

商港海氣象資訊系統之長浪與溢淹示警功能

林騰威¹ 蔣敏玲² 林雅雯³ 盧佩玟⁴ 賴志炫⁵ 王欣郁⁶

¹ 數位地球科技有限公司 總經理

² 交通部運輸研究所運輸技術研究中心 副研究員

³ 交通部運輸研究所運輸技術研究中心 科長

⁴ 臺灣港務股份有限公司工程處 督導

⁵ 臺灣港務股份有限公司工程處 副工程師

⁶ 數位地球科技有限公司 駐點工程師

摘要

海氣象資訊之掌握對於海上活動安全扮演關鍵角色，除可協助船舶航行及港埠設施安全管理外，亦為離岸風力發電、海上施工等作業之重要決策依據。為強化商港海氣象環境資訊之整合與應用，臺灣港務股份有限公司（以下簡稱港務公司）委託交通運輸研究所（以下簡稱運研所）建置「商港海氣象資訊系統」（以下簡稱本系統），藉以提供各商港即時且完整之觀測資料，同時發展自動推播與示警功能。經多年持續精進，本系統功能已臻成熟，114 年度精進重點為異常海氣象之警示強化，包含長浪及溢淹之示警，期能協助港務單位即時掌握港區海氣象環境狀況，提升港埠營運效率與船舶航行安全，並進一步推動智慧港口服務品質之整體提升。

一、緒論

即時海氣象觀測與預測資訊，能讓船舶及海事人員瞭解當前及即將面臨的風速、浪高、海流、潮位、港內靜穩等情況，對於航行安全至關重要，可以避免船舶遇到強烈的風暴、海浪和其他惡劣天氣狀況，對於海上災防與因應也十分重要，海氣象資料在相關海洋活動扮演著不可或缺的角色；因此，為讓船舶進出港時，有更多海氣象環境資訊供港埠營運單位、航商等各界參考，運研所長期在基隆港、臺北港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、安平港、布袋港、澎湖港等商港設置即時海氣象觀測站，蒐集即時的風力、波浪、潮位、海流、能見度、港內靜穩度、地震(地表加速度)等資料，已累積四十餘年商港海氣象監測經驗，同時也發展海象模擬預測系統，提供波浪、潮位、海流等預測資訊給各界參考。

近年來全球海運重要港口皆藉由資訊與通訊科技 (Information and Communication Technology, ICT) 發展智慧港口，邁向智慧化、自動化、無人化；其中即時海氣象觀測與預測資訊之提供實屬相當重要之關鍵，尤其現今大型貨櫃船愈來愈多，排水量愈來愈大，港埠營運單位必須精準掌握各項海氣象資訊，船舶方能順利進出港。港務公司負責經營與管理我國主要商港，包含基隆港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、澎湖港等，對國內經濟發展扮演相當重要之角色，自 107 年起委託運研所設置更多的海氣象觀測站，並客製化「商港海氣象資訊系統」（詳如圖 1 與圖 2 所示），藉由 ICT 將所有資訊收整於地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS)，除了透過視覺化地圖介面，瀏覽各測站海氣象觀測值與模

擬值，另系統自動監測各項數據，在超過示警門檻值時，則透過通訊軟體 Line 聊天機器人(LINE Bot)即時推播示警資訊。

商港海氣象資訊系統											
海氣象資訊											
港口	基隆港	臺北港	蘇澳港	花蓮港	臺中港	高雄港(一)	高雄港(二)	安平港	布袋港	澎湖(馬公)	澎湖(馬公)
時間	10/17 10:47	10/17 10:47	10/17 10:47	10/17 10:47	10/17 10:47	10/17 10:47	10/17 10:47	10/17 10:47	10/17 10:46	10/17 10:47	10/17 10:47
平均風速	2級(2.2m/s)	5級(9.1m/s)	3級(4.3m/s)	1級(0.8m/s)	2級(2.7m/s)	3級(4.3m/s)	3級(3.5m/s)	2級(3.0m/s)	2級(2.2m/s)	2級(2.8m/s)	2級(1.9m/s)
平均風向	東	東	南	北北西	北北西	西北西	西	西南西	西南	西北西	南
最大風速	3級(3.4m/s)	6級(10.9m/s)	3級(4.9m/s)	1級(1.4m/s)	2級(3.0m/s)	3級(5.0m/s)	3級(3.8m/s)	2級(3.3m/s)	2級(2.6m/s)	2級(3.4m/s)	2級(2.2m/s)
最大風速方向	東南東	東	南	北	北北西	西北西	西北西	西南西	西南西	西	南
時間	10/17 10:00	10/17 10:00	10/17 10:10	10/17 10:10	10/17 10:10	10/17 10:10	10/17 10:10	10/17 10:10	10/17 10:00	10/17 10:00	10/17 10:00
港外波高(Hs,m)	0.69	0.59	0.87	0.80	1.08	0.47	0.50	0.42	0.40	0.54	0.54
最大波高(m)			1.26	1.21	1.65	0.70	0.74	0.67	0.57		
週期(Tp,sec)	5.8	5.2	6.0	5.5	6.3	5.0	5.9	4.6	6.9	6.8	6.8
主要向	東	東北	東南東	東北	西北西	南	西南	西北西	東	東	東
表面流速	1.44節(0.72m/s)	0.88節(0.44m/s)	0.26節(0.13m/s)	0.12節(0.06m/s)	0.43節(0.22m/s)	0.11節(0.06m/s)	0.34節(0.17m/s)	0.67節(0.33m/s)	0.89節(0.44m/s)	0.97節(0.48m/s)	0.97節(0.48m/s)
表面流向	東南東	東北東	北	東	北北東	北北西	東南	西南東	西南西	西北西	西北西
時間	10/17 10:20	10/17 10:20	10/17 10:20	10/17 10:20	10/17 10:20	10/17 10:20	10/17 10:20	10/17 10:20	10/17 10:20	10/17 10:20	10/17 10:40
港內波高(Hs,m)	0.11	0.09	0.17	0.05	0.04	0.20	0.10	0.11	0.17	0.03	0.04
時間	10/17 10:42	10/17 10:42	10/17 10:42	10/17 10:42	10/17 10:42	10/17 10:42	10/17 10:42	10/17 10:48	10/17 10:42	10/17 10:42	10/17 10:42
潮位(mWd,m)	-0.01	0.31	-0.28	-0.80	0.76	0.18	0.16	0.20	0.32	0.27	0.20
潮位(CD,m)	0.91	1.74	0.64	-0.09	3.43	0.73	0.71	0.67	1.42	1.75	2.13
滿/乾潮	乾潮(10/17)12:04	乾潮(10/17)14:06	滿潮(10/17)16:19	滿潮(10/17)16:23	乾潮(10/17)14:15	乾潮(10/17)11:48	乾潮(10/17)11:48	乾潮(10/17)12:25	乾潮(10/17)13:31	乾潮(10/17)14:21	乾潮(10/17)14:21
時間	10/17 10:47	10/17 10:47	10/17 10:46	10/17 10:46	10/17 10:47	10/17 10:46	10/17 10:47	10/17 10:46	10/17 10:46	10/17 10:46	10/17 10:47
能見度	10.8哩以上 (20公里以上)	10.8哩以上 (20公里以上)	10.8哩以上 (20公里以上)	10.8哩以上 (20公里以上)	5.4-10.8哩 (10-20公里)	5.4-10.8哩 (10-20公里)	5.4-10.8哩 (10-20公里)	2.16-5.4哩 (4-10公里)	10.8哩以上 (20公里以上)	10.8哩以上 (20公里以上)	10.8哩以上 (20公里以上)
CWA時間	-	-	-	-	-	10/16 16:42	10/16 16:42	10/16 16:42	10/16 19:58	-	-
CWA高度	-	-	-	-	-	高雄市(D106)測站 2級	高雄市(D106)測站 2級	臺南市(TA1)測站 1級	新竹(CHN8)測站 1級	-	-
TTRC時間	-	-	-	-	-	-	-	10/16 16:42	-	無建置	無建置
TTRC高度	-	-	-	-	-	-	-	2級	-	-	-

圖 1 綜合表頁面

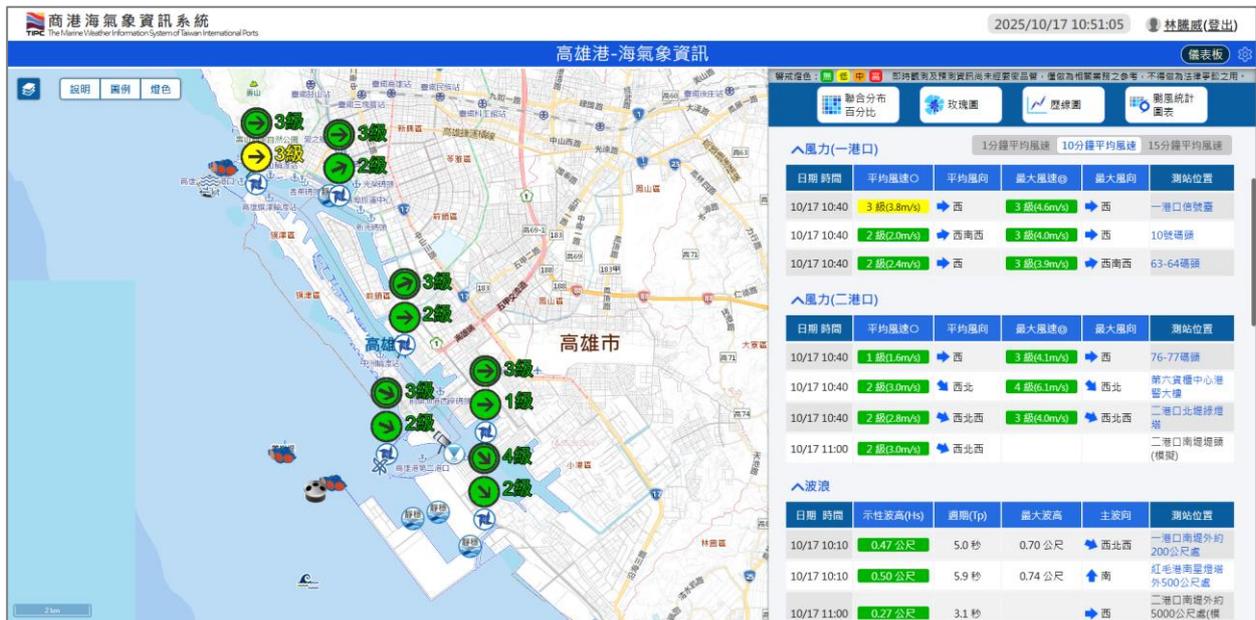


圖 2 各單一港口頁面

花蓮港與蘇澳港位於臺灣東部，直接面對太平洋，時常發生長浪現象，當長浪進入港內後，除可能造成防波堤損壞外，最直接的是波能在防波堤與岸壁間反射疊加，造成碼頭樁柱反覆受力、疲勞破壞，對浮動式碼頭(浮筒、浮橋)影響特別明顯，易出現斷鏈、碰撞或漂移，也引起船舶縱搖(Pitch)與橫搖(Roll)明顯，纜繩張力劇烈變化，常導致纜繩斷裂、碰撞碼頭、貨櫃滑移或吊具損壞，進而影響裝卸作業、船舶進出港困難、錨泊船隻容易拖錨或相互碰撞，同時也易產生共振或波浪聚焦效應，讓前述港內的影響更加劇烈。

此外，當發生暴潮、長浪或潮位異常上升時，碼頭可能產生溢淹現象，溢淹係港區安全相當重要之一環，由於溢水往返在碼頭邊緣形成強烈回流與渦流，掏空基腳或堆石基礎，造成碼頭沉陷、裂縫，長期會影響結構穩定，另溢浪帶來大量碎石、漂流物，衝擊鋪面、護欄、電纜管線，最主要是影響港口營運與作業，溢水覆蓋碼頭面，使作業區積水與溼滑，導致吊車、堆高機無法運作，裝卸作業必須中斷，若電氣設備浸水，則需全面停工檢修，此外溢浪可能導致貨櫃、散貨、倉儲區浸水，造成貨損或污染，若為危險品或油品碼頭，更有化學洩漏、環境污染等嚴重風險，碼頭道路積水影響車輛通行，而水位急升造成纜繩過緊或浮筒位移，繫纜設施受力異常，船舶會被推向岸壁，導致船體碰撞損傷，同時也威脅人員安全，溢浪時流速強，工作人員易被沖倒或捲入海中，海浪退去時形成吸力與渦流，更具危險性。

綜上，本系統 114 年特別針對長浪與溢淹開發示警功能，做為港區相關營運因應參考應用。其中長浪係依據中央氣象署之定義：「當波高大於等於 1.5 公尺及平均週期大於等於 8 秒時」，當條件符合進行示警；而溢淹之示警於楊柳颱風(PODUL，編號：202511)期間得到驗證，與實際情形相符合。

二、研究方法

2.1 使用工具

本系統開發採用 3 層式網路架構(3-Tier Architecture)，使用此架構可確保使用者與資料庫隔離，增加主機與資料庫的安全性；此架構第 1 層為客戶端(Client)，主要為使用者及遠端管控者可透過網際網路協定(TCP/IP)方式，操作網站應用程式瀏覽網頁。第 2 層架構是應用程式伺服器(Application Server)，提供應用程式給客戶端進行資料查詢，應用程式伺服器再經由內部虛擬私人網路(Virtual Private Network, VPN)或政府服務網路(Government Service Network, GSN)等來存取資料庫相關資訊。第 3 層架構為資料庫伺服器(Database Server)，依應用程式伺服器器的要求，透過 GSN/VPN 網路將資料庫數據使用 TCP/IP 協定回應使用者相關資訊。

本系統使用工具及相關技術分 3 大層面，系統開發環境(程式語言)：(1)網頁開發主要使用 ASP.NET 為主並搭配其他相關前端語法如 HTML5、JavaScript、jQuery、CSS 等，並符合響應式網頁(Responsive Web Design, RWD)設計，後端語法以 VB.NET 為主。(2)資料庫系統：使用 Microsoft SQL Server。(3)GIS：使用 OpenLayers 開源函式庫，它是一個用於開發 WebGIS 用戶端的 JavaScript，其建立 GIS 資料的方法符合 OpenGIS 的 WFS 和 WMS/WMTS 規範標準，支援介接 Google Maps、Bing Map、國土測繪中心及 OpenStreetMap 的地圖服務。

2.2 資料介接

本系統展示資料同時採用運研所設置及港務公司委託運研所設置之觀測站，包含風力、潮位、波浪、海流、靜穩度、能見度等觀測資料，同時亦介接港務公司委託國立高雄科技大學(以下簡稱高科大)設置之水平式都卜勒流剖儀 (Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP)，詳細介接內容如表 1 所示，風力資料包括平均風速/風向、最大陣風風速/風向；波浪資料包括港外波高(Hs)、尖峰週期(Tp)/主頻波向、平均週期、平均波向；流速資料包括流速/流向；潮位資料包括

經換算後顯示臺灣高程基準 (Taiwan Vertical Datum, TWVD)、築港高程系統(Chart Datum Level, CDL)。另還有靜穩度(港內波高 Hs)與能見度。

表 1 資料介接內容

儀器	海氣象資訊
風力計	平均風速、平均風向、最大陣風風速、最大陣風風向
多參數氣象儀	平均風速、平均風向、最大陣風風速、最大陣風風向、能見度、氣溫、氣壓
潮位計	潮位、水溫
波流儀(AWAC)	波高(Hs)、尖峰週期(Tp)、主頻波向、平均週期、平均波向、流速、流向
浮標	波高(Hs)、尖峰週期(Tp)、主頻波向、平均週期、平均波向、流速、流向、平均風速、平均風向、氣溫、氣壓
浮球	波高(Hs)、尖峰週期(Tp)、主頻波向、平均週期、平均波向、流速、流向
港內靜穩度	波高(Hs)
流速儀(水平式 ADCP)	流速、流向
能見度	能見距離

2.3 自動化示警

為了即時提醒使用者獲得海氣象觀測的示警資訊，系統後臺可由各港務分公司管理者訂定各項海氣象觀測之示警門檻值，目前預設之示警門檻值如表 2 所示，當實際觀測值到達門檻值時，透過通訊軟體 Line 之聊天機器人(LINE Bot)推播示警通知使用者，俾利爭取應變處理時間。以往推播示警僅針對平均風速進行，因應港務公司之需求，增加波高、能見度與地震的示警。運研所為監測港區在發生地震時是否發生土壤液化的現象，故在港區設有地震儀(地表加速度)，以利在最快的時間向港務公司的業務單位提出簡訊示警；港務公司考量該資訊可發送給更多港務公司作業人員參考應用，因此藉由本系統的 LINE 推播機制，設定推播門檻值為(1)當中央氣象署鄰近港區測站的震度大於等於 2 級時；(2)運研所港區測站的震度大於等於 3 級，就主動發出示警推播，以利相關人員可參考判斷進行因應作為。

表 2 海氣象觀測之示警門檻值

燈號	平均風速(m/s)	波高(Hs)(m)	流速(cm/s)	能見度(m)	地震
綠燈	-	-	-	-	中央氣象署鄰近港區測站 震度 ≥ 2 級 運研所港區測站 震度 ≥ 3 級
黃燈	3.3	0.6	25	4,000	
橘燈	7.9	1.5	100	2,000	
紅燈	13.8	3	200	1,000	

2.4 系統架構

本系統分為「文字模式」、「地圖模式」及「後臺系統」，「文字模式」以表格方式呈現所有港口的觀測值與模擬值，「地圖模式」以 GIS 方式顯示各港口之所有觀測與模擬站位置及數據，也可以切換至各港口儀表板模式，顯示各測站的歷線圖及關聯趨勢，另外也有全部港口的地圖模式。在後臺系統有聯合分佈百分比圖、玫瑰圖、歷線圖、颱風統計圖表、颱風資料輸入、儀器清單、測站管理、維修紀錄、最新資料紀錄等，系統架構如圖 3 所示。



圖 3 系統架構

2.5 開發長浪與溢淹示警功能

在單一港口、儀表板進行長浪示警，於單一港口頁面顯示示性波高欄位加註 **⚠️長浪** 示警(如圖 4)；且於儀表板歷線圖增加長浪分頁，並使用雙軸同時呈現港外示性波高與平均週期(如圖 5)，當發生長浪時(當波高大於等於 1.5 公尺及平均週期大於等於 8 秒時)，於波高歷線圖標示紅色三角型。於點擊單一港口中的長浪示警文字，可開啟儀表板及直接切換至長浪歷線圖分頁。



圖 4 單一港口頁面新增長浪示警

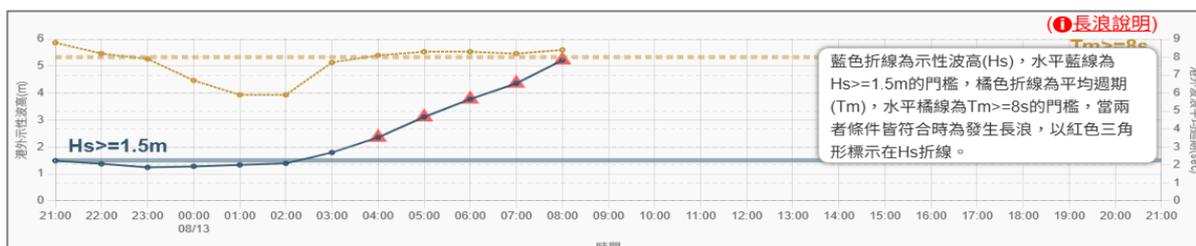


圖 5 儀表板新增長浪示警

依據靜穩測站、潮位資訊、碼頭面高程等資訊進行判斷是否溢淹，於單一港口、儀表板等頁面進行碼頭可能溢淹之示警。本研究取得靜穩測站位置高程、最大波高(Hmax)與潮位(TWVD)資訊，並以 1 公尺為示警門檻值，計算後進行示警顯示，如表 3 所示，單一港口頁面標示如圖 6，儀表板採歷線圖顯示，詳如圖 7 所示，圖上分別為(1)碼頭面高程、(2)潮位 TWVD+1/2Hmax 歷線、(3)碼頭面高程-1 公尺(示警門檻)。

表 3 溢淹示警判斷方式

溢淹示警計算式	結果值(公尺)	示警文字
$\frac{1}{2}$ 靜穩度(Hmax) + 潮位(TWVD) - 碼頭高	>0	溢淹
	-1~0	溢淹示警
	<-1	-



圖 6 單一港口新增溢淹示警(示意)

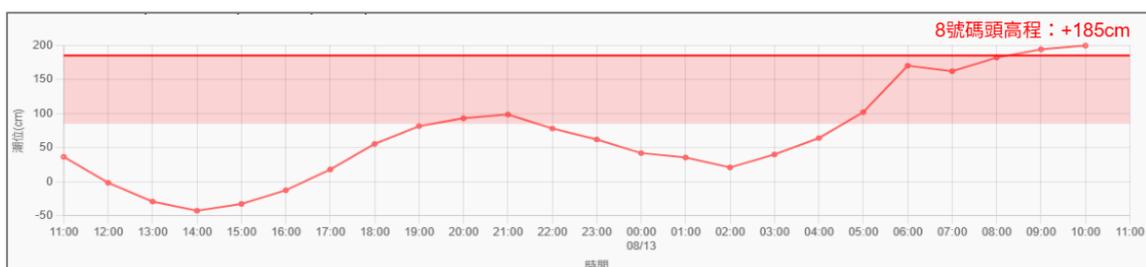


圖 7 儀表板新增溢淹示警

三、研究成果

3.1 入口網頁

本系統網址 <https://wwtf.twport.com.tw/>，採用響應式 RWD 設計，可支援不同裝置進行瀏覽，為無須登入之大眾公開版與需登入帳密之 2 種權限，登入帳密的使用者權限分為一般帳號、港務分公司管理者與系統管理者。進入頁面後(圖 8)，可於頁面上方「綜合表」、「港口(全)」、「基隆港」、「臺北港」、「蘇澳港」、「臺中港」、「高雄港」、「安平港」、「花蓮港」、「布袋港」及「澎湖港」，以繼承視窗方式顯示，其中「綜合表」為文字模式，其餘為地圖模式。

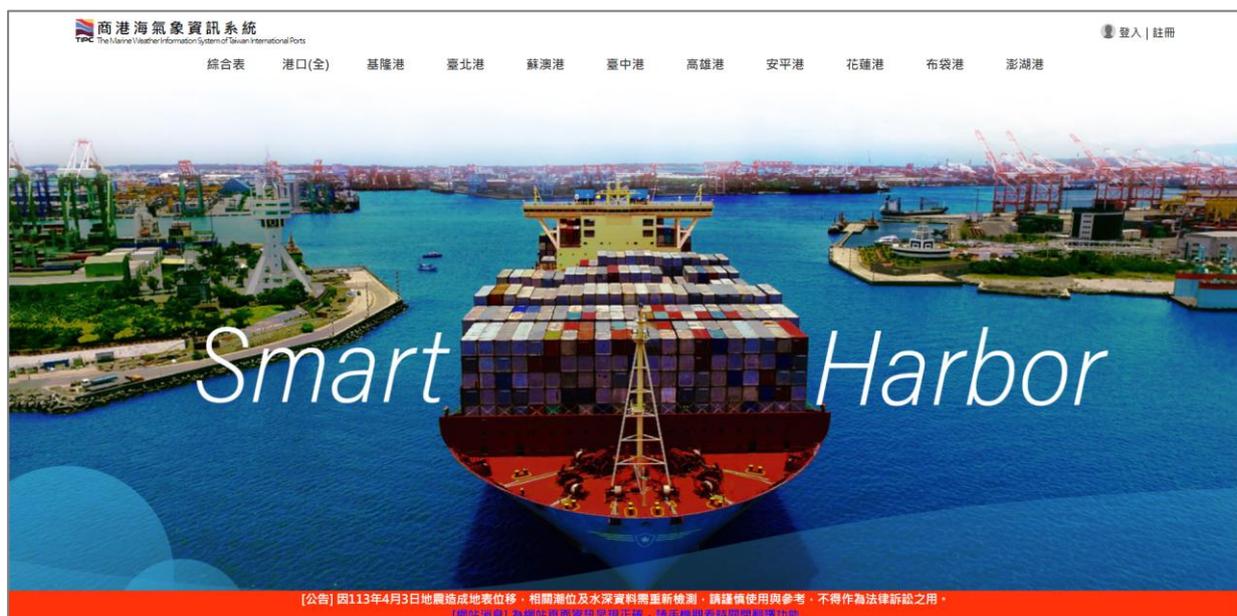


圖 8 系統首頁

3.2 文字模式

畫面以列表方式呈現，如圖 1 所示，同時顯示出各港口當前觀測值，並以「綠」、「黃」、「橘」、「紅」之底色標示警燈色，各燈號示警門檻值可於後臺管理系統中設定，且各港口之示警門檻值可以分別依不同需求自定。若為「非即時觀測」顯示，則因通訊中斷無法即時回傳，並以自記式觀測中。

點擊「港口」名稱，使用彈跳視窗以地圖顯示該港口的各代表測站位置，以及「綠」、「黃」、「橘」、「紅」燈色之警戒值定義；例如於圖 1 綜合表點選安平港波流的「觀測時間」，會以彈跳視窗以歷線圖顯示 3 日內的資料(圖 9)，右上角有「1 天」、「3 天」、「7 天」可供快速切換，滑鼠移至圖上節點可顯示數據，在綜合表中點擊風力、靜穩度(港內波高)、潮位、能見度等，皆可顯示歷線圖。此外，依據港務公司需求，系統可切換 1、10、15 分鐘平均風速顯示，如圖 1 中的左上方控制按鈕(顯示 1 10 15 分鐘平均風速)，預設是顯示 10 分鐘平均風速，在行動裝置的顯示畫面，如圖 10 中的風力資訊時間旁按鈕(🗨️)，亦可切換 1、10、15 分鐘平均風速顯示。當地震發生後 1 小時後有多次地震，在「CWA 時間」的欄位會多一個「i」，點擊該圖示會以彈跳視窗顯示多次地震的詳細資訊，如圖 11 所示，資訊的上半部是介接中央氣象署的 OpenData API(顯著有感

地震報告資料 <https://opendata.cwa.gov.tw/dataset/forecast/E-A0015-001>、小區域有感地震報告資料 <https://opendata.cwa.gov.tw/dataset/forecast/E-A0016-001>，點選「more」的按鈕可顯示地震報告圖(圖 12)；而資訊的下半部為運研所在港區設置的地震儀資訊，點選「more」的按鈕可顯示地表加速度圖(圖 13)。

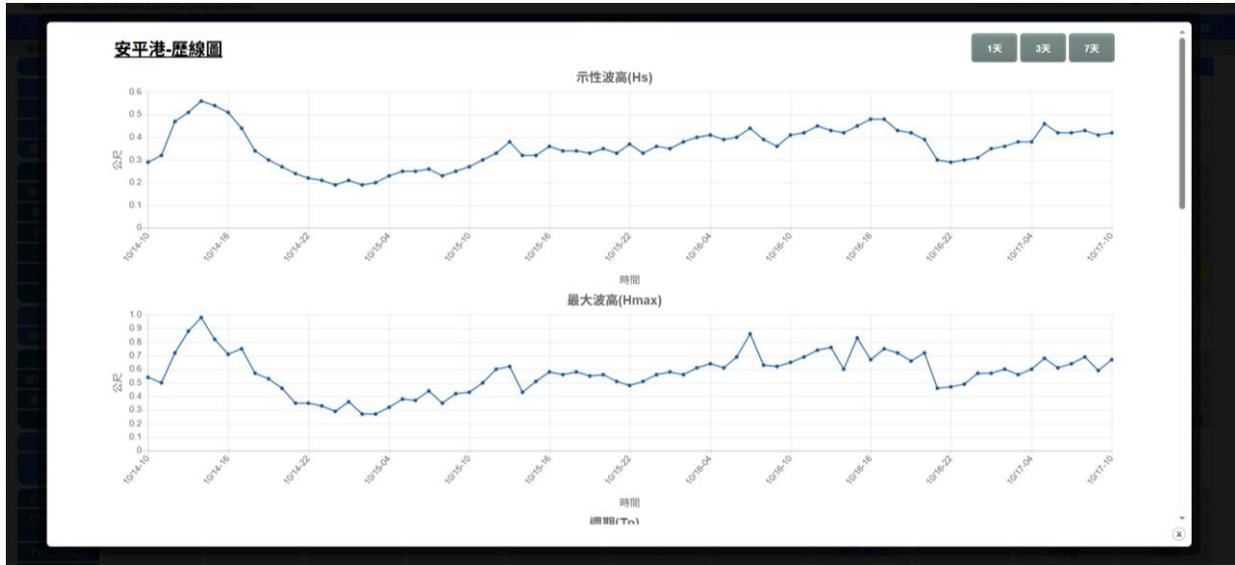


圖 9 波流資訊歷線圖

商港海氣象資訊系統				
海氣象資訊				
港口	基隆港	臺北港	蘇澳港	花蓮港
時間	08/13 18:20	08/13 18:20	08/13 18:20	08/13 18:20
1分鐘平均風速	1級(1.6m/s)	2級(1.6m/s)	2級(1.9m/s)	1級(1.0m/s)
10分鐘平均風速	南南東	北北西	北北西	西北
15分鐘平均風速	0.40	0.8/13 17:30	0.8/13 17:40	0.8/13 17:40
港外波高(Hs,m)	0.2	0.5	0.4	0.5
週期(s)	10.4	3.8	10.2	10.2
波向	東北	西	東北東	東南東
表面流速	0.49節(0.25m/s)	0.44節(0.22m/s)	0.13節(0.07m/s)	0.4節(0.20m/s)
表面流向	東北東	西北	西北西	東南東
時間	08/13 18:00	08/13 18:00	08/13 18:00	08/13 18:00
港內波高(Hs,m)	0.03	0.23	0.06	0.03
時間	08/13 18:24	08/13 18:24	08/13 18:24	08/13 18:24
潮位(TWVD,m)	0.57▼	0.98▼	0.34▲	-0.28▲
潮位(CDL,m)	1.49▼	2.41▼	1.26▲	0.43▲
滿/乾潮	乾潮(08/13)22:26	乾潮(08/13)23:07	滿潮(08/13)23:38	滿潮(08/13)23:41
時間	08/13 18:29	08/13 18:29	08/13 18:29	08/13 18:29
能見度	10.8浬以上 (20公里以上)	10.8浬以上 (20公里以上)	10.8浬以上 (20公里以上)	10.8浬以上 (20公里以上)
CWA時間	-	-	05/26 16:27	05/27 01:08
CWA震度	-	-	蘇澳(TWC)測站 2級	花蓮市(HWA)測站 3級
TTRC時間	-	-	05/26 16:28	-
TTRC震度	-	-	2級	-

商港海氣象資訊系統	
海氣象資訊	
港口	基隆港
時間	08/13 18:20
10分鐘平均風速	1分鐘平均風速 1.5m/s
10分鐘平均風速	10分鐘平均風速 南西
時間	15分鐘平均風速 17:40
港外波高(Hs,m)	0.2
週期(Tp,s)	10.4
波向	東北
表面流速	0.49節(0.25m/s)
表面流向	東北東
時間	08/13 18:00
港內波高(Hs,m)	0.03
時間	08/13 18:24
潮位(TWVD,m)	0.57▼
潮位(CDL,m)	1.49▼
漲退潮	乾潮(08/13)22:26
時間	08/13 18:29

圖 10 行動裝置之新版綜合表



圖 11 地震詳細資訊

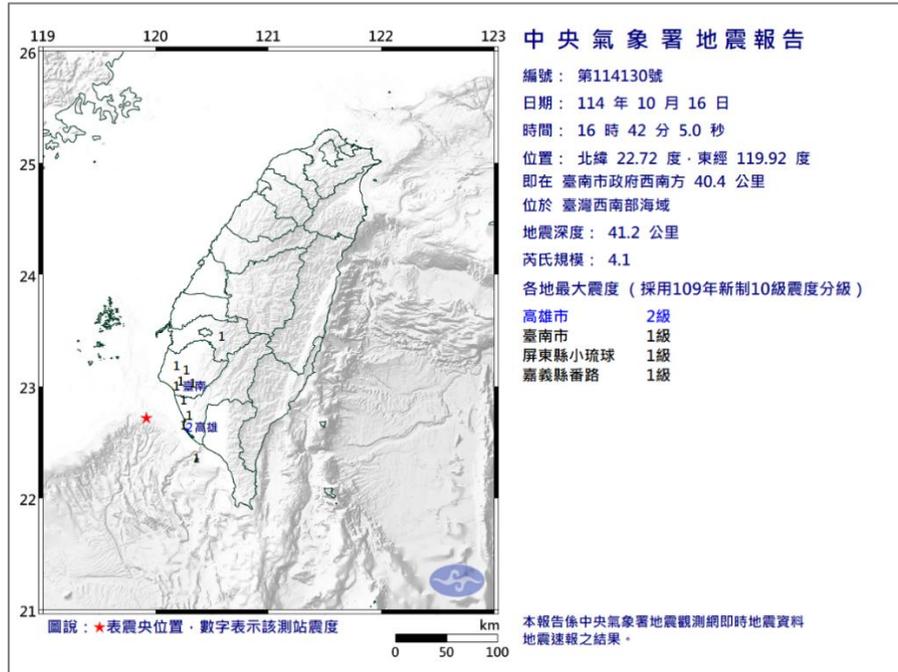


圖 12 中央氣象署地震報告

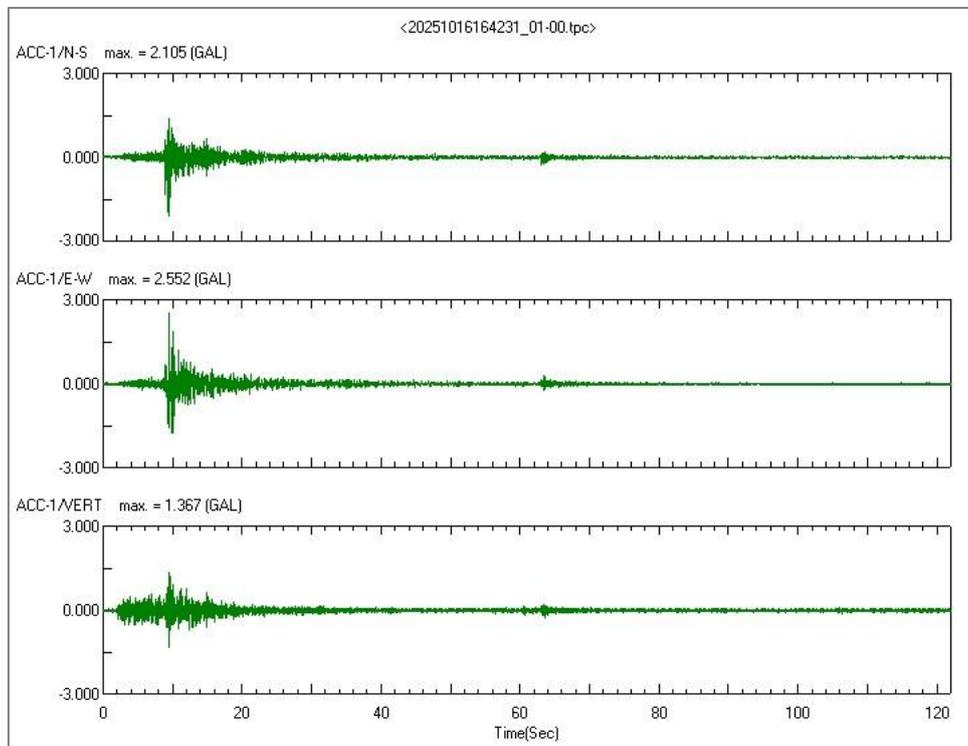


圖 13 地表加速度圖

3.2 單一港口模式

於本系統首頁點選「基隆港」、「臺北港」、「蘇澳港」、「臺中港」、「高雄港」、「安平港」、「花蓮港」、「布袋港」及「澎湖港」為單一港口模式，供各港瀏覽監看相關海氣象資訊，並以列表及地圖方式呈現(圖 2)，左側為地圖區域，可透過滑鼠進行放大、縮小、平移等操作，並顯示各儀器測站位置，及以圓圈內含箭頭顯示該風速測站的風向，圓圈旁邊的數字為蒲氏風力級數，透過此方式顯示，讓使用者快速瞭解港區各風速站位置及其風速風向，若將地圖放大後可進一步顯示風速值(m/s)，若點擊測站圖例位置則會顯示最新觀測或模擬資訊。最右側資訊列表顯示「風力」、「波浪」、「港內靜穩度」、「海流」、「潮位」及「能見度」等資料，並可收摺不同物理量之列表，自選所需資訊，在海流列表中點擊超連結圖示，可另開視窗至「即時海流資料展示系統」，在潮位列表中可點擊超連結圖示，則可另開視窗「國際及國內商港即時潮位系統」，獲取更詳盡的資訊。

在行動裝置之地圖版展示資訊，各港頁面增加表格資訊欄展示所有測站資訊，並可自由收合該資訊欄，於行動裝置的單一港口頁面的左上方(圖 14 之左圖)，新增顯示表格的按鈕「☰」，點擊該按鈕會顯示所有測站資訊的表格(圖 14 之中圖)；在顯示表格時，左上角按鈕則會變為回到地圖的圖示「📍」，在顯示表格時，亦可切換 1、10、15 分鐘平均風速顯示；無論在地圖或表格顯示的畫面，右上角為開關測站的按鈕「⚙️」，點擊該按鈕會顯示開關測站的清單(圖 14 之右圖)。



圖 14 行動裝置單一港口模式

3.3 單一港口的儀表板

各港海氣象儀表板功能，以更清晰明瞭地展現各項海氣象觀測資訊，如圖 15，畫面左側以地圖顯示各測站位置，且以燈號與箭頭顯示目前觀測的海氣象狀況，於右側嵌入歷線圖，顯示為(1)上方顯示平均風速，而平均風向、最大風速、最大風向可自行開啟；(2)調整中間顯示的部分，將港外波高與港內波高整合在同一張圖顯示，以利使用者可以同時檢視港外與港內波高，因此中間部分為示性波高(H_s)(港外與港內)、週期(T_p)、波向、長浪、溢淹；(3)下方顯示潮位(TWVD、CDL)、港外流速、流向、能見度。

3.4 自動化推播示警

自動化推播示警的部分因應港務公司需求，推播風力、波高、流速、能見度與地震等示警，如圖 16 之左圖為推播示性波高大於橘燈的門檻值，如圖 16 之中圖為推播能見度小於紅燈的門檻值，如圖 16 之右圖為推播中央氣象署發布地震 3 級。

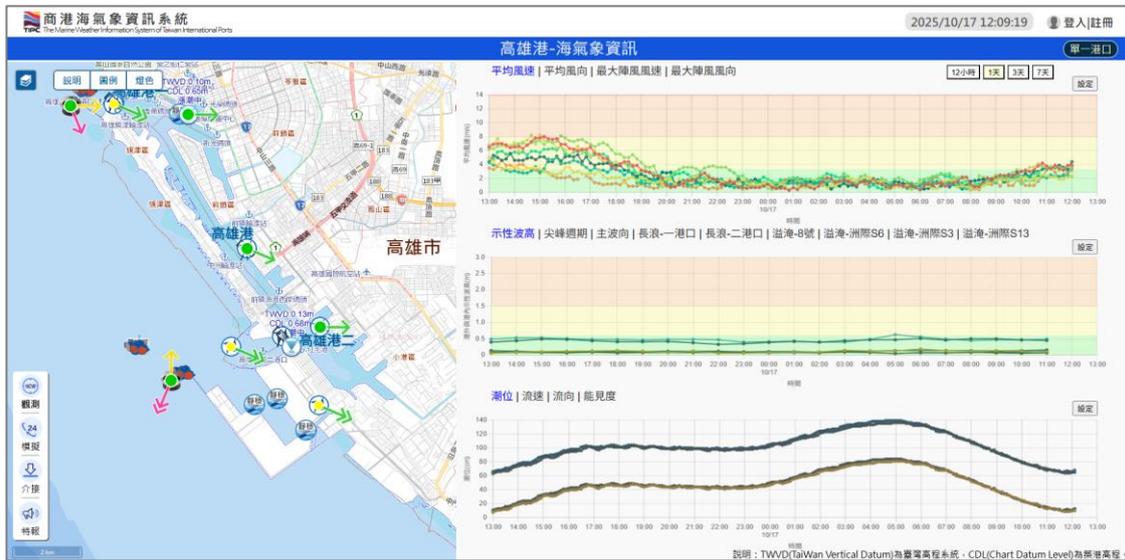


圖 15 儀表板

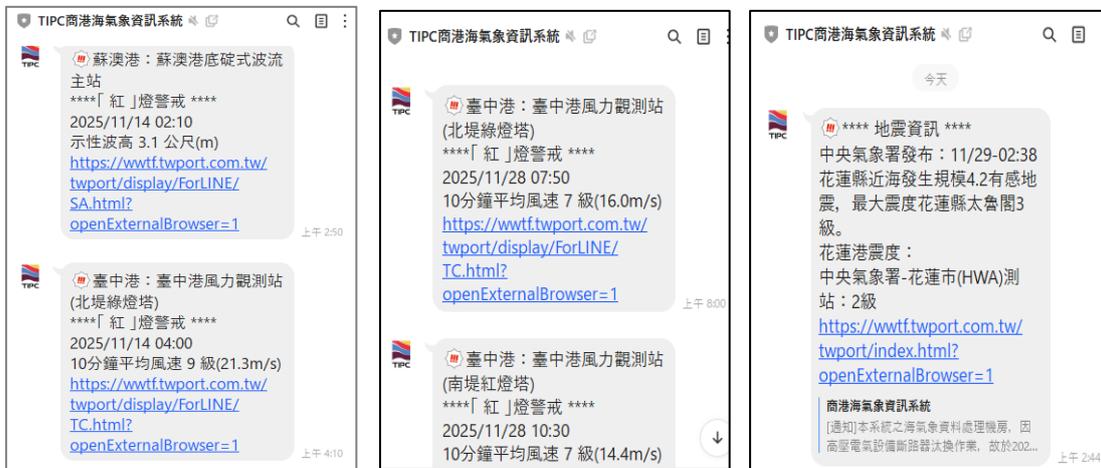


圖 16 推播示警

3.5 長浪與溢淹示警功能

當發生長浪時(波高大於等於 1.5 公尺及平均週期大於等於 8 秒)，在單一港口、儀表板等頁面，進行長浪之示警，於單一港口顯示示性波高欄位加註「長浪」示警(圖 17)，點擊「長浪」後以彈跳視窗顯示其「示性波高」與「平均週期」資訊(圖 18)，點擊「更多資訊」的超連結圖示則可開啟儀表板(圖 19)，儀表板的歷線圖中間的分頁增加「長浪」，並且使用雙軸同時呈現港外示性波高與平均週期，發生長浪時，於波高的歷線圖標示紅色三角型。



圖 17 單一港口顯示長浪

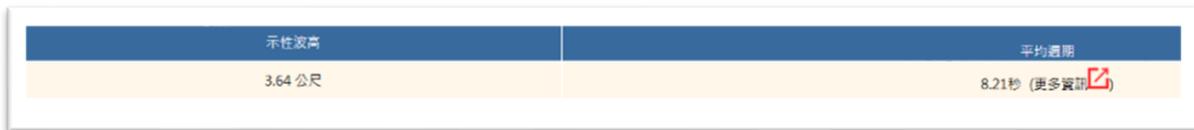


圖 18 單一港口顯示長浪之詳細資訊

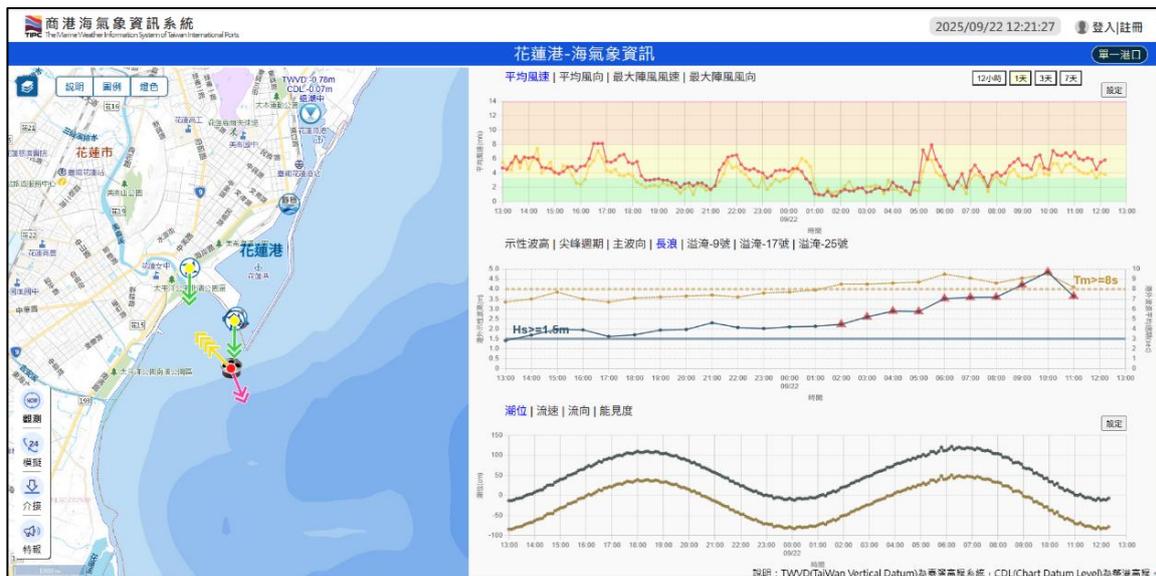


圖 19 儀表板歷線圖增加長浪分頁

溢淹的判斷係依據靜穩測站、潮位資訊、碼頭面高程等資訊，本研究取得靜穩測站碼頭高程、靜穩度(Hmax)與潮位(TWVD)資訊，並以 1 公尺為示警門檻值，計算後進行示警顯示，單一港口港內靜穩度之示性波高欄位加註「**溢淹**」或「**溢淹示警**」(如圖 20)，點擊「**溢淹**」或「**溢淹示警**」以彈跳視窗顯示詳細資訊(如圖 21)，點擊「更多資訊」的超連結圖示可開啟儀表板(如圖 22)，儀表板的歷線圖中間的分頁增加「溢淹」，圖中的紅色實線為碼頭高程，淺紅色為碼頭面以下 1 公尺的示警區。



圖 20 單一港口顯示溢淹



圖 21 單一港口顯示溢淹之詳細資訊



圖 22 儀表板歷線圖增加溢淹分頁

楊柳颱風(PODUL, 編號: 202511, 路徑圖如圖 23), 2025 年 8 月 8 日 2 時於關島東北方海面生成後向西北西移動, 8 月 12 日 5 時 30 分發布海上颱風警報, 8 月 12 日 14 時 30 分發布陸上颱風警報, 8 月 13 日 13 時颱風中心於臺東太麻里登陸, 最大強度為中度, 近中心最大風速 43 公尺/秒。系統顯示花蓮港於 8 月 12 日 8 時發生溢淹(如圖 24), 檢視花蓮港監視系統畫面(如圖 25), 確認發生溢淹無誤。

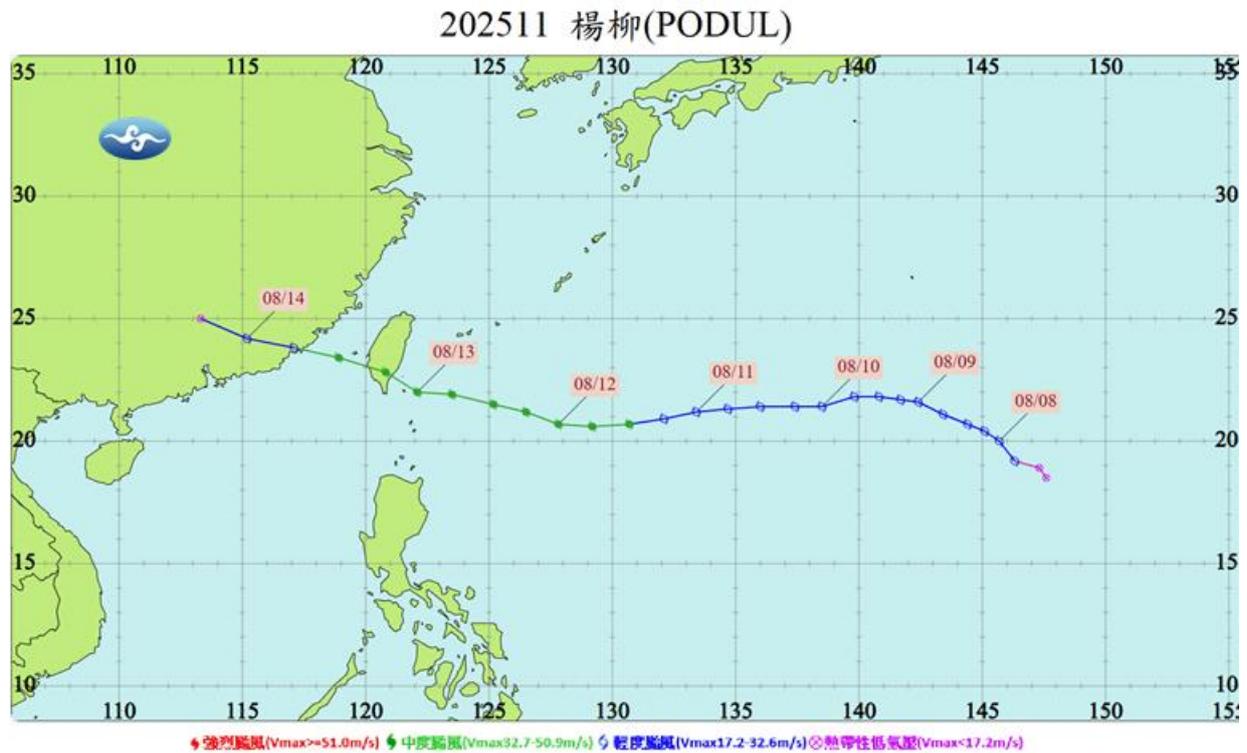


圖 23 2025 年楊柳颱風路徑圖

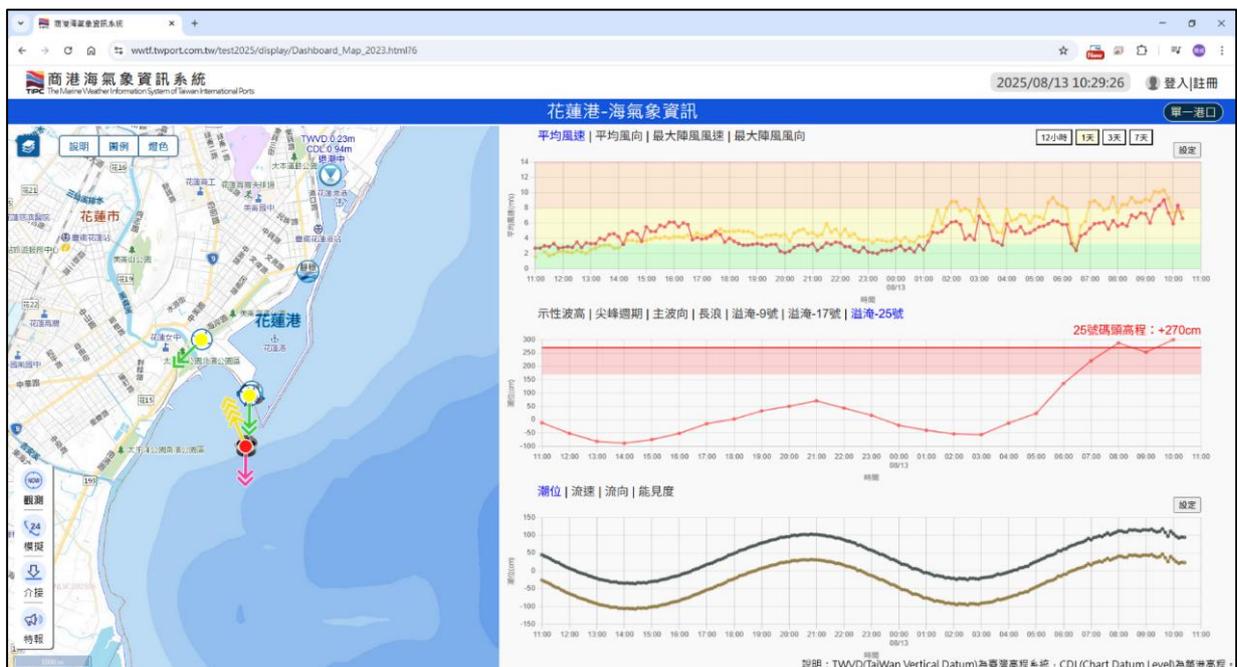


圖 24 楊柳颱風期間花蓮港溢淹情形

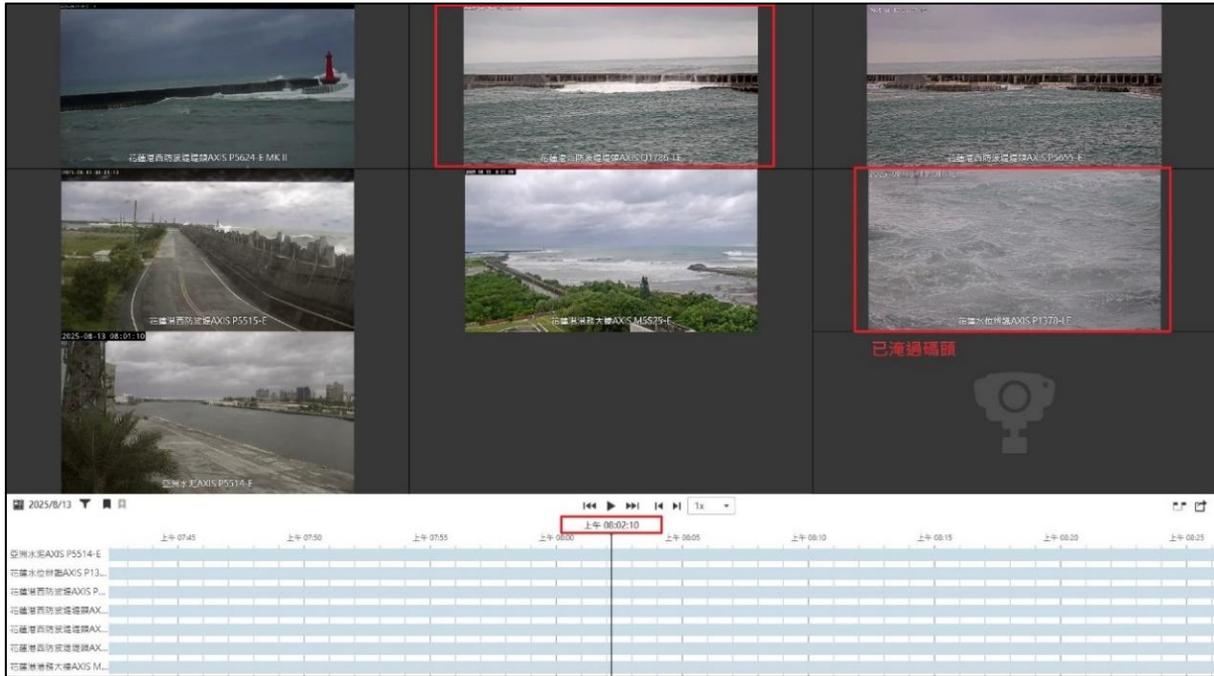


圖 25 楊柳颱風期間花蓮港監視系統畫面

四、結論

臺灣四面環海，國際貿易高度依賴海運，船舶一旦接近港區，即必須掌握完整且即時的近岸海氣象資訊。特別是大型船舶受風面積大，風速與風向的精準掌握更是影響航行安全的關鍵；資訊不足將大幅提高作業風險。為提升船舶進出港之安全，港務公司委託運研所開發「商港海氣象資訊系統」，運用資訊通信技術(ICT)整合多項海氣象觀測與預測資料，並導入地理資訊系統(GIS)以圖形化方式呈現，使各港口的海氣象觀測數據得以清晰可視，並透過 LINE 推播示警，使相關人員能即時掌握環境變化，強化決策效率，提升港埠營運效能與船舶航行安全。

本系統採用響應式網頁設計，可支援多種裝置瀏覽，並提供簡潔友善的操作介面；同時設定差異化帳號權限，使不同使用者能瀏覽其權限範圍內之觀測、預測與統計資料。系統以文字綜合表與 GIS 圖臺同步呈現各商港風力、潮汐、波浪、海流、能見度、港內靜穩度等觀測資訊，以及模擬預測結果，並透過燈號示警與 LINE 即時推播提供即時應變提示。此外，系統亦整合中央氣象署之「氣象雲圖」與「雷達回波圖」，以及運研所之「風速向量場」、「波高分佈圖」、「波浪週期圖」與「暴潮模式流速分佈圖」等資料，使資訊內容更為完整。

在系統持續優化的過程中，亦新增長浪與溢淹之示警功能：當波高達 1.5 公尺以上且平均週期超過 8 秒，即觸發長浪警示；另結合靜穩測站、潮位與碼頭高程等資料，預判碼頭可能發生之溢淹情形。在楊柳颱風影響期間，系統於 2025 年 8 月 12 日 8 時示警花蓮港可能溢淹，經查閱港區監視畫面後亦確有其事，證實系統判斷具準確性與實用價值。

整體而言，商港海氣象資訊系統透過不斷的功能精進與資訊整合，已能更全面地滿足各類使用者需求，協助港務單位與作業人員迅速掌握海氣象環境，強化作業決策能力，進一步提升港埠營運效率與船舶航行安全。

參考文獻

1. 許義宏、林達遠、羅冠顯、曹勝傑、柯拓宇、陳子健、陳孟宏、李俊穎 (2024)，2022 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測風力資料)，交通部運輸研究所。
2. 羅冠顯、林達遠、廖慶堂、劉明鑫、曹勝傑、柯拓宇、陳子健、陳孟宏、李俊穎 (2024)，2022 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測波浪資料)，交通部運輸研究所。
3. 廖慶堂、林達遠、羅冠顯、劉明鑫、曹勝傑、柯拓宇、陳子健、陳孟宏、李俊穎 (2024)，2022 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測潮汐資料)，交通部運輸研究所。
4. 林達遠、羅冠顯、廖慶堂、劉明鑫、曹勝傑、柯拓宇、陳子健、陳孟宏、李俊穎 (2024)，2022 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測海流資料)，交通部運輸研究所。
5. 林騰威、蔣敏玲、林雅雯、賴志炫、王欣郁 (2022)，智慧港口之海氣象及應變即時系統，第 44 屆海洋工程研討會論文集，433-440 頁。
6. 林騰威、蔣敏玲、林雅雯、賴志炫 (2021)，智慧港口之海氣象及應變即時系統，第 43 屆海洋工程研討會論文集，290-295 頁。