

以三維海流數值模式探討颱風期間流量對感潮河段影響

A study on the interactions between the tides and the flood flows during typhoons in a tidal river using a 3D numerical model

顏辰宇¹(Chen-Yu Yan) 于嘉順¹(Jason C.S. Yu)

滕春慈²(Chung-Chu Teng)

¹國立中山大學海洋環境及工程學系 ²中央氣象局海象測報中心

¹The Department of Marine Environment and Engineering, National Sun Yat-Sen University

²Marine Meteorology Center, Central Weather Bureau

摘 要

- 颱風期間感潮河段水位的變化可能會受到颱風氣壓及風場的變化以及上游流量影響。本研究透過三維海流數值模式探討淡水河流域在颱風期間潮汐及河道流量之間的關係。根據結果顯示，在上游流量甚大的情況下，流向在河口不會改變，表示潮汐訊號止於河口無去進入河道內部，並且在河口地區呈現水位堆高現象。所有颱風案例都顯示出流量對河口潮汐影響遠大於風場對水體影響。在卡努颱風案例中受到東北季風影響之降雨，潮汐流量明顯受到河川流量增加影響，流入河道內水量減少並縮短流入時間。但是強颱風伯特蘭風案例中，由於降雨量不多，對水位影響遠小於卡努颱風。在上游部分，河道流量主要與集水區有關；由於新店溪及大漢溪上游均有水庫，在強降雨期間河道流量則取決於水庫洩洪量。因此，導入河道流量提昇感潮河段及河口地區之水位預報精確度。

關鍵字：淡水河、感潮河段、颱風、暴潮、流量

Abstract

The variations of water levels in tidal rivers during typhoon period could cause by the variation of air pressure and wind fields of typhoons, particularly the upstream floods due to heavy rainfall associated with typhoons. The variations of water levels called "Storm Surge". This study aims to study the interactions between tides and flood flows during typhoons in the Tamsui River. Results indicate while the large water flows happened, the flow directions were off coast though tides were high, which push the water level accumulating at estuaries. This indicate the flood flow dominated the flow direction. From the typhoon cases we studied, Typhoon surge along Tamsui River is controlled by the amount of upstream flows rather than the wind speed and direction. Typhoon Khanun, for instance, brought the large amount of water to Tamsui River. Caused the water levels significantly raised at the river mouth. While during the Typhoon Nipartak, though it was a severe typhoon; however, the water levels were not raise as Typhoon Kanu. This is because Typhoon Nipartak did not bring heavy rainfall, consequently no flood flows from upstreams. In conclusion, the water levels in Tamsui River during typhoon is dominated by the upstream water flow due to the high precipitation brought by typhoons.

Key words: Tamsui River, Storm surge, Typhoon, Tidal reach, Tidal reach

一、前言

感潮河段指的是受到潮汐所影響的河口區域以及河段，並在河口區域可以觀察到地形的變化以及鹽度分層現象，此現象會使水體由於密度差產生變化(McLachlan et al., 2017)。在前人的研究中發現感潮河段的潮汐訊號會隨著地勢抬升、河道地形改變、河道長度等因素逐漸下降，潮汐訊號最終會止於上游某段區域(宇野木早苗, 1968)，而在坡度平緩的河川，潮汐訊號會影響到非常上游的部分，並且隨著距離河口長度增加，潮汐訊號會開始產生延遲現象(Wang et al., 2004)，像是淡水河流域至基隆河支流。

本研究使用 SCHISM(Zhang et al., 2016)水動力模式來做淡水河感潮河段以及河口區域水動力模擬，並藉由耦合風場模組來模擬蘇迪勒颱風期間風場所帶來的影響。

二、模式介紹與設定

SCHISM(semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model)模式使用非結構網格計算模擬區域，使網格更貼近沿岸地形，更容易解析海洋與河道交匯之河口、港灣及潟湖等不規則地形，並以半隱式有限元素法來解析水動力方程式，此法可同時計算連續方程式以及動量方程式，並且擺脫 CFL(Courant-Friedrichs-Lewy Condition)條件的限制。

研究區域網格範圍為北緯 24.5 度至 26 度，東經 120.5 度至 121.75 度，研究區域總節點數約 8.6 萬點，網格數約 16 萬格，如圖 1 所示，河道區域設定三個入流點(藍色箭頭)、四個斷面觀測點(紅色矩形區域)、五個水位觀測點(黃色點)以便後續分析，如圖 2 所示。

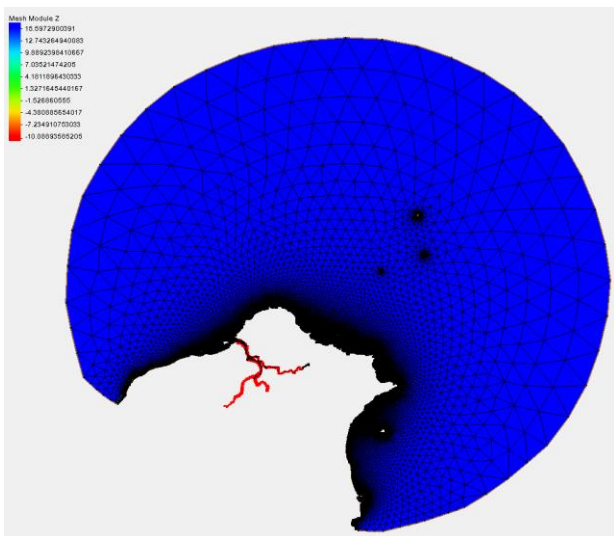


圖 1 研究區域網格分布圖

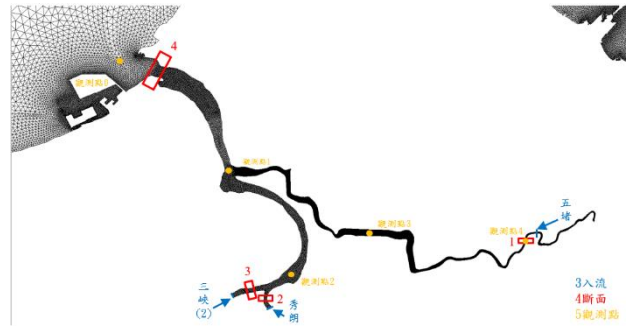


圖 2 模式參考點位置

三、資料蒐集與介紹

臺灣外海潮汐主要受到 O1、P1、K1、N2、M2、S2 分潮影響(Hu et al., 2010)，將中央氣象局所設置之淡水潮位站歷史觀測資料做調和分析，以濾除氣象潮影響部分，所得之水位為純天文潮的部分，用以比對潮汐資料，如圖 3 所示。

流量實測資料使用歷年《水文年報》(經濟部水利署, 2015~2017)的日平均流量資料，分別為大漢溪的三峽(2)測站、新店溪的秀朗測站以及基隆河的五堵測站

風場比對資料取自中央氣象局 CWB 外海資料浮標，並依照研究區域地理位置選擇位於北部近海的富貴角浮標以及西北部近海的新竹浮標，透過風速、風向、氣壓比對數值模擬結果與實測值的吻合度，比對結果如圖 4。

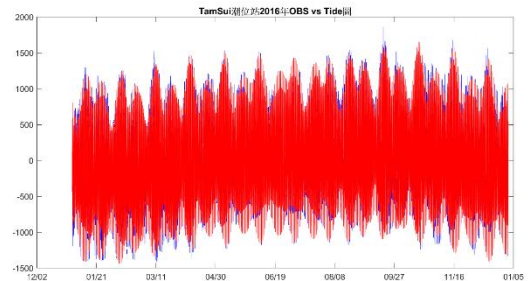


圖 3 淡水潮位站調和分析比較圖

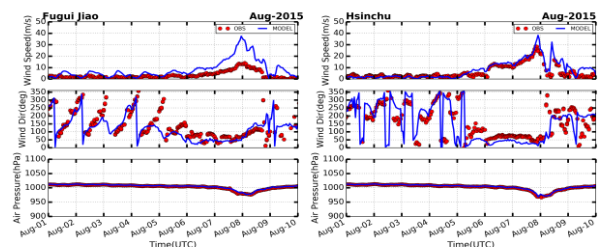


圖 4 模式值與實測值比對圖
(新竹浮標及富貴角浮標)

四、結果與討論

從河道流量模擬結果(圖 5)來看，斷面 2、3 因為相對下游，故有潮汐訊號，新店溪因基礎流量大所以較不明顯，斷面 1 則在基隆河上游，不受到潮汐影響，三個斷面在颱風期間 8 月 6 日至 8 月 9 日之間流量皆大增，其中新店溪流量最高達 2199 CMS，模擬結果與測站實測值(OBS)相比呈現吻合。

透過將四個斷面流量疊合(圖 6)，可見颱風期間流量最大時淡水河口流量無負值，潮汐訊號整體上移，表示當天潮汐所主導的海水，由於大量河水進入河口的緣故而無法侵入河道內，且因為流量疊加的關係，流量達到近 5000 CMS。

根據水位時序圖(圖 7)，編號 0 位於河口潮汐訊號明顯，因主要受到潮汐影響，在颱風侵襲期間沒有明顯水位變化；編號 1 位於淡水河及基隆河交界處，水位有被抬升的現象，與河口相比最大相差 0.6 公尺；編號 2 位於新店溪及大漢溪交界下游一公里處，受到兩條支流流量影響，水位有更大幅度的抬升，與河口相比，水位相差 1 公尺；編號 3 位於基隆河中段，因河道較窄，上升幅度較淡水河主河道大，上升曲線與編號 2 相似，與河口相比最大相差 1.2 公尺；編號 4 位於最上游，因上游河道寬度再次縮減，河道水位在颱風侵襲期間明顯上升，並且因為不在感潮河段內，不受到潮汐影響，颱風期間最高水位達到 4 公尺，與河口水位相比相差 5.1 公尺。

二維平面圖(圖 8)顯示，水位變化隨著河道越往上游差異越大，在颱風未登陸前基隆河上游與河口水位差距最大達 2.5 公尺，此差距在颱風登陸後被拉大至 5 公尺，此為上游流量增加後使水位上升之現象，此外，於颱風期間也可明顯看到淡水河上游至大漢溪及新店溪口與河口水位產生約 2 公尺的差異，在颱風過境後，大漢溪及新店溪回歸平時水位，與河口水位差距約 0.1 公尺。

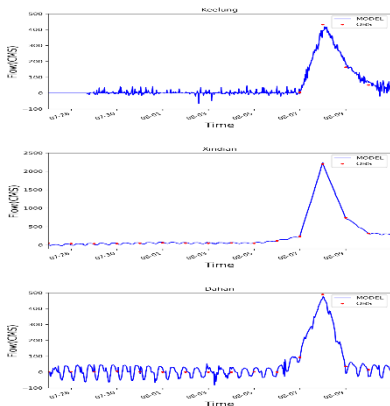


圖 5 基隆河、新店溪、大漢溪斷面流量變化時序圖

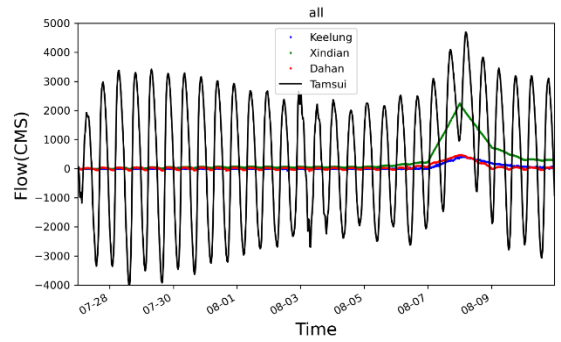


圖 6 全斷面疊合流量變化時序圖

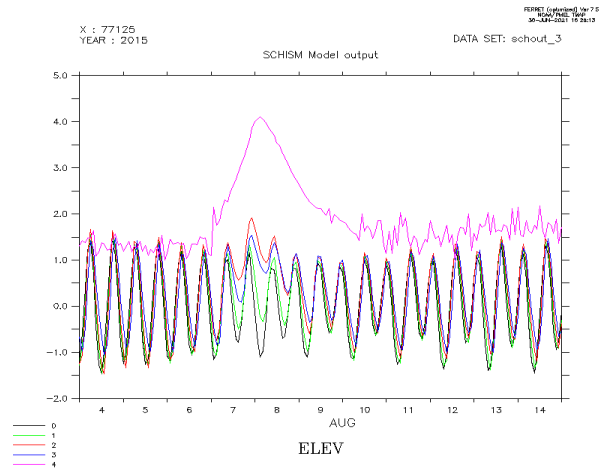


圖 7 觀測點上疊合水位時序圖

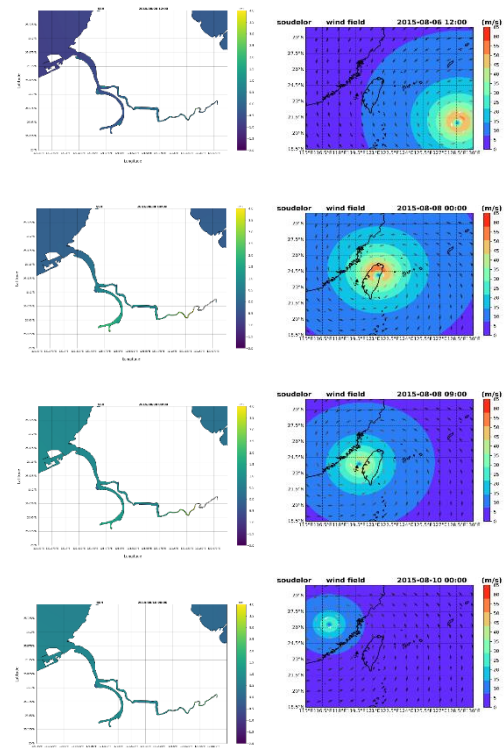


圖 8 二維平面水位變化圖及風場變化圖

五、結論

模擬淡水河口與實測潮位資料比對後，可得到吻合水位變化波形，並在加入淡水河地形資料後，模擬出潮汐訊號隨著地形抬升以及距離拉長而產生延遲及水位降低現象，並準確模擬出潮汐訊號影響上限止於汐止。

根據研究結果，在河道等水表面積狹小水體中，風對其水位影響極小，相較於流量對水位影響小至可以忽略，故在颱風期間河道水位主要是藉由強降雨所產生上游流量所主導。

六、參考文獻

McLachlan, R. L., Ogston, A. S., & Allison, M. A. (2017). Implications of tidally-varying bed stress and intermittent estuarine stratification on fine-sediment dynamics through the Mekong's tidal river to estuarine reach. *Continental Shelf Research*, 147, 27-37.

Wang, C. F., Hsu, M. H., & Kuo, A. Y. (2004). Residence time of the Danshuei River estuary, Taiwan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60(3), 381-393.

Zhang, Y. J., Ye, F., Stanev, E. V., & Grashorn, S. (2016). Seamless cross-scale modeling with SCHISM. *Ocean Modelling*, 102, 64-81.