

97-48-7334
MOTC-IOT-96-H2EB003

96 年臺北港對淡水河輸砂影響 之探討



交通部運輸研究所
中華民國 97 年 3 月

97

96 年臺北港對淡水河輸砂影響之探討

交通部運輸研究所

GPN: 1009700841

定價 200 元

97-48-7334
MOTC-IOT-96-H2EB003

96 年臺北港對淡水河輸砂影響 之探討

著 者：江玟德、呂珍謀、蔡長泰、翁俊鴻、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

臺北港對淡水河輸砂影響之探討. 96年 / 江玟
德等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研
所, 民97.03

面 ; 公分

參考書目:面

ISBN 978-986-01-3917-4(平裝)

1. 海洋動力學 2. 河口 3. 河床 4. 港埠

351.982

97006800

96 年臺北港對淡水河輸砂影響之探討

著 者：江玟德、呂珍謀、蔡長泰、翁俊鴻、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：(04)26587176

出版年月：中華民國 97 年 3 月

印 刷 者：德輝興業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

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：1009700841

ISBN：978-986-01-3917-4 (平裝)

著作財產權：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 年臺北港對淡水河輸砂影響之探討			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-3917-4 (平裝)	政府出版品統一編號 1009700841	運輸研究所出版品編號 97-48-7334	計畫編號 96-H2EB003
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：江玟德 聯絡電話：04-26587126 傳真號碼：04-26560661	合作研究單位：國立成功大學 計畫主持人：呂珍謀 協同主持人：蔡長泰 研究人員：翁俊鴻 地址：臺南市大學路 1 號 聯絡電話：06-2757575-63215		研究期間 自 96 年 3 月 至 96 年 10 月
關鍵詞：沖積河流動床二維模式、土壤沖淤模式、河口			
摘要： 河口是連接河川與海洋這兩種不同性質的水域，河口海岸地形形態之變遷過程對海域泥砂管理、航道維持及保護工之設計非常重要，而主要影響河口海岸地形變遷之因素為河道砂源及近岸漂砂。一般對近岸地形變遷演算著重在波浪場、海流流場及近岸漂砂之運行機制，部分文獻會考量河道洪峰流量，較少針對集水區整體泥砂對海岸地形變遷之影響。 淡水河流域在枯水及洪水之交迭變動下，泥砂輸運量約介於 50~300 萬立方公尺/年(75 年至 83 年)，河道水流所挾帶之泥砂經淡水至淡海間之河口段時，因河道斷面由漸縮至急劇放寬，流速因變緩而落淤在河口區域。再加上波浪場、海流流場及近岸漂砂之影響，增加淡水河河口及鄰近海岸地形變遷之複雜性。本計畫探討淡水河流域泥砂產量在颱風期間(艾利颱風)對河口及鄰近海岸地形之影響，初步結果顯示颱風期間上游泥砂經淡水河河口後，懸浮載沿淡水河主流方向向外延伸輸運，並偏西南擴散，若河口有海岸結構物時則會限制懸浮載向南擴散。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
97 年 3 月	168	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: Tamshui River Sediment Transport Impact Taipei Harbor: Fiscal Year 2007			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-01-3917-4 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009700841	IOT SERIAL NUMBER 97-48-7334	PROJECT NUMBER 96-H2EB003
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ho Liang-sheng PROJECT STAFF: Jiang Wen-der PHONE: (04) 26587126 FAX: (04) 26560661			PROJECT PERIOD FROM March 2007 TO October 2007
RESEARCH AGENCY: National Cheng Kung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Liu Jan-mou PROJECT STAFF: Tsai Chang-tai, Weng Jun-hong ADDRESS: No.1, UNIVERSITY ROAD, TAINAN 70101, TAIWAN, R.O.C. PHONE: 06-2757575 ext. 63215			
KEY WORDS: ALLUVIAL RIVER- MOVABLE BED- TWO DIMENSIONAL MODEL, SOIL EROSION- DEPOSITION MODEL, ESTUARY			
ABSTRACT: The estuary is joined by two different water area entities, river and ocean, together. The morphological transit course of estuary--coast has significant influences on sea-silt management, waterway maintenance and protection measure design. Moreover, main factors that influence estuary and coast morphological transition are river sediment and littoral sand drift. Generally, mathematical models in the simulation of offshore morphological changes emphasize the mechanism of wave field, ocean current field and littoral sand drift. The flood may be considered in some technical literatures; while less has been paid attention toward what impacts by the sediment yield of the watershed could have on coast morphological transition. According to alternating drought and flood year, the amount of the sediment transport in Tamshui River lies between 5 hundred thousand to 3 million cubic meters per year (from year 1986 to 1994). Breadth of river from Tamshui to Tamhai is diminishing then widening dramatically. The sediment will be silted in the estuary region because of slowing down river current. In addition, taking account of waves field, ocean current and littoral sand drift, the complexity of morphological changes in Tamshui River estuary and near its coast will increase. This present paper is aimed at what influence Tamshui River basin's sediment has made toward estuary and near coast during typhoon season (Aere typhoon). Preliminary study shows that upstream sediment will flow along the main channel of Tamshui River and spread southwest after passing through Tamshui River estuary during a typhoon. However, if the estuary has coastal structures, then sediment can be restrained from spreading southwest.			
DATE OF PUBLICATION March 2007	NUMBER OF PAGES 168	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	VI
圖目錄	VII
第一章 緒論	1-1
1.1 計畫緣起及目的	1-1
1.2 計畫重要性及關鍵課題	1-7
1.3 前期研究成果	1-7
第二章 研究區域基本資料分析	2-1
2.1 研究區域概況	2-1
2.1.1 水系現況	2-3
2.1.2 地質土壤	2-7
2.2 臺北港	2-8
2.3 水文資料蒐集	2-10
2.3.1 雨量資料	2-10
2.3.2 水庫資料	2-12
2.3.3 水位及流量資料	2-15
2.3.4 波浪資料	2-16
2.3.5 波流觀測資料	2-18
2.4 地文資料	2-20
2.4.1 臺北港河口海域數值高程	2-21
2.4.2 淡水河流域斷面資料	2-26
2.4.3 淡水河流域數值高程	2-36
2.4.4 土地利用	2-38
2.4.5 河床質特性	2-39
第三章 基本方程式	3-1

3.1	RCPWAVE 波場模式	3-1
3.1.1	RCPWAVE 波場模式基本方程式	3-1
3.1.2	數值方法	3-2
3.2	集水區地文性土壤沖淤模式	3-3
3.2.1	水流演算基本方程式	3-3
3.2.2	土壤沖淤演算基本方程式	3-5
3.2.3	數值方法	3-6
3.3	二維地形變遷模式	3-8
3.3.1	水流基本控制方程式	3-8
3.3.2	沉滓輸運基本控制方程式	3-10
3.3.3	數值方法	3-13
第四章	模式計算資料匯整	4-1
4.1	檢定演算	4-1
4.2	地文性沖淤模式	4-2
4.2.1	數值 DTM 及格網佈置	4-2
4.2.2	雨量資料	4-3
4.2.3	水庫放流邊界條件	4-5
4.2.4	颱風基本資料	4-6
4.3	河口海域二維地形變遷模式	4-7
4.3.1	數值高程及格網佈置	4-7
4.3.2	曼寧 n 值	4-8
4.3.3	海域波高、波向及週波數參數	4-8
4.3.4	水位邊界條件	4-9
4.3.5	流量及水位邊界條件	4-13
4.3.6	泥砂邊界條件	4-15
第五章	演算結果與討論	5-1
5.1	主深槽糙率係數	5-1
5.2	艾利颱風演算結果	5-3
5.2.1	河口流況	5-3
5.2.2	河口懸浮載濃度	5-5

5.2.3 河口底床沖淤	5-6
5.3 重現期 100 年豪雨洪水演算結果	5-8
5.3.1 河口流況	5-8
5.3.2 河口懸浮載濃度	5-10
5.3.3 河口底床沖淤	5-10
5.4 海流影響評估	5-13
5.5 植生對土壤沖淤及海域地形變遷之影響	5-17
5.5.1 河口流況	5-17
5.5.2 河口懸浮載濃度	5-17
5.5.3 河口底床沖淤	5-18
5.6 淤積改善方案	5-22
第六章 結論與建議	6-1
6.1 結論	6-1
6.2 建議	6-2
參考文獻	7-1
期中報告審查意見處理情形表	附錄 A-1
期末報告審查意見處理情形表	附錄 A-3
期末報告投影片	附錄 B-1

表目錄

表 2.1	水文地文資料蒐集項目及概要.....	2-1
表 2.2	淡水河流域各主支流概況.....	2-2
表 2.3	淡水河歷年工程重要記事[周，2006].....	2-4
表 2.4	淡水河及其主支流疏浚歷史(資料來源：臺北市政府水利處).....	2-5
表 2.5	淡水河頻率年降雨量使用雨量站.....	2-11
表 2.6	石門水庫詳細資料.....	2-13
表 2.7	翡翠水庫詳細資料.....	2-14
表 2.8	臺北港潮汐分潮振幅(公尺)及週期(時)統計表	2-16
表 2.9	歷年波浪觀分季 Hs 波高平均及分佈統計(%).....	2-17
表 2.10	歷年波浪觀分季 Ts 週期分佈統計(%).....	2-17
表 2.11	歷年波浪觀分季波向分佈統計(%).....	2-17
表 2.12	歷年海流觀測分季平均流速及分佈統計.....	2-19
表 2.13	歷年海流觀測分季流向分佈統計.....	2-19
表 2.14	臺北港海域第五分區(淡水河口至渡船頭)歷年侵淤量比較表	2-24
表 2.15	臺北港海域第五分區 85 年~89 年侵淤量比較表	2-24
表 2.16	臺北港海域第五分區 90 年~94 年侵淤量比較表	2-25
表 2.17	淡水河下游河道近十年之累積淤積量.....	2-30
表 2.19	底質採樣分析測點之經緯度、水深及 D ₅₀	2-40
表 2.20	蘇勝欽[2006]底質採樣分析測點之位置、水深及 D ₅₀	2-41
表 4.1	艾利颱風期間淡水河流域雨量站日累積雨量(單位：公厘)...	4-4
表 4.2	淡水河集水區雨量站 100 頻率年之 24 小時降雨量	4-5
表 4.3	颱風事件海氣象觀測數據極值表.....	4-7

圖目錄

圖 1.1	淡水河河口保留區相關位置如圖[水利署第十河川局提供]...	1-3
圖 1.2	泰利颱風(2005/08/30~09/01)過後淡水河口懸浮物分佈	1-4
圖 1.3	海棠颱風(2005/07/16~07/20)過後淡水河口懸浮物分佈	1-4
圖 1.4	艾利颱風(08/23~08/26)過後淡水河口懸浮物分佈.....	1-5
圖 1.5	工作流程圖	1-6
圖 2.1	淡水河流域相關位置(經濟部水利署第十河川局).....	2-2
圖 2.2	淡水河水系之集水區範圍圖	2-4
圖 2.3	臺灣北部活動斷層分佈圖	2-8
圖 2.4	淡水河河口地形衛星像圖[中央大學太空及遙測研究中心，2005].....	2-9
圖 2.5	臺北港鄰近區位圖[http://www.tpport.gov.tw]	2-9
圖 2.6	臺北港各期工程發展範圍圖[http://www.tpport.gov.tw]	2-10
圖 2.7	淡水河流域雨量站位置圖	2-11
圖 2.8	淡水河流域水位站位置圖	2-15
圖 2.9	臺北港觀測樁打設位置圖	2-18
圖 2.10	臺北港海域地形擷取區域比較範圍示意圖.....	2-22
圖 2.11	臺北港海域地形擷取斷面位置示意圖	2-22
圖 2.12	93 年 5 月與 93 年 10 月第五分區海域地形比較色階圖	2-22
圖 2.13	94 年 5 月與 94 年 10 月第五分區海域地形比較色階圖	2-23
圖 2.14	斷面 8 歷年 5 月(冬季季風)地形剖面變化比較圖	2-23
圖 2.15	斷面 8 歷年 10 月(夏季颱風)地形剖面變化比較圖	2-23
圖 2.16	斷面 9 歷年 5 月(冬季季風)地形剖面變化比較圖	2-23
圖 2.17	斷面 9 歷年 10 月(夏季颱風)地形剖面變化比較圖	2-24
圖 2.18	淡水河口民國 85~94 年夏季底床等高線變化	2-25
圖 2.19	淡水河口民國 85~94 年冬季底床等高線變化	2-26
圖 2.20	淡水河河系斷面位置圖	2-27
圖 2.21	斷面 000 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-27

圖 2.22	斷面 001 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-28
圖 2.23	斷面 002 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-28
圖 2.24	斷面 003 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-28
圖 2.25	斷面 004 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-28
圖 2.26	斷面 005 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-29
圖 2.27	斷面 006 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-29
圖 2.28	斷面 007 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-29
圖 2.29	斷面 008 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-29
圖 2.30	斷面 009 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-30
圖 2.31	斷面 010 歷年地形剖面變化比較圖.....	2-30
圖 2.32	關渡大橋至淡水河河口 80 年至 87 年等高線變化	2-33
圖 2.33	關渡大橋至淡水河河口 88 年至 94 年等高線變化	2-34
圖 2.34	侵臺颱風路徑.....	2-35
圖 2.35	淡水河集水區數值高程.....	2-37
圖 2.36	淡水河集水區坡度分佈圖.....	2-37
圖 2.37	淡水河集水區坡向分佈圖.....	2-38
圖 2.38	淡水河土地利用分佈圖	2-39
圖 2.39	底質採樣分析測點位置示意圖[交通部運輸研究所,2005]	2-40
圖 2.40	各測點底質採樣粒徑分析結果[交通部運輸研究所,2005]	2-40
圖 2.41	各測點底質採樣粒徑分析結果[蘇,2006].....	2-41
圖 3.1	水流演算時邊界條件之示意圖.....	3-17
圖 4.1	模式演算架構.....	4-1
圖 4.2	淡水河流域之格區劃分(不含石門水庫及翡翠水庫).....	4-3
圖 4.3	為各測站 100 頻率年之降雨組體圖.....	4-5
圖 4.4	艾利颱風期間石門水庫及翡翠水庫放水量.....	4-6
圖 4.5	艾利颱風行經路線(中央氣象局網站).....	4-6
圖 4.6	計算區域與計算區域數值高程.....	4-7
圖 4.7	上游無入流量時計算格點有 24 小時以上為乾點之資料	4-8

圖 4.8	敏督利颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差 (2004/6/28-2004/7/5)	4-9
圖 4.9	艾利颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差 (2004/8/23~2004/8/30)	4-10
圖 4.10	納坦颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差 (2004/10/23~2004/10/26)	4-10
圖 4.11	海棠颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差	4-11
圖 4.12	馬莎颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差 (2005/8/3~2005/8/11).....	4-11
圖 4.13	泰利颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差 (2006/8/30-2006/9/6)	4-12
圖 4.14	龍王颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差 (2006/9/30~2006/10/3)	4-12
圖 4.15	新海大橋在艾利颱風期間之計算流量 (2004/08/24~2004/08/25)	4-13
圖 4.16	中正橋在艾利颱風期間之計算流量 (2004/08/24~2004/08/25)4-	13
圖 4.17	百齡橋在艾利颱風期間之計算流量 (2004/08/24~2004/08/25)	4-13
圖 4.18	艾利颱風期間之淡水第二漁港及竹圍水位歷線 (2004/08/23~2004/08/24)	4-14
圖 4.19	地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨新海大橋流 量歷線.....	4-14
圖 4.20	地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨中正橋流量 歷線.....	4-15
圖 4.21	地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨百齡橋流量 歷線.....	4-15
圖 4.22	利用 M2、S2、K1、N2 及 O1 等五個分潮合成之水位資 料.....	4-15
圖 4.23	地文性土壤沖淤模式計算新海大橋在艾利颱風期間之 懸浮載濃度.....	4-16

圖 4.24	地文性土壤沖淤模式計算中正橋在艾利颱風期間之懸 浮載濃度	4-16
圖 4.25	地文性土壤沖淤模式計算百齡橋在艾利颱風期間之懸 浮載濃度	4-16
圖 4.26	地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨新海大橋之 懸浮載濃度	4-16
圖 4.27	地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨中正橋之懸 浮載濃度	4-17
圖 4.28	地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨百齡橋之懸 浮載濃度	4-17
圖 5.1	淡水河關渡大橋全潮量測(2003/04/17)[周，2006]	5-1
圖 5.2	2003/4/16~2003/4/17 淡水及竹圍水位歷線	5-2
圖 5.3	實測水位與計算水位圖(2003/04/16~2003/04/17)	5-2
圖 5.4	艾利颱風臺北港鄰近海域及淡水河河口流場(2004/8/24 20:00)	5-4
圖 5.5	艾利颱風臺北港鄰近海域及淡水河河口流場 (2004/8/25 03:00)	5-4
圖 5.6	艾利颱風臺北港鄰近海域及淡水河河口流場 (2004/8/25 11:00)	5-5
圖 5.7	臺北港鄰近海域及淡水河河口數值等高線圖	5-5
圖 5.8	艾利颱風期間懸浮載濃度分佈 2004/8/24 20:00~2004/8/25 11:00	5-6
圖 5.9	艾利颱風期間河口海岸沖淤變化	5-7
圖 5.10	重現期 100 年豪雨洪水期間臺北港鄰近海域及淡水河河 口流場 (退潮)	5-9
圖 5.11	重現期 100 年豪雨洪水期間臺北港鄰近海域及淡水河河 口流場 (漲潮)	5-9
圖 5.12	重現期 100 年豪雨洪水期間河口懸浮載濃度分佈	5-11
圖 5.13	重現期 100 年豪雨洪水期間河口沖淤情形	5-12
圖 5.14(a)	考慮海流的條件淡水河口海域漲潮時之流場	5-13

圖 5.14(b)	未考慮海流的條件淡水河口海域漲潮時之流場	5-14
圖 5.15(a)	考慮海流的條件淡水河口海域退潮時之流場	5-14
圖 5.15(b)	未考慮海流的條件淡水河口海域退潮時之流場	5-15
圖 5.16	淡水河口範圍	5-15
圖 5.17	淡水河口漲潮時有考慮海流流場與未考慮海流流場之 流速差	5-16
圖 5.18	淡水河口退潮時有考慮海流流場與未考慮海流流場之 流速差	5-16
圖 5.19	高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值減去各格點為相同曼寧 n 值(退潮)	5-19
圖 5.20	高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值減去各格點為相同曼寧 n 值(漲潮)	5-19
圖 5.21	高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值減去格點為相同曼寧 n 值懸浮載濃度差	5-20
圖 5.22	高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值減去格點為相同曼寧 n 值之河口高程差	5-21

第一章 緒論

1.1 計畫緣起及目的

河口是連接河川與海洋這兩種不同性質的水域，河口流場主要受到河川逕流、波浪、潮流及河口地形等因素所影響，而影響河口地形變遷之因素為河道砂源及近岸漂砂。河道砂源常在河口處形成三角洲、砂洲、潮汐灘等堆積形態。當河道砂源淤積於河口時，若受潮流或沿岸流作用時，便成為沿岸漂砂。若河川供砂量大於波浪之輸砂能力時，則形成三角洲或堆積於附近海岸，反之則造成河口或海岸侵蝕。

淡水河在石門水庫興建前(民國 16 年至 37 年)，因淡水河上游河系提供充足之砂源，至使淡水河口及八里地區的海岸線呈現向外擴張的現象[許、張，2001]。在石門水庫及翡翠水庫完工後，上游攔阻了大量泥砂而造成了供需失衡，比對民國 37、民國 67 年及民國 81 年航照圖，八里地區海岸線後退 330 公尺，挖子尾最大退縮量達 520 公尺[洪，2000]。臺北港之興建(民國 82 年)及淡水河紅樹林自然保留區、關渡自然保留區及挖子尾自然保留區，均可能影響淡水河在颱風期間之行洪能力，相關位置如圖 1.1。

臺北港港址位於淡水河出海口西南岸之八里地區，鄰近海岸(八里、林口等)係屬砂岸地形，淡水河河口海岸之波浪場、海流流場及海岸漂砂運行機制會受到臺北港建置之影響。臺北港的北防波堤凸出海岸達 1.6 公里，幾乎與河口北側之突岬齊平，造成突堤效應，阻斷沿岸砂源之向南運移，使砂源在北防波堤與河口間沈積。以往對臺北港地區之海岸地形變遷皆著重在臺北港建置對波浪場、海流流場及海岸漂砂運行機制之影響，部分文獻會考量河道洪峰流量，較少分析集水區產砂量(sediment yield)對海岸地形變遷之影響。淡水河年平均逕流量為 65.92 億立方公尺(民國 39~89 年) [李振豪，2004]，在枯水及洪水之交迭變動下，懸浮載輸運量約介於 50~300 萬立方公尺/年(75 年至 83

年)[魏震，2001]，洪水量及輸砂量對鄰近海域及河口內地形之變遷均會產生影響。

懸浮載在颱風豪雨過後，會在河口海域附近形成浮流(river plume)，且因在此區域之懸浮載 D_{50} 為 0.028~0.164mm[港灣技術研究中心，2005]，較不容易沈積而隨潮汐沿海岸向北或西南擴散，圖 1.2、圖 1.3 及圖 1.4 分別為海棠、泰利及艾利颱風過後淡水河河口懸浮載分佈情形。

為模擬臺北港建置完成後，對河口海岸之地形侵淤變化，提供淡水河河口淤積改善對策，本研究以三年為期，首先蒐集淡水河河口、鄰近海域及淡水河流域之水文地文資料，建立地文性土壤沖淤模式及河口海域二維地形變遷模式，模擬臺北港建置對淡水河輸砂及河口海岸之地形侵淤變化，探討淡水河河口地形變遷之原因及地形變遷對淡水河洪水之影響，提出綜合檢討、判斷與建議，以提供參考，工作流程圖如圖 1.5。

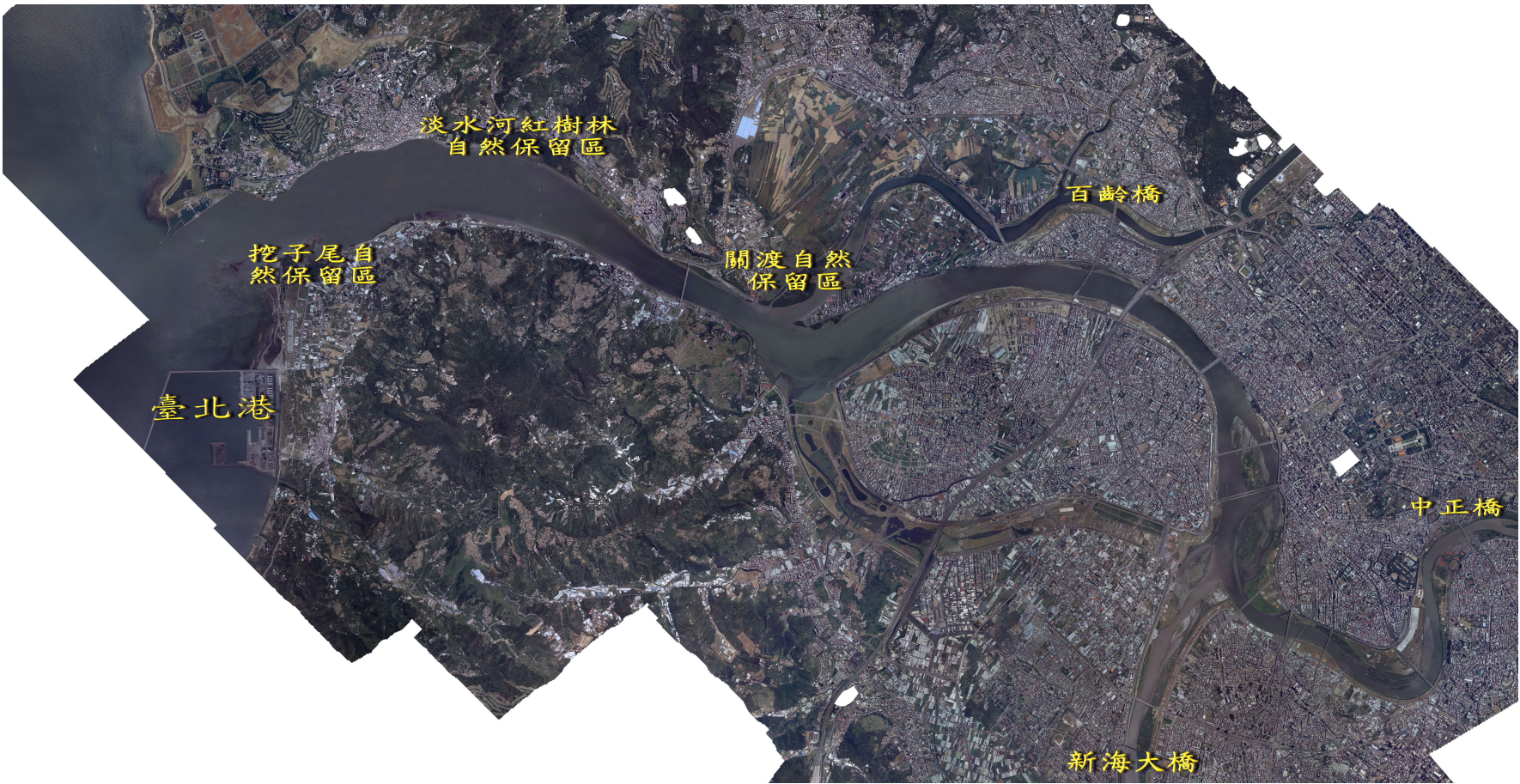


圖 1.1 淡水河河口保留區相關位置如圖[水利署第十河川局提供]



圖 1.2 泰利颱風(2005/08/30~09/01)過後淡水河口懸浮物分佈

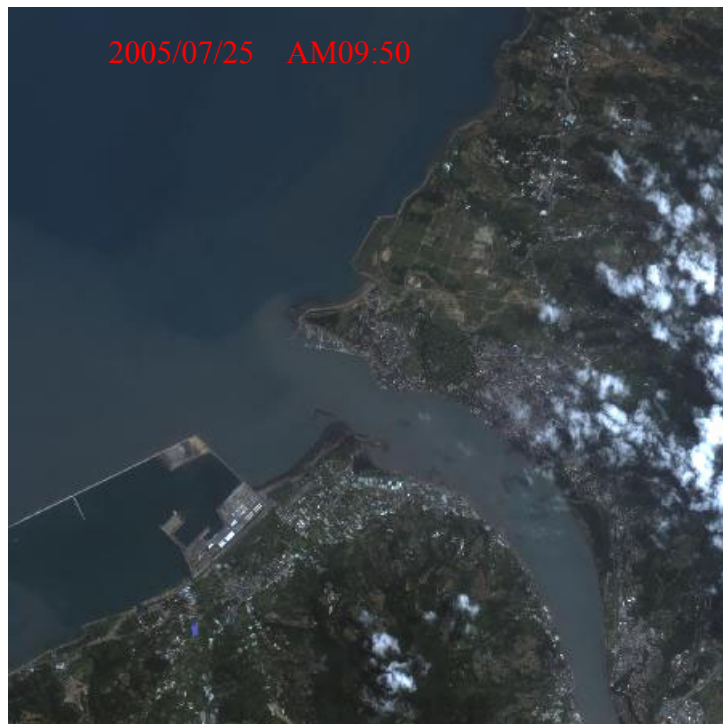


圖 1.3 海棠颱風(2005/07/16~07/20)過後淡水河口懸浮物分佈



圖 1.4 艾利颱風(08/23~08/26)過後淡水河口懸浮物分佈

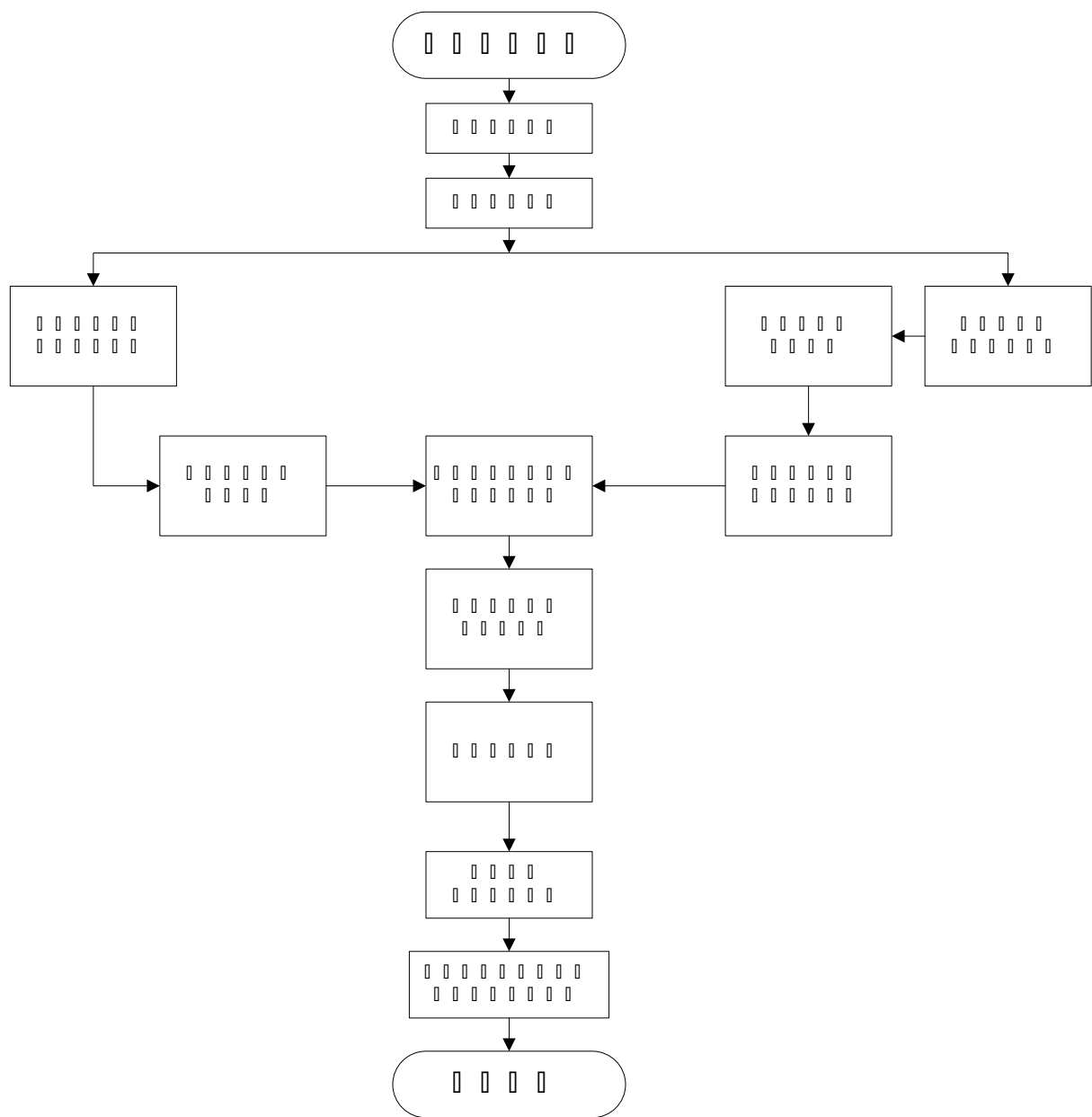


圖 1.5 工作流程圖

1.2 計畫重要性及關鍵課題

淡水河為臺灣北部第一大河，中、上游及河口皆為人口活動頻繁的地區。淡水河沿河有防洪排水建造物及跨河橋樑，河口有淡水河紅樹林自然保留區、關渡自然保留區、挖子尾自然保留區以及出海口西南岸之臺北港，均影響淡水河在颱風期間之泥砂輸運、底床沖淤及行洪能力。所以本計畫之關鍵課題在於：

1. 淡水河出海口處建置臺北港對淡水河輸砂之影響，需從海岸漂砂與流域產砂量加以探討。
2. 淡水河河口附近之高灘地及潮間帶有三個自然保留區，需分析其對淡水河行洪能力之影響。

1.3 前期研究成果

本研究計畫預定分三年執行，本年度為第二年執行期程，有關第一年之研究成果摘錄如下：

1. 二維地形變遷模式應用於模擬八掌溪道將圳上游河床演變模型試驗及二仁溪河口鄰近海域模型試驗，經由模式演算值與模型實驗觀測值的比較，顯示二維地形變遷模式具有模擬河床及河口海域地形變遷之能力。
2. 二維地形變遷模式演算臺北港鄰近海域及淡水河河口，演算結果顯示淡水河河口主深槽之流速較快，主流向沿主深槽向外海，水流在經過淡水河河口後(淡水第二漁港)，水流方向會向西南偏移，流速越大偏移量越大。
3. 二維水理模擬結果顯示在沒有考慮南北邊界潮位差及海流的狀況下，臺北港對淡水河河口內之主流流況尚無明顯影響，但臺北港港區週圍之流況則與無臺北港時明顯不同。
4. 二維模式模擬懸浮載濃度分佈之結果顯示主深槽之懸浮載濃度最大，經過挖子尾保護區及淡水第二漁港後，在沒有考慮南北邊界潮位差及海流，但有輻射應力影響時，懸浮載沿淡水河主流方向向外

延伸輸運，並偏西南擴散，有臺北港時向南之擴散受北防波堤之限制。

第二章 研究區域基本資料分析

本研究模擬臺北港建置完成後，對河口海岸之地形侵淤變化，探討淡水河河口地形變遷之原因及地形變遷對淡水河排洪之影響，並提供淤積改善對策。本研究之研究範圍主要區分為兩部分：

1. 自淡水河河口以上包含淡水河各支流—大漢溪、新店溪及基隆河等之集水區，利用土壤沖淤模式計算淡水河流域之流量及產砂量。
2. 自淡水河新海大橋以下(包含支流新店溪及基隆河)至臺北港鄰近海域止，利用河口海域二維地形變遷模式演算臺北港對淡水河輸砂之影響。

本年度以不同重現期之降雨量及颱風事件為討論對象，以下將概述研究範圍內之流域現況，以及模式計算所需之相關水文和地文資料，蒐集之水文地文資料項目及概要示如表 2.1。

表 2.1 水文地文資料蒐集項目及概要

項目	內容	用途	資料來源
地文資料	河道斷面資料	集水區地文性土壤沖淤模式格區製作	水利署
	堤防、閘門		水利署
	道路數值檔		內政部地政司
	淡水河集水區數值高程		內政部地政司
	河口海域數值高程	河口海岸二維地形變遷模式輸入資料	港灣技術研究中心
水文資料	波浪資料	RCPWAVE波場模式輸入資料	港灣技術研究中心
	水庫放水量	集水區地文性土壤沖淤模式輸入資料	北區水資源局、翡翠水庫
	降雨量	集水區地文性土壤沖淤模式輸入資料	氣象局
	頻率年洪峰量	河口海岸二維地形變遷模式輸入資料	水利署
	頻率年降雨量	集水區地文性土壤沖淤模式輸入資料	水文設計應用手冊
	測站水位資料	河口海岸二維地形變遷模式輸入資料	水利署、氣象局

2.1 研究區域概況

淡水河系發源於於中央山脈北端標高 3,529 公尺之品田山，共有大漢溪、新店溪、景美溪及基隆河等主要支流，主流長度（包括本流及大漢溪）為 159 公里，流域面積達 2,726 平方公里，佔全臺灣地區的

7.6%，為臺灣第三大河川、北部第一大河川，流經區域包括臺北市全部，臺北縣大部分，和部分基隆市、桃園、新竹及宜蘭縣。流域內工商業發達，是政治、經濟及文化中心，流域人口約為 6,340,000 人。主流上游為大漢溪，為淡水河本流，支流新店溪及基隆河蜿蜒於臺北地區平地，分別於江子翠及關渡地區兩地匯入本流，最後於淡水鎮油車口注入臺灣海峽。淡水河流域各主支流概況見表 2.2，相關位置如圖 2.1 所示。

表 2.2 淡水河流域各主支流概況

流域	淡水河 主流	大漢溪		新店溪				基隆河
	(包含大 漢溪)	主流	三峽河 支流	主流	北勢溪 支流	南勢溪 支流	景美溪 支流	
發源地	品田山	品田山	熊空山	棲蘭山			玉貴嶺	菁桐山
流域面積 (km ²)	2,726	1,163	137	916	310	332	120	501
主流長度(km)	159	135	23	84	50	45	25	86
平均坡度	1/45	1/37	1/30	1/54	1/110	1/38	1/73	1/118

資料來源：行政院環境保護署，1995



圖 2.1 淡水河流域相關位置(經濟部水利署第十河川局)

根據各觀測站的統計分析得知，淡水河流域三支流之流量以新店溪最大，大漢溪次之，而以基隆河最小；枯水月份則略有不同，大漢溪與新店溪為每年十一月至翌年五月，而基隆河則為三月至八月[李振豪，2004]。

淡水河為臺灣最大感潮河川，但感潮與非感潮河段之邊界不甚分明。其中淡水河本流由河口至江子翠全屬感潮河段，長約 24 公里。大漢溪自江子翠附近之大漢溪口至城林橋附近屬感潮河段，長約 11 公里，城林橋以上河床坡度急劇變陡且河床高於平均潮位，潮汐影響僅止於城林橋處。新店溪自江子翠附近之新店溪口至秀朗橋附近屬感潮河段，長約 13 公里，新店溪河床標高自秀朗橋上游起，已高於平均潮位約 1 公尺以上，因此潮汐影響範圍最遠達秀朗橋。景美溪雖在秀朗橋下游，惟其河床從河口起即高於平均潮位，故均屬非感潮河段。基隆河自關渡之基隆河口至社後橋附近屬感潮河段，長約 31 公里。基隆河因河床坡度平緩，集水區地勢低窪，故感潮河段最長[李振豪，2004]。

根據淡水河流域內各雨量站之月雨量分配，全流域分雨季（每年五至十月）與乾季（每年十一月至翌年四月）兩個季節之雨量分配型態，僅基隆河與主流有別，基隆河月雨量分配頗為平均，雨季與乾季不甚明顯[李振豪，2004]。

2.1.1 水系現況

淡水河水系係由本流和大漢溪、新店溪及基隆河三大支流匯集而成，其集水區範圍如圖 2.2 所示，表 2.3 為淡水河 1964~2007 間之重要工程記事，表 2.4 為淡水河及其主支流 2004~2007 間之疏浚工程。本流及各主要支流之現況及流域內之行政區分述如後。

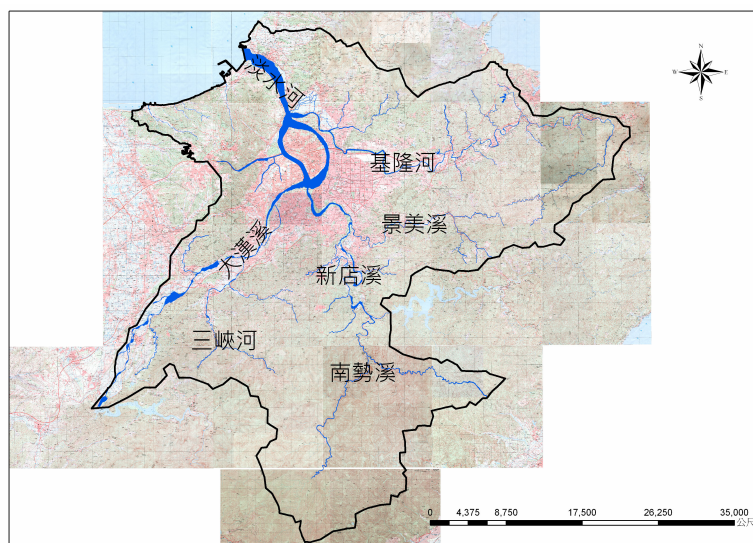


圖 2.2 淡水河水系之集水區範圍圖

表 2.3 淡水河歷年工程重要記事[周，2006]

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)	翡翠水庫啟運營運
1989(78)	淡水河全面禁採砂石
1993(82)	臺北港開工
1994(83)	臺北港突堤興建
1998(87)	臺北港完工
2004(92)	淡水漁人碼頭、淡水客船碼頭及八里客船碼頭啟用(臺北縣府)；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(臺北市府)
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)	基隆河員山頻頸斷改善工程(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)

表 2.4 淡水河及其主支流疏浚歷史(資料來源：臺北市政府水利處)

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	基隆河員山頻頸斷改善工程(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段疏浚)	基隆河	65,447	北市府水利處
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	-	臺北縣政府
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(一壽橋至萬壽橋)	景美溪	11,000	北市府水利處

1. 淡水河本流

淡水河本流全長為 24 公里，流域面積 1,563 平方公里(含大漢溪流域面積)，由大漢溪和新店溪交會於江子翠起(兩岸為新莊、艋舺)，至關渡匯基隆河，沿途形成華江橋下、關渡、竹圍等沙洲地，成為

北部最重要的水鳥與紅樹林保護區。淡水河下游流域內之行政區包含板橋市、三重市、新莊市、五股鄉、蘆洲鄉、八里鎮、淡水鎮、臺北市萬華區、大同區、士林區、北投區等[杜榮偉，2005]。

2. 大漢溪

大漢溪原名大嵙崁溪，發源於品田山（標高 3,529 公尺），至秀巒村一段稱塔克金溪，在秀巒匯合薩克央溪後，北行約 1 公里轉東流，至三光與三光溪會合，復轉向北流經高義村至拉號上游附近又轉西流，溪源至石門壩址一段，流勢湍急，河谷狹窄，兩岸多懸崖；石門以下則山勢收斂，河谷漸寬，流速趨緩，並有支流永福溪（又稱烏塗窟溪）、橫溪及三峽河相繼匯入，至江子翠匯入主流淡水河，流長約 135 公里，流域面積約 1,163 平方公里。大漢溪流經之主要行政區包括新竹縣之尖石鄉、關西鄉與桃園縣之復興鄉、龍潭鄉、龜山鄉、大溪鎮，及臺北縣之三峽鎮、鶯歌鎮、樹林鎮、土城市、板橋市、新莊市、三重市等。支流三峽河位於臺北縣東南方，發源於三峽鎮熊空山、喀博山、羅培山、塔開山及東眼山等，至匯合處會合五寮溪後稱三峽河，自此往北流經三峽鎮到溪北里處與支流橫溪交會，繼續向東北流至土城鄉頂埔村附近注入大漢溪，流長約 29 公里，流域面積約 186 平方公里[李淑惠，2004][杜榮偉，2005]。

3. 新店溪

新店溪上游南勢溪發源於棲蘭山（標高 2,130 公尺），河道於深谷中蜿蜒北行，流經烏來與龜山兩地分別有支流桶後溪及北勢溪由東來會，北勢溪匯流處以下河段即稱為新店溪。上游河段兩岸山巒起伏，峽谷地形雄偉，至新店碧潭大橋以下始出山區；溪水奔流至景美，由東向有支流景美溪匯入，最後於江子翠與幹流大漢溪會合形成主流淡水河。流長約 82 公里，流域面積約 910 平方公里。新店溪流域內之行政區包含雙溪鄉、坪林鄉、石碇鄉、深坑鄉、臺北市文山區、新店市、永和市、烏來鄉等。[李淑惠，2004][杜榮偉，2005]

4. 基隆河

基隆河發源於臺北縣平溪鄉菁桐山，自上游而下有鰈魚坑溪、東勢坑溪、深澳坑溪、暖暖溪、鶯歌石溪、瑪陵坑溪、友蚋溪、北港溪等支流匯入，於關渡附近匯入淡水河。主流全長約 86.4 公里，流域面積 501 平方公里。本流域除下游臺北盆地及中、上游局部狹小之河床平原外，其餘皆為丘陵地、山地與臺地，坑溝密布，地形複雜，河道蜿蜒，因此成為淡水河流域內防洪工程密集處。本流域內之行政區包含瑞芳鎮、平溪鄉、基隆市的暖暖區與七堵區、汐止市，臺北市南港區、內湖區、松山區、士林區、北投區等。[李淑惠，2004][杜榮偉，2005]

2.1.2 地質土壤

淡水河流域之地層，新店溪與大漢河流域同屬雪山地塊，由第三紀始新世亞變質岩、中新世汐止群及中新世三峽群等地層所構成，主要岩性為砂岩、頁岩、硬頁岩及板岩。地層大致呈東北—西南走向，向東南或西北方向傾斜。本流域主要之逆斷層由北向南，計有屈尺斷層、金瓜寮斷層及石槽斷層，均為延續數十公里之大斷層；所出露之斷層分別為金山斷層、山腳斷層及南崁斷層為活動斷層，根據地質調查所資料顯示，山腳斷層為第二類活動斷層，如圖 2.3 所示[財團法人成大研究發展基金會，2004]。

淡水河沿岸有一極厚之細砂層，在統一土壤分類法上為疏鬆之細砂(ML-SM)，此砂土層之透水性及移動性均佳，且又臨淡水河，其地下水位自然較高。在基隆河與淡水河匯流處之關渡濕地的土壤質地大部分為黏土或黏壤土，即黏粒含量在 30%以上，砂粒含量在 30%以下。體積含水量在 60%-80%，具有較佳的保水性。

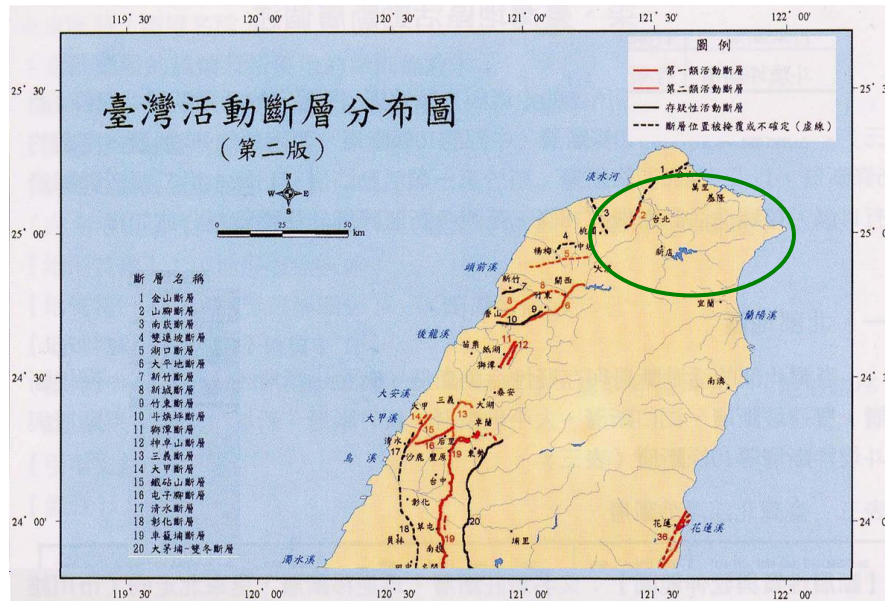


圖 2.3 臺灣北部活動斷層分佈圖

2.2 臺北港

臺北港商港區域界限，於民國八十八年九月，奉交通部核定，民國八十八年十月，基隆港務局公告臺北港商港區域界限（原淡水港港區範圍同時廢止），其位於臺灣北端淡水河入海口西南岸，以觀音山為屏障，濱臨臺灣海峽，東距基隆港 34 哩，南距臺中港 87 哩，西距福建省福州港 134 哩，海運航線便捷，地理條件優越。「臺北港」商港區域北起八里污水處理廠南界，南迄林口鄉瑞樹坑溪口近岸海域，涵蓋總面積為 3,102 公頃，相關位置見圖 2.4，鄰近區位圖見圖 2.5[<http://www.tpport.gov.tw>]。

第一期工程計畫為六年國建計畫重要建設之一，民國 82 年元月開工，民國 87 年底完工，完成砂碼頭 2 座、工作船渠、防波堤、聯外道路及填築新生地 84 公頃。第二期工程計畫分三個五年計畫分期開發，(民國 86 年至 100 年)，其中第一個五年計畫(民國 82 年至 92 年)已執行完成，後續第二個五年計畫(民國 86 年至 100 年)現正積極辦理中，工程發展範圍如圖 2.6 所示。



圖 2.4 淡水河河口地形衛星像圖[中央大學太空及遙測研究中心，2005]



圖 2.5 臺北港鄰近區位圖[<http://www.tpport.gov.tw>]

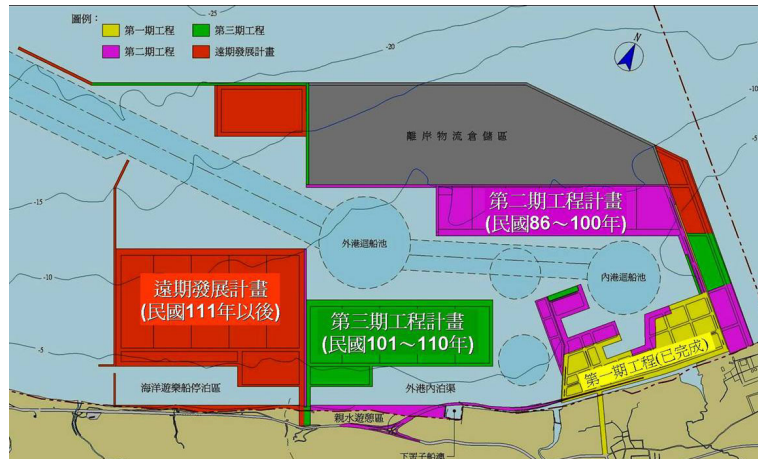


圖 2.6 臺北港各期工程發展範圍圖 [<http://www.tpport.gov.tw>]

2.3 水文資料蒐集

根據本計畫之研究範圍區分，河口海域潮位資料為二維地形變遷模式演算淡水河感潮段及臺北港附近海域之邊界條件，而淡水河流域雨量資料及上游水庫放流量為土壤沖淤模式用於計算淡水河流域之產砂量及流量所需之水文資料，以做為二維地形變遷模式之上游邊界條件。

2.3.1 雨量資料

本計畫收集淡水河流域之中央氣象局雨量站共 28 站，分別為大豹站、山佳站、福山站、桶後站、屈尺站、大尖山站、社子站、外雙溪站、大直站、石牌站、天母站、永和站、士林站、內湖站、南港站、信義站、三重站、下盆站、石碇站、火燒寮站、瑞芳站、新莊站、五股站、木柵站、南勢角站、公館站、關渡站及四十份站，並利用徐昇網法，劃分各雨量站所控制之面積，以做為土壤沖淤模式之雨量輸入資料，徐昇網法與各雨量站相關位置如圖 2.7 所示。

計算淡水河流域頻率年降雨量則引用水利署”水文設計應用手冊”，大豹、福山、桶後、孝義、五堵、淡水、臺北、中正橋、火燒寮、瑞芳及林口等 11 站雨量站，各站頻率年 Horner 公式之幕次及係數如表 2.5。

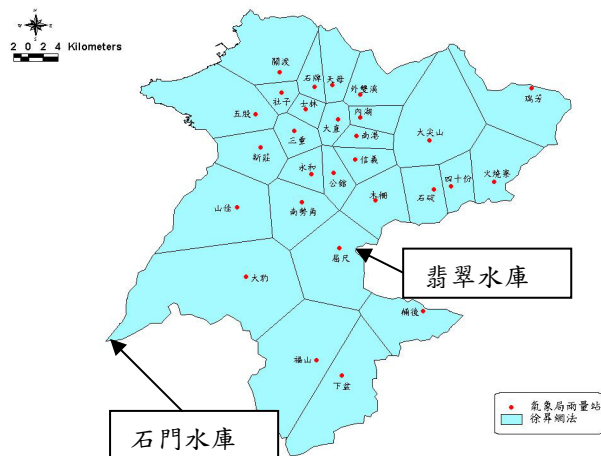


圖 2.7 淡水河流域雨量站位置圖

表 2.5 淡水河頻率年降雨量使用雨量站

頻率年		2	5	10	25	50	100	200
大豹	a	924.25	1028.55	1163.82	1373.95	1556.91	1766.55	2005.39
	b	16.42	15.25	17.28	21.15	24.67	28.72	33.25
	c	0.632	0.6055	0.6018	0.6032	0.607	0.6125	0.6192
福山	a	1175.95	1064.22	1000.77	946.73	918.37	899.87	886.48
	b	30.86	24.33	20.49	16.63	14.27	12.39	10.77
	c	0.6507	0.5747	0.5355	0.4968	0.4734	0.4539	0.437
桶後	a	599.8	563.78	562.6	574.31	587.9	603.93	621.45
	b	15.44	10.43	7.99	5.85	4.69	3.79	3.06
	c	0.521	0.4723	0.4543	0.4401	0.4332	0.4283	0.4248
孝義	a	594.16	616.42	645.37	687.02	719.34	751.76	785.88
	b	12.8	13.78	15.16	17.27	18.96	20.7	22.57
	c	0.5333	0.4986	0.4877	0.4798	0.4764	0.4741	0.473
五堵	a	1047.46	1155.51	896.53	620.85	486.27	395.15	333.24
	b	23.32	24.02	18.42	9.99	4.34	-0.26	-3.68
	c	0.6505	0.6128	0.54	0.4457	0.3835	0.3295	0.2833
淡水	a	1092.22	1322.1	1449.51	1612.94	1739.51	1877.43	2031.83
	b	59.05	50.48	42.78	33.56	27.34	21.87	17.12
	c	0.6792	0.6581	0.6456	0.6329	0.6253	0.6195	0.6153
臺北	a	1134.01	1774.89	2349.18	3197.17	3894.28	4635.31	5406
	b	22.85	36.01	45.19	55.42	61.88	67.47	72.26
	c	0.6959	0.7098	0.7229	0.7385	0.7487	0.7576	0.7653
中正橋	a	1767.13	2546.37	3290.83	4741.47	6457.74	9137.76	13435.59
	b	17.31	25.03	33.65	49.2	64.86	84.75	109.34
	c	0.7679	0.7679	0.7759	0.7969	0.8204	0.8506	0.8872
火燒寮	a	571.48	626.2	631.81	629.7	625.33	620.18	615.07
	b	11.73	9.59	7.6	5.25	3.68	2.27	1.01
	c	0.526	0.4932	0.471	0.4462	0.43	0.4153	0.402
瑞芳	a	642.96	1097.68	1649.73	2960.9	4810.18	8031.76	13693.88
	b	17.21	27.63	40.48	65.06	90.05	120.19	154.94
	c	0.5756	0.6027	0.6333	0.6851	0.7323	0.784	0.8391
林口	a	1066.01	2430.09	3615.3	5221.82	6395.19	7552.32	8655.39
	b	26.9	47.17	58.46	69.14	74.92	73.58	83.27
	c	0.6832	0.756	0.789	0.8165	0.8297	0.8395	0.8466

[註] 不同重現期之 Horner 公式如下：

$$I = \frac{a}{(t+b)^c} \quad t \text{ 為降雨延時(min), } I \text{ 為平均降雨強度(mm/hr)。}$$

2.3.2 水庫資料

淡水河流域內之主要水庫為位於大漢溪上游之石門水庫及位於新店溪上游的翡翠水庫，另在基隆河上游尚有暖暖水庫等小水庫及員山子分洪隧道。水庫放流係屬人為操作調整，亦為土壤沖淤模式之邊界條件。以下簡述石門水庫及翡翠水庫之概況。

1. 石門水庫

石門水庫位於大漢溪中上游段，橫跨龍潭及大溪兩鄉鎮。因為溪水出口處有雙峰對峙，狀如石門而得名。水庫竣工於民國五十三年六月，壩高 133 公尺，集水區面積 763.4 平方公里，水庫容量 3.0912 億立方公尺，設有後池堰、發電廠、石門大圳及環湖道路，具有灌溉、給水、防洪、發電、觀光等多功能的水庫，是臺灣光復初期所完成之大型水庫，也是當時東南亞最大的水利工程，詳細資料如表 2.6 所示[臺灣地區重要水庫網際網路暨決策支援系統]。

2. 翡翠水庫

翡翠水庫位於新店溪支流北勢溪上，完成於民國 76 年，臺北市政府成立翡翠水庫管理局負責運轉及維護，水庫集水區面積 303 平方公里，水庫容量 4.06 億立方公尺。水庫功能為給水、發電、防洪等多目標營運，在臺北自來水系統主要取水口青潭及直潭兩處之可靠出水量為每秒 40 立方公尺，相當每日 345.6 萬立方公尺，水庫蓄水能滿足供應大臺北地區計畫目標 119 年各用水標的之需水要求。附帶年平均發電量 2.227 億度；並且水庫完成後增加下游河道枯旱期之流量，以稀釋河川污染濃度，詳細資料如表 2.7 所示[臺灣地區重要水庫網際網路暨決策支援系統]。

表 2.6 石門水庫詳細資料

項目		概述	備註
興建原由		-----	
興辦單位		石門水庫建設委員會	
工期		民國 45 年 7 月至民國 53 年 6 月	
管理機關		經濟部水利處北區水資源局	
計畫標的		灌溉、發電、公共給水、防洪、觀光	
目前使用標的		同上	
位置		桃園縣龍潭鄉	
河系		主流 淡水河 支流 大漢溪	
水庫	集水面積	763.4 平方公里	
	標高	正常蓄水位	245 公尺 (E.L.)
	最高洪水位	249.5 公尺 (E.L.)	
	滿水面積	8 平方公里	
	總蓄水量	309,120,000 立方公尺	
	計畫有效蓄水量	251,880,000 立方公尺	
	現有蓄水量	233,826,000 立方公尺	
	計畫年運用水量	733,338,000 立方公尺	
	水質概況	良好	
	水權量	1298.77 百萬立方公尺/年	
	壩型	土石壩	
壩	壩項標高	252.1 公尺 (E.L.)	
	最大壩身高	133.1 公尺	
	壩項長度	360 公尺	
	壩項寬度	11.2 公尺	
	壩體積	7,060,000 立方公尺	
	溢洪道型式	鞍部瀉槽式	
溢洪道	排洪量	設計：10,000 立方公尺/秒 (最大：11,400 立方公尺/秒)	
	控制水門	弧形閘門 6 座 (@14 公尺 (寬)×10.605 公尺 (高))	
	出水型式	石門大圳	@0.914 公尺 (寬)×1.828 公尺 (高)
出水工	設計流量	18.4 立方公尺/秒	
	控制水門	油壓式閘門 2 座	
排砂道	型式	永久河道放水口	口徑 1.372 公尺
	控制水門	油壓式環滑閘門 3 門	
工程費		31 億 8,3000 萬元	
其他附屬設施		壓力鋼管、石門發電廠	
原計畫效益		灌溉、發電、公共給水、防洪、觀光	
目前功能及效益 (目前計畫效益)		灌溉面積：規劃 5,450 公頃，現有 37,400 公頃；自來水：規劃 1.1 立方公尺/秒，計畫供水量 34,689,600 立方公尺，現供水量 220,752,000 立方公尺。發電：發電量 210,000,000 度；降低洪峰：700 立方公尺/秒或調節洪水 64,000,000 立方公尺	
營運狀況		良好	
總容量	90 年量測總容量	25366 萬立方公尺	
	平均年遞減量	1479 萬立方公尺	
	容量減少率%	17.94	
有效容量	90 年量測有效容量	23825 萬立方公尺	
	平均年遞減量	36.3 萬立方公尺	
	容量減少率%	5.41	

資料來源：臺灣地區重要水庫網際網路暨決策支援系統[<http://wrm.hre.ntou.edu.tw/wrm/dss/ntou.htm>]

表 2.7 翡翠水庫詳細資料

項目		概述	備註
興建原由		解決大臺北地區民生用水需求	
興辦單位		臺北翡翠水庫建設委員會	
工期		民國 70 年~76 年	
管理機關		翡翠水庫管理局	
計畫標的		供應大臺北地區自來水（附設七萬千瓦發電廠）	
目前使用標的		同上	
位置		新店溪支流北勢溪下游	
河系		主流 淡水溪 支流 新店溪支流北勢溪	
水庫	集水面積	303 平方公里	
	標 正常蓄水位	170 公尺	
	高 最高洪水位	171 公尺	
	滿水位面積	1,024 公頃	
	總蓄水量	406,000,000 立方公尺	
	計畫有效蓄水量	327,000,000 立方公尺	
	現有蓄水量	340,117,000 立方公尺	
	計畫年運用水量	1,261,440,000 立方公尺（與南勢溪連合併運用）	
	水質概況	普養級	
	水權量	86.77 立方公尺/秒	
	壩型	雙向彎曲變厚度三心混凝土薄拱壩	
壩	壩項標高	172.5 公尺	
	最大壩身高	122.5 公尺	
	壩項長度	510 公尺	
	壩項寬度	7 公尺	
	壩體積	703.675 立方公尺	
	溢洪道型式	臥箕式	
溢洪道	排洪量	設計最大：7,670 立方公尺/秒	
	控制水門	弧形閘門	
出水工	型式	河道放水口（直徑 1.6 公尺）	進口底檻標高 85 公尺
	設計流量	47 立方公尺/秒	
	控制水門	環滑閘門及何本閘	
排砂道	型式	沖刷道三道，寬 2.5 公尺×高 3.0 公尺×長 26 公尺	進口底檻標高 100 公尺
	控制水門	固定輪控制閘門及檔水閘門	
工程費		114 億 5,000 萬元	
其他附屬設施		70,000 千瓦電廠乙座	
原計畫效益		自來水：滿足民國 119 年自來水需求 發電：平均每年 222,700,000 度	
目前功能及效益（目前計畫效益）		依臺北自來水事業處支原水計畫需求供應，充分供應大臺北地區自來水原水	
營運狀況		正常	
總容量	90 年量測總容量		38600 萬立方公尺
	平均年遞減量		137.9 萬立方公尺
	容量減少率%		4.93
有效容量	90 年量測總容量		33563 萬立方公尺
	平均年遞減量		58.3 萬立方公尺
	容量減少率%		2.46

2.3.3 水位及流量資料

經濟部水利署於淡水河流域設置十五處水位站以觀測該流域於洪水期間之洪水現象。根據各觀測站的統計分析得知，淡水河流域三支流之流量以新店溪最大，大漢溪次之，而以基隆河最小；枯水月份則略有不同，大漢溪與新店溪為每年十一月至翌年五月，而基隆河則為三月至八月。根據民國 38 年至 83 年歷年資料統計，逕流量方面，淡水河本流之平均年逕流量則為 65.92 億立方公尺，新店溪為 24.17 億立方公尺，基隆河為 17.55 億立方公尺[李振豪，2004]。

各水位站相關位置如圖 2.8 所示。應用二維地形變遷模式計算不同重現期洪峰流量對河水海域地形變遷影響時，下游水位變化根據臺北觀測樁潮汐觀測資料進行調和分析(資料為民國 91 年 9 月 27 日至 11 月 30 日)，各分潮之調和常數如表 2.8 所示；上游流量邊界條件則採用地文性土壤沖淤模式所計算之流量與泥砂濃度。

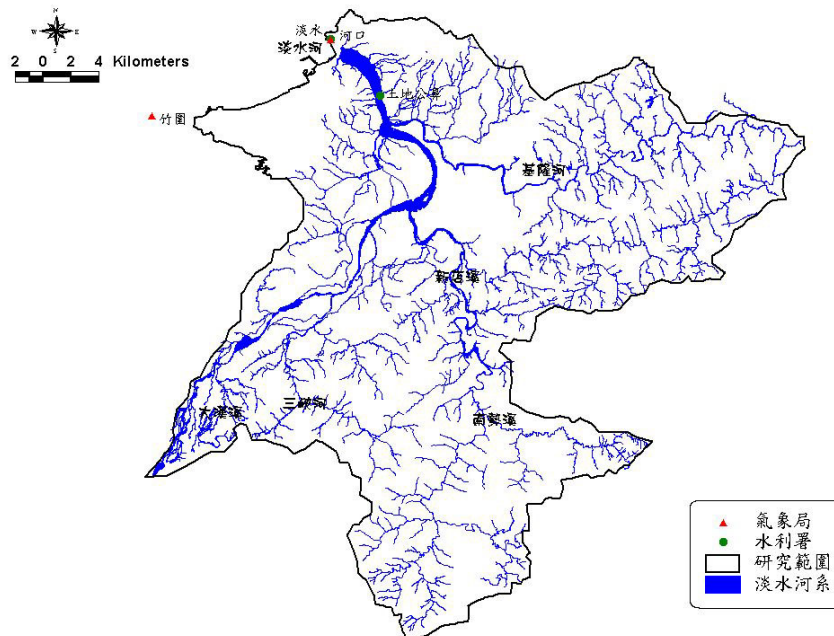


圖 2.8 淡水河流域水位站位置圖

表 2.8 臺北港潮汐分潮振幅(公尺)及週期(時)統計表

分潮 名稱	振幅 (公尺)	週期 (小時)	遲角 (度)	平衡 引數	延時(小 時)	分潮 名稱	振幅 (公尺)	週期 (小時)	遲角 (度)	平衡引 數	延時 (時)
M2	1.0896	12.42	351.7	6.0947	-0.086	MSN2	0.0122	11.79	270.82	1.8966	-5.3088
S2	0.3264	12	193.2	0.0479	-6.3484	S4	0.0078	6	306.93	0.0959	-5.0239
K1	0.2146	23.93	343.12	5.2298	-2.8906	2Q1	0.007	28.01	161.96	-2.7595	-24.8995
N2	0.2118	12.66	163.92	4.2461	-9.8677	MK3	0.0067	8.18	51.1	5.0413	-2.7769
O1	0.2012	25.82	148.94	0.9378	-6.8281	2SM6	0.0066	4.05	185.85	6.1906	-2.1482
MKS2	0.0945	12.39	180.98	0.8033	-4.6432	M3	0.0063	8.28	184.39	2.8589	-0.4734
MU2	0.0655	12.87	321.6	5.8937	-12.2965	2MS6	0.006	4.09	304.63	5.9542	-3.6772
PAI1	0.0509	24.13	93.98	2.252	-21.7826	OO1	0.0054	22.31	214.75	6.2344	-13.4791
VU2	0.0496	12.63	336.99	1.4591	-8.887	MK4	0.0053	6.09	235.4	0.8512	-3.1597
2N2	0.0437	12.91	276.88	2.3974	-5.0013	MSK6	0.0046	4.04	70.11	0.8991	-0.2087
M1	0.0377	24.84	195.66	3.5506	-24.3045	SN4	0.0042	6.16	49.93	4.294	-2.8045
K2	0.0374	11.97	205.48	1.0396	-4.8506	2MK6	0.004	4.09	149.4	0.6628	-1.2655
P1	0.0357	24.07	280.41	0.9486	-15.1117	M6	0.0037	4.14	117.14	5.7179	-1.7197
MF	0.0309	327.86	96.98	1.0775	-32.0975	SO3	0.0035	8.19	337.22	0.9858	-6.3888
M4	0.0228	6.21	306.39	5.9063	-5.6579	SK4	0.0034	5.99	160.52	1.0876	-1.6345
X1	0.0171	24.71	56.53	3.9493	-13.0578	SK3	0.0024	7.99	307.63	5.2777	-0.1164
OQ2	0.0146	13.17	262.56	0.027	-9.5464	MSN6	0.0012	4.12	315.73	4.1056	-0.9207
MP1	0.0145	25.67	280.41	5.1461	-24.6389	KJ2	0.0008	11.75	349.94	5.9522	-0.2909
OP2	0.0142	12.46	280.24	1.8865	-5.9566	2MN6	0.0002	4.17	102.59	3.8692	-2.7879
MS4	0.0129	6.1	129.42	6.1427	-2.3307						

2.3.4 波浪資料

本所港研中心於民國 85 年起於淡水河口南岸水深 15 公尺處佈設觀測樁，水下則以潮波流儀觀測波浪、潮位與海流，觀測樁之相關位置如圖 2.9 所示。根據本所出版之「臺北港(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」，臺北港海域全年平均波高為

0.82 公尺，週期約為 6 秒，波向以 NNE 發生機率最高，歷年之波高(Hs)、週期(Ts)及波向之統計分佈分別如表 2.9、表 2.10 及表 2.11 所示。

表 2.9 歷年波浪觀分季 Hs 波高平均及分佈統計(%)

季節	平均波高(公尺)	Hs<1.0 公尺(%)	Hs=1.0~2.0 公尺(%)	Hs>2.0 公尺(%)
春	0.71	76.8	20	3.1
夏	0.51	90.3	8.3	1.4
秋	0.98	62	27.8	10.3
冬	1.25	42.1	42.1	15.8
全期	0.82	70.6	20.5	6.9

表 2.10 歷年波浪觀分季 Ts 週期分佈統計(%)

季節	Ts<6 秒(%)	Ts=6~8 秒(%)	Ts=8~10 秒(%)	Ts>10 秒(%)
春	53.2	40.7	5.6	0.5
夏	60.1	31.1	7.6	1.3
秋	31.1	47.7	18.5	2.8
冬	21.6	63.7	14.4	0.4
全期	41.4	45.2	12.1	1.3

表 2.11 歷年波浪觀分季波向分佈統計(%)

季節	波向(N-E)	波向(E-S)	波向(S-W)	波向(W-N)
春	61.7	3.7	6.5	28.1
夏	28.3	7.4	16.9	47.5
秋	60.9	5.9	5.6	27.6
冬	66.6	2.8	3.4	27.3
全期	53.8	5.3	8.6	32.4

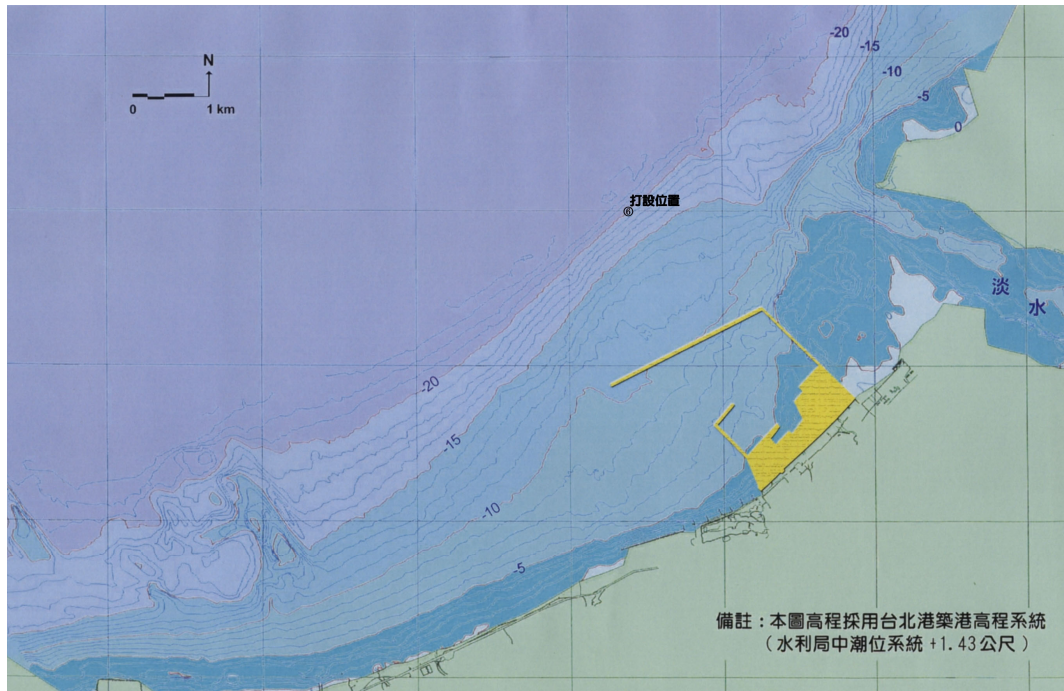


圖 2.9 臺北港觀測樁打設位置圖

2.3.5 波流觀測資料

海流之組成主要是大範圍長時間的恒流、季風吹襲產生的風吹流、水位變化導致的潮流及局地因素海流組成。恒流是大範圍長時段之洋流活動，如黑潮等，也有季節性規律的強弱變化，但較可推估且具規律性，其主流範圍在外海較為明顯，在臺灣海峽中，夏季常受黑潮之流影響呈現強烈的北向恒流。風吹流係風經一段時間吹送所引起之表面流，在季風盛行期此種水面之搬運較為可觀，而水團搬運之方向會偏向風向之右側，如果風向風速時常在改變，則所引發之海流亦微弱多變，在臺北港沿岸海域最顯可觀察到的海流現象仍是潮流，亦即是水位變化所導致之海流。所測得的資料顯示主要呈現往復潮流的特性。[運輸研究所港研中心，2005]

1. 流速統計

臺北港區屬半日潮及全日潮綜合影響地區，半日潮成分大於全日潮。本地區之流況為每天作漲、退、漲、退四次之變化，每隔六小時餘，方向作 180 度之改變，而流速則有四次低--高--低之循環，每

一潮汐周期內最大流速隨朔、望，上下弦日期而有所變動，朔望流速較上下弦為大，流速最高點所造成之包絡線約以 15 天為週期起伏變化，變化幅度約為 40~50cm/s。以季節性變化而言，如表 2.12 所示，各季節差異性並不大，原因是觀測海域主要海流成分為潮流，不因季節而有所變化。[運輸研究所港研中心，2005]

表 2.12 歷年海流觀測分季平均流速及分佈統計

季節	平均流速 (cm/s)	流速% (<25cm/s)	流速% (25-50cm/s)	流速% (>50cm/s)
春	35.6	33.0	43.2	23.9
夏	33.7	36.5	44.2	19.3
秋	38.8	28.5	41.2	30.3
冬	34.7	31.3	48.4	20.3
全期	35.3	33.0	44.3	22.7

2. 流向統計

流向方面，因觀測樁測站離岸不遠，受到海岸線之限制，一般而言，部分會隨季節有太大的變化。觀測樁測站漲潮時段主要均集中在第三象限方向，尤以 SW~WSW 間比率最高，退潮時段主要均集中在第一象限，尤以 NE~ENE 間比率最高，其他區間所佔之比例甚低。東北季風期通常風向穩定，風速亦強，風驅流之影響雖有時會顯現在流向之分佈上，惟主要方向應不至改變。表 2.13 為海流觀測分季流向分佈統計。[運輸研究所港研中心，2005]

表 2.13 歷年海流觀測分季流向分佈統計

季節	流向% (N-E)	流向% (E-S)	流向% (S-W)	流向% (W-N)
春	45.7	9.2	42.5	2.6
夏	42.9	12.4	39.9	4.9
秋	41.5	12.6	41.5	4.4
冬	40.9	11.8	44.4	2.9
全期	43.4	11.1	41.4	4.1

2.4 地文資料

根據本所港研中心(2004)資料顯示，住都局及水利署第十河川局辦理多次臺北港鄰近海域平面及斷面測量，民國 82 年基隆港務局為辦理臺北港興建計畫，著手辦理海域地形監測工作，比對監測結果可得知建港前後海岸地形之概略變化：

(1) 河口北岸

建港前平均淤積量為 17~38 萬立方公尺，動工興建前三年，年平均淤積量為 46.3 萬立方公尺。北防波堤興建後，年平均淤積量為 55.8 萬立方公尺，河川輸砂及沿岸漂砂限制於河口附近。

(2) 河口以南至北防波堤

上游水庫興建前(石門及翡翠水庫)河口逐漸形成三角洲，在上游水庫興建後造成河口地形受波浪作用逐漸侵蝕，年平均侵蝕量約為 84.6 萬立方公尺。建港後沿岸漂砂受防波堤阻隔，沿岸漂砂淤積於防波堤上游側，使得原為侵蝕海岸轉為淤積海岸，平均年淤積量為 116.6 萬立方公尺。

(3) 臺北港港址海岸

建港前與前述區域同為侵蝕嚴重之地區，民國 75 年後轉為淤積區域，平均年淤積量為 90.5 萬立方公尺，建港期間平均侵蝕量為 145 萬立方公尺，第一期工程完成後轉為淤積海岸，年平均淤積量約為 155.8 萬立方公尺。

(4) 港口以南至林口電廠海岸

建港前侵蝕量不明顯，相較於其它地區為穩定，建港期間呈侵蝕現象，防波堤完工後則轉為淤積現象。

有關此區域之地文資料整理分析之如下：

2.4.1 臺北港河口海域數值高程

本所港研中心自民國 85 年起，每年春秋兩季由淡水河口北岸至林口發電廠間約 15 公里長，及由岸側至水深約-25 公尺寬海域，並包含淡水河口至渡船頭間河域範圍，進行總計共 20 次全面海岸地形之水深測量。將量測範圍劃分成五個區域分別為淡水河出海口南岸至臺北港為第一區，臺北港北堤外側為第二區，淡水河口北岸為第三區，臺北港西南側為第四區，淡水河口至渡船頭為第五區，相關範圍示意圖如圖 2.10 所示。並於測區內截取 24 條斷面作為地形斷面分析之用，斷面位置如圖 2.11 所示。本計畫研究範圍包含第一區、第二區、第三區及第五區(斷面 1~斷面 20)。

表 2.14 為淡水河口至渡船頭間水域之第五分區歷年地形侵淤量變化比較，由表中結果得知，各次之侵淤情況互現。其中有侵蝕之年份為 85 年 10 月至 86 年 10 月、87 年 10 月至 88 年 6 月、88 年 10 月至 89 年 10 月、91 年 10 月至 93 年 5 月及 93 年 10 月至 94 年 5 月，而淤積量較大者為 88 年 6 月~88 年 10 月及 93 年 5 月~93 年 10 月。其中以 88 年 6 月與其前後季比較之總侵淤量變化比較，其呈現大量侵蝕後再在於下一季又大量淤積，此可能為本季有系統性之測量誤差所致；而 93 年度夏季期間，可能受數個颱風侵襲影響，致使 93 年 5 月與 10 月兩次地形侵淤量之比較，呈現較大量之淤積現象。

由表 2.14 及表 2.15 以民國 89 年分界之侵淤量統計資料顯示，於 89 年前其總侵淤量高程變化為淤積 0.48 公尺，而 90 年~94 年之總侵淤量高程變化為淤積 1.18 公尺。圖 2.12 及圖 2.13 分別為本分區 93 年 5 月~10 月與 94 年 5 月~10 月之地形變化色階比較圖。本所於 94 年以臺北港海域地形測量斷面各年次 5 月(冬季季風影響)及 10 月(夏季颱風影響)為區分，擷取河口斷面 8~斷面 9 之變化結果，如圖 2.14~圖 2.17 所示。

圖 2.18 及圖 2.19 為合併第一區、第三區及第五區之高程，在 85 年至 94 年間夏季及冬季之等高線變化。

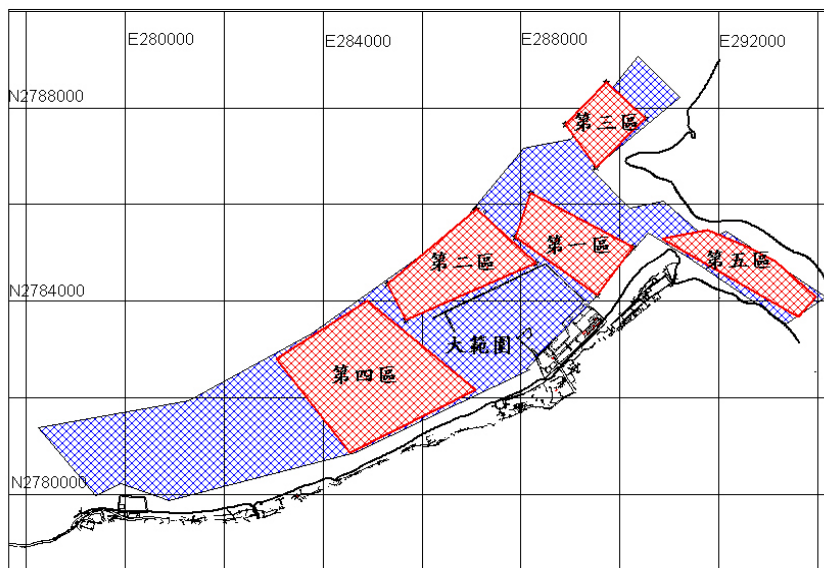


圖 2.10 臺北港海域地形擷取區域比較範圍示意圖

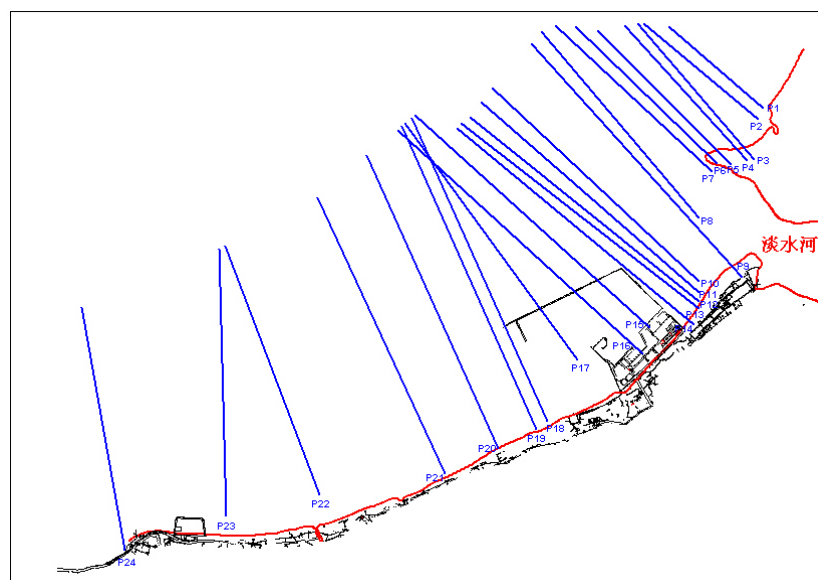


圖 2.11 臺北港海域地形擷取斷面位置示意圖

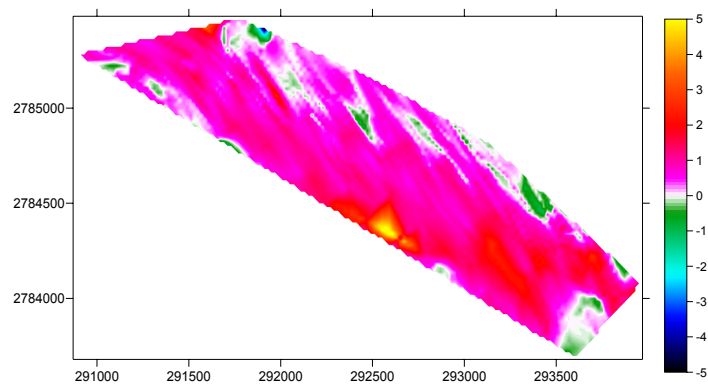


圖 2.12 93 年 5 月與 93 年 10 月第五分區海域地形比較色階圖

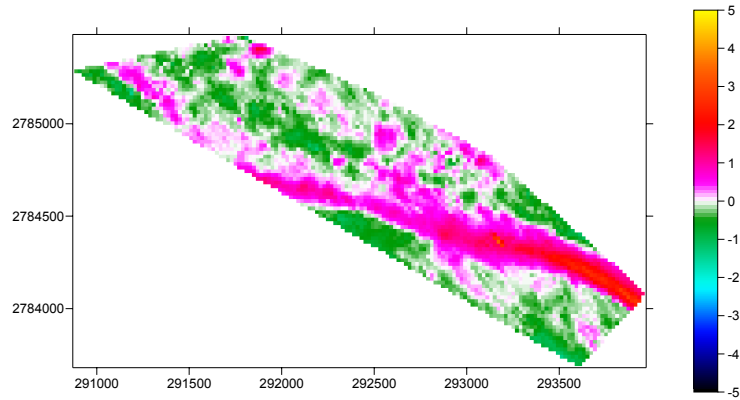


圖 2.13 94 年 5 月與 94 年 10 月第五分區海域地形比較色階圖

X-8 SUMMER PROFILE

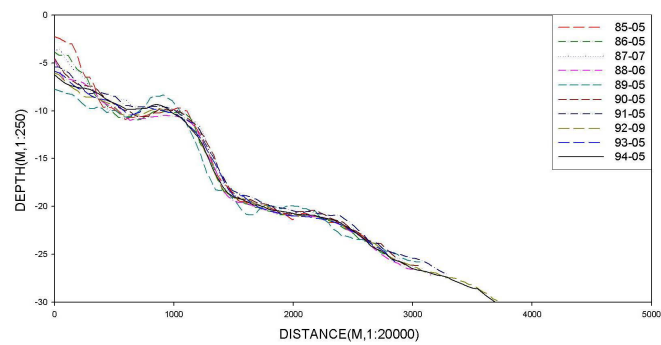


圖 2.14 斷面 8 歷年 5 月(冬季季風)地形剖面變化比較圖

X-8 WINNER PROFILE

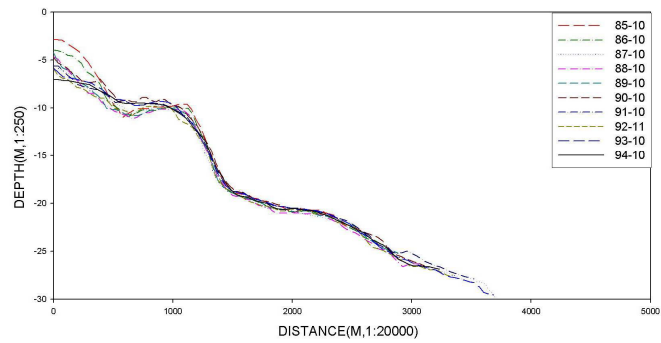


圖 2.15 斷面 8 歷年 10 月(夏季颱風)地形剖面變化比較圖

X-9 SUMMER PROFILE

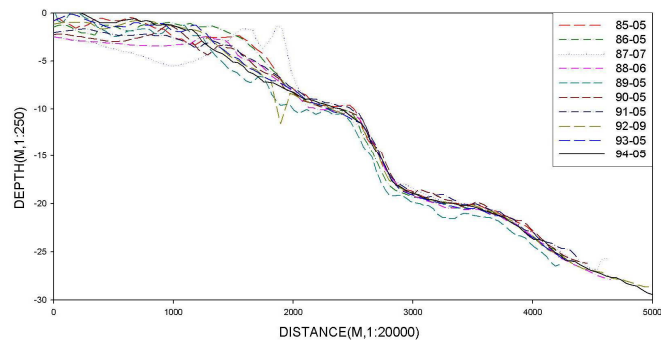


圖 2.16 斷面 9 歷年 5 月(冬季季風)地形剖面變化比較圖

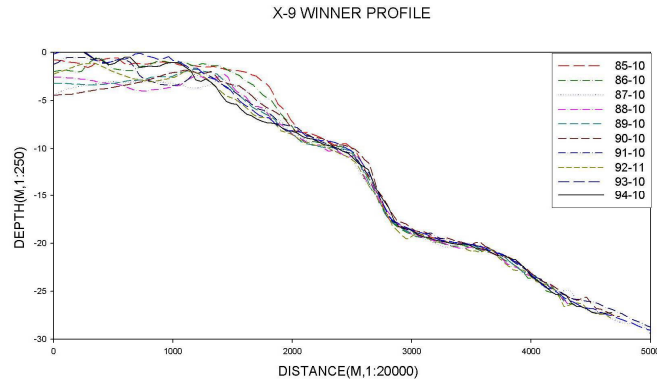


圖 2.17 断面 9 歷年 10 月(夏季颱風)地形剖面變化比較圖

表 2.14 臺北港海域第五分區(淡水河口至渡船頭)歷年侵淤量比較表

比較年份	侵淤量(立方公尺)	高程變化量(m)	比較年份	侵淤量(立方公尺)	高程變化量(m)
85 年 05 月-85 年 10 月	1,139,769	0.59	90 年 10 月-91 年 05 月	273,952	0.14
85 年 10 月-86 年 05 月	-149,853	-0.08	91 年 05 月-91 年 10 月	671,211	0.35
86 年 05 月-86 年 10 月	-76,707	-0.04	91 年 10 月-92 年 09 月	-1,183,004	-0.61
86 年 10 月-87 年 07 月	493,854	0.25	92 年 09 月-92 年 11 月	-443,390	-0.23
87 年 07 月-87 年 10 月	281,848	0.14	92 年 11 月-93 年 05 月	-28,125	-0.01
87 年 10 月-88 年 06 月	-2,464,421	-1.27	93 年 05 月-93 年 10 月	1,628,484	0.84
88 年 06 月-88 年 10 月	1,900,179	0.98	93 年 10 月-94 年 05 月	-105,853	-0.05
88 年 10 月-89 年 05 月	-185,522	-0.10	上述歷年總侵淤量	3,063,003	1.58
89 年 05 月-89 年 10 月	-10,036	-0.01	94 年 05 月-94 年 10 月	151,902	0.08
89 年 10 月-90 年 05 月	802,753	0.41	上述歷年總侵淤量	3,214,906	1.65

十為淤積，一為侵蝕

所擷取試算範圍面積為 1.944 平方公里

表 2.15 臺北港海域第五分區 85 年~89 年侵淤量比較表

比較年份	侵淤量(立方公尺)	高程變化量 (m)
85 年 05 月-85 年 10 月	1,139,769	0.59
85 年 10 月-86 年 05 月	-149,853	-0.08
86 年 05 月-86 年 10 月	-76,707	-0.04
86 年 10 月-87 年 07 月	493,854	0.25
87 年 07 月-87 年 10 月	281,848	0.14
87 年 10 月-88 年 06 月	-2,464,421	-1.27
88 年 06 月-88 年 10 月	1,900,179	0.98
88 年 10 月-89 年 05 月	-185,522	-0.10
89 年 05 月-89 年 10 月	-10,036	-0.01
上述歷年總侵淤量	929,111	0.48

十為淤積，一為侵蝕

所擷取試算範圍面積為 1.944 平方公里

表 2.16 臺北港海域第五分區 90 年~94 年侵淤量比較表

比較年份	侵淤量(立方公尺)	高程變化量 (m)
89 年 10 月-90 年 05 月	802,753	0.41
90 年 05 月-90 年 10 月	517,864	0.27
90 年 10 月-91 年 05 月	273,952	0.14
91 年 05 月-91 年 10 月	671,211	0.35
91 年 10 月-92 年 09 月	-1,183,004	-0.61
92 年 09 月-92 年 11 月	-443,390	-0.23
92 年 11 月-93 年 05 月	-28,125	-0.01
93 年 05 月-93 年 10 月	1,628,484	0.84
93 年 10 月-94 年 05 月	-105,853	-0.05
94 年 05 月-94 年 10 月	151,902	0.08
上述歷年總侵淤量	2,285,795	1.18

＋為淤積，－為侵蝕

所擷取試算範圍面積為 1.944 平方公里

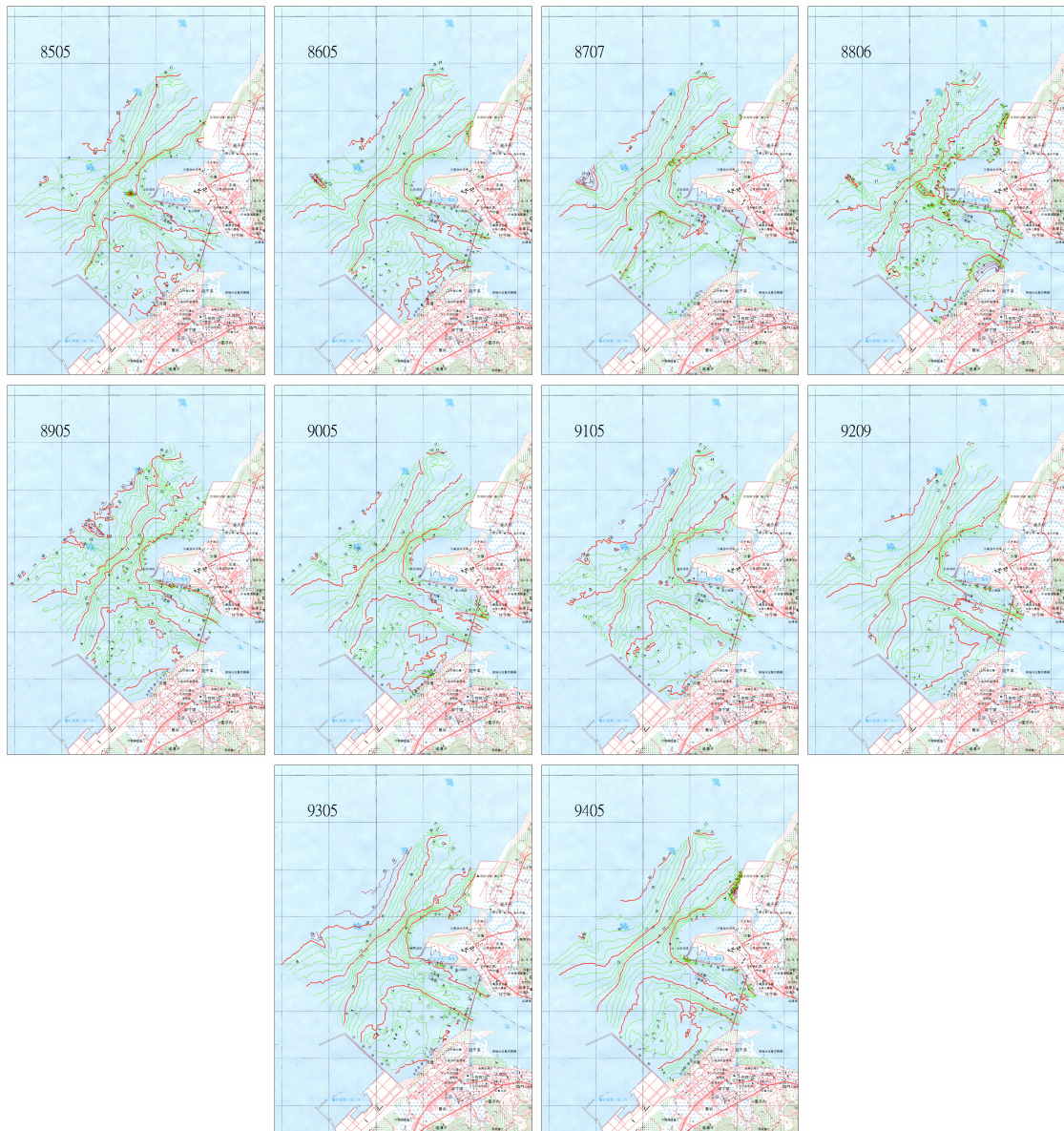


圖 2.18 淡水河口民國 85~94 年夏季底床等高線變化

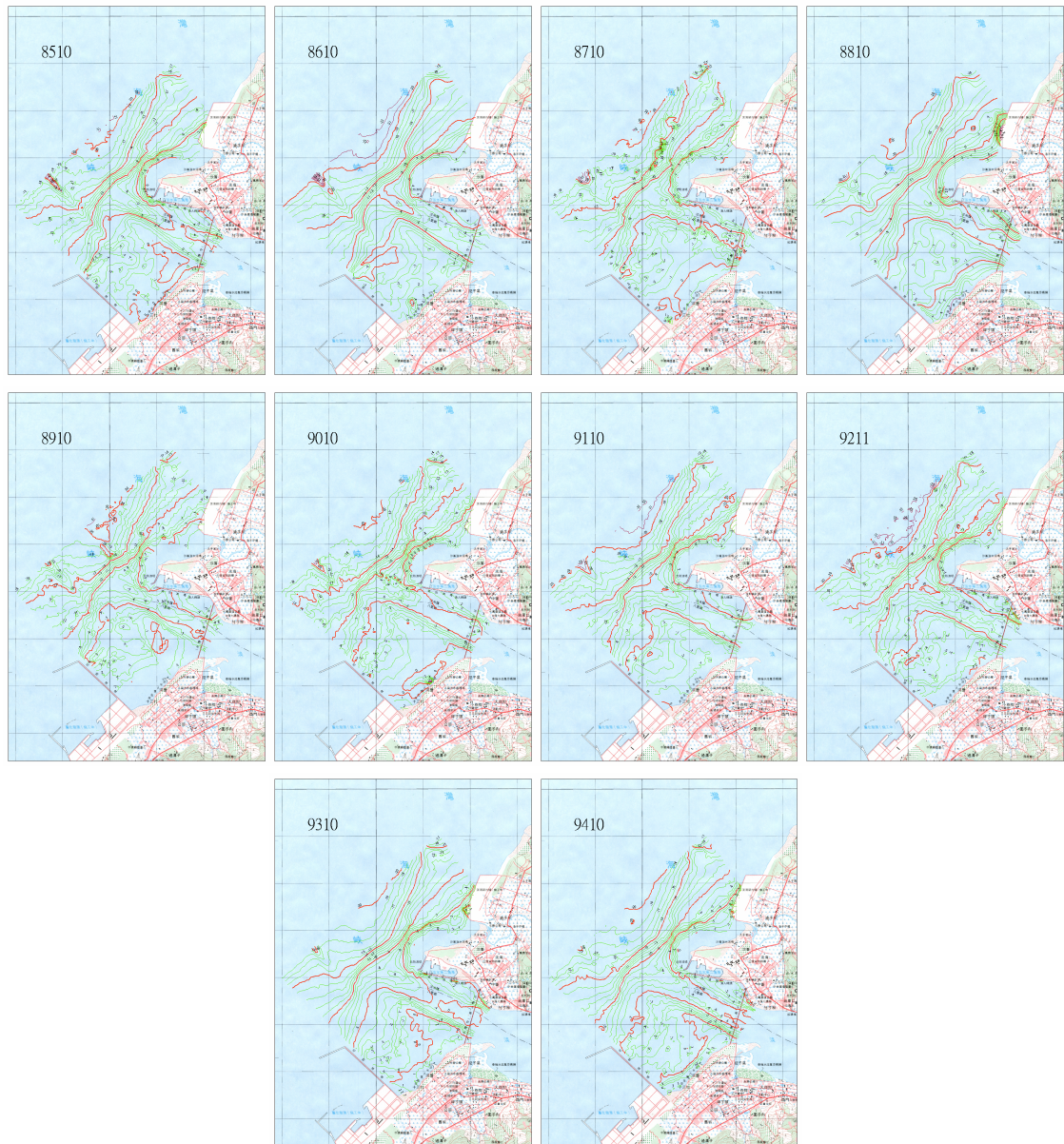


圖 2.19 淡水河口民國 85~94 年冬季底床等高線變化

2.4.2 淡水河流域斷面資料

淡水河流域主支流自民國五十八年起每年會定期施測河道斷面資料，本計畫採用水利署第十河川局所提供之斷面資料，包含淡水河主流(含大漢溪)90 個斷面、基隆河 134 個斷面及新店溪 81 個斷面資料，各量測斷面之相關位置圖如圖 2.20 所示。圖 2.21 至圖 2.31 為 80、85、90 及 94 年淡水河主流斷面 000 至斷面 010 之地形變化，圖 2.32 及圖 2.33 為 80~94 河道等高線變化，表 2.17 則為淡水河下游河道近十年來

之累積淤積量[周，2006]，表 2.18 為 80 年至 94 年期間有發佈颱風警報之侵臺颱風，圖 3.34 為侵臺颱風路徑。

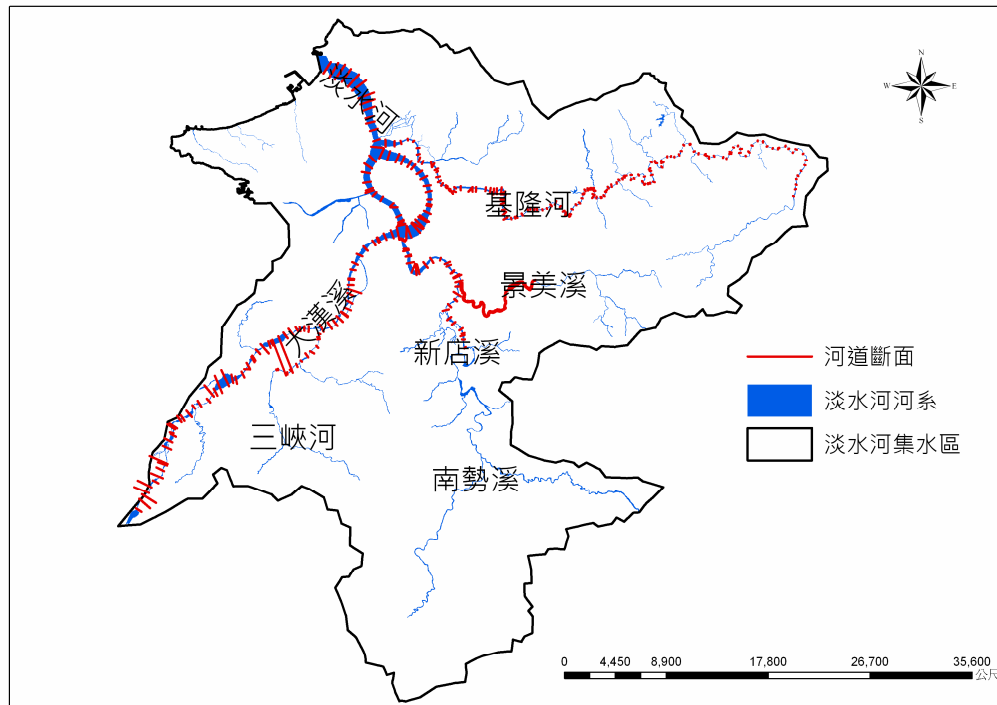


圖 2.20 淡水河河系斷面位置圖

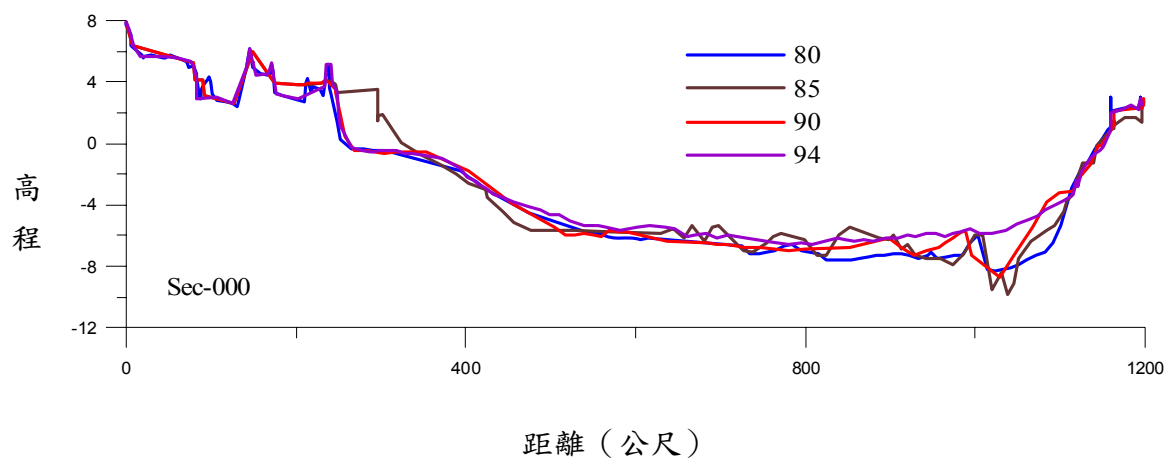


圖 2.21 斷面 000 歷年地形剖面變化比較圖

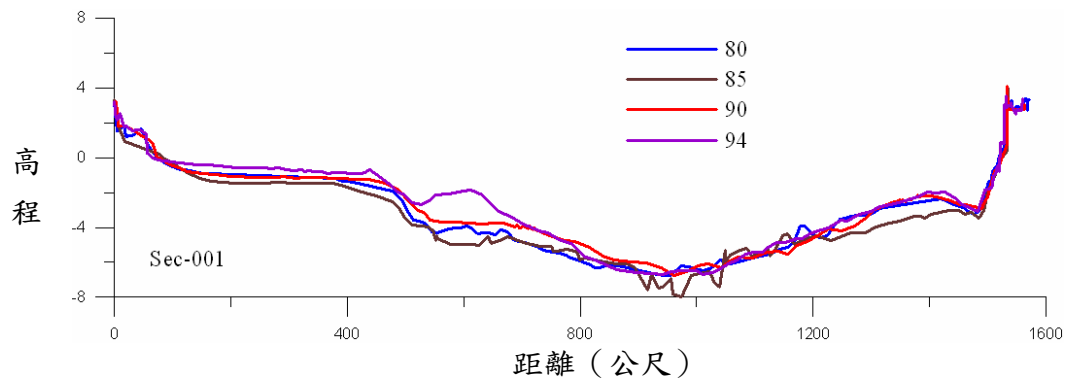


圖 2.22 断面 001 歷年地形剖面變化比較圖

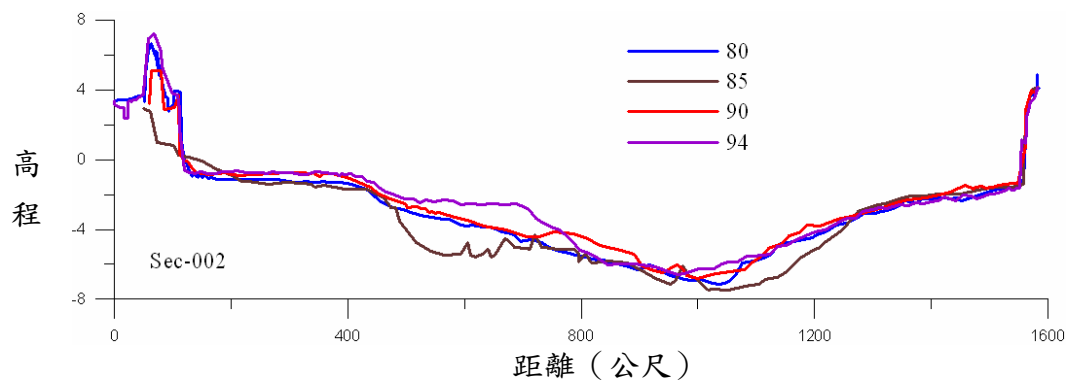


圖 2.23 断面 002 歷年地形剖面變化比較圖

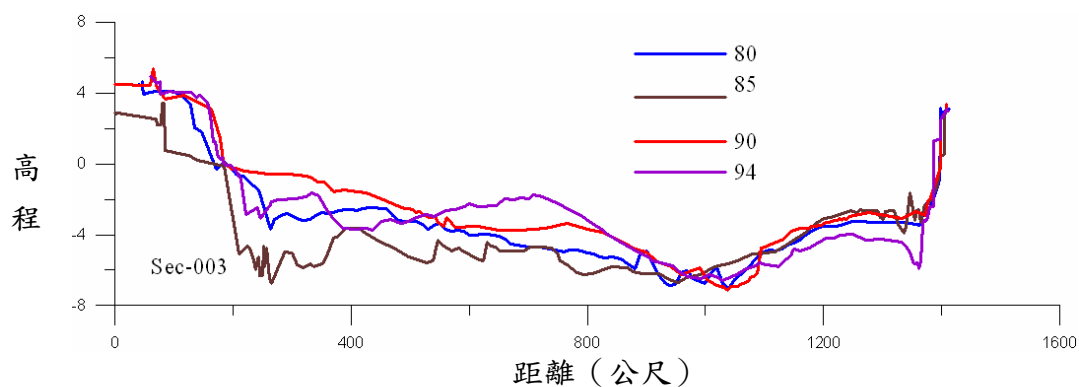


圖 2.24 断面 003 歷年地形剖面變化比較圖

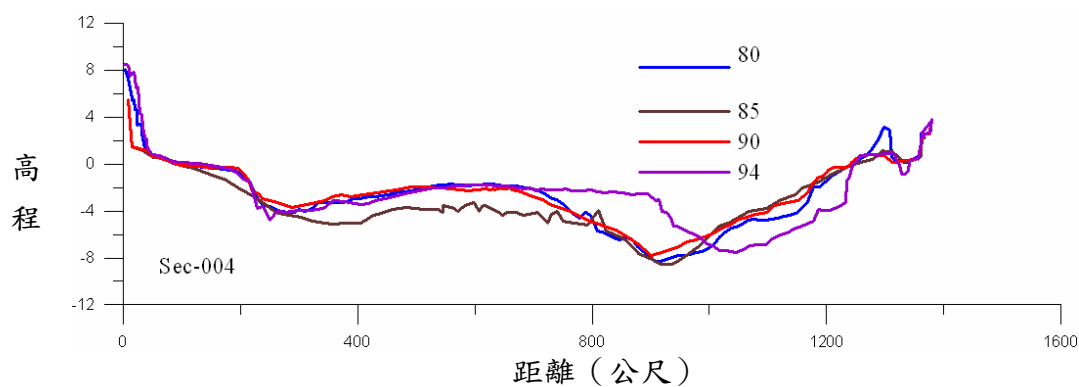


圖 2.25 断面 004 歷年地形剖面變化比較圖

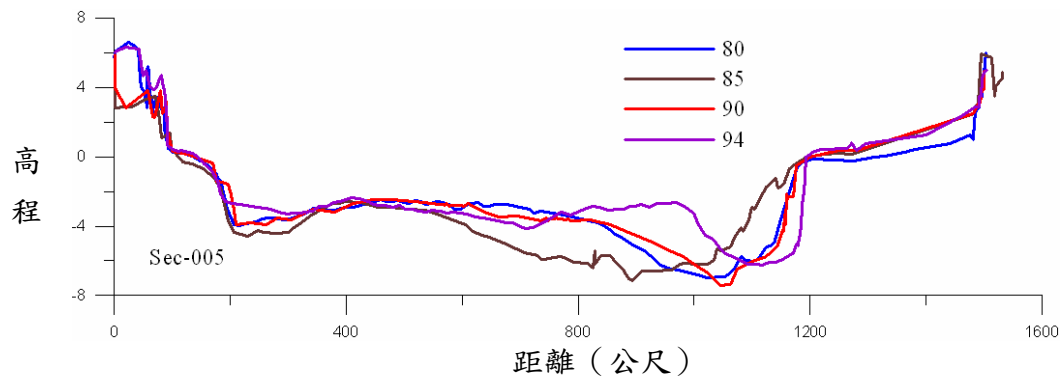


圖 2.26 断面 005 歷年地形剖面變化比較圖

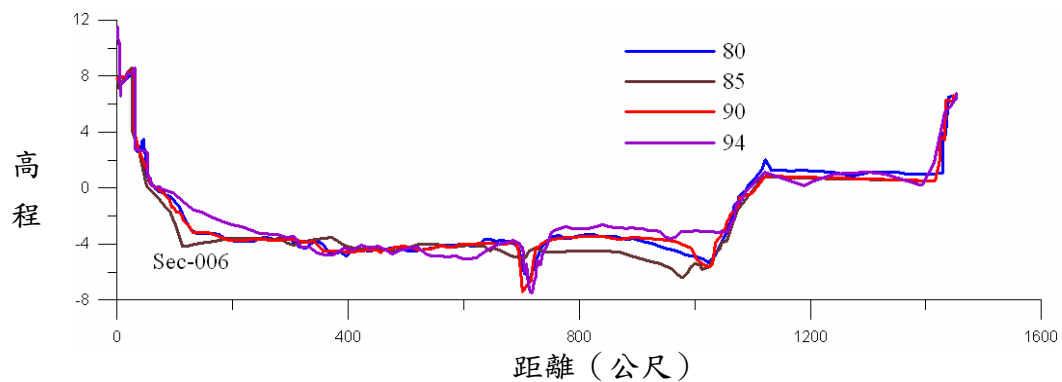


圖 2.27 断面 006 歷年地形剖面變化比較圖

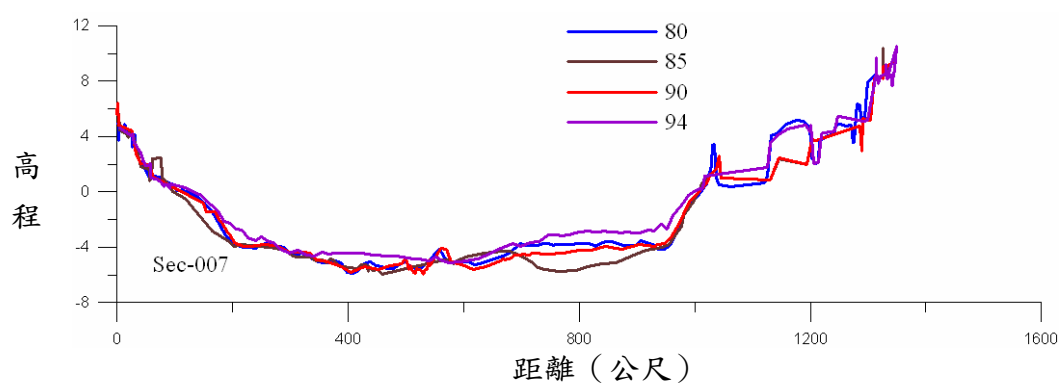


圖 2.28 断面 007 歷年地形剖面變化比較圖

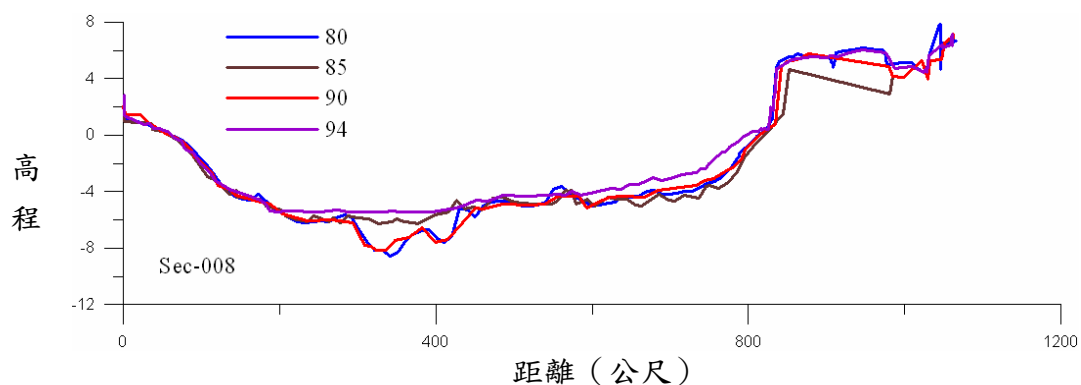


圖 2.29 断面 008 歷年地形剖面變化比較圖

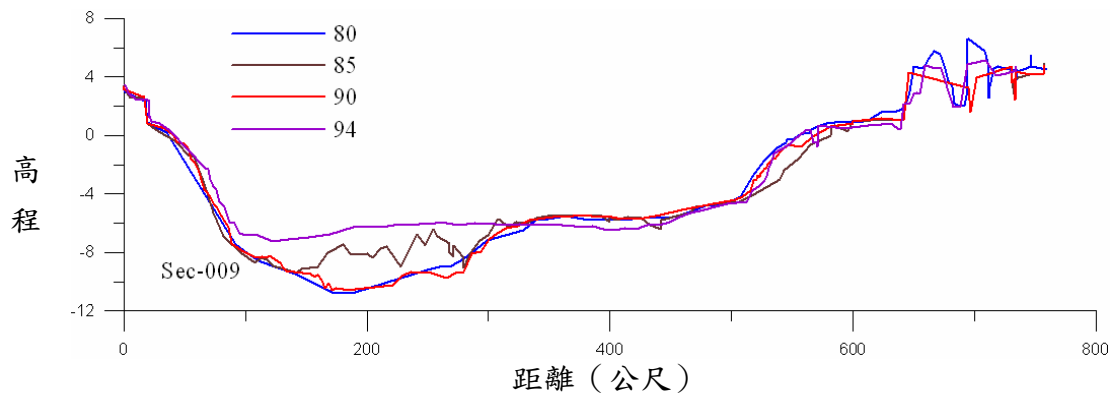


圖 2.30 斷面 009 歷年地形剖面變化比較圖

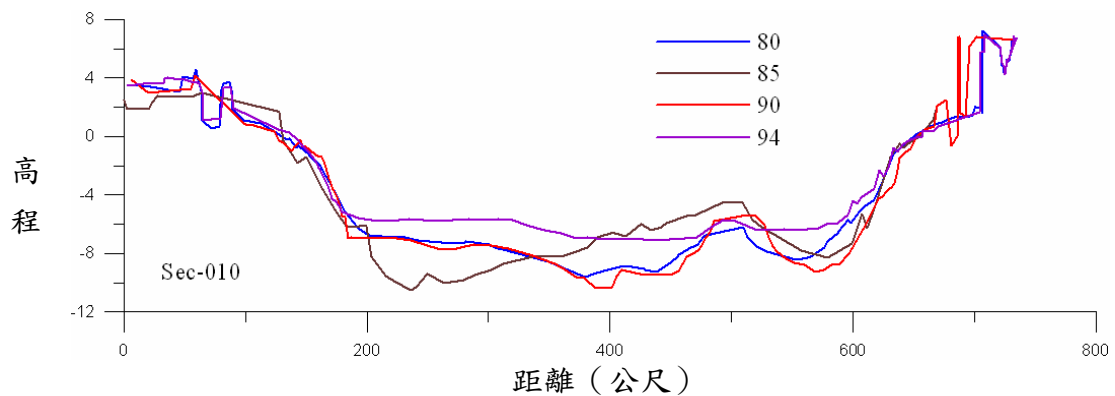


圖 2.31 斷面 010 歷年地形剖面變化比較圖

表 2.17 淡水河下游河道近十年之累積淤積量

年份	土方量(M ³)	淤積量(M ³)	高程變化(M)
85	70605362.33		
86	71987385.66	1382023.33	0.159
87	72845678.32	858292.66	0.099
88	73168990.99	323312.67	0.037
89	74738069.32	1569078.33	0.180
90	75129961.16	391891.84	0.045
91	75412262.83	282301.67	0.032
92	75410743.33	-1519.50	0.000
93	75839801.83	429058.50	0.049
94	77461195.50	1621393.67	0.186
總淤積量		6855833.17	0.788

+ 為淤積，- 為侵蝕

表 2.18 1991 至 2005 期間有發佈颱風警報之侵臺颱風

編號	颱風名稱	英文名稱	警報期間	強度	侵臺颱風路徑(九類)
200519	龍王	LONGWANG	09/30~10/03	強烈	3
200518	丹瑞	DAMREY	09/21~09/23	輕度	--
200515	卡努	KHANUN	09/09~09/11	中度	--
200513	泰利	TALIM	08/30~09/01	強烈	3
200510	珊瑚	SANVU	08/11~08/13	輕度	--
200509	馬莎	MATSA	08/03~08/06	中度	1
200505	海棠	HAITANG	07/16~07/20	強烈	3
200427	南瑪都	NANMADOL	12/03~12/04	中度	9
200424	納坦	NOCK-TEN	10/23~10/26	中度	6
200421	米雷	MEARI	09/26~09/27	中度	--
200420	海馬	HAIMA	09/11~09/13	輕度	6
200417	艾利	AERE	08/23~08/26	中度	1
200413	蘭寧	RANANIM	08/10~08/13	中度	--
200409	康柏斯	KOMPASU	07/14~07/15	輕度	--
200407	敏督利	MINDULLE	06/28~07/03	中度	6
200404	康森	CONSON	06/07~06/09	中度	--
200319	米勒	MELOR	11/02~11/03	輕度	8
200313	杜鵑	DUJUAN	08/31~09/02	中度	5
200312	柯羅旺	KROVANH	08/22~08/23	中度	--
200311	梵高	VAMCO	08/19~08/20	輕度	--
200309	莫拉克	MORAKOT	08/02~08/04	輕度	4
200307	尹布都	IMBUDO	07/21~07/23	中度	--
200306	蘇迪勒	SOUDELOR	06/16~06/18	中度	--
200305	南卡	NANGKA	06/01~06/03	輕度	--
200302	柯吉拉	KUJIRA	04/21~04/24	中度	--
200216	辛樂克	SINLAKU	09/04~09/08	中度	1
200208	娜克莉	NAKRI	07/09~07/10	輕度	9
200205	雷馬遜	RAMMASUN	07/02~07/04	中度	--
200121	海燕	HAIYAN	10/15~10/16	中度	--
200119	利奇馬	LEKIMA	09/23~09/28	中度	4
200116	納莉	NARI	09/08~09/10	中度	特殊路徑
200116	納莉	NARI	09/13~09/19	中度	--
200108	桃芝	TORAJI	07/28~07/31	中度	3
200107	玉兔	YUTU	07/23~07/24	輕度	--
200105	潭美	TRAMI	07/10~07/11	輕度	4
200104	尤特	UTOR	07/03~07/05	中度	5
200102	奇比	CHEBI	06/22~06/24	中度	7
200101	西馬隆	CIMARON	05/11~05/13	輕度	8
200021	貝碧佳	BEBINCA	11/06~11/07	輕度	--
200020	象神	XANGSANE	10/30~11/01	中度	6
200019	雅吉	YAGI	10/23~10/26	中度	--
200015	寶發	BOPHA	09/08~09/10	輕度	特殊路徑
200012	巴比倫	PRAPIROON	08/27~08/30	輕度	6
200010	碧利斯	BILIS	08/21~08/23	強烈	3
200004	啟德	KAI-TAK	07/06~07/10	中度	6
199920	丹恩	DAN	10/04~10/09	中度	7

表 2.18 1991 至 2005 期間有發佈颱風警報之侵臺颱風(續)

199911	山姆	SAM	08/19~08/21	輕度	--
199906	瑪姬	MAGGIE	06/04~06/06	中度	5
199812	芭比絲	BABS	10/25~10/27	中度	9
199810	瑞伯	ZEB	10/13~10/17	強烈	6
199809	楊妮	YANNI	09/27~09/29	輕度	6
199802	奧托	OTTO	08/03~08/05	輕度	3
199801	妮蔻兒	NICHOLE	07/09~07/10	輕度	9
199726	艾文	IVAN	10/19~10/21	強烈	--
199719	卡絲	CASS	08/29~08/30	輕度	--
199717	安珀	AMBER	08/27~08/30	中度	3
199714	溫妮	WINNIE	08/16~08/19	中度	1
199623	薩恩	ZANE	09/27~09/28	中度	--
199618	莎莉	SALLY	09/07~09/08	中度	--
199608	賀伯	HERB	07/29~08/01	強烈	2
199607	葛樂禮	GLORIA	07/24~07/27	中度	7
199603	凱姆	CAM	05/20~05/23	輕度	8
199515	賴恩	RYAN	09/20~09/23	中度	8
199509	肯特	KENT	08/27~08/31	中度	5
199508	珍妮絲	JANIS	08/23~08/24	輕度	--
199505	蓋瑞	GARY	07/31~07/31	輕度	7
199502	荻安娜	DEANNA	06/04~06/08	輕度	9
199427	席斯	SETH	10/07~10/11	強烈	6
199416	葛拉絲	GLADYS	08/31~09/01	中度	2
199415	弗雷特	FRED	08/19~08/21	強烈	1
199413	道格	DOUG	08/06~08/08	強烈	6
199412	凱特琳	CAITLIN	08/03~08/04	輕度	3
199405	提姆	TIM	07/09~07/11	強烈	3
199316	亞伯	ABE	09/10~09/14	中度	5
199314	楊希	YANCY	08/31~09/02	強烈	--
199311	塔莎	TASHA	08/17~08/19	輕度	--
199219	泰德	TED	09/20~09/23	輕度	6
199216	寶莉	POLLY	08/27~08/31	輕度	3
199215	歐馬	OMAR	09/03~09/05	中度	3
199213	馬克	MARK	08/16~08/19	輕度	--
199202	芭比	BOBBIE	06/26~06/28	中度	--
199124	席斯	SETH	11/12~11/14	中度	--
199123	露絲	RUTH	10/26~10/30	強烈	--
199120	耐特	NAT	09/30~10/02	輕度	特殊路徑
199120	耐特	NAT	09/22~09/24	強烈	特殊路徑
199119	密瑞兒	MIREILLE	09/25~09/27	強烈	--
199111	愛麗	ELLIE	08/16~08/18	中度	2
199108	布藍登	BRENDAN	07/22~07/23	中度	--
199107	艾美	AMY	07/17~07/19	強烈	5

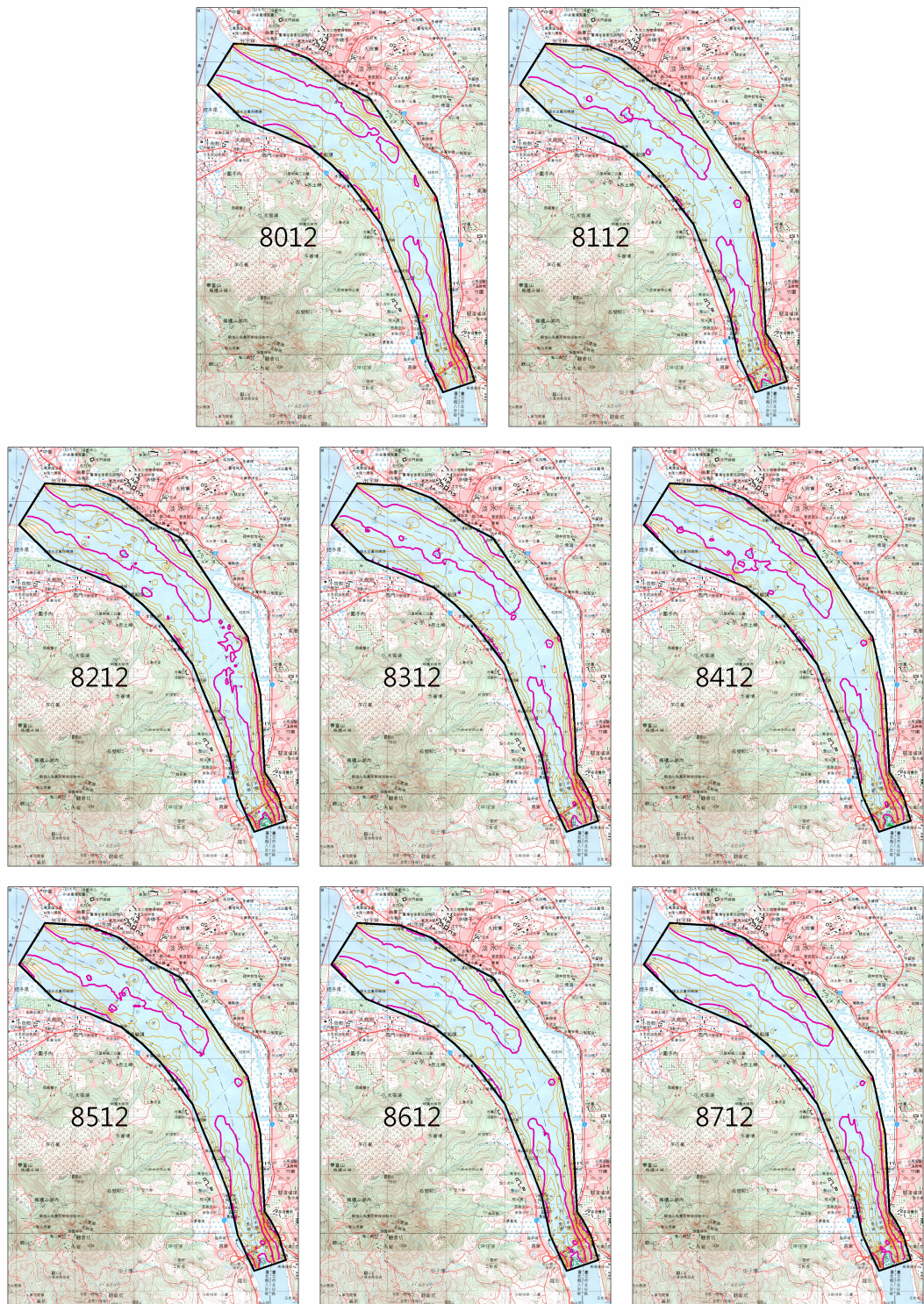


圖 2.32 關渡大橋至淡水河河口 80 年至 87 年等高線變化

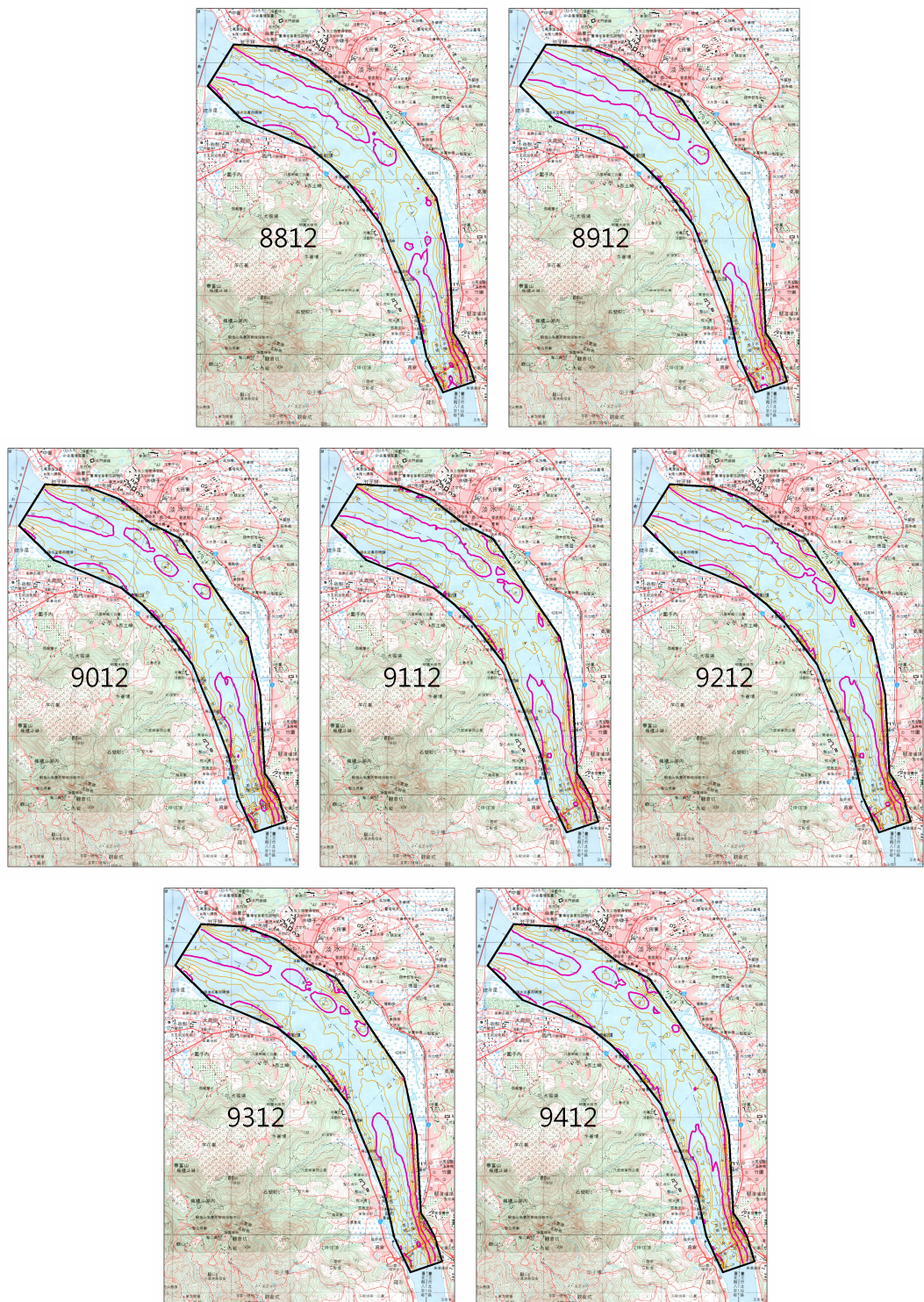


圖 2.33 關渡大橋至淡水河河口 88 年至 94 年等高線變化



圖 2.34 侵臺颱風路徑

由圖 2.32 及圖 2.33 可看出，關渡大橋至河口之地形變化以竹圍紅樹林為分界(斷面 4 至斷面 7)，區分成兩個區域：

(1)河口至竹圍紅樹林保護區

此區域由河幅寬度由 500 公尺(關渡大橋)增寬至 1200~1600 公尺，水流流況在此區域變化較大，由實測地形資料亦呈現顯示相同之情況。

淡水河河口斷面 0 之高程變化除左岸在 85 年及右岸在 94 年有明顯淤積外(圖 2.21)，其餘期間地形沖淤變化較不明顯；斷面 1 除右岸 94 年有明顯淤積外(圖 2.22)，其餘期間地形沖淤變化較不明顯；斷面 2 在 85 年前侵蝕範圍在距左岸 600 公尺及距左岸 1100 公尺處，85 年後則回淤，主要在至距左岸 600 公尺處(圖 2.23)；斷面 3 在 85 年前侵蝕範圍在左岸及距左岸 800 公尺處，85 年後則淤積在距左岸 800 公尺處，右岸則呈現侵蝕趨勢(圖 2.24)；斷面 4 在 85 年前侵蝕範圍在左岸至距左岸 800 公尺，85 年後則回淤，主要在至距左岸 800 公尺處(圖 2.25)；斷面 5、斷面 6 及斷面 7 之沖淤變化則發生在距左岸 800 公尺處，85 年前是侵蝕而 85 年後則是淤積(圖 2.26、圖 2.27 及圖 2.28)。

由圖 2.32 及圖 2.33 可知在 8012 至 8412 及 9112 至 9212 期間，此區域-5 公尺等深線為侵蝕趨勢，而 8512 至 9012 及 9312 至 9412 期間-5 公尺等深線則為淤積趨勢。

(2)竹圍紅樹林保護區至關渡大橋

此區域之河幅範圍為 500~800 公尺，主深槽區分明顯。

斷面 8 在 80 至 85 年及 90 至 94 年為淤積而 85 至 90 年則為沖刷，皆發生在主深槽(距左岸 300 公尺)；斷面 9 則與斷面 8 之侵淤變化相同，發生在距左岸 200 公尺；斷面 10 除 85 年在左岸為侵蝕外，其餘沖淤變化與斷面 8 及斷面 9 相同。

由圖 2.32 及圖 2.33 可知此區域-5 公尺等深線除 88 及 89 年外，其餘時期範圍變化不明顯。

2.4.3 淡水河流域數值高程

本計畫對於淡水河流域係採用內政部地政司所提供之 40 公尺×40 公尺網格式系統之數值高程資料。由數值地形資料可計算出各點位之高程，再依據研究範圍之集水區及河流地形地貌及水系，利用地理資訊系統將演算範圍自動劃分為若干非結構型格區，這些格區分成坡地格區與河流格區，各格區內之參數亦利用地理資訊系統(ArcView 水文分析模組)分析運算而得，研究區域之數值高程、坡度、坡向分佈圖，如圖 2.35 至圖 2.37 所示。

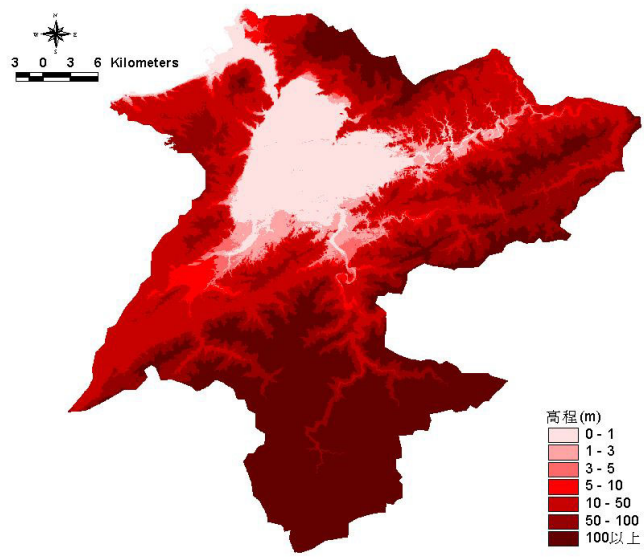


圖 2.35 淡水河集水區數值高程

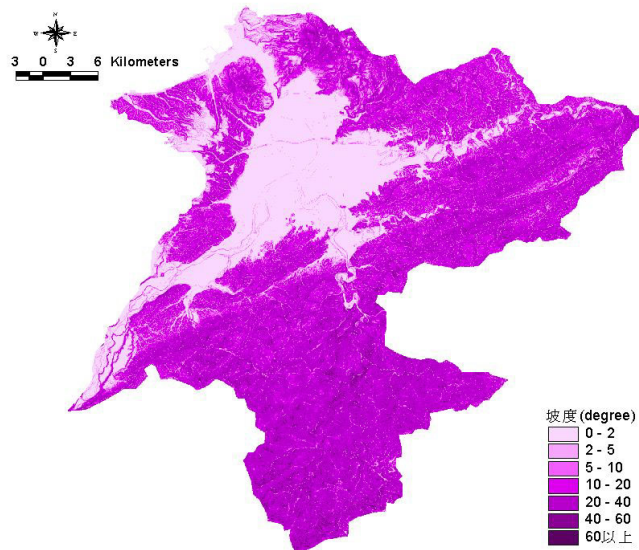


圖 2.36 淡水河集水區坡度分佈圖

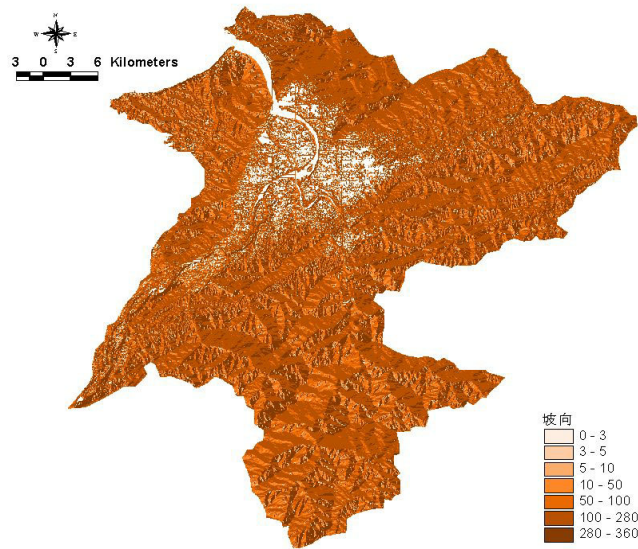


圖 2.37 淡水河集水區坡向分佈圖

2.4.4 土地利用

淡水河流域平原地區之淹水現象與全流域之地形地貌及土地利用相關。故為劃分淹水演算及洪流演算格區，應收集淡水河河道兩岸土地開發利用情形，淡水河主支流與重要排水路之河道縱、橫斷面資料，以及淡水河集水區之重要交通系統及土地利用資料等。

淡水河所流經之鄉、市、鎮之土地使用型態大部份已都市化，根據臺北市及臺北縣之土地使用分區面積統計資料顯示，其面積共 2324.37 平方公里，都市土地佔總面積之 45.5%，其中臺北市 271.8 平方公里均為都市化土地[<http://www.wra10.gov.tw>]。

地表土地利用情形大多為農田及工商業住宅區。研究區域內主要鐵公路系統，鐵路有縱貫、北迴及淡水等線分別通往南、北及東部；公路有中山國道、臺一及臺三兩省道通達中南部及基隆，北部橫貫公路沿大漢溪銜接中橫公路宜蘭支線可達宜蘭、梨山，新店溪流域有北宜、北烏及石碇至坪林等公路通過其間，如圖 2.38。

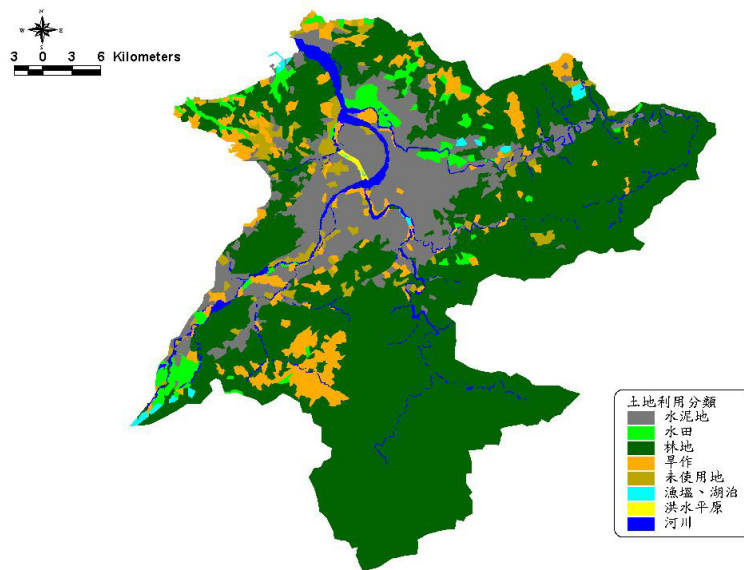


圖 2.38 淡水河土地利用分佈圖

2.4.5 河床質特性

淡水河攜帶泥砂由上游向下游運送，沿途經過水壩及部分篩選過程，至河口地區又會受波浪及河口循環流的篩選作用。本所港研中心及蘇勝欽[2006]分別對淡水河鄰近海域、河口、主流及支流進行採樣分析。本所港研中心測點之經緯度、水深及粒徑如表 2.19，其位置示如圖 2.39，各測點之粒徑分析結果如圖 2.40；蘇勝欽之測點位置示如圖 2.41、水深及粒徑如表 2.20。淡水河底質粒徑由上游往下游方向粒徑逐漸增加，在測點 11 處達到最大，然後往外海方向逐漸減小。淡水河本流重陽橋至關渡橋附近之中值粒徑屬沈泥質，更下游至河口外水深 18 公尺(測點 15)之中值粒徑屬中砂或細砂質，其後為沈泥質。基隆河支流之底質粒徑較粗，中值粒徑為中砂或細砂，基隆河上游可能因沒有大型水庫攔阻，所以較粗顆粒能沿河沖流至下游地區；而淡水河上游之新店溪及大漢溪各有翡翠水庫及石門水庫攔阻主要砂源，能隨水流流至下游者主要為較細的水庫淤泥、及其它較小支流及颱風洪流所挾帶的較粗砂粒，而底床粒徑亦會隨季節變化[蘇，2006]。

表 2.19 底質採樣分析測點之經緯度、水深及 D_{50}

測點	東經		北緯		水深(m)	$D_{50}(\mu\text{m})$
	度	分	度	分		
1	121	30.160	25	5.119	4.0	7.4
2	121	29.470	25	5.763	6.0	8.5
3	121	28.374	25	6.196	4.2	137.0
4	121	27.561	25	6.553	3.8	11.4
5	121	29.384	25	6.913	4.0	193.0
6	121	29.585	25	6.838	7.0	258.0
7	121	28.501	25	6.637	4.4	211.0
8	121	27.425	25	7.538	5.8	20.3
9	121	27.282	25	8.585	3.0	102.0
10	121	26.854	25	9.578	4.7	153.0
11	121	26.133	25	10.031	4.8	397.0
12	121	25.337	25	10.329	5.6	290.0
13	121	24.192	25	10.767	6.0	289.0
14	121	23.508	25	10.962	14.0	164.0
15	121	22.814	25	11.043	18.0	172.0
16	121	21.974	25	11.116	27.0	28.14

資料來源：交通部運輸研究所，2005

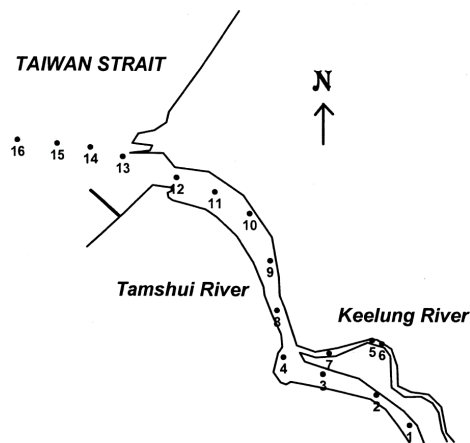


圖 2.39 底質採樣分析測點位置示意圖[交通部運輸研究所，2005]

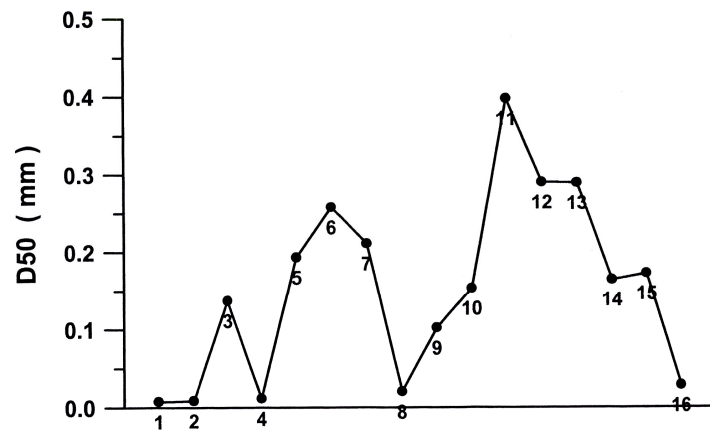


圖 2.40 各測點底質採樣粒徑分析結果[交通部運輸研究所，2005]

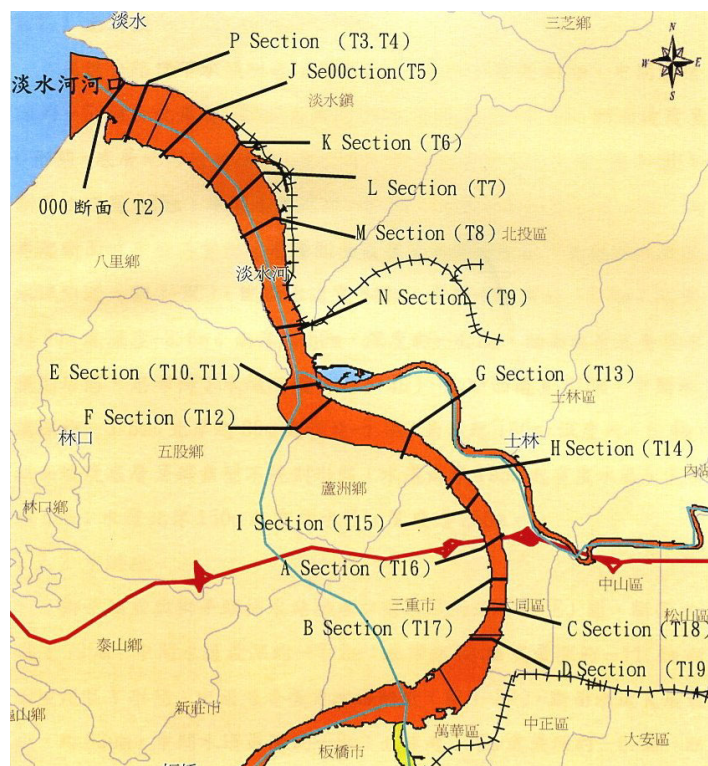


圖 2.41 各測點底質採樣粒徑分析結果[蘇，2006]

表 2.20 蘇勝欽[2006]底質採樣分析測點之位置、水深及 D_{50}

測站/位置	2005.6.22		2005.11.3		2006.3.6	
	採樣粒 $D_{50}(\mu m)$	水深(公尺)	採樣粒 $D_{50}(\mu m)$	水深(公尺)	採樣粒 $D_{50}(\mu m)$	水深(公尺)
T1 淡水河口外	×		150	6.3	150	6.4
T2 淡水河口	×		15	8.6	228	2.8
T3 海洋巡防總局前	6.9	5.4	125	6.1	160	3.8
T4 飛彈快艇基地	×		67	6.0	179	3.3
T5 滬尾安檢所前	×		125	2.4	167	2.2
T6 淡水捷運站前	×		295	2.1	172	1.5
T7 紅樹林捷運站	×		159	0.7	82	2.4
T8 竹圍捷運站前	141	5.1	7.6	4.4	89	3.5
T9 關渡橋下海域	7.1	7.5	5	3.4	17	8.1
T10 獅子頭前	3.7	11.6	5	3.2	31	1.2
T11 獅子頭抽水站排水口	4	2.5	77	1.8	27	1.1
T12 中國海專後方	3.9	4.1	171	2.2	16	2.4
T13 焚化爐後方	7.1	4.2	4.2	1.4	8	2.8
T14 洲美土地公廟前	×		4.7	2.2	25	5.4
T15 重陽橋下海域	7	5.5	6	5.8	141	5.5
T16 高速工陸橋下	×		133	6.7	13	5.5
T17 高公橋下與忠孝橋中間	23.6	3.6	5.4	3.8	26	8.6
T18 大稻埕碼頭前	20.4	2.3	298	2.8	61	2.7
T19 忠孝橋下	191	2.7	149	3.2	273	3.8

第三章 基本方程式

本計畫之數值模式演算分為海域波場模式、集水區地文性土壤沖淤模式與二維地形變遷模式等三項演算，由海域波場模式及集水區地文性土壤沖淤模式計算海域波浪成份(如輻射應力等)和各重要支流(大漢溪、新店溪及基隆河)之水流及懸浮載等輸入條件，提供二維地形變遷模式進行演算。相關各模式之基本方程式及數值方法說明如後。

3.1 RCPWAVE 波場模式

RCPWAVE(Regional Coastal Processes Numerical Modeling System) 波場模式，為美國工兵團所發展計算波場空間變化情形之模式，用以預測在自然條件改變或人為因素作用下區域性波場變化之情形。由於 RCPWAVE 波場模式其波場計算過程中具有穩定易於收斂之特性，本計畫引用做為計算研究範圍內之波高、波向及周波數等之分佈，提供沖積河流動床二維模式計算海域輻射應力。

3.1.1 RCPWAVE 波場模式基本方程式

RCPWAVE 波場模式是利用 Berkhof(1972, 1976)在線性波條件下推導之緩坡方程式，

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(CC_g \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(CC_g \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right) + \sigma \frac{C_g}{C} \Phi = 0 \quad (3.1.1)$$

將流速勢以 $\Phi = a(x, y)e^{iS(x, y)}$ (a 為波浪振幅函數， S 為相位函數) 代入，經實、虛部整理及利用線性波理論之非旋性假($\nabla \times \nabla S = 0$)設可得求解的方程式：

$$\frac{1}{a} \left\{ \frac{\partial^2 a}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 a}{\partial y^2} + \frac{1}{CC_g} [\nabla^2 a \cdot \nabla(CC_g)] \right\} + k^2 - |\nabla S|^2 = 0 \quad (3.1.2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(|\nabla S| \sin \theta) - \frac{\partial}{\partial y}(|\nabla S| \cos \theta) = 0 \quad (3.1.3)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(a^2 CC_g |\nabla S| \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial y}(a^2 CC_g |\nabla S| \sin \theta) = 0 \quad (3.1.4)$$

上述三式是以有限差分法輸入深海波週期、波向及水深，求解 $|\nabla S|$ 、 θ 及 a ，皆為空間(x,y)的函數。

3.1.2 數值方法

RCPWAVE 模式係以有限差分法進行數值計算，以有限差分離散化(3.1.2)、(3.1.3)及(3.1.4)三式，可得以下之差分函數型式，

$$\begin{aligned} |\nabla S|_{i,j}^2 = & k_{i,j}^2 + \frac{1}{a_{i,j}} \left\{ \left(\frac{2a_{i,j} - 5a_{i+1,j} + 4a_{i+2,j} - a_{i+3,j}}{(\Delta x)^2} \right) + \left(\frac{a_{i,j+1} - 2a_{i,j} + a_{i,j-1}}{(\Delta y)^2} \right) \right. \\ & + \frac{1}{(CC_g)_{i,j}} \left[\left(\frac{-3a_{i,j} + 4a_{i+1,j} - a_{i+2,j}}{2\Delta x} \right) \left(\frac{-3(CC_g)_{i,j} + 4(CC_g)_{i+1,j} - (CC_g)_{i+2,j}}{2\Delta x} \right) \right. \\ & \left. \left. + \left(\frac{a_{i,j+1} - a_{i,j-1}}{2\Delta y} \right) \left(\frac{(CC_g)_{i,j+1} - (CC_g)_{i,j-1}}{2\Delta y} \right) \right] \right\} \end{aligned} \quad (3.1.5)$$

$$\begin{aligned} a_{i-1,j}^2 = & \frac{1}{A_{i-1,j}} [\alpha a_{i,j-1}^2 A_{i,j-1} + (1-2\alpha) a_{i,j}^2 A_{i,j} + \alpha a_{i,j+1}^2 A_{i,j+1} \\ & + \frac{w\Delta x}{2\Delta y} (a_{i-1,j+1}^2 B_{i-1,j+1} - a_{i-1,j-1}^2 B_{i-1,j-1}) \\ & + \frac{(1-w)\Delta x}{2\Delta y} (a_{i,j+1}^2 B_{i,j+1} - a_{i,j-1}^2 B_{i,j-1})] \end{aligned} \quad (3.1.6)$$

$$\begin{aligned} \sin \theta_{i-1,j} = & \frac{1}{|\nabla_h S|_{i-1,j}} \left[(\alpha |\nabla_h S|_{i,j+1} \sin \theta_{i,j+1} + (1-2\alpha) |\nabla_h S|_{i,j} \sin \theta_{i,j} \right. \\ & + \alpha |\nabla_h S|_{i,j-1} \sin \theta_{i,j-1}) - \frac{w\Delta x}{2\Delta y} (|\nabla_h S|_{i-1,j+1} \cos \theta_{i-1,j+1} \\ & - |\nabla_h S|_{i-1,j-1} \cos \theta_{i-1,j-1}) - \frac{(1-w)\Delta x}{2\Delta y} (|\nabla_h S|_{i,j+1} \cos \theta_{i,j+1} \\ & \left. - |\nabla_h S|_{i,j-1} \cos \theta_{i,j-1}) \right] \end{aligned} \quad (3.1.7)$$

$$\text{上式 } A = CC_g |\nabla_h S| \cos \theta, \quad B = CC_g |\nabla_h S| \sin \theta$$

模式計算時除地形資料外，另外需給定外海之波高、週期及波向，先利用延散關係式求出各網格的波數 k 以當成 $|\nabla S|$ 之初估值，利用司乃爾定律初估各網格的 θ ，以及淺化、折射係數初估各網格的振幅 a ，對式(3.1.6)及式(3.1.7)對同 θ 及 a 進行疊代，收斂至所要求之精度即可再進行下一行之疊代，當各行皆疊代完成後，可利用式(3.1.5)求出修正之 $|\nabla S|$ ，再代入式(3.1.6)及式(3.1.7)中重新求得 θ 及 a ，如此循環計算，直至 $|\nabla S|$ 收斂至所需要的精度為止。

3.2 集水區地文性土壤沖淤模式

本研究所建立之集水區地文性土壤沖淤模式(Physiographic Soil Erosion-Deposition model)，PSED-model 係依據集水區及河流地形地貌及水系，利用地理資訊系統將演算範圍自動劃分為若干格區，這些格區分成坡地格區與河流格區，格格區內之水文、地文資料，亦利用地理資訊系統分析運算而得。模式分成水流演算與土壤沖淤演算兩部分。

3.2.1 水流演算基本方程式

水流演算主要是演算降雨逕流在集水區及河流(含兩岸高灘地)之傳播過程，每一格區之水位變化應滿足水流連續方程式，以任一格區，如 i 格區而言，則其連續方程式如(3.2.1)式所示：

$$A_i \frac{\partial h_i}{\partial t} = \sum_k Q_{i,k}(h_i, h_k) + P_{ei}(t) \quad (3.2.1)$$

t 為時間； A_i 為 i 格區之面積； h_i 、 h_k 分別為 i 格區與 k 格區之水位； $Q_{i,k}$ 為由與 i 格區相鄰之 k 格區流入 i 格區之流量； P_{ei} 為 i 格區每秒之有效降雨體積。而格格區間之水流交換可視格區交接處之狀況選擇適當之流量律。說明如下：

1. 川流連接型

若格區與格區間之水流交換無局部障礙物，可應用曼寧公式計算流過兩格區交界面之流量。以 i 格區而言，由 k 格區流至 i 格區的流量為：

$$Q_{i,k} = \frac{h_k - h_i}{|h_k - h_i|} \cdot \Phi(\bar{h}_{i,k}) \cdot \sqrt{|h_k - h_i|} \quad \text{for} \quad \frac{\partial Q_{i,k}}{\partial h_i} \leq 0 \quad (3.2.2)$$

$$Q_{i,k} = \Phi(h_k) \cdot \sqrt{|h_k - h_i|} \quad \text{for} \quad \frac{\partial Q_{i,k}}{\partial h_i} > 0 \quad (3.2.3)$$

式中 $\bar{h}_{i,k}$ 為 i 格區與 k 格區交界處之水位。而 $\Phi(h)$ 為：

$$\Phi(h) = \frac{\frac{1}{n} A(h) R^{2/3}(h)}{\sqrt{\Delta x}} \quad (3.2.4)$$

Δx 為 i 、 k 兩格區之中心距； n 為兩格區間之曼寧糙率係數； $A(h)$ 、 $R(h)$ 分別為兩格區交界處之通水面積和水力半徑。

2. 堰流連接型

若格區與格區之間以道路、堤防、田埂或岸壁等為交界，則可將交界視為寬頂堰，以堰流公式來計算兩格區間之流量。若以 $h_k > h_i$ 之情形而言，可分為自由堰流及潛沒堰流兩種形式：

(1) 自由堰流 $(h_i - z_w) < \frac{2}{3}(h_k - z_w)$ ：

$$Q_{i,k} = \mu_1 b \sqrt{2g} (h_k - z_w)^{3/2} \quad (3.2.5)$$

(2) 潛沒堰流 $(h_i - z_w) \geq \frac{2}{3}(h_k - z_w)$ ：

$$Q_{i,k} = \mu_2 b \sqrt{2g} (h_i - z_w)(h_k - h_i)^{1/2} \quad (3.2.6)$$

以上二式中， z_w 為堰頂高程，即交界處之路面、堤頂或地面高程； b 為堰頂之有效寬度，即相鄰兩格區之交界長； g 為重力加速度； μ_1 、 μ_2 分

別為自由堰流及潛沒堰流之堰流係數， $\mu_1=0.36\sim0.57$ ， $\mu_2=2.6\mu_1$ 。

3.2.2 土壤沖淤演算基本方程式

以任一格區*i*而言，懸浮載連續方程式及底床變動連續方程式分別為：

$$\frac{\partial V_{si}}{\partial t} = \sum_k Q_{SC_{i,k}} + Q_{sei} - Q_{sdi} + R_{DTi} \quad (3.2.7)$$

$$(1-\lambda)\frac{\partial V_{di}}{\partial t} = \sum_k Q_{SB_{i,k}} - Q_{sei} + Q_{sdi} - R_{DTi} \quad (3.2.8)$$

以上式中， V_{si} 為*i*格區水體中懸浮之泥砂體積($=A_i \times D_i \times C_i$ ， C 為懸浮載體積濃度)； λ 為孔隙率； V_{di} 為*i*格區沖積層體積； $Q_{SC_{i,k}}$ 、 $Q_{SB_{i,k}}$ 分別為由與*i*格區相鄰之*k*格區流入*i*格區之懸浮載流量與底床載流量； R_{DTi} 為*i*格區降雨分離率； Q_{sei} 為*i*格區地表土壤與河道底床之捲增率； Q_{sdi} 為*i*格區底床之沉降率。

1. 降雨分離率

降雨分離對土壤的沖蝕型態，除了受土壤種類、地表植生之影響外，地面水膜厚度亦為影響降雨分離率之主要因素。但當水膜厚度大於3倍雨滴粒徑時，雨滴撞擊將失去影響力，即降雨分離率可視為零。雨滴粒徑可由降雨強度求得：

$$d_{50} = 1.560 I^{0.096} \quad (3.2.9)$$

d_{50} 為雨滴之中值粒徑(mm)； I 為降雨強度(mm/hr)。

當地面水膜厚度小於3倍雨滴粒徑時，格區之降雨分離率為：

$$R_{DTi} = a \cdot I^b \cdot A_i \quad (3.2.10)$$

a 、 b 為待定係數。本文取 a 值為20， b 值則取為1。

2. 底床之捲增與沉降

Itakura and Kishi (1980)提出單位面積泥砂之底床捲增率為：

$$q_{se} = 0.008\sqrt{sgd} \left[0.14 \frac{\rho}{\rho_s} \left(14\sqrt{\tau_*} - \frac{1}{\sqrt{\tau_*}} \right) - \frac{\omega_s}{\sqrt{sgd}} \right] \quad (3.2.11)$$

式中 $s = (\rho_s - \rho)/\rho$ ，為有效密度係數， ρ_s 、 ρ 分別為泥砂和清水之密度； d 為泥砂之粒徑； ω_s 為泥砂之沉降速度； τ_* 為無因次底床剪應力 ($= u_*^2/sgd$ ， u_* 為摩擦速度)。單位面積泥砂之底床沉降率 q_{sd} 為：

$$q_{sd} = \omega_s C_a \quad (3.2.12)$$

C_a 為近底床處之懸浮載體積濃度，可以距底床 0.05 水深處之懸浮載體積濃度近似之。因此， i 格區底床之捲增率與沉降率即分別為：

$$Q_{sei} = q_{se} \cdot A_i \quad (3.2.13)$$

$$Q_{sdi} = q_{sd} \cdot A_i \quad (3.2.14)$$

3. 底床載輸運率

底床載是因為水流之動力作用而在底床附近運動之泥砂，本文採用 Meyer-Peter and Muller 公式(簡稱 MPM 公式)計算之：

$$\left(\frac{k_n}{k'} \right)^{3/2} \gamma D S_f = 0.047(\gamma_s - \gamma)d + 0.25 \left(\frac{\gamma}{g} \right)^{1/3} \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right)^{2/3} q_b^{2/3} \quad (3.2.15)$$

S_f 為摩擦坡度； D 為水深； γ_s 、 γ 分別為泥砂和清水之單位重量； d 為底床質之平均粒徑； q_b 為單位寬度之底床載輸運率； k_n 為 Strickler 糙率係數； $k' = 26/d_{90}^{1/6}$ ， d_{90} 為粒徑級配曲線中，通過百分率為 90% 之顆粒粒徑。

3.2.3 數值方法

1. 格區水位之演算

集水區依地形地貌劃分成若干格區，每一格區可有如(3.2.1)式之水流連續方程式，格區間之交換流量則以適當之流量公式計算，如(3.2.2)式至(3.2.6)式。本研究以顯式有限差分離散化(3.2.1)式，可得：

$$A_{si}^j \frac{\Delta h_i}{\Delta t} = P_i^j + \sum Q_{i,k} \quad (3.2.16)$$

A_{si}^j 、 P_i^j 及 $Q_{i,k}^j$ 各為 i -格區在 t^j 時間之水平面積、降雨強度及由 k -格區流入 i -格區之流量； Δt 為 t^j 時間至 t^{j+1} 時間之時距； Δh_i 為 i -格區在 Δt 時間中之水位增量。利用顯式差分法，以 i 格區為例，可將式(3.2.1)差分化為：

$$h_i^{m+1} = h_i^m + \frac{\left(\sum_k Q_{i,k}^m + P_{ei}^m \right)}{A_i} \cdot \Delta t \quad (3.2.17)$$

式中，上標 m 表示 t_m 時刻之已知物理量；上標 $m+1$ 表示 t_{m+1} 時刻之未知格區水位； Δt 為演算時距。相鄰格區間之流量 $Q_{i,k}$ 與格區水位 h_i 、 h_k 之函數關係，由(3.2.2)式、(3.2.3)式或(3.2.5)式、(3.2.6)式表示。因此，利用(3.2.18)式與降雨資料並配合格區內之水文、地文資料，即可求得各格區之水位歷線，而格區之水深則為：

$$D_i = h_i - z_i \quad (3.2.18)$$

D_i 為格區之水深； z_i 為格區之底床高程。

2. 懸浮載體積濃度和底床變動演算

對於任一格區 i 而言，以顯式差分法，可將(3.2.7)式差分化為：

$$C_i^{m+1} = \frac{\left(\sum_k Q_{SCi,k}^m + Q_{sei}^m - Q_{sdi}^m + R_{DTi}^m \right)}{A_i D_i^{m+1}} \cdot \Delta t \quad (3.2.19)$$

相鄰格區間之懸浮載流量 $Q_{SC_{i,k}}$ 可由 $Q_{i,k}$ 之流向決定，若水流由 k 格區流進 i 格區則 $Q_{SC_{i,k}} = |Q_{i,k}| \times C_k$ ；若水流由 i 格區流進 k 格區，則 $Q_{SC_{i,k}} = -|Q_{i,k}| \times C_i$ 。而 Q_{sei} 、 Q_{sdi} 、 R_{DTi} 可分別由(3.2.14)式、(3.2.15)式及(3.2.10)式求得。 D_i 則由水流演算時之(3.2.18)式求得。

同理，(3.2.8)式可差分化為：

$$\frac{\Delta V_{d_i}}{A_i} = \Delta z_i = \frac{\left(\sum_k Q_{SB_{i,k}}^m + Q_{sei}^m - Q_{sdi}^m - R_{DTi}^m \right)}{A_i(1-\lambda)} \cdot \Delta t \quad (3.2.20)$$

上式中， ΔV_{d_i} 為 i 格區之底床淤積體積， Δz_i 即為 i 格區之底床變動量，正值表示格區發生淤積；負值表示格區發生沖刷。相鄰格區間之底床載流量 $Q_{SB_{i,k}}$ 則由 $Q_{i,k}$ 之流向決定正負值。以 i 格區而言，若水流流進 i 格區，則可利用(3.2.15)式求出 $Q_{SB_{i,k}}$ ，其值為正；若水流由 i 格區流出，則 $Q_{SB_{i,k}}$ 為負值。

3.3 二維地形變遷模式

本研究利用水深平均法將物理量沿深度方向積分，化簡三維水流控制方程式為水深平均之二維控制方程式，從而建立二維地形變遷模式。

3.3.1 水流基本控制方程式

模式係以河道水流及近岸水流之水深平均二維連續方程式及 x 、 y 方向動量方程式為流場之控制方程式，可分別表為：

$$\frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial(Du)}{\partial x} + \frac{\partial(Dv)}{\partial y} = 0 \quad (3.3.1)$$

$$\frac{\partial(uD)}{\partial t} + \frac{\partial(uuD)}{\partial x} + \frac{\partial(uvD)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(2\varepsilon D \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[\varepsilon D \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho} - gD \frac{\partial h}{\partial x} + S_x \quad (3.3.2)$$

$$\frac{\partial(vD)}{\partial t} + \frac{\partial(vuD)}{\partial x} + \frac{\partial(vvD)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\varepsilon D \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left(2\varepsilon D \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho} - gD \frac{\partial h}{\partial y} + S_y \quad (3.3.3)$$

以上式中， t 為時間； u 、 v 分別為 x 、 y 方向之水深平均流速； D 為水深； h 為水面高程(水位)； ε 為渦動黏滯係數； τ_{bx} 、 τ_{by} 分別為底床剪應力在 x 及 y 方向之分量； S_x 、 S_y 分別為 x 及 y 方向之輻射應力。河道水流之流速於水深方向之分佈可假設為對數律分佈，故水深平均渦動黏滯係數為 $\varepsilon = \kappa u_* D / 6$ ， κ 為 von Karman 常數，取為 0.4； u_* 為摩擦速度，取為 $\sqrt{gDS_f}$ 。而在近岸水流中， $\varepsilon = N\ell\sqrt{gD}$ ， N 為小於 0.016 之常數， $\ell = D / \tan \beta$ 為離岸距離之特徵長度。

河道水流之 τ_{bx} 、 τ_{by} 分別為：

$$\tau_{bx} = \frac{\rho g n_m^2}{D^{1/3}} u (u^2 + v^2)^{1/2} \quad (3.3.4a)$$

$$\tau_{by} = \frac{\rho g n_m^2}{D^{1/3}} v (u^2 + v^2)^{1/2} \quad (3.3.4b)$$

n_m 為曼寧係數。而近岸水流由於同時受到浪與流之交互作用，因此其 τ_{bx} 、 τ_{by} 則分別為：

$$\tau_{bx} = \rho C_f \left[\left(W + \frac{W_b^2 \cos^2 \theta}{W} \right) u + \frac{W_b^2 \cos \theta \sin \theta}{W} v \right] \quad (3.3.5a)$$

$$\tau_{by} = \rho C_f \left[\frac{W_b^2 \cos \theta \sin \theta}{W} u + \left(W + \frac{W_b^2 \sin^2 \theta}{W} \right) v \right] \quad (3.3.5b)$$

式中 C_f 為無因次係數，其階次為 0.01。而 W 、 W_b 分別為：

$$W = \frac{1}{2} \left[\sqrt{u^2 + v^2 + W_b^2 + 2(u \cos \theta + v \sin \theta)W_b} + \sqrt{u^2 + v^2 + W_b^2 - 2(u \cos \theta + v \sin \theta)W_b} \right] \quad (3.3.6a)$$

$$W_b = \frac{\omega H}{\pi \sinh kD} \quad (3.3.6b)$$

ω 為角頻率； k 為週波數； H 和 θ 分別為任意水深之波高及波向角。

輻射應力使近岸平均水位發生變化因而造成流動現象，故對於近岸流之流場計算扮演重要角色，但對於河道水流之流場計算則可忽略不計。近岸流之 S_x 和 S_y 可表示為：

$$S_x = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) \quad (3.3.7a)$$

$$S_y = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) \quad (3.3.7b)$$

S_{xx} 、 S_{xy} 、 S_{yx} 、 S_{yy} 分別為 x 及 y 方向之輻射應力分量，可表為：

$$\begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} \\ S_{yx} & S_{yy} \end{bmatrix} = E \begin{bmatrix} \left(2n - \frac{1}{2}\right) \cos^2 \theta + \left(n - \frac{1}{2}\right) \sin^2 \theta & -n \sin \theta \cos \theta \\ -n \sin \theta \cos \theta & \left(2n - \frac{1}{2}\right) \sin^2 \theta + \left(n - \frac{1}{2}\right) \cos^2 \theta \end{bmatrix} \quad (3.3.7c)$$

式中 E 為波浪能量； n 為群波速度與波速之比。 E 、 n 分別為：

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad (3.3.7d)$$

$$n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2kD}{\sinh 2kD} \right] \quad (3.3.7e)$$

3.3.2 沉滓輸運基本控制方程式

水深平均之懸浮載體積濃度對流擴散方程式為：

$$\frac{\partial(cD)}{\partial t} + \frac{\partial(ucD)}{\partial x} + \frac{\partial(vcD)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(e_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(e_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + q_{se} - q_{sd} \quad (3.3.8)$$

c 為懸浮載之體積濃度； e_x 、 e_y 分別為水流之 x 方向、 y 方向之泥砂擴散係數； q_{se} 為單位時間、單位面積自河床面捲增(entrain)至水流中之泥砂體積； q_{sd} 則為單位時間、單位面積沉降至河床面之泥砂體積。

由紊流理論中可知，擴散現象中之擴散係數 e 與動量交換中之動量交換係數 ε 是相當的。從實測之懸浮載濃度及流速剖面，繪出泥砂擴散係數和動量交換係數在垂線上之分佈，這兩條曲線雖然外形上十分相似，但數量上並不相等。因此通常假定為：

$$e = \beta' \varepsilon \quad (3.3.9)$$

$$\beta' = 1 + 2(\omega_s/u_*)^2, \quad \text{for } 0.1 < \omega_s/u_* < 1 \quad (3.3.10)$$

式中 ω_s 為泥砂顆粒之沉降速度。現有的室內及野外試驗中，仍無法精確得知 e_x 與 e_y 之關係，因此在未有充分的試驗資料與理論分析之情況下，本模式假設 $e_x = e_y$ 。

底床捲增項 q_{se} 及沉降項 q_{sd} 分別可表為：

$$q_{se} = 0.008 \sqrt{s'gd} \left[0.14 \frac{\rho}{\rho_s} (14\sqrt{\tau_*} - \frac{1}{\sqrt{\tau_*}}) - \frac{\omega_s}{\sqrt{s'gd}} \right] \quad (3.3.11)$$

$$q_{sd} = \omega_s c_b \quad (3.3.12)$$

式中 $s' = (\rho_s - \rho)/\rho$ ，為泥砂在水中之比重， ρ_s 為泥砂之密度； d 為泥砂之粒徑； τ_* 為無因次底床剪應力，為：

$$\tau_* = u_*^2 / s'gd \quad (3.3.13)$$

c_b 為近底床處之懸浮載體積濃度，可以距底床 $0.05h$ 處之參考濃度

(reference concentration)近似之。若假設懸浮載體積濃度之分佈可以指數律表示，則可得：

$$c_b = \frac{\varphi c}{1 - \exp(-\varphi)} \quad (3.3.14)$$

式中 $\varphi = \omega_s h / \varepsilon$ 。

由於水流之動力作用而在底床附近運動的泥砂稱為底床載，本研究擬採用 Meyer.Peter and Muller 公式，計算底床載輸運率：

$$\left(\frac{k_n}{k'}\right)^{\frac{3}{2}} \gamma \mathcal{D}S_f = 0.047(\gamma_s - \gamma)d_m + 0.25\left(\frac{\gamma}{g}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right)^{\frac{2}{3}} q_b^{\frac{2}{3}} \quad (3.3.15)$$

式中， q_b 為單位寬度之底床載輸運率； k_n 可以曼寧係數之倒數($=1/n_m$)表之； d_m 為底床質之平均粒徑。 k' 則以 Strickler 之顆粒糙度公式計算：

$$k' = \frac{26}{d_{90}^{1/6}} \quad (3.3.16)$$

d_{90} 為粒徑級配曲線中，通過百分率為 90% 之顆粒粒徑，其單位為公尺。

如前所述，底床變動是因各處之泥砂輸運率不同所致，故此一底床變動量可由泥砂連續方程式得之：

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} + (q_{se} - w_s c_b) \right] = 0 \quad (3.3.17)$$

式中， z 為底床高程； λ 為底床質之孔隙率， $\lambda = 0.245 + 0.0864/d_m^{0.21}$ ， d_m 之單位為公分。 q_{bx} 、 q_{by} 分別為 q_b 在 x 及 y 方向之分量。 q_{bx} 、 q_{by} 若依流速分量來分配，則可表為：

$$q_{bx} = \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2}} q_b \quad (3.3.18a)$$

$$q_{by} = \frac{v}{\sqrt{u^2 + v^2}} q_b \quad (3.3.18b)$$

3.3.3 數值方法

由於計算域包括河道，而天然河流斷面底床高程變化大，且洪水過程中底床沖淤變化劇烈，易造成水深梯度較大之情形，故本模式發展較易處理這類情形之 MacCormack 顯式差分法。MacCormack 顯式差分法分為預測(predictor)及修正(corrector)兩個步驟，以推求下一時刻之新值，其中預測步驟一般採用前向差分，而修正步驟採用後向差分。

(3.3.1)式之連續方程式用來計算水深 D ，(3.3.2)式之 x 方向動量方程式用來計算 u ，(3.3.3)式之 y 方向動量方程式用來計算。利用前向差分，可將(3.3.1)至(3.3.3)式之水流控制方程式差分處理，經移項整理後可得預測步驟之預測值：

$$D_{i,j}^* = D_{i,j}^n + \Omega'_{hf} \quad (3.3.19)$$

$$u_{i,j}^* = u_{i,j}^n \frac{D_{i,j}^n}{D_{i,j}^{n+1}} + \Omega'_{uf} \quad (3.3.20)$$

$$v_{i,j}^* = v_{i,j}^n \frac{D_{i,j}^n}{D_{i,j}^{n+1}} + \Omega'_{vf} \quad (3.3.21)$$

同理，利用後向差分差分處理(3.3.1)至(3.3.3)式，可得修正步驟之修正值：

$$D_{i,j}^{**} = D_{i,j}^n + \Omega'_{hb} \quad (3.3.22)$$

$$u_{i,j}^{**} = u_{i,j}^n \frac{D_{i,j}^n}{D_{i,j}^{n+1}} + \Omega'_{ub} \quad (3.3.23)$$

$$v_{i,j}^{**} = v_{i,j}^n \frac{D_{i,j}^n}{D_{i,j}^{n+1}} + \Omega'_{vb} \quad (3.3.24)$$

由預測值及修正值可計算下一時刻之新值：

$$D_{i,j}^{n+1} = \frac{1}{2}(D_{i,j}^* + D_{i,j}^{**}) \quad (3.3.25)$$

$$u_{i,j}^{n+1} = \frac{1}{2}(u_{i,j}^* + u_{i,j}^{**}) \quad (3.3.26)$$

$$v_{i,j}^{n+1} = \frac{1}{2}(v_{i,j}^* + v_{i,j}^{**}) \quad (3.3.27)$$

以上式中，上標“ n ”表示第 n 時刻之已知物理量；上標“ $n+1$ ”表示第 $n+1$ 時刻之未知物理量；上標“ $*$ ”表示第 $n+1$ 時刻之預測值；上標“ $**$ ”表示第 $n+1$ 時刻之修正值； i 為 x 方向之計算格點點位， j 為 y 方向之計算格點點位。 Ω'_{hf} 、 Ω'_{uf} 、 Ω'_{vf} 、 Ω'_{hb} 、 Ω'_{ub} 、 Ω'_{vb} 為經移項整理後第 n 時刻 h 、 u 、 v 等所組合成之已知函數。

應用有限差分法求解時，若使用之差分法截尾誤差之前導項為偶次導式，則所得之解會有分散誤差(dissipative errors)；若前導項為奇次導式，則會有延散誤差(dispersive errors)。延散誤差常使陡波前(steepest wave fronts)附近之計算結果產生數值振盪，此種振盪來自於數值誤差，與所模擬之物理現象無關。為降低振盪現象，通常加入人工滯性項(artificial viscosity)改善數值振盪的情形，且水深和流速之模擬結果並無太大差異。 $n+1$ 時刻水深計算值，定義：

$$v_{x_{i,j}} = \frac{|D_{i+1,j} - 2D_{i,j} + D_{i-1,j}|}{|D_{i+1,j}| + 2|D_{i,j}| + |D_{i-1,j}|} \quad (3.3.28a)$$

$$v_{y_{i,j}} = \frac{|D_{i,j+1} - 2D_{i,j} + D_{i,j-1}|}{|D_{i,j+1}| + 2|D_{i,j}| + |D_{i,j-1}|} \quad (3.3.28b)$$

$$\varepsilon'_{x_{i-1/2,j}} = \kappa' \max(v_{x_{i-1,j}}, v_{x_{i,j}}) \quad (3.3.28c)$$

$$\varepsilon'_{y_{i,j-1/2}} = \kappa' \max(v_{y_{i,j-1}}, v_{y_{i,j}}) \quad (3.3.28d)$$

式中， ε'_x 、 ε'_y 為變數梯度正常化型(normalized form)之參數。 κ' 為一常數，用於調整平滑程度。 κ' 值對演算結果之敏感度並不高，依 Chaudhry(1993)之建議，取 $\kappa' = 0.3$ 。故 $n+1$ 時刻 h 、 u 、 v 之計算值修正為：

$$D_{i,j}^{n+1} = D_{i,j}^{n+1} + [\varepsilon'_{xi+1/2,j}(D_{i+1,j}^{n+1} - D_{i,j}^{n+1}) - \varepsilon'_{xi-1/2,j}(D_{i,j}^{n+1} - D_{i-1,j}^{n+1})] \\ - [\varepsilon'_{yi,j+1/2}(D_{i,j+1}^{n+1} - D_{i,j}^{n+1}) - \varepsilon'_{yi,j-1/2}(D_{i,j}^{n+1} - D_{i,j-1/2}^{n+1})] \quad (3.3.29)$$

$$u_{i,j}^{n+1} = u_{i,j}^{n+1} + [\varepsilon'_{xi+1/2,j}(u_{i+1,j}^{n+1} - u_{i,j}^{n+1}) - \varepsilon'_{xi-1/2,j}(u_{i,j}^{n+1} - u_{i-1,j}^{n+1})] \\ - [\varepsilon'_{yi,j+1/2}(u_{i,j+1}^{n+1} - u_{i,j}^{n+1}) - \varepsilon'_{yi,j-1/2}(u_{i,j}^{n+1} - u_{i,j-1/2}^{n+1})] \quad (3.3.30)$$

$$v_{i,j}^{n+1} = v_{i,j}^{n+1} + [\varepsilon'_{xi+1/2,j}(v_{i+1,j}^{n+1} - v_{i,j}^{n+1}) - \varepsilon'_{xi-1/2,j}(v_{i,j}^{n+1} - v_{i-1,j}^{n+1})] \\ - [\varepsilon'_{yi,j+1/2}(v_{i,j+1}^{n+1} - v_{i,j}^{n+1}) - \varepsilon'_{yi,j-1/2}(v_{i,j}^{n+1} - v_{i,j-1/2}^{n+1})] \quad (3.3.31)$$

若計算過程中，河道中出現乾點的現象，則需針對此種無水區域加以適當處理。一般而言，若僅從事水理模擬或底床沖淤情形並不顯著且演算時間內計算域的無水區域只佔極小部分時，可定義一參考水深 D_d ， D_d 之值可依模擬案例之尺度而加以選擇。由前一時刻計算得之水深值與 D_d 比較，以判斷計算點上之乾濕狀況。若水深 $D \geq D_d$ ，則該計算點處於有水流動之狀態，無須做任何特殊處理，即可進行差分計算或矩陣演算。若水深 $D < D_d$ ，則表示該計算點上無水流動或已接近無水狀態，可令此格點上之流速分量為零；並令 $D = D_d$ ，以維持數值計算過程之穩定性。然而此法只適用於計算域中僅出現局部且極少部分的乾點，若乾點數較多，則數值計算過程仍容易導致發散(divergence)。

天然沖積河流在底床演變的過程中，由於底床之沖淤，導致動床模擬時可能出現的乾點分佈範圍常較定床模擬時既多且廣。而變量流過程中，無水區域範圍也將因水位漲退以及河口潮位的影響而有很大的改變。若模式未能針對此種無水區域加以適當處理，不僅模式之應用受限，更會在計算過程中發生數值發散，因此應適當考慮洪水漲退及潮位漲退過程中，計算域出現的乾地及水域範圍的改變。

本模式處理乾濕元素之方式，首先定義參考水深 D_{dry} ， D_{dry} 之值可依模擬案例之尺度而加以選擇。由前一時刻計算之水深值 D_{dry}^n 與 D_{dry} 比較，以判斷計算格點所在之差分網格之乾濕狀況，分為三種元素：

1. 若 $D_{i,j}^n \geq D_{dry}$ ，則稱(i, j)差分網格為濕元素，表示該網格皆處於有水流動之狀態，無須做任何特殊處理。
2. 若 $D_{i,j}^n \leq D_{dry}$ ，且相鄰格點 $D_{i+1,j}^n, D_{i-1,j}^n, D_{i,j+1}^n, D_{i,j-1}^n$ 之值亦均小於 D_{dry} 時，則稱該網格為乾元素，表示網格內無水流動。可令流速分量 u, v 為零，並令 $D_{i,j}^{n+1} = D_{dry}$ ，以維持數值計算過程之穩定。
3. 若非上述兩種情形，則稱該網格為部份濕元素，表示網格內僅一部份區域有水。此時水流動量通量之影響效應可予以忽略，不應用動量方程式計算流速，可令流速為0，只由連續方程式計算元素間水流進出之流量。

進行河口及海域之水流演算時之邊界條件包含：河道上游邊界、河道側壁邊界、岸線邊界、兩側邊界、外海邊界。河道上游邊界條件應為流速分量 u, v ，但一般實測之流速歷線資料較不易取得，而僅有流量歷線資料；且上游邊界之橫斷面底床高程可能有甚大變化，流速分佈並不均勻。此時可以輸水因子(conveyance)分配上游邊界計算格點之流量，再進一步求出流速。若無實測之流量歷線資料，則可由集水區之雨量資料，應用前節集水區地文性土壤沖淤模式演算河道上游邊界之流量歷線。外海邊界條件則為潮位歷線。由於河道兩岸與海岸線為固體邊界，故在側壁邊界處可令垂直邊界之流速為零，而平行側壁邊界之流速，可依處理方式不同而分可滑側壁邊界條件(free-slip sidewall boundary condition)及不可滑側壁邊界條件(no-slip sidewall boundary condition)。本模式之側壁邊界條件取為可滑條件，即假設沿河道側壁及海岸線之流動為平行流(parallel flow)，而海域兩側邊界之邊界條件則取 $\partial v / \partial y = 0$ 。水流演算時邊界條件之示意圖，如圖 3.1 所示。

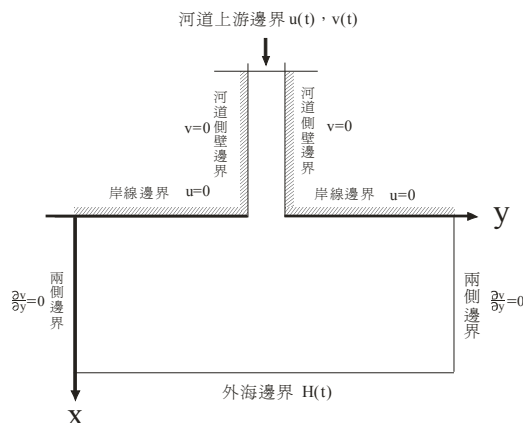


圖 3.1 水流演算時邊界條件之示意圖

在泥砂之演算方面，差分處理懸浮載對流擴散方程式(3.3.8)與泥砂連續方程式(3.3.17)，以計算懸浮載體積濃度 c 與底床高程 z ，結合成底床沖淤模式。利用中央差分處理(3.3.8)式時，為避免對流項(convection term)所可能產生之數值不合理現象，故以一階上風法(upwind scheme)差分處理對流項，可得：

$$c_{i,j}^{n+1} = \frac{c_{i,j}^n D_{i,j}^n}{D_{i,j}^{n+1}} + \Omega'_c(D^n, u^n, v^n, c^n) \quad (3.3.32)$$

Ω'_c 為移項整理後第 n 時刻 D 、 u 、 v 、 c 等所組合成之已知函數。同理，利用中央差分處理(3.3.17)式，可得：

$$z_{i,j}^{n+1} = z_{i,j}^n + \Omega'_z \quad (3.3.33)$$

Ω'_z 為移項整理後第 n 時刻 D 、 u 、 v 、 c 、 z 等所組合成之已知函數。

底床沖淤演算時，單位寬度底床載輸運率之河道上游邊界條件為：

$$q_{bx} = \frac{Qs_a(t)}{B}, \quad q_{by} = 0 \quad (3.3.34)$$

上式中， Qs_a 為上游邊界斷面之實測底床載輸運率； B 為河寬。若無實測之底床載輸運率，則可由前節集水區土壤沖淤模式演算之河道上游邊界底床載輸運率得之，否則需假設底床載輸運率可由上游邊界之水力特性及底床載公式(如式 3.3.15)估算之。而懸浮載體積濃度之河道上

游邊界條件為：

$$c = c_a(t, x, y) \quad (3.3.35)$$

c_a 為河道上游實測之懸浮載體積濃度，可由河道上游邊界之懸浮載率定曲線得之。若懸浮載之入流體積濃度無實測數據，則可應用前節之集水區地文性土壤沖淤模式演算之河道上游邊界懸浮載輸運率濃度得之。否則需假設懸浮載之入流濃度為平衡濃度，即上游邊界處之捲增量與沉降量相等， $q_{se} = q_{sd} = \omega_s c_b$ 。而河道側壁邊界、岸線邊界、兩側邊界、外海邊界之邊界條件則為：

$$\frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial c}{\partial y} = 0 \quad (3.3.36)$$

第四章 模式計算資料匯整

本計畫所建立之地文性土壤沖淤模式及河口海域二維地形變遷模式兩者之關係如圖 4.1 所示。本章將說明演算所需之水文與地文資料。

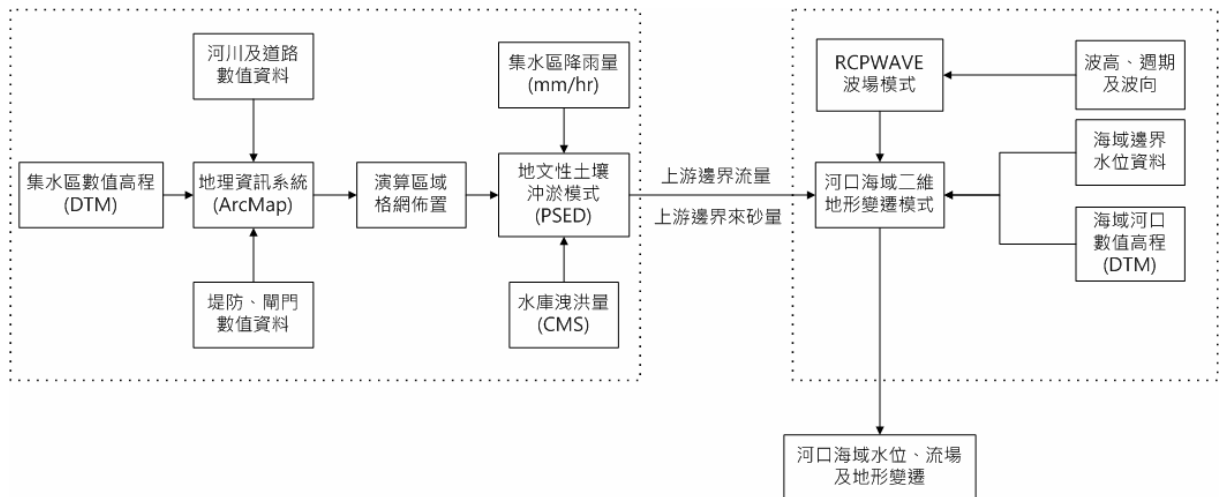


圖 4.1 模式演算架構

4.1 檢定演算

因每一模式均有許多待定參數(如集水區曼寧糙率係數、河道及海域阻力係數等)，故需進行檢定演算。

1. 檢定演算

以艾利颱風進行檢定演算，計算在五堵站上游、南勢溪及大漢溪 33 號斷以上集水區之降雨-逕流現象，檢定集水區之相關參數。並以 2003/4/17 實測淡水第二漁港及竹圍水位站水位資料，利用河口海域二維地形變遷模式，演算河口水位，檢定河口及相鄰海域之相關參數。

2. 高灘地及潮間帶植生區

在淡水河高流量時期，河道高灘地、河口挖子尾、竹圍紅樹林及關渡紅樹林將對淡水河排洪有影響，所以本年度將河口海域二維地形

變遷模式計算區域中之阻力係數做區分，分別為主深槽、高灘地及紅樹林保護區三類，進行檢定演算。

3. 海流測試

潮汐所造成的潮流是周而復返的，一個週期的淨流速應近似零，但因有洋流的影響的情形下，在扣除潮汐所造成之潮流後會有一淨流速。在考慮洋流而沒有考慮南北潮位差之影響，於沿外海南北邊界至 1/3 處上各加 0.384 公尺/秒之流速，以測試洋流對河口海域流場之影響。

4. 淡水河集水區泥砂對河口海域之影響

分析淡水河河口海域在颱風期間及重現期 100 年豪雨的狀況下，計算河口海域之流場、濃度分布及底床變動，分析上游集水區之產砂量及入流量對河口海域之影響，提出初步改善對策。

4.2 地文性沖淤模式

4.2.1 數值 DTM 及格網佈置

運用 40 公尺*40 公尺數值高程(DTM)資料，以 Arc View 水文分析模組並配合格網自動劃分技術，進行淡水河集水區格區劃分，描繪出研究區域水系中各大小支流之集水區。再進一步對集水區格網套疊鐵路及公路，而將格網細分；若有格區間過大者，則配合等高線將過大格區載作細分；若有過小之格區面積，則可與相鄰格區做適當之合併；再配合水系、河道斷面、道路、堤防及水閘門等位置資料設定格區交界條件，以完成演算區域之格網劃分，本研究研究區域之格網劃分如圖 4.2 所示，共 5,250 個格區。

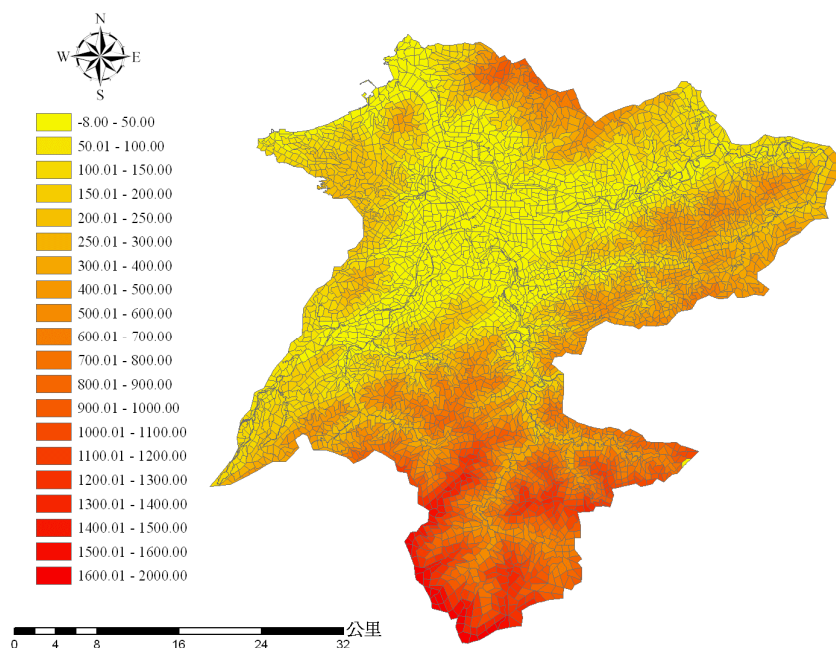


圖 4.2 淡水河流域之格區劃分(不含石門水庫及翡翠水庫)

4.2.2 雨量資料

雨量資料主要作為地文性土壤沖淤模式之輸入條件。實測颱風豪雨資料引用氣象局 28 站雨量資料，分別為大豹站、山佳站、福山站、桶後站、屈尺站、大尖山站、社子站、外雙溪站、大直站、石牌站、天母站、永和站、士林站、內湖站、南港站、信義站、三重站、下盆站、石碇站、火燒寮站、瑞芳站、新莊站、五股站、木柵站、南勢角站、公館站、關渡站及四十份站等，相關位置圖如圖 2.7，各雨量站資料在艾利颱風日雨量如表 4.1。頻率年降雨則引用水文設計應用手冊中位於淡水河流域之 11 站雨量站，分別為大豹、福山、桶後、孝義、五堵、淡水、臺北、中正橋、火燒寮、瑞芳、林口及中正橋等，利用 Horner 公式配合降雨雨型可得 24 小時降雨延時之雨量組體圖。表 4.2 為重現期 100 年豪雨之各測站 24 小時之總降雨量，而圖 4.3 為各測站之降雨組體圖。

表 4.1 艾利颱風期間淡水河流域雨量站日累積雨量(單位：公厘)

時間/站	2004/8/23	2004/8/24	2004/8/25	2004/8/26	總計
大直 C0A9A	16.5	284.5	95	0	396
石牌 C0A9B	56	323	114	0.5	493.5
天母 C0A9C	34.5	393	115	0	542.5
永和 C0A9D	14.5	130.5	118.5	0	263.5
士林 C0A9E	36.5	184.5	98.5	0	319.5
內湖 C0A9F	13	290.5	118	0	421.5
南港 C0A9G	0.5	492	321	0	813.5
信義 C0A9H	7.5	226.5	88.5	0	322.5
三重 C0A9I	47	123	101.5	0.5	272
大豹 C0A51	88	269.5	145	0	502.5
山佳 C0A52	36.5	210	135.5	0	382
福山 C0A56	27	585	208.5	0	820.5
桶後 C0A57	73	301.5	81	0	455.5
屈尺 C0A58	20.5	254.5	122.5	0	397.5
大尖山 C0A59	16	118.5	91.5	0	226
社子 C0A98	0	0	1	0	1
外雙溪 C0A99	12	240.5	111	0.5	364
四十份 C1A9N	46	309	116.5	0	471.5
下盆 C1A63	40	453.5	95	0	588.5
石碇 C1A64	25	265	152.5	0	442.5
火燒寮 C1A65	56.5	268.5	148.5	0.5	474
瑞芳 C1A66	8	47.5	0	0	55.5
新莊 C1A67	26	187.5	128	0	341.5
五股 C1A68	0	0	0	1	1
木柵 C1A69	15.5	210	93.5	0	319
南勢角 C1A70	24	118.5	86.5	0	229
公館 C1A73	5.5	240	126	0	371.5
關渡 C1A97	7.5	60.5	89.5	1	158.5

表 4.2 淡水河集水區雨量站 100 頻率年之 24 小時降雨量

測站	降雨量(mm)	測站	降雨量(mm)
大豹	487	臺北	435
福山	793	中正橋	430
桶後	643	火燒寮	726
孝義	570	瑞芳	605
五堵	864	林口	388
淡水	493		

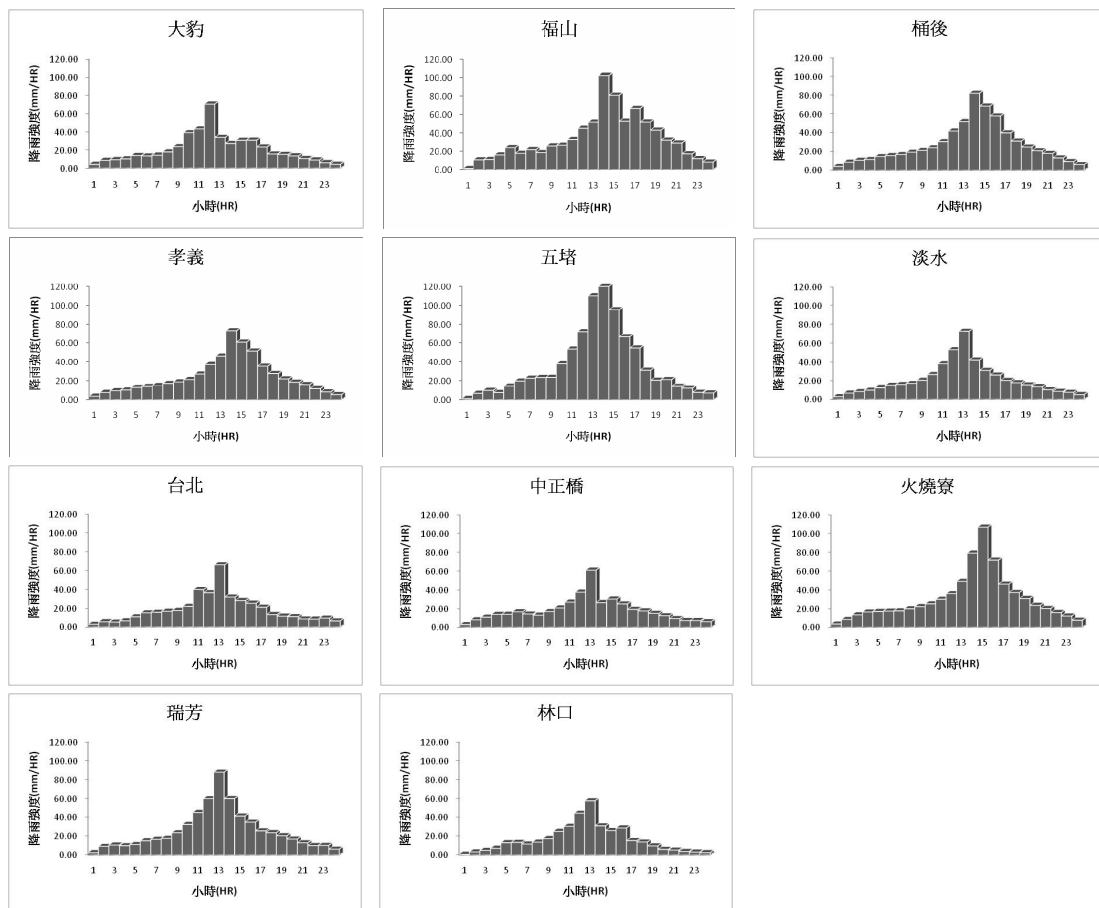


圖 4.3 為各測站 100 頻率年之降雨組體圖

4.2.3 水庫放流邊界條件

水庫放流量係屬人為操作，與集水區降雨量同為地文性土壤沖淤

模式之輸入資料。淡水河流域之主要水庫為石門水庫及翡翠水庫，由翡翠水庫管理局及北區水資源局提供之艾利颱風期間之放流量如圖 4.4。在計算重現期 100 年豪雨及淡水河流域沖淤演算時，則以兩水庫均未洩洪放流的情形進行演算。

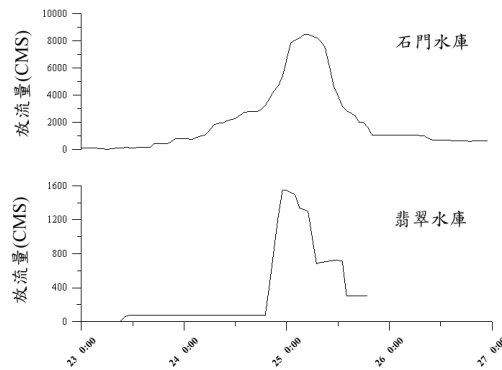


圖 4.4 艾利颱風期間石門水庫及翡翠水庫放水量

4.2.4 颱風基本資料

本計畫以艾利颱風(2004/08/24~2005/08/25)為模式模擬對象，圖 4.5 為艾利颱風侵臺路徑。根據「臺北港（92-94 年）海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷監測作業」，艾利颱風侵臺期間臺北港海域海象資料如表 4.3。

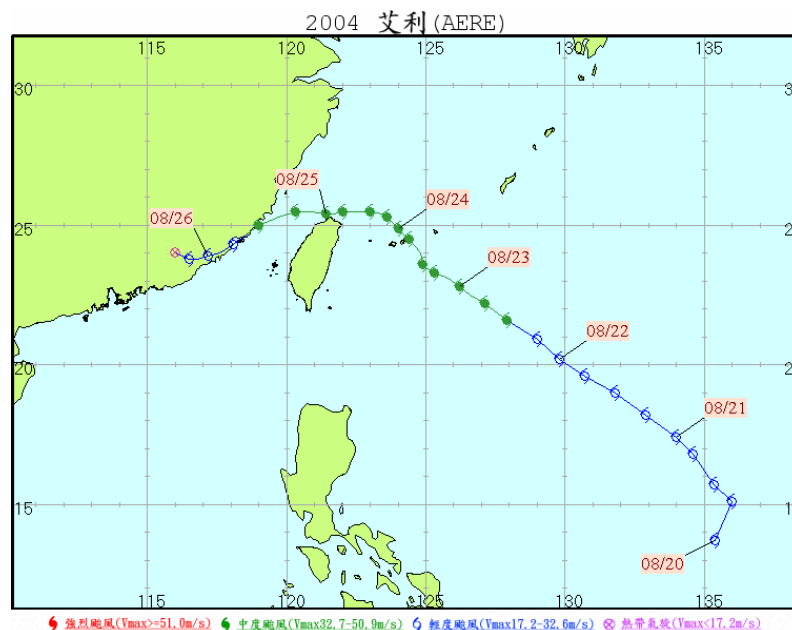


圖 4.5 艾利颱風行經路線(中央氣象局網站)

表 4.3 颱風事件海氣象觀測數據極值表

艾利(AERE)0822~0827				
波浪($H_{1/3}$)	$H_{1/3}$ 極值(公尺) 6.11	時間 8 月 24 日 23:00	對應 $T_{1/3}$ (秒) 7.3	波向 SW
海流	流速極值(cm/s) 74.0	時間 8 月 25 日 10:00	當時流向 WSW	

4.3 河口海域二維地形變遷模式

4.3.1 數值高程及格網佈置

河口海域二維地形變遷模式之計算範圍，上游以淡水河主流(大漢溪)新海大橋為界，沿主流往下包含新店溪(中正橋)、基隆河(百齡橋)及二重疏洪道，至淡水河出海口水深-24 公尺之範圍，海域南起林口發電廠，北至淡海新市鎮。關渡大橋以下至海域數值地形採用交通部運輸研究所港灣技術研究中心於民國 94 年對關渡大橋至臺北港海域所量測之數值高程，而關渡大橋以上至新海大橋則利用水利署河道斷面資料，利用 SURFER 進行內差。計算範圍如圖 4.6 所示，計算格網大小為 50 公尺*50 公尺，在計算範圍內共有 47,626 個格子。

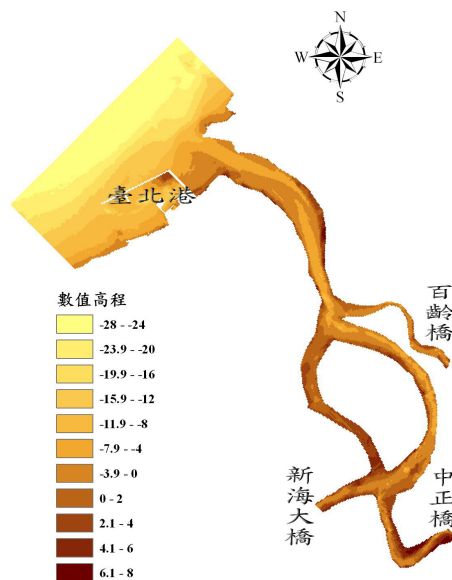


圖 4.6 計算區域與計算區域數值高程

4.3.2 曼寧 n 值

高灘地與主深槽之曼寧 n 值應有不同。因無足夠之斷面地貌資料以區分主深槽與高灘地，故本研究先假設河口海域二維地形變遷模式之計算區域各格點之曼寧 n 相等，並假設上游邊界百齡橋、中正橋及新海大橋皆無入流量，下游以 48 小時合成潮位歷線為邊界條件進行演算，以演算時之乾濕格點作為區分主深槽與高灘地之依據。圖 4.7 中之藍色點為演算歷程內計算格點有 24 小時以上為計算乾點，以此區分河道主深槽及高灘地。

套疊經建三版之 25000 分之一地籍圖，劃分挖子尾、竹圍紅樹林及關渡紅樹林等三區，根據王琪芳(2001)計算基隆河河口紅樹林水流阻力，曼寧 n 值約在 0.08~0.24，TBAS-2 模式建議植生密集濕地之曼寧 n 值建議為 0.1。故進行檢定演算時，挖子尾、竹圍紅樹林及關渡紅樹林等三區之曼寧 n 值本計畫採用 0.1，高灘地曼寧 n 值為 0.035，河道主深槽曼寧 n 值為 0.02。

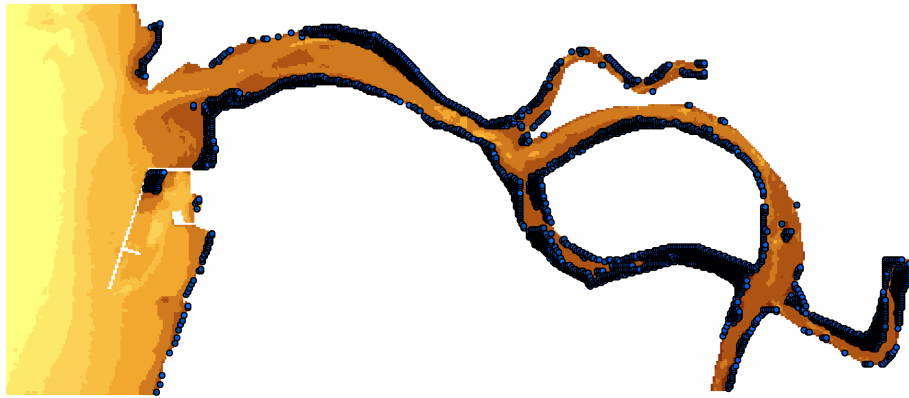


圖 4.7 上游無入流量時計算格點有 24 小時以上為乾點之資料

4.3.3 海域波高、波向及週波數參數

本計畫利用美國工兵團之 RCPWAVE 模式計算艾利颱風之海域波高、波向及週波數時，採用表 4.3 艾利颱風之海象資料，而檢定演算、海流影響評及重現期 100 年豪雨則採用表 2.9(平均波高 0.82 公尺)、表 2.10(週期 6 秒)、表 2.11(波向 NE)、表 2.12(平均流速 35.3 公分/秒)及表

2.13(海流流向 NE)中之各項參數。計算結果提供二維地形變遷模式計算海域輻射應力。

4.3.4 水位邊界條件

將氣象局淡水第二漁港及竹圍水位站在敏督利、艾利、納坦、海棠、馬莎、泰利及龍王期間之水位資料相減(淡水第二漁港水位減竹圍水位)之結果如圖 4.8 至圖 4.14 所示，可看出海棠、馬莎、泰利及龍王等四個颱風期間竹圍水位除海棠部分資料低於淡水水位外，其餘皆大於淡水資料，沒有明顯反應漲退潮現象，而敏督利、艾利及納坦等三個颱風期間的水位差則明顯反應漲退潮現象。本計畫選擇艾利颱風進行檢定演算。

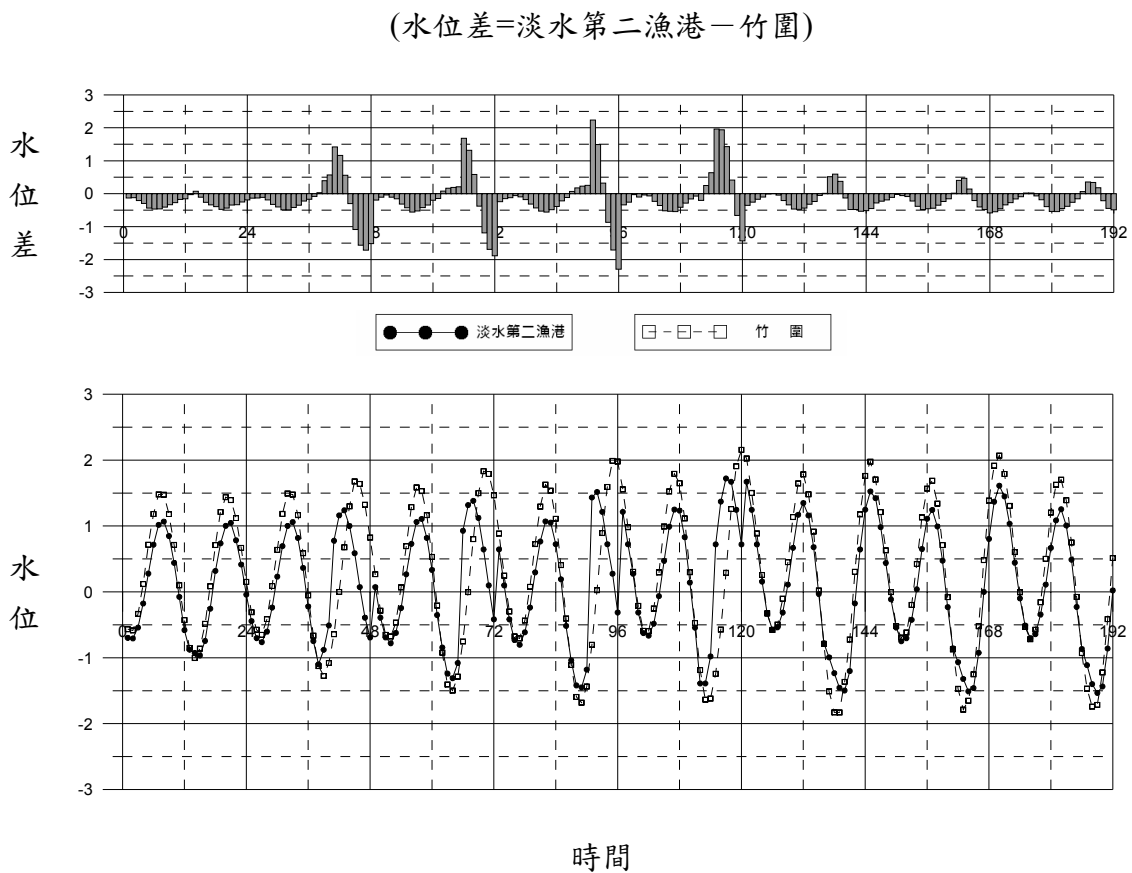


圖 4.8 敏督利颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差(2004/6/28-2004/7/5)

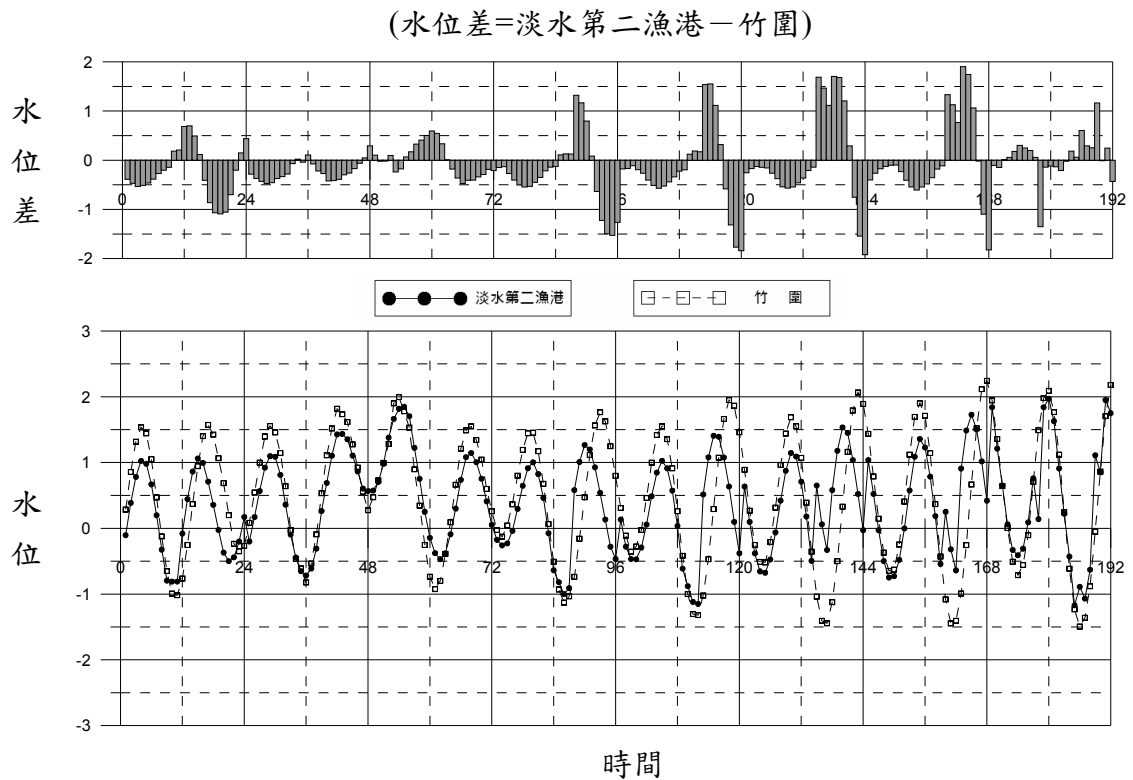


圖 4.9 艾利颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差(2004/8/23~2004/8/30)

(水位差=淡水第二漁港－竹圍)

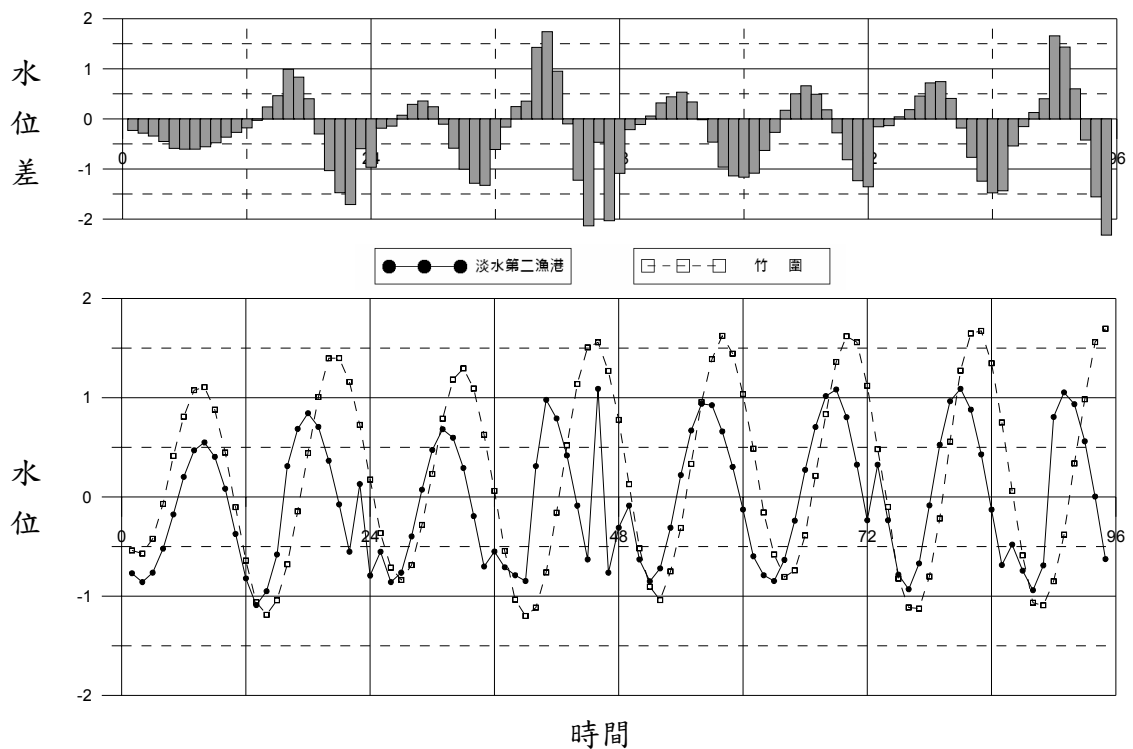


圖 4.10 納坦颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差

(2004/10/23~2004/10/26)

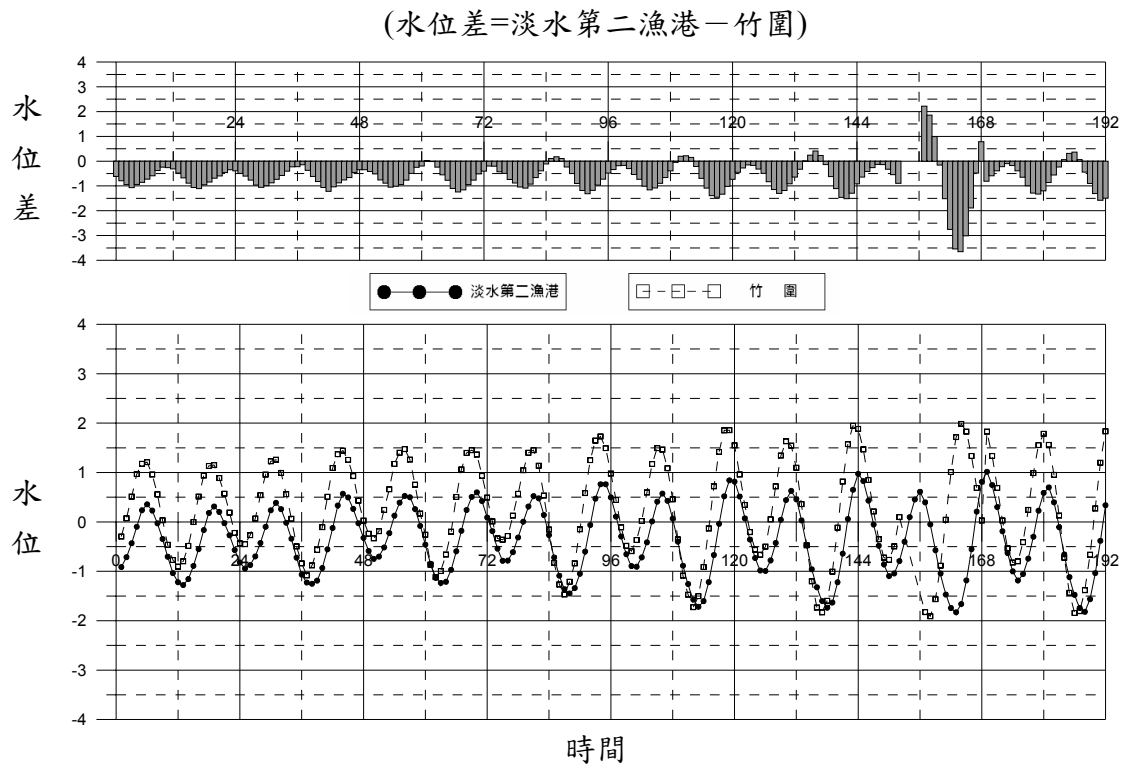


圖 4.11 海棠颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差

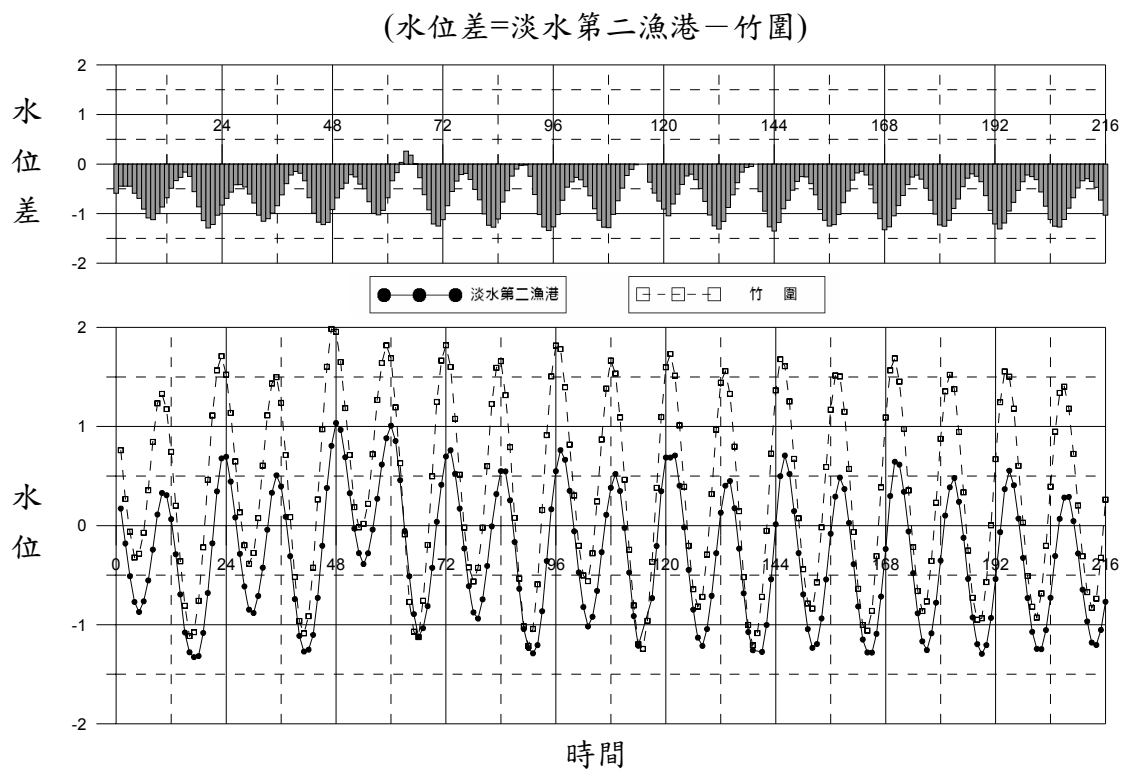


圖 4.12 馬莎颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差(2005/8/3~2005/8/11)

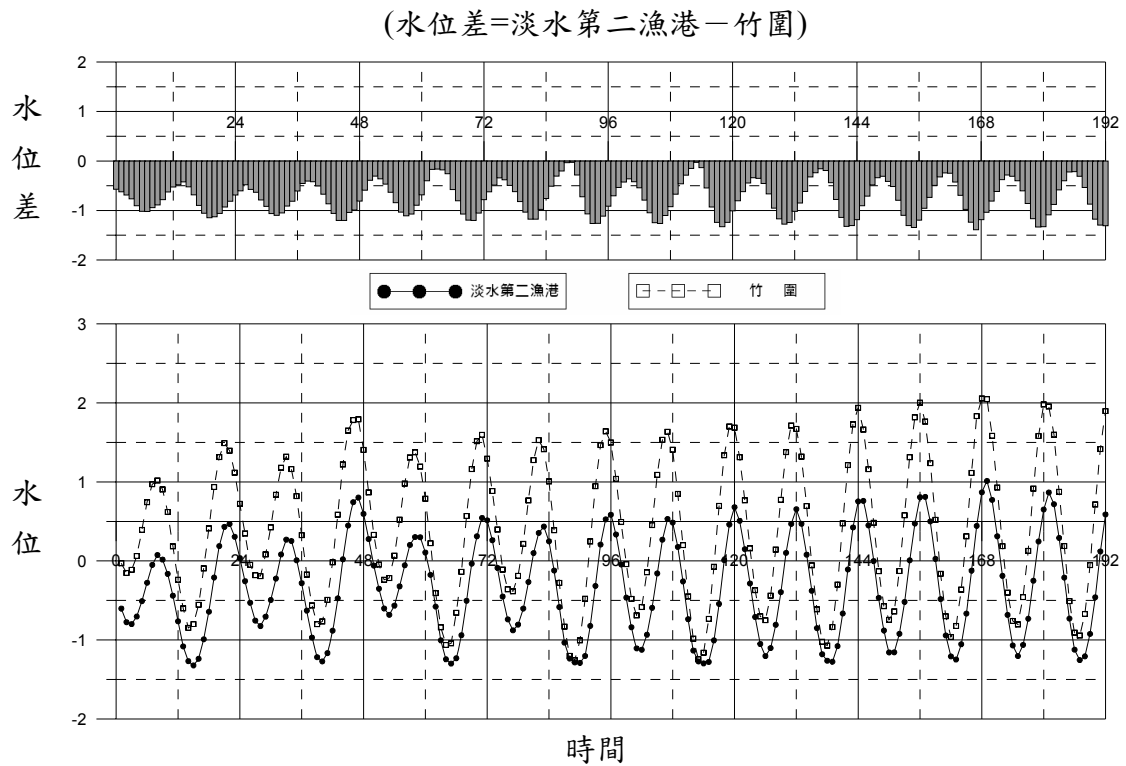


圖 4.13 泰利颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差(2006/8/30-2006/9/6)

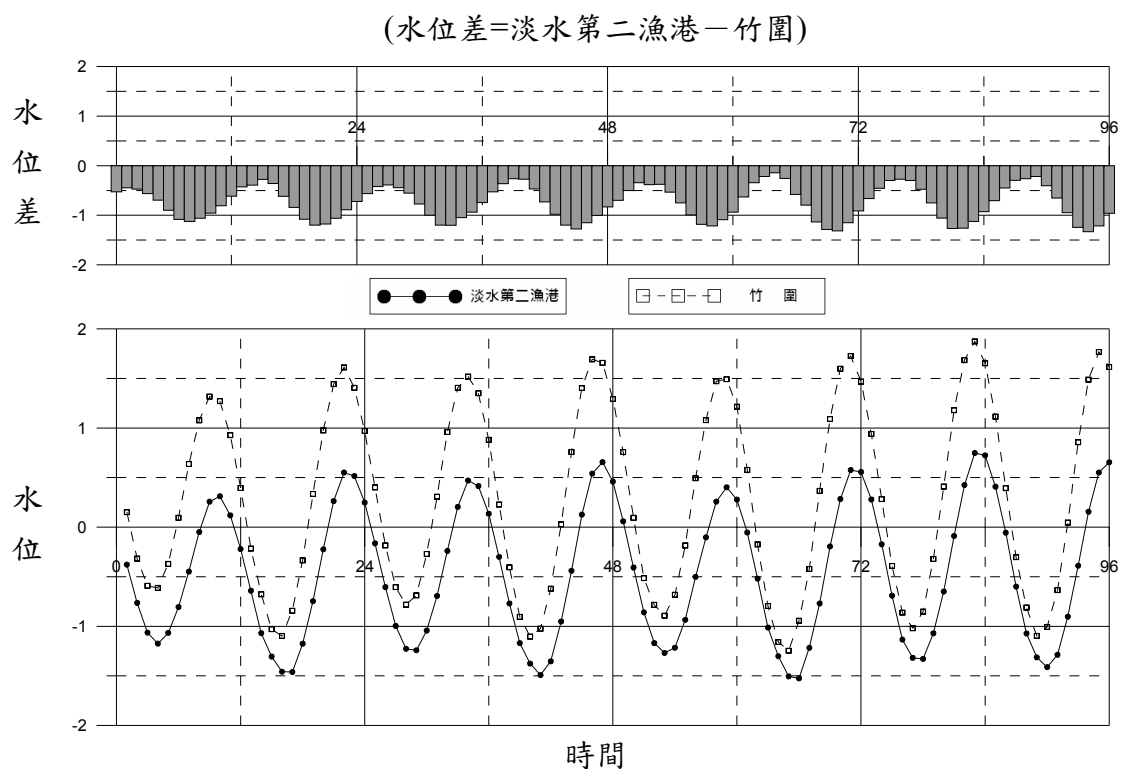


圖 4.14 龍王颱風期間淡水第二漁港與竹圍的水位及水位差(2006/9/30~2006/10/3)

4.3.5 流量及水位邊界條件

1. 艾利颱風

本計畫以地文性土壤沖淤模式計算新海大橋、百齡橋及中正橋之流量歷線。圖 4.15、圖 4.16 及圖 4.17 為艾利颱風期間新海大橋、百齡橋及中正橋地文性土壤沖淤模式計算之流量歷線圖，圖 4.18 為艾利颱風期間淡水第二漁港及竹圍水位歷線。

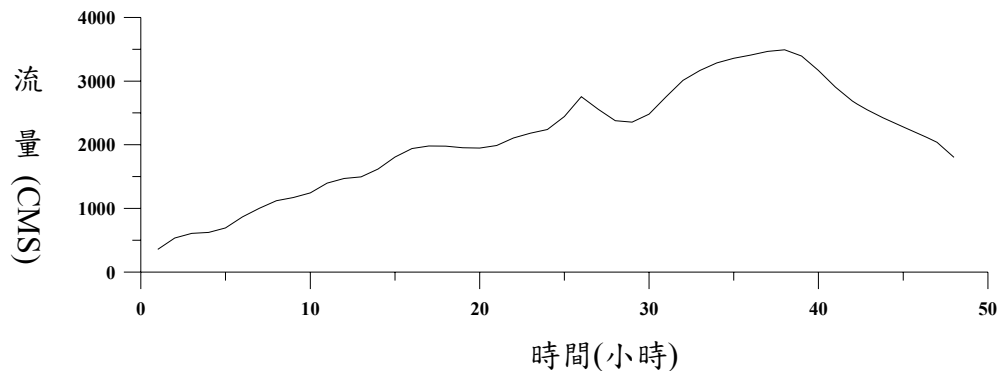


圖 4.15 新海大橋在艾利颱風期間之計算流量(2004/08/24~2004/08/25)

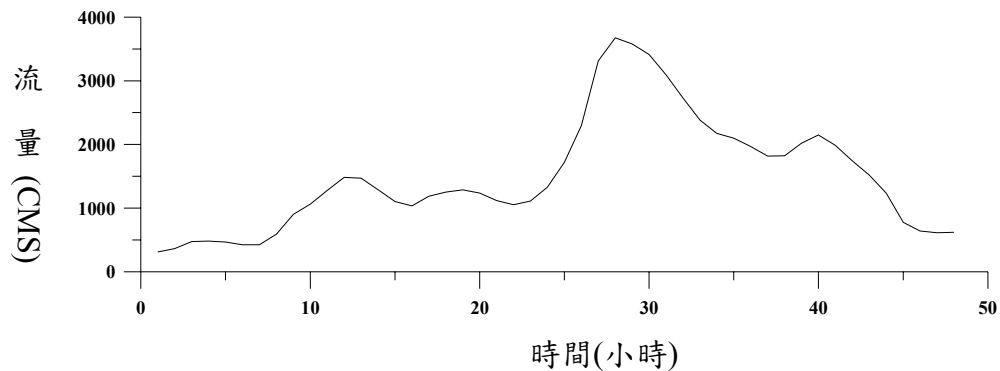


圖 4.16 中正橋在艾利颱風期間之計算流量(2004/08/24~2004/08/25)

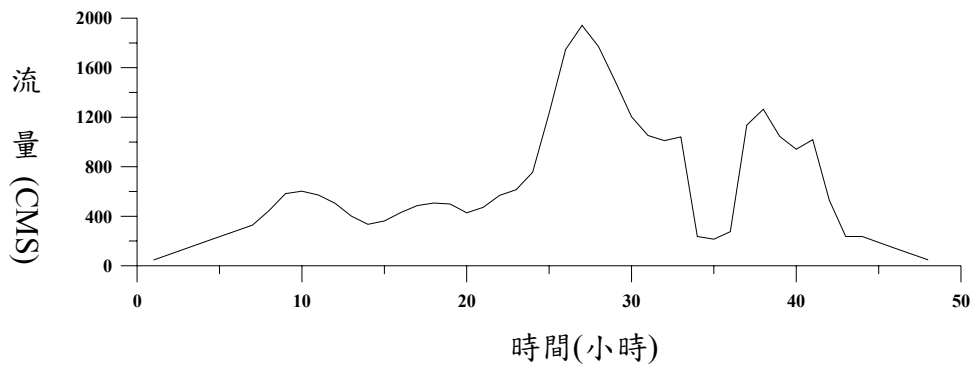


圖 4.17 百齡橋在艾利颱風期間之計算流量(2004/08/24~2004/08/25)

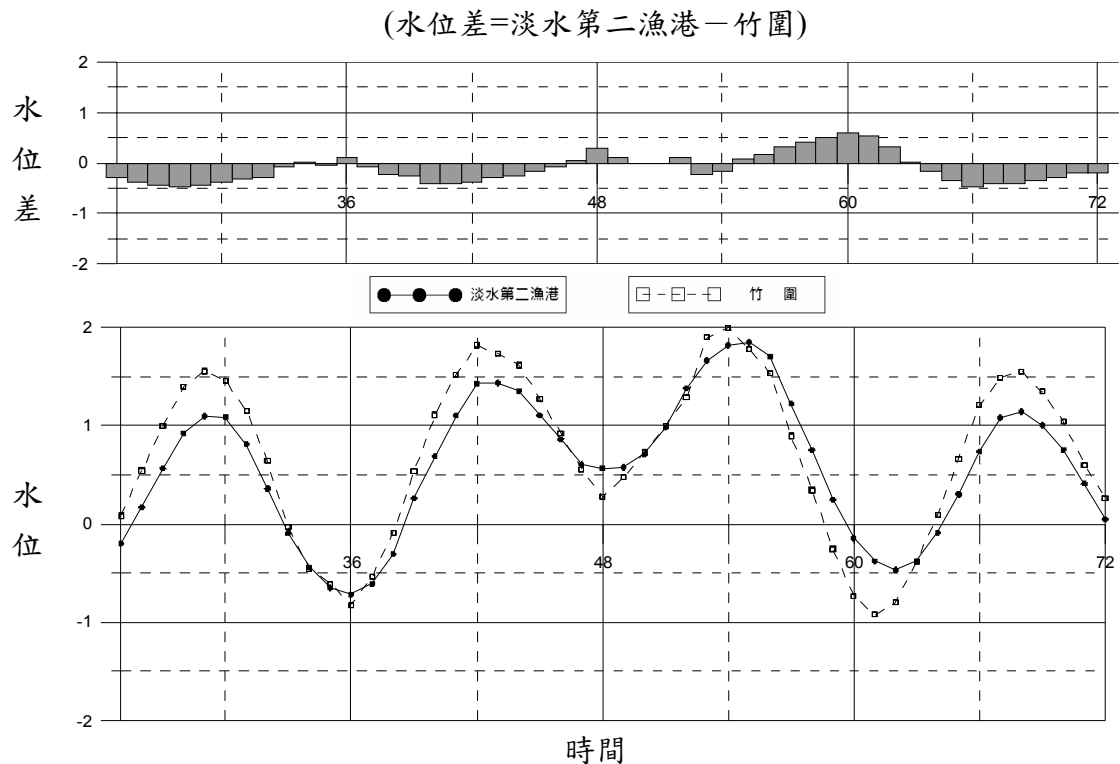


圖 4.18 艾利颱風期間之淡水第二漁港及竹圍水位歷線(2004/08/23~2004/08/24)

2. 重現期 100 年豪雨邊界條件

淡水河流域(不含石門水庫及翡翠水庫)利用地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨(表 4.1 及圖 4.3)在新海大橋、百齡橋、中正橋及關渡大橋產生之入流量(如圖 4.19 至圖 4.21)，河口海域二維地形變遷模式在演算重現期 100 年豪雨之洪峰流量時，下游邊界條件則選取表 2.8 中 M2、S2、K1、N2 及 O1 等五個分潮合成計算區域中所需之下游邊界條件(目前尚未慮南北邊界之潮時差)。本計畫以計算 48 小時之水位變化，探討淡水河口及臺北港鄰近海域之地形變遷，合成潮位歷線如圖 4.22 所示。

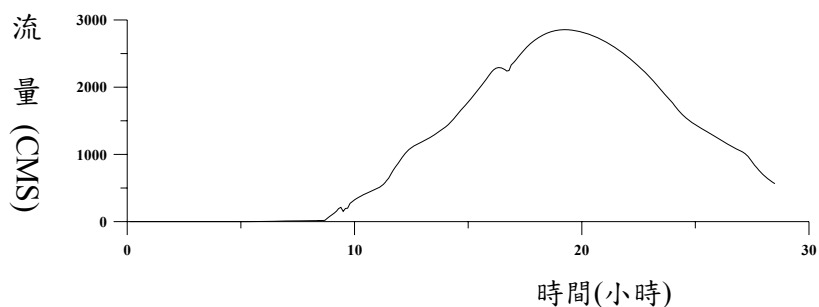


圖 4.19 地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨新海大橋流量歷線

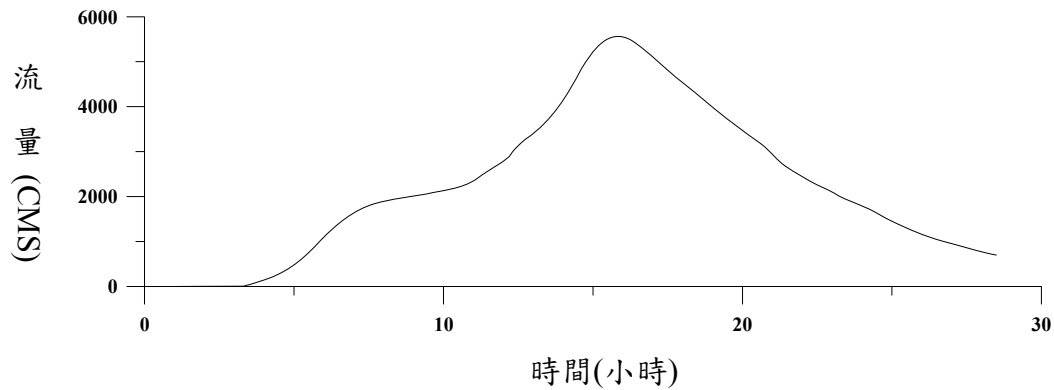


圖 4.20 地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨中正橋流量歷線

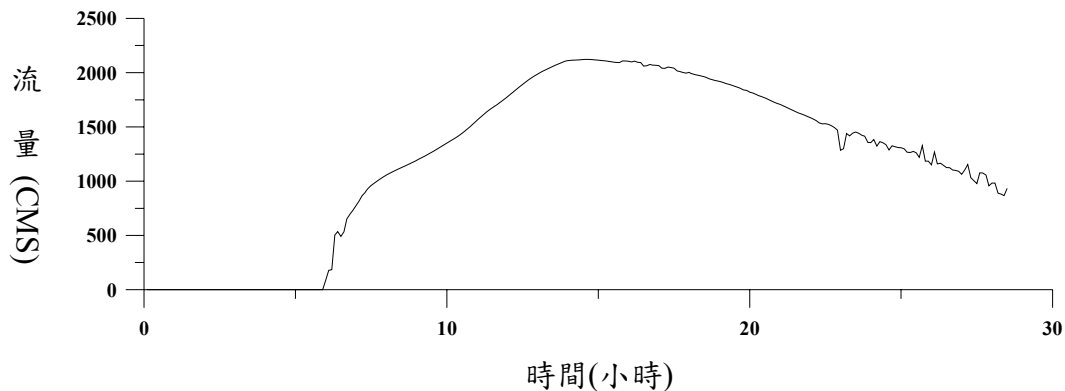


圖 4.21 地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨百齡橋流量歷線

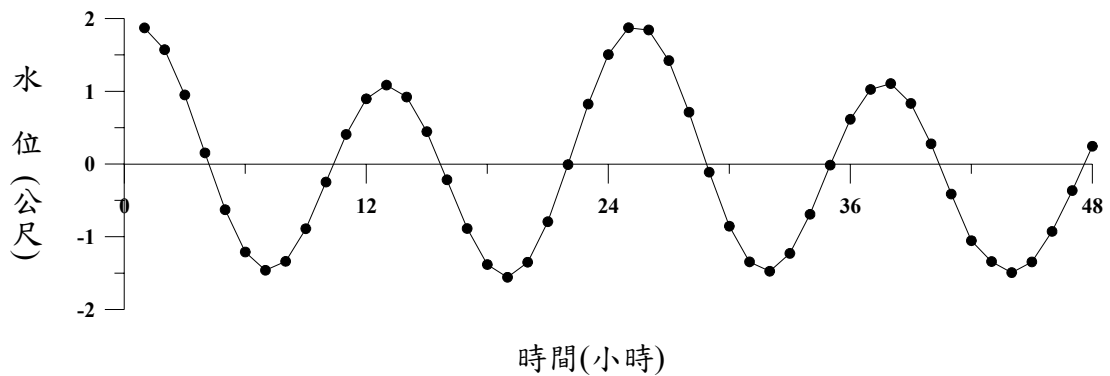


圖 4.22 利用 M2、S2、K1、N2 及 O1 等五個分潮合成之水位資料

4.3.6 泥砂邊界條件

圖 4.23、圖 4.24 及圖 4.25 為地文性土壤沖淤模式計算艾利颱風期間淡水河流域新海大橋、百齡橋及中正橋之懸浮載濃度歷線，圖 4.26 至圖 4.28 為地文性土壤沖淤模式計算淡水河流域新海大橋、百齡橋及中正橋在重現期 100 年豪雨之懸浮載濃度歷線。

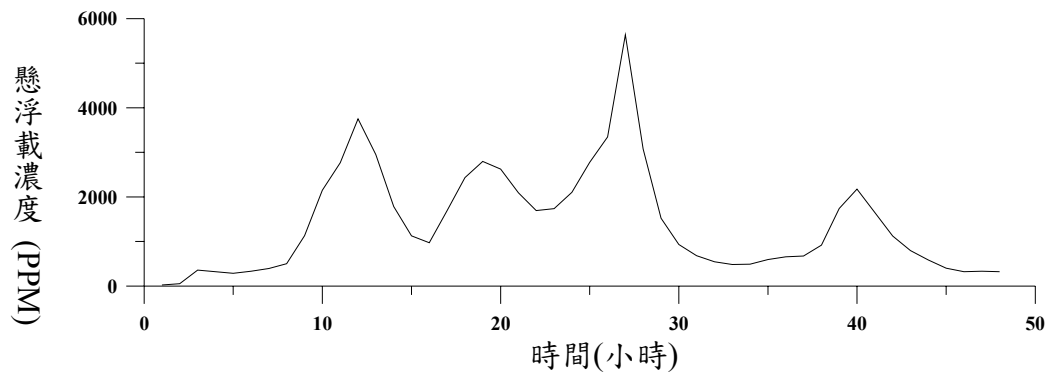


圖 4.23 地文性土壤沖淤模式計算新海大橋在艾利颱風期間之懸浮載濃度

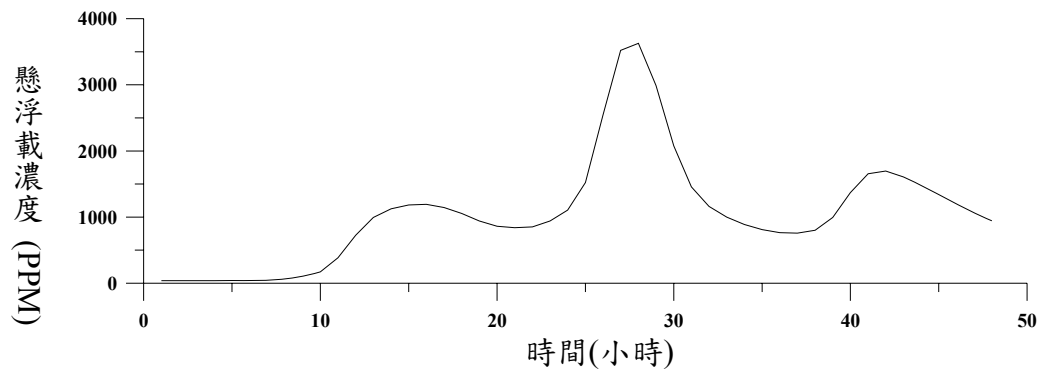


圖 4.24 地文性土壤沖淤模式計算中正橋在艾利颱風期間之懸浮載濃度

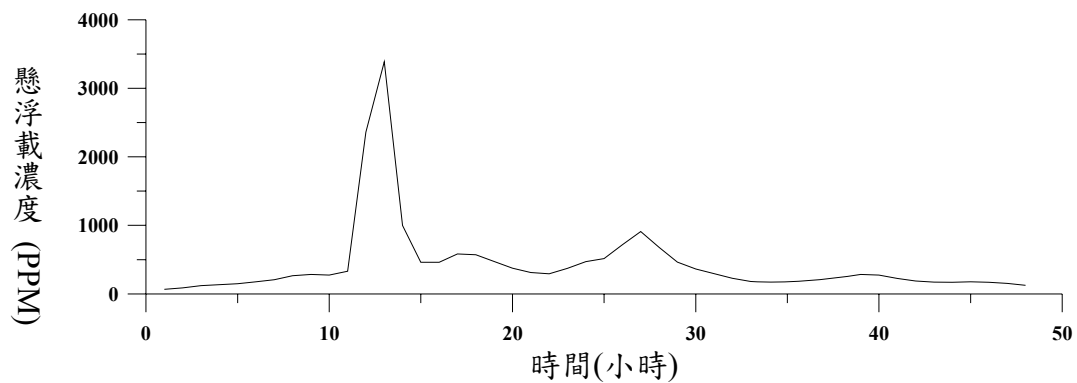


圖 4.25 地文性土壤沖淤模式計算百齡橋在艾利颱風期間之懸浮載濃度

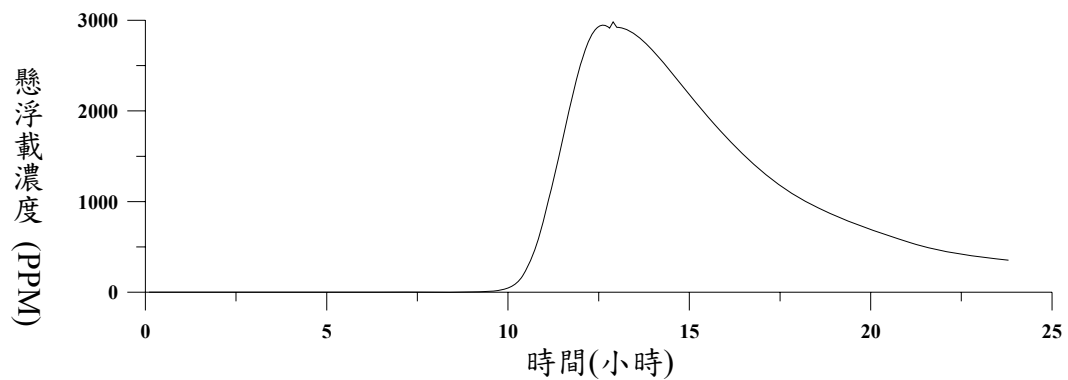


圖 4.26 地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨新海大橋之懸浮載濃度

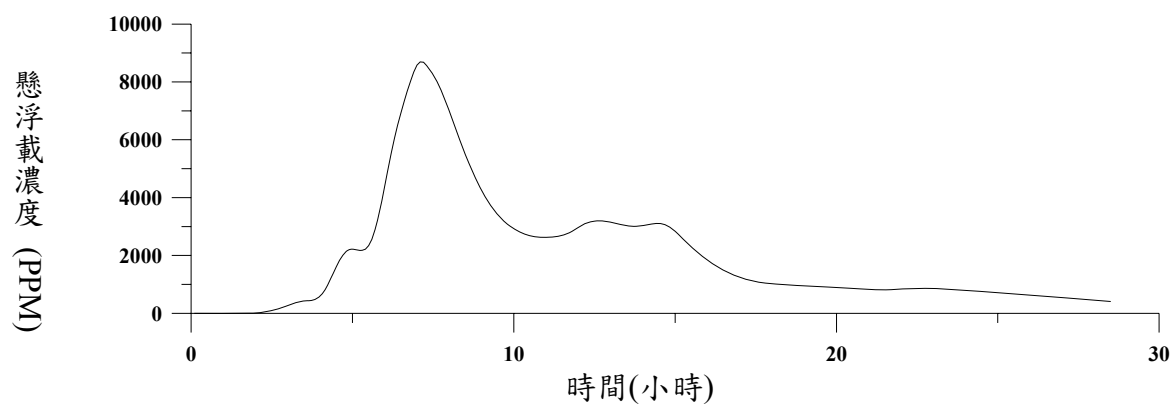


圖 4.27 地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨中正橋之懸浮載濃度

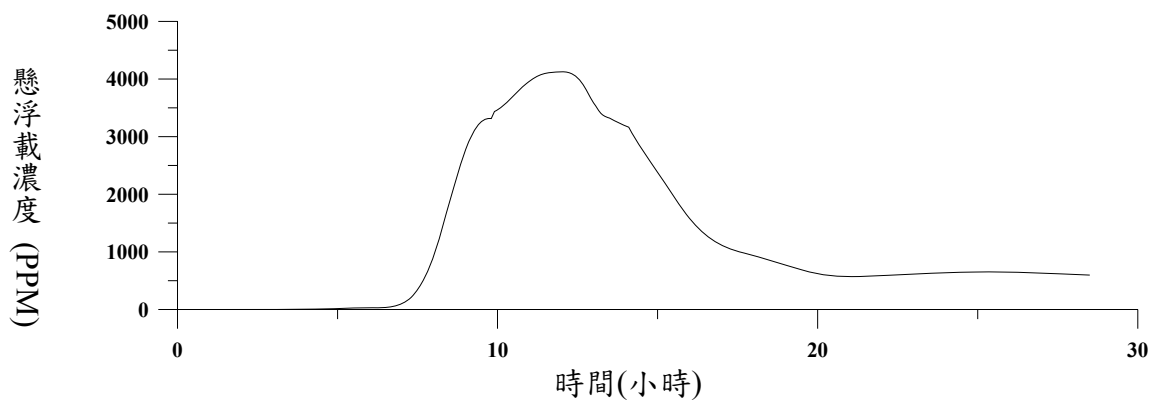


圖 4.28 地文性土壤沖淤模式計算重現期 100 年豪雨百齡橋之懸浮載濃度

第五章 演算結果與討論

5.1 主深槽糙率係數

因缺少淡水河及河口海域之二維流場量測資料，故本計畫暫以河口潮位歷線演算檢定主深槽曼寧糙率係數之適用性，以及艾利颱風期間，感潮段及海域之流場分析及沖淤現象比較探討高灘地及主深槽曼寧糙率係數之合理性。依據於 2003/04/17 實測全潮量測流量(圖 5.1)，流出流入之潮流量差值分配為上游新海大橋、中正橋及百齡橋等之進流量作為二維模式之上游邊界條件；另並選取 2003/04/16~2003/04/17 之竹圍及淡水水位站之水位資料(圖 5.2)，經線性內差調整作為海域開放邊界之邊界條件。依據上述邊界條件進行二維模式演算以檢定前節之主深槽曼寧糙率係數之適用性。圖 5.3 為河口水位之計算值與實測值之比較在漲潮峰段稍有低估，整體過程尚屬吻合。艾利颱風之演算結果於下節中說明。

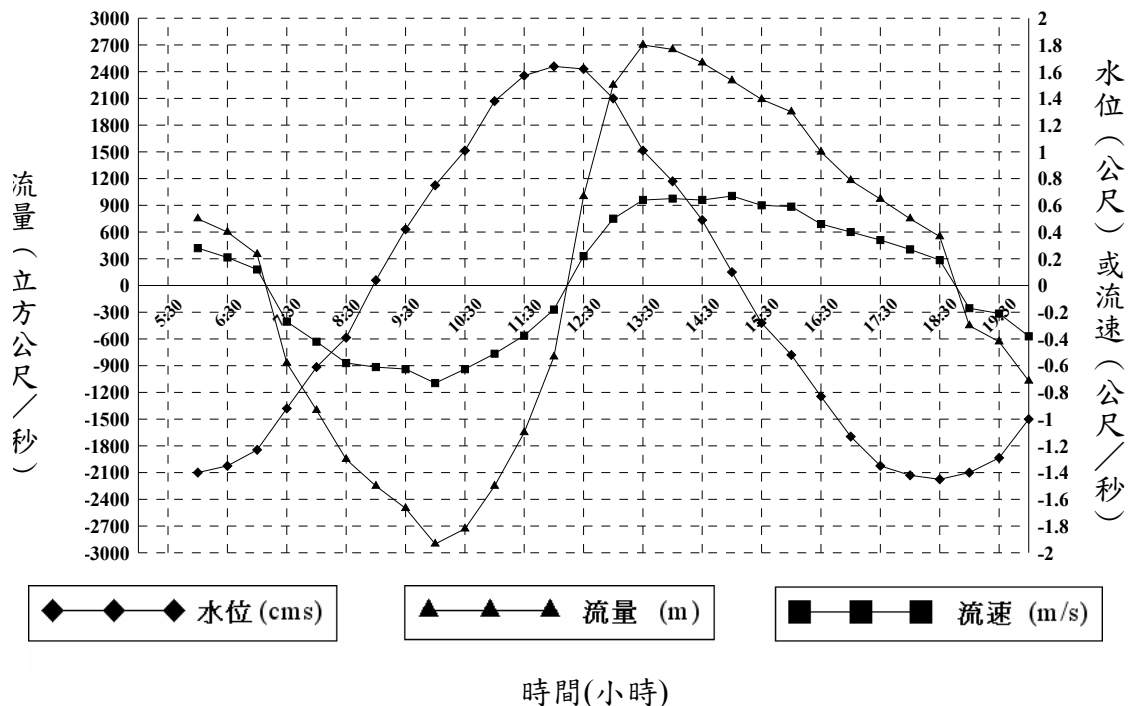


圖 5.1 淡水河關渡大橋全潮量測(2003/04/17)[周，2006]

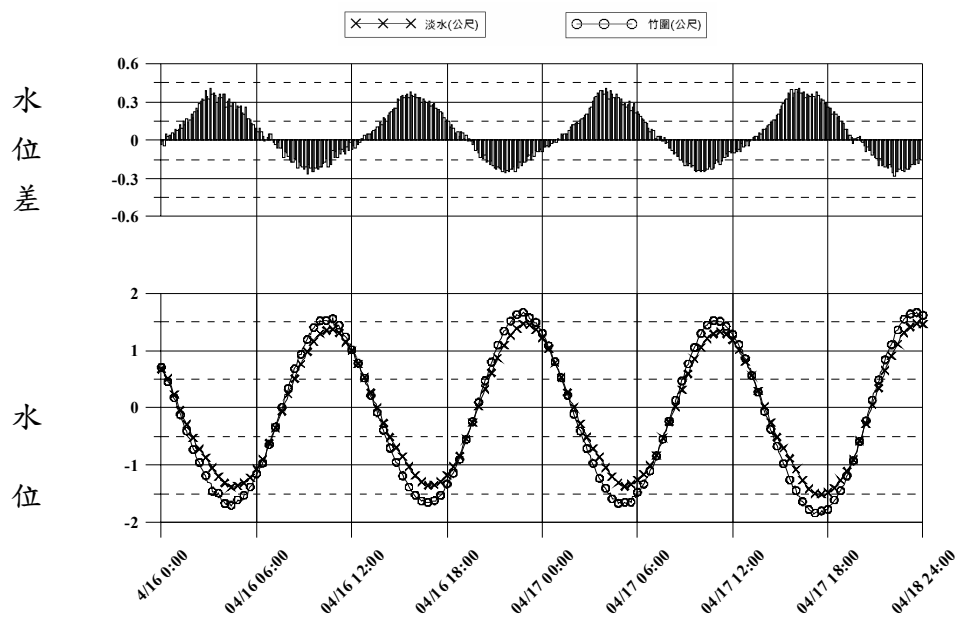


圖 5.2 2003/4/16~2003/4/17 淡水及竹圍水位歷線

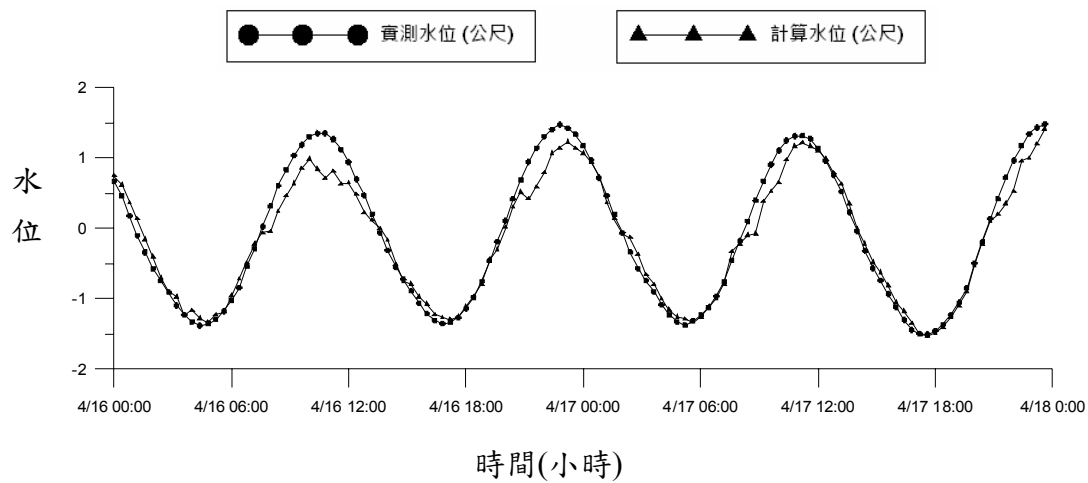


圖 5.3 實測水位與計算水位圖(2003/04/16~2003/04/17)

5.2 艾利颱風演算結果

本計畫應用地文性土沖淤模式演算所得艾利颱風期間之新海大橋、中正橋及百齡橋之流量歷線(圖 4.16、圖 4.17 及圖 4.18)及懸浮載濃度歷線(圖 4.24、圖 4.25 及圖 4.26)為上游邊界條件，並以淡水站及竹圍站之水位歷線(圖 4.19)調整為外海開放邊界之水位歷線，進行河口海域二維地形變遷模式之檢定演算，演算結果討論如下。

5.2.1 河口流況

圖 5.4 至圖 5.6 為艾利颱風期間臺北港鄰近海域及淡水河河口二維地形變遷模式之計算流場分佈，由數值等高線(圖 5.7)可知，在淡水河河道主深槽在經過挖子尾保護區後，仍向外海延伸，主深槽中心(-7 公尺)與主深槽邊緣到臺北港北防波堤間(-1 公尺)之高程差約 6 公尺。由圖 5.4 至圖 5.6 可看出在艾利颱風洪水期間，在淡水河河口流況可明顯分成兩部分：

(1)淡水河主深槽流況：

主深槽流速較快，流向也較一致。水流在經過淡水河河口後(淡水第二漁港)，水主流向西南偏移，偏移位置與淡水第二漁港的距離則隨流速增大而向外遞增。

(2)主深槽邊緣到臺北港北防波堤間：

主深槽邊緣到臺北港北防波堤間則因地形較緩，有局部起伏及防波堤之影響，在此區域之流速較緩且流向較為紊亂。

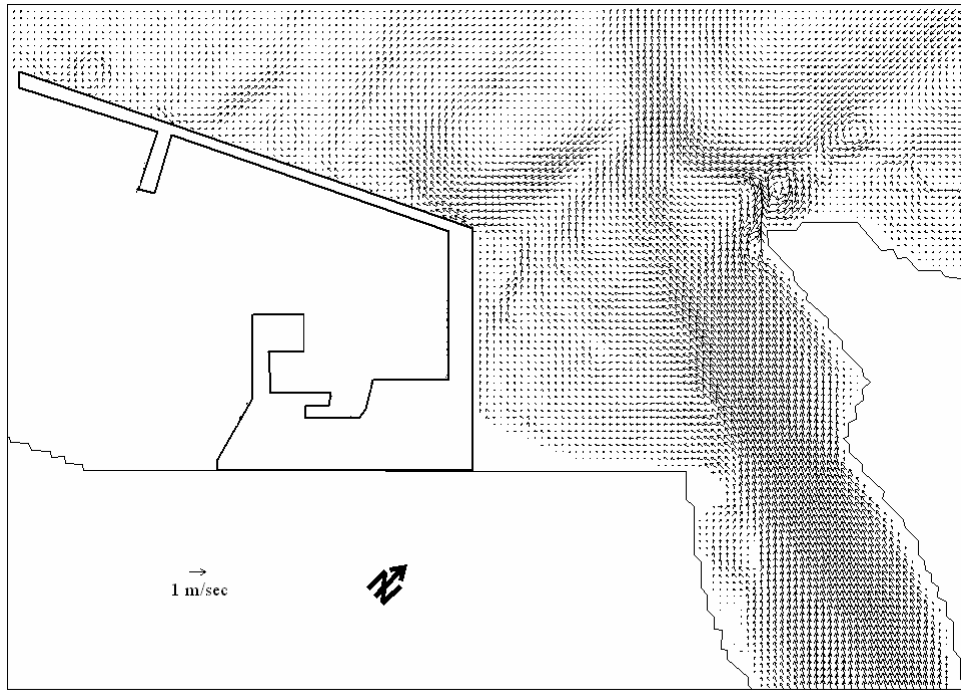


圖 5.4 艾利颱風臺北港鄰近海域及淡水河河口流場(2004/8/24 20:00)

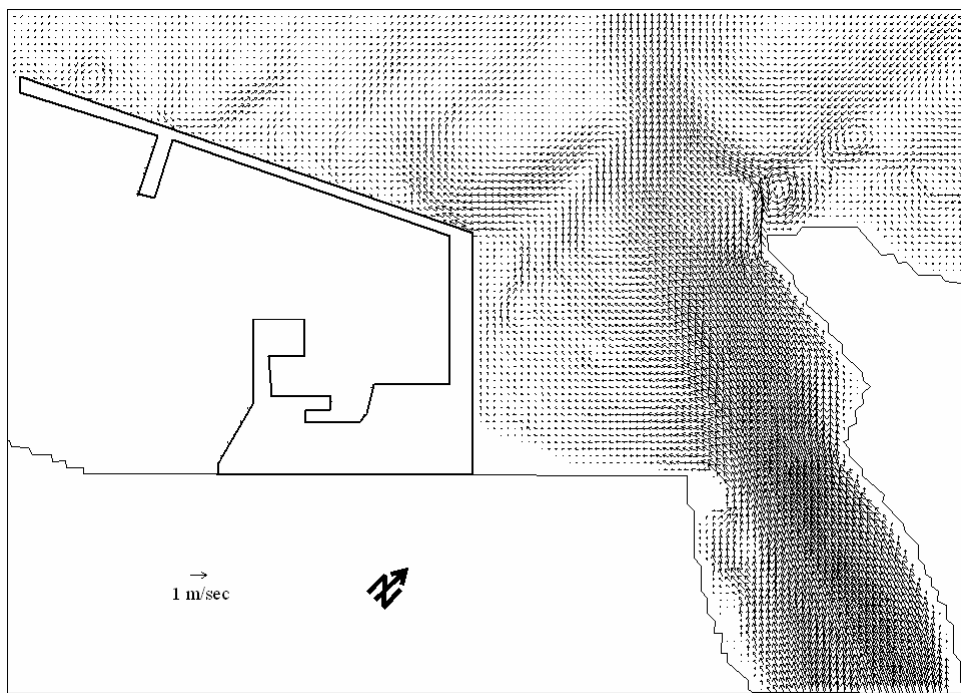


圖 5.5 艾利颱風臺北港鄰近海域及淡水河河口流場 (2004/8/25 03:00)

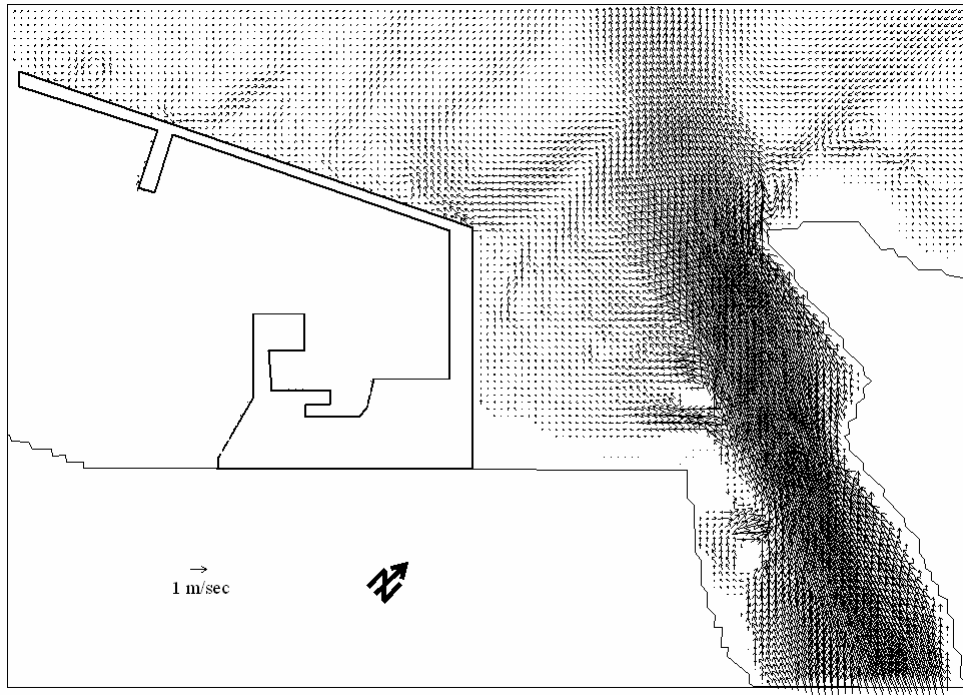


圖 5.6 艾利颱風臺北港鄰近海域及淡水河河口流場 (2004/8/25 11:00)

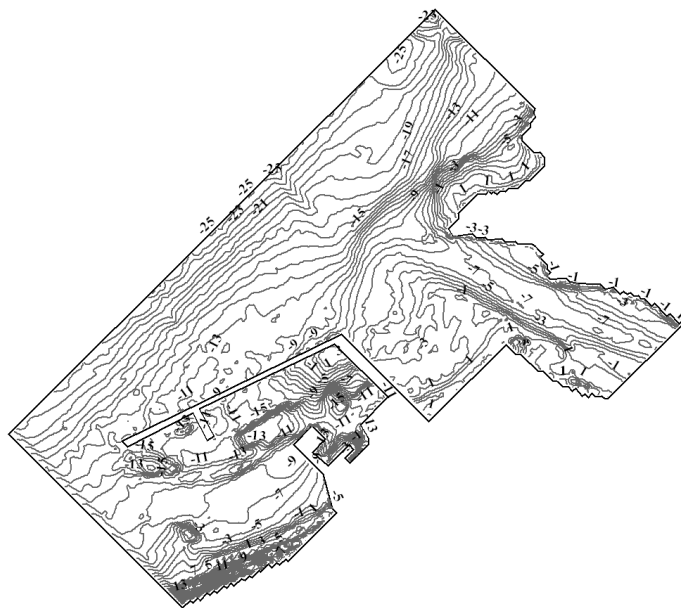


圖 5.7 臺北港鄰近海域及淡水河河口數值等高線圖

5.2.2 河口懸浮載濃度

圖 5.8 為艾利颱風期間，臺北港鄰近海域及淡水河河口二維地形變遷模式之計算懸浮載濃度分佈。在 2004/8/24 20:00 時，淡水河河道中

懸浮載主要集中在主深槽輸運，在通過挖子尾保護區後，斷面擴大懸浮載會沿臺北港北防波堤往海域輸運擴散(2004/8/24 22:00~2004/8/25 11:00)。

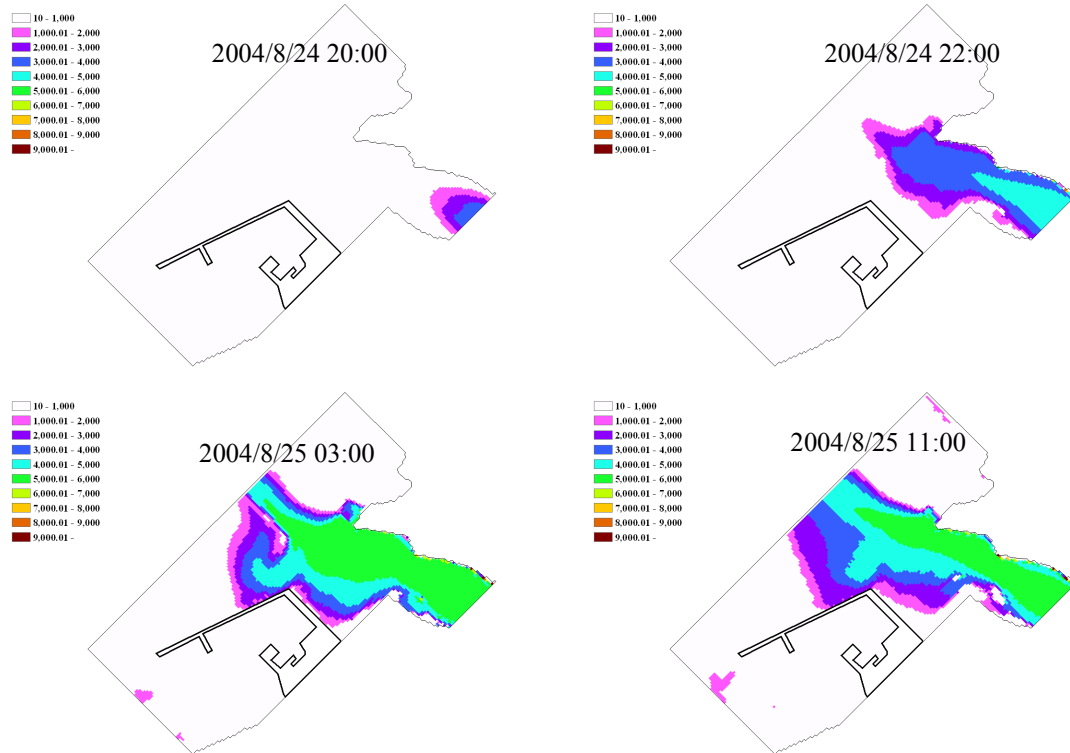


圖 5.8 艾利颱風期間懸浮載濃度分佈 2004/8/24 20:00~2004/8/25 11:00

5.2.3 河口底床沖淤

圖 5.9 為艾利颱風期間，臺北港鄰近海域及淡水河河口二維地形變遷模式之地形沖淤變化。由圖 5.8(2004/08/24 20:00)上游懸浮載已運輸至河口，但河口在 2004/8/25 04:00 才開始輕微淤積(圖 5.9 2004/8/25 04:00)。主河道隨懸浮載持續往外輸運及濃度變大的狀況，河口持續淤積。在河口挖仔尾處，因河道束縮，流速加快而產生沖刷。

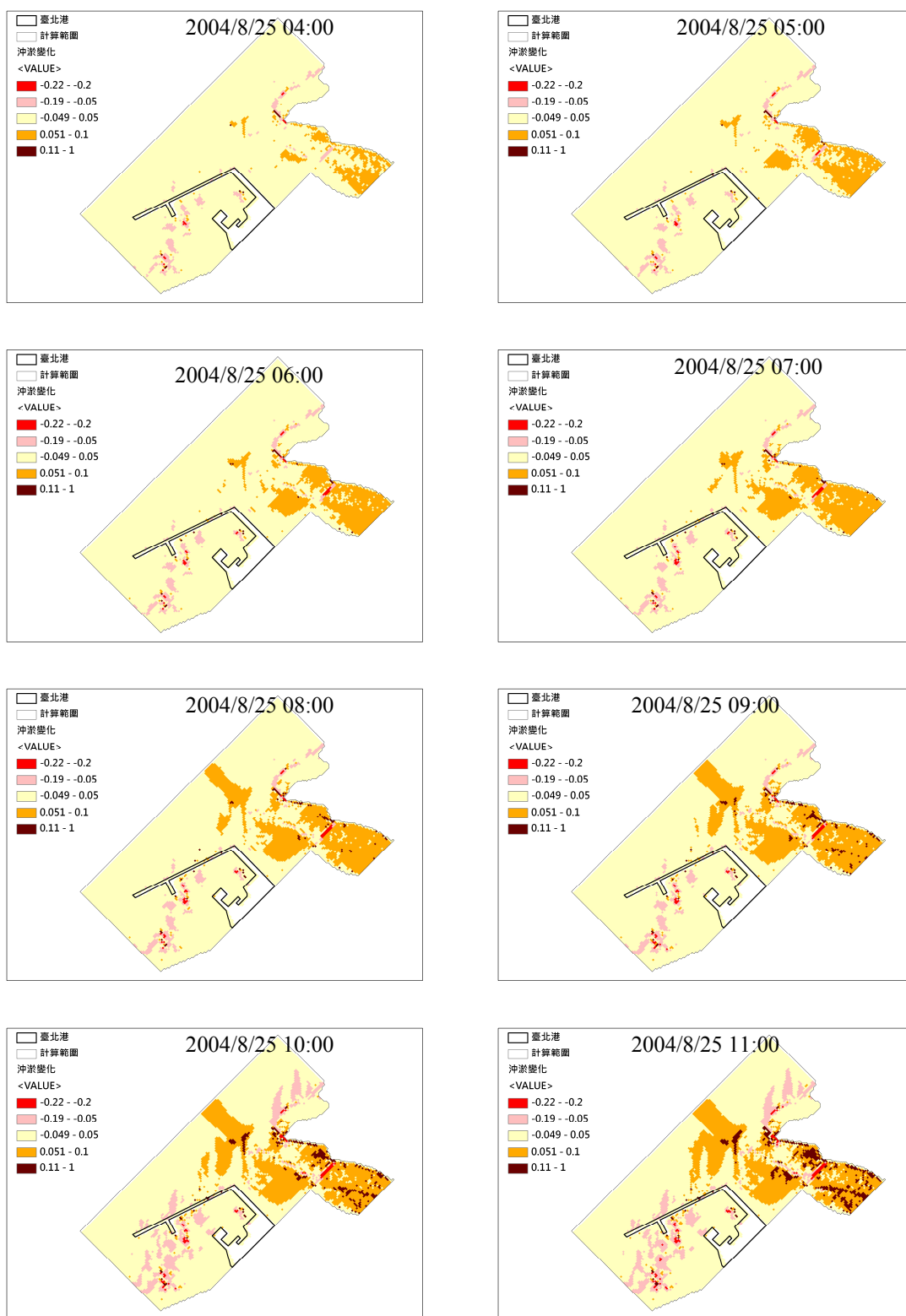


圖 5.9 艾利颱風期間河口海岸沖淤變化

5.3 重現期 100 年豪雨洪水演算結果

本計畫應用地文性土沖淤模式演算所得重現期 100 年豪雨洪水期間之新海大橋、中正橋及百齡橋之流量歷線(圖 4.19、圖 4.20 及圖 4.21)及懸浮載濃度歷線(圖 4.26、圖 4.27 及圖 4.28)為上游邊界條件，外海開放邊界取為合成潮位(圖 4.22)，進行河口海域二維地形變遷模式演算，演算結果如圖 5.10 至圖 5.13 所示，大致與艾利颱風之情形相似。

5.3.1 河口流況

圖 5.10 及圖 5.11 為重現期 100 年豪雨洪水期間臺北港鄰近海域及淡水河河口二維地形變遷模式之計算流場分佈，在淡水河河道主深槽在經過挖子尾保護區後，仍向外海延伸。由圖 5.10 及圖 5.11 可看出在重現期 100 年豪雨洪水期間，如同艾利颱風期間，在淡水河河口流況可明顯分成兩部分：

(1)淡水河主深槽流況：

漲退潮時，主深槽流速較快，流向也較一致。水流在經過淡水河河口後(淡水第二漁港)，在不考慮南北邊界潮位差及海流的條件下，會向西南及北擴散。

(2)主深槽邊緣到臺北港北防波堤間：

主深槽邊緣到臺北港北防波堤間則因地形較緩，於退潮時流速較為平緩；於漲潮時外海潮流會流經此域區有較大的流速。



圖 5.10 重現期 100 年豪雨洪水期間臺北港鄰近海域及淡水河河口流場 (退潮)



圖 5.11 重現期 100 年豪雨洪水期間臺北港鄰近海域及淡水河河口流場 (漲潮)

5.3.2 河口懸浮載濃度

圖 5.12 為重現期 100 年豪雨洪水期間，臺北港鄰近海域及淡水河河口二維地形變遷模式之計算懸浮載濃度分佈。在不考慮南北潮位差及海流，淡水河河道中懸浮載主要集中在主深槽輸運，在通過淡水河河口後(淡水第二漁港)，會向西南方及北方擴散。受漲退潮流影響，懸浮載濃度分佈在河口會呈現往返現象。

5.3.3 河口底床沖淤

圖 5.13 為重現期 100 年豪雨洪水期間，臺北港鄰近海域及淡水河河口二維地形變遷模式之地形沖淤變化。懸浮載隨主河道往外輸運，在通過淡水河河口後(淡水第二漁港)，會向西南方及北方擴散。河口之懸浮載因受漲退潮流影響呈現往返現象，致使部分懸浮載會在河口處落淤。底床淤積時間比懸浮載輸運稍慢，圖 5.12(b)上游懸浮載已運輸至河口(淡水第二漁港)，但河口在圖 5.13(d)才開始輕微淤積。在 0 斷面因河道束縮，流速加快而產生輕微沖刷。

因表 2.14 至表 2.16 之侵淤量均為間隔長達半年之地形測量之比較結果，而由圖 5.11 可知平時潮流量可達 2000CMS 以上，因此應作更長時間之沖淤演算以與量測結果比較。

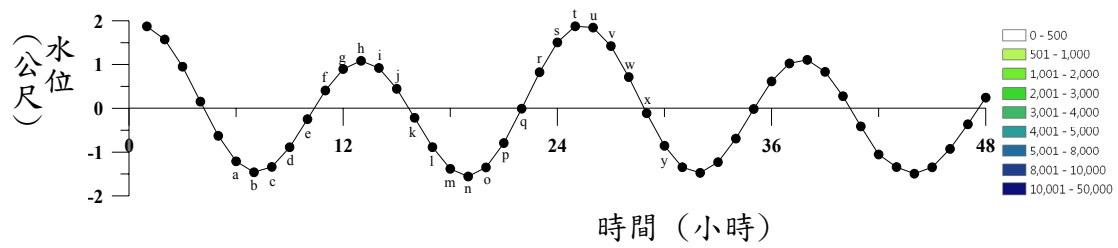


圖 5.12 重現期 100 年豪雨洪水期間河口懸浮載濃度分佈

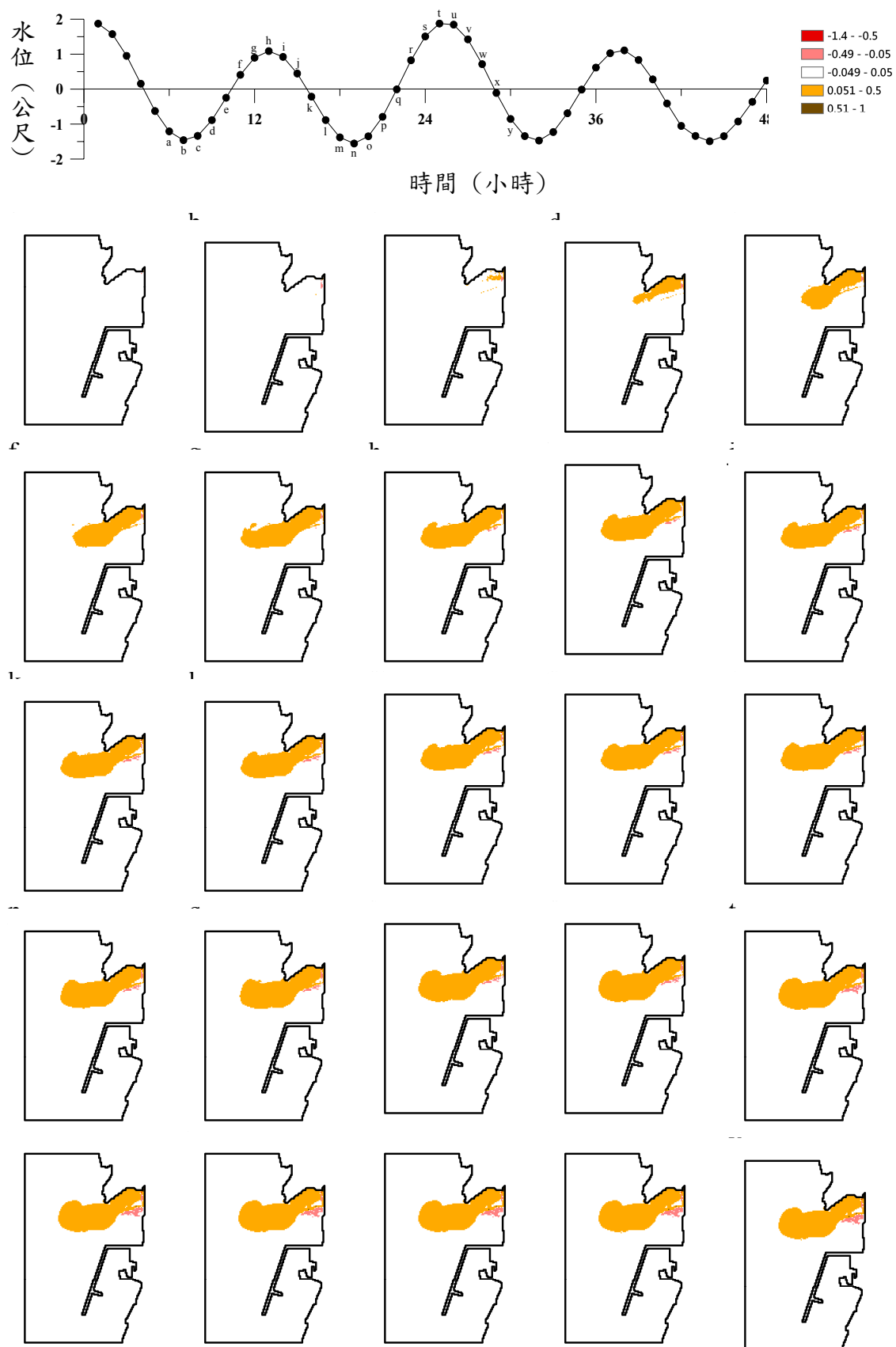


圖 5.13 重現期 100 年豪雨洪水期間河口沖淤情形

5.4 海流影響評估

本計畫於南北邊界靠外海的 1/3 邊界，加上一恆定的海流 0.384 公尺/秒，以合成潮位歷線(圖 4.22)做為下游邊界條件，演算海域流場，並與沒有恆定海流流速之情況比較，以評估海流之影響。

圖 5.14(a)及(b)為邊界有考慮海流及沒考慮海流的條件下漲潮之流場圖；圖 5.15(a)及(b)為邊界有考慮洋流及沒考慮洋流的條件下退潮之流場圖。在河口局部範圍下(圖 5.16)，圖 5.17(漲潮)及圖 5.18(退潮)為考慮海流之河口流場減去未考慮海流之河口流場之流速差值。

由圖 5.14 及圖 5.15 可看出外加海流時，在海域北邊邊界附近會形成渦流現象，在漲潮時在臺北港防波堤終端處也形成渦流現象(圖 5.14(a))。由流速差之比較(圖 5.17 及圖 5.18)，外加海流會加大向內陸之漲潮流速，在斷面 0 處會造成較大之流速差。

本計算案例因初步探討洋流對河口海域之影響，未考慮因南北邊界潮時差所造成之潮流影響，初步之計算結果顯示洋流只在漲潮時對河口海域有較明顯之影響。



圖 5.14(a) 考慮海流的條件淡水河口海域漲潮時之流場



圖 5.14(b) 未考慮海流的條件淡水河口海域漲潮時之流場



圖 5.15(a) 考慮海流的條件淡水河口海域退潮時之流場



圖 5.15(b) 未考慮海流的條件淡水河口海域退潮時之流場

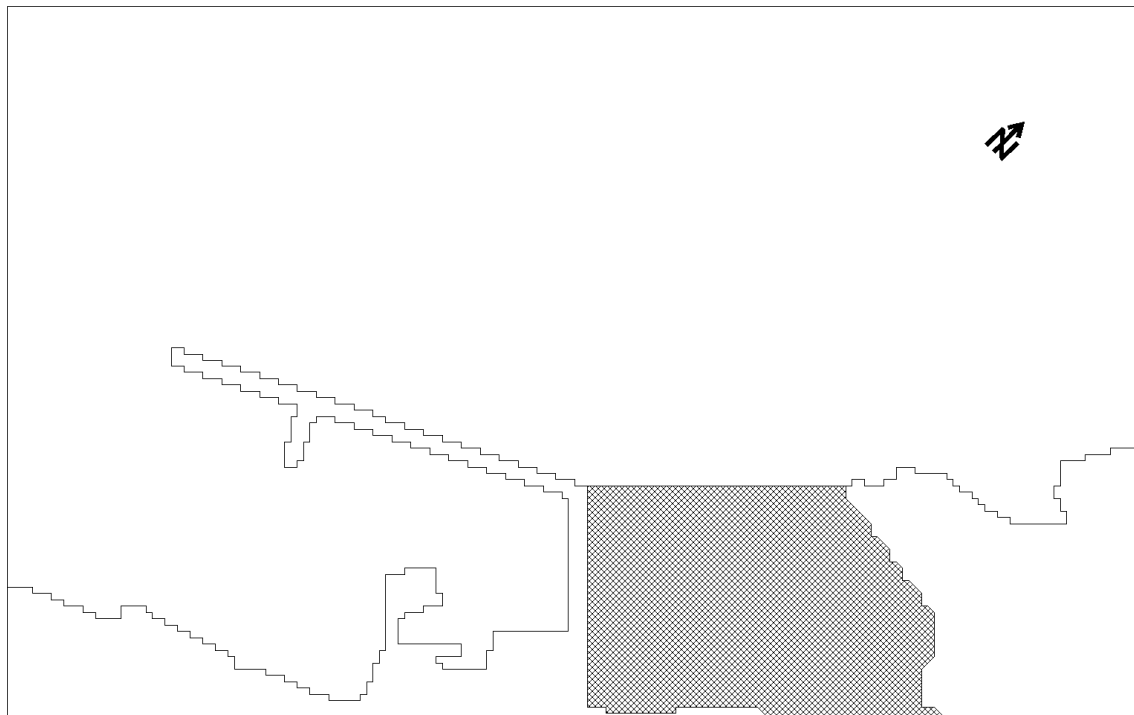


圖 5.16 淡水河口範圍

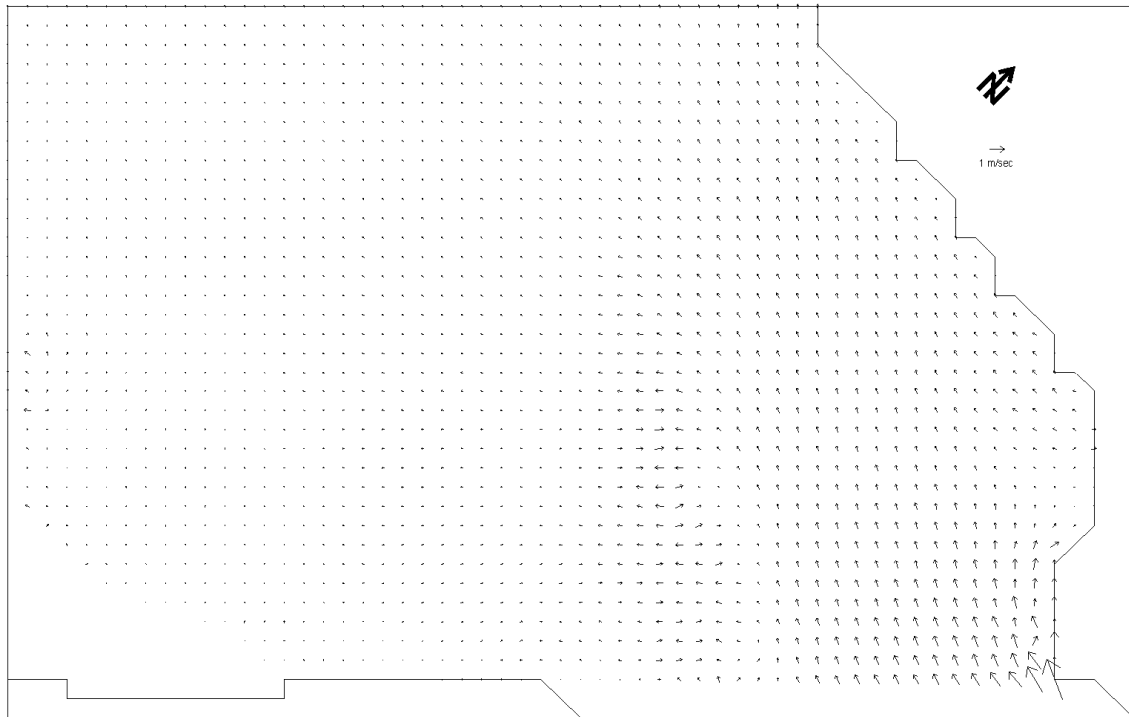


圖 5.17 淡水河口漲潮時有考慮海流流場與未考慮海流流場之流速差



圖 5.18 淡水河口退潮時有考慮海流流場與未考慮海流流場之流速差

5.5 植生對土壤沖淤及海域地形變遷之影響

本計畫先假設上游邊界百齡橋、中正橋及新海大橋皆無入流量，下游以 48 小時合成潮位歷線為邊界條件進行演算，以演算時之乾濕格點作為區分主深槽與高灘地，演算結果如圖 4.8。再利用地文性土沖淤模式演算所得重現期 100 年豪雨洪水期間之新海大橋、中正橋及百齡橋之流量歷線(圖 4.19、圖 4.20 及圖 4.21)及懸浮載濃度歷線(圖 4.26、圖 4.27 及圖 4.28)為上游邊界條件，外海開放邊界取合成潮位(圖 4.22)，以河口海域二維地形變遷模式分別演算計算區域各格點為相同曼寧 n 值及高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值。以高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值所演算之結果減去各格點為相同曼寧 n 值演算之結果，探討植生(不同曼寧 n 值)對土壤沖淤及海域地形變遷之影響。

5.5.1 河口流況

以圖 5.16 之河口範圍為探討對象，高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值所演算之流速減去各格點為相同曼寧 n 值演算之流速在退潮及漲潮之情形如圖 5.19 及圖 5.20 所示。由於淡水河河口之主深槽區分明顯，漲退潮時水流集中於主深槽，在演算高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值之條件下，河口因取不同曼寧 n 值，在退潮時與演算各格點為相同曼寧 n 值之條件有較大之流速差，而漲潮時則因漲潮流抵消掉上游入流量，河口流速差較不明顯。

5.5.2 河口懸浮載濃度

圖 5.21 為重現期 100 年豪雨洪水期間，分別演算高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值及各格點為相同曼寧 n 值後，兩者之懸浮載濃度差值(高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值減去各格點為相同曼寧 n 值)。在不考慮南北潮位差及海流的條件下，因河口流況在退潮時段有明顯之流速差(圖 5.19)，圖 5.21(b)~(e)之懸浮載濃度差會有一個環狀的現象，隨著上游懸浮載濃度的增加，在淡水第二漁港與臺北港北防波堤之間會累積

懸浮載濃度差值，隨著上游懸浮載濃度的減少，懸浮載濃度差亦隨之消減。河口挖子尾在部分時間會有較大之懸浮載濃度，會影響此區域之淤積狀況。

5.5.3 河口底床沖淤

圖 5.22 為重現期 100 年豪雨洪水期間，分別演算高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值及各格點為相同曼寧 n 值後，兩者之底床變動差值(高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值減去各格點為相同曼寧 n 值)。在不考慮南北潮位差及海流的條件下，兩者初期沖淤並無差異，如圖 5.22(a)~(e)；在高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值之條件下，水流經過河口有較大之流速差，懸浮載較快輸運出河口，而在出淡水第二漁港與臺北港北防波堤後，因寬度變大而落淤。河口挖子尾保護區則因有較大流速差而有較大之底床變動差值。

綜合分析河口流況、河口輸砂及河口底床沖淤變化，取主深槽、高灘地及保護區為不同曼寧 n 值時，會對河口海域地形變遷有影響。



圖 5.19 高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值減去各格點為相同曼寧 n 值(退潮)



圖 5.20 高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值減去各格點為相同曼寧 n 值(漲潮)



圖 5.21 高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值減去格點為相同曼寧 n 值懸浮載濃度差



圖 5.22 高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值減去格點為相同曼寧 n 值之河口高程差

5.6 淤積改善方案

由前述艾利颱風及重現期 100 年洪水之演算結果可知主深槽流速及懸浮載濃度均明顯較高，故本計畫建議以疏浚主深槽加大其容量，以使懸浮載輸向海域，減少淤積。本計畫將進一步應用二維模式分析其效率。

由圖 5.11 之全潮量測及演算結果可知平時漲潮與退潮之潮峰流量可超過 2000CMS，甚至接近 3000CMS，深槽之深度平均流速可達 0.6 公尺/秒或更高，對於河口感潮段之地形變遷可有明顯影響。又由圖 1.2 至圖 1.4 可知颱風過後數日，河口海域之懸浮載濃度仍明顯高於外海，顯示潮汐作用對於沖淤會有影響。因此本計畫將進一步演算颱風後較長時間之地形變遷及平時天文潮進出對於地形變遷的影響，以分析主深槽疏浚之效率。

第六章 結論與建議

6.1 結論

淡水河集水區因颱風豪雨沖蝕而流入淡水河之懸浮載，對感潮段及相鄰海域之地形變遷有重要影響。臺北港建置於河口南側海岸，需評估對淡水河感潮段及海域之輸砂現象及地形變遷之影響程度，本計畫應用地文性土壤沖淤模式配合集水區降雨量及水庫放流量，演算進入大漢溪新海大橋、新店溪中正橋及基隆河百齡橋之流量及懸浮載輸運率，作為二維地形變遷模式上游邊界條件，以模擬臺北港建置對臺北港鄰近海域及淡水河河口輸砂排洪之影響。由艾利颱風演算結果、全潮量測及重現期100年豪雨之分析，可得結論如下：

1. 洪水時，淡水河河口主深槽之流速明顯高於自然保護區，主流向沿主深槽向外海，水流在經過淡水河河口後(淡水第二漁港)，水流方向會向西南偏移。
2. 懸浮載濃度分佈方面，主深槽之懸浮載濃度最大，流經挖子尾保護區及淡水第二漁港後，沒有考慮海流之影響時，懸浮載沿淡水河主流方向向外延伸輸運，偏西南擴散，並受臺北港北防波堤之限制。
3. 河口沖淤變化方面，懸浮載主要淤積在淡水河主河道及主河道向外延伸，河口淤積隨主河道懸浮載濃度變大而增加。在河口挖仔尾處，因河道在此束縮，所以流速加快而產生沖刷。
4. 在外加海流時，臺北港防波堤終端處在漲潮時會形成渦流現象，河口0斷面附近，海流之影響較為明顯，其餘影響較小。
5. 植生影響方面，高灘地、主深槽及保護區取不同曼寧 n 值時，河口流況在退潮會有明顯之流速差，漲潮時則較不明顯。懸浮載濃度因河口流速差會形成一個環狀，在上游懸浮載入流濃度增加的情況下，會有較大之濃度差值，隨著上游懸載濃度遞減，兩者之差異趨小。高灘地與主深槽取不同曼寧 n 值在退潮時，因河口流速差較大會較快帶走河道中之懸浮載，而懸浮載出淡水第二漁港與臺北港北防波堤

後，會因寬度變中而落淤。挖子尾保護區邊緣因有大之流速差而產生沖刷。

6. 因感潮河段及海域可供檢定之流場觀測資料較少，未能作更詳盡之檢定，但由演算結果之分析及河口潮位比較，顯示尚屬合理，應可整合地文性土壤沖淤模式及二維地形變遷模式分析淡水河感潮段及相鄰海域之沖淤現象。

在去年度建立之演算基礎上，本年度進一步擴大演算範圍，並整合地文性土壤沖淤模式以得到河口海域二維地形變遷模式之上游邊界流量及泥砂輸運率等以進行更嚴密之分析，比較說明如下：

1. 延伸擴大計算範圍，將上游邊界向上延伸至不感潮河段，以避免感潮河段影響上游邊界條件。
2. 利用地文性土壤沖淤模式所演算之上游入流量及懸浮載濃度，替代去年度演算時之定量懸浮載濃度。
3. 分析重現期100年豪雨所產生之上游入流量及懸浮載濃度為邊界條件，對河口海域地形變遷之影響。
4. 將計算區域區分為主深槽、高灘地及保護區等三個部分，分析高灘地及保護區植生對河口海域地形變遷之影響。

6.2 建議

1. 因目前沖淤資料為間隔半年之地形測量結果比較，而颱風過後之河口懸浮載可長達數日尚未沈積，且平時潮流量可達2000CMS以上，故未來研究之演算含颱風在內之長期河口海域地形變遷，分析豪雨洪水挾運泥砂之沖淤與平時天文潮進出之沖淤影響，檢討河口及感潮段之地形變遷因子。
2. 因主深槽為主要之洪水流量及懸浮載輸運範圍，未來研究之疏浚主深槽以集中水流向外海輸運懸浮載，改善淤積現象，此一疏浚之效率應進行洪水期間及其後數日之沖淤演算評估之。

3. 因臺北港建港後之河口地形已有改變，應可進一步以未建港前之數值高程資料，模擬臺北港建港前之河口海域狀況，比對臺北港對淡水河河口海域之影響。
4. 因臺北港位處於臺灣北部海域，南北潮位差明顯影響河口海域之流場，未來研究之模擬計算時將考量南北潮位差所造成之流動現象。

參考文獻

1. Akanbi, A. A. and Katopodes, N. D. (1988), Model for Flood Propagation on Initially Dry Land, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 114, No. 7, pp. 689-706.
2. ASCE(1997), Channel Stability Assessment for Flood Control Projects, Technical Engineering and Design Guidelines as adapted from the US Army Corps of Engineers , No. 20.
3. Chaudhry, M. H. (1993), Open-Channel Flow, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
4. Ebersole, B. A., Cialone M. A. and Prater M. D.(1986), "Regional coastal processes numerical modeling system", Department of the Army, Waterway Experiment Station, Corps of Engineers.
5. Henderson, H. F.(1961), Stability of Alluvial Channels, Journal of Hydraulics Division, ASCE, 87 (HY6) .
6. Itakura, T., Kishi, T. (1980), "Open Channel Flow with Suspended Sediments, "Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 106, No. HY8, pp. 1325-1343.
7. Nishimura, H.(1982), Numerical simulation of nearshore circulations, Proceeding of 29th Japanese Conference On Coastal Engineering, Sendai, JSCE, pp. 137-145.(in Japanese)
8. 工研院能資所(1999), 臺北桃園海岸遙測變遷分析研究, 工研院能資所, 93頁。
9. 中央大學太空及遙測研究中心(2005), 臺北港衛星影像照片。
10. 中興工程顧問股份有限公司(1998), 淡水河流域治理及管理整體規劃, 經濟部水資源局。
11. 水利署(2004), 中華民國九十三年臺灣水文年報, 經濟部水利署。
12. 王文江(2003), 水利工程中之泥砂問題, 中興工程科技研究發展基金會。
13. 王如意, 陳鴻霞(1983), 淡水河問題研究(一)—大漢溪沿岸集水區逕流模式之建立與驗證, 國立臺灣大學水工試驗所。

14. 王如意,李光敦(1985),淡水河問題研究(三)—基隆河沿岸集水區逕流模式之建立與驗證,國立臺灣大學水工試驗所。
15. 王如意,簡振和(1984),淡水河問題研究(二)—新店溪沿岸集水區逕流模式之建立與驗證,國立臺灣大學水工試驗所。
16. 王安得(2004),淡水河年侵蝕率之推估,國立臺南師範學院自然科學教育學系碩士論文。
17. 王琪芳(2001),基隆河河口紅樹林水流阻力之研究,國立臺灣大學農業工程學研究所碩士論文。
18. 臺北港港埠資訊入口網,<http://www.tpport.gov.tw>。
19. 臺灣地區重要水庫網際網路暨決策支援系統,
<http://wrm.hre.ntou.edu.tw/wrm/dss/ntou.htm>。
20. 臺灣省水利局(1964),淡水河防洪治本計劃編,臺灣省水利局。
21. 臺灣省水利局(1965),淡水河防洪治本計劃修訂方案,臺灣省水利局。
22. 交通部運輸研究所(2004),臺北港(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。
23. 交通部運輸研究所(2005),臺北港(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。
24. 吳偉健(2002),淡水河口海岸帶地形地貌及沈積物特性,國立臺灣大學海洋研究所碩士論文。
25. 李振豪(2004),淡水河上游流量對潮汐傳播之影響,國立臺灣大學環境系統工程研究所碩士論文。
26. 李淑惠(2004),淡水河潮波非線性現象分析,國立中山大學海洋物理研究所碩士論文。
27. 杜偉榮(2005),以物質流分析淡水河流域內之有機物質與懸浮固體,國立臺灣大學環境工程研究所碩士論文。
28. 周憲德(2006),95年淡水河河口及附近海岸輸砂之研究,交通部運輸研究所。

29. 林豐福、洪憲忠(2004)，臺北港海域運輸安全之探討(II)--臺北港海域潮流流場數值模擬分析，交通部運輸研究所計畫編號 MOTC-IOT-92-SAA09。
30. 洪佐承(1998)，淡水河感潮段之動態水質模擬，國立臺灣大學土木工程研究所碩士論文。
31. 唐建章(1985)，淡水河全流域洪水演算模式，國立臺灣大學土木工程研究所碩士論文。
32. 財團法人成大研究發展基金會(2004)，鹽水溪及南科相關排水整體治理規劃檢討—洪流分析及淹水模擬、淹水潛勢分析，經濟部水利署水利規劃試驗所。
33. 張海燕(1990)，「河流演變工程學」科學出版社，新華書店，北京。
34. 張勝騰(2003)，淡水河口水質與懸浮細泥之調查研究，國立中央大學水文科學研究所碩士論文。
35. 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。
36. 許時雄(1969)，淡水河感潮變量之研究，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
37. 許泰文、張憲國(2001)，永續的鑽石海岸，經濟部水資源局出版。
38. 許泰文等人(2002)，建立波潮流與海岸線變遷模式，成功大學水利及海洋工程學系報告。
39. 許泰文等人(2005)，臺北港海域運輸安全之探討(IV)—臺北港海域流況預報系統之建立，交通部運輸研究所計畫編號 MOTC-IOT-94-SB008。
40. 郭金棟、蔡長泰、謝正倫（1993），淡水河口南北海岸地形穩定之研究，國立成功大學水利及海洋工程學所。
41. 陳敏明、陳文山、曾旭正、詹素娟(1999)，大臺北空中散步，遠流出版社。
42. 黃良雄(2006)，臺北港設置後對淡水河口海岸地形變遷之影響(1/2)，水利署第十河川局。
43. 經濟部水利署第十河川局，<http://www.wra10.gov.tw>。

44. 廖慶堂、楊文衡(2004)，臺北港海岸地形變遷數值監測模式研究(II)，交通部運輸研究所計畫編號MOTC-IOT-93-H2-EB014。
45. 蔡智恆(2000)，定岸沖積河流水理及底床演變之模擬，國立成功大學水利及海洋工程所博士論文。
46. 賴春婷(2003)，河口短時距地形變動之研究—以淡水河口挖子尾為例，國立臺灣大學地理環境資源研究所碩士論文。
47. 簡仲和等(2005)，臺南高雄海岸復育研究(1/2)，經濟部水利署第六河川局。
48. 魏震(2001)，臺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研究所碩士論文。
49. 羅志堅(1995)，淡水河口處海岸變遷之研究，國立臺灣大學土木工程研究所碩士論文。
50. 蘇勝欽(2006)，淡水河沿岸沈積物粒徑分布之研究，國立臺灣海洋大學海洋環境資訊研究所碩士論文。

附錄 A 報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫
■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：96 年臺北港對淡水河輸砂影響之探討

執行單位：財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
張憲國教授：	
1.臺北港域是否需要納入計算的範圍。 2.是否有數場颱風後淡水河口地形變化實測數據，以利模式之比較。	1.謝謝指教，本計畫將臺北港域納入計算範圍。 2.謝謝指教，沒有數場颱風後之地形變化實測數據，但有每年定期之地形實測數據，可應用於全年洪水後水地形變遷比較。
余進利教授：	
1.70頁之初步成果第一點提到計算區域南北邊界的水位差異不大，試問是根據何時的資料，因為如果根據60頁的圖4.10所示，兩者水位差約2公尺，不能說不大，另外，這一點也不算初步結論，建議刪除之。 2.建議後續的工作，增加考慮水位差所產生的潮流對海域地形變遷的影響。	1.謝謝指正，依審查意見修正。 2.謝謝建議，依審查意見於期末報告中列入計算工作項目。
林柏青研究員：	
1.目錄第一頁下方多餘字請拿掉。 2.目錄第二頁，以及本文的5-1-1、5-1-2及5-1-3標示錯誤。 3.68頁5-2-2標示錯誤，標題沒寫完，目錄部份也要更正。 4.58頁4-3-2子標題請一致用黑體字，目錄部份也要更正。 5.第1頁第1段第4行，沿岸流作用；第2段第6行，防波堤。 6.25頁及26頁請用彩色圖表示，否則無法區分色階變化。 7.圖5.5之懸浮載濃度及圖5.6沖淤變化之灰階請以彩色表示較清楚。 8.59頁謂海棠、馬莎、泰利、及龍王颱風時竹圍水位都比淡水第二漁港高約二公尺，請再確定資料是否正確。以圖4.10為例，水位連續抬升117小時(約5天)，颱風早已通過，暴潮不可能維持那麼久，可能是儀器誤差。 9.潮流對河口輸砂有其影響，仍應設法放入模式。	1.謝謝指正，依審查意見修正。 2.謝謝指正，依審查意見修正。 3.謝謝指正，依審查意見修正。 4.謝謝指正，依審查意見修正。 5.謝謝指正，依審查意見修正。 6.謝謝指正，依審查意見修正。 7.謝謝指正，依審查意見修正。 8.謝謝指正，海棠等颱風潮位為94年資料，本研究改選用民國93年之颱風潮位資料進行演算，以避免可能的誤差。 9.謝謝指教，本研究在邊界另行加上海流流速測試其影響。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
葉克家教授：	
1.報告中有一些筆誤之處，請於期末報告更正之；表2.4有關石門水庫資料，有些資料已老舊，建議有所更新。 2.p.37有關圖2.35河床質粒徑變化之評述似嫌不夠周延，下游河段床質粒徑受翡翠及石門水庫存在之影響應不大，僅由二年床質調查結果來評斷，較不說服力，建議收集以往之調查資料，考慮斷面、底床坡度、流量等因素之影響。 3.本計畫所建立之數模應先進行檢定與驗證，建議於期末報告對此有探討。 4.集水區土壤沖淤模式中網路之床質粒徑如何推得應有所說明，另就臺灣之集水區而言，崩塌量所占之比例甚高，模式中是否有加以考量應有所說明；翡翠及石門水庫集水區面積佔整個淡水河流域頗大之比例，未考慮其排砂量之影響應有所評估。P.56有關水庫放流邊界條件，最後一行之敘述不清，請再酌改之。 5.淡水河口及附近海域底床之沖淤變化，受到淡水河上游來砂量之影響。因此，集水區土壤沖淤模式提供之泥砂邊界條件，其懸浮載濃度是否包括沖洗載(wash load)應有所說明；另其所推估懸浮載濃度是否合理(見p.62之敘述)應有所評估。	1.謝謝指正，依審查意見修正。 2.謝謝指正，依審查意見於期末報告時增列其它調查報告之資料。 3.謝謝指正，依審查意見於期末報告時探討。 4.謝謝指正，集水區土壤沖淤模式所用之床質粒徑依據集水區土壤給予平均粒徑，本計畫中取為0.0283公厘。目前尚未蒐集崩塌區域之資料，故尚未考量崩塌地之影響。水庫排砂量之影響方面，因未能取得正確資料，目前尚未納入程式中。P.56頁將依審查意見修正。 5.謝謝指正，集水區土壤沖淤模式演算上游集水區沖蝕量為流入上游河道之沖洗載，並為進入二維模式之上游邊界之懸浮載，參與河口海域之底床演算，但不改變底床質粒徑組成。P.62頁之懸浮載濃度為初步案例測試，期末報告中則已取為集水區沖淤模式之演算結果。
何良勝科長：	
1.文內修正或補充之處：表4.4 2.應加強模式驗算及驗證方式。 3.本研究目的，主要探討臺北港建港對淡水河輸砂之影響，因此，相關引用驗證資料應符合實際情況。	1.謝謝指正，依審查意見修正。 2.謝謝指正，依審查意見於期末報告中補充說明。 3.謝謝指正，依審查意見修正。

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 年臺北港對淡水河輸砂影響之探討

執行單位：財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
蕭松山委員：	
一、本年度工作項目「2.植生對土壤沖淤及海域地形變遷之影響」成果，建議展示於獨立章節及結論。	謝謝指正，依審查意見補充說明於 5.5 (Page5-15)及 6.1(Page6-1)。
二、計算模式採用之輸入資料如波高、週期、波向等建議說明。	謝謝指正，依審查意見補充說明於 4.3.3 (Page4-7)。
三、建議下一年度計畫模擬計算時，考量南北邊界之潮位差流動影響。	謝謝指教，依審查意見列入下年度計畫項目。
四、資料蒐集豐富，且模擬計算驗證之淡水河濃度、流量、河口地形變化影響成效良好，建議建立相關資料庫，提供相關海域地形變遷模擬計算輸入資料。	謝謝建議，依審查意見列入建議事項。
余進利委員：	
一、依目前資料演算的結果看來，淡水河輸砂對臺北港港域似乎沒有影響，如果此結果對的話，建議列入結論。	本年度計畫僅為初步結果，下年度將進一步演算河口長時期之變化，將可提供較為完整之結論。
二、建議對淡水河河口淤積改善對策列為專章討論。	謝謝建議，本年度為初步淤積改善對策，下年度之完整結論將列為專章討論。

張國明委員：	
一、報告結構完整，表示佩服。 二、本研究分三年的計畫，未來的一年擬再對淡水河口地形變遷對淡水河輸砂影響加以探討，有關港研中心自85年起所進行全面海岸地形變遷(參報告書 P25~P31)的調查結果，應有很好的比對價值。 三、以艾莉颱風為例，利用二維地形變遷模式計算臺北港鄰近海域及淡水河河口之流場分布、懸浮載濃度分布及地形沖淤變化，其輸砂方向的變化一致，應屬合理，唯如果有實測資料比對，應更具說服力。	謝謝委員給予肯定。 謝謝指教，下年度計畫預計對河口地形變遷做長期演算，以對照實測地形測量資料。 因目前沖淤資料為間隔半年之地形測量資料，無法比對颱風過後之河口底床變化，未來將對河口進行長期演算以比對實測資料。
薛憲文委員：	
一、在 P8 之本年度工作項目與 P79 之結論似未完全呼應，建議強化之。 二、本計畫所收集之資料頗為豐富，建議納入資料庫整合之，以利未來持續監控臺北港之海域環境變遷。	謝謝指正，依審查意見補充說明於 5.5 (Page5-15)及 6.1(Page6-1)。 謝謝建議，依審查意見列入建議事項。
林柏青委員：	
一、47 頁式(3.2.11)與 51 頁(3.3.11)是否為同一公式，為何係數不同，其適用範圍是否含蓋具膠結狀態的底泥至無膠結狀態的砂，因為淡水河由上游至下游河口底質變化大，該捲增公式之適用性須要考量。同樣式(3.2.15)底床載輸砂率公式，是否也能完全適用。 二、65 頁圖 4.10 淡水第二漁港之水位資料似乎異常，以其作檢定演算可能不適當。	謝謝指正，依審查意見修改定正。根據輸砂公式適用範圍，尚符合底床粒徑分佈。適用無膠結狀態之底泥，尚未考慮具膠結狀態之底泥。 本計畫演算艾利颱風時間範圍為 2004/08/24 至 2004/08/25，圖 4.10 後半部之實測資料不包含於演算時間範圍內。

何良勝委員：	
一、請依港研中心格式增列中英文摘要。	謝謝指正，依審查意見增列。
二、有關 P30~P32 之圖示，建議補充說明相關淡水河口及至關渡橋之部份。	謝謝指正，依審查意見補充說明於 2.4.2 (Page2-24)。
三、建議補充說明本年度與去年演算結果之差異。	謝謝指正，依審查意見補充說明於 6.1 (Page6-2)。

附錄 B 期末報告投影片

96年臺北港對淡水河輸砂 期中報告

呂珍謀、蔡長泰

中華民國九十六年十一月十五日

1

內 容

- 緒論
- 理論基礎
- 模式計算資料匯整
- 演算結果與討論
- 結論與建議

2

緒論

- 計畫緣起
- 計畫目的
- 前期研究成果
- 計畫重要性及關鍵課題
- 本年度工作內容

3

計畫緣起

- 淡水河口及海岸地形變遷原因？
 - ◆ 淡水河在石門水庫興建前，淡水河口及八里地區的海岸線呈現向外擴張的現象[許、張，2001]。
 - ◆ 石門水庫及翡翠水庫完工後，八里地區海岸線後退330公尺，挖子尾最大退縮量達520公尺[洪，2000]。
 - ◆ 臺北港北防波堤形成突堤效應，阻斷沿岸砂源之向南運移，使砂源在北防波與河口間沈積。
 - ◆ 淡水河年平均逕流量為65.92億立方公尺，懸浮載輸運量約介於50~300萬立方公尺/年，對淡水河口及鄰近海岸會有影響。

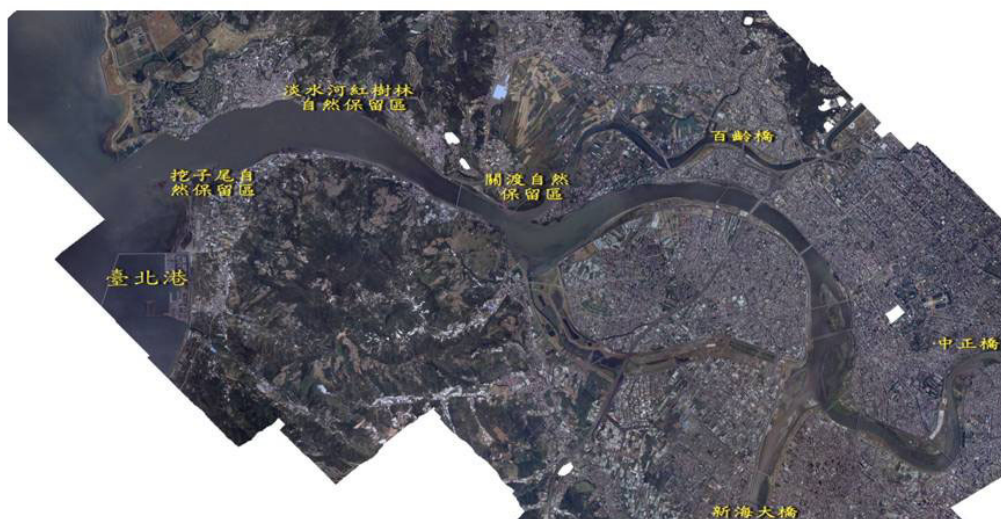
4

計畫緣起

- 淡水河口及海岸地形變遷原因？
 - ◆ 淡水河河口有淡水河紅樹林自然保留區、關渡自然保留區及挖子尾自然保留區，對淡水河在颱風期間之行洪能力及沖淤是否有影響？
 - ◆ 臺北港建置是否影響河口之海岸地形變遷及排洪能力？
 - ◆ 淤積改善對策？

5

淡水河河口保留區相關位置如圖



6

艾利颱風過後淡水河口懸浮物分佈

(08/23~08/26)



7

淡水河生態保留區

[大台北空中散步，1999]



8

計畫重要性及關鍵課題

- 淡水河流域為人口活動頻繁的地區，所以人工構造物對河道泥砂輸運之影響不可忽略。
- 淡水河紅樹林自然保留區、關渡自然保留區及挖子尾自然保留區，對淡水河在颱風期間之行洪能力亦造成重大之影響。
- 本計畫之關鍵課題在於：
 - ◆ 淡水河出海口處建置臺北港對淡水河輸砂之影響，需從海岸漂砂與流域整體輸砂加以探討。
 - ◆ 淡水河河口附近之高灘地及潮間帶有三個自然保留區，對淡水河行洪能力之探討需加以考量。

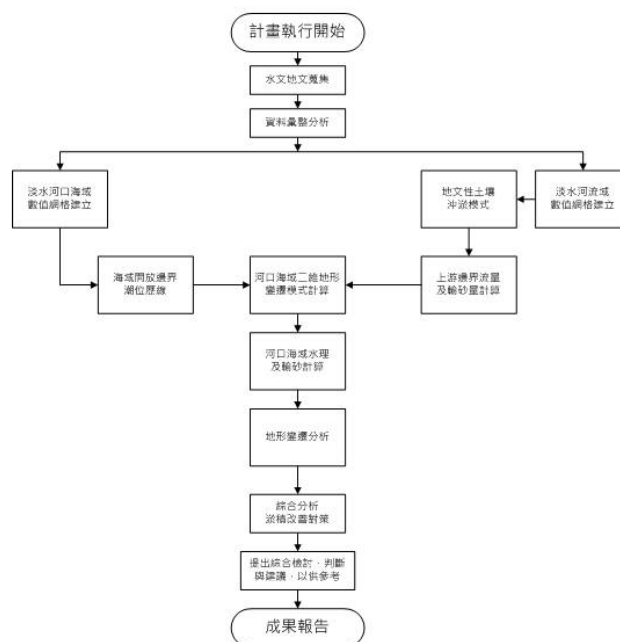
9

計畫目的

- 建立地文性土壤沖淤模式及河口海域二維地形變遷模式。
- 模擬臺北港建置對淡水河輸砂及河口海岸之地形侵淤變化之影響。
- 探討淡水河河口地形變遷之原因及地形變遷對淡水河洪水之影響，提出綜合檢討、判斷與建議，以供參考。

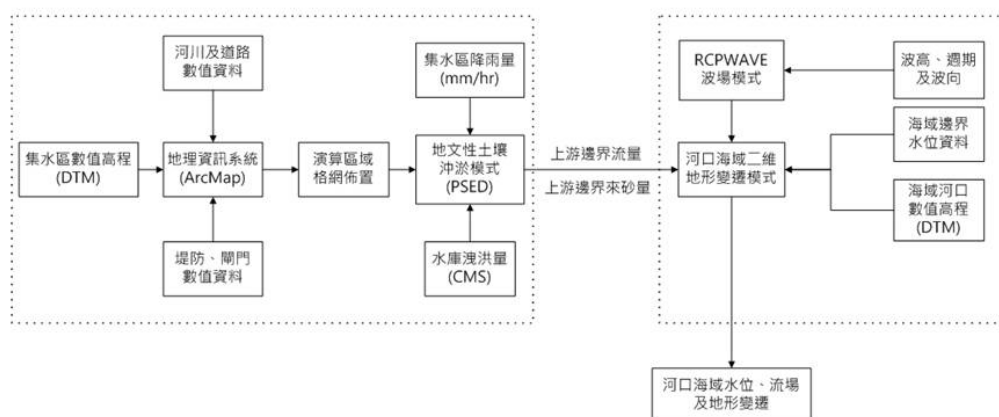
10

工 作 流 程 圖



11

模 式 演 算 架 構



12

前期研究成果^[1/2]

- 二維地形變遷模式應用於模擬八掌溪道將圳上游河床演變模型試驗及二仁溪河口鄰近海域模型試驗，經由模式演算值與模型實驗觀測值的比較，顯示二維地形變遷模式具有模擬河床及河口海域地形變遷之能力。
- 二維地形變遷模式演算淡水河關渡大橋至臺北港鄰近海域之流場及地形變遷：
 1. 淡水河河口主深槽之流速較快，主流向沿主深槽向外海，水流在經過淡水河河口後(淡水第二漁港)，水流方向會向西南偏移，流速越大偏移量越大。

13

前期研究成果^[2/2]

2. 臺北港對淡水河河口內之主流流況尚無明顯影響，但臺北港港區週圍之流況則與無臺北港時明顯不同。
3. 主深槽之懸浮載濃度最大，經過挖子尾保護區及淡水第二漁港後，在沒有考慮南北邊界潮位差及海流，但有輻射應力影響時，懸浮載沿淡水河主流方向向外延伸輸運，並偏西南擴散，有臺北港時向南之擴散受北防波堤之限制。

14

本年度工作內容

- 補充蒐集淡水河系相關資料。
- 建立淡水河河口高灘地及潮間帶植生對土壤沖淤及海域地形變遷之影響。
- 結合土壤沖淤和海域二維地形變遷模擬淡水河感潮段河道及河口地形變遷。
- 初步提供淡水河河口淤積改善對策。

15

理論基礎

- RCPWAVE波場模式
 - ◆ 計算波高、波向及週波數之空間分佈
- 集水區地文性土壤沖淤模式
 - ◆ 提供河口海域二維模式邊界條件
 - 流量歷線
 - 懸浮載歷線
- 河口海域二維地形變遷模式

16

RCPWAVE波場模式

- 美國陸軍工兵團RCPWAVE模式：

$$\frac{1}{a} \left\{ \frac{\partial^2 a}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 a}{\partial y^2} + \frac{1}{CC_g} [\nabla^2 a \cdot \nabla(CC_g)] \right\} + k^2 - |\nabla S|^2 = 0$$

$$\nabla \cdot (a^2 CC_g \nabla S) = 0$$

a 為波浪振幅函數， S 為相位函數

- 邊界條件：波高、週期及波向。

17

地文性土壤沖淤模式

- 集水區地文性土壤沖淤模式(PSED-model)

- ◆ 水流演算基本方程式

$$A_i \frac{\partial h_i}{\partial t} = \sum_k Q_{i,k}(h_i, h_k) + P_{ei}(t)$$

t 為時間； A_i 為 i 格區之面積； h_i 、 h_k 分別為 i 格區與 k 格區之水位； $Q_{i,k}$ 為由與 i 格區相鄰之 k 格區流入 i 格區之流量； P_{ei} 為 i 格區每秒之有效降雨體積。

18

地文性土壤沖淤模式

● 流量律

◆ 川流連接型

$$Q_{i,k} = \frac{h_k - h_i}{|h_k - h_i|} \cdot \Phi(\bar{h}_{i,k}) \cdot \sqrt{|h_k - h_i|} \quad \frac{\partial Q_{i,k}}{\partial h_i} \leq 0$$

$$Q_{i,k} = \Phi(h_k) \cdot \sqrt{|h_k - h_i|} \quad \frac{\partial Q_{i,k}}{\partial h_i} > 0$$

◆ 格區交界處之水位

$$\Phi(h) = \frac{\frac{1}{n} A(h) R^{2/3}(h)}{\sqrt{\Delta x}}$$

19

地文性土壤沖淤模式

● 流量律

◆ 堰流連接型

$$\blacksquare \text{ 自由堰流 } (h_i - h_w) < \frac{2}{3}(h_k - h_w)$$

$$Q_{i,k} = \mu_1 b \sqrt{2g} (h_k - h_w)^{3/2}$$

$$\blacksquare \text{ 潛沒堰流 } (h_i - h_w) \geq \frac{2}{3}(h_k - h_w)$$

$$Q_{i,k} = \mu_2 b \sqrt{2g} (h_i - h_w) (h_k - h_i)^{1/2}$$

20

地文性土壤沖淤模式

- 土壤沖淤演算基本方程式
 - ◆ 懸浮載連續方程式及底床變動連續方程

$$\frac{\partial V_{si}}{\partial t} = \sum_k Q_{SC_{i,k}} + Q_{sei} - Q_{sdi} + R_{DTi}$$

$$(1 - \lambda) \frac{\partial V_{di}}{\partial t} = \sum_k Q_{SB_{i,k}} - Q_{sei} + Q_{sdi} - R_{DTi}$$

V_{si} 為 i 格區水體中懸浮之泥砂體積； λ 為孔隙率； V_{di} 為 i 格區沖積層體積； $Q_{SB_{i,k}}$ 、 $Q_{SC_{i,k}}$ 分別為由與 i 格區相鄰之 k 格區流入 i 格區之懸浮載流量與底床載流量； R_{DTi} 為格區降雨分離率； Q_{sei} 為 i 格區地表土壤與河道底床之捲增率； Q_{sdi} 為 i 格區底床之沉降率。

21

二維地形變遷模式

- 二維地形變遷模式
 - ◆ 水流基本控制方程式

$$\frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial (Du)}{\partial x} + \frac{\partial (Dv)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial (uD)}{\partial x} + \frac{\partial (uuD)}{\partial x} + \frac{\partial (uvD)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(2\varepsilon D \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[\varepsilon D \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho} - gD \frac{\partial h}{\partial x} + S_x$$

$$\frac{\partial (vD)}{\partial t} + \frac{\partial (vuD)}{\partial x} + \frac{\partial (vvD)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\varepsilon D \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left(2\varepsilon D \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho} - gD \frac{\partial h}{\partial y} + S_y$$

以上式中， t 為時間； u 、 v 分別為 x 、 y 方向之水深平均流速； D 為水深； h 為水面高程； ε 為渦動黏滯係數； τ_{bx} 、 τ_{by} 分別為底床剪應力在 x 及 y 方向之分量； S_x 、 S_y 分別為 x 及 y 方向之輻射應力。

22

二維地形變遷模式

● 沉滓輸運基本控制方程式

◆ 水深平均之懸浮載對流擴散方程式

$$\frac{\partial(cD)}{\partial t} + \frac{\partial(ucD)}{\partial x} + \frac{\partial(vcD)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(e_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(e_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) + q_{se} - q_{sd}$$

c 為懸浮載之體積濃度； e_x 、 e_y 分別為水流之 x 方向、 y 方向之泥砂擴散係數； q_{se} 為單位時間、單位面積自河床面捲增(entrain)至水流中之泥砂體積； q_{sd} 則為單位時間、單位面積沉降至河床面之泥砂體積。

◆ 底床變動量之沉滓連續方程式

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{\partial q_{bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{by}}{\partial y} + (q_{se} - w_s C_b) \right] = 0$$

z 為底床高程； λ 為底床質之孔隙率， q_{bx} 、 q_{by} 分別為 q_b (單位寬度底床載輸運率)在 x 及 y 方向之分量。

23

檢定演算

- 檢定演算
- 高灘地及潮間帶植生區
- 海流測試
- 淡水河集水區泥砂對河口海域之影響

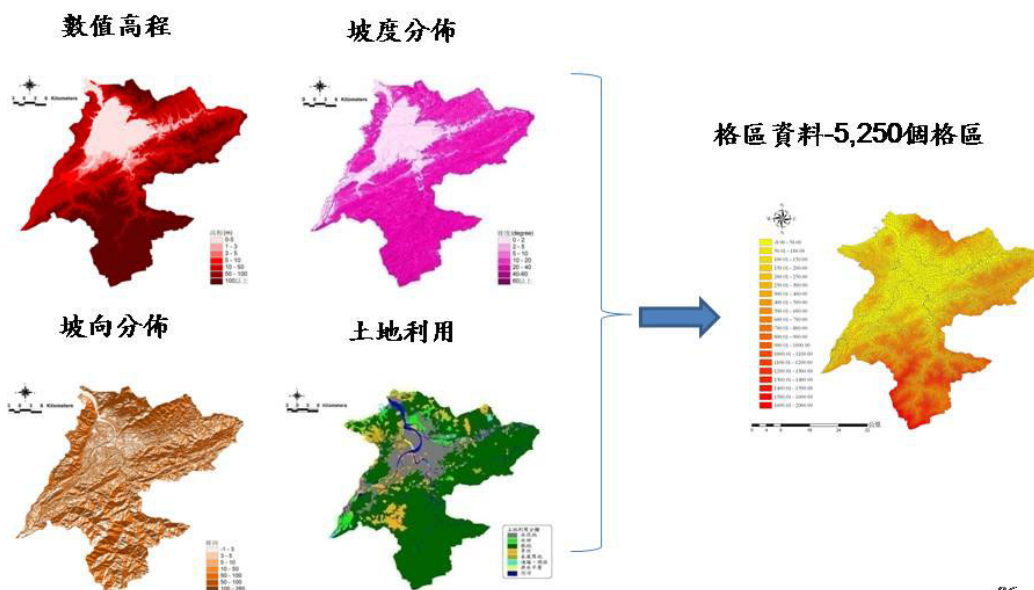
24

模式計算輸入資料匯整

- RCPWAVE波場模式
 - ◆ 波高、波向及週期
- 地文性沖淤模式
 - ◆ 數值DTM
 - ◆ 雨量資料
 - ◆ 水庫放流邊界條件
 - ◆ 颱風基本資料
- 河口海域二維地形變遷模式
 - ◆ 數值高程
 - ◆ 曼寧n值
 - ◆ 海域波高、波向及週波數參數
 - ◆ 水位及流量邊界條件
 - ◆ 泥砂邊界條件

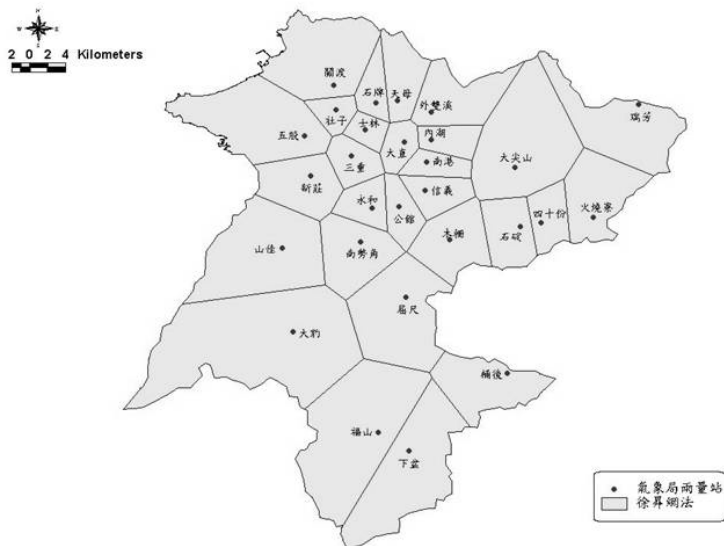
25

地文性沖淤模式-數值DTM



26

地文性沖淤模式-雨量資料



27

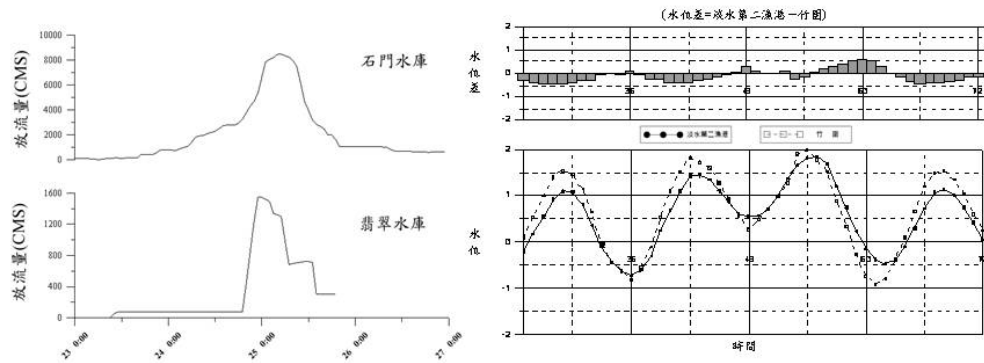
地文性沖淤模式-雨量資料

艾利颱風期間淡水河流域雨量站日累積雨量(單位：公厘)

時間/站	2004/8/23	2004/8/24	2004/8/25	2004/8/26	總計
大直 C0A9A	16.5	284.5	95	0	396
石牌 C0A9B	56	323	114	0.5	493.5
天母 C0A9C	34.5	393	115	0	542.5
永和 C0A9D	14.5	130.5	118.5	0	263.5
士林 C0A9E	36.5	184.5	98.5	0	319.5
內湖 C0A9F	13	290.5	118	0	421.5
南港 C0A9G	0.5	492	321	0	813.5
信義 C0A9H	7.5	226.5	88.5	0	322.5
三重 C0A9I	47	123	101.5	0.5	272
大豹 C0A51	88	269.5	145	0	502.5
山佳 C0A52	56.5	210	135.5	0	382
福山 C0A56	27	585	208.5	0	820.5
桶後 C0A57	73	301.5	81	0	455.5
屈尺 C0A58	20.5	254.5	122.5	0	397.5
大尖山 C0A59	16	118.5	91.5	0	226
社子 C0A98	0	0	1	0	1
外雙溪 C0A99	12	240.5	111	0.5	364
四十份 C1A9N	46	309	116.5	0	471.5
下金 C1A63	40	453.5	95	0	588.5
石碇 C1A64	25	265	152.5	0	442.5
大坑 C1A65	56.5	268.5	148.5	0.5	474
瑞芳 C1A66	8	47.5	0	0	55.5
新莊 C1A67	26	187.5	128	0	341.5
五股 C1A68	0	0	0	1	1
木柵 C1A69	15.5	210	93.5	0	319
南勢角 C1A70	24	118.5	86.5	0	229
公館 C1A73	5.5	240	126	0	371.5
關渡 C1A97	7.5	60.5	89.5	1	158.5

28

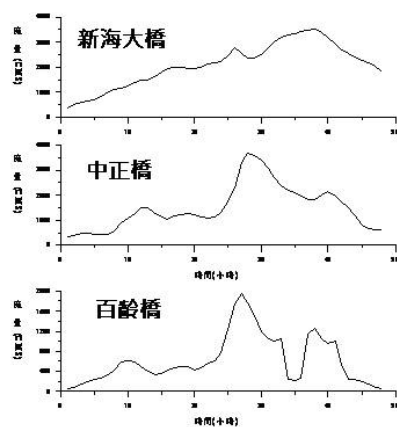
地文性沖淤模式-水位及水庫放流量 (艾利颱風期)



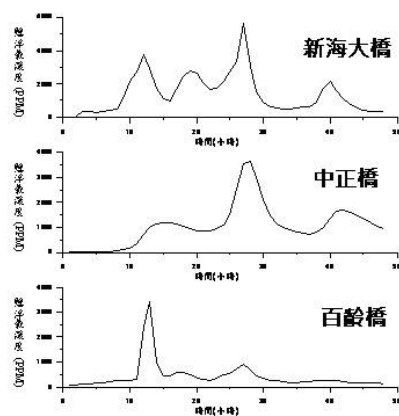
29

地文性土壤沖淤模式演算艾利颱風

● 流量

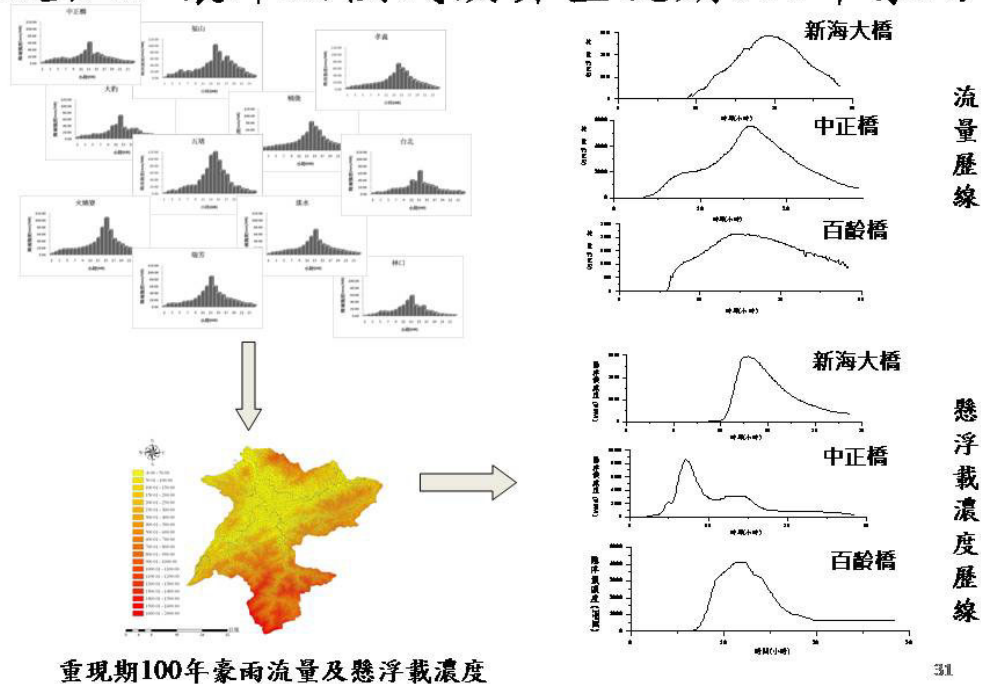


● 濃度



30

地文性土壤沖淤模式演算重現期100年豪雨



31

河口海域二維地形變遷模式-數值高程

• 計算範圍

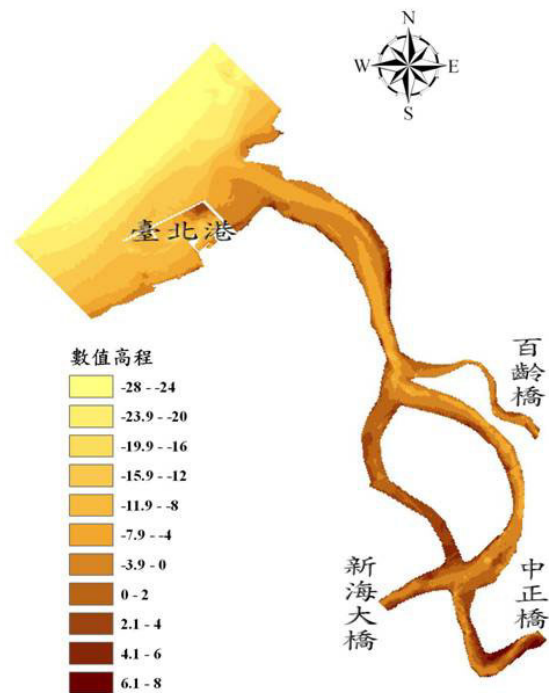
- ◆ 上游以淡水河主流(大漢溪)新海大橋為界，沿主流往下包含新店溪(中正橋)、基隆河(百齡橋)及二重疏洪道，至淡水河出海口水深-24公尺之範圍，海域南起林口發電廠，北至淡海新市鎮。

• 數值高程

- ◆ 關渡大橋以下至海域數值地形採用交通部運輸研究所港灣技術研究中心於民國94年對關渡大橋至臺北港海域所量測之數值高程
- ◆ 關渡大橋以上至新海大橋則利用水利署河道斷面資料，利用SURFER進行內差。計算格網大小為50公尺*50公尺，在計算範圍內共有47,626個格子。

32

計算區域與計算區域數值高程



33

河口海域二維地形變遷模式-曼寧n值

● 曼寧n設定

- ◆ 河道主深槽(0.02)、高灘地(0.035)、保護區(0.1)
- ◆ 天文潮平潮淹沒區為主深槽。
- ◆ 天文潮平潮未淹沒區為高灘地。
- ◆ 保護區：
 - 挖子尾、淡水紅樹林(竹圍)及關渡紅樹林等三區，根據經建三版之25000分之一地籍圖劃出。

34

河口海域二維地形變遷模式

(海域波高、波向及週波數參數)

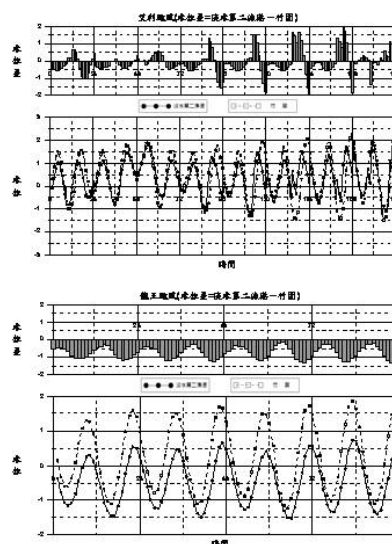
- 艾利颱風之海象資料
- 利用美國工兵團之RCPWAVE模式計算海域波高、波向及週波數

艾利(AERE)0822~0827				
波高(H1/3)	H1/3極值(公尺)	時間	對應T1/3(秒)	波向
	6.11	8月24日 23:00	7.3	SW
海流	流速極值(cm/s)	時間	當時流向	
	74.0	8月25日 10:00	WSW	

35

河口海域二維地形變遷模式-水位資料

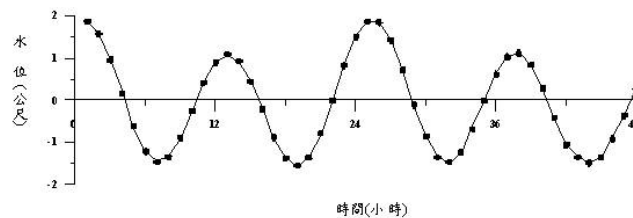
- 海棠、馬莎、泰利及龍王等四個颱風期間竹圍水位與淡水水位之關係沒有明顯反應漲退潮現象。
- 敏督利、艾利及納坦等三個颱風期間的水位差則明顯反應漲退潮現象。
- 本計畫選擇艾利颱風進行檢定演算。



36

河口海域二維地形變遷模式

- 上游流量及泥砂濃度：
 - ◆ 採用地文性土壤沖淤模式演算艾利颱風及重現期100年豪雨之結果。
- 下游水位：
 - ◆ 淡水第二漁港及竹圍於艾利颱風期間之實測水位。
 - ◆ 採用M2、S2、K1、N2及O1等五個分潮合成計算重現期100年豪雨之潮位資料。



37

演算結果與討論

- 主深槽糙率係數
- 艾利颱風演算結果
- 重現期100年豪雨洪水演算結果
- 海流影響評估
- 淤積改善方案

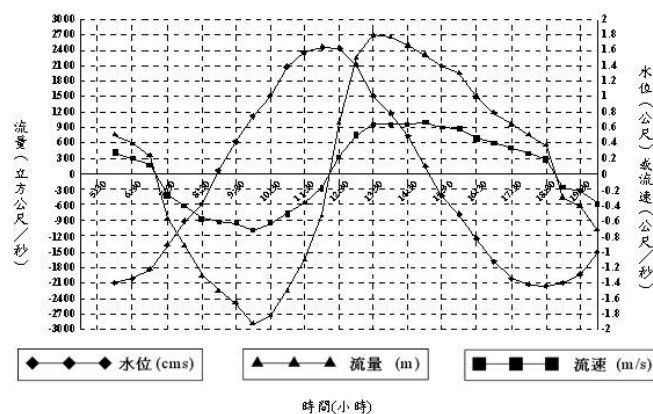
38

主深槽糙率係數

- 演算檢定
 - ◆ 河口潮位歷線演算檢定主深槽曼寧糙率係數之適用性
 - 演算範圍2003/04/16~2003/04/17。
 - 依據於2003/04/17實測全潮量測流量，流出流入之潮流量差值分配為上游新海大橋、中正橋及百齡橋等之進流量
 - 在漲潮峰段稍有低估，整體過程尚屬吻合。
- 艾利颱風期間，感潮段及海域之流場分析及沖淤現象比較探討高灘地及主深槽曼寧糙率係數之合理性。

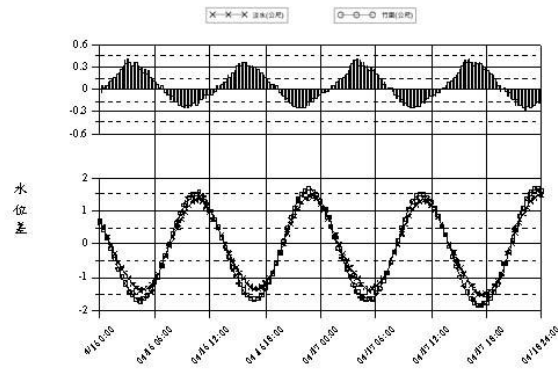
39

淡水河關渡大橋全潮量測 (2003/04/17)[周，2006]

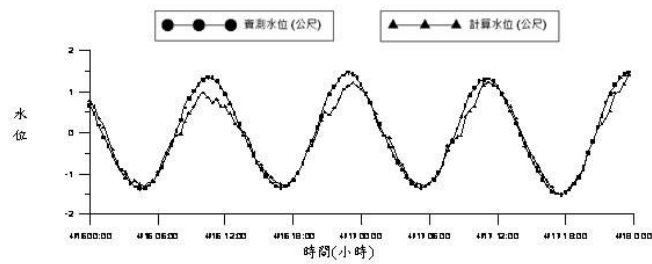


40

2003/4/16~2003/4/17淡水及竹圍水位歷線



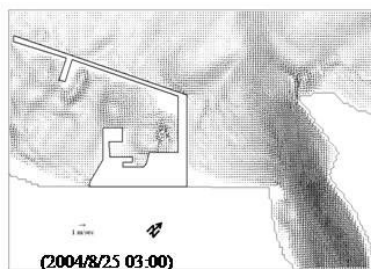
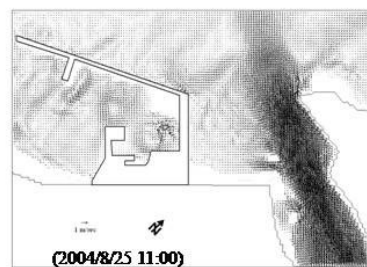
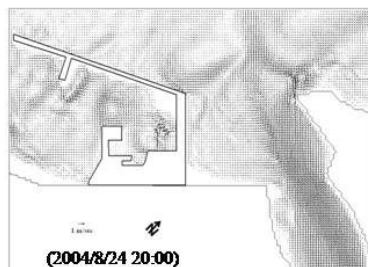
實測水位與計算水位圖(2003/04/16~2003/04/17)



41

艾利颱風演算結果

-艾利颱風河口流況

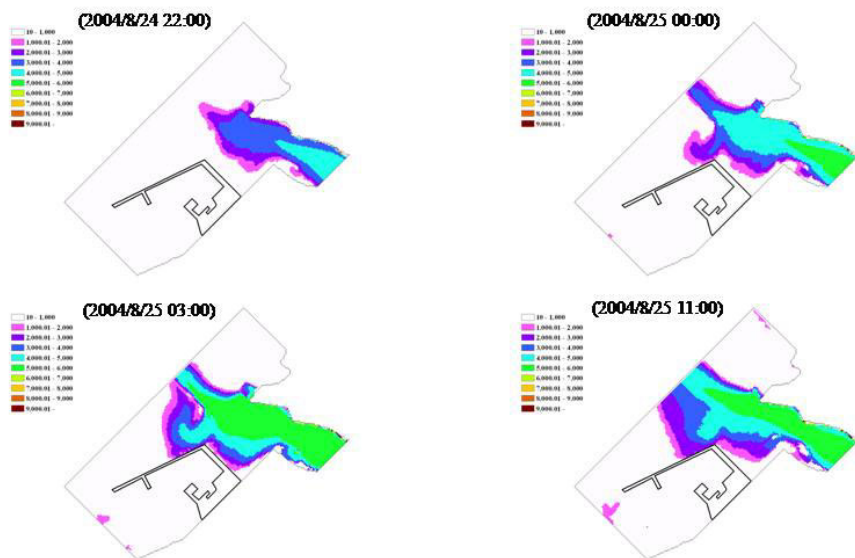


臺北港鄰近海域及淡水河河口數值等高線圖

42

艾利颱風演算結果

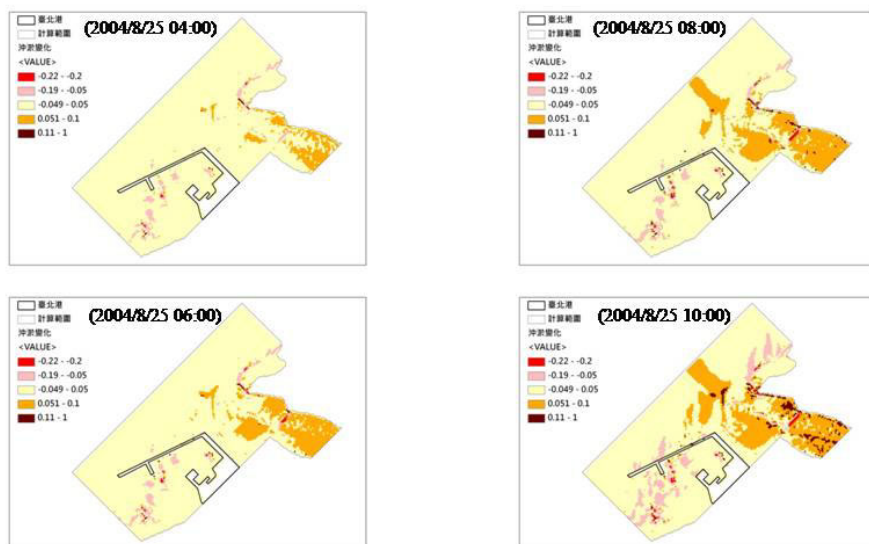
-浮載濃度分佈(艾利颱風)



43

艾利颱風演算結果

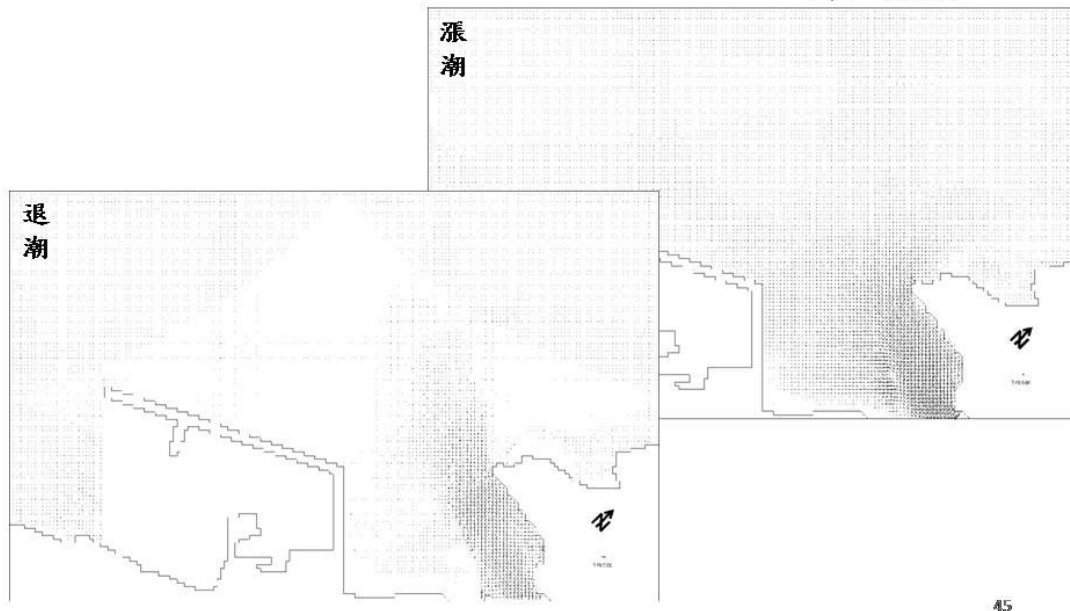
-河口沖淤變化(艾利颱風)



44

重現期100年豪雨演算結果

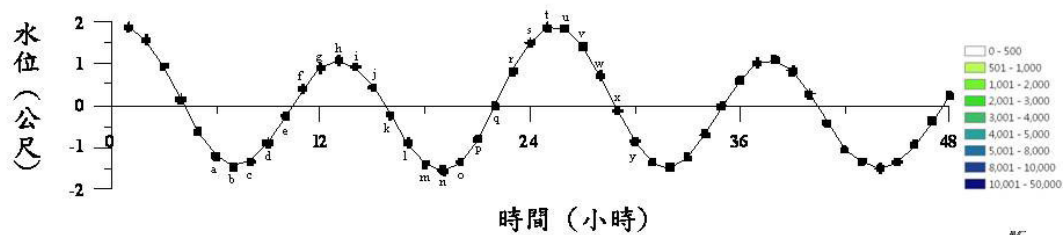
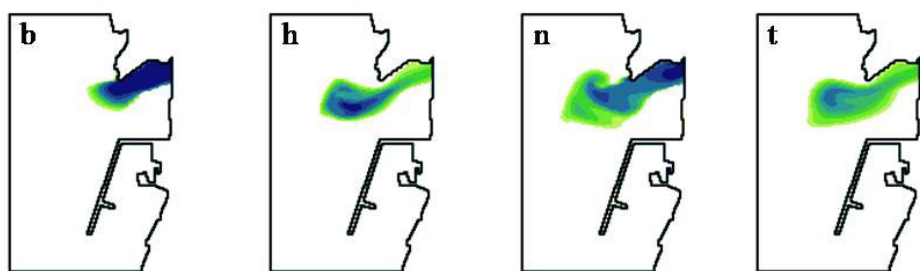
-河口流況



45

重現期100年豪雨演算結果

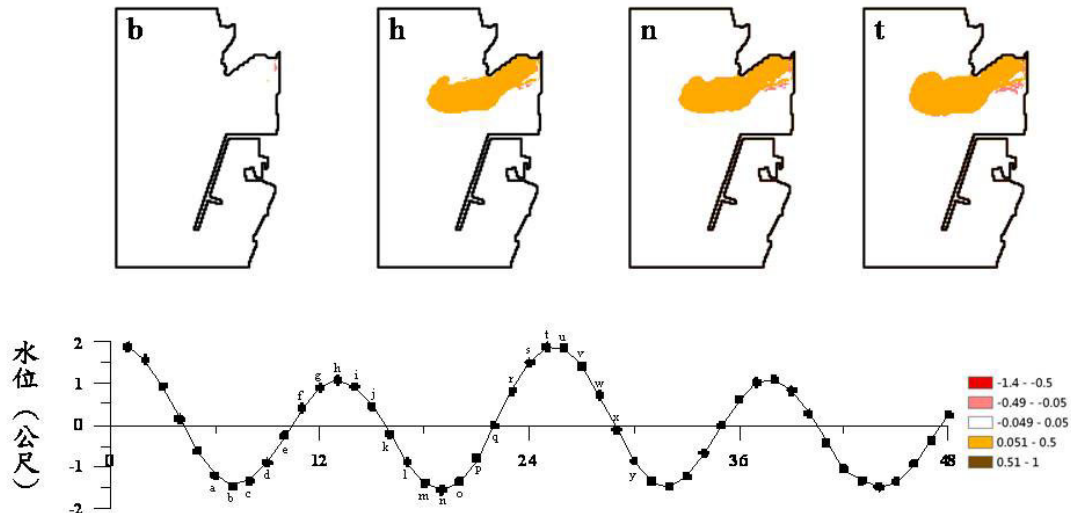
-浮載濃度分佈



46

重現期100年豪雨演算結果

-河口沖淤變化



47

海流影響評估

- 海域北邊邊界附近會形成渦流現象。
- 在漲潮時在臺北港防波堤終端處也形成渦流現象。
- 外加海流會加大向內陸之漲潮流速，在斷面0處會造成較大之流速差。
- 本計算案例因初步探討洋流對河口海域之影響，未考慮因南北邊界潮時差所造成之潮流影響，初步之計算結果顯示洋流只在漲潮時對河口海域有較明顯之影響。

48

海流影響評估

考慮海流

未考慮海流

漲潮

退潮

49

海流影響評估

漲潮

50

淤積改善方案

- 艾利颱風及重現期100年洪水之演算結果可知主深槽流速及懸浮載濃度均明顯較高，故本計畫建議以疏浚主深槽加大其容量，以使懸浮載輸向海域，減少淤積。
- 疏浚之效率應進行洪水期間及其後數日之沖淤演算評估之。

51

結 論

- 洪水時，淡水河河口主深槽之流速明顯高於自然保護區，主流向沿主深槽向外海，水流在經過淡水河河口後(淡水第二漁港)，水流方向會向西南偏移。
- 懸浮載濃度分佈方面，主深槽之懸浮載濃度最大，流經挖子尾保護區及淡水第二漁港後，沒有考慮海流之影響時，懸浮載沿淡水河主流方向向外延伸輸運，偏西南擴散，並受臺北港北防波堤之限制。
- 河口沖淤變化方面，懸浮載主要淤積在淡水河主河道及主河道向外延伸，河口淤積隨主河道懸浮載濃度變大而增加。在河口挖仔尾處，因河道在此束縮，所以流速加快而產生沖刷。

52

結 論

- 在外加海流時，臺北港防波堤終端處在漲潮時會形成渦流現象，河口0斷面附近，海流之影響較為明顯，其餘影響較小。
- 因感潮河段及海域可供檢定之流場觀測資料較少，未能作更詳盡之檢定，但由演算結果之分析及河口潮位比較，顯示尚屬合理，應可整合地文性土壤沖淤模式及二維地形變遷模式分析淡水河感潮段及相鄰海域之沖淤現象。

53

建 議

- 因目前沖淤資料為間隔半年之地形測量結果比較，而颱風過後之河口懸浮載可長達數日尚未沈積，且平時潮流量可達2000CMS以上，故建議演算含颱風在內之長期河口海域地形變遷，分析豪雨洪水挾運泥砂之沖淤與平時天文潮進出之沖淤影響，檢討河口及感潮段之地形變遷因子。
- 因主深槽為主要之洪水流量及懸浮載輸運範圍，建議疏浚主深槽以集中水流向外海輸運懸浮載，改善淤積現象，此一疏浚之效率應進行洪水期間及其後數日之沖淤演算評估之。
- 因臺北港建港後之河口地形已有改變，應可進一步以未建港前之數值高程資料，模擬臺北港建港前之河口海域狀況，比對臺北港對淡水河河口海域之影響。

54