

國立交通大學土木工程研究所
Institute of Civil Engineering National Chiao Tung University

碩士論文

考慮氣壓變化的暴潮偏差分析
Storm Surge Analysis Considering Atmospheric
Pressure Variation



指導教授：張憲國博士
研究生：張永欣

中華民國九十七年七月

考慮氣壓變化的暴潮偏差分析

研究生：張永欣

指導教授：張憲國 博士

國立交通大學土木工程研究所

摘要

颱風暴潮是由低氣壓吸引及風應力推送海水所造成的水位抬升，而台灣因為地形的關係，各海域的颱風暴潮反應低氣壓不盡相同。本研究針對台灣西部新竹、台中、高雄及東部蘇澳與成功共五個測站，分析 2005 年至 2007 年的逐時潮位觀測資料與實測氣壓資料，以傳統調和分析方法(HA)和結合氣壓影響之調和分析方法(HAP)，首先推算颱風期間的暴潮偏差。

由研究結果顯示，當颱風強度為強烈且經過該測站時，會產生明顯水位抬升，而結合氣壓影響之調和分析方法會比傳統調和分析方法接近由氣壓直接反算的暴潮偏差。若當颱風強度為中度或是輕微時，雖然颱風亦有經過該測站，但其暴潮偏差不甚明顯，且 HAP 及 HA 均難推估出合理的暴潮偏差。此外，在同一場颱風下，西部新竹與台中測站及東部蘇澳與成功測站的暴潮偏差分別是相似的，所以本研究推測暴潮偏差會因水位跟地形而有所不同。

Storm Surge Analysis Considering Atmospheric Pressure Variation

Author : Yung-Hsin Chang

Advisor : Dr. Hsien-Kuo Chang

Institute of Civil Engineering National Chiao Tung University

ABSTRACT

Storm surge, resulted from atmospheric depression and wind stresses on the water surface, is an abnormal rise of water level during the period of a typhoon. Different topography of waters around Taiwan possibly affects the storm surge of each typhoon. In this study storm surges at five chosen locations, which are Hsinchu, Taichung, Kaohsiung, Suao, and Chenggong, for 2005 to 2007 are calculated by the traditional Harmonic Analysis method (HA) and the modified Harmonic Analysis method (HAP) considering atmospheric pressure variations.

Some conclusions are obtained in the study. When a typhoon is strong and passes by or through the interested point, the storm surge is distinguished. Storm surge computed by HAP more approximates to direct computation from pressure depression than that by HA. While a typhoon, even passing through the interested station, is weak the storm is not apparent. Storm surges obtained by both HAP and HA seem unreasonable for the case. For one typhoon storm surges at Hsinchu and Taichung are similar but different from those at Suao and Chenggong. The whole storm surges are similar or different depending on waters and topography.

誌謝

承蒙恩師 張憲國教授兩年來的悉心教導與栽培，並在論文撰寫期間給予指導，使我在這兩年獲益匪淺。也感謝口試委員莊文傑博士、何良勝科長與林昭圭老師撥冗審閱，並在口試期間，給予指正與建議，使本論文更加地完善。

本論文的完成亦得感謝立青學長在博士班畢業後還能撥空關心，以及勁成學長、蔚瑋學長在百忙之中解答疑惑。而研究室的其他成員：刮鬍子比較有耐心的振傑同學、喜歡看日本妹的佳裕同學、認識很多學妹的瑞嘉學弟、遠在美國遊學的力豪學弟；以及已經畢業的學長們：程式強到暴表的彥廷學長、nike 球鞋多到如數家珍的景鉅學長，及常偷跑來學校使用網路、健身器材的明璋學長；與隔壁研究室愛賭博的玫豪學長、pub 打工的岡毅學長、愛看日劇的彥德同學、愛打魔獸的伯賢同學、有時候不知道在堅持什麼的信昱學弟、愛運動可是不会幫忙接電話的承祖學弟與其他叫不出名字的學弟，有你們的幫忙及搞笑，著實地替苦悶的研究生生活添加了不少的生氣。

還要感謝同期逸豪，每每在校園遇到你，讓我不再有獨在異鄉為異客的感覺，更感謝你用 Lexus 休旅車幫我搬家；感謝以前大學的室友亦宣讓我在海工研討會的時候不用一個人住在飯店裡，還在颱風天陪我逛街；感謝高中好友偉瑜、瑋瑩、樺晏偶爾一次的小聚會，讓我能夠真正的開心大笑；以及曾跟我當過室友的妳們，因為有妳們才能讓我在陽剛味十足的生活中發現校園裡並不是只有我一個女生…

另外，感謝 PTT 合購版讓我在兩點移動的路線中能夠藉機認識校園、認識新竹，並接觸到研究室以外的其他人群。

再來要特別感謝我的父母，讓我能夠衣食無虞的完成學業；感謝在新竹的叔叔，讓我剛到新竹時有地方住，還提供我腳踏車；也感謝隱藏角色對我的關懷以及陪伴。

最後，感謝所有知道我在感謝你們的你！

目錄

中文摘要.....	ii
英文摘要.....	iii
誌謝.....	iv
目錄.....	i
圖目錄.....	iii
表目錄.....	v
符號說明.....	vii
第一章 緒論.....	1
1-1 研究動機與目的.....	1
1-2 文獻回顧.....	1
1-3 文章架構.....	4
第二章 潮汐理論與氣壓影響暴潮偏差之分析.....	5
2-1 潮汐現象及研究方法.....	5
2-2 氣壓與颱風暴潮之關係.....	8
2-2-1 加入傳統取得暴潮偏差之模擬潮汐.....	9
2-2-2 降低低頻能量及加入常態分布暴潮偏差之模擬潮汐.....	11
2-2-3 加入低能量雜訊之模擬潮汐.....	14
第三章 台灣沿岸測站潮汐、氣壓及颱風特性之分析.....	18
3-1 台灣沿岸測站潮型分析.....	18
3-2 2005 年至 2007 年侵台颱風及各測站資料.....	21
3-3 颱風對暴潮偏差之影響.....	24

第四章 推估暴潮偏差之比較	32
4-1 推估全年暴潮偏差之比較	32
4-2 推估各場颱風暴潮偏差之比較	38
第五章 結論與建議	52
參考文獻	53
附表 1 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測	55



圖目錄

圖 2-1	分潮曲線示意圖	7
圖 2-2	分離暴潮偏差之流程圖	8
圖 2-3	加入傳統取得暴潮偏差之模擬潮汐流程圖	10
圖 2-4	颱風期間之暴潮偏差的比較圖	10
圖 2-5	全年之暴潮偏差的比較圖	11
圖 2-6	1989 年模擬之潮汐資料(D)	12
圖 2-7	尚未處理之分潮的調和分量 a_i 、 b_i 之值	12
圖 2-8	降低天文潮低頻能量及加入常態分布暴潮偏差之模擬潮汐 流程圖	13
圖 2-9	颱風期間之暴潮偏差的比較圖	13
圖 2-10	全年之暴潮偏差的比較圖	14
圖 2-11	利用 Kernel Smoothing Method 分析擾動分布圖	15
圖 2-12	模擬氣壓影響之低能量雜訊及平滑移動結果	16
圖 2-13	加入低能量雜訊之人造模擬潮汐流程圖	16
圖 2-14	颱風期間之暴潮偏差的比較圖	17
圖 2-15	全年之暴潮偏差的比較圖	17
圖 3-1	台灣四周沿岸測站地理位置圖	19
圖 3-2	台灣沿岸測站之潮型分析圖	19
圖 3-3	2005 年至 2007 年新竹測站之全年氣壓變化圖	27
圖 3-4	2005 年至 2007 年台中測站之全年氣壓變化圖	28
圖 3-5	2005 年至 2007 年高雄測站之全年氣壓變化圖	29

圖 3- 6	2005 年至 2007 年蘇澳測站之全年氣壓變化圖	30
圖 3- 7	2005 年至 2007 年成功測站之全年氣壓變化圖	31
圖 4- 1	2005 年至 2007 年新竹測站以三種方法所分析之暴潮位預測 歷時變化比較圖	33
圖 4- 2	2005 年至 2007 年台中測站以三種方法所分析之暴潮位預測 歷時變化比較圖	34
圖 4- 3	2005 年至 2007 年高雄測站以三種方法所分析之暴潮位預測 歷時變化比較圖	35
圖 4- 4	2005 年至 2007 年蘇澳測站以三種方法所分析之暴潮位預測 歷時變化比較圖	36
圖 4- 5	2005 年至 2007 年成功測站以三種方法所分析之暴潮位預測 歷時變化比較圖	37
圖 4- 6	颱風路徑圖(資料來源：中央氣象局)	40



表目錄

表 3-1	六十分潮名稱及角頻率表	20
表 3-2	2005 年至 2007 年中央氣象局曾發布警報的颱風資料	22
表 3-3	2005 年至 2007 年台灣沿岸測站平均潮位、平均氣壓、氣壓 轉換係數及資料缺漏率	23
表 4-1	推算新竹測站 2005 年至 2007 年各場颱風暴潮偏差之比較表	41
表 4-2	推算台中測站 2005 年至 2007 年各場颱風暴潮偏差之比較表	42
表 4-3	推算高雄測站 2005 年至 2007 年各場颱風暴潮偏差之比較表	43
表 4-4	推算蘇澳測站 2005 年至 2007 年各場颱風暴潮偏差之比較表	44
表 4-5	推算成功測站 2005 年至 2007 年各場颱風暴潮偏差之比較表	45
表 4-6	2005 年新竹測站暴潮偏差預測-海棠颱風、泰利颱風	46
表 4-7	2007 年成功與蘇澳測站暴潮偏差預測-聖帕、柯羅莎颱風	47
表 4-8	2005 年蘇澳與台中測站暴潮偏差預測-珊瑚、卡努颱風	48
表 4-9	2005 年台灣沿岸五個測站的暴潮偏差-泰利颱風	49
表 4-10	2005 年台灣沿岸五個測站的暴潮偏差-丹瑞颱風	50
表 4-11	新竹、台中與蘇澳測站暴潮偏差預測-龍王颱風、珊珊颱風	51
附表 1-1	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-海棠(HAITANG)	55
附表 1-2	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-馬莎(MATSA)	56

附表 1-3	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-珊瑚(SANVU).....	57
附表 1-4	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-泰利(TALIM)	58
附表 1-5	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-卡努(KHANUM).....	59
附表 1-6	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-丹瑞(DAMREY)	60
附表 1-7	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-龍王(LONGWANG).....	61
附表 1-8	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-珍珠(CHANCHU).....	62
附表 1-9	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-艾維尼(EWINIAR)	63
附表 1-10	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-碧利斯(BILIS).....	64
附表 1-11	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-凱米(KAEMI).....	65
附表 1-12	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-桑美(SAOMAI).....	66
附表 1-13	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-寶發(BOPHA)	67
附表 1-14	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-珊珊(SHANSHAN).....	68
附表 1-15	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-帕布(PABUK).....	69
附表 1-16	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-梧提(WUTIP).....	70
附表 1-17	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-聖帕(SEPAT)	71
附表 1-18	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-韋帕(WIPHA).....	72
附表 1-19	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-柯羅莎(KROSA)	73
附表 1-20	台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-米塔(MITAG).....	74

符號說明

Y	潮汐高度
y	分潮潮高
H_0	平均海水面
M	分潮個數
f	修正係數 (Factor of Reduction)
H	分潮振幅
ω	分潮角速度
t	時間
$(V_0 + u)$	平衡引數 (Equilibrium Argument)
k	遲角 (phase angle)
C_p	氣壓轉換係數
ρ	海水密度
g	重力加速度
P_i	逐時氣壓
\bar{P}	平均氣壓
ΔP_i	逐時氣壓與平均氣壓之差
Δy_p	氣壓反算暴潮偏差的最大值
Δy_{HA}	傳統方法 HA 求得的暴潮偏差最大值
Δy_{HAP}	新方法 HAP 求得的暴潮偏差最大值
a_i, b_i	分潮之調和分量
$\bar{\eta}$	年平均潮汐水位

第一章 緒論

1-1 研究動機與目的

在海岸工程的應用上，最高海水位是海堤設計及洪患防治的重要參數，而計算最高海水面時要考慮到潮差及暴潮，即最高海水面＝平均海水面＋平均高潮位＋暴潮。故港灣工程結構物設計水位時，除潮汐資料外，尚須考慮當地之暴潮偏差。

傳統上，颱風期間暴潮位的變化，一般係採用實測潮位扣除預報的天文潮位方法來加以計算，因此，預報天文潮位的準確性，將會明顯影響到所分離出的暴潮位的精度。

颱風暴潮是由低氣壓吸引及風應力推送海水所造成的水位抬升，傳統調和分析法(harmonic analysis method)並無考慮氣壓對水位造成的影響部分，故本研究利用調和分析法將資料有缺漏的部分進行補遺，並加入氣壓對潮汐的影響來作暴潮偏差的預測，以及分析台灣沿岸地區不同測站在年平均潮位、氣壓，及氣壓轉換係數的關係，並比較其暴潮偏差分離傳統調和分析方法與加入氣壓影響的方法之差異。

1-2 文獻回顧

由於天文潮位預測的準確性將會影響到所分離出的暴潮位的精度。張、黃(2001)利用 TOPEX/POSEIDON(T/P)衛星測高計算鼻頭角、新竹、後壁湖三個不同潮型的潮汐，並與實測資料比較，發現 T/P 潮汐模式預測對近岸潮汐具有較均勻的誤差，並發現實測資料因含有氣溫影響的季節性因素，須先利用移動平均法將其扣除。張等(2006)則針對淡水、東石、蟬廣嘴及成功自 1999 年到 2004 年潮位資料進行潮位預測精度改進之探討，結果去除實測水位中受颱風影響的部分可提升潮位預測的精度，且潮位預測的誤差均方根會隨著缺漏資料增加而變大。隔年，張等(2007)利用北部-淡水河口、中部-東石、南部-高雄、東部-成功及離島-澎湖等測站 1994 年至 2003 年共 10 年的潮位資料，依據不同時間長度潮位實測資料進行各種期間潮汐預測，比較精度差異，研究顯示以三個月以上完整的觀測資料來預測未來一年至十年等

不同時間段潮汐，其精確度大致在一可接受範圍；而以較長期觀測資料進行潮汐預測所達到的精確度，優於使用較短期觀測資料的成果。

黃(2005)更針對長期潮位觀測資料設計不同之連續缺漏率，經由缺漏補遺結果與原始潮位資料之比較，探討資料缺漏率對補遺準確性之影響，並建議以 2 年以上觀測長度進行潮位缺漏補遺，可獲得較佳的結果。莊等(2006)提出調和內差補遺(HIS)方法，藉以針對當資料中存在不定期間之斷續缺漏情況時，應用該調和內差補遺方法可準確達成天文潮位之補遺；而當實測潮位紀錄無資料缺漏情況時，在特定之氣象具明顯變化或颱風期間，透過假性缺漏期間的營造，除可純化實測潮位之天文潮變化特性外，尚可準確地應用於颱風期間的暴潮位萃取。莊等(2007)更針對基隆及高雄驗潮站 1989 年至 1991 年之實測潮位紀錄，應用自動選定主要天文潮分潮組合之 IOS 模式，與設定 60 個固定主要分潮之 IHA 模式及設定 13 個固定主要分潮之 HIS 模式，分別進行分年短期間之潮位分析並作自身預報及他年預報，由準確性比較研判，IHA 模式及 HIS 模式彼此間不僅準確性相當，甚且比 IOS 模式具有較高的準確性。此外，亦就分年缺漏實測潮位的內差補遺準確性進行評估，在容許缺漏率達 40%且相關係數高於 0.92 的限界條件下，HIS 模式比 IHA 模式略佳。

在暴潮偏差方面，鄭(2003)選用梗枋、成功、東石及蟬廣嘴等測站在 1993 年至 2000 年期間的潮汐資料及當時的颱風資料，分析暴潮偏差及其與颱風特性的關係，模擬結果顯示暴潮預測經驗模式在台灣東部宜蘭縣梗枋站及台東縣成功站的暴潮模擬效果較好，在台灣南部屏東縣蟬廣嘴站的暴潮模擬效果尚可，而台灣西部嘉義縣東石站的暴潮模擬效果最差。馮等(2005)及邱等(2006)則利用 POM 模式，針對台灣海域進行颱風暴潮推算，並分析不同的外在條件對颱風暴潮推算的影響程度。

在颱風路徑與測站距離對暴潮影響方面，李等(2003)針對 1994 年至 1996 年間 3 個不同路徑颱風在海岸地區引致的暴潮分布進行模擬計算，並分別與北部及東部 8 個現場水位測站之實測資料進行比對，模擬計算與實測值分析所得結果比較顯示，在最大風速半徑內數

值模擬值與實測分析值相關性較高；而遠離颱風中心的測站，所計算出來的暴潮數值較小。邱(2007)為探討颱風暴潮與颱風中心至測站距離及颱風移動速度的迴歸關係，蒐集整理 1992 年至 2004 年間台灣四周沿岸 23 個測站之水位資料，探討在不同颱風強度及路徑情況下，暴潮大小與颱風中心至測站距離的迴歸關係，另增加考慮颱風移動速度，進行颱風暴潮與颱風中心至測站距離及颱風移動速度的多變量迴歸分析，由研究結果得知，單一測站、區域及區域多變量迴歸分析所建立的颱風暴潮推估關係式，均能合理的推算出強烈及中度颱風所產生的暴潮狀況，而輕度颱風的相關性則較不明確，但區域多變量迴歸分析結果最為理想，由單一測站得到的成果只能適用於該測站，而利用區域性迴歸模式所推估的暴潮關係式可應用在同一區域內。

另外，在氣壓與暴潮位間的關係，Ding 等 (2001)首先針對香港北岬(North Point)驗潮站總計長達 32 年的實測潮位紀錄，結合氣壓的影響因素，應用調和分析法，據以研究香港長期的海面平均水位變動趨勢。吳(2004)主要研究氣壓與風剪應力對颱風暴潮所造成的效應，從實測資料分析配合數值推算以了解颱風暴潮的特性，以颱風西進台灣路徑為例，此路徑造成最大暴潮偏差主要是由氣壓所引起，氣壓的效應隨著距離在空間上呈現指數分布；當颱風沿東部海域前進時，此路徑造成最大暴潮偏差主要是由風剪應力所引起。黃等(2005)蒐集三種模型風場及三種氣壓分布的形狀參數代入二維淺水波方程式模擬暴潮，藉由模擬與實測潮位的比較結果，選擇較適合台灣北部暴潮模擬的風場及氣壓場，此外，一旦颱風登陸致使風場及氣壓場因登陸而變形後，暴潮模擬則開始偏離實測值。Gil 和 De Toro (2005)認為利用 IBE (inverted barometer effect)可以濾出氣壓與氣象因素所造成的長期擾動現象。莊等(2007)則針對臺灣東部蘇澳、花蓮、及成功等驗潮站 2001 年至 2005 年的實測潮位紀錄，結合岸際氣象測候站之實測氣壓，提出「純化天文潮位法」及「移動平均法」，據以準確有效地自分年逐時實測潮位紀錄中，達成天文潮位與氣象潮位的分離及萃取目標。此外，依據岸際氣壓高低變化與海面氣象潮位昇降變化之直接關係，建構簡單的迴歸經驗公式，應用於臺灣東海岸颱風期間暴潮位歷程變化的預報。

1-3 文章架構

本研究目的主要在比較調和分析法結合氣壓與否對潮汐的影響來提升暴潮偏差的預測，以及台灣地區不同測站在年平均潮位、氣壓，及氣壓轉換係數的關係，並分析其分離暴潮偏差傳統調和分析法與加入氣壓影響的方法之差異。內容共分為五個章節，分別敘述如下：

第一章：緒論，說明研究動機及目的，並回顧相關研究之成果。

第二章：潮汐理論與氣壓影響暴潮偏差分析，說明本研究之理論基礎及研究方法，並初步驗證氣壓對暴潮偏差的影響。

第三章：台灣沿岸測站潮汐、氣壓及颱風特性分析，利用調和分析法分析台灣沿岸各測站潮型，並列出 2005 年至 2007 年有發布海上颱風警報的颱風資料，試圖說明颱風對台灣沿岸測站之影響，以及颱風期間氣壓與暴潮偏差之關係。

第四章：推估台灣沿岸測站暴潮位方法的比較，利用傳統調和分析法與結合氣壓影響之調和分析法推估台灣沿岸測站全年暴潮偏差，並對各場颱風期間之暴潮偏差作比較。

第五章：結論與建議，根據前文分析的結果作綜合歸納。

第二章 潮汐理論與氣壓影響暴潮偏差之分析

2-1 潮汐現象及研究方法

潮汐現象依其組成分潮之不同，大致可分為：太陰潮(lunar tides)、太陽潮(solar tides)、日月潮(lunisolar tides)、倍潮(over tides)、複合潮(compound tides)及氣象潮(meteorological tides)等。若依週期來分，有長週期潮、全日潮(diurnal tides)、半日潮(semi-diurnal tides)、1/3 日潮、1/4 日潮等。由太陰引潮力而發生的潮汐稱之太陰潮；太陽潮則是由太陽引潮力而發生的潮汐。當潮汐自深海傳向海岸過程中，會受到地形水深影響而產生倍潮及複合潮，使得潮汐運動的組成分量複雜。倍潮之角頻率為主要引潮力 M_2 及 S_2 分潮角頻率的整數倍，如 M_4 、 M_6 、 S_4 、 S_6 等分潮，而複合潮的角頻率為兩個以上主要分潮的和或差。引潮力之中，源自太陽及月亮(太陰)對地球表面水體的作用最顯著，其中以 M_2 (主太陰半日週期)、 S_2 (主太陽半日週期)、 K_1 (日合成日週期)及 O_1 (主太陰日週期)等為四個主要分潮，因此潮汐現象與月亮的朔望盈虧有密切關係，例如潮汐之半日潮週期約為 12.5 小時，潮波波長相當於半個地球週長，在同一地點之潮位漲落平均每日約延遲 50 分鐘。

此外，海面水位的變化亦包括氣象潮，其成因為大氣受太陽、月亮等星球之引力作用，產生大氣壓力之變化所引起之潮位變化，為長週期分量。由於颱風等異常低氣壓所引起，在數小時之間至一兩日以內的短時期水位異常變化，則稱為暴潮 (storm surge)。

本研究利用潮位資料分析最廣泛使用的調和分析法(harmonic analysis method) 來進行潮位資料的分析及預測。潮汐的變化是種週期函數，理論上可以將潮汐觀測資料分解成無數個不同振幅和週期的分潮，分潮的產生係由於地球周圍的行星與地球之間的相互吸引力，而使海面產生一種週期性的變化，每一個分潮則為簡單的時間調和函數，將這些分潮再重新組合就可以對潮汐進行預測。

調和分析法(harmonic analysis method，以下簡稱為 HA)乃應用牛

頓所提之平衡潮(equilibrium tide)理論為基礎。如圖 2-1 所示之某分潮曲線可表示如下之函數：

$$y(t) = f \cdot H \cdot \cos(\omega t + (V_0 + u) - k) \quad (2-1)$$

其中， $y(t)$ 為分潮之潮高， f 為修正係數； H 為分潮振幅； ω 為分潮角速度； $(V_0 + u)$ 為平衡引數； k 為遲角，意指圖 2-1 中相當於平衡潮理論推算與實際發生時間之間隔。其中振幅與遲角稱為調和常數，二者之大小隨地點而易，需由當地之潮汐觀測紀錄分析來決定，而修正係數、角速度及平衡引數等則與天體運動有關，可查表或計算得之。

假設某地任一時間的潮汐水位 $Y(t)$ 為各分潮潮高 $y(t)$ 之總合，表示如下：

$$Y(t) = H_0 + \sum_{i=1}^M y_i(t) = H_0 + \sum_{i=1}^M f_i H_i \cos(\omega_i t + (V_0 + u)_i - k_i) \quad (2-2)$$

H_0 為觀測資料期間之平均海水面，本研究以平均海水面為基準，故將 H_0 設為 0； M 為分潮個數； t 為時間，單位為小時。利用三角函數關係可轉換如下：

$$Y(t) = a_0 + \sum_{i=1}^M (a_i \cos \omega_i t - b_i \sin \omega_i t) \quad (2-3)$$

$a_0 = H_0$ ， $a_i = f_i \cdot H_i \cdot \cos[(V_0 + u)_i - k_i]$ ， $b_i = f_i \cdot H_i \cdot \sin[(V_0 + u)_i - k_i]$ ，單位均為公分。

參考 Ding et al. (2001) 結合氣壓影響因素的分析方法(以下簡稱為 HAP)，可將上式改為：

$$Y(t) = a_0 + \sum_{i=1}^M (a_i \cos \omega_i t - b_i \sin \omega_i t) + C_p \Delta P_i \quad (2-4)$$

其中 C_p 為氣壓轉換係數，單位為 cm/hPa，為使 C_p 無因次化，本研究將上式 $C_p \Delta P_i$ 改為 $C \Delta P_i / \rho g$ ； $\Delta P_i = P_i - \bar{P}$ 為逐時氣壓與平均氣壓之差，單位為 hPa； $1 / \rho g$ 為 0.99。結果如下式：

$$Y(t) = a_0 + \sum_{i=1}^M (a_i \cos \omega_i t - b_i \sin \omega_i t) + C \frac{\Delta P_i}{\rho g} \quad (2-5)$$

由於傳統取得暴潮位的方法為利用調和分析法(HA)求得天文潮後，再以實測潮位扣除之，故本研究將上式等式右方最後一項由氣壓直接反算暴潮偏差 $C \Delta P_i / \rho g$ 當作暴潮偏差標準，且 C 令其為 1。

本研究目的係利用傳統調和分析方法(HA)與加入氣壓影響之調和分析法(HAP)來比較求得的暴潮位之差異。本章節為初步評估傳統 HA 方法與加入氣壓影響之 HAP 方法在預測暴潮偏差潮位上的精確度，利用 HA 求得預報天文潮後，將其加入扣除實測資料所得之模擬暴潮以得一模擬潮汐資料，再扣除由 HA 求得的預報天文潮潮位，當作模擬的暴潮偏差，並以氣壓反算暴潮偏差 $C \Delta P_i / \rho g$ 比較其暴潮偏差分離傳統 HA 方法與結合氣壓的 HAP 方法之差異。其流程解說如圖 2-2。

至於 HA 及 HAP 與氣壓反算暴潮偏差 ($C \Delta P_i / \rho g$) 的誤差判別方式則為均方根誤差(Root Mean Square of Error, RMSE)與暴潮偏差尖峰值的比值 ($\Delta y_{HA} / \Delta y_P$ 與 $\Delta y_{HAP} / \Delta y_P$ ， Δy_P 為 $C \Delta P_i / \rho g$ 的暴潮偏差最大值， Δy_{HA} 與 Δy_{HAP} 分為傳統方法 HA 與新方法 HAP 求得的暴潮偏差最大值)。

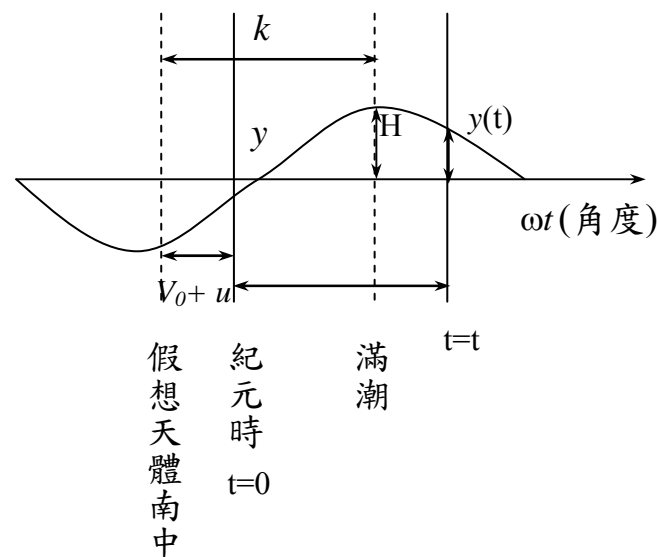


圖 2-1 分潮曲線示意圖

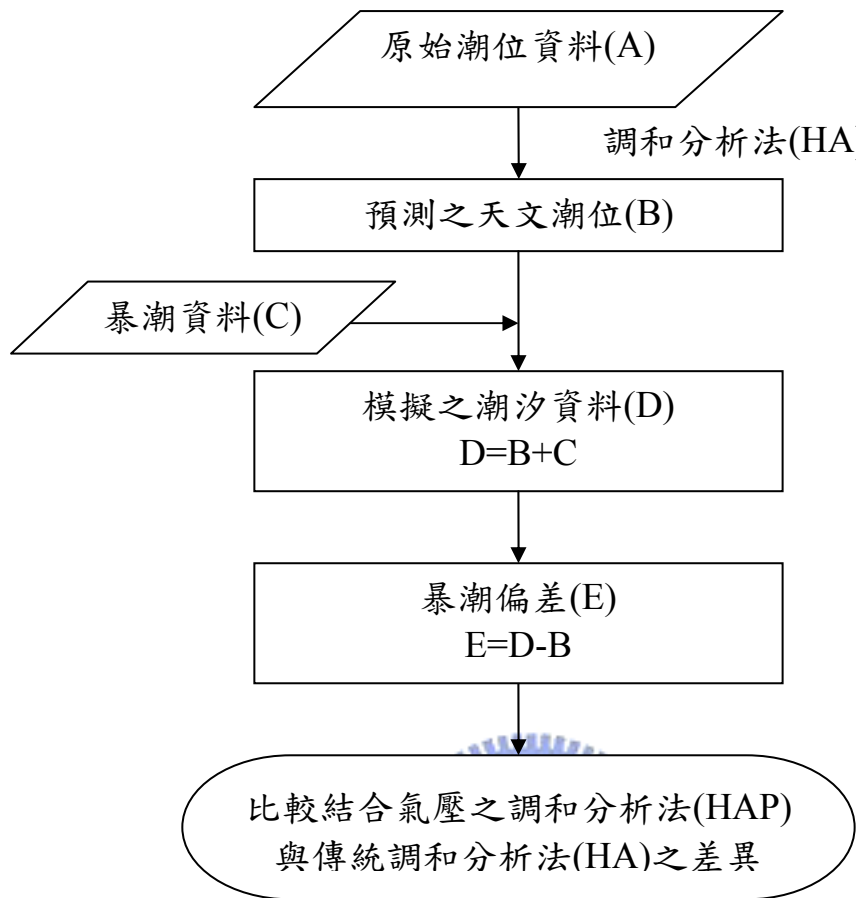


圖 2-2 分離暴潮偏差之流程圖

2-2 氣壓與颱風暴潮之關係

本節將探討氣壓對颱風暴潮的關係並初步驗證 HA 與 HAP 方法的差異。因為利用實測資料扣除而得的暴潮偏差與實測資料模擬的潮汐資料為已知之值，因此可探討三種方法分離暴潮偏差之能力。本節提出三種潮汐資料特性：一為以基隆原始潮汐資料經調和分析方法所得分潮再合成出人造模擬天文潮，再加入以傳統方法取得之暴潮偏差。第二種為第一種人造模擬天文潮中低頻部份能量降低，並加入常態分布之暴潮偏差。第三種為第二種合成而得的潮汐資料加入低能量之雜訊以模擬氣壓變化之影響量。

2-2-1 加入傳統取得暴潮偏差之模擬潮汐

將 1989 年基隆測站實測潮汐資料，經由 HA 得一預測天文潮資料，再在颱風期間加入基隆測站該年實際颱風期間之暴潮偏差，傳統取得暴潮位的方法為利用調和分析法(HA)求得天文潮後，再以實測潮位扣除之，且 1989 年中央氣象局發布侵台颱風只有莎拉 SARAH 颱風，由上述方法可得一模擬潮汐資料。比較 HA 及 HAP 分離之暴潮偏差的均方根誤差 RMSE 與尖峰值的比值 $\Delta y_{HA}/\Delta y_P$ 與 $\Delta y_{HAP}/\Delta y_P$ 。其流程解說如圖 2-3。

圖 2-4 為利用上述三種方法對颱風期間暴潮偏差預測的比較圖，橫座標為依據中央氣象局海上警報發布及解除時間，單位為小時，而該場颱風海上警報發布於 9 月 8 日上午 9 時 50 分，解除於 9 月 13 日下午 8 時 30 分，約在資料筆數第 6011 筆至第 6142 筆；縱座標為潮位變化，單位為公分。圖中點線部份為 HA 預測出的暴潮偏差，虛線為本研究結合氣壓影響之 HAP 的暴潮偏差預測，而實線部份為氣壓反算暴潮偏差 $C \Delta P_i / \rho g$ ， C 令其為 1。試比較 HA 及 HAP 與氣壓反算暴潮偏差的誤差，可以看出 HAP 預測明顯比傳統 HA 方法接近氣壓反算暴潮偏差。由 HAP 求出的氣壓轉換係數 C 為 0.985，HAP 與 HA 均方根誤差 RMSE 分別為 0.537 及 3.087；尖峰值之比值分別為 0.975 及 0.900。而圖 2-5 則為 1989 年全年預測的圖形變化。

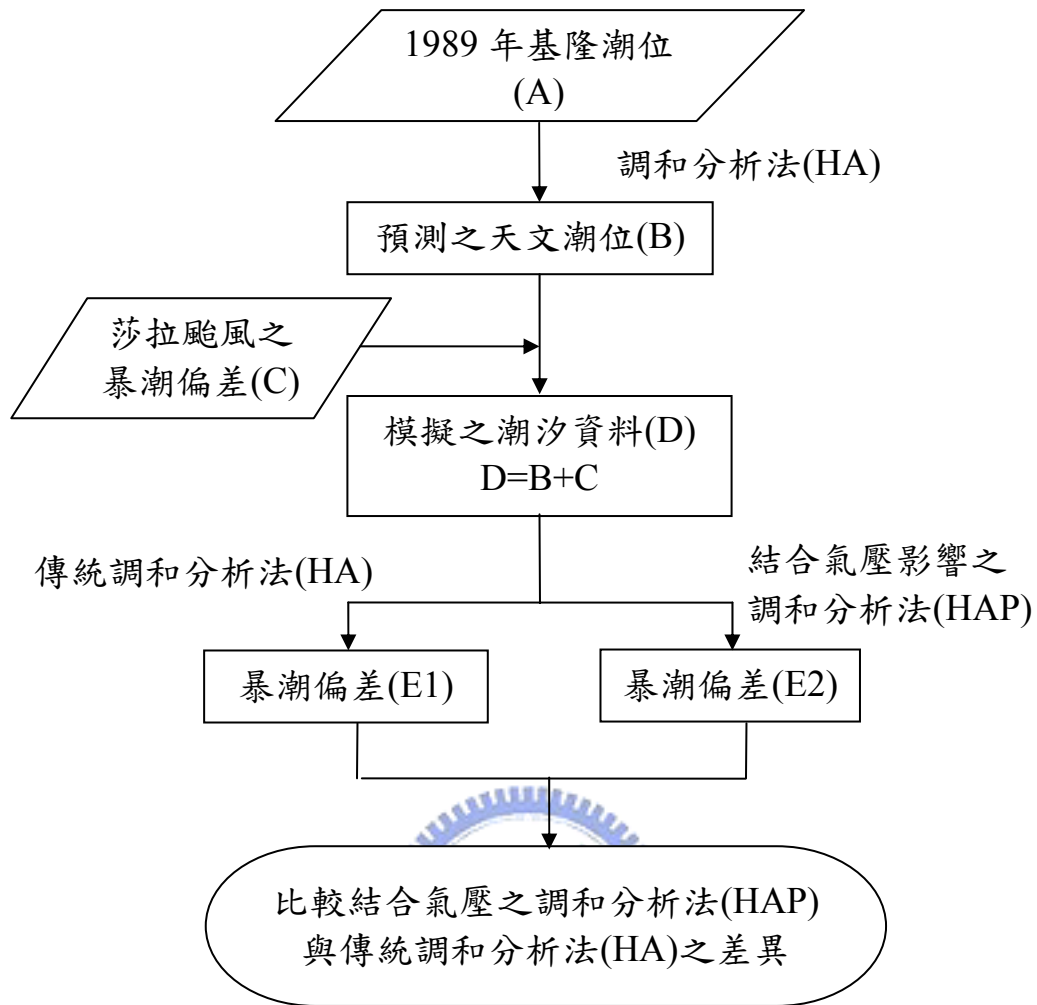


圖 2-3 加入傳統取得暴潮偏差之模擬潮汐流程圖

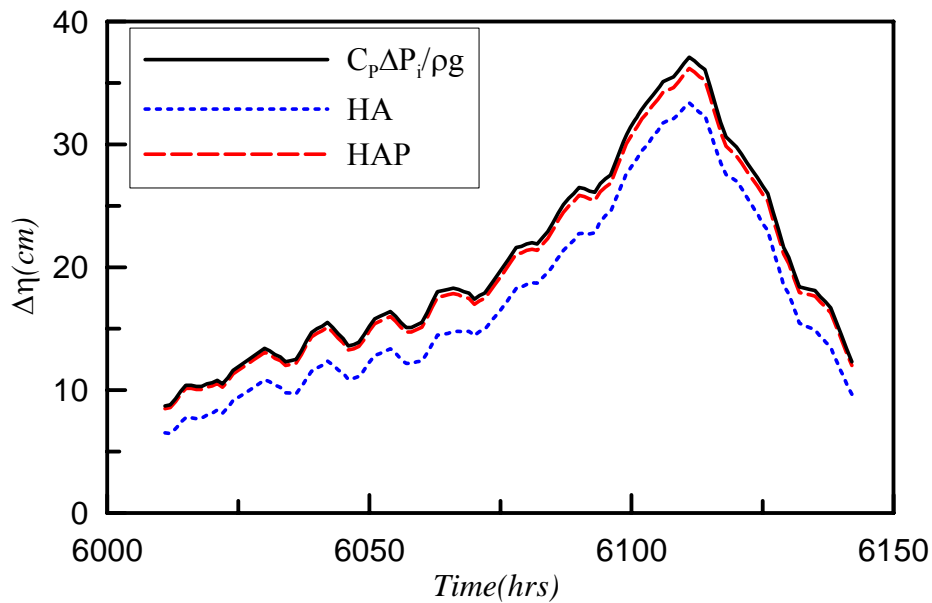


圖 2-4 颱風期間之暴潮偏差的比較圖

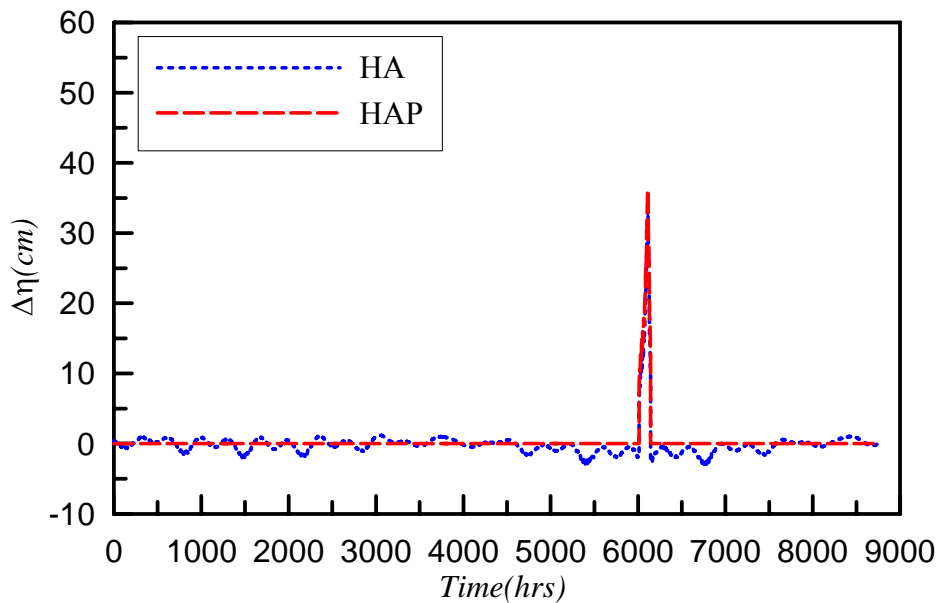


圖 2-5 全年之暴潮偏差的比較圖

2-2-2 降低低頻能量及加入常態分布暴潮偏差之模擬潮汐

由圖 2-4 顯示，模擬天文潮圖形在前後兩端資料不對稱且最高值未在正中間，有可能是影響結果的因素，故將 1989 年經模擬得之潮汐資料(D)畫成圖 2-6 檢視，故為去除圖中季節因素影響，將 1989 年基隆實測潮汐資料由 HA 得到之分潮之調和分量 a_i 、 b_i (可參考圖 2-7) 前三個分潮係數 a_i 、 b_i ($i=1\sim3$) 除以 10，得到去除主要分潮影響之天文潮，再給定一假設之模擬颱風期間，因颱風約莫在夏季來臨，故平均值取 6000，而實際暴潮偏差曲線接近於常態分布，且尖峰值約 30(cm)，故在該模擬期間加入模擬暴潮偏差 $-30(t-6000)^2/24^2$ ，得一模擬潮汐資料，再比較其 HA 及 HAP 所分離暴潮偏差之均方根誤差 RMSE、尖峰值的比值 $\Delta y_{HA}/\Delta y_P$ 與 $\Delta y_{HAP}/\Delta y_P$ 。其流程解說如圖 2-8。

圖 2-9 為利用三種方法對降低低頻能量及加入常態分布暴潮偏差之模擬潮汐求得的颱風期間之暴潮偏差比較圖，圖中可看出 HAP 仍然比 HA 方法好。且由 HAP 求出的氣壓轉換係數 C 為 0.993，比之前的結果更趨近於理論值 1，而 HAP 與 HAP 之 RMSE 分別為 0.101 及 1.436；尖峰值之比值分別為 0.993 及 0.947。

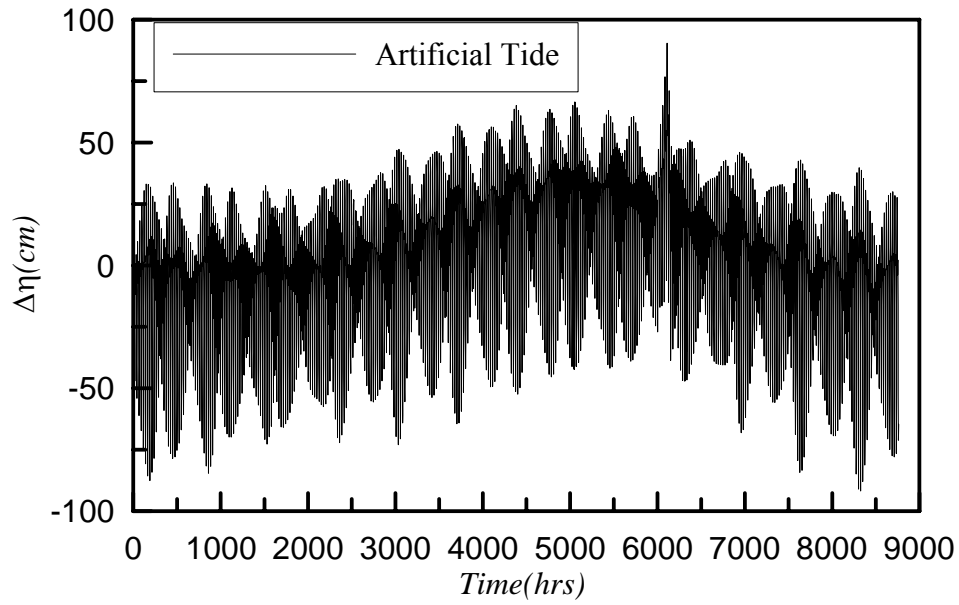


圖 2-6 1989 年模擬之潮汐資料(D)

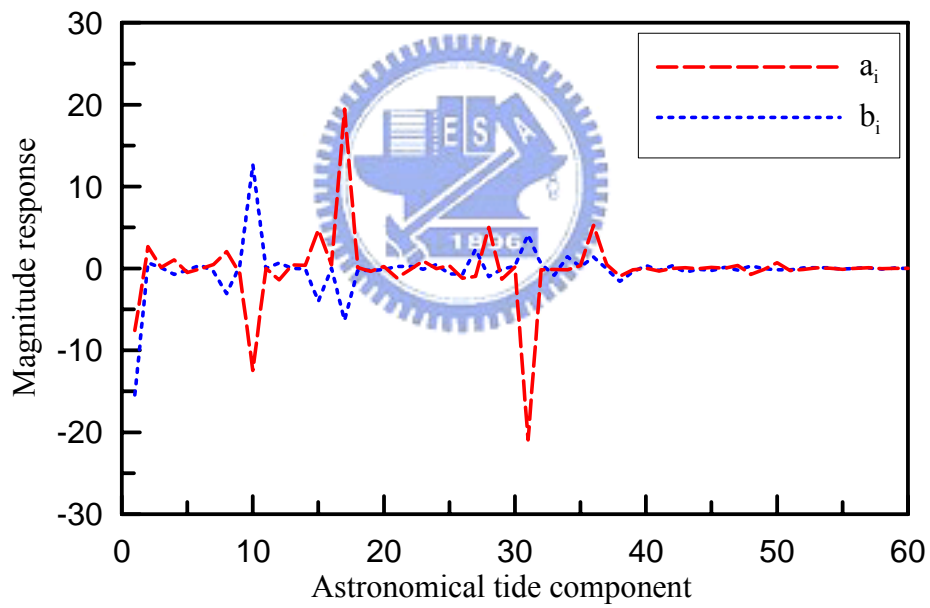


圖 2-7 尚未處理之分潮的調和分量 a_i 、 b_i 之值

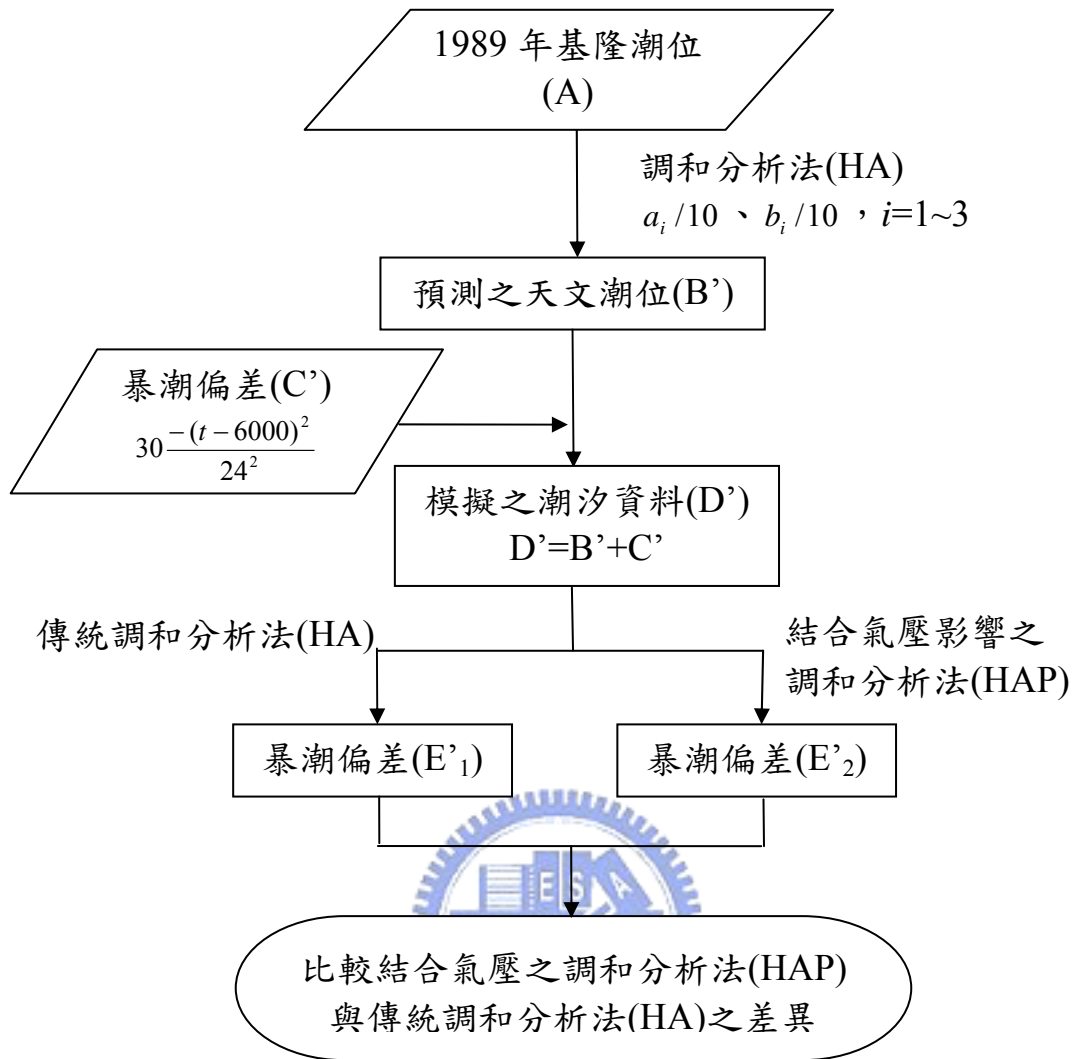


圖 2-8 降低天文潮低頻能量及加入常態分布暴潮偏差之模擬潮汐
流程圖

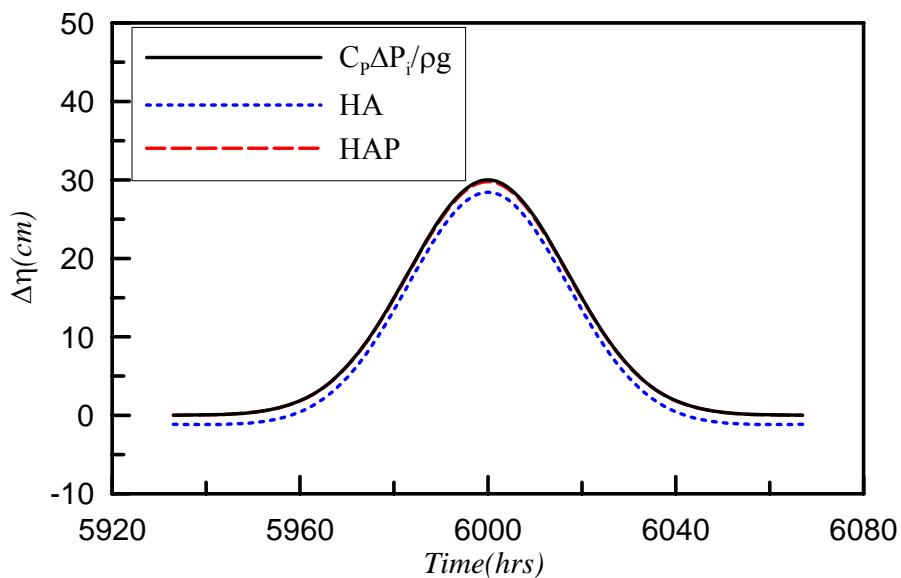


圖 2-9 颱風期間之暴潮偏差的比較圖

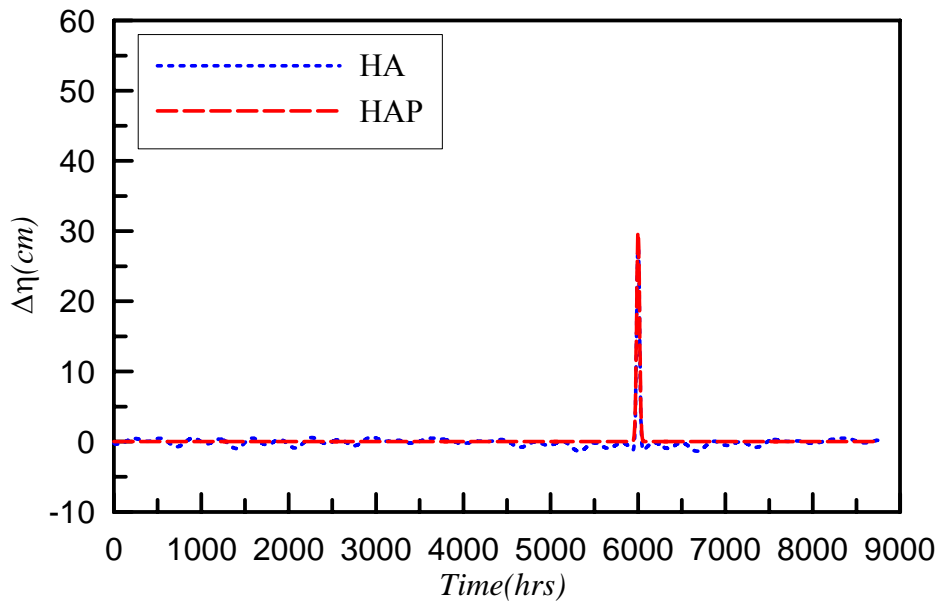


圖 2-10 全年之暴潮偏差的比較圖

2-2-3 加入低能量雜訊之模擬潮汐

其結果實際上潮汐會受氣壓因素影響而產生氣象潮(meteorological tides)，此量比天文潮小，因此在潮汐資料中，此氣象潮可視為一個擾動量(noise)。圖 2-10 為上段方法求得之全年暴潮偏差比較圖，可看出 HA 方法濾除天文潮後的殘餘量顯示有擾動現象，且其擾動振幅約在 ± 1 (cm)之間。若欲分析擾動的分布特性可由統計學理論中之一種參數推估平滑方式(Kernel Smoothing Method)，來決定合適的機率密度函數，示如圖 2-11。圖 2-11 中，實線為所得的氣壓擾動 Ksdensity 圖，虛線為以常態分布套配氣壓擾動量所得之分布曲線。由圖可知此擾動的分布接近於常態分布(Normal distribution)。

圖 2-12 則為模擬氣壓影響之低能量雜訊及平滑移動結果圖，藍色實線為基隆 1989 年實測暴潮偏差(ΔP)的移動平均，除了颱風來臨期間(圖 2-12 中第 6011 筆至第 6142 筆)有抬升現象外，其餘皆接近常態分布；而紅色實線則是以常態分布之亂數模擬的低能量雜訊。故在上述模擬出的潮汐資料中，再加入以常態分布亂數模擬的低能量雜訊影響(紅色實線)，得一加入擾動影響之模擬潮汐資料，再比較其 HA

與 HAP 所分離暴潮偏差之均方根誤差(RMSE)、尖峰值的比值 $\Delta y_{HA}/\Delta y_P$ 與 $\Delta y_{HAP}/\Delta y_P$ 。其流程解說如圖 2-13。

圖 2-14 為以三種方法對加入低能量雜訊之模擬潮汐作颱風期間之暴潮偏差的比較圖，圖中可看出 HAP 方法依舊是比較好的。由 HAP 求出的氣壓轉換係數 C 為 0.986，比之前結果為低，而 HAP 與 HA 方法之 RMSE 分別為 0.204 及 1.577；尖峰值之比值分別為 0.986 及 0.952。因為加入了氣壓影響，所以結果比未加入前為差，且 HA 方法曲線較不平滑。

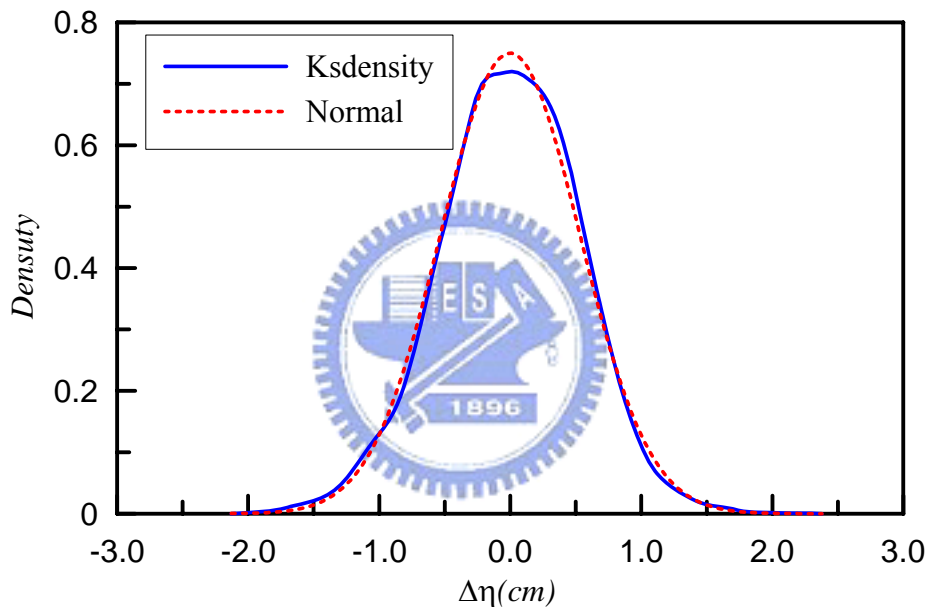


圖 2-11 利用 Kernel Smoothing Method 分析擾動分布圖

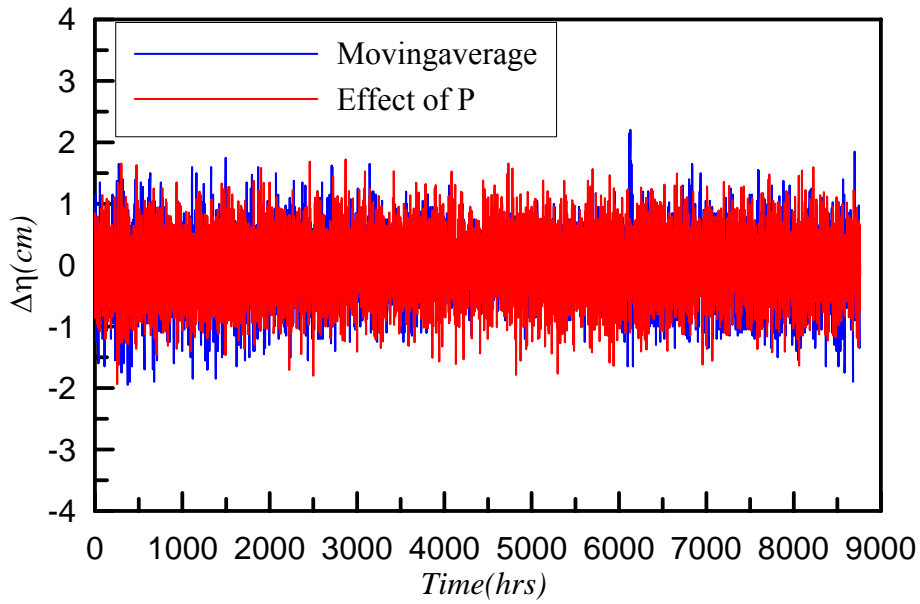


圖 2-12 模擬氣壓影響之低能量雜訊及平滑移動結果

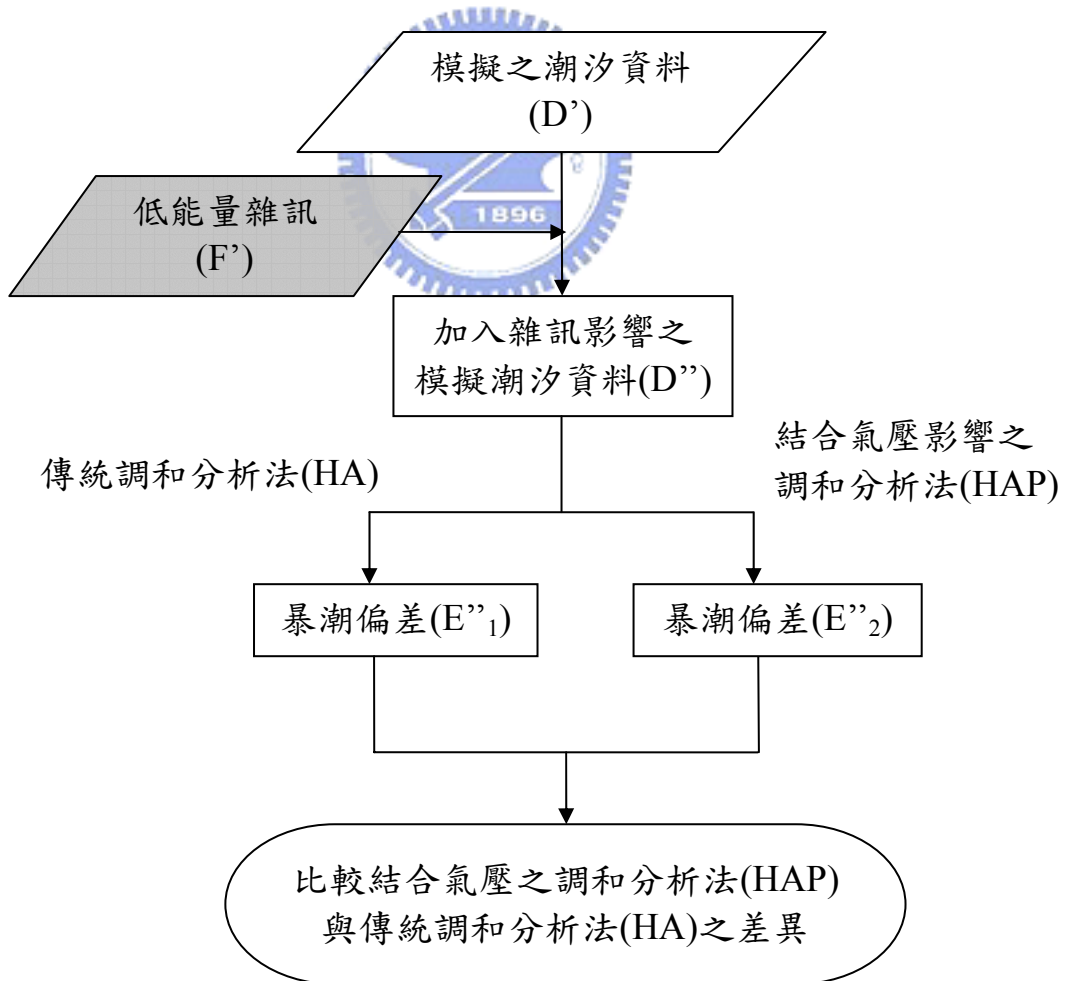


圖 2-13 加入低能量雜訊之人造模擬潮汐流程圖

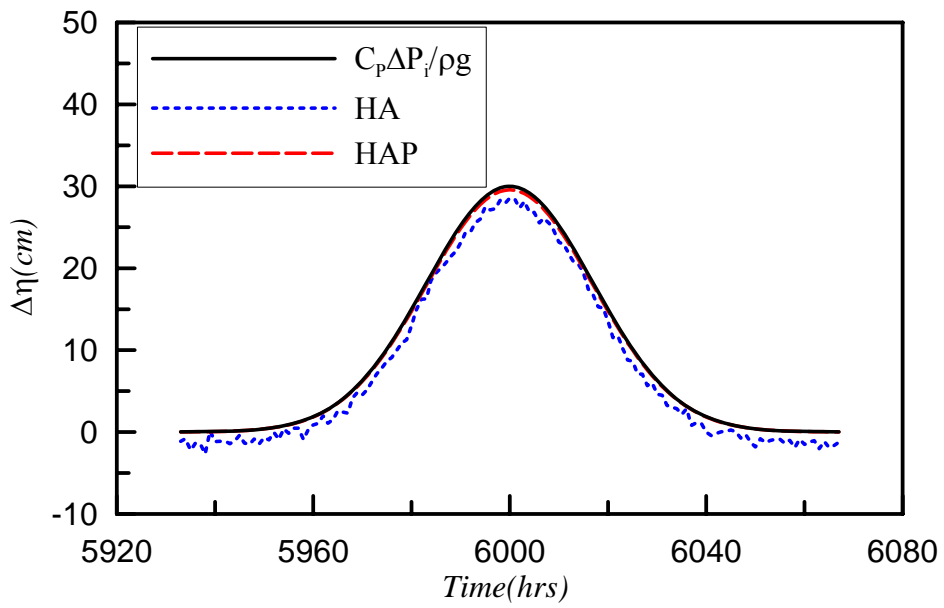


圖 2-14 颱風期間之暴潮偏差的比較圖

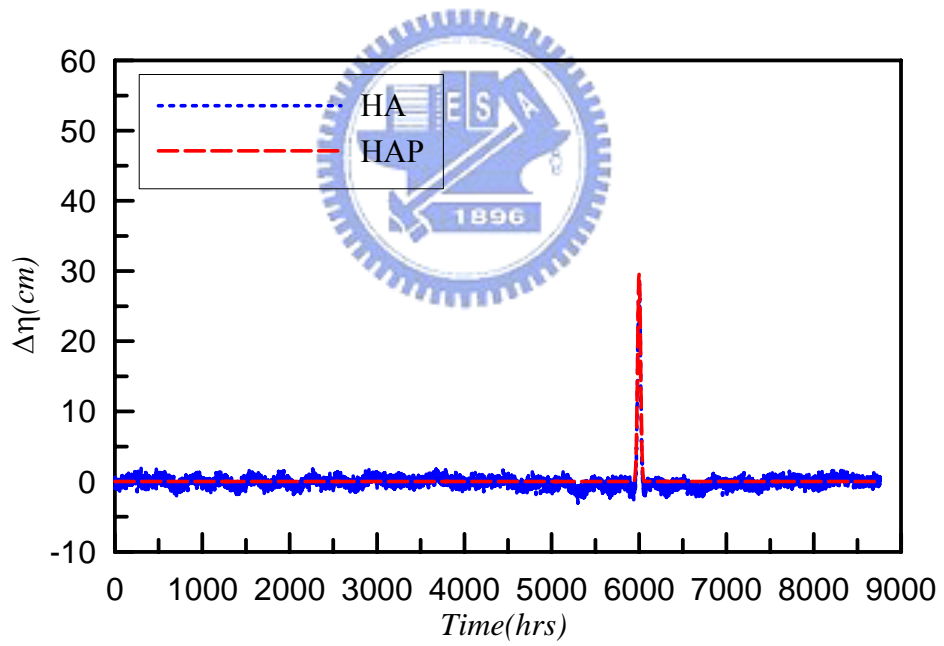


圖 2-15 全年之暴潮偏差的比較圖

第三章 台灣沿岸測站潮汐、氣壓及颱風特性之分析

3-1 台灣沿岸測站潮型分析

本研究蒐集台灣四周沿岸測站的潮位資料及氣壓資料共五組，西部由北而南依序為新竹(HC)、台中(TC)、高雄(KH)三個測站；東部為蘇澳(SA)與成功(CK)兩個測站。潮位測站資料來自中央氣象局海象測報中心，資料期間為 2005 年至 2007 年；氣壓測站資料來自大氣研究資料庫(Data Bank for Atmospheric Research, DBAR)。各測站地理位置圖如圖 3-1。

除了大氣研究資料庫提供的氣壓資料較完整外，潮位資料由於量測儀器或人為因素之故，使潮汐資料出現缺漏部分，本研究對於所收集的資料缺漏部分利用調和分析方法(HA)進行補遺，首先對資料缺漏部分給定任意潮位值，進行一年之調和分析並選取常用之 60 個分潮(可參考表 3-1)，將所求得之調和常數對缺漏資料進行預測，以此預測值替換先前給定之任意潮位值，重複上述步驟直至前次與當次之缺漏資料部分的誤差量為最小，即完成資料補遺可進行潮汐之分析。

潮汐的分析包括設計潮位基準及潮位預報，經由統計及調和分析可提供潮汐基準面及各分潮之調和常數，包括各分潮之振幅及相位角等。潮汐分析應基於長期且連續之觀測記錄，以增強分析結果的代表性，並可提供預測應用。由於潮汐為多種分潮的組成，因此對於一地之潮型可用分潮振幅比值 $(K_1+O_1)/(M_2+S_2)$ 來代表，比值小於 0.25，則視為半日潮型，大約 1.5 為全日潮型，其間則為混合潮型。亦有採用 $(K_1+O_1)/S_2$ 代表者，以該值小於 0.5 為半日潮型，大於 2.0 為全日潮型。

本研究潮型分析係採用法國制潮型 $(K_1+O_1)/(M_2+S_2)$ ，當比值小於 0.5 時，該地區潮型視為半日潮型，大於 1.25 者為全日潮型，若介於兩者之間則為混合潮型。由圖 3-2 可知，高雄測站屬於全日潮型，新竹、台中測站屬於半日潮型，而蘇澳和成功測站則接近混合潮型。

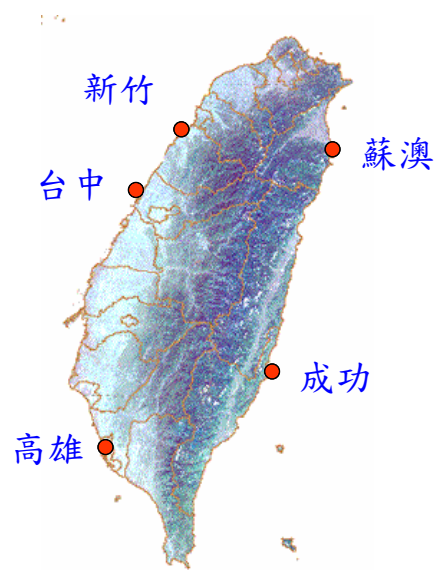


圖 3-1 台灣四周沿岸測站地理位置圖

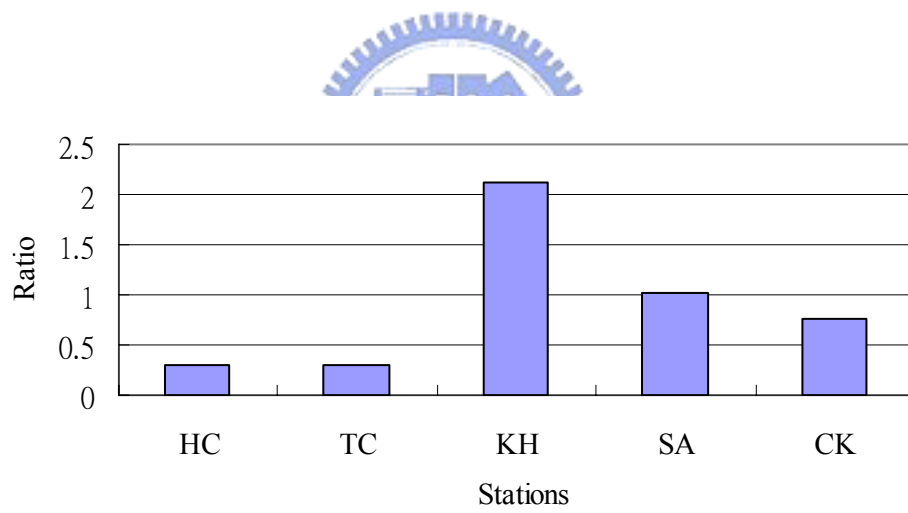


圖 3-2 台灣沿岸測站之潮型分析圖

表 3-1 六十分潮名稱及角頻率表

編號	分潮	角頻率($^{\circ}$ /hr)	編號	分潮	角頻率($^{\circ}$ /hr)
1	S_a	0.0410686	31	M_2	28.9841042
2	S_{sa}	0.0821373	32	MKS_2	29.0662415
3	M_m	0.5443747	33	λ_2	29.4556253
4	M_{sf}	1.0158958	34	L_2	29.5284789
5	M_f	1.0980331	35	T_2	29.9589333
6	$2Q_1$	12.8542862	36	S_2	30.0000000
7	σ_1	12.9271398	37	R_2	30.0410667
8	Q_1	13.3986609	38	K_2	30.0821373
9	ρ_1	13.4715145	39	MSN_2	30.5443747
10	O_1	13.9430356	40	KJ_2	30.6265120
11	MP_1	14.0251729	41	$2SM_2$	31.0158958
12	M_1	14.4920521	42	MO_3	42.9271398
13	χ_1	14.5695476	43	M_3	43.4761563
14	π_1	14.9178647	44	SO_3	43.9430356
15	P_1	14.9589314	45	MK_3	44.0251729
16	S_1	15.0000000	46	SK_3	45.0410686
17	K_1	15.0410686	47	MN_4	57.4238337
18	ψ_1	15.0821353	48	M_4	57.9682084
19	ϕ_1	15.1232059	49	SN_4	58.4397295
20	θ_1	15.5125897	50	MS_4	58.9841042
21	J_1	15.5854433	51	MK_4	59.0662415
22	SO_1	16.0569644	52	S_4	60.0000000
23	OO_1	16.1391017	53	SK_4	60.0821373
24	OQ_2	27.3416964	54	$2MN_6$	86.4079380
25	MNS_2	27.4238337	55	M_6	86.9523127
26	$2N_2$	27.8953548	56	MSN_6	87.4238337
27	μ_2	27.9682084	57	$2MS_6$	87.9682084
28	N_2	28.4397295	58	$2MK_6$	88.0503457
29	ν_2	28.5125831	59	$2SM_6$	88.9841042
30	OP_2	28.9019669	60	MSK_6	89.0662415

3-2 2005 年至 2007 年侵台颱風及各測站資料

本研究蒐集整理 2005 年至 2007 年中央氣象局曾發布警報的侵台颱風資料列如表 3- 2，及 2005 年至 2007 年台灣四周沿岸五個測站的潮位及氣壓資料，如表 3- 3，表中氣壓轉換係數 C 係由公式 $Y(t) = a_0 + \sum_{i=1}^M (a_i \cos \omega_i t - b_i \sin \omega_i t) + C \frac{\Delta P_i}{\rho g}$ 求得。

由表 3- 3 顯示，台灣東部的新竹測站之年平均潮位為 6 至 8 公分、平均氣壓為 1009 百帕、氣壓轉換係數為 1.2；台中測站之年平均潮位除了資料缺漏較多的 2007 年不足 10 公分外，2005 年及 2006 年為 13 至 15 公分、平均氣壓為 1002 百帕、氣壓轉換係數為 1.1 與 1.2；高雄測站之年平均潮位為 -7 至 -12 公分、平均氣壓為 1008 百帕、氣壓轉換係數為 0.9 至 1.1；而台灣東部蘇澳測站除了資料缺漏較多的 2005 年之年平均潮位接近 20 公分外，其餘兩年為 5 至 7 公分、平均氣壓為 1010 百帕、氣壓轉換係數為 0.7 至 1.0 之間；高雄測站之年平均潮位為 78 至 83 公分、平均氣壓為 1012 百帕、氣壓轉換係數分別為 0.8、0.5 及 1.0。

由台中測站及蘇澳測站得知，資料缺漏性與年平均潮位 $\bar{\eta}$ 有很大的關係：該年資料缺漏越多，該年年平均潮位與另外兩年年平均潮位之平均值差異越大。而在資料缺漏性甚小的情況下，同一測站的年平均潮位 $\bar{\eta}$ 、年平均氣壓 \bar{P} 與氣壓轉換係數 C 是極為相似的。往後在暴潮預測上，將可以利用同一測站任何一年的數據來進行推算，而本研究第四章之暴潮偏差推估上，為避免各原始測站資料缺漏性影響，故氣壓轉換係數 C 將採用三年的平均值來作計算。

表 3-2 2005 年至 2007 年中央氣象局曾發布警報的颱風資料

颱風編號	颱風名稱	路徑	海上警報時間	強度
200505	海棠(HAITANG)	3	07 月 16 日~07 月 20 日	強度
200509	馬莎(MATSA)	1	08 月 03 日~08 月 06 日	中度
200510	珊瑚(SANVU)	--	08 月 11 日~08 月 13 日	輕度
200513	泰利(TALIM)	3	08 月 30 日~09 月 01 日	強度
200515	卡努(KHANUM)	--	09 月 09 日~09 月 11 日	中度
200518	丹瑞(DAMREY)	--	09 月 21 日~09 月 23 日	輕度
200519	龍王(LONGWANG)	3	09 月 30 日~10 月 03 日	強度
200601	珍珠(CHANCHU)	9	05 月 16 日~05 月 18 日	中度
200603	艾維尼(EWINIAR)	--	07 月 07 日~07 月 09 日	中度
200604	碧利斯(BILIS)	2	07 月 12 日~07 月 15 日	輕度
200605	凱米(KAEMI)	3	07 月 23 日~07 月 26 日	中度
200608	桑美(SAOMAI)	--	08 月 09 日~08 月 10 日	中度
200609	寶發(BOPHA)	4	08 月 07 日~08 月 09 日	輕度
200613	珊珊(SHANSHAN)	--	09 月 14 日~09 月 16 日	中度
200706	帕布(PABUK)	--	08 月 06 日~08 月 08 日	輕度
200707	梧提(WUTIP)	--	08 月 08 日~08 月 09 日	輕度
200708	聖帕(SEPAT)	--	08 月 16 日~08 月 19 日	強度
200712	韋帕(WIPHA)	--	09 月 17 日~09 月 19 日	中度
200715	柯羅莎(KROSA)	--	10 月 04 日~10 月 07 日	強度
200723	米塔(MITAG)	--	11 月 26 日~11 月 27 日	中度

表 3-3 2005 年至 2007 年台灣沿岸測站平均潮位、平均氣壓、氣壓
轉換係數及資料缺漏率

新竹 (HC)	Year	$\bar{\eta}$ (cm)	\bar{P} (hPa)	C	資料缺漏(率)
	2005	6.8	1009.8	1.228	130 (1.5%)
	2006	8.1	1009.3	1.203	461 (5.3%)
	2007	5.6	1009.1	1.291	301 (3.4%)
台中 (TC)	Year	$\bar{\eta}$ (cm)	\bar{P} (hPa)	C	資料缺漏(率)
	2005	13.5	1002.8	1.279	39 (0.4%)
	2006	15.2	1002.5	1.130	175 (2.0%)
	2007	4.5	1002.4	1.231	499 (5.7%)
高雄 (KH)	Year	$\bar{\eta}$ (cm)	\bar{P} (hPa)	C	資料缺漏(率)
	2005	79.7	1012.1	0.798	3(0.0%)
	2006	82.9	1011.7	0.507	4 (0.0%)
	2007	78.4	1011.5	1.000	177 (2.0%)
蘇澳 (SA)	Year	$\bar{\eta}$ (cm)	\bar{P} (hPa)	C	資料缺漏(率)
	2005	18.7	1010.8	1.037	467 (5.3%)
	2006	7.4	1010.5	0.711	142 (1.6%)
	2007	5.1	1010.4	1.064	91 (1.1%)
成功 (CK)	Year	$\bar{\eta}$ (cm)	\bar{P} (hPa)	C	資料缺漏(率)
	2005	-10.2	1008.6	1.065	26 (0.3%)
	2006	-7.0	1008.2	0.927	69 (0.8%)
	2007	-12.5	1008.0	1.154	179(2.0%)

3-3 颱風對暴潮偏差之影響

本節將探討颱風來臨時，颱風對台灣沿岸測站在氣壓上的影響。圖 3-3 到圖 3-7 為台灣沿岸五個測站 2005 年至 2007 年的全年氣壓變化，橫座標為每小時一筆的時間序列，縱座標為氣壓變化，即年平均氣壓減去實測氣壓，英文字為該年氣壓有明顯變化所對應之颱風英文名稱。

圖 3-3 為新竹測站 2005 年至 2007 年全年實測氣壓減去年平均氣壓之氣壓變化圖，由表 3-3 可得新竹測站在 2005 年至 2007 年期間年平均氣壓分別為 1009.8 hPa、1009.3 hPa 及 1009.1 hPa，圖中低於三年年平均氣壓 1009.4 hPa 之明顯氣壓變化所對應的颱風名稱為海棠(HAITANG)、馬莎(MATSA)、泰利(TALIM)、龍王(LONGWANG)、珍珠(CHANCHU)、艾維尼(EWINIAR)、碧利斯(BILIS)、凱米(KAEMI)、桑美(SAOMAI)、珊珊(SHANSHAN)、聖帕(SEPAT)、韋帕(WIPHA)、柯羅莎(KROSA)、米塔(MITAG)。其中又以第 3 類侵台路徑的颱風海棠、泰利、龍王、凱米及第 2 類侵台路徑之碧利斯，與其他路徑之聖帕、韋帕、柯羅莎的颱風期間之氣壓變化最為明顯。

圖 3-4 為台中測站 2005 年至 2007 年全年實測氣壓減去年平均氣壓之氣壓變化圖，由表 3-3 可得台中測站在 2005 年至 2007 年期間年平均氣壓分別為 1002.8 hPa、1002.5 hPa 及 1002.4 hPa，圖中低於三年年平均氣壓 1002.6 hPa 之明顯氣壓變化所對應的颱風名稱為海棠(HAITANG)、馬莎(MATSA)、泰利(TALIM)、丹瑞(DAMREY)、龍王(LONGWANG)、艾維尼(EWINIAR)、碧利斯(BILIS)、凱米(KAEMI)、桑美(SAOMAI)、寶發(BOPHA)、珊珊(SHANSHAN)、聖帕(SEPAT)、韋帕(WIPHA)、柯羅莎(KROSA)、米塔(MITAG)。其中又以第 3 類侵台路徑的颱風海棠、泰利、龍王、凱米及第 2 類侵台路徑之碧利斯，與其他路徑之聖帕、柯羅莎的颱風期間之氣壓變化最為明顯。

圖 3-5 為高雄測站 2005 年至 2007 年全年實測氣壓減去年平均氣壓之氣壓變化圖，由表 3-3 可得高雄測站在 2005 年至 2007 年期間年平均氣壓分別為 1012.1 hPa、1011.7 hPa 及 1011.5 hPa，圖中低於三年

年平均氣壓 1011.8 hPa 之明顯氣壓變化所對應的颱風名稱為海棠(HAITANG)、馬莎(MATSA)、泰利(TALIM)、丹瑞(DAMREY)、龍王(LONGWANG)、艾維尼(EWINIAR)、碧利斯(BILIS)、凱米(KAEMI)、桑美(SAOMAI)、寶發(BOPHA)、珊珊(SHANSHAN)、帕布(PABUK)、梧提(WUTIP)、聖帕(SEPAT)、韋帕(WIPHA)、柯羅莎(KROSA)、米塔(MITAG)。其中又以第 3 類侵台路徑的颱風海棠、泰利、凱米及第 2 類侵台路徑之碧利斯，與其他路徑之聖帕、柯羅莎、米塔的颱風期間之氣壓變化最為明顯。

圖 3-6 為蘇澳測站 2005 年至 2007 年全年實測氣壓減去年平均氣壓之氣壓變化圖，由表 3-3 可得蘇澳測站在 2005 年至 2007 年期間年平均氣壓分別為 1010.8 hPa、1010.5 hPa 及 1010.4 hPa，圖中低於三年年平均氣壓 1010.6 hPa 之明顯氣壓變化所對應的颱風名稱為海棠(HAITANG)、馬莎(MATSA)、泰利(TALIM)、龍王(LONGWANG)、艾維尼(EWINIAR)、碧利斯(BILIS)、凱米(KAEMI)、桑美(SAOMAI)、寶發(BOPHA)、珊珊(SHANSHAN)、聖帕(SEPAT)、韋帕(WIPHA)、柯羅莎(KROSA)、米塔(MITAG)。其中又以第 3 類侵台路徑的颱風海棠、泰利，第 2 類侵台路徑之碧利斯及第 1 類侵台路徑馬莎，與其他路徑之韋帕、柯羅莎的颱風期間之氣壓變化最為明顯。

圖 3-7 為成功測站 2005 年至 2007 年全年實測氣壓減去年平均氣壓之氣壓變化圖，由表 3-3 可得成功測站在 2005 年至 2007 年期間年平均氣壓分別為 1008.6 hPa、1008.2 hPa 及 1008.0 hPa，圖中低於三年年平均氣壓 1008.3 hPa 之明顯氣壓變化所對應的颱風名稱為海棠(HAITANG)、馬莎(MATSA)、泰利(TALIM)、龍王(LONGWANG)、艾維尼(EWINIAR)、碧利斯(BILIS)、凱米(KAEMI)、桑美(SAOMAI)、寶發(BOPHA)、珊珊(SHANSHAN)、聖帕(SEPAT)、韋帕(WIPHA)、柯羅莎(KROSA)、米塔(MITAG)。其中又以第 3 類侵台路徑的颱風海棠、泰利、龍王、凱米，第 2 類侵台路徑之碧利斯及第 1 類侵台路徑馬莎，與其他路徑之桑美、聖帕、韋帕、柯羅莎的颱風期間之氣壓變化最為明顯。

由上述說明可得，海棠與泰利颱風在強度上均為強烈颱風，且侵

台路徑為第 3 類，對本研究設定之五個測站在氣壓變化上均有明顯影響；龍王颱風亦為強烈颱風，侵台路徑為第 3 類，除了高雄與蘇澳測站外，對新竹、台中及成功測站在氣壓變化上亦產生明顯之影響；而同樣是強烈颱風的柯羅莎，雖然侵台路徑未被分類，但仍然對台灣沿岸五個測站造成明顯的氣壓變化；聖帕颱風與柯羅莎颱風特性相似，為強烈颱風且侵台路徑未被分類，除行徑路線較為偏南未經過蘇澳測站外，其餘蘇澳以外的四個測站皆被其影響產生明顯的氣壓變化；而凱米颱風雖被歸類為中度颱風，但其侵台路徑為第 3 類，除蘇澳測站外，其餘四個測站均造成影響；碧利斯颱風強度則為輕微，侵台路徑為第 2 路徑，但仍然對台灣沿岸的五個測站在氣壓變化上造成很大的影響。

且由圖 3-3 到圖 3-7 可看出颱風期間颱風對氣壓的影響，並推估氣壓與潮汐成負相關，即颱風來臨，氣壓下降，潮汐水位上升。因此本節歸納氣壓對暴潮偏差有絕對的影響，且颱風強度與颱風路徑為影響台灣沿岸測站氣壓的主要關鍵。



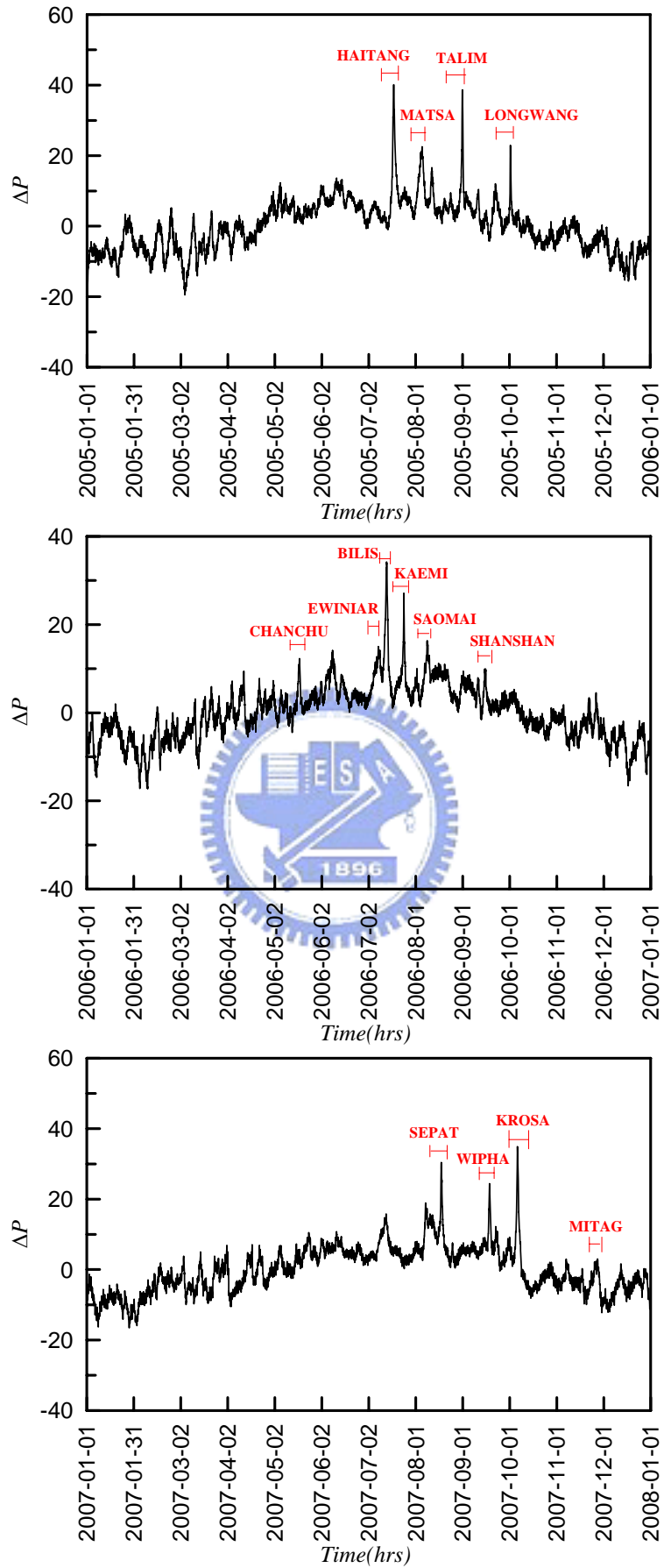


圖 3-3 2005 年至 2007 年新竹測站之全年氣壓變化圖

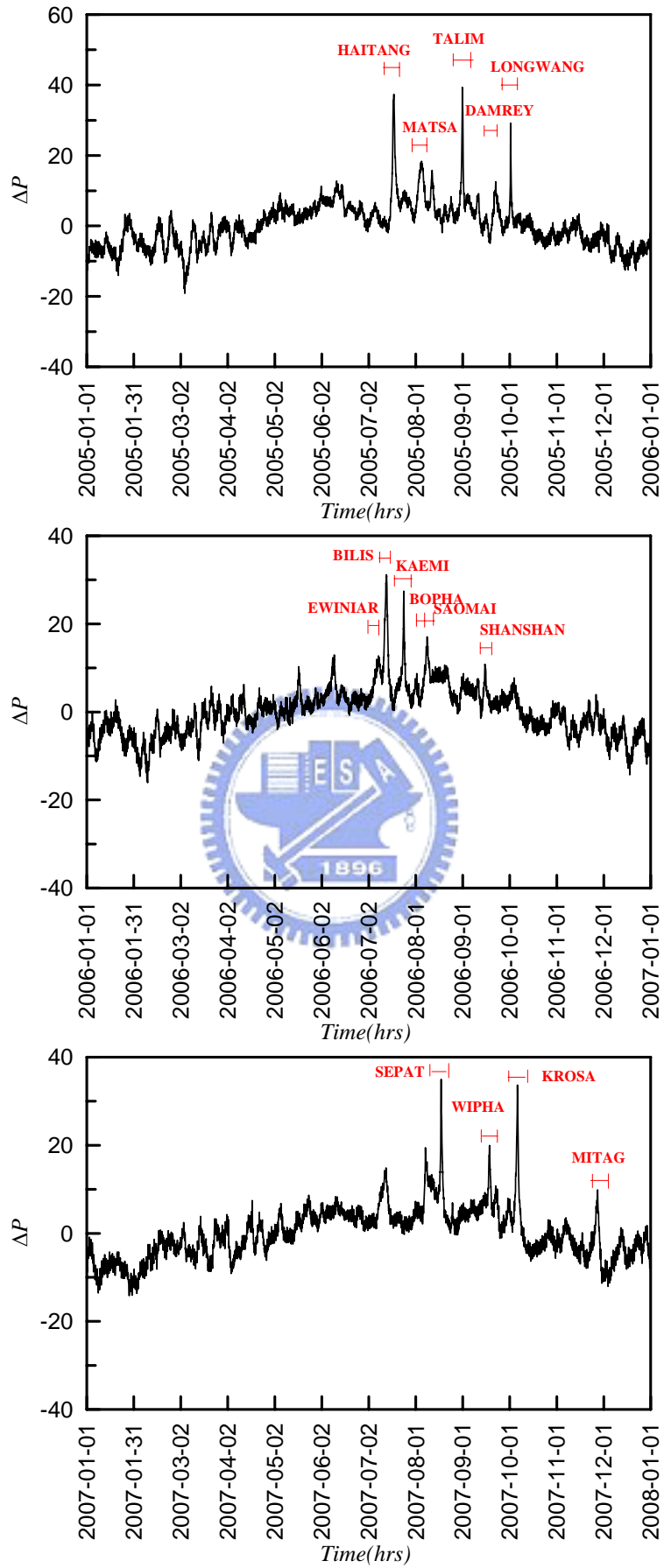


圖 3-4 2005 年至 2007 年台中測站之全年氣壓變化圖

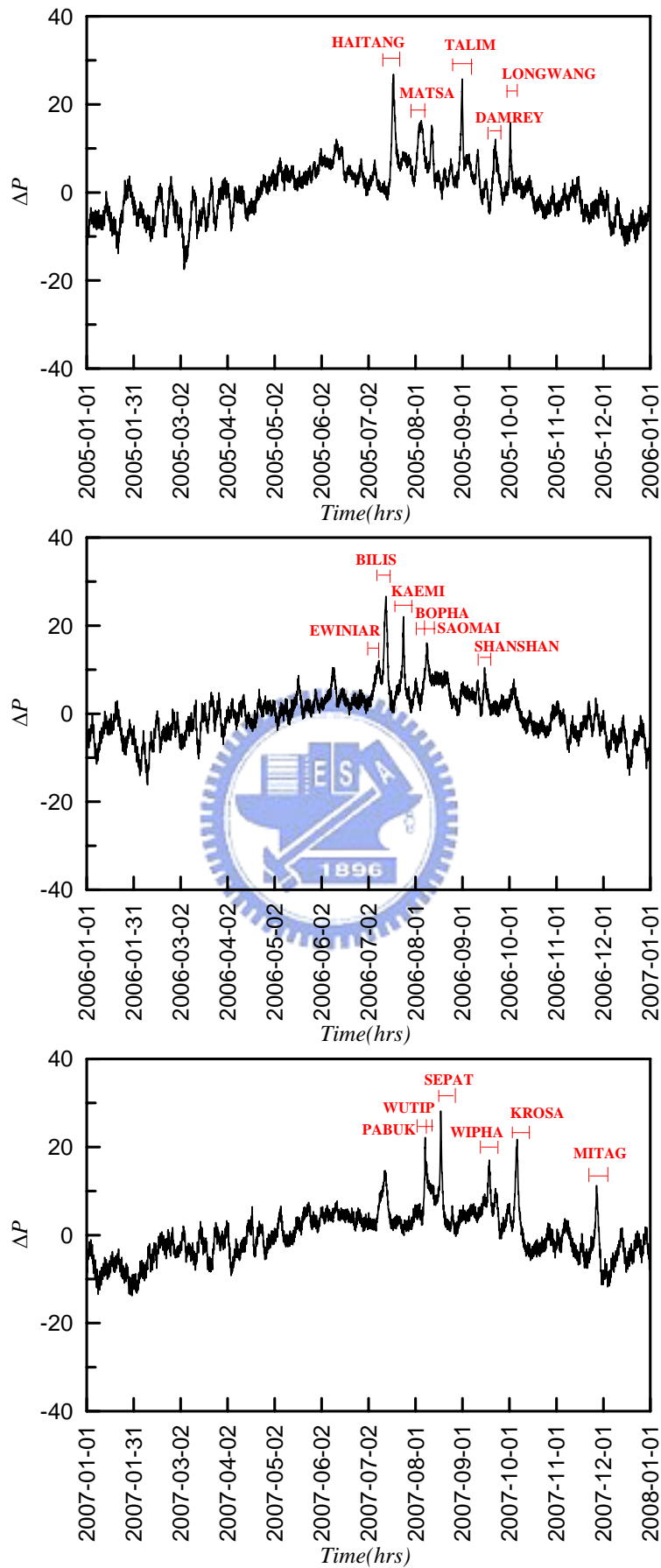


圖 3-5 2005 年至 2007 年高雄測站之全年氣壓變化圖

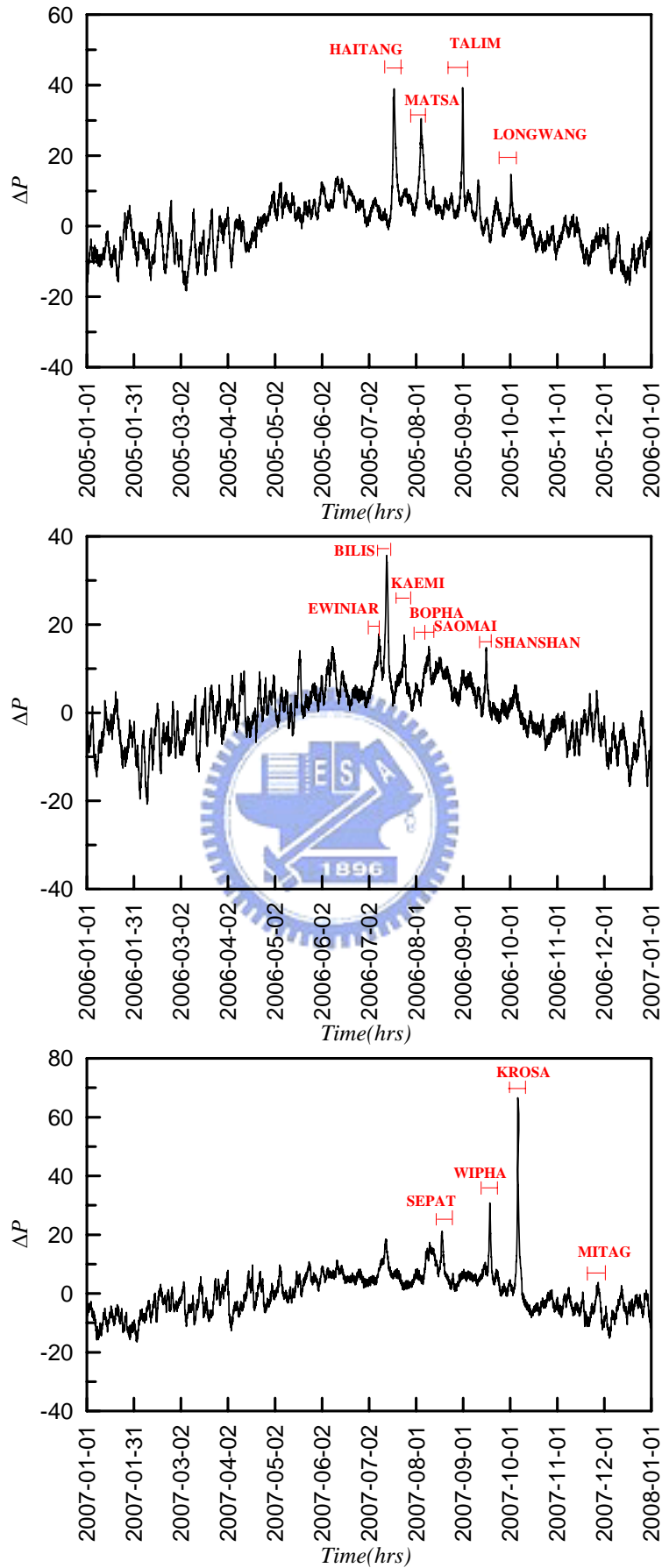


圖 3-6 2005 年至 2007 年蘇澳測站之全年氣壓變化圖

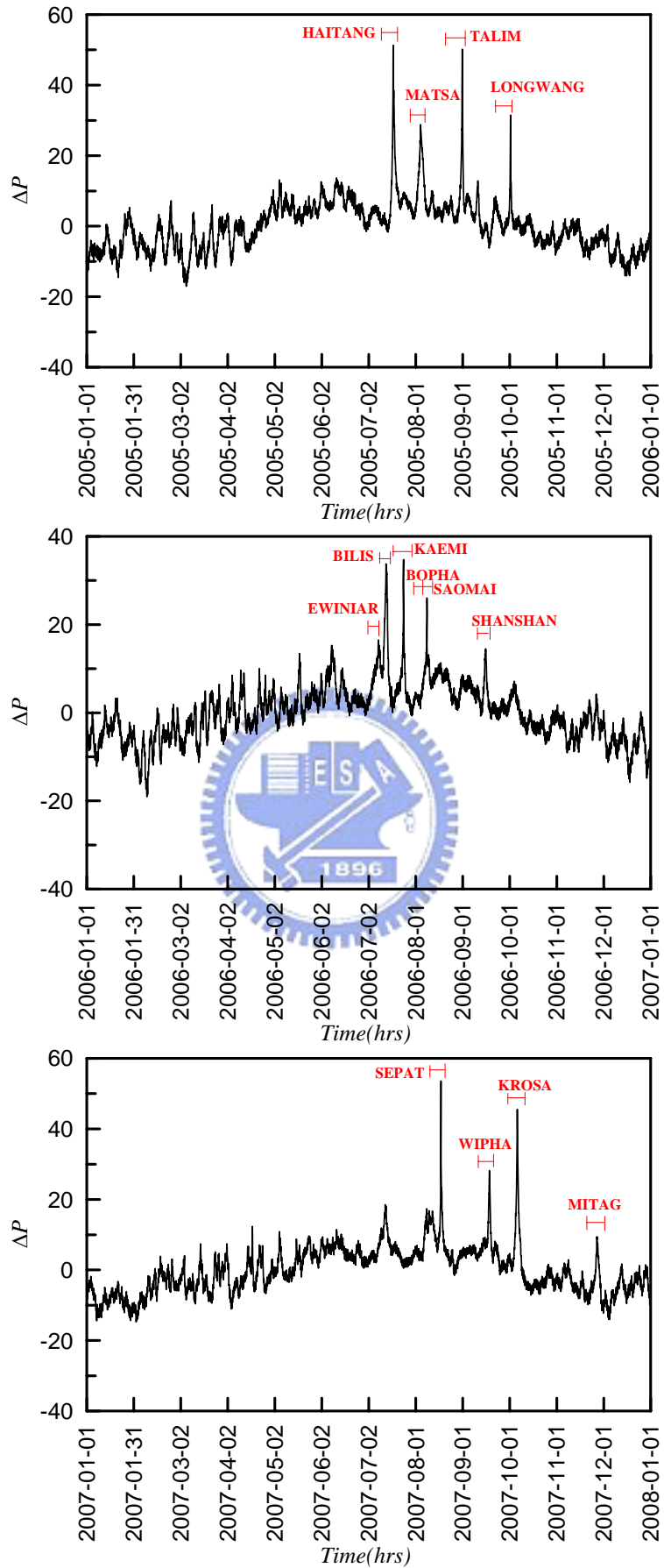


圖 3-7 2005 年至 2007 年成功測站之全年氣壓變化圖

第四章 推估暴潮偏差之比較

4-1 推估全年暴潮偏差之比較

由前面研究可知颱風期間颱風對氣壓及潮汐的影響：即颱風來臨，氣壓下降，潮水位上升，這種因颱風所引起與平時有異的水位變化稱為暴潮偏差。且在不考慮資料缺漏下，同一測站的年平均潮位、年平均氣壓及氣壓轉換係數是相似的。

本研究以氣壓與潮汐水位之全年變化對台灣五個測站進行暴潮位預測分析，如圖 4-1 至圖 4-5。圖中藍線部份為利用 HA 預測之暴潮偏差；紅線部份為結合氣壓影響之 HAP 方法預測的暴潮偏差；黑線部份為由氣壓反算之暴潮偏差 $C \Delta P_i / \rho g$ ，為避免原始測站資料缺漏性影響， C 為利用結合氣壓影響之調和分析法求得後，取該測站之三年平均做為該測站之代表 C 值，再根據張、黃(2001)提出實測資料含有氣溫影響的季節性因素，須先利用移動平均法將其扣除，將上述方法求的之暴潮位預測作 24 小時移動平均平滑化之結果即如圖示。

圖中可看出利用 HA 預測之暴潮偏差(即藍線部份)與 HAP 預測的暴潮偏差(即紅線部份)圖形是相似的。而台灣颱風發生的時間約莫在夏、秋二季，可看出在六月至九月期間，有加入氣壓影響之 HAP 預測出的暴潮偏差(即紅線部份)較 HA 預測出之結果(即藍線部份)接近由氣壓直接反算的暴潮偏差基準 $C \Delta P_i / \rho g$ (即黑線部份)。

除了受颱風影響，水位會產生抬升的變化之外，在冬季來自西伯利亞的大陸冷高壓則是使圖中一月份的水位產生了明顯的下降。

綜合歸納得知，颱風期間加入氣壓影響的 HAP 方法對暴潮偏差預測上會比一般傳統 HA 方法準確。

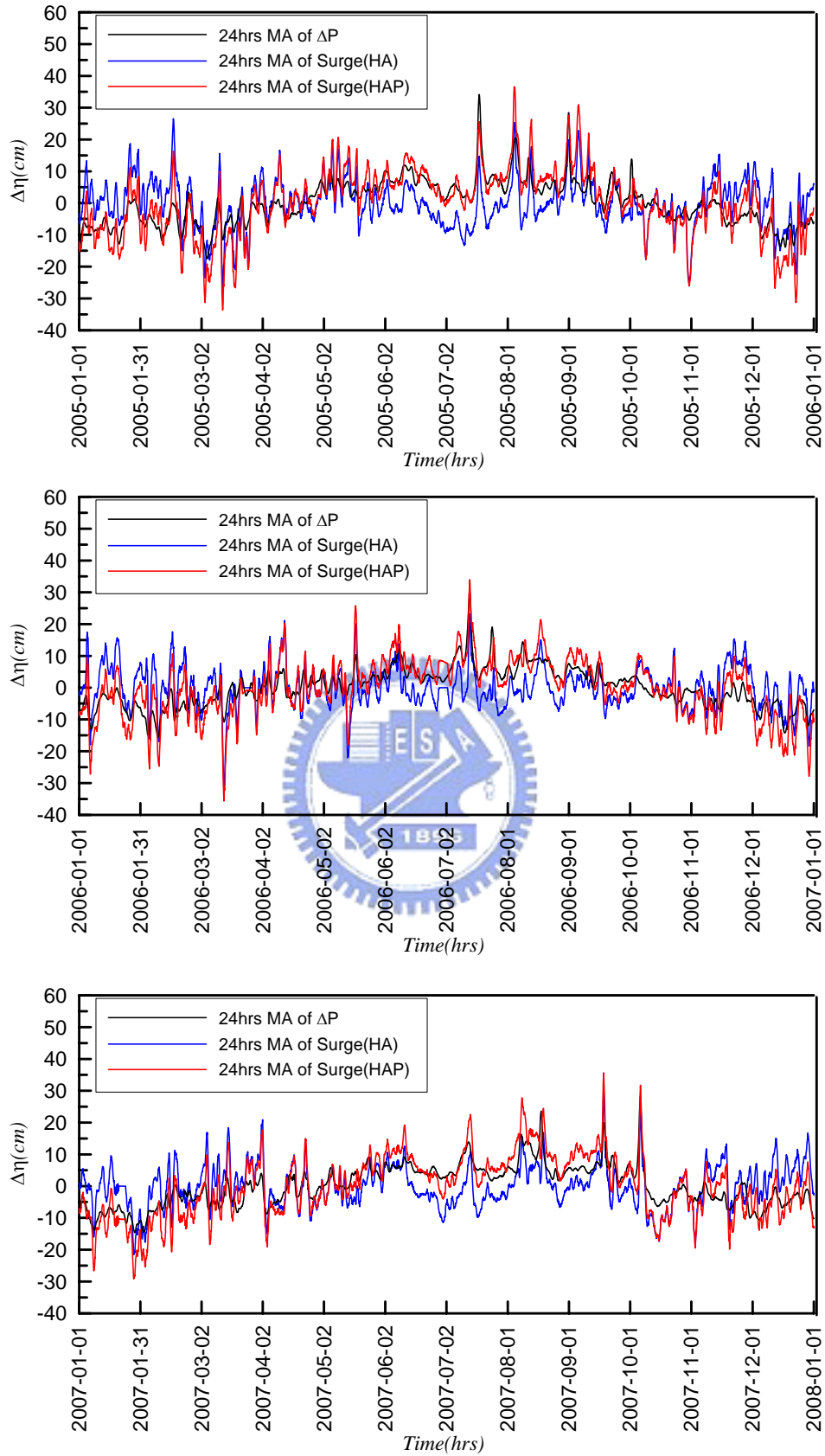


圖 4-1 2005 年至 2007 年新竹測站以三種方法所分析之暴潮位預測
歷時變化比較圖

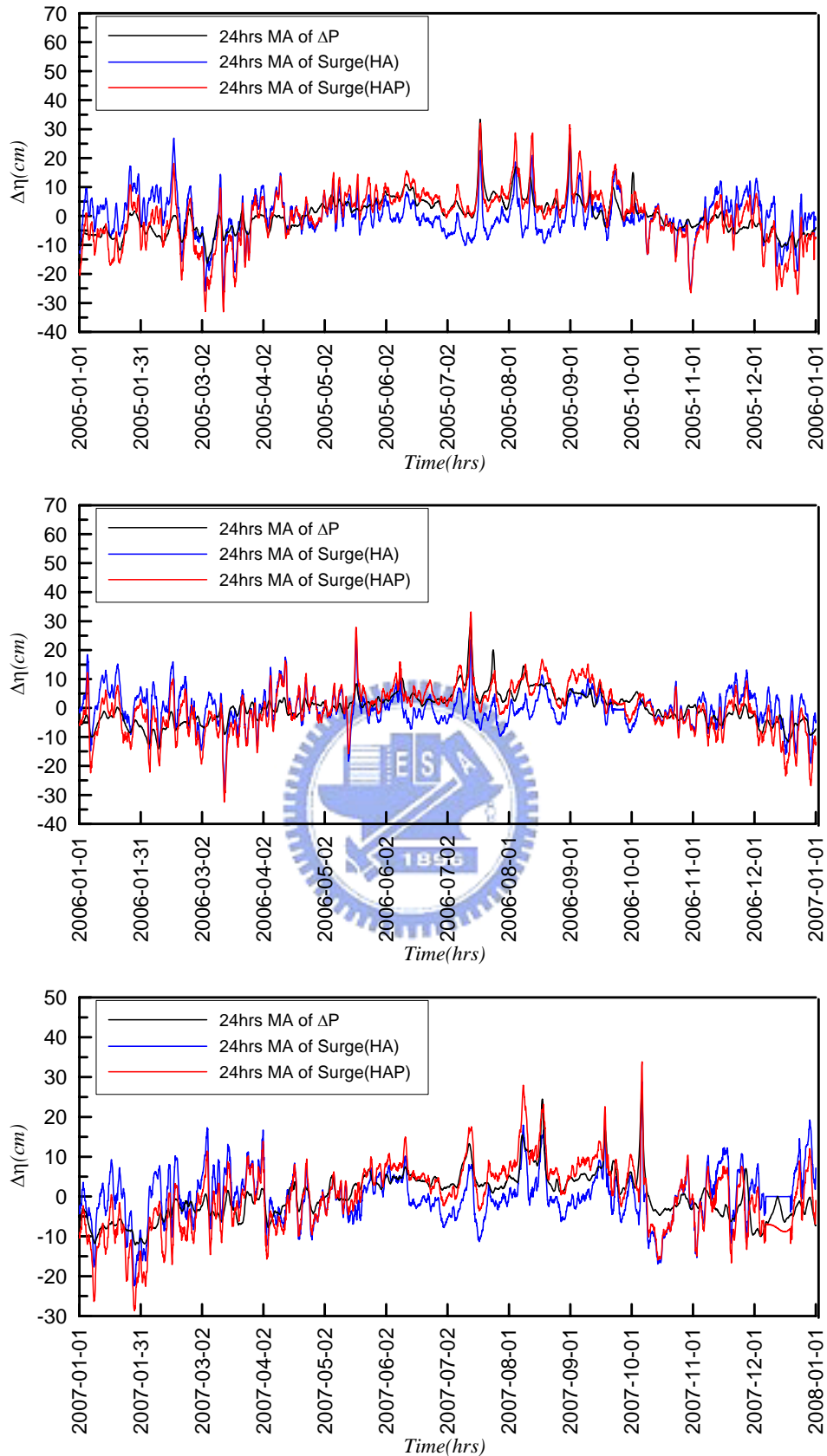


圖 4-2 2005 年至 2007 年台中測站以三種方法所分析之暴潮位預測
歷時變化比較圖

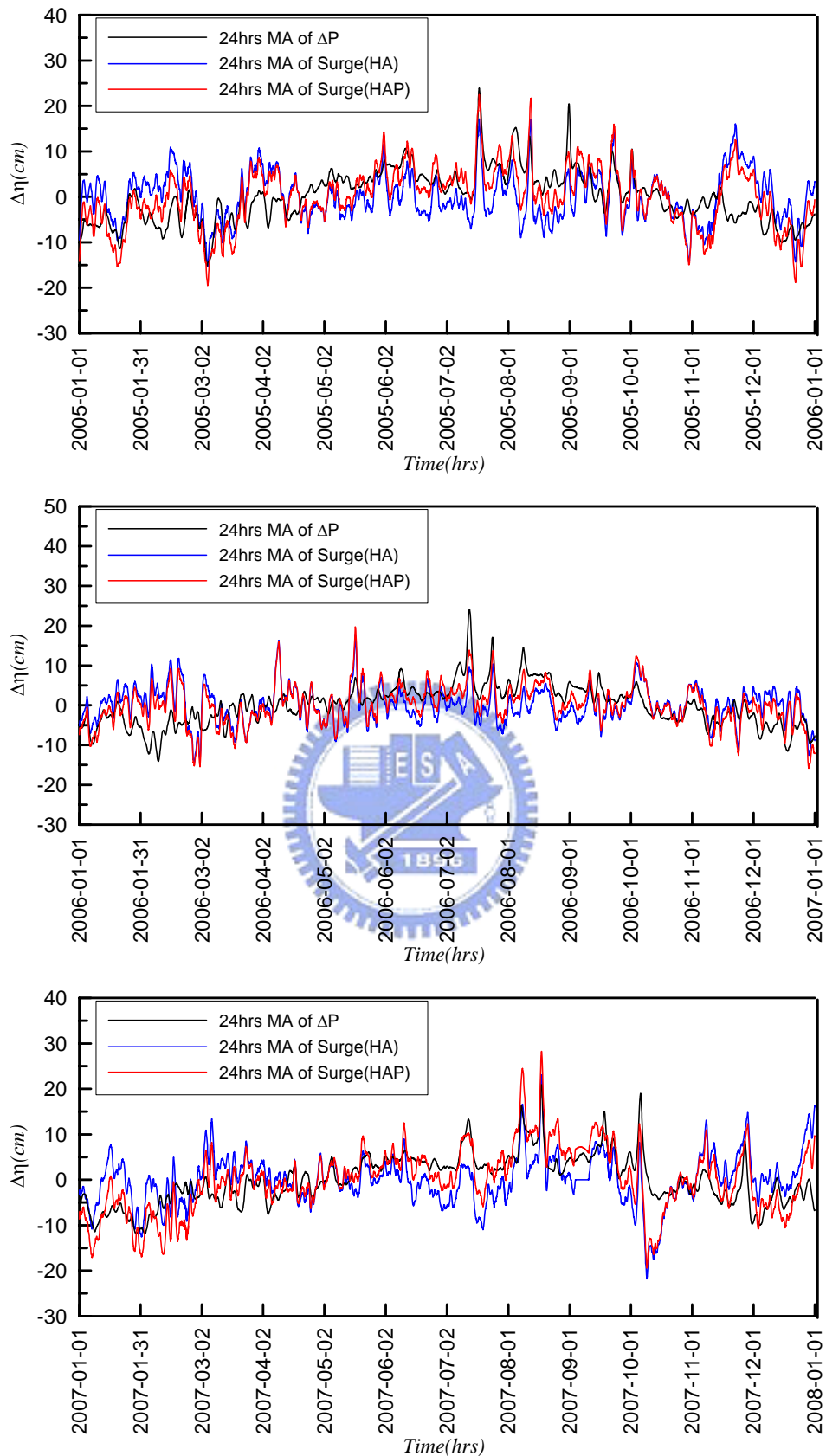


圖 4-3 2005 年至 2007 年高雄測站以三種方法所分析之暴潮位預測
歷時變化比較圖

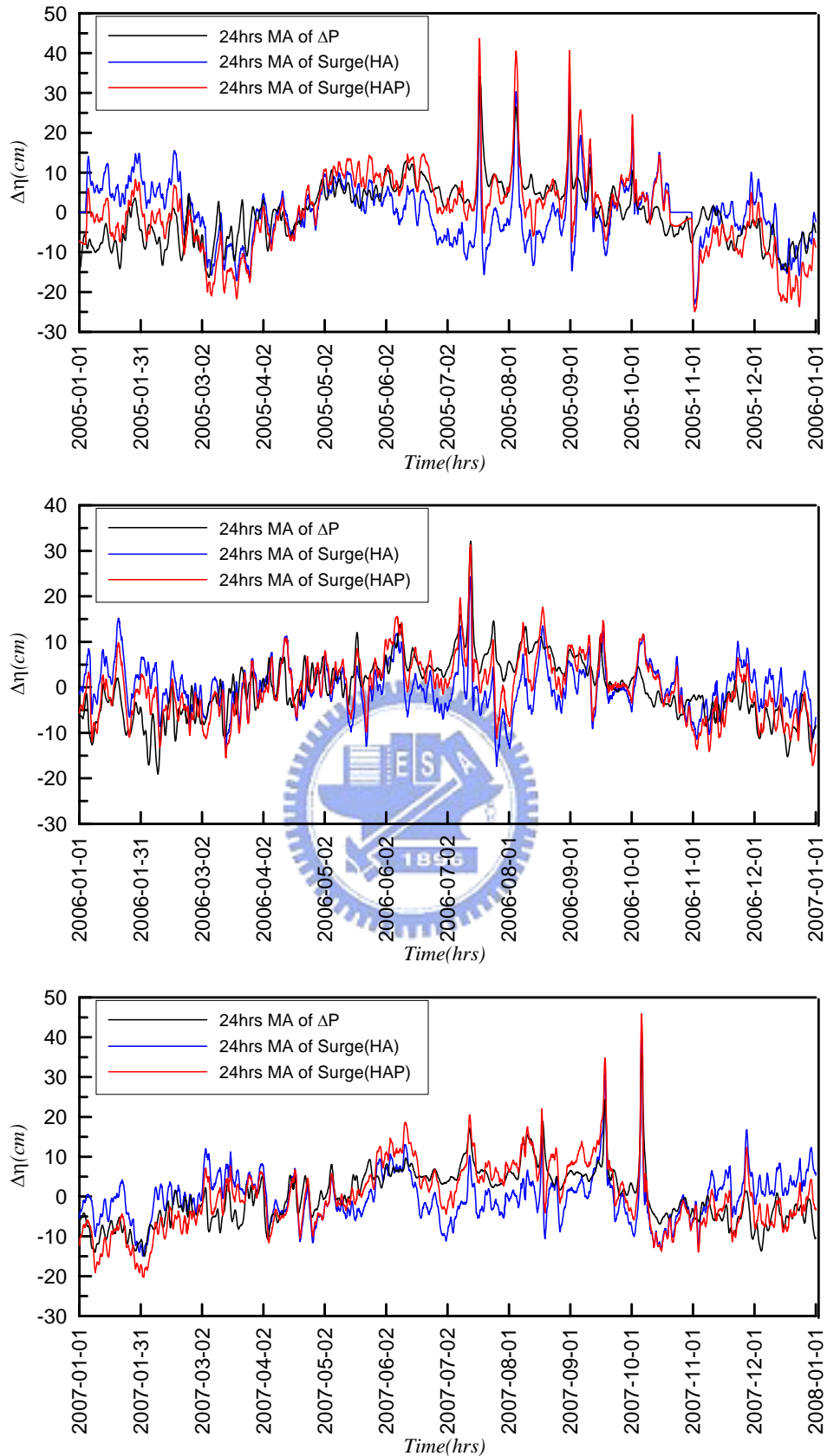


圖 4-4 2005 年至 2007 年蘇澳測站以三種方法所分析之暴潮位預測
歷時變化比較圖

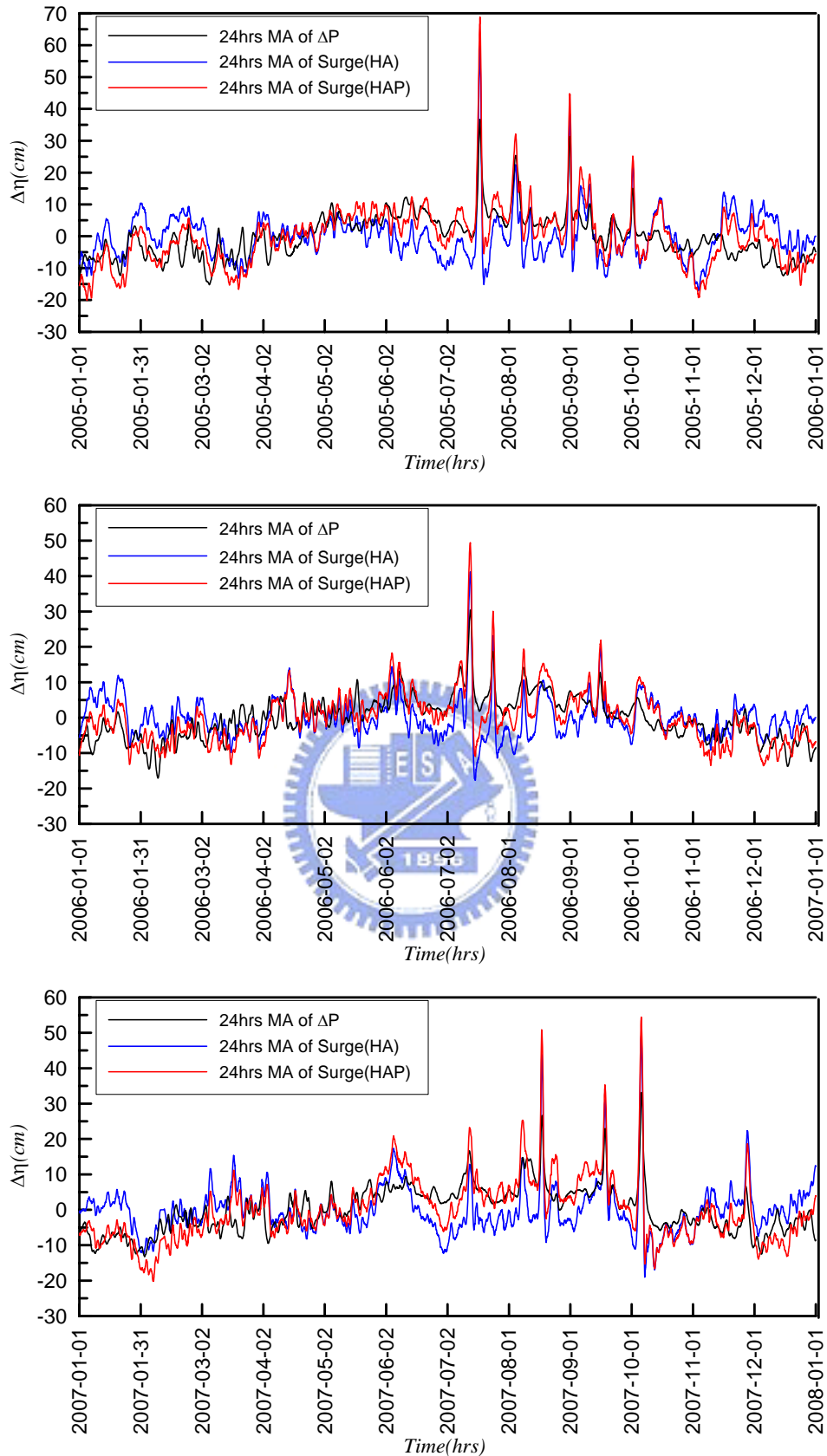


圖 4-5 2005 年至 2007 年成功測站以三種方法所分析之暴潮位預測
歷時變化比較圖

4-2 推估各場颱風暴潮偏差之比較

颱風暴潮主要是由低氣壓、風剪應力、波浪及地形環境因素等的複雜機制構成，由於颱風所引起的暴潮可能因颱風行進路線之不同，所經過海底地形等因素的差異而改變暴潮的量。本節將依據中央氣象局公佈颱風資料中的颱風路徑(參考圖 4- 6)，利用前面研究之理論基礎及方法，將 HA、HAP 與氣壓反算暴潮偏差 $C \Delta P_i / \rho g$ 對台灣沿岸五個測站 2005 年至 2007 年作颱風暴潮偏差預測準確度比較，列如表 4- 1 至表 4- 5。其中 HA_RMSE 與 HAP_RMSE 為 HA 及 HAP 分別與氣壓反算暴潮偏差($C \Delta P_i / \rho g$)的均方根誤差， $\Delta y_{HA} / \Delta y_P$ 與 $\Delta y_{HAP} / \Delta y_P$ 則為暴潮偏差尖峰值的比值(Δy_P 為 $C \Delta P_i / \rho g$ 的暴潮偏差最大值， Δy_{HA} 與 Δy_{HAP} 分為 HA 與 HAP 求得的暴潮偏差最大值)，而 Δy_{HA} 與 Δy_{HAP} 延遲時間則可以比對 Δy_P 發生時間以得知三種方法推算之暴潮偏差最大值的發生位置。

表 4- 6 到表 4- 11 為附表中選取之具代表性及辨識度明顯的颱風與氣壓對暴潮偏差預測方法的結果比較。圖中，點線部份為 HA 預測出的暴潮偏差，虛線為本研究結合氣壓影響之 HAP 推算的暴潮偏差，而實線部份為氣壓反算暴潮偏差 $C \Delta P_i / \rho g$ ， C 取該測站之三年平均值。其中颱風暴潮開始時間為中央氣象局發布海上警報當天 0 時 0 分起，由海上警報解除當天之 23 時 0 分為結束時間。

表 4- 6 為海棠(HAITANG)及泰利(TALIM)對新竹測站的暴潮偏差預測影響，海棠颱風對新竹測站的均方根及尖峰值的比值為 $RMSE_{HA}=21.3(\text{cm})$ 、 $RMSE_{HAP}=12.0(\text{cm})$ ， $\Delta y_{HA} / \Delta y_P=0.65$ 、 $\Delta y_{HAP} / \Delta y_P=0.86$ ($\Delta y_P=49.3 \text{ cm}$)；泰利颱風對新竹測站的均方根及尖峰值的比值為 $RMSE_{HA}=13.1(\text{cm})$ 、 $RMSE_{HAP}=9.3(\text{cm})$ ， $\Delta y_{HA} / \Delta y_P=0.78$ 、 $\Delta y_{HAP} / \Delta y_P=0.94$ ($\Delta y_P=47.4 \text{ cm}$)。由此可知當颱風強度為強烈且颱風路徑有經過該測站時，加入氣壓影響之 HAP 方法比傳統 HA 方法接近由氣壓反算的暴潮偏差 $C \Delta P_i / \rho g$ 。

表 4- 7 為聖帕(SEPAT)及柯羅莎(KROSA)分別對成功測站及蘇澳測站的暴潮偏差預測影響，聖帕颱風對成功測站的均方根及尖峰值的比值為 $RMSE_{HA}=13.3(\text{cm})$ 、 $RMSE_{HAP}=14.5(\text{cm})$ ， $\Delta y_{HA} / \Delta y_P=1.60$ 、

$\Delta y_{HAP}/\Delta y_P=1.73$ ($\Delta y_P=55.6$ cm)；柯羅莎颱風對蘇澳測站的均方根及尖峰值的比值為 $RMSE_{HA}=11.8(\text{cm})$ 、 $RMSE_{HAP}=11.3(\text{cm})$ ， $\Delta y_{HA}/\Delta y_P=1.3$ 、 $\Delta y_{HAP}/\Delta y_P=1.4$ ($\Delta y_P=61.8$ cm)。聖帕颱風及柯羅莎颱風均為強烈颱風，且對二測站有產生直接的影響，由暴潮偏差圖可知不論是氣壓反算暴潮偏差，亦或是方法推算之暴潮偏差，皆有很明顯的水位抬升現象，且 HA 與 HAP 對暴潮偏差預測的誤差是相近的。

表 4- 8 為珊瑚(SANVU)及卡努(KHANUM)對台中、蘇澳兩測站的暴潮偏差預測影響，珊瑚颱風對台中測站的均方根及尖峰值的比值為 $RMSE_{HA}=16.0(\text{cm})$ 、 $RMSE_{HAP}=16.4(\text{cm})$ ， $\Delta y_{HA}/\Delta y_P=2.46$ 、 $\Delta y_{HAP}/\Delta y_P=2.82$ ($\Delta y_P=18.9$ cm)，對蘇澳測站的均方根及尖峰值的比值為 $RMSE_{HA}=15.9(\text{cm})$ 、 $RMSE_{HAP}=8.7(\text{cm})$ ， $\Delta y_{HA}/\Delta y_P=0.3$ 、 $\Delta y_{HAP}/\Delta y_P=0.9$ ($\Delta y_P=10.5$ cm)；另外，卡努颱風對台中測站的均方根及尖峰值的比值為 $RMSE_{HA}=9.2(\text{cm})$ 、 $RMSE_{HAP}=8.0(\text{cm})$ ， $\Delta y_{HA}/\Delta y_P=1.75$ 、 $\Delta y_{HAP}/\Delta y_P=2.09$ ($\Delta y_P=11.0$ cm)，對蘇澳測站的均方根及尖峰值的比值為 $RMSE_{HA}=3.6(\text{cm})$ 、 $RMSE_{HAP}=6.1(\text{cm})$ ， $\Delta y_{HA}/\Delta y_P=1.6$ 、 $\Delta y_{HAP}/\Delta y_P=2.0$ ($\Delta y_P=12.1$ cm)。由圖可看出當颱風強度為輕微(珊瑚)未經過測站(蘇澳)且對該測站(蘇澳)無明顯之影響時，加入氣壓影響之 HAP 方法較傳統 HA 方法準確，倘若該颱風有經過該測站(台中)時，發現無論是 HAP 方法或 HA 方法皆無法準確推估出暴潮偏差；而當颱風強度為中度(卡努)且有經過測站(蘇澳)時，HAP 方法與 HA 方法皆無法準確推估出暴潮偏差，若該颱風無經過該測站(台中)時則無論是 HAP 方法或 HA 方法亦皆無法準確推估出暴潮偏差。由上述結果可說明當颱風強度非強烈颱風時，就算有經過該測站，暴潮偏差卻不甚明顯，且不論加入氣壓影響之 HAP 方法亦或是傳統 HA 方法皆無法準確推算暴潮偏差。

表 4- 9 與表 4- 10 為泰利(TALIM)及丹瑞(DAMREY)對台灣沿岸測站的暴潮偏差預測影響，由圖可看出新竹、台中測站以及蘇澳、成功測站的暴潮偏差圖形在同一場颱風的情況下是相似的，推測暴潮偏差可能是有區域性的。且台灣西部新竹及台中測站在暴潮偏差預測上因為地形關係，潮位的變化較大。

表 4- 11 為本研究中暴潮偏差圖形較不合理的部分。其中，龍王

(LONGWANG)颱風在經過新竹及台中測站時暴潮位竟會產生突降現象，而該部分潮位數據經驗證為實測數據；而珊珊(SHANSHAN)颱風在蘇澳測站則是產生了雙峰現象。初步推估有可能是人為疏失或是儀器故障所造成。



圖 4-6 颱風路徑圖(資料來源：中央氣象局)

表 4-1 推算新竹測站 2005 年至 2007 年各場颱風暴潮偏差之比較表

颱風	路徑	HA RMSE (cm)	HAP RMSE (cm)	Δy_P (cm)	$\frac{\Delta y_{HA}}{\Delta y_P}$	$\frac{\Delta y_{HAP}}{\Delta y_P}$	Δy_P 發生 時間	Δy_{HA} 延遲 (hr)	Δy_{HAP} 延遲 (hr)
海棠	3	21.3	12.0	49.3	0.65	0.86	07/18 18:00	-6	-6
馬莎	1	11.5	8.8	27.7	1.45	1.86	08/06 03:00	-19	-19
珊瑚	-	15.1	12.9	20.3	1.71	2.11	08/12 08:00	24	24
泰利	3	13.1	9.3	47.4	0.78	0.94	09/01 04:00	-3	-3
卡努	-	7.9	9.0	12.8	2.14	2.50	09/11 14:00	-2	-2
丹瑞	-	11.2	9.6	14.8	1.24	1.45	09/22 15:00	-13	-13
龍王	3	14.6	12.4	28.1	0.55	0.67	10/02 09:00	27	27
珍珠	9	10.3	10.8	15.1	2.43	2.76	05/18 15:00	-4	-4
艾維尼	-	10.1	4.6	18.4	0.86	1.42	07/08 16:00	21	21
碧利斯	2	17.4	10.5	42.0	1.12	1.38	07/14 01:00	1	1
凱米	3	18.0	11.6	33.3	0.59	0.87	07/25 05:00	20	20
桑美	-	18.6	10.5	20.0	0.78	1.29	08/09 04:00	31	31
寶發	4	18.6	9.9	20.0	0.65	1.21	08/09 05:00	-27	-27
珊珊	-	10.7	9.8	12.2	1.76	2.06	09/15 14:00	15	15
帕布	-	9.9	8.5	23.2	1.00	1.55	08/08 05:00	13	13
梧提	-	10.7	9.0	23.2	1.08	1.58	08/08 04:00	26	26
聖帕	-	17.5	14.9	37.4	0.79	1.04	08/18 09:00	7	7
韋帕	-	10.4	11.2	30.0	1.80	1.98	09/18 15:00	4	4
柯羅莎	-	15.4	11.2	42.9	1.09	1.26	10/06 16:00	-1	-1
米塔	-	9.5	12.1	3.7	5.24	3.89	11/27 14:00	-8	-8

表 4-2 推算台中測站 2005 年至 2007 年各場颱風暴潮偏差之比較表

颱風	路徑	HA_ RMSE (cm)	HAP_ RMSE (cm)	Δy_P (cm)	$\frac{\Delta y_{HA}}{\Delta y_P}$	$\frac{\Delta y_{HAP}}{\Delta y_P}$	Δy_P 發生 時間	Δy_{HA} 延遲 (hr)	Δy_{HAP} 延遲 (hr)
海棠	3	17.6	10.0	44.9	0.84	1.03	07/17 18:00	-9	-9
馬莎	1	12.6	8.7	22.0	1.40	1.87	08/05 17:00	-5	-5
珊瑚	-	16.0	16.4	18.9	2.46	2.82	08/12 12:00	21	21
泰利	3	11.7	8.0	47.3	1.01	1.18	09/01 01:00	2	2
卡努	-	9.2	8.0	11.0	1.75	2.09	09/11 14:00	-3	-2
丹瑞	-	9.6	10.2	15.1	1.78	1.97	09/22 15:00	27	27
龍王	3	21.0	20.0	35.0	0.85	0.96	10/02 06:00	1	1
珍珠	9	11.1	12.5	12.3	3.28	3.65	05/18 05:00	-4	-4
艾維尼	-	11.0	7.4	15.3	1.31	1.93	07/08 17:00	21	21
碧利斯	2	18.3	11.8	37.4	1.25	1.50	07/13 22:00	3	3
凱米	3	16.4	10.5	33.0	0.56	0.80	07/25 03:00	21	21
桑美	-	14.6	7.3	20.5	0.73	1.19	08/09 05:00	29	30
寶發	4	15.2	7.1	20.5	0.63	1.13	08/09 06:00	-28	-28
珊珊	-	9.8	9.8	13.0	2.09	2.30	09/15 16:00	14	14
帕布	-	7.6	8.5	23.4	1.06	1.46	08/08 04:00	19	19
梧提	-	8.7	10.2	23.4	1.08	1.50	08/08 03:00	27	27
聖帕	-	11.1	8.9	42.0	0.68	0.87	08/18 08:00	8	8
韋帕	-	10.6	9.0	24.0	1.33	1.56	09/18 15:00	3	3
柯羅莎	-	15.1	11.7	40.4	1.29	1.44	10/06 17:00	1	1
米塔	-	14.4	16.3	11.8	1.53	1.25	11/27 14:00	-37	-37

表 4-3 推算高雄測站 2005 年至 2007 年各場颱風暴潮偏差之比較表

颱風	路徑	HA RMSE (cm)	HAP RMSE (cm)	Δy_P (cm)	$\frac{\Delta y_{HA}}{\Delta y_P}$	$\frac{\Delta y_{HAP}}{\Delta y_P}$	Δy_P 發生 時間	Δy_{HA} 延遲 (hr)	Δy_{HAP} 延遲 (hr)
海棠	3	5.4	5.2	20.4	1.45	1.69	07/17 15:00	6	6
馬莎	1	9.2	5.1	12.4	0.93	1.36	08/05 16:00	-45	-45
珊瑚	-	7.2	9.4	11.6	2.37	2.77	08/12 10:00	15	15
泰利	3	7.9	5.1	19.6	0.59	0.82	09/01 03:00	1	1
卡努	-	3.4	2.9	7.4	1.43	1.72	09/11 05:00	-8	-8
丹瑞	-	6.2	7.5	9.2	2.33	2.58	09/22 14:00	24	24
龍王	3	3.9	3.9	12.1	1.29	1.40	10/02 06:00	4	4
珍珠	9	8.9	10.4	6.6	3.55	3.81	05/18 02:00	5	5
艾維尼	-	7.2	4.1	9.2	0.71	1.07	07/09 02:00	-14	-14
碧利斯	2	7.6	4.4	20.3	0.78	0.97	07/13 18:00	18	18
凱米	3	5.1	3.1	16.8	0.96	1.16	07/25 01:00	0	0
桑美	-	7.2	3.5	12.2	0.75	1.09	08/09 03:00	6	6
寶發	4	8.0	4.1	12.2	0.75	1.09	08/09 04:00	6	6
珊珊	-	7.5	6.6	7.9	0.67	0.83	09/15 15:00	-10	-10
帕布	-	3.1	8.6	16.8	1.15	1.63	08/08 03:00	2	2
梧提	-	5.5	12.0	16.8	1.58	2.10	08/08 02:00	24	24
聖帕	-	5.2	8.6	21.4	1.43	1.66	08/18 06:00	2	2
韋帕	-	4.3	3.9	13.0	0.84	1.17	09/18 14:00	-29	-11
柯羅莎	-	10.5	7.1	16.5	0.90	1.16	10/06 16:00	-11	-11
米塔	-	5.7	3.9	8.5	1.74	1.49	11/27 04:00	18	-11

表 4-4 推算蘇澳測站 2005 年至 2007 年各場颱風暴潮偏差之比較表

颱風	路徑	HA_RMSE (cm)	HAP_RMSE (cm)	Δy_P (cm)	$\frac{\Delta y_{HA}}{\Delta y_P}$	$\frac{\Delta y_{HAP}}{\Delta y_P}$	Δy_P 發生時間	Δy_{HA} 延遲 (hr)	Δy_{HAP} 延遲 (hr)
海棠	3	19.9	14.9	36.2	1.7	1.9	07/18 15:00	-7	-7
馬莎	1	8.0	10.6	28.3	1.3	1.6	08/05 05:00	13	12
珊瑚	-	15.9	8.7	10.5	0.3	0.9	08/13 02:00	-16	-16
泰利	3	15.6	14.9	36.4	2.0	2.2	08/31 23:00	2	2
卡努	-	3.6	6.1	12.1	1.6	2.0	09/11 01:00	2	2
丹瑞	-	4.9	3.8	7.6	1.0	1.2	09/22 15:00	26	26
龍王	3	10.3	11.8	13.6	3.3	3.5	10/02 04:00	7	7
珍珠	9	8.7	5.4	13.0	0.6	0.8	05/18 15:00	-6	-6
艾維尼	-	6.4	4.0	16.6	1.1	1.4	07/08 16:00	5	5
碧利斯	2	12.7	8.2	33.1	1.0	1.3	07/13 19:00	-5	-5
凱米	3	15.8	10.8	16.3	0.7	1.1	07/25 05:00	-1	-1
桑美	-	10.9	6.3	14.0	1.2	1.7	08/10 04:00	-25	-25
寶發	4	8.8	5.0	12.4	1.3	1.9	08/09 23:00	-21	-21
珊珊	-	5.0	4.7	13.7	1.6	1.7	09/16 05:00	7	7
帕布	-	8.4	3.3	13.3	0.7	1.5	08/08 03:00	21	21
梧提	-	11.5	5.2	14.3	0.9	1.6	08/09 04:00	1	1
聖帕	-	14.2	10.1	19.7	1.6	1.9	08/18 15:00	-9	-9
韋帕	-	8.4	10.4	28.6	1.4	1.5	09/18 13:00	-2	-2
柯羅莎	-	11.8	11.3	61.8	1.3	1.4	10/06 15:00	1	1
米塔	-	11.6	8.2	3.5	6.5	5.7	11/27 14:00	0	0

表 4-5 推算成功測站 2005 年至 2007 年各場颱風暴潮偏差之比較表

颱風	路徑	HA RMSE (cm)	HAP RMSE (cm)	Δy_P (cm)	$\frac{\Delta y_{HA}}{\Delta y_P}$	$\frac{\Delta y_{HAP}}{\Delta y_P}$	Δy_P 發生 時間	Δy_{HA} 延遲 (hr)	Δy_{HAP} 延遲 (hr)
海棠	3	19.0	19.4	53.2	1.43	1.60	07/18 03:00	2	2
馬莎	1	9.5	5.7	29.9	0.89	1.21	08/05 02:00	-9	-9
珊瑚	-	6.8	5.3	10.4	1.58	2.19	08/12 04:00	8	8
泰利	3	8.8	10.2	52.1	1.03	1.18	08/31 23:00	3	3
卡努	-	5.3	8.1	13.4	1.73	1.99	09/11 03:00	-2	-2
丹瑞	-	6.3	5.3	8.8	1.08	1.25	09/22 15:00	13	13
龍王	3	6.3	7.1	32.7	1.31	1.39	10/02 05:00	2	2
珍珠	9	10.4	7.0	13.9	0.18	0.47	05/18 16:00	-59	-59
艾維尼	-	6.9	2.5	17.2	0.67	1.12	07/08 17:00	-5	23
碧利斯	2	14.4	14.9	35.0	1.39	1.59	07/13 16:00	6	6
凱米	3	9.8	7.6	36.0	1.03	1.22	07/24 23:00	2	2
桑美	-	10.2	6.4	27.0	0.90	1.24	08/09 02:00	1	1
寶發	4	11.6	6.6	27.0	0.90	1.24	08/09 03:00	1	1
珊珊	-	6.1	7.2	15.1	1.82	1.94	09/16 04:00	4	4
帕布	-	6.1	7.2	18.0	1.12	1.72	08/08 23:00	-18	-18
梧提	-	4.5	10.0	18.0	1.14	1.78	08/08 23:00	5	5
聖帕	-	13.3	14.5	55.6	1.60	1.73	08/18 05:00	2	2
韋帕	-	5.5	8.2	29.2	1.32	1.50	09/18 14:00	0	0
柯羅莎	-	13.9	15.2	47.2	1.37	1.50	10/06 15:00	2	2
米塔	-	9.4	7.7	9.7	2.89	2.38	11/27 05:00	17	17

表 4-6 2005 年新竹測站暴潮偏差預測-海棠颱風、泰利颱風

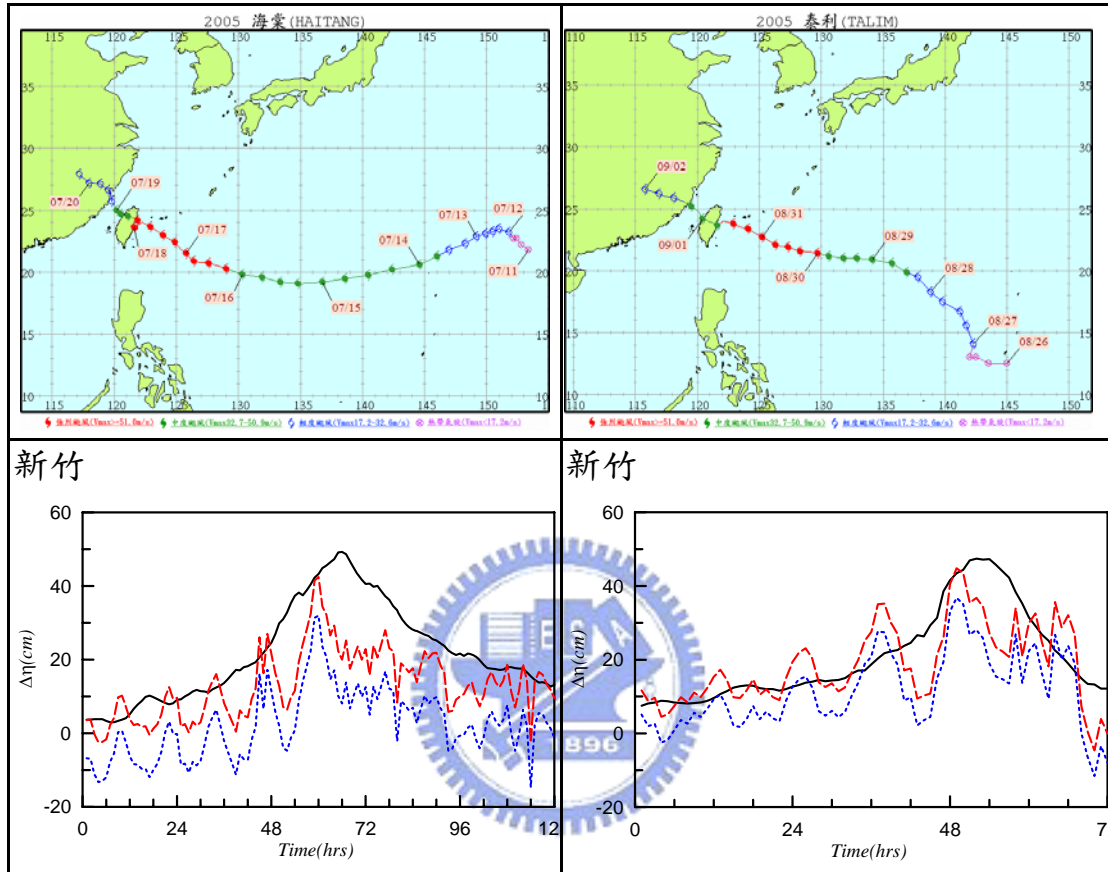


表 4-7 2007 年成功與蘇澳測站暴潮偏差預測-聖帕、柯羅莎颱風

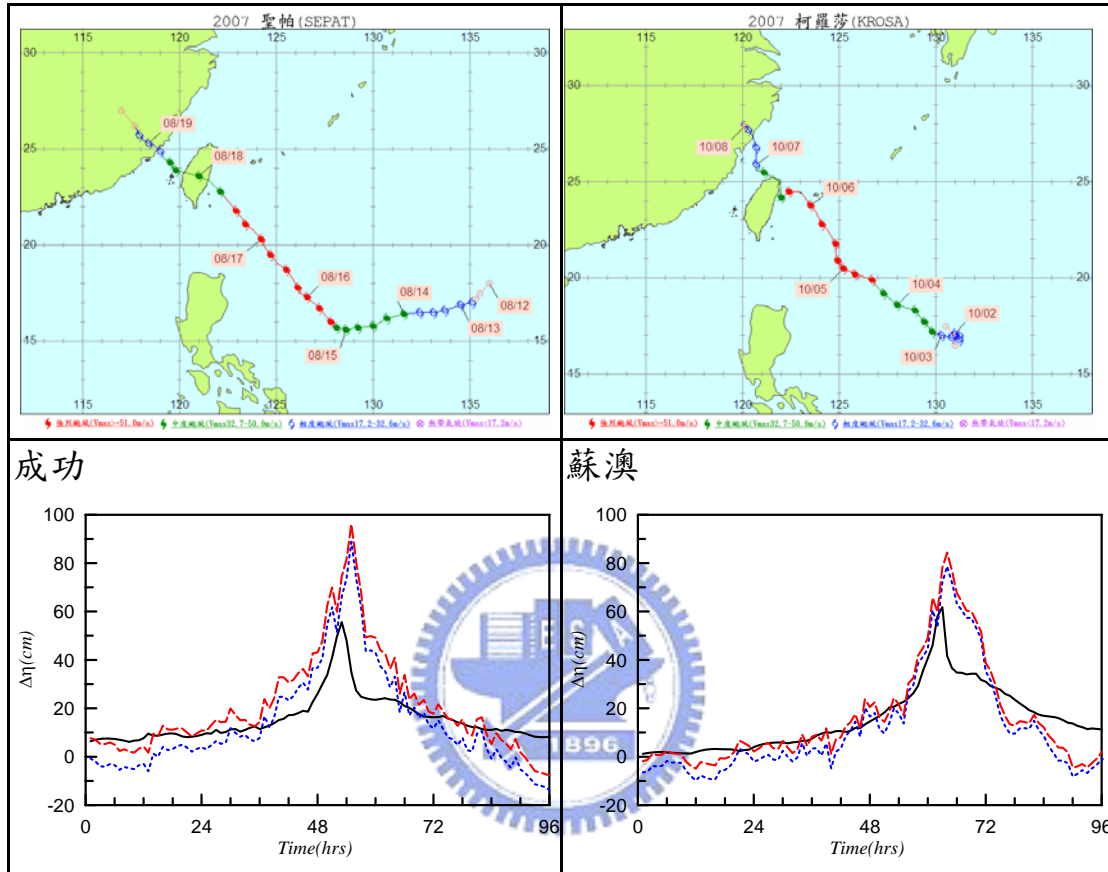


表 4-8 2005 年蘇澳與台中測站暴潮偏差預測-珊瑚、卡努颱風

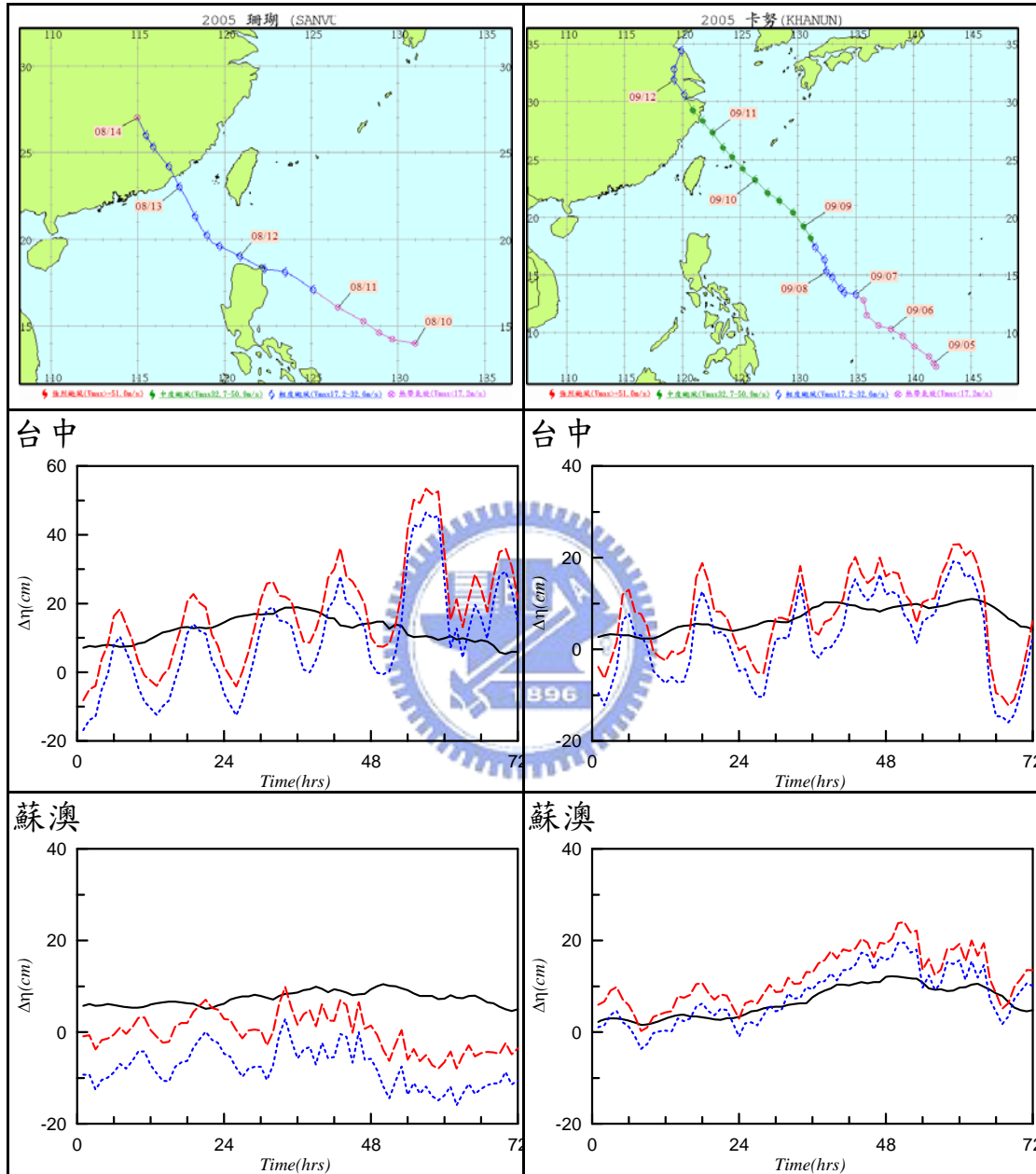


表 4-9 2005 年台灣沿岸五個測站的暴潮偏差-泰利颱風

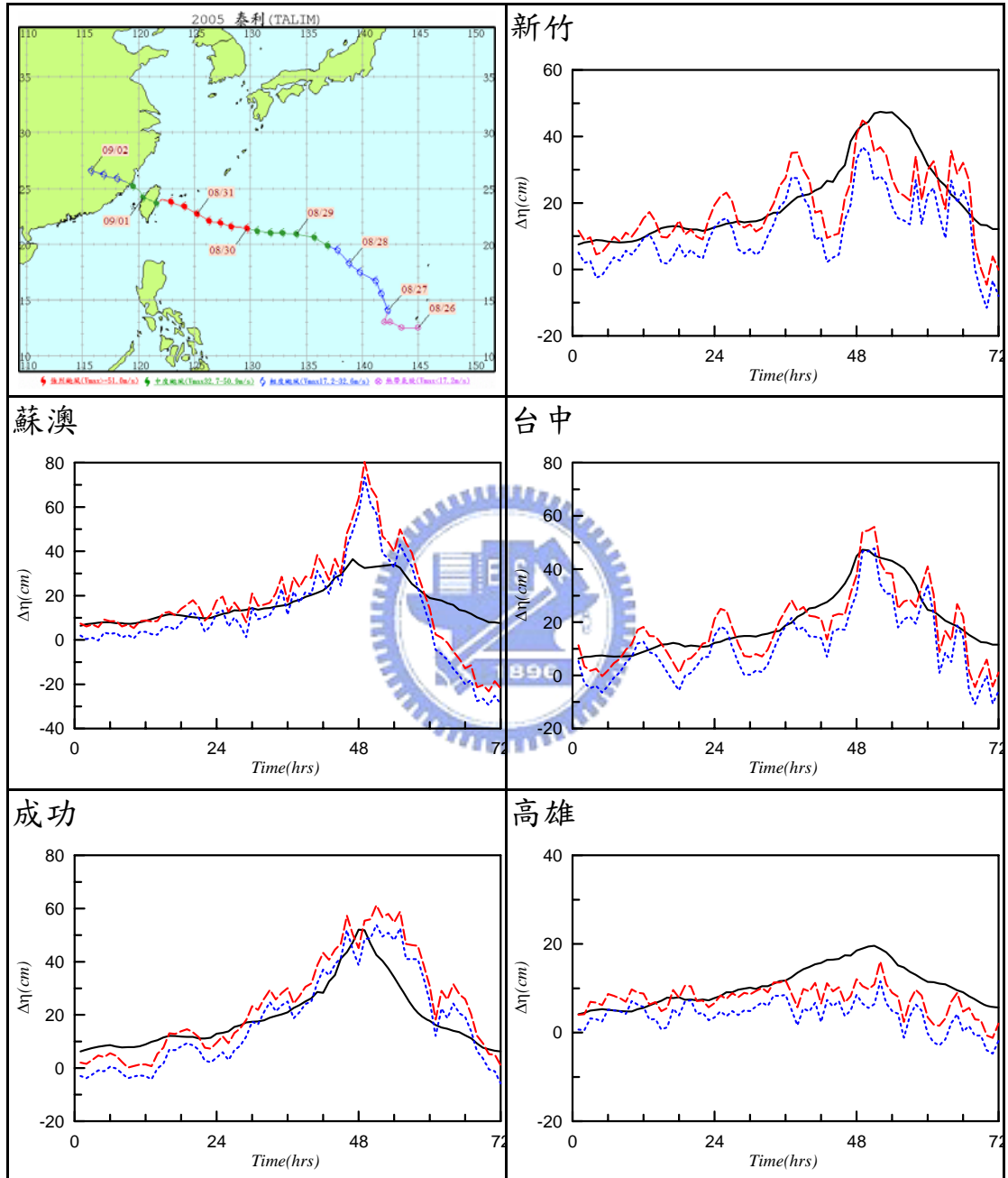


表 4-10 2005 年台灣沿岸五個測站的暴潮偏差-丹瑞颱風

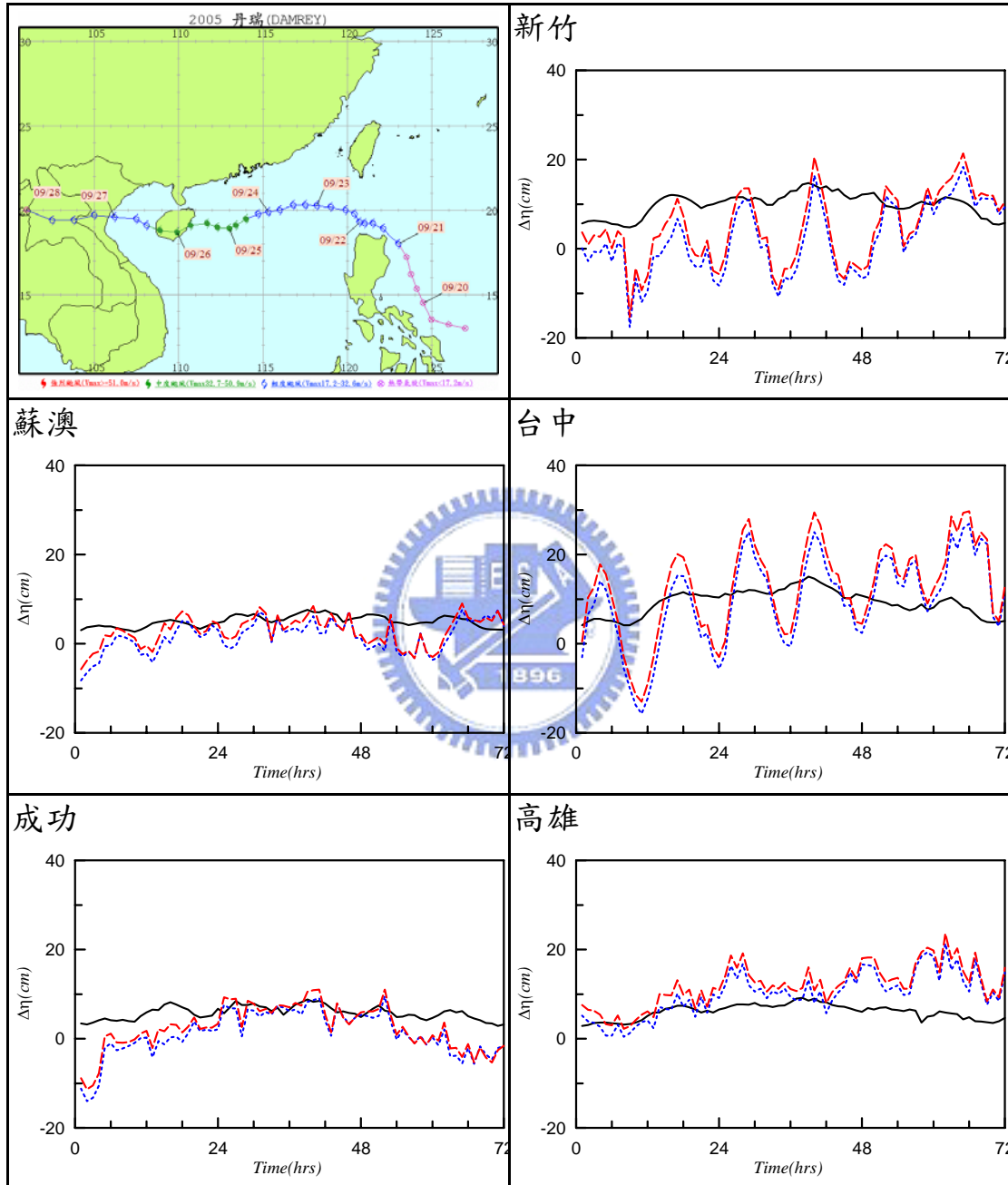
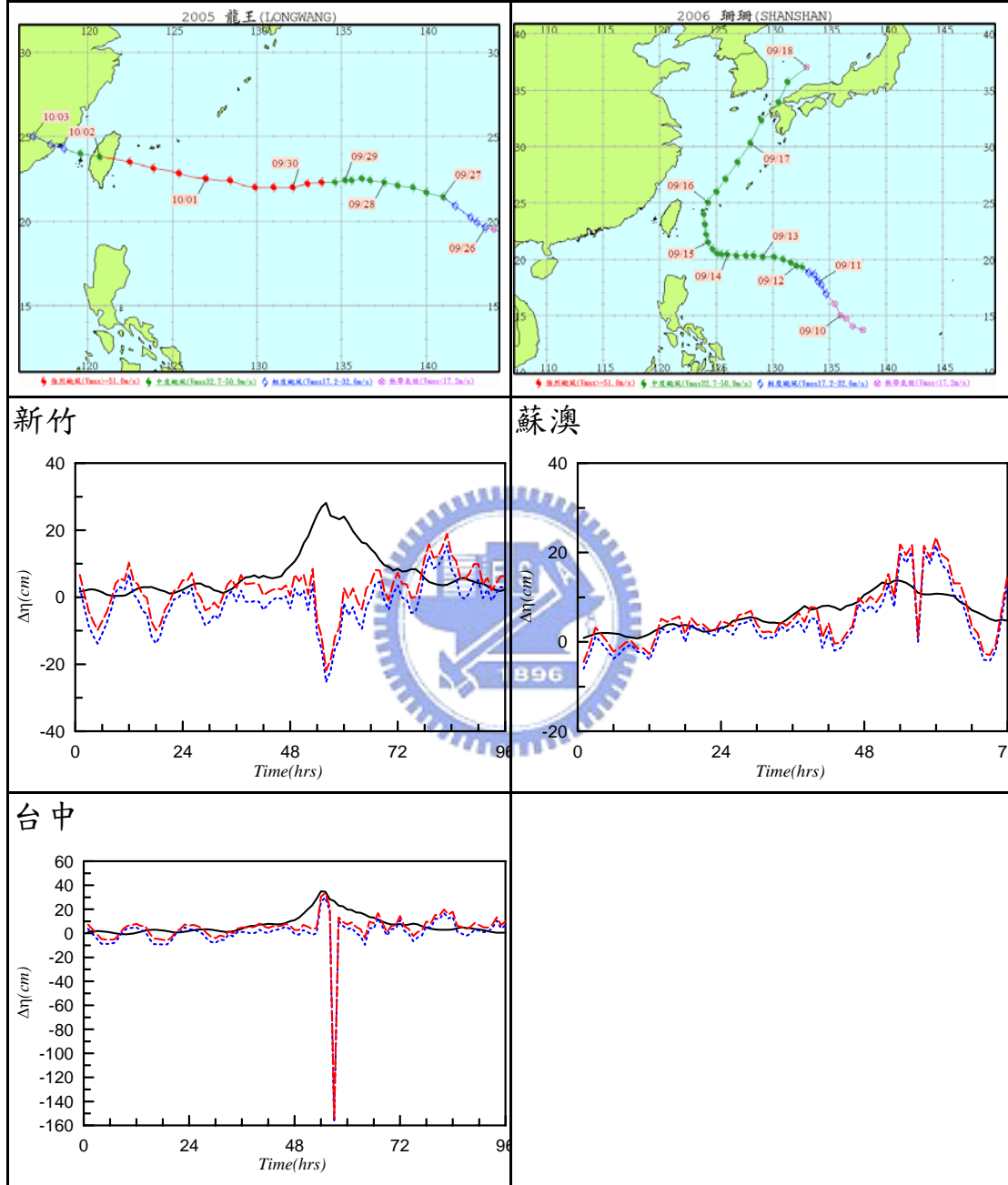


表 4-11 新竹、台中與蘇澳測站暴潮偏差預測-龍王颱風、珊珊颱風



第五章 結論與建議

本研究目的在探討颱風來臨時，氣壓對於暴潮偏差的影響。研究一開始採用資料較完整的基隆測站 1989 年逐時潮位資料，驗證加入氣壓影響的調和分析確實是較傳統調和分析法準確。

再蒐集彙整台灣四周沿岸五個測站的潮位及氣壓資料，發現在資料缺漏性甚小的情況下，同一測站的年平均潮位 $\bar{\eta}$ 、年平均氣壓 \bar{P} 與氣壓轉換係數 C 是極為相似的，往後在暴潮預測上，將可以直接利用同一測站任何一年的數據來進行推算。且颱風期間颱風對氣壓的影響會造成氣壓與潮汐成負相關，即颱風來臨，氣壓下降，潮汐水位上升。

而在實際暴潮偏差預測方面，當颱風強度為強烈且颱風路徑有經過該測站時，加入氣壓影響之 HAP 方法比傳統 HA 方法接近由氣壓反算的暴潮偏差 $C \Delta P_i / \rho g$ ，且三種方法皆會產生明顯的水位抬升現象。但是當颱風強度為中度或是輕微時，就算颱風路徑有經過該測站，暴潮偏差卻不甚明顯，且不論是加入氣壓影響之 HAP 方法或是傳統 HA 方法皆無法準確推算暴潮偏差。

另外，西部新竹、台中測站以及東部蘇澳、成功測站的暴潮偏差圖形在同一場颱風下圖形是相似的，由此推測暴潮偏差可能是有區域性的。且西部的中部測站因為地形影響的關係，在暴潮偏差預測上潮位的變化較大。

此外，潮汐水位之觀測常因人為疏忽或外在因素的影響，導致測站的潮位資料有缺失或錯誤的情形。例如，龍王(LONGWANG)颱風在經過新竹及台中測站時暴潮位竟會產生突降現象，而該部分潮位數據經驗證為實測數據；而珊珊(SHANSHAN)颱風在蘇澳測站則是產生了雙峰現象。初步推估有可能是人為疏失或是儀器故障所造成。

而本研究僅針對氣壓部分對傳統調和分析法來作比較，且直接氣壓推算暴潮偏差的公式在實際應用上，尚包含除了氣壓外的其他影響因素，例如：風速、暴風半徑與測站對颱風的距離等，其有待進一步的研究。

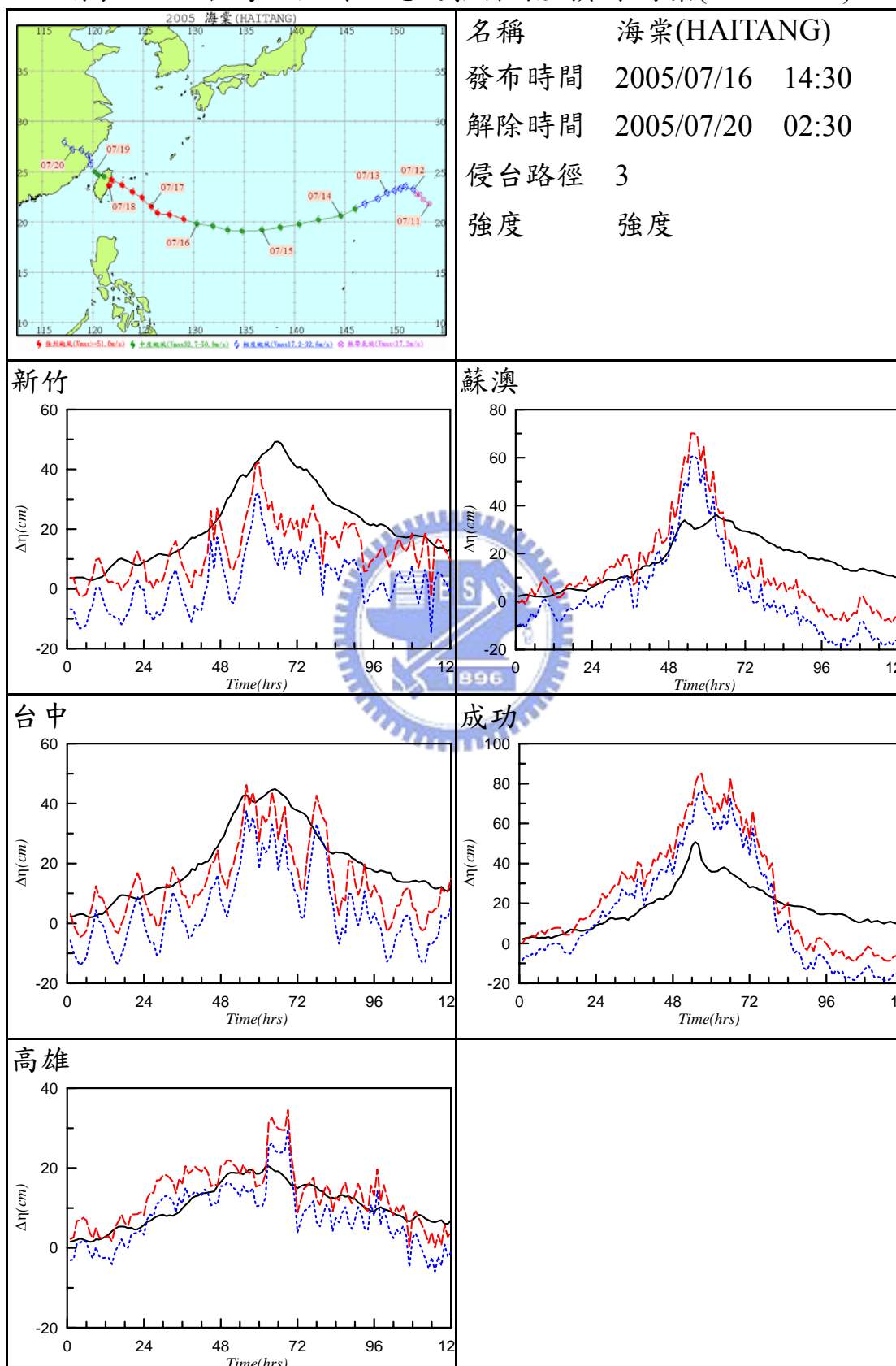
參考文獻

1. 張國棟、林維揚、曾相茂、何崇華 (2000) 「潮汐預報時間幅度之探討」, 第 22 屆海洋工程研討會論文集, 第 547-554 頁。
2. 郭一羽 (2001) 「海岸工程學」, 文山書局。
3. 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。
4. 李賢文、臧效義、李芳承 (2003) 「台灣北部與東部海岸颱風暴潮數值模擬」, 第 25 屆海洋工程研討會論文集, 第 259-265 頁。
5. 鄭允翔 (2003) 「颱風暴潮與颱風特性關係之研究」, 國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
6. 吳誌翰 (2004) 「颱風暴潮特性分析」, 國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
7. 馮智源、高家俊、邱銘達、吳誌翰 (2005) 「颱風暴潮數值推算之研究」, 第 27 屆海洋工程研討會論文集, 第 275-282 頁。
8. 黃偉伯、許長安、黃慶光、龔誠山、林杰熙 (2005) 「台灣北部海岸颱風暴潮模擬」, 第 27 屆海洋工程研討會論文集, 第 283-289 頁。
9. 黃瓊珠 (2005) 「潮位資料補遺及天文潮分潮特性之研究」, 國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
10. 邱銘達、高家俊、馮智源、江俊儒 (2006) 「颱風暴潮數值推算準確度提升之研究」, 第 28 屆海洋工程研討會論文集, 第 253-258 頁。
11. 黃偉伯、許長安、龔誠山、林杰熙 (2006) 「台灣北部海岸暴潮之研究」, 第 28 屆海洋工程研討會論文集, 第 271-276 頁。
12. 莊文傑、曾相茂、江中權 (2006) 「潮汐資料補遺及其在暴潮位萃取之應用」, 第 28 屆海洋工程研討會論文集, 第 277-282 頁。
13. 張國棟、謝佳紘、張孟勤、邱啟敏、蔡錦繡 (2006) 「潮位預測精度之改進」, 第 28 屆海洋工程研討會論文集, 第 289-294 頁。

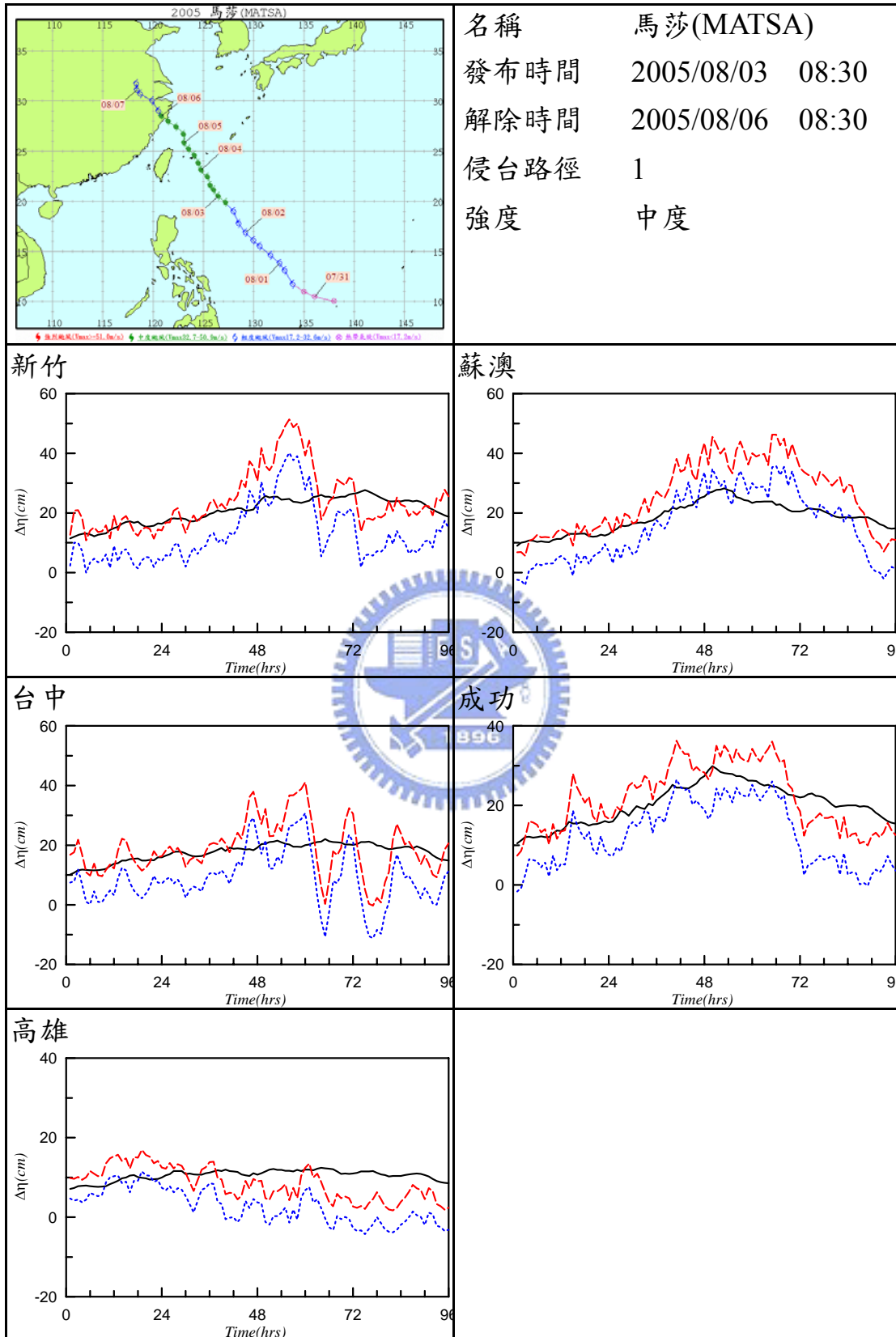
14. 莊文傑、林立青、張憲國 (2007) 「年實測缺漏潮位內差補遺法之準確性評估」, 第 29 屆海洋工程研討會論文集, 第 201-206 頁。
15. 莊文傑、林立青、張永欣 (2007) 「氣象潮位的萃取及其在暴潮預報的應用」, 第 29 屆海洋工程研討會論文集, 第 207-212 頁。
16. 張國棟、蔡錦繡、謝佳紘、張孟勤 (2007) 「潮汐預測與基礎資料之相關性」, 第 29 屆海洋工程研討會論文集, 第 213-218 頁。
17. 邱啟敏 (2007) 「台灣四周沿岸潮汐特性探討及颱風暴潮迴歸分析之研究」, 國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。
18. Ding, X., D. Zheng, Y. Chen, J. Chao, and Z. Li, (2001) "Sea level change in Hong Kong from tide gauge measurements of 1954-1999," *Journal of Geodesy*, 74, pp. 683-689.
19. Ding, X., J. Chao, D. Zheng, and Y. Chen, (2001) "Long-term sea-level changes in Hong Kong from tide-gauge records," *Journal of coastal Research*, 17(3), pp. 749-754.
20. Gil, E., and C. De Toro, (2005) "Improving tide-gauge data processing: A method involving tidal frequencies and inverted barometer effect," *Computers & Geosciences*, 31, pp. 1048-1058.

附表 1 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測

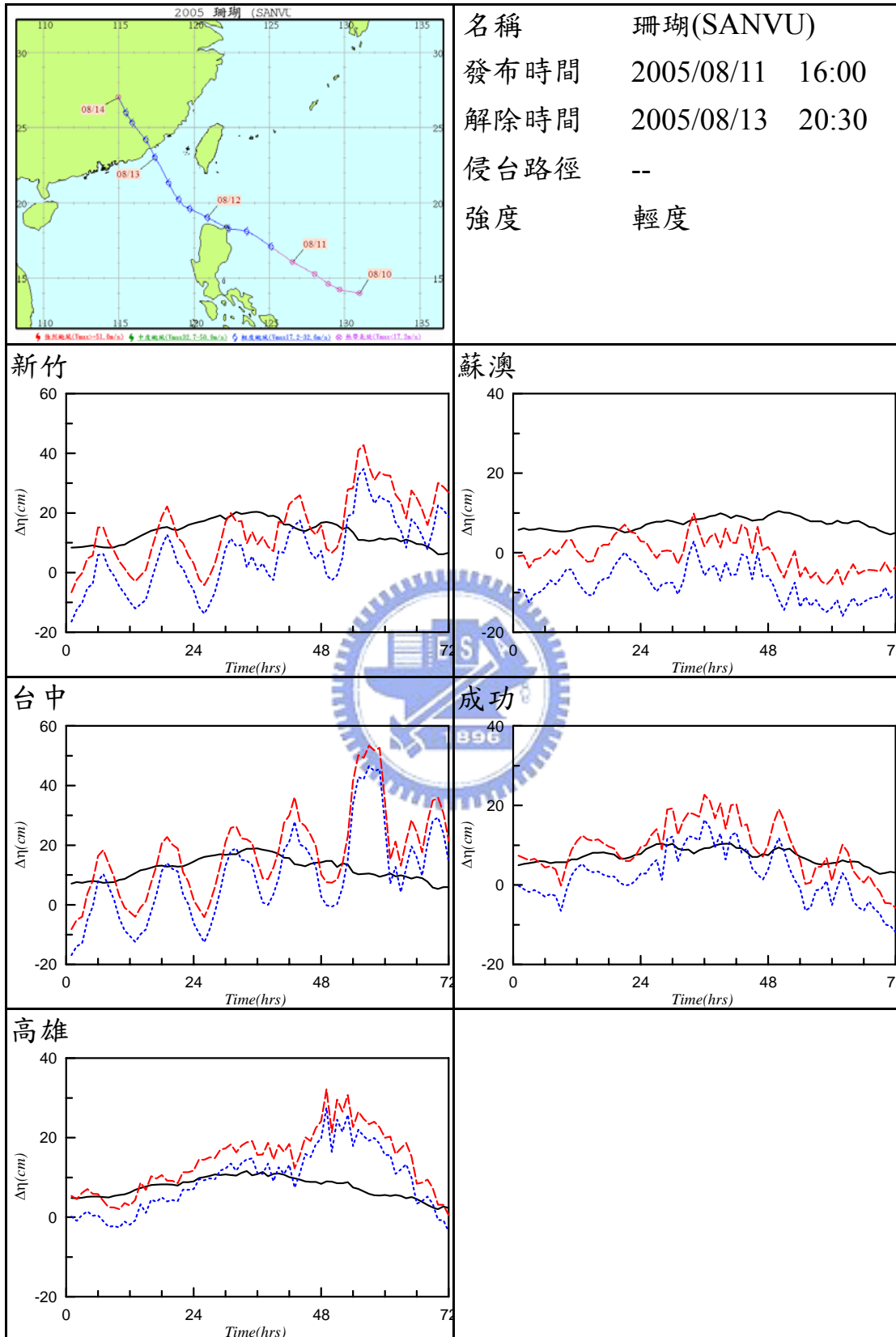
附表 1-1 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-海棠(HAITANG)



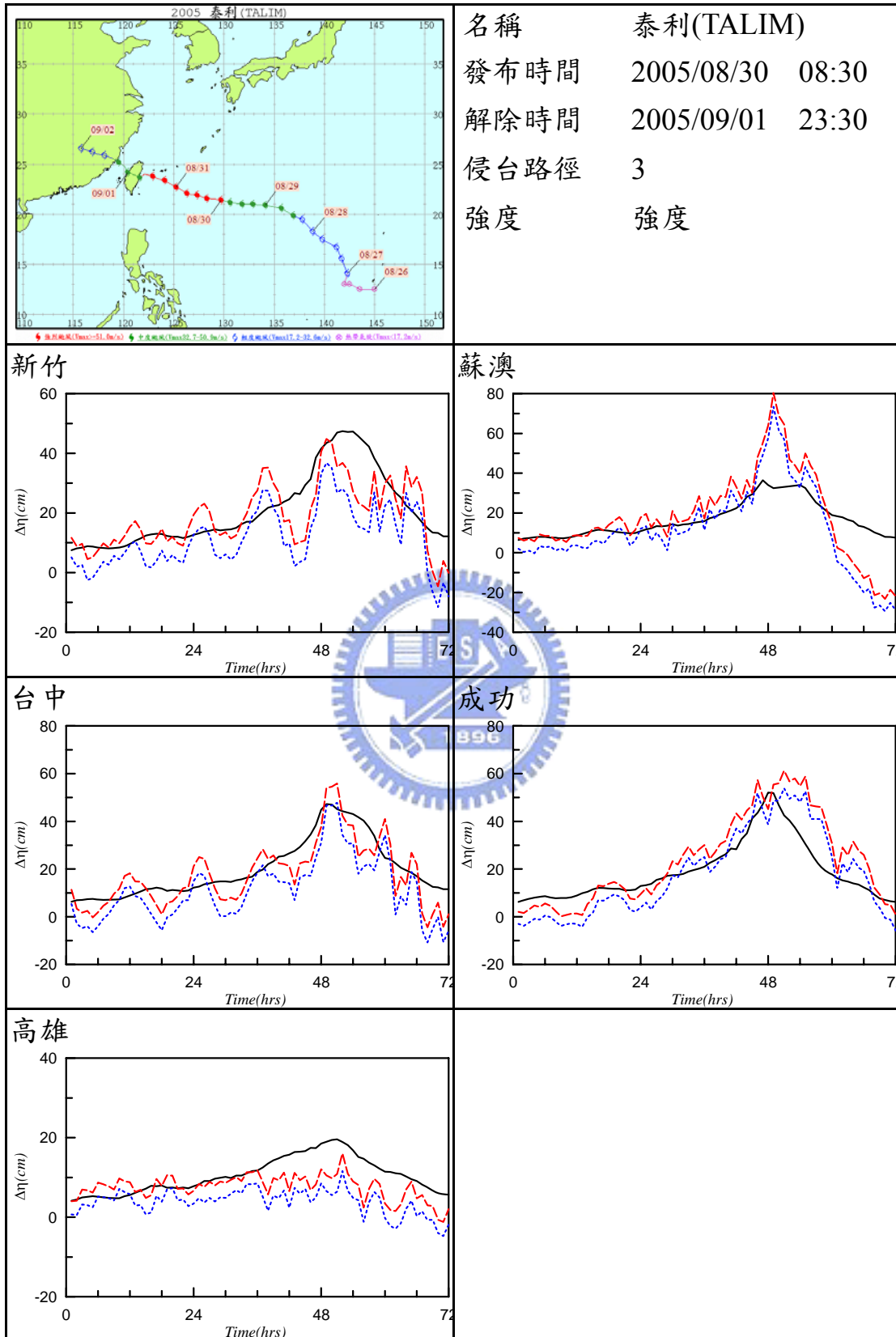
附表 1-2 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-馬莎(MATSA)



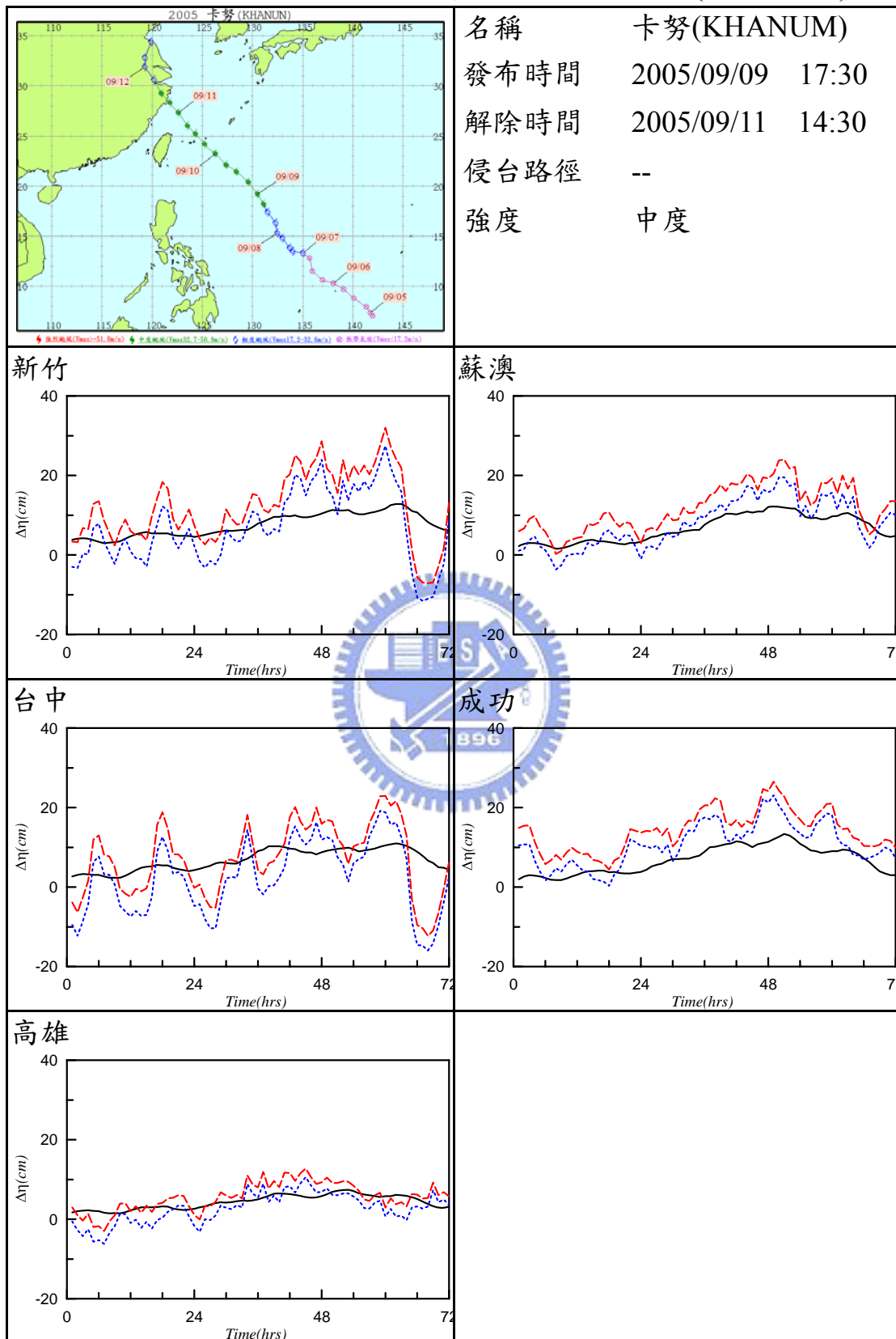
附表 1-3 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-珊瑚(SANVU)



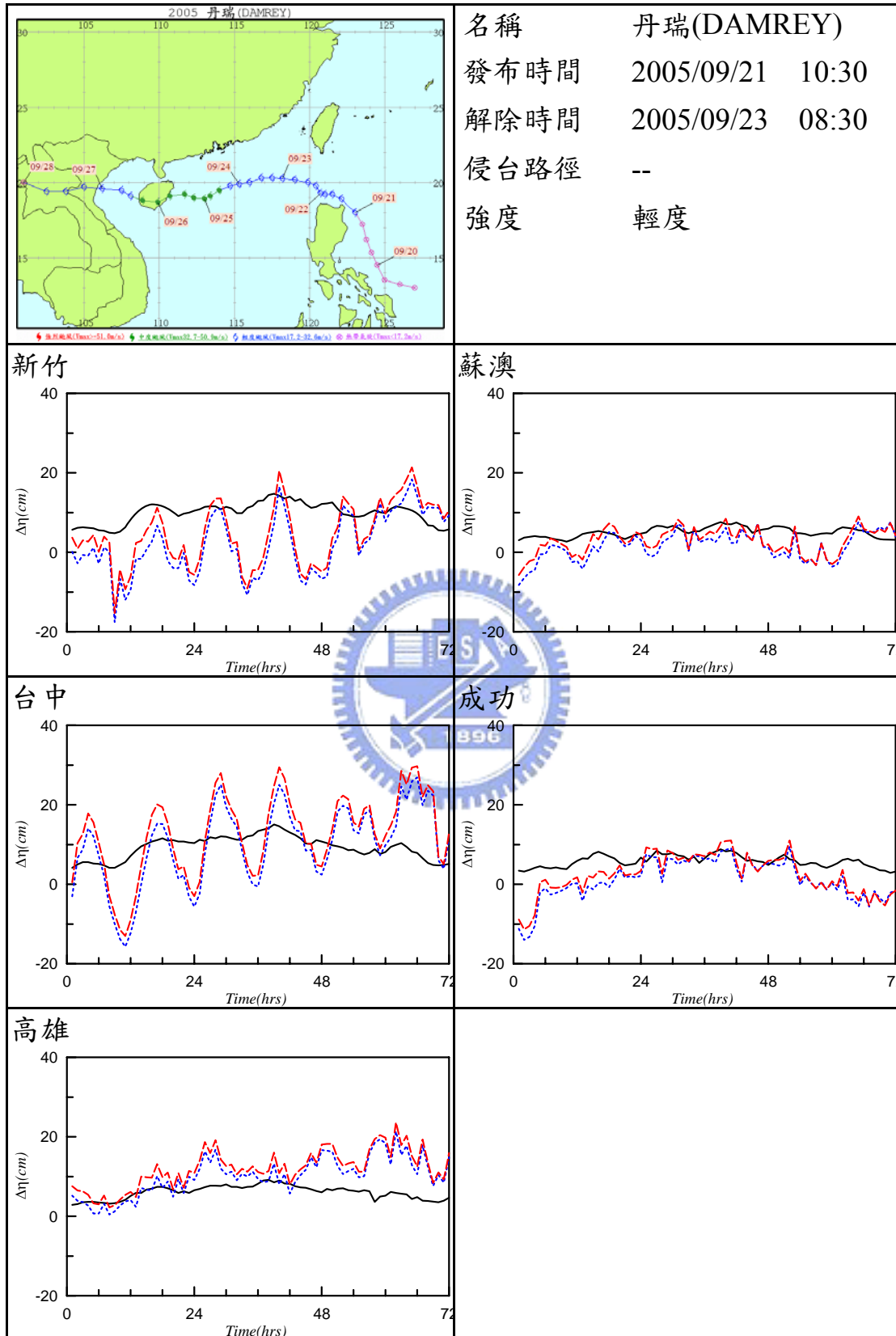
附表 1-4 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-泰利(TALIM)



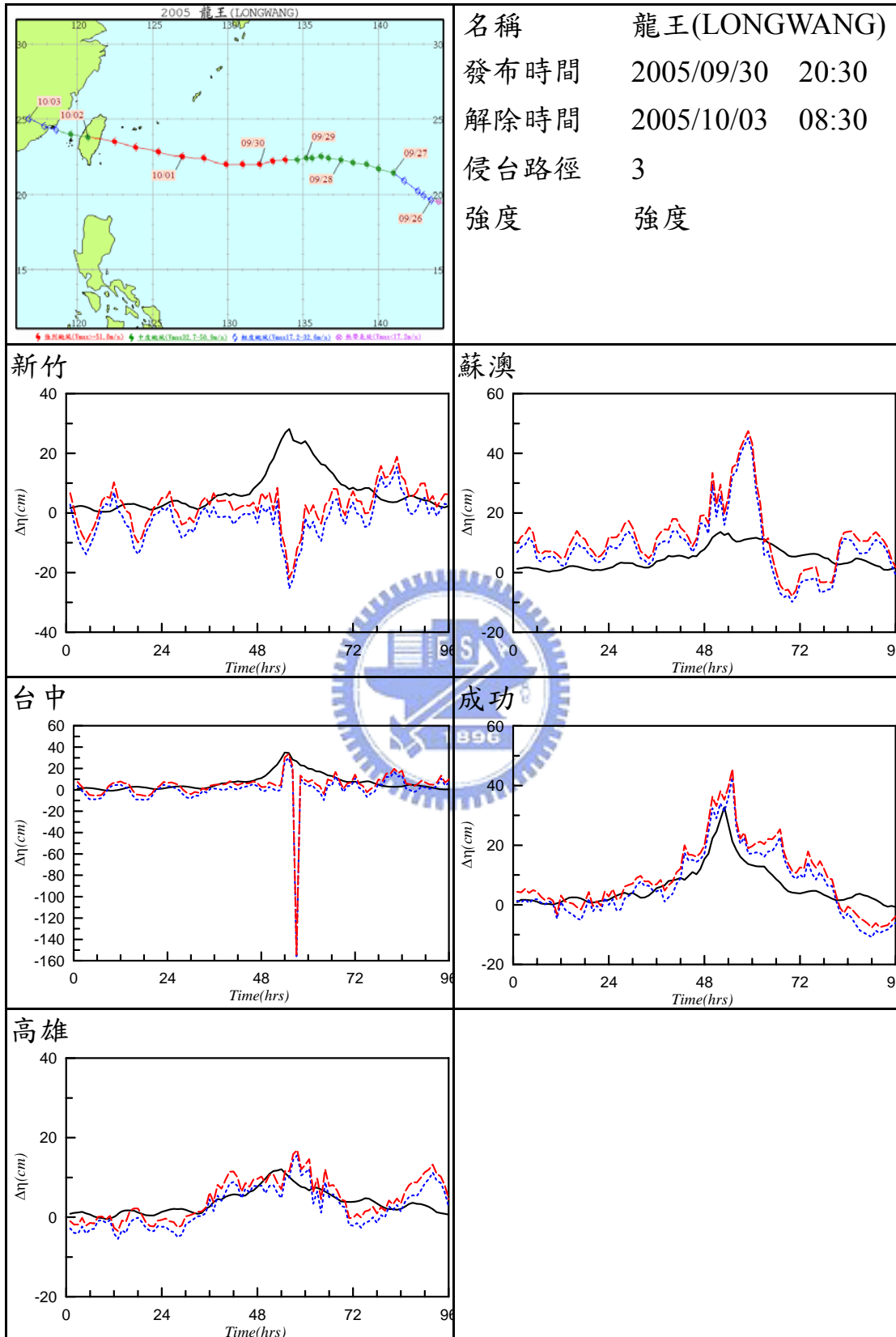
附表 1-5 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-卡努(KHANUM)



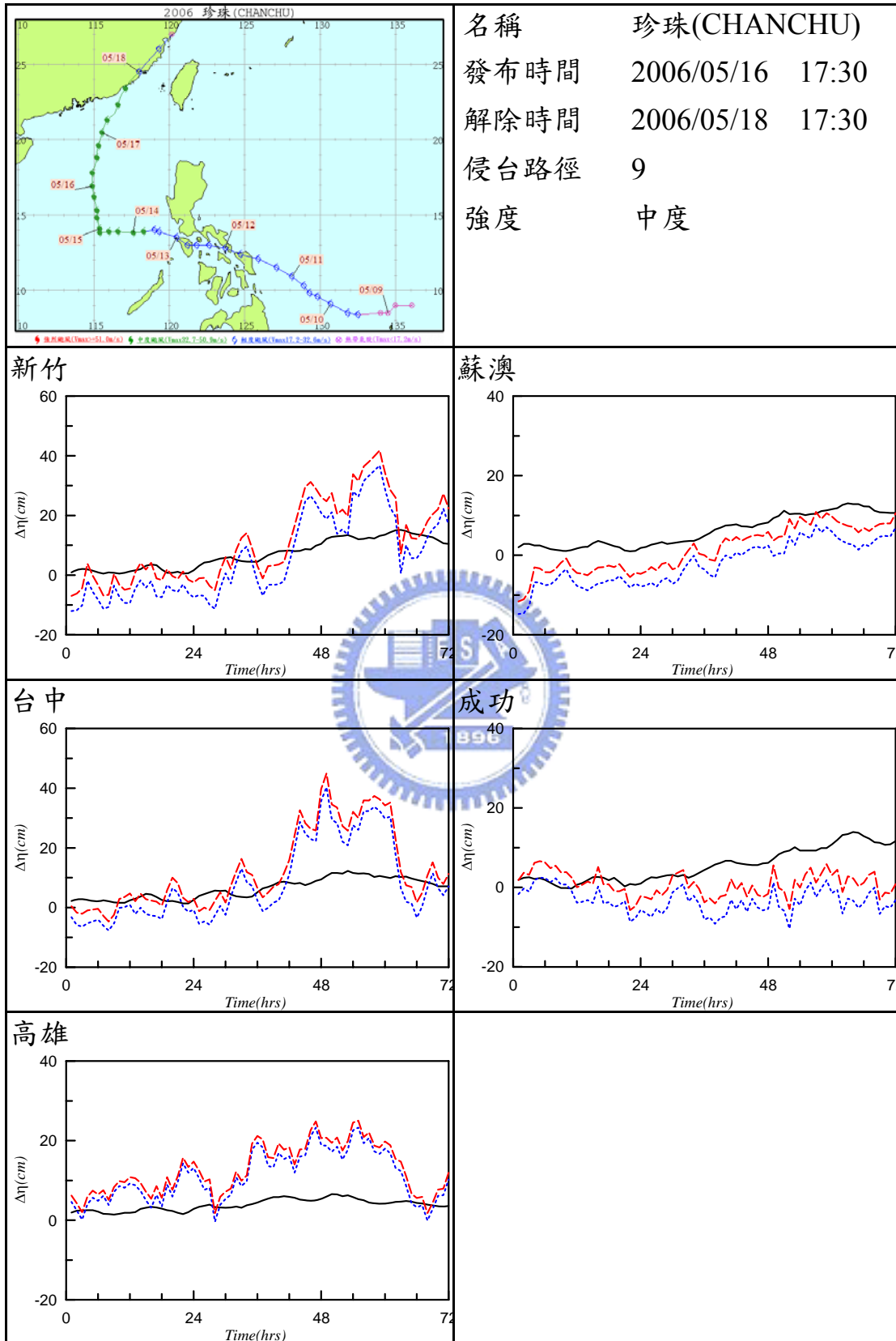
附表 1-6 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-丹瑞(DAMREY)



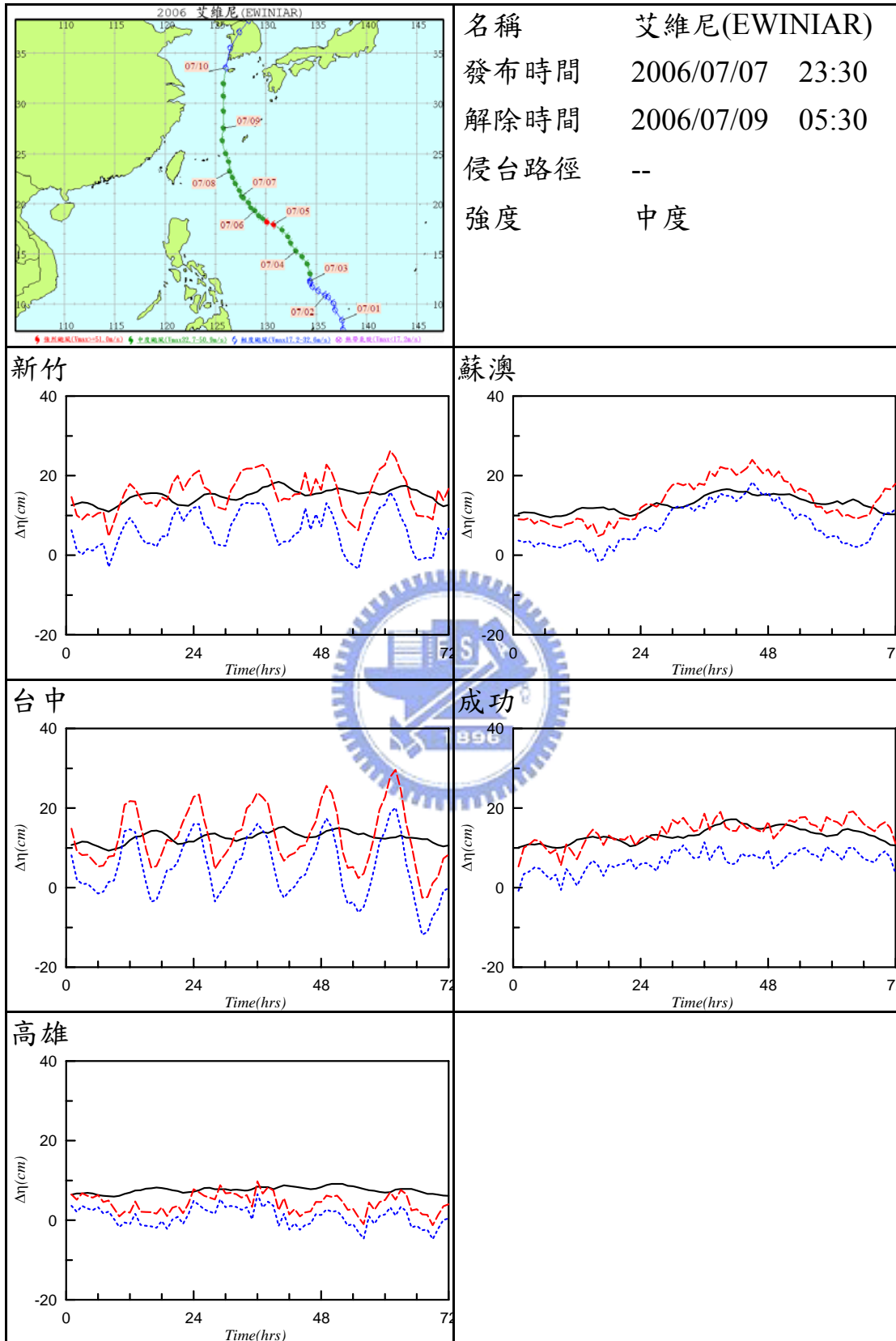
附表 1-7 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-龍王(LONGWANG)



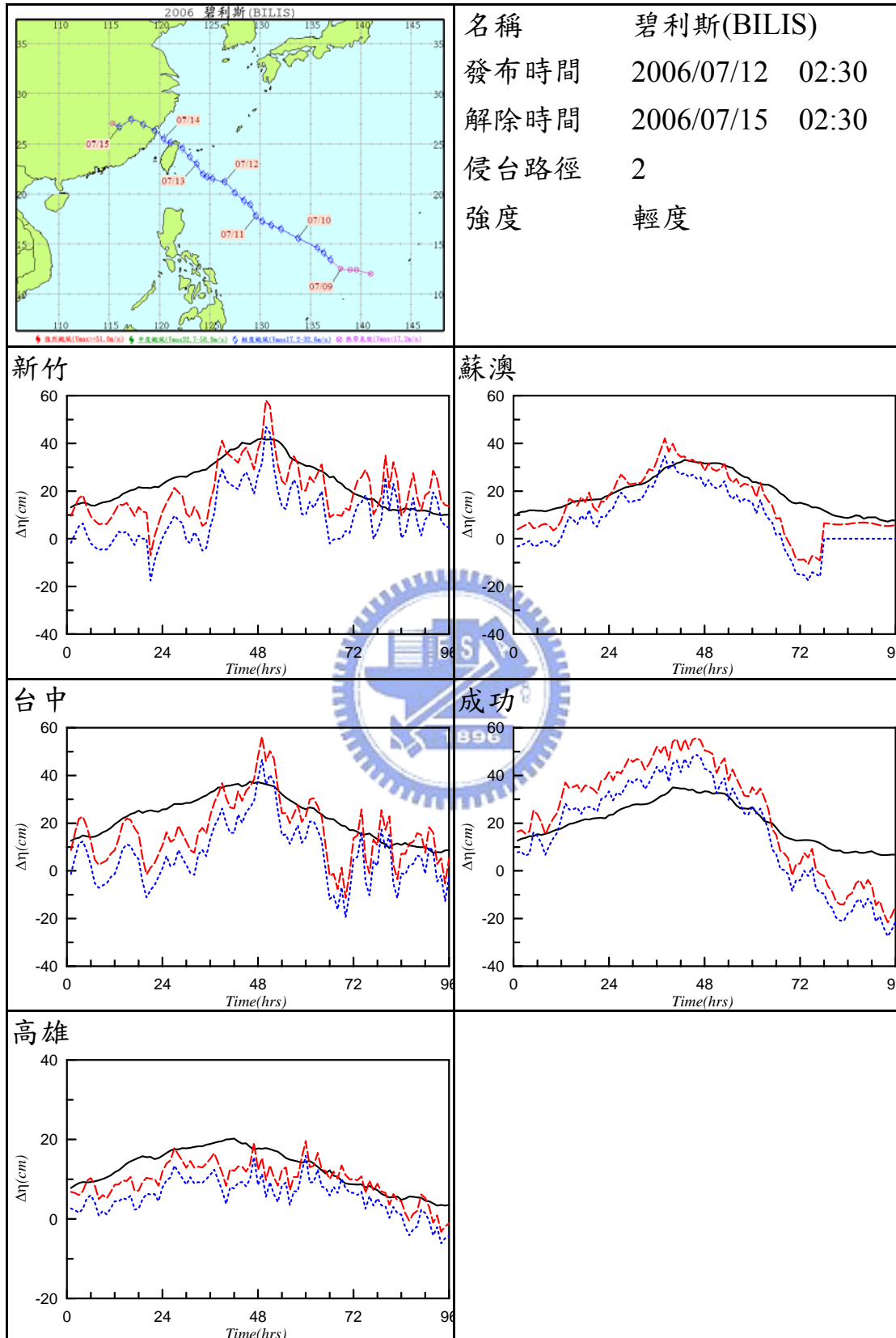
附表 1-8 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-珍珠(CHANCHU)



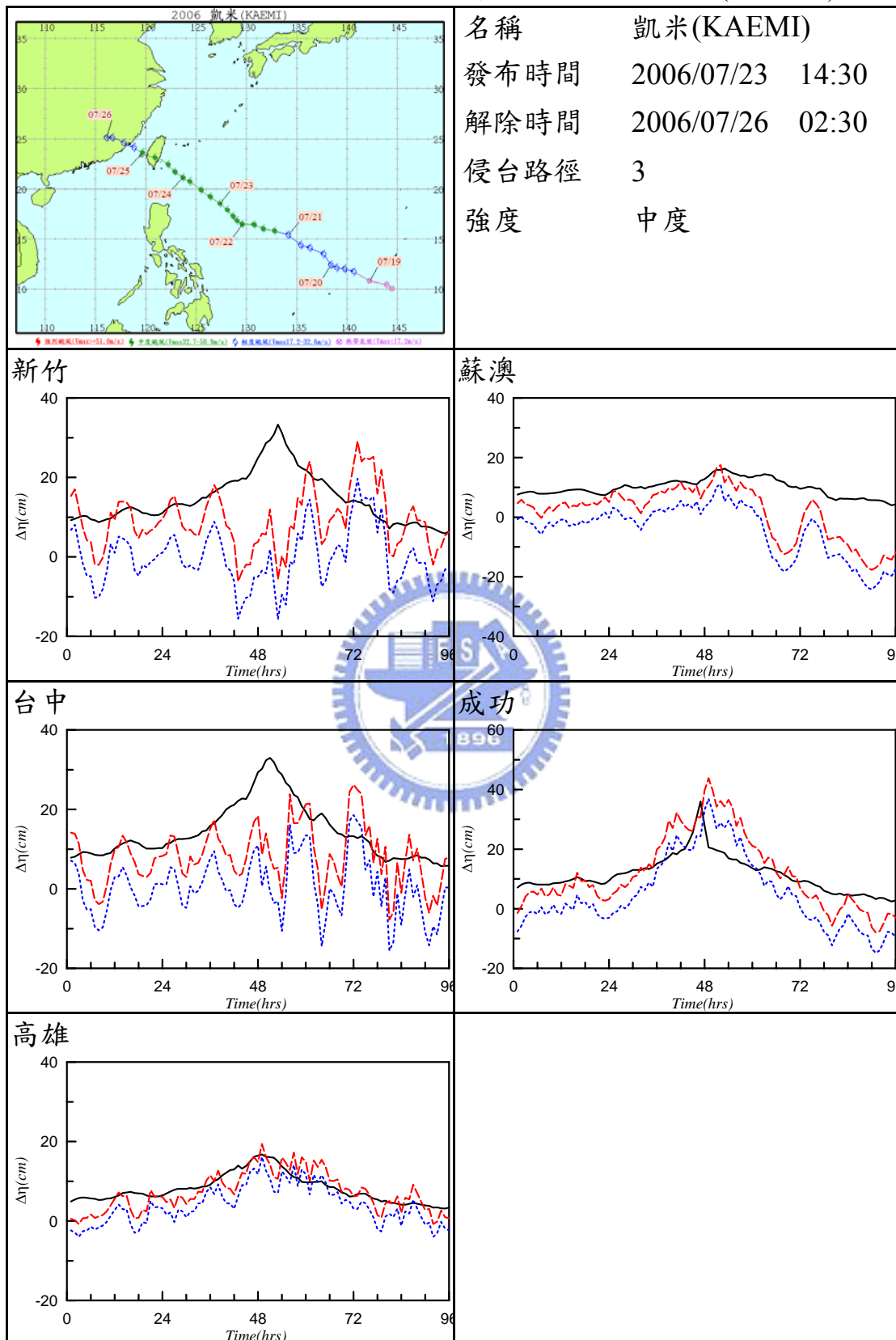
附表 1-9 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-艾維尼(EWINIAR)



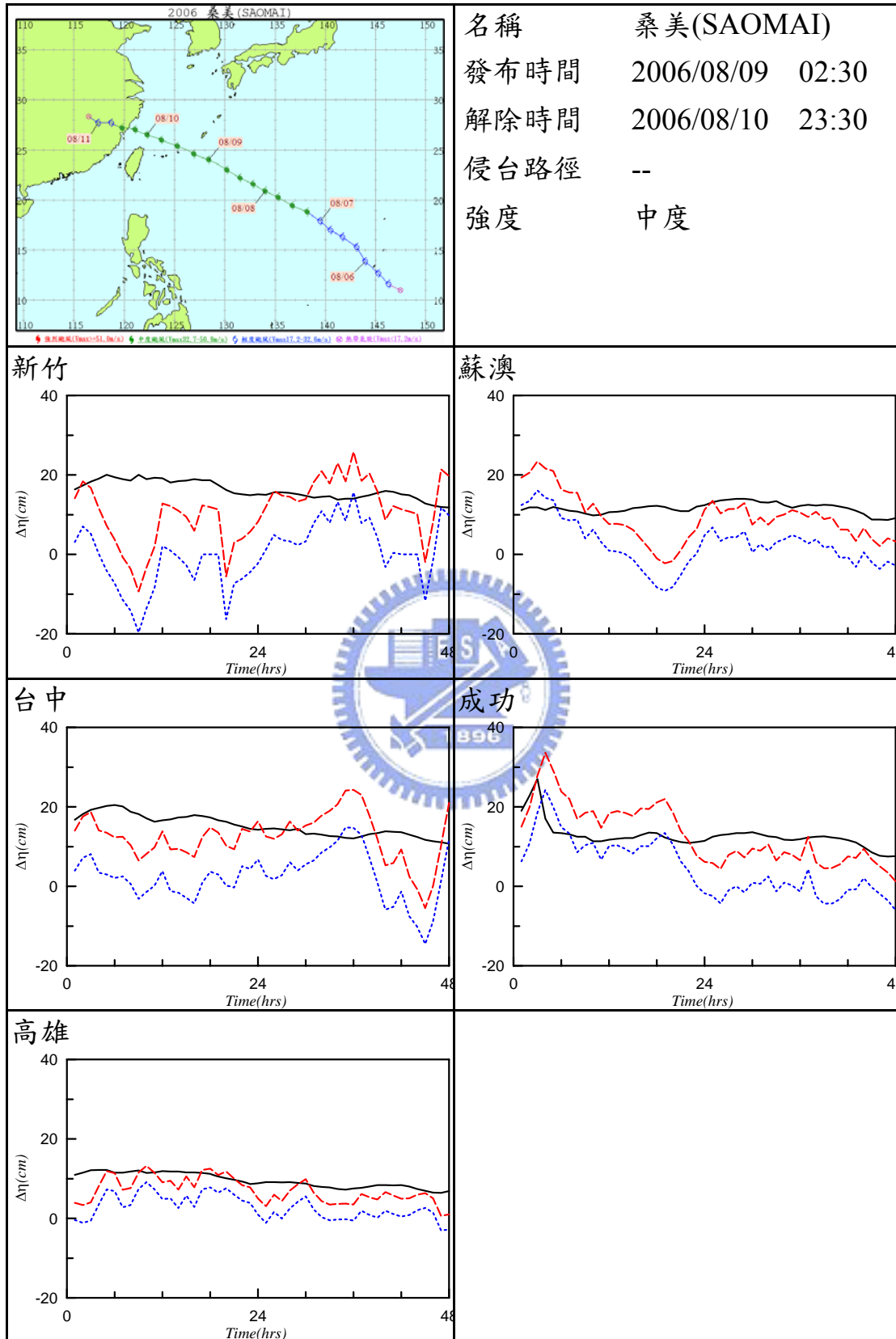
附表 1-10 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-碧利斯(BILIS)



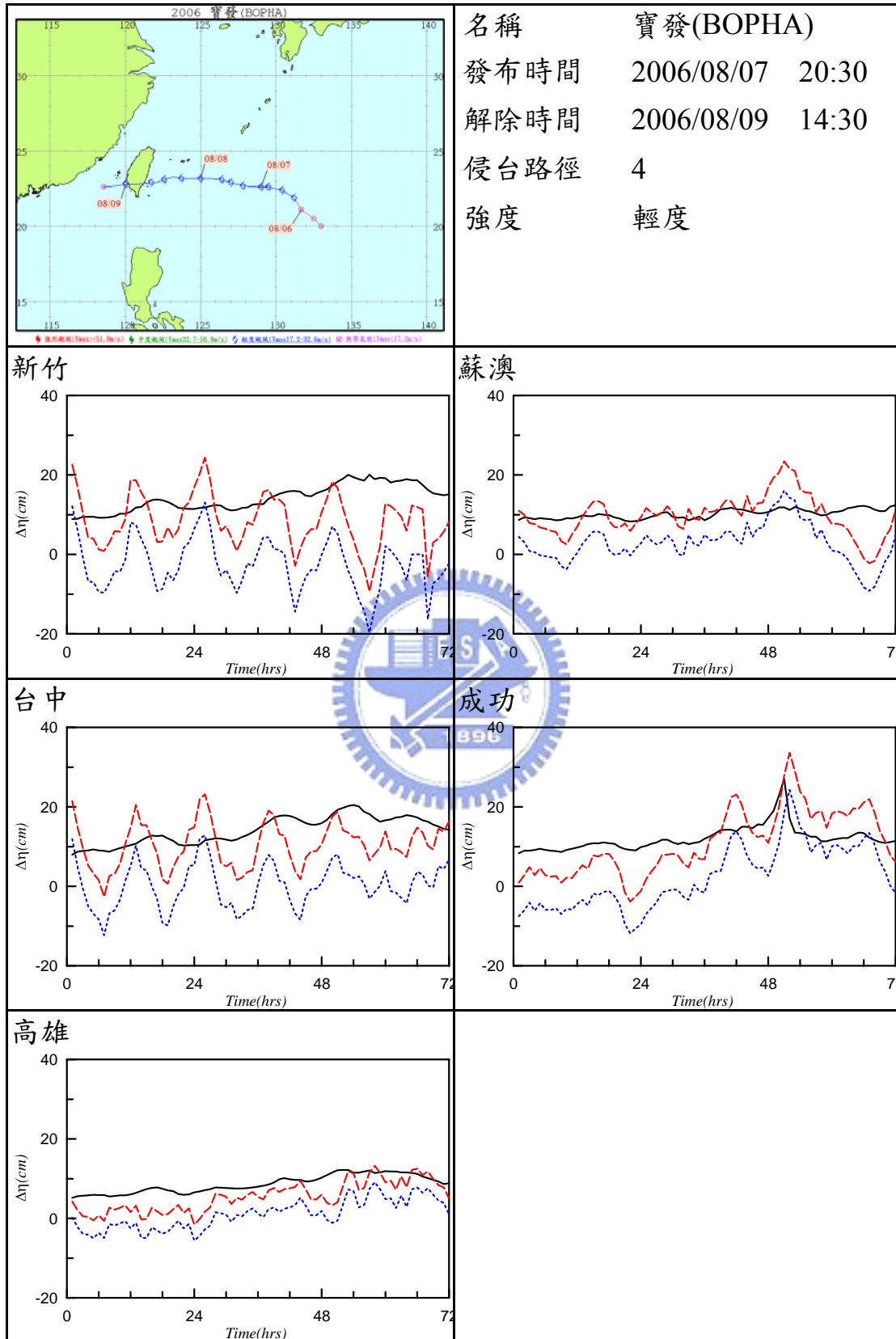
附表 1-11 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-凱米(KAEMI)



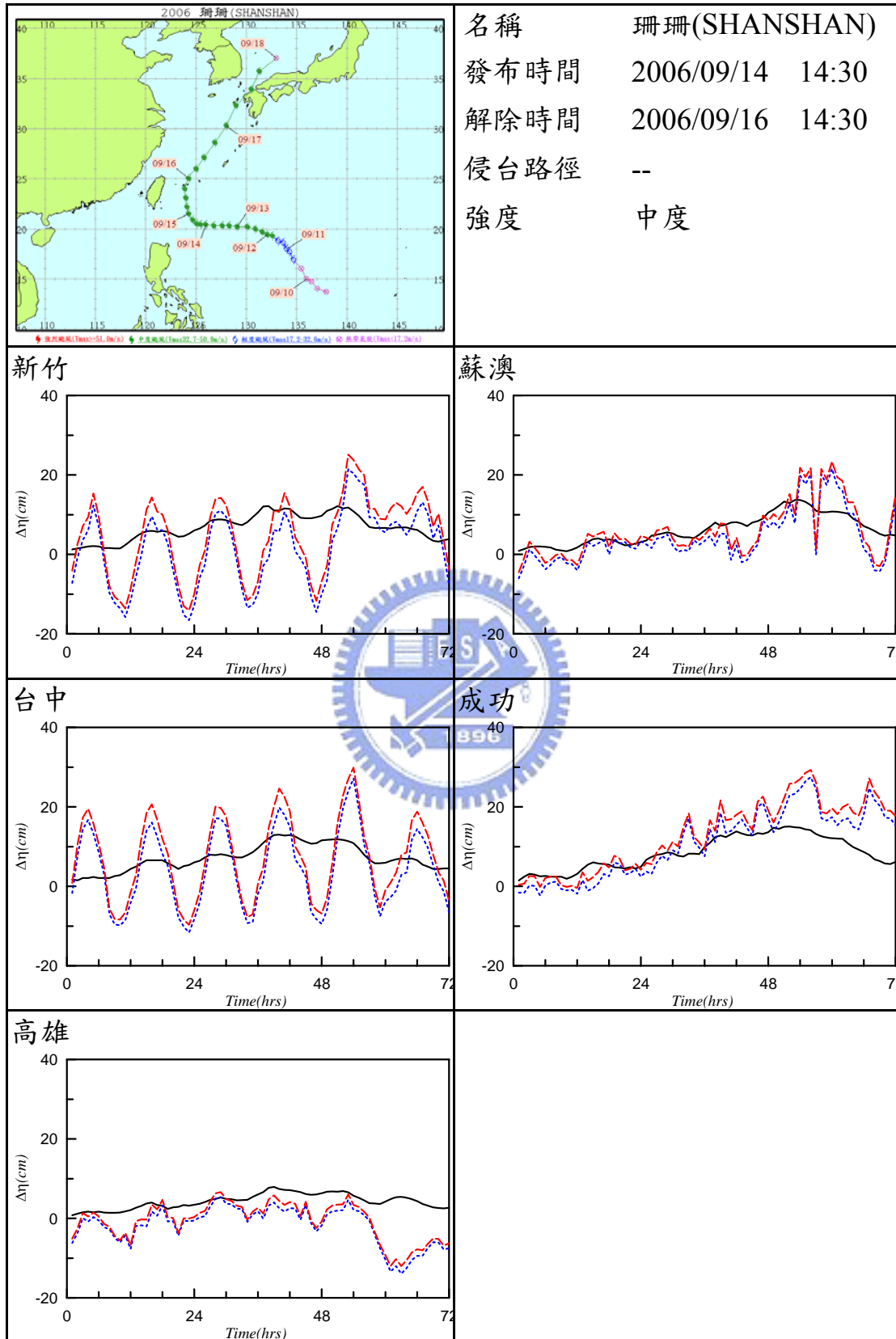
附表 1-12 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-桑美(SAOMAI)



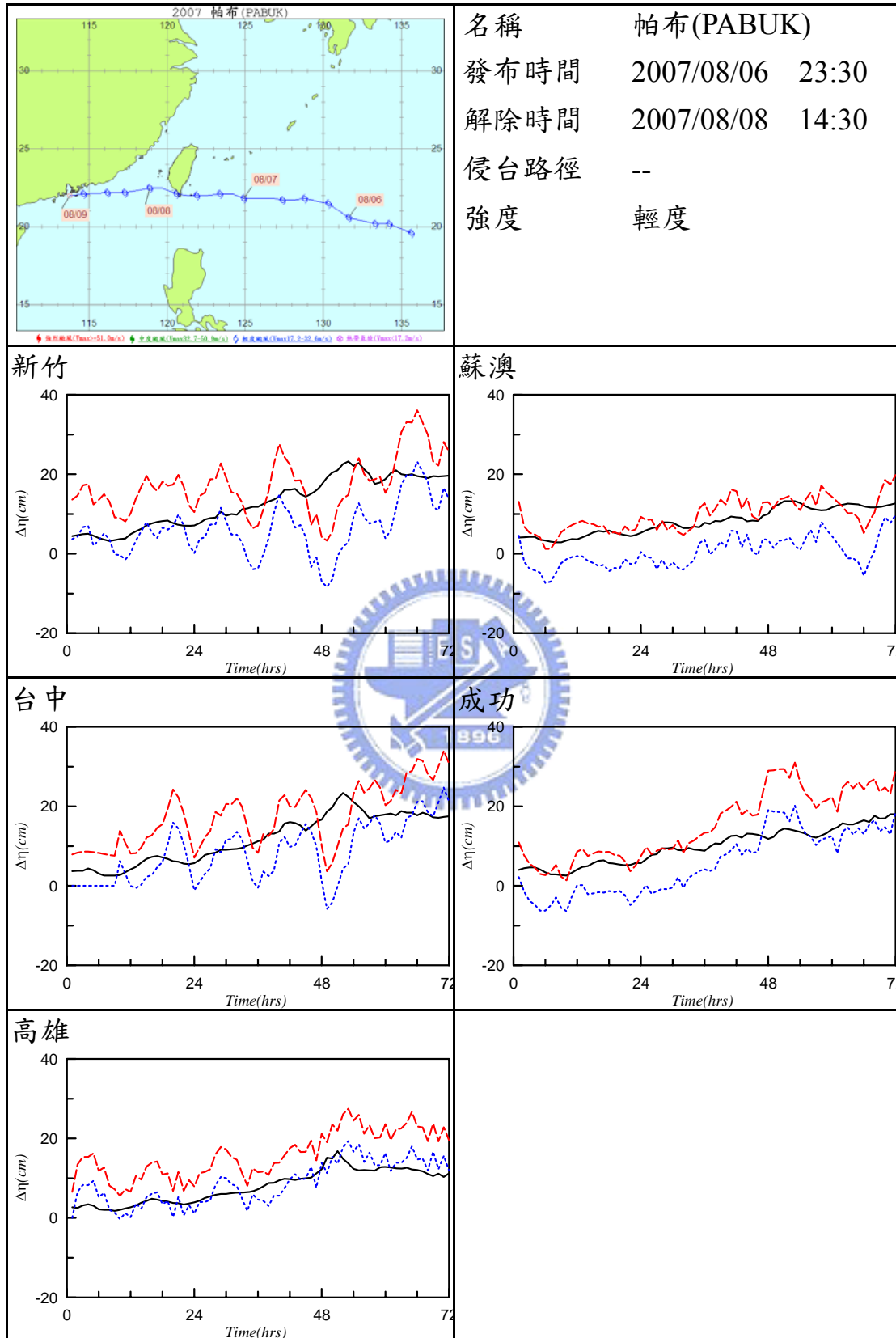
附表 1-13 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-寶發(BOPHA)



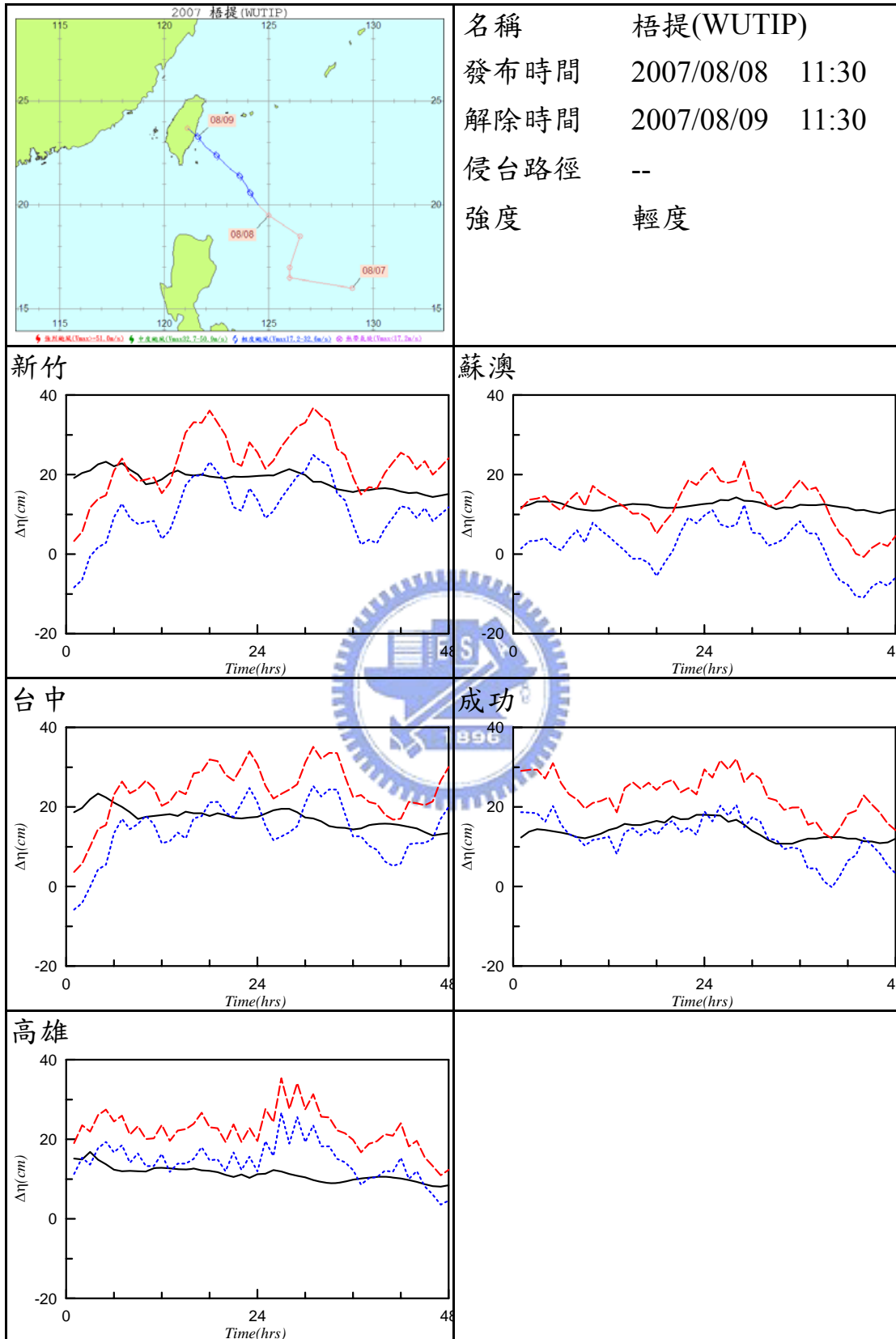
附表 1-14 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-珊珊(SHANSHAN)



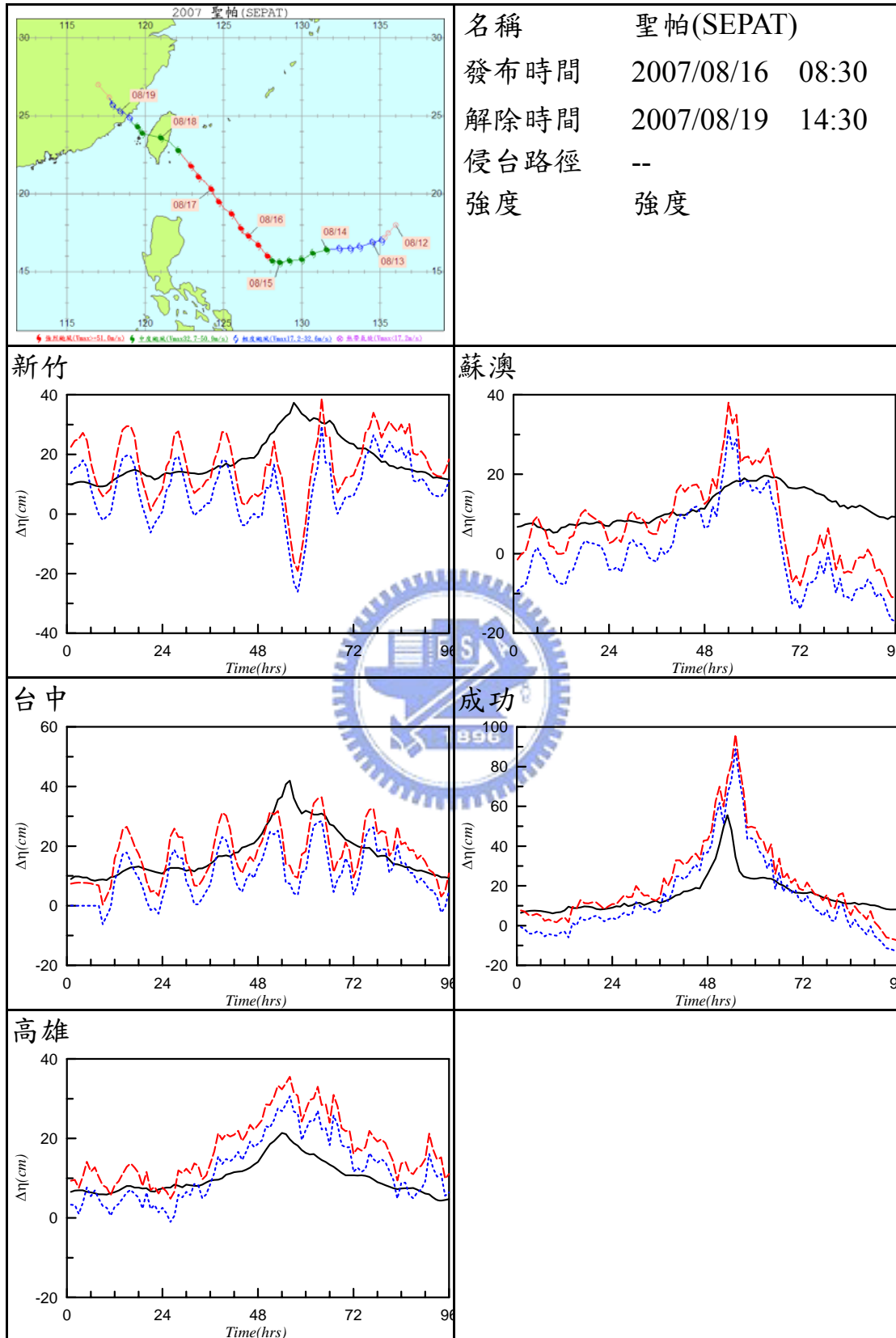
附表 1-15 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-帕布(PABUK)



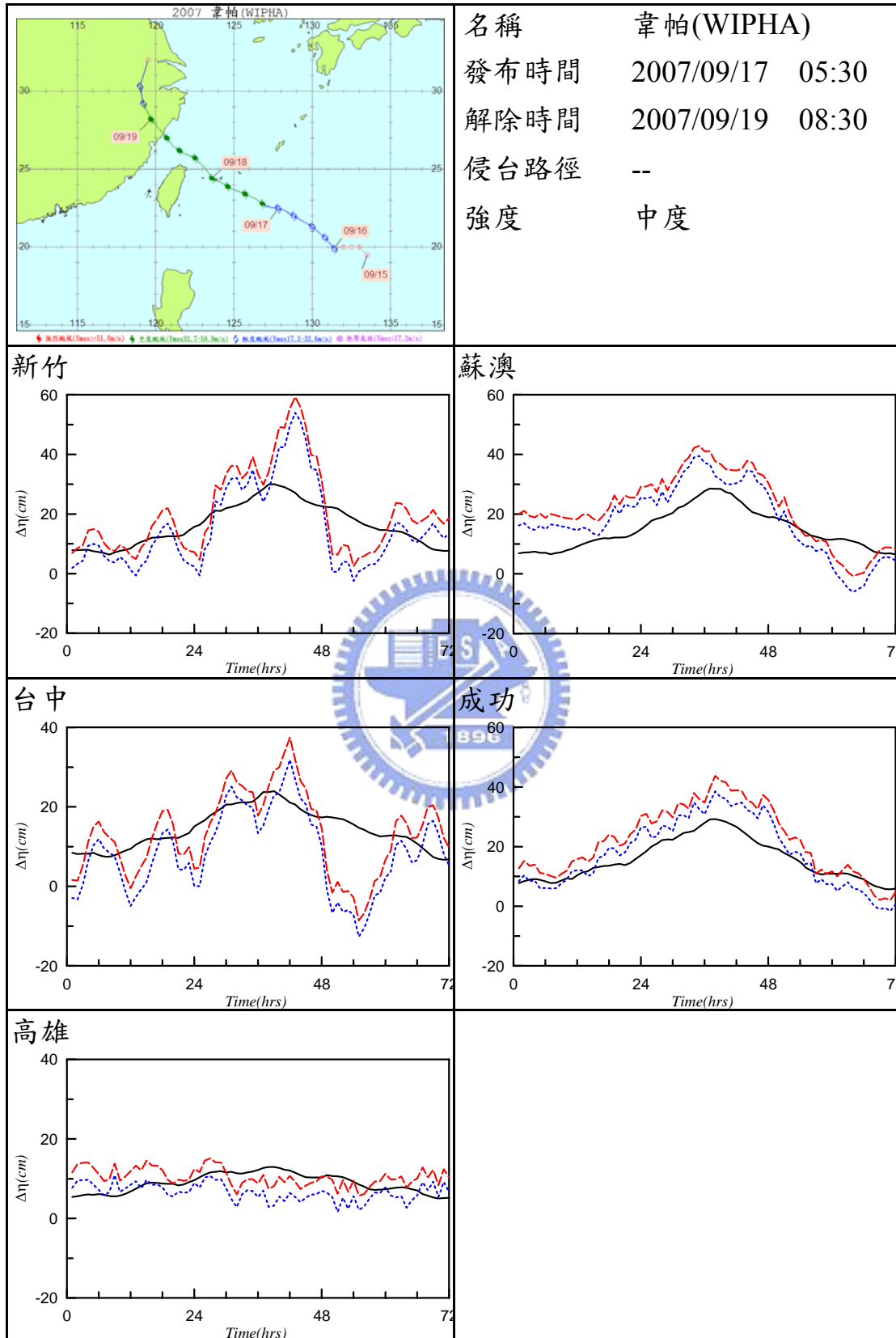
附表 1-16 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-梧提(WUTIP)



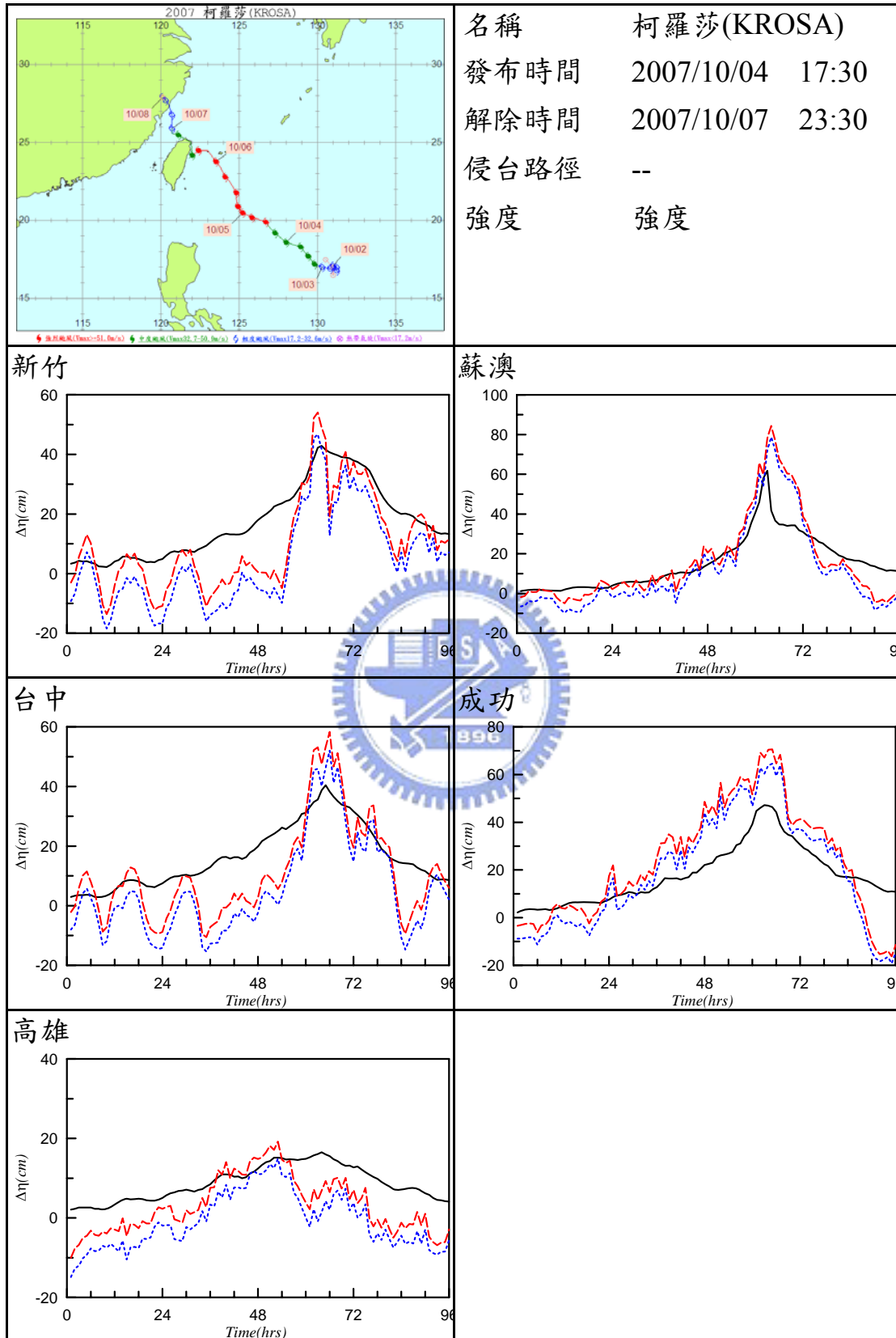
附表 1-17 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-聖帕(SEPAT)



附表 1-18 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-韋帕(WIPHA)



附表 1-19 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-柯羅莎(KROSA)



附表 1-20 台灣五個測站颱風暴潮偏差預測-米塔(MITAG)

