

資料觀測頻率對潮位分析的影響

林演斌¹ 楊益昇² 王仲豪³ 林清睿⁴ 高家俊⁵

¹ 國立成功大學近海水文中心計畫副理

² 國立成功大學水利及海洋工程學系碩士班研究生

³ 經濟部水利署助理工程司

⁴ 國立成功大學 近海水文中心系統組副組長

⁵ 國立成功大學近海水文中心主任

摘要

過去觀測潮汐時所採用的時間間隔是 6 分鐘一筆資料，此觀測間隔對於海嘯、暴潮等異常水位變動觀測而言間隔時間太大，所以會有無法觀測到完整波形的情形。本文利用所建立的潮位觀測系統技術，於水利署罴廣嘴潮位站成功地測得恆春地震引起之海嘯。再從持續研發改善潮位觀測系統的觀點，升級既有水利署潮位站系統功能，加密潮位觀測頻率，將其從 6min 加密為 30sec，並於水利署永安潮位站測試系統性能，於 2007 年 4 月震線經過台灣西南部，永安潮位站測得震線引起的暴潮，本文引用永安潮位站所測得之數據，說明 6min 與 30sec 觀測頻率對潮位分析的影響，結果證實修改加密後的潮位觀測系統，較能精確地描述異常水位之變化，30sec 觀測頻率的最高暴潮較 6min 觀測頻率的最高暴潮高出近 32%。

關鍵詞：潮位觀測、海嘯、暴潮

Discussion on Tide Analysis Result by Different Observation Frequency

Yen-Pin Lin Yi-Sheng Yang Jong-Hao Wang
Ching-Ruei Lin Chia-Chuen Kao*

* Professor, Department of Hydraulics and Ocean Engineering, National Cheng Kung University

ABSTRACT

The storm surge is the main reason of coastal hazards. In Taiwan coast, according to the previous record, the storm are almost smaller than 1m. In the past, the observation frequency of tide level are 6min, even 1 Hr. Such frequency seems to be too low for the abnormal sea level variation, such as tsunami and storm surge. This paper utilize the technology, which is established by the Coastal Ocean Monitoring Center, National Cheng Kung University, to discuss the measured tsunami data at Syunguangzuei tide station of the Water Resources Agency(WRA). From the point of view of the system improvement, the operating firmware of the tide station is upgraded to measure the tide level at the frequency of 30sec. The upgraded system is tested at Yong-an tide station of WRA. The storm surge on 4/2/2007 is measured and discussed. The function of the upgraded system is proved and The 30sec frequency of tide data describe the tide level form better than the 6min ibservation frequency. The maximum storm surge level of 30sec frequency is 32% higher than that of the 6min frequency.

Keywords: tide observation; tsunami; storm surge

一、前言

經濟部水利署委託成功大學近海水文中心執行近海水文觀測現代化計畫，整體計畫之目標包含提升水文觀測技術，落實觀測儀器本土化，以及建立即時資料傳輸系統，加強防災預警功能，消滅天然災害。水利署為了業務需要，建立並維持近海水文觀測網，其中包含11個潮位站，這些自動化的潮位觀測系統，是由成功大學近海水文中心進行整合研發，其中有關取樣頻率、潮位資料的觀測頻率…等參數，均透過所研發的資料擷取處理技術執行，符合落實觀測儀器本土化之精神。

海嘯於海岸地區造成的人命財產損失很大，水利署掌管海岸地區，直接面臨海嘯威脅，另外，低氣壓引起異常的水位變化，對於海岸既有設施的防護功能，是一大挑戰。因此為了加強潮位站之防災預警功能，對於海岸地區的海嘯與暴潮，有必要加強掌握，因此於執行近海水文計畫時，著手升級潮位站系統功能，以既有技術為基礎，在不更動硬體設備之情形下，修改作業軟體與韌體，加密潮位站之觀測頻率。

二、前人研究

海洋中的水面波包含各種不同週期的成份波，在不同區域可能為單一或幾種週期波浪所主宰，各種週期的波浪特性及產生這些波浪的外力因素有所差別，不同種類週期波浪的名稱及外力因素歸納如圖1。

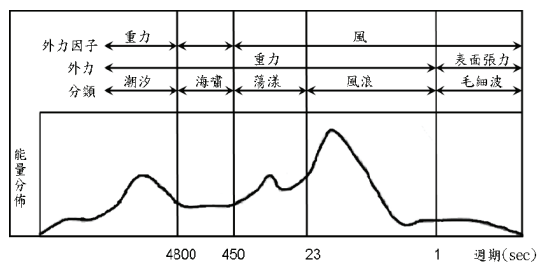


圖1 依週期不同之波浪分類(Garrison,1993)

波浪最短者為毛細波浪(capillary wave)，一般常發生於風揚之成長初期，它的週期小於0.07秒，波長小於1.7cm，而主宰毛細波的力量為表面張力(surface tension)。當風速增大或吹風時間延長時，波浪週期與波高會隨之增加，此時主宰波動的力量

轉為重力控制(即地球引力)，而此時的波浪週期一般在3至5秒之間，上述兩者均在風場中形成，因而稱之為風浪(wind wave)。風場中的風浪成長到週期或波長足夠高後，其波速就會大過於風速而脫離風域，但仍為重力波型態，此部份之波浪稱為湧浪(swell)。

海港或港池中波浪若由地震或海床崩若所引起的大海嘯(tsunami)，其週期可能自幾分鐘至一小時，其波長相當長，故稱長波。而在海洋波動中最長週期的波浪應為潮汐(tide)。一般半日潮週期約為12小時25分鐘，而全日潮約為24小時50分鐘，相對而言，潮汐波更長，潮汐主要的控制力為地球重力及地球、月球。太陽間的萬有引力和他們間繞行的離心力。

1852年美國國家海洋及大氣管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration)設計潮位儀的觀察間隔時間為少於15分鐘，直到1880年時美國國家海洋及大氣管理局的William Ferrel根據調合分析法(harmonic method)而將原本潮位儀的間隔時間設計由15分鐘改為每6分鐘觀察一次。

美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)為了加強海嘯偵測與確認海嘯發生的能力，於2006年升級所屬的33個潮位站，可以收集與傳輸每6min的潮位資料，升級後的系統並具有收集1min觀測頻率的潮位資料的功能，並且能夠即時傳送到太平洋與西海岸/阿拉斯加的海嘯預警中心，供其判讀。

三、潮位觀測系統升級設計

2006年12月26日20時26分發生恆春地震，震央位於屏東墾丁地震站西南方38.4公里處，地震規模為7.0，地震發生後不久，成功大學近海水文中心從水利署即時潮位資料之中發現異常水位變動，圖2為當時水利署蟬廣嘴潮位站之水位變化圖。

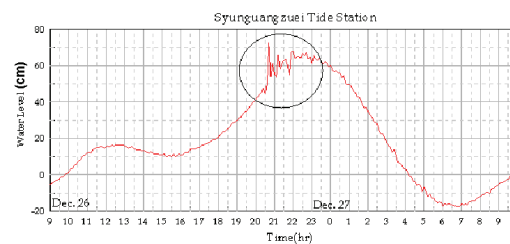


圖2 蟬廣嘴潮位站水位變化圖

圖 2 顯示，在地震發生後不久，震央附近的海面出現約 25cm 的異常波動，並且每隔 15 分鐘出現海嘯餘波，前後共 4 次，情況和南亞海嘯類似，而恆春的海嘯波動未達到災害的程度，此為屏東潮位站設置以來第一次成功地測到海嘯的波動現象。

水利署掌管海岸地區之保護，海岸地帶面臨海嘯襲擊的威脅，而暴潮又與海堤高度設計息息相關，河川出海口的暴潮又影響河川洪水的排出，顯示出掌握海岸地帶水位變化之重要性。早期的潮位站每小時觀測一次，不容易量測到海嘯波形變化，水利署推動水文觀測現代化計畫之後，將潮位觀測頻率從 1hr 加密為 6min，圖 2 即為 6min 觀測頻率測得之海嘯波形變化。

依據圖 1 所示，海嘯波的週期為 450~4800sec，最小可能的海嘯週期為 7.5min，以 6min 之觀測頻率，一個週期的海嘯波形變動，極有可能在平均時即被消除，而無法測得海嘯的發生。因此有必要再加密潮位站之觀測頻率，以掌握更精確的海岸水位變動，加強水利署對於海嘯與異常水位觀測的掌握，隨即於 2007 年選擇永安潮位站進行加密觀測現場測試。

圖 2 中的的潮位變化曲線，係為每 10 秒取樣 1 次潮位計的原始數據(raw data)，於每 6min 整之時進行一次算術平均而得。經初步升級後，觀測系統每 1 秒取樣 1 次，於每 30sec 及 6min 整之時分別進行一次算術平均，並且即時傳輸潮位資料，觀測系統於調整前後之取樣參數如表 1 所示。

表 1 觀測系統於調整前後之取樣參數

	取樣頻率(Hz)	分析間距
調整前	0.1	6 min
調整後	1	30sec 及 6 min

調整觀測頻率後，每30sec潮位依(1)式分析，每6min的潮位依(2)式分析，(1)式中， η_i 為每分鐘取樣之潮位原始數據，

$$\eta_{30\text{sec}} = \frac{\sum_{i=1}^{30} \eta_i}{30} \quad (1)$$

$$\eta_{6\text{min}} = \frac{\sum_{j=1}^{12} \eta_{30\text{sec},j}}{12} \quad (2)$$

為了於每30sec及每6min之時能夠同時接收水利署11個潮位站的即時資料，潮位觀測系統從2004年起改用GPRS網路傳輸方式，取代原來的GSM撥接傳輸方式，潮位站網架構如圖3所示。

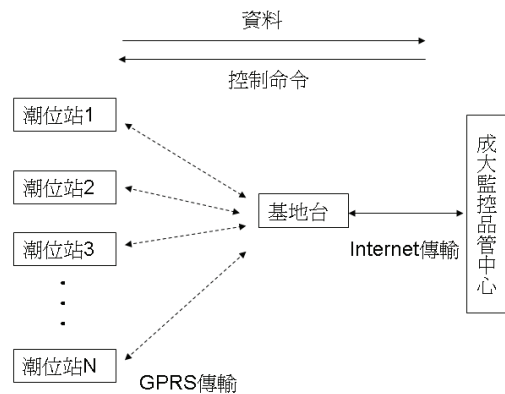


圖3 潮位站網架構

四、資料分析與討論

完成潮位觀測頻率調整後，於水利署永安潮位站測試系統之效能，隨後於2007年4月2日測得異常的水位變化，圖4為6min 觀測頻率水位變化圖，圖5為圖4圈起處細部的水位變化，包含6min與30sec 觀測頻率的變化圖。

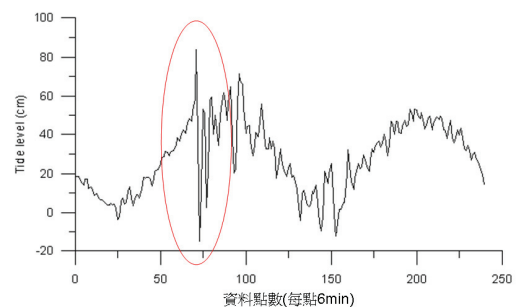


圖4 永安潮位站 6 min 潮位變化圖

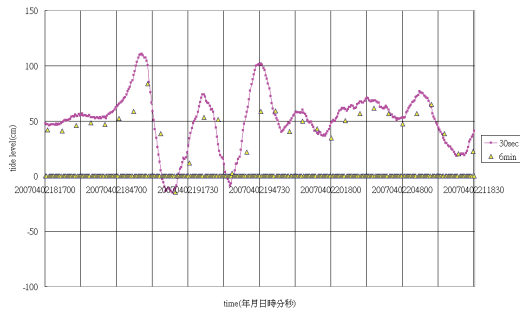


圖 5 永安 6min 與 30 sec 觀測頻率之潮位變化圖

鋒面來襲時，台灣陸地突然間狂風暴雨，陸地上超過十級的強風造成了部分地區招牌和路樹的傾倒，突如其來的暴雨也造成多處積水，在氣象學上這是鋒面前緣電線所引起的現象，圖6~7為4月2日20時氣象局之紅外線雲圖與說明。成功大學近海水文中心在監控環島海岸水位變化時，從永安潮位站觀測資料發現，鋒面到達時，平均海水位比平時應有的水位高過約0.3m，上下的總變動幅度甚至將近1m(如圖4)。

以30sec觀測頻率觀察鋒面到達時的水位變化，如圖5，最高水位較6min觀測頻率之最高水位高出約0.27m，若以6min觀測頻率之最高水位為基準，則高出將近32%，而水位變化的幅度為1.25m。

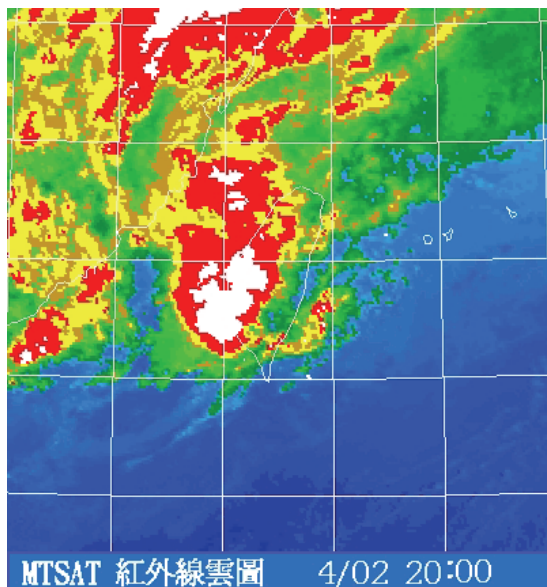


圖 6 4月2日20時紅外線雲圖

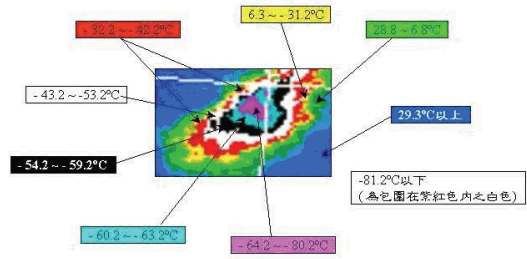


圖 7 紅外線雲圖色調說明圖

暴潮是造成海岸災害的主要原因之一，在台灣海岸，根據以往的紀錄，暴潮至多達1m，如表2、表3，以30sec觀測頻率而言，4月2日所引起之暴潮變化幅度為1.25m，已超過強烈颱風之影響程度。而且短時間內海水面劇烈的變動對於海上航行的船隻和海岸邊活動的民眾都造成潛在的危險，相當值得加以研究及討論。

表 2 中部及南部海岸曾發生之最大暴潮範圍

颱風路徑	強烈颱風	中度颱風	輕度颱風
I	36~45	13~88	14~24
II	51~86	23~53	-
III	13~90	10~65	11~42
IV	-	6~28	5~22
V	-	12~41	4~8
VI	11~93	7~74	10~22
VII	-	8~44	8~28
VIII	7~34	-	4~14
IX	-	-	5~43

表 3 中部及南部海岸曾發生之最大暴潮範圍

颱風路徑	強烈颱風	中度颱風	輕度颱風
I	16~32	13~51	13
II	18~66	10~20	-
III	25~70	16~46	10~40
IV	-	13~44	-
V	-	16~82	14~31
VI	15~41	6~42	7~22
VII	-	21~94	17~47
VIII	8~44	-	14~32
IX	-	-	8~38

五、結論與建議

本文說明潮位觀測系統於觀測頻率加密之研發成果，不更動現有硬體，升級觀測系統程式，達成系統升級的目的。並且於永安潮位站成功地測得電線引起的異常水位變動，並進一步比較 6min 與 30sec 觀測頻率對潮位分析結果之影響，獲得以下結論：

1. 觀測系統須要跟著時代需求去調整，以滿足各階段的觀測需求，因此對於觀測系統關鍵的資料擷取技術之掌握顯得很重要。
2. 採用 6min 的觀測頻率，水利署埤廣嘴潮位站成功地測得 2006 年恆春地震的海嘯波動，唯其海嘯震幅未達災害程度。
3. 觀測頻率的加密對於我們在研究異常水位變動時能達到更為精準的描述效果。

於本研究之進行過程，獲得以下的建議：

1. 建議國內觀測相關單位持續建立本土技術，以培養整合最新電子科技於海氣象觀測系統之能量。
2. 國內將潮位觀測頻率從 1Hr 加密為 6min 後，已經成功地測得海嘯波形變化，建議進一步整理分析相關資料，並與國際上的海嘯觀測單位合作。
3. 國內現有的海堤設計標準大部分都是引用早期

的數據分析結果，早期的數據因受限於當時技術，其觀測頻率較低。在潮位資料加密觀測頻率、並且累積足夠資料後，建議進一步評估是否有必要重新計算最高潮位、最大暴潮等設計標準。

謝誌

本文採用水利署埤廣嘴、永安潮位站資料而得以完成，感謝水利署支持水文觀測現代化計畫，同時感謝水利署水文技術組支持近海水文觀測計畫，使得本研究人員有機會進行潮位觀測頻率加密研發，並順利取得加密後的水位資料。

參考文獻

1. 郭一羽、湯麟武、陳陽益、張憲國、蔡清標、許泰文、張瑞欣、李兆芳、邱永芳、李忠潘、薛憲文(2003)「波浪理論」，*海岸工程學*，第 18-19 頁。
2. 高家俊等(2007)*近海水文觀測技術提昇與資料分析研究 (2/2)*，ISBN978-986-01-2304-3，第 128-136 頁。
3. 中央氣象局網頁。
4. Donald, L., Conrad, C., Richard W., Michael Szabados. (2004) "150 Years of Tides on the Western Coast," *NOAA Central Library*, pp13.
5. Daniel Parry (2006) "NOAA TIDE STATIONS UPGRADED TO BETTER DETECT TSUNAMIS Stations Come On-line to Join National Tsunami Program," NOAA 2006-R499-5, NOAA Homepage.
6. Garrison, T. (1993) "Oceanography-An invitation to marine science," *Wadworth, Inc.*, pp.215.