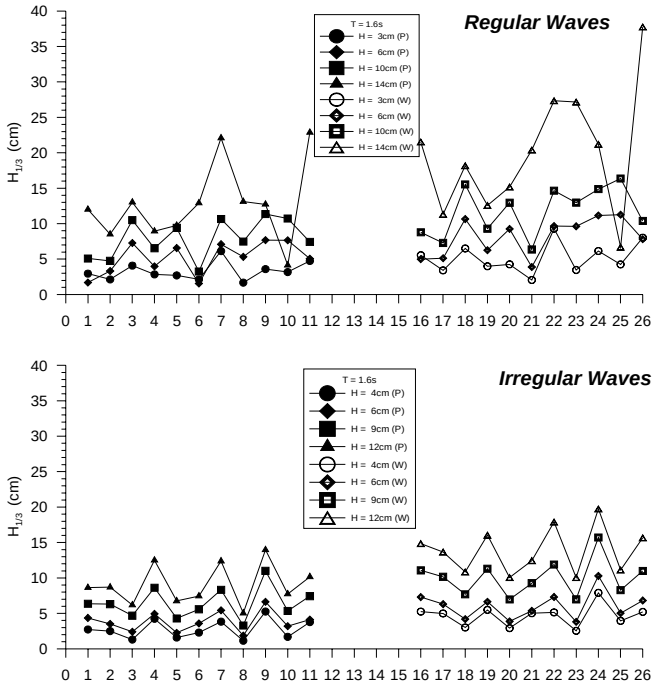
(水平軸：1~15：壓力計、16~30：波高計)

圖 2.10 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 1.2 秒之港內波高變化圖



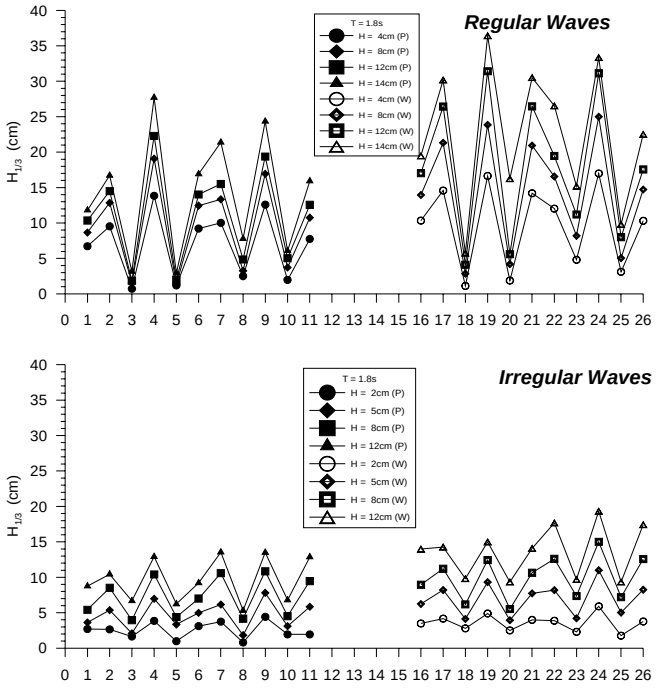
(水平軸：1~15：壓力計、16~30：波高計)

圖 2.11 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 1.4 秒之港內波高變化圖



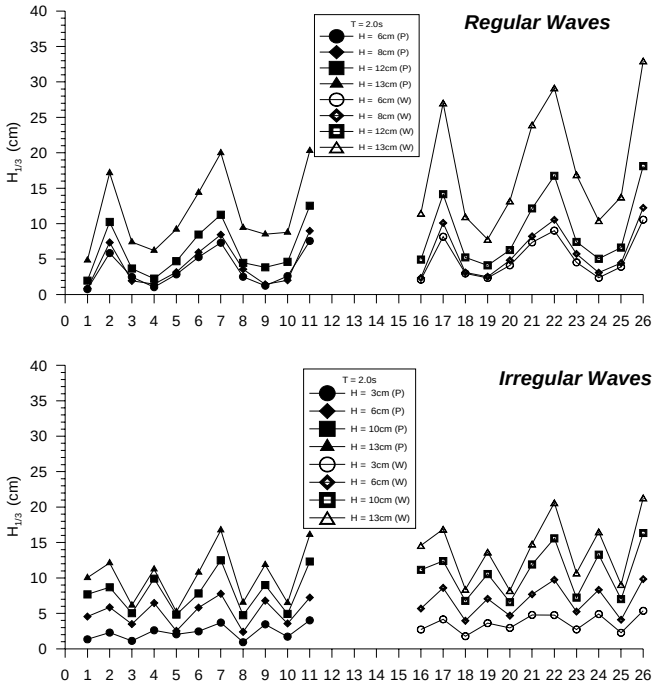
(水平軸：1~15：壓力計、16~30：波高計)

圖 2.12 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 1.6 秒之港內波高變化圖



(水平軸：1~15：壓力計、16~30：波高計)

圖 2.13 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 1.8 秒之港內波高變化圖



(水平軸：1~15：壓力計、16~30：波高計)

圖 2.14 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 2 秒之港內波高變化圖

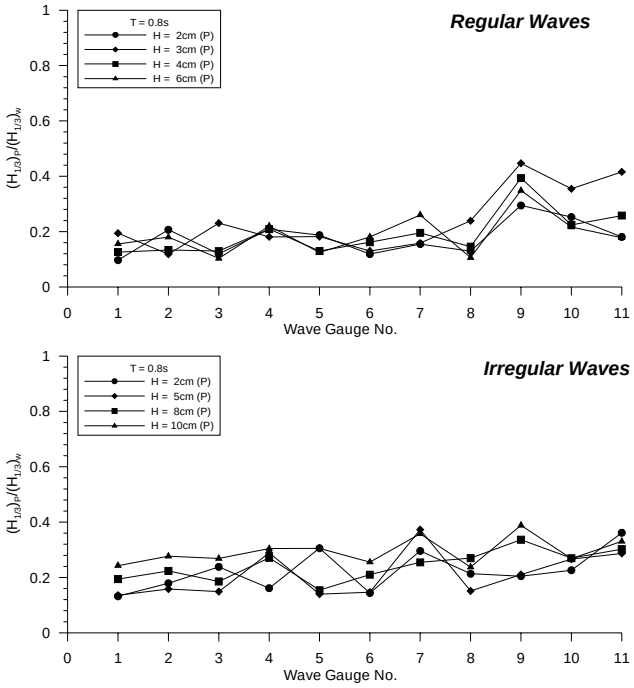


圖 2.15 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 0.8 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖

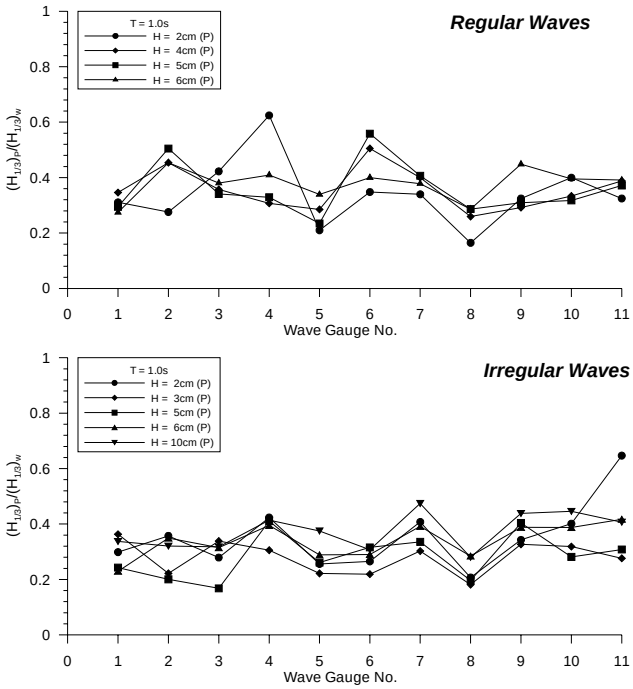


圖 2.16 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 1 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖

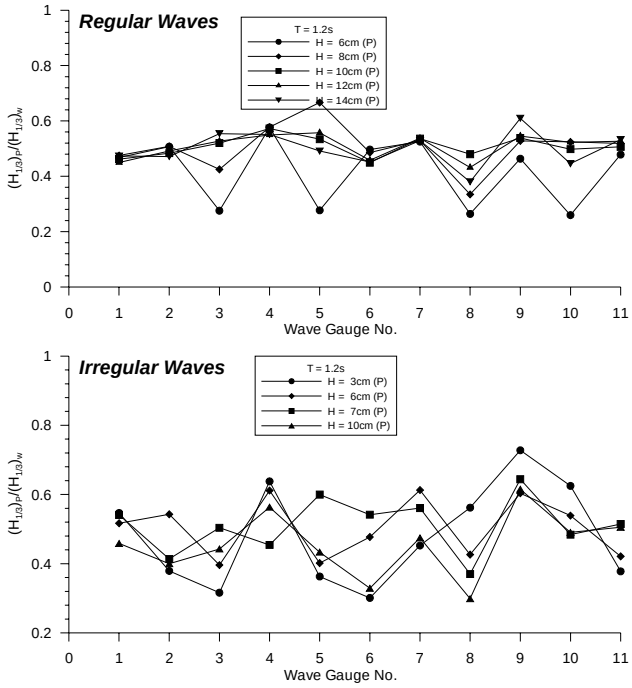


圖 2.17 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 1.2 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖

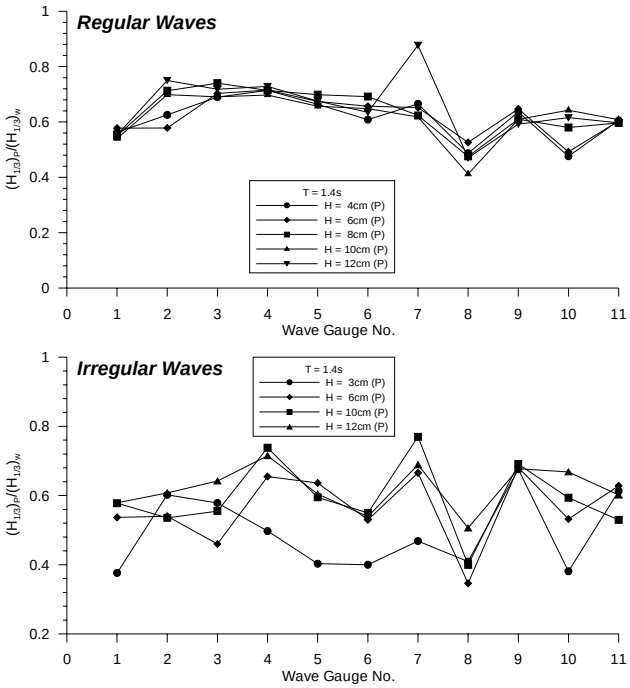


圖 2.18 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 1.4 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖

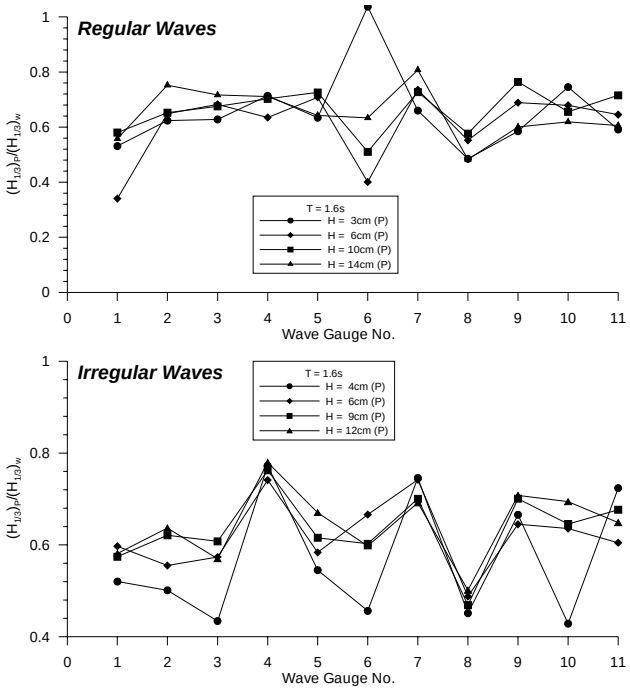


圖 2.19 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 1.6 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖

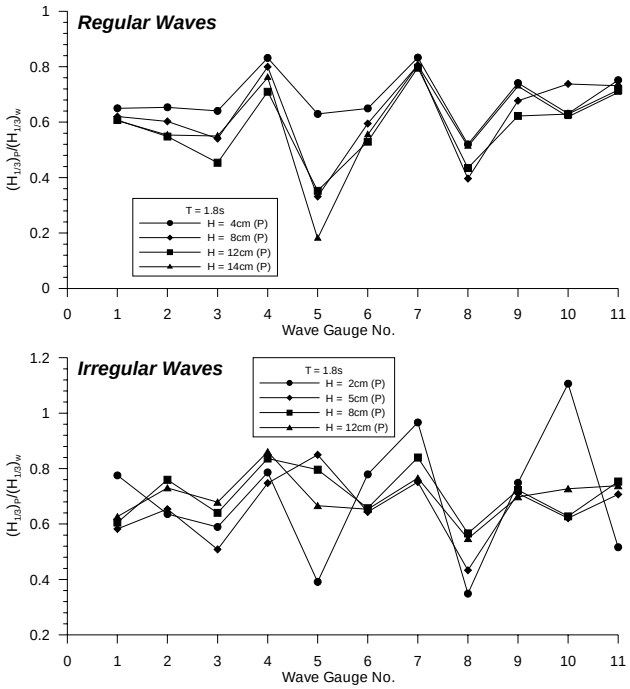


圖 2.20 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 1.8 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖

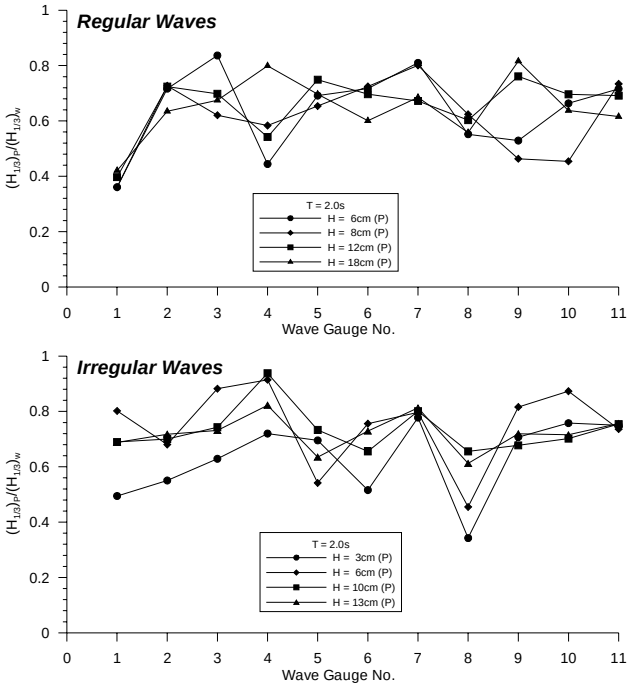


圖 2.21 部份開口矩形港池、0°正向入射、週期 2 秒之港內波高計量測波高與壓力計轉換波高比值圖

2.7 現場壓力式波高計與容量式波高計的觀測規劃

雖然上述的分析討論是有關斷面試驗水槽中進行的壓力試驗，造波條件較容易控制(試驗波浪都屬於中間性及淺水波，與一般現場觀測的性質相近)，但是由於水理現象並不單純，水壓力與水面波動的關係並非一簡單公式可以表示，而且可能不同的壓力式感測器都各有其本身的特性，有必要未來作更進一步而且更周密的量測。然而，此種特性是否也擴及於現場觀測的壓力式波高計，則由於目前的試驗室都沒有足夠大水深的試驗水槽來進行檢定，儀器公司也只能進行靜態校正而已。因此，如果要瞭解現場壓力式波高計的量測特性，唯有在現場利用不同的波高量測儀器進行同步觀測，以便求得其間的相關性。而其中較為穩定且可信度高的儀器應屬於現場的容量式波高計。例外，考量港內與港外的波動特性並不相同：港外可能是多方向且週期不同的波浪交會；港內則可能是相近週期但因繞射反射而造成的多方向交會。因此，現場的檢校應該分為港內及港外分別進行。而從前幾節的討論中發現似乎港外還需要考慮開闊水域的進行波以及海岸結構物前的重複波，而港內可能需要區分為開闊水域如迴船池以及渠道形水域如船渠等類別。

為進行此部份的探討，本計畫擬分年度進行現場港內與港外波動的觀測與比較(以現場容量式波高計及壓力式波高計同步量測)。現場的觀測規劃原期望能在今年度便能進行部分現場的觀測與分析比較，但是由於進行現場容量式波高計及壓力式波高計的整備工作中，受限於現有紀錄器的最大儲存容量，以及缺乏設備費無法採購新的紀錄器，導致目前所配置的設備無法勝任現場量測的任務，以致現場的量測工作在本年度無法進行，需要再搜尋及整合其他可茲利用的適當設備。依目前的進度，可望在接下來的半年內正式進行。

本節主要將就本項工作目前的進度以及心得作一報告，並與委員交流探討可能的其他替代方案。在本計畫中的構想中，是想利用現場容量式波高計與壓力式波高計在同一點佈放，並進行同步量測，其構想圖如圖 2.22 所示。現場容量式波高計擬用加拿大 Richard Brancker

Research 公司生產的 WG-50 波高計，預定使用測棒為 6 公尺長，並將其固定於觀測樁(外海)或碼頭岸壁(港內)。由於在觀測樁進行量測時，儀器完全暴露於海氣象的環境中，為考量環境的影響，波高計的增幅器與相關設備將以訊號線及電纜線連接設置於觀測樁頂部的觀測室，或是固定於碼頭上的儀器箱內。而壓力式波高計則裝置在觀測箱內後直接沈放於觀測地點的海底以便進行同步觀測。

由於波高量測設備本身不具有資料儲存能力，因此在整合後需要再考慮資料的儲存與擷取系統，為了設置方便，本計畫首先考慮採用 Campbell 公司的 CR510 Data Logger 作為資料擷取與儲存的設備。然而經過多方的測試後(包含擷取軟體的編寫)，發現如果以 2Hz 的取樣頻率進行資料蒐集的話，該 data logger 只能連續作用 3 個小時，其記憶體便將存滿。而即使採取每小時取樣 20 分鐘，也至多能支持 9 個小時的觀測而已，與預定連續觀測 3 到 4 天的需求明顯不合。如果改用 AD 資料擷取方式的話，則需要有資料擷取系統，並在後線配置電腦設備，直接由電腦軟體控制資料的擷取與儲存。一般可用的電腦設備有桌上型電腦以及筆記型電腦，由於桌上型電腦的耗電量大，在海上搬運時極不便利，而且可能因為碰觸海水而導致當機，因此電腦的選用首以筆記型電腦為優先。然而，由於筆記型電腦的散熱功能極弱，如果在野外密閉空間執行任務的話，可能因為散熱不良而當機。造成資料收集的不確定性，而且需要新購能配合筆記型電腦使用的資料擷取設備(需要是 PCMCIA 或 USA 介面)。這些問題目前仍在努力解決當中。

除了現場觀測設備的整合工作外，本計畫先規劃在試驗室裡進行現場容量式波高計及壓力式波高計的率定工作。為了進行率定的工作，本計畫設計製作了一組 6 公尺高的率定筒，如照片 2.1 所示。先將波高計定置於某一水深後，利用注水放水的方式來調整水位，並記錄水位的變化。目前該裝置已經用於檢核潮位計的量測。容量式波高計由於需進行電源與訊號端子的改裝，以及與 data logger 的連接以完成自動取樣及記錄的功能。

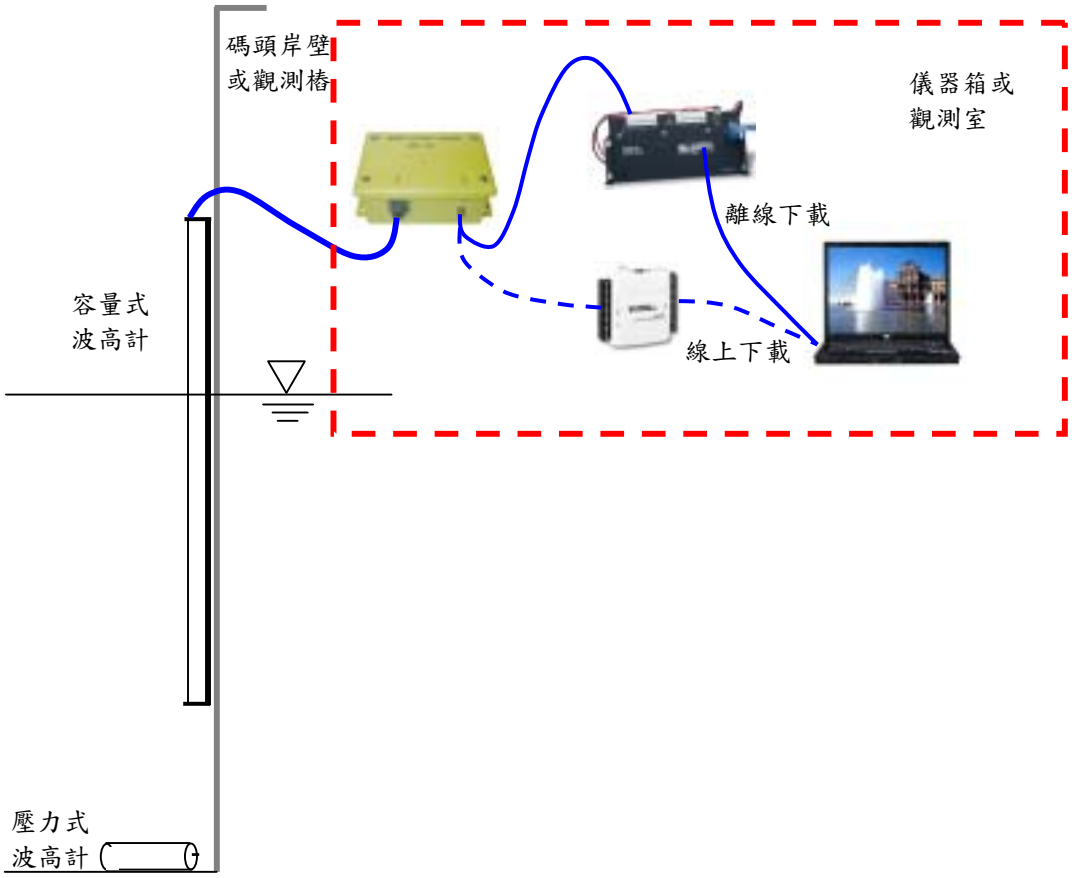
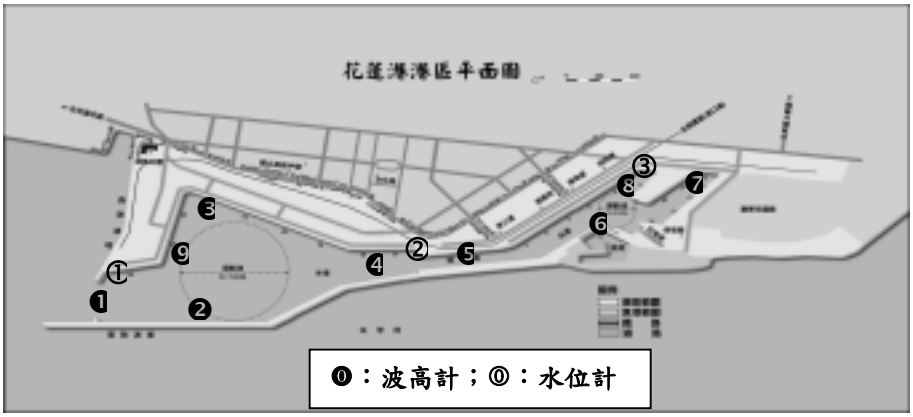


圖 2.22 現場觀測設備規劃示意圖

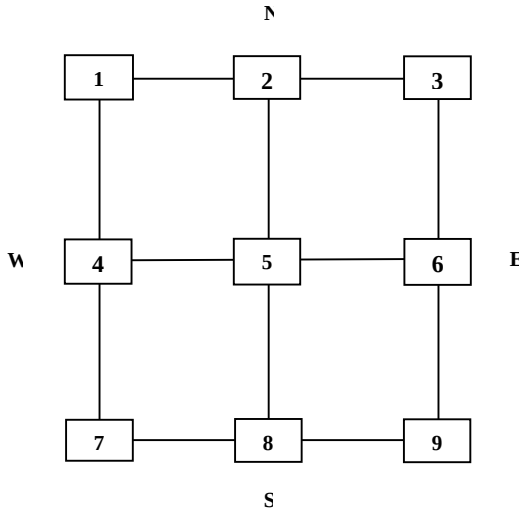
照片 2.1 容量式波高計與壓力式波高計的率定筒

第三章 現場波浪觀測資料的統計與分析

本項工作主要是針對港研中心所提供的花蓮港現場波浪觀測資料進行波浪統計與特性分析，波高計的佈置如圖 3.1 所示。先期工作係資料儲存格式的標準化，以清晰制式的格式整理及保存現場觀測資料以便利後續的資料分析與研究工作。其次是以現有的波高壓力轉換公式進行波壓訊號的轉換水位訊號工作以及波高資料的統計分析，然後再以第二章的研究成果相同的工作，並比較其間的差異性。由於資料量相當龐大，本章主要以民國 93 年 6 月至 11 月的資料進行分析，相關的分析方法及碰到的問題亦在文內討論。



(a) 港內波高計及水位計的佈放位置



(b) 港外波浪儀架組安裝位置示意圖

圖 3.1　現場波高計及水位計的佈放位置示意圖

在進行波浪統計分析時，資料的處理將分為長期統計分析與短期統計分析兩大類。所謂的長期統計分析在本研究中是以單一波高計在觀測時期中的所有觀測資料進行統計分析；而短期統計分析則是指單一波高計且單一取樣記錄的統計分析結果與討論。波浪統計分析方法以及目前的作業程序將分別說明如下：

3.1 資料分析方法

3.1.1 前處理

所有量測的時序性資料都首先經過下列的處理過程步驟：

(1) 歸零：

在每一次試驗進行前，都會在水面靜止的狀態，將儀器先做歸零之動作，然後才開始造波並擷取資料。但由量測的訊號資料中發現，儀器往往未能達到完全歸零的狀態，或是在試驗進行時，訊號產生飄移，而造成資料未從零點開始。此種情形若不經處理，則在資料分析時可能會對試驗之結果造成誤判。

(2) 去除趨勢：

量測的訊號列中，有時會存在一隨時間變化之總趨勢(trend)，可能為隨時間之線性變化，也可能是按平方關係或是非線性變化。產生趨勢的原因很多，可能是電壓的問題、儀器和擷取系統間之問題，或是自然界產生的影響，本文對此並未做進一步之探討，僅著重在如何解決去除趨勢的問題上。

(3) 修正係數較正：

在訊號處理時，將儀器校正時所得之修正係數，對已經過歸零和濾波之原始資料進行修正。此部份僅針對波壓計。波高計和其他儀器(位移計、傾角計和加速度計)不須經此部份校正。

3.1.2 資料分析

一般對於與海洋波動相關的時序性訊號的分析，大致可以分為兩

個方向：1. 從時間域(time domain)處理；2. 從頻率域(frequency domain)處理。時間域的資料分析處理主要以零切法(zero crossing method)在時間軸上利用訊號波形切過平均值來區分各個合成個別波，並以之進行相關的統計分析；頻率域的資料分析則主要在假設不規則訊號可是為無數組規則訊號的線性疊加，而透過頻譜分析方式瞭解各個成份波在整個取樣波群中所佔的能量成份，同時也進行其他的統計分析。由於本研究係以規則波的作用為主，因此資料分析的方法將以零切法為主，其方法簡要說明如下：

(1) 零切法

在訊號處理時，為得到訊號所代表特性和意義，常採用之方法有零上切(zero up crossing)法及零下切(zero down crossing)法。雖然有學者提倡零下切法可得到較穩定的統計特性，但目前零上切法仍為最普遍之方法，且獲得相當的肯定。本研究在求資料訊號所代表之特性時，均採用零上切法；且不僅用於統計波浪特性上，也將其概念應用於沈箱受力分析和沈箱運動分析上。也就是說本研究以零上切法作為主要分析各量測數據之方法。

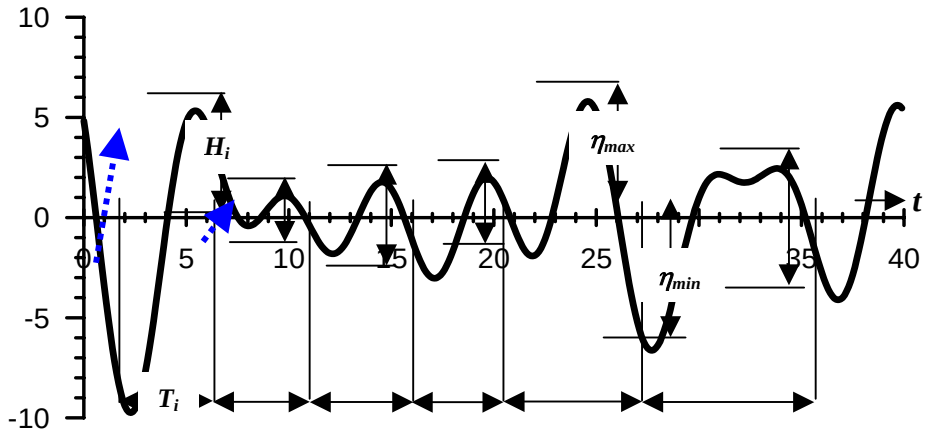


圖 3.2 零上切法示意圖

零上切的原理，如圖 3.2 所示，即是在訊號波形上，沿著其運動進行方向，將相鄰兩次向上穿過零值線間之波動視為一獨立的個別波形。而以此波形內的最大值、最小值和其之差值，計算所需之資料特性。若以波浪資料來看，為各成分波之波高 H_i，其間的時間間距

為其相對的週期 T_i。有關零上切法的計算如下所示，η_i 代表第 i 點波形變化：

i. 零上切起始點和終點判斷：

$\eta_i < 0$ 且 $\eta_{i+1} > 0$ (起始點)

η_i、η_{i+1} 所對應之時間為 T_i、T_{i+1}，因此可推算波形起始時間 T_start 為：

$$T_start = T_i - \frac{\eta_i(T_{i+1} - T_i)}{(\eta_{i+1} - \eta_i)} \quad \cdots\cdots (3.1)$$

$\eta_i < 0$ 且 $\eta_{i+1} > 0$ (終止點)

可推算波形終點時間 T_end 為：

$$T_end = T_i - \frac{\eta_i(T_{i+1} - T_i)}{(\eta_{i+1} - \eta_i)} \quad \cdots\cdots (3.2)$$

故波形週期 T 為：

$$T = T_end - T_start \quad \cdots\cdots (3.3)$$

ii. 最大(波峰)及最小(波谷)的判斷：

$\eta_{i-1} < \eta_i$ 且 $\eta_i > \eta_{i+1}$ (最高點) $\cdots\cdots (3.4)$

$\eta_{i-1} > \eta_i$ 且 $\eta_i < \eta_{i+1}$ (最低點) $\cdots\cdots (3.5)$

由此可推求出最高點 η_{max} 及最低點 η_{min}。而波高就是 η_{max}(波峰)和 η_{min}(波谷)的差值。

$$H_i = \eta_{max} - \eta_{min} \quad \cdots\cdots (3.6)$$

以相鄰兩個零上切點與最大點(波峰)及最小點(波谷)的定義個別波的方法，將整筆水面波動紀錄逐一判讀出個別波的波高與相對應之週期。假設判讀出有 N 個波(波高與週期分別是 H 與 T)，並且依波高大小進行排序後重新定義其註標，即 $H_1 > H_2 > H_3 > \ldots > H_N$，依此計算出代表波浪波高與週期的相關特性參數。

H_{max}：最大波高(maximum wave height)。排序後個別波波列中的

最大波高。

$$H_{\max} = \max\{H_i, i = 1,....., N\} \cdots\cdots (3.7)$$

$T_{\max}$：最大週期(maximum wave period)。是最大的波高所對應之週期。

$H_{1/10}$：1/10 最大波高(one-tenth largest wave height)。排序後個別波波列中前 1/10 較大波高的平均值。

$$H_{1/10} = \sum_{i=1}^{N/10} H_i \Big/ (N/10) \cdots\cdots (3.8)$$

$T_{1/10}$：1/10 最大週期(one-tenth largest wave period)。排序後個別波波列中前 1/10 較大波高所對應之週期的平均值。

$$T_{1/10} = \sum_{i=1}^{N/10} T_i \Big/ (N/10) \cdots\cdots (3.9)$$

$H_{1/3}$：1/3 最大波高(one-third largest wave height)。排序後個別波波列中前 1/3 較大波高的平均值，又稱為示性波高 H_S(significant wave height)。

$$H_{1/3} = \sum_{i=1}^{N/3} H_i \Big/ (N/3) \cdots\cdots (3.10)$$

$T_{1/3}$：1/3 最大週期(one-third largest wave period)。排序後個別波波列中前 1/3 較大波高所對應之週期的平均值，又稱為示性週期 T_S(significant wave period)。

$$T_{1/3} = \sum_{i=1}^{N/3} T_i \Big/ (N/3) \cdots\cdots (3.11)$$

H_{mean}：平均波高(mean wave height)。所有個別波波高的平均值。

$$H_{mean} = \sum_{i=1}^{N} H_i \Big/ N \cdots\cdots (3.12)$$

T_{mean}：平均週期(mean wave period)。所有個別波週期的平均值。

$$T_{mean} = \sum_{i=1}^{N} T_i \Big/ N \quad \cdots\cdots (3.13)$$

H_{rms}：均方根波高(root-mean-square wave height)。所有個別波波高的平方和取平均再開根號。

$$H_{rms} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (H_i)^2 \Big/ N} \quad \cdots\cdots (3.14)$$

T_{rms}：均方根週期(root-mean-square wave period)。所有個別波週期的平方和取平均再開根號。

$$T_{rms} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (T_i)^2 \Big/ N} \quad \cdots\cdots (3.15)$$

(2) 頻譜分析

從一個時間序列中很難分辨出究竟裡面有多少個週期成分波，因此必須借重頻譜分析來觀察各個不同週期的成份波在整個波列中所佔之能量比例。頻譜分析中是以頻譜密度函數 S(f)值來表示各個成份波所佔的能量。如果某一成分波在時間序列裡佔了比其它週期成分多的能量，則在頻譜圖上便會產生一個比其它成分波高的 S(f)值，稱峰值。以此方式就可以相當明顯地看出各個成分波的分布情形。本研究所使用之頻譜分析方法是將一組時間序列經過快速傅立葉轉換(Fast Fourier Transform，稱為 FFT)，從頻率領域方面表現各成分波在複合波列內所佔的能量大小。其式如下：

$$X(f) = \int_0^T x(t) e^{-i 2 \pi f t} dt \quad \cdots\cdots (3.16)$$

實驗中量測到的水面變動記錄 x(t)為一組離散序列，其取樣的間隔為 Δt，N 為總量測點數，量測時間為$[0,T_{measure}]$。為了將積分式離散化，假設 x(t)為一週其為 $T_{measure}$ 之函數，將此序列作離散傅立葉轉換(DFT，Discrete Fourier Transform)而得，

$$X(f_n) = \Delta t \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-i2\pi nf/N} \quad \cdots\cdots(3.17)$$

其中，

$\Delta f = \frac{1}{T_{measure}}$ ，$f_n = n\Delta f$ ，$-\frac{1}{2\Delta t} \le f_n \le \frac{1}{2\Delta t}$ ，$n = -N/2,...,-1,0,1,...,N/2$

水面變動記錄 x(t)在時間[0,$T_{measure}$]的頻譜為：

$$S_0(f) = \frac{1}{T}\left[X(f, T_{measure})\right]^2 = \frac{1}{N\Delta t}\left|\Delta t \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-i2\pi nf/N}\right|^2 \quad \cdots\cdots(3.18)$$

$S_0(f)$即所謂的雙邊譜，因為功率譜為偶函數，而物理上負值的頻率並不存在，所以在實際海洋工程應用上採用單邊頻譜 S(f)，兩者之間的關係式為：

$$S(f) = \begin{cases} 2S_0(f) & f \ge 0 \\ 0 & f < 0 \end{cases} \quad \cdots\cdots(3.19)$$

單邊譜 S(f)即為本文中所指之頻譜。

(3) 頻譜與波高、週期等參數的推估

頻譜矩(spectral moment)可用來計算波浪其他的頻譜參數，以及探討其與特性波高及特性週期間的相關性。頻譜矩可表示為

$$m_n = \int_0^\infty f^n S(f) df \quad \cdots\cdots(3.20)$$

其中，$m_0 = \int_0^\infty S(f) df$ ：第零階的頻譜矩，表示該筆波浪紀錄的總能量。

3.2 檔案的規劃與管理

為便於辨識資料的來源，檔案名稱的規劃必須有規則可循，否則極易造成混淆。原始的波浪記錄檔案名稱係以儀器的編號作為依據，無法反映出該儀器所放置的測站資訊，而後續的資料分析與比較則又

偏好測站的位置，因此相關檔案的名稱乃選擇以測站為主，並在主檔名中顯示測區、年份、月份、港內/港外、以及測站編號等資訊。又由於波浪的分析包含有單一波高單一波浪紀錄的短期性波浪統計特性參數及水面波形時間序列、頻譜等，以及以月或年為期的長期波浪統計的各波浪特性參數的時間序列、特性參數比值等。因此，檔案的名稱也需配合短期及長期統計的結果分別儲存。如果參考 Taicoms 的資料命名規則(如附錄 C 中所示)來進行命名的話，表 3.1 顯示需要使用到的代碼，而其中以陰影標示的欄位為可能發生困難的地方。例如在短期統計中將產出的相關檔案則有

(1) *.ETA　　：水面波動時間序列

(2) *.LVL　　：水面高程出現機率統計

(3) *.ZUC　　：零上切個別波高及週期、與機率統計

(4) *.OSP　　：頻譜資料

而長期統計中將產出的相關檔案有：

(1) **.TXT ：原始波浪記錄(Taicoms 中係以** RAW 表示)

(2) *.WAV：重新整理儲存格式的波浪記錄

(3) *.ELE　　：水面高程之理論套配結果

(4) *.CHR：基本波浪特性參數

(5) *.DIS ：波高及週期之統計分佈

(6) *.FIT ：波高之理論套配結果

(7) *.JHT：週期及波高之聯合分佈

(8) *.TEC　　：週期及波高之聯合分佈(Tecplot 格式)

(9) *.RTO　　：相關波高、週期、頻譜能量之比值

如果以 Taicoms 的命名規則的話，則是必須要再擴充。此外，由於波浪觀測(以花蓮港為例)計有港內及港外各九支波高計，而第六欄位的測站編號只提供一個字元，無法反應資料是屬於港內或港外的量測。此外，

如果要儲存各種相關圖形的話，資料種類中的 FIG 也將不足以容納所有的圖形種類(例如聯合分佈、頻譜、水面波形時間序列、特性波高或週期之長期統計歷時圖等)。為便於處理，本計畫仍儘量配合 Taicoms 的命名規則命名，但作部分的調整。調整情形如表 3.1 所示以 8 個字元的主檔名配合 3 個字元的附檔名為原則。利用此種命名方式可以輕易地辨識檔案之間的從屬關係。命名規則如表 3.1 所示。

表 3.1 檔案名稱的命名規則

欄位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
性質	類別	分類	時程	次類別	港區	測站	年份	月份	日	資料種類	代碼	檔案型態
字元數	1	3	2	3	2	4	4	2	2	3	1	3
目前使用	M	WAV	HI	M1V	HL SA	PT-I1 至 PT-I9 PT-O1 至 PT-O9	2002	00 或 1 至 12	00 或 1 至 31	RAW REP FIG TXT WAV ELE CHR DIS FIT JHT TEC RTO ETA LVL ZUG OSP	1	DA1

3.3 原始壓力資料記錄的處理

在進行統計分析之前，首先探討原始資料的先期處理。由於自記式壓力式波高計的資料格式為英文版，且係以儀器的內建編號做為參考依據，與實際測站編號不同，時常因為時間或人員的替換而造成測站與儀器編號無法對應，而造成觀測資料的失效。為便利後續研究分析可以直接由檔案內容曉得相關的測站資訊，應於資料剛下載之際即將此類資訊與原始記錄結合，並以制式化格式儲存。

原始波浪記錄(如附錄 D.1 所示)是以單一波高計存在，且各時段的取樣資料是以區塊方式儲存，本計畫為便利後續的分析研究，乃針對

花蓮港的觀測特性，例如目前港內與港外都分別有 9 個測站，但是港內與港外的觀測起始時間可能不同。因此，資料的彙整上，乃採用港內與港外的波浪記錄分別獨立。而港內或港外的所有波高紀錄則設法取得同步觀測的時間，以每個欄位為一個測站的方式整合在同一個檔案中(如附錄 D.2 所示)。

由於花蓮港港內有長週期的振盪，在分析上可能造成平均水位的變動超過去除趨勢所能夠處理的範圍。因此，相關的水位訊號分析可能要進行濾波方式分離一般重力波與長週期波動，然後再進行分析。

3.4 短期波浪統計分析

在短期波浪統計分析中，分別進行了水位高程統計、零上切特性波高統計、頻譜分析、以及相關的交叉比較。由於水面波動如果混合了長週期振盪則零上切特性波分析將會發生困難。然而，由於現場的波浪觀測資料自民國 92 年起即改為以 4Hz 取樣頻率每隔兩小時取樣 10 分鐘，因此長週期的振盪部分訊息不足，僅需要以去除趨勢即可處理。

(1) 水位高程統計：

為了繪製水面波形時間序列，附錄 D.3 顯示單一波動紀錄的水面波形時間資料檔，資料檔中包含壓力訊號、轉換後水位訊號、以及長週期波(例如週期在 200 秒以上)、亞重力波(例如週期在 30 秒至 200 秒之間)及重力波(例如週期在 30 秒以下)等時間序列。附錄 D.4 為水面波動高程的統計分析以及套配正規分佈與 Gram-Charlier 分佈的結果。

(2) 特性波分析

在波高分析方面，本計畫採用零上切法分割個別波，並進行相關的統計分析。附錄 D.5 列出單一波浪記錄的所有零上切個別波高與對應週期，以及示性波高與示性週期的機率分佈以及波高的理論套配結果(正規分佈、Rayleigh 分佈以及 Weibull 分佈)。

(3) 頻譜分析

附錄 D.6 所示為單一波浪記錄的分析波譜資料,其中包含各個階段的分析頻譜與對應相位(壓力頻譜及波譜)。

3.5 長期波浪統計分析

(1) 水位高程統計：

為了瞭解與水面高程統計特性相關參數隨時間的變化情形，附錄 D.7 列出水面波動的中央力矩以及理論套配的自由度、卡方檢定值、以及顯著度檢定。

(2) 波高與頻譜的相關性比較

為了瞭解與特性波高及週期相關參數隨時間的變化情形，附錄 D.8 彙整單一波高計所有波浪紀錄的特性參數，其中包含 $H_{max}(T_{max})$、$H_{1/10}(T_{1/10})$、$H_{1/3}(T_{1/3})$、$H_{mean}(T_{mean})$、$H_{rms}(T_{rms})$、F_{peak}、譜寬參數ν、譜寬參數ε、個別波波數、頻譜矩(m_0~m_4)、觀測日期。附錄 D.9 為波高及週期的出現機率分佈。附錄 D.10 則彙整單一波高計所有波浪紀錄的理論曲線套配結果,其中包含正規分佈、Rayleigh 分佈以及 Weibull 分佈。附錄 D.11 及附錄 D.12 為平均週期與示性波高的聯合分佈資料檔。附錄 D.13 彙整所有相關的波高比、週期比、以及波高與頻譜能量開方值的比值等。

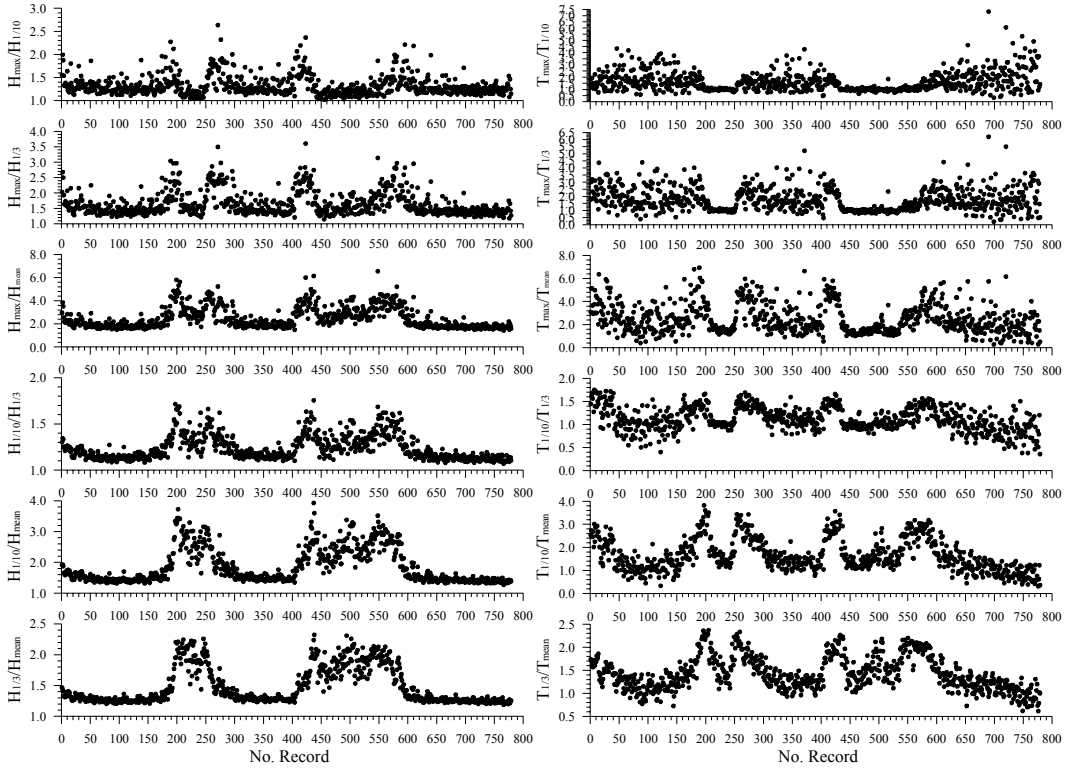
3.6 資料分析結果

由於一支波高計連續觀測所得的紀錄至少在 600 個以上，每一個短期統計分析都會產生四個檔案，依目前的計算成果：*.ETA(140Kb)、*.LVL(1Kb)、*.ZUC(7Kb)及*.OSP(153Kb)合計 4 個檔案共 301Kb 的記憶體，因此如果有 600 筆紀錄則會得到 2400 個短期統計的檔案，並佔有約 180Mb 的記憶體。未來如果再產生相關的圖形檔的話，則其所佔的記憶空間更為可觀。因此，為了能方便管理，短期統計的產生檔應放置於子目錄中。

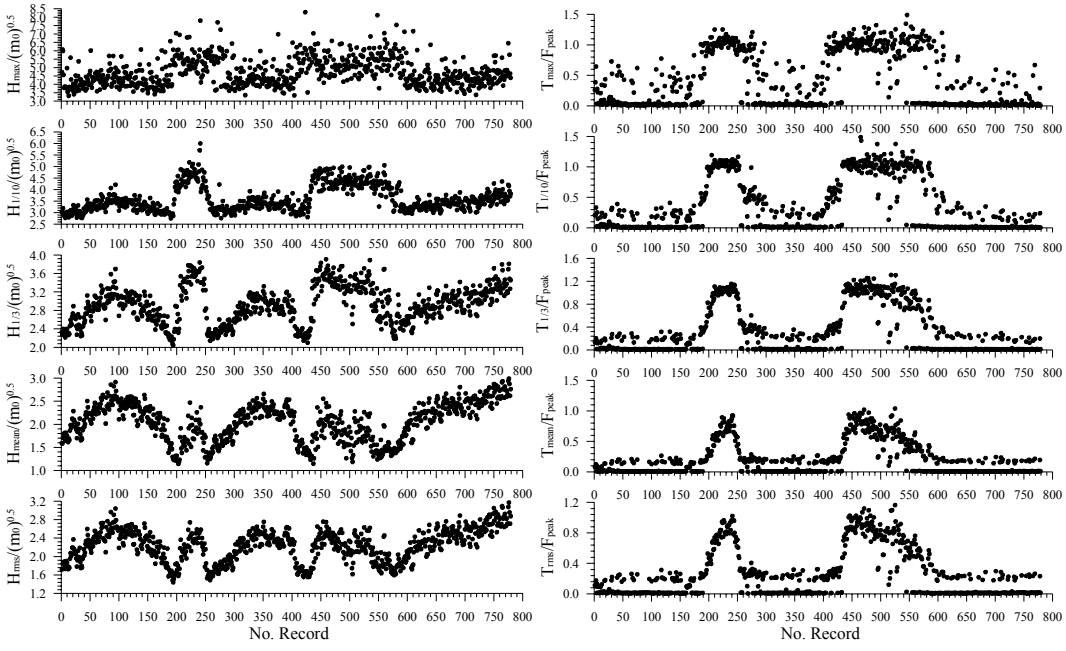
由於現場觀測作業的部署相當耗時耗力，因此港內與港外的觀測

往往不能夠同步實施，如此導致要進行港內港外的比較時人工處理比自動化來得方便快捷。而依目前所取得的資料發現，民國 89 年 9 月的觀測是以每間隔一個小時以 2Hz 連續取樣 20 分鐘，但是 2002 年以後則是以每間隔一個小時以 4Hz 連續取樣 10 分鐘。雖然所取得的資料點數相同，但是由於取樣時間縮短，因此將損失長週期波方面的資訊。在民國 89 年 9 月的資料中可以發現(如第六章的討論)花蓮港內有大於 1000 秒以上週期的顯著波浪能量，但是民國 91 年以後的資料由於取樣頻率與取樣時間的緣故，可解析的最長週期為 256 秒，無法看到長週期振盪的成分。建議未來就此一部份檢討調整。

如前所述，由於觀測的資料量相當龐大，分析的結果更數倍於原始資料，本年度先就民國 93 年 6 月至 11 月的波浪觀測資料進行分析，而本節只摘錄單一波高計一次所收集資料的分析加以說明，其餘分析結果將在討論其管理方式與進一步的分析後分階段以燒錄光碟片方式呈現。圖 3.3 至圖 3.5 為民國 93 年 6 月港內波浪統計分析後之部分結果，圖 3.3 中顯示各特性波高/週期間比值的時間序列、以及各特性波高/週期與頻譜特性參數(m_0 與 F_{peak})比值的時間序列。圖 3.4 為該月港內 No.1 測站的波高與週期統計分佈。圖 3.5 為特性參數間的相關性比較，包括 H_{max}-T_{max}、$H_{1/10}$-$T_{1/10}$、$H_{1/3}$-$T_{1/3}$、H_{mean}-T_{mean}、H_{rms}-T_{rms}、m_0-F_{peak}、m_0-ε(譜寬參數)及 m_0-NWV(波浪個數)。圖 3.6 至圖 3.8 則為港外測站的分析結果。圖中的 X 及 Y 的尺度並未設定一致範圍，主要是利用軟體能自動判斷調整尺度的功能顯示各資料項的特性。



(a) 特性波高比值　　(b) 特性週期比值



(c) 特性波高與能量開根值之比值　(d) 特性週期與譜峰頻率之比值

圖 3.3 民國 93 年 6 月港內(#1)波浪觀測之各相關參數比值之時間序列分佈

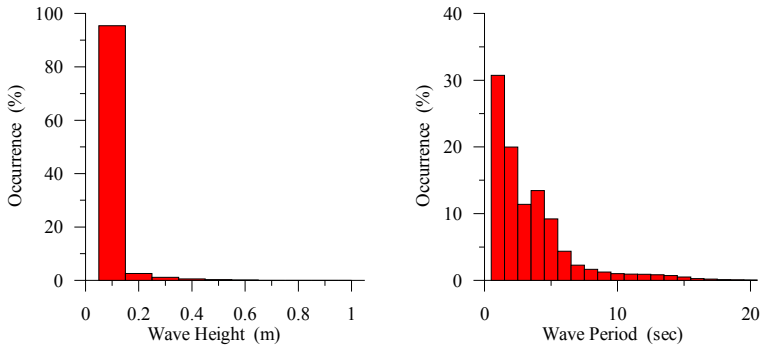


圖 3.4 民國 93 年 6 月港內波浪觀測之波高及週期統計

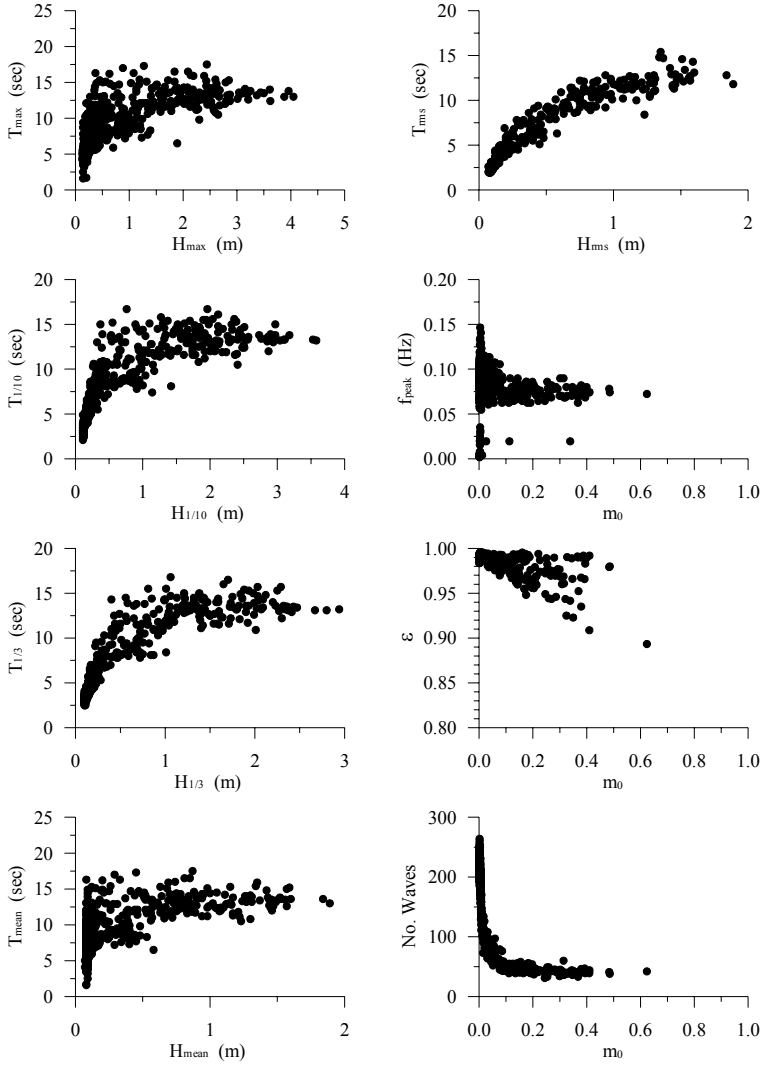
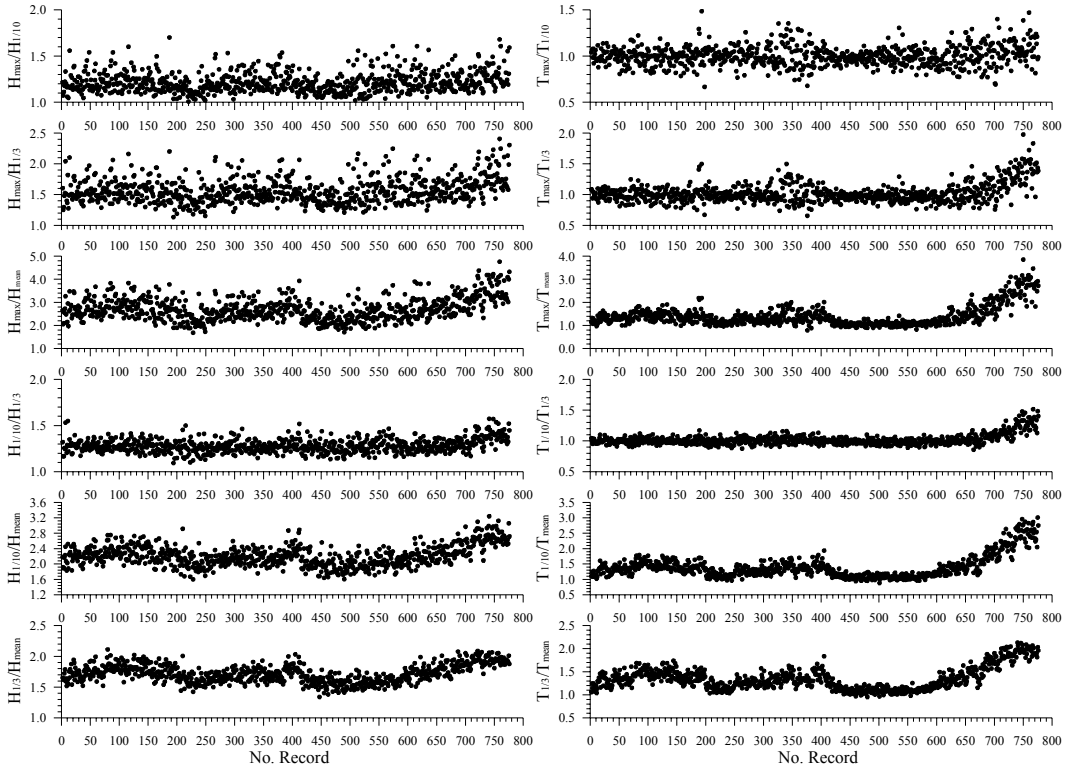
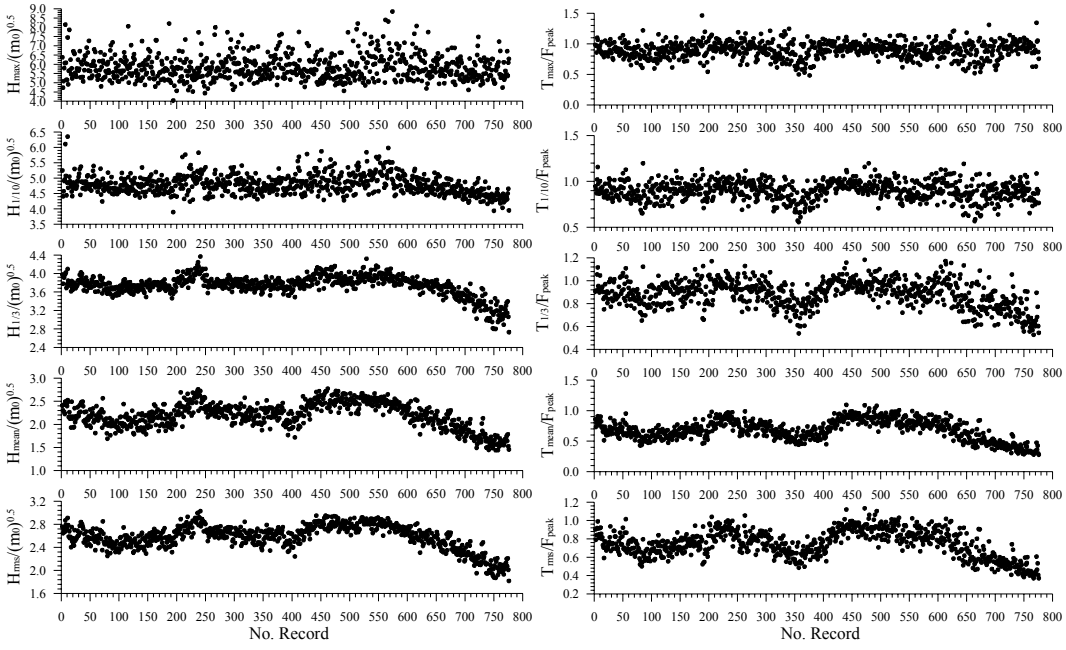


圖 3.5 民國 93 年 6 月港內波浪觀測各參數之相關比較



(a) 特性波高比值　　(b) 特性週期比值



(c) 特性波高與能量開根值之比值 (d) 特性週期與譜峰頻率之比值

圖 3.6 民國 93 年 6 月港外波浪觀測之各相關參數比值之時間序列分佈

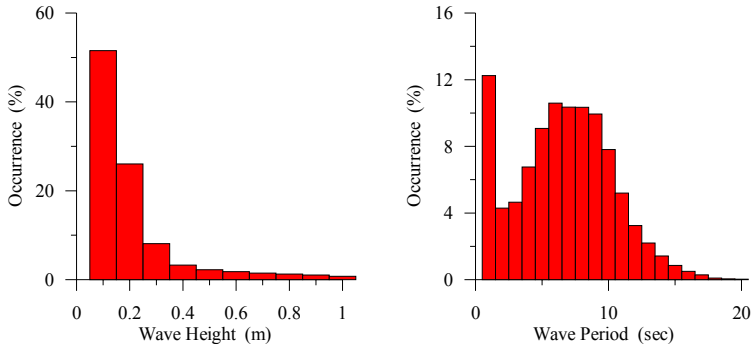


圖 3.7 民國 93 年 6 月港外波浪觀測之波高及週期統計

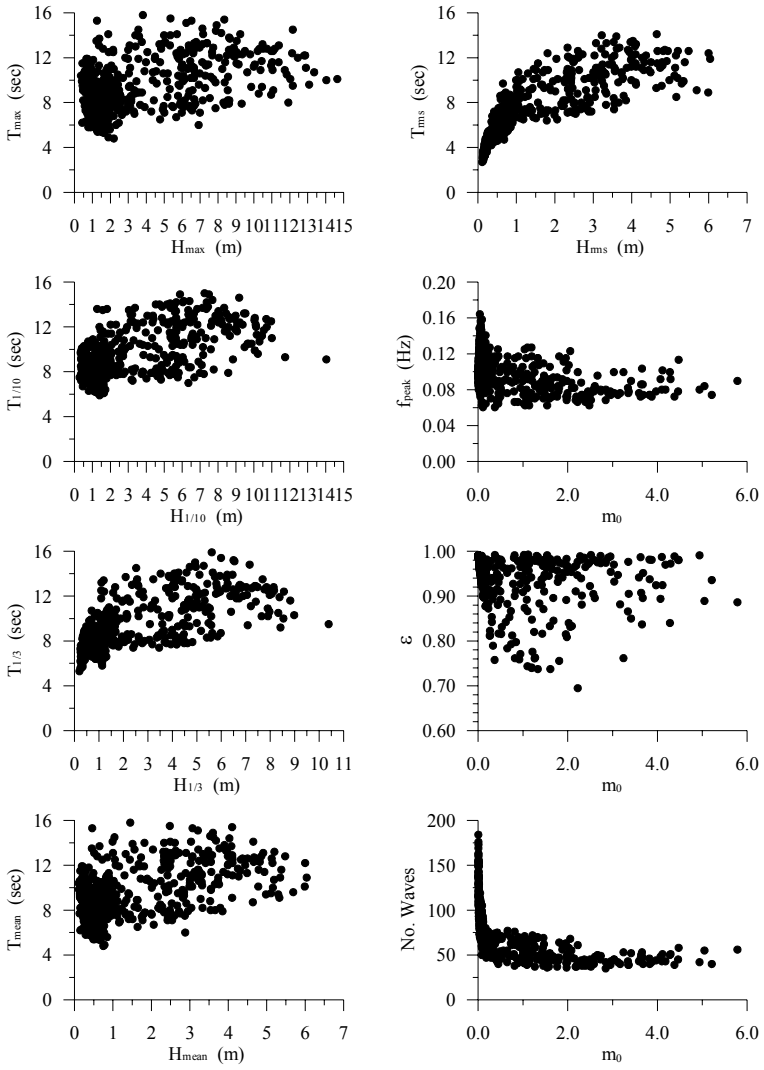


圖 3.8 民國 93 年 6 月港外波浪觀測各參數之相關比較

第四章 花蓮港港灣波動數值模式的建立與數值模擬

本項工作的目的是建置花蓮港港灣波動數值模式，並進行規則波的數值模擬，並與相關研究成果相比對。為了考量海洋波浪進入港內後，由於港口的濾波作用(短週期波進入港內的能量比例較大，長週期波則較小)、消波岸壁對不同週期波動的消波效果不同、以及港內的多重反射等，可能引起港內各點的波浪能量重組，並造成與港外入射波波譜不同形狀的波譜，因此各點的代表週期均可能與外海不同。本計畫乃發展不規則波的港灣波動數值模式(涂，2005)，並進行相關參數的探討。由於不規則波的計算是以規則成分波分別計算再以能量方式進行組合因此在計算過程中，所有相關規則成分波的港灣波動值也將被保存下來，因此無損於原有的規則波模擬的目標。各相關的工作說明如以下各節。

4.1 不規則波引致港灣波動數值模式的建立

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林(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，並連結陳(1990)的無限元素解計算領域內的波浪折繞射。其相關的理論推導如附錄 F 中所示。

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了等能量分割、等頻率分割、等週期分割、以及混合分割等方法。圖 4.2 及圖 4.3 是長方形港池及部分開口矩形港池用不同分割數的模擬結果，圖 4.4 至圖 4.12 是以 JONSWAP 理論頻譜為入射波頻譜的部分數值模擬結果。由於港灣波動對入射波的週期(頻率)相當敏感，目前的模擬與測試結果顯示以上所述的成分波分割方法在頻率介於 0.02 *Hz* 至五倍的譜峰頻率之間即使分割到 30 個成分波都還不能得到趨於數值穩定的解，而且不同的分割方法或分割數可能會因為是否包含有會引發共振的成分波以及所含的能量而造成不同的數值結果，顯示成分波的分割方法與成分波的分割數對港灣波動的數值模擬相當重要。經過相關測試的結果，如要穩定地數值模擬不規則波港灣波動折繞射現象則不論是採用哪種成分波分割的方式，在重力波的範圍內都至少需要有 50 個成分波。

然而，就目前的模擬仍可以發現，港內的水面波動由於各點的增幅係數不同，而有不同的反應頻譜，以及不同的代表平均週期。港內各點的週期大多數情形是等於或短於入射波週期，但有些入射波條件作用下，港內則會發生大於入射波週期的波動。此一結果顯示過去採用規則波進行港灣波動模擬的方式，並不能說明港內波動週期的變化，也不應將波動週期視為不變。

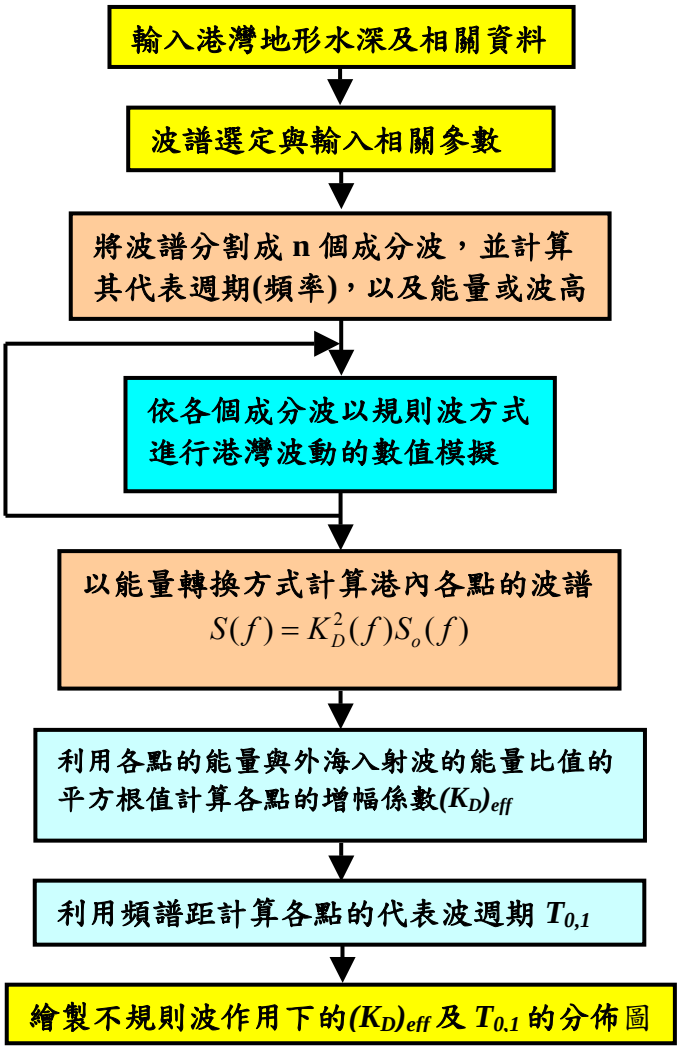
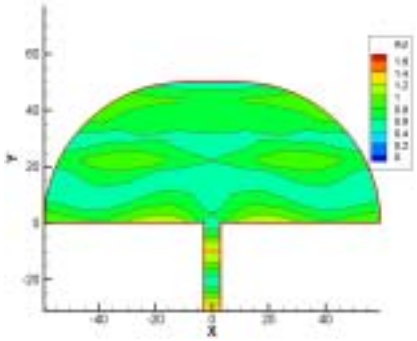
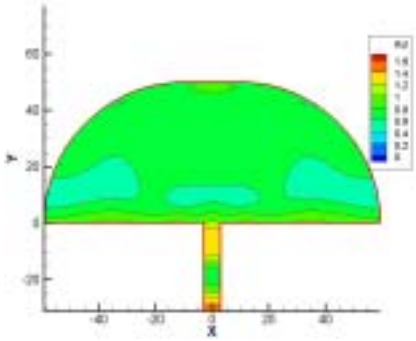


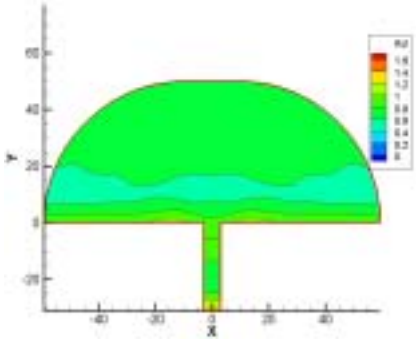
圖 4.1 不規則波港灣波動數值模式的計算流程圖



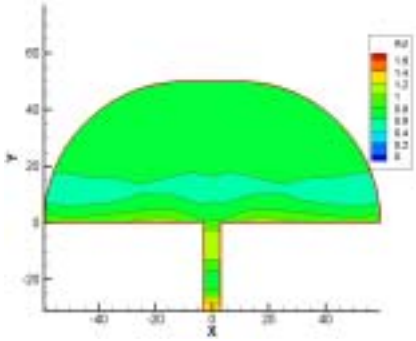
(a)分割數 n=10



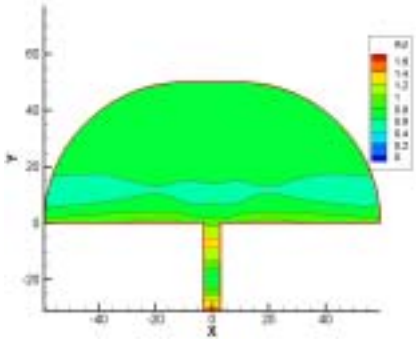
(b)分割數 n=20



(c)分割數 n=30



(d)分割數 n=40



(e)分割數 n=50

造波條件：

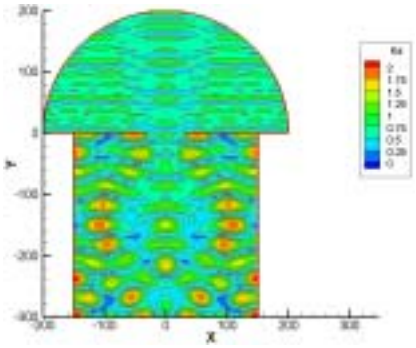
JONSWAP 頻譜

入射方向：正向 270°

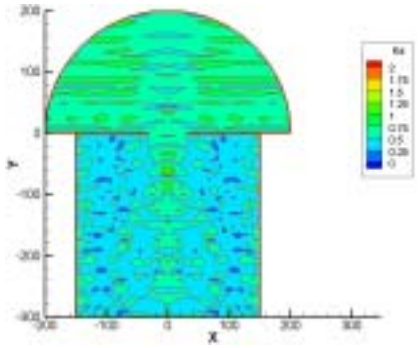
頻譜分割方式：等頻率分割

波浪條件：$H_{1/3}$=3m、$T_{1/3}$=6 s

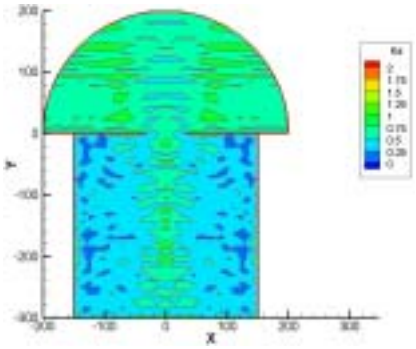
圖 4.2 長方形港池在不同成分波數目下的港灣波動分佈情形



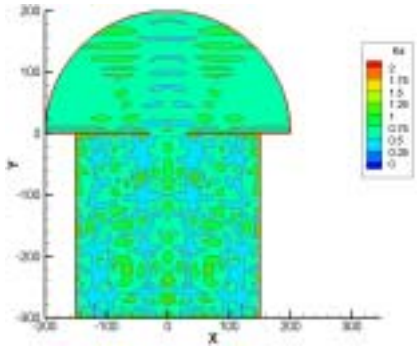
(a)分割數 n=10



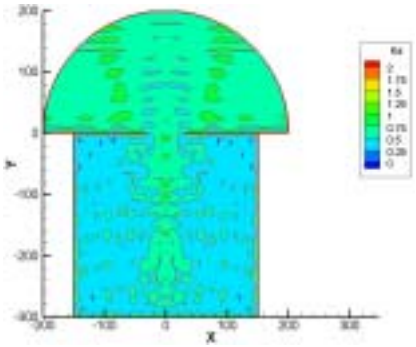
(b)分割數 n=20



(c)分割數 n=30



(d)分割數 n=40



(e)分割數 n=50

造波條件：

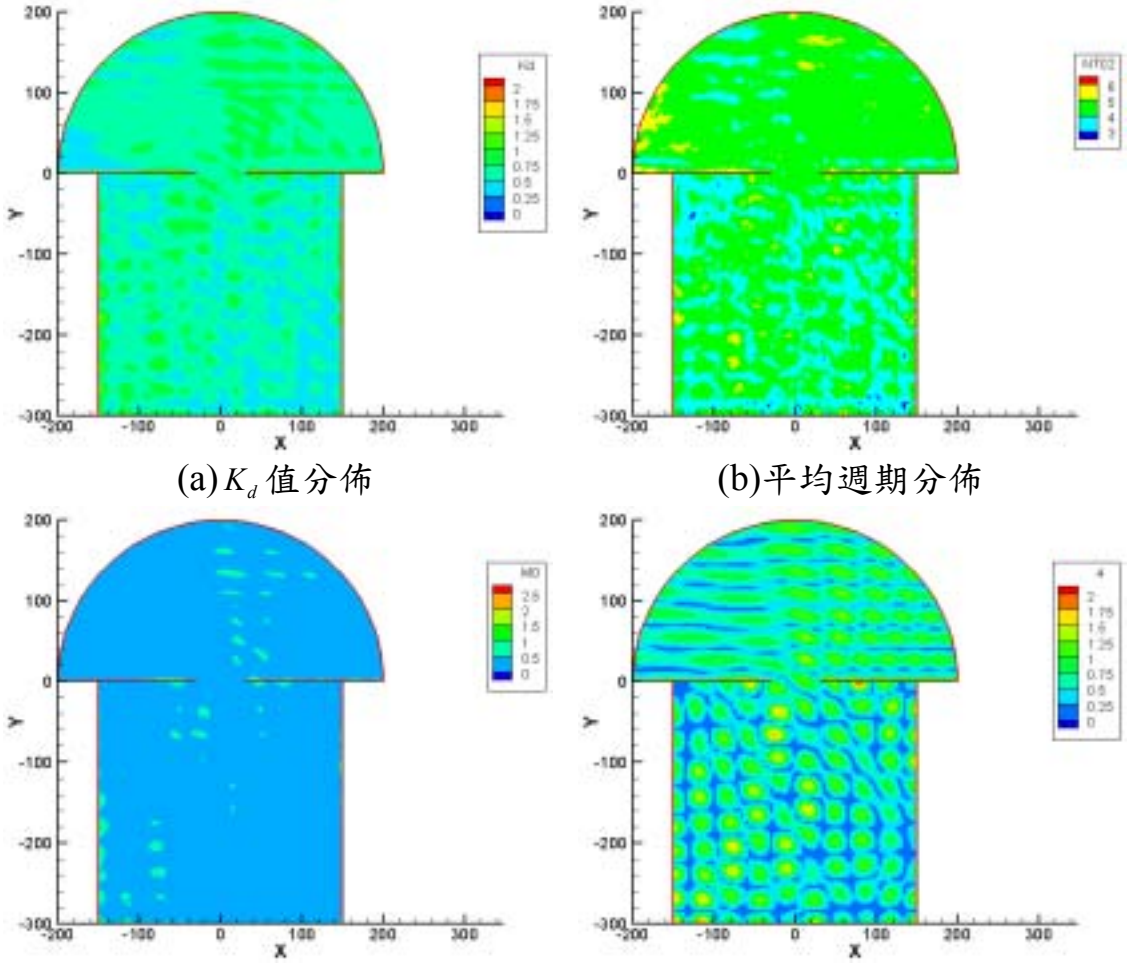
JONSWAP 頻譜

入射方向：正向 270°

頻譜分割方式：等頻率分割

波浪條件：$H_{1/3}$=3m、$T_{1/3}$=6 s

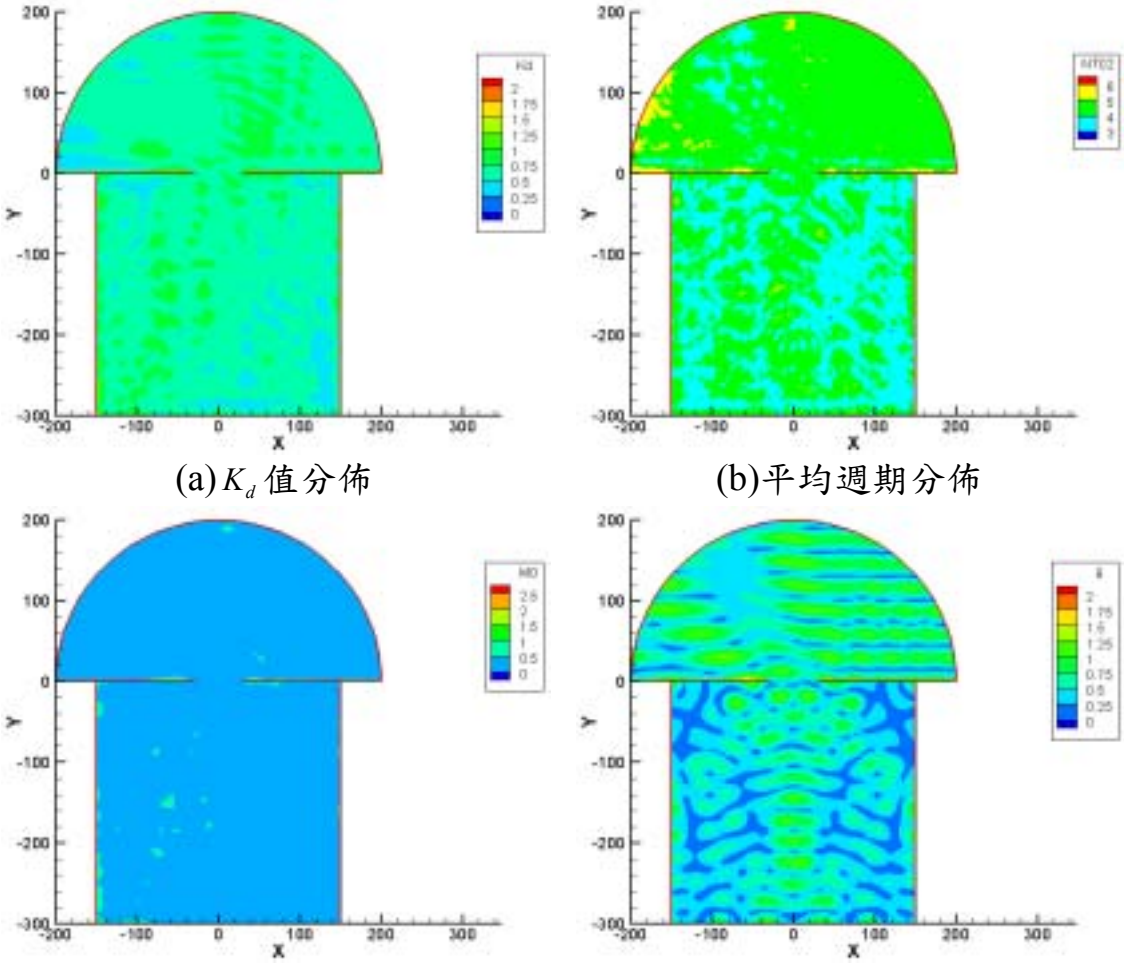
圖 4.3 正方形港池在不同成分波數目下的港灣波動分佈情形



(a) K_d 值分佈　　(b)平均週期分佈

(c)零階矩分佈　　(d)譜峰頻率處之成分波 K_d 值分佈

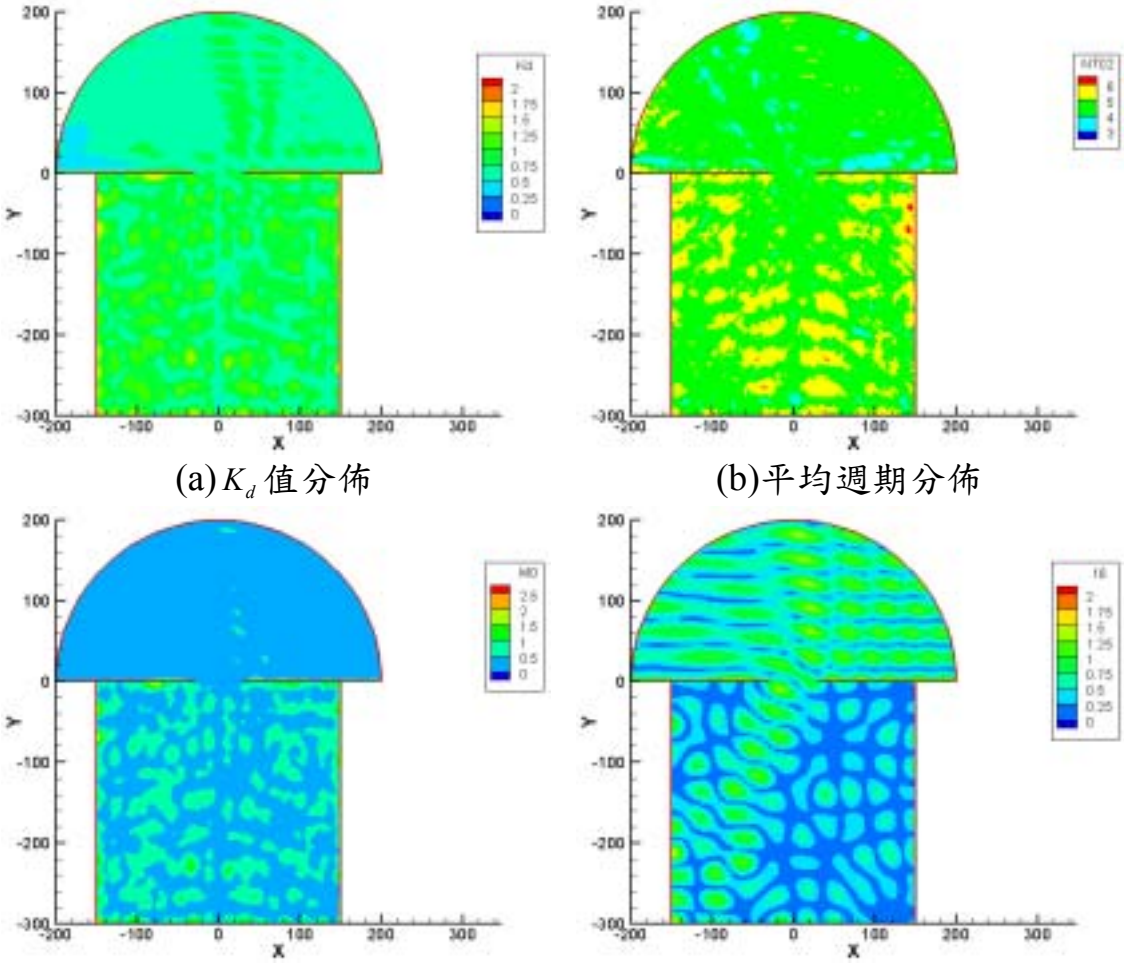
圖 4.4 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、240°入射、F_{peak}=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、等頻率分割、n=30)



(a) K_d 值分佈　　(b)平均週期分佈

(c)零階矩分佈　　(d)譜峰頻率處之成分波 K_d 值分佈

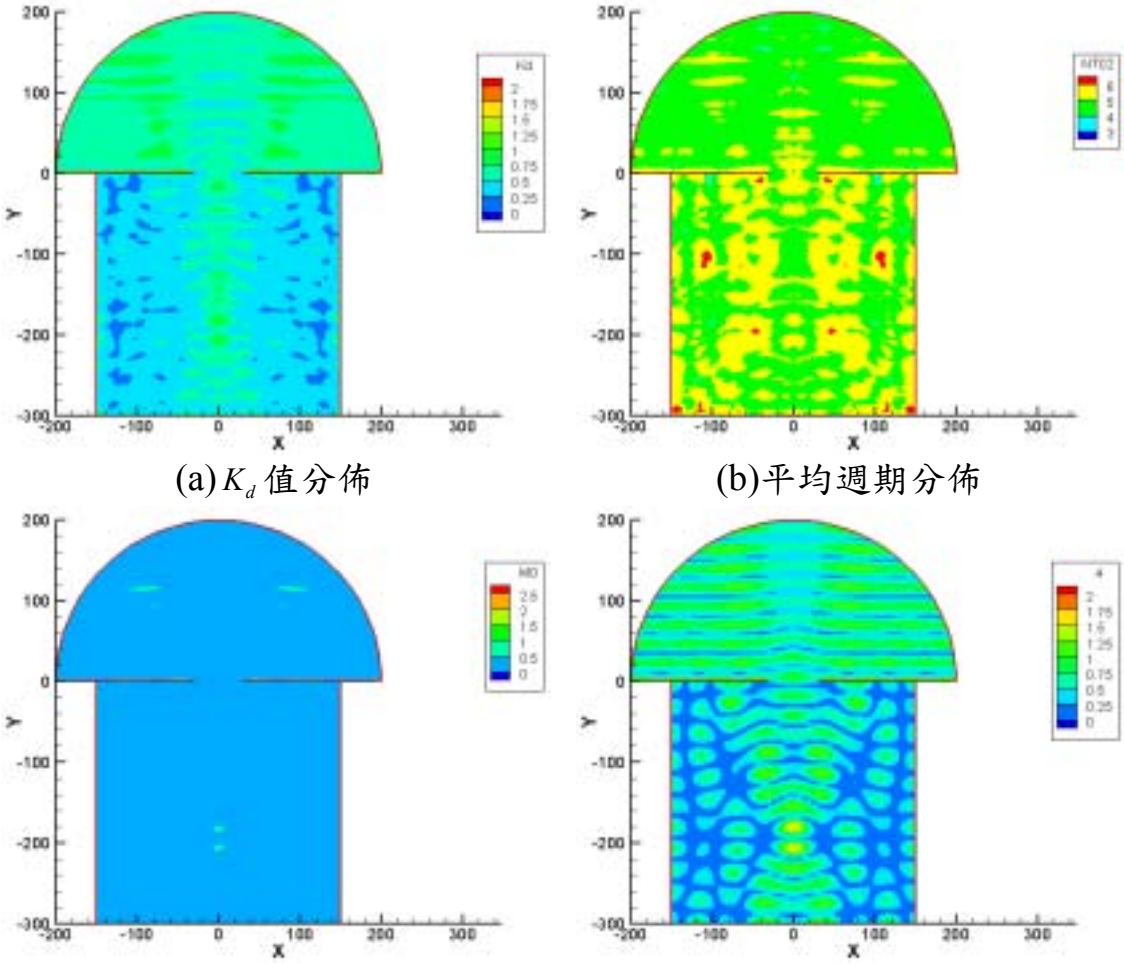
圖 4.5 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、240°入射、F_{peak}=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、混合分割、n=30)



(a) K_d 值分佈　　(b)平均週期分佈

(c)零階矩分佈　　(d)譜峰頻率處之成分波 K_d 值分佈

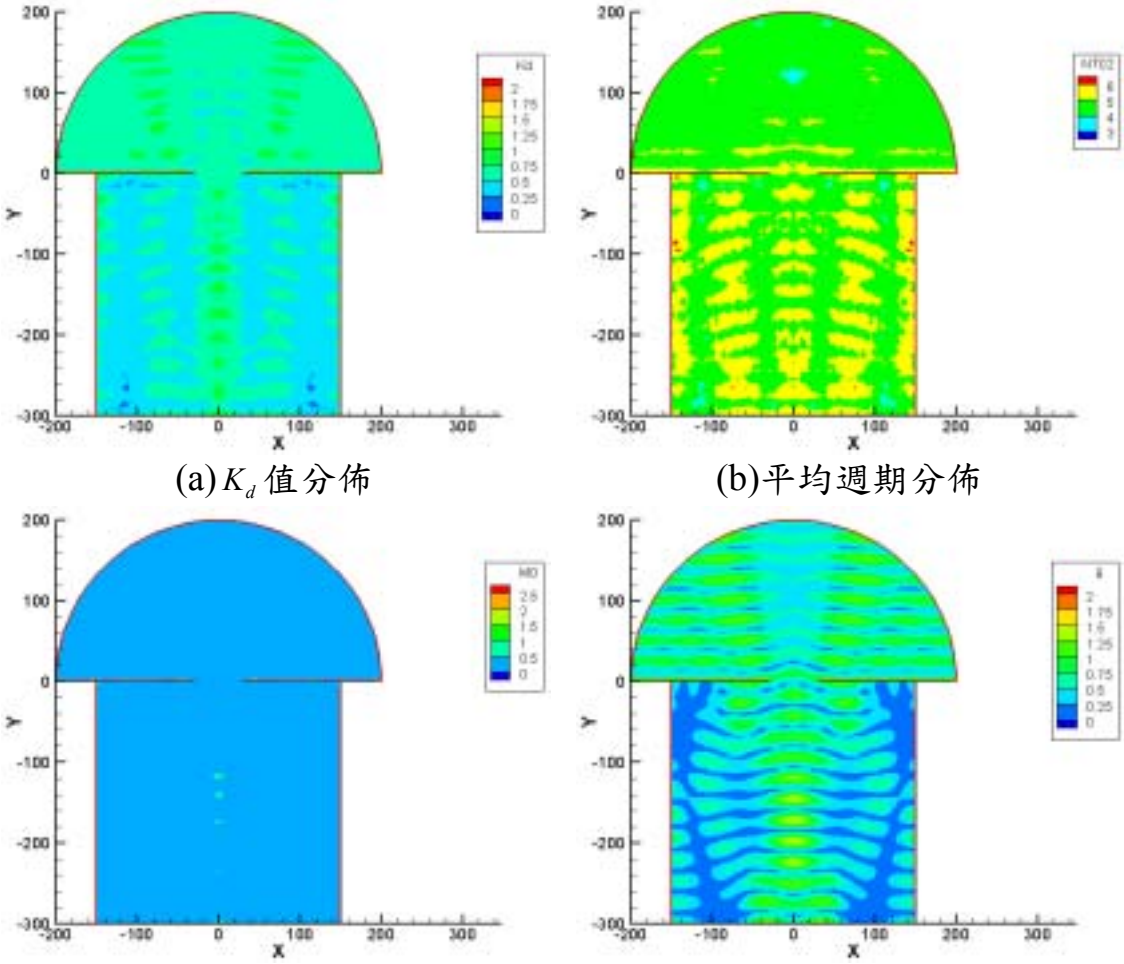
圖 4.6 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、240°入射、F_{peak}=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、等週期分割、n=30)



(a) K_d 值分佈　　(b)平均週期分佈

(c)零階矩分佈　　(d)譜峰頻率處之成分波 K_d 值分佈

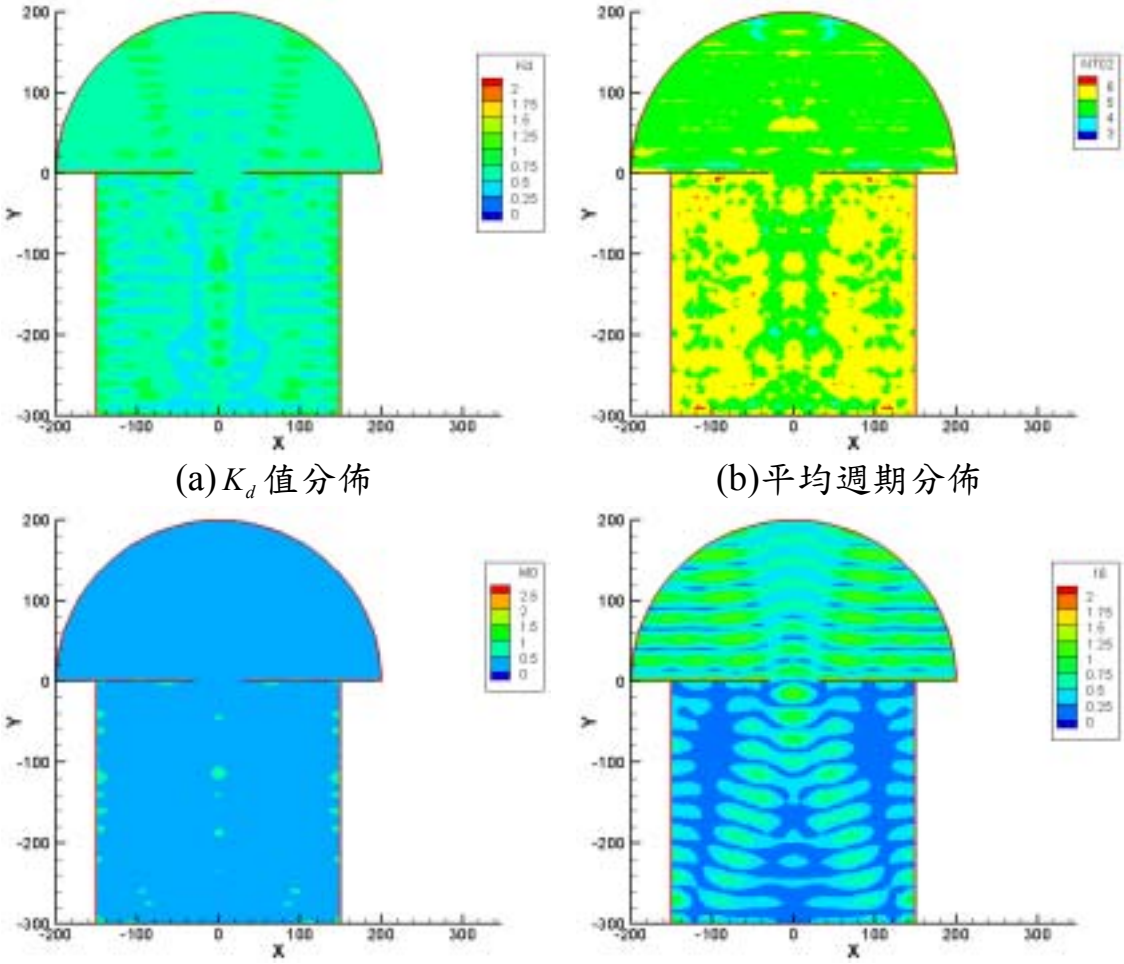
圖 4.7 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270°入射、F_{peak}=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、等頻率分割、n=30)



(a) K_d 值分佈　　(b)平均週期分佈

(c)零階矩分佈　　(d)譜峰頻率處之成分波 K_d 值分佈

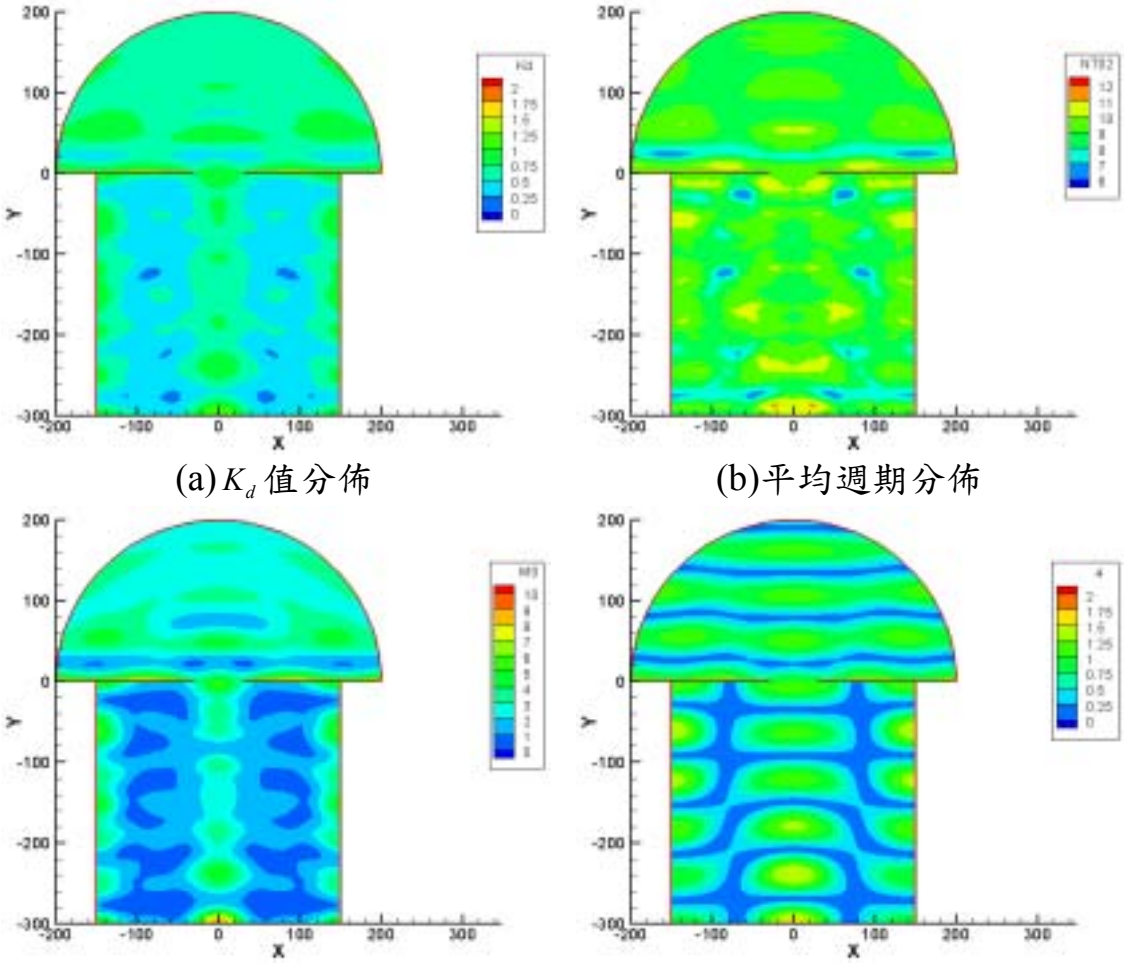
圖 4.8 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270°入射、F_{peak}=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、混合分割、n=30)



(a) K_d 值分佈　　(b)平均週期分佈

(c)零階矩分佈　　(d)譜峰頻率處之成分波 K_d 值分佈

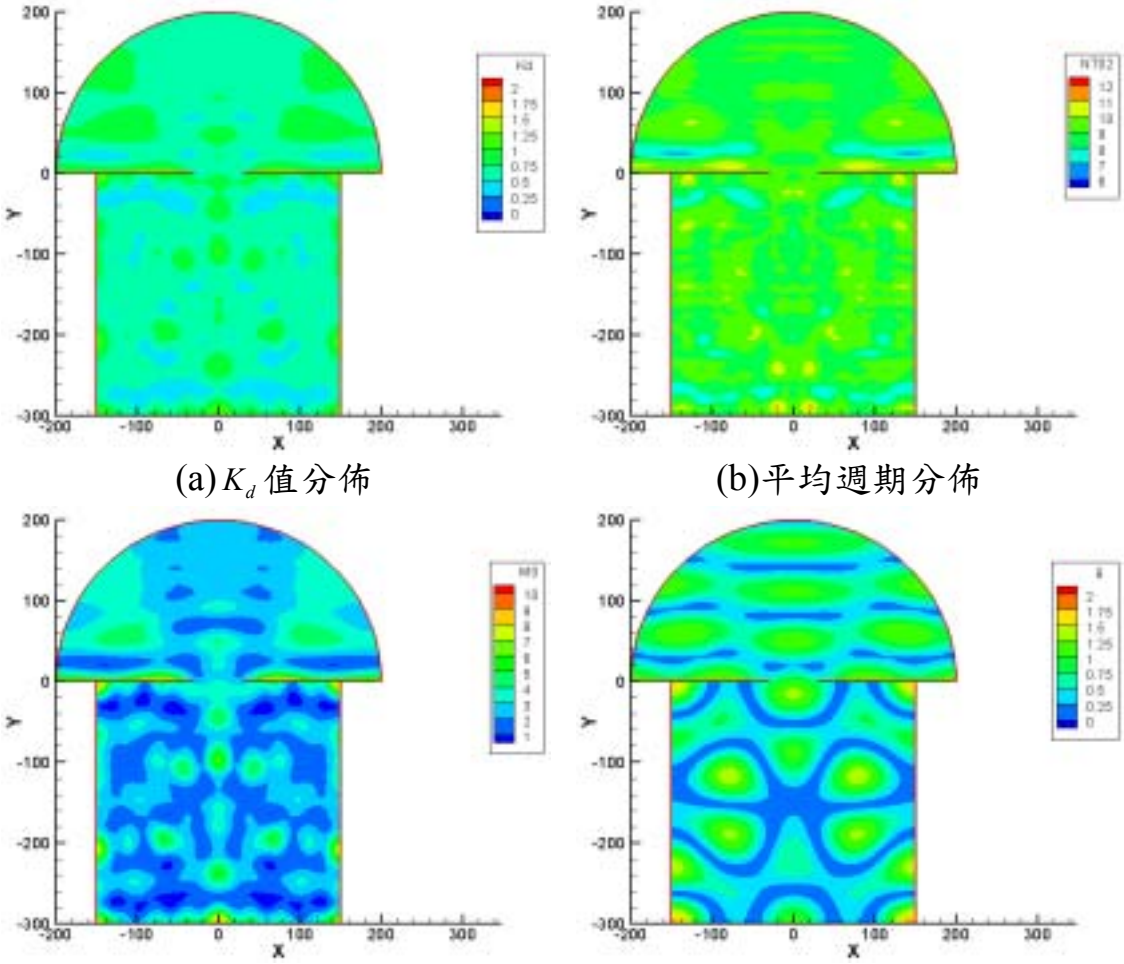
圖 4.9 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270°入射、F_{peak}=0.1667Hz、$H_{1/3}$=3m、等週期分割、n=30)



(a) K_d 值分佈　　(b)平均週期分佈

(c)零階矩分佈　　(d)譜峰頻率處之成分波 K_d 值分佈

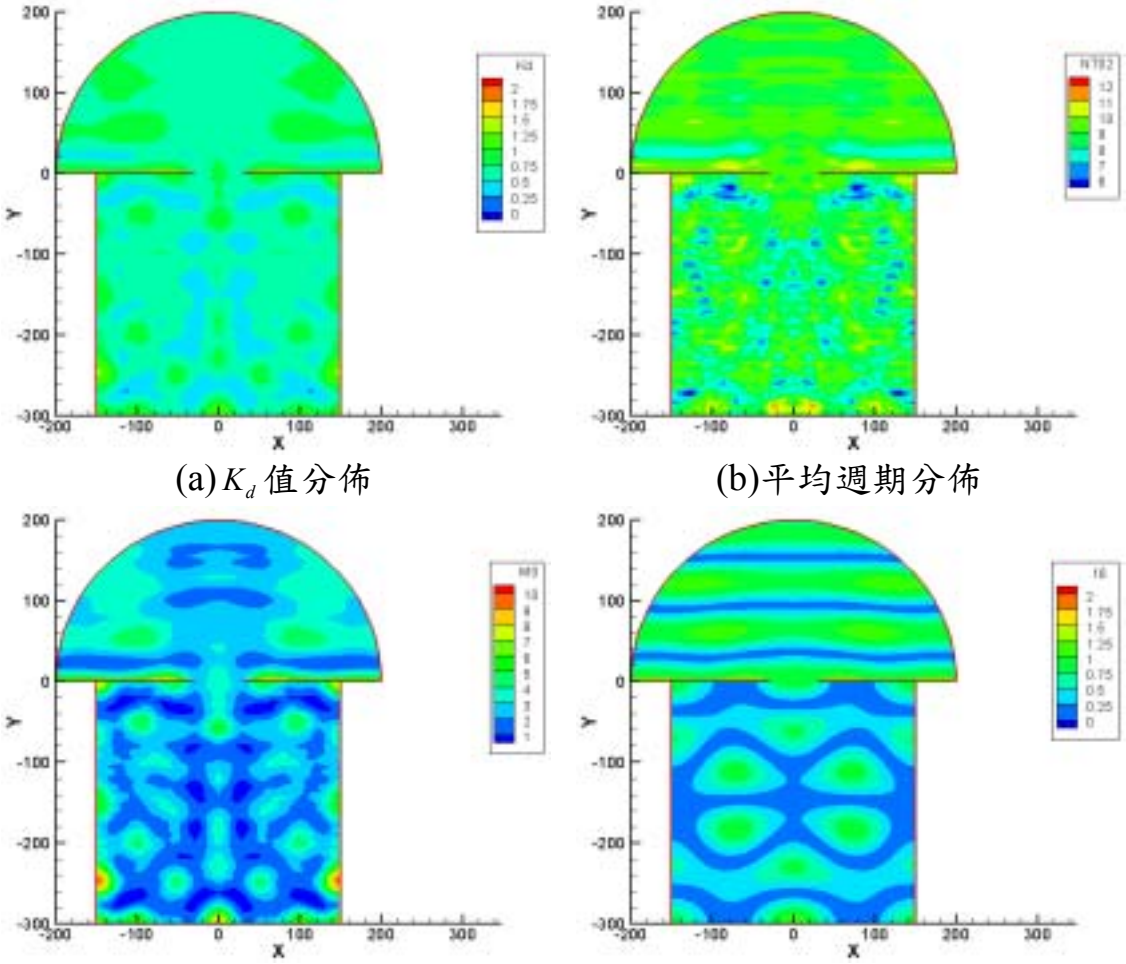
圖 4.10 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270°入射、F_{peak}=0.0833Hz、$H_{1/3}$=3m、等頻率分割、n=30)



(a) K_d 值分佈　　(b)平均週期分佈

(c)零階矩分佈　　(d)譜峰頻率處之成分波 K_d 值分佈

圖 4.11 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270°入射、F_{peak}=0.0833Hz、$H_{1/3}$=3m、混合分割、n=30)



(a) K_d 值分佈　　(b)平均週期分佈

(c)零階矩分佈　　(d)譜峰頻率處之成分波 K_d 值分佈

圖 4.12 數值模擬結果(JONSWAP 頻譜、270°入射、F_{peak}=0.0833Hz、$H_{1/3}$=3m、等週期分割、n=30)

4.2 花蓮港的水深地形檔與相關係數的整理

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 4.13 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 4.14 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。

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 4.15 為九個測站(位置如圖 4.14 中所示)全部的波高增幅曲線圖，而圖 4.16 則僅繪出重力波的部分。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(圖 4.16)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月趨於一致。圖 4.17 顯示造波週期分別為 8、89、108、116、402 及 1132 秒時之港區水域波高增幅係數分佈圖。

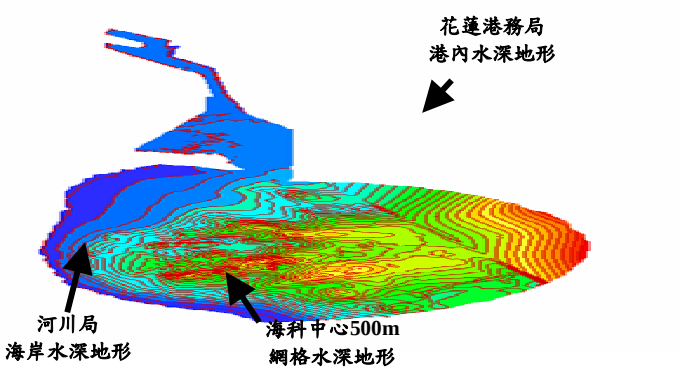


圖 4.13 花蓮港水域數值水深資料彙整情形

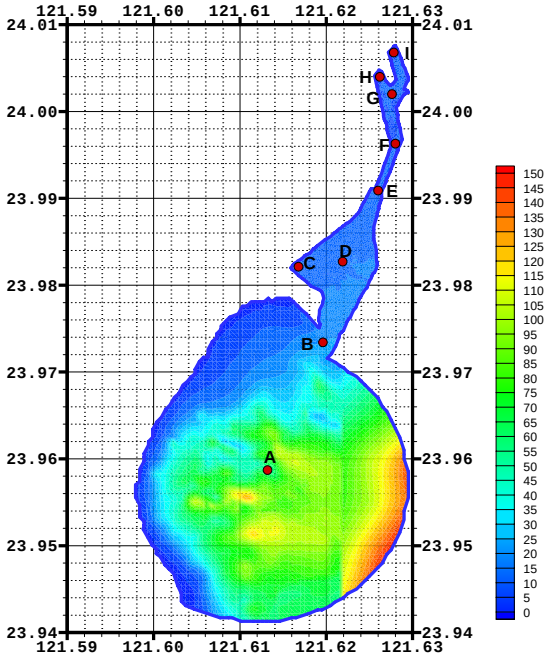


圖 4.14 修正過的花蓮港水域數值水深地形

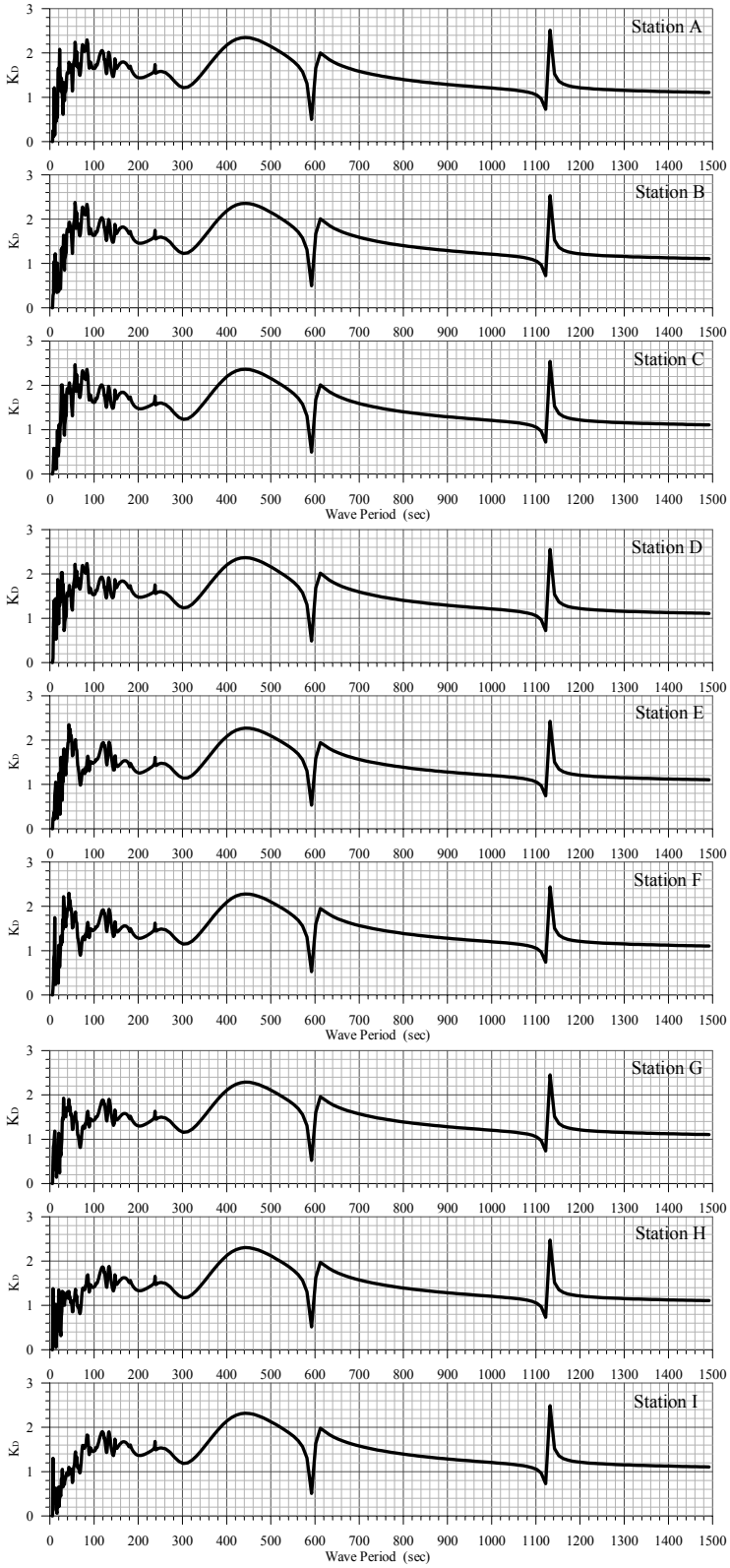


圖 4.15　九個測站之波高增幅係數 K_D 曲線圖

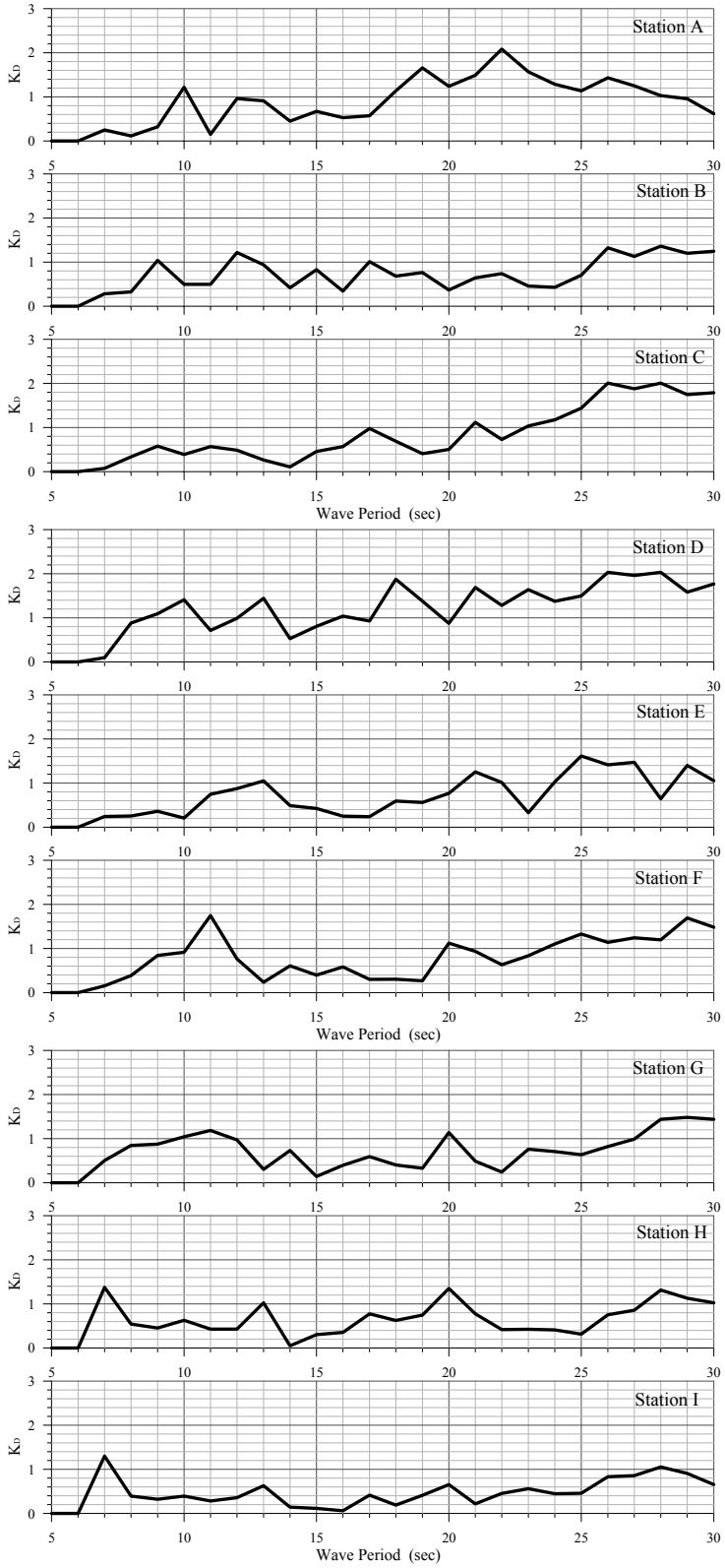


圖 4.16　九個測站之波高增幅係數 K_D 曲線圖(重力波部分)

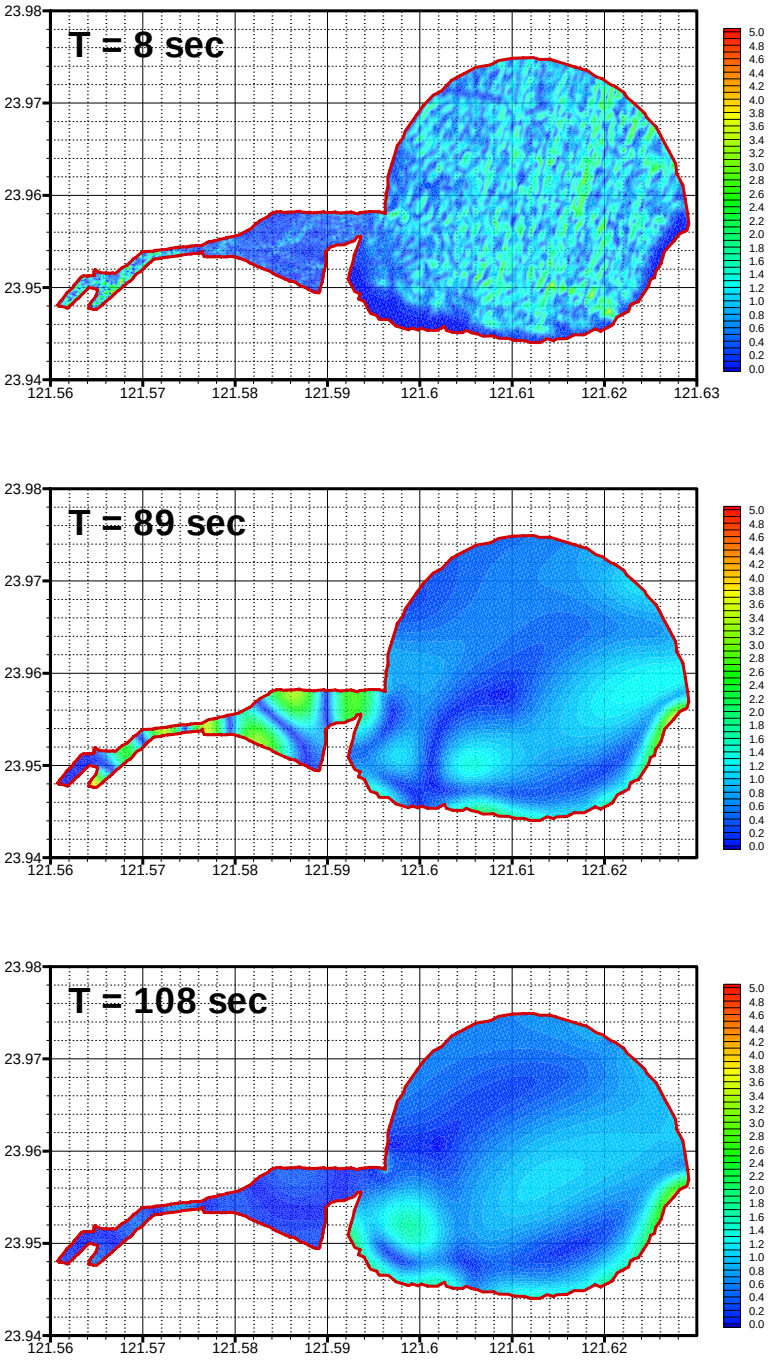


圖 4.17　波高增幅係數 K_D 分佈圖

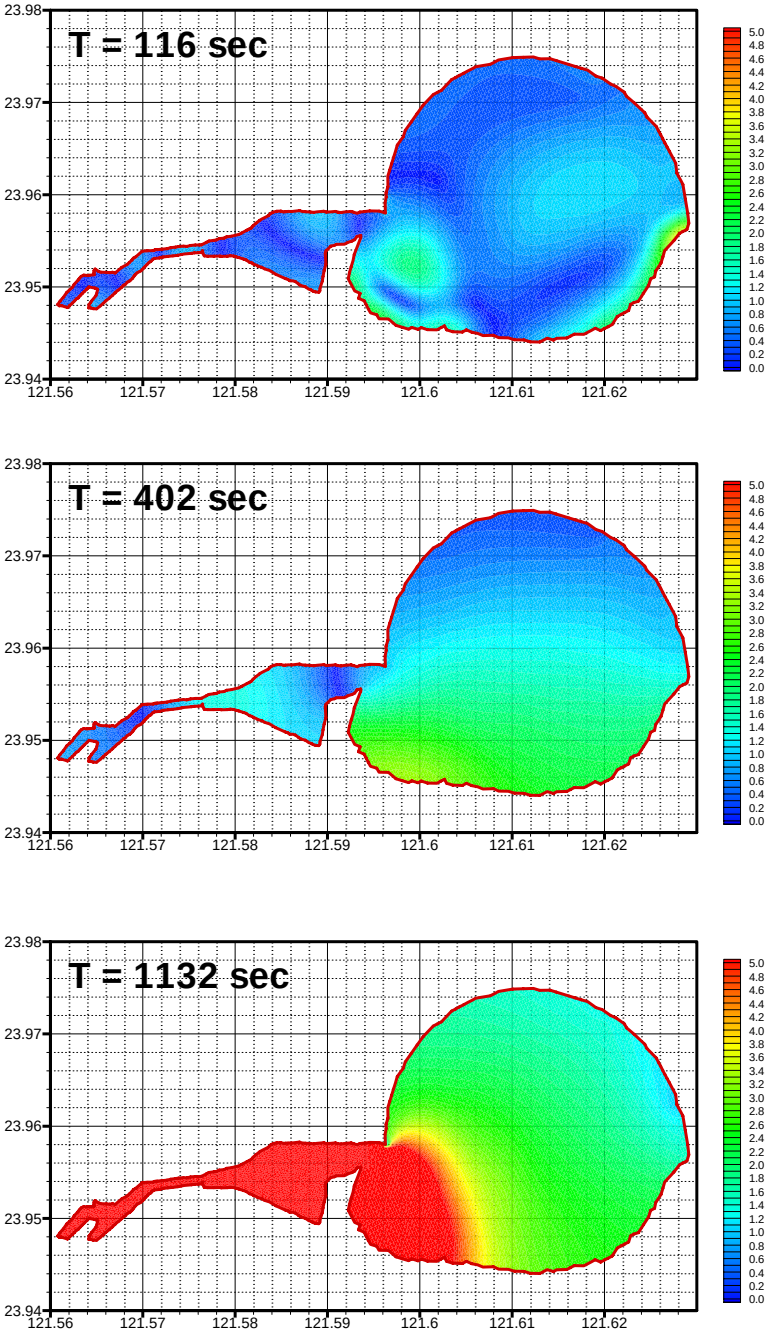


圖 4.17(續)　波高增幅係數 K_D 分佈圖

第五章 花蓮港防波堤振動特性與沉箱變位資料分析

港研中心為瞭解花蓮港東防波堤的破壞機制，在沈箱堤上進行波壓與地震的觀測。圖 5.1 及圖 5.2 所示為壓力計與微震計的裝設位置示意圖。沿著開孔沈箱的海側外牆在+8m 至-8m 之間每隔 2m 裝設一個壓力計，共裝設 9 個壓力計，並在陸側牆壁上裝設三向度微震計。本工作項目係依據港研中心所提供的防波堤沈箱振動時間序列與變位之觀測資料分析沈箱受波力作用時的反應行為，並與同一時間的外海波浪觀測資料進行比較，以求其相關性。本年度主要是進行資料檔案的整理。

觀測的資料包含兩類：定時性的觀測以及地震激發的觀測。由於原始資料檔案係以特殊格式的二進位碼儲存,所有檔案必須以 Pwave32 軟體進行解讀，需要花費一段時間，又加上對軟體的操作不熟，導致解讀下來的 ASCII 檔案的格式不一致，有的檔案是以單欄直列式儲存 12 個頻道的資料，有的檔案則是以單一頻道分別儲存，有的檔案則是以區塊的方式依序儲存每一個頻道的資料。因此，目前尚在整理原始轉換資料，並設法將其規格化。

對於檔案名稱的管理上，原始的檔案名稱中包含了月份(兩碼)、日期(兩碼)、時(兩碼)、及分(兩碼)、並以附檔名加註秒數(兩碼)及文字 w。然而檔名中並未包含測站名稱以及觀測年份，為了整體性的管理方便，後續處理中將在處理資料規格化的過程中在檔案名稱中加入測站代碼(兩碼)以及年代(西元後兩碼)以利辨識。12 個頻道的資料也與波浪記錄相同，採取欄位式的表列方法。

在資料檔轉碼過程中，Pwave 也提供了繪製資料時間序列可以提供對資料的初步瞭解。舉例來說，圖 5.3 及圖 5.4 分別為 2003 年 12 月 11 日 8 時 1 分 7 秒所記錄到的地震資料與波壓資料的時序圖以及頻譜圖。在後續的處理中將對波壓資料先以波浪分析的方法進行分析，以求得相關的特性參數。本計畫也會嘗試著重建防波堤壁面的波壓分佈，但由於缺乏可提供海水面高程變化的參考資料，預期在推算當中

有相當程度的困難度，不準確性也較高。地震資料的分析主要是以頻譜分析為主，本項資料將設法與花蓮港務局辦公大樓內所設的陸上測站的資料相比對，但由於兩個測站的激發觀測記錄的機制不同，預期可供比對的資料筆數將不會太多。

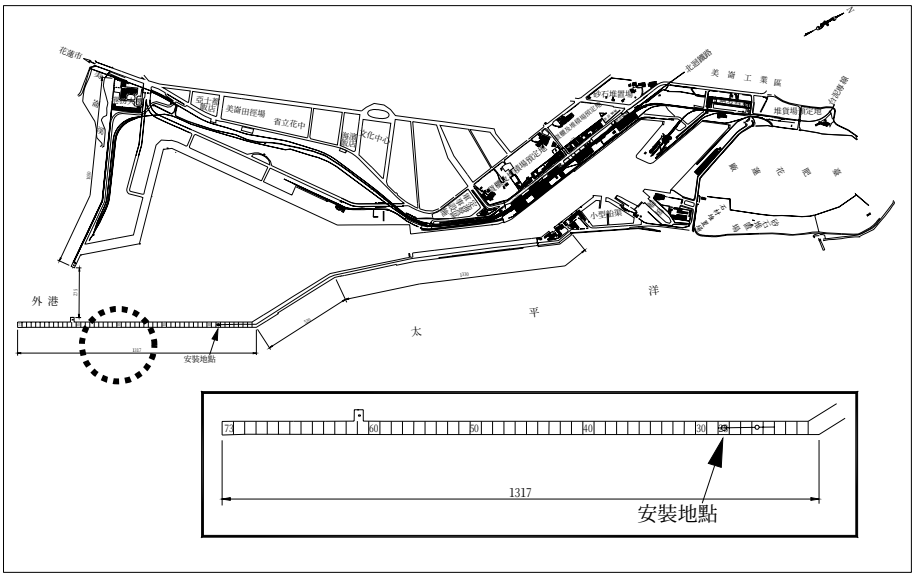


圖 5.1 花蓮港東防波堤沈箱構造物監測調查位置示意圖

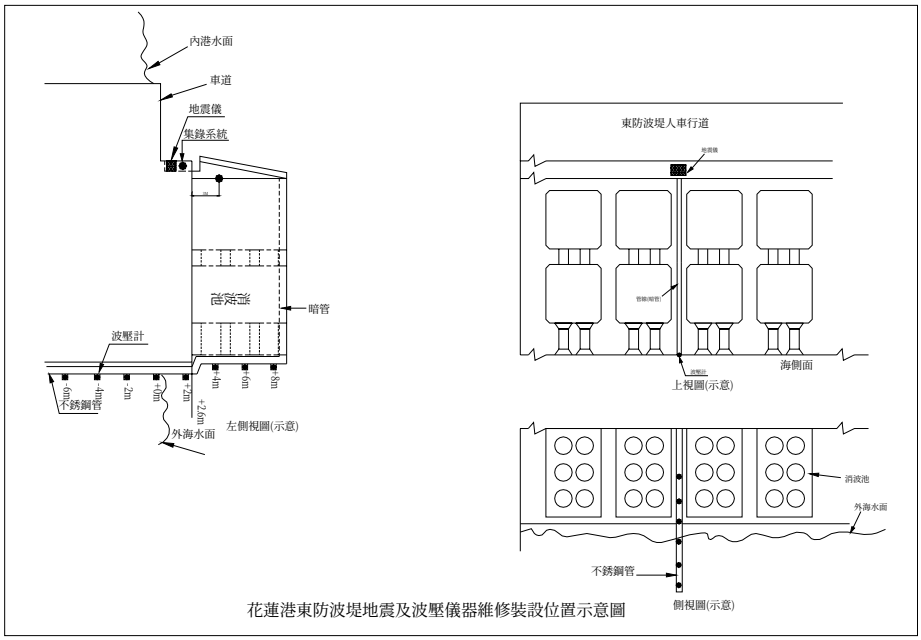


圖 5.2 花蓮港東防波堤地震及波壓儀器裝設位置示意圖

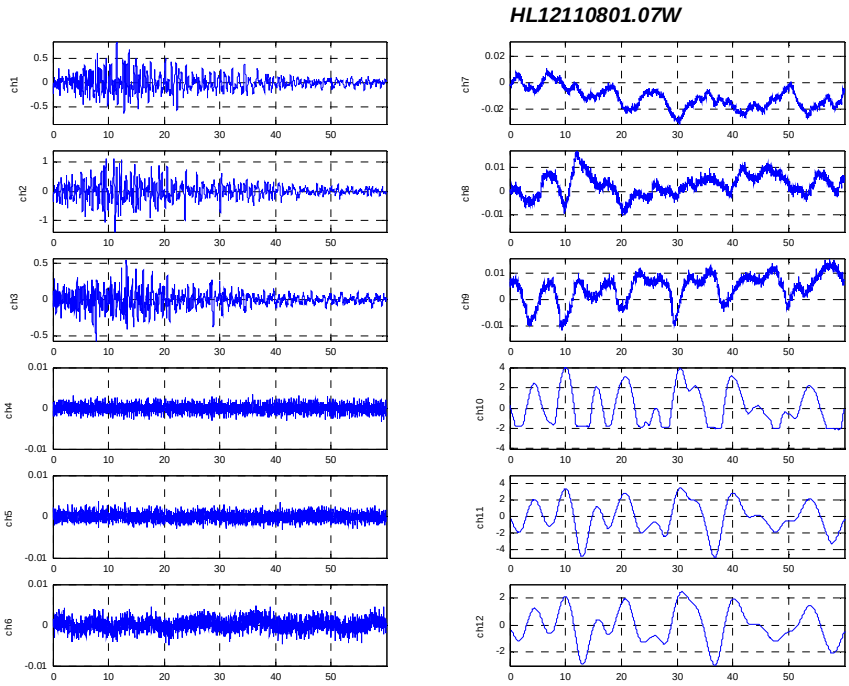


圖 5.3 12 個頻道的時間序列圖範例

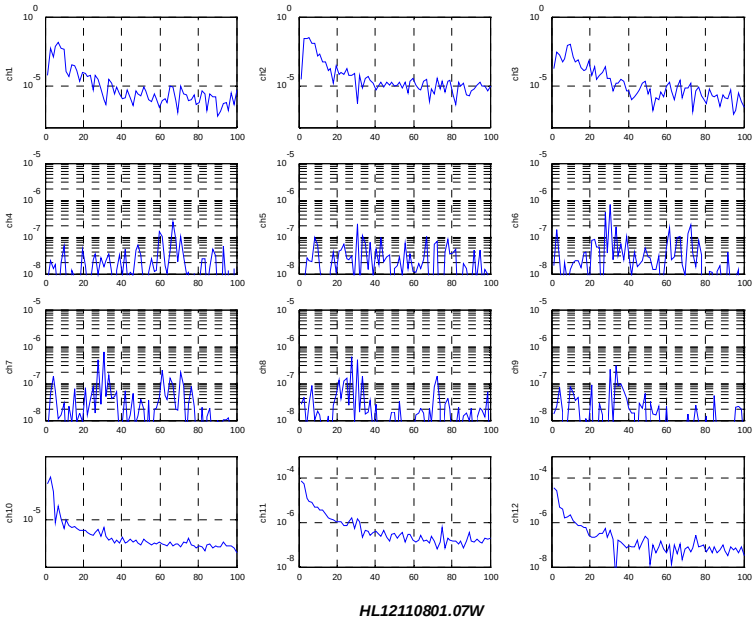


圖 5.4 12 個頻道的頻譜圖範例

第六章 花蓮港內長週期振盪的調查研究

6.1 花蓮港內長週期成分波動的統計分析

根據港研中心所提供的民國 89/9/6 至 89/10/11 間的現場波浪觀測資料，該資料係每一個小時中以 2 Hz 取樣頻率連續取樣 2400 個資料點(也就是 20 分鐘)，8 個港內波高觀測站的位置如圖 6.1 所示。在該時期中只有 9/8～9/10 期間有寶發颱風過境台灣東部海域(如圖 6.2 所示)。圖 6.3 為各個測站的頻譜能量(m_0)時序圖，圖 6.4 則是將各次取樣的頻譜能量依不同的週期間隔累計該區間的波浪能量比例的波浪能量堆疊圖，Y 軸的 Occurrence 即是各成分波區間所佔總能量的比例。圖 6.3 中可發現內港水域各個測站在颱風時期的累積波動能量至少是外港水域的五分之一以上，顯示花蓮港的波動特性，與港內消波功能的不良。圖 6.4 中也可以看到在常時波浪中，花蓮港港內的長週期的振盪成份始終佔有很大的比例，而在颱風波浪時則長週期能量的比例反而較低。從測站 2 的能量比例分佈可以發現在颱風波浪作用時期外港水域除了有大比例的一般風波外，在 100 至 200 秒間也有較大的量，而 500 秒以上的長週期波動部份則佔相當少的比例。但是從聯絡水道至內港水域部分則發現所有的長週期波動都顯著地增加，而且 500 秒以上的長週期波動部份佔據了 50%以上的波動能量。圖 6.5 為測站 8 各個成分波區間的能量比例變化時序圖，圖中可以明確看出內港水域除了 30 至 90 秒、以及 120 至 180 秒間的波動在颱風波浪時期有較大的能量外，幾乎整個觀測時期都有大比例的 500 秒以上的能量。由於現場波浪觀測的取樣時間是依照一般的慣例以 2 Hz 取樣頻率連續取樣 20 分鐘，在資料分析時僅能以 2048 個資料點進行相關的頻譜分析，導致可解析的最長週期為 1024 秒，因此我們只能曉得有大量的能量集中在長週期的部分，但是無法辨識其實際的週期。然而，此一現象顯示花蓮港港內的長週期波動除了一百多秒的振盪週期以外，可能還有其他更長週期的波動的問題。此外，依據過去的數值模擬研究可以確認一百多秒的振盪屬於花蓮港的自然共振週期，但是 500 秒上波動的來源則需要

再進行更深廣的探討。

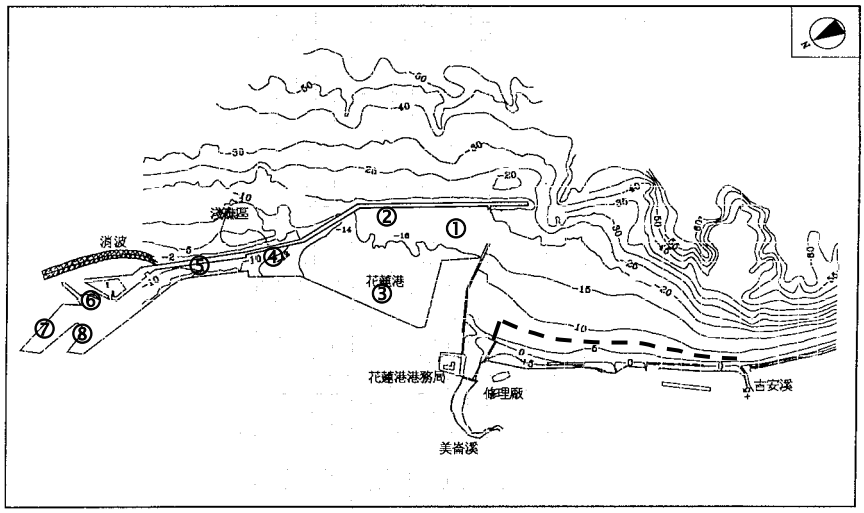


圖 6.1 花蓮港內波浪觀測站位置佈署圖

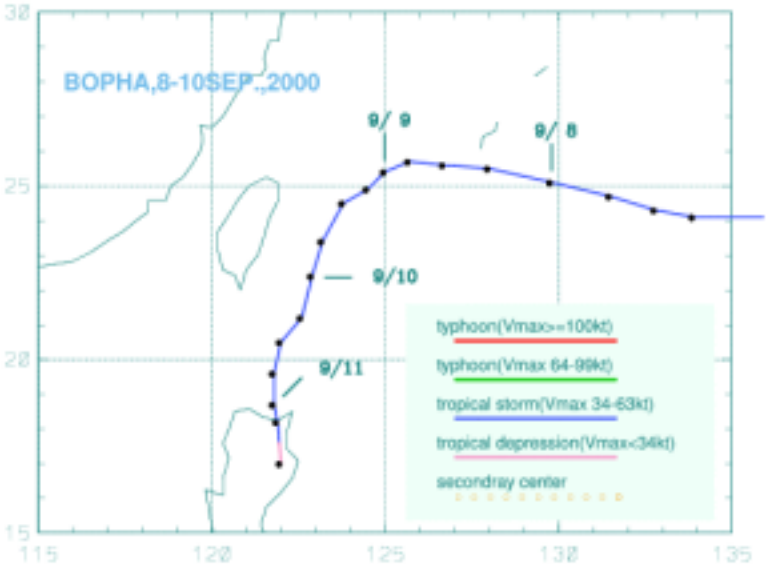


圖 6.2 寶發颱風路徑圖(民國 89/9/6 至 89/10/11)

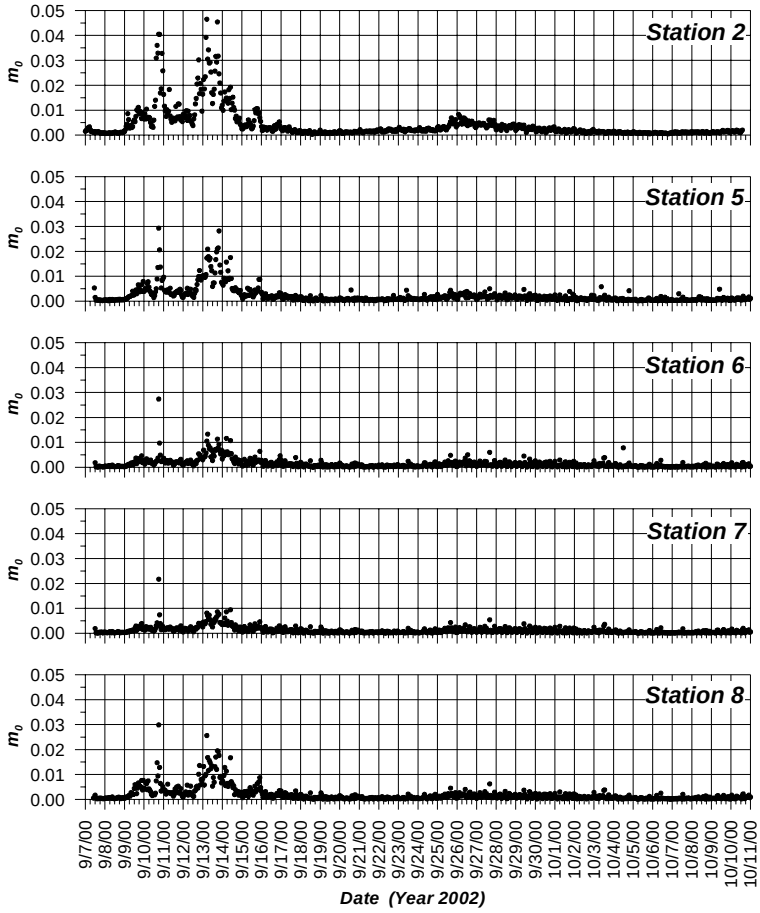
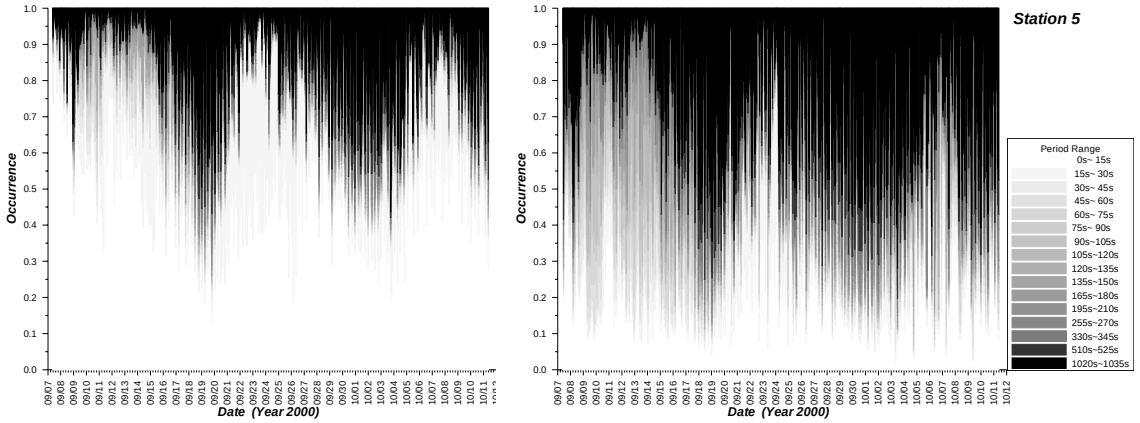
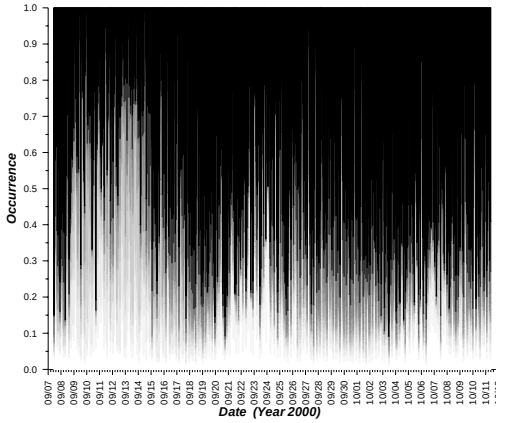


圖 6.3 各測站的頻譜能量(m_0)時序圖

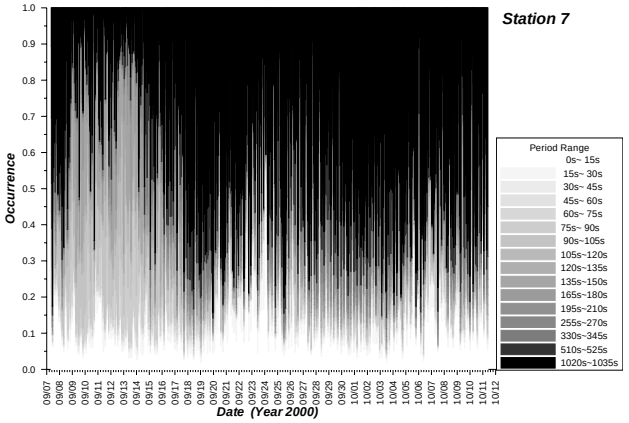


(a) 測站 2

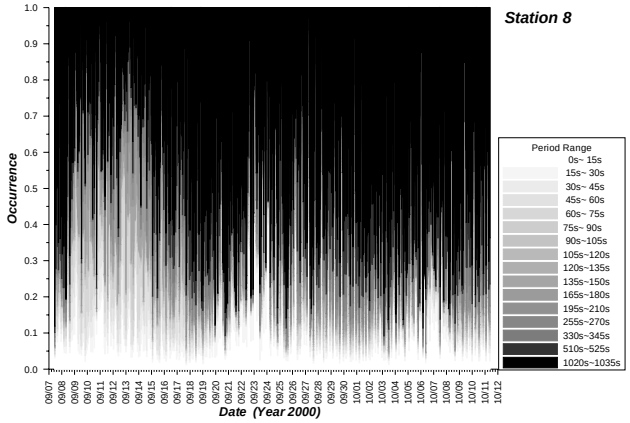
(b) 測站 5



(c) 測站 6



(d) 測站 7



(e) 測站 8

圖 6.4 港內波高的能量比值堆疊分布(民國 89/9/6 至 89/10/11)

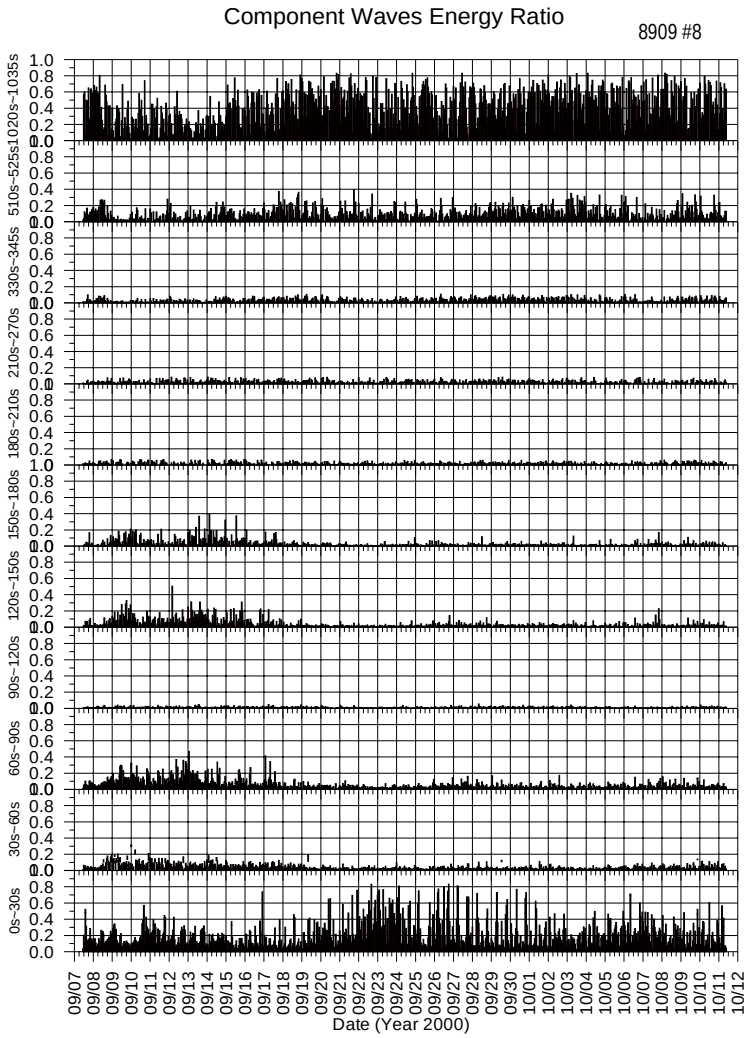


圖 6.5 測站 8 各成分波區間的能量分布比值(民國 89/9/6 至 89/10/11)

6.2 花蓮港內長週期波動的觀測

本計畫團隊於民國 93 年 11 月在基隆港進行了一個小型水位觀測研究，在基隆港內不同的位置設置潮位站(如圖 6.6 所示)並以取樣週期 30 秒進行連續性的量測，圖 6.7 為 93/11/6 至 93/11/11 的水位變化時序圖，圖 6.8 則為 93/11/8 單日的水位變化。圖中可發現基隆港的港內水位有大約 20 分鐘的長週期振盪。圖 6.9 顯示由於港池形狀與半封閉水域的緣故，基隆港內的平均水位在觀測期間有 6 公分的差異性，但在 93/11/17~93/11/23 間的觀測則有約 18 公分的水位差異。由該項研究顯示港灣裡可能一直存在著長週期的波動，而該波動可能因為某些自然

因素而造成能量的累積導致較大的波動，因此有必要探討造成其能量累積的原因。另外，港內的平均水位變化除了與觀測位置距離港口的縱深有關外，可能也具季節性的變化。

就波浪觀測而言，一般的現場波浪觀測是以 2Hz 取樣頻率以間隔兩個小時中連續觀測 20 分鐘的方式記錄水面波動。此種觀測方式將無法獲得基隆港的 20 分鐘長週期振動的訊息。此外，在分析中也發現如果沿用潮位觀測中以六分鐘的水位平均值作為代表值的方式，則長週期波動的振幅將會明顯減小甚至被忽略。

圖 6.6 基隆港潮位觀測站的設置位置圖

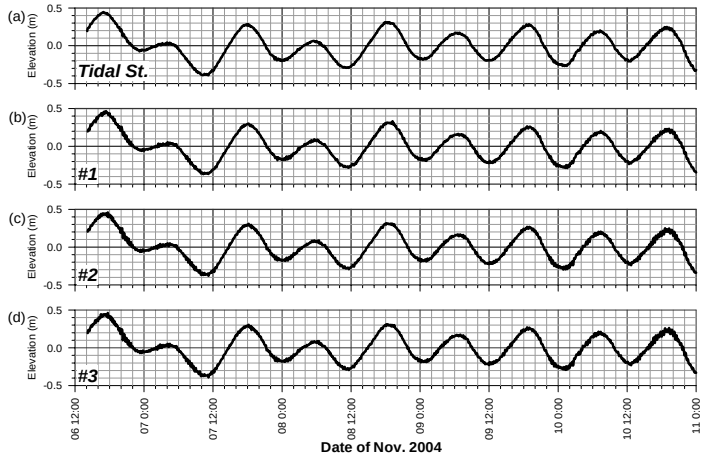


圖 6.7 基隆港內(民國 93/11/6~93/11/11)各潮位站原始水位觀測時間序列圖(a) 驗潮站；(b) #1 潮位計；(c) #2 潮位計；(d) #3 潮位計

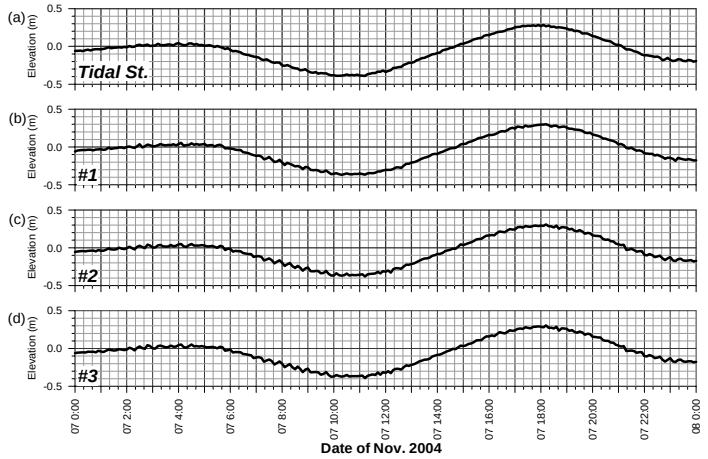


圖 6.8　民國 93/11/7 基隆港內各潮位站水位變化時間序列圖(a) 驗潮站；(b) #1 潮位計；(c) #2 潮位計；(d) #3 潮位計

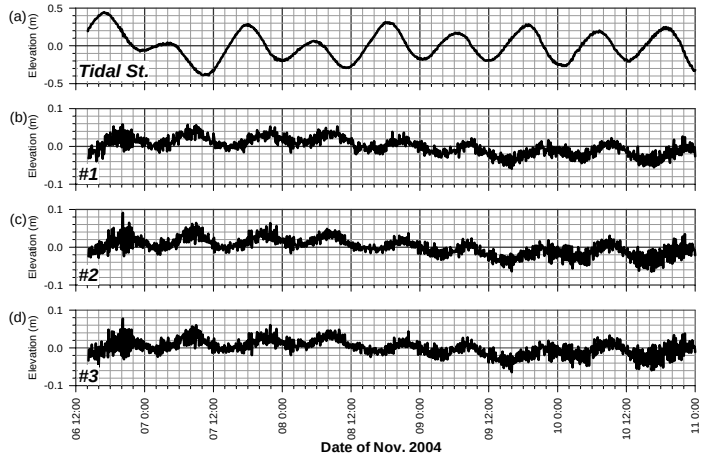


圖 6.9 基隆港內(民國 93/11/6~93/11/11)各潮位站與驗潮站水位變化差值時間序列圖(a) 驗潮站的水位記錄；(b) #1 潮位計的水位差值；(c) #2 潮位計的水位差值；(d) #3 潮位計的水位差值。

為了瞭解花蓮港內是否也存在有長週期的波動，本計畫規劃了現場港內水位觀測計畫。所使用的潮位計係 Sea-Bird Electronics, Inc.出品的 SBE 39 型無電纜線的壓力式潮位計(如照片 6.1 所示)，配合自行設計訂製的觀測架，組裝成簡易的潮位站進行潮位觀測。此式無電纜線潮位儀使用長方型 9V 乾電池為供電來源，當電池裝置後，先使用 RS 232 外接式電腦接續線，連接桌上型電腦或筆記型電腦進行潮位儀正確的日期、時間及觀測時間的間隔等調整，完成後放入自製的塑膠保護管內再以繩索連結、投入已架設在碼頭岸壁上的潮位觀測架之不鏽鋼

保護外管內即可進行潮位觀測。

(a) SBE 39 型壓力式 (b) 壓力感應頭 (c) RS 232 接續線

照片 6.1 現場觀測使用的潮位計

圖 6.10 所示是目前在花蓮港的港內水域配合實際環境所安裝的潮位站位置(以下討論分別以外港測站、中間水道測站及內港測站稱之)，照片 6.2 為潮位計的安裝情形。由於是採用乾電池自記式的潮位計，為了資料的安全性設計每隔約 15 天便取出潮位記下載資料、並重新設定後放回潮位站中繼續觀測。在進行現場水位觀測前，首先在波高計率定筒中進行水位的校定，並確認儀器本身是否有電子振盪訊號。圖 6.11 顯示 5 支潮位計在率定筒中以 6 秒的取樣週期對 0 m 至 5 m 每隔 1 m 水位進行約 40 分鐘的連續取樣的結果，由圖形曲線可以確認本研究所使用的潮位計相當穩定，而且沒有自身的振盪訊號。

圖 6.12 為第一次觀測時間序列，但也發現資料僅有民國 94/4/5~94/4/9 不到 5 天的資料，研判可能是所用的乾電池電力不足或者是記憶體容量不足所致。未來在確認港內的長週期波動狀況後，可能加大取樣時間間距以提升資料的長度。由於花蓮港的碼頭設消波效果不佳，使得港內的波動無法儘速消除，其中尤其是船行波的部分在某些水域可以達到約 1 公尺的水位變化。圖 6.13 係 4 月 5 日 0 時至 12 時的水位變化時間序列圖，從圖中可以看到與基隆港水位變化相類似的 20 分鐘長週期振盪，另外可能還有其他稍短的長週期振盪。但由於資料夾雜了太多雜訊，無法清楚辨別。後續將對資料進行濾波後在進行相關分析與討論，另外也將和基隆港的觀測資料進行比較分析，並

設法解釋此一約 20 分鐘長週期振盪的來源。

圖 6.14 至圖 6.16 為民國 94/8/1 至 94/8/10 的水位觀測分析資料，在該期間紀錄了瑪莎颱風的侵襲過程 。圖 6.14 為瑪莎颱風的紀錄與行進路徑，瑪莎颱風係於 8/3 至 8/7 之間。由鵝鑾鼻的外海以由東南向西北的方向通過台灣北部的外海。圖 6.15 係 10 天的水位變化時間序列圖，就整個侵襲過程來看，從圖中可明顯看到在 9/2 上午花蓮港便開始感受到颱風波浪與水位的變化，而開始有長週期的水位變化。其中，又以中間水道測站反應最強、外港測站次之、而內港測站最小。當瑪莎颱風在花蓮的東方外海時(8/3 中午至 8/4 中午)，港內的水位變動最大。而颱風中心通過花蓮的緯度向上行進後，水面的波動便開始減小，內港在 8/5 上午後便回復常時水位變化，但外港則一直到 8/9 才恢復正常。

圖 6.16 是 10 天的水位訊號經過低頻濾波後的分析頻譜，各圖中左欄是外港測站、中欄是中間水道測站、而右欄是內港測站，濾波的目的主要是想把潮汐波加以分離。從各圖中我們發現花蓮港的長週期振盪大約可以 0.0005Hz 及 0.002Hz 分成三個部分。外港水域介於 0.0005Hz 至 0.002Hz 間的波動明顯小於內港；但 0.002Hz 以上的能量則又以外港多於內。週期在 0.0005Hz 以下的不論常時或颱風時期都始終存在於港內，其能量並未因颱風侵襲而增加太多。反而是 0.0005Hz 以下的低頻振盪則在颱風侵襲期間有很明顯地成長。如果就目前所觀測到的資料，則港內在颱風時期大量增加能量的部分是週期大約在 2000 秒以上的振盪，此一現象明顯與港灣共振的研究不同。至於這些成分是屬於港內特有，或是外海在颱風侵襲期間也有此一能量分佈，則因為無法在港外設置水位觀測儀器，而無法認定。

由於水位觀測是在本年度的 4 月份才安裝，由於儀器的設定與操作不夠純熟(因經費不足，以人工方式下載資料及更換電池)，資料的收集一直斷斷續續，以致今年的颱風侵襲期間的水位資料未能收集完整，相當可惜。目前該工作仍持續進行中。而未來也應考慮在外海設置水位觀測站進行同步量測。

圖 6.10 花蓮港潮位站(✦)安裝位置示意圖

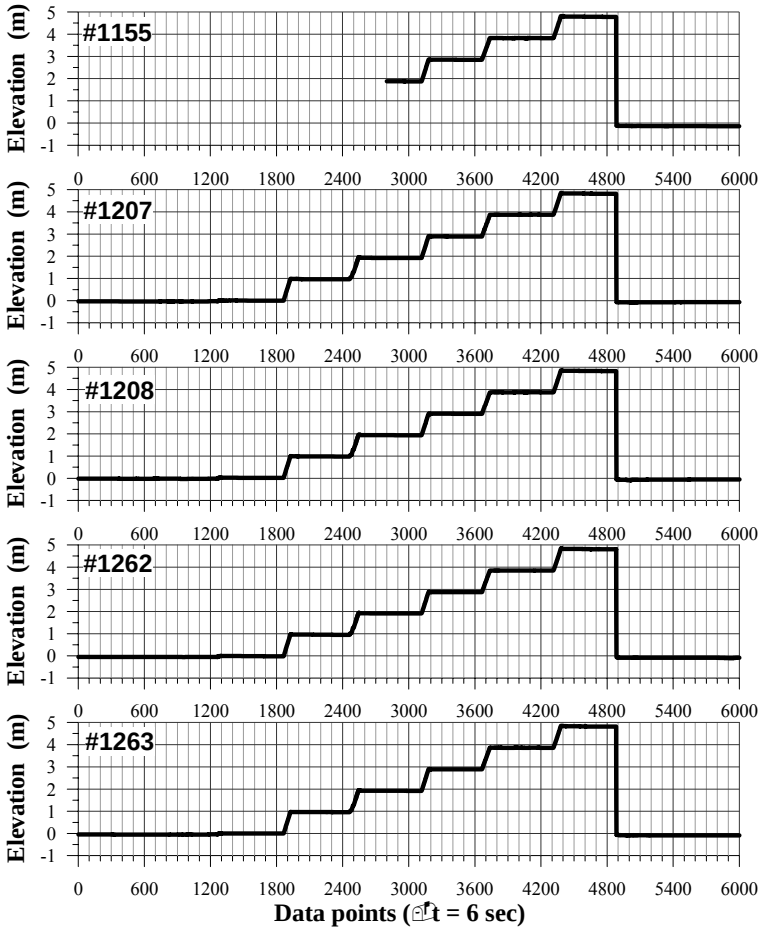


圖 6.11 潮位計檢測記錄

照片 6.2 潮位計安裝情形

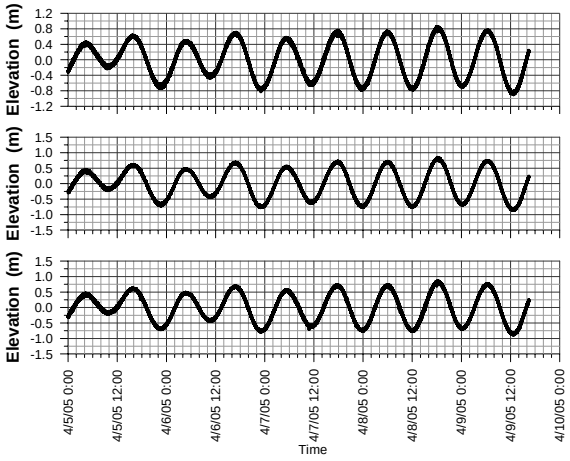


圖 6.12 民國 94/4/5 0:00~94/4/9 16:00 花蓮港各潮位站之水位變化時間序列圖

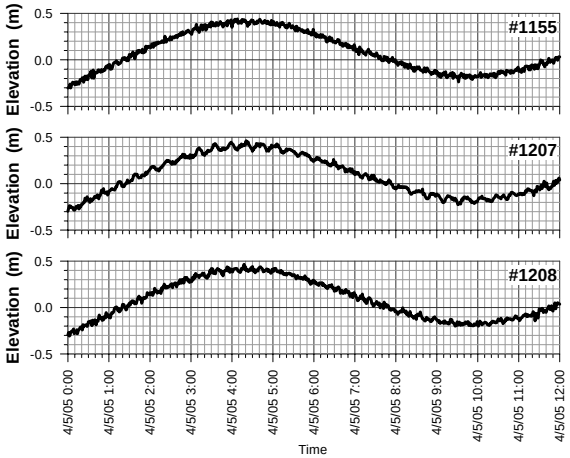


圖 6.13 民國 94/4/5 0:00~94/4/5 12:00 花蓮港各潮位站之水位變化時間序列圖

中央氣象局颱風警報發布概況表	
名稱	馬莎(MATSA)
編號	0509
生成地點	關島西南西方海面
侵(近)台日期	民國 94 年 8 月 4 日
發佈時間	海上:民國 94 年 8 月 3 日 8 時 30 分　　陸上:民國 94 年 8 月 4 日 2 時 30 分
解除時間	海上:民國 94 年 8 月 6 日 8 時 30 分　　陸上:民國 94 年 8 月 5 日 20 時 30 分
發佈報數	25
最大強度	中度
近中心最大風速	40.0(公尺/秒)
侵台路徑分類	1
登陸地段	--
動態	7 月 31 日在關島西南西方生成後，向西北方向移動。8 月 4 至 5 日通過台灣東方海面及北方海面，6 日進入大陸，隨後於 7 日減弱為熱帶性低氣壓。
災情	--

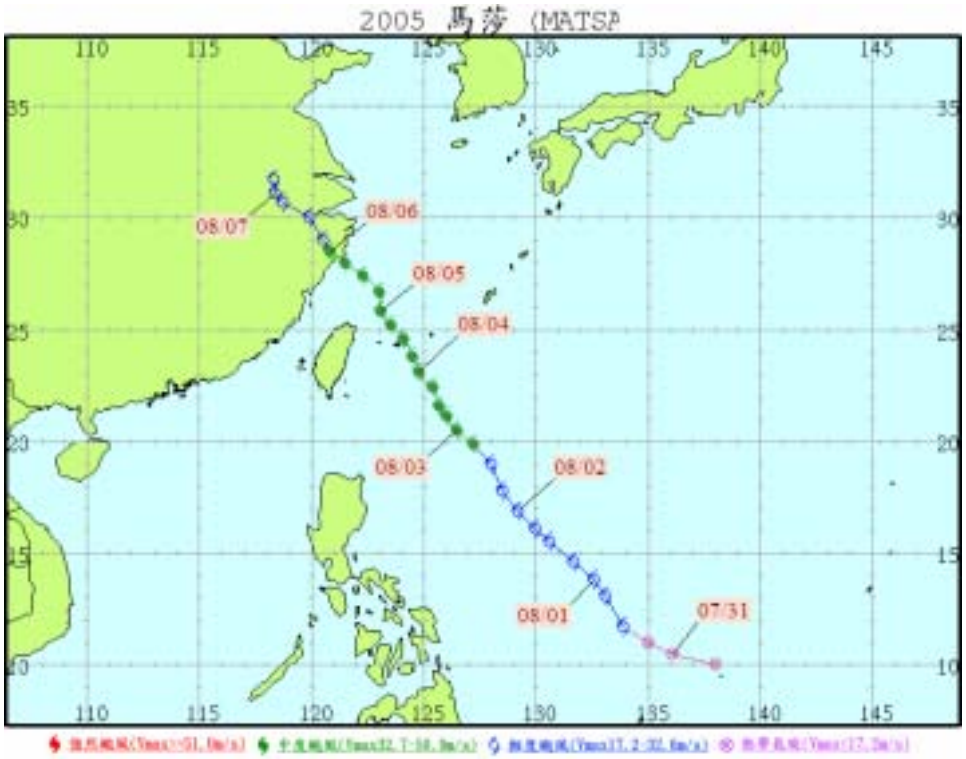


圖 6.14　瑪莎颱風侵襲記錄

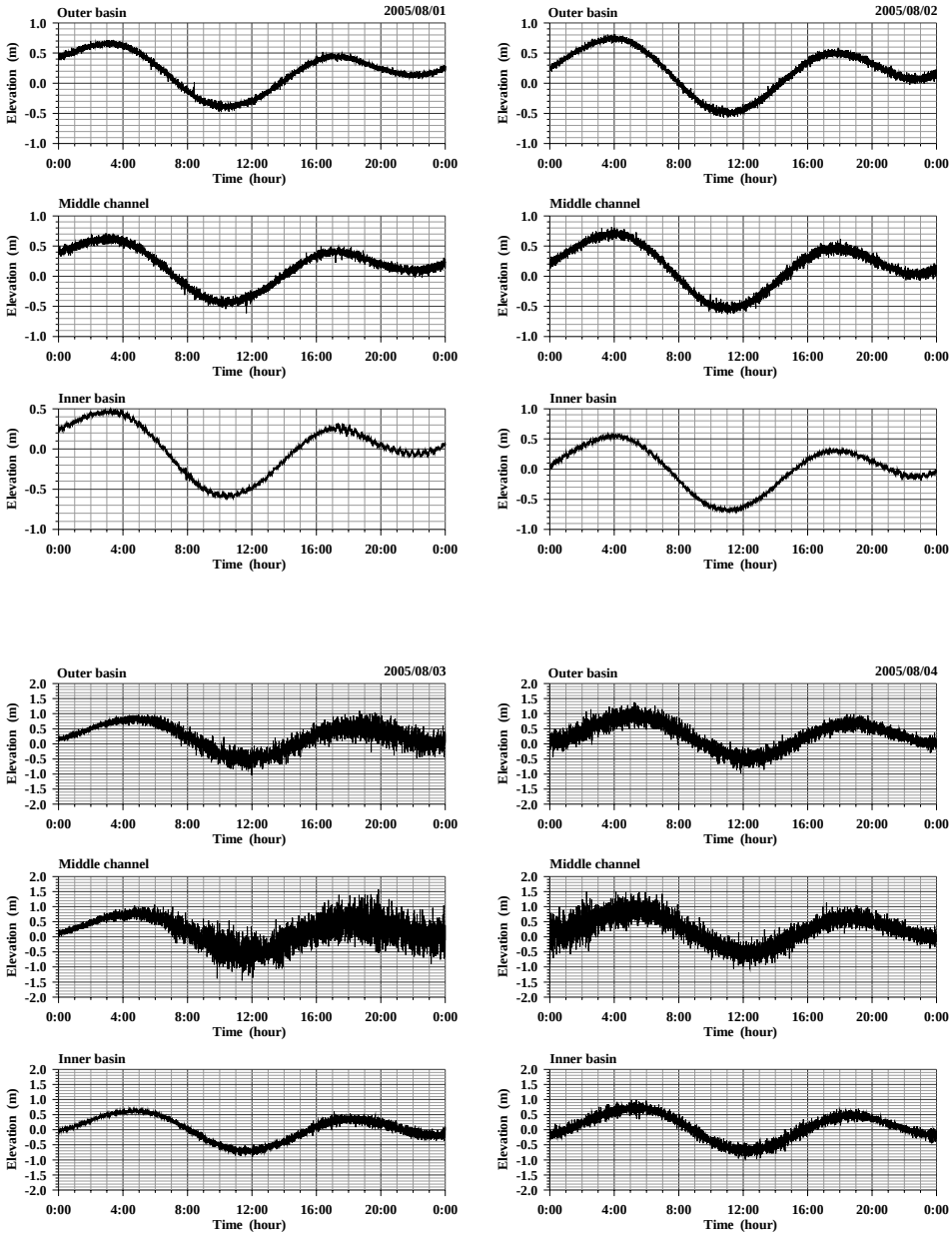


圖 6.15　花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化時間序列

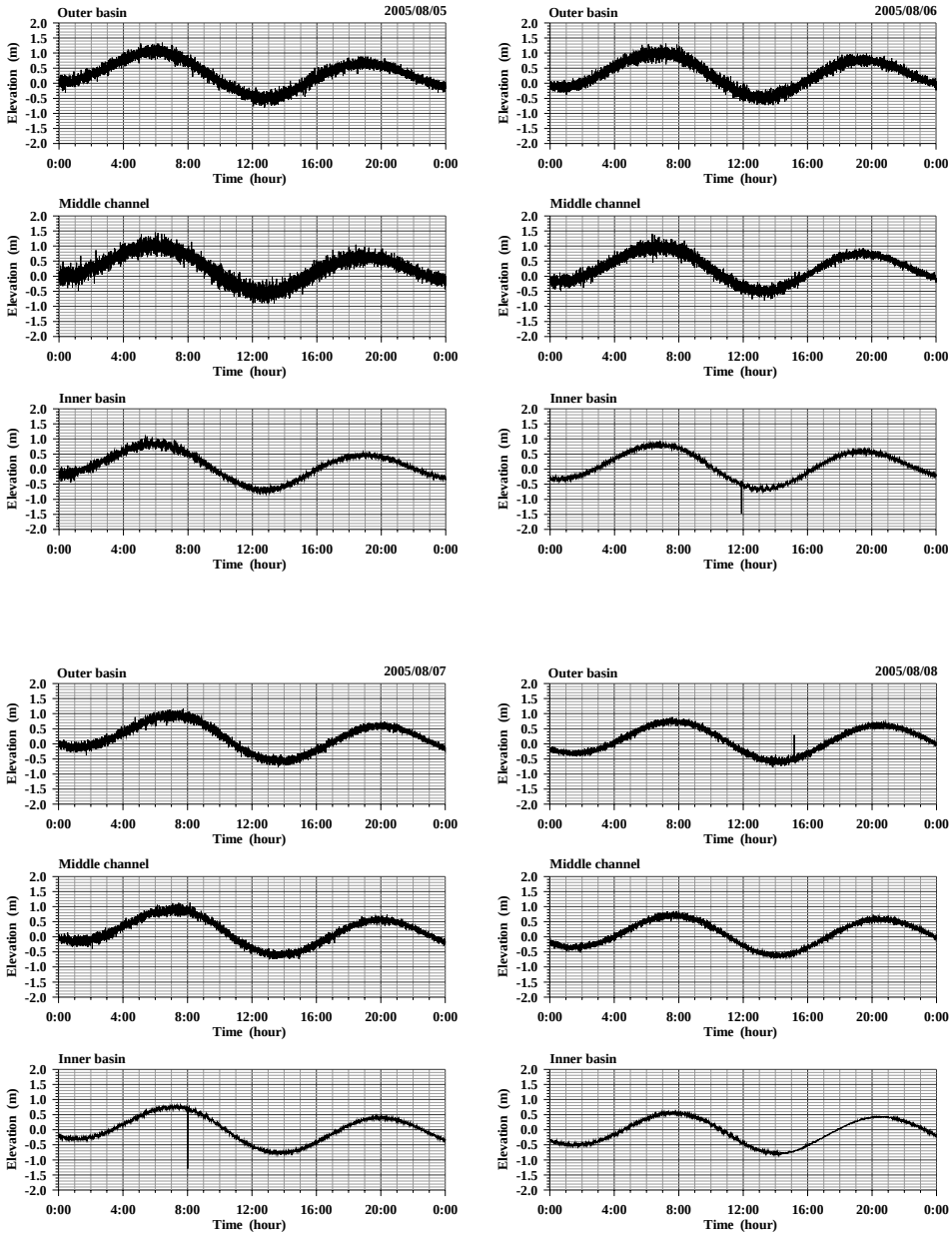


圖 6.15(續)　花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化時間序列

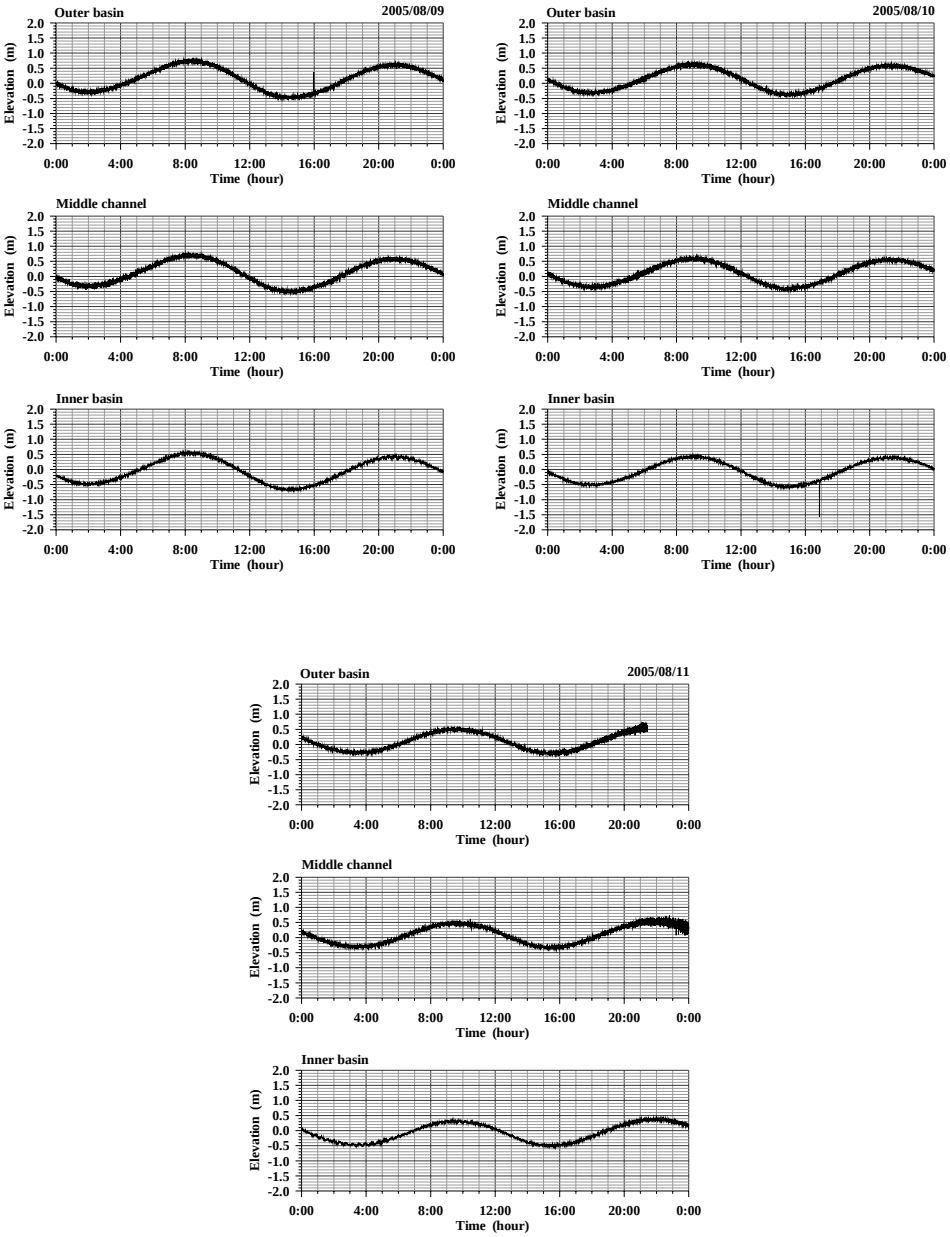


圖 6.15(續)　花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化時間序列

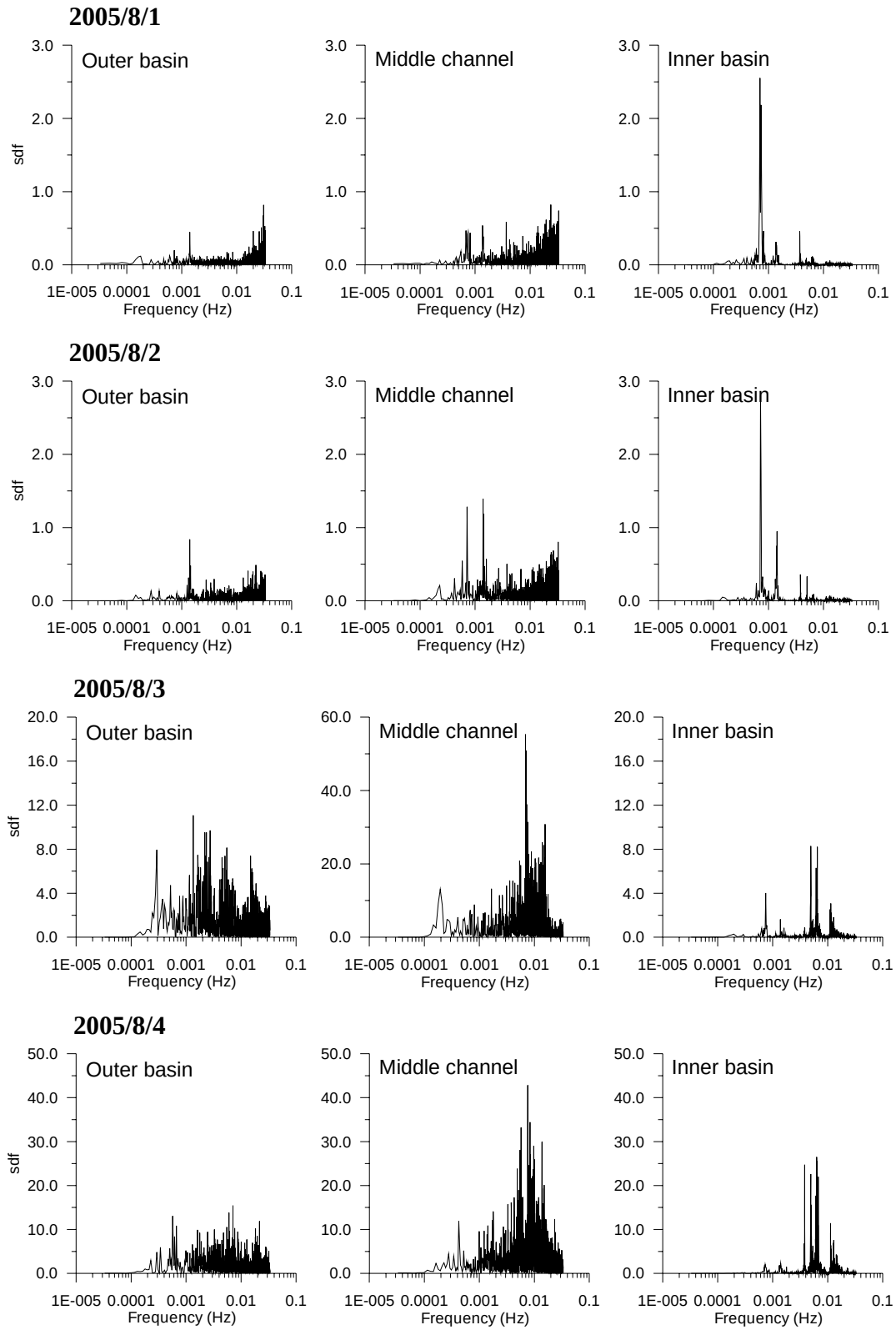


圖 6.16　花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化的頻譜分析圖

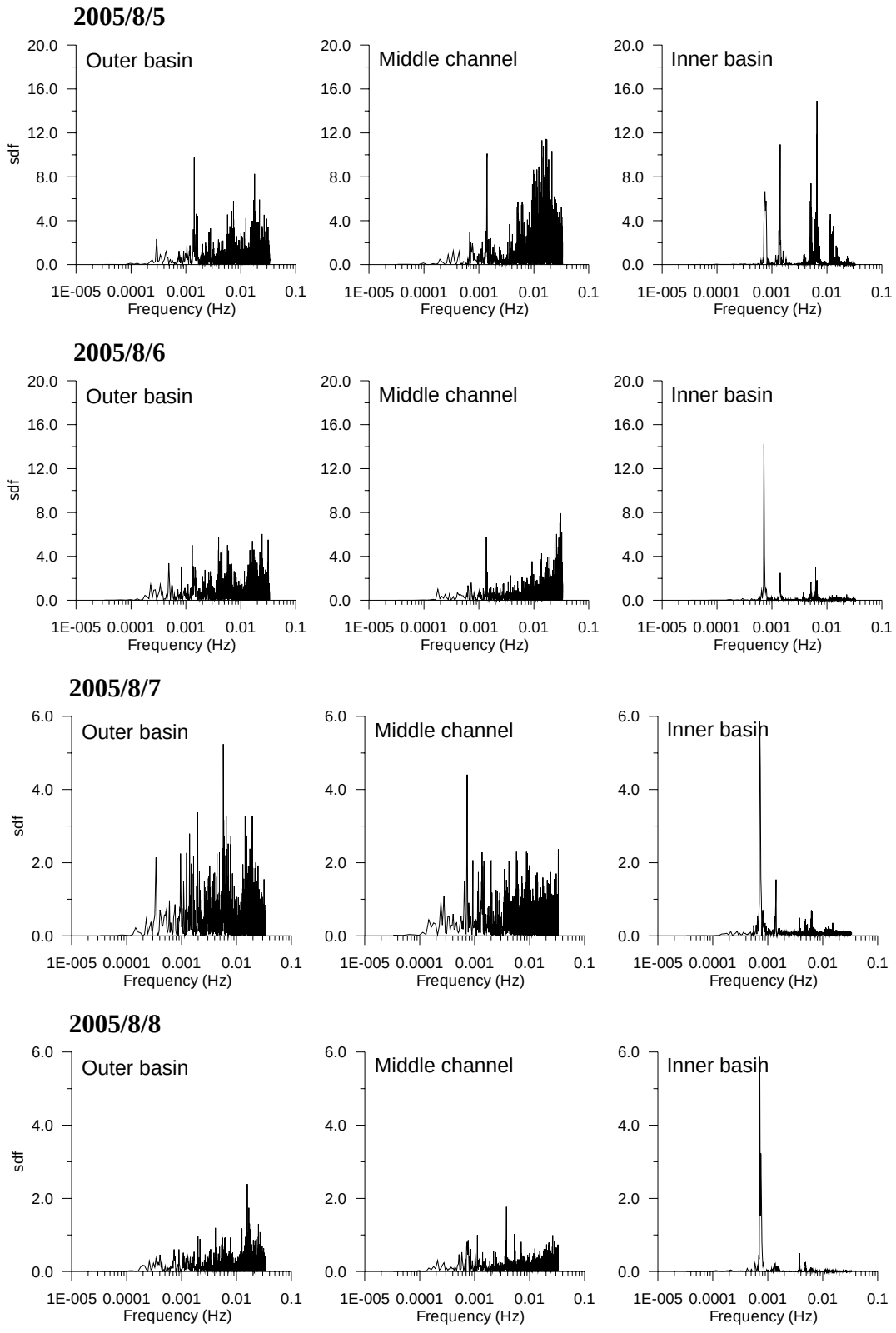


圖 6.16(續)　花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化的頻譜分析圖

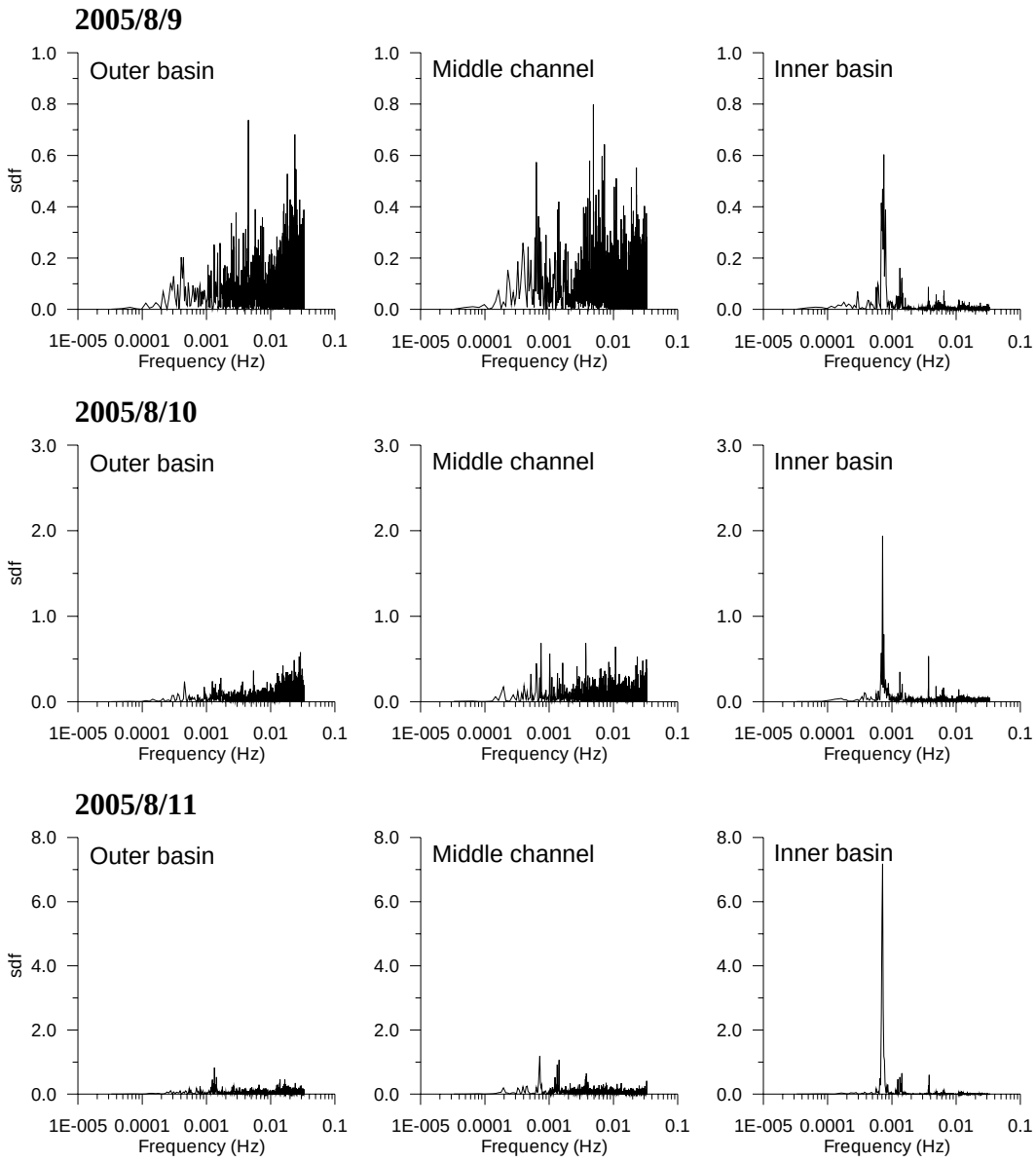


圖 6.16(續)　花蓮港瑪莎颱風侵襲期間的港內水位變化的頻譜分析圖

第七章 海岸結構物安全評估系列演講

為了加強國內海岸/港灣工程學者及專家對海岸結構物安全評估理論的瞭解，本校與港研中心合作共同邀請美國北卡羅萊那州立大學土木、營建及環境工程系榮譽退休教授董啟超博士協助本計畫的進行，並針對海岸結構物安全評估理論在海大及港研中心一共舉辦四場演講，其中海大有一場，港研中心有三場，參與人員除海大及港研中心的教授、學生與研究人員外，也邀請部分相關的工程師，相關演講資料如附錄 G 所示。相關資料簡要說明如下。

7.1 董啟超博士個人簡歷

董啟超博士(C. C. David Tung)

美國北卡羅萊納州立大學

土木、營建及環境工程系

榮譽退休教授

Professor Emeritus

North Carolina State University

Department of Civil, Construction, and Environmental Engineering

辦公室：No. 318, Mann Hall

聯絡電話：(919) 515-7695

傳真號碼：Fax:(919) 515-7908

E-mail: tung@eos.ncsu.edu

通訊住址：

Campus Box 7908

Raleigh, North Carolina 27695-7908 USA

主要研究方向：結構工程、地震工程、海洋工程及波浪理論

學歷：

1964 年美國加州大學柏克萊分校工程及結構力學系博士

PhD, Engineering & Structural Mechanics, University of California, Berkeley, 1964

1961 年美國加州大學柏克萊分校結構力學系碩士

MS, Structural Mechanics, University of California, Berkeley, 1961

1953 年中國上海同濟大學土木工程系學士

BS, Civil Engineering, Tung Chi University, China, 1953

1952 年中國上海交通大學土木工程系

Civil Engineering, Chiao Tung University, Shanghai, China, 1952

代表著作：

1. Shao, Y. and Tung, C. C.(1998) "Seismic Response of Temporary Structures," *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 181, Nos. 1-2.
2. Huang, N.E. et. al.(1998) "The Empirical Mode Decomposition and the Hilbert Spectrum for Nonlinear Nonstationary Time Series Analysis," *Philosophical Transaction of Royal Society of London,* Vol. A454, pp. 1-93.
3. Lin, Jaw-Guei and Tung, Chi. C.(1998) "Computation of Long Term Statistical Properties of Wave Agitation in Harbors," *China Ocean Engineering*, Vol. 12, No. 1, pp. 285-296.
4. Shyu, Jinn-Hwa and Tung, C.C.(1999) "Analytical Solutions of the Wave Reflection Phenomenon by Current and Their Application to Numerical Computations," *J. Fluid Mechanics*, Vol. 396, pp. 143-182.
5. Yeh, S.C., Rogers, S.M. Jr., Tung, C.C. and Kasal, B.(1999) "Behavior of Breakaway Walls Under the Action of Waves," *J. Structural Engineering*, ASCE, Vol. 125, No. 10, pp. 1162-1169.

6. Yeh, S.C., Kasal, B., Tung, C.C., and Rogers, S.M. Jr.(1999) "Strength of Nailed Connections," *Forest Product Journal*(Technical Note), Vol. 149, No. 10, pp. 76-81.

7. Shao, Y. and Tung, C.C.(1999) "Seismic Response of Unanchored Bodies," *Earthquake Spectra*, Vol. 15, No. 3, pp. 523-536.

8. Aydin, K. and Tung, C.C.(2001) "Energy Balance Equation for Estimating Overturning Potential of an Unanchored Rocking Body," *Earthquake Spectra*, Vol. 17, No. 2, pp. 209-222

9. Choi, B. and Tung, C.C.(2002) "Estimating Sliding Displacement of an Unanchored Body Subjected to Earthquake Excitation,"(to appear in *Earthquake Spectra*).

參加專業組織

美國土木工程學會(American Society of Civil Engineers)

美國力學學會(American Academy of Mechanics)

國際海洋及極地工程學會(International Society of Offshore and Polar Engineering)

榮譽會員：Chi Epsilon, Phi Kappa Phi, Sigma Xi

7.2 國立台灣海洋大學河海工程系專題演講

演講題目：

Risk Assessment（海岸結構設計的風險評估）

演講者：

董啟超教授(Prof. C. C. Tung)

美國北卡羅萊納州立大學，土木、營建及環境工程系

榮譽退休教授

演講時間：民國 94 年 5 月 6 日下午 14:00

演講地點：國立台灣海洋大學河海工程系河工一館 104 室

演講內容：

本講題主要是簡要介紹海岸結構物設計時之風險評估的觀念，其內容包含

(a) Introductory Remarks

(b) Uncertainties

(c) Risk analysis

(d) Hazard function for a site

(e) Structural response

(f) Damages or failures of structure

(g) Cost

(h) Three kinds of failure

7.3 交通部運輸研究所港灣技術研究中心專題演講

演講題目：

1. Risk Assessment（海岸結構設計的風險評估）
2. Criteria for initiation of modes of response of a freestanding rigid body under the action of a horizontal force

（水平力作用下之自由剛性體反應模態之初期化準則）

演講者：

董啟超教授(Prof. C. C. Tung

美國北卡羅萊納州立大學，土木、營建及環境工程系

榮譽退休教授

演講時間：民國 94 年 5 月 9 日至 5 月 10 日

演講地點：台中梧棲交通部運輸研究所港灣技術研究中心

演講內容：

1. Risk Assessment（海岸結構設計的風險評估）

5 月 9 日上午

2. Criteria for initiation of modes of response of a freestanding rigid body under the action of a horizontal force

(a) **5 月 9 日下午**

Part 1: Force above center of mass of the body

Part 2: Force below center of mass of the body

(b) **5 月 10 日上午**

Part 3: Responses of a caisson to the action of a horizontal impact force

第八章 綜合討論與建議

8.1 綜合討論

本研究計畫的研究主題為花蓮港的共振機制研究，為了瞭解與港灣共振相關的各個影響因子，本計畫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。由於工作項目多而且要處理的資料量較大，有很多時間是花費在對資料的特性與格式的分析與瞭解上，以及後續的資料分析應如何展現，因此本報告中僅能分析部分的現場量測資料，以及擷取部分的研究成果進行討論。後續的研究工作中將在確立分析的流程後，陸續地進行相關的分析與討論。而就目前的研究成果中可以得到下列的成果：

1. 從水工模型試驗的觀點來看，花蓮港港內的長週期波動現象，港研中心於 1996、1997 及 2000 年的三個大型專題研究計畫中已經針對各種可能的改善方案進行水工模型試驗(其成果分別發表於簡及邱，1996、簡等人，1999 及邱等人，2003b)，其中包括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，例如在港外布置離岸堤、導流堤、潛堤、突堤等設施，或在港內增加消波設施削減波能、突堤改變水域結構、甚至藉由內水域花蓮漁港的擴建或是東堤的改建時加開出口以消散港內波能。然而，試驗的結果都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(2005)指出一旦港灣的主體佈置定型後，任何局部性改善措施都只能產生有限的效果而已，除非大規模地重新塑造整個水域結構。然而。我們也必須注意到：在水工模型試驗中，整個港灣的波動試驗是在指定的造波條件下進行的。如果給定造波條件是屬於共振週期，則港內必然引起共振。因此，如此進行的水工模型試驗我們可以將它看成是數值模擬的延伸性驗證，其與實際水域波動的關連性應該再加以釐清。

2. 從數值模擬的觀點來看，花蓮港的港灣共振特性在過去豐碩的研究成果中，雖然由於各個模式的背景不同而略有出入，但是其可能發生共振的週期幾乎都已確認。唯需要提醒注意的是數值模擬僅是依照特定的入射波週期進行規則波的模擬試驗，與實際海洋波動的隨機特性並不相同。而依照相關的不規則波模擬試驗以及水工模型試驗中顯示，由於港灣的入口、地形、消波設施都具有消波或濾波的功能，導致波浪進入各個水域的成分波種類與能量分佈均有不同，因此可以大膽推斷港內的特性波週期應該會有所變化，而且可能與外海的特性波週期不同。目前所建構的不規則波港灣波動折繞射模式僅是以能量線性疊加的方式重新組合港內各點的頻譜與總能量，各成分波之間的交互作用並未考慮，而其影響究係如何？未來在數值模擬上的相關參數如邊界條件、各項能量損失的推算、以及建構適切的不規則波模擬程式等都是需要努力的目標。

3. 從現場觀測的觀點來看，包括港內外的波浪觀測以及港內水位觀測，花蓮港裡可發現有極長週期的水面變動，而且其波動振幅隨著港外的海象變動。然而目前通用的波浪觀測取樣方式不論是以 2 Hz 連續取樣 20 分鐘或者是以 4 Hz 連續取樣 10 分鐘，其分析都似乎僅能涵蓋到重力波至亞重力波的範圍(如果取 2048 各資料點進行頻譜分析，最長解析週期分別為 512 及 256 秒)。未來的觀測有必要研商是否加長取樣的時間。目前的水位觀測結果顯示，颱風侵襲期間長週期的能量有相當明顯地增加，連 1000 秒至 10000 秒間的波動能量也明顯地增加，由於沒有同步地量測外海的水位變化，無法判斷是否外海就有此能量，因此其原因尚不清楚。

4. 從壓力與水面波動相關性研究來看，我們可發現壓力計所感應到的壓力並不完全是來自於水面波形的改變，它可能還感應了附近流場的變化。線性波理論的轉換關係大致上適用於開闊水域的進行波，但仍需要有一與水深、波長及波高相關的修正係數。該關係函數應用到屬於多方向重疊的港內波動時就有很大的差異性。此外，重複波的情況下，本計畫的研究人員曾經在水工模型試驗中量測到在波

形節點處有最大的波壓。因此，研判壓力式的波高計對水面波動的解讀能力顯著地受到當地流況的影響。未來可能需要先在試驗室中除了探討不同波高、不同水深與不同地形對波壓轉換的影響外，也應評估水流對它的影響程度。必要時，可能需要建議利用壓力式波高計量測水面波動時，應同步量測附近水流變化，並進行水流壓力的修正。

5. 花蓮港港內的長週期振盪問題之所以備受重視，主要的原因是來自花蓮港曾經發生過多次繫靠船舶斷纜事件，並造成可觀的財物損失。然而，由於缺乏現場即時性的資料收集，目前所有的印象是：

(1)颱風侵襲期間花蓮港會發生長週期的振盪；

(2)颱風侵襲期間花蓮港內的繫岸船舶曾經發生過斷纜的事件。

而

(1)長週期波動是否指出現在颱風時期？常時波浪中沒有這些成分波嗎？如果有的話，它們的能量是如何變化？

(2)船舶發生斷纜事件時，其與波動或水流的關係為何？是否每一種長週期波動都具有威脅性？

花蓮港的長週期共振現象的存在性是毋庸置疑的，但可能造成危害的成分，以及其影響因子與發展的過程似乎還需要加以釐清。

8.2 建　議

根據本年度計畫的執行心得，為了能更進一步瞭解及探討花蓮港的共振機制，建議近期的後續研究中應進行

1. 水工模型試驗部分：

(1)壓力與水面波形轉換函數的研究應利用斷面水槽與平面水槽探討不同地形、水深、波高、甚至水流對其相關性的影響。在波動方面考慮進行波/重複波/多方向波浪，規則波/不規則波、深水波/中間性波/淺水波、波浪的線性/非線性特性等都可能造成影響。

此外，波與流的交會對轉換函數應有明顯影響，因此在進行壓力計與容量式波高計的量測時，也應在其附近進行流速的量測。動態型轉換係數可能是未來工作的目標。

(2) 狹長型港灣波動折繞射試驗，摒除過去假設波浪週期不變的觀念，精密量測港外與港內各水域的週期變化，可能的話對於平均水位的變化也宜加以收集分析。

2. 數值模擬方面：可探討港內港外的波浪週期的變化，邊界條件與各項能量損失的推定對週期的影響，以及如何建構適切的不規則波模擬程式。

3. 現場觀測部分：由於目前的觀測方法不足以解釋花蓮港港內的長週期振盪機制，建議

(1) 進行現場的壓力與水面波動同步量測。本項工作將在量測設備配置與測試完成後隨即展開。可能量測的地點包含外海觀測樁以及港內水域。

(2) 進行港內與港外的水位聯合觀測，以瞭解不同海象作用下，港內水位的變化情形。

(3) 在進行港內波浪觀測時，建議同步在附近進行流速的觀測，以便瞭解水流對壓力的影響。

4. 船舶斷纜原因探討：雖然可以利用水工模型試驗來瞭解船舶受力情形，但由於颱風期間的海氣象交互作用非常複雜，建議規劃設計一套量測設備，監視及量測花蓮港在颱風侵襲期間的船舶受力與運動情形，以及該處當時的海氣象資料。可能的話，應即時檢測纜繩的受力情形。

參考文獻

1. 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.
2. 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.
3. Biesel F.(1982) “Second order theory of manometer wave measurement”. Proceedings of the 18th International Conference on Coastal Engineering, pp.129-135.
4. Bishop, C. T. and Donelan, M. A.(1987), “Measuring waves with pressure transducers,” Coastal Engineering, Vol. 11, pp.309-328.
5. 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.
6. Cavaleri, L.(1980), “Wave measurement using pressure transducer”. Oceanal. Acta, 3(3), pp.339-945.
7. Chen, H. S.,(1990), “Infinite Elements for Water Wave Radiation and Scattering,” International Journal for Numerical Methods in Fluids, Vol. 11, pp.555-569.
8. 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.
9. Forristal, G. Z.(1982), “Subserface wave-measuring systems,” in: Measuring Ocean Waves, National Academy Press, Washington, D.C., pp.194-209.
10. 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.

11. 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.
12. Grace, R.A.(1970) “How to measure waves”. Ocean Ind., 5(2).pp.65-69.
13. Grace R. A.(1978) “Surface wave heights from pressure records”. Journal of Coastal Engineering, Vol. 2. No. 1. pp.55-67.
14. 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.
15. 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.
16. Huang, M.-C. and Chen, J-Y.(1998), “Wave direction analysis from data buoys,” Ocean Engineering, Vol. 25(8), pp.621-637.
17. 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
18. 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.
19. Lin, J. G.,(1995), “Statistical Properties of Wave Conditions in Harbors,” Department of Civil Engineering, North Carolina State University, USA.
20. 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.
21. Seiwell, H.R.(1947), “Investigation of underwater pressure records and simultaneous sea surface patterns”, Trans. Am. Geophys. Union, Vol.28, pp.722-724.

22. 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.

23. 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。

24. 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。

25. 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。

26. 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。

27. 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。

28. 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。

29. 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。

30. 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。

31. 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。

32. 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。

33. 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。

34. 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。

35. 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。

36. 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。

37. 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。

38. 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。

39. 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。

40. 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。

41. 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。

42. 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。

43. 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。

44. 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。

45. 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。

46. 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。

47. 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。

48. 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。

49. 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。

50. 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。

附錄 A　相關文獻收集

A.1 已完成之相關研究計畫

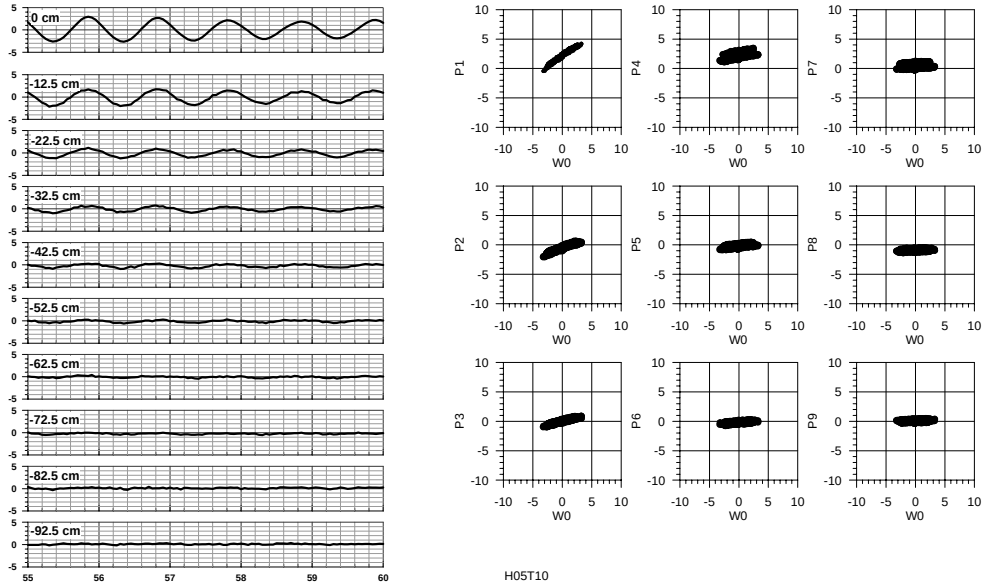
報告編號	報　告　名　稱
S760390	花蓮港舊東防波堤外側潛堤穩定性及效用斷面模型試驗
S790630	花蓮港舊東防波堤身灌漿加固修護方法之可行性研究
S830990	花蓮港與蘇澳港八十三年颱風災害探討
S851260	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第一子計畫現場海氣象調查
S851270	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第二子計畫水工模型試驗
S851280	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第三子計畫數值模擬
S851290	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第四子計畫水深測量與漂沙堆積分析
S851300	花蓮港港灣設施改善計畫之研究第五子計畫防波堤改善方案
S851310	花蓮港港灣設施改善計畫之研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)

A.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。

	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

附錄 B　波壓與波高轉換函數研究之水工模型試驗分析結果



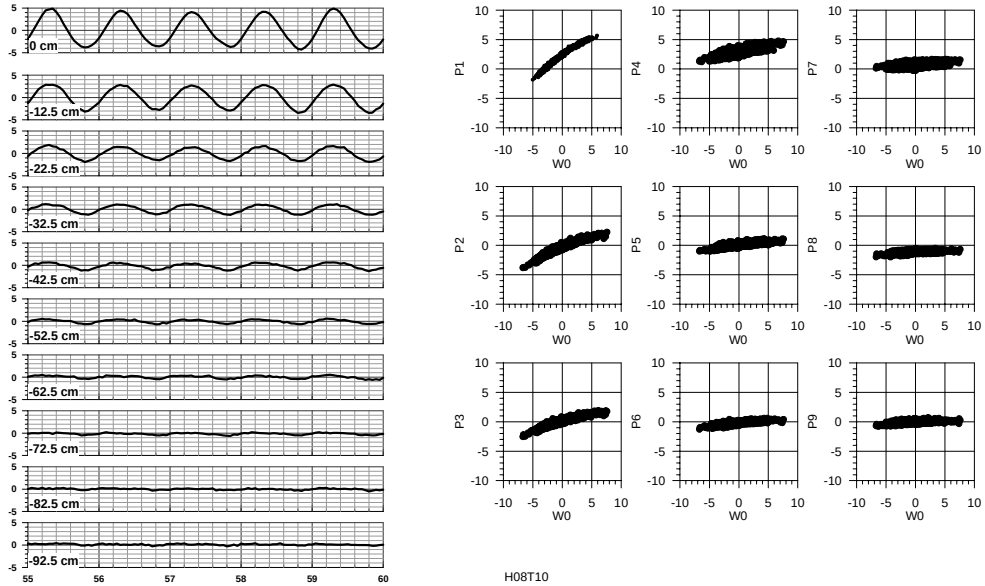


圖 B.1 凹陷地形、不同波高、週期 1 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)

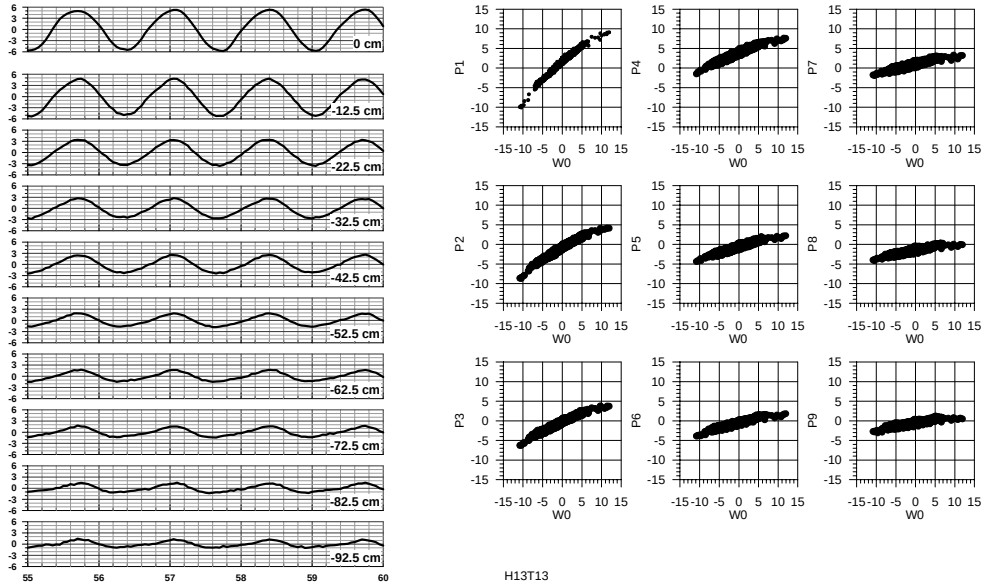


圖 B.2 凹陷地形、波高 13cm、週期 1.3 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)

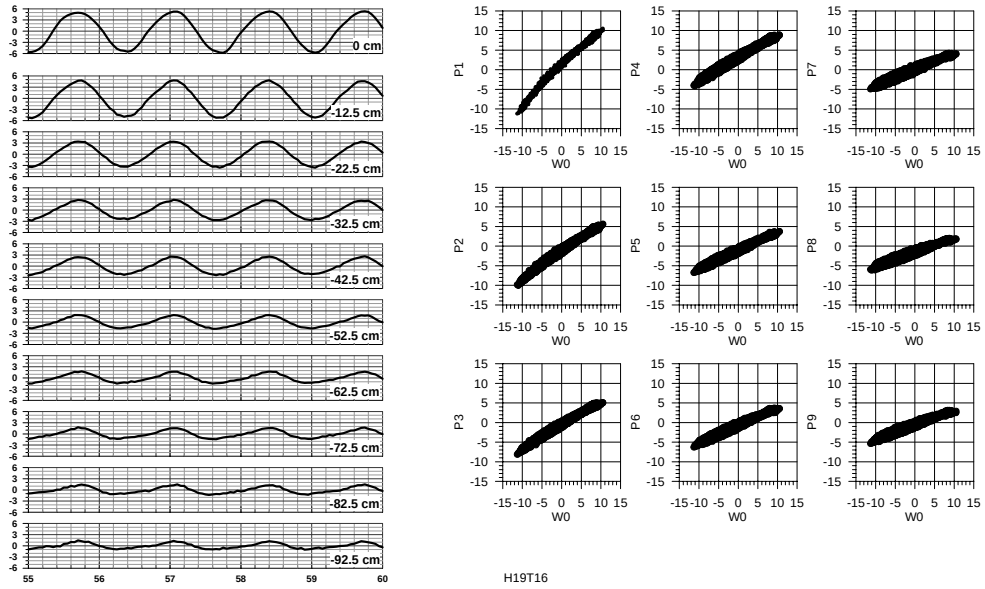


圖 B.3 凹陷地形、波高 19cm、週期 1.6 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)

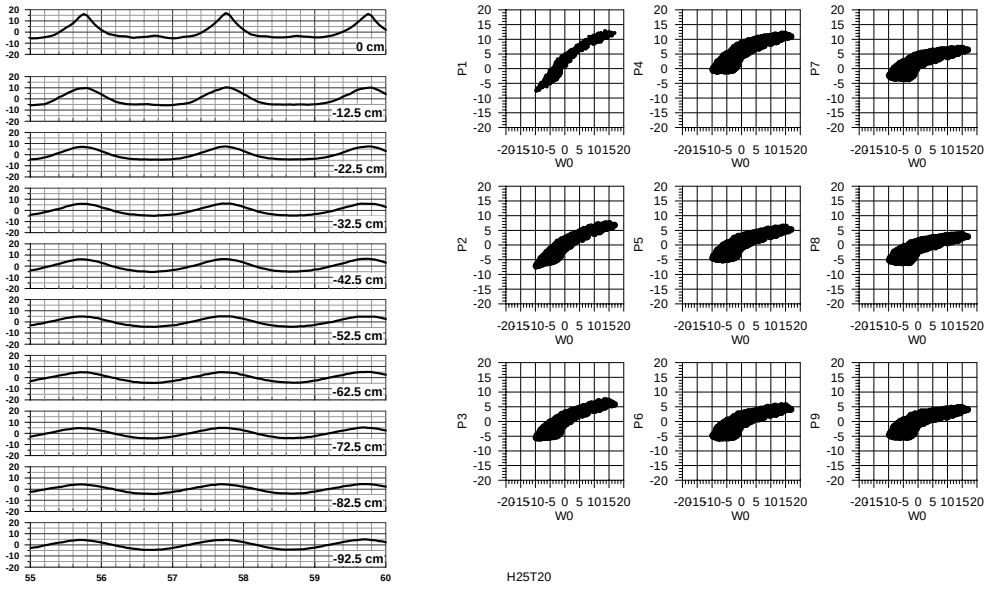
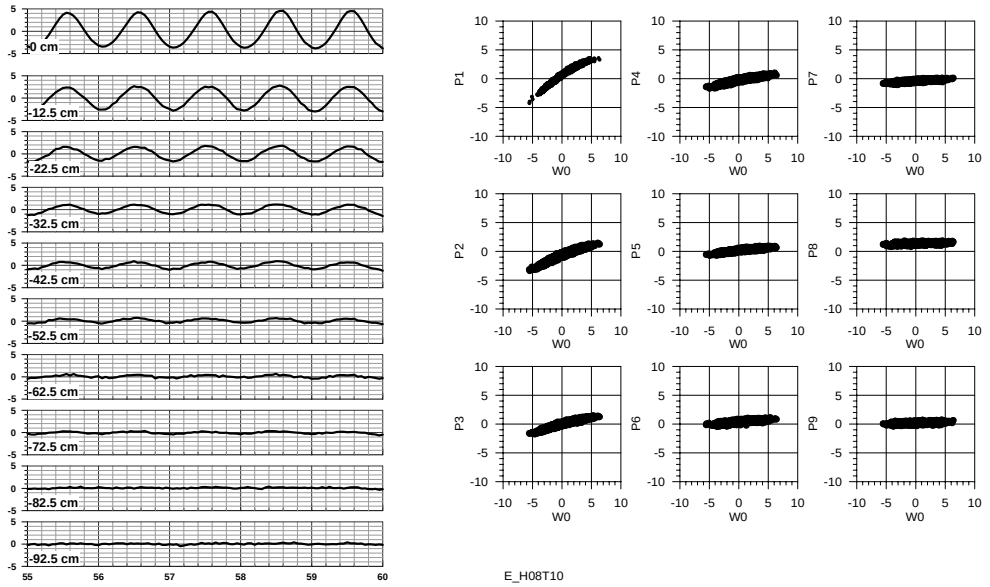


圖 B.4 凹陷地形、波高 25cm、週期 2 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)



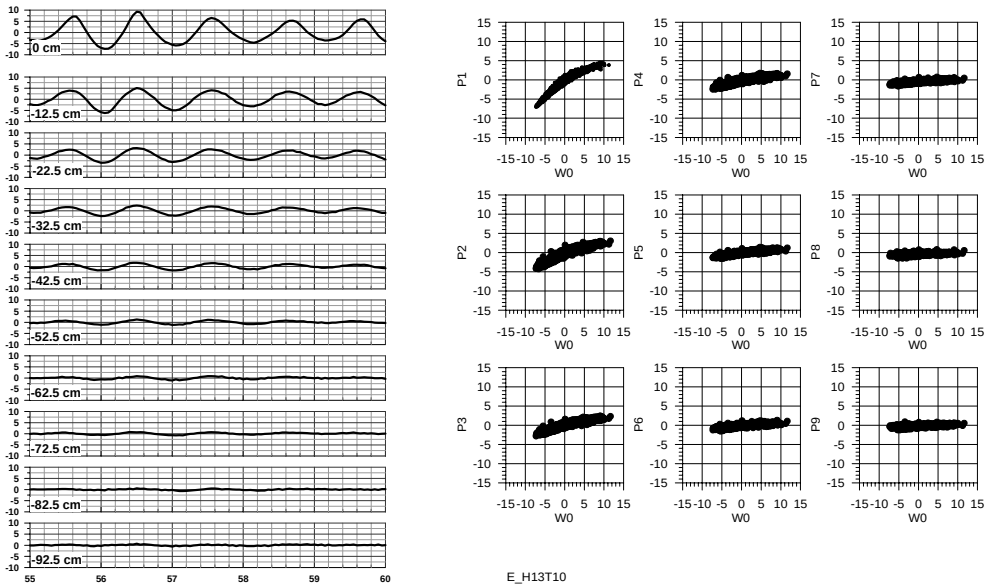
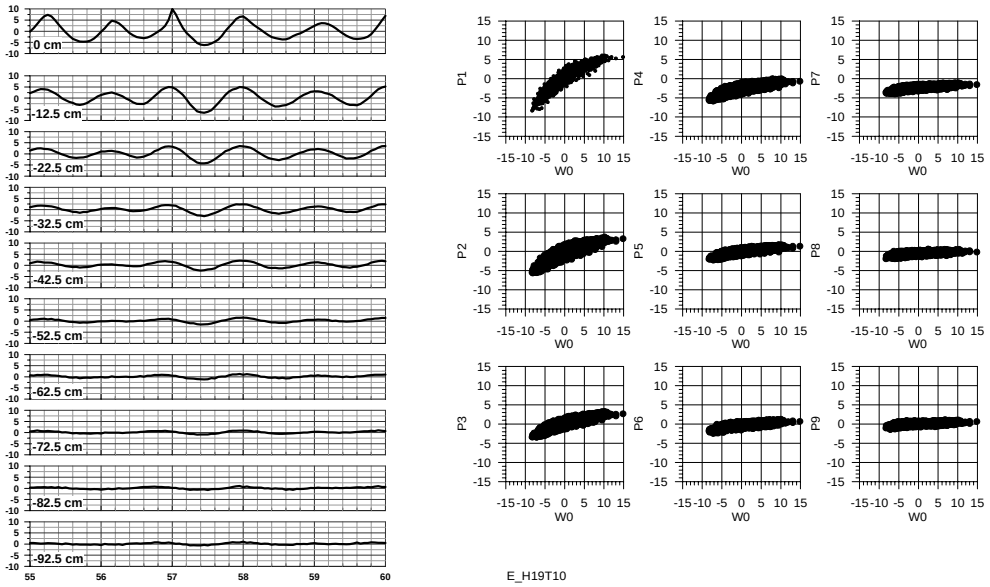


圖 B.5 等深地形、不同波高、週期 1 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)



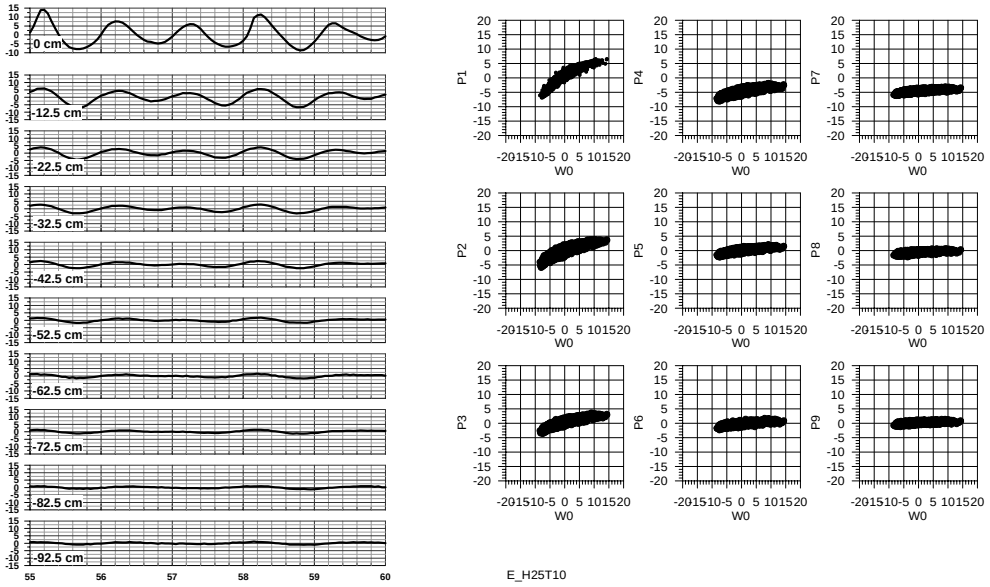
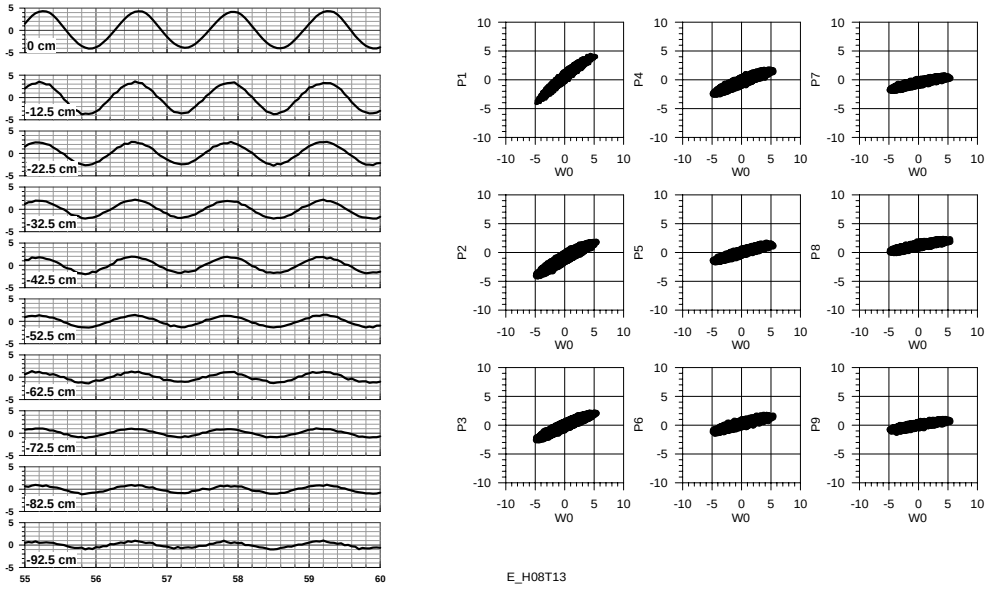


圖 B.5(續) 等深地形、不同波高、週期 1 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)



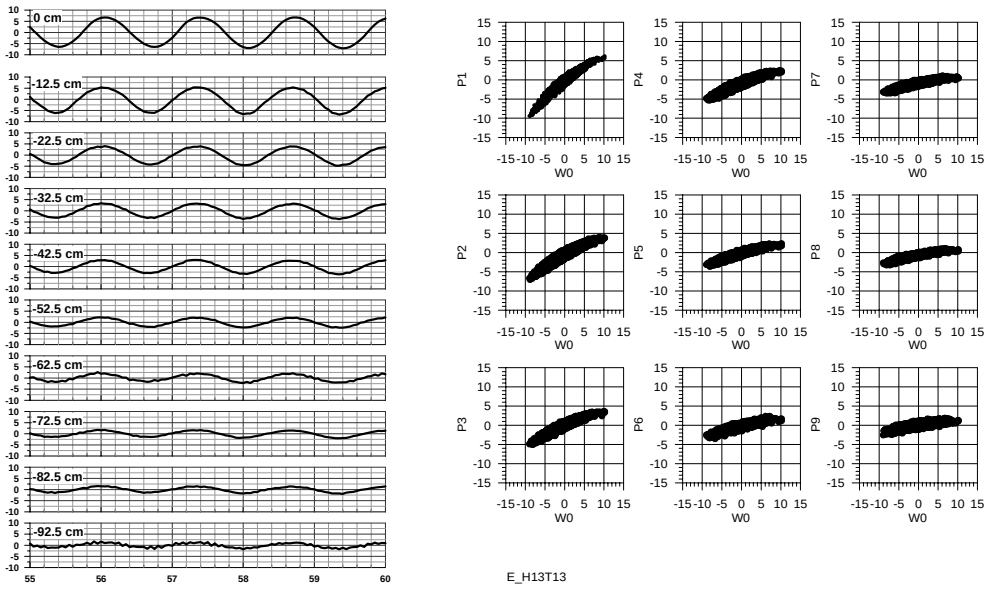
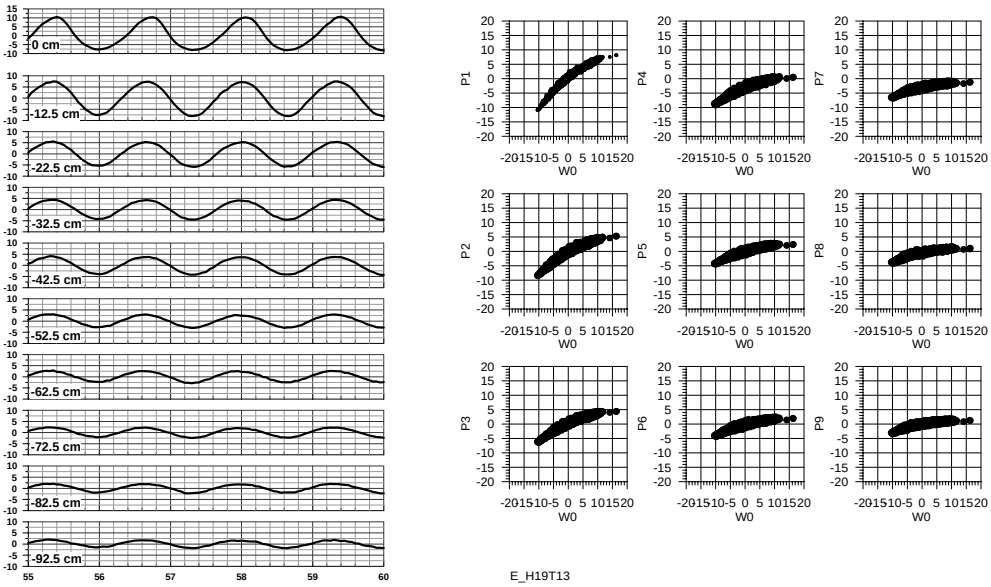


圖 B.6 等深地形、不同波高、週期 1.3 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)



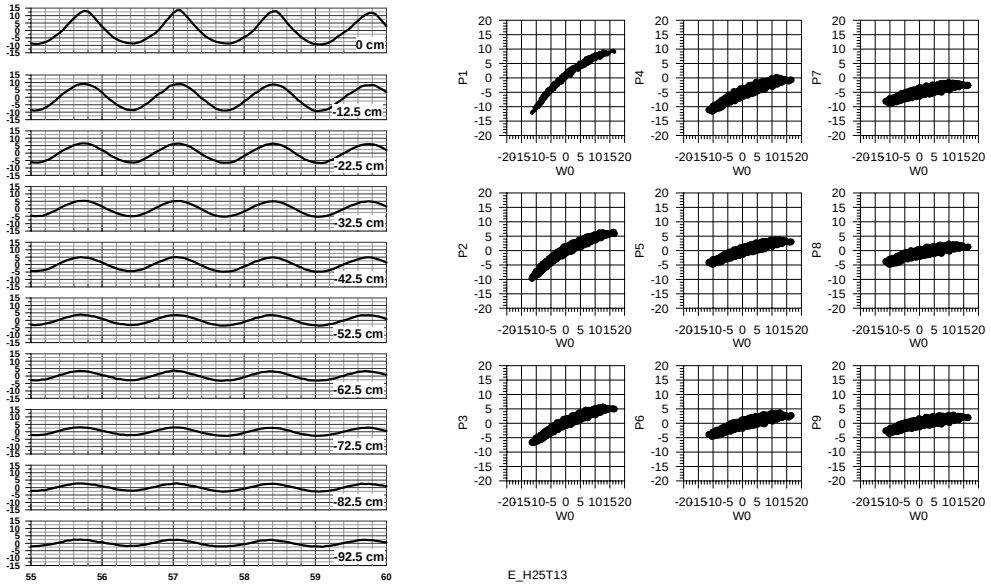
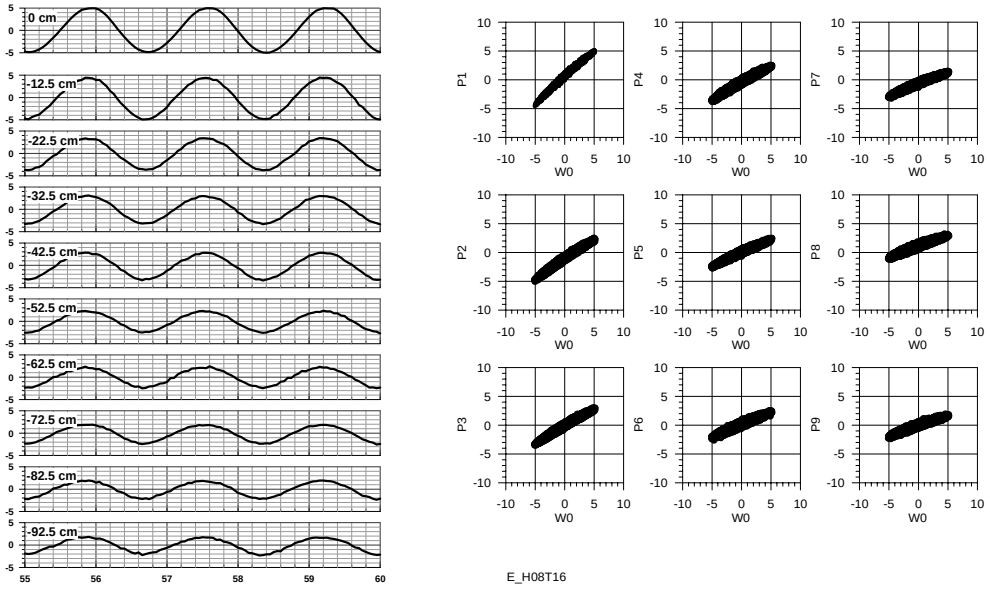


圖 B.6(續) 等深地形、不同波高、週期 1.3 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)



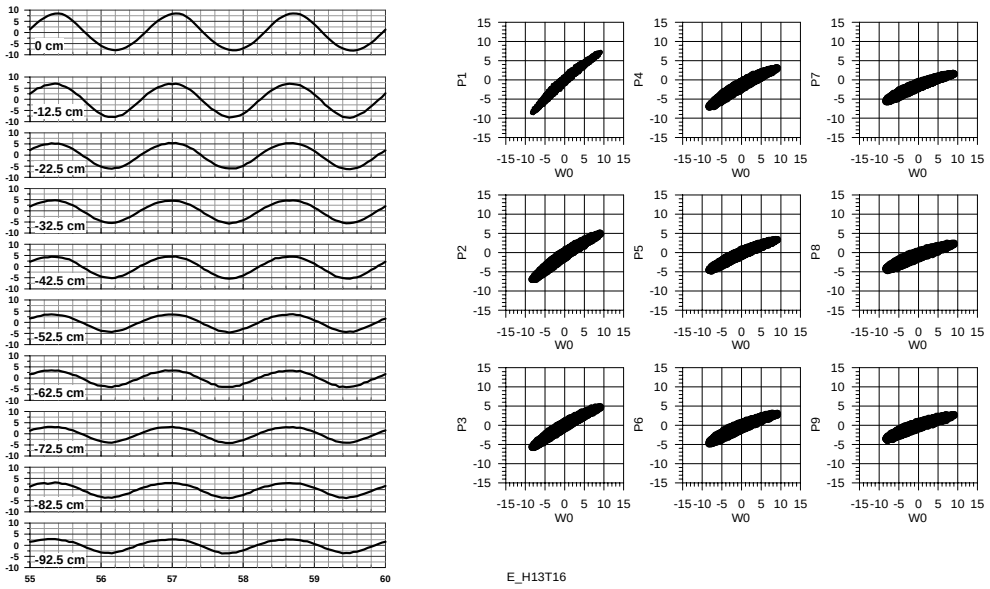
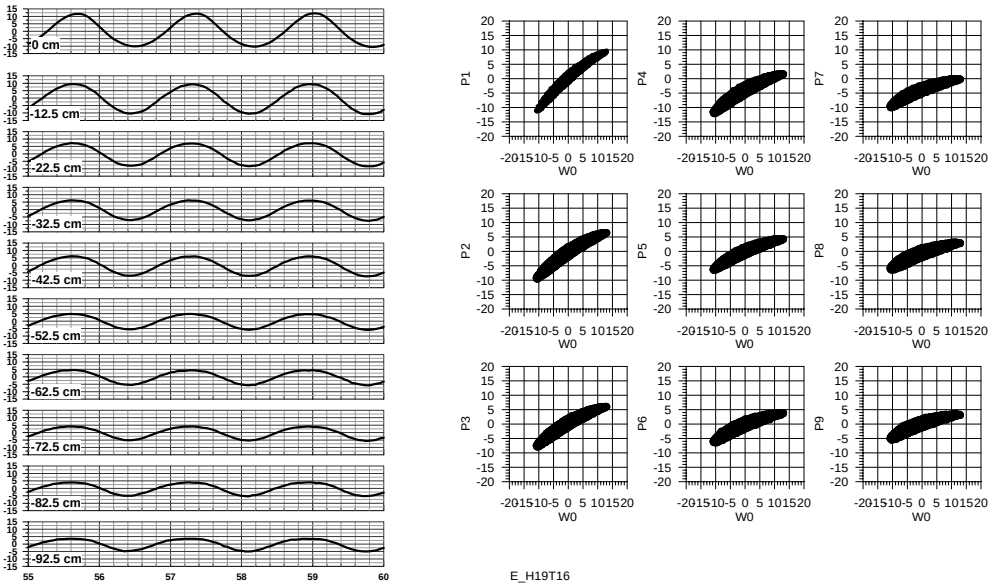


圖 B.7 等深地形、不同波高、週期 1.6 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)



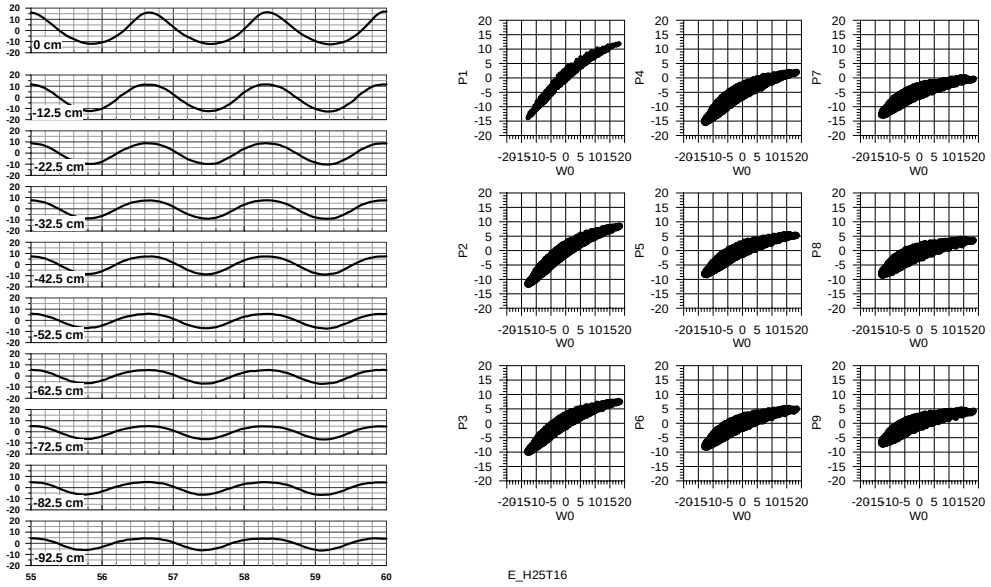
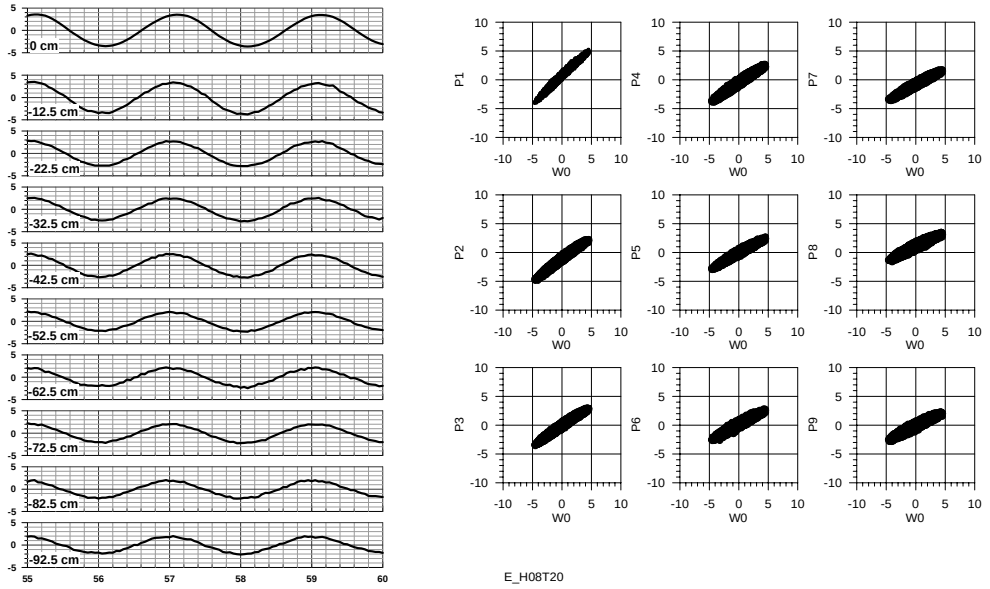


圖 B.7(續) 等深地形、不同波高、週期 1.6 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)



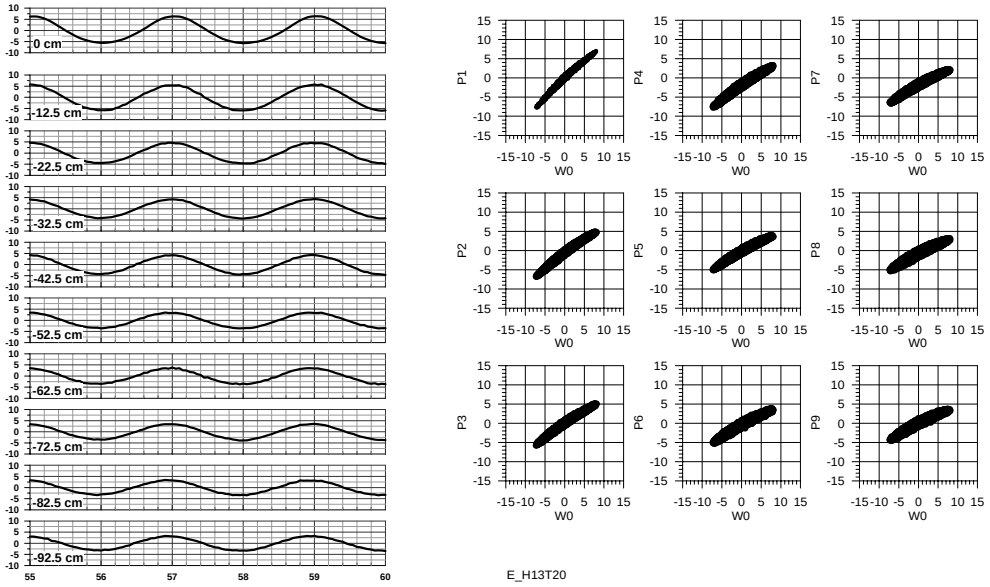
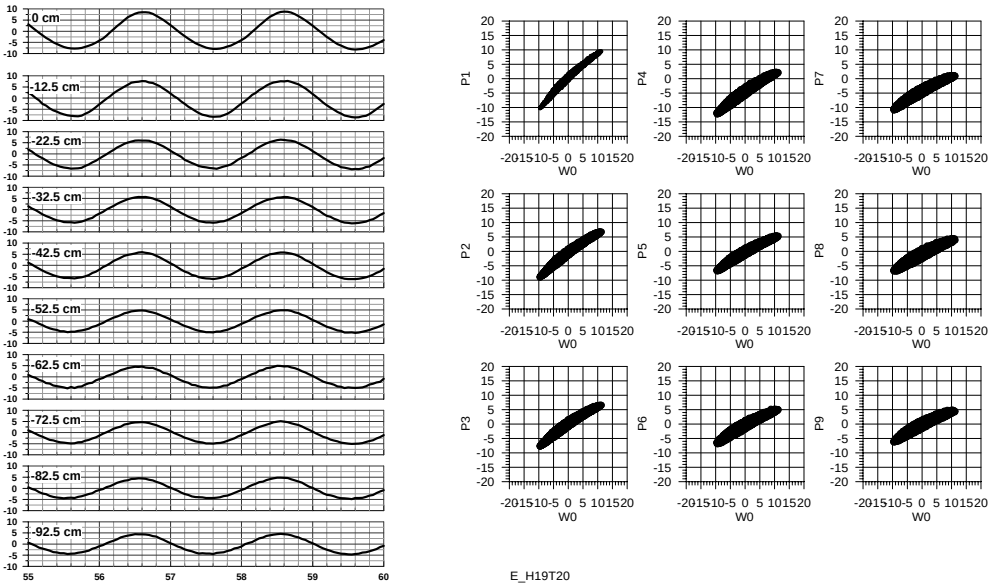


圖 B.8 等深地形、不同波高、週期 2 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)



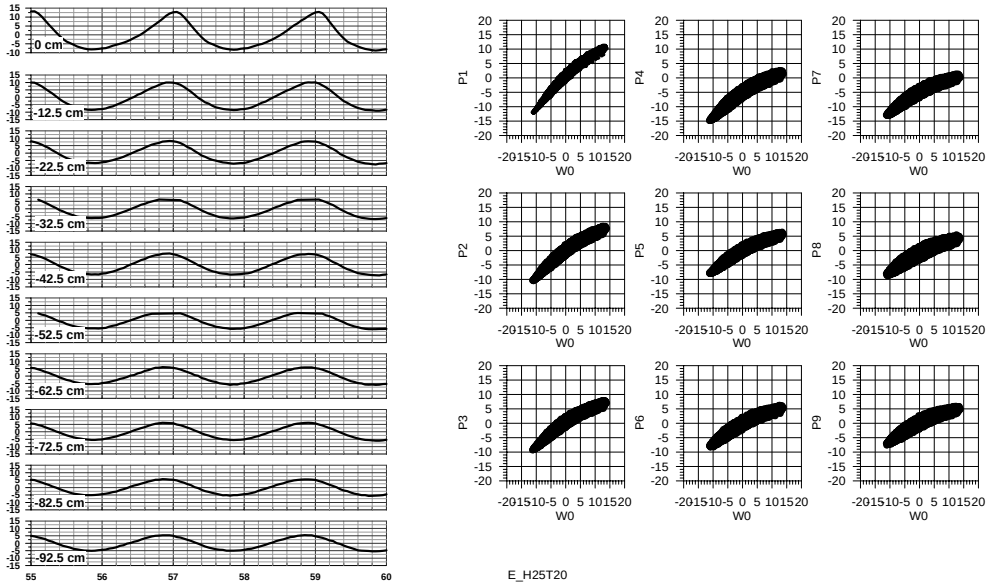
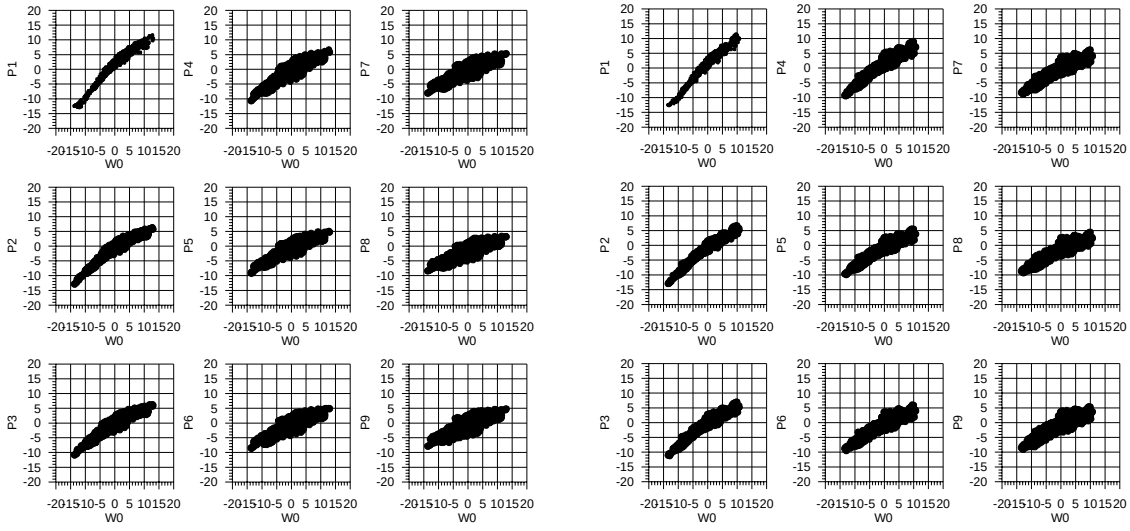


圖 B.8(續) 等深地形、不同波高、週期 2 秒規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動時間序列與關係圖(時間序列圖中係以 z-軸向上為正表示)



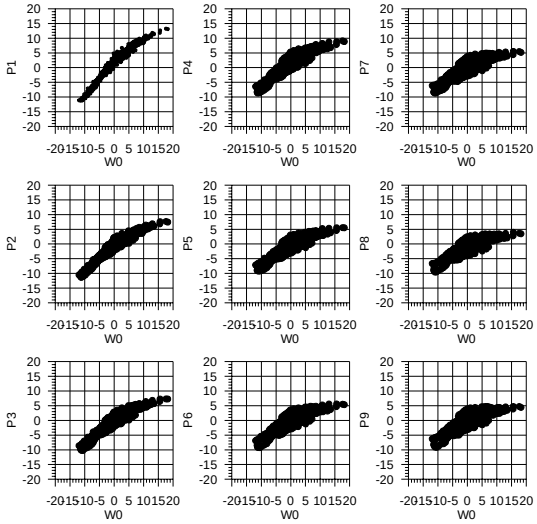
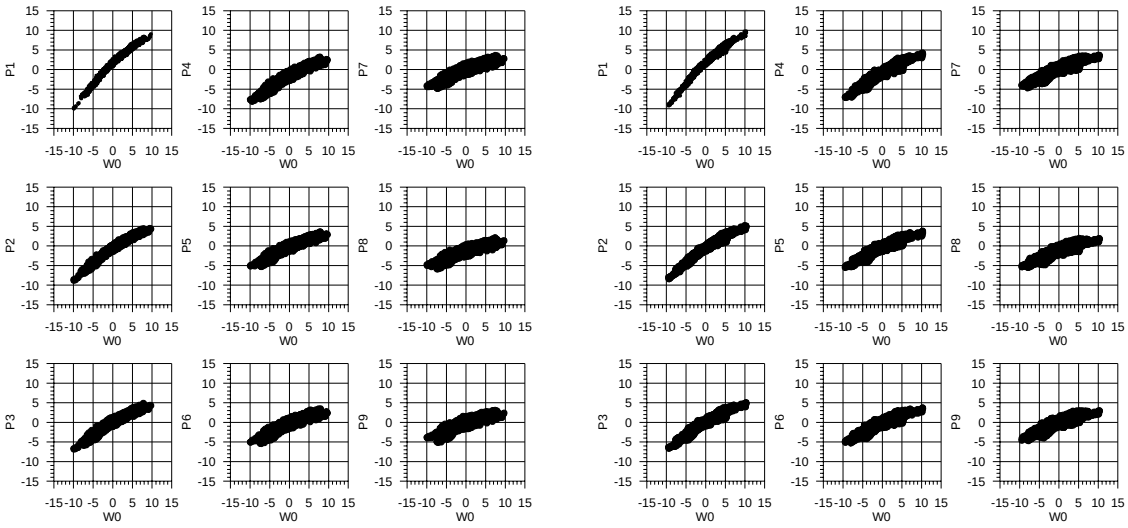


圖 B.9 凹陷地形、JONSWAP 頻譜、波高 25cm、f_{peak}=0.4Hz、三次不規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖



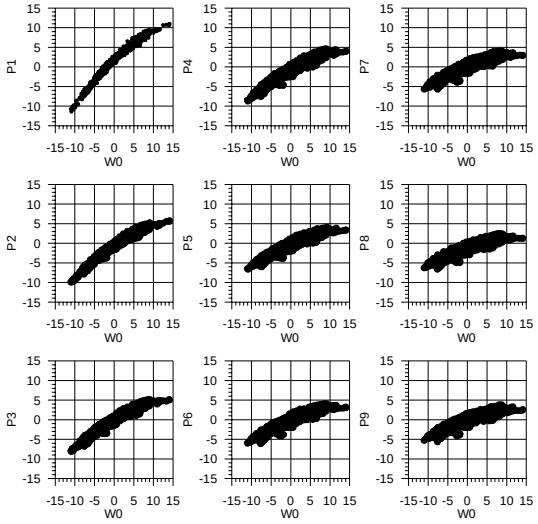
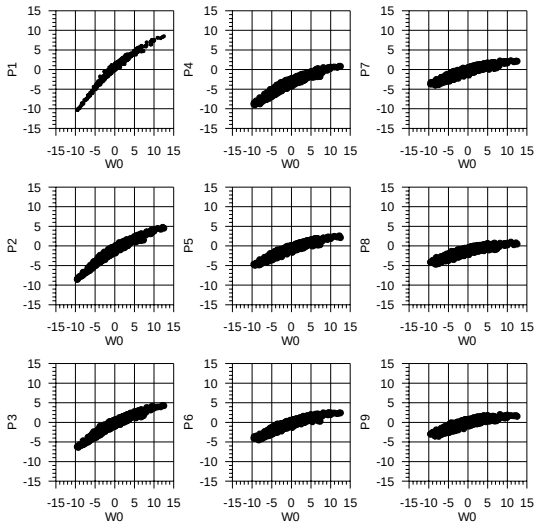
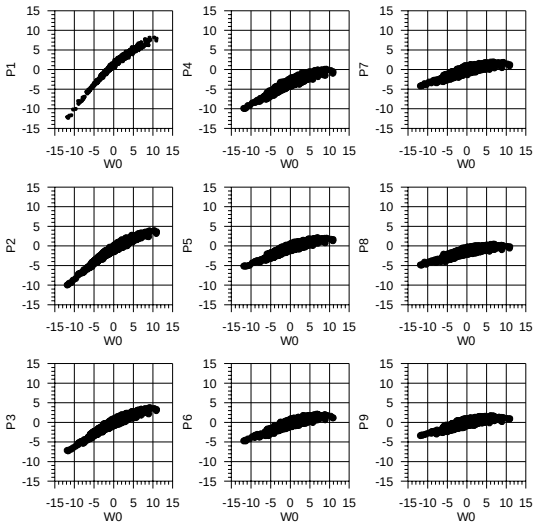


圖 B.10 凹陷地形、JONSWAP 頻譜、波高 19cm、f_{peak}=0.5Hz、三次不規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖





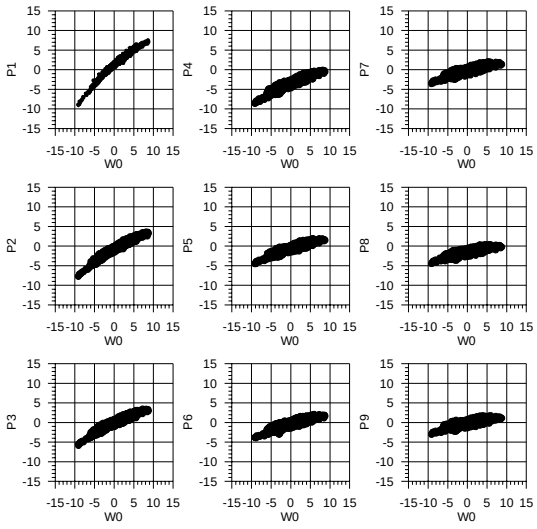
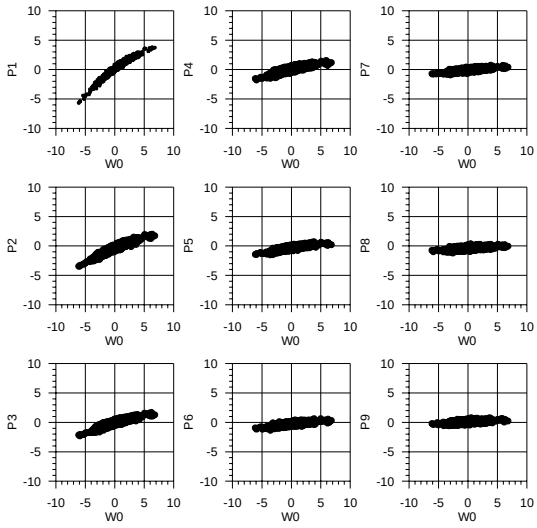
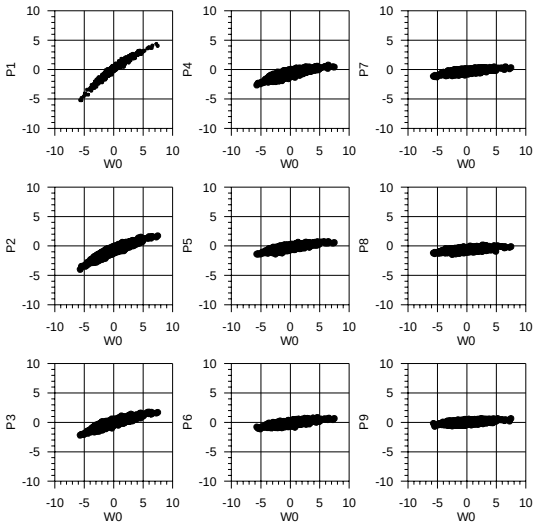


圖 B.11 凹陷地形、JONSWAP 頻譜、波高 13cm、f_{peak}=0.6Hz、三次不規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖





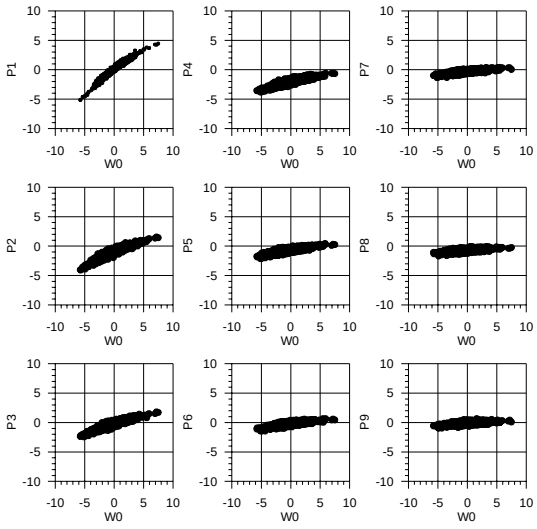
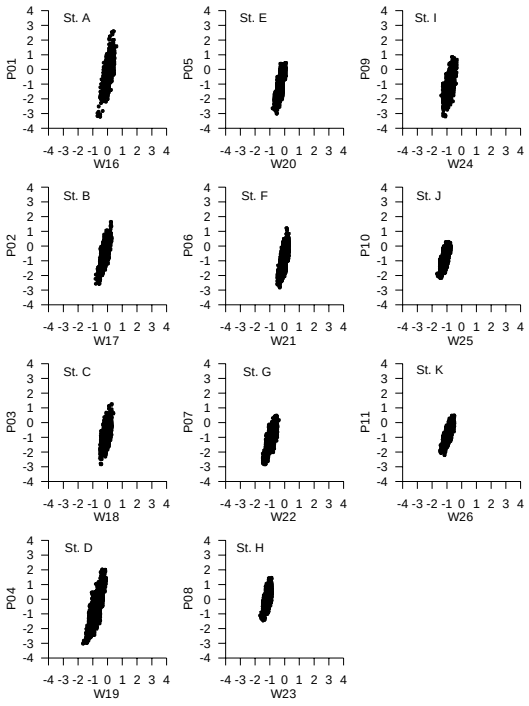


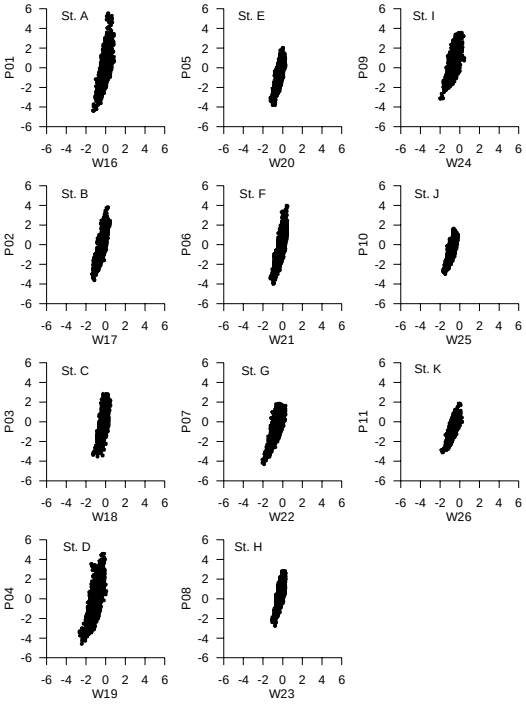
圖 B.12 凹陷地形、JONSWAP 頻譜、波高 8cm、f_{peak}=0.9Hz、三次不規則波斷面試驗之波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖

(a) IH02T08



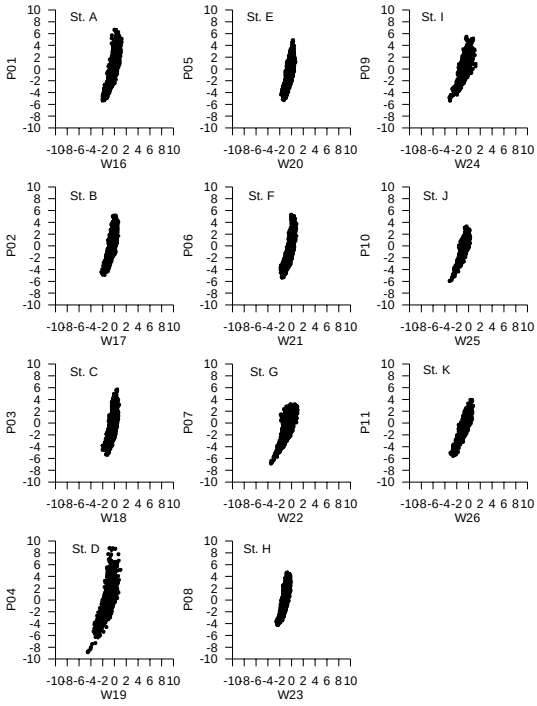
Filename: IH02T08

(b) IH05T08



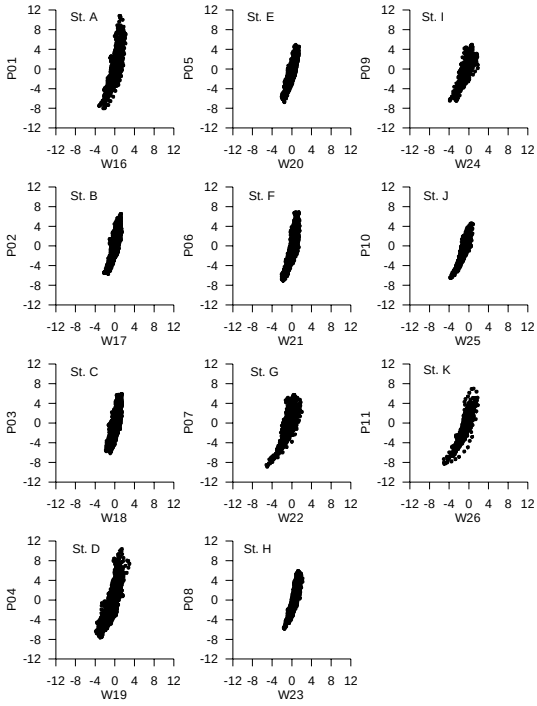
Filename: IH05T08

(c) IH08T08



Filename: IH08T08

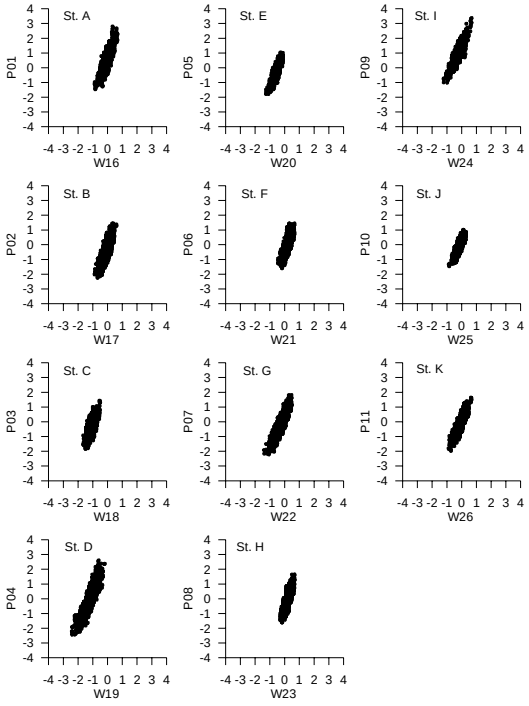
(d) IH10T08



Filename: IH10T08

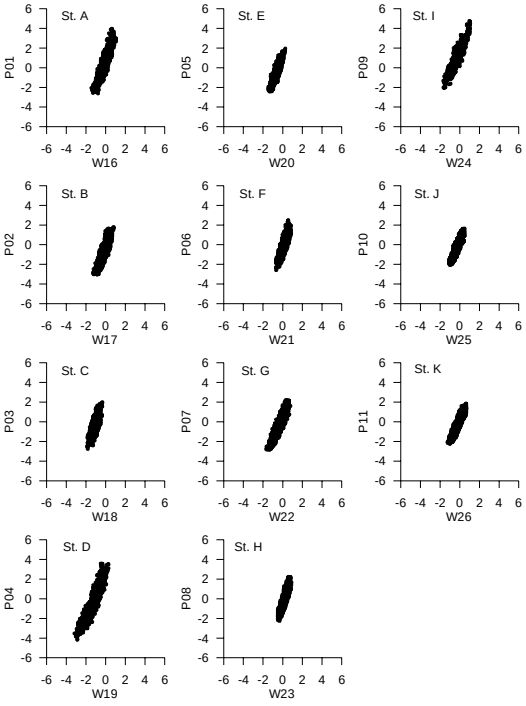
圖 B.13 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=0.8 秒)

(a) IH02T10



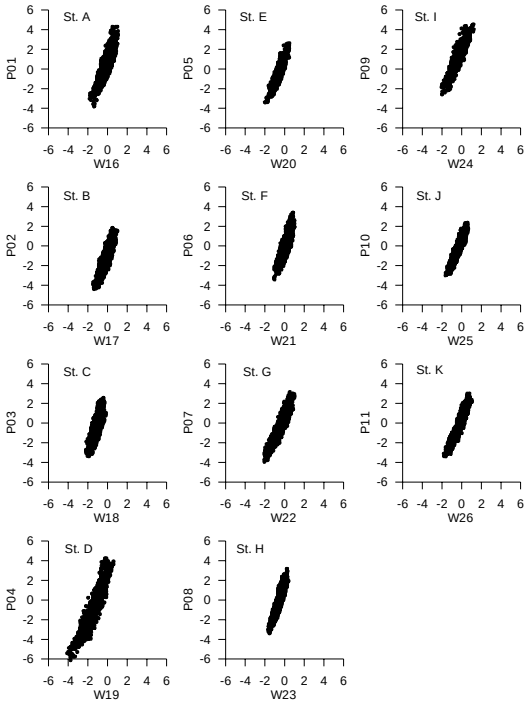
Filename: IH02T10

(b) IH03T10



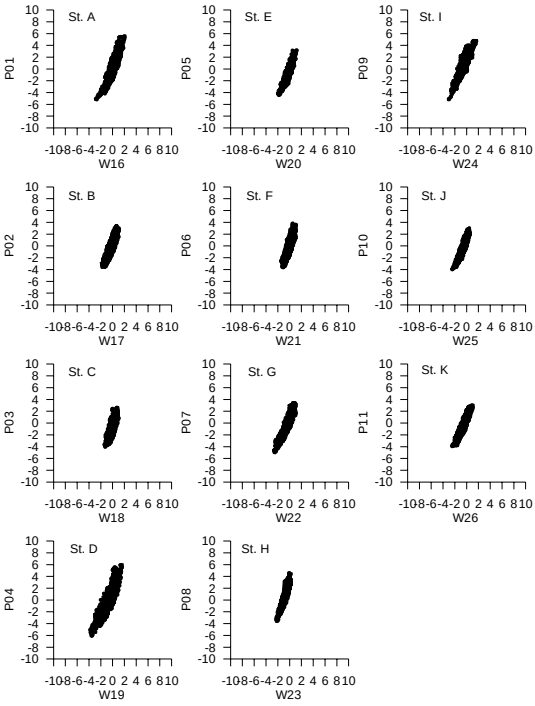
Filename: IH03T10

(c) IH05T10



Filename: IH05T10

(d) IH06T10



Filename: IH06T10

圖 B.14 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.0 秒)

(e) IH10T10

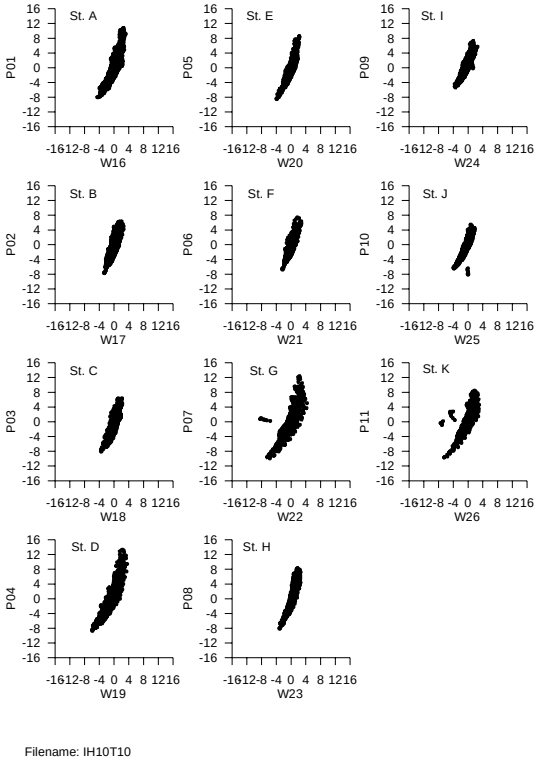
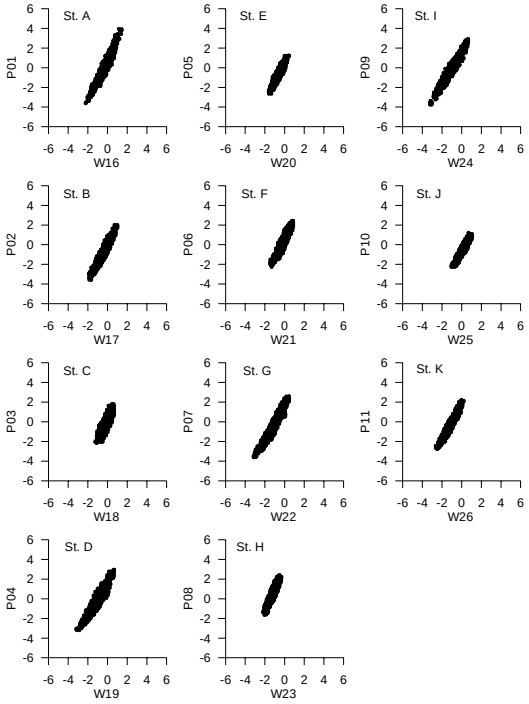


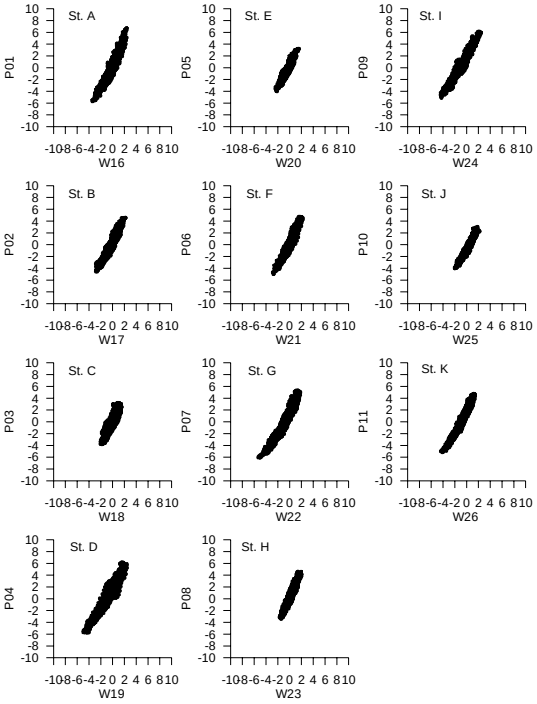
圖 B.14(續) 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.0 秒)

(a) IH03T12



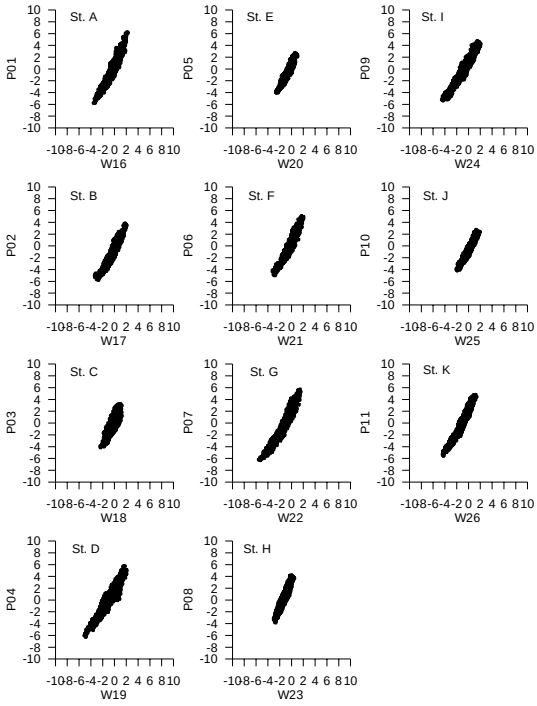
Filename: IH03T12

(b) IH06T12



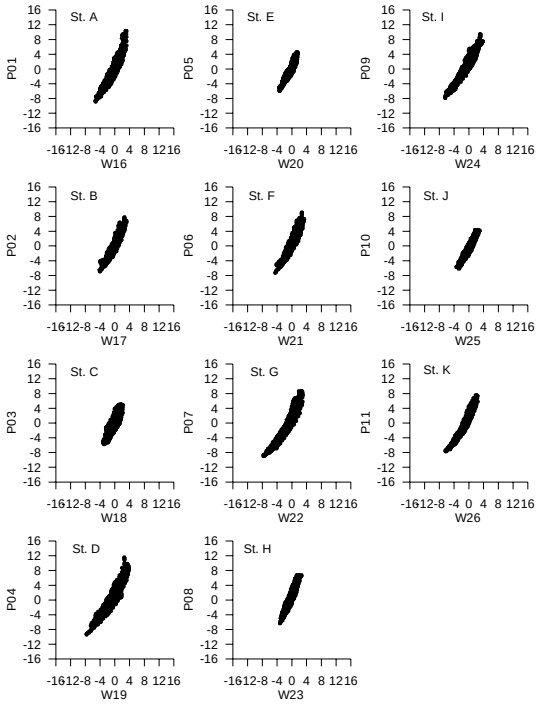
Filename: IH06T12

(c) IH07T12



Filename: IH07T12

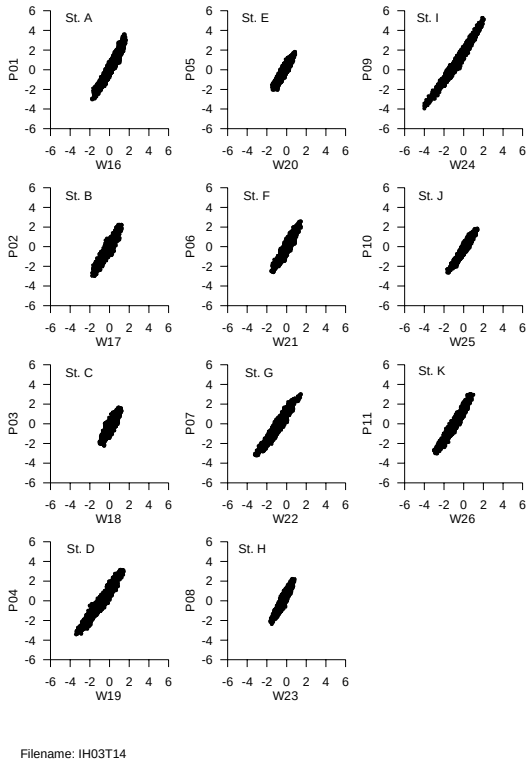
(d) IH10T12



Filename: IH10T12

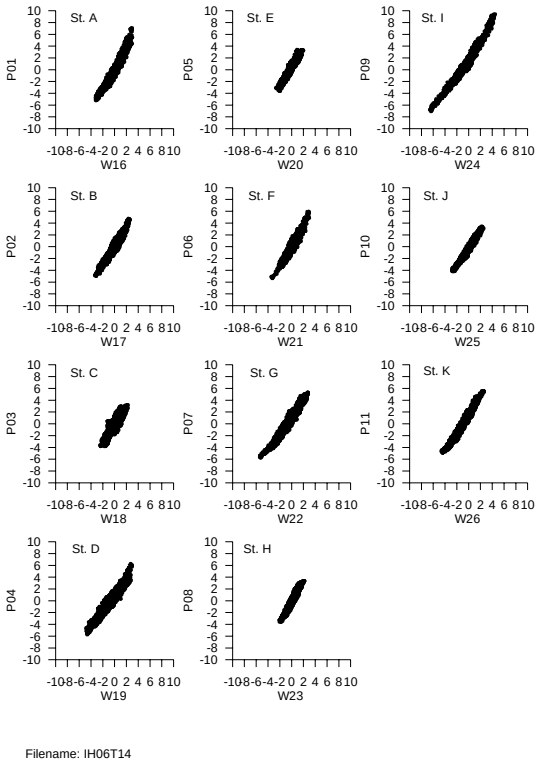
圖 B.15 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.2 秒)

(a) IH03T14



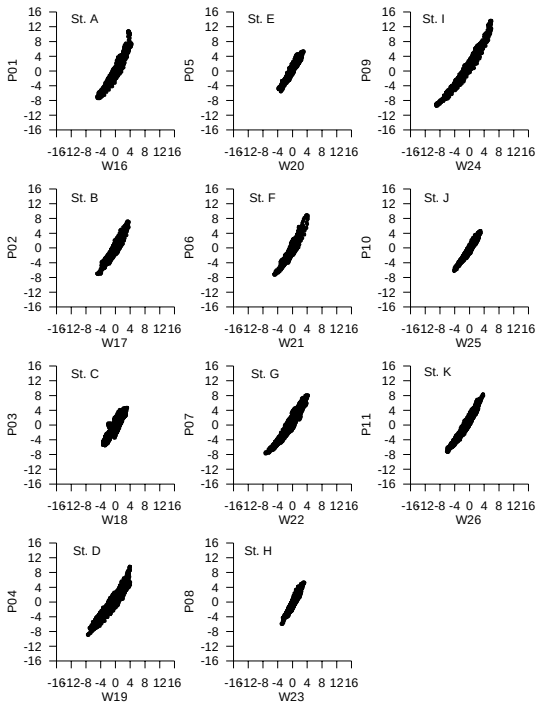
Filename: IH03T14

(b) IH06T14



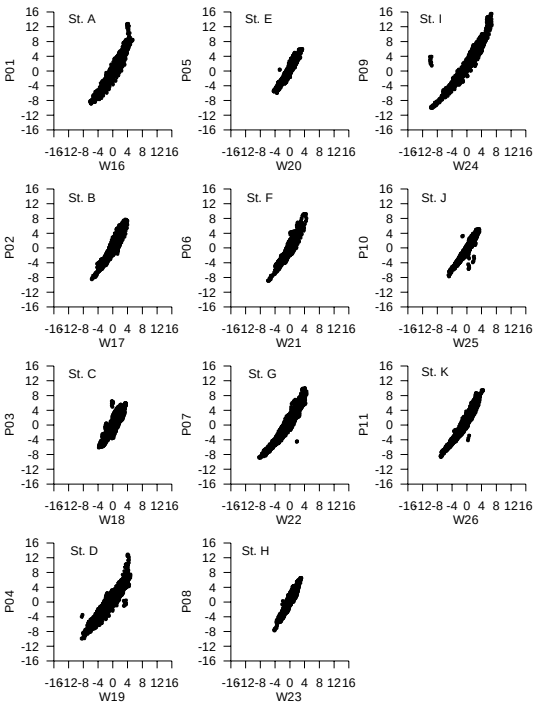
Filename: IH06T14

(c) IH10T14



Filename: IH10T14

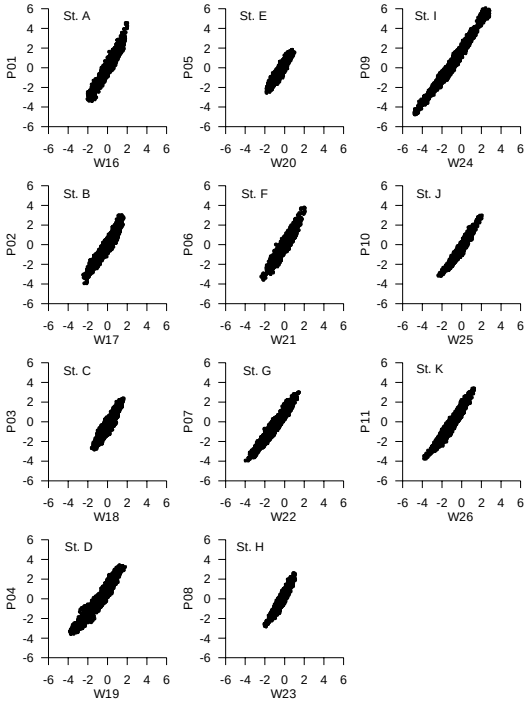
(d) IH12T14



Filename: IH12T14

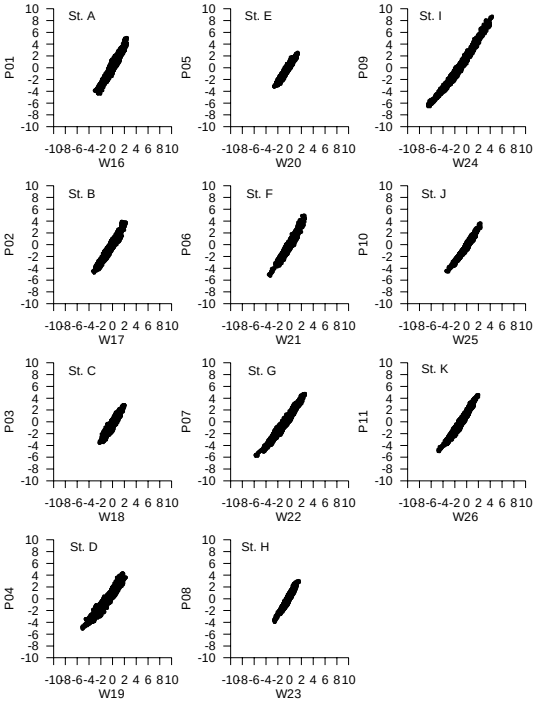
圖 B.16 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.4 秒)

(a) IH04T16



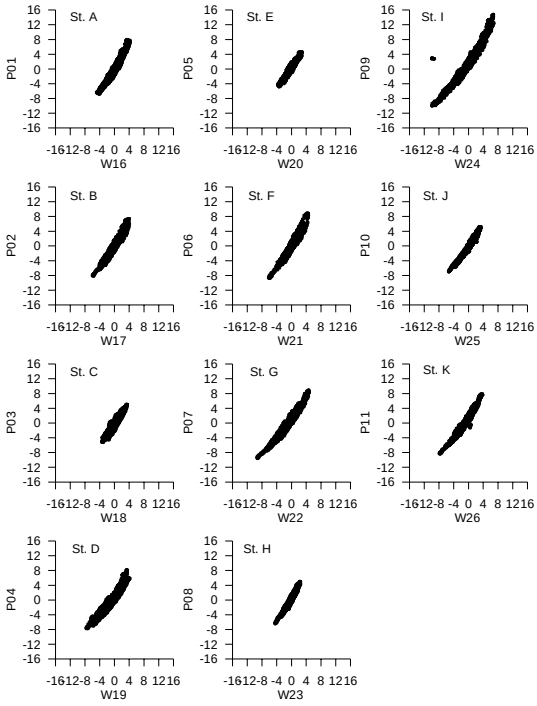
Filename: IH04T16

(b) IH06T16



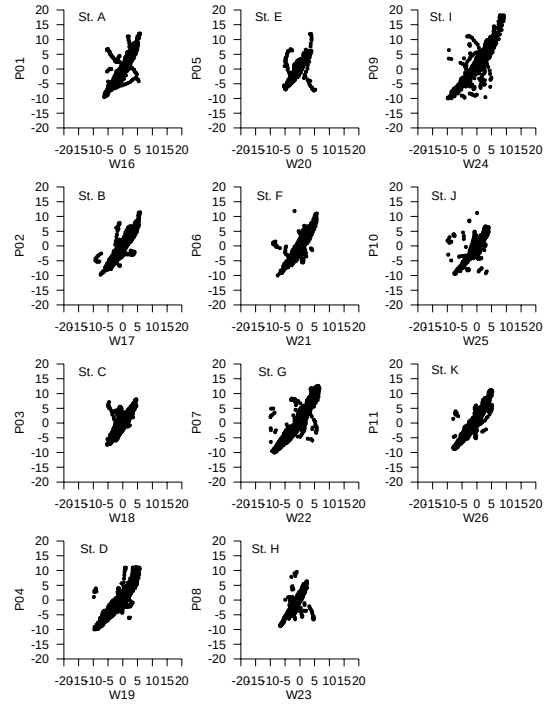
Filename: IH06T16

(c) IH09T16



Filename: IH09T16

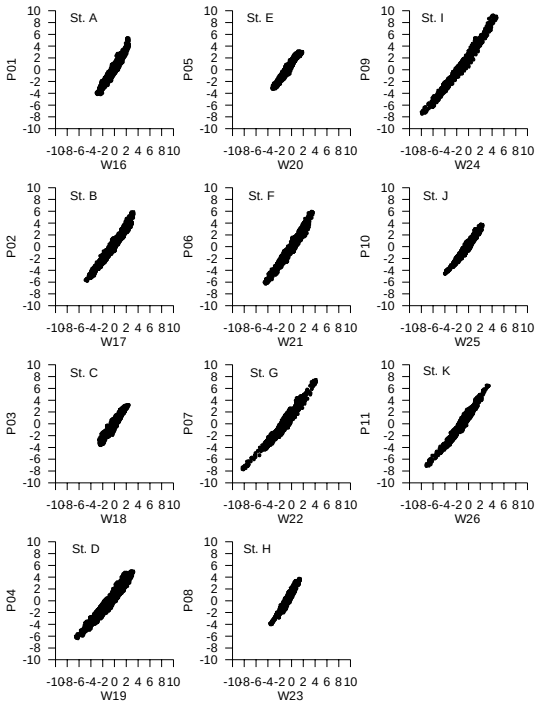
(d) IH12T16



Filename: IH12T16

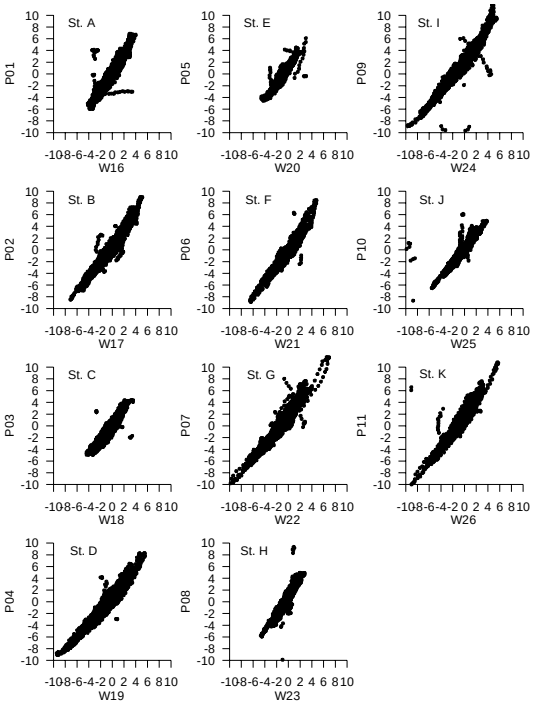
圖 B.16 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.6 秒)

(a) IH05T18



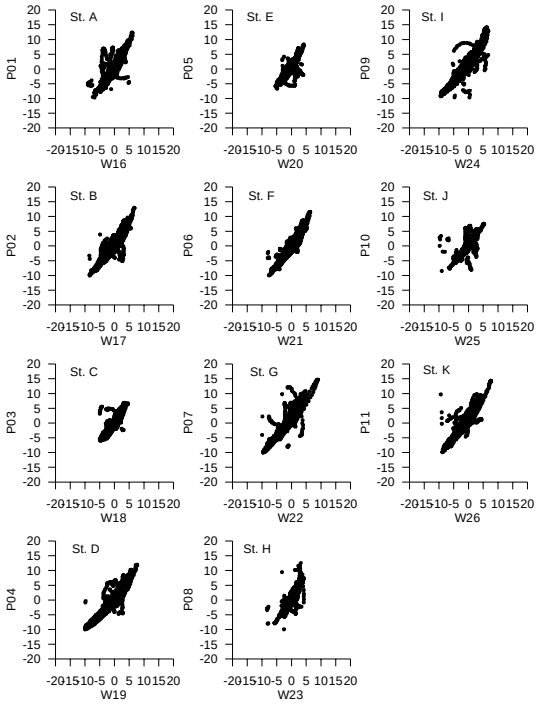
Filename: IH05T18

(b) IH08T18



Filename: IH08T18

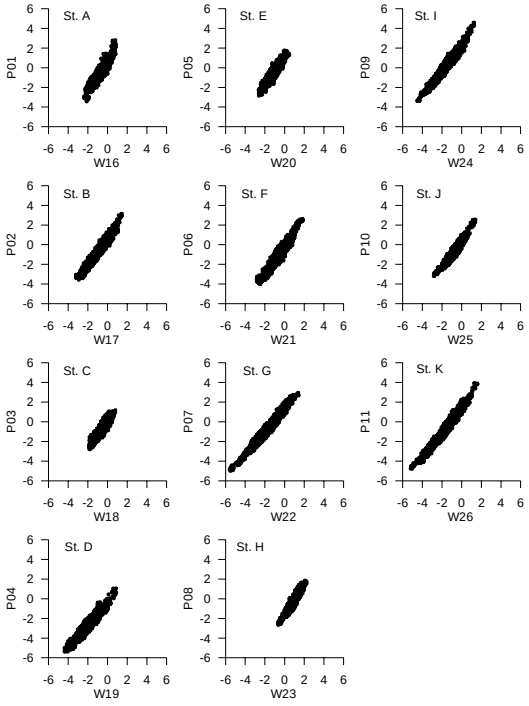
(c) IH12T18



Filename: IH12T18

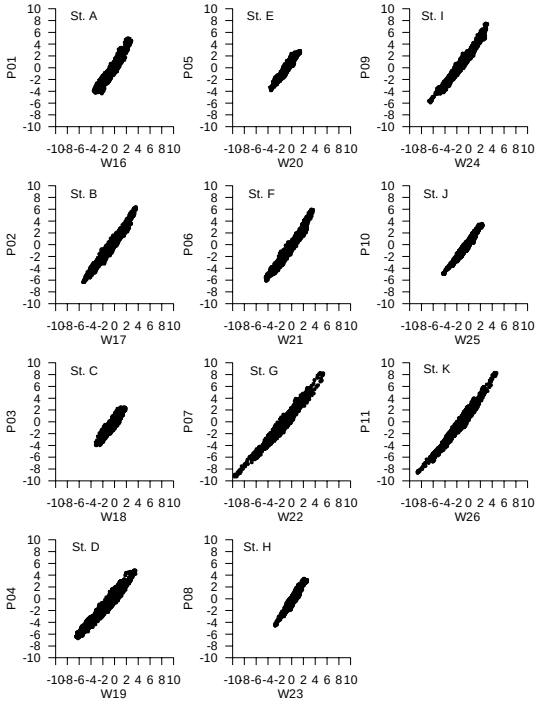
圖 B.17 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.8 秒)

(a) IH03T20



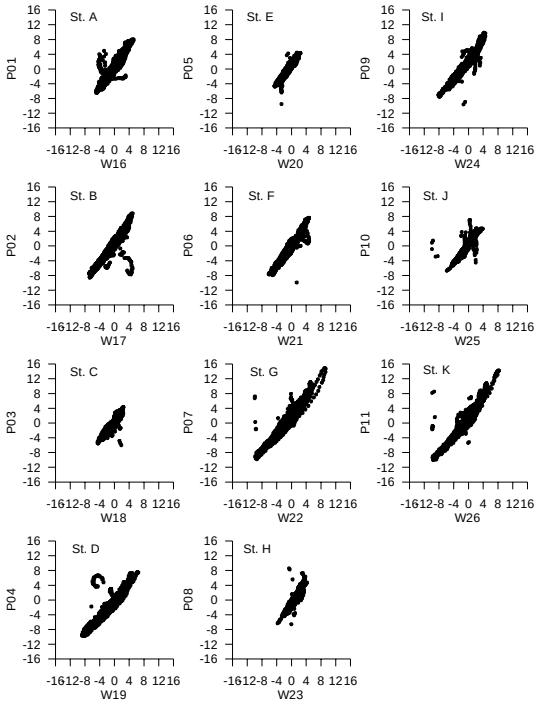
Filename: IH03T20

(b) IH06T20



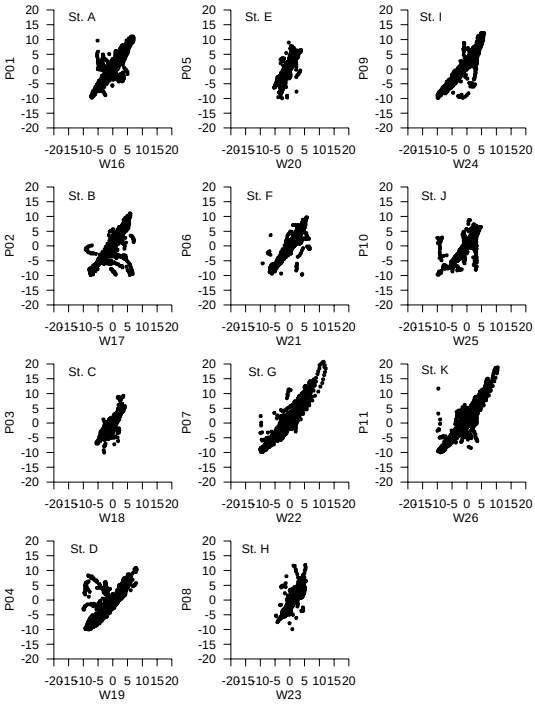
Filename: IH06T20

(c) IH10T20



Filename: IH10T20

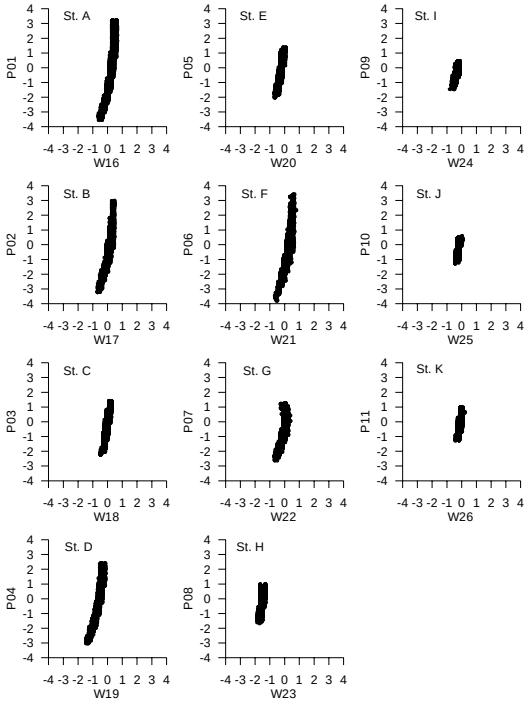
(d) IH13T20



Filename: IH13T20

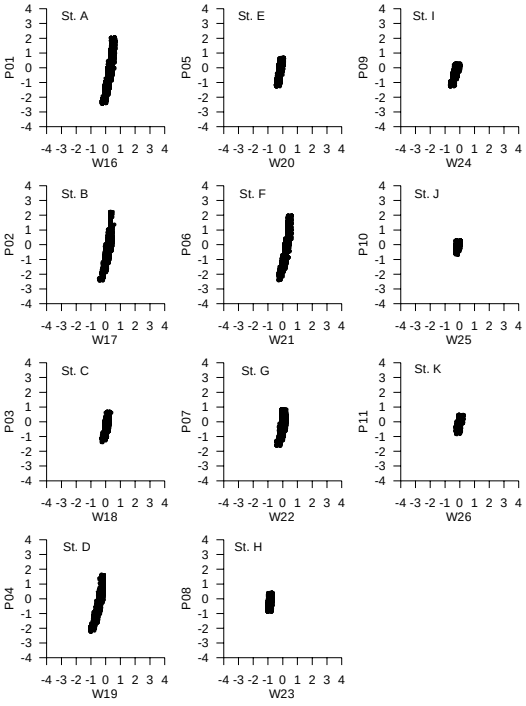
圖 B.18 不規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=2.0 秒)

(a) RH02T08



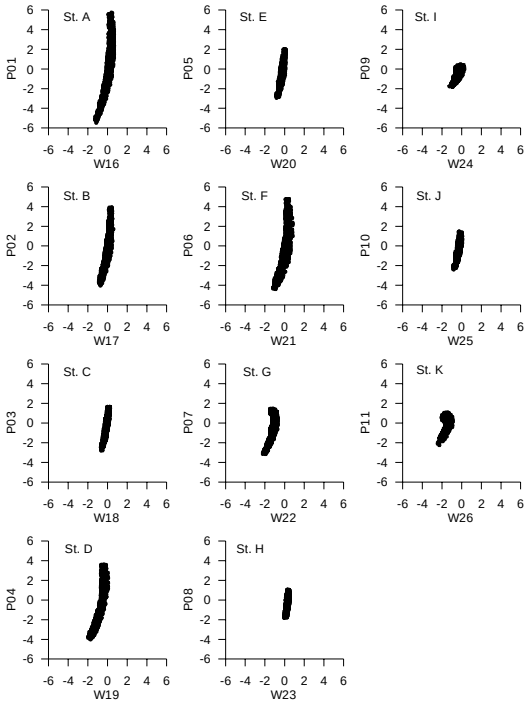
Filename: RH02T08

(b) RH03T08



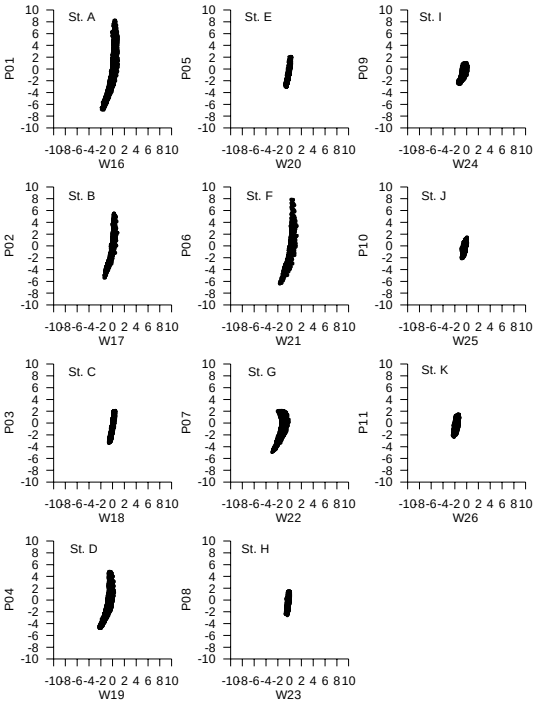
Filename: RH03T08

(c) RH04T08



Filename: RH04T08

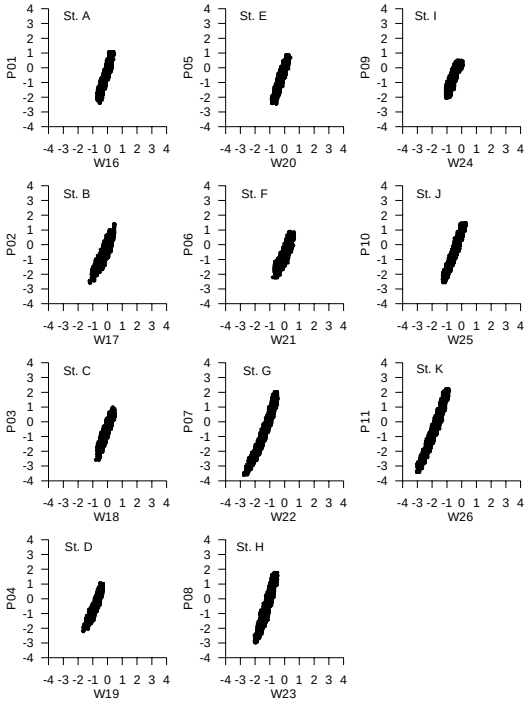
(d) RH06T08



Filename: RH06T08

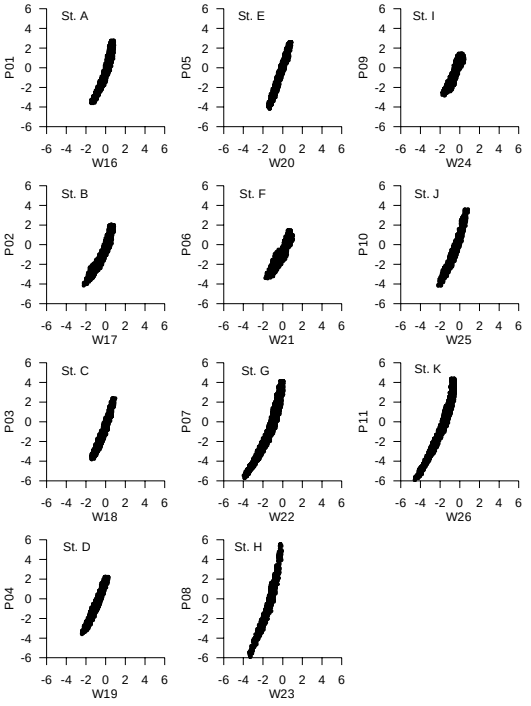
圖 B.19 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=0.8 秒)

(a) RH02T10



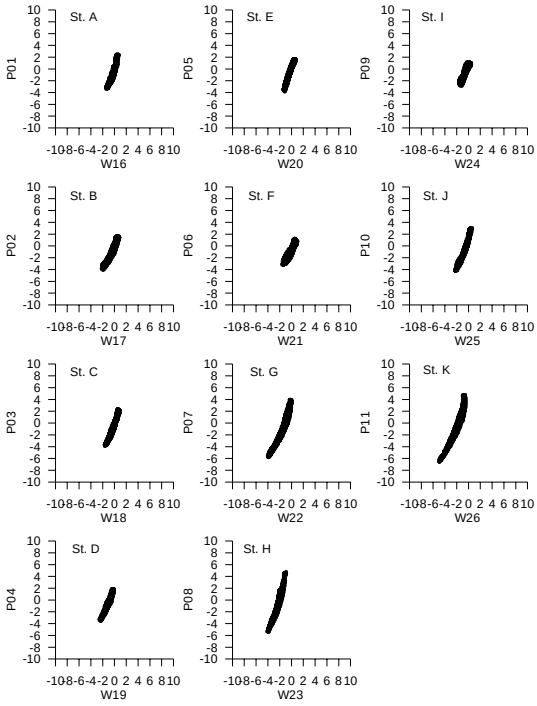
Filename: RH02T10

(b) RH04T10



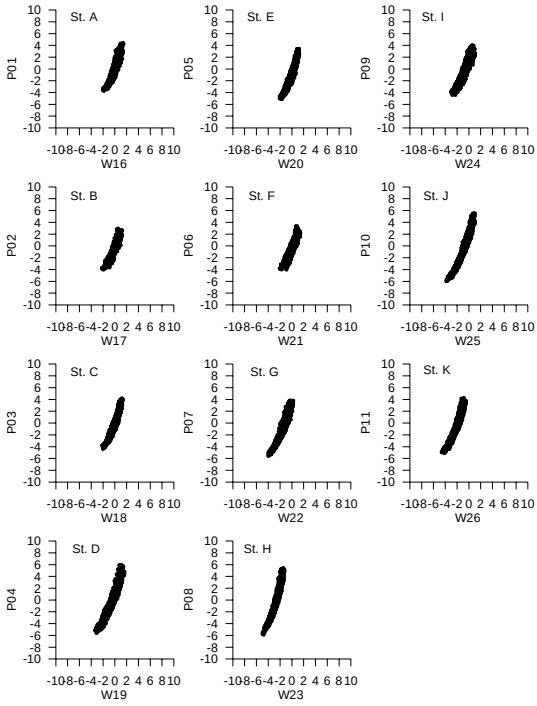
Filename: RH04T10

(c) RH05T10



Filename: RH05T10

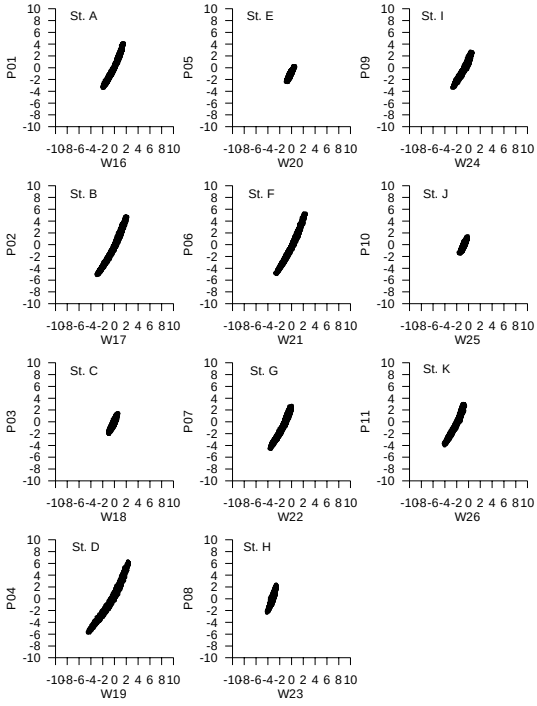
(d) RH06T10



Filename: RH06T10

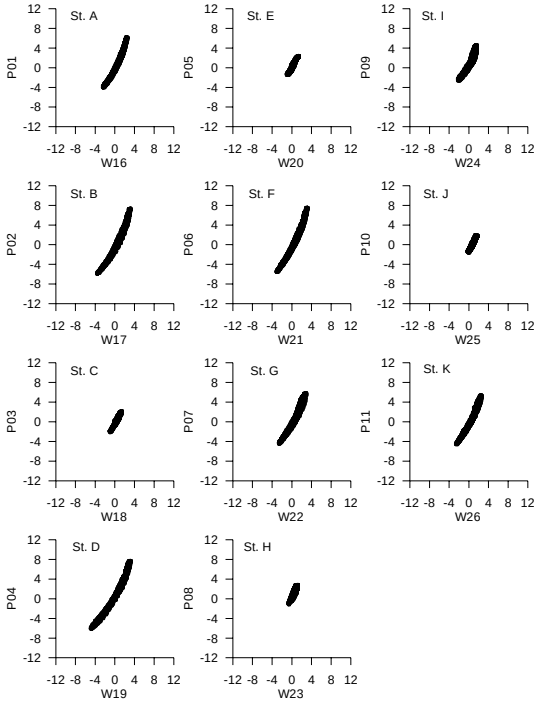
圖 B.20 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.0 秒)

(a) RH06T12



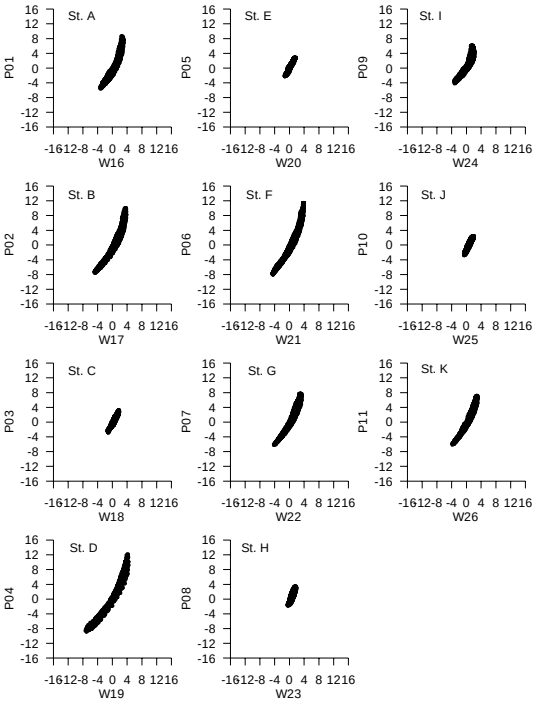
Filename: RH06T12

(b) RH08T12



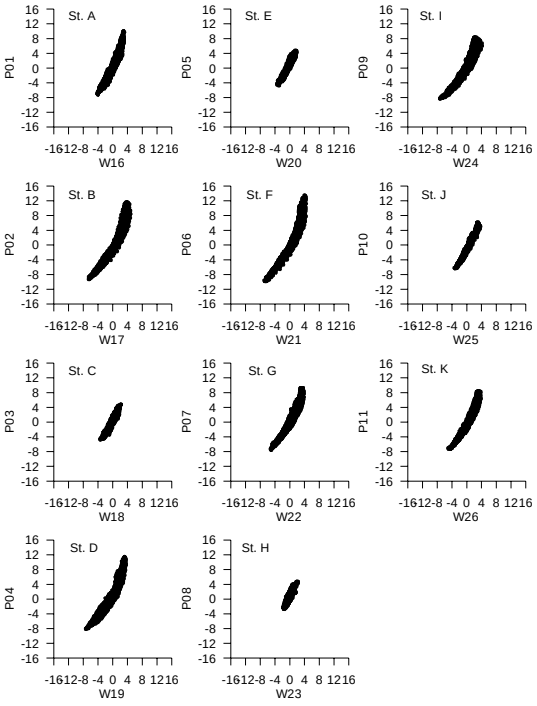
Filename: RH08T12

(c) RH10T12



Filename: RH10T12

(d) RH12T12



Filename: RH12T12

圖 B.21 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.2 秒)

(e) RH14T12

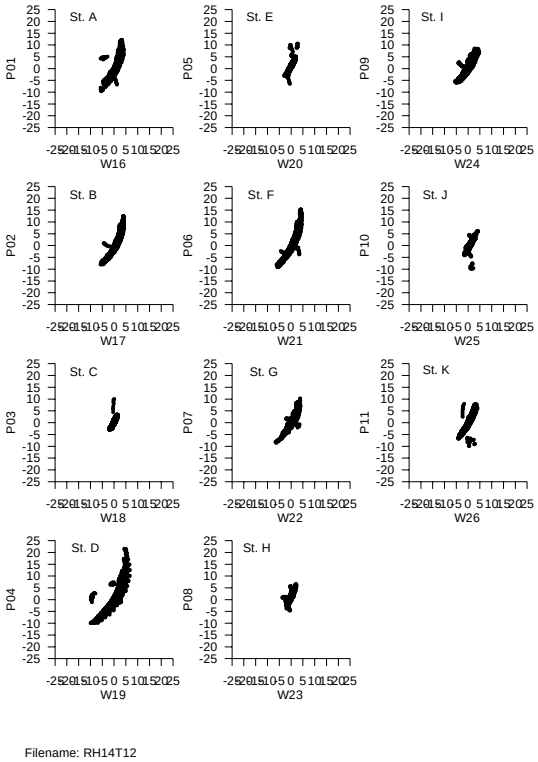
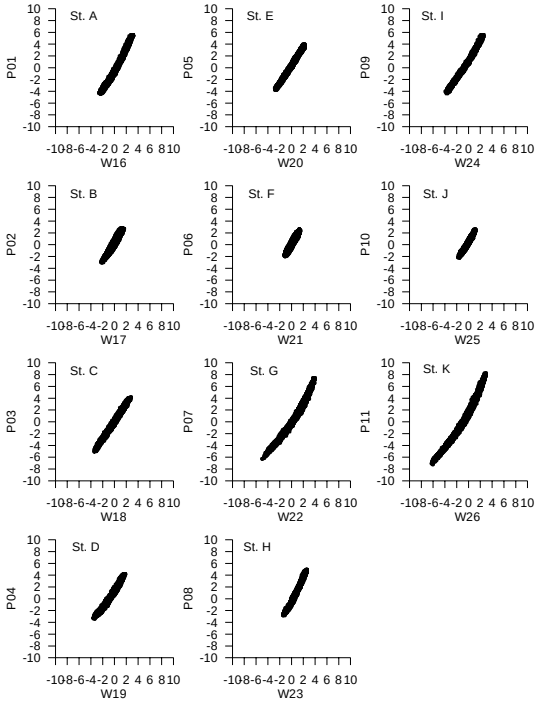


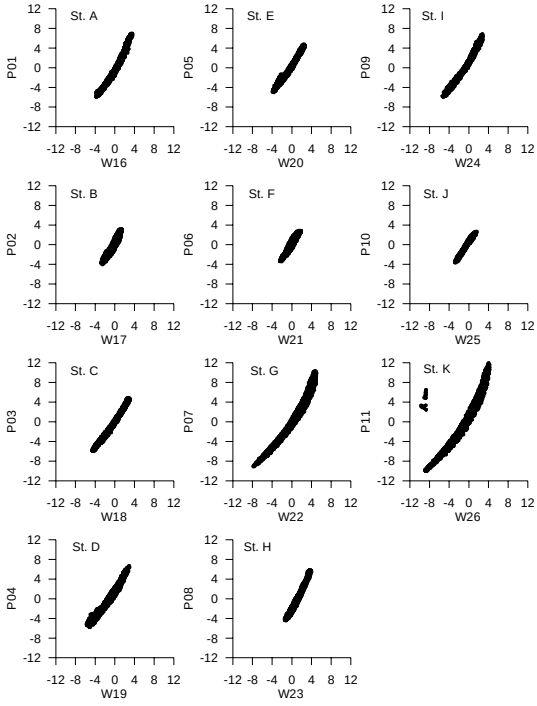
圖 B.21(續) 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.2 秒)

(a) RH04T14



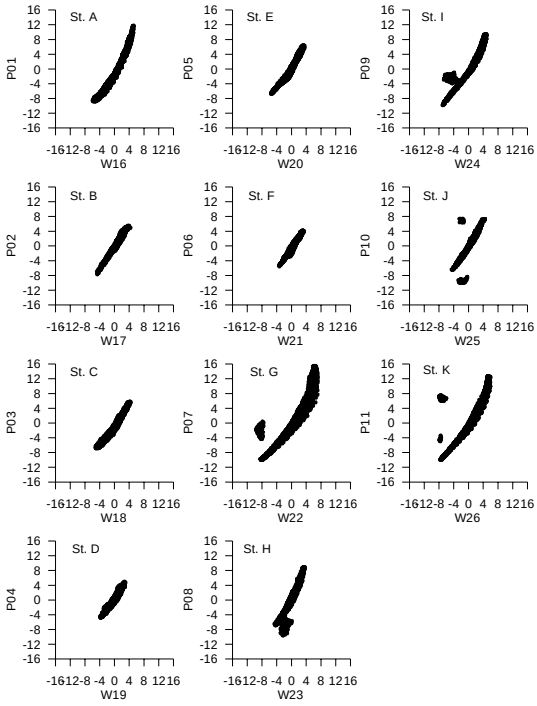
Filename: RH04T14

(b) RH06T14



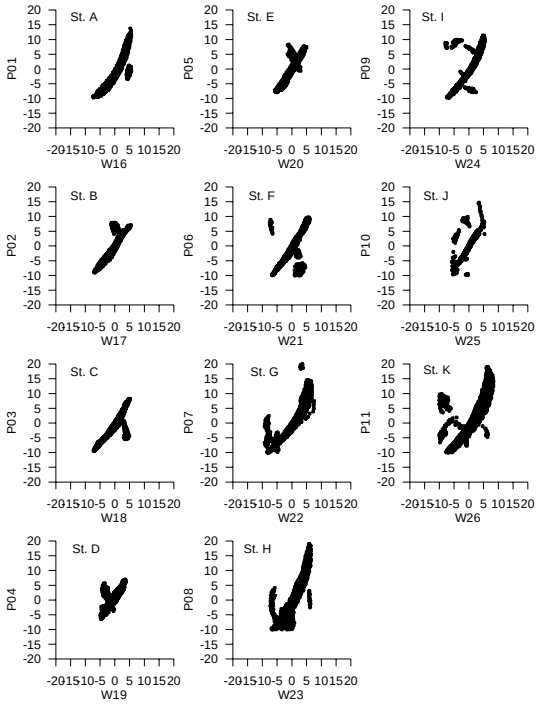
Filename: RH06T14

(c) RH08T14



Filename: RH08T14

(d) RH10T14



Filename: RH10T14

圖 B.22 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.4 秒)

(e) RH12T14

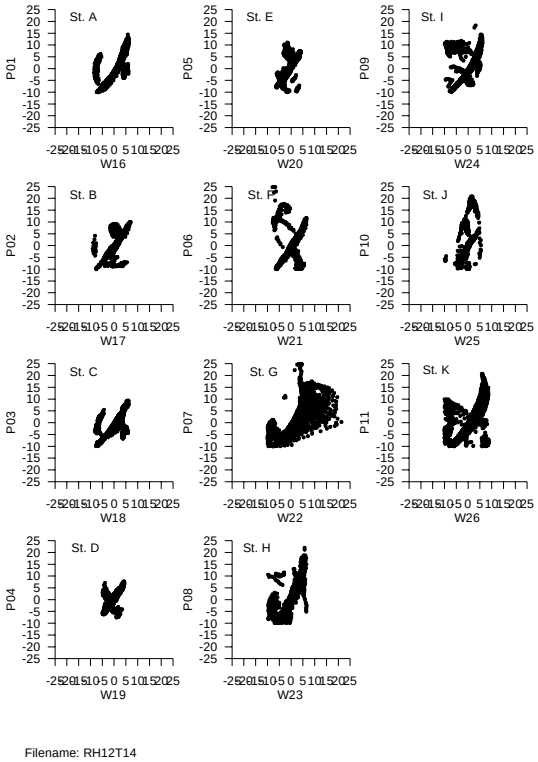
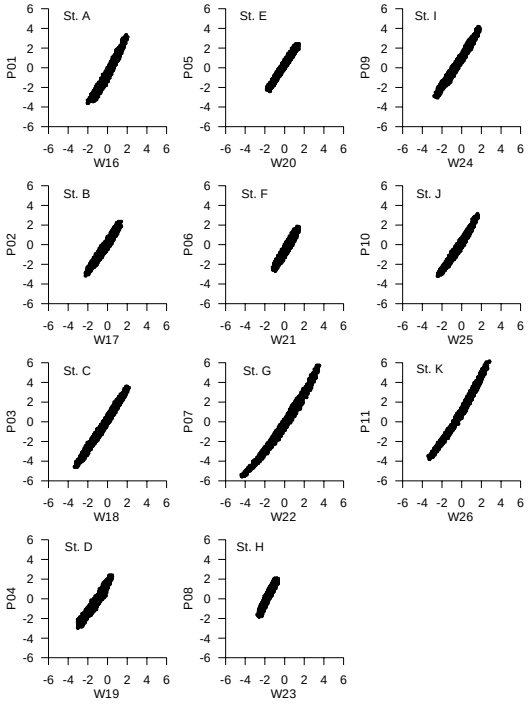


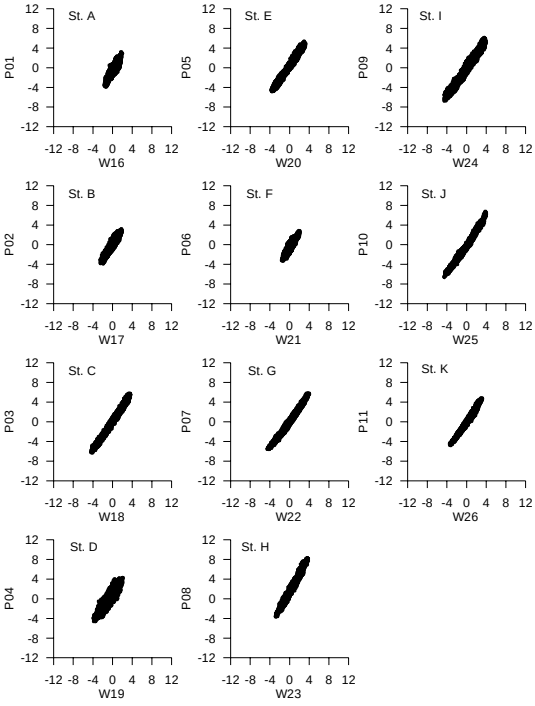
圖 B.22(續) 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖 (T=1.4 秒)

(a) RH03T16



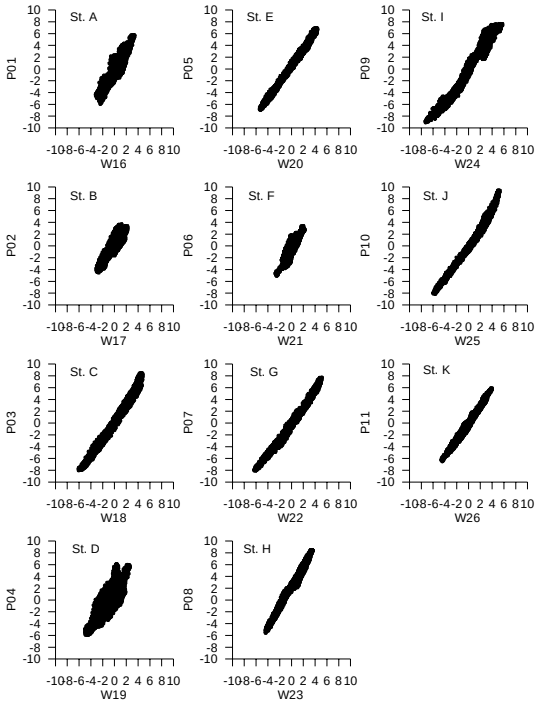
Filename: RH03T16

(b) RH06T16



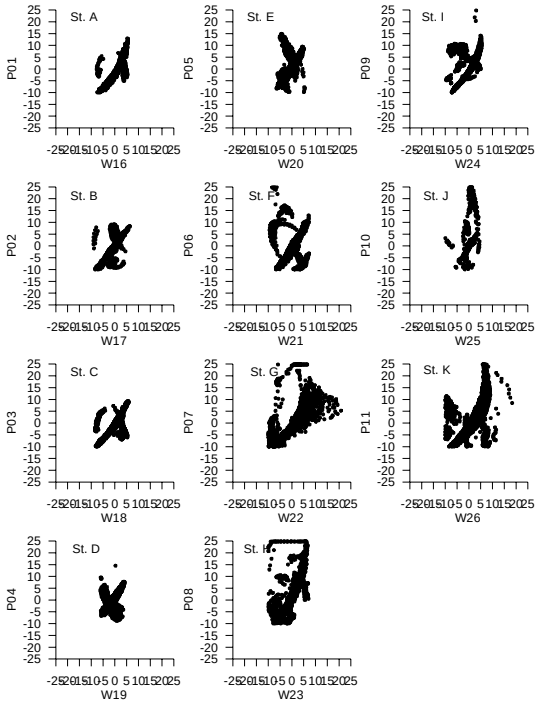
Filename: RH06T16

(c) RH10T16



Filename: RH10T16

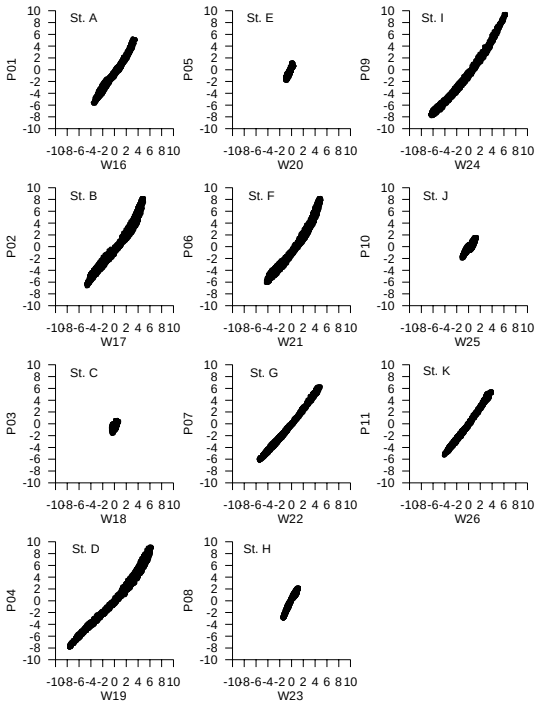
(d) RH14T16



Filename: RH14T16

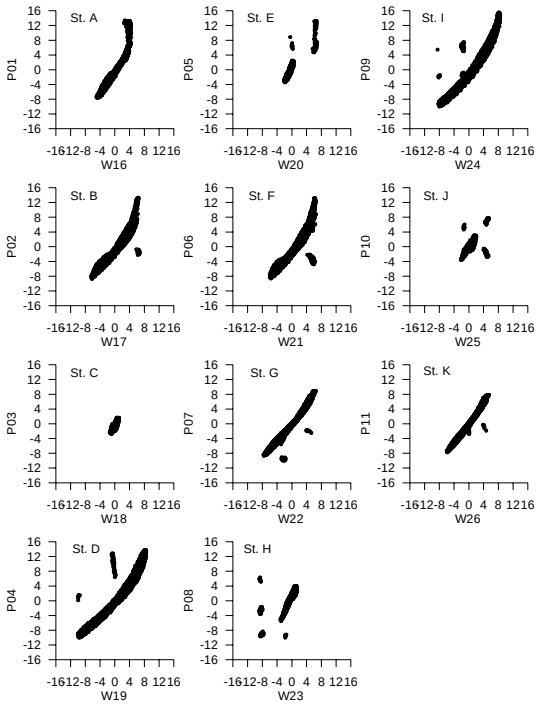
圖 B.23 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.6 秒)

(a) RH04T18



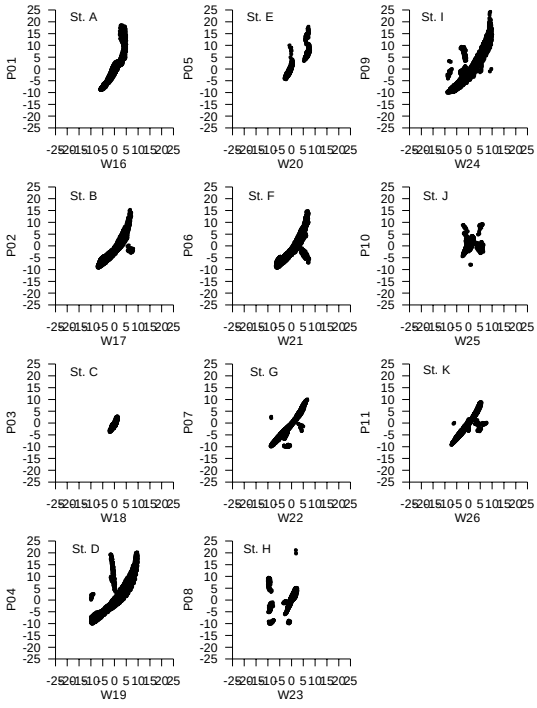
Filename: RH04T18

(b) RH08T18



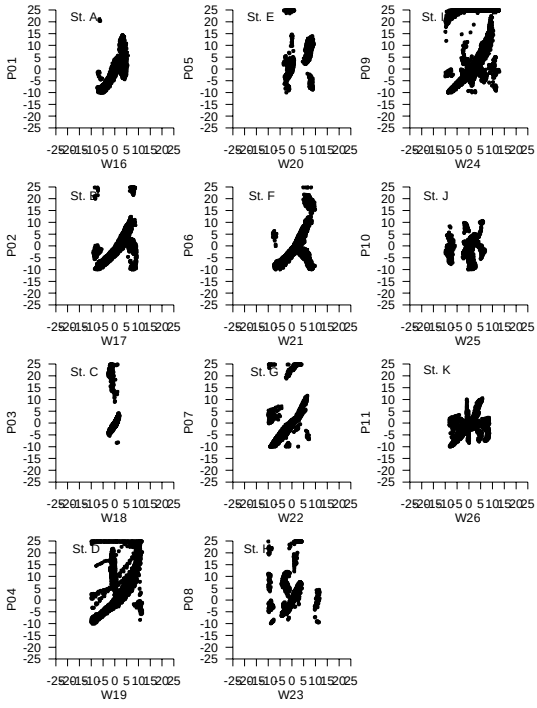
Filename: RH08T18

(c) RH12T18



Filename: RH12T18

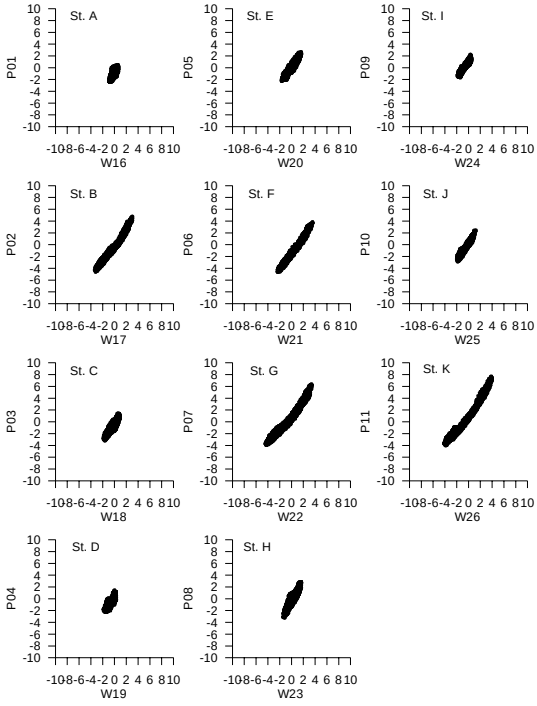
(d) RH14T18



Filename: RH14T18

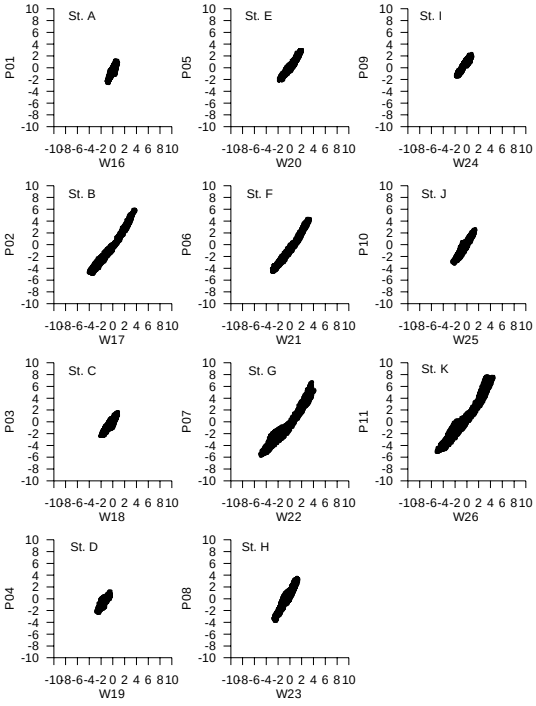
圖 B.24 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=1.8 秒)

(a) RH06T20



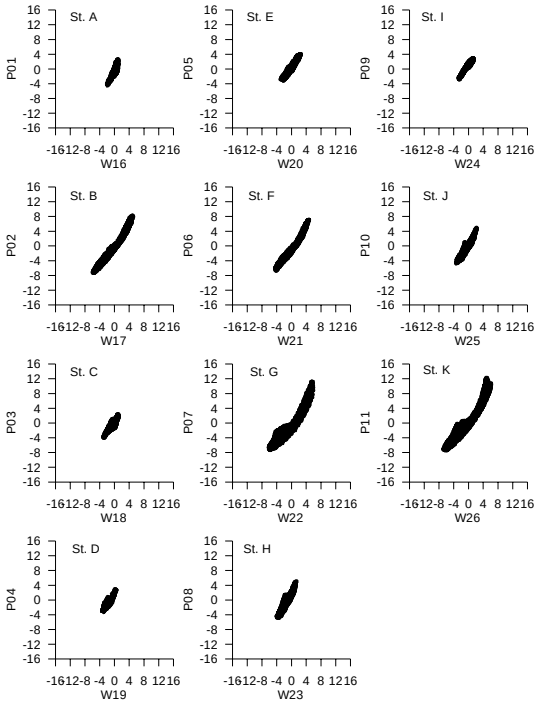
Filename: RH06T20

(b) RH08T20



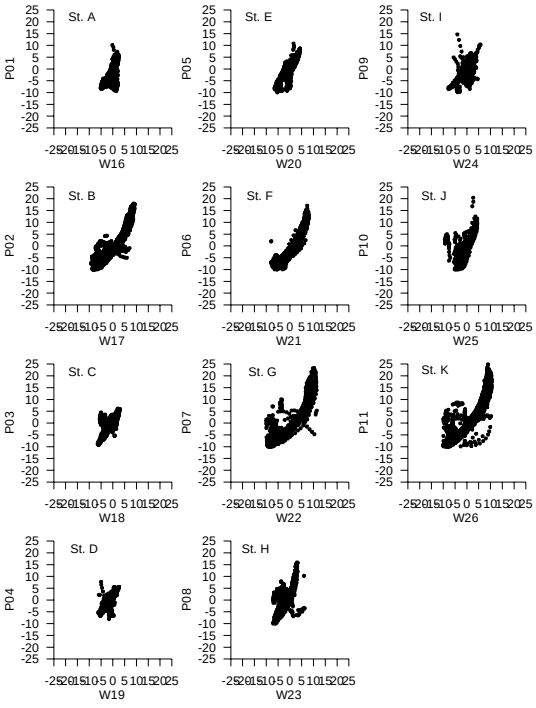
Filename: RH08T20

(c) RH12T20



Filename: RH12T20

(d) RH18T20



Filename: RH18T20

圖 B.25 規則波作用下港內波高計與各波壓計轉換後水面波動之關係圖(T=2.0 秒)

附錄 C　TaiComs 系統資料檔名

TaiComs 系統資料檔名

參考蘇青和草 2004/12/20 第四版

一、欄位編排方式：

欄位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
性質	類別	分類	時程	次類別	港區	測站	年份	月份	日	資料種類	代碼	檔案型態

二、範例：

N_ WAV_ HI_ VW0_ TC_ PT-A_ 1998_ MON-12_ 01_ F&R_ 1.PDF
或
數值_波浪_歷史_ WAN模式_臺中港_測點 A_ 1998年_ 12月_ 1日_圖與表_ 1.PDF

三、欄位說明

1.類別:

觀測(M): 觀測資料(Measurement Data)
數值(N): 數值資料(Numerical Data)

2.分類:

颱風(TYP): 颱風資料(Typhoon)
風力(WIN): 風力資料(Wind)
波浪(WAV): 波浪資料(Wave)
水位(TID): 水位資料(Tide)
流場(CUR): 海流資料(Current)
海氣(ALL): 海象資料(Ocean)=風力+波浪+水位+流場
水深(DEP): 水深資料(Depth)
氣壓(PRE): 氣壓資料(Pressure)
海溫(TEM): 海溫資料(Temperature)
油污(OIL): 油污資料(Oil Spill)

3.時程:

歷史(HI): 歷史資料(History Data)……歷史資料由人工轉入
即時(RE): 即時資料(Real-Time Data)…. ……觀測資料自動讀取
預報(PR): 預報資料(Prediectin Data) ……模擬資料自動讀取

4.次類別:

M10: 現場觀測方法 1(儀器量測)
M1W: 現場觀測方法 1(儀器量測)風力資料
M1V: 現場觀測方法 1(儀器量測)波浪資料
M1T: 現場觀測方法 1(儀器量測)水位資料
M1C: 現場觀測方法 1(儀器量測)海流資料
M20: 現場觀測方法 2(衛星遙測)
M12: 現場儀器量測與衛星遙測資料比較
VN0: 波浪 NWW3 模式資料(1 度網格)
VW0: 波浪 WAN 模式資料
VW1: 波浪 WAN 模式與觀測資料比較
VW2: 波浪 WAN 模式與衛星遙測資料比較
VS0: 波浪 SWAN 模式資料
VM0: 波浪港區 MSE(Mild-Slope Equation) 模式資料
VS1: 波浪 SWAN 模式與觀測資料比較
VWS: 波浪 WAN 模式與 SWAN 模式資料比較
VE0: 波浪半經驗公式資料
VE1: 波浪半經驗公式與觀測資料比較
VN0: 波浪類神經網路模式資料
VN1: 波浪類神經網路模式與觀測資料比較
TA0: 水位全域模式資料
TA1: 水位全域模式與觀測資料比較
TB0: 天文潮位全域模式資料
TB1: 天文潮位位全域模式與觀測資料比較
TC0: 暴潮位全域模式資料
TC1: 暴潮位全域模式與觀測資料比較
TX0: 天文潮類神經網路模式資料
TY0: 暴潮類神經網路模式資料
TZ0: 水位類神經網路模式資料
WX0: 風速及風向(氣象局模式提供 5km 或 25km 網格)
WN0: 風速及風向(NOAA 模式提供 1 度網格)

W10: 風速及風向(李賢文颱風風場模式)
W20: 風速及風向(劉肖孔颱風風場模式)
W30: 風速及風向(FEMA 颱風風場模式)
W40: 風速及風向(陳孔沫颱風風場模式)
W50: 風速及風向(賴宗慶颱風風場模式)
WA0: 風速及風向(NOAA 模式+李賢文颱風風場模式)
WB0: 風速及風向(NOAA 模式+劉肖孔颱風風場模式)
WC0: 風速及風向(NOAA 模式+ FEMA颱風風場模式)
WD0: 風速及風向(NOAA 模式+陳孔沫颱風風場模式)
WE0: 風速及風向(NOAA 模式+賴宗慶颱風風場模式)

PX0: 氣壓(氣象局模式提供 5km 網格)
YX0: 颱風路徑資料(氣象局模式提供路徑、中心氣壓…等)

5.港區:(或海域)

台灣區 : TW
西太平洋:WP
台中港 :TC
高雄港 :KH
基隆港 :KL
蘇澳港 :SA
花蓮港 :HL
台北港: TP
安平港: AP

6.測站(一點)或測區(平面):

測點 1 (PT-1): 觀測點或計算點 1
測點 2(PT-2): 觀測點或計算點 2
區域 A(RG-A): 觀測區或計算區 A
區域 B(RG-B): 觀測區或計算區 B

7.年份(西元)

1993: 西元 1993 年
2001: 西元 2001 年
歷年(0000): 代表歷年資料(例如 1990 年~2001 年)

8.月份或季節或颱風代號(名稱)

全年(MON-00) 代表整個年資料
1 月(MON-01):
2 月(MON-02)
3 月(MON-03)
4 月(MON-04)
5 月(MON-05)
6 月(MON-06)
7 月(MON-07)
8 月(MON-08)
9 月(MON-09)
10 月(MON-10)
11 月(MON-11)
12 月(MON-12)
冬季(SEA-WI) :(12 月~2 月)
春季(SEA-SP) :(3 月~5 月)

夏季(SEA-SU) :(6 月~8 月)
秋季(SEA-FA) :(9 月~11 月)
第一季(SEA-01):(1 月~3 月)
第二季(SEA-02) :(4 月~6 月)
第三季(SEA-03) :(7 月~9 月)
第四季(SEA-04) :(10 月~12 月)
西馬隆(TY-CIM) : 西馬隆颱風
奇比 (TY-CHE): 奇比颱風

9. 日:

整月(00): 代表整個月資料
1 日(01): 第 1 天資料 或 颱風資料則代表當年第 1 個侵臺颱風
2 日(02): 第 2 天資料 或 颱風資料則代表當年第 2 個侵臺颱風
……
31 日(31): 第 31 天資料

10. 查詢之圖表種類:(需與分類考量,以序號編列).

水位資料(Tide)
資料檔(RAW): 水位原始資料
月報表(REP): 水位月報表
歷線圖(FIG): 水位歷線圖
圖與表(F&R): 水位歷線圖與月報表
等水位(CTE): 全區等水位圖
等相位(CTD): 全區潮波等相位圖

海流資料(Current)
資料檔(RAW): 海流原始資料
月報表(REP): 海流月報表
歷線圖(FIG): 海流歷線圖
圖與表(F&R): 海流歷線圖與月報表
等流速(CCS): 全區等流速圖
等流向(CCD): 全區等流向圖
向量圖(VEC) : 全區海流向量圖

風力資料(Wind)
資料檔(RAW): 風力原始資料
月報表(REP): 風力月報表
歷線圖(FIG): 風力歷線圖
圖與表(F&R): 風力歷線圖與月報表
等風速(CWS): 全區等風速圖
等風向(CWD): 全區等風向圖
向量圖(VEC) : 全區風力向量圖

波浪資料(WAVE)

資料檔(RAW): 波浪原始資料
月報表(REP): 波浪月報表
歷線圖(FIG): 波浪歷線圖
圖與表(F&R): 波浪歷線圖與月報表
等波高(CVH): 全區等波高圖
等週期(CVT): 全區等週期圖 \
等波向(CVD): 全區等波向圖
向量圖(VEC) : 全區風力向量圖

颱風資料(Typhoon)
資料檔(RAW): 颱風原始資料
資料表(REP): 颱風資料報表
路徑圖(FIG): 颱風路徑圖

海象資料(Ocean)
海象資料(RAW) 風力+波浪+水位+流場等資料檔
海象資料圖(FIG): 風、浪、潮、流歷線圖
海氣報表(REP): 風、浪、潮、流報表
海象圖表(F&R): 風、浪、潮、流歷線圖及報表

11. 參考碼 : (如果查詢之圖表超過一個檔時方有意義.)

1 : 查詢圖表檔之 1.
2 : 查詢圖表檔之 2.
3 : 查詢圖表檔之 3.

12. 資料檔類別:

PDF: PDF 檔型.
PS: PS 檔型.
1HE: 1 小時資料.
1HM: 1 小時平均所得資料.
6ME: 6 分鐘資料.
DA0: 定點時序資料檔
DA1: 1 維線時序資料檔
DA2: 2 維平面時序資料檔
DA3: 3 維空間時序資料檔

[註 1] 英文名稱每一欄位長度固定，且不能捨棄任一欄位。
[註 2] 中文名稱每一欄位長度可變動，且可以捨棄任一欄位。(例如查詢僅一種或該項說明無意義之情形)。

附錄 D　波浪觀測相關檔案範例與格式說明

D.1 *.TXT 檔案格式：單一波高計的原始波浪記錄

S/N 7116
Total 001 Files

001 file 0000595 Samples
start : 00:00:00 04/11/02
stop : 18:10:02 04/11/26
Event of Stop :Command
Sampling Mode :Burst
Sampling Interval(sec.) :3600
Number of sample in a burst :2400
Rate of burst(Hz) :04
Time of Average :000
Using Both Temp. & Pressure sensor
00000 26400 02099 02099 02099 02099 02099 02099 02098 02098 02098 02097 02097 02096 02096 02096 02096 02095 02095 02095 02095 02095 02095 02095 02096 02096 02096 02096 02097 02097 02098
02098 02098 02099 02099 02099 02099 02099 02099 02099 02099 02098 02098 02098 02097 02097 02097 02096 02096 02095 02095 02095 02095 02094 02094 02094 02095 02095 02095 02095 02096 02096
02096 02097 02097 02097 02098 02098 02098 02098 02098 02098 02098 02098 02097 02097 02096 02096 02096 02095 02095 02094 02094 02093 02093 02093 02093 02093 02092 02093 02093 02093 02093
02093 02093 02093 02093 02094 02094 02094 02094 02095 02095 02095 02095 02096 02096 02096 02096 02096 02096 02096 02096 02096 02096 02096 02096 02096 02095 02095 02094 02094 02093 02093
02092 02092 02091 02091 02091 02091 02090 02090 02090 02091 02091 02092 02092 02093 02094 02095 02096 02097 02098 02099 02100 02101 02102 02103 02104 02104 02104 02105 02105 02104 02104
02104 02103 02103 02102 02101 02100 02099 02099 02098 02097 02096 02096 02095 02095 02094 02094 02093 02093 02093 02093 02093 02093 02093 02093
……
02097 02097 02096 02096 02095 02095 02095 02094 02093 02093 02092 02092 02092 02092 02091 02091 02091 02091 02092 02092 02092 02092 02093 02093 02094 02095 02095 02096 02096 02097 02097
02097 02097 02097 02097 02097 02097 02097 02096 02096 02095 02095 02094 02094 02093 02093 02093 02092 02092 02092 02092 02092 02092 02092 02092 02092 02092 02092 02092 02092 02093 02093 02093
02093 02093 02093 02093 02093 02093 02093 02093 02092 02092 02092 02092 02092 02093 02093 02093 02093 02094 02094 02095 02095 02096 02096 02097 02097 02098 02098 02098 02099 02099 02099
02098 02098 02098 02097 02097 02096 02095 02095 02094 02093 02093 02092 02092 02091 02091 02090 02090 02090 02090 02090 02090
00001 26438 02074 02074 02074 02074 02073 02073 02073 02073 02072 02072 02072 02071 02071 02071 02070 02070 02070 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02070 02070 02071 02071 02071 02072
02072 02073 02073 02073 02074 02074 02074 02075 02075 02075 02075 02075 02075 02074 02074 02074 02073 02073 02073 02072 02072 02071 02071 02070 02070 02069 02069 02068 02068 02067 02067
02067 02067 02066 02067 02067 02067 02067 02068 02068 02069 02069 02069 02070 02071 02071 02072 02072 02072 02073 02073 02073 02073 02073 02073 02073 02072 02072 02072 02071 02071 02071
02071 02070 02070 02070 02070 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02069 02070 02070 02070 02070 02070 02070 02070 02070
02070 02070 02070 02070 02070 02070 02070 02070 02071 02071 02071 02071 02071 02071 02072
……

D.2 *.WAV 檔案格式：基本水面波動時序資料檔

```
================================================================================
觀測單位      ： 港灣技術研究中心
觀測地點      ： 花蓮港
觀測類別      ： 波浪觀測
觀測日期      ： 2000/ 4/11: 0
測站數目      ：      9
有效站數      ：      7 -->       1     2     4     5     6     7     8
儀器類型      ： 鎮儀公司壓力式波高計（型號：S700）
儀器編號      ：    7116    7201    0779    7130    0783    7136    7128
取樣筆數      ：   560 560 560 560 560 560 560
取樣時距 (S)：  3600
取樣點數      ： 2400
取樣頻率(Hz)：     2.00
測站水深 (M)：   21.00 18.00 16.00 14.00 10.00    9.00    9.00
測站高度 (M)：     0.70
註：資料點單位為 M,如果資料值為 99.99 表示為無效資料
================================================================================
   0      2000/ 4/10:24
   20.99    16.72    99.99    16.57    14.93    10.65     9.84    11.63    99.99
   20.99    16.73    99.99    16.57    14.93    10.65     9.84    11.63    99.99
   20.99    16.74    99.99    16.57    14.93    10.65     9.84    11.63    99.99
……
   20.90    16.69    99.99    16.54    14.88    10.62     9.81    11.60    99.99
   20.90    16.69    99.99    16.54    14.88    10.62     9.81    11.59    99.99
   1      2000/ 4/11: 1
   20.74    16.46    99.99    16.30    14.70    10.40     9.56    11.36    99.99
   20.74    16.46    99.99    16.30    14.70    10.40     9.56    11.37    99.99
……
```

取樣時間

欄位說明：

第一欄：一號測站的水位變動值(M)
第二欄：二號測站的水位變動值(M)
第三欄：三號測站的水位變動值(M)
第四欄：四號測站的水位變動值(M)
第五欄：五號測站的水位變動值(M)
第六欄：六號測站的水位變動值(M)
第七欄：七號測站的水位變動值(M)
第八欄：八號測站的水位變動值(M)
第九欄：九號測站的水位變動值(M)

D.3 *.ETA 檔案格式：單一波動記錄的水面波形時間序列

0.2500	0.0409	0.0000	0.0000	0.0000	0.1582
0.5000	0.0409	0.0000	0.0000	0.0000	0.1485
0.7500	0.0409	0.0000	0.0000	0.0000	0.1413
1.0000	0.0409	0.0000	0.0000	0.0000	0.1395
1.2500	0.0409	0.0000	0.0000	0.0000	0.1403
1.5000	0.0409	0.0000	0.0000	0.0000	0.1466
1.7500	0.0307	0.0000	0.0000	0.0000	0.0617
2.0000	0.0307	0.0000	0.0000	0.0000	0.0752
2.2500	0.0307	0.0000	0.0000	0.0000	0.0904
2.5000	0.0205	0.0000	0.0000	0.0000	0.0159
2.7500	0.0205	0.0000	0.0000	0.0000	0.0354
3.0000	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0363
3.2500	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0157
3.5000	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0057
3.7500	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0241
4.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0522
4.2500	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0393
4.5000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0290
4.7500	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0243
5.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0230

……

欄位說明：

第一欄：時間軸(秒)
第二欄：壓力式波高計原始記錄
第三欄：長週期成分波動時間序列(例如 200 秒以上的波動，目前尚未處理)
第四欄：亞重力成分波動時間序列(例如 30 秒至 200 秒間的波動，目前尚未處理)
第五欄：重力成分波動時間序列(例如 0 秒至 30 秒間的波動，目前尚未處理)
第六欄：轉換後重力成分波動時間序列(例如 0 秒至 30 秒間的波動，目前為未濾波的所有訊號)

D.4 *.LVL 檔案格式：單一波動記錄的水面高程統計分佈

```
.....
      -1.0000      0.0000      0.0000      0.0000
      -0.9000      0.0000      0.0000      0.0000
      -0.8000      0.0000      0.0000      0.0000
      -0.7000      0.0000      0.0000      0.0000
      -0.6000      0.0000      0.0000      0.0000
      -0.5000      0.0000      0.0000      0.0000
      -0.4000      0.0000      0.0000      0.0000
      -0.3000      0.0000      0.0000      0.0000
      -0.2000      0.0000      0.0000      0.0002
      -0.1000      0.0000      0.0000      0.0559
       0.0000      0.1874      0.0003      0.3839
       0.1000      9.5710     18.6295      0.0553
       0.2000      0.2318      0.0004      0.0002
       0.3000      0.0099      0.0000      0.0000
       0.4000      0.0000      0.0000      0.0000
       0.5000      0.0000      0.0000      0.0000
       0.6000      0.0000      0.0000      0.0000
       0.7000      0.0000      0.0000      0.0000
       0.8000      0.0000      0.0000      0.0000
       0.9000      0.0000      0.0000      0.0000
       1.0000      0.0000      0.0000      0.0000
.....
```

欄位說明：

第一欄：水位高程值(M)
第二欄：水位高程出現機率
第三欄：正規分佈理論值
第四欄：Gram-Charlier 理論分佈值

D.5 *.ZUC 檔案格式：單一波動記錄的零上切個別波高及對應週期，以及波高週期統計分佈

```
OUTPUT DATA FOR ZERO-UP CROSSING METHOD ====            2
  NO. OF SAMPLING DATA =    2028
  SAMPLING TIME =      0.2500
  NO. OF WAVE BY ZERO-UP CROSS =     237    TOTAL:
#### Individual Wave High & Period (in m & sec) ####
     0.096(    2.500)         0.020(    0.319)         0.065(    0.736)         0.101(    4.480)
     0.073(    1.276)         0.055(    0.587)         0.174(    4.962)         0.096(    3.313)
     0.073(    1.067)         0.072(    1.060)         0.084(    4.913)         0.074(    3.961)
     0.066(    1.444)         0.071(    1.710)         0.091(    2.254)         0.045(    3.510)
     0.093(    2.504)         0.067(    0.839)         0.110(    3.089)         0.034(    0.391)
……
     0.056(    0.703)         0.053(    0.688)         0.133(    4.373)         0.026(    2.123)
     0.108(    5.325)         0.076(    1.378)         0.139(    5.382)         0.031(    0.369)
     0.079(    1.046)         0.099(    3.891)         0.124(    3.249)         0.046(    0.660)
     0.101(    1.839)         0.046(    0.660)         0.064(    0.743)         0.065(    0.754)
     0.065(    0.974)
WAVE HEIGHT/PERIOD DISTRIBUTION FOR ZERO-UP CROSSING(NORMALIZED BY MEAN WAVE HEIGHT/PERIOD)
H/Hmean         Prob(H)         Normal         Rayleigh         Weibull T/Tmean         Prob(T)
   0.0000         0.0000         0.0000         0.0000         0.0000   0.0000         0.0000
   0.1699         0.0000         0.0468         0.2225         0.0686   0.2052         0.3702
   0.3399         0.0745         0.1355         0.4199         0.2545   0.4103         0.8843
   0.5098         0.4469         0.3152         0.5720         0.5193   0.6155         0.9666
   0.6798         0.4221         0.5901         0.6665         0.7928   0.8207         0.3496
   0.8497         1.1172         0.8888         0.7004         0.9846   1.0259         0.3085
……
```

欄位說明：

第一欄：無因次波高值

第二欄：波高出現機率

第三欄：正規分佈理論值

第四欄：Rayleigh 理論分佈值

第五欄：Weibull 理論分佈值

第六欄：無因次週期值

第七欄：週期出現機率

D.6 *.OSP 檔案格式：單一波動記錄的分析波譜

F	SPCA(ALL)	PSPCL(> 200")	PSPCI(30" ~200")	PSPC(< 30")	SPCH	FASA	FASL	FASI	FASG
0.0020	3053.8237	0.0000	0.0000	0.0000	9100.5010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0039	47869.2500	0.0000	0.0000	0.0000	43458.3984	1.6218	0.0000	0.0000	0.0000
0.0059	18178.3809	0.0000	0.0000	0.0000	14931.6455	1.4410	0.0000	0.0000	0.0000
0.0078	14515.9297	0.0000	0.0000	0.0000	9733.9834	1.3950	0.0000	0.0000	0.0000
0.0098	8087.3008	0.0000	0.0000	0.0000	4853.3813	1.1329	0.0000	0.0000	0.0000
0.0117	13366.9795	0.0000	0.0000	0.0000	7674.2568	0.9876	0.0000	0.0000	0.0000
0.0137	2064.2046	0.0000	0.0000	0.0000	5069.6479	-0.2812	0.0000	0.0000	0.0000
0.0156	5530.5171	0.0000	0.0000	0.0000	1432.4607	0.7678	0.0000	0.0000	0.0000
0.0176	1765.8885	0.0000	0.0000	0.0000	2003.0651	-0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
0.0195	9632.3135	0.0000	0.0000	0.0000	3519.1887	0.2602	0.0000	0.0000	0.0000
0.0215	1878.5358	0.0000	0.0000	0.0000	2892.2217	1.7476	0.0000	0.0000	0.0000
0.0234	13633.6621	0.0000	0.0000	0.0000	28446.5723	-2.9131	0.0000	0.0000	0.0000
0.0254	1150.7555	0.0000	0.0000	0.0000	2362.5671	1.2728	0.0000	0.0000	0.0000
0.0273	4555.1377	0.0000	0.0000	0.0000	357.9999	-0.2332	0.0000	0.0000	0.0000
0.0293	28186.2109	0.0000	0.0000	0.0000	46854.0820	-3.1274	0.0000	0.0000	0.0000
0.0313	202.3723	0.0000	0.0000	0.0000	3921.3184	2.6254	0.0000	0.0000	0.0000
0.0332	7269.4434	0.0000	0.0000	0.0000	13582.2383	-2.7998	0.0000	0.0000	0.0000
0.0352	3937.5764	0.0000	0.0000	0.0000	7515.9702	-2.7555	0.0000	0.0000	0.0000

……

欄位說明：

第一欄：成分波頻率(Hz)
第二欄：壓力波動記錄的分析頻譜
第三欄：長週期波成分頻譜(例如 200 秒以上的波動，目前尚未處理)
第四欄：亞重力波成分頻譜(例如 30 秒至 200 秒間的波動，目前尚未處理)
第五欄：重力波成分頻譜(例如 0 秒至 30 秒間的波動，目前尚未處理)
第六欄：轉換後重力波成分頻譜(例如 0 秒至 30 秒間的波動，目前為未經濾波的所有訊號)
第七欄：壓力波動記錄的分析相位
第八欄：長週期波成分相位(例如 200 秒以上的波動，目前尚未處理)
第九欄：亞重力波成分相位(例如 30 秒至 200 秒間的波動，目前尚未處理)
第十欄：重力波成分相位(例如 0 秒至 30 秒間的波動，目前尚未處理)

D.7 *.ELE 檔案格式：單一波高計的水位高程分佈之理論套配檢定資料檔

No.	m0	Var.	m1	m2	NDF	NCHSQ	NSIG	GDF	GCHSQ	GSIG
1	0.0026	0.0026	0.0000	0.0000	49.0000	19.2468	1.0000	49.0000	109.3576	0.0000
2	0.0021	0.0021	0.0000	0.0000	49.0000	26.8401	0.9958	49.0000	33.7026	0.9530
3	0.0025	0.0025	0.0000	0.0000	49.0000	25.2993	0.9980	49.0000	19.5636	0.9999
4	0.0024	0.0024	0.0000	0.0000	49.0000	22.1654	0.9997	49.0000	25.0523	0.9982
5	0.0020	0.0020	0.0000	0.0000	49.0000	280.3829	0.0000	49.0000	40.9814	0.7854
6	0.0027	0.0027	0.0000	0.0000	49.0000	18.7487	1.0000	49.0000	16.2311	1.0000
7	0.0030	0.0030	0.0000	0.0000	49.0000	13.7836	1.0000	49.0000	12.2669	1.0000
8	0.0029	0.0029	0.0000	0.0000	49.0000	13.6681	1.0000	49.0000	12.5475	1.0000
9	0.0034	0.0034	0.0000	0.0000	49.0000	12.3919	1.0000	49.0000	9.8447	1.0000
10	0.0028	0.0028	0.0000	0.0000	49.0000	15.0542	1.0000	49.0000	14.9829	1.0000
11	0.0028	0.0028	0.0000	0.0000	49.0000	16.4683	1.0000	49.0000	14.2248	1.0000
12	0.0024	0.0024	0.0000	0.0000	49.0000	39.8776	0.8205	49.0000	19.0725	1.0000
13	0.0033	0.0033	0.0000	0.0000	49.0000	11.6309	1.0000	49.0000	10.8080	1.0000
14	0.0031	0.0031	0.0000	0.0000	49.0000	13.1360	1.0000	49.0000	10.8601	1.0000
15	0.0031	0.0031	0.0000	0.0000	49.0000	13.8642	1.0000	49.0000	11.7162	1.0000
16	0.0025	0.0025	0.0000	0.0000	49.0000	18.2044	1.0000	49.0000	22.5852	0.9996
17	0.0048	0.0048	0.0000	0.0001	49.0000	8.9700	1.0000	49.0000	4.6503	1.0000
18	0.0026	0.0026	0.0000	0.0000	49.0000	16.3229	1.0000	49.0000	17.2812	1.0000
19	0.0028	0.0028	0.0000	0.0000	49.0000	15.4590	1.0000	49.0000	14.8439	1.0000
20	0.0035	0.0035	0.0000	0.0000	49.0000	11.5535	1.0000	49.0000	9.1672	1.0000

欄位說明：

第一欄：流水號
第二欄：頻譜能量(m_0)
第三欄：頻譜變異數(variance)
第四欄：一次頻譜矩(m_1)
第五欄：二次頻譜矩(m_2)
第六欄：理論正規分佈(normal distribution)之自由度檢定(no. degree of freedom)
第七欄：理論正規分佈(normal distribution)之卡方檢定值(χ^2-test)
第八欄：理論正規分佈(normal distribution)之顯著度檢定(significant)
第九欄：理論 Gram-Charlier 分佈之自由度檢定(no. degree of freedom)
第十欄：理論 Gram-Charlier 分佈之卡方檢定值(χ^2-test)
第十一欄：理論 Gram-Charlier 分佈之顯著度檢定(significant)

D.8 *.CHR 檔案格式：各相關波浪參數檔

No.	Hmax	Tmax	H1/10	T1/10	H1/3	T1/3	Have	Tave	Hrms	Trms	Fpeak	Nu	Eps	NWV	m0	m1	m2	m3	m4	YY/MM/DD:HH
1	0.23	6.7	0.16	5.4	0.12	3.8	0.08	2.1	0.09	2.7	0.0879	1.4556	0.9911	240	0.2587E-02	0.1885E-04	0.2018E-04	0.6877E-06	0.3068E-06	2000/ 4/10:24
2	0.21	5.7	0.13	4.4	0.11	3.6	0.08	2.1	0.08	2.6	0.0039	1.8394	0.9911	237	0.2078E-02	0.7710E-05	0.1114E-04	0.1002E-06	0.9118E-07	2000/ 4/11: 1
3	0.28	10.3	0.17	5.2	0.12	3.8	0.08	2.3	0.09	3.0	0.0859	1.4685	0.9902	219	0.2451E-02	-0.3531E-06	0.1814E-04	-0.1709E-06	0.2110E-06	2000/ 4/11: 2
4	0.32	10.2	0.15	5.2	0.12	3.7	0.08	2.2	0.09	2.8	0.0996	1.5030	0.9909	232	0.2407E-02	0.8883E-05	0.1649E-04	0.1713E-06	0.1801E-06	2000/ 4/11: 3
5	0.24	8.6	0.15	4.9	0.12	3.7	0.08	2.5	0.09	3.2	0.0039	1.9113	0.9918	204	0.1977E-02	0.6198E-05	0.1299E-04	0.1707E-06	0.1416E-06	2000/ 4/11: 4
6	0.25	9.4	0.16	5.0	0.12	3.9	0.08	2.1	0.09	2.7	0.0996	1.5425	0.9935	239	0.2652E-02	0.1160E-04	0.2151E-04	0.4140E-06	0.2951E-06	2000/ 4/11: 5
7	0.36	8.3	0.20	6.0	0.14	4.2	0.09	2.4	0.10	3.2	0.0977	1.4994	0.9923	211	0.2995E-02	0.2490E-05	0.2705E-04	-0.4128E-07	0.4096E-06	2000/ 4/11: 6
8	0.31	7.5	0.19	5.5	0.13	4.3	0.09	2.4	0.10	3.1	0.0039	1.4828	0.9924	209	0.2879E-02	-0.1880E-04	0.2522E-04	-0.4531E-06	0.3474E-06	2000/ 4/11: 7
9	0.31	8.0	0.21	6.4	0.14	4.5	0.09	2.3	0.10	3.1	0.0996	1.3909	0.9916	217	0.3435E-02	0.4435E-05	0.3095E-04	0.2175E-06	0.4307E-06	2000/ 4/11: 8
10	0.27	10.0	0.19	6.2	0.13	4.8	0.09	2.5	0.10	3.4	0.0996	1.3466	0.9916	199	0.2831E-02	0.1014E-04	0.2218E-04	0.1813E-06	0.2583E-06	2000/ 4/11: 9
11	0.24	7.2	0.16	5.0	0.13	3.9	0.08	2.2	0.09	2.8	0.1055	1.4725	0.9909	231	0.2778E-02	-0.1394E-04	0.2179E-04	-0.3080E-06	0.2649E-06	2000/ 4/11:10
12	0.25	5.1	0.15	4.9	0.12	4.0	0.08	2.3	0.09	2.8	0.0977	1.5806	0.9923	218	0.2426E-02	-0.1349E-04	0.1740E-04	-0.3326E-06	0.2029E-06	2000/ 4/11:11
13	0.35	8.9	0.19	5.6	0.14	4.5	0.08	2.3	0.10	3.1	0.0957	1.3719	0.9931	221	0.3342E-02	0.1306E-04	0.3085E-04	0.2943E-06	0.4412E-06	2000/ 4/11:12
14	0.34	9.2	0.18	5.7	0.13	4.3	0.08	2.3	0.09	3.0	0.0996	1.3233	0.9922	222	0.3108E-02	-0.9011E-05	0.2738E-04	-0.2697E-07	0.3673E-06	2000/ 4/11:13
15	0.26	8.3	0.16	5.9	0.12	4.1	0.08	2.1	0.09	3.0	0.0117	1.5162	0.9934	228	0.3136E-02	0.8471E-05	0.2643E-04	0.3272E-06	0.3485E-06	2000/ 4/11:14
16	0.22	8.1	0.15	5.1	0.12	4.1	0.08	2.2	0.09	2.9	0.0840	1.5519	0.9917	225	0.2499E-02	0.5477E-05	0.1724E-04	0.1208E-06	0.1751E-06	2000/ 4/11:15
17	0.41	10.4	0.27	8.7	0.18	5.8	0.10	3.0	0.12	4.0	0.0820	1.0284	0.9932	168	0.4783E-02	-0.2512E-04	0.6852E-04	-0.3904E-06	0.1558E-05	2000/ 4/11:16
18	0.27	8.4	0.16	5.3	0.12	4.3	0.08	2.4	0.09	3.1	0.0039	1.5943	0.9928	209	0.2640E-02	0.1002E-04	0.2049E-04	0.3134E-06	0.2489E-06	2000/ 4/11:17
19	0.28	7.4	0.17	5.2	0.13	4.1	0.08	2.3	0.09	2.9	0.0859	1.5246	0.9916	222	0.2819E-02	0.5166E-07	0.2184E-04	-0.5839E-07	0.2541E-06	2000/ 4/11:18
20	0.41	10.4	0.20	6.6	0.13	4.5	0.09	2.3	0.10	3.1	0.0918	1.3175	0.9928	216	0.3462E-02	0.2046E-04	0.3882E-04	0.1113E-05	0.7643E-06	2000/ 4/11:19

……

欄位說明：

第一欄：流水號
第二欄：最大波高(M)
第三欄：最大波週期(Sec)
第四欄：最大 1/10 波高(M)
第五欄：最大 1/10 波週期(Sec)
第六欄：最大 1/3 波高(M)
第七欄：最大 1/3 波週期(Sec)
第八欄：平均波高(M)
第九欄：平均波週期(Sec)
第十欄：均方根波高(M)
第十一欄：均方根週期(Sec)
第十二欄：譜峰頻率(Hz)
第十三欄：譜寬參數ν
第十四欄：譜寬參數ε
第十五欄：零切法個別波數目
第十六欄：O次頻譜矩(m_0)
第十七欄：一次頻譜矩(m_0)
第十八欄：二次頻譜矩(m_0)
第十九欄：三次頻譜矩(m_0)
第二十欄：四次頻譜矩(m_0)
第廿一欄：取樣日期時間

D.9 *.DIS 檔案格式：波高週期之出現機率分佈檔

```
0.1000 64.7698    1.0000 37.1236
0.2000 26.4034    2.0000 15.1326
0.3000    4.8509    3.0000    8.8530
0.4000    3.0312    4.0000 11.5093
0.5000    0.7295    5.0000 10.4029
0.6000    0.1748    6.0000    5.8542
0.7000    0.0374    7.0000    2.8857
0.8000    0.0020    8.0000    1.9298
0.9000    0.0010    9.0000    1.7045
```

欄位說明：

第一欄：波高，以 0.1 M 為間距
第二欄：波高的出現百分機率
第三欄：週期，以 1 秒為間距
第四欄：週期的出現百分機率

D.10 *.FIT 檔案格式：波高分佈之理論套配檢定資料檔

No.	NWV	NDF	NCHSQ	NSIG	RDF	RCHSQ	RSIG	WDF	WCHSQ	WSIG	ALPHA	BETA
1	240	14.0000	3.8146	0.9965	14.0000	3.6659	0.9972	14.0000	3.7492	0.9968	2.3940	0.7466
2	237	14.0000	4.4334	0.9922	14.0000	4.0700	0.9950	14.0000	4.9512	0.9865	2.9299	0.7188
3	219	13.0000	10.8813	0.6208	13.0000	2.6481	0.9989	13.0000	3.9855	0.9913	2.3374	0.7542
4	232	14.0000	7.7562	0.9016	14.0000	2.3682	0.9998	14.0000	1724.7144	0.0000	2.3485	0.7577
5	204	13.0000	6.6307	0.9202	13.0000	3.2034	0.9971	13.0000	4.6492	0.9821	2.6178	0.7361
6	239	14.0000	3.6819	0.9971	14.0000	2.9028	0.9992	14.0000	3.0480	0.9990	2.1345	0.7695
7	211	13.0000	403.5026	0.0000	13.0000	2.2940	0.9995	13.0000	3.5610	0.9950	1.9009	0.7883
8	209	13.0000	18.4709	0.1404	13.0000	2.2832	0.9995	13.0000	3.1064	0.9975	2.0701	0.7756
9	217	13.0000	2.6971	0.9988	13.0000	2.4782	0.9993	13.0000	2.5197	0.9992	1.8918	0.7913
10	199	13.0000	3.0116	0.9979	13.0000	2.7542	0.9987	13.0000	2.8010	0.9986	2.0133	0.7757
11	231	14.0000	3.6968	0.9970	14.0000	3.5777	0.9975	14.0000	3.6490	0.9972	2.3751	0.7467
12	218	13.0000	4.9808	0.9756	13.0000	3.0834	0.9976	13.0000	4.0554	0.9906	2.5379	0.7402
13	221	13.0000	21.7539	0.0593	13.0000	2.0511	0.9997	13.0000	4.4078	0.9860	1.9579	0.8004
14	222	13.0000	40.5650	0.0001	13.0000	2.0884	0.9997	13.0000	7.7339	0.8605	2.0678	0.7831
15	228	14.0000	6.7878	0.9426	14.0000	2.9679	0.9991	14.0000	3.7076	0.9970	2.3083	0.7569
16	225	14.0000	3.7508	0.9968	14.0000	3.5891	0.9975	14.0000	3.6850	0.9971	2.4187	0.7447
17	168	11.0000	2.5831	0.9952	11.0000	2.1652	0.9978	11.0000	2.5133	0.9957	1.7654	0.8391
18	209	13.0000	19.3773	0.1119	13.0000	2.5801	0.9991	13.0000	4.8511	0.9783	2.3241	0.7527
19	222	13.0000	4.1373	0.9896	13.0000	2.7373	0.9987	13.0000	3.1505	0.9973	2.2948	0.7573
20	216	13.0000	4.8276	0.9788	13.0000	7.9235	0.8485	13.0000	18.3692	0.1440	1.8449	0.7945

欄位說明：

第一欄：流水號
第二欄：零切法個別波數目
第三欄：理論正規分佈(normal distribution)之自由度檢定(no. degree of freedom)
第四欄：理論正規分佈(normal distribution)之卡方檢定值(χ^2-test)
第五欄：理論正規分佈(normal distribution)之顯著度檢定(significant)
第六欄：理論 Rayleigh 分佈之自由度檢定(no. degree of freedom)
第七欄：理論 Rayleigh 分佈之卡方檢定值(χ^2-test)
第八欄：理論 Rayleigh 分佈之顯著度檢定(significant)
第九欄：理論 Weibull 分佈之自由度檢定(no. degree of freedom)
第十欄：理論 Weibull 分佈之卡方檢定值(χ^2-test)
第十一欄：理論 Weibull 分佈之顯著度檢定(significant)
第十二欄：理論 Weibull 分佈之α參數
第十三欄：理論 Weibull 分佈之β參數

D.11 *.JHT 檔案格式：平均週期與示性波高之聯合分佈檔

0.8000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000
0.7000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.6000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0172	0.0081	0.0020
0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.4000	0.0000	0.0010	0.0030	0.0404	0.0889	0.0182	0.0020
0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.2000	0.0000	0.0162	0.1809	0.1546	0.0303	0.0000	0.0000
0.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.00	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00

說明：
縱軸為示性波波高(M)；橫軸為示性波週期(Sec)

D.12 *.TEC 檔案格式：平均週期與示性波高之聯合分佈 Tecplot 資料檔

```
TITLE=" JOINT DISTRIBUTION"
VARIABLES=" TMEAN (SEC)" ,                    " H1/3 (M)" ," %"
ZONE N=    63, E=    96, F=FEPOINT,ET=TRIANGLE
          0.0000          0.0000          0.0000
          1.0000          0.0000          0.0000
          2.0000          0.0000          0.0000
          3.0000          0.0000          0.0000
          4.0000          0.0000          0.0000
          5.0000          0.0000          0.0000
          6.0000          0.0000          0.0000
          0.0000          0.1000          0.0000
          1.0000          0.1000          0.0000
          2.0000          0.1000          0.0000
          3.0000          0.1000          0.0000
          4.0000          0.1000          0.0000
          5.0000          0.1000          0.0000
          6.0000          0.1000          0.0000
          0.0000          0.2000          0.0000
          1.0000          0.2000          0.0162
          2.0000          0.2000          0.1809
          3.0000          0.2000          0.1546
          4.0000          0.2000          0.0303
          5.0000          0.2000          0.0000
……
                1               2               8
                2               9               8
                2               3               9
                3              10               9
                3               4              10
                4              11              10
                4               5              11
                5              12              11
                5               6              12
                6              13              12
……
```

D.13 *.RTO 檔案格式：各相關波浪參數比值檔

No.	Hmx/H10	Hmx/H13	Hmx/Hav	H10/H13	H10/Hav	H13/Hav	Hav/Hrm	Tmx/T10	Tmx/T13	Tmx/Tav	T10/T13	T10/Tav	T13/Tav	Tav/Trm	Hmx/m0^ 0.5	H10/m0^ 0.5	H13/m0^ 0.5	Hav/m0^ 0.5	Hrm/m0^ 0.5	Tmx/Tp	T10/Tp	T13/Tp	Tav/Tp	Trm/Tp	YY/MM/DD:HH
1	1.434	1.921	2.835	1.339	1.976	1.475	0.916	1.246	1.745	3.184	1.401	2.555	1.824	0.775	4.427	3.087	2.304	1.562	1.705	0.586	0.470	0.336	0.184	0.238	2000/ 4/10:24
2	1.526	1.876	2.616	1.230	1.715	1.394	0.941	1.273	1.584	2.651	1.244	2.083	1.674	0.811	4.515	2.959	2.406	1.726	1.834	0.022	0.017	0.014	0.008	0.010	2000/ 4/11: 1
3	1.701	2.255	3.366	1.326	1.979	1.493	0.910	2.000	2.731	4.472	1.365	2.236	1.638	0.774	5.682	3.340	2.520	1.688	1.854	0.885	0.443	0.324	0.198	0.256	2000/ 4/11: 2
4	2.055	2.735	3.903	1.331	1.899	1.427	0.918	1.952	2.751	4.664	1.410	2.389	1.695	0.782	6.426	3.126	2.349	1.646	1.793	1.013	0.519	0.368	0.217	0.278	2000/ 4/11: 3
5	1.586	2.021	2.881	1.274	1.816	1.426	0.930	1.763	2.352	3.501	1.334	1.985	1.489	0.766	5.297	3.339	2.622	1.839	1.978	0.034	0.019	0.014	0.010	0.013	2000/ 4/11: 4
6	1.561	2.134	3.320	1.367	2.127	1.556	0.894	1.881	2.392	4.480	1.272	2.381	1.873	0.777	4.934	3.161	2.312	1.486	1.662	0.936	0.498	0.391	0.209	0.269	2000/ 4/11: 5
7	1.849	2.655	4.226	1.436	2.285	1.592	0.870	1.394	1.964	3.497	1.409	2.509	1.780	0.756	6.616	3.578	2.492	1.566	1.800	0.813	0.584	0.414	0.233	0.308	2000/ 4/11: 6
8	1.670	2.367	3.656	1.417	2.190	1.545	0.887	1.355	1.736	3.113	1.281	2.298	1.794	0.779	5.871	3.516	2.480	1.606	1.810	0.029	0.022	0.017	0.009	0.012	2000/ 4/11: 7
9	1.495	2.164	3.520	1.447	2.354	1.627	0.865	1.260	1.777	3.471	1.411	2.755	1.953	0.744	5.333	3.566	2.465	1.515	1.751	0.802	0.636	0.451	0.231	0.310	2000/ 4/11: 8
10	1.391	1.999	3.148	1.437	2.262	1.575	0.883	1.614	2.097	3.935	1.299	2.438	1.877	0.758	5.038	3.621	2.521	1.601	1.813	0.996	0.617	0.475	0.253	0.334	2000/ 4/11: 9
11	1.451	1.878	2.823	1.295	1.946	1.503	0.914	1.442	1.820	3.270	1.262	2.268	1.797	0.783	4.506	3.107	2.400	1.596	1.747	0.755	0.524	0.415	0.231	0.295	2000/ 4/11:10
12	1.608	2.096	3.056	1.304	1.900	1.458	0.925	1.051	1.272	2.236	1.211	2.128	1.757	0.805	4.981	3.097	2.376	1.630	1.763	0.500	0.476	0.393	0.224	0.278	2000/ 4/11:11
13	1.839	2.517	4.200	1.369	2.284	1.669	0.861	1.595	1.972	3.893	1.237	2.441	1.974	0.741	5.999	3.262	2.384	1.428	1.659	0.854	0.535	0.433	0.219	0.296	2000/ 4/11:12
14	1.875	2.556	4.058	1.363	2.164	1.588	0.878	1.631	2.144	4.060	1.314	2.489	1.894	0.761	6.050	3.227	2.367	1.491	1.698	0.918	0.563	0.428	0.226	0.297	2000/ 4/11:13
15	1.583	2.119	3.197	1.339	2.019	1.508	0.908	1.407	2.014	3.879	1.432	2.757	1.926	0.720	4.600	2.906	2.171	1.439	1.586	0.098	0.069	0.049	0.025	0.035	2000/ 4/11:14
16	1.450	1.866	2.782	1.287	1.918	1.491	0.916	1.582	2.006	3.633	1.268	2.296	1.811	0.782	4.476	3.086	2.399	1.609	1.756	0.683	0.432	0.341	0.188	0.240	2000/ 4/11:15
17	1.499	2.316	4.061	1.545	2.708	1.753	0.818	1.197	1.773	3.476	1.481	2.903	1.961	0.753	5.911	3.943	2.552	1.456	1.780	0.850	0.710	0.480	0.245	0.325	2000/ 4/11:16
18	1.706	2.256	3.361	1.323	1.970	1.490	0.912	1.567	1.947	3.487	1.242	2.225	1.791	0.781	5.304	3.110	2.351	1.578	1.731	0.033	0.021	0.017	0.009	0.012	2000/ 4/11:17
19	1.643	2.176	3.314	1.325	2.017	1.523	0.906	1.413	1.779	3.268	1.259	2.313	1.837	0.773	5.242	3.191	2.409	1.582	1.747	0.634	0.449	0.357	0.194	0.251	2000/ 4/11:18
20	2.088	3.080	4.868	1.475	2.331	1.581	0.861	1.586	2.290	4.455	1.444	2.809	1.946	0.745	7.039	3.372	2.286	1.446	1.680	0.954	0.602	0.417	0.214	0.287	2000/ 4/11:19

……

欄位說明：

第一欄：流水號

第二欄：$H_{max}/H_{1/10}$ 比值

第三欄：$H_{max}/H_{1/3}$ 比值

第四欄：H_{max}/H_{mean} 比值

第五欄：$H_{1/10}/H_{1/3}$ 比值

第六欄：$H_{1/10}/H_{mean}$ 比值

第七欄：$H_{1/3}/H_{mean}$ 比值

第八欄：H_{mean}/H_{rms} 比值

第九欄：$T_{max}/T_{1/10}$ 比值

第十欄：$T_{max}/T_{1/3}$ 比值

第十一欄：T_{max}/T_{mean} 比值

第十二欄：$T_{1/10}/T_{1/3}$ 比值

第十三欄：$T_{1/10}/T_{mean}$ 比值

第十四欄：$T_{1/3}/T_{mean}$ 比值

第十五欄：T_{mean}/T_{rms} 比值

第十六欄：$H_{max}/m_0^{1/2}$ 比值

第十七欄：$H_{1/10}/m_0^{1/2}$ 比值

第十八欄：$H_{1/3}/m_0^{1/2}$ 比值

第十九欄：$H_{mean}/m_0^{1/2}$ 比值

第二十欄：$H_{rms}/m_0^{1/2}$ 比值

第廿一欄：T_{max}/T_{peak} 比值

第廿二欄：$T_{1/10}/T_{peak}$ 比值

第廿三欄：$T_{1/3}/T_{peak}$ 比值

第廿四欄：T_{mean}/T_{peak} 比值

第廿五欄：T_{rms}/T_{peak} 比值

第廿六欄：取樣日

附錄 E　波壓觀測相關檔案範例與格式說明

E.1 *.ASC 檔案格式一：波壓與地震觀測的原始記錄(區塊式)

Station Name Station1
Trigger Time 2003/07/10 18:05:37.00
Delay Time(s) 0.000
Last Corrected Time 2003/07/10 18:05:30
Sampling Freq(Hz) 100
Duration Time(s) 60.000
Number of Data 6000
Number of Channels 12
Channel Name CH1
Unit of Data gal
Max. Amplitude -0.06445
-0.0039,0.0039,0.0039,0.0098,0.0127,0.0117,0.0000,0.0205,0.0010,0.0020
-0.0020,0.0117,0.0088,0.0010,-0.0039,-0.0020,0.0098,-0.0078,0.0078,0.0068
0.0010,0.0049,-0.0068,0.0000,-0.0049,0.0029,-0.0195,-0.0127,-0.0029,-0.0078
0.0078,-0.0137,0.0176,0.0225,0.0117,0.0000,-0.0049,-0.0078,-0.0088,-0.0293
-0.0342,-0.0234,-0.0186,-0.0225,-0.0439,-0.0332,-0.0400,-0.0225,-0.0371,-0.0273
……
0.0088,0.0029,0.0186,0.0010,0.0078,0.0146,0.0156,0.0186,0.0068,0.0078
0.0107,0.0176,0.0146,0.0146,-0.0059,0.0225,0.0107,0.0137,0.0117,0.0107
0.0098,0.0049,0.0049,0.0059,0.0068,0.0049,0.0049,0.0117,-0.0010,-0.0039
0.0107,0.0088,0.0156,0.0098,0.0049,-0.0098,0.0166,0.0078,0.0000,0.0088
Channel Name CH2
Unit of Data gal
Max. Amplitude 111.06348
-38.9609,-41.6006,-43.9580,-46.3955,-48.4902,-50.3506,-52.2305,-53.6719,-54.9775,-56.1416
-56.9453,-57.5889,-57.9600,-58.0586,-57.9492,-57.6104,-56.9648,-56.0801,-54.9570,-53.5723
-51.9775,-50.2139,-47.9238,-45.6367,-43.2451,-40.2373,-37.3867,-34.0225,-30.6514,-27.3203
-23.3584,-19.6406,-15.7451,-11.3457,-7.3613,-3.0615,1.4277,5.7676,10.4199,14.6768
18.9346,23.7354,28.0020,32.3691,36.6572,40.6514,44.9307,48.8359,52.3926,56.2715
59.5342,62.6904,65.9561,68.6084,71.3457,73.6211,75.6162,77.4766,79.0010,80.2607
……

E.2 *.ASC 檔案格式二：波壓與地震觀測的原始記錄(單欄條列式，單頻道的格式雷同)

```
Station Name            Station2Period
Trigger Time            2004/01/07 08:00:00.00
Delay Time(s)           0.000
Last Corrected Time     -
Sampling Freq(Hz)       10
Duration Time(s)        1200.000
Number of Data          12000
Number of Channels      6
Channel Name            CH1
Unit of Data            kpa
Max. Amplitude          -0.30342
-0.0090820314
-0.0118164064
-0.0147460940
-0.0179687503
-0.0194335940
-0.0181640628
-0.0181640628
-0.0177734378
-0.0164062502
-0.0159179690
-0.0142578127
……
-0.2456054724
-0.2450195349
-0.2441406286
-0.2426757849
-0.2428710974
-0.2431640661
Channel Name            CH2
Unit of Data            kpa
Max. Amplitude          0.25439
0.0009765625
0.0005859375
-0.0001953125
-0.0009765625
-0.0014648438
-0.0016601563
……
```

附錄 F　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。

1. 基本控制方程式

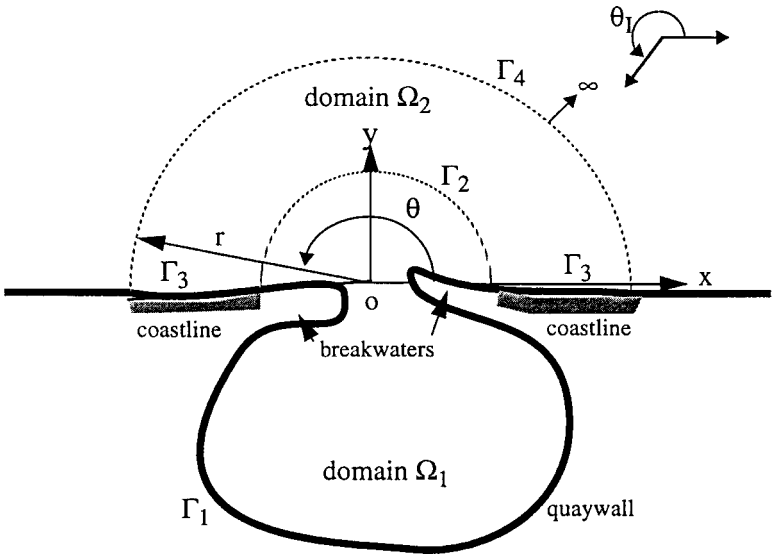


圖 1　港池水面波動邊界值問題定義圖

如圖 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。

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

$$\nabla \bullet \left(CC_g \nabla \phi\right) + \omega^2 \frac{C_g}{C} \phi = 0 \qquad (1)$$

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

$$\nabla \bullet \left(\lambda CC_g \nabla \phi\right) + CC_g k^2 \phi = 0 \qquad (2)$$

其中，$\lambda=(1+(i\beta a_I/hsinhkh)e^{i\gamma})^{-1}$；$i=\sqrt{-1}$；$\beta$為無因次量的摩擦係數；$a_I$為入射波振幅；$\gamma$為相位角。由於本文主要是建立數值波動模式，而且$\beta$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$\beta=0$。

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 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(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：

港池區Ω_1的波動控制方程式為

$$\nabla \bullet \left(\lambda CC_g \nabla \phi_{\Omega_1}\right) + CC_g k^2 \phi_{\Omega_1} = 0 \qquad (3)$$

其中，$\phi_{\Omega 1}$為港池區Ω_1內的速度勢。

在邊界Γ_1上的邊界條件分別為

$$\frac{\partial \phi_{\Omega_1}}{\partial n_{\Omega_1}} - \alpha \phi_{\Omega_1} = 0 \qquad (4)$$

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。

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$\phi_{\Omega 2}$可表示為

$$\phi_{\Omega_2} = \phi_0 + \phi_S = \left(\phi_I + \phi_R\right) + \phi_S \qquad (5)$$

其中，$\phi_{\Omega 2}$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。$\phi_{\Omega 2}$，ϕ_0及ϕ_S應分別滿足式(2)的控制方程式，即

$$\nabla \bullet \left(\lambda CC_g \nabla \phi_{\Omega_2}\right) + CC_g k^2 \phi_{\Omega_2} = 0 \qquad (6)$$

$$\nabla \bullet \left(\lambda CC_g \nabla \phi_0\right) + CC_g k^2 \phi_0 = 0 \qquad (7)$$

及

$$\nabla \bullet \left(\lambda CC_g \nabla \phi_S\right) + CC_g k^2 \phi_S = 0 \qquad (8)$$

在邊界面Γ_3上的邊界條件分別為

$$\frac{\partial \phi_{\Omega_2}}{\partial n_{\Omega_2}} - \alpha \phi_{\Omega_2} = 0 \tag{9}$$

$$\frac{\partial \phi_0}{\partial n_{\Omega_2}} - \alpha \phi_0 = 0 \tag{10}$$

及

$$\frac{\partial \phi_S}{\partial n_{\Omega_2}} - \alpha \phi_S = 0 \tag{11}$$

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

$$\lim_{r\to\infty} \sqrt{r}\left(\frac{\partial}{\partial r} - \frac{ik}{\sqrt{\lambda}}\right)\phi_S = 0 \tag{12}$$

其中，r 是極座標系統裡自原點 O 至指定點的距離（參考圖 1）。

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

$$\frac{\partial \phi_{\Omega_2}}{\partial n_{\Omega_2}} = -\frac{\partial \phi_{\Omega_1}}{\partial n_{\Omega_1}} \tag{13}$$

及

$$\phi_{\Omega_2} = \phi_{\Omega_1} \tag{14}$$

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

$$F(\phi) = \frac{1}{2}\iint_{\Omega_1}\left(\lambda CC_g \nabla^2 \phi_{\Omega_1} - CC_g k^2 \phi_{\Omega_1}^2\right)dA + \frac{1}{2}\iint_{\Omega_2}\left(\lambda CC_g \nabla^2 \phi_S - CC_g k^2 \phi_S^2\right)dA$$

$$-\frac{1}{2}\int_{\Gamma_1}\alpha\lambda CC_g \phi_{\Omega_1}^2 dL + \int_{\Gamma_2}\lambda CC_g \frac{\partial \phi_0}{\partial n_{\Omega_2}}\phi_{\Omega_2} dL - \frac{1}{2}\int_{\Gamma_3}\alpha\lambda CC_g \phi_S^2 dL - \frac{1}{2}\int_{\Gamma_4} ik\frac{CC_g}{\sqrt{\lambda}}\phi_S^2 dL \tag{15}$$

透過離散化的處理，式(15)可以改寫成矩陣型式。式(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(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。

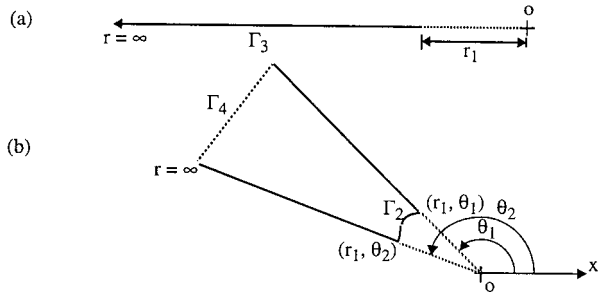


圖 2　無限元素定義圖。(a)單節點無限元素；(b)雙節點無限元素

如圖 2 所示，圖 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

$$N_r = \sqrt{\frac{r_1}{r}} \exp\left(i \frac{k}{\sqrt{\lambda}} (r - r_1) \right), \qquad 0<r_1 \le r \le \infty \tag{16}$$

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

$$\phi_S(r) = N_r \phi_S(r_1) \tag{17}$$

圖 2(b)為一雙節點的扇形無限元素，其相關的形狀函數為

$$N_{r\theta_1} = \frac{\theta_2 - \theta}{\Delta\theta} N_r, \quad N_{r\theta_2} = \frac{\theta - \theta_1}{\Delta\theta} N_r \tag{18}$$

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

$$\phi_S(r,\theta) = N_{r\theta_1} \phi_S(r_1,\theta_1) + N_{r\theta_2} \phi_S(r_2,\theta_2) \tag{19}$$

經過有限元素法與無限元素的離散化處理後，式(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

$$(K_D)_i = \left| \frac{\phi_i}{2\phi_I} \right|, \qquad i=1...N \tag{20}$$

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)。

3. 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$\phi_0 = \phi_I + K_R \phi_R$。

附錄 G 董啟超教授在海洋大學/港研中心演講內容

主題一

Title: Risk assessment

By **Chi C. Tung**
Professor emeritus, department of Civil, Construction and Environmental Engineering
North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA

I Introductory Remarks

To design a structure, three pieces of information are necessary: (1) the force the structure is designed to resist, (2) the response of the structure, and (3) the resistance or strength of the structure.

The following are two examples.

(A) To design a building (see Figure D.1) to resist earthquake excitations, one must know

(1) ground accelerations,

(2) stresses induced in various members and foundation of the structure, and

(3) strengths of the materials of the structure and that of the foundation soil.

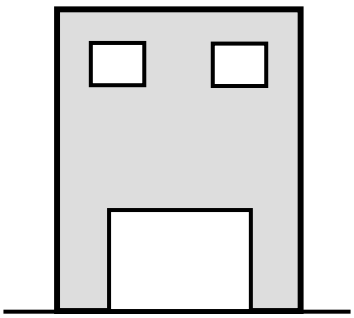


Figure D.1 Building

(B) To design a caisson breakwater (see Figure D.2) to resist wave attacks, one must know

(1) wave forces,

(2) stresses induced in the caisson structure and in the seabed soil and perhaps the movement of the caisson such as sliding and rocking motions.

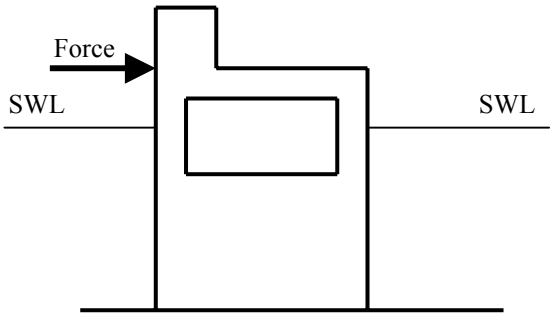


Figure D.2 Caisson

The forcing functions, the responses and the resistances of a structure all involve uncertainties which must be taken into consideration in the design of a structure.

II Uncertainties

(A) Uncertainty of forcing functions

During the life of a structure, earthquakes or storms of various magnitudes occur with varying frequencies (see Figure D.3). Both the magnitude and frequency of occurrence of these natural phenomena and hence the forcing functions they generate are inherently random and can not be predicted with any degree of certainty.

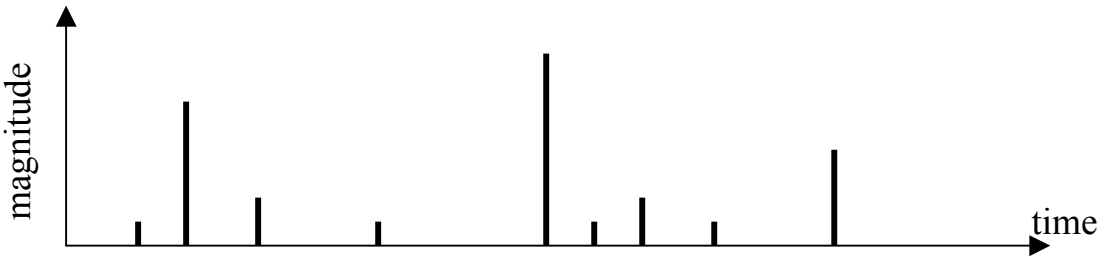


Figure D.3 Occurrence of events

(B) Uncertainty of models

The design of a structure involves modeling. Thus, a building may be modeled as a rigid frame (see Figure D.1) and a caisson may be modeled as a rigid body. In an earthquake, ground acceleration at a point can be decomposed into two horizontal and one vertical orthogonal components. For convenience, in practice, only one horizontal component is considered. The irregular, short-crested waves may be modeled as monochromatic and unidirectional. The materials of a building are often assumed to be linearly elastic and the characteristics of the seabed on which a caisson rests is, to say the least, difficult to model.

(C) Statistical uncertainty

Since earthquakes ground accelerations and storm waves are random, their magnitudes and frequencies of occurrence are described by probability functions. The parameters of these probability functions are derived from limited statistical/ historical data which necessarily involve uncertainty.

III Risk analysis

In line with what is discussed in I and II, because of all the uncertainties involved, the safety of a structure can not be stated with certainty but must be given in probabilistic terms. The probabilistic assessment of the condition of a structure is referred to as risk analysis or risk assessment. Risk-analysis of a structure generally involves the following few steps:

(A) Develop a hazard function for the site of the structure. That is, find the probability of exceedance of various levels of excitation (see Figure D.4).

(B) For a given level of excitation perform structural response analysis and express structural response as function of level of excitation (see Figure D.5).

(C) Construct structural fragility curves. That is, for a given level of excitation, and hence response, determine possible structural damages (see Figure D.6).

(D) Find the costs of damages (see Figure D.7).

(E) Revise the design of the structure to minimize total cost.

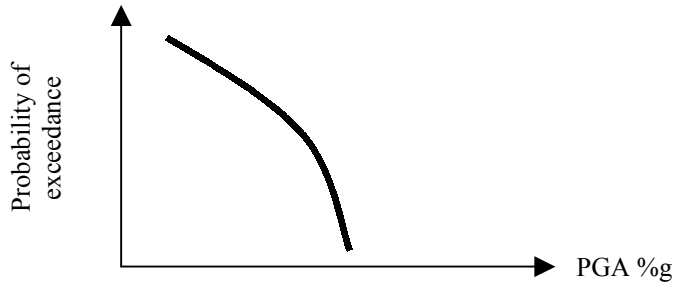


Figure D.4 Hazard function

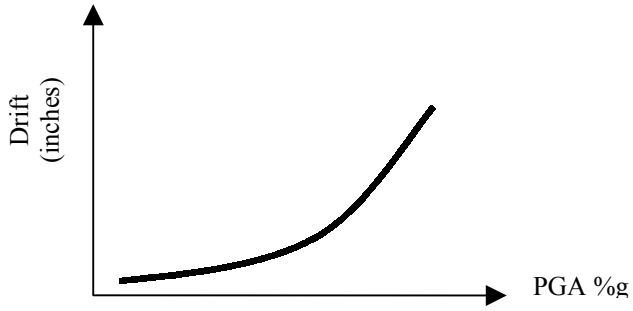


Figure D.5 Response function

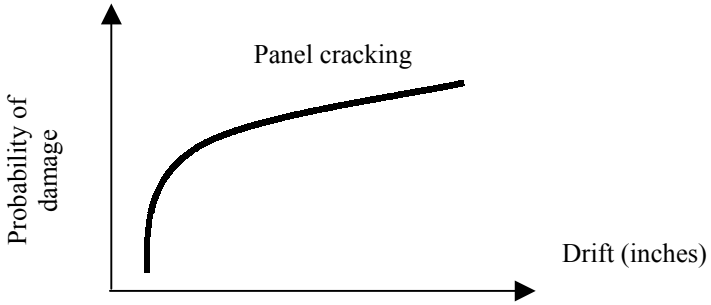


Figure D.6 Fragility curve

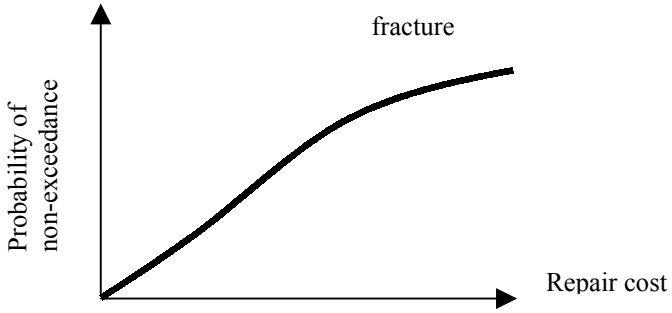


Figure D.7 Cost curve

IV Hazard function for a site

In the following, two examples are given. The first one illustrates how hazard function can be derived for tsunami risk analysis; the material is taken from the work of Professor I-Chen Lin of TKU. The second one shows how hazard functions are obtained for study of harbor tranquility; the material is taken from the work of Professor J. G. Lin of NTOU.

(A) Tsunami risk model ("A preliminary investigation of tsunami risk" by I-Chen Lin, PhD dissertation, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA, 1981.)

Since hazard function is intended for a site but few historical and statistical data are available for a specific site, the approach has been to establish a model for the generation of tsunamigenic earthquakes (source model) and adopt a model for the propagation of tsunami waves from the source to the site from which the wave climate (water level) at the site can be determined.

The source model assumes that tsunamigenic earthquakes are caused by the rupture of an underwater fault. Figure 8 shows a fault and the site. Rupture can take place anywhere on the fault with equal probability. The distance, r, from the source to the site is therefore random and is denoted by *R*. The magnitude of tsunamigenic earthquake is measured by seismic moment $m_{0,}$ which is also random, and is denoted by M_0.

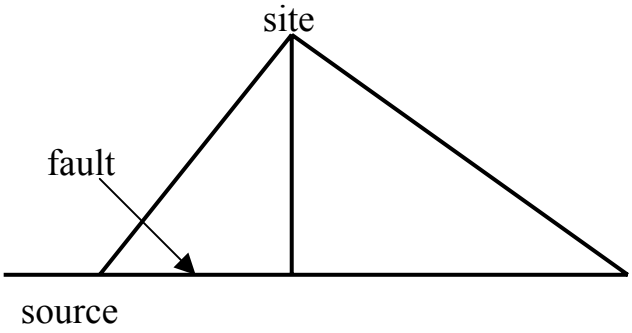


Figure D.8 Source-site relation

Based on studies of seismology and hydrodynamics, the random water level *Y* at the site is related to M_0 and *R* by the following:

$$Y = D_1(\frac{M_0}{R}) - D_2(\frac{M_0}{R})^{4/3}$$

where *D1* and *D2* are deterministic constants. The probability density function of M_0 is

$$f_{M_0}(m_0) = \frac{\alpha}{m_0^{\beta}}$$

The probability density function of *R* is, From Figure D.8,

$$f_R(r) = \frac{2r}{l\sqrt{r^2 - r_0^2}}$$

Thus, the probability density function of *Y* can be found. Let the probability distribution function of *Y* greater than or equal to y be denoted by *q(y)*. This is in fact the conditional probability distribution function of *Y* given an earthquake has occurred at the source.

To assess tsunami risk, we must make an estimate of the number of tsunamigentic earthquakes generated from the fault for a given period of time, say, a year. This is done by assuming that the occurrence of tsunamigenic earthquakes is rare and can be modeled by the Poisson point process. If, based on historical and statistical information, the average number of earthquakes per year is ν, then

$$P(k\ earthquakes\ per\ year) = \frac{\upsilon^k e^{-\nu}}{k!} \quad k = 0,1,2,3,...$$

where *P(.)* is probability of the event enclosed in the parentheses. Probability distribution function for water level Y at the site per year is, therefore, by the theorem of total probability,

$$F_Y(y)_{1year}$$
$$= P(Y \le y)_{1year}$$
$$= \sum_{k=1}^{\infty} P(Y \le y \mid k\ earthquakes\ per\ year) P(k\ earthquakes\ per\ year)$$

where *P(A|B)* is conditional probability of A given B. It may be shown that

$$P(Y \le y \mid k\ earthquakes\ per\ year) = [1 - q(y)]^k$$

where *q(y)* is probability that $Y \ge y$, given an earthquake has occurred as mentioned earlier.

It follows that

$$F_y(y)_{1year} = \sum_{k=1}^{\infty} [1 - q(y)]^k \frac{\nu^k e^{-\nu}}{k!} = e^{-\nu q(y)}$$

so that, in a year, the probability that water level at the site exceeds an arbitrary value y is

$$P(Y \ge y)_{1year} = 1 - e^{-\nu q(y)}$$

Since we are primarily interested in extreme events (high water level), *q(y)* is small, in which case,

$$P(Y \ge y)_{1year} \cong \nu q(y)$$

This is the so called hazard function we seek to determine.

(B) Long term estimation of wave conditions in a harbor ("Statistical properties of wave conditions in harbors" Jaw-Guei Lin, PhD dissertation, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA, 1995.)

Wave conditions in a harbor are determined by wave conditions offshore in the vicinity of the harbor. Since occurrence of storms is highly uncertain, their prediction must rely on historical and statistical data. Table D.1 is an example of data collected of waves offshore. The first column shows significant wave height *Hs* and the first row, significant wave period *Ts*. The entries in the table are the joint probabilities of the random variables *Hs* and *Ts*. Some times, the main direction of waves are also recorded (see Y. Goda, Random seas and design of maritime structures, University of Tokyo Press, 1985.) In this example, we consider waves advance only in one direction θ_1.

Table D.1

		Ts *(sec)*						
		4	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**	**16**
Hs *(m)*	**14**							
	12							
	10							
	8					0.06	0.06	0.04
	6			0.04	0.06	0.06	0.06	0.04
	4			0.04	0.04	0.06	0.04	0.04
	2		0.04	0.06	0.08	0.06	0.04	0.06

Let the site be a point in the harbor and let the subscript *I* represent incident wave. Each pair $\{(H_S)_I, (T_S)_I\}$ in the table represents a wave that may be treated either as a monochromatic wave or as a random wave train (see Y. Goda, Random seas and design of maritime structures, University of Tokyo Press, 1985) These waves are propagated to the site numerically for the specified direction θ_I. The wave height at the site is denoted by H. The probability that H is greater than or equal to an arbitrary value h caused by an incident wave(s) with significant wave height $(H_S)_I$ and significant wave period $(T_S)_I$, denoted $P[(H \geq h)| (H_S)_I, (T_S)_I]$, can be found. By the theorem of total probability, we have

$$P(H \geq h) = \sum P[H \geq h \,|\, (H_s)_I, (T_s)_I] P[(H_s)_I (T_s)_I]$$

where $P[(H_S)_I, (T_S)_I]$ is the joint probability of $(H_S)_I$ and $(T_S)_I$ (entries of $(H_S)_I$ and $(T_S)_I$ in Table 1) and the summation extends over all values of $(H_S)_I$ and $(T_S)_I$.

This is in fact the probability of exceedance, $q(y)$, of water level Y in the tsunami risk model.

V Structural response

From the hazard function, one must decide the level probability of exceedance of the level of forcing function a structure is to be designed for. In the case of earthquake ground acceleration, it is usually the peak value of ground acceleration. Once the peak ground acceleration is specified, the corresponding ground acceleration time history can be treated either as a deterministic time history or as an ensemble of time histories all having the same peak acceleration but of different wave form. If a single time history of ground acceleration is used, the structural responses (forces and stresses and deformations and strains) are found. If an ensemble of time histories is used, then an ensemble of structural responses is sought from which the statistical properties (means and variances, for example) are obtained.

In the case of a caisson, similarly, from the hazard function constructed for the site where the caisson is located, a level of probability of exceedance of the level of significant wave height must be selected. Once the significant wave height is chosen, the wave may be considered as a single monochromatic or irregular wave and the response of the caisson is calculated accordingly. On the other hand, the wave may be treated as an ensemble of waves and an ensemble of caisson responses is obtained from which the statistical properties of the caisson responses are calculated.

VI Damages or failures of structure

If we treat both the forcing function and the strength (resistance) of a structure as deterministic quantities, it is an easy matter to determine whether the structure suffers damage or failure, if damages and failures are clearly defined. If we treat the forcing function as random but the strength (resistance) as deterministic, it is still an easy matter to find the probability of damages or failures. More often than not, both the forcing function and the strength (resistance) are random. In this case, the probability of damage or failure can be obtained in the following manner:

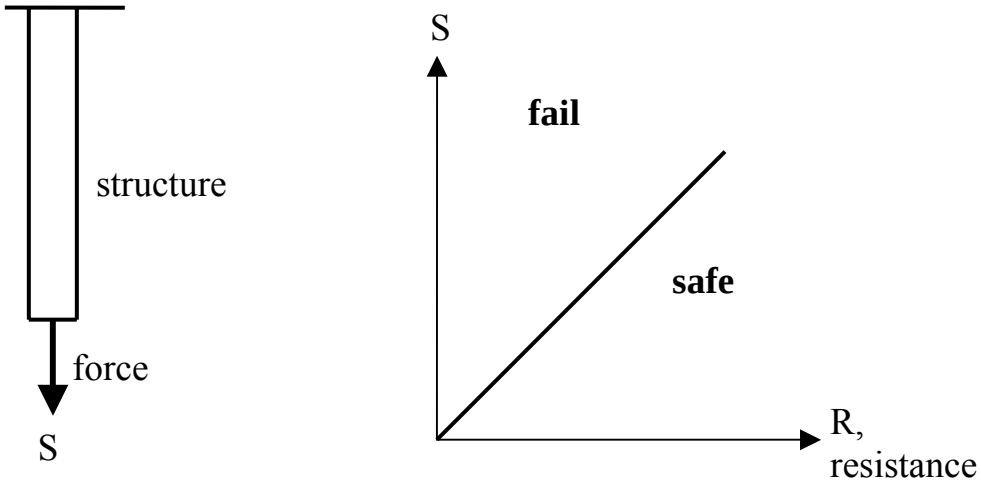


Figure D.9 Structure fail/safe regions

Referring to Figure D.9, let the random force on the rod be S with probability density function $f_S(.)$ and the random resistance be R whose probability density function is $f_R(.)$. The probability of failure can be shown to be given by

$$p_f = \int_0^\infty \left[\int_r^\infty f_S(s)ds \right] f_R(r)dr$$

If the resistance is considered deterministic and is equal to r_0, then

$$p_f = \int_{r_0}^\infty f_S(s)ds$$

Now consider the case of a caisson (see Figure D.10) placed on a base with friction coefficient μ, subjected to a single horizontal force F applied through the center of mass of the body, expressed in terms of it weight mg as $F=mgk$ where m is mass of the caisson, g is gravitational acceleration and k is a non-dimensional quantity. It can be shown that the caisson will remain at rest if the values of μ (resistance) and k (force) lie in the shaded region in Figure D.10. Denoting the probability density functions of μ and k as $f_\mu(.)$ and $f_k(.)$ respectively, the probability that the caisson will remain at rest (safe) is

$$p_s = \int_{k=0}^\infty \left[\int_{\mu=k}^\infty f_\mu(\mu)d\mu \right] f_k(k)dk$$

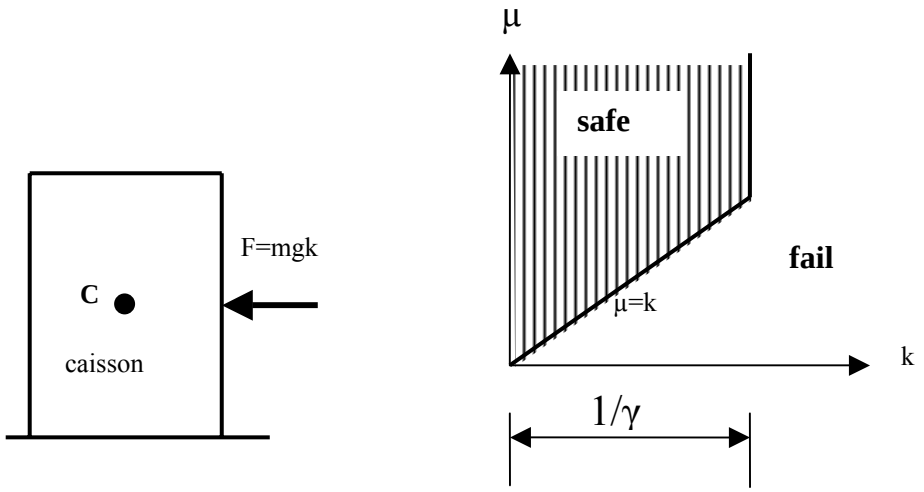


Figure D.10 Caisson safe/fail regions

VII Cost

We obviously do not want to over-design nor under-design a structure. In the former case, the cost would be too high whereas in the latter case, the structure would be too unsafe. We must seek to design a structure that is optimal in terms of cost. This can be done rather simply conceptually as follows.

Figure D.11 is a sketch of C_I, cost of construction and maintenance, referred to as the initial cost, plotted against reliability of the structure. It is obvious that the more reliable the structure is, the more costly it is to build the structure. Figure D.12 is a sketch of C_D, cost of failure (damage) of the structure plotted against reliability of the structure. The cost of damage refers to cost of repair or replacement. Since, for given value of reliability of the structure the cost of damage is uncertain, it is treated as a random quantity and C_D is actually the expected cost of damage. The more reliable the structure is, the lesser is the cost of damage. The total cost, C_T, of the structure is C_I+C_D and is sketched in Figure D.13 as a function of reliability. The reliability that corresponds to the lowest value of C_T is the optimum reliability (target reliability) the structure should be designed for.

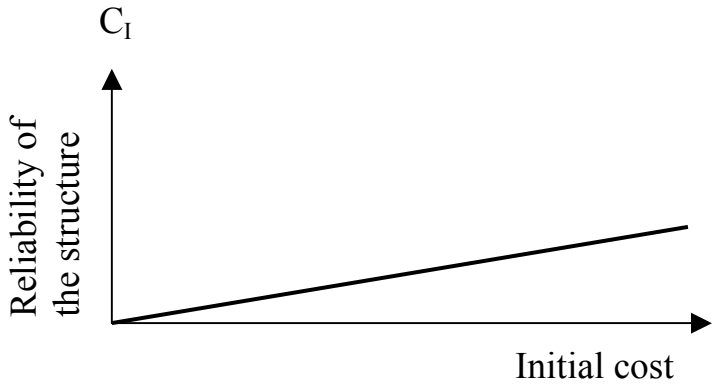


Figure D.11 Initial cost curve

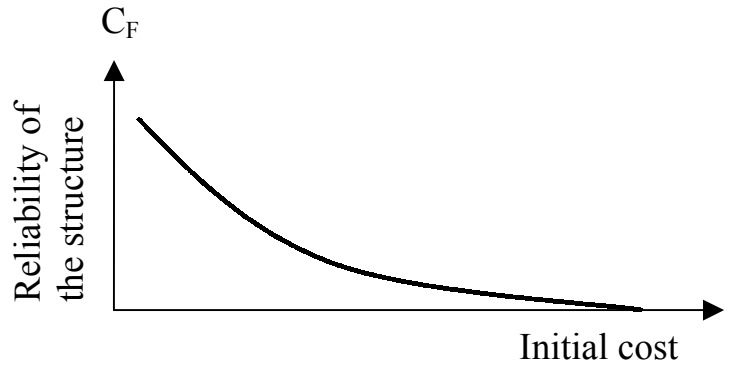


Figure D.12 Cost of Failure curve

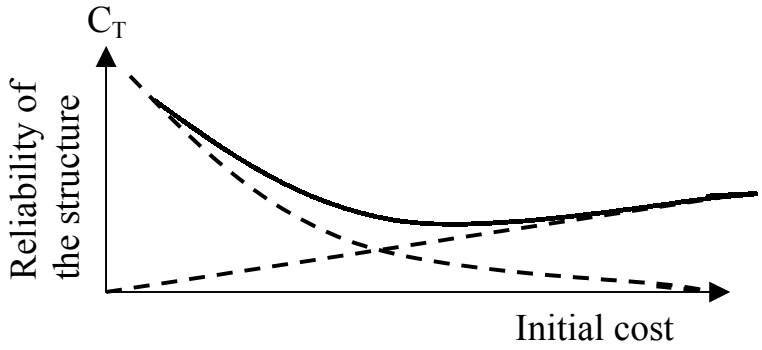


Figure D.13 Total cost curve

VIII Three kinds of failure

It is customary in areas of actuary science (science based on which insurance risks and premiums are computed), manufacturing industry and structural engineering to divide failure into three categories: (1) infant mortality, premature failure, or construction failure, (2) chance mortality, accidental failure, or catastrophic failure, and (3) wear-out mortality, or fatigue failure. As these terms suggest, a person, a product or a structure undergoes three stages in life and failures can happen in all these three stages. When a person is first born, he/she may die due to birth defects. A product may be defective and can not perform its intended function. A caisson breakwater may be damaged during towing, sinking and placing and is rendered unusable. A quantity (function) called force of mortality function, hazard function or risk function is defined roughly as the probability of imminent failure of an object known to have survived up to time t. The function, denoted by $\mu(t)$, is a monotonically decreasing function of time t ($\mu'(t)<0$) for the time interval of infant mortality failure. Thus, the chance of an infant dying decreases steadily once it has survived the first few weeks. Similarly, the likelihood of a coffee pot malfunctioning becomes increasingly less once it passes inspection. A caisson breakwater, which has survived the first stage of construction is not likely to be unable to fulfill its intended function.

In the second stage, failure mainly occurs by chance. A person may be killed in an automobile accident, a lightbulb may be accidentally damaged because of careless handling and a breakwater caisson may be hit by a ship. The chance of occurrence of these incidences remains the same and does not diminish. That is, $\mu'(t)=0$.

The third stage is the wear-out stage. A person having survived up to an age of, say seventy, is more likely to die a year hence and the chance of dying increases with age. A lightbulb which has worked for 100 hours is not likely going to last much longer. Similarly, a

breakwater or a building is not expected to last forever simply because the of which the structure is made deteriorate after many years of wear and tear. In this stage, $\mu(t)$ increases with time ($\mu'(t)>0$).

Most attention has been paid to chance failure and wear-out failure but not premature failure. In the context of structural design, and breakwater design, we note that attention is given to both chance and fatigue failures. Thus a TV tower may be designed to resist extreme wind load, say, due to 100 mph wind (chance failure). The tower, nevertheless is subjected to almost continuous wind load of moderate intensity (20-30 mph) which may cause the structure (especially at structural joints) to fail by fatigue. Similarly, a caisson breakwater must be able to resist extremely large wave loads due to waves breaking on the breakwater. One must also want to make sure that continuous action of non-breaking waves of moderate intensity may induce liquefaction of the soil mass in the seabed (fatigue failure).

Concluding Remarks

I want to thank Professors Yang Wen Heng and Lin Jaw Guei for giving me the opportunity to present this lecture to you. It is my believe that theory of probability and random processes as well as statistics are powerful tools when they are thoughtfully applied to the design of structures. My efforts will be richly rewarded if this lecture will promote interests in the subject at NTOU.

主題二

Criteria for initiation of modes of response of a freestanding rigid body under the action of a horizontal force.

By **Chi C. Tung**
Professor emeritus, department of Civil, Construction and Environmental Engineering
North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA

Part 1: force above center of mass of the body

Date: May 9, 2005

Location: Institute of Harbor and Marine Technology, Wuchi, Taichung, Taiwan

Abstract

Caisson breakwaters have failed due primarily to wave actions the most severe type being waves breaking directly on the caisson.

In this study, as an initial step, we propose to adopt simple, idealized models for the caisson and the breaking wave force. Caisson is modeled as a freestanding plane (two dimensional) rigid body resting on a frictional horizontal base. Breaking wave force is idealized as a horizontal force (of large magnitude and short duration.) We first examine the criteria governing initiation of the various modes of response a rigid body can assume under the action of a horizontal force without addressing the problems of actual responses of the body.

The approach is analytical, utilizing the three equations of motion of a plane rigid body. It is found that a rigid body can assume various modes of motion: rest, slide, rock, and slide-rock (sliding and rocking motions occurring simultaneously) and the criteria of these modes of motion are varied depending on the following four quantities: the magnitude of the force, the location of the line of action of the force, the slenderness (aspect) ratio of the body, and the coefficient of friction between the body and the base. The criteria for initiation of motion are quite different for the cases in which the force is applied above or below the center of mass of the body. The results are presented diagrammatically. With the magnitude of the force as horizontal axis and the value of coefficient of friction as vertical axis, for a body of given aspect (slenderness) ratio and given location of the force, one can tell, at a glance, which mode of response will be initiated once the magnitude of the force and the coefficient of friction can be ascertained.

Part 2: Force below center of mass of the body

May 9, 2005

Location: Institute of Harbor and Marine and Technology, WuChi, Taichung, Taiwan

Abstract

To investigate the motions of a caisson resting on seabed under the action of a breaking wave force, the caisson is modeled as a freestanding plane rigid body, initially at rest, placed on a frictional horizontal base and the breaking wave force is idealized as a horizontal force of large magnitude and short duration. It has been shown that a rigid body can assume the following four modes of response: rest, slide, rock and slide-rock (sliding and rocking simultaneously). In this study, we examine the behavior of a rigid body in the slide and rock modes of response (the slide-rock response is much more involves and is still being studied). The approach is analytical. The single degree of freedom equations for sliding and rocking motions of a rigid plane body are used; and the breaking wave force is treated as a Dirac delta function. Explicit solution of the equation for sliding motion is obtained but the nonlinear differential equation for rocking motion must either be solved numerically, or, since we are only interested in small motion of the body (caisson), the nonlinear equation is first linearized Solutions are achieved first for the case in which the body is places in air followed by the case when the body is surrounded by water in which case, body-water interaction is taken into consideration.

Part 3: Responses of a caisson to the action of a horizontal impact force

May 10, 2005

Location: Institute of Harbor and Marine and Technology, WuChi, Taiwan

Abstract

To investigate the motions of a caisson resting on seabed under the action of a breaking wave force, the caisson is modeled as a freestanding plane rigid body, initially at rest, placed on a frictional horizontal base and the breaking wave force is idealized as a horizontal force of large magnitude and short duration. It has been shown that a rigid body can assume the following four modes of response: rest, slide, rock and slide-rock (sliding and rocking simultaneously). In this study, we examine the behavior of a rigid body in the slide and rock modes of response (the slide-rock response is much more involves and is still being studied). The approach is analytical. The single degree of freedom equations for sliding and rocking motions of a rigid plane body are used; and the breaking wave force is treated as a Dirac delta function. Explicit solution of the equation for sliding motion is obtained but the nonlinear differential equation for rocking motion must either be solved numerically, or, since we are only interested in small motion of the body (caisson), the nonlinear equation is first linearized Solutions are achieved first for the case in which the body is places in air followed by the case when the body is surrounded by water in which case, body-water interaction is taken into consideration.

第二子計畫

港灣環境即時資訊傳輸系統建置研究

著者：簡仲璟、陳明宗、劉清松

摘 要

本計畫之主要為以下各項：

一、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。

二、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。

三、規劃設計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。

四、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。

計畫完成後，預計可以達成以下之成果：

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。

港灣環境即時資訊傳輸系統建置研究

目錄

摘要..... I
目錄..... II
圖目錄..... IV
第一章 前言..... 1-1
1.1 計畫背景..... 1-1
1.2 工作內容與項目..... 1-3
1.3 工作進行步驟與方法..... 1-4
1.3.1 關聯式資料庫管理系統..... 1-4
1.3.2 海氣象觀測子系統及數值預報子系統之系統.... 1-5
1.3.3 花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統建置規劃.. 1-6
第二章 整體計畫架構..... 2-1
2.1 系統發展工具..... 2-1
2.2 系統運作架構..... 2-2
2.3 新增應用子系統..... 2-3
第三章 計畫成果..... 3-1
3.1 關聯式資料庫管理系統..... 3-1
3.1.1 最佳化現有海情資料庫..... 3-1
3.1.2 擴充建置由數值模擬計算所得之海氣象預報資訊 3-7
3.2 海氣象觀測子系統及數值預報子系統之系統整合介面. 3-14
3.2.1 海情展示及即時資訊傳輸控制系統..... 3-14
3.2.2 數值預報子系統系統..... 3-16
3.3 規劃建置花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統..... 3-18
3.3.1 傳輸通訊系統..... 3-18
3.3.2 整合基隆港影像..... 3-21
3.3.3 實施完成建置成果..... 3-26
3.4 擴充建置港灣環境資訊系統..... 3-27
3.4.1 即時資料品管機制及通報系統..... 3-27
3.4.2 整合港埠基本資料..... 3-31
3.4.3 聯結地震資訊系統..... 3-33
3.4.4 其他系統修改..... 3-35
3.5 本中心資訊應用系統整合規劃研析..... 3-37
3.5.1 實施方法與進行步驟..... 3-37

3.5.2 系統研析..... 3-38
3.5.3 系統整合建議..... 3-40
第四章 保固與維護計畫..... 4-1
4.1 保固服務..... 4-1
4.2 維護計畫..... 4-1
第五章 結論與後續擴充建議..... 5-1
附錄 A 花蓮港即時影像傳輸控制系統建置規劃報告..... A-1
附錄 B 轉檔程式錯誤排除標準程序..... B-1

圖目錄

圖 1.1 三層式資訊系統架構 1-4
圖 1.2 數值模擬推估數值轉檔示意圖 1-4
圖 1.3 數值預報子系統整體架構圖 1-5
圖 1.4 IP 網路攝影機機架構示意圖 1-5
圖 2.1 軟體開發工具架構圖 2-1
圖 2.2 系統整體運作架構圖 2-2
圖 3.1 維護工作階段狀態圖 3-2
圖 3.2 FTP 網站設定畫面 3-7
圖 3.3 數值預報資料檔案 3-8
圖 3.4 預測報數值資料庫 Schema 3-11
圖 3.5 預測報數值轉入資料庫情形 3-13
圖 3.6 海氣象觀測數值格式解析示意圖 3-14
圖 3.7 資料統計查詢子系統 3-15
圖 3.8 海氣象資料統計圖表 3-15
圖 3.9 數值預報查詢畫面 3-16
圖 3.10 數值預報歷線圖(72 小時)畫面 3-16
圖 3.11 數值預報與即時觀測資料整合畫面 3-17
圖 3.12 花蓮港港區位置圖 3-18
圖 3.13 白燈塔位置圖 3-18
圖 3.14 花蓮港務大樓至白燈塔管路位置圖 3-19
圖 3.15 整體傳輸網路架構圖 3-19
圖 3.16 攝影機安裝位置 3-20
圖 3.17 Sony IP 攝影機 3-20
圖 3.18 原廠攝影機室外防護罩 3-20
圖 3.19 主要施工相關位置圖 3-21
圖 3.20 整合基隆港影像整體架構圖 3-22
圖 3.21 Sony Realshot 影像控制軟體 3-24
圖 3.22 即時影像控制整合於關聯式資料庫中畫面 3-25
圖 3.23 基隆港即時影像畫面 3-26
圖 3.24 花蓮港即時影像畫面 3-26
圖 3.25 資料轉檔狀態 3-27
圖 3.26 資料轉檔異常狀態代碼 3-27

圖 3.27 系統異常代碼 3-28
圖 3.28 異常通知郵件設定畫面 3-28
圖 3.29 線上監控資料轉檔作業(風速) 3-29
圖 3.30 線上監控資料轉檔作業(潮汐) 3-29
圖 3.31 線上監控資料轉檔作業(波浪) 3-30
圖 3.32 線上監控資料轉檔作業(海流) 3-30
圖 3.33 線上監控資料轉檔作業(水溫) 3-31
圖 3.34 港灣環境資訊網首頁 3-31
圖 3.35 台灣地區港埠基本資料成果展示 3-32
圖 3.36 基隆港港池模型導覽 3-32
圖 3.37 地震資訊系統 3-33
圖 3.38 地震資訊系統首頁 3-33
圖 3.39 地震歷史資料查詢 3-34
圖 3.40 地震歷史資料展示 3-34
圖 3.41 海氣象即時觀測展示 3-35
圖 3.42 網頁新風格 1 3-36
圖 3.43 網頁新風格 2 3-36
圖 3.44 網頁新風格 3 3-36
圖 3.45 實施方法與進行步驟示意圖 3-38
圖 3.46 系統整合架設示意圖 3-40
圖 3.47 遠端系統安全登入架構示意圖 3-41
圖 3.48 通訊系統建議架構示意圖 3-44
圖 3.49 資料庫系統架構示意圖 3-45

第一章 前言

1.1 計畫背景

臺灣四週環海，西處臺灣海峽、東臨太平洋、南接巴士海峽，於開發「海洋資源」、「發展航運」、「港灣建設及規劃」等均需長期收集可靠之「海氣象」及「港灣水理」資料作為依據。

港灣技術研究中心之前身為臺灣省交通處運輸研究所港灣技術研究所自民國 75 年起即著手進行臺灣五個國際港附近海域長期性海氣象資料之蒐集、觀測、整理及分析歸納，以期求得到臺灣四周的海氣象整體特性。

民國 86 年由港灣技術研究中心（以下簡稱本中心）所完成之「臺灣五個國際港海域海氣象特性之研究」計畫中，進行歷年海氣象資料蒐集與建檔，並經統計分析方式推算波浪推算與預測模式，另一方面也將包含風、波浪、海流、潮汐與颱風等海氣象資料建立為海氣象資料庫，以進行簡易快速之資料查詢。目前本中心已於臺灣五個國際港及其輔助港，引進精密的觀測儀器，建立長期即時觀測網站，以獲得及時的海氣象與港灣水理資料。

本中心於「臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究」中，目前雖無法建置全面性觀測點資料蒐集，但已可將五個國際港之海氣象觀測站即時資料即時傳回，提供港灣水理之研究分析。

本中心於推動「海情展示及即時資訊傳輸控制系統建置規劃」計畫中，擬整合現場即時觀測系統及各國際港即時影像傳輸，建立完整海情資料庫，並將臺灣各國際港之海氣地象與港灣水理資料，以靜態及動態方式，透過資訊網路即時提供給港灣管理單位、國內外船舶業者及有關人員查詢。

92 年之工作重點主要為系統規劃與設計，主要完成工作項目包括：

一、本中心網路現況調查與檢討分析。

二、籌劃並辦理臺灣五個國際港港區現勘，評估即時影像傳輸技術可行性，並提出解決方案。

三、本中心現有「海氣象觀測系統」研析。

四、海氣象觀測與數值預報系統整合評估。
五、本中心網路改善規劃。
六、海情中心資訊系統規劃。
七、海情中心展示系統規劃暨雛型系統開發。
八、海情中心維護、保密功能規劃。
九、通訊系統規劃。
十、實施計畫規劃。

93 年乃依據 92 年計畫之研究成果，實際推動「海情展示及即時資訊傳輸控制系統建置（第一階段）」工作，以建立實體運作之系統，並且達成以下之工作目標：

一、利用已蒐集完成之海氣象觀測儀器資料，解析格式並且建立海氣象觀測海情資料庫，透過 GUI 界面系統展示，於網路上提供查詢。
二、建立五個國際港海氣象資訊查詢之「港灣環境資訊網站」http://isohe.ihmt.gov.tw，隨時提供各相關單位查詢參考，以提昇港埠水理研究與營運規劃參考。
三、架設基隆港影像蒐集系統以獲得港灣即時影像，提供作為相關港灣水理環境研究監控與判視。
四、建置資訊管理系統管理，透過自動化監測功能進行蒐集所得資料之品質稽核與管控作業，以減少人工維護負擔。

1.2 工作內容與項目

94 年乃延伸 93 年計畫之研究成果，推動「海氣象即時觀測及數值預報」資訊整合等系統開始及相關系統研析等工作，以充實港灣環境資訊系統，提供港埠管理單位、全國災害防救中心及中央主管機關查詢。

主要之主要工作項目包括：

一、 擴充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。

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開發。

三、 規劃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。

四、 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。

五、 擴充建置港灣環境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。

六、 提送該系統第二階段擴充所需”硬体需求規範報告書”。

七、 提供系統管理人員操作訓練課程（32 小時）及公開說明會（1 天）。

1.3 工作進行步驟與方法

1.3.1 關聯式資料庫管理系統

關聯式資料庫管理系統指的是資料庫管理系統提供資料表之間具有關聯的特性。

而隨著科技的發展，多層式系統架構便隨之興起，其後端的伺服器無須採用大型主機，而使用較小型主機即可，本計畫之架構採三層式資訊架構如下圖 1.1 所示:

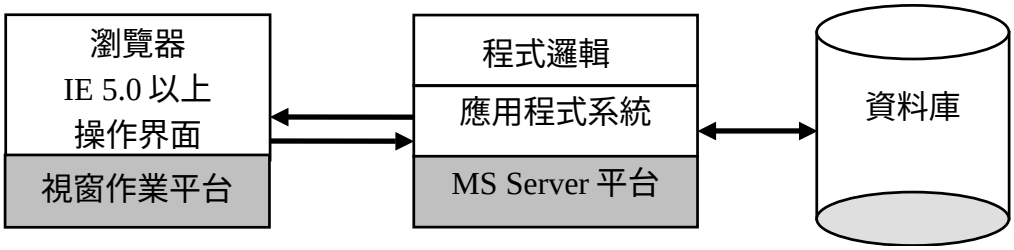


圖 1.1 三層式資訊系統架構

圖上於使用端及伺服端之間，再增加一部或以上應用程式伺服器(Application Server)作為使用端和伺服端之間資訊傳遞的溝通橋樑。如此一來，即使伺服端有關於邏輯程式上的變動，只要更動應用程式伺服器即可，使用端無須作任何更動，可依循著應用程式伺服器，讀取到最正確的資料。

本計畫之資料庫系統已採用屬於關聯式資料庫管理系統(Relational DataBase Management System、RDBMS)的 Microsoft SQL Server。現行海氣象觀測系統已於 92 年度全面作到即時性資料蒐集，93 年亦已將「海氣象資訊傳輸系統」整合於「海情中心資訊系統」中，並完成「海情資料庫」及周邊系統建置。

現行擴充是計畫將數值預報所推算之數值結果自動結取轉換進入關聯式資料庫中，以供查詢及展示之用如圖 1.2 所示。

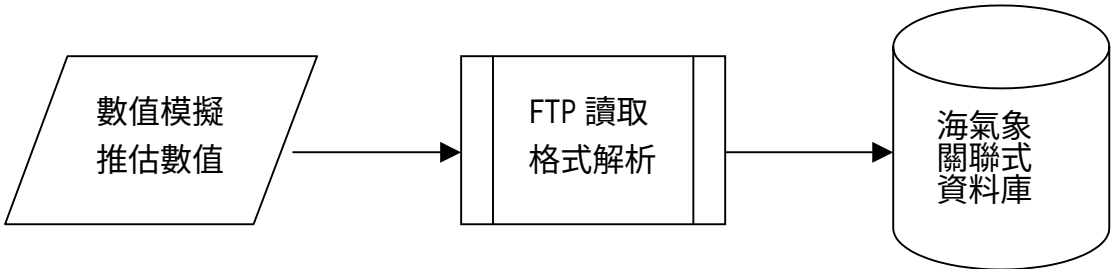


圖 1.2 數值模擬推估數值轉檔示意圖

1.3.2 海氣象觀測子系統及數值預報子系統之系統

系統自動結取數值預報所推算之數值結果轉換進入關聯式資料庫中後，於網頁上撰寫程式，自動讀取資料庫內之資料，加以繪製歷線圖，提供使用者可於網頁上觀看最新及 72 小時預報之數值資訊如圖 1.3 所示。

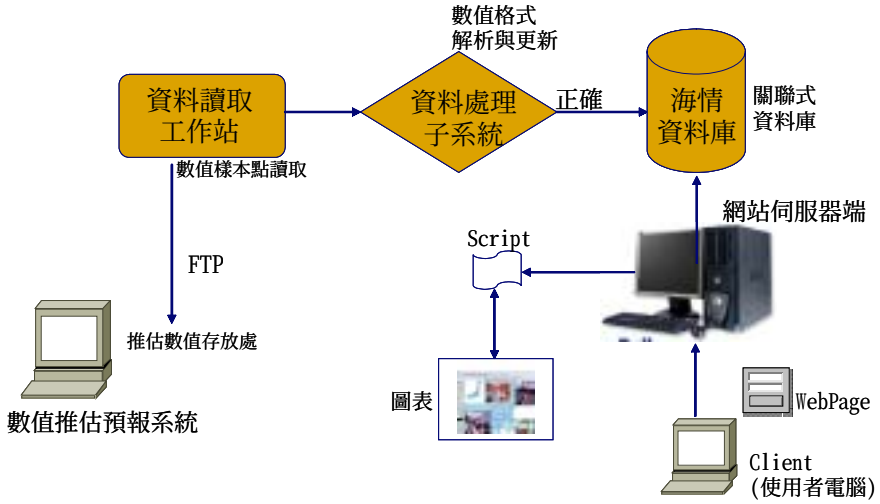


圖 1.3 數值預報子系統整體架構圖

1.3.3 花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統建置規劃

花蓮港位於臺灣東部花蓮市東北方，是一座靠東西向之防波堤環抱而成之人工港。

依照「海情展示及即時資訊傳輸控制系統建置規劃」計畫中所提分析建議，本階段將提供於東部之花蓮港建置即時影像觀測系統之細部規劃及相關技術咨詢，並且於網頁上結合本基隆港即時影像傳輸系統進行影像蒐集提供觀測研究之用如圖 1.4 所示。

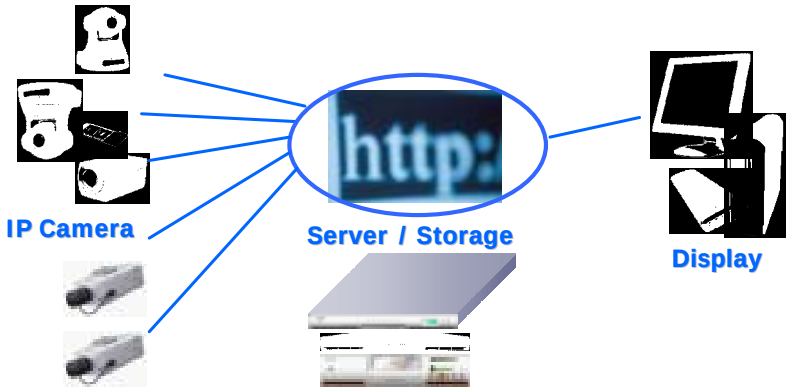


圖 1.4 IP 網路攝影機機架構示意圖

第二章 整體計畫架構

2.1 系統發展工具

本專案系統開發時所使用之軟體工具如下圖 2.1 所示：

一、Web Site：以 Microsoft ASP .Net 為主。

二、Server Site：以 Service Component Microsoft C#為主。

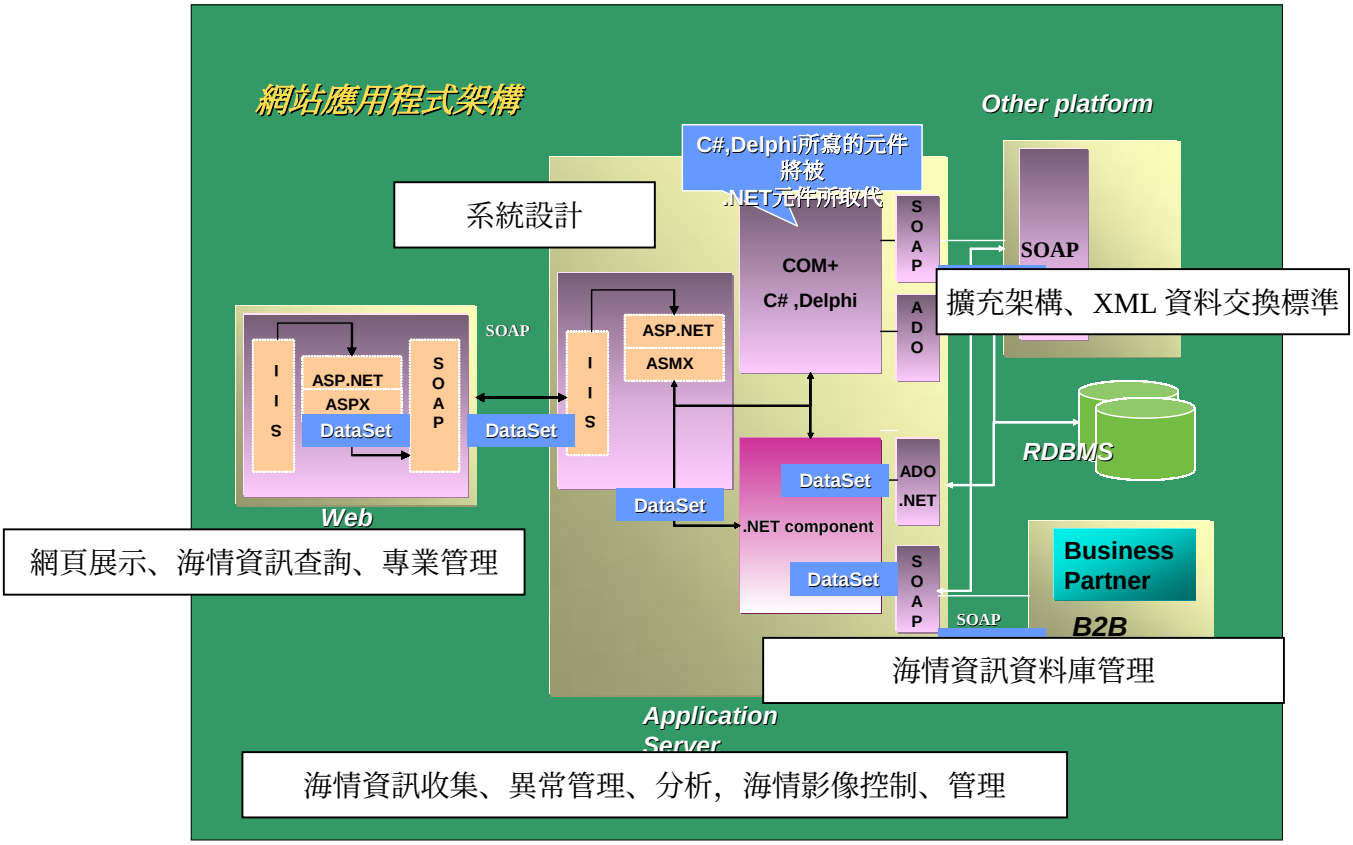


圖 2.1 軟體開發工具架構圖

2.2 系統運作架構

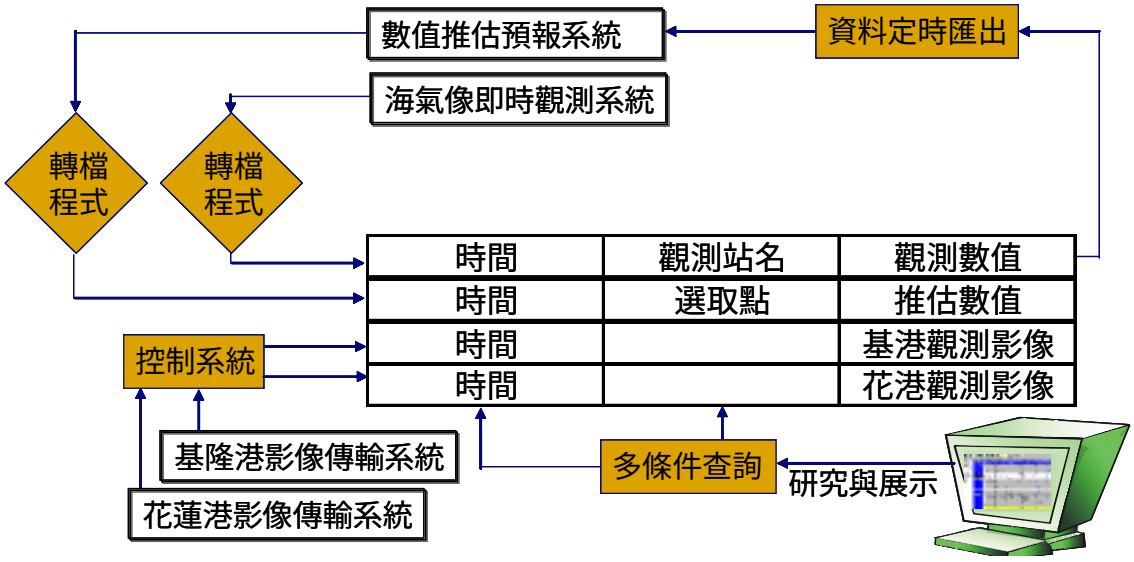


圖 2.2 系統整體運作架構圖

一、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。

二、利用 FTP 程式，配合數值推估預報系統所推估之數值時間，定時讀取推估數值檔案。

三、再依數值格式標準進行資料轉檔程序，並將數值寫入關聯性資料庫中。

四、於網頁上加上網頁撰寫語言及 ASP 程式語法，擷取關聯式資料庫中之數值資料，以歷線圖方式呈現。

五、並整合海氣象觀測即時數值於同一畫面，以利比較分析。

詳細如圖 2.2 所示。

2.3 新增應用子系統

本計畫依法功能需求訪談後，所建置完成之各功能子系統計有以下部分：

一、即時影像部分-新增花蓮港即時影像，並且整合於網頁系統中。

二、海氣象資訊查詢-新增海海氣象預測子系統。

三、基本資料管理-新增 FTP 設定管理子系統。

四、資料讀取工作站-新增轉檔作業異常通知子系統

五、整合港埠基本資料。

六、聯結地震資訊系統。

第三章 計畫成果

3.1 關聯式資料庫管理系統

3.1.1 最佳化現有海情資料庫

主機硬體配備:

系統軟體部份: windows2003 / mssql 2000 / mssql sp3 / e-trust

配合先前更新資料庫主機，並重新整理資料庫中記錄檔。以下說明目前系統考慮及實做最佳化完成的部份:

一、透過 ASP.NET 工作階段管理機制

利用 ASP.NET 工作階段狀態，將伺服器端字串或包含狀態資料的物件字典關聯至特定的 HTTP 用戶端工作階段。所謂工作階段，是由同一個用戶端在特定時間內所發出的一連串要求，透過將每個特定用戶端與某一工作階段識別碼 (Session ID) 產生關聯，可以達到管理工作階段的目的。

這個識別碼是由用戶端根據每一個要求，以 Cookie 或要求 URL 內的特定一段內容為形式而提供。工作階段資料會存放在伺服器端內有支援的工作階段狀態存放區中。這種存放區有很多種，包括同處理序 (In-Process) 記憶體、SQL Server™ 資料庫和 ASP.NET State Server 服務。後面這兩種模式可以讓同一個 Web Farm 上的多台 Web 伺服器共用服務工作階段狀態，即便伺服器間不具相似性也沒關係 (也就是說，伺服器間不需要靠工作階段繫結至同一台 Web 伺服器)。

工作階段狀態需要靠 SessionStateModule 類別來實作執行階段作業，SessionStateModule 類別會插入應用程式裡的要求處理管線，扮演 IHttpModule 的角色。在 AcquireRequestState 管線階段的處理常式執行前，以及 ReleaseRequestState 管線階段的處理常式執行之後，SessionStateModule 會各執行一次 (請參閱 [圖 3.1])。

在 AcquireRequestState 階段，SessionStateModule 會先嘗試從要求中擷取工作階段識別碼，並根據該識別碼從工作階段狀態存放區提供者讀取相關的工作階段資料。如果得到工作階段識別碼，且成功讀取狀態，該模組就會建構出一個工作階段狀態字典，供處理常式檢查和變更工作階段狀態如圖 3.1 所示。

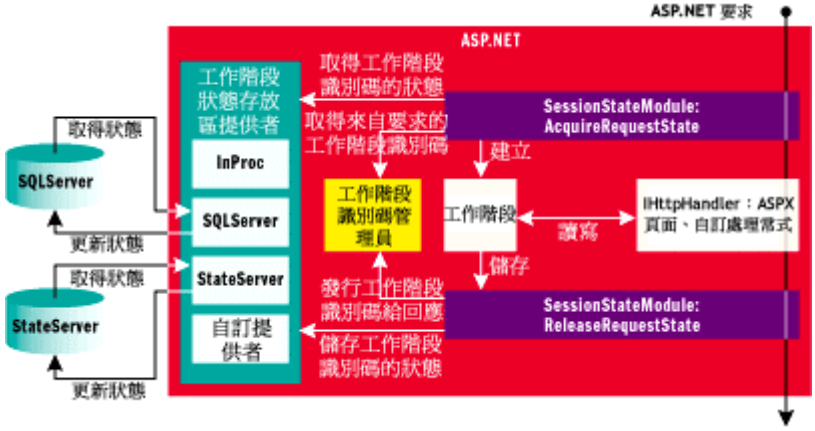


圖 3.1 維護工作階段狀態圖

ASP.NET 2.0 的工作階段狀態存放區功能，是封裝在工作階段存放區提供者元件內，這可以是內建 InProc、SQLServer、StateServer 提供者，或是實作工作階段資料的擷取、工作階段的建立，以及將變更存到既有工作階段的自訂提供者。

二、利用預設的跨處理序模式改善效能

在預設的跨處理序模式，即 SQLServer 和 StateServer，必須從外部存放區取得工作階段狀態，並且還原序列化必須在 AcquireRequestState 階段的記憶體中狀態字典表單內的 BLOB (二進位大型物件) 表示中進行。在 ReleaseRequestState 階段中，狀態字典必須再次序列化，然後傳輸到外部存放區。此外，存放區內的工作階段項目必須更新為最近的存取時間，以免過期。這些模式中，將狀態資料序列化和還原序列化以及跨處理序傳送等作業，是工作階段帶給要求路徑中最耗資源的。

根據預設，SessionStateModule 會執行數種最佳化方法，儘量避免產生負荷。這些最佳化方法總共有四種：

第一種：如果處理常式或頁面未標示需要工作階段狀態，則只會標示工作階段是在存放區內存取，其餘工作階段作業一概不執行。如果頁面標示為需要唯讀存取工作階段狀態，則只會標示最近存取的資料並擷取初始資料。

第二種：除非工作階段字典內已經存有資料，否則不會替尚未指定工作階段識別碼的要求起始任何工作階段。

第三種：如果要求尚未存取工作階段狀態，或要求僅讀取包含不變基本型別的工作階段變數時，則在要求結束時並不會替提供者保留狀態

變更內容。如果依要求已存取可變動工作階段資料，或工作階段已經更改，只有經存取的變數會經過序列化，其他的變數則從其 Blob 表示複製而來。

第四種：直接將基本型別序列化，但物件型別則使用較慢的 BinaryFormatter 方法來序列化。

針對其中三種最有效的工作階段狀態管理最佳化方法，改善使用工作階段狀態其間的應用程式效能：

- 儘量停用工作階段狀態，完全避免期間產生的負荷。
- 降低狀態資料序列化和還原序列化期間產生的負荷。
- 降低與狀態存放區間跨處理序傳送和接收工作階段狀態時產生的負荷。

三、利用 ADO .NET 建立分層的 Web 應用程式

ADO Recordset 之所以能獲致莫大的成功，原因包括了它輕量型的架構和使用簡易的程式介面。而最新推出的 ADO.NET DataSet 讓您能夠同時表示多個資料結構，提供比 ADO Recordset 更大的彈性。如同在 2002 年二月號的 Data Points 專欄中所述, DataSet 可以代表多個相關資料結構和其中的關聯，而由於 DataSet 是架構在 XML 的基礎之上，所以能夠很輕易的轉換成 XML 文件。

這讓開發人員能夠建立更具彈性和可移植的的解決方案，在應用程式各層次或是各個應用程式之間以簡潔的方式進行資料傳遞的作業。

在 ADO.NET DataSet 物件的核心中是一個用以描述 DataSet 所含資料的結構的 XML 結構描述(schema)。DataSet 的彈性讓它能儲存複雜的資料結構及關聯。此外，以 XML 為基礎的資料存放區還延襲了幾項優點。例如，一個 DataSet 可以解構成定義其結構及資料的 XML 文件，而這份 XML 文件可以透過區域網路或是利用 HTTP 在網際網路上傳送資料和其結構描述。這使得 DataSet 成為同時儲存資料及結構描述的高效率工具，也成為應用程式之間傳遞資料的載具。

我們在這個 Web 應用程式中利用到 Visual Basic® .NET ，透過以 C# 所設計的商業服務應用程式從 Northwind 資料庫中取得客戶的資料。在不同的應用程式層之間是透過一個 DataSet 物件來進行資料的傳遞，這個物件中包含了客戶資料的結構描述、客戶資料以及任何對客戶資料的修改內容。然後這些資料會利用 Microsoft® .NET Web 應用程式在展示層載入到 DataGrid 中。

ADO.NET 是 ADO 的演進版本，提供更好的平台互動能力和具延展性的資料存取。在 ADO.NET 中建立一組新的資料存取 API 和直接將 ADO 轉移到 .NET Framework 上的作法相較，可以提供以下的好處：

加強和 XML 的整合能力：就在推出了 ADO 之後，XML 逐漸在應用程式設計上扮演一個重要的角色。ADO.NET 是從一開始就考量到和 XML 的整合能力，同時在基礎上就善用 XML。除了如同 XML 來表示及保存資料及關聯式結構之外， ADO.NET 也利用 XML 進行不同應用層和前端之間的傳輸作業。ADO.NET 廣泛的使用 XML 意味著提供了一個便利的方法在任何網路上傳輸資料，包括了在受限制被保全的範圍在內。ADO.NET 也使用 XML 工具來進行驗證、階層式查詢和對關聯式資料的資料轉換。

和 .NET Framework 的整合：ADO 的基本建構單位，例如資料錄集 (Recordset) - 並未提供一般慣用的程式設計建構單位，而是以資料庫導向的角度來設計。例如像游標 (cursor) 是用來巡覽及取用資料的，在功能上和其他資料建構單位不同，例如陣列及集合物件。然而在 ADO.NET 中，記憶體內的資料可以經由共通的 .NET Framework 結構，包括了陣列和集合物件來公開，讓您在處理關聯式資料時，能以共通的存取方式法進行作業。

改善對中斷連結式商業模型的支援：ADO 透過 資料錄集 (Recordset) 提供了對中斷連結式 (disconnected access) 存取有限的支援。ADO.NET 則提供了一個新的物件 - DataSet，它是用來做為關聯式資料在記憶體中通用的表現方式。在設計之初，DataSet 就是以中斷連結的方式來考量。由於它並未握有外部資源的持續性連結，所以很適合用來包裝、交換、快取、保存及載入資料。

資料存取行為的明確控制：ADO 的設計中包含了一些內含的行為，這些行為不見得是所有應用程式必要的作業，也可能影響到執行效能。ADO.NET 則提供了定義完善、可分解的元件，並且具備可預測的行為、執行效能及語意，讓您能以高度最佳化的方式來處理一些常見的情況。

改善的設計時期支援：ADO 會依據一些取得代價昂貴的中繼資料來產生執行階段所隱含的資料。而 ADO.NET 則會善用在設計時期就已經知道的中繼資料，以便提供更好的執行階段效能，同時也提供更一致的執行階段行為。

ADO 是利用單一的物件 資料錄集 (Recordset) 做為處理所有類型資料的通用表示方式。資料錄集 (Recordset) 可以用來處理來自資料庫的順向類

型資料流，或是處理伺服器端可捲動的資料，或是透過一組快取的結果進行前後向的處理。對資料所做出的改變可以立即反應到資料庫中，或是透過開放式搜尋及更新作業以批次的方式進行。您可以在產生 資料錄集 (Recordset) 時指定期望的行為，而所產生的 資料錄集 (Recordset) 的行為也會因為您所要求的屬性有很大的不同。

四、ADO.NET：最佳化的處理資料庫-將不同的功能分到明確的物件上

在設計 ADO.NET 時，主要會考量到開發人員在存取及處理資料時經常面對的問題。與其透過單一的物件進行一些工作，ADO.NET 是將不同的功能分到明確的物件上，經過最佳化的處理讓開發人員能夠完成每一個工作。

ADO 的 資料錄集 (Recordset) 所提供的功能在 ADO.NET 中分配到以下的物件： **DataReader** - 提供快速、順向類型、唯讀的方式存取查詢的結果；**DataSet** - 提供記憶體內的關聯式資料呈現方式；**DataAdapter** - 是做為 **DataSet** 和資料來源之間的橋樑。ADO.NET 的 **Command** 物件也提供了像是 **ExecuteNonQuery** 方法這種明確的功能，處理不傳回資料列的命令，而 **ExecuteScalar** 方法則處理只傳回單一值而不是資料列集合的查詢。

順向類型和唯讀的資料流

應用程式，特別是中介層的應用程式，通常都會以程式化的處理一系列的結果，不需要使用者的互動，也不進行更新或是再回頭檢視已經讀取的資料。在 ADO 中，這類型的資料取用是透過 資料錄集 (Recordset) 搭配一個順向類型游標和唯讀的鎖定來達成。然而在 ADO.NET 中，**DataReader** 物件提供了這類型存取最佳化的作業方式，它提供了一個無緩衝區、順向類型唯讀的資料流，以最有效率的機制從資料庫中取出所需結果。這個效率的達成主要來自於 **DataReader** 是為了這個目的而單獨設計，而不需要支援像對資料來源更新、或是在本地保留快取這些 ADO 資料錄集 (Recordset) 必須提供的功能。

傳回單一值

在 ADO 中，可以藉由產生一個 資料錄集 (Recordset) 物件，讀取整個結果，然後取得所需的單一值，再關閉 資料錄集 (Recordset)。然而在 ADO.NET 中，**Command** 物件透過 **ExecuteScalar** 方法支援單一值的讀取，它只從資料庫傳回單一的值而不需要透過額外的物件再保留整個結果。

離線資料存取

提供資料時常見的狀況是使用者可以透過隨機操作方法來巡覽資料，而不需要握有鎖定或是用伺服器上的資源。這類情況的例子有將資料繫結到一個控制項，或是從不同的資料來源以及 XML 組合所需的資料。ADO 資料錄集 (Recordset) 提供了這些情況的部份支援，主要是透過前端游標進行。然而，在 ADO.NET 中，**DataSet** 是明確設計來進行這類工作的。

DataSet 提供了一個通常、完整的離線資料呈現方式，可以保有來自不同來源的結果。由於 **DataSet** 完全和資料來源獨立，不論是從那一種資料庫、XML 或是從其他應用程式中取得資料，它都提供了相同的執行效能和語意。單一的 **DataSet** 可以包含有來自不同資料庫和非資料庫來源的資料表；對於使用 **DataSet** 的對象而言它們看起來完全一樣，操作的方式也相同。在 **DataSet** 中您可以定義資料表的關聯，巡覽一個來自資料庫的資料表 (例如客戶資料表)，然後到一個來自完全不同資料庫但相關的資料表 (例如客戶的訂單資料表)，再從那裡到第三個從 XML 載入內容的資料表 (例如訂單的細目資料表)。**DataSet** 的關聯式處理能力提供了超越 資料錄集 (Recordset) 的好處，後者限制來自多個資料表的結果必須透過單一的連結作業產生，或是要直接傳回多個不同的結果集合，再由開發人員自行去處理和產生所需的結果。雖然 資料錄集 (Recordset) 有能力傳回並巡覽階層式結果 (透過 MSDataShape 供應者)，**DataSet** 則在處理關聯的資料集時提供了更大的彈性。**DataSet** 也提供了以開放的 XML 格式在前端及伺服器之間來回傳遞結果的能力，而以 XML 的結構描述定義語言 (XSD)來定義結構描述。

從資料來源取用和更新資料

根據客戶的回應和一般使用的狀況，很明顯的在大多數的應用程式開發情境中 (取了隨機操作工具和泛用的資料元件之外)，開發人員在設計時期對於像 ADO 這類技術在執行階段要處理或產生的資料已經有一定程度的概念。例如，在大多數中介層的應用程式中，開發人員在應用程式開發時期都知道要存取的資料庫類型、要執行那些查詢、以及結果如何被傳回。ADO.NET 提供了在設計時期套用這些知識以取得更佳的執行階段效能和預測能力。

在以 ADO 資料錄集 (Recordset) 物件進行批次更新時，必須要為每一個要變動的資料列執行 INSERT、UPDATE 和 DELETE 等命令，將變動傳送給資料處。ADO 是在執行階段暗地裡依據一些取得代價昂貴的中

繼資料產生這些敘述。ADO.NET 能明確的指示 INSERT、UPDATE 和 DELETE 命令，以及自訂用來處理在 **DataSet** 中要透過 **DataAdapter** 傳回資料來源的變動的商業邏輯，例如預存程序。這個模型提供您更大的控制能力，來控制應用程式資料是如何傳回及更新，也避開了在執行階段蒐集中繼資料的代價。

DataAdapter 提供了 **DataSet** 和資料來源之間的橋樑。一個 **DataAdapter** 是用來將取得自資料庫的資料填入到 **DataSet** 中，並從 **DataSet** 中讀出變動，將這些變動處理送回資料庫。透過 **DataAdapter** 這個個別的物件來和資料庫進行溝通，可以讓 **DataSet** 保持完整的泛用能力，並且提供您更多的控制能力，決定何時以及如何執行命令，並將變動傳回資料庫。ADO 進行這類作業時大多是暗地裡處理掉，而 ADO.NET 的設計則讓您能夠調校和資料來源的互動方式，以取得最佳的執行效能和延展能力。

3.1.2 擴充建置由數值模擬計算所得之海氣象預報資訊

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。

本計畫利用 FTP 程式，配合數值推估預報系統所推估之數值時間，定時讀取推估數值檔案如圖 3.2 所示。

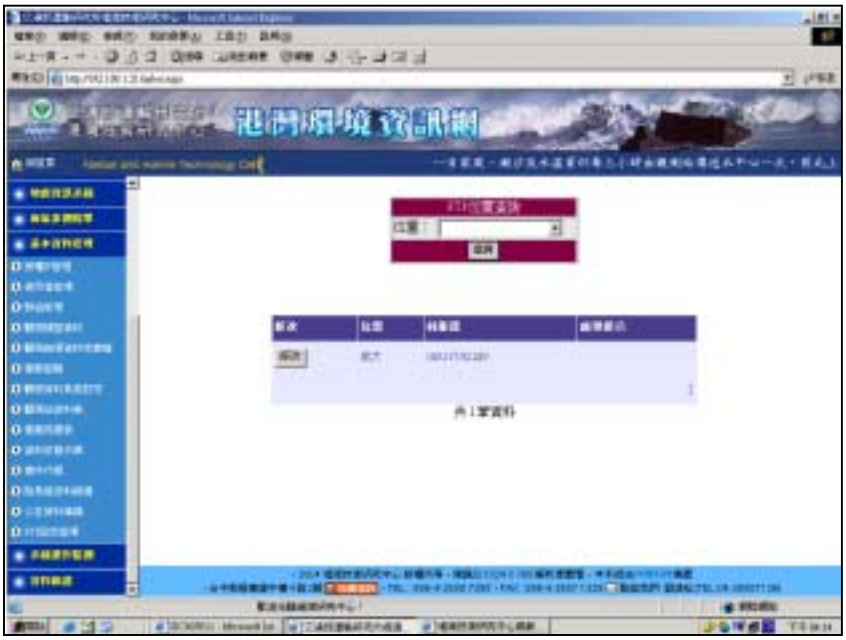


圖 3.2 FTP 網站設定畫面

目前於各港口所讀取的資料上傳至成大 ftp 程式執行於資料轉檔主機，工作排程於每日零晨一點自動執行 FTP500.EXE 將自動將 C:\ SICTMP\ *.DA資料上傳至成大 FTP。

預測報資料主機位址及 Login Account & password：

IP：

Account :

Password :

各檔案代表意義：

AP.dat : 安平港　　TP.dat : 台北港

TC.dat : 台中港　　KH.dat : 高雄港

KL.dat : 基隆港　　SA.dat : 蘇澳港

HL.dat : 花蓮港

數值預報資料檔案如圖 3.3 所示。

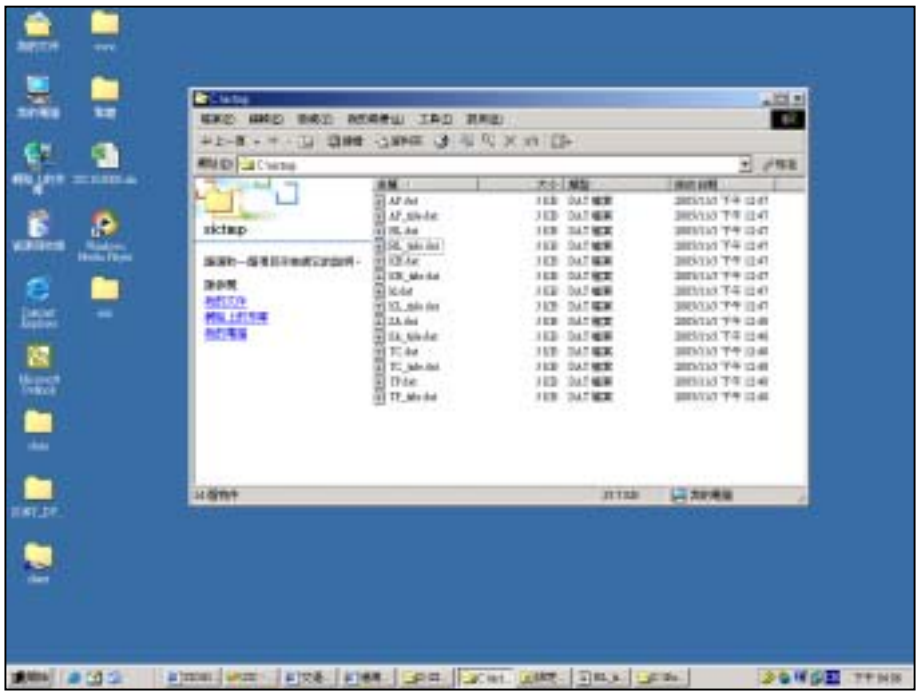


圖 3.3 數值預報資料檔案

依數值格式標準進行資料轉檔程序，並將數值寫入關聯性資料庫中。
數值預報檔案時際結構如下：

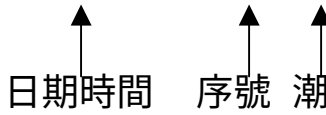
```
  VARIABLE : ZET
            FILENAME : operate.cdf
            SUBSET    : 72 points (TIME)
            LONGITUDE: 121.7E(121.7)
            LATITUDE : 24N
            Z         : 1
                        121.67E
                        203
02-NOV-2005 01:00 /   1: -0.729
02-NOV-2005 02:00 /   2: -0.407
02-NOV-2005 03:00 /   3: -0.115
02-NOV-2005 04:00 /   4:  0.190
02-NOV-2005 05:00 /   5:  0.425
02-NOV-2005 06:00 /   6:  0.494
02-NOV-2005 07:00 /   7:  0.409
02-NOV-2005 08:00 /   8:  0.190
02-NOV-2005 09:00 /   9: -0.074
02-NOV-2005 10:00 / 10: -0.306
02-NOV-2005 11:00 / 11: -0.470
02-NOV-2005 12:00 / 12: -0.469
02-NOV-2005 13:00 / 13: -0.350
02-NOV-2005 14:00 / 14: -0.056
02-NOV-2005 15:00 / 15:  0.252
02-NOV-2005 16:00 / 16:  0.520
02-NOV-2005 17:00 / 17:  0.725
02-NOV-2005 18:00 / 18:  0.736
02-NOV-2005 19:00 / 19:  0.588
02-NOV-2005 20:00 / 20:  0.285
02-NOV-2005 21:00 / 21: -0.120
02-NOV-2005 22:00 / 22: -0.483
02-NOV-2005 23:00 / 23: -0.764
03-NOV-2005 00:00 / 24: -0.933
03-NOV-2005 01:00 / 25: -0.929
03-NOV-2005 02:00 / 26: -0.710
03-NOV-2005 03:00 / 27: -0.391
03-NOV-2005 04:00 / 28: -0.054
03-NOV-2005 05:00 / 29:  0.245
03-NOV-2005 06:00 / 30:  0.437
03-NOV-2005 07:00 / 31:  0.468
03-NOV-2005 08:00 / 32:  0.329
03-NOV-2005 09:00 / 33:  0.098
03-NOV-2005 10:00 / 34: -0.151
03-NOV-2005 11:00 / 35: -0.368
03-NOV-2005 12:00 / 36: -0.454
03-NOV-2005 13:00 / 37: -0.408
03-NOV-2005 14:00 / 38: -0.187
03-NOV-2005 15:00 / 39:  0.114
03-NOV-2005 16:00 / 40:  0.425
03-NOV-2005 17:00 / 41:  0.662
03-NOV-2005 18:00 / 42:  0.776
03-NOV-2005 19:00 / 43:  0.728
03-NOV-2005 20:00 / 44:  0.503
03-NOV-2005 21:00 / 45:  0.142
03-NOV-2005 22:00 / 46: -0.273
```

03-NOV-2005 23:00 / 47: -0.645
04-NOV-2005 00:00 / 48: -0.909
04-NOV-2005 01:00 / 49: -1.020
04-NOV-2005 02:00 / 50: -0.916
04-NOV-2005 03:00 / 51: -0.665
04-NOV-2005 04:00 / 52: -0.311
04-NOV-2005 05:00 / 53: 0.020
04-NOV-2005 06:00 / 54: 0.284
04-NOV-2005 07:00 / 55: 0.434
04-NOV-2005 08:00 / 56: 0.406
04-NOV-2005 09:00 / 57: 0.251
04-NOV-2005 10:00 / 58: 0.020
04-NOV-2005 11:00 / 59: -0.203
04-NOV-2005 12:00 / 60: -0.349
04-NOV-2005 13:00 / 61: -0.395
04-NOV-2005 14:00 / 62: -0.264
04-NOV-2005 15:00 / 63: -0.017
04-NOV-2005 16:00 / 64: 0.304
04-NOV-2005 17:00 / 65: 0.587
04-NOV-2005 18:00 / 66: 0.762
04-NOV-2005 19:00 / 67: 0.820
04-NOV-2005 20:00 / 68: 0.681
04-NOV-2005 21:00 / 69: 0.401
04-NOV-2005 22:00 / 70: -0.003
04-NOV-2005 23:00 / 71: -0.410
05-NOV-2005 00:00 / 72: -0.743

檔案格式:

數值預報檔案時際結構

VARIABLE : ZET
FILENAME : operate.cdf
SUBSET : 72 points (TIME)
LONGITUDE: 121.7E(121.7)
LATITUDE : 24N
Z : 1
121.67E
203
02-NOV-2005 01:00 / 1: -0.729
02-NOV-2005 02:00 / 2: -0.407
02-NOV-2005 03:00 / 3: -0.115
02-NOV-2005 04:00 / 4: 0.190
02-NOV-2005 05:00 / 5: 0.425



目前程式執行於 WEB SERVER 主機，工作排程於每日零晨兩點自動執行 DL500.EXE 將自動自成大 FTP 上之預測報資料下載至 C:\ SICTMP\ *.DAT
並自動將預測資料解析出正確資料存入資料庫 R_ TIDE 資料表中。(包括日期時間以及波高實測、預測資料)目前已轉入 KL,KH,HL,TC,SA 五大港口資料，圖 3.4 為預測報數值資料庫 Schema。

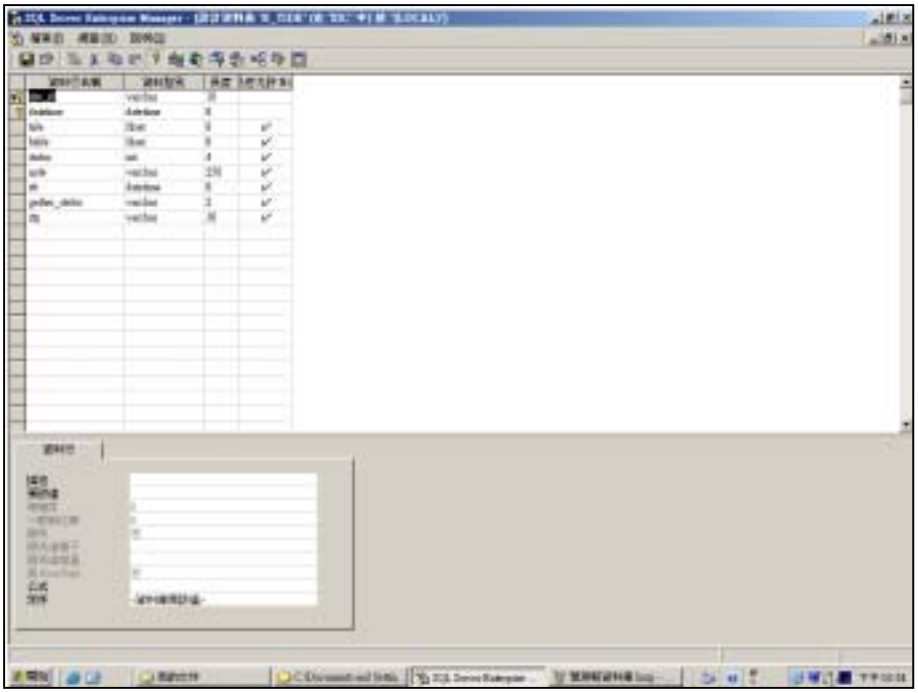


圖 3.4 預測報數值資料庫 Schema

資料庫 Create Script File:

```
/****** 物件:  資料庫 SIC     指令碼日期: 2005/11/2 下午 09:43:34 ******/
IF EXISTS (SELECT name FROM master.dbo.sysdatabases WHERE name = N' SIC' )
        DROP DATABASE [ SIC]
GO

CREATE DATABASE [ SIC]    ON (NAME = N' SIC_ Data' , FILENAME = N' d:\ Program Files\ Microsoft
SQL Server\ MSSQL\ data\ SIC_ Data.MDF' , SIZE = 1, FILEGROWTH = 10%) LOG ON (NAME =
N' SIC_ Log' , FILENAME = N' d:\ Program Files\ Microsoft SQL Server\ MSSQL\ data\ SIC_ Log.LDF' ,
SIZE = 1, FILEGROWTH = 10%)
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' autoclose' , N' true'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' bulkcopy' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' trunc. log' , N' true'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' torn page detection' , N' true'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' read only' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' dbo use' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' single' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' autoshrink' , N' true'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' ANSI null default' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' recursive triggers' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' ANSI nulls' , N' false'
GO
```

```
exec sp_ dboption N' SIC' , N' concat null yields null' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' cursor close on commit' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' default to local cursor' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' quoted identifier' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' ANSI warnings' , N' false'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' auto create statistics' , N' true'
GO
exec sp_ dboption N' SIC' , N' auto update statistics' , N' true'
GO

use [ SIC]
GO
/****** 物件: 資料表 [ dbo] .[ R_ TIDE]指令碼日期: 2005/11/2 下午 09:43:37 ******/
if exists (select * from dbo.sysobjects where id = object_ id(N' [ dbo] .[ R_ TIDE] ' ) and
OBJECTPROPERTY(id, N' IsUserTable' ) = 1)
drop table [ dbo] .[ R_ TIDE]
GO
/****** 物件: 使用者 dbo 指令碼日期: 2005/11/2 下午 09:43:34 ******/
/****** 物件: 資料表 [ dbo] .[ R_ TIDE]指令碼日期: 2005/11/2 下午 09:43:38 ******/
CREATE TABLE [ dbo] .[ R_ TIDE] (
        [ SITE_ ID] [ varchar] (10) NOT NULL ,
        [ DATATIME] [ datetime] NOT NULL ,
        [ TIDE] [ float] NULL ,
        [ HTIDE] [ float] NULL ,
        [ STATUS] [ int] NOT NULL ,
        [ NOTE] [ varchar] (250) NULL ,
        [ RTP] [ varchar] (30) NULL ,
        [ RTT] [ datetime] NULL
) ON [ PRIMARY]
GO
ALTER TABLE [ dbo] .[ R_ TIDE] WITH NOCHECK ADD
         PRIMARY KEY CLUSTERED
        (
                [ SITE_ ID] ,
                [ DATATIME]
        ) ON [ PRIMARY]
GO
```

Schema 中文解釋

欄位名稱	型別	長度及可無資料	中文
SITE_ ID	varchar	(10) NOT NULL ,	測站
DATATIME	datetime	NOT NULL ,	日期時間
TIDE	float	NULL ,	預測資料
HTIDE	float	NULL ,	實測資料
STATUS	int	NOT NULL ,	狀態
NOTE	varchar	(250) NULL ,	備註
RTT	datetime	NULL	最後修改日期

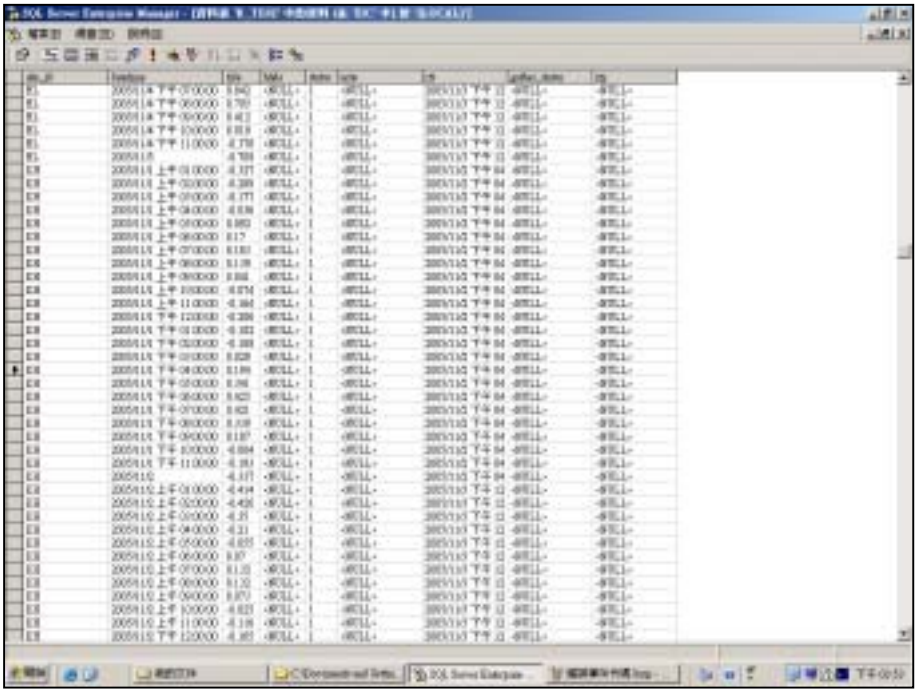


圖 3.5 預測報數值轉入資料庫情形

3.2 海氣象觀測子系統及數值預報子系統之系統整合介面

3.2.1 海情展示及即時資訊傳輸控制系統

93 年本中心已完成現有資料導入「海情展示及即時資訊傳輸控制系統」建置，由計畫所需電子檔資料(含檔案格式說明)，藉由轉換軟體工具，自動將電子檔格式解析建入資料庫中。

目前本中心已陸續在高雄港(2000 年 12 月)、基隆港(2001 年 6 月)、花蓮港(2001 年 8 月)、蘇澳港(2002 年 7 月)及台中港(2003 年 8 月)共裝設了五組由挪威 NORTEK 公司出品的 AWCP 儀器－波高波向與剖面海流即時傳送監測系統，建立一個長期連續觀測系統，提供完整的海氣象數值資料。

現行之波浪、海流觀測系統運作方式稍有不同，蘇澳港觀測站直接透過 GSM 數據機將原始資料傳送回本中心，再由接收站電腦進行處理；高雄、基隆、花蓮等三個觀測站則是由海底電纜，直接將原始資料傳至各觀測站的資料收集電腦，以檔案型式儲存於硬碟中，再由本中心之接收站電腦定時以撥接方式，連線至各觀測站之電腦，將檔案傳回，再以分析軟體即時處理、統計，產生各項觀測結果數據，最後依事先定義之規則，將資料檔儲存至對應的磁碟路徑。目前各觀測站的資料格式一樣，未來將更進一步把各接收站(PC)的資料檔統一再彙整於一部資料伺服器。在傳輸線路方面，蘇澳、台中港使用 GSM modem，其他三港為一般 modem，其中花蓮單獨一條專線，基隆、高雄則合用一線。

潮位、風速及風向資料之收集，為另一套系統，固定在每天清晨 2~3 時由中心的接收電腦自動抓取前一天的資料。目前基隆港潮位、風向屬同一系統，花蓮港則分開為潮位站、風速風向站，台中港之風向風速乃單獨一站，未來將加入蘇澳港及高雄港。

資料轉換作業乃將經過資料收集作業得來之資料，經過解譯後統一格式置於海情系統資料庫，資料項目包含風力、風向、潮位、波高、週期、流速、流向、水溫等資料之轉換如圖 3.6 所示。

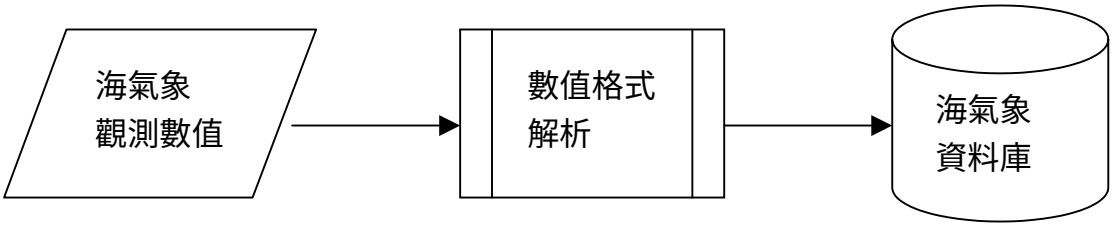


圖 3.6 海氣象觀測數值格式解析示意圖

海氣象觀測資料庫目前可以提供專業人員及管理者對目前的五大國際港做歷史或及時資料查詢，可以做多筆資料選取方式，輸出方式為折線

圖，清楚了解觀測資料高低起伏，並且配合資料列表，讓使用者做圖表比對。

系統並且建立自動統計功能，將原觀測系統每小時紀錄之資料，依需求自動統計運算如圖 3.7 及圖 3.8 所示。

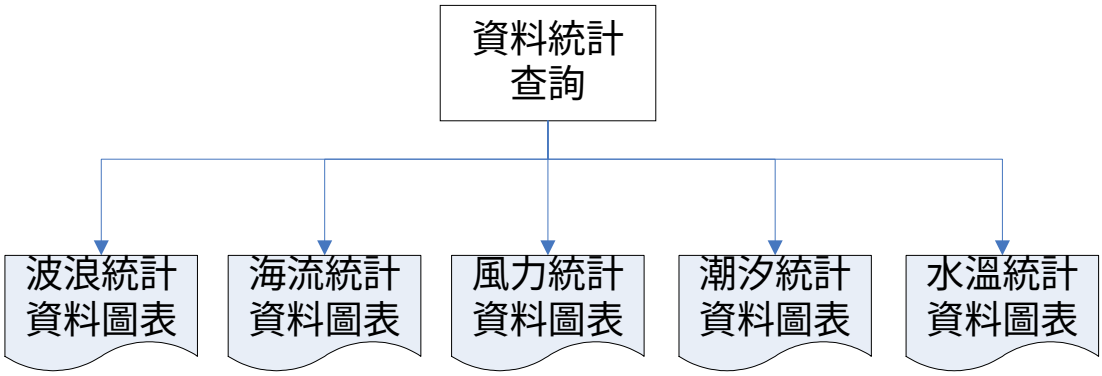


圖 3.7 資料統計查詢子系統

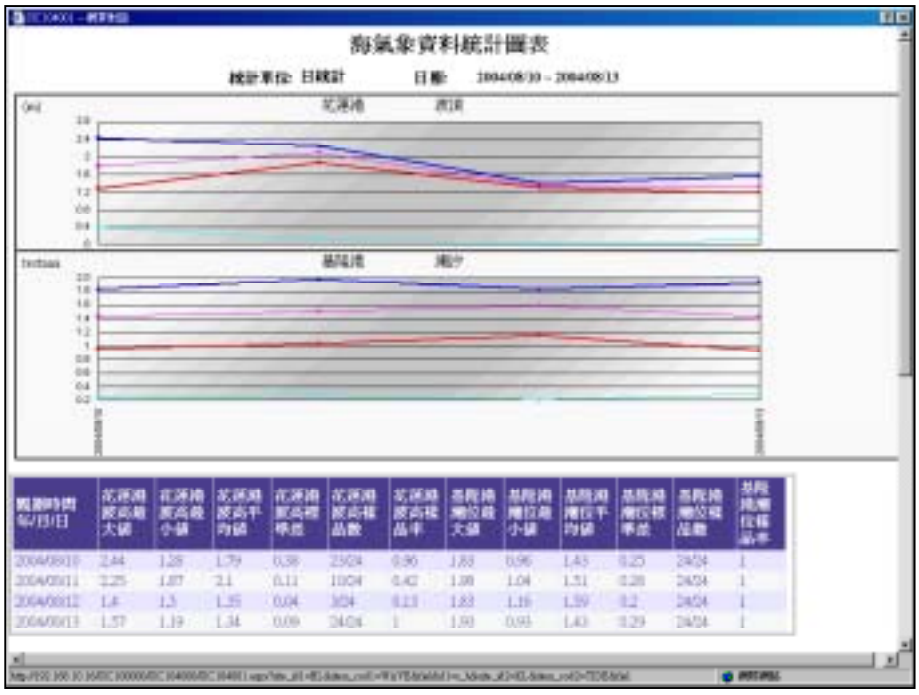


圖 3.8 海氣象資料統計圖表

一、此報表為統計表，可由使用者自行點選日報、週報、月報和季報其中一種，點選起迄時間按流覽即可。

二、由使用者自行點選所需要的資料，不限於同一港口，但資料最多只可選擇 2 項資料檔比較。

3.2.2 數值預報子系統系統

於網頁上加上網頁撰寫語言及 ASP 程式語法，擷取關聯式資料庫中之數值資料，以歷線圖方式呈現，並整合海氣象觀測即時數值於同一畫面，以利比較分析如下圖 3.9、圖 3.10、圖 3.11 所示。

圖 3.9 數值預報查詢畫面

圖 3.10 數值預報歷線圖(72 小時)畫面

圖 3.11 數值預報與即時觀測資料整合畫面

3.3 規劃建置花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統

3.3.1 傳輸通訊系統

花蓮港位於臺灣東部花蓮市東北方，是一座靠東西向之防波堤環抱而成之人工港如下圖所示。

圖 3.12 花蓮港港區位置圖

花蓮港建議拍攝地點為西堤白燈塔(拍攝港灣提岸處)，相關控制及傳輸設備可裝置燈塔內，並且透過光纖網路連結港務局大樓網路，轉接 GSN 固接網路將影像傳回本中心，如圖 3.13、圖 3.14 所示。

圖 3.13 白燈塔位置圖

圖 3.14 花蓮港務大樓至白燈塔管路位置圖

整體傳輸網路架構如下圖所示：

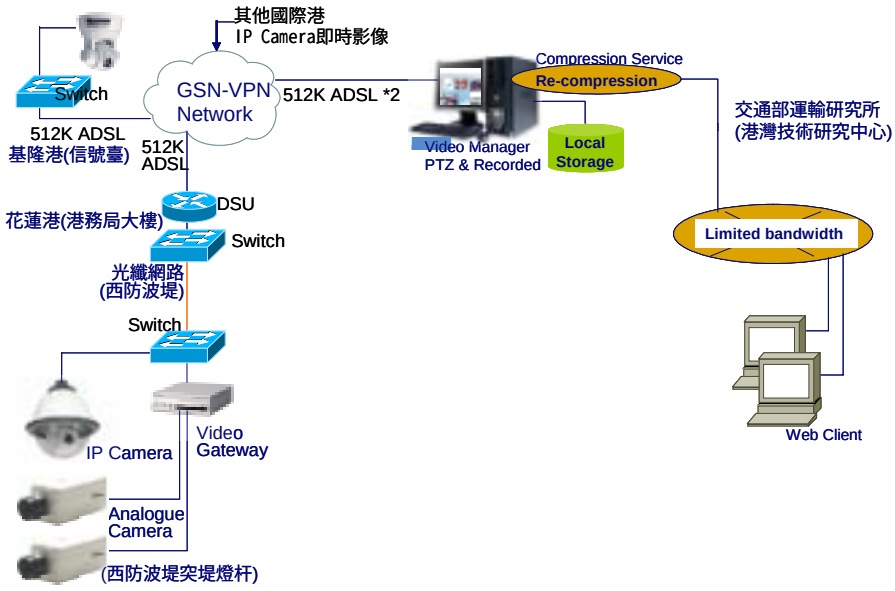


圖 3.15 整體傳輸網路架構圖

相關建置工作項目包括設備安裝(攝取影機、光纖網路、網路交換器等)、傳輸線路申請及時影像傳輸系統整合(基隆港)系統規劃。相關細節茲說明如下:

港務局大樓

配合本計畫需求，於三樓工務課申裝 GSN VPN 512K ADSL 線路，並且以工業標準機櫃收容線路及網路等相關設備。

西防波堤突堤燈杆(白燈塔)如圖 3.16 所示

考量其距離等因素，採用光纖網路，由港務局大樓延西防波堤突內側溝槽佈建至西防波堤突堤燈杆處。

並於於西防波堤突堤燈杆上架設 IP 攝影機 1 台(圖 3.17)及 Analogue 攝影機二台，即時影像傳輸經港務局大樓 GSN VPN 512K ADSL 傳輸回港研中心。

圖 3.17 Sony IP 攝影機

圖 3.16 攝影機安裝位置

圖 3.18 原廠攝影機室外防護罩

主要施工說明：

1. 西防波堤突堤採地面挖掘佈管、牆面洗洞方式施工，並於完成佈建光纖網路後，恢復地面及牆面原狀。
2. 西防波堤防沿岸主要沿內側既有幹管溝渠，佈建光纖網路約長 1020m。

3. 光纖網路沿西防波堤防沿岸至港務局圍牆邊處後，採依現有海底電纜沿溝渠明線佈建方式至三樓工務組設計課。
4. 延線施工狀況說明如下圖所示：

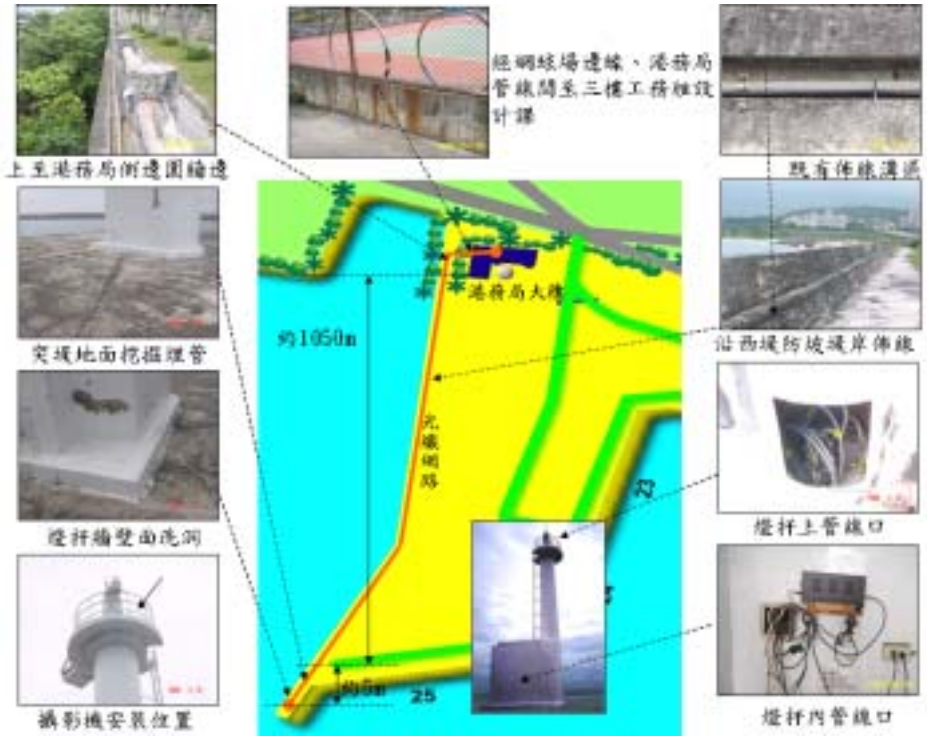


圖 3.19 主要施工相關位置圖

花蓮港港口寬度約 275 公尺，未來擴充若需於東防波堤新燈杆(紅燈塔)建置即時影像傳輸系統時，建議採無線網路連線方式，於施工上較容易且所需費用較低。

於東防波堤突堤燈杆上架設 IP 攝影機 1 台，並於於西防波堤突堤燈杆(白燈塔)、東防波堤新燈杆(紅燈塔)上各建置無線基地台 1 台，透過無線網路 2.4GHz 傳輸即時影像至西防波堤突堤燈杆處，經光纖網路至港務局大樓，再透過港務局大樓 GSN VPN 512K ADSL 傳輸回港研中心。

3.3.2 整合基隆港影像

於中心端點(港灣技術研究中心)配合本計畫需求，建議提昇現有即時影像傳輸線路(GSN VPN 512K ADSL)為 T1 線路，以符合基隆港及花蓮港即時影像傳輸頻寬需求。

因應基隆港及花蓮港即時影像系統整合需要，於影像控制統方式建議建置：

(1)Video Manager Server(PTZ & Recorded)

藉由 PC-BASE 可程式控制器之數位輸出/入模組及類比輸入模組，將現場各系統設備及環境狀況等相關資料收集，並且以監控系統電腦連線作資料整合與圖形化顯示，透過系統處理器執行邏輯運算、連鎖控制、錄影存檔等功能達到自動控制之目的。

(2)Video Compression Server

壓縮攝影機的影像資料分享，減少 CLIENT 存取時頻寬的限制.

(3)Video Gateway Server

提供 CLIENT 可以透過 IE 存取 Video Manager Server 上的影像資料。

架構示意圖如下:

圖 3.20 整合基隆港影像整體架構圖

3.管理系統需求與功能

在各個國際港區之各重要監視點架設攝影機，以網路傳輸攝影機之影像，為有效利用與管理網路頻寬等各項資源，本案之設計需求係以階層式之系統架構為基礎，影像之儲存可採：

分散式儲存：此影像資料之儲存將先儲存於「各國際港影像儲存工作站」，並且備份儲存於「海情中心影像儲存伺服器」。

集中式儲存：此影像資料之儲存不儲存於各國際港, 以直接儲存於「海情中心影像儲存伺服器」為主，

但系統採集中管理為目標，以確保影像資料不流失。

(1)系統功能

a.可透過微軟 IE 瀏覽器同時達成下列工作「即時監控、錄影、照相、迴放及遠端監控、歷史錄影檔案」 。

b.最大可以同時錄影三十二支攝影機並且可以集中錄影、可設定時間

排程(Schedule)拍攝，符合不同時間的需求。

c.可以支援 XP 作業系統，達到多螢幕監看。

d.可以即時調整解析度(Resolution)、頻寬(Bandwidth)與傳輸張數(Frame) 。

e.可以調整播放速度、迴放、格放與暫停，並即時移動鏡頭及框放。

f.可以依每支攝影機設定，分別可預約、連續、警報、手動錄影。(時間可以自行設定)

g.硬碟儲存空間不夠時，可以發出警示音、覆寫舊資料、錄影停止，並且覆寫舊資料時可以指定以磁碟使用空間百分比或保留日期。

h.硬碟儲存支援 NAS、Tape、SAN 及 DAS 的架構。

i.支援搖桿控制，方便使用者操作。

j.提供「使用者權限、群組及功能安全控管」，並且可分開設定一起控管。

k.提供影像轉檔程式，可以轉成三十種以上的格式(Winmedia、Quick…) 。

l.支援攝影機巡迴的預設點(Pre-Set)。

m.可以客製化佈置圖(LAYOUT),讓使用者可以依照實景圖去設計攝影機和影像顯示的位置。

n.當網路斷線時，可以結合監控攝影機的暫存功能，等網路恢復時立即回寫。

o.系統發生異常時可以透過 E-mail 發出警告。

p.以解析度少錄影的影像，可以透過軟體做解晰度放大。

q.支援聲音與影像錄影及播放。

r.可以利用影像管理閘道服務(Web gateway service)

來提供使用者遠端瀏覽多台網路攝影機錄影伺服器上的影像;並可以配合影像壓縮服務(Image Compressor Service)來減少網路頻寬的浪費。

(2) Sony 網路監控解決方案

Sony 網路監控解決方案包括一整套的 RealShot 系列管理軟體，可進行多攝像機控制、資訊獲取和報警管理的視頻管理，用於大容量圖像處理器和存儲能力的網路存儲伺服器，以及企業的 SSM 監視器陣列。該套系統可運行在具備數位視頻信號獲取、即時流覽、遠端監控和管理、記錄和歸檔/提取等功能的網路體系結構上。

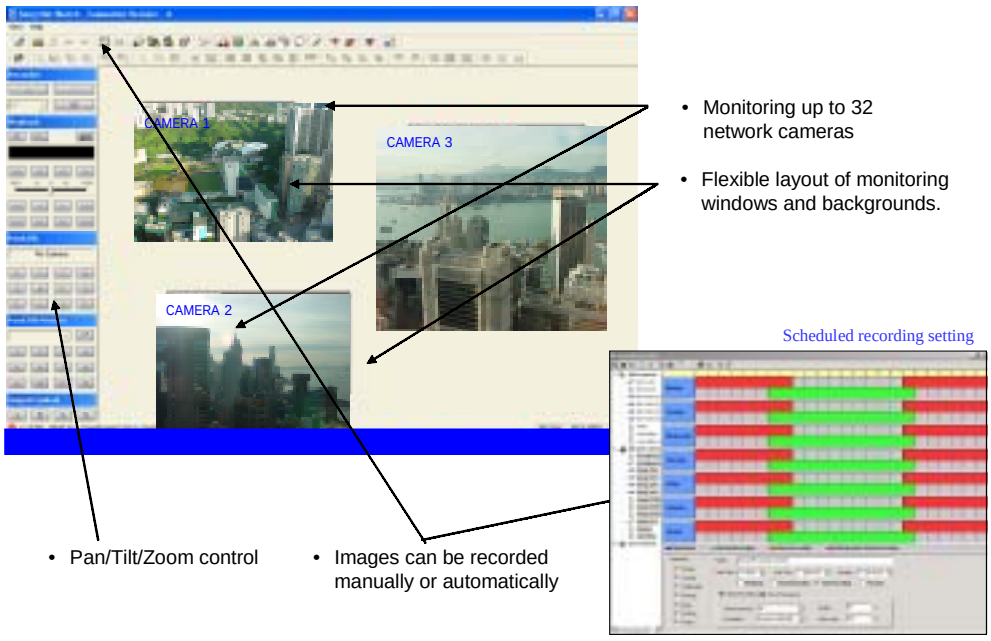


圖 3.21 Sony Realshot 影像控制軟體

(2)儲存空間規劃

設定儲存 30 天規劃，每支畫面採全時錄影 30fram/sec(fram 數會依線路狀況而改變)，共 4 支攝影機計算:

a.data rate =256kbit/sec

b.camera =4

c.skip(儲存畫面)=30

d.day=30

e.256kbit/sec ÷ 8 = 32kbyte/sec

(每秒鐘畫面的流暢度 30 fram/sec)

f.32kbyte/sec x 86400(天) 2.76GB/Channel

g.4 支攝影機所需容量為

2.76GB/Channel x 4 Channel 11GB/day

h.11GB/day x 30 day = 330G

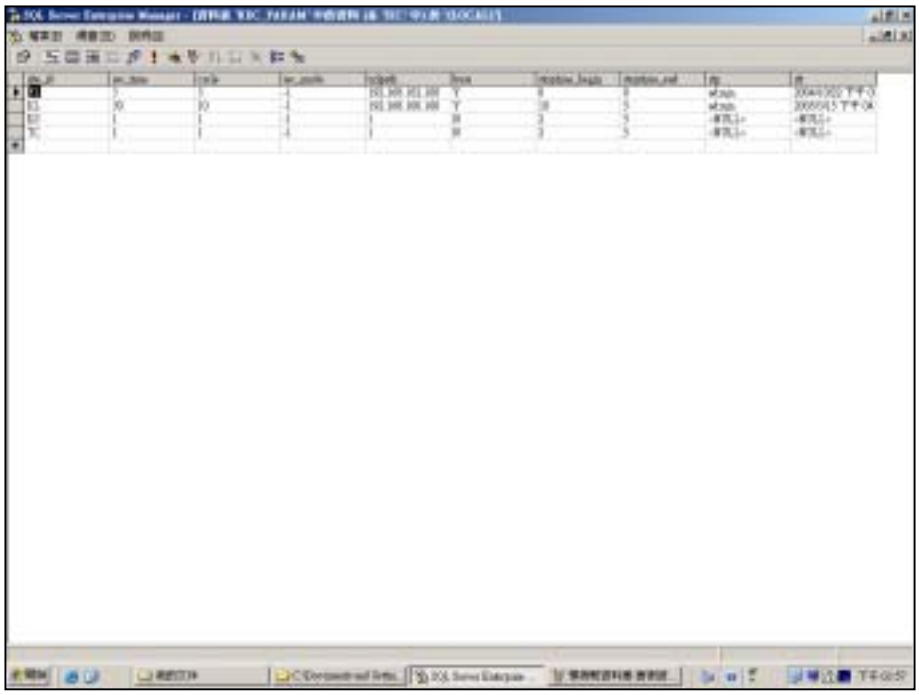


圖 3.22 即時影像控制整合於關聯式資料庫中畫面

3.3.3 實際完成建置成果

實際完成建置成果如下圖所示：

圖 3.23 基隆港即時影像畫面

圖 3.24 花蓮港即時影像畫面

3.4 擴充建置港灣環境資訊系統

3.4.1 即時資料品管機制及通報系統

結合程式於 SIC701010 轉檔程式之中，於轉檔程式運作之同時判斷是否有任何之錯誤訊息或動作，並以第一時間發送信件給相關人等..資料轉檔狀況如圖 3.25 所示：

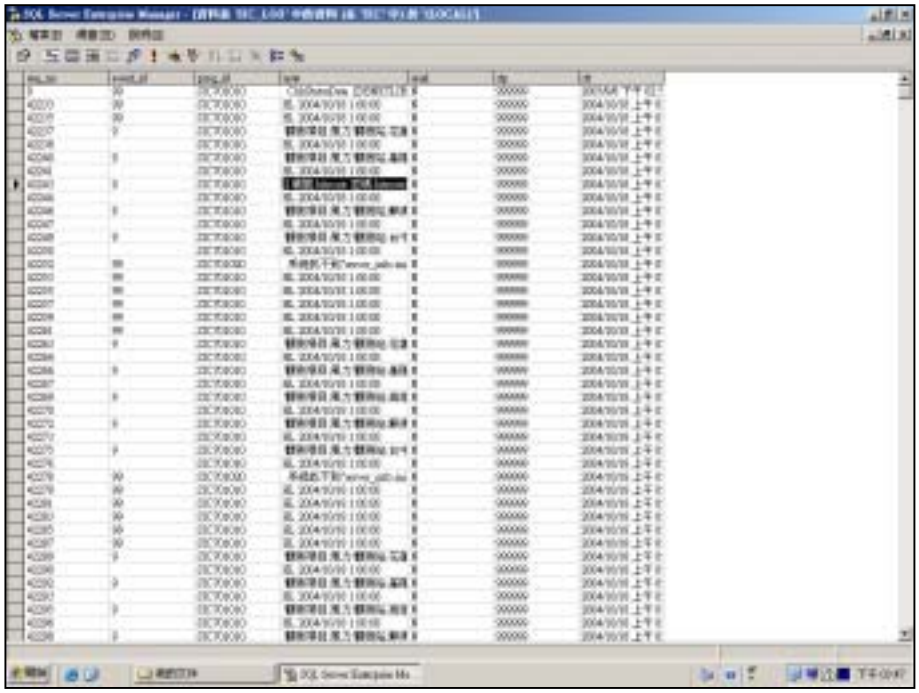


圖 3.25 資料轉檔狀態

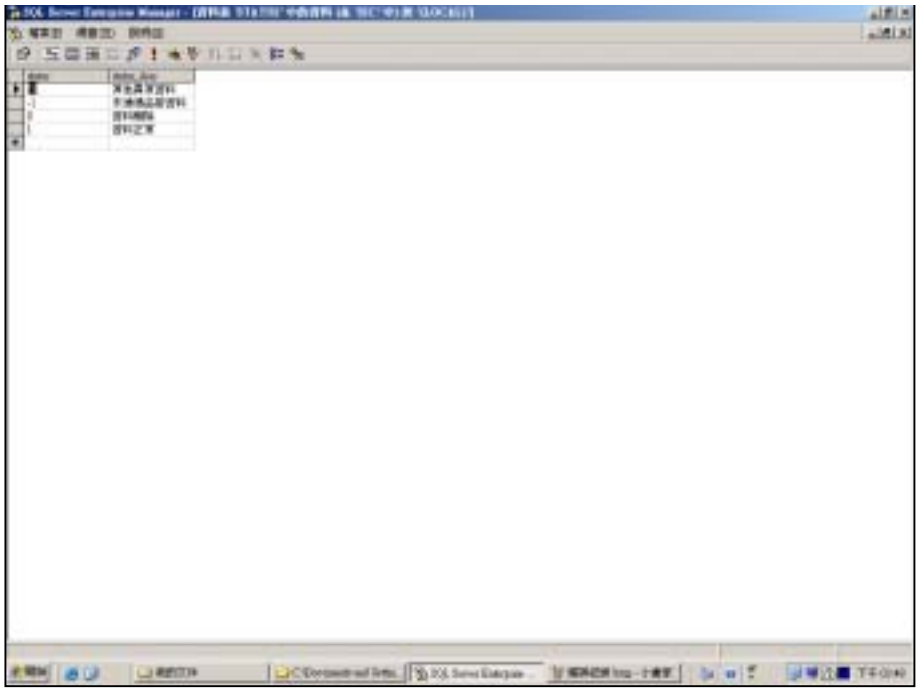


圖 3.26 資料轉檔異常狀態代碼

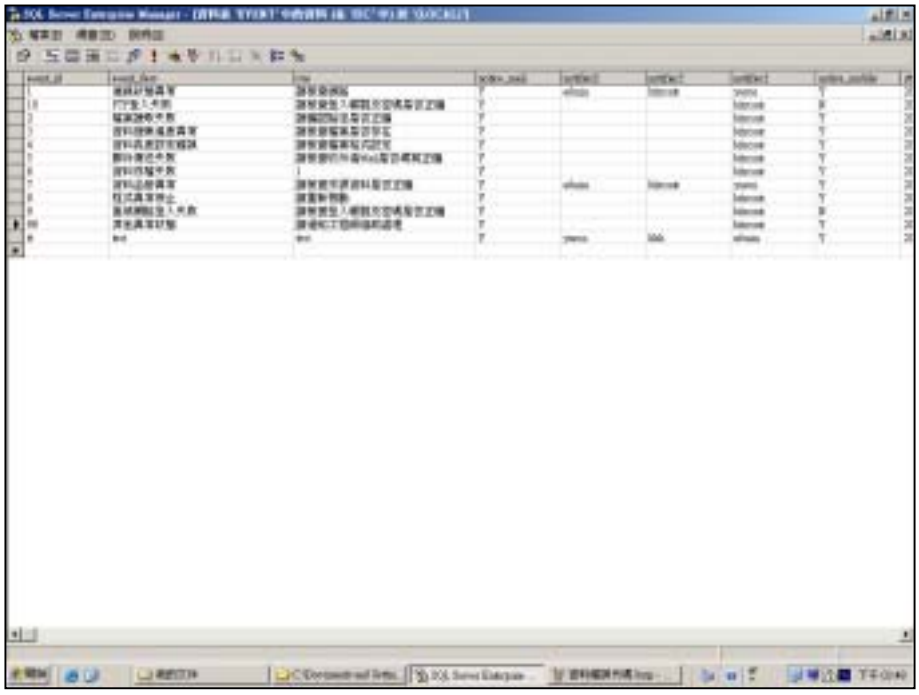


圖 3.27 系統異常代碼

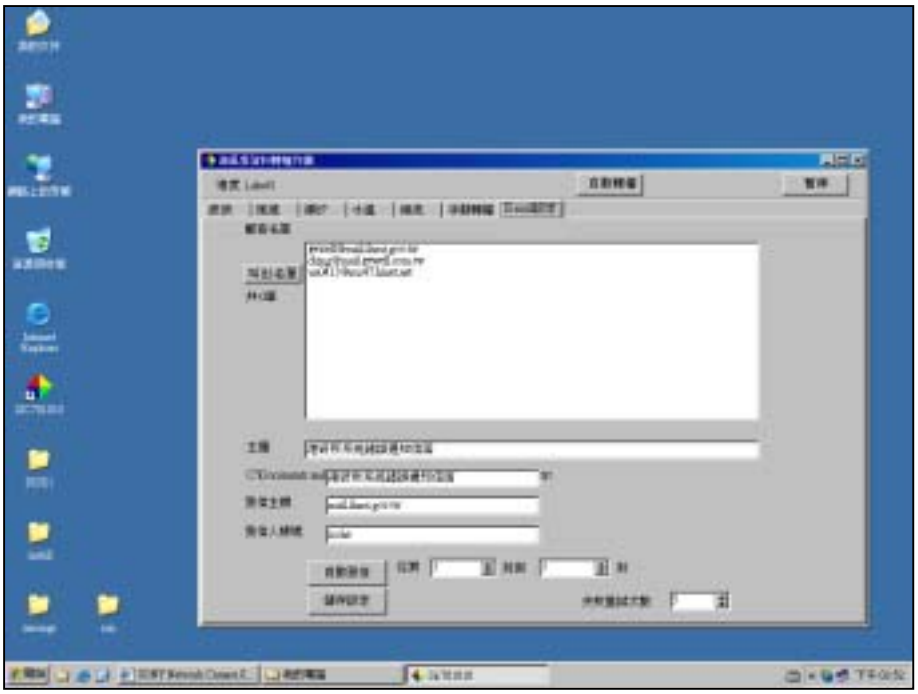


圖 3.28 異常通知郵件設定畫面

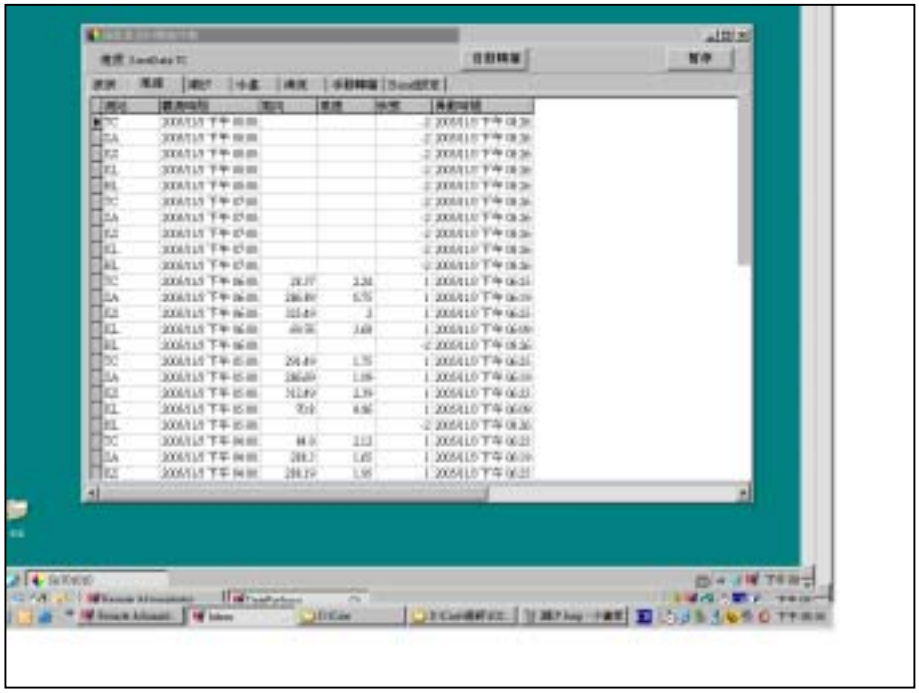


圖 3.29 線上監控資料轉檔作業(風速)

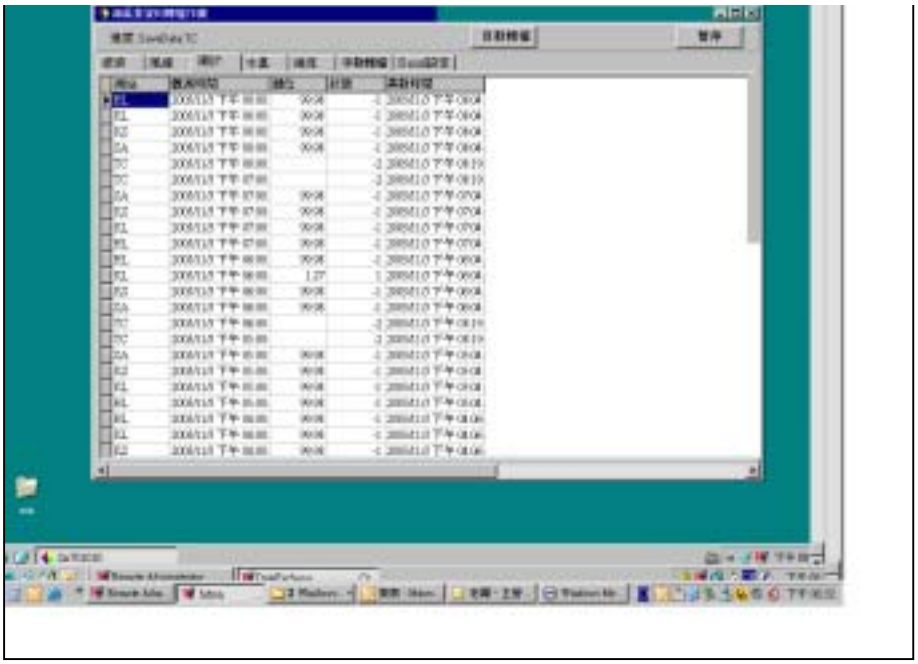


圖 3.30 線上監控資料轉檔作業(潮汐)

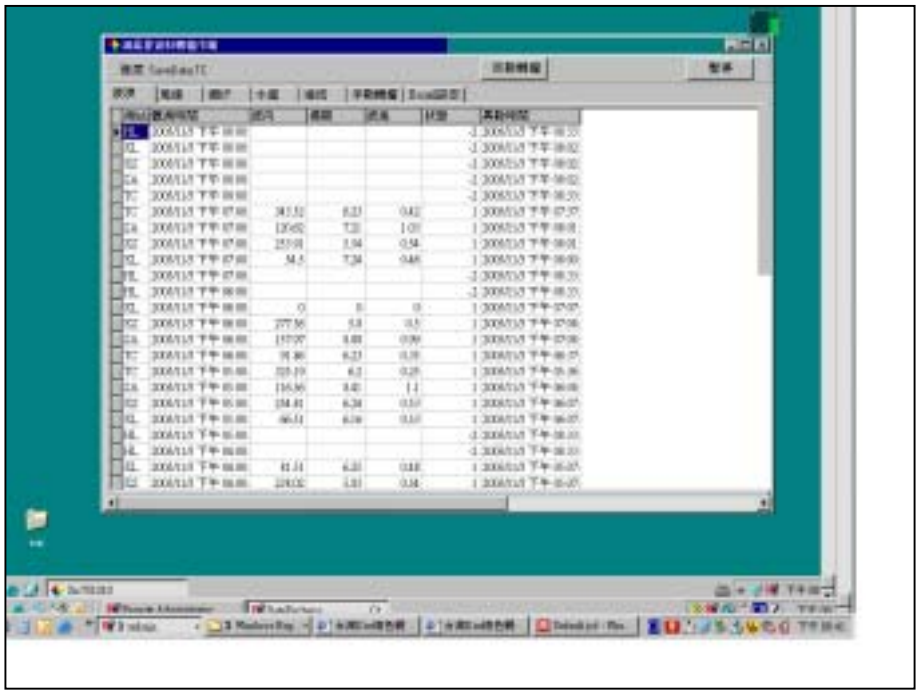


圖 3.31 線上監控資料轉檔作業(波浪)

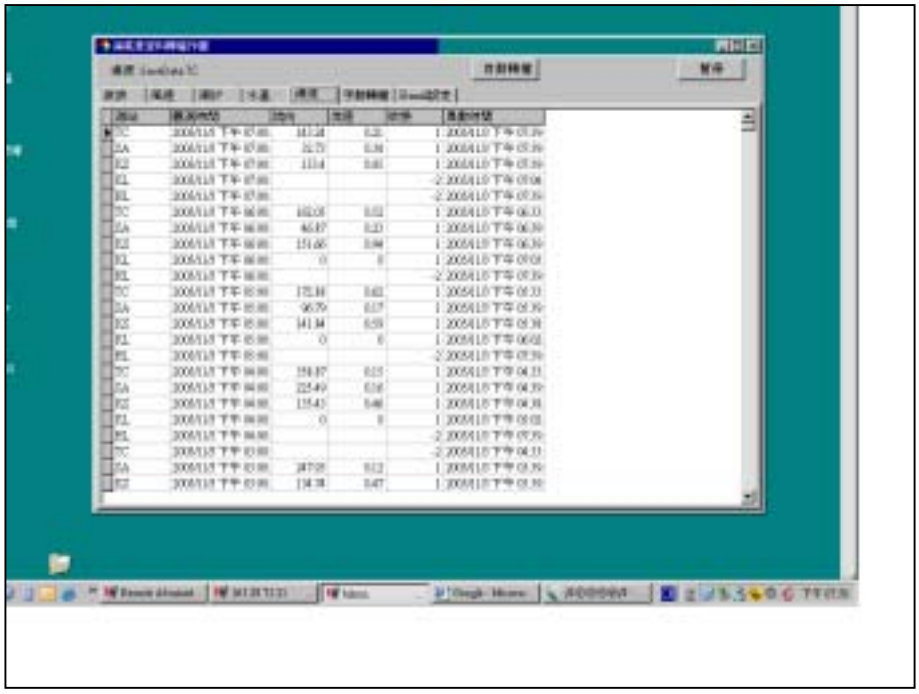


圖 3.32 線上監控資料轉檔作業(海流)

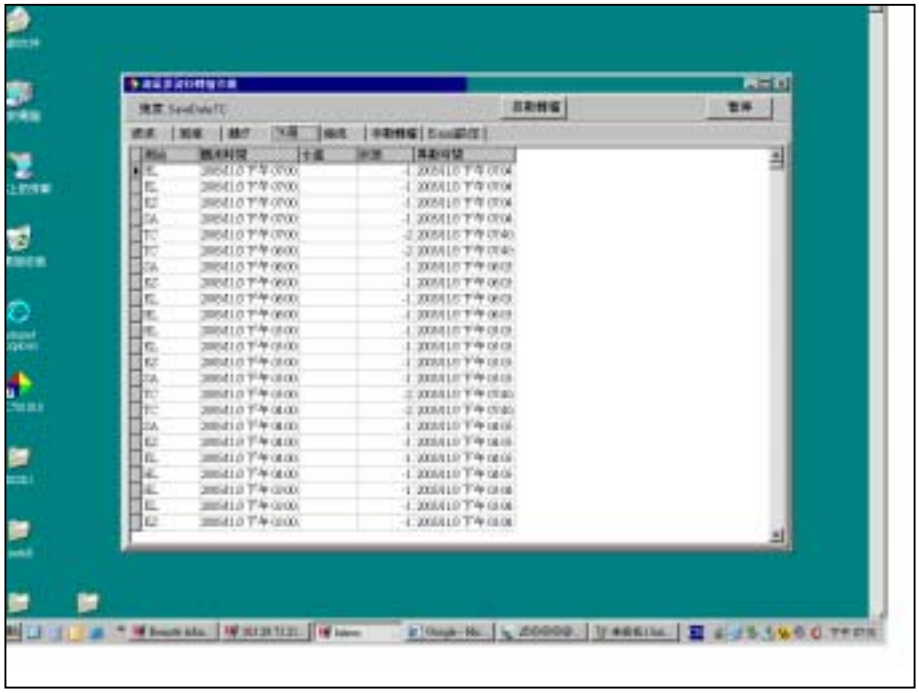


圖 3.33 線上監控資料轉檔作業(水溫)

詳細之標準作業流程請參考附錄四說明

3.4.2 整合港埠基本資料

圖 3.34 港灣環境資訊網首頁

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

圖 3.35 臺灣地區港埠基本資料成果展示

http://isohe.ihmt.gov.tw/Harbor/index.html

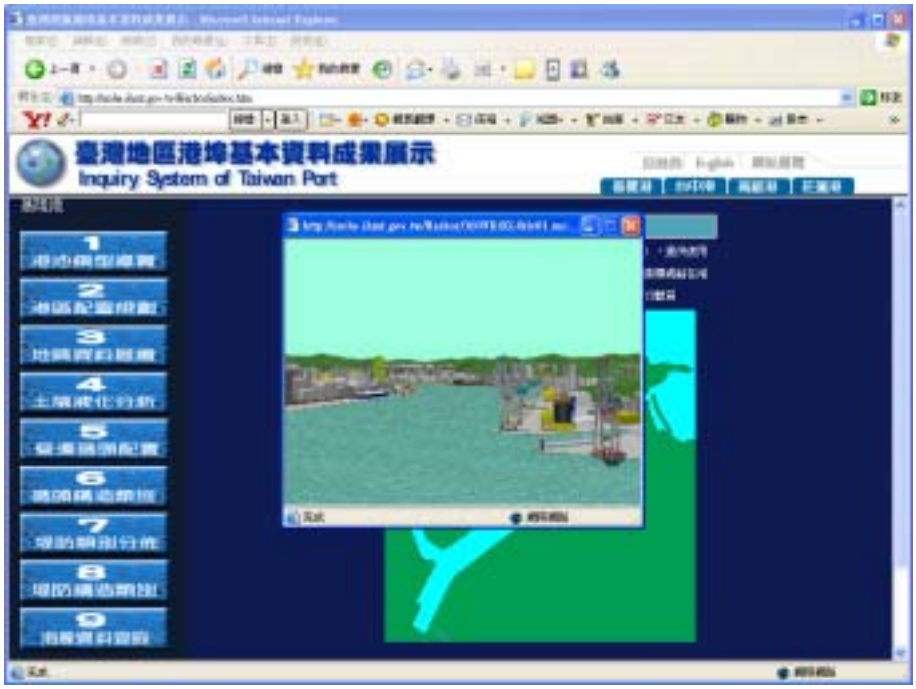


圖 3.36 基隆港港池模型導覽

3.4.3 聯結地震資訊系統

圖 3.37 地震資訊系統 URL http://earthquake/earthquake/

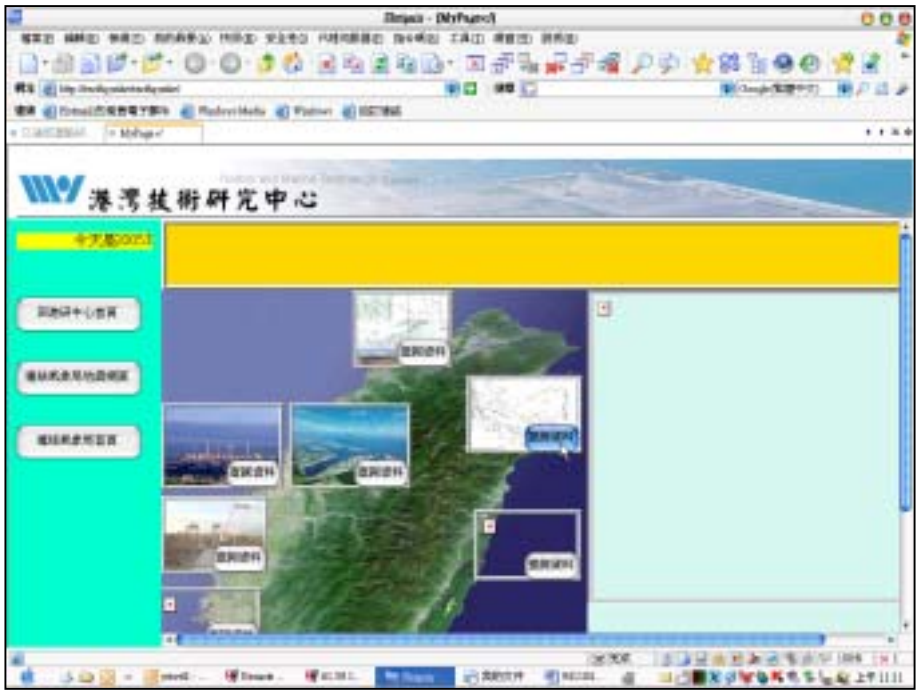


圖 3.38 地震資訊系統首頁

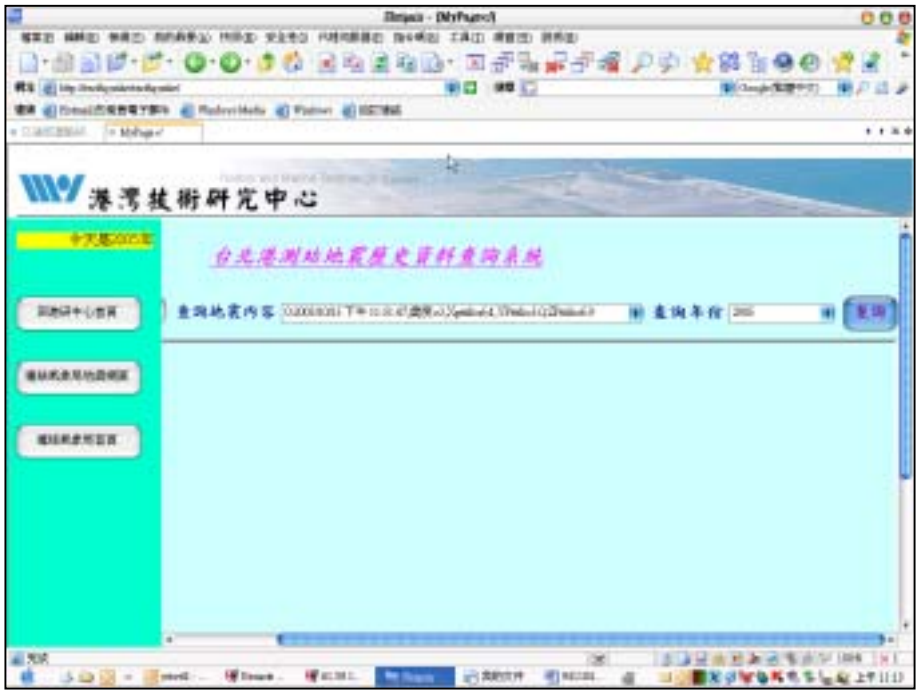


圖 3.39 地震歷史資料查詢

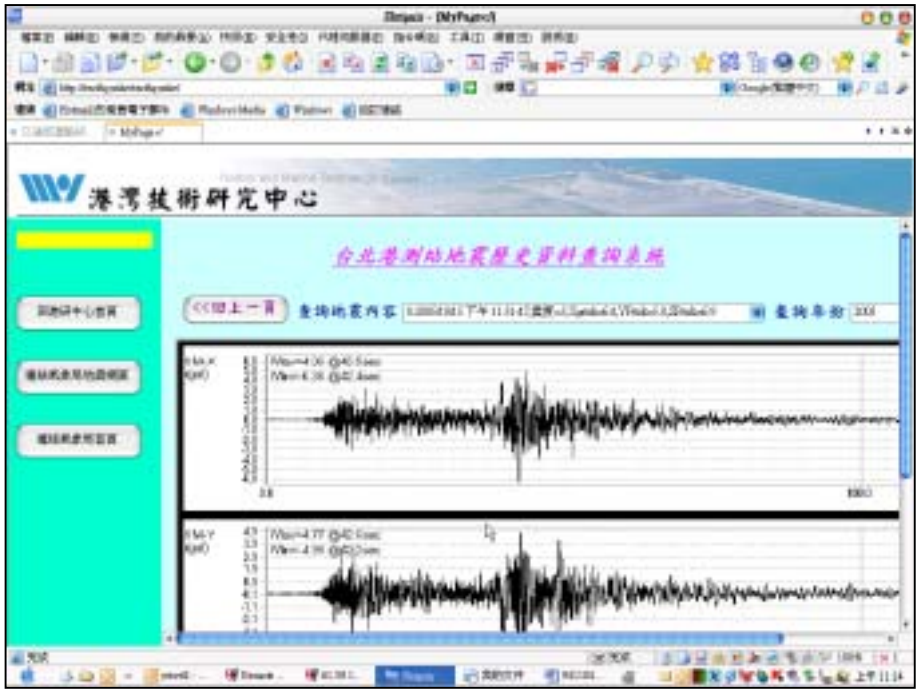


圖 3.40 地震歷史資料展示

3.4.4 其他工作項目

一、程式修改完成：

(一)系統管理員登入畫面更改，不要在首頁顯示。

(二)系統運作狀態列訊息隱藏。

(三)基本資料中各欄位顏色要加註解。

(四)波、潮、浪、流…etc，資料查詢顯示方式可設定 1.N 筆顯示 2.全部顯示。

二、問題排除：

(一)轉檔程式在動作時可顯示轉檔進度狀態列訊息隱藏。

(二)確認即時資訊 N/A 造成的原因，並將發生原因以 email 通知管理員。

圖 3.41 海氣象即時觀測展示

三、網頁風格設計

圖 3.42 網頁新風格 1

圖 3.43 網頁新風格 2

圖 3.44 網頁新風格 3

3.5 本中心資訊應用系統整合規劃研析

推動資訊電子化主要願景為充分運用資訊和通訊科技，一方面提高行政效能，提昇便民服務品質，一方面也能創新知識的分享。本中心業務資訊系統計有以下六大項目，各科室目前所使用之個人電腦或伺服機設備老舊且效能不佳影響計畫執行結果之呈現，且各自發展系統功能與儲存資料，亦無法將執行結果之呈現與整合共享。

為落實港灣及海氣象科技發展之系統整合，並確保相關系統間之相互連網性與資料可交換性，必須研擬一套系統架構平台以為因應。換言之，系統架構係發展科技系統整合之基礎，目的在規範科技發展系統整合的範圍、建立本中心對科技發展系統整合之共通性認知，訂定確認系統之運作方式，以利於現有系統之資訊共享及新系統引進時的規範。

系統名稱	承辦人	協辦廠商或單位
近岸數值模擬系統建立(2/4)	蘇青和	中山大學 (李忠潘教授等)
電子海圖服務與資料安全系統建立研究(一)	張富東	海洋大學 (張淑淨教授)
港灣工程地理資訊系統	謝明志	臺灣科技大學
運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究(1/4)-以高雄港為例	謝明志	成功大學
地震資訊系統	賴聖耀	系統資訊
港灣環境資訊系統	簡仲璟	大綜電腦系統
台北港海氣象即時查詢系統建構管理研究	林受勳	中山大學 (薛憲文教授等)

3.5.1 實施方法與進行步驟

資訊應用系統之整合，包括有資料庫研發、網路應用環境規劃設計、軟硬體設備規劃、建置、系統整合運用等。此部分需資訊科技背景人才參與協助配合海氣象專業人員及各項計畫系統人員共同參與，才能擬訂所需之資料庫管理與運用、網路規劃設計等標準。

本計畫資訊應用系統之整合規劃步驟，如下圖所示：

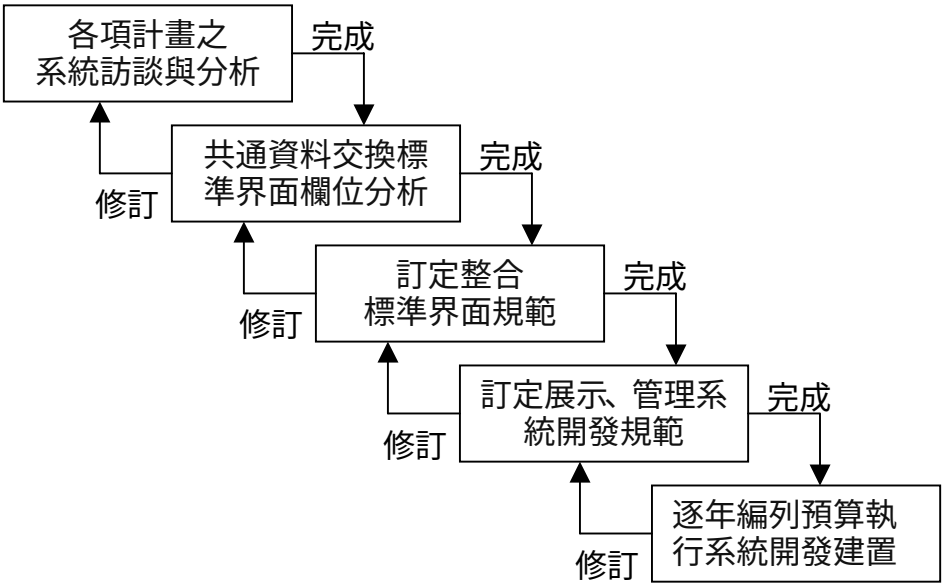


圖 3.45 實施方法與進行步驟示意圖

3.5.2 系統研析

一、系統說明

系統名稱	系統說明
近岸數值模擬系統建立(2/4)	1.提供近岸海象數值計算結果。 2.目前已建立 Taicom 網站對外公開。 3.進行中。
電子海圖服務與資料安全系統建立研究(一)	1.提供電子海圖之儲存、查詢及展示。 2.目前進行網路版建置。
港灣工程地理資訊系統	1.提供港灣工程相關資訊。 2.目前為單機作業。
運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究(1/4)-以高雄港為例	1.提供港灣防救災資訊相關之查詢及應用。 2.目前開發中。
地震資訊系統	1.提供地震即時通報資訊。 2.利用 GSM 即時傳送地震資料簡訊。
港灣環境資訊系統	1.提供五個國際港海氣象監測即時資訊。 2.提供基隆、花蓮港即時影像。 3.目前已建立 ISOHE 網站對外公開。
台北港海氣象即時查詢系統建構管理研究	1.提供台北港海氣象監測即時資訊。 2.目前僅內部使用尚未公開。 3.進行中。

二、資料庫系統

系統名稱	資料庫系統
近岸數值模擬系統建立(2/4)	MySQL
電子海圖服務與資料安全系統建立研究(一)	Oracle
港灣工程地理資訊系統	說明一
運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究(1/4)-以高雄港為例	說明二
地震資訊系統	Microsoft SQL Server
港灣環境資訊系統	Microsoft SQL Server
台北港海氣象即時查詢系統建構管理研究	Microsoft Office Access

說明一：此系統為運用 Mapinfo 應用軟體之 GIS 系統。

說明二：此系統為發展於 MapGuide 應用軟體之 GIS 系統。

三、資料傳輸

系統名稱	資料傳輸
近岸數值模擬系統建立(2/4)	遠端遙控
電子海圖服務與資料安全系統建立研究(一)	專線
港灣工程地理資訊系統	Intranet
運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究(1/4)-以高雄港為例	
地震資訊系統	Dial UP
港灣環境資訊系統	Intranet
台北港海氣象即時查詢系統建構管理研究	512K/64K ADSL

四、應用系統

系統名稱	應用系統
近岸數值模擬系統建立(2/4)	Linux 開放式架構
電子海圖服務與資料安全系統建立研究(一)	S57 專屬系統架構
港灣工程地理資訊系統	Web Base 開放式架構
運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究(1/4)-以高雄港為例	開放式架構
地震資訊系統	專屬系統架構
港灣環境資訊系統	開放式架構
台北港海氣象即時查詢系統建構管理研究	開放式架構

3.5.3 系統整合建議

一、整體系統架構圖

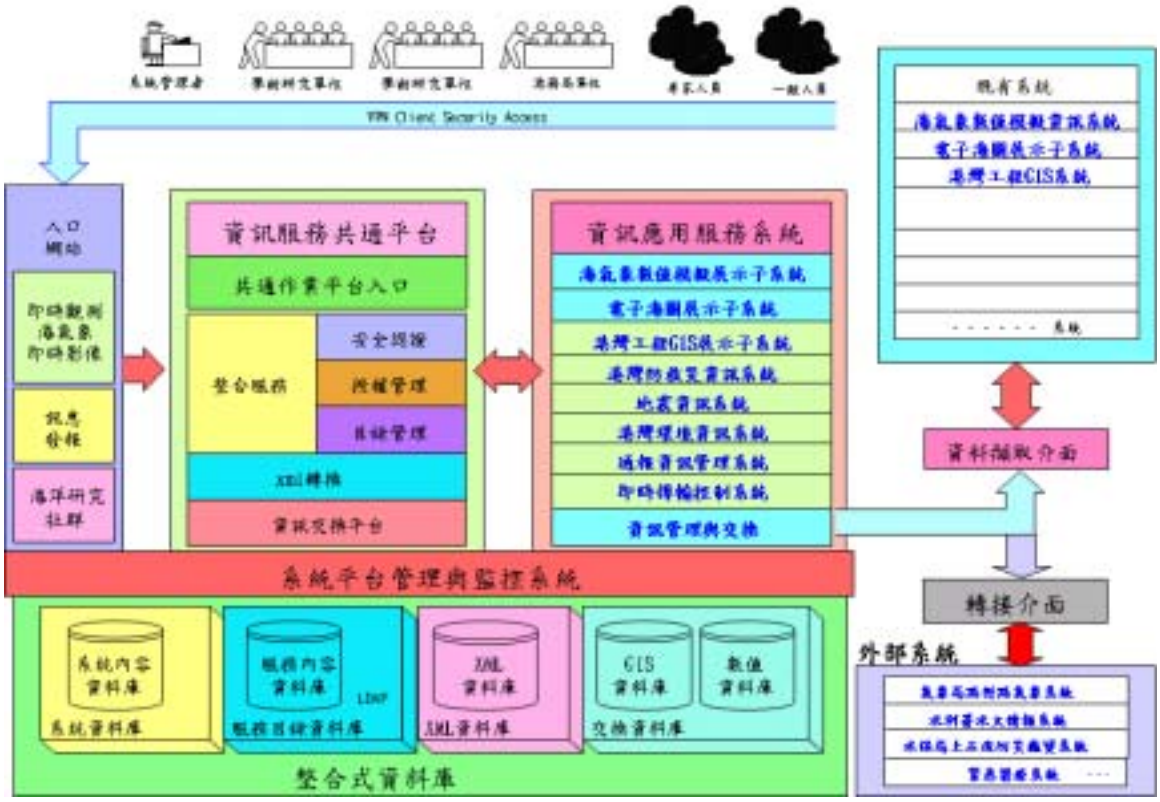


圖 3.46 系統整合架構示意圖

以下茲說明整體系統架構圖之各部功能：

1.整體架構共區分為使用者端、系統管理、資訊應用服務、整合式資料庫及資料擷取等五大部份。

2.一般使用者端可透過 Web 提供屬於即時觀測之海氣象、影像訊息及相關之訊息發佈與參與海洋研究社群討論。

3.經申請合法授權之學術研究單位等則可透過 VPN Client 安全存取進入內容網站系統。

4.系統管理者依使用者(單位)特性及相關作業進行系統使用及存取相關資訊應用服務設定。

5.具有系統使用及存取相關資訊應用服務權限者才能使用相觀之系統。

6.於整合式資料庫則分別透過資料擷取等介面進行資料取得與建立內容。

二、遠端系統安全登入

Internet是「天涯若比鄰」的具體表現，因其靈活、高成本效益的基礎架構可讓網路資訊系統的觸角延伸到所有員工與主要的合作夥伴。

我們要利用Internet所帶來的好處，首要確保所有資訊通訊與內部網路資源的安全。除了安全考量也要面臨設備可用性、效能與可擴充性的挑戰。

本中心資訊應用系統整合規劃建議利用虛擬私有網路（Virtual Private Network，VPN）技術加入重要應用系統中的存取架構，利用 VPN 性能的可靠與具備高容錯性部署能夠快速地整合與管理整個機關的安全網路架構。

經由 GSN 網路提供虛擬私有（VPN）網路機制，配合完整而簡易的資訊、通訊解決方案 VPN Client，提供本中心內部的安全資料傳輸網路，以供出差人員及合作單位透過網際網路進入機關內部系統，並且提供多節點內部之點對點間線上資訊傳輸及網路資訊存取得，確保本中心跨地區資料傳送的安全隱密。

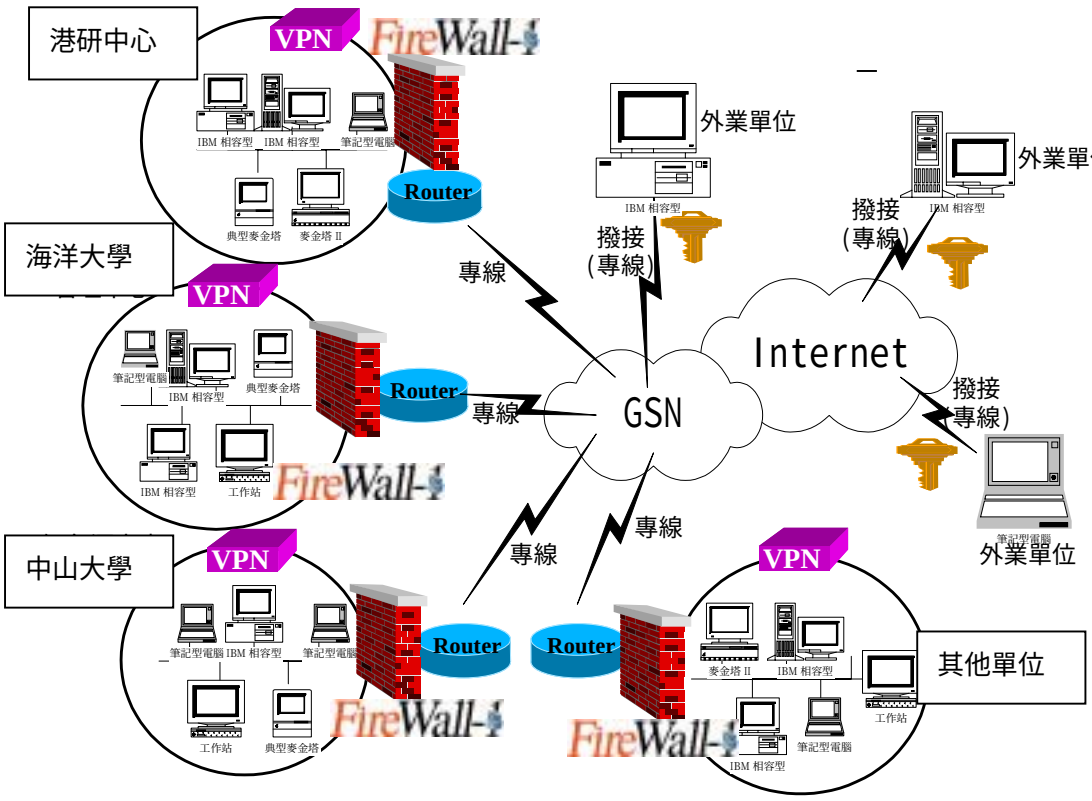
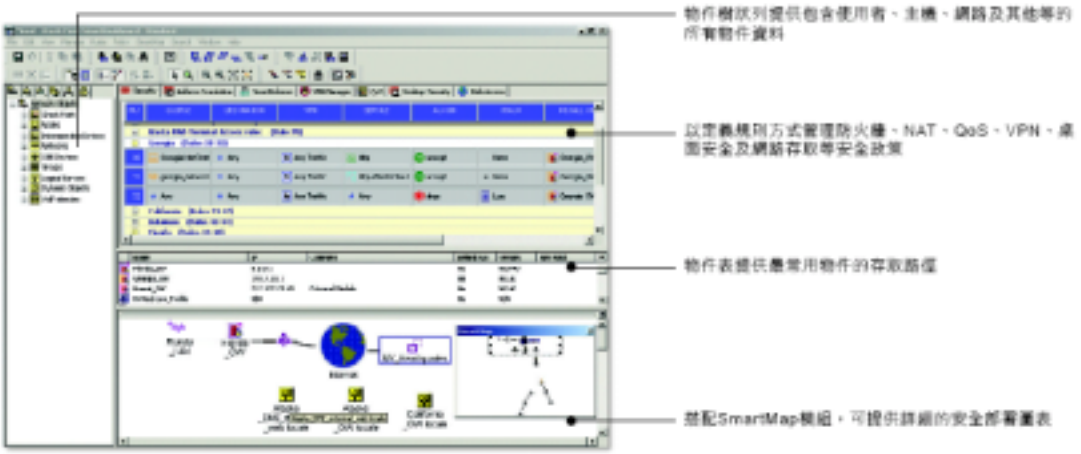


圖 3.47 遠端系統安全登入架構示意圖

CheckPoint完整SecureVPN 解決方案：

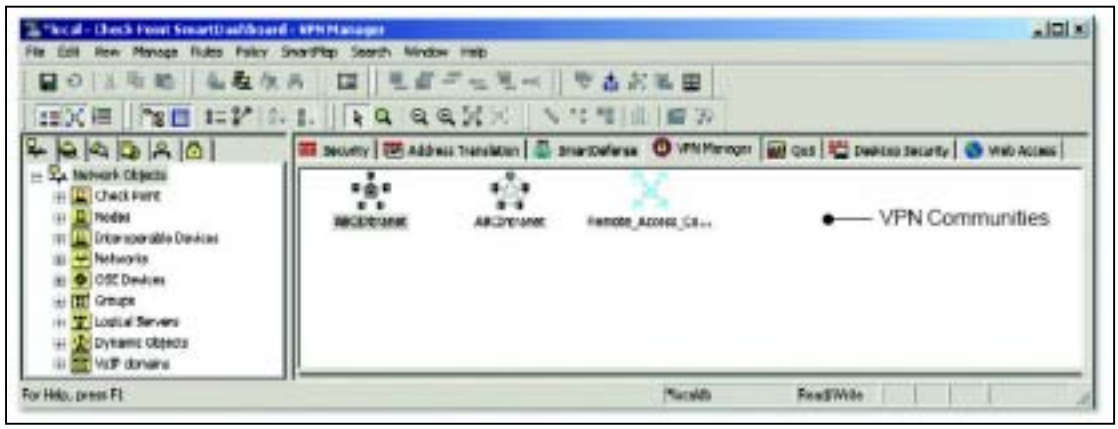
本中心已更新完成最新版 Check Point Firewall-1 系統， VPN-1 Pro 是 Check Point Secure VPN 解決方案的基礎，是最完整的遠端存取、Intranet、Extranet VPN 產品與技術。Check Point 有多種 VPN 產品，企業可從中選擇與設定滿足自己需求的最佳配置。



SmartDashboard可簡化VPN部署流程與安全管理，方便隨時存取所有相關資料。

整合FireWall-1，提供最大的保護：

為提升企業網路安全與有效管理，VPN必須與防火牆功能相整合。為此，VPN-1 Pro包含市場領先的FireWall-1，其內建Check Point狀態檢查（Statefullnspection）與智慧型應用（Application Intelligence）技術，能確保所有常用Internet服務的安全。VPN-1 Pro支援超過150個預設好的應用程式、服務與通訊協定，包括Web應用、即時訊息傳輸、P2P應用、VoIP、Oracle SQL、RealAudio，以及如H.323的多媒體服務。



VPN Manager是SmartDashboard的功能之一，只要一個步驟即可完成Intranet、Extranet與遠端存取VPN的規定定義與部署

於安全方面：

Check Point VPN-1 Pro整合遠端控制、驗證與加密功能，可確保網路連線安全、執行地方/遠端使用者身份認證，並可保有通訊資料的私密性與

完整性。Check Point SecureVPN解決方案提供了多種驗證選擇，包括網路卡（token card）、RADIUS、TACACS/TACACS。此外，VPN-1的OpenPKI確保SecureVPN解決方案可與市場上如Entrust、Verisign及Baltimore等PKI解決方案產品相容，幫助企業有效管理大規模的IPSec VPN部署。

Check Point獨有的混合模式驗證（Hybrid Mode Authentication）技術讓企業在部署IPSec VPN時，也可利用現有的驗證方案如Secure ID卡。想要擁有強大的身分驗證的企業可使用Check Point One-Click 憑證。VPN-1 Pro包含內部憑證權限（Internal Certificate Authority），其X.509數位憑證可發給VPN-1閘道器以及VPN-1 Secure Client的使用者。

於加密功能方面：

除了確保網路存取的安全性外，一個安全解決方案還要能保護所有資料傳輸時的私密性。VPN-1 Pro符合IPSec標準，在各方進行通訊時，能自動使用最高等級的加密與數據（data）驗證算法。針對數據加密，還包括高級加密標準（Advanced Encryption Standard，AES）以及DES/3DES驗證算法。

附加功能：

VPN-1 Pro支援一系列Check Point管理模組如下：

1.SmartCenter /SmartCenter Pro：可對所有Check Point VPN、安全與QoS產品進行集中式管理。

2.Provider-1 Si teManager-1：可對所有Check Point VPN、安全與QoS產品進行集中式管理，同時能在一個有數千個政策的架構中整合多種不同的安全政策。

3.SmartMap：能提供企業安全部署的詳細資料，以圖像化方式呈現，讓安全管理員在部署前方便比對公司的安全政策是否完整。

4.SmartUpdatep：讓Check Point設備增加集中式的軟體與認證管理工具，確保在企業網路內執行一致性的安全政策。

5.SmartViewMonitor：為強大的效能分析工具，利用圖形方式呈現端對端VPN tunnel的效能評量，如：頻寬、往返時間與封包遺失率等。

6.SmartView Reporter：為一完整的報告系統，能根據Check Point的數據紀錄提供巨細靡遺的網路安全活動與事件資料。

7.UserAuthority：為電子商務應用的單一簽入（Single Sign-on）提供安全的通訊層。

8.Account Management Module；讓VPN-1/FireWal l-1閘道器與一個或多個LDAP相容的目錄伺服器整合。

三、使用者操作控管

Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)是一種可讓任何人找到網路中的組織、個人、檔案或裝置等其他資源的一種軟體目錄協定
儲存每個自然人 DN 與憑證，以供他人使用 LDAP 協定來查詢自然人憑證
LDAP / AD 帳號整合模：

透過標準的 LDAP 協定，可與外部的 LDAP 伺服器進行帳號整合功能。亦提供手動管理機制，由管理者啟動與 LDAP 伺服器確認新增/已刪除帳號之同步管理功能。此模組支援標準之 LDAP 伺服器與 Microsoft Active Directory Server。

SSO 單一簽入帳號整合：

透過使用者所提供整合認證程式， InfoGates 與使用者原有系統直接來進行帳號/密碼的確認，完成單一簽入的整合作業，或採用 Windows Active Directory Server 方式整合，經由 IIS 簡單設定，使用者登入 Windows 網域後，即可簽入應用系統。

四、通訊系統

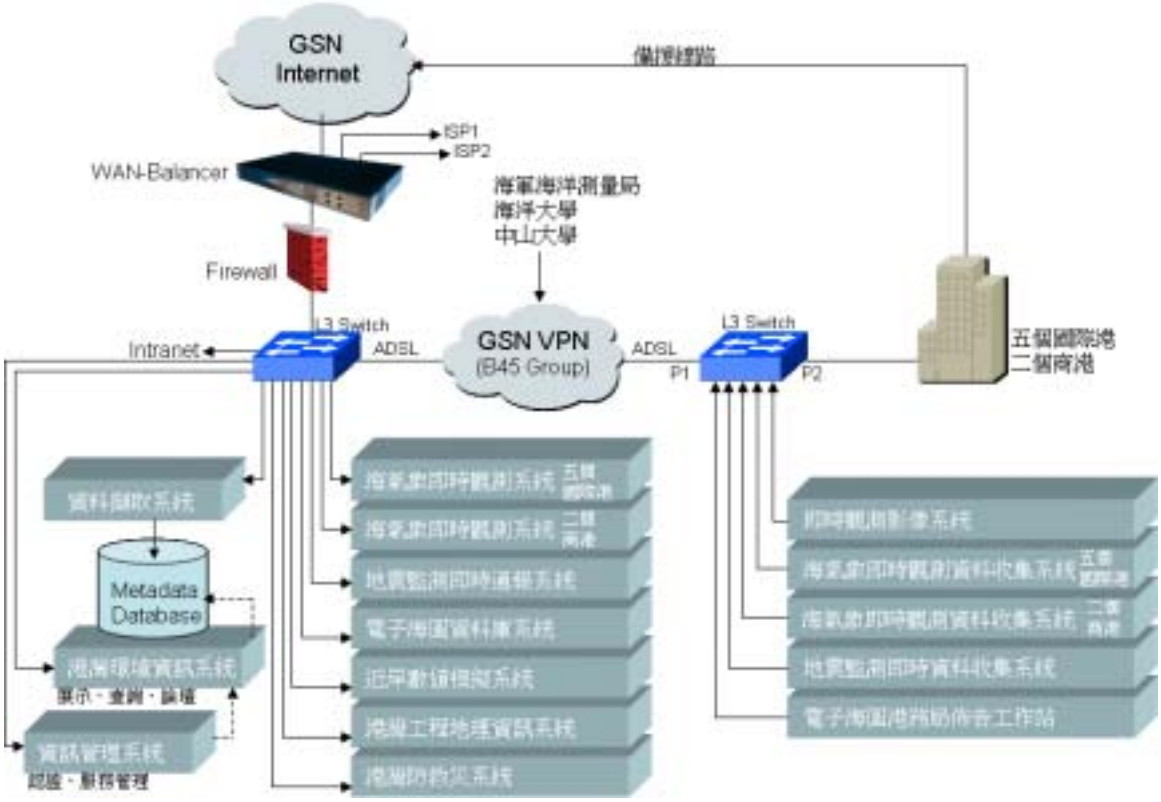


圖 3.48 通訊系統建議架構示意圖

1.因應未來開放使用者人數之需求，本中心之連線對外網路建議予以頻寬提升，並且建立頻寬管理系統，以有效管理服務需求。

2.現階段已有基隆港及花蓮港建立即時影像傳輸系統(GSN VPN 512K ADSL)，現有海氣象即時觀測及地震監測系統皆以撥接方式傳輸相關數據，建議應予以改善串接於上述二港之傳輸專線上，以提昇傳輸速度、品質與節省撥接線路費用。

五、資料庫管理系統

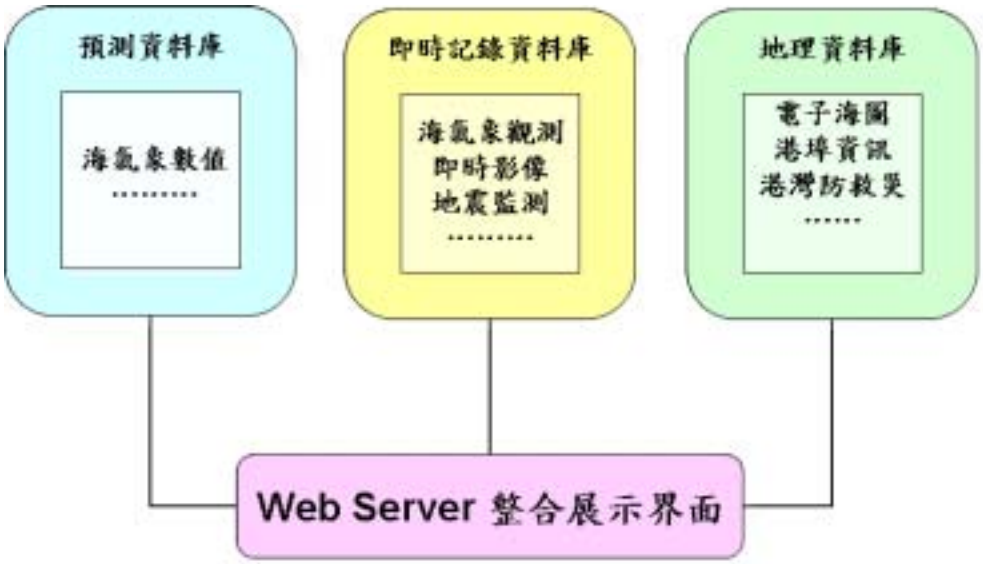


圖 3.49 資料庫系統架構示意圖

現有之系統因分屬本中心各科室，應用與發展各自獨立，因此所使用之資料庫亦不相同，本計畫於整合考量上，建議-已發展成熟之系統：資料庫管理系統應予以統一集中管理及備份，反之，尚在開發中之系統，或是有其階段性目標之系統，已擷取相關數值另建資料庫方式進行，故各系統採:

1.近岸數值模擬系統建立(2/4)-擷取相關數值另建資料庫。

2.電子海圖服務與資料安全系統建立研究(一)-因電子海圖之格式採 S57 之國際標準專屬系統，現階段整合建議發展電子海圖幅管理與銷售推展系統為主，資料庫應待其系統發展完成後再行評估整合之可行性。

3.港灣工程地理資訊系統及運用地理資訊系統技術建立港灣地區防救災體系之研究(1/4)-以高雄港為例-GIS 系統發展已朝 Open GIS(開放式地理資訊系統)發展，Open GIS 具有公開的、共通的、標準化的外部

交換資料格式特性，現階段整合建議-(1)港灣工程地理資訊系統：以現況整合於網頁上提供導覽使用。(2)另一案則建議採符合 Open GIS 之 The Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC)資料格式規範進行。(ESRI ArcGIS 符合 OGC 資料格式)

4.地震資訊系統、港灣環境資訊系統、台北港海氣象即時查詢系統建構管理研究：透過整合成子系統方式，採集中式 Microsoft SQL Server 系統。

第四章 保固與維護計畫

4.1 保固服務

大綜電腦系統公司（以下簡稱廠商）針對本計畫之保固服務說明如下：

保固服務包括系統管理者報修、例行維護程序及使用上操作指導與咨詢等。

1.系統管理者報修

為方便本中心直接接洽的管道，廠商建立有電話報修系統及線上報修系統，由專業人員答詢各項技術支援的請求。

此外有系統維護工程師以行動電話，隨時支援緊急的事故處理。

(1)電話報修系統服務

服務時段：週一至週五，上午八時三十分至下午六時。

服務電話：04-2702-1815

客訴電話：0809033789

(2)線上報修系統服務

服務時段：週一至週五，上午八時三十分至下午六時。

線上報修網址：http://www.jetwell.com.tw

2.例行維護程序

(1)叫修立案

本中心於系統有問題時可撥服務電話或線上報修要求維護，廠商服務工程師會根據實際狀況研判需到場服務或經由遠端遙控處理。

(2)出勤管制

如工程師需要到場服務時，出勤前會先確認到達時間，並於維修單簽名交回主管備查。

(3)結案作業

工程師完成工作後，會於將維護單上確認，帶回公司結案存查。

4.2 維護計畫

為確保本計畫所開發之各項子系統皆持續正常運作，凡發生任何故障，經通知後，將於 4 小時內回應，廠商將提供系統故障排除，並將處理情形告知系統管理負責人員(可以現場檢修、電話、傳真或 Email 方式)，以維持本中心及相關使用者之正常使用。

完整的海情資訊系統包括作業系統、應用系統、資料庫系統、資訊安

全控管系統等整合性的硬軟體組合。在歷經三年二家廠商的接續承接開發後，於系統功能、使用者操作界面及畫面美工上雖有諸多不盡理想之處，但已符合計畫預定基本需求。

於保固服務期間，廠商除維持系統運作外，將進行系統功能、使用者操作界面及畫面美工最佳化作業。另將提供有關之系統技術諮詢服務及協助解決其他相關系統整合的問題與規劃未來整體資訊發展的方向，以作為後續執行之參考。

第五章 結論與後續擴充建議

本計畫礙於預算有限，且又因為前期系統有太多之 bug，以致於大部分的人力時間皆投入於系統錯誤的除錯追蹤及系統修改上，以至於沒有太多新增的建設性功能。

不過經過這一年的努力，透過基礎系統的錯誤修正，以及已完成的自動修正錯誤機制的建立、資料庫的重建，現階段已是一個較完整的系統.

於保固期間廠商除會繼續努力於系統運作最佳化之實施改善與建議，於未來系統擴充工作內容方面，建議如下說明：

一、配合海氣象數值模擬推估之進行，增加呈現相關資料內容。

二、考量資訊系統之運作承載能力，評估提供以「面」為單位之海氣象數值模擬推估數值之可行性。

三、依據海情系統之相關系統整合，繼續擴充、更新關聯式資料庫及網頁使用者功能，使之發揮最佳與最大之成效。

四、現階段之地震資訊系統採透過內部網路連結方式呈現，考量大眾對地震「知」的需求，評估整合於港灣環境資訊網，提供一般民眾透過網際網路查詢。

五、擴建第三個港灣即時影像監視系統。

附錄 A 花蓮港即時影像傳輸控制系統建置規劃

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

花蓮港即時影像監視及傳輸通訊系統建置系統需求與功能規範說明

一、計畫說明

本案計畫於花蓮港西防波堤突堤燈杆架設攝影機，並且整合基隆港攝影機以網路傳輸攝影機之影像。為有效利用與管理網路頻寬等各項資源，本案之設計現階段以集中式管理之系統架構為基礎，採集中式儲存、管理為目標。並於交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱本機關)建置控制中心，以利監控、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。

本機關得視需要建立副控中心，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，經由機關現有或本案新增之網路取得其可監視範圍之遠端即時影像。

二、監控系統功能

(一)作業平台說明

1. 主監控台設置於本機關海情中心，可以透過網路操控基隆港及花蓮港攝影機。
2. 可依權限透過機關內部網路與網際網路來瀏覽影像。

(二)服務功能

1. 任何天候無論晴雨天、夜間均可發揮全天監控操作。
2. 可透過微軟 IE 瀏覽器同時達成下列「即時監控、錄影、照相、迴放及遠端監控、歷史錄影檔案」工作。
3. 最大可以同時支援連線三十二支攝影機(現階段需能至少提供連線九支攝影機)並且可以採集中錄影、可設定時間排程(Schedule)拍攝，以符合不同時間的需求。
4. 提供可多螢幕監看功能。
5. 可以即時調整解析度(Resolution)、頻寬(Bandwidth)與傳輸張數(Frame) 。
6. 可以調整播放速度、迴放、格放與暫停，並即時移動鏡頭及框放。
7. 每支攝影機分別支援可預約、連續、警報、手動錄影，並在警報觸發時開始錄影;可將錄影前以前的影像也一並錄影(Pre-Alarm)。(時間可以自行設定)
8. 影像儲存空間不夠時，可以有警示音、覆寫舊資料、錄影停止功能，並且覆寫舊資料時可以指定以磁碟使用空間百分比或保留日期，並且支援 NAS、Tape、SAN 及

及 DAS 的架構。

9.提供轉檔程式。

10.支援攝影機巡迴的預設點(Pre-Set)功能。

11.當網路斷線時，可以結合監控攝影機的暫存功能，等網路恢復時立即回寫。

12.提供事件 Log 功能。

13.當系統發生異常時可以透過 E-mail 警告與傳照片檔案。

14.以解析度少錄影的影像，可以透過軟體做解晰度放大。

15.支援聲音與影像錄影及播放。

(三)傳輸功能

1.可以利用影像管理閘道服務(Web gateway service)，來提供使用者遠端瀏覽多台網路攝影機錄影伺服器上的影像

2.可以配合影像壓縮服務(Image Compressor Service)來減少網路頻寬的浪費。

(四)操作功能

1.內部網路及網際網路之遠端使用者以 WEB 查看監視畫面；遠端使用者只需使用 PC / Notebook 內建之瀏覽器（如 IE or Netscape），經由機關現有網路(Intranet) 或網際網路（Internet）連接，即可在遠端看到即時影像，並且可權限調閱錄影歷史資料。

2.可以提供客製化佈置圖(LAYOUT),讓使用者可以依照實景圖去設計攝影機和影像顯示的位置，依實際環境規劃地圖，點選圖示之攝影機即可進行攝影機監看，可即時控制攝影機使用者操作方便。

(五)管理功能

1.同時支援「使用者權限、群組及功能安全控管」，並且可分開設定一起控管，具有彈性。

2.提供人性化之操作程序 GUI 圖形介面。

3.提供遮罩(Mask)功能，提高安全性。

三、監控及網路系統

(一)數位攝影機

■硬體

1.系統使用 32 位元 RISC 處理器，32MB RAM（包含 8MB 警報緩衝區），8MB 快閃記憶體（Flash Memory），並內建影像伺服器。

2.網路支援 100 Base-TX/10Base-T 及 802.11 無線網路卡(WLAN)。

3.攝影機支援倒掛與桌上型，並且可以當成 FTP Server。

4.攝影機保留一個 BNC、兩個 PCMCIA、RS-232C/485，可以整合三個外接感應器

輸入、兩個外接警報器輸出。

5.PCMCIA 擴充槽支援外接儲存媒體：快閃 ATA 卡、ATA 硬碟機卡、Memory Stick。

6.提供無齒輪直接驅動馬達操作時安靜無聲。

■效能

1.攝影機為 1/6 型彩色 CCD，支援 25 倍光學變焦、300 倍數位變焦。

2.支援全景拍攝/傾斜/變焦（P/T/Z）功能。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。

3.焦距：2.4mm 到 60mm。EV 補正：-1.75 到+1.75。光圈：F1.6 到關閉。電子快門：1/4 秒 到 1/10,000 秒。畫素：680,000。

■功能

1.支援 Microsoft Pocket PC2002 PDA。

2.使用 Motion JPEG 技術，可支援 736x480、640x480、320x240、160x120 等解析度。

3.支援十種壓縮比（1/5 到 1/60），最高可達每秒 30 張影像。並且可任意調整解析度大小（Area setting），節省檔案空間。

4.攝影機提供下列功能可選擇自動或手動（伸縮對焦、逆光補正、快門順位、光圈順位、白平衡、光圈、增強）。

5.支援 Day/Night 模式，光線不佳也能觀看。

6.支援巡迴模式，使用者可預設五種模式，每種可以自動掃描十六個地點。

7.支援 FTP、SMTP 傳送影像。

8.內建影像比對警告功能，可以自行設定感應區域，並且可以調整敏感度與雜訊值，支援警告觸發時能自動透過 FTP 及 SMTP 傳送當時影像至指定伺服器。

9.可以設定時間排程(Schedule)拍攝，符合不同時間的需求。

10.內建隨機存取記憶體為緩衝區，警報器被觸發前後的數百個影像可以先行暫存在該記憶體裡，待網路恢復正常後再轉移。

■管理

1.可以控制使用頻寬大小(Bandwidth Control)及 WEP 加密。

2.支援以下協定 TCP/IP，DHCP，HTTP，ARP，FTP，SMTP，ICMP，SNMP、VISCA。並提供動態 IP 通知。

3.提供使用者安全控管的機制，可以利用使用者帳號密碼限制使用者存取的權限或ＩＰ的過濾功能來限制使用者存取攝影機。

4.使用者可以使用瀏覽器(IE,Netscape)瀏覽與執行設定，不需外掛軟體。

5.可選擇標準 http 或自行更改 Port Number。

6.同時允許 50 位使用者同時存取，並且具備計時模式自動分配優先權。

7.可透過遠端網路韌體升級，並可快速還原工廠預設值。

8.可以提供不同的手控設定參數調整：影像品質、解析度和畫格率，來搭配客戶端不同的網路環境。

9.可以結合影像儲存軟體使用。

10.提供 SDK 及後續網頁客製化技術文件。

11.得標廠商依現場環境提供原廠吊架，並依需要製作牢靠固定基座。

12.提供原廠戶外型防護罩二組。

11.提供原廠 1 年保固服務。

具體安裝位置由廠商建議, 經同意後方可施工。

(二)網路影像工作站

■硬體

1.系統使用 32 位元 RISC 處理器，32MB RAM（包含 8MB 警報緩衝區），8MB 快閃記憶體（Flash Memory），並內建影像伺服器。

2.可以使用連接在 10BASE-T 或 100BASE-TX 網路的電腦上的網路流覽器監視來自攝像機的高品質現場影像。

3.工作站提供一個 BNC、一個 PCMCIA TYPE II、RS-232C/485，可以整合三個外接感應器輸入、兩個外接警報器輸出。透過 RS-232C 或 RS-485 介面將週邊設備連接至本裝置，便可以經由網路由電腦控制這些設備並從這些設備接收資料。

4.可外接四支類比攝影機。

■功能

1.支援透過從 PDA (Microsoft Pocket PC 2003)連線對圖像進行流覽。

2.可支援 704x480，640x480，320x240 等傳輸解析度。

3.支援十種壓縮比（1/5 到 1/60），最高可達每秒 24 張影像。

4.可針對攝影機個別任意調整畫面大小（Area setting），避免頻寬浪費及節省檔案空間。

5.配合攝影機功能可提供選擇自動或手動（伸縮對焦、逆光補正、快門順位、光圈順位、白平衡、光圈、增強）功能。

6.配合旋轉台支援巡迴模式，使用者可預設五種模式，每種可以自動掃描十六個地點，也可以通過與外部感測器輸入或內置活動檢測功能同步。

7.可以在外部感測器輸入、內置活動檢測功能或手動觸發按鈕被觸發時記錄靜止影像，或在觸發前和觸發後的規定期間內依次拍攝靜止影像。

8.可以在外部感測器輸入、內置活動檢測功能或手動觸發按鈕被觸發時，作為電子郵件的附件向 FTP 伺服器發送來自本裝置的靜止影像。

■管理

1.可以控制使用頻寬大小(Bandwidth Control)及 WEP 加密。

2.支援以下協定 TCP/IP，DHCP，HTTP，ARP，FTP，SMTP，ICMP，SNMP、VISCA。

3.提供使用者安全控管的機制，可以利用使用者帳號密碼限制使用者存取的權限或是設定ＩＰ的過濾功能來限制使用者存取攝影機。

4.使用者可以直接使用瀏覽器(IE,Netscape)瀏覽與執行設定，不需外掛軟體。

5.可利用標準 http 或自行設定 Port Number 來連結 WEB 做管理和設定。

6.同時允許 50 位使用者同時存取，並且具備計時模式自動分配優先權。

7.可以針對四支攝影機連接的類比攝影機個別設定不同的手控設定參數調整：影像品質、解析度和畫格率，來搭配客戶端不同的網路環境。

8.可以自行輸出不同的攝影機畫面配置:一個大畫面三個小畫面、四個均分畫面或單獨某一支攝影機畫面。

9.提供 SDK 及後製網頁客製化技術文件。

10.本項網路影像工作站需配合國立海洋大學之海洋學術研究類比攝影機二台建置應用(含線路)，並且整合操作於監控系統同一介面中。

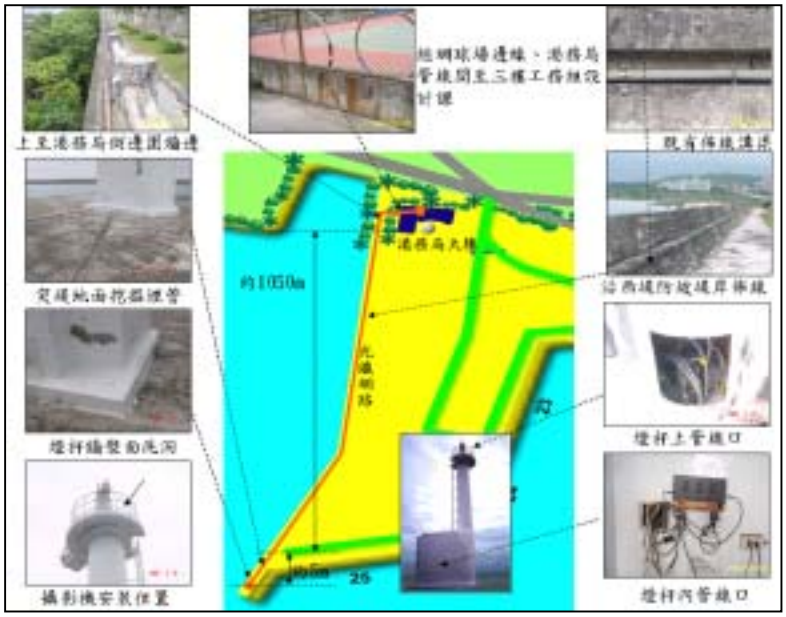
11.提供原廠保固一年服務。

(三)網路交換器

提供中央信託局網路設備第五組第 29 項次(含 1000Base-LX/LH long haul GBIC)。

(四)光纖網路

本案採室外型 6 蕊光纖單模網路約長 1500m 做為港務局大樓連接西防波堤突堤燈杆骨幹網路系統之用，廠商佈建時需考量能在潮濕或高溫的惡劣環境下應用，並依現場地形進行佈線(含相關地面、路面切割及復原)。施工現場概略說明圖如下：


約1050m
25

■基本要求

1.所有光纖佈線系統元件均應採用相同之同一品牌。

2.施工安裝廠商需經原廠認證通過或有相關實績經驗(驗收時提出)。

3.原廠需提供光纜特性保固至少10年。

■光纖電纜規格

1.光纖電纜結構：

(1)採用中置之單一束管，其內部最多可收容 24 蕊光纖並充膠，以達到緩衝及保護之效果。

(2)光纖採單外被覆設計，外層被覆材質特性需為低煙無鹵素(無毒氣)防火。

(3) 耐燃標準需符合 IEC 60332-1，低煙量標準需符合 IEC 61034/27m^3 Chamber，無鹵素(無毒氣) 標準需符合 IEC 60754-1/60754-2。

(3)每一蕊光纖皆有 TIA 規格不同色碼，以便於辨識及處理。

(4)束管外部以白色玻璃纖維絲抗張體保護(非凱弗拉絲)，白色玻璃纖維絲抗張體外部以波浪鋼帶保護保護，以提供防斷裂保護，並增加機械應力及耐環境特性保護。

2.光纖光學特性：

(1)光纖基本特性需符合 ITU-T G652 及 ISO OS1 等級要求

(2)光纖標準衰減值(Typical Attenuation) 於@ 1310nm 波長時 不超過 0.35 dB/Km ; 於@1550nm 波長時 不超過 0.22 dB/Km

■光纖終端箱

1.可收容於標準 19" 通訊機櫃 (面板高:1HU)。

2.提供每一個面板可達 24 個光纖接頭。

3.提供機械式滑軌，易於所有裝設維修皆可由前端來操作。

4.提供 Drawer guides 以利整理終端箱內部線路。

5.熔接用之跳接線(Pigtail)之光學特性需與光纜相同。

6.整體跳線接板，悉以硬鋼及鋁合金壓製而成。

7.光纖接頭可依使用情況選擇 ST or SC 接頭等。

■光纖跳接線

1.接頭採用ST-ST或ST-SC依網路設備及使用者需要而定。

2.單模態光纖材質，需配合上述光纜的光學特性。

3.外徑被覆 LSZH-FR(低煙無鹵防火)，耐燃標準需符合 IEC 60332-1，低煙量標準需符合 IEC 61034/27m^3 Chamber，無鹵素(無毒氣) 標準需符合 IEC 60754-1/60754-2。

4.插入損耗不得大於 0.3dB（含）。

5.兩端均需以標籤標示。

(五)落地式機櫃

1.19”41U 標準型機櫃。

2.特點：

a.依據 ANSI/EIA-RS 310-C/D 規範標準製作。

b.主體結構：

(1) 採用組合式鋁鎂合金型材，緊密結合而成。

(2) 機櫃整體外觀無螺絲，增加機櫃美觀效果。

(3) 本機櫃內部使用之電氣產品均通過 CE，U/L 之認證。

c.表面處理：

(1)機櫃外表採用靜電粉體烤漆、不脫漆、防氧化、耐酸鹼，增加機櫃使用壽命。

(2)設備固定鋁柱及 T 型支柱，採用導電氧化處理，讓設備直接接地確保設備的安全。

3.提供框式前後門組：

(1)前門擠型材沖有進風通風孔，並配合後門通風網組產生對流，增加散熱效果，保護設備正常正作。

(2)前門採用壓克力門組，質輕並確保工作安全。

(3)後門採用擠型材與通風網孔板組合而成。

4.提供散熱風扇組：

設計於機櫃頂部配置 4 個風扇。

(六)伺服主機

1.中央信託局伺服器第五組第 32 項次。

2.含 2GB SDRAM 記憶體。

四、其他功能要求

(一) 本案計畫除於花蓮港西防波堤突堤燈杆架設攝影機，並且需要整合基隆港攝影機以網路傳輸攝影機之影像於同一控制系統介面，藉由該介面可快速查詢、觀察相關資料與影像。

(二) 整合花蓮港即時影像展示於港灣環境資訊網站」http://isohe.ihmt.gov.tw，隨時提供各相關單位查詢參考，以提昇港埠水理研究與營運規劃參考。

(三)系統功能應具備未來多港口即時影像系統多設備之延展性及開放架構平台擴充性。

(四)整合機關現有網路，並依資通安全機制，進行必要的網路實體線路區隔建議，以確保資料的安全性。

五、連線網路

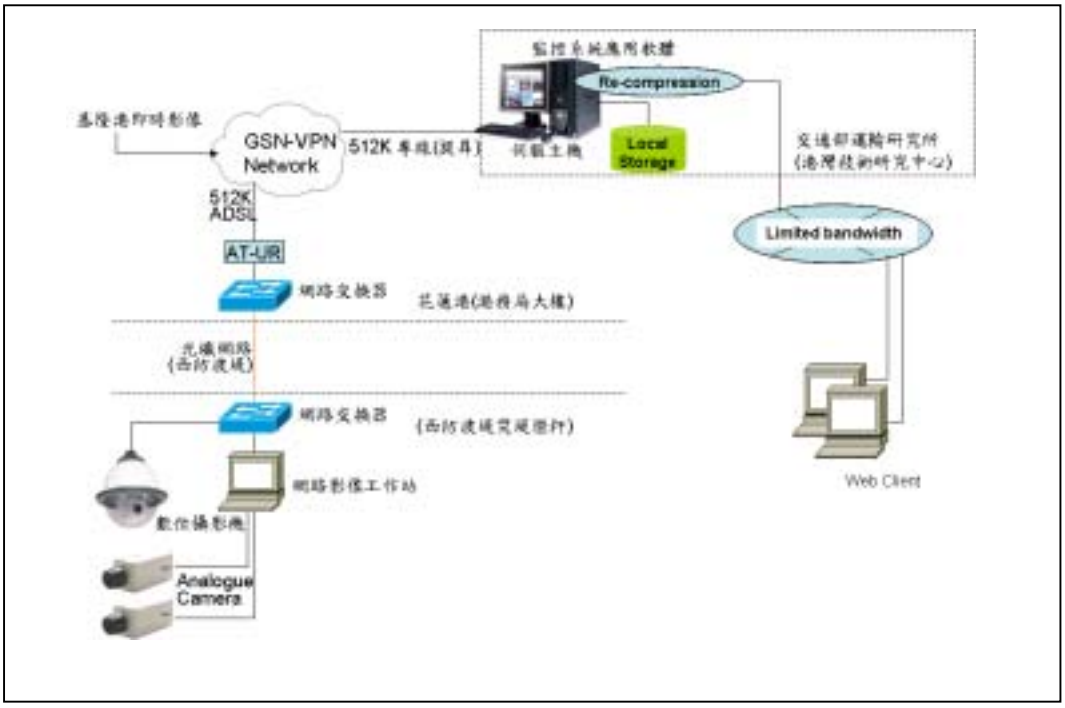
(一)連線網路

1.本案所租用電信業者之電路為 GSN-VPN 512K ADSL 專線一路，並對現有監控中心端專線速率進行提升。

2.配合上述影像資料傳送所需之通訊協定。

3.得標廠商需提供相關申請協助，線路費用由本機關支付。

(二)系統架構



六、系統購置之設備數量明細

設備名稱		單位	數量	備註說明
1.	監控系統應用軟體	式	1	
2.	數位攝影機	式	1	需含吊掛架、基座室、外型保護罩
3.	網路影像工作站	套	1	
4.	網路交換器	套	2	本項本中心另案向中信局採購
5.	光纖網路施工建置(含配件)	式	1	
6.	落地式機櫃	式	2	
7.	伺服主機	式	1	本項本中心另案向中信局採購

七、施工要求

(一)一般要求

1.除合約文件另有規定外，廠商須遵照本規範進行安裝，範圍包含安裝之要求及安裝所需之材料。

2.土木、電信、通信、電力、勞工、安全、環保…等相關作業均需依照本國勞工安全衛生及相關法規規定辦理。

3.具體安裝位置由廠商建議機關，經機關同意後方可施工。

4.施工時，應依公共工程施工綱要規範之相關規定辦理。

(二)設備安裝

1.廠商於安裝前進行現場勘察，並應先提出安裝圖送機關審核，核可後方可進行安裝。

2.機關依照需求可提供現有之空間、電力，配合增修部份工程概由廠商負責。

3.安裝所需之必要機箱、配線及載台概由廠商負責提供。

(三)光纜佈放施工注意要點

a.一般規定：

1.光纜盤經裝載或卸下時，光纜盤應避免急遽之衝擊或損傷並不得自斜坡滾下。

2.光纜盤不得在地面上做長距離滾動；於人孔周圍做短距離移動時，亦應依照光纜盤箭頭所指方向滾動，不得逆向移動，或依循光纜纏繞方向滾動。

3.光纜盤應儘量置於平地上，並於盤下放置止滑墊，以防止滾動。

b.佈放作業應注意事項：

1.光纜佈放時，應注意保持外加拉力在光纜容許張力內，佈放時應以均勻速度佈放，避免衝擊或遽然停止。

2.光纜佈放時，佈纜速度應小於每分鐘 20 公尺以下。

3.光纜於佈放時，最小彎曲半徑應為光纜外徑 25 倍以上。

4.光纜佈放時，應先架設連絡系統，俾能隨時瞭解施工情況。

5.光纜佈放時，應做適當之人員及交通管制，以確保佈纜時免除人員．車輛之輾壓。

c.管道光纜佈放：

1.光纜管路所配置之導線管(EMT 管或鍍鋅導線管)，管壁內側應儘量平滑，避免尖銳之突出物割傷光纜外被，並確認管道內通暢，並佈有佈放尼龍繩。

2.光纜管道轉彎時，其管道彎曲半徑應大於光纜外徑 25 倍，於 90 度彎角處增設拉線盒，拉線盒之外徑應大於光纜外徑 20 以上。

3.光纜管道轉彎變化處多時，應於轉彎處較靠近之端點間開始佈放，或管道距離較長時 1-2 KM ，亦應從路徑的中間往二邊的端點佈放。

4.路徑中間點佈放，整線方式應以 "8" 字型整盤，切記光纜半徑不可小於光纜外徑 20 倍，彎折及剪接絕對禁止。

5.人手孔內之管道為多孔配置時，應選擇較大幅度管配置。

6.光纜於地下管佈放，裸露部份應加裝 PE 捲繞管保護，其應深入管道內。如：人孔及手孔。

7.管道之管口應以止水材或管塞處理以防止管道進水。

8.彎道幅度較大之人. 手孔，如為共同管溝應加設光纜警示標誌以資區別，一般人. 手孔視需要裝設。

9.光纜牽引至定點後，依規定尺寸，預留適當長度之光纜後以剪刀截斷。接頭部份以防水膠布綁紮，其長度不得低於 5 CM。

10.拉引光纜應以光纜抗張體為直接拉引端或以光纜網套拉送。

(四)施工完成文件

廠商於施工時不得變更現場原主要結構，並應於施工完成後提供下列文件

1.施工佈線圖。

2.設備外觀、尺寸圖。

3.設備平面配置圖。

4.設備介面圖。

5.相關設備及應用系統原廠手冊。

八、完工期限及測試驗收

得標廠商應於得標後 30 個日曆天內完成相關建置施工、應用系統安裝設定，並於 45 個日曆天內完成驗收，驗收相關事宜規定如下：

a.光纖網路測試

(一)現場測試：

1.

2.UTP 測試：應使用 UTP CableAnalyzer (纜線分析儀)測試。

(二)廠商測試：

2.

3.

4.

5.

6.

5.測試數值標準對照表。

6.測試結果報告文件應正式打膳印製測試結果報告書一式五份送本機關備查。

(三)使用單位測試：

廠商於測試完畢並繳驗正式文件後，依廠商繳驗之測試報告書，由本機關派員以

隨機抽樣測試方式，驗收廠商測試報告書中連結狀態與訊號衰減值等測試項目。

(四)驗收：

1.得標廠商責提供所有設備之安裝及測試，本機關可派員參與作業。

2.各類設備器材外觀應無缺損 、脫漆 、生鏽或其它瑕疵。

3.完工後應繪製管路配置平面圖，俾利工程驗收。

4.保固期間及日後維修將提供本案建置時之同一品牌型號（如該品牌型號因停產或品質功能提昇而有替代品，得經 貴中心同意後替代)。

5.驗收中發現不合規定或短缺情形，廠商應予補正改善並擇期複驗。

b.設備安裝測試

每一設備於運達安裝所在位置，組合安裝且經接電完成後，須依合約文件加以檢查。

(一)種類檢驗與數量點檢

須依合約文件所要求逐一核對設備之種類與數量。

(二)外觀與結構檢查

1.外觀檢查。

2.現場安裝之妥善度。

(三)性能與功能測試

1.正常啟動及運作。

2.正常開、關機。

(四)設備單機功能測試

廠商必須依據本案之各項單機設備提出功能操作之測試計畫書及檢查表，並依據該計畫書及檢查表逐項檢驗之。

c.應用系統整合測試

廠商必須依據本案之各項應用系統提出功能操作之測試計畫書及檢查表，並依據該計畫書及檢查表逐項檢驗之。

九、教育訓練

於應用系統整合測試通過後，廠商須依規定提供本機關相關人員訓練課程。

(一)訓練計畫：廠商須於實施前，提出整體之詳細訓練計畫及摘要內容本交機關核可，訓練計畫內容須包括預定日期、地點、訓練大綱等。

(二)本專案之教育訓練由廠商負責，依訓練對象採不同之訓練方式與內容開課。

1.系統維護人員：著重系統之設計方式與功能之說明，安裝及設定，以及系統相關維護、備份、資料轉換與故障排除，以利系統維護並熟練運用。

2.系統使用者：使之熟練運用，應使其了解如何配合使用，簡易故障排除。

(三)訓練所需之講師、軟體設備及安裝、講義、手冊（區分不同使用者），暨相關事項概

由廠商負責。教育訓練之課程內容及時程安排計畫書，需先送本機關認可後，作為教育訓練依據，且不得要求增加服務費用。

十、保固維護

本專案於完成驗收後由廠商提供一年保固服務，相關事宜規定如下：

(一)預防性保養

廠商需每季至現場進行設備維護保養工作。

(二)故障維修

有關故障維修至少由維修工程師提供對於系統及設備故障時之偵錯步驟流程及故障排除方法之詳細內容，以便對故障或功能異常之設備作問題隔離及修護。

(三)設備修復時間

廠商於接到故障通知後，應迅即派遣有關之保固人員趕赴設施故障地點，進行故障排除修復作業。保固期限內，遇系統故障時，在機關電話通知維修時間算起，廠商必須在 8 個工作小時內檢視，並以更換設備、查修方式儘速使系統恢復至正常作業情況（以不影響機關日常營運為原則，若因天候或其他可証明之不可抗拒因素所產生之時間延誤，經機關認可後得自修復時間內扣除之）。於保固期間，廠商所需之交通工具概由廠商自行負責，其費用包含於契約總價內。

(四)軟體保固

1.廠商應確保軟體之修補版本、錯誤更正、功能修訂，均可在所安裝的硬體上正常運作。

2.廠商必須主動免費提供已交付標的物之軟體更新版本(含更新版原版軟體光碟片或磁片、合法版權證明文件及使用手冊）。

3.廠商必須對所提供伺服器進行例行性檢查及負責隨時提昇作業系統 Service Pack 與安全性修正程式至最新更新版本，以維護設備資訊安全，並避免因系統漏洞造成駭客入侵或病毒破壞。

3.於應用系統上線後發現之功能錯誤、執行效能瓶頸、使用者上線輔導，均應免費即時處理解決。

附錄 B 轉檔程式錯誤排除標準程序

A 確認轉檔程式執行情況:

B 檢查波浪資料異常:

C 檢查海流錯誤

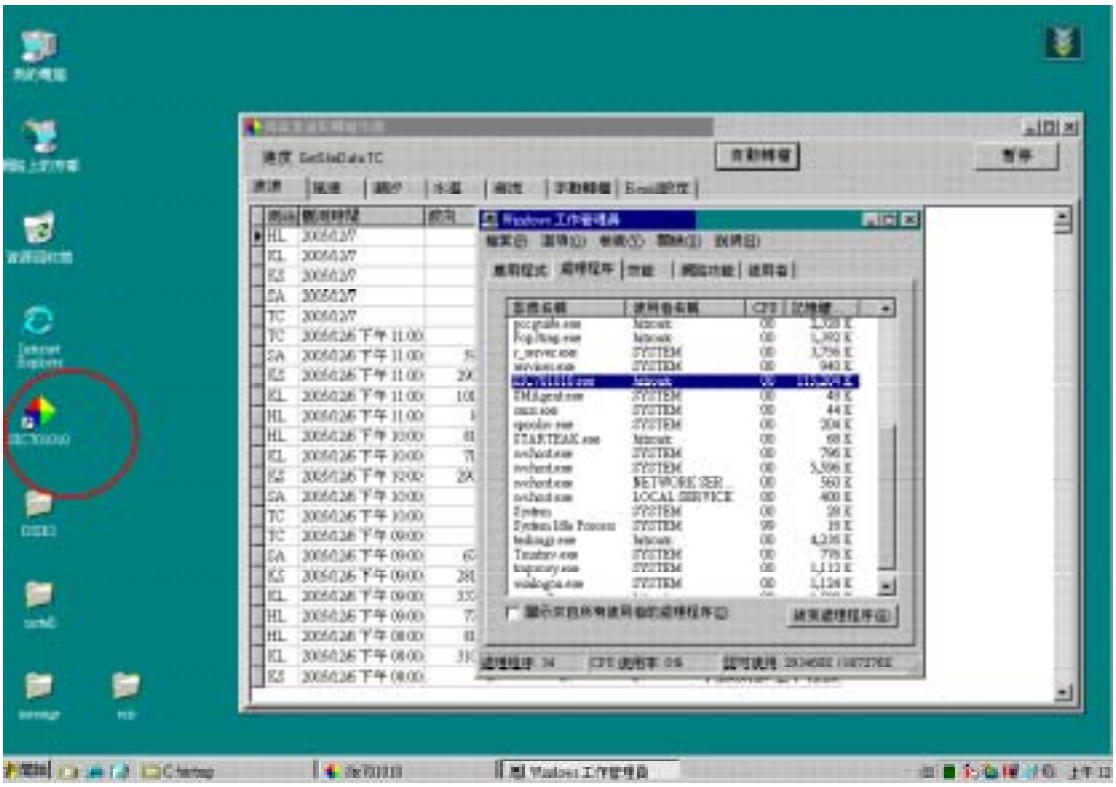
D 檢查風力錯誤

E 檢查潮汐錯誤

F 檢查水溫錯誤

A. 確認轉檔程式執行情況:

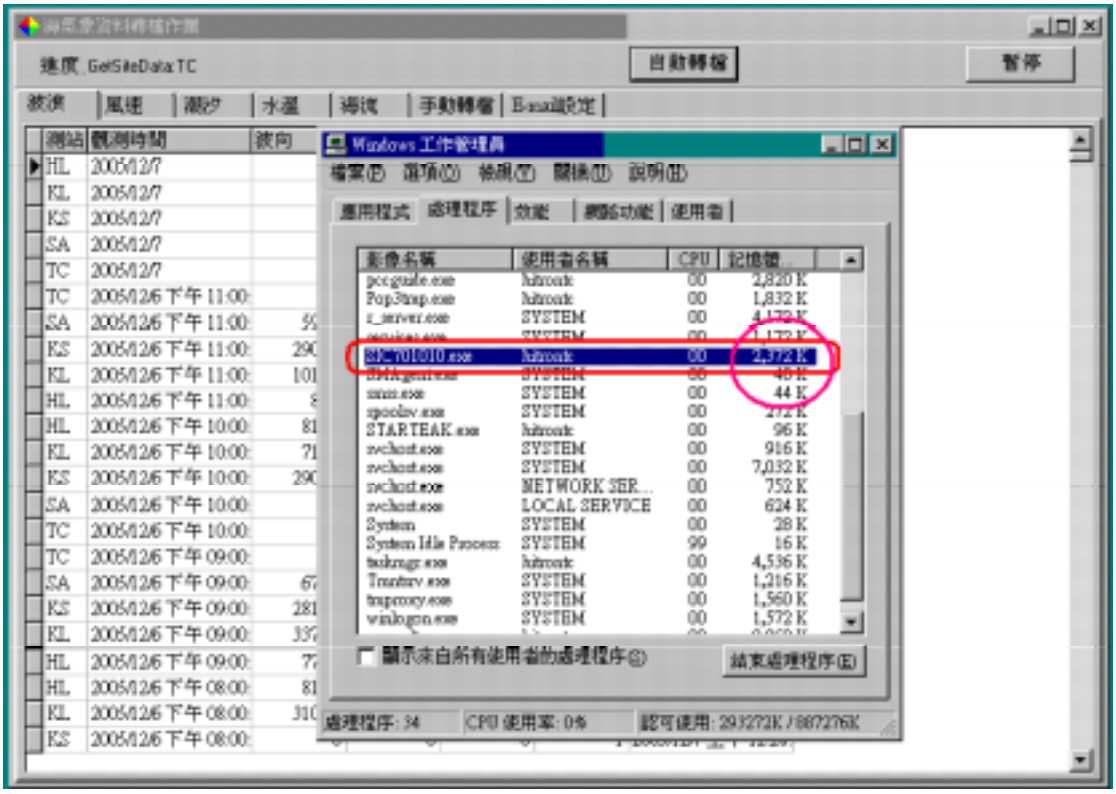
1. 至 轉檔主機，檢查 SIC701000.EXE 是否有在執行程式，若無，請執行桌面上之程式捷徑



2. 若有執行，觀察程式畫面左上角進度欄訊息是否有更新變化(基本上每半小時會有不同訊息變化)，若畫面無訊息變化，請用工作管理員確認程式執行狀況.

測站	觀測時間	波向	週期	波高	狀態	異動時間
HL	2005/12/7				-2	2005/12/7 上午 12:29:
KL	2005/12/7				-2	2005/12/7 上午 12:29:
KS	2005/12/7				-2	2005/12/7 上午 12:29:
SA	2005/12/7				-2	2005/12/7 上午 12:29:
TC	2005/12/7				-2	2005/12/7 上午 12:31:
TC	2005/12/6 下午 11:00:				-2	2005/12/7 上午 12:31:
SA	2005/12/6 下午 11:00:	59.08	10.57	1.53	1	2005/12/7 上午 12:28:
KS	2005/12/6 下午 11:00:	290.23	5.74	0.78	1	2005/12/7 上午 12:28:
KL	2005/12/6 下午 11:00:	101.31	9.48	2.25	1	2005/12/7 上午 12:28:
HL	2005/12/6 下午 11:00:	81.4	10.04	1.35	1	2005/12/7 上午 12:28:
HL	2005/12/6 下午 10:00:	81.01	10.84	1.32	1	2005/12/7 上午 12:28:
KL	2005/12/6 下午 10:00:	71.39	7.74	2.93	1	2005/12/7 上午 12:28:
KS	2005/12/6 下午 10:00:	290.58	5.49	0.78	1	2005/12/7 上午 12:28:
SA	2005/12/6 下午 10:00:	0	0	0	1	2005/12/7 上午 12:28:
TC	2005/12/6 下午 10:00:				-2	2005/12/7 上午 12:31:
TC	2005/12/6 下午 09:00:				-2	2005/12/7 上午 12:31:
SA	2005/12/6 下午 09:00:	67.84	10.21	1.21	1	2005/12/7 上午 12:28:
KS	2005/12/6 下午 09:00:	281.75	5.5	0.82	1	2005/12/7 上午 12:28:
KL	2005/12/6 下午 09:00:	337.05	9.75	3	1	2005/12/7 上午 12:28:
HL	2005/12/6 下午 09:00:	77.54	10.02	1.51	1	2005/12/7 上午 12:28:
HL	2005/12/6 下午 08:00:	81.23	10.46	1.5	1	2005/12/7 上午 12:28:
KL	2005/12/6 下午 08:00:	310.55	9.22	3.39	1	2005/12/7 上午 12:28:
KS	2005/12/6 下午 08:00:	0	0	0	1	2005/12/7 上午 12:28:

3. 按 CTRL+ALT+DEL 叫出工作管理員，切換頁籤至“處理程序”，並找到 SIC701000.EXE,觀察使用的記憶體大小，是否會持續變化，若無，則代表系統已當機，請重新開機.

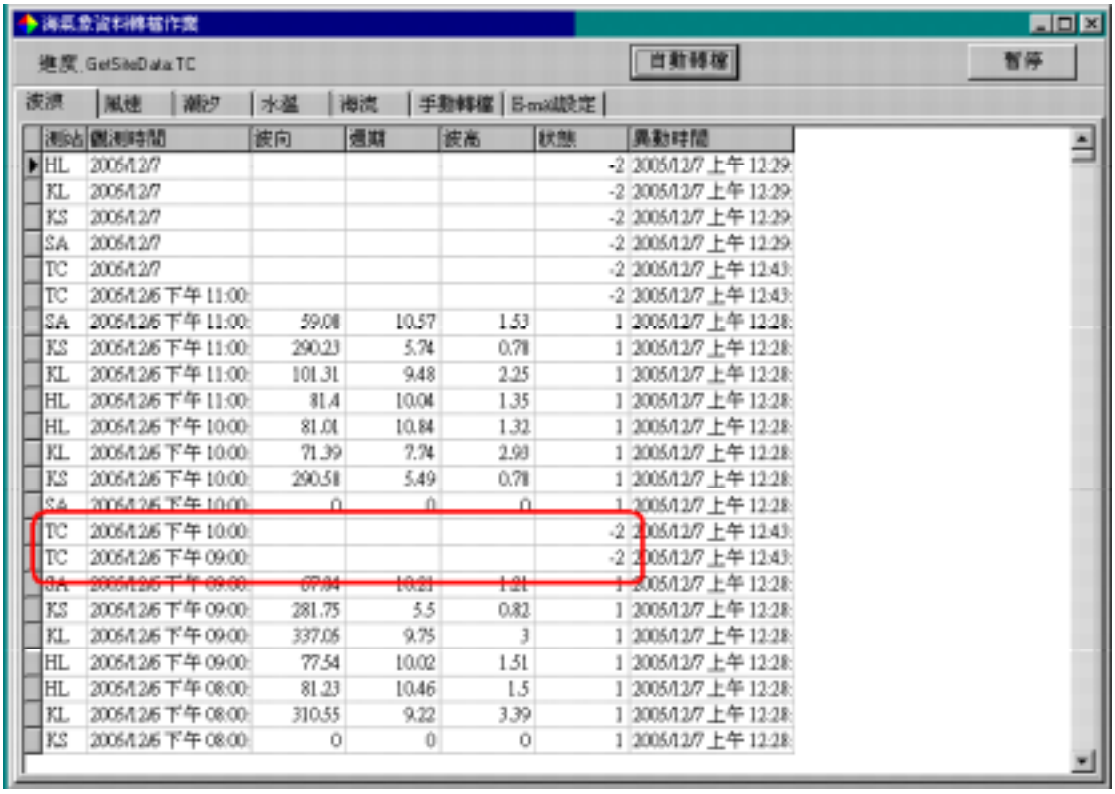


4. 若 1~3 項檢查均正常，仍無正常轉檔，請強制將程式關閉後，重新開機，並重新執行程式.

B. 檢查波浪資料異常:

1. 以台中港為例，首頁顯示時間錯誤

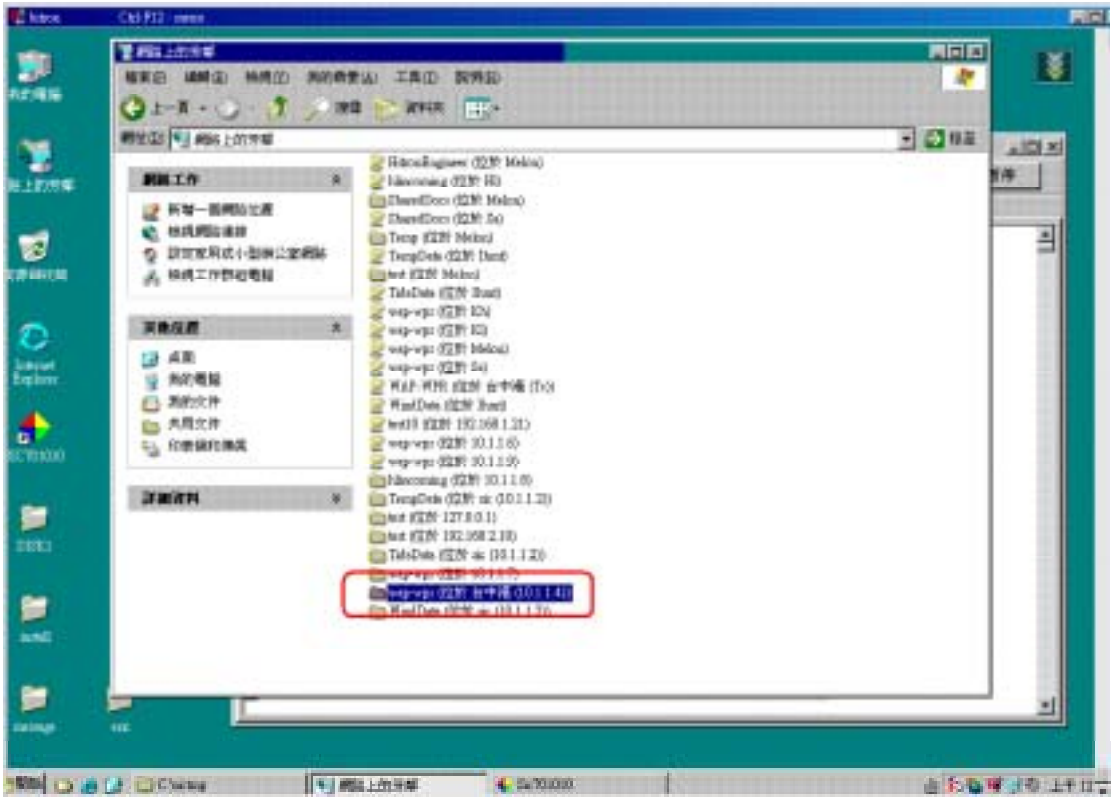
2. 先至轉檔主機，觀看轉檔程式是否有顯示錯誤



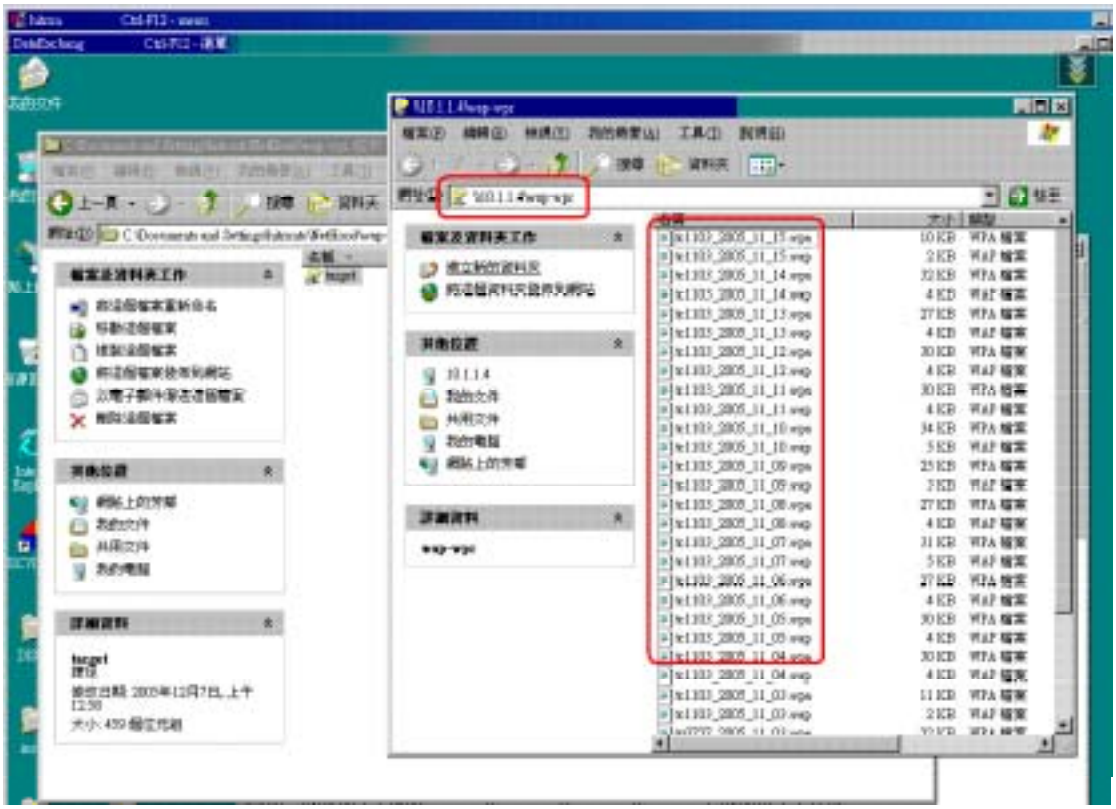
測站	觀測時間	波向	週期	波高	狀態	異動時間
HL	2005/12/7				-2	2005/12/7 上午 12:29:
KL	2005/12/7				-2	2005/12/7 上午 12:29:
KS	2005/12/7				-2	2005/12/7 上午 12:29:
SA	2005/12/7				-2	2005/12/7 上午 12:29:
TC	2005/12/7				-2	2005/12/7 上午 12:43:
TC	2005/12/6 下午 11:00:				-2	2005/12/7 上午 12:43:
SA	2005/12/6 下午 11:00:	59.08	10.57	1.53	1	2005/12/7 上午 12:28:
KS	2005/12/6 下午 11:00:	290.23	5.74	0.78	1	2005/12/7 上午 12:28:
KL	2005/12/6 下午 11:00:	101.31	9.48	2.25	1	2005/12/7 上午 12:28:
HL	2005/12/6 下午 11:00:	81.4	10.04	1.35	1	2005/12/7 上午 12:28:
HL	2005/12/6 下午 10:00:	81.01	10.84	1.32	1	2005/12/7 上午 12:28:
KL	2005/12/6 下午 10:00:	71.39	7.74	2.93	1	2005/12/7 上午 12:28:
KS	2005/12/6 下午 10:00:	290.58	5.49	0.78	1	2005/12/7 上午 12:28:
SA	2005/12/6 下午 10:00:	0	0	0	1	2005/12/7 上午 12:28:
TC	2005/12/6 下午 10:00:				-2	2005/12/7 上午 12:43:
TC	2005/12/6 下午 09:00:				-2	2005/12/7 上午 12:43:
SA	2005/12/6 下午 09:00:	67.84	10.21	1.21	1	2005/12/7 上午 12:28:
KS	2005/12/6 下午 09:00:	281.75	5.5	0.82	1	2005/12/7 上午 12:28:
KL	2005/12/6 下午 09:00:	337.05	9.75	3	1	2005/12/7 上午 12:28:
HL	2005/12/6 下午 09:00:	77.54	10.02	1.51	1	2005/12/7 上午 12:28:
HL	2005/12/6 下午 08:00:	81.23	10.46	1.5	1	2005/12/7 上午 12:28:
KL	2005/12/6 下午 08:00:	310.55	9.22	3.39	1	2005/12/7 上午 12:28:
KS	2005/12/6 下午 08:00:	0	0	0	1	2005/12/7 上午 12:28:

3. 確認系統儀器設定參數是否正確

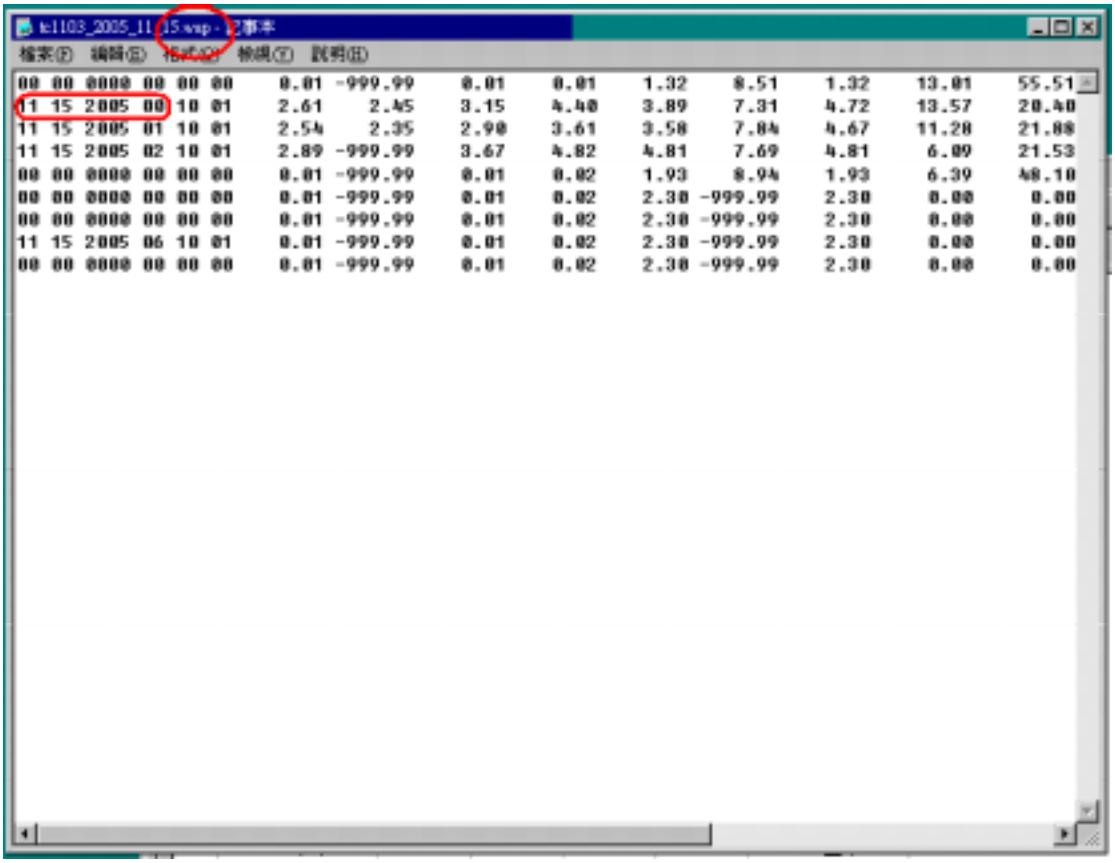
4. 核對系統儀器設定參數 (在轉檔主機上透過網芳連線遠端 10.1.1.4\wap-wpr 之目錄，並檢查是否有 TC*_YYYY_MM_DD.wap 之檔案)



5. 以台中港為例，則因儀器資料僅有至 2005/11/15 的資料，所以發生錯誤..



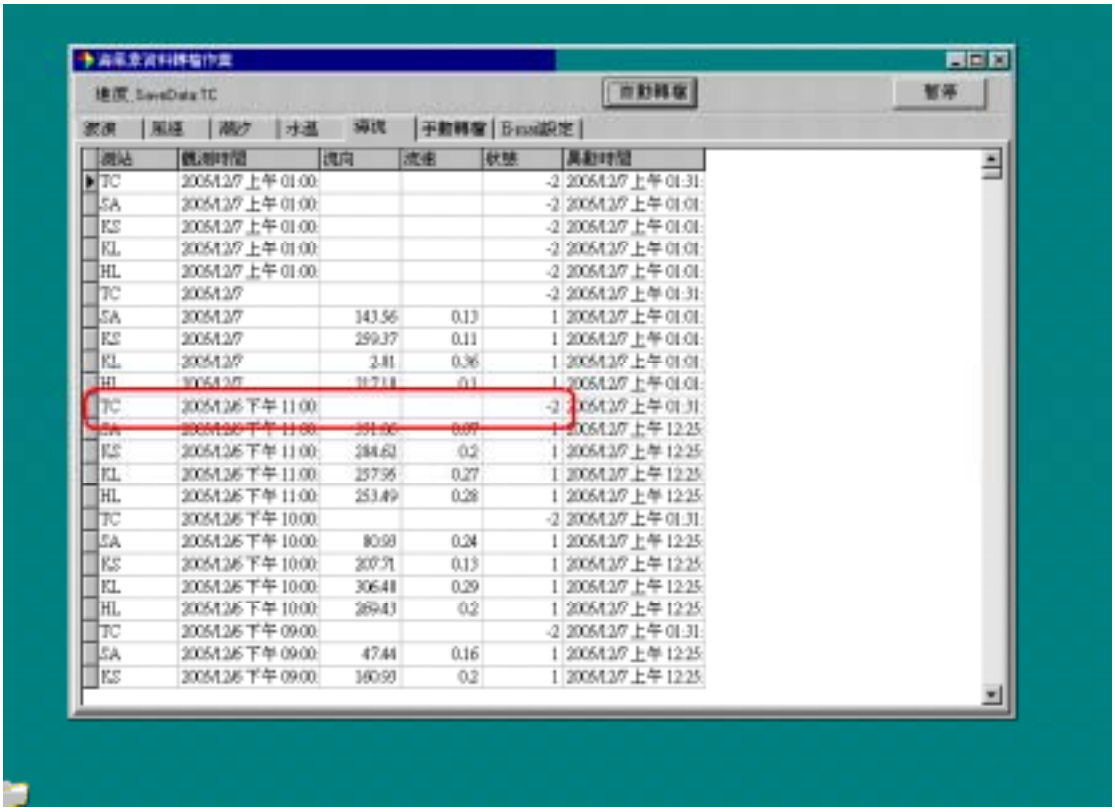
6. 若檔案有存在，則開啟檔案檢查檔案內容是否有依照格式的資料(開啟*.wap 檔案，該檔案中為與檔名相同之日期，前 10 碼格式為 月 日 年 時，若該檔中日期與檔名不符也會有錯誤)


tc1103_2005_11_15.wap - 記事本
檔案(F) 編輯(E) 格式(O) 檢視(V) 說明(H)
00 00 0000 00 00 00 0.01 -999.99 0.01 0.01 1.32 8.51 1.32 13.01 55.51
11 15 2005 00 10 01 2.61 2.45 3.15 4.40 3.89 7.31 4.72 13.57 20.40
11 15 2005 01 10 01 2.54 2.35 2.90 3.61 3.58 7.84 4.67 11.28 21.88
11 15 2005 02 10 01 2.89 -999.99 3.67 4.82 4.81 7.69 4.81 6.89 21.53
00 00 0000 00 00 00 0.01 -999.99 0.01 0.02 1.93 8.94 1.93 6.39 48.10
00 00 0000 00 00 00 0.01 -999.99 0.01 0.02 2.30 -999.99 2.30 0.00 0.00
00 00 0000 00 00 00 0.01 -999.99 0.01 0.02 2.30 -999.99 2.30 0.00 0.00
11 15 2005 06 10 01 0.01 -999.99 0.01 0.02 2.30 -999.99 2.30 0.00 0.00
00 00 0000 00 00 00 0.01 -999.99 0.01 0.02 2.30 -999.99 2.30 0.00 0.00

C. 檢查海流錯誤

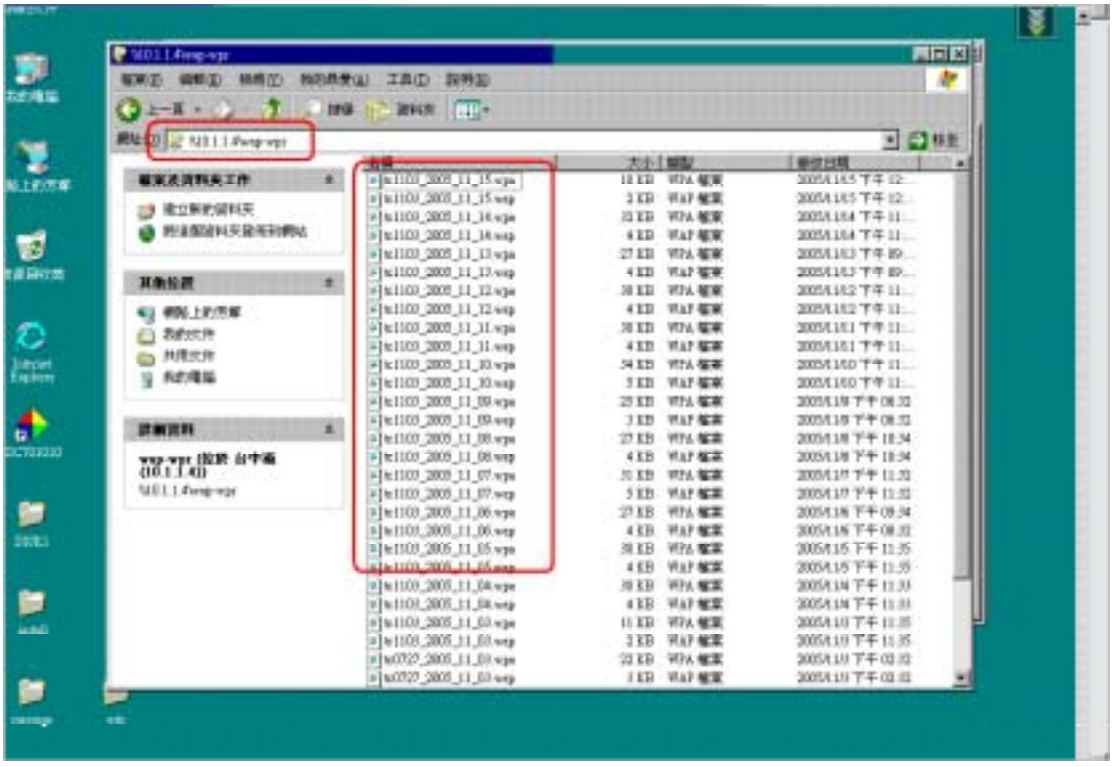
1. 以台中港為例,顯示時間錯誤

2. 至轉檔主機檢查轉檔程式



3. 至 WEB 主機檢查儀器設定

4. 至轉檔主機透過網芳檢查檔案是否存在



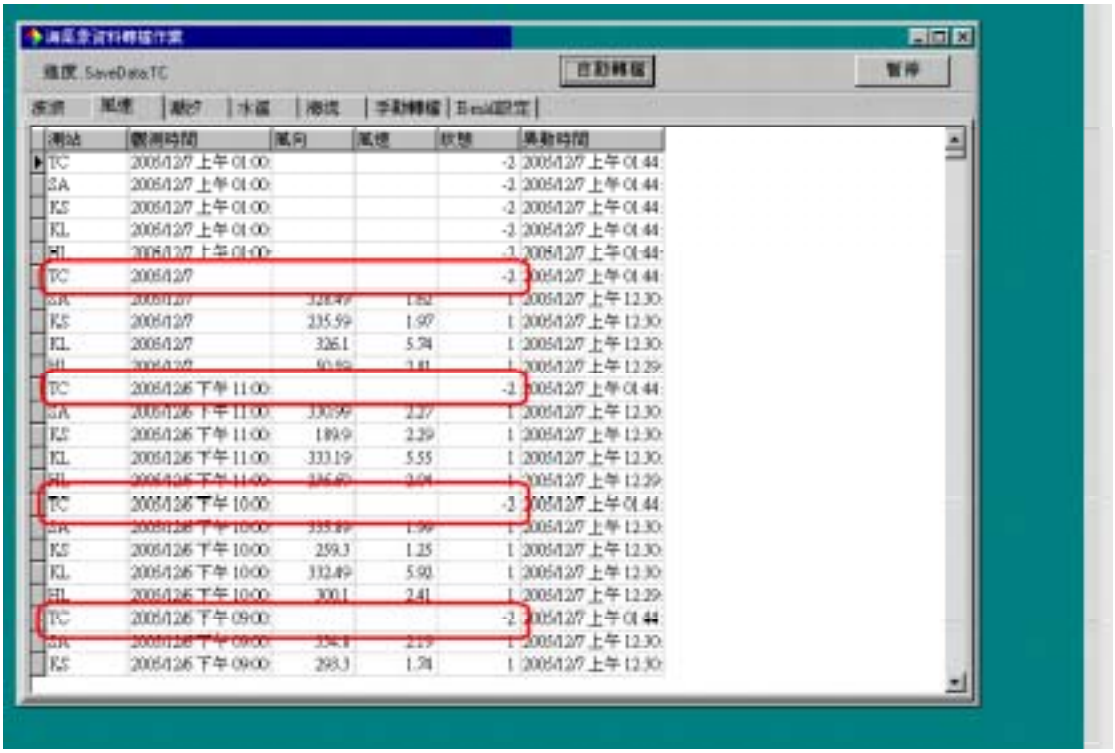
以台中港為例,因為檔案僅到 2005/11/15，所以前端頁面顯示時間錯誤

5. 若存在確認檔案內容是否錯誤

D. 檢查風力錯誤

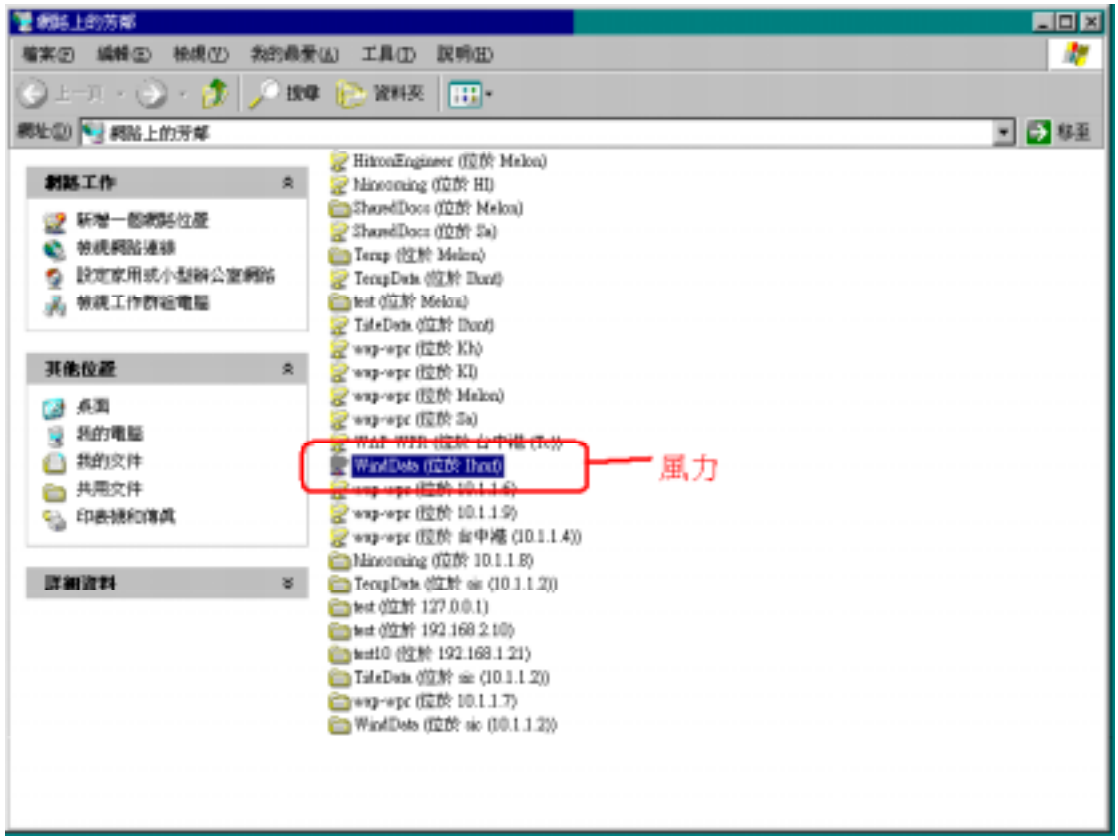
1. 以台中港為例，時間顯示錯誤

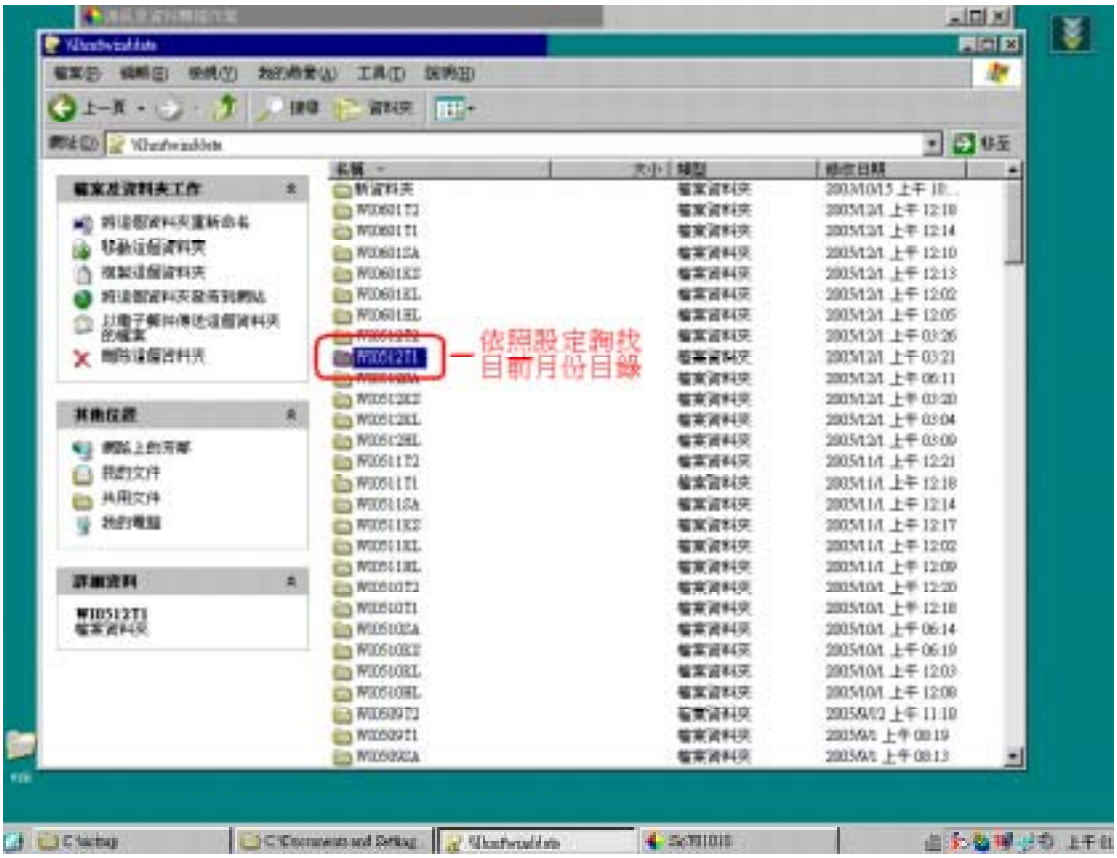
2. 至轉檔主機檢查轉檔程式是否出現錯誤



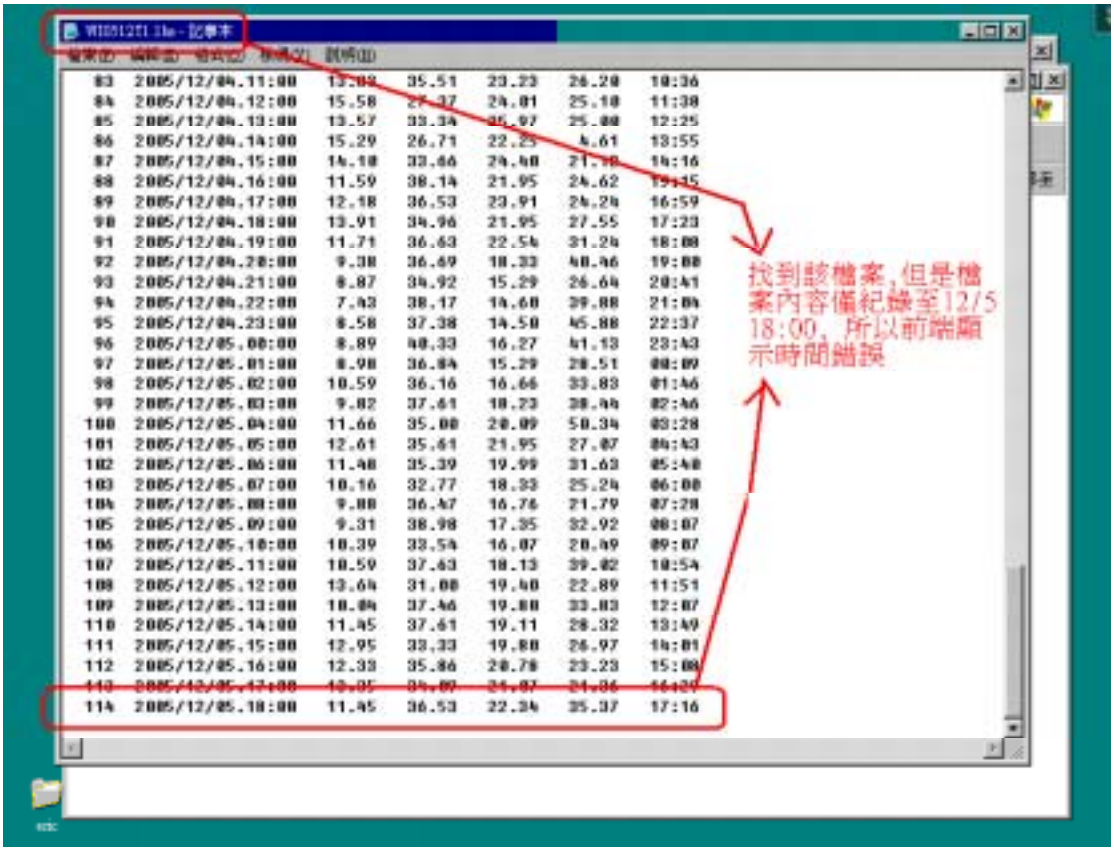
3. 至 WEB 主機檢查儀器設定是否錯誤

4. 至轉檔主機,依 WEB 查詢之儀器設定,透過網芳連結檢查檔案是否存在





5. 若存在檢查檔案內容是否正確



所以台中港風力時間錯誤,係為檔案內紀錄的時間資料僅至 2005/12/5 18:00,所以產生錯誤

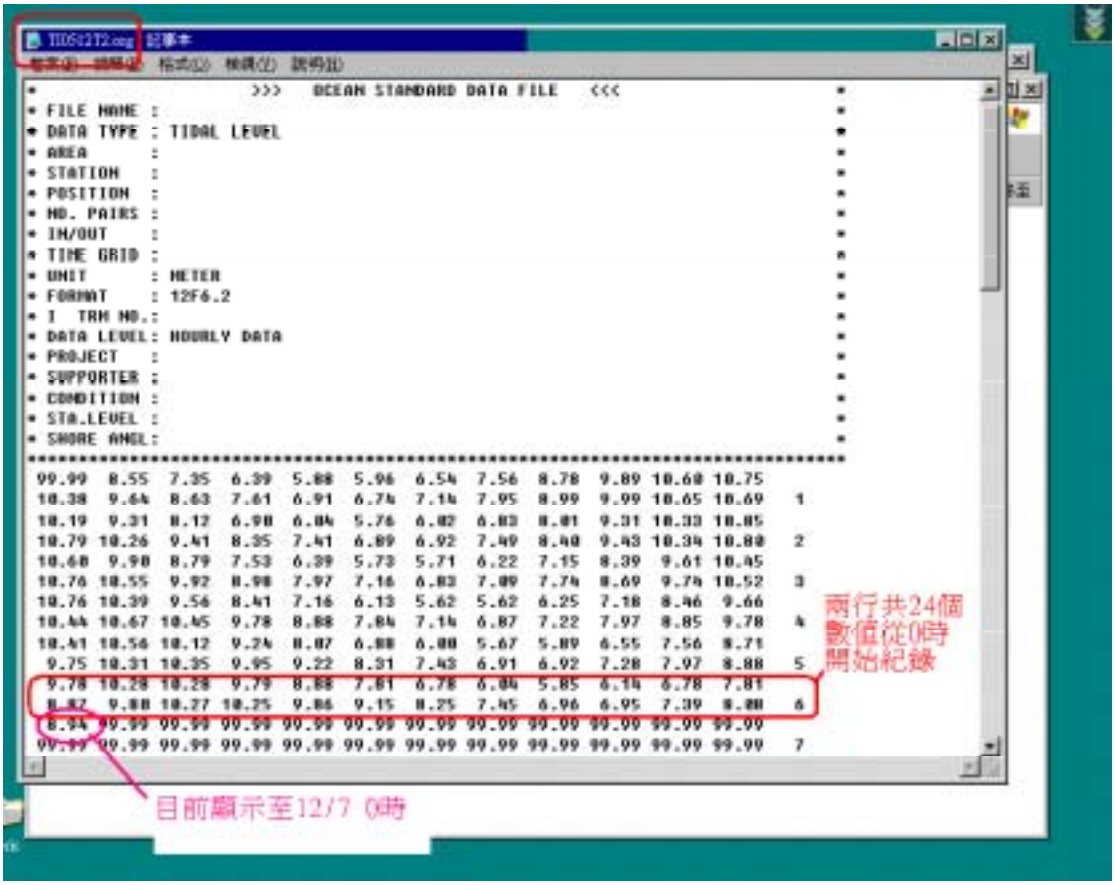
E. 檢查潮汐錯誤

1. 以台中港為例(目前沒有錯誤)

2. 至轉檔主機檢查轉檔程式是否出現錯誤
3. 至 WEB 主機檢查儀器設定是否錯誤

4. 至轉檔主機,依 WEB 查詢之儀器設定,透過網芳連結檢查檔案是否存在

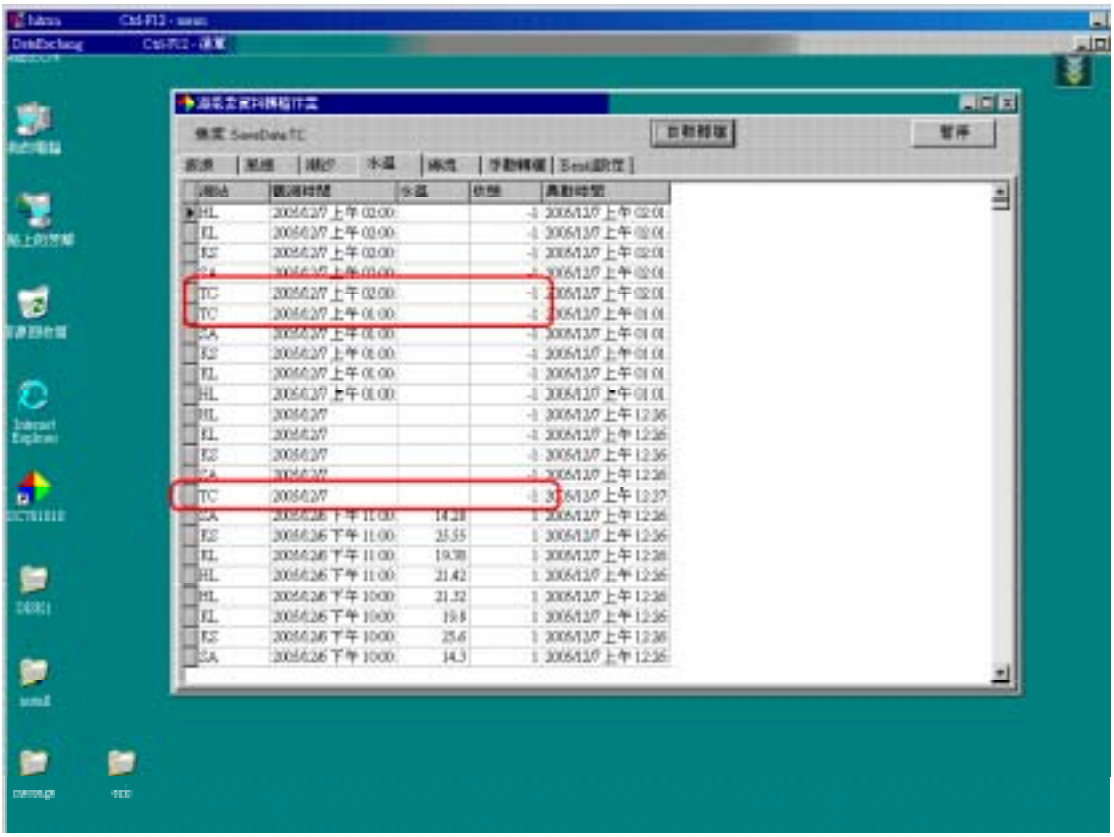
5. 若存在檢查檔案內容是否正確



F. 檢查水溫錯誤

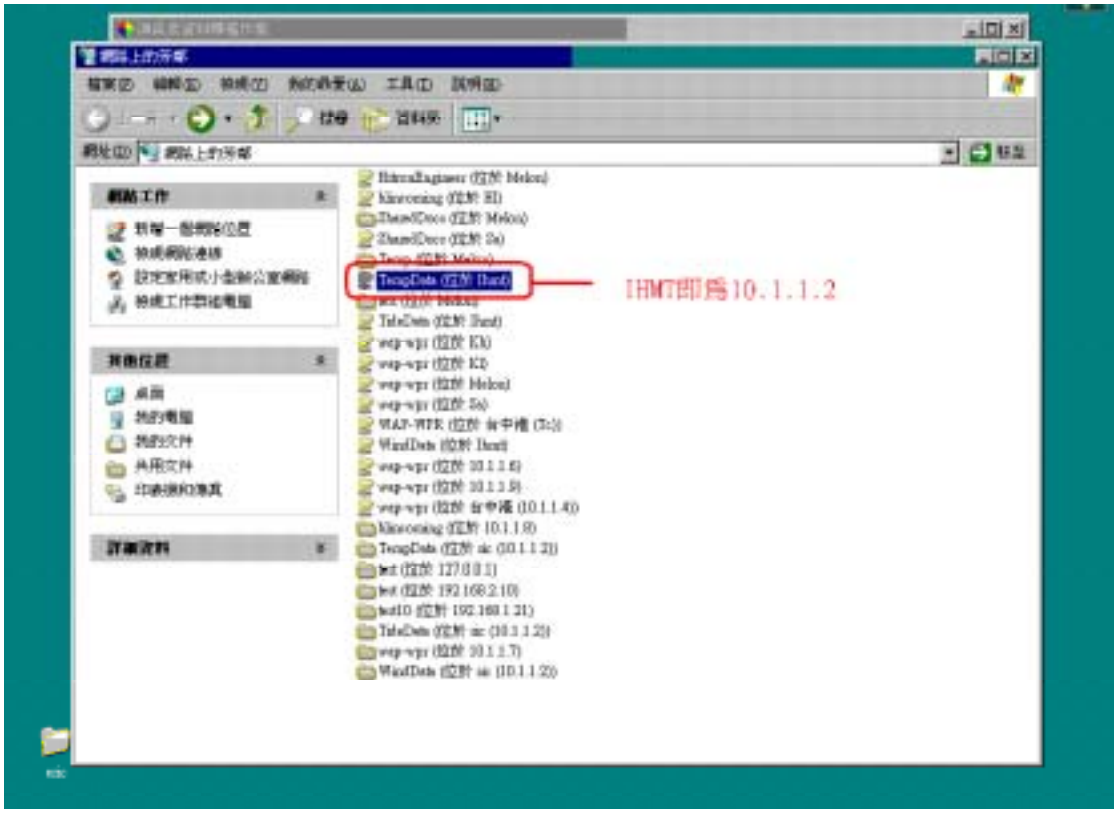
1. 以台中港為例，時間顯示錯誤

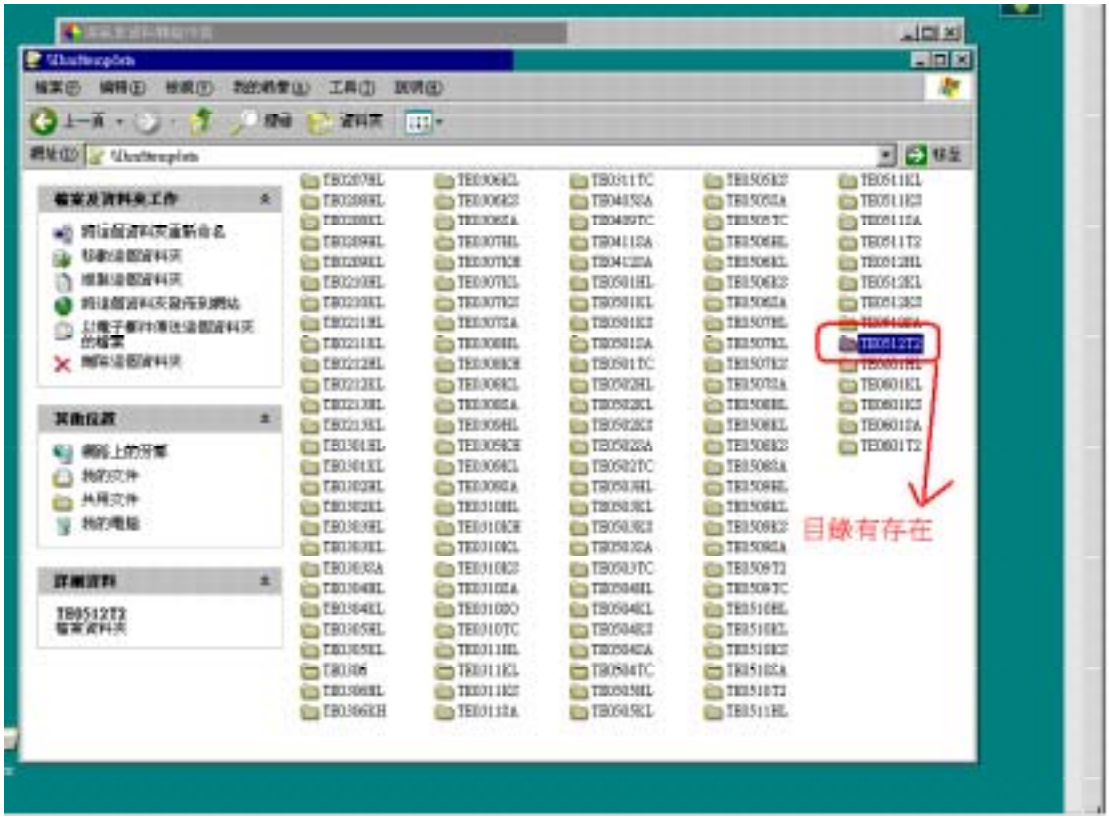
2. 至轉檔主機檢查轉檔程式是否出現錯誤



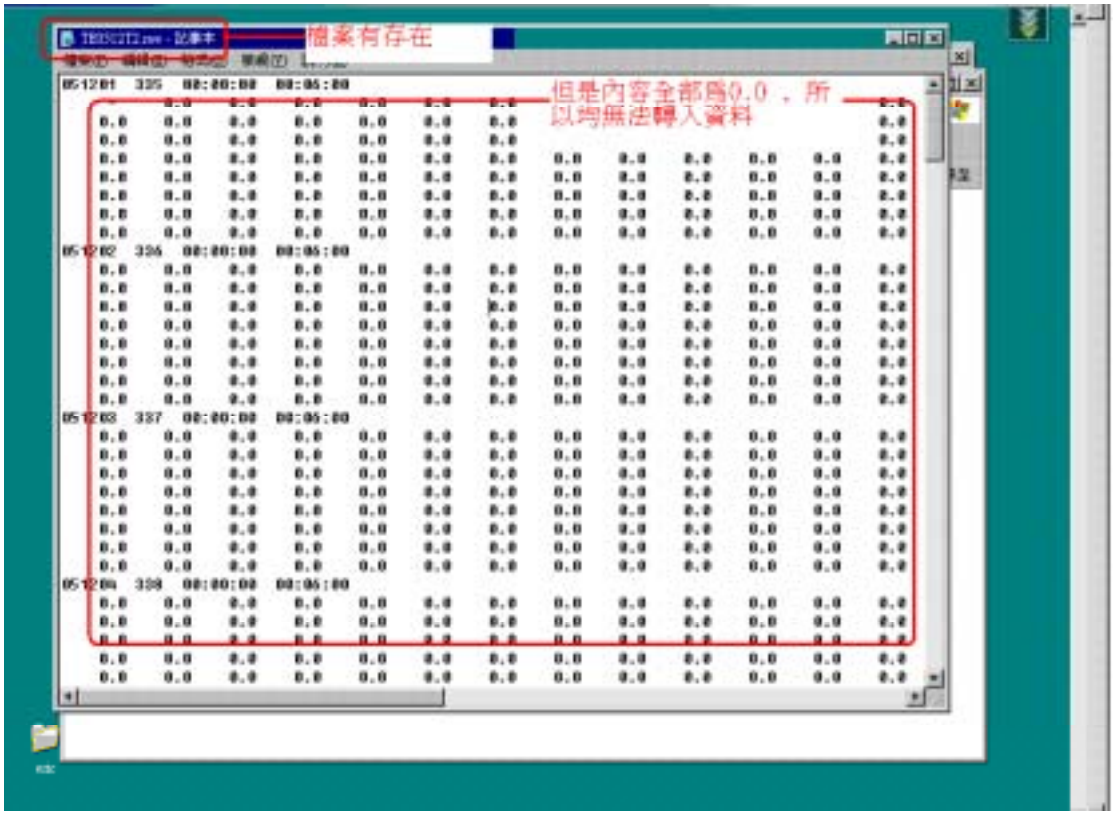
3. 至 WEB 主機檢查儀器設定是否錯誤

4. 至轉檔主機,依 WEB 查詢之儀器設定,透過網芳連結檢查檔案是否存在





5. 若存在檢查檔案內容是否正確



第三子計畫

颱風波浪頻譜形狀參數之研究

著者：簡仲璟

摘 要

本研究對於定義波浪頻譜形狀參數有關之頻譜動差的計算方式，提出依不同參考頻率將頻譜分割為高、低頻區的新構想，而檢視各階頻譜動差在高、低頻區的差異及其隨波高成長或衰退之變化趨勢。同時根據高、低頻區之各階頻譜動差值，重新計算頻譜形狀參數，並檢討這些參數的特性及和以往計算方法所得結果的差異。

颱風波浪頻譜形狀參數之研究

目　錄

摘要 ..... Ⅰ

目錄 ..... Ⅱ

圖目錄 ..... Ⅲ

第一章　前言 1-1

第二章　波譜形狀參數之定義 2-1

2.1 相關波譜形狀參數 2-1

2.2 波譜新形狀參數之定義 2-1

第三章　波譜形狀參數計算與比較 3-1

3.1 颱風波浪基本分析 3-1

3.2 波譜形狀參數計算與比較 3-4

3.3 波譜形狀參數檢討 3-5

第四章　結論與未來研究方向 4-1

4.1 結論 4-1

4.2 未來研究方向 4-1

圖 目 錄

圖 2-1 參考頻率 f_b 為尖峰頻率 F_p 之頻譜分割示意圖 2-2
圖 2-2 參考頻率 f_b 為能量中心頻率 F_E 之頻譜分割示意圖示意圖 2-3
圖 2-3 以主頻區能量為考察重點之頻譜分割示意圖 2-4
圖 2-4 次頻區所佔能量小且距離主頻區遠之示意圖 2-4
圖 2-5 次頻區所佔能量小且距離主頻區近之示意圖 2-5
圖 2-6 次頻區所佔能量大且距離主頻區近之示意圖 2-5
圖 2-7 次頻區所佔能量大且距離主頻區遠之示意圖 2-6
圖 3-1 歐菲莉颱風行進路徑圖 3-1
圖 3-2 奧托颱風行進路徑圖 3-2
圖 3-3 歐菲莉颱風波浪之波高、週期及第 0 階頻譜動差變化圖 3-3
圖 3-4 奧托颱風波浪之波高、週期及第 0 階頻譜動差變化圖 3-4
圖 3-5 歐菲莉颱風波浪之波高、週期及第 1 階頻譜動差變化圖 3-6
圖 3-6 奧托颱風波浪之波高、週期及第 1 階頻譜動差變化圖 3-7
圖 3-7 歐菲莉颱風波浪之波高、週期及第 2 階頻譜動差變化圖 3-8
圖 3-8 奧托颱風波浪之波高、週期及第 2 階頻譜動差變化圖 3-9
圖 3-9 歐菲莉颱風波浪之波高、週期及第 4 階頻譜動差變化圖 3-11
圖 3-10 奧托颱風波浪之波高、週期及第 4 階頻譜動差變化圖 3-12
圖 3-11 歐菲莉颱風波浪之波高、週期及頻譜形狀參數變化圖 3-14
圖 3-12 奧托颱風波浪之波高、週期及頻譜形狀參數變化圖 3-15
圖 3-13 相對應頻譜形狀參數分布圖 3-16

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。

1.1 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

本研究嘗試以不同的動差軸，例如以主頻率 f_p 為動差軸進行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，並含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。

本報告共分四章，第一章說明本計畫緣由及目的。第二章說明目前常用之波譜形狀參數定義及新參數定義的構想。第三章以實測波浪資料進行波譜形狀參數的計算，並比較新舊參數間的差異，瞭解新參數應用上的可能性與限制性，同時檢討可能的改進方式。第四章根據綜合檢討結果提出結論及未來研究方向的建議。

第二章 頻譜形狀參數及頻譜動差

本章除介紹 3 種常用波譜形狀參數的定義外，對於定義波譜形狀參數有關之波譜動差的計算方式提出新的構想，並檢討新構想的計算過程中可能遭遇之狀況與處理方法。

2.1 相關波譜形狀參數

對於波浪能量結構之組成，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波譜形狀參數如下：

Goda(1976)所得出之波譜形狀峰度參數

$$QP = \frac{2}{m_0}\int_0^{\infty} fS^2(f)Df \tag{2-1}$$

Longuet-Higgins(1975)所提出之波譜形狀窄度參數

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

及波譜形狀寬度參數

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{m_2^2}{m_0 m_4}} \tag{2-3}$$

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

2.2 頻譜動差之計算構想

上節介紹之三種頻譜形狀參數，由其定義可知與頻譜動差有關。換言之，頻譜動差的計算方法將影響頻譜形狀參數值。以往頻譜動差

是以參考頻率 $f_b=0$ 當作計算軸處理。但為何選擇參考頻率為 0？並沒有特別之依據，或許僅是考量計算的方便而已。因此本研究嘗試以不同的參考頻率值，進行頻譜動差的計算，並進一步應用至頻譜形狀參數。首先以頻譜能量最大頻率（尖峰頻率）F_p 當作參考頻率進行各階頻譜動差的計算，如圖 2-1 所示原頻譜將區分高、低頻區域 2 個部分。而其各階頻譜動差分別計算如下：

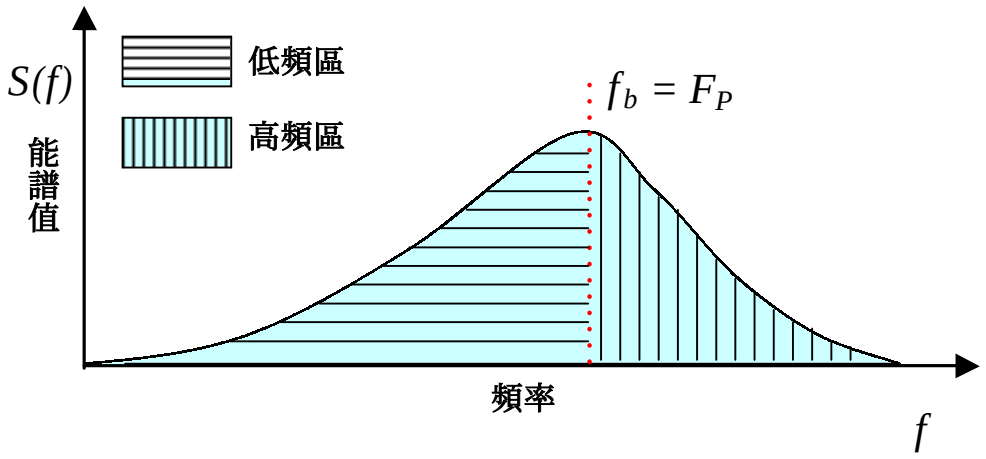


圖 2-1 參考頻率 f_b 為尖峰頻率 F_p 之頻譜分割示意圖

高頻區：

$$m_{nH} = \int_{f_p}^{+\infty} (f - f_p)^n S(f) df \quad n = 0,1,2,4 \tag{2-4}$$

低頻區：

$$m_{nL} = \int_{-\infty}^{f_p} (f_p - f)^n S(f) df \quad n = 0,1,2,4 \tag{2-5}$$

其次以能量中心頻率 F_E 當作參考頻率進行各階頻譜動差的計算，如圖 2-2 所示原頻譜同樣區分高、低頻區域 2 個部分。而其各階頻譜動差則分別計算如下：

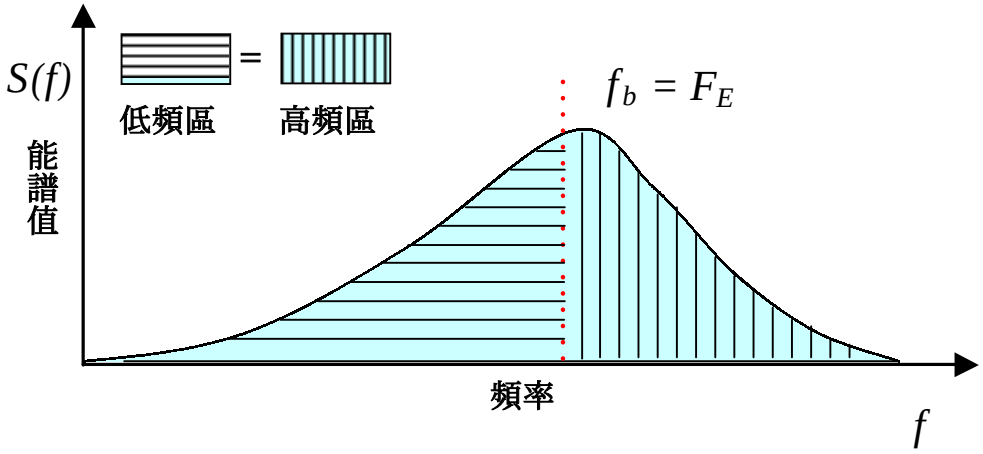


圖 2-2 參考頻率 f_b 為能量中心頻率 F_E 之頻譜分割示意圖

高頻區：

$$m_{nH} = \int_{f_E}^{+\infty} (f - f_E)^n S(f) df \quad n = 0,1,2,4 \tag{2-6}$$

低頻區：

$$m_{nL} = \int_{-\infty}^{f_E} (f_E - f)^n S(f) df \quad n = 0,1,2,4 \tag{2-7}$$

一般而言，頻譜之能量分佈並非以尖峰頻率作對稱分佈，因此 F_p 與 F_E 並不相等，所以不同參考頻率之高、低頻區的頻譜動差不相等，即使是相同參考頻率也因頻譜形狀之不對稱而不相等，但參考頻率為 F_E 之 0 階動差是例外，因為由其定義可知其高、低頻區之 0 階動差必須相等（0 階動差基本上就是頻譜能量之和）。

除上述 2 種參考頻率作頻譜分割外，也可由主頻率區間（尖峰頻率附近）之能量佔全部總能量之百分比作考量。例如百分比達到某一給定值時之頻率區間，而在該區間之能量稱主頻區能量，同時也是後續頻譜動差之計算範圍；至於不在該區間之能量則稱副頻區能量，而不屬於頻譜動差之計算範圍，如圖 2-3。這樣的計算方式，主要是基於波浪能量在尖峰頻率處最大且大部分集中於此頻率附近，因此是考察重點。

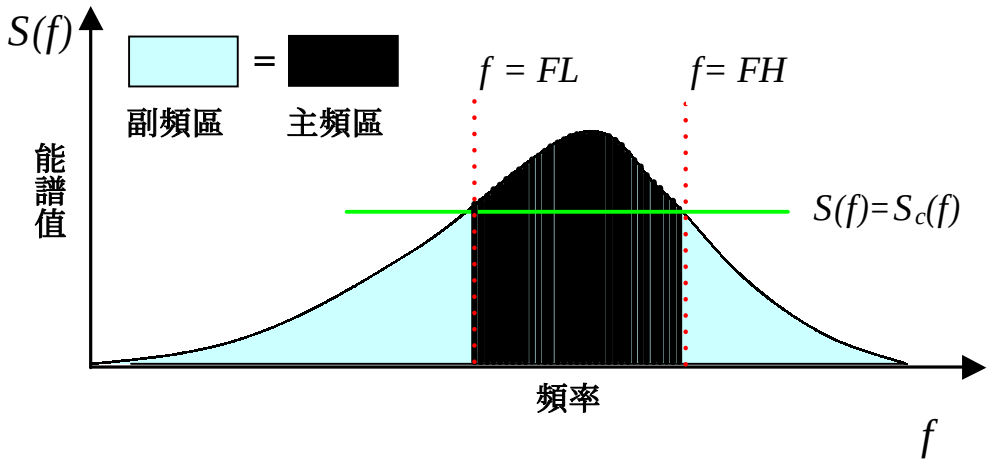


圖 2-3 以主頻區能量為考察重點參之頻譜分割示意圖

圖 2-3 中 FL 及 FH 分別為主頻區之頻率下限及上限，而主頻區之能量等於 $S_c(f)$，而 $S_c(f)$佔全部總能量之一給定百分比值。當頻譜形狀出現多峰時，本方法會有頻譜分割不易確定之問題，其情況可分為下列 4 種。(1) 次頻區(即第 1、3、、、等頻區)所佔能量小且距離主頻區（即含尖峰頻率之第 2 頻區）遠，如圖 2-4。

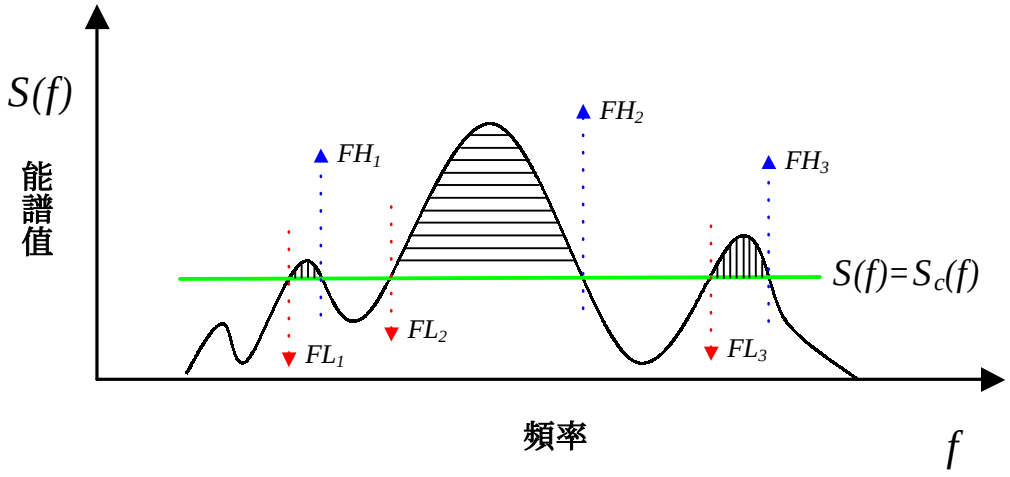


圖 2-4 次頻區所佔能量小且距離主頻區遠之示意圖

在此種情況下第 1、3 頻區將忽略不計，而僅以第 2 頻區當作主頻區。(2) 次頻區(即第 1 頻區)所佔能量小且距離主頻區（即含尖峰頻率之第 2 頻區）近，如圖 2-5。

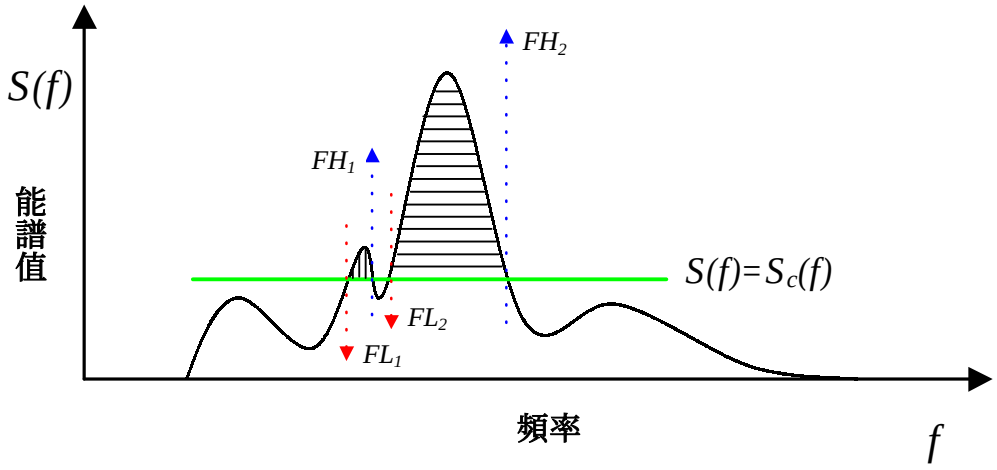


圖 2-5 次頻區所佔能量小且距離主頻區近之示意圖

在此種情況下第 1 頻區雖然距離主頻區很近，但因所佔能量微小，故忽略不計，同樣僅以第 2 頻區當作主頻區。（3）次頻區(即第 1 頻區)所佔能量大且距離主頻區（即含尖峰頻率之第 2 頻區）近，如圖 2-6。

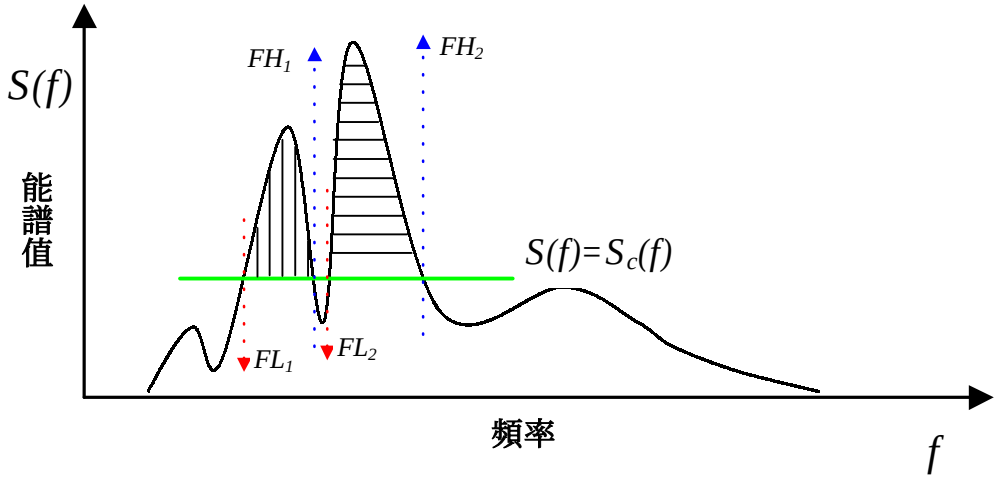


圖 2-6 次頻區所佔能量大且距離主頻區近之示意圖

在此種情況下第 1 頻區距離主頻區很近，且所佔能量大，故處理上將此 2 個頻區合併成 1 個主頻區，其頻率上、下限分別為 FH_2 及 FL_1。（4）次頻區(即第 1 頻區)所佔能量大且距離主頻區（即含尖峰頻率之第 2 頻區）遠，如圖 2-7。

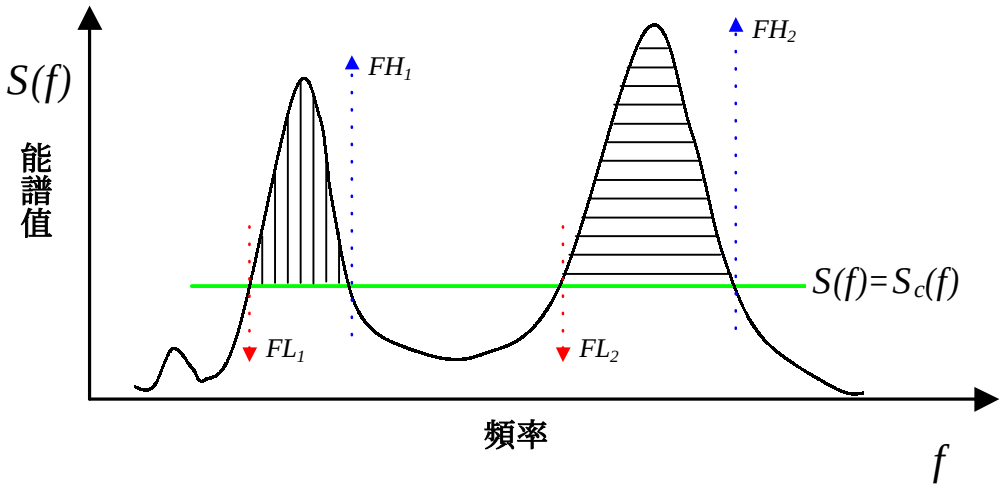


圖 2-7 次頻區所佔能量大且距離主頻區遠之示意圖

在此種情況下第 1 頻區所佔能量大而無法忽略，同時距離主頻區又遠，故處理上無法將其合併或忽略，因此將其視為 2 個主頻區，也就是真實多峰的情況。

由於主頻率區間之頻譜分割方法在多峰之處理上較複雜，故此部份將留待後續再進行。而本研究將先就參考頻率之頻譜分割方法進行探討。

第三章 頻譜動差計算及形狀參數比較

根據上一章所提出之頻譜動差新方法，計算歐菲莉（ofelia）及奧托（otto）颱風花蓮港實測波浪之各階頻譜動差值。比較不同方法間之動差值大小及其與波高變化趨勢之關聯性，並根據這些動差值計算新的波譜形狀參數，同時和以往原動差值所計算之形狀參數作一比較。

3.1 波浪基本資料分析

歐菲莉颱風於 1990 年 6 月 23 日沿臺灣東部海岸北上侵襲花蓮港，強度規模為中度轉輕度，移動速度緩慢（介於 10~20km/h），行進路徑圖，如圖 3-1。奧托颱風於 1998 年 8 月 4 日由花蓮港東南方海域沿西北向接近臺灣，並跨越中央山脈繼續西北向行進，強度規模為輕度，移動速度快速（大於 20km/h），行進路徑圖，如圖 3-2。

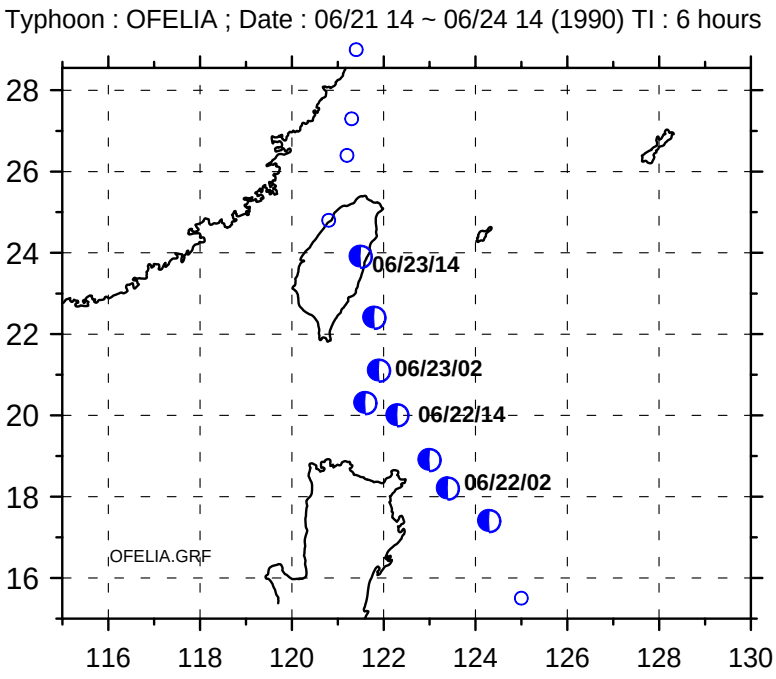


圖 3-1 歐菲莉颱風行進路徑圖

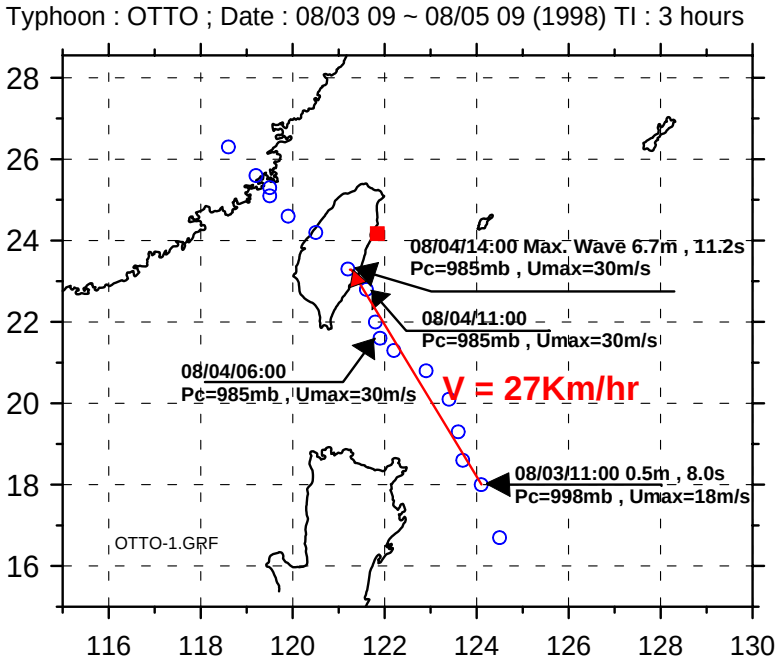


圖 3-2 奧托颱風行進路徑圖

此 2 個颱風之花蓮港實測波浪資料分別如圖 3-3 及圖 3-4。圖 3-3 顯示歐菲莉颱風波浪之波高由 1m 左右逐漸增大至約 13m；週期也由 7sec 逐漸增大為 14sec 左右。圖 3-4 顯示奧托颱風波浪之波高由 0.5m 左右快速增大至約 7m，然後再快速降至 1m；週期也由 6~8sec 增大為 12sec 左右，然後再逐漸降至 6sec。這 2 個颱風波浪之波高變化趨勢稍有不同，歐菲莉颱風波浪之波高，由於颱風行進速度較慢，故緩慢成長；而奧托颱風因行進速度較快，故波高成長及衰退也較快速。

3.2 頻譜動差之計算及比較

與波譜形狀參數有關之波譜動差分別有第 0、1、2 及 4 階等。依第二章之頻譜動差計算構想之第 0 階動差值（m_0）與對應之波浪資料，如圖 3-3 與圖 3-4。圖中顯示參考頻率 f_b=0 之 m_0 隨波高成長或衰退而有一致性的變化趨勢。這種結果並不意外，因為 m_0 即表示波浪之總能量，故與波高大小有密切關係存在。依圖 3-4 而言，大波高與小波高處

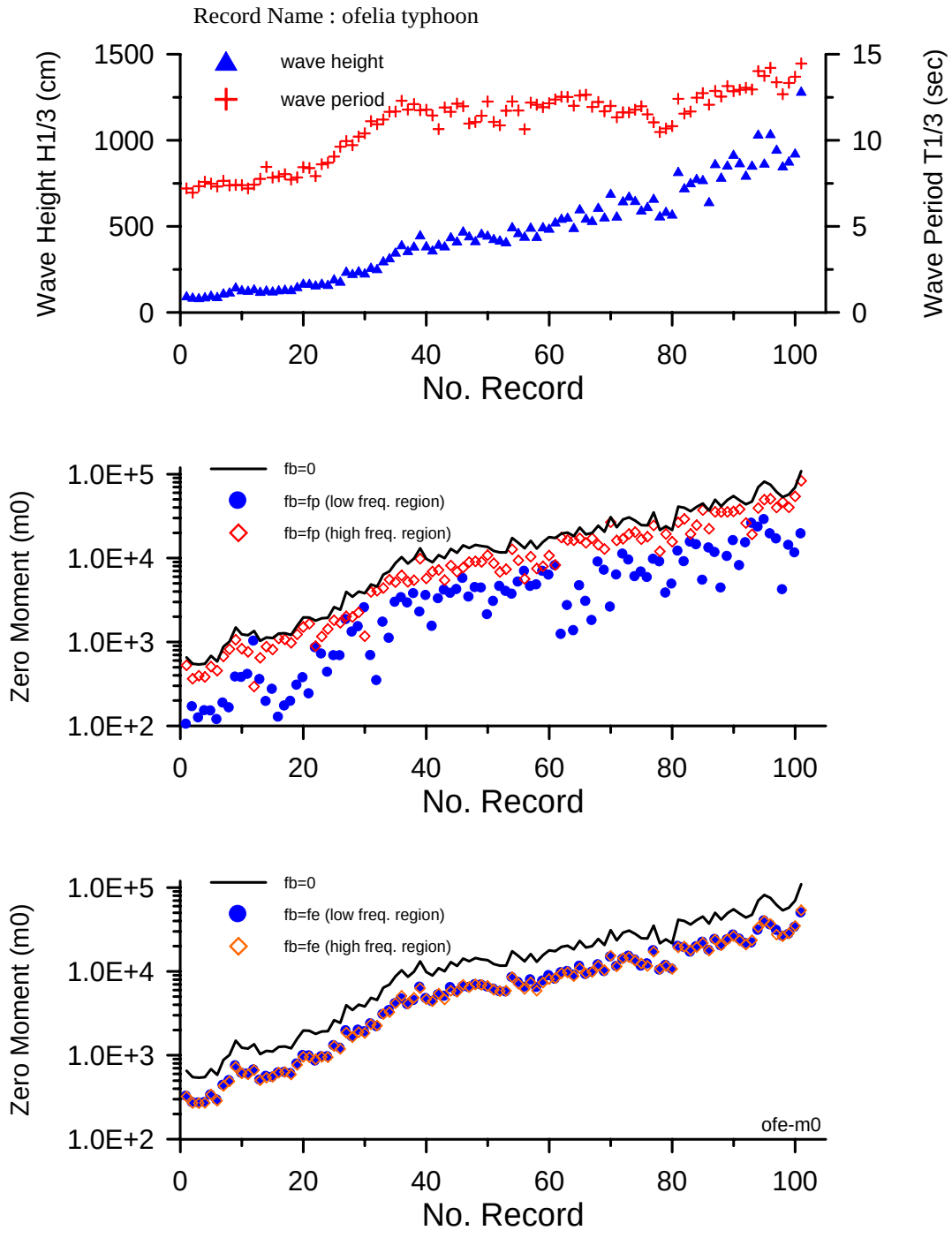


圖 3-3 歐菲莉颱風波浪之波高、週期及第 0 階頻譜動差變化圖

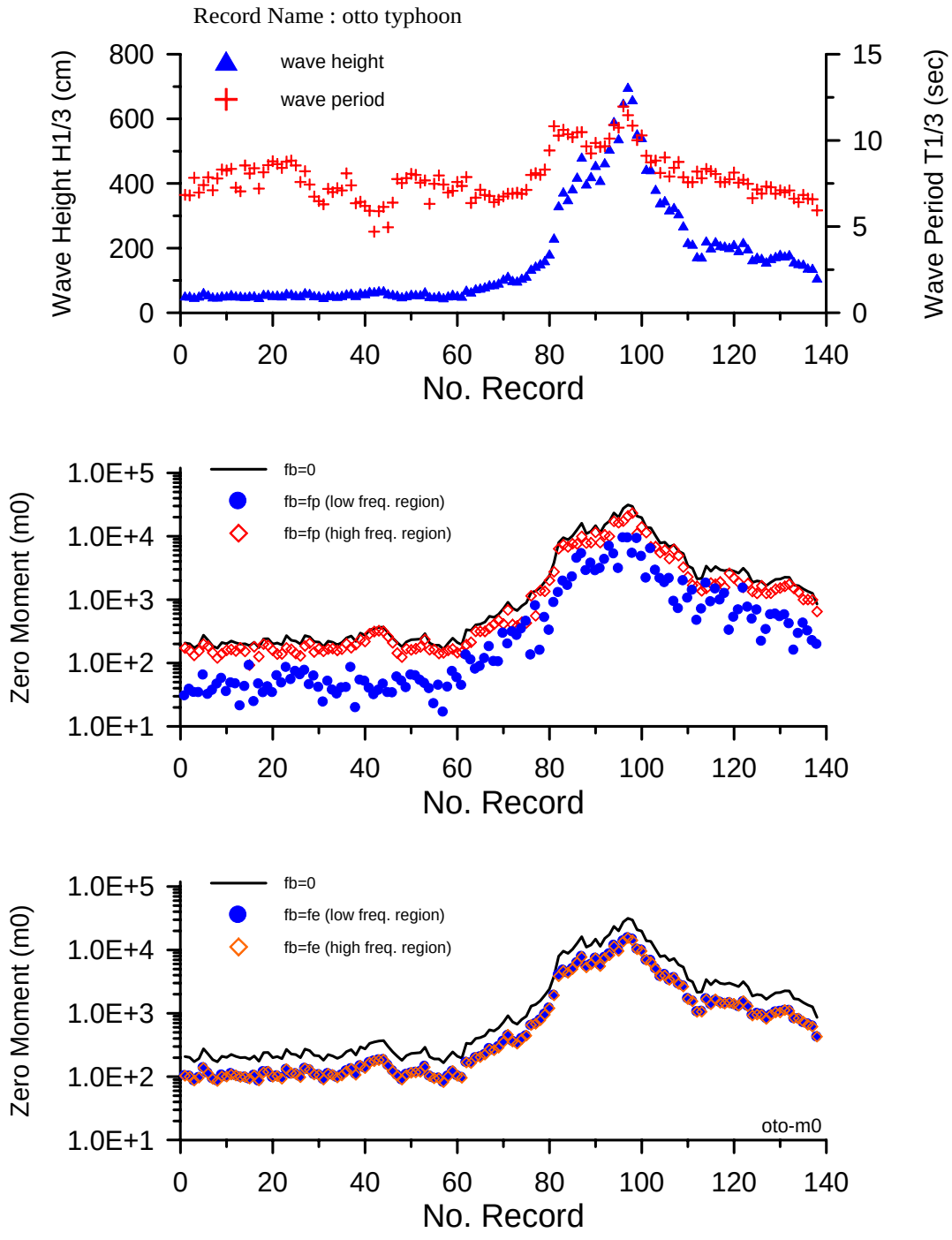


圖 3-4 奧托颱風波浪之波高、週期及第 0 階頻譜動差變化圖

之 m_0 大約相差約 160 倍。參考頻率 $f_b=F_p$ 之高、低頻區的 m_{0H} 與 m_{0L} 隨波高成長或衰退同樣也有一致性的變化趨勢，但 m_{0L} 的值絕大部分比 m_{0H} 為小。依圖 3-4 而言，大波高與小波高處之 m_{0L} 大約相差約 250 倍。另外在歐菲莉颱風波浪資料中 m_{0L} 較為散亂。換言之，不若高頻區之 m_{0H} 與波高有密切之關聯性。而參考頻率 $f_b=F_E$ 之高、低頻區的 m_{0H} 與 m_{0L} 隨波高成長或衰退同樣也有一致性的變化趨勢，且 m_{0L} 的值和 m_{0H} 相同，其原因由其參考頻率取等能量之定義可知。此外由第二章之（2-4）與（2-5）或（2-6）與（2-7）式可知 $m_0=m_{0L}+m_{0H}$。

第 1 階頻譜動差值（m_1）與對應之波浪資料，如圖 3-5 與圖 3-6。圖中顯示參考頻率 $f_b=0$ 之 m_1 隨波高成長或衰退也有一致性的變化趨勢。但依圖 3-6 而言，大波高與小波高處之 m_1 大約相差約 100 倍，與 m_0 之 160 倍相較有變小趨勢。參考頻率 $f_b=F_p$ 之高、低頻區的 m_{1H} 與 m_{1L} 隨波高成長或衰退同樣也有一致性的變化趨勢，m_{1L} 的值絕大部分也比 m_{1H} 為小。依圖 3-6 而言，大波高與小波高處之 m_{1L} 大約相差 250 倍，此與 m_{0L} 的情況相似。而參考頻率 $f_b=F_E$ 之高、低頻區的 m_{1H} 與 m_{1L} 隨波高成長或衰退也有一致性的變化趨勢，但 m_{1L} 的值比 m_{1H} 為小，這和第 0 階的相等情況不同。此顯示頻譜高頻區能量分佈形狀較寬且平，故 m_{1H} 值較大；而低頻區則較窄且陡，故 m_{1L} 值較小，這符合一般波譜形狀的認知。此外由圖 3-5 之 m_{1L} 分別在參考頻率 $f_b=F_p$ 與 $f_b=F_E$ 之變動性相較則發現前者較大。

第 2 階頻譜動差值（m_2）與對應之波浪資料，如圖 3-7 與圖 3-8。圖中顯示參考頻率 $f_b=0$ 之 m_2 隨波高成長或衰退仍有一致性的變化趨勢。但依圖 3-8 而言，大波高與小波高處之 m_2 大約相差約 50 倍，與 m_0 之 160 倍及 m_1 之 100 倍相較，有持續變小趨勢。此外圖 3-7 之歐菲莉颱風波浪資料在大波高處 m_2 值出現跳動情形，但圖 3-8 之奧托颱風則無。參考頻率 $f_b=F_p$ 之高、低頻區的 m_{2H} 與 m_{2L} 隨波高成長或衰退同樣也有一致性的變化趨勢，m_{2L} 的值絕大部分比 m_{2H} 為小。依圖 3-8 而言，大波高與小波高處之 m_{2L} 相差大約 250 倍，此與 m_{0L} 及 m_{1L} 的情況相似。而參考頻率 $f_b=F_E$ 之高、低頻區的 m_{2H} 與 m_{2L} 隨波高成長或衰退

也有一致性的變化趨勢，但 m_{2L} 的值遠比 m_{2H} 為小。此外圖 3-7 之歐菲莉颱風波浪資料在大波高處 m_{2H} 值也出現跳動情形，但圖 3-8 之奧托颱風則無，此與參考頻率 $f_b=0$ 之 m_2 的情形相似。

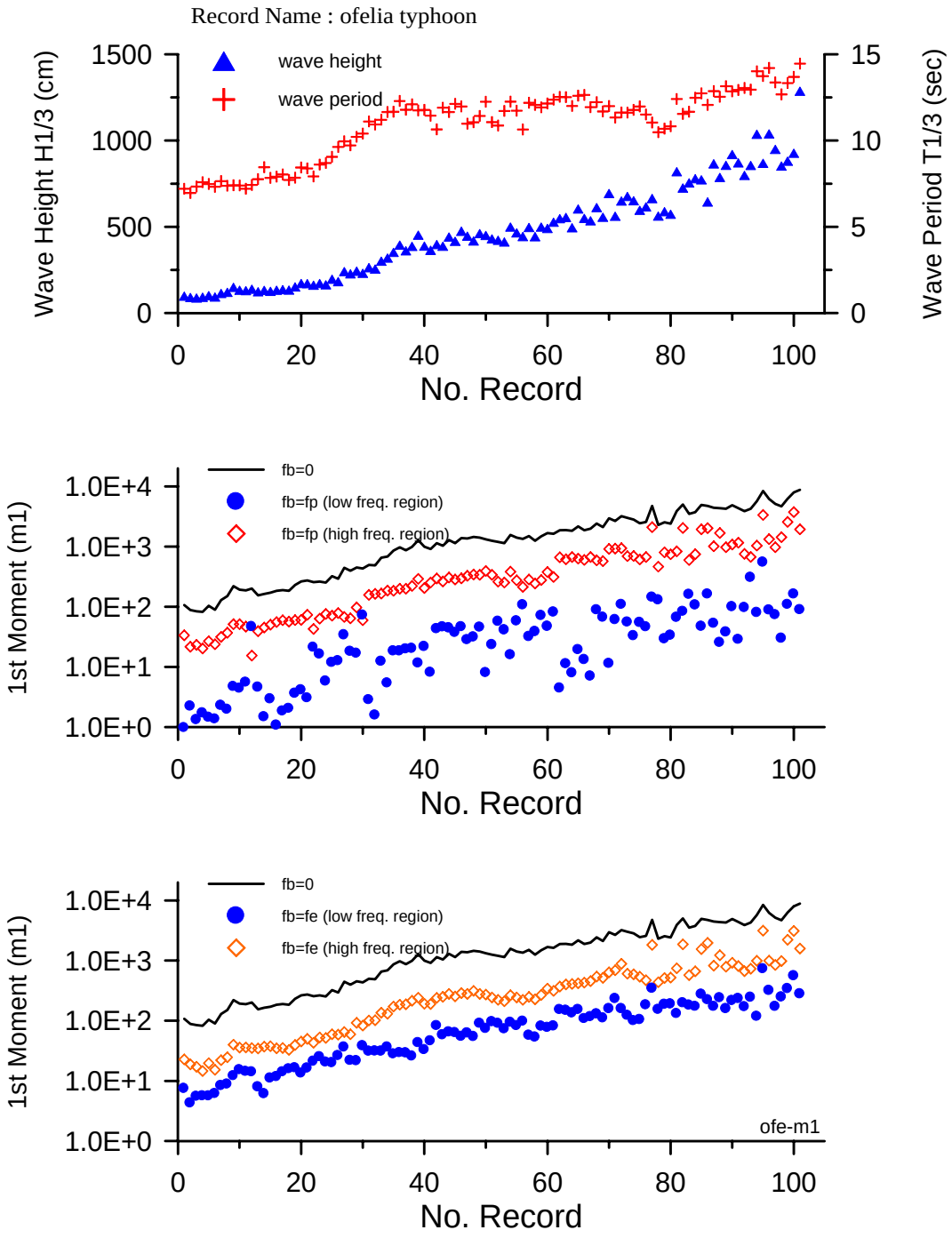


圖 3-5 歐菲莉颱風波浪之波高、週期及第 1 階頻譜動差變化圖

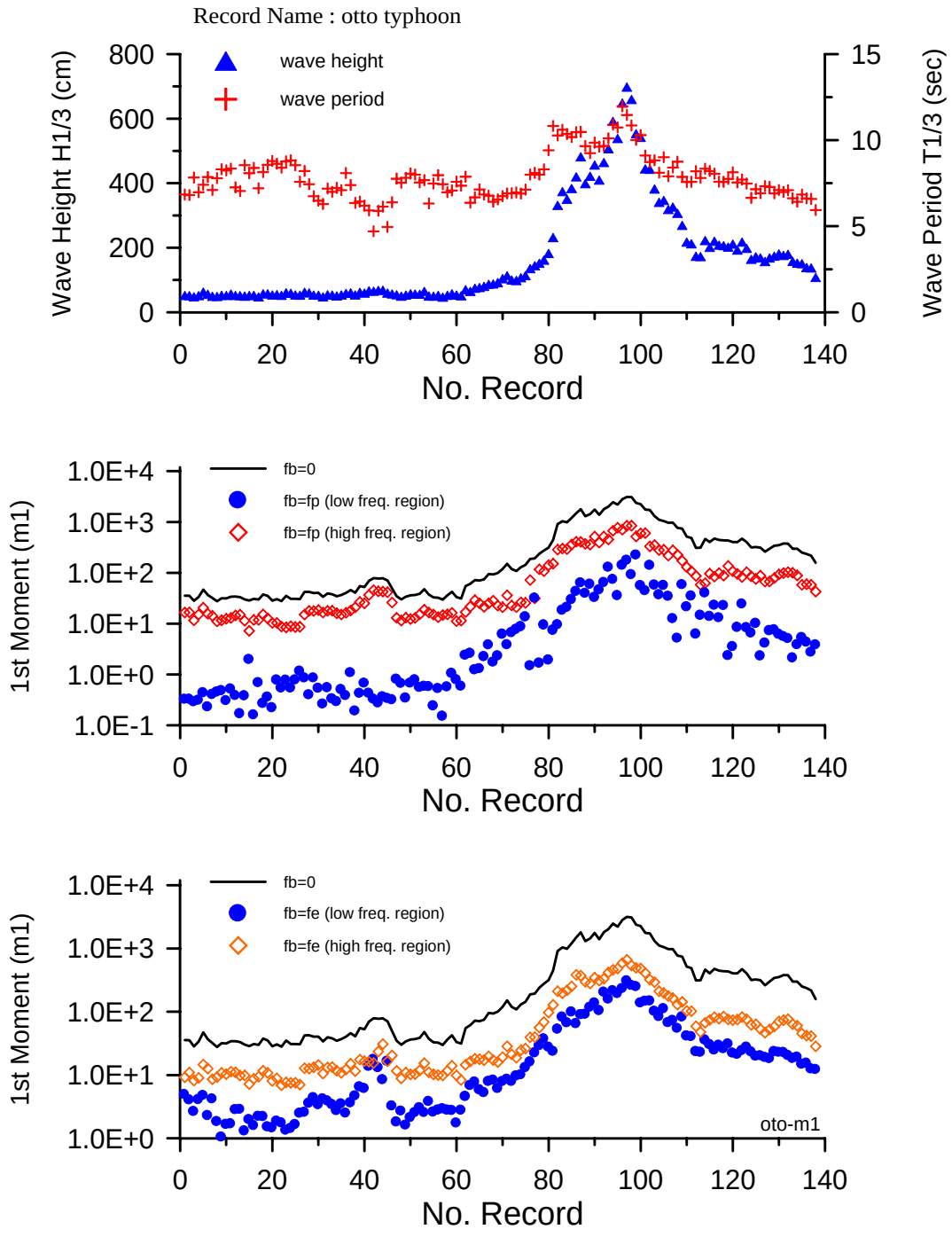


圖 3-6 奧托颱風波浪之波高、週期及第 1 階頻譜動差變化圖

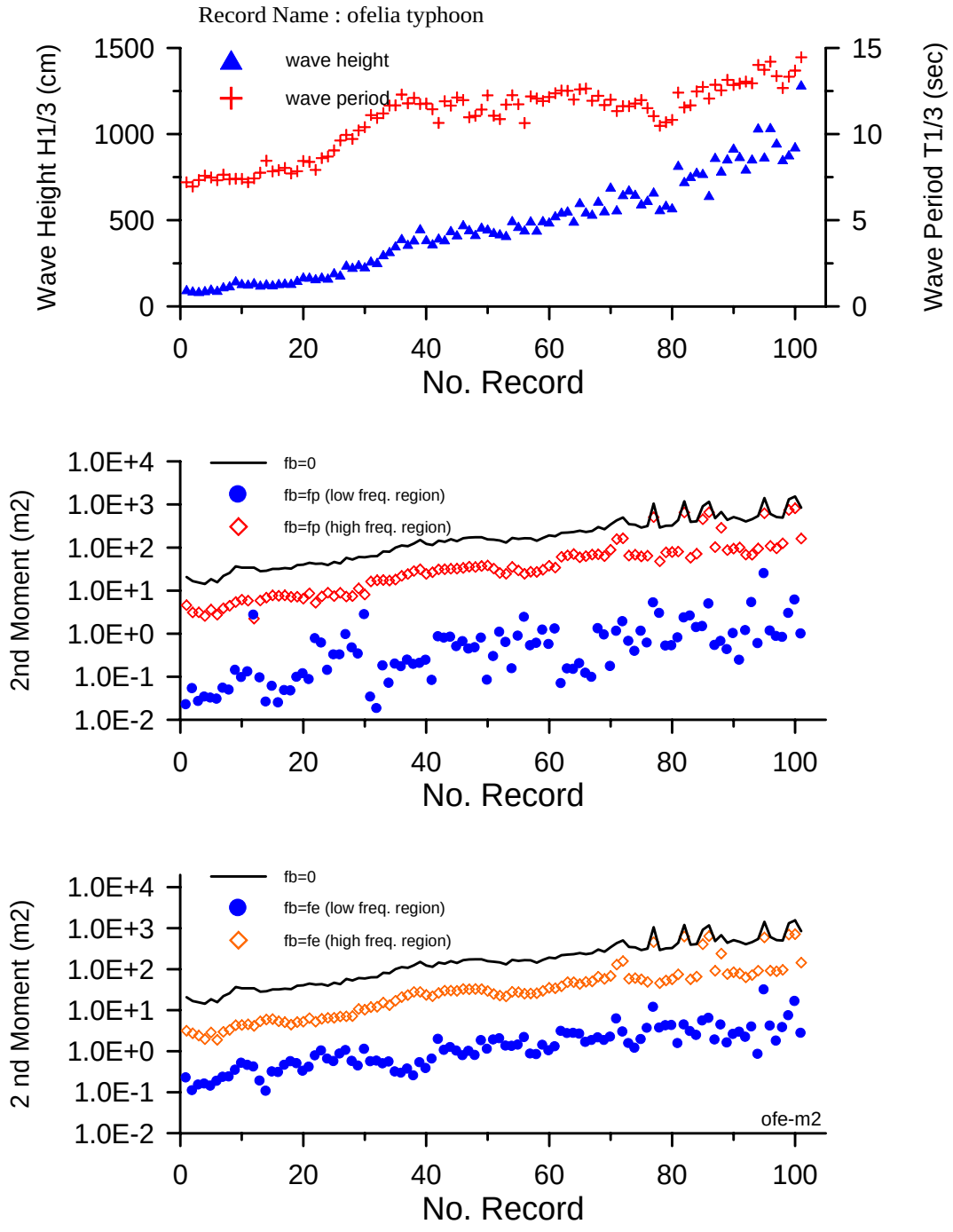


圖 3-7 歐菲莉颱風波浪之波高、週期及第 2 階頻譜動差變化圖

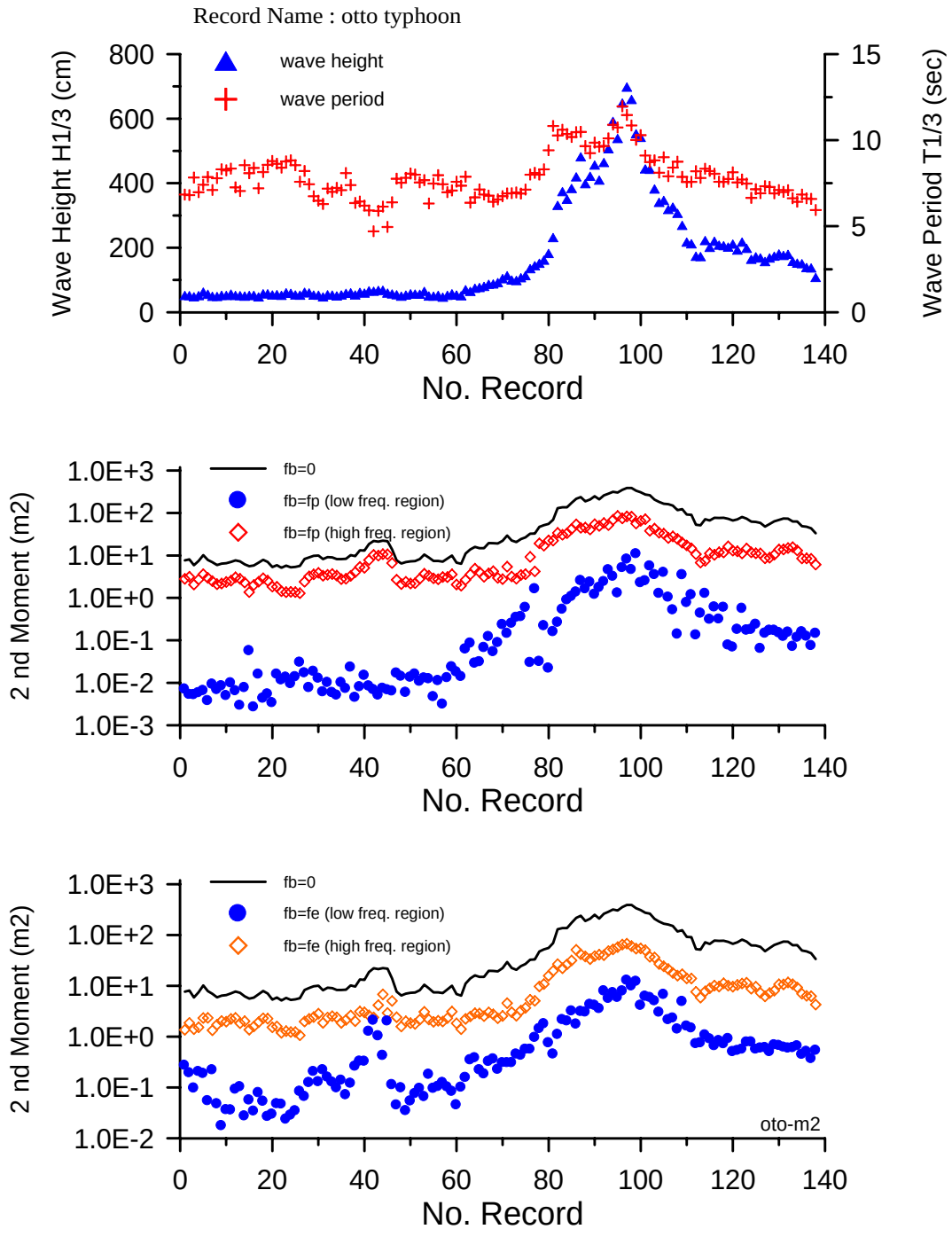


圖 3-8 奧托颱風波浪之波高、週期及第 2 階頻譜動差變化圖

第 4 階頻譜動差值（m_4）與對應之波浪資料，如圖 3-9 與圖 3-10。圖中顯示參考頻率 f_b=0 之 m_4 隨波高成長或衰退之一致性的變化趨勢變得較不明顯。因為如圖 3-10 所示，大波高與小波高處之 m_4 大約相差僅約 10 倍，與 m_0 之 160 倍、m_1 之 100 倍及 m_2 之 50 倍相較，有持續變小趨勢。此外圖 3-9 之歐菲莉颱風波浪資料在大波高處 m_4 值出現跳動情形更明顯，但圖 3-8 之奧托颱風則仍然無此情形出現。參考頻率 $f_b=F_p$ 之低頻區的 m_{4L} 隨波高成長或衰退同樣也有一致性的變化趨勢，但 m_{4H} 與參考頻率 f_b=0 之 m_4 同樣隨波高成長或衰退之一致性的變化趨勢不明顯，m_{4L} 的值皆遠比 m_{4H} 為小。依圖 3-10 而言，大波高與小波高處之 m_{4L} 相差大約 250 倍，此與 m_{0L}、m_{1L} 及 m_{2L} 的情況相似。而參考頻率 $f_b=F_E$ 之低頻區的 m_{4L} 隨波高成長或衰退仍有一致性的變化趨勢，但 m_{4H} 則不明顯，但 m_{4L} 的值遠比 m_{4H} 為小。此外圖 3-9 之歐菲莉颱風波浪資料在大波高處 m_{4H} 值也出現跳動情形，但圖 3-10 之奧托颱風則無，此與參考頻率 f_b=0 之 m_4 的情形相似。

綜合而言，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。因為參考頻率 f_b=0 之 m_0 在大波高處的值與小波高處相差約 160 倍，而 m_4 則僅約 10 倍而已。同樣在參考頻率 $f_b=F_p$ 與 $f_b=F_E$ 之高頻區的 m_{0H} 及 m_{4H} 也有相類似情形。這也顯示頻譜動差階數愈高其受高頻區的影響愈大，此與以往的研究結果相同。無論由參考頻率 $f_b=F_p$ 或 $f_b=F_E$ 之高頻區各階頻譜動差(第 0 階除外)與參考頻率 f_b=0 計算所得相較，在變化趨勢或值的大小皆很相似與接近。相對的參考頻率 $f_b=F_p$ 或 $f_b=F_E$ 之低頻區各階頻譜動差值(第 0 階除外)皆較高頻區小很多。但參考頻率 $f_b=F_p$ 與 $f_b=F_E$ 之低頻區各階頻譜動差隨波高成長或衰退的一致性變化趨勢仍維持一定的明顯程度。以往由參考頻率 f_b=0 計算所得之頻譜動差值，無法瞭解究竟主要是受高頻區或低頻區影響。但採用高、低頻區的分割方法後，依計算所得之高、低頻區頻譜動差值比較後，發現其主要是受高頻區影響。同時也瞭解低頻區的頻譜動差值在高階時其變化趨勢仍與波高有較明顯的一致性，而高頻區則無。

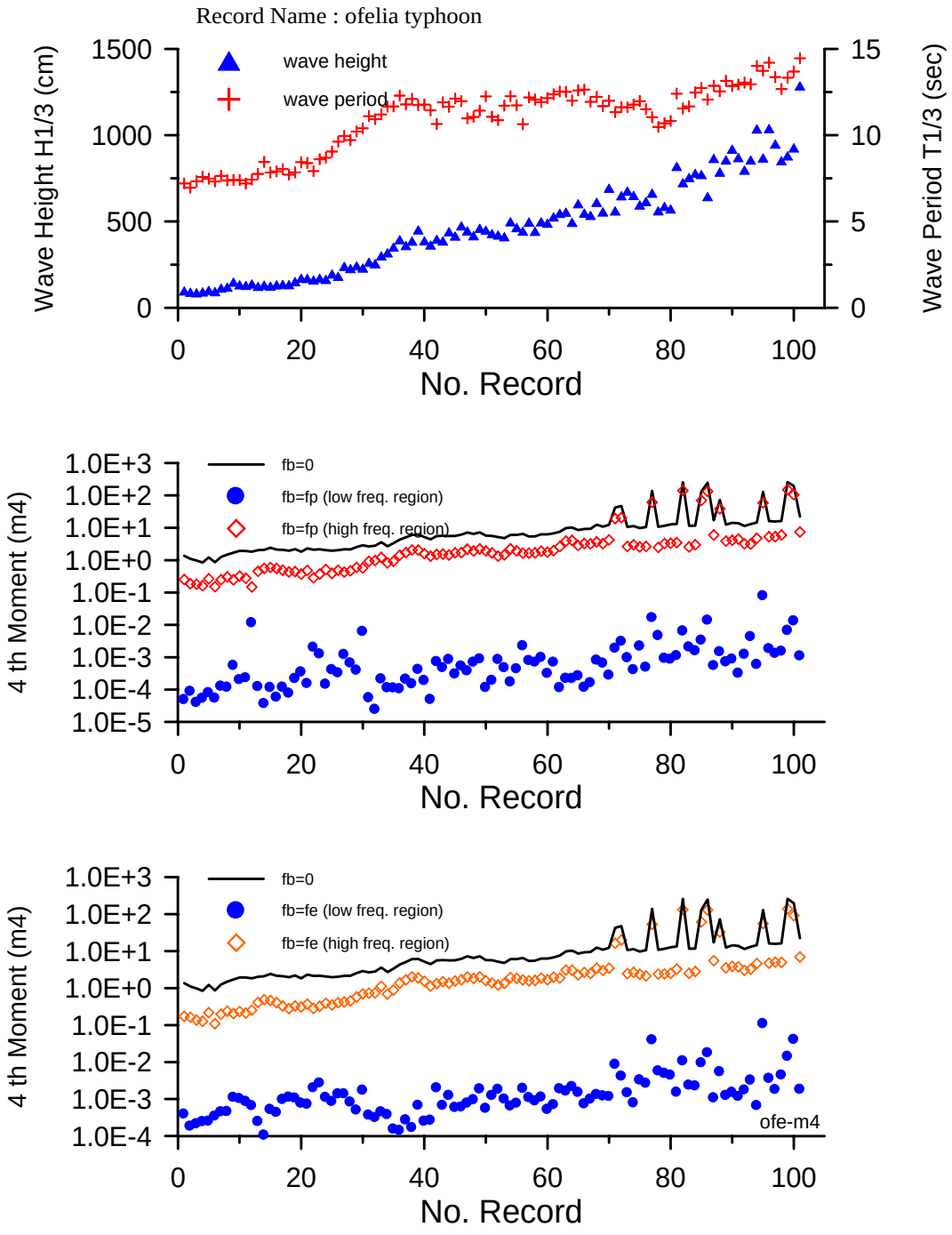


圖 3-9 歐菲莉颱風波浪之波高、週期及第 4 階頻譜動差變化圖

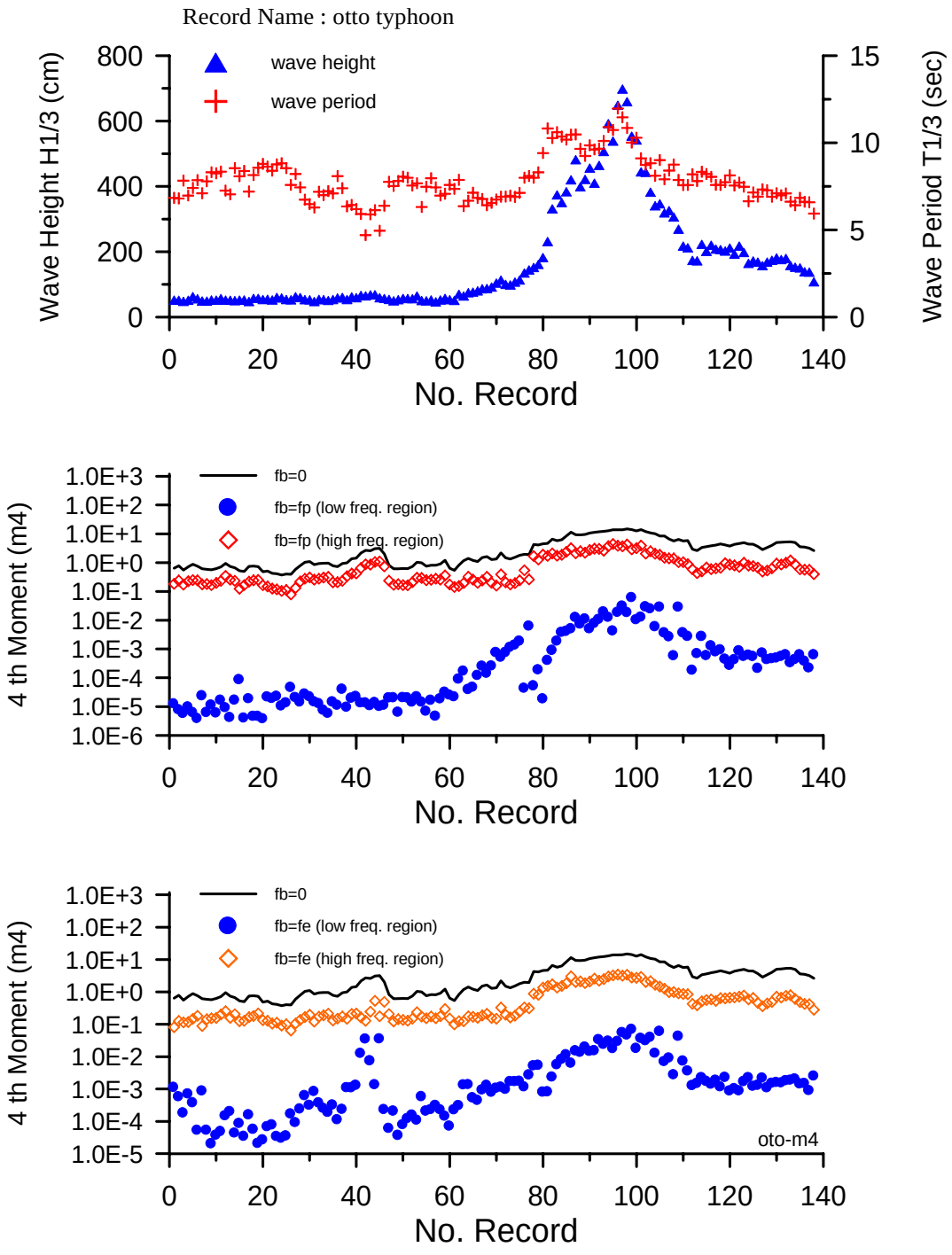


圖 3-10 奧托颱風波浪之波高、週期及第 4 階頻譜動差變化圖

3.3 頻譜形狀參數之計算及比較

頻譜形狀參數由第二章之（2-2）及（2-3）式可知主要受頻譜動差值影響。因此本研究將頻譜寬度參數 ε（Band Width）及窄度參數 ν（Narrowness）中之各階頻譜動差定義如下：

$$m_0=m_{0H}+m_{0L} \quad (3\text{-}1)$$

$$m_1=(m_{1H}*m_{1L})^{1/2} \quad (3\text{-}2)$$

$$m_2=(m_{2H}*m_{2L})^{1/2} \quad (3\text{-}3)$$

$$m_4=(m_{4H}*m_{4L})^{1/2} \quad (3\text{-}4)$$

其中 m_{nH}（n=0,1,2,4）分別為以 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 計算所得之高頻區各階動差；m_{nL}（n=0,1,2,4）則分別為以 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 計算所得之低頻區各階動差。

頻譜寬度參數 ε 及窄度參數 ν 與對應之波浪資料，如圖 3-11 及圖 3-12。圖中顯示頻譜形狀參數與波高成長或衰退變化趨勢沒有明顯相關性存在。換言之，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。參考頻率 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 之頻譜形狀參數值較接近（$f_b=F_p$ 的情況稍大些），且絕大部分皆比參考頻率 $f_b=0$ 時來得大。檢視參考頻率 $f_b=0$ 之頻譜寬度參數 ε 及窄度參數 ν 發現兩者變化趨勢相似，呈現近似正相關之關聯性。寬度參數 ε 介於 0.72~0.95；窄度參數 ν 則介於 0.36~0.69。參考頻率 $f_b=F_E$ 之頻譜寬度參數 ε 及窄度參數 ν 之變化趨勢也很相似，同樣呈現近似正相關之關聯性。寬度參數 ε 介於 0.65~0.98；窄度參數 ν 則介於 0.46~1.33。此外圖 3-12 中顯示當小波高時，頻譜寬度參數值變動較劇烈，尤其是寬度參數 ε ，但波高成長及衰退時則較穩定。參考頻率 $f_b=F_p$ 之頻譜寬度參數 ε 及窄度參數 ν 之變化趨勢相似，也同樣呈現近似正相關之關聯性。寬度參數 ε 介於 0.80~0.99；窄度參數 ν 則介於 0.71~1.73，相較寬度參數 ε 值分佈較集中。

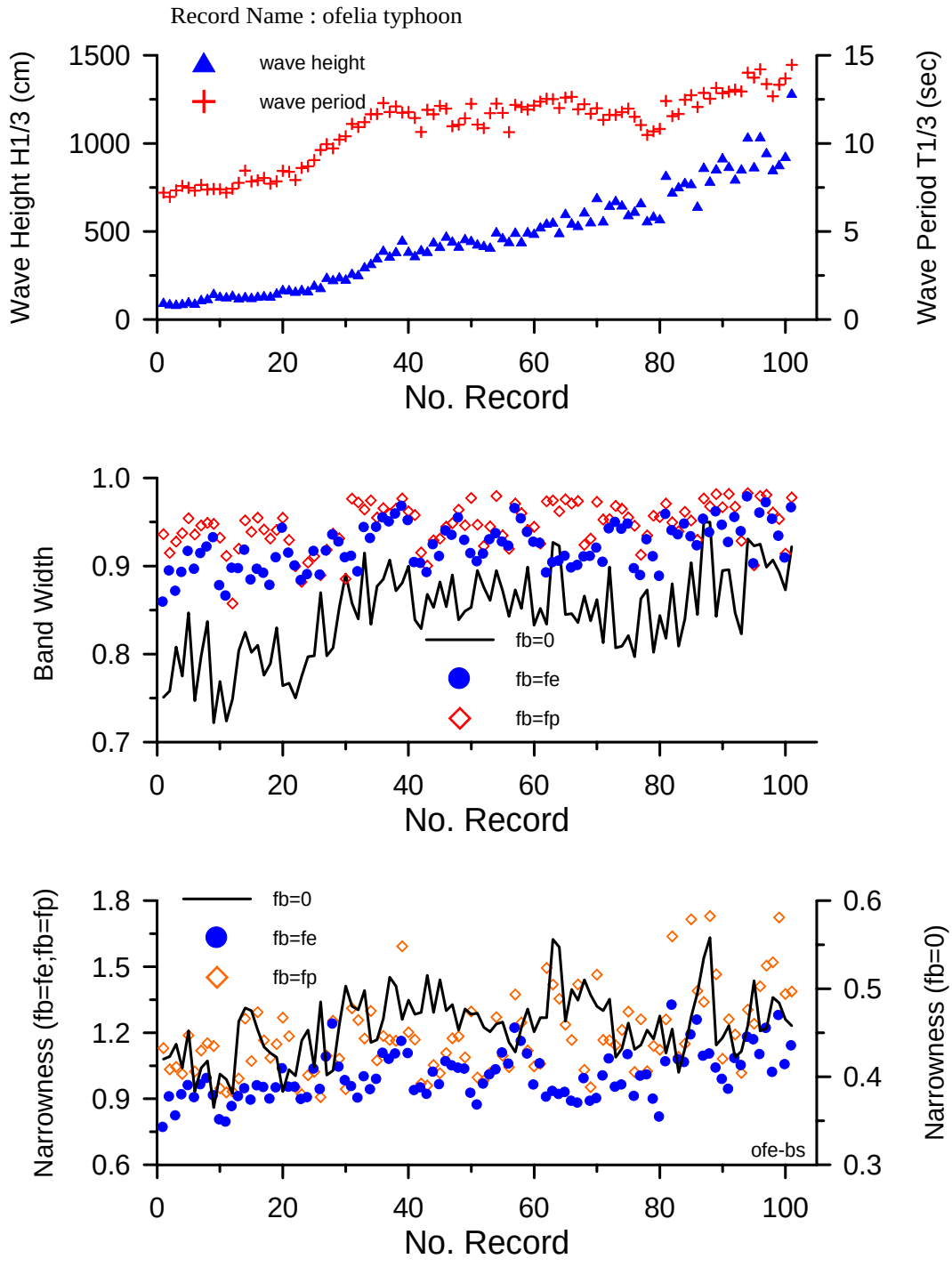


圖 3-11 歐菲莉颱風波浪之波高、週期及頻譜形狀參數變化圖

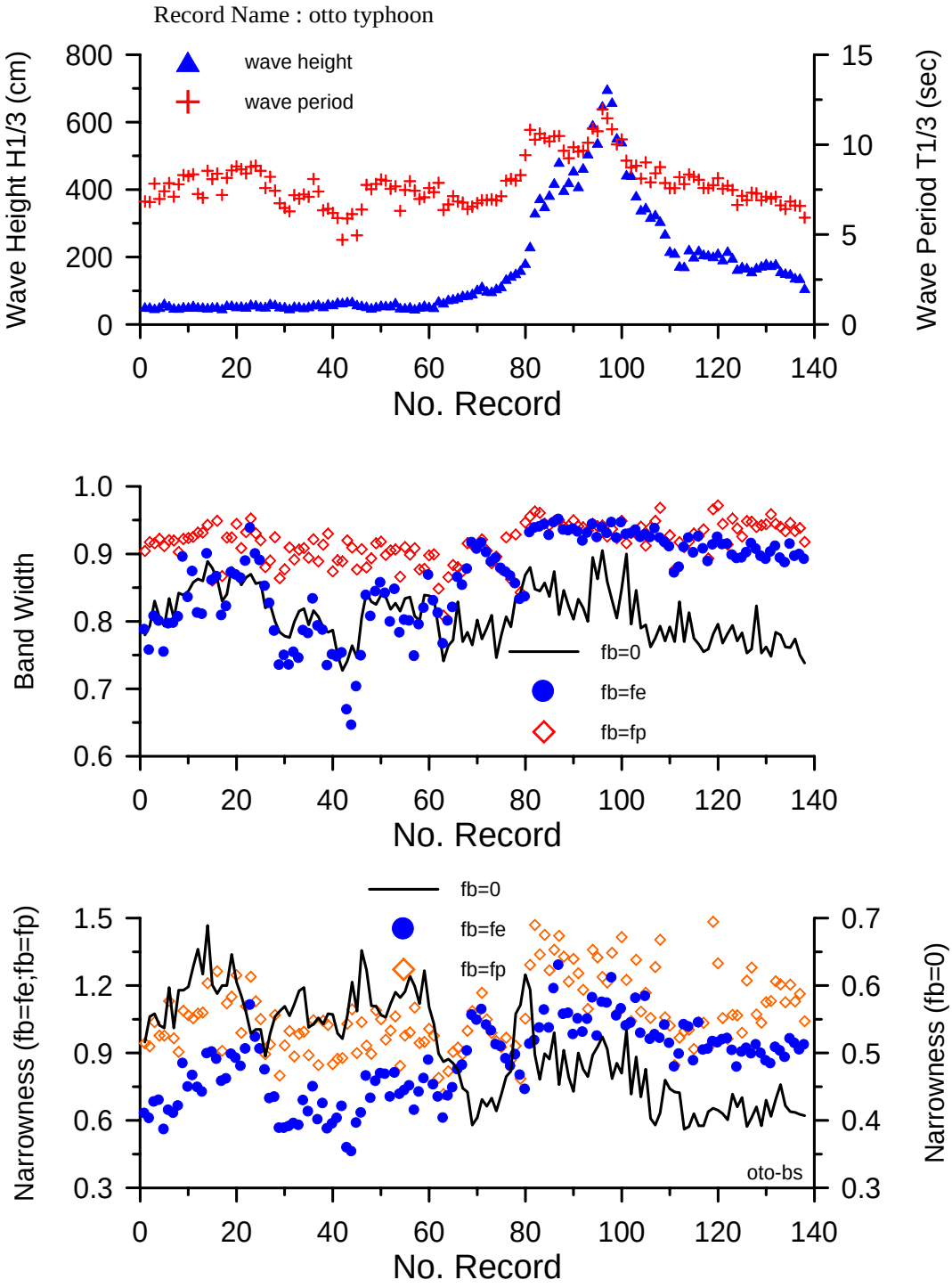


圖 3-12 奧托颱風波浪之波高、週期及頻譜形狀參數變化圖

比較參考頻率 $f_b=F_p$ 與 $f_b=F_E$ 之頻譜形狀參數值，以瞭解這兩種頻譜分割方法的差異，如圖 3-13。

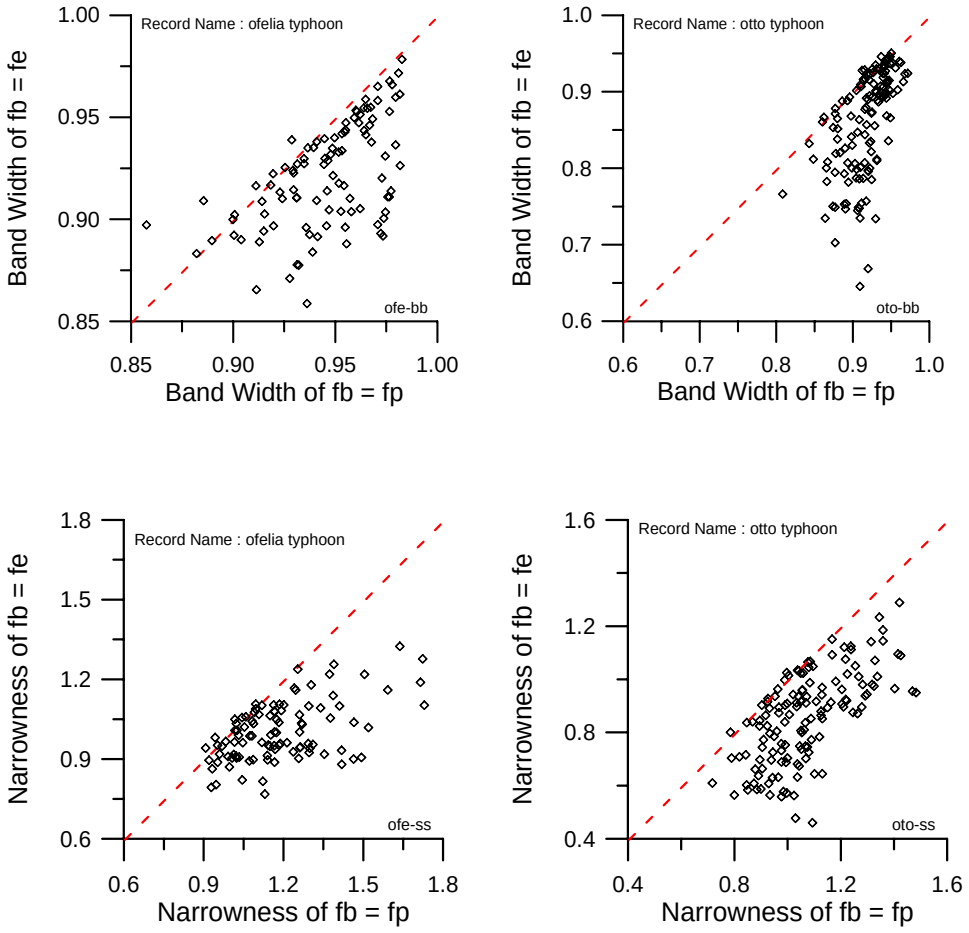


圖 3-13 相對應頻譜形狀參數分佈圖

由圖中顯示參考頻率 $f_b=F_p$ 之頻譜形狀參數值絕大部分比 $f_b=F_E$ 的情況為大（圖中虛直線表兩者相等）。在不同參考頻率下頻譜寬度參數 ε 之相關性不明顯；而窄度參數 ν 之相關性雖較明顯些，不過嚴格來看也只能認為是弱正相關。由此可見利用不同的頻譜分割方法，所計算之頻譜形狀參數是有所不同的。

第四章 結論與建議

本研究對於定義波浪頻譜形狀參數有關之頻譜動差的計算方式，提出依不同參考頻率將頻譜分割為高、低頻區的新構想，而檢視各階頻譜動差在高、低頻區的差異及其隨波高成長或衰退之變化趨勢。同時根據高、低頻區之各階頻譜動差值，重新計算頻譜形狀參數，並檢討這些參數的特性及和以往計算方法所得結果的差異。

4.1 結論

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。因為參考頻率 $f_b=0$ 之 m_0 在大波高處的值與小波高處相差約 160 倍，m_1 約 100 倍，m_2 約 50 倍，而 m_4 則僅約 10 倍而已。同樣在參考頻率 $f_b=F_p$ 與 $f_b=F_E$ 之高頻區的 m_{0H} 及 m_{4H} 也有相類似情形。但低頻區各階頻譜動差值，在大波高處與小波高處相差不大，因此其隨波高成長或衰退的一致性變化趨勢仍維持一定的明顯程度。不過除第 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。

以往由參考頻率 $f_b=0$ 計算所得之頻譜動差值，無法瞭解其主要是受高頻區或低頻區影響。但採用高、低頻區的分割方法後，依計算所得之高、低頻區頻譜動差值比較，發現主要是受高頻區影響。雖然低頻區的影響為小，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。

頻譜形狀參數與波高成長或衰退變化趨勢沒有明顯相關性存在。換言之，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。參考頻率 $f_b=F_p$ 之頻譜形狀參數值絕大部分比 $f_b=F_E$ 的情況為大，且兩者皆遠比參考頻率 $f_b=0$ 時來得大。不同參考頻率下頻譜寬度參數 ε 之相關性不明顯；而窄度參數 ν 之相關性雖較明顯些，不過嚴格來看也只能認為是弱正相關。因此利用不同的頻譜分割方法，所計算之頻譜形狀參數是有所不同的。

4.2 建議

本研究目前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。因此，後續將增加其他波浪資料的分析，以提升歸納結果之可信度。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。後續將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，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。

實際之波浪頻譜經常有多峰頻的情形出現，雖然本研究已初步分類 4 種情況，並提出對應之處理方法。但實際上很可能是這 4 種之組合而成的更複雜情況，所以分析上更加繁複，這是未來研究重點。此外如何選定適當的主頻區能量百分比，才能歸納出具有意義之分析結果，也是未來努力方向。

一般尖峰頻率與能量中心頻率並不一定相等，兩者之間有一差值，而此差值的變化與波浪的成長及衰退之間是否有關？另外高、低頻區之頻譜動差比值變化是否也與波浪的成長及衰退有關？這都是後續可嘗試探討的課題。