

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

台灣環島海岸水位預報系統之建立-子計畫(2)：

台灣環島暴潮預報模式及數值網格產生法之研究(一)

Studies on Numerical Modeling of Storm Surges and Grid Generation in Coastal Waters around Taiwan (I)

計畫編號：NSC 90-2625-Z-002-015

執行期限：90年08月01日至91年07月31日

計畫召集人：蔡丁貴 國立台灣大學土木工程學研究所

計畫主持人：蔡丁貴 國立台灣大學土木工程研究所

計畫參與人員：王鄭翰 國立台灣大學土木工程研究所

一、中文摘要

本計畫為三年期整合計畫『台灣環島海岸水位預報系統之建立』之子計畫之一，其研究目的在配合總計畫之暴潮數值計算以及建立邊界符合數值網格提供另兩個子計畫計算所需。本研究除了引進美國聯邦緊急事故處理局發展出的暴潮預測模式-----FEMA暴潮模式之外，並藉由探討邊界元素法在奇異性問題上的理論基礎，建立並改善原網格系統為邊界符合座標系統；另外，也進一步改善FEMA模式數值計算方法以增加計算效率及穩定性。

關鍵詞：暴潮、邊界符合網格、水位

Abstract

This study is a sub-study of the integrated research program "A forecasting system of water elevations around Taiwan". One of the purposes of this study is to develop a new storm surge model by considering the local boundary effects. Besides, it establishes and offers the boundary-fitted orthogonal grid systems for another two sub-studies of this program.

The study first introduces the FEMA storm surge model developed by the Federal Emergency Management Agency, U. S. A., and further improves the model theoretically and numerically by replacing the original grid system with the boundary-fitted grid system. Meanwhile, newer viewpoints about the

singularity problems in BIEM are discussed.

Finally, a new numerical scheme is established in this storm surge model to improve the computational efficiency and stability.

Keywords: Storm surge, Boundary-fitted Grids, Water level

二、研究方法

暴潮水位與流場之預報一般均利用平面二維之質量守恆關係式及運動方程式進行數值模式的建立。最為成功的數值模式應屬美國聯邦緊急事故處理局(FEMA)所發展建立之直角座標網格有限差分，內置細網格的數值模式，並利用該模式進行沿岸淹水機率評估，做為洪水保險費率計算的依據(FEMA, 1983, 1988)。本研究之目的在引入FEMA暴潮模式，並且加以改良。暴潮預測技術分為兩個部分，其一為颱風壓力場及風場之預測；其二為受壓力場及風場而運動之暴潮位水理預測模式。在壓力場、風場部分，本研究承續FEMA暴潮模式的圓形風場假設，以颱風中心氣壓、前進風速、最大暴風半徑、颱風中心位置等作為描述颱風之參數；第二部分水理預報模式改良則為本研究之重點。改良的方法為引入邊界符合座標系統(蔡,1997)於FEMA模式中，利用複變映射(Complex Mapping)原理，將原來正交網格計算系統改為邊界符合座標系統，並且在轉換後的矩形座標系統上進行有限差分計算，藉此修正原系統邊界不符合帶來的誤差。

而為了增加計算效率與穩定性，本研究進一步修改原時間交錯(Time stagger)顯式法之計算方法為預測-修正法(Predictor-Corrector Method)。

三、研究成果

本研究的研究成果與貢獻分述如下：

- 1.在運用邊界元素法建立邊界符合座標系統的過程中，會遭遇到邊界元素法的奇異性問題。亦即，邊界元素法中，傳統上認為當基礎點靠近邊界計算節點時，由於邊界積分中核函數具有強奇異性，因此在數值計算上會出問題。本研究利用解析和幾何分析方法證明當基礎點靠近邊界節點時，並無所謂的數值邊界層(Wang, 2002)。
- 2.已完成大區域自動產生網格系統(圖 1)，以及小區域自動產生網格系統(圖 2)。
- 3.以經度 122.5 至 123.0，緯度 24.5 至 25.0，水深均為 10 公尺，右邊界為陸地之假設矩形區域，並且每 0.1 度佈置一點網格，共 2500 點網格點進行數值試驗。其目的的一方面顯示修改後的模式具有預報能力，另一方面藉由排除邊界符合座標系統之影響，比較預測式-修正式和 FEMA 計算方法在計算值上的差別。計算所得水位如圖所示，兩者曲線極為接近，證明新模式的可靠性(圖 3)。
- 4.本研究利用 FEMA 模式完成環島暴潮水位之計算，並有不錯的成果。結合調和分析天文潮模式和 FEMA 暴潮計算模式，已具有預測颱風期間水位變化之能力。本研究以 2001 年納莉颱風侵台事件為例，計算 2001/9/16~2001/9/18 間 48 小時內，新竹、竹圍、東石、後壁湖、高雄等 5 個水位站的水位，其結果如圖 4 所示。比較預測值和實測值，顯示各測站的水位計算值都能夠準確模擬現場水位，結果相當不錯。
- 5.初步建立邊界符合座標暴潮計算模式(圖 5)，計算區域為淡水站，結果顯示本模式較 FEMA 模式有較高之準確度。

四、結論與建議

本研究工作包括 FEMA 模式引進運用以及網格系統的改善，已經有初步的成果，

FEMA 模式計算結果和實測值比較雖然仍有差距，但可發現一致的趨勢，誤差的來源可能有邊界不符合、背景氣壓未計入、模式相關參數如風場等過度理想化而不盡正確。在引入邊界符合座標後，發現模擬結果有所改善，然此為初步之研究成果，需要更多的參數率定和驗證作為確認。

本研究建議後續的相關研究有(1)邊界符合座標暴潮計算模式之參數率定、(2)各參數之敏感度分析、(3)風場、壓力場模式之改良。

五、參考文獻

- [1] Federal Emergency Management Agency (FEMA)(1983), Preparing for hurricanes and coastal flooding: A handbook for local officials.
- [2] Federal Emergency Management Agency (FEMA)(1988), Coastal flooding hurricane storm surge model. Vol. I-III.
- [3] Tsay, T.K. and Hsu, F.S., (1997), "Numerical Grid Generation of a Irregular Region", *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 40, 343-356.
- [4] Wang, J. and Tsay, T.K., (2002), "A Correct Method in Boundary Element Integration", *Fifth International Conference on Hydrodynamics*, accepted.

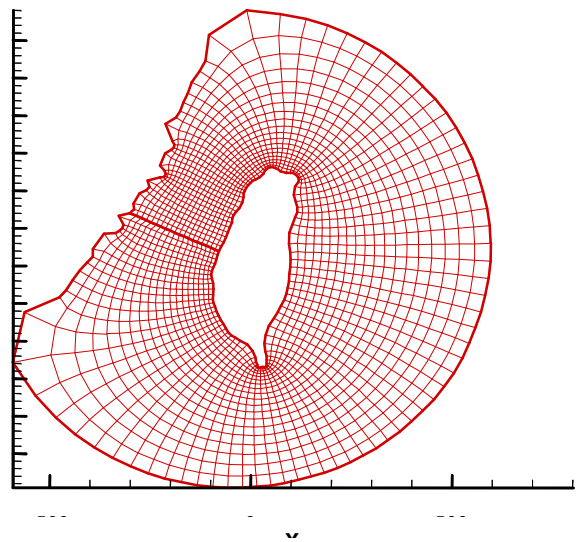


圖 1 台灣海域邊界符合正交座標網格

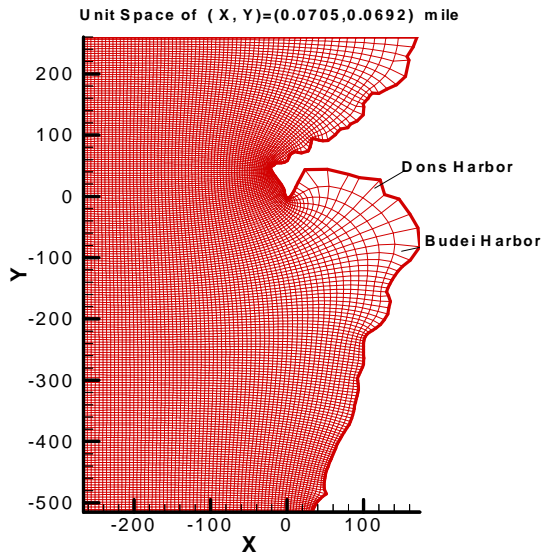


圖 2 東石、布袋一帶海域之邊界符合正交座標網格

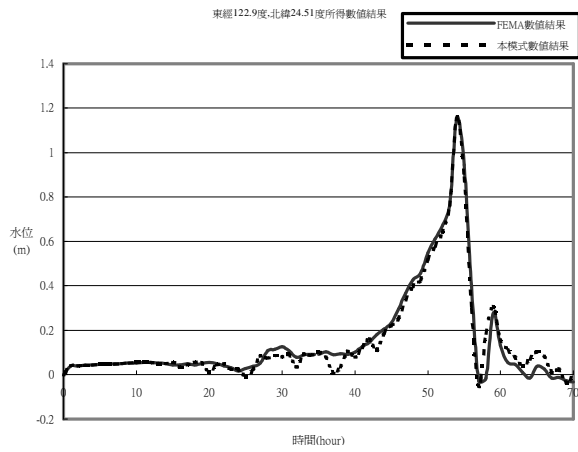


圖 3 本模式與 FEMA 暴潮模式數值試驗結果比較

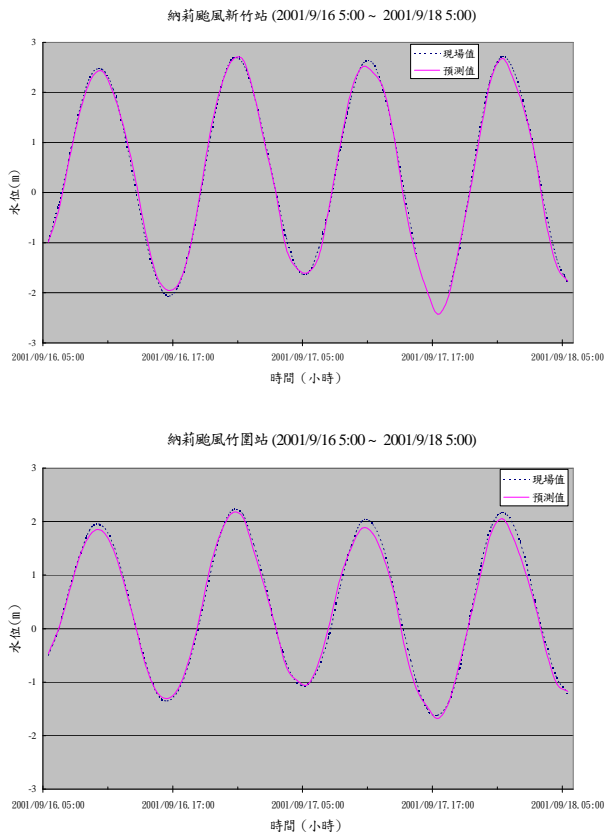


圖 4. 納莉颱風期間新竹、竹圍、東石、後壁湖、高雄等水位站總潮位模式驗證 (總潮位模式=天文潮模式+FEMA 暴潮模式)

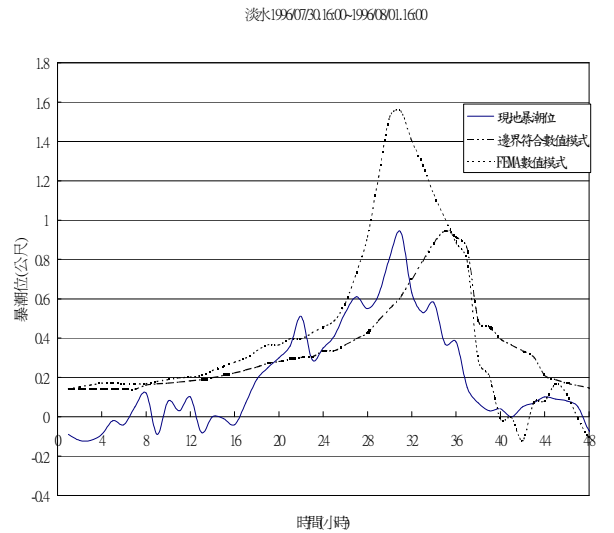


圖 8 賀伯颱風期間，淡水站暴潮計算結果(計算區域 50 x 100 公里)

