

96-61-7275
MOTC-IOT-95-H2EB001

95 年臺北港水理海岸地形變遷 數值監測模式研究



交通部運輸研究所
國立臺灣大學
合作辦理

中華民國 96 年 4 月

96-61-7275
MOTC-IOT-95-H2EB001

95 年臺北港水理海岸地形變遷 數值監測模式研究

著者：廖慶堂、丁肇隆、林銘崇
許泰文、蕭松山、何良勝

交通部運輸研究所
國立臺灣大學
合作辦理

中華民國 96 年 4 月

96

95年臺北港水理海岸地形變遷數值監測模式研究

交通部運輸研究所

GPN :
定價 元

95 年臺北港水理海岸地形變遷數值監測模式研究

著 者：廖慶堂、丁肇隆、林銘崇、許泰文、蕭松山、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 96 年 4 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 30 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價： 元

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：95 年臺北港水理海岸地形變遷數值監測模式研究			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號 96-61-7275	計畫編號 95-H2EB001
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：廖慶堂 聯絡電話：04-26587124 傳真號碼：04-26560661	合作研究單位：國立臺灣大學 計畫主持人：丁肇隆 研究人員：林銘崇、許泰文、蕭松山 地址：臺北市羅斯福路四段 1 號 聯絡電話：02- 33665738		研究期間 自 95 年 5 月 至 95 年 11 月
關鍵詞：臺北港、短期性、海岸保護、數值模式			
摘要： 由於以往臺北港相關地形變遷數值模擬多為長期海岸變遷研究，較少針對建港細部過程進行局部及短期性港址附近及對鄰近地區海岸地形變化的研究，以提供建港單位即時性建議及防治對策。因此本計畫主要針對臺北港附近短期性水域漂砂傳輸變化情形加以模擬計算，並就其模擬結果進行分析與評估，以因應臺北港興建後短期性可能引起對鄰近海岸地形變化，依其海岸保護對策評估其海岸防治效益，以提供將來相關單位制訂海岸防治策略之參考。 本計畫將分別探討臺北港北防波堤完成垂直段完成期間前後之地形變遷分析，以探討淡水河口北岸至臺北港北防波堤間地形變遷特性，並利用地形監測資料進行模式驗證，並計算模式時間比尺。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
96 年 4 月	194		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【限】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: Numerical Calculation of the Topography Change in Coastal Area near Taipei Harbor: Fiscal Year 2006			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER 96-61-7275	PROJECT NUMBER 95-H2EB001
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ho Liang-sheng PROJECT STAFF: liaw Ching-tarng. PHONE: (04) 26587124 FAX: (04) 26560661			PROJECT PERIOD FROM May 2006 TO November 2006
RESEARCH AGENCY: National Taiwan University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ting Chao-lung PROJECT STAFF: Lin Ming-chung, Hsu Tai-wen, Hsiao Sung-shan ADDRESS: No.1, Sec. 4, Roosevelt Road, Taipei, 10617 Taiwan PHONE: (02) 33663366			
KEY WORDS: Taipei harbor ; short-term period ; coastal protection ; numerical model			
ABSTRACT: In the past, most numerical simulations of the topographical change in coastal area near Taipei harbor were long-term predictions with the presence of the harbor. Very few past research considered the effect of partial harbor constructions on topography change in a short-term period which maybe important information to harbor builder. This project is to establish a numerical model to predict the impact of the built harbor structure on topography changes during the construction period .The numerical results can also be used to evaluate the efficiency of coastal protection. Furthermore, it can provide government as a reference to protect coasts. The topography changes for the cases with and without the north breakwater structure were considered to examine the characteristics of the topography change in the coastal area from the north coast of Danshui river to the north breakwater of Taipei harbor. Also use the field measurements to verify the numerical model and to calculate the model time scale.			
DATE OF PUBLICATION April 2006	NUMBER OF PAGES 194	PRICE	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

中文摘要表	I
英文摘要表	II
目錄	
圖目錄	
表目錄	VIII
第一章、前言	1-1
第二章、基本資料蒐集分析	2-1
2.1、臺北港建港歷程分析	2-1
2.2、氣象	2-8
2.3、海象	2-17
2.4、地質	2-36
2.5、海岸漂砂	2-38
2.6、相關計畫文獻	2-40
第三章、淡水河口水文及地形變化	3-1
3.1、潮汐	3-2
3.2、水位	3-3
3.3、流速	3-8
3.4、河川輸砂	3-10
3.5、淡水河口河道地形變化分析	3-13
第四章、海岸地形變遷分析	4-1

4.1、歷年監測水深資料分析	4-1
4.2、分區海岸地形變化分析	4-27
第五章、海岸地形變遷數值模式.....	5-1
5.1、平面波場計算模式.....	5-1
5.2、平面流場計算模式.....	5-6
5.3、漂砂量估算模式	5-12
5.4、平面海底地形變化模式	5-13
5.5、計算流程	5-14
5.6、模式驗證	5-16
第六章、結論與建議.....	6-1
6.1、結論	6-1
6.2、建議.....	6-1
參考文獻.....	參-1
附錄	附-1
期中報告審查意見處裡情形表.....	附-2
期末報告審查意見處裡情形表.....	附-6
期末簡報.....	附-12

圖目錄

圖 2-1	臺北港分期發展平面圖.....	2-3
圖 2-2	臺北港二期工程平面配置圖.....	2-4
圖 2-3	離岸物流倉儲區平面配置及工程分期圖.....	2-7
圖 2-4	臺北港 85 年~94 年各季及全年風速、風向玫瑰圖.....	2-12
圖 2-5	影響台灣地區颱風路徑分類統計圖(1897~2005).....	2-13
圖 2-6	侵台颱風登陸地點統計圖(1897~2005).....	2-14
圖 2-7	臺北港 85~94 年波高波向統計玫瑰圖.....	2-22
圖 2-8	各單位海潮流測量點位圖.....	2-25
圖 2-9	臺北港 85~94 年各季及全年海流玫瑰圖.....	2-30
圖 2-10	臺北港海岸鄰近區域地質圖.....	2-37
圖 3-1	淡水河下游出海口衛星空照圖.....	3-1
圖 3-2	淡水河河道水深與水位關係對照圖.....	3-4
圖 3-3	淡水河河到斷面圖.....	3-6
圖 3-4	淡水河系河川流速變化分析圖.....	3-8
圖 3-5	底質採樣分析測點位置示意圖.....	3-12
圖 3-6	各測點底質採樣粒徑分析結果.....	3-12
圖 3-7	淡水河河道斷面民國 87~91 年地形變化比較圖.....	3-15
圖 3-8	淡水河口民國 70~91 年海軍水道圖平面地形變化比較圖.....	3-18
圖 3-9	淡水河口 1978-1994 年變遷圖.....	3-19
圖 3-10	臺北港興建前淡水河口衛星影像圖.....	3-21
圖 3-11	臺北港興建過程淡水河口衛星影像圖.....	3-21

圖 4-1	臺北港海域 85.5~86.5 地形變化平面侵淤分佈.....	4-2
圖 4-2	臺北港海域 86.5~87.7 地形變化平面侵淤分佈.....	4-3
圖 4-3	臺北港海域 87.7~87.10 地形變化平面侵淤分佈.....	4-4
圖 4-4	臺北港海域 87.10~88.6 地形變化平面侵淤分佈.....	4-5
圖 4-5	臺北港海域 88.6~88.10 地形變化平面侵淤分佈.....	4-6
圖 4-6	臺北港海域 88.10~89.5 地形變化平面侵淤分佈.....	4-7
圖 4-7	臺北港海域 89.5~89.10 地形變化平面侵淤分佈.....	4-8
圖 4-8	臺北港海域 89.10~90.5 地形變化平面侵淤分佈.....	4-9
圖 4-9	臺北港海域 90.5~90.10 地形變化平面侵淤分佈.....	4-10
圖 4-10	臺北港海域 90.10~91.5 地形變化平面侵淤分佈.....	4-11
圖 4-11	臺北港海域 91.05~91.10 地形變化平面侵淤分佈.....	4-12
圖 4-12	臺北港海域 91.10~92. 09 地形變化平面侵淤分佈.....	4-13
圖 4-13	臺北港海域 92.09~92. 11 地形變化平面侵淤分佈.....	4-14
圖 4-14	臺北港海域 92.11~93. 05 地形變化平面侵淤分佈.....	4-15
圖 4-15	臺北港海域 93.05~93. 10 地形變化平面侵淤分佈.....	4-16
圖 4-16	臺北港海域 92.11~93. 10 地形變化平面侵淤分佈.....	4-17
圖 4-17	臺北港海域 93.10~94. 05 地形變化平面侵淤分佈.....	4-18
圖 4-18	臺北港海域 94.05~94. 10 地形變化平面侵淤分佈.....	4-19
圖 4-19	臺北港海域 86.5~91.5 地形變化平面侵淤分佈.....	4-25
圖 4-20	臺北港海域 91.10~94.10 地形變化平面侵淤分佈.....	4-26
圖 4-21	臺北港海域分區地形侵淤平面分佈圖.....	4-29
圖 4-22	「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業 九十四年總結報告書」侵淤量計算分區圖.....	4-32
圖 5-1	流場邊界條件關係圖.....	5-10

圖 5-2 海底底質活動守恆原理關係圖.....	5-14
圖 5-3 模式發展、校正、驗證及模擬流程示意圖.....	5-15
圖 5-4 86 年 5 月至 91 年 5 月實測地形水深比較.....	5-17
圖 5-5 冬季 NNE 向季風波浪平面波場模擬圖.....	5-21
圖 5-6 民國 93 年起始地形 NNE 向季風波浪之近岸流場圖.....	5-22
圖 5-7 夏季 WNW 向季風波浪平面波場分佈圖.....	5-23
圖 5-8 WNW 向季風波浪之近岸流場圖.....	5-24
圖 5-9 驗證方案一數值時間兩年後海岸地形變化侵淤分佈圖.....	5-25
圖 5-10 驗證方案二數值時間兩年後海岸地形變化侵淤分佈圖.....	5-26
圖 5-11 冬季 N 向季風波浪平面波場模擬圖.....	5-27
圖 5-12 N 向季風波浪之近岸流場圖.....	5-28
圖 5-13 驗證試驗數值時間兩年後海岸地形變化侵淤分佈圖.....	5-29

表目錄

表 2-1	臺北港分期發展計畫期程劃分表.....	2-5
表 2-2	離岸物流倉儲區分期計畫表.....	2-6
表 2-3	中央氣象局淡水測站長期（1971~2000）氣候統計表.....	2-9
表 2-4	中央氣象局淡水測候站民國 82~91 年氣象資料統計結果....	2-10
表 2-5	中正橋水文站歷年(1977~2001)降雨量統計成果表.....	2-11
表 2-6	歷年各季風速觀測平均風速及分布統計表.....	2-15
表 2-7	歷年月平均風速及 10 分鐘平均風速極值統計表.....	2-16
表 2-8	臺北港 85~94 年波浪觀測分季示性波高平均及分佈統計.....	2-19
表 2-9	臺北港 85~94 年波浪觀測分季示性週期分佈統計.....	2-20
表 2-10	臺北港 85~94 年波浪觀測分季波向分佈統計.....	2-20
表 2-11	歷年示性波高月平均、極值及對應週期波向統計表.....	2-21
表 2-12	臺北港各回歸週期之颱風波浪推算表.....	2-24
表 2-13	海潮施測時間、地點分佈表.....	2-26
表 2-14	臺北港 85~94 年海流觀測分季平均流速及分佈統計.....	2-28
表 2-15	臺北港 85~94 年海流觀測分季流向分佈統計.....	2-29
表 2-16	歷年海流觀測月平均、極值及對應流向統計表.....	2-31
表 2-17	竹圍潮位觀測站 81 年至 83 年調和分析成果表.....	2-33
表 2-18	淡水第二漁港潮位觀測站 82 年至 84 年調和分析成果表.....	2-34
表 2-19	臺北港潮汐 2003 年全年實測潮位調和分析成果.....	2-35
表 2-20	臺北港海域潮位基準表.....	2-36
表 3-1	淡水河感潮段各驗潮點之潮位與潮差表.....	3-2

表 3-2	淡水河流域各水文測站月平均水位統計表.....	3-3
表 3-2	淡水河流域各水文測站月平均水位統計表.....	3-3
表 3-3	淡水河流域各水文測站年平均水位統計表.....	3-3
表 3-4	2000 年~2002 年間淡水河系颱風期水位一覽表.....	3-7
表 3-5	淡水河下游河道流速分析表.....	3-9
表 3-6	淡水河平均輸砂量估算表.....	3-11
表 4-1	歷年地形水深監測辦理時間表.....	4-1
表 4-2	北防波堤 0k+000m~1k+510m 完工後鄰近海岸地形變化..	4-30
表 4-3	「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業 九十四年總結報告書」全區侵淤量計算表.....	4-33
表 4-4	臺北港海域各分區侵淤量比較表.....	4-36
表 5-1	驗證方案表.....	5-18
表 5-2	數值條件表.....	5-18
表 5-3	臺北港鄰近海岸地形變遷數值條件輸入表.....	5-20

第一章 前言

海岸地形變遷之影響因素錯綜複雜，包含海象條件、地質地形條件、海岸開發及結構物闢建等，都是直接影響的因素。臺北港位於淡水河口出海口南岸之八里地區砂質海岸，防波堤深入海中千餘公尺，改變原來的波浪場與流場，破壞原先海岸漂砂平衡機制造成附近海岸地形顯著變遷；加上淡水河為北部地區最重要且流域最大的河川，輸砂量相當可觀，海岸漂砂加上河川輸砂雙重作用及長短期的季節性海象變化，更添加此問題之複雜性。

在臺北港第一期工程進行中，由於巨量抽砂回填影響海岸地形自然變化，造成鄰近海域漂砂及侵淤現象；臺北港北外廓防波堤以北至淡水河口南岸間之海岸，因淡水河之輸砂、沿岸漂砂及北外廓防波堤之阻擋效應，已成為顯著之淤沙區。加上臺北港工程持續進行中，影響地形變遷的工程因素不斷改變，未來在物流倉儲區開始興建後，將使得臺北港防波堤更突出於海岸線，上游淤砂區淤積情形將會變得更嚴重。

有關臺北港附近海域之地形變遷數值分析，本所曾於 92-94 年度間應用 DHI 所開發之海岸數值模式 MIKE-21 軟體，進行長期性大範圍的數值監測模式研究。但由於臺北港工程持續進行中，影響地形變遷的工程因素持續存在，實有必要針對臺北港附近之局部及短期性海岸地形變化現象加以分析探討，以提供臺北港即時性的建議及防治對策。因此，本項工作主要針對臺北港附近短期性水域漂砂傳輸變化情形加以模擬計算，並就其模擬結果進行分析與評估，以因應臺北港興建後短期性可能引起對鄰近海岸地形變化，依其海岸保護對策評估其海岸防治效益，以提供將來相關單位制訂海岸防治策略之參考。而本年度本項工作主要進行臺北港附近海域歷年地形調查資料之分析比對，同時初步進行數值監測模式之建立與驗證工作。

本計畫將探討臺北港擴建規劃前後水文及地形變遷之特性分析，及淡水河口北岸至臺北港北防波堤短期性地形變遷淡水河北岸至臺北港北防波堤地形變遷。參考臺北港歷年建設期程，利用海岸地形監測資料，以及有關淡水河口相關研究成果，探討淡水河口至北防波堤間水文及地形變化情形。報告內容除探討上述海岸變遷分析，並利用數值模式驗證以往地形水深監測成果，計算數值時間比尺。

第二章 基本資料蒐集分析

2.1 臺北港建港歷程分析

臺北港自民國 82 年第一期工程開工建港以來，目前正執行第二期工程第二個五年建設計畫，港區目前建設狀況如圖 2-1 所示，第一期工程完成北外堤垂直海岸堤段 1,510m，及南外堤 650m；第二期工程第一個五年計畫期間，為儘速建構完整港域，使港內水域獲得有效遮蔽，基港局另案辦理「臺北港外廓防波堤興建工程計畫」，自 87 年 2 月動工興建南防波堤 500m 及南內堤 290m、北外廓堤向外延伸 200m 拋石堤後，轉折朝 W26° S 向續建 849m 拋石堤、1,436m 沉箱堤，以及 463.77m 之北內堤，全部工程已於 91 年 8 月完工。

為增加航道遮蔽長度，進一步提高港內水域靜穩，落實貨櫃中心 BOT 案之政府承諾事項，基港局於北防波堤段接續辦理「北外廓防波堤延伸工程計畫」，擬自北外堤堤頭繼續沿原方向延建沉箱堤 1,275m，已於定 94 年底完工。

臺北港後續建設計畫，依行政院 91.11.22 院臺交字第 0910058363 號函核定「臺北港整體規劃及未來發展計畫(九十一年至九十五年)」(九十六年至一百年整體規劃正辦理中)，臺北港工程計畫分為第一期、第二期、第三期及遠程發展計畫，各項建設計畫之期程劃分詳表 2-1 所示，各期計畫範圍如圖 2-2 所示，黃色區域之第一期工程計畫已於民國 87 年底完工；粉紅色區域即目前正在執行之第二期工程計畫，目標年為民國 100 年；綠色區域為第三期工程計畫，目標年為民國 110 年；橘色區域為遠期發展計畫，將配合民國 111 年以後之運量成長逐步擴建；灰色區域之離岸物流倉儲區，則另專案辦理，不列入分期計畫中。

與海岸地形變遷及水文特性影響主要為外廓設施的建設，未來臺北港建設中包含外廓設施建設計畫主要為第二期工程計畫中之南外廓防波堤及護岸設施工程計畫，以及離岸物流倉儲區圍堤造地計畫，分

別說明如下：

2.1.1 臺北港二期工程南外廓防波堤及護岸工程

基港局為及早完成臺北港安全泊靠水域，以及整建相鄰海岸環境，擬於 95 年度辦理本工程，目前已完成設計工作，即將辦理招標及監造委託工作。未來二期南外廓設施完成後，將有助於改善本工址水域靜穩度。該工程平面圖如圖 2-2 所示，主要項目內容如下：

1. 第二期南外廓防波堤興建工程

為因應親水遊憩區海岸及東 17~20 號公務碼頭區之提前開發，並及早構成完整封閉水域，基港局擬自第一期工程南防波堤根南側海岸約 2,500m 處，垂直岸線(N26°W)向外海興建 1,550m 之第二期南外廓防波堤，至水深 CD.-10m 處。

2. 北淤沙區海堤第一期興建工程

本期工程擬距北外堤堤根北岸 250m 處，平行北外堤方向興建 250m 海堤，再轉 W26°S 向興建臨時圍堵海堤 250m 與北外堤 0k+210

圖 2-1 臺北港分期發展平面圖



圖 2-2 臺北港二期工程平面配置圖

表 2-1 臺北港分期發展計畫期程劃分表

階段別		期程(民國)	年數
第二期 工程計畫	第一個五年計畫	85 年 7 月～92 年 12 月	7.5 年
	第二個五年計畫	91 年元月～95 年 12 月	5 年
	第三個五年計畫	96 年元月～100 年 12 月	5 年
第三期工程計畫		101 年元月～110 年 12 月	10 年
遠期發展計畫		111 年元月以後	

資料來源：交通部基隆港務局「臺北港整體規劃及未來發展計畫(九十一年至九十五年)」，中華民國九十二年二月。

處銜接，並抽取北側海岸淤沙填築約 6 公頃新生地，規劃為防風林及交通服務區。

3.親水遊憩區護岸第一期工程

配合二期南外堤興建時程，於下罟子船澳南堤至二期南外堤址間進行護岸、海岸修整與綠美化工程，以配合未來臺北港特定區之濱海遊憩區整體開發。

4.其他附屬工程

施工期間之鄰近海域海氣象觀測調查、港區環境品質監測，以及敦親睦鄰措施等相關配合零星工程。

2.1.2 離岸物流倉儲區填海造陸工

近年來大臺北都會區相關重大公共建設陸續推動，每年產生數百萬方之工程剩餘土。而大臺北地區地狹人稠，陸域棄土地點均面臨用地取得困難、交通擁擠、民眾抗爭等問題，以致對工程剩餘土處理問題尚無具體之長期解決對策。臺北商港西碼頭區外側之物流倉儲區所圍水域面積約 330 公頃，需回填土方約 7,260 萬方，工程規模龐大。由於該區填地土方不足，如可結合營建署之『營建剩餘土石方處理方案』，利用大臺北地區工程剩餘土進行填築開發，對國家經濟發展及環境保護皆能互蒙其利。因此，臺北市政府乃於民國 85 年先行委託顧

問公司辦理「八里棄土場填海造地(淡水商港物流倉儲區填海造地計畫)工程可行性環境影響評估第一階段」計畫，以期利用工程剩餘土填築開發，規劃工程剩餘土的長期去處。

由於北市府在臺北港商港區範圍內無法執行公權力以推動本填海造地計畫。全案經行政院公共工程委員會多次協調，於民國 88 年 6 月 9 日召開之該計畫推動事宜會議結論第二條第一項，該案之開發單位由臺北市政府轉移為交通部基隆港務局，基隆港務局為主辦單位，臺北市政府、臺北縣政府為協辦。

本計畫位於臺北商港區範圍內，於現有北外堤外側海域進行築堤填海造地工程，海堤總長約 5,325 公尺，海堤所圍水域面積約 338 公頃，可收容土方 7,172 萬 m^3 ，工址目前仍為海域，海床水深約 CD.-7.0m~CD.-20.0m。工址所緊鄰之此外堤內側港域，為臺北港「第一貨櫃儲運中心」，該貨櫃中心工程屬臺北港二期工程範圍，係以港池、航道之浚泥填築，預計於民國 97 年開始陸續加入營運，平面配置如圖 2-3 所示，分期計畫表如表 2-2 所示。

表 2-2 離岸物流倉儲區分期計畫表

計畫分期		第一期	第二期	第三期	第四期
填築範圍		A 區	B 區	C 區	D 區
預定 時程	海堤動工日期	94年元月	100年元月	111年元月	120年元月
	開始填土日期	98年元月	103年元月	113年元月	123年元月
	造地完成日期 ¹	102年12月	112年12月	122年12月	128年12月
	預定填土年限 ¹	5年	10年	10年	6年
計容 畫量	填地面積	48.3公頃	123.2公頃	124.4公頃	42.1公頃
	可收土方容量 ²	860萬 m^3	2,485萬 m^3	2,788萬 m^3	1,039萬 m^3
	計畫年收容量 ²	170~250萬 m^3 /年		300萬 m^3 /年	200萬 m^3 /年

註：1.造地完成日期及預定填土年限將視實際棄填土方量調整之。

2.可收土方容量及計畫年收容量以實方計。

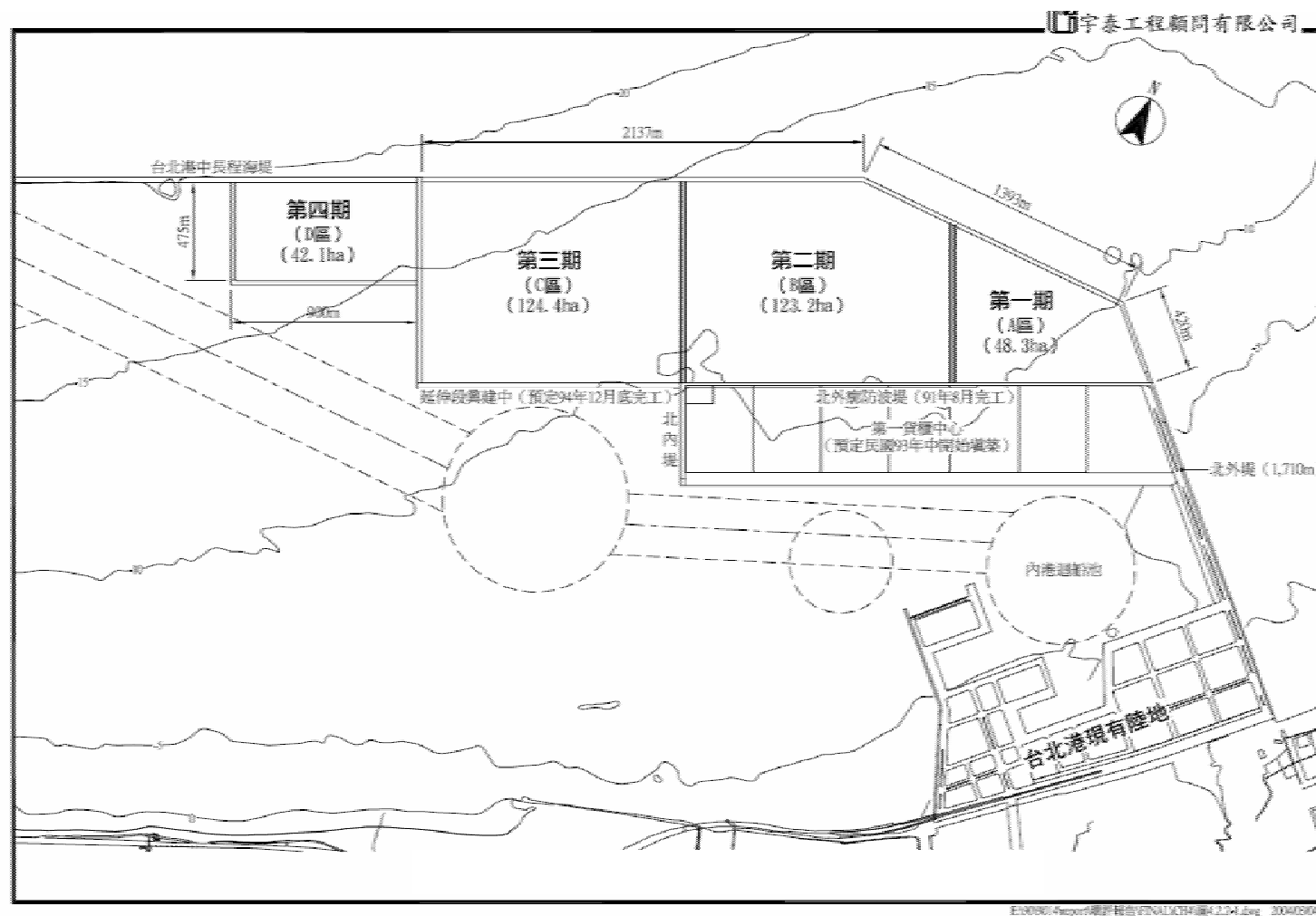


圖 2-3 離岸物流倉儲區平面配置及工程分期圖

2.2 氣象

本計畫引用計畫場址相距最近之中央氣象局淡水測候站長期（1971~2000 年）氣候統計資料，包括氣溫、氣壓、降雨量、降雨日數、相對濕度等資料，如表 2-2 所示；以及近年來（82~91 年）氣象統計資料，包括氣溫、氣壓、降雨量、降雨日數、相對濕度、風向、風速、颱風、蒸發量、日照時數、霧日、雲量、全天空輻射量等資料，如表 2-3 所示，又因蒸發量資料不完整，乃另引用臺北氣候站資料；年最大降雨量資料另引用經濟部水利署中正橋水文測站自民國 66 年至 90 年之統計結果。另參本所民國 85 年至 94 年於臺北港觀測之風力資料，予以統計分析。

2.2.1 氣溫

依淡水測候站歷年氣溫統計資料分析，淡水地區之全年平均氣溫為 22.4℃，而各月之平均溫度在 15.1℃~28.4℃ 之間，以每年 12 月至翌年 3 月溫度較低，平均溫度均低於 20℃，最高平均溫度發生於每年 7、8 兩個月，其平均溫度達 27.7℃ 及 28.4℃。各月平均以每年 12 月至翌年 3 月溫度較低，平均溫度均低於 20℃，最高平均溫度發生於每年 7、8 兩個月，其平均溫度達 28.8℃ 及 28.5℃。歷年來最高氣溫發生於 7 月，達 33.3℃；最低氣溫則發生於 1 月，達 12.3℃。

2.2.2 氣壓

歷年之年平均氣壓為 1,011.4hPa，月平均氣壓在 1,003.4hPa~1,019.1hPa 之間。

2.2.3 降雨量及降雨日數

中央氣象局淡水測站長期氣候觀測淡水站之平均年降雨量為 2119.6mm，各月份之平均月降水量在 101.6mm~230.6mm 之間，其中

以 6 月份月降雨量最高，12 月份最低，一日最大降雨量達 389.5mm。另統計淡水測候站之年平均降雨日數(0.1mm)約 163 天，為一相當多雨之地區。每月之降雨日數以春冬兩季較高，平均每月均高於 13 日；全年中以 7 月份之降雨日數較少，僅 9 日，1 月及 3 月份之降雨日數最高。

表 2-3 中央氣象局淡水測站長期（1971~2000）氣候統計表

項目	降雨量	降雨日數	平均氣溫	相對濕度	最高氣溫	最低氣溫
單位	毫米	天	攝氏度	百分比	攝氏度	攝氏度
1 月	120.5	17	15.1	83	18.6	12.3
2 月	173.5	16	15.3	84	18.8	12.6
3 月	192.2	17	17.3	85	21.1	14.4
4 月	178.3	14	21.2	83	25.2	18
5 月	219.5	15	24.3	83	28.2	21.2
6 月	230.6	12	27	82	31	23.9
7 月	147.6	9	28.8	78	33.3	25.4
8 月	215.1	11	28.5	78	33	25.2
9 月	223.5	12	26.7	78	31	23.6
10 月	185.5	13	23.7	78	27.5	20.8
11 月	131.7	14	20.4	79	23.7	17.6
12 月	101.6	13	17	80	20.5	14
合計	2119.6	163	22.1	80	26	19.1
統計期間	1971-2000	1971-2000	1971-2000	1971-2000	1971-2000	1971-2000

資料來源：中央氣象局

另依據中正橋水文測站歷年(民國 66 年至 90 年)之統計資料（詳見表 2-4），平均年降雨量為 2,312.4mm，較淡水測候站為高，最大年雨量 4,254.0mm，發生於民國 87 年，最小年雨量 1,552.0mm，發生於民國 84 年；最大月降雨量為民國 90 年 9 月之 1,512.0mm，最小月降雨量為民國 89 年 12 月之 169.0mm。

表 2-4 中央氣象局淡水測候站民國 82~91 年氣象資料統計結果

	氣溫 ℃	氣壓 hPa	相對溼度 %	日照時數 hr.	霧日	雲量 0-10	全天空輻 射量MJ/m ²	降水量 mm	降水日數 days	平均風速 m/s	最多風向 方位
一月	15.1	1,018.5	82	88.5	0.5	6.3	130.9	109.4	16.0	2.3	NE
二月	15.4	1,017.6	83	82.8	1	6.8	137.6	171.7	15.0	2.3	NNE
三月	17.6	1,014.5	83	95.2	1.2	6.6	182.7	174.4	17.0	2.2	NE
四月	24.3	1,011.3	82	106.8	0	7.0	235.8	148.9	14.0	2.0	NE
五月	24.4	1,007.6	79	141.4	0	7.0	298.2	200.1	14.0	2.0	SE
六月	27.2	1,005.1	80	173.5	0	6.5	341.5	203.9	12.0	1.9	SE
七月	27.7	1,003.4	76	235.6	0	5.8	396.7	133.3	11.0	2.1	SE
八月	28.4	1,003.9	76	228.0	0	5.5	380.2	183.3	12.0	2.1	SE
九月	26.3	1,007.1	76	184.7	0	6.8	302.7	283.8	13.0	2.0	SE
十月	23.7	1,012.6	78	145.1	0	6.7	239.4	176.0	13.0	2.3	NE
十一月	20.7	1,016.1	77	121.3	0	6.8	182.3	103.0	13.0	2.4	NE
十二月	17.4	1,019.1	80	89.2	0	7.2	139.7	102.8	14.0	2.6	NE
歷年平均	22.4	1,011.4	79	1,692.1	2.7	6.6	2,967.7	1,990.6	13.5	2.2	—
極端高值 (發生年月)	38.0 (1996/7)	1,071.3 (1995/12)	90 (1998/2)	259.0 (2001/8)	8 (2000/3)	8.2 (2000/2)	467.8 (1993/7)	23.0 (2001/9)	17.0 (1996/7)	16.6 (1994/7)	NE
極端低值 (發生年月)	4.7 (1994/1)	1,001.2 (1999/7)	69 (1999/9)	33.2 (2000/2)	— (2002/8)	4.9 (2002/8)	73.2 (2000/2)	3.0 (1993/7)	11.0 (1996/7)	—	—

資料來源：中華民國 82 年~91 年氣候資料年報 第一部分-地面資料，交通部中央氣象局，民國 83~92 年

註：1. 雲量統計自 89 年至 91 年

2. 淡水測候站經緯度：25°02'22.62"，121°30'24.15"

表 2-5 中正橋水文站歷年(1977~2001)降雨量統計成果表

單位：mm

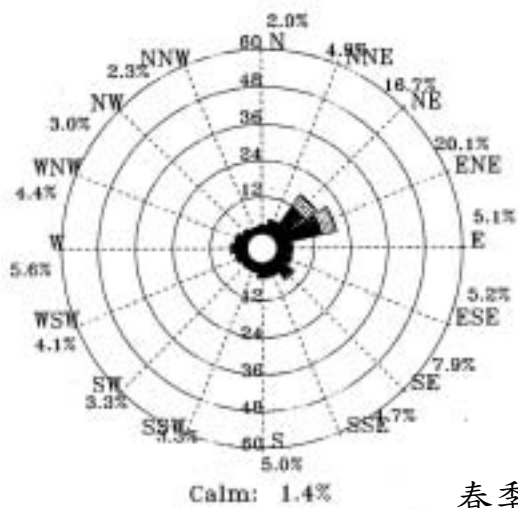
項目 \ 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
平均月雨量	176.3	173.3	180.0	187.3	236.0	313.4	230.0	292.0	333.2	131.9	83.0	70.4
最大月雨量	188.0 (1990)	510.0 (1983)	412.0 (1978)	537.0 (1990)	531.0 (1998)	806.0 (1991)	509.0 (1996)	521.0 (1997)	1,512.0 (2001)	900.0 (1998)	312.0 (2000)	169.0 (2000)
最小月雨量	2.0 (1981)	17.0 (1999)	86.0 (1980)	41.0 (1999)	97.0 (1991)	38.0 (1989)	17.0 (1978)	41.0 (1981)	39.0 (1999)	18.0 (1989)	7.0 (1994)	5.0 (1990)
平均年雨量	最大年雨量		最小年雨量		年一日最大/發生日期		年二日最大/發生日期		年三日最大/發生日期			
2,312.4	4,254.0 (1998)		1,552.0 (1995)		466.0 (2001/9/17)		706.0 (2001/9/17)		918.0 (2001/9/16)			

資料來源：中華民國 90 年台灣水文年報，經濟部水利署，民國 92 年 2 月。

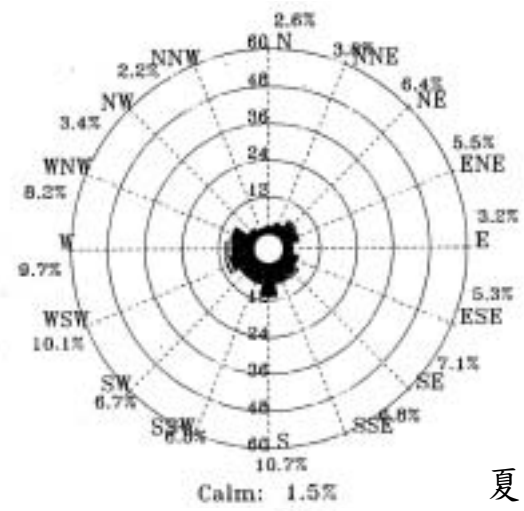
2.2.4 風速及風向

依中央氣象局淡水測候站民國 82~91 年之統計資料（如表 2-3 所示），年平均風速為 2.2m/s，最頻風向為東北風，多發生於秋、冬兩季，夏季則多為東南風，月平均風速則介於 1.9~2.6m/s 之間。

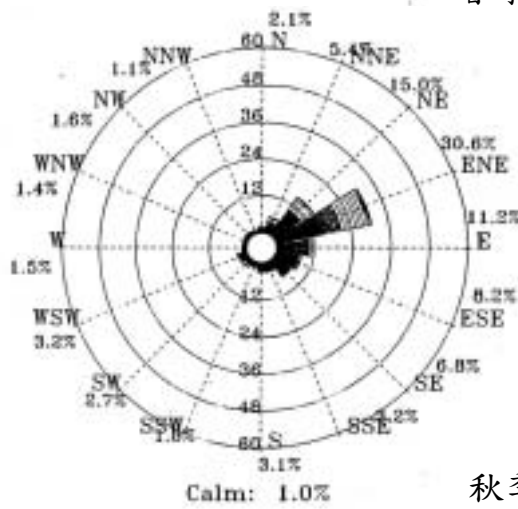
另參考本所「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告中臺北港觀測樁之風力統計資料，繪製成歷年各季及全年風玫瑰圖（如圖 2-4 所示），臺北港於民國 85 年~94 年間，全年之風向主要集中在東北與東北東二個方向，其中 ENE 向最多約佔 22%，NE 向次之約佔 15%，共約佔 37%，其他方向所佔百分比則較小且方位機率分布平均。以季節分布而言，冬季 12 至 2 月風玫瑰圖之型態十分類似，由大陸高氣壓所生之大氣環流掌控，基本上臺北港海域大多為東北風，冬季風向分佈最大比率均落在 ENE 及 NE，單一方位比率皆在三成上下，其次為 NNE、E 向，上述四方位合計約近冬季風向資料之八成，其他方向極少。到了三月開始，季節轉換逐漸進入春季，東北季風減弱，各方位中以 NNE 向為最多，但比率已經降低，其他各方位均有出現。合計春季 ENE 比率最高約 21.4%，其次為 NE，約 16.0%，其他方位也有均勻分佈。夏季則風向多變，各方位分佈均勻，其中以 S 比率最高，佔 11.1%，其次為 WNW、W、WSW，合計以西南來向為最多，合計四方向共佔約 33.4%，



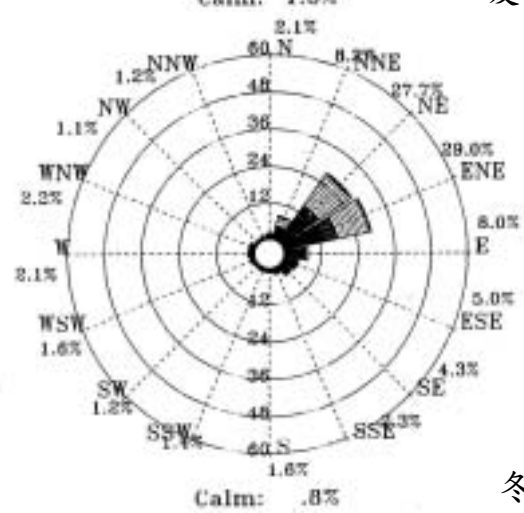
春季



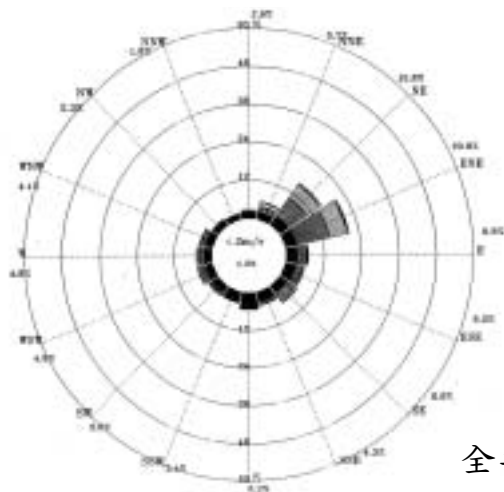
夏季



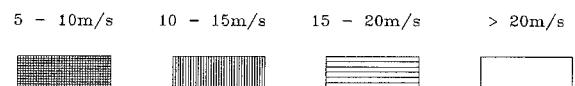
秋季



冬季

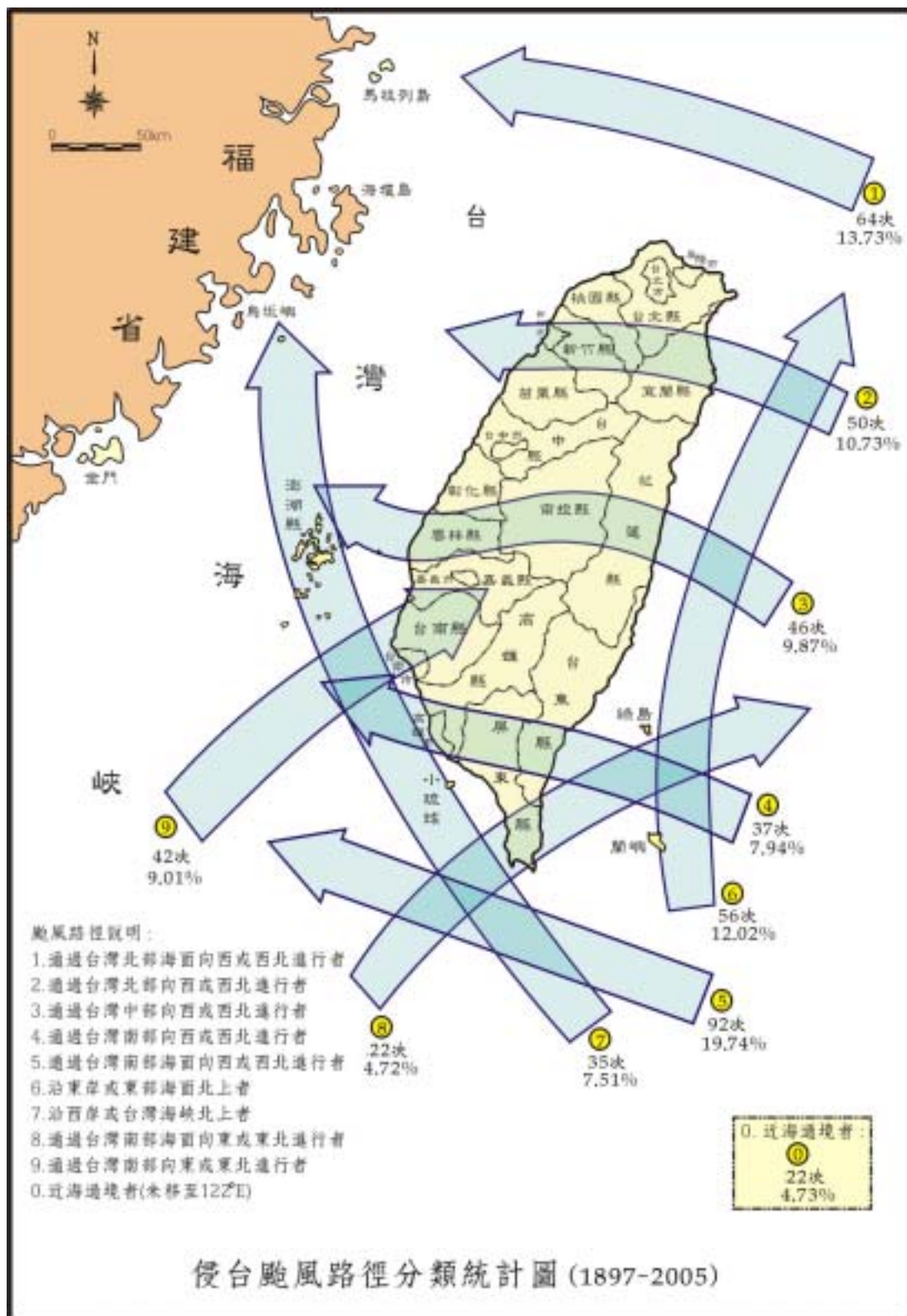


全年



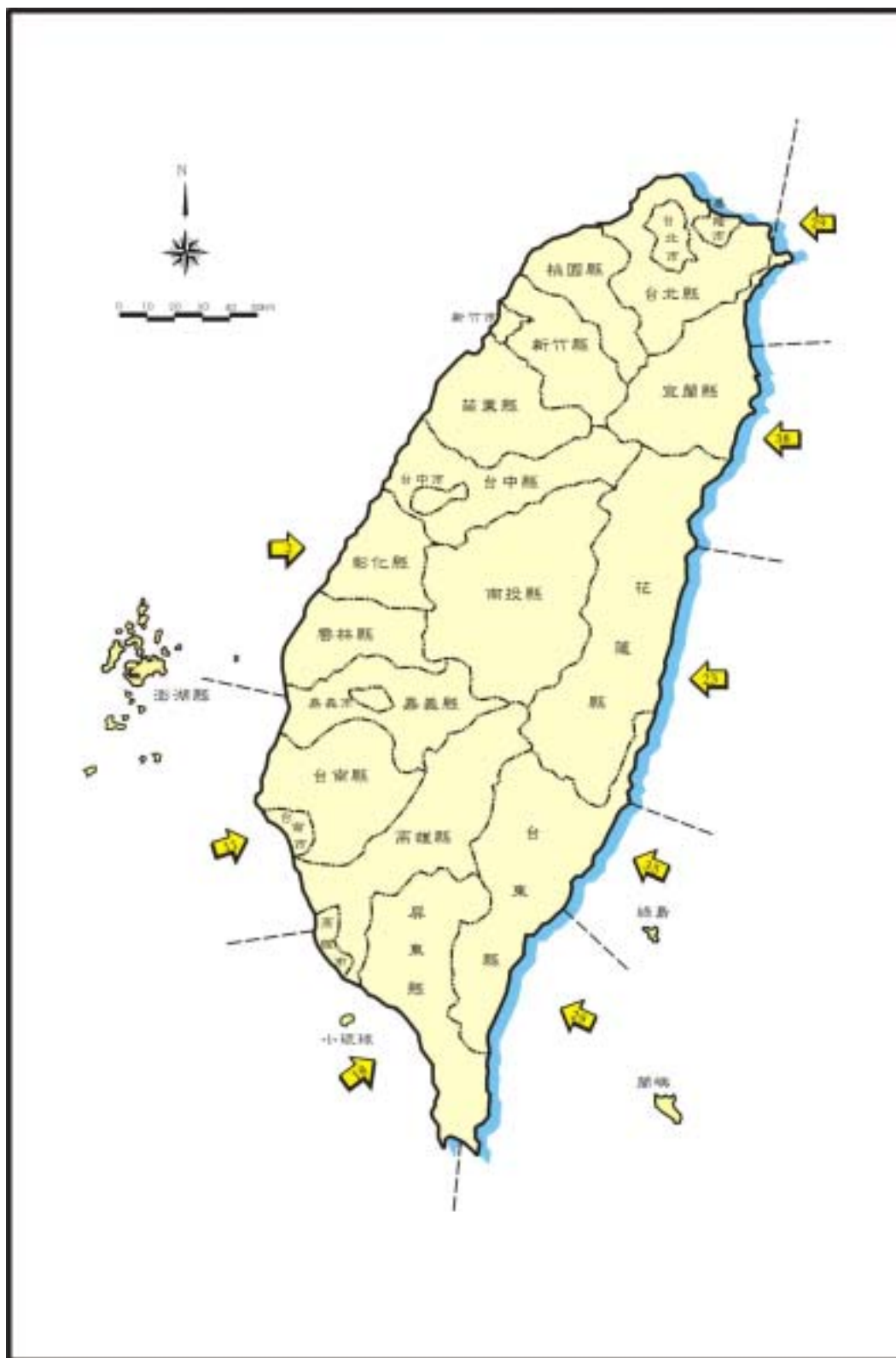
資料來源：「臺北港 (92-94 年) 海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年

圖 2-4 臺北港 85 年~94 年各季及全年風速、風向玫瑰圖



資料來源：1. 颱風分類：中央氣象局網站颱風項目下之專業查詢(<http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>)
 2. 颱風統計：中央氣象局科技研究中心專題研究報告「百年侵臺颱風路徑圖集及其應用」
 [(CWB86-1M-01)，87.6]及氣象局 1997~2005 年颱風資料

圖 2-5 影響臺灣地區颱風路徑分類統計圖(1897~2005)



資料來源：中央氣象局科技研究中心專題研究報告「百年侵臺颱風路徑圖集及其應用」[(CWB86-1M-01)・87.6]
及氣象局 1997~2005 年颱風資料

圖 2-6 侵臺颱風登陸地點統計圖(1897~2005)

但是其餘各方向均有且比率接近，不像東北季節風期間主要風向集中。到了秋季時分，整個風向分佈又如同春季分佈類似，以 ENE 為最高，佔 32.0%，其次為 NE 向約佔 13.4%，再次為 E 向 11.4%，其餘各方位各有少許分佈。

在歷年月平均風速及極值變化統計方面，歷年來各季平均風速及風速分布如表 2-5 所示，而各月平均風速及 10 分鐘平均風速極值統計成果如表 2-6 所示。由上表列可看出臺北港海域之風力，在正常天氣型態下以冬天之平均風最強，風速及風向均較為穩定；而入夏之後太平洋高壓盤踞北太平洋狀況下天氣形態趨於穩定，臺北港海域在逐漸進入西南季風期後，風向開始多變且各方位均有發生。而每年 6 至 7 月初夏期間平均風速雖略降低，但因低緯度海域附近水溫升高，經海、氣交互作用而易生成颱風，往往造成大範圍天氣之劇烈改變，臺灣又位處在西太平洋發生颱風最常侵襲的路徑上，故全年之平均風速極值出現在 8 至 9 月間。

表 2-6 歷年各季風速觀測平均風速及分布統計表

季節	平均風速 m/s	風速<5m/s	風速 5~10m/s	風速>10m/s
春	5.4	53.2%	33.7%	13.1%
夏	4.8	62.6%	29.0%	8.4%
秋	6.8	35.1%	43.7%	21.2%
冬	7.5	29.1%	41.4%	29.5%
平均	6.1	45.5%	36.7%	17.8%

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

2.2.5 颱風

1.侵臺颱風路徑

依據中央氣象局將颱風侵臺路徑劃分為十類(如圖 2-5 所示)，對於本計畫區較具威脅之颱風路徑為第一及第二類路徑，過去 109 年來總計發生 96 次，每年平均發生次數約為 0.88 次。

2.侵臺颱風登陸地點

統計過去 109 年來之颱風，其中登陸臺灣者計有 185 次，佔侵臺颱風之 39.70%。至於登陸地段以宜蘭花蓮間最多，計 38 次，新港臺東間居次，計 35 次，臺東恆春間計 29 次，彭佳嶼宜蘭間為 29 次，花蓮新港間 23 次，恆春高雄間 18 次，高雄東石間 11 次，東石以北之西海岸則只有 75 年 8 月 22 日之韋恩颱風及 91 年 7 月 10 日之納克莉颱風二次，如圖 2-6 所示。

表 2-7 歷年月平均風速及 10 分鐘平均風速極值統計表

月份	10 分鐘平均風 月平均風速 m/s	10 分鐘平均風 極值 m/s	極值風發生時 風向
1	7.5	16.9	NE
2	6.8	17.6	NE
3	5.8	21.8	ENE
4	5.4	17.9	NE
5	4.8	17.0	WNW
6	4.7	20.7	SE
7	4.8	31.5	NE
8	4.8	27.3	NNE
9	6.0	31.8	SE
10	7.3	25.8	NE
11	7.0	26.3	NE
12	8.3	17.9	NE
平均	6.1	31.8	SE

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

2.2.6 相對溼度

淡水測候站歷年之年平均濕度約為 79%，月平均相對濕度在 76%~83%之間，以 2、3 月之相對濕度最高，最小相對濕度則發生在民國 89 年 4 月僅 17%。

2.2.7 霧日

淡水測候站歷年之年平均有霧日數為 2.7 日，多發生於 1~3 月份，以 3 月份發生之有霧日數最多，約 1.2 日。

2.2.8 日照時數

淡水測候站歷年之月平均日照時數在 82.8 小時 235.6 小時之間，以 7、8 月份最高，2 月份最低。

2.2.9 雲量

淡水測候站自民國 89 年至 91 年三年之平均年雲量為 6.6，各月平均值在 5.5~7.2 之間，以 12 月份最高，7、8 月份最低。

2.2.10 蒸發量

臺北測候站自民國 82 年至 91 年之月平均蒸發量在 40.2mm~123.7mm 之間，年平均蒸發量為 940.3mm。

2.2.11 全天空輻射量

淡水測候站歷年之年平均全天空輻射量為 627.7MJ/m，各月平均值在 347.2MJ/m~1,006.8MJ/m 之間，以 7、8 月份最高，12 月、1 月及 2 月最低。

2.3 海象

茲將對本計畫研究對象初步了解，參考用本所辦理之 85~87 年度「淡水港漂砂調查及海氣象與地形變遷監測調查計畫」、88~91 年度「八里、林口海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷四年監測計劃」及「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」總結報告，

以及臺北港相關工程規劃設計報告中針對波浪、流、及漂砂趨勢分析整理如下：

2.3.1 季風波浪

基隆港務局於臺北港建港前民國 80 年 5 月在臺北港預定地附近海域水深 30m 處進行波浪觀測，可得夏季波浪 80%以上波高小於 1.0m，週期則 75%以上集中在 3.5sec~5.5sec 間。另中油公司曾於民國 60 年~61 年間委託國立成功大學於林口、淡水附近海域進行短期波浪觀測，其中民國 61 年 1 月~3 月於淡水外海水深 22.5m 處設置浮球式測波儀進行觀測，此期間 50%以上波浪之波高小於 1.5m，週期則集中 7sec~10sec 間；一般而言，計畫區附近冬季之波高、週期均較夏季為大，此與臺灣北部地區受冬季東北季風影響有關。

臺北港建港後本所自民國 85 年起於臺北港北防波堤外側設置觀測樁，參考「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」總結報告分析民國 85~94 年波浪統計成果，波高季節平均及分佈統計如表 2-9 所示，週期季節平均及分佈統計如表 2-10 所示，波向季節平均及分佈統計如表 2-11 所示，歷年各月示性波高平均值、極值及對應週期、波向統計如表 2-12 所示。茲就波高、週期、波向及示性波高月平均等統計分析分別說明如下：

1. 波高統計方面：

如以臺北港海域 85~94 年間歷年的數據統計分析，臺北港海域全年平均波高為 0.81m。以季節來分，冬季波高最大，平均示性波高為 1.25m，秋季次高，平均示性波高為 0.95m，再次為春季，平均示性波高為 0.71m，夏季波高最小，平均示性波高僅 0.51m。而就波高分佈統計來看，冬季時示性波高小於 1 米者佔 42.1%，1 至 2 米間佔 42.1%，大於 2 米者僅佔 15.8%。秋季時示性波高小於 1 米者佔 64.2%，1 至 2 米間佔 25.9%，大於 2 米者僅佔 10.0%。而春季時示性波高小於 1 米者佔 76.8%，1 至 2 米間佔 20.0%，大於 2 米者僅佔

3.1%。夏季時波高最小，示性波高小於 1 米者佔 90.3%，1 至 2 米間佔 8.3%，大於 2 米者僅佔 1.4%。相關分析結果如表 2-8 所示。

由 85~94 年歷年來波浪資料月別平均示性波高以 1 月之 1.22m 為最高，其次為 2 月之 1.17m 次之。平均示性波高最低的月份是 7 月之 0.37m。值得注意的是夏季平均波高雖然最低，但全年中示性波高極值卻出現在夏、秋兩季，此一特殊現象乃由於特殊天氣系統颱風侵襲的影響。全觀測期間逐時示性波高極值為 8.75m，發生在 1998 年 10 月瑞伯颱風侵襲期間。

表 2-8 臺北港 85~94 年波浪觀測分季示性波高平均及分佈統計

季節	平均波高	Hs<1.0	1.0<Hs<2.0	Hs>2.0
春	0.71m	76.8%	20.0%	3.1%
夏	0.51m	90.3%	8.3%	1.4%
秋	0.98m	62.0%	27.8%	10.3%
冬	1.25m	42.1%	42.1%	15.8%
全期	0.82m	70.6%	20.5%	6.9%

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

2.週期統計方面：

臺北港海域歷年波浪示性週期全年之變化及如各季節週期分佈狀態表 2-9 所示，春夏季期間 3 至 8 月份因吹風風速較低，且風向亦不穩定，導致生成風浪週期較短，多在 6 秒左右；而秋冬季期間 10 月至 2 月份風向穩定，風速亦強，再加上北來風域較不受限制，故對應之波浪週期較長，多在 6-8 秒間變動。週期分佈型態方面基本上秋、冬兩季分佈形態相近，而春季則與夏季相近。

如以統計期間歷年的數據分析研判，夏季之示性分佈小於 6 秒者佔 60.1%，6 至 8 秒為 31.1%，8 至 10 秒為 7.6%，大於 10 秒為 1.3%。冬季波高較夏季為大，週期亦較長，示性週期分佈小於 6 秒者佔 21.6%，6 至 8 秒為 63.7%，8 至 10 秒為 14.4%，大於 10 秒者佔 0.4%。至於春天週期分布狀況較接近夏季，而秋天之分佈則與冬季較接近。

表 2-9 臺北港 85~94 年波浪觀測分季示性週期分佈統計

季節	Ts<6s	6s<Ts<8s	8s<Ts<10s	Ts>10s
春	53.2%	40.7%	5.6%	0.5%
夏	60.1%	31.1%	7.6%	1.3%
秋	31.1%	47.7%	15.8%	2.8%
冬	21.6%	63.7%	14.4%	0.4%
全期	41.4%	45.2%	12.1%	1.3%

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

3.最大波高、相對週期方面：

由臺北港 85~94 年歷年波向統計結果分析（歷年波浪觀測分季波向分佈統計成果如表 2-10 所示），因臺北港海域位於淡水河南岸，海岸線走向以河口為基點，向兩側呈 140 度夾角延伸；如以觀測樁為中心，則由東北方位開始，順時針至西南西向均有陸地屏障，其他方位均為面海方向。因此波冬季波向受東北季風影響多自偏北方來，以 N—E 象限最多，約佔 66.6%，而 W—N 象限約佔 27.3%。夏季波向多自西北方來，以 W—N 象限最多，約佔 47.5%，但 N—E 象限仍約佔 28.3%。

表 2-10 臺北港 85~94 年波浪觀測分季波向分佈統計

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%

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

就全年分布而言，基本上秋、冬、春三季的分佈狀況均與全年趨勢相近似，主要集中於第一象限，且以 N-NE 之間機率最高，其他

方位均少。而夏天之狀態與其他三季不同，主波向以第四象限為最多，其中又以 WNW 機率最高。

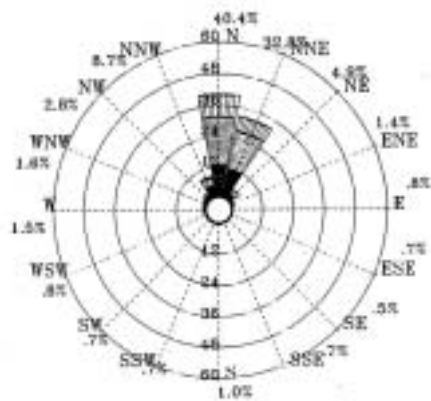
表 2-11 歷年示性波高月平均、極值及對應週期波向統計表

月份	Hs 月平均(m)	Hs 極值(m)	對應週期(s)	對應波向
1	1.29	5.03	9.3	N
2	1.18	4.26	9.0	N
3	0.98	4.16	9.5	N
4	0.69	3.40	8.5	NNE
5	0.54	2.65	7.5	N
6	0.51	2.21	6.3	NNE
7	0.46	4.01	6.3	NNE
8	0.54	6.49	11.5	NW
9	0.88	4.56	11.3	N
10	1.04	8.75	10.3	—
11	1.10	5.97	11.4	N
12	1.18	4.87	6.7	N
平均	0.82	8.75	10.3	—

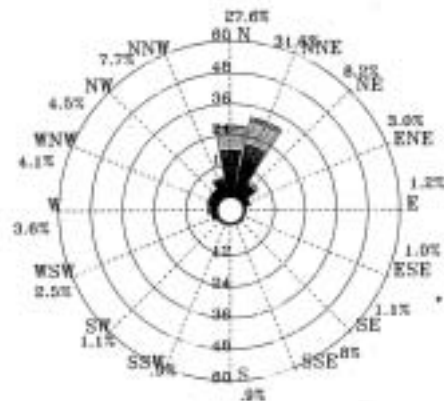
資料來源：「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

4.歷年示性波高月平均及極值與相對週期統計方面：

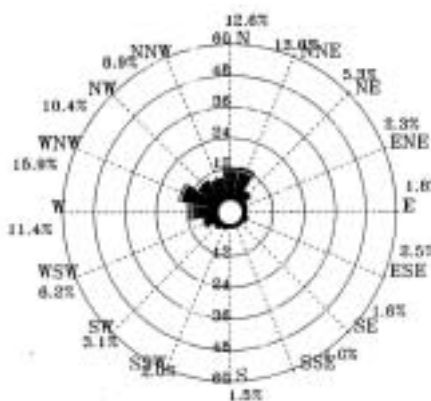
臺北港 85~94 年各月示性波高平均及極值與其相對應週期統計結果如表 2-11 所示。由全年資料觀之，平均波高最小的月份為夏季期間 5-7 月，示性波高平均在 0.5m 以下，其時正值季風轉換期，風力較弱且受波向變化之影響。平均波高最大的季節是冬季，但夏季及秋季常出現全年最大的示性波高值，此一現象肇因於夏季期間常有颱風侵襲臺北港海域所造成，歷年來紀錄之示性波高極值為 8.75m。綜觀四季變化現象，冬季波高最大，示性波高平均在 1.25m，秋季居次，再次為春季，夏季波浪最小，約 0.46m。各季及全年波高波向玫瑰圖如圖 2-7 所示。



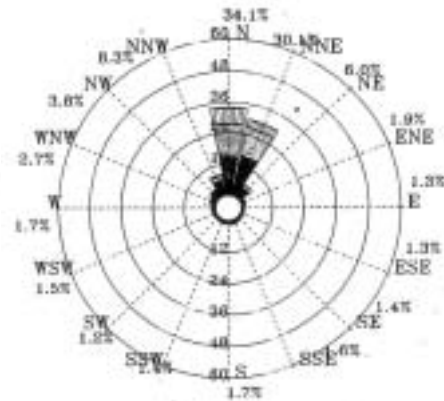
(a) 歷年冬季臺北港測站1波浪玫瑰圖



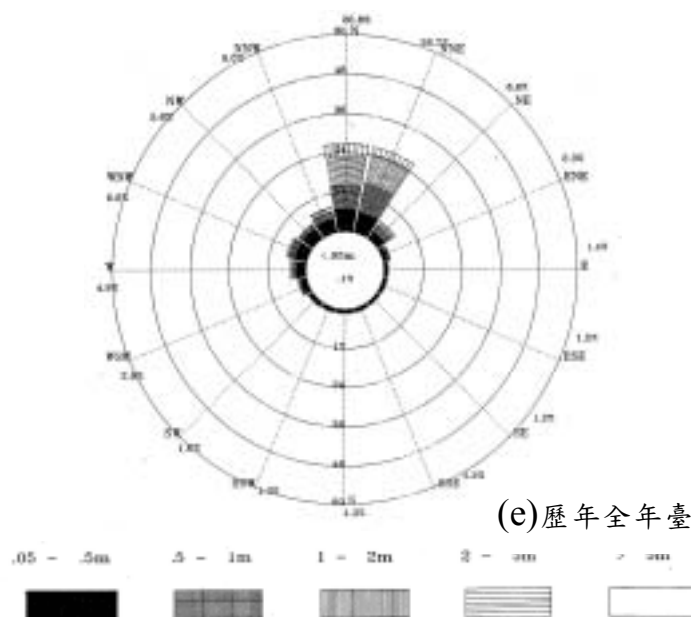
(b) 歷年春季臺北港測站1波浪玫瑰圖



(c) 歷年夏季臺北港測站1波浪玫瑰圖



(d) 歷年秋季臺北港測站1波浪玫瑰圖



(e) 歷年全年臺北港波浪玫瑰圖

圖 2-7 臺北港 85~94 年波高波向統計玫瑰圖

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

2.3.2 颱風波浪

參考基隆港務局委託中華顧問工程司辦理「臺北港第二期工程通盤檢討(北淤沙區、南外廓防波堤、親水遊憩區及東碼頭區公務碼頭等整建工程)環境影響說明書」整理民國 85 年~91 年間所記錄之颱風期間之最大波浪、對應週期、波向及觀測筆數統計表(最大波浪大於 2.5 公尺者)，歷年最大示性波發生在 1998 年 10 月 13 日~17 日瑞伯颱風來襲期間，其最大示性波高為 8.8 公尺，示性週期為 10.3 秒。次為 2001 年 10 月 14 日~17 日海燕颱風來襲期間，其最大示性波高為 6.5 公尺，示性週期為 9.1 秒，波向 N。1997 年溫妮颱風最大示性波高為 6.5 公尺，示性週期為 12 秒，波向 NW。

另依照宇泰工程顧問公司於臺北港工程規劃設計期間為了解八里附近外海之颱風波浪狀況，依井島武士及湯麟武博士之理論模擬推算颱風波浪。以通過 $121^{\circ}20'E$ ， $25^{\circ}13'N$ 為中心，於南北、東西向各兩個經緯度範圍內，且颱風中心氣壓小於或等於 970mb 者，篩選出 97 個(1940~2001)對本計畫區影響較大之颱風進行颱風波浪推算，將其各方向可能發生之最大示性波高以極端值分佈法推算各迴歸期之波高，推算結果如表 2-12 所示。計畫場址附近之外海颱風波浪以 NE 及 ENE 方向最大，而後依次向 W 向逐漸減弱。以一般海岸、港灣結構物設計之 50 年迴歸期而言，ENE 方向之颱風波浪高達 12.9 公尺，其相對之週期為 15.1 秒；NE 方向為 12.8 公尺，其相對之週期為 15.0 秒；NNE 方向為 9.3 公尺，其相對之週期為 12.8 秒；N 方向為 8.2 公尺，其相對之週期為 12.0 秒；NNW 方向則為 7.1 公尺，其相對之週期為 11.2 秒。

另依照宇泰工程顧問公司於臺北港工程規劃設計期間為了解八里附近外海之颱風波浪狀況，依井島武士及湯麟武博士之理論模擬推算颱風波浪。以通過 $121^{\circ}20'E$ ， $25^{\circ}13'N$ 為中心，於南北、東西向各兩個經緯度範圍內，且颱風中心氣壓小於或等於 970mb 者，篩選出 97 個(1940~2001)對本計畫區影響較大之颱風進行颱風波浪推算，將其各方向可能發生之最大示性波高以極端值分佈法推算各迴歸期之波高，推算結果如表 2-12 所示。計畫場址附近之外海颱風波浪以 NE 及 ENE

方向最大，而後依次向 W 向逐漸減弱。以一般海岸、港灣結構物設計之 50 年迴歸期而言，ENE 方向之颱風波浪高達 12.9 公尺，其相對之週期為 15.1 秒；NE 方向為 12.8 公尺，其相對之週期為 15.0 秒；NNE 方向為 9.3 公尺，其相對之週期為 12.8 秒；N 方向為 8.2 公尺，其相對之週期為 12.0 秒；NNW 方向則為 7.1 公尺，其相對之週期為 11.2 秒。

表 2-12 臺北港各回歸週期之颱風波浪推算表

迴歸期 方向	250		200		100		50		25		20		10	
	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts	Hs	Ts
ENE	15.5	16.5	15.2	16.4	14.1	15.8	12.9	15.1	11.6	14.3	11.2	14.1	9.7	13.1
NE	15.7	16.6	15.3	16.4	14.1	15.8	12.8	15.0	11.4	14.2	10.9	13.9	9.3	12.8
NNE	11.5	14.2	11.2	14.1	10.3	13.5	9.3	12.8	8.3	12.1	7.9	11.8	6.7	10.9
N	10.4	13.5	10.1	13.4	9.2	12.7	8.2	12.0	7.2	11.3	6.8	11.0	5.6	9.9
NNW	9.0	12.6	8.8	12.5	8.0	11.9	7.1	11.2	6.1	10.4	5.8	10.1	4.7	9.1
NW	8.5	12.2	8.3	12.1	7.5	11.5	6.7	10.9	5.8	10.1	5.5	9.9	4.5	8.9
WNW	8.3	12.1	8.0	11.9	7.3	11.4	6.6	10.8	5.7	10.0	5.4	9.8	4.5	8.9
W	8.3	12.1	8.1	12.0	7.3	11.4	6.5	10.7	5.7	10.0	5.4	9.8	4.4	8.8
WSW	8.2	12.0	8.0	11.9	7.3	11.4	6.5	10.7	5.6	9.9	5.3	9.7	4.3	8.7
SW	5.8	10.1	5.6	9.9	5.2	9.6	4.7	9.1	4.1	8.5	3.9	8.3	3.3	7.6

資料來源：台北港北淤沙區、碼頭堤防、親水遊憩區等整建工程規劃報告書，交通部基隆港務局，民國93年7月。

註：1.目標區為121°20'E，25°13'N，水深-32.5m。

2.波高之單位為公尺；週期之單位為秒。

2.3.3 海潮流

歷年來曾在淡水、八里近岸海域從事海潮流調查之研究單位有成大水工所、中華顧問工程司、臺大海研所與本所等。各單位的量測地點如圖 2-8 所示，量測時間與量測地點的水深及座標則見表 2-13。

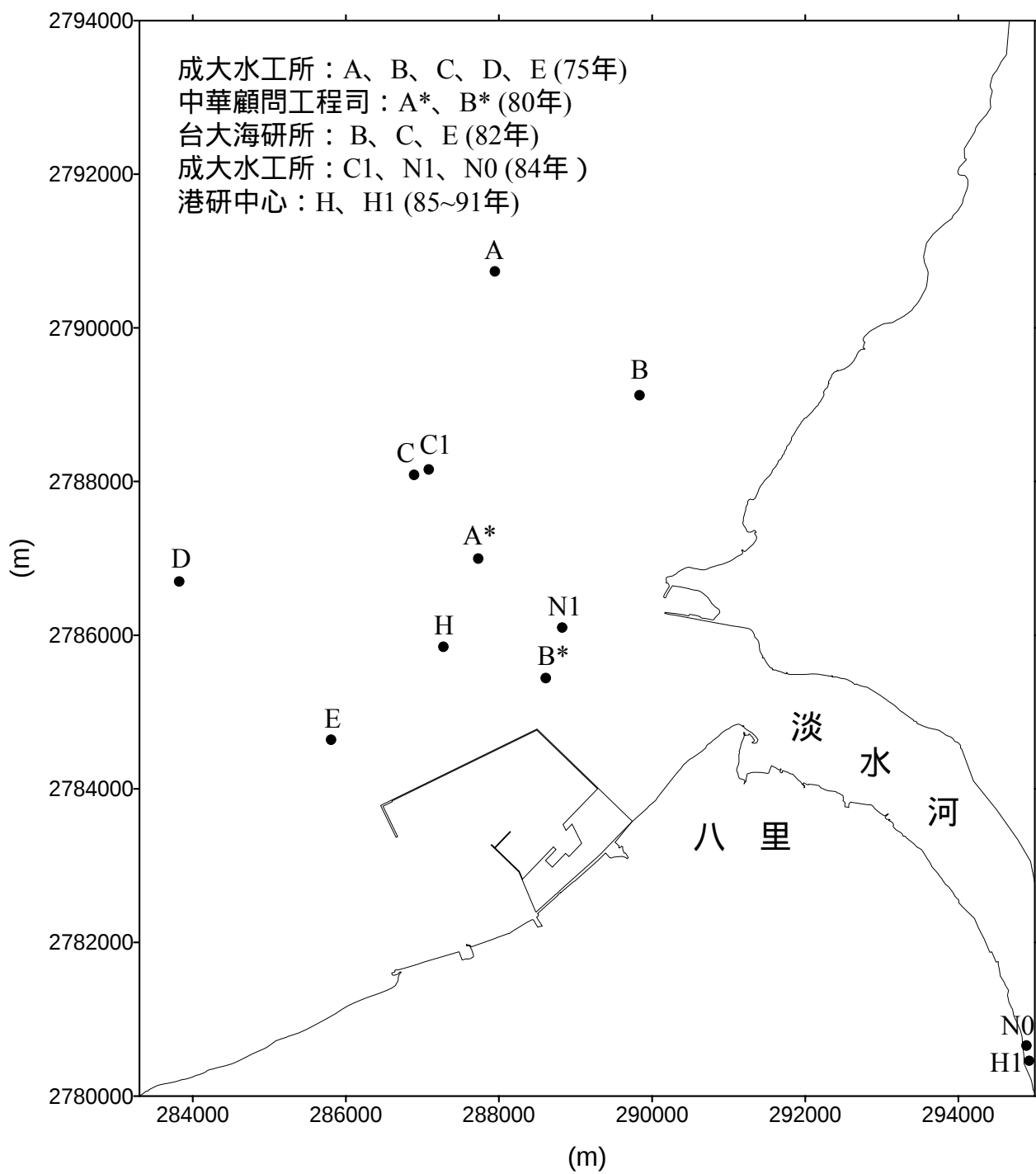


圖 2-8 各單位海潮流測量點位圖

表 2-13 海潮施測時間、地點分佈表

施放單位	施放日期	點位	X(E)座標	Y(N)座標
成大水工所	75.02.23~75.02.24	B	289836.4	2789122.6
		C	286891.2	2788085.9
	75.03.24~75.03.27	D	283824.2	2786697.4
		E	285806.5	2784638.6
	75.05.09~75.05.28	A	287946.6	2790734.0
		D	283824.2	2786697.4
	75.08.12~75.08.15	B	289836.4	2789122.6
		C	286891.2	2788085.9
		E	285806.5	2784638.6
中華顧問工程司	80.05.27~80.07.17	A*	287729.0	2786996.0
		B*	288612.0	2785440.0
臺大海研所	82.10.09~82.11.15	B	289836.4	2789122.6
		C	286891.2	2788085.9
		E	285806.5	2784638.6
成大水工所	83.04.30~83.05.21	C1	287083	2788157
		N1	288826	2786099
		N0	294890	2780657
港灣技術研究中心	85~94	H	287275	2785848.5

成大水工所於民國 75 年在淡水近岸海域設置 5 個海潮流測點，以量測八里污水處理廠暨海洋放流管等工程環境影響評估所需之海象資料。量測結果顯示淡水海域之潮流流向主要為沿著海岸的東北-西南走向，漲潮時潮流沿著海岸線往東北方向流，退潮時則轉換方向沿著海岸線往西南方向流。施測期間於各測點所測得之最大流速分別為 A 點 1.05 公尺/秒、B 點 1.19 公尺/秒、C 點 1.26 公尺/秒、D 點 1.02 公尺/秒以及 E 點 0.98 公尺/秒。

中華顧問工程司亦曾於民國 80 年委託測量公司在八里外海測量海潮流，量測之時間、地點詳見表 2-13 及圖 2-8。量測結果顯示測點 A* 在小潮時最大南北向流速之平均值約為 0.4 公尺/秒，最大東西向流速之平均值約為 0.3 公尺/秒；大潮時之最大南北向流速之平均值約為 0.8 公尺/秒，最大東西向流速之平均值約為 0.6 公尺/秒。測點 B* 在小潮時最大南北向流速之平均值約為 0.3 公尺/秒，最大東西向流速之平均值約為 0.1 公尺/秒；大潮時最大南北向流速之平均值約為 0.7 公尺/秒，最大東西向流速之平均值約為 0.3 公尺/秒。

中興工程顧問社於民國 82~83 年間委託臺大海研所在淡水、八里海域測量海潮流況，其量測地點選取與成大水工所於民國 75 年量測時之 B、C、E 測站相同(圖 2-8)。其量測結果亦顯示此海域潮流之主軸方向大致與海岸平行，於秋季施測期間各測點所測得之最大流速分別為 B 點 1.11 公尺/秒、C 點 0.98 公尺/秒以及 E 點 0.84 公尺/秒，而於春季所測得之最大流速則為 B 點 0.85 公尺/秒、C 點 0.83 公尺/秒以及 E 點 0.78 公尺/秒，最大流速均約在高、低潮後 2 小時至 2.5 小時間發生。

成大水工所於民國 84 年 9 月則在淡水河下游龍形附近、離淡水河出海口約 2 公里處(N1 測點)以及八里海洋放流階段性排放出口附近(C1 測點)施放自記式海流儀，量測此 3 測點的海流流速與流向，以供模式驗證之用。量測結果顯示 N1 與 C1 測點(圖 2-8)之海流運動方向均主要集中在 NE、NNE、SSE 以及 SE 方向，而其流速大小主要分佈在 0.4~0.8 公尺/秒的範圍，C1 上、下層測點之最大海流流速分別為 0.75

公尺/秒與 0.91 公尺/秒，N1 測點之最大海流流速則為 0.82 公尺/秒，與 C1 測站的最大流速相差不多。

而自民國 85 年起基隆港務局委託本所辦理臺北港附近海域之漂砂、海氣象與地形變遷研究，此計畫在臺北港外建立一觀測樁(圖 2-8 之 H 測點)，並進行長期海流測量，參考「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告海流觀測統計分析其在民國 85~94 年間之量測結果說明如下：

1. 流速統計方面：

分析臺北港觀測樁 85~94 年間海流資料，各季平均流速及分布統計如表 2-14 所示。由表中顯示各季及全年平均流速變化不大，約介於 33~40cm/s 之間，而流速分佈統計型態各季及全年相當一致，以 25~50cm/sec 佔大部份，均約在 40~50%間。此一統計結果顯示，臺北港觀測樁附近海域海流主要成分為潮流，因此結果不隨季節而有明顯變化。

表 2-14 臺北港 85~94 年海流觀測分季平均流速及分佈統計

季節	平均流速	U<25cm/s	25<U<50cm/s	U>50cm/s
春	36.2cm/s	32.7%	41.9%	25.3%
夏	33.7cm/s	36.7%	44.0%	19.3%
秋	39.4cm/s	28.3%	39.9%	31.8%
冬	35.1cm/s	31.5%	47.0%	21.5%
全期	36.0cm/s	32.6%	43.2%	24.1%

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

2. 流向統計方面：

分析臺北港觀測樁 85~94 年間海流資料，各季流向分布統計如表 2-15 所示。由表中顯示各季及全年平均流向分佈統計型態各季及全年差異不大，以 N~E 及 S~W 區間分佈為主。此一統計結果顯示，臺北港觀測樁附近海域海流主要成分為潮流，因此結果不隨季節而有明顯變化。詳細分析漲退潮期間流向，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，故流向大致平行於海岸線走向，此一現象亦可由海流玫瑰圖（如圖 2-9）中可明顯看出。

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。由於測站離岸不遠受海岸邊界影響，故流向之分佈相當規則，季節性變化小。

表 2-15 臺北港 85~94 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	46.5%	8.5%	42.3%	2.7%
夏	45.1%	10.9%	38.6%	5.4%
秋	43.9%	10.4%	42.5%	3.2%
冬	42.4%	10.3%	43.5%	3.7%
全期	44.6%	10.0%	41.6%	3.8%

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

3.平面流況調查方面：

分析 92~94 年年間於臺北港外廓防波堤外即港口堤頭附近進行浮標追蹤觀測，發現外廓防波堤附近海域之表面海流運動方向，於漂流浮標球施測範圍內，漲潮時段之流向大致為 NE 往 SW 向或 ENE 往 WSW 向，平均流速約在 0.3~1.1m/sec 之間，最大流速可達 1.88m/sec；退潮時段之流向則為 SW 往 NE 向或 SSW 往 NNE 向，平均流速約在 0.1~0.9m/sec 之間，最大流速約為 1.45m/sec。若與水下定點流速及風速風向之觀測結果比較，浮標球之運動軌跡趨勢有受區域風場之影響。而港口堤頭附近之觀測

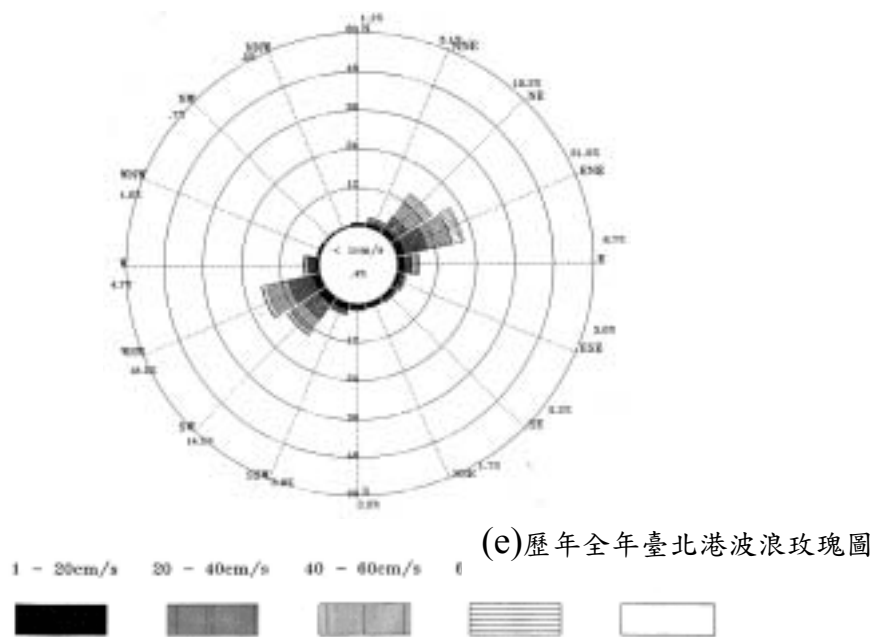
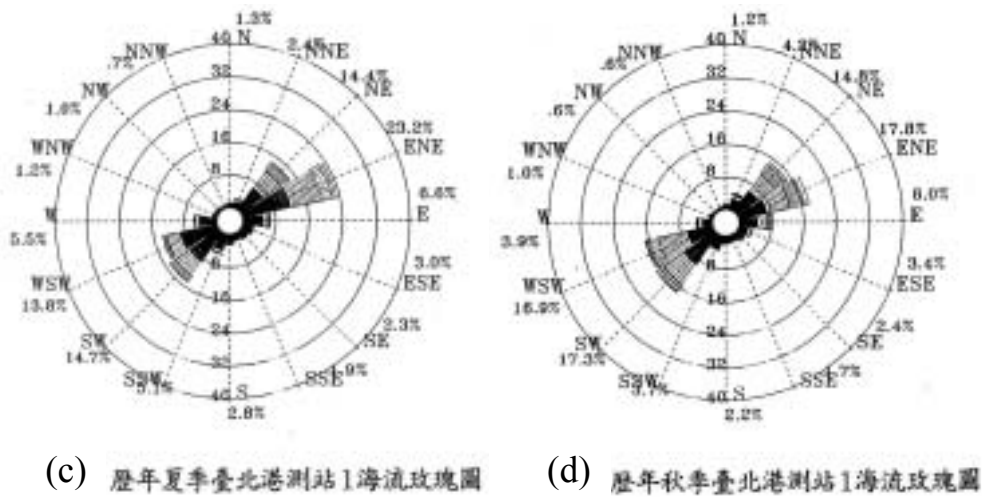
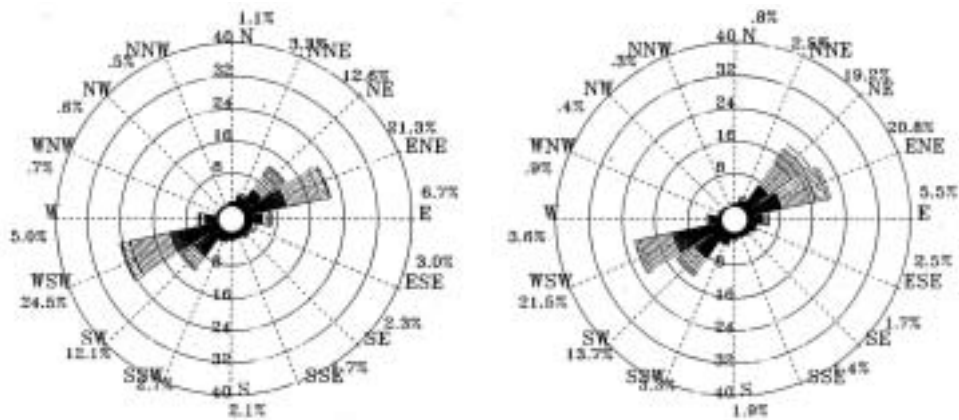


圖 2-9 臺北港 85~94 年各季及全年海流玫瑰圖

結果，漲潮時段流況受風力及漲潮進入港內之水流影響，浮標球運動軌跡略往港內漂移後，則轉往 NE 向移動；退潮時段則因受港內往外水流影響，浮標球之運動軌跡方向先往 NW 向移動後，轉往 SW 向移動。

4.歷年月平均流速及極值統計方面：

臺北港85~94年間歷年來各月平均流速及發生極值統計結果如表 2-16 所示，最大極值流速為 134.5cm/s（NE 向），發生於四月間；各月平均流速變化幅度不大，均介於 30~40cm/s 之間。由表 2-16 顯示臺北港海域之海流流速各月份間差異不大，主要還是以潮流型式為主。

表 2-16 歷年海流觀測月平均、極值及對應流向統計表

月份	平均流速(cm/s)	流速極值(cm/s)	極值對應流向
1	32.4	108.3	NE
2	36.7	103.9	NW
3	37.4	125.4	NE
4	36.7	134.5	NE
5	34.8	122.6	ENE
6	30.2	113.2	ENE
7	34.5	116.4	ENE
8	35.5	130.9	NE
9	38.9	125.1	WSW
10	39.6	112.6	ENE
11	40.1	97.5	ENE
12	36.3	116.5	ENE
平均	36.0	134.5	NE

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

由以上歷年海流量測資料得知，淡水海域的海流以潮流的成份最為重要，其主要流動方式為在與海岸線平行的東北-西南走向上做周期性的往覆運動，歷年最大流速約為介於 1~1.5m/s 間，而在淡水河口右側海域的海流流速則略大於河口左側海域的海流流速。

2.3.4 潮汐

參考基隆港務局委託宇泰工程顧問有限公司辦理「臺北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書」中分析臺北港鄰近潮位站成果，在淡水、八里海域附近之驗潮站主要有桃園竹圍及淡水第二漁港兩站，本計畫收集 82 年至 84 年之潮位資料進行分析。經由頻譜分析後選取 18 個分潮進行調和分析，各測站調和分析之結果分別列於表 2-17 及表 2-18。由調和分析結果顯示，此區域之潮汐主要以半日周期之 M2 潮為主。若依一般潮型之分類，以主要全日潮與半日潮之振幅來劃分則：

$$R = \frac{K1 \text{ 潮之振幅} + O1 \text{ 潮之振幅}}{M2 \text{ 潮之振幅} + S2 \text{ 潮之振幅}}$$

當 $R < 0.25$ ，半日潮型

$0.25 < R < 1.50$ ，混合潮型

$1.50 < R$ ，全日潮型

由表 2-17 及表 2-18 中各分潮之振幅值可以計算得到各測站之 R 值，其平均值依序分別為 0.26 與 0.30，此結果顯示淡水海域之潮型屬於半日潮與全日潮之混合潮型，但其中半日潮之影響力較大。此外，根據民國 80~84 年間之潮位資料，淡水附近海域之年平均潮差(年平均高潮位減年平均低潮位)約為 1.8 公尺。而由於淡水河流域下游段之河床坡度較緩，使得淡水河成為一感潮段甚長之感潮河川。

此外，本計畫亦參考「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」總結報告分析 2002~2003 年臺北港海域潮位實測資料顯示：臺北港地區之潮汐現象，平均潮差約為 2.13m，平均最大潮差約 3.0m，記錄期間最大潮差為 3.6m。由紀錄結果可看出潮差之變化以十五天為一週期，農曆朔、望時最大，最高潮位與最低潮位相差最大，上弦及下弦時最高潮位與最低潮位相差最小，而每日潮汐則通

常為一天之內有二次潮汐起伏，每日二次潮差之大小差異不大，為典型半日潮主導。臺灣其他海域如北部基隆港平均潮差約為 0.6m，中部臺中港附近平均潮差約為 3.7m，南部高雄港平均潮差約為 0.6m。

表 2-17 竹圍潮位觀測站 81 年至 83 年調和分析成果表

			竹圍 81年		竹圍 82年		竹圍 83年	
			AMPO=-4.99cm		AMPO=-16.09cm		AMPO=5.63cm	
No.	分潮	角頻率 (度/小時)	振幅 (cm)	位相角 (deg)	振幅 (cm)	位相角 (deg)	振幅 (cm)	位相角 (deg)
1	S_a	0.041069	18.99	342.96	30.47	73.05	10.67	10.38
2	S_{sa}	0.082137	11.48	143.87	4.42	154.29	5.33	194.90
3	M_{sf}	1.015896	3.10	206.09	0.97	288.57	1.60	23.46
4	O_1	13.943035	18.73	109.20	16.93	200.81	16.67	99.24
5	P_1	14.958931	6.43	89.25	6.96	266.38	7.24	266.51
6	K_1	15.041069	22.08	64.72	20.93	241.82	20.81	244.17
7	MNS_2	27.423834	1.46	131.57	2.56	74.24	2.18	334.94
8	N_2	28.439730	24.13	338.28	24.13	349.00	24.75	340.11
9	M_2	28.984104	119.58	26.54	117.67	296.74	120.86	195.87
10	MKS_2	29.066242	0.57	218.88	0.78	166.85	0.49	147.05
11	T_2	29.958933	2.93	203.55	3.02	163.94	1.18	195.29
12	S_2	30.000000	35.56	25.88	32.72	23.13	32.34	25.68
13	K_2	30.082138	8.89	164.82	7.78	178.77	9.29	170.70
14	KJ_2	30.626513	0.38	189.20	0.33	308.03	0.96	295.08
15	$2SM_2$	31.015896	1.83	234.65	1.06	39.94	2.03	53.89
16	M_4	57.968208	3.17	337.94	2.99	194.58	2.32	337.13
17	MS_4	58.984104	2.61	343.90	2.41	279.51	1.85	165.29
18	MK_4	86.952316	0.26	299.51	0.69	31.08	0.51	142.83

資料來源：臺北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書

表 2-18 淡水第二漁港潮位觀測站 82 年至 84 年調和分析成果表

			淡水第二港口 82年		淡水第二港口 83年		淡水第二港口 84年	
			AMPO=4.15cm		AMPO=10.54cm		AMPO=11.51cm	
No.	分潮	角頻率 (度/小時)	振幅 (cm)	位相角 (deg)	振幅 (cm)	位相角 (deg)	振幅 (cm)	位相角 (deg)
1	S_a	0.041069	12.76	16.92	17.54	34.77	16.20	22.84
2	S_{sa}	0.082137	5.08	124.00	3.70	158.77	0.46	225.14
3	M_{sf}	1.015896	0.87	18.22	1.65	15.97	2.05	106.66
4	O_1	13.943035	15.45	200.38	16.17	95.69	15.66	353.02
5	P_1	14.958931	6.37	263.01	6.97	262.67	6.83	267.35
6	K_1	15.041069	19.27	243.31	20.09	240.57	19.39	244.82
7	MNS_2	27.423834	1.37	79.00	1.31	345.71	1.18	227.96
8	N_2	28.439730	19.20	350.07	20.69	337.16	19.30	327.65
9	M_2	28.984104	99.31	300.27	105.66	193.95	105.90	93.44
10	MKS_2	29.066242	3.08	246.03	0.39	69.63	0.44	232.43
11	T_2	29.958933	0.55	111.86	0.93	181.18	2.09	218.97
12	S_2	30.000000	26.21	26.72	27.08	22.85	28.88	23.92
13	K_2	30.082138	4.68	176.23	7.80	169.53	6.99	161.52
14	KJ_2	30.626513	0.72	223.97	0.53	304.97	0.54	236.29
15	$2SM_2$	31.015896	0.86	30.92	1.57	42.01	0.76	229.89
16	M_4	57.968208	3.94	198.22	2.76	4.80	2.90	164.76
17	MS_4	58.984104	2.62	276.73	1.91	189.51	1.97	90.03
18	MK_4	59.066242	0.61	119.86	0.57	196.14	0.35	227.27
19	Q_1	13.398661					3.09	229.52
20	M_6	86.952316					0.42	259.34

資料來源：臺北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書

該報告中另選取 2003 年 1~12 月全年觀測潮位資料及 39 個分潮做調和分析，結果振幅及遲角等如表 2-19 所示，而其分潮振幅以 M2 最

表 2-19 臺北港潮汐 2003 年全年實測潮位調和分析成果

Tide in TAI-PEI HARBOR of ST-2 at 2003/01/01:00:00-2003/12/31:23:00

Data No = 8759, No. of partial tide = 39, Mean of Sea Level : .07m

序號	分潮名稱	振幅 (米)	週期 (時)	遲角 (度)	平衡引數	延時 (時)
1	M2	1.0141	12.42	73.16	.2956	-1.9399
2	S2	.2944	12.00	19.60	.0509	-.5562
3	K1	.2338	23.93	76.30	3.1840	-16.8785
4	O1	.2005	25.82	138.05	3.4671	-21.4729
5	N2	.1923	12.66	336.39	.5063	-10.8083
6	K2	.0820	11.97	26.97	3.2341	-6.7039
7	P1	.0641	24.07	77.37	3.0016	-17.7411
8	VU2	.0597	12.63	220.16	.3635	-6.9909
9	MU2	.0505	12.87	321.71	.5742	-10.3263
10	MKS2	.0416	12.39	210.52	3.4788	-.3854
11	OP2	.0408	12.46	285.86	.1855	-9.5230
12	2N2	.0266	12.91	203.77	.7170	-5.8324
13	M4	.0226	6.21	121.24	.5913	-1.5070
14	MS4	.0174	6.10	69.74	.3465	-.8457
15	M1	.0163	24.84	10.37	3.3572	-12.2837
16	MF	.0103	327.86	290.48	2.7862	-119.1639
17	MSN2	.0087	11.79	356.29	6.1234	-.1782
18	M3	.0071	8.28	135.66	3.5851	-6.6761
19	MK4	.0054	6.09	71.39	3.5297	-3.8795
20	X1	.0052	24.71	56.18	.2369	-2.9240
21	MP1	.0052	25.67	90.44	3.5772	-17.5027
22	S4	.0051	6.00	343.48	.1018	-5.6274
23	OQ2	.0048	13.17	36.36	.8617	-12.6906
24	OO1	.0046	22.31	36.06	5.8979	-3.6020
25	SN4	.0046	6.16	296.97	.5572	-4.5354
26	MK3	.0044	8.18	282.70	3.4796	-1.8927
27	SO3	.0039	8.19	296.45	3.5180	-2.1591
28	PA11	.0027	24.13	81.56	.0090	-5.2023
29	2MK6	.0023	4.09	192.49	3.8254	-3.7855
30	2MS6	.0021	4.09	242.80	.6422	-2.3418
31	M6	.0020	4.14	234.72	.8869	-2.1150
32	2Q1	.0019	28.01	330.56	3.8884	-8.3840
33	KJ2	.0016	11.75	291.73	6.0850	-9.8960
34	SK3	.0015	7.99	302.49	3.2349	-2.6010
35	2MN6	.0013	4.17	87.64	1.0976	-.2865
36	MSK6	.0012	4.04	285.73	3.5806	-.9047
37	SK4	.0012	5.99	30.73	3.2850	-3.3706
38	2SM6	.0008	4.05	40.36	.3974	-.1977
39	MSN6	.0002	4.12	108.10	.8528	-.6776

大約 1.01 米，其次為 S2 約 0.29 米，K1 約 0.23 米，N2 及 01 各約 0.2 米上下。

另參考基隆港務局於臺北港建港規劃階段，統計自民國 58 年至 72 年設於淡水河油車口之潮位觀測資料，及暴潮位推算之臺北港潮位基準如表 2-20 所示：

表 2-20 臺北港海域潮位基準表

臺北港築港高程系統		水利局中潮位系統
H.H.W.L	: +3.82m(50 年迴歸期)	2.39m
H.H.W.L	: +3.74m(實測值)	2.31m
M.H.W.L	: +2.48m	1.05m
M.W.L	: +1.46m	0.03m
M.L.W.L	: +0.55m	0.88m
L.L.W.L	: -0.46m	1.89m

2.4 地質

臺北港陸側地層及岩類主要為第四紀沉積岩及火山岩，各地層區域地質分佈情形詳圖 2-10 所示，茲分述如下：

2.4.1 現代沖積層：

主要分佈於各溪流之河床、河岸兩側、沖積平原及海岸，厚度變化甚大，係由黏土、沉泥、粉土、砂及小礫石所組成。

2.4.2 火山碎屑堆積層：

主要分佈於觀音火山周圍、福隆山東側一代及萬年塔附近，岩性主要為凝灰角礫岩及集塊岩，係由火山碎屑、火山岩崩解之碎塊、砂岩礫、砂、粉砂、紅土，甚至局部岩流等各類物質混雜膠結而成。

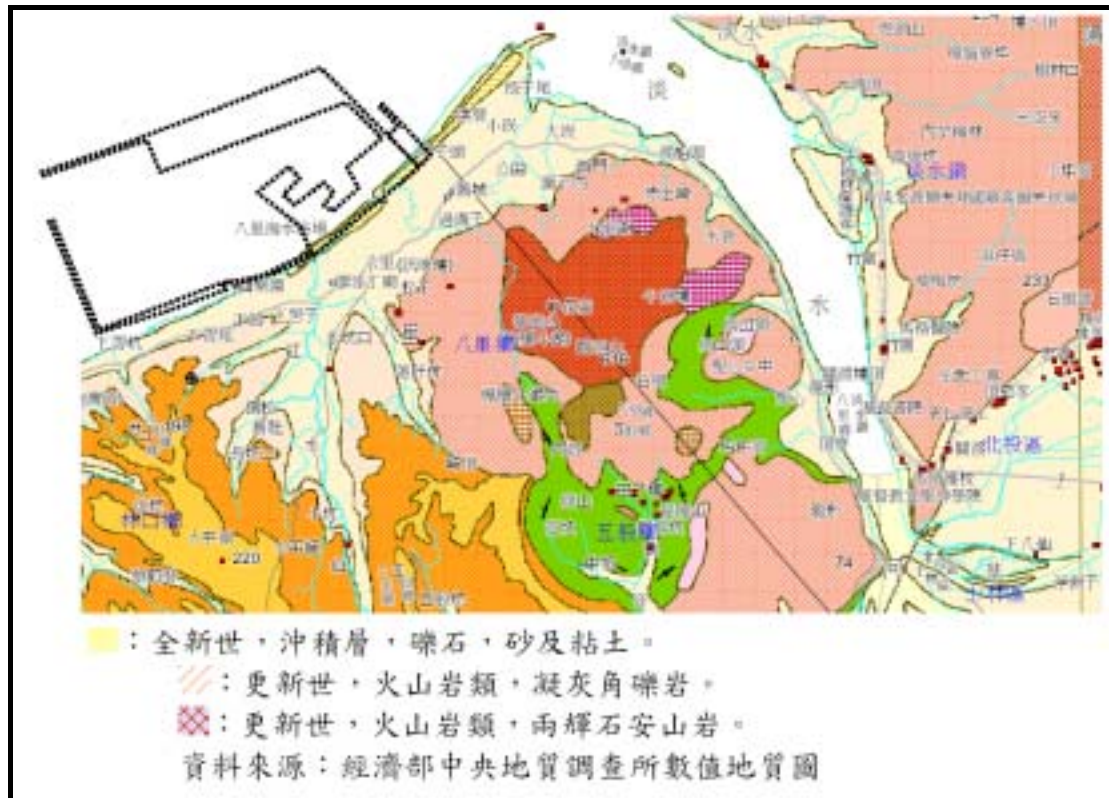


圖 2-10 臺北港海岸鄰近區域地質圖

2.4.3 安山岩類：

此類岩層分佈極廣，其中侵入安山岩體分佈於觀音坑往凌雲禪寺路旁，岩性主要為紫蘇輝石、黑雲母、角閃石安山岩：安山岩熔岩流覆於觀音山層之上，為構成觀音山火山之主體，岩性大部份為紫蘇輝石安山岩及兩輝安山岩。

2.4.4 玄武岩：

玄武岩質熔岩流形成南北縱長之福隆山、御史路上方圓頂之萬年塔小丘及龍形西方之烏山頭。

2.4.5 林口層：

林口層為濱海陸臺相沉積地層，主要由巨厚之礫石層及覆於其上厚數公尺至 10m 之紅土層所組成。在南崁溪以北之地區，礫石層厚度

約為 50m，而在泰山一帶厚度可達 200m 以上。此外，礫徑在泰山一帶最大可達 2m，向海側其粒徑漸減而轉變為大南灣層。

2.4.6 大南灣層：

大南灣層為海相沉積地層，主要包括淡灰色至淡青灰色之砂岩或粉砂岩、青灰色粉砂質泥岩、泥岩及礫石層等。

2.4.7 觀音山層：

觀音山層是由灰色膠結疏鬆砂岩、灰色至青灰色凝灰質砂岩、頁岩、和礫岩薄層組成。與上覆之林口層為交角不整合之接觸。

2.5 海岸漂砂

淡水河輸砂於出海口因流速降低而淤積，形成河口三角洲，受波浪引起之沿岸流驅動南北移動，本區因東北季風盛行，沿岸優勢漂砂方向主要係往南輸送，漂砂主要來源有淡水河年輸砂量約 928 萬立方，其中懸浮質佔大部分約 807 萬立方。懸浮質濃度方面，在靠近河口附近含砂濃度最大，約為 11-25mg/L，冬季所得之懸浮質濃度較夏季高。

基隆港務局於臺北港第一期工程期間曾研究估算鄰近海岸全年沿岸漂沙之能力約 350 萬 m^3 ；另魏震（2001）根據 Savage 公式或改良 Bijker 公式計算，臺北港興建後全年波浪能推動的漂沙量為 164 萬立方公尺。惟依前述引用「臺北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書」民國 85~91 年北外廓防波堤 1,510m 興建完成後之實際海床地形比對結果，估計 6 年淨淤積量僅約 49.8 萬 m^3 研判，縱使港址附近海岸波浪有推動每年 350 萬 m^3 之能力，但淡水河北岸為礫石灘，並無足夠沙源可被波浪攜往淡水河南岸，故北防波堤以北之漂沙量主要控制在淡水河河川輸砂對海岸補充沙源之多寡。

在實測資料方面，參考基隆港務局委託中華工程顧問司辦理「臺北港第二期工程通盤檢討(北淤沙區、南外廓防波堤、親水遊憩區及東碼頭區公務碼頭等整建工程)環境影響說明書」中分析臺北港海岸漂砂調查成果：

2.5.1 底床質：

依民國 85 年臺北港海域所進行之底床質調查成果顯示，調查測區範圍內之中值粒徑介於 0.23mm~1.20mm 之間。而關渡橋下左側底床質之中值粒徑為 0.4mm，右側底床質之中值粒徑亦為 0.4mm，在淡水河內關渡橋下近河口處粒徑較均一。

2.5.2 懸浮質：

依民國 85~87 年臺北港海域進行之海域定點懸浮質監測，設置水深 15 公尺觀測樁，相對水深位置在水面下 5 公尺與 10 公尺處，長期懸浮質濃度觀測資料分析結果顯示，春季期間其懸浮質濃度平均約為 10~20mg/l；夏季期間約為 20~40mg/l；秋季期間約為 90mg/l；冬季期間則平均約為 20~40mg/l；且由懸浮質能譜分析知其最大值相對應週期約為 12 個小時，顯然在固定斷面不同水深處其懸浮質濃度分佈與漲退潮有關。

設置水深 5 公尺、10 公尺以及 15 公尺近底床處等測站，短期懸浮質濃度觀測分析結果顯示，平均在不同水深底床處，其懸浮質濃度分佈隨著測站水深位置加大而減小，當海面波浪波高在 1 公尺以下時，三個測站其懸浮質濃度量化數據由淺漸深分別為 130mg/l、90mg/l 與 50mg/l 等；當海面波浪平均波高介於 1.21~2.50 公尺，相對最大波高值介於 2.58~4.26 公尺時，在 10 公尺與 15 公尺水深底床處，其懸浮質濃度分佈分別介於 5,000~10,000mg/l 以及 1,000~1,500mg/l 間；而當海面平均波高介於 4.65~6.88 公尺，相對最大波高值介於 6.9~10.85 公尺時，在 10 公尺與 15 公尺水深近底床處，其懸浮質濃度分佈則分別介於 1,5000~20,000mg/l 與 10,000~15,000mg/l 之間。

2.6 相關計畫文獻

1. 臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業九十四年總結報告，交通部運輸研究所，95 年

該計畫係利用新設觀測裝位於北緯 25°10'54"、東經 121°22'32.70"位置，距離臺北港第一期工程完工之北防波堤頭約 1,150m，水深-15m 處海上觀測樁之觀測資料進行分析，文中亦包括淡水河流況及懸浮質觀測分析，並利用 DHI 所開發的 MIKE 21 模式進行海岸漂砂模擬及海岸線斷面與灘線變化分析。

2. 八里、林口海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷四年監測計劃，交通部運輸研究所，92 年

該計畫係利用北緯 25°10'44"、東經 121°22'41"位置，距離臺北港第一期工程完工之北防波堤頭約 1,150m，水深-15m 處海上觀測樁之觀測資料進行分析，文中並利用 DHI 所開發的 MIKE 21 模式進行海岸漂砂模擬分析。

3. 淡水河口地形變遷之研究，張菀文，國立臺灣大學地理環境資源研究所碩士論文，91 年

該研究以歸納分析為方法，利用歷年地圖、航照與水利局淡水河河道剖面繪製、比對平面與剖面的地形形態；並蒐集歷年相關環境資料，以地理學觀點討論與地形變遷趨勢的相關性。

4. 臺北港興建對鄰近海岸地形影響之評析，魏震，國立臺灣海洋大學河海工程學系碩士論文，90 年

該文主要探討基隆港務局 82~89 年間臺北港海域地形監測成果探討臺北港建港過程海域地形變化狀況。文中並利用

DHI 所開發的 MIKE 21 模式進行海岸漂砂及建港前後海岸地形變化數值模擬分析。

5. 淡水港海域海岸地形變遷研究，交通部運輸研究所，89 年

該計畫主要利用基隆港務局 85~89 年間臺北港海域地形監測成果探討臺北港鄰近海域地形變化狀況。文中並利用 DHI 所開發的 MIKE 21 模式進行海岸漂砂模擬分析。

6. 淡水八里海岸地形變遷研究及人工岬灣之應用，中華技術，82 年

該文係於臺北港規劃階段，規劃單位財團法人中華工程顧問司利用人工岬灣理論及海岸動力數值模式分析臺北港建港前後淡水八里海岸地形變化。

7. 淡水河口海岸地形觀測研究，許時雄，中國民國第十三屆海洋工程研討會論文集，80 年

該文主要蒐集分析臺北港建港前各單位歷年有關淡水河口海岸地形觀測資料進行研究，提供完整詳細臺北港建港前海岸地形變遷背景資料。

8. 臺北港第二期工程通盤檢討(北淤沙區、南外廓防波堤、親水遊憩區及東碼頭區公務碼頭等整建工程)環境影響說明書，93 年

該計畫主要探討臺北港北淤沙區、南外廓防波堤等興建前後環境影響分析，其中對於 91 年臺北港環境現況有充分描述，提供完整詳細臺北港北防波堤垂直段完成階段海岸水文及地形變遷背景資料。

9. 臺北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書，92 年

該計畫主要探討臺北港北防砂堤外側興建離岸物流倉儲區填海造陸工程前後環境影響分析，其中對於臺北港防波堤延長及建設期程、離岸物流倉儲區海堤分期建設對環境影響

分析，提供完整詳細臺北港北防波堤在不同建設階段海岸水文及地形變遷背景資料。

第三章 淡水河口水文及地形變化

淡水河系位於臺灣北端，流域函蓋基隆、臺北、桃園等縣市，東北至西北以大屯山、觀音山與東海相隔，東南以阿玉山、紅葉山等與蘭陽溪為界，西南以品田山、大壩尖山等與頭前溪、大安溪等溪流為鄰，為台灣僅次於濁水溪及高屏溪（下淡水溪）之第三大河川，亦為北臺灣地區之最大水系。

主流自發源地新竹縣品田山至出海口全長約 158.7 公里，平均坡降為 1:45，年逕流量為 $5,908.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，流域面積總計達 2,726 平方公里。其三條主要支流(基隆河、大漢溪及新店溪)中以大漢溪為第一大支流，發源於品田山北麓之「塔克金溪」；新店溪則發源於自塔曼山及棲蘭山之「南、北勢溪」；基隆河發源於台北縣境之菁桐山。大漢溪在江子翠會合新店溪後，成為淡水河本流，再流至關渡和基隆河匯流後，於淡水鎮油車口附近注入台灣海峽，河口段衛星空照圖如圖 3-1 所示。



資料來源：<http://maps.google.com>

圖 3-1 淡水河下游出海口衛星空照圖

3.1 潮汐

潮汐是引起淡水河水位變化的主要機制，M2 分潮為淡水河口主要分量，平均潮差約 2.17m，大潮時可達 3.0m。關渡測站位於淡水河下游，距離出海口約 8.5 公里，屬於咸潮河段，每天兩次之海水漲、退潮使得關渡橋下水位隨著外海潮位而變動，水流亦隨著潮位變化作往復運動。根據本所測站過去觀測資料，關渡地區潮位比河口潮位延遲約半小時至一小時，漲潮時表層流停止時間會比水位到達頂點之時間早；而退潮時表層流停止時間則比水位到達最低點之時間晚，此皆由於上游河川排水之壓力造成，如果上游洪水暴漲則時間差距將會更大。

淡水河及其支流因距河口甚近，使得整體水系水位均受潮汐影響（景美溪除外），淡水河本流長約 24 公里均屬感潮段；大漢溪自溪口至浮州橋長約 9 公里屬感潮段；新店溪自新店溪口至秀朗橋長約 11 公里屬感潮段；基隆河自基隆河口至社後橋長約 31 公里屬感潮段。淡水河系各感段之潮位、潮差與平均水位如表 3-1 所示：

表 3-1 淡水河感潮段各驗潮點之潮位與潮差表

位置	水面標高（公尺）						
	滿潮位		乾潮位		平均水面	潮差	
	大潮	平均	大潮	平均		大潮	平均
祥調子	1.69	1.58	-0.08	-0.05	0.76	1.77	1.63
油車口	1.76	1.67	-0.31	-0.13	0.77	2.07	1.80
土地公鼻	1.42	—	-0.62	—	0.40	2.04	—
關渡	1.45	1.36	-0.60	-0.44	0.55	2.05	1.80
中山橋	1.48	—	0.01	—	0.74	1.49	—
臺北橋	1.58	—	0.71	—	1.15	0.87	—
新莊	3.40	—	3.33	—	3.37	0.07	—
林口	4.25	—	3.85	—	4.05	0.40	—

資料來源：經濟部水利署網站

3.2 水位

3.2.1 平時水位

依據第十河川局之歷年平時水位資料顯示（1997～2003），淡水河沿岸各水文測站每年的年平均水位變化都不大，每年的豐水期約為五～十一月，水位較高，尤其以八～十月的颱風季節，為歷年月平均之最高值（表 3-2、表 3-3）。

表 3-2 淡水河流域各水文測站月平均水位統計表（單位：公尺）

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
土地公鼻	0.57	0.58	0.59	0.59	0.63	0.73	0.80	0.82	0.82	0.75	0.67	0.62
獅子頭	0.74	0.70	0.72	0.99	0.84	0.84	0.90	0.96	0.81	0.76	0.72	0.74
臺北橋	0.65	0.61	0.66	0.68	0.72	0.78	0.84	0.83	0.84	0.77	0.75	0.67
入口堰	0.70	0.71	0.77	0.78	0.82	0.85	0.91	0.88	0.95	0.81	0.79	0.69
大直橋	0.50	1.23	1.65	0.58	0.74	1.41	2.04	0.95	1.03	1.76	1.04	0.45
中正橋	0.67	0.69	0.71	0.72	0.74	0.81	0.90	0.88	0.94	0.86	0.77	0.72
秀朗橋	0.83	1.10	0.88	1.2	1.19	1.31	1.26	1.18	1.63	1.65	1.43	1.35
寶橋	9.14	9.32	9.24	9.27	9.28	9.42	9.31	9.27	9.52	9.34	9.30	9.24

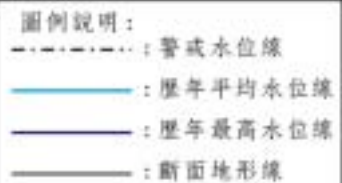
資料來源：經濟部水利署網站

表 3-3 淡水河流域各水文測站年平均水位統計表（單位：公尺）

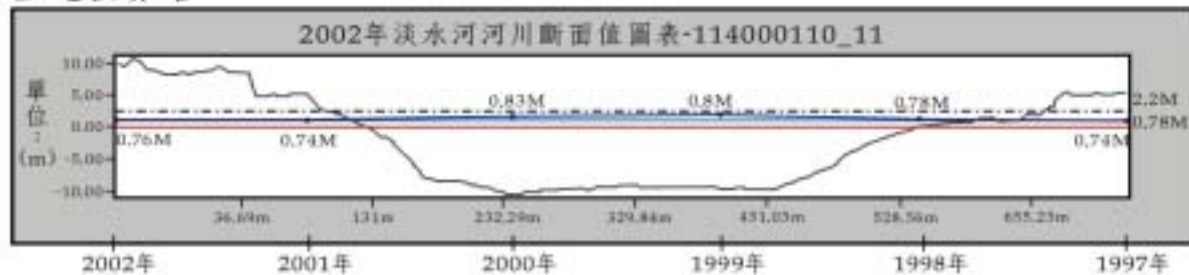
	土地公鼻	獅子頭	臺北橋	入口堰	大直橋	中正橋	秀朗橋	寶橋
2003	0.11	0.74	0.19	0.72	0.34	0.15	1.66	9.08
2002	0.76	0.64	0.87	0.68	0.76	0.86	1.33	8.96
2001	0.74	0.83	0.84	0.82	1.10	0.96	1.53	9.29
2000	0.83	0.87	0.80	0.84	1.50	0.87	1.65	9.50
1999	0.80	0.82	0.82	0.88	0.84	0.87	1.35	9.39
1998	0.78	0.98	0.80	0.89	1.92	0.93	1.65	9.54
1997	0.74	0.79	0.79	0.81	*	0.86	*	9.63
年平均	0.68	0.81	0.73	0.81	0.92	0.79	1.31	9.30

資料來源：經濟部水利署網站

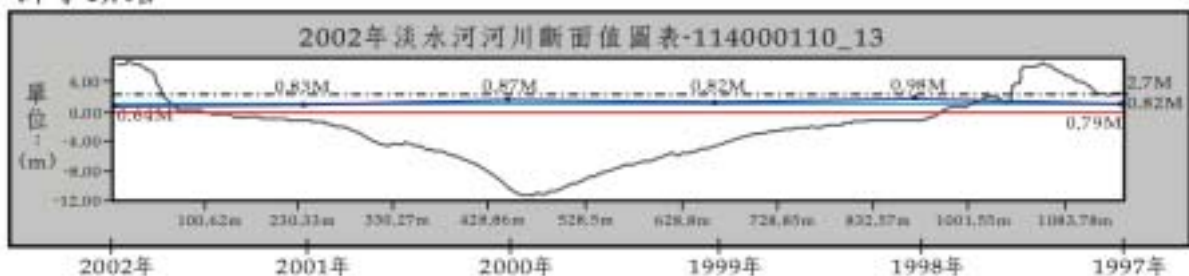
河川断面與水位歷線對照圖(1991~2002年)



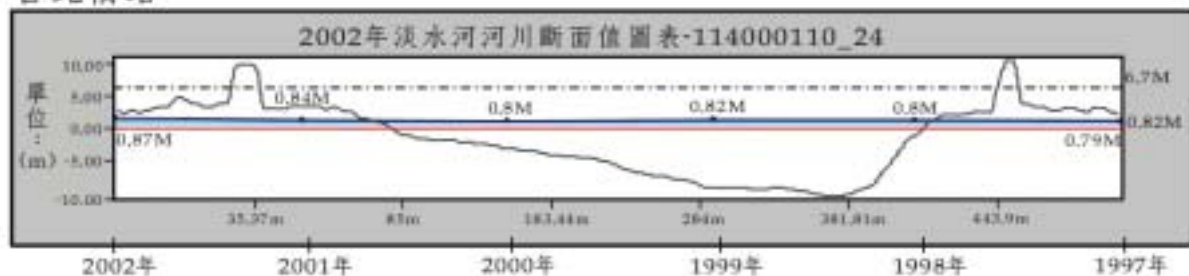
土地公鼻站



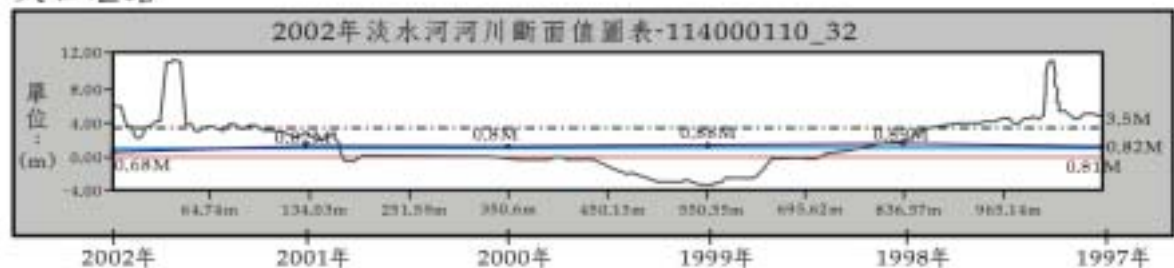
獅子頭站



台北橋站



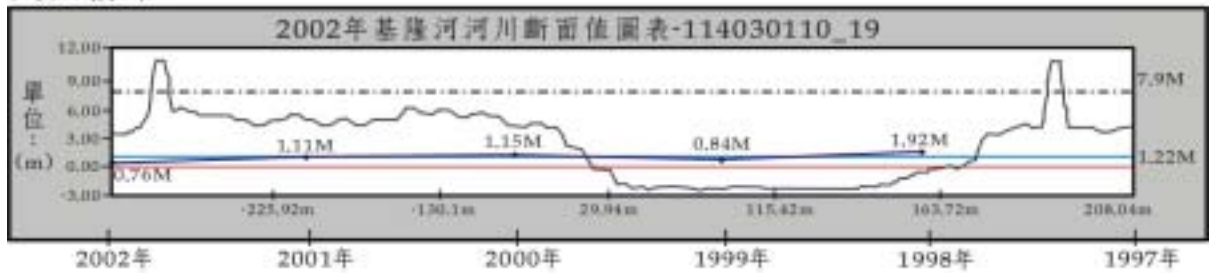
入口堰站



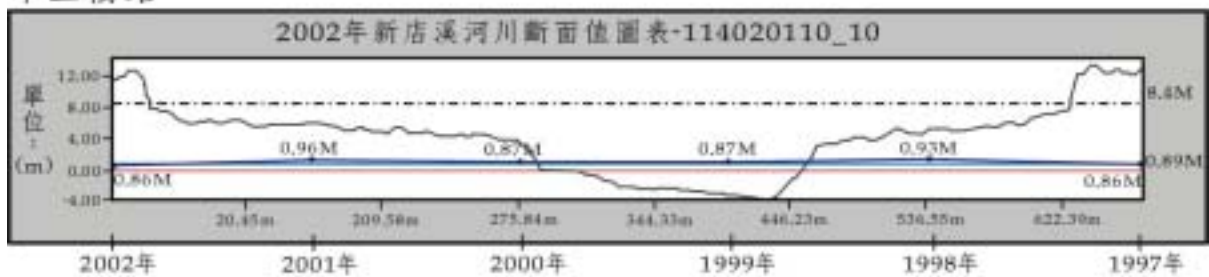
資料來源：經濟部水利署網站

圖 3-2 淡水河河道水深與水位關係對照圖（一）

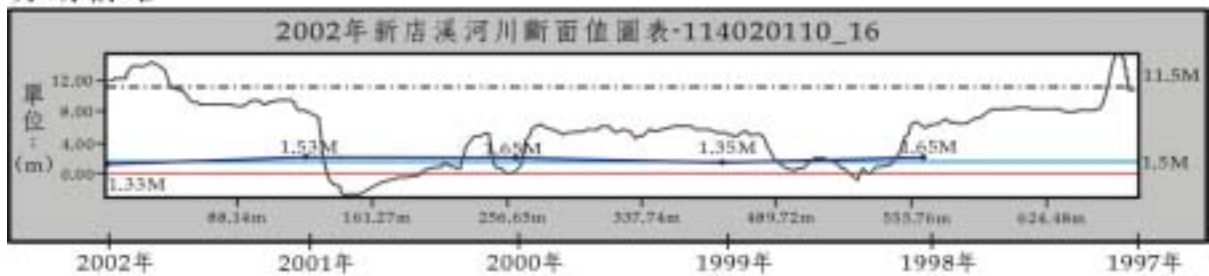
大直橋站



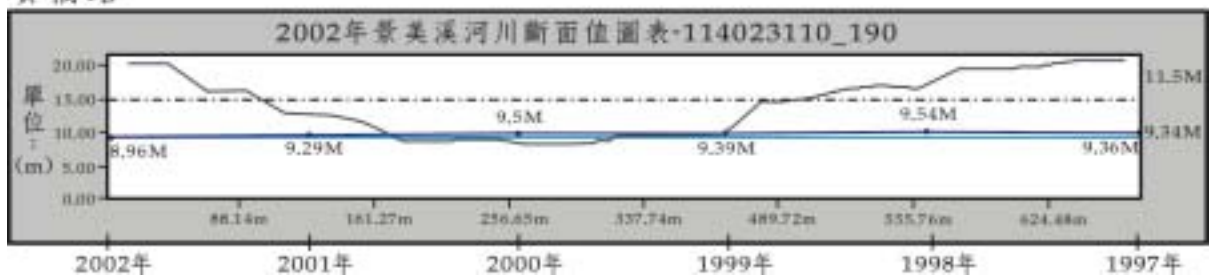
中正橋站



秀朗橋站



寶橋站



資料來源：經濟部水利署網站

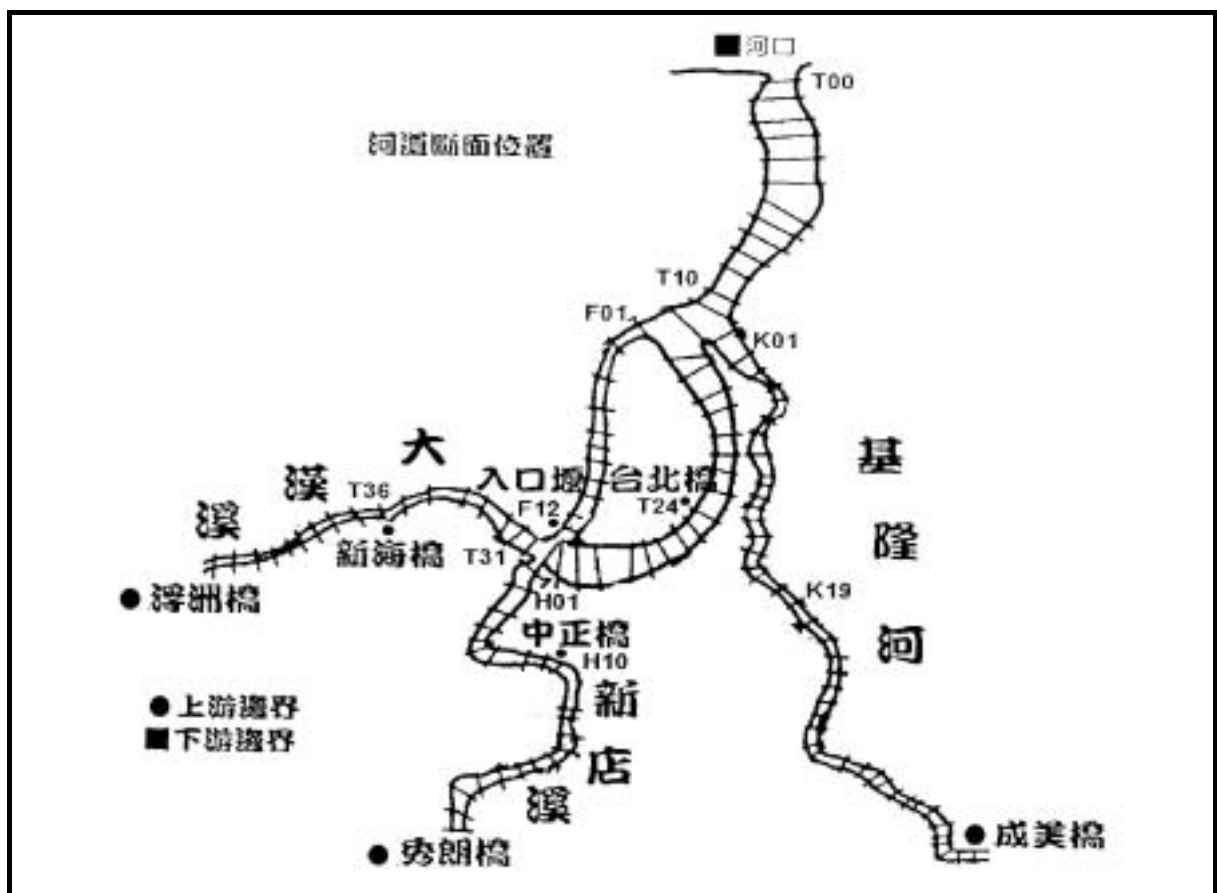
圖 3-2 淡水河河道水深與水位關係對照圖（二）

依據年平均水位資料，套繪河川斷面，可看出淡水河系各河段之水深變化概況（圖 3-2）。

3.2.2 颱風時水位

颱風時水位依據經濟部水利署水文情報中心水情資訊，民國 89 年～93 年間颱風影響大臺北地區之水位變化觀測資料如表 3-4 所示。

整體而言淡水河下游沿岸各水文測站每年的年平均水位變化都不大；流速方面在沒有颱風影響下，淡水河主、支流正常流速約介於 0.1～0.7m/s 之間。



資料來源：水利署網站

圖 3-3 淡水河河道斷面圖

表 3-4 2000 年～2002 年間淡水河系颱風期水位一覽表

辛克樂颱風（91 年 6 月）				
河流名稱	站名	警戒水位	最高水位	發生時間
淡水河	土地公鼻	2.2	2.32	91/9/6-23：00
淡水河	獅子頭	2.7	2.29	91/9/6-23：00
淡水河	臺北橋	6.7	2.5	91/9/6-23：00
淡水河	入口堰	3.5	2.45	91/9/6-23：00
新店溪	中正橋	8.4	2.59	91/9/6-23：00
景美溪	寶橋	15.0	9.88	91/9/6-18：00
納莉颱風（90 年 9 月）				
河流名稱	站名	警戒水位	最高水位	發生時間
淡水河	土地公鼻	2.2	0.28	90/9/19-9：00
淡水河	獅子頭	2.7	0.42	90/9/19-9：00
淡水河	臺北橋	6.7	0.23	90/9/19-9：00
淡水河	入口堰	3.5	2.03	90/9/19-1：00
新店溪	中正橋	8.4	2.28	90/9/19-1：00
景美溪	寶橋	15.0	10.7	90/9/18-20：00
桃芝颱風（90 年 8 月）				
河流名稱	站名	警戒水位	最高水位	發生時間
淡水河	土地公鼻	2.2	-1.14	90/8/2-17：00
淡水河	獅子頭	2.7	-0.12	90/8/2-10：00
淡水河	臺北橋	6.7	-0.91	90/8/2-17：00
淡水河	入口堰	3.5	-0.02	90/8/2-11：00
新店溪	中正橋	8.4	-0.93	90/8/2-10：00
景美溪	寶橋	15.0	9.03	90/8/2-17：00
象神颱風（89 年 11 月）				
河流名稱	站名	警戒水位	最高水位	發生時間
淡水河	土地公鼻	2.2	1.08	89/11/1-14:00
淡水河	獅子頭	2.7	1.29	89/11/1-14:00
淡水河	臺北橋	6.7	1.22	89/11/1-14:00
淡水河	入口堰	3.5	1.50	89/11/2-16:00
新店溪	中正橋	8.4	1.83	89/11/2-16:00
景美溪	寶橋	15.0	10.34	89/11/1-11:00

3.3 流速

在沒有颱風影響下，淡水河主、支流正常流速約介於 0.1~0.7m/s 之間。各主要橋樑之流速值如圖 3-4 所示。

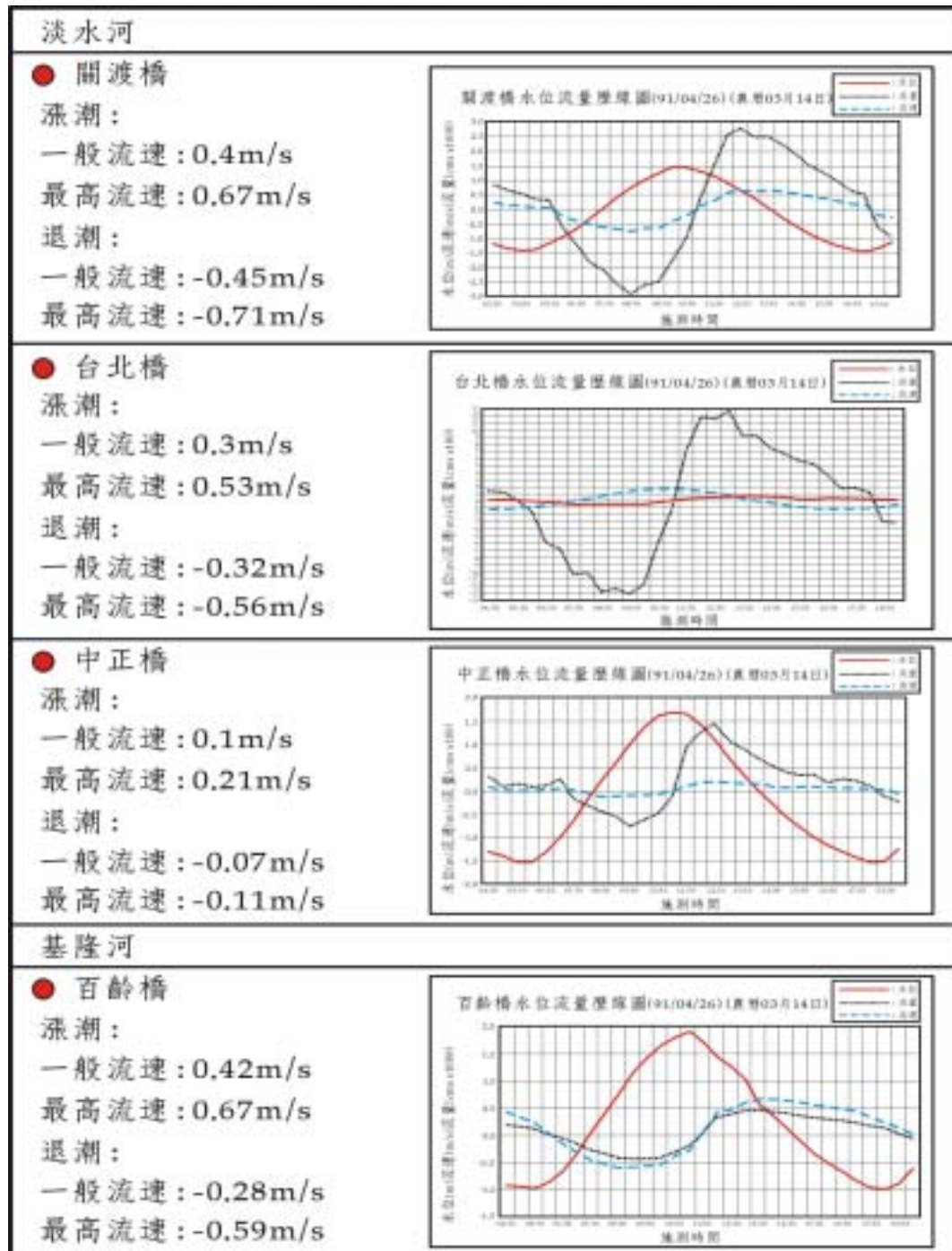


圖 3-4 淡水河系河川流速變化分析圖

依據中興工程顧問公司『淡江大橋及其聯絡道路規劃報告(85.09)』以美國陸軍工程師兵團中心所發展之一維定量緩變流「河川水面線計算模式，HEC-2」模擬淡水河下游段 200 年再現期之流況變化如表 3-5（河道斷面如圖 3-3 所示）所示：

表 3-5 淡水河下游河道流速分析表

斷面編號	未興建淡江大橋時之模擬成果		已完成興建淡江大橋時之模擬成果	
	洪水位 (M)	流速 (M/SEC)	洪水位 (M)	流速 (M/SEC)
T-1	1.91	3.39	1.91	3.39
淡-0	1.94	3.95	2.15	3.84
淡-1	2.69	2.52	2.84	2.47
淡-2	2.86	2.32	2.99	2.28
淡-3	2.94	2.50	3.07	2.46
淡-4	3.08	2.71	3.20	2.66
淡-5	3.23	2.67	3.34	2.62
淡-6	3.38	2.78	3.48	2.73
淡-7	3.46	3.06	3.56	3.02
淡-8	3.47	3.82	3.57	3.77
淡-9	3.50	4.75	3.59	4.70

資料來源：中興工程顧問公司「淡江大橋規劃報告」

此外，另參考「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業九十四年總結報告書」有關淡水河流況調查方面，淡水河咸潮河段河面流停滯點與水位停滯點的時差關係以及底層水受循環流影響始終有一股向上游的底流存在，可能影響或改進河口底床輸沙的相關控制方程式。

此外，該報告中亦於關渡橋利用底碇式超音波流速儀進行短期剖面流速觀測。由觀測成果可知與第十河川局其他測站平日流速觀測成果相符。

3.4 河川輸砂

依據財團法人台灣漁業及海洋技術顧問社辦理「三重市龍門地區新建客船碼頭之可行性評估暨規劃」中，參考經濟部水利署網站計算，淡水河輸砂於出海口因流速降低而淤積，形成河口三角洲，受波浪引起之沿岸流驅動南北移動，本區因東北季風盛行，沿岸優勢漂砂方向主要係往南輸送，漂砂主要來源有淡水河年輸砂量約 928 萬立方，其中懸浮質佔及大部分約 807 萬立方。懸浮質濃度方面，在靠近河口附近含砂濃度最大，約為 11-25mg/L，冬季所得之懸浮質濃度較夏季高，流域區內年平均降雨量約 2,864 公釐，年平均逕流量約 7043.97×10^6 立方公尺，年平均輸砂量約 141.5 萬立方公尺。另就其他分析說明如下：

3.4.1 淡水河河川輸砂推估

水利局曾於民國 78 年委託台灣大學水工試驗所進行「淡水河河床穩定性與河口地形變化之研究」計畫，報告中指出 200 年洪水頻率下淡水河輸沙量可能超過 120 萬 m^3 。

本計畫另參考「臺北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書」中，蒐集民國 66 年至民國 90 年間淡水河中游三鶯橋、三峽橋、橫溪橋、秀朗橋、實橋及五堵橋等六個測站輸砂量與流量紀錄，並繪製輸砂量及流量率定曲線，求得輸砂量與流量之間的關係，另依據其流量資料，重新計算淡水河流域歷年來輸砂量每年約 76 萬 m^3 ，其中懸移質占 85% 約 66.08 萬 m^3 ，推移質占 15% 約 9.9 萬 m^3 ，詳表 3-6。

3.4.2 淡水河河川懸浮質調查

參考「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業九十四年總結報告書」有關淡水河懸浮質調查方面，由於淡水河咸潮河段河面流停滯點與水位停滯點的時差關係以及底層水受循環流影響始終有一股向上游的底流存在，河口地區淤沙受到外海波浪的自然

篩選以及河口循環流底流向上游攜帶作用，在八里左岸公園客船碼頭處出現最大粒徑，並向外海方向逐漸減小。

當颱風中心由東向西通過臺灣北部的颱風，因迎風面關係容易為臺灣北部地區帶來充沛雨量。淡水河上游兩大水庫平日攔阻了山區供應的沙源，可能導致下游海岸地區沙源不足，但颱風洪流可適時為淡水河提供部份沙源，其帶來輸沙量的多寡則可決定下游海岸的侵蝕或淤積。而淡水河底質取樣分析結果顯示新店溪以上底質主要來自上游水庫的淤泥；而基隆河因沒有上游水庫的攔沙作用，底質粒徑較粗。

表 3-6 淡水河平均輸砂量估算表

流域		集水面積 (km ²)	年平均 逕流量 (百萬 m ³)	懸移質 輸沙量 (萬 m ³)	懸移質平 均含沙量 (ppm)	推移質 輸送量 (萬 m ³)	年總 輸沙量 (萬 m ³)
測 站	三峽橋	125.34	308.55	3.03	98.22	0.455	3.485
	三鶯橋	842	841.88	10.86	128.81	1.628	12.485
	橫溪	52.88	134.24	1.02	76.04	0.153	1.175
	秀朗橋	750.76	1536.49	19.26	109.88	2.889	22.147
	寶橋	109.22	303.49	7.27	239.50	1.090	8.359
	五堵	204.41	804.64	9.10	113.09	1.365	10.465
	小計	2084.61	3929.28	50.53	121.87	7.580	58.115
淡水河流域		2725.82	5421.87	66.08		9.912	75.991

資料來源：臺北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書

3.4.3 淡水河河口底質調查

參考「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業九十四年總結報告書」有關淡水河底質調查方面，淡水河道內至河口外海水深約 27 米處共取得 16 個測點樣本，基隆河支流也有三個採樣點，其位置則示如圖 3-5。各測點樣本經粒徑分析結果如圖 3-6，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。

其中基隆河支流之底質粒徑較粗，可能是其上游沒有大型水庫攔阻，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沙源，能隨流流至下游者只有較細的水庫淤泥、及其它較小支流及颱風洪流所夾帶的較粗沙粒。

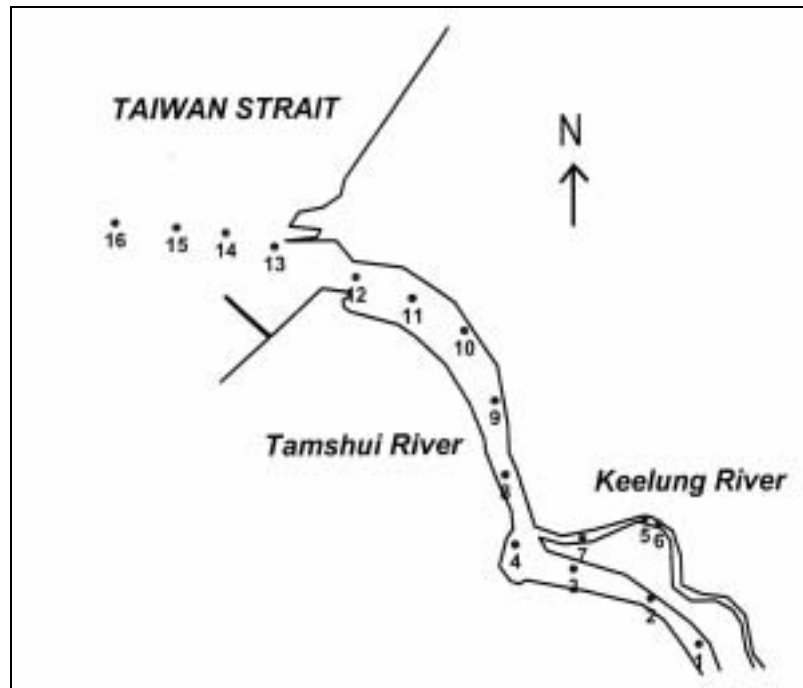


圖 3-5 底質採樣分析測點位置示意圖

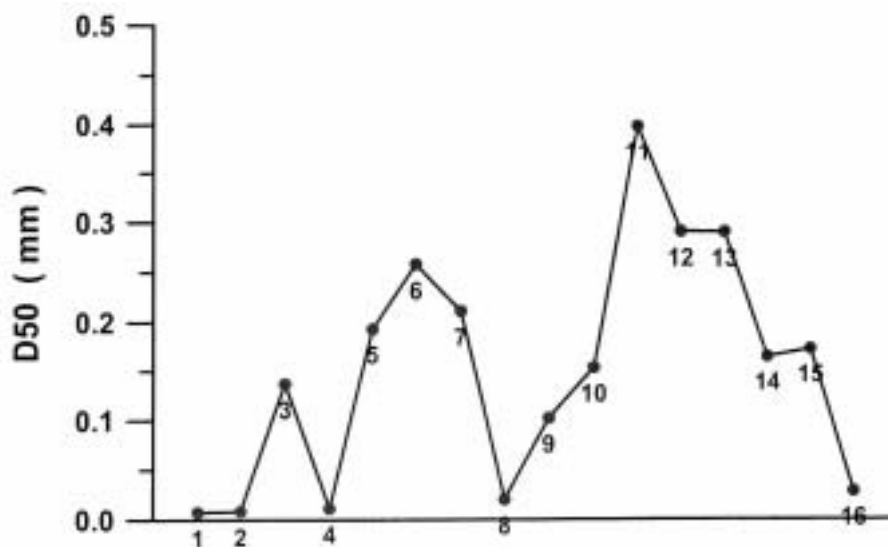


圖 3-6 各測點底質採樣粒徑分析結果

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

河口地區淤沙受到外海波浪的自然篩選以及河口循環流底流向上游攜帶作用，在測點 11 處出現最大粒徑，並向外海方向逐漸減小。

3.5 淡水河口河道地形變化分析

淡水河是台灣北部主要河川之一，其集水區提供了大臺北地區的水源，故多年來各項建設不斷，如集水區上游的翡翠水庫、石門水庫等，下游河口的八里污水處理廠、臺北商港等興建，使得淡水河口之地形變遷受到多項因素影響，更增加了學者對此地可能受到影響變化的關注，參考張苑文（2002）分析許多研究以長期河口地形變遷為主（如表 3-6 所示），透過歷史地圖、相片基本圖、航照圖的比對，配合海域海底地形測量、海床底質的採集等方式；近年來則部分採取 GPS、雷達影像等新技術。透過多年來各項人為開發造成土地利用的改變及港口興建等，了解淡水河口的沈積環境與變遷狀況。

一般而言，探討河道內地形變化可經由長時間之地形觀測資料進行研判，依據主管機關經濟部水利署第十河川局對於淡水河水系之河道定期進行測量成果，初步以較近之幾年內之河道變化進行檢討，分別分析民國 87、88、90 及 91 年的淡水河由河口起算八個河道斷面變化如圖 3-7(a)~(h)所示。

由地理位置而言，淡水河口大約於臺北縣八里左岸公園之位置河川方向由西北向轉為西北西向，大約位於淡水河河道第 T02~T04 號斷面左岸下游約 50 公尺處附近形成突岸地形，由於流速較緩泥沙容易淤積，根據圖 3-7 分析結果所示在較近這幾年中，淡水河河道第 T03 及 T04 號斷面等，於河道範圍內之左側部分確實有產生河床逐年淤積抬升之趨勢，比較民國八十七年及民國九十一年之斷面圖，其淤積厚度約達 1.0 公尺左右，範圍自河岸起算約為 500 公尺。

除以河床斷面之地形變化觀察近年來河岸灘地之變化外，並需更進一步收集紀錄時間更長之河床資料，以更精確研判侵淤趨勢是否長

作者	改變情形			
	年代	海岸位置	變化幅度	變化原因
郭 金 棟 (1990)	1904-1 987	河口以北	共增加100 公尺淤積。	海岸隆升。
	1904-1 958	河口以南		
	1958 之後		每年後退2 公尺。	上游水庫完成及大量抽砂。
許 時 雄 (1991)	1986-1 989	河口以北	變化幅度較少。	礁岩地質。
		河口以南	每年後退2.7 公尺。	1. 河川出海後沿岸邊分流之沖刷。 2. 大量採砂。
許硯蓀等 (1993)	1986-1 992	河口以北	無明顯沖淤變化。	礁岩海岸地形。
		河口以南	河口以南7 公里之海岸皆為侵蝕區，越近河口越嚴重。	1. 沙質海岸，侵淤明顯。 2. 人工岬灣理論。
郭金棟等 (1993)	1990-1 993	河口以北	除了緊鄰河口處外，其餘地形變化幅度較小。	礁岩海岸、海岸坡度較陡。
林雪美 (1996)	1980-1 989	河口以北	河口中心向西南移動。	河海堤工程的完成。
石再添等 (1996)	1904-1 989	河口以南	沙洲向內陸彎入。	受波浪侵蝕影響。
邱永芳等 (2000) 洪憲忠等 (2000)	1996-2 000	河口以南	淡水河口南側部分河道因淤積逐漸形成沙洲，河床有季節性變化。	臺北港興建。
魏 震 (2001)	1986-2 000	河口以北	北岸則呈現淤積狀態，河口三角洲向外前進，北淤沙逐漸形成河口淺灘濕地。	臺北港興建。
		河口以南	呈現侵蝕狀態。	臺北港興建。
張 菀 文 (2002)	1904-1 994	河口以北	竹圍侵蝕後退。	沈積物收支影響。
		河口以南	挖子尾沙嘴處變動明顯，時侵時淤。	水庫興建、禁採砂石、人為結構等引起的沈積物收支。

資料來源：張菀文（2002）

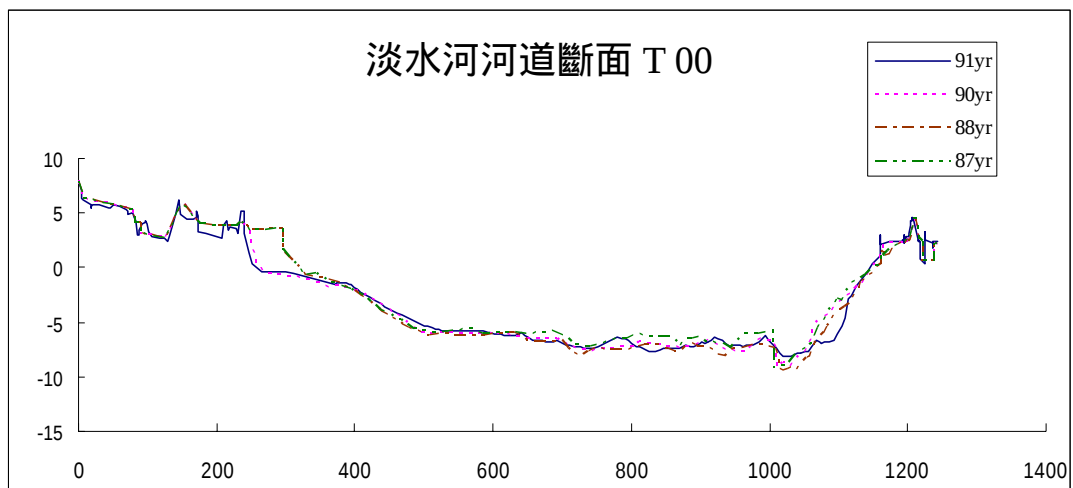


圖 3-7(a) 淡水河河道斷面 T00 民國 87~91 年地形變化比較圖

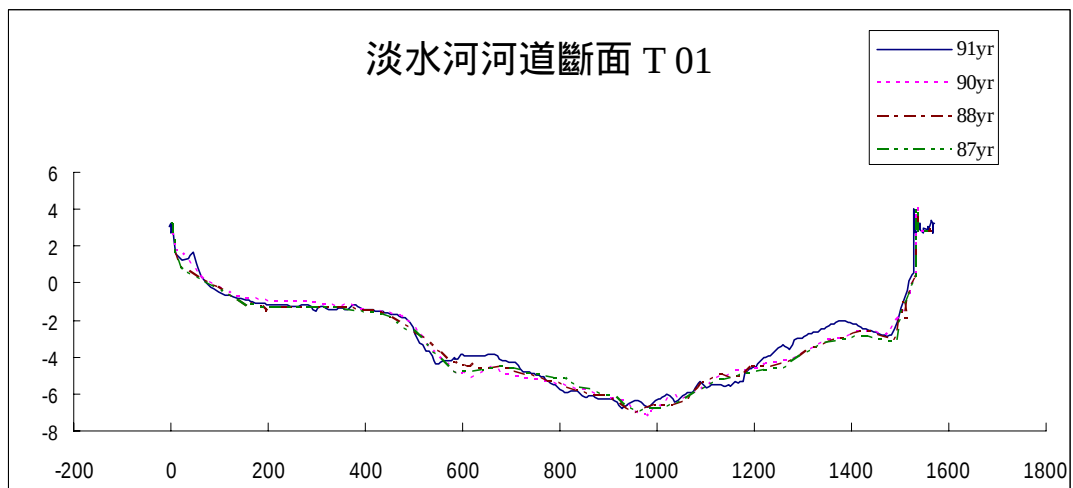


圖 3-7(b) 淡水河河道斷面 T01 民國 87~91 年地形變化比較圖

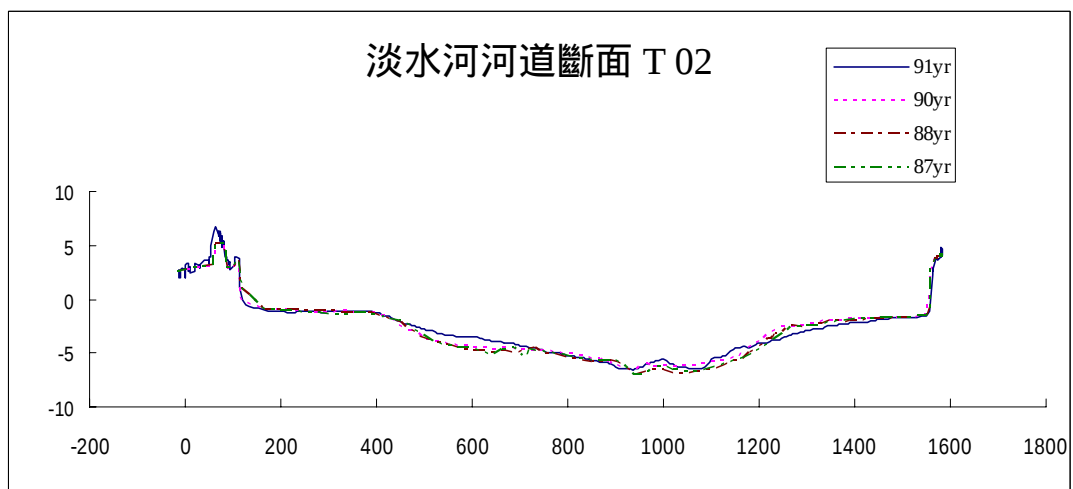


圖 3-7(c) 淡水河河道斷面 T02 民國 87~91 年地形變化比較圖

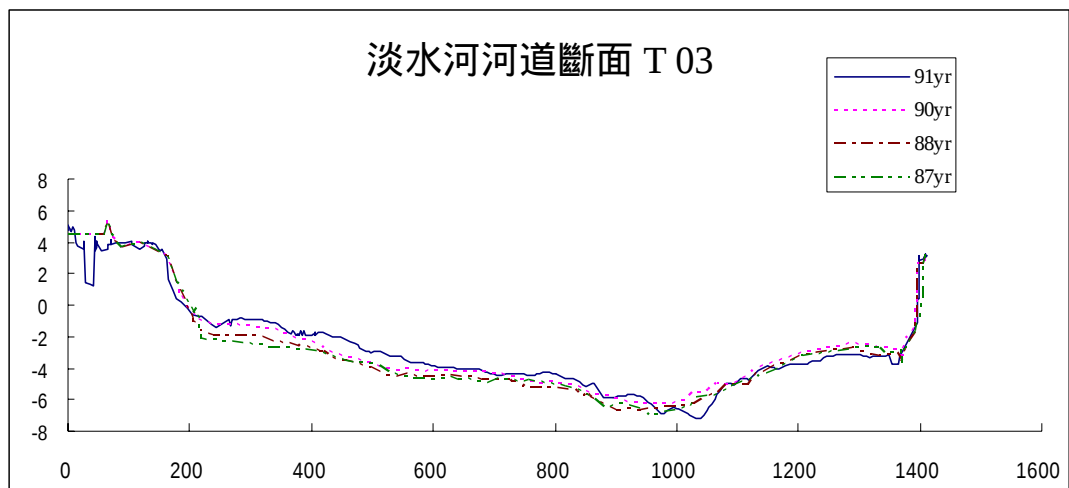


圖 3-7(d) 淡水河河道斷面 T03 民國 87~91 年地形變化比較圖

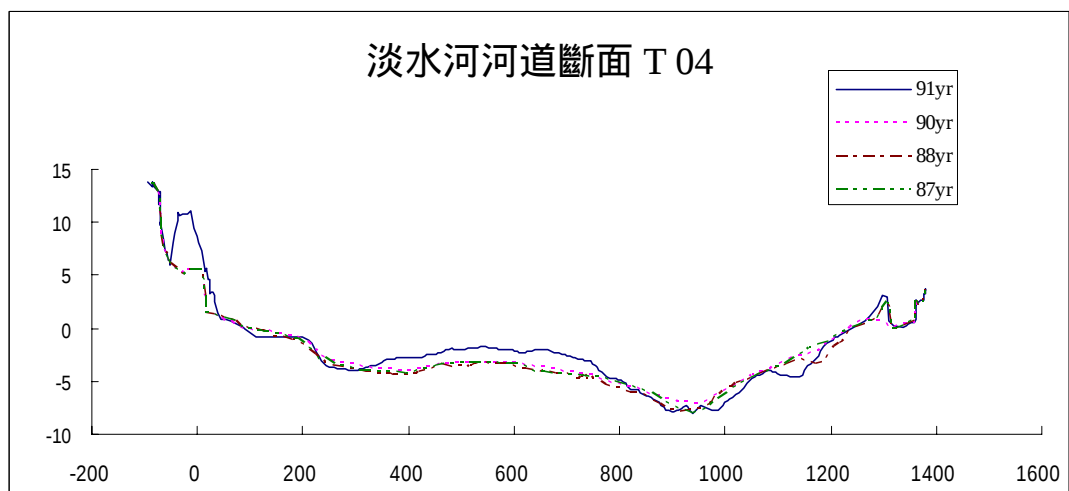


圖 3-7(e) 淡水河河道斷面 T04 民國 87~91 年地形變化比較圖

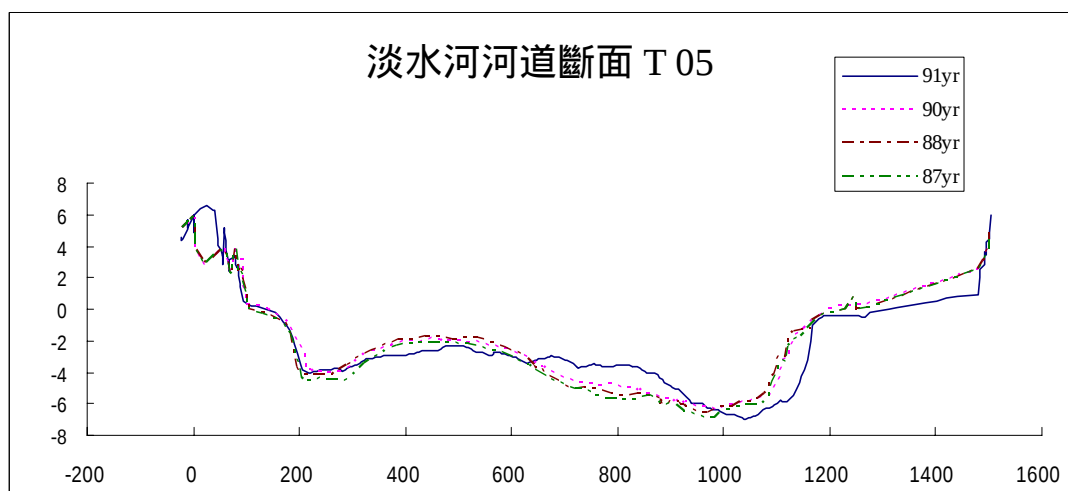


圖 3-7(f) 淡水河河道斷面 T05 民國 87~91 年地形變化比較圖

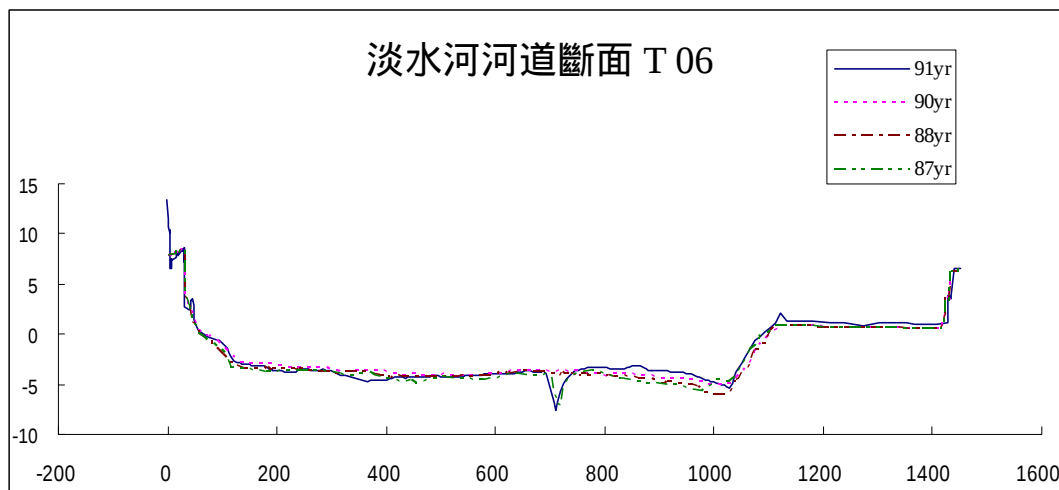


圖 3-7(g) 淡水河河道斷面 T06 民國 87~91 年地形變化比較圖

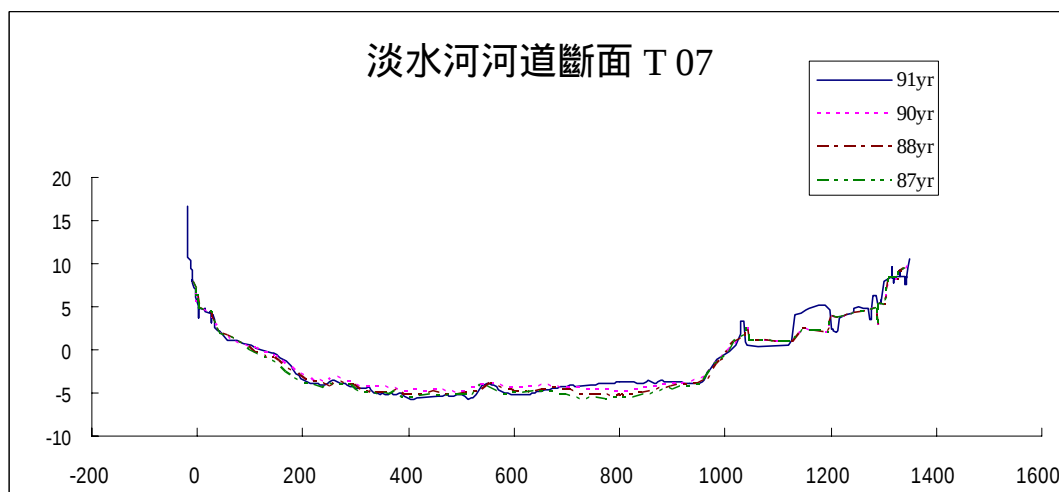


圖 3-7(h) 淡水河河道斷面 T07 民國 87~91 年地形變化比較圖

期如此。依據中華民國海軍海洋測量局於民國七十、八十及九十一年所測量之臺北港及附近（含淡水漁港）海軍水道圖，河道內範圍則至臺北縣八里左岸公園附近，經整理並套繪後，將此二十年間此範圍內之河床及海床地形變化整理如圖 3-6 所示。

由圖 3-7、3-8 分析結果可知，由於八里位於河口地帶凸岸下游，長期觀察結果顯示於民國 70 至 91 年間二十年來淡水河河道之左岸處均有持續淤積發生，初步分析近幾年淤積速率有增加趨勢，可能由於近年來河口結構物如淡水第二漁港防波堤及臺北港北外廓防波堤持續

建設等造成。因此，本計畫將分別探討淡水第二漁港及臺北港外擴防波堤對淡水河口地形變化的影響。

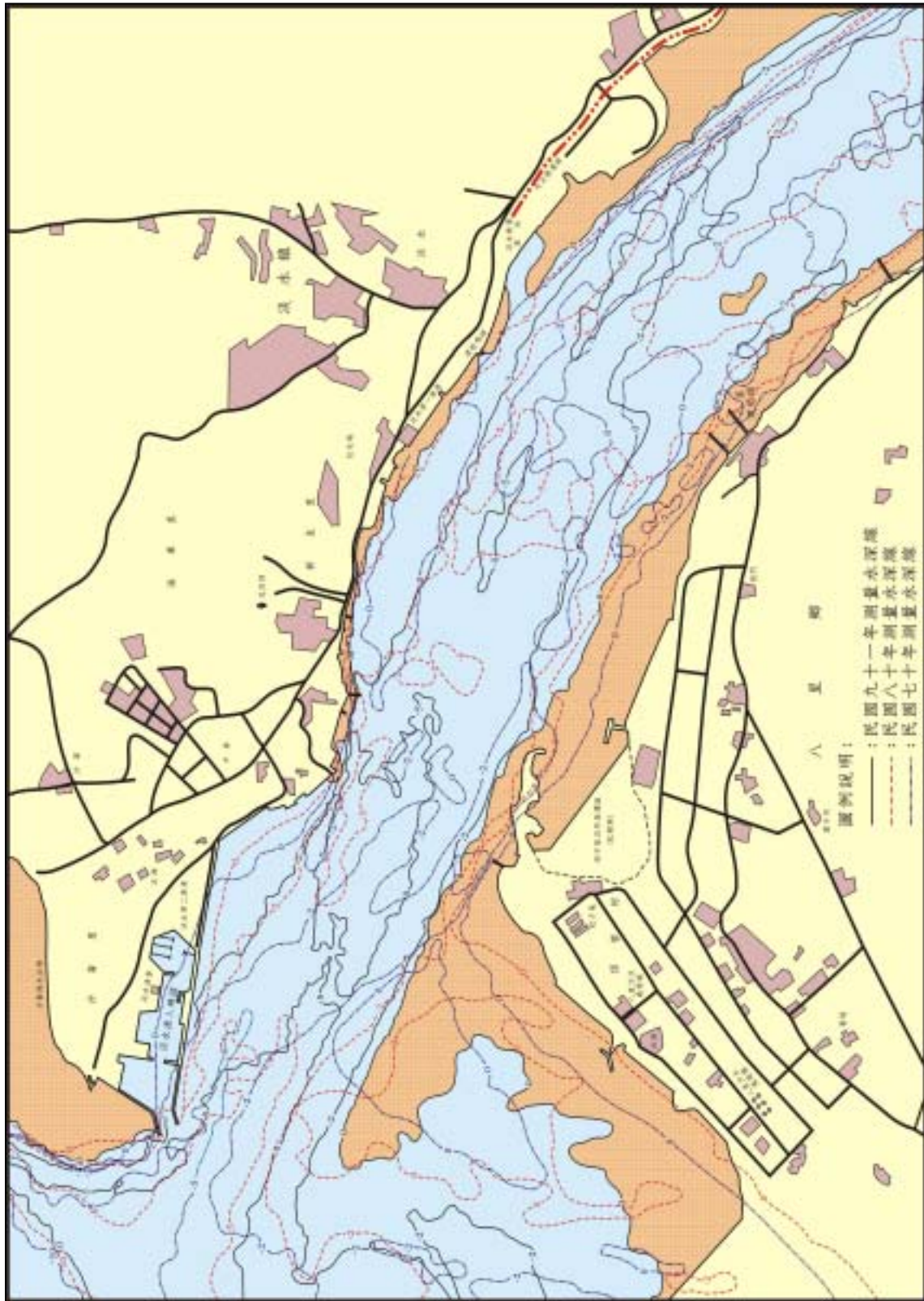
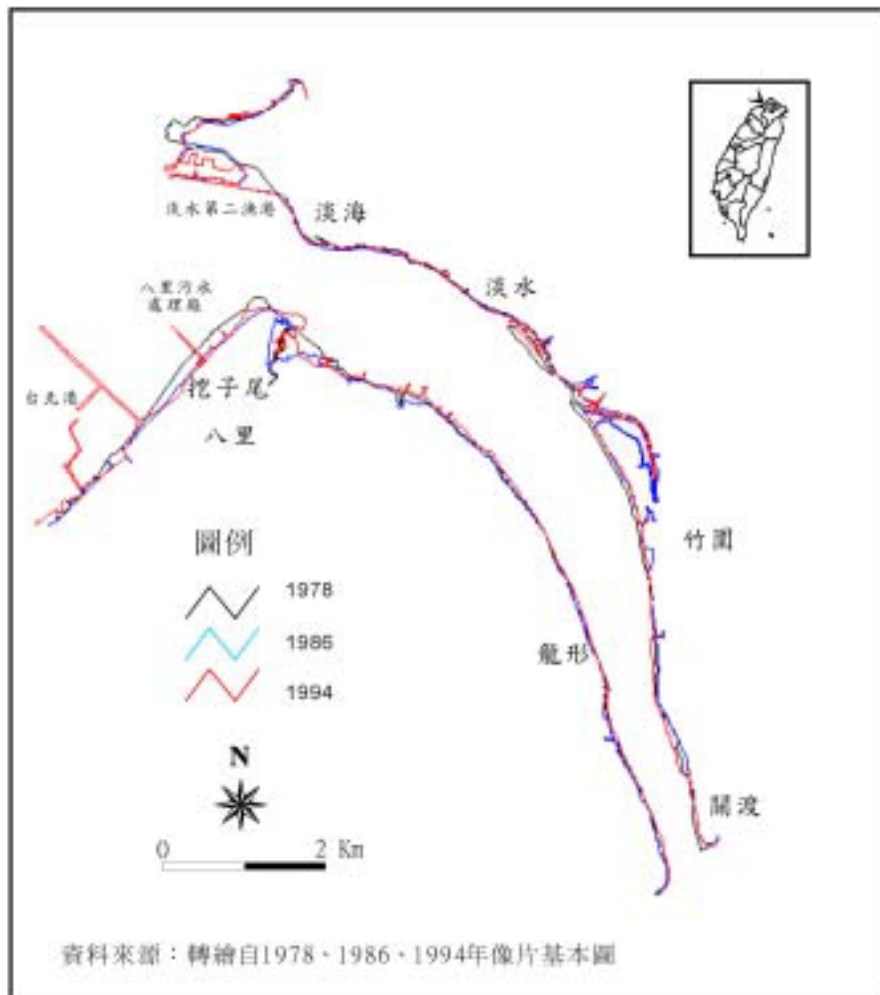


圖 3-8 淡水河口民國 70~91 年海軍水道圖平面地形變化比較圖

3.5.1 淡水第二漁港防波堤的影響

透過歷年地圖比對淡水河口長期的地形變遷趨勢，可發現沈積物在兩岸堆積的消長及開口處岸線向海延伸後退的變化最為明顯，從竹圍至挖子尾一帶則是河口堆積變化最明顯的範圍（圖 3-9，張菀文，2002）。在淡水第二漁港興建防波堤之後，由於防波堤方向平行河道方向，因此河口北岸的形態變化並不大，僅漁港的興建使堤防前緣的沙灘縮減及河口水路向西南偏移，其餘並無明顯淤積；但河口南岸挖子尾地區的沙嘴則變動劇烈，其沙嘴形態受到波浪作用、海岸侵蝕及周圍港口的興建，而呈現堆積、轉向、退縮等形態上的變化（張菀文，2002）。



資料來源：張菀文（2002）

圖 3-9 淡水河口 1978-1994 年變遷圖

此外，基隆港務局（1988）亦針對淡水第二漁港興建對河口海域地形的影響進行研究，認為北海岸金山、野柳至淡水一帶的海岸地形已經達成平衡，數十年來海岸並無明顯變化之事實，因此波浪沿岸的輸沙量應約略等於河川之輸沙量。由於海岸漂沙優勢方向為由北向南移動，至淡水河口會受河口水流及新港海堤影響而在河口北岸形成迴流，使漂沙沈積於沙崙一帶海岸，造成堆積的情況。

3.5.2 臺北港北防波堤的影響

臺北港港址正好位於淡水河口南側，接近的地理位置與長達 1 公里多的港口北外廓防波堤干擾了沿岸漂沙的方向，阻礙由北向南的沿岸流將淡水河口的漂沙往南攜帶，根據基隆港務局的相關調查及衛星影像顯示，沿岸漂沙由於受到臺北港堤防及八里污水處理廠放流管的影響會在堤前堆積，在低潮時可以露出一整片的沙洲（如圖 3-10、圖 3-11），近年來已形成十三行博物館前的北淤沙區（詳圖 3-1）。

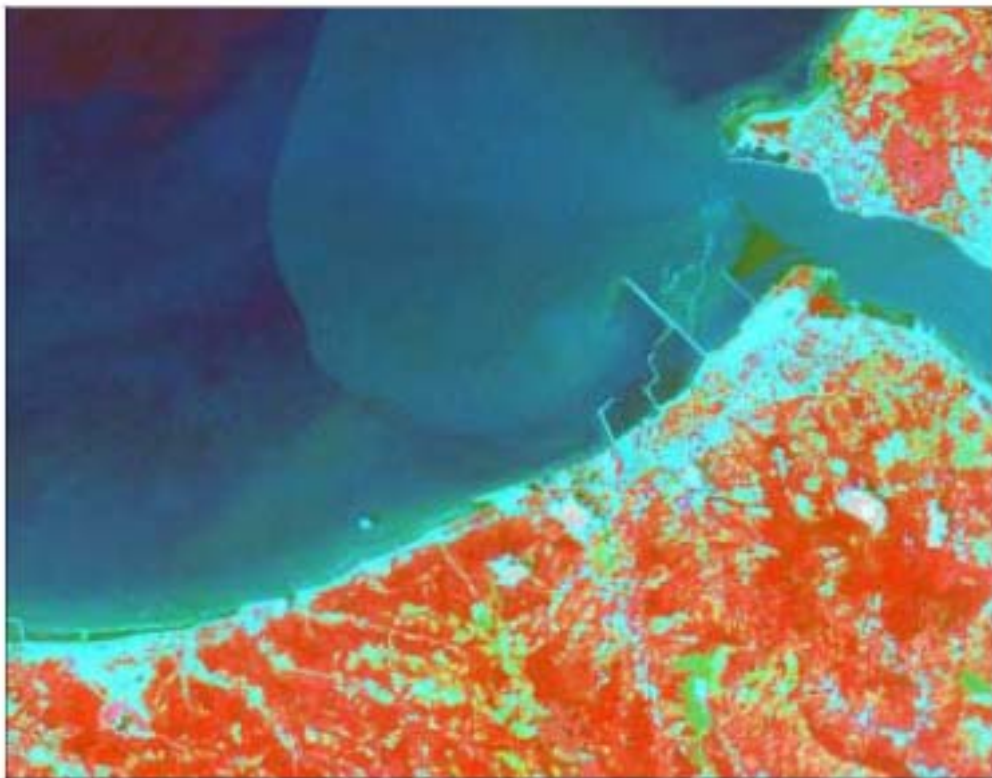
本所於 85~89 年監測報告中認為淡水河河口部分河道南側因淤積逐漸形成沙洲，低潮時可以露出水面，河床本身似乎有季節性變化。在淡水河口西南方林口發電廠前方海域有沙洲形成，顯示有離岸方向之漂沙活動，並且有季節性侵淤現象。

魏震（2001）根據 Savage 公式或改良 Bijker 公式計算，臺北港興建後，全年波浪能推動的漂沙量為 164 萬立方公尺，與淡水河系每年平均輸沙量約為 185 萬立方公尺相當接近，海岸處於臨界平衡的狀態。但若淡水河對海岸補充沙量小於漂沙量時，河口則可能呈現侵蝕狀態。若根據建臺北港前後的海域地形資料，則得出建港中期河口南北兩岸都是沈積侵蝕的狀況，但建港後則都呈現淤積的狀況。臺北港的北防波堤興建的確影響了沿岸輸沙狀況且改變了海床地形。



資料來源：八十九年八里、林口海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷四年監測計畫

圖 3-10 臺北港興建前淡水河口衛星影像圖（1991.03.11）



資料來源：八十九年八里、林口海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷四年監測計畫

圖 3-11 臺北港興建過程淡水河口衛星影像圖（1994.08.14）

第四章 海岸地形變遷分析

4.1 歷年監測水深資料分析

參考基隆港務局歷年辦理臺北港海域地形水深監測成果，自民國 85 年起至 95 年初共計 19 次，測量日期如表 4-1 所示。因此本計畫以北防波堤垂直及延伸段主要部分完成時間為分界點，分別探討民國 85 年~91 年地形變遷特性，以及 91 年~94 年變遷特性，最後並綜合討論兩階段地形變化特性之差異。各地形監測測次間地形侵淤變化，本計畫利用 Surfer 軟體經由兩測次間體積差值計算侵淤量，計算結果如圖 4-1~4-16 所示。

表 4-1 歷年地形水深監測辦理時間表

測次	時間	測次	時間
1	85 年 05 月	11	90 年 05 月
2	85 年 10 月	12	91 年 05 月
3	86 年 05 月	13	91 年 10 月
4	86 年 10 月	14	92 年 09 月
5	87 年 07 月	15	92 年 11 月
6	87 年 10 月	16	93 年 05 月
7	88 年 06 月	17	93 年 11 月
8	88 年 10 月	18	94 年 05 月
9	89 年 05 月	19	94 年 11 月
10	89 年 10 月	—	—

資料來源：基隆港務局，本計畫整理

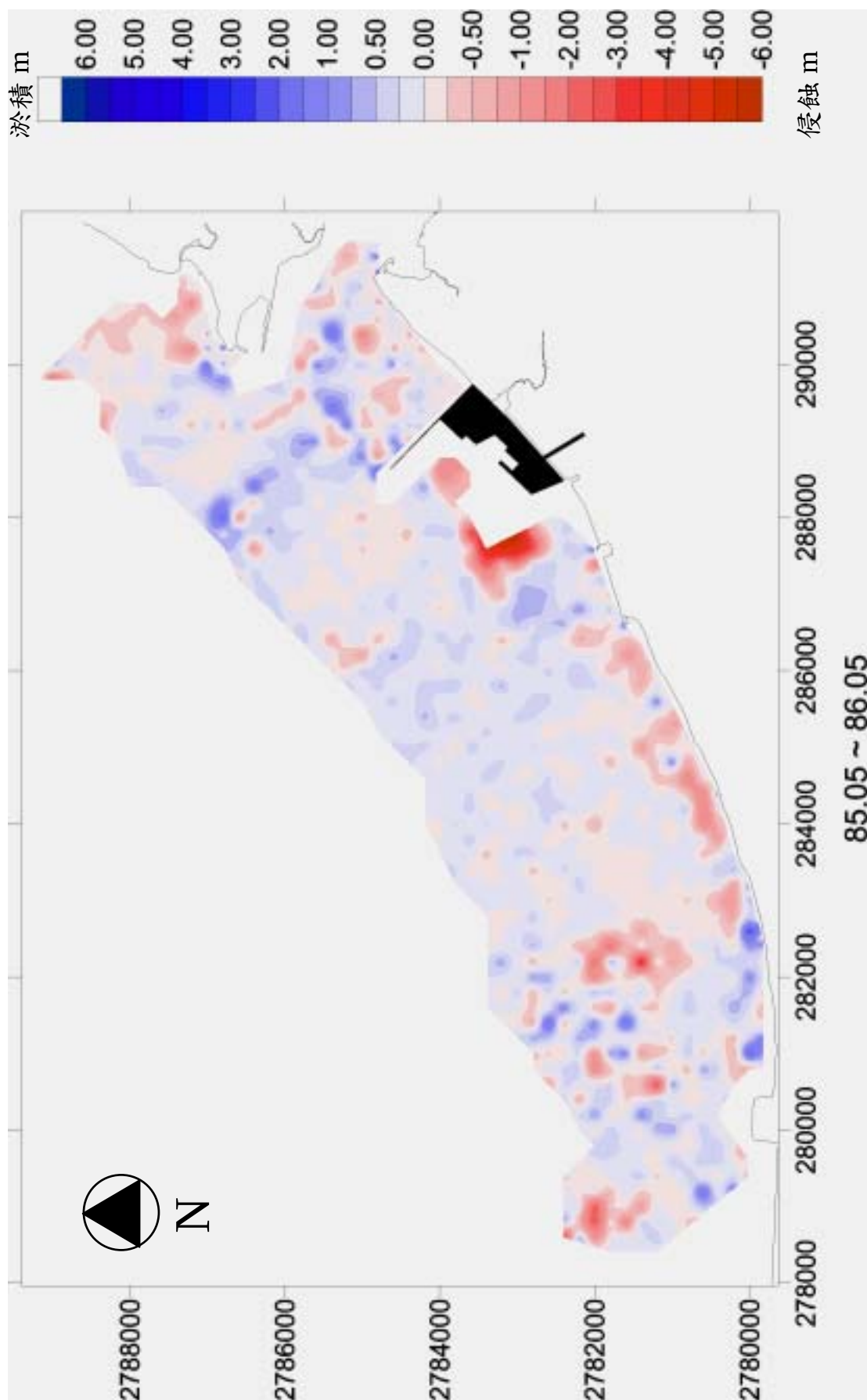


圖 4-1 臺北港海域 85.5~86.5 地形變化平面侵淤分佈

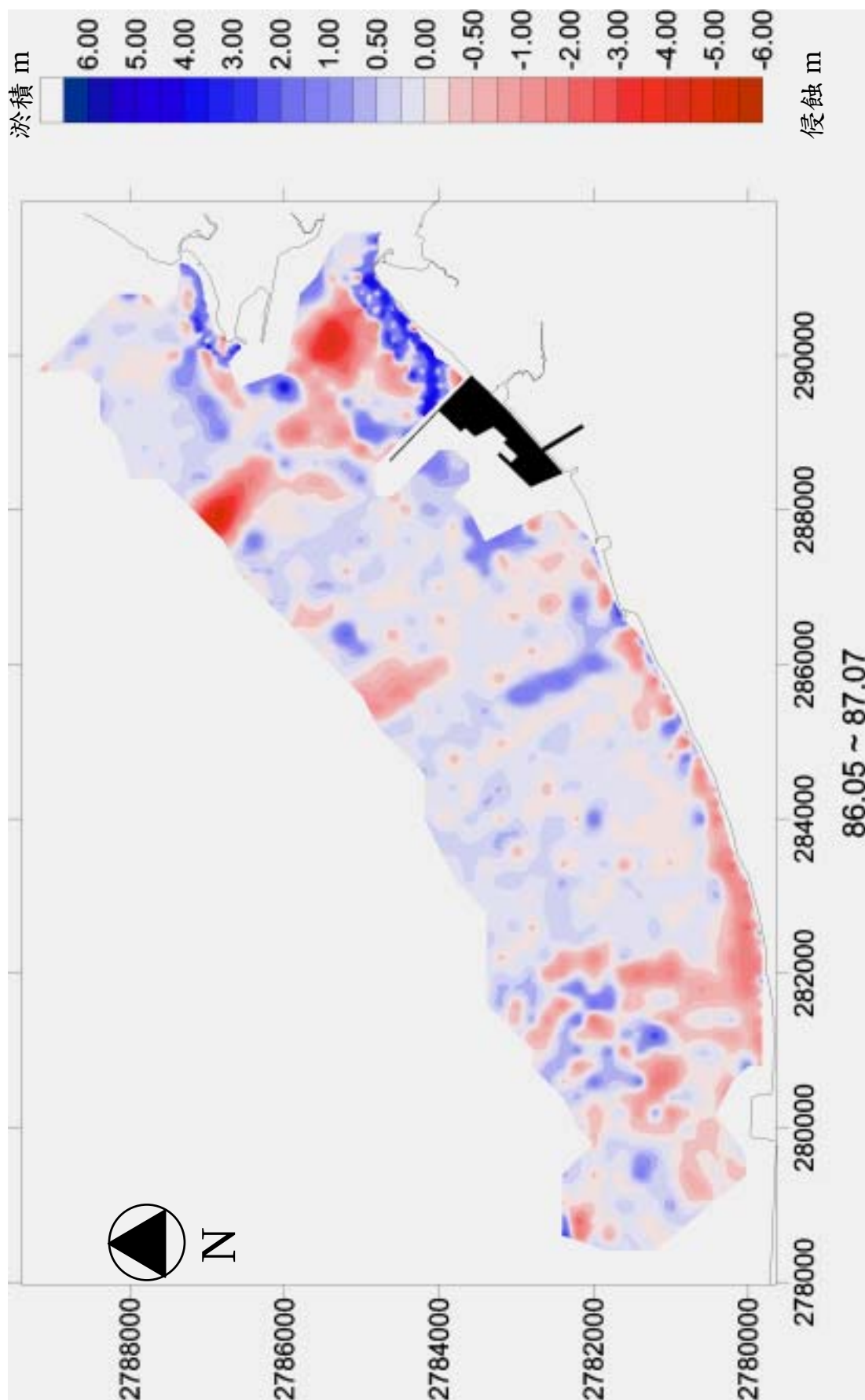


圖 4-2 臺北港海域 86.5~87.7 地形變化平面侵淤分佈
86.05 ~ 87.07

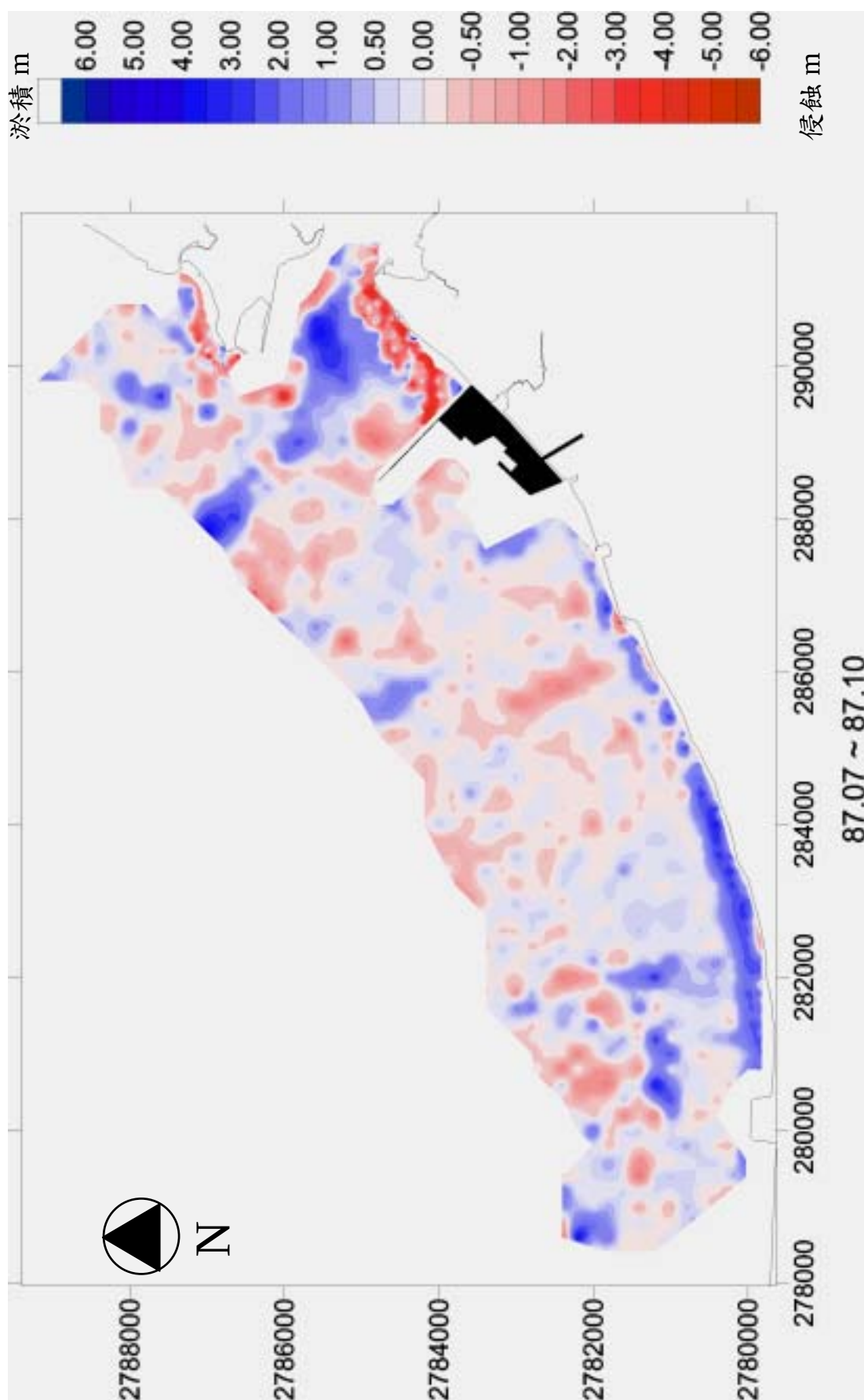


圖 4-3 臺北港海域 87.7~87.10 地形變化平面侵淤分佈

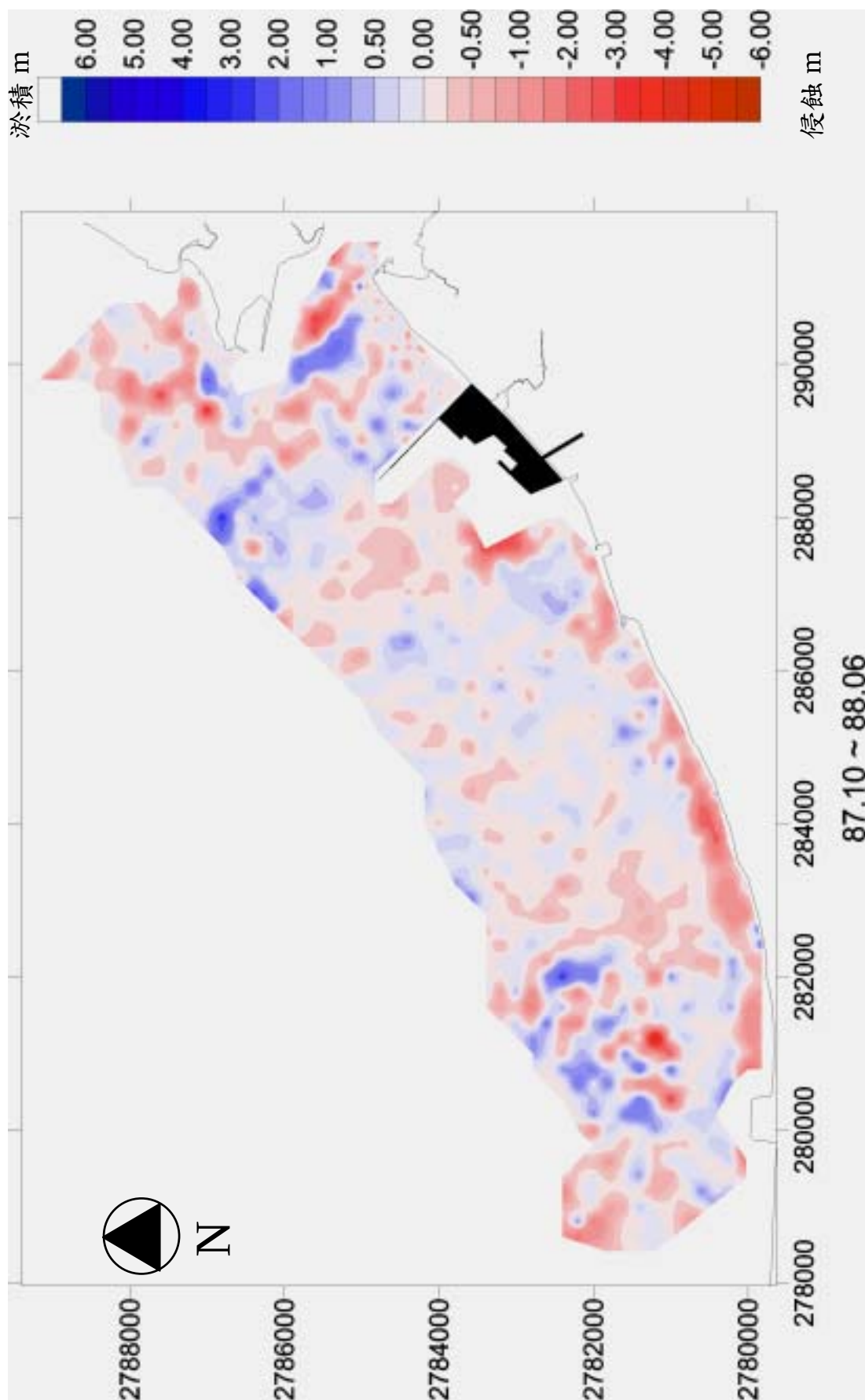


圖 4-4 臺北港海域 87.10~88.6 地形變化平面侵淤分佈

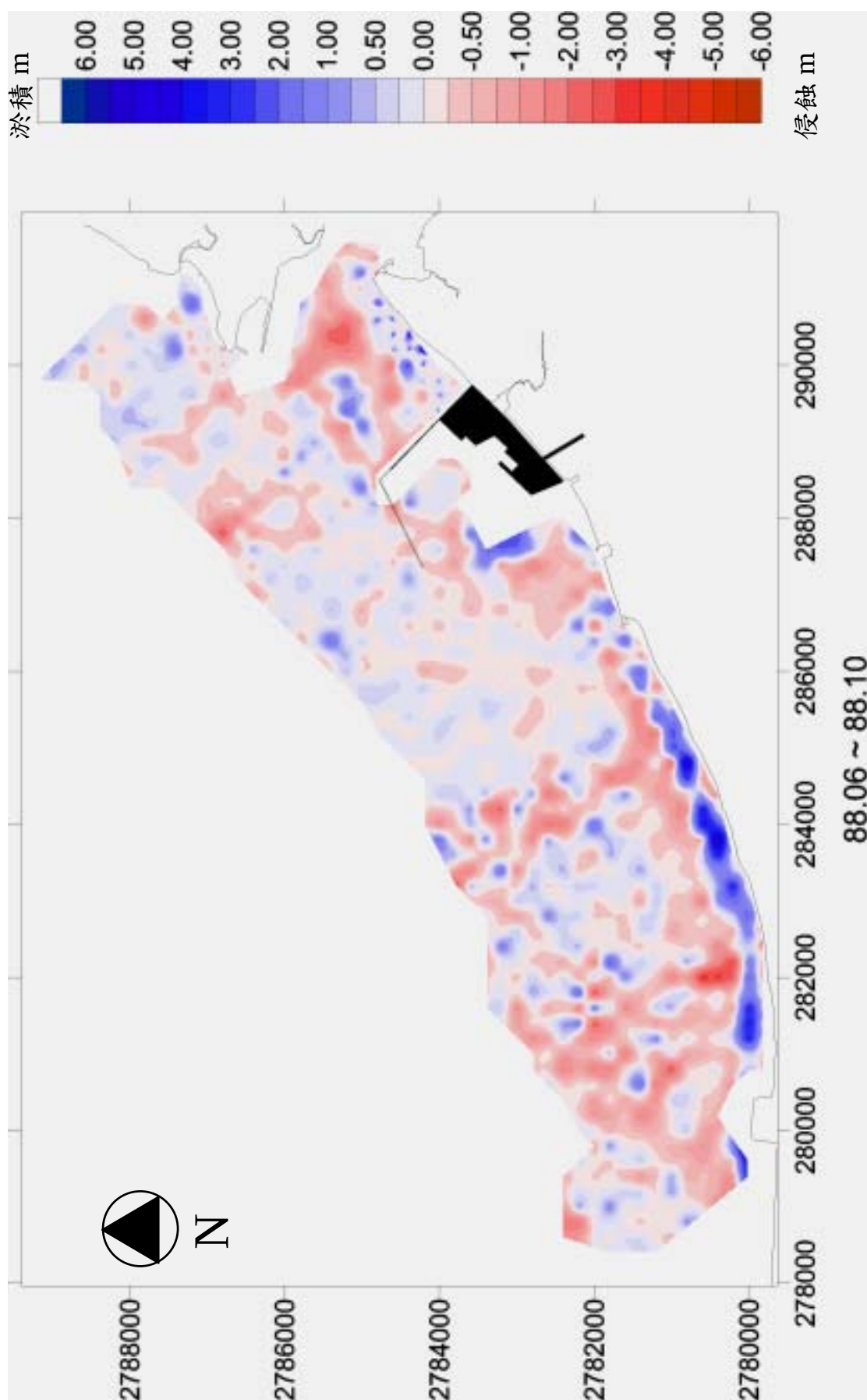


圖 4-5 臺北港海域 88.6~88.10 地形變化平面侵淤分佈

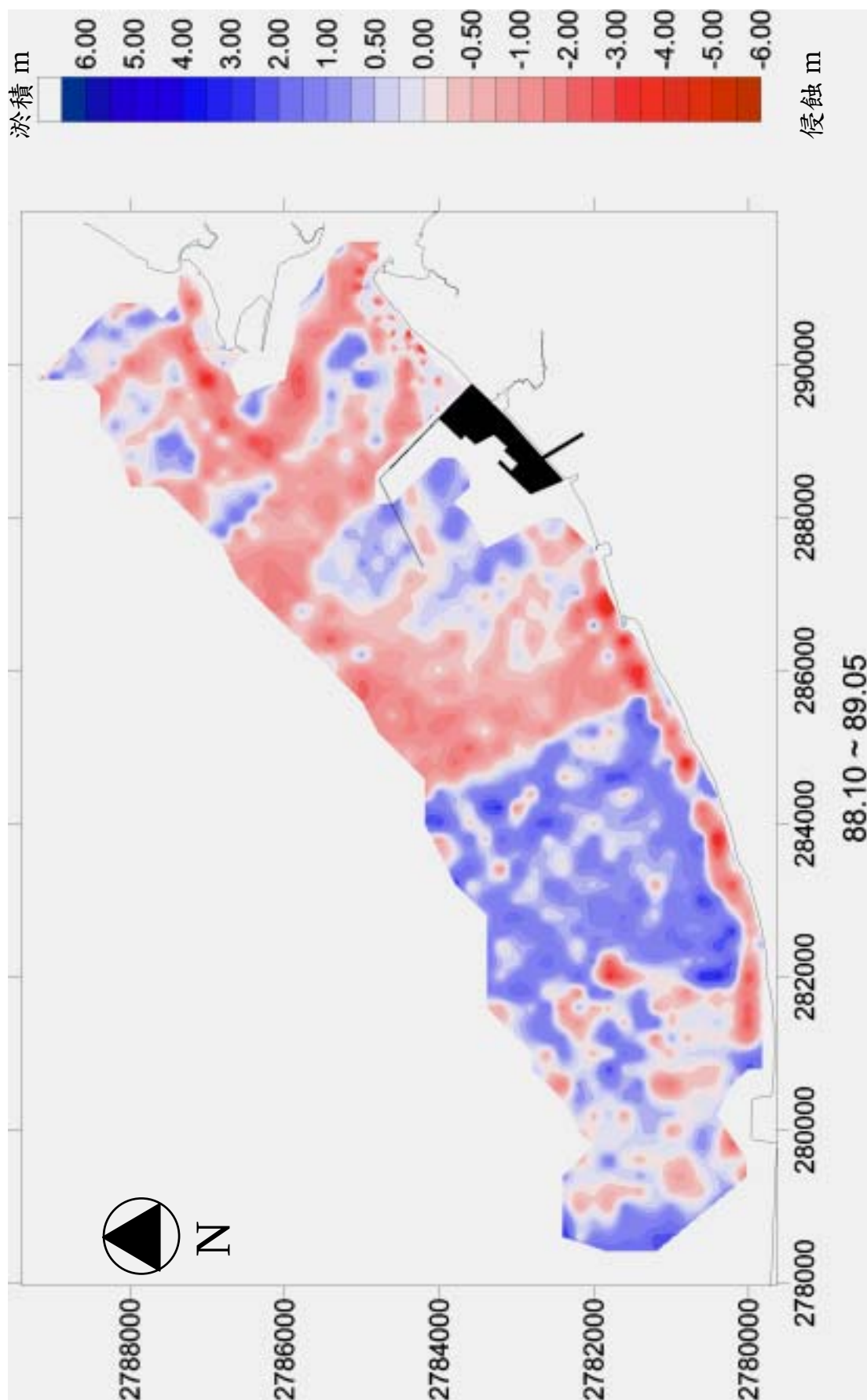


圖 4-6 臺北港海域 88.10~89.5 地形變化平面侵淤分佈

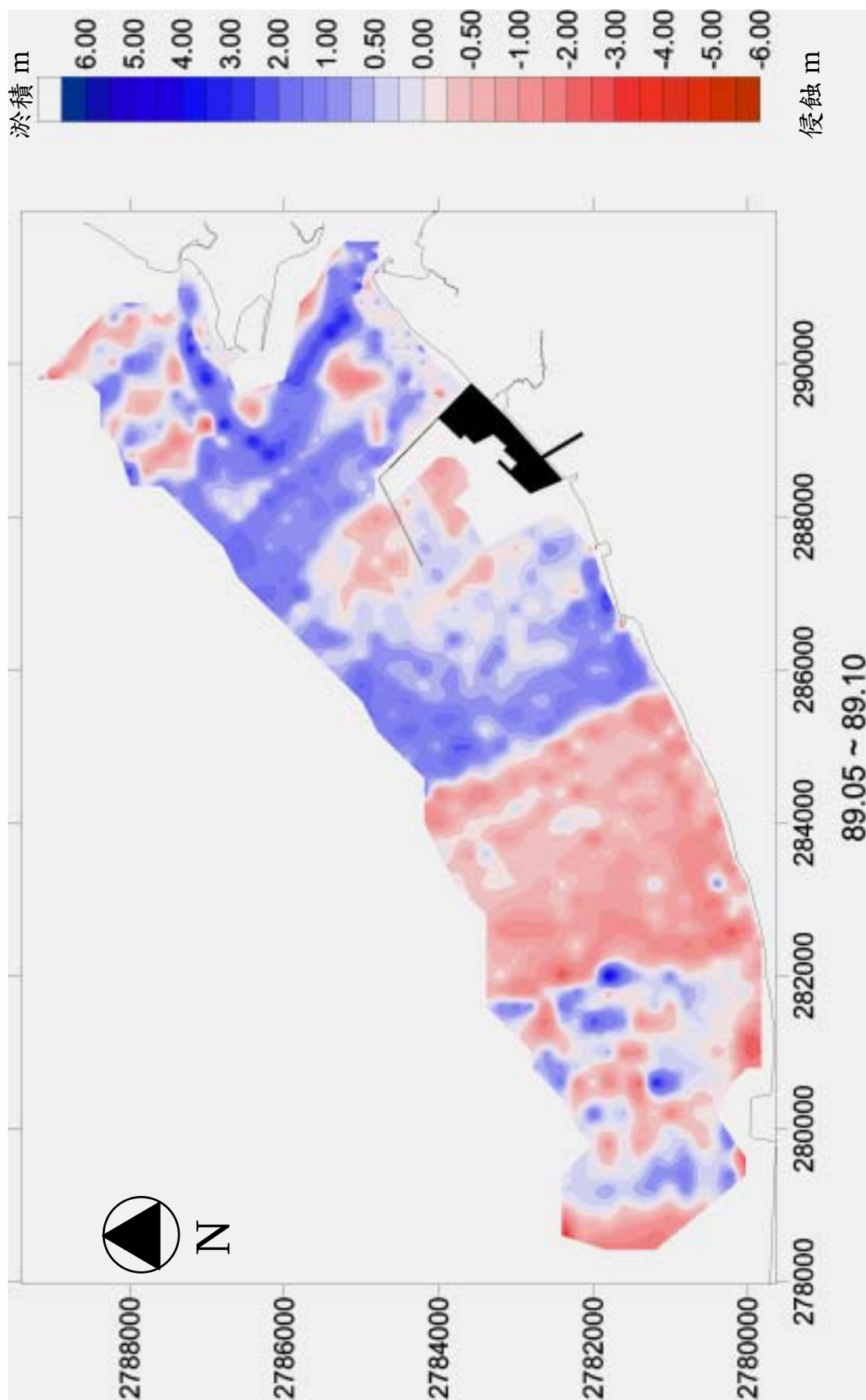


圖 4-7 臺北港海域 89.5~89.10 地形變化平面侵淤分佈

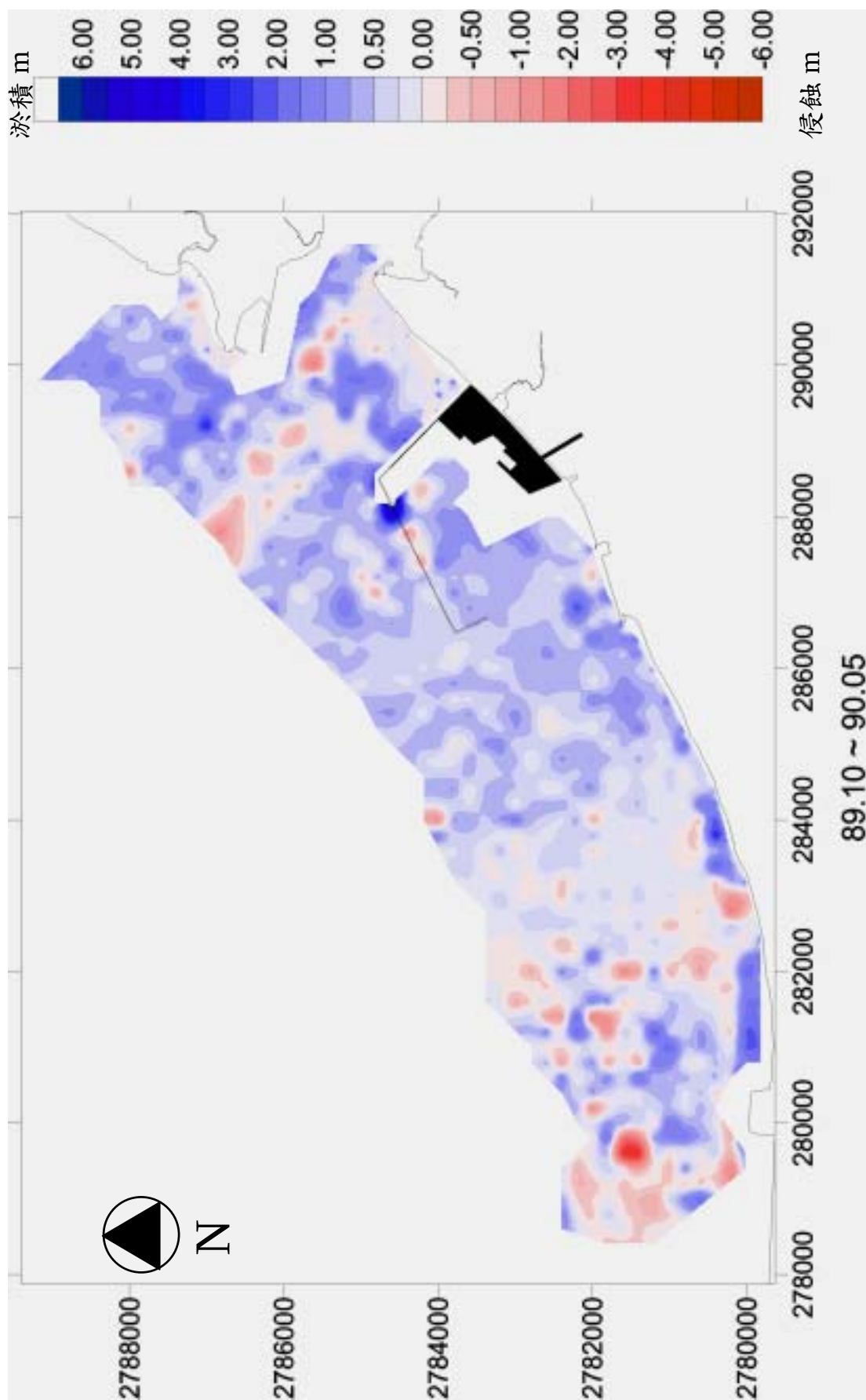


圖 4-8 臺北港海域 89.10~90.5 地形變化平面侵淤分佈

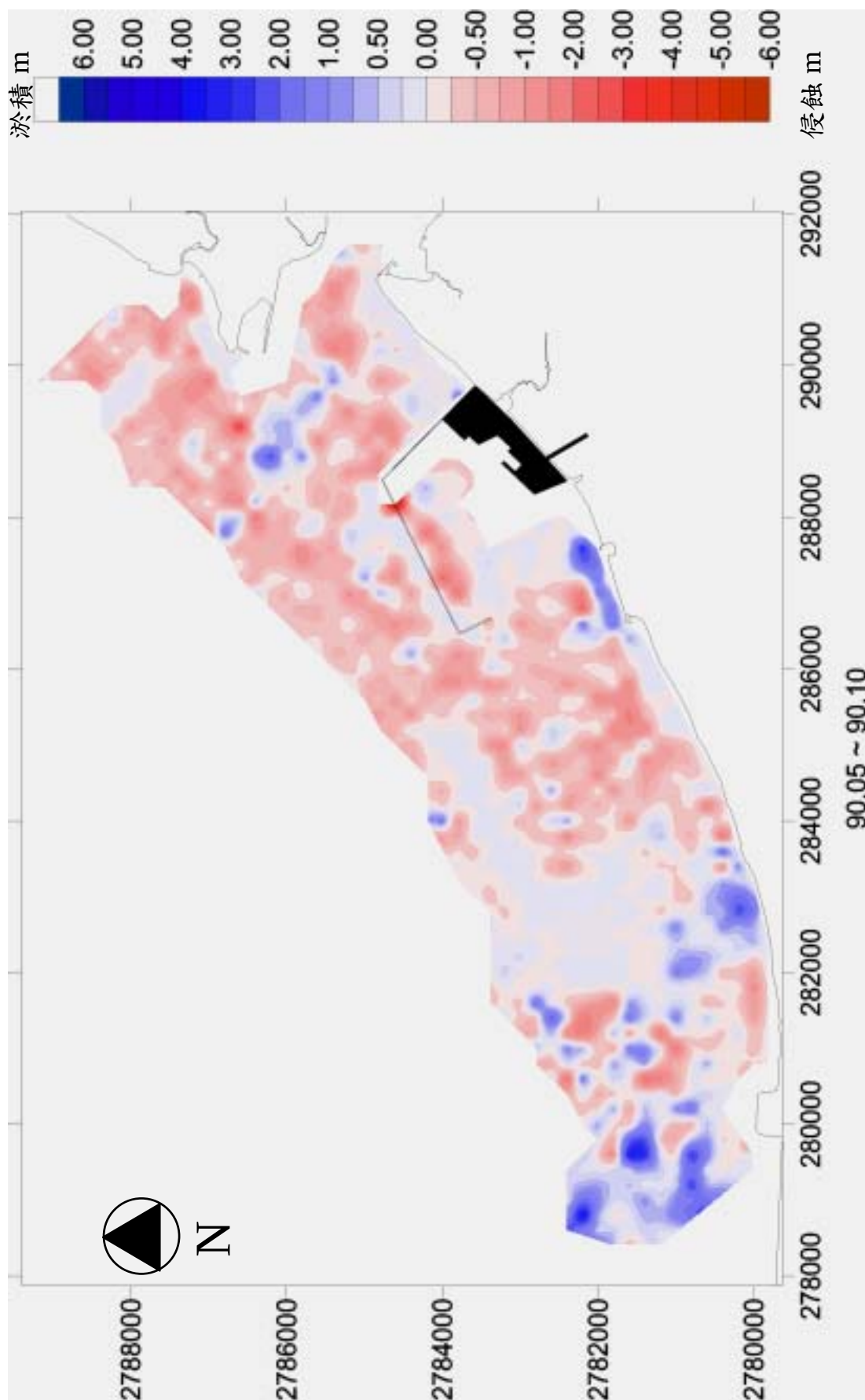


圖 4-9 臺北港海域 90.5~90.10 地形變化平面侵淤分佈

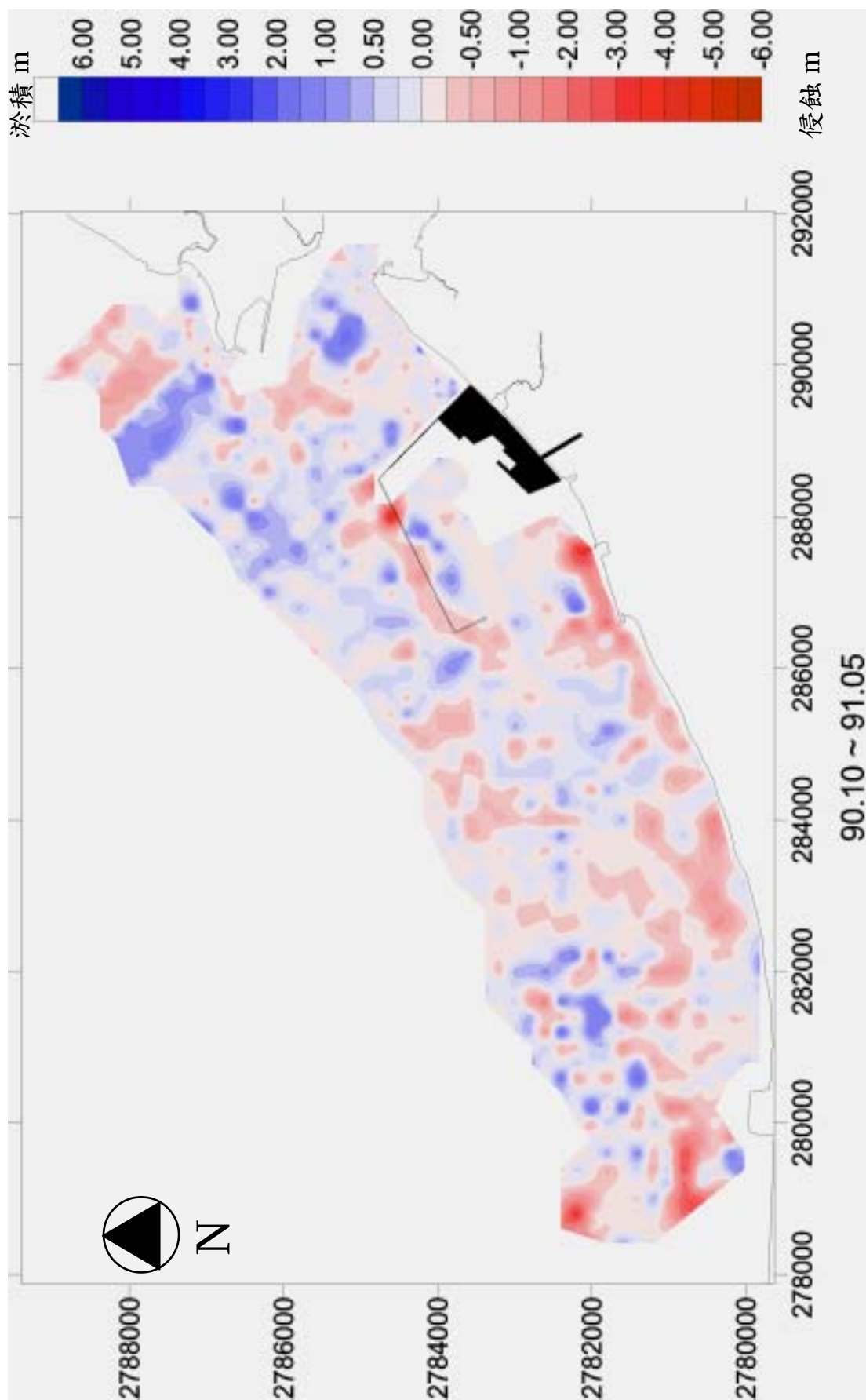


圖 4-10 臺北港海域 90.10~91.5 地形變化平面侵淤分佈

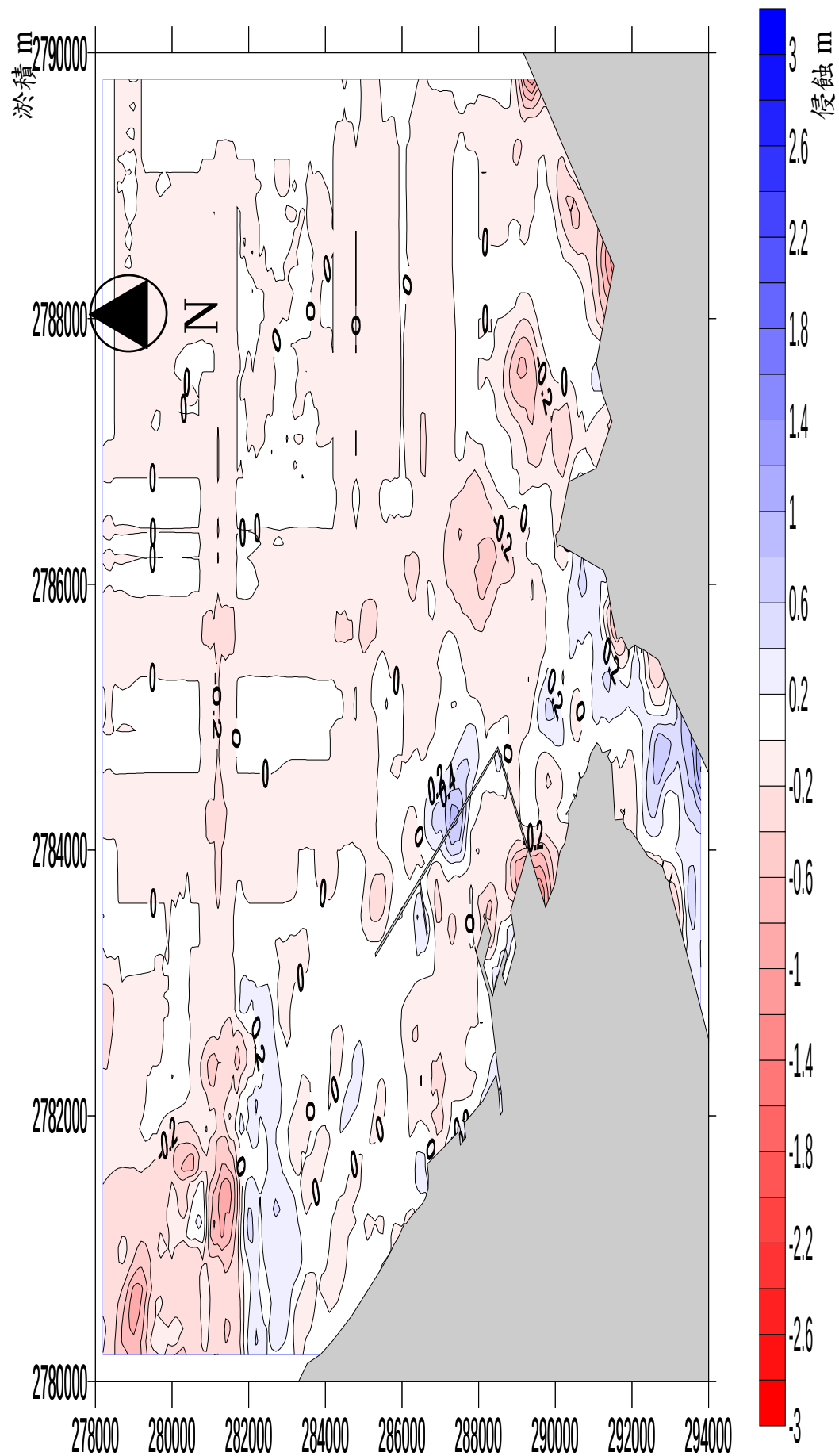


圖 4-11 臺北港海域 91.05~91.10 地形變化平面侵淤分佈

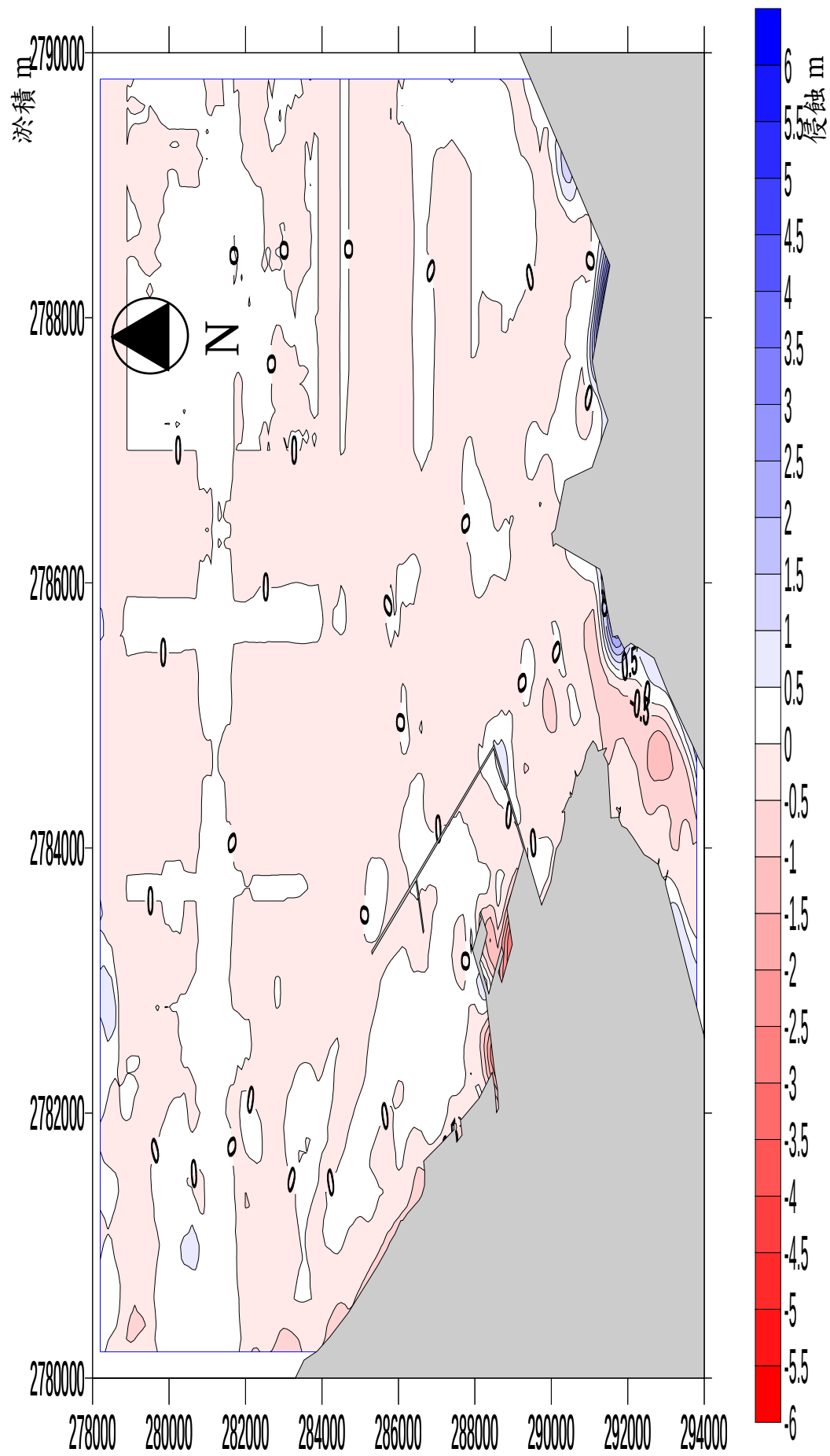


圖 4-12 臺北港海域 91.10~92.09 地形變化平面侵淤分佈

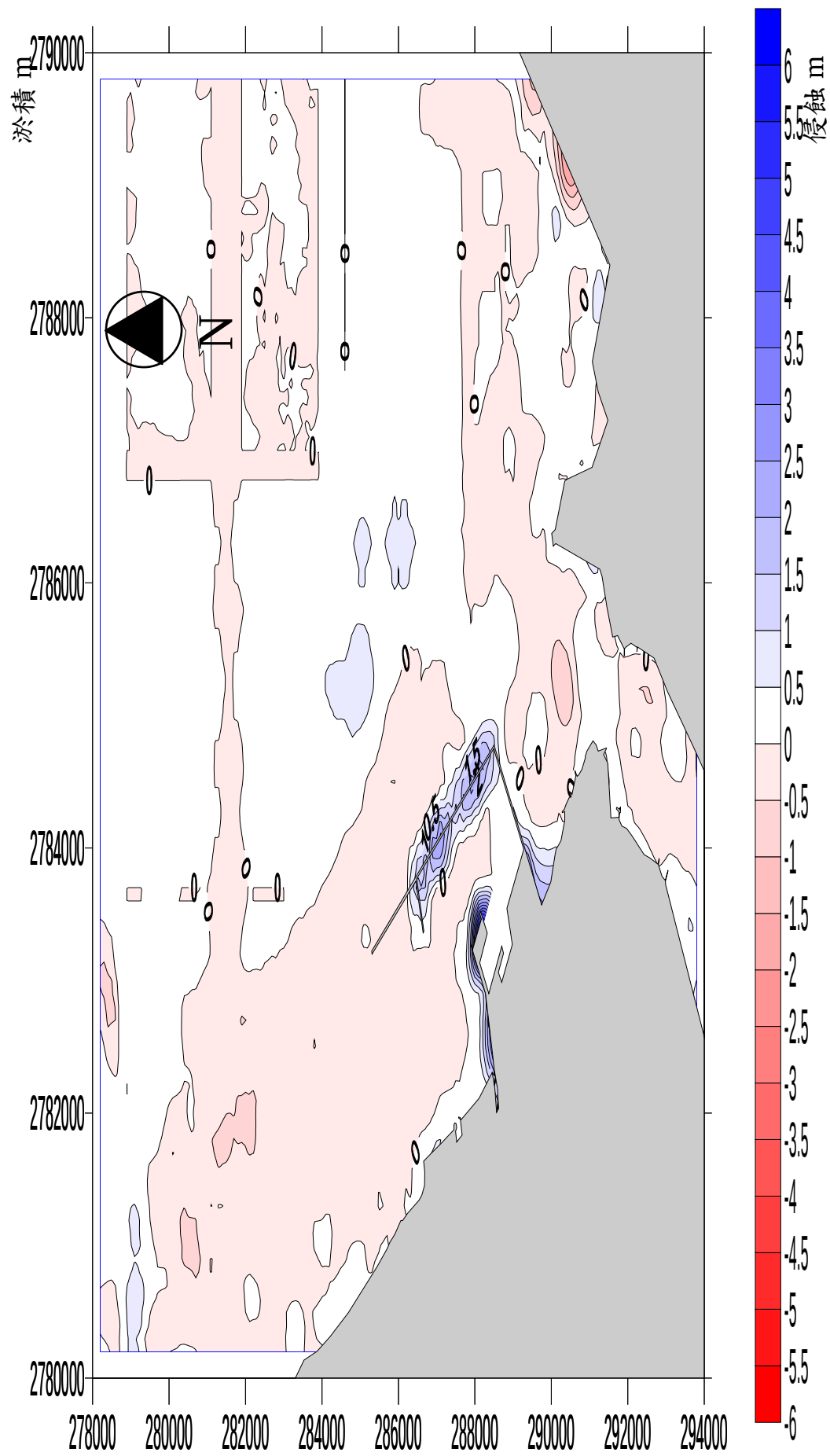


圖 4-13 臺北港海域 92.09~92.11 地形變化平面侵淤分佈

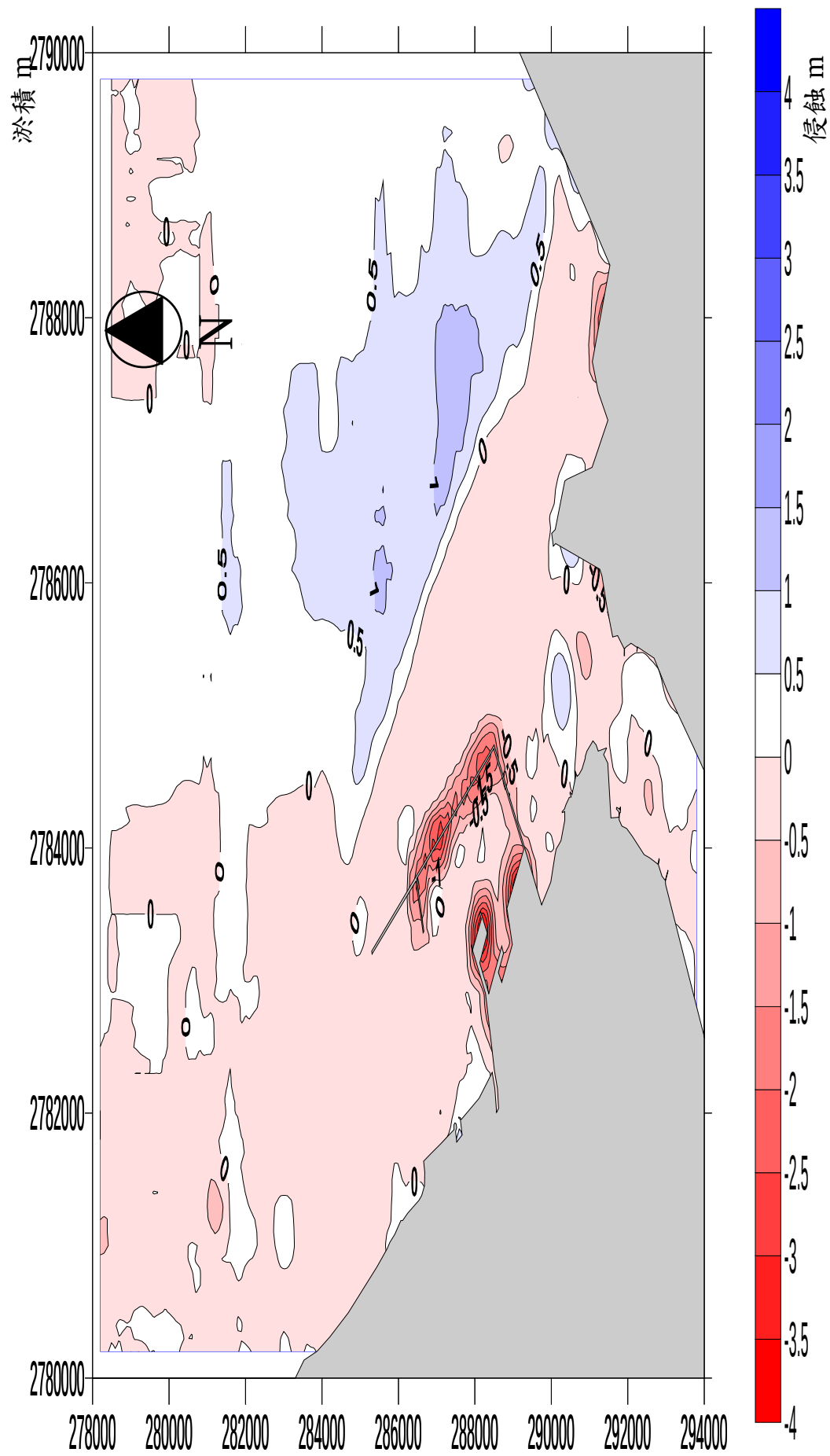


圖 4-14 臺北港海域 92.11~93.05 地形變化平面侵淤分佈

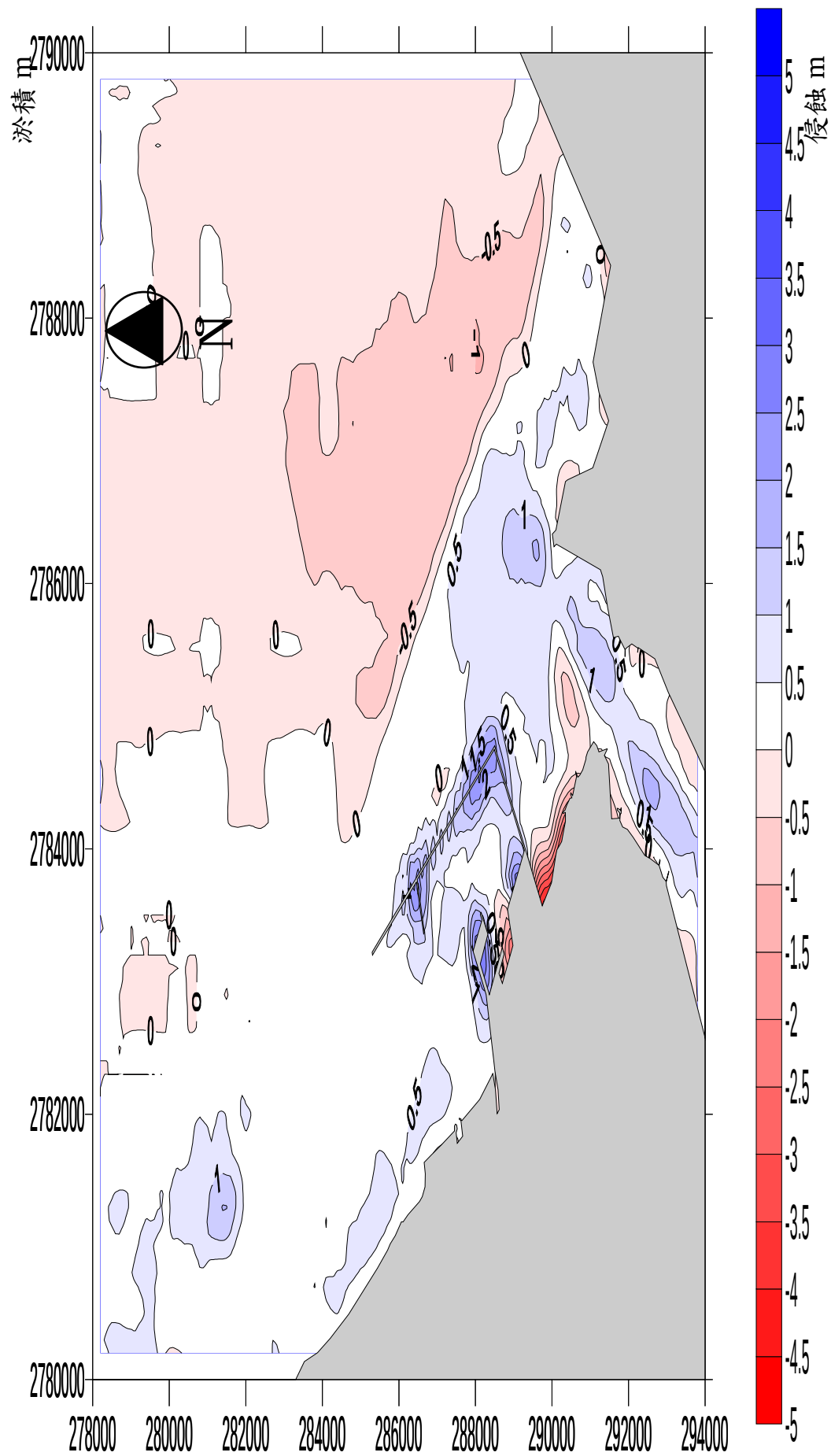


圖 4-15 臺北港海域 93.05~93.10 地形變化平面侵淤分佈

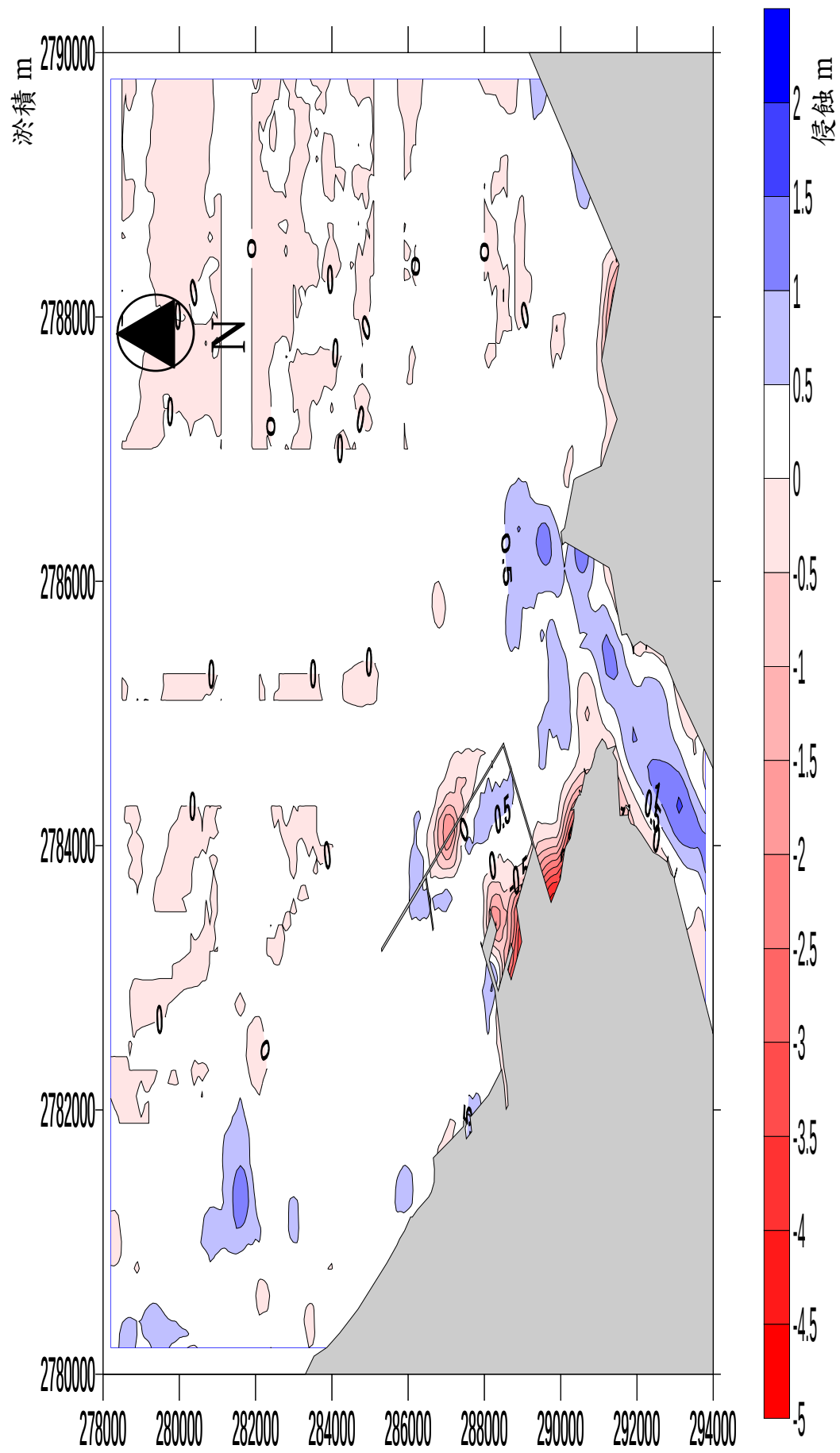


圖 4-16 臺北港海域 92.11~93.10 地形變化平面侵淤分佈

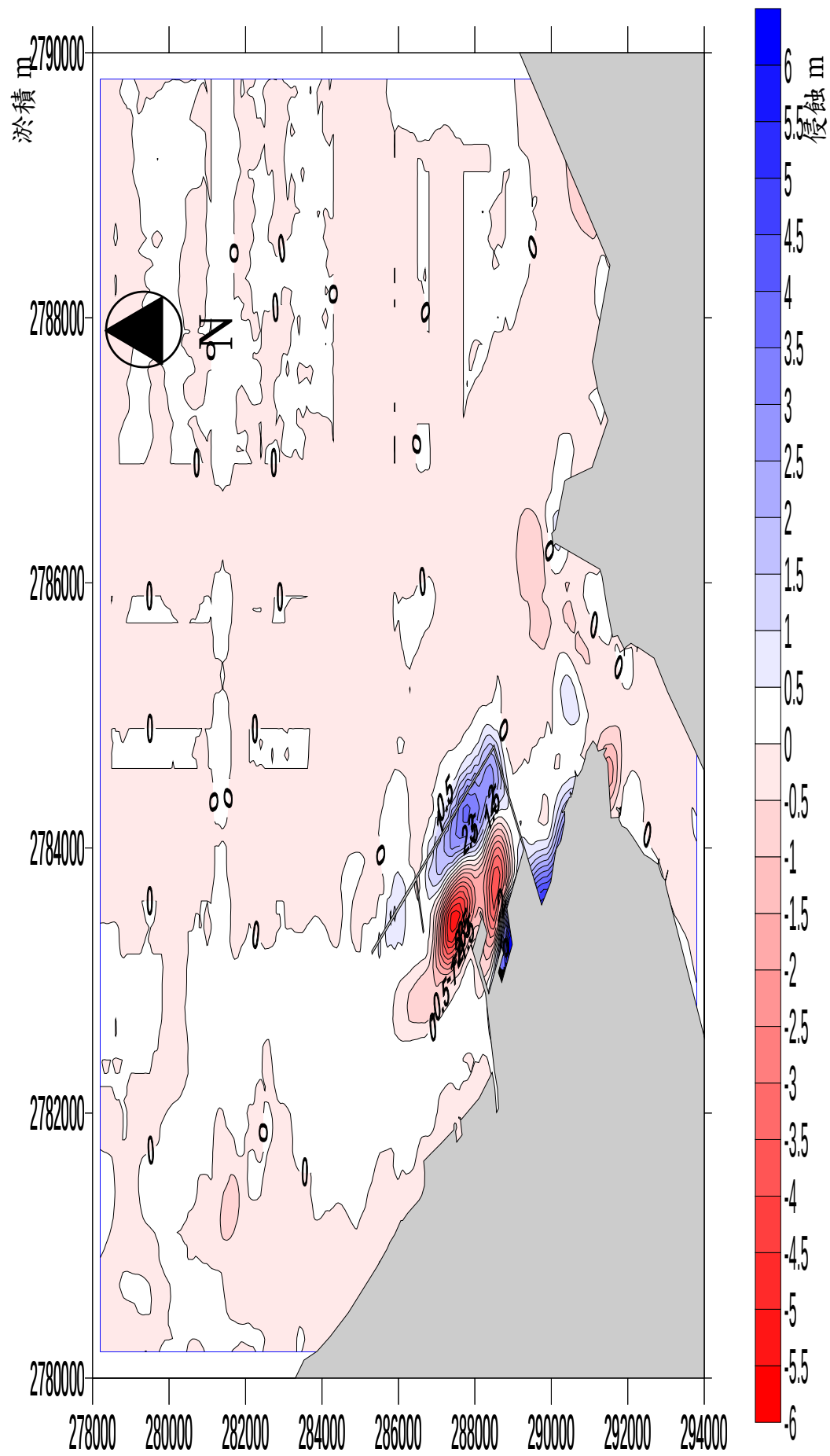


圖 4-17 臺北港海域 93.10~94.05 地形變化平面侵淤分佈

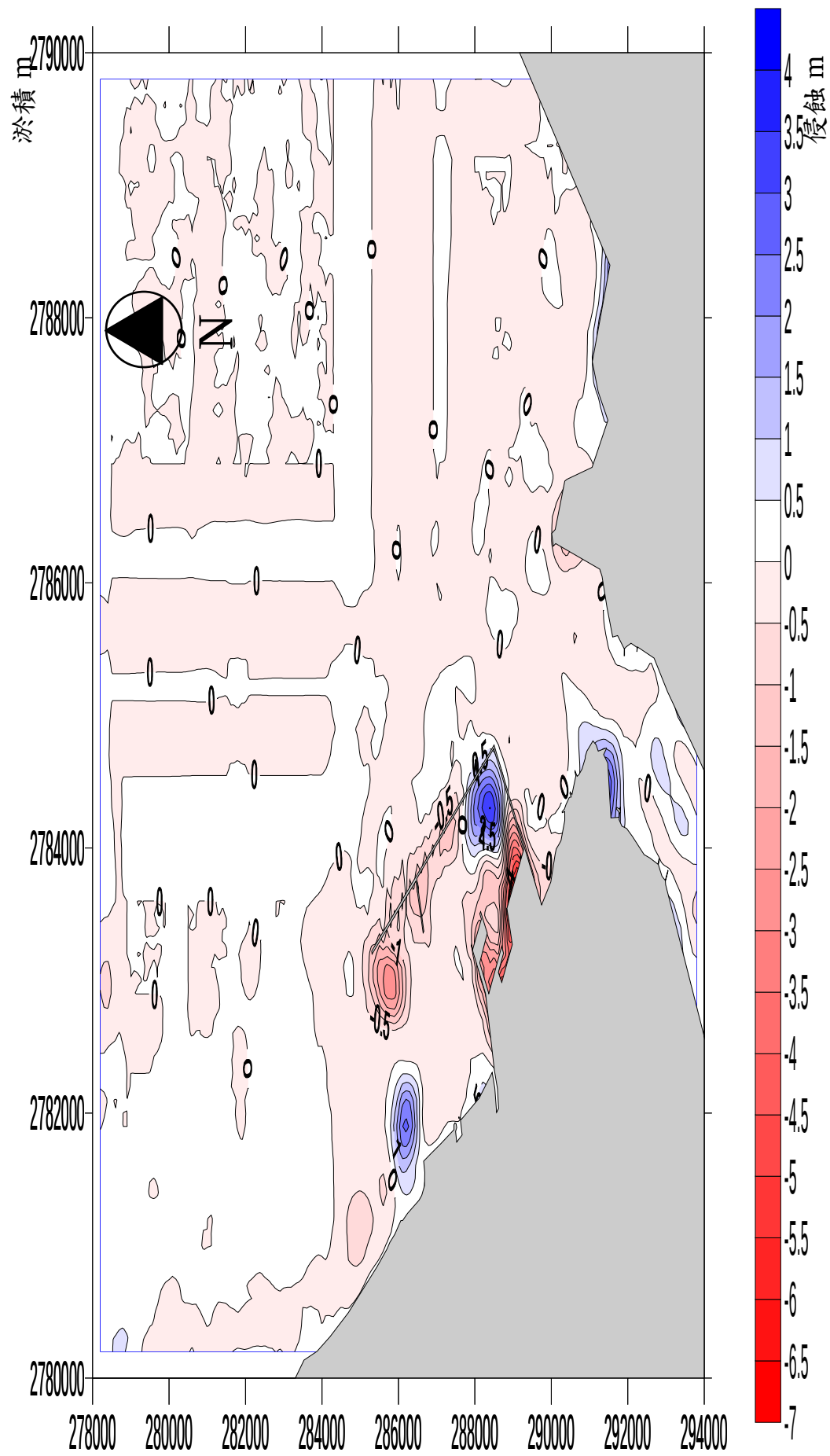


圖 4-18 臺北港海域 94.05~94.10 地形變化平面侵淤分佈

4.1.1 歷年水深變化情形分析

由表 4-1 可知，基隆港務局每年多辦理兩次地行水深監測工作，分別是上半年度 5~7 月間，以及下半年度 9~11 月間辦理。由於 9~11 月測量成果多為已遭受颱風影響之地形，因此本計畫將以每年上半年之地形水深監測成果作為年度地形比較分析之基礎進行分析。圖 4-1~圖 4-16 分別為 85 年 5 月~94 年 10 月間臺北港海域地形侵淤平面分佈圖。茲將各測次間海岸地形變化特性略述如后。

1. 85 年 5 月~86 年 5 月

自民國 85 年施作地形水深監測起開始進行海域地形侵淤比較，由圖 4-1 可知，此時北防波堤仍在持續興建中，堤根至淡水河口間並無明顯淤積現象。

2. 86 年 5 月~87 年 7 月

自民國 86 年 5 月至 87 年 7 月間由於北防波堤工程持續進行，且利用北防波堤與河口間部分區域作為臨時施工場地，並開始抽砂回填港區新生地，因此由圖 4-2 可發現該北淤沙區有明顯淤積現象。

3. 87 年 7 月~87 年 10 月

由於民國 87 年 7 月至 87 年 10 月間共發生五次發布颱風警報之侵台颱風，分別是妮蔻兒（輕度，7/9~7/10）、奧托（輕度，8/3~8/5）、楊妮（輕度，9/27~9/29）、瑞伯（強烈，10/13~10/17）、以及芭比絲（中度，10/25~10/27），因此由圖 4-3 可發現該臺北港海域在颱風作用後，加上開始抽砂回填港區新生地，北淤沙區發生侵蝕，而臺北港至林口段海岸則明顯淤積，與平常季風作用趨勢不同。

4. 87 年 10 月~88 年 6 月

自民國 87 年 10 月至 88 年 6 月間地形水深變化結果由圖 4-4 可發現，在東北季風作用後臺北港至林口段海岸呈現侵蝕，而北淤沙區有輕微淤積現象。

5. 88 年 6 月~88 年 10 月

由於民國 88 年 6 月至 88 年 10 月間共發生三次發布颱風警報之侵台颱風，分別是瑪姬（中度，6/4~6/6）、山姆（輕度，8/19~8/21）、以及丹恩（中度，10/4~10/9），因此由圖 4-5 可發現該臺北港海域在颱風作用後，加上開始抽砂回填港區新生地，臺北港至林口段海岸則明顯淤積，且北淤沙區亦發生淤積，與平常季風作用趨勢不同。

6. 88 年 10 月~89 年 5 月

自民國 88 年 10 月至 89 年 5 月間地形水深變化結果由圖 4-6 可發現，在東北季風作用後臺北港至林口段海岸呈現侵蝕，北淤沙區有輕微侵蝕現象。

7. 89 年 5 月~89 年 10 月

由於民國 89 年 5 月至 89 年 10 月間共發生四次發布颱風警報之侵台颱風，分別是啟德（中度，7/6~7/10）、碧利絲（強烈，8/21~8/23）、巴比倫（輕度，8/27~8/30）、以及寶發（輕度，9/8~9/10），因此由圖 4-7 可發現該臺北港海域在颱風作用後，加上開始大量抽砂回填港區新生地，發生整個海域大範圍的變化。

8. 89 年 10 月~90 年 5 月

由於民國 89 年 10 月地形水深測量後至 89 年 12 月間直接侵襲或影響港區海域共發生三次發布颱風警報之侵台颱風，分別是雅吉（中度，10/23~10/26）、象神（中度，10/30~11/1）、以及貝碧佳（輕度，11/6~11/8），因此由圖 4-8 可發現該臺北港海域在颱風作用後，加上開始大量抽砂回填港區新生地，發生整個海域大範圍的淤積現象。

9. 90 年 5 月~90 年 10 月

由於民國 90 年 5 月至 90 年 10 月間直接侵襲或影響臺北港海域颱風發生頻繁，共發生九次發布颱風警報之侵台颱風，分別是西瑪隆（輕度，5/11~5/13）、奇比（中度，6/22~6/24）、尤特（中度，7/3~7/5）、潭美（輕度，7/10~7/11）、玉兔（輕度，7/23~7/24）、桃芝（中度，7/28~7/31）、納莉（中度，9/8~9/10、9/13~9/19）、利奇馬（中度，9/23~9/28）以及海燕（中度，10/15~10/16），因此由

圖 4-9 可發現該臺北港海域在颱風作用後，加上開始抽砂回填港區工程，發生整個海域大範圍的侵蝕變化。

10. 90 年 10 月~91 年 5 月

自民國 90 年 10 月至 91 年 5 月間地形水深變化結果由圖 4-10 可發現，在東北季風作用後臺北港至林口段海岸呈現侵蝕，北淤沙區有輕微淤積現象。

11. 91 年 5 月~91 年 10 月

自民國 91 年 5 月至 91 年 10 月間影響臺北港海域颱風共兩次發布颱風警報之侵台颱風，分別是娜克莉（輕度，7/9~7/10）、以及辛樂克（中度，9/4~9/8），因此由圖 4-11 可發現該臺北港海域在上述颱風作用後，河口外海側及靠近林口海域有明顯侵蝕，且對於北防波堤外側之淤沙區造成侵蝕；而大臺北土石方填海造陸預定位置處則為淤積。

12. 91 年 10 月~92 年 9 月

自民國 91 年 10 月至 92 年 9 月間地形水深變化結果由圖 4-12 可發現，在東北季風及夏季季風作用下全區大至呈現輕微侵蝕，僅臺北港內及林口段海岸呈現淤積，北淤沙區有輕微淤積現象。由於本監測期間內並無颱風直接侵襲臺北港海域，僅莫拉克颱風（輕度，8/2~8/4）稍有影響。此外，淡水河河道內八里側侵蝕而淡水側有明顯淤積與現況並不符合，有待檢討。

13. 92 年 9 月~92 年 11 月

自民國 92 年 9 月至 92 年 11 月間地形水深變化結果由圖 4-13 可發現，監測期間內並無颱風影響，在初期東北季風作用下，淡水河口及臺北港至林口段海岸呈現大範圍的侵蝕，北淤沙區有輕微淤積現象。對於不到兩個月時間內造成水深-20m 以內區域大範圍的侵蝕，是否有測量誤差或其他原因，有待檢討。

14. 92 年 11 月~93 年 5 月

自民國 92 年 11 月至 93 年 5 月間地形水深變化結果由圖 4-14 可發現，監測期間內並無颱風影響，僅在東北季風作用後全區域呈現侵蝕現象。但淡水河河道內淡水側淤積而八里側侵蝕，北淤沙區發生較明顯侵蝕，臺北港北外廓防波堤附近有大量侵蝕，及港區至林口段海岸-20m 以內呈現侵蝕，全區水深-20m 以深區域為淤積；上述現象均與以往僅東北季風作用結果監測趨勢不同，是否為測量誤差或是其他原因造成亦有待檢討。

15. 93 年 5 月~93 年 10 月

自民國 93 年 5 月至 93 年 10 月間地形水深變化結果由圖 4-15 可發現，監測期間內直接侵襲或影響臺北港海域颱風，計有敏督利（中度，6/28~7/3）、艾利（中度，8/23~8/26）及海馬（輕度，9/11~9/13）等。在上述颱風作用後臺北港海域由河口北岸至林口段海岸呈現大量淤積，而淡水河口南岸至北淤沙區則發生侵蝕，其中以靠近北淤沙區侵蝕最為明顯。此外，由圖 4-15 亦可發現全區水深-20m 以內為淤積，而-20m 以外則為侵蝕，與圖 4-14 趨勢恰巧相反。

為確認是否是 93 年 5 月測量誤差造成，另比較 92 年 11 月至 93 年 10 月侵淤變化，如圖 4-16 所示，全區幾乎發生輕微淤積（0~0.5m），而淡水河河道內及靠近林口海岸有明顯淤積，僅河口南岸至北淤沙區有明顯侵蝕。是否為前述三個颱風造成如此大範圍淤積，其原因有待檢討。

16. 93 年 10 月~94 年 5 月

自民國 93 年 10 月至 94 年 5 月間地形水深變化結果由圖 4-17 可發現，本監測期間除東北季風作用外，亦有納坦颱風（中度，10/23~10/26）作用。由圖 4-17 可知，淡水河口區域大致呈現侵蝕，而北淤沙區有淤積發生；港區內可明顯看出航道疏濬土方回填至 BOT 碼頭區；而臺北港至林口區域則為近岸處發生侵蝕，水深較深處淤積。

17. 94 年 5 月~94 年 10 月

自民國 94 年 5 月至 94 年 10 月間地形水深變化結果由圖 4-18 可發現，監測期間內直接侵襲或影響臺北港海域颱風，計有海棠（強度，7/14~7/20）、馬莎（中度，8/3~8/6）及龍王（中度，9/30~10/3）等。在上述颱風作用後臺北港海域由河口北岸至港區南側海岸呈現侵蝕，而淡水河口南岸挖子尾段為淤積，北淤沙區則發生侵蝕；港區南側至林口海岸近岸處侵蝕而水深較深處為淤積。此外，在臺北港南外廓防波堤預定堤趾附近有大量淤積，初步研判應為港口航道疏濬臨時性堆置棄方造成。

4.1.2 海岸變化綜合分析

由上述歷年監測成果分析海岸侵淤特性可知，颱風對於臺北港海域地形變化短期影響極大；但由於台灣海峽北部海域東北季風強勁，往往在颱風作用後經過一個冬季季風波浪作用後海域變化趨勢仍然朝向臺北港南側至林口間海發生侵蝕，而北側北淤沙區發生淤積現象，此一臺北港海域地形變遷趨勢可直接比對 86.05 與 91.05 地形水深測量成果驗證，如圖 4-19 所示。

此外，由 91.10 至 94.10 間海域地形變遷趨勢，北防波堤北側至淡水河口間變化趨勢為河口挖子尾沙洲與北防波堤外側北淤沙區有較明顯淤積，而河口區域為侵蝕，尤以主河道侵蝕較為明顯。港區內由於浚填工程進行可明顯由侵淤趨勢看出；而港區至林口海岸變化趨勢與 86.05 至 91.05 趨勢差異較大，林口附近海域水深-20m 以內均為淤積，而林口至南外廓防波堤間近岸處侵蝕而水深處淤積，究竟造成原因為何有待檢討。

此外，由 91.10 至 94.10 間海域地形變遷趨勢，北防波堤北側至淡水河口間變化趨勢為河口挖子尾沙洲與北防波堤外側北淤沙區有較明顯淤積，而河口區域為侵蝕，尤以主河道侵蝕較為明顯。港區內由於浚填工程進行可明顯由侵淤趨勢看出；而港區至林口海岸變化趨勢與 86.05 至 91.05 趨勢差異較大，林口附近海域水深-20m 以內均為淤積，

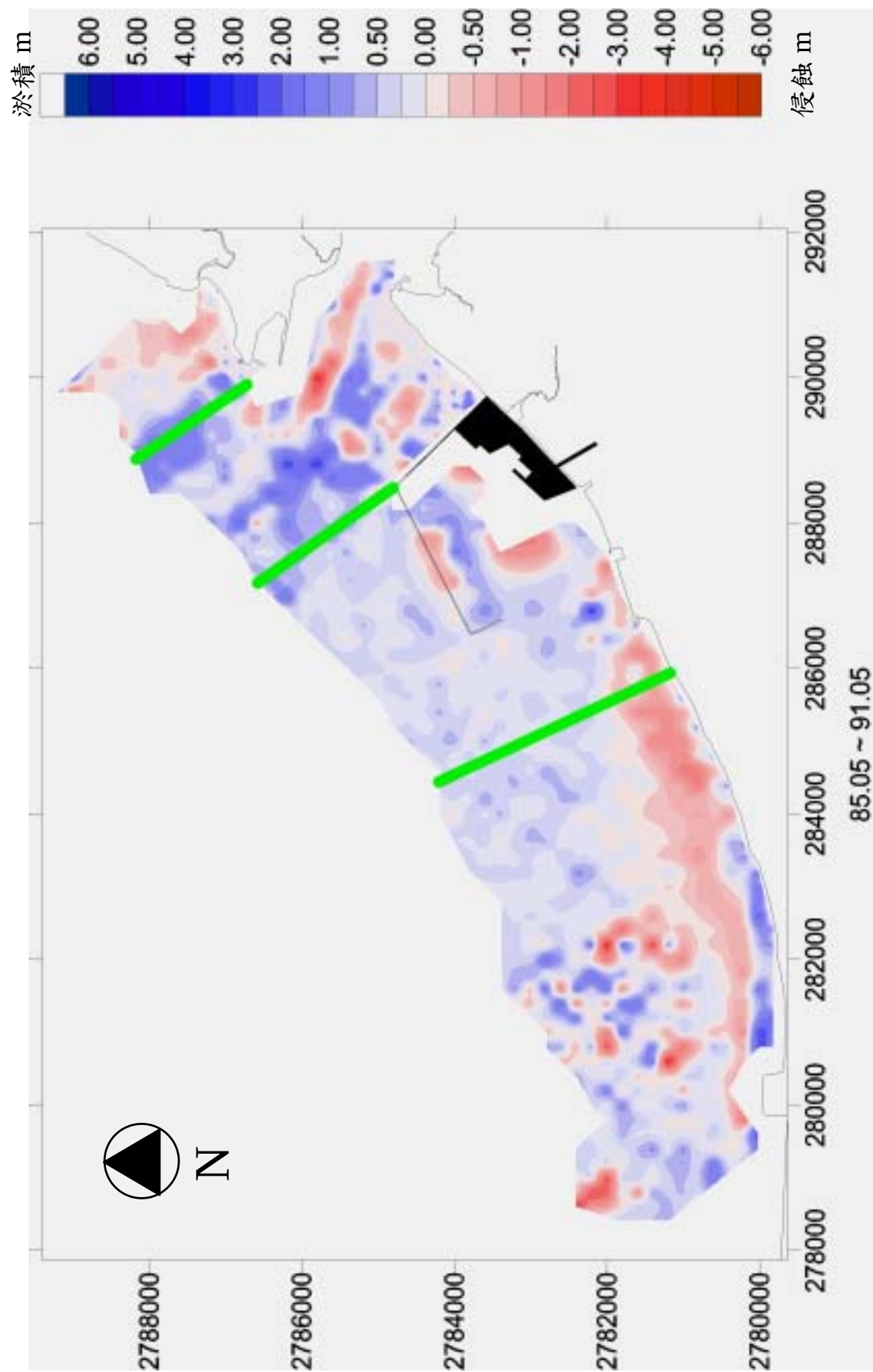


圖 4-19 臺北港海域 86.5~91.5 地形變化平面侵淤分佈

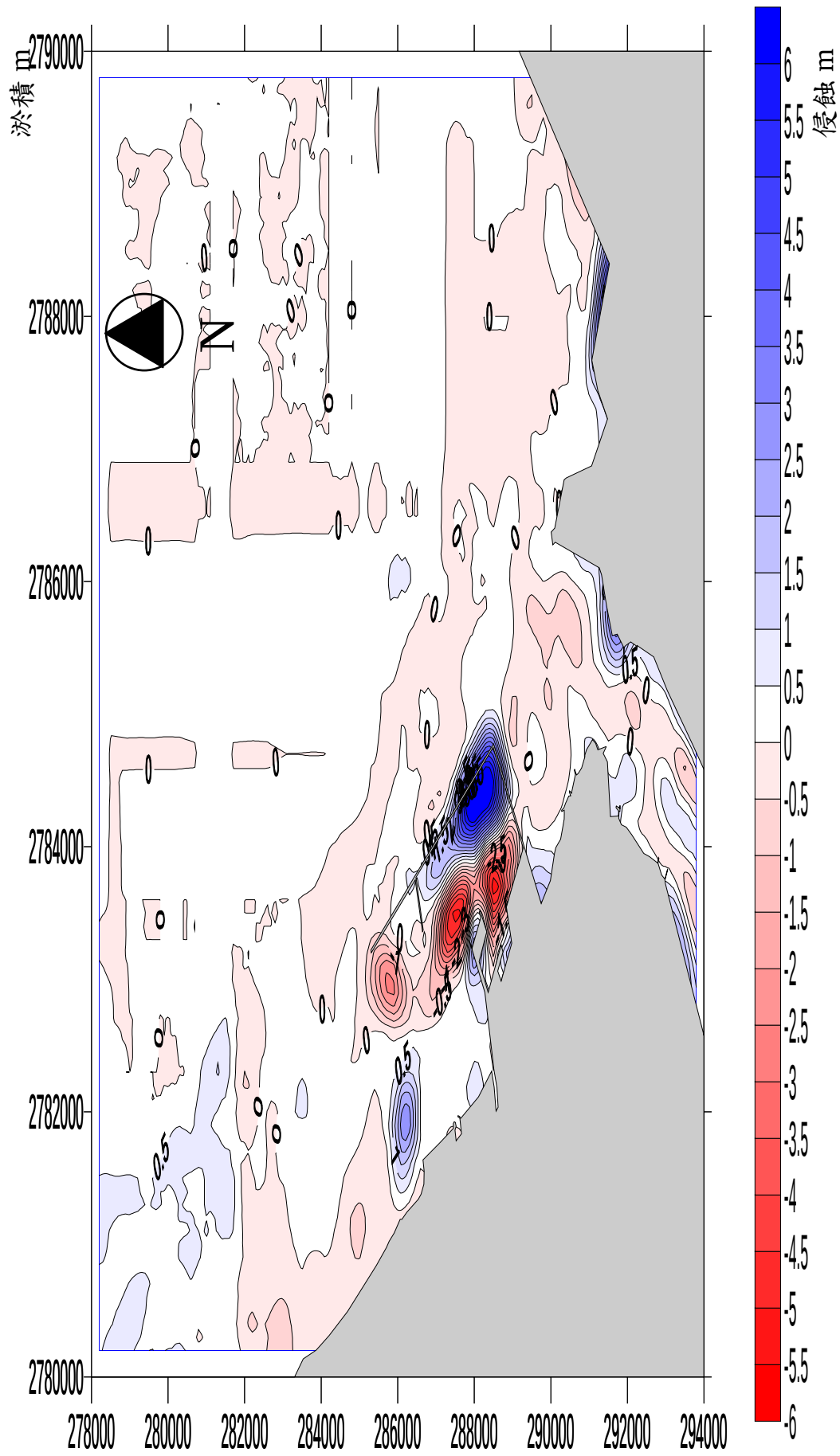


圖 4-20 臺北港海域 91.10~94.10 地形變化平面侵淤分佈

而林口至南外廓防波堤間近岸處侵蝕而水深處淤積，究竟造成原因為何有待檢討。

4.2 分區海岸地形變化分析

4.2.1 臺北港建港前鄰近海岸地形變遷趨勢

北港自民國 82 年元月開工，根據「林口台地及其鄰接海岸地形變遷與地貌復原可行性探討」(營建署，87 年)，蒐集民國 14 年、37 年、67 年、81 年淡水河口至林口火力發電廠間之海岸線航照圖，分析比對臺北港建港以前鄰近海岸線變化情形，茲彙整分述如下：

1. 淡水河口北側海岸

淡水河北側段海岸大致呈穩定緩慢淤積現象。

2. 淡水河口南岸至臺北港北外廓防波堤間海岸

臺北港北外廓防波堤根距淡水河口南岸約 1.8km，民國 14~37 年間本段海岸呈淤積現象，海岸線外移 200~400m 左右；民國 37 年以後，由於淡水河抽沙及水庫興建等因素，影響淡水河下游輸沙量，在沙源減少之情況下，海岸線逐漸呈侵蝕向岸退縮之趨勢，至民國 67 年退縮量約在 50~250m 左右，最大甚至達 320m；民國 76 年以後淡水河管制抽沙及省水利局於本海岸興建突堤等海岸保護措施，已減緩海岸侵蝕速度。

3. 臺北港北外廓防波堤至紅水仙溪間（南防波堤）海岸

本段海岸係臺北港第一期工程港址範圍，而海岸線變化趨勢與前述類似。民國 14 年至 37 年間呈淤積現象；民國 37 年以後則呈侵蝕趨勢，海岸線向岸退縮量約 180m，民國 67 年以後至建港前趨於穩定。

4. 紅水仙溪至林口電廠間海岸

此段海岸主要係礫卵石灘構成，且沿岸輸沙似乎全數通過本段海岸向南漂移，無淤積現象，故建港前 70 年間海岸變化極微。僅民國 76 年林口電廠灰塘興建後，灰塘此側略有淤積現象。

4.2.2 臺北港建港後至 91 年間鄰近海岸地形變遷趨勢

參考「臺北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書」針對臺北港建港過程分區海岸侵淤分析成果摘述，說明如下：

1. 臺北港第一期工程建港期間(民國 82—85 年)

(1) 第一區—淡水河口以北海岸

本段海岸呈侵淤互現狀況，整體而言略有侵蝕。

(2) 第二區—淡水河口(淡水第二漁港)至臺北港北防波堤海岸

本段海岸為本年度研究重點，海域水深-7.0m 以內近北防波堤處，因沿岸漂沙逐漸受防波堤向外擴建所阻擋，漸呈淤積現象，而近河口附近及水深較深處則呈侵蝕現象。

(3) 第三區—臺北港港址海岸(北防波堤至南灣頭)

建港前本段海岸呈大範圍侵蝕現象，惟自基隆港務局於民國 85 年實施航道、迴船池水域浚挖，以及第一期港區新生地填築工程，總浚挖量約 318 萬 m^3 ，故海岸地形變化部分仍由人為因素造成。

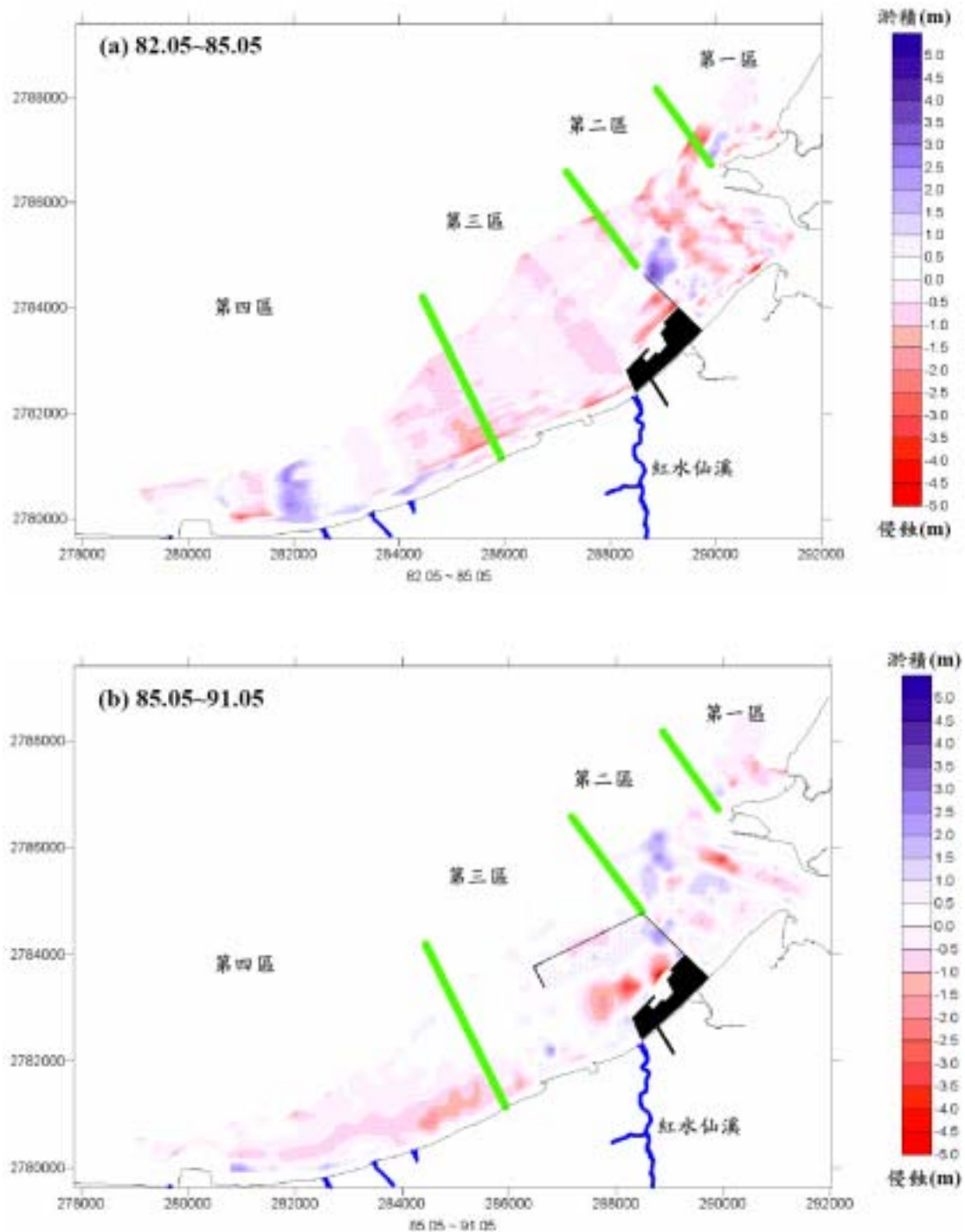
(4) 第四區—港口以南至林口電廠海岸

林口電廠上游海岸整體而言仍呈淤積現象，外海水深較深處之礁石區地形起伏變化較大，呈侵淤互現。

2. 臺北港第二期工程(北外廓防波堤擴建)建港期間(民國 85—91 年)

為增加港內水域靜穩，基隆港務局於民國 87 年 4 月~91 年 8 月繼續擴建此外廓防波堤，自前述 1k+510m 堤頭處向外延伸 200m 後，轉折朝 W26°S 向延建 2,250m，至水深約 CD.-10.2m 處。根據基隆港

務局民國 85 年 5 月及 91 年 5 月之地形測量結果，鄰近海床長期侵淤量變化詳表 4-2 及圖 4-21 (b)所示，茲分述如下：



資料來源：臺北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書

圖 4-21 臺北港海域分區地形侵淤平面分佈圖

表 4-2 北防波堤 0k+000m~1k+510m 完工後鄰近海岸地形侵淤變化

區域別	計算面積 (ha)	侵淤變化量(萬 m ³)			平均年侵淤量 (萬 m ³ /年)
		淤積量	侵蝕量	小計	
第一區	265	51.6	45.5	6.0	+1.0
第二區	841 (366) ²	394.6 (94.5) ²	96.0 (83.6) ²	+298.6 (+10.9) ²	+49.8 (+1.8) ²
第三區	1,219	313.3 (839.2) ³	92.2	+221.1 (+747.0) ³	+36.9 (+124.5) ³
第四區	2,041 (580) ⁴	425.8 (82.7) ⁴	381.2 (216.7) ⁴	+44.6 (-134.0) ⁴	+7.4 (-22.3) ⁴
合計	4366	1,185.3 (1,711.2) ³	614.9	+570.3 (1,096.2) ³	+95.1 (182.7) ³

註：1.比對基隆港局民國 85.5 及 91.5 測圖計算結果。

2.括號內數字表-10.0m 以內近岸水域侵淤變化量。

3.括號內數字表修正港內水域浚挖數量後之變化量。

4.括號內數字表-10.0m 以內近岸水域侵淤變化量。

資料來源：臺北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書

(1)第一區－淡水河口以北海岸

淡水河口北側海岸回復淤積趨勢，合計淤積量約 6.0 萬 m³，年平均淤積 1.0 萬 m³。究其原因，本港北外廓防波堤將河川輸沙及沿岸漂沙限制於河口附近，加速河口三角洲地形向外海延伸，故淤積現象逐漸發生。

(2)第二區－淡水河口(淡水第二漁港)至臺北港北防波堤海岸

民國 85~91 年間，淡水河口以南至此外廓防波堤間近岸區域淤積量合計約 298.6 萬 m³，平均年淤積 49.8 萬 m³。其中北外堤轉折處水深約-7.0m 以內區域，靠淡水河河口主河道側略有侵蝕，主河道西側略微淤積，緊臨防波堤處亦呈淤積現象。整體而言，水深較淺處呈侵淤互現之現象，總淤積量並不大，約 10.9 萬 m³，年平均淤積 1.8 萬 m³。而水深較深處則呈明顯淤積，且預期未來仍持續發生。基此，基隆港務局近年來已密切注意淡水河河槽斷面是否

受淤積影響而縮減，並定期依本港第二期工程計畫之環評承諾事項，施以人工疏濬作業。

(3)第三區－臺北港港址海岸(北防波堤至南灣頭)

臺北港港址海岸在測量期間，合計淤積量約 221.1 萬 m^3 ，年平均淤積 36.9 萬 m^3 。惟民國 85~88 年間，基隆港務局於港內水域浚挖共 525.9 萬 m^3 ，故實際因自然外力所造成本段海域地形變化量應為+747.0 萬 m^3 ，年平均淤積量約 124.5 萬 m^3 。

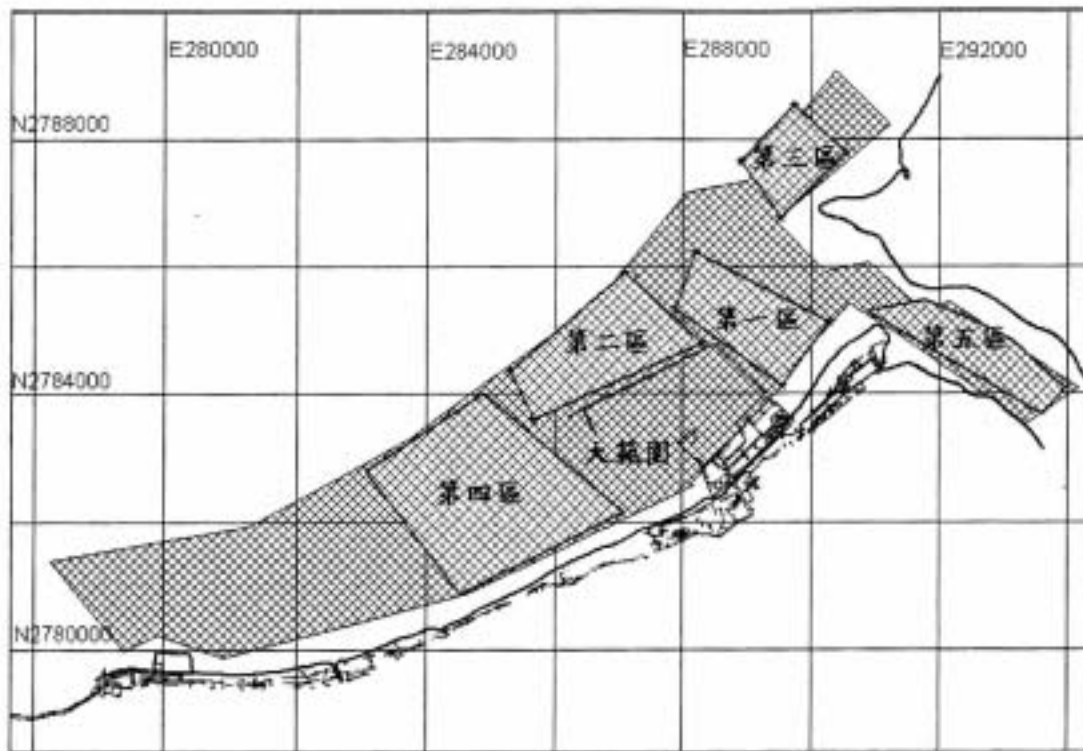
臺北港港址海岸在測量期間，合計淤積量約 221.1 萬 m^3 ，年平均淤積 36.9 萬 m^3 。惟民國 85~88 年間，基隆港務局於港內水域浚挖共 525.9 萬 m^3 ，故實際因自然外力所造成本段海域地形變化量應為+747.0 萬 m^3 ，年平均淤積量約 124.5 萬 m^3 。

(4)第四區－港口以南至林口電廠海岸

本段海岸整體而言屬淤積海岸，淤積範圍大多為水深較深之處，近岸約-10.0m 水深以內之處則明顯呈現侵蝕現象。本段海岸在測量期間，合計淤積量約 44.6 萬 m^3 ，平均年淤積 7.4 萬 m^3 。其中-10.0m 水深以內近岸水域侵蝕量約 134 萬 m^3 ，年平均侵蝕 22.3 萬 m^3 ，其原因可能是臺北港防波堤阻斷沿岸漂沙補給本區海岸而造成侵蝕。然而靠近林口電廠之北側海岸則略呈淤積現象，顯見林口電廠造成之突堤效應具有穩定上游灘線之效果。

3.臺北港海域 90 年迄今鄰近海岸地形變遷趨勢

參考「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業九十四年總結報告書」針對臺北港建港過程分區海岸侵淤分析(如圖 4-22) 成果摘述，說明如下：



資料來源：「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

圖 4-22 「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業九十四年總結報告書」侵淤量計算分區圖

1. 整體區域之分析結果

參考該報告針對臺北港歷年海岸地形監測成果，由上述圖 4-22 計算分區進行侵淤量計算，如表 4-3 所示。由表中侵淤量變化顯示，於歷年資料中海域地形有侵蝕之年份為 86 年 10 月、89 年 10 月、90 年 5 月、92 年 09 月、92 年 11 月、93 年 5 月、94 年 5 月及 94 年 10 月。其中資料顯示 88 年 6 月雖同樣為侵蝕，但與前後季之侵淤量比較，有明顯大量之侵蝕後再大量淤積，且其與 87 年 10 月比較之侵蝕量若除以擷取之試算面積，所得高程變化量平均可達約-68cm，因此研判該季之水深資料可能測量系統誤差。而 93 年 10 月之資料呈現大量淤積現象，此可能係由 93 年有較多颱風侵襲及較大之雨量造致淡水河有大量輸砂之故。

表 4-3 「臺北港(92-94 年)海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業
九十四年總結報告書」全區侵淤量計算表

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	684,217	0.02
85 年 10 月-86 年 05 月	2,157,665	0.06
86 年 05 月-86 年 10 月	-9,653,545	-0.26
86 年 10 月-87 年 07 月	9,394,117	0.25
87 年 07 月-87 年 10 月	2,221,081	0.06
87 年 10 月-88 年 06 月	-25,523,549	-0.68
88 年 06 月-88 年 10 月	16,646,127	0.45
88 年 10 月-89 年 05 月	5,493,378	0.15
89 年 05 月-89 年 10 月	-65,443	-0.00
89 年 10 月-90 年 05 月	-6,096,434	-0.16
90 年 05 月-90 年 10 月	10,821,357	0.29
90 年 10 月-91 年 05 月	1,723,873	0.05
91 年 05 月-91 年 10 月	133,981	0.00
91 年 10 月-92 年 09 月	-4,317,982	-0.12
92 年 09 月-92 年 11 月	-3,031,796	-0.08
92 年 11 月-93 年 05 月	-6,549,420	-0.18
93 年 05 月-93 年 10 月	17,351,848	0.46
93 年 10 月-94 年 05 月	-2,388,372	-0.07
上述歷年總侵淤量	9,001,104	0.24
94 年 05 月-94 年 10 月	-508,962	-0.01
上述歷年總侵淤量	8,492,141	0.22

＋為淤積，－為侵蝕；所擷取試算範圍面積為 37.4 平方公里。

* 85 年 05 月將資料可能有誤區域排除,所排除面積為 8.05 平方公里

* 94 年因臺北港內分別進行新建碼頭填築及浚深作業，故將此區域排除,所排除面積為 3.19 平方公里

文中另為比對臺北港建港期間對於附近海域之地形變遷影響程度，將表 4-3 中之歷年侵淤量比較以建港期程之民國 89 年為分界點，分別比較其海域地形侵淤量統計資料可知，於民國 85 年~89 年間其總侵淤量高程變化為淤積 0.04 公尺，而 89 年後其總侵淤量高程變化為淤積 0.18 公尺。

2.分區區域之分析結果

(1)第一分區

第一分區為淡水河出海口至臺北港防波堤側的區域，地形侵淤量變化的比較如表 4-4 所示。由侵淤量變化顯示，於歷年資料中海域地形有侵蝕之年份為 91 年 10 月、92 年 9 月、92 年 11 月、93 年 5 月、94 年 5 月及 94 年 10 月。由結果顯示，本分區由 90 年至 94 年 10 月止之海域地形侵淤量呈現淤積情況。

(2)第二分區

第二分區為臺北港外廓防波堤外側之區域，地形侵淤量變化比較如表 4-4 所示。由表中之侵淤量變化顯示，於歷年資料中海域地形有侵蝕之年份為 92 年 9 月、92 年 11 月、93 年 5 月、94 年 5 月及 94 年 10 月。而 90 年~94 年之總侵淤量高程變化為淤積 0.04 公尺。

(3)第三分區

第三分區為淡水河口北岸部份之區域，地形侵淤量變化結果如表 4-4 所示。由表中之侵淤量變化顯示，於歷年資料中海域地形有侵蝕之年份為 91 年 10 月、92 年 9 月、93 年 5 月、94 年 5 月及 94 年 10 月。而其中以 91 年 5 月與 90 年 10 月比較之淤積量若除以擷取之試算面積，所得高程變化量平均可達約 0.52 公尺最高，由歷年比較資料顯示，本分區之地形變化侵蝕多過於淤積量。而 90 年~94 年之總侵淤量高程變化為侵蝕 0.09 公尺。

(4)第四分區

第四分區為目前臺北港區西南部份之區域，地形侵淤量變化結果如表 4-4 所示。由表中之侵淤量變化顯示，於歷年資料中海域地形有侵蝕之年份為 91 年 5 月、92 年 9 月、93 年 5 月及 94 年 10 月。而 90 年~94 年之總侵淤量高程變化為淤積 0.19 公尺。

(5) 第五分區

第五分區為淡水河口至渡船頭間水域，歷年地形侵淤量變化比較如表 4-4 所示。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 92 年 9 月、92 年 11 月、93 年 5 月及 94 年 5 月。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；總計 90 年~94 年之總侵淤量高程變化為淤積 1.18 公尺。

表 4-4 臺北港海域各分區侵淤量比較表

比較期間	第一分區	第二分區	第三分區	第四分區	第五分區
89.10~90.05	-371,572	-665,819	120,754	-389,715	802,753
90.05~90.10	-29,330	674,936	-171,344	1,555,836	517,864
90.10~91.05	686,268	492,994	745,409	-170,097	273,952
91.05~91.10	-50,001	112,211	-625,697	444,933	671,211
91.10~92.09	-292,967	-434,094	-255,942	-106,274	-1,183,004
92.09~92.11	-21,809	-143,724	148,057	-1,064,220	-443,390
92.11~93.05	-345,957	-620,079	-438,902	-969,798	-28,125
93.05~93.10	1,283,397	1,207,890	637,441	2,397,519	1,628,484
93.10~94.05	-280,246	-56,325	-175,582	472,566	-105,853
94.05~94.10	-336,350	-152,861	-105,575	-952,372	151,902
上述歷年侵淤量	241,429	115,079	-121,381	1,218,377	2,285,795

單位：立方公尺

資料來源：「臺北港（92-94 年）海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷監測作業」九十四年總結報告

第五章 海岸地形變遷數值模擬

本計畫數值計算所採用模式主要由台灣大學所發展(1994, 林江、楊等), 加上本計畫研究人員修正部分數值計算方法及輸出入資料格式及內容而成, 模式詳細理論及內容分述如下:

5.1 平面波場計算模式

Berkhoff(1972)提出緩坡波動方程式後, Radder(1979)曾將其作拋物線近似變形, 將邊界問題轉變成初值問題。雖說如此一來在計算主要前進波方向忽略反射及繞射效應, 但卻因此而更為應用在研究海域內波浪前進上, 隨後 Booij(1981)將可變流效應加入緩坡波動方程式中, Kirby(1984)則進一步運用不對稱型態動力。

自由表面邊界條件改善 Booij 的方程式。本文平面波場之計算則採用 Kirby 含水流效應之緩坡波動方程式, 此方程式如下:

$$\frac{D^2\phi}{Dt^2} + (\nabla \cdot \vec{U}) \frac{D\phi}{Dt} - \nabla \cdot (CC_g \nabla \phi) + (\sigma^2 - k^2 CC_g) \phi = 0 \quad (5-1)$$

5.1.1 控制方程式及其變形

在非旋性、單一頻率線性表面波假設下其波勢函數可表示如下:

$$\phi(\vec{x}, \vec{y}, z, t) = f(a, h) \phi(\vec{x}, \vec{y}, t) \quad (5-2)$$

其中

$$f(z, h) = \frac{\cosh[k(h+z)]}{\cosh kh}$$

針對波浪在單一週期性上之調和運動(harmonic-motion)式(5-2)可改寫如下:

$$\phi(\bar{x}, \bar{y}, t) = \text{Re}\{ae^{is}e^{-i\omega t}\} \quad (5-3)$$

在此處，波勢函數只表示向前的散射波量，而忽略反射部分的量，亦即對於結構物有巨大反射效應時則不適用。將(5-3)式代入(5-1)式中分實部、虛部討論可得如下表示式：

實數部份：

$$\begin{aligned} & \frac{1}{aCC_g} \{(\bar{U} \cdot \nabla a) [(\bar{U} \cdot \nabla) + (\nabla \cdot \bar{U})]\} \\ & - \frac{1}{a} \left[\nabla^2 a + \frac{1}{CC_g} (\nabla CC_g \cdot \nabla a) \right] - k^2 + |\nabla s|^2 = 0 \end{aligned} \quad (5-4)$$

虛數部份：

$$\nabla \cdot [a^2 \sigma (U + C_g)] = 0 \quad (5-5)$$

(5-4)、(5-5)兩式為碎波前波、流互制作用下運動方程式，當流速 $\bar{U}$ 已知時，解此二元一次拋物線型聯立方程組，求出振幅函數 $a(x,y)$ 及波數 $|\nabla s|$ 值。當 $\bar{U}=0$ 時，(5-4)、(5-5)兩式變為：

實數部份：

$$\frac{1}{a} \left\{ \frac{\partial^2 a}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 a}{\partial y^2} + \frac{1}{CC_g} [\nabla a \cdot \nabla (CC_g)] \right\} + k^2 - |\nabla s| = 0 \quad (5-6)$$

虛數部份：

$$\nabla \cdot [a^2 CC_g \nabla s] = 0 \quad (5-7)$$

比較(5-6)、(5-7)兩式與美國海岸工程研究中心(CERC)所發展的RCPWAVE 模式(1986)同。

此外在碎波帶內，由於有能量消散，因此必須修正(5-5)能量表示式，依據 energy flux 原理，Mizuguchi(1980)提出如下表示式，在此忽略底床摩擦效應：

$$\frac{d(EC_g)}{dx} = -\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \rho V_e (kH_B)^2$$

$$V_e = V_{eB} \left(\frac{H_B/2 - c'h_B}{\gamma'h_B} \right)^m, \text{ 本計算模式採 } m = 0.5$$

$$V_{eB} = \frac{5S_B g}{8k_B \rho} \frac{1}{\sqrt{1 - C_0}}$$

$$S_B = \frac{\tan\beta}{1 + \frac{3r'^2}{2}} \dots\dots\dots (5-8)$$

c' 為回復區(recovery zone)內振幅與水深比值, 依 Mi-zuguchi(1980)在緩坡中波浪回復區不明顯時, $c'=0.17$ 。

在波流互制共存場中, 碎波帶內由近岸流所引起的能量消散部份很小忽略不計, 於是依(5-8)能量振幅表示式, 可表示如下:

$$\nabla \cdot \left[\frac{E}{\sigma} (\bar{U} + C_g) \right] = -\frac{5}{16} \frac{\rho g^2 k_B}{\sigma^2} \frac{\tan\beta}{1 + \frac{3r'^2}{2}} \frac{1}{\sqrt{1 - C_0}} \sqrt{\frac{H_B/2 - c'h_B}{r'h_B}} (H_B)^2 \dots\dots\dots (5-9)$$

配合(5-6)式, 碎波帶內能量表示式(5-9)修正如下:

$$\begin{aligned} \nabla \cdot [a^2 \sigma (\bar{U} + C_g)] &= \nabla \cdot \left[\frac{2g}{\rho} \frac{E}{\sigma} (\bar{U} + C_g) \right] \dots\dots\dots (5-10) \\ &= -\frac{5}{8} \frac{g^2 k_B}{\sigma^2} \frac{\tan\beta}{1 + \frac{3r'^2}{2}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{c'}{r'}}} \sqrt{\frac{H_B/2 - c'h_B}{r'h_B}} (H_B)^2 \end{aligned}$$

(5-8) (5-10)式中下標 B 表碎波帶處之值。

因為 φ 的相位函數為 $\chi(\bar{x}, t) = s(\bar{x}) - \omega t$ ，於是由變形的緩坡波動方程式中所得之波數可表示如下：

$$\vec{k} = \nabla\chi = \nabla s \dots\dots\dots (5-11)$$

由於波數是一個向量，由(5-4)、(5-5)或(5-10)中求得 $|\nabla s|$ 則需知波向角，亦即求 a ， $|\nabla s|$ ， θ 僅有2個方程式尚有不足，經由線性波理論假設波相位函數梯度之非旋性： $\nabla \times (\nabla s) = 0$

$$\nabla s = |\nabla s| \cos\theta \vec{i} + |\nabla s| \sin\theta \vec{j} \dots\dots\dots (5-12)$$

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

(5-4)、(5-5)、(5-10)及(5-12)式為計算波場之控制方程式，碎波帶外以(5-4)、(5-5)及(5-12)式進行差分計算，碎波帶內則以(5-4)、(5-10)及(5-12)式進行差分計算。

5.1.2 碎波條件

計算模式中，使用的碎波標準如下：

碎波帶內發生碎波的最小波高，Horikawa and Kuo(1966)，Ebersole(1987)：

$$H_s = 0.42h_B \dots\dots\dots (5-13)$$

波高產生碎波的極限，McCowan(1891)：

$$H_B = 0.78h_B \dots\dots\dots (5-14)$$

碎波帶內波高值，Weggel(1972)：

$$H_B = \frac{ah_B}{1 + (bh_B/gT^2)} \dots\dots\dots (5-15)$$

式中

$$b = 43.75 [1 - \exp(-19.5 \tan \beta)]$$

$$a = \frac{1}{[1 + \exp(-19.5 \tan \beta)]}$$

5.1.3 邊界條件

平面波場在進行數值計算時，採用之邊界條件有：波向角依 Snell's Law 近似求得

$$\frac{\sin \theta}{C} = \frac{\sin \theta_0}{C_0} \rightarrow \theta = \pi - \sin^{-1} \left[\frac{\sin(\theta_0 - \theta_c)}{C_0/C} \right] + \theta_c \dots\dots\dots (5-16)$$

其中，下標 0 表示外海入射值， θ_c 為海岸線與 y 軸之夾角(逆時針為正)，並結合波高折射及淺化公式，求邊界上波高之變化，而

$$H_{b,c} = H_0 \left\{ \sqrt{\frac{1C_0}{2C_g}} \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \right\} \dots\dots\dots (5-17)$$

其中 α_0 及 H_0 為深海入射波的波向角與波高值

波數 k 則由 pade' approximation method 求解分散關係式(Neuman, 1990)：

$$\omega^2 = gk \tanh(kh) \dots\dots\dots (5-18)$$

$$kh = \left\{ \left(\frac{w^2 h}{g} \right)^2 + \frac{w^2 h}{g} / \left[\begin{aligned} &1 + 0.6522 \left(\frac{w^2 h}{g} \right) + 0.4622 \left(\frac{w^2 h}{g} \right)^2 \\ &+ 0.0864 \left(\frac{w^2 h}{g} \right)^4 + 0.0675 \left(\frac{w^2 h}{g} \right)^5 \end{aligned} \right] \right\}$$

收斂條件：

$$|H_{new} - H_{old}| \leq \varepsilon_h (H_{new}) , \quad \varepsilon_h = 0.001$$

$$|K_{1new} - K_{1old}| \leq \varepsilon_k (K_{1new}) , \quad \varepsilon_k = 0.001$$

$$|K_{2new} - K_{2old}| \leq \varepsilon_k (K_{2new}) , \quad \varepsilon_k = 0.001$$

5.2 平面流場計算模式

5.2.1 基本方程式

針對計畫區海岸潮差較大之因素，本計畫將潮汐所造成之潮流效應加入近岸流場計算模式中，此外將視潮汐為長波，亦考慮加上地球自轉科氏效應。其主要控制流場之連續方程式及動量方程式如下：

連續方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [U(h + \eta)] + \frac{\partial}{\partial y} [V(h + \eta)] = 0 \quad \dots\dots\dots (5-19)$$

動量方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = & fV - g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \right) \\ & + \frac{1}{\rho(h + \eta)} (\tau_{sx} - \tau_{bx}) \quad \dots\dots\dots (5-20) \\ & - \frac{1}{\rho(h + \eta)} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yx}}{\partial y} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = & -fU - g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} \right) \\ & + \frac{1}{\rho(h + \eta)} (\tau_{sy} - \tau_{by}) \quad \dots\dots\dots (5-21) \\ & - \frac{1}{\rho(h + \eta)} \left(\frac{\partial S_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) \end{aligned}$$

其中 U 、 V 分別為固定座標 x 、 y 軸之水深平均流速分量，即

$$U = \frac{1}{(h + \eta)} \int_{-h}^{\eta} u \, dz, \quad V = \frac{1}{(h + \eta)} \int_{-h}^{\eta} v \, dz \quad \dots\dots\dots (5-22)$$

5.2.2 剪應力項

剪應力 (τ_{xx} , τ_{xy} , τ_{yx} , τ_{yy})，包括因流體黏滯性所造成之黏滯應力以及因流場紊流效應所產生的雷諾應力，依 Pao(1986)，因黏滯應力與雷諾應力比較之下其值甚小。故一般忽略黏滯應力只考慮雷諾應力，用以代表流體間的動量交換。

$$\begin{aligned} \tau_{xx} &= \rho E_v \frac{\partial U}{\partial x}, \quad \tau_{xy} = \rho E_v \frac{\partial U}{\partial y} \\ \tau_{yx} &= \rho E_v \frac{\partial V}{\partial x}, \quad \tau_{yy} = \rho E_v \frac{\partial V}{\partial y} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (5-23)$$

其中渦旋黏滯係數 E_v 依 Falconer(1980)，由 Prandtl 混合長度理論之半經驗式得：

$$E_v = \frac{k_v \sqrt{g(d + \eta)} \sqrt{U^2 + V^2}}{6C_c} \quad \dots\dots\dots (5-24)$$

k_v 為 Von Karman 常數 ≈ 0.4

C_c 為 Chezy 係數，由曼寧(Manning)公式加以定義

$$C_c = \frac{(h + \eta)^{\frac{1}{6}}}{m}$$

m ：底床曼寧粗糙係數 ≈ 0.08

5.2.3 風剪應力項

海面風剪力分量 (τ_{sx} , τ_{sy}) 分別為海面風剪力在 x, y 軸方向之分量，由 Dean and Dalrymple(1984)：

$$\tau_{sx} = \rho k_w W^2 \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (5-25)$$

$$\tau_{sy} = \rho k_w W^2 \sin \alpha$$

$$k_w = \begin{cases} 1.2 \times 10^{-5} & W \leq W_C \\ 1.2 \times 10^{-6} + 2.25 \times 10^{-6} \left[1 - \frac{W_c}{W} \right]^2 & W > W_C \end{cases} \quad \dots\dots\dots (5-26)$$

$$W_C = 5.6 \text{m/sec}$$

5.2.4 底床摩擦力項

依 Ponce and Yabusaki(1981) , Smith and Cheng(1987) , 海底摩擦力 (τ_{bx} , τ_{by}) 分別為底部摩擦剪應力在 x,y 軸方向之分量：

$$\tau_{bx} = \rho F_r U \sqrt{U^2 + V^2} \quad \dots\dots\dots (5-27)$$

$$\tau_{by} = \rho F_r V \sqrt{U^2 + V^2}$$

其中，底床摩擦係數 F_r

$$F_r = \frac{g}{C_c^2}$$

3.2.5 波浪輻射應力項

輻射應力 S_{xx} , S_{xy} , S_{yx} , S_{yy} 為造成沿岸流(longshore-current)主要因素，依線性波理論，Longuet-Higgins and Stewart(1964)表示如下：

$$\begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} \\ S_{yx} & S_{yy} \end{bmatrix} = \bar{E} \begin{bmatrix} n(1 + \cos^2 \theta) - \frac{1}{2} & \left(\frac{n}{2}\right) \sin(2\theta) \\ \left(\frac{n}{2}\right) \sin(2\theta) & n(1 + \sin^2 \theta) - \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (5-28)$$

$\bar{E}$ 為單位時間單位面積總波能量，在微小振幅波理論下：

$$\bar{E} = \frac{\rho g H^2}{8} \dots\dots\dots (5-29)$$

5.2.6 科氏力項

流場考慮潮流效應，將潮汐視為長波則不能忽略地球自轉所造成柯氏力對其影響，依 Gill(1982)：

$$f = 2\Omega \sin \Psi \dots\dots\dots (5-30)$$

$$\Omega = \frac{2\pi}{60 \times 60 \times 24} = 7.27 \times 10^{-5} \text{ rad/sec} \quad \text{地球自轉角速度}$$

$$\Psi = \text{緯度}$$

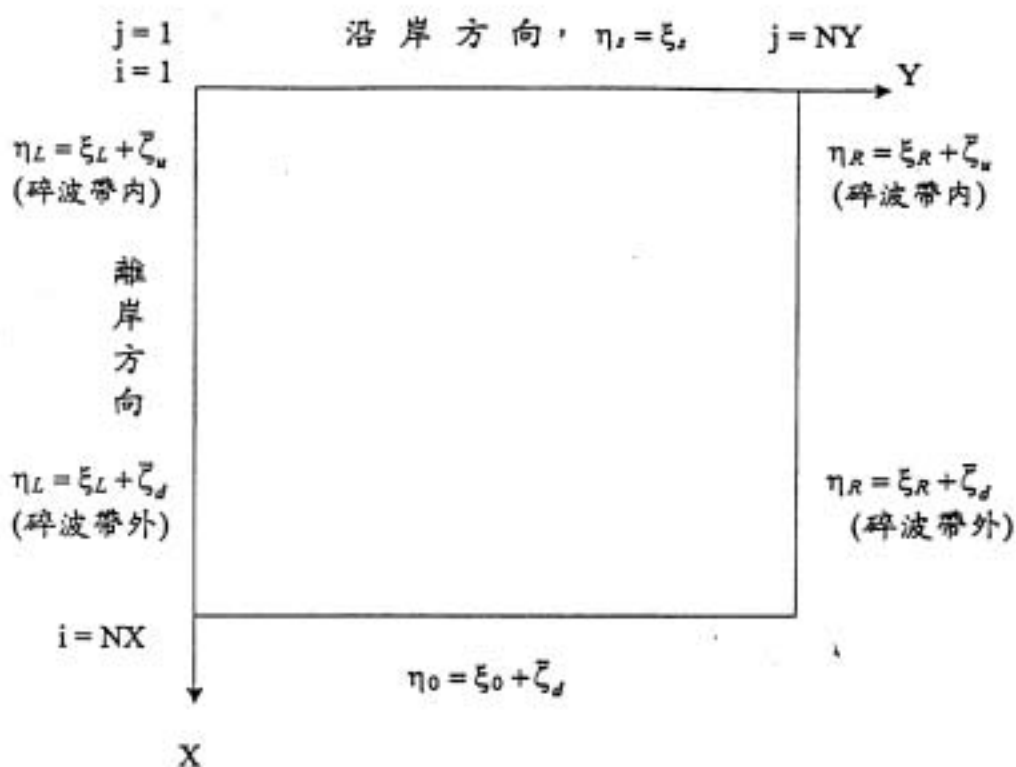
5.2.7 河口出流

本計畫在近岸流場計算可考慮河川入海對其造成影響，此項因素視為一穩定出流，亦即在近岸流場模式計算中河口邊界上有一穩定河口出流。

5.2.8 水位邊界

1. 水位邊界

有關流場邊界條件如圖 1 所示，水位變化包含波浪及潮汐所引致的水位昇降：



下標L代表左側邊界

下標R代表右側邊界

圖 5-1 流場邊界條件關係圖

潮汐為由右至左呈正弦函數變化，TL 為潮汐到達左右邊界的時差，Tstart 為相位差：

左側邊界：

$$\eta_L = A_L^t \sin \left[\frac{2\pi}{T_t} (t + T_t + T_{\text{start}}) \right] , \quad T_t = \frac{L_y}{\sqrt{gh_{\text{max}}}} \dots\dots\dots (5-32)$$

右側邊界：

$$\eta_R = A_R^t \sin \left[\frac{2\pi}{T_t} (t + T_{\text{start}}) \right] \dots\dots\dots (5-33)$$

外海邊界：

$$\eta_o = \left[A_R^t + (A_L^t - A_R^t) \left(\frac{N_y - j}{N_y - 1} \right) \right] \sin \left\{ \frac{2\pi}{T_t} \left[t + T_t \left(\frac{N_y - j}{N_y - 1} \right) + T_{start} \right] \right\} \dots\dots\dots (5-34)$$

沿岸邊界 ξ_s = 同式 (5-31)

波浪引致之水位 $\bar{\xi}$ 依 Matushevskiy(1975) , 忽略反射效應 :

碎波帶外水位沈降 ,

$$\bar{\xi}_d = -\frac{H^2}{8} \frac{k}{\sinh(2kh)} (\cos\theta)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (5-35)$$

碎波帶內水位抬昇 ,

$$\frac{d\bar{\xi}_u}{dx} = -K \frac{dh}{dx} \quad , \quad K = \frac{1}{1 + (8/3\gamma^2)} \dots\dots\dots (5-36)$$

其中 γ 與波高及水深有關

$$H_B = \gamma(h_B + \bar{\xi}_u) \quad , \quad \bar{\xi}_u = K(h_B - h) + \bar{\xi}_B$$

2. 流速邊界

左側邊界 :

$$U_{j=1} = U_{j=2} \quad , \quad \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)_{j=1} = 0 \dots\dots\dots (5-37)$$

$$\eta_L = \xi_L + \bar{\xi}_d \quad (\text{碎波帶外})$$

$$\eta_L = \xi_L + \bar{\xi}_u \quad (\text{碎波帶內})$$

右側邊界 :

$$U_{j=NY} = U_{j=NY-1} \quad , \quad \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)_{j=NY} = 0 \dots\dots\dots (5-38)$$

$$\eta_R = \xi_R + \bar{\xi}_d \quad (\text{碎波帶外})$$

$$\eta_R = \xi_R + \bar{\xi}_u \quad (\text{碎波帶內})$$

外海邊界 :

$$V_{j=NX} = V_{j=NX-1} , \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_{j=NX} = 0 \dots\dots\dots (5-39)$$

沿岸邊界：

$$U = 0 , V = 0 \dots\dots\dots (5-40)$$

3.收斂條件

流場計算之穩定條件參考掘江毅(1978)，須滿足 $\Delta_t \leq \frac{2 \Delta_s}{\sqrt{gh_{\max}}}$ ， Δ_s

為網格大小，兩相鄰時階之最大值小於容許誤差始得進行下一時階之計算。

$$\max(\eta_{ij}^{k+1} - \eta_{ij}^k) \leq \varepsilon_\eta \eta_{ij}^k$$

$$\max(U_{ij}^{k+1} - U_{ij}^k) \leq \varepsilon_U U_{ij}^k \dots\dots\dots (5-41)(5-42)(5-43)$$

$$\max(V_{ij}^{k+1} - V_{ij}^k) \leq \varepsilon_V V_{ij}^k$$

其中 $(\varepsilon_\eta, \varepsilon_U, \varepsilon_V) = 0.0001$

5.3 漂砂量估算模式

漂砂運動較前幾節所述之波浪及水流運動複雜，人們至今對於漂砂過程並非十分了解，對計算海底地形變化所需之漂砂量計算，因此本文乃以功率觀點，仿照 Komar(1977)及 Watanabe(1988)之研究，採用如下之漂沙量估算式：

$$Q_x = Q_C(u + U_r) \dots\dots\dots (5-44)(5-45)$$

$$Q_y = Q_C(v + V_r)$$

$$Q_c = \{A_1 f_c [(u + U_r)^2 + (v + V_r)^2] + A_2 (U_H^2 - U_{HC}^2)\} / g \quad \dots\dots\dots (5-46)(5-47)$$

$$U_H = \sqrt{\frac{\tau_m}{\rho}} = \sqrt{\frac{f}{2}} \quad U_{max}, U_{max} = \frac{\pi H}{T \sinh(kh)}$$

u 、 v 為波浪運動所造成之流場在 x 、 y 方向上之流速， U_r 、 V_r 則分別表示河口出流所形成之流場在 x 、 y 方向上之速。 U_H 為波浪作用下，水粒子運動在底床上所造成之最大剪力速度。 U_{max} 則為波浪作用下底床上水粒子最大運動速度，其中 T 表週期， H 表波高， h 為水深， f 及 f_c 分別為波動及平均流之摩擦係數。

U_{HC} 則為底床上水粒子運動之臨界剪力速度，本文 U_{HC} 採用 Sawaragi and Deguchi(1978)所提出之估算式：

$$\text{其中 } 0.565\text{mm} > d_{50} > 0.065\text{mm} \Rightarrow U_{HC} = 8.41 d_{50}^{11/32} \quad (5-48)$$

d_{50} 為底床上沙粒之平均粒徑， A_1 為流所造成之輸沙係數， A_2 則為波動所造成上水粒子運動而造成輸沙現象之輸沙率係數，配合第一章蒐集之底質調查資料，並參考林與江（1997）所提出之台灣中西部海岸漂砂量估算公式所建議之漂砂係數，因此本計畫仍採 $d_{50}=0.20\text{mm}$ 、 $A_1=2.5$ 及 $A_2=1.5$ 。

5.4 平面海底地形變化模式

海底地形變化量可依據海底底質守恆原理導出，以二維海底地形變動之連續方程式表示，有關座標如圖 5-2 所示，其方程式為：

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{(1-\lambda)} \left[\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right] \quad \dots\dots\dots (5-49)$$

上式中 h 表水深， λ 為海底底質之空隙率 $\lambda=(0.3)$ ， q_x 、 q_y 則分別表 x 、 y 方向之單位寬度漂砂量，整個海底地形變化乃利用前述各模式所求得之波流、底質等條件代入上式，並判定出各位置之漂沙方向或漂沙量，復由所判定漂砂量的平面分佈求出各位置海底地形之變動量。依

Horikawa(1988)所提出，(5-49)差分式其時階間距必須符合下列穩定條件：

$$\Delta t \leq \min \left[\frac{(\Delta x)^2}{2\varepsilon_s |q_x|_{\max}}, \frac{(\Delta y)^2}{2\varepsilon_s |q_y|_{\max}} \right] \dots\dots\dots (5-50)$$

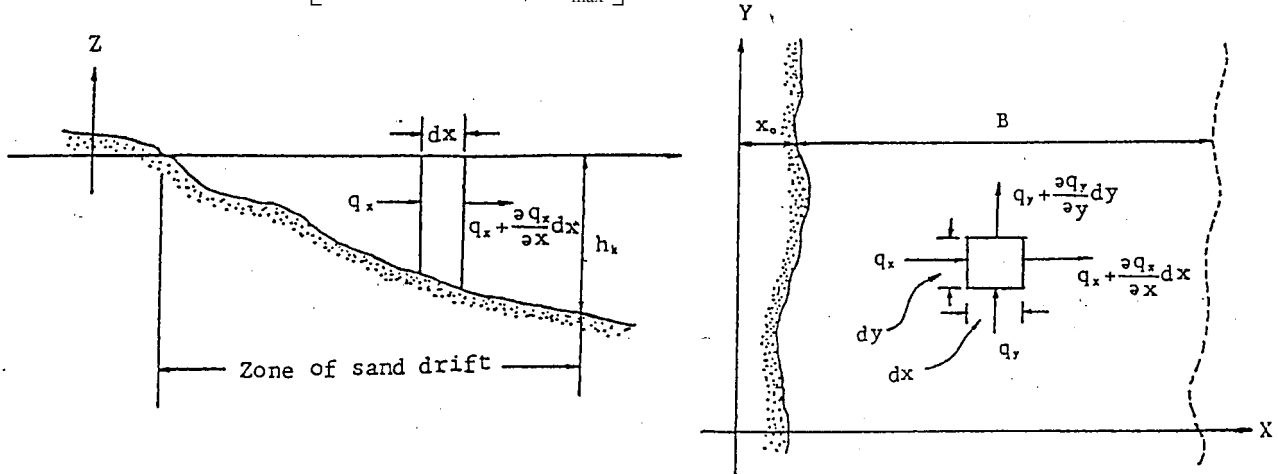


圖 5-2 海底底質活動守恆原理關係圖

5.5 計算流程

本數值計算流程主要係計算平面波場分布後，利用輻射應力計算近岸流場後，再由波流場平面分布結果計算海岸漂砂量後，計算平面地形變遷結果。模式計算首先利用短期模擬成果與實測地形進行驗證後，再依驗證參數計算長期變遷預測。詳細計算流程如下：

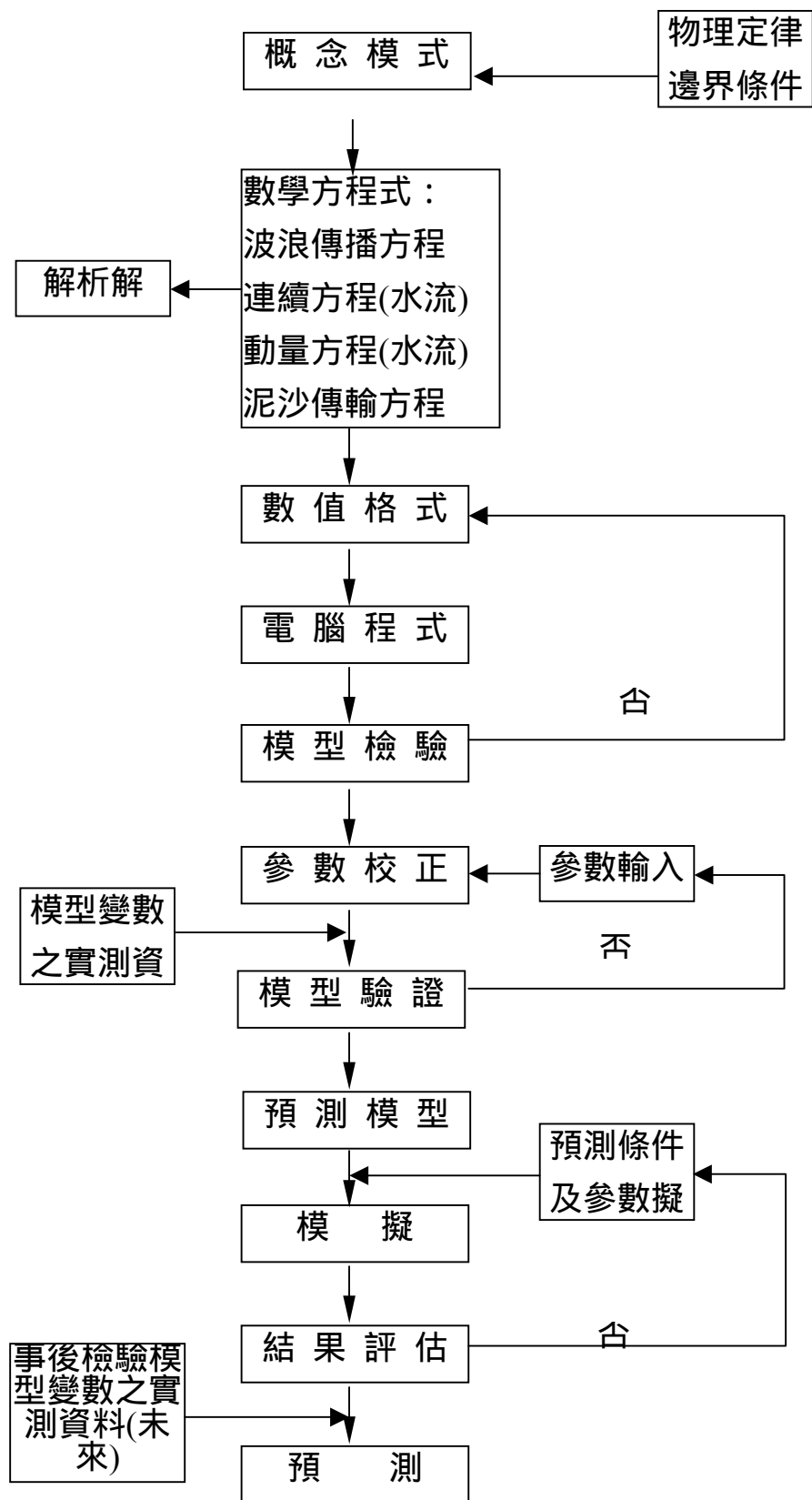


圖 5-3 模式發展、校正、驗證及模擬流程示意圖

5.6 模式驗證

由於前述第四章分析臺北港 85 年以來地形水深監測資料發現，92 年至 94 年間地形水深監測結果均有水深-20m 以內大範圍的侵蝕或淤積發生。然而此一現象並無法以本章前述波浪及近岸流理論加以解釋。因此，本計畫數值模擬驗證參考以往研究認為符合理論分析之成果，故模式驗證採用 86 年 5 月北防波堤垂直段興建完成之地形水深為起始計算條件，配合 91 年 5 月地形進行校核。計算範圍北起淡水漁人碼頭（淡水第二漁港）北側海岸，南至台電林口火力電廠，沿岸距離共計 14600 公尺、離岸距離 6000 公尺，至水深-30.0 公尺左右，其驗證過程敘述如后。

5.6.1 驗證目標

參考本所「八里、林口海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷四年監測計劃報告」中針對 86 年 5 月及 91 年 5 月實測地形水深比較分析如圖 5-4 所示。本計劃驗證主要以數值模擬並與實測地形校核分析，主要驗證目標敘述如下：

1.目標一：淡水河口

由圖 5-4 可知，淡水河口及淡水漁人碼頭北側海岸有明顯侵蝕現象，而河口靠近臺北港北防波堤側則呈現淤積現象。

2.目標二：臺北港南側至林口火力電廠海岸

由圖 5-4 可知，水深約-5m 以內靠近臺北港海岸有侵蝕發生，而靠近林口火力電廠一期灰塘北側則呈現淤積 而水深-5m 附近則呈輕微侵蝕。

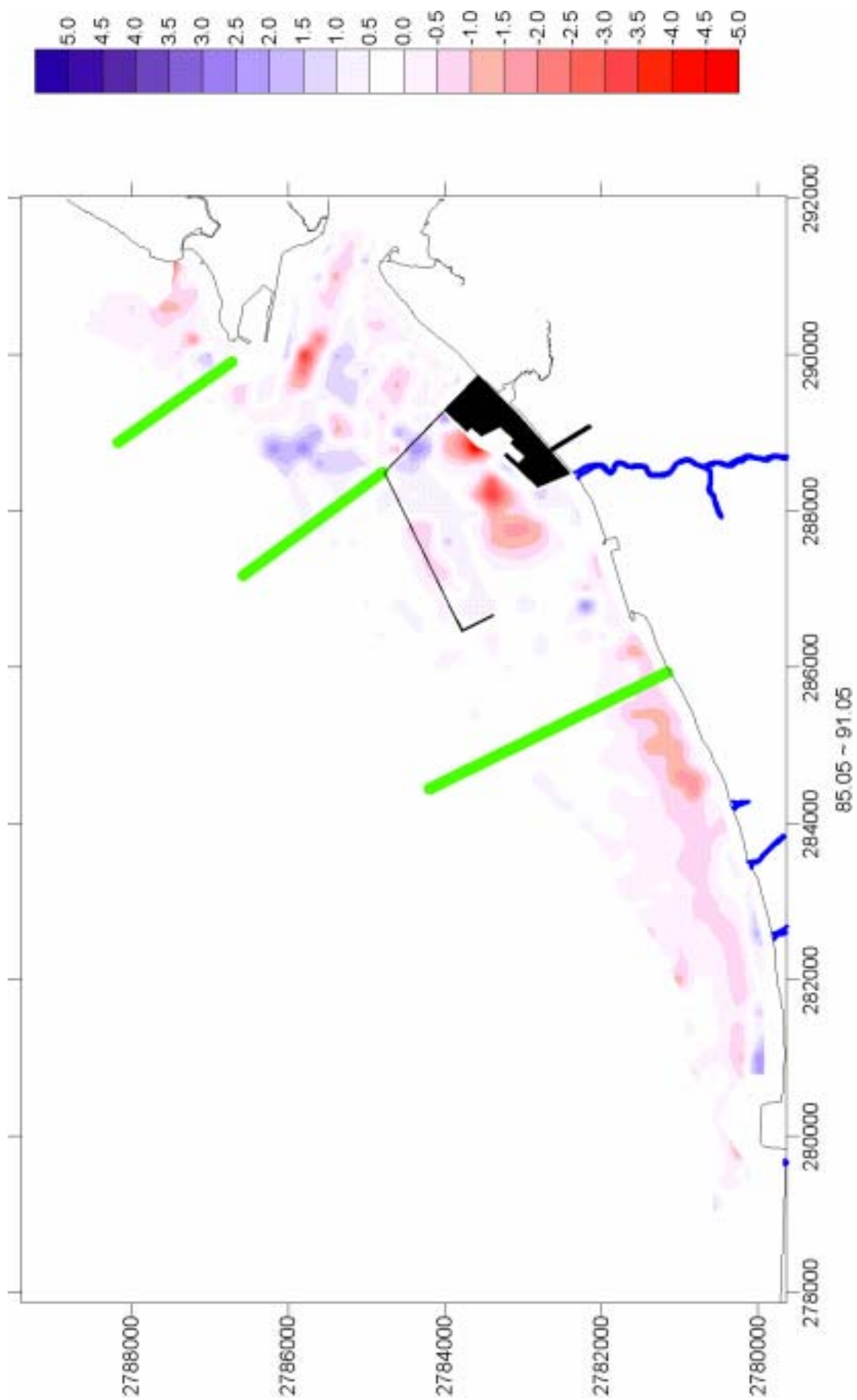


圖 5-4 86 年 5 月至 91 年 5 月實測地形水深比較

5.6.2 驗證方案

參考本所「八里、林口海岸漂砂調查及海氣象與地形變遷四年監測計劃報告」中針對海象分析結果顯示，冬季主要季風波浪方向為 NNE~N 向，平均波高約為 3.2m，週期約為 7.5sec；而夏季主要季風波浪方向為 WNW 向，平均波高約 1.7m，週期約為 5.8sec。本計劃以此擬定驗證方案如表 5-1，分別模擬數值一年期間海岸地形變遷。

表 5-1 驗證方案表

方案	數值時間	模擬條件	
方案一	兩年	每年冬季 NNE 向 7 個月	H=3.2m，T=7.5s
		每年夏季 WNW 向 5 個月	H=1.7m，T=5.8s
方案二	兩年	全年 NNE 向 12 個月	H=3.2m，T=7.5s

數值模擬輸入條件如下：

表 5-2 數值條件表

輸入條件	輸入模式	輸入資料
空間網格	平面波場	X= Y=10m
	近岸流場	X= Y=25m
	地形變遷	X= Y=25m
時間網格	近岸流場	t=3sec
	地形變遷	t=60sec
河口流速	近岸流場	U=0.4m/sec
時間比尺	地形變遷	-
潮位系統	各模式	平均潮位

由上述數值輸入條件計算平面波場及近岸流場模擬結果如圖 5-5~圖 5-10 所示。茲將驗證模擬方案結果說明如下：

1.驗證方案一

驗證方案一模擬冬夏季季節交替下數值時間兩年後的成果，圖 5-5 為冬季 NNE 向季風波浪平面波場模擬結果，圖 5-6 為冬季 NNE

向季風波浪作用下近岸流場流矢向量圖；圖 5-7 為夏季 WNW 向季風波浪平面波場模擬結果，圖 5-8 為夏季 WNW 向季風波浪作用下近岸流場流矢向量圖；而圖 5-9 則為方案一模擬數值時間兩年後的成果。

由圖 5-9 與圖 5-4 比較後可知，由於夏季由南向補充的漂砂量被高估，因此造成臺北港南側海岸產生淤積，與驗證目標二不符；淡水河口處主河道出口處侵蝕而臺北港北防波堤外側淤積與驗證目標一趨勢相近，但淤積量偏高。因此是否要考慮夏季 WNW 向季風波浪值得商榷。

2. 驗證方案二

驗證方案二以冬季季風波浪代表全年平均波浪，進行數值時間兩年後的模擬，圖 5-5 為 NNE 向季風波浪平面波場模擬結果，圖 5-6 為 NNE 向季風波浪作用下近岸流場流矢向量圖；而圖 5-10 則為方案二模擬數值時間兩年後的成果。

由圖 5-10 與圖 5-4 比較後可知，淡水河口處主河道出口處侵蝕而臺北港北防波堤外側淤積與驗證目標一趨勢相近；而由於 NNE 向波浪折射後約與海岸夾角約 60~65 度，接近平行海岸，對於臺北港南側海岸作用之波能不足，而產生靠近臺北港南側近岸處有輕微淤積發生，與驗證目標二不符。

由圖 5-10 與圖 5-4 比較後可知，淡水河口處主河道出口處侵蝕而臺北港北防波堤外側淤積與驗證目標一趨勢相近；而由於 NNE 向波浪折射後約與海岸夾角約 60~65 度，接近平行海岸，對於臺北港南側海岸作用之波能不足，而產生靠近臺北港南側近岸處有輕微淤積發生，與驗證目標二不符。

參考臺北港海象調查結果，因此修正方案二波向為 N 向，波高週期則不調整維持原波高週期 $H=3.2\text{m}$ ， $T=7.5\text{sec}$ ，而淡水河河口出流調整為 0.2m/sec 。由以上數值條件計算波場及近岸流場模擬結果如圖 5-11~5-12。數值時間兩年後地形變遷結果如圖 5-13，與圖 5-4 比較

後顯示與驗證目標一淡水河口區域及驗證目標二臺北港南側海岸侵淤變化皆能符合，因此驗證本模式對於臺北港鄰近海域的適用性。而數值模擬時間兩年與現場 6 年結果相近，因此推定數值模擬時間比尺為 1:3。

故本計劃地形變遷預測模擬各項數值條件詳如表 5-3 所示。

表 5-3 臺北港鄰近海岸地形變遷數值條件輸入表

輸入條件	輸入模式	輸入資料
起始地形	平面波場	民國 94 年 (民國 95 年)
	近岸流場	
	地形變遷	
波浪條件	平面波場	N 向，H=3.2m，T=7.5s
	地形變遷	
空間網格	平面波場	X= Y=10m
	近岸流場	X= Y=25m
	地形變遷	X= Y=25m
時間網格	近岸流場	t=3sec
	地形變遷	t=60sec
河口流速	近岸流場	U=0.2m/sec
時間比尺	地形變遷	1:3
潮位系統	平面波場	平均潮位
	近岸流場	
	地形變遷	

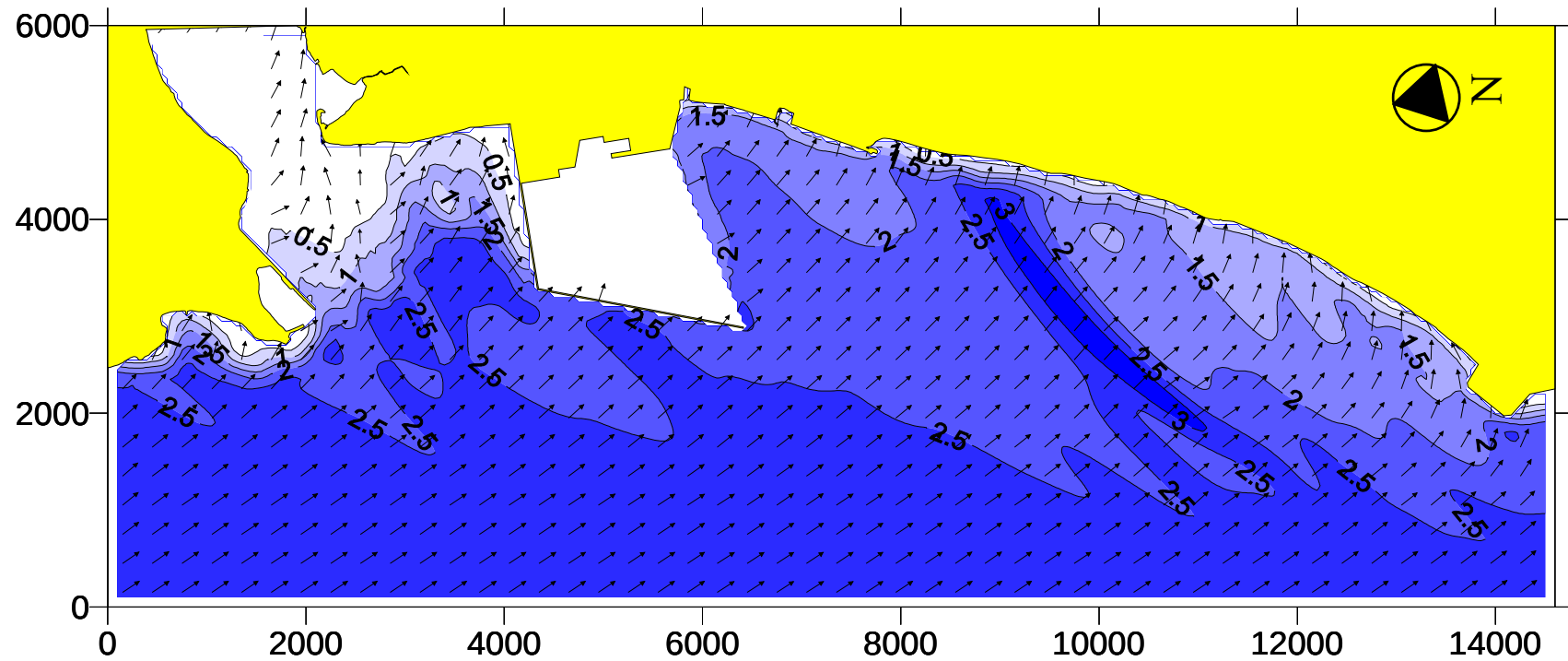


圖 5-5 冬季 NNE 向季風波浪平面波場模擬圖 ($H=3.2\text{m}$, $T=7.5\text{s}$, 平均潮位)

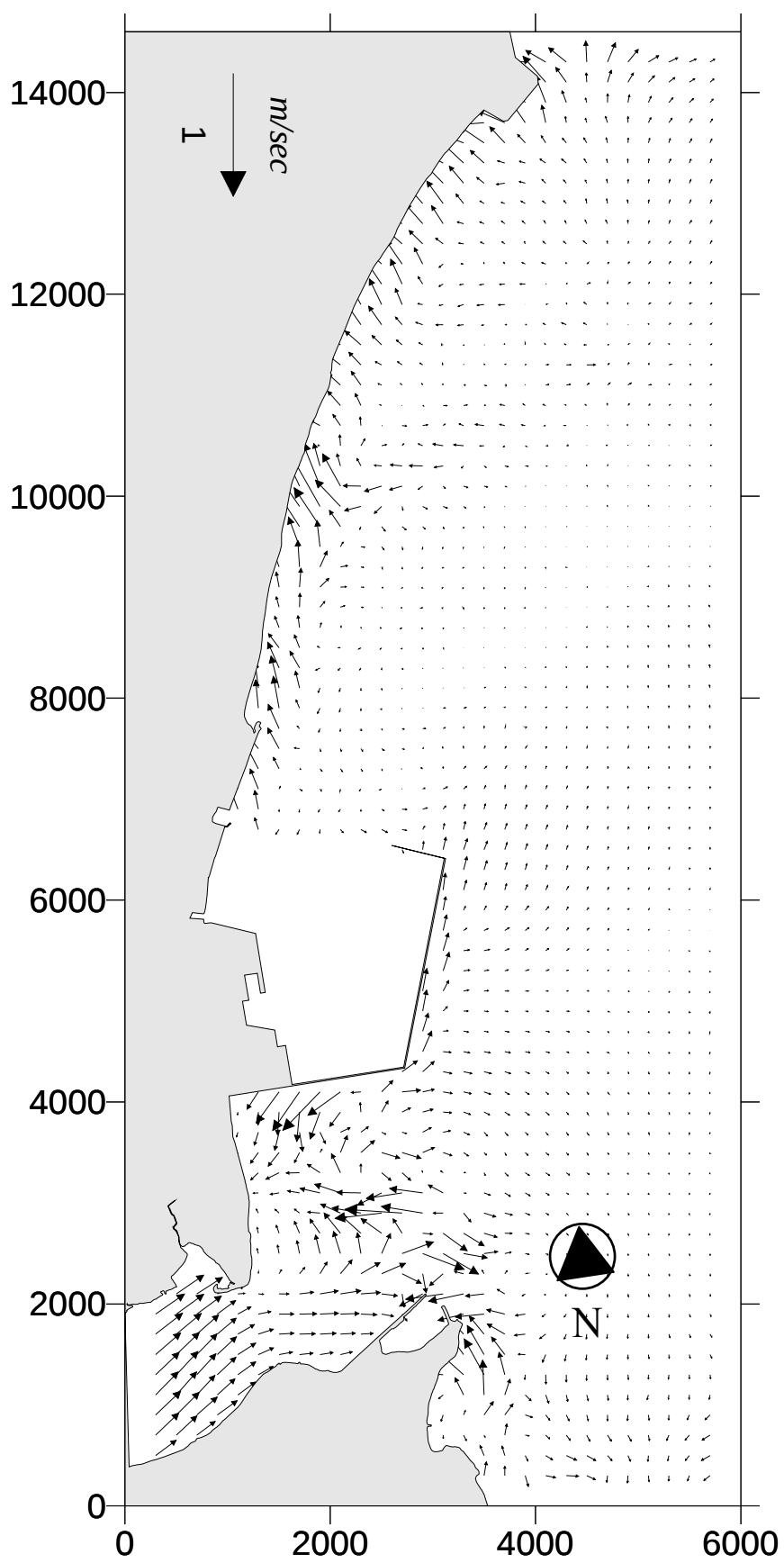


圖 5-6 民國 93 年起始地形 NNE 向季風波浪之近岸流場圖

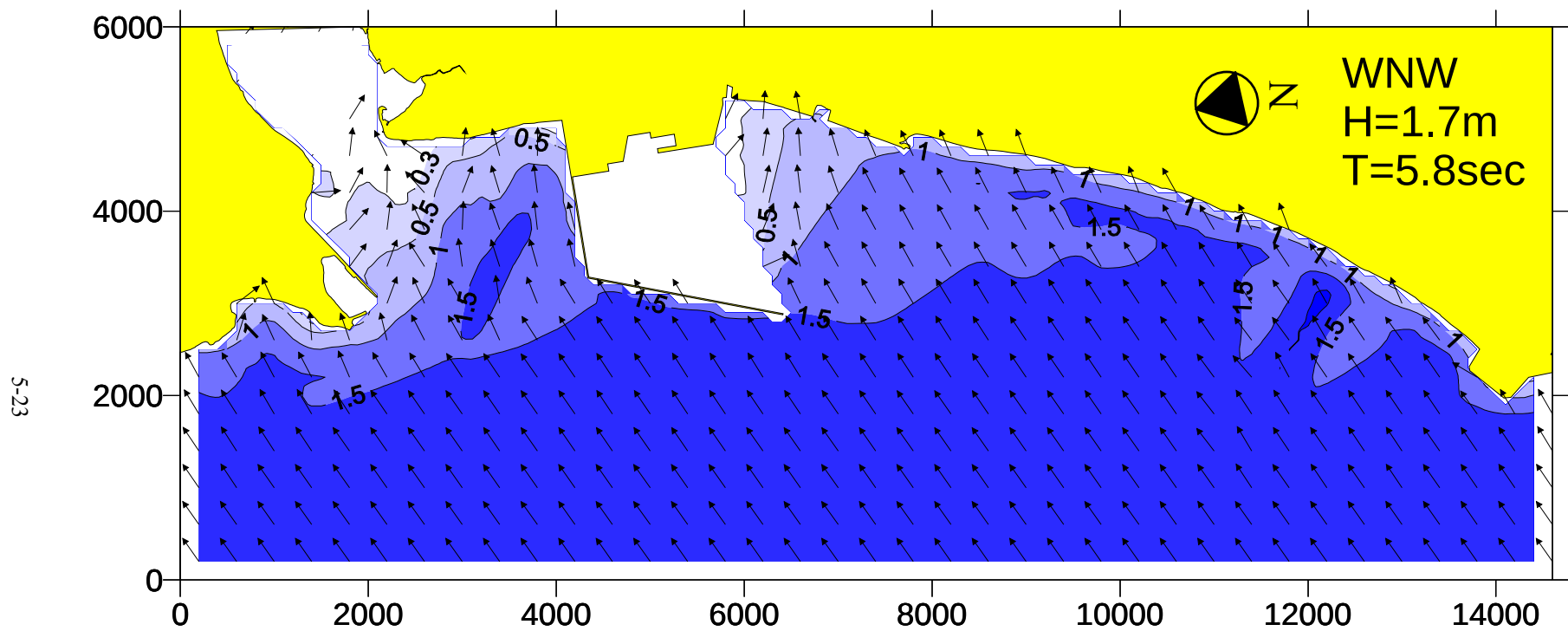


圖 5-7 夏季 WNW 向季風波浪平面波場分佈圖

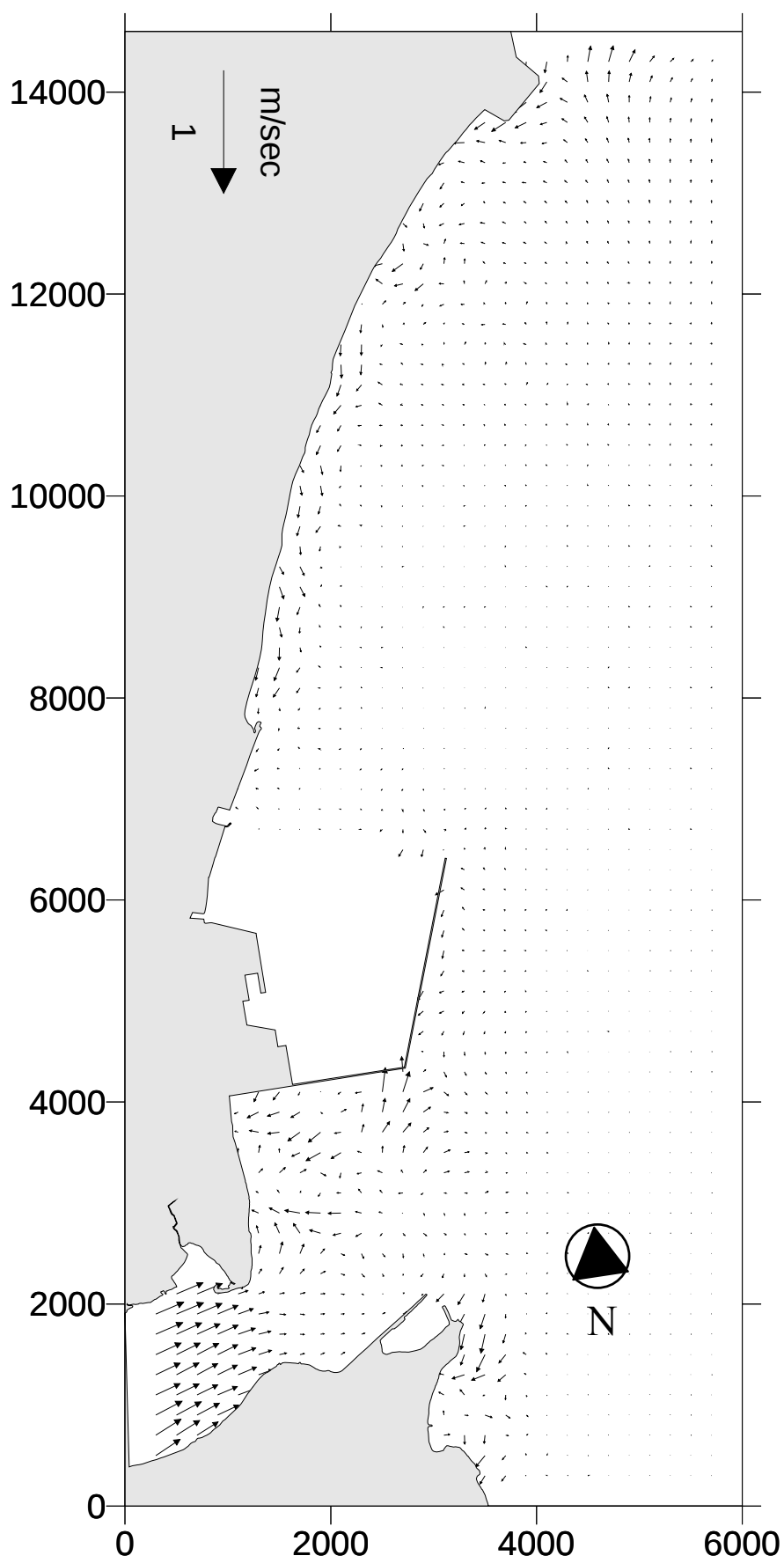


圖 5-8 WNW 向季風波浪之近岸流場圖

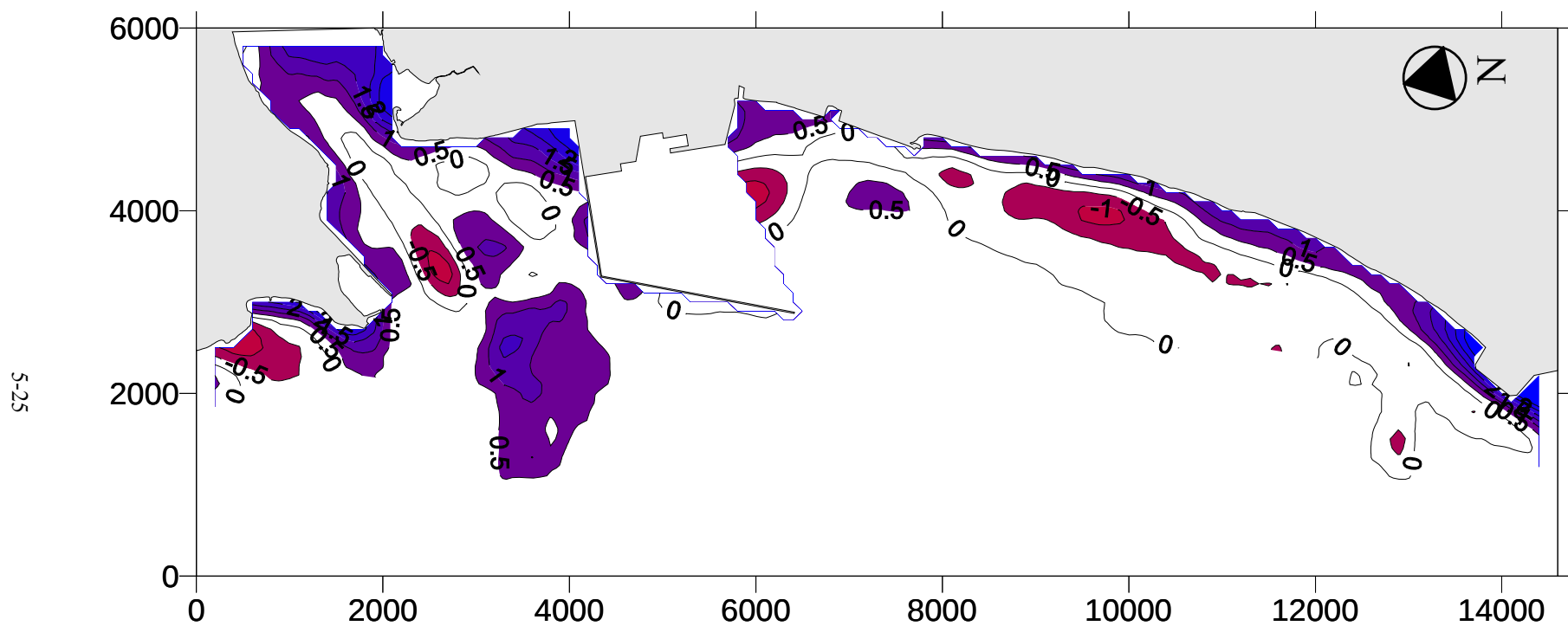


圖 5-9 驗證方案一數值時間兩年後海岸地形變化侵淤分佈圖

圖 5-10 驗證方案二數值時間兩年後海岸地形變化侵淤分佈圖

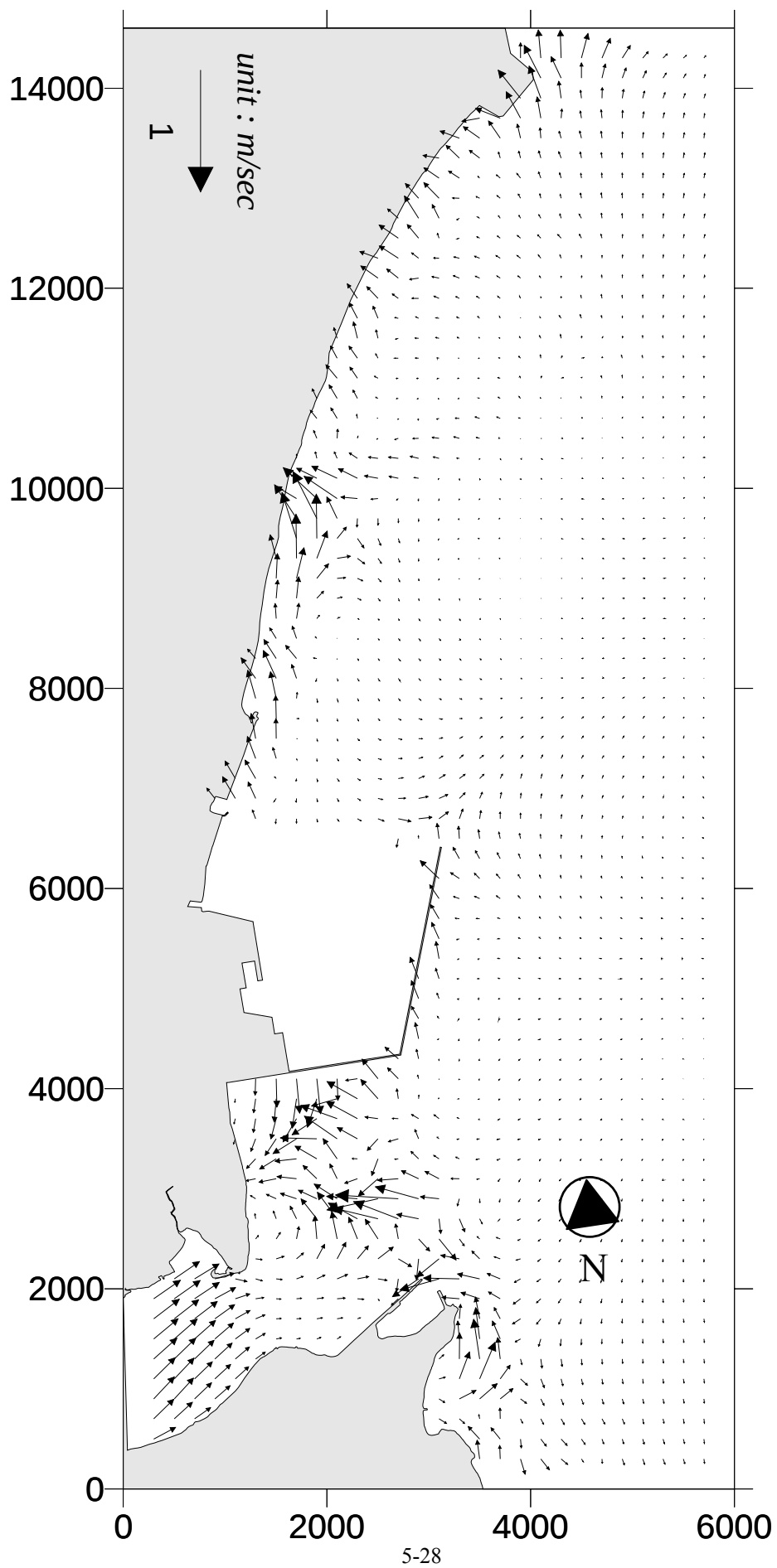


圖 5-12 N 向季風波浪之近岸流場圖

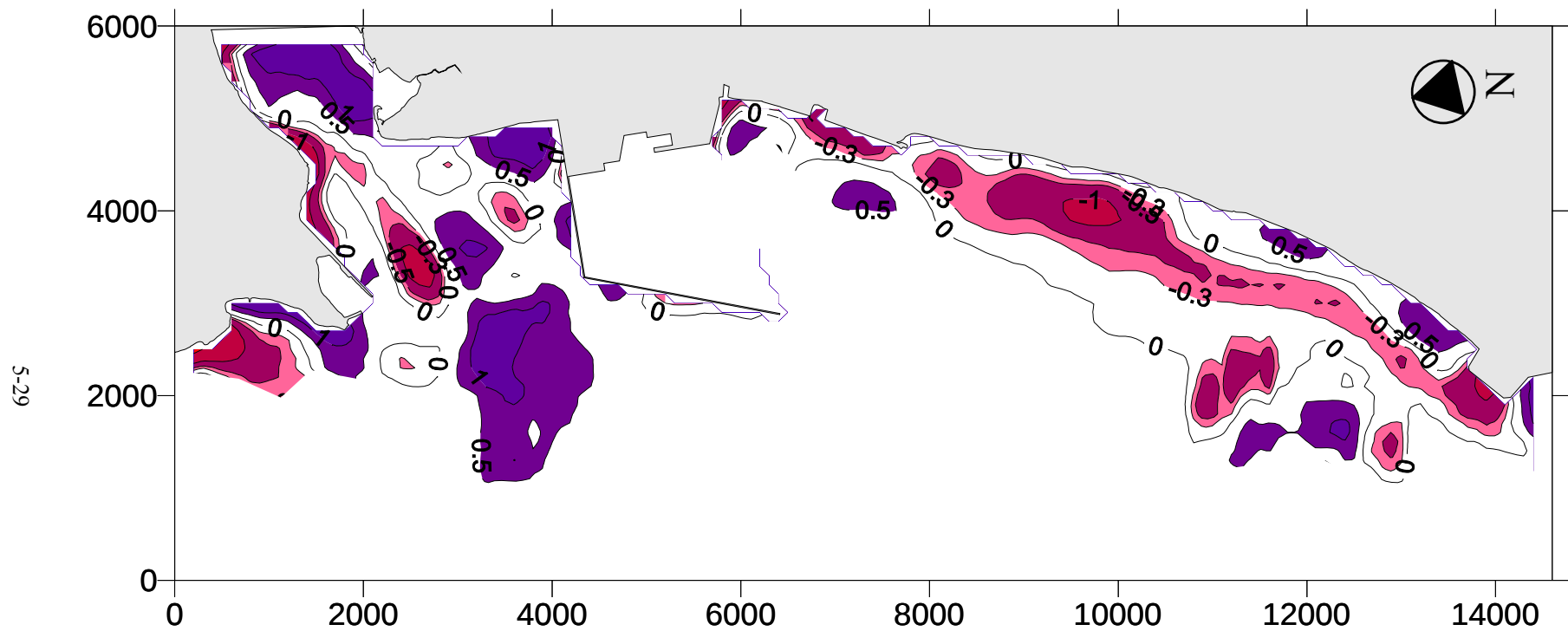


圖 5-13 驗證試驗數值時間兩年後海岸地形變化侵淤分佈圖

第六章 結 論 與 建 議

6.1 結論

- 1.由臺北港 85 年以來地形水深監測實測資料發現 89 年至 90 年間地形侵淤比較發生不同範圍整體性侵淤變化，以及 92 年至 94 年間地形水深監測結果均有水深-20m 以內大範圍的侵蝕或淤積發生，然而一般海岸地形變遷發生較明顯區域多集中於碎波帶內，上述現象並無法以本計畫波浪及近岸流理論加以解釋。因此，本計畫數值模擬驗證參考以往研究認為符合理論分析之成果，故模式驗證採用 86 年 5 月北防波堤垂直段興建完成之地形水深為起始計算條件，配合 91 年 5 月地形進行校核。
- 2.本計畫數值模擬淡水河口邊界條件設定係採用水利署淡水河長期流量統計平均年流量結果，由河道斷面推算平均流速設定計算條件，由地形變遷數值模式驗證此一假設應屬合理。
- 3.由本計畫數值模式驗證結果顯示，利用 86 年至 91 年地形監測成果比對，數值計算時間比尺為 1：3。

6.2 建議

- 1.由於部分監測資料比對發生大範圍侵淤現象，疑似颱風或是其他原因造成，目前並無定論。建議能於颱風前後辦理地行水深測量，並配合第十河川局淡水河水位水量監測成果，釐清颱風對淡水河口及臺北港海域之影響，必能使未來數值模擬準確度提升。
- 2.由於今(95)年臺北港海域並無颱風侵襲，建議明年度計畫可配合 95 年監測成果重新進行模式驗證，以獲得更佳預測結果。

參考文獻

- 1、邱永芳、洪憲忠、吳基、林柏青、廖慶堂、王冑、徐如娟 (2000),「八十九年八里、林口海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷四年監測計畫」,交通部運輸研究所港灣技術研究中心。
- 2、洪憲忠、邱永芳、林柏青、蔡金吉 (2000)「淡水港海域海岸地形變遷研究」,交通部運輸研究所港灣技術研中心」。
- 3、張菀文 (2002),「淡水河口地形變遷之研究」,國立台灣大學地理環境資源研究所碩士論文。
- 4、許時雄 (1991),「淡水河口海岸地形觀測研究」,中國民國第十三屆海洋工程研討會論文集, 426-440 。
- 5、許硯蓀、廖學瑞、朱志誠 (1993),「淡水八里海岸地形變遷研究及人工岬灣之應用」,中華技術, 17 : 59-66 。
- 6、郭金棟 (1990),「台灣海岸地形變化及其未來之開發利用研究報告」,港研中心專刊。
- 7、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」,台南：國立成功大學水利及海洋工程學所。
- 8、魏震 (2001),「台北港興建對鄰近海岸地形影響之評析」,國立台灣海洋大學河海工程學系碩士論文」。
- 9、「台北商港物流倉儲區填海造地計畫環境影響評估報告書」,基隆港務局, 2003。
- 10、「台北港第二期工程通盤檢討(北淤沙區、南外廓防波堤、親水遊憩區及東碼頭區公務碼頭等整建工程)環境影響說明書」,基隆港務局, 2004。
- 11、何良勝、吳基、林柏青、張富東、廖慶堂、徐如娟、邱永芳、江玟德、林受勳、蔡金吉、蘇青和、張惠華,「台北港 (92-94 年) 海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷監測作業」94 年總結報告書,交通部運輸研究所港研中心, 2006。
- 12、林銘崇,江允智, 1993, "近岸海域流場之數值模式", 第十五屆海洋工程研討會論文集, PP. 313-326。
- 13、林銘崇, 江允智, 1993, "波浪與潮汐共同作用之近岸海域流場數值模

式", 兩岸港口及海岸開發研討會論文集, PP. 62-71.

- 14、江允智, 林銘崇, 劉景毅, 1996, "台灣中西部海岸漂砂估算式之研究", 第十八屆海洋工程研討會論文集, pp.619-626.
- 15、林銘崇, 郭瑞琪, 江允智, 劉景毅, 1996, "海域地形變化數值模式", 第十八屆海洋工程研討會論文集, pp.627-639.

附 錄

期中報告審查意見處理情形表

期末報告審查意見處理情形表

期末簡報

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：95 年臺北港水理海岸地形變遷數值監測模式研究

執行單位：國立臺灣大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
郭金棟教授		
一、相關資料收集相當詳細完整，但其數據是否精準，請再進一步檢核，再做為輸入數據。例如颱風波浪推算結果可信度如何？可與鼻頭角長期觀測值做比較。	一、感謝委員寶貴意見。颱風波浪係引用宇泰顧問及中華顧問推算成果。由於兩推算成果並不相同，未來如有飲用將與鄰近長期觀測成果進行比較。	符合規定
二、淡水河輸砂量影響此地海岸地形變化，輸砂量採用多少做為模式之輸入值？該河輸砂量 76 萬 m ³ /yr，而估計之波浪輸砂能力為 350(或 164) 萬 m ³ /yr，三者相差甚大，何者較可靠？未來如何與數模比較？	二、關於淡水河河川輸砂量估計值，由於眾多參考文獻推估成果並不一致。未來將再蒐集第十河川局今年度辦理淡水河河道內地形變化研究成果校核，作為模式邊界條件進行模式驗證工作。	符合規定
三、91 年後有無再舉辦地形測量？如有盼列入比較地形變化。(水利署第十河川局是否有測量資料請調查)	三、基隆港務局臺北港海岸地形監測目前仍持續辦理中，本研究團隊將持續蒐集至本年度資料。	符合規定
涂盛文教授		
一、圖 4-6、圖 4-7 有明顯之淤積、侵蝕分界線，是	一、感謝委員指導，期末報告將於平面圖加註臺北	符合規定

否抽沙造成？抽沙區在何處？在報告中請圖示說明。 二、圖 4-9 發生大規模之侵蝕，是何原因？令人懷疑是否有誤，請加以檢討。 三、P3-17：圖 3-7 應為圖 3-8，圖 3-8 應為圖 3-9，改正後之圖 3-9，圖說「臺北港興建前」應為興建後。 四、資料收集完整，惟使用前須適當過濾。	港一期工程抽砂區範圍以供參考。 二、本研究團隊將與港研中心再研究關於 89.05 及 90.05 測量基準是否有誤差，並將結果於期末報告說明。 三、感謝委員指正，將於期末報告修正。 四、感謝委員指正，將於期末報告修正。	符合規定 符合規定 符合規定
翁文凱教授		
未出席與會		
劉景毅組長		
一、本計畫為三年計畫，第一年為地形變遷與基本資料之蒐集與分析，後兩年才開使進行模式之建立與模擬，因此本年度之執行重點應朝向釐清模式發展方向、選定模式輸入條件與率定所需資料上努力。短期性海岸地形變遷模擬應為本計畫之主軸，在現階段若能先擬定模式初步架構與研究區位或範圍應會使資料	一、感謝委員指正，將於期末報告釐清模式發展方向、選定模式輸入條件與率定所需資料。	符合規定

蒐集與分析更有針對性。 二、淡水河輸砂對臺北港附近海域之地形變遷應有影響，而報告中第三章有針對淡水河水文及地形進行資料蒐集分析與探討，不知未來模式之模擬是否會考慮颱風來襲期間淡水河輸砂之影響？	二、感謝委員寶貴意見，由於颱風來襲所造成即時海岸漂砂無法以現有模式進行模擬，本團隊將嚐試以淡水河洪水量配合推算颱風波浪做為外海波浪條件進行短期海岸變遷模擬。	符合規定
三、臺北港與淡水河口海域近年來已有多個單位進行研究與分析，其研究成果常有不一致的地方，例如淡水河之輸砂率就有許多不同的估算值，本計畫已蒐集各單位之資料，若能進一步進行分析，統合各單位之不一致性，並做出適當建議，將使量測資料更具使用價值。	三、感謝委員寶貴意見，期末報告將再蒐集第十河川局本年度辦理淡水河河道內地形變遷研究成果後，選擇適當河川輸砂量作為未來模擬邊界條件使用。	符合規定
四、海岸地形變化相當複雜，模式之模擬有其侷限性，因此模式模擬前常需進行詳細之地形變遷分析，以作為模式模擬之參考與研判依據。臺北港歷年來已有多次地形監測資料，本計畫亦已有蒐集，如能善用這些資料將有助於模式之建立與應用。	四、感謝委員寶貴意見，期末報告將確實遵照辦理。	符合規定
五、page 5.1，海岸地形變化之侵蝕或淤積主要取決於輸砂率之梯度變化，並不是輸砂率大小。	五、感謝委員寶貴意見，將於期末報告修正。	符合規定

吳 基研究員		
一、資料蒐集齊全，但背景資料如風、波、流等統計特性未列入近年觀測結果。 二、89、90 年空間數據不連續問題，有無辦法修正。 三、圖號錯誤請更正。 四、局部地形侵淤之原因，主要是河川輸沙量，另外有無必要考慮風吹沙源？	一、感謝委員寶貴意見，將於期末報告更新近年觀測成果。 二、感謝委員寶貴意見，將配合 貴中心就原始資料之正確性進行探討。 三、感謝委員寶貴意見，將於期末報告修正。 四、感謝委員寶貴意見，由以往文獻現場勘查成果，臺北港附近海域風吹砂多發生於八里至林口間海岸，對河口區域影響較小。	符合規定 符合規定 符合規定 符合規定
蔡立宏研究員		
一、建議每一項工程開工、施工及完成的時間能建立表格或圖示說明。 二、資料收集中，海氣象各觀測資料，建議盡量收集至近年。 三 P.3-8 中之表 3-5 淡水河各斷面分析，建議增加斷面示意圖。 四、P.4-14 中分析海岸線航照圖，請增加航照圖。 五、P.3-15 圖 3-7 清晰度建議再提高。	一、感謝委員指導，將於期末報告標示各期工程完工時間，並利用顏色標示。 二、感謝委員寶貴意見，將於期末報告更新近年觀測成果。 三、感謝委員寶貴意見，將於期末報告補充。 四、感謝委員寶貴意見，將於期末報告補充。 五、感謝委員寶貴意見，將於期末報告補正。	符合規定 符合規定 符合規定 符合規定 符合規定

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：95 年臺北港水理海岸地形變遷數值監測模式研究

執行單位：國立臺灣大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
郭金棟教授		
一、應增加一張新近水深圖及 86.05-94.10 之地形變化比較圖。	一、感謝委員指導，本計畫第二年度將增加 86.05-94.10 之地形變化比較圖，以及歷年春季及秋季測量結果比較分析。	符合規定
二、本研究之重點應在臺北港對鄰近海岸之影響，一在淡水河口與東防波堤間之淤積，一在西防波堤以西之侵蝕，尤以海岸線之變化。這二部份應放大顯示。如可能則以 Osasa-Brampton 單線模擬。	二、感謝委員指導，本計畫第二年度重點在於淡水河口侵淤變化，並將納入第十河川局今年度關於淡水河口侵淤分析成果，並針對局部結構物附近區域放大顯示。由於第二年計畫重點在於淡水河口短期變化模擬，因此將於明年度計畫專節分析適合本計畫應用模擬之數值模式。	符合規定
三、冬夏季測量分析結果顯示侵淤在同一區內反覆出現，是否出於測量基準不同所致，請查核。(例如 P.4-9 與 P.4-10，P.4-3 與 P.4-4，P.4-5 與 P.4-6 等)，如不同年同季比較時又如何？	三、感謝委員指導，經地形監測資料比對初步研判似有測量基準誤差的可能性。因此本計畫第二年度將增加地形監測成果歷年春季及秋季測量結果之比較分析。	符合規定
四、P.5-31 顯示下游本港林	四、由於近年地形水深監測	符合規定

口間灘線附近有淤積現象是否合理。	成果受到颱風及工程施作影響，本計畫第二年度將檢討 94~95 年間較少颱風及外廓防波堤工程影響之地形水深資料作為數值模式驗證基礎重新檢討地形侵淤模擬合理性。	
五、圖要補單位、指北方向。	五、感謝委員指導，已補正。	符合規定
涂盛文教授		
一、P.4-7 圖 4-6 侵淤有一明顯界線，此係明顯錯誤，期中報告時曾指出此一錯誤，但期末報告仍然出現，在 P. 4-21 中以此圖解讀分析是不可靠的。	一、感謝委員指導，關於部分地形監測成果疑似測量基準誤差導致部分，在數值模式驗證時已捨去，而另以 86~91 年長期資料較為正確監測成果進行分析。	符合規定
二、P.5-1 第三列「本公司」究竟係何公司？	二、感謝委員指證，相關筆誤已修正為「本所」。	符合規定
三、期中簡報時曾建議補示抽沙區位置圖，本次報告中仍未見補示。	三、感謝委員指正，由於初步蒐集以往相關研究報告發現抽砂行為主要發生於 85 年以前，目前已請台北港工處協助，將於第二年度補示。	符合規定
四、P.1-2 第十一列.....短期性地形變遷「模式」，缺「模式」二字。	四、感謝委員指正，已修正。	符合規定
五、P.3-10 第六列來「原」，應為來「源」。	五、感謝委員指正，已修正。	符合規定
翁文凱教授		
一、本計畫對臺北港歷年水	一、感謝委員肯定。	符合規定

文、地形等各項資料收集相當完整，對未來工作及後人參考上有相當大的助益及貢獻，此部份值得肯定。 二、本計畫探討淡水第二漁港及臺北港外擴防波堤對淡水河口之影響，其中淡水第二漁港之影響引用張菀文(2002)之資料，文中說明較簡略，建議此部份再增加篇幅，使內容更詳實。 三、在數值模式上有考慮淡水河流量為穩定流狀況，但在模擬時，河川輸沙量之給定，將可能影響計算結果，此部份之考慮為何，建議進一步說明清楚。	二、感謝委員指導，本計畫第二年度重點為河口短期地形變遷模擬，因此除將增加既有文獻引用詳細說明外，並將納入第十河川局 95 年度針對淡水河口地形侵淤研究成果進行分析比較。 三、感謝委員指導，本計畫第二年度主要針對河口區短期模擬，因此模式中將採河口感潮形式，檢討流量及輸砂量給定，期能符合淡水河口河口特性。	符合規定 符合規定
劉景毅組長		
一、本計畫收集許多基本資料並進行分析，此有助於選擇適當的模擬區位與條件。 二、建議將第四章侵淤圖中之圖例省略 level 0，但增加 level +0.1 與 level -0.1，以去除 0 m 等深線，。另在台北港防波堤附近之巨大侵淤變化是否為真，必需進一步確認，如果是因繪圖軟體之內差計算所造成的假象	一、感謝委員肯定。 二、感謝委員指導，本計畫第二年度將侵淤圖省略 level 0，但增加 level +0.1 與 level -0.1，以去除 0 m 等深線。此外，防波堤附近具大侵淤經檢討測量成果發現該區域疑似工程行為造成局部區域水深大幅改變。	符合規定 符合規定

則需去除，以免誤導。 三、淡水河為感潮河川，且對淡水河口之海岸地形變遷有重大影響，因此若欲準確模擬台北港附近之海岸地形變遷，必須先能掌握淡水河的輸砂狀況。而本計畫模式將淡水河之水動力僅以平均流方式呈現，似乎太簡化，建議未來模式之淡水河入流可修改成變量流型式，以符合淡水河流速依潮退潮變化之現況。	三、感謝委員指導，本計畫第二年度主要針對河口區短期模擬，因此模式中將採河口感潮形式，期能符合淡水河口河口特性。	符合規定
四、本計畫之重點在模擬分析淡水河北岸至台北港北防波堤間之短期地形變化，因此可再加強此區位之海岸地形變遷分析，以作為規劃模式模擬方案之依據。	四、感謝委員指導，本計畫第二年度將納入第十河川局 95 年度淡水河口地形侵淤研究成果進行分析比較。	符合規定
五、表 4-4 顯示 92 年 11~93 年 5 月間淡水河口附近海岸之侵蝕量達 240 萬方，93 年 5~10 月間淡水河口附近海岸之淤積量則達 700 萬方，因此未來本計畫可選擇一組較佳之地形資料，配合當時的河川水動力條件，進行以探討短期季節性變化為主軸之地形變化模擬。	五、感謝委員指導，第二年度短期河口地形變遷模擬初步擬納入第十河川局 95 年度河口及輸砂研究成果，並與港務局辦理之 95 年海岸監測成果，並與本計畫既有資料蒐集比較選擇較適當之模擬條件進行計算分析。	符合規定
吳 基研究員		
一、有關驗證方案採用第二	一、感謝委員指導，本計畫	符合規定

方案為主，是否合理？是否應採用第一方案，但作一些調整，較符合臺北港海象實測現象。如夏季波高降低時間縮短等。	模式驗證時間比尺計算最初以各季平均波高週期計算，由於波高較小導致地形侵淤變化計算成果多侷限於近岸處，與監測成果相去甚遠，因此參考前人研究利用推算台北外海季風波浪資料作為入射條件。本計畫第二年度重點為河口短期地形變化數值模擬，因此將參考第十河川局淡水河口研究成果重新檢討。	
二、今年氣象局發佈有七個颱風，其中碧利斯與珊珊颱風有 3~4 米波高，明年度可用於颱風條件之應用。	二、感謝委員指導，本計畫第二年度將利用 95 年度監測成果重新檢討模式驗證分析。	符合規定
蔡立宏研究員		
一、模式驗證中，以 86.05 及 94.10 為參考地形，但這期間有北外堤的興建，是否有考量。	一、由於北外廓防波堤垂直段於 85 年間完成，自 86 年起陸續施作延伸段，且垂直段已超過碎波帶，所造成影響應在可接受範圍。	符合規定
二、建議明年度在侵淤量研究上，比較的區域範圍應縮小，以碎波帶內較小水深為界較洽當。且計算的年份能盡量收集到最新年份(95 年)。	二、感謝委員指導，本計畫明年度將考慮減小比較地形水深侵淤範圍，併納入 95 年度地形水深監測成果。	符合規定
三、有關水深測量資料的正確性，明年度應另外收集水利署第十河川局資料	三、感謝委員指導，本計畫明年度將搜集第十河川局關於淡水河口地形變	符合規定

比對校正。	化研究成果進行分析比較。	
-------	--------------	--

期 末 簡 報

95年台北港水理海岸地形變遷數值監測模式研究



95年臺北港水理海岸地形變遷數 值監測模式研究

期末審查

簡 報

台灣大學工程科學及海洋工程所

中華民國 95年12月14日



1

95年台北港水理海岸地形變遷數值監測模式研究



簡 報 內 容

- ❖ 計畫緣起與目的
- ❖ 研究內容與工作進度
- ❖ 背景資料分析
- ❖ 淡水河河口特性分析
- ❖ 海岸地形變遷分析
- ❖ 綜合分析



2



❖ 計畫緣起與目的

3



計畫緣起

- ❖ 台北港北外廓防波堤以北至淡水河口南岸間海岸，因淡水河輸砂、沿岸漂砂及北外廓防波堤之阻擋效應，已成為顯著之淤沙區。
- ❖ 台北港工程持續進行中，影響地形變遷的工程因素不斷改變，未來在物流倉儲區開始興建棧，將使得台北港防波堤更突出於海岸線，上游淤砂區淤積情形研究有其實用及迫切性。
- ❖ 本計畫主要針對台北港附近短期性水域漂砂傳輸變化情形加以模擬計算，並就其模擬結果進行分析與評估，以因應台北港興建後短期性可能引起對鄰近海岸地形變化。

4





計畫目標

95 年度：

- 1、台北港擴建規劃前後水文及地形變遷之特性分析。
- 2、分析探討淡水河北岸至台北港北防波堤短期性地形變遷。

96 年度：

- 1、建立淡水河北岸至台北港北防波堤短期性地形變遷。
- 2、分析探討台北港港口附近短期性地形變遷。

97 年度：

- 1、建立台北港港口附近短期性地形變遷。
- 2、綜合探討台北港擴建對鄰近地形變遷之影響。
- 3、提供台北港擴建短期性對鄰近海岸地形變遷之預防對策。



❖研究對象與工作流程







❖ 背景資料蒐集分析



一、台北港近期建設計畫與鄰近大型開發計畫

- ❖ 台北港第二期工程(北淤沙區、南外廓防波堤、親水遊憩區及東碼頭區公務碼頭等整建工程)
- ❖ 台北商港物流倉儲區填海造地計畫
- ❖ 大台北土石方填海造地計畫。





一、潮位

台北港潮位高程系統		水利局中潮位系統	
HH.WL	: +3.82m(50 年迴歸值)		2.39m
HH.WL	: +3.74m(實測值)		2.31m
M.H.WL	: +2.48m		1.05m
M.WL	: +1.46m		0.03m
ML.WL	: +0.55m		0.88m
LL.WL	: -0.46m		1.89m

二、波浪

項目	H1/3	T1/3	H1/3		波向	H1/3			波向			
	平均值 (m)	平均值 (s)	最大值 (m)	週期 (s)		<1m (%)	1-2m (%)	>2m (%)	N-E (%)	E-S (%)	S-W (%)	W-N (%)
85 年	1.08	7.4	5.97	11.4	N	62.0	21.3	16.7	75.8	0.0	1.1	23.1
86 年	0.75	7.8	6.49	11.5	NW	74.4	19.0	6.6	55.4	12.3	5.6	26.7
87 年	0.88	5.9	8.75	10.3	—	65.2	29.3	5.5	66.3	0.0	0.2	33.6
88 年	0.96	6.1	4.82	9.2	N	65.3	23.4	11.2	58.6	0.6	0.7	40.1
89 年	1.12	6.2	5.03	9.3	N	54.7	31.0	14.3	66.6	4.9	3.2	25.3
90 年	0.85	6.1	6.54	9.1	N	70.0	24.7	5.3	48.5	6.7	7.5	37.1
91 年	0.32	7.3	3.45	12.8	—	85.4	4.1	0.5	41.0	12.1	17.9	29.1
冬季	1.25	7.2	5.03	9.3	N	49.0	38.6	17.4	73.3	2.9	3.5	20.2
春季	0.68	6.1	4.16	9.5	N	79.2	17.9	2.9	63.2	4.9	5.7	26.1
夏季	0.47	6.1	6.49	11.5	NW	91.1	8.2	0.7	23.7	10.5	11.2	52.6
秋季	0.97	7.2	8.75	10.3	NW	63.5	25.2	11.3	62.0	7.6	5.8	24.5
全年	0.82	6.6	8.75	10.3	—	70.8	21.6	7.6	55.2	6.6	6.7	31.4



由台北港觀測樁觀測資料顯示，海流以潮流為主，季節變化情形不明顯，以平行海岸NE-SW向為主。

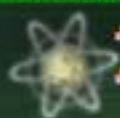
歷年觀測平均流速約34-40cm/sec，無明顯季節變化。

項目	流速	流速/波向	流速 (cm/s)				波向			
	平均值	最大值	<25	25-50	50-75	>75	N-E	E-S	S-W	W-N
單位	(cm/s)	(cm/s)(波向)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
85 年	38.80	100.5/NE	28.5	39.6	28.8	3.2	50.1	3.0	45.4	1.5
86 年	35.30	92.2/NE	33.8	40.7	23.8	1.7	49.3	3.4	44.7	2.6
87 年	36.80	112.6/ENE	35.1	37.4	21.0	6.2	46.3	3.1	43.5	6.6
88 年	39.30	108.4/ENE	25.7	43.5	28.1	2.7	45.8	8.6	43.2	2.4
89 年	35.20	94.1/E	28.5	52.6	18.4	0.5	40.0	16.6	43.0	0.3
90 年	36.40	125.1/WSW	30.2	47.2	19.6	3.0	57.3	19.0	43.2	0.6
91 年	34.70	125.9/ENE	37.7	39.1	18.5	4.7	51.1	20.2	38.6	10.1
冬季	34.50	96.7/NE	30.4	30.4	18.3	0.8	37.5	15.8	44.1	2.6
春季	36.80	125.9/ENE	31.0	43.3	22.7	2.9	43.9	10.9	43.1	2.0
夏季	34.20	116.1/NE	35.7	43.6	17.7	2.9	41.6	13.0	41.4	4.0
秋季	39.10	125.1/WSW	27.7	41.9	26.5	4.0	59.9	13.7	42.5	3.9
全年	36.30	125.9/ENE	31.2	44.5	21.5	2.8	40.9	13.2	42.7	3.1

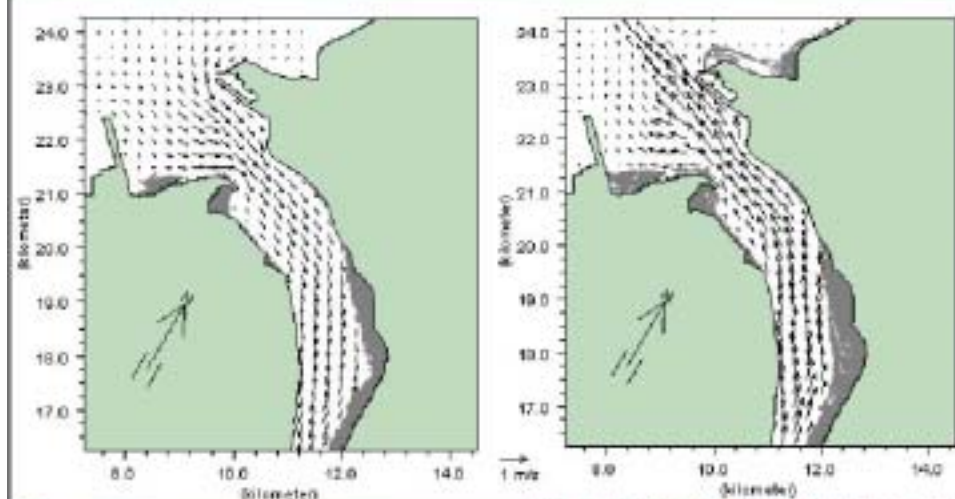


❖ 淡水河口特性分析

19



- 淡水河口為感潮河段，漲退潮流向不同。
- 受到淡水第二漁港防波堤導流及河道深槽逐年偏北，河口主流偏北，受到挖子尾沙洲遮蔽影響北淤沙區容易產生淤積。

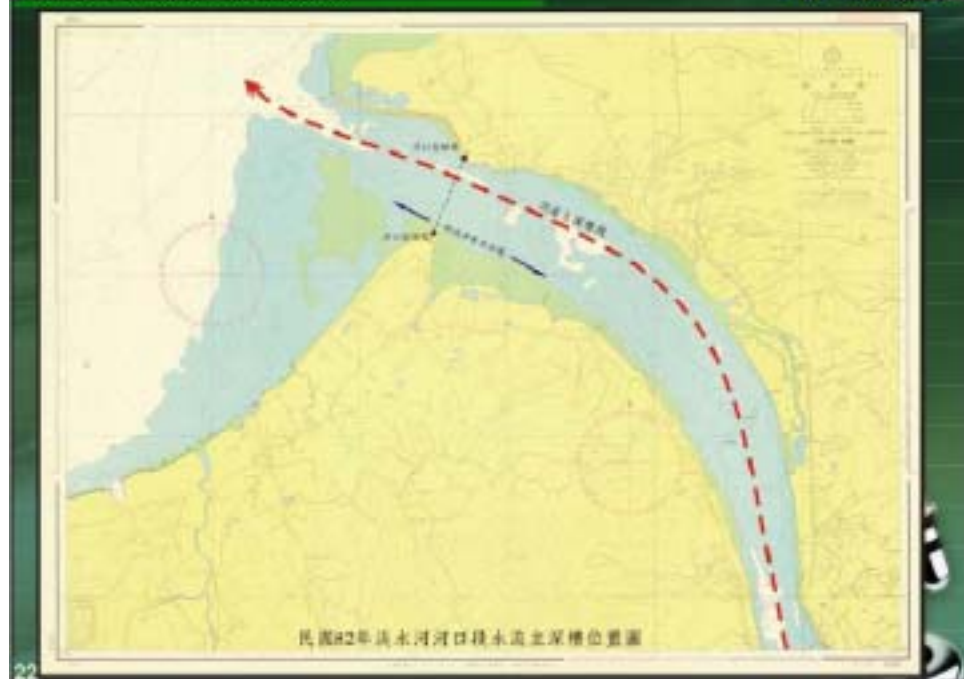


20

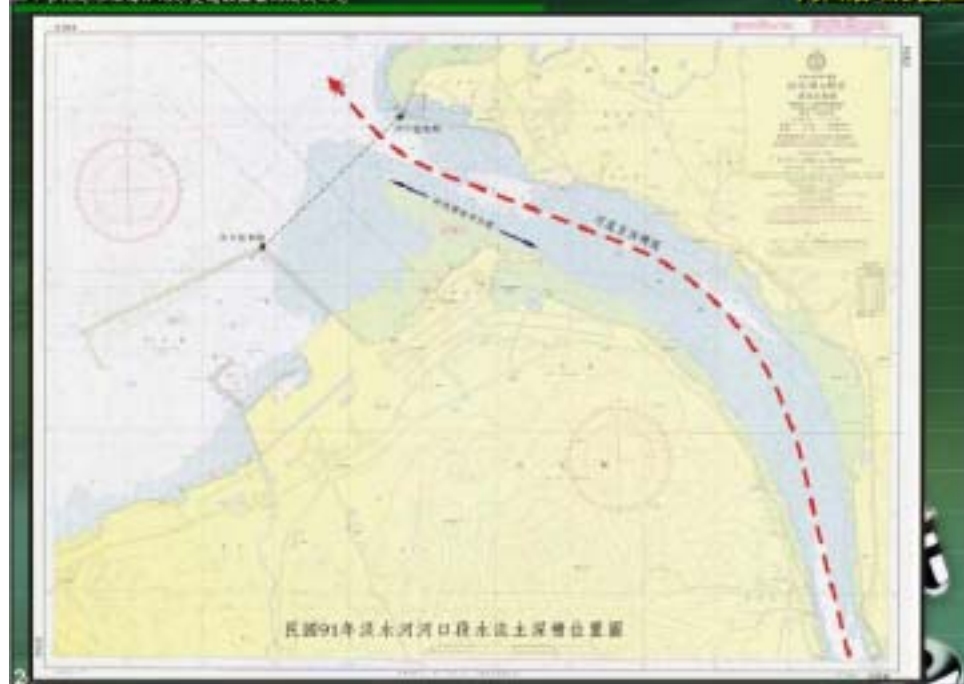
地形資料：87年，使用軟體SMS

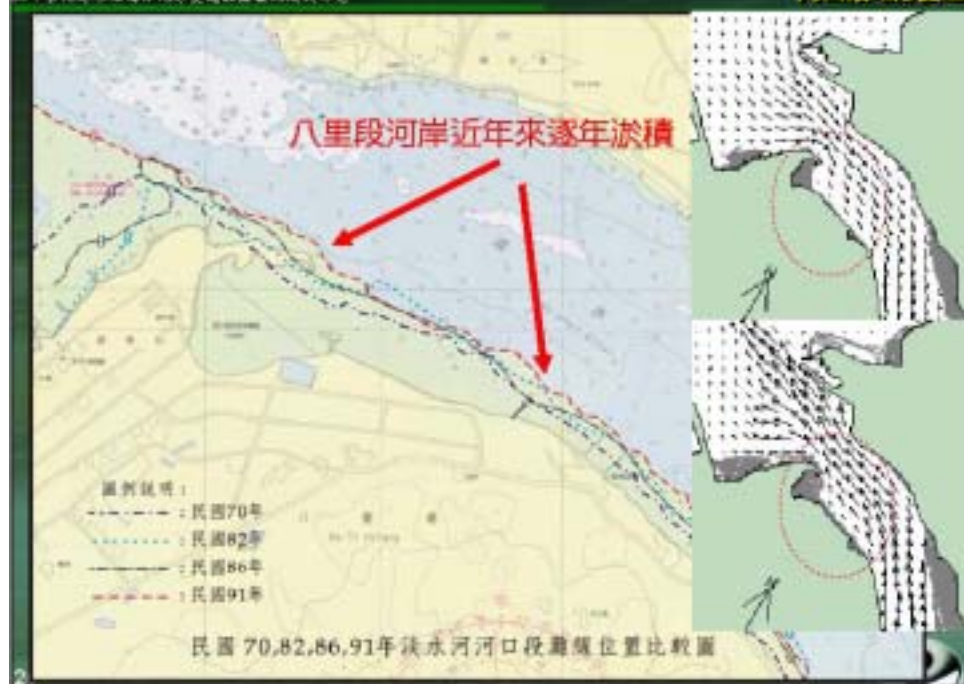
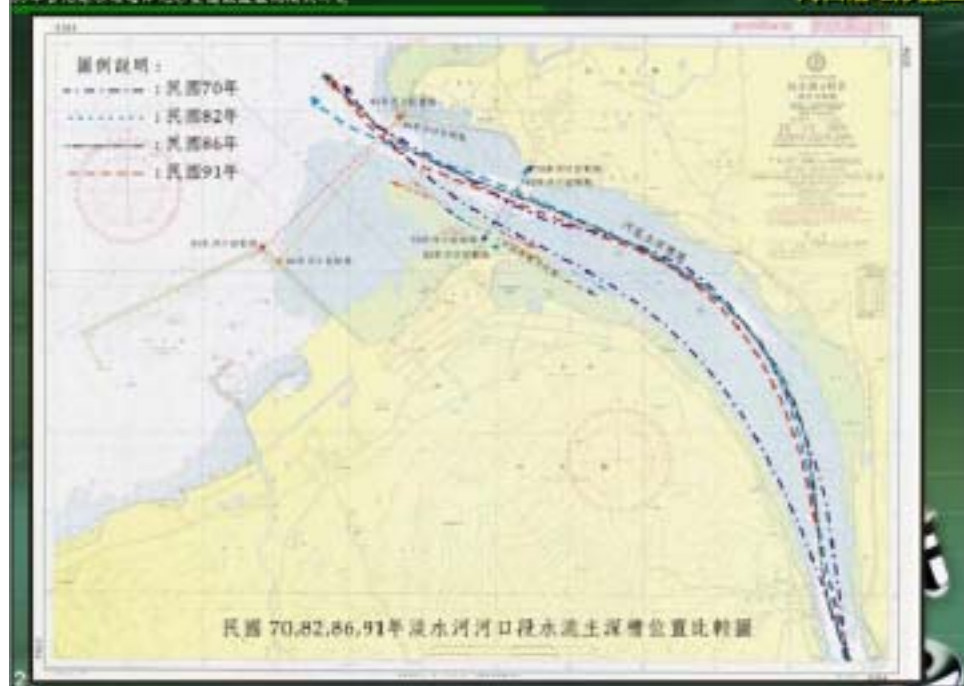


21



22







淡水河河道內地形變化分析

- 淡水河河道地形變化近年來淡水側以侵蝕較多，八里側則發生明顯淤積。
- 台北縣政府「九十五年淡水河公有客船碼頭航道整理及維護修繕工程」顯示八里浮動碼頭附近淤積近1m，嚴重影響藍色公路低潮營運；而淡水客船碼頭水深則有刷深現象。
- 河道主流及複式斷面深槽由民國70年以來向北偏，近年來則有往河道中心偏移現象。





❖ 海岸地形變遷分析

29

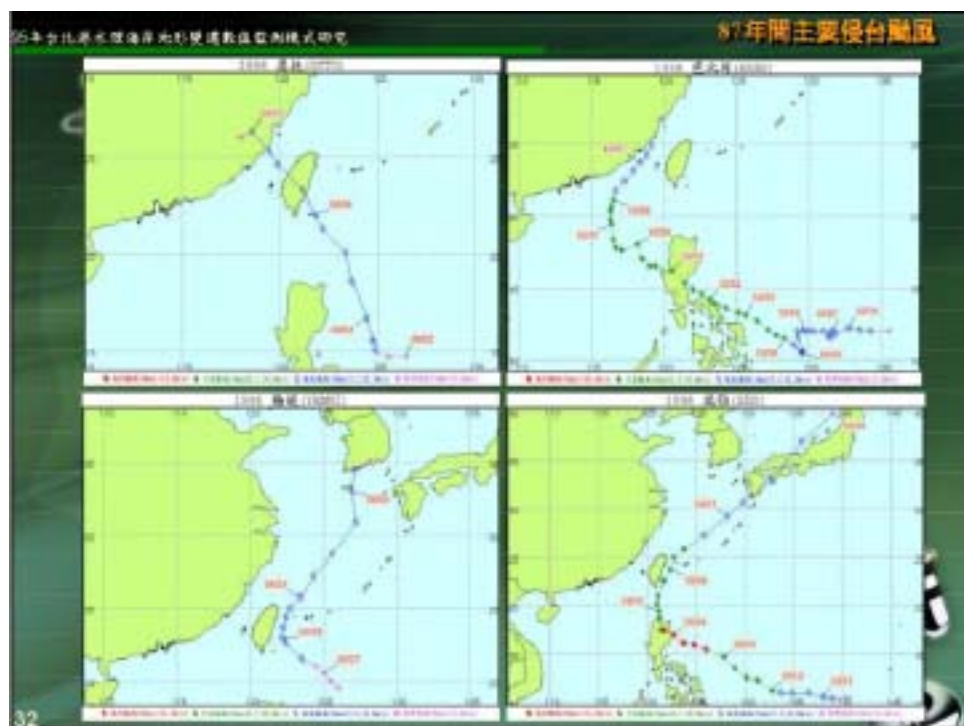
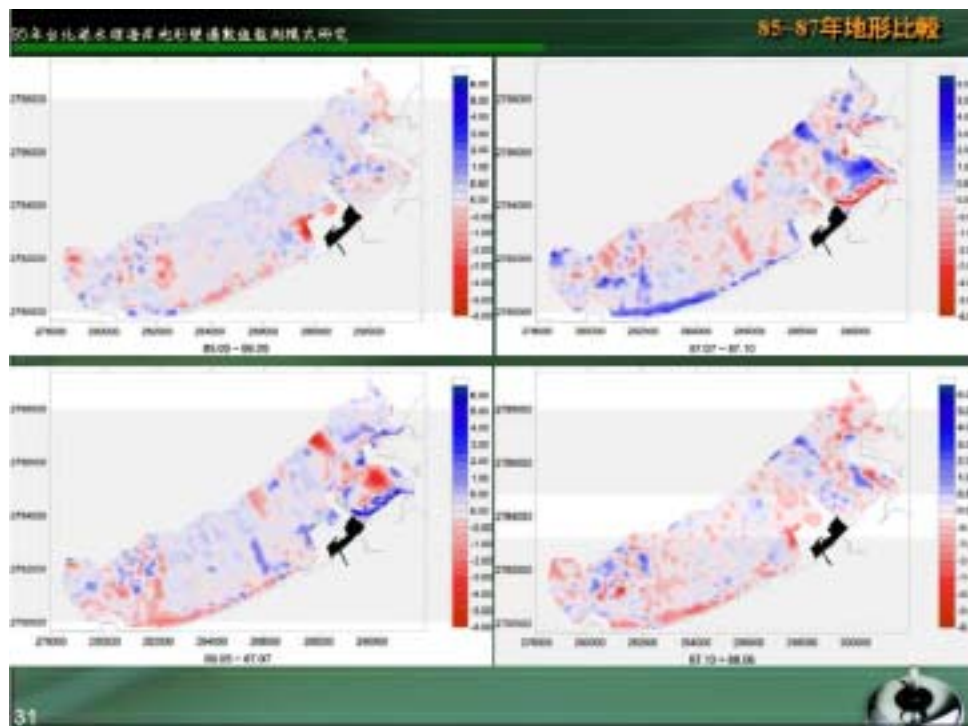


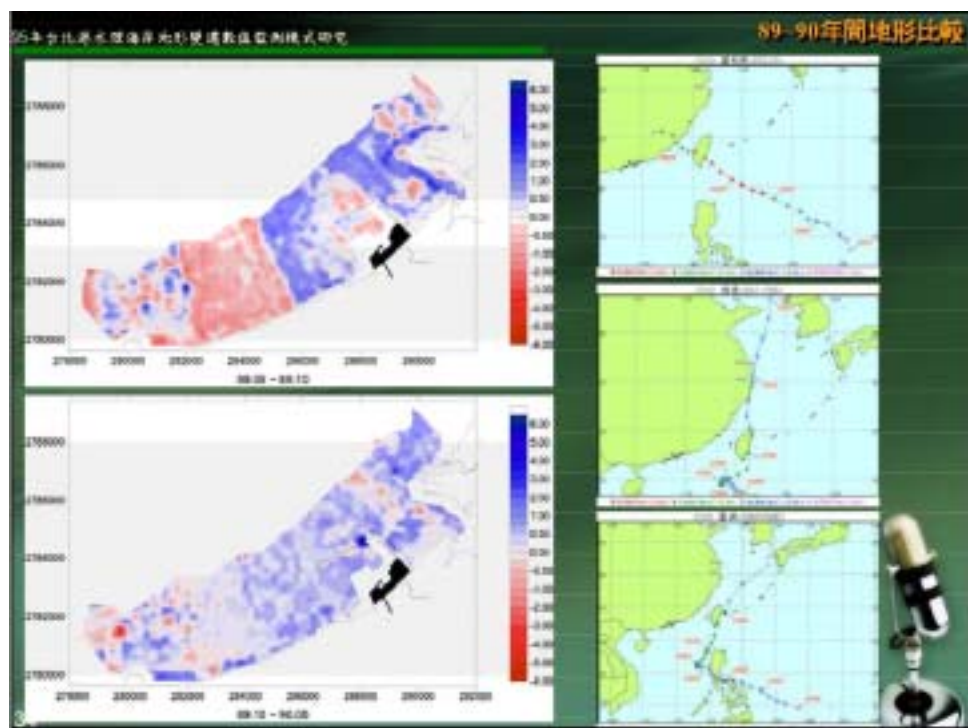
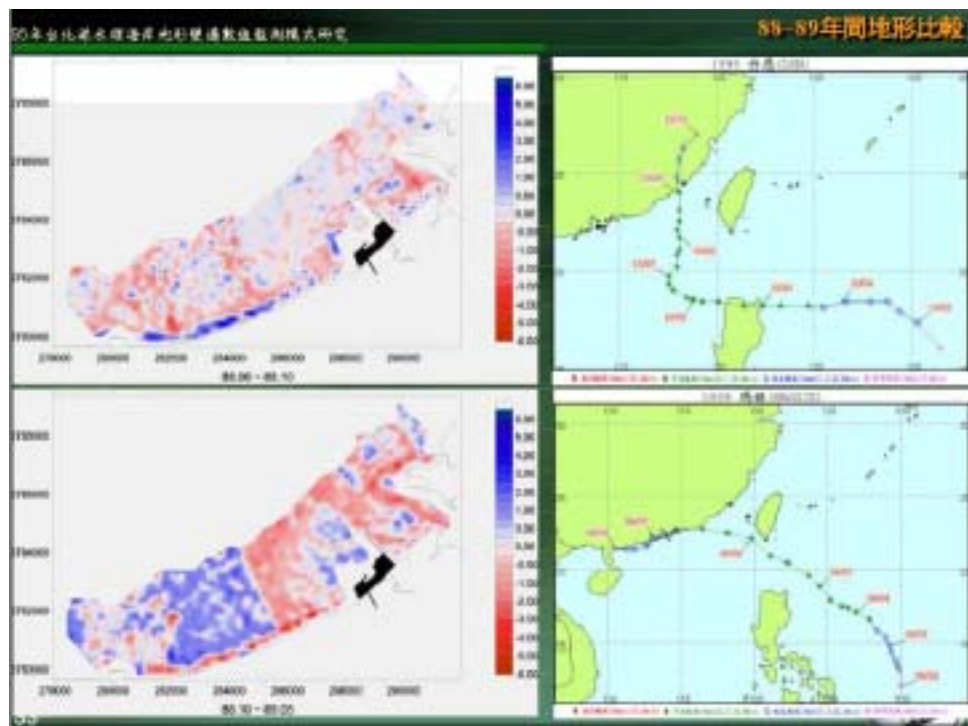
基隆港務局台北港地形監測實測資料

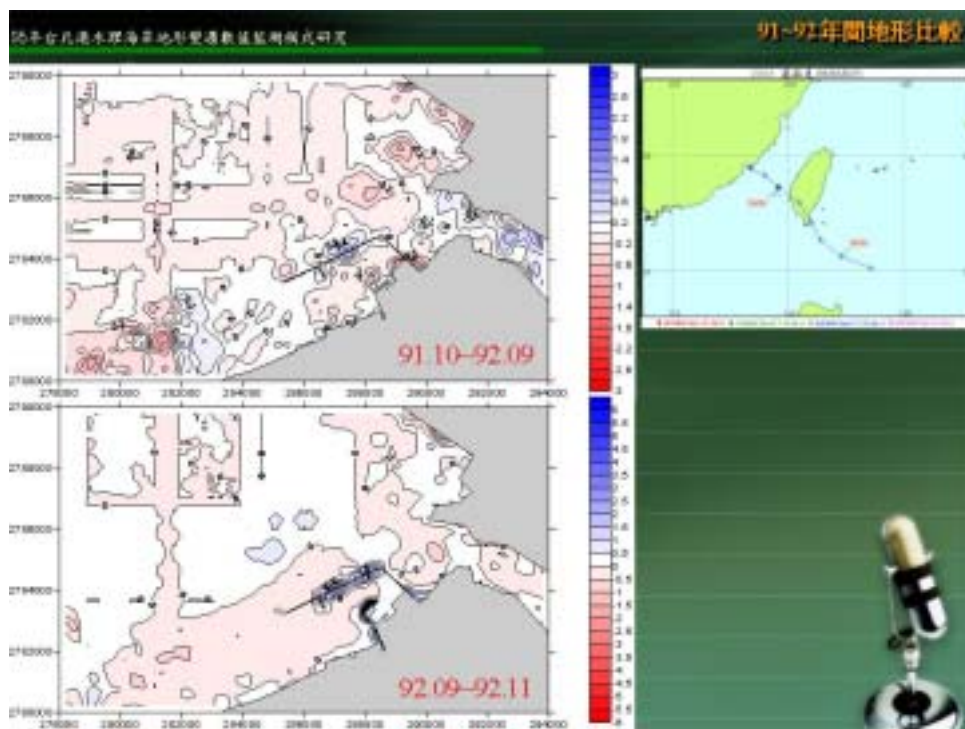
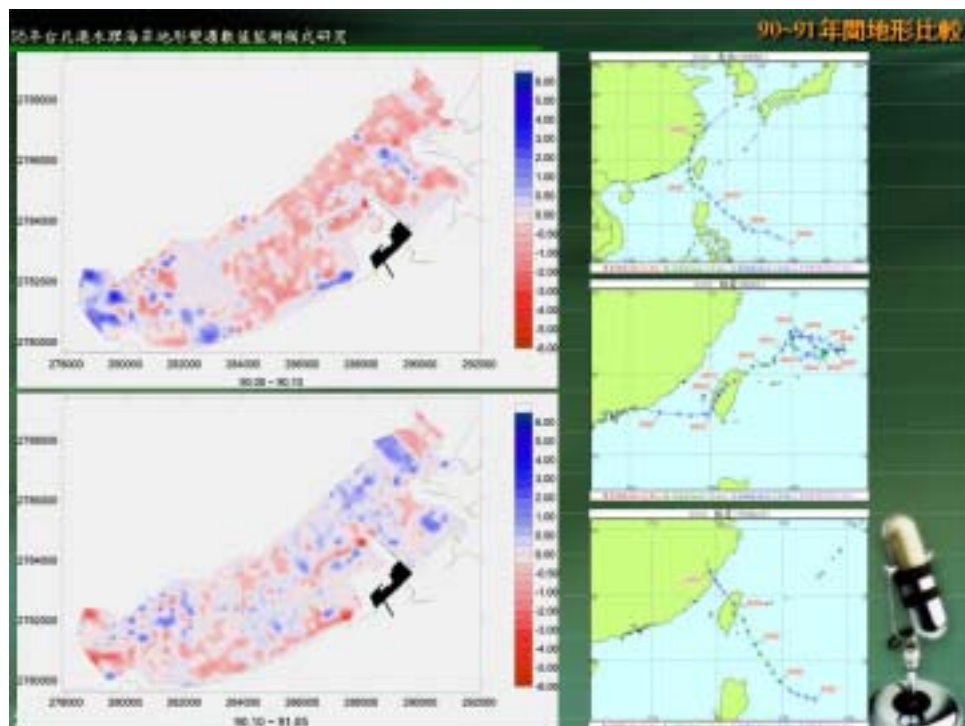
測次	時間	測次	時間
1	85年05月	11	90年05月
2	85年10月	12	91年05月
3	86年05月	13	91年10月
4	86年10月	14	92年09月
5	87年07月	15	92年11月
6	87年10月	16	93年05月
7	88年06月	17	93年11月
8	88年10月	18	94年05月
9	89年05月	19	94年11月
10	89年10月	-	-

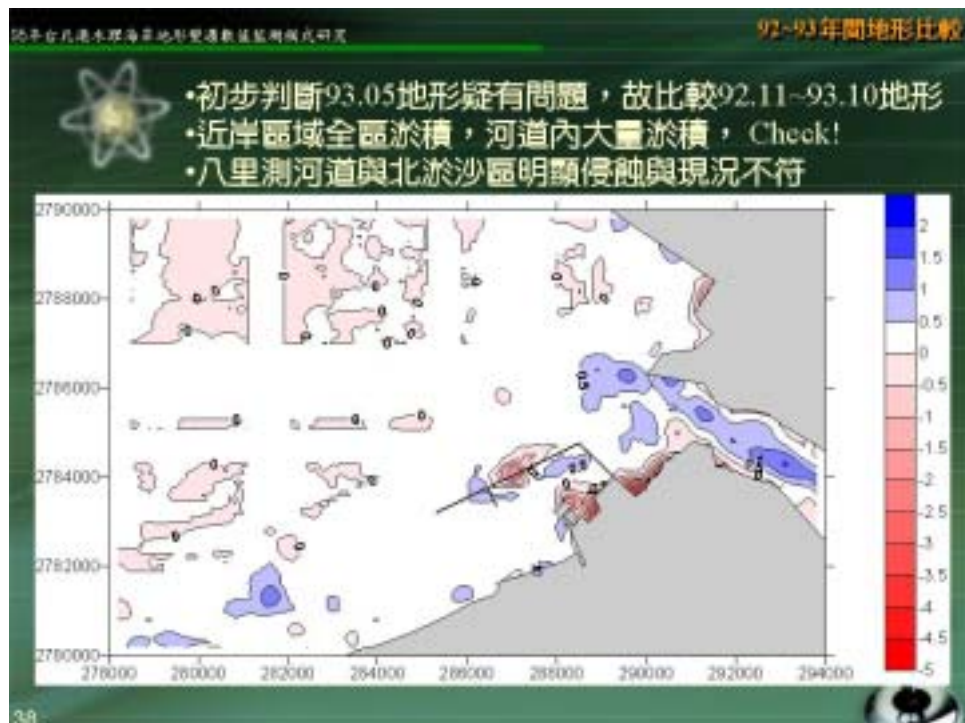
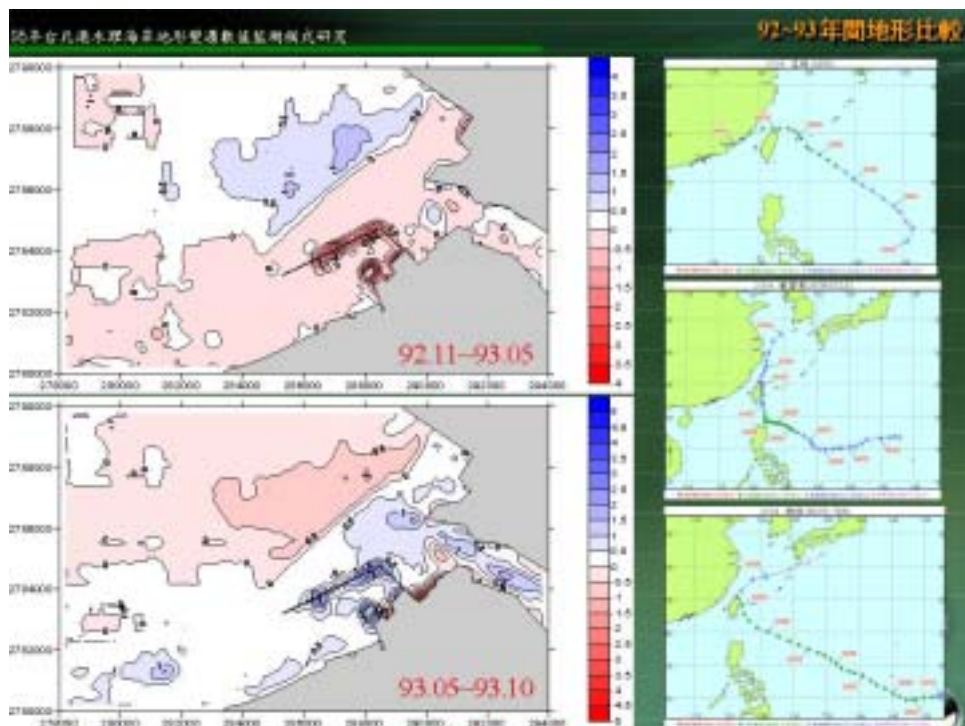
30

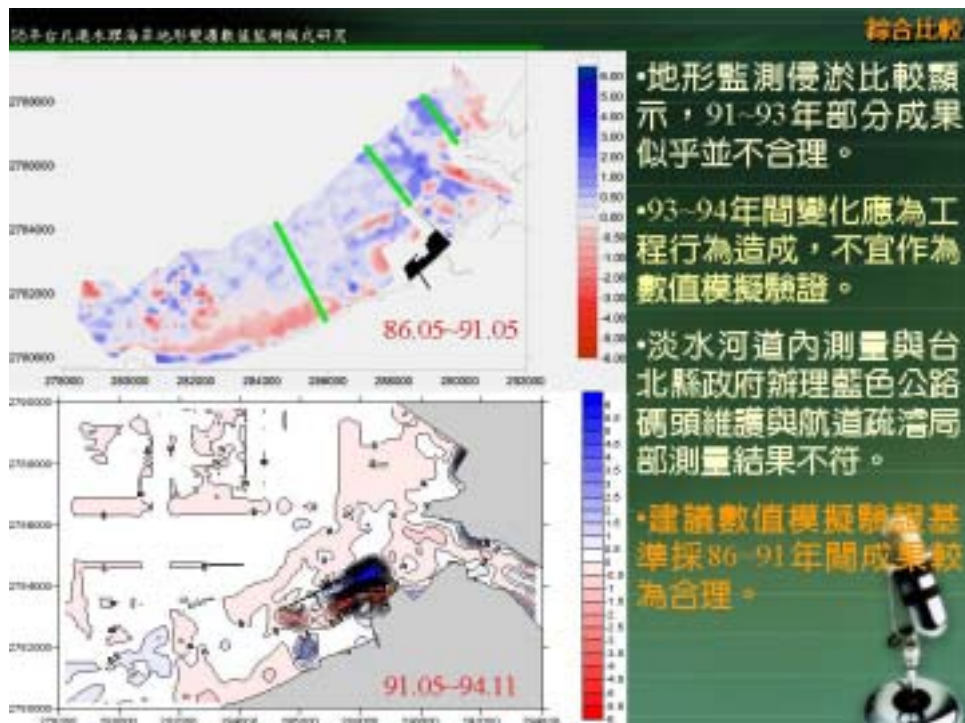
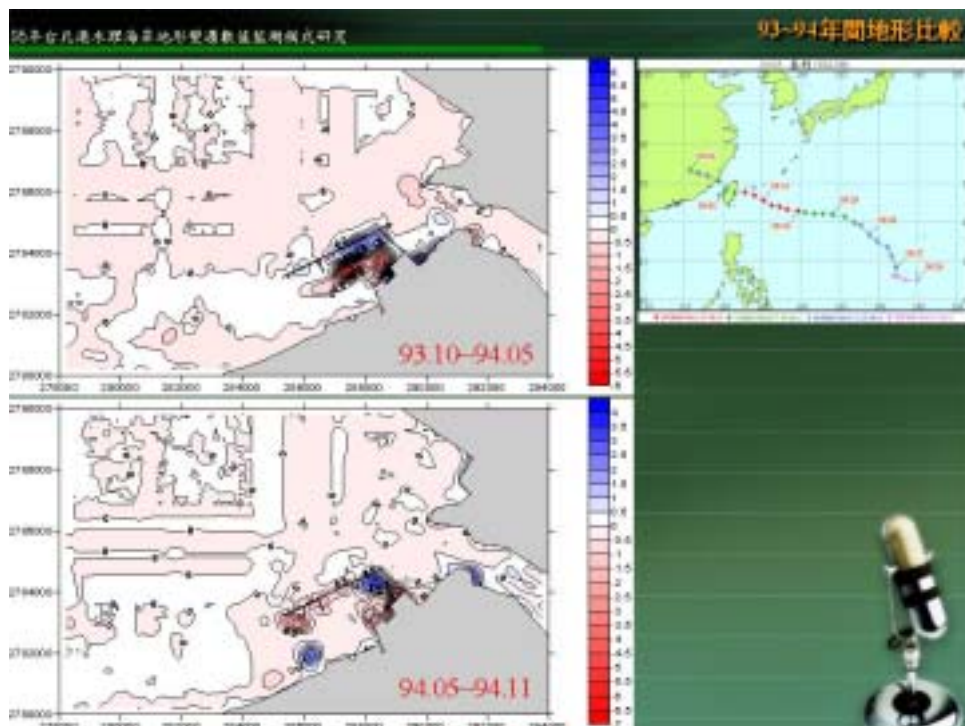














❖ 數值模式理論及驗證



● 海岸地形變遷模式理論基礎

■ 平面波場模式

(Kirby, 1984)
$$\frac{D^2\phi}{Dt^2} + (\nabla \cdot \bar{U}) \frac{D\phi}{Dt} - \nabla \cdot (CC_e \nabla \phi) + (\sigma^2 - k^2 CC_e) \phi = 0$$

假設 $q(\bar{x}, \bar{y}, z, t) = f(a, h) \phi(\bar{x}, \bar{y}, t)$ $\phi(\bar{x}, \bar{y}, t) = \text{Re} \{ \hat{\phi} e^{i\sigma t} \}$

→ 實數部份
$$\frac{1}{aCC_e} \left\{ \bar{U} \cdot \nabla a \left[(\bar{U} \cdot \nabla) + (\nabla \cdot \bar{U}) \right] - \frac{1}{a} \left[\nabla^2 a + \frac{1}{CC_e} (\nabla CC_e \cdot \nabla a) \right] - k^2 + |\nabla s|^2 \right\} = 0$$

虛數部份
$$\nabla \cdot [a^2 \sigma (U + C_e)] = 0$$

碎波帶內計算方法 Mizuguchi(1980)：

$$\frac{d(EC_{\epsilon})}{dx} = -\epsilon$$

$$\epsilon = \frac{1}{2} \rho V_s (kH_b)^3$$

$$V_s = V_{sa} \left(\frac{H_b/2 - c'h_b}{r'h_b} \right)^m, \text{ 本計算模式採 } m = 0.5 \quad C' = 0.17$$

$$V_{sa} = \frac{5S_0 g}{8k_0 \rho} \frac{1}{\sqrt{1 - C_0}}$$

$$S_0 = \frac{\tan \beta}{1 + \frac{3r'^2}{2}}$$

碎波帶內能量表示為：

$$\begin{aligned} \nabla \cdot [a^2 \sigma (\bar{U} + C_s)] &= \nabla \cdot \left[\frac{2g}{\rho} \frac{E}{\sigma} (\bar{U} + C_s) \right] \\ &= \frac{5}{8} \frac{g^2 k_0}{\sigma^2} \frac{\tan \beta}{1 + \frac{3r'^2}{2}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{c'}{r}}} \sqrt{\frac{H_b/2 - c'h_b}{r'h_b}} (H_b)^2 \end{aligned}$$

◎碎波條件：

1. 碎波帶內發生碎波的最小波高，Horikawa and Kuo(1966) + Ebersole(1987)：

$$H_s = 0.42h_b$$

2. 波高產生碎波的極限，McCowan(1891)：

$$H_b = 0.78h_b$$

3. 碎波帶內波高值，Weggel(1972)：

$$H_b = \frac{ah_b}{1 + (bh_b/gT^2)} \quad b = 43.75[1 - \exp(-19.5 \tan \beta)]$$

$$a = \frac{1}{[1 + \exp(-19.5 \tan \beta)]}$$

◎邊界條件：

1. 波向角：
- $$\frac{\sin \theta}{C} = \frac{\sin \theta_s}{C_0} \rightarrow \theta = \pi - \sin^{-1} \left[\frac{\sin(\theta_s - \theta_c)}{C_0/C} \right] + \theta_c$$

2. 波高：
- $$H_{s,s} = H_0 \left\{ \sqrt{\frac{1C_0}{2C_s}} \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \right\}$$

3. 波數：
- $$kh = \left\{ \left(\frac{w^2 h}{g} \right)^2 + \frac{w^2 h}{g} \left[1 + 0.6522 \left(\frac{w^2 h}{g} \right) + 0.4622 \left(\frac{w^2 h}{g} \right)^2 \right] \right. \\ \left. + 0.0864 \left(\frac{w^2 h}{g} \right)^4 + 0.0675 \left(\frac{w^2 h}{g} \right)^5 \right\}$$

●海岸地形變遷模式理論基礎

■近岸流場模式

$$\text{連續方程式} \quad \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [U(h+\eta)] + \frac{\partial}{\partial y} [V(h+\eta)] = 0$$

$$\begin{aligned} \text{動量方程式} \quad \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = fV - g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} \right) \\ + \frac{1}{\rho(h+\eta)} (\tau_{sx} - \tau_{bx}) - \frac{1}{\rho(h+\eta)} \left(\frac{\partial S_{sx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{sy}}{\partial y} \right) \\ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -fV - g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} \right) \\ + \frac{1}{\rho(h+\eta)} (\tau_{sy} - \tau_{by}) - \frac{1}{\rho(h+\eta)} \left(\frac{\partial S_{sy}}{\partial x} + \frac{\partial S_{sy}}{\partial y} \right) \end{aligned}$$

一、各應力項說明：

1. 流體剪應力項：

$$\begin{aligned} \tau_{xx} = \rho E_v \frac{\partial U}{\partial x}, \quad \tau_{xy} = \rho E_v \frac{\partial U}{\partial y} \\ \tau_{yx} = \rho E_v \frac{\partial V}{\partial x}, \quad \tau_{yy} = \rho E_v \frac{\partial V}{\partial y} \end{aligned}$$

其中，渦流黏滯係數 E_v 依Falconer(1980)：

$$E_v = \frac{k_v \sqrt{g(d+\eta)} \sqrt{U^2 + V^2}}{6C_c}$$

k_v 為Von Karman常數

$$C_c = \frac{(h+\eta)^{1/6}}{n}$$

2. 風剪應力項：

海面風剪力分量 (τ_{ux}, τ_{uy}) 分別為海面風剪力在x,y軸方向之分量，由Dean and Dalrymple(1984)：

$$\tau_{ux} = \rho k_* \bar{u}^2 \cos \alpha$$

$$\tau_{uy} = \rho k_* \bar{u}^2 \sin \alpha$$

$$k_* = \begin{cases} 1.2 \times 10^{-6} & \bar{u} \leq \bar{u}_c \\ 1.2 \times 10^{-6} + 2.25 \times 10^{-6} \left[1 - \frac{\bar{u}_c}{\bar{u}} \right]^2 & \bar{u} > \bar{u}_c \end{cases}$$

$$\bar{u}_c = 5.6 \text{ m/sec}$$

3. 底床摩擦剪應力項：

依Ponce and Yabusaki(1981)，Smith and Cheng(1987)，海底摩擦應力 (τ_{bx}, τ_{by}) 分別為底部摩擦剪應力在x,y軸方向之分量：

$$\tau_{bx} = \rho F_r \sqrt{U^2 - V^2}$$

$$\tau_{by} = \rho F_r V \sqrt{U^2 - V^2}$$

摩擦係數為：

$$F_r = \frac{g}{C_c^2}$$

4. 波浪輻射應力項：

輻射應力 S_{xx} , S_{xy} , S_{yx} , S_{yy} 為造成沿岸流(longshore-current)主要因素，依線性波理論，Longuet-Higgins and Stewart(1964)表示如下：

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

$\bar{E}$ 為單位時間單位面積總波能量，在微小振幅波理論下：

$$\bar{E} = \frac{\rho g H^2}{8}$$

5. 科氏力項：

流場考慮潮流效應，將潮汐視為長波則不能忽略地球自轉所造成柯氏力對其影響，依Gill(1982)：

$$f = 2\Omega \sin \Psi$$

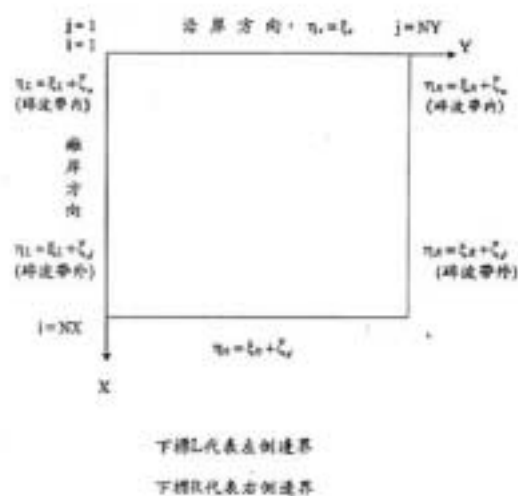
$$\Omega = \frac{2\pi}{60 \times 60 \times 24} = 7.27 \times 10^{-5} \text{ rad/sec} \quad \text{地球自轉角速度}$$

Ψ = 緯度

二、邊界條件說明：

1. 水位邊界(1)

$$\eta_{BC} = \xi_{\text{tide}} + \overline{\xi}_{\text{wave}}$$



1. 水位邊界(2)

左側邊界：

$$u_1 = A_1 \sin \left[\frac{2\pi}{T_1} (t + T_{\text{max}}) \right] \quad , \quad T_1 = \frac{L}{\sqrt{gH_{\text{max}}}}$$

右側邊界：

$$u_N = A_N \sin \left[\frac{2\pi}{T_1} (t + T_{\text{max}}) \right]$$

外海邊界：

$$\eta_0 = \left[A_b^1 + (A_b^1 - A_b^2) \left(\frac{N_x - 1}{N_x} \right) \right] \sin \left[\frac{2\pi}{T_1} \left(t + T_0 \left(\frac{N_x - 1}{N_x} \right) + T_{\text{max}} \right) \right]$$

波浪引起之水位 $\overline{\xi}$ 依Mitschkeisky(1975)，忽略反射效應：
碎波帶外水位抬升，

$$\overline{\xi}_0 = -\frac{H^2}{8} \frac{k}{\sinh(2kh)} (\cos \theta)$$

碎波帶內水位抬升，

$$\frac{d\overline{\xi}}{dt} = -K \frac{d\eta}{dt} \quad , \quad K = \frac{1}{1 + (0.2\gamma)^2}$$

其中 γ 與波高及水深有關

$$\eta_0 = \gamma(\xi_0 + \overline{\xi}) \quad , \quad \overline{\xi} = K(\eta_0 - \xi) + \overline{\xi}$$

2. 流邊邊界

左側邊界：

$$U_{j+1} = U_{j+2} + \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)_{j+1} = 0$$

$$\eta_{1k} = \zeta_{1k} + \zeta_{1s} \quad (\text{碎波帶外})$$

$$\eta_{1k} = \zeta_{1k} + \zeta_{1s} \quad (\text{碎波帶內})$$

右側邊界：

$$U_{j+20} = U_{j+20+1} + \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)_{j+20} = 0$$

$$\eta_{2k} = \zeta_{2k} + \zeta_{2s} \quad (\text{碎波帶外})$$

$$\eta_{2k} = \zeta_{2k} + \zeta_{2s} \quad (\text{碎波帶內})$$

外海邊界：

$$V_{j+20} = V_{j+20+1} + \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_{j+20} = 0$$

沿岸邊界：

$$U = 0, V = 0$$

● 海岸地形變遷模式理論基礎

■ 漂砂量估算模式

參考Komar(1977)及Watanabe(1988)漂砂量估算式：

$$Q_x = Q_c(u + U_r)$$

$$Q_y = Q_c(v + V_r)$$

$$Q_c = \{A_1 f [(u + U_r)^2 + (v + V_r)^2] + A_2 (U_r^2 - U_m^2)\}^{1/2} / g$$

$$U_r = \sqrt{\frac{\tau_{*k}}{\rho}} = \sqrt{\frac{f}{2}} U_{ms}, U_{ms} = \frac{\pi H}{T \sinh(kh)}$$

配合底質調查資料，並參考江與林（1997）所提出之台灣中西部海岸漂砂量估算公式所建議之漂砂係數，因此本計畫仍採 $d_{50}=0.20\text{mm}$ 、 $A_1=2.5$ 及 $A_2=1.5$ ，

●海岸地形變遷模式理論基礎

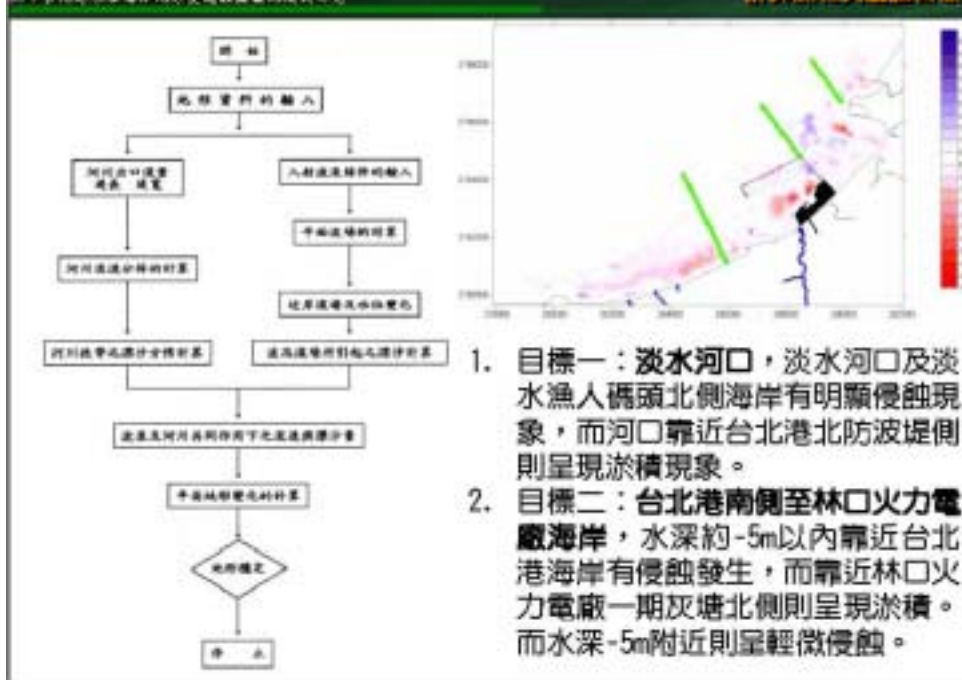
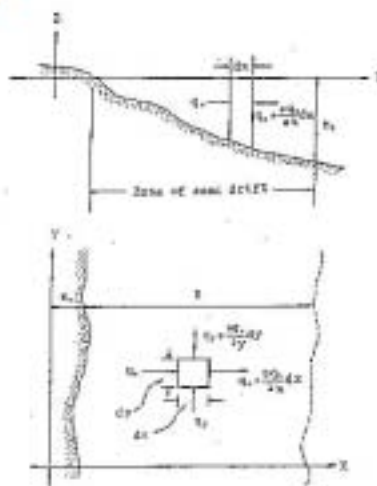
■平面海岸地形變化模式

$$\text{控制方程式 } \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{(1-\lambda)} \left[\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} \right]$$

Horikawa(1988)所提出，差分式其時間間距必須符合下列穩定條件：

$$\Delta t \leq \min \left[\frac{(\Delta x)^2}{2 \varepsilon_s |q_x|_{\max}}, \frac{(\Delta y)^2}{2 \varepsilon_s |q_y|_{\max}} \right]$$

$$\varepsilon_s = 0.0274$$





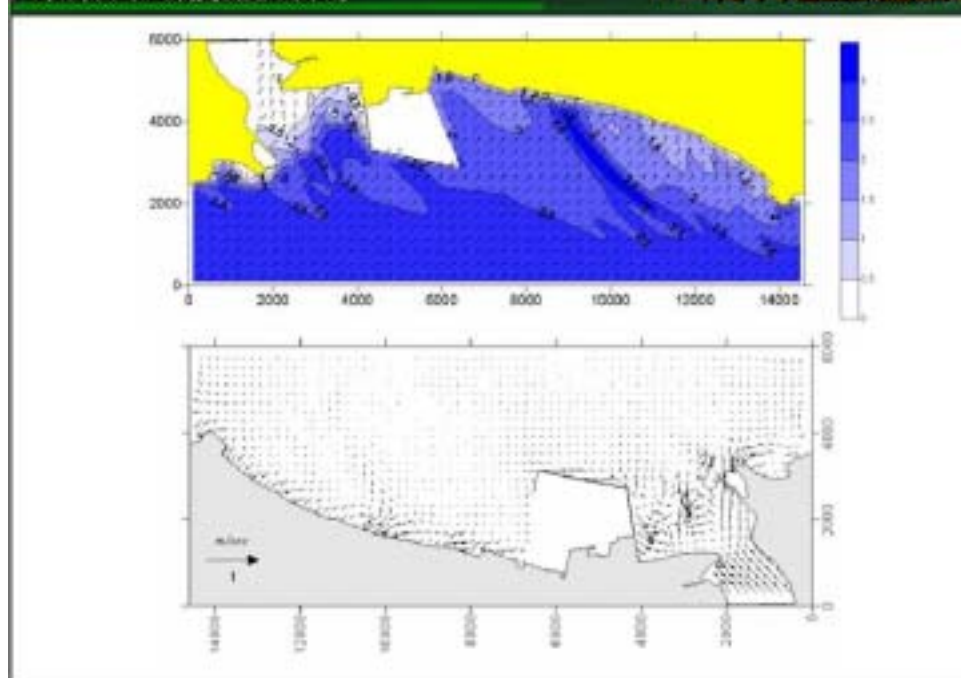
※模擬條件

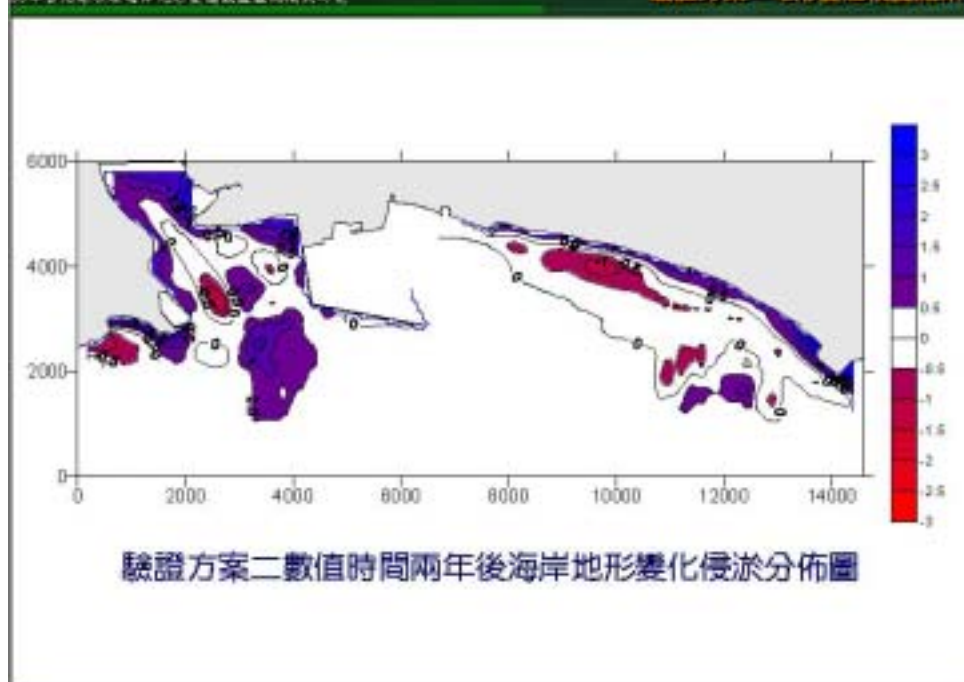
方案	數值時間	模擬條件	
方案一	兩年	每年冬季NNE向7個月	H=3.2m, T=7.5s
		每年夏季WNW向5個月	H=1.7m, T=5.8s
方案二	兩年	全年NNE向12個月	H=3.2m, T=7.5s

※輸入條件

輸入條件	輸入模式	輸入資料
空間網格	平面波場	$\Delta X = \Delta Y = 10\text{m}$
	近岸波場	$\Delta X = \Delta Y = 25\text{m}$
	地形變遷	$\Delta X = \Delta Y = 25\text{m}$
時間網格	近岸波場	$\Delta t = 3\text{sec}$
	地形變遷	$\Delta t = 60\text{sec}$
河口流速	近岸波場	$U = 0.4\text{m/sec}$
時間比尺	地形變遷	—
潮位系統	各模式	平均潮位

59

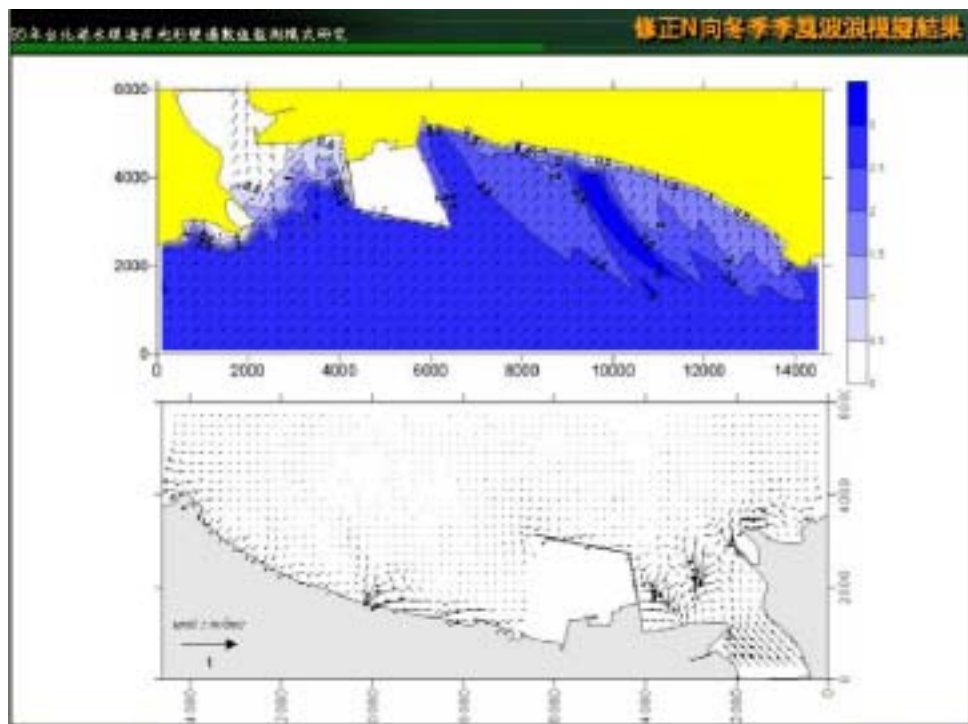




驗證方案分析

1. 由結果顯示初步驗證方案皆不能符合驗證目標，但以方案二較為接近，由速度梯度分布來看波向角度調整後並降低河口流速後應較可符合驗證目標。
2. 修正方案二波向為N向，波高週期則不調整維持原波高週期 $H=3.2m$ ， $T=7.5sec$ ，而淡水河河口出流調整為 $0.2m/sec$ 。
3. 數值模擬時間兩年與現場6年結果相近，因此推定數值模擬時間比尺為1:3。







❖ 結論與建議

67



一、結論

1. 由台北港85年以來地形水深監測實測資料發現89年至90年間地形侵淤比較發生不同範圍整體性侵淤變化，以及92年至94年間地形水深監測結果均有水深-20m以內大範圍的侵蝕或淤積發生，然而一般海岸地形變遷發生較明顯區域多集中於碎波帶內，上述現象並無法以本計畫波浪及近岸流理論加以解釋。因此，本計畫數值模擬驗證參考以往研究認為符合理論分析之成果，故模式驗證採用86年5月北防波堤垂直段興建完成之地形水深為起始計算條件，配合91年5月地形進行校核。
2. 本計畫數值模擬淡水河口邊界條件設定係採用水利署淡水河長期流團統計平均年流團結果，由河道斷面推算平均流速設定計算條件，由地形變遷數值模式驗證此一假設應屬合理。
3. 由本計畫數值模式驗證結果顯示，利用86年至91年地形監測成果比對，數值計算時間比尺為1:3。

68





二、建議

1. 由於部分監測資料比對發生大範圍侵淤現象，疑似颱風或是其他原因造成，目前並無定論。建議貴所能於颱風前後辦理地行水深測量，並配合第十河川局淡水河水位水量監測成果，釐清颱風對淡水河口及台北港海域之影響，必能使未來數值模擬準確度提升。
2. 由於今(95)年台北港海域並無颱風侵襲，建議明年度計畫可配合95年監測成果重新進行模式驗證，以獲得更佳預測結果。



報告完畢
恭聆指導

