

101-20-7594

MOTC-IOT-100-H3DB005b

提昇海岸及港灣海域水位與海流 模擬技術之研究(1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 101 年 3 月

提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究
(1/4)

交通部運輸研究所

GPN: 1010100277

定價 250 元

101-20-7594

MOTC-IOT-100-H3DB005b

提昇海岸及港灣海域水位與海流 模擬技術之研究(1/4)

著 者：邱永芳、李兆芳、蘇青和、陳明宗
劉正琪、李俊穎、涂力夫、高政宏
鄭宇君、陳宜芝

交通部運輸研究所

中華民國 101 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究(1/4)

/邱永芳等著. --初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，

民 101.03

面 ； 公分

ISBN 978-986-03-1727-5 (平裝)

1. 海流 2. 數值分析 3. 生態模擬

351.96

101002046

提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究(1/4)

著 者：邱永芳、李兆芳、蘇青和、陳明宗、劉正琪、李俊穎、涂力夫、
高政宏、鄭宇君、陳宜芝

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 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 101 年 3 月

印 刷 者：群彩印刷科技股份有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 80 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站

定 價：250 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1・電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1010100277

ISBN：978-986-03-1727-5 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

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

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究(1/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-03-1727-5 (平裝)	政府出版品統一編號 1010100277	運輸研究所出版品編號 101-20-7594	計畫編號 100-H3DB005b
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：邱永芳、蘇青和 研究人員：李俊穎、陳明宗 參與人員：錢爾潔、陳正義 馬維倫、張麗瓊 聯絡電話：04-26587135 傳真號碼：04-26564415	合作研究單位：國立成功大學 計畫主持人：李兆芳 協同主持人：劉正琪 研究人員：高政宏、鄭宇君、謝佳穎、陳宜芝 地址：701 臺南市大學路 1 號 聯絡電話：06-2757575 ext 63267		研究期間 自 100 年 3 月 至 100 年 10 月
關鍵詞：水深積分方程式、有限元素法、調和分析、潮流模式			
摘要： 本計畫為四年期「提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究」之第一年計畫，本年度計畫為針對基隆港和臺北港進行模式精進，本期末報告完成工作項目和結果包括(1)資料收集與分析—(a)基隆港和臺北港地形水深資料，(b)龍洞(LD)、麟山鼻(LSB)、淡水第二漁港、竹圍(CWE)及基隆港等驗潮站之潮位資料和分析，使用 EEMD 方法非天文潮流之成份流機制。(2)基隆港與臺北港潮流模式修正—利用所分析 2010 年氣象局潮位站資料作為潮流模式邊界條件，進行 2011 年水位和潮流預測，同時亦考慮風場效應對流況的影響。(3)基隆港及臺北港水位與潮流預測結果評估—2011 年 3 月~9 月基隆港和臺北港水位和流速觀測與預測值比較結果趨勢相當一致。基隆港模擬結果，模式最大流速發生時間與潮流最大流速約有 2~3 小時之延遲，大潮尤其顯著。臺北港模擬結果，漲潮潮流由東北向西南流動，退潮潮流由西南向東北流動，大潮潮流流速較大，小潮潮流流速較小。(4)本年度影響臺灣之颱風期間，基隆港和臺北港水位和潮流的結果進行分析—基隆港預測水位與觀測水位最大偏差為 0.29 m，預測值較觀測值有延後 1 至 3 小時；臺北港預測水位與觀測水位最大偏差為 0.35 m，預測值較觀測值提前約 1~2 小時。(5)設計水位檢定—基隆港及臺北港之最大暴潮位頻率分析樣本分別以常態分布機率函數為最佳統計分布函數，據此推算基隆港及臺北港海域之不同復現期距之暴潮偏差，其中基隆港 50 及 100 年復現期距之暴潮偏差分別為 0.83m 及 0.89m，臺北港海域 50 及 100 年復現期距之暴潮偏差分別為 0.98m 及 1.06m。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
101 年 3 月	238	250	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 （解密條件：☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密，☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密） ☒普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Enhancement of water level and current simulation technology on coastal and harbor areas (1/4) –Hydrodynamic model			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-03-1727-5 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010100277	IOT SERIAL NUMBER 101-20-7594	PROJECT NUMBER 100-H3DB005b
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-Fang, Su Chin-Ho PROJECT STAFF: Lee Chun-Ying, Chen Ming-Tzong PHONE: (04) 26587135 FAX: (04) 26571329			PROJECT PERIOD FROM March 2011 TO October 2011
RESEARCH AGENCY: NATIONAL CHENG KUNG UNIVERSITY PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lee Jaw-Fang; ASSOCIATE INVESTIGATOR: Liu Cheng-Chi PROJECT STAFF: Kao Jeng-Hong, Cheng Yu-Chun, Hsieh Chia-Yin, Chen Yi-Zi ADDRESS: NO.1, UNIVERSITY RD., TAINAN 701, TAIWAN, R.O.C. PHONE: (06) 2757575 ext 63267			
KEY WORDS: DEPTH-INTEGRATED EQUATION, FINITE ELEMENT METHOD, HARMONIC ANALYSIS, TIDAL MODELING			
ABSTRACT: This study is the first year research of a four-year project entitled “Enhancement of water level and current simulation technology on coastal and harbor areas (1/4) –Hydrodynamic model” of Harbor and Marine Technology Center of IOT, MOTC. Major accomplishments this year include (1) data collection and analysis—water depths in Keelung and Taipei Harbors and analysis of tidal level at Longdong, Linshanbi, Zhuwei and Danshui tide stations, (2) modification of the prediction model for Keelung and Taipei Harbors—tidal level and current prediction for 2011 by using the tide data in 2010 from Central Weather Bureau as boundary conditions with consideration of wind effect on the flow results, (3) evaluation of sea elevation and flow simulations for Keelung and Taipei Harbors—favorable comparisons on water levels of Keelung and Taipei Harbors, predicted maximum current speed is about 2~3 hours later than the observed data for Keelung Harbor, and flow direction is northeast on a rising tide and southwest on the ebb for Taipei Harbor, (4) analysis of water level and current for Keelung and Taipei Harbors during Typhoon season—the maximum deviation between measured and predicted water levels for Keelung Harbor is 0.29m, and that for Taipei Harbor is 0.35m, and predicted results are 1~2 hours later than the observed ones for the two harbors, (5) examination of designed water level—storm surge deviations for 50-year and 100-year recurrence time are 0.83m and 0.89m, respectively, for Keelung Harbor, and 0.98m and 1.06m, respectively, for Taipei Harbor.			
DATE OF PUBLICATION March 2012	NUMBER OF PAGES 238	PRICE 250	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究

(1/4)

目 錄

中文摘要表	I
英文摘要表	II
目 錄	III
表目錄	VI
圖目錄	IX
第一章 緒論	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 本年度研究內容與工作項目	1-2
1.3 本年度期末報告內容	1-2
第二章 資料蒐集與分析	2-1
2.1 地形水深	2-1
2.2 潮汐資料分析	2-2
2.3 潮流資料分析	2-9
2.4 颱風	2-21
第三章 基隆港水動力模式	3-1
3.1 地形與計算格網之建立	3-1
3.2 邊界條件之建立	3-1

3.3 模式參數率定與驗證.....	3-5
3.4 考慮風場效應之流況模擬結果.....	3-9
第四章 臺北港水動力模式.....	4-1
4.1 地形與計算格網之建立.....	4-1
4.2 邊界條件之建立.....	4-1
4.3 模式參數率定與驗證.....	4-2
4.4 考慮風場效應之流況模擬結果.....	4-3
第五章 模式預測結果評估.....	5-1
5.1 基隆港水位與流速.....	5-1
5.2 臺北港水位與流速.....	5-13
5.3 颱風期間水位與流速.....	5-25
第六章 港區設計水位探討.....	6-1
6.1 設計水位之定義.....	6-1
6.2 暴潮數值模式.....	6-2
6.3 歷年侵臺颱風暴潮模擬.....	6-4
6.3.1 數值計算網格.....	6-4
6.3.2 歷年侵臺颱風資料.....	6-4
6.3.3 模式之驗證.....	6-4
6.3.4 基隆港與臺北港暴潮模擬結果.....	6-5
6.4 極端值分佈理論.....	6-9
第七章 結論與建議.....	7-1
7.1 結論.....	7-1

7.2 建議.....	7-2
參考文獻.....	參-1
附錄 I 2010 年基隆港與臺北港潮位及海流觀測資料	附錄 1-1
附錄 II 2010 年龍洞、麟山鼻、竹圍及淡水第二漁港潮位觀測資料與 調和分析結果之比較.....	附錄 2-1
附錄 III 歷年侵臺颱風路徑圖(1961-2005 年).....	附錄 3-1
附錄 IV 潮流模式.....	附錄 4-1
附錄 V 期中報告審查意見處理情形表	附錄 5-1
附錄 VI 期末報告審查意見處理情形表	附錄 6-1
附錄 VII 期末簡報資料	附錄 7-1

表目錄

表 2-1 龍洞驗潮站 2009-2010 年潮汐資料調和分析成果表.....	2-4
表 2-2 麟山鼻驗潮站 2009-2010 年潮汐資料調和分析成果表.....	2-5
表 2-3 淡水第二漁港驗潮站 2009-2010 年潮汐資料調和分析成果表	2-6
表 2-4 竹圍驗潮站 2009-2010 年潮汐資料調和分析成果表.....	2-7
表 2-5 基隆港驗潮站 2010 年潮汐資料調和分析成果表	2-8
表 2-6 基隆港 2011 年天文潮流調和分析成果表	2-10
表 2-7 臺北港 2011 年天文潮流調和分析成果表	2-11
表 2-8 本年度侵台颱風相關資訊(資料來源：中央氣象局).....	2-22
表 5-1 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報潮位資料蒐集率統計表	5-4
表 5-2 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報潮位資料平均水位統計表	5-5
表 5-3 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報潮位最高水位統計表	5-6
表 5-4 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報潮位最低水位統計表	5-7
表 5-5 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報海流資料蒐集率統計表	5-11
表 5-6 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報流場最大流速統計表	5-12
表 5-7 2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報潮位資料蒐集率統計表	5-16
表 5-8 2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報潮位資料平均水位統計表	5-17

表 5-9	2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報潮位最高水位統計表	5-18
表 5-10	2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報潮位最低水位統計表	5-19
表 5-11	2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報海流資料蒐集率統計表	5-23
表 5-12	2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報流場最大流速統計表	5-24
表 5-13	2011 年颱風期間基隆港觀測與預報潮位資料蒐集率統計表	5-32
表 5-14	2011 年颱風期間基隆港觀測與預報潮位資料平均水位統計表	5-32
表 5-15	2011 年颱風期間基隆港觀測與預報潮位最高水位統計表	5-33
表 5-16	2011 年颱風期間基隆港觀測與預報潮位最低水位統計表	5-33
表 5-17	2011 年颱風期間基隆港觀測與預報海流資料蒐集率統計表	5-34
表 5-18	2011 年颱風期間基隆港觀測與預報海流平均流速統計表	5-34
表 5-19	2011 年颱風期間基隆港觀測與預報流場最大流速統計表	5-35
表 5-20	2011 年颱風期間臺北港觀測與預報潮位資料蒐集率統計表	5-41
表 5-21	2011 年颱風期間臺北港觀測與預報潮位資料平均水位統計表	5-41
表 5-22	2011 年颱風期間臺北港觀測與預報潮位最高水位統計表	5-42
表 5-23	2011 年颱風期間臺北港觀測與預報潮位最低水位統計表	5-42
表 5-24	2011 年颱風期間臺北港觀測與預報海流資料蒐集率統計表	5-43

表 5-25 2011 年颱風期間臺北港觀測與預報海流平均流速統計表 ...	5-43
表 5-26 2011 年颱風期間臺北港觀測與預報流場最大流速統計表 ...	5-44
表 6-1 基隆港及臺北港海域侵台颱風暴潮數值模擬結果	6-6
表 6-1 (續)基隆港及臺北港海域侵台颱風暴潮數值模擬結果.....	6-7
表 6-2 基隆港及臺北港海域最大暴潮位年頻率分析樣本	6-14
表 6-3 基隆港最大暴潮位之卡方檢定及 K-S 檢定結果.....	6-15
表 6-4 臺北港最大暴潮位之卡方檢定及 K-S 檢定結果.....	6-15
表 6-5 基隆港最大暴潮位頻率分析結果	6-15
表 6-6 臺北港最大暴潮位頻率分析結果	6-15

圖目錄

圖 2.1 基隆港模擬範圍及水深分佈圖.....	2-2
圖 2.2 臺北港模擬範圍與水深分佈圖.....	2-3
圖 2.3 基隆港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖.....	2-12
圖 2.3 (續 1)基隆港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖.....	2-12
圖 2.3 (續 2)基隆港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖.....	2-13
圖 2.3 (續 3)基隆港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖.....	2-13
圖 2.4 基隆港水位觀測資料頻譜分析結果(2011/02/18~05/31)	2-14
圖 2.5 基隆港海流觀測資料 E-W 方向分量頻譜分析結果 (2011/02/18~05/31).....	2-14
圖 2.6 基隆港海流觀測資料 N-S 方向分量頻譜分析結果 (2011/02/18~05/31).....	2-15
圖 2.7 基隆港 2011 年海流觀測資料與潮流調和分析結果之比較....	2-15
圖 2.7 (續 1)基隆港 2011 年海流觀測資料與潮流調和分析結果之比較	2-16
圖 2.7 (續 2)基隆港 2011 年海流觀測資料與潮流調和分析結果之比較	2-16
圖 2.8 臺北港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖.....	2-17
圖 2.8 (續 1)臺北港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖.....	2-17
圖 2.8 (續 2)臺北港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖.....	2-18
圖 2.8 (續 3)臺北港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖.....	2-18
圖 2.9 臺北港海流觀測資料 E-W 方向分量頻譜分析結果 (2011/02/24~05/03).....	2-19

圖 2.10 臺北港海流觀測資料 N-S 方向分量頻譜分析結果 (2011/02/24~05/03).....	2-19
圖 2.11 臺北港 2011 年海流觀測資料與調和分析結果之比較.....	2-20
圖 2.11 (續)臺北港 2011 年海流觀測資料與調和分析結果之比較 ...	2-20
圖 2.12 艾利颱風行進路徑圖.....	2-23
圖 2.13 桑達颱風行進路徑圖.....	2-23
圖 2.14 米雷颱風行進路徑圖.....	2-24
圖 2.15 梅花颱風行進路徑圖.....	2-24
圖 2.16 南瑪都颱風行進路徑圖.....	2-25
圖 3.1 基隆港水動力模式之有限元素細格網分佈圖.....	3-2
圖 3.2 基隆港港域及港口附近三角形元素分佈圖.....	3-3
圖 3.3 基隆港水動力模式之地形水深分佈圖.....	3-3
圖 3.4 基隆港水動力模式東、西開放邊界之水位邊界條件時序圖 ...	3-4
圖 3.5 基隆港水動力模式離岸開放邊界節點之水位邊界條件空間變化 圖.....	3-5
圖 3.6 基隆港水位及潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	3-7
圖 3.6 (續)基隆港水位及潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	3-8
圖 3.7 基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 0 時).....	3-10
圖 3.7 (續 1)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 3 時).....	3-10
圖 3.7 (續 2)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 6 時).....	3-11
圖 3.7 (續 3)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 9 時).....	3-11

圖 3.7 (續 4)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 12 時).....	3-12
圖 3.7 (續 5)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 15 時).....	3-12
圖 3.7 (續 6)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 18 時).....	3-13
圖 3.7 (續 7)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 21 時).....	3-13
圖 3.7 (續 8)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 6 日 0 時).....	3-14
圖 3.8 基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 0 時).....	3-14
圖 3.8 (續 1)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 3 時).....	3-15
圖 3.8 (續 2)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 6 時).....	3-15
圖 3.8 (續 3)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 9 時).....	3-16
圖 3.8 (續 4)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 12 時).....	3-16
圖 3.8 (續 5)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 15 時).....	3-17
圖 3.8 (續 6)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 18 時).....	3-17
圖 3.8 (續 7)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 21 時).....	3-18
圖 3.8 (續 8)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 13 日 0 時).....	3-18
圖 3.9 無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間漲潮流況與流速 差分布情形(風速為 10 m/s，風向為東北).....	3-19
圖 3.10 無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間退潮流況與流速 差分布情形(風速為 10 m/s，風向為東北).....	3-19
圖 3.11 基隆港港 2011 年 3 月份風速風向觀測資料.....	3-20
圖 3.12 有、無風作用下基隆港海流觀測點附近節點水位及流速模擬結 果比較.....	3-21
圖 4.1 臺北港水動力模式模擬範圍及其水深分佈圖.....	4-4
圖 4.2 臺北港 99 年度水深地形量測結果之水深分佈圖.....	4-5

圖 4.3 臺北港水動力模式之有限元素細格網分佈圖.....	4-5
圖 4.4 臺北港港域及港口附近三角形元素分布圖.....	4-6
圖 4.5 臺北港水動力模式左、右開放邊界之水位邊界條件時序圖 ...	4-6
圖 4.6 臺北港水動力模式離岸開放邊界節點之水位邊界條件空間變化 圖	4-7
圖 4.7 臺北港水位及潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	4-8
圖 4.7 (續 1)臺北港水位及潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	4-9
圖 4.7 (續 2)臺北港水位及潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	4-10
圖 4.8 臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 0 時).....	4-11
圖 4.8 (續 1)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 3 時).....	4-11
圖 4.8 (續 2)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 6 時).....	4-12
圖 4.8 (續 3)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 9 時).....	4-12
圖 4.8 (續 4)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 12 時).....	4-13
圖 4.8 (續 5)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 15 時).....	4-13
圖 4.8 (續 6)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 18 時).....	4-14
圖 4.8 (續 7)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 21 時).....	4-14
圖 4.9 臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 0 時).....	4-15
圖 4.9 (續 1)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 3 時).....	4-15
圖 4.9 (續 2)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 6 時).....	4-16
圖 4.9 (續 3)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 9 時).....	4-16

圖 4.9 (續 4)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 12 時).....	4-17
圖 4.9 (續 5)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 15 時).....	4-17
圖 4.9 (續 6)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 18 時).....	4-18
圖 4.9 (續 7)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 21 時).....	4-18
圖 4.10 臺北港 2011 年 3 月份風速風向觀測資料.....	4-19
圖 4.11 有、無風作用下臺北港觀測樁附近節點水位及流速模擬結果比較.....	4-20
圖 5.1 基隆港水位觀測資料與模擬結果之比較.....	5-2
圖 5.1 (續 1)基隆港水位觀測資料與模擬結果之比較.....	5-3
圖 5.2 基隆港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	5-8
圖 5.2 (續 1)基隆港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	5-9
圖 5.2 (續 2)基隆港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	5-10
圖 5.3 臺北港水位觀測資料與模擬結果之比較.....	5-14
圖 5.3 (續 1)臺北港水位觀測資料與模擬結果之比較.....	5-15
圖 5.4 臺北港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	5-20
圖 5.4 (續 1)臺北港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	5-21
圖 5.4 (續 2)臺北港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較.....	5-22
圖 5.5 艾利颱風期間(5/9~5/10)基隆港水位及潮流觀測資料與模式預測	

結果之比較.....	5-27
圖 5.6 桑達颱風期間(5/27~5/28)基隆港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較.....	5-28
圖 5.7 米雷颱風期間(6/24~6/25)基隆港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較.....	5-29
圖 5.8 梅花颱風期間(8/4~8/6)基隆港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較.....	5-30
圖 5.9 南瑪都颱風期間(8/27~8/31)基隆港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較.....	5-31
圖 5.5 艾利颱風期間(5/9~5/10)臺北港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較.....	5-36
圖 5.6 桑達颱風期間(5/27~5/28)臺北港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較.....	5-37
圖 5.7 米雷颱風期間(6/24~6/25)臺北港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較.....	5-38
圖 5.8 梅花颱風期間(8/4~8/6)臺北港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較.....	5-39
圖 5.9 南瑪都颱風期間(8/27~8/31)臺北港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較.....	5-40
圖 6.1 臺灣四周海域水深地形.....	6-7
圖 6.2 臺灣四周海域暴潮數值模式之計算網格圖.....	6-8
圖 6.3 1996 年中度颱風賀伯侵台路徑圖.....	6-8
圖 6.4 1996 年中度颱風賀伯侵台期間，基隆海域暴潮偏差變化	6-9
圖 6.5 1996 年中度颱風賀伯侵台期間，梗枋海域暴潮偏差變化	6-9

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

本計畫配合交通部「交通政策白皮書-運輸」所揭櫫之「提供產業健全的物流環境」政策目標，及「應用運輸科技，推動運輸智慧管理，加強資訊便民服務」與「檢討安全管理，加強運輸安全機制，全面維護運輸安全」之發展主軸，及依據運輸資訊政策—建置資訊蒐集系統，發展標準作業環境，加速運輸資訊基礎建設等事項辦理。目前臺灣技術研究中心所建置之「近岸海象數值模擬及預警系統」涵蓋風場、波浪、水位、流場及擴散等模擬。其中水位及流場模擬同屬海洋及海岸水動力模擬之範疇，其架構涵蓋大尺度(西太平洋海域)、中尺度(臺灣周圍海域)及小尺度(基隆港、臺北港、臺中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等七大港口)等三種不同空間尺度之水動力模式。其中大、中尺度水動力模式已分別於 2005 年度完成預報模擬之作業化程序，並自 2008 年由臺灣技術研究中心持續運作與維護中。

前期計畫「臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化研究」(2007 年~2010 年)，建立七個主要商港—基隆港、臺北港、臺中港、安平港、高雄港、花蓮港、蘇澳港，及其附近海域水位及流場模式，同時針對基隆港港域水位及海流建立模擬子系統及相關設計水位分析。2009 年計畫完成工作包含(1)七大商港各港口及其鄰近潮位站潮位資料蒐集與分析，並建置各港港域數值模擬所需之水位條件。(2)完成七大商港口有限元素數值計算格網建置。(3)完成七大商港水位及流場之模擬，並進行模擬結果的驗證，同時率定相關參數及邊界條件。(4)完成七大商港港域水位變化和流速場。然而後續利用這樣的成果繼續進行流場預測，則需要繼續利用潮位站紀錄，並藉由資料分析調整數值模式邊界條件，然後提供後續預測。因此，每年仍然需要有經常性的計算和分析工作，由觀測值和預測值差異的大小，選擇需要調整的港域再進行計算。2010 年計畫除了將上年度七大商港港口水位及流場模擬成果提

供港研中心進行模擬作業外，再針對基隆港水位及海流模擬子系統提出水動力修正模式，模式修正內容包括模式模擬範圍、港池外廓配置、數值計算網格及邊界條件等。計算結果除提供較精確基隆港模擬結果外，並增加風場效應對於港域水位和流場模擬結果之影響。

本期計畫為延續前期計畫持續對七大商港港域水位和流場模擬、預測和評估進行改善，在作法上則針對個別商港港域進行即時觀測的潮流資料分析，並與模式預測結果比較，藉以檢討和修正所建立模式的計算範圍、邊界條件以及模式所使用各種參數值，除了讓數值模式預測更為精確可靠外，也讓模式預測作業化進行更為有效快速。

1.2 本年度研究內容與工作項目

本年度研究內容與工作項目如下：

1. 精進基隆港區及臺北港區水位及流場自動化預報模擬精度：水位及流場等數值模式，每日 72 小時模擬及即時模擬資訊，颱風侵臺時期颱風暴潮為研究重點。
2. 基隆港區及臺北港區水位及流場預報模式作業化成果評估，以港灣技術研究中心及氣象局現場觀測資料進行校驗及精度評估等工作，含潮位站觀測資料分析。
3. 基隆港區及臺北港區長期水位及流場模擬結果特性分析及兩港設計水位檢核。
4. 建立基隆港區及臺北港區水位及流場模擬預警子系統，系統轉移港務局，並進行教育訓練。

1.3 本年度期末報告內容

本年度計畫為針對基隆港和臺北港進行模式精進，本期末報告內容如下：

1. 資料蒐集與分析

(a)地形水深資料部份—基隆港模擬範圍東西邊界分別設在龍洞及麟山鼻二潮位站附近；臺北港則北起新北市三芝區麟山鼻海岸，南至桃園縣蘆竹鄉竹圍海岸，南北距離約為 25.5 公里，離岸方向則由近岸往外海延伸約 9 公里。(b)潮位站資料則蒐集龍洞(LD)、麟山鼻(LSB)、淡水第二漁港、竹圍(CWE)及基隆港等驗潮站之潮位記錄，並進行潮汐資料調和分析。另外，使用 EEMD 方法分析基隆港和臺北港外海測站海流觀測資料，研究觀測資料中非天文潮流之成份流機制，如風驅流等特性。

2. 基隆港潮流模式修正

利用所分析 2010 年氣象局潮位站資料作為基隆港潮流模式邊界條件，進行 2011 年基隆港水位和潮流預測，結果並與觀測資料比較評估。

3. 臺北港潮流模式修正

利用所分析 2010 年氣象局潮位站資料作為臺北港潮流模式邊界條件，進行 2011 年臺北港水位和潮流預測，結果並與觀測資料比較評估。

4. 基隆港與臺北港預測結果評估

利用所預測基隆港與臺北港 2011 年水位和潮流結果與觀測值比較並評估預測結果的好壞。

5. 對於發生在 2011 年颱風期間基隆港和臺北港水位和潮流的結果進行分析。

6. 藉由暴潮分析結果針對基隆港與臺北港之設計水位進行檢核。

第二章 資料蒐集與分析

本計畫已於前期計畫(2007 年~2010 年)中已經針對基隆港、臺北港、臺中港、安平港、高雄港、花蓮港及蘇澳港等七大商港蒐集模擬所需之地形水深、潮位(含各港口鄰近潮位站)及海流等觀測資料進行資料處理及分析工作^[1]。本年度計畫除了針對基隆港及臺北港持續蒐集 2010 年海象觀測資料如地形水深、潮位及海流(如附錄 I 所示)等外，另配合基隆港及臺北港小尺度水動力模式邊界條件更新之需，針對龍洞(LD)、麟山鼻(LSB)、淡水第二漁港、竹圍(CWE)及基隆港(KL)等潮位站蒐集 2010 年潮位觀測資料並進行潮汐分析。此外，為評估基隆港及臺北港水動力模式 2011 年流場模擬預測結果，本計畫亦蒐集本年度(2011 年)基隆港及臺北港 2 月~5 月海象觀測資料以及侵臺颱風資料進行相關分析與研究。

2.1 地形水深

基隆港和臺北港港口附近地形水深資料簡述如下：

1. 基隆港

圖 2.1 所示為基隆港水動力模式之模擬範圍及地形水深分布情形，東西邊界分別設在龍洞及麟山鼻二潮位站附近，圖中基隆港外海水深資料主要來自於海軍測量局出版之海軍水道圖(圖號為 0352、0353A 與 04513 等)之數位化水深資料。由圖顯示在模擬範圍內近岸地形等深線大致與海岸線平行，離岸較遠處則以東邊水深較深。

2. 臺北港

臺北港及鄰近海域潮流流場模擬範圍(2009 年)及其水深分布情形如圖 2.2 所示，北起新北市三芝區麟山鼻海岸，南至桃園縣蘆竹鄉竹圍海岸，南北距離約為 25.5 公里，離岸方向則由近岸往外海延

伸約 9 公里。模擬範圍內水深資料主要來自於海軍測量局出版之海軍水道圖圖號 04512 與 04513 之水深資料及臺北港 2007 年水深量測資料。

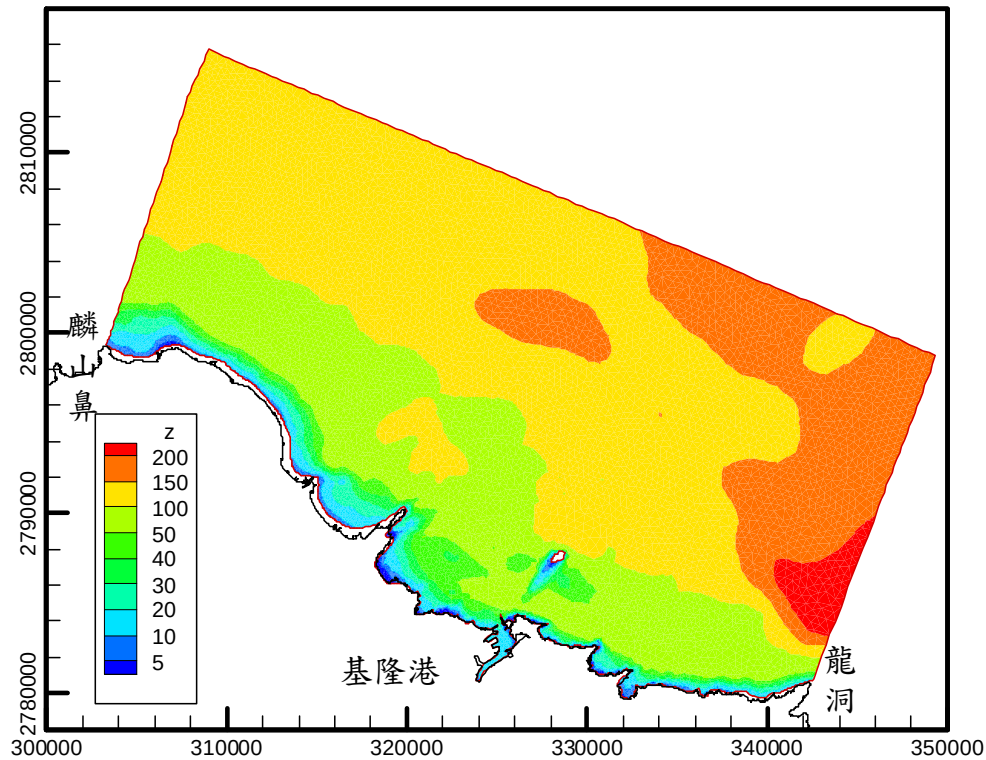


圖 2.1 基隆港模擬範圍及水深分佈圖

2.2 潮汐資料分析

本計畫潮汐資料之分析流程為先利用已建立的各潮位站潮汐調和分析預測模式，預測各潮位站 2010 年潮位資料，據此補遺各潮位站 2010 年觀測資料遺漏部份；之後，分別針對 2010 年觀測資料以 60 個天文分潮進行潮位調和分析，並依據調和分析結果更新 2010 年潮位補遺資料；最後，依據更新資料再進行 2010 年潮位潮位調和分析。

同時為了提升基隆港及臺北港水動力模式模擬結果之準確性，模式之邊界條件有其更新之必要性，本計畫針對上述各潮位站補遺後之潮位資料選取 2009 及 2010 年潮位資料(17280 筆)另進行潮汐調和分析

以更新模式水位邊界條件預測值；在分潮數之篩選方面，本年度捨棄以往僅選取主要全日潮(O_1 、 K_1)及半日潮(N_2 、 M_2 、 S_2)之作法，改選擇與潮汐模式 Nao99b 相同之分潮數共 34 個，經潮汐調和分析分別得到各潮位站平均水位及 34 個分潮之調和常數(分潮振幅及相位角)，如表 2-1 至表 2-5 所示。表 2-1 至表 2-5 所示分別為龍洞、麟山鼻、淡水第二漁港、竹圍及基隆港等潮位站 2009 年及 2010 年潮位資料之調和分析結果，依據表中各潮位站全日潮(O_1 及 K_1)及半日潮(M_2 及 S_2)振幅計算潮型指標，即 $(O_1+K_1)/(M_2+S_2)$ ，分別為 1.18(龍洞)、0.44(麟山鼻)、0.32(淡水第二漁港)、0.25(竹圍)及 1.22(基隆港)，顯示麟山鼻、淡水第二漁港、竹圍等地潮汐型態屬於半日潮型(指標值 <0.5)，龍洞及基隆港屬於偏向全日潮之混合潮型($0.5<$ 指標值 <1.25)。

有關龍洞、麟山鼻、竹圍及淡水第二漁港等四潮位站 2009 年至 2010 年潮位觀測資料與調和分析結果之比較，詳列於附錄 II。

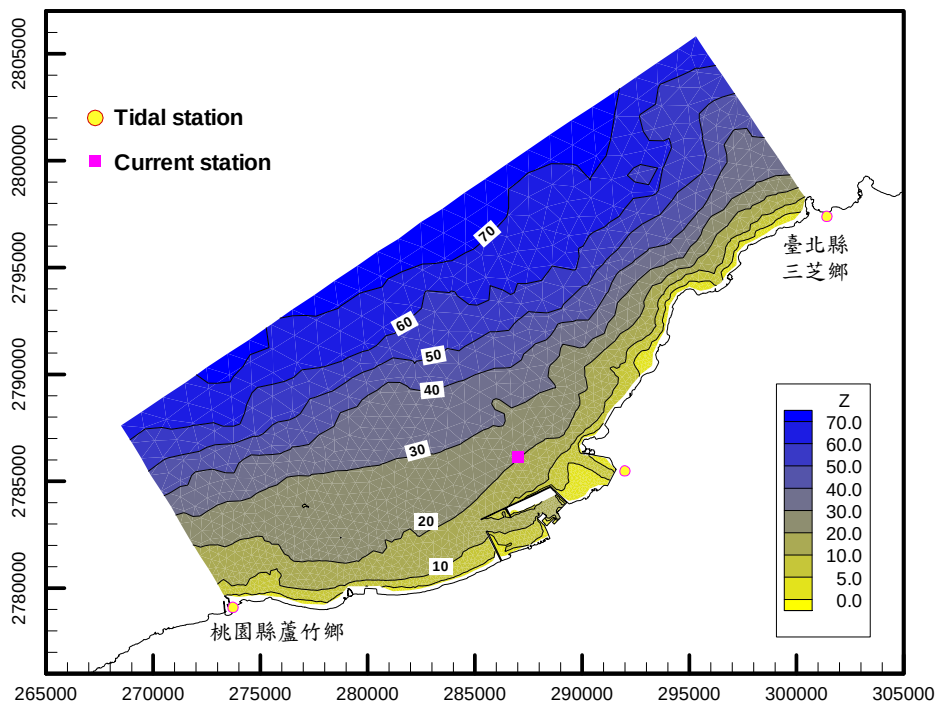


圖 2.2 臺北港模擬範圍與水深分佈圖

表 2-1 龍洞驗潮站 2009-2010 年潮汐資料調和分析成果表

分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)
SA	0.04106860	0.1587	217.7931	NU2	28.51258278	0.0080	292.4660
SAA	0.08213730	0.0142	100.6015	OP2	28.90196609	0.0030	69.0474
MM	0.54437470	0.0084	240.2797	M2	28.98410416	0.2196	247.6665
MSF	1.01589584	0.0116	233.0905	LAM2	29.45562553	0.0037	185.6906
MF	1.09803307	0.0026	134.8018	L2	29.52847862	0.0023	279.3282
Q1	13.39866066	0.0363	187.4592	T2	29.95893288	0.0068	241.0861
RO1	13.47151470	0.0077	243.2952	S2	30.00000000	0.1062	256.8777
O1	13.94303513	0.1759	230.8568	K2	30.08213806	0.0330	32.4283
M1	14.49202538	0.0133	159.2548	2SM2	31.01589584	0.0032	302.1421
P1	14.95893097	0.0658	243.2419	M3	43.47615814	0.0072	229.4090
K1	15.04106903	0.2084	218.8406	MK3	44.02517319	0.0029	338.5745
J1	15.58544350	0.0131	259.7315	MN4	57.42383194	0.0055	312.8898
SO1	16.05696487	0.0033	268.9263	M4	57.96820831	0.0129	6.0114
OO1	16.13910103	0.0076	33.0429	MS4	58.98410416	0.0079	23.5804
MNS2	27.42383385	0.0041	122.5537	MK4	59.06624222	0.0028	165.5796
MU2	27.96820450	0.0211	179.5623	M6	86.95231628	0.0048	354.7995
N2	28.43972969	0.0547	210.7118	2MS6	87.96820831	0.0048	43.5750
平均潮位=0.0252m							
資料時間： 2009/12/31 23:00:00							

表 2-2 麟山鼻驗潮站 2009-2010 年潮汐資料調和分析成果表

分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)
SA	0.04106860	0.1608	214.9927	NU2	28.51258278	0.0388	3.9553
SAA	0.08213730	0.0112	96.3816	OP2	28.90196609	0.0113	73.2549
MM	0.54437470	0.0239	226.8743	M2	28.98410416	0.7544	345.7213
MSF	1.01589584	0.0463	217.0507	LAM2	29.45562553	0.0214	182.2406
MF	1.09803307	0.0084	343.5113	L2	29.52847862	0.0404	245.5791
Q1	13.39866066	0.0417	201.8952	T2	29.95893288	0.0135	11.3198
RO1	13.47151470	0.0102	257.3155	S2	30.00000000	0.2077	16.8201
O1	13.94303513	0.1991	247.0362	K2	30.08213806	0.0635	157.3915
M1	14.49202538	0.0148	176.7822	2SM2	31.01589584	0.0100	294.0887
P1	14.95893097	0.0711	261.8158	M3	43.47615814	0.0067	197.0533
K1	15.04106903	0.2257	236.7334	MK3	44.02517319	0.0099	262.4522
J1	15.58544350	0.0143	281.5361	MN4	57.42383194	0.0284	253.5686
SO1	16.05696487	0.0066	303.6068	M4	57.96820831	0.0754	306.5217
OO1	16.13910103	0.0088	54.0921	MS4	58.98410416	0.0515	339.3650
MNS2	27.42383385	0.0112	76.5087	MK4	59.06624222	0.0155	118.7650
MU2	27.96820450	0.0411	142.5481	M6	86.95231628	0.0029	73.8085
N2	28.43972969	0.1541	290.7045	2MS6	87.96820831	0.0050	125.0754
平均潮位=-0.0292m							
資料時間： 2009/12/31 23:00:00							

表 2-3 淡水第二漁港驗潮站 2009-2010 年潮汐資料調和分析成果表

分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)
SA	0.04106860	0.1698	220.7479	NU2	28.51258278	0.0538	359.3639
SAA	0.08213730	0.0118	119.5338	OP2	28.90196609	0.0246	122.4741
MM	0.54437470	0.0077	230.3078	M2	28.98410416	1.0331	349.0552
MSF	1.01589584	0.0103	224.5444	LAM2	29.45562553	0.0305	183.9513
MF	1.09803307	0.0015	203.1748	L2	29.52847862	0.0527	239.6765
Q1	13.39866066	0.0415	205.1361	T2	29.95893288	0.0177	44.8812
RO1	13.47151470	0.0106	250.8770	S2	30.00000000	0.3007	23.1156
O1	13.94303513	0.1959	251.1925	K2	30.08213806	0.0879	158.9597
M1	14.49202538	0.0132	178.2302	2SM2	31.01589584	0.0125	288.8379
P1	14.95893097	0.0693	266.1336	M3	43.47615814	0.0047	196.1587
K1	15.04106903	0.2266	241.5040	MK3	44.02517319	0.0055	336.3207
J1	15.58544350	0.0132	288.6123	MN4	57.42383194	0.0098	278.0670
SO1	16.05696487	0.0043	336.2002	M4	57.96820831	0.0235	323.7901
OO1	16.13910103	0.0087	60.2596	MS4	58.98410416	0.0167	349.9696
MNS2	27.42383385	0.0130	55.4848	MK4	59.06624222	0.0048	128.6721
MU2	27.96820450	0.0527	131.6360	M6	86.95231628	0.0024	312.6112
N2	28.43972969	0.2059	295.7611	2MS6	87.96820831	0.0019	86.8515
平均潮位=0.0219m							
資料時間： 2009/12/31 23:00:00							

表 2-4 竹圍驗潮站 2009-2010 年潮汐資料調和分析成果表

分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)
SA	0.04106860	0.1647	217.9676	NU2	28.51258278	0.0605	7.0106
SAA	0.08213730	0.0141	129.2947	OP2	28.90196609	0.0169	71.9780
MM	0.54437470	0.0104	237.9388	M2	28.98410416	1.1990	349.9297
MSF	1.01589584	0.0155	220.3415	LAM2	29.45562553	0.0307	177.5407
MF	1.09803307	0.0018	172.1804	L2	29.52847862	0.0621	239.6052
Q1	13.39866066	0.0418	208.4943	T2	29.95893288	0.0215	24.5366
RO1	13.47151470	0.0098	261.4684	S2	30.00000000	0.3540	24.2592
O1	13.94303513	0.2007	253.3174	K2	30.08213806	0.1065	164.3210
M1	14.49202538	0.0148	178.6469	2SM2	31.01589584	0.0140	293.5280
P1	14.95893097	0.0738	267.5649	M3	43.47615814	0.0037	181.9338
K1	15.04106903	0.2329	243.7161	MK3	44.02517319	0.0066	358.0227
J1	15.58544350	0.0135	290.6343	MN4	57.42383194	0.0079	238.2412
SO1	16.05696487	0.0047	325.7839	M4	57.96820831	0.0214	291.5018
OO1	16.13910103	0.0084	69.4712	MS4	58.98410416	0.0161	325.2939
MNS2	27.42383385	0.0165	58.1164	MK4	59.06624222	0.0049	95.1232
MU2	27.96820450	0.0586	129.0522	M6	86.95231628	0.0033	248.2873
N2	28.43972969	0.2353	296.7553	2MS6	87.96820831	0.0021	245.0973
平均潮位=0.0536m							
資料時間： 2009/12/31 23:00:00							

表 2-5 基隆港驗潮站 2010 年潮汐資料調和分析成果表

分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)	分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	振幅 (m)	位相角 (度)
SA	0.04106860	0.1554	41.8283	NU2	28.51258278	0.0155	12.9752
SAA	0.08213730	0.0164	135.2293	OP2	28.90196609	0.0036	205.0630
MM	0.54437470	0.0072	46.1156	M2	28.98410416	0.2323	81.9975
MSF	1.01589584	0.0117	27.3834	LAM2	29.45562553	0.0053	28.9450
MF	1.09803307	0.0027	199.3791	L2	29.52847862	0.0142	173.5338
Q1	13.39866066	0.0348	186.2579	T2	29.95893288	0.0025	130.4641
RO1	13.47151470	0.0079	291.7747	S2	30.00000000	0.0587	311.4169
O1	13.94303513	0.1623	6.2033	K2	30.08213806	0.0163	83.5732
M1	14.49202538	0.0162	40.0794	2SM2	31.01589584	0.0047	180.7879
P1	14.95893097	0.0593	249.9501	M3	43.47615814	0.0059	232.4740
K1	15.04106903	0.1939	223.9487	MK3	44.02517319	0.0024	76.6393
J1	15.58544350	0.0105	26.8070	MN4	57.42383194	0.0045	74.3936
SO1	16.05696487	0.0031	185.8758	M4	57.96820831	0.0109	251.3064
OO1	16.13910103	0.0081	265.1652	MS4	58.98410416	0.0080	139.7481
MNS2	27.42383385	0.0091	214.4274	MK4	59.06624222	0.0029	270.0384
MU2	27.96820450	0.0273	72.6706	M6	86.95231628	0.0037	9.1341
N2	28.43972969	0.0565	252.1074	2MS6	87.96820831	0.0028	307.1370
平均潮位=0.0564m							
資料時間： 2010/07/02 11:00:00							

2.3 潮流資料分析

為瞭解基隆港與臺北港港口潮流之特性及提供各港口流場模擬之驗證所需資料，本計畫將針對本年度(2011 年)海流觀測資料進行分析與探討。

一般而言，海流觀測資料之主要組成成份包括恆流、潮流及區域性風吹流等，三者組成之強弱比率則視海域之特性及季節而定。潮流通常是指由潮汐漲退所引起的海洋水體週期性往復流動之現象，而潮流之強弱不僅會隨著月齡之不同而有所變化外，其流速大小及方向亦受到海底地形之影響，因此潮流現象各地區不同。本年度潮流資料分析除了延續上年度潮流資料分析方法，選取全日潮(O_1 、 K_1)及半日潮(M_2 、 S_2)等四個主要分潮針對觀測資料逐月進行調和分析，求取各分潮東西向及南北向之流速振幅及其相位角外，針對本年度基隆港及臺北港 2~5 月水位及海流觀測資料相關分析結果說明如下：

1. 基隆港

本計畫針對基隆港外海測站資料選取 2011 年 2 月 18 日至 2011 年 5 月 31 日之水位及海流觀測資料，如圖 2.3 所示，先針對觀測資料以快速傅利葉轉換(FFT)進行能譜分析，圖 2.4 至圖 2.6 所示分別為基隆港外海測站之水位、東西向(EW)及南北向(N-S)速度之能譜圖，其中橫座標為時頻率(1/hr)，結果顯示基隆港天文潮水位變化主要以全日潮(O_1 、 K_1)及半日潮(M_2 、 S_2)為主，其中全日潮 O_1 、 K_1 及半日潮 M_2 之能量大小相當；潮流能量則以半日潮 M_2 為主(此與水位能譜有顯著差異性)，其次依序分別為半日潮 S_2 、1/4 日潮(M_4)及全日潮(O_1 、 K_1)。此外，由圖 2.3 水位與東西向速度歷線圖發現觀測點水位之高、低潮位發生時間與向東(退潮)、向西(漲潮)最大流速發生之時間近乎同步，針對此一特有現象推測應與 1/4 日潮(M_4)能量佔顯著比例有關。此外，東西向流速能譜亦顯示週期較長之半月潮對基隆港外海潮流佔有一定程度之影響。

為瞭解基隆港外海潮流主要分潮之流速大小，本計畫依能譜分析結果選取全日潮(O_1 、 K_1)、半日潮(M_2 、 S_2)、1/4 日潮(M_4)以及長週期半月潮(M_f)等 6 個分潮分別對東西向及南北向流速觀測資料進行分潮流速調和分析，得到各分潮流速之振幅及相位角如表 2-6 所示。由潮流調和分析結果顯示基隆港外海測站潮流東西向分量大於南北向分量接近一個等級(order)，其中東西向平均流速約為 5.7cm/s。圖 2.7 所示為海流觀測資料與潮流調和分値之比較，圖中圓點代表海流觀測資料，實線代表上述 6 個天文分潮流速之調和分析預測值。由東西向流速比較結果得知在漲退潮週期變化之間向東(退潮)之流速觀測值有明顯大於調和分析預測之流速值之現象，且以 3 月至 4 月上旬之觀測資料最為顯著；推測若非儀器觀測上受到外在因素影響所產生的現象，則極可能與局部地形以及東防波堤延伸有關，且此種流速單一方向變大的變化已非傳統的調和分析方法可以預測。

表 2-6 基隆港 2011 年天文潮流調和分析成果表

分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	EW		NS	
		振幅(m/s)	位相角(度)	振幅(m/s)	位相角(度)
Mf	1.09803307	0.0202	176.023	0.0050	238.129
O1	13.94303513	0.0138	214.628	0.0098	176.778
K1	15.04106903	0.0119	254.520	0.0045	24.254
M2	28.98410416	0.1735	127.936	0.0508	122.266
S2	30.00000000	0.0690	340.406	0.0171	336.968
M4	57.96820831	0.0217	197.145	0.0158	33.125
平均流速		0.0574 m/s		0.0081 m/s	
觀測資料時間		2011/002/18 00:00 ~ 2011/05/31 22:00			
原點時間		2011/04/10 11:00			

2. 臺北港

本計畫針對臺北港選取 2011 年 2 月 24 日至 2011 年 5 月 3 日之水位及海流觀測資料，如圖 2.8 所示，先針對觀測資料以快速傅利葉轉換(FFT)進行能譜分析，圖 2.9 至圖 2.10 所示分別為臺北港外海海流東西向(EW)及南北向(NS)速度之能譜圖，其中橫座標為時頻率(1/hr)，結果顯示臺北港天文潮流能量分布以半日潮 M_2 為主，其次

為半日潮 S_2 ，其他次要分潮能量包括全日潮(O_1 、 K_1)、1/4 日潮及 1/6 日潮等。有鑑於此，本計畫選取半日潮(M_2 、 S_2)、全日潮(O_1 、 K_1)、1/4 日潮(M_4)、1/6 日潮以及長週期之半月潮等 8 個分潮分別對東西向及南北向流速觀測資料進行分潮流速調和分析，得到各分潮流速之振幅及相位角如表 2-7 所示，其中東西向平均流速為 -1.76 cm/s，南北向平均流速為 4.66 cm/s。圖 2.12 所示為臺北港海流觀測資料與本計畫潮流調和分値之比較，圖中圓點代表海流觀測資料，實線為表 2-7 潮流調和分析結果之預測值，顯示二者流速大小及變化趨勢相當接近，代表臺北港外海海流主要以潮流為主。

表 2-7 臺北港 2011 年天文潮流調和分析成果表

分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	EW		NS	
		振幅(m/s)	位相角(度)	振幅(m/s)	位相角(度)
Mf	1.09803307	0.0307	126.036	0.0203	116.546
O1	13.94303513	0.0242	108.777	0.0154	132.279
K1	15.04106903	0.0340	16.793	0.0124	33.806
M2	28.98410416	0.4931	270.182	0.3090	281.576
S2	30.00000000	0.1798	45.236	0.1034	47.380
M4	57.96820831	0.0491	265.162	0.0198	184.741
MK4	59.06624222	0.0319	61.289	0.0148	308.470
2MS6	87.96820831	0.0215	69.485	0.0122	201.710
平均流速		-0.0176 m/s		0.0466 m/s	
觀測資料時間		2011/002/24 12:00 ~ 2011/05/03 11:00			
原點時間		2011/03/30 12:00			

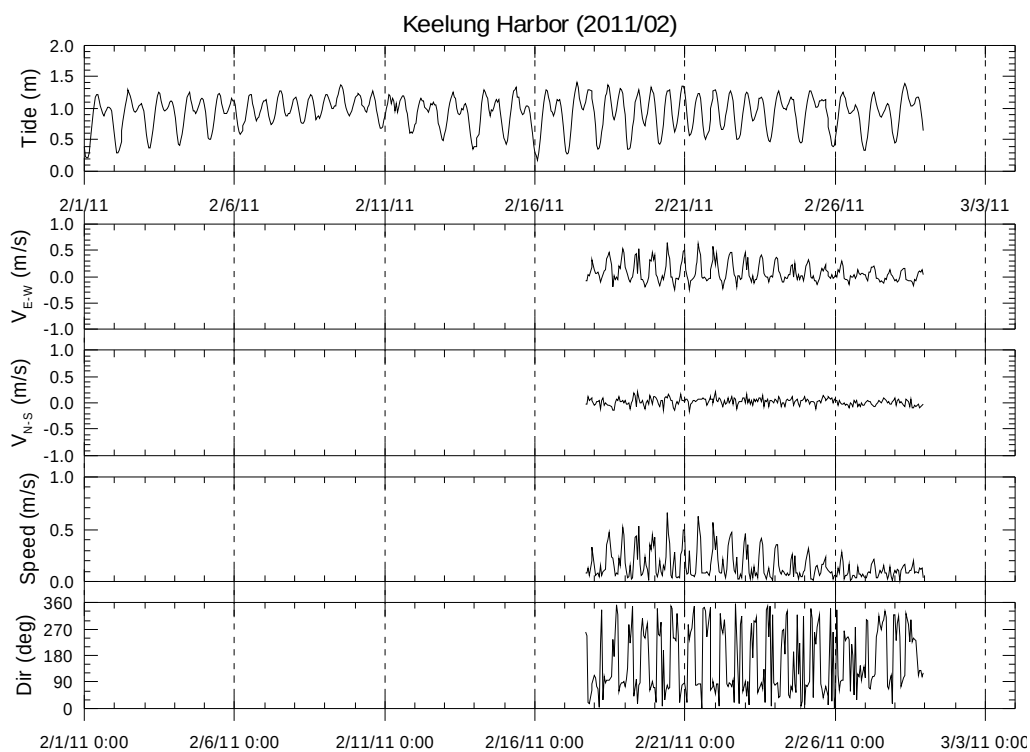


圖 2.3 基隆港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖

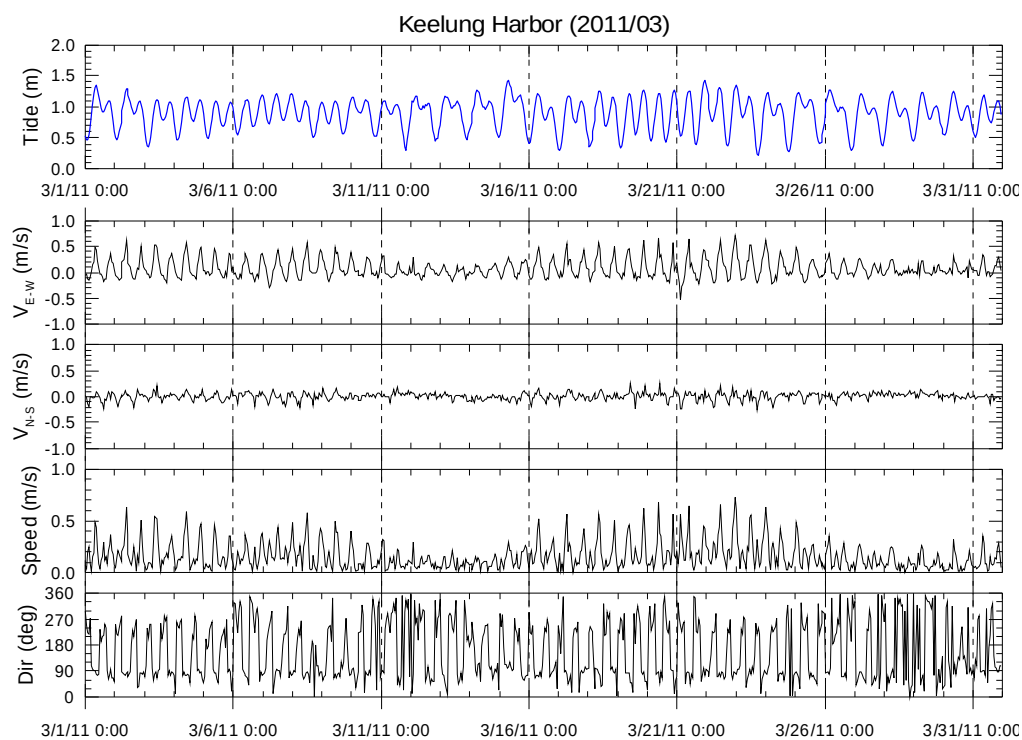


圖 2.3 (續 1)基隆港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖

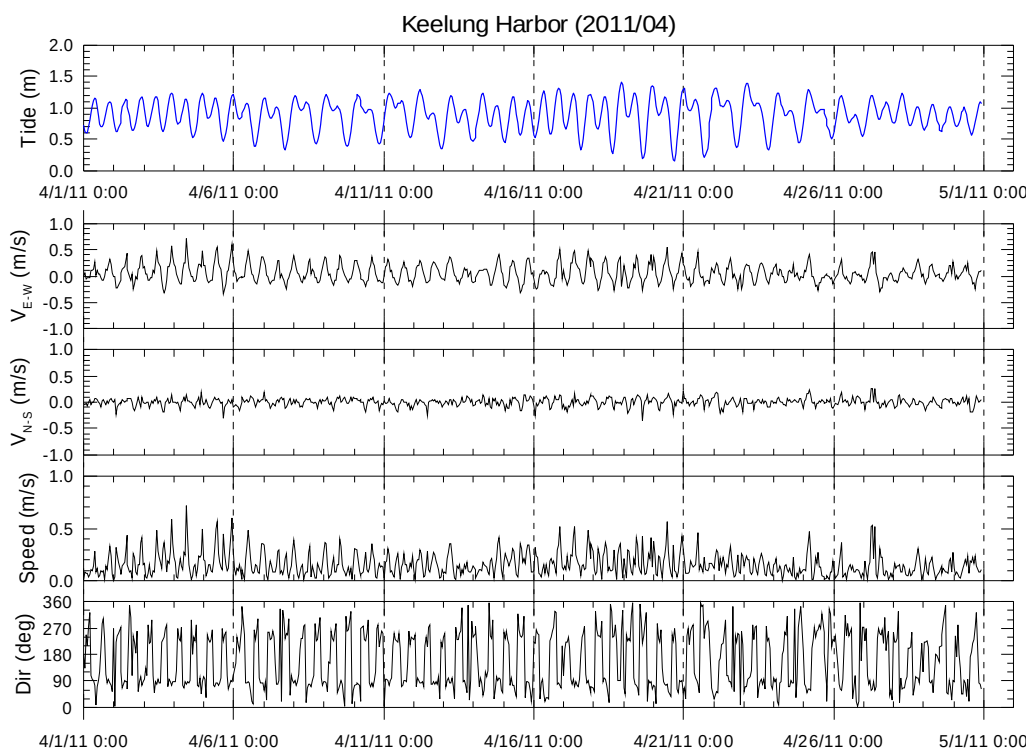


圖 2.3 (續 2)基隆港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖

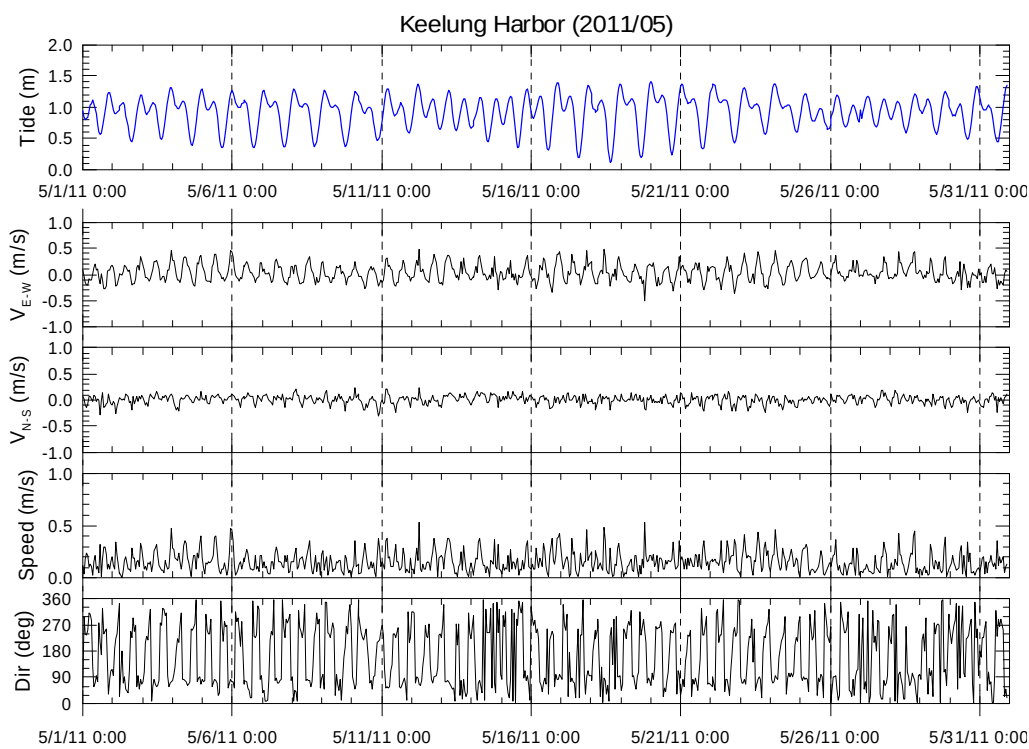


圖 2.3 (續 3)基隆港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖

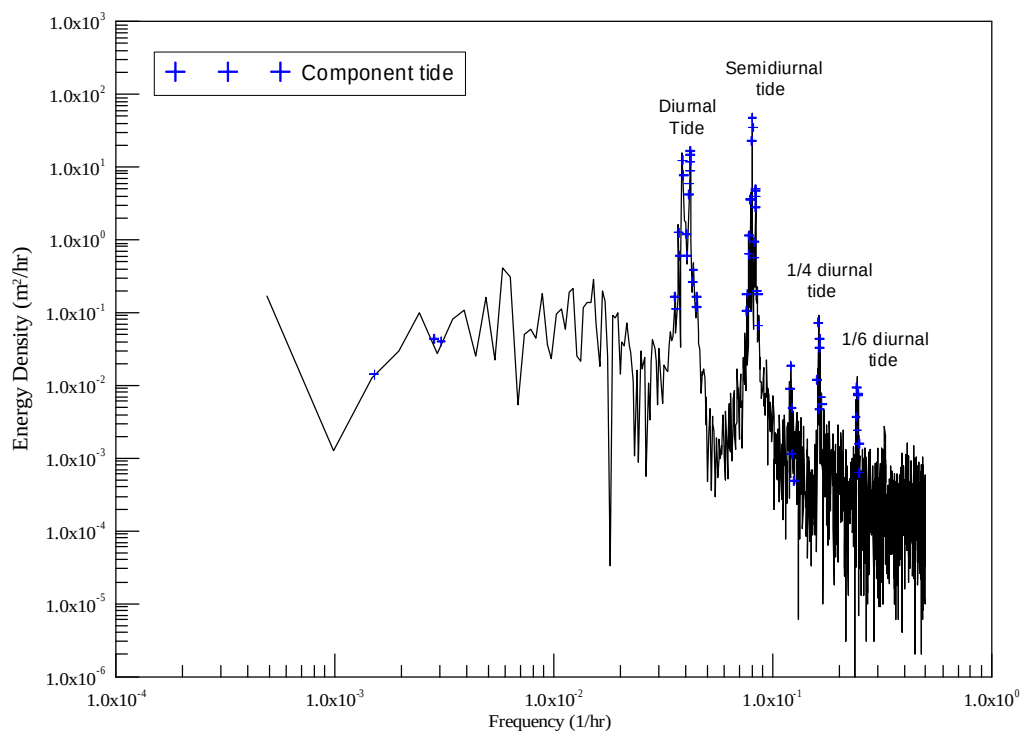


圖 2.4 基隆港水位觀測資料頻譜分析結果(2011/02/18~05/31)

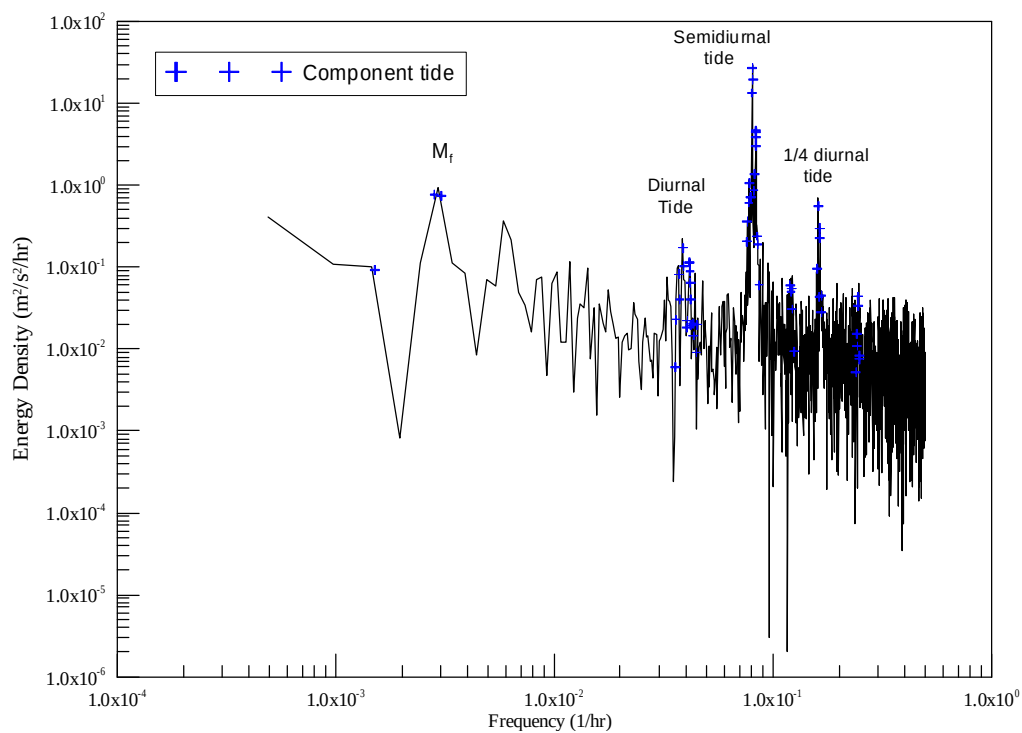


圖 2.5 基隆港海流觀測資料 E-W 方向分量頻譜分析結果
(2011/02/18~05/31)

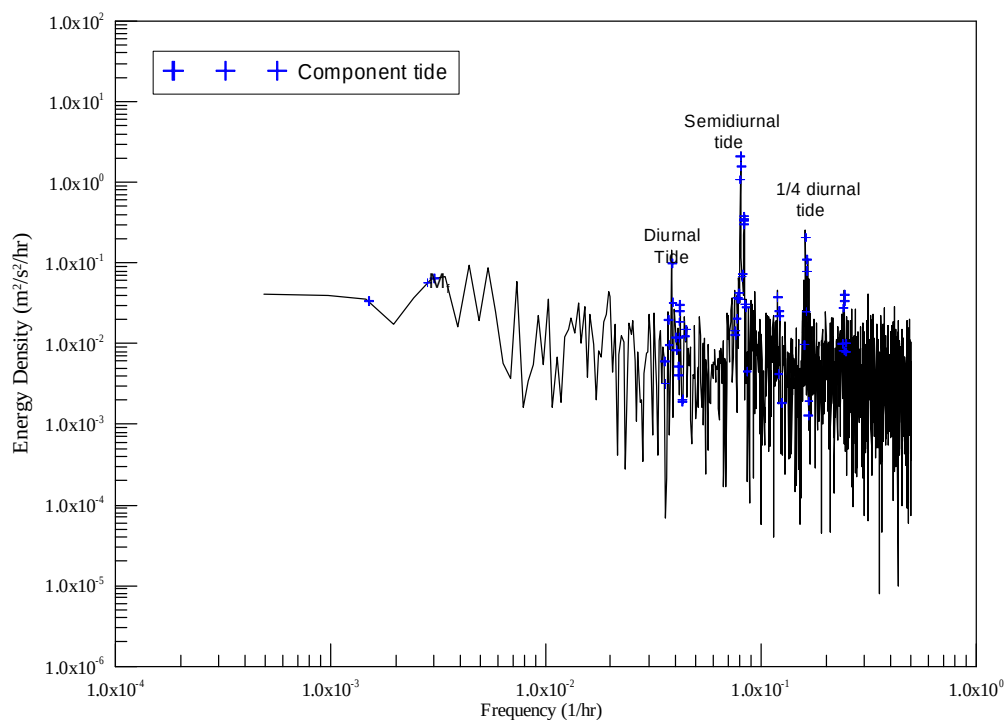


圖 2.6 基隆港海流觀測資料 N-S 方向分量頻譜分析結果
(2011/02/18~05/31)

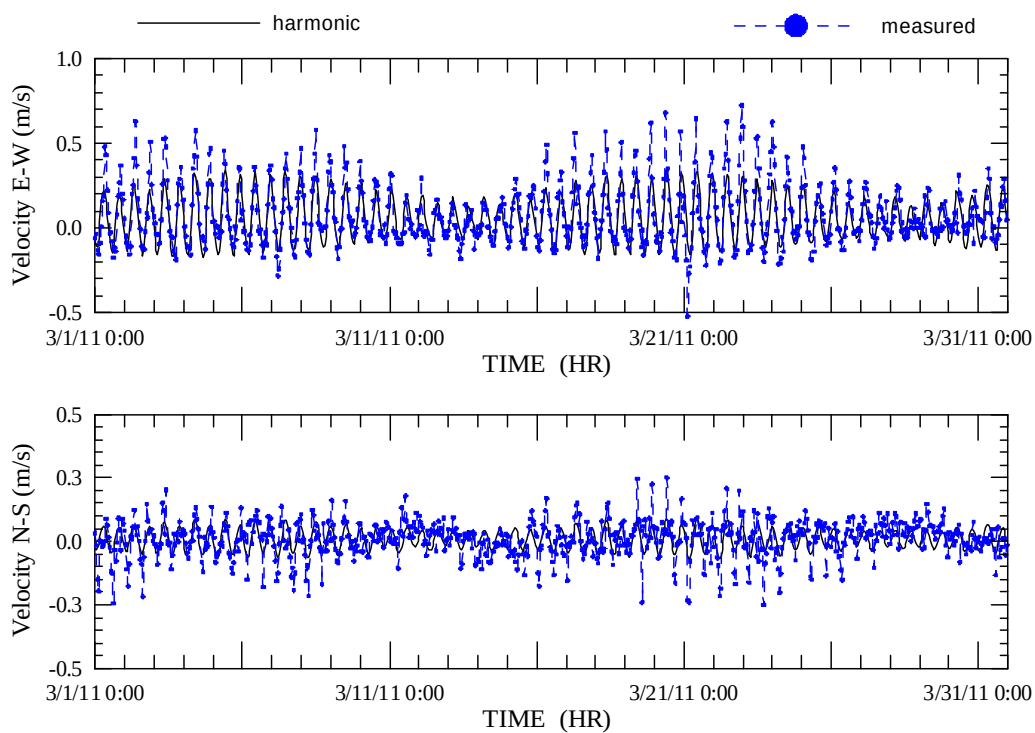


圖 2.7 基隆港 2011 年海流觀測資料與潮流調和分析結果之比較

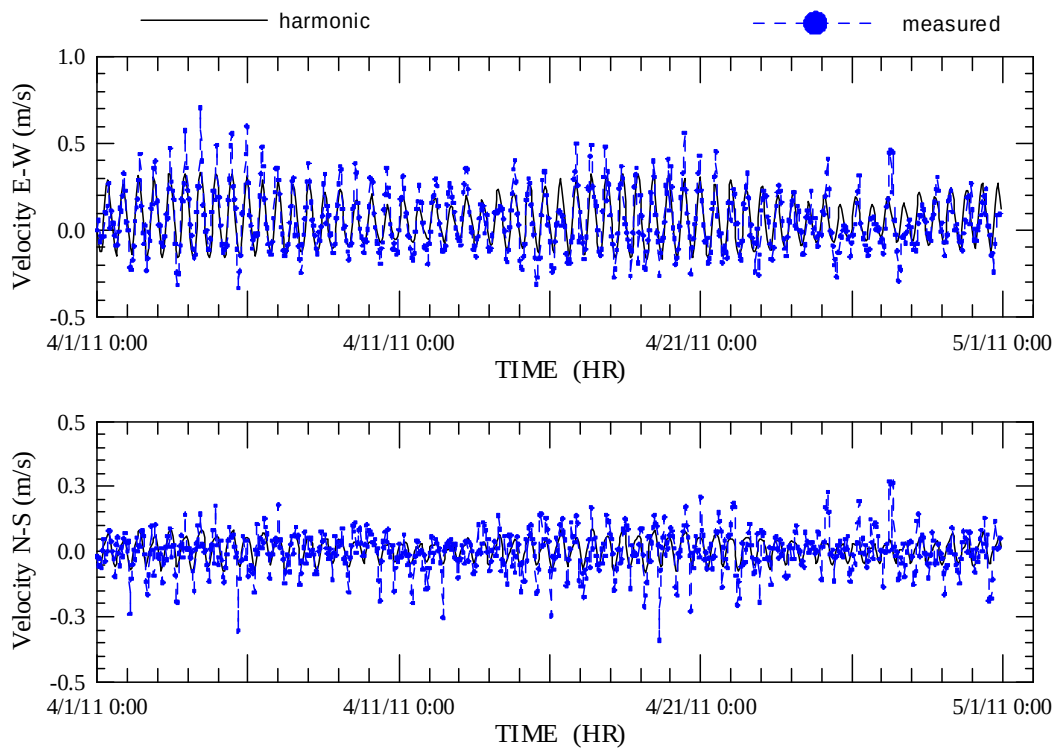


圖 2.7 (續 1)基隆港 2011 年海流觀測資料與潮流調和分析結果之比較

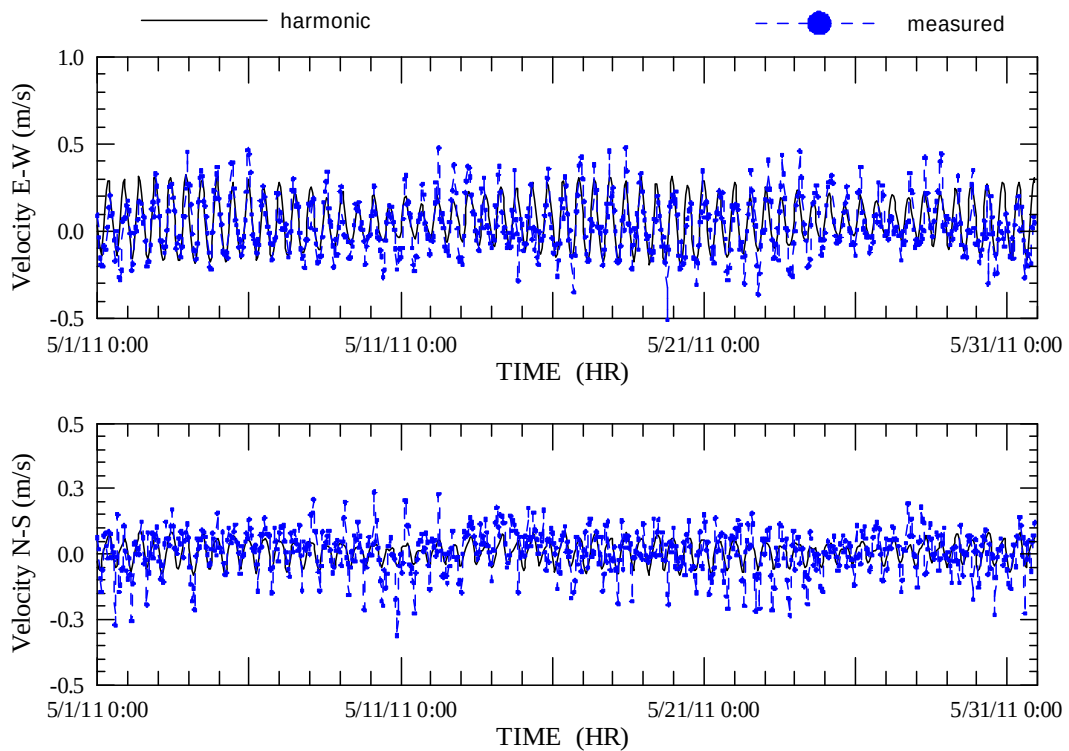


圖 2.7 (續 2)基隆港 2011 年海流觀測資料與潮流調和分析結果之比較

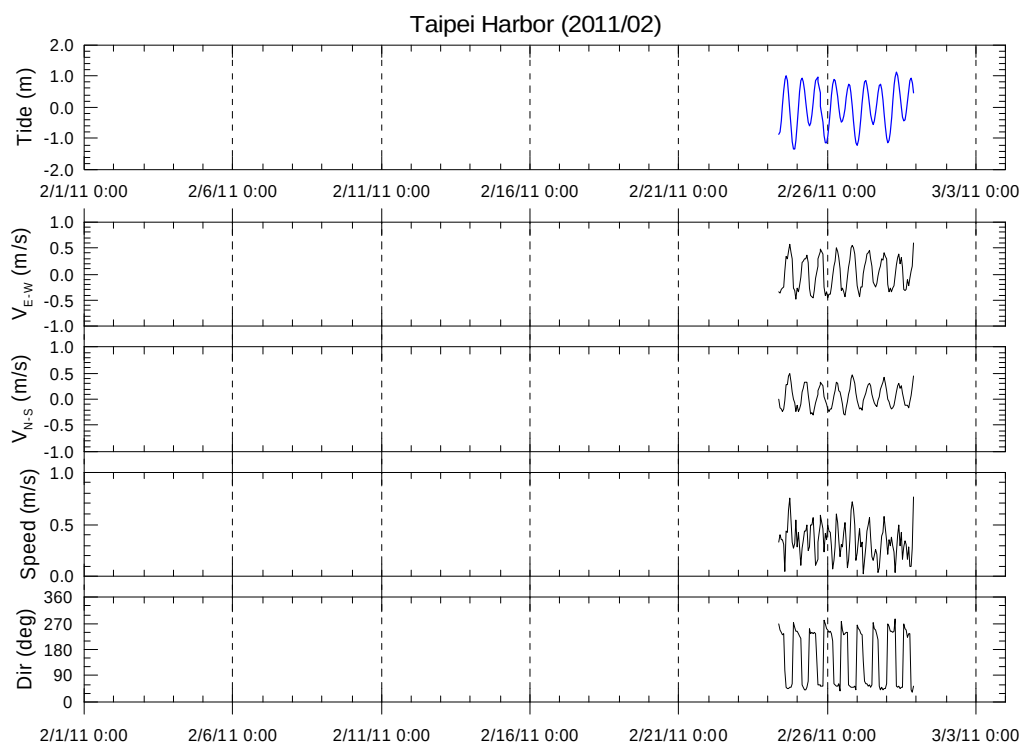


圖 2.8 臺北港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖

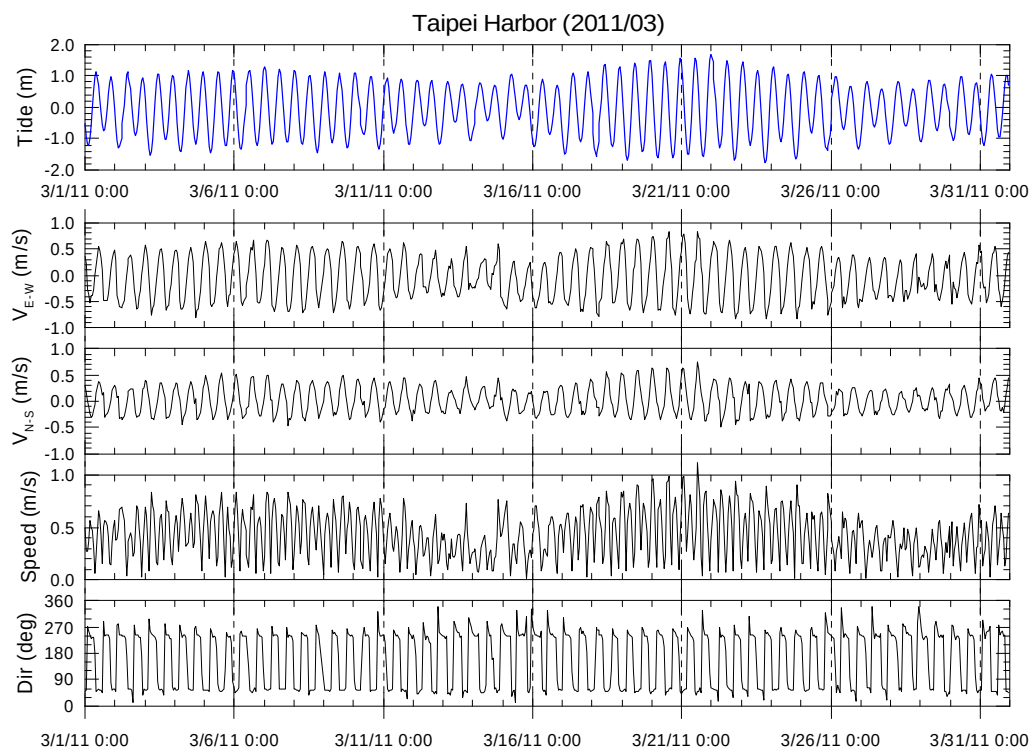


圖 2.8 (續 1) 臺北港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖

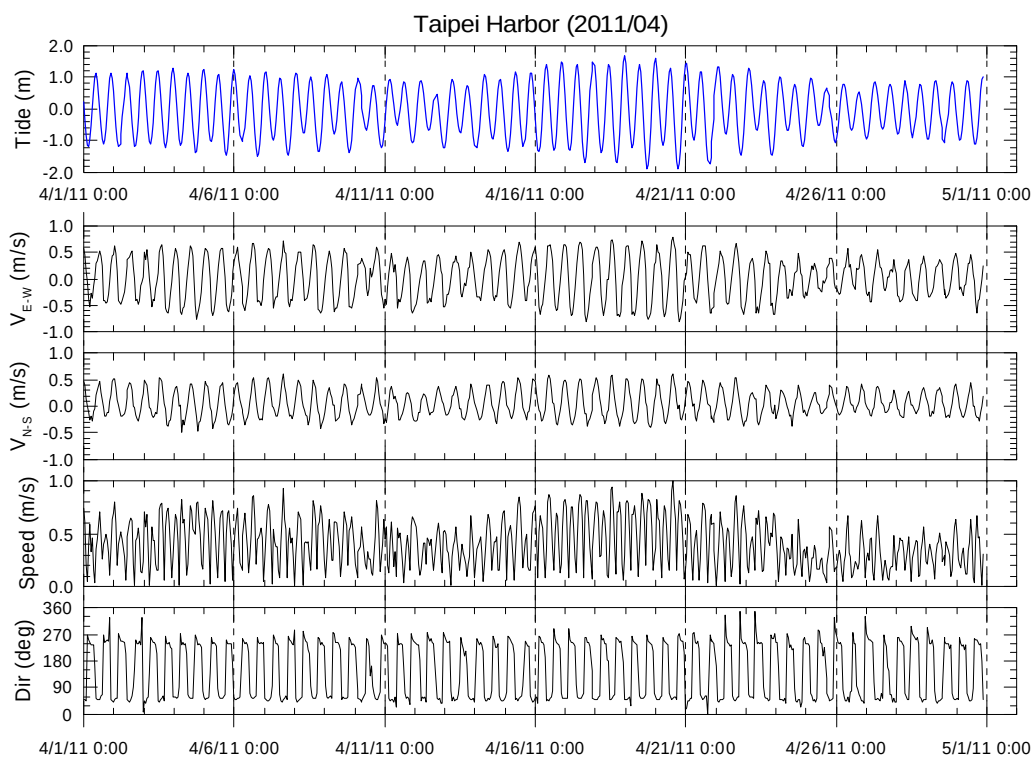


圖 2.8 (續 2) 臺北港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖

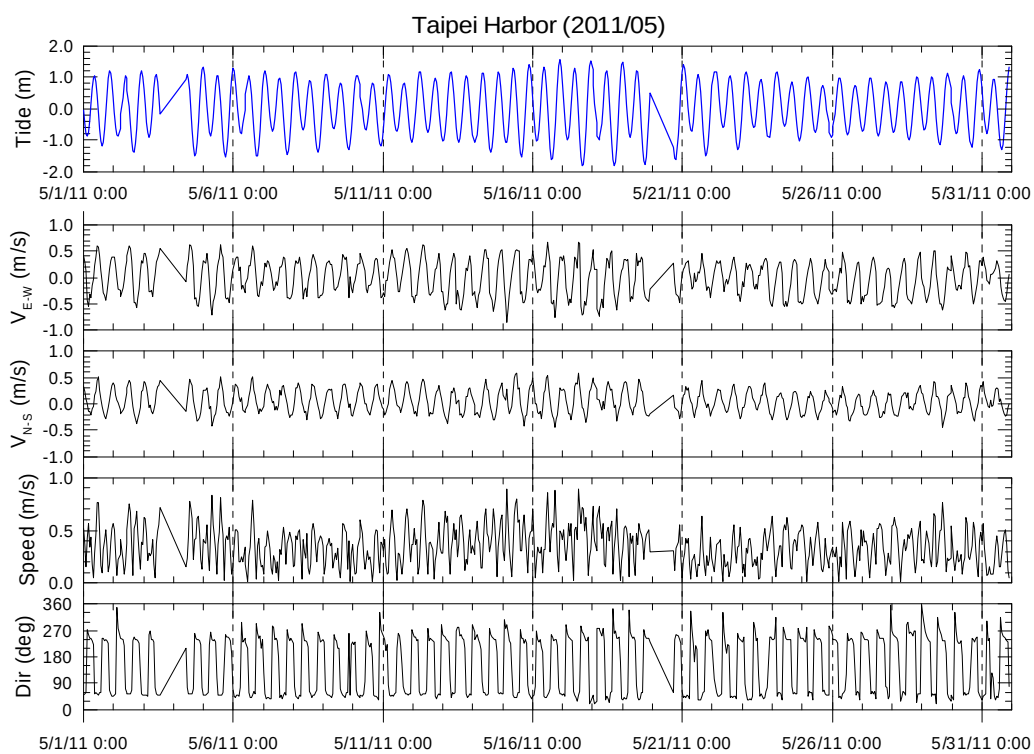


圖 2.8 (續 3) 臺北港 2011 年水位、海流觀測資料時序列歷線圖

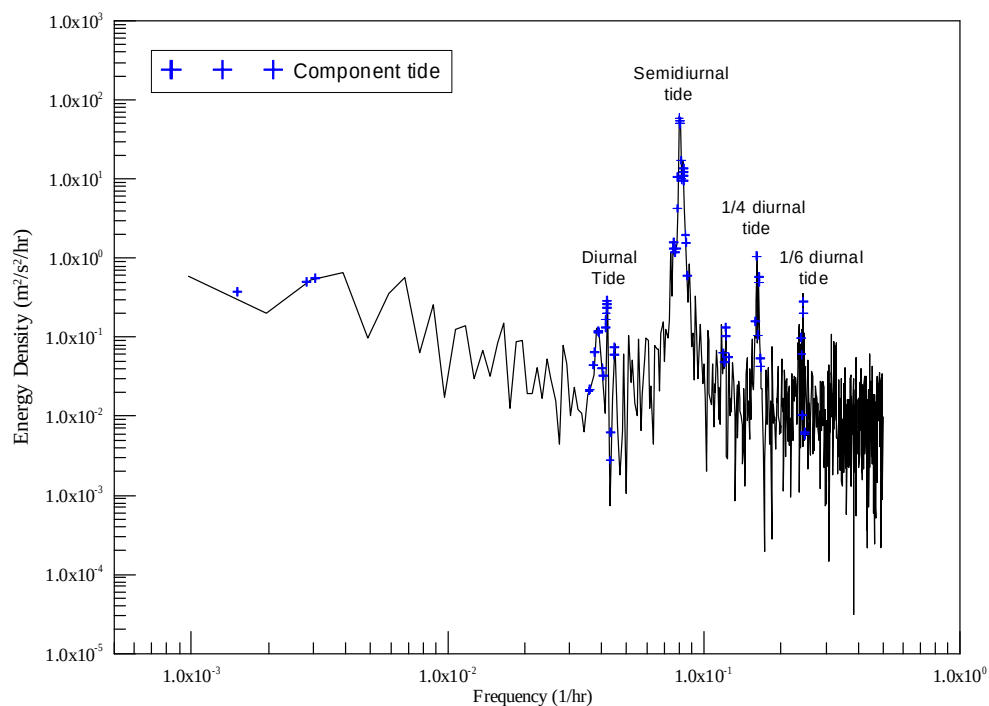


圖 2.9 臺北港海流觀測資料 E-W 方向分量頻譜分析結果
(2011/02/24~05/03)

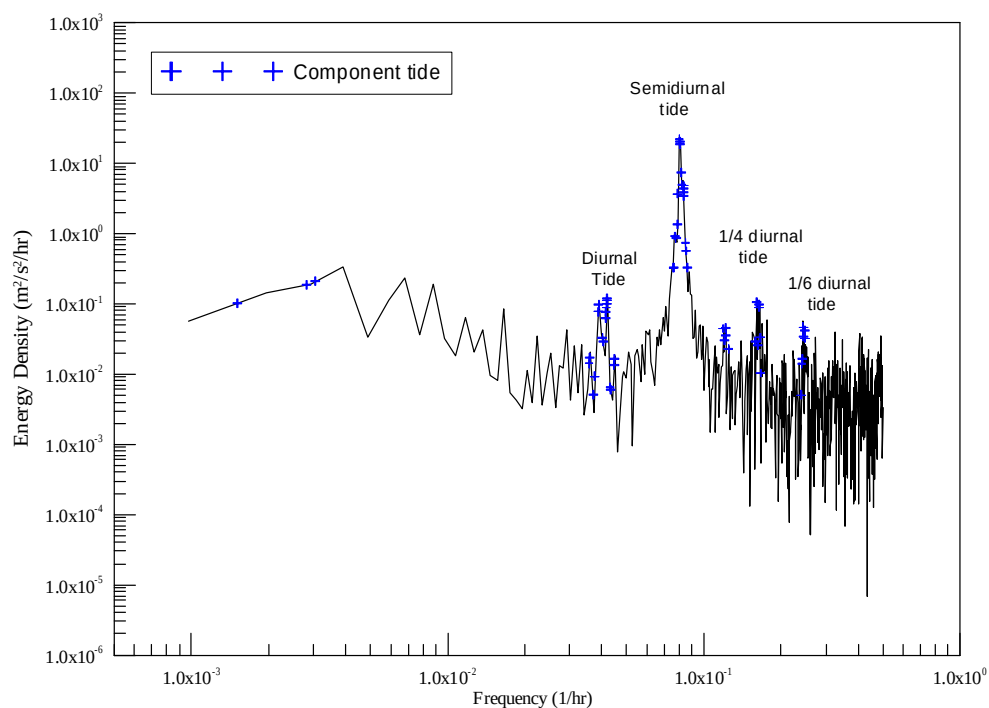


圖 2.10 臺北港海流觀測資料 N-S 方向分量頻譜分析結果
(2011/02/24~05/03)

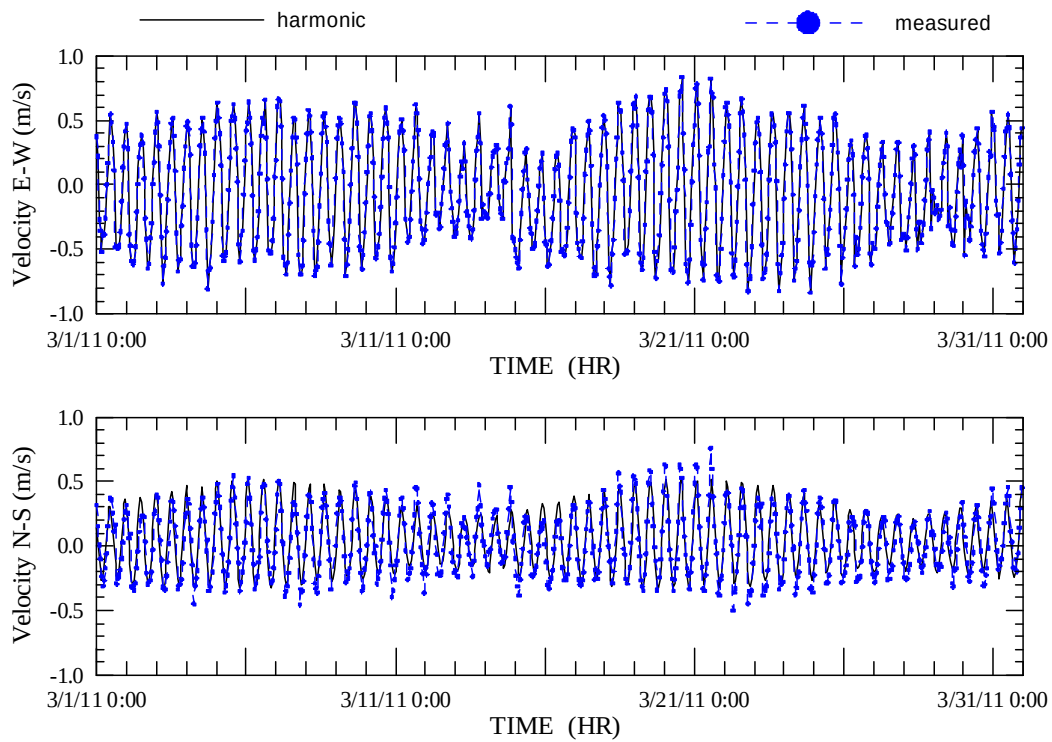


圖 2.11 臺北港 2011 年海流觀測資料與調和分析結果之比較

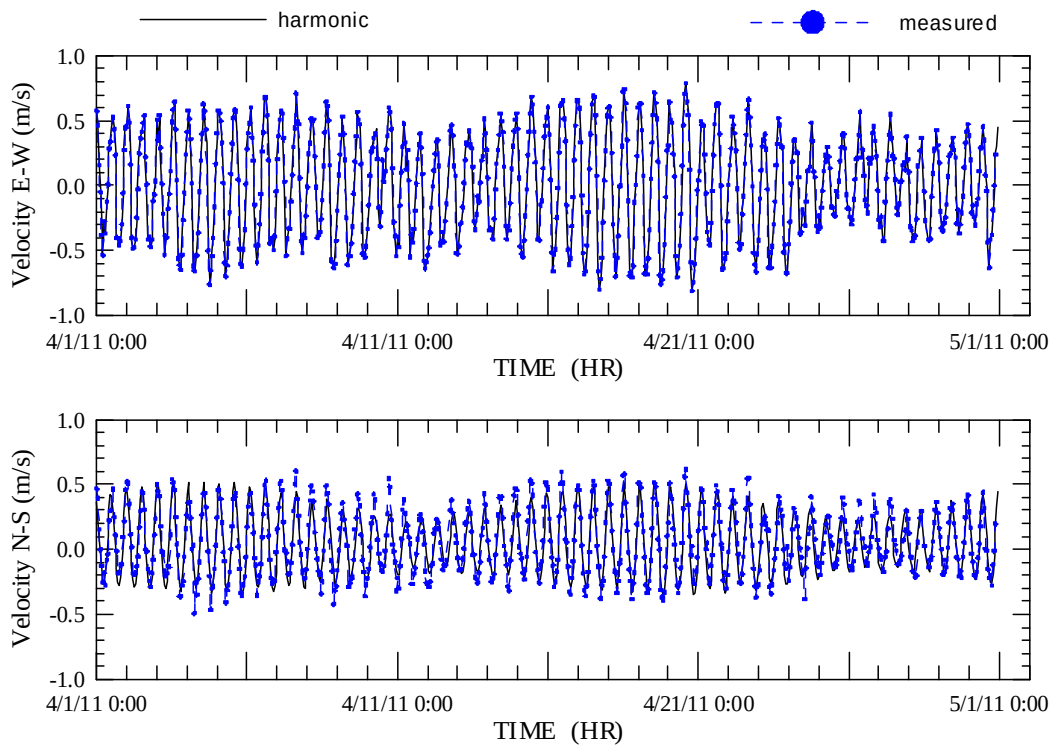


圖 2.11 (續)臺北港 2011 年海流觀測資料與調和分析結果之比較

2.4 颱風

根據中央氣象局發佈資料，本年度至 9 月底共計有五個颱風影響臺灣本島或附近海域，分別為艾利、桑達、米雷、梅花以及南瑪都颱風，其相關資訊，包括警報期間、強度、中心最低氣壓、最大風速及暴風半徑等，如表 2-6 所示。由表 2-6 顯示艾利與桑達颱風警報發佈期間發生在 5 月，米雷颱風發生在 6 月下旬，梅花及南瑪都颱風則發生在 8 月，其中以桑達和南瑪都颱風曾發展為強烈颱風，接近臺灣時颱風中心最低氣壓皆為 920 hPa，近臺時中心最大風速以桑達颱風最大為 55 m/s，七級風暴風半徑以中度颱風梅花最大為 280 km，十級風暴風半徑則以桑達颱風最大為 100 km。

有關颱風之行進路徑如圖 2.9 至圖 2.13 所示，艾利颱風 5 月 7 日於菲律賓東方海面生成，初期移動方向偏西，8 日接近菲律賓群島時，轉為向西北至北北西方向移動，9 日颱風中心於 11 時左右進入呂宋島，移動方向由北北西轉為偏北，10 日 11 時之後，轉為偏東北方向移動，隨後於 12 日 2 時，在日本南方海面減弱為熱帶性低氣壓，颱風中心離基隆港最近距離約為 343 km；桑達颱風 5 月 22 日於菲律賓東方海面生成，初期移動方向偏西北西，25 日以後逐漸轉向偏北北西轉偏北方向移動，通過臺灣東部近海後，逐漸轉為向東北方向加速移動，29 日於日本南方海面轉變為溫帶氣旋，颱風中心離基隆港最近距離約為 308 km；米雷颱風 6 月 22 日於菲律賓東方海面生成，往北北西方向移動並經過臺灣東方海面，其暴風圈於 25 日通過臺灣東北部海面與北部海面，颱風中心離基隆港最近距離約為 283 km，27 日於黃海減弱為熱帶性低氣壓；梅花颱風 7 月 28 日於菲律賓東方海面生成，初期往西移動，隨後轉為偏北移動，8 月 2 日起逐漸轉為偏西北方向移動，通過日本那霸南方海面後，逐漸轉為偏北移動，9 日於中國東北減弱為熱帶性低氣壓，颱風中心離基隆港最近距離約為 477 km；南瑪都颱風 8 月 23 日於菲律賓東方海面生成，初期往西移動，隨後轉為偏西北移動，27 日其中心通過菲律賓呂宋島東北角邊緣，轉為偏北北西移動。颱風中心於

29 日 4 時 20 分左右由臺東縣大武附近登陸，13 時左右在臺南附近出海，進入臺灣海峽，緩慢向西北移動，31 日於臺灣海峽減弱為熱帶性低氣壓。

綜合以上各節所述，本計畫共蒐集了基隆港與臺北港附近外海地形水深資料，以及 2010 年兩商港之潮位與海流資料。同時蒐集了龍洞、麟山鼻、竹圍、基隆港及淡水第二漁港等五個潮位站 2010 年潮位觀測資料並進行調和分析，並將各潮位站觀測資料與調和分析結果比較。本計畫亦分析了基隆港與臺北港之海流資料，分析結果顯示此二港海流成份以半日潮流為主。此外，本計畫亦蒐集了本年度影響臺灣的颱風相關資訊，包括颱風警報期間、強度、中心最低氣壓、最大風速、暴風半徑及颱風路徑等。

表 2-6 本年度侵台颱風相關資訊

中文名稱	英文名稱	警報期間	近台強度	近臺颱風中心最低氣壓 (hPa)	近臺颱風中心最大風速 (m/s)	七級風暴風半徑 (km)	十級風暴風半徑 (km)
艾利	AERE	5/09～5/10	輕度	990.0	23.0	150	--
桑達	SONGDA	5/27～5/28	強烈	920.0	55.0	220	100
米雷	MEARI	6/23～6/25	輕度	982.0	28.0	200	--
梅花	MUIFA	8/04～8/06	中度	945.0	43.0	280	--
南瑪都	NANMADOL	8/27～8/31	強烈	920.0	53.0	180	50

資料來源：中央氣象局網站

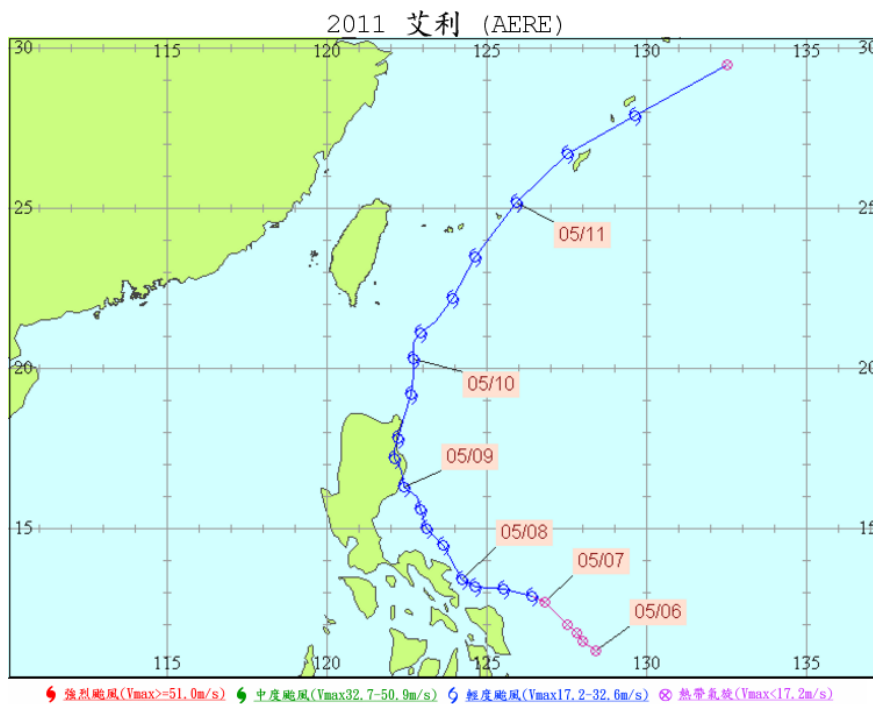


圖 2.12 艾利颱風行進路徑圖

資料來源：中央氣象局網站

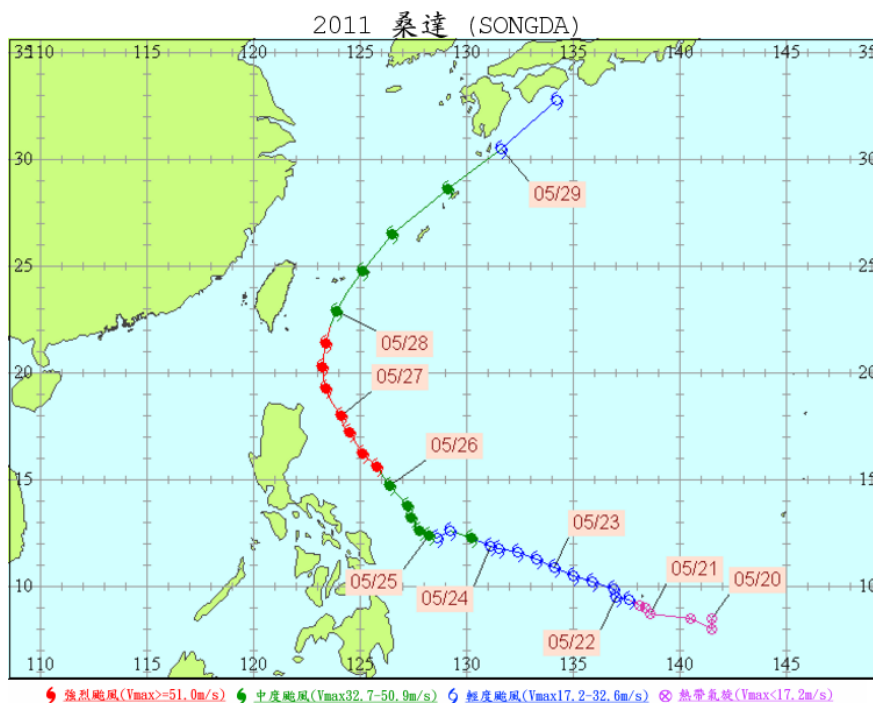


圖 2.13 桑達颱風行進路徑圖

資料來源：中央氣象局網站

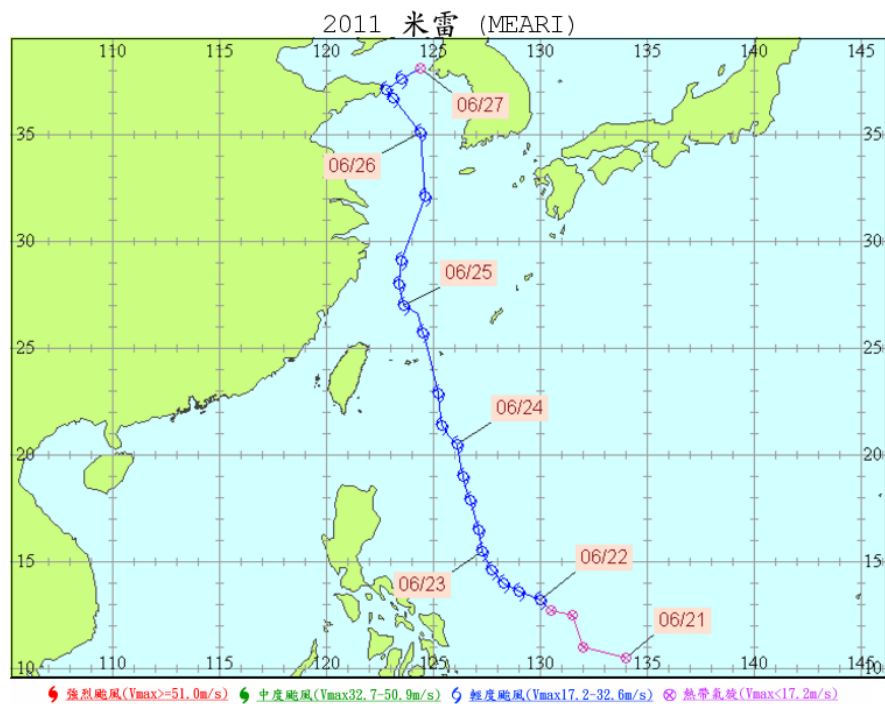


圖 2.14 米雷颱風行進路徑圖

資料來源：中央氣象局網站

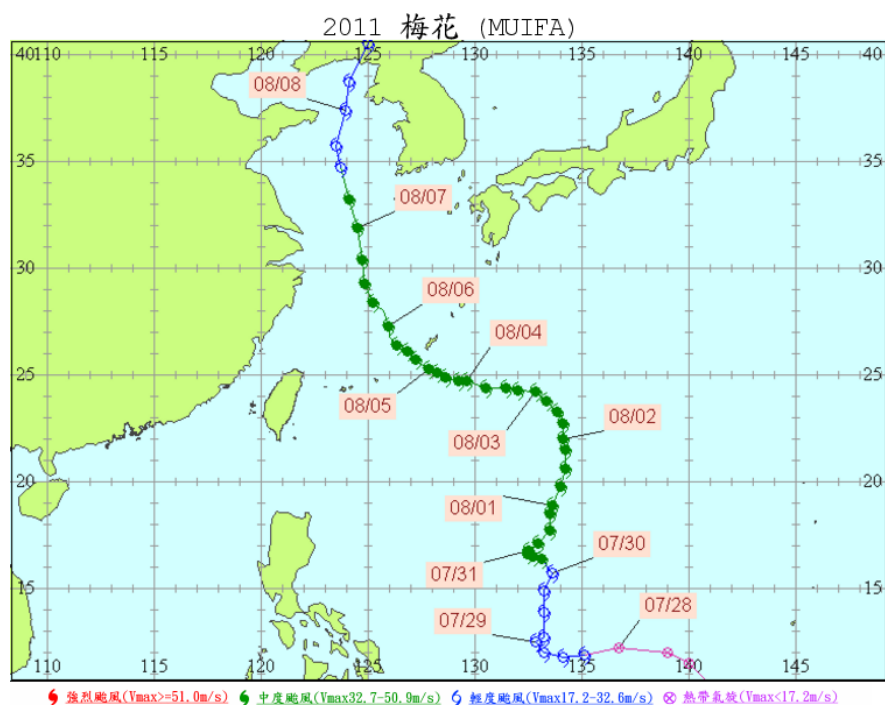


圖 2.15 梅花颱風行進路徑圖

資料來源：中央氣象局網站

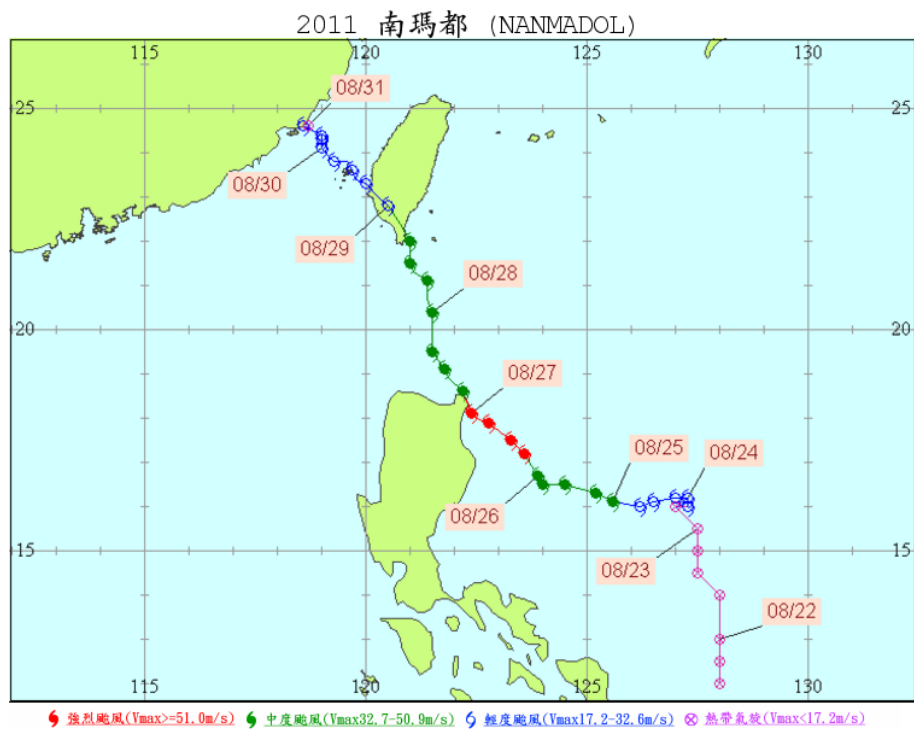


圖 2.16 南瑪都颱風行進路徑圖

資料來源：中央氣象局網站

第三章 基隆港水動力模式

本章節主要依據 2010 年修正之基隆港水動力模擬子系統，配合本年度之工作項目進行 2011 年基隆港港區水位及流場模擬，內容包括地形與計算格網之建立、模式邊界條件之建立、模式參數率定與驗證以及基隆港流況模擬結果。有關水動力模式理論介紹與模式有限元素法求解過程及其相關數值計算則詳列於附錄 IV。

3.1 地形與計算格網之建立

基隆港水動力模式模擬範圍東起新北市瑞芳區鼻頭角海岸，西至新北市三芝區富貴角海岸，東西長約 43 公里；模式離岸邊界大致與基隆海岸平行，東側離岸距離約 20 公里，西側離岸距離約 17 公里。其中模式東側邊界鄰近龍洞潮位站，西側邊界鄰近麟山鼻潮位站。本計畫基隆港水動力模式數值計算格網係由 2610 個節點及 4745 個三角形元素構成，如圖 3.1 所示，其中基隆港港區及港口附近之數值計算格網分布情形，如圖 3.2 所示。模式之地形水深資料主要依據海軍測量局刊行之海軍水道圖圖號為 0352、0353A 與 04513 等水深資料建置得到，模式模擬範圍內之水深變化如圖 3.3 所示。

3.2 邊界條件之建立

在水動力數值模式中，模式邊界型態分為海域開放邊界及陸地邊界兩種，其中海域開放邊界通常採用水位(潮位)條件為模式之邊界條件；常見之陸地邊界條件分為不滑動邊界條件(即邊界節點流速等於零)及滑動邊界條件(即邊界節點垂直方向流速為零)，本計畫模式採用滑動邊界為陸地邊界條件。在海域開放邊界之水位邊界條件方面，本年度依據所蒐集的潮位資料(基隆港、龍洞及麟山鼻潮位站)選取 2009 年及 2010 年潮位觀測資料以 34 個分潮(參考第二章)進行調和分析建立各分潮調和常數，並參考 2010 年度基隆港水動力模式水位邊界條件建立方

式，預測 2011 年 1 月 1 日零時至 2012 年 1 月 1 日零時模式各開放邊界節點之每小時水位變化資料建立模式水位邊界輸入檔(格式配合模式讀取方式及減少誤差採用機械碼方式儲存)。模式在執行時會依模擬時間由邊界水位檔案讀取該時段之邊界水位，由於邊界水位為每小時資料，因此模式新增時間內插功能，即每小時間之邊界水位值以線性內插方式得到。圖 3.4 所示為模式東、西兩側邊界水位變化之時間序列圖，其中東、西兩側水位邊界係分別依據第二章龍洞及麟山鼻潮位調和分析(34 個分潮)預測值建立的。

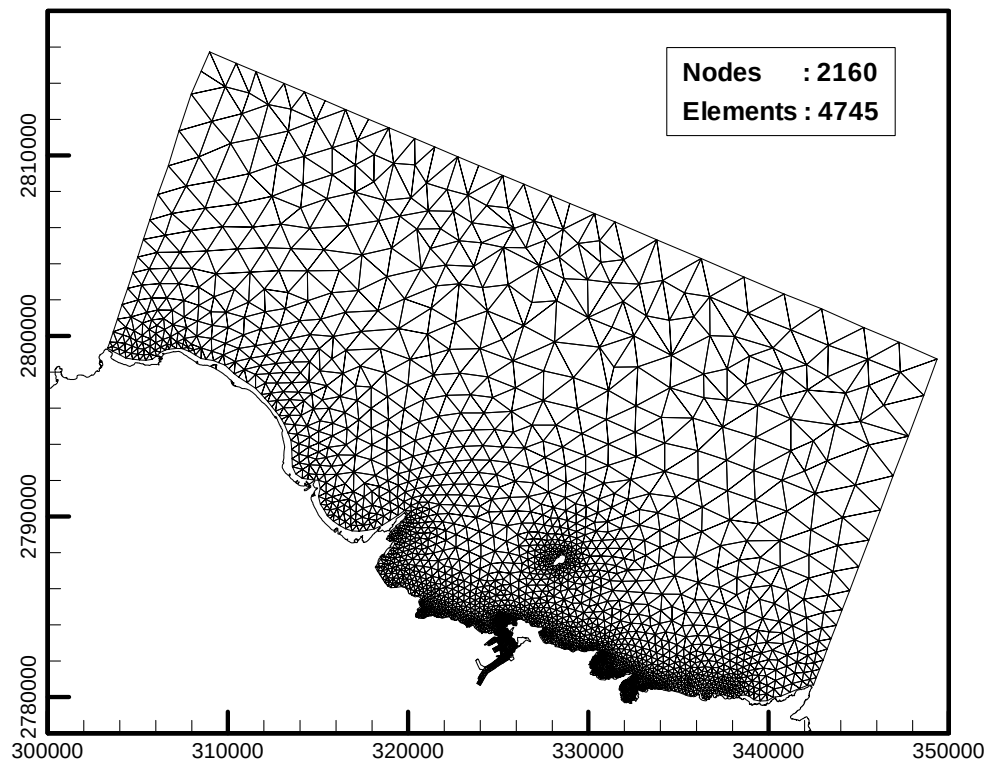


圖 3.1 基隆港水動力模式之有限元素細格網分佈圖

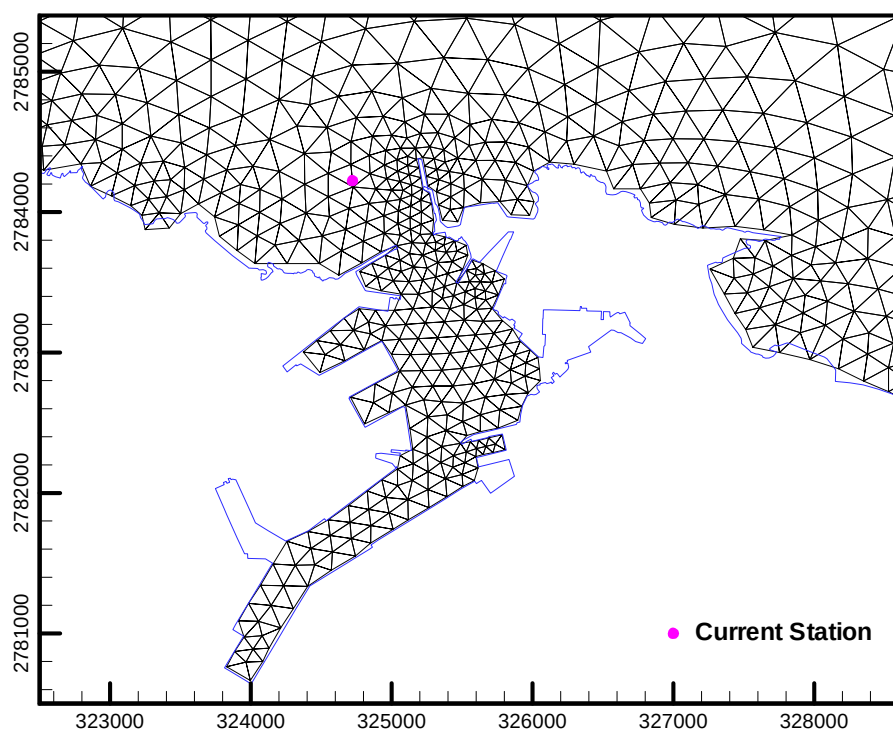


圖 3.2 基隆港港域及港口附近三角形元素分布圖

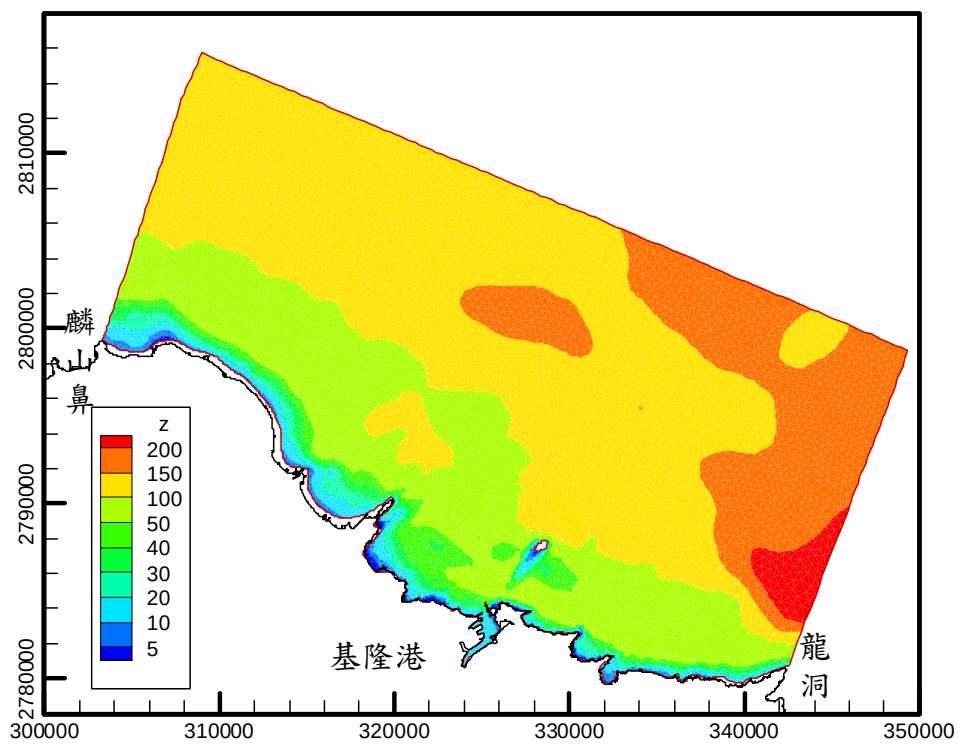


圖 3.3 基隆港水動力模式之地形水深分布圖

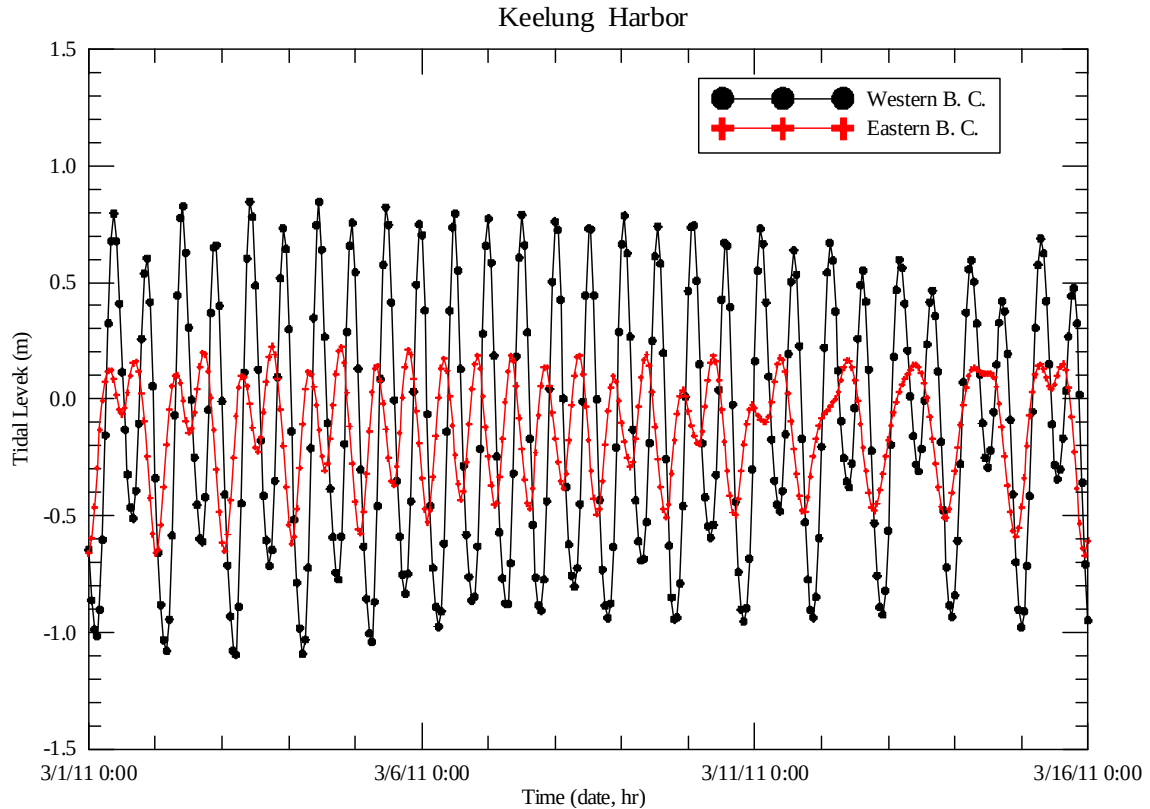


圖 3.4 基隆港水動力模式東、西開放邊界之水位邊界條件時序圖

由於基隆港水動力模式東、西兩側水位邊界潮汐型態及水位振幅差異相當大，因此離岸開放邊界水位條件如何決定至今未有明確之定論。本計畫除了延續上年度以兩側邊界各對應分潮之振幅及相位差以節點距離為依據進行線性內插得到各節點對應分潮之振幅及相位，再以調和分析方法預測各節點之水位變化為模式離岸開放邊界之水位條件外，並嘗試其他決定離岸開放邊界水位邊界件方法，如以兩側邊界水位值直接線性內插得到離岸開放邊界各節點水位邊界條件等。圖 3.5 所示係採用先建立離岸開放邊界各節點對應分潮之振幅及相位，再預測各節點在相同時段下之水位所形成之空間變化情形。

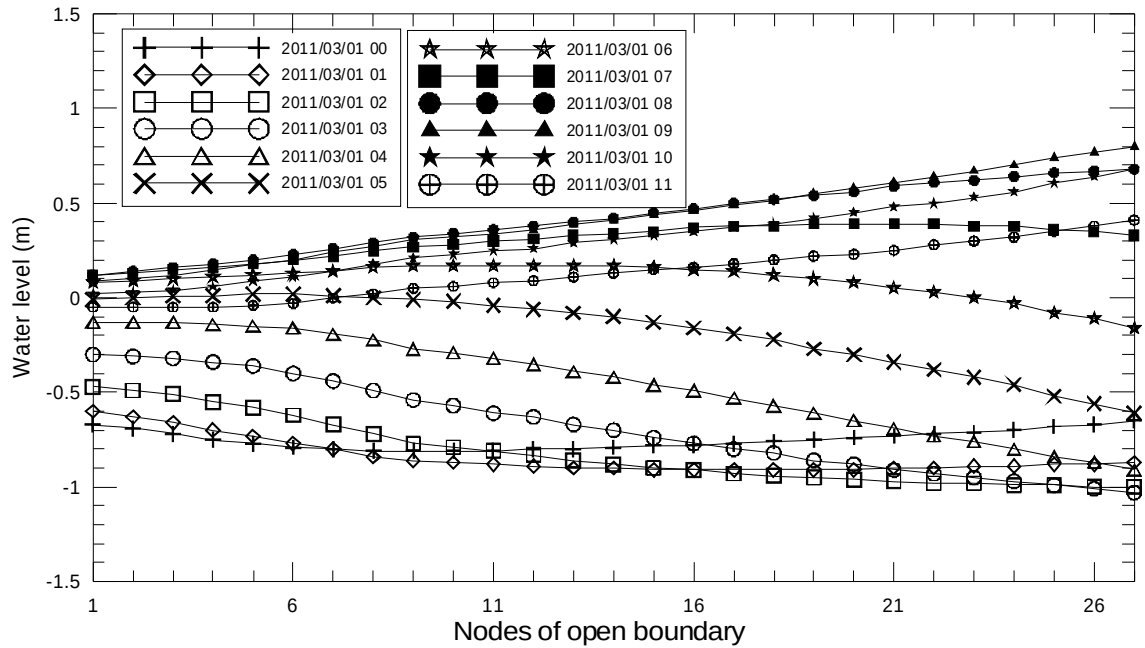


圖 3.5 基隆港水動力模式離岸開放邊界節點之水位邊界條件空間變化圖

3.3 模式參數率定與驗證

由於水動力模式數值計算之穩定性除了與三角元素大小、節點水深大小及時間項差分之間距 Δt 大小有關外，模式所使用的物理參數如渦動粘滯性係數及底床摩擦係數大小，以及模式模擬之起始條件等均會影響至模式計算之穩定性。因此相關參數值需進行率定與測試，而本計畫中基隆港水動力模式最終採用的時間間距 Δt 為 1.0 sec。渦動粘滯性係數本計畫參考 Wang and Connor (1974)之假設，即

$$E_{xx} \sim ag(\tilde{\eta}/\tilde{u})\tilde{x} \dots\dots\dots(3.1)$$

式中 a 為無因次係數，其合理的範圍為 0.01~0.1 之間； g 為重力加速度， $\tilde{\eta}$ 為潮汐代表性潮差， $\tilde{u}$ 為潮流代表性流速， $\tilde{x}$ 為三角元素代表性邊界。本計畫依據 2010 年基隆港水動力模式驗證結果得知：模式渦動粘滯性係數計算無因次係數 a 為 0.02，代表性流速 $\tilde{u}$ 為 0.5m/s，代表性潮差 $\tilde{\eta}$ 為 1.0m；底床摩擦係數隨水深而變，其值介於 0.0024~0.023 之間。

本計畫選取基隆港外海水位及海流觀測資料與模式鄰近觀測點之節點模擬結果進行模式之驗證，其中海流觀測點位置示意圖如圖 3.2 所示。由於模式模擬結果主要為天文潮流成份，而海流觀測資料除了天文潮流成份外，尚有其他成份流及觀測誤差存在，因此本計畫先針對海流觀測資料採逐月方式選取 O_1 、 K_1 、 M_2 及 S_2 等四個主要分潮以調和分析方法得到觀測資料之天文潮流大小，再與本計畫基隆港水動力模式 2011 年潮流預測模擬結果比較。如圖 3.6 所示為模式模擬預測基隆港 2011 年 3 月水位與潮流(東西向及南北向)之結果與觀測點天文潮流分析結果之比較，其中水位部分並未做調和分析，直接採用觀測資料與模式模擬結果比較。

由驗證結果顯示模式最大流速發生時間與潮流最大流速發生時間約有 2~3 小時之延遲，大潮期間尤其顯著。由水位、海流觀測資料分析發現基隆海域天文潮流最大流速普遍發生於高、低潮位轉潮階段；此一特有現象可能與本計畫水動力物理機制相抵觸(模式模擬結果顯示高、低潮位轉潮階段通常為停潮現象)。此外，基隆港潮汐在大潮期間偏向半日潮，如 3 月 5 日(初一)及 3 月 19 日(農曆十五)，小潮期間潮汐偏向混合潮，每日高低水位差則呈現小潮期間大於大潮期間，但在潮流流速大小方面，大潮期間流速振幅仍大於小潮期間之流速振幅。

基隆港港口附近流場模擬結果如圖 3.7 與圖 3.8 所示，圖 3.7 與圖 3.8 分別為 2011 年 3 月 5 日(大潮)與 3 月 12 日(小潮)基隆港港口附近流場模結果之流況向量分佈圖。

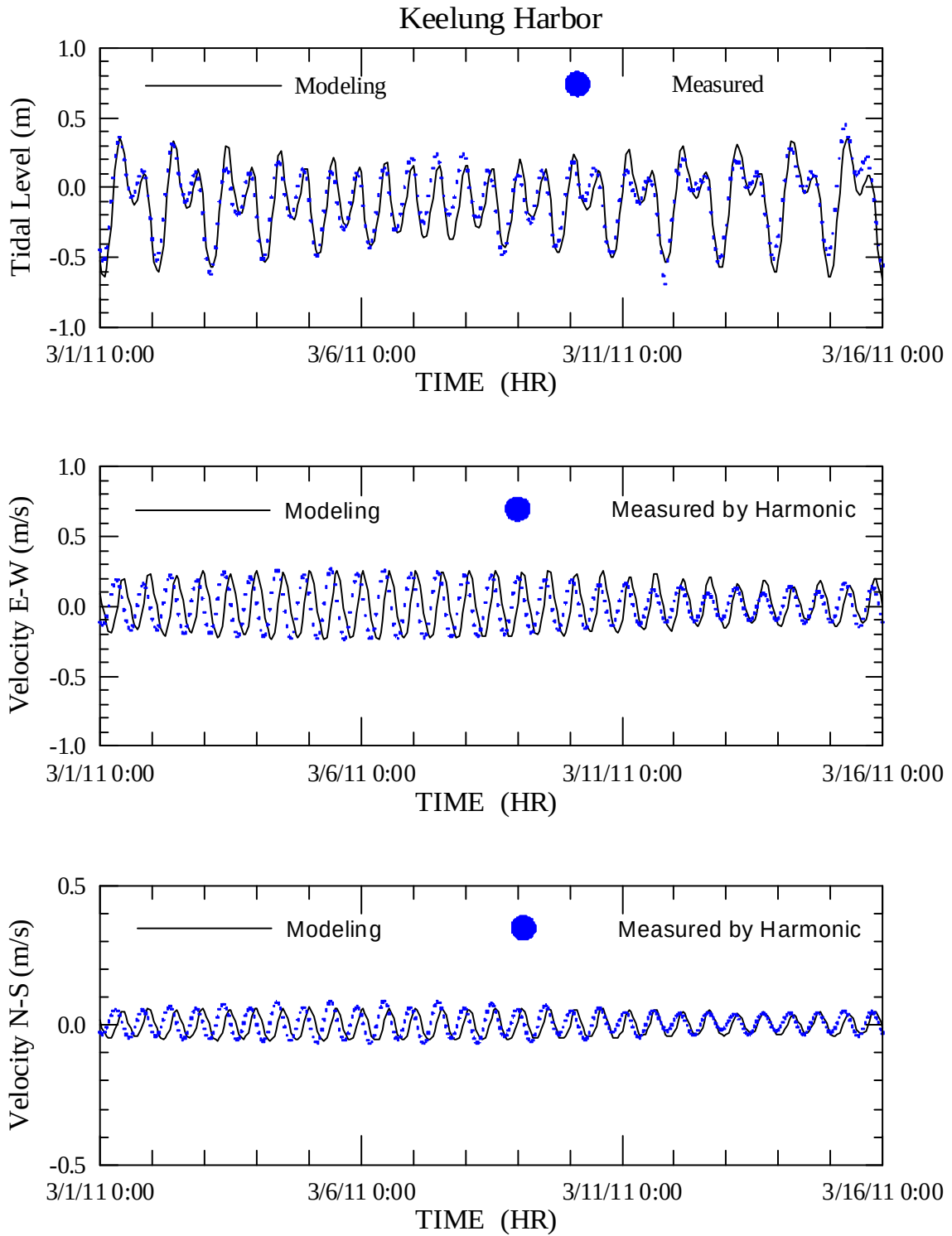


圖 3.6 基隆港水位及潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較

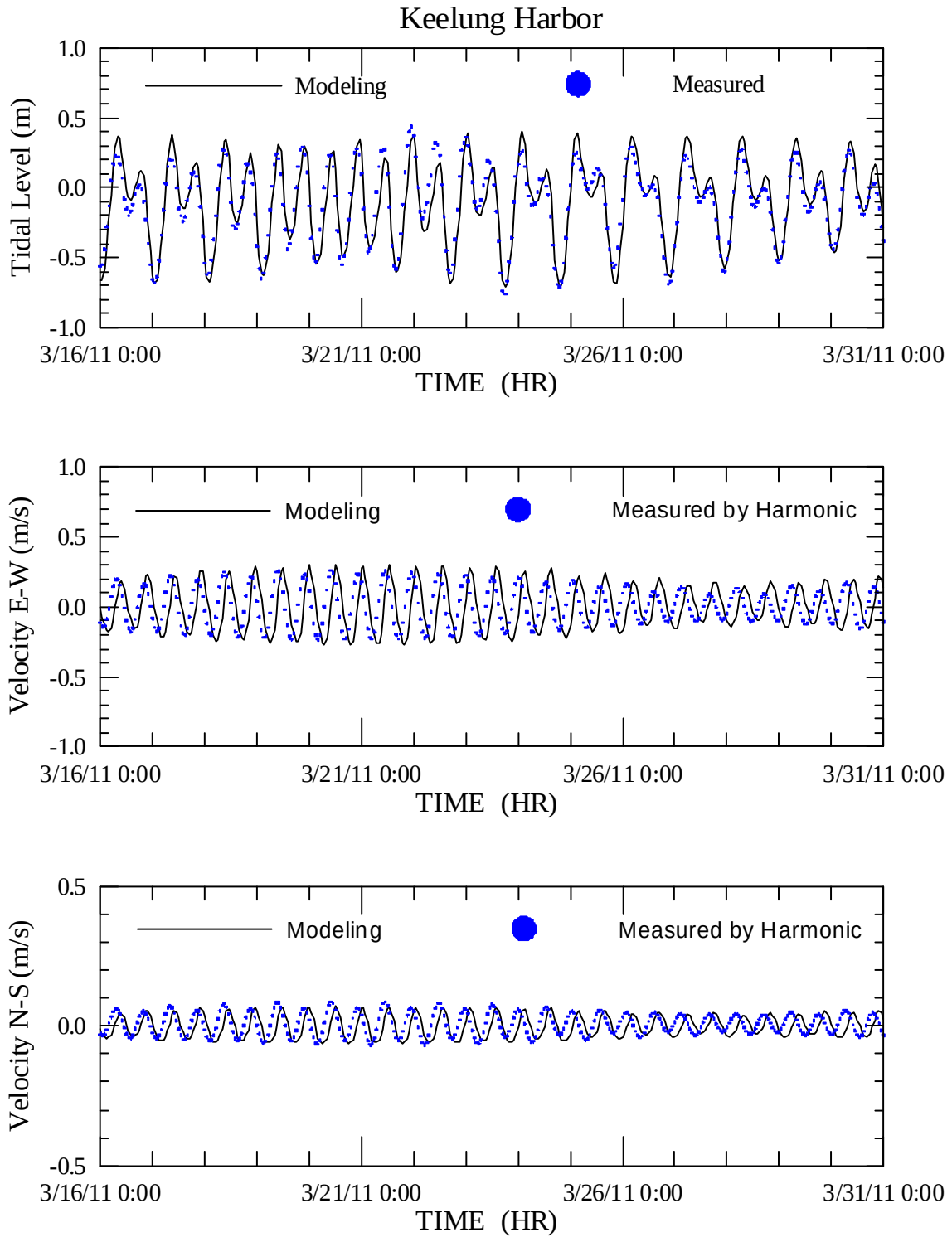


圖 3.6 (續)基隆港水位及潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較

3.4 考慮風場效應之流況模擬結果

有關風場對基隆港港口流況之影響，已於上年度(99 年)初步選取固定風場(假設風速 10.0 m/s，東北向)之條件進行數值模擬，並比較有風場與無風場作用時流速大小之差異。研究結果顯示在風場作用下，除了岸邊水深較淺處流速變化較大外，基隆嶼與平和島間之海底淺灘區亦有較大的流速變化，如圖 3.9 及圖 3.10 所示；整體而言，在持續風場作用下流速有逐漸微量增加之趨勢。

針對風場對流場之影響，本計畫除了修正模式風曳力係數(C_d)計算公式外，同時採用基隆港風速及風向觀測資料模擬非穩態風場之情況。一般而言，風曳力係數通常可表示成風速之函數如下：

$$C_d = \begin{cases} c_0 & ; U_{10} \leq U_{cr} \\ c_0 + c_1(1 - U_{cr}/U_{10}) & ; U_{10} \geq U_{cr} \end{cases} \dots\dots\dots (3.2)$$

式中係數值 c_0 、 c_1 及臨界風速 U_{cr} (m/sec)值，本計畫採取 Wilson (1960)及 Reid & Bodine (1968)之建議值分別為 0.0011、0.0025 及 7.2。

本計畫選取基隆港 2011 年 3 月風速風向每小時之觀測資料，如圖 3.11 所示，為模式風場資料進行水位及流場模擬。圖 3.10 顯示 3 月份海面東北季風仍盛行，由於風速風向觀測站位於港口，受到陸地地形影響最大風速約為 10.9 m/s。本計畫依據上述每小時風速風向資料及修正之風曳力係數計算模式中風表面應力，模擬基隆港水位及流場之變化；同時選取鄰近海流觀測站之節點水位及流速(東西向及南北向分量)模擬結果與無風場作用下水位及流速之模擬結果比較，如圖 3.12 所示。結果顯示風場對水位影響相當有限，但對東西向之流速分量則較有較為明顯的變化，顯示本年度採用的風曳力係數計算公式較能表現出風場對流場之影響。由於目前海流觀測資料中風場影響之成份流尚無明確地分析結果，因此現階段當無法對風曳力係數計算公式中之係數進行詳細之率定，僅能引用前人之研究結果進行模式之修正。

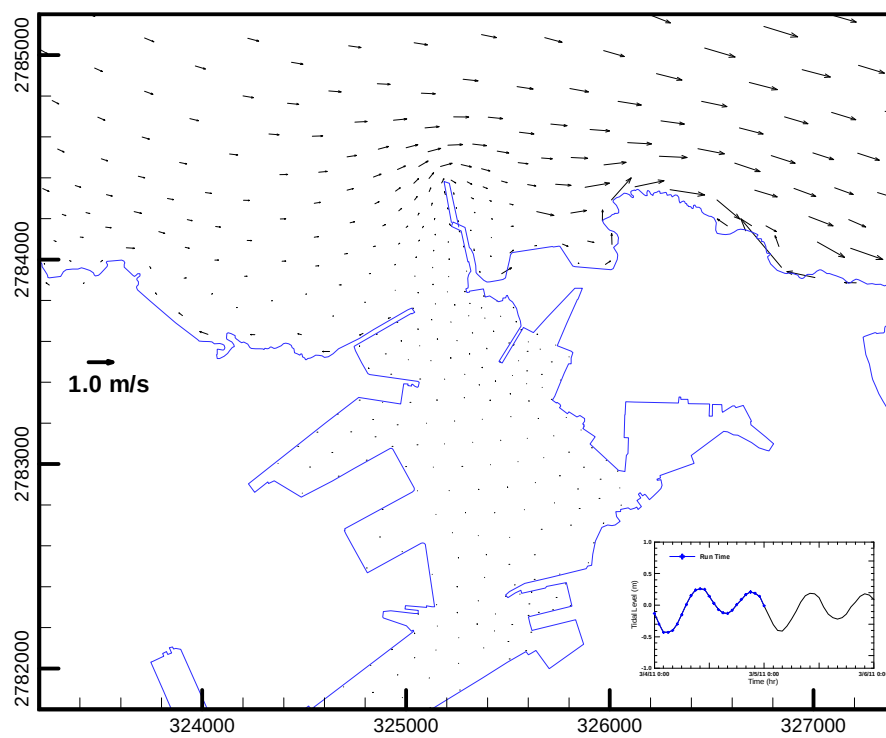


圖 3.7 基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 0 時)

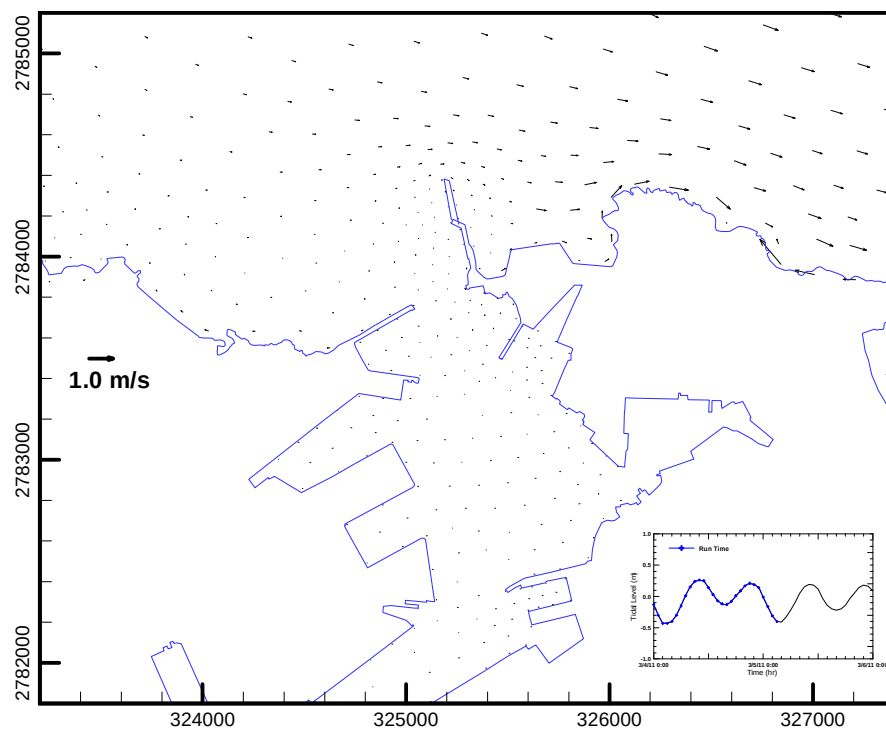


圖 3.7 (續 1)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 3 時)

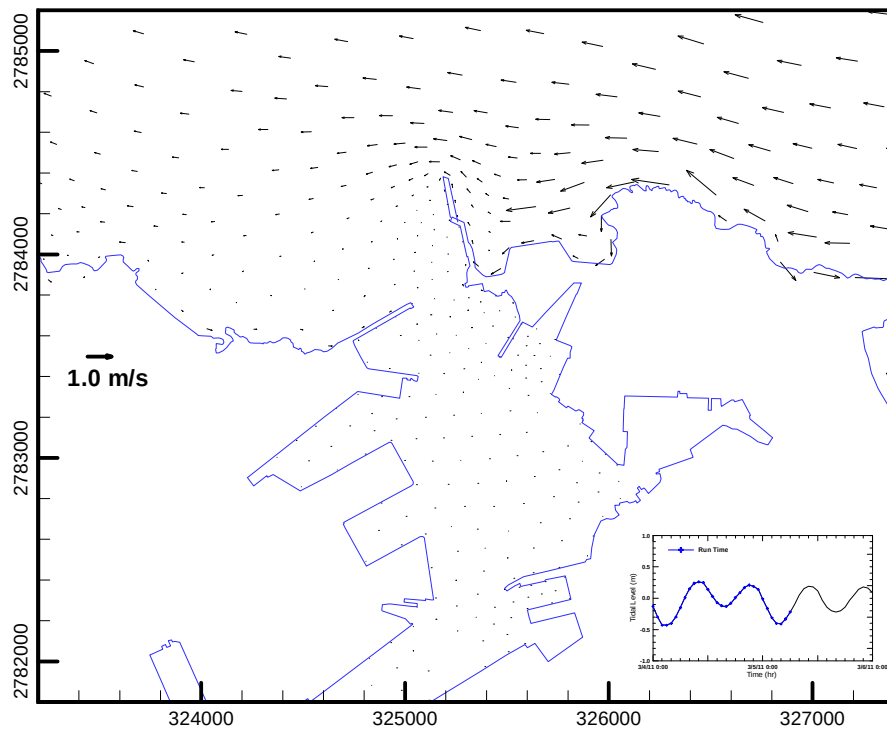


圖 3.7 (續 2)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 6 時)

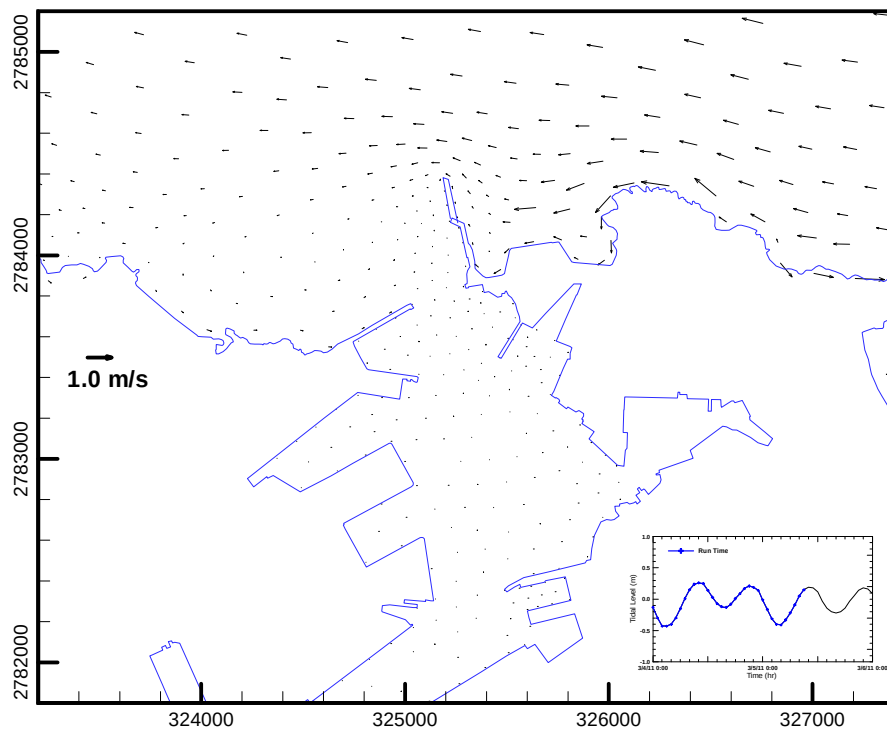


圖 3.7 (續 3)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 9 時)

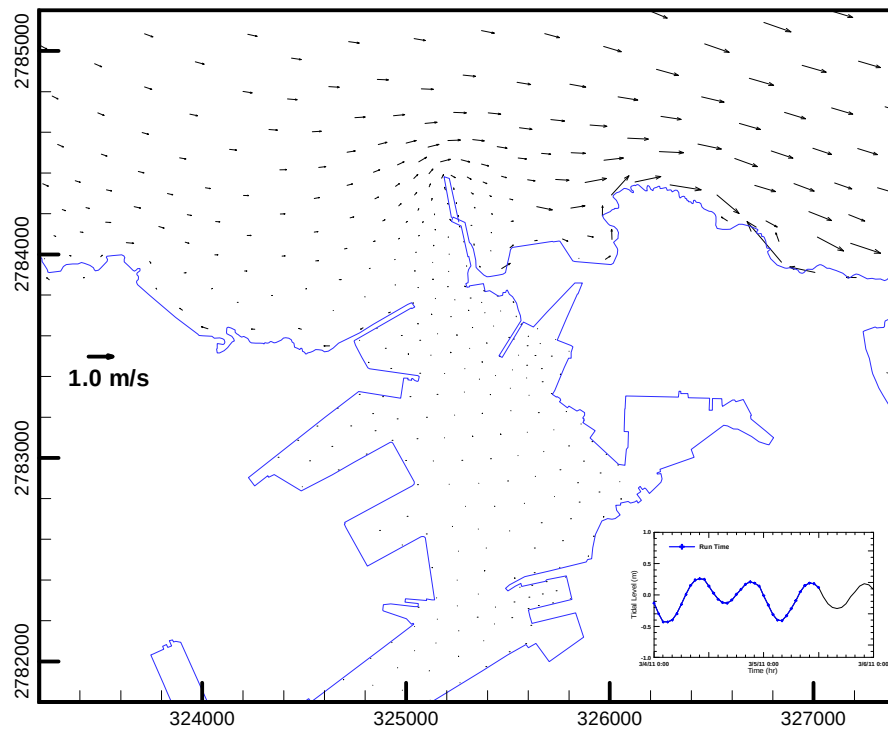


圖 3.7 (續 4)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 12 時)

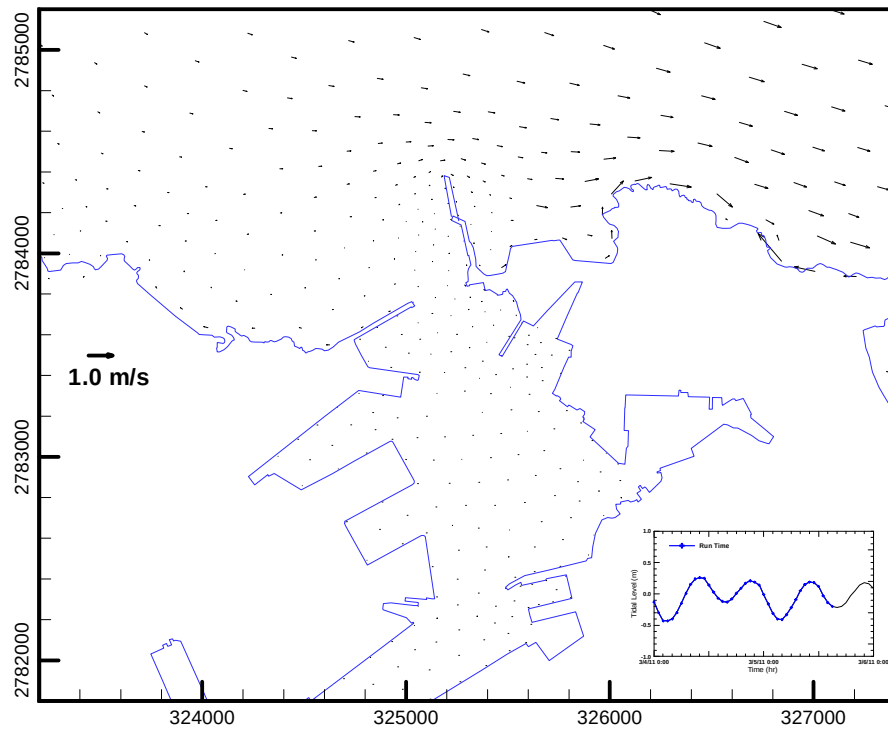


圖 3.7 (續 5)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 15 時)

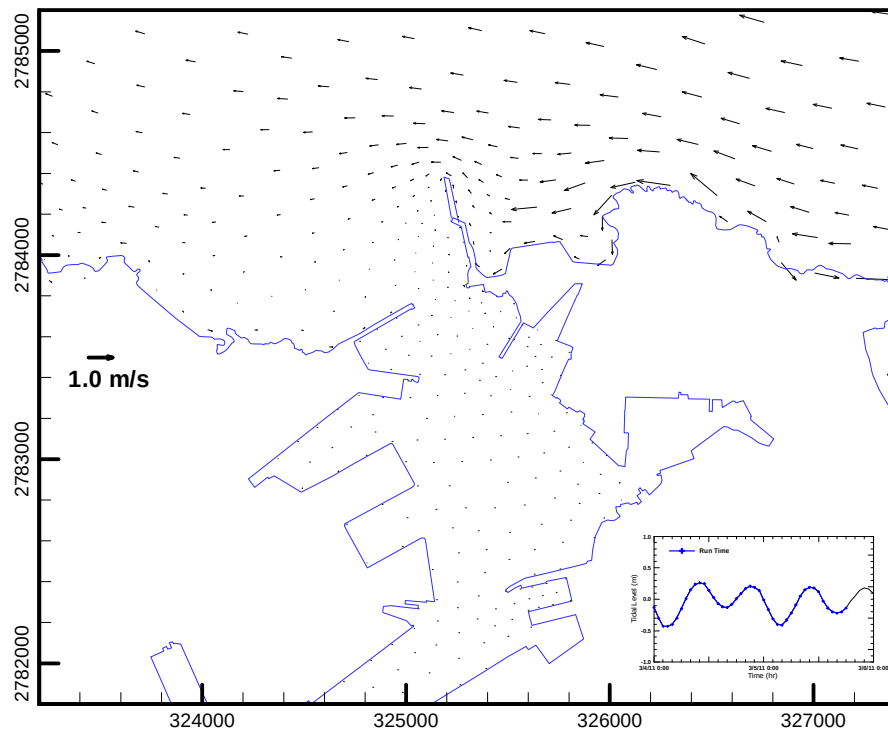


圖 3.7 (續 6)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 18 時)

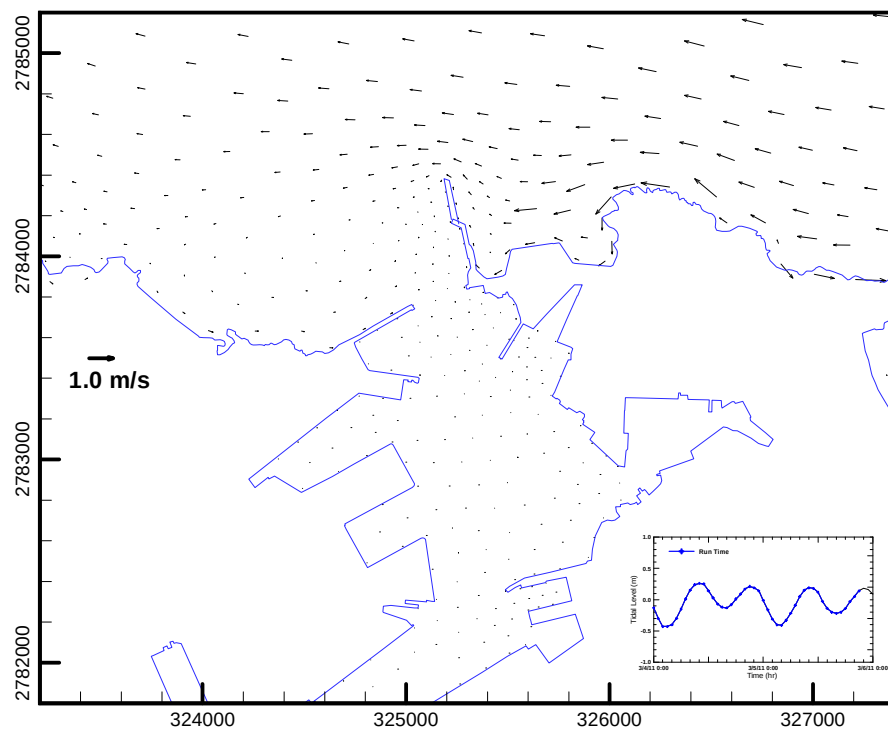


圖 3.7 (續 7)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 5 日 21 時)

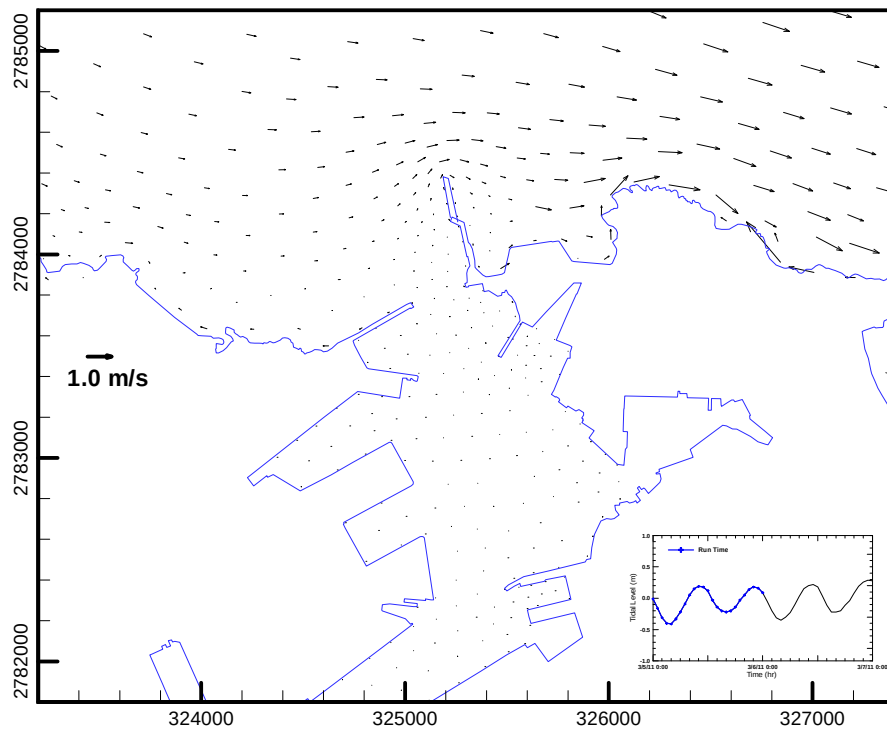


圖 3.7 (續 8)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 6 日 0 時)

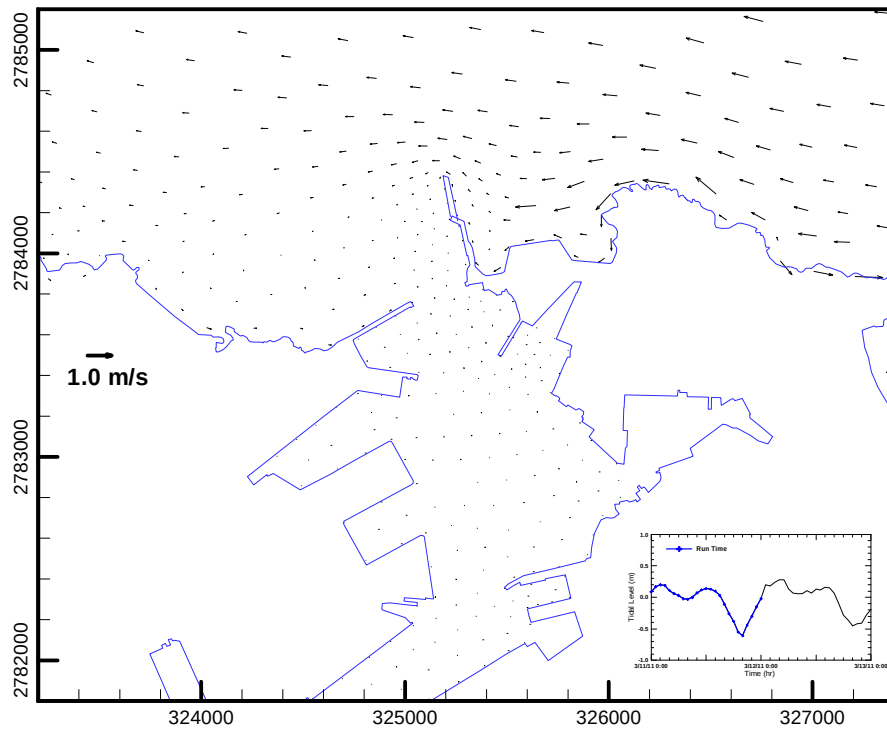


圖 3.8 基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 0 時)

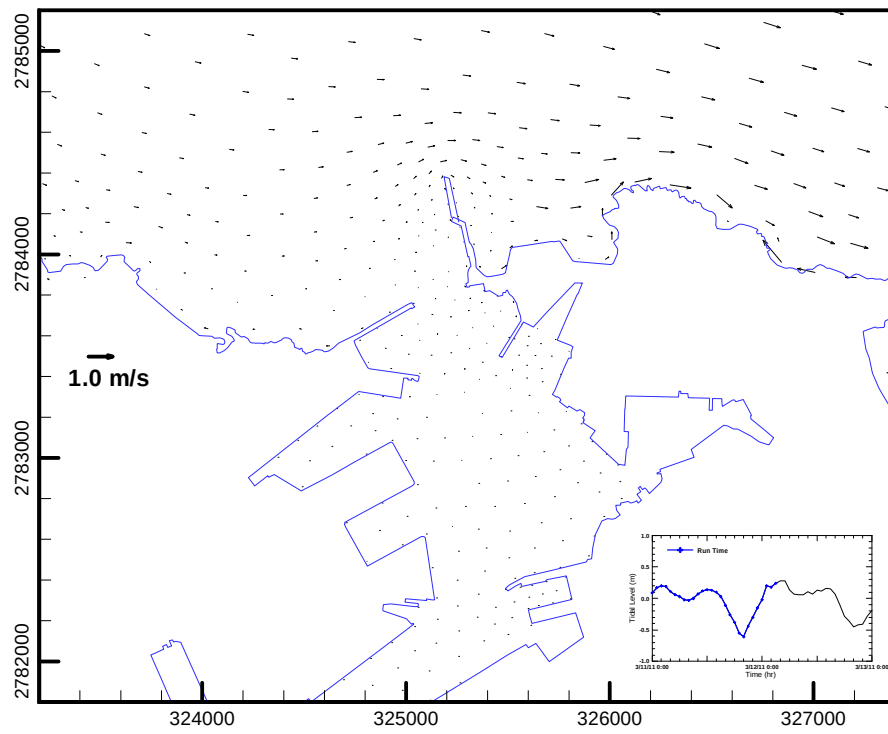


圖 3.8 (續 1)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 3 時)

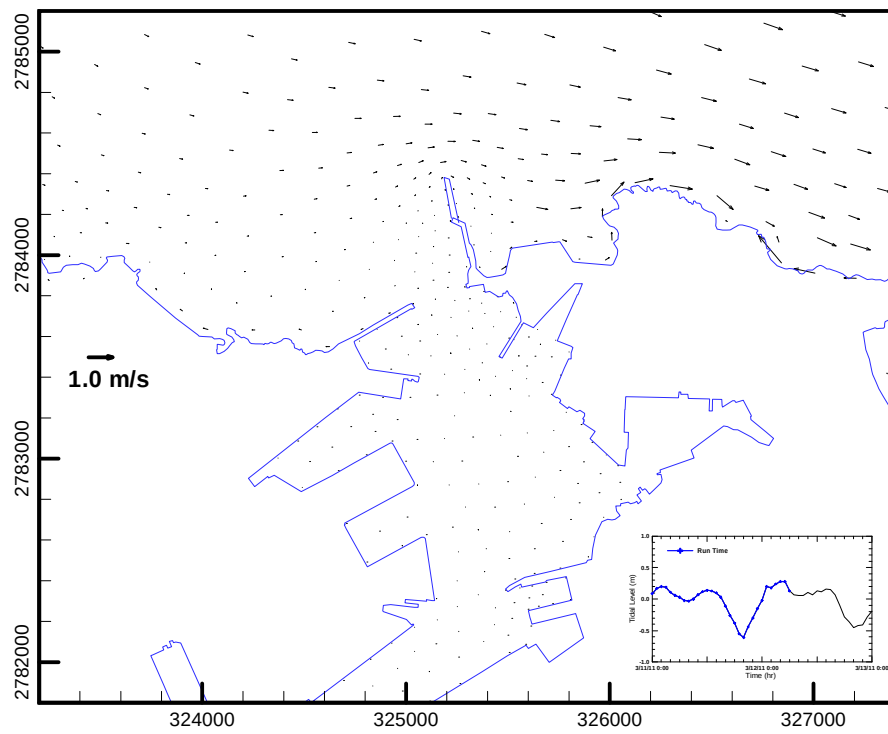


圖 3.8 (續 2)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 6 時)

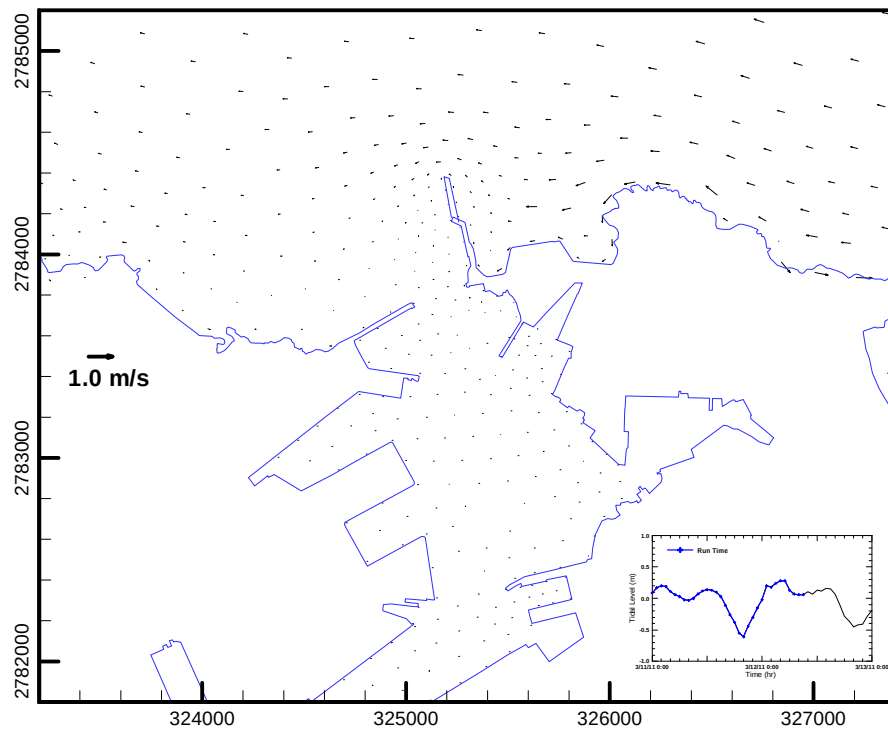


圖 3.8 (續 3)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 9 時)

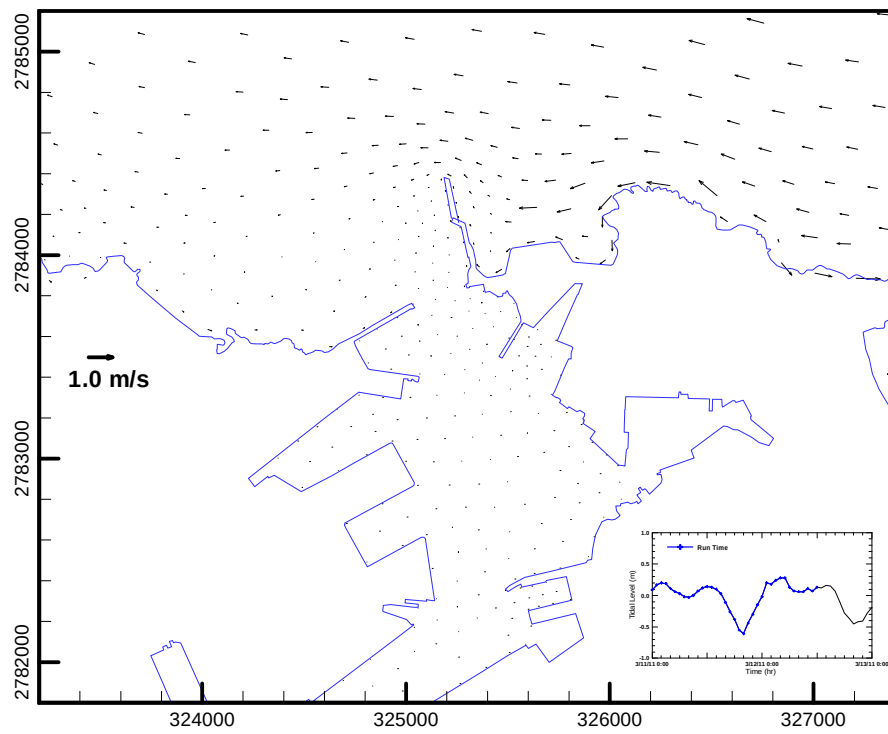


圖 3.8 (續 4)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 12 時)

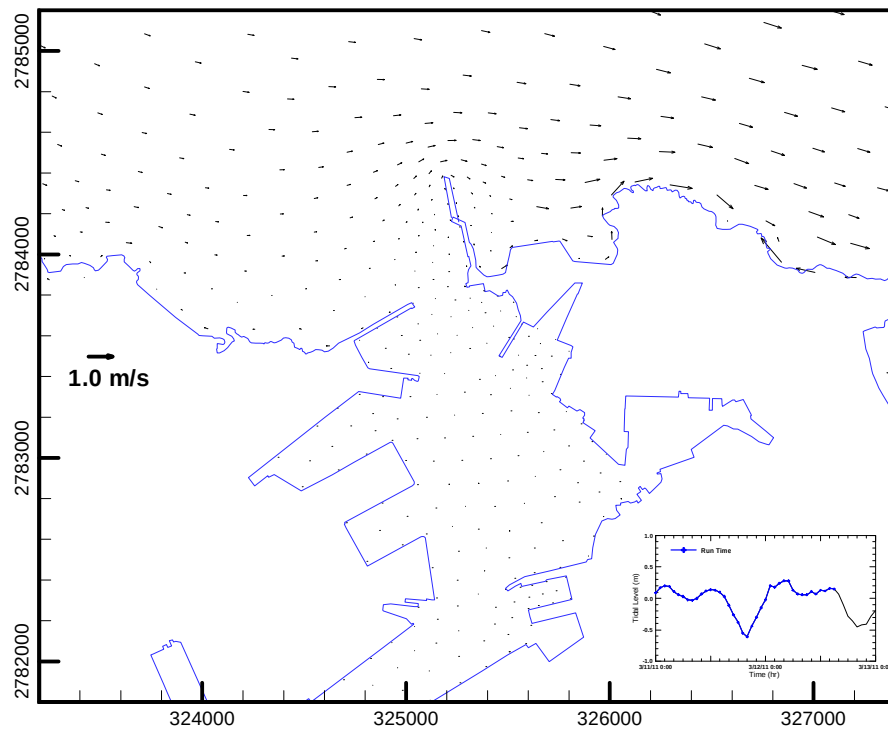


圖 3.8 (續 5)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 15 時)

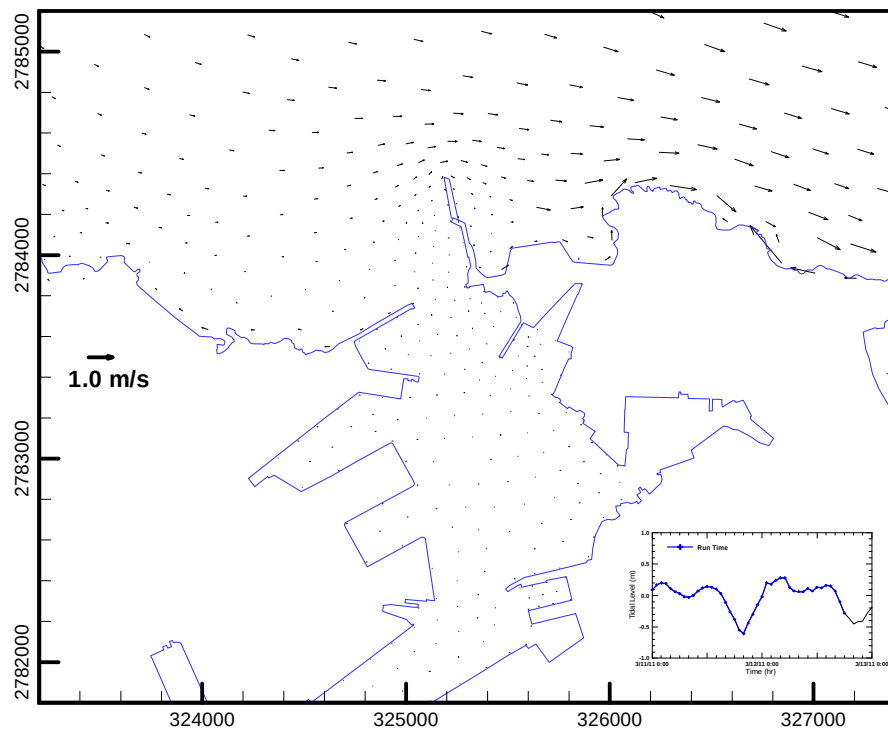


圖 3.8 (續 6)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 18 時)

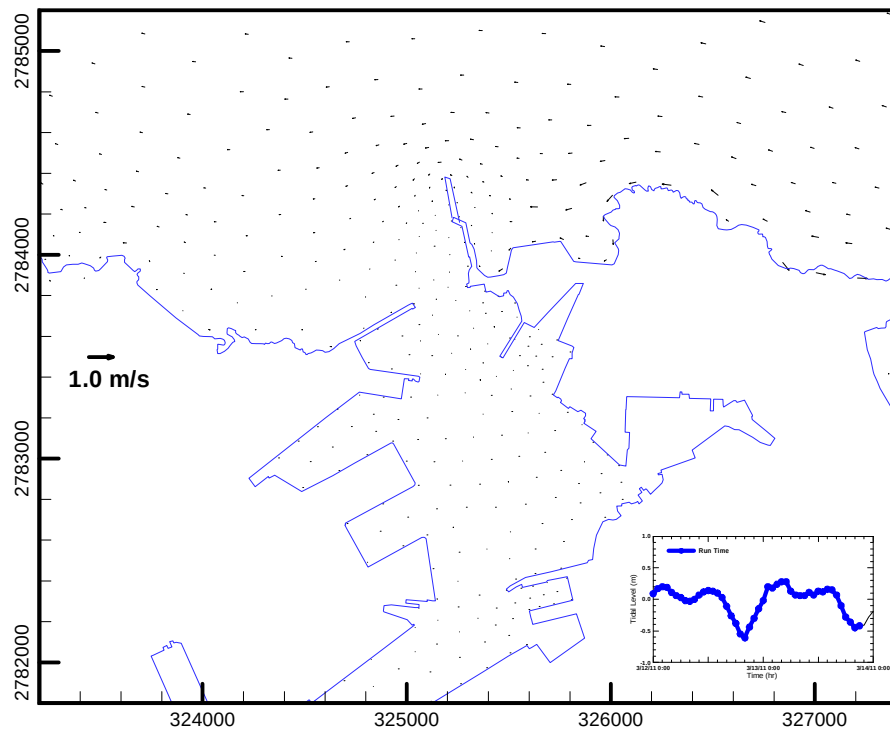


圖 3.8 (續 7)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 12 日 21 時)

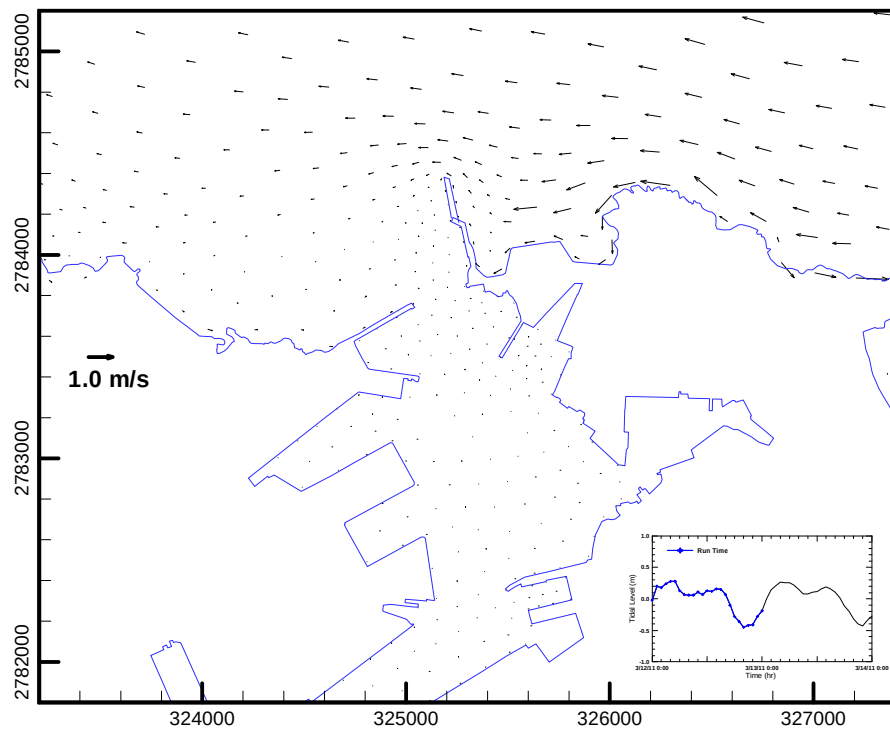


圖 3.8 (續 8)基隆港港口附近流況向量分佈圖(3 月 13 日 0 時)

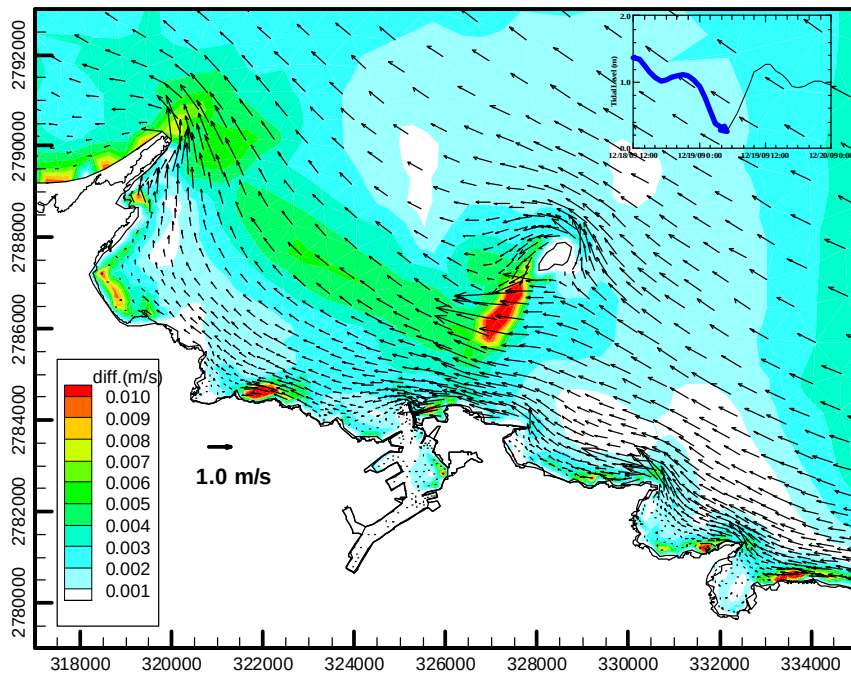


圖 3.9 無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間漲潮流況與流速差分布情形(風速為 10 m/s，風向為東北)

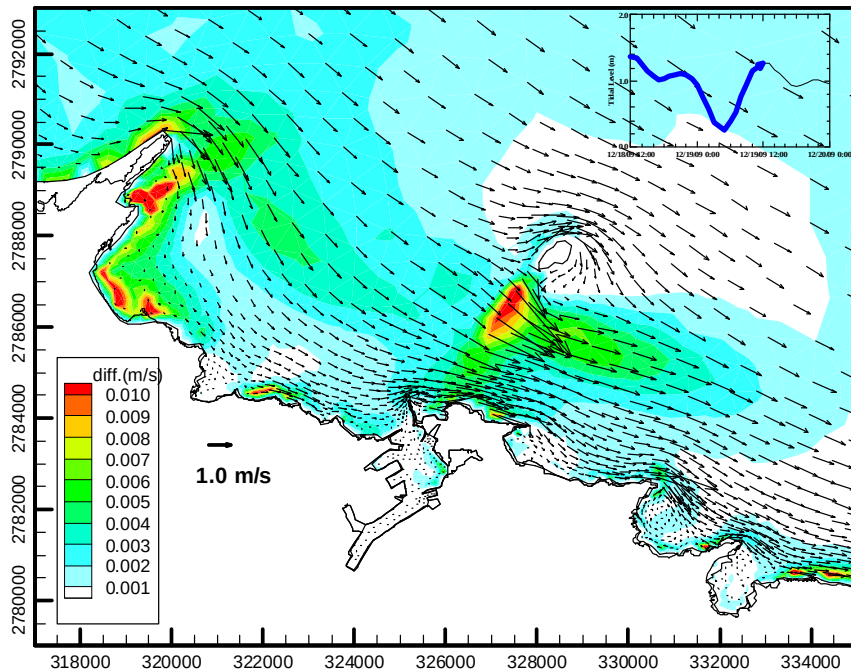


圖 3.10 無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間退潮流況與流速差分布情形(風速為 10 m/s，風向為東北)

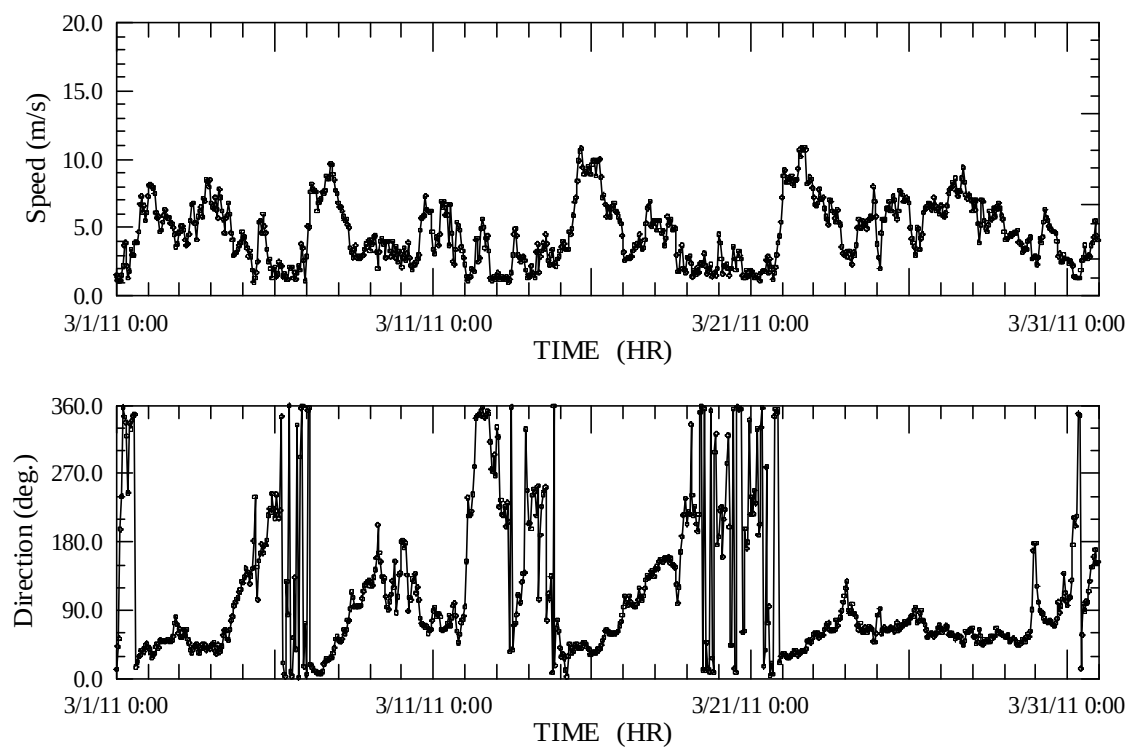


圖 3.11 基隆港港 2011 年 3 月份風速風向觀測資料

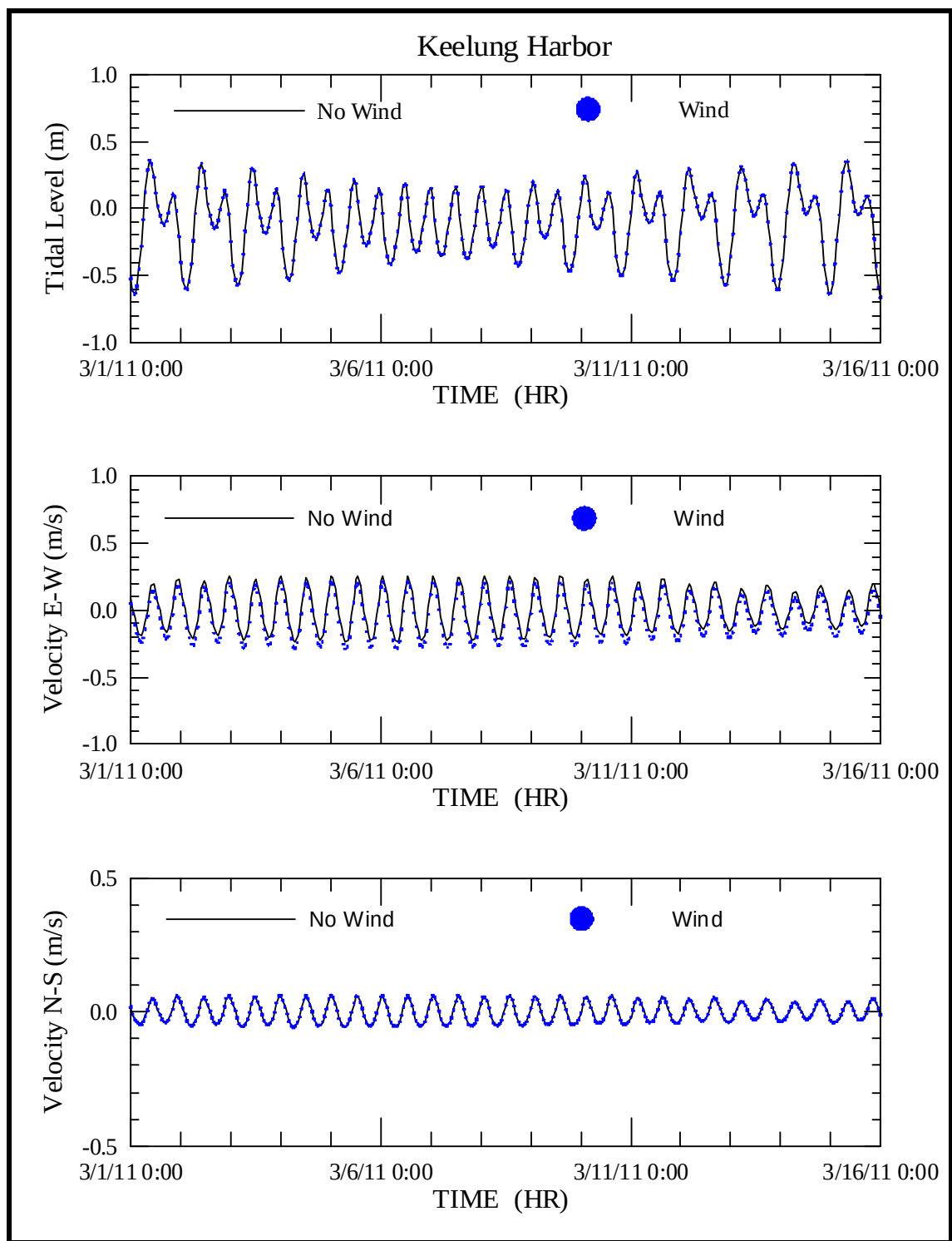


圖 3.12 有、無風作用下基隆港海流觀測點附近節點水位及流速模擬結果比較

第四章 臺北港水動力模式

本章節主要針對 2009 年度建置之臺北港水動力模式提出修正，修正內容包括數值計算格網、模式邊界件及模式相關參數之率定，並依據模式修正結果建置成臺北港水動力模式，配合本年度之工作項目進行 2011 年臺北港港區水位及流場模擬，內容包括地形與計算格網之建立、模式邊界條件之建立、模式參數率定與驗證以及臺北港流況模擬結果。

4.1 地形與計算格網之建立

2009 年臺北港水動力模式之模擬範圍北起新北市三芝區麟山鼻海岸，南至桃園縣蘆竹鄉竹圍海岸，南北距離約為 25.5 公里，離岸方向則由近岸往外海延伸約 9 公里，如圖 4.1 所示。圖 4.2 所示為 2010 年臺北港海域水深地形量測結果，顯示臺北港外廓形狀已有顯著改變外，臺北港南外堤防興建進度亦未達到 2009 年度模式建置之長度。因此本年度針對上述差異提出數值計算格網之修正，如圖 4.3 所示，圖中模式數值計算格網係由 1867 個節點及 3388 個三角形元素構成，其中臺北港港區及港口附近之數值計算格網分布情形，如圖 4.4 所示。模式之地形水深資料係由海軍測量局刊行之海軍水道圖圖號為 04512 與 04513 之水深資料及臺北港 2010 年 10 月水深量測資料內插得到。

4.2 邊界條件之建立

本年度臺北港水動力模式開放邊界之水位邊界條件設定分為兩階段：第一階段利用 NAO.99b 計算模式開放邊界各節點之每小時水位資料為模式水位邊界輸入檔，進行臺北港水動力模擬，並率定模式相關參數值；第二階段則依據本計畫蒐集的潮位資料(竹圍、淡水第二漁港及麟山鼻潮位站)選取 2009 年及 2010 年潮位觀測資料以 34 個分潮進行調和分析建立各分潮調和常數，並參考基隆港水動力模式水位邊界條

件建立方式，預測模式開放邊界節點之水位變化資料成為模式水位邊界輸入檔。

NAO.99b 模式係由 Matsumoto et al.(2000)所發展的，並應用 TOPEX/POSEIDON (T/P)衛星測高儀資料結合全球海洋水動力模式模擬結果，利用資料同化(Assimilation)技術而發展出的全球海洋潮汐模式，其空間數值格網解析度為 0.5 度；NAO.99Jb 模式則屬於鄰近日本之高解析度(其空間格網精度為 5 分)區域海洋潮汐模式，其範圍含蓋東經 110 度至 165 度、北緯 20 度至 65 度。由於 NAO.99Jb 模式採用 219 個潮位站實測資料混合 T/P 衛星測高儀資料於數值模式之中，因此對於天文潮汐預測具有較高之精確性。近年來，陸續有許多國內學者應用 NAO.99Jb 模式預測臺灣海域天文潮汐，如張及黃(2001)、劉等(2006)、廖等(2010)、顏等(2010a,b)。

本計畫利用 NAO.99b 模式計算臺北港水動力模式各開放邊界節點，2011 年 1 月 1 日零時至 2012 年 1 月 1 日零時每小時水位變化資料為本計畫臺北港水動力模式之邊界條件。圖 4.5 所示為本計畫臺北港水動力模式左、右開放邊界之水位邊界條件時序圖，顯示模式左、右兩側水位邊界潮汐型態相近似，但水位振幅差異相當大；圖 4.6 所示為不同時段離岸開放邊界節點水位之空間變化情形。

4.3 模式參數率定與驗證

參考 2009 年度臺北港水動力模式之結果，本年度臺北港水動力模式採用的時間間距 Δt 為 1.0 sec。渦動粘滯性係數則參考 Wang and Connor (1974)之假設，即

$$E_{xx} \sim ag(\tilde{\eta}/\tilde{u})\tilde{x} \dots\dots\dots(4.1)$$

式中 a 為無因次係數，其合理的範圍為 0.01~0.1 之間； g 為重力加速度， $\tilde{\eta}$ 為潮汐代表性潮差， $\tilde{u}$ 為潮流代表性流速， $\tilde{x}$ 為三角元素代表性邊界。經由模式之模擬與率定：臺北港水動力模式渦動粘滯性係數

計算無因次係數 a 為 0.02，代表性流速 $\bar{u}$ 為 0.5m/s，代表性潮差 $\bar{\eta}$ 為 1.5m；底床摩擦係數隨水深而變，其值介於 0.0014~0.020 之間。

為驗證模式模擬結果與率定模式相關參數，本計畫選取臺北港外海觀測樁水位及海流觀測資料與模式鄰近觀測樁之節點模擬結果進行模式之驗證，其中臺北港外海觀測樁位置示意圖如圖 4.3 所示。由於本計畫水動力模式模擬之流場主要為天文潮流，海流觀測資料除了天文潮流成份外，尚有其他成份流及觀測誤差存在。同理本計畫先針對臺北港海流觀測資料採逐月方式選取 O_1 、 K_1 、 M_2 及 S_2 等四個主要分潮以調和分析方法得到觀測資料之天文潮流大小，再與本計畫臺北港 2011 年潮流流場模擬預測結果比較。如圖 4.7 所示為模式模擬預測臺北港 2011 年 3 月至 5 月水位與潮流(東西向及南北向)之結果與觀測樁天文潮流分析結果之比較。

臺北港港口附近流場模擬結果如圖 4.8 與圖 4.9 所示，其中圖 4.8 與圖 4.9 分別為 2011 年 5 月 18 日(大潮時期，農曆 4 月 16 日)與 2011 年 5 月 27 日(小潮時期，農曆 4 月 25 日)臺北港港口附近每隔 3 小時之流況向量分佈圖。圖 4.8 顯示大潮時期退潮時段潮流由西南向東北流動，漲潮時段潮流由東北向西南流動。潮流於高、低潮位附近流速較小，平潮時段附近流速則較大，平潮時段臺北港港口附近外海流速可達 1 m/s 左右。圖 4.9 顯示小潮時期漲退潮時段流向與大潮時期相同，唯平潮附近流速均較小，在高、低潮位附近流速接近零。整體而言，臺北港港口附近流場模擬結果顯示，退潮時段潮流由西南向東北流動，漲潮時段潮流由東北向西南流動，大潮時期潮流流速較大，小潮時期潮流流速較小。

4.4 考慮風場效應之流況模擬結果

針對風場對臺北港流場之影響，本計畫以臺北港 2011 年 3 月風速風向每小時之觀測資料，如圖 4.10 所示，為模式風場資料進行水位及流場模擬。圖 4.10 所示為臺北港海上觀測樁觀測之風速風向資料，顯

示 3 月份海面仍受到東北季風影響，且最大風速可達 17.5 m/s。本計畫依據上述每小時風速風向資料模擬臺北港水位及流場變化，並與無風場作用下水位及流場之模擬結果比較，如圖 4.11 所示。圖 4.11 為有、無風場作用下，模式鄰近觀測樁之節點水位及流速之模擬結果比較，結果顯示風場對水位影響相當有限，對流速之影響則較為明顯。受到東北季風影響西南向流速有一顯著之增量。

本章節首先說明了臺北港水動力模式格網建立情形及模擬範圍內的水深分布，接著利用 NAO.99b 模式計算臺北港水動力模式各開放邊界節點水位邊界條件，依 2009 年臺北港水動力模式驗證結果率定模式參數，並與本年度潮位觀測資料與海流觀測資料調和分析結果做驗證。最後模擬臺北港港口附近之二維平面流場，結果顯示退潮時段潮流由西南向東北流動，漲潮時段潮流由東北向西南流動，大潮時期潮流流速較大，小潮時期潮流流速較小。

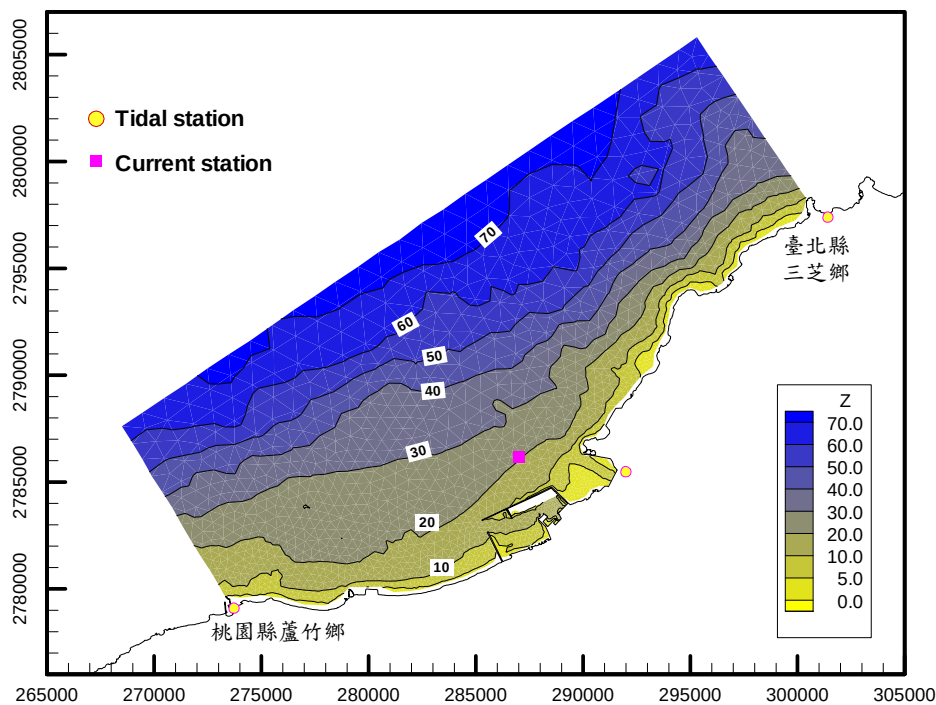


圖 4.1 臺北港水動力模式模擬範圍及其水深分佈圖

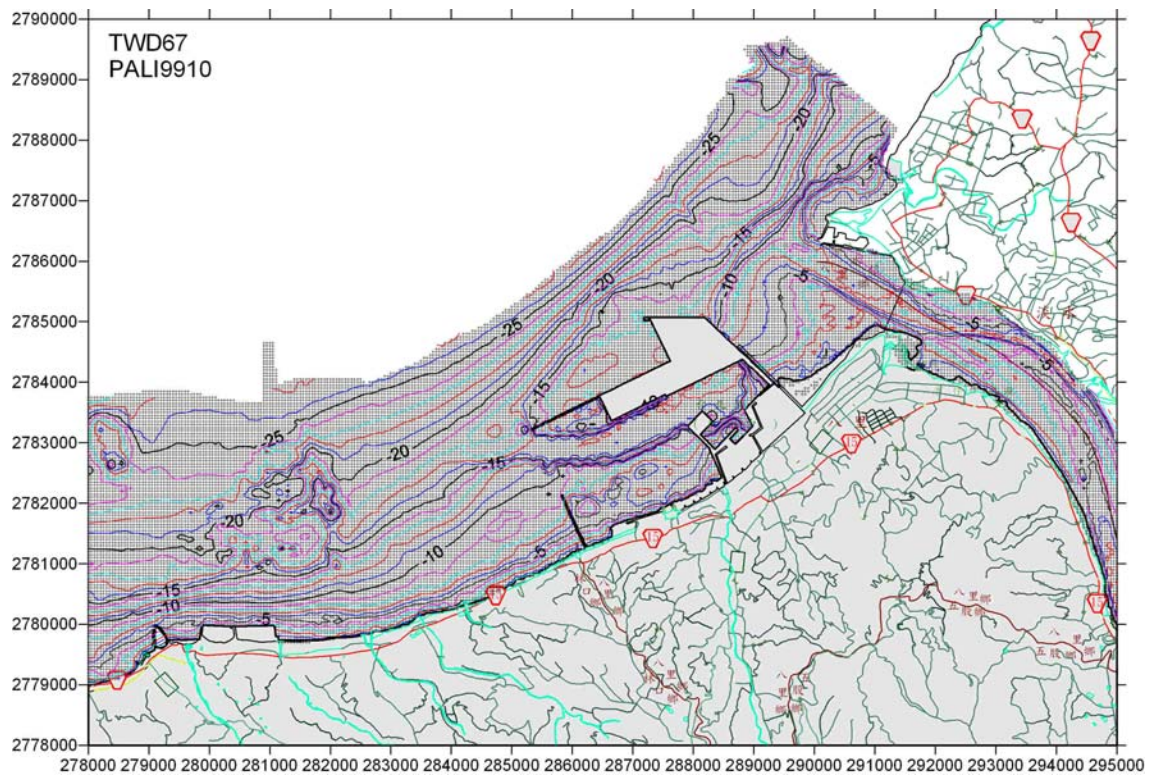


圖 4.2 臺北港 99 年度水深地形量測結果之水深分佈圖

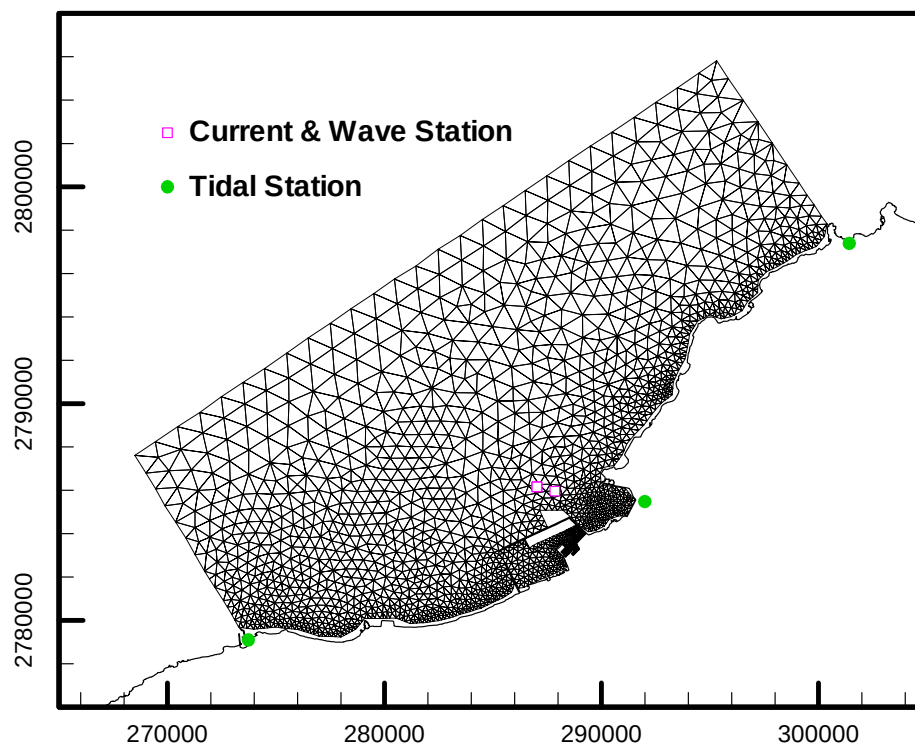


圖 4.3 臺北港水動力模式之有限元素細格網分佈圖

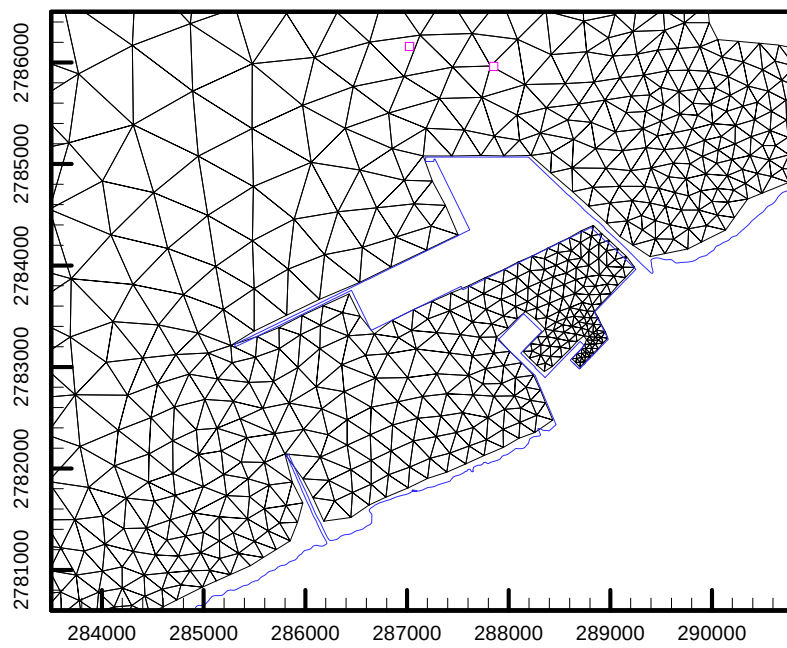


圖 4.4 臺北港港域及港口附近三角形元素分布圖

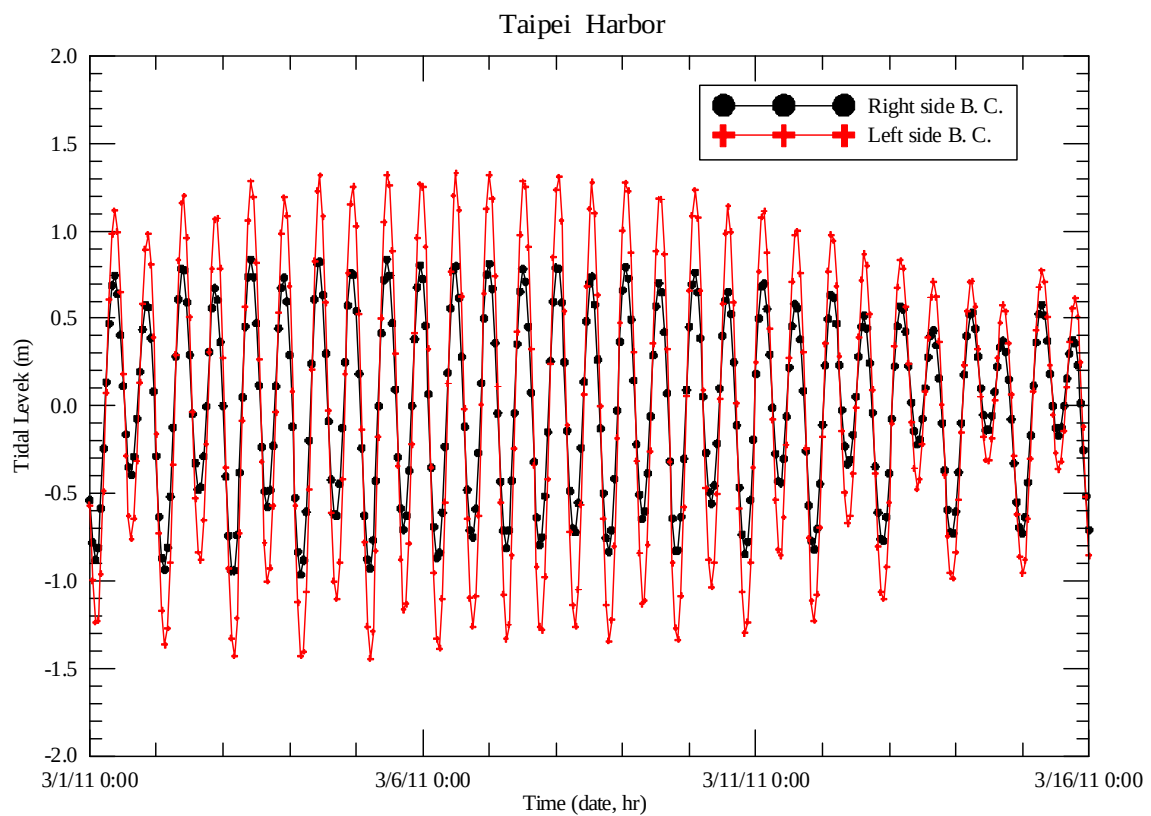


圖 4.5 臺北港水動力模式左、右開放邊界之水位邊界條件時序圖

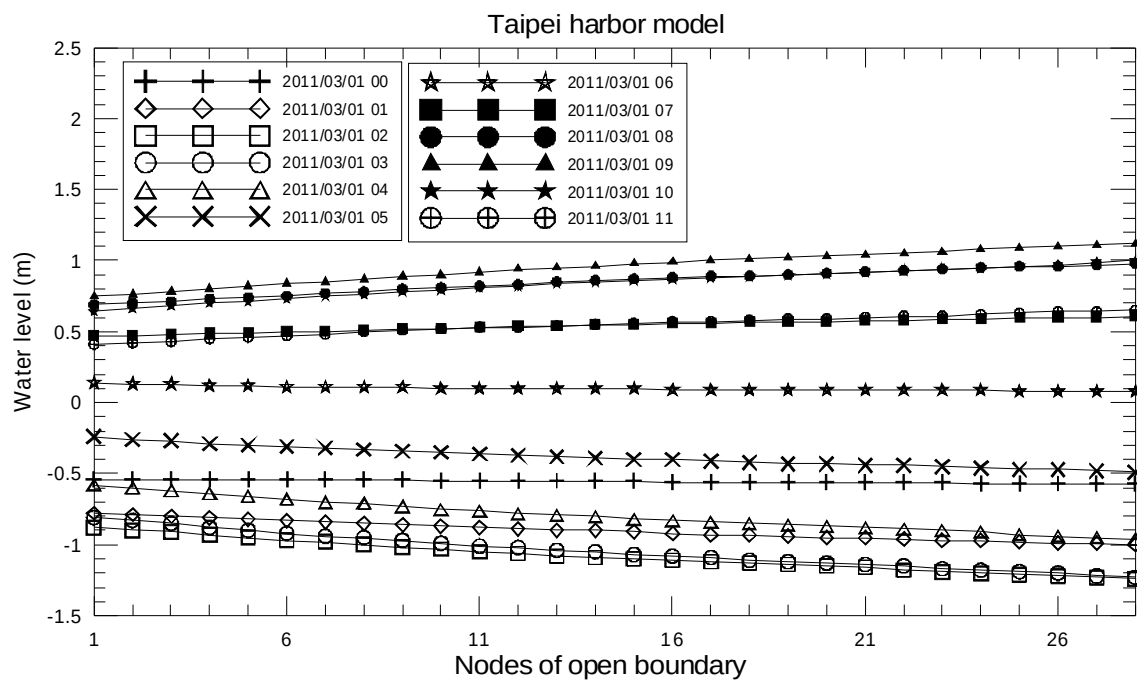


圖 4.6 臺北港水動力模式離岸開放邊界節點之水位邊界條件空間
變化圖

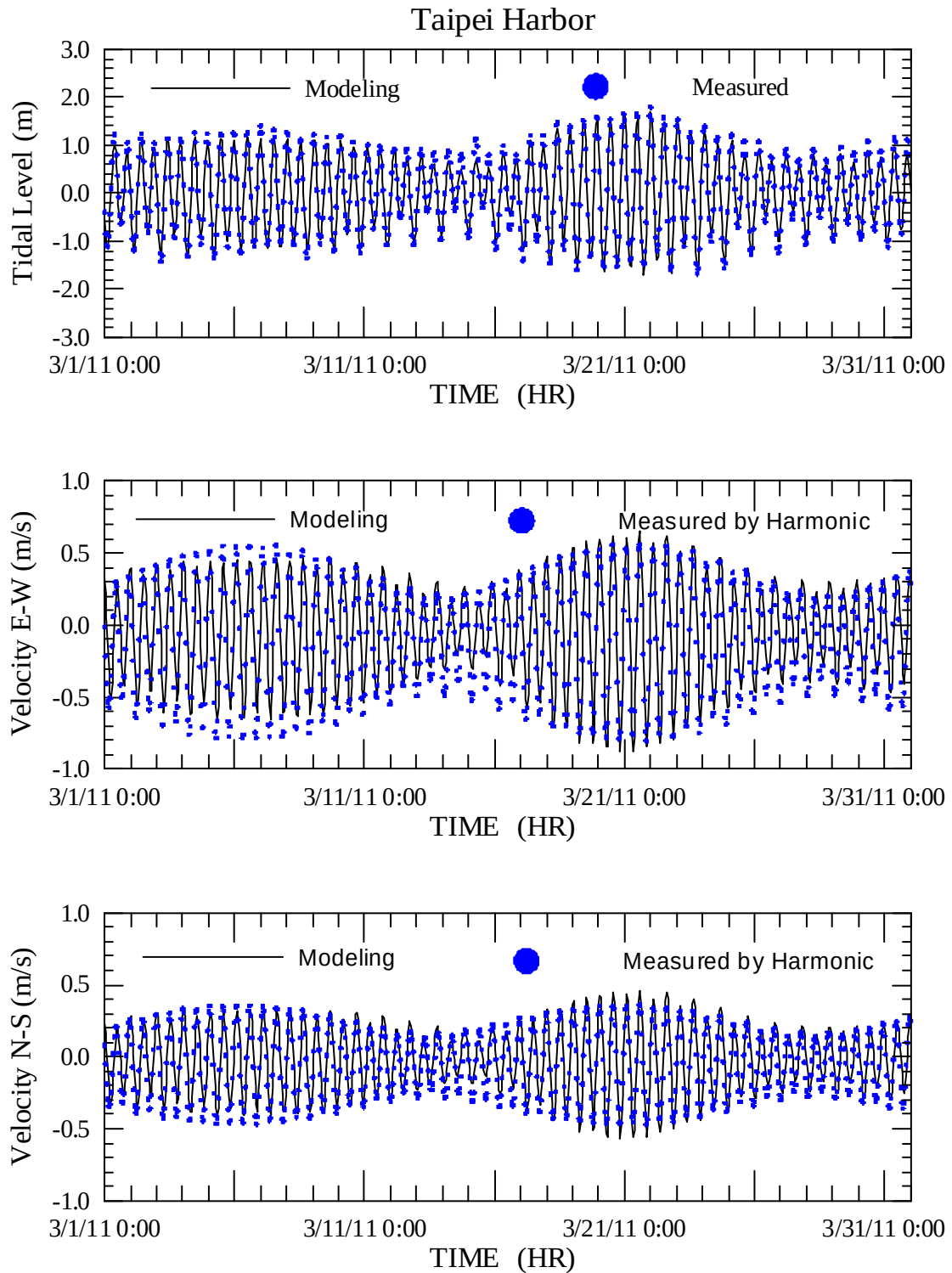


圖 4.7 臺北港水位及潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析
(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較

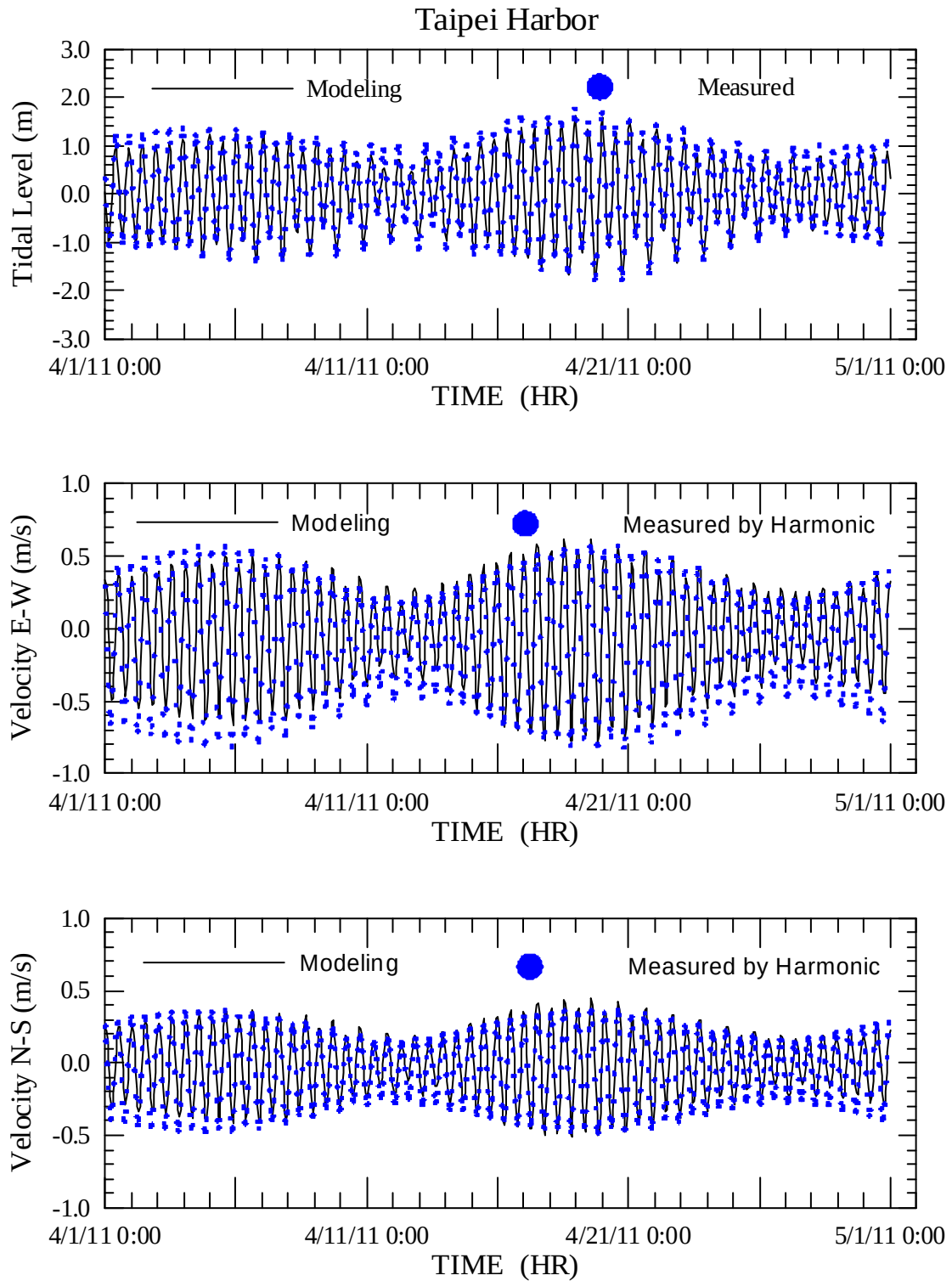


圖 4.7 (續 1)臺北港水位及潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析
(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較

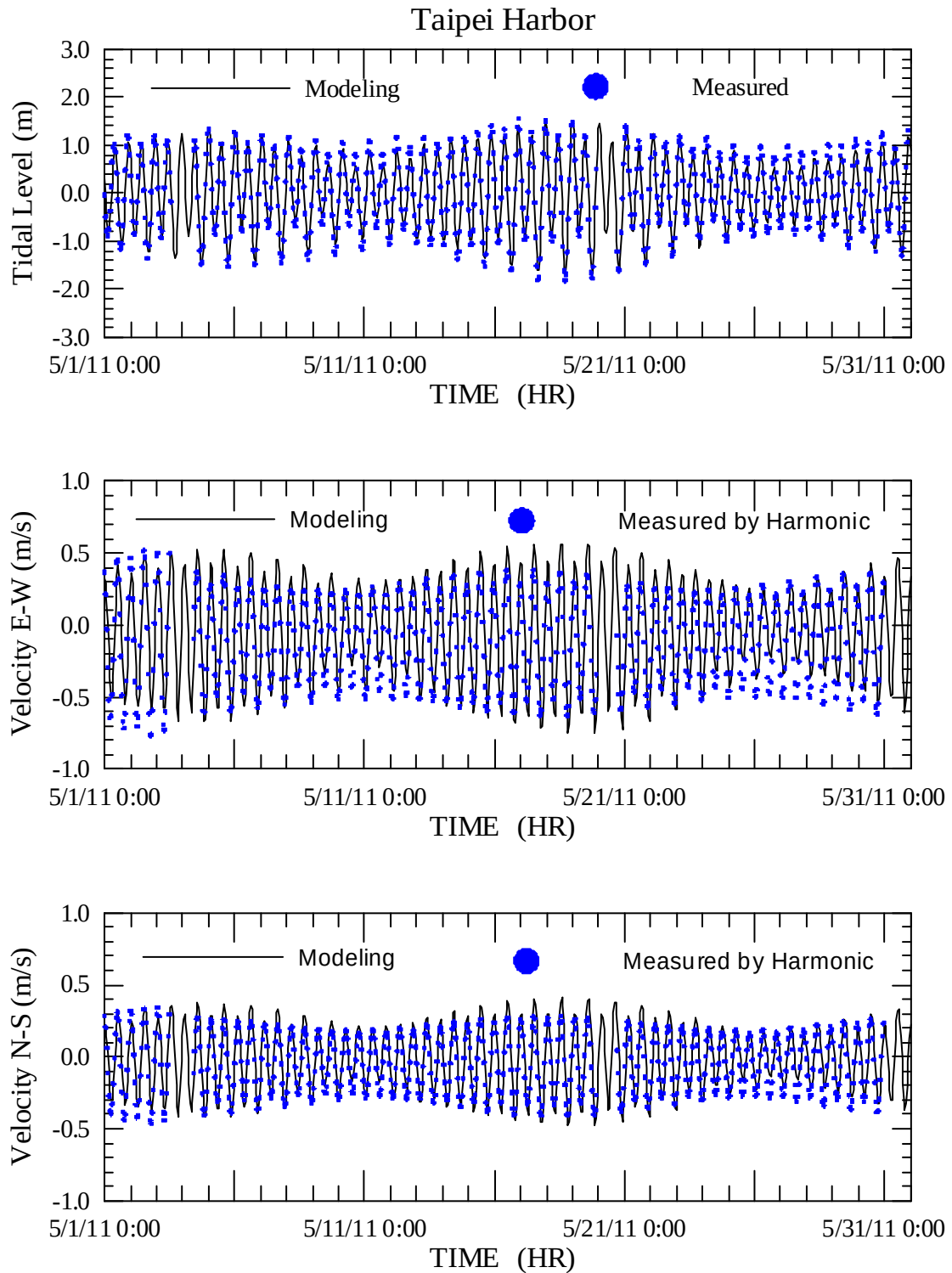


圖 4.7 (續 2) 臺北港水位及潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析
(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2) 結果之比較

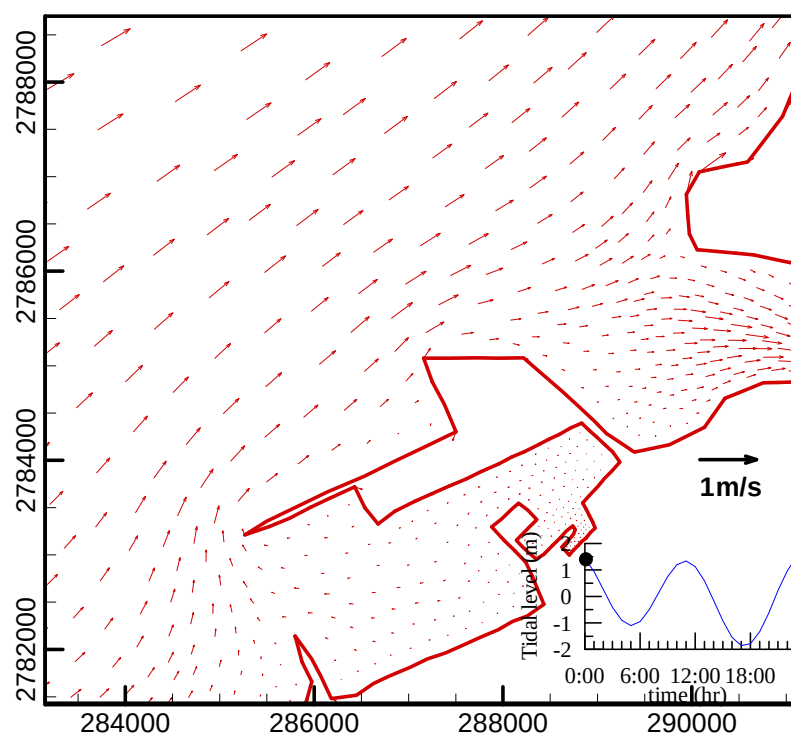


圖 4.8 臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 0 時)

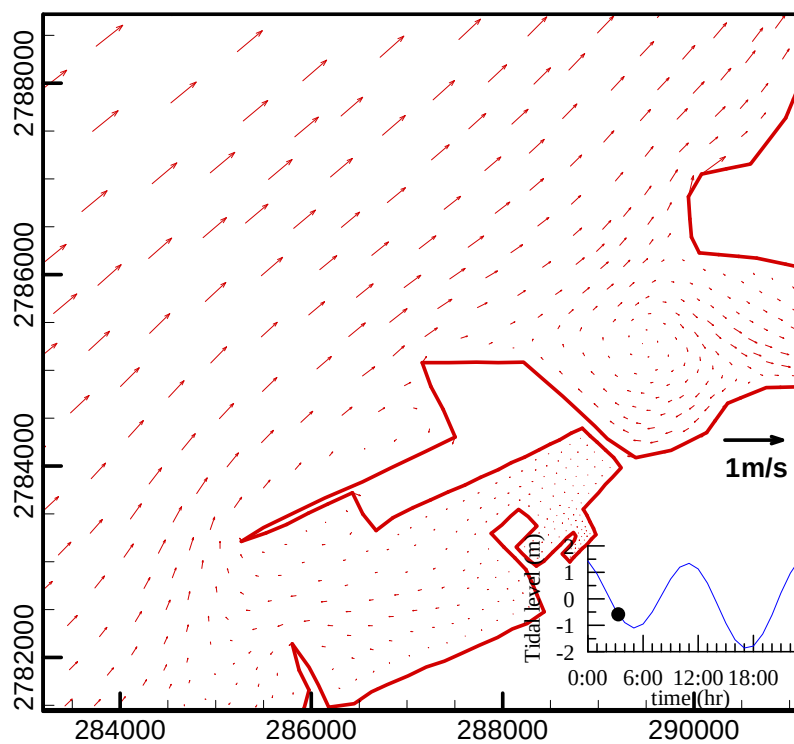


圖 4.8 (續 1)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 3 時)

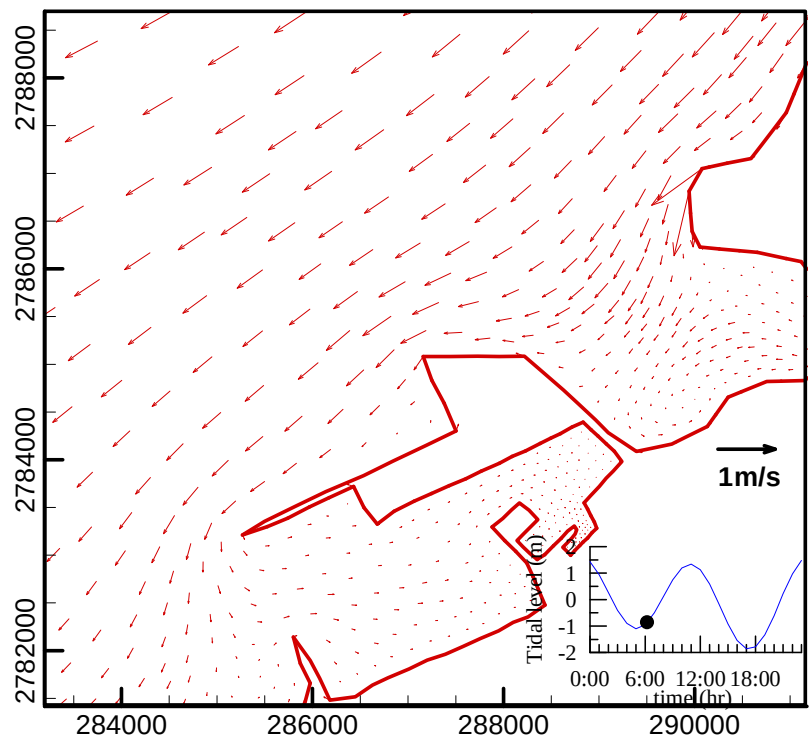


圖 4.8 (續 2)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 6 時)

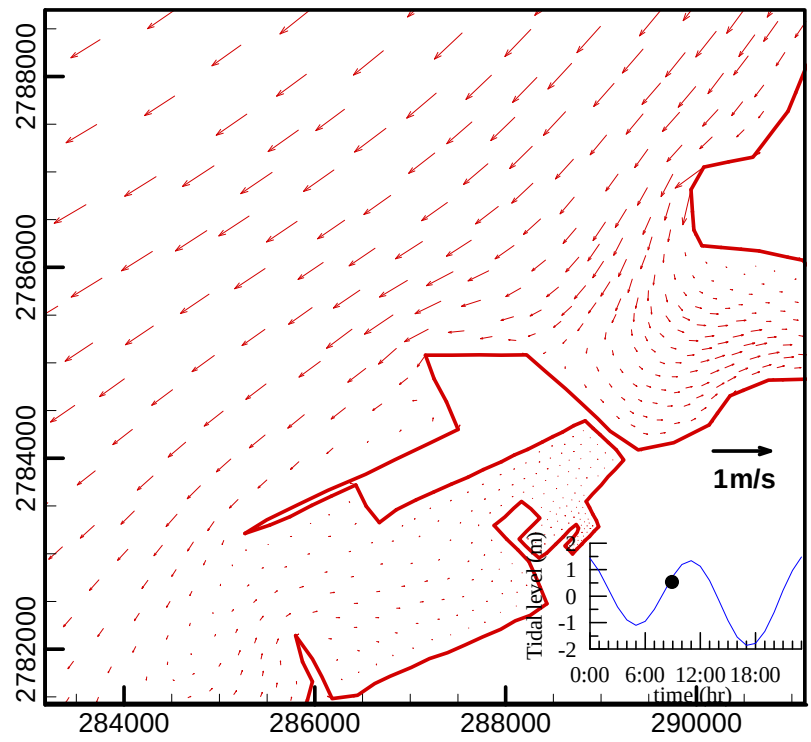


圖 4.8 (續 3)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 9 時)

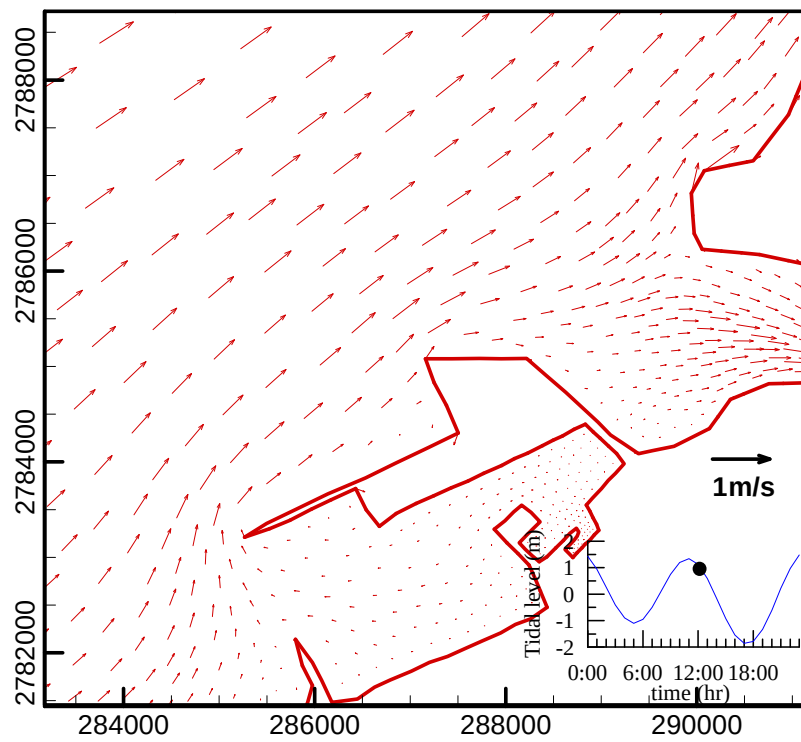


圖 4.8 (續 4)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 12 時)

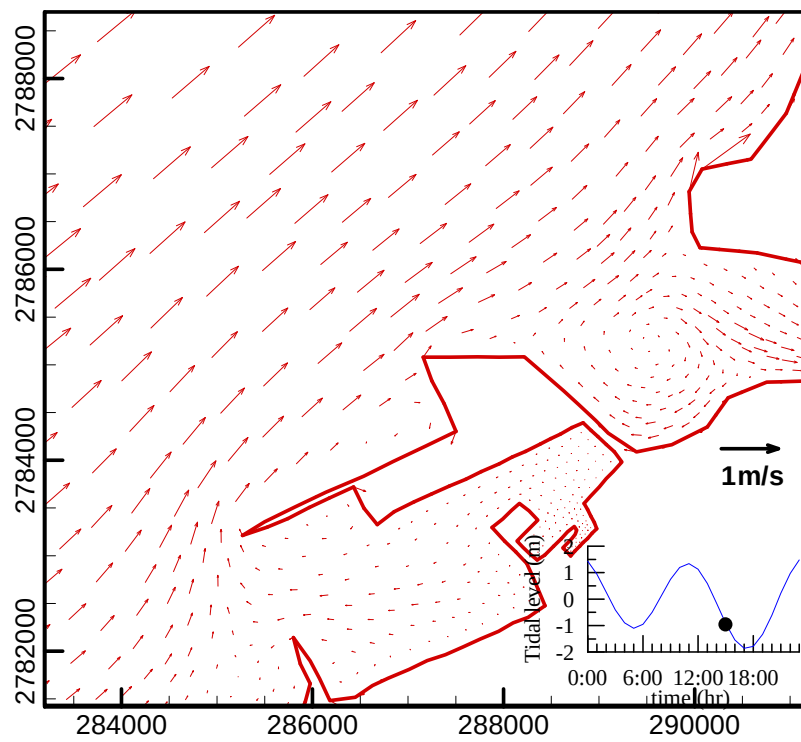


圖 4.8 (續 5)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 15 時)

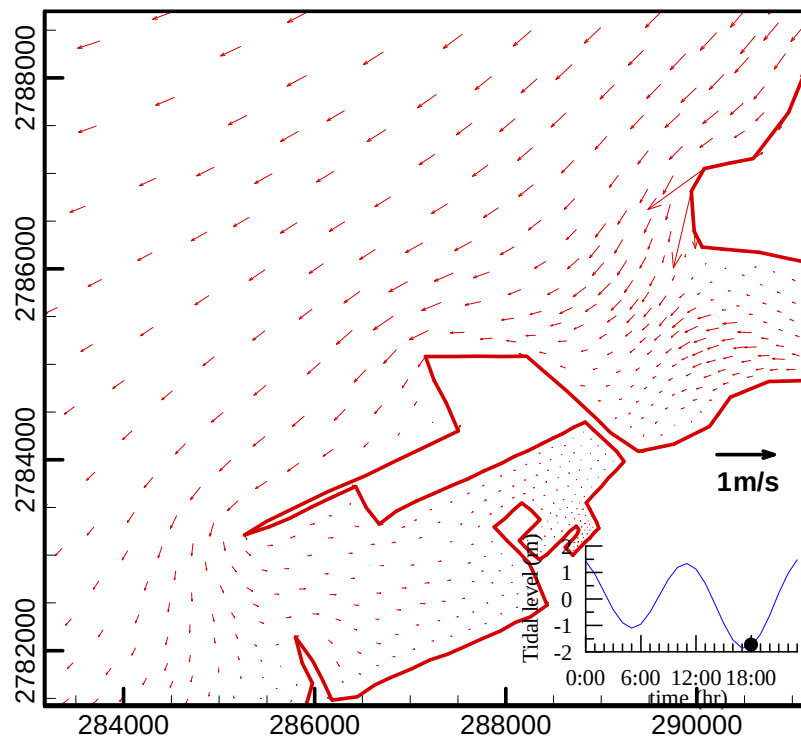


圖 4.8 (續 6)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 18 時)

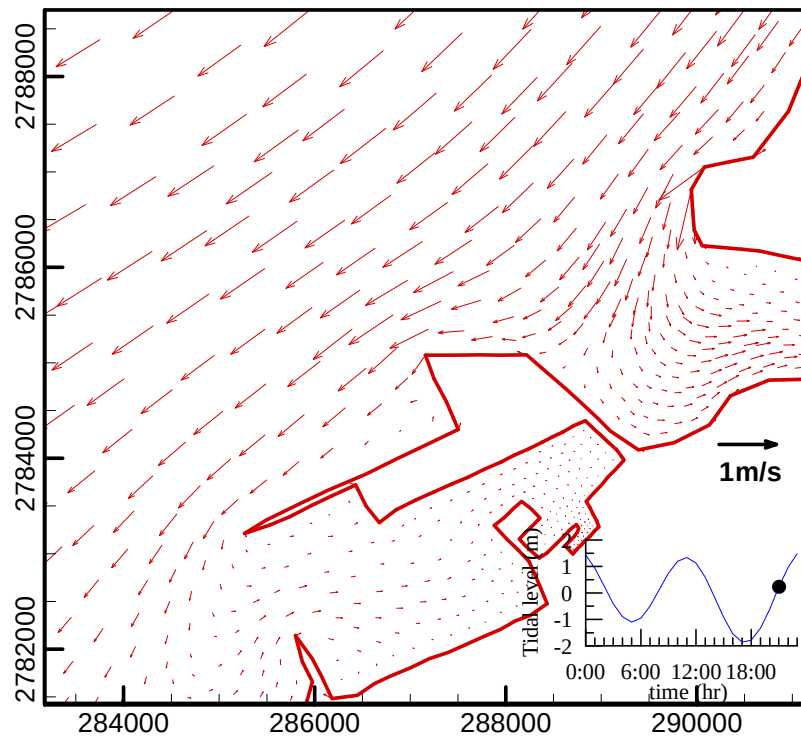


圖 4.8 (續 7)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 18 日 21 時)

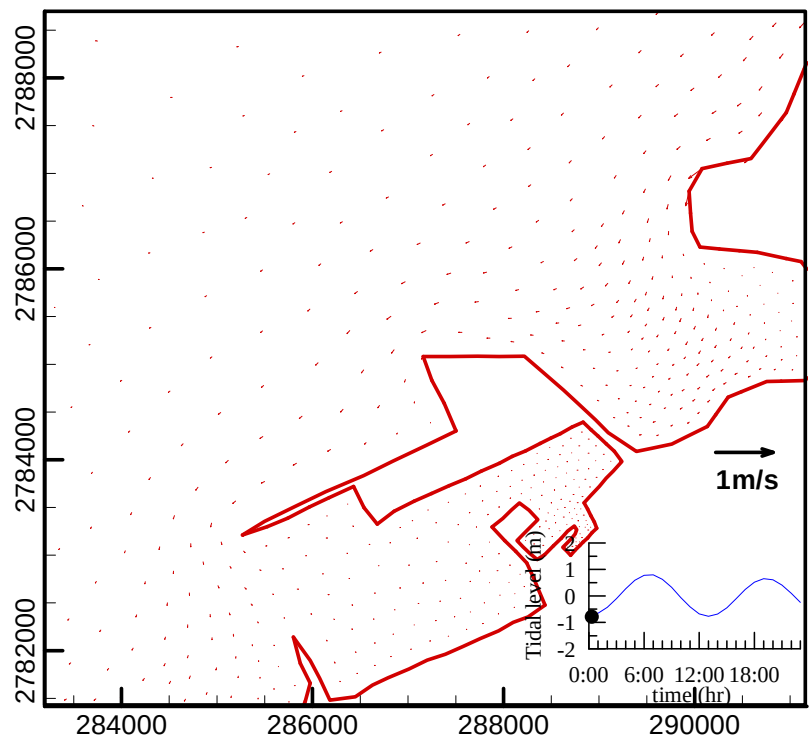


圖 4.9 臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 0 時)

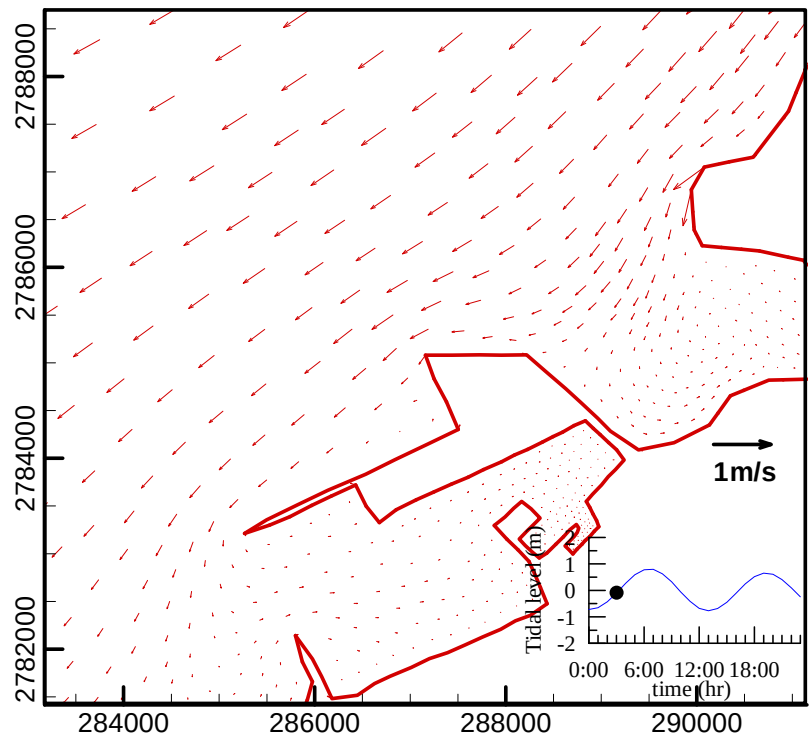


圖 4.9 (續 1)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 3 時)

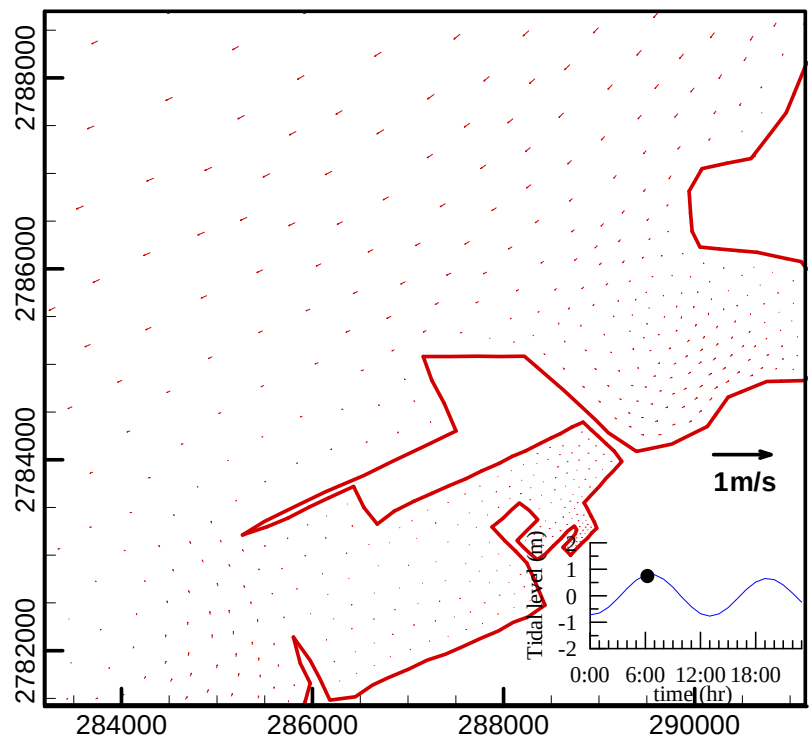


圖 4.9 (續 2)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 6 時)

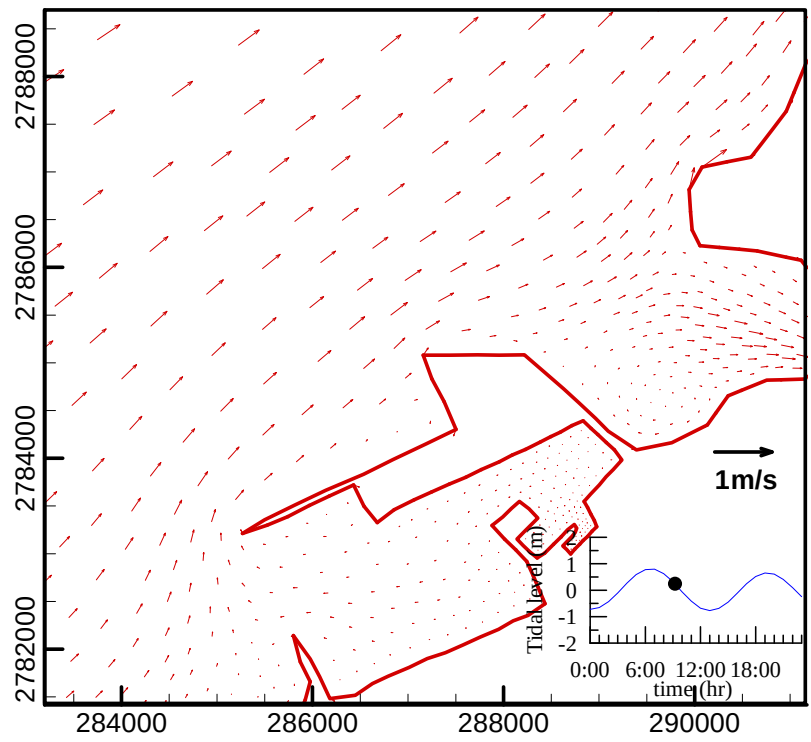


圖 4.9 (續 3)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 9 時)

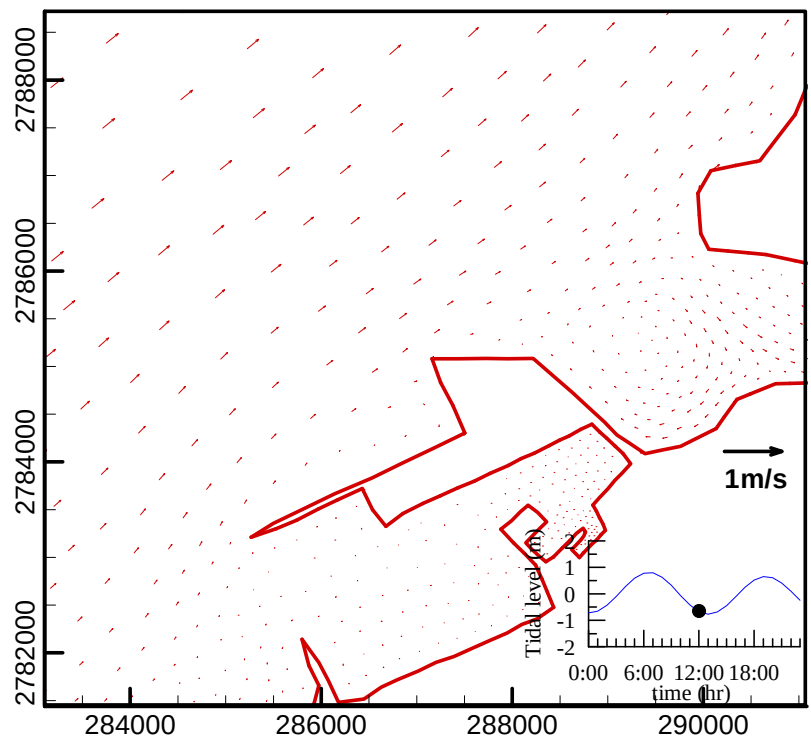


圖 4.9 (續 4)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 12 時)

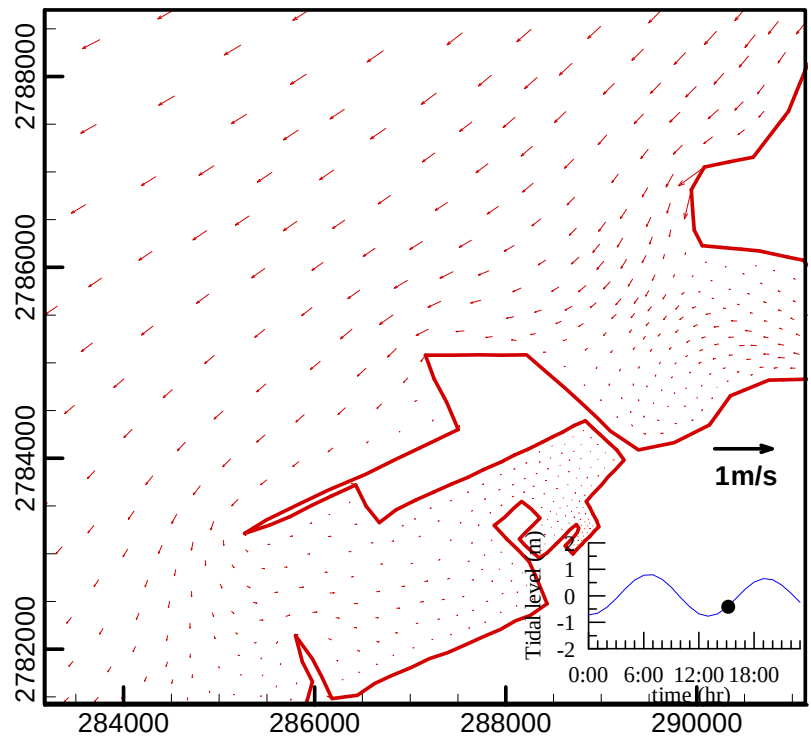


圖 4.9 (續 5)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 15 時)

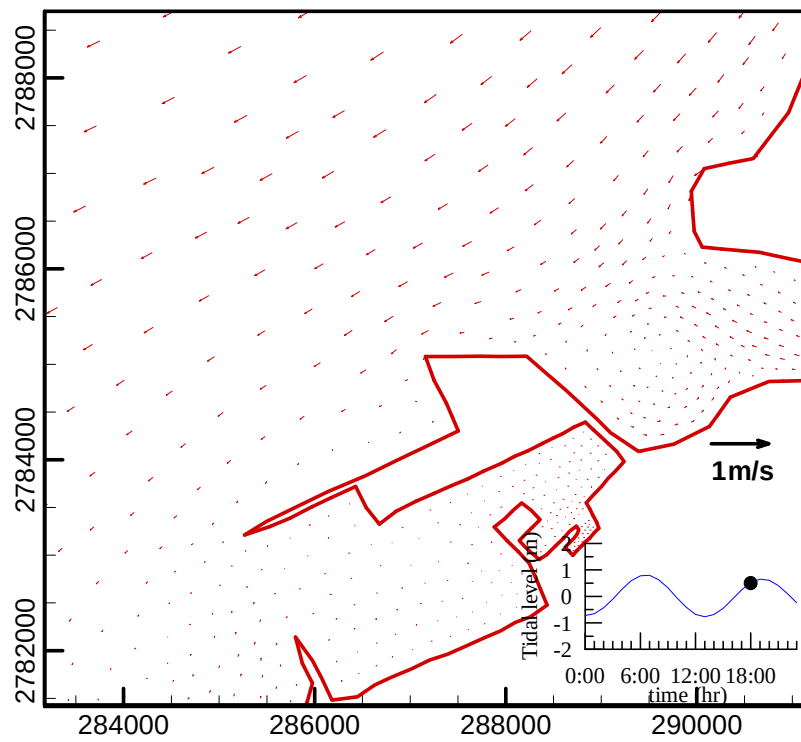


圖 4.9 (續 6)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 18 時)

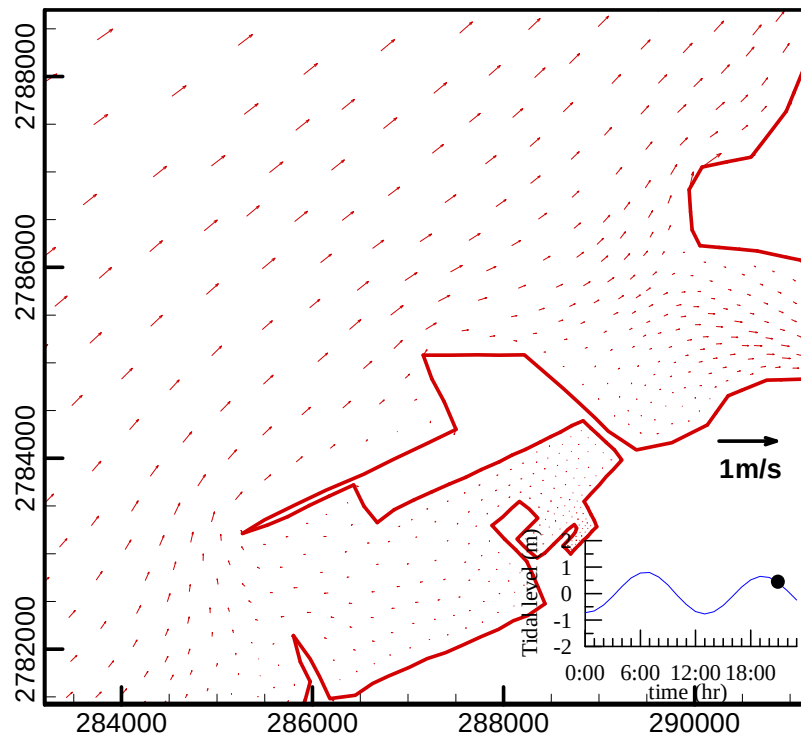


圖 4.9 (續 7)臺北港港口附近流況向量分佈圖(5 月 27 日 21 時)

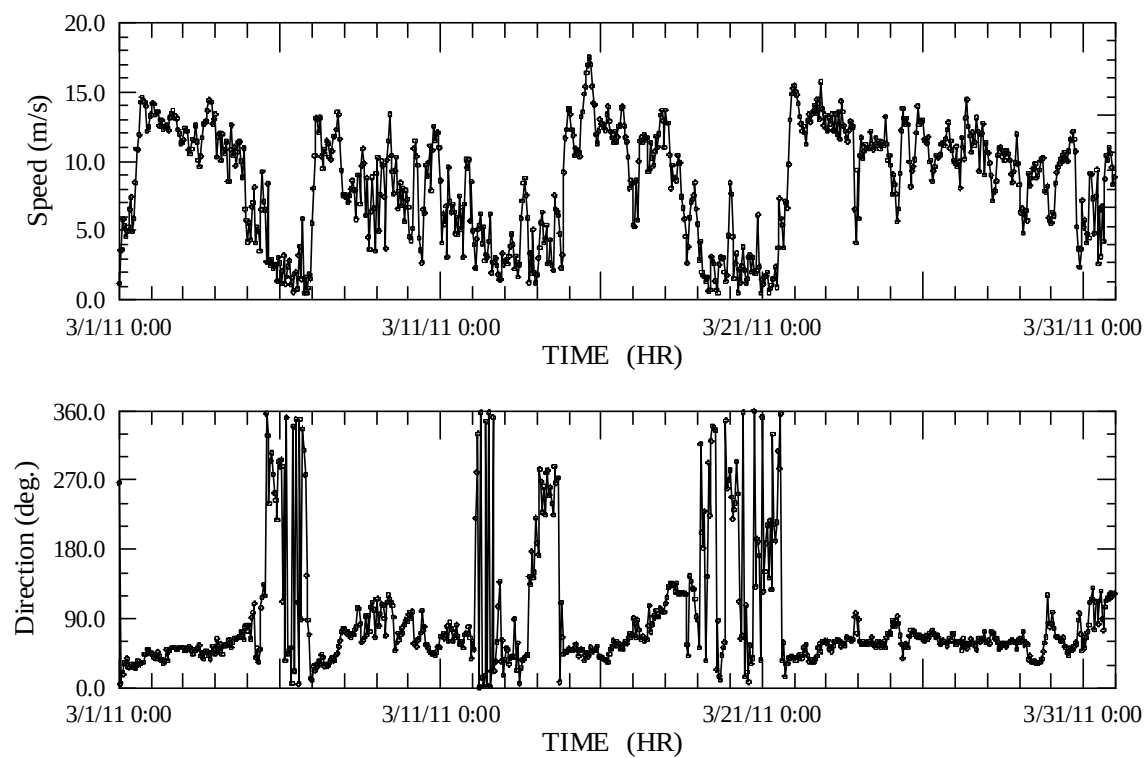


圖 4.10 臺北港 2011 年 3 月份風速風向觀測資料

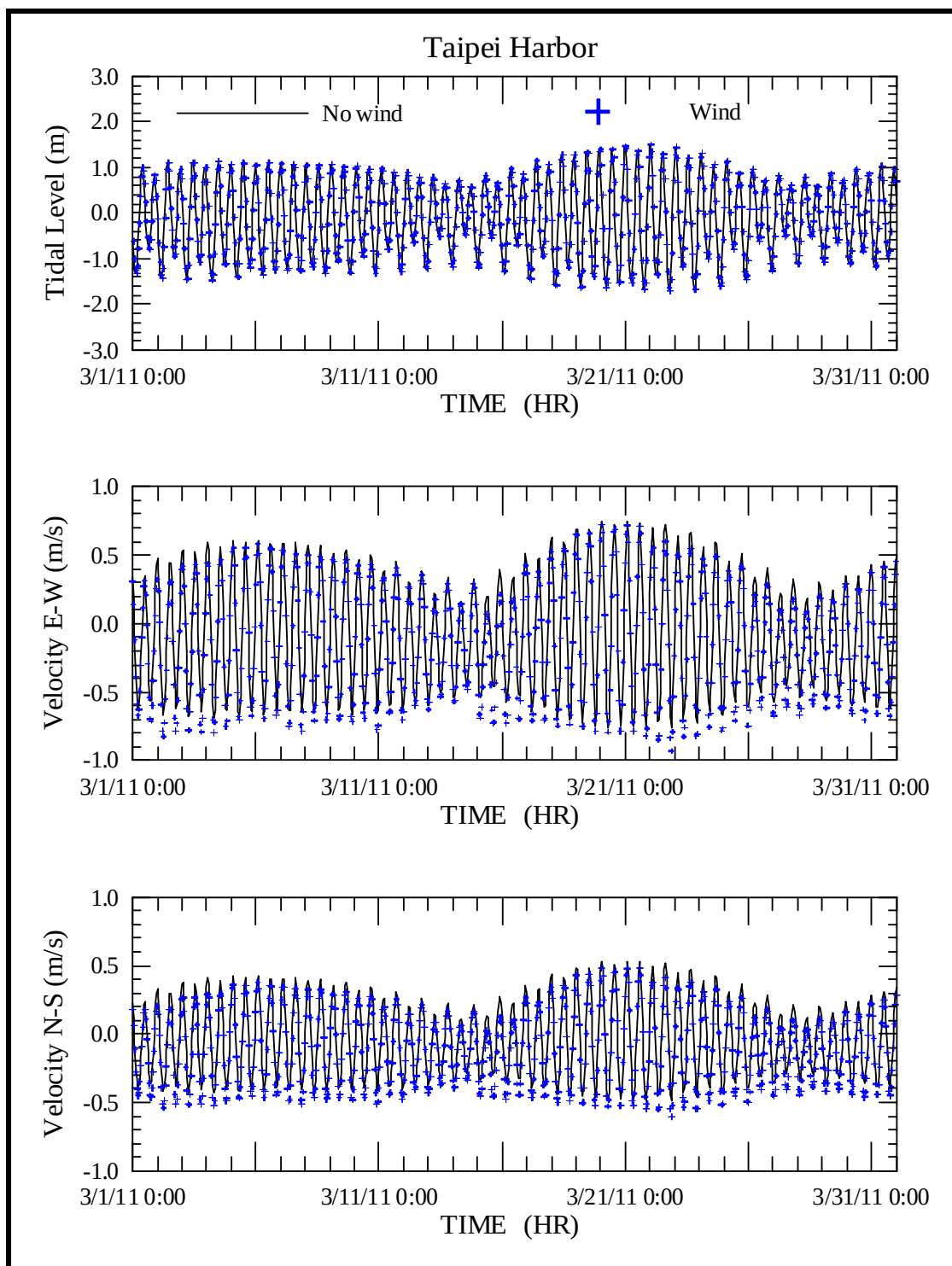


圖 4.11 有、無風作用下臺北港觀測樁附近節點水位及流速模擬結果比較

第五章 模式預測結果評估

本章節將分別針對基隆港與臺北港於本年度 3 月至 9 月期間水位及海流觀測資料與利用水動力模式預測成果進行比對評估，另外亦針對颱風期間兩商港水位與海流模擬成果評估。

5.1 基隆港水位與流速

圖 5.1 所示為基隆港 2011 年 3 月至 9 月潮位觀測與基隆港水動力模式預測資料之比較，由圖顯示觀測資料與模式預測之水位比對結果趨勢相當一致。觀測期間基隆港潮位觀測與預報資料蒐集率、平均水位、最高水位與最低水位分別列於表 5-1 至表 5-4，各表中 OBS1 表示為港灣技術研究中心觀測 1 站資料，近岸模式指本計畫水動力模式。由表 5-2 可知 3 月至 9 月模式預測結果每月平均水位不為零，以 8 月平均水位最高為 0.165 m；港研中心所提供觀測資料經處理後已扣除平均水位，故每月平均水位趨近零。表 5-3 指出 3 至 9 月基隆港觀測最高水位為 0.543 m，發生於 3 月 15 日 7 時，預測最高水位為 0.615 m，發生於 5 月 18 日 23 時，觀測最高水位與模式預測到最高水位之偏差約為 0.07 m。表 5-4 則指出 3 至 9 月觀測到最低水位為 -0.807 m，發生於 5 月 18 日 15 時，模式預測最低水位為 -0.917 m，發生於 4 月 20 日 16 時，兩者偏差為 0.11 m。

基隆港潮流模擬結果與潮流觀測資料經調和分析後結果之比較如圖 5.2 所示，潮流觀測資料的調和分析係指利用第三章所述之四個分潮 (O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2) 調和分析後計算所得。由圖顯示基隆港水動力模式模擬結果與潮流觀測資料調和分析結果相當一致。基隆港海流觀測與預報資料蒐集率與最大流速則分別列於表 5-5 及表 5-6。表 5-6 說明基隆港每月測站所觀測到最大流速均大於模式預測結果許多，觀測最大流速為 0.95 m/s，發生於 9 月 15 日 14 時，流向為東北東向；模式預測最大流速僅為 0.331 m/s，發生於 9 月 29 日 0 時，流向亦為東北東向。由

表 5-6 結果顯示測站流速除潮流外，其他流速成份可能大於潮流，觀測與預測最大流速多發生於東北東向。

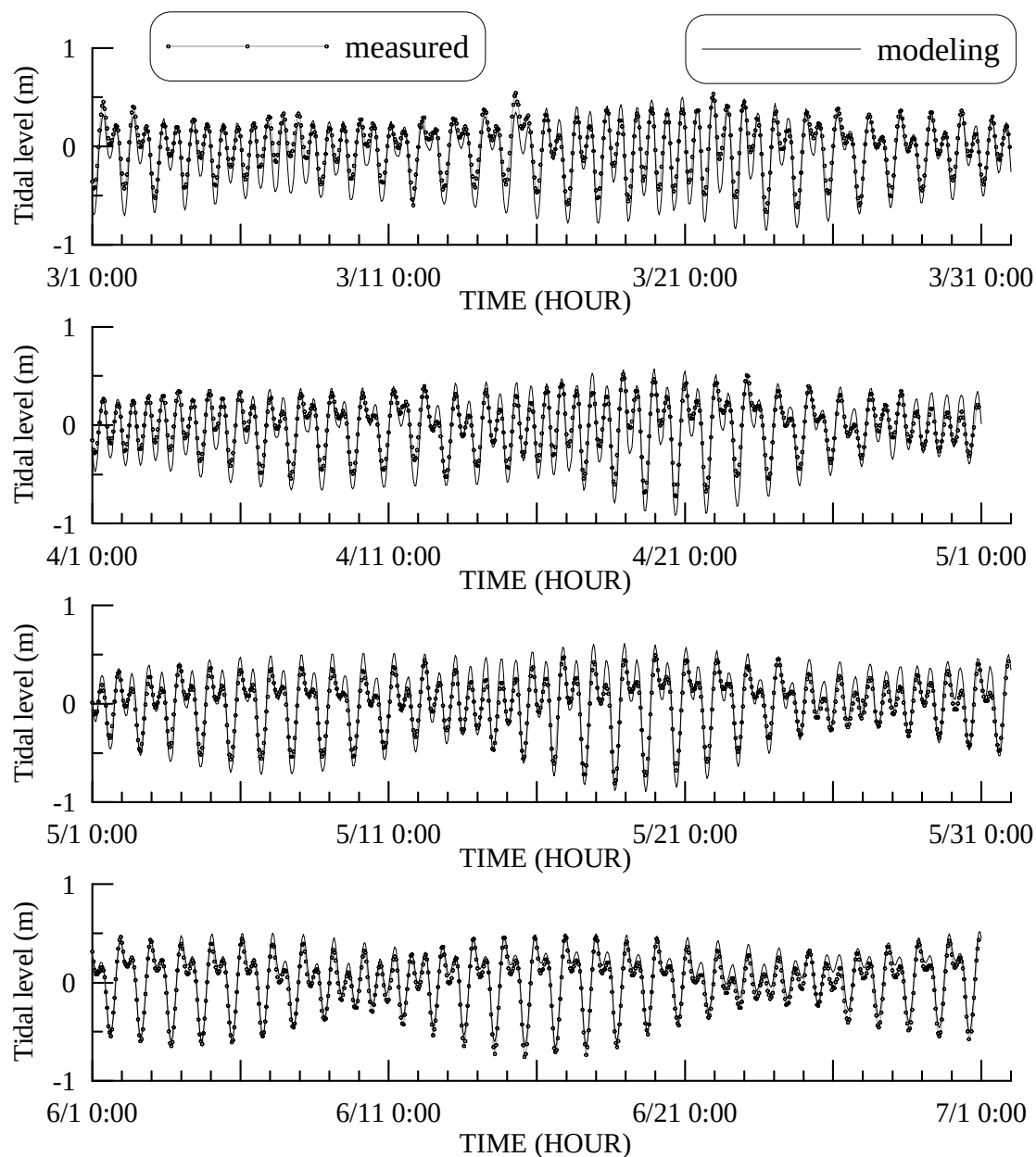


圖 5.1 基隆港水位觀測資料與模擬結果之比較

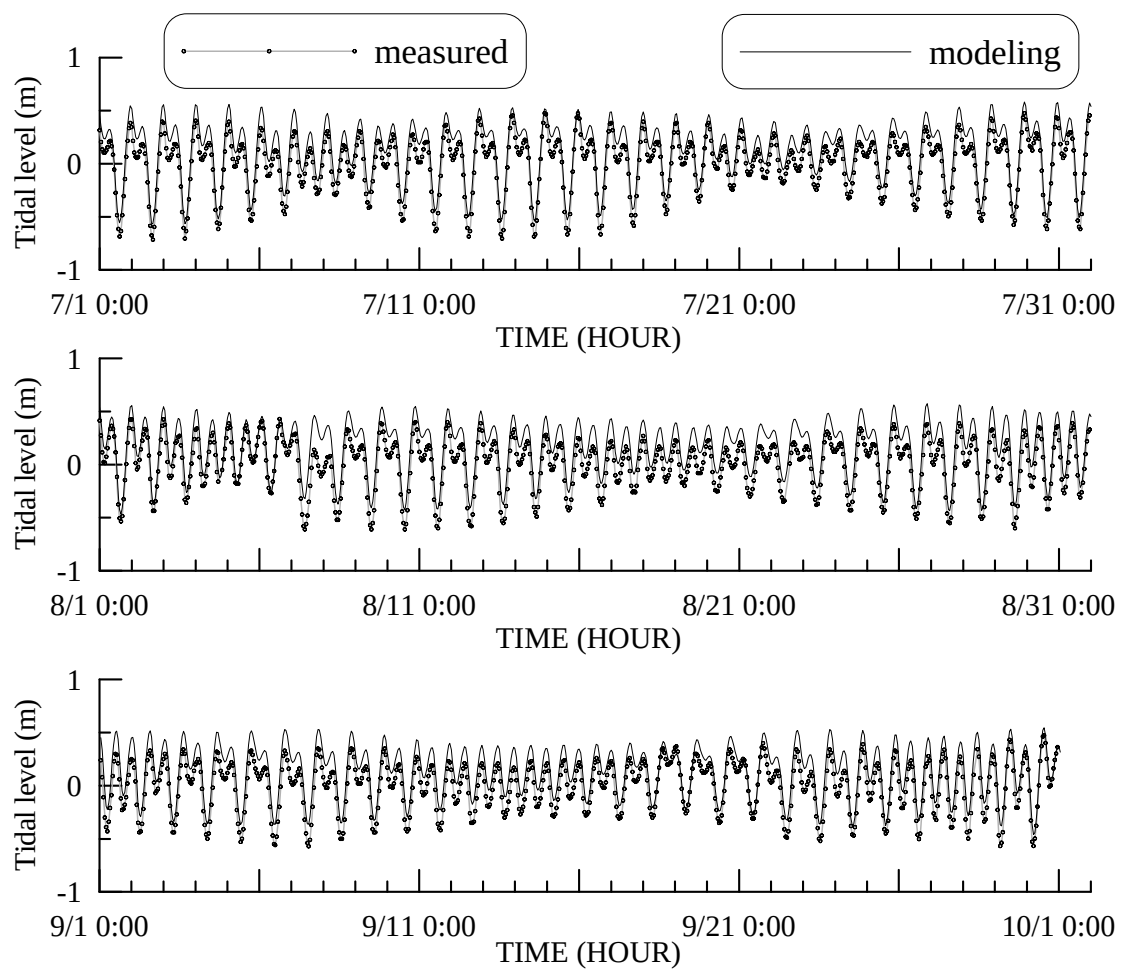


圖 5.1 (續 1)基隆港水位觀測資料與模擬結果之比較

表 5-1 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報潮位資料蒐集率統計表

2011 年月份	方法	資料蒐集筆數(蒐集率百分數)
3	OBS1	742 (99.7%)
	近岸模式	744 (100%)
4	OBS1	712 (98.9%)
	近岸模式	720 (100%)
5	OBS1	736 (98.9%)
	近岸模式	744 (100%)
6	OBS1	717 (99.6%)
	近岸模式	720 (100%)
7	OBS1	744 (100%)
	近岸模式	744 (100%)
8	OBS1	739 (99.3%)
	近岸模式	744 (100%)
9	OBS1	682 (94.7%)
	近岸模式	720 (100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-2 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報潮位資料平均水位統計表
(單位：m)

2011 年月份	方法	平均水位
3	OBS1	0.000
	近岸模式	-0.081
4	OBS1	0.000
	近岸模式	-0.036
5	OBS1	0.000
	近岸模式	0.036
6	OBS1	0.000
	近岸模式	0.065
7	OBS1	-0.005
	近岸模式	0.130
8	OBS1	0.006
	近岸模式	0.165
9	OBS1	-0.003
	近岸模式	0.146

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-3 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報潮位最高水位統計表
(單位：m)

2011 年月份	方法	最高水位(發生日/時)
3	OBS1	0.543 (15/7)
	近岸模式	0.506 (21/23)
4	OBS1	0.517 (18/22)
	近岸模式	0.572 (19/23)
5	OBS1	0.493 (20/0)
	近岸模式	0.615 (18/23)
6	OBS1	0.474 (16/23)
	近岸模式	0.519 (30/23)
7	OBS1	0.475 (29/22)
	近岸模式	0.580 (29/22)
8	OBS1	0.430 (6/15)
	近岸模式	0.574 (26/21)
9	OBS1	0.473 (30/12)
	近岸模式	0.546 (30/12)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-4 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報潮位最低水位統計表
(單位：m)

2011 年月份	方法	最低水位(發生日/時)
3	OBS1	-0.667 (23/18)
	近岸模式	-0.852 (23/18)
4	OBS1	-0.723 (20/17)
	近岸模式	-0.917 (20/16)
5	OBS1	-0.807 (18/15)
	近岸模式	-0.892 (19/16)
6	OBS1	-0.756 (15/14)
	近岸模式	-0.655 (16/15)
7	OBS1	-0.715 (2/16)
	近岸模式	-0.566 (3/16)
8	OBS1	-0.610 (7/10)
	近岸模式	-0.467 (1/16)
9	OBS1	-0.569 (7/12)
	近岸模式	-0.458 (30/4)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

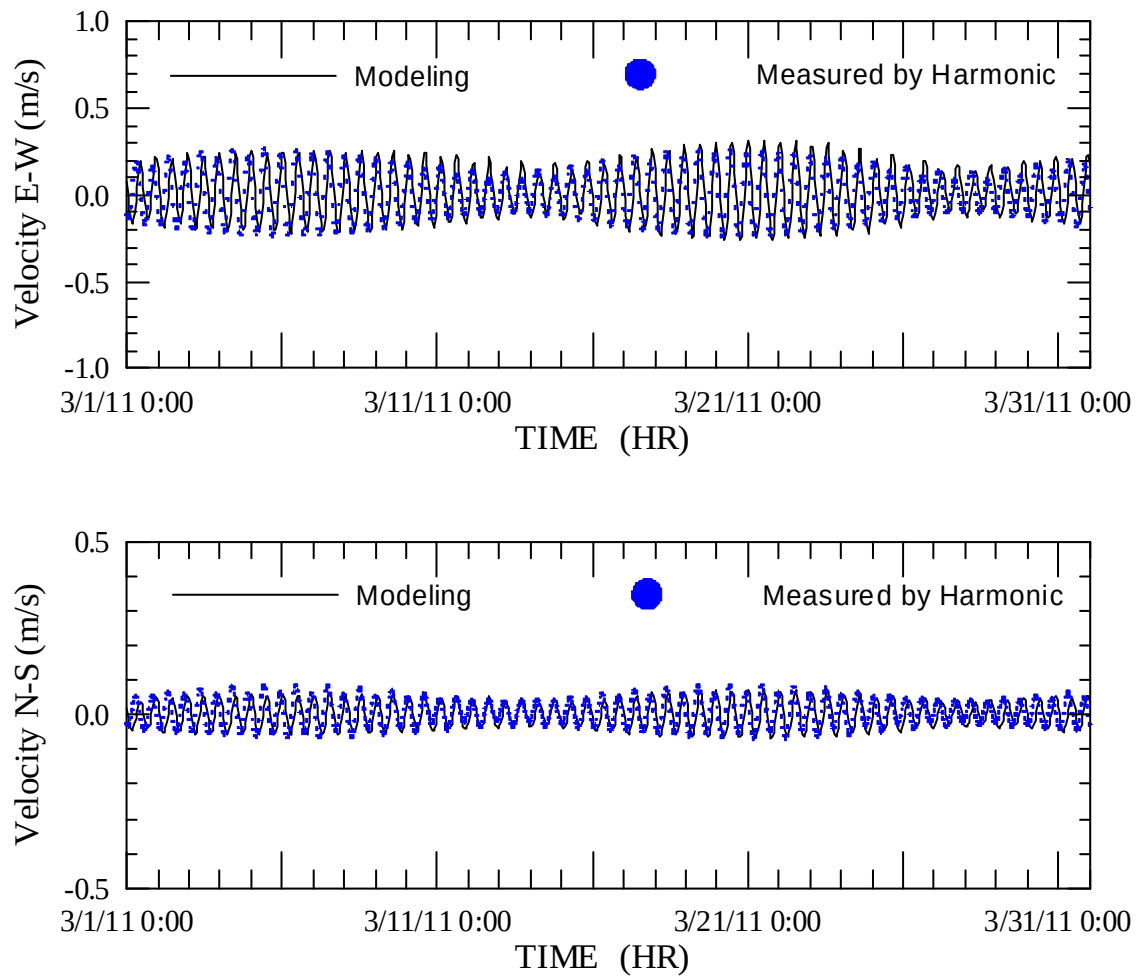


圖 5.2 基隆港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析
(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較

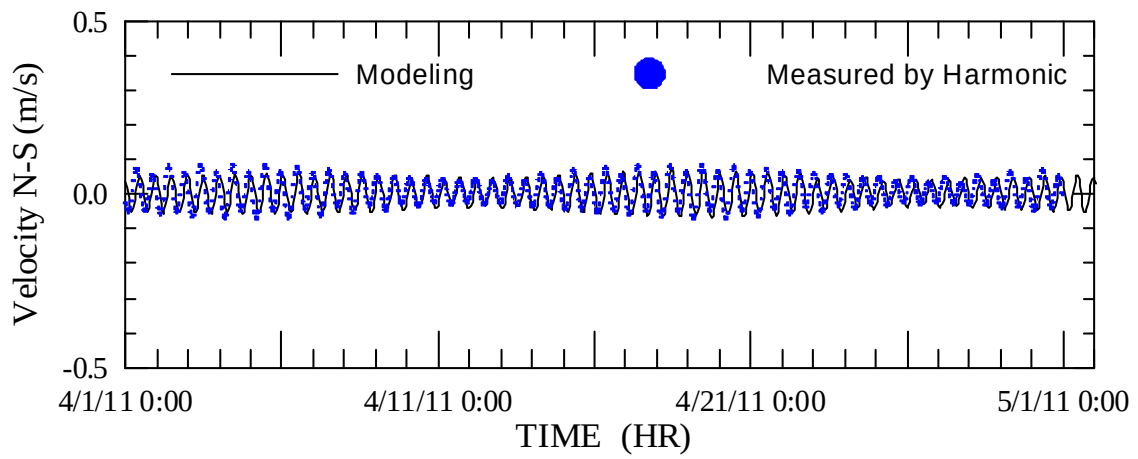
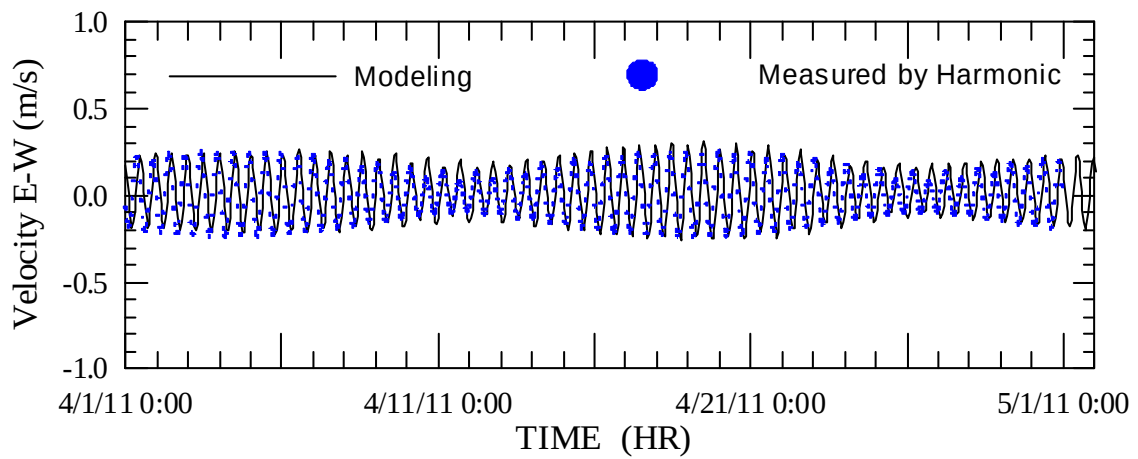


圖 5.2 (續 1)基隆港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析
(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較

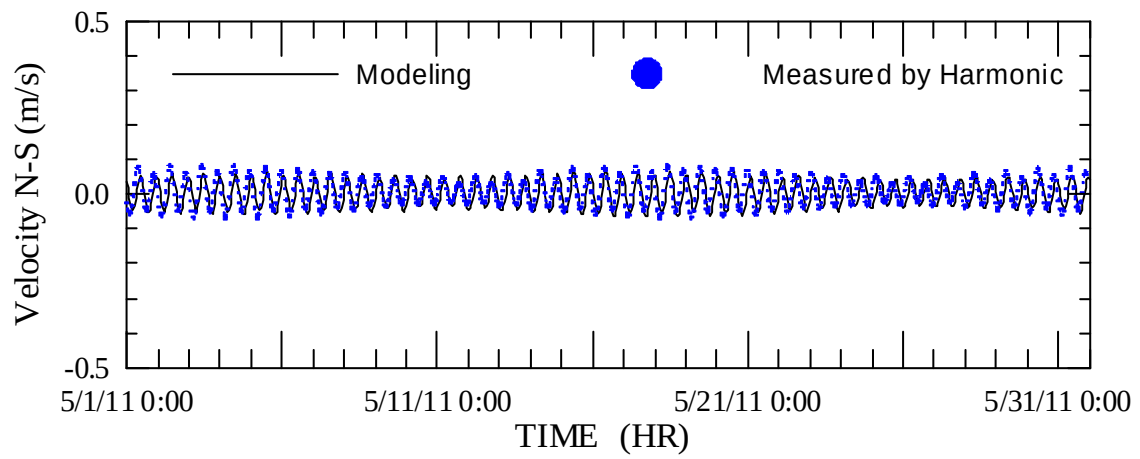
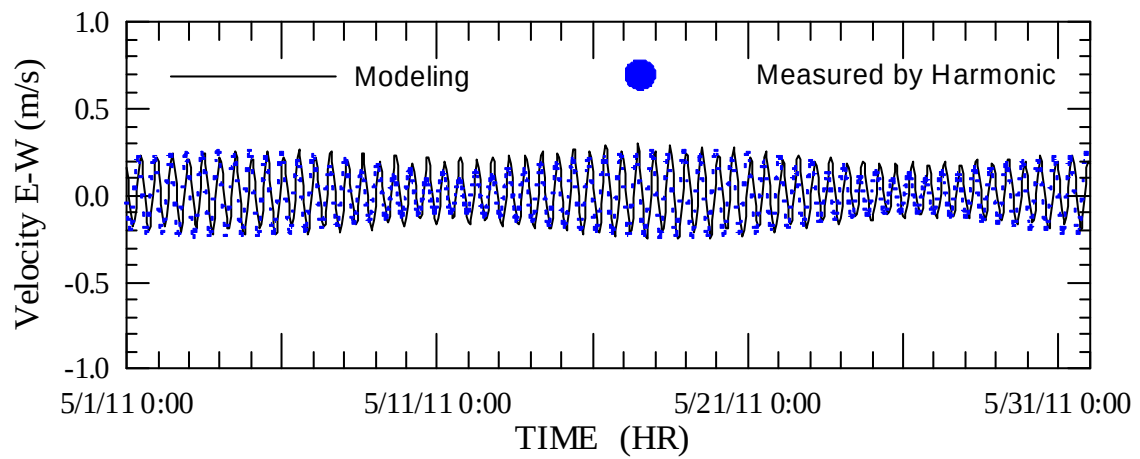


圖 5.2 (續 2)基隆港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析
(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較

表 5-5 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報海流資料蒐集率統計表

2011 年月份	方法	資料蒐集筆數(蒐集率百分數)
3	OBS1	741 (99.6%)
	近岸模式	744 (100%)
4	OBS1	711 (98.8%)
	近岸模式	720 (100%)
5	OBS1	736 (98.9%)
	近岸模式	744 (100%)
6	OBS1	716 (99.4%)
	近岸模式	720 (100%)
7	OBS1	744 (100%)
	近岸模式	744 (100%)
8	OBS1	739 (99.3%)
	近岸模式	744 (100%)
9	OBS1	682 (94.7%)
	近岸模式	720 (100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-6 2011 年 3 月至 9 月基隆港觀測與預報流場最大流速統計表
(單位：m/s)

2011 年月份	方法	最大流速(發生時流向、日/時)
3	OBS1	0.73 (E 22/23)
	近岸模式	0.22 (ENE 22/13)
4	OBS1	0.72 (ENE 4/10)
	近岸模式	0.218 (ENE 19/12)
5	OBS1	0.53 (ENE 12/6)
	近岸模式	0.205 (ENE 17/11)
6	OBS1	0.62 (ENE 11/4)
	近岸模式	0.278 (ENE 15/11)
7	OBS1	0.54 (WSW 5/18)
	近岸模式	0.293 (ENE 31/12)
8	OBS1	0.94 (ENE 31/8)
	近岸模式	0.325 (ENE 30/12)
9	OBS1	0.95 (ENE 15/14)
	近岸模式	0.331 (ENE 29/0)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

5.2 臺北港水位與流速

圖 5.3 所示為臺北港 2011 年 3 月至 9 月潮位觀測與臺北港水動力模式預報資料之比較，由圖顯示模式預測之水位與觀測資料比對結果趨勢相當一致。觀測期間臺北港潮位觀測與預報資料蒐集率、平均水位、最高水位與最低水位分別列於表 5-7 至表 5-10。由表 5-8 可知 3 月至 9 月模式預測結果臺北港每月平均水位均較小，最大僅 0.013 m。表 5-9 指出 3 月至 9 月臺北港觀測到最高水位為 1.768 m，發生於 3 月 22 日 0 時，模式預測最高水位為 1.689 m，發生於 9 月 29 日 12 時，觀測最高水位與模式預測到最高水位之偏差約為 0.08 m。表 5-10 則指出 3 至 9 月測站觀測到最低水位為 -1.826 m，發生於 5 月 18 日 17 時，模式預測最低水位為 -1.689 m，發生於 9 月 30 日 6 時，兩者偏差約為 0.14 m。

臺北港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2) 結果之比較如圖 5.4 所示，由圖顯示潮流觀測資料調和分析結果與臺北港水動力模式預測結果亦相當吻合。臺北港海流觀測與預報資料蒐集率與最大流速則分別列於表 5-11 及表 5-12。表 5-12 說明臺北港測站觀測到每月最大流速與模式預測結果相差不大，觀測最大流速為 1.15 m/s，發生於 7 月 4 日 15 時，流向為東北東向；模式預測最大流速為 1.011 m/s，發生於 3 月 20 日 20 時，流向則為西南西向。由以上結果顯示臺北港測站附近流速成份仍以天文潮流為主。觀測到最大流速多發生於東北向，模式預測最大流速則發生在西南西向。

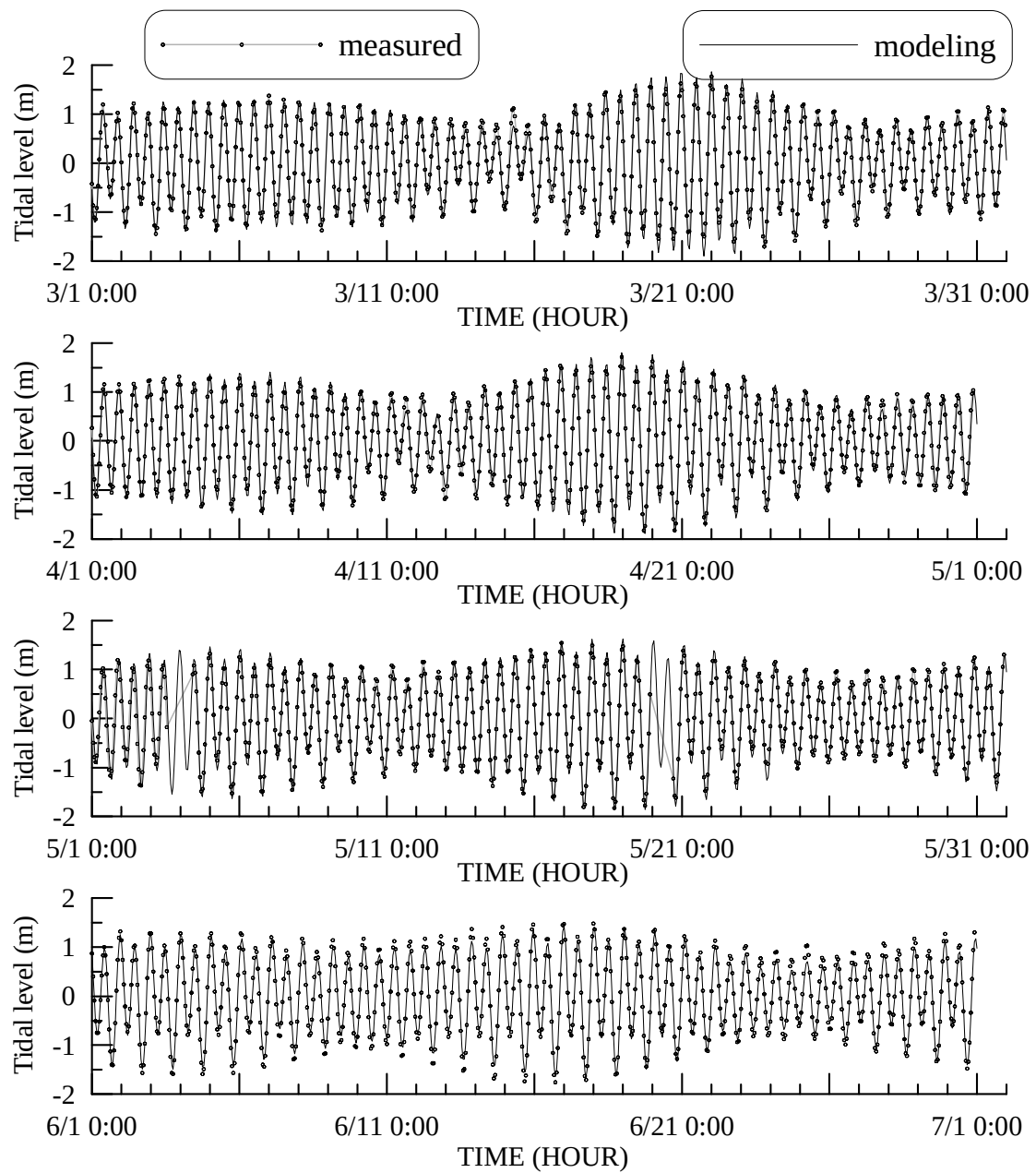


圖 5.3 臺北港水位觀測資料與模擬結果之比較

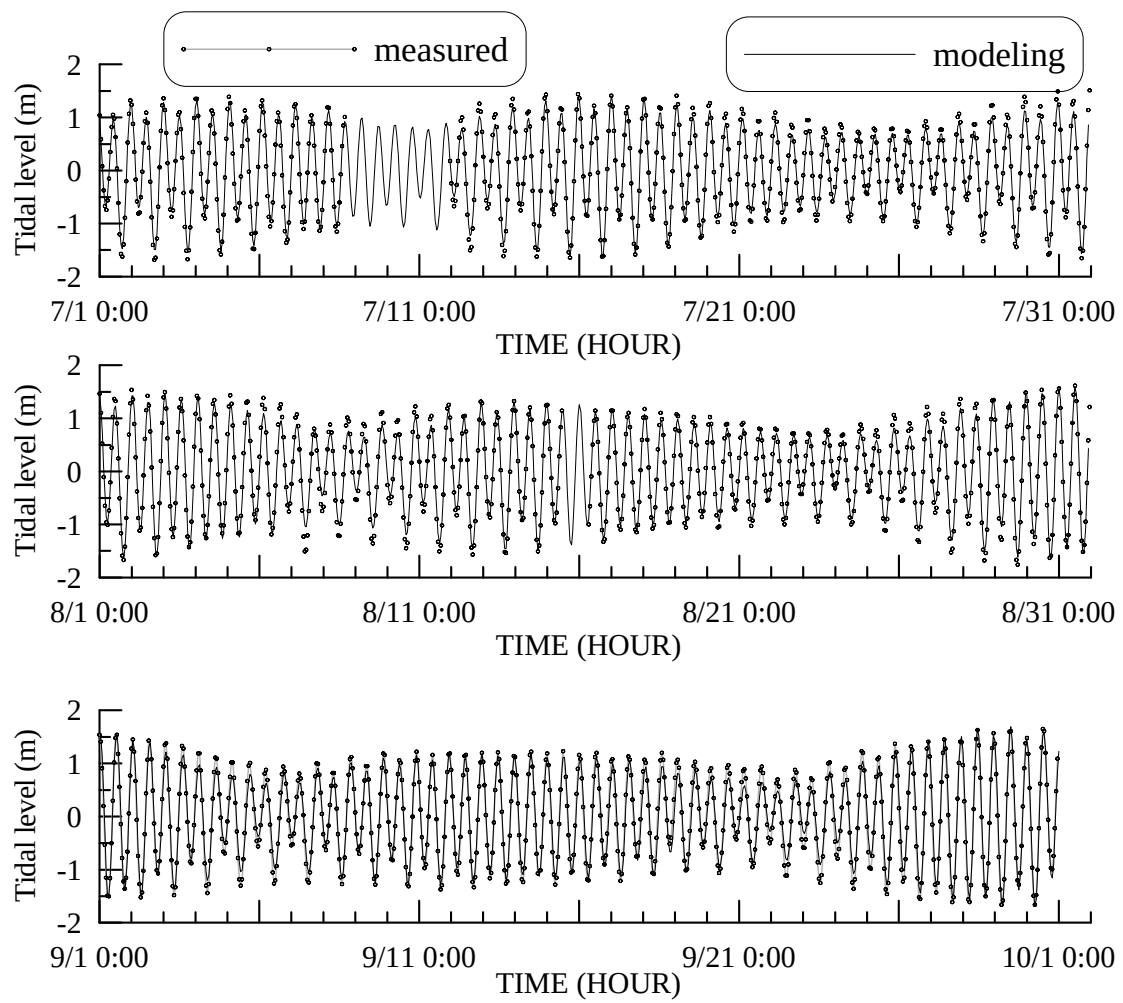


圖 5.3 (續 1)臺北港水位觀測資料與模擬結果之比較

表 5-7 2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報潮位資料蒐集率統計表

2011 年月份	方法	資料蒐集筆數(蒐集率百分數)
3	OBS1	732 (98.4%)
	近岸模式	744 (100%)
4	OBS1	706 (98.1%)
	近岸模式	720 (100%)
5	OBS1	699 (94.0%)
	近岸模式	744 (100%)
6	OBS1	714 (99.2%)
	近岸模式	720 (100%)
7	OBS1	664 (89.2%)
	近岸模式	744 (100%)
8	OBS1	723 (97.2%)
	近岸模式	744 (100%)
9	OBS1	715 (99.3%)
	近岸模式	720 (100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-8 2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報潮位資料平均水位統計表
(單位：m)

2011 年月份	方法	平均水位
3	OBS1	0.000
	近岸模式	0.010
4	OBS1	0.000
	近岸模式	0.009
5	OBS1	0.000
	近岸模式	0.006
6	OBS1	0.000
	近岸模式	0.004
7	OBS1	0.000
	近岸模式	0.003
8	OBS1	0.000
	近岸模式	0.010
9	OBS1	0.000
	近岸模式	0.013

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-9 2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報潮位最高水位統計表
(單位：m)

2011 年月份	方法	最高水位(發生日/時)
3	OBS1	1.768 (22/0)
	近岸模式	1.676 (22/0)
4	OBS1	1.715 (18/23)
	近岸模式	1.624 (18/23)
5	OBS1	1.544 (16/22)
	近岸模式	1.481 (19/0)
6	OBS1	1.481 (18/0)
	近岸模式	1.421 (17/0)
7	OBS1	1.509 (31/23)
	近岸模式	1.405 (17/0)
8	OBS1	1.614 (31/12)
	近岸模式	1.584 (31/12)
9	OBS1	1.649 (30/12)
	近岸模式	1.689 (29/12)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-10 2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報潮位最低水位統計表
(單位：m)

2011 年月份	方法	最低水位(發生日/時)
3	OBS1	-1.702 (23/19)
	近岸模式	-1.672 (21/18)
4	OBS1	-1.825 (19/17)
	近岸模式	-1.681 (19/17)
5	OBS1	-1.826 (18/17)
	近岸模式	-1.676 (18/17)
6	OBS1	-1.759 (16/17)
	近岸模式	-1.674 (17/18)
7	OBS1	-1.681 (2/17)
	近岸模式	-1.611 (15/17)
8	OBS1	-1.756 (29/17)
	近岸模式	-1.625 (1/18)
9	OBS1	-1.661 (29/5)
	近岸模式	-1.689 (30/6)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

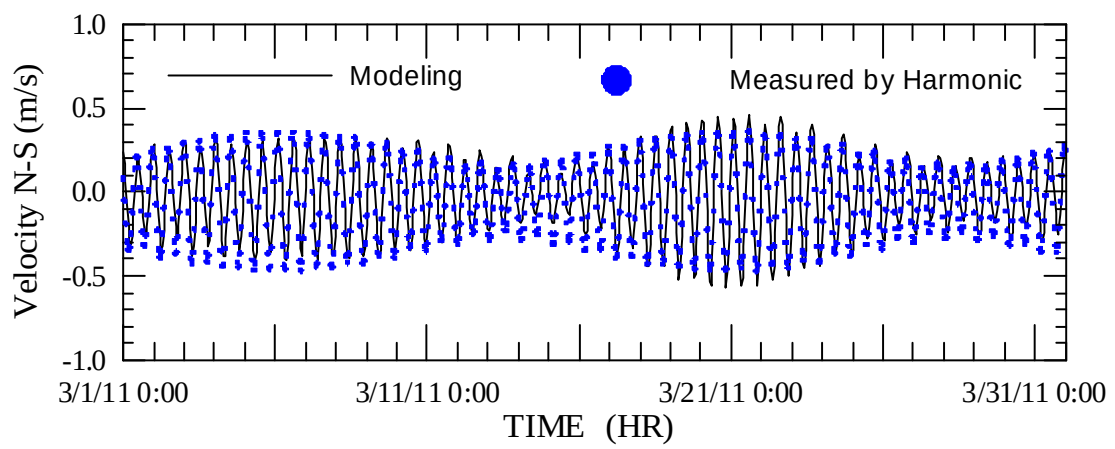
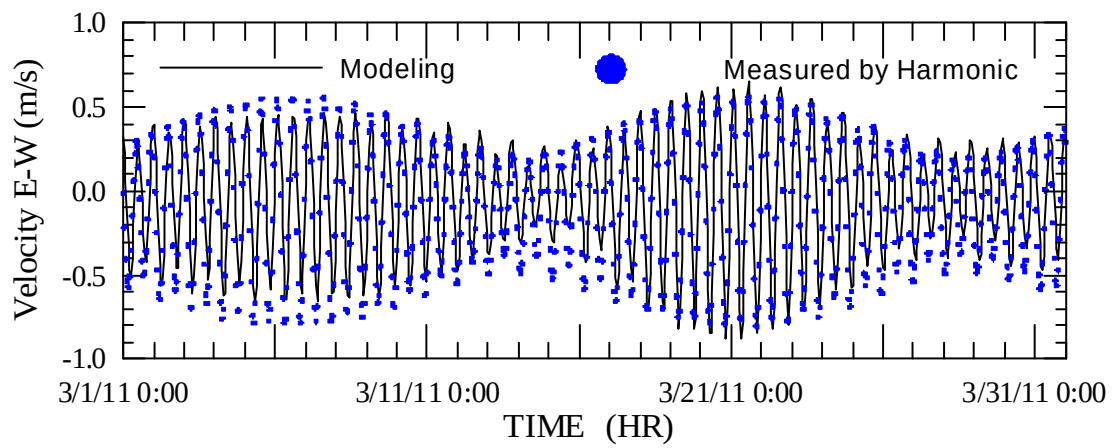


圖 5.4 臺北港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析
(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果之比較

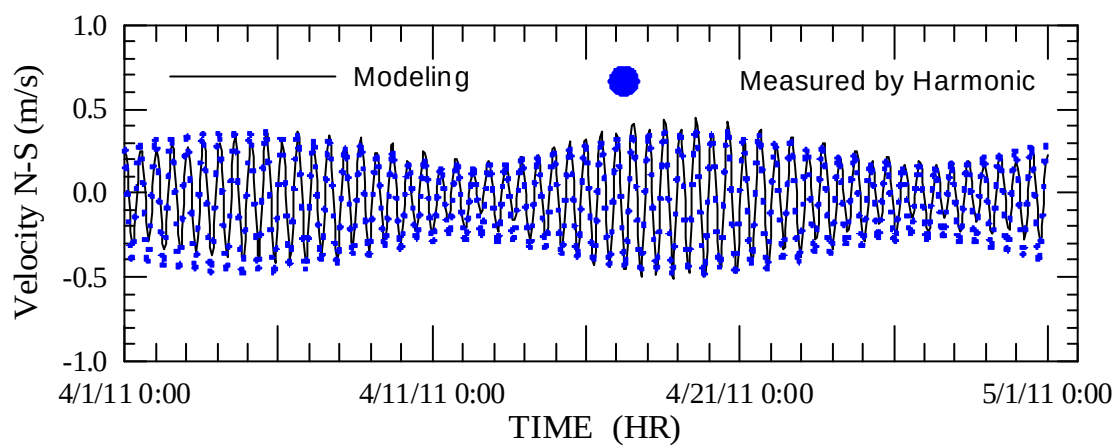
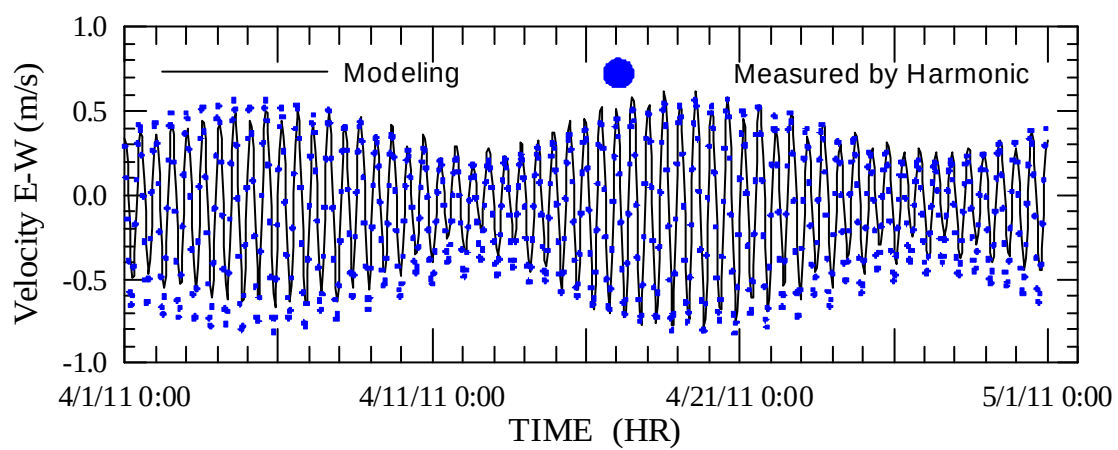


圖 5.4 (續 1) 臺北港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析
(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2) 結果之比較

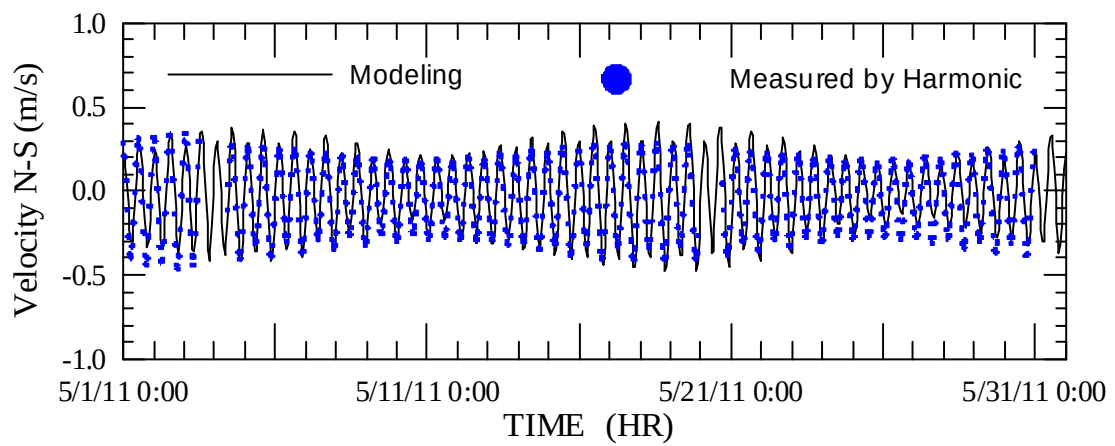
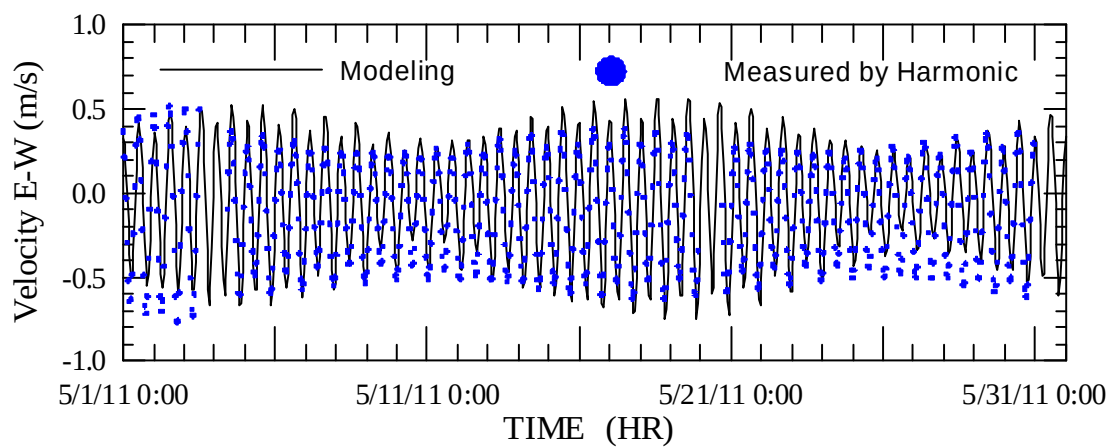


圖 5.4 (續 2) 臺北港潮流模擬結果與潮流觀測資料調和分析
(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2) 結果之比較

表 5-11 2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報海流資料蒐集率統計表

2011 年月份	方法	資料蒐集筆數(蒐集率百分數)
3	OBS1	732 (98.4%)
	近岸模式	744 (100%)
4	OBS1	706 (98.1%)
	近岸模式	720 (100%)
5	OBS1	699 (94.0%)
	近岸模式	744 (100%)
6	OBS1	714 (99.2%)
	近岸模式	720 (100%)
7	OBS1	664 (89.2%)
	近岸模式	744 (100%)
8	OBS1	723 (97.2%)
	近岸模式	744 (100%)
9	OBS1	715 (99.3%)
	近岸模式	720 (100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-12 2011 年 3 月至 9 月臺北港觀測與預報流場最大流速統計表
(單位：m/s)

2011 年月份	方法	最大流速(發生時流向、日/時)
3	OBS1	1.12 (NE 21/13)
	近岸模式	1.011 (WSW 20/20)
4	OBS1	1.00 (NE 20/14)
	近岸模式	0.929 (WSW 18/20)
5	OBS1	0.89 (WNW 15/3)
	近岸模式	0.888 (WSW 19/21)
6	OBS1	1.12 (NE 14/11)
	近岸模式	0.894 (WSW 17/21)
7	OBS1	1.15 (ENE 4/15)
	近岸模式	0.877 (WSW 31/20)
8	OBS1	0.99 (NE 1/13)
	近岸模式	1.005 (WSW 30/20)
9	OBS1	1.02 (NE 29/1)
	近岸模式	0.992 (WSW 29/8)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

5.3 颱風期間水位與流速

本年度至 9 月底止共計有 5 個颱風影響台灣本島或附近海域，分別為艾利、桑達、米雷、梅花及南瑪都颱風。各個颱風警報發佈期間基隆港水位及海流觀測資料與模式預測結果之比較分別如圖 5.5 至圖 5.9 所示，其中海流資料包括流速大小、流向以及東西向與南北向流速分量，圖中亦包括觀測水位與預測水位的偏差。由圖 5.5 至圖 5.9 可觀察出基隆港測站於各颱風影響期間觀測水位的變化趨勢與模式預測結果一致，觀測水位與預測水位最大偏差(觀測值減預測值之絕對值)為 0.285 m，發生於南瑪都颱風影響時期。在艾利和桑達颱風時期觀測流速普遍大於預測流速，而在米雷、梅花及南瑪都颱風時期觀測流速與預測流速較為接近，但流速的變化較不一致。由流向變化顯示觀測流向相較於預測流向有提前 1 至 3 小時轉向的情形，唯在南瑪都颱風時期流向的變化較不一致，顯示基隆港測站流況較為複雜。本年度各個颱風期間基隆港水位觀測與預報資料蒐集率、平均水位、最高水位與最低水位分別列於表 5-13 至表 5-16；各颱風期間基隆港海流觀測與預報資料蒐集率、平均流速及最大流速分別列於表 5-17 至表 5-19。

圖 5.10 至圖 5.14 為臺北港於各個颱風影響期間水位及海流觀測資料與模式預測結果之比較圖，由圖可觀察出臺北港測站於各颱風影響期間觀測水位的變化與模式預測結果亦為一致，觀測水位與預測水位最大偏差為 0.352 m，發生於米雷颱風影響時期。除了米雷颱風時期觀測流速普遍大於預測流速，其餘颱風時期觀測流速的大小與預測值較為接近，整體流速的變化也大部分一致。在流向變化方面，於各颱風影響期間觀測流向相較於預測流向有提前 1 至 2 小時轉向的情形。本年度各個颱風期間臺北港水位觀測與預報資料蒐集率、平均水位、最高水位與最低水位分別列於表 5-20 至表 5-23；各颱風期間臺北港海流觀測與預報資料蒐集率、平均流速及最大流速分別列於表 5-24 至表 5-26。

綜合以上評估結果，基隆港與臺北港水動力模式預測之水位與觀測資料比對結果趨勢相當一致。基隆港觀測最高水位與預測最高水位相差約為 0.07 m，觀測最低水位與預測值相差為 0.11m。基隆港和臺北港潮流觀測資料調和分析結果與潮流模式預測結果之比較亦相當一致。基隆港觀測流速除潮流外，其他流速成份可能大於潮流，觀測與預測最大流速多發生於東北東向。臺北港每月觀測最高水位與預測最高水位相差最大約為 0.08 m，每月觀測最低水位與預測最低水位相差最大約為 0.14 m。臺北港海流最大流速與模式預測結果相差不大，但觀測最大流速多發生在東北向，模式預測最大流速則多發生於西南西向。本年度各颱風影響期間基隆港和臺北港觀測水位變化與模式預測結果一致，基隆港觀測水位與預測水位最大偏差為 0.285 m，臺北港觀測水位與預測水位最大偏差為 0.352 m。基隆港觀測流速的變化與預測流速較不一致，觀測流向相較於預測流向有提前 1 至 3 小時轉向的情形；臺北港觀測流速的變化與預測流速則大部分一致，但觀測流向相較於預測流向有提前 1 至 2 小時轉向的情形。

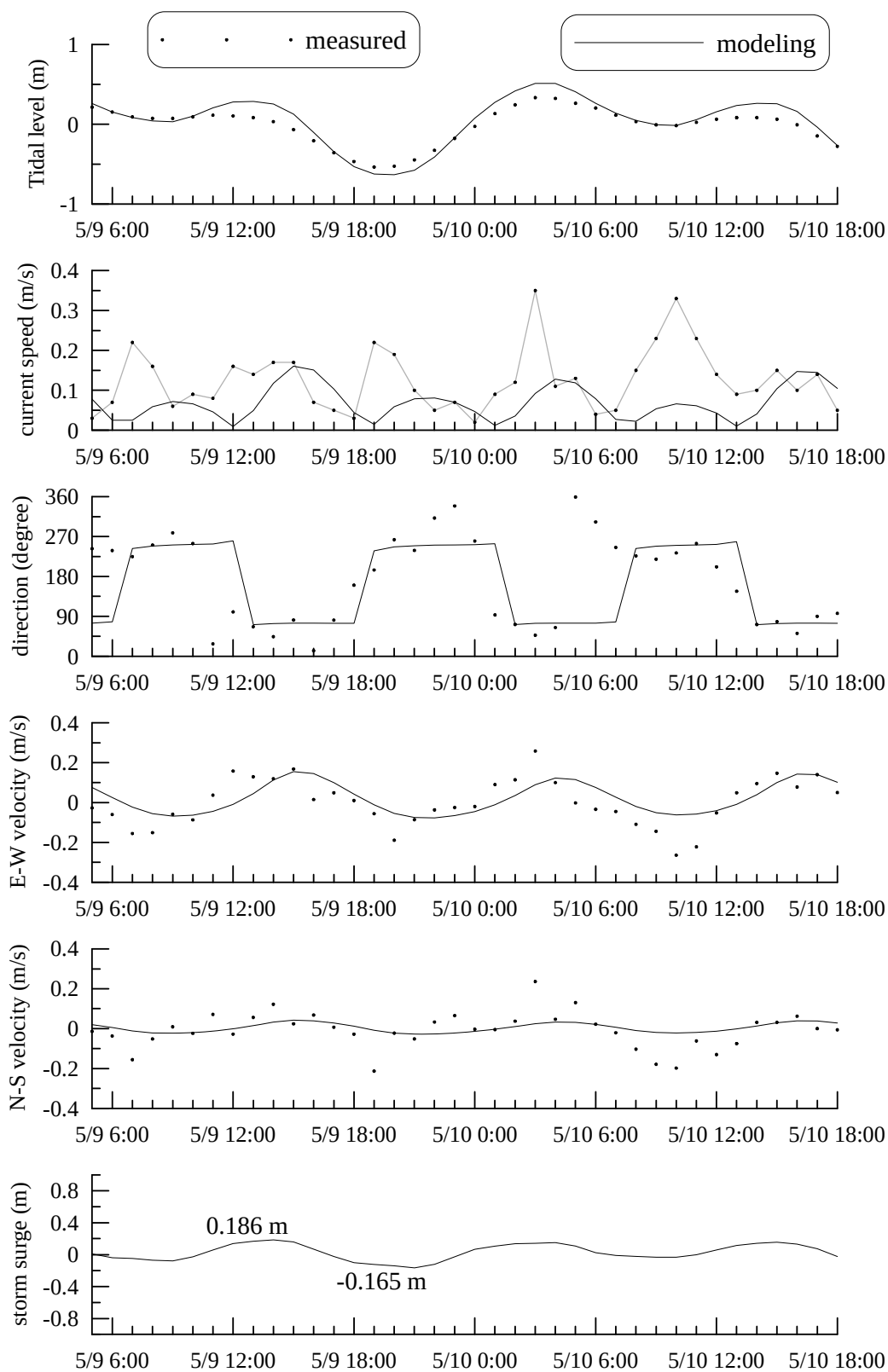


圖 5.5 艾利颱風期間(5/9~5/10)基隆港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較

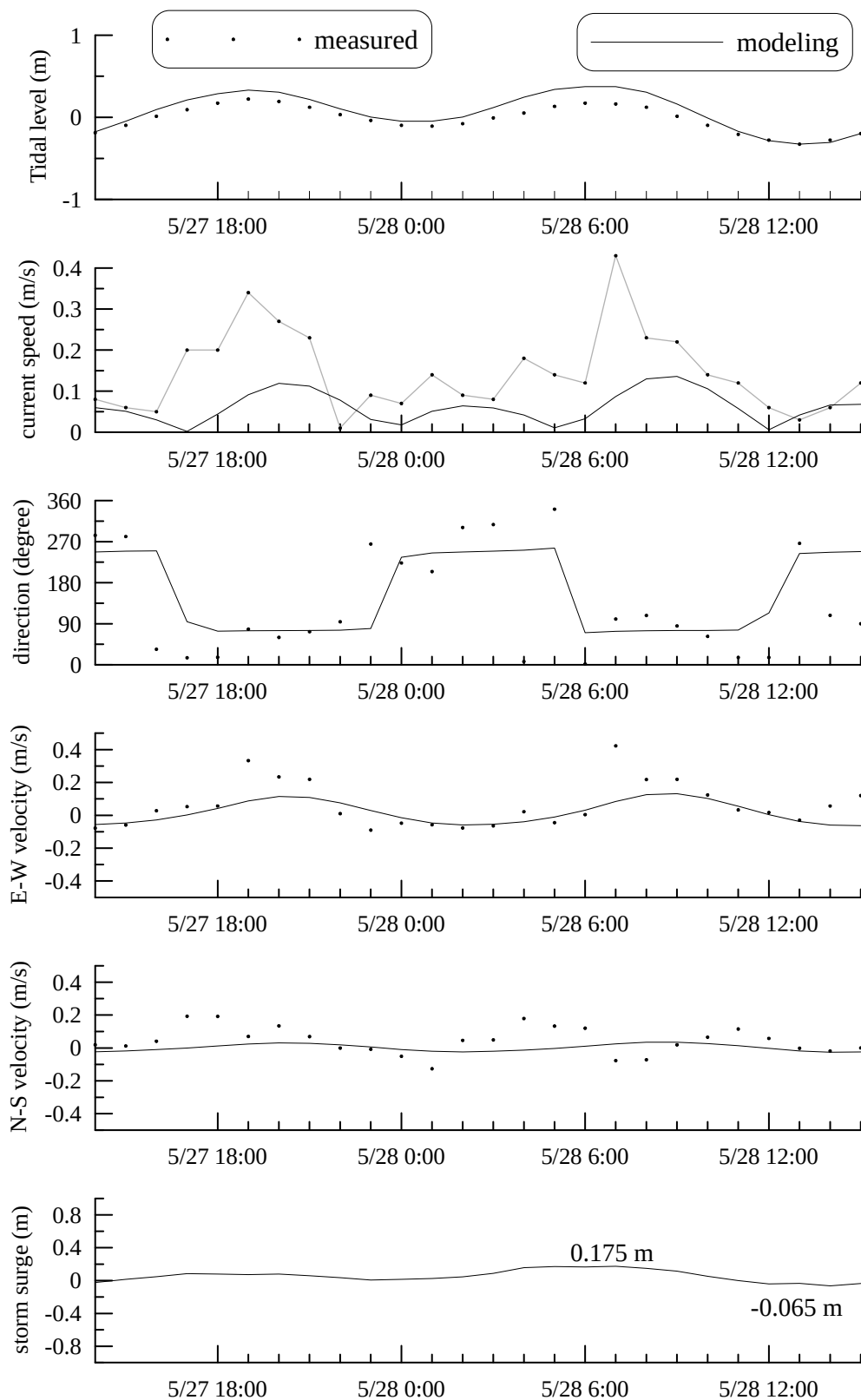


圖 5.6 桑達颱風期間(5/27~5/28)基隆港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較

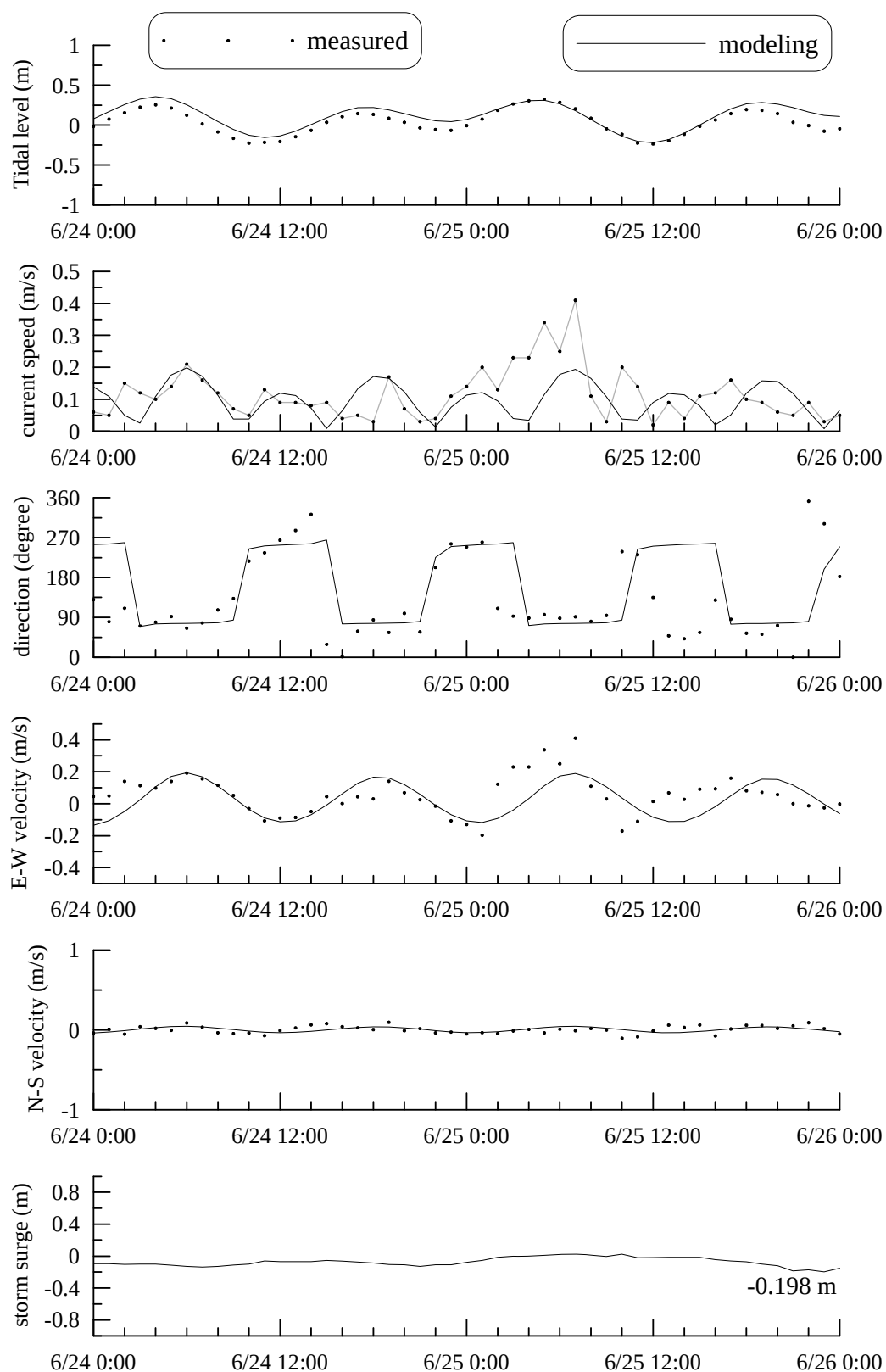


圖 5.7 米雷颱風期間(6/24~6/25)基隆港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較

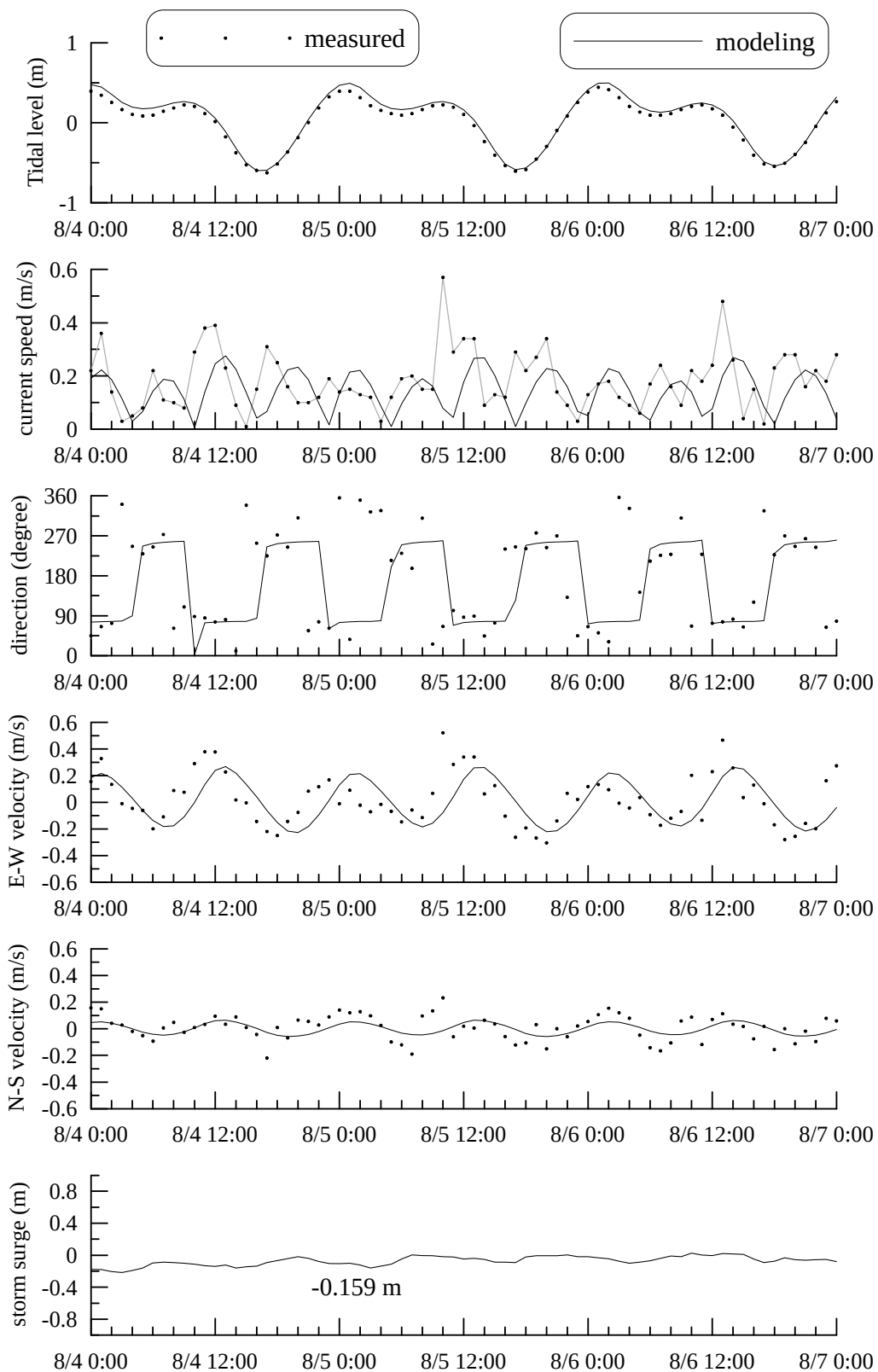


圖 5.8 梅花颱風期間(8/4~8/6)基隆港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較

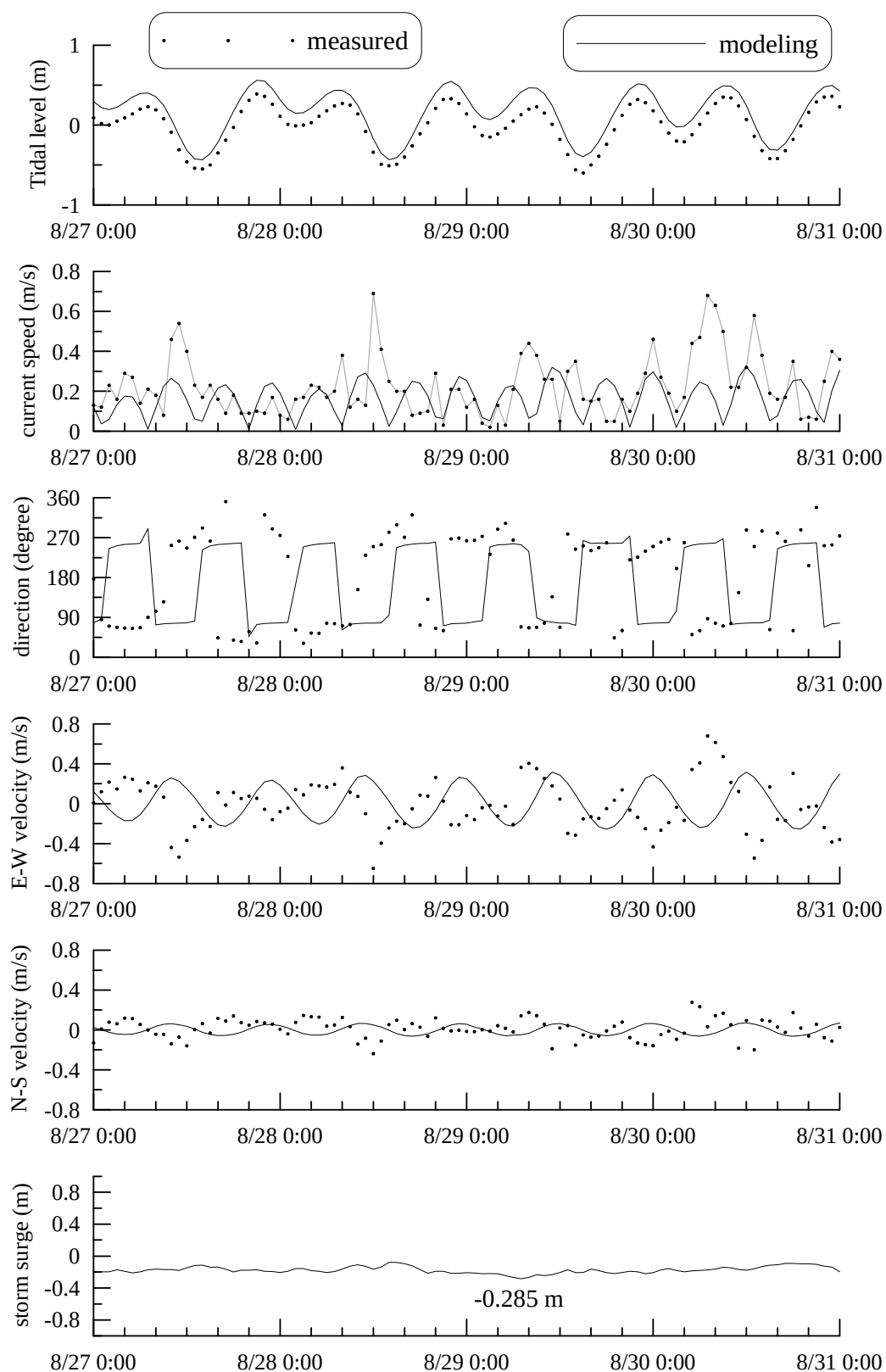


圖 5.9 南瑪都颱風期間(8/27~8/31)基隆港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較

表 5-13 2011 年颱風期間基隆港觀測與預報潮位資料蒐集率統計表

序號	颱風名稱	方法	資料蒐集筆數(蒐集率百分數)
1	艾利	OBS1	38 (100%)
		近岸模式	38 (100%)
2	桑達	OBS1	26 (100%)
		近岸模式	26 (100%)
3	米雷	OBS1	41 (100%)
		近岸模式	41 (100%)
4	梅花	OBS1	44 (100%)
		近岸模式	44 (100%)
5	南瑪都	OBS1	101 (100%)
		近岸模式	101 (100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

**表 5-14 2011 年颱風期間基隆港觀測與預報潮位資料平均水位統計表
(單位：m)**

序號	颱風名稱	方法	平均水位
1	艾利	OBS1	0.03
		近岸模式	0.05
2	桑達	OBS1	-0.02
		近岸模式	0.07
3	米雷	OBS1	0.02
		近岸模式	0.09
4	梅花	OBS1	0.09
		近岸模式	0.14
5	南瑪都	OBS1	-0.02
		近岸模式	0.15

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-15 2011 年颱風期間基隆港觀測與預報潮位最高水位統計表
(單位：m)

序號	颱風名稱	方法	最高水位(發生日/時)
1	艾利	OBS1	.36 (10/4)
		近岸模式	.51 (10/3)
2	桑達	OBS1	.21 (28/6)
		近岸模式	.38 (28/6)
3	米雷	OBS1	.32 (25/5)
		近岸模式	.35 (24/4)
4	梅花	OBS1	.41 (6/2)
		近岸模式	.49 (5/1)
5	南瑪都	OBS1	.39 (27/21)
		近岸模式	.56 (27/21)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-16 2011 年颱風期間基隆港觀測與預報潮位最低水位統計表
(單位：m)

序號	颱風名稱	方法	最低水位(發生日/時)
1	艾利	OBS1	-.50 (9/20)
		近岸模式	-.63 (9/20)
2	桑達	OBS1	-.25 (28/13)
		近岸模式	-.33 (28/13)
3	米雷	OBS1	-.24 (25/12)
		近岸模式	-.22 (25/12)
4	梅花	OBS1	-.27 (6/9)
		近岸模式	-.25 (6/9)
5	南瑪都	OBS1	-.60 (29/15)
		近岸模式	-.44 (17/14)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-17 2011 年颱風期間基隆港觀測與預報海流資料蒐集率統計表

序號	颱風名稱	方法	資料蒐集筆數(蒐集率百分數)
1	艾利	OBS1	38 (100%)
		近岸模式	38 (100%)
2	桑達	OBS1	26 (100%)
		近岸模式	26 (100%)
3	米雷	OBS1	41 (100%)
		近岸模式	41 (100%)
4	梅花	OBS1	44 (100%)
		近岸模式	44 (100%)
5	南瑪都	OBS1	101 (100%)
		近岸模式	101 (100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

**表 5-18 2011 年颱風期間基隆港觀測與預報海流平均流速統計表
(單位：cm/s)**

序號	颱風名稱	方法	平均水位
1	艾利	OBS1	12.5
		近岸模式	7.0
2	桑達	OBS1	14.5
		近岸模式	6.1
3	米雷	OBS1	12.1
		近岸模式	10.1
4	梅花	OBS1	44.4
		近岸模式	14.6
5	南瑪都	OBS1	25.0
		近岸模式	16.7

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-19 2011 年颱風期間基隆港觀測與預報流場最大流速統計表
(單位：cm/s)

序號	颱風名稱	方法	最大流速(發生時流向、日/時)
1	艾利	OBS1	35.0 (NE 10/03)
		近岸模式	16.1 (ENE 09/15)
2	桑達	OBS1	43.0 (E 28/07)
		近岸模式	13.6 (ENE 28/09)
3	米雷	OBS1	41.0 (E 25/7)
		近岸模式	19.9 (ENE 24/6)
4	梅花	OBS1	92.0 (ENE 6/4)
		近岸模式	28.6 (ENE 5/3)
5	南瑪都	OBS1	94.0 (ENE 31/8)
		近岸模式	32.5 (ENE 30/12)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

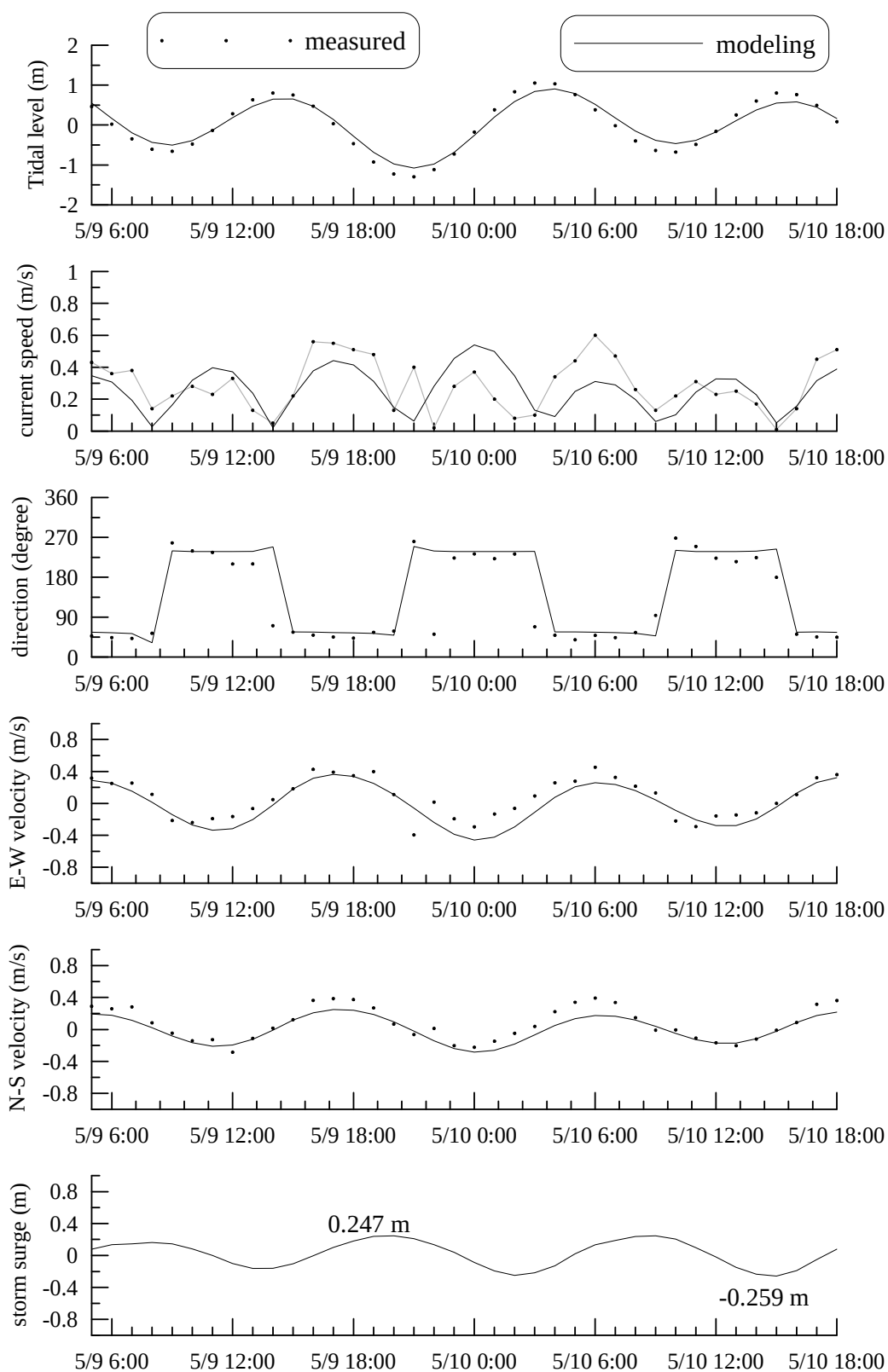


圖 5.10 艾利颱風期間(5/9~5/10)臺北港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較

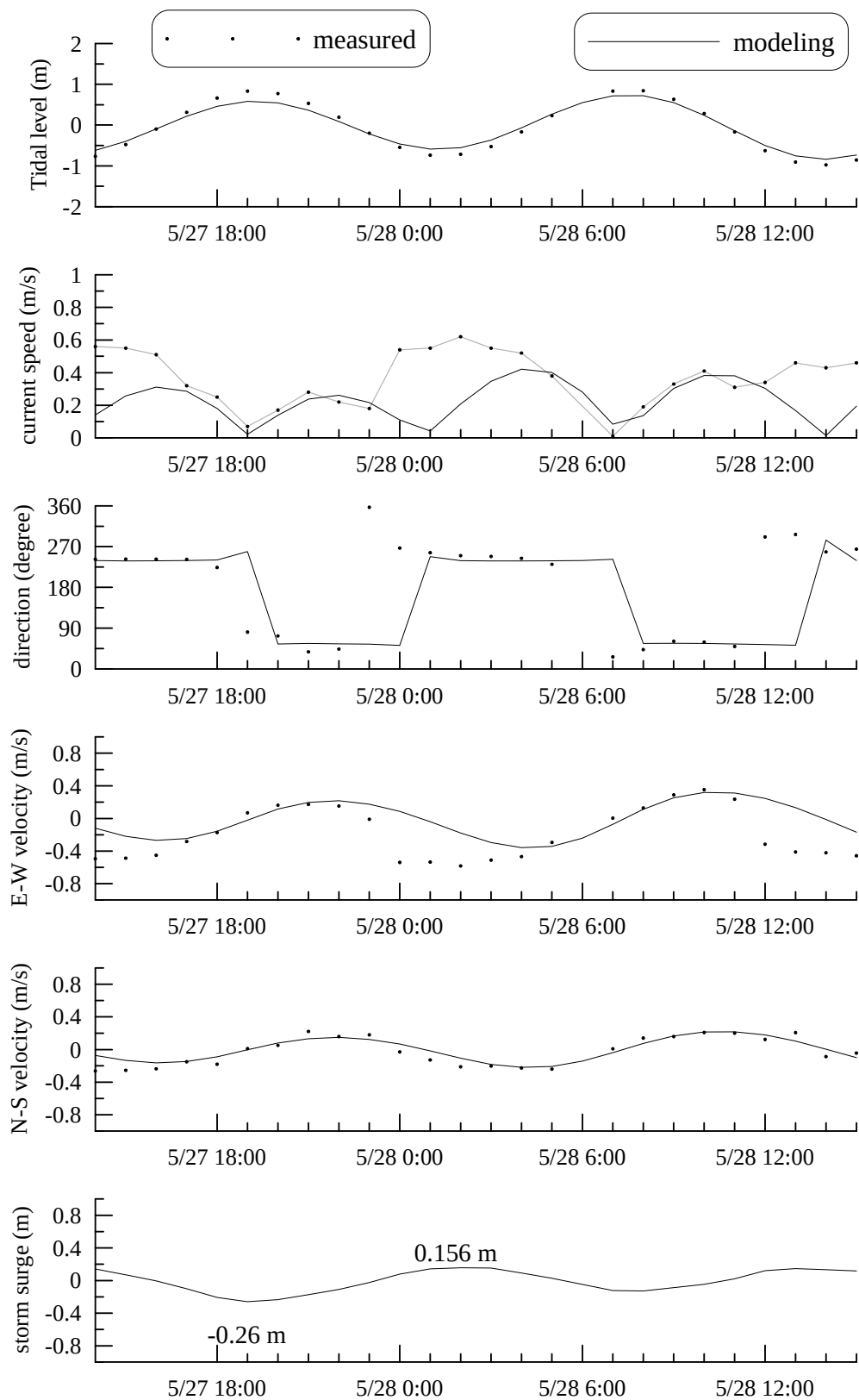


圖 5.11 桑達颱風期間(5/27~5/28)臺北港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較

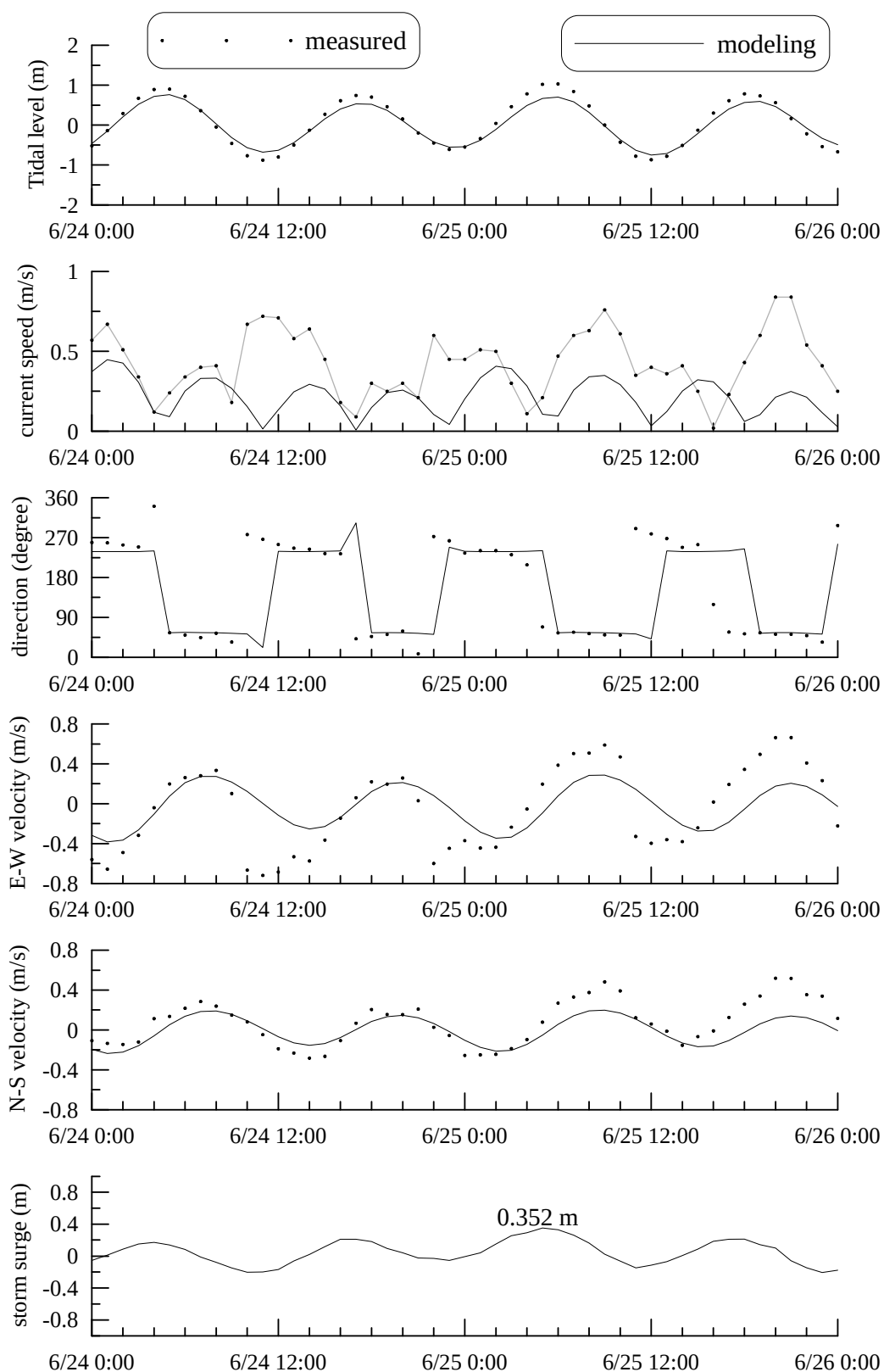


圖 5.12 米雷颱風期間(6/24~6/25)臺北港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較

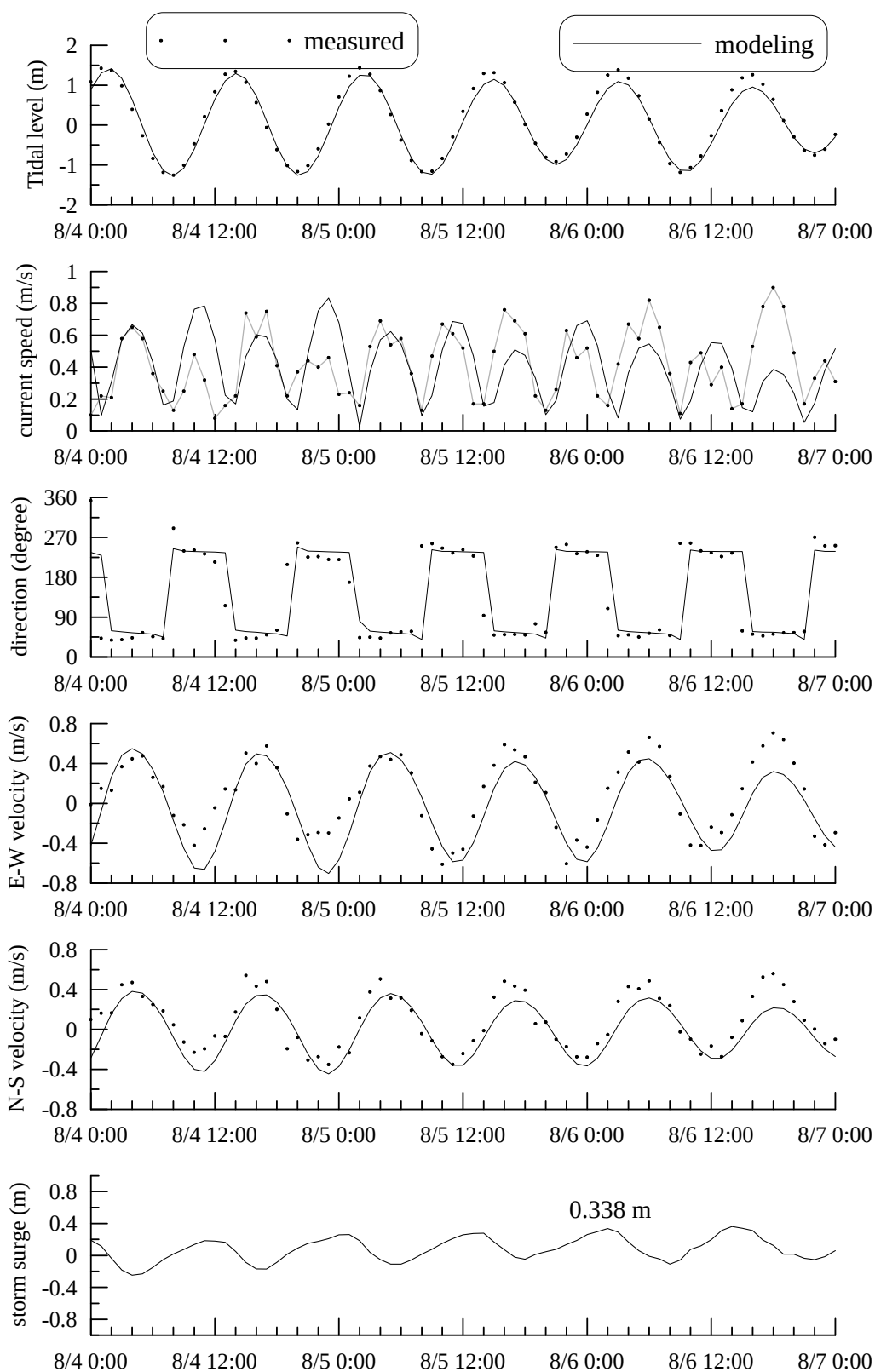


圖 5.13 梅花颱風期間(8/4~8/6)臺北港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較

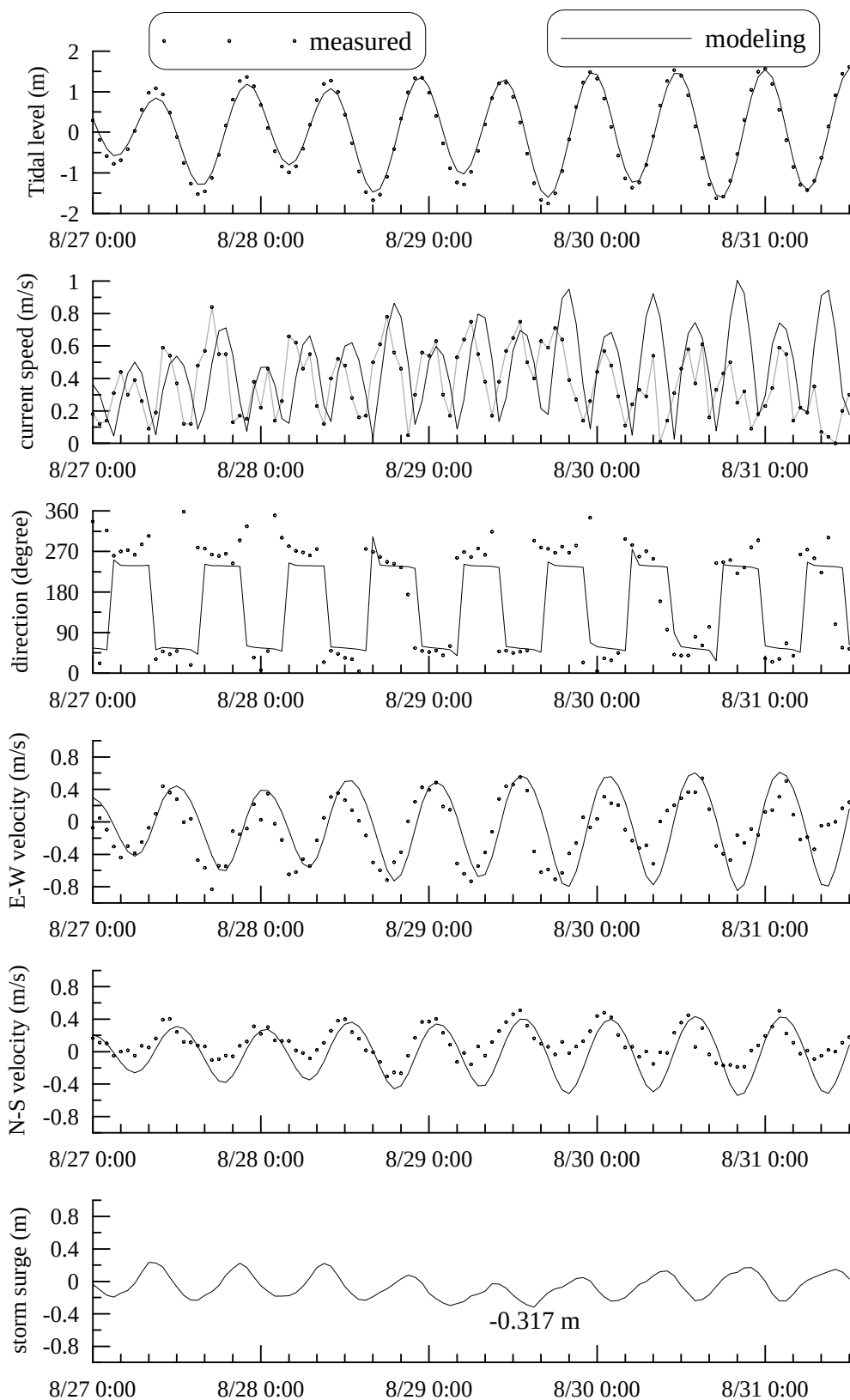


圖 5.14 南瑪都颱風期間(8/27~8/31)臺北港水位及潮流觀測資料與模式預測結果之比較

表 5-20 2011 年颱風期間臺北港觀測與預報潮位資料蒐集率統計表

序號	颱風名稱	方法	資料蒐集筆數(蒐集率百分數)
1	艾利	OBS1	38 (100%)
		近岸模式	38 (100%)
2	桑達	OBS1	26 (100%)
		近岸模式	26 (100%)
3	米雷	OBS1	41 (100%)
		近岸模式	41 (100%)
4	梅花	OBS1	44 (100%)
		近岸模式	44 (100%)
5	南瑪都	OBS1	101 (100%)
		近岸模式	101 (100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

**表 5-21 2011 年颱風期間臺北港觀測與預報潮位資料平均水位統計表
(單位：m)**

序號	颱風名稱	方法	平均水位
1	艾利	OBS1	0.06
		近岸模式	0.04
2	桑達	OBS1	-0.03
		近岸模式	-0.04
3	米雷	OBS1	0.02
		近岸模式	-0.03
4	梅花	OBS1	0.00
		近岸模式	-0.10
5	南瑪都	OBS1	-0.07
		近岸模式	-0.01

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-22 2011 年颱風期間臺北港觀測與預報潮位最高水位統計表
(單位：m)

序號	颱風名稱	方法	最高水位(發生日/時)
1	艾利	OBS1	1.11 (10/4)
		近岸模式	.91 (10/4)
2	桑達	OBS1	.61 (28/8)
		近岸模式	.72 (28/8)
3	米雷	OBS1	1.03 (25/6)
		近岸模式	.76 (24/5)
4	梅花	OBS1	1.43 (5/2)
		近岸模式	1.25 (5/2)
5	南瑪都	OBS1	1.56 (31/0)
		近岸模式	1.56 (31/0)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-23 2011 年颱風期間臺北港觀測與預報潮位最低水位統計表
(單位：m)

序號	颱風名稱	方法	最低水位(發生日/時)
1	艾利	OBS1	-1.39 (9/21)
		近岸模式	-1.08 (9/21)
2	桑達	OBS1	-.64 (28/14)
		近岸模式	-.84 (28/14)
3	米雷	OBS1	-.88 (24/11)
		近岸模式	-.75 (25/12)
4	梅花	OBS1	-1.19 (6/9)
		近岸模式	-1.26 (4/20)
5	南瑪都	OBS1	-1.76 (29/17)
		近岸模式	-1.62 (30/18)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-24 2011 年颱風期間臺北港觀測與預報海流資料蒐集率統計表

序號	颱風名稱	方法	資料蒐集筆數(蒐集率百分數)
1	艾利	OBS1	37 (97.4%)
		近岸模式	38 (100%)
2	桑達	OBS1	25 (96.2%)
		近岸模式	26 (100%)
3	米雷	OBS1	41 (100%)
		近岸模式	41 (100%)
4	梅花	OBS1	44 (100%)
		近岸模式	44 (100%)
5	南瑪都	OBS1	101 (100%)
		近岸模式	101 (100%)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

**表 5-25 2011 年颱風期間臺北港觀測與預報海流平均流速統計表
(單位：cm/s)**

序號	颱風名稱	方法	平均流速
1	艾利	OBS1	28.9
		近岸模式	26.2
2	桑達	OBS1	36.8
		近岸模式	22.4
3	米雷	OBS1	42.4
		近岸模式	23.0
4	梅花	OBS1	43.4
		近岸模式	41.2
5	南瑪都	OBS1	38.2
		近岸模式	47.6

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

表 5-26 2011 年颱風期間臺北港觀測與預報流場最大流速統計表
(單位：cm/s)

序號	颱風名稱	方法	最大流速(發生時流向、日/時)
1	艾利	OBS1	60.0 (NE 10/06)
		近岸模式	54.0 (WSW 10/00))
2	桑達	OBS1	62.0 (WSW 28/02)
		近岸模式	42.1 (WSW 28/04)
3	米雷	OBS1	76.0 (NE 25/9)
		近岸模式	44.9 (WSW 24/1)
4	梅花	OBS1	82.0 (NE 6/6)
		近岸模式	83.4 (WSW 4/23)
5	南瑪都	OBS1	84.0 (W 27/17)
		近岸模式	100.5 (WSW 30/20)

OBS1：港灣技術研究中心觀測 1 站資料

第六章 港區設計水位探討

港區設計水位通常分為高水位及低水位兩種，就港灣建設而言，前者(高水位)通常用於決定港埠設施及防波堤之高度，後者(低水位)常見於維護港域水深及航道之通暢。本計畫目的著重於近岸防救災，因此設計水位將著重於港口最高水位之探討。

6.1 設計水位之定義

在不考慮波浪影響之前題下，近岸海水位的變化主要為因天體引力作用所產生的海水面週期性升降，稱之為天文潮，其次為因氣象因素(如氣壓及風場)作用而引起的水位變化，稱之為氣象潮(Meteorological tide)或暴潮(storm surge)，如水位因低氣壓通過而引起水面抬升或海面強風作用下因風之壅積作用(piling up)造成風下方之水位升高等，此種受氣象因素影響之潮位與當時之天文潮位之差稱為潮位偏差(sea level departure from normal)或暴潮位。其中天文潮可由各地水位觀測資料利用天文潮理論予以正確地預測，而暴潮之推算則需要藉助於經驗公式或數值模式。

有關設計水位之定義，依據海岸工程規劃設計(中國農村復興聯合委員會特刊新二號，1971)之描述得知：在不考慮海嘯引起的水位變化之情況下，針對海岸前水位先求出其天文潮最高水位及最大潮位(暴潮)偏差；並假設此最大潮位偏差，適在天文潮最大滿潮位時發生，則此時之最高水位即為設計水位。簡言之，最大暴潮偏差加上天文潮最高水位為國內海岸或港灣工程之設計水位。

本年度計畫針對基隆港及臺北港兩港設計水位之具體做法說明如下：

1. 以各港一年以上的潮汐記錄，利用調和分析方法求出天文潮各分潮之常數(振幅及相位)，建立天文潮預報公式；並預測太陰週期 18.6 年之潮位變化，求得最高天文潮位值。
2. 依歷年侵臺颱風路徑、配合模型颱風模擬颱風風場及氣壓場，以暴潮數值模式模擬各港口暴潮偏差值。再以極端值回歸分析方法求得不同復現期距(如 25 年或 50 年)之最大暴潮偏差值。
3. 各港口最高天文潮位預測值+不同復現期距之最大暴潮偏差值即為各港口不同復現期距之設計水位。

6.2 暴潮數值模式

本計畫所使用的二維暴潮數值模式其基本控制方程式與求解方法(FEM)均與前述水動力模式相同，二者差異在於暴潮模式增加模型颱風風場及氣壓場模擬。有關模型颱風風場及氣壓場之計算說明如下：

假設颱風圈內等壓線幾近呈圓形分佈，則颱風之氣壓分佈可採用 Myers(1954)之經驗式，即

$$P = P_c + a \exp(-r_0/r) \dots\dots\dots (6-1)$$

式中 P_c 為颱風中心之氣壓(mb)， r_0 為颱風最大風速之半徑， a 為颱風中心氣壓常數。氣壓場之氣壓力梯度計算如下：

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{r_0(x - x_c)}{r^3} a \exp(-r_0/r) \dots\dots\dots (6-2)$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} = \frac{r_0(y - y_c)}{r^3} a \exp(-r_0/r) \dots\dots\dots (6-3)$$

式中 x_c 及 y_c 為颱風中心之 x, y 座標。於(6-1)式中 r_0 及 a 值較不易估計，如有數站氣壓資料，便可由最小二乘法求出，惟海上颱風暴風圈內之氣壓值通常不易獲得。因此 a 值之取定，通常採用假設 $a = \Delta P_c = P_\infty - P_c$ ， P_∞ 為遠離颱風中心之外圍氣壓，一般取其值為標準

海平面氣壓約 1013mb。

颱風最大風速半徑 r_0 值可根據 Graham 及 Nunn 提出之經驗公式如下：

$$r_0 = [28.52 \tanh[0.0873(\phi - 28)]] + 12.22 \exp[(P_c - 1013.2)/33.86] + 0.2V_F + 37.22 \dots\dots\dots (6-4)$$

式中 ϕ 為緯度， V_F 為颱風移動速度(km/hr)。

在颱風風場之計算上，本計畫模式考慮科氏力之影響計算颱風風場之傾度風風速 W_g 如下

$$W_g = \left[\frac{ar_0}{\rho_a r} \exp(-r_0/r) + (fr/2)^2 \right]^{1/2} - (fr/2) \dots\dots\dots (6-5)$$

式中 ρ_a 為空氣密度， a 為颱風中心氣壓常數， f 為科氏參數， r_0 為颱風最大風速之半徑。當 $r = r_0$ 時可得到最大傾度風 $(W_g)_{\max}$ 。

此外，移動中之颱風除了因氣壓梯度引起的風速 $\vec{W}'$ 外，尚有因颱風移動而產生的速度 $\vec{W}''$ 。其中 $\vec{W}'$ 與傾度風成正比， $\vec{W}''$ 與颱風進行速度 $\vec{V}_f$ 成正比，即

$W' = c_1 V_g$ ，其方向與等壓線切線夾角 α 約為 $30^\circ \sim 35^\circ$ ；

$\vec{W}' = c_2 \vec{V}_f$ ，其方向與颱風進行方向同。

其中 c_1 值約為 0.5~0.7 之間，臺灣地區可用 0.6； $c_2 = \frac{0.6V_g}{(V_g)_{\max}}$ 。

因此颱風圈內，任何地點之海面上風速可表示如下：

$$W_x = -\frac{c_1 W_g}{r} [(x - x_c) \sin \alpha + (y - y_c) \cos \alpha] + c_2 \frac{(V_f)_x}{(W_g)_{\max}} W_g \dots\dots\dots (6-6)$$

$$W_y = \frac{c_1 W_g}{r} [(x - x_c) \cos \alpha - (y - y_c) \sin \alpha] + c_2 \frac{(V_f)_y}{(W_g)_{\max}} W_g \dots\dots\dots (6-7)$$

6.3 歷年侵臺颱風暴潮模擬

6.3.1 數值計算網格

本計畫暴潮數值模式模擬範圍分別以東經 116° 及 123° 經線為模式之東、西邊界，以北緯 20° 及 26° 為模式之南、北邊界。模式內之地形水深資料採用海軍測量局所繪製之海圖(編號 0307)資料，如圖 6.1 所示，近岸海域地形則採用海軍測量局所製之海域地形資料(精度約為 500m)。本計畫臺灣周圍海域暴潮模式計算使用之有限元素計算網格，如圖 6.2 所示，圖中數值計算網格之座標系統為六度分帶投影座標系統，網格共有 5,807 個節點及 11,103 個三角形元素。其中最小三角形元素之邊長約 2.5km，主要構建於本計畫所在之海域；最大三角形元素之邊長約 15km，分佈於水深較深之海洋開放邊界附近。

6.3.2 歷年侵臺颱風資料

由於颱風所引起的暴潮水位變化常因颱風強度與路徑之不同而有明顯的差異，因此本計畫整理歷年(1961~2005)中央氣象局發布之侵台颱風路徑及其相關颱風資料(如颱風中心位置座標、最低氣壓、移動速度及方向等)，並選取通過本計畫暴潮模擬範圍(116°, 20°)–(123°, 26°)侵台颱風並繪出其侵臺路徑(詳見附錄 III)。

6.3.3 模式之驗證

本計畫以民國 85 年侵襲臺灣北部地區之中度颱風賀伯(HERB, 1996)為例，如圖 6.3 所示，並選取由基隆港及梗枋潮位記錄分析之暴潮歷線與模式模擬結果比較，藉以率定模式相關參數。圖 6.4 及圖 6.5 所示分別賀伯颱風侵臺期間本計畫暴潮模式模擬之暴潮偏差歷線(虛線)與基隆港及梗枋潮位記錄之暴潮偏差歷線(實線)比較，顯示本計畫模式

模擬之最大暴潮偏差值與潮位記錄分析之最大暴潮偏差值近似。

6.3.4 基隆港與臺北港暴潮模擬結果

本計畫依據歷年(1961～2005)侵臺颱風資料(路徑及中心低氣壓等)進行暴潮數值模擬，並依據每小時模擬結果分別整理基隆港海域及臺北港海域於颱風侵臺期間發生之最大暴潮偏差如表 6-1 所列。模擬結果顯示基隆港及臺北港歷年來因颱風所引起的最大暴潮偏差分別為 1.05 m 及 1.13 m，發生於 1977 年強烈颱風薇拉(VERA)侵臺期間。

表6-1 基隆港及臺北港海域侵台颱風暴潮數值模擬結果

年_颱風名稱	暴 潮(m)		年_颱風名稱	暴 潮(m)	
	基隆港	臺北港		基隆港	臺北港
1961_Betty	0.16	0.34	1977_Vera	1.05	1.13
1961_June	0.05	0.04	1978_Della	0.12	0.05
1961_Lorna	0.08	0.09	1980_Norri	0.29	0.23
1961_Pamel	0.19	0.07	1980_Ida	0.03	0.06
1961_Sally	0.04	0.05	1981_Ike	0.11	0.14
1962_Amy	0.11	0.07	1981_Maury	0.25	0.34
1962_Opal	0.55	0.35	1982_Andy	0.06	0.10
1963_Wendy	0.14	0.09	1982_Dot	0.04	0.03
1963_Gloria	0.70	0.92	1983_Wayne	0.05	0.11
1965_Dinah	0.21	0.25	1984_Wynne	0.03	0.03
1965_Mary	0.27	0.25	1985_Nelso	0.40	0.65
1965_Harri	0.04	0.07	1986_Abby	0.10	0.35
1966_Cora	0.35	0.70	1986_Nancy	0.26	0.28
1967_Clara	0.22	0.14	1987_Vernon	0.16	0.19
1967_Gilda	0.07	0.12	1987_Alex	0.42	0.55
1967_Nora	0.08	0.05	1988_Warren	0.10	0.07
1969_Betty	0.25	0.31	1989_Sarah	0.36	0.50
1969_Elsie	0.32	0.27	1990_Ofeli	0.08	0.16
1969_Viola	0.08	0.10	1990_Yancy	0.45	0.43
1970_Fran	0.23	0.36	1991_Amy	0.05	0.10
1971_Agnes	0.09	0.02	1991_Ellie	0.32	0.34
1971_Bess	0.68	0.91	1992_Ted	0.19	0.39
1971_Nadin	0.07	0.06	1993_Abe	0.05	0.04
1972_Betty	0.48	0.77	1994_Glady	0.20	0.12
1973_Nora	0.06	0.13	1994_Fred	0.35	0.29
1974_Wendy	0.30	0.40	1994_Doug	0.67	0.75
1975_Betty	0.08	0.04	1995_Deann	0.04	0.06
1975_Nina	0.45	0.34	1995_Gary	0.05	0.11
1976_Billi	0.67	0.71	1995_Kent	0.05	0.02
1977_Thelm	0.06	0.06	1995_Ryan	0.07	0.09

表 6-1 (續)基隆港及臺北港海域侵台颱風暴潮數值模擬結果

年_颱風名稱	暴 潮(m)		年_颱風名稱	暴 潮(m)	
	基隆港	臺北港		基隆港	臺北港
1996_Herb	0.89	0.90	2001_Nari	0.53	0.46
1996_Glori	0.02	0.01	2001_Toraji	0.07	0.07
1997_Amber	0.10	0.02	2002_Nakri	0.17	0.21
1997_Cass	0.05	0.12	2003_Melor	0.04	0.03
1998_Babs	0.06	0.12	2003_Soudelor	0.11	0.11
1998_Otto	0.05	0.05	2004_Aere	0.53	0.85
1998_Zeb	0.21	0.24	2004_Mindu	0.21	0.40
1999_Dan	0.07	0.12	2004_Conson	0.06	0.06
1999_Maggi	0.03	0.07	2005_Haita	0.40	0.48
2000_Bilis	0.12	0.15	2005_Talim	0.18	0.22
2000_KaiTa	0.31	0.45	2005_LongW	0.18	0.08
2001_Chebi	0.07	0.13	2005_Tailim	0.27	0.17

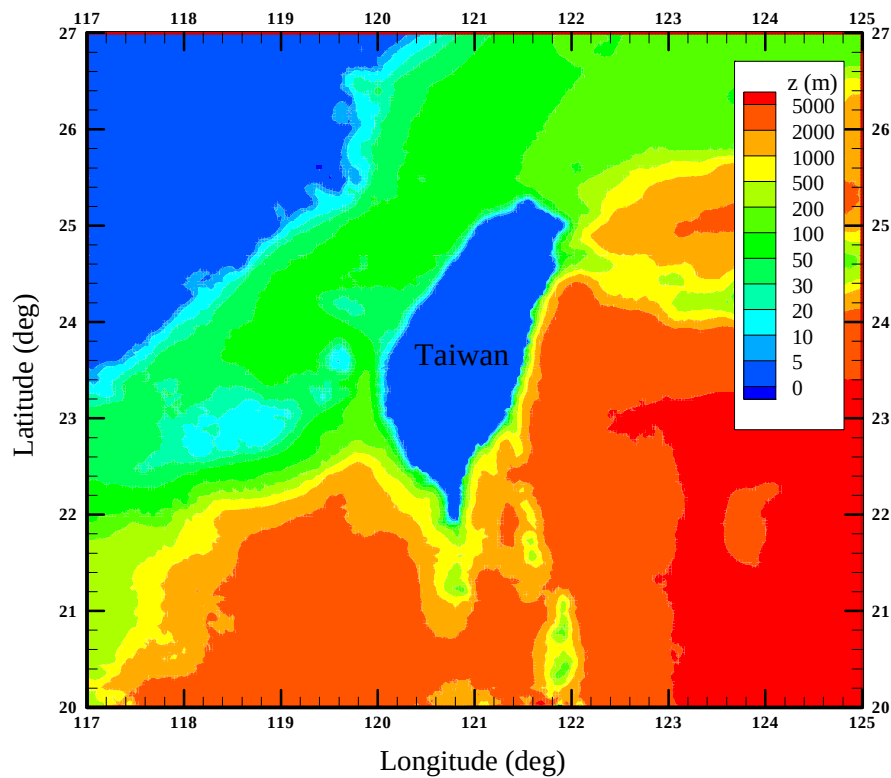


圖 6.1 臺灣四周海域水深地形

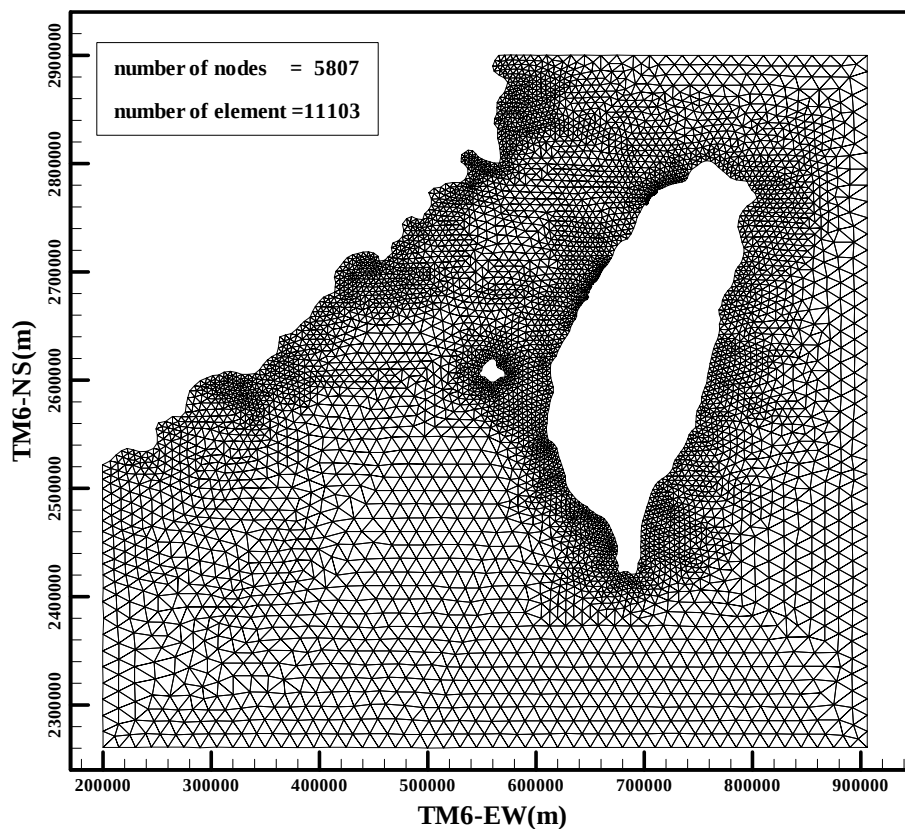


圖 6.2 臺灣四周海域暴潮數值模式之計算網格圖

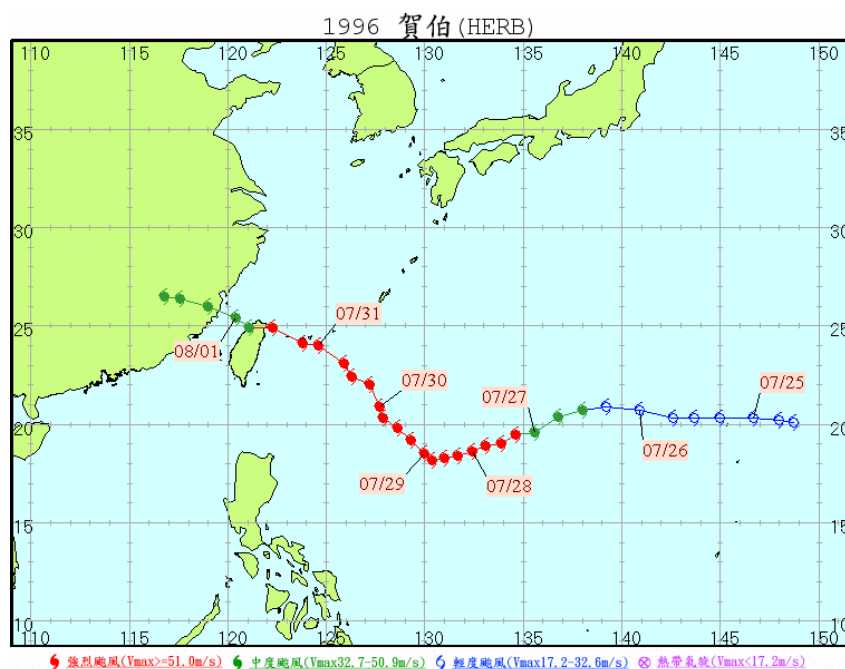


圖 6.3 1996 年中度颱風賀伯侵台路徑圖

資料來源:中央氣象局網站

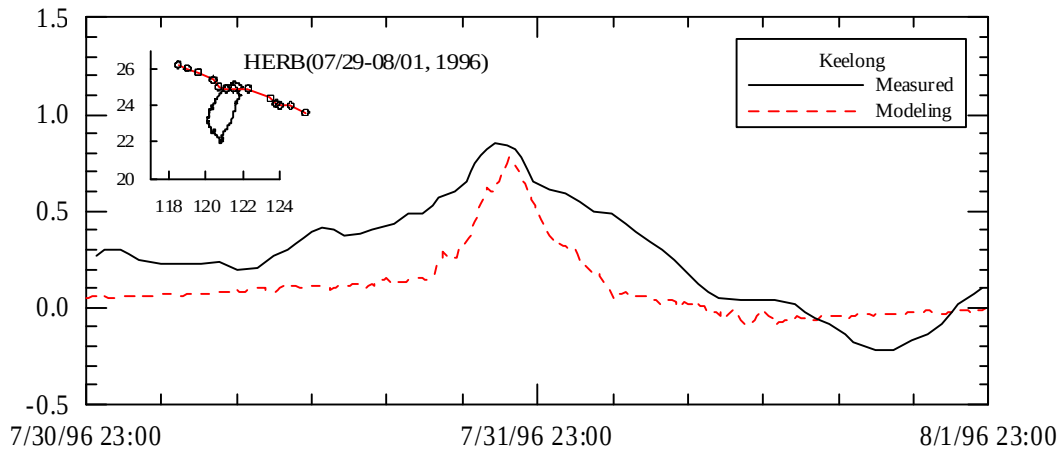


圖 6.4 1996 年中度颱風賀伯侵台期間，基隆海域暴潮偏差變化

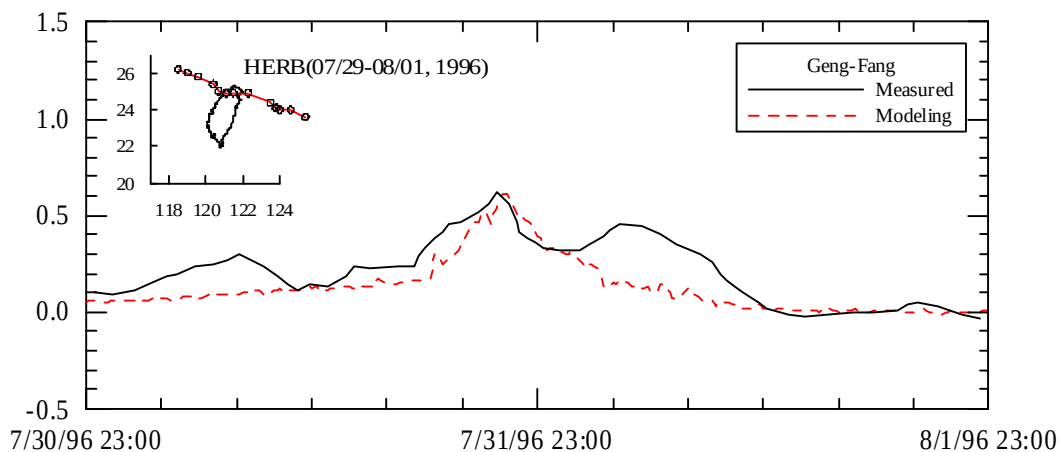


圖 6.5 1996 年中度颱風賀伯侵台期間，梗枋海域暴潮偏差變化

6.4 極端值分佈理論

常見極值機率分布型態有常態分布機率函數、對數常態分布機率函數、極端值一型分布機率函數、對數皮爾遜三型分布機率函數以及皮爾遜三型分布機率函數等五種機率函數。本計畫將先利用卡方檢定及 95%信賴度的 K-S 檢定方法，分別針對上述五種機率分布函數分別檢定七大商港之潮位年極值樣本，找出最適合之機率分布函數。再依周氏(1951)所提出之頻率分析一般式決定不同復現期距下之發生頻率量 X_T ，其數學表示式為

$$X_T = \bar{X} + K_T S_X \dots\dots\dots (6-8)$$

$$\text{其中 } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad S_X = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2}$$

式中 $\bar{X}$ 為數列 X 之樣本平均值， S_X 為數列 X 之樣本標準偏差， K_T 為復現期距 T 年時之頻率因子。

由於不同的機率分布及不同的復現期距可決定不同的頻率因子 K_T ，因此針對已知樣本找出適合之最佳機率分布後，即可由給定之復現期距 T 決定復現物理量 X 。本計畫所選取的各種機率分布函數之頻率因子 K_T 計算方式分述如下：

(1) 常態分布(Normal Distribution)

為一對稱鐘形之連續分布，其累積機率分布為

$$P(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \exp(-z^2/2) dz \dots\dots\dots (6-9)$$

式中 $z = (X - \bar{X})/S_X$ 為單位化變量， $\bar{X}$ 為數列 X 之樣本平均值， S_X 為數列 X 之樣本標準偏差。常態分布之頻率因子

$$K_T = z \dots\dots\dots (6-10)$$

(2) 對數常態分布(Lognormal Distribution)

令新變數 $y = \ln X$ ，若 y 符合上述常態分布，則可依常態分布之方法求得頻率因子 K_T 值；再依下列逆轉方式還原數列之對應值

$$X = e^y \dots\dots\dots (6-11)$$

(3) 皮爾遜三型分布(Pearson Type III Distribution)

此為一具有 α 、 β 、 γ 三參數之 Gamma 型機率分布函數，令 $z = (X - \gamma)/\alpha$ ，則其累積機率表示如下：

$$P(z) = \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_{-\infty}^y z^{\beta-1} \exp(-z) dz \dots\dots\dots (6-12)$$

式中 $\Gamma(\cdot)$ 為 Gamma 函數。其頻率因子 K_T 值計算如下：

$$K_T = z + (z^2 - 1) \frac{G_x}{6} + \frac{1}{3} (z^3 - 6z) \left(\frac{G_x}{6} \right)^2 - (z^2 - 1) \left(\frac{G_x}{6} \right)^3 + z \left(\frac{G_x}{6} \right)^4 + \frac{1}{3} \left(\frac{G_x}{6} \right)^5 \quad (6-13)$$

式中 G_x 為數列 X 之偏態係數(Coefficient of Skewness)。

(4) 對數皮爾遜三型分布(Logpearson Type III Distribution)

令新變數 $X_l = \ln X$ ，若 X_l 符合上述皮爾遜三型分布，則可依上述(三)之方法求得頻率因子 K_T 值；再依 $X = \exp(X_l)$ 反轉方式求值。

(5) 極端值 I 型分布(Gumbel's Extremal-Value Type I Distribution)

此為一具有 α 、 β 二參數之機率分布函數，令 $z = (X - \beta)/\alpha$ ，則其累積機率表示如下：

$$P(z) = \exp[-\exp(-z)] \dots\dots\dots (6-14)$$

其中 α 、 β 可由動差法推估得到 $\alpha = 0.7797 S_X$ 及 $\beta = \bar{X} - 0.45 S_X$ ，則其頻率因子 K_T 值計算如下：

$$K_T = - \left\{ 0.45 + 0.7797 \ln \left[- \ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \dots\dots\dots (6-15)$$

一般而言，對於資料分布機率型態之確定需經由統計檢定或點繪機率圖紙等方式為之。為得到分析資料之最佳機率分布函數，本計畫採用最佳統計分布的判斷方法，即利用等機率間距卡方(Chi-square)檢定及 95%信賴度的 K-S 檢定。由可接受之機率分布中以選取卡方值較小者為原則，若無法由卡方值決定者則改由較小 K-S 檢定差值擇取最適之機率分布。以下針對卡方檢定、K-S 檢定與最小值標準差做摘要敘述：

(一) 卡方檢定(Chi-Square Test)

卡方檢定乃將樣本數分配成 m 組數，再決定各組之界限範圍(Class Limits)；計算出各組範圍界限中之樣本個數(O_i)，然後與各組界限之理論期望發生次數(E_i)，依據下式：

$$\chi_c^2 = \sum_{i=1}^m (O_i - E_i)^2 / E_i \dots\dots\dots (6-16)$$

式中 $E_i = n/m$ 。基本上，先求出觀測值與理論值之絕對差距的總和，此值具有 $m-1$ 個自由度，再由 χ^2 檢定表，判斷此值是否通過檢定。

(二) K-S 檢定(Kolmogorov-Smirnov Test)

K-S 檢定是應用觀測值的累積機率分布與理論值的累積機率分布間之最大偏差距 D_{max} 為檢定依據。

$$D_{max} = MAX [|P_{ss}(X_i) - P_{st}(X_i)|] \dots\dots\dots (6-17)$$

上式中 $P_{ss}(X_i)$ 為觀測值之累積機率分佈， $P_{st}(X_i)$ 為理論值之累積機率分佈。於求出 D_{max} 值後，由 Kolmogorov-Smirnov 表，檢查是否通過。

(三) 標準差(SE)

標準差值是考慮樣本中各觀測值變量與變量有相同累積機率時之理論值之誤差，定義為

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X'_i)^2}{n - m}} \dots\dots\dots (6-18)$$

式中 X_i 為第 i 個觀測值變量， X'_i 為與變量 X_i 具有相同累積機率時之理論值， m 為統計分布中之參數數目， n 為樣本數目。

為瞭解桃園縣觀音鄉及新屋鄉海域及海岸暴潮水位發生頻率，本計畫依據歷年颱風暴潮數值模擬結果，選取每年之最大值為暴潮頻率分析之樣本，如表 6-2 所列。為得到暴潮頻率分析樣本之最佳機率分布

函數，本計畫利用卡方檢定及 95%信賴度的 K-S 檢定方法，分別檢定常態分布機率函數、對數常態分布機率函數、極端值一型分布機率函數、對數皮爾遜三型分布機率函數以及皮爾遜三型分布機率函數等五種機率函數之信賴度。檢定結果顯示基隆港及臺北港之最大暴潮位頻率分析樣本分別以常態分布機率函數為最佳統計分布函數(如表 6-3 及表 6-4 所列)，據此推算基隆港及臺北港海域之不同復現期距之暴潮偏差如表 6-5 及 6-6 所示。其中基隆港 5、10、20、50 及 100 年復現期距之暴潮偏差分別為 0.53m、0.64m、0.73m、0.83m 及 0.89m，臺北港海域 5、10、20、50 及 100 年復現期距之暴潮偏差分別為 0.64m、0.76m、0.87m、0.98m 及 1.06m。

表6-2 基隆港及臺北港海域最大暴潮位年頻率分析樣本

年份	最 大 暴 潮 位(m)		年份	最 大 暴 潮 位(m)	
	基隆港	臺北港		基隆港	臺北港
1961	0.19	0.34	1986	0.26	0.35
1962	0.55	0.35	1987	0.42	0.55
1963	0.70	0.92	1988	0.10	0.07
1964	—	—	1989	0.36	0.50
1965	0.27	0.25	1990	0.45	0.43
1966	0.35	0.70	1991	0.32	0.34
1967	0.22	0.14	1992	0.19	0.39
1968	—	—	1993	0.05	0.04
1969	0.32	0.27	1994	0.67	0.75
1970	0.23	0.36	1995	0.07	0.11
1971	0.68	0.91	1996	0.89	0.90
1972	0.48	0.77	1997	0.10	0.12
1973	0.06	0.13	1998	0.21	0.24
1974	0.30	0.40	1999	0.07	0.12
1975	0.45	0.34	2000	0.31	0.45
1976	0.67	0.71	2001	0.53	0.46
1977	1.05	1.13	2002	0.17	0.21
1978	0.12	0.05	2003	0.11	0.11
1980	0.29	0.23	2004	0.53	0.85
1981	0.25	0.34	2005	0.40	0.48
1982	0.06	0.10			
1983	0.05	0.11			
1984	0.03	0.03			
1985	0.40	0.65			

表6-3 基隆港最大暴潮位之卡方檢定及K-S檢定結果

	Normal		Log-normal		Extreme I		Log-pearson III		Pearson III	
	Ski-squared	K-S	Ski-squared	K-S	Ski-squared	K-S	Ski-squared	K-S	Ski-squared	K-S
cal.	1.93	0.101	5.14	0.095	2.21	0.080	3.64	0.080	2.57	0.072
crt.	5.99	0.205	5.99	0.205	5.99	0.205	5.99	0.205	5.99	0.205
Summary : the best fitted probability is Normal distribution										

表6-4 臺北港最大暴潮位之卡方檢定及K-S檢定結果

	Normal		Log-normal		Extreme I		Log-Pearson III		Pearson III	
	Ski-squared	K-S	Ski-squared	K-S	Ski-squared	K-S	Ski-squared	K-S	Ski-squared	K-S
cal.	2.21	0.110	3.07	0.086	2.79	0.111	6.79	0.077	10.50	0.097
crt.	5.99	0.205	5.99	0.205	5.99	0.205	5.99	0.205	3.84	0.205
Summary : the best fitted probability is Normal distribution										

表6-5 基隆港最大暴潮位頻率分析結果

復現期距(年)	5	10	20	25	50	100
最高水位值(公分)	53.4	64.0	72.7	75.2	82.5.	89.1
標準偏差	4.31	5.00	5.69	5.90	6.54	7.14

表6-6 臺北港最大暴潮位頻率分析結果

復現期距(年)	5	10	20	25	50	100
最高水位值(公分)	63.8	76.4	86.9	89.9	98.6	106.4
標準偏差	5.14	5.96	6.77	7.03	7.79	8.50

第七章 結論與建議

本計畫為四年期研究計畫，目的為針對 TaiCOMS 之港域近岸水位及流場作業化預報模擬與成果評估進行技術改善研究。本年度為計畫之第一年，主要針對基隆港域及臺北港域近岸水位、流場模擬預測進行相關研究。依據本年度研究結果可得到下列結論與建議：

7.1 結論

1. 針對基隆港域及臺北港域水動力模式本計畫收集龍洞(LD)、麟山鼻(LSB)、淡水第二漁港、竹圍(CWE)及基隆港(KL)等潮位站之潮汐記錄(2009 及 2010 年)進行分析並修正模式之邊界條件。
2. 本年度臺北港域水動力模式除了依據 2010 年地形水深調查資料修正模式地形水深資料外，並配合臺北港域外廓工程修正模式港池外廓邊界及數值計算網格。
3. 本年度初步依據基隆港域及臺北港域水動力模式之修正邊界條件，進行 2011 年港域近岸水位及潮流流場預報模擬，並與基隆港域及臺北港域水位及海流觀測資料比較與評估。其中基隆港域預報模擬結果顯示，觀測資料之潮流最大流速發生時間與模式最大流速發生時間約有 2~3 小時之相位差，大潮期間尤其顯著；臺北港域預報模擬結果顯示，顯示退潮時段潮流由西南向東北流動，漲潮時段潮流由東北向西南流動，大潮時期潮流流速較大，小潮時期潮流流速較小。
4. 依據 2011 年 3 月至 9 月基隆港域及臺北港域水位預報模擬結果與觀測值之比較顯示：基隆港域水位模擬結果與觀測值之趨勢相當一致，其中基隆港觀測最高水位與預測最高水位相差約為 0.07 m，觀測最低水位與預測值相差為 0.11m；臺北港域水位模擬結果與觀測值比較亦相當吻合，其中臺北港每月觀測最高水位與預測

最高水位相差最大約為 0.08 m，每月觀測最低水位與預測最低水位相差最大約為 0.14 m。

5. 針對侵臺颱風期間基隆港域及臺北港域水位與潮流預測模擬結果與觀測資料之比較結果顯示，基隆港域觀測水位與預測水位最大偏差約為 0.29 m，臺北港觀測水位與預測水位最大偏差約為 0.35 m。此外，颱風期間基隆港觀測流速明顯大於模式預報之流速，在流向變化上觀測值較預測值有提前 1 至 3 小時之情形發生；臺北港流速觀測值與預測值大小差異不大，但流向變化觀測值較模式預測值提前約 1~2 小時。
6. 在考慮風場效應對流況之影響上，基隆港域風場對流速之東西向分量有較為明顯的變化，在風場作用下，除了岸邊水深較淺處流速變化較大外，基隆嶼與平和島間之海底淺灘區亦有較大的流速變化。臺北港域風場對流速之影響則較為明顯，受到東北季風影響西南向流速有顯著之增量。
7. 基隆港域及臺北港域暴潮模擬結果顯示：最大暴潮偏差之年極端值頻率分析樣本分別以常態分布機率函數為最佳分布函數，其中基隆港域 5、10、20、50 及 100 年復現期距之最大暴潮偏差分別為 0.53m、0.64m、0.73m、0.83m 及 0.89m，臺北港域 5、10、20、50 及 100 年復現期距之最大暴潮偏差分別為 0.64m、0.76m、0.87m、0.98m 及 1.06m。

7.2 建議

1. 本年度基隆港域及臺北港域水動力模式雖已針對模式之邊界條件及相關物理量參數提出修正，達到提昇基隆港域及臺北港域水位及流場模擬精確性之目的，但未來仍應逐年對模式之邊界條件進行檢討及校驗，才能持續提昇或維持模式預報模擬之精確性。

2. 目前基隆港域水動力模式流場模擬結果與基隆港域海流觀測資料分析之潮流特性間仍有相當大的歧異(如相位差)，建議未來仍應持續針對基隆港域水動力模式進行相關修正研究。
3. 本年度基隆港域及臺北港域水位、流場預報模擬結果均未能及時將風場影響納入評估，因此建議未來納入 TaiCOMS 作業化預報模擬時，可以結合中央氣象局預報風場資料進行每日 72 小時作業化預報模擬。

參考文獻

1. 李兆芳、李忠潘、高瑞棋、劉正琪、黃煌輝，「中國石油公司液化天然氣接收站冷却水與殘氣擴散分佈研究報告」，國立成功大學臺南水工試驗所，研究試驗報告，No. 105，1988。
2. 陳怡發、劉正琪、黃煌輝，「臺灣電力公司核能三廠溫排水改善數值計算分析與水工模型試驗評估報告」，國立成功大學臺南水工試驗所，研究試驗報告，No. 113，1989。
3. 許明雄、黃文財、范崇文、高瑞棋、劉正琪、黃煌輝，「新竹地區污水下水道系統環境影響評估之海象現場調查」，國立成功大學臺南水工試驗所，研究試驗報告，No. 120，1990。
4. 劉景毅、劉正琪、許明雄、洪逸銘、黃煌輝、高瑞棋、高天韻、張鴻洋，「八里海洋放流管緊急排放之可行性研究」，國立成功大學臺南水工試驗所，研究試驗報告，No. 142，1994。
5. 劉景毅、劉正琪、黃煌輝，「澎湖島南岸烏坎海域之海流數值模擬與分析」，國立成功大學水工試驗所，研究試驗報告，No. 170，1995。
6. 劉景毅、劉正琪、陳怡發，「基隆新港海潮流數值模擬暨協和電廠溫排水改善之研究」，國立成功大學水工試驗所，研究試驗報告，No. 178，1996。
7. 張憲國、黃金維，(2001)，「以 NAO99b 潮汐模式預測台灣西岸潮汐之評估」，第 23 屆海洋工程研討會論文集，第 105-111 頁。
8. 劉美君、蔡政翰、蕭松山(2006)，「臺灣附近海域一公里網格之潮汐調和常數」，第 28 屆海洋工程研討會論文集，第 295-300 頁。
9. 李忠潘、陳陽益、薛憲文、林炤圭、劉正琪、張憲國、于嘉順、王兆璋，「近岸數值模擬系統之建立(III)」，交通部運輸研究所合作

研究計畫報告，2006。

10. 李忠潘、陳陽益、薛憲文、林炤圭、劉正琪、于嘉順、王兆璋，「近岸海象數值模擬及預警系統之建立(2/4)」，交通部運輸研究所合作研究計畫報告，2008。
11. 李兆芳、劉正琪、高政宏、謝依潔、曾俊傑、丁嘉鴻、陳宜芝、王顥豪、王聖瀚、鄭宇君，「近岸海象數值模擬及預警系統之建立(3/4)－水動力部份」，交通部運輸研究所研究報告，2009。
12. 李兆芳、劉正琪、高政宏、陳宜芝、鄭宇君、謝佳穎，「近岸海象數值模擬及預警系統之建立(4/4)－水動力部份」，交通部運輸研究所研究報告，2010。
13. 廖建明、莊文傑、許泰文、何興亞，2010，「台灣西南海域海潮流模擬與特性探討」，第 32 屆海洋工程研討會論文集，第 521-526 頁。
14. 顏沛華、蔡宗旻、莊文傑、謝東發、林明毅，2010，「直接應用 NAO99b 全球潮汐模式預報臺灣環島沿岸潮位之適用性評估」，第 32 屆海洋工程研討會論文集，第 659-664 頁。
15. Connor, J. and Wang, J., "Finite Element Modeling of Hydrodynamic Circulation, in Numerical Methods in Fluid Dynamics," ed. By Brebbia and Connor, Pentech Press, 1974.
16. Matsumoto, K., Takanezawa, T. and Ooe, M., 2000, "Ocean tide models developed by assimilating TOPEX/POSEIDON altimeter data into hydrodynamical model: A global model and a regional model around Japan," J. Oceanogr., Vol. 56, pp. 567-581.

附錄 I

2010 年基隆港與臺北港潮位及海流觀測資料

本附錄蒐錄 2010 年港灣技術研究中心在基隆港與臺北港外海潮位及海流觀測資料，其以圖形方式呈現。潮位資料蒐集率則如表 I-1 所示。

表 I-1 2010 年七商港觀測及預報潮位資料月蒐集率統計表

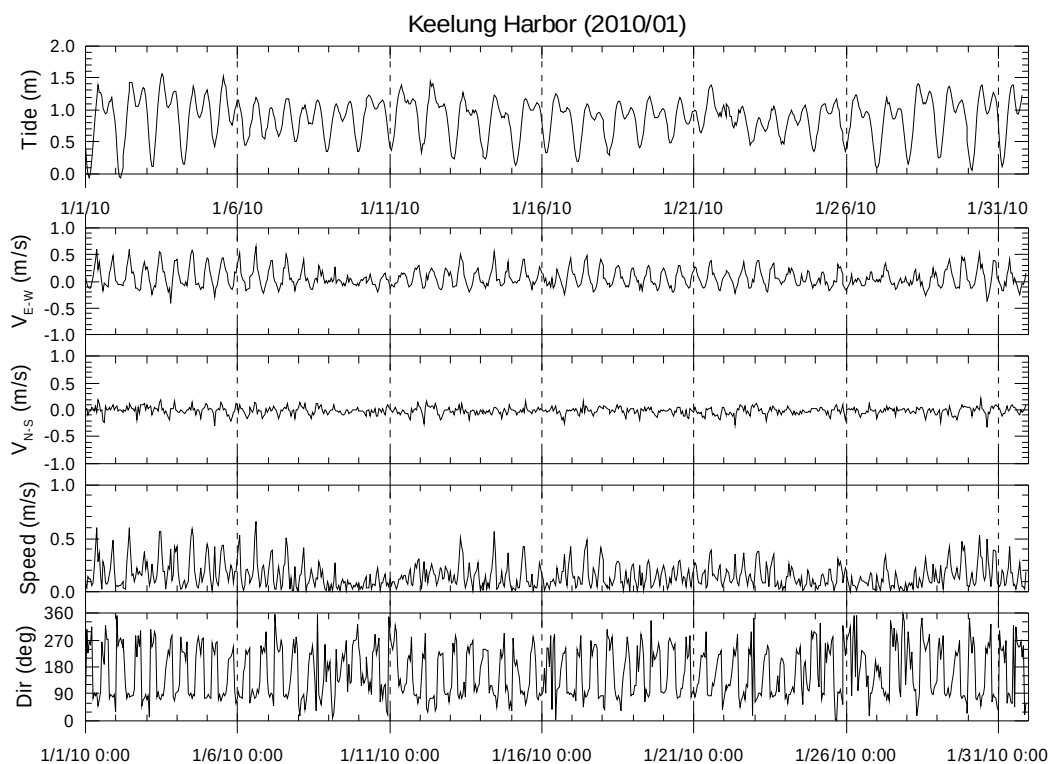
年/月	方法	基隆港	臺中港	高雄港	花蓮港	蘇澳港	臺北港	安平港
2009/12月	OBS1	731 (98.3%)	740 (99.5%)	741 (99.6%)	738 (99.2%)	726 (97.6%)	740 (99.5%)	711 (95.6%)
2009/12月	OBS2	742 (99.7%)	743 (99.9%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2009/12月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2010/1月	OBS1	735 (98.8%)	743 (99.9%)	740 (99.5%)	737 (99.1%)	726 (97.6%)	697 (93.7%)	700 (94.1%)
2010/1月	OBS2	740 (99.5%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	743 (99.9%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/1月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2010/2月	OBS1	669 (99.6%)	671 (99.9%)	670 (99.7%)	658 (97.9%)	666 (99.1%)	663 (98.7%)	669 (99.6%)
2010/2月	OBS2	669 (99.6%)	671 (99.9%)	671 (99.9%)	671 (99.9%)	671 (99.9%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/2月	MED	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)	672 (100%)
2010/3月	OBS1	738 (99.2%)	741 (99.6%)	743 (99.9%)	735 (98.8%)	192 (25.8%)	735 (98.8%)	637 (85.6%)
2010/3月	OBS2	739 (99.3%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/3月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2010/4月	OBS1	712 (98.9%)	718 (99.7%)	713 (99.0%)	712 (98.9%)	162 (22.5%)	714 (99.2%)	714 (99.2%)
2010/4月	OBS2	718 (99.7%)	719 (99.9%)	719 (99.9%)	655 (91.0%)	719 (99.9%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/4月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2010/5月	OBS1	735 (98.8%)	737 (99.1%)	737 (99.1%)	738 (99.2%)	441 (59.3%)	720 (96.8%)	724 (97.3%)
2010/5月	OBS2	743 (99.9%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	743 (99.9%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/5月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2010/6月	OBS1	703 (97.6%)	714 (99.2%)	717 (99.6%)	711 (98.8%)	708 (98.3%)	708 (98.3%)	714 (99.2%)
2010/6月	OBS2	718 (99.7%)	719 (99.9%)	719 (99.9%)	719 (99.9%)	713 (99.0%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/6月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2010/7月	OBS1	733 (98.5%)	742 (99.7%)	740 (99.5%)	435 (58.5%)	736 (98.9%)	730 (98.1%)	743 (99.9%)
2010/7月	OBS2	738 (99.2%)	743 (99.9%)	743 (99.9%)	743 (99.9%)	742 (99.7%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/7月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2010/8月	OBS1	734 (98.7%)	742 (99.7%)	724 (97.3%)	736 (98.9%)	733 (98.5%)	690 (92.7%)	723 (97.2%)
2010/8月	OBS2	741 (99.6%)	743 (99.9%)	743 (99.9%)	737 (99.1%)	742 (99.7%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/8月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2010/9月	OBS1	712 (98.9%)	702 (97.5%)	708 (98.3%)	714 (99.2%)	680 (94.4%)	707 (98.2%)	638 (88.6%)
2010/9月	OBS2	719 (99.9%)	719 (99.9%)	519 (72.1%)	717 (99.6%)	718 (99.7%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/9月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
2010/10月	OBS1	739 (99.3%)	709 (95.3%)	711 (95.6%)	740 (99.5%)	504 (67.7%)	651 (87.5%)	630 (84.7%)
2010/10月	OBS2	744 (100%)	744 (100%)	739 (99.3%)	744 (100%)	678 (91.1%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/10月	MED	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)	744 (100%)
2010/11月	OBS1	710 (98.6%)	687 (95.4%)	687 (95.4%)	716 (99.4%)	477 (66.3%)	574 (79.7%)	518 (71.9%)
2010/11月	OBS2	718 (99.7%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	0 (.0%)	0 (.0%)
2010/11月	MED	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)

說明：資料格式為資料蒐集筆數 (蒐集率百分數)

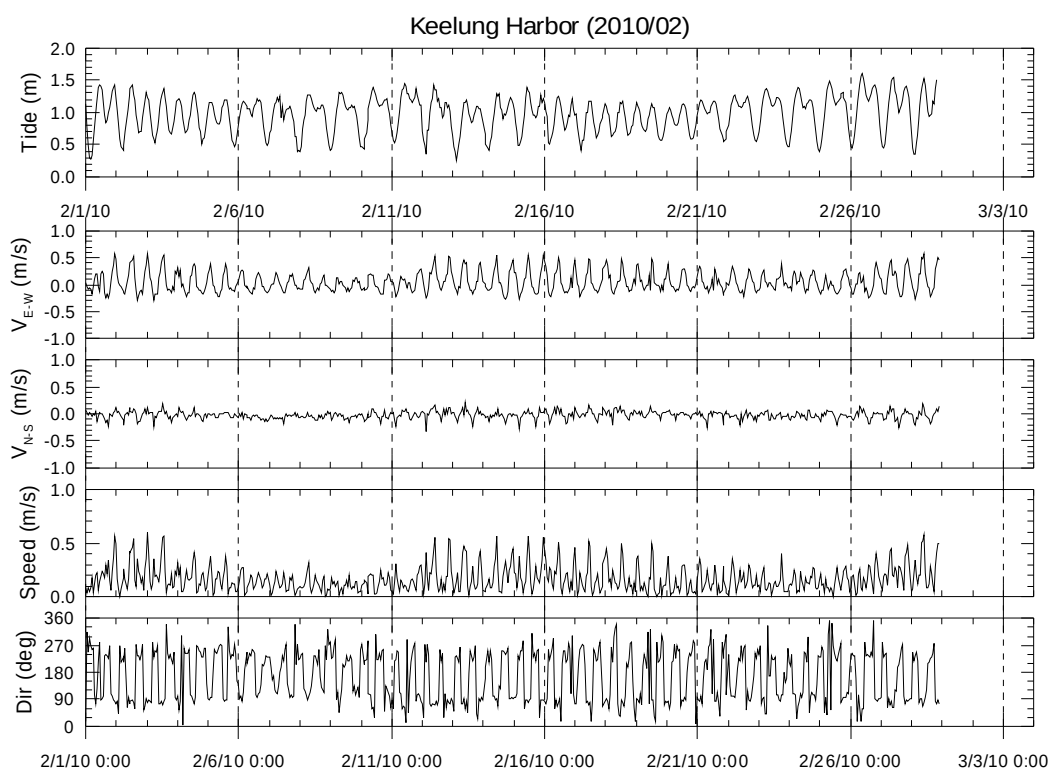
OBS1: 港灣技術研究中心觀測1站潮位資料

OBS2: 港灣技術研究中心觀測2站潮位資料

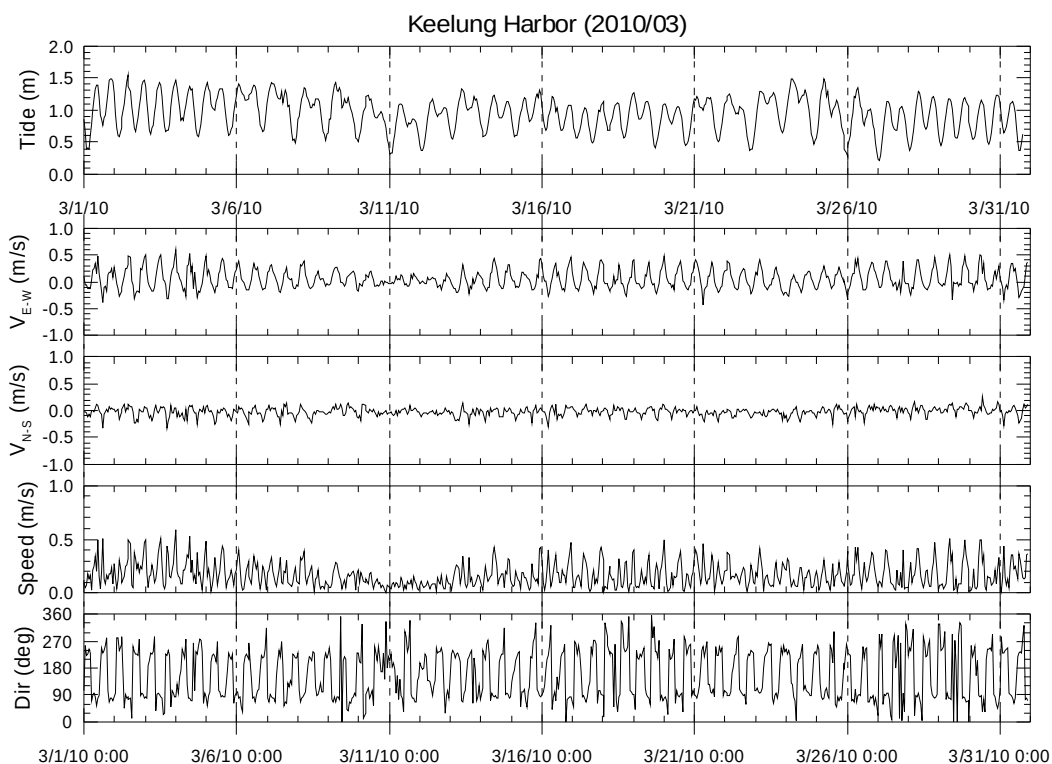
MED: 中尺度水動力模式預報潮位資料



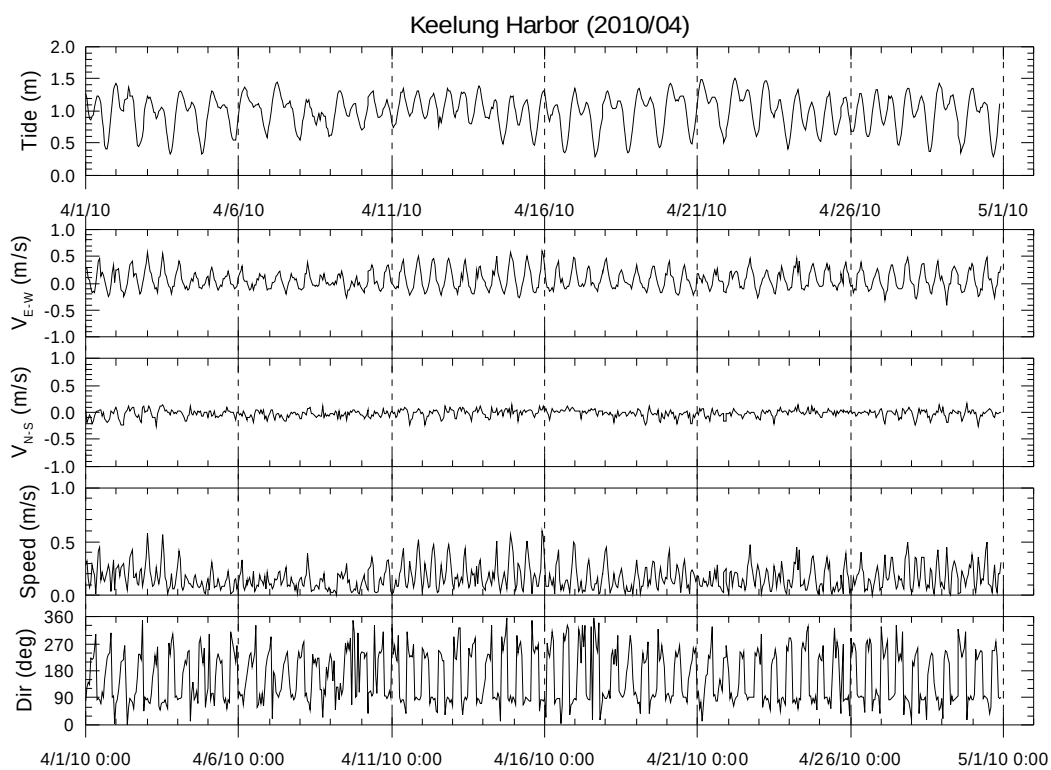
附圖 1.1 基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



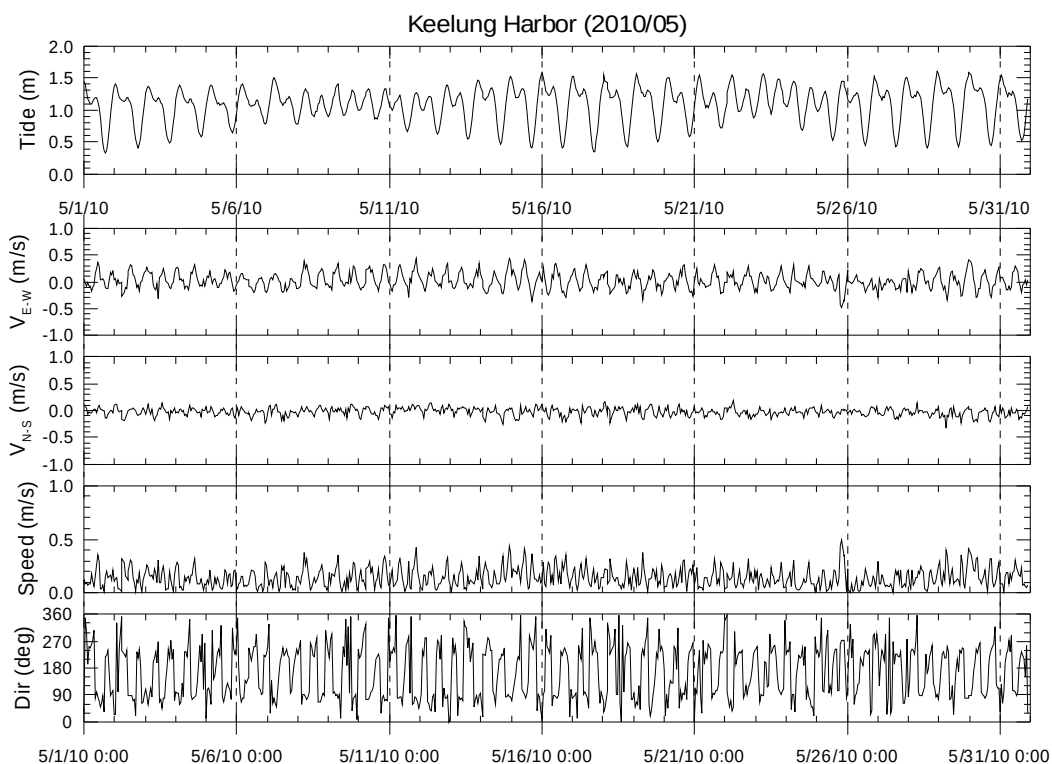
附圖 1.1 (續 1)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



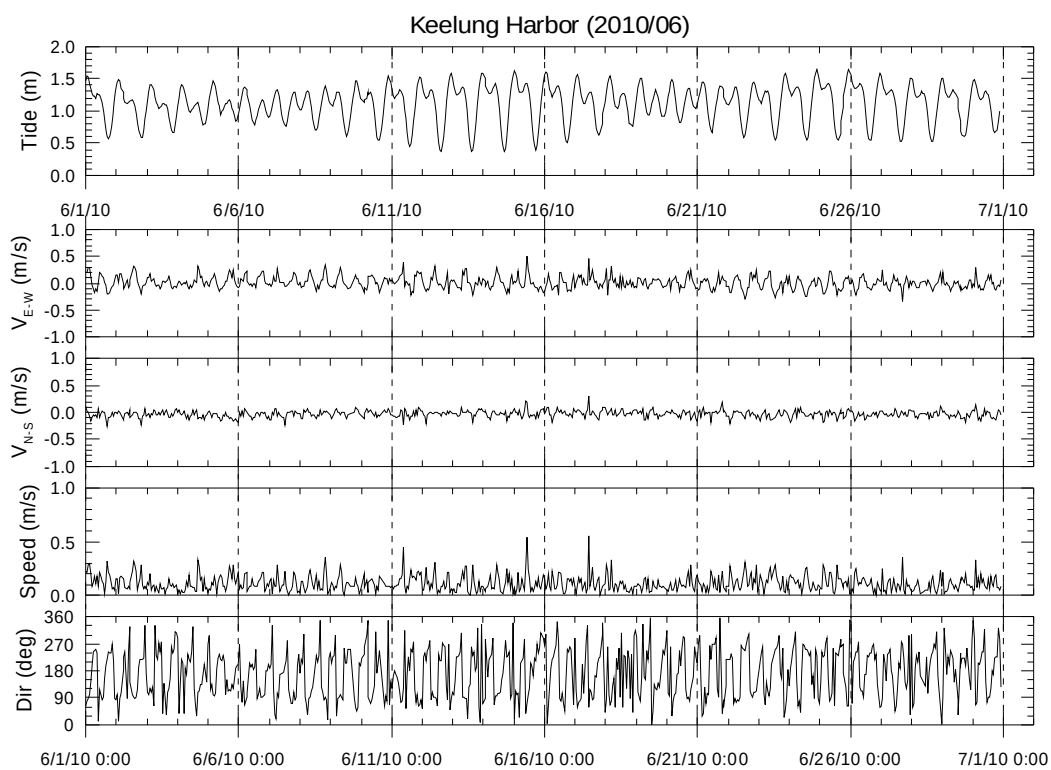
附圖 1.1 (續 2)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



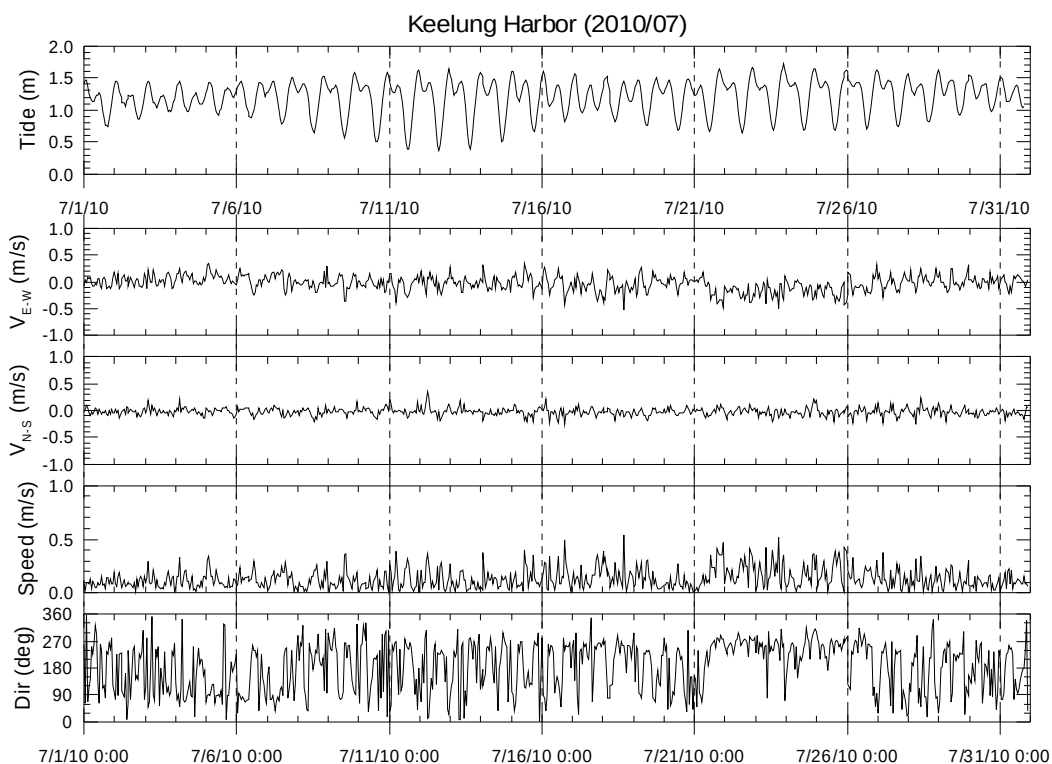
附圖 1.1 (續 3)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



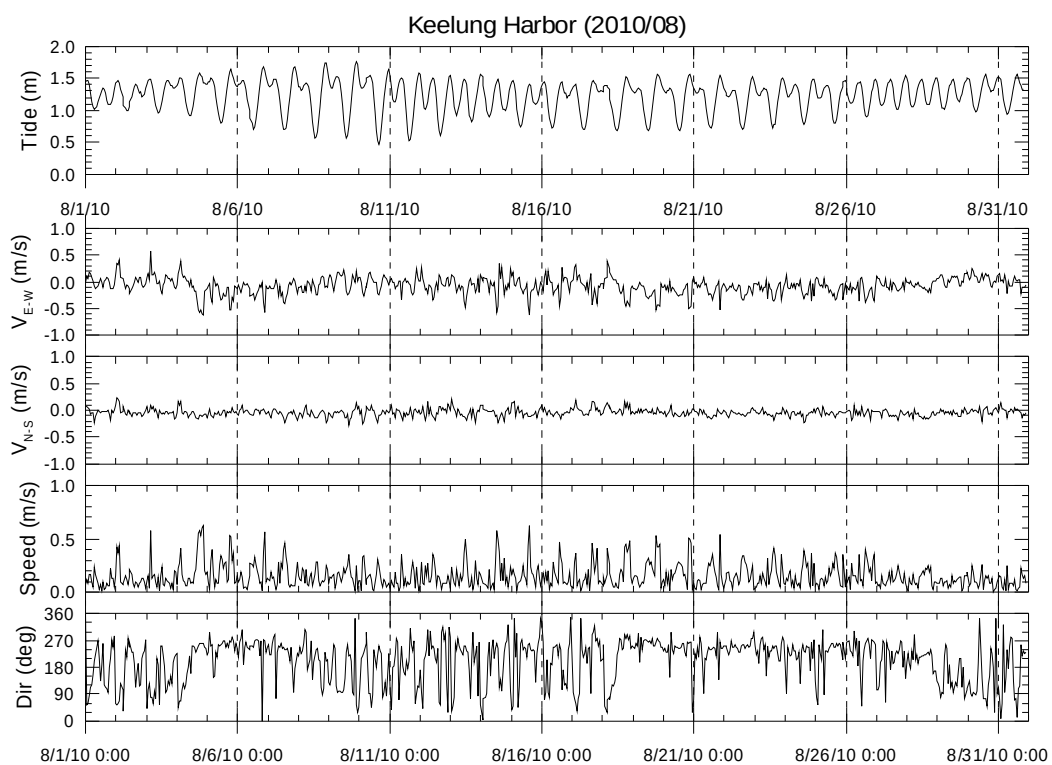
附圖 1.1 (續 4)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



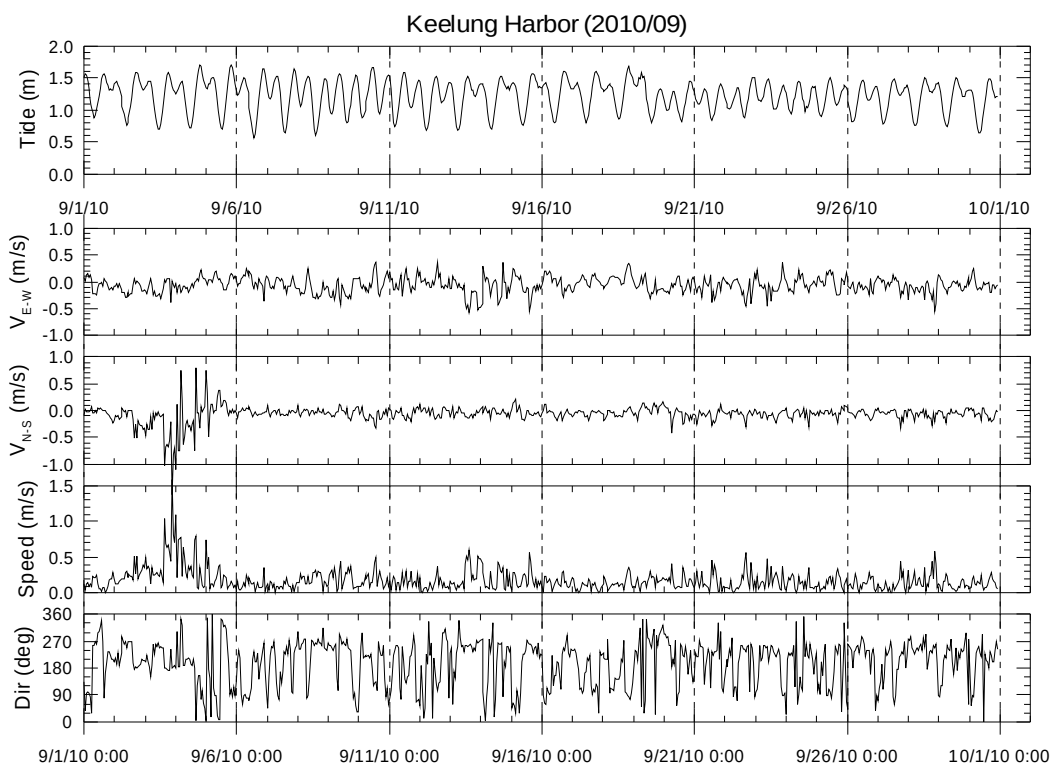
附圖 1.1 (續 5)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



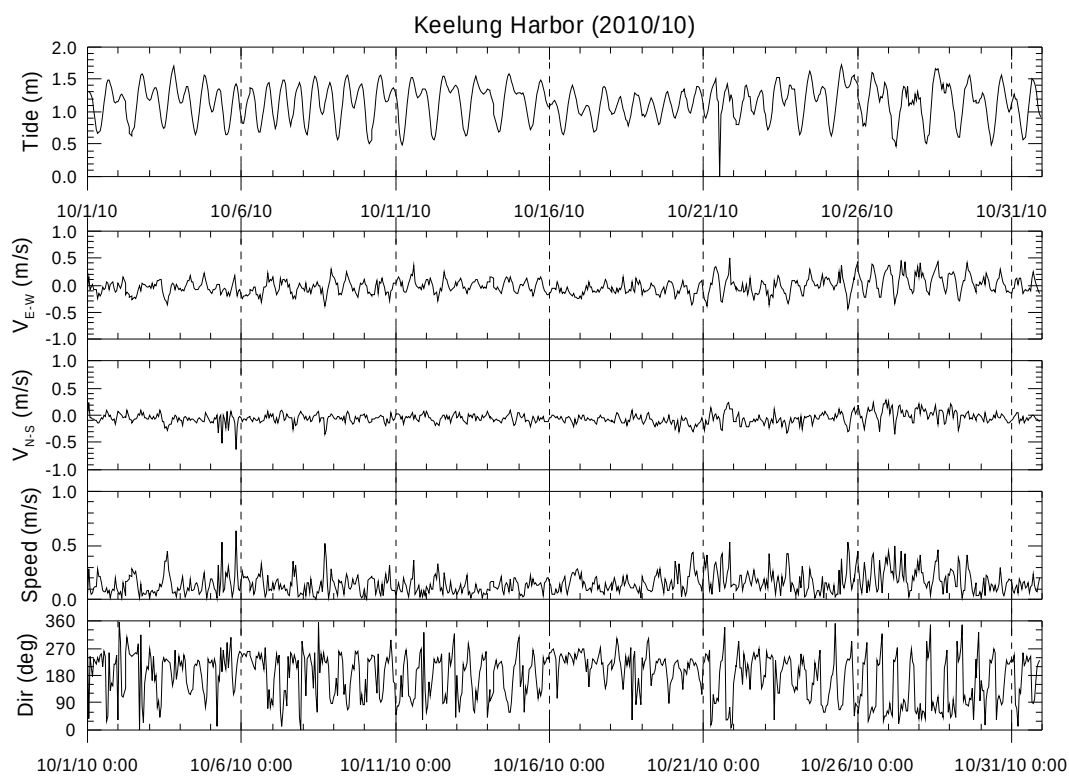
附圖 1.1 (續 6)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



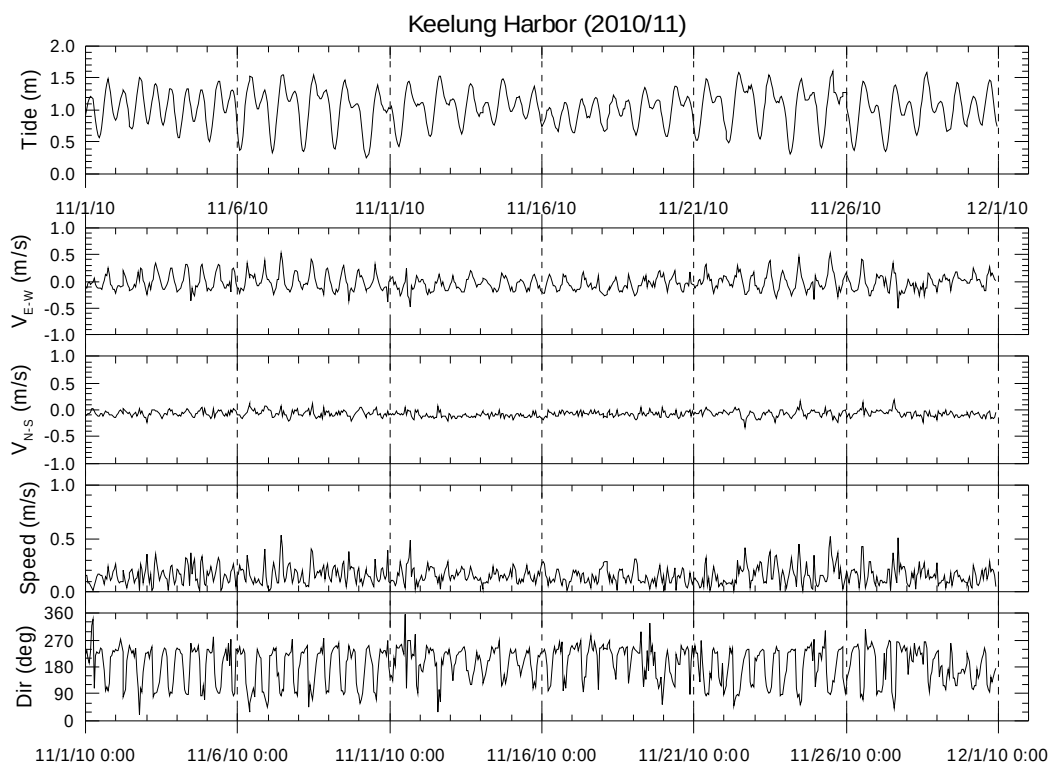
附圖 1.1 (續 7)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



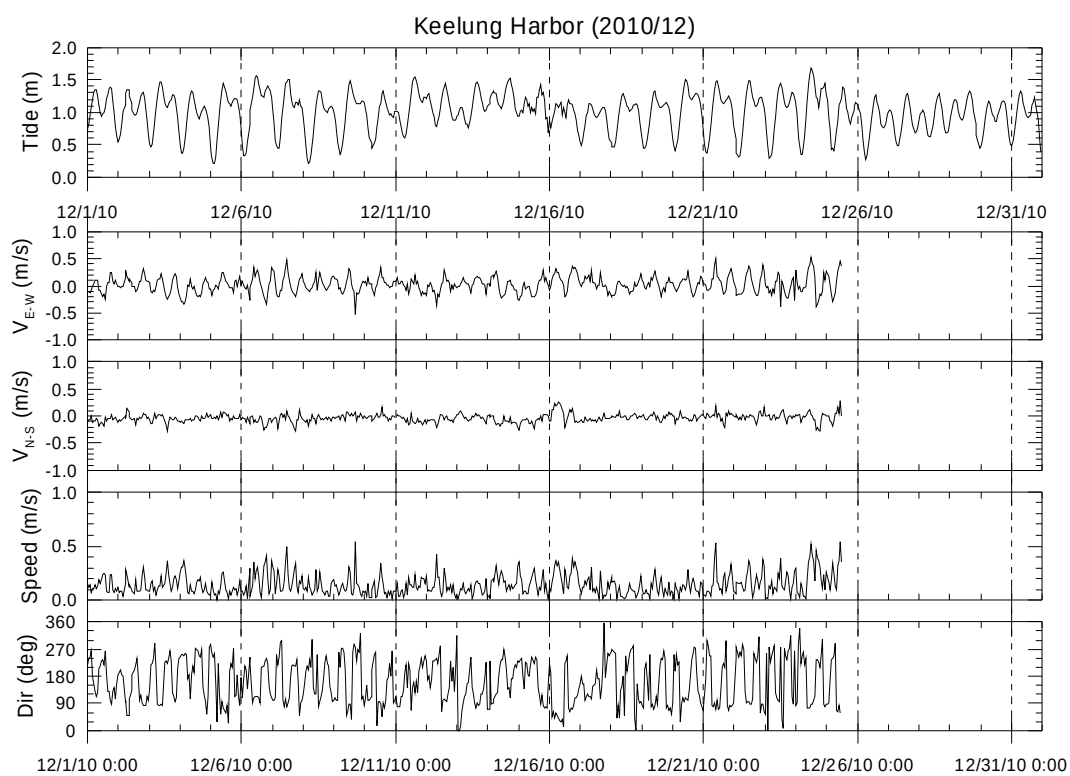
附圖 1.1 (續 8)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



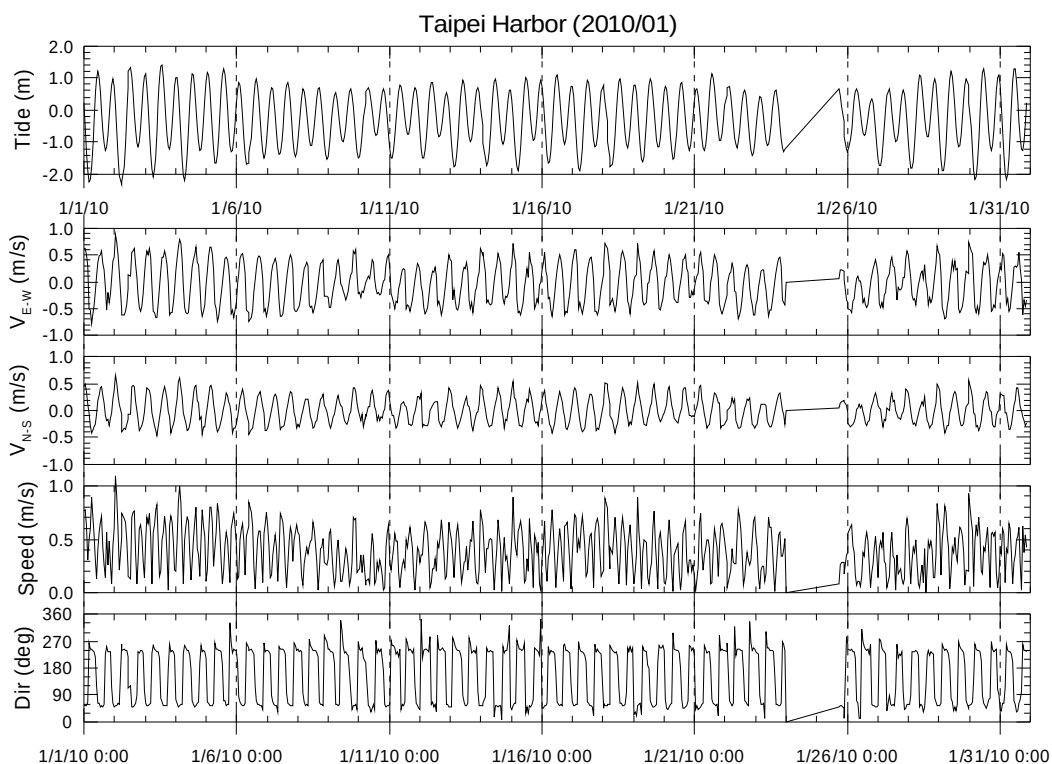
附圖 1.1 (續 9)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



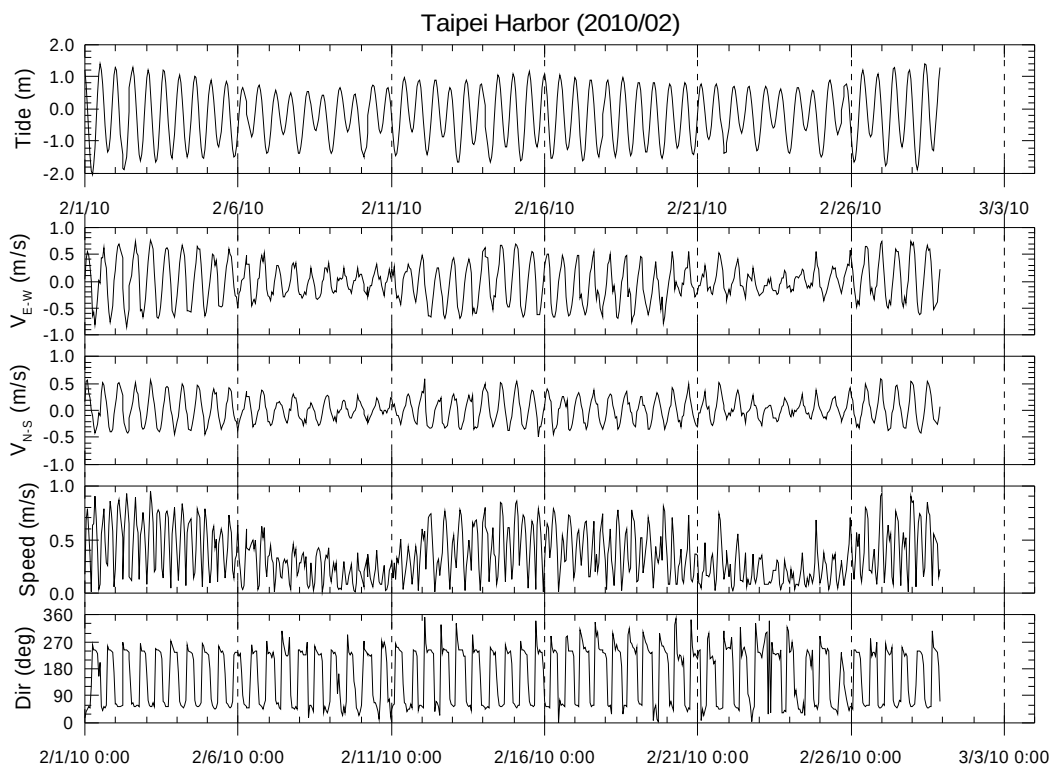
附圖 1.1 (續 10)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



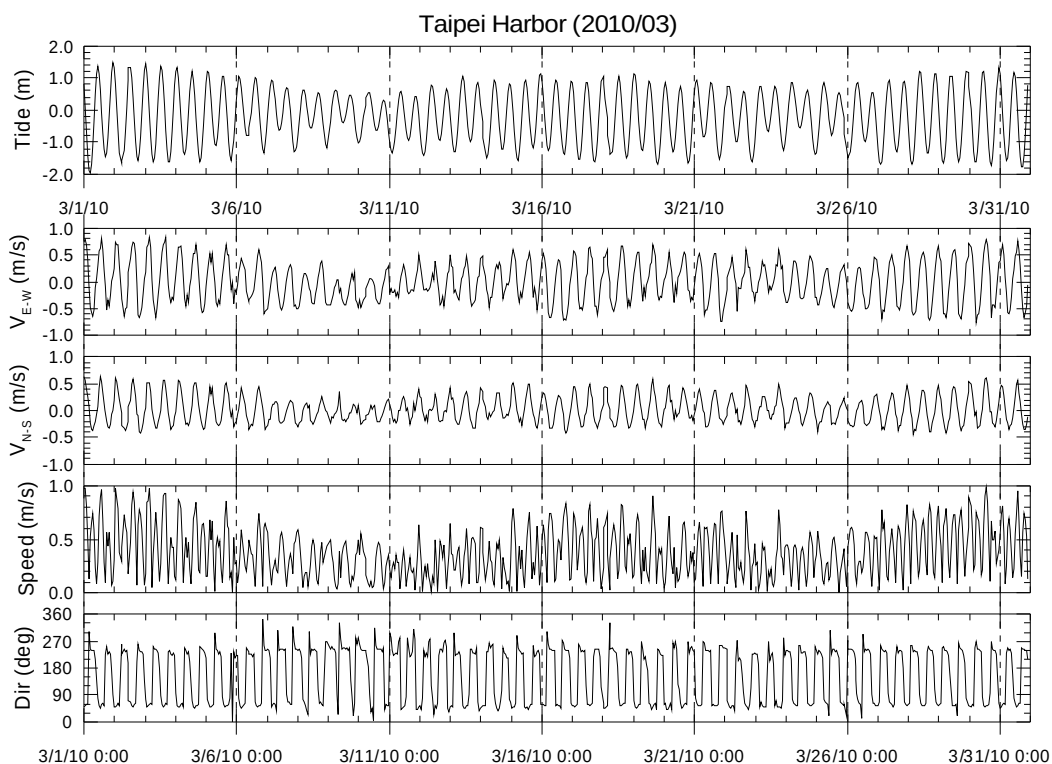
附圖 1.1 (續 11)基隆港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



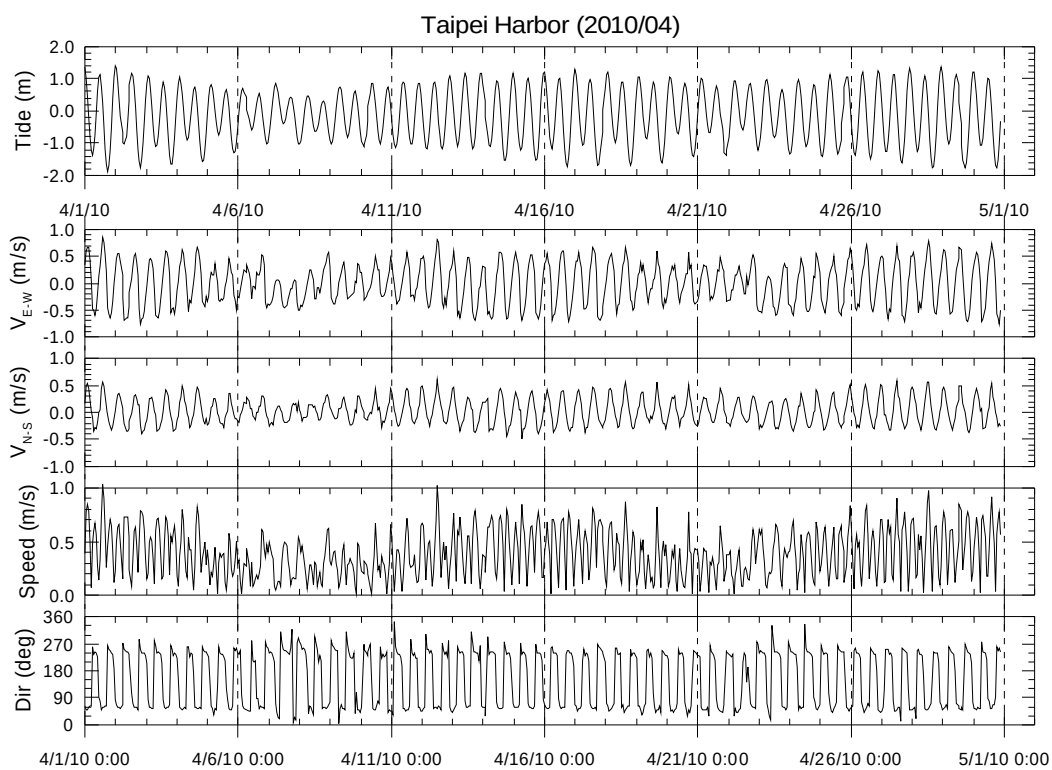
附圖 1.2 臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



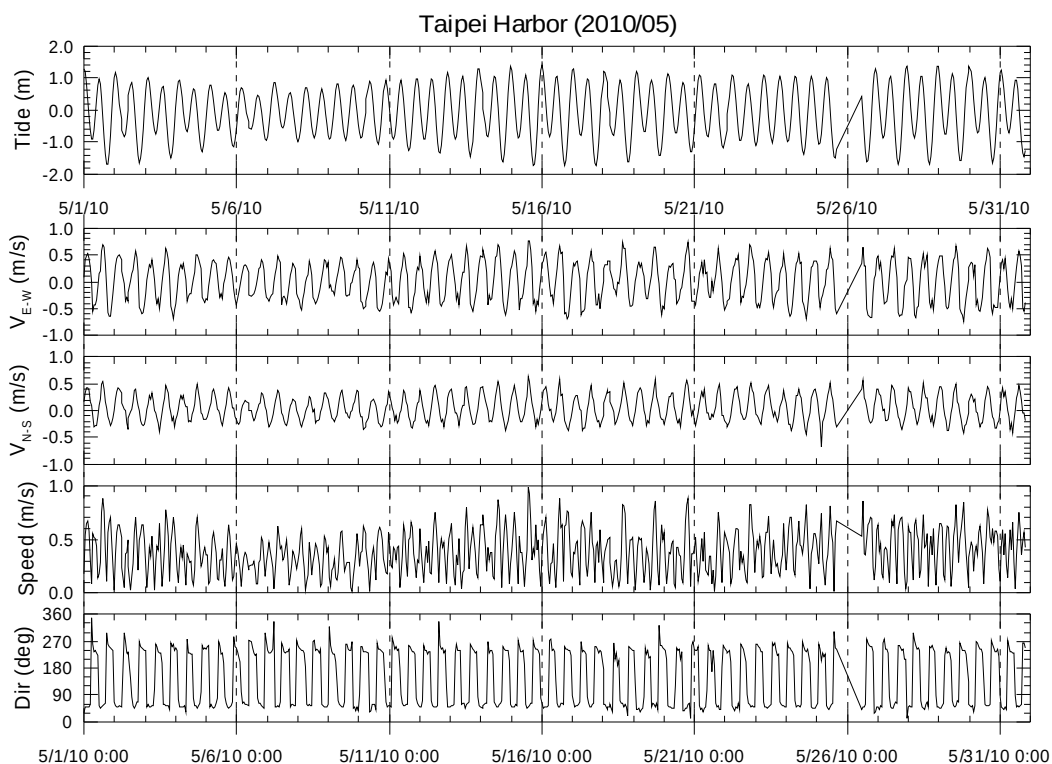
附圖 1.2 (續 1)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



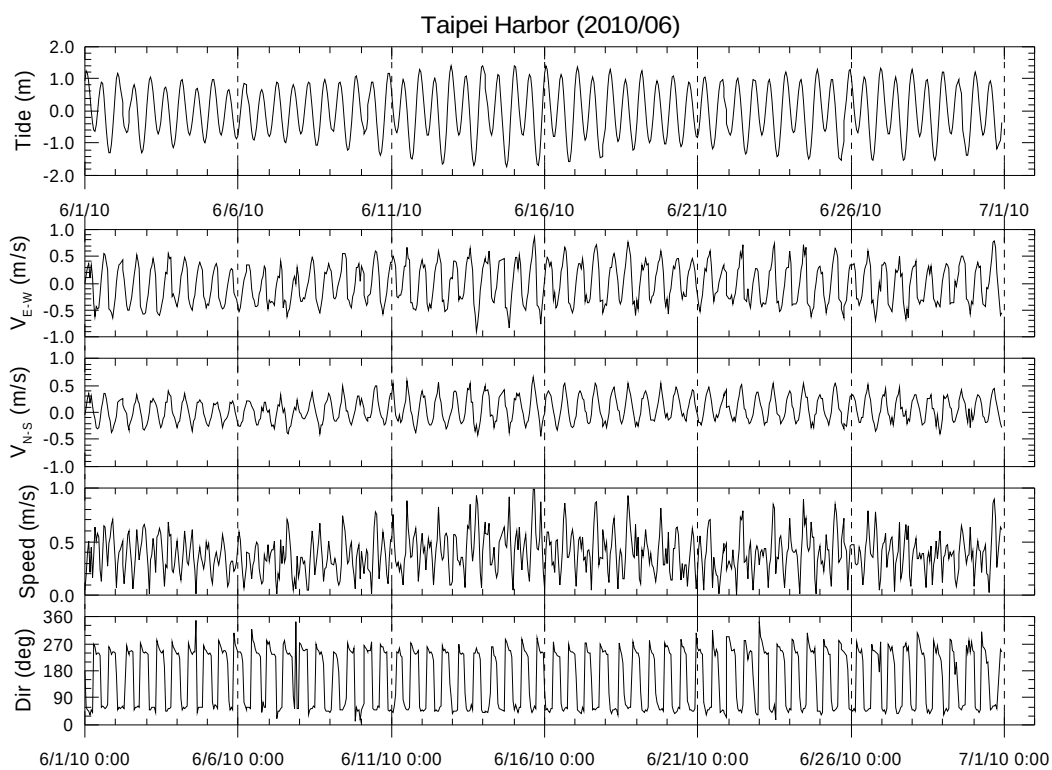
附圖 1.2 (續 2)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



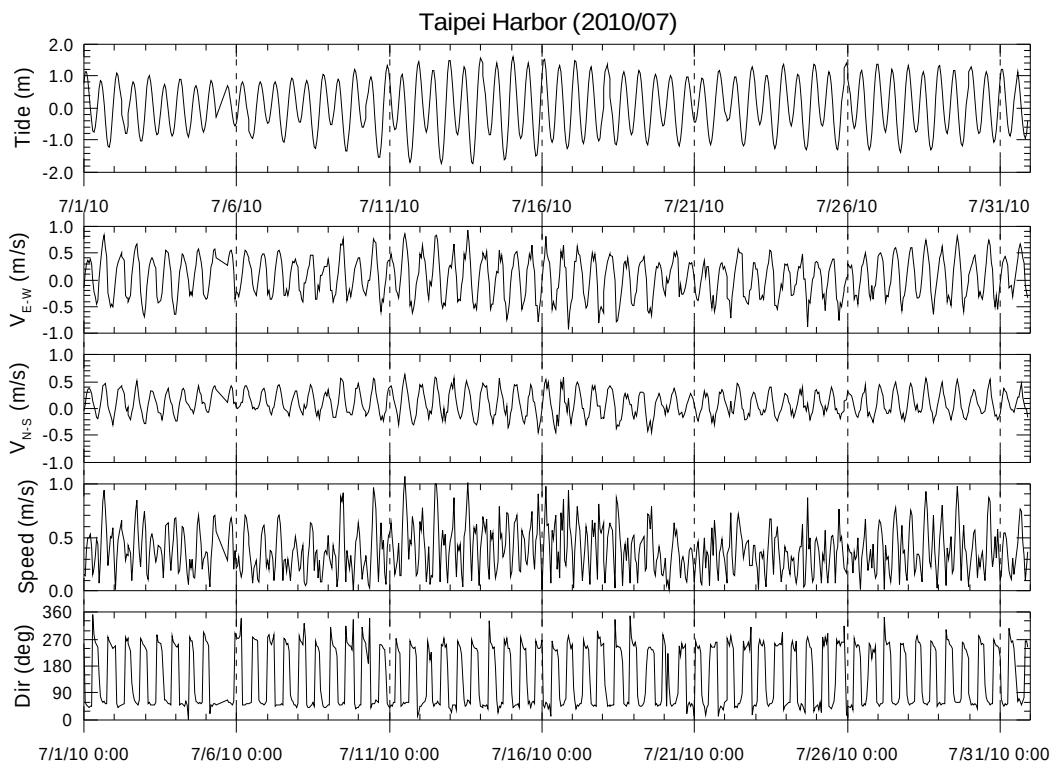
附圖 1.2 (續 3)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



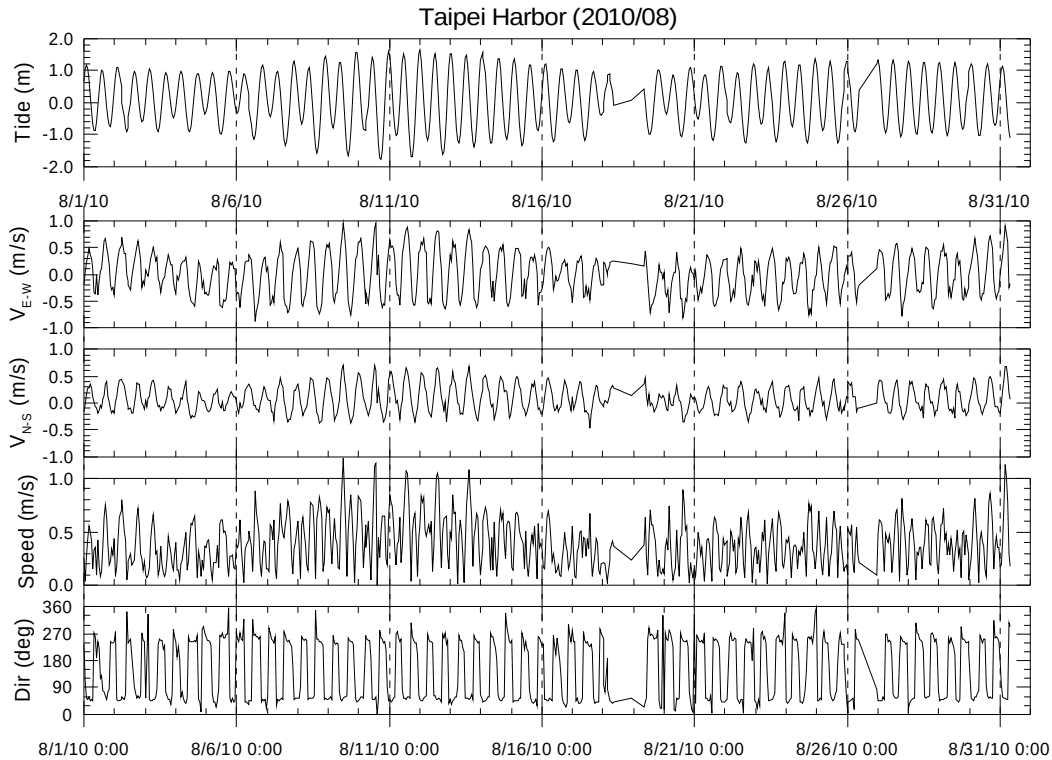
附圖 1.2 (續 4)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



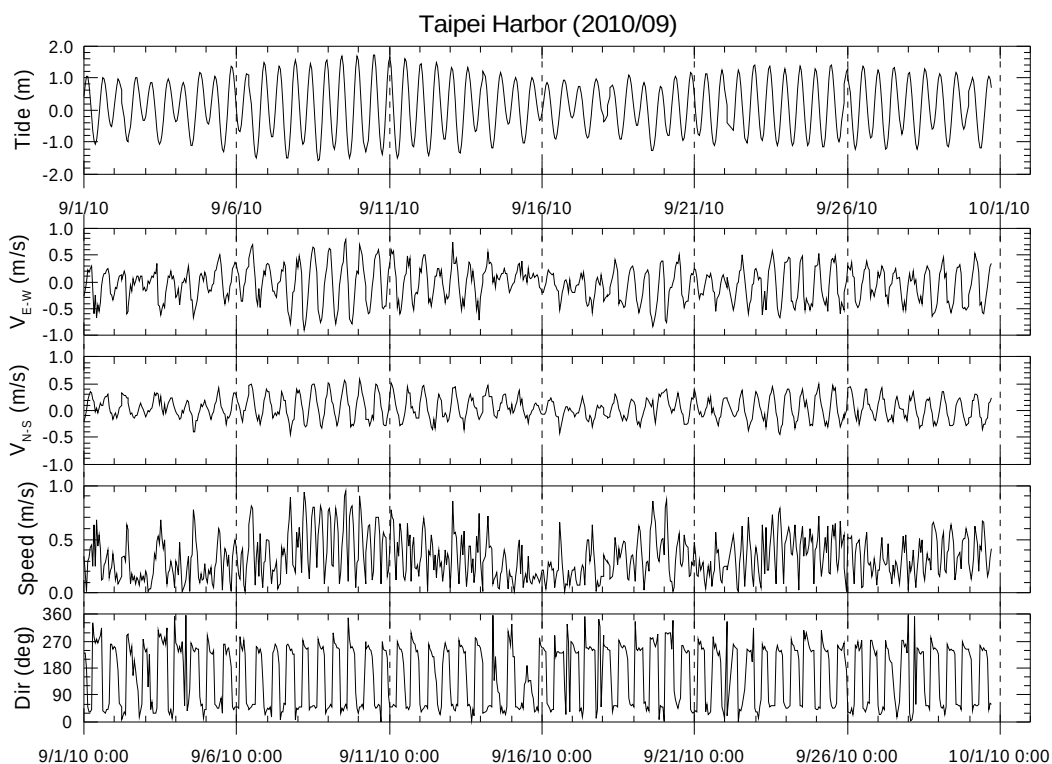
附圖 1.2 (續 5)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



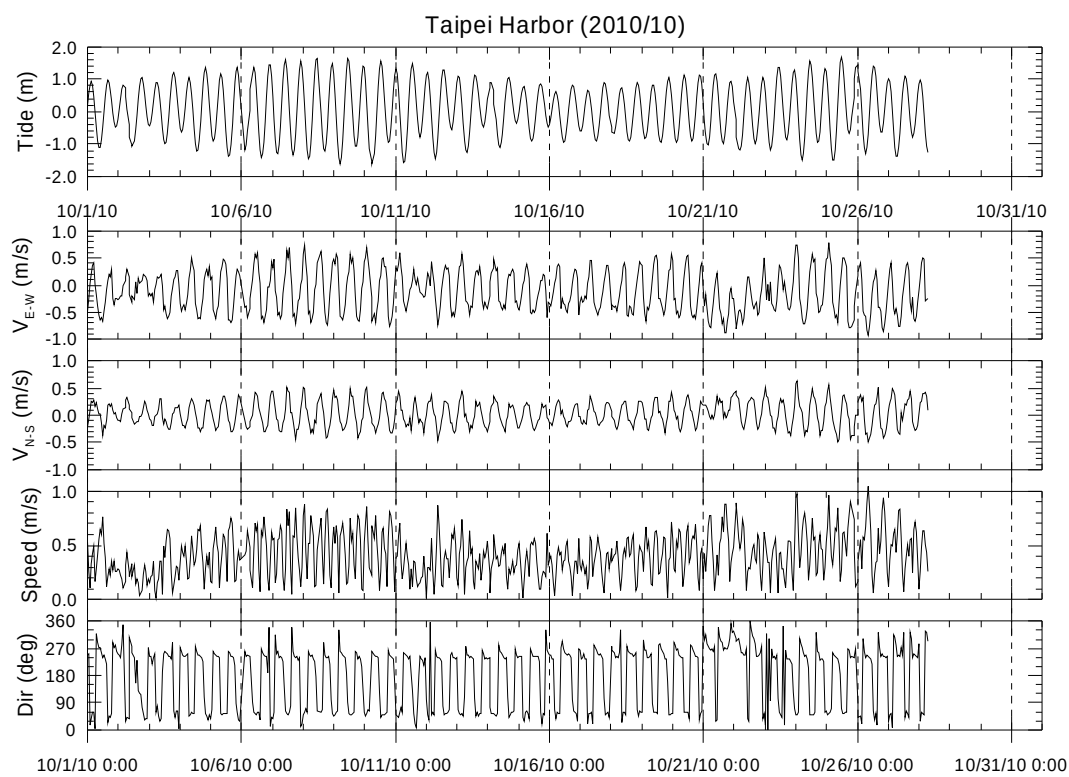
附圖 1.2 (續 6)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



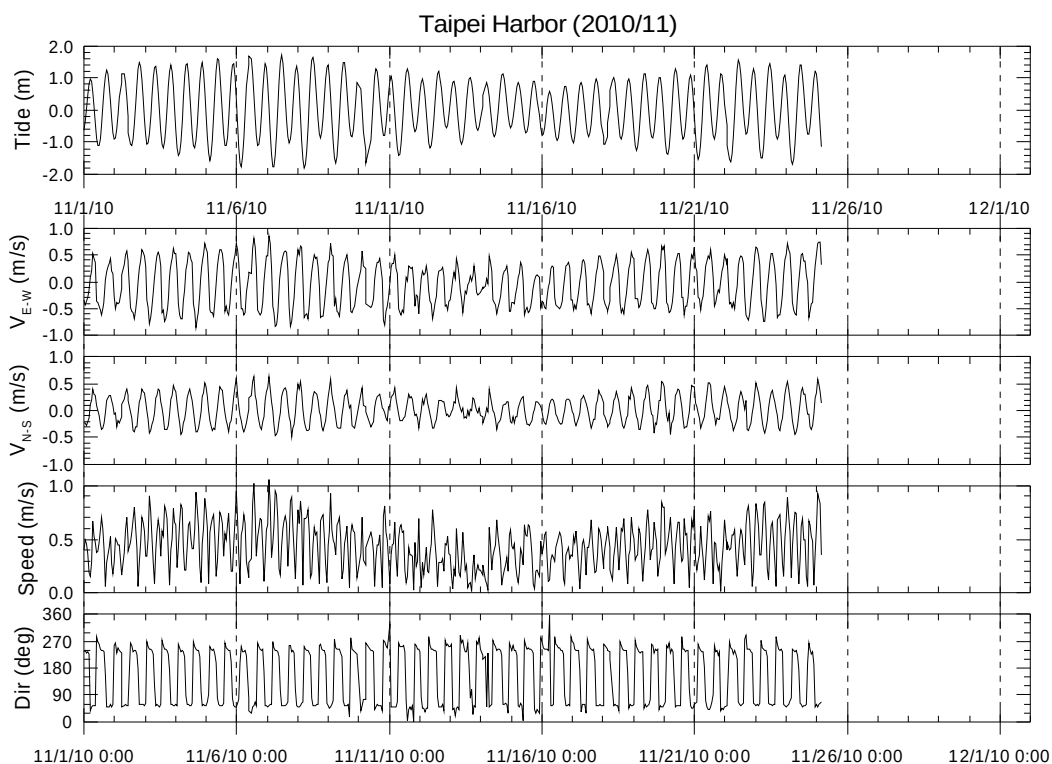
附圖 1.2 (續 7)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



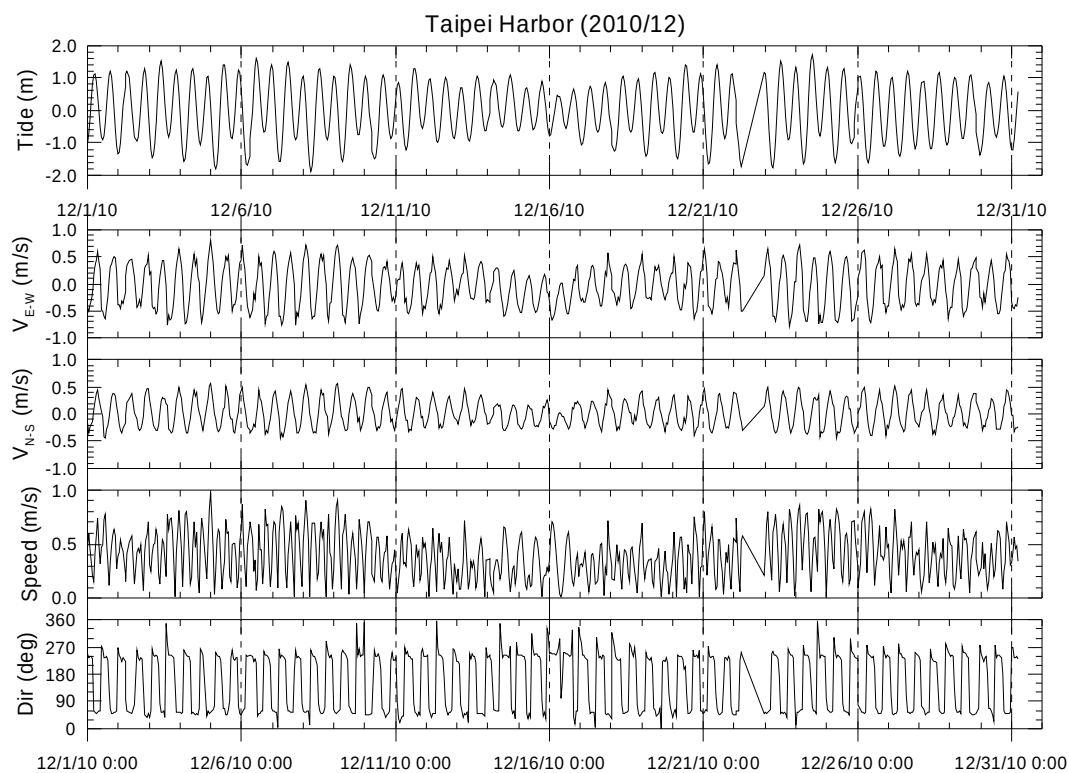
附圖 1.2 (續 8)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



附圖 1.2 (續 9)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



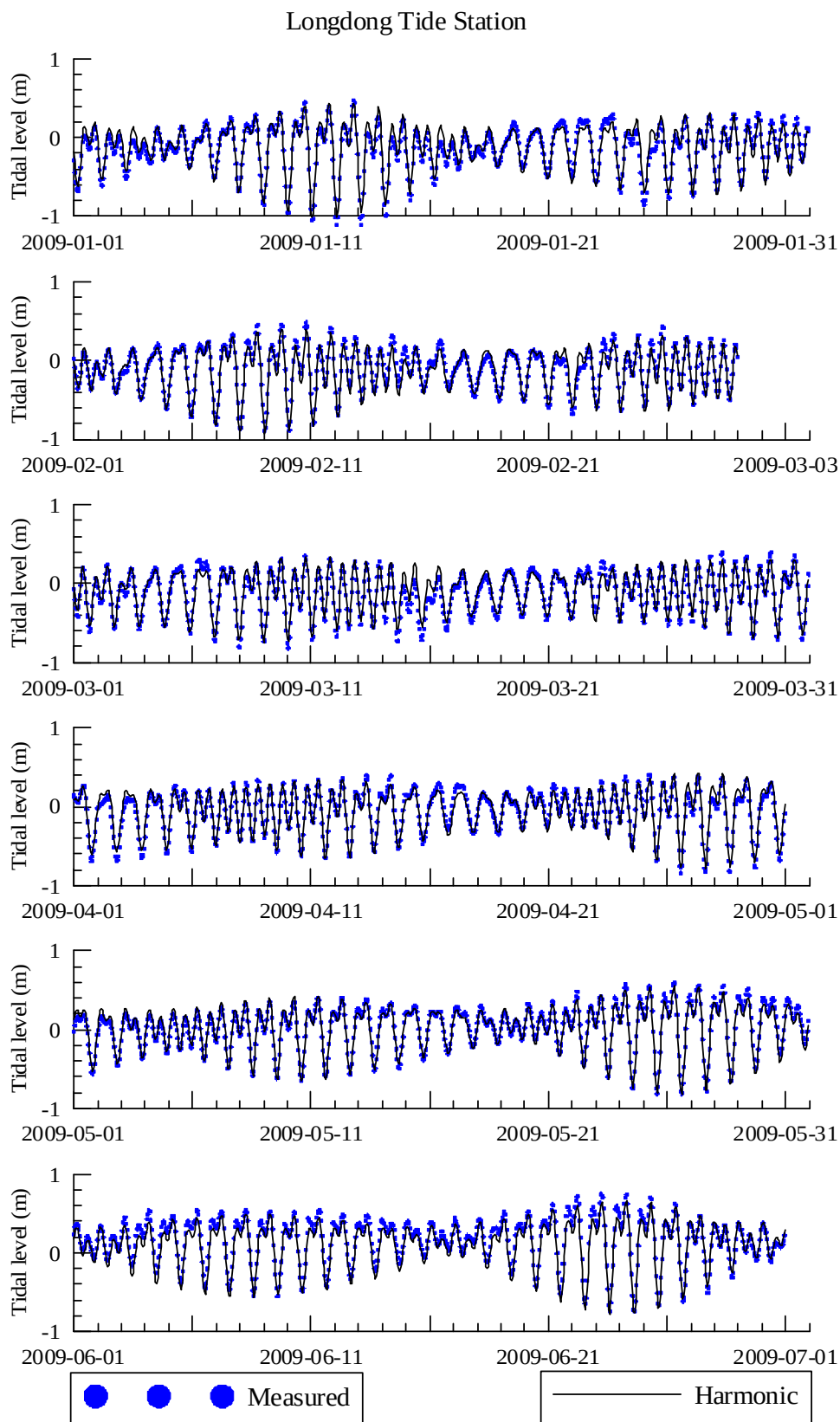
附圖 1.2 (續 10)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖



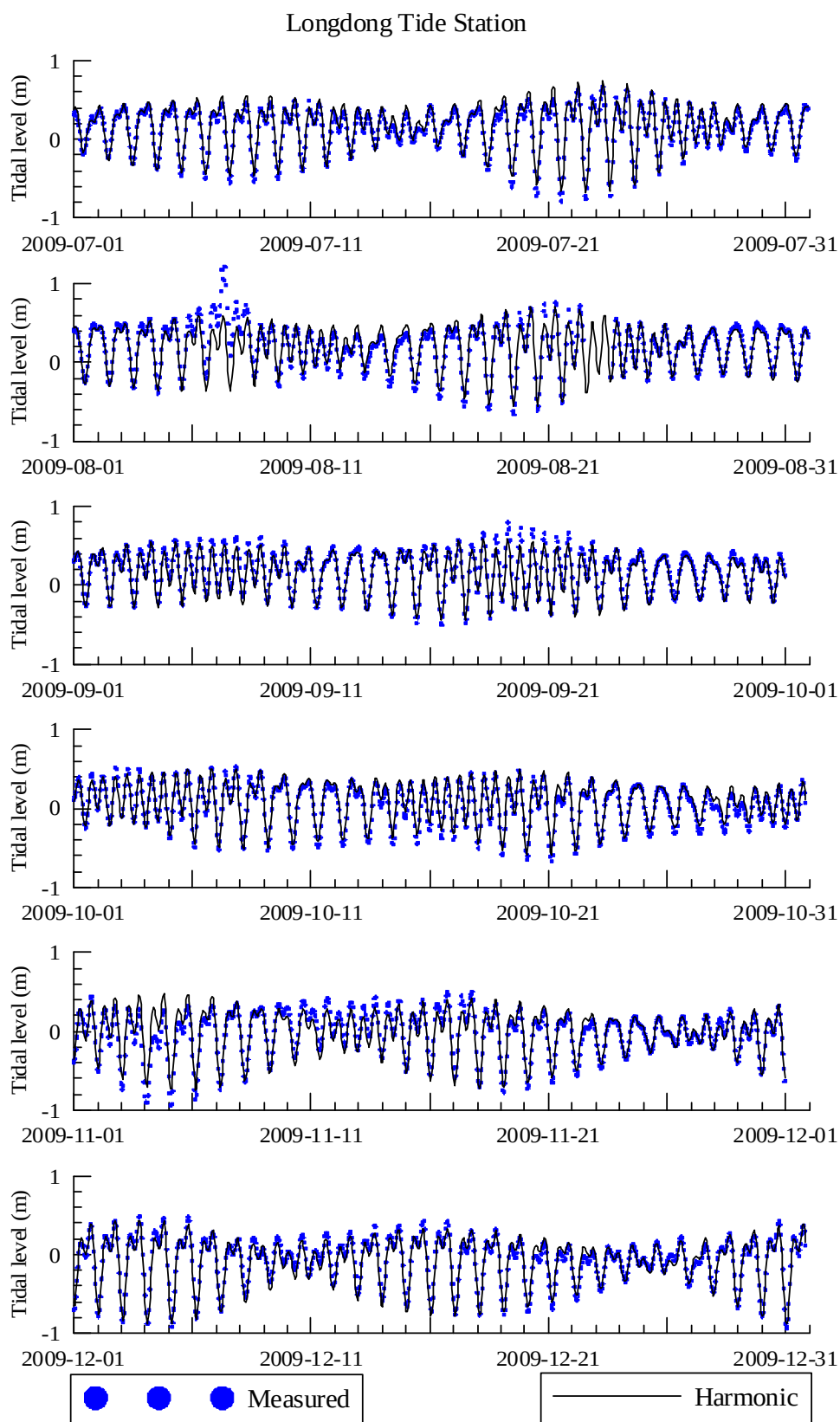
附圖 1.2 (續 11)臺北港水位、海流觀測資料(2010 年)歷線圖

附錄 II

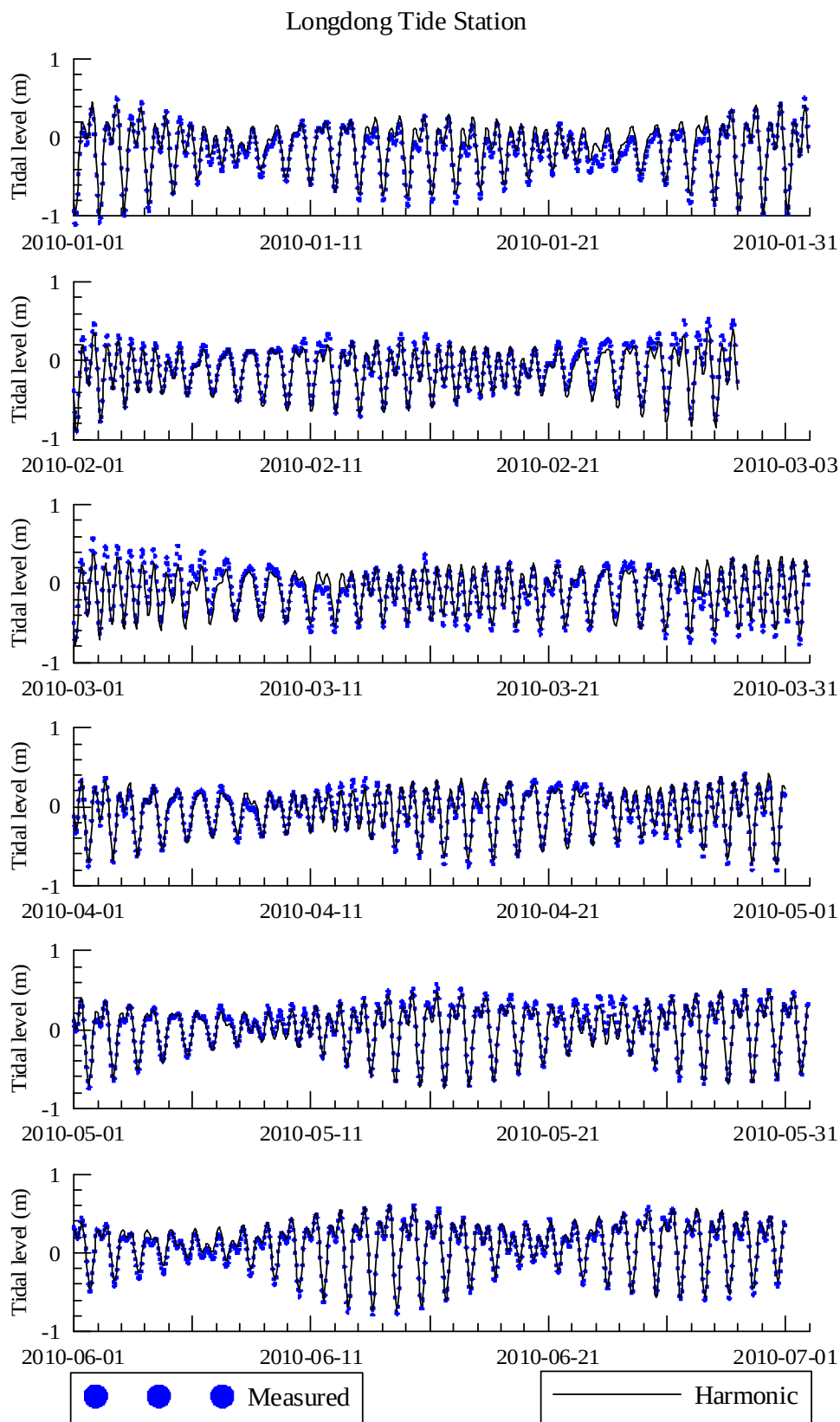
2010 年龍洞、麟山鼻、竹圍及淡水第二漁港潮位觀測 資料與調和分析結果之比較



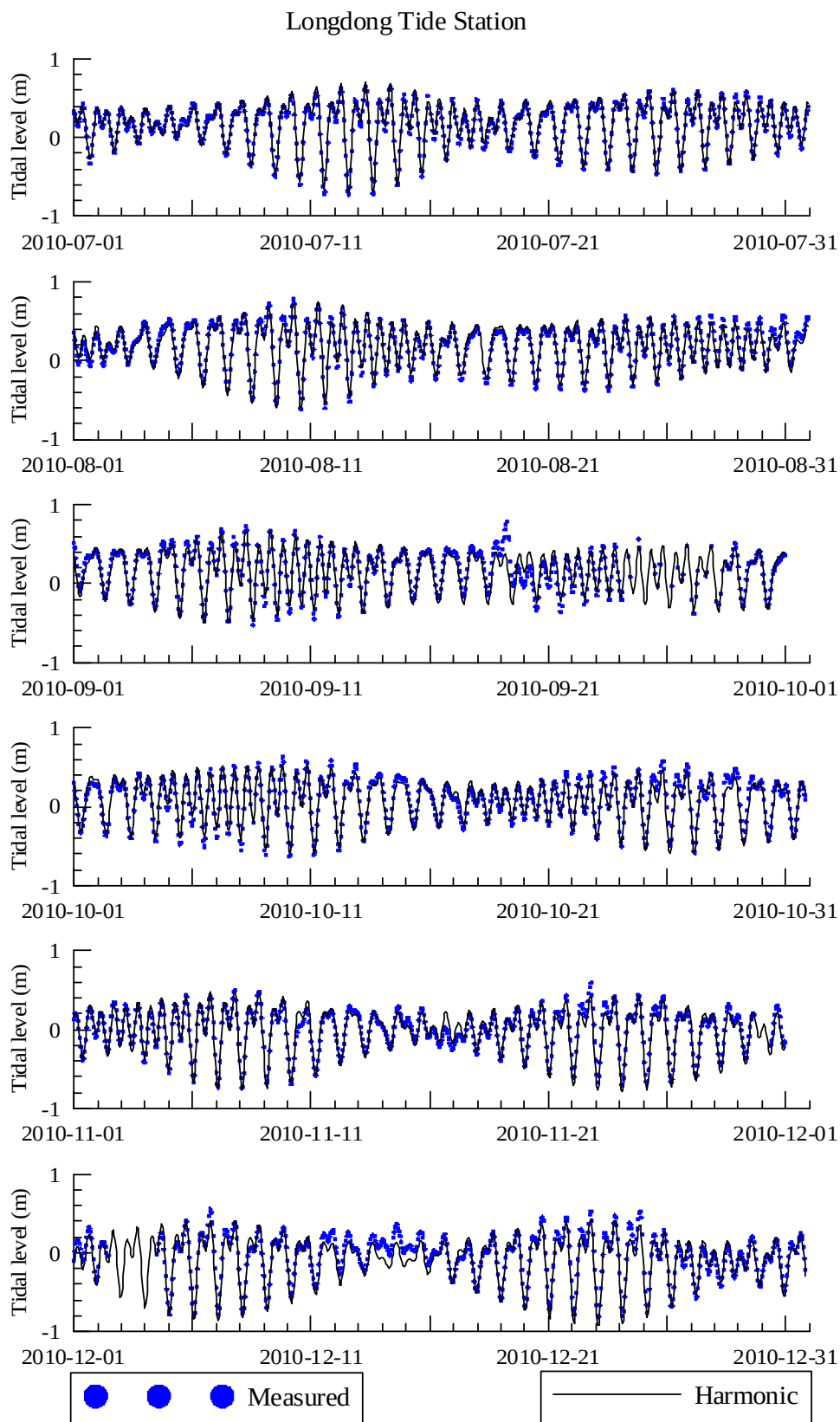
附圖 2.1 龍洞潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



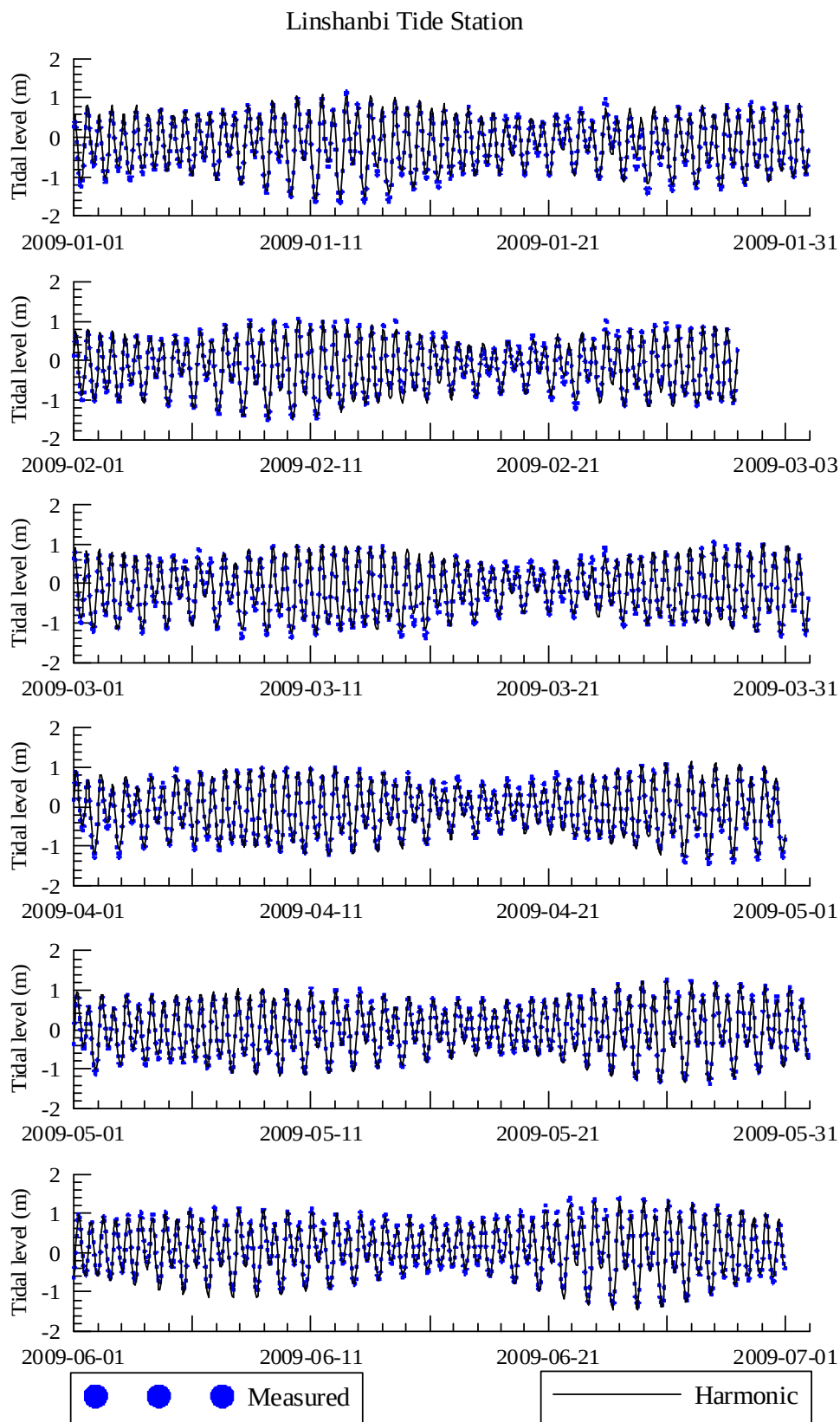
附圖 2.1 (續 1)龍洞潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



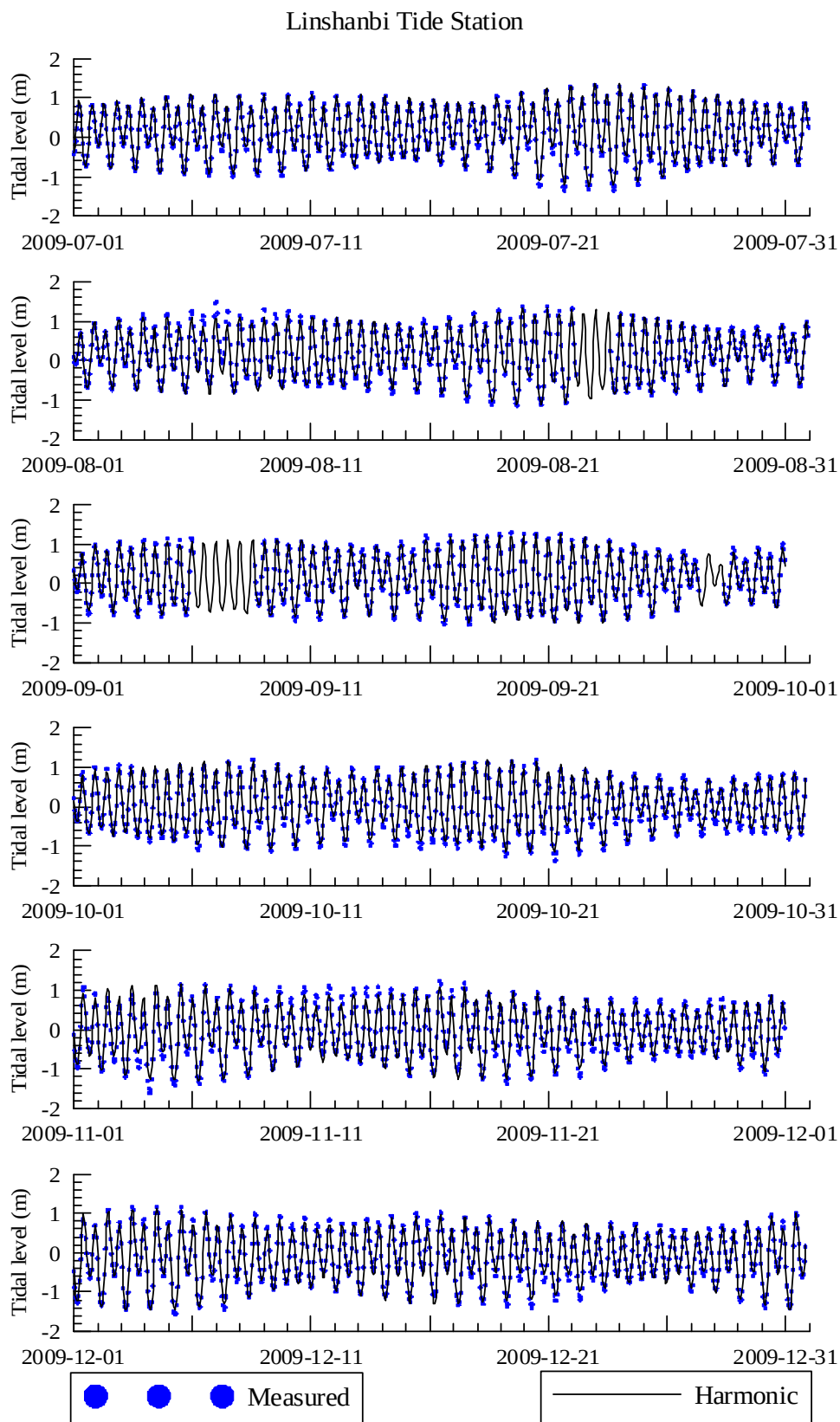
附圖 2.1 (續 2)龍洞潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



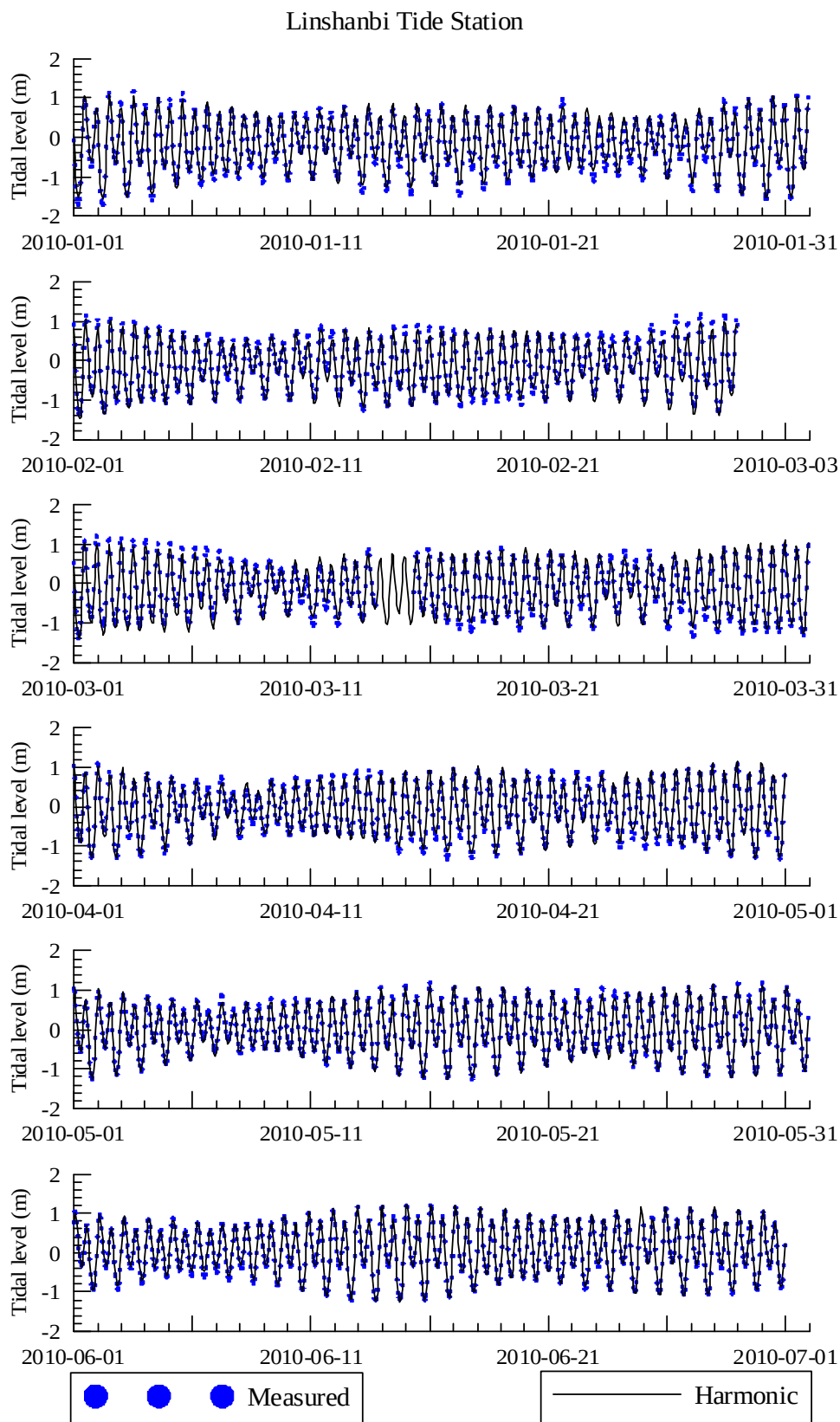
附圖 2.1 (續 3)龍洞潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



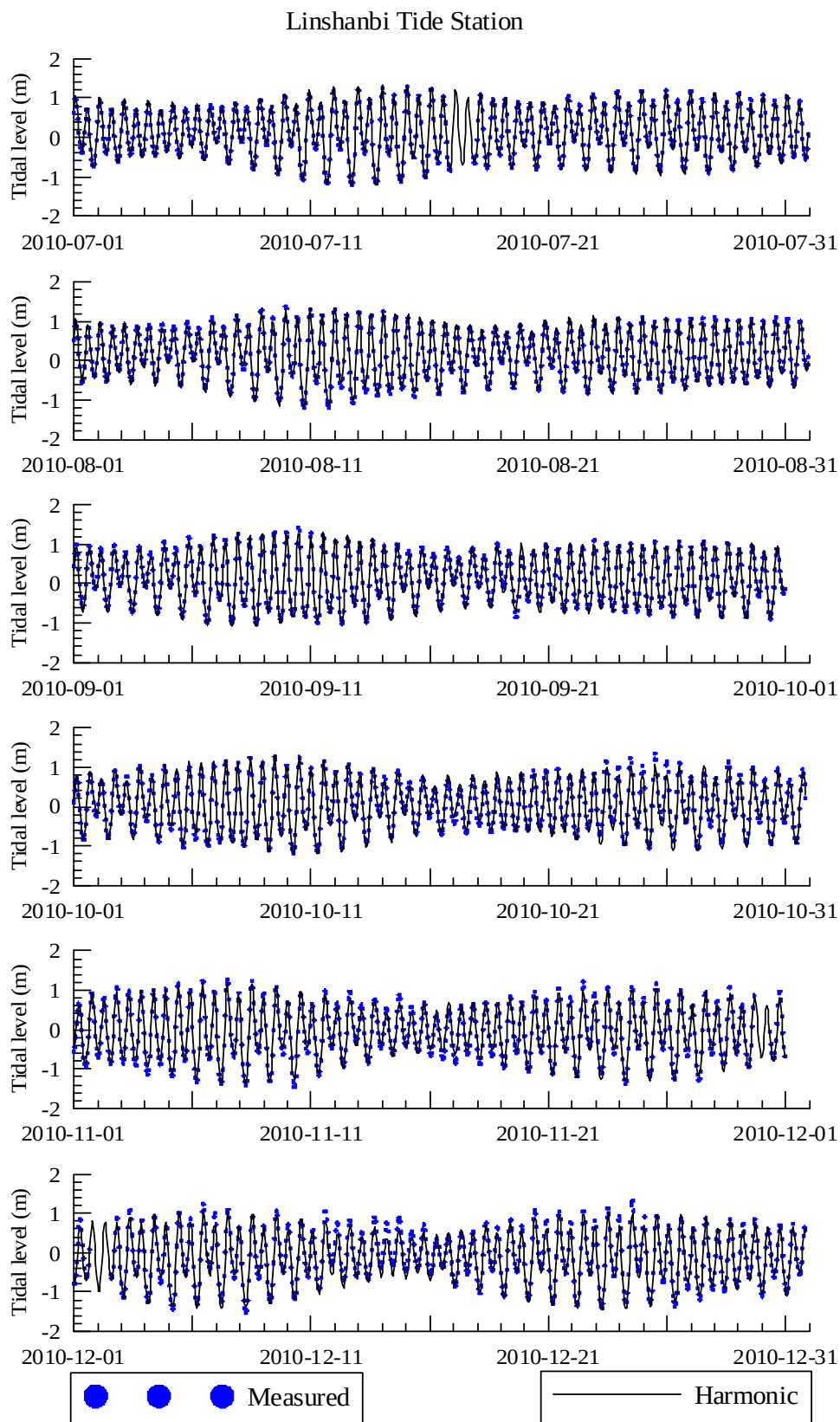
附圖 2.2 麟山鼻潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



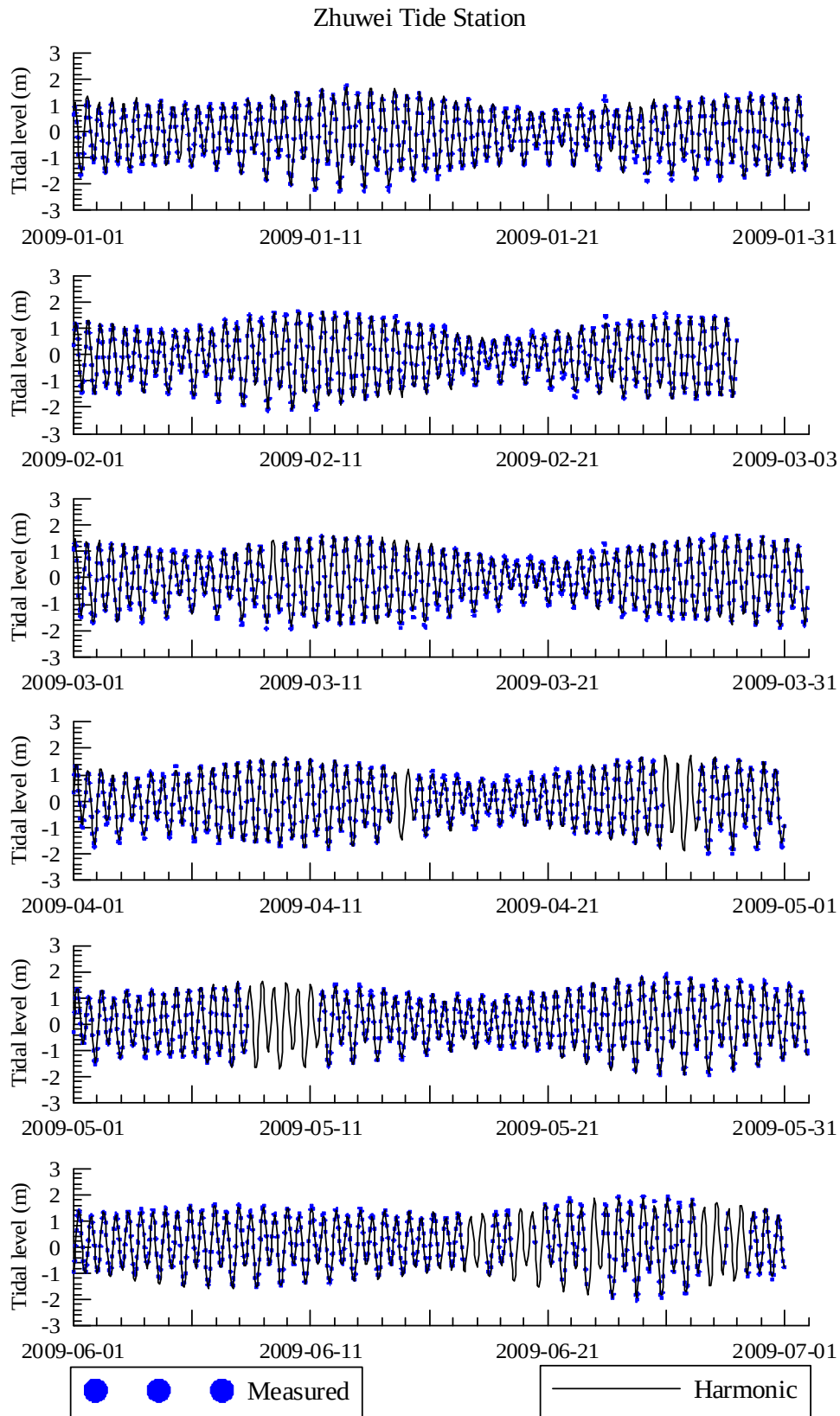
附圖 2.2 (續 1) 麟山鼻潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



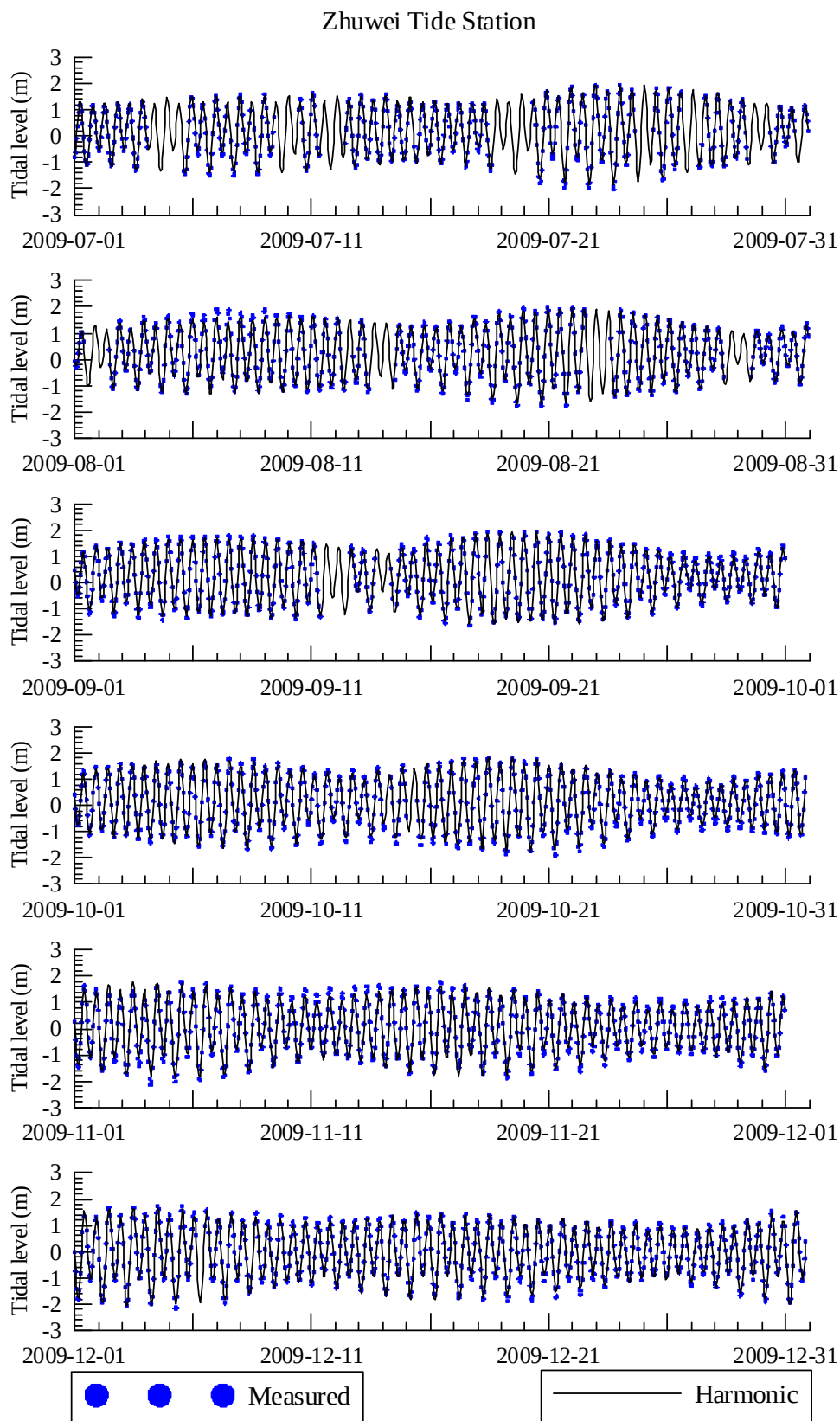
附圖 2.2 (續 2) 麟山鼻潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



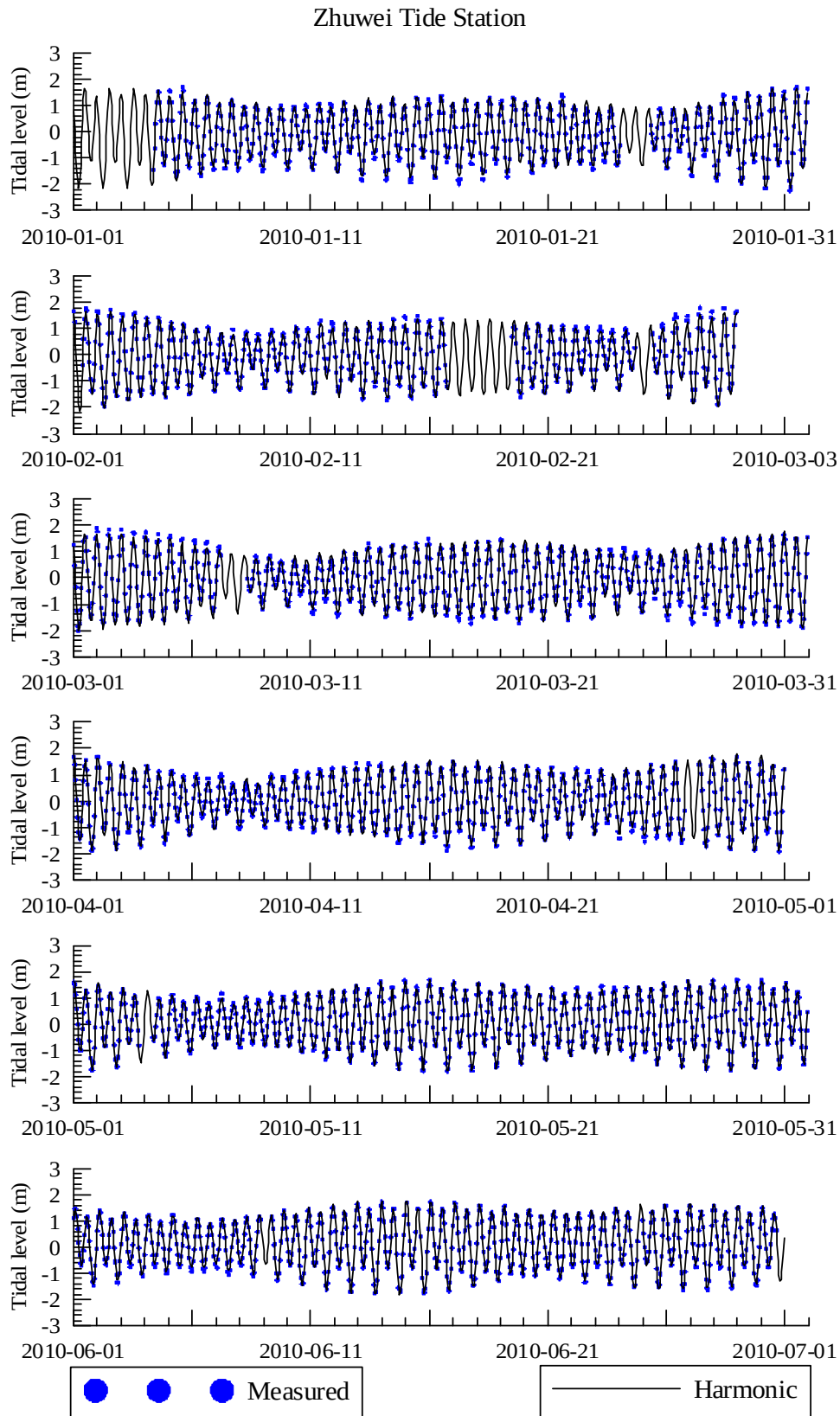
附圖 2.2 (續 3) 麟山鼻潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



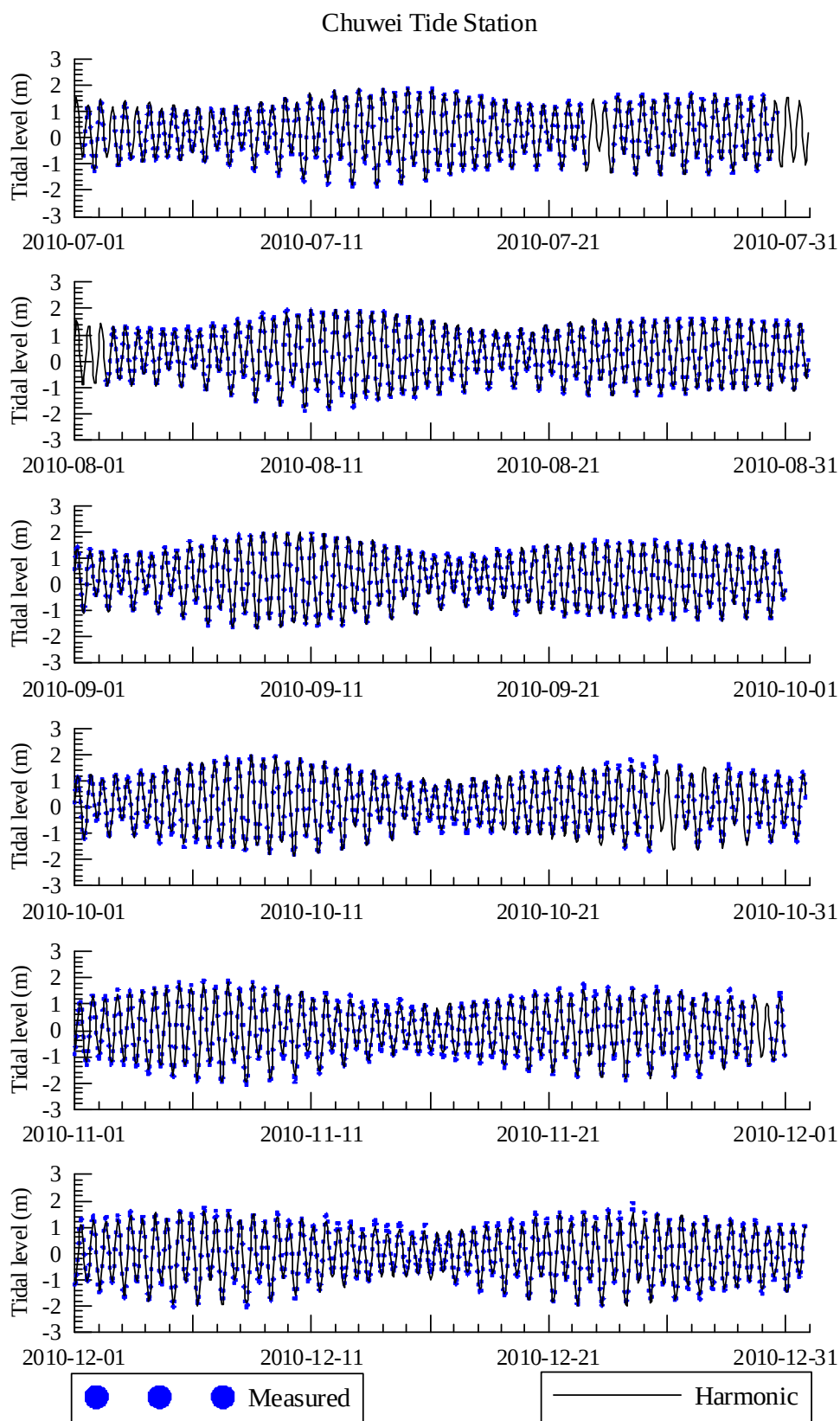
附圖 2.3 竹圍潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



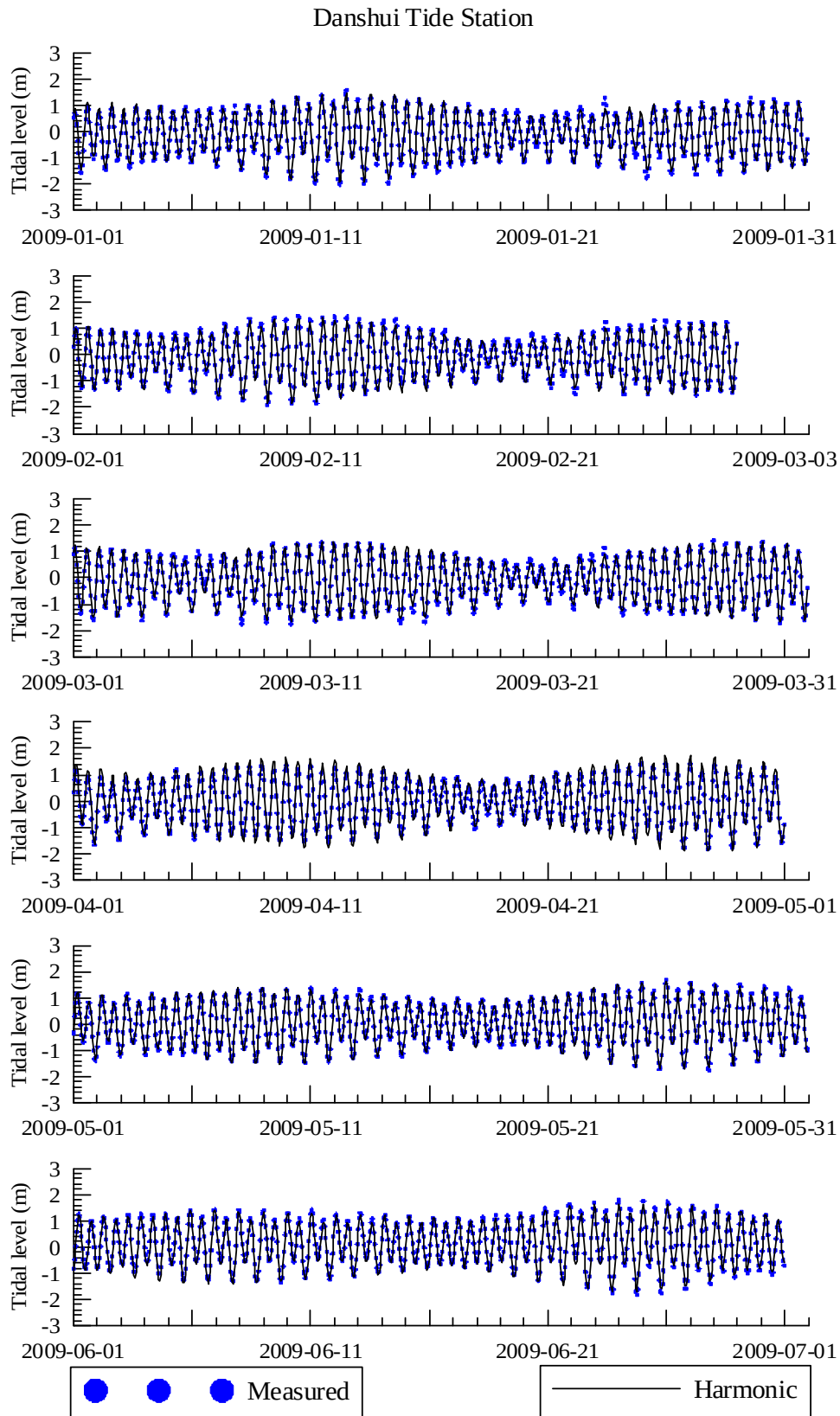
附圖 2.3 (續 1)竹圍潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



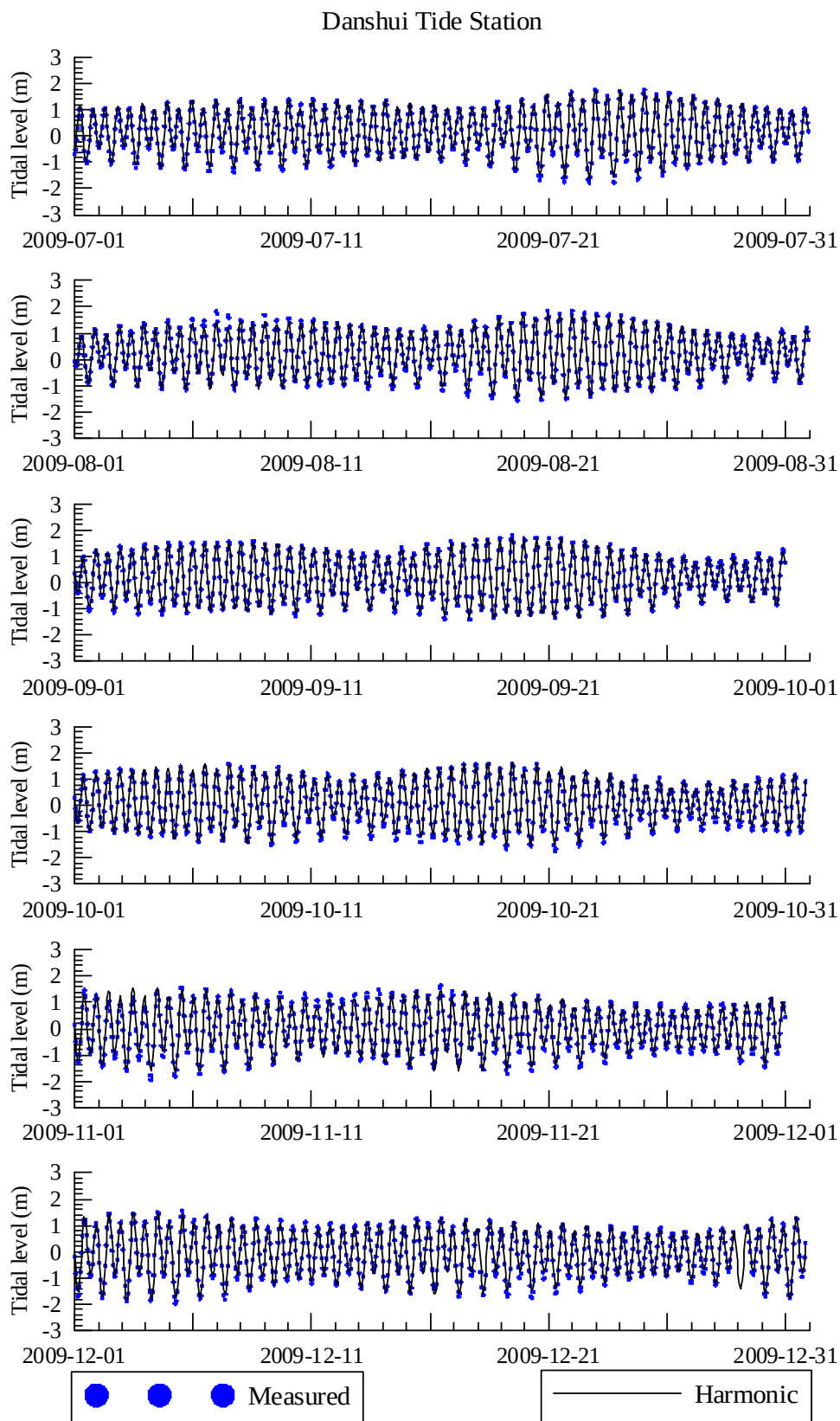
附圖 2.3 (續 2)竹圍潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



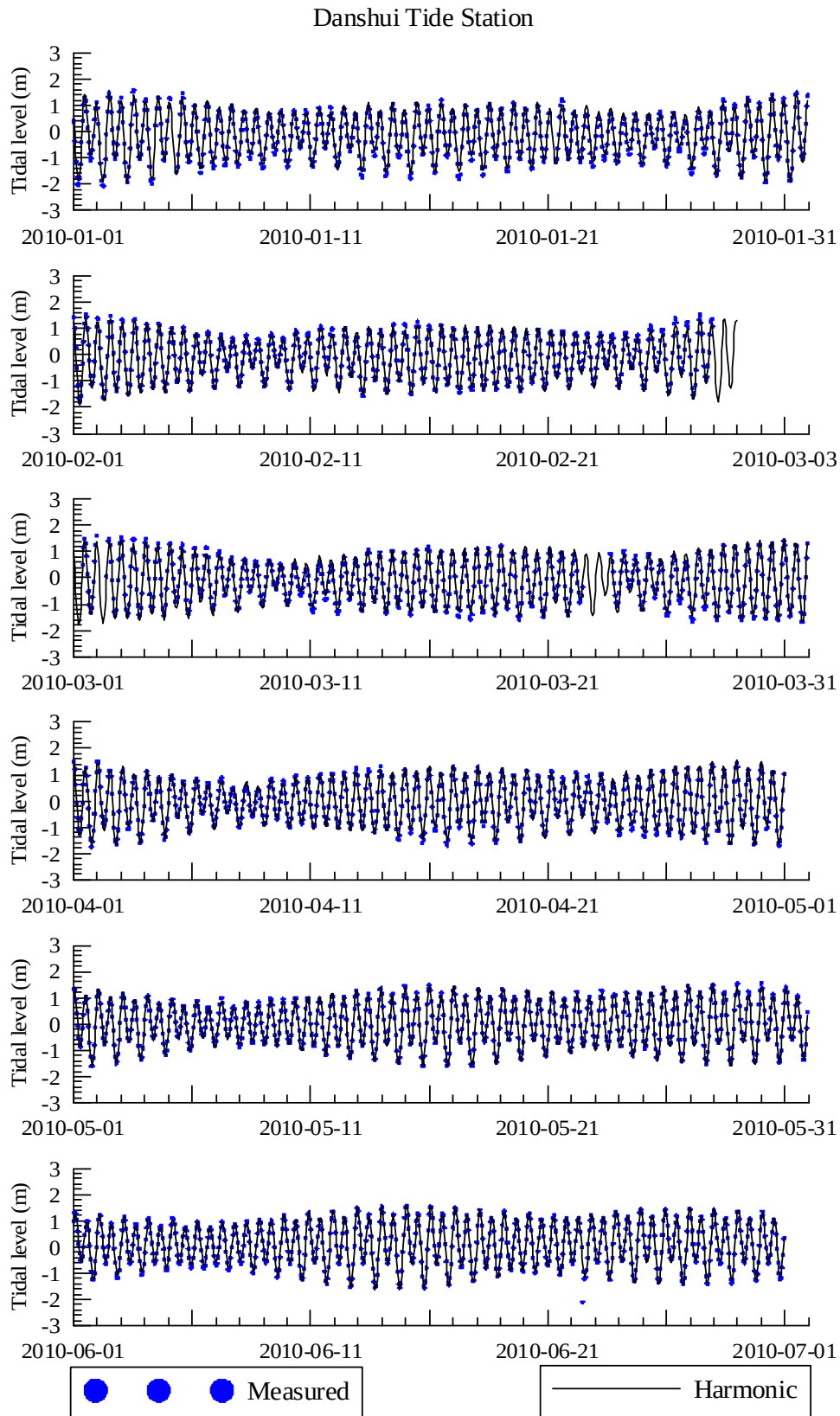
附圖 2.3 (續 3)竹圍潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



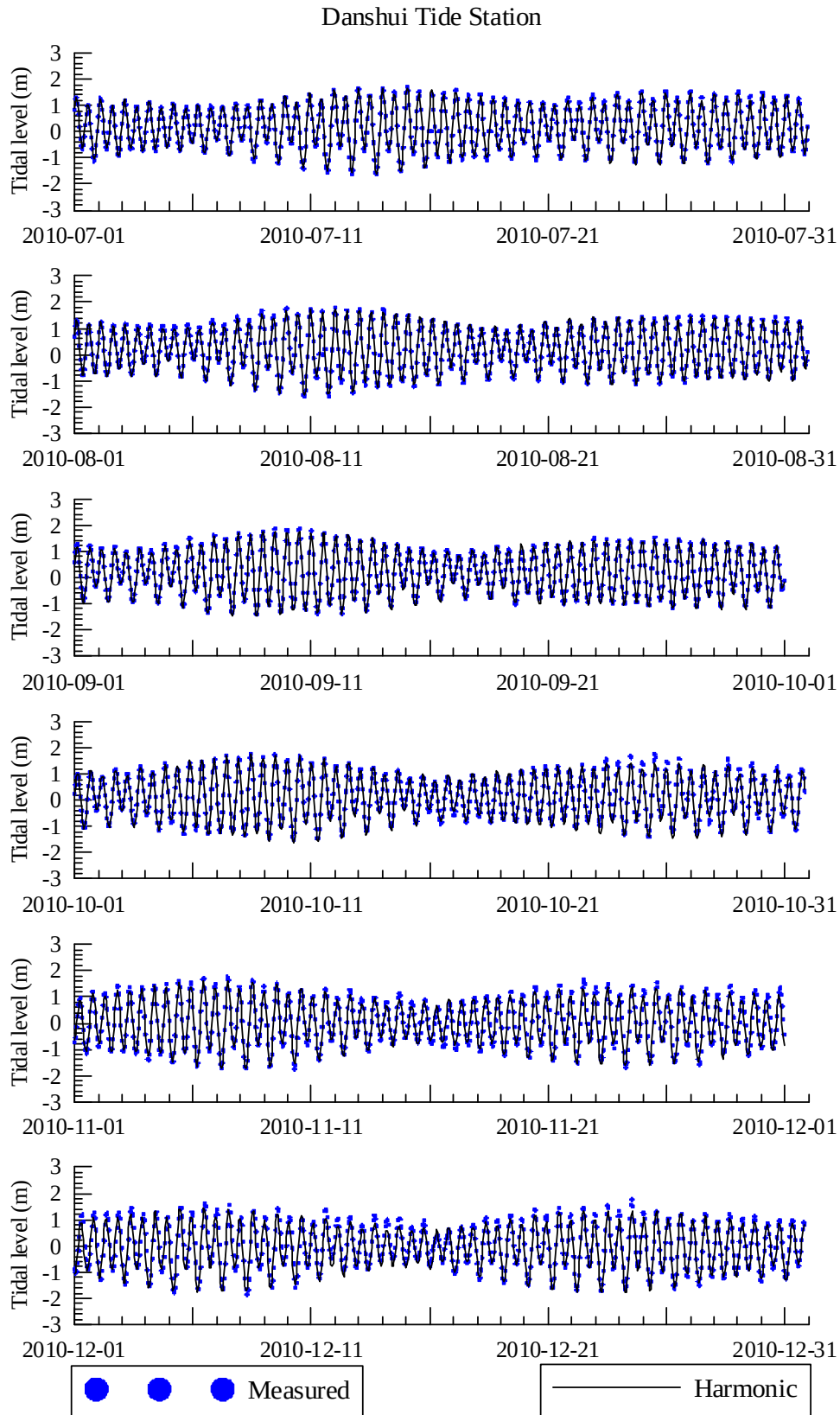
附圖 2.4 淡水第二漁港潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



附圖 2.4 (續 1)淡水第二漁港潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



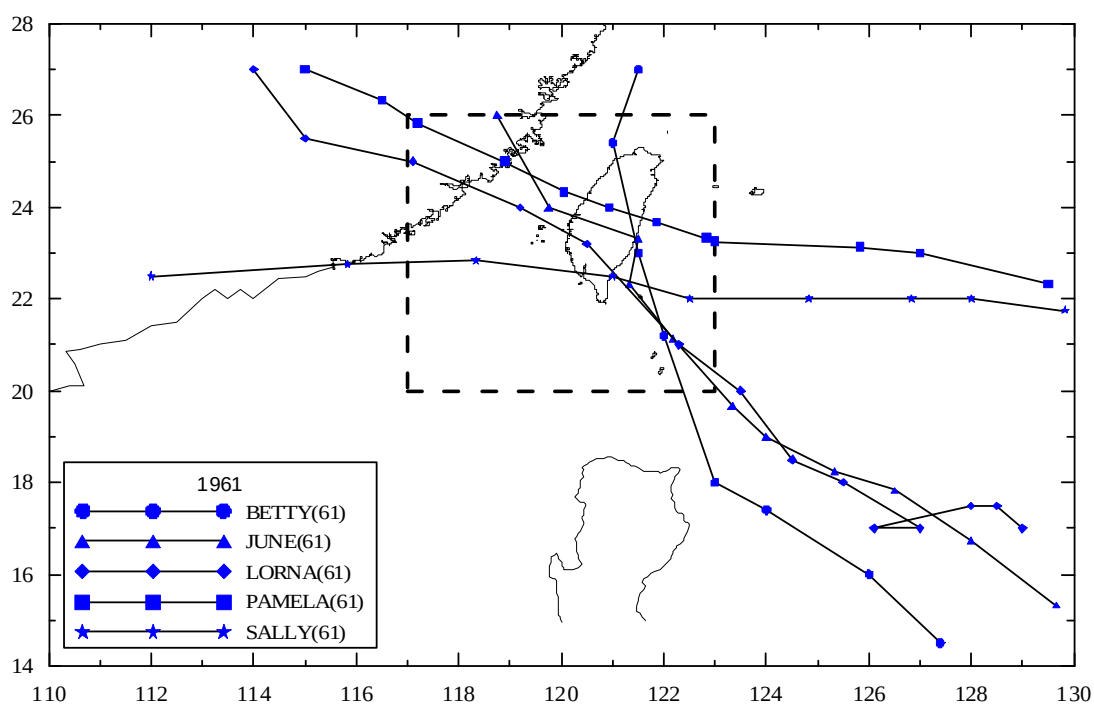
附圖 2.4 (續 2)淡水第二漁港潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖



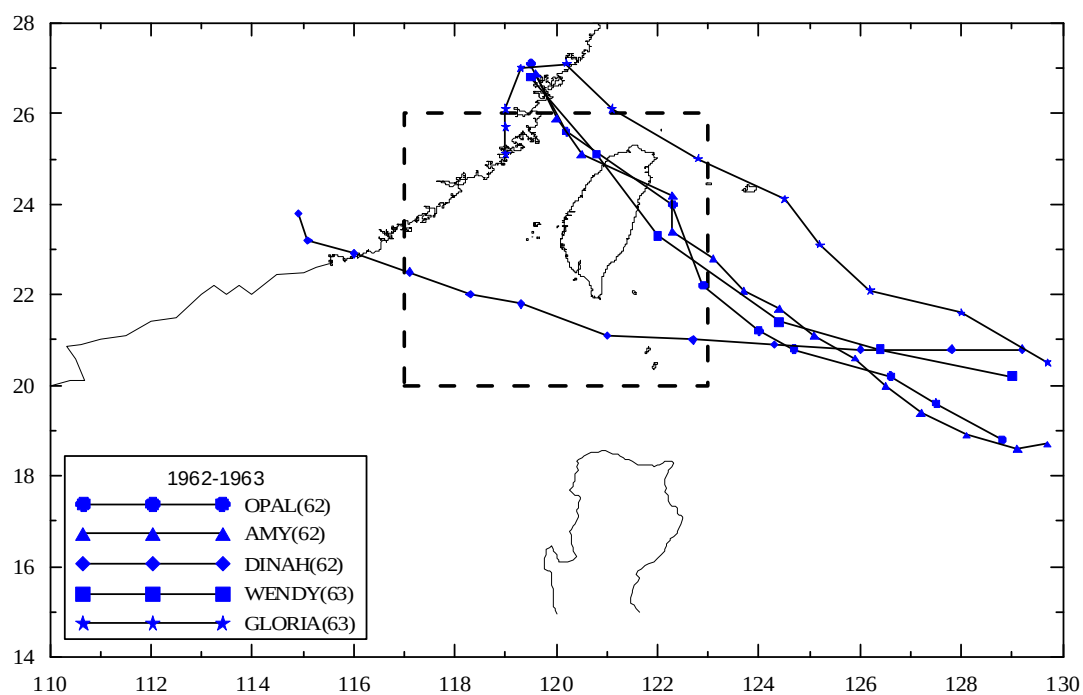
附圖 2.4 (續 3)淡水第二漁港潮位觀測資料與調和分析結果之比較圖

附錄III

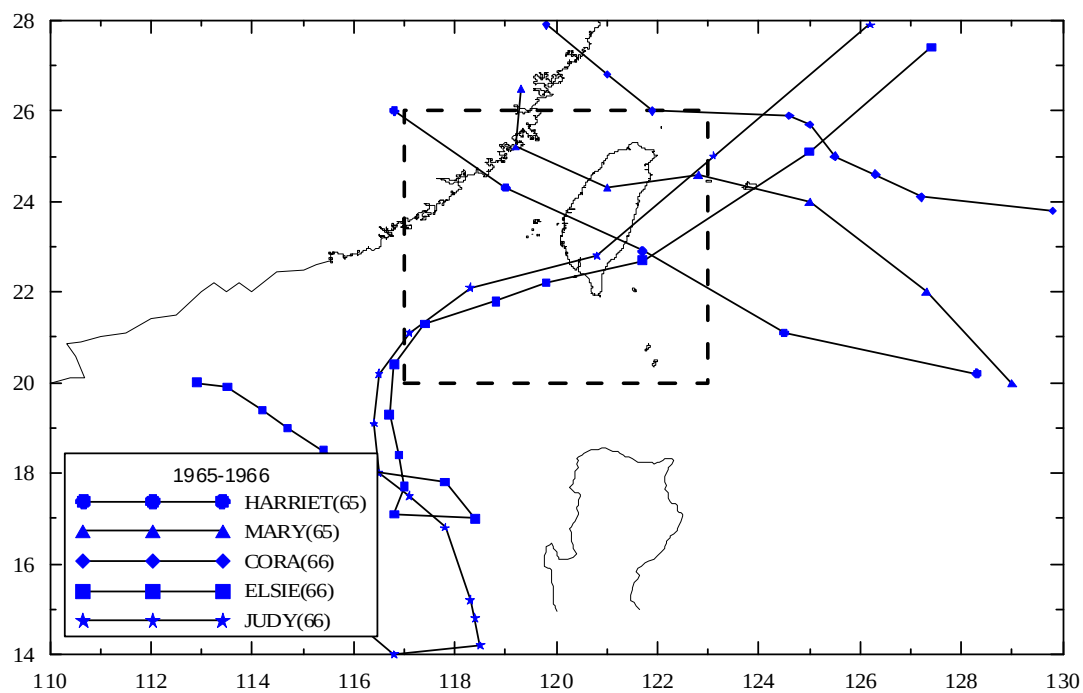
歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



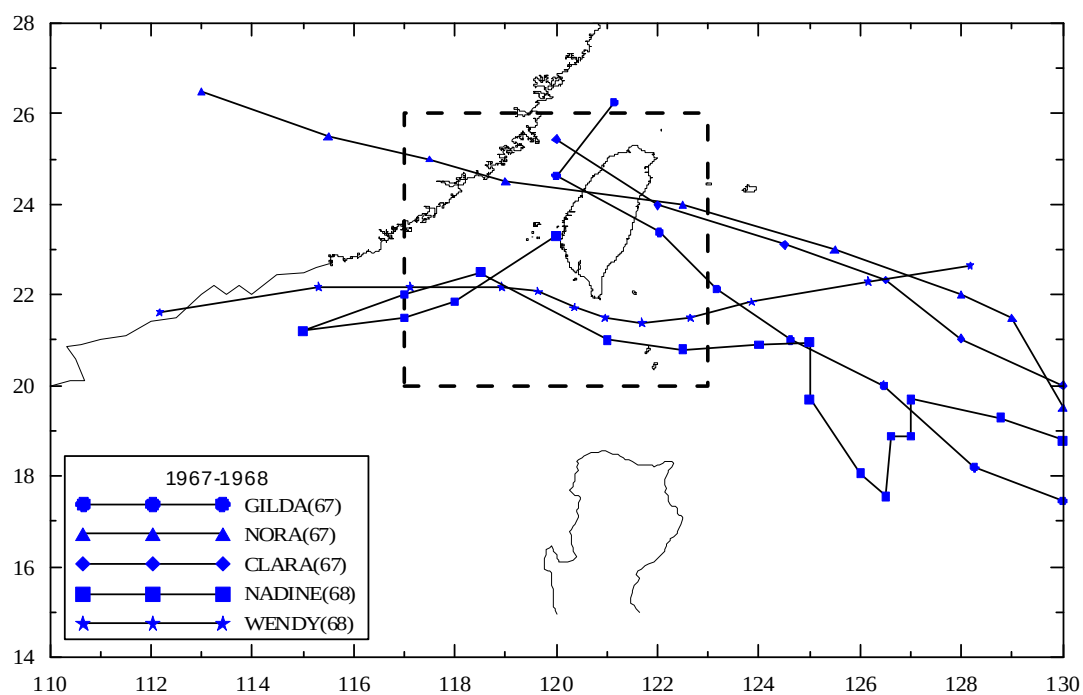
附圖3 歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



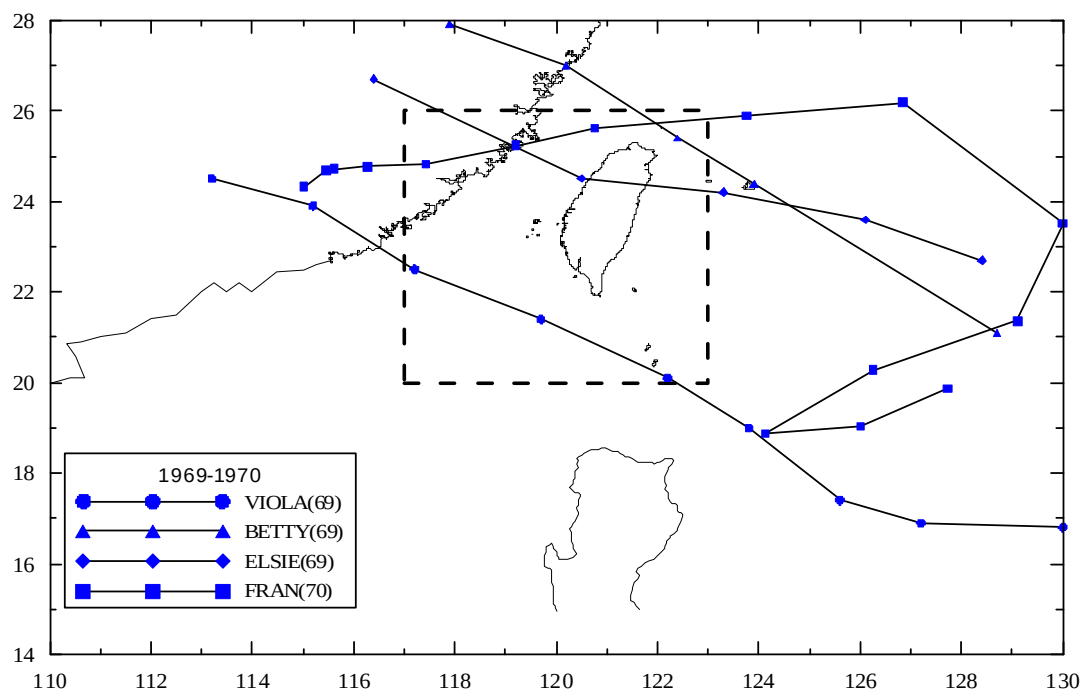
附圖3 (續1)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



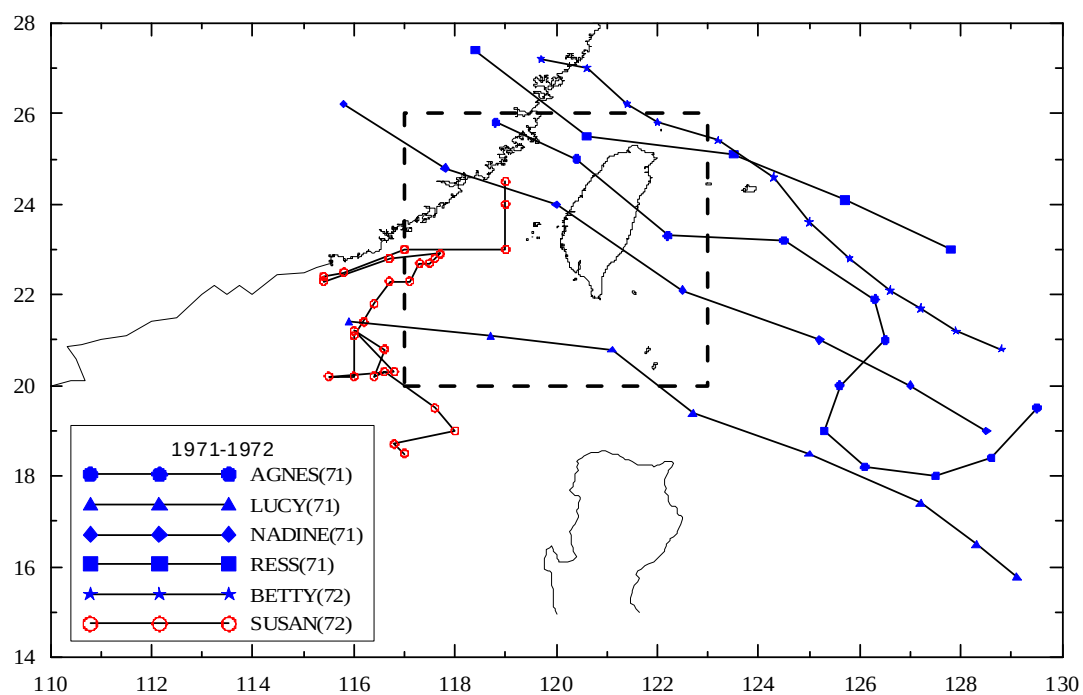
附圖3 (續2)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



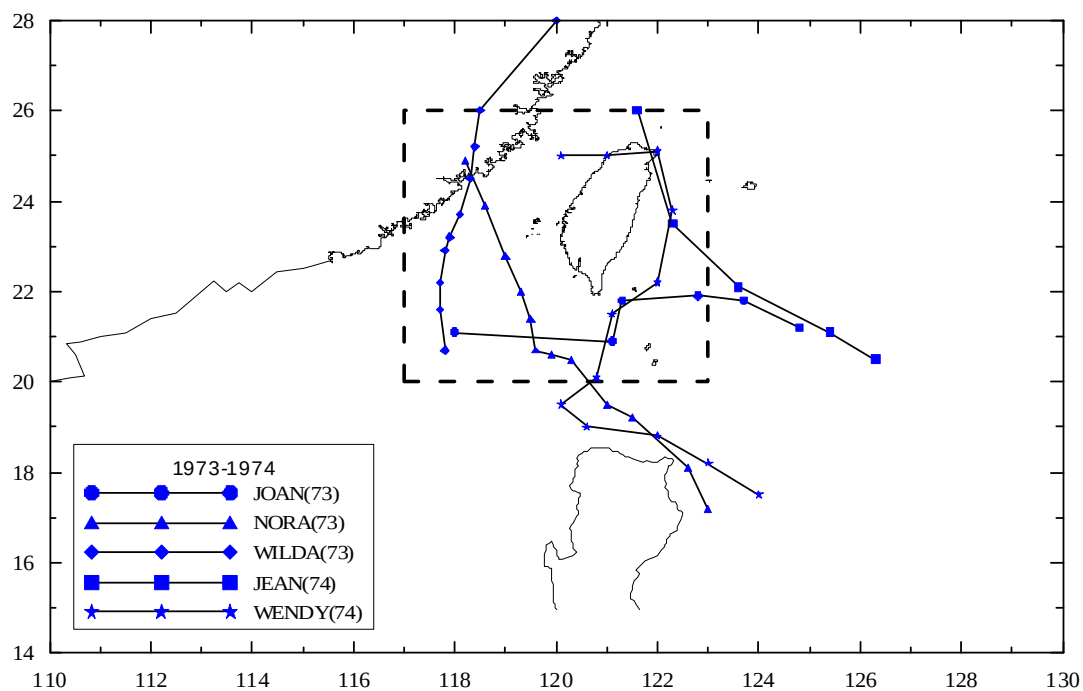
附圖3 (續3)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



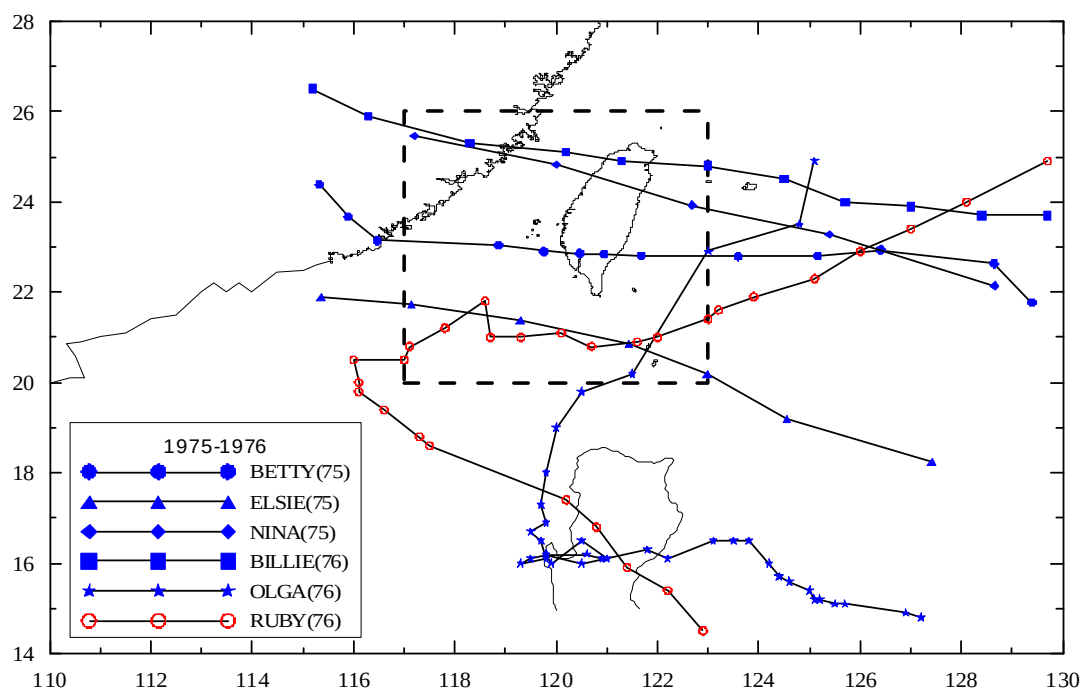
附圖3 (續4)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



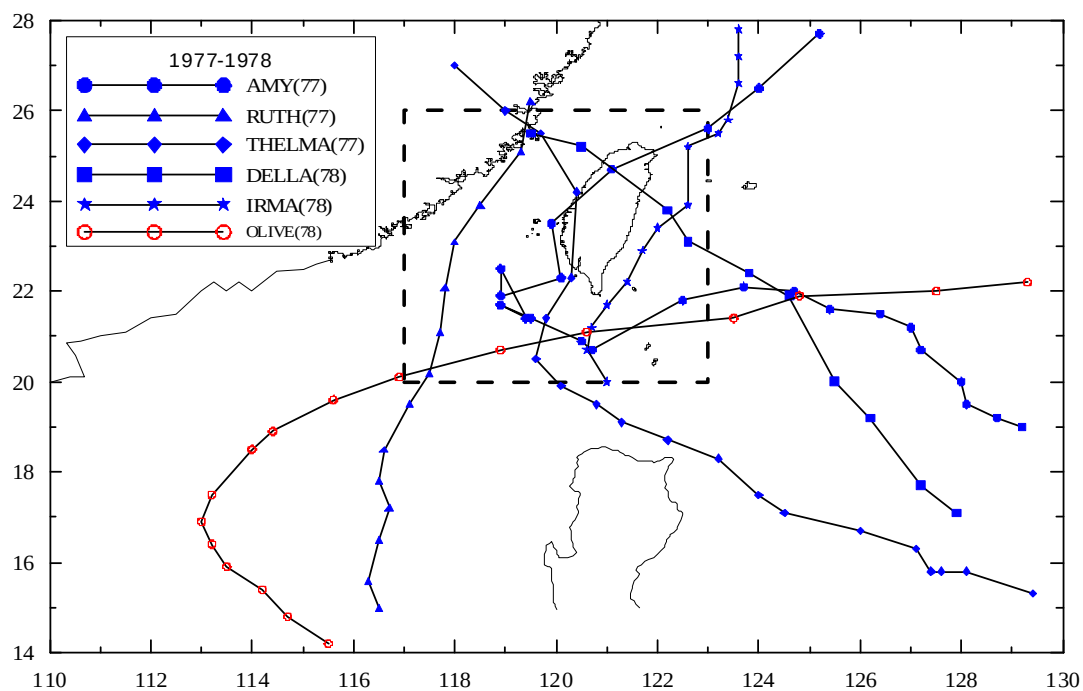
附圖3 (續5)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



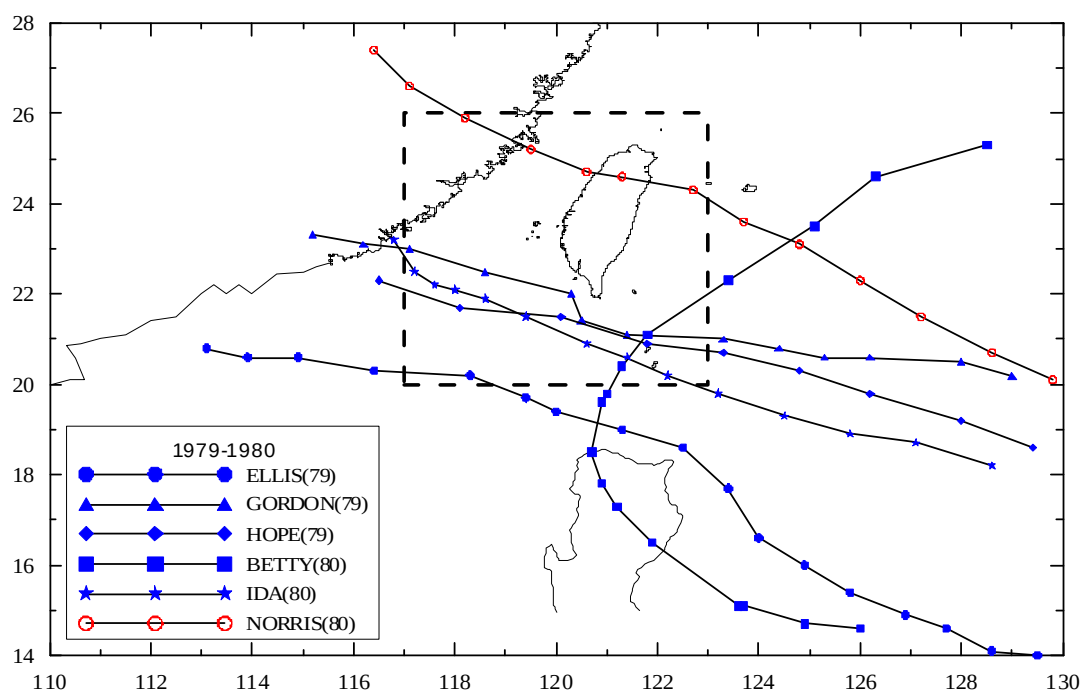
附圖3 (續6)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



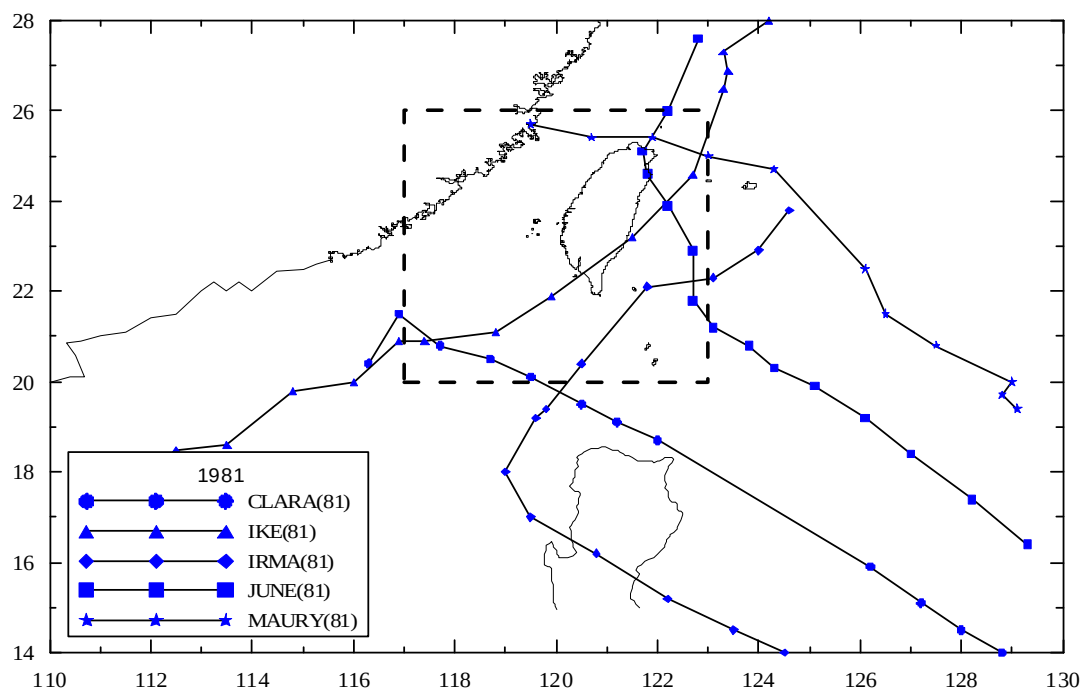
附圖3 (續7)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



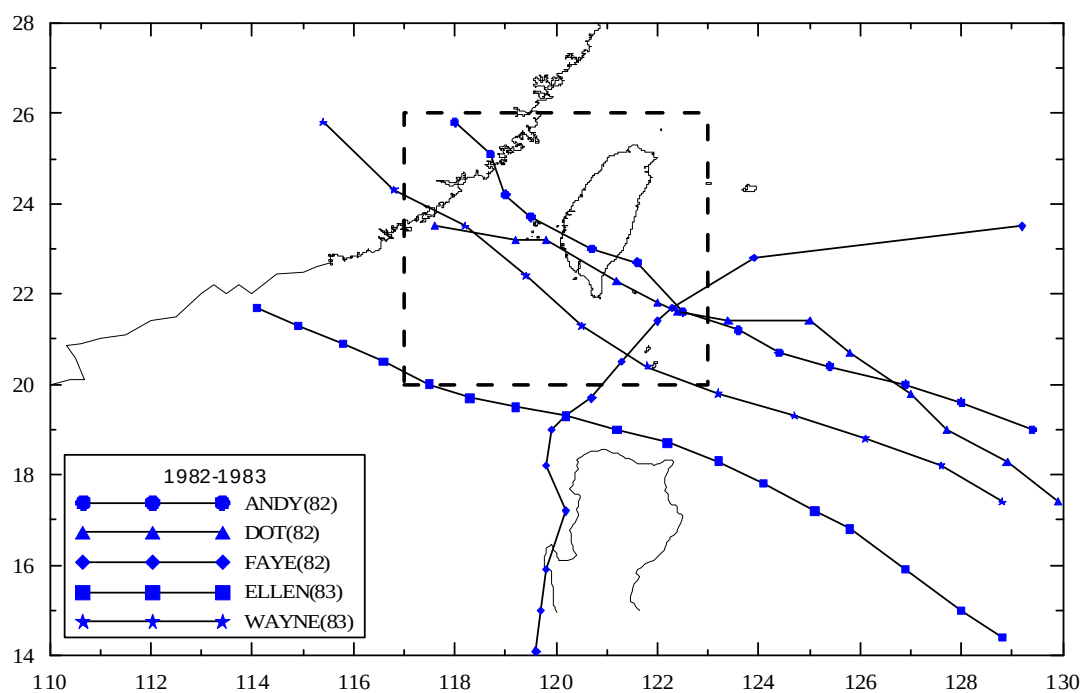
附圖3 (續8)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



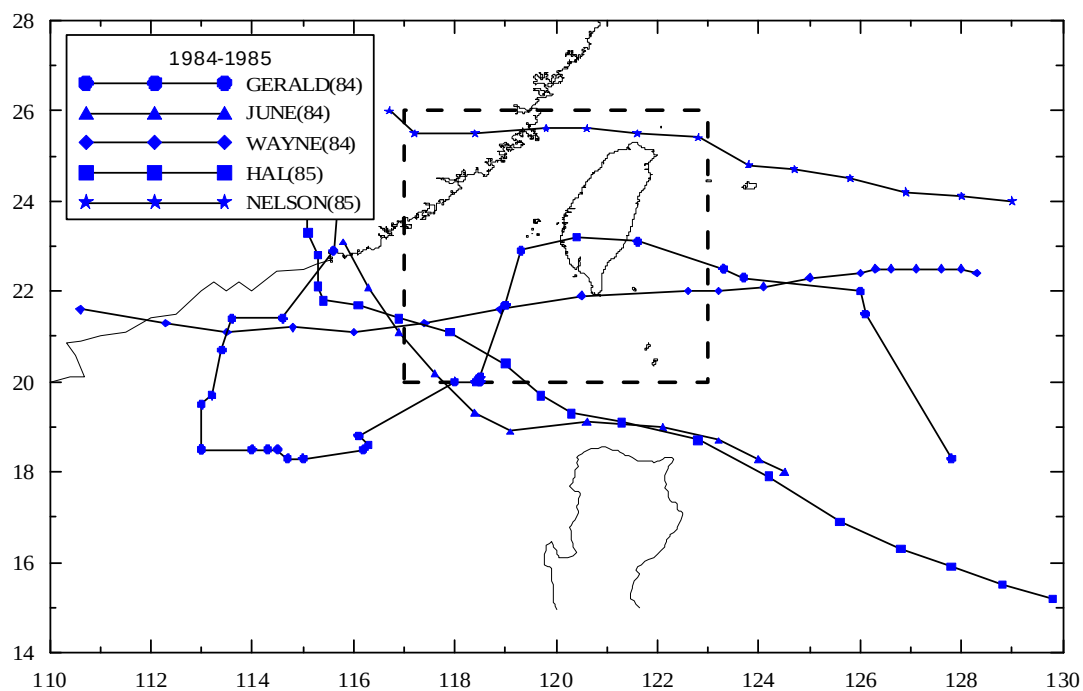
附圖3 (續9)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



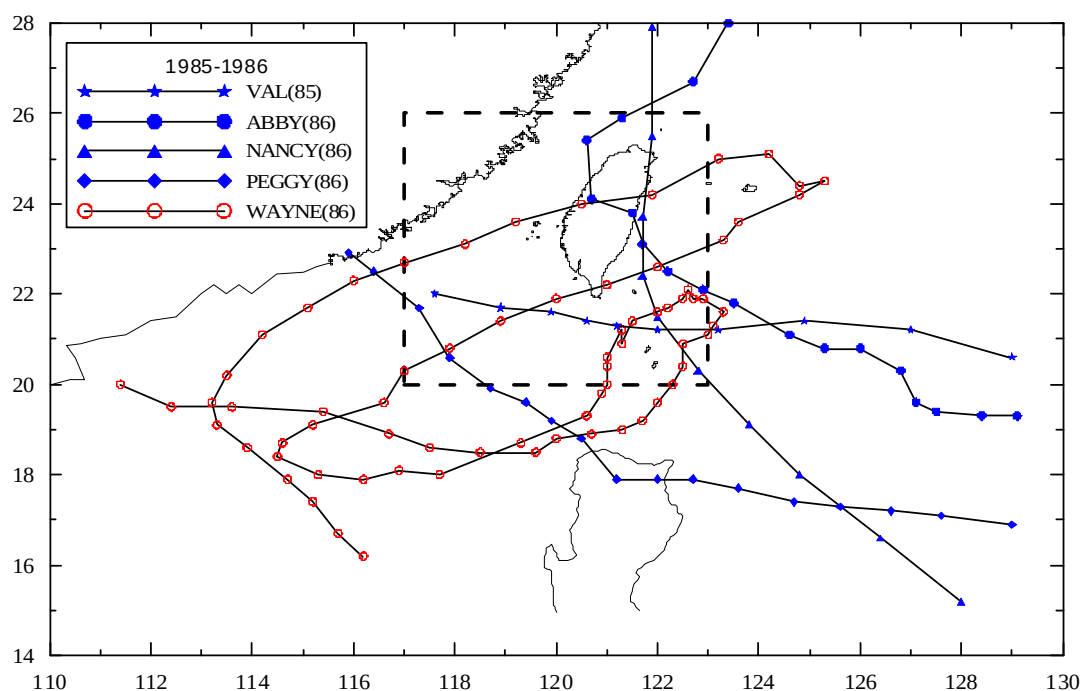
附圖3 (續10)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



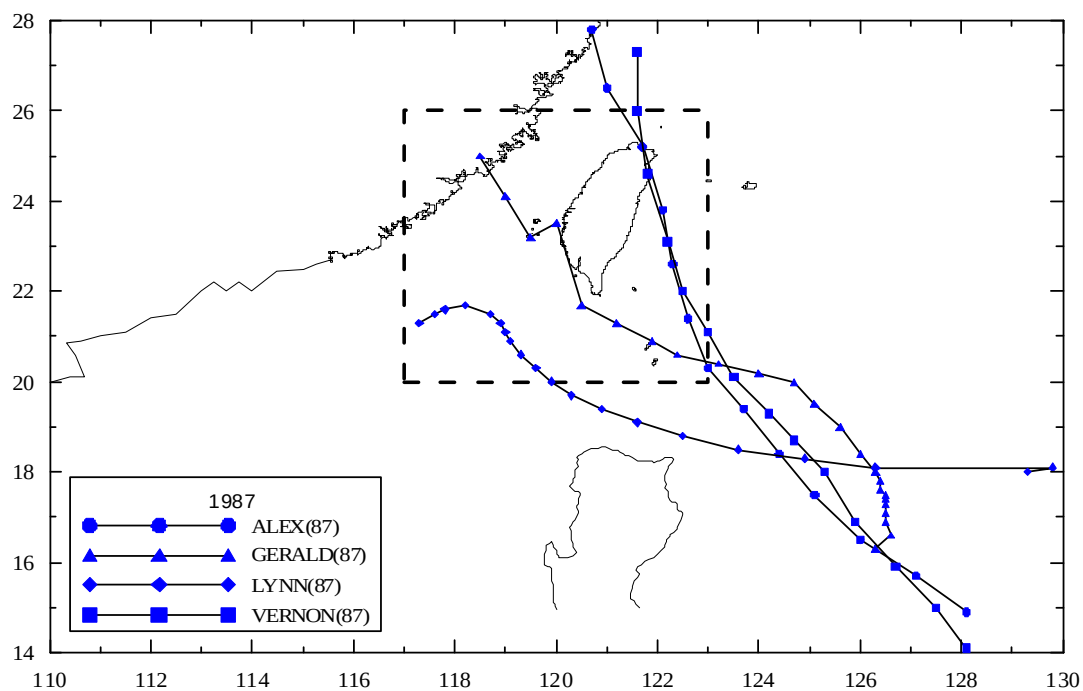
附圖3 (續11)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



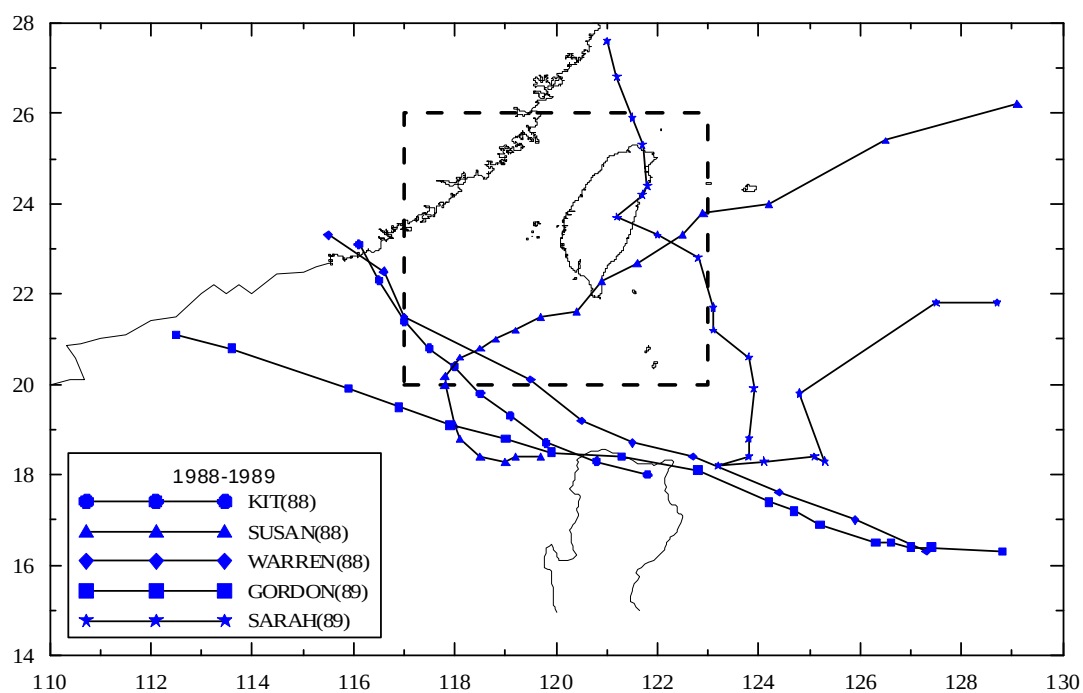
附圖3 (續12)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



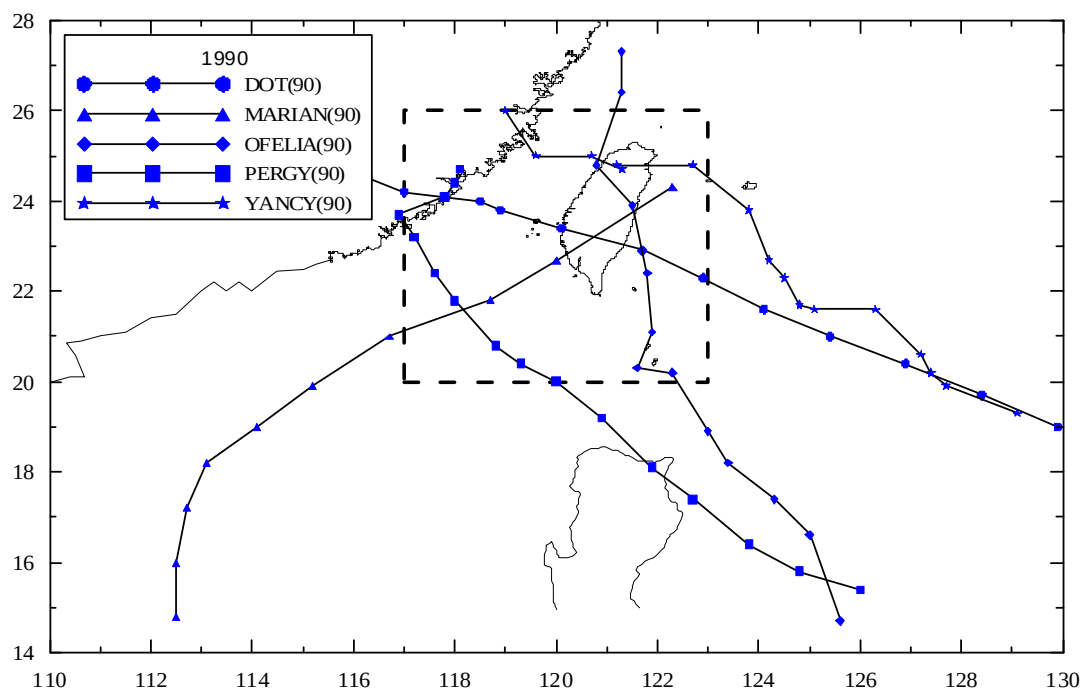
附圖3 (續13)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



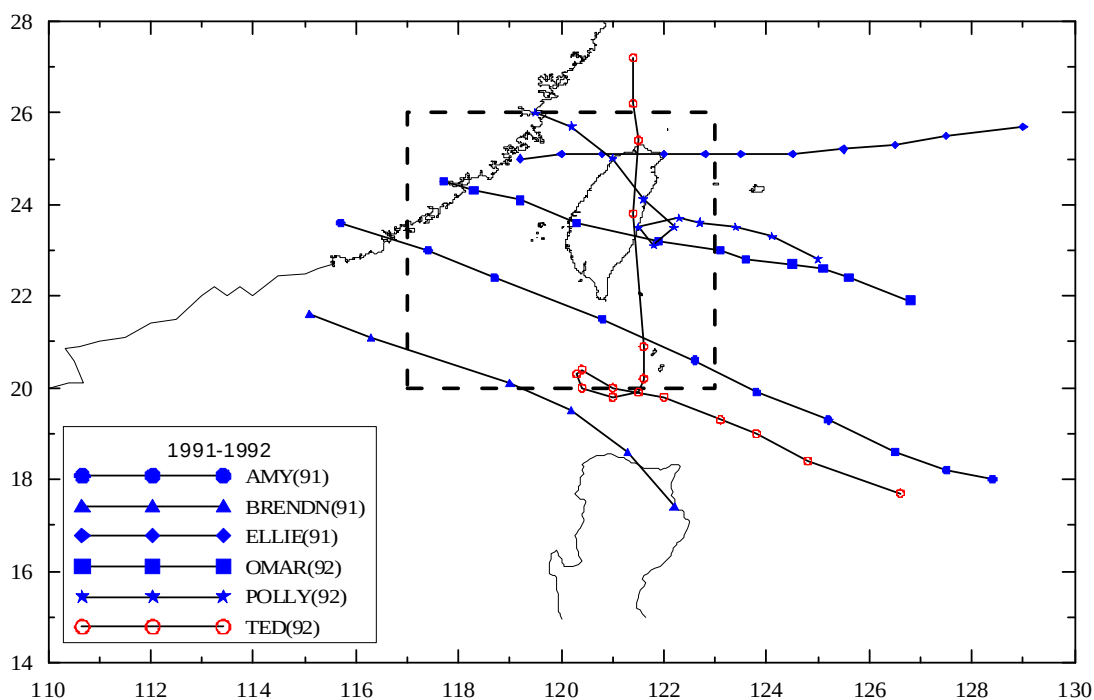
附圖3 (續14)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



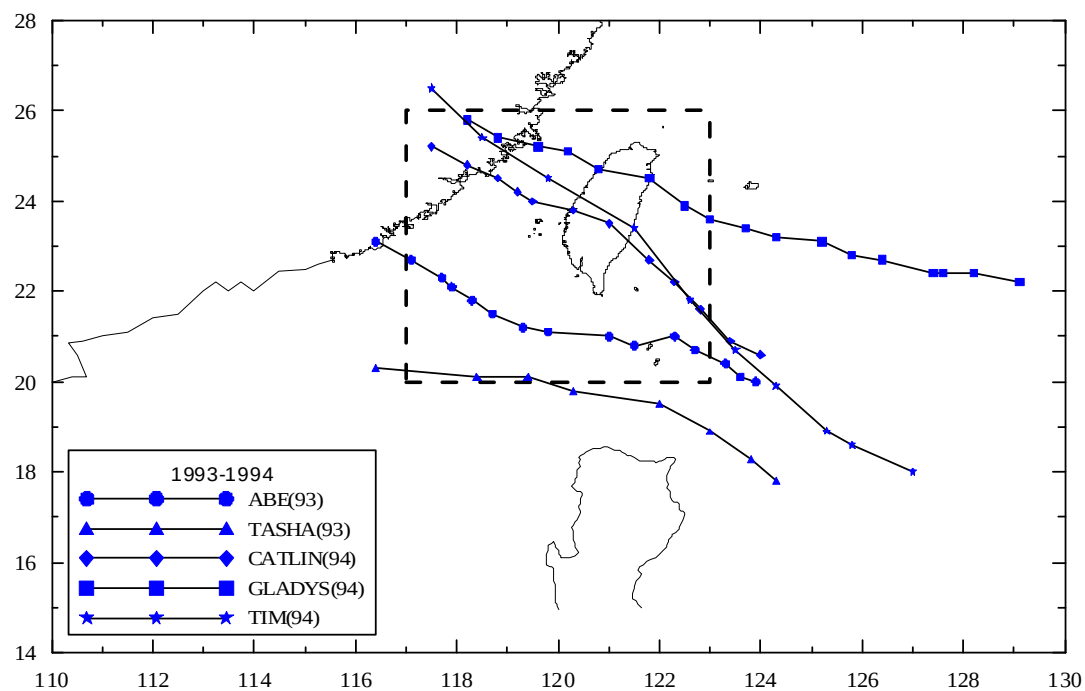
附圖3 (續15)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



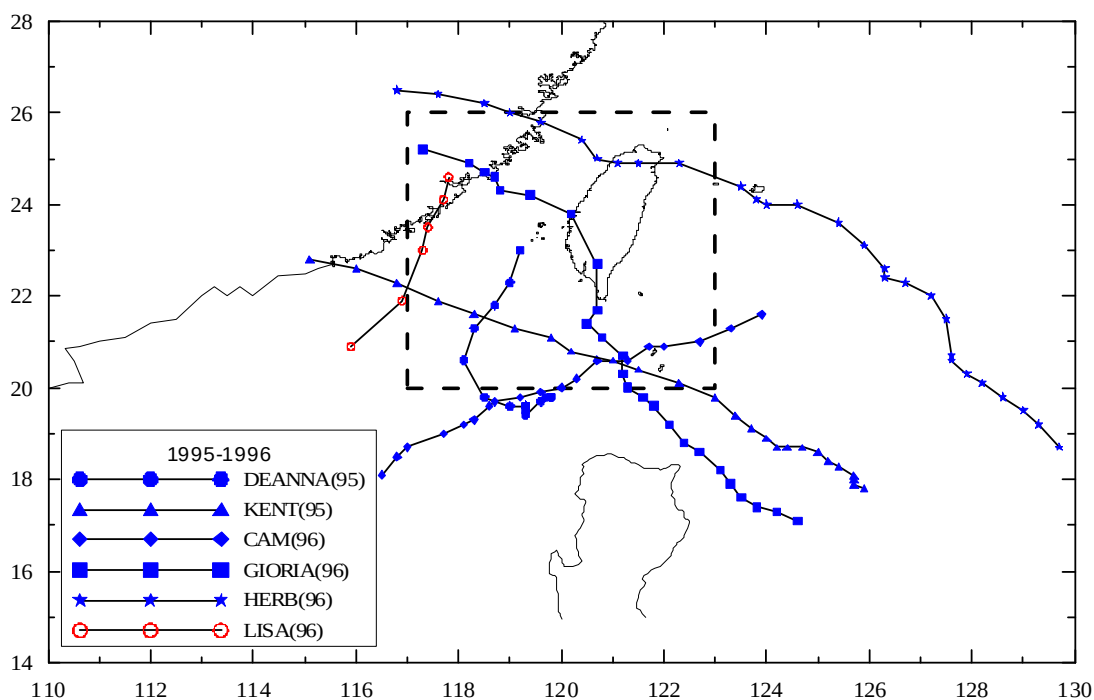
附圖3 (續16)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



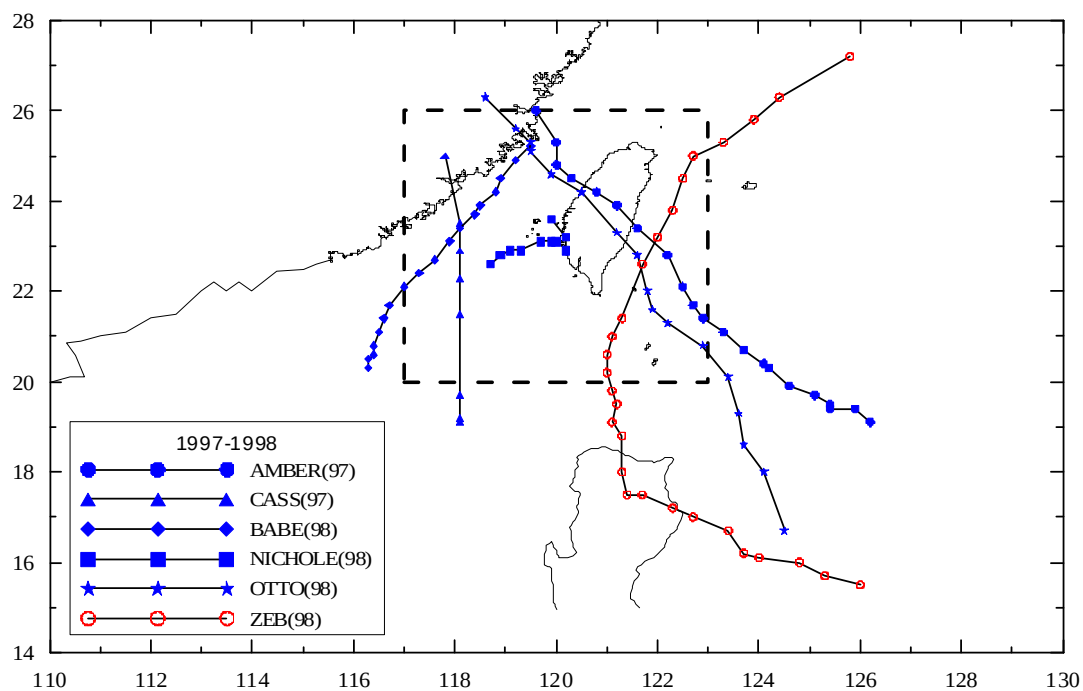
附圖3 (續17)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



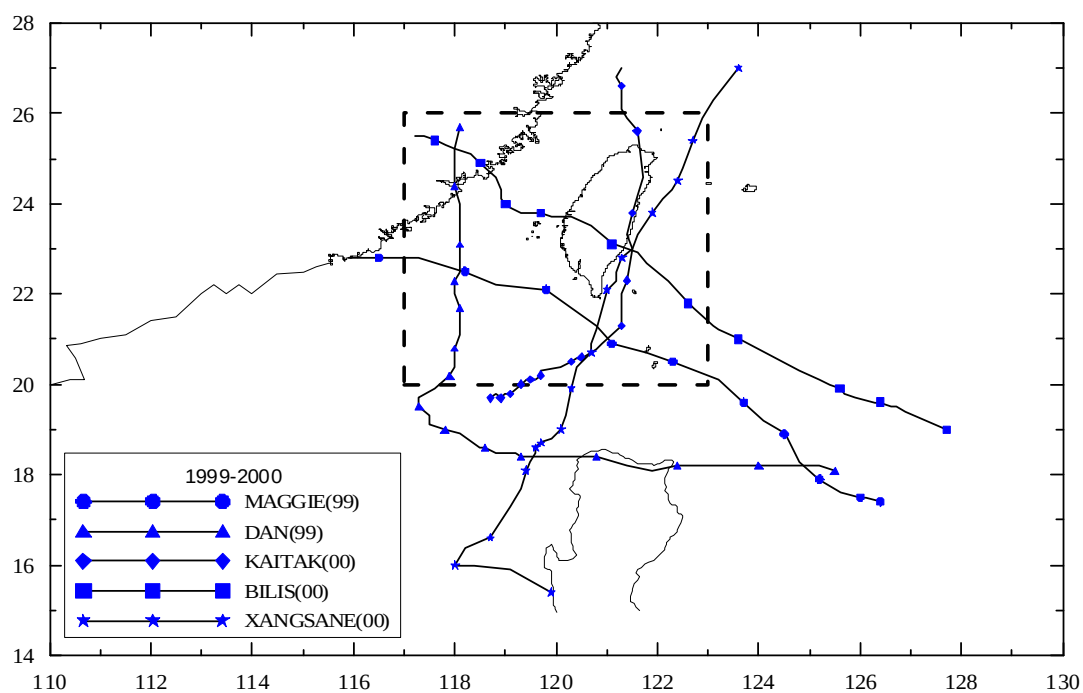
附圖3 (續18)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



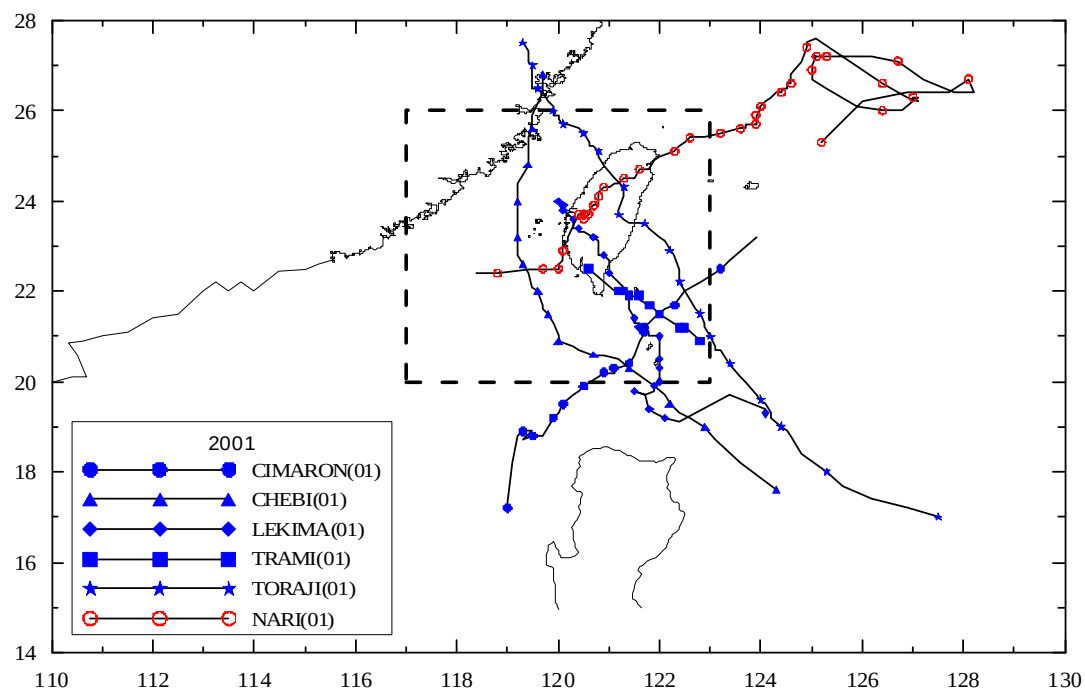
附圖3 (續19)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



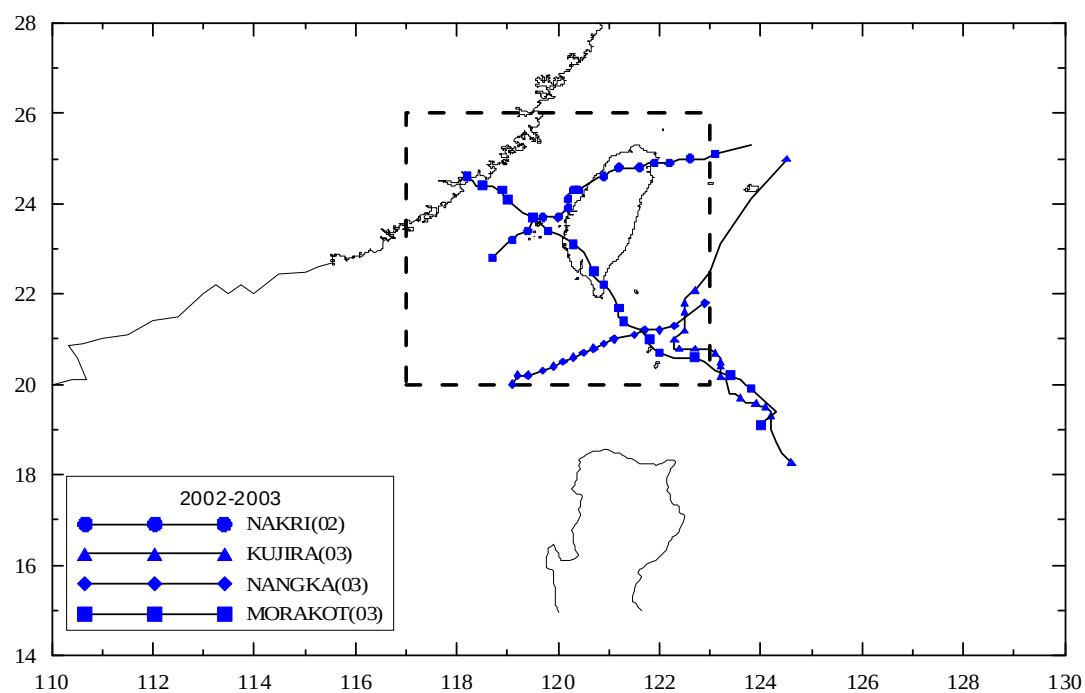
附圖3 (續20)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



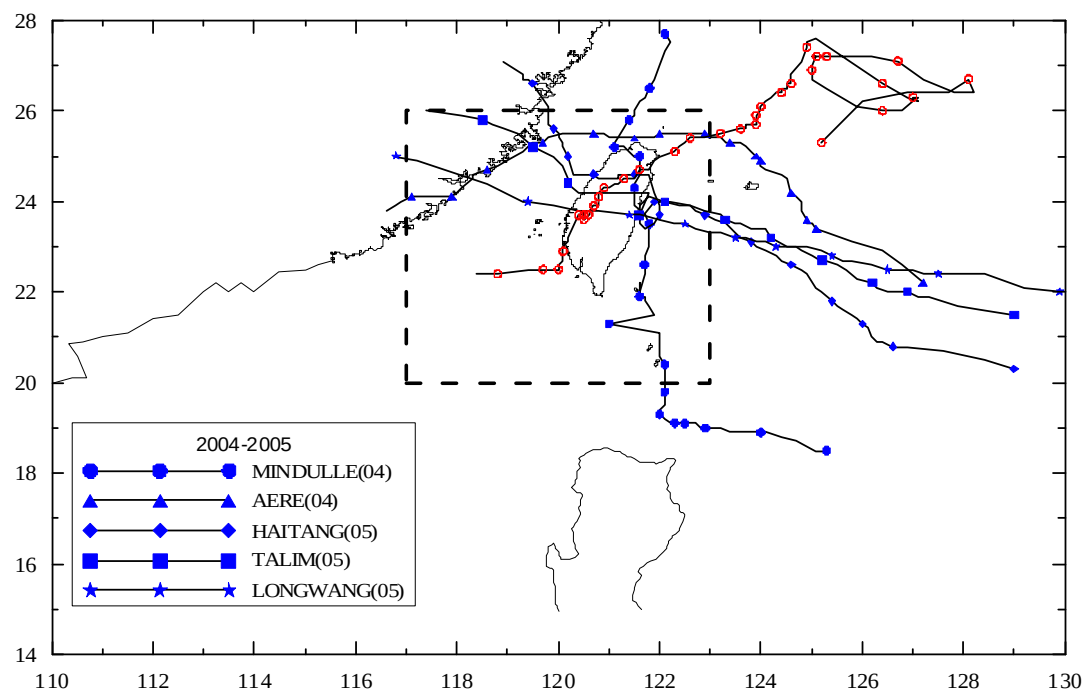
附圖3 (續21)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



附圖3 (續22)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



附圖3 (續23)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)



附圖3 (續24)歷年侵臺颱風路徑圖 (1961-2005年)

附錄 IV

潮流模式

本附錄針對如何以有限元素法求解二維水深積分水動力控制方程式相關程序進行詳細說明。

1. 水動力控制方程式

假設水體為具有黏滯性之不可壓縮流體，並考慮地球自轉運動之影響，則描述二維平面流場之連續方程式及運動方程式可表示如下：

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = Q_0 \dots\dots\dots (附4.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial(H^{-1}q_x^2)}{\partial x} + \frac{\partial(H^{-1}q_xq_y)}{\partial y} - fq_y \\ = -\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} (p^s + \rho g \eta) + \frac{1}{\rho_0} (\tau_x^s - \tau_x^b) + \left(\frac{\partial F_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial F_{xy}}{\partial y} \right) \dots\dots\dots (附4.2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial(H^{-1}q_xq_y)}{\partial x} + \frac{\partial(H^{-1}q_y^2)}{\partial y} + fq_x \\ = -\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} (p^s + \rho g \eta) + \frac{1}{\rho_0} (\tau_y^s - \tau_y^b) + \left(\frac{\partial F_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial F_{yy}}{\partial y} \right) \dots\dots\dots (附4.3) \end{aligned}$$

其中

$$H = \int_{-h}^{\eta} dz = h + \eta \dots\dots\dots (附4.4a)$$

$$q_x = \int_{-h}^{\eta} u dz = \bar{u} H \dots\dots\dots (附4.4b)$$

$$q_y = \int_{-h}^{\eta} v dz = \bar{v} H \dots\dots\dots (附4.4c)$$

$$\bar{u} = \frac{1}{(h + \eta)} \int_{-h}^{\eta} u dz \dots\dots\dots (附4.4d)$$

$$\bar{v} = \frac{1}{(h + \eta)} \int_{-h}^{\eta} v dz \dots\dots\dots (附4.4e)$$

$$F_{ij} = E_{ij}(q_{j,i} + q_{i,j}) \quad i, j = x, y \dots\dots\dots (\text{附4.4f})$$

$$\tau_i^b = C_f(q_x^2 + q_y^2)^{1/2} \frac{q_i}{H^2} \quad i = x, y \dots\dots\dots (\text{附4.4g})$$

$$\tau_i^s = \rho_a C_d |U_{10}| U_i \quad i, j = x, y \dots\dots\dots (\text{附4.4h})$$

此處

h = 靜水深，

η = 水位變化，

u = x 方向之水平流速，

v = y 方向之水平流速，

Q_0 = 以 Source 或 Sink 形式進出領域之流量，

ρ_0 = 流體平均密度，

ρ_a = 空氣密度，

p^s = 水面壓力，

g = 重力常數，

τ_x^b = x 方向之底床剪應力，

τ_y^b = y 方向之底床剪應力，

τ_x^s = x 方向之水面剪應力

τ_y^s = y 方向之水面剪應力

C_f = 底床擦係數，引用 Manning 公式可得 $C_f = \frac{n^2 g}{H^{1/3}}$ ，

n = 曼寧係數，

C_d = 風力係數，其值為 $C_d = (1.1 + 0.0536U_{10})10^{-3}$ ，

U_{10} = 海面上10公尺處之風速

E_{ij} = 渦動黏滯係數(Eddy coefficient)，

f = 柯氏參數(Coriolis parameter)，等於 $2\omega \sin \phi$ ，

ω = 地球自轉之位相速度，

ϕ = 計算領域所在位置之緯度，

問題之初始條件為

$$\eta(x, y, t) = \eta_0(x, y) \quad \text{或} \quad H(x, y, t) = H_0(x, y) \dots\dots\dots (\text{附4.5a})$$

$$q_x(x, y, t) = q_{x0}(x, y) \quad \text{及} \quad q_y(x, y, t) = q_{y0}(x, y) \dots\dots\dots (\text{附4.5b})$$

式中 η_0 、 H_0 、 q_{x0} 及 q_{y0} 分別代表時間 $t = 0$ 時之水位、水深及 x 、 y 方向流量。

問題之邊界條件則考慮流量邊界條件如下：

$$q_n = \alpha_{nx} q_x + \alpha_{ny} q_y = \hat{q}_n \dots\dots\dots (\text{附4.6a})$$

$$q_s = -\alpha_{ny} q_x + \alpha_{nx} q_y = \hat{q}_s \dots\dots\dots (\text{附4.6b})$$

或

$$q_x = \alpha_{nx} q_n - \alpha_{ny} q_s \dots\dots\dots (\text{附4.7a})$$

$$q_y = \alpha_{nx} q_s + \alpha_{ny} q_n \dots\dots\dots (\text{附4.7b})$$

式中 α_{nx} 及 α_{ny} 為方向導數，下標 n 及 s 分別表示法線及切線方向， $\hat{q}_n$ 及 $\hat{q}_s$ 表示給定之邊界條件。

此外，內應力項之邊界條件為

$$F_x = \alpha_{nx} F_{xx} + \alpha_{ny} F_{yx} = \hat{F}_x \dots\dots\dots (\text{附4.8a})$$

$$F_y = \alpha_{nx} F_{xy} + \alpha_{ny} F_{yy} = \hat{F}_y \dots\dots\dots (\text{附4.8b})$$

式中 $\hat{F}_x$ 及 $\hat{F}_y$ 表示給定之邊界條件。

2. 有限元素法方程式

本計畫二維有限元素水動力模式係採用葛金斯加權殘差有限元素數值方法求解二維水動力系統控制方程式(附 4.1)~(附 4.3)式及其邊界值問題。依據 Stokes 理論(附 4.1)~(附 4.3)式可改寫成下列積分方程式：

$$\iint_A \left[\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} - Q_0 \right] \delta H \, dA = 0 \quad \text{..... (附4.9)}$$

$$\begin{aligned} & \iint_A \left[\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial (H^{-1} q_x^2)}{\partial x} + \frac{\partial (H^{-1} q_y q_x)}{\partial y} - f q_y + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} (P^s + \rho g \eta) \right] \delta q_x \, dA \\ & - \iint_A \left[\frac{\tau_x^s - \tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x - F_{xx} \frac{\partial (\delta q_x)}{\partial x} - F_{yx} \frac{\partial (\delta q_x)}{\partial y} \right] dA - \int_{\partial A} F'_x \delta q_x \, dL = 0 \end{aligned} \quad \text{..... (附4.10)}$$

$$\begin{aligned} & \iint_A \left[\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial (H^{-1} q_x q_y)}{\partial x} + \frac{\partial (H^{-1} q_y^2)}{\partial y} + f q_x + \frac{H}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} (P^s + \rho g \eta) \right] \delta q_y \, dA \\ & - \iint_A \left[\frac{\tau_y^s - \tau_y^b}{\rho_0} \delta q_y - F_{xy} \frac{\partial (\delta q_y)}{\partial x} - F_{yy} \frac{\partial (\delta q_y)}{\partial y} \right] dA - \int_{\partial A} F'_y \delta q_y \, dL = 0 \end{aligned} \quad \text{..... (附4.11)}$$

式中 A 代表計算領域， ∂A 代表計算領域 A 之邊界， dA 及 dL 分別代表面積分及線積分之微小單元， δH 、 δq_x 及 δq_y 分別為權函數(weighting function)， F'_x 及 F'_y 分別代表邊界上的內應力量。

常見求解上述積分方程式(附 4.9)~(附 4.11)式之方法為有限元素近似法，即將計算領域分割成有限個次領域(subdomain)稱之為元素(element)，各元素之間以節點(nodes)連接，節點上的未知數稱為自由度(degree of freedom)。本計畫採用含有三個節點之三角形元素分割計算領域，在每個元素內上述物理量 H 、 q_x 及 q_y 可以分別用線性內插函數(或稱為形狀函數) N_j^e ($j = 1, 2, 3$ ，對應於三角元素三個節點)及節點上未知函數 H_j^e 、 q_{xj}^e 及 q_{yj}^e 近似表示，即

$$H^e = N_1^e H_1^e + N_2^e H_2^e + N_3^e H_3^e = \{N^e\}^T \{H^e\} = \{H^e\}^T \{N^e\} \quad \text{..... (附4.12)}$$

$$q_x^e = N_1^e q_{x1}^e + N_2^e q_{x2}^e + N_3^e q_{x3}^e = \{N^e\}^T \{q_x^e\} = \{q_x^e\}^T \{N^e\} \dots\dots\dots (\text{附4.13a})$$

$$q_y^e = N_1^e q_{y1}^e + N_2^e q_{y2}^e + N_3^e q_{y3}^e = \{N^e\}^T \{q_y^e\} = \{q_y^e\}^T \{N^e\} \dots\dots\dots (\text{附4.13b})$$

上述表示式中 $\{H^e\}$ 、 $\{q_x^e\}$ 、 $\{q_y^e\}$ 及 $\{N^e\}$ 之轉置矩陣分別為

$$\{H^e\}^T = \{H_1^e, H_2^e, H_3^e\} \dots\dots\dots (\text{附4.14a})$$

$$\{q_x^e\}^T = \{q_{x1}^e, q_{x2}^e, q_{x3}^e\} \dots\dots\dots (\text{附4.14b})$$

$$\{q_y^e\}^T = \{q_{y1}^e, q_{y2}^e, q_{y3}^e\} \dots\dots\dots (\text{附4.14c})$$

$$\{N^e\}^T = \{N_1^e, N_2^e, N_3^e\} \dots\dots\dots (\text{附4.14d})$$

其中三角元素之線性內插函數 N_j^e 計算如下

$$N_j^e = (a_j + b_j x + c_j y) / 2\Delta^e, \quad j = 1, 2, 3 \dots\dots\dots (\text{附4.15a})$$

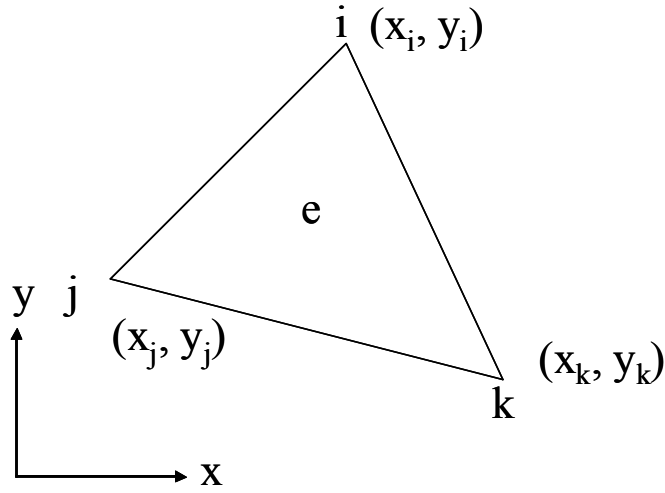
$$a_i = x_j^e y_k^e - x_k^e y_j^e \dots\dots\dots (\text{附4.15b})$$

$$b_i = y_j^e - y_k^e \dots\dots\dots (\text{附4.15c})$$

$$c_i = x_k^e - x_j^e \dots\dots\dots (\text{附4.15d})$$

$$\Delta^e = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & x_1^e & y_1^e \\ 1 & x_2^e & y_2^e \\ 1 & x_3^e & y_3^e \end{vmatrix} \dots\dots\dots (\text{附4.15e})$$

式中 (x_j^e, y_j^e) 為三角元素節點 j 之座標(如附圖 4.1 所示)，(附 4.15e)式代表座標之線性函數。



附圖 4.1 三角形元素座標定義

(附 4.9)式各項積分式之計算說明如下：

$$\begin{aligned} \iint_A \frac{\partial H}{\partial t} \delta H dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\partial H}{\partial t} \delta H \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \{ N^e \}^T \frac{\partial \{ H^e \}}{\partial t} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [M_h^e] \frac{\partial \{ H^e \}}{\partial t} \end{aligned} \quad \text{.. (附4.16a)}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \frac{\partial q_x}{\partial x} \delta H dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} \delta H \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \frac{\partial \{ N^e \}^T}{\partial x} \{ q_x^e \} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [G_x^e] \{ q_x^e \} \end{aligned} \quad \text{..... (附4.16b)}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \frac{\partial q_y}{\partial y} \delta H dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\partial q_y}{\partial y} \delta H \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \frac{\partial \{ N^e \}^T}{\partial y} \{ q_y^e \} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [G_y^e] \{ q_y^e \} \end{aligned} \quad \text{..... (附4.16c)}$$

$$\begin{aligned} \iint_A Q_0 \delta H dA &= \sum_{e \in A} \iint_e (Q_0 \delta H) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T \iint_e \{ N^e \} \{ N^e \}^T \{ Q_0^e \} dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta H^e \}^T [M_h^e] \{ Q_0^e \} \end{aligned} \quad \text{..... (附4.16d)}$$

其中

$$[M_h^e] = \iint_e \{N^e\} \{N^e\}^T dA^e = \frac{\Delta^e}{12} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (附4.17a)$$

$$[G_x^e] = \iint_e \{N^e\} \frac{\partial \{N^e\}^T}{\partial x} dA^e = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (附4.17b)$$

$$[G_y^e] = \iint_e \{N^e\} \frac{\partial \{N^e\}^T}{\partial y} dA^e = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (附4.17c)$$

將上述各項積分離散式代入積分方程式(附 4.9)式，則(附 4.9)式可簡化成

$$\sum_{e \in A} \{\delta H^e\}^T \left\{ [M_h^e] \frac{\partial \{H^e\}}{\partial t} + [G_x^e] \{q_x^e\} + [G_y^e] \{q_y^e\} - [M_h^e] \{Q_0^e\} \right\} = 0 \quad (附4.18)$$

定義陣列 $\{\delta H\}$ 及 $\{H\}$ 分別為全部的 $\{\delta H^e\}$ 及 $\{H^e\}$ 結合後之整體陣列(global array)，陣列 $\{q\}$ 為 $\{q_x^e\}$ 及 $\{q_y^e\}$ 合併後之整體陣列，則(附 4.18)式可結合成一矩陣方程式如下

$$\{\delta H\}^T \left\{ [M_h] \frac{\partial \{H\}}{\partial t} + [G_h] \{q\} + \{R_h\} \right\} = 0 \quad \dots\dots\dots (附4.19)$$

式中整體矩陣 $[M_h]$ 、 $[G_h]$ 及 $\{H^e\}$ 分別為元素矩陣 $[M_h^e]$ 、 $[G_x^e]$ 與 $[G_y^e]$ 以及 $[M_h^e] \{Q_0^e\}$ 結合後之整體矩陣陣列，其中整體矩陣 $[M_h]$ 為一對稱矩陣。

由於陣列 $\{\delta H\}^T$ 為任意函數，故可得到

$$\left\{ [M_h] \frac{\partial \{H\}}{\partial t} + [G_h] \{q\} + \{R_h\} \right\} = 0 \quad \dots\dots\dots (附4.20)$$

(附 4.10)式各項積分式之計算說明如下：

$$\iint_A \left(\frac{\partial q_x}{\partial t} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\partial q_x}{\partial t} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T [M_h^e] \frac{\partial \{ q_x^e \}}{\partial t} \quad \text{..... (附4.21a)}$$

定義 $\hat{q}_{ij} = H^{-1} q_i q_j$, $i, j = x, y$

$$\iint_A \left(\frac{\partial H^{-1} q_x^2}{\partial x} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\partial H^{-1} q_x^2}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T [G_x^e] \{ \hat{q}_{xx}^e \} \quad \text{..... (附4.21b)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial y} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial y} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T [G_y^e] \{ \hat{q}_{yx}^e \} \quad \text{(附4.21c)}$$

$$\iint_A (f q_y \delta q_x) dA = \sum_{e \in A} \iint_e (f q_y \delta q_x) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T f [M_h^e] \{ q_y^e \} \quad \text{..... (附4.21d)}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \left(\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^s}{\partial x} \delta q_x \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^s}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T [M_h^e] \{ H^e \} \frac{(b_1 p_1 + b_2 p_2 + b_3 p_3)}{2 \rho_0 \Delta^e} \quad \text{..... (附4.21e)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \left(g H \frac{\partial \eta}{\partial x} \delta q_x \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left(g H \frac{\partial \eta}{\partial x} \delta q_x \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T [M_h^e] \{ H^e \} \frac{g(b_1 \eta_1^e + b_2 \eta_2^e + b_3 \eta_3^e)}{2 \Delta^e} \quad \text{..... (附4.21f)} \end{aligned}$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_x^s}{\rho_0} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\tau_x^s}{\rho_0} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T \frac{1}{\rho_0} [M_h^e] \{ \tau_x^{se} \} \quad \text{..... (附4.21g)}$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(\frac{\tau_x^b}{\rho_0} \delta q_x \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T \frac{1}{\rho_0} [M_h^e] \{ \tau_x^{be} \} \quad \text{..... (附4.21h)}$$

$$\iint_A \left(F_{xx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA = \sum_{e \in A} \iint_e \left(F_{xx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA^e = \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T \frac{E_{xx} \bar{H}}{12 \Delta^e} [M_{bb}^e] \{ \bar{u}^e \} \quad \text{... (附4.21i)}$$

$$\begin{aligned} \iint_A \left(F_{yx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA &= \sum_{e \in A} \iint_e \left(F_{yx} \frac{\partial \delta q_x}{\partial x} \right) dA^e \\ &= \sum_{e \in A} \{ \delta q_x^e \}^T \frac{E_{yx} \bar{H}}{24 \Delta^e} \{ [M_{cb}^e] \{ \bar{v}^e \} + [M_{cc}^e] \{ \bar{u}^e \} \} \quad \text{..... (附4.21j)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\int_{\partial A} (F'_x \delta q_x) dL &= \sum_{\partial e \in \partial A} \int_{\partial e} (F'_x \delta q_x) dL^e = \sum_{\partial e \in \partial A} \{\delta q_x^e\}^T \int_{\partial e} \{N^e\} \{N^e\}^T \{F'_x\} dL^e \\
&= \sum_{\partial e \in \partial A} \{\delta q_x^e\}^T \frac{L^e}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \{F'_x\}^e
\end{aligned} \quad \dots (\text{附4.21k})$$

其中 $\bar{H}^e = (H_1^e + H_2^e + H_3^e)$, $(\bar{u}, \bar{v}) = H^{-1}(q_x, q_y)$

$$[M_{bb}^e] = \begin{bmatrix} b_1^2 & b_1 b_2 & b_1 b_3 \\ b_2 b_1 & b_2^2 & b_2 b_3 \\ b_3 b_1 & b_3 b_2 & b_3^2 \end{bmatrix} \dots (\text{附4.22a})$$

$$[M_{cb}^e] = \begin{bmatrix} c_1 b_1 & c_1 b_2 & c_1 b_3 \\ c_2 b_1 & c_2 b_2 & c_2 b_3 \\ c_3 b_1 & c_3 b_2 & c_3 b_3 \end{bmatrix} \dots (\text{附4.22b})$$

$$[M_{cc}^e] = \begin{bmatrix} c_1^2 & c_1 c_2 & c_1 c_3 \\ c_2 c_1 & c_2^2 & c_2 c_3 \\ c_3 c_1 & c_3 c_2 & c_3^2 \end{bmatrix} \dots (\text{附4.22c})$$

同理(2.3)式各項積分式之計算如下：

$$\iint_A \left(\frac{\partial q_y}{\partial t} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{\delta q_y^e\}^T [M_h^e] \frac{\partial \{q_y^e\}}{\partial t} \dots (\text{附4.23a})$$

$$\iint_A \left(\frac{\partial H^{-1} q_x q_y}{\partial x} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{\delta q_y^e\}^T [G_x^e] \{\hat{q}_{xy}^e\} \dots (\text{附4.23b})$$

$$\iint_A \left(\frac{\partial H^{-1} q_y^2}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{\delta q_y^e\}^T [G_y^e] \{\hat{q}_{yy}^e\} \dots (\text{附4.23c})$$

$$\iint_A (f q_x \delta q_y) dA = \sum_{e \in A} \{\delta q_y^e\}^T f [M_h^e] \{q_x^e\} \dots (\text{附4.23d})$$

$$\iint_A \left(\frac{H}{\rho_0} \frac{\partial p^s}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{\delta q_y^e\}^T [M_h^e] \{H^e\} \frac{(c_1 p_1 + c_2 p_2 + c_3 p_3)}{2 \rho_0 \Delta^e} \dots (\text{附4.23e})$$

$$\iint_A \left(g H \frac{\partial \eta}{\partial y} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{\delta q_y^e\}^T [M_h^e] \{H^e\} \frac{g(c_1 \eta_1^e + c_2 \eta_2^e + c_3 \eta_3^e)}{2 \Delta^e} \dots (\text{附4.23f})$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_y^s}{\rho_0} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{1}{\rho_0} [M_h^e] \{ \tau_y^{se} \} \dots\dots\dots (附4.23g)$$

$$\iint_A \left(\frac{\tau_y^b}{\rho_0} \delta q_y \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{1}{\rho_0} [M_h^e] \{ \tau_y^{be} \} \dots\dots\dots (附4.23h)$$

$$\iint_A \left(F_{yx} \frac{\partial \delta q_y}{\partial y} \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{E_{xy} \bar{H}}{24 \Delta^e} \{ [M_{cb}^e] \{ \bar{u}^e \} + [M_{bb}^e] \{ \bar{v}^e \} \} \dots\dots\dots (附4.23i)$$

$$\iint_A \left(F_{yy} \frac{\partial \delta q_y}{\partial y} \right) dA = \sum_{e \in A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{E_{yy} \bar{H}}{12 \Delta^e} [M_{cc}^e] \{ \bar{v}^e \} \dots\dots\dots (附4.23j)$$

$$\int_{\partial A} (F_y' \delta q_y) dL = \sum_{e \in \partial A} \{ \delta q_y^e \}^T \frac{L^e}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \{ F_y'^e \} \dots\dots\dots (附4.23k)$$

將上述各項積分式分別代入(附 4.10)式及(附 4.11)式並且將其組合成一整體矩陣方程式如下：

$$[M_m] \frac{\partial \{q\}}{\partial t} + [G_m] \{q\} + [K_m] \{\eta\} + \{R_m\} = 0 \dots\dots\dots (附4.24)$$

以上推導得知透過有限元素空間座標積分可以將原積分方程式(附 4.9)~(附 4.11)離散化成求解一階時間項常微分方程組(附 4.20)式及(附 4.24)式。

一般而言，求解上述一階時間項常微分方程組(附 4.20)式及(附 4.24)式之方法甚多，原則上以求解方法之精確性、穩定性及效率為主要考量因素。本研究採用時間分離(split-time)之前項差分方法求解(附 4.20)式及(附 4.24)式，有關求解之程序說明如下：

先將一階時間項常微分方程組(附 4.20)式及(附 4.24)式重組成

$$[M_h] \frac{\partial \{H\}}{\partial t} = \{P_h\} \dots\dots\dots (附4.25)$$

$$[M_m] \frac{\partial \{q\}}{\partial t} = \{P_m\} \dots\dots\dots (附4.26)$$

式中陣列 $\{P_h\}$ 及 $\{P_m\}$ 之元素通常為 H 、 q 及 t 之函數。

求解上時間項採用梯型法則計算且 H 及 q 分別在時間序列上交錯排列，即 H 及 q 分別在時間 $t_{n-\frac{1}{2}}$ 及 t_n ($n = 1, 2, 3, \dots$)上求解，則(附 4.25)式及(附 4.26)式可改寫成

$$[M_h] \left\{ \{H\}_{n+\frac{1}{2}} - \{H\}_{n-\frac{1}{2}} \right\} = \Delta t \left\{ P_h \left(\{H\}_{n-\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_n \right) \right\} \dots\dots\dots (附4.27)$$

$$[M_m] \left\{ \{q\}_{n+1} - \{q\}_n \right\} = \Delta t \left\{ P_m \left(\{H\}_{n+\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_{n+\frac{1}{2}} \right) \right\} \dots\dots\dots (附4.28)$$

或

$$\{H\}_{n+\frac{1}{2}} = \{H\}_{n-\frac{1}{2}} + \Delta t [M_h]^{-1} \left\{ P_h \left(\{H\}_{n-\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_n \right) \right\} \dots\dots\dots (附4.29)$$

$$\{q\}_{n+1} = \{q\}_n + \Delta t [M_m]^{-1} \left\{ P_m \left(\{H\}_{n+\frac{1}{2}}, \{q\}_n, t_{n+\frac{1}{2}} \right) \right\} \dots\dots\dots (附4.30)$$

因此當初始條件 $\{H\}_{n-\frac{1}{2}}$ 及 $\{q\}_n$ 已知時，可由(附 4.29)式直接求解 $\{H\}_{n+\frac{1}{2}}$ ，再由(附 4.30)式求解 $\{q\}_{n+1}$ ，然後重複上述步驟連續求解。

依據 Wang and Connor (1974)研究結果指出上述求解方法之穩定性條件(stability condition)為

$$\Delta t < 1.5 \Delta t_{cr} = 1.5 \Delta s^* / U^* \dots\dots\dots (附4.31)$$

式中 Δs^* 為代表性網格大小， $U^* = \sqrt{2gH}$ 。

附錄 V

期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫
■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究(1/4)

執行單位：國立成功大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、梁乃匡委員： 1. 本計畫以二維水動力模式計算水位與海流模擬，僅以潮汐為動力，因此在基隆港附近有非潮汐的成份較大，所以模式與實測海流在基隆的誤差較大。	委員所指出的正是本研究的作法動機，因此分析實測資料嘗試分離出非潮汐成份的流。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
二、林銘崇委員： 1. 初步工作成果豐富。 2. 曼寧係數之影響是否檢核？ 3. 數值預報模式中是否涵蓋風場模式。	1. 謝謝委員肯定。 2. 在本計算中，有作曼寧係數的調整，使計算得到的流況更接近觀測資料。 3. 數值模式中可以輸入風速資料進行計算。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。

三、楊德良委員： 1. 模式在台北港非常的良好，但在基隆港海流仍有待改進，請查明模式在邊界條件(如由 34 分潮增加到 60 分潮?)，參數、網格太小，儀器誤差等，查明物理機制，以供日後精進改善之。 2. 期中報告，仍有需再 proofread，例如 p.附 3-1 的(1.2) $\frac{\partial(H^{-1}q_xq_y)}{\partial x}$ 項應為 $\frac{\partial(H^{-1}q_xq_y)}{\partial y}$ 之誤? 3. 請與另一計畫提昇海岸及港灣海域波浪模擬技術之研究(1/4)相互交換資訊，相互比對。	1. 謝謝委員指正，將在期末成果中進行精進。 2. 遵照辦理。 3. 波浪和流的合併考慮將是未來研究的終極目標，未來也將朝此方向進行。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。
四、翁文凱委員： 1. 基隆港海流部份邊界之流速、流向誤差偏大，亦不合理，建議再檢討。 2. 兩個港模擬結果，台北港似乎較合理，但基隆港之流速似乎過大，此部份應可參考前人實測結果，相對比較，可能會比較了解。 3. 海流頻譜，所得應為速	1. 謝謝委員指正，將在期末成果中進行改善。 2. 將按照委員指示，收集基隆港實測資料，進行進一步調整模式。 3. 遵照辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。

度譜，其所含意義應說明清楚。 4. 颱風時，雖然可加入風場，但淡水河流量相對增大，其對河口流場之影響則相對影響不準度將相對增加，建議與主管單位再協調。	4. 謝謝委員指出重點，現況的模擬應該考慮的因素的確很多，將列入未來研究考慮的重點。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
五、蘇青和委員： 1. 第 2 章基隆港與臺北港，觀測值與調和分析結果比對，顯示基隆港(圖 2-5)誤差甚大，臺北港(圖 2-8)誤差尚小，建議針對基隆港頻譜分析結果(圖 2-3 及圖 2-4)再作檢核，以進一步改善調和分析精度。(圖 2-6 及圖 2-7 之 x-軸標示單位有誤)。 2. 海流模擬結果與觀測值有 1~3 小時之時間延誤，建議針對邊界潮位再作以進一步檢核改善。 3. 風力對海流之影響甚大，在颱風期間更名顯，圖 5-5~圖 5-8 模擬潮流結果(未考慮風力)與觀測值比較誤差甚大，建議模式需納入	1. 謝謝委員指正，將在期末成果中進行改善。 2. 謝謝委員指正，將在期末成果中進行改善。 3. 目前作法是將觀測值慮掉非潮汐成份進行流的比較，風力效應將逐步加入檢討。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。

風力效應。 4. 基隆港與臺北港之小尺度海流模擬，除年度每個颱風為重點外，與觀測值比對成果評估，建議增加大潮、小潮、冬季及夏季等代表性資料之比對。	4. 遵照辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
六、簡仲璟委員： 1. 潮流模擬結果與觀測資料經調和分析後之結果比較，其差異性不大，本可預期。但若與未經調和分析之實測海流比較其結果如何？建議可選擇某一段時間(冬季及夏季)以瞭解除潮流成份外，其他成份之大小。 2. 水位及流場預報模式作業化請儘速評估確認，以便預測結果可提供港灣環境資訊網頁使用。 3. 配合本中心相關研究計畫需要，建議可先進行台中港海域之海流模擬計算。	1. 謝謝委員指正，遵照辦理。 2. 遵照辦理。 3. 將與港研中心進一步協調需要模擬的內容辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。

附錄 VI

期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫
☐期中 ☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：提昇海岸及港灣海域水位與海流模擬技術之研究(1/4)

執行單位：國立成功大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、楊德良委員： 1. 封面及第一頁面請加上「期末報告初稿」。 2. P4 摘要與 P7-1 結論，請相互呼應，以 Executive Summary 為之，便於主管閱讀。 3. P3-7 圖 3-6，是否沒有 update，因為只 4 分潮，而簡報中已提及目前已增加分潮，而有所改善，請再詳細校正之。並請比較增加分潮之優劣？ 4. P3-19 圖 3-9、圖 3-10，請定義無風場及有風場作用下，其漲潮、退潮與流速之差異何在？請說明清楚。 5. P5-22，圖 5-4，中間有一段沒有量測數據，為何？如沒有量測資料，則說明數值模式可用來補遺，試強調數模之功能可用以校正或補遺量測	1. 將依照港研中心規定格式修正。 2. 遵照辦理。 3. 將更換增加分潮結果圖形。 4. 將在內文增加說明。 5. 將在內文增加說明。	定稿已修正。 同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。

資料。		
6. P7-1 請在結論再加上建議或後續工作。	6. 遵照辦理。結論與建議將分開。	定稿已將結論與建議將分開。
7. 有些簡報資料，沒有在期末報告中，請補足之。	7. 遵照辦理。	定稿已補充說明。
8. 參考文獻，仍請加強校正之，以所有參考文獻都需含蓋所有之引用之文獻。	8. 遵照辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
9. 請加入期中報告委員意見回覆表。	9. 遵照辦理。	定稿已補充說明。
二、梁乃匡委員：		
1. 用較多分潮來模擬潮汐與潮流，可改進預測潮汐與潮流的精度。	1. 本計畫按照各分潮的能量來決定所選用分潮個數。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
2. 基隆港的風速可以用彭佳嶼的風速作高程修正後的風速。	2. 這個作法可列入未來針對基隆港模擬結果之改善方向之一。	同意合作研究單位之說明與處理情形。
3. 檢查基隆港預測與實測潮流的比較是否在漲潮與退潮時，實測均較預測為大，或僅退潮時較大，而漲潮時兩者相符。如為後者，就表示存在一向 ENE 的穩定流。	3. 謝謝委員建議，將進一步檢視計算結果並確認特性。	同意合作研究單位之說明與處理情形。

三、林銘崇委員： 1. 基隆港、臺北港之潮流模式修正，除左、右開放邊界之水位邊界條件序外，究竟作哪些修正？ 2. 颱風時期模式預測之風場係使用實測資料，此資料是否足夠？不足時如何處理？	1. 將在報告內容中增加說明。 2. 由於模擬範圍不大，目前小尺度水位及流場模擬規劃採用每小時單一風速及風向值(即假設空間均勻之風場)為輸入條件。	定稿已補充說明。 同意合作研究單位之說明與處理情形。
四、翁文凱委員：（書面審查） 1. 資料蒐集完整，過程嚴謹詳密，值得肯定。 2. 臺北港模擬時，不知是否能考慮淡水河流速流量，若如此可較真實反應河口、八里前之流場。 3. 臺北港與基隆港底質性質不同，底床摩擦係數亦略有不同，此由驗證各區實測資料而得，未來是否均必須以實測資料率定其係數？	1. 感謝委員肯定。 2. 這個考慮將列入未來計算參考。 3. 由於臺北港與基隆港底質性質不同，本計畫計算底床摩擦係數在模式SET-UP 階段已採用不同的曼寧係數N 值先初步估算床摩擦係數值，再依流場模擬結果進行人為局部修正，對於N 值之假設未來可以透過更多的底質調查資料或海流資料進行校正。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。

五、蘇青和委員： 1. 本年度針對基隆港及臺北港，在港區配置更新，邊界條件改善皆有達到提昇模擬精度。 2. 基隆港非潮流部份特性，建議加強分析(能譜分析或調和分析)。 3. 第五章兩港結果評估部份，建議增加暴潮偏差比對。 4. 第六章設計水位探討，建議增加引用較新資料，進行分析或推算。	1. 謝謝委員肯定。 2. 這部份也是本計畫重點之一，後續將繼續朝這方面努力。 3. 將列入未來評估項目。 4. 第六章為初步研究成果，未來將增加內容。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。
六、簡仲璟委員： 1. 觀測與模式計算結果之比較，建議再具體及量化。例如以平均、最高及最低水位統計，不易評估水位模式之計算成果。同樣僅以最大流速統計也不易評估海流之準確度。 2. 颱風期間以水位及海流(報告中為潮流請更正)觀測資料與模式預測結果作比較，但其他時段則以海流觀測資料調和分析後之結果與模式作	1. 在評估項目部份將再與港研中心研商增加評估項目。 2. 遵照辦理。將以海流換掉潮流。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。

比較。前者之比較結果相較後者當然偏差較大，故建議應有一致性的比較。 3. 第 5-26 頁中所述「.....基隆港之海流成份可能不是以潮流為主，觀測流速除潮流外，其他流速成份可能大於潮流...」是否基於模式預測流速(潮流模擬)與實測流速有較大差異所致?請再補充說明，並考量後續改善對策。 4. 相關地圖(如模擬計算範圍圖、格網分佈圖、地形水深分佈圖及流況向量分佈圖等)請加註方位座標。圖 3-1 與圖 4-1 有關水位邊界(潮位站位置)之說明應一致。	3. 這部份是本計畫重點工作項目，未來將繼續研究改善。 4. 遵照辦理。	同意合作研究單位之說明與處理情形。 同意合作研究單位之說明與處理情形。
--	--	---

附錄 VII

期末簡報資料

MOTC-IOT-100-H3DB005b

提升海岸及港灣海域水位與海流模擬技術 之研究(1/4)

期末簡報

國立成功大學 海洋科技與事務研究所

2011年 11月 16日

1

報告大綱

- 一、期中報告審查意見處理情形
- 二、計畫緣起
- 三、本年度研究內容與工作項目
- 四、本年度期末報告內容
 - 1.資料蒐集與分析
 - 2.基隆港潮流模式修正
 - 3.臺北港潮流模式修正
 - 4.基隆港與臺北港模式預測結果評估
 - 5.颱風時期預測結果評估
 - 6.港區設計水位探討
- 五、結論與後續完成工作

2

一、期中報告審查意見處理情形

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
一、梁乃匡委員： 本計畫以二維水動力模式計算水位與海流模擬，僅以潮汐為動力，因此在基隆港附近有非潮汐的成份較大，所以模式與實測海流在基隆的誤差較大。	委員所指出的正是本研究的作法動機，因此分析實測資料嘗試分離出非潮汐成份的流。
二、林銘崇委員： 1. 初步工作成果豐富。 2. 曼寧係數之影響是否檢核？ 3. 數值預報模式中是否涵蓋風場模式。	1. 謝謝委員肯定。 2. 在本計算中，有作曼寧係數的調整使計算得到的流況更接近觀測資料 3. 數值模式中輸入風速資料進行計算。
三、楊德良委員： 1. 模式在台北港非常的良好，但在基隆港海流仍有待改進，請查明模式在邊界條件(如由34分潮增加到60分潮?)，參數、網格大小，儀器誤差等，查明物理機制，以供日後精進改善之。	1. 謝謝委員指正，將在期末成果中進行精進。

3

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
三、楊德良委員： 2. 期中報告，仍有需再proofread，例如p.附3-1的(1.2) $\frac{\partial(H^{-1}q_x q_y)}{\partial x}$ 項應為 $\frac{\partial(H^{-1}q_x q_y)}{\partial y}$ 之誤？ 3. 請與另一計畫提昇海岸及港灣海域波浪模擬技術之研究(1/4)相互交換資訊，相互比對。	2. 遵照辦理。 3. 波浪和流的合併考慮將是未來研究的終極目標，未來也將朝此方向進行。
四、翁文凱委員： 1. 基隆港海流部份邊界之流速、流向誤差偏大，亦不合理，建議再檢討 2. 兩個港模擬結果，台北港似乎較合理，但基隆港之流速似乎過大，此部份應可參考前人實測結果，相對比較，可能會比較了解。 3. 海流頻譜，所得應為速度譜，其所含意義應說明清楚。 4. 颱風時，雖然可加入風場，但淡水河流量相對增大，其對河口流場之影響則相對影響不準度將相對增加建議與主管單位再協調。	1. 謝謝委員指正，將在期末成果中進行改善。 2. 將按照委員指示，收集基隆港實測資料，進行進一步調整模式。 3. 遵照辦理。 4. 謝謝委員指出重點，現況的模擬應該考慮的因素的確很多，將列入未來研究考慮的重點。

4

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
五、蘇育和委員： 1. 第2章基隆港與臺北港，觀測值與調和分析結果比對，顯示基隆港(圖2-5)誤差甚大，臺北港(圖2-8)誤差尚小，建議針對基隆港頻譜分析結果(圖2-3及圖2-4)再作檢核，以進一步改善調和分析精度。(圖2-6及圖2-7之x-軸標示單位有誤)。 2. 海流模擬結果與觀測值有1~3小時之時間延誤，建議針對邊界潮位再作以進一步檢核改善。 3. 風力對海流之影響甚大，在颱風期間更明顯，圖5-5~圖5-8模擬潮流結果(未考慮風力)與觀測值比較誤差甚大，建議模式需納入風力效應 4. 基隆港與臺北港之小尺度海流模擬除年度每個颱風為重點外，與觀測值比對成果評估，建議增加大潮、小潮、冬季及夏季等代表性資料之比對。	1. 謝謝委員指正，將在期末成果中進行改善。 2. 謝謝委員指正，將在期末成果中進行改善。 3. 目前作法是將觀測值處掉非潮汐成份進行流的比較，風力效應將逐步加入檢討。 4. 遵照辦理。

5

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
六、簡仲環委員： 1. 潮流模擬結果與觀測資料經調和分析後之結果比較，其差異性不大，本可預期。但若與未經調和分析之實測海流比較其結果如何?建議可選擇某一段時間(冬季及夏季)以瞭解解除潮流成份外，其他成份之大小 2. 水位及流場預報模式作業化請儘速評估確認，以便預測結果可提供港灣環境資訊網頁使用。 3. 配合本中心相關研究計畫需要，建議可先進行台中港海域之海流模擬計算。	1. 謝謝委員指正，遵照辦理。 2. 遵照辦理。 3. 將與港研中心進一步協調需要模擬的內容辦理。

6

二、計畫緣起

前期計畫「臺灣近岸防救災預警系統技術與作業化研究」(2007年~2010年)

1. 建立七大商港(基隆港、臺北港、臺中港、安平港、高雄港、花蓮港、蘇澳港)附近海域水位及流場模式
2. 針對基隆港港域水位及海流建立模擬子系統及相關設計水位分析。

本期計畫為持續對七大商港(港域水位和流場)進行改善。

1. 作法上，逐年度針對各個商港港域進行模式更新及校驗工作，並依各港觀測資料分析潮流成份，與模式模擬預測結果比較。
2. 逐年度建立各港港域水位及海流模擬子系統。

7

三、本年度研究內容與工作項目

1. 精進基隆港與臺北港水位及流場模擬。
2. 基隆港與臺北港水位及流場預測模式作業化成果評估。
3. 基隆港與臺北港長期水位及設計水位檢核。
4. 建置基隆港與臺北港水位及流場模擬子系統於港研中心，並進行教育訓練。

8

四、本年度期末報告內容

1. 資料蒐集與分析

(a)地形水深資料

(b)潮位站資料：龍洞、麟山鼻、淡水第二漁港、竹圍及基隆港潮位記錄。

(c)潮流(基隆港和臺北港)

(d)侵臺颱風資料(艾利、桑達、米雷、梅花及南瑪都)

2. 基隆港潮流模式修正

3. 臺北港潮流模式修正

4. 基隆港與臺北港預測結果評估

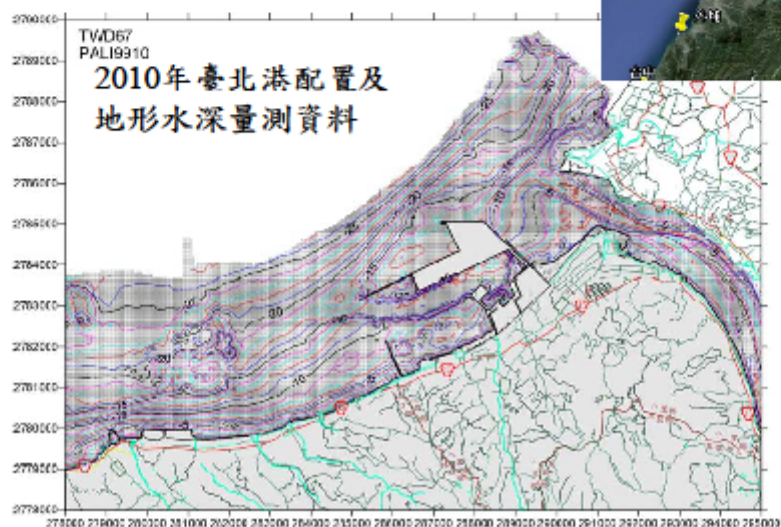
5. 今年颱風期間基隆港和臺北港水位及潮流分析

6. 設計水位探討

9

1. 資料蒐集與分析

(a)地形水深資料



(b)潮汐站資料

基隆港與臺北港2010年的潮位資料。

(1)龍洞、(2)麟山鼻、(3)淡水第二漁港、(4)竹圍四個測站2009年至2010年的潮位資料調和分析。



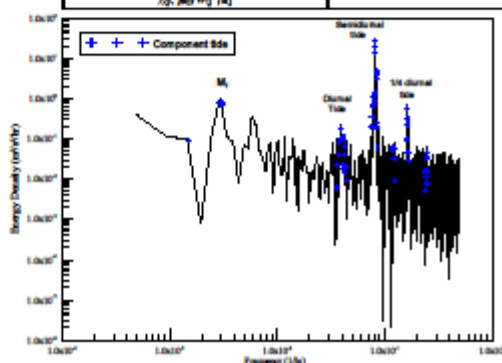
各潮位站潮型指標

潮位站	龍洞	基隆港	麟山鼻	淡水第二漁港	竹圍
潮型指標	1.18	1.22	0.44	0.32	0.25
潮型	混合潮	混合潮	半日潮	半日潮	半日潮

11

(c)潮流— 基隆港2011年天文潮流調和分析成果表

分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	EW		NS	
		振幅(m/s)	位相角(度)	振幅(m/s)	位相角(度)
Mf	1.09803307	0.0202	176.023	0.0050	238.129
O1	13.94303513	0.0138	214.628	0.0098	176.778
K1	15.04106903	0.0119	254.520	0.0045	24.254
M2	28.98410416	0.1735	127.936	0.0508	122.266
S2	30.00000000	0.0690	340.406	0.0171	336.968
M4	57.96820831	0.0217	197.145	0.0158	33.125
平均流速		0.0574 m/s		0.0081 m/s	
觀測資料時間		2011/02/18 00:00 ~ 2011/05/31 22:00			
原點時間		2011/04/10 11:00			

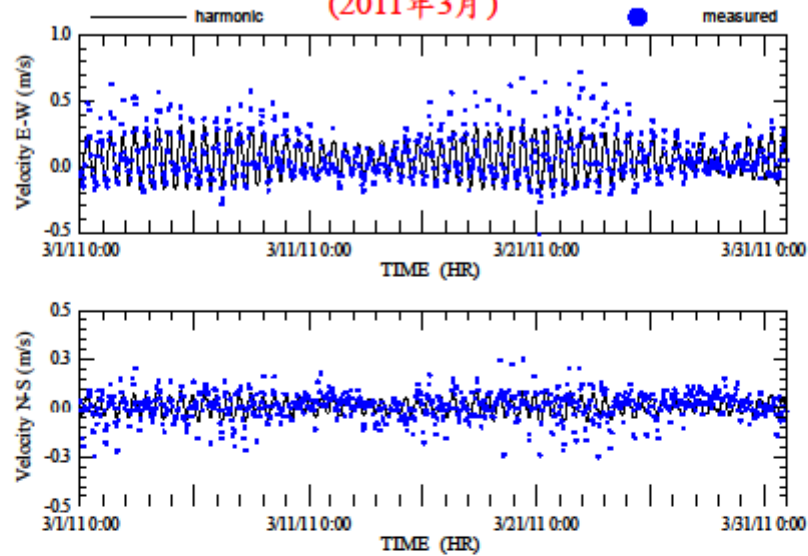


基隆港海流(E-W)觀測
資料頻譜分析結果
(2011/02/18~05/31)

12

基隆港潮流觀測與調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果

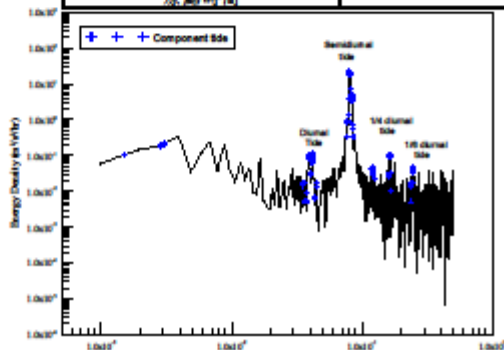
(2011年3月)



13

(c)潮流— 臺北港2011年天文潮流調和分析成果表

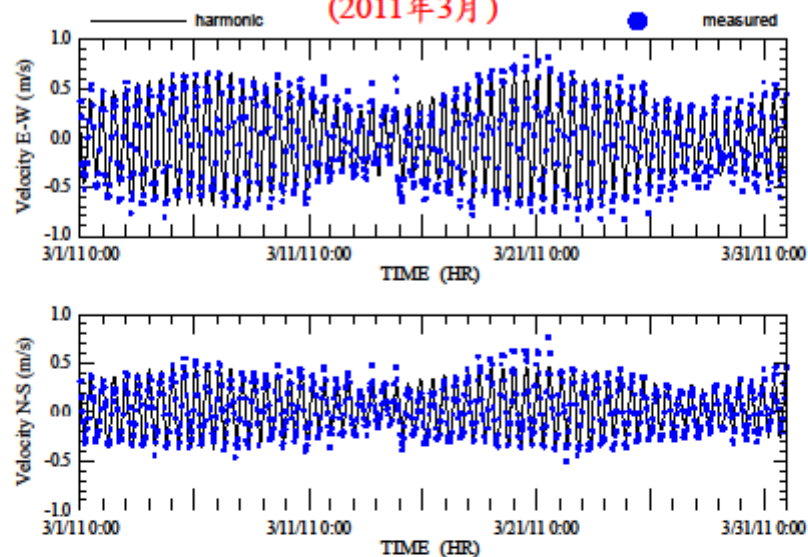
分潮 名稱	角頻率 (度/小時)	EW		NS	
		振幅(m/s)	位相角(度)	振幅(m/s)	位相角(度)
Mf	1.09803307	0.0307	126.036	0.0203	116.546
O1	13.94303513	0.0242	108.777	0.0154	132.279
K1	15.04106903	0.0340	16.793	0.0124	33.806
M2	28.98410416	0.4931	270.182	0.3090	281.576
S2	30.00000000	0.1798	45.236	0.1034	47.380
M4	57.96820831	0.0491	265.162	0.0198	184.741
MK4	59.06624222	0.0319	61.289	0.0148	308.470
2MS6	87.96820831	0.0215	69.485	0.0122	201.710
平均流速		-0.0176 m/s		0.0466 m/s	
觀測資料時間		2011/02/24 12:00 ~ 2011/05/03 11:00			
原點時間		2011/03/30 12:00			



臺北港海流(N-S)觀測
資料頻譜分析結果
(2011/02/24~05/03)

14

臺北港潮流觀測與調和分析(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)結果
(2011年3月)



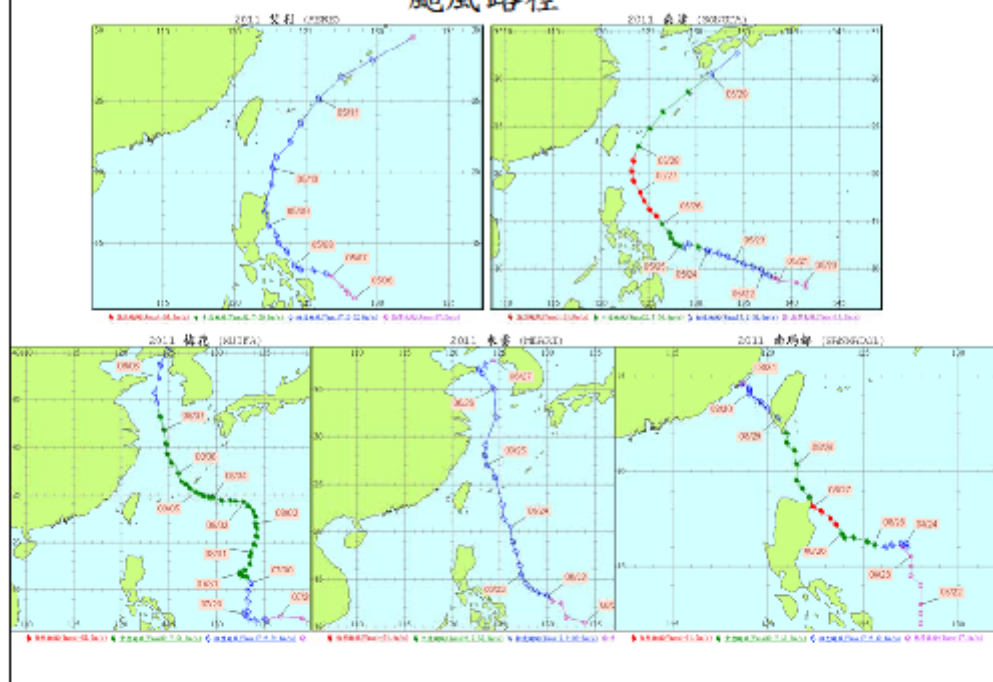
15

(d) 颱風 —

颱風名稱	警報期間	強度	颱風中心 最低氣壓 (hPa)	颱風中心 最大風速 (m/s)	七級風 暴風半 徑(km)	十級風 暴風半 徑(km)
艾利 (AERE)	05/09~ 05/10	輕度	990.0	23.0	150	--
桑達 (SONGDA)	05/27~ 05/28	強烈	920.0	55.0	220	100
米雷 (MEARI)	06/23~ 06/25	輕度	982.0	28.0	200	--
梅花 (MUIFA)	08/04~ 08/06	中度	945.0	43.0	280	--
南瑪都 (NANMADOL)	08/27~ 08/31	強烈	920.0	53.0	180	50

16

颱風路徑



2. 基隆港潮流模式修正

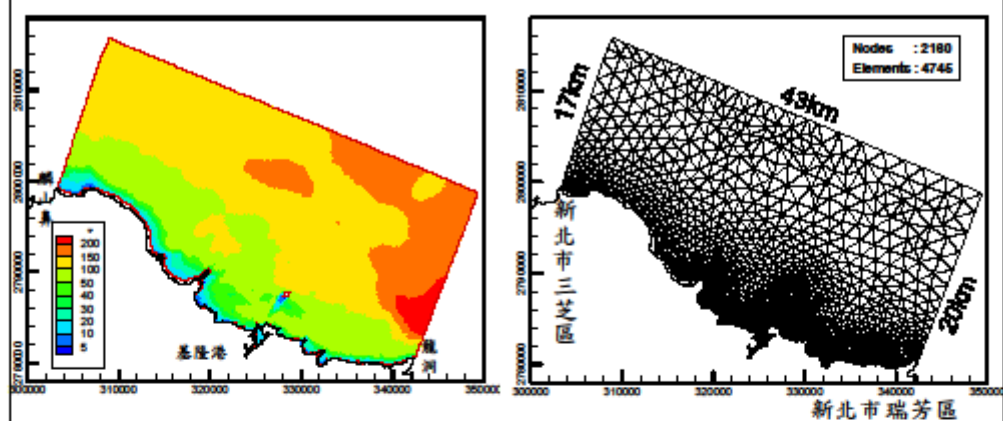
(a)地形與計算格網之建立

(b)邊界條件之建立

(c)模式驗證

(d)考慮風場效應之流況模擬結果

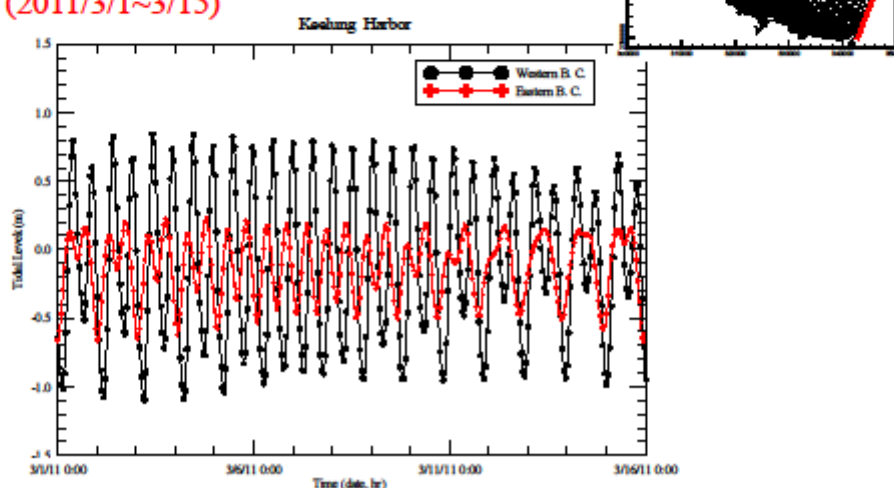
(a)基隆港地形與計算格網



19

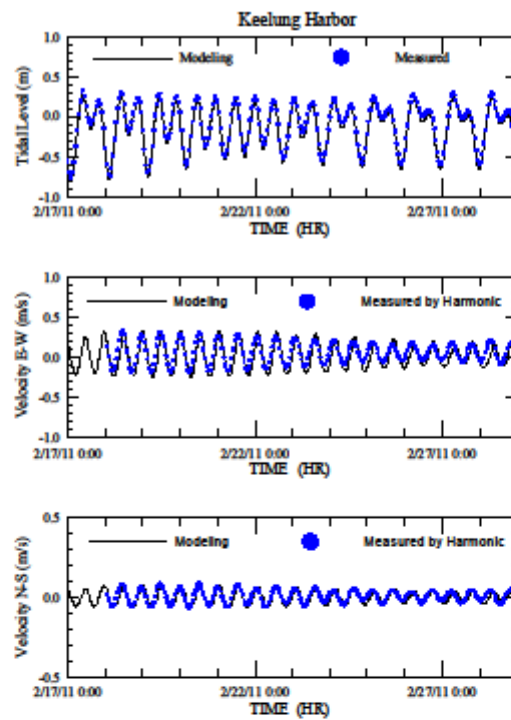
(b)基隆港水動力模式邊界條件

東、西開放邊界之水位邊界條件時序圖
(2011/3/1~3/15)



20

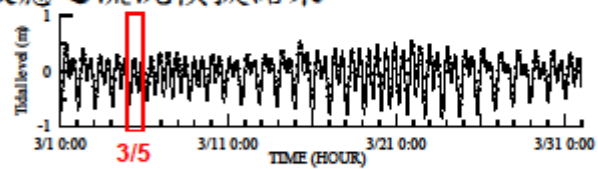
(c) 模式驗證



21

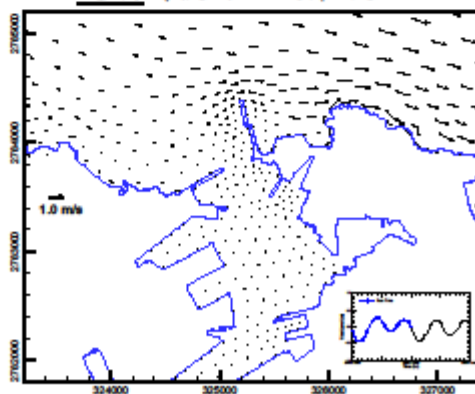
(d) 基隆港考慮風場效應之流況模擬結果

大潮時期

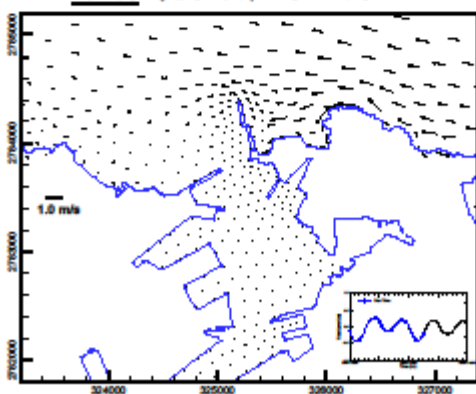


退潮時段由西向東流

漲潮時段由東向西流



(3月5日 0時)



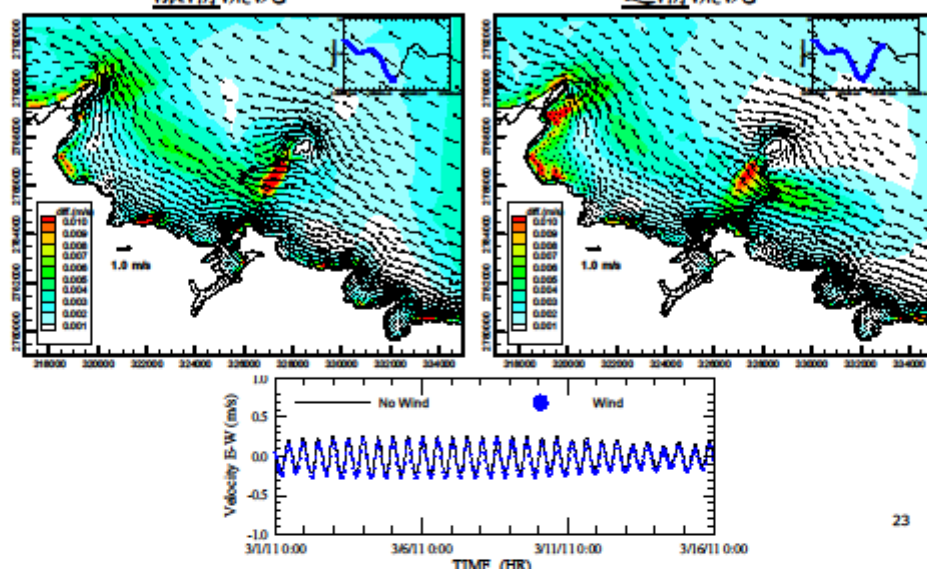
(3月5日 6時)

22

無風場及有風場作用下，基隆港外海大潮期間流況與
流速差分布情形(風速為10 m/s，風向為東北)

漲潮流況

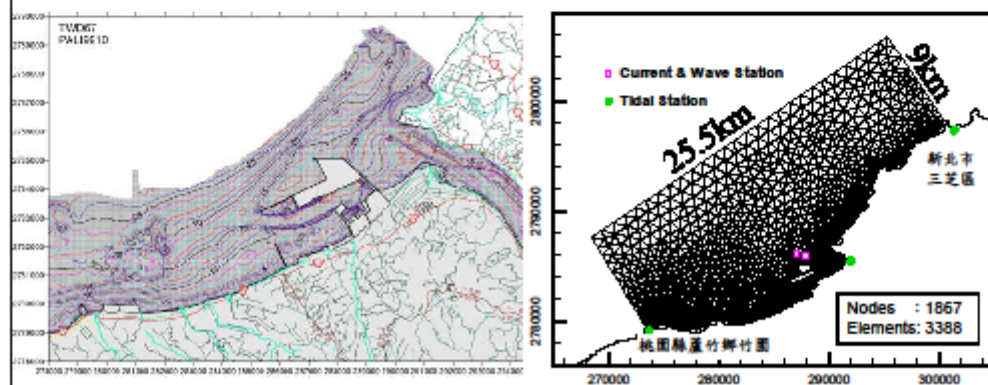
退潮流況



23

3. 臺北港潮流模式修正

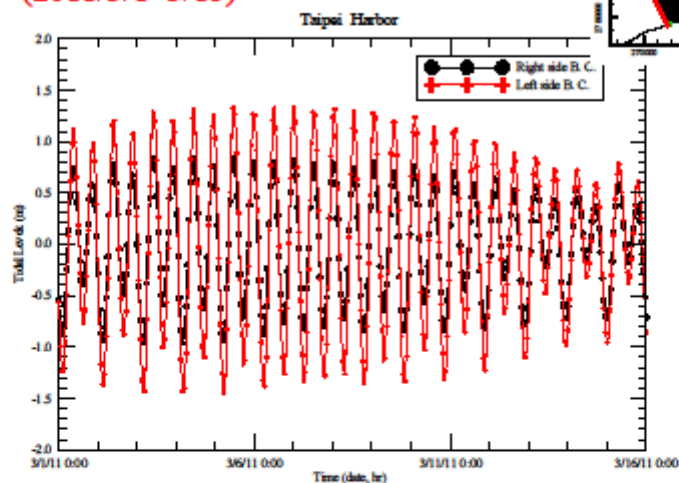
(a) 臺北港地形與計算格網



24

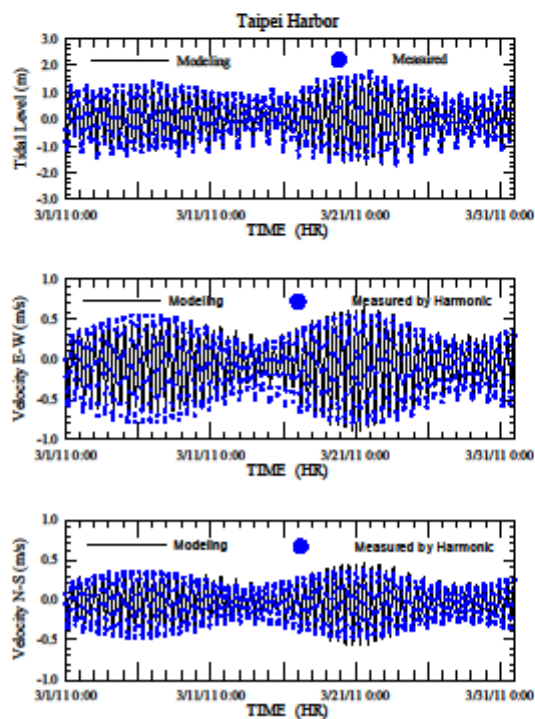
(b) 臺北港水動力模式邊界條件

左、右開放邊界之水位邊界條件時序圖
(2011/3/1~3/15)



25

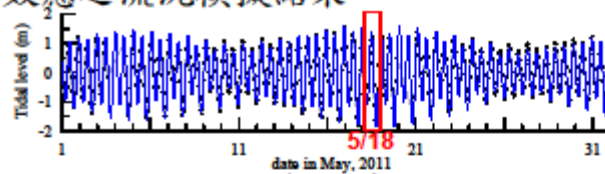
(c) 模式驗證



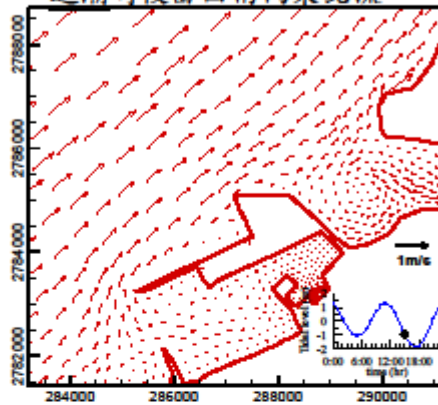
26

(d)臺北港考慮風場效應之流況模擬結果

大潮時期

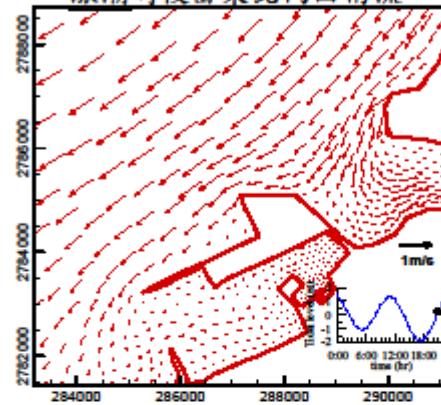


退潮時段由西南向東北流



(5月18日15時)

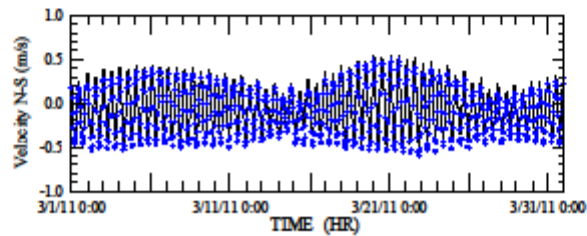
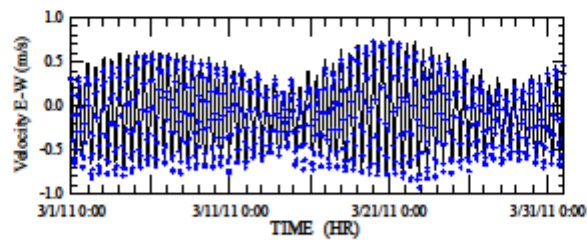
漲潮時段由東北向西南流



(5月18日21時)

27

有、無風作用下臺北港觀測樁附近節點流速模擬結果比較



28

4. 基隆港與臺北港模式預測結果評估

內容包括圖形及統計表兩部份：

(a) 圖形

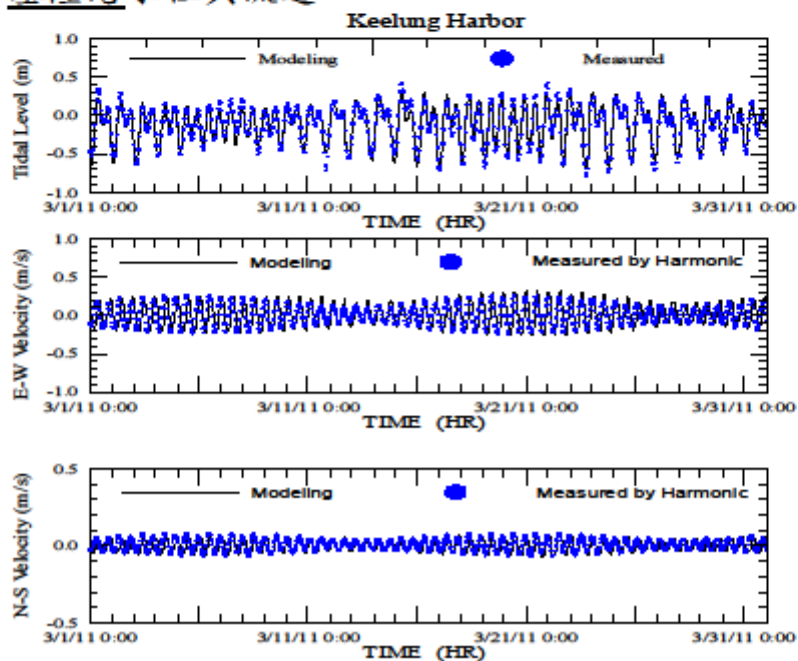
包括基隆港與臺北港預測及觀測之潮位資料、東西向流速、南北向流速。

(b) 統計表

包括基隆港與臺北港預測及觀測之最高水位、最低水位、最大流速。

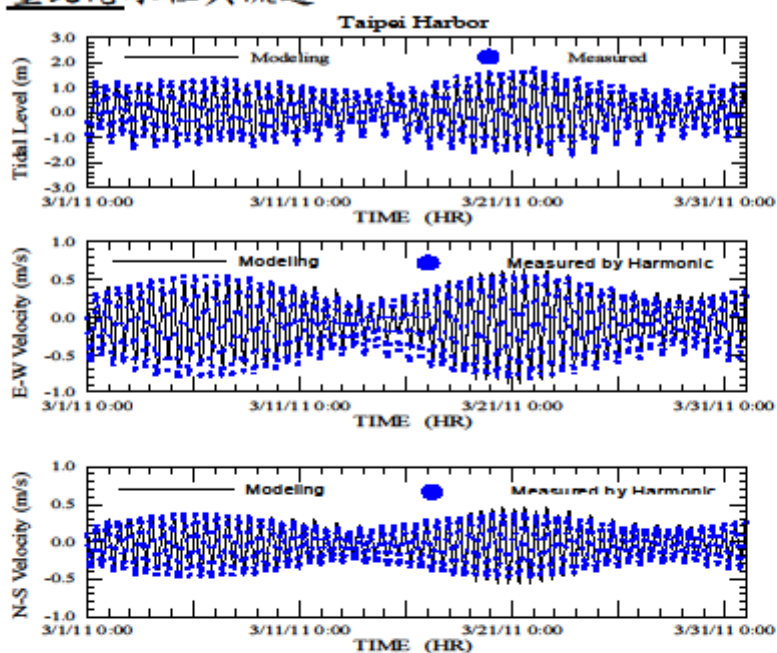
29

基隆港水位與流速



30

臺北港水位與流速



31

預測與觀測潮位最高水位(日/時)統計表(單位：m)

2011年月份	方法	基隆港	臺北港
3	OBS1	0.543 (15/7)	1.768 (22/0)
	近岸模式	0.506 (21/23)	1.676 (22/0)
4	OBS1	0.517 (18/22)	1.715 (18/23)
	近岸模式	0.572 (19/23)	1.624 (18/23)
5	OBS1	0.493 (20/0)	1.544 (16/22)
	近岸模式	0.615 (18/23)	1.481 (19/0)
6	OBS1	0.474 (16/23)	1.481 (18/0)
	近岸模式	0.519 (30/23)	1.421 (17/0)
7	OBS1	0.475 (29/22)	1.509 (31/23)
	近岸模式	0.580 (29/22)	1.405 (17/0)
8	OBS1	0.430 (6/15)	1.614 (31/12)
	近岸模式	0.574 (26/21)	1.584 (31/12)
9	OBS1	0.473 (30/12)	1.649 (30/12)
	近岸模式	0.546 (30/12)	1.689 (29/12)

32

預測與觀測潮位最低水位(日/時)統計表(單位：m)

2011年月份	方法	基隆港	臺北港
3	OBS1	-0.667 (23/18)	-1.702 (23/19)
	近岸模式	-0.852 (23/18)	-1.672 (21/18)
4	OBS1	-0.723 (20/17)	-1.825 (19/17)
	近岸模式	-0.917 (20/16)	-1.681 (19/17)
5	OBS1	-0.807 (18/15)	-1.826 (18/17)
	近岸模式	-0.892 (19/16)	-1.676 (18/17)
6	OBS1	-0.756 (15/14)	-1.759 (16/17)
	近岸模式	-0.655 (16/15)	-1.674 (17/18)
7	OBS1	-0.715 (2/16)	-1.681 (2/17)
	近岸模式	-0.566 (3/16)	-1.611 (15/17)
8	OBS1	-0.610 (7/10)	-1.756 (29/17)
	近岸模式	-0.467 (1/16)	-1.625 (1/18)
9	OBS1	-0.569 (7/12)	-1.661 (29/5)
	近岸模式	-0.458 (30/4)	-1.689 (30/6)

33

預測與觀測流場最大流速(流向、日/時)統計表(單位：m/s)

2011年月份	方法	基隆港	臺北港
3	OBS1	0.73 (E 22/23)	1.12 (NE 21/13)
	近岸模式	0.22 (ENE 22/13)	1.011 (WSW 20/20)
4	OBS1	0.72 (ENE 4/10)	1.00 (NE 20/14)
	近岸模式	0.218 (ENE 9/12)	0.929 (WSW 18/20)
5	OBS1	0.53 (ENE 12/6)	0.89 (WNW 15/3)
	近岸模式	0.205 (ENE 7/11)	0.888 (WSW 19/21)
6	OBS1	0.62 (ENE 11/4)	1.12 (NE 14/11)
	近岸模式	0.278 (ENE 5/11)	0.894 (WSW 17/21)
7	OBS1	0.54 (WSW 5/18)	1.15 (ENE 4/15)
	近岸模式	0.293 (ENE 1/12)	0.877 (WSW 31/20)
8	OBS1	0.94 (ENE 31/8)	0.99 (NE 1/13)
	近岸模式	0.325 (ENE 0/12)	1.005 (WSW 30/20)
9	OBS1	0.95 (ENE 15/14)	1.02 (NE 29/1)
	近岸模式	0.331 (ENE 29/0)	0.992 (WSW 29/8)

34

5. 颱風時期模式預測結果評估

包括艾利與桑達兩個颱風，內容包括圖形及統計表兩部份。

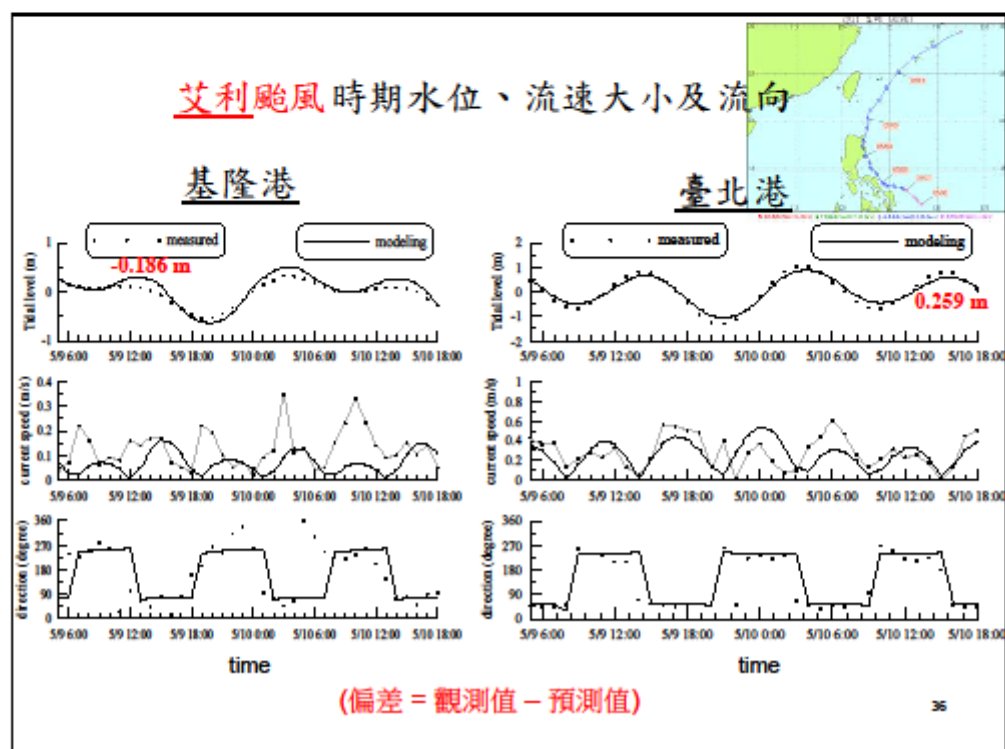
(1) 圖形

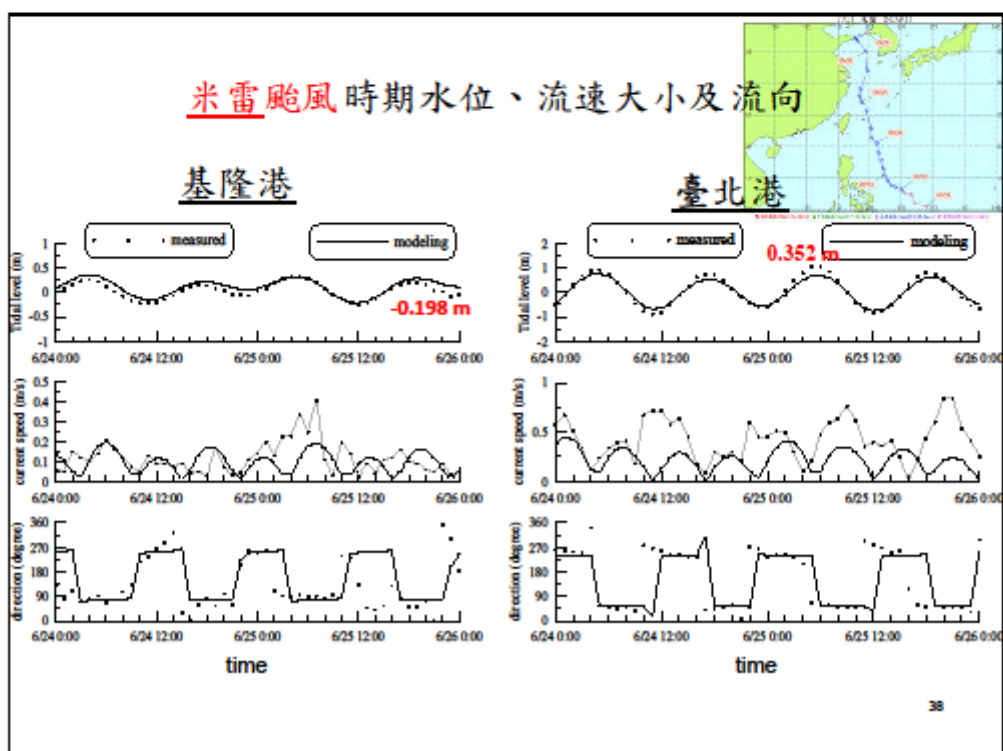
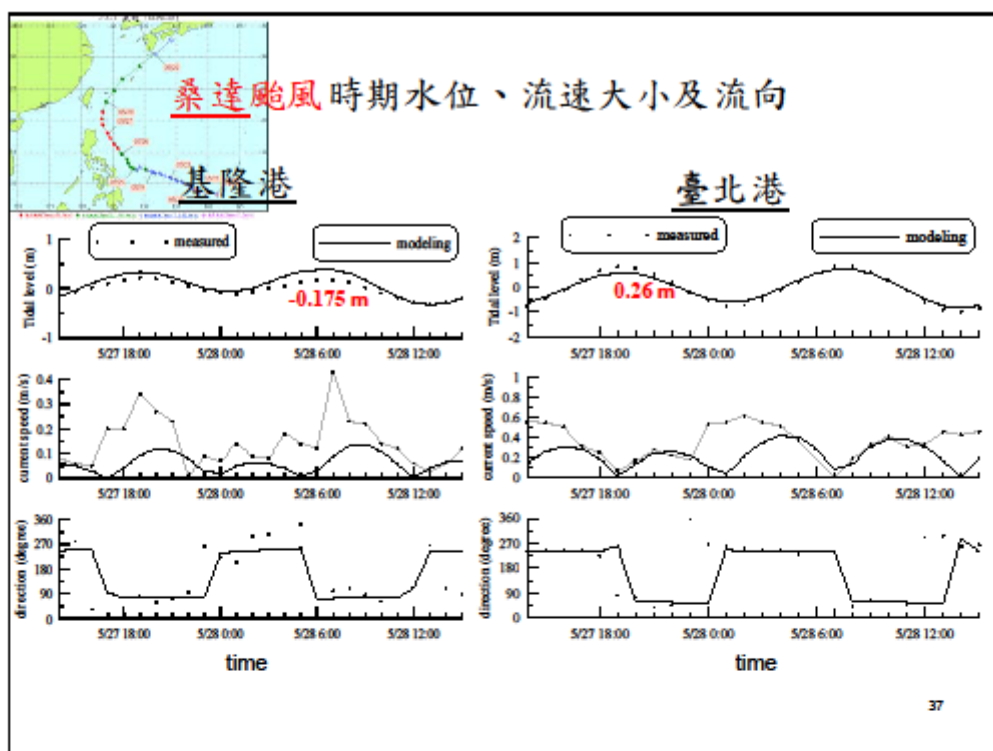
包括兩個港區預測及觀測之潮位資料變化、流速大小、流向。

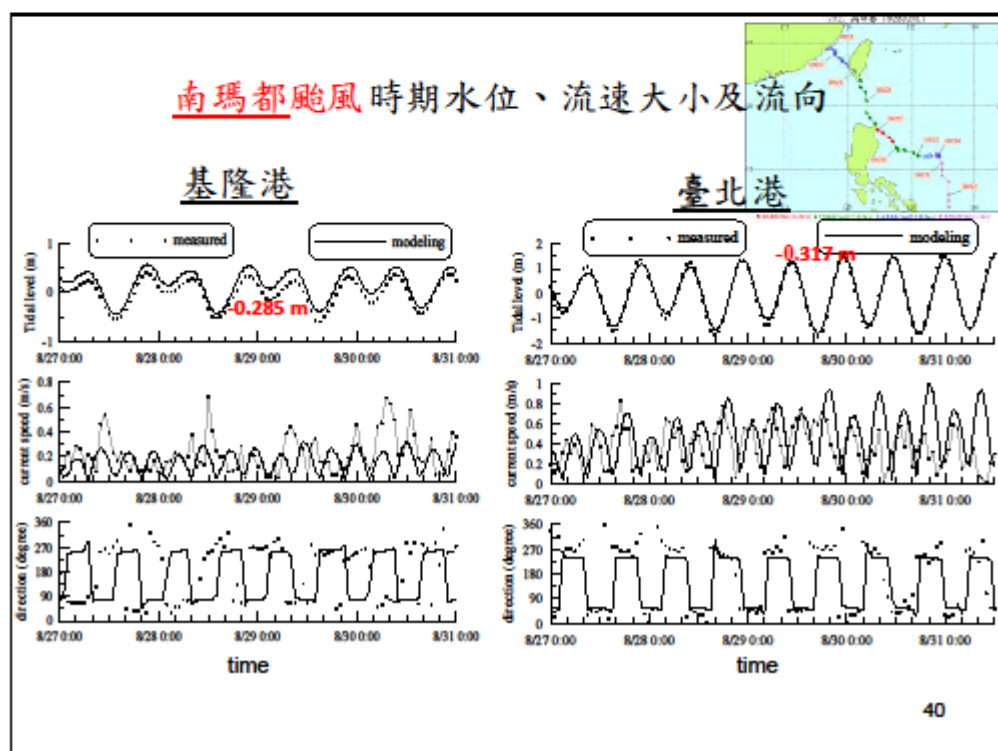
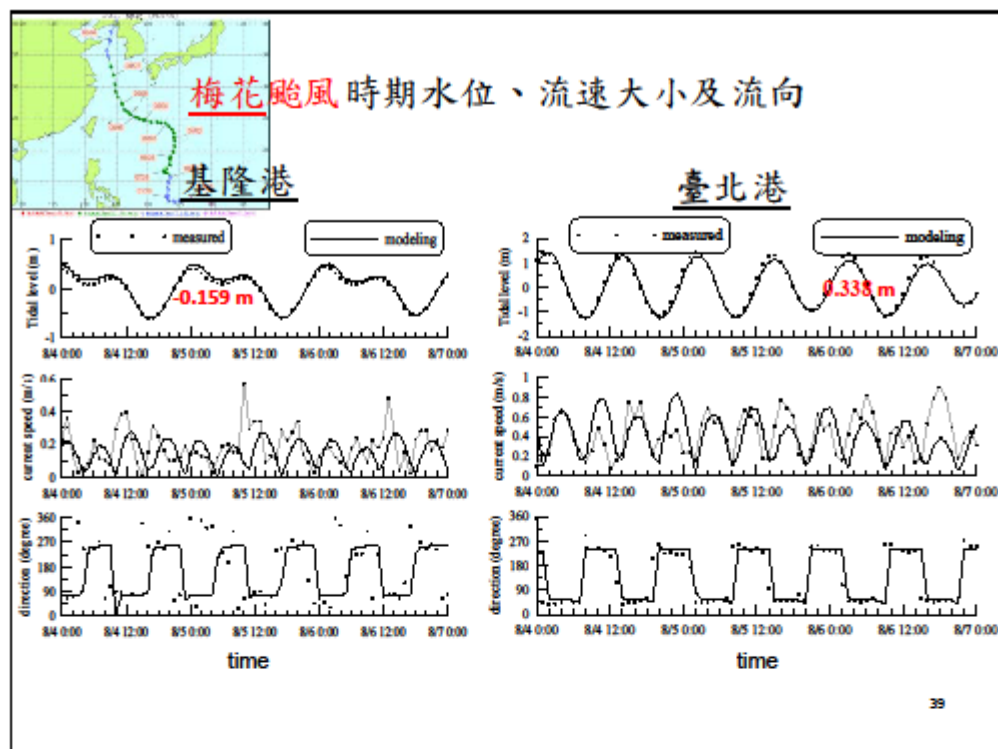
(2) 統計表

包括兩個港區預測及觀測資料之最高水位、最低水位、最大流速。

35







2011年颱風期間預測與觀測潮位最高水位(日/時)
統計表(單位：m)

序號	颱風名稱	方法	基隆港	臺北港
1	艾利	OBS1	.36 (10/4)	1.11 (10/4)
		近岸模式	.51 (10/3)	.91 (10/4)
2	桑達	OBS1	.21 (28/6)	.61 (28/8)
		近岸模式	.38 (28/6)	.72 (28/8)
3	米雷	OBS1	.32 (25/5)	1.03 (25/6)
		近岸模式	.35 (24/4)	.76 (24/5)
4	梅花	OBS1	.41 (6/2)	1.43 (5/2)
		近岸模式	.49 (5/1)	1.25 (5/2)
5	南瑪都	OBS1	.39 (27/21)	1.56 (31/0)
		近岸模式	.56 (27/21)	1.56 (31/0)

41

2011年颱風期間預測與觀測潮位最低水位(日/時)
統計表(單位：m)

序號	颱風名稱	方法	基隆港	臺北港
1	艾利	OBS1	-.50 (9/20)	-1.39 (9/21)
		近岸模式	-.63 (9/20)	-1.08 (9/21)
2	桑達	OBS1	-.25 (28/13)	-.64 (28/14)
		近岸模式	-.33 (28/13)	-.84 (28/14)
3	米雷	OBS1	-.24 (25/12)	-.88 (24/11)
		近岸模式	-.22 (25/12)	-.75 (25/12)
4	梅花	OBS1	.27 (6/9)	1.19 (6/9)
		近岸模式	-.25 (6/9)	-1.26 (4/20)
5	南瑪都	OBS1	-.60 (29/15)	-1.76 (29/17)
		近岸模式	-.44 (17/14)	-1.62 (30/18)

42

2011年颱風期間預測與觀測流場最大流速統計表
(單位：cm/s)

序號	颱風名稱	方法	基隆港	臺北港
1	艾利	OBS1	35.0 (NE 10/03)	60.0 (NE 10/06)
		近岸模式	16.1 (ENE 09/15)	54.0 (WSW 10/00)
2	桑達	OBS1	43.0 (E 28/07)	62.0 (WSW 28/02)
		近岸模式	13.6 (ENE 28/09)	42.1 (WSW 28/04)
3	米雷	OBS1	41.0 (E 25/7)	76.0 (NE 25/9)
		近岸模式	19.9 (ENE 24/6)	44.9 (WSW 24/1)
4	梅花	OBS1	92.0 (ENE 6/4)	82.0 (NE 6/6)
		近岸模式	28.6 (ENE 5/3)	83.4 (WSW 4/23)
5	南瑪都	OBS1	94.0 (ENE 31/8)	84.0 (W 27/17)
		近岸模式	32.5 (ENE 30/12)	100.5 (WSW 30/20)

43

6. 港區設計水位探討

港區設計水位通常分為高水位及低水位兩種。

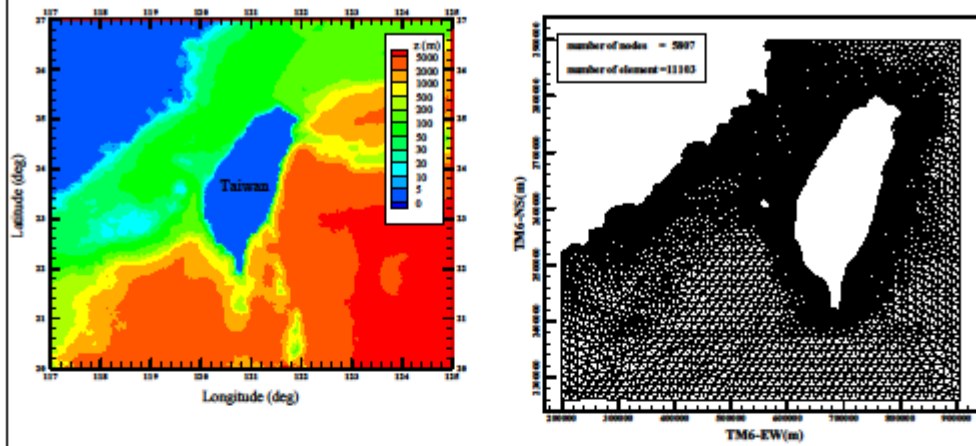
本計畫目的著重於近岸防救災，因此本文設計水位將以最高水位為主。

本計畫各港口不同復現期距之設計水位定義

最高天文潮位值+不同復現期距之最大暴潮偏差值

44

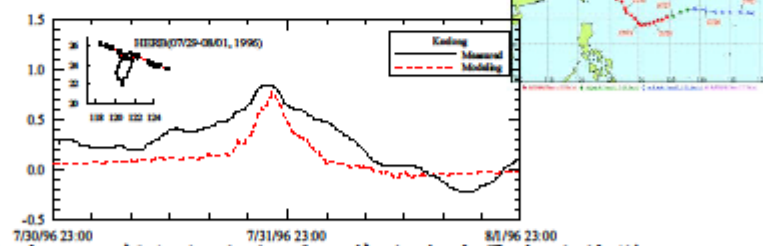
暴潮偏差數值模擬



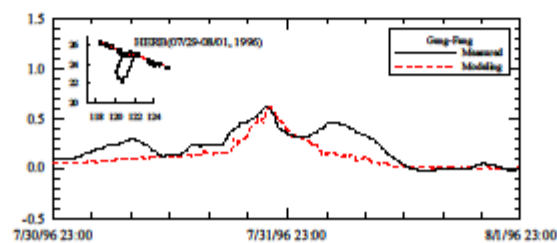
歷年颱風資料(1961~2005)：

時間、颱風中心位置座標、最低氣壓、移動速度及方向等

暴潮模試驗證



1996年中度颱風賀伯侵台期間，基隆海域暴潮偏差變化



1996年中度颱風賀伯侵台期間，梗枋海域暴潮偏差變化

基隆港及臺北港海域侵台颱風暴潮數值模擬結果

年 颱風名稱	暴潮(m)		年 颱風名稱	暴潮(m)	
	基隆港	臺北港		基隆港	臺北港
1961 Betty	0.16	0.34	1977 Vera	1.05	1.13
1961 June	0.05	0.04	1978 Della	0.12	0.05
1961 Lorna	0.08	0.09	1980 Norri	0.29	0.23
1961 Pamel	0.19	0.07	1980 Ida	0.03	0.06

基隆港最大暴潮位頻率分析結果

復現期距(年)	5	10	20	25	50	100
最高水位值(公分)	53.4	64.0	72.7	75.2	82.5	89.1
標準偏差	4.31	5.00	5.69	5.90	6.54	7.14

臺北港最大暴潮位頻率分析結果

復現期距(年)	5	10	20	25	50	100
最高水位值(公分)	63.8	76.4	86.9	89.9	98.6	106.4
標準偏差	5.14	5.96	6.77	7.03	7.79	8.50

47

基隆港區及臺北港區之設計水位

基隆港區之設計水位分析結果

潮位資料蒐集：2008及2010年潮位觀測資料，
 天文潮分析：選取60個天文分潮進行調和分析，
 最高天文潮位：E.L.+0.722 m，(TWVD2001)
 最大暴潮偏差：0.75m (25年)、0.83m (50年)，
 設計水位：1.47m (25年)、1.55m (50年)。

臺北港區之設計水位分析結果

潮位資料蒐集：2008及2010年潮位觀測資料，
 天文潮分析：選取60個天文分潮進行調和分析，
 最高天文潮位：E.L.+1.793 m，(TWVD2001)
 最大暴潮偏差：0.90m (25年)、0.97m (50年)，
 設計水位：2.69m (25年)、2.76m (50年)。

48

五、結論與後續完成工作

結論：

- 1.蒐集分析2010年龍洞、麟山鼻、淡水第二漁港、竹圍及基隆港潮位記錄，以及臺北港地形水深資料作為數值模擬使用。
- 2.利用所分析潮位資料作為基隆港和臺北港潮流模式邊界條件，進行2011年水位和潮流預測，結果並與觀測資料比較評估。
- 3.2011年3月~9月基隆港和臺北港水位和流速預測與觀測值比較結果，基隆港與臺北港水位及潮流比較結果趨勢相近似。
- 4.本年度颱風期間基隆港觀測水位與預測水位最大偏差為0.29 m，觀測流向較預測流向有提前1至3小時；臺北港觀測水位與預測水位最大偏差為0.35 m，觀測流速與預測流速差異不大，觀測流向較預測流向提前約1至2小時。

49

結論(續)：

- 5.基隆港海域風場對東西向之流速分量則較有較為明顯的變化，除了岸邊水深較淺處流速變化較大外，基隆嶼與平和島間之海底淺灘區亦有較大的流速變化。臺北港海域風場對流速之影響則較為明顯，受到東北季風影響西南向流速有一顯著之增量。
- 6.基隆港及臺北港之最大暴潮位(極端值)頻率分析樣本分別以常態分布機率函數為最佳統計分布函數，基隆港海域5、10、20、50及100年復現期距之暴潮偏差分別為0.53m、0.64m、0.73m、0.83m及0.89m，臺北港海域5、10、20、50及100年復現期距之暴潮偏差分別為0.64m、0.76m、0.87m、0.98m及1.06m。

50

結論(續)：

7. 基隆港及臺北港之最高天文潮位預測值分為 $+0.722\text{ m}$ 及 $+1.793\text{ m}$ ，基隆港25年及50年復現期距之設計水位分別為 1.47 m 及 1.55 m ；臺北港25年及50年復現期距之設計水位分別為 2.69 m 及 2.76 m (高程基準系統TWVD2001)。

後續完成工作：

本計畫年度結束後，配合港灣技術研究中心進行教育訓練。

51

報告結束
敬請指正