

97-14-7302
MOTC-IOT-96-H2EB004

96 年淡水河河口及附近海岸 輸砂之研究



交通部運輸研究所
中華民國 97 年 3 月

97-14-7302

MOTC-IOT-96-H2EB004

96 年淡水河河口及附近海岸 輸砂之研究

著 者：林柏青、周憲德、何良勝

交通部運輸研究所

中華民國 97 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目資料

淡水河河口及附近海岸輸砂之研究. 96年 / 林
柏青, 周憲德, 何良勝著. -- 初版. -- 臺北
市: 交通部運研所, 民97. 03
面 ; 公分

ISBN 978-986-01-3803-0(平裝)

1. 海洋動力學 2. 河口 3. 河床

351. 982

97006155

96 年淡水河河口及附近海岸輸砂之研究

著 者: 林柏青、周憲德、何良勝

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: (02)23496789

出版年月: 中華民國 97 年 3 月

印 刷 者: 承亞興企業有限公司

版(刷)次冊數: 初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價: 200 元

展 售 處:

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話: (02)23496880

五南文化廣場: 臺中市中山路 6 號•電話: (04)22260330

GPN: 1009700710

ISBN: 978-986-01-3803-0 (平裝)

著作財產權人: 中華民國(代表機關: 交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：96 年淡水河河口及附近海岸輸砂之研究			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-3803-0 (平裝)	政府出版品統一編號 1009700710	運輸研究所出版品編號 97-14-7302	計畫編號 96-H2EB004
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：何良勝 研究人員：林柏青 聯絡電話：(04)26587190 傳真號碼：(04)26560661	合作研究單位：中央大學土木工程研究所 計畫主持人：周憲德 研究人員：卡艾偉、李璟芳、林煒傑 地址：桃園縣中壢市五權里 2 鄰中大路 300 號 聯絡電話：(03)4227151-34125		研究期間 自 96 年 2 月 至 96 年 12 月
關鍵詞：淡水河口、輸砂、河床變化、底床質			
摘要： 控制淡水河河口輸砂的主要因素為潮汐、波浪、河川流量、河口地形及懸浮質及底床質特性等。本研究擬以三年為期，以現地資料探討淡水河下游至河口之輸砂特性及河床演變。今年度之工作重點為：淡水河下游河口至關渡橋附近之水文及地形資料收集、分析淡水河洪水期之輸砂特性及底床變化及淡水河粒徑之沿程變化及河床砂質來源分析。 淡水河及其支流疏浚以基隆河為主，多為配合防洪工程與藍色公路之清淤工程及年度河道維護。淡水河之疏濬時程分配上，則主要以豐水期間 4 至 11 月為主。關渡站的水位、流速歷線之相位差約 90°，最大流速約在退平潮時發生，且河川內最大懸浮質濃度值與漲潮最大流速值同時出現。颱風期間懸浮濃度尖峰值主要於颱風過後 1-2 天出現。由調和分析結果顯示淡水河口站之潮位資料主要是半日潮以及全日潮為主，然淡水河口有明顯之一年天文潮(Sa)，非閏年之調和分析必須取多年期距才能得此分量。本研究採用調和分析與經驗模態分解法(EMD)進行比較，發現兩種方法之分析結果趨勢相符合，其中在極大值處，調和分析之結果均較 EMD 大，而 EMD 之殘差曲線較為平滑。淡水河下游之河床質粒徑介於 0.009-0.509 mm，由關渡至河口之粒徑漸粗，經顆粒特性分析，海床上之砂源主要來自淡水河。本研究進行底質礦物成份分析，基隆河與關渡站四個採樣點具有較高之長石、綠泥石與黑雲母成份；而淡水河主流未與基隆河匯集前以岩屑及基質佔較大比例。淡水河與基隆河匯集後，則以岩屑與長石成份較高。綜合分析結果，外海之顆粒應為淡水河所帶出，同時兼具基隆河礦物(長石、黑雲母)及淡水河共有之岩屑、石英等礦物。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
97 年 3 月	158	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
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: Sediment Transport at Danshui River's mouth and Surrounding Coastlines in 2007			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-01-3803-0 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009700710	IOT SERIAL NUMBER 97-14-7302	PROJECT NUMBER 96-H2EB004
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu, Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ho, Liang-Sheng PROJECT STAFF: Lin, Po-Ching PHONE: (04) 26587190 FAX: (04) 26560661			PROJECT PERIOD FROM February 2007 TO December 2007
RESEARCH AGENCY: NATIONAL CENTRAL UNIVERSITY PRINCIPAL INVESTIGATOR: Hsien-Ter Chou PROJECT STAFF: Herve Capart, Wei-Jei Lin ADDRESS: 300 Zhong-Da Rd. , Chung-Li, 32054 Taiwan, R.O.C. PHONE: (03) 4227151-34125			
KEY WORDS: Danshui River's mouth, sediment transport, bed topological change, bed material			
ABSTRACT: The mechanisms controlling sediment transport around Danshui River's mouth and the surrounding coastlines are tides, waves, river flow, suspended load and bed load. In order to establish a mathematical tool to evaluate the suspension load and the stability of the Danshui River's mouth, the proper evaluation of sediment transport in this region is required. In this study, we explore the sediment transport process around Danshui River's mouth, over a three-year span. While the hydraulic data is collected, we use this data to calibrate the suitable sediment transport equation. The model will be evaluated by either experimental or field studies. The goal of this study is to provide some alternatives to resolving the sediment erosion and accretion problems around Danshui River's mouth, Guandu Bridge and Taipei Harbor.			
DATE OF PUBLICATION March 2008	NUMBER OF PAGES 158	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
表目錄	V
圖目錄	VII
第一章 計畫背景	1-1
1.1 計畫目的	1-1
1.2 計畫重要性	1-2
1.3 計畫內容及範圍	1-4
第二章 淡水河口既有水理資料分析	2-1
2.1 逕流及河川資料	2-1
2.2 歷史疏濬資料	2-6
2.3 輸砂量推估	2-9
2.4 地形及河口變遷	2-20
2.5 海象資料	2-24
第三章 河口潮流水理特性	3-1
3.1 調和分析	3-2
3.2 經驗模態分解法	3-6
3.3 颱風期間潮位資料分析	3-15

3.4 潮汐實驗.....	3-25
3.5 實驗結果與討論.....	3-27
第四章 淡水河口現場河床質分析.....	4-1
4.1 底質採樣位置.....	4-1
4.2 底質採樣分析結果.....	4-2
4.3 河口地形變化及現況勘查.....	4-13
4.4 河床底質礦物分析.....	4-22
第五章 結論與建議.....	5-1
5.1 結論.....	5-1
5.2 建議.....	5-3
參考文獻.....	6-1
附錄.....	7-1
附錄一 期中報告審查意見處理情形表.....	7-1
附錄二 期末報告審查意見處理情形表.....	7-4
附錄三 期末簡報資料.....	7-16

表目錄

表 1.1 台灣北部 15 個河口主要營力類型比較.....	1-2
表 2.1 淡水河歷年工程重要記事.....	2-3
表 2.2 淡水河及其支流疏濬歷史.....	2-7
表 2.3 淡水河流域輸砂量推估.....	2-20
表 3.1 1997~1999 年潮位前 20 個分潮之振福及相位角	3-3
表 3.2 2000~2002 年潮位前 20 個分潮之振福及相位角	3-4
表 3.3 2003-2005 年潮位前 20 個分潮之振福及相位角	3-5
表 3.4 1997~2005 年潮位前 20 個分潮之振幅及相位角	3-6
表 3.5 檢定潮位之 10 種分潮物理量.....	3-9
表 3.6 調和分析之結果.....	3-10
表 3.7 1997~2002 年颱風期間暴潮偏差.....	3-25
表 3.8 2003~2005 年颱風期間暴潮偏差.....	3-26
表 3.9 不等縮比潮流試驗模型之實驗參數.....	3-28
表 3.10 位置 3 距離底部不同位置流速與水位變化之相位差	3-33
表 3.11 位置 4 距離底部不同位置流速與水位變化之相位差	3-33
表 4.1 96 年 3 月 13 日採樣底質粒徑分析表.....	4-4
表 4.2 96 年 8 月 6 日採樣底質粒徑分析.....	4.4
表 4.3 底質採樣礦物組成分析結果(KD-00, KD-01 測站).....	4-26
表 4.4 底質採樣礦物組成分析結果(KD-02, KD-03 測站).....	4-27

表 4.5 底質採樣礦物組成分析結果(KD-04, KD-05 測站).....	4-28
表 4.6 底質採樣礦物組成分析結果(KD-06, KD-07 測站).....	4-29
表 4.7 底質採樣礦物組成分析結果(KD-08, KD-09 測站).....	4-30
表 4.8 底質採樣礦物組成分析結果(KD-10, KD-11 測站).....	4-31
表 4.9 底質採樣礦物組成分析結果(KD-12, KD-13 測站)	4-32
表 4.10 底質採樣礦物組成比較.....	4-33

圖目錄

圖 1.1 淡水河口福衛二號衛星影像 8/01/2006.....	1-3
圖 2.1 淡水河河床剖面圖.....	2-4
圖 2.2 淡水河口至關渡附近之歷年河道形態.....	2-4
圖 2.3 淡水河口海域沉積物之運移與堆積形態.....	2-5
圖 2.4 挖子尾地區歷年沙嘴之變化(1978-2005)	2-6
圖 2.5 各站流量超越機率曲線分佈圖.....	2-9
圖 2.6 五堵站(基隆河)流量-懸浮濃度率定曲線圖.....	2-10
圖 2.7 秀朗站(新店溪)流量-懸浮濃度率定曲線圖.....	2-10
圖 2.8 三鶯橋(大漢溪)站流量-懸浮濃度率定曲線圖.....	2-11
圖 2.9 寶橋站(景美溪)流量-懸浮濃度率定曲線圖.....	2-11
圖 2.10 關渡站流速-水位關係圖(2002.04).....	2-14
圖 2.11 關渡站流速-水位關係圖(2007.02).....	2-14
圖 2.12 關渡站流速-懸浮濃度關係圖(2002 非颱風期).....	2-15
圖 2.13 關渡站流速-懸浮濃度關係圖(2007 非颱風期).....	2-15
圖 2.14 關渡站流速-懸浮濃度關係圖(2002 颱風期)	2-16
圖 2.15 關渡站流速-懸浮濃度關係圖(2007 颱風期)	2-16
圖 2.16 颱風路徑圖.....	2-17
圖 2.17 關渡站漲潮流速-懸浮濃度關係圖(非颱風期)	2-18
圖 2.18 關渡站漲潮流速-懸浮濃度關係圖(颱風期)	2-18

圖 2.10 淡水河口歷年之海岸地形變遷(李錫堤,1998)	2-21
圖 2.20 淡水河口歷年侵淤圖(黃良雄, 2006)	2-22
圖 2.21 淡水河河口航照圖(92/03)	2-23
圖 2.22 淡水河河口航照圖(94/08/11)	2-24
圖 2.23 淡水河口區域之潮流速度圖(CHIAO AND WANG, 2004)...	2-25
圖 3.1 檢定潮位之原始資料(36).....	3-9
圖 3.2 模擬潮位之 IMF.....	3-10
圖 3.3 最長週期分潮與最後一個 IMF 之比較.....	3-11
圖 3.4 EMD 分析模擬暴潮之結果.....	3-11
圖 3.5 實測值與調和分析之差值.....	3-12
圖 3.6 2000/11/26~12/31 潮位資料.....	3-13
圖 3.7 2000/11/26~12/31 水位資料之 IMF.....	3-13
圖 3.8 調和分析與 EMD 之比較圖.....	3-14
圖 3.9 1997~2005 年潮位實測值與調和分析之差值(河口站).....	3-18
圖 3.10 1997~2005 年潮位實測值與調和分析之差(土地公鼻站)值...	3-21
圖 3.11 象神颱風潮位資料之 IMF.....	3-22
圖 3.12 納莉颱風潮位資料之 IMF.....	3-22
圖 3.13 2000 年颱風期間暴潮偏差.....	3-22
圖 3.14 2001 年颱風期間暴潮偏差.....	3-23
圖 3.15 超音波水位計配置圖.....	3-28

圖 3.16 潮位量測位置示意圖.....	3-28
圖 3.17 位置 1 水位分解圖.....	3-30
圖 3.18 位置 2 水位分解圖.....	3-30
圖 3.19 位置 3 水位分解圖.....	3-31
圖 3.20 位置 4 水位分解圖.....	3-31
圖 3.21 位置 5 水位分解圖.....	3-32
圖 3.22 不同位置之潮位變化圖.....	3-32
圖 3.23 Ψ/T 之高程變化圖.....	3-34
圖 3.24 水流趨勢上升段之水位-流速.....	3-34
圖 3.25 水流趨勢水平段之水位-流速圖.....	3-35
圖 3.26 水流趨勢下降段之水位-流速圖.....	3-35
圖 3.27 關渡站水位-流速關係圖.....	3-36
圖 4.1 底質採樣分析測點衛星航照圖.....	4-2
圖 4.2 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-02).....	4-5
圖 4.3 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-03).....	4-5
圖 4.4 基隆河底質粒徑分析(編號 KD-04).....	4-6
圖 4.5 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-05).....	4-6
圖 4.6 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-06).....	4-7
圖 4.7 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-07).....	4-7
圖 4.8 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-08).....	4-8

圖 4.9 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-09).....	4-8
圖 4.10 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-10)	4-9
圖 4.11 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-11).....	4-9
圖 4.12 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-12).....	4-10
圖 4.13 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-13).....	4-10
圖 4.14 測點 3 周圍採樣位置衛星航照圖.....	4-11
圖 4.15 D_{50} 與取樣位置關係圖.....	4-11
圖 4.16 淡水河底質粒徑分析結果 D_{50} 比較.....	4-12
圖 4.17 三年度各河段 D_{50} 與河口距離之關係圖.....	4-13
圖 4.18 淡水河斷面測量樁位示意圖.....	4-14
圖 4.19 歷年淡水河斷面 000 量測圖.....	4-15
圖 4.20 歷年淡水河斷面 001 量測圖.....	4-15
圖 4.21 歷年淡水河斷面 002 量測圖.....	4-16
圖 4.22 歷年淡水河斷面 003 量測圖.....	4-16
圖 4.23 歷年淡水河斷面 004 量測圖.....	4-17
圖 4.24 歷年淡水河斷面 005 量測圖.....	4-17
圖 4.25 歷年淡水河斷面 006 量測圖.....	4-18
圖 4.26 歷年淡水河斷面 007 量測圖.....	4-18
圖 4.27 歷年淡水河斷面 008 量測圖.....	4-19
圖 4.28 歷年淡水河斷面 009 量測圖.....	4-19

圖 4.39 歷年淡水河斷面 010 量測圖.....	4-20
圖 4.30 淡水河與河口 1/20000 數值地形圖(2005/05).....	4-21
圖 4.31 淡水河與河口 1/20000 數值地形圖(2006/06).....	4-21
圖 4.32 底泥樣本分析製作過程.....	4-24
圖 4.33 生物化石.....	4-24
圖 4.34 採樣載玻片與原土樣.....	4-25

第一章 計畫背景

1.1 計畫目的

河口是河川與海洋交匯之處，河口之流場主要受河川逕流、波浪、潮流、河口地形及鹽度等物理參數所控制。河流之底床載常在河口處形成三角洲、沙洲、潮汐灘地等堆積形態，而河川之懸浮載出河口後，則因潮流或沿岸流之搬運作用形成沿岸漂砂。如河川供砂量豐富，遠大於波浪之輸砂能力則形成河岸三角洲或於沿岸流較緩處形成堆積海岸；反之則成侵蝕海岸。

淡水河是北部第一大河，在石門水庫興建前，從民國十六年至民國三十七年間，淡水河口及八里地區的海岸線呈現向外擴張的現象。故當時的淡水河系提供充分的沈積物來源，使河口地區偏向於淤積作用，致使海岸線向外擴張，自淡水河口至八里段海岸以往有飛砂形成高約 18 公尺，長為 3 公里平行海岸之沙丘（許和張, 2001）。民國五十三年，石門水庫完工後，攔阻大量河源泥沙，使河口地區沈積物的供需失去平衡，致使海岸線向內陸退縮。從民國三十七年的航空照片及民國六十七年的像片基本圖比較得知，30 年間八里地區的海岸線普遍退縮達 180 公尺，河口的挖子尾附近最大退縮量則達 320 公尺。民國七十五年，翡翠水庫完工，可能攔阻更多的泥沙，使河口沖淤平衡更加失調。比較民國六十七年的相片基本圖及民國八十一年航空照片，可知八里污水處理廠附近海岸退縮達 150 公尺；挖子尾附近海岸也退縮達 200 公尺。惟八里附近及其西側海岸因有臺北港北防波堤的興建，故海岸線並無退縮現象（洪, 2000）。

根據林雪美(1996)對臺灣北部 15 個河口河海主要營力類型比較(表 1.1)，可知淡水河屬風浪營力型或風浪、逕流及潮汐三個營力之中混合型，故在河口地形及輸砂機制之分析應考慮風浪、逕流及潮汐之

影響。為建立適用於淡水河口輸砂之理論模式，並提供淡水河河口漂沙及台北港漂沙之防治方法，本研首先收集淡水河河口輸砂資料，並彙整及探討適用於淡水河口輸砂之理論；其次以現場資料檢定河口輸砂理論之適用性，並輔以現場資料調查，提出淡水河河口漂沙及台北港漂沙之防治方法。

表 1.1、臺灣北部 15 個河口主要營力類型比較 (林雪美, 1996)

主要營力		依平均河海能量分類	依最大河海能量分類
風浪營力型			南澳溪、新城溪、蘭陽溪、得子口溪、雙溪、 <u>淡水河</u> 、南崁溪、老街溪
逕流營力型		新城溪、蘭陽溪、得子口溪、雙溪	
潮汐營力型		鳳山溪、頭前溪、中港溪、後龍溪、西湖溪	社子溪、鳳山溪、頭前溪、中港溪、後龍溪、大安溪
混合營力型	中混合型	<u>淡水河</u>	
	低混合型	南澳溪	
	風浪＋逕流	南崁溪、老街溪	
	風浪＋潮汐	社子溪、大安溪	
	逕流＋潮汐		西湖溪

1.2 計畫重要性

淡水河口在 1960 前為淤積形態；1960 之後在上游築壩阻沙及海岸築堤建港之影響下，河川及海岸之輸砂平衡受人為抽砂干擾而失衡，呈現海岸侵蝕後退之現象。1993 年於淡水河南岸側興建台北港

後，其北防波堤凸出海岸達 1.6 km，幾乎與河口北側之突岬齊平，而造成突堤效應，阻斷沿岸沙源之向南運移，造成台北港南側防波堤海岸之侵蝕；並使河源輸砂及沿岸砂源在河口與北防波堤間沉積。此區間沙灘已浮現，海床亦趨於淺化（洪, 2000）。



圖 1.1 淡水河口福衛二號衛星影像 8/01/2006
(中央大學太空遙測中心提供, 精度 5m)

近年來在北防波堤阻沙效應及沿岸沙源之持續運移作用下，由圖 1.1 可知河口南側之沙洲及與北防波堤間之沙灘範圍變大，可能使淡水河口漸趨於淤塞。在颱風及暴潮情況，可能導致洪水宣洩困難，造成淡水河沿岸及大臺北地區之水患；另一方面，對於台北港航道之疏浚及鄰近海岸之長期穩定產生影響。因此對淡水河口之輸砂及河口地形之演變應深入分析，並持續觀測以尋求解決之對策。

1.3 計畫內容及範圍

本計畫擬針對淡水河口及下游之輸砂特性及河床特性進行現地資料分析。首先收集淡水河口段之輸砂量，及水理資料(含流量、潮位、水位、水深、河道地形及底床質等)，選擇適用於淡水河口段之輸砂理論，再分析淡水河口段之河床演變，同時彙整及分析淡水河口輸砂現象及河床變化；其次以實驗方式或現場資料檢定河口輸砂理論之適用性，並輔以現場資料調查及粒徑分析。最後進行臺北港至河口間之漂沙與地形變化分析，以探討台北港北防波堤與河口間，及河口處挖子尾沙嘴及灘地地形之演變。

本計畫之研究範圍為淡水河下游河口至關渡橋附近之河道，即淡水河河口段-界定為從關渡隘口至挖子尾(即口門與潮流界間，張苑文(2002))。探討之河川水理特性包含河川流量與輸沙量、並考慮潮汐及潮流之影響。本研究以台北港北防波堤與河口間地形，及河口處挖子尾沙嘴及灘地到關渡橋段主要觀察地形重點，檢定河口輸砂理論之適用性，並輔以現場資料調查。具體之工作項目包含：

1. 持續收集淡水河下游河口至關渡橋附近之水文及地形資料(含潮位、水位、潮流、水深、流量、濁度、河床地形及底床質等)。
2. 分析淡水河洪水期之輸砂特性及底床變化。
3. 分析淡水河粒徑之沿程變化及河床砂質來源。

第二章 淡水河口既有水理資料分析

2.1 逕流及河川資料

淡水河為直接注入淡水海域的大型河川，且為淡水近岸海域之海岸輸砂的主要輸砂來源之一。淡水河上游由基隆河、新店溪、大漢溪等三條主要支流匯集而成，流域總面積約 2700 平方公里，大漢溪上游建有石門水庫，為淡水河之最長支流，基隆河發源自臺北縣菁桐山，於關渡附近匯入淡水河。淡水河河口為感潮河段，每天兩次之海水漲、退潮使河川水位隨著外海潮位而變動，水流亦隨著潮水作往復運動。為了解人為工程與淡水河床演變之關係，本研究整理近五十年來淡水河系之重要工程紀錄如表 2-1 所示。依水資源局之估算淡水河早期之輸砂量為 963 萬 $\text{m}^3/\text{年}$ ，在石門水庫(1964)及翡翠水庫(1987)完工後，目前之輸砂量降為 185 萬 $\text{m}^3/\text{年}$ (基隆港務局,1997)。淡水河之年平均流量約為 209 m^3/s ，然在暴雨或颱風時可達 2000 m^3 以上。如 1998/10/16 瑞伯颱風時，平均日流量達 6281 m^3/s 。

淡水河在關渡至臺北橋之間，早期河床淤淺最為嚴重，在低潮及河水流量不大時，此河段常見露出水面的淺灘。河床淤淺造成航運衰弱，降低通商的價值。豪雨或颱風時易抬升洪水位，造成沿岸低窪處積水；而因關渡附近河道淤淺使海水進、出淡水河的水量減少，使得淡水河的污染更加嚴重，尤其是蘆洲、臺北橋之間為最 (范, 1996)。近 40 年來淡水河河床縱剖面之演變如圖 2.1 所示。在 1964-1981 年間為刷深階段，因上游築壩及抽砂，阻隔沙源導致淡水河之河床下降，其中以關渡橋上游段最明顯(許, 2005)，尤以本所港研中心量測資料(8.2m)與前人量測深度(4.2m)差異最大。若以港研中心量測資料進行判讀，顯示 2005~2006 年(下降 1.8m)該區域仍有刷深之趨勢，其餘主河道之斷面深度與 1995 年之結果相近。惟自 1989 年淡水河全面禁採砂

石後，河道已由原本之刷深型態逐漸轉為淤積，其中又以 1995~1996 年間變化最大，可能為賀伯颱風所引起上游大量輸砂造成之河床淤積。早期河道中之沙洲(淡水居民稱為浮線)，逐漸向下游移動並變小，在 1967-1975 年後，此河段之沙洲已消失(圖 2.2)。

表 2.1 淡水河歷年工程重要記事

年份(民國)	記事
1964(53)	石門水庫啟用營運
1980(69)	淡水第二漁港防波堤興建完成
1987(76)	翡翠水庫啟用營運
1989(78)	淡水河全面禁採砂石
1993(82)	台北港開工
1994(83)	台北港突堤興建
1998(87)	台北港完工
2004(92)	淡水漁人碼頭、淡水客船碼頭及八里客船碼頭啟用(台北縣府)；大佳、大稻埕、關渡舊碼頭、關渡新建棧橋碼頭及圓山碼頭啟用(台北市府)
2004(93.06)	基隆河疏浚(南湖大橋-大直橋)
2004(93.09)	大坑溪疏浚(四分溪-內溝溪)
2005(94.05)	基隆河員山瓶頸斷改善工程(大佳段河道疏浚)
2005(94.05-06)	基隆河疏浚及河岸修築工程(大坑溪匯流口至北安抽水站，兒童育樂中心水管橋至淡水河匯流口河道疏浚)
2005(94.11)	內溝溪下游段河道疏浚工
2005(94.12-95.02)	基隆河疏浚及河岸修築工程(雙溪河口疏浚及防潮堤保護，關渡河口及大坑溪下游河道段疏浚)
2006(95.05-08)	基隆河東、西區河川設施預約維護搶修工程
2006(95.11)	內溝溪、四分溪及大坑溪河道整理工程
2007(96.02)	基隆河疏浚工程(關渡匯流口段至大坑溪匯流口段)
2007(96.03-05)	北區水利建造物預約維護檢修工程
2007(96.03)	八里-淡水之間航道疏浚
2007(96.05)	景美溪河道清疏工程(一壽橋至萬壽橋)

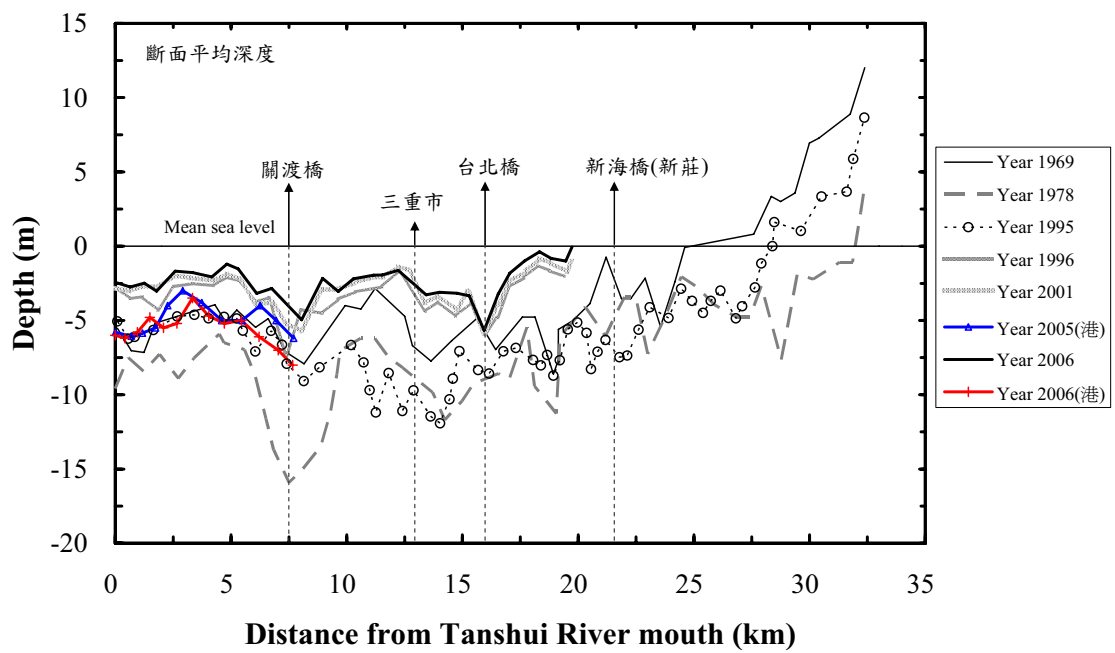


圖 2.1 淡水河河床剖面圖

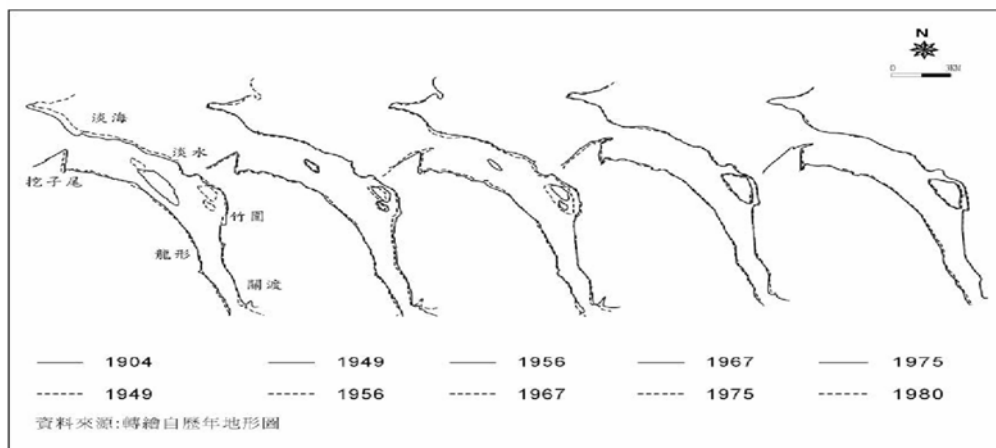


圖 2.2 淡水河口至關渡附近之歷年河道形態 (張,2002)

洪奕星(2000)以海研一號研究船搭配 3.5KHz 底面剖面儀測得之回聲資料分析得海床之組成可分五區，其中河源沉積物分佈在淡水河口外及其西南方(圖 2.3)。河口處堆積厚度約 5m，向西在外海處堆積厚度約 1.5m。河口處之砂粒粒徑最大約 0.44mm，並向外海方向遞減。河川沉滓之出海輸送方向為向西或西南，沿岸流之沙源輸送則向南，台北港北防波堤將阻隔沙源，並在北防波堤與河口間產生淤積。

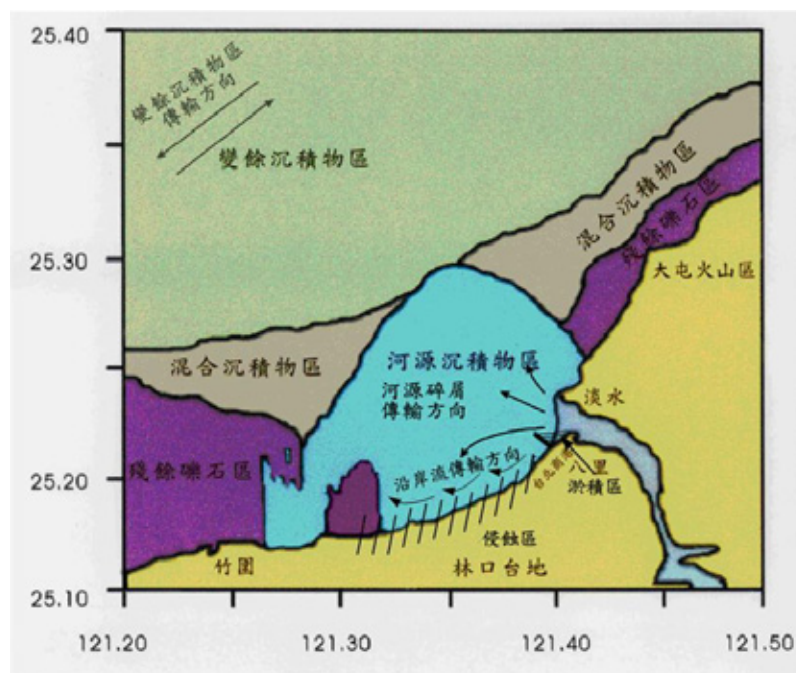


圖 2.3 淡水河口海域沉積物之運移與堆積形態 (修改自洪，2000)

挖子尾沙嘴的形態在近 20 年(1978-2005)來逐年變動如圖 2.4 所示，1978 年時，挖子尾沙嘴轉為垂直海岸線方向，且後退至防風林邊緣，但後方淺灘在屏障下仍維持堆積趨勢，靠近岸邊處上有紅樹林生長。1980 年淡水第二漁港興建防波堤後，比對 1978~2005 年的相片基本圖，可發現挖子尾地區的沙嘴變動劇烈，其沙嘴形態受到波浪作用、海岸侵蝕及周圍港口的興建，而呈現堆積、轉向、退縮等形態上的變化(修改自張菀文，2002)。

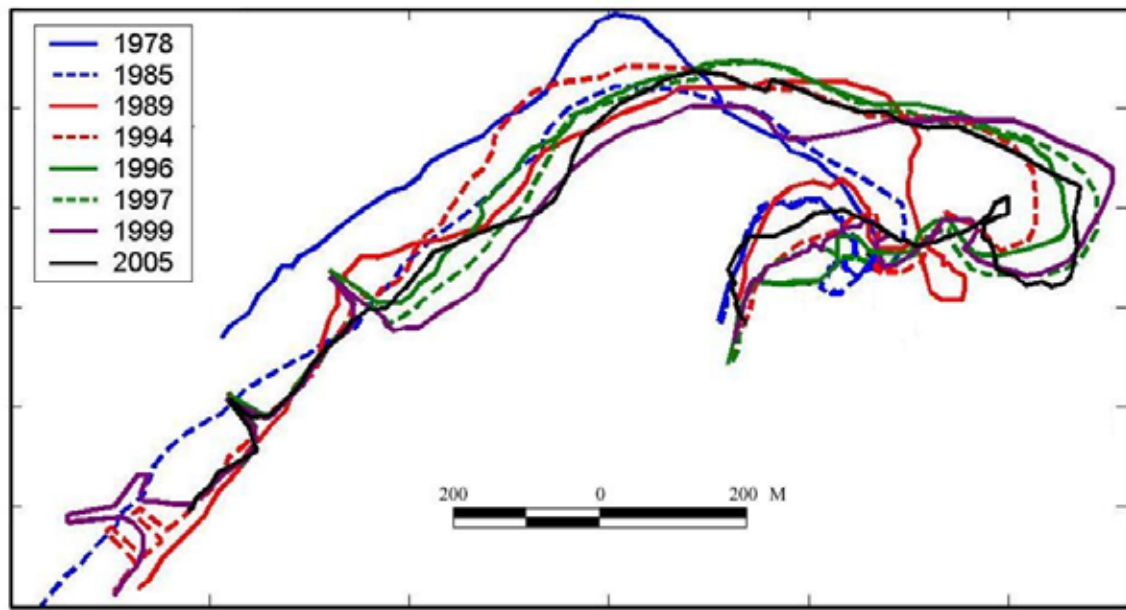


圖 2.4 挖子尾地區歷年沙嘴之變化(1978-2005)

臺北港興建之後，長達 1.6 公里長的北堤干擾了沿岸漂沙的方向，造成漂沙在堤前堆積的情況，低潮時可以露出一整片的廣大沙洲。原先八里汙水廠附近的海岸呈現侵蝕狀態，已逐漸淤積。另由 2005 年的挖子尾變化顯示了沙嘴面積縮小的情形，其北濱海岸線亦較過去略微北移，顯示在臺北港北堤興建後近年已有部分淤積產生，而在砂嘴內凹的淺灘部分，則比過去略微退縮，但該內凹處南側沙洲產生了不同以往的淤積型態，研判此與八里渡船頭堤防的輸砂堆積作用有關。綜合上述分析可知，挖子尾之砂嘴變化(圖 2.4)由最近年份資料(2005 年)變化趨勢顯示為退縮狀態，此與 2004 年後淡水河復始之清淤疏浚顯有關連，但河口南岸至台北港沿岸則顯示有逐漸回淤之情形。

2.2 歷史疏浚資料

淡水河自民國 78 年後全面禁止採砂措施實行後，直至民國 92 年才因河道淤積開始恢復清理疏浚。淡水河及其支流疏浚歷史歸納整理如表 2.2 所示，由表中得知，歷年來疏浚次數以基隆河系為最，景美

溪、內溝溪等支流次之，且多為配合防洪工程與藍色公路之附屬清淤工程及年度河道維護工程，疏浚轄區所屬單位多屬台北市政府。歷年單次最大清淤量為 50 萬立方公尺(南湖大橋-大直橋)，最低清淤量為 69 立方公尺，而淡水河主流部分僅 93 年 3 月曾因航運需要實施河道疏浚(八里)。在疏浚的總量管制上，水利署亦訂立了疏浚規劃量分配管控表，以 96 年為例，淡水河之預估抽砂量為 20.36 萬立方公尺(鬆方)，為北區四個核定疏浚之集水區中最低者(其他分別為蘭陽溪：230 萬立方公尺；後龍溪：40 萬立方公尺；石門水庫：50.8 萬立方公尺)。淡水河之分配抽砂量與上游石門水庫之定期抽砂有關，且在疏浚時程分配，以豐水期之 4 至 11 月為主。

表 2.2 淡水河及其支流疏浚歷史
(資料來源:臺北市府水利處)

日期	工程名稱(疏浚範圍)	河系	疏浚數量 (m ³)	辦理單位
93.06	基隆河疏浚(南湖大橋-大直橋)	基隆河	500,000	北市府養工處
93.09	大坑溪疏浚(四分溪-內溝溪)	基隆河	597	北市府養工處
94.05	基隆河員山瓶頸斷改善工程 (大佳段河道疏浚)	基隆河	114,737	北市府水利處
94.05	基隆河疏浚及河岸修築工程 (大坑溪匯流口至北安抽水站)	基隆河	290,000	北市府水利處
94.06	基隆河疏浚及河岸修築工程 (兒童育樂中心水管橋至淡水 河匯流口河道疏浚)	基隆河	64,380	北市府水利處
94.11	內溝溪下游段河道疏浚工	內溝溪	18,498	北市府水利處
94.12	基隆河疏浚及河岸修築工程 (雙溪河口疏浚及防潮提保護)	雙溪	28,716	北市府水利處
95.02	基隆河疏浚及河岸修築工程 (關渡河口及大坑溪下游河道	基隆河	65,447	北市府水利處

	段疏浚)			
95.05	東區河川設施預約維護搶修工程(軍人公墓橋至家驛橋)	四分溪	4,120	北市府水利處
95.06	西區河川設施預約維護搶修工程(三合橋下、延壽橋下大興街口及捷運橋下游 50m)	磺港溪	227	北市府水利處
95.08	西區河川設施預約維護搶修工程	貴子坑溪	390	北市府水利處
95.11	西區河川設施預約維護搶修工程(石牌橋上下游)	磺溪	4,035	北市府水利處
95.11	內溝溪、四分溪及大坑溪河道整理工程	大坑溪、四分溪及內溝溪	6,788	北市府水利處
96.02	基隆河疏浚工程(中山橋上游至大坑溪匯流口段)	基隆河	38,216	北市府水利處
96.02	基隆河疏浚工程(中山橋下游至關渡匯流口段)	基隆河	50,958	北市府水利處
96.03	北區水利建造物預約維護檢修工程(東華溪至建民橋)	磺溪	200	北市府水利處
96.03	八里-淡水之間航道疏浚	淡水河	-	台北縣政府
96.04	北區水利建造物預約維護檢修工程(薇閣國小旁)	磺港溪	150	北市府水利處
96.04	北區水利建造物預約維護檢修工程	水磨坑溪	69	北市府水利處
96.05	北區水利建造物預約維護檢修工程(華成橋至汐湖橋)	內溝溪	2,871	北市府水利處
96.05	景美溪河道清疏工程(一壽橋	景美溪	11,000	北市府水利處

	至萬壽橋)			
96.06	恆光橋至一壽橋下游 50 公尺	景美溪	2800	北市府水利處
96.06	恆光橋至一壽橋下游 50 公尺	景美溪	625	北市府水利處
96.06	南湖大橋至大直橋	基隆河	24,717	北市府水利處
96.08	道南抽水站至萬壽橋	景美溪	2,063	北市府水利處
96.08	恆光橋至道南抽水站	景美溪	7,359	北市府水利處
96.08	元山殿至秀山橋	貴子坑溪	144	北市府水利處
96.08	中山橋防汛道至淡水河匯流口	基隆河	47,379	北市府水利處

2.3 輸砂量推估

本研究分析水利署所提供淡水河系各支流 94 年度(2005)之輸砂資料。為了解高、低流量下之懸浮濃度關係，本研究將五堵(基隆河, 4-10 月)、秀朗(新店溪, 3-12 月)、三鶯橋(大漢溪, 1-4 月)及寶橋(景美溪, 3-12 月)等測站之日流量資料予以排序，並以超越機率曲線來定義高流量($Q > Q_{0.2}$)及低流量($Q < Q_{0.2}$)，如圖 2.5 所示。此四站之 $Q_{0.2}$ (CMS)依序為 79.54, 99.82, 1.28 及 31.52。此一差異因其記錄時段並非同步，分別為豐枯水期所致。

圖 2.6 - 圖 2.9 分別為不同測站之流量-懸浮濃度率定曲線($c \propto Q_w$)，由圖中可以發現除了寶橋站(景美溪)之懸浮濃度率與流量有較明顯之正相關外，其餘三站在高流量下的懸浮值濃度與低流量時並無太大明顯變化。

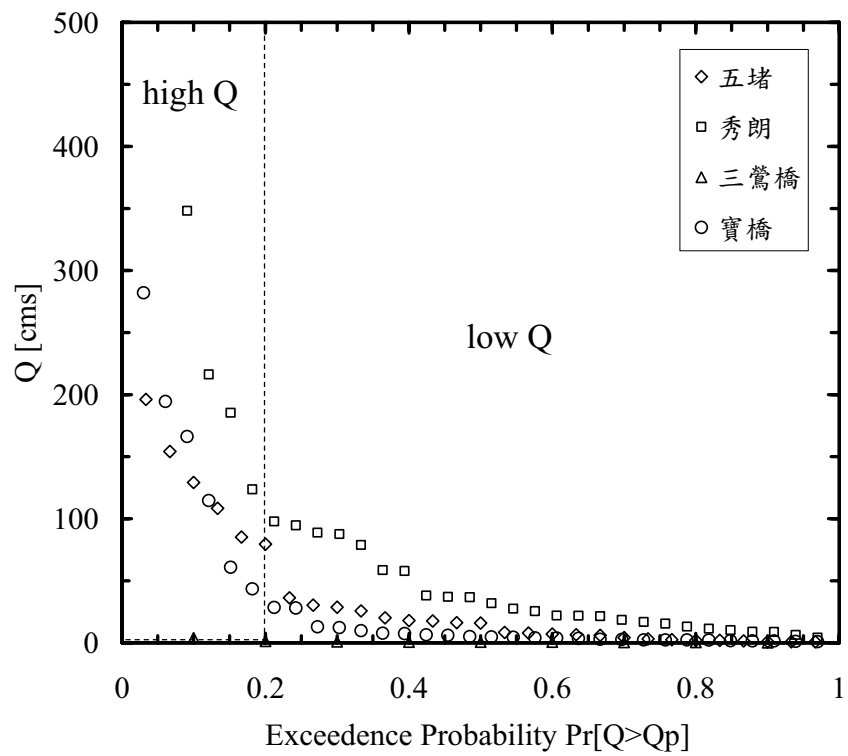


圖 2.5 各站流量超越機率曲線分佈圖

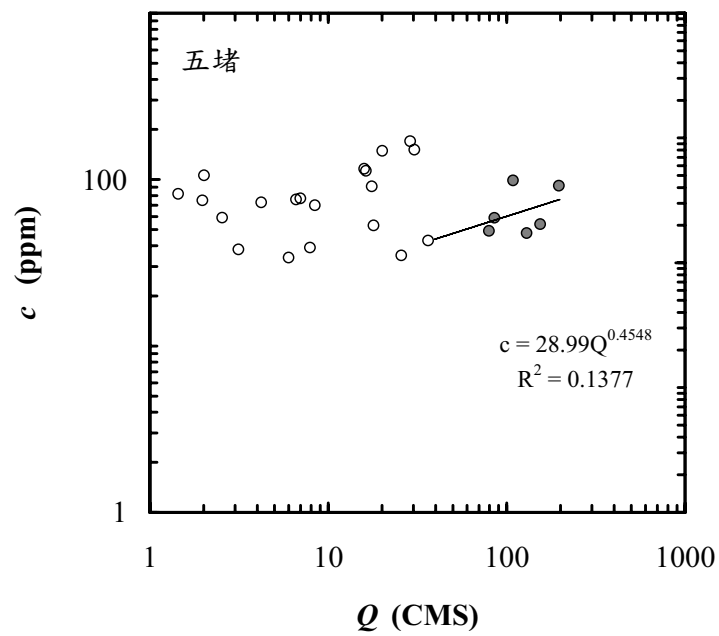


圖 2.6 五堵站(基隆河)流量-懸浮濃度率定曲線圖

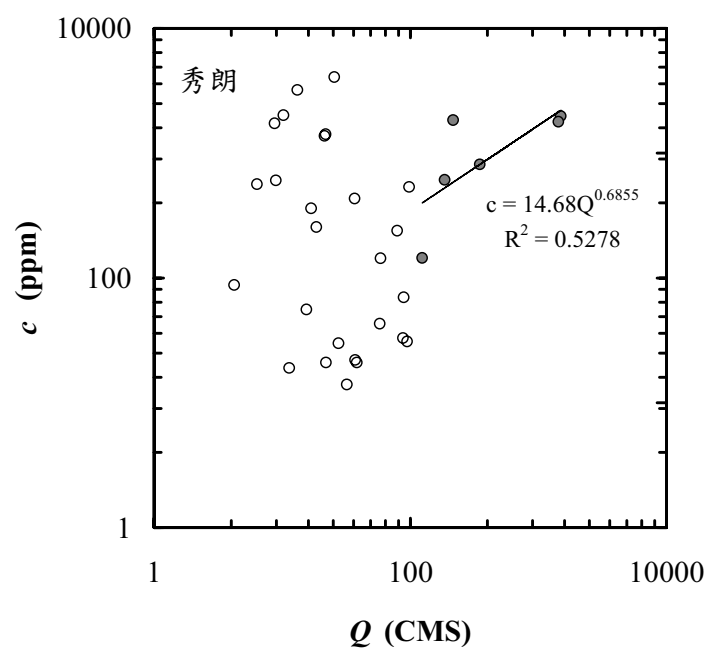


圖 2.7 秀朗站(新店溪)流量-懸浮濃度率定曲線圖

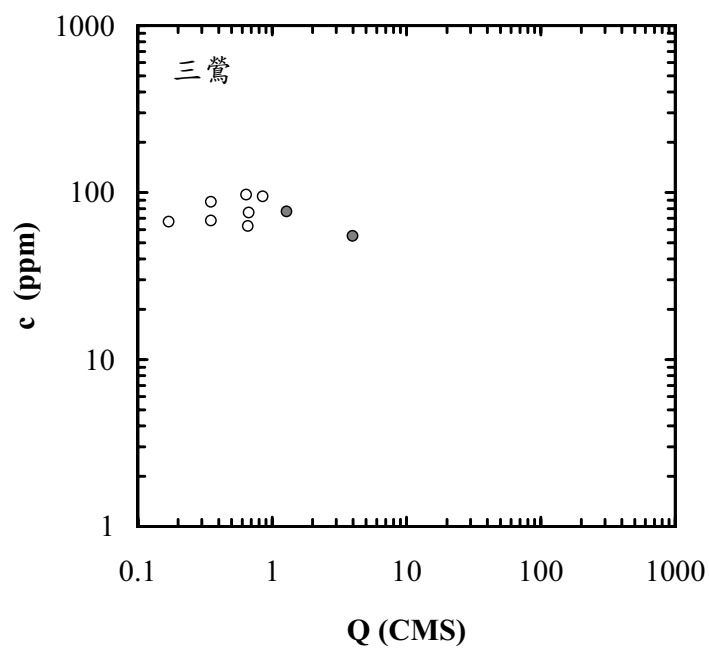


圖 2.8 三鶯橋(大漢溪)站流量-懸浮濃度率定曲線圖

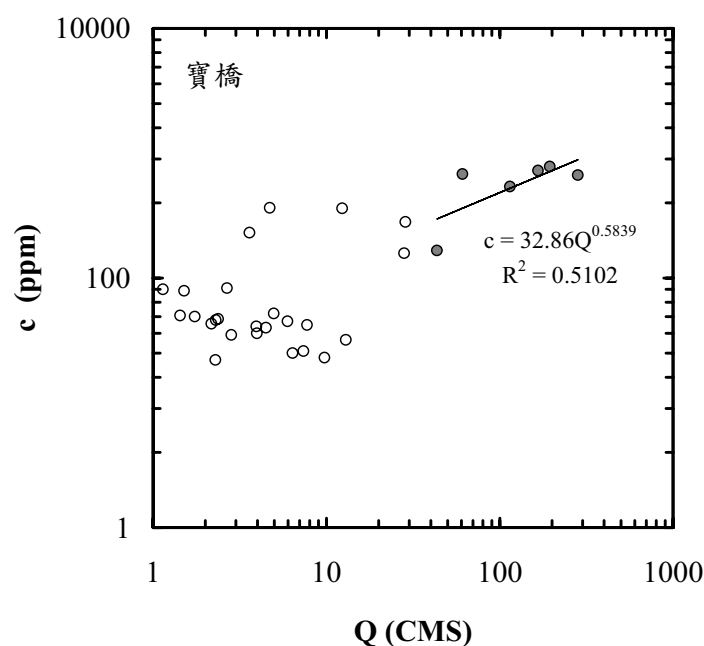


圖 2.9 寶橋站(景美溪)流量-懸浮濃度率定曲線圖

關渡站的水位、流速歷線(2002/04, 2007/02)如圖 2.10 與圖 2.11 所示，兩者之相位差約 90° ，最大流速(以向海為正)約在退平潮時發生。同一時段的流速與懸浮濃度關係如圖 2.12 與圖 2.13 所示，河川內最大懸浮質濃度值與漲潮最大流速值(速度為負)同時出現，此時為漲平潮。平時漲潮與退潮之濃度值差值約一倍，說明漲潮時下游之懸浮值會順勢往上游帶動，造成漲潮濃度大於退潮現象。另圖中濃度逐日增加則為儀器感應器表面被生物、雜質等附著所致，如扣除趨勢值，其最大範圍約 1 ppt (1000ppm)。颱風時期(2002/07, 2007/08)的流速與懸浮濃度關係如圖 2.14 與圖 2.15 所示，分別五場颱風事件(雷馬遜：91/07/02-04、娜克莉颱風：91/07/09-10、帕布颱風：96/08/06-08、梧提颱風：96/08/08-09、聖帕颱風：96/08/16-19)之歷程。其中雷馬遜、娜克莉、帕布與梧提颱風懸浮濃度尖峰值主要於颱風過後 1-2 天出現，其成因應為颱風過境期間挾帶之豪大雨造成上游地區之大量沖刷所致，濃度最大值超過 5ppt(5000ppm)之時間亦發生於颱風過境後。此外由分析颱風侵襲路徑圖研判(圖 2.16)，尖峰懸浮值時間及規模與颱風強度及路徑有關。如 2007 年聖帕颱風過境期間，最大懸浮濃度於侵

襲期間產生，研判其與該颱風路徑較其他颱風靠近北台灣有關，致使北部地區降雨量增加，造成上游沖刷較快進入淡水河河道，使其下游尖峰濃度提早發生。另一方面，該測站受潮汐溯升之影響，將可能因近岸碎波造成海域海水混濁，或颱風期沖刷入海尚未沉降之細顆粒懸浮質因漲潮回溯至測站，造成懸浮濃度明顯升高。

圖 2.17 與圖 2.18 為非汛期與颱風期間根據漲潮流速及所對應之懸浮濃度關係，圖 2.17 中顯示在非颱風時期的甚低流速下仍有高懸浮濃度產生，此點可能與不同時期上游段所施行之疏浚作業有關，如 93 年 6 月因基隆河疏浚工程(南湖大橋-大直橋段)造成低流量高懸浮濃度情況發生。此外受限於同一時間不同觀測紀錄遺缺，颱風時期的資料量較少，所呈現之結果為中低流速時(5~50cm/s)輸砂量明顯高於平常時期。非颱風期此範圍內之懸浮濃度多數低於 1000ppm，但於颱風期時則平均值可高達 2000ppm，反而在高流量時濃度較平時為低，此一現象顯示懸浮濃度受到颱風豐沛降雨影響，河道中往下游流量迅速增加，其漲潮所挾帶之懸浮質濃度較低。而探討淡水河關渡站懸浮值變化上除了受潮汐與颱風高流量支配外，另外上游河段之疏浚工程施作與否也是影響懸浮值的重要因素之一。

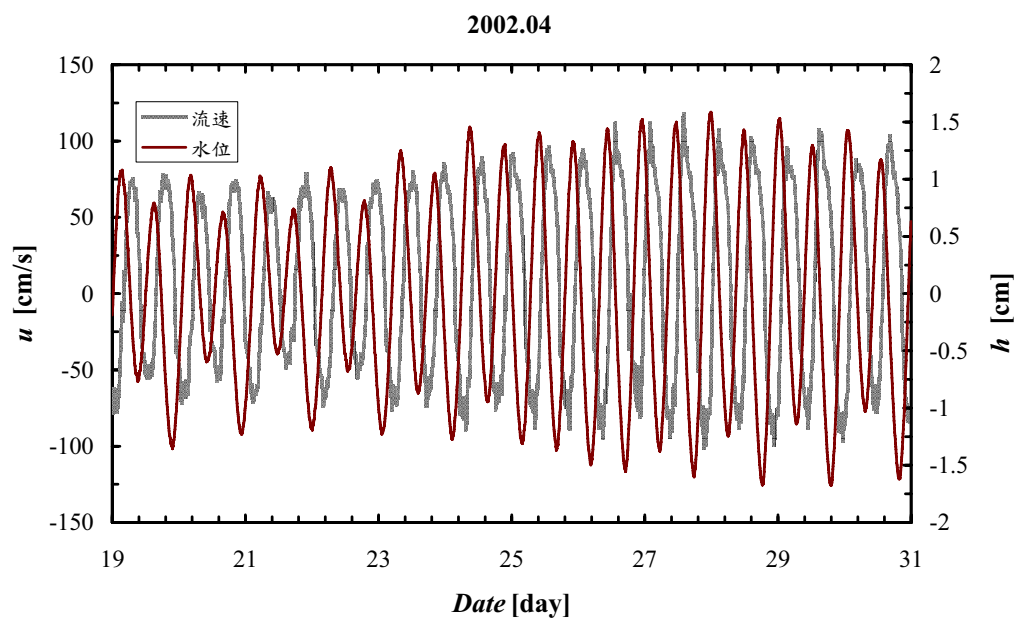


圖 2.10 關渡站流速-水位關係圖(2002.04)

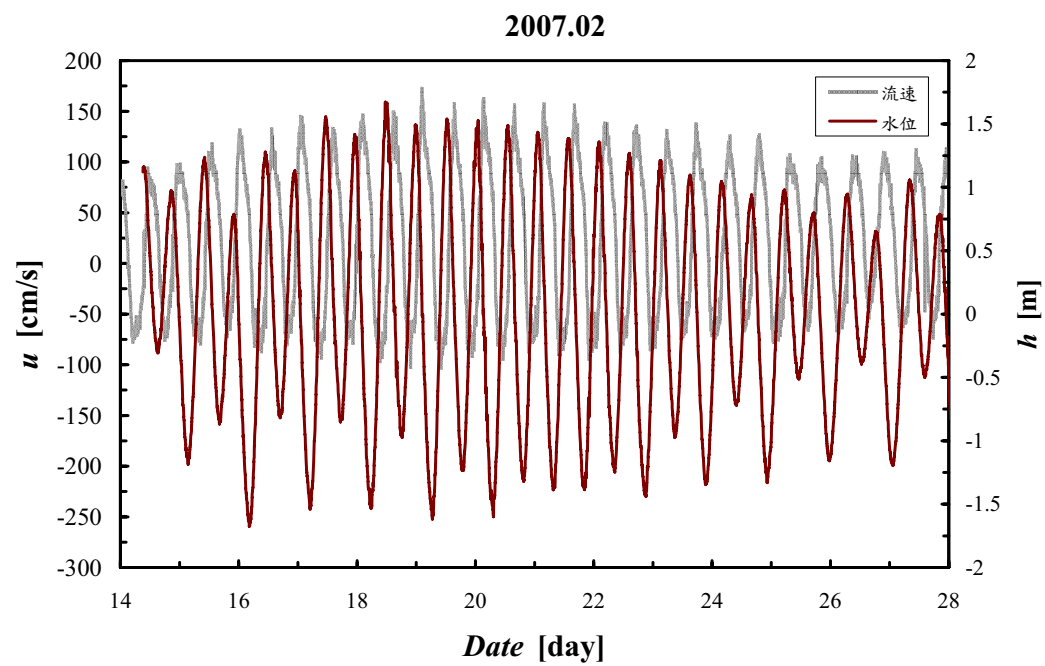


圖 2.11 關渡站流速-水位關係圖(2007.02)

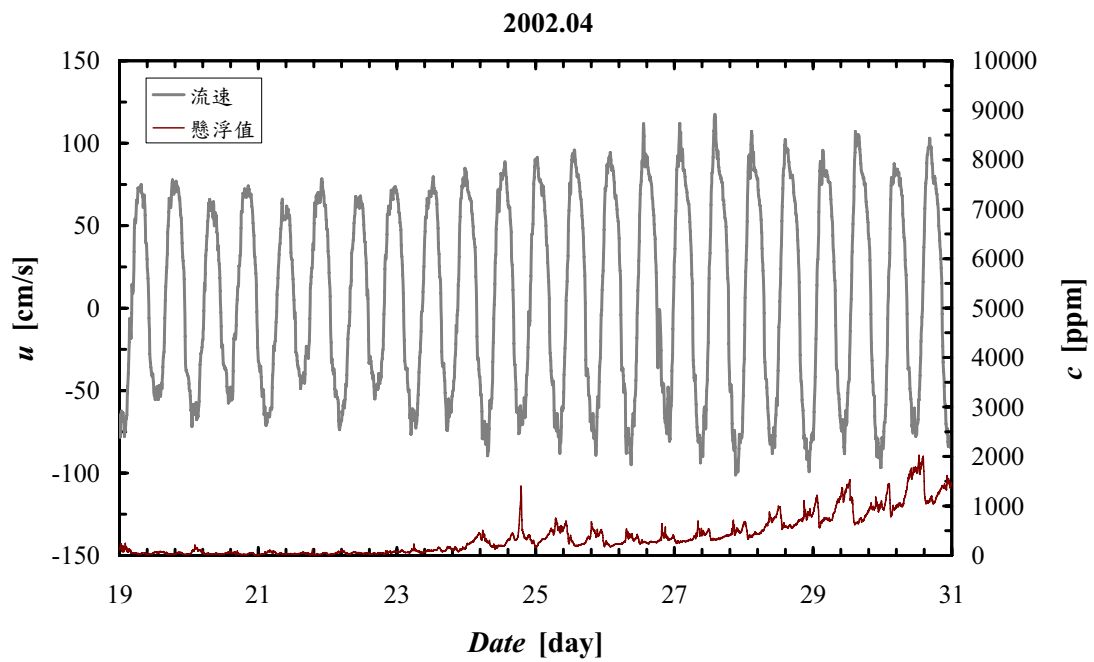


圖 2.12 關渡站流速-懸浮濃度關係圖(2002 非颱風期)

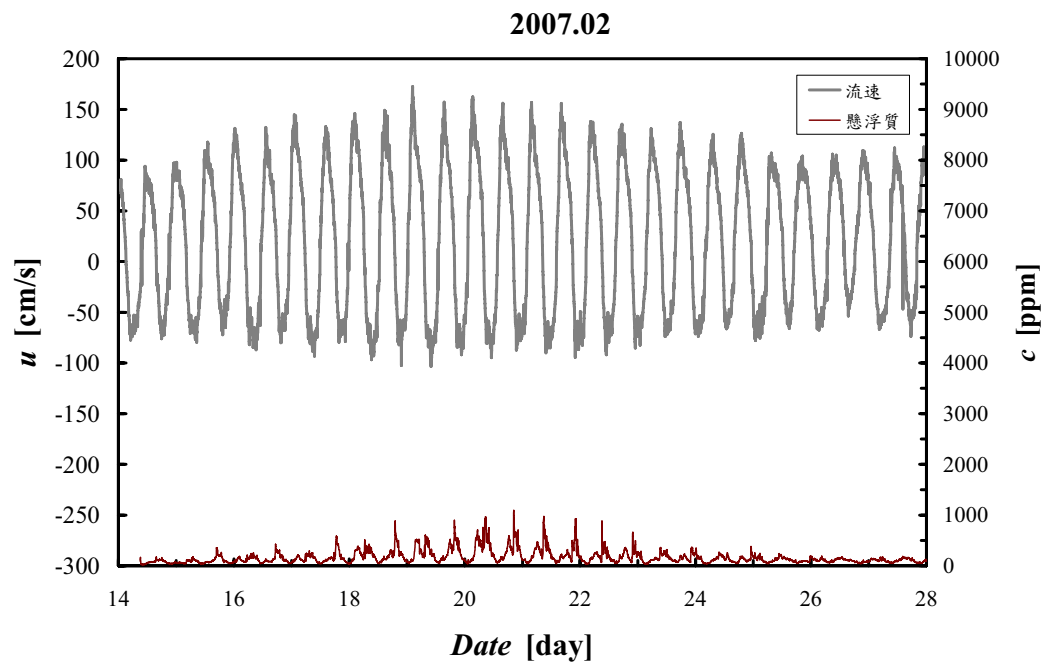
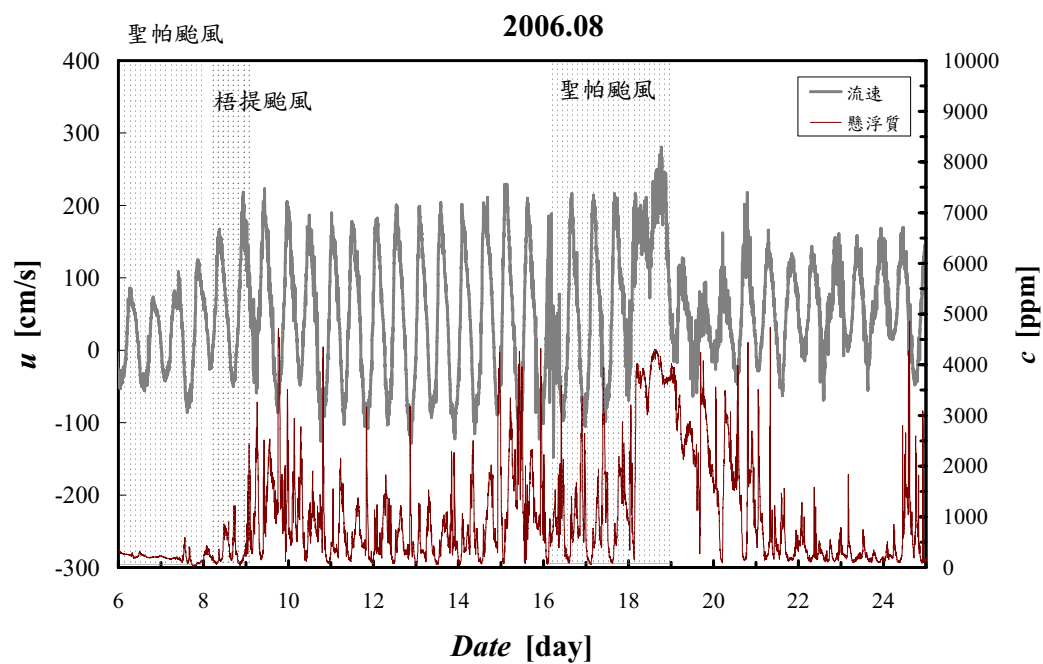
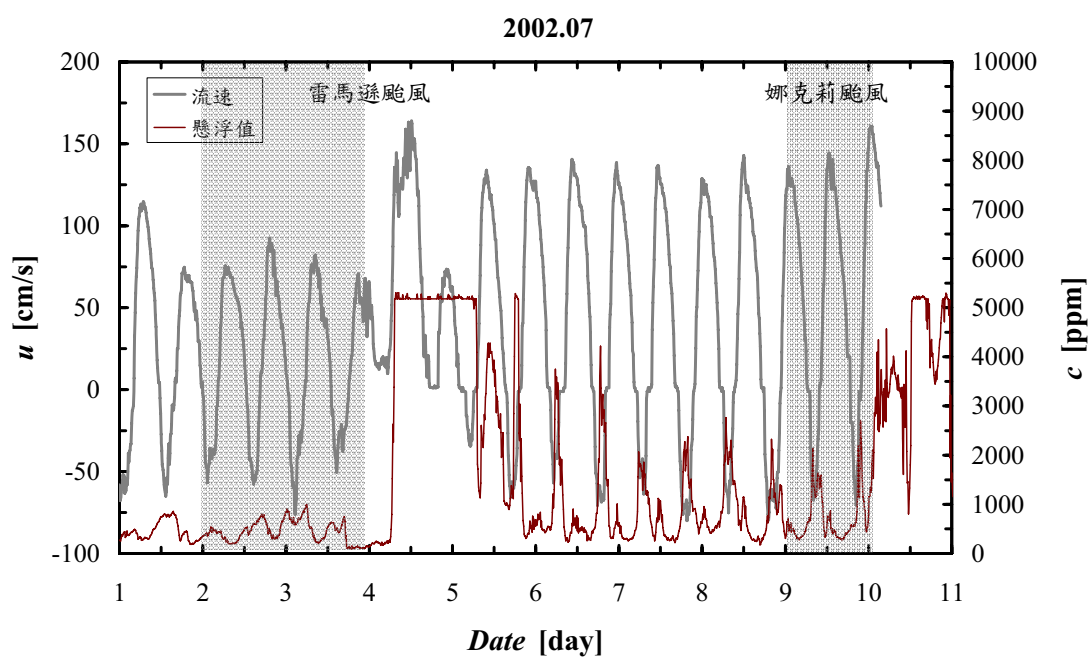
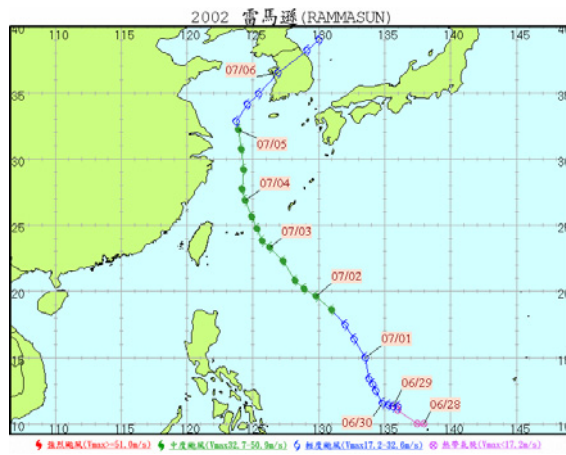
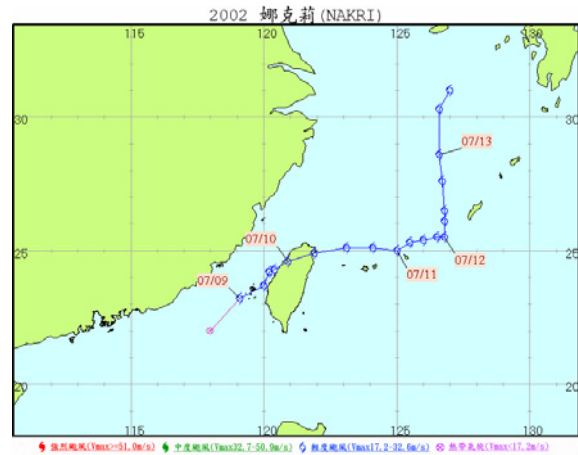


圖 2.13 關渡站流速-懸浮濃度關係圖(2007 非颱風期)

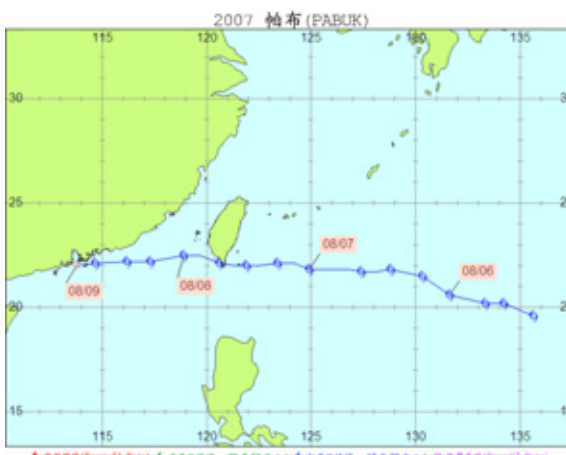




(a)雷馬遜颱風



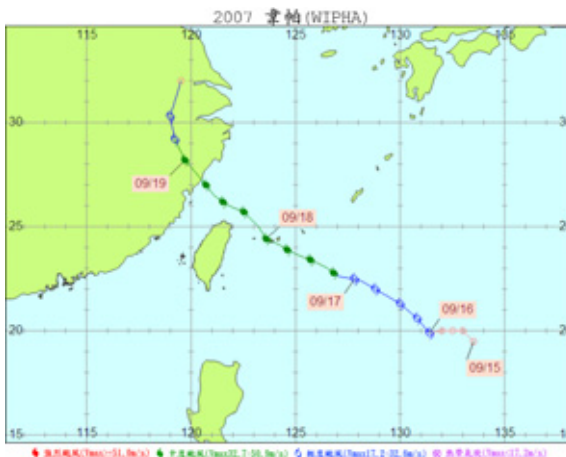
(b)娜克莉颱風



(c)帕布颱風



(d)梧提颱風



(e)韋帕颱風

圖 2.16 颱風路徑圖(資料來源：中央氣象局)

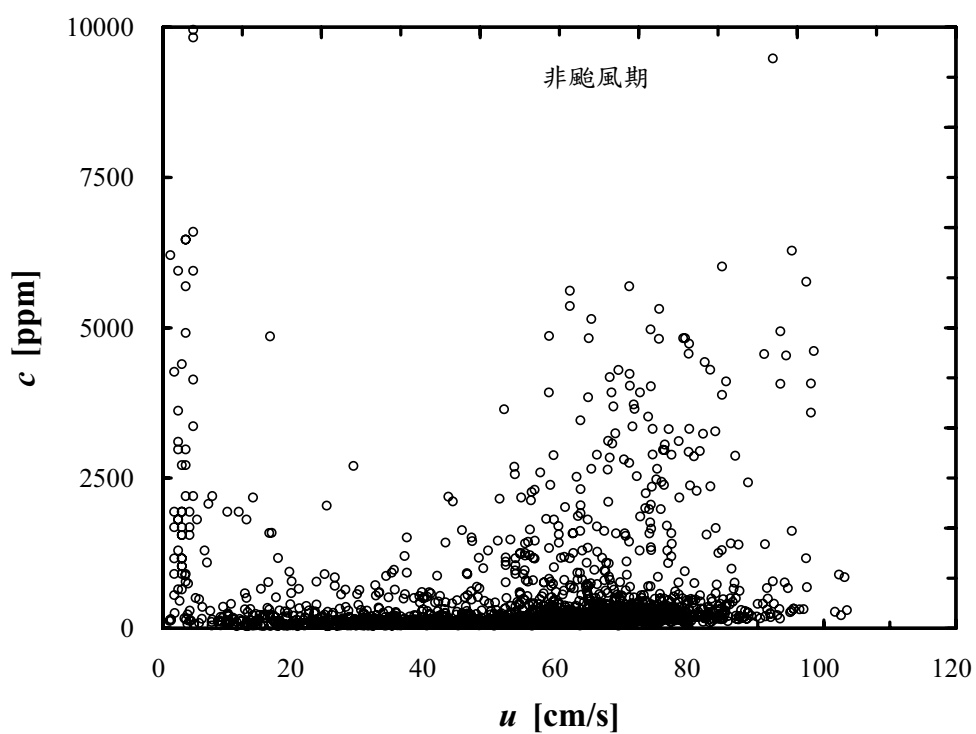


圖 2.17 關渡站漲潮流速-懸浮濃度關係圖(非颱風期)

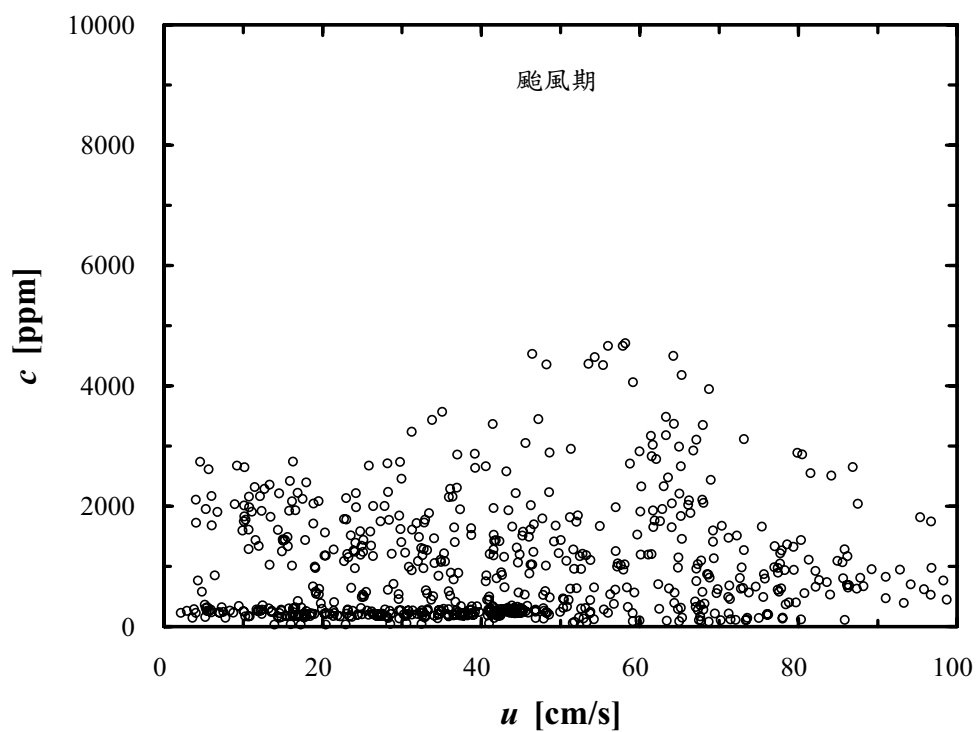


圖 2.18 關渡站漲潮流速-懸浮濃度關係圖(颱風期)

水利署以淡水河三鶯橋 1980-2000 之實測懸浮質資料得懸浮載與流量之關係式如下：

$$Q_s (10^6 T / day) = aQ^b (cms) \dots\dots\dots (2-1)$$

豐水季: a=2.995, b=1.516

枯水季: a=6.39E-4, b=2.956

王(2004) 以 NETSTARS 數值模式進行淡水河之推移載及總輸砂量之計算。推移載最多可佔總輸砂量之 10-50%，一般則小於 10%。懸浮載中粒徑小於 d_{10} 或小於 0.065mm 者稱為沖洗載 (wash load)。NETSTARS 以(a) Yang's (b) Ackers and White (c) Engelund and Hansen (d) Van Rijn 等四個公式計算總輸砂量，其中 (a)、(d) 用於砂、粗礫石 (0.0625 – 10 mm)，(b)、(c) 用於砂粒、細礫石 (0.0625-2 mm)。而當粒徑大於 10 mm 或小於 0.0625 mm 時，輸砂量之啟動條件與砂、礫石不同，以上公式之誤差值較大。底床載公式則包括(1) Meyer-Peter and Muller, (2) Van Rijn, (3) Schoklitsch 等三個公式。經誤差分析以 Engelund and Hansen 公式 計算總輸砂量及 以 Meyer-Peter and Muller 公式計算底床載之結果最佳。如表 2.3 所示，1980-2000 之水文及地文條件新店溪(秀朗站)之總輸砂量為 837,764T/yr，其中以沖洗載最多 50%，大漢溪(三鶯橋站) 之總輸砂量為 1,458,648 T/yr，其中以懸浮載最多佔 47%，基隆河(五堵站)之總輸砂量則為 631,537 T/yr，其中以懸浮載最多佔 89%。故淡水河流域之整體輸砂量約為 2,927,949 T/yr。

表 2.3 淡水河流域輸砂量推估

支 流	測站	總輸砂量 (T/yr)	底床載 比例(%)	懸浮載 比例(%)	沖洗載 比例(%)	年侵蝕率 (mm/yr)
新店溪	秀朗站	837,764	7	43	50	0.767
大漢溪	三鶯橋站	1,458,648	36	47	17	1.05
基隆河	五堵站	631,537	2	89	9	1.872

資料來源:(王,2004)

2.4 地形及河口變遷

林雪美(1996) 將淡水河口歸類為左岸沙洲型河口。在八里左岸及淡水河口前，於退潮時有約 1.8 km^2 之沙洲淺灘，當地居民稱為「門洲」(即前濱區)(王鑫1988)。此區之漂沙量約為 $164 \text{ 萬m}^3/\text{年}$ ，漂沙優勢方向為由北向南(基隆港務局,1997)。近年來，兩岸商港、漁港及海岸之開發利用將影響輸砂的形態，進而改變河口之地形變化。淡水河受潮位上升與河口下游段坡降影響，河川影響距離較遠，河口地形會有日變化。而淡水河各月均有相當的流量，洪枯差異小，河口地形的月變化較不明顯；就冬夏季的流量比、潮差比、波高比與風速比等四項指標，河川流量的冬夏季變化量最大，逕流實為河口地形形成與變化的主要作用；潮汐對西部河口坡降平緩者影響較大，而風浪對北部與東北部河口地形的季節差異仍有影響。淡水河之河口地形長期變化趨勢為時進時退，變化不定(石再添等, 1996)。

淡水河口南岸在民國 14 年至民國 37 年呈現海岸向外擴張的現象，最大擴張量約有 700 公尺。民國 37 年以後此區海岸線則呈現退縮

的趨勢，至民國 67 年之最大退縮變化量將近 320 公尺，而民國 67 年至民國 81 年的退縮變化量也達到 200 公尺。由民國 14 年及 37 年數位化的淡水河口附近海岸變遷資料也顯示淡水河出海口沙洲的位置，漸趨往北移動，且外形變為長條狀。

八里附近的海岸線自民國 14 年至 37 年之間呈現向外海擴張的趨勢；民國 37 年以後則呈現退縮現象。比較民國 37 年及 67 年的海岸線資料其退縮量約為 180 公尺。民國 81 年由於海岸地區興建凸堤，所以海岸線呈現鋸齒狀。從民國 81 年至民國 86 年間，十三行口附近海岸線有退縮情形，挖子尾附近則有向外擴張的情形(圖 2.19)。

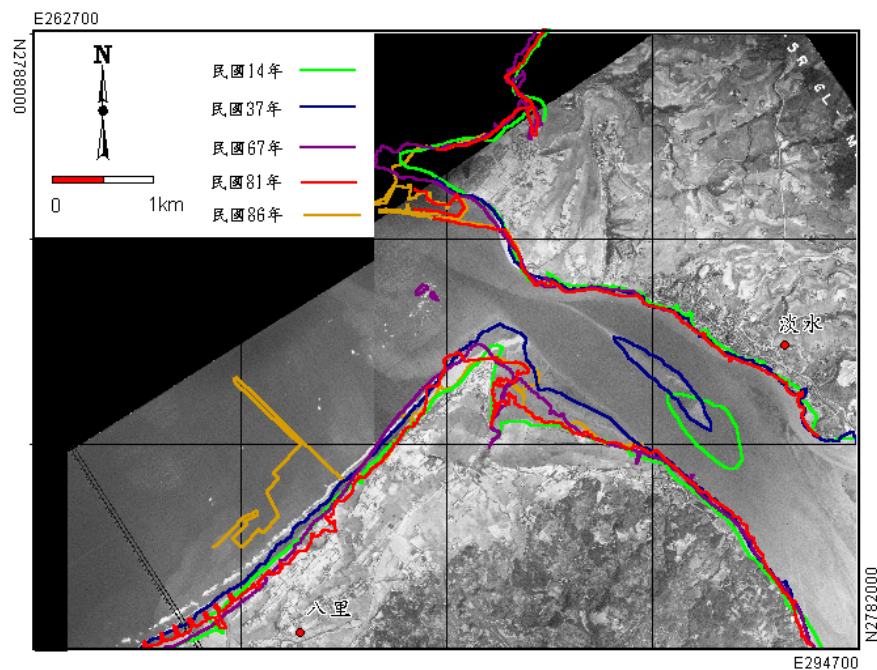
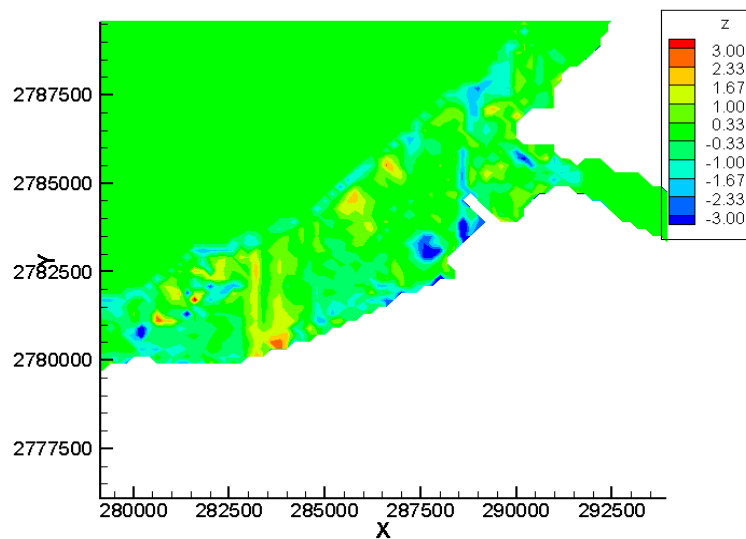


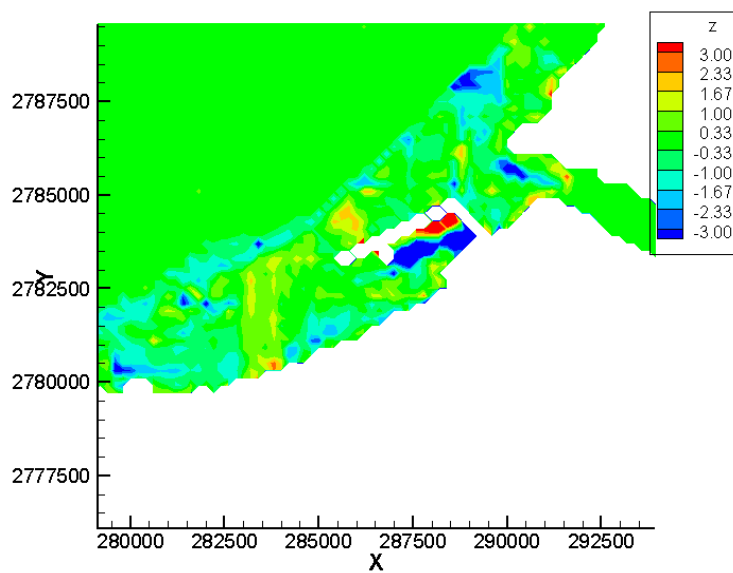
圖 2.19 淡水河口歷年之海岸地形變遷(李錫堤,1998)

淡水河口的沖淤變化可由民國 83~85 年與民國 83~94 年的地形差值圖(圖 2.20, 黃良雄, 2006)作一說明，民國 83~85 年期間港口海堤的興建對漁人碼頭有顯著的侵蝕作用，而民國 83~94 年則顯示建港後，除了原有漁人碼頭區域的侵蝕加深外，淡水河左、右兩岸的砂嘴也有

淤積產生，同時港內地形也因海堤興建後阻絕海流沖刷，使港內堤岸轉折處堆積日趨明顯。



a. 興建期間前後比較(83- 85 年)



b. 興建完工前後比較(83- 94 年)

圖 2.20 淡水河口歷年侵淤圖(黃良雄, 2006)

圖 2.21 與圖 2.22 為 92 年 3 月及 94 年 8 月 11 日的淡水河口航照圖，在挖子尾北側的出海口地形沙洲露出面積之差異主要為不同潮位之影響。然從有逐漸消失的跡象，研判此與同時段基隆河疏浚工程有關，且從挖子尾西側海灘比較，仍可判定挖子尾與北防波堤間之沙洲應繼續淤積中。92 年 3 月之航照圖亦可發現河口浮流存在於八里渡船頭沿岸，因屬枯水期，可能是局部工程施作所致。



圖 2.21 淡水河河口航照圖(2003/03)



圖 2.22 淡水河河口航照圖(2005/08/11)

2.5 海象資料

根據水利署測站資料，淡水河口主要為一日二回潮，平均潮位 0.03m，平均潮差 1.93m，大潮之潮差為 2.89m。而每日兩次潮差之大小差異不大，為典型半日潮主導，其中全日潮差約為半日潮差之 1/5。漲潮之潮流為 SW 方向；退潮之潮流則為 NE 方向(Chiao and Wang, 2004)(圖 2.23)。海域大部分流速皆小於 0.8m/s，夏季最大潮流速度約為 1.19m/s；冬季則為 1.12m/s(洪等, 2000)。夏秋之潮汐水位高、水位變化大；冬春之潮汐水位低、水位變化小。颱風期間及東北季風時，最大浪高達 5-6 m。

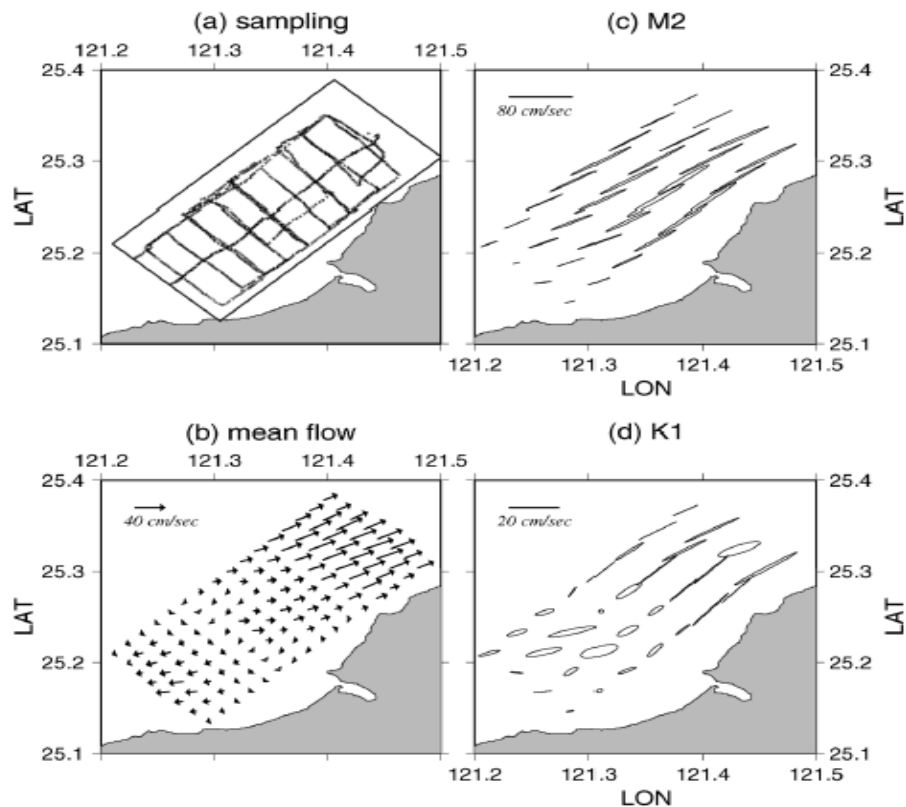


圖 2.23 淡水河口區域之潮流速度圖(Chiao and Wang, 2004)

魏震(2001)根據 Savage 公式及實測波浪能量值推估台北港興建後，淡水河口海域之年漂沙量為 164 萬立方公尺，與河川年輸砂量 185 萬立方公尺相近。

根據本中心(2004)觀測資料，在一般情形下，台北港海域全年平均 $H_{1/3}$ 波高為 0.8m。以季節分，冬季波高最大，平均 $H_{1/3}$ 波高為 1.21m，秋季次高，平均 $H_{1/3}$ 波高為 0.98m，再次為春季，平均 $H_{1/3}$ 波高為 0.71m，夏季波高最小，平均 $H_{1/3}$ 波高僅 0.46m。週期分析方面，春夏季 3 至 8 月份因吹風風速較低，風向亦不穩定，致週期較短，多在 6 秒上下，10 月至 2 月份風向穩定，風速亦強，再加上北來風域較不受限制，故對應之波浪週期較長，多在 6~8 秒變動。

第三章 河口潮流水理特性

淡水河口是臺灣最大的河口系統。潮汐影響大約 82 公里的總長度，其中包括淡水河的全長和其三大支流：大漢溪、新店溪、基隆河。除洪水期間以外，潮汐最遠溯上位置為大漢溪的城林橋、新店溪的秀朗橋、基隆河的江北橋。

控制淡水河河口輸砂的主要因素為潮汐、波浪、河川流量、河口地形、懸浮質及底床質特性等。本章說明淡水河河口潮位資料收集與分析，並探討颱風期間潮位異常之分析。在河海環境中，若作用力未達地形變化門檻值(value of geomorphological threshold)前，則保持動態平衡。反之，若作用力大於地形變化門檻值，則會引起長期之地形演變。在觀察過程中，需河口之流量、流速、輸砂與及底床地形等環境資料，才能量化其關係。依陳筱華等(2000)之資料，淡水河口之潮汐流量可達 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ ，較平均河川流量為大，故以日平均流量 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 或可為逕流作用之門檻值。

潮汐的傳遞是控制水位高程的主要機制。淡水河口的平均潮差為 1.93 公尺，最大潮差接近 3 公尺，其中以 M_2 是淡水河口的主要分潮。海水入侵是因為潮汐的作用和典型的河口重力循環(two-layer estuarine circulation)。鹽度的變化是由於漲潮和退潮水量的改變以及淡水的入流量。鹽度的分佈造成的斜壓梯度(baroclinic pressure gradient)足以推動底部鹽度較高的水向上游流動，這樣造成雙層循環(two-layer circulation)。換言之，底部的海水流向上游，頂部的淡水流向下游。河口重力循環會影響到河口之縱向淤積分佈。

根據理論分析及配合不同入流條件，計算底泥最大濃度處(ETM)之位置。在年平均流量($Q_{ave}=123.71\text{cms}$)以上並無重力環流存在。而當河川逕流量約小於 $Q_{75}(=19.57\text{cms})$ 與 $Q_{90}(=12.2\text{cms})$ 間時，河口之底部迴流會越過竹圍(斷面 4)之淺灘而進入關渡橋河段；反之當流量大於 $Q_{50}(=46.29\text{cms})$ 時，河口之底部迴流只存在距河口 3.4 公里範圍內。此一計算結果可說明淡水河口之底泥最大濃度處(ETM)應靠近河口；另一方面在豐水期期間，淡水河口之重力循環流不易存在，故在計算淡水河之颱風輸砂量時，不需考慮底部迴流之輸砂特性。

淡水河水位變化及水流方向受潮汐影響，而調和分析 (harmonic analysis) 是潮汐預報的最傳統也是最重要的方法。潮汐調和分析主要是由觀測資料中，找出特定潮汐週期的分潮。因為海洋中的潮汐是線性為主的運動，通常調和分析的適用性很好，由分析結果的分潮可相當準確的預報未來的潮位。本研究根據第十河川局於河口站所量測到的潮位資料(1996~2006)，使用傳統的調和分析法以及經驗模態分解法 (Empirical Mode Decomposition, 簡稱 EMD) (黃鰲,1998)進行分析，並比較兩者於平時與颱風期間之差異。

3.1 調和分析

第十河川局提供的原始資料為每小時記錄一筆，因此將整年的潮位資料輸入調和分析程式(Foreman,1996)中計算，最後可獲得各分潮的振幅以及相位角，並疊加成模擬天文潮位。此程式主要是採取 69 個分潮進行模擬，並具有自動補足缺值的功能，因此只需給定各水位站之經緯度座標以及整筆資料之起始日期和結束日期即可進行分析。然而，模擬結果之誤差主要受到資料數的影響，故缺值越多，所產生的誤差越大。在 11 年的水位資料當中，由於 1996 年之水位資料缺值過

多，以及 2006 年的水位資料只到 5 月 26 日，因此無法獲得較準確的結果，其餘 9 年水位資料分析結果如表 3.1～表 3.3，表 3.4 為 1997 年至 2005 年之分析結果。

表 3.1 1997~1999 年潮位前 20 個分潮之振幅及相位角

年度		1997		1998		1999	
分潮名稱	週期(時)	振幅(cm)	相位角	振幅(cm)	相位角	振幅(cm)	相位角
M ₂	12.42	100.04	312.74	98.84	313.08	102.69	314.27
S ₂	12	28.76	350.57	28.13	349.92	27.8	351.56
K ₁	23.93	21.07	245.17	20.81	243.03	20.7	239.44
O ₁	25.82	18.43	210.19	18.03	209.86	17.45	208.51
N ₂	12.66	19.38	284.64	18.97	285.86	18.62	285.51
K ₂	11.97	8.42	346	7.53	346.94	7.79	353.85
P ₁	24.07	6.42	238.99	6.66	236.31	6.13	244.4
N _{U2}	12.63	4.93	295.33	5.32	299.78	5.76	300.95
L ₂	12.19	5.55	10.72	4.97	354.21	4.89	350.46
Mu ₂	12.87	4.27	109.07	4.21	103.5	3.54	100.84
Q ₁	26.87	3.75	186.29	4.02	194.79	4.08	180.96
M ₄	6.21	2.79	240.57	2.82	249.91	3.42	246.09
L _{DA2}	12.22	2.32	344.04	2.28	354.67	2.8	341.3
Mf	327.86	2.07	331.08	2.15	241.38	3.66	163.12
Mm	661.31	1.35	95.48	2.01	134.67	2.15	254.98
MS ₄	6.10	2.06	275.85	1.93	276.64	3	278.09
2N ₂	12.91	1.36	280.72	1.71	216.36	2.84	246.45
MsM	763.49	1.35	15.9	1.45	221.17	1.31	47.8
MkS ₂	12.39	1.09	219.56	1.38	164.7	1.31	315.7
EPS ₂	13.13	1.17	72.84	1.24	90.2	2.12	57.13

表 3.2 2000~2002 年潮位前 20 個分潮之振幅及相位角

年度		2000		2001		2002	
分潮名稱	週期(時)	振幅(cm)	相位角	振幅(cm)	相位角	振幅(cm)	相位角
M ₂	12.4206	100.82	228.38	101.58	211.85	98.22	210.04
S ₂	12	28.8	353.2	29.04	352.6	29.15	350.71
K ₁	23.93447	22.79	250.26	22.73	259.82	24.54	256.67
O ₁	25.81934	20.81	113.64	19.34	82.13	22.73	86.75
N ₂	12.65835	19.48	30.5	20.16	21.88	19.72	23.28
K ₂	11.96724	10.1	5.07	9.46	19.17	10.41	15.22
P ₁	24.06589	6.71	240.44	6.92	242.74	7.05	242.99
L ₂	12.19162	6.22	90.21	5.29	47.43	4.61	55.5
Mu ₂	12.87176	4.95	293.3	4.11	257.88	4.24	252.41
Nu ₂	12.626	4.63	285.58	5.75	250.93	5.51	243.35
Q ₁	26.86836	4.11	290.36	4.39	263.61	4.77	268.09
2N ₂	12.90537	3.73	193.7	2.47	225.06	0.77	172.92
LDA ₂	12.22177	2.71	182.18	2.36	199.08	2.31	187.57
SSa	4382.889	2.55	214.7	5.64	312.53	1.21	233.37
M ₄	6.210301	2.4	74.58	2.5	38.15	2.52	35.67
Mf	327.8592	2.04	40.35	1.14	30.78	1.99	11.91
MS ₄	6.103339	1.91	192.84	1.99	184.62	1.67	176.64
MsM	763.487	1.63	225.25	1.83	107.27	2.67	290.82
J ₁	23.09848	1.47	73.51	1.21	94.16	1.32	80.46
MsN ₂	11.78613	1.09	51.28	1.01	38.44	0.81	49.19

表 3.3 2003~2005 年潮位前 20 個分潮之振幅及相位角

年度		2003		2004		2005	
分潮名稱	週期(時)	振幅(cm)	相位角	振幅(cm)	相位角	振幅(cm)	相位角
M_2	12.4206	97.84	209.81	96.27	208.34	96.4	207.41
S_2	12	29.3	351.86	28.94	351.83	29.28	351.92
K_1	23.93447	26.08	252.38	26.07	245.81	26.33	241.19
O_1	25.81934	24.49	93.2	25.12	102.3	25.72	107.81
N_2	12.65835	18.85	23.43	18.71	20.76	18.11	20.61
K_2	11.96724	12.56	6.13	13.07	354.91	13.62	345.13
P_1	24.06589	7	243.08	7.11	241.1	6.95	239.36
Q_1	26.86836	5.27	271.13	5.44	276.44	5.19	283.53
Nu_2	12.626	5.23	245.82	4.98	250.23	5.54	248.29
SSa	4382.889	5.1	356.23	5.07	321.77	0.91	345.43
L_2	12.19162	4.95	61.03	5.54	52.29	5.55	42.29
Mu_2	12.87176	4.31	250.24	4.37	247.42	4.53	247.84
$2N_2$	12.90537	2.84	154.13	4.52	186.07	3.27	230.54
$L_D A_2$	12.22177	2.42	198.23	2.38	192.85	2.11	200.16
OO_1	22.30607	2.4	98.55	1.28	53.27	1.83	24.47
No_1	24.83325	2.34	116.94	1.09	100.87	0.91	40.44
M_4	6.210301	2.32	35.79	2.41	31.05	1.89	34.07
MS_4	6.103339	1.7	173.37	1.72	175.27	1.54	178.44
J_1	23.09848	1.42	89.46	1.62	73.99	1.69	72.73
EPS_2	13.12727	1.38	81.69	0.82	54.8	1.04	8.53

由分析結果顯示，淡水河口站之潮位資料主要是以主太陰半日週期 M_2 佔大部分的能量，其他重要分潮為主太陽半日週期 S_2 、日月合成日週期 K_1 及主太陰日週期 O_1 這四個分潮，分別為半日潮以及全日潮，因此淡水河之潮位變化主要是以這兩種分潮為主要成分。

表 3.4 1997~2005 年潮位前 20 個分潮之振幅及相位角

年度	1997~2005						
分潮名稱	週期(時)	振幅(cm)	相位角	分潮名稱	週期(時)	振幅(cm)	相位角
M ₂	12.42	102.95	312.60	MU ₂	12.87	4.70	100.81
S ₂	12.00	29.16	351.66	Q ₁	26.87	3.67	193.28
K ₁	23.93	21.54	241.09	SSA	4382.89	2.64	312.74
N ₂	12.66	19.84	285.81	M ₄	6.21	2.56	242.21
SA	8766.55	18.76	207.18	LDA ₂	12.22	2.52	352.94
O ₁	25.82	18.14	213.18	2N ₂	12.91	2.47	257.48
K ₂	11.97	8.29	344.11	H ₂	12.40	1.95	261.81
P ₁	24.07	6.98	240.06	T ₂	12.02	1.82	350.84
NU ₂	12.63	5.44	296.31	MS ₄	6.10	1.78	279.03
L ₂	12.19	5.10	10.35	EPS ₂	13.13	1.28	60.52

3.2 經驗模態分解法 (Empirical Mode Decomposition)

經驗模態分解法(黃鵬,1998, 簡稱 EMD) 是根據經驗利用訊號中特徵時間尺度來做能量的直接析出，將資料表達成多個內建模態函數 (Intrinsic Mode Functions, 簡稱 IMF) 的線性疊加。將訊號分解成後定且具可適性的 IMF 分量，用以處理非線性及非穩態性的訊號。其中被分解的訊號必須至少要有一個極大值和一個極小值。而將兩個極值之間的時間差值定義成訊號特徵時間尺度，如此不但可提供良好的模態解析度，而且能應用到非零均值的資料上，甚至是全無跨零點的資料。EMD 對於穩態的訊號資料，可忽略些微的資料遺缺，但不適用於對未來趨勢的預測。另非穩態類型的資料遺缺則亦不適用 EMD，因為部份具有重要意義的訊號，可能於分析過程中被忽略。

EMD 的作法乃利用立方弧線 (cubic spline) 連接原訊號 $X(t)$ 的局

部極大值及局部極小值，成為上、下包絡線，再取其均值包絡線 (mean envelope)，稱之 m_1 ，而原訊號與均值包絡線之差即是第一個分量 h_1

$$X(t) - m_1 = h_1 \quad (3.1)$$

雖使用立方弧線已近似完美，但斜率輕微的突起也會放大成一個局部極值，使得局部零值從一個直角的座標系統改變成曲線的座標系統，換言之，整個座標系統已經把均值包絡線和 y 軸當成新的座標系統。欲消除載波並使波形更對稱，必須對原訊號重複轉移多次。將 h_1 當作是原來的訊號轉移得 h_{11}

$$h_1 - m_{11} = h_{11} \quad (3.2)$$

如此重複 k 次，直到 h_{1k} 為 IMF，稱為 c_1

$$h_{1(k-1)} - m_{1k} = h_{1k} = c_1 \quad (3.3)$$

如上所述，此過程藉著其特徵的時間尺度從原來的訊號中分解出最佳的模態，消除載波以及使不平整的振幅平滑。雖然消除載波可使即時頻率有意義，但亦必須使不平整的振幅平滑，然而平滑了不平整振幅將會刪掉具物理意義的振幅擾動。因此，為了確保 IMF 分量的振幅及頻率變動都能保有原本的物理意義，必須決定一個使此轉移過程停下來下的收斂條件。跨零點數要和局部極值總數(局部極大值數加上局部極小值數)相等，即停止此一模態的轉移過程再繼續轉移下一個模態。

整體而言，訊號中 c_1 應該是最佳的時間尺度或者是最短週期的分量。因此可從原來訊號中分離出 r_1

$$X(t) - c_1 = r_1 \quad (3.4)$$

上式中 r_1 為原訊號扣除分量之餘數，其包含較長週期分量。之後將其當作新的原始訊號，再以相同的方法進行分解，其後的 r_i 可表示成

$$\begin{aligned} r_1 - c_2 &= r_2 \\ &\vdots \\ r_{n-1} - c_n &= r_n \end{aligned} \quad (3.5)$$

直到餘數 r_n 無法再解析出 IMF 為止，此時 r_n 為單調的函數。最後可得到

$$X(t) = \sum_{i=1}^n c_i + r_n \quad (3.6)$$

根據此方法可將一筆資料分解成 n 個經驗模態(empirical modes)以及一個可以當作均值趨勢(mean trend)或常數的餘數。基於擷取於原來之訊號，IMF 可以是非線性或非穩態性，此即為可適性基底。此外，經驗模態分解法仍具有幾乎正交性以及局部性。對於展開非線性及非穩態性時間序列的基底而言，局部性及可適性是必要條件。由於每一個特徵時間尺度都含物理意義，故 EMD 的每個分量都具有物理意義。

本章節將探討調和分析(HA)與經驗模態分解法(EMD)用以分析暴潮之差異，首先假設一組檢定潮位資料，其分潮物理量如表 3.5 所示，為了避免模擬資料與實測值有太大的差異，並且具有淡水河潮位之特性，因此選擇表 4.2 中 2001 年分析結果之分潮，選擇 10 個具代表性的分潮，其中包括半日潮、全日潮之分量，除此之外亦選擇一組長週期之分量。取 36 天之疊加結果如圖 3.1 所示。將此模擬潮位資料分別以調和分析與經驗模態分解法進行分析，其結果分別如表 3.5 及圖 3.2 所示，由表 3.6 可發現在幾個半日潮的分潮(週期約為 12 小時)中，其振幅均小於模擬資料之分量，且有明顯相位偏差，如此將無法完整析出半日潮之能量。由圖 3.2 中可發現前兩個 IMF 分量(C_1, C_2)分別為半日潮、全日潮，而由經驗模態分解法本身得知最後一個 IMF(C_6)為趨勢線。最後，將最後一個 IMF 與最長週期之分潮進行比較，如圖 3.3 所示，可以發現兩者幾乎重合，這是因為對這筆較短的資料而言，長周期的分量可視為此筆資料之趨勢，因此整筆資料主要能量可以由前兩個 IMF 與最後一個分量來代表(C_1, C_2, C_6)。圖 3.4 及 3.5 分別為 $EMD(C_3+C_4+C_5)$ 與調和分析(模擬值扣除分析結果)結果之殘差，圖 3.4 中，兩邊之振盪較大是受限於 EMD 方法本身之限制，因此在分析時

應儘量將事件置於資料中間，以避免邊界對結果之影響，中間的部份曲線較圖 3.5 平滑，震盪範圍介於 ± 0.01 公尺，圖 3.5 中包括具有週期性的能量，這為上述調和分析無法完整析出能量所造成的結果。其震盪範圍介於 ± 0.025 公尺，較 EMD 為大。因此可以得知 EMD 能更完整析出能量，用以分析潮位資料能獲得較佳的結果。

表 3.5 檢定潮位之 10 種分潮物理量

分潮	頻率	週期(時)	振幅(m)	相位角
M ₂	0.080511	12.42	1.027	211.80
S ₂	0.083333	12.00	0.293	352.17
K ₁	0.041781	23.93	0.229	259.66
N ₂	0.078999	12.66	0.203	22.07
O ₁	0.038731	25.82	0.200	82.31
K ₂	0.083561	11.97	0.097	21.72
P ₁	0.041553	24.07	0.069	242.77
Nu2	0.079202	12.63	0.058	252.46
Ssa	0.000228	4382.89	0.058	311.49
L ₂	0.082024	12.19	0.054	47.93

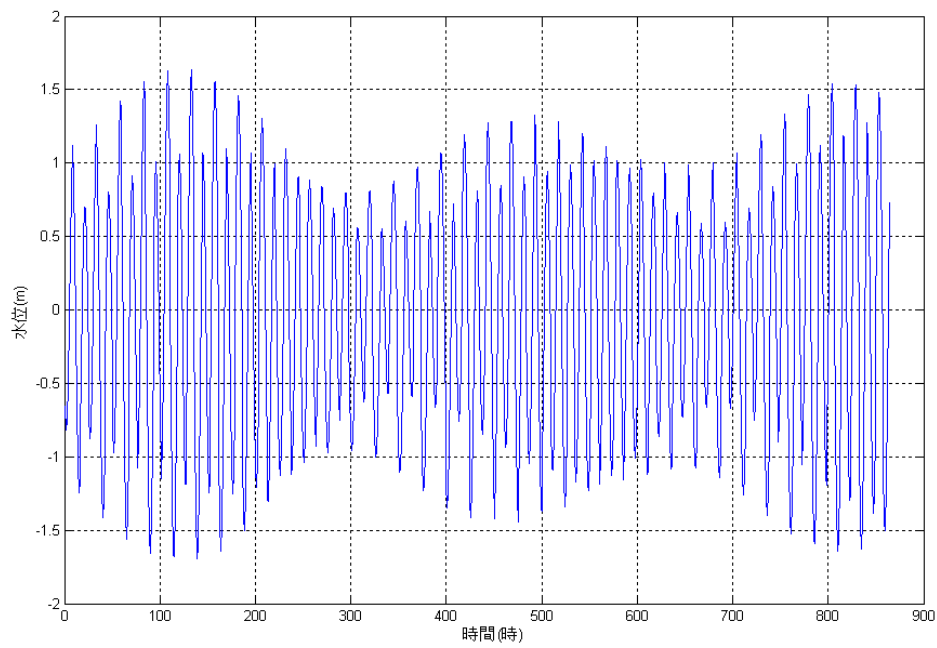


圖 3.1 檢定潮位之原始資料(36 天)

表 3.6 調和分析之結果

分潮	週期(時)	原始資料		分析結果		振幅差值(m)	相位差值
		振幅(m)	相位角	振幅(m)	相位角		
Z0		0		0	180		
M ₂	12.42	1.027	211.80	1.000	260.47	-0.027	48.67
S ₂	12	0.293	352.17	0.293	347.94	0.000	-4.23
K ₁	23.93	0.229	259.66	0.248	105.56	0.019	-154.10
N ₂	12.66	0.203	22.07	0.197	150.46	-0.006	128.39
O ₁	25.82	0.200	82.31	0.227	56.39	0.027	-25.92
K ₂	11.97	0.097	21.72	0.118	321.47	0.021	299.75
P ₁	24.07	0.069	242.77	0.069	203.97	0.000	-38.80
Nu2	12.63	0.058	252.46	0.057	146.20	-0.001	-106.26
Ssa	4382.89	0.058	311.49	0.058	47.40	0.000	-264.09
L ₂	12.19	0.054	47.93	0.049	81.22	-0.005	33.29

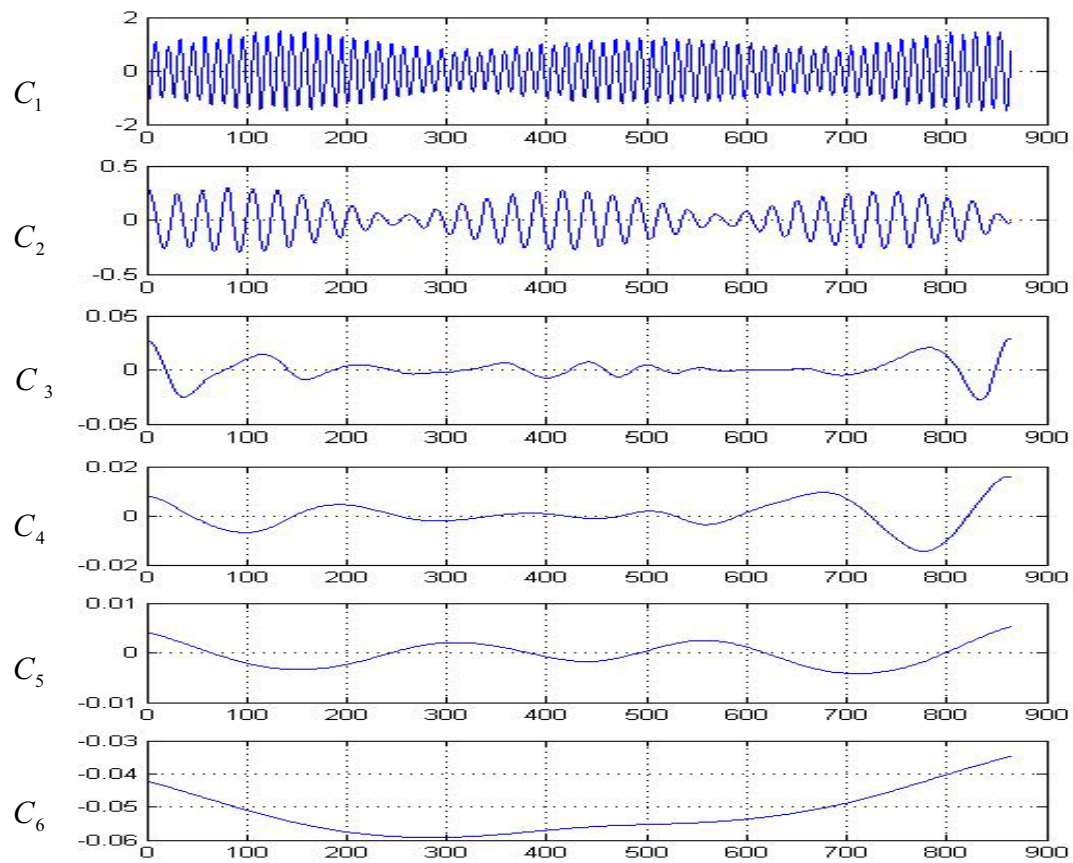


圖 3.2 模擬潮位之 IMF(單位：m)

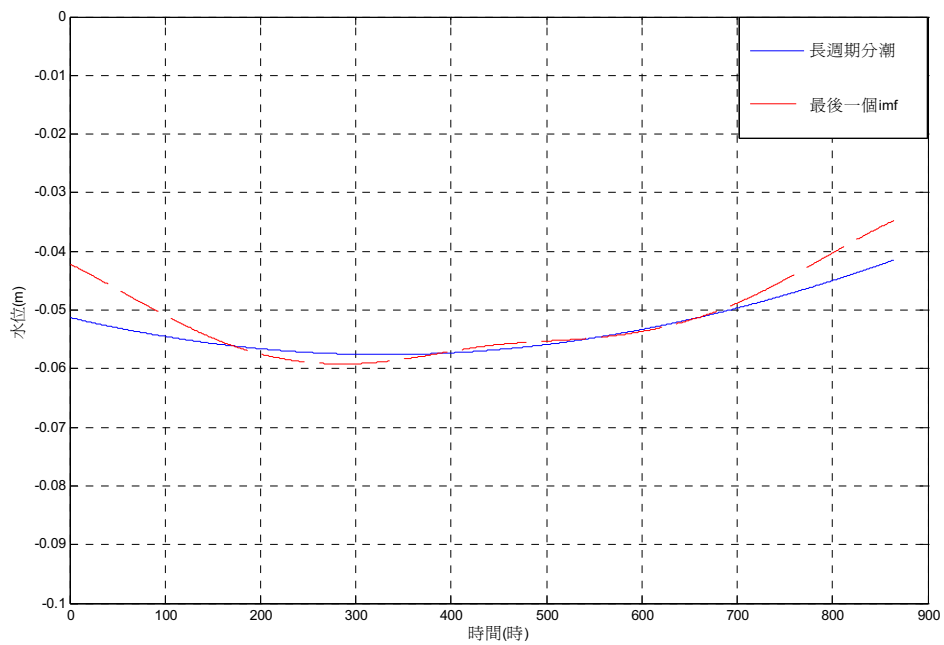


圖 3.3 最長週期分潮與最後一個 IMF 之比較

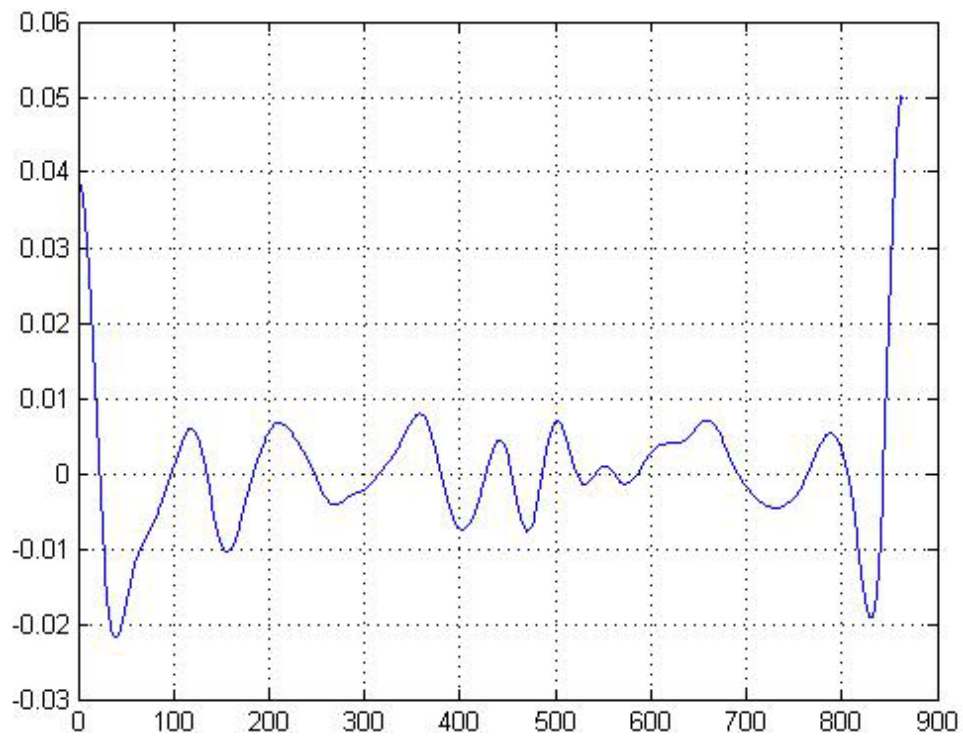


圖 3.4 EMD 分析模擬暴潮之結果

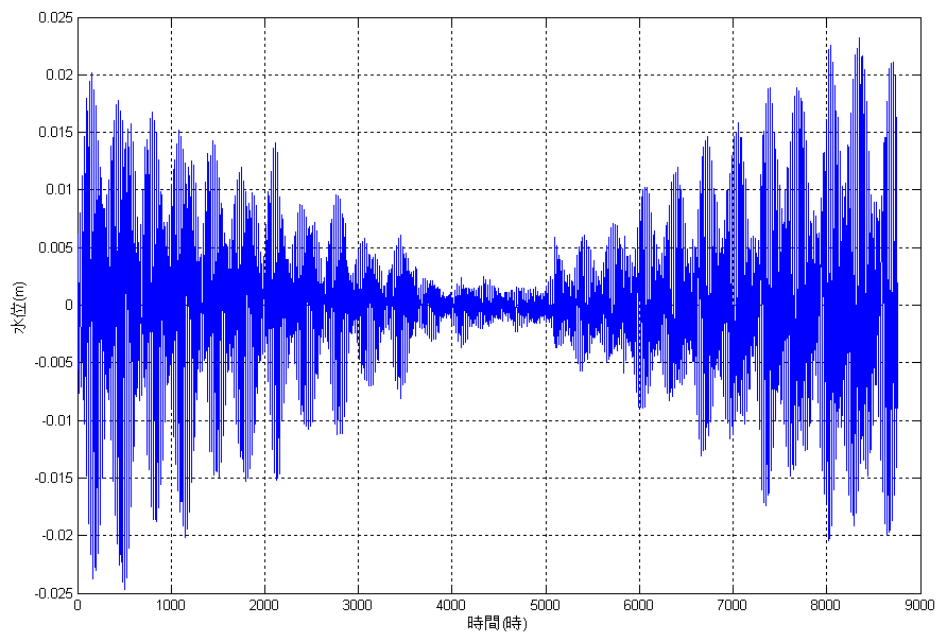


圖 3.5 實測值與調和分析之差值

由於 EMD 必須使用於整筆完整的資料，其中不可有太多缺值，否則將無法分解出能夠辨識其物理意義之 IMF，因此在分析前必須先確認資料的完整性，在具有少數缺值的位置進行內插，除此之外，資

料長度亦會影響到 IMF 的個數，經由測試後發現擷取 31~36 天之結果最佳，擷取 2000/11/26~12/31 之水位資料(圖 3.6)，共 864 小時，其分析結果如圖 3.7 所示，可以發現前兩個 IMF 佔大部分之能量，即為一般所熟知的半日潮及全日潮，此外，其中亦包括長周期之分潮；而根據 EMD 原本的理論，亦可得知最後一個 IMF 為整筆資料的趨勢線。以下將針對上述 IMF 以外之分量與調和分析結果進行探討。圖 3.8 為此兩種方法之分析結果，其中虛線部分為調和分析結果之殘差，實線為實測值扣除 IMF1、2、7，由圖中可以發現兩者趨勢一致。然而，兩者之差異主要在於調和分析是採用許多已知分潮進行模擬，EMD 則是直接對原始資料作能量析出，因此 EMD 較為直接且更有效濾出具固定週期之成分，缺點只在於邊界會產生震盪的問題，因此在分析時必須將資料往前後延伸以使結果更為準確。

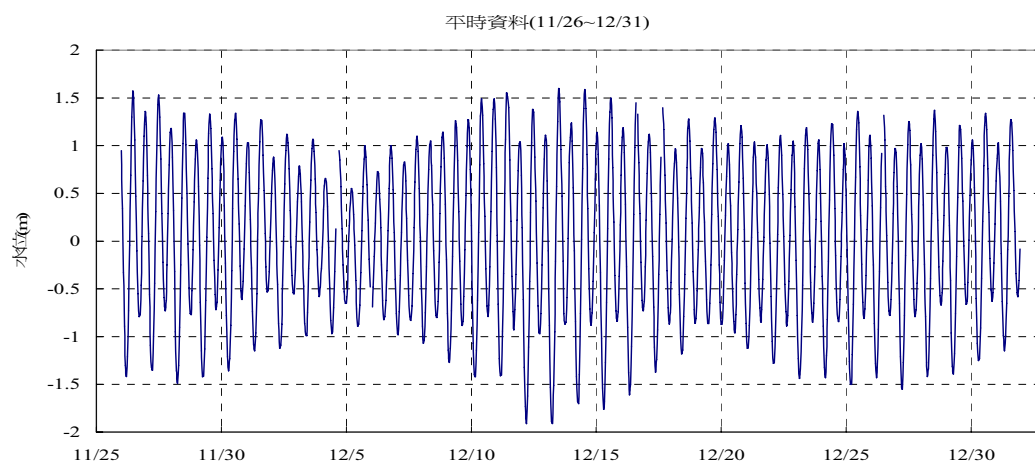


圖 3.6 2000/11/26~12/31 潮位資料

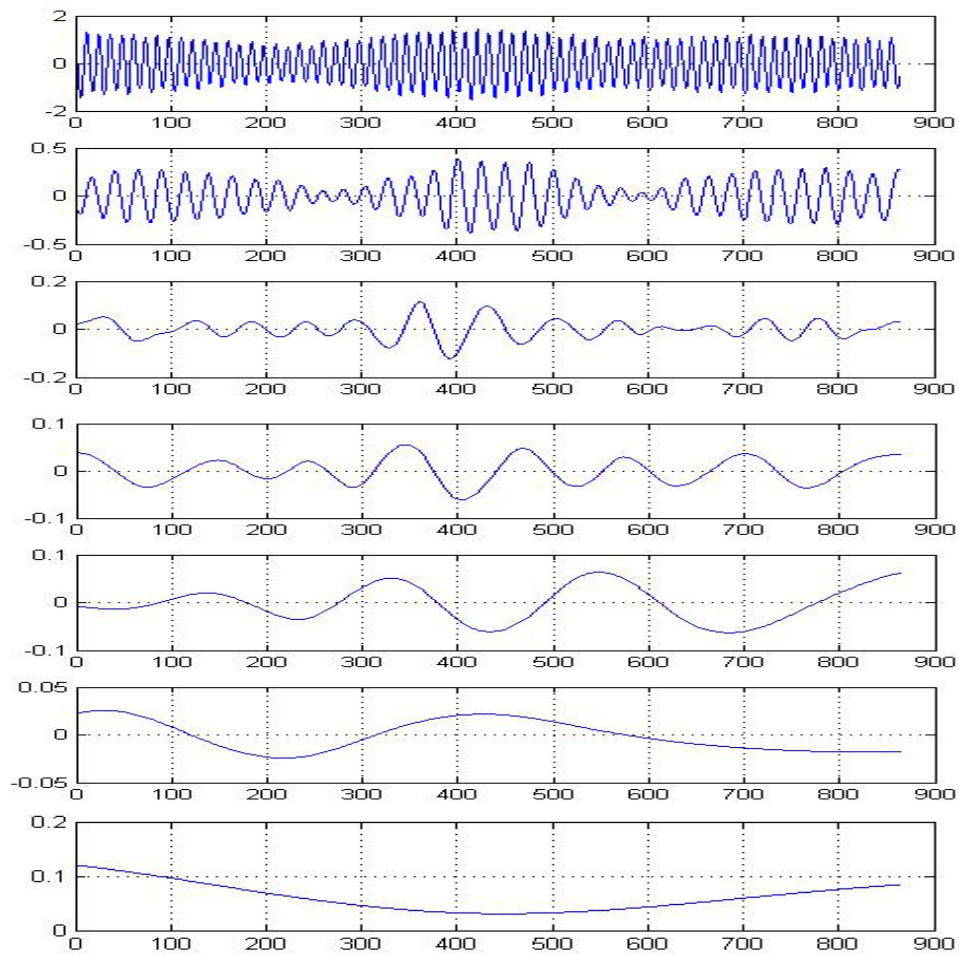


圖 3.7 2000/11/26~12/31 水位資料之 IMF

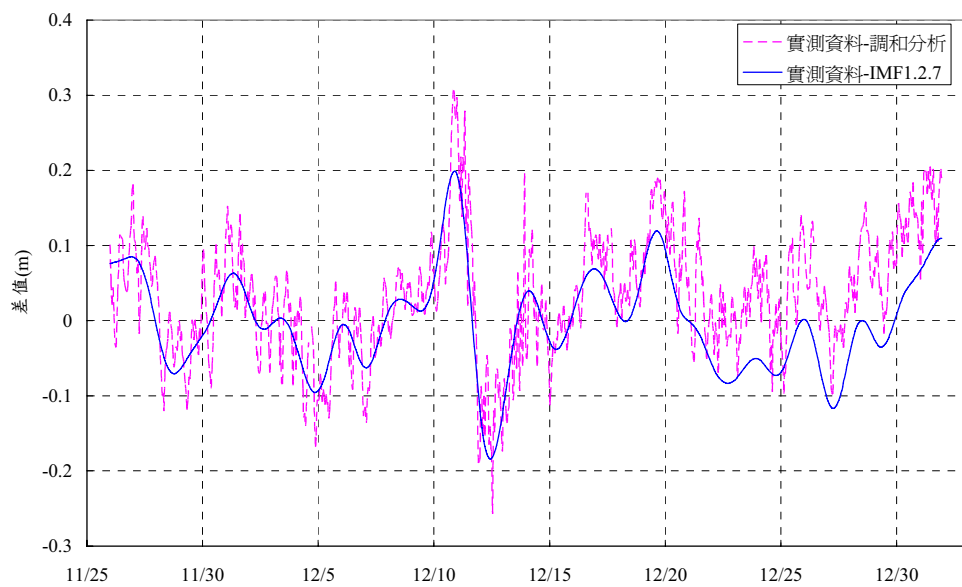


圖 3.8 調和分析與 EMD 之比較圖

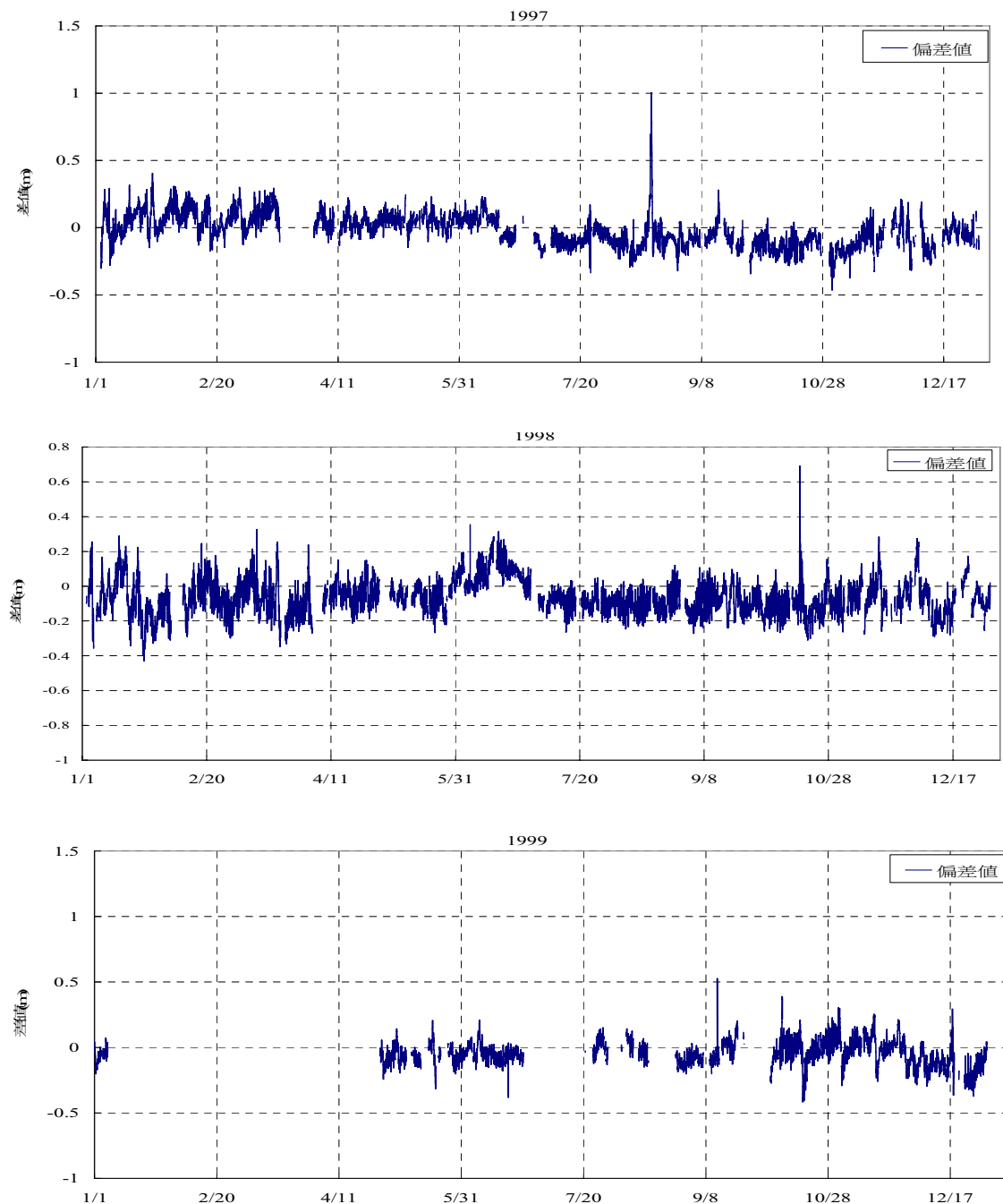
3.3 颱風期間潮位資料分析

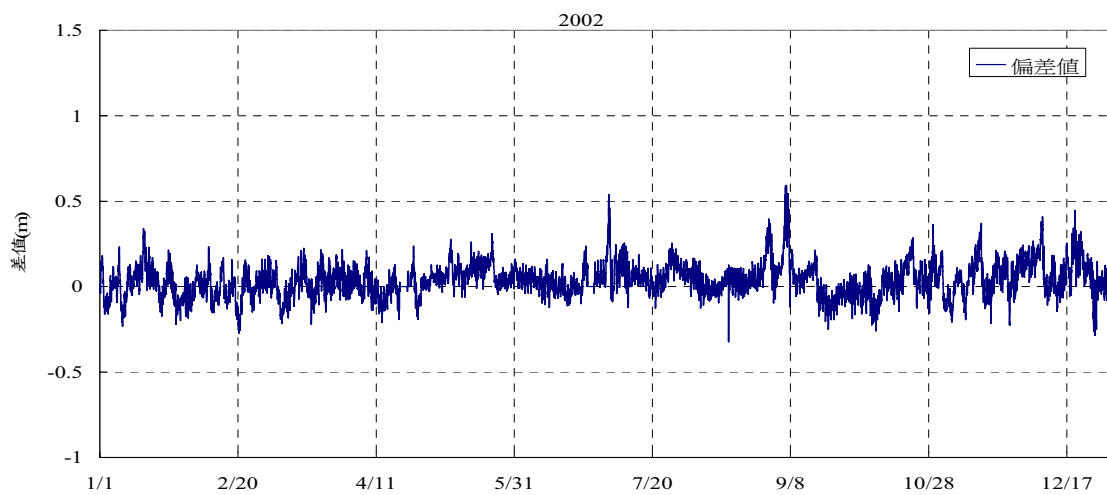
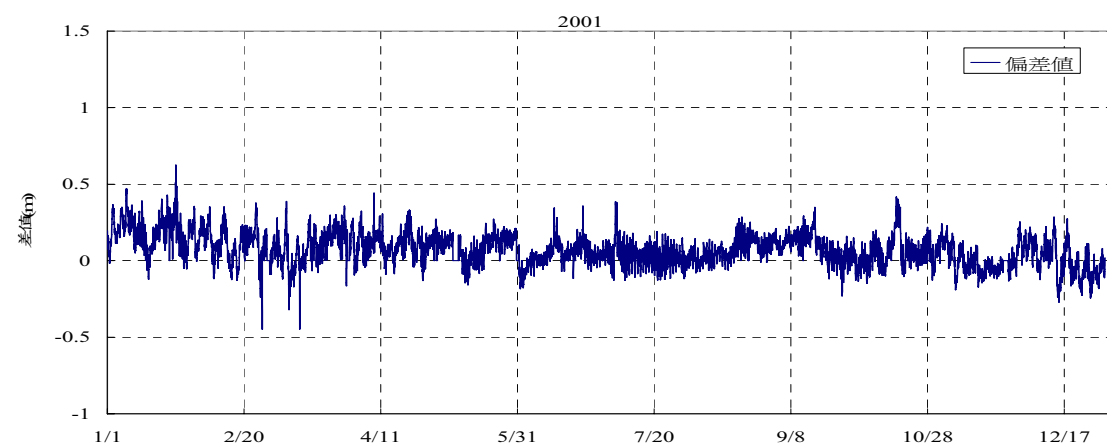
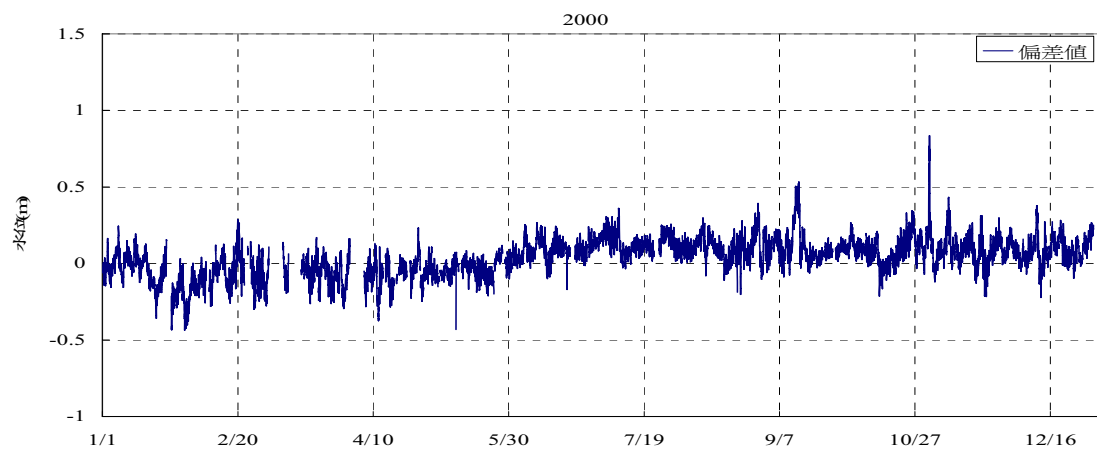
暴潮是一種由強烈大氣擾動及氣壓急遽變化所引起的異常水位變化現象。颱風期間，水位主要受到颱風本身低氣壓與風速的影響造成變化，其中由於颱風中心低氣壓與環境氣壓的差異而形成壓力梯度，此壓力梯度造成水位的變化；風力對海面造成拖曳力，此拖曳力帶動海面上的水位產生變化，由低氣壓系統造成的暴潮現象又稱颱風型暴潮(吳誌翰，2004)。颱風暴潮偏差的計算方式是以實際紀錄水位扣除天文潮水位獲得，其定義如下所示：

颱風暴潮偏差＝實際潮位－調和分析所得天文潮位

本章節將利用 EMD 分析潮位資料，並與傳統的調和分析結果進行比較。首先選定一特定颱風事件，如 2000 年之象神颱風、2001 年之納莉颱風，以颱風期侵台期間為中心，將時間往前後各延伸 10~15 天，使整筆資料維持在 31~36 天。理論上，於平時沒有特殊事件影響潮位變化之情況下，調和分析與實測值之差值必須非常小，亦或是在零線附近震盪。圖 3.9、4.10 分別為河口站與土地公鼻站 1997 至 2005 年整年實測資料扣除調和分析所得之結果，由圖 3.9 中可發現河口站之差值整年中間有向上抬升的趨勢，此趨勢亦可反應夏秋潮位高、春冬潮位低之特性，且整年差值在 ± 20 公分振盪；而土地公鼻之振盪範圍可達 ± 40 公分(如圖 3.10 所示)。由於調和分析之誤差計算方式是以整年取平均，就方法本身已屬精確，但使用於暴潮偏差的計算時，其本身僅幾十公分的數量級，20~40 公分的誤差值對其具相當大的影響。圖 3.11、3.12 分別為象神颱風、納莉颱風為主之 IMF 分量，將實測資料扣除半日潮、全日潮以及趨勢線後，與調和分析所計算出的暴潮偏差進行比較(圖 3.13、3.14 所示)。由於調和分析於 2000 年之結果較佳，因此可由圖 3.13 發現兩種方法之分析結果相符合，其中在產生極大值處，調和分析之結果均較 EMD 大，由前者之差值可看出其中還存在半日潮部分的能量，這是因為調和分析仍無法將半日潮之能量完全析出，加上

其能量最大，因此使分析結果較實際暴潮值大；反觀 EMD 之殘差曲線較為平滑，且於零值附近震盪，僅在颱風事件發生後產生極大值，雖然其值較小，但分析結果較為合理。圖 3.14 顯示，EMD 分析結果可以有效去除調和分析所產生之偏差值。





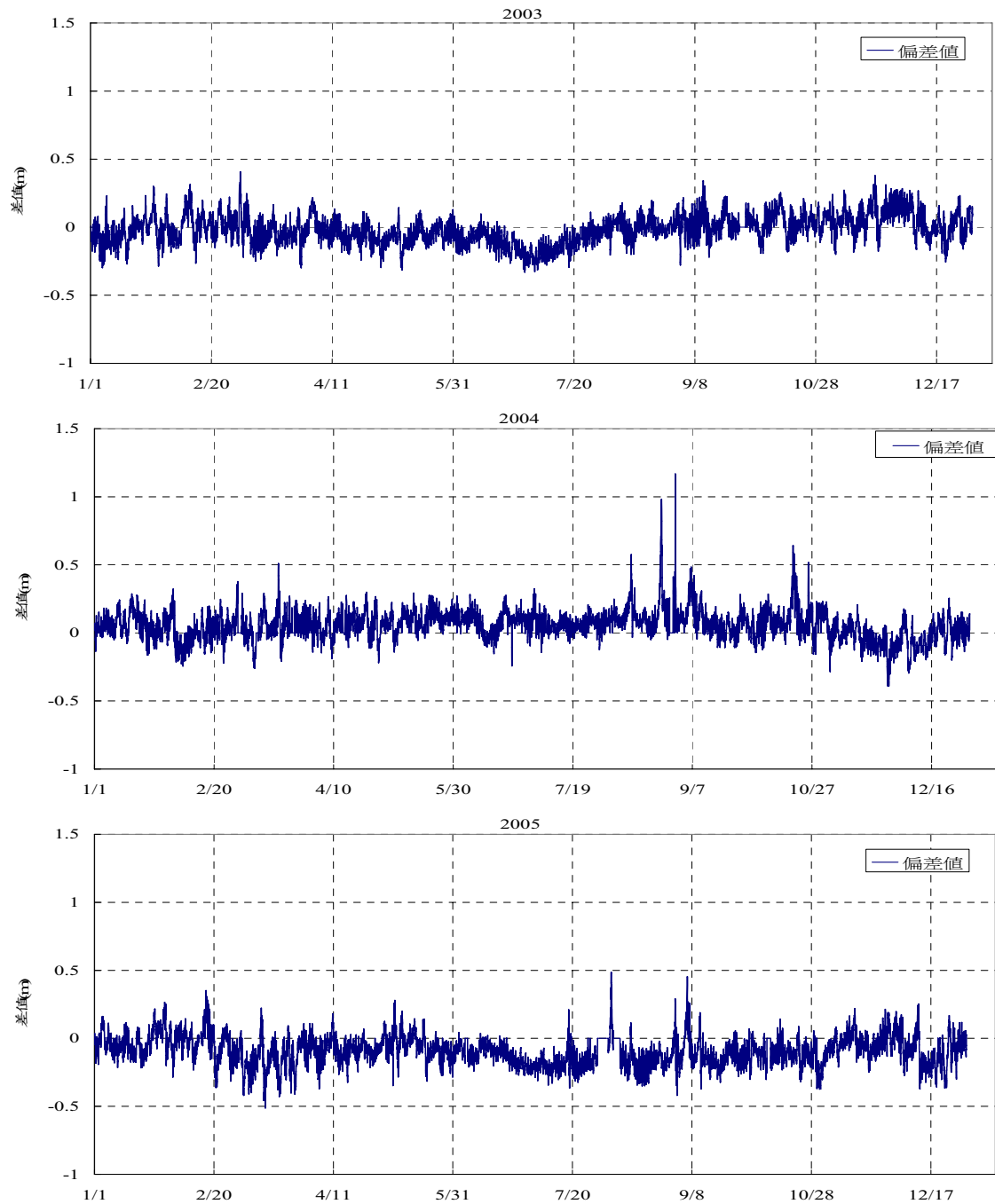
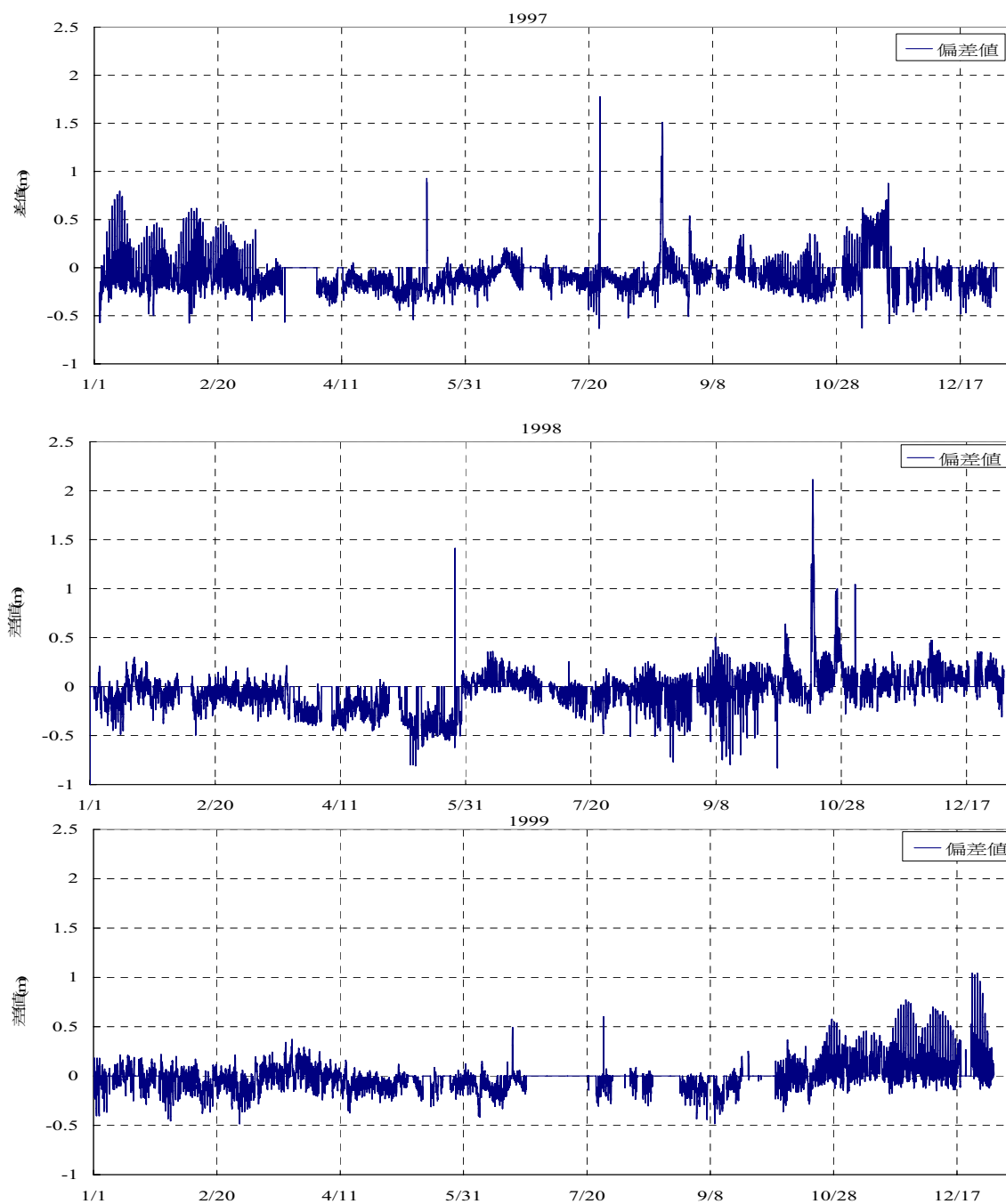
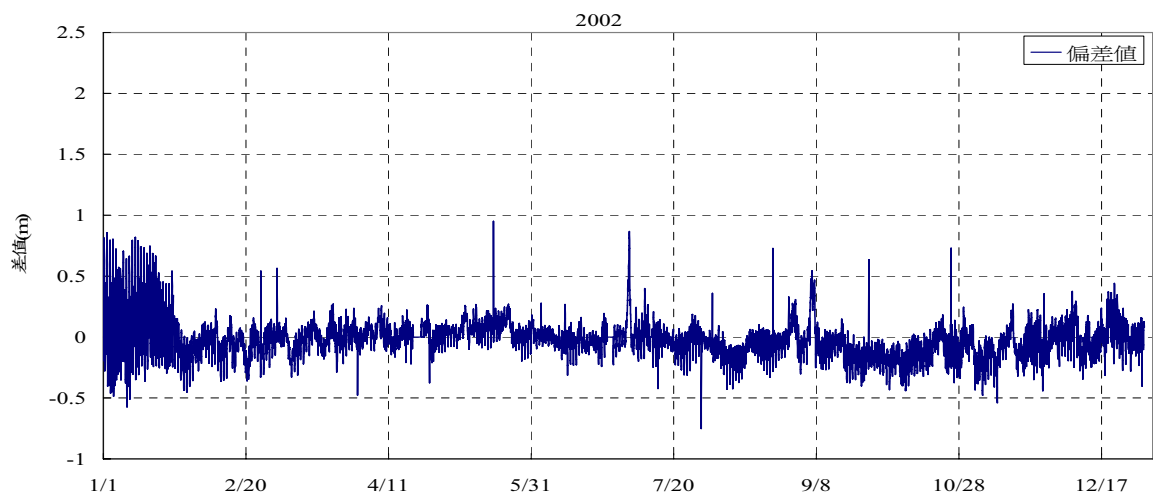
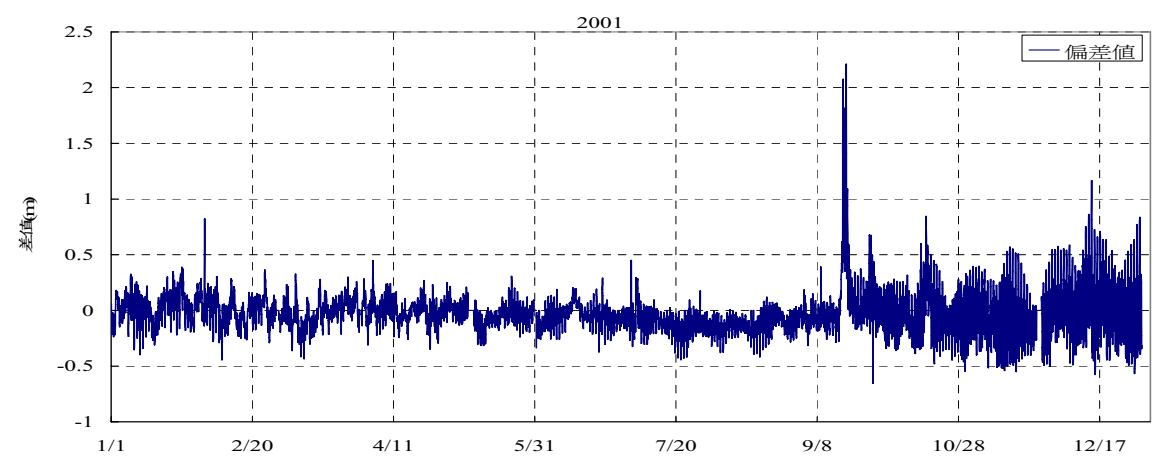
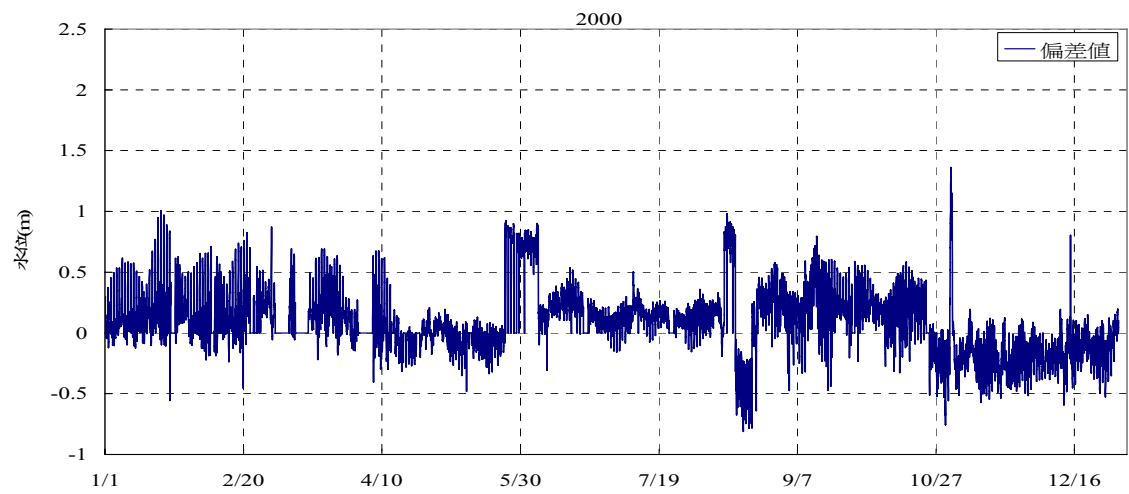


圖 3.9 1997~2005 年潮位實測值與調和分析之差值(河口站)





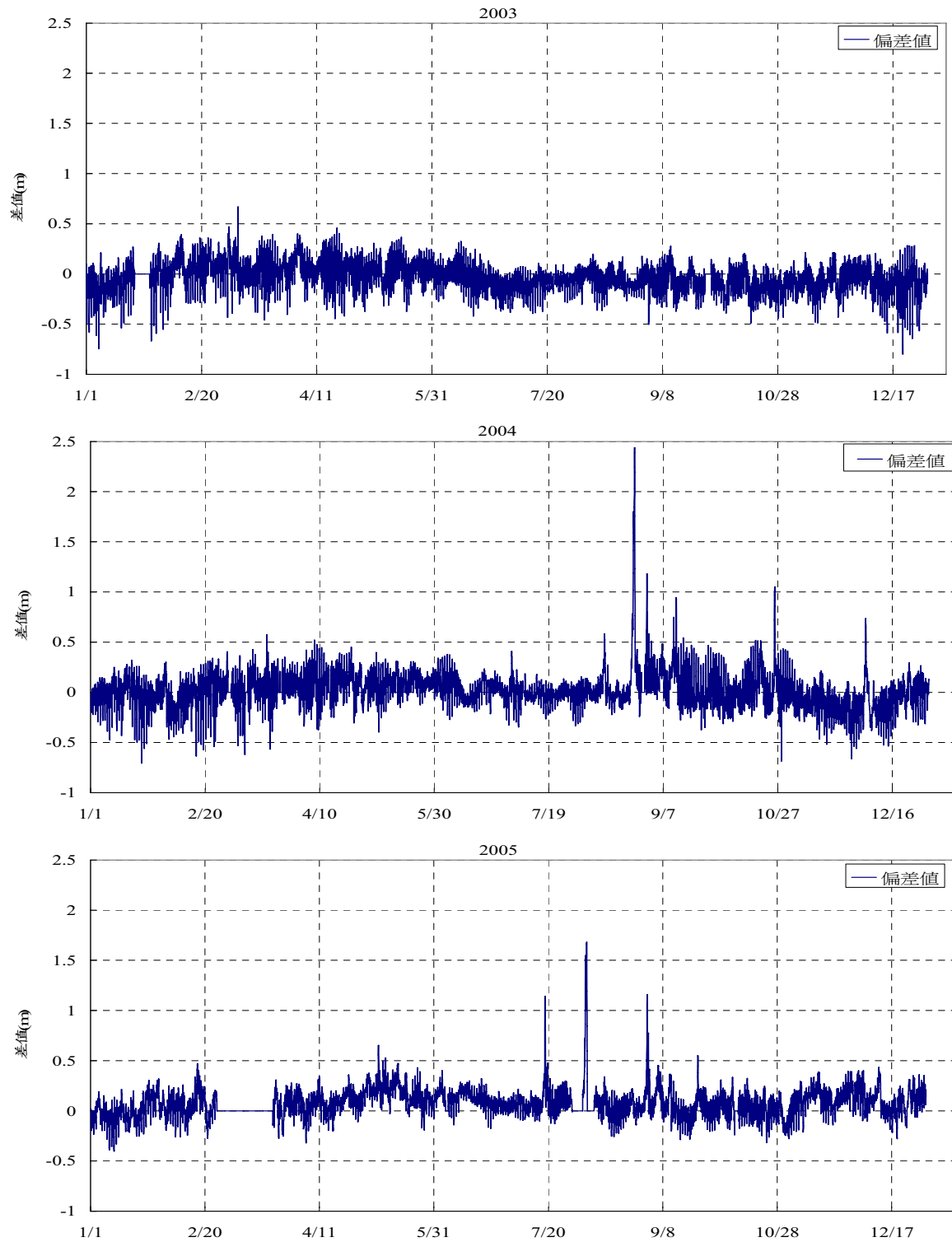


圖 3.10 1997~2005 年潮位實測值與調和分析之差值(土地公鼻站)

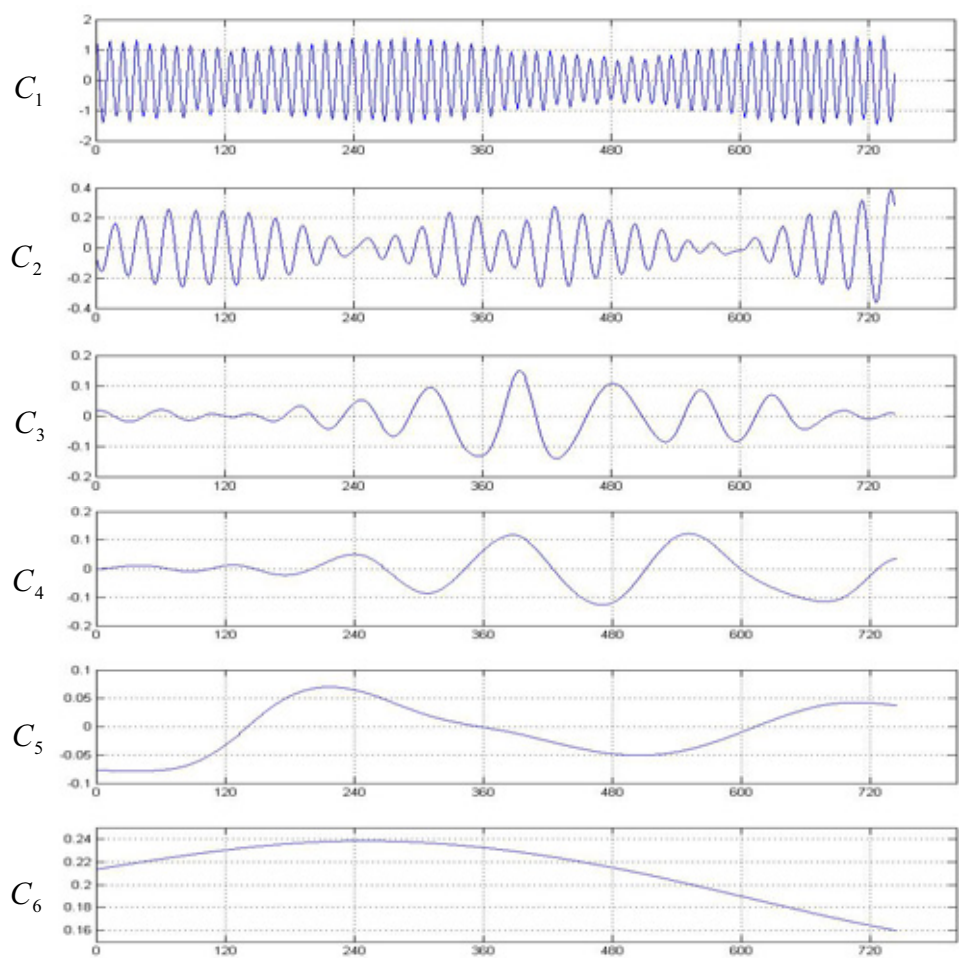
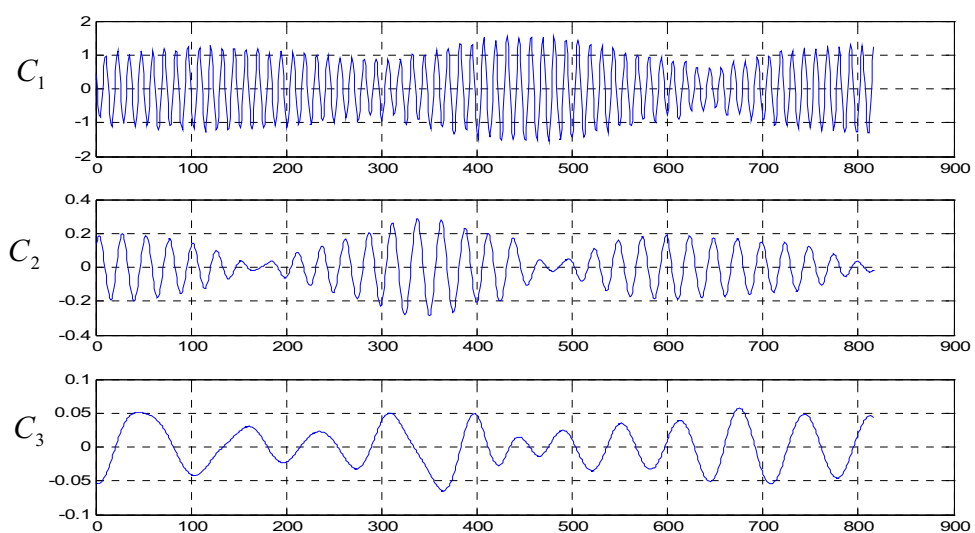


圖 3.11 象神颱風潮位資料之 IMF(單位：公尺)



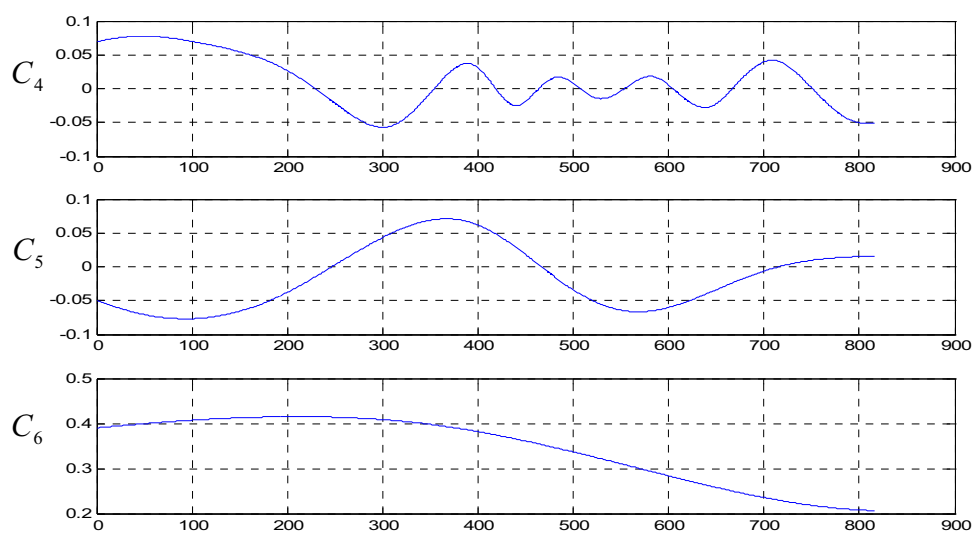


圖 3.12 納莉颱風潮位資料之 IMF(單位：公尺)

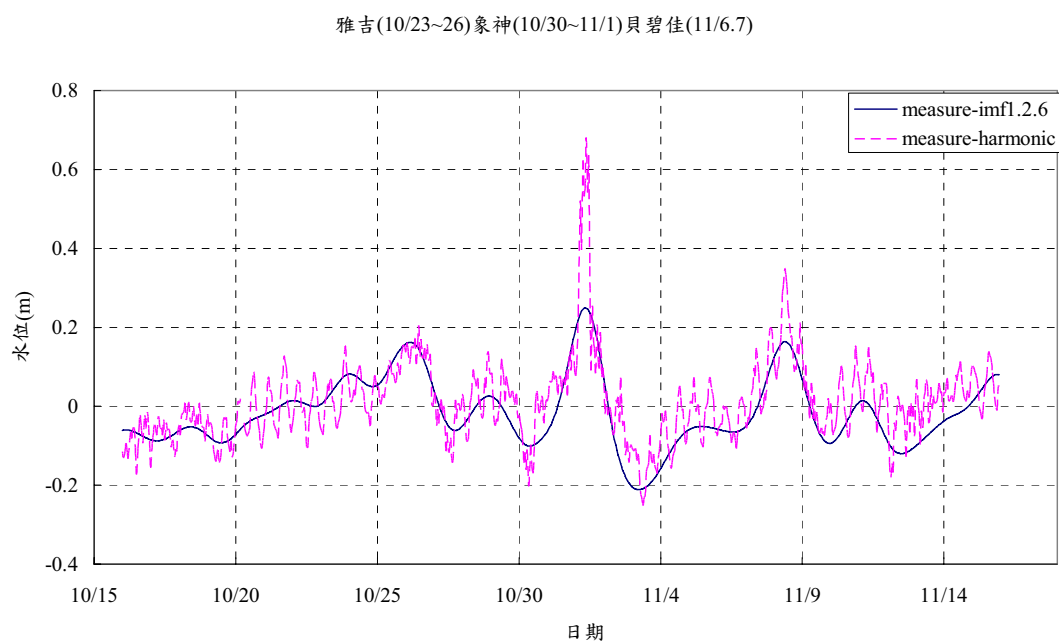


圖 3.13 2000 年颱風期間暴潮偏差

納莉(9/8~9/10,9/13~9/19)利奇馬(9/23~9/28)

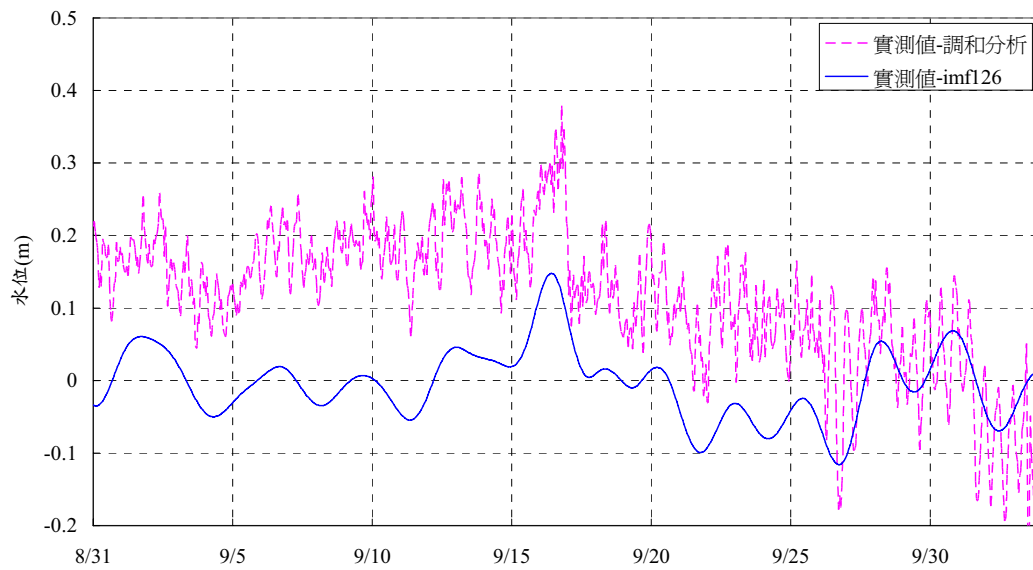


圖 3.14 2001 年颱風期間暴潮偏差

表 3.7 與表 3.8 為兩種分析方法計算 1997~2005 年期間侵台颱風，在河口站及土地公鼻站的暴潮偏差值。由表中可看出 EMD 之分析結果均較 HA 低。此外，由於土地公鼻站位於淡水河下游段，受河道之影響，颱風期間洪水使水位抬升，此暴潮分析方法無法扣除洪水波所造成的效應，因而造成土地公鼻之暴潮結果均較河口站大。由表 3.6 與表 3.7 可知侵台颱風以路徑為 1,3,6,9 者所造成之暴潮偏差較大。

表 3.7 1997~2002 年颱風期間暴潮偏差 (單位：公分)

侵台期間		颱風名稱	侵台路徑	河口站		土地公鼻站	
				HA	EMD	HA	EMD
1997	8/16~19	溫妮	1	116.8	57.7	160.1	87.6
	8/27~30	安珀	3	28.4	10.5	73.6	12.0
	8/29~30	卡絲	--				
1998	7/9~10	妮蔻兒	9	22.4	4.5	33.5	5.8
	8/3~5	奧托	3	29.0	3.5	41.5	2.6
	9/27~29	楊妮	6	22.7	7.0	46.8	8.7
	10/13~17	瑞伯	6	73.4	19.0	226.6	81.7
	10/25~27	芭比絲	9	17.2	17.5	115.5	39.6
1999	10/4~9	丹恩	7	43.1	15.2	55.3	31.9
2000	7/6~10	啟德	6	25.6	9.2	34.3	16.2
	8/21~23	碧利斯	3	17.8	2.0	29.3	30.5
	8/27~30	巴比倫	6	19.8	23.1	46.7	48.5
	9/8~10	寶發	特殊路徑	19.2	30.0	41.5	21.5
	10/23~26	雅吉	--	20.0	15.0	N/A	N/A
	10/30~11/1	象神	6	68.0	24.0	144.8	79.8
	11/6~7	貝碧佳	--	35.0	16.0	10.9	4.4
2001	5/11~13	西馬隆	8	13.9	2.9	9.4	3.4
	6/22~24	奇比	7	38.3	7.9	54.6	10.5
	7/3~5	尤特	5	48.3	21.3	60.3	33.9
	7/10~11	潭美	4	28.4	2.1	26.1	2.3
	7/23~24	玉兔	--	20.3	4.6	37.9	23.6
	7/28~31	桃芝	3	22.5	2.0	38.9	4.3
	9/8~10	納莉	特殊路徑	38.0	14.0	221.0	109.2
	9/13~19						
	9/23~28	利奇馬	4	16.0	7.0	86.9	19.8
	10/15~16	海燕	--	42.4	30.4	90.8	57.9
2002	7/2~4	雷馬遜	--	60.9	27.7	83.7	41.4
	7/9~10	娜克莉	9	29.8	5.0	44.0	0.4
	9/4~8	辛樂克	1	73.6	30.3	78.3	49.5

表 3.8 2003~2005 年颱風期間暴潮偏差 (單位：公分)

侵台期間		颱風名稱	侵台路徑	河口站		土地公鼻站	
				HA	EMD	HA	EMD
2003	4/21~24	柯吉拉	--	6.9	8.2	12.4	6.6
	6/1~3	南卡	--	12.7	0.4	20.4	2.8
	6/16~18	蘇迪勒	--	19.0	2.4	28.5	5.0
	8/2~4	莫拉克	4	33.1	3.4	28.8	2.7
	8/19~20	梵高	--	35.4	6.0	33.6	4.4
	8/22~23	柯羅旺	--	28.5	5.5	26.8	2.7
	8/31~9/2	杜鵑	5	38.9	7.4	37.2	10.6
	11/2~3	米勒	8	15.2	5.5	14.5	6.1
2004	6/7~9	康森	--	15.8	5.8	26.2	23.5
	6/28~7/3	敏督利	6	20.3	13.5	41.3	15.1
	7/14~15	康柏斯	5	3.7	5.1	8.1	4.9
	8/10~13	蘭寧	--	46.4	32.7	58.6	33.5
	8/23~26	艾利	1	83.3	73.3	224.5	104.8
	9/11~13	海馬	6	12.6	11.6	82.4	39.4
	9/26~27	米雷	--	14.1	11.1	32.6	22.1
	10/23~26	納坦	6	50.3	12.8	101.2	55.7
	12/3~4	南瑪都	9	18.0	18.4	84.7	48.1
2005	7/16~20	海棠	3	47.9	13.9	119.8	43.1
	8/11~13	珊瑚	--	36.2	11.8	38.6	12.5
	8/30~9/1	泰利	3	54.2	24.0	122.8	53.5
	9/9~11	卡努	--	43.0	6.4	44.6	15.8
	9/21~23	丹瑞	--	22.1	3.1	77.9	19.5
	9/30~10/3	龍王	3	26.8	15.9	34.6	8.9

N/A：颱風期間缺值過多以致無法分析

3.4 潮汐實驗

本實驗模型根據不等縮比潮流模型之參數(見表 3.9)進行實驗模型的配置。利用一個長、寬、高分別為 121.5，45.5，61 公分的水族箱(圖 3.15 右側)以壓克力板作隔間，首先將底部墊高 2 公分以方便日後實驗之觀測，並採用一長 100 公分，高 61 公分的長板區隔出長 100 公分、寬 6.25 公分的區域來模擬淡水河河道。在水族箱左半部(長 43.9 公分、寬 19.4 公分)代表海洋的部分，為模擬潮汐的作用，將其中一個馬達放置於底床，模擬潮流進出河口，以產生潮位變化。另一個馬達放置於圖 3.15 左側水箱，用以蒐集來自觀測水槽抽出之水量，並於下一個漲潮期間提供水量，產生週期性水位變化。漲、退潮之週期及水位之變化量分別由變頻器以及馬達連接管上的控制閥來調整，水位變化之週期可由變頻器之刻度來調整，個別控制漲、退潮的時間。除此之外，由於在實驗的過程中，兩馬達之間的連接管必須維持滿管，故在一端抽水後，兩邊之水位差會因連通管效應由原管回流，因此必須在兩個抽水馬達上方加裝逆止閥，防止水回流以確實控制水位變化量。

由於水的抽送是由馬達的底部水平排放，為了避免水流之水平分量在底部過大，因此於排放口堆置小碎石，在不阻塞排水的情況下消除水平向的流速，使水流僅產生垂向上之分量。並於河道上架設五支超音波水位計(Banner, S18U)，同時量測全河段之水位變化，其架設位置如圖 3.15 所示。由圖 3.16 定義河口(位置 1)底部為原點，垂直河道為 Z 軸(向上為正)，沿河道方向為 X 軸(向上游為正)。分別於 $X=0$ 、22.5、47、72.5、95 公分處擺設水位計，除此之外，亦針對 $X=47$ 公分(測站 3)、 $X=72.5$ 公分(測站 4)處架設電磁式流速計(Kenek, VM-801H VMT2-200-04P)，同步量測此位置流速及水位。

表 3.9 不等縮比潮流試驗模型之實驗參數

	$L(m)$	$B(m)$	$H(cm)$	$V(cm/s)$	$T(min)$
原型	8000	500	800	80	720
模型	1	0.0625	10	8.94	0.80 (48.3sec)

限於實驗配置，實驗開始將水位定為 9 公分，並控制漲、退潮週期均為 2 秒，在潮位變化過程中同時觀測河道水面，並由流速垂向上之量測探討水位變化與流速之關係，其範圍由距離底部 1 公分，向上遞增 0.3 公分，至水面下 0.2 公分為止，共 27 點。兩種儀器之取樣頻率均設定為 20 次/秒。

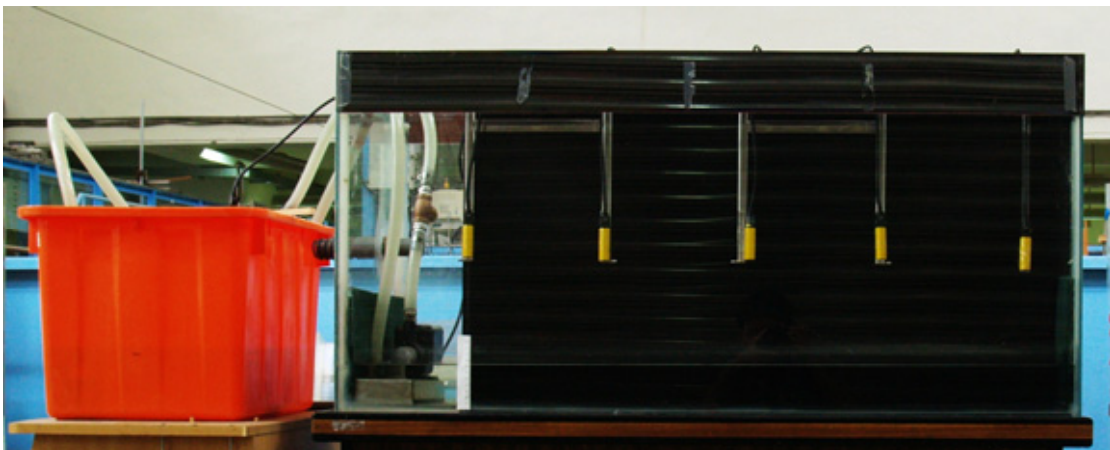


圖 3.15 超音波水位計配置圖

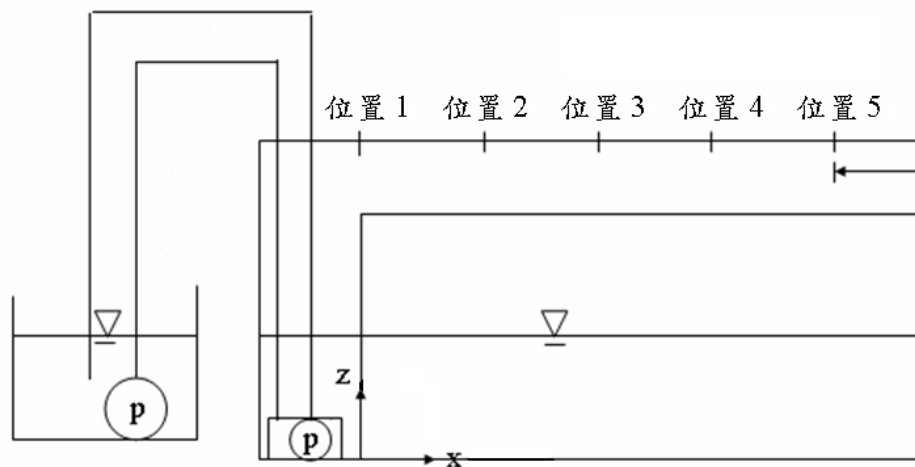


圖 3.16 潮位量測位置示意圖

3.5 實驗結果與討論

將河道中位置 1 到 5 所量測之水位資料採用 EMD 進行分解，在忽略其中能量較小之分量，實驗結果如圖 3.17~3.21 所示。圖中所示的兩種分量分別為主頻部分以及整個實驗過程中水位變化之趨勢線，其中，第一個主頻分量為變頻器所控制的水位變化，即每四秒產生一個週期；另一個分量為整個水槽之長期水位變化，由起始水位 9 公分增加至 9.6 公分，可得知兩水槽之淨流量為向右，這是由於馬達本身不穩定，因此造成淨流量不為零的情形；此情形可用以模擬颱風期間，上游洪水流至某觀測站，造成此處潮位抬升之情形。圖 3.22 為五個位置於同一時間之潮位變化量，由圖中可以發現潮位的變化量隨著 X 值的增加而增加，這是由於河道的上游為封閉端，故在波傳的作用下產生駐波的現象。理論上，實驗一開始相鄰兩位置潮位變化曲線之相位差即為波傳遞的時間，實驗分析結果為位置 1~2 之相位差為 1.14 秒；位置 2~3 之相位差為 0.20 秒；位置 3~4 之相位差 0.03 秒；位置 4~5 之相位差為 -0.01 秒，其中位置 1~2 相位差不合理，這是因為位置 1 為河口區域與河道連接之轉角處，在此會產生渦流，因而對波傳造成影響。

表 3.10 及 3.11 分別為位置 3 及 4 不同深度之流速與水位變化的相位差，其值介於 0.844~0.999 秒之間，與整個水位變化週期之比值為 0.21~0.25，由於整個週期為 2π ，因此可以得知在任何深度下水位與流速之相位差大約為 $\frac{\pi}{2}$ (即 90 度)。圖 3.23 為不同位置 ψ/T 隨高程之變化圖，由圖中可得知不同位置之水位變化為同步的，即整個河道只產生 1/4 波長的駐波，中間沒有節點存在。換言之，當漲潮時，河道上所有位置之水位均向上升高，此時流速剖面均向右；相對地，退潮時水位下降，流速剖面向左。圖 3.24~3.26 分別為水位變化趨勢上升、水平、下降段之水位-流速關係圖，其相位差分別為 0.988、0.971、0.994

秒，亦接近 90 度。圖 3.27 為現地(關渡站)量測之水位與流速關係圖，其相位差為 0.118 天， $\psi/T=0.228$ ，與實驗結果相符，因此流速與水位之相位差不會因為深度不同而改變，亦不受水位升降影響。

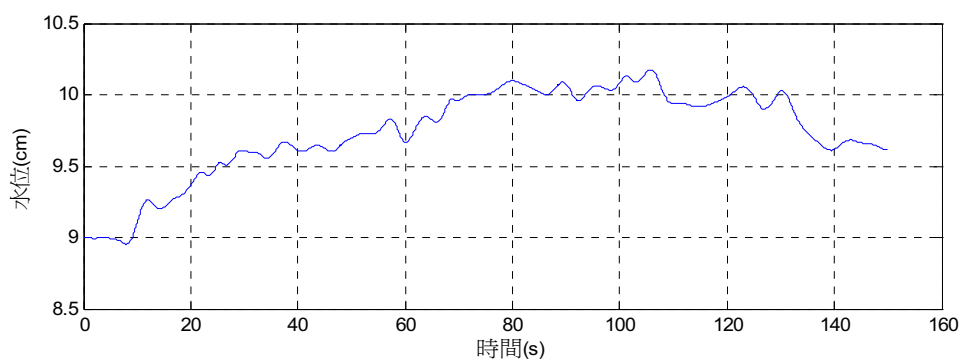
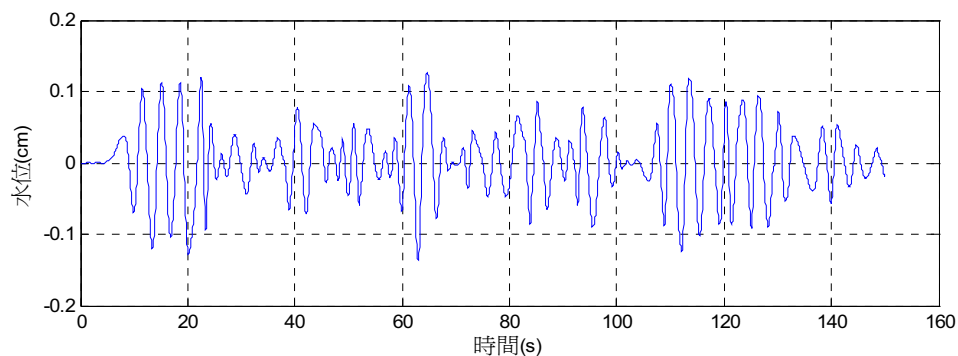


圖 3.17 位置 1 水位分解圖

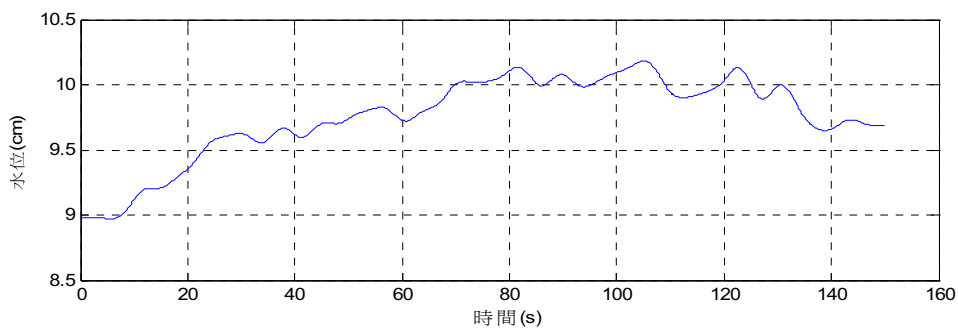
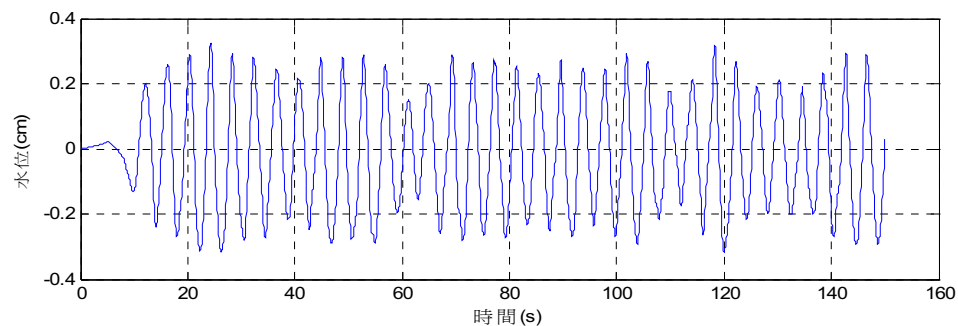


圖 3.18 位置 2 水位分解圖

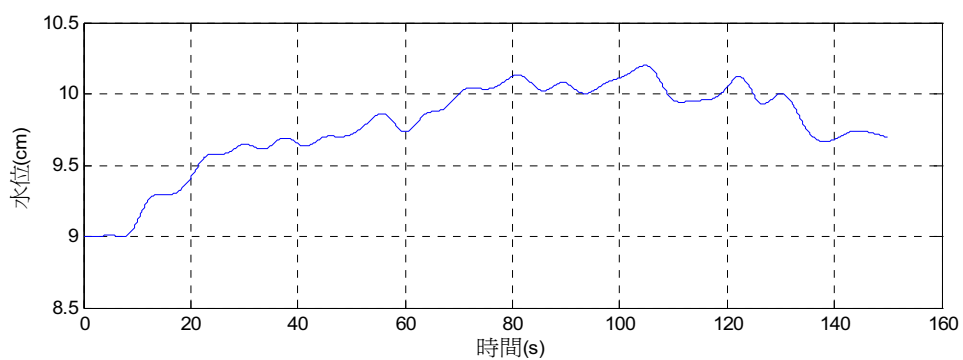
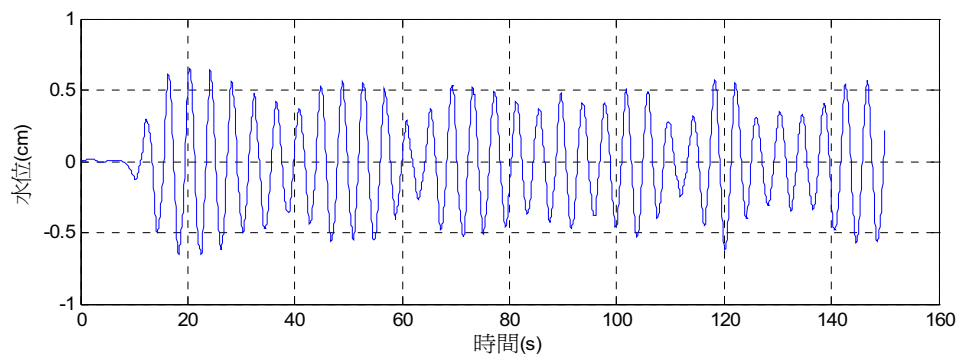


圖 3.19 位置 3 水位分解圖

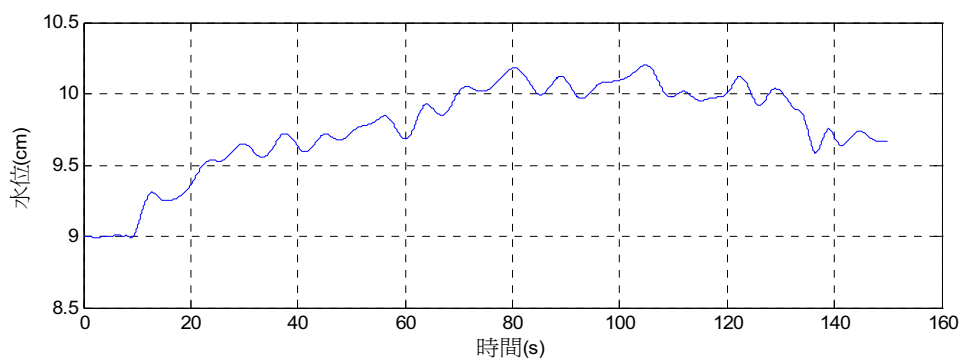
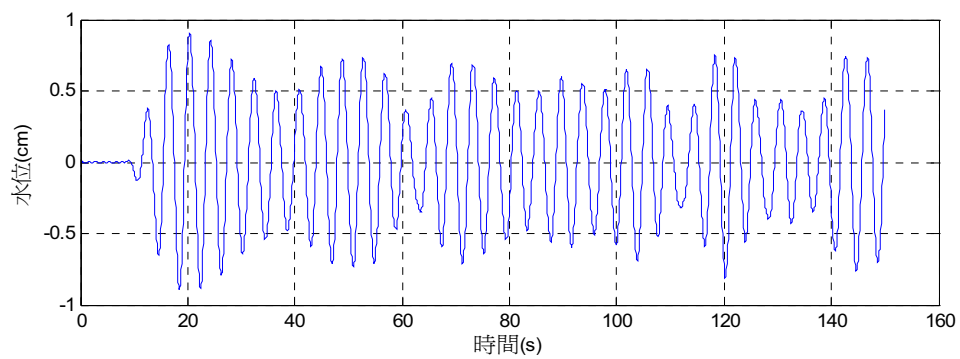


圖 3.20 位置 4 水位分解圖

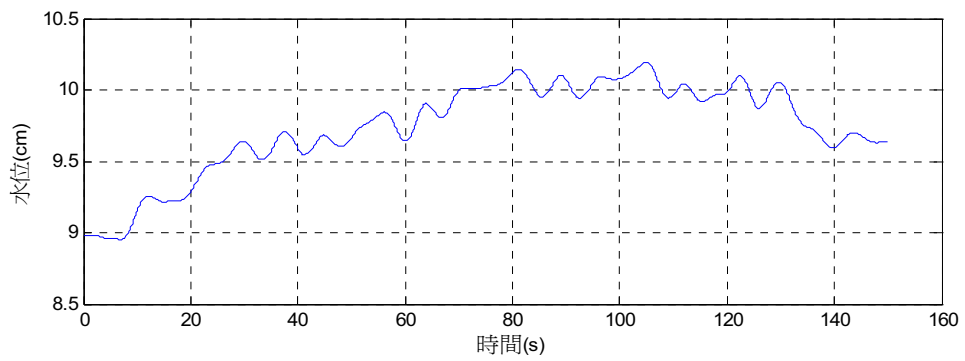
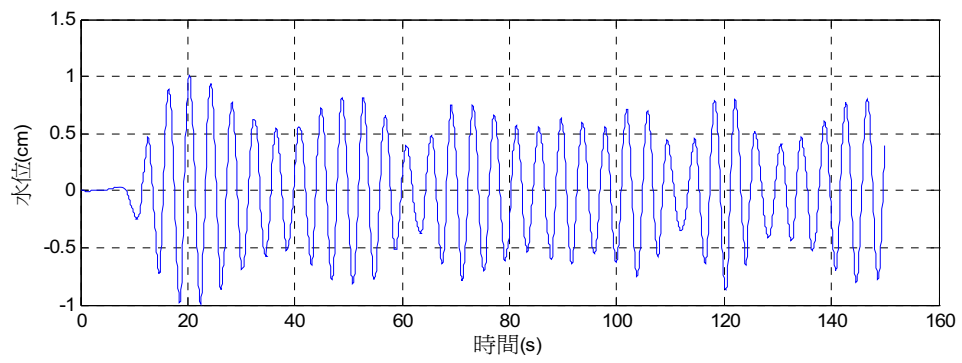


圖 3.21 位置 5 水位分解圖

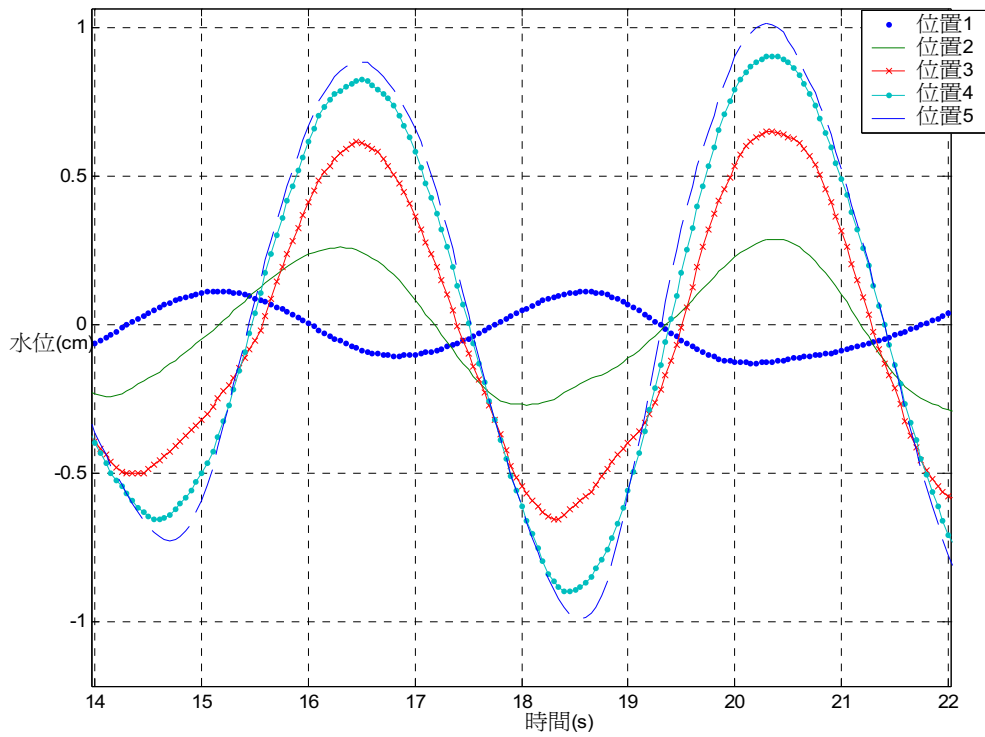


圖 3.22 不同位置之潮位變化圖

表 3.10 位置 3 距離底部不同位置流速與水位變化之相位差

距離底部(cm)	相位差 ψ (s)	ψ/T	距離底部(cm)	相位差 ψ (s)	ψ/T
1	0.993	0.25	4.9	0.972	0.24
1.3	0.994	0.25	5.2	0.998	0.25
1.6	0.974	0.24	5.5	0.975	0.24
1.9	0.961	0.24	5.8	0.989	0.25
2.2	0.998	0.25	6.1	0.971	0.24
2.5	0.976	0.24	6.4	0.977	0.24
2.8	0.999	0.25	6.7	0.968	0.24
3.1	0.971	0.24	7	0.943	0.24
3.4	0.934	0.23	7.3	0.986	0.25
3.7	0.938	0.23	7.6	0.887	0.22
4	0.955	0.24	7.9	0.992	0.25
4.3	0.971	0.24	8.2	0.974	0.24
4.6	0.988	0.25			

表 3.11 位置 4 距離底部不同位置流速與水位變化之相位差

距離底部(cm)	相位差 ψ (s)	ψ/T	距離底部(cm)	相位差 ψ (s)	ψ/T
1	0.954	0.24	4	0.910	0.23
1.3	0.908	0.23	4.3	0.908	0.23
1.6	0.986	0.25	4.6	0.931	0.23
1.9	0.965	0.24	4.9	0.908	0.23
2.2	0.984	0.25	5.2	0.956	0.24
2.5	0.981	0.25	5.5	0.937	0.23
2.8	0.967	0.24	5.8	0.936	0.23
3.1	0.975	0.24	6.1	0.960	0.24
3.4	0.844	0.21	6.4	0.969	0.24
3.7	0.919	0.23	6.7	0.939	0.23

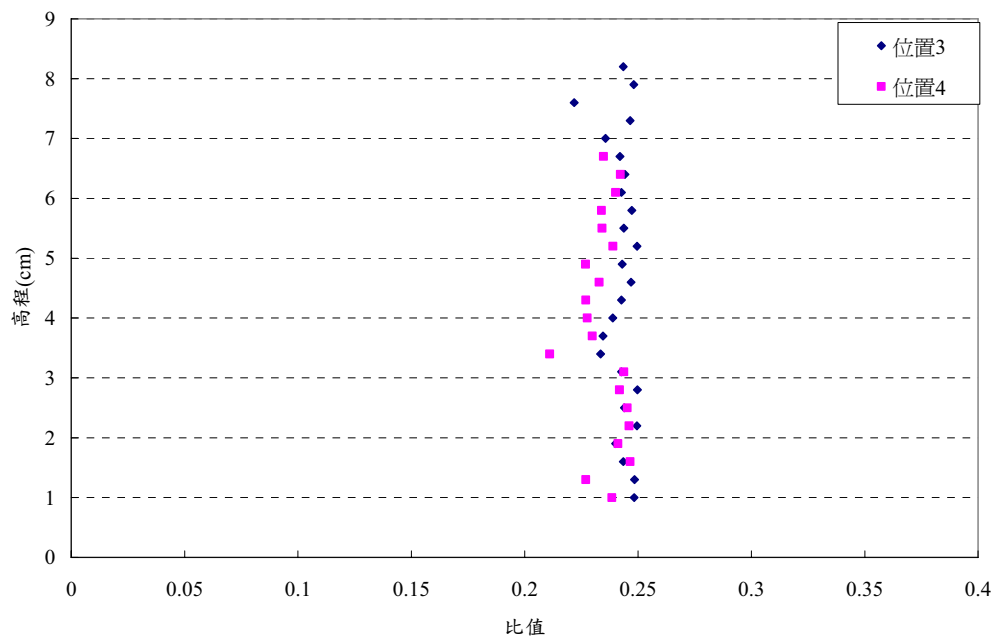


圖 3.23 ϕ/T 之高程變化圖

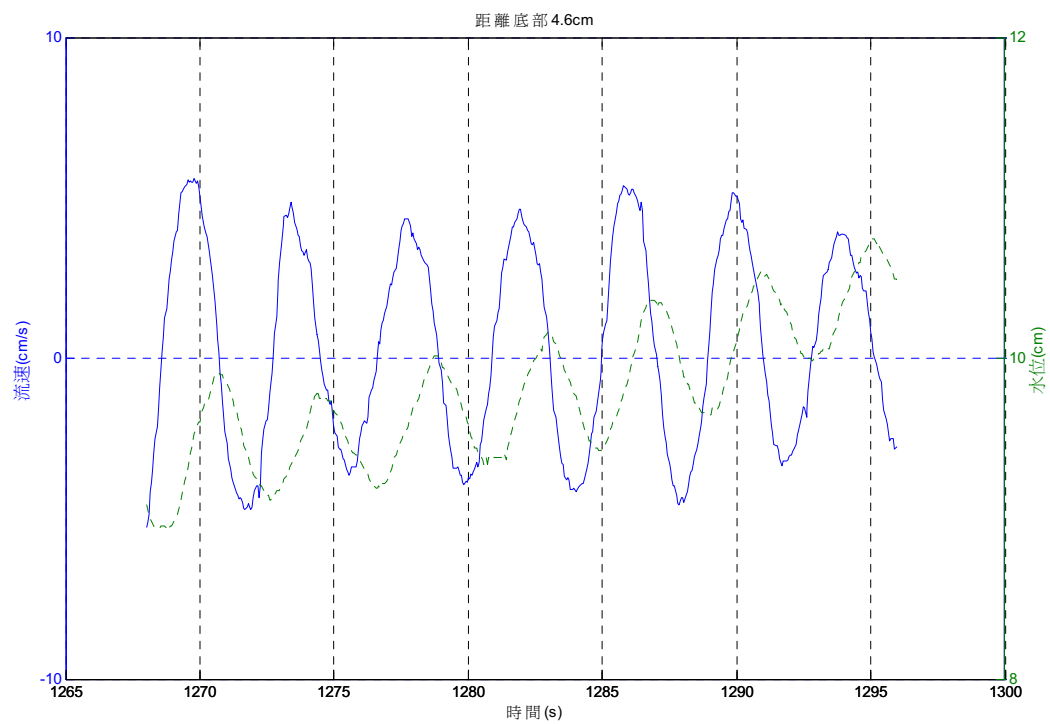


圖 3.24 水流趨勢上升段之水位-流速圖(實線：流速,虛線：水位)

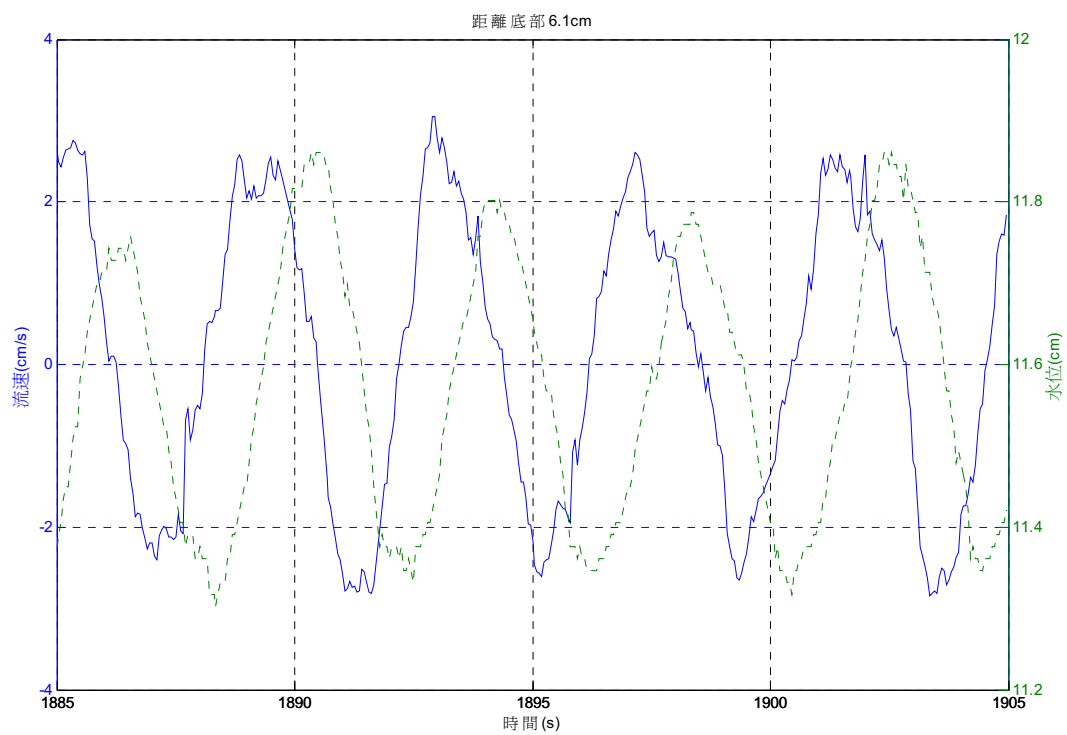


圖 3.25 水流趨勢水平段之水位-流速圖(實線：流速,虛線：水位)

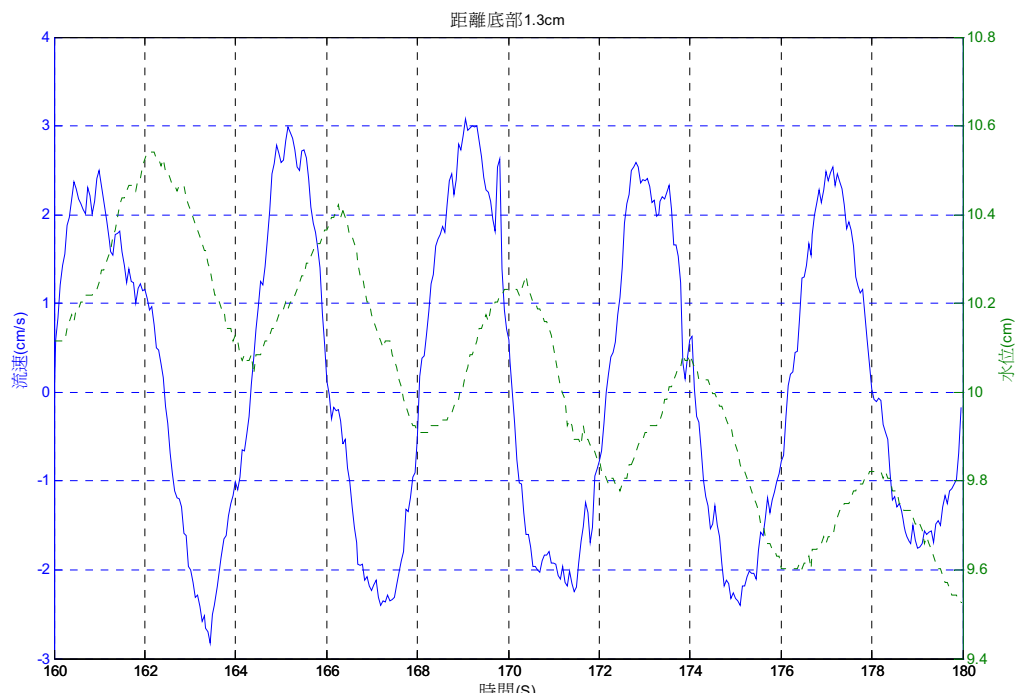


圖 3.26 水流趨勢下降段之水位-流速圖(實線：流速,虛線：水位)

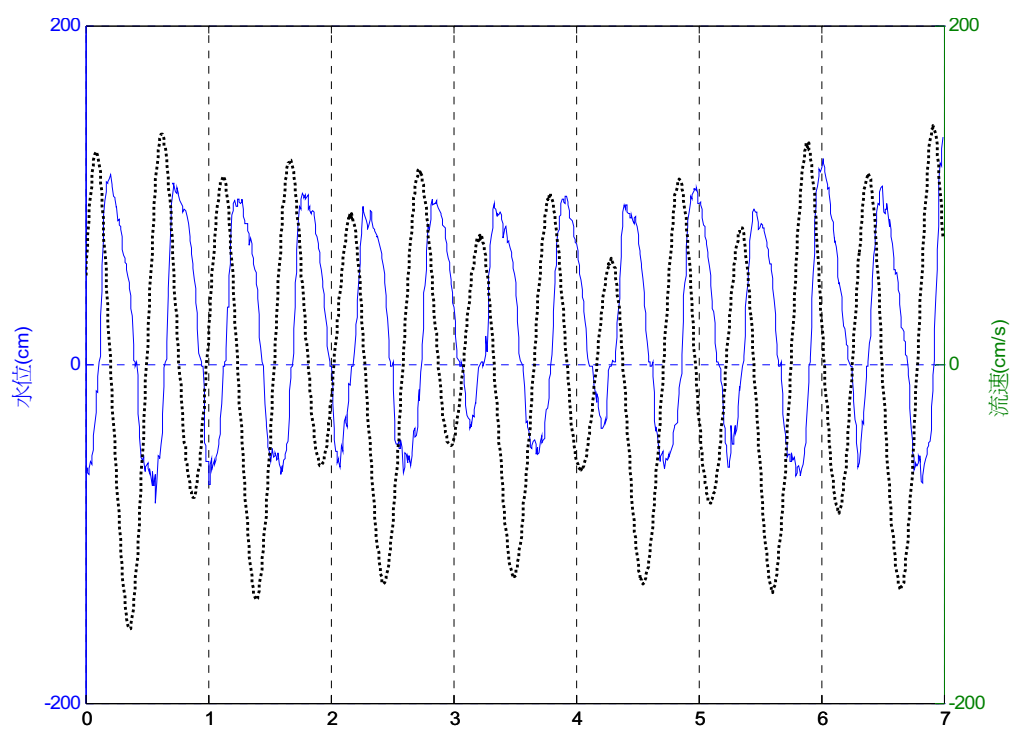


圖 3.27 關渡站水位-流速關係圖(實線：水位，虛線：流速)
(相位差=0.118 天， $\phi/T=0.228$)

第四章 淡水河口河床質分析

就一般河口而言，因位處河川下游，底床顆粒較上游細，90%之年輸砂量是在最大 5%之流量中以懸浮值流出，而一年中約 80%之時間幾乎是無懸浮輸砂量存在(Dyer, 1994)。如黃河整年輸砂量為 10^9 T/yr，其中約 30%的輸砂量是在為期 2~3 天的洪水中流入渤海灣。

臺灣因板塊擠壓運動，每年上升速率約為 5-7mm (Liew, P.M. et al., 1993)，而臺灣河流下切侵蝕率約為 3-6 mm/yr (Dadson et al., 2003)。關渡附近河寬約 250m，淡水河口則約 800m。淡水河流域之地質以砂岩、頁岩、硬頁岩、板岩為主。淡水河流域之輸砂量佔全國之 2.7-5.9%(張慶源，2003)。洪奕星(2000)指出淡水河之河口外輸砂源自河口內，其中大部份為淡水河本流所流出，少部份來自陽明山之火山岩。依河床沉積物岩心採樣，顯示淡水河之輸砂約 95%流出河口，約 5% 留於河口內(臺大林曉武教授，personal communication)。

4.1 底質採樣位置

本年度(96 年)本中心分別於 3 月 13 日及 8 月 6 日針對淡水河與基隆河進行底質採樣，其位置如圖 4.1 所示。第一次採樣(93/03/13)時基隆河的樣本僅針對下游之位置(KD-07)進行取樣；淡水河在中游選取兩個位置(KD-02、KD-03) 進行取樣，本流則主要是由關渡橋下游延伸到淡水河口外海。第二次採樣位置大致與 95 年相同(KD-00~ KD-13)，差別在於本次是由淡水河中游的 KD-02 向下游研延伸至 KD-13。底質採樣的方式先由船上 GPS 衛星定位，潛水夫下水至底床採取底床質裝入塑膠罐內，之後將所取得的土樣密封編號並帶回實驗室分析。首先，將帶回的底床質放置於鋼杯內且置於烘箱內烘 72 小時，待烘乾後將泥塊搗碎，由於某些底泥黏土成分很高，烘乾後產生很大的凝聚性，不易完全均勻地回復其原本的顆粒大小，因此採用滾筒將其搗碎。首先

將烘乾的凝結土塊放置於瓷甕，並於瓷甕中放置 15 顆瓷球，之後將瓷甕密封後置於滾軸上滾動 20~30 分鐘，利用瓷球之間的碰撞使凝結的土塊瓦解，之後再將擊碎的土壤粉粒進行篩分析。其中對於通過 200 號篩比例較高的土樣再進行比重計試驗。



圖 4.1 底質採樣分析測點衛星航照圖

4.2 底質採樣分析結果

本年度(96 年度)兩次底質採樣之分析結果如表 4.1 及表 4.2 所示。經由以上分析的結果(圖 4.2~4.13)可以發現，第一次採樣 KD-03、KD-07 兩點之粒徑分布情形均與前兩年有很大的差異(圖 4.3、4.7)，兩站之結果均較前兩年細。由於基隆河上游沒有建造水庫，因此基隆河的底質粒徑分布較淡水河粗，KD-07 在前兩年的分析結果亦反應出如此的情況，但在本次的分析中發現不同的結果，這可能是因為今年採樣期間前發生對淡水河造成重大影響的颱風次數較往年少，且採樣期

間逢枯水季，基隆河疏浚可能造成細微顆粒運移，使 KD-07 站之底床顆粒較細；第二次採樣之結果則又與前兩年之結果相近。本年度 KD-03 兩次採樣的分析結果也較前兩年細，然而由 95 年 11 月針對此位置週圍採樣(圖 4.14)結果(圖 4.15)發現，在河道橫向上的變化非常大，中值粒徑範圍從 0.014~0.158mm，而本年度兩次採樣之中值粒徑分別為 0.019mm、0.013mm，94 年度為 0.137mm，均在此範圍內，其中出現有較粗顆粒成份的部份可能受到附近排水溝排放污水沙源的影響，或因為漲潮作用使源自基隆河的粗顆粒沉積於此，使河道中央的中值粒徑較兩側大，然而，排放過程對水流的擾動亦可能改變橫斷面上中值粒徑的分布。本年度兩次採樣中值粒徑均較小的結果亦可能是淡水河與基隆河疏浚所致。至於其他測點之分析結果(圖 4.2、4.4~4.6、8~13)則與前兩年沒有太大的差異。大致而言，8 月採樣之粒徑較 3 月為粗，顯示水流之輸砂能力較強。由圖 4.16 看出 KD-8、9、10 所對應的位置是由淡水河指向外海，其中值粒徑有逐漸變大的趨勢，如同前兩年之結果接近河口的區域存在海相沉積的現象，而 KD-11、12、13 之中值粒徑均呈現較大的變化，這是因為這三個點的對應位置為淡水河口，河口本身存在複雜的水理特性，因此造成此範圍之底質粒徑有很大的變異性。

表 4.1 96 年 3 月 13 日採樣底質粒徑分析表

測點編號	位置		D50(mm)	σ	Cu	Cc	過#200 比例 (%)	4 μ m 比例 (%)
	N	E						
KD-02	25° 5.763'	121° 29.475'	0.022	N/A	N/A	N/A	93.73	27.44
KD-03	25° 6.196'	121° 28.374'	0.019	N/A	N/A	N/A	96.85	28.62
KD-07	25° 6.637'	121° 28.501'	0.008	N/A	N/A	N/A	84.19	39.64
KD-08	25° 7.538'	121° 27.425'	0.009	N/A	N/A	N/A	97.13	35.02
KD-09	25° 8.585'	121° 27.282'	0.122	3.38	26.80	7.72	29.66	9.14
KD-10	25° 9.578'	121° 26.854'	0.257	1.47	1.81	0.99	1.01	N/A
KD-11	25° 10.031'	121° 26.133'	0.227	5.84	67.54	5.07	27.47	9.46
KD-12	25° 10.329'	121° 25.337'	0.213	3.32	22.64	3.87	21.65	6.29
KD-13	25° 10.767'	121° 24.192'	0.255	2.49	12.66	2.69	15.55	3.94

N/A: 底床質重量不足以進行量測

表 4.2 96 年 8 月 6 日採樣底質粒徑分析表

測點編號	位置		D50(mm)	σ	Cu	Cc	過#200 比例 (%)	4 μ m 比例 (%)
	N	E						
KD-02	25° 5.763'	121° 29.475'	0.020	9.73	N/A	N/A	83.27	26.14
KD-03	25° 6.196'	121° 28.374'	0.013	N/A	N/A	N/A	71.51	29.51
KD-04	25° 6.553'	121° 27.561'	0.011	N/A	N/A	N/A	92.03	31.59
KD-05	25° 6.273'	121° 29.816'	0.178	N/A	N/A	N/A	18.03	N/A
KD-06	25° 6.838'	121° 29.585'	0.158	2.81	18.89	6.30	20.73	7.55
KD-07	25° 6.637'	121° 28.501'	0.157	3.35	25.75	7.34	23.37	8.43
KD-08	25° 7.538'	121° 27.425'	0.064	11.91	N/A	N/A	59.67	21.15
KD-09	25° 8.585'	121° 27.282'	0.137	2.26	15.23	5.94	20.22	6.55
KD-10	25° 9.578'	121° 26.854'	0.282	1.52	2.08	1.09	1.39	N/A
KD-11	25° 10.031'	121° 26.133'	0.124	3.04	13.98	4.81	25.47	6.98
KD-12	25° 10.329'	121° 25.337'	0.509	1.47	1.98	1.06	1.73	N/A
KD-13	25° 10.767'	121° 24.192'	0.156	1.94	2.45	0.75	2.93	N/A

N/A: 底床質重量不足以進行量測

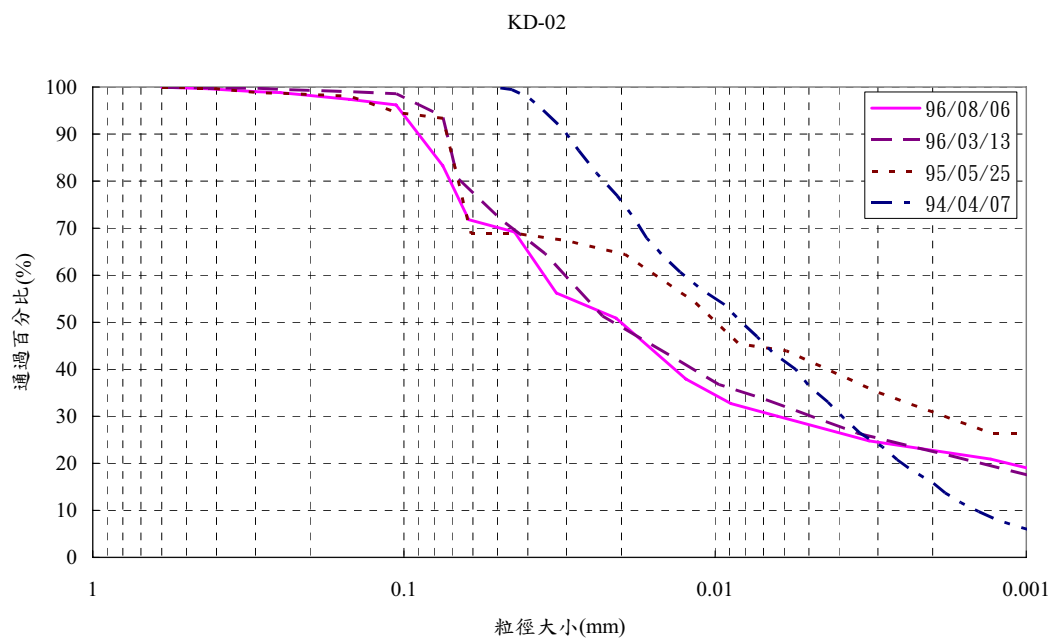


圖 4.2 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-02)

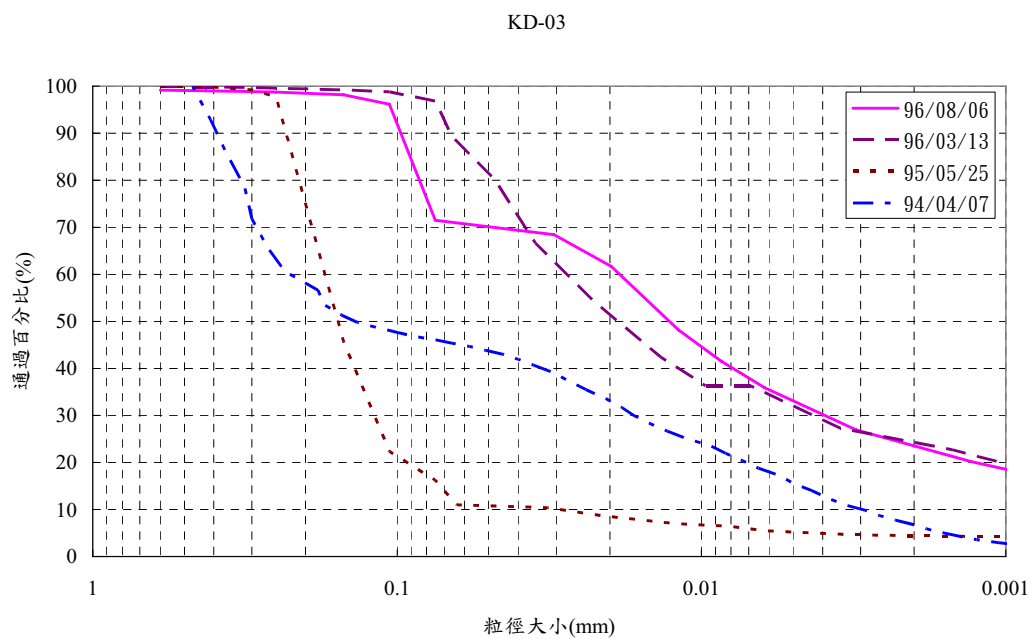


圖 4.3 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-03)

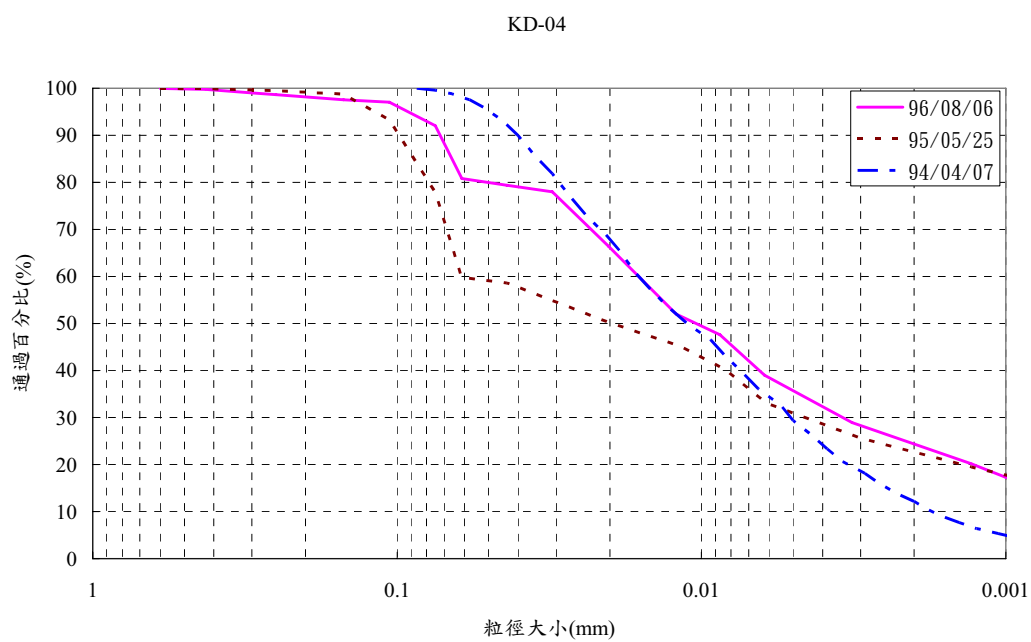


圖 4.4 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-04)

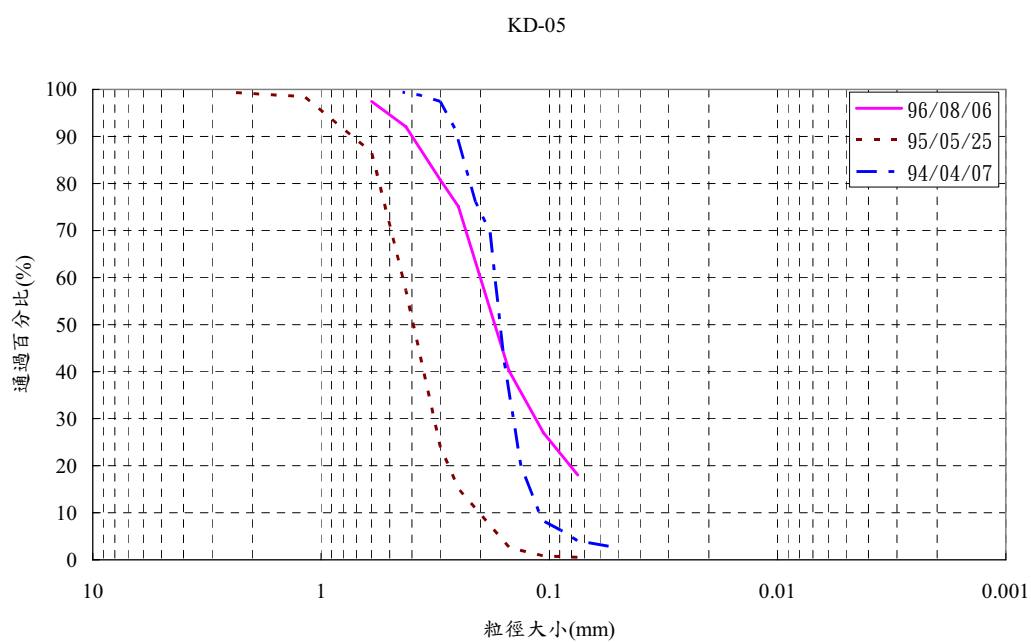


圖 4.5 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-05)

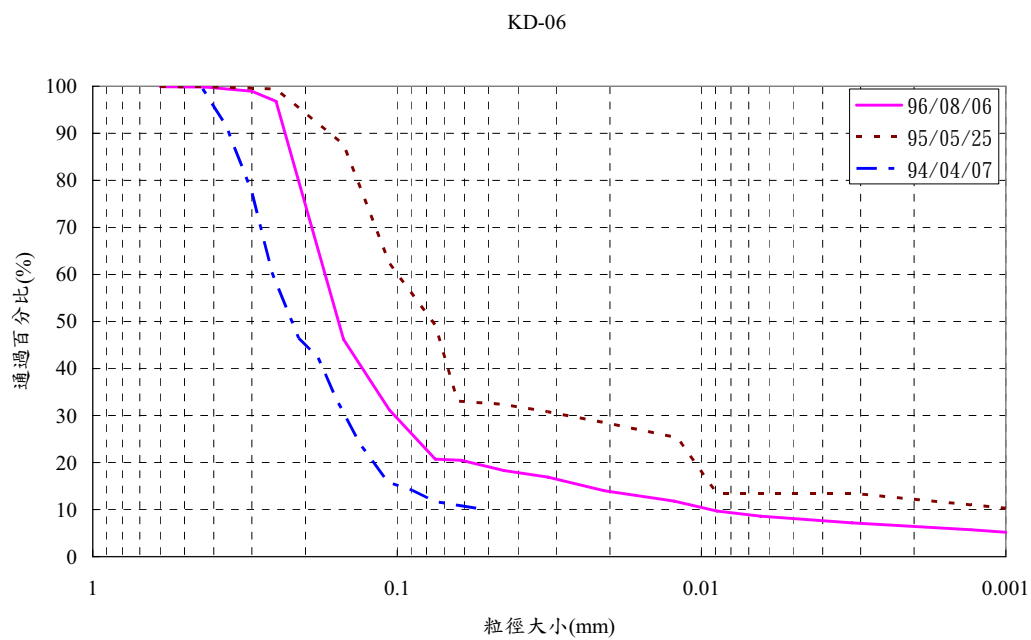


圖 4.6 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-06)

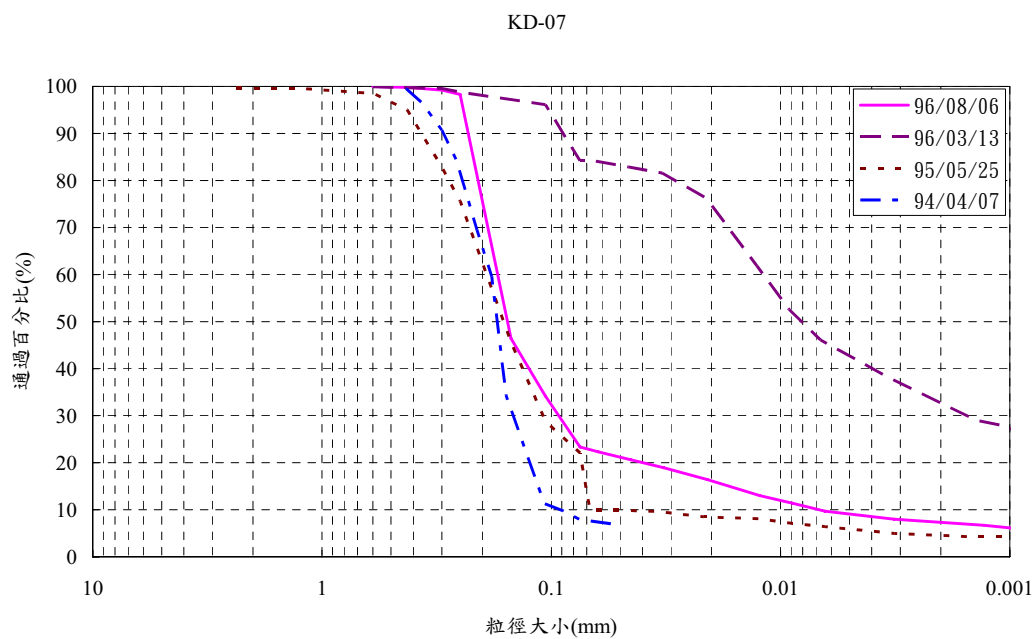


圖 4.7 基隆河底質粒徑分析(編號 KD-07)

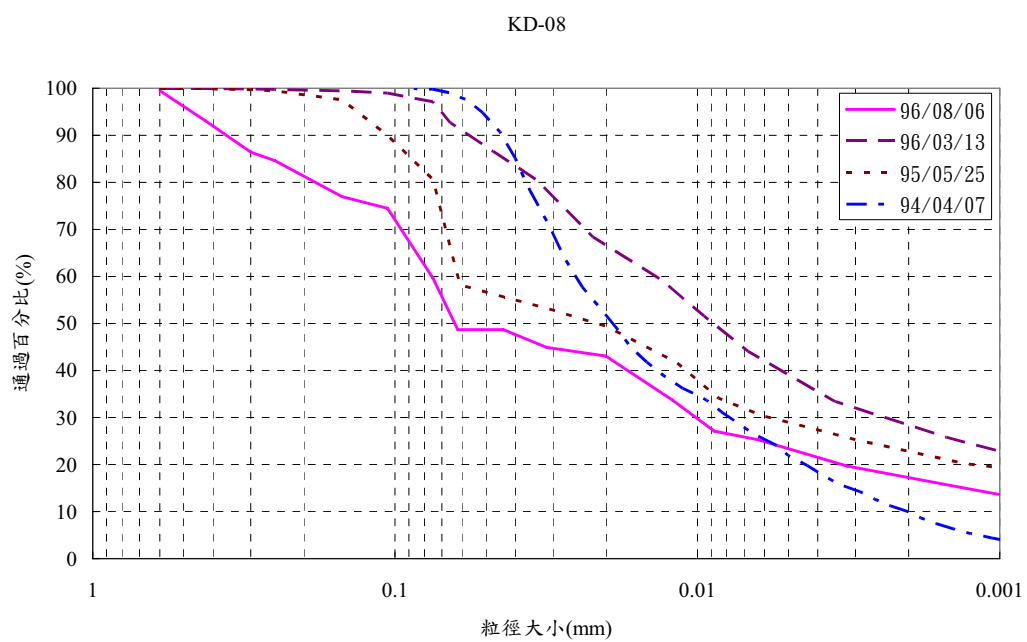


圖 4.8 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-08)

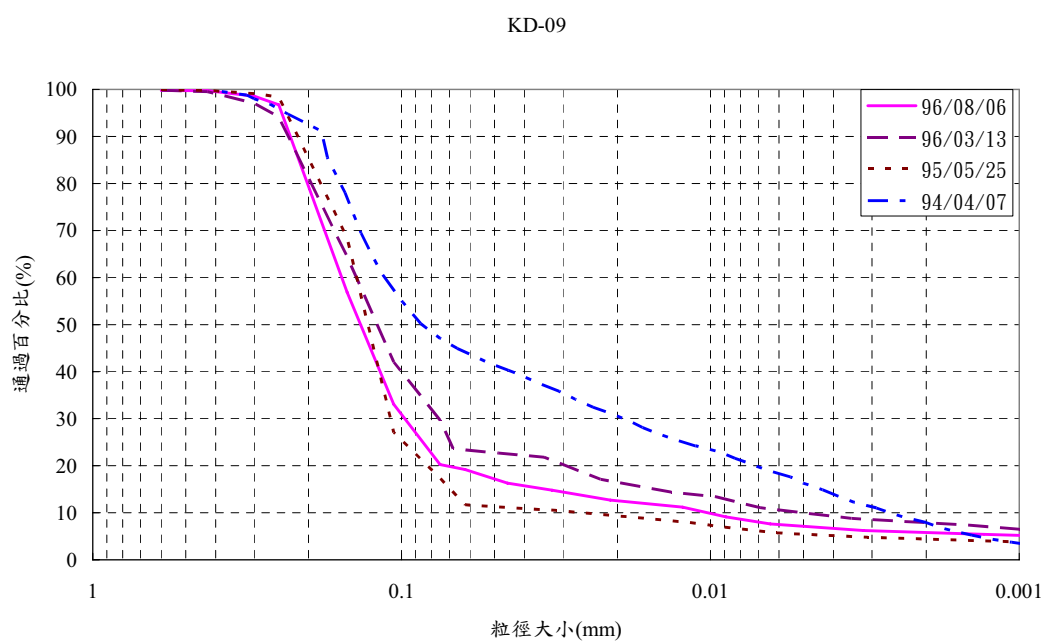


圖 4.9 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-09)

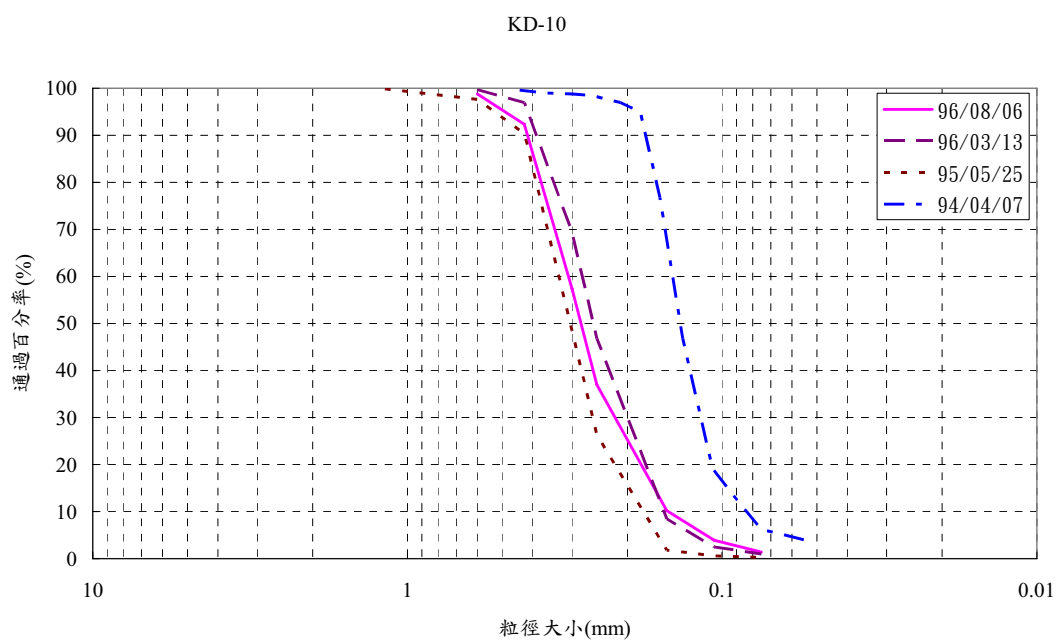


圖 4.10 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-10)

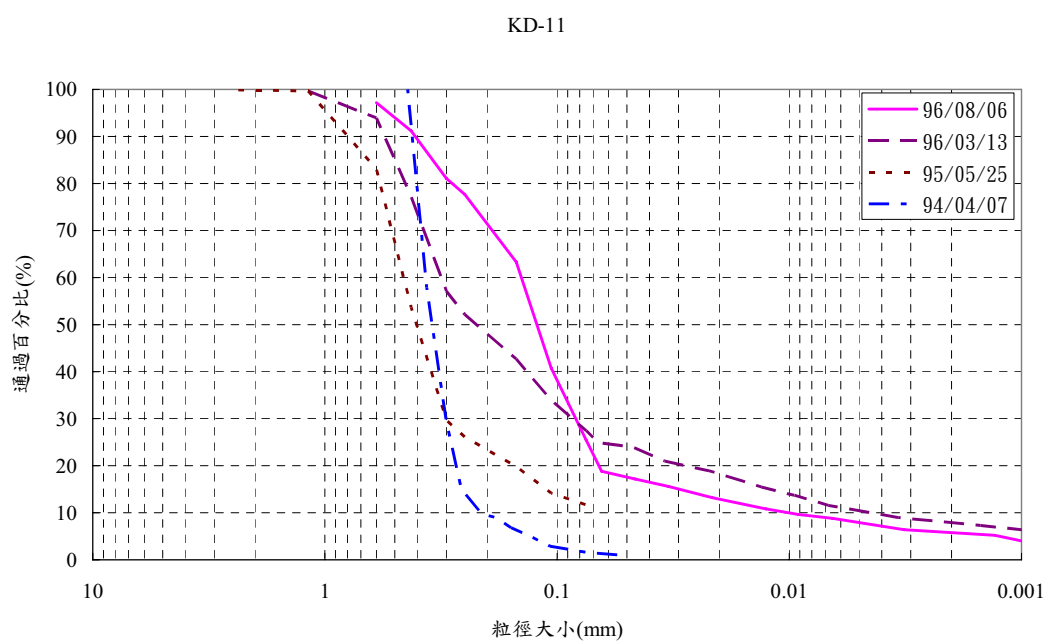


圖 4.11 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-11)

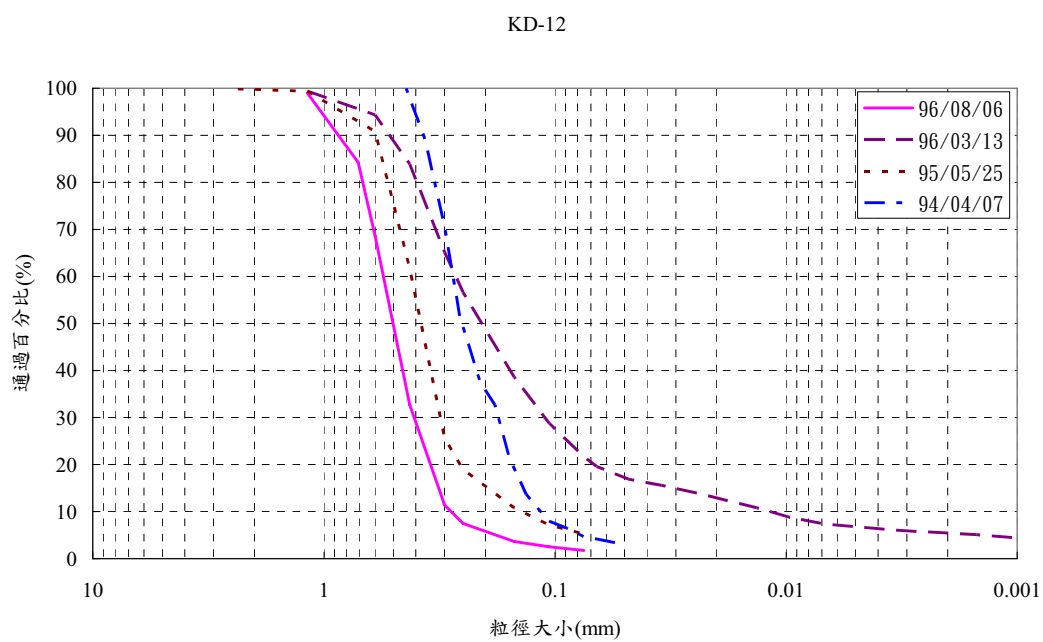


圖 4.12 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-12)

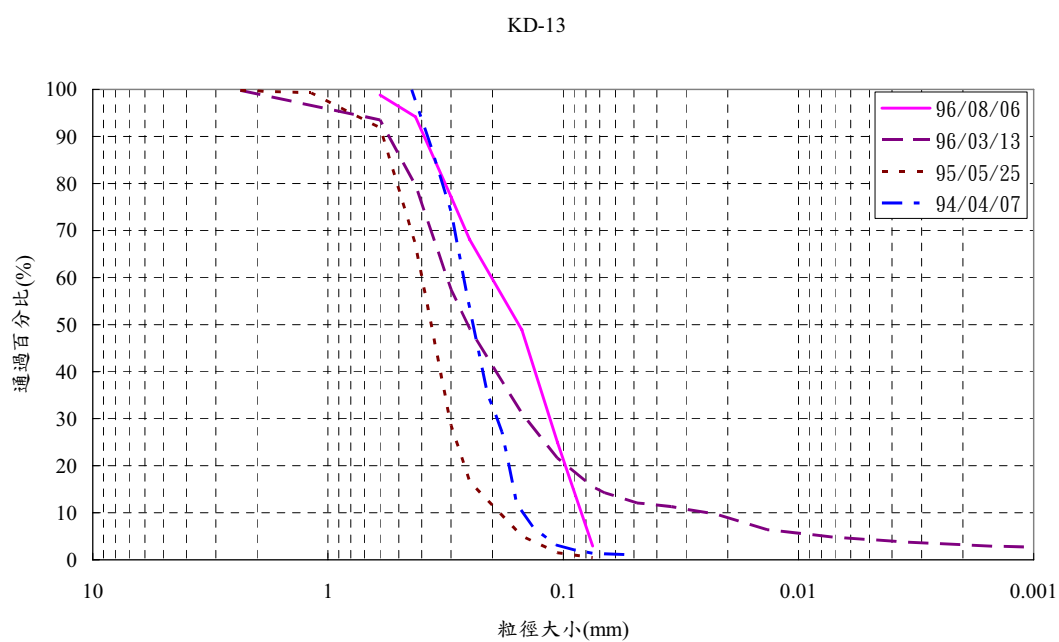


圖 4.13 淡水河底質粒徑分析(編號 KD-13)



圖 4.14 測點 3 周圍採樣位置衛星航照圖

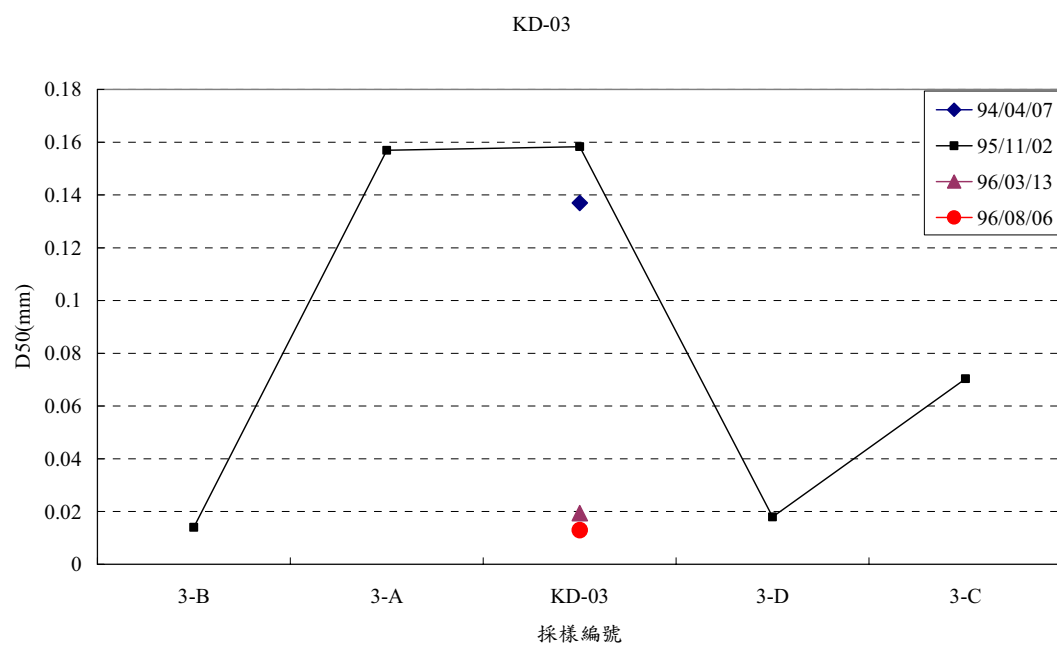


圖 4.15 測點 3 中值粒徑與取樣位置關係圖

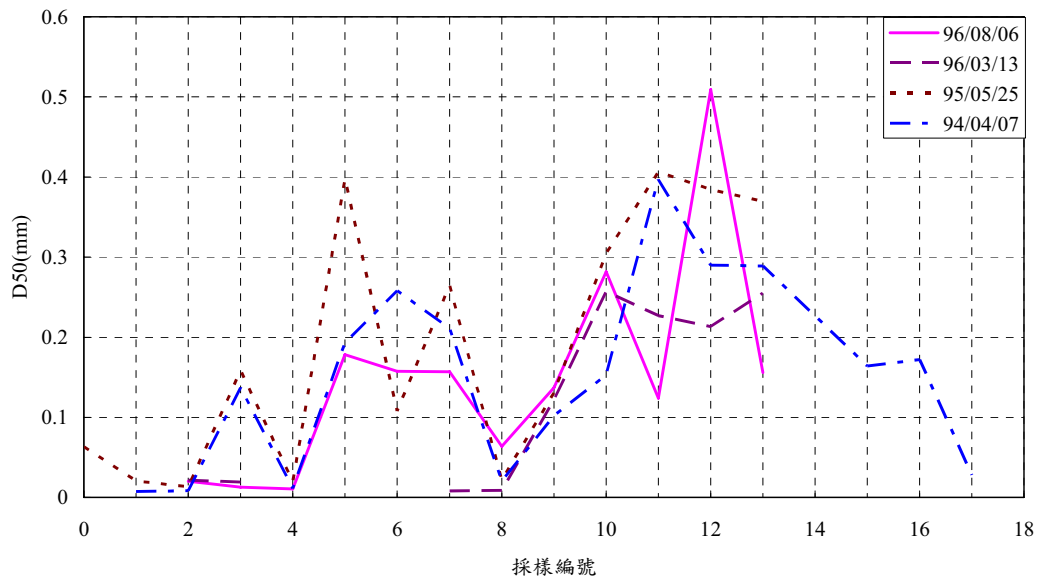


圖 4.16 淡水河底質粒徑分析結果 D_{50} 比較

綜合以上分析結果，將三年度各河段 D_{50} 與河口距離之關係整理如圖 4.17 所示。由底質採樣分析可知淡水河下游之河床質粒徑介於 0.009-0.509 mm，淡水河以社子防潮堤到二重輸洪道出口間之河床質最細(< 0.02mm)，基隆河之河床質粒徑(介於 0.1-0.4 mm)較淡水河為粗，今年枯水期間(3 月)，可能因淡水河本流疏浚造成基隆河下游部分最細可達 0.0082mm。由關渡至河口之粒徑漸粗，於河口的粒徑分佈範圍最大(介於 0.509~0.213mm)，其次為淡水渡船頭附近(介於 0.406~0.124mm)，往外海方向則粒徑漸減，故河口的區域存在海相沉積的特性。經顆粒特性分析，海床上之砂源主要來自淡水河與前人推論相近(洪奕星，2000)。

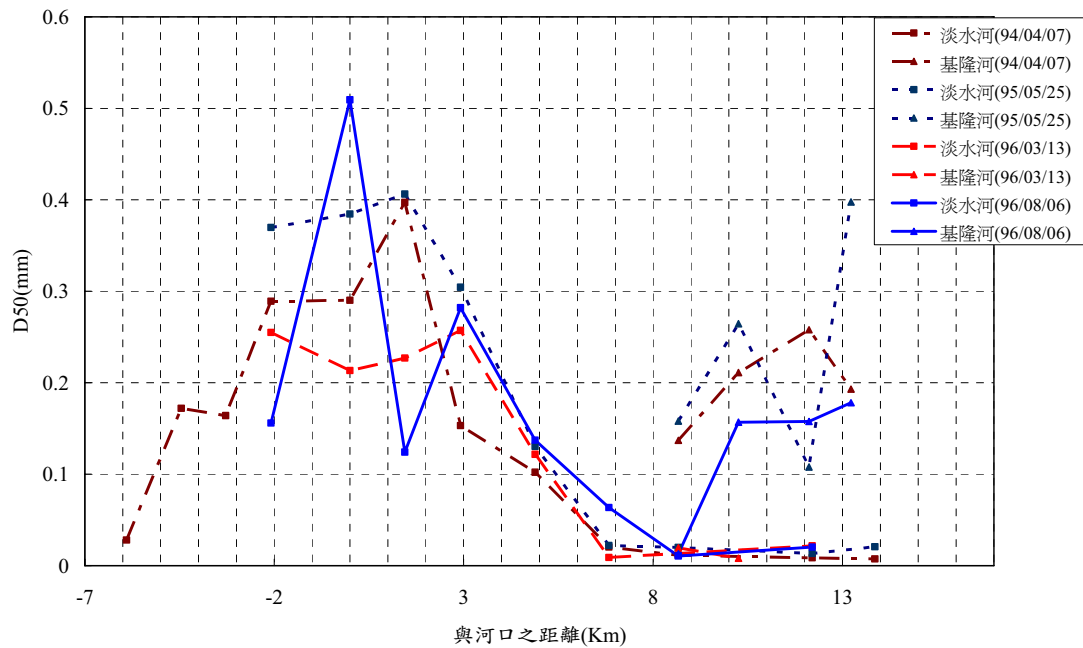


圖 4.17 三年度各河段 D_{50} 與河口距離之關係圖

4.3 河口地形變化及現況勘查

為了進一步瞭解下游底床之演變過程，根據水利署所提供之民國 83 年 94 年淡水河斷面(測樁分佈位置如圖 4.18)量測資料，斷面量測位置自淡水河口至關渡橋附近，樁號編號依序為 000~010(由出海口為起始點)，共計 11 個斷面，其所擷取之斷面高程如圖 4.19~ 4.43 所示。本研究同時將本中心於 94 與 95 年所量測之 1/20000 淡水河數值地形資料加以套繪，求取其相對位置之河道斷面變化圖(圖中 94H 與 95H 剖面資料)。淡水河口下游段(河口至淡水)在臺北港建港之後，河槽斷面(斷面 00~02，圖 4.19~4.21)大致有逐年抬昇的趨勢。從淡水至紅樹林段(斷面 3、4 與 5；圖 4.22~4.24)則顯示河道中段有上升趨勢，且港研所量測資料略高於水利署之斷面高程，且主流深槽略往右偏。由紅樹林段上溯至竹圍段(斷面 6~7；圖 4.25~4.26)，此段歷年斷面河床變化皆不甚明顯，本中心與水利署之量測資料甚為接近。竹圍至關渡橋段(斷面 8~10；圖 4.27~4.29)河道底床同樣為逐年抬高，主流

深槽受到河道彎曲略微偏左，且本中心量測資料略高於水利署提供之斷面高程。由上述統整分析比較可得知本中心及水利署所量測之河道斷面趨勢極為相符，於量測區間精度上以水利署提供之資料較為詳細，但兩者資料對於淡水河之斷面皆有良好之一致性。



圖 4.18 淡水河段面測量樁位示意圖

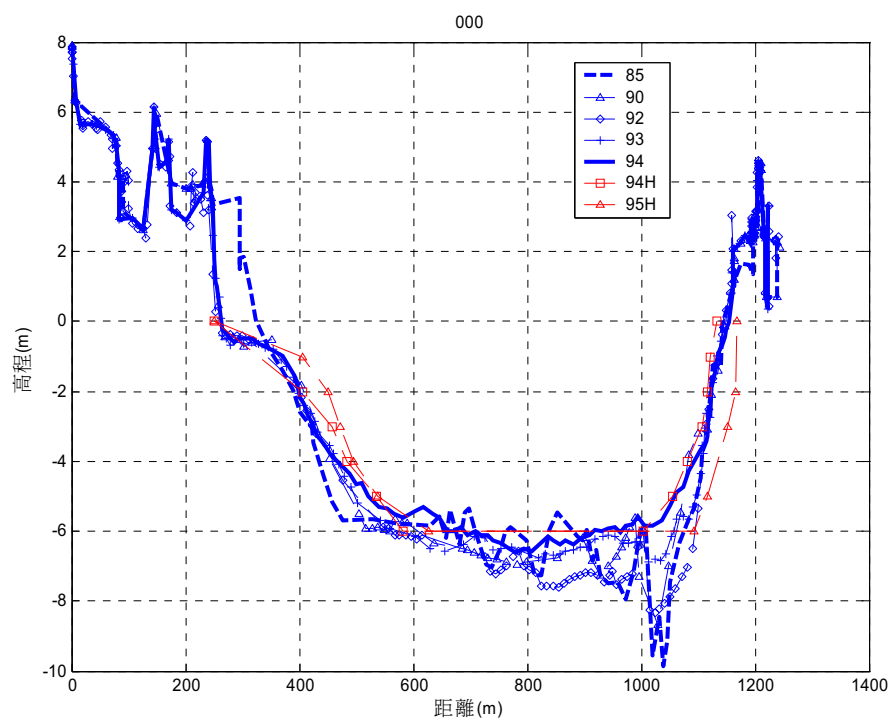


圖 4.19 歷年淡水河斷面 000 量測圖(出海口)

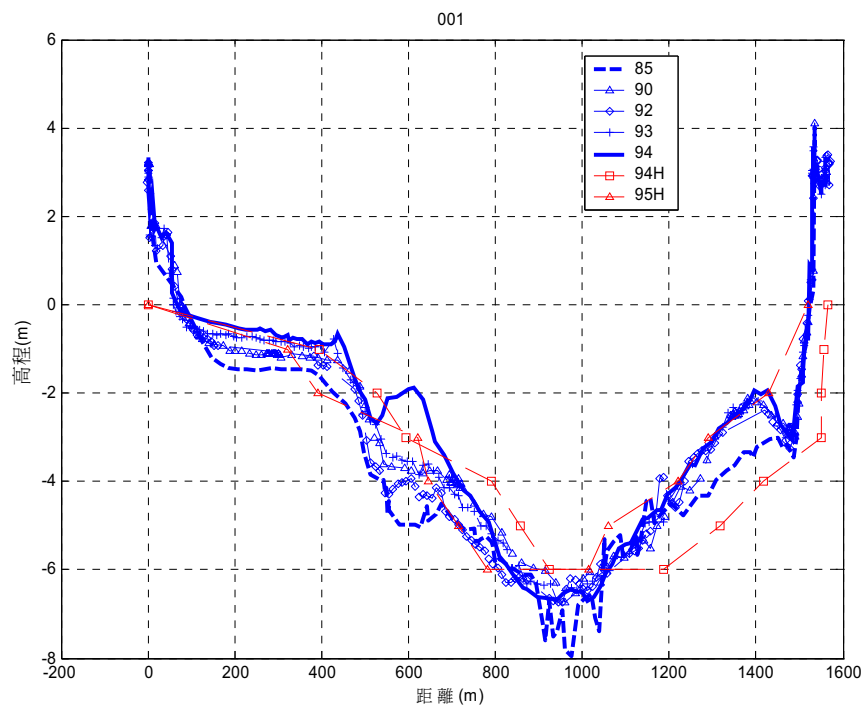


圖 4.20 歷年淡水河斷面 001 量測圖(渡船頭)

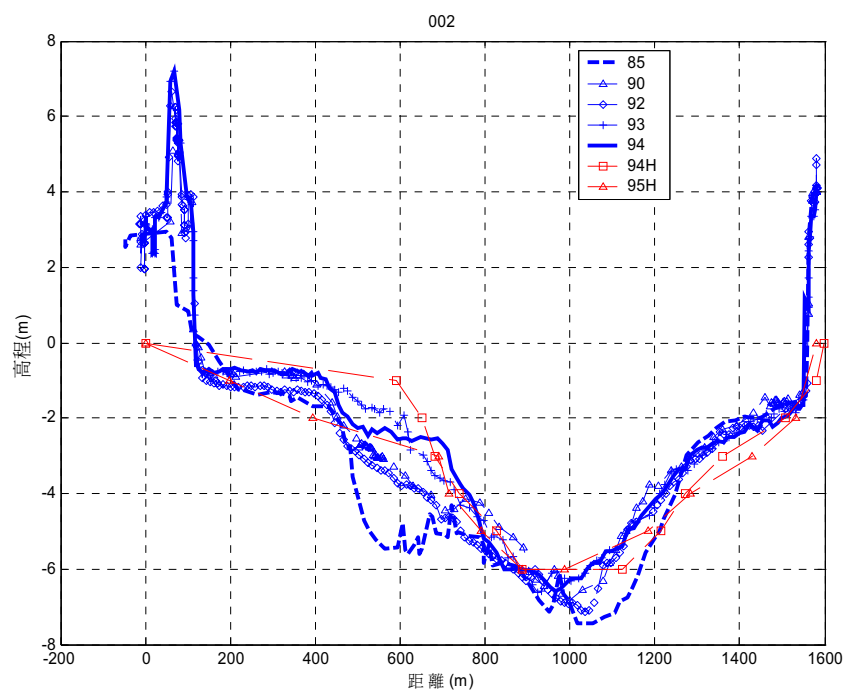


圖 4.21 歷年淡水河斷面 002 量測圖(淡水)

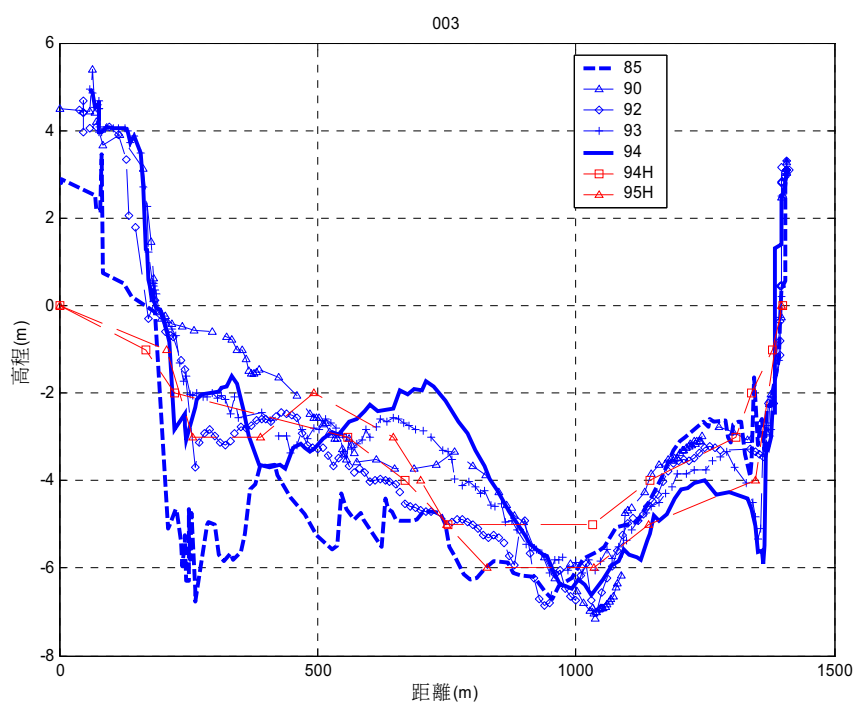


圖 4.22 歷年淡水河斷面 003 量測圖

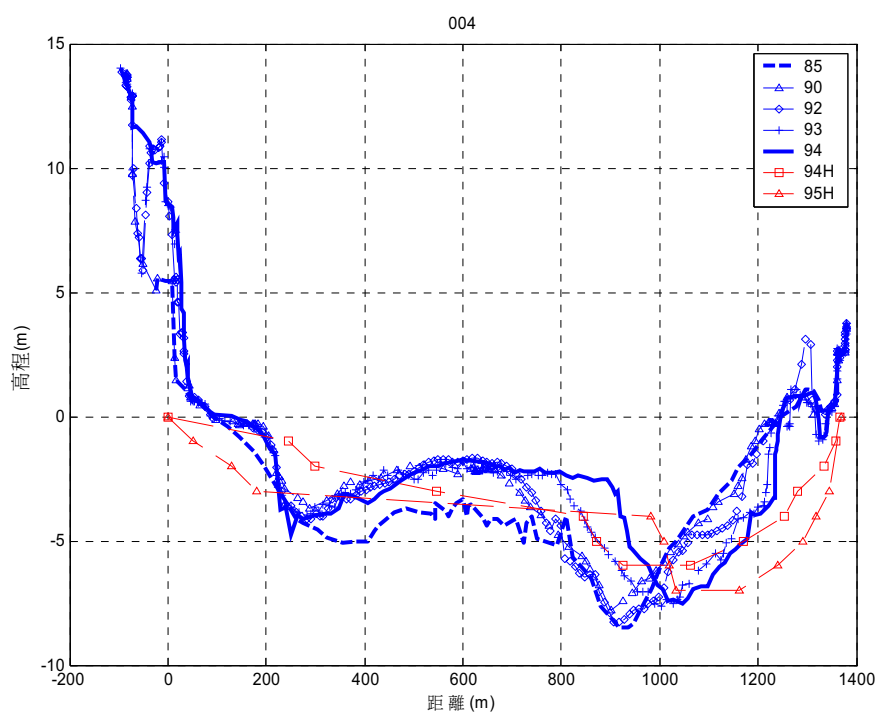


圖 4.23 歷年淡水河斷面 004 量測圖

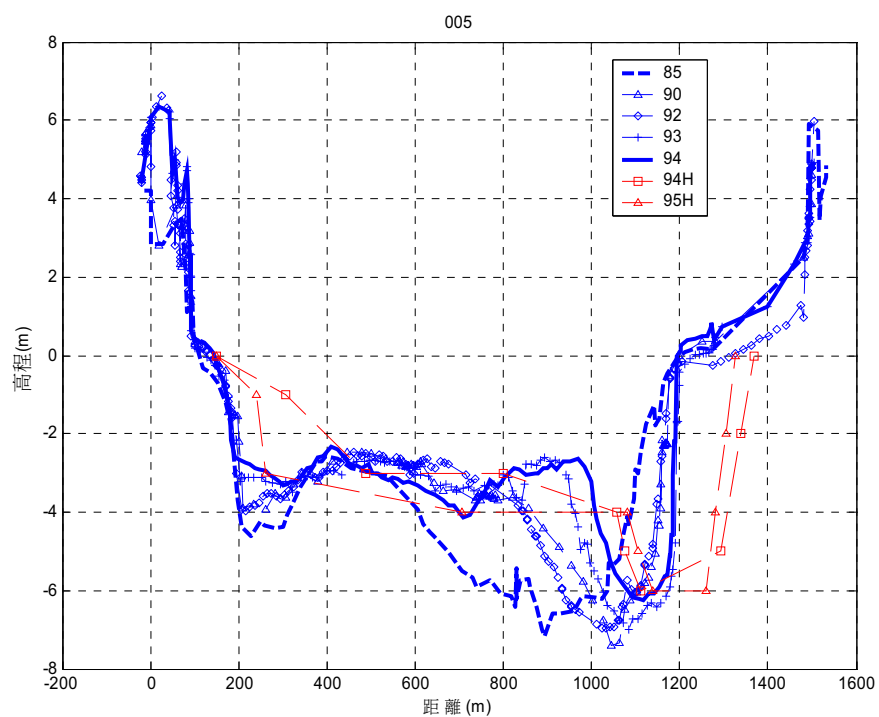


圖 4.24 歷年淡水河斷面 005 量測圖(紅樹林)

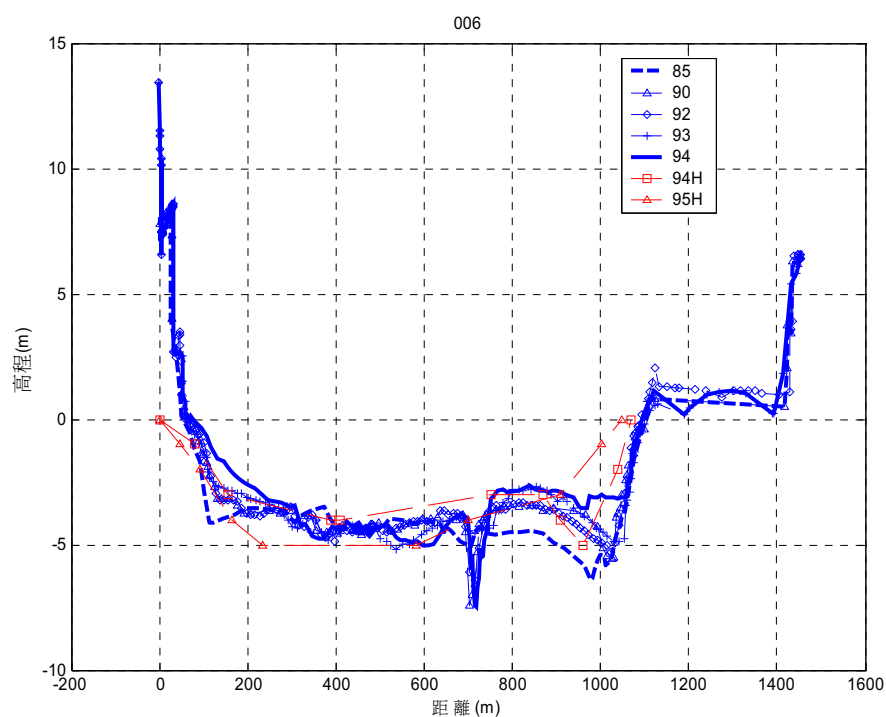


圖 4.25 歷年淡水河斷面 006 量測圖

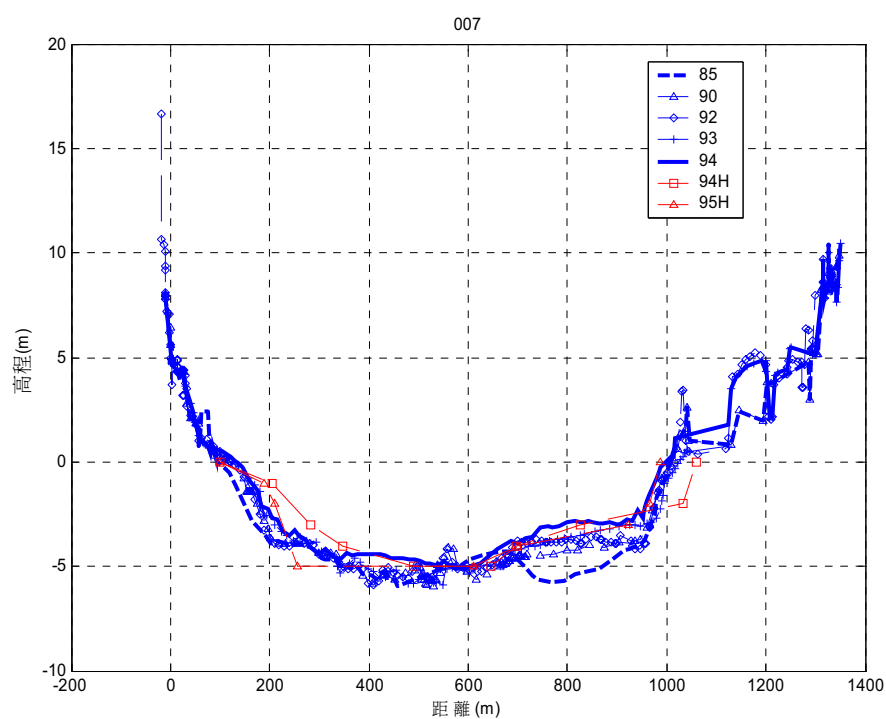


圖 4.26 歷年淡水河斷面 007 量測圖(竹圍)

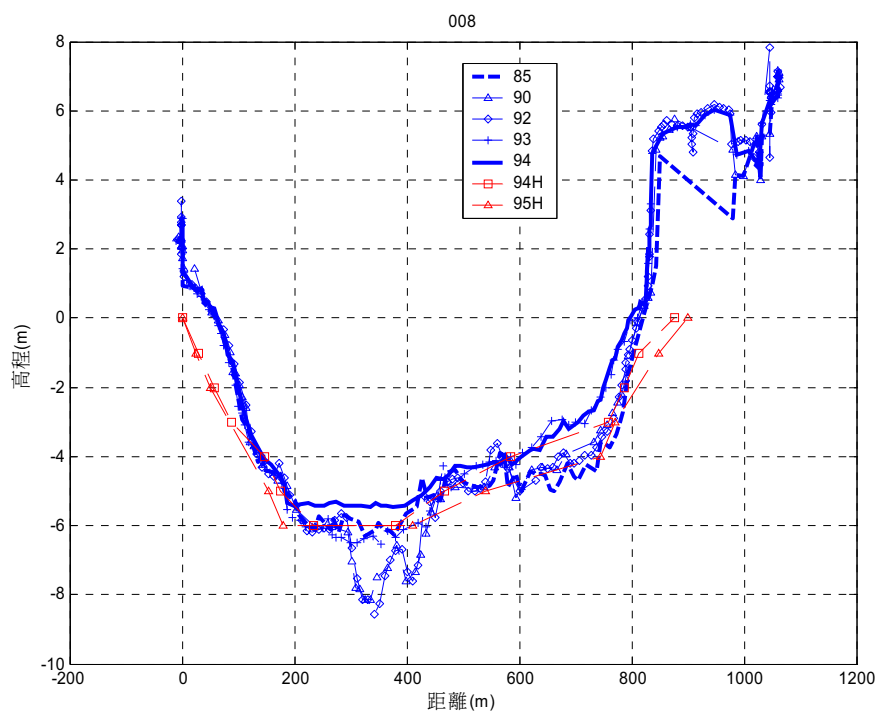


圖 4.27 歷年淡水河斷面 008 量測圖

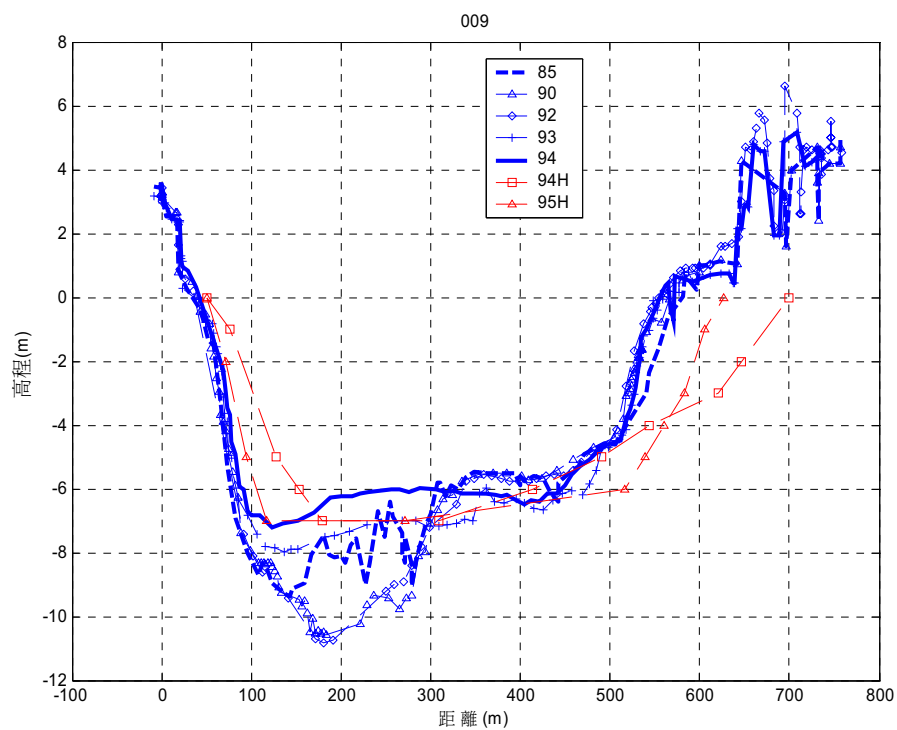


圖 4.28 歷年淡水河斷面 009 量測圖

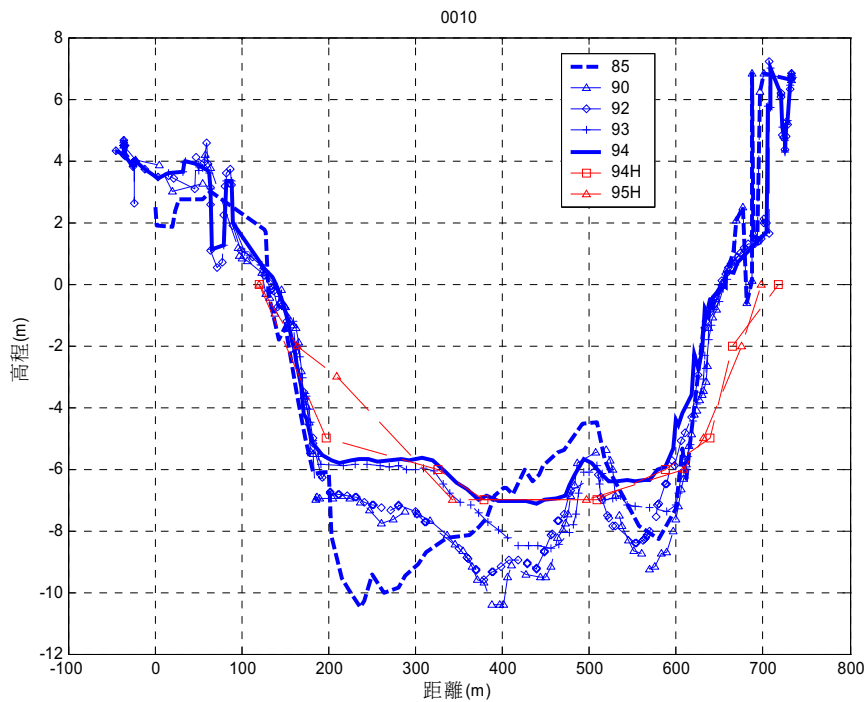


圖 4.29 歷年淡水河斷面 010 量測圖(關渡)

由民國 94 與 95 年關渡橋至淡水河口的數值地形可以得知河道的沖淤變化(圖 4.30 與圖 4.31)，河道內有兩個主要深槽($z = -5\text{m}$)，一為關渡橋至紅樹林河道中央，另一為沿淡水河右岸紅樹林起至出海口南北兩側，其中又以 95 年的範圍稍大，顯示近年來河道在上游基隆和與其主要支流的持續疏浚下，淤積情況已逐漸趨緩。在河口地形演變部分，近兩年之變化不甚明顯，僅臺北港內部有零星變化。

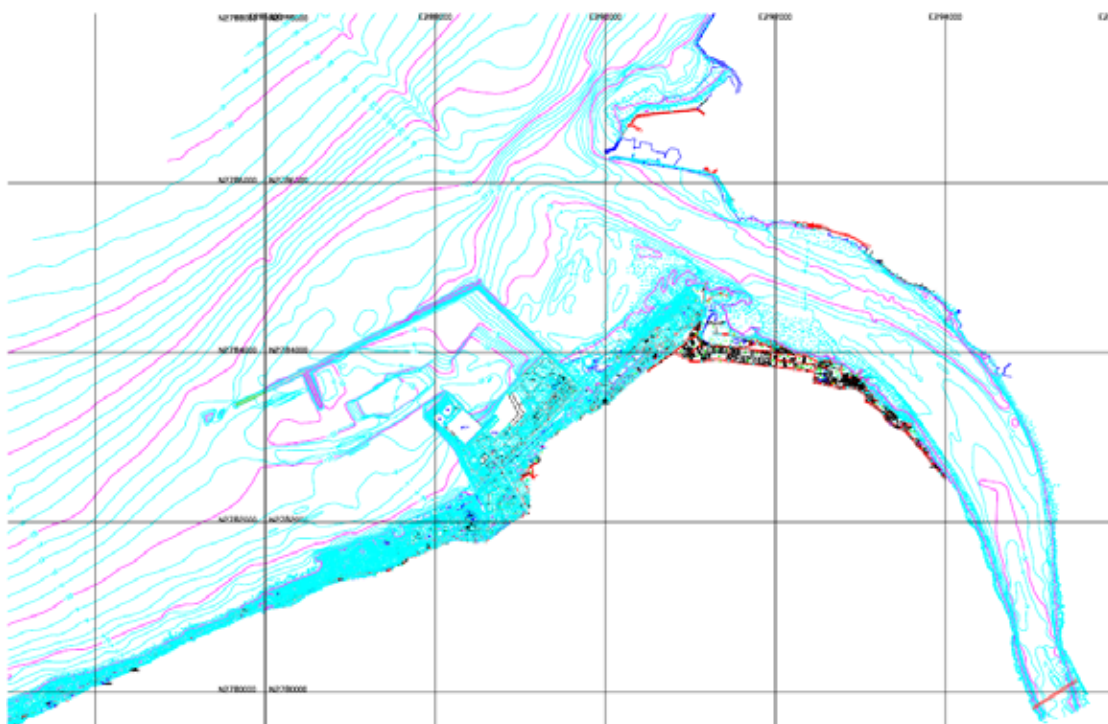


圖 4.30 淡水河與河口 1/20000 數值地形圖(港研所, 2005/05)

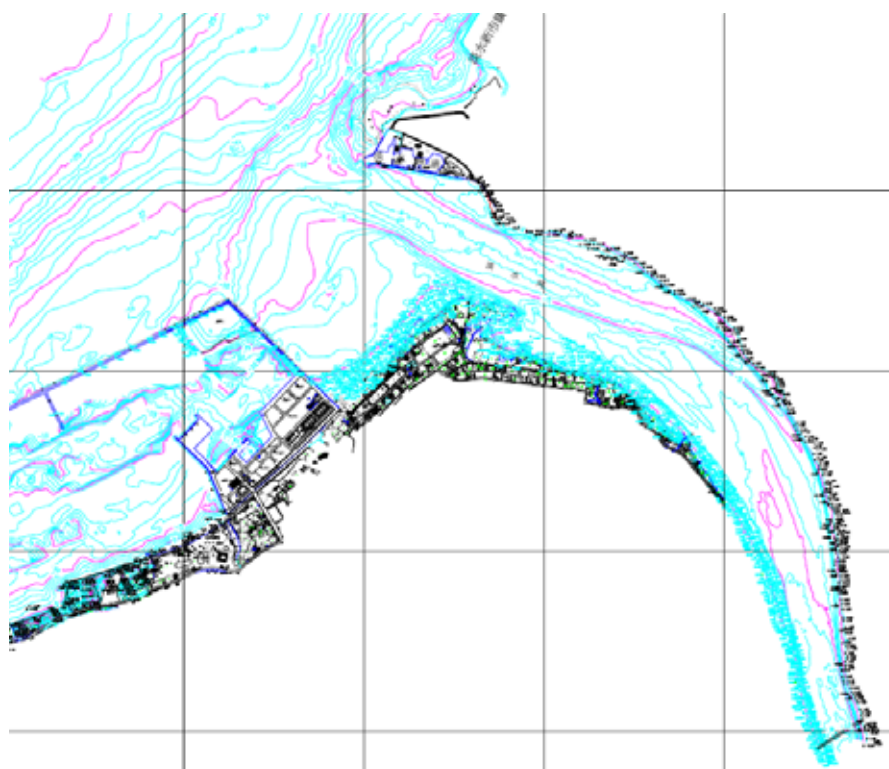


圖 4.31 淡水河與河口 1/20000 數值地形圖(港研所, 2006/06)

4.4 河床底質礦物分析

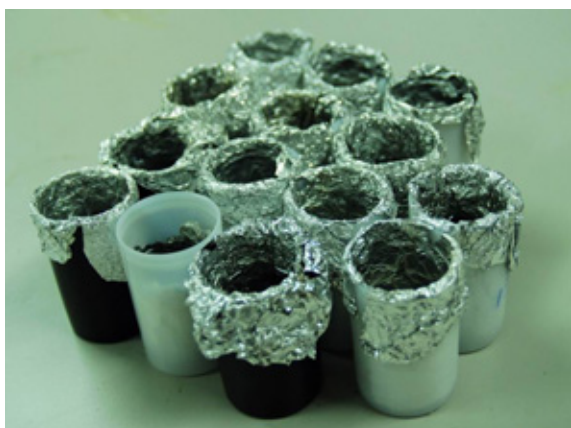
為了進一步瞭解淡水河底泥來源與礦物組成，本研究將本港研中心於 95 年 11 月採樣之底質進行研磨處理及載玻片製作，以利後續顯微鏡判讀。製作方法首先將採樣而得底泥樣本分別置入圓形底片筒內(圖 4.32(a))，再以專用膠結劑灌注於底泥上方，使其完全覆蓋底泥。隨後將樣本放置於真空機內，將內部空氣予以抽離後，靜待數日讓膠結劑自然陰乾固化。之後再以砂紙進行粗磨程序，以獲得一完整之底泥平面(圖 4.32 (b))，由於部份樣本之顆粒較粗孔隙大，在粗磨後仍無法獲得較為平整之表面，因此須再進行一次灌膠，以確保顆粒間孔隙被完全被填滿。粗磨完成後，接著以砂磨機配合#150, #400, #800 號粉末依序進行細部研磨(圖 4.32 (c))，目的在使研磨切面能達到完全平順且無孔隙之光滑平面。待細磨程序完成後，將樣本分裝送往波蘭專業實驗室進行載玻片製作(圖 4.32 (d))，最後將其完成載玻片樣本放置顯微鏡下，委由專業人員進行礦物組成判讀。

表 4.3 ~ 4.9 為底質礦物組成判讀分析結果，顯微鏡採 5 倍放大倍率分析，分析編號為 KD-00~ KD-13，檢出礦物涵蓋石英、岩屑、基質(係指細微至無法分辨礦物成份之黏土)、長石、白雲母、黑雲母、方解石、不透光礦物、角閃石、綠泥石、鋯石等。依據礦物組成與粒徑大小可將樣本區分為三類：(1)細粒砂岩(fine-grained sandstone)、(2)粉沙泥岩(siltstone)、(3)粗粒砂岩(coarse-grained sandstone)。如表表 4.2 ~ 4.8 所示，除石英、岩屑與不透光礦物為所有樣本所共同含有之成份外，其中基隆河與關渡站四個採樣點(KD-04, 05, 06, 07)具有較高之長石(25~50%)、綠泥石(1~3%)與黑雲母(2~5%)礦物成份；而淡水河主流未與基隆河匯集前以岩屑(2~80%)、基質(15~75%)佔較大比例。淡水河與基隆河匯集後，則以岩屑(35~70%)與長石(10~35%)成份較高。另接近河口外海處之採樣分析，顯示以岩屑、長石與黑雲母為共同含有成份。

由礦物的來源成份得知，如表 4.10 所示，基隆火山群所產之黑雲母與鈹石，及金瓜石金銅礦床中之綠泥石與方解石分佈較為接近基隆河流域。另於大屯山火山群與基隆火山群中，長石在該地區安山岩中亦居重要地位，其易受風化，多見於內湖、北投及基隆和支流磺溪等處木山層中。由此可解釋基隆河採樣中為何長石、綠泥石與黑雲母較淡水河有較高比例之原因。淡水河發源於雪山山脈之品田山，其下游流經臺北盆地，河底基質經長途磨耗，顆粒漸趨細微，多數沈積於關渡地區，使過去紅樹林之區塊型態逐漸發展成今日之基質型態。由分析中可顯示於關渡之前基質含量比例甚高(KD-00, KD-01, KD-02)，惟至關渡以後已無該成份存在，其結果符合上述基質沈積論點。淡水河流經觀音山地區因過去曾有火山活動發生，週邊佈有火山碎屑堆積層。在本研究之分析結果中，亦可發現關渡橋至外海採樣中(KD-08~KD-13)，岩屑所佔比例皆高於 35%以上，說明該底泥成份確與觀音山地質活動及沈積作用有關。圖 4.33 為該次分析中所觀察到之貝類生物化石(KD-03, KD-08)，研判此應一現象與河口潮汐作用有關。

張力修(2007)指出臺北北部近岸陸棚區以礫石及砂為主要表層之沈積物，其來源為北部溪流將路上碎屑物質搬運至近岸陸棚區。Bogges 等人(1974)提出該區域砂質沈積物之色調以中灰色及深灰色為主，但部分海域可能含覆蓋褐灰色及褐色砂質沈積物。本研究之採樣樣本與原土樣如圖 4.34 所示，上排與中排分別為淡水河本流從上至下游之九個樣本(KD-00 ~ KD-04, KD-08 ~ KD-11)，下排左與右則分別為基隆河(KD-05 ~ KD-07)與外海(KD-12 ~ KD-13)樣本。其中基隆河與淡水河之樣本色澤偏褐，而外海樣本顏色澤略為偏黑，與淡水河本流之 KD-09, KD-10 樣本較為相近，顯示其與豐富基質與岩屑成份有關。另外，該研究結果亦指出台灣北部陸棚沈積物的組成主要以石英、長石與岩屑為主。然該三樣礦物在本研究外海分析樣本中，亦為主要礦物成份，其含量百分比分別為 90%(KD-12)及 85%(KD-13)。故外海之顆粒應為淡水河所帶出，同時兼具基隆河礦物(長石、黑雲母)及淡水河共有之

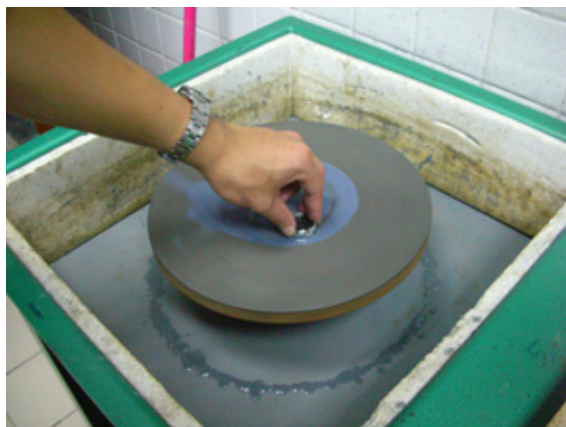
岩屑、石英等礦物。



(a)灌膠固結



(b)粗磨

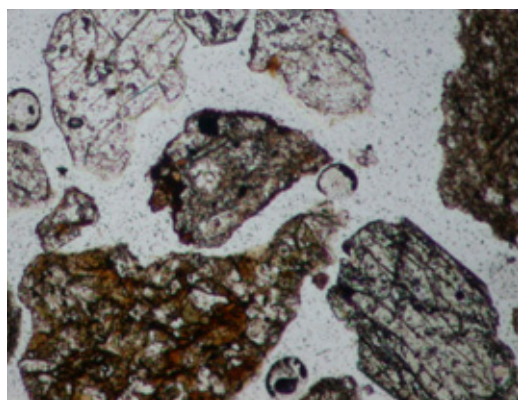


(c)砂磨機細磨

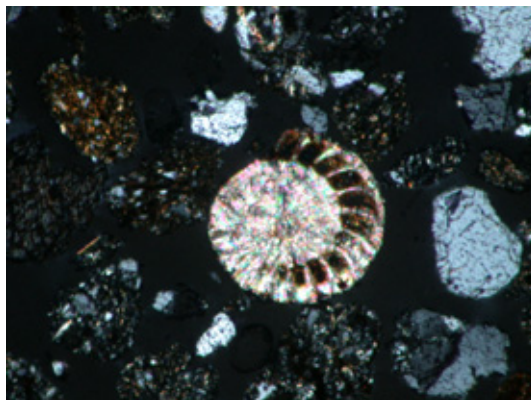


(d) 載玻片製作成品

圖 4.32 底泥樣本分析製作過程



(KD-03)



(KD-08)

圖 4.33 生物化石



圖 4.34 採樣載玻片與原土樣(上、中：淡水河；下：基隆河與外海)

表 4.3 底質採樣礦物組成分析結果(KD-00, KD-01 測站)

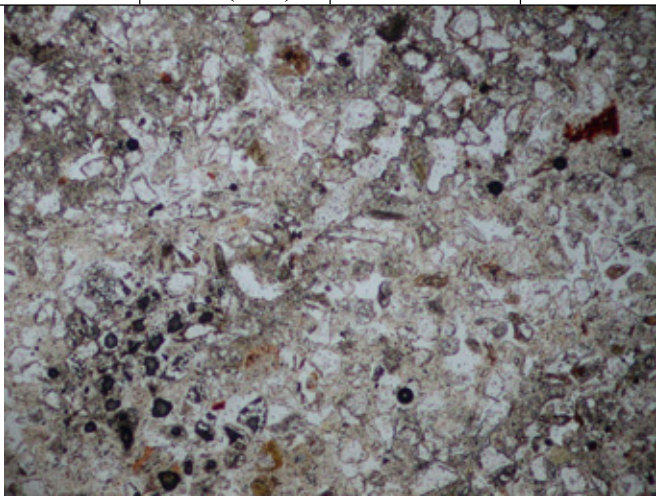
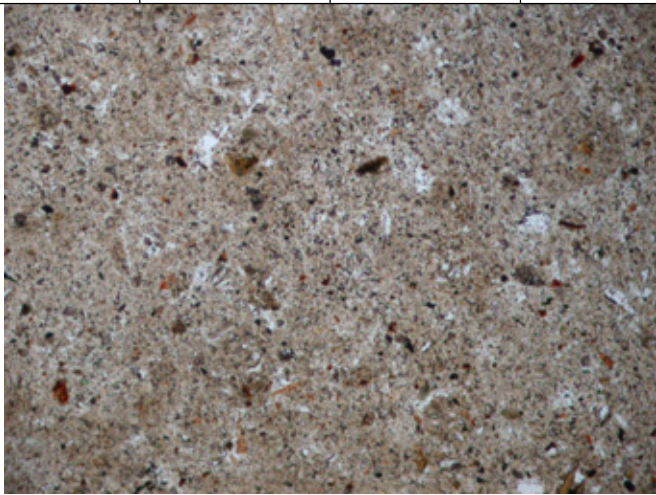
採樣編號	KD-00	D ₅₀ (mm)	0.063	備註	淡水河
 fine-grained sandstone					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
石英	45	白雲母	2	黑雲母	<1
岩屑	25	方解石	2	角閃石	<1
基質	15	不透光礦物	2	綠泥石	<1
長石	5			鋇石	<1
採樣編號	KD-01	D ₅₀ (mm)	0.021	備註	重陽橋
 siltstone					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
基質	80	岩屑	2	鋇石	<1
石英	5	方解石	1		
白雲母	5	綠泥石	1		
不透光礦物	5				

表 4.4 底質採樣礦物組成分析結果(KD-02, KD-03 測站)

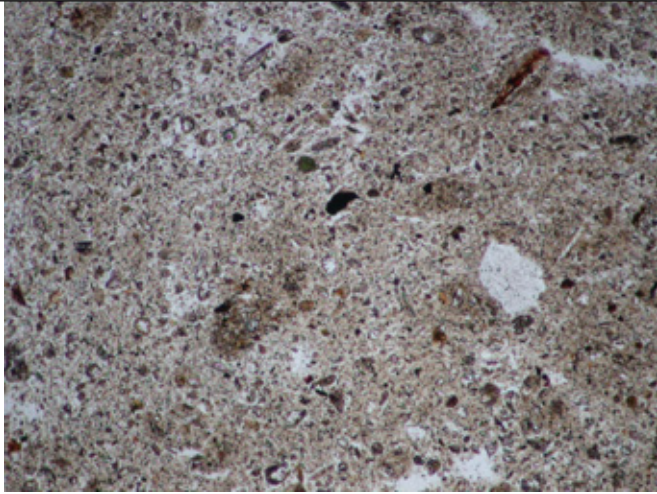
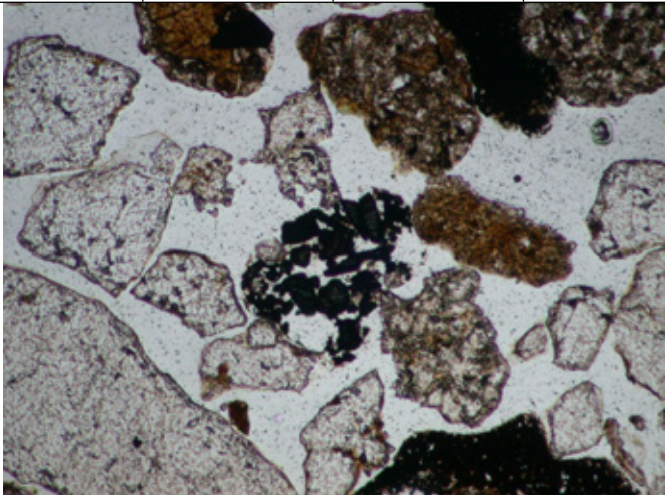
採樣編號	KD-02	D ₅₀ (mm)	0.013	備註	淡水河
 siltstone					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
基質	75	不透光礦物	3	綠泥石	<1
石英	10	方解石	1		
白雲母	5				
岩屑	5				
採樣編號	KD-03	D ₅₀ (mm)	0.158	備註	淡水河
 coarse-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
岩屑	80	黑雲母	2	鋇石	<1
長石	10	不透光礦物	2		
石英	5				

表 4.5 底質採樣礦物組成分析結果(KD-04, KD-05 測站)

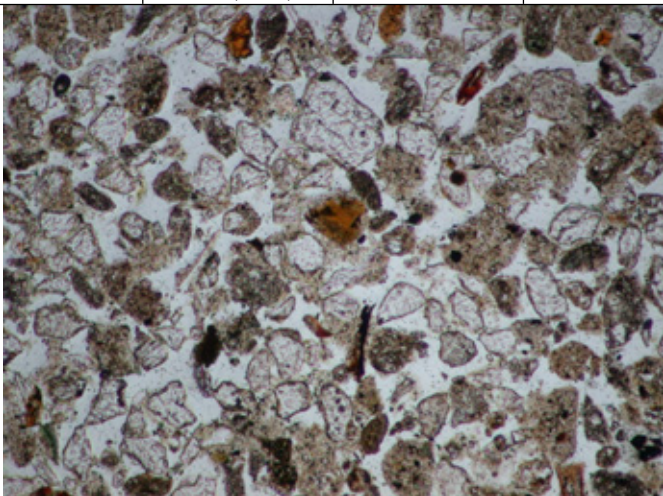
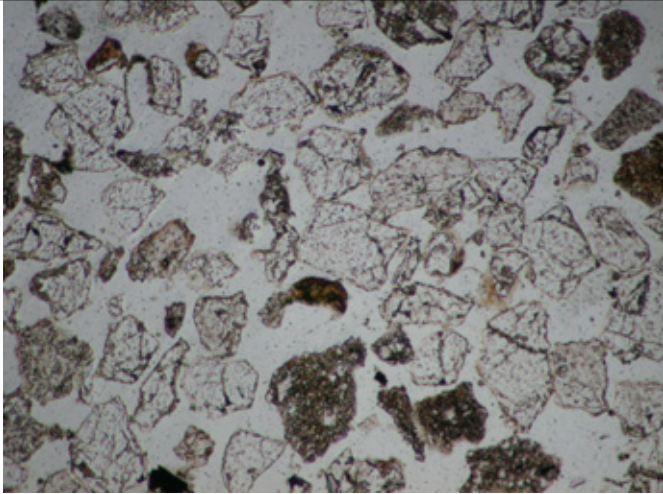
採樣編號	KD-04	D ₅₀ (mm)	0.020	備註	關渡
					
fine-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
岩屑	30	黑雲母	4	綠泥石	<1
長石	25	方解石	4	鈹石	<1
石英	23				
白雲母	5				
不透光礦物	5				
採樣編號	KD-05	D ₅₀ (mm)	0.398	備註	基隆河
					
fine-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
長石	35	白雲母	3		
岩屑	30	方解石	3		
石英	20	黑雲母	2		
不透光礦物	5	綠泥石	2		

表 4.6 底質採樣礦物組成分析結果(KD-06, KD-07 測站)

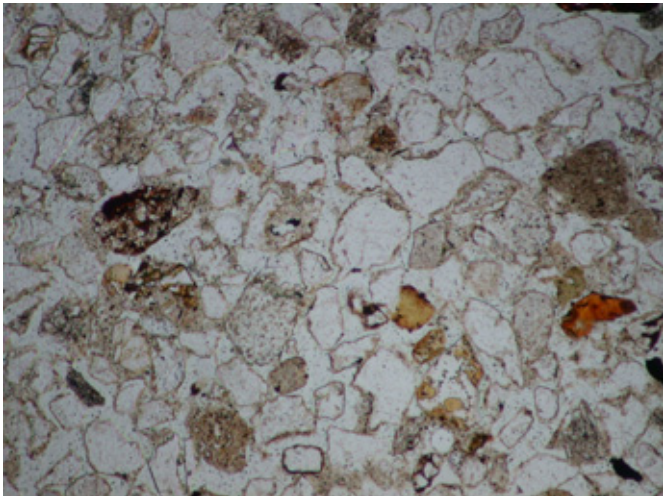
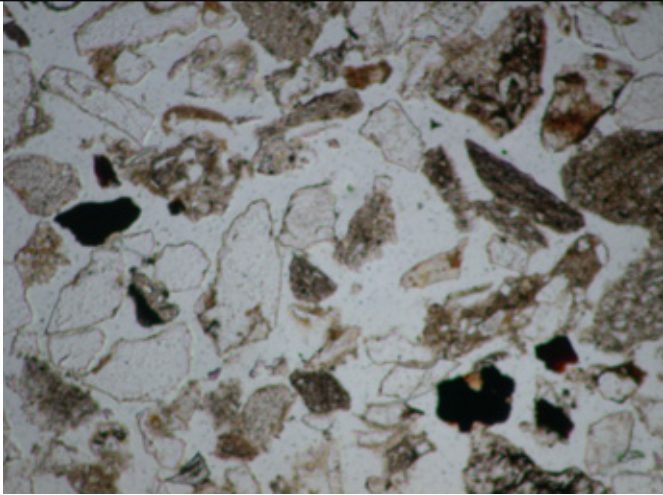
採樣編號	KD-06	D ₅₀ (mm)	0.108	備註	基隆河
 fine-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
石英	30	綠泥石	3	鋇石	<1
長石	30	白雲母	2		
岩屑	25	方解石	2		
不透光礦物	5	黑雲母	2		
採樣編號	KD-07	D ₅₀ (mm)	0.265	備註	基隆河
 fine-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
岩屑	50	黑雲母	3	角閃石	<1
長石	30			鋇石	<1
石英	10				
不透光礦物	5				

表 4.7 底質採樣礦物組成分析結果(KD-08, KD-09 測站)

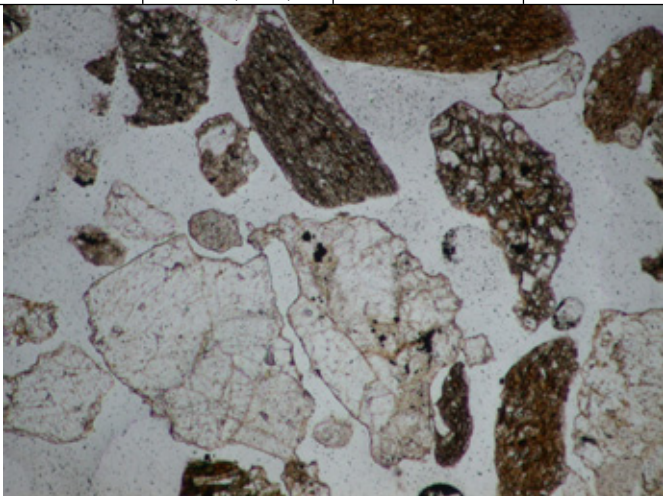
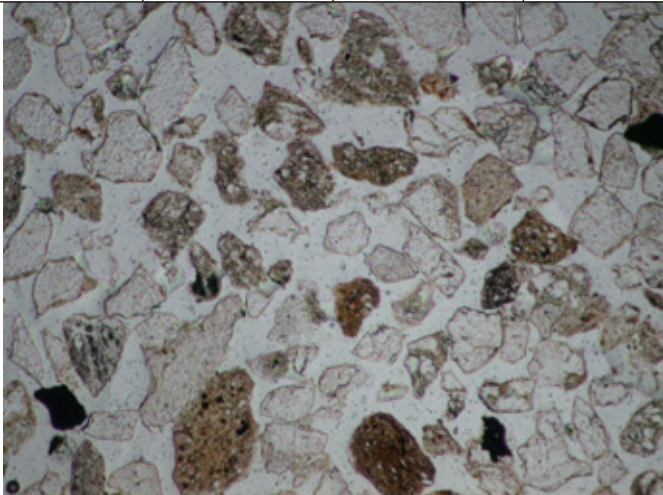
採樣編號	KD-08	D ₅₀ (mm)	0.022	備註	淡水河
					
coarse-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
岩屑:	70	方解石	3	角閃石	<1
長石	10	綠泥石	1		
石英	10				
不透光礦物	5				
採樣編號	KD-09	D ₅₀ (mm)	0.130	備註	竹圍
					
fine-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
岩屑	35	白雲母	3		
長石	35	方解石	1		
石英	20	綠泥石	1		
不透光礦物	5				

表 4.8 底質採樣礦物組成分析結果(KD-10, KD-11 測站)

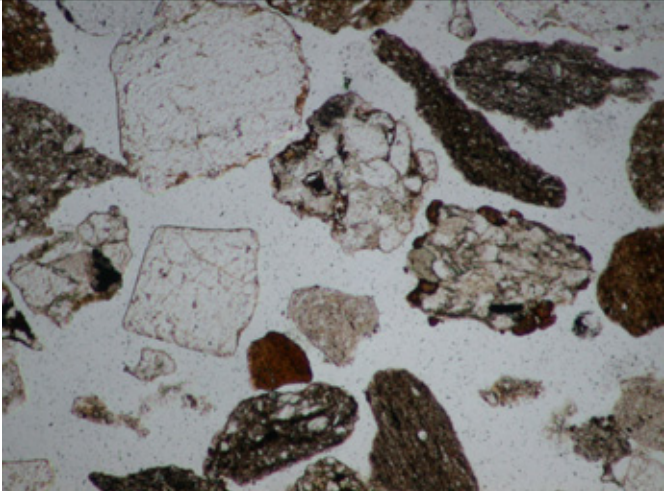
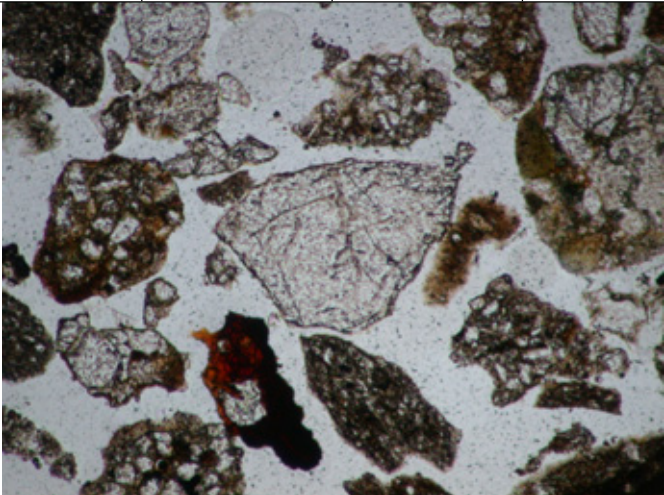
採樣編號	KD-10	D ₅₀ (mm)	0.304	備註	淡水河
					
fine-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
岩屑	55	白雲母	2	鋇石	<1
長石	30	綠泥石	2		
石英	5				
不透光礦物	5				
採樣編號	KD-11	D ₅₀ (mm)	0.406	備註	淡水河
					
fine-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
岩屑	65	不透光礦物	4	鋇石	<1
長石	25				
石英	5				

表 4.9 底質採樣礦物組成分析結果(KD-12, KD-13 測站)

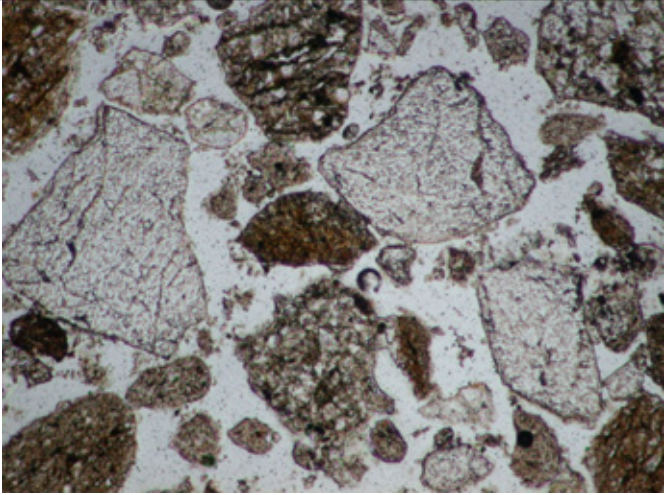
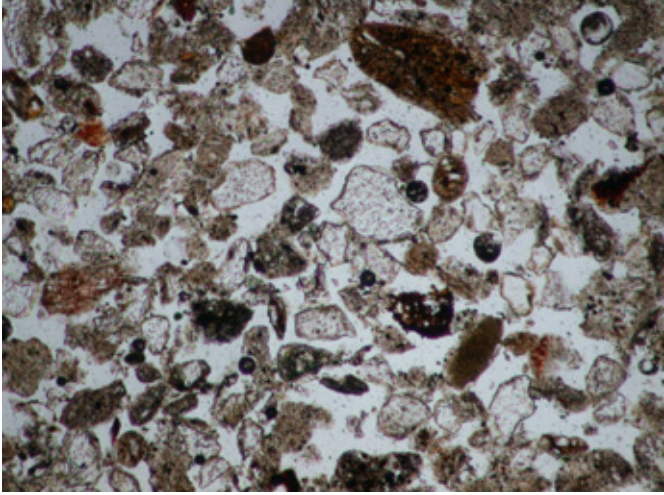
採樣編號	KD-12	D ₅₀ (mm)	0.384	備註	淡海
					
fine-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
岩屑	70	角閃石	2	方解石	<1
長石	10	黑雲母	1	鈷石	<1
石英	10				
不透光礦物	5				
採樣編號	KD-13	D ₅₀ (mm)	0.370	備註	外海
					
fine-grained sand					
主要成份	百分比(%)	次要成份	百分比(%)	附加物質	百分比(%)
岩屑	50	白雲母	4	鈷石	<1
石英	25	黑雲母	3		
長石	10	方解石	2		
不透光礦物	5				

表 4.10 底質採樣礦物組成比較

採樣點	KD-00	KD-01	KD-02	KD-03	KD-04	KD-05	KD-06
位置	淡水河	重陽橋	淡水河	淡水河	關渡	基隆河	基隆河
分類	fine	siltstone	siltstone	coarse	fine	fine	fine
石英	45	5	10	5	23	20	30
岩屑	25	2	5	80	30	30	25
基質	15	80	75				
長石	5			10	25	35	30
白雲母	2	5	5		4	3	2
黑雲母	<1			2	5	2	2
方解石	2	1	1		4	3	2
不透光 礦物	2	5	3	2	5	5	5
角閃石	<1						
綠泥石	<1	1	<1		<1	2	3
鋁石	<1	<1		<1	<1		<1
採樣點	KD-07	KD-08	KD-09	KD-10	KD-11	KD-12	KD-13
位置	基隆河	淡水河	竹圍	淡水河	淡水河	淡海	外海
分類	fine	coarse	fine	fine	fine	fine	fine
石英	10	10	20	5	5	10	25
岩屑	50	70	35	55	65	70	50
基質							
長石	30	10	35	30	25	10	10
白雲母			3	2			4
黑雲母	3					1	3
方解石		3	1			<1	2
不透光 礦物	5	5	5	5	4	5	5
角閃石	<1	<1				2	
綠泥石		1	1	2			
鋁石	<1			<1	<1	<1	<1

第五章 結論與建議

5.1 結論

本計畫由民國 95 年開始進行河口內輸砂理論分析及應用：首先收集淡水河口段之輸砂量，及水理資料(含流量、潮位、水位、水深、河道地形及底床質等)，選擇適用於淡水河口段之輸砂理論，再分析淡水河口段之河床演變。本年度持續收集淡水河河口輸砂、水理資料，並彙整及分析淡水河口輸砂現象及河床變化，並輔以現場資料調查及粒徑分析。本年度之重要成果說明如下：

- (1) 淡水河及其支流疏浚歷史以基隆河系為最，景美溪、內溝溪等支流次之，多為配合防洪工程與藍色公路之清淤工程及年度河道維護，歷年單次最大與最小清淤量為 50 萬及 69 立方公尺。在疏濬時程分配上，則主要以豐水期間 4 至 11 月為主。
- (2) 由五堵(基隆河, 4-10 月)、秀朗(新店溪, 3-12 月)、三鶯橋(大漢溪, 1-4 月)及寶橋流量-懸浮濃度率定曲線($c \propto Q_w$)，發現除了寶橋站之懸浮濃度率與流量有較明顯之正相關外，其餘三站在高流量下的懸浮值濃度與低流量時並無太大明顯變化。
- (3) 由水文資料分析得知關渡站的水位、流速歷線之相位差約 90° ，最大流速約在退平潮時發生，且河川內最大懸浮質濃度值與漲潮最大流速值同時出現。平時漲潮與退潮之濃度值差值約一倍。颱風期間懸浮濃度尖峰值主要於颱風過後 1-2 天出現，其成因應為颱風過境期間挾帶之豪大雨造成上游地區之大量沖刷所致，另外分析時段內上游河段之疏浚工程施作與否也是影響懸浮值的重要因素之一。
- (4) 由調和分析結果顯示淡水河口站之潮位資料主要是以主太陰半日週期 M_2 、主太陽半日週期 S_2 、日月合成日週期

K_1 及主太陰日週期 O_1 這四個分潮佔大部分的能量，分別為半日潮以及全日潮，因此淡水河之潮位變化主要是以這兩種分潮為主要成分。而淡水河口有明顯之一年天文潮 (Sa)，非閏年之調和分析必須取多年期距才能得此分量。

- (5) 在暴潮分析上，本研究採用調和分析與經驗模態分解法 (EMD) 進行比較，發現兩種方法之分析結果趨勢相符合，其中在極大值處，調和分析之結果均較 EMD 大，而 EMD 之殘差曲線較為平滑，資料分佈多於零值附近震盪，僅在颱風事件發生後產生極大值，顯示 EMD 分析結果可以有效去除調和分析所產生之偏差值。
- (6) 在模擬颱風期間的潮汐分析實驗結果顯示潮位的變化量隨著 X 值的增加而增加，此乃由於河道的上游為封閉端，在波傳的作用下所產生的駐波現象。另得知在任何深度下水位與流速之相位差大約為 90° ，此與現地觀察資料相仿，說明流速與水位之相位差不受深度變化與水位升降影響而改變。
- (7) 底質採樣分析發現，KD-03、KD-07 兩點之分布情形均與前兩年有較大之差異，粒徑明顯較小，研判該原因與颱風次數減少及枯水季河口環流對底質所產生之迴流作用有關。另採樣周邊區域在河道橫向上的變化甚大，顯示受到漲潮作用使源自基隆河的粗顆粒沉積於此，致使河道中央的中值粒徑較兩側為大。此外分析結果說明水流的擾動亦可能改變橫斷面上中值粒徑的分布。淡水河下游之河床質粒徑介於 0.009-0.509 mm，由關渡至河口之粒徑漸粗，經顆粒特性分析，海床上之砂源主要來自淡水河。
- (8) 根據 83 年 94 年自淡水河口至臺北橋附近河道斷面分析顯示，淡水河口下游段(河口至關渡)之河床大致有逐年抬昇的趨勢，除斷面 6 外。其中以斷面 5, 10, 11 之主深槽淤積最明顯。河口之河道淤積以左岸高於右岸，顯示挖子尾側凸岸河砂淤積情形較右岸嚴重。淡水至紅樹林河道段則顯示在河道之左側與中央河床有陸續升高之情況，河道之主深槽則向右岸偏移。在關渡橋上下游之河道主深槽則偏向左岸。

- (9) 由民國 94 與 95 年關渡橋至淡水河口的數值地形可以得知河道內產生了兩個主深槽($z = -5\text{m}$)，一為關渡橋至紅樹林河道中央，另一為沿淡水河右岸紅樹林起至出海口南北兩側，顯示近年來河道在上游基隆和與其主要支流的持續疏浚下，淤積情況已逐漸趨緩。
- (10) 由底質礦物成份分析結果得知，基隆河與關渡站四個採樣點具有較高之長石、綠泥石與黑雲母成份；而淡水河主流未與基隆河匯集前以岩屑及基質佔較大比例。淡水河與基隆河匯集後，則以岩屑與長石成份較高。綜合分析結果，外海之顆粒應為淡水河所帶出，同時兼具基隆河礦物(長石、黑雲母)及淡水河共有之岩屑、石英等礦物。

5.2 建議

- (1) 淡水河下游目前仍缺乏長期性之颱風期間之實測流量及同時間之濃度資料。建議持續收集河道斷面量測資料、河床質分佈、疏浚資料及流量資料等以驗證淡水河口長期之輸砂特性。
- (2) 為具體了解淡水河南側是否持續淤積及確定其沙源，建議明年度河床質採樣時，應於臺北港北堤及挖子尾河口南岸及北岸之淤砂進行採樣並與淡水河本河及外海河床質進行比對。

參考文獻

1. 王安得(2004)，淡水河年侵蝕率之推估，國立台南師範學院自然科學教育學系碩士論文，台南市。
2. 宋國士、溫良碩、劉康克、劉佩琨(2001),”淡水河口區水下地形”，臺灣海洋學刊第 39 期，pp. 135-159.
3. 李錫堤，黃俊鴻，劉進金，蔡榮君，洪國華，林書毅 (1998), 林口台地及其鄰接海岸地形變遷與地貌復原可行性探討，公共工程委員會專案委託計畫成果報告。
4. 李鴻源、楊錦釧、葉克家、謝慧民(1996)，瓣狀河系沖淤模式之發展(四)，NETSTARS 模式，國立臺灣大學土木工程系，台北市。
5. 林柏青、周憲德、江金德、蔡金吉 (2003)，「淡水河流況與懸浮質調查分析」，第 25 屆海洋工程研討會，國立台灣海洋大學，基隆市，pp.669-676。
6. 林雪美(1996)，臺灣西部河口之地形學研究，國立師範大學地理學研究所博士論文。
7. 邱永芳、洪憲中、吳基、林柏青、廖慶堂、王胄、徐如娟 (1999)，八十八年八里、林口海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷四年監測計畫報告，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。
8. 洪奕星(2000)，台灣北部海岸變遷研究-淡水河口一帶海底地形與沉積物分佈的調查研究(III)，中央地質調查所委託計畫。
9. 范光龍 (1996)，“從淡水河口附近河段之今昔談起”，海洋台灣---第 12 期 (1).
10. 張菀文 (2002)，淡水河口地形變遷之研究，國立臺灣大學地理環境資源研究所碩士論文。

11. 張慶源、李育明、何瓊芳、童慶斌、闕蓓德，「永續台灣的願景與策略研究子計畫一：永續發展知識庫之建立(V)－資能源善用組」，行政院國家科學委員會九十一年度研究計畫成果報告，台北(2003)。
12. 基隆港務局(1997, 海岸地形變遷及防護對策研究，淡水港第二期工程(含淡水港外郭防波堤興建工程)環境影響說明書(定稿本)－附錄三，基隆：基隆港務局，2-1~4-20、7-2~7-4。
13. 港灣研究中心(2004),台北港(92~94年)海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷監測作業-93年報告，交通部運輸研究所。
14. 港灣研究中心(2005),台北港(92~94年)海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷監測作業-94年報告，交通部運輸研究所。
15. 許銘熙(2005),淡水河口生態系統模式，第一屆生態工法研討會報告。
16. 許泰文、張憲國(2001),永續的鑽石海岸，經濟部水資源局出版。
17. 許泰文(2003),近岸水動力學，中國土木水利學會出版，科技圖書公司。
18. 張瑞津(1989),淡水河下游感潮的研究，地理學研究，13:1-59。
19. 陳筱華、陳嘉元、連永順(2000)，多功能河口水文站之件置與最適化系統之建立，經濟部水資源局，台北。
20. 鄧國雄(1987),淡水河下游河道形態與河床沉積研究，國科會研究報告。
21. 鄧國雄、高慶珍、許哲明、蔡佩娥(1987),淡水河下游河道形態與演育，地理學研究 11:139-169。

22. 魏震(2001), 台北港興建對鄰近海岸地形影響之評析, 國立臺灣海洋大學河海工程系碩士論文。
23. 黃良雄(2006), 台北港設置後對淡水河口海岸地形變遷之影響, 經濟部水利署委託研究成果報告, 臺北。
24. 張力修(2007), 金山至萬里峽灣海岸帶地質特徵, 國立臺灣大學海洋研究所碩士論文。
25. Bagnold, R.A. (1963), Mechanics of marine sedimentation. In “The Sea: Ideas and Observations” ed. by M.N. Hill, Vol.III, Interscience, New York.
26. Chiao, L-Y and Y-H Wang (2004), “ Multiresolution interpolation and detiding of the ADCP Data”, J. of Atmosphere and Oceanic Technology, Vol.21, pp.122-134.
27. Dadson, S.J., N. Hovius, H. Chen, W.B. Dade, M.L. Hsieh and S.D. Willet (2003), “Links between erosion, runoff variability and seismicity in the Taiwan orogen”, Nature, Vol.426, pp.648-651.
28. Dyer, K.R. (1994), “ Estuarine sediment transport and deposition”, Chap. 6 in Sediment Transport and Depositional Processes, ed. by K. Pye, Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.
29. Hans Burchard (1998), “The Formation of Estuarine Turbidity Maxima Due to Density Effects in the Salt Wedge. A Hydrodynamic Process Study”, Journal of Physical Oceanography, Vol.28, No.2, pp.309-321.
30. Jay, D. A., and J. D. Musiak, (1994): Particle trapping in estuarine tidal flows. J. Geophys. Res., 99(20), 445–461.
31. Kachel, N.B. and R.W. Sternberg (1971), “Transport of bedload as ripples during an ebb current,” Marine Geology, Vol.19, pp.229-244.

32. Liew, P.M. (1993), “ Holocene tectonic uplift deduced from elevated shorelines, Eastern Coast Range of Taiwan”, *Tectonophysics*, Vol. 222, pp.55-68.
33. Van Leussen, W. (1989), “ Aggregation of particles, settling velocity of mud flocs, A Review”, in *Physical Processes in Estuaries*, ed. by Dronkers, J, and W. van Leussen , Springer-Verlag., pp.348-403.
34. Huang, Norden E. (1998), ”The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis”, *Proc. R. Soc. Lond. A*, Vol.454, 903-995.
35. Boggs, S., Jr., W. C. Wang & J. C. Chen (1974), “Textural and compositional patterns of Taiwan shelf sediment”, *Acta Oceanographica Taiwanica*, 4, 13-56.

附錄一

交通部運輸研究所合作研究計畫

■期中 □期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：96 年淡水河河口及附近海岸輸砂之研究

執行單位：中央大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、陳文俊委員： 1、河床淤高或刷深之變動是否可以找到量測資料時間，是否為颱風後所測？河床變動是否具有季節特性？ 2、如採用之航照圖拍攝時間未考慮潮位變化，請加註年代。 3、淡水河底床變化分佈(如：基隆和與淡水河交會口)是否具有長期變化關係？	1、本研究所採用之淡水河河床剖面變化，其量測時間(年為單位)受限於資料取得單位之限制，在資料量測時間尚未確認前，無法斷定是否具有季節變化，將於期末報告進一步釐清該資料量測時間。 2、遵照委員意見辦理。。 3、淡水河之底質取樣來探討河床之長期變化，回受到近年來基隆河與淡水河疏浚之影響，其部分分析結果呈現之河砂粒徑逐年增加或減小，在長期趨勢量化上，需配合疏浚時間與地點加以釐清。另因本研究目前僅獲得部分月份(3, 4, 5 月)之採樣資料，無法	

4、暴潮偏差為何差異會到40cm，是否為資料異常？或儀器出錯？ 5、調和分析常數是否考慮部分分量(半年期)？	觀察長期變化，本研究將陸續蒐集其他季節之採樣資料，並於期末報告分析說明。 4、本研究在潮位原始資料分析上，有部分資料不甚合理，研判應為儀器出錯或進行校正所引致誤差。 5、本研究調和分析程式主要是以 69 種分潮週期進行模擬，最長之週期為 8766.55 小時(S_a)，最短為 2.48 小時(M_{10})，其中亦包括半年之週期(4382.89 小時)，此分潮之名稱為 S_{sa}。	
二、莊文傑委員： 1、河床砂質來源研究目的主要是探討淤砂或飄砂？ 2、關於 EMD, IMF 新方法之應用，在資料補遺上是否可於期末報告中敘述應用上的說明？ 3、本研究透過諸多計畫蒐集彙整資料，未來在資料上是否可以相互支援？	1、探討河床砂質來源之主要目的為經由不同位置取樣之礦物組成，來探討淡水河底床之河砂來源，以了解上游支流對淡水河主流之沖淤情形。 2、遵照委員意見辦理，將於期末報告將此一部份作一詳盡說明。 3、本研究廣泛蒐集相關淡水河量測資料與研究成果，未來在資料分析應用上應可提供其他相關	

4、流量、流速、懸浮質的關係是否可再深入探討，以提供後續研究之用？	研究之支援與參考。 4、遵照委員意見辦理。	
三、何良勝科長 1、期末報告請回覆其中審查之問題。 2、期中審查通過，請研究單位儘速請款。	1、將遵照辦理。 2、感謝委員之建議，遵照辦理。	

附錄二

交通部運輸研究所合作研究計畫

☐期中 ☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：96 年淡水河河口及附近海岸輸砂之研究

執行單位：中央大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、林銘崇委員 1. 河口段地形變化之探討，除了潮汐影響外，內部水動力特性亦宜儘可能納入考量。 2. 資料顯示河口局部段砂粒粒徑變粗，是否屬一般化之特性？其可能原因為何？ 3. 河口平面地形變化甚為複雜(圖 4.44~45)，依據此地形分析所得之河道斷面變化與量測斷面圖之比較如何？	1. 河口內部水流動力特性部分已於第一年報告中深入探討。 2. 一般河川之砂粒愈往下游顆粒粒徑應愈細，但由於淡水河為感潮河川，出海口之向上游之感潮作用會改變原有之水力篩選，造成河口局部段之粒徑變粗。 3. 已遵照委員意見於期末報告補充說明。	
二、許榮中委員： 1. 河口海域輸沙受潮、浪、地形及河川流量之影響，但由第二年度期末報告之“1.3 計畫內容及範圍”(報告 P.1-4)卻未提	1. 感謝委員建議，本項目不在本計畫目標範圍內。	

波浪計算及所衍生的沿岸漂沙及海岸受波浪侵淤的模擬。在第三年擬辦理的「漂沙與地形變化分析」是否包括數值模擬亦未說明。若未包涵波場計算及漂沙與地形侵淤的數值模擬，建議追加工作項目。		
三、鍾英鳳委員： 1.漲退潮與懸浮濃度之關係出現漲潮時濃度比退潮時大，此與河川向海輸沙似乎有相反之行為，是否來自海或河口之懸浮質較多，請加以分析說明。另 P2-12 頁中敘述濃度逐日增加可能是雜質附著於儀器所致，建請予以求證或將產生之偏差去除。 2.P2-12 頁懸浮質濃度尖峰值出現在颱風過後 1-2 天，判斷颱風過境期間挾帶豪大雨造成上游大量沖刷，請求證颱風期間上游降大雨之時間並推算至關渡站之時間點以驗證濃度變化之時間點；另 2-12 圖濃度值有一天維持 5PPT 而與漲退潮似無關係，其應與上游沖刷似乎有較直接之關係，請再分析說明。另若該測站受	1.將遵照委員意見於期末報告補充說明，另濃度逐日增加經求證為儀器故障衍生誤差所致。 2.已遵照委員已見於文中修正說明。	

潮汐溯升之影響將可能因近岸碎波造成海域海水混濁，或是颱風期沖刷入海尚未沉降之細顆粒懸浮質因漲潮回溯至測站，亦有可能。		
3.圖 2-11 漲退潮濃度值在 19-24 日變化不大，但 24 日以後漲退潮濃度值之差距變很大，其原因何在，請補充說明。	3.此為儀器故障所生之量測誤差。	
4.圖 2-13 及 2-14 皆用漲潮分析，建議退潮時亦進行分析，以確實瞭解颱風及非颱風期間之關係為何。另颱風與非颱風濃度差距不大，其原因何在？沒降雨？或是颱風未通過北部地區？或是其他因素所造成？	4.由於先前報告資料點數量較少，無法看出兩者之差異，此部分將於期末完整報告中加入本年數據進行探討。另颱風期之而懸浮濃度與颱風路徑確有關連，路徑較接近北台灣者，其尖峰懸浮濃度到達時間會提早。	
5.P2-16 以公式推出淡水河流域整體輸砂量約為 2917949T/yr，請補充說明如何驗證該公式可用？	5. 該輸砂量乃以 Meyer-Peter and Muller 公式推估新店溪(秀朗站)、大漢溪(三鶯橋站)及基隆河(五堵站)之總和，此公式具有最小之計算誤差，詳細部分請參見第一年之研究報告內容。	
6.P2-21 平均潮差 1.93 與 P3-1 平均潮差 2.19 公尺不同，請修正。	6.已遵照委員意見於文中進行修正。	
7.由 P4-3 敘述，在 KD-03 橫斷面底質中值粒徑分佈範圍由 0.014~0.158mm	7.因該分析乃配合港研所定期採樣之底質進行分析，未來可建議增加採樣	

其變化頗大，故底質在各河段取樣所得之粒徑值，並不能代表該河段之底質粒徑，因此要依據目前每一段河床僅取一處之取樣據以分析其趨勢，似稍嫌薄弱，建議予以補強。	點數，已獲得更為客觀之分析結果。	
8.圖 4.19 至 4.43 各年度線形之符號未標示出來，請修正。	8.將遵照委員意見採行彩色印刷以利判讀。	
9.P4-29 中敘述 95 年 11 月取樣，其時間有誤請修正。	9.其底質礦物分析所採用之採樣時間應為 95 年 11 月，正確無誤。	
10.建議針對懸浮質之特性予以瞭解，以確定輸沙與懸浮質之關係。	10.感謝委員寶貴建議，將於第三年研究中予以加強。	
11.本年度需以實驗及現場資料檢定河口輸沙理論之適用性，但在結論及建議中對此部份並未著墨，請補充說明。	11.河口輸砂理論適用性部分因受限於實驗進行仍有窒礙，遵照委員意見將補充建議中說明。	
12.結論(9)僅以兩年之資料，且又受疏浚之影響，實難以對河川之變化特性下定論，建議下一年度需增加資料之收集來加強。	12.感謝委員建議，淡水河本河之疏浚乃為近年配合藍色公路觀光運輸之清淤作業，將於第三年計畫加強資料蒐集進行研析。	
四、何良勝委員： 1.請加強說明摘要部份。 2.內文部份符號及測站位置請補充說明。 3.本報告資料收集及分析頗為豐碩，惟有關須建立	1.遵照委員辦理。 2.已遵照委員已見於文中修正說明。 3.已遵照委員修正於文中。	

之驗證或檢定模式仍須加強補充說明。		
五、莊文傑委員： 1.對於本年度的工作項目，於摘要與第5章結論之陳述具差異，其中，有關本計畫所欲檢定之河口(感潮河段)輸沙理論，似未見提列於報告中，其適用性亦未見有相關之評估結果，請補充。 2.為彰顯年度研究成果及達成研究目標，本報告針對淡水河，持續收集整理有豐富的水理(潮汐、流速、流量)、輸沙濃度、底床質分析、及海岸線變遷等資料，但對與淡水河口輸沙理論模式及台北港漂沙防治策略相關的代表性水理、輸沙濃度、及底床質等特性，如：洪枯期的代表流量、河口懸浮質的代表濃度、河床質的代表粒徑或示性篩分曲線、洪枯期的年代表總輸沙量、海岸的年代表沖淤率等，似應有更具體示性結果的掌握與陳現。 3.淡水河系涵括大漢溪、新店溪、景美溪、基隆河等重要支流，且河口段明顯具有感潮河川之特性，因此，為研究總目標之達	1.遵照委員意見，將於期末報告中補充說明之。 2.遵照委員意見，於期末報告中補充說明。 3.已遵照委員意見將港研所量測資料彙整至圖2.1，另該河床剖面圖為斷面深度平均，非河道中心最大深度。	

成，參考圖 2.1(p2.4)，建請調整相關資料之收集整理與調查分析範圍，針對關渡或關渡橋以下的下游河口段及其鄰近之海岸段。另圖 2.1(p2.4)所示之河床剖面圖，其剖面是否為主流河道中心剖面，請補充說明。		
4.依據 p2-17 內文所述：淡水河口南岸在民國 14 年至 37 年間，呈現海岸向外擴張的現象，最大擴張量約為 700 公尺；但依據洪奕星(2000)之研究結果(p1-1~1-2)：民國 37~67 年(民國 53 年，石門水庫完工)，八里海岸線普遍退縮達 180 公尺，河口挖子尾最大退縮量達 320 公尺；民國 67~81 年(民國 75 年，翡翠水庫完工；民國 78 年，全面禁採砂石)，八里污水廠附近海岸線普遍退縮達 150 公尺，河口挖子尾附近海岸也退縮 200 公尺。顯見淡水河河口南側海岸長期以來應具有沖蝕海岸的本質特性，請補充說明其與圖 2.3 及圖 2.4 之關聯，並闡釋評估台北港北防波堤興建是否引致「突堤效應」之影響(p1.3)。	4.遵照辦理，於期末報告中補充說明。淡水河南側近年來並明顯之沖蝕趨勢，日後之演變仍須持續觀察。	

5.按臺北港建港之歷史沿革，基港局應於民國 82 年(1993)進行淡水港第一期工程開工，而於民國 87 年底完工。P1-2 所述之臺北港建港時程”1983”，應係誤植，請修訂；並請就民國 82 年後台北港之「突堤效應」及民國 92 年(2003)恢復河道清淤疏浚(最大疏浚量為 50 萬方，p2-6;民國 96 年淡水河的預估抽沙量約為 20.36 萬方，p2-7)之影響，補充評述 p1-3 及圖 2.3 所示之研究結果(洪奕星，2000)與圖 2.4 所呈現海岸線年沖淤變化之符實性。	5.已遵照委員意見進行修正錯誤。另關於挖子尾之砂嘴變化(圖 2.4)，最近年份資料(2005 年)變化趨勢顯示為退縮狀態，此與 2004 年後復始之清淤疏浚顯然有關，但河口南岸至台北港沿岸則顯示有逐漸回淤之情形。	
6.本研究以流量超越曲線 $Q_{0.2}$ 定義高低流量，而參考圖 2.5 可見五堵(基隆河)、秀郎(新店溪)、三鶯橋(大漢溪)、及寶橋(景美溪)之日高流量皆甚低(p2-9)，但 P2-1 第一段內文說明：淡水河在乾季之平均日流量為 400~500CMS，下雨時可達 800CMS，暴雨及颱風期間可達 2000CMS。兩者明顯具差異且不一致；又依據第三章之文獻資料(陳筱華，2000)：淡水河口之潮汐流量可達	6.因該四測站為淡水河之支流，其個別流量遠低於匯流後之淡水河，由蒐集觀測資料上說明該值皆低於 500CMS，且枯豐水其差異甚大，因此以 $Q_{0.2}$ 作為個別支流之高流量標準。然本研究目前對於此四測站僅有 2005 年之流量輸砂資料，未來仍需強資料蒐集，進行更完整之研析。	

2000CMS，較河川平均流量大，故以日平均流量2000CMS 或可作為逕流作用之門檻值。請補充評述及確認以上數據之準確性及可靠度。		
7.圖 2.6 至圖 2.9 分別呈現五堵(基隆河)、秀郎(新店溪)、三鶯橋(大漢溪)、及寶橋(景美溪)之流量與懸浮質濃度之率定曲線，其流量之準確性(參見上述第 6 項)請檢核，垂直座標(濃度)之尺度，如圖 2.6、2.7、2.9 與圖 2.8 對照，部分似非為正常的對數尺度，請修訂或補充說明。	7.部分圖因考量到資料尺度較小問題，故將橫座標予以縮小，以利結果判讀。已遵照委員意見進行修改。	
8.圖 2.10 至圖 2.14 分別展示關渡站之潮位與流速及流速與懸浮質濃度之逐時變化曲線，為本研究針對計畫目標之重點監測調查研究成果。但其為 2002 年的監測調查資料，請補充本計畫在近期(2005~2006)所執行之相關監測調查資料，並與其綜整、對照比較、及檢核。	8.已遵照委員意見將本年度之觀測資料補充分析說明於文中，並進行比較探討。	
9.圖 2.11 至圖 2.12 分別呈現非颱風(p2-13)及颱風(p2-14)期間關渡站之流速與懸浮質濃度之逐時	9. P2-15 之關係式並不適用颱風期間。目前仍缺乏淡水河下游長期性之颱風期間同時之實測流量及	

變化曲線。應用其流速及懸浮質濃度，可否配合河道斷面量測圖(圖 4-18~圖 4-43)，補充推估淡水河口的平常與颱風期之日流量？依據 P2-15 相關經驗式，可否推估總輸沙量？推估結果與淡水河流域之整體輸沙量約為 2,927,949T/yr(參見 P2-16)；八里左岸及淡水河口前”門洲”區之漂沙量約為 164 萬方/年(參見 P2-17)；淡水河河川年輸沙量約為 185 萬方(參見 P2-22)等是否符合？其與河口海岸(圖 4.44 與圖 4.45)沖淤之相關性與可能的衝擊影響(圖 2.16)又為何？請檢核並補充說明。	濃度資料。且河道斷面量測並非於颱風前後量測，故不易據以檢定年輸砂量之正確性。因限於計畫時間與人力，本年度並未探討河川輸沙與海岸沖淤之關係。建議將此一問題列為明年度相關計畫之工作項目。	
10.圖 2.11 至圖 2.12 關渡站之懸浮質濃度單位為 ppt，與圖 2.6 至圖 2.9 之 ppm 無一致性，請統一，俾利對照比較。又圖 2.11 所呈現關渡站非颱風期間之逐時懸浮質濃度變化，具有與日漸增之趨勢，與圖 2.12 所呈現颱風期後之逐時懸浮質濃度變化特性，明顯具差異性，其為通案或特例？請補充說明並檢討	10.濃度單位已遵照委員意見統一修正成 ppm。另 2002.04 非颱風期間之逐時懸浮質濃度變化為儀器誤差所致，已補充 2007 年之平時資料加以對照說明。	

原因。 11.本研究第 3.1 節(p3-2)依據 11 年的實測潮位資料，採用 Foreman(1996)模式，考量 69 個分潮，應用調和分析法探討河口的水位變動特性。據此，應僅可得出一組調和分析常數。但表 3.1 至表 3.3(p3-3 及 p3-5)卻從 1997 至 2005 年，以分年方式展示其前 20 個分潮的調和分析常數，顯見，本研究係依據各分年資料進行調和分析，其原因請補充說明。另外，比較表 3.1 至表 3.3 中各分年的前 20 個分潮的調和分析常數又可發現，各分年的前 20 個分潮並不相同，分潮振幅與相位亦皆具差異，因此，可資用以預報應用及代表淡水河口長年潮位特性的一組調和分析常數，將無從選擇與依據，進一步並會直接導致暴潮位分析(圖 3-13 及圖 30-14)的不準確性，請謹慎評估並補充說明。 12.本研究第 3.2 節(p3-6)應用經驗模態分解法(EMD)探討暴潮位的萃取分析，並與應用傳統	11. 已遵照委員意見附於文中。 12.已遵照委員意見附於文中。	
--	--	--

的調和分析法結果進行比較，研究的用心、成果、敬業性、創新性、及嚴謹度皆值得肯定與讚許。但圖 3.13 及圖 3.14 分別針對 2000 年及 2001 年颱風期間暴潮偏差分析結果的差異性，及影響準確性的原因，應值得再深入補充說明及探討。		
13.表 3.6 及表 3.7 所示為 1997~2002 年及 2003~2005 年颱風期間的暴潮偏差，經觀察比較可見，在同一站位(河口站或土地公鼻站)，採用傳統的調和分析法(HA)或經驗模態分解法(EMD)，其暴潮偏差並不相近似；另外，針對同一暴潮偏差分析分法(HA 或 EMD)，在相鄰站位(河口站與土地公鼻站)之暴潮偏差卻有極大的差異(如針對 HA，在 2000 年象神颱風，河口站與土地公鼻站之暴潮偏差分別為 68 公分及 144.8 公分；針對 EMD，在 2004 年艾利颱風，河口站與土地公鼻站之暴潮偏差分別為 73.3 公分及 104.8 公分)。以上因	13.已遵照委員意見附於文中。	

分析方法及因不同站位所導致暴潮偏差具差異的原因，p3-23 內文的說明及探討，值得再深入檢核及補充。		
---	--	--

附錄三

交通部運輸研究所辦理研究計畫
MOTC-IOT-96-H2EB004

96年淡水河河口及 附近海岸輸砂之研究

期末報告

國立中央大學土木系
主持人：周憲德 教授
研究人員：卡艾偉 教授
李璫芳 研究生
林煒傑 研究生
簡報日期：2007.11.16



1

簡報大綱

- 1 計畫背景
- 2 淡水河口既有水理資料分析
- 3 河口潮流水理特性
- 4 淡水河口現場河床質分析
- 5 結論與建議

2

期中審查意見回覆(1/2)

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
一、陳文俊委員： 1、河床淤高或刷深之變動是否可以找到量測資料時間，是否為颱風後所測？河床變動是否具有季節特性？ 2、如採用之航照圖拍攝時間未考慮潮位變化，請加註年代。 3、淡水河底床變化分佈(如：基隆與淡水河交會口)是否具有長期變化關係？ 4、暴潮偏差為何差異會到40cm，是否為資料異常？或儀器出錯？ 5、調和分析常數是否考慮部分分量(半年期)？	1、本研究所採用之淡水河河床剖面變化，其量測時間(年為單位)受限於資料取得單位之限制，在資料量測時間尚未確認前，無法斷定是否具有季節變化，將於期末報告進一步釐清該資料量測時間。 2、遵照委員意見辦理。 3、淡水河之底質取樣來探討河床之長期變化，因受到近年來基隆河與淡水河疏浚之影響，其部分分析結果呈現之河砂粒徑逐年增加或減小，在長期趨勢量上，需配合疏浚時間與地點加以釐清。另因本研究目前僅獲得部分月份(3、4、5月)之採樣資料，無法觀察長期變化。 4、本研究在潮位原始資料分析上，有部分資料不甚合理，研判應為儀器出錯或進行校正引起誤差。 5、本研究調和分析程式主要是以69種分潮週期進行模擬，最長之週期為8766.55小時(S_{10})，最短為2.48小時(M_{10})，其中亦包括半年之週期(4382.89小時)，此分潮之名稱為S_{10}。

期中審查意見回覆(2/2)

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
二、莊文傑委員： 1、河床砂質來源研究目的主要是探討淤砂或飄砂？ 2、關於EMD、DMF新方法之應用，在資料補遺上是否可於期末報告中敘述應用上的說明？ 3、本研究透過諸多計畫蒐集彙整資料，未來在資料上是否可以相互支援？ 4、流量、流速、懸浮質的關係是否可再深入探討，以提供後續研究之用？	1、探討河床砂質來源之主要目的為經由不同位置取樣之礦物組成，來探討淡水河底床之河砂來源，以了解上游支流對淡水河主流沖淤情形。 2、遵照委員意見辦理，將於期末報告將此一部份作一詳盡說明。 3、本研究廣泛蒐集相關淡水河量測資料與研究成果，未來在資料分析應用上應可提供其他相關研究之支援與參考。 4、遵照委員意見辦理。
三、何良勝科長 1、期末報告請回覆其中審查之問題。 2、期中審查通過，請研究單位儘速請款。	1、將遵照辦理。 2、感謝委員之建議，遵照辦理。

壹、計畫背景

5

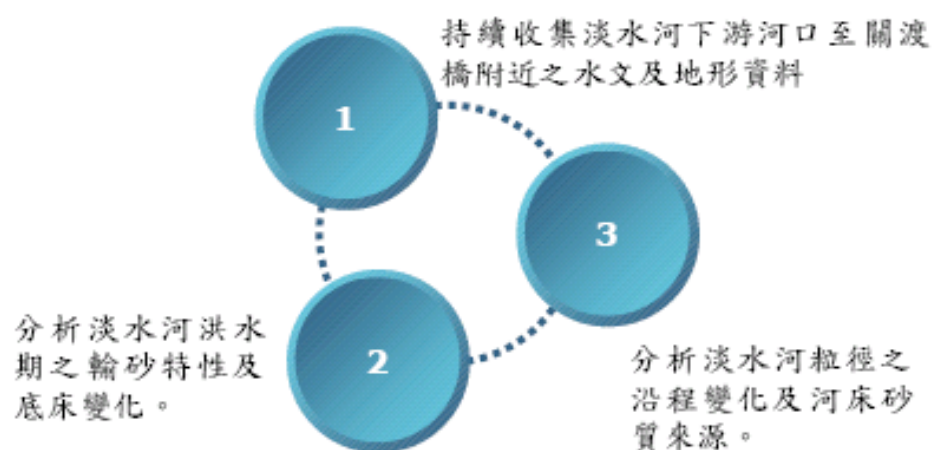
壹、計畫背景(1/2)

- 為建立適用於淡水河口輸砂之理論模式，並提供淡水河河口漂沙及台北港漂沙之防治方法，本研究收集淡水河河口輸沙資料，並彙整及探討適用於淡水河口輸砂之理論。
- 以實驗方式或現場資料檢定河口輸砂理論之適用性，並輔以現場資料調查，提出淡水河河口漂沙及台北港漂沙之防治方法。

6

壹、計畫背景(2/2)

本年度具體之工作項目包含：



7

貳、淡水河既有水理資料分析

8

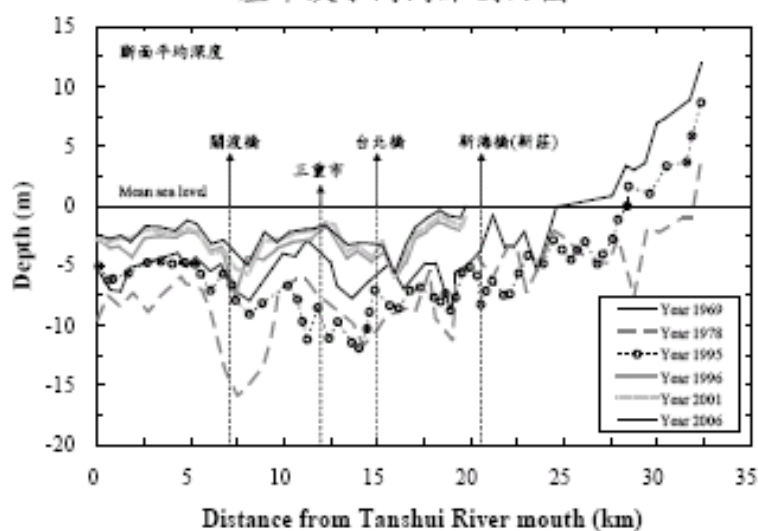
貳、淡水河既有水理資料分析(1/11)

淡水河歷年工程重要記事表

年份(民國)	記事
1964(53)	石門水庫啟用營運
1980(69)	淡水第二漁港防波堤興建完成
1987(76)	翡翠水庫啟用營運
1989(78)	淡水河全面禁採砂石
1993(82)	台北港開工
1994(83)	台北港突堤興建
1998(87)	台北港完工
2004(93)	淡水漁人碼頭、淡水客船碼頭及八里客船碼頭啟用；大佳、大稻埕、關渡舊碼頭、關渡新建棧橋碼頭及圓山碼頭啟用
2004(93.06)~2007	基隆河、大坑溪、淡水河等疏濬工程陸續進行

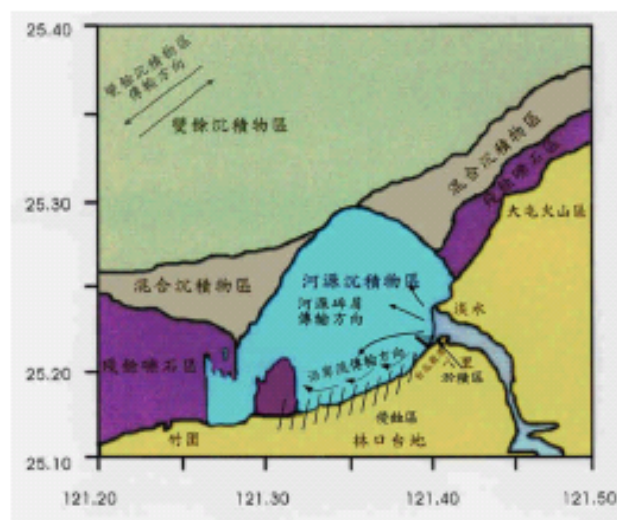
貳、淡水河既有水理資料分析(2/11)

歷年淡水河河床剖面圖



貳、淡水河既有水理資料分析(3/11)

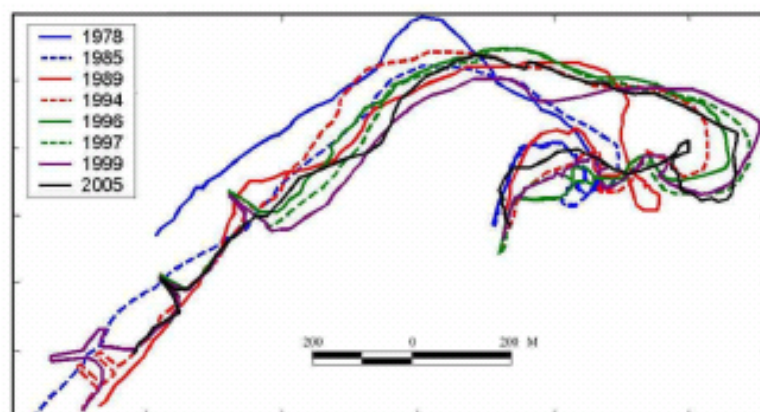
淡水河口海域沉積物之運移與堆積形態



11

貳、淡水河既有水理資料分析(4/11)

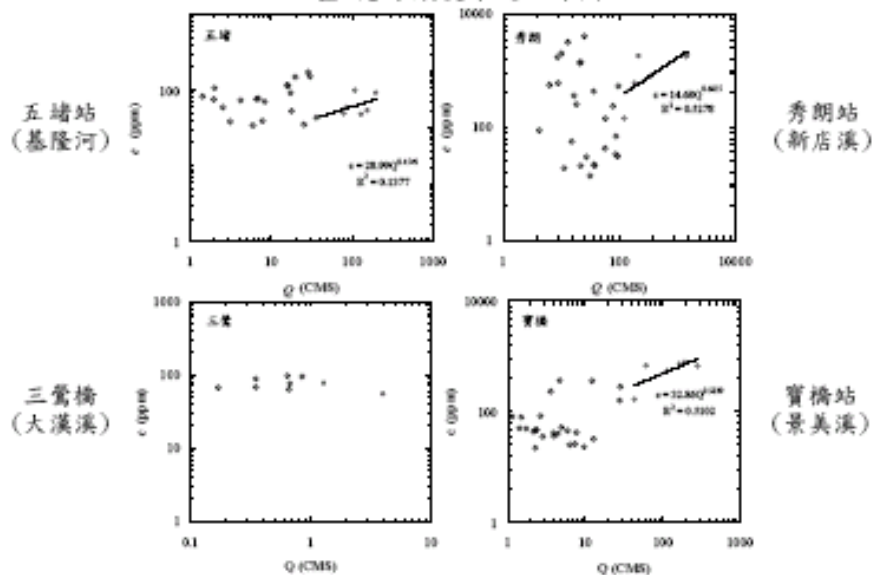
挖子尾地區歷年沙嘴之變化(1978-2005)



12

貳、淡水河既有水理資料分析(5/11)

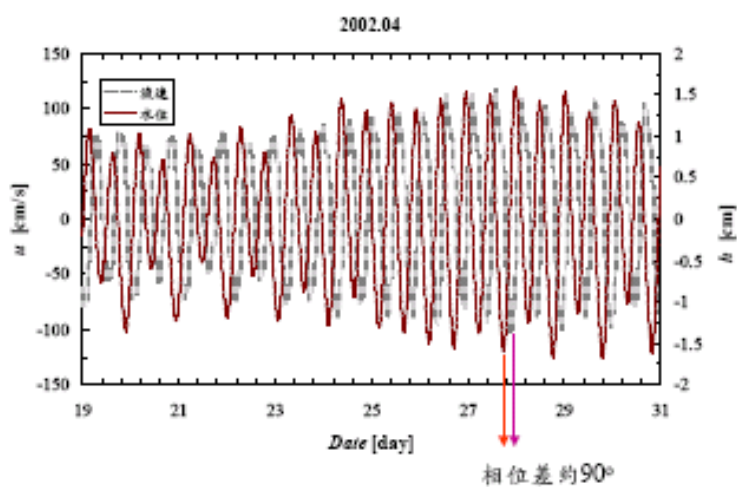
流量-懸浮濃度率定曲線圖



13

貳、淡水河既有水理資料分析(6/11)

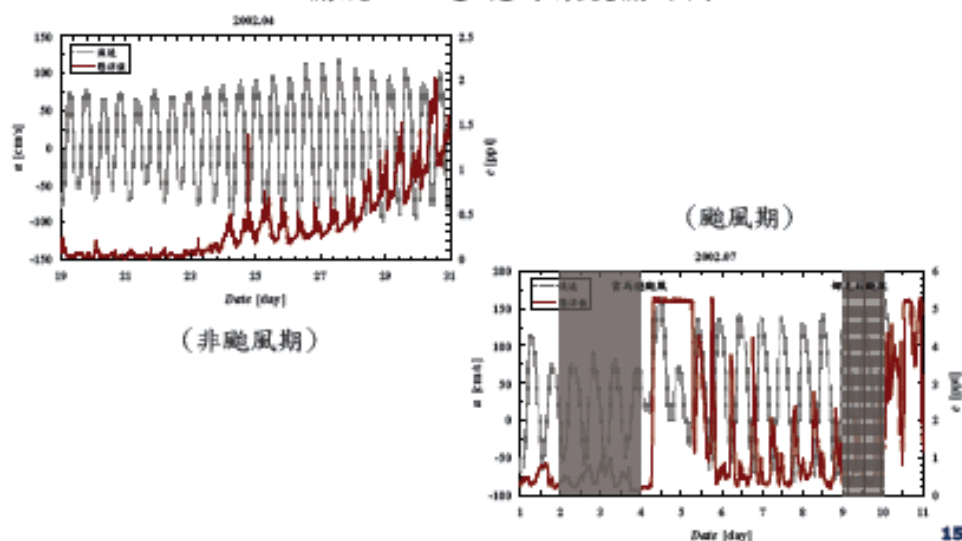
關渡站流速-水位關係圖



14

貳、淡水河既有水理資料分析(7/11)

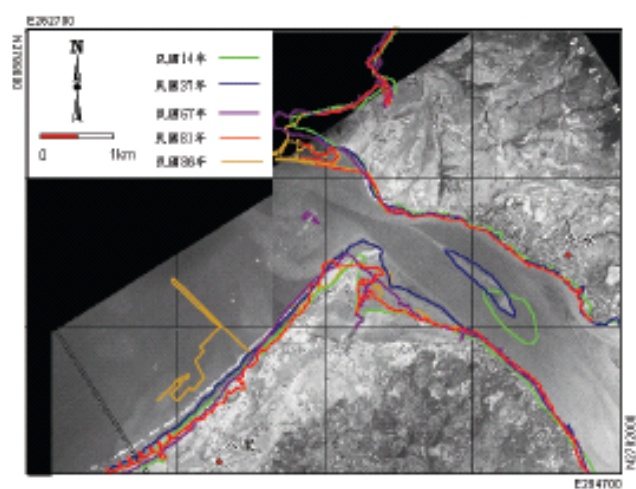
關渡站流速-懸浮濃度關係圖



15

貳、淡水河既有水理資料分析(8/11)

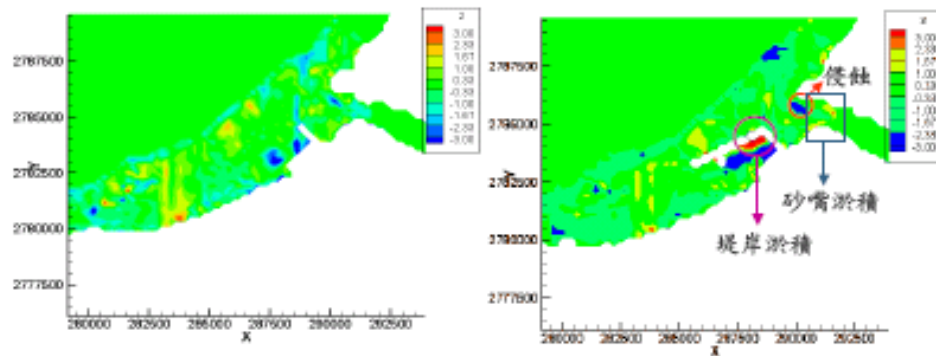
淡水河口歷年之海岸地形變遷(李錫堤,1998)



16

貳、淡水河既有水理資料分析(9/11)

淡水河口歷年侵淤圖比較(黃良雄, 2006)



a. 興建期間前後比較(83-85年)

b. 興建完工前後比較(83-94年)

17

貳、淡水河既有水理資料分析(10/11)

淡水河河口航照圖



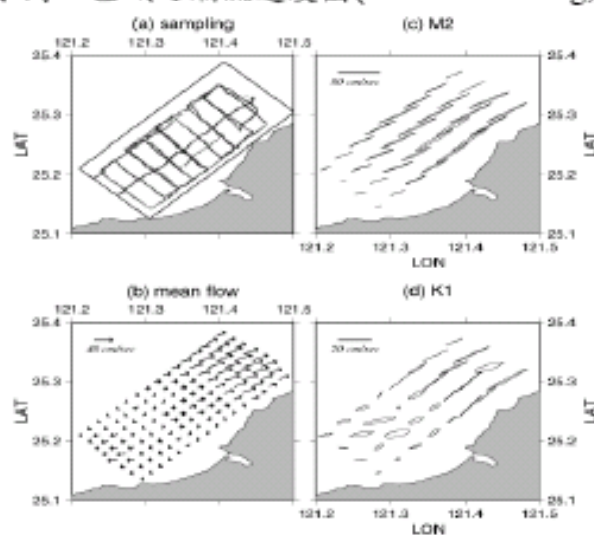
(94/08/11)

(92/03)

18

貳、淡水河既有水理資料分析(11/11)

淡水河口區域之潮流速度圖(Chiao and Wang, 2004)



19

參、河口潮流水理特性

20

參、河口潮流水理特性(1/13)

- 控制淡水河河口輸砂的主要因素為潮汐、波浪、河川流量、河口地形、懸浮質及底床質特性等。
- 淡水河口的平均潮差為2.19公尺，最大潮差達3公尺，其中以 M_2 是淡水河口的主要分潮。
- 鹽度的變化是由於漲潮和退潮水量的改變以及淡水的入流量所引起。鹽度的分佈造成的斜壓梯度足以推動底部鹽度較高的水向上游流動，這樣造成雙層循環。
- 本研究以調和分析(Foreman,1996)及經驗模態分解法(EMD, 黃鄂, 1998)來分析潮位資料，並比較兩者於平時與颱風期間之差異。

21

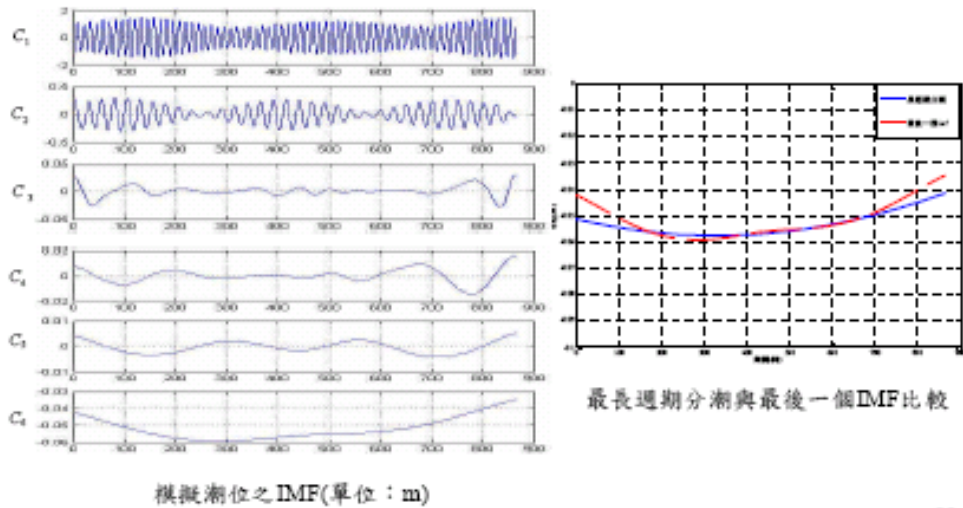
參、河口潮流水理特性(2/13)

調和分析：1997~2005年潮位前20個分潮之振幅及相位角

分潮名稱	振幅(m)	1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
		分潮名稱	振幅(m)	分潮名稱	振幅(m)	分潮名稱	振幅(m)	分潮名稱	振幅(m)	分潮名稱	振幅(m)	分潮名稱	振幅(m)	分潮名稱	振幅(m)	分潮名稱	振幅(m)	分潮名稱	振幅(m)
M_2	12.42	M_2	12.4239	M_2	12.4269	M_2	97.84	M_2	269.91	M_2	95.27	M_2	206.24	M_2	95.4	M_2	207.41	M_2	207.41
S_2	12	S_2	12	S_2	12	S_2	29.3	S_2	201.96	S_2	29.34	S_2	201.83	S_2	29.28	S_2	201.82	S_2	201.82
K_2	23.50	K_2	23.51934	K_2	23.52447	K_2	26.69	K_2	202.38	K_2	26.97	K_2	245.81	K_2	26.33	K_2	241.19	K_2	241.19
O_2	25.82	O_2	25.81934	O_2	25.81934	O_2	24.49	O_2	93.2	O_2	25.12	O_2	162.3	O_2	25.72	O_2	167.81	O_2	167.81
N_2	12.48	N_2	12.48035	N_2	12.48035	N_2	18.85	N_2	23.42	N_2	18.71	N_2	26.76	N_2	18.11	N_2	23.81	N_2	23.81
P_2	24.67	P_2	24.66589	P_2	24.66589	P_2	11.96724	P_2	12.08	P_2	6.13	P_2	13.97	P_2	13.62	P_2	145.13	P_2	145.13
H_2	12.40	H_2	12.40162	H_2	12.40162	H_2	24.96589	H_2	7	H_2	243.36	H_2	7.11	H_2	241.1	H_2	218.26	H_2	218.26
L_2	12.19	L_2	12.19162	L_2	12.19162	L_2	26.96589	L_2	5.27	L_2	271.12	L_2	5.44	L_2	276.44	L_2	5.19	L_2	282.53
M_4	12.87	M_4	12.87178	M_4	12.87178	M_4	12.426	M_4	5.23	M_4	245.82	M_4	4.98	M_4	250.32	M_4	5.54	M_4	248.29
Q_4	26.87	Q_4	26.86528	Q_4	26.86528	Q_4	4.032.889	Q_4	5.1	Q_4	285.23	Q_4	5.07	Q_4	321.77	Q_4	5.91	Q_4	345.42
N_4	6.21	N_4	6.21035	N_4	6.21035	N_4	12.19162	N_4	4.95	N_4	91.03	N_4	5.54	N_4	92.29	N_4	5.55	N_4	42.29
L_4A2	12.32	L_4A2	12.32177	L_4A2	12.32177	L_4A2	12.32177	L_4A2	2.42	L_4A2	199.23	L_4A2	2.38	L_4A2	192.85	L_4A2	2.11	L_4A2	200.16
M_4	227.36	M_4	227.36177	M_4	227.36177	M_4	12.87178	M_4	4.31	M_4	283.24	M_4	4.37	M_4	247.42	M_4	4.53	M_4	247.84
M_6	691.31	M_6	691.31035	M_6	691.31035	M_6	12.96527	M_6	2.84	M_6	194.12	M_6	4.52	M_6	190.67	M_6	3.27	M_6	210.54
M_8	6.30	M_8	6.30235	M_8	6.30235	M_8	12.22177	M_8	2.42	M_8	199.23	M_8	2.38	M_8	192.85	M_8	2.11	M_8	200.16
M_8	12.91	M_8	12.91035	M_8	12.91035	M_8	12.91035	M_8	2.4	M_8	90.55	M_8	1.28	M_8	92.27	M_8	1.83	M_8	24.47
M_{10}	763.49	M_{10}	763.49177	M_{10}	763.49177	M_{10}	12.96527	M_{10}	2.84	M_{10}	194.12	M_{10}	4.52	M_{10}	190.67	M_{10}	3.27	M_{10}	210.54
M_{12}	12.39	M_{12}	12.39177	M_{12}	12.39177	M_{12}	12.39177	M_{12}	2.42	M_{12}	199.23	M_{12}	2.38	M_{12}	192.85	M_{12}	2.11	M_{12}	200.16
EP_{12}	12.13	EP_{12}	12.13035	EP_{12}	12.13035	EP_{12}	12.13035	EP_{12}	1.7	EP_{12}	173.37	EP_{12}	1.72	EP_{12}	175.37	EP_{12}	1.54	EP_{12}	178.44
		M_{10}	11.79113	M_{10}	11.79113	M_{10}	11.79113	M_{10}	1.42	M_{10}	89.48	M_{10}	1.62	M_{10}	73.89	M_{10}	1.69	M_{10}	72.72
		EP_{12}	12.12727	EP_{12}	12.12727	EP_{12}	12.12727	EP_{12}	1.38	EP_{12}	81.69	EP_{12}	0.82	EP_{12}	54.8	EP_{12}	1.54	EP_{12}	8.52

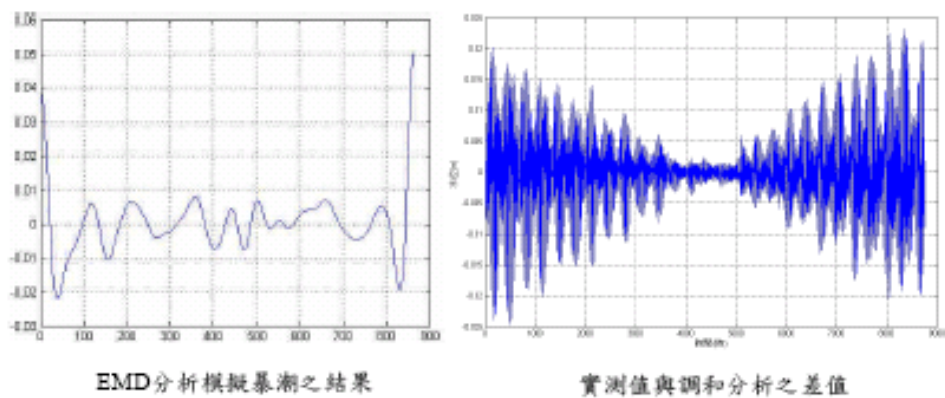
22

參、河口潮流水理特性(3/13)



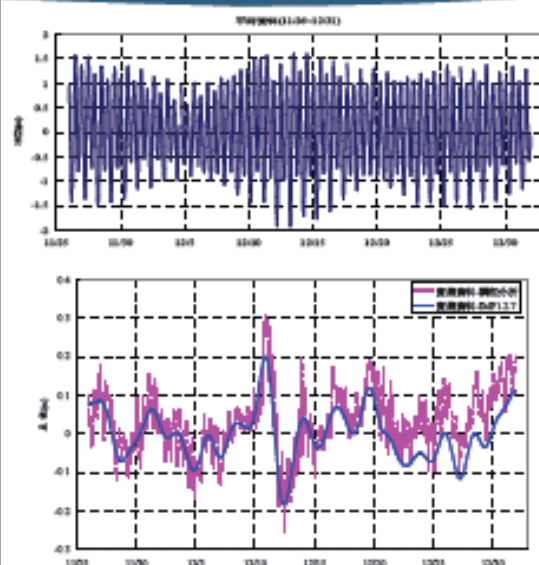
23

參、河口潮流水理特性(4/13)



24

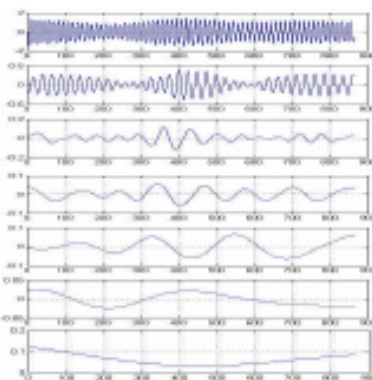
參、河口潮流水理特性(5/13)



調和分析與EMD比較圖



2000/11/26~12/31潮位資料

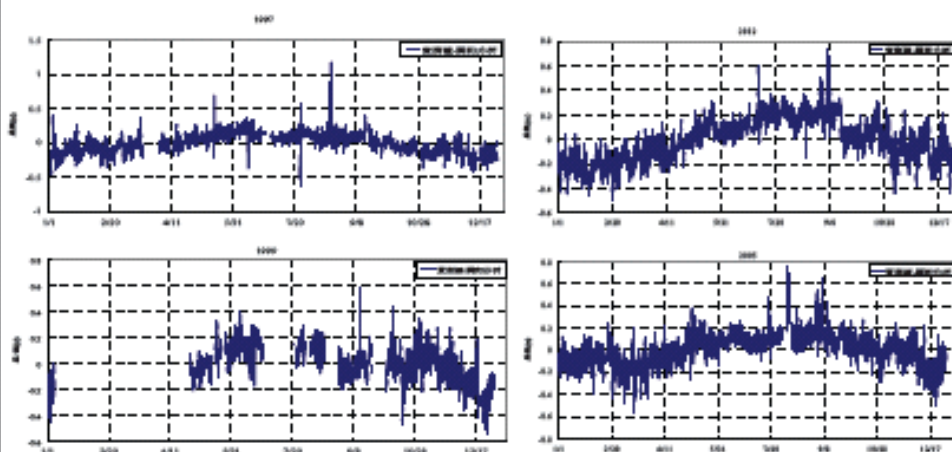


2000/11/26~12/31潮位資料IMF

25

參、河口潮流水理特性(6/13)

颱風期間潮位資料分析

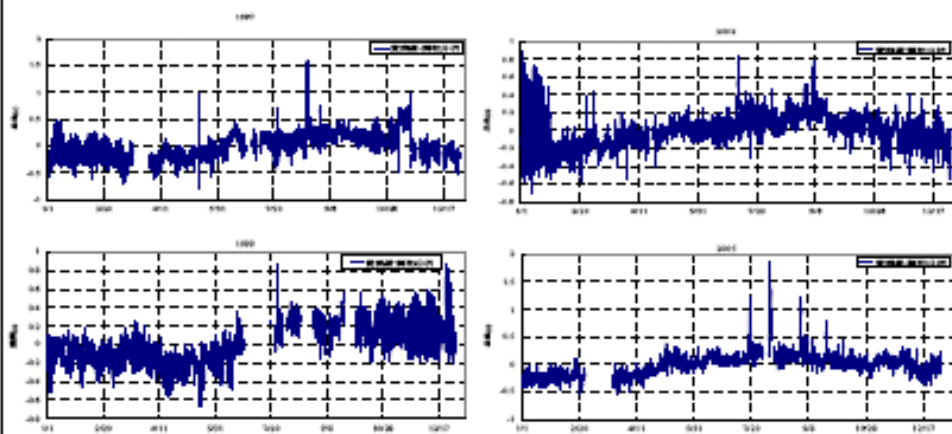


1997~2005年潮位實測值與調和分析之差值(河口站)

26

參、河口潮流水理特性(7/13)

颱風期間潮位資料分析

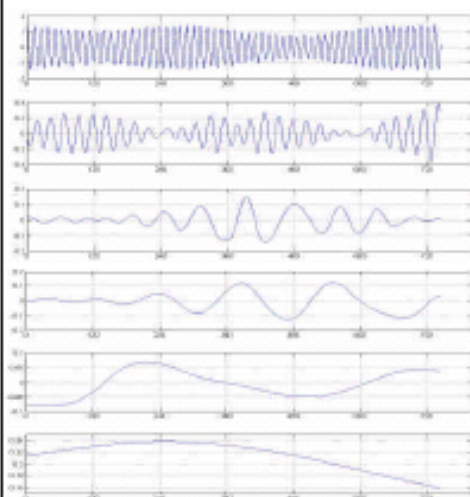


1997~2005年潮位實測值與調和分析之差值(土地公鼻站)

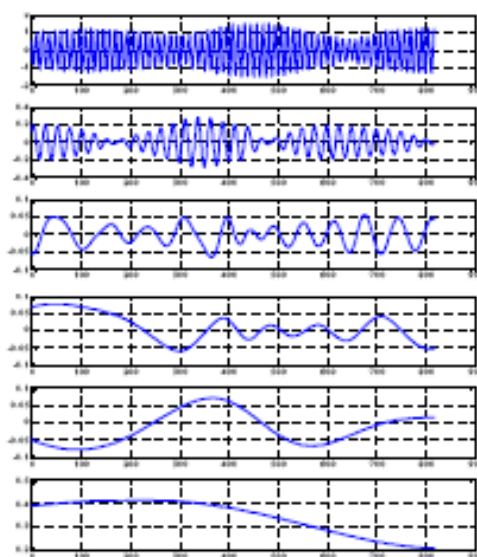
27

參、河口潮流水理特性(8/13)

颱風期間潮位資料分析



象神颱風潮位資料之IMF(單位：m)

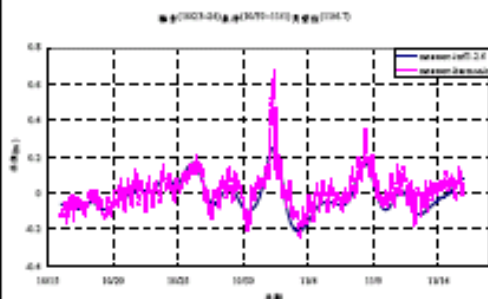


納莉颱風潮位資料之IMF(單位：m)

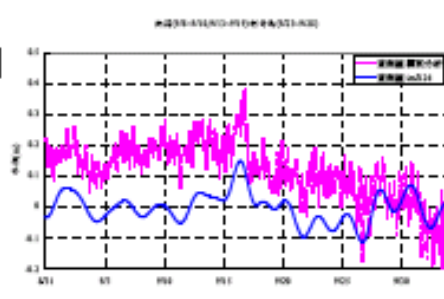
28

參、河口潮流水理特性(9/13)

颱風期間潮位資料分析



2000年颱風期間暴潮偏差



2001年颱風期間暴潮偏差

29

參、河口潮流水理特性(10/13)

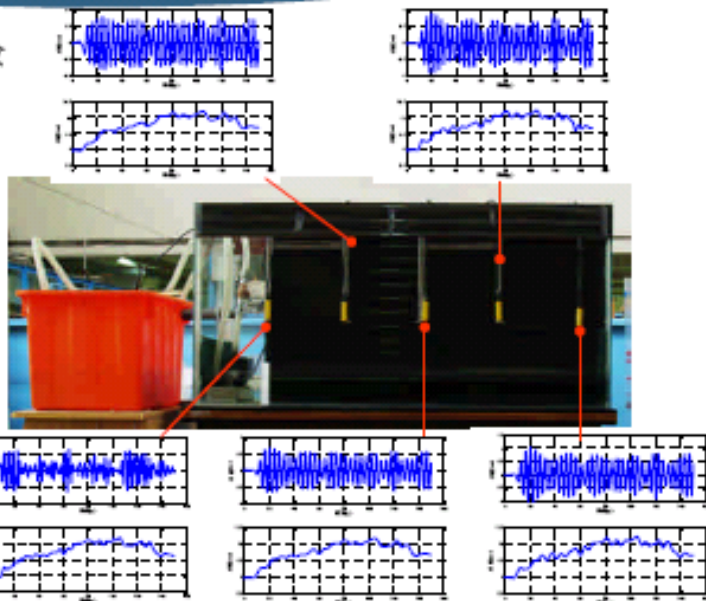
	登台日期	颱風名稱	登台強度	河口站		左營合基站	
				洪量	洪峰	洪量	洪峰
1997	8/19-19	溫妮	1	158.0	57.7	138.1	67.6
	8/27-30	安美	3	28.4	19.5	7.6	12.9
	8/29-30	卡尼	—	—	—	—	—
1998	7/9-10	妮娜	9	22.4	4.5	33.5	5.6
	8/9-9	奧斯	3	29.0	3.5	41.5	2.6
	8/27-29	妮妮	8	22.7	7.0	48.8	8.7
	10/12-17	姬絲	8	73.4	19.0	228.8	87.7
1999	10/25-27	妮妮絲	9	17.2	17.5	115.5	28.6
	12/6-9	希奧	7	43.1	15.2	55.3	21.9
	1/9-10	海葵	8	25.6	9.2	24.2	15.2
2003	8/21-23	雙利	3	17.8	2.6	23.9	23.5
	8/27-30	芭莉	8	19.8	23.1	46.7	48.5
	9/9-10	費倫	19.8	23.0	41.5	21.5	21.5
	10/23-28	聖王	—	26.0	15.0	34.0	34.0
	12/25-13/1	亞絲	—	68.6	24.0	164.8	78.9
2005	1/16-17	黑格爾	—	68.0	76.0	10.9	4.4
	5/11-12	森海奇	8	13.9	2.9	9.4	3.4
	6/22-24	伊達	7	38.2	7.9	54.6	13.5
	7/9-9	衣都	5	46.3	21.5	62.9	23.9
	7/19-11	達美	4	28.4	2.1	26.1	2.1
	7/23-24	玉兔	—	26.3	4.6	37.9	23.8
	7/29-31	妮拉	3	22.5	2.6	38.9	4.3
	8/9-10	利奇	—	—	—	—	—
2002	8/13-19	利奇	19.8	14.0	221.5	109.2	109.2
	9/23-25	科奇馬	4	16.0	7.0	88.9	19.9
	10/15-18	海葵	—	42.4	23.4	90.8	57.9
	7/2-4	蘇美露	—	68.9	27.7	82.7	42.6
	7/9-10	妮兒絲	9	29.8	5.0	44.9	0.4
	8/6-8	卡爾拉	1	73.4	23.2	73.8	4.8

发布时间		地区名称	发布时间	出口站		本站流量站	
				出口	进口	出口	进口
2003	6/21~24	阿鲁纳	--	6.9	8.2	12.4	6.6
	6/1~3	那古	--	12.7	9.4	20.4	2.8
	6/19~18	峨嵋山	--	19.9	2.4	28.5	5.6
	6/2~6	黑松林	6	23.7	3.4	28.9	2.7
	6/19~20	定海	--	25.6	6.0	31.6	4.4
	6/22~23	阿鲁纳	--	28.5	5.5	28.9	2.7
	6/13~12	峨嵋	5	28.9	7.4	27.2	19.9
	11/2~3	热那	8	15.2	5.5	16.5	5.1
2004	6/7~9	那古	--	15.9	5.9	26.2	23.5
	6/19~2/3	那古	8	20.3	12.5	47.3	15.1
	7/5~4	峨嵋山	5	2.7	5.1	6.1	4.9
	6/19~12	那古	--	48.6	12.7	58.6	23.5
	6/2~26	兰州	1	63.3	12.2	224.5	104.8
	6/1~12	那古	8	12.6	11.5	22.4	23.4
	6/29~27	那古	--	14.7	11.1	22.6	22.1
	16/23~26	那古	8	20.3	12.8	101.2	55.7
2005	12/19~6	峨嵋山	9	18.9	18.4	84.7	48.7
	7/19~20	那古	3	47.9	12.9	119.9	43.1
	6/1~12	那古	--	28.2	11.8	28.6	12.5
	6/13~6/1	那古	3	54.2	24.8	132.9	53.5
	5/9~11	才那	--	42.9	6.4	64.6	15.9
	6/21~22	才那	--	22.7	3.1	77.9	19.5
	6/19~16/3	峨嵋	3	28.9	15.9	34.6	9.9

30

參、河口潮流水理特性(11/13)

潮汐實驗

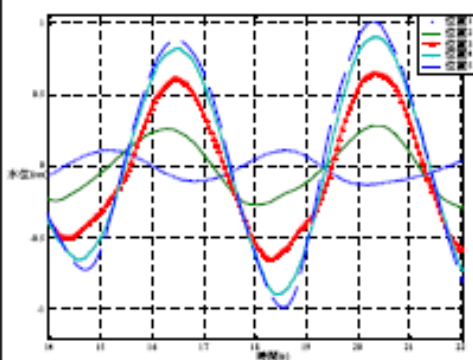


31

參、河口潮流水理特性(12/13)

潮汐實驗分析

不同位置之潮位變化圖

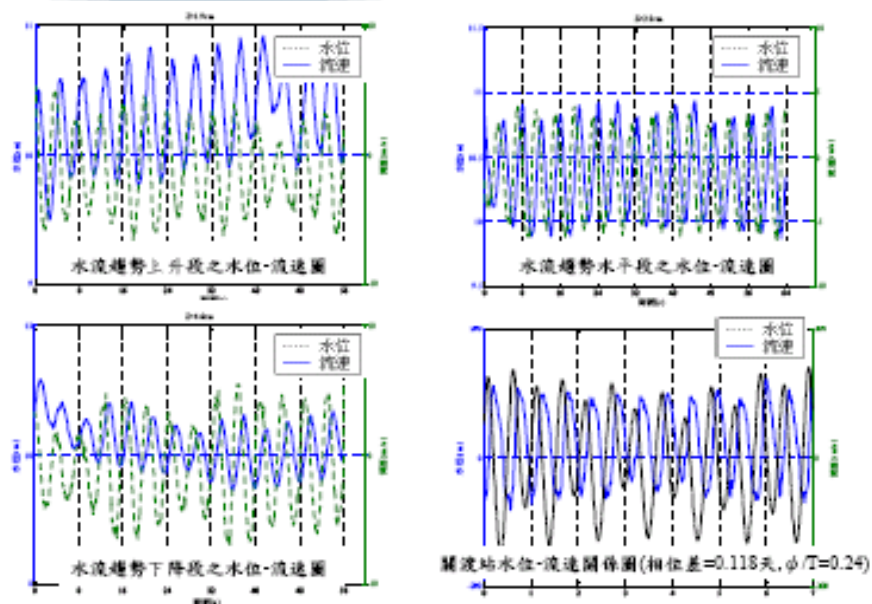


位置3距離底部不同位置流速與水位變化之相位差

距離底部(cm)	相位差 ϕ (s)	ϕ/T	距離底部(cm)	相位差 ϕ (s)	ϕ/T
1	0.957	0.24	4.9	1.000	0.25
1.3	0.977	0.24	5.2	0.978	0.24
1.5	0.960	0.25	5.5	0.966	0.25
1.9	0.979	0.24	5.8	0.967	0.24
2.2	0.949	0.24	6.1	0.963	0.25
2.5	0.954	0.25	6.4	0.990	0.25
2.8	0.978	0.24	6.7	0.990	0.25
3.1	0.967	0.25	7	0.961	0.25
3.4	0.960	0.25	7.3	0.967	0.25
3.7	0.962	0.25	7.6	0.961	0.25
4	0.991	0.25	7.9	0.990	0.25
4.3	0.969	0.25	8.2	0.999	0.25
4.6	0.982	0.24	8.5	0.961	0.24
			8.8	0.970	0.24

32

參、河口潮流水理特性(13/13)



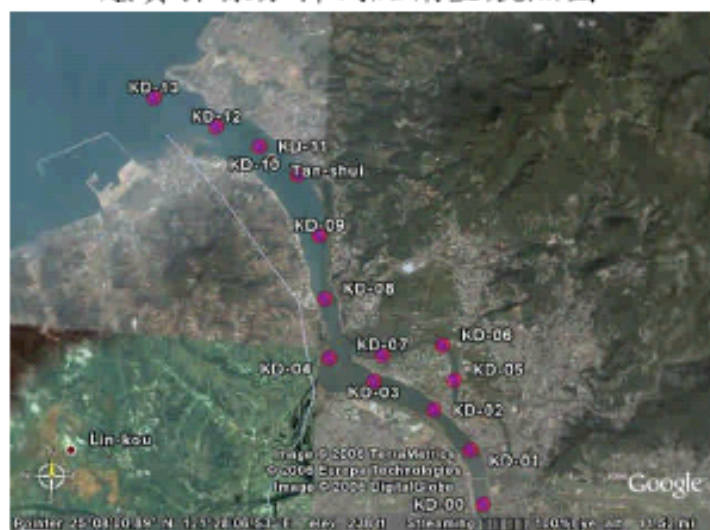
33

肆、淡水河口河床質分析

34

肆、淡水河口河床質分析(1/11)

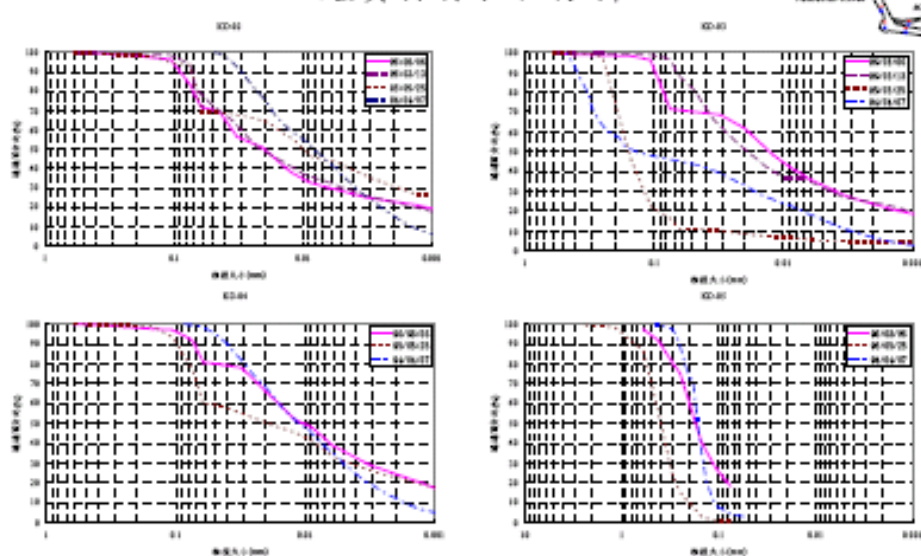
底質採樣分析測點衛星航照圖



35

肆、淡水河口河床質分析(2/11)

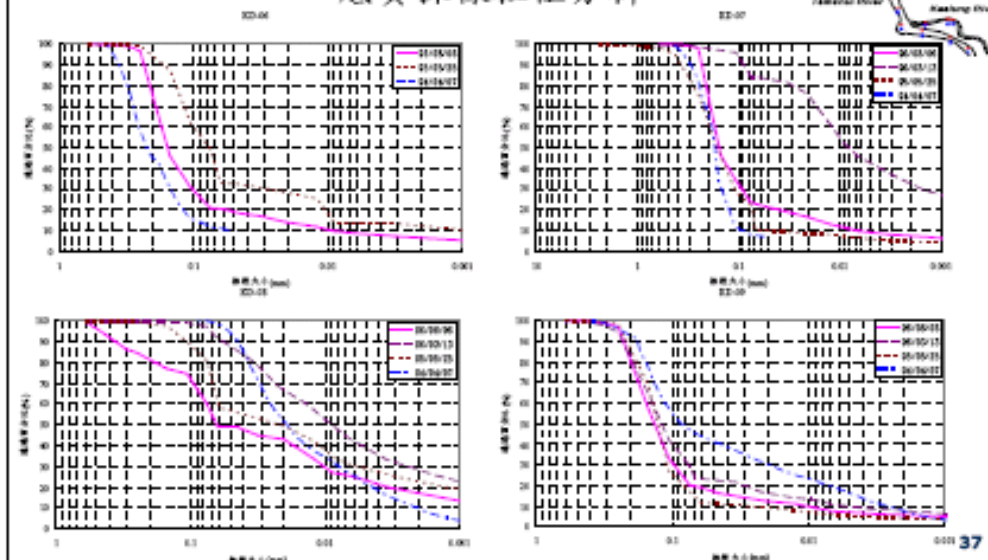
底質採樣粒徑分析



36

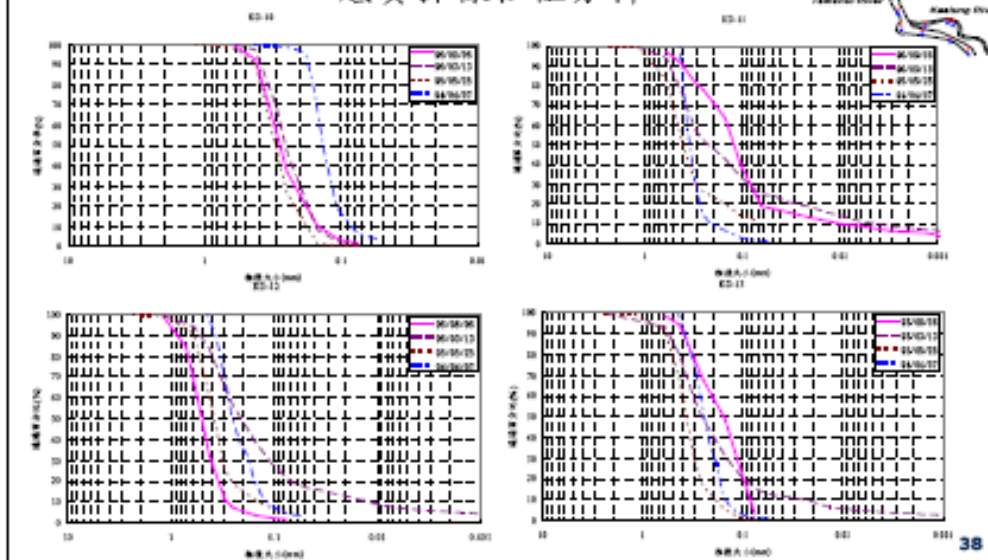
肆、淡水河口河床質分析(3/11)

底質採樣粒徑分析



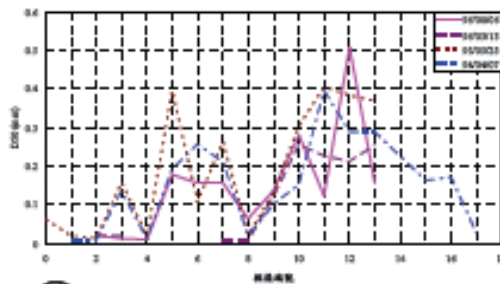
肆、淡水河口河床質分析(4/11)

底質採樣粒徑分析



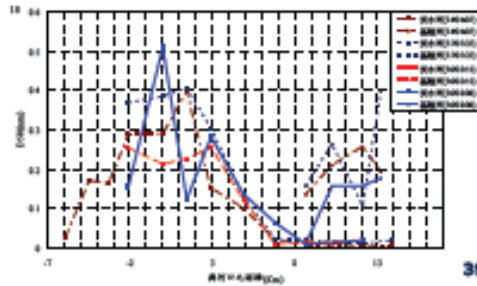
肆、淡水河口河床質分析(5/11)

底質採樣粒徑分析



淡水河底質粒徑分析結果 D_{50} 比較

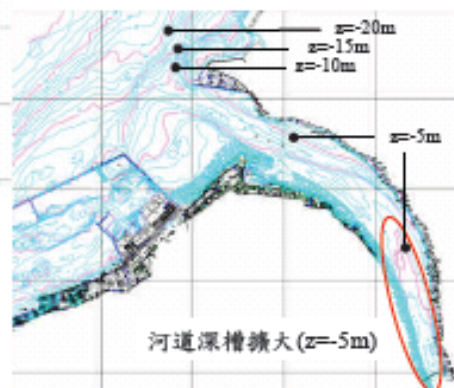
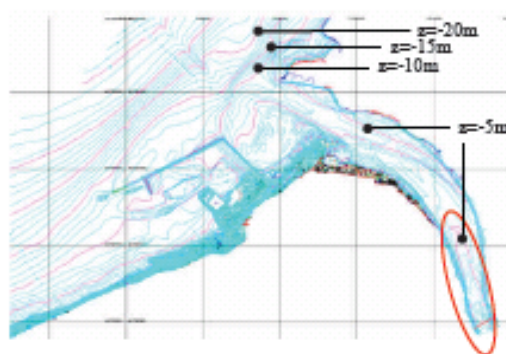
三年度河段 D_{50} 與河口距離之關係圖



39

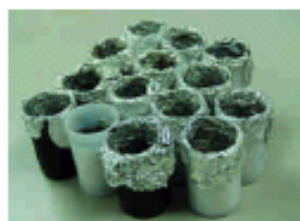
肆、淡水河口河床質分析(6/11)

河口地形數值變化



肆、淡水河口河床質分析(7/11)

底質採樣礦物組成樣本製作



淡水河底質+固化膠灌模



砂紙(粗)研磨



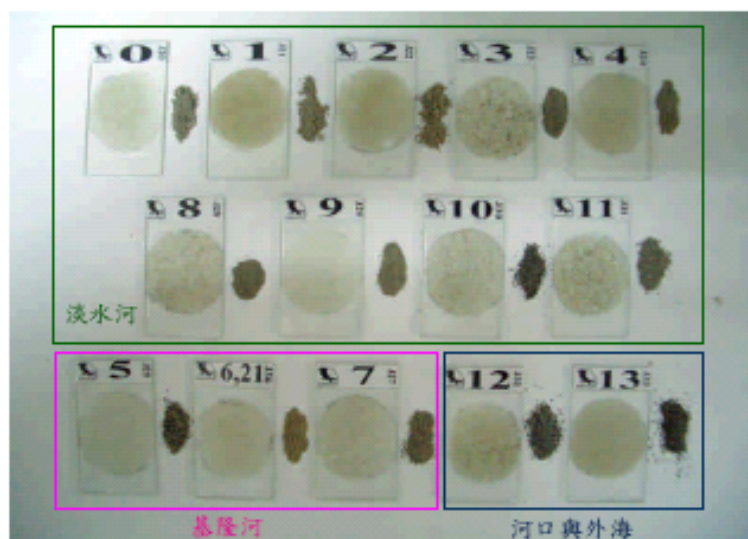
金剛砂細磨



樣本載玻片

41

肆、淡水河口河床質分析(8/11)



採樣載玻片與原土樣

42

肆、淡水河口河床質分析(9/11)



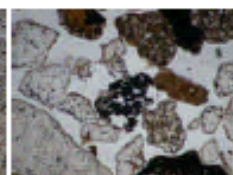
KD-00
fine-grained
sandstone



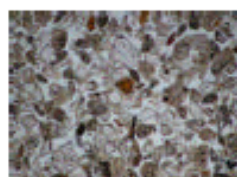
KD-01
siltstone



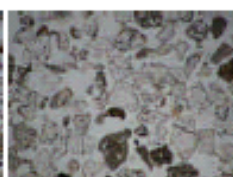
KD-02
siltstone



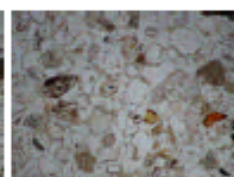
KD-03
coarse-grained
sand



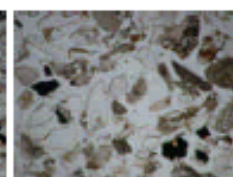
KD-04
fine-grained
sand



KD-05
fine-grained
sand



KD-06
fine-grained
sand



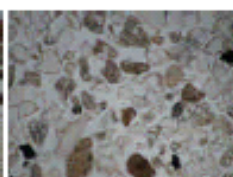
KD-07
fine-grained
sand

43

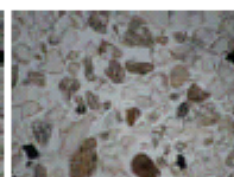
肆、淡水河口河床質分析(10/11)



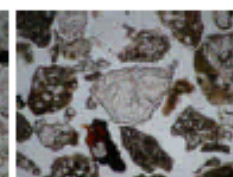
KD-08
coarse-grained
sand



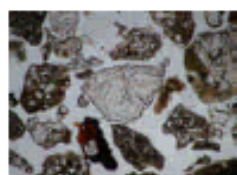
KD-09
fine-grained
sand



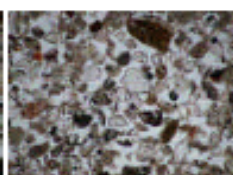
KD-10
fine-grained
sand



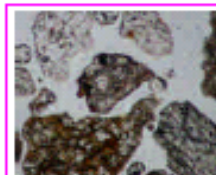
KD-11
fine-grained
sand



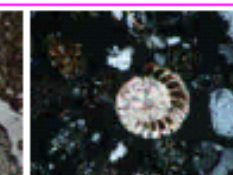
KD-12
fine-grained
sand



KD-13
fine-grained
sand



(KD-03)



(KD-08)

生物化石

44

肆、淡水河口河床質分析(11/11)

底質採樣礦物組成比較

採樣點	KD-00	KD-01	KD-02	KD-03	KD-04	KD-05	KD-06
位置	淡水河	重陽橋	淡水河	淡水河	關渡	基隆河	基隆河
分類	fine	siltyfine	siltyfine	coarse	fine	fine	fine
石英	45	5	10	5	25	20	30
岩屑	25	2	5	80	30	30	25
基質	15	90	75				
長石	5			10	25	35	30
白雲母	2	5	5		4	3	2
黑雲母	<1			2	5	2	2
方解石	2	1	1		4	3	2
不透光礦物	2	5	3	2	5	5	5
角閃石	<1						
綠泥石	<1	1	<1		<1	2	3
輝石	<1	<1		<1	<1		<1

採樣點	KD-07	KD-08	KD-09	KD-10	KD-11	KD-12	KD-13
位置	基隆河	淡水河	竹圍	淡水河	淡水河	淡水河	外海
分類	fine	coarse	fine	fine	fine	fine	fine
石英	10	10	20	5	5	10	25
岩屑	50	70	35	55	65	70	50
基質							
長石	30	10	35	30	25	10	10
白雲母			3	2			4
黑雲母	3					1	3
方解石		3	1			<1	2
不透光礦物	5	5	5	5	4	5	5
角閃石	<1	<1				2	
綠泥石		1	1	2			
輝石	<1			<1	<1	<1	<1

45

伍、結論與建議

46

伍、結論與建議(1/4)

結論

- 調和分析結果顯示淡水河口站之潮位資料主要是以主太陰半日週期 M_2 、主太陽半日週期 S_2 、日月合成日週期 K_1 及主太陰日週期 O_1 這四個分潮佔大部分的能量，因此淡水河之潮位變化主要是以半日潮以及全日潮為主要成分。
- 在暴潮分析上，採用調和分析與EMD進行比較，兩種方法之分析結果趨勢相符，其中在極大值處，調和分析結果均較EMD大，顯示EMD可有效去除調和分析所產生之偏差值。
- 模擬颱風期潮汐實驗結果顯示潮位的變化量隨著 x 值的增加而增加，此乃波傳的作用下所產生的駐波現象。另得知在任何深度下水位與流速之相位差大約為 90° ，說明流速與水位之相位差不受深度變化與水位升降影響而改變。

47

伍、結論與建議(2/4)

結論

- 淡水河及其支流疏浚歷史以基隆河系為最，景美溪、內溝溪等支流次之，疏濬時程分配上，則主要以豐水期間4至11月為主。
- 由五堵(基隆河，4-10月)、秀朗(新店溪，3-12月)、三鶯橋(大漢溪，1-4月)及寶橋流量-懸浮濃度率定曲線()，除寶橋站之懸浮濃度率與流量有較明顯之正相關外，其餘三站在高、低流量下的懸浮值濃度並無太大明顯變化。
- 關渡站的水位、流速歷線之相位差約 90° ，最大流速約在退平潮時發生，且河川內最大懸浮質濃度值與漲潮最大流速值同時出現，而颱風期間懸浮濃度尖峰值主要於颱風過後1-2天出現。

48

伍、結論與建議(3/4)

結論

- 底質採樣分析發現，KD-03、KD-07兩點之分布情形均與前兩年有較大之差異，粒徑明顯較小，研判該原因與颱風次數減少及枯水季河口環流對底質所產生之迴流作用有關。
- 根據83-94年淡水河道斷面分析顯示，淡水河口在臺北港建港之後，河槽斷面有逐年抬昇的趨勢(83~91年)，而在民國94年後則略有下降跡象。淡水至紅樹林河道段則顯示在河道右岸河床有向下掏刷改變河道原有之主深槽。而紅樹林向上延伸至關渡橋上游側，近十年之河道基本上變化則不明顯。
- 由民國94-95年關渡橋至淡水河口數值地形可以得知河道內產生了兩個主深槽($z = -5\text{m}$)，且近年來河道在上游基隆和與其主流支流的持續疏浚下，淤積情況已逐漸趨緩。

49

伍、結論與建議(4/4)

結論

- 由底質礦物成份分析結果得知，基隆河與關渡站四個採樣點具有較高之長石、綠泥石與黑雲母成份；而淡水河主流未與基隆河匯集前以岩屑及基質佔較大比例。淡水河與基隆河匯集後，則以岩屑與長石成份較高。綜合分析結果，外海之顆粒應為淡水河所帶出，同時兼具基隆河礦物(長石、黑雲母)及淡水河共有之岩屑、石英等礦物。

50

