

# 整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究(4/4)

## A study on the integration of Taiwan coastal and harbor's oceanographic modeling systems(4/4)

主管單位：交通部運輸研究所

邱永芳<sup>1</sup>

蘇青和<sup>1</sup>

李俊穎<sup>1</sup>

陳明宗<sup>1</sup>

單誠基<sup>1</sup>

Chiu,Yung-Fang Su,Ching-Ho Lee,Chun-Ying Chen,Ming-Chung Chen-Chi Shan

劉正琪<sup>2</sup>

李兆芳<sup>2</sup>

陳冠宇<sup>3</sup>

謝佳紘<sup>2</sup>

Liu,Cheng-Chi

Lee,Jaw-Fang

Chen,Guan-Yu

Shieh,Chia-Hon

<sup>1</sup>交通部運輸研究所港灣技術研究中心

<sup>2</sup>國立成功大學

<sup>3</sup>國立中山大學

### 摘要

本所為考量臺灣周遭水域的船舶與人員航行安全，以及水環境維護等，推動近岸/近海防救災相關海象預報系統，並配合已推動多年的海氣象觀測，協助建置港灣環境資訊室，提供相關海象觀測與推算的資料，讓港灣管理單位、國內外船舶業者及有關人員即時獲得港灣海氣象資訊與港灣水理資訊進而維護臺灣水域出港操航安全、提昇船席機動調配及港埠運作效率。但由於臺灣附近水域的地形與環境複雜，現階段仍有諸多影響因子值得並需要持續進行研究與改善。

本計畫目的為整合臺灣主要商港海象模擬技術之研究，海嘯對港區及跨河結構影響研究等，提供國內航運及國內各主要港口海域之風浪、暴潮、流場及海嘯等預警資訊，本年度在海象數值模擬作業化部份(波浪、潮流、海嘯) 主要重心為精進蘇澳港及花蓮港港區部份，並綜整四年來的研究成果，俾提供施政及工程單位之參酌，以達到港灣正常營運與海岸永續發展利用的目標。

關鍵詞：預警系統、風浪預報、流場預報、海嘯、防波堤堤頭、沖蝕

### Abstract

Considering the safety of ships and individuals in nearby seawater around Taiwan and the protection of water environments, the first priority for HMTC is to promote the study of the "Taiwan Coastal Operational Modeling System". TaiCOMS is an abbreviation for the title. The long-term sea-monitoring data is combined with the oceanographic observation data through the "Harbor Environment Information Website System" to provide forecast data for harbor authorities and shipping company officials and some related engineers. However, the air atmosphere is very complicated in Taiwan's marine areas due to the topographical layout; there are many factors are supposed to be done further research and be modified at present stage. The objective of this project is to integrate waves, tides and currents into a numerical modeling operation system and maintain the computer program "TaiCOMS". The major tasks include operation system

program maintenance, data analysis, hardware and software update testing, in comparison with forecast data and observation data and the improvement of the operation system performance.

The objective of this project is to integrate the " Enhancement of marine meteorology simulation techniques for Taiwan major harbors and system maintenance and operation ", " Tsunami Risk Analysis on Harbor Area and Bridges across Rivers ", Supplying waves, tides, currents and tsunamis' information to major harbors in Taiwan and making effective prevention strategies and giving suggestions is what we want to do. Last, we provide references for port authorities and engineering units to maintain normal operation of harbors and to maintain sustainable development of the coastal areas. The objects of the project in this year are mainly on Su-Ao Harbor and Hua-Lien Harbor. The related jobs include improving techniques of operative forecasting on wave, water level , current field, and tsunami models

Keywords : wave simulations, harmonic analysis, tidal modeling, tsunami early warning system

## 一、前言

本計畫為本所海岸及港灣災害防救研究分項計畫之一「整合臺灣海岸及港灣海氣地象模擬技術之研究」研究計畫，擬以計畫執行期間，結合相關研究計畫藉由國外的發展經驗，持續擴充一套適用於臺灣海域之近岸海象預報系統，並同時配合港灣海氣象觀測及配合港灣環境資訊系統建置。以作業化方式整合海岸及港灣海域風浪、潮汐及海流模式、海嘯模式等。俾提供施政及工程單位之參酌，以達到港灣正常營運與海岸永續發展利用的目標，本年度在海氣象數值模擬作業化部份(波浪、潮流、海嘯) 主要重心為採用中央氣象局 WRF 風場與精進花蓮港及蘇澳港港區部份，並綜整四年來的研究成果。

在前期研究中參考各國近海海象預報系統的發展狀況，已發展臺灣環島海象預報系統-TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，包括觀測網的架設、觀測資料即時監測、數值預報模式的建立、模式驗證及海氣象資料庫的整合等。目前 Taicoms 系統在本中心執行，並逐步配合本所『港灣環境資訊網』及航務實際需求展示相關數值成果，目前海象模擬作業化系統架構已調整成如圖 1 所示。

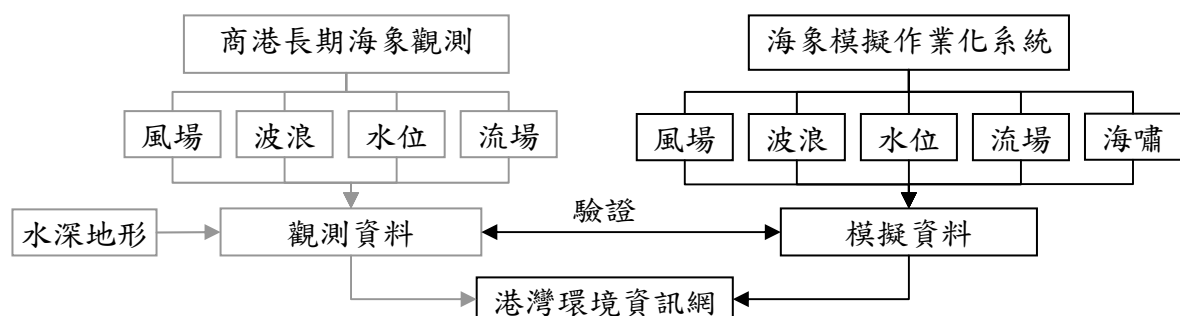


圖1 海象模擬作業化系統整體架構圖

## 二、海象模擬作業化系統說明

本作業化系統最重要的工作便是每日進行模擬計算作業，提供臺灣主要港區每日 72 小時模擬(昨日、今日、明日)的風場、波浪、水位及海流資訊供使用者參考，目前已建置線上作業的運作模式包括下列 4 種模組所示

### 1 風場模組：

採用中央氣象局提供之有限區域模式之風場(氣壓場)資料 (NonHydrostatic Model(簡稱 NFS))，及 WRF(Weather Research and Forecasting model)，目前採用 WRF-M00 模組，進行解碼及作業化預報風場資料。

### 2.波浪模組：

包含大尺度西太平洋範圍模組採用 WAM (WAve Model) 風浪模式；中尺度臺灣周圍海域波浪模組採用 SWAN (Simulating WAves Nearshore) 風浪模式；小尺度近岸波浪模組採用 REF/DIF 模式，今年度完成主要商港(包含基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港、臺北港)建置及細尺度港區波浪系統。

### 3.水動力模組：

包含大尺度西太平洋海域複合潮模式採用 COHERENS (COupled Hydrodynamical Ecological model for REgionAl Shelf seas) 模式、中尺度臺灣海域複合潮模式採用相同模式、小尺度近岸水動力模式採用二維有限元素水動力模式 FEHDM 模式、臺灣海域暴潮模式 (FEHDM 模式)。

### 4.海嘯模組：

利用互逆格林函數在地震海嘯發生後，能夠快速掌握主要港區外海可能之最大波高以及抵達時間，同時發展視窗化及全作業化系統。

## 三、全域風場、風浪及水動力模式

有關全域風場、風浪及水動力模式主要包含西太平洋及臺灣周圍模組，作業化內相關數值網格範圍及間距如表 1 所示。每日提供各港風速、風向、波高、周期、波向、潮位、流速及流向等海象資訊。圖 2 至圖 4 為麥德姆颱風侵臺期間 (2014 年 7 月 23 日)，本所模擬提拱等氣壓風速預報風場向量圖、波高分布圖、海域流場圖檔等。

表 1 作業系統內西太平洋及台灣周圍風、波及流場模式資料格式

	模式	dimension	模式格網	格點位置
風場	採用 NFS/WRF 之 RC/WA01 風場內插	307*211	1/6 度 =0.166667	底圖 左下點(0N,99E) 右上點(35N,150E)
	採用 NFS/WRF 之 MC/WA02 風場內插	301*301	1/12 度 =0.083333	底圖 左下點(10N,110E) 右上點(35N,134E)
波場	西太平洋範圍模式 (WAM 模式)	121*126	0.2 度 (約 20 公里)	底圖 左下點(10N,110E) 右上點(35N,134E)
	臺灣周圍海域波浪模式 (SWAN 模式)	101*126	0.04 度 (約 5 公里)	底圖 左下點(21N,117E) 右上點(27N,123E)
流場	西太平洋海域複合潮模式 (COHERENS 模式)	541*325	1/12 度 =0.083333	底圖 左下點(15N,105E) 右上點(42N,150E)
	臺灣海域複合潮模式 (COHERENS 模式)	511*331	1/60 度 =0.016667	底圖 左下點(21N,116.5E) 右上點(26.5N,125E)

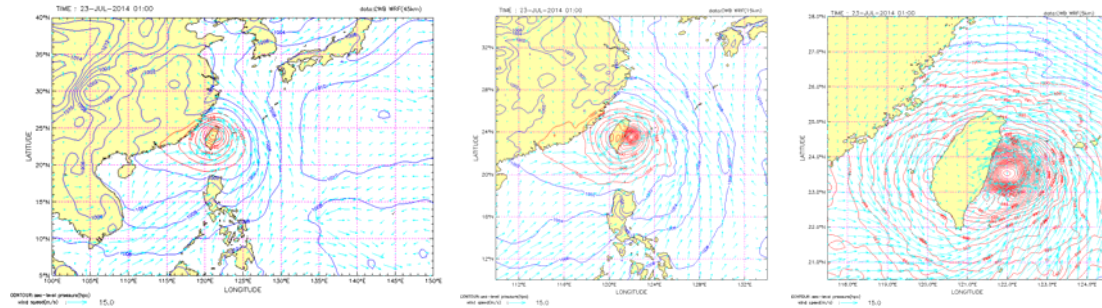


圖2 中央氣象局WRF-WA01、WA02及WA03等氣壓風速預報風場向量圖

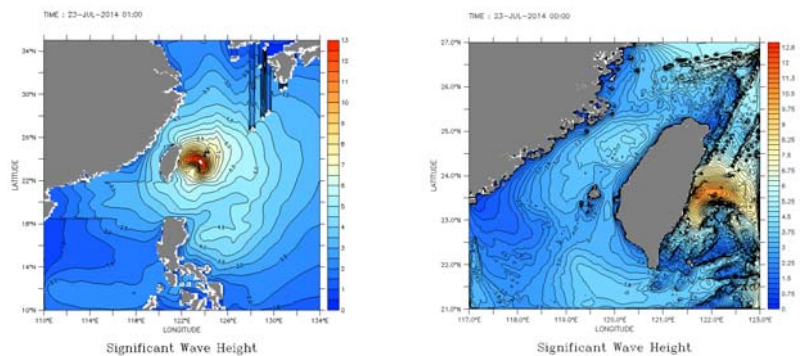


圖3 麥德姆颱風2014年7月23日0時波高分布圖

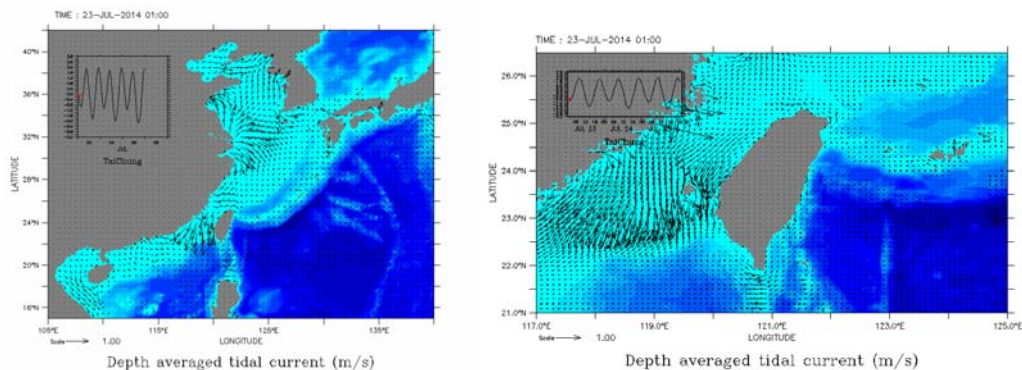


圖4 麥德姆颱風2014年7月23日0時水動力模式模擬海域流場圖

## 四、近岸波浪及水動力模式

### 4.1 近岸波浪模式

近岸波浪推算：約以港區周圍海域為範圍，應用 Kirby and Dalrymple (1983)依據拋物線型緩坡方程式所發展的波浪折、繞射模式，此模式的輸入邊界條件係承接風浪模式推算的結果，並依據各個商港地區不同特性來規劃計算範圍，網格間距 10 公尺。本年度以花蓮港及蘇澳港為研究重心，已完成作業化展示情形如圖 4 所示。

港域波浪推算：細尺度的近岸區域模式系統，所使用的模式是以橢圓型緩坡方程式為基礎的有限元素法數值模式(MSE)，由於執行時間的考量以資料庫概念發展成穩靜度評估應用展示視窗系統，所含資料庫內包含不同波向及週期模擬波浪結果。如圖 5 所展示花蓮港及蘇澳港波浪模擬視窗畫面圖。

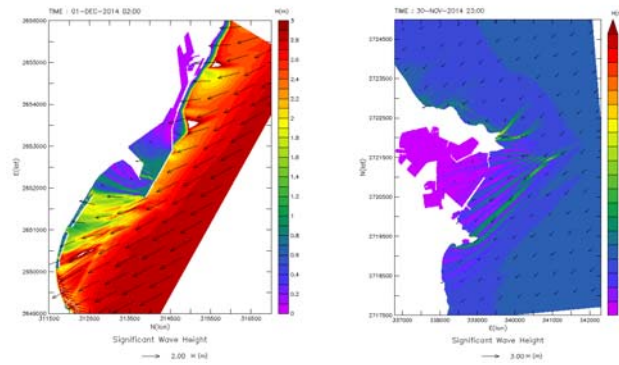


圖5 近岸波浪模式模擬花蓮港、蘇澳港近岸波浪模擬結果之波高分布與波向

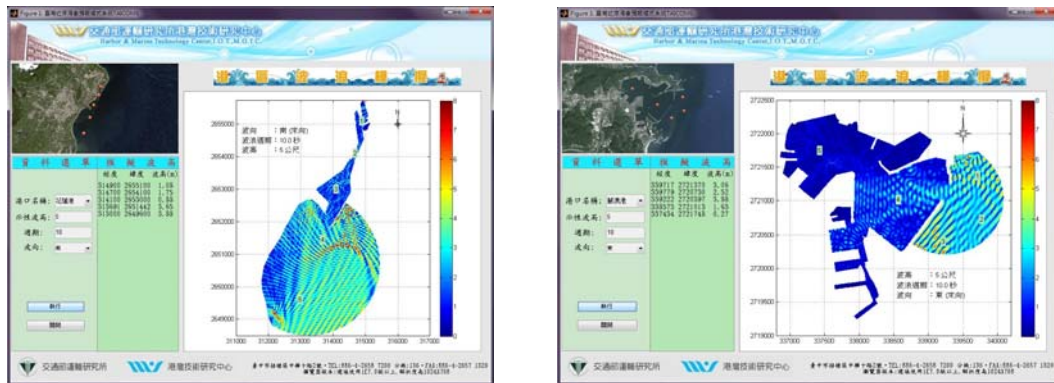


圖6 港域波浪模式於花蓮港及蘇澳港波浪模擬展示視窗畫面圖

計畫內利用各港池已建置的細尺度波浪模組分別進行數值模擬與分析。各港池共振數值模擬之波浪條件計算範圍為 $kL=0.25 \sim 100$ ，其中 $k$ 為波數(採用各港外海無限領域等水深值為計算依據)， $L$ 為港池特性長度，模擬各港池不同週期波高放大率，如圖7為花蓮港港池共振數值分析10號碼頭之波高放大率圖。

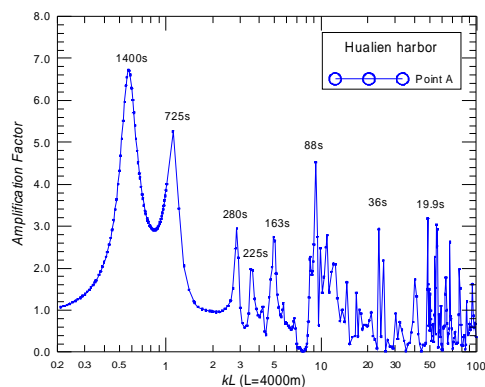


圖7 花蓮港港池共振數值分析12號碼頭附近之波高放大率圖

## 4.2 近域水動力模式

近岸區域模式系統：約以港區周圍海域為模擬範圍，主要應用的各港區近岸水動力模式則採用二維有限元素水動力模式(fehdm)，並依據各個商港地區不同特性來規劃計算範圍，各港口模擬範圍之選取主要以各港口為中心，配合海岸線及地形水深變化進行規劃，離岸之開放邊界則儘量與海岸線平行。基於此，本計畫各港口水



動力模式模擬範圍大小在沿岸方向約介於 20km~30km 之間，離岸距離在各港口約介於 10km~15km 之間。本年度以花蓮港及蘇澳港為研究重心，結合風場配合最新水深及觀測資料調整其模式，展示情形如圖 7 所示。

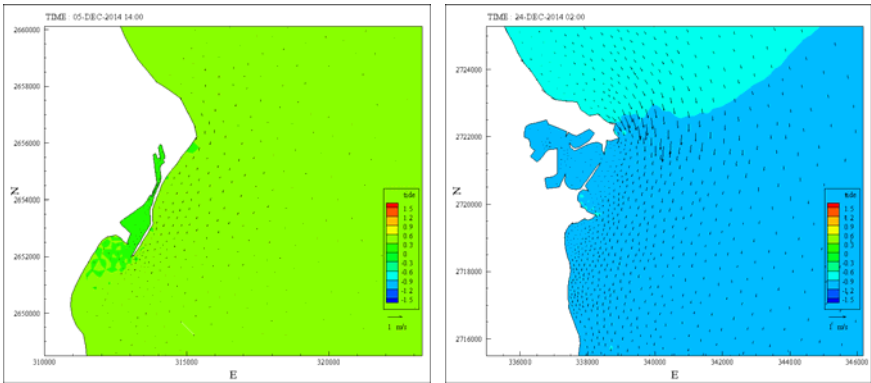


圖8 花蓮港及蘇澳港流場模擬結果之流速向量圖

### 五、海嘯模式

本年度延續之前成果完成主要商港包含蘇澳港域及花蓮港域海嘯數值模式之格林函數，達到減少系統檔案大小並增進系統運算速度；並與港灣環境資料庫進行整合以達全自動化操作需求。所完成海嘯模擬預警即時地震資料擷取系統，每 5 分鐘同步擷取三個主要網頁資料如表 2 所示。當模擬港外波高大於等於 0.1 公尺或地震矩規模大於等於 7.0 時就於網頁呈現各港區海嘯相關訊息，港區位置圖及海嘯水位歷線圖之展示頁面如圖 9。並以情境分析方式分別模擬 0.5 公尺、1 公尺、2 公尺、3 公尺、4 公尺、6 公尺、10 公尺之入射波高於高屏溪河口時模擬結果可得入射水位 3 公尺時才會溯上至跨河橋梁並造成局部冲刷，如表 3 所示。

表 2 本系統主要地震資料之網址及對應之資料提供範圍

	機構名稱	網址及資料提供範圍
美國	地質調查所 (USGS)	<a href="http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/">http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/</a> 資料提供範圍：全球
臺灣	中研院地科所 寬頻地震網	<a href="http://bats.earth.sinica.edu.tw/Quick_CMT/cmtQ.html">http://bats.earth.sinica.edu.tw/Quick_CMT/cmtQ.html</a> 資料提供範圍：東經 119~123 度，北緯 21~26 度
日本	防災科學技術 研究所(NIED)	<a href="http://www.fnet.bosai.go.jp/top.php?LANG=en">http://www.fnet.bosai.go.jp/top.php?LANG=en</a> 資料提供範圍：東經 120~156 度，北緯 20~49 度

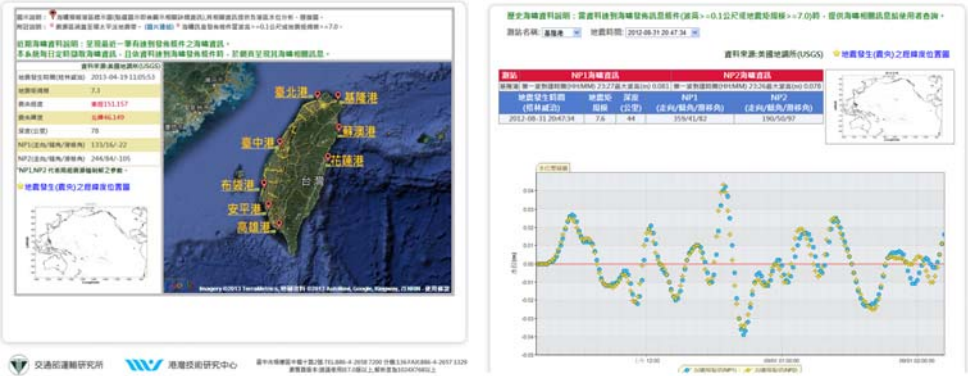


圖9 系統模擬展示頁面及海嘯水位歷線圖

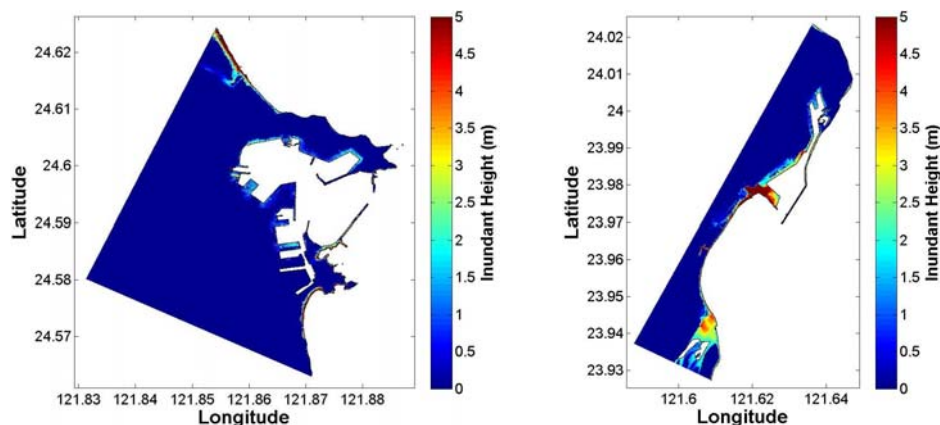


圖10 花蓮港及蘇澳港陸地受3公尺波高溢淹範圍圖

表 3 不同入射水位情境分析於高屏溪模擬彙整表

入射水位	溯上距離	跨河橋梁 (雙園大橋) 最大水位	COMCOT 冲刷大小		FLUDITY 冲刷大小	
			最大堆積 厚度	最大侵蝕 厚度	最大堆積 厚度	最大侵蝕 厚度
0.5m	0.48km	0m	0m	0m	0m	0m
1m	1.38 km	0m	0m	0m	0m	0m
2m	2.12 km	0m	0m	0m	0m	0m
3m	3.07 km	0.78m	0.013m	0.025 m	0.044m	0.054 m
4m	4.19 km	1.58m	0.052 m	0.095 m	0.129 m	0.234 m
6m	6.17 km	3.85m	0.132 m	0.415 m	0.437 m	0.718 m
10m	8.44 km	11.3373m	0.674 m	1.283 m	0.163 m	1.000 m

## 六、海象模擬成果展示-港灣環境資訊網

港灣環境資訊網(<http://isohe.ihmt.gov.tw/>)主要為本所彙整港灣環境資訊整合網站，含本計畫海象觀測資料及模擬資料，該系統主要利用網頁結合 Google Map 與網際網路技術，結合空間與屬性資訊以提供分析、展示、儲存、管理及之應用支援。本計畫協助建立其海象模擬預報網頁，平時提供各港區、臺灣周圍海域及藍色公路，有關風場、波浪、水位及流場等海象資訊，與海嘯模擬資訊，其作業化成果已彙整展示於，展示畫面如圖 11 所示。

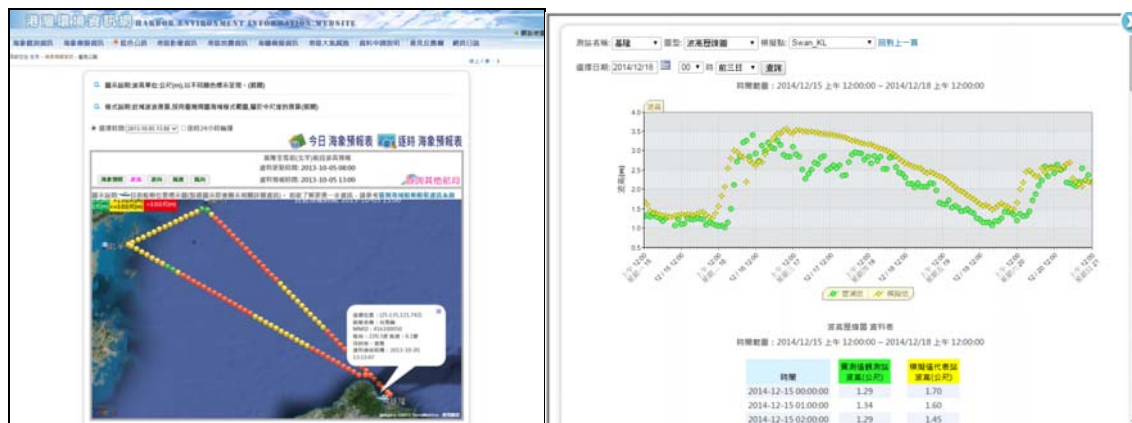


圖11 港灣環境資訊系統海象模擬藍色公路網頁及港口所展示波高歷線圖

## 七、結論

配合本中心港灣環境資訊系統需求，計畫內協助建立海象模擬預報網頁，平時提供主要商港(基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港、臺北港)，包含風場、波浪、水位及流場等港口所需海象資訊，本年度計畫主要研究成果：

1. 本計畫在近海海象預報模擬系統的預報時間已能夠完整取得中央氣象局提供風場及氣壓場資料提供大尺度及中尺度預報。包括風場(氣壓)、波浪、水位及流場等數值模式建置及自動化預報系統作業。
2. 風場方面：計畫內不執行風場的預報模擬，平時及颱風期間主要介接中央氣象局 WRF\_M00 風場模式並進行各港區風場(氣壓)預報模式年度及颱風期間作業化成果評估，提供每日 4 次的風場資料。
3. 波浪模式方面：維護評估已建置大尺度風浪模式、中尺度風浪模式，及已完成建置主要商港小尺度波浪模式作業化，並完成各港區年度及颱風期間波浪預報模式作業化成果評估。
4. 水位及海流模式方面：維護評估已建置大尺度及中尺度的全域環島作業化水動力模式，及已完成建置主要商港小尺度水動力模式作業化，並完成各港區年度及颱風期間水位及海流預報模式作業化成果評估。
5. 海嘯模式方面：完成建置主要商港海嘯預警作業系統，並改善其檔案大小及作業流程，提供地震海嘯發生後港區受海嘯波影響時間及可能之水位變化，及完成花蓮港及蘇澳港以不同海嘯波高模擬垂直入射後溢淹範圍圖。並進行高屏溪跨河橋梁受海嘯波之影響評估，入射水位 3 公尺時才會溯上至跨河橋梁並造成局部沖刷。
6. 配合本所港灣環境資訊系統需求，協助建立維運海象模擬預報網頁，平時提供各港區、臺灣周圍海域及藍色公路，有關風場、波浪、水位及流場等海象資訊，以供交通部航港局、臺灣港務公司港口及各相關單位參考使用。

## 參考文獻

1. 吳蕙如、張庭槐、林宗翰、李淑玲，2014，「中央氣象局數值天氣預報作業控制系統現況介紹」，103 天氣分析與預報研討會論文集，A2-50。
2. 陳冠宇、陳陽益、邱永芳、蘇青和等，2014，"海嘯對港區及跨河橋梁之影響風險評估研究(1/2)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，MOTC-IOT-102- H3DB001b。
3. 陳冠宇、陳陽益、邱永芳、蘇青和等，2015，"海嘯對港區及跨河橋梁之影響風險評估研究(2/2)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，MOTC-IOT-103- H3DB001b。
4. 劉正琪、李兆芳、邱永芳等，2014，"提昇海岸及港灣海域海象模擬技術之研究(1/2)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告。MOTC-IOT-102- H3DB001a。



5. 劉正琪、李兆芳、邱永芳等，2015，"臺灣主要商港海象模擬技術之精進及系統維運" 交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告。MOTC-IOT-103-H3DC001。
6. 劉正琪、李兆芳、邱永芳、李俊穎，2014，「安平港雙開口對於港池波浪場之影響」，海洋工程學刊 第十四卷 第三期 (2014)，第 161-176 頁。
7. 簡仲璟、劉清松、林廷燦、劉益琦、林珂如等，2014，"港灣環境資訊服務系統功能提升規劃與建置(1/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，MOTC-IOT-102-H3DB003a。
8. 簡仲璟、劉清松、林廷燦、劉益琦、林珂如等，2015，"港灣環境資訊服務系統功能提升規劃與建置(2/4)"，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，MOTC-IOT-103-H3DB003a。
9. 曾相茂、何良勝、曾俊傑，2014，「臺灣國際港口海氣象觀測技術及資料分析」，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，MOTC-IOT-102-H2DA001a。
10. 廖慶堂、徐如娟、林受勳、陳志弘、黃茂信、衛紀淮、何良勝，2014，「102 年臺灣國內商港海域海氣象觀測分析研究」，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，MOTC-IOT-102-H2DA001b。
11. Booij, N., Holthuijsen, L. H. and Ris, R. C., "The "SWAN" wave model for shallow water," *Proc. 25th Int. Conf. Coastal Engng.*, Orlando, 668-676 (1996).
12. Chen, Guan-Yu、Chiu, Yung-Fang (2002), " Building a Forecast System for Near-shore Disaster Prevention, Recovery, and Rescue in Taiwan—Plan of the Center of Harbor and Marine Technology "。第 24 屆海洋工程研討會專題講座論文集，105-110 頁。
13. Kirby, J. T. and Dalrymple R. A., 1983, The propagation of weakly nonlinear waves in the presence of varying depth and currents, *Proc. 20<sup>th</sup> Congress I.A.H.R.*, Moscow.
14. Lee, T.L., and D.S. Jeng, 2002. Application of artificial neural networks in tide forecasting, *Ocean Engineering*, Vol. 29, pp. 1003-1022.
15. Megawati, K., F. Shaw, K. Sieh, Z. H. Huang, T. R. Wu, Y. Lin, S. K. Tan and T. C. Pan (2009), "Tsunami hazard from the subduction megathrust of the South China Sea: Part I. Source characterization and the resulting tsunami". *Journal of Asian Earth Sciences*, Vol.36, Issue 1, p.13 - 20. Elsevier
16. WAMDI group, "The WAM model – a third generation ocean wave prediction model," *J. Phys. Oceanogr.*, 18, 1775-1810 (1988).  
Xu, Z.(2007), "The All-source Green's Function and its Applications to Tsunami," *Science of Tsunami Hazards*, 26(1), pp.59-69.
17. X. Wang and Liu, P. L.-F.(2007): *Cornell Multigrid Coupled Tsunami model (COMCOT) User Manual*, Cornell University.
18. Xu, Z.(2007), "The All-source Green's Function and its Applications to Tsunami," *Science of Tsunami Hazards*, 26(1), pp.59-69.