

港灣報導



季刊 第69期

要 目

- ❖ 淺論貨櫃船渠型碼頭作業模擬
- ❖ 操船模擬在港池佈置規劃操船可行性評估應用簡介
- ❖ 港灣觀光道路彩色鋪面之應用
- ❖ 淺談近岸防救災預報系統建立之構架
- ❖ 臺灣五大港區工程基本資料查詢系統簡介

中華民國九十三年十月出版

港灣報導季刊

第 69 期

交通部運輸研究所

中華民國九十三年十月

港 灣 報 導 第 六 十 九 期

刊期頻率：季刊

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市 105 敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw

電 話：(02)23496789

總 編 輯：黃德治

編輯委員：邱永芳、李豐博、張金機、林昭坤、朱金元、何良勝、簡仲璟、
蘇青和、單誠基、馬維倫

出版年月：每年二、六、十月

創刊年月：中華民國七十七年二月一日

定 價：100 元

本次出刊：520 冊

GPN：2007700020

ISSN：1019-2603

目 錄

淺論貨櫃船渠型碼頭作業模擬	1
杜宇平 樹德科技大學工業管理系助理教授	
張雅富 長榮大學經營管理研究所博士生	
操船模擬在港池佈置規劃操船可行性評估應用簡介	8
曾慶耀 國立台灣海洋大學通訊與導航工程系教授	
李信鴻 國立台灣海洋大學運輸技術系助教	
港灣觀光道路彩色鋪面之應用	12
林登峰 義守大學土木與生態工程學系副教授	
策銘欽 義守大學土木工程學系學士	
廖啓州 義守大學土木與生態工程學系研究助理	
淺談近岸防救災預報系統建立之構架	24
邱永芳 交通部運輸研究所港灣技術研究中心主任	
蘇青和 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員	
單誠基 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員	
臺灣五大港區工程基本資料查詢系統簡介.....	31
謝明志 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員	

淺論貨櫃船渠型碼頭作業模擬

杜宇平 樹德科技大學工業管理系助理教授
張雅富 長榮大學經營管理研究所博士生

一、前言

從 60 年代開始，貨櫃已相當成熟的使用在海運運輸中。而最近的變化趨勢是貨櫃船舶朝向大型化發展，故當世界主要貨櫃船公司已正進行超大型貨櫃船的建造時刻，因此現行貨櫃港口也需要有適當的因應措施。

當貨櫃船型持續發展達到 6,000TEU 以上時，世界貨櫃量是會由不同的地點所集中、儲轉於某一樞紐港(Hub)再分送至其他中小型港口；但受限於港口水深及碼頭作業佈置方式，不是每一個港口都能容納超大型貨櫃船靠泊作業。

當超大型貨櫃船停靠港口的貨櫃中心情境發生時，有關超大型貨櫃中心的作業方式，未來有可能為重要的績效影響因素之一。目前國外僅有荷蘭阿姆斯特丹港的渠型貨櫃碼頭剛完工，而過去臺灣針對這方面課題的研究較少，應有加以研究以供港口未來超大型貨櫃中心作業之參考。

基於貨櫃船舶大型化仍在持續發展的趨勢，本文先將文中所使用到名詞予以界定其定義如下：

超大型貨櫃船：未來航商的運載容量超過 6,000TEU 以上之貨櫃船舶。

超大型貨櫃中心：容納超大型貨櫃船靠泊及供其裝卸、儲轉貨櫃之碼頭。

本研究運用電腦模擬之觀念，應用於未來港口超大型貨櫃中心渠型碼頭作業之分析，使用物件導向的 EX-TEND 模擬軟體來建構不同作業模型，以模擬貨櫃中心各作業系統的運作可能情況。

研究發現船邊與閘口作業會是造成貨櫃中心運輸延誤的主要因素之一，若各作業子系統能配合超大型貨櫃船的作業效率標準，將可將降低貨櫃的運送延滯，提升貨櫃中心整體作業效率。

二、貨櫃船發展趨勢

目前北美與歐洲的港口已發覺船舶大型化這項改變的可能影響，例如美國的洛杉磯、長堤、奧克蘭及紐約港都已開始進行濶深航道、船席及迴轉池以迎接大型貨櫃船時代的來臨。

世界各國港口對於下一代超大型貨櫃輪的發展趨勢，是否準備就緒以面臨這種挑戰？這的確是一個相當值得探討的問題，因為建造大型船舶與貨櫃中心都需要投入相當多的資本，且許多複雜的作業設計係因這種相關的作業方式而產生革命性的改變(As-

har, 2000)。而有關貨櫃船的發展變化，由 Watanabe(2002)整理提出的資

料如表 1 所示，顯示貨櫃船確實隨時間改變而朝大型化的發展。

表 1 貨櫃船規模變遷情形

時期	第一代	第二代	第三代	第四代	第五代
年代	1966 年以前的國內沿海運輸時代	1966 年開始正式的國際運輸時代	1971 年起大型船舶遠距離運輸時代	1984 年起巴拿馬型、超巴拿馬等大型船舶時代	1996 年起超巴拿馬型大型船舶時代
航線	美國、澳大利亞的國內航線	太平洋、大西洋國際運輸航	遠東/歐洲航線的遠距離航線	環球、南北航線開始	歐洲/遠東/美國西岸鐘擺運輸
儲位	500TEU	500-1,500TEU	2,000TEU 以上	3,000TEU 以上	4,000TEU 以上

資料來源：整理自 Watanabe(2002)。

由於貨櫃船愈來愈大之趨勢，為使船舶靠港之後能縮短在港時間以節省各項費用，因此港口必須儘可能減少船方碼頭裝卸作業時間，這意味著在短時間內有大量的貨櫃必需要在船邊裝卸、搬運到堆置場或直接搬運到其他運輸工具，而這些作業都在港口的貨櫃中心內完成(Vis & de Koster, 2003)。

因為貨櫃船的運載容量由一開始的 500TEU 發展至現在的 4,000TEU 以上，為容納這些大型貨櫃船的快速轉運作業，貨櫃中心必須為港口大型的基礎作業服務設施，同時為了要能有有效的協調、控制銜接場內作業，這些

作業協調有時會用到資訊技術或先進的自動控制系統。

而超大型貨櫃船靠港作業時，其中不論是內陸運進貨櫃中心、碼頭船邊卸貨櫃中心或轉運出貨櫃中心等方式，都將會與貨櫃中心內櫃場作業方式有關。有關櫃場作業主要可分為兩個系統來說明，第一個是收貨系統—由開口將出口櫃從外面運進貨櫃場再等待裝船，第二個是運送系統—將進口貨櫃從船邊卸下進貨櫃場後經開口運送至內陸集散站，而港口貨櫃中心作業劃分示意圖如圖 1 所示。

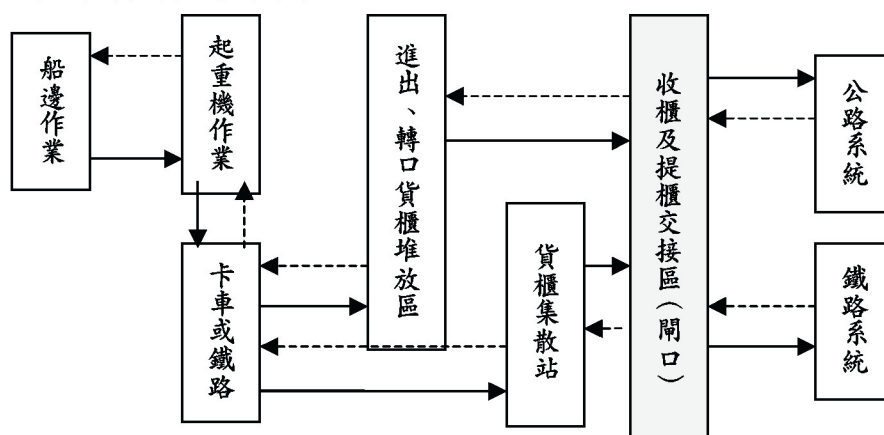


圖 1 貨櫃中心主要作業

在貨櫃中心可暫時儲放貨櫃，也可藉其它運具(例如卡車、火車、駁船等)轉運或直接進出貨櫃中心。故通常會首先規劃櫃場佈置、機具選擇，其次是規劃不同裝卸機具的控制使用，以使貨櫃中心的整體效率能提升。而超大型貨櫃船節省碼頭作業時間及提昇作業效率要求下，以渠型碼頭雙側作業的觀念油然而生。

三、模擬方式建構

3.1 模擬案例背景

為發展高雄港成為亞太海運轉運中心，政府正積極進行相關港口擴建作業並逐步落實。為維持並保有高雄港之樞紐港地位，經「高雄港整體規劃及未來發展計畫」之調整及發展，高雄港將在可容納 15,000 TEU 貨櫃船舶靠泊裝卸的基礎下，研擬興建貨櫃船作業渠型碼頭，使高雄港在未來二十一世紀的國際海運市場中，維持領先地位並繼續扮演樞紐港功能。因該項計劃仍屬規劃中，為維護相關單位之業務機密，本研究有關建構模型中之參數與假設，在不違反原意及本研究目的下將予以適當調整。

3.2 碼頭櫃流量假設

依中華顧問工程司(2003)彙整過去高雄港貨櫃船之相關裝卸特性研究，發現當船舶大於 6,000TEU 時，船舶靠泊碼頭時間均相對較短，此時大型船靠泊時間多能控制在 30 小時內完成。另就貨櫃船靠泊碼頭之每船每小時裝卸櫃數顯示，6,000TEU 之貨櫃船記錄可達 130 move/hr*ship，但新

加坡港平均為 200 move/hr*ship(動用六支吊桿)，高雄港則為 139 move/hr*ship(動用四支吊桿)，顯示動用六支吊桿作業，每船裝卸效率最高以維持 200 move/hr*ship 水準為主要界限。

另由船舶裝卸比例來看，6,000TEU 以上大型貨櫃船之裝載量雖較大，但裝卸比例都不超過 40%，而 9,000TEU 以上貨櫃船舶若進行傳統直線碼頭單側裝卸作業，就吊桿整體控制能動用五至六支吊桿進行作業已屬不易，若是 15,000TEU 船型 40%裝卸比例來估，且靠港作業在一定時間內完成，就必須達到 200 move/hr*ship 或 300 move/hr*ship 水準，那渠型碼頭雙側作業方式將有其需要。

3.3 模擬工具

本研究使用 Extend 電腦軟體，以貨櫃中心內三個碼頭主要作業子系統(船邊作業、貨櫃場作業、開口作業)，依規劃船型就未來 15,000TEU 貨櫃船在渠型碼頭作業加以模擬。

四、實例模擬與分析

4.1 模擬步驟

渠型碼頭作業—由於 15,000TEU 貨櫃船的出現，為維持在港碼頭作業時間不增加條件下，因此改變岸邊起重機具佈置方式與作業效率實有必要，但前兩者都有一定作業限制無法無限制擴張，因此船邊兩側同時作業應有必要，其作業示意圖如圖 2 所示；故以岸邊兩側起重機具數、作業效率(Move/Hour)為可調整變數，模擬其機具作業與拖卡車等候線佈置情

形，假設條件為雙側渠型碼頭作業，船邊拖車無延誤及作業機具無故障，模擬方式依貨櫃進出順序分為先進先出(FIFO)與後進先出(LIFO)兩種。

模式中包含以下假設：

- (1)裝卸櫃數是依計劃貨櫃船型容量之40%推估。
- (2)碼頭佈置方案：以單一作業碼頭規劃模擬。
- (3)貨櫃作業效率：200move/Hour(全船)。
- (4)貨櫃起重機數：雙側共使用6支吊桿，以成對(pair)組合同時作業。
- (5)作業完工時間：30小時內(全船)。
- (6)貨櫃流量(TEU/hour)= 空櫃+進口櫃(卸，往貨櫃場、開口)+轉口櫃(卸，往貨櫃場、開口)。

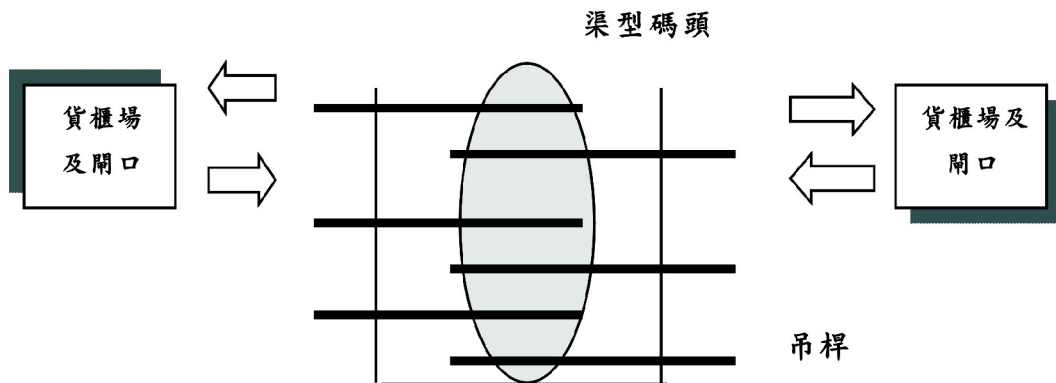


圖 2 渠型碼頭雙側作業示意圖

1. 渠型貨櫃碼頭作業(先進先出，FIFO)其模擬架構圖如圖 3 所示。

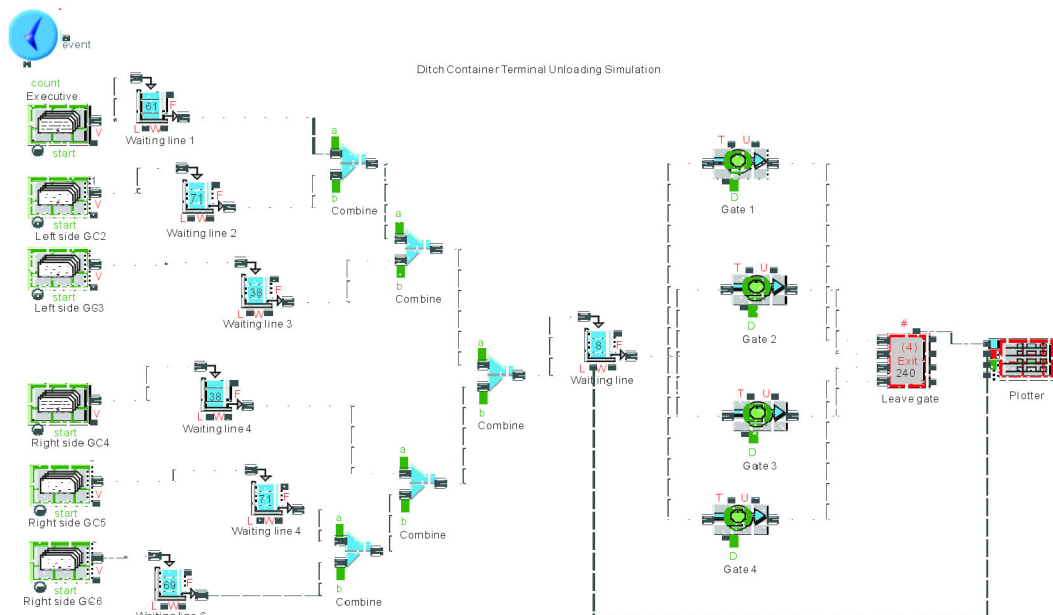


圖 3 渠型貨櫃碼頭作業 1 模擬

2. 渠型貨櫃碼頭作業(後進先出, LIFO)其模擬架構圖如圖 4 所示。

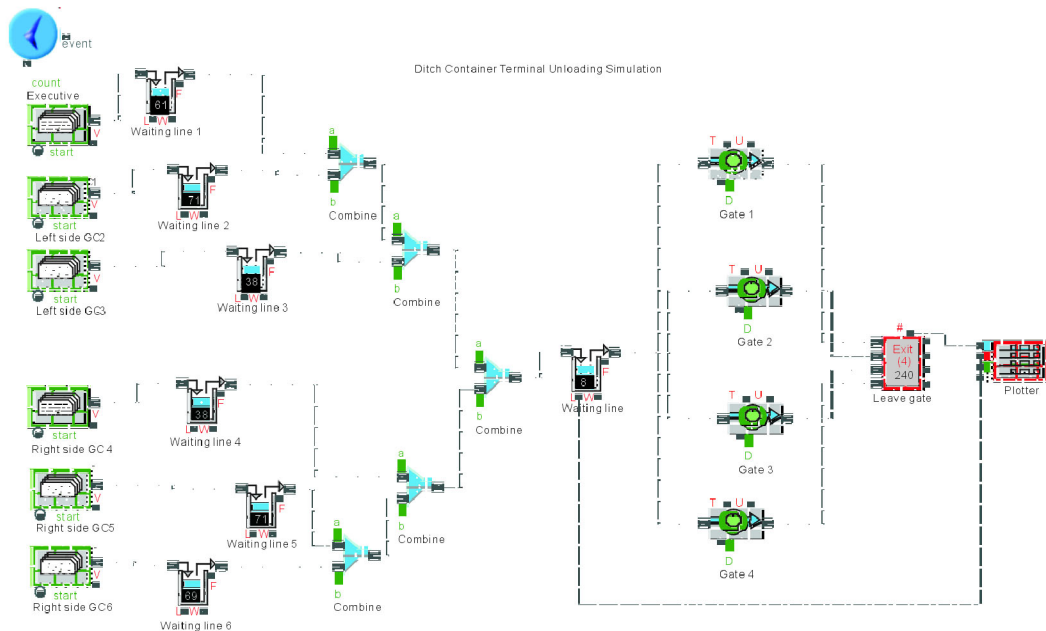


圖 4 渠型貨櫃碼頭作業 2 模擬

4.2 渠型碼頭模擬分析

目前至 2003 年底，造船業界已有 9,000TEU 貨櫃船的訂單，而未來 15,000TEU 超大型貨櫃船靠泊渠型碼頭作業，由於不期望增加在港口船舶調頭換邊作業時間，故需以兩側機具同時進行卸櫃作業，其兩側機具卸櫃作業順序需作適當的規劃，以避免船邊卸櫃至貨櫃場卡車的等候線過長及行駛路徑混亂。而貨櫃場至閘口由於

承受較一般貨櫃船的單側機具作業更多的貨櫃通過量，在每個閘口的單位貨櫃量通過時間，與現行通過時間 4~5 分鐘相較下建議不應高於 1.5 分鐘，並應保持閘口開放數量及前方卡車等候線長度的彈性。由模擬輸出結果如圖 5 所示，渠型超大型貨櫃船作業時，適當的貨櫃場規劃與作業效率，必須應付船邊作業水準，以免造成船邊進貨櫃場作業的擁塞及等候線過長。

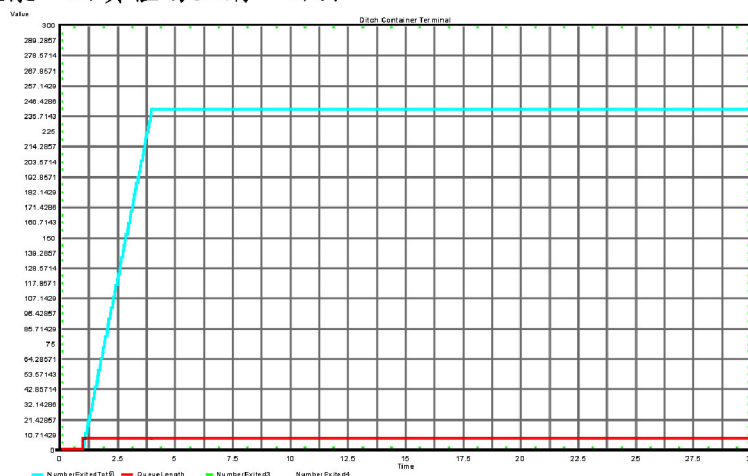


圖 5 渠型貨櫃碼頭作業 1 模擬結果輸出

由於渠型碼頭是採雙側貨櫃起重機卸櫃作業，因此對兩側起重機作業順序須先加以規劃，以避免對起重機左右側及對面起重機作業彼此造成干擾。此型碼頭作業重點是在船邊作業，而貨櫃卸船後進日入貨櫃場及開口作業與一般貨櫃中心作業重點雷同。但從船邊兩側所卸下貨櫃流，是

採單一貨櫃場作業或依船邊兩側分設貨櫃場作業方式，都依貨櫃中心地形與碼頭配置方式不同，會影響後續的作業規劃。渠型貨櫃碼頭作業 2 (LIFO)方式模擬輸出結果如圖 6。依圖 5,6 顯示兩種方式在船邊作業一段時間後，其作業量即停滯並有一致的等候時間產生。

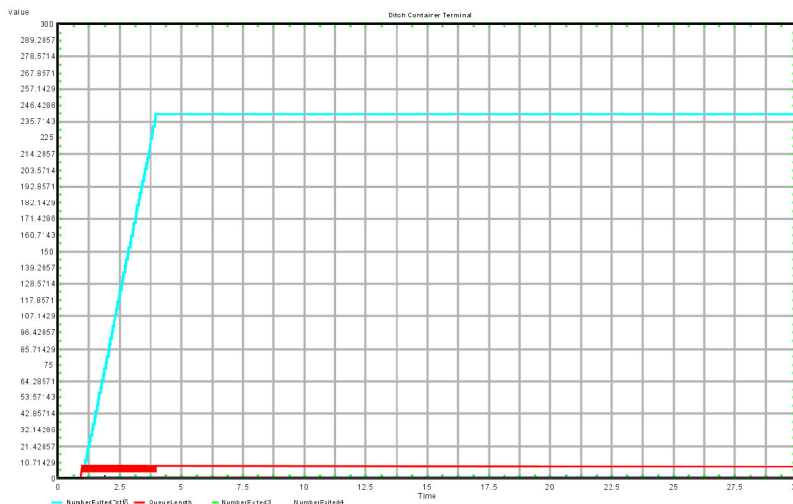


圖 6 渠型貨櫃碼頭作業 2 模擬結果輸出

五、結論與建議

目前世界港口尚無超大型貨櫃中心作業實例，故本研究先參考規劃中的高雄港外海洲際貨櫃中心為模擬演練對象，選定部份電腦模擬參數後採用逐步調整試誤方式。因此尚無法就真實案例與模擬結果作一比較，但如與現行船舶作業方式相較，仍可藉此發現未來超大型貨櫃船的作業瓶頸。

在貨櫃中心的運作中，整個區位實際動線佈置會影響船邊每個橋式起重機數及在卸貨櫃的作業時間，並不會如本研究所設定會為較一致的時間分配，因此如果在子系統內部作更細緻模擬時，應將貨櫃通過路徑時間長短及每個作業

機具時間順序分別納入考慮。

近年國內港口新碼頭已逐漸採 BOT(Build-Operate-Transfer)或由港務局負責水下基礎建設再由航商自行規劃與採購機具設施方式，但港口當局仍需對貨櫃中心最適化作業趨勢加以研究，以供日後評選合作航商之參考，方能使港口貨櫃碼頭作業能獲得最大的使用績效。

隨著大型貨櫃船的建造，貨櫃中心的作業機具與碼頭配置方式將會有所不同，可知自動化開口(檢查站)、新的岸邊橋式起重機排程、電腦化場地資訊管理系統、更高的貨櫃堆疊機具等，將對未來超大型貨櫃中心的設

施規劃、貨櫃運送路徑及資訊流動的觀念造成影響。

參考文獻

1. 中華顧問工程司，2003，高雄港洲際貨櫃中心第二、三期計畫規劃報告，交通部高雄港務局委託計畫案，5月。
2. 皮拖科技，2003，Extend動態模擬應用軟體使用手冊，台中。
3. 潘昭賢、葉瑞微譯，2002，作業研究(下)，滄海書局，台中。
4. Ashar, Asaf., 2000, "2020 Vision", Containerisation International, pp. 35-39.
5. Baird, Alfred J., 1999, "Container Vessels of the Next Generation: Are Seaports Ready to Face the Challenge?", Ports and Harbors, pp.15-23, September.
6. Baird, Alfred J., 2001, "Container

Vessels in The New Millennium: Implications for Seaports", Singapore Maritime & Port Journal, pp.162-181.

7. Vis, Iris F.A. & de Koster, Rene ., 2003, "Transshipment of containers at a container terminal: An overview", European Journal of Operational Research, Vol. 147, No.1, pp.1-16.
8. Watanabe, Itsuro., 2000, "The Fifth Generation of Containerisation: A Mixed Outlook", Ports and Harbors, pp.11-15, April.



註：阿姆斯特丹港的渠型貨櫃碼頭圖
資料來源：Cargo Systems, 2003

操船模擬在港池佈置規劃操船可行性評估應用簡介

曾慶耀 國立台灣海洋大學通訊與導航工程系教授

李信鴻 國立台灣海洋大學運輸技術系助教

一、簡介

操船模擬機主要實務應用大致可分為航行訓練，及港池佈置規劃操船安全評估兩種，本文將就後者說明之。首先介紹真時模擬(Real Time Simulation)及快時模擬(Fast Time Simulation)兩種操演方式之構成要素、特色，及工作流程。其次針對構成真時操船模擬三要素之“環境模式”、“本船”及“操船者”個別討論之。最後將就真時操船模擬之實務應用及先天限制因素做一討論。

二、真時操船模擬(Real Time Shiphandling Simulation)

真時操船模擬試驗，乃結合“環境模式”、“本船”及“操船者”之操船三要素互動關係，而形成之操船安全環境評估系統(見圖 1)。其特色在於以具有實際操船經驗之領港(操船者)等，在一與實船尺寸大小及佈置相仿之駕駛台內，操作由一數學模式描述其操船特性之本船，航行於電腦模擬之港域環境。由於操船者與電腦模擬之港灣環境佈置互動關係，甚近似實際操船景象。只要模擬之本船特性

與實船相當，則在真時操船模擬機所進行之模擬試驗，可用來替代具有風險，且費用昂貴之實船測試。因此真時操船模擬系統，於評估港灣佈置之安全可行性，扮演極其重要角色。典型真時操船模擬之工作流程如圖 2 所示，而操船模擬機之系統架構詳見參考文獻[1]。

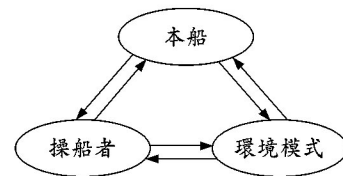


圖 1. 真時操船模擬三要素

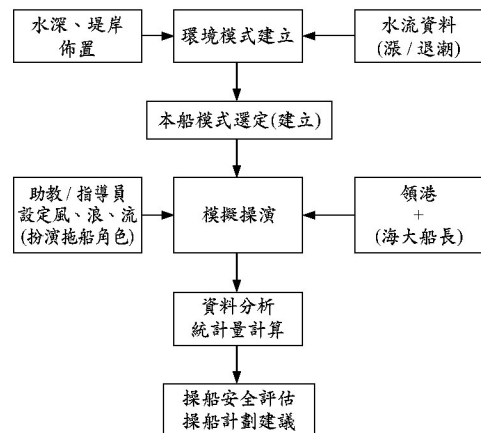


圖 2. 真時模擬工作流程圖

真時操船模擬系統之另一特色即是，模擬進行過程所花時間較之真船

完全相同，亦即其時間比例為1：1。因此可完全反應出操船者之操船過程，與船舶及環境之互動影響，並做出與實際情形極為相近之反應。真時操船模擬過程，領港(操船者)直接參與，以及“真時進行”這二項因素為其特色。然而由於真時操船模擬試驗乃以1：1之時間比例進行，一般而言頗為耗時，且需有具有經驗領港配合之，因此歸屬於第二階段之操船安全評估工具。亦即，通常先利用快時模擬，從數個替選方案中決定一較佳方案後，再施以真時操船模擬，以進一步評估較佳方案之操船安全及可行性。真時操船模擬在港灣規劃安全評估之應用實例，可參閱參考文獻[2]。

三、快時操船模擬(Fast Time Shiphandling Simulation)

快時模擬(Fast Time Simulation)，其特色為利用電腦快速運算能力，以壓縮時間方式(例如2~60倍速)，進行操船模擬。而操船三要素(環境、本船及操船者)中之操船者角色則以一適當控制律取代之(見圖3)。因此快時操船模擬，適合於評估不同環境佈置狀況下、風、流等外力效應等對操船安全之影響。亦即可利用快時模擬之快速運算能力，從多個替選方案中，選取一個就環境條件影響因素考慮下之較佳方案。由於快時操船模擬，乃以一特定控制律，取代由領港扮演之操船者角色。因此可適當過濾操船者之主觀條件，而以較佳一致性(Consistency)之方式評估環境佈置、外力干擾

對操船安全之影響。典型快時操船模擬之工作流程如圖4所示。

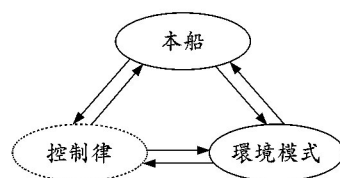


圖 3. 快時操船模擬三要素

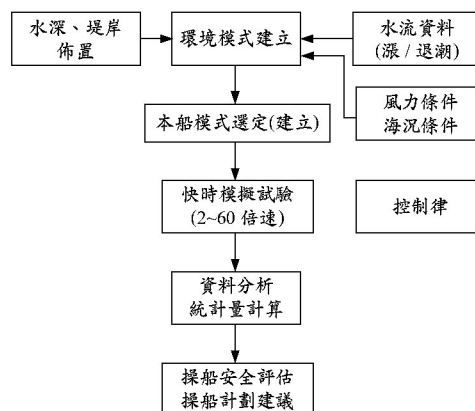


圖 4. 快時模擬工作流程圖

快時模擬操演之環境模式建立，較之真時操演大抵上相似，皆須建立港池佈置、及考慮水深、風、浪、流之影響。唯在此使用控制律取代操船者之角色，因此可省去影像模式之建立。取代操船者角色之控制律建立乃分別針對不同之水流(漲、退潮)、風向及本船吃水(滿、壓載)，建立個別之控制律，給定一序列之車令及舵令，將船舶引導入港池內。

一般快時操船模擬，多用於船舶進港(Approaching)、迴旋(Turning)及停船(Stopping)之行爲探討。而實務上最後階段之靠泊(Berthing)操演，由於通常涉及艏推進器(Bow Thruster)、拖船等輔助工具之使用，對操船者個人操演技術需求較高，屬於互動性頻繁

之操演。因此靠泊操演模擬多不列入快時模擬探討範圍，而於真時操演時進行之。例如參考文獻[3]之快時操船模擬在港灣規劃評估應用實例，於該快時模擬案中，並無拖船介入。因此待船舶駛入防波堤遮蔽區內，若船速降至 2 節以下，且離陸地有相當距離（無撞堤岸之虞），則停止操演，視同操作成功。此一處理方式應屬合理，因為通常於船速 3 節以下，拖船即可帶纜進行拖、拉動作，協助船舶之停止、靠泊等後續操演。

四、真時操船模擬構成要素

A. 本船(Ownship)

操船模擬系統本船之建立，通常以特定操船數學模式為基本架構。本船建立過程，首先配合欲探討之目標船基本尺寸，以及造船廠提供之實船測試之船舶操縱性資料，調整數學模式中之相關參數，俾使模擬船之性能相近於實船。對操船安全評估而言，較重要之特性包含，船舶加車、停車能力，船舶航向穩定性及舵效等。其次則委請具有同型船舶操演經驗之領港，進一步測試之前依據實船海試資料所調校之本船性能，進行適當之微調。尤其是進港航行之低速操船特性驗證，俾使模擬船特性與真船相近。

B. 環境模式(港灣環境佈置)

環境模式主要可分為港池佈置(Layout)、水深、水流分佈等資料庫之建立。於真時操演則須建立港域地理景觀之影像資料庫，以提供真實景觀，做為領港操船判別依據。而海況

及風力之影響則配合本船模式，經由指導員站(Instructor Station)依需求輸入之。通常操演條件之選定乃針對最惡劣條件下之風、流組合進行測試。其基本想法為最壞打算考量，亦即只要在該最惡劣條件下操船安全無虞，則其他條件下應不足慮。

C. 操船者(領港)

人員之直接介入，乃為真時操演之主要特色之一。一般多聘請具有同型船或相近船型操演經驗之領港，協助操船實驗之進行。領港之實務經驗，除可協助擬定較為可行之操船計劃外，亦可依其專業經驗提供定性資訊，如所規劃之港池佈置困難度，或潛在危險區所在等。具有同型船領航經驗之領港，亦可協助調校本船操縱特性，俾使模擬船之特性與實船更為接近。

五、結語

本文旨在介紹真時操船模擬與快時操船模擬之構成要素、特色及應用時機。快時模擬乃以壓縮時間方式進行，可快速計算出風、浪及水流等環境外力對船舶進、出港之影響，因此多用於所謂之第一階段評估。即自多種佈置方案之中，挑選出一較佳佈置方案，再交由第二階段配合領港參與之真時操演，進一步檢驗所選定方案之可行性。

依據操船軌跡分佈統計量特性，例如與特定堤岸之最近距離、用舵量、入港平均船速及船舶與預定航道中心線之位置偏差量等，可以判定出

規劃港域之潛在危險位置及主要困難所在。而經由參酌參與操演領港意見，可提出因應策略或修正意見，訂定標準操船計劃，作為實務操演之參考。

由於操船模擬機乃以電腦程式計算，配合影像系統以模擬實船在港池操演情形，其景深感受真實度等，仍有改善空間。另外受限於數學模式之精確度，通常模擬機系統，無法完全反應出實船行為特性(如，兩船遭遇及岸壁效應等複雜水流作用)。因此聘請具有實務經驗之領港，參與港域操船安全評估，為一不可或缺之條件。藉由具備同型船操船經驗之領港，依其實務經驗，提供模擬操演與真實操演之感受差異，可協助調整本船特性等，使之儘可能反應出與操船安全相關之實船特性。真時操船模擬雖然無法完全反應出真船所有行為，然而只要能掌握與操船安全相關之主要特性，並配合有經驗之領港進行之，則其對於港池操船安全評估仍不失為一

有效工具。與本文探討主題相關之內容亦可參閱參考文獻[4]。

參考文獻

1. 曾慶耀，李信德，2004，“國立台灣海洋大學操船模擬中心簡介”，港灣報導季刊，No.67，pp1-5。
2. 張石煜，曾慶耀，李信德，陳木炎，2004，“觀塘工業區開發計劃建港及造地工程整體規劃暨工程細部設計服務工作操船模擬試驗”，國立台灣海洋大學操船模擬機室研究報告。
3. 曾慶耀，2003，“彰工火力電廠燃料供應可行性研究 Fast time 操船模擬分析”，國立台灣海洋大學導航與通訊系研究報告。
4. Tzeng, Ching-Yaw, 1998, “Ship Handling Simulator, Pilot, Autopilot and Port Feasibility Study”, Proceedings, International Conference on Shipping Development and Port Management, Kaohsiung, Taiwan.

港灣觀光道路彩色鋪面之應用

林登峰 義守大學土木與生態工程學系副教授

葉銘欽 義守大學土木工程學系學士

廖啓州 義守大學土木與生態工程學系研究助理

一、前言

多年來臺灣地區道路皆以瀝青混凝土路面為主，鋪設路面多以呈現單調灰色系，鮮少有色彩上的變化，然而在其他先進國家，已經開始針對都市道路路面進行都市美化改造，當中「彩色瀝青混凝土」為美化道路而採用的鋪面塗裝技術之一，適當地與觀光景點搭配使用，將可增加環境優美的視覺效果，此技術在國內逐漸形成一股潮流，隨著人民生活品質的提升對於環境舒適性的需求將更為多元化，彩色瀝青混凝土的推廣對都市景觀的改善有很大助益。2003年台灣已有規劃部分彩色瀝青路面，如國道高速公路關山休息站停車場與高雄市鼓山渡船頭道路等處，至今成效良好，未來有可能提高使用機會。彩色瀝青混凝土不但可為市容煥然一新，更可增進環境美化，其顏色鮮明會加強路面印象，有助於駕駛者提高行車安全。本文以高雄市政府養護工程處於鼓山區西子灣港灣觀光道路實際採用彩色瀝青鋪面之工程案例做一敘述，

並與傳統密級配瀝青鋪面比較兩種材料差異處。

二、彩色瀝青鋪面簡介

在傳統鋪面上常見皆以黑色為主的瀝青鋪面作為柔性路面或以水泥拌合的灰色剛性路面為主。在人行道、公園、廣場或風景區場所鋪築各種彩色路面，配合周圍花草樹木綠葉相映環境下，能夠將景色更為宜人並達到五彩繽紛的美化效果，易給予人們有煥然一新的心理感受。隨著經濟的發展，人民的生活水準日益提高，人類對周圍環境的重視也日益注意，因而在鋪面上使用色彩作為新型的鋪面技術引起先進國家的興趣與發展[1]。

在公路上鋪設彩色鋪面能夠自然地給用路人提高視覺性的分辨能力，在某種程度上比交通號誌或標線來的更好，除可當專用道外也可將危險彎道標示出來，提醒用路人注意，降低交通肇事率達到安全之訴求，另外亦可用不同顏色代表不同功能，作為交通穩靜化[2]管理標誌，德國已在1990年將此法納入交通法規內。

彩色鋪面種類依材料來分有三大類：

1. 瀝青膠泥系列：如傳統瀝青膠泥加彩色粒料石或色料摻配料拌合而成。另外則是使用脫色瀝青或瀝青膠泥添加樹脂加彩色粒料石或天然粒料摻入色料拌合而成。
2. 水泥材料系列：如彩色水泥、壓花混凝土、磁磚、高壓磚、連鎖磚與透水磚等等。
3. 高分子材料系列：如 PU 跑道、彈性橡膠塊路面、彩色人造樹脂路面、彩色樹脂路面、環氧樹脂與改良塗佈漆等。

早在約 60 年代，前蘇聯道路科技研究院、哈爾科夫公路學院已經開始對彩色鋪面進行研究，並在莫斯科、哈爾科夫、第比利斯、明斯克等城市鋪築彩色鋪面，這股風氣也漸漸吹向歐洲，如荷蘭阿姆斯特丹、海牙的自行車道，而日本近年來彩色鋪面技術有卓越的研究成效，如九州式 199 號國道紅色公車專用道，神戶市中心黃色密級配道路，水戶市 50 號國道黃色大型專用道等，名古屋市中心公車專用道與高速公路服務區內停車場，至目前仍陸續在日本許多城市中相續推展。

世界各地的道路工程材料研究者分別進行各種彩色瀝青路面研究中，所使用的瀝青柏油材料大體可分為一般瀝青與合成淺色瀝青兩種，鋪設出的成果就分別稱為彩色人造石或天然

石瀝青路面與彩色合成瀝青柏油路面。以常用瀝青柏油為材料可分成兩類產品型式，第一種使用有色顏料將瀝青變色，受限於瀝青的深色，大約只能摻出紅棕色，配合碎石成紅棕色瀝青混凝土鋪面。另一種直接使用傳統黑褐色瀝青配合各種彩色碎石粒料，路面鋪設完成後，再加以清除瀝青表面層，使彩色碎石料發揮彩色功能，而成彩色路面。若混合此兩類材料與工法，則可不必清除瀝青表面即成彩色路面。此類彩色路面如同一般瀝青路面，無法承受各種油料，容易損壞。若以合成淺色瀝青為材料者，僅需摻配有色顏料，即可拌成各色彩色路面，若再配合彩色人造骨材，顏色會維持較久，此類材料可調整配方，產生抵抗汽、柴或潤滑油能力，基本上比較適合景觀鋪裝用途[3]。

以一般常用瀝青鋪成的彩色鋪面不能抵抗承受汽、柴或潤滑油浸漬外，顏色種類少、不鮮豔也是一大缺點，路面容易損壞，受污染也是重要因素，至於彩色人造骨材價格也很高，佔瀝青混凝土 90% 重量，使得彩色人造骨材彩色瀝青路面價格非常高，亦是重要缺陷。至於以淺色合成瀝青鋪成的彩色路面，雖然可因摻配橡膠或樹脂類改質劑而具備極佳力學性質，但因鋪面厚度只有 1 至 2 公分而已，其機械強度無法完全表現，僅有抵抗汽、柴或潤滑油能力是比較重要的性質，能使彩色鋪面維持較長時間。

天然的淺色瀝青在地球上很少，僅有秘魯少量生產，將黑褐色瀝青中的 5~15% 的瀝青膠泥加以脫色，在理論上是可行，但技術上是比較困難且成本也較昂貴。作為理想的彩色鋪面膠結料，在其黏結性、施工性都應與瀝青基本相同，目前彩色瀝青製造商都使用人工配置淺色膠結料的途徑，前蘇聯係採用淺色數脂與強塑劑加入少量彈性材料配製而成。奧地利的 Shell 石油公司所研發是一種集合幾種化學合成材料而成的淺色(琥珀色)膠結料，西歐國家與澳洲多是使用此廠牌的彩色瀝青膠較多，由於不含瀝青膠泥，故可染成各種顏色，在同樣溫度下，其黏度比瀝青低。

在國內中國石油公司煉製研究中心曾於民國 72 年就展開所謂淺色柏油的研究，並且在中央大學運動場旁車道、中嘉義煉製研究中心與經濟部停車場上實際鋪設[4]。於中央大學採用 0.5cm 單一尺寸粒徑，含油量 8.0%、有色顏料 0.5%，鋪設厚度 2cm。而中油煉製中心則採與中央大學相同配比，不同在色料採用 0.7%，石灰代替石粉，經濟部部分則使用白砂配合 4a 級配，含油量 7.5%，色料 2.2%，石粉降到 4a 上限。在配合設計準則方面，因彩色鋪面有很多配套種類，故目前許多國家都沒有訂定標準技術規範，僅能依據業主與承包商的累計施工經驗而行。

三、彩色瀝青與傳統密級配瀝青鋪面差異探討

本文以高雄市鼓山區西子灣觀光道路彩色瀝青鋪面為探討對象，簡述此類新式鋪面技術在材料使用與設計上之特點，並與傳統密級配瀝青鋪面為對照，比較兩者鋪面之差異處，如下各點所述。

3.1 骨材

針對彩色瀝青鋪面所用骨材與一般傳統密級配鋪面骨材比較來看，用於彩色鋪面之骨材，由於主要使鋪面具備鮮豔與光亮的色彩效果，在骨材色澤處理上必定採用人造生產以獲得彩色鋪面骨材材料。本文彩色瀝青混凝土所用粗細粒料，經由比重試驗結果如表 1 所示，彩色石比重低於天然骨材，此乃彩色石為人造方式而得，天然骨材一般用於各類工程材料之用，顏色呈灰黑或灰白色，若採用天然骨材作為彩色鋪面骨材之用，生產技術上需克服粒料顏色的塗裝，以符合所要求。總而言之，人造彩色石與天然骨材的差異基於鋪面用途而有其適用性，故所得骨材比重有所差異。針對人造彩色石與天然骨材兩者吸水率試驗結果進行比較，如表 2 所示。由試驗結果來看，人造彩色石與天然骨材基本上吸水率大致相近，然而人造彩色石吸水率低於天然骨材。彩色石利用高溫下加入染色料進而燒結成具有顏色之骨材，因此骨材表面已披覆一層彩色染料層，孔隙些微低於天然骨材。

表 1 人造彩色石與天然骨材比重

項目	彩色石	天然骨材
粗骨材比重	2.20	2.62
細骨材比重	2.01	2.56

表 2 人造彩色石與天然骨材吸水率

項目	彩色石	天然骨材
粗骨材吸水率(%)	1.00	1.19
細骨材吸水率(%)	2.23	2.38

3.2 級配分析

為探討彩色鋪面與一般傳統瀝青鋪面在骨材級配上差異性，本研究選擇 3/4"密級配與之比較，結果如圖 1 所示。本研究彩色鋪面主要用於觀光汽機車與人行步道，於講究美觀要求上，級配料設計傾向於細骨材含量多於一般傳統密級配，由圖中兩者級配趨勢相較得知，3/4"密級配為道路常用級配之一，在具備基本承载力與耐久性考量，傳統密級配骨材架構中

粗、細骨材分佈均勻，有效達到承载力傳遞與吸收能力，適用於中高交通量道路。而彩色鋪面考量景觀設計，因此其級配料中 #4 號篩以下含量多於 #4 號篩以上，且骨材最大粒徑為 3/8"，如此使鋪面骨材表面組構較傳統密級配更為平整與細緻，達到美觀要求，適合觀光區域之用。目前彩色鋪面各國尚無級配料規範規定，在級配料應用上皆依據業者經驗以及適用場所而定。

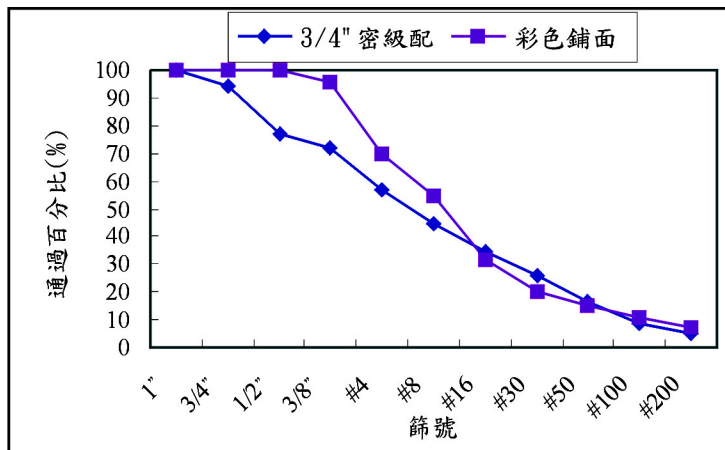


圖 1 密級配鋪面與彩色瀝青鋪面粒徑分佈結果

3.3 馬歇爾設計標準

彩色鋪面與 3/4"密級配鋪面於馬歇爾設計要求探討，列於表 3 所示。彩色鋪面設置於低交通量之觀光人車步道，在馬歇爾設計準則上與傳統密級配鋪面有很大不同。3/4"密級配鋪面為中高交通量設計準則，於穩定值要求需達 1200lb 以上，流度值需介於 8~16(0.01in)間；而本研究彩色瀝青鋪面以輕交通量為設計目的，穩定值大於 770lb 即可，流度值落於 2~4 (0.01in)之間。彩色鋪面與密級配鋪面於 VMA 與空隙率之要求，兩者級配均相同，但彩色鋪面單位重遠低於密級配鋪面。由於彩色鋪面設計粗骨材比例較低，且其骨材最大粒徑均小於密級配鋪面設計值。再者，彩色鋪面

採用人造骨材，密級配鋪面為天然骨材，增加兩者單位重的差距。另外，從含油量設計發現，彩色瀝青鋪面採用改質瀝青，搭配彩色石、染色粉(依顏色種類進行添加 1~2%左右)混拌製成彩色瀝青混凝土，含油量需足夠，才得以有效膠結彩色石，減少剝脫現象。依據以往台灣地區彩色瀝青鋪面含油量設計經驗，大多為 7~8%，遠高於密級配鋪面含油量。本研究設計含油量為 6.10%，與 3/4"密級配的 5.10%相較顯現彩色瀝青鋪面含油量與一般瀝青鋪面不同之處，因此單位體積重量下，高含油量的設計將使得彩色瀝青混凝土單位重遠低於密級配瀝青混凝土。

表 3 彩色鋪面與密級配瀝青鋪面馬歇爾設計標準

級配類別	彩色鋪面(3/8")		密級配瀝青鋪面(3/4")	
試驗項目	試驗值	規範	試驗值	規範
穩定值 (lb)	1716	>770	2430	>1200
流度 (0.01in)	2.5	2(輕交通)	11.4	86(重交通)
空隙率 (%)	4.4	3	4.1	3
VMA (%)	15.6	>14	14.5	>14
單位重(t/m ³)	1.923	-	2.338	-
含油量(%)	6.10		5.10	
染色粉(%)	-		1~2%	

四、彩色鋪面拌合與鋪設作業

4.1 廠拌作業

一般瀝青拌合廠於密級配瀝青混凝土產製流程上，其步驟分為[5]：1.各項材料檢驗、2.材料驗收、3.材料儲存、4.配比試拌廠拌、5.輸送供料、6.加熱、7.磅秤記量配料、8.拌合

出料。在針對不同類型的鋪面材料，控制源頭在於材料的分類與維持，如傳統密級配鋪面材料配比包含粗細骨材與瀝青膠泥，明瞭材料間最佳拌合比例，透過廠內作業即可產製完成品。因此，面對不同於一般瀝青混合物的彩色瀝青混凝土，其基本產製方式與傳統密級配混凝土大同小異，然

而生產過程中有幾點需注意，將於後續提出，生產過程簡述如下：

瀝青拌合廠現場環境如圖 2 所示，本文彩色石粒料如圖 3 所示，拌合過程首要作業係將不同粒徑的彩色石倒入冷料倉，如圖 4 依序將各種彩色石放入各冷斗倉中等待輸送，經由輸送帶(如圖 5)輸送至烘乾器(如圖 6)中，除去彩色石內之水分，完成烘乾後輸送彩色石於不同的熱料倉中以待拌合。本研究採用帶點淡乳黃色的改質瀝青，因此拌合廠必須另外設立一座改質瀝青儲油槽，以確保原來顏色以配合彩色石的混拌。本研究建議不使用原有黑色瀝青儲油槽作為淡黃色改質瀝青儲藏處，才不會混雜舊有黑色瀝青，嚴重影響彩色瀝青混凝土的顏色品質。改質瀝青儲油槽如圖 7 所示，拌合時其溫度控制建議須達 160°C 以上，如此與彩色石拌合可充分包裹。為防止溫度下降產生的凝固現象必加裝恆溫器，以維持儲油槽內處於恆溫狀態。彩色瀝青混合料依照配合設計經由控制房將熱料倉內的彩色石與瀝青儲油槽內的改質瀝青於拌合器(如圖 8)中進行調配，為確保彩色瀝青混合料應進行試拌，以瞭解材料之特殊性及其差異性。當改質瀝青與彩色石混拌時，為確保彩色瀝青混合料顏色品質並降低變異性，其中染色粉的添加時機非常重要，經拌合得知改質瀝青、彩色石與染色粉三者一起混拌經過三十秒後，顏色品質較佳。拌合完成後卸料於欲前往施工現場之卡車上(如圖 9)，而監測人員需以溫度槍或金屬溫度計檢測彩色瀝青混合料溫

度，本研究溫度控制為 $185\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。若監測人員量測出彩色瀝青混合料溫度未達標準，則須予以倒除此一批彩色瀝青混合料，以維持品質的穩定性。彩色瀝青混合料產製與現地鋪築作業流程如圖 10 與 11 所示。

4.2 現場鋪設作業

彩色瀝青鋪面工程位於高雄市西子灣觀光區域，擁有較多人潮與車輛，故鋪築時間上的選定凌晨進行施工，避開交通對該工程作業之影響。首先派遣人員指揮交通控制車流，防止車輛影響施工安全及進度，另一方面引導運載彩色瀝青混凝土之卡車進入施工現場，因彩色瀝青鋪築為紅、綠兩色，以綠色為行車道路，紅色為兩旁路肩道路，故鋪築前須以木條作為紅、綠色瀝青混凝土之界線以方便鋪築，不至於混雜在一起影響工程進度與美觀。鋪築時先於鋪築路面上潑灑無色改質瀝青形成一層粘層，以順利的黏著底層與面層，卡車上之彩色瀝青混凝土倒入鋪裝車(如圖 12)中，經由加溫之鋪裝車以規定厚度 2cm 鋪設於路面，再由工人進行最後的推平動作確保每一個地方均勻平整，經由滾壓機(如圖 13)來回滾壓數次，以確保鋪設之彩色瀝青之壓實度。圖 14 為滾壓完成後路面情形，於等待數小時後開放通車(如圖 15)。現場鋪築經驗指出彩色瀝青混凝土為確保顏色相同，降低變異性，鋪設過程保持載料卡車持續輸送混凝土至現場，使鋪築作業不中斷，保有拌合廠材料品質一致性，避免顏色深淺不一的現象存在。



圖 2 瀝青拌合廠



圖 3 彩色石粒料



圖 4 彩色石置於冷料倉

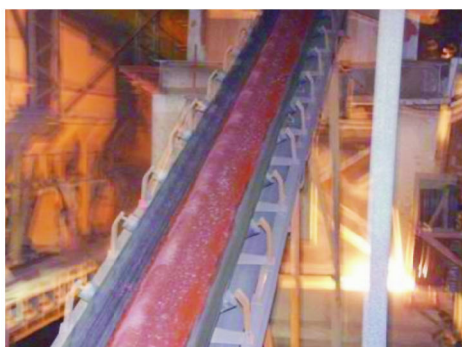


圖 5 彩色石輸送情形

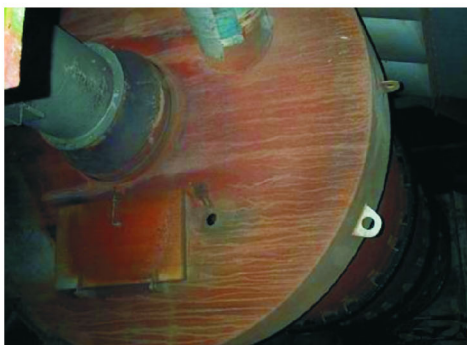


圖 6 彩色石烘乾



圖 7 淡黃色改質瀝青儲油槽



圖 8 添加色料處(拌合器)



圖 9 彩色瀝青混合料卸料情形

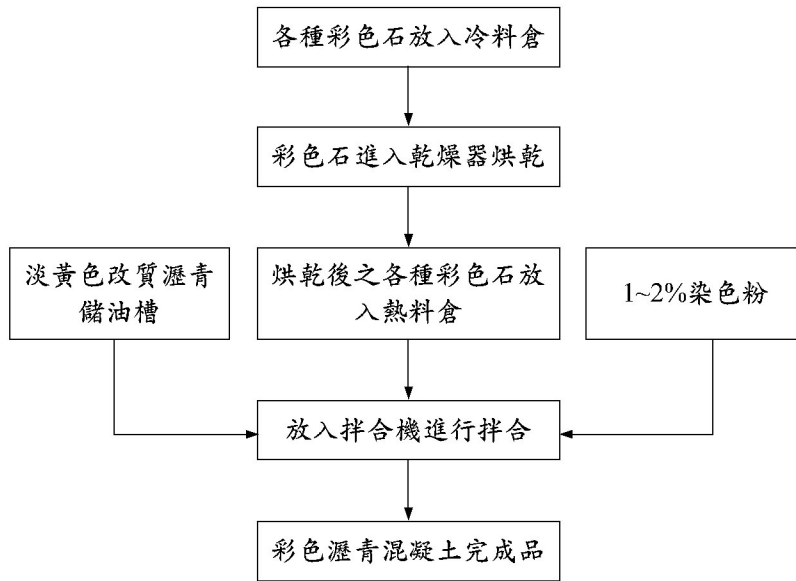


圖 10 彩色瀝青拌合流程圖

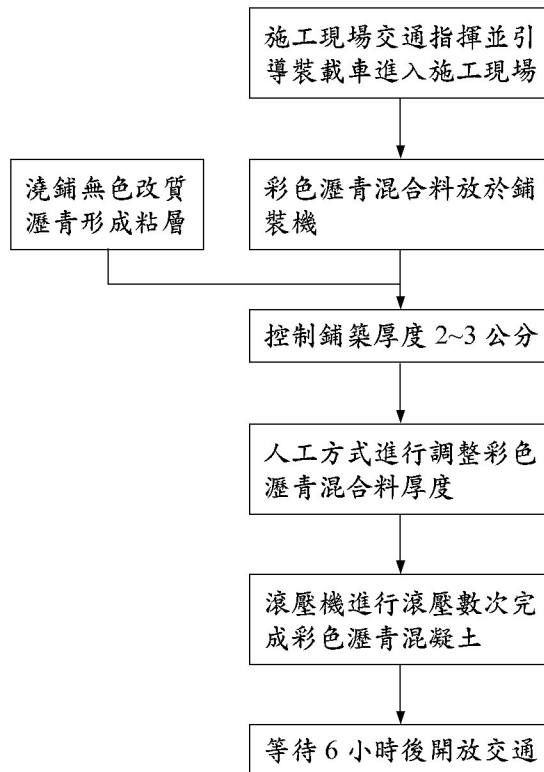


圖 11 彩色瀝青鋪築流程圖



圖 12 鋪裝機鋪裝情形



圖 13 滾壓機滾壓夯實

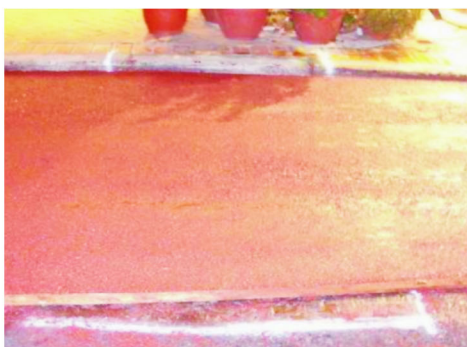


圖 14 初鋪外觀



圖 15 開放交通後

五、鋪面成效評估

於試驗道路開放交通三個月後進行鋪面成效檢測，其試驗項目探討如下。

5.1 車轍量測試驗

車轍常發生在車輛重複載重輾壓之處，路面凹陷成槽狀，其長度至少 20 呎，稱之為車轍或車槽，主要探討開放交通後道路呈現車轍損害程度，作法上

以三公尺直規量測車道橫斷面中央與凹陷最深點。圖 16 為彩色瀝青鋪面車轍深度量測結果數值分佈圖，由圖中得知彩色瀝青路面中央車轍與最深車轍深度相差甚小，平均車轍深度約為 0.5cm 左右，顯示路面即為平坦，所呈現的車轍曲線亦為平緩，表示彩色瀝青鋪面於開放交通後對路面可能造成的車轍行為較低，顯示三個月後其鋪面成效良好。

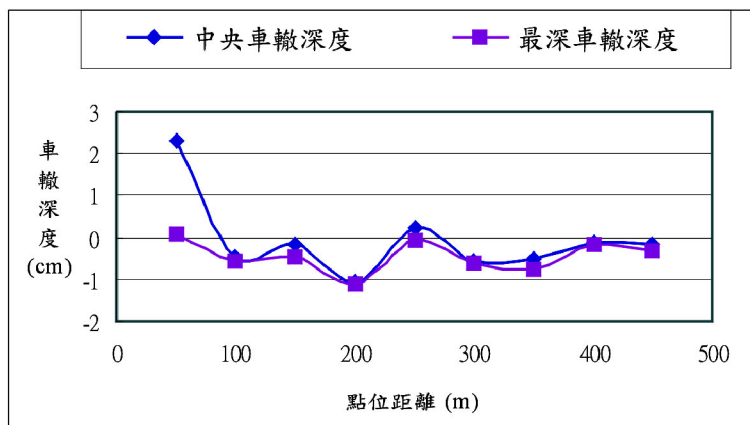


圖 16 車轍深度數值分析圖

5.2 鋪面平坦度試驗

本文利用平坦儀進行彩色瀝青鋪面平坦度評估，檢測彩色路面於完成開放交通後是否仍保持近似於新工鋪面平坦性，作法上以量測路面起伏量，並在測試區段內記讀路面起伏狀況，來表示路面平坦度。平坦儀施測結果如圖 17 所示，彩色瀝青鋪面路段以每 100m 為一區間分之，路段內平均每區間之路面現況服務指數(PSI)平均都在 3.2~4.2 之間，表示彩色鋪面於鋪築完成後平坦性良好，路面現況

服務指數(PSI)接近 AASHTO 規範 4.2 標準，顯示仍保有良好平坦性，確保駕駛者舒適感與減輕車輛耗損率。

本文將過去以往密級配鋪面 PSI 檢測結果，進一步與彩色鋪面平坦度施測所得 PSI 進行比較[6]，如圖 18 所示。圖中顯示兩者鋪面於 PSI 成效上差異不大，彩色瀝青鋪面些微高於密級配鋪面，平坦度已達一般密級配要求，於現場鋪面狀況來看，鋪築後鋪面表面平坦且無裂縫與破壞存在，經三個月開放交通後成效良好。

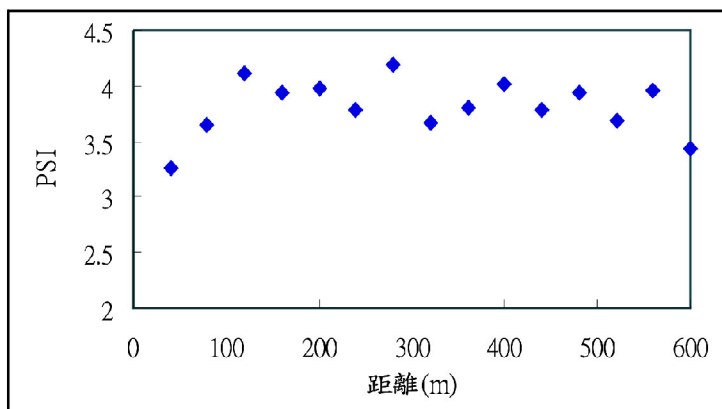


圖 17 路面現況服務指數(PSI)值

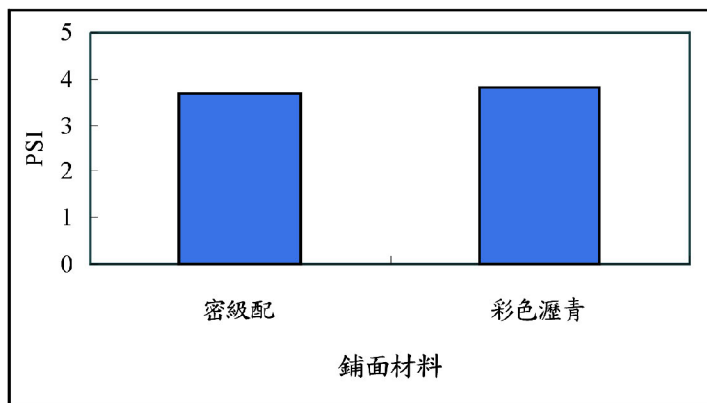


圖 18 密級配與彩色瀝青鋪面 PSI 結果

5.3 抗滑度試驗

本試驗檢驗道路於鋪築後抗滑情

形，抗滑值愈高表示鋪面面層具良好抗滑程度，同樣地顯示摩擦係數愈

高，能夠有效縮短車輛煞車時間及減少煞車後打滑的情形，圖 19 為彩色瀝青鋪面在乾燥與潮濕環境下所得之抗滑值分布圖，圖中顯示鋪面乾燥狀態下抗滑值均在 100~110BPN 之間，而在潮濕狀態下的抗滑值均在 65~75BPN 之間，所得乾燥與潮濕抗滑值數據顯示彩色瀝青鋪面於鋪築完成後的抗滑值符合規範標準。

探討密級配與彩色瀝青鋪面抗滑值結果比較分析，如圖 20 所示。圖中顯示兩者材料抗滑值相近且差異不

大。探討骨材組構情形得知密級配為優良級配設計，因此鋪面表面略帶粗糙性質，以本文為例密級配鋪面最大粒徑為 3/4" (2cm)，如此始可保有鋪面一定的抗滑水準，而本研究彩色鋪面不同於密級配鋪面，骨材組構成分中最大粒徑僅為 3/8" (1cm) 左右之粗骨材，因此鋪設後彩色鋪面表面較為平整，因此可發現抗滑測試結果顯示在鋪面乾燥狀態時，彩色鋪面抗滑值低於密級配鋪面約 15%，基本上抗滑值約 100BPN 以上，已符合抗滑性需求。

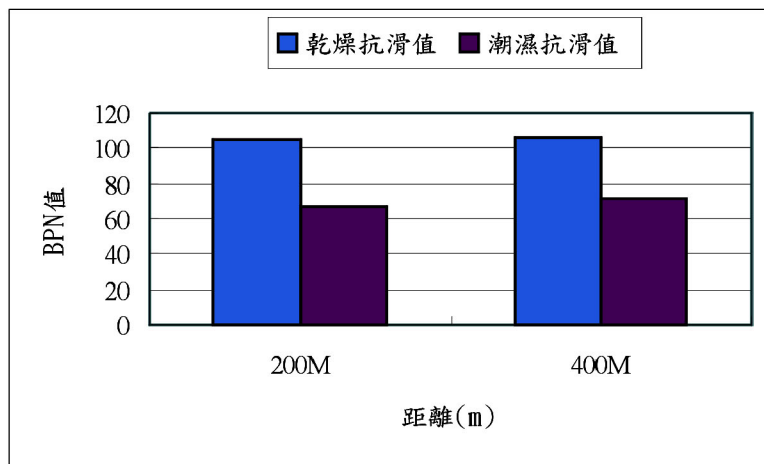


圖 19 彩色瀝青鋪面乾燥與潮濕抗滑值

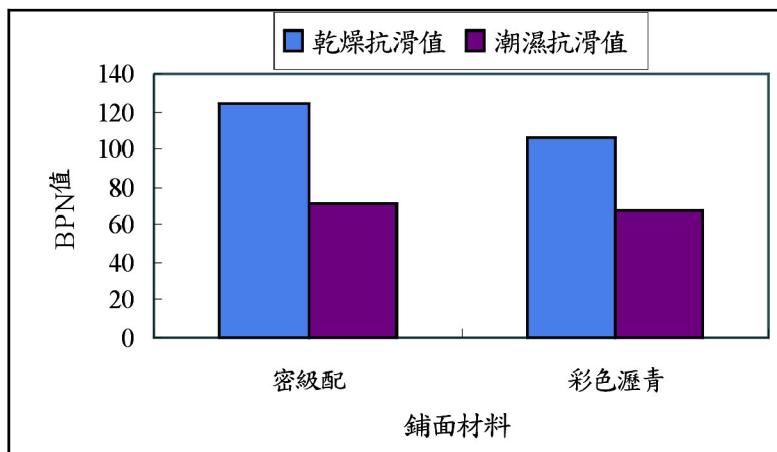


圖 20 密級配與彩色瀝青鋪面抗滑值結果

六、結語

透過本文以高雄市西子灣觀光港區彩色瀝青鋪面之案例探討，從材料特性、拌合廠生產至現今鋪面執行成效而論，吾可發現彩色鋪面設計條件訂為低交通量，主要用於景觀環境美化，因此材料角色趨向於鋪面顏色裝飾之用，不同於傳統密級配瀝青鋪面的達到固有承載強度為訴求。

而密級配瀝青鋪面需具備基本承載力與耐久性考量，傳統密級配骨材架構中粗細骨材兼備，有效達到承載力傳遞與吸收，適用於中高交通量道路。彩色鋪面乃用於景觀設計與搭配，因此本研究級配料中#4號篩以下骨材含量多於#4號篩以上粗骨材，且骨材最大粒徑為3/8"，如此使鋪面骨材表面結構較傳統密級配更為平整與細緻，達到美觀要求，適合港灣觀光道路之用。

彩色瀝青鋪面施工技術在台灣而言個案不多，且國內生產品質技術尚未成熟，材料上仍須仰賴國外進口，所以在設計規劃中必須衡量是否符合經濟性、耐久性及強調周圍景觀效果。考量台灣多雨與高溫氣候，彩色鋪面所使用改質瀝青，對於抗溫感性及抗變形有較佳的抵抗力，可以改善早期彩色瀝青鋪設之不良印象。本研

究彩色瀝青使用淺黃色改質瀝青，亦具有防剝脫能力，適合台灣高溫多雨之環境使用。

七、誌謝

感謝勇宗有限公司提供經費贊助與高雄市政府養護工程處大力支持，以及本系學生林文龍、陳俊穎、洪榮禎等君的協助，使得本研究得以完成，在此一併誌謝。

參考文獻

1. 陳茂雄、林志棟、張廖年禧、陳順興(2003)，「彩色鋪面應用之探討」，第十二屆鋪面工程學術研討會論文集，pp225~235。
2. 呂偉民(2001)，「瀝青混合料設計原理與方法」，pp319~324，同濟大學出版社。
3. 永尚實業公司
<http://www.yungshang.com.tw>。
4. 姜榮彬、李釗(2002)，「淺色合成柏油研究」，高公局北工處研習會報告論文。
5. 彭成竣(1999)，「台灣地區再生瀝青混凝土拌合廠確保工程品質之研究」，中央大學土木研究所論文。
6. 林登峰(2001)，「試鋪再生瀝青混凝土成效評估報告」，交通部公路局第三區工程處。

淺談近岸防救災預報系統建立之構架

邱永芳 交通部運輸研究所港灣技術研究中心主任

蘇青和 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員

單誠基 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員

一、規劃背景

近岸海域地區依照 2000 年 2 月 24 日由內政部以台八十九字第○五六七五號函送立法院審議的「海岸法」（草案）中，即明訂我國的海岸地區主要劃分為「濱海陸地」及「近岸海域」兩部分，其中，定義「濱海陸地」以平均海水面至最近之山稜線，或至地形、植被有顯著變化處，或至濱海主要公路、行政區界、溝渠、宗地界線明確之處為界，並含括界內劃定之土地及地下水域；「近岸海域」以平均海水面至等深線三十公尺，或者平均海水面向海六公里，取其距離較長者為界，並不超過領海範圍，且含括界內劃定支水域與水域下之海床及底土。

臺灣四面環海，陸域面積約 3 萬 6 千平方公里，在這狹小的地區卻塞了 2 千 4 百萬的人口。因為如此，往海岸方向發展就變得很自然了，如今很多人居住於海濱。為了保護人民的生命財產，必須在海岸興建人工建築物來抵擋海岸侵蝕、海水倒灌等等的

災害，因此對於近海的海象狀況需要有一定程度的了解；另一方面領海的面積約為 17 萬平方公里，比起陸域面積大上許多，提供了許多能源、資源及遊憩活動空間，如台灣海峽廣大的漁場、填海造陸、各縣市政府推行的藍色公路等等，皆將人民的生活空間由陸地漸漸的推向海洋，所以為了讓政府決策單位及人民有一個依據，發展一套近岸海域海象預報系統是迫切需要的。

近海海水水位產生變化的原動力為由太陽及月球引潮力產生潮汐，由風及大氣壓力變化產生的風暴潮（可影響水位變化由數小時到數天），另外就是風產生的風浪（週期可達到 25 秒，波長範圍由 10 公尺到 1000 公尺）。波浪比起潮汐及風暴潮更有威力的地方就是波浪在碎波的同時會釋放出大量的能量，這個能量可以破壞岸邊的人工結構物，並且會造成海岸侵蝕；在各種浪中，以颱風產生的颱風浪最值得注意，因為颱風的風力強大，在海面產生的風剪力也相對較大，所以可以產生週期較長且波

高較高能量也較大的颱風浪，若再經由地形的淺化效應，使其波高加大，所造成的影響就更大了；另外一方面，波浪的產生不像潮汐一樣為週期性的，由於這種不確定因素，所以在規劃中列為優先考量的因素。

目前臺灣並沒有一套很完善的系統來預測波浪的發生，在交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱本所港研中心)的努力下已經在臺灣五大商港區建立觀測站來觀測及紀錄波浪的資料，並藉著解析的方法來重現波浪的產生情況，這種方式往往只適用於單點產生的波浪推算，對於整個臺灣海域全面的波浪情況便無法掌握了。

目前世界許多國家皆採用數值模式做為預報波浪的方式，國內也有一些學者開始進行這方面的研究。中央氣象局也引進美國海洋及大氣總署(NOAA)所發展的波浪預報模式NWW3做為海象波浪測報的工具。本所港研中心長期為國內港灣建設、海岸開發及航運安全提供所需的資訊與服務。為保護和利用近岸海域，邁向21世紀的海洋國家，除近岸海域的使用外，也應著重百姓生命財產的保護。由於全球環境改變，藉由過去觀測的資料加以統計分析所得的結果已不足為憑，各項回歸週期之設計基準也將不足以應付新的自然條件所加諸之嚴酷挑戰。因此，近岸防救災系統的建立是在21世紀配合臺灣要邁向海洋國家最重要的建設項目之一。從2003年開始擬以五年期間，結合國內

專家學者，藉由國外的發展經驗，擬建立一套適用於臺灣海域之近岸海域防救災預報系統。主要方向有以下幾項：

1. 建立本土化之風浪預報模式，以供環島藍色公路全年航行之風浪資訊需求。並建立區域性之風浪模式，迅速的提供港口航運安全所需之風浪預警資訊。
2. 建立本土化之水位預報模式，以整合台灣環島海岸觀測水位資料，及數值模擬結果，迅速且精確的提供海岸溢淹之預警資訊。
3. 配合數值模式推算長期颱風波浪及暴潮水位，以檢討現有沿海防護設施的設計水位、設計波高標準，並做為海岸災害防護措施的依據。
4. 建立大域及區域性之流場模式，迅速的提供緊急海難、油污擴散、港口航運安全所需之流場預警資訊。
5. 建立近岸與港區包括油污及不同污染物擴散數值模式，以能迅速正確掌控海岸各種污染擴散現象，以提供救災必要之資訊。
6. 配合本所海情中心業務，建立近岸防救災預報系統，並採用地理資訊系統之人性化操作界面，以利各界之使用。

二、國內外海象預報系統

數值模式的優點在於可以得到完整的時空特性，並可根據過去的模擬參數預測未來的發展趨勢。由於現在電腦的運算能力極速提升，再加上數值計算方法的進步，使得數值模式的

精度與執行效率較以往大幅的增加，世界各國尤其是歐、美、日等先進國家，的近海預報系統皆已使用數值模式來模擬，臺灣鄰近的韓國、香港、泰國、新加坡等國亦都已有相當的發展，而國內中央氣象局海象測報中心，近幾年來致力於發展近海預報模式也有相當的成果。

近海預報模式包含了波浪、水位、流場等現象的預報。歐洲在這方面起步較早，所以近海預報系統也較為完備，美國現在亦以歐洲發展的基礎根據美國的地區特性加以改善成為美國本土性的近海預報模式系統，以下就國內外近海海象預報系統的發展情況概述如下：

2.1 挪威

挪威氣象中心 DNMI (Norwegian Meteorological Institute) 發展的三維海洋模式 ECOM (Estuarine, Coastal and Ocean Model) 預報風暴潮及海流情況 (Engedahl, 1995; Martinsen et al., 1997)，預報使用的平面網格解析度為 20 公里的卡氏座標系統，包含了大部分西北歐的大陸棚。在風暴潮的預報部分，ECOM 使用三維正壓項模擬（垂直分為 12 層），於海流預報則加入斜壓項分為 17 層，預報結果提供海流、海水水位變化及溫度、鹽度等資料。同時，挪威氣象中心並使用 WAM 波浪模式做為預報波浪的工具，網格解析度為 0.45 度，範圍包含了北大西洋、北海、挪威海、格林蘭海及白令海。

預報的時程部分則是一天做兩次

預報，分別在 00 及 12 UTC (Coordinated Universal Time also known as GMT) 預報未來 48 小時的海象狀況。其輸入的風場及氣壓場資料則是由挪威氣象中心執行的 HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) 氣象預報模式所提供。網站網址 (<http://met.no/english/>)

2.2 荷蘭

自 1990 年開始荷蘭皇家氣象研究所 KNMI 即使用一套由 Delft Hydraulics 及 Rijkswaterstaat (Gerritsen et al., 1995; Phillippart and Gebraad, 1997) 發展的 DCSM (Dutch Continental Shelf Model) 來預報潮汐及暴潮。模式模擬的範圍為西北歐洲大陸棚，網格解析度為緯度為 1/6 度，經度為 1/4 度。

自 1977 年起 KNMI 就已經開始預報北海的波浪，到了 1990 年，開始使用由第三代 WAM 修改的局部區域模式 — NEDWAM 做為波浪預報的工具 (Komen et al., 1994; Voorrips et al., 1997)。模式的模擬範圍包含了北海、挪威海、格林蘭海及英吉利海峽，網格解析度則為 32 公里。風場則由 KNMI — HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) 大氣模式產生。

自 1993 年起，風場由 KNMI 的 HIRLAM 大氣模式產生。預報的時間為每天四次，進行 12 小時的現況模擬並預報未來 48 小時的海象狀況。從 1998 年起使用浮標監測的波浪紀錄與預報模式的現況模擬結果進行資料同化過程，以達到較佳的預報效果。網

站網址(<http://www.knmi.nl/indexing.html>)

2.3 比利時

自 1970 年代開始，隸屬比利時國家研究院的數值模式管理中心 MUMM (Management Unit of the North Sea Mathematical Model) 即使用垂直平均的 2D 水動力模式預報潮汐及風暴潮，預報範圍為北海 (Adam, 1979)，網格的解析度為北海北部使用 20 分網格大小，南部則使用 7 公里網格。1998 年新版本的 2D 水動力模式 (Yu et al, 1994) 在 MUMM 及 AWK (公共工程部海岸及航道工程處 Afdeling Waterwegen Kust; Ministry of the Flemish Government) 正式啓用 (Ozer et al., 1997; van den Eynde et al., 1998)。網格解析度為緯度方面為 2.5 分，經度方面則是 5 分。在風場及氣壓場的部分，使用英國氣象局 (UKMO) 所提供的資料。每天預報兩次，每次預報未來 4 天。

自 1992 年起，MUMM 及 AWK 使用由 GKSS(海岸研究所) (van den Eynde, 1992) 發展的二代風浪模式 HYPAS(Hydraulic processes Analysis System) 預報波浪。使用了波浪浮標監測記錄及衛星 ERS-1 波高計的資料進行模式線上校正，並使用 HTML(編輯網頁所使用語言) 發展使用者介面，讓使用者可以很容易的讀取模式產生的資料，現在亦積極發展以 WAM 結合 SWAN 的近海波浪模式系統上線預報。網站網址(<http://ioc.unesco.org/oceanportal/>)

2.4 英國

自 1978 年開始，英國氣象局

UKMO(UK MetOffice) 即使用由 POL (Proudman Oceanographic Laboratory) 發展的二維風暴潮模式與潮汐模式預報潮位變化，模擬的範圍自北緯 48 度至北緯 63 度，西經 12 度至東經 13 度，模式解析度在緯度方面為 1/9 度，經度方面為 1/6 度。模式預報時間為每天兩次，每次預報未來 36 小時。於 1999 年以後，使用新的模式來預報風暴潮，此模式已將潮汐的變化考慮進去，所以可以得到更為準確的暴潮水位。

對於波浪的預報，英國氣象局使用由 Golding (1983) 為基礎的第二代波浪模式，其後此模式由 Holt (1994) 來維持更新。此模式不但可以模擬大尺度的範圍，同時也可以模擬水深 200 公尺以內的大陸棚區。在大尺度範圍方面，使用的網格點為 0.833 度×0.56 度，風場部分使用同樣尺度的全球數值氣候預報模式 (NWP) 預報風場，並且使用 ERS-2 波高計的資料來做同化。此模式每天預報兩次，分別為 00 UTC 及 12 UTC，預報未來五天的波浪。小尺度區域模式，包含西北歐洲大陸棚、地中海、波羅的海及黑海，網格解析度為 0.4 度 × 0.25 度，也是每天預報兩次，分別於 0230 UTC 及 1430 UTC 做預報，預報時間亦為未來 48 小時，風場使用全球數值氣候預報模式 (NWP) 預報風場，邊界部分則是使用大尺度模式的模擬結果。網站網址 (<http://www.metoffice.gov.uk/education/curriculum/>)

2.5 美國

美國的近海海岸預報系統，目前是由 Ocean Modeling Branch of the National Weather Service's Environmental Modeling Center、the National Ocean Service's Coast Survey Development Lab、Princeton University、以及 Naval Oceanographic Office (NAVOCEANO) 所共同發展的 Regional Ocean Forecast System (ROFs)，此套系統是由 1991 年開始發展，並於 1993 年開始作實驗性的預報。此系統為一三維水動力模式，模擬的範圍為北緯 30 度至 47 度，由美國東岸海岸線向外延伸至西經 50 度，網格解析度為 20 公里，在近岸的部分則變為 10 公里，海水表面的驅動力則是由 NCEP (National Centers for Environmental Prediction) 的 Eta 中尺度大氣模式提供。此套系統一天預報一次，每次預報其後時間 48 小時。

在波浪的部分，則是使用由 NCPE 下的環境模式中心 (EMC) 中的海洋模式及分析部門 (MMAB) 所發展的 Wave Watch III，此模式為第三代風浪預報模式 WAM 的修正版本，目前發展至 2.22 版本。網站網址 (<http://polar.noaa.gov/cofs>)

2.6 中央氣象局海象測報中心

中央氣象局海象測報中心的波浪預報是根據數值天氣預報所預測之海面風場，代入二種模式：一種是依據風向、風速、吹風歷時、風域長度與波高、週期關係之面積風域法；另一種是以能量平衡方程式為基礎之波譜數值模式。自 1995 年起，每日提供一

次上午八時之波浪分析圖及未來二十四小時波浪預報圖。波浪圖涵蓋範圍自東經 105 度至 140 度，北緯 5 度至 35 度，包括了台灣海峽、東海、黃海、南海及部分西北太平洋海域，對於我國海域航行安全有相當大之助益。自 2001 年起改進為三十六小時預報，提供次日上午八時及下午八時之波浪預報圖，含 1 公尺以上波高等值線及波向。2002 年引進美國氣象局 NWW3 (NOAA Wave Watch III) 波浪模式並加以本土作業化，與原先使用之 WAM 模式並進行測試(中央氣象局海象測報中心網站資料)。於 2003 年底 SWAN 模式上線預報，研究東北角海岸模式範圍由東經 121.5 度到 122.5 度，北緯 24.5 度到 25.5 度，網格格點為 500 公尺，每天預報兩次，每次提供未來 24 小時及 36 小時的波浪預報場(中央氣象局海象測報中心提供)。網站網址(<http://mmc.cwb.gov.tw/>)

三、臺灣環島海象預報系統規劃

由上述幾個國家的近海海域預報系統可以發現，目前在預報近海海象仍然使用不同的模式來提供預報資料。但是就事實來看，近海海域的作用是由波浪、水位及海流相互影響所造成的，所以要實際呈現海象變化，就要將這三種模式耦合起來同時考慮，這也是目前各個國家在努力的目標，如歐洲的 PROMISE (Pre-Operational Modeling In the Sea of Europe) 計畫便包含了整合各個模式的目標。

參考各國近海海象預報系統的發

展狀況，規劃完整的臺灣近海海象預報系統應包括數值預報模式的建立及

驗證、觀測網的架設及資料庫的整合。整體規劃的架構如圖 1.1 所示。

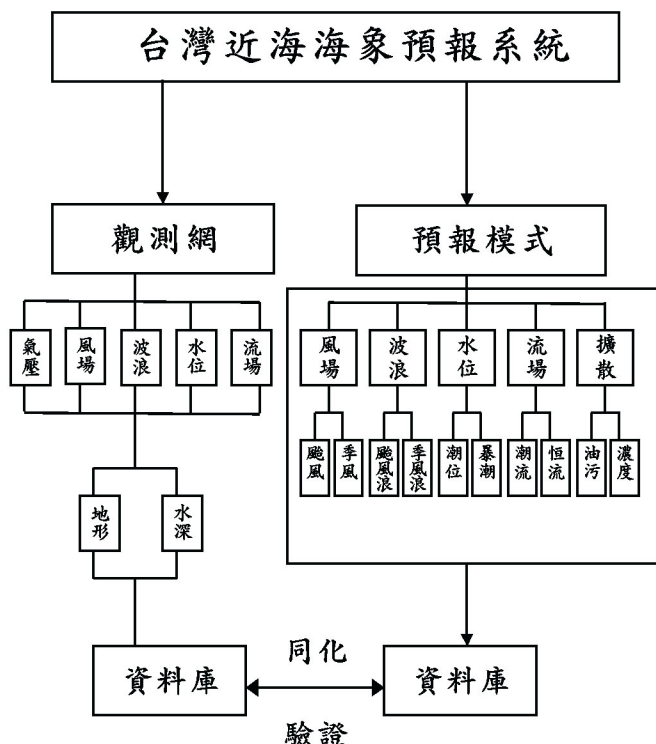


圖 1.1 台灣近海海象預報系統架構圖

3.1 觀測網路

觀測網路部分預計可以得到的觀測資料為地形、水深、氣壓、颱風、風場(風速、風向)、波場(波高、週期及波向)、水位(天文潮位、暴潮位)及流場(流速、流向)等現場資料，經同步連線回傳整理後統一輸入資料庫中以便未來提供查詢及模式的應用。

3.2 模式部分

模式部分則包含了風場、波浪、水位、流場及擴散等模擬，其中風場的模擬包含了季風及颱風；同樣波浪的模擬包含了季風波浪及颱風波浪；水位的模擬則包含天文潮位及暴潮位潮位；海流的模擬則包含天文潮流、風驅流(暴潮

流)、長週期恒流及波浪引起之沿岸流等。擴散模式主要重點為油污，其次為一般污染濃度。風場的部分由於氣象局可以提供資訊，所以本研究不擬執行一般風場的預報模擬，但是由於氣象局在颱風風場的預報僅提供颱風路徑、中心最大風速與暴風半徑等資料，颱風場仍須以颱風風場解析模式根據氣象局的預報資料輸入進行海象預測，模式產生的資料同樣也進入資料庫中，如此便可以將模式預測的資料與觀測網路得到的現場資料做同化，以增加模式模擬的精確度。

3.3 模式系統的規劃時程

模式系統的規劃時程則表示於圖

1.2，各年所欲達成的目標如下所述，第一年(2003年)已完成建立 WAN 模式、SWAN 模式、類神經網路颱風波浪模式、半經驗颱風波浪模式等 4 種風浪模式，波浪模式之大小網格最佳化及水深資料建立，並規劃觀測網，及建置防救災預報系統網站。第二年(2004年)將推廣風浪預報模式，以提供環島藍色公路全年航行之風浪資訊需求。另建立區域性之風浪模式，迅速的提供港口航運安全所需之風浪預警資訊。並建立本土化之水位預報模式，以台灣環島海岸觀測水位資料，較驗數值模擬結果。第三年(2005年)將建立三維全域水動力模式，並完成流場模式之驗證。波浪方面配合數值模式推算長期颱風波浪以檢討現有沿海防護設施的設計波高標準，並做為海岸災害防護措施的依據，水位方面以整合臺灣環島海岸觀測水位資料，及

數值模擬結果，迅速且精確地提供海岸溢淹之預警資訊。第四年(2006年)建立近岸與港區包括油污及不同污染物擴散數值模式，以能迅速正確掌控海岸各種污染擴散現象，以提供救災必要之資訊；並建立區域性之流場模式，迅速的提供港區油污擴散及港口航運安全所需之流場預警資訊。水位方面配合數值模式推算長期暴潮水位，以檢討現有沿海防護設施的設計水位標準，做為海岸災害防護措施的依據。第五年(2007年)將模式及觀測網的資料作圖形化展示，採用地理資訊系統之人性化操作界面，以利各界之使用，同時為求整個預報系統的最佳預報時效，進行高速計算的可行性研究，力求近海海象預報模擬系統的預報時間能夠在氣象局發佈氣象預報後三至六小時之內完成。

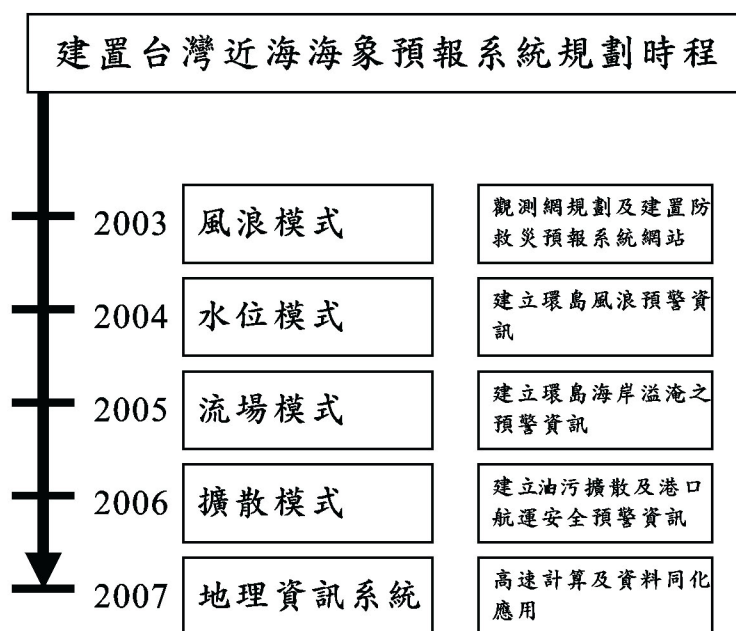


圖 1.2 台灣海域海象預報及觀測系統建置之規劃時程

臺灣五大港區工程基本資料查詢系統簡介

謝明志 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員

一、系統開發緣由

舉凡工程開發或專案研究，基本資料的獲取常是首要工作，無論是往昔資料的收集，或是近期現地調查，資料愈完整，對規劃工作之完整性愈有助益。臺灣各國際商港，歷經近四、五十年的開發建設後，已累積了許多港區工程基本資料，但資料散見於各執行單位，且皆以書面方式儲存，保存及調閱皆甚為不便，不利資料整體使用與經驗傳承。本所運用電腦科技，將各項資料數位化建檔，並應用軟體工具加以分類整理儲存，不但可長久保存及增加資料流通與應用性，且可增進在工程維護管理及決策支援上之使用效益。

二、系統內容說明

(一)系統資料建置

運輸研究所港灣技術研究中心近年來匯集內部各單位人力，利用地理資訊系統(Geographic Information System, 簡稱 GIS)，合力彙整各港資料，並開發查詢應用模組，建置臺灣五大港區(即基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等商業港區)工程基本資料查詢系統。系統資料之建置，係利用不同功能的軟體工具來處理不同類型的資

料，如利用 MapInfo 地理資訊系統建置規劃配置及基本圖層，利用 Foxpro 軟體建置地質屬性資料表單，利用 AutoCAD 軟體繪製碼頭、堤防斷面圖，利用 Microstation 軟體繪製港池三維模型，利用 CWText、Plot88 及 TecPlot 軟體產出海氣象調查成果圖表，再將所建之各項資料轉入 MapInfo 系統，並以 MapBasic 程式語言來撰寫查詢及分析模組，設計成資料查詢展示系統。

系統查詢介面設計成下拉選單方式，依據資料類別，主選單規劃為：(1)港埠規劃(2)地質鑽探(3)碼頭資料(4)堤防資料(5)海氣象現地調查(6)海象數值模擬等。各主選單下再設置次選單，如(1)港埠規劃選單可下拉出港區目前配置圖、未來規劃圖、搖測影像資料、港池定線導覽動畫等次選單。在(2)地質鑽探選單可下拉出港區鑽孔分佈圖、鑽探報表展示、鑽孔柱狀圖展繪、液化柱狀圖展繪、全區液化潛能圖展繪等次選單。在(3)碼頭資料選單可下拉出港區碼頭位置分佈圖、碼頭功能主題圖、碼頭設計斷面圖展示等次選單。在(4)堤防資料選單可下拉出港區堤防位置分佈圖、堤防型式主題圖、堤防設計斷面圖展示等次選單。在(5)海氣象現地調查選單可

下拉出風、潮、浪、流等資料之測站位置次選單及資料查詢對話框。在(6)海象數值模擬選單可下拉出潮汐、波浪、海流等資料之數值模擬位置次選單及資料查詢對話框。利用選單及查詢對話框，使用者可查得各項內建資料及分析成果。

(二)應用模組開發

為因應港區加強防災之需求，本系統針對臺灣西海岸沙質港區，開發土壤液化分析模組，探討在不同地震規模及強度下，沙質港區土層之液化潛能，及預測危險度分布。目前已開發本所及各國通用之機率分析模式與安全係數分析模式，配合沙質港區的地質資料，建立區域液化危險度分析應用模組，同時將地質資料之鑽探報表、柱狀圖、單孔及多孔液化分析、全港域液化危險度等成果，設計成連續展繪的程式模組，提供使用者依地震強度選單輸入地震參數，便可簡易快速準確推估港區各種地震強度之液化潛能及預測危險程度，提供各港在防災及建設之應用。

(三)資料查詢展示

臺灣五大港區工程基本資料查詢系統之設計理念，是盼望在一個系統架構下能查得臺灣五大國際商港之各項工程基本資料，整個系統之查詢架構設計如圖 1 所示。目前系統查詢程式已設計完成，預計在兩年內建置完成該架構所列 90%的資料量。

在電腦上進入本系統，首先展現的是臺灣本島地圖及五大國際港口的分佈位置如圖 2 所示。點選其中一個港口，則該港的地圖及查詢選單隨即呈現，此時下拉選單點取資料項，可

查得該港相關調查及分析資料，如圖 3 為所查得之高雄港港埠使用現況及未來規劃對照圖。使用者也可叫出碼頭分佈位置圖，點選其中一座碼頭來展繪該碼頭之設計斷面圖。利用相同的方法也可查得堤防設計斷面圖及展繪地質資料並進行土壤液化分析。如圖 4 為所查得之碼頭之設計斷面圖，圖 5 為系統依據地質資料所展繪之柱狀圖，圖 6 為輸入地震參數後系統所繪製之鑽孔液化分析成果，圖 7 為輸入地震參數後系統所繪製之區域性液化分析成果。而在系統內利用表單查詢設計也可查得海氣象調查及海象數值模擬等資料，如圖 8 為波浪模擬數值推算成果動畫影格之一。使用者可依系統選單及對話框，快速查得需用資料。

三、系統建置功效

綜上所述，本系統的開發，可得到如下效益：

- (一)收集散置各單位之歷史資料，儲存整理分析並建立管理系統，提供防災與建設之應用。
- (二)建置資料庫保存資料的完整性並依使用目的快速取得所需資料。
- (三)開發資料分析應用模組，提昇資料的應用價值，發揮資料的使用效益。

四、今後擴建方向

因港埠資料數量多、種類雜，且各單位報告規格各異，工作極為煩瑣。本所計畫以分工作業方式，依系統架構逐年建置新建商港之工程資料，並開發相關分析應用模組，使交通部管轄之各商港之基本工程資料，在本系統完整的分

類儲存及分析運用下，期能提供資料快速查詢與應用，達資料長久保存及決策

支援之需求目的。

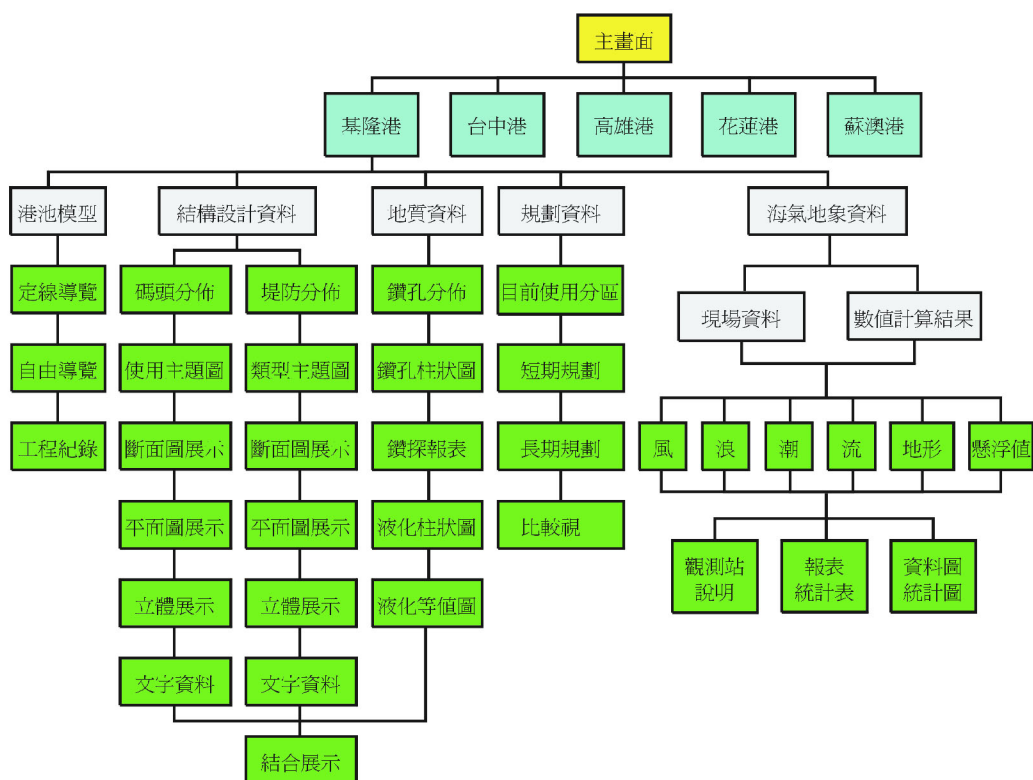


圖 1.臺灣五大港區工程基本資料查詢展示系統架構規劃圖



圖 2. 臺灣五大國際港分佈位置查詢畫面

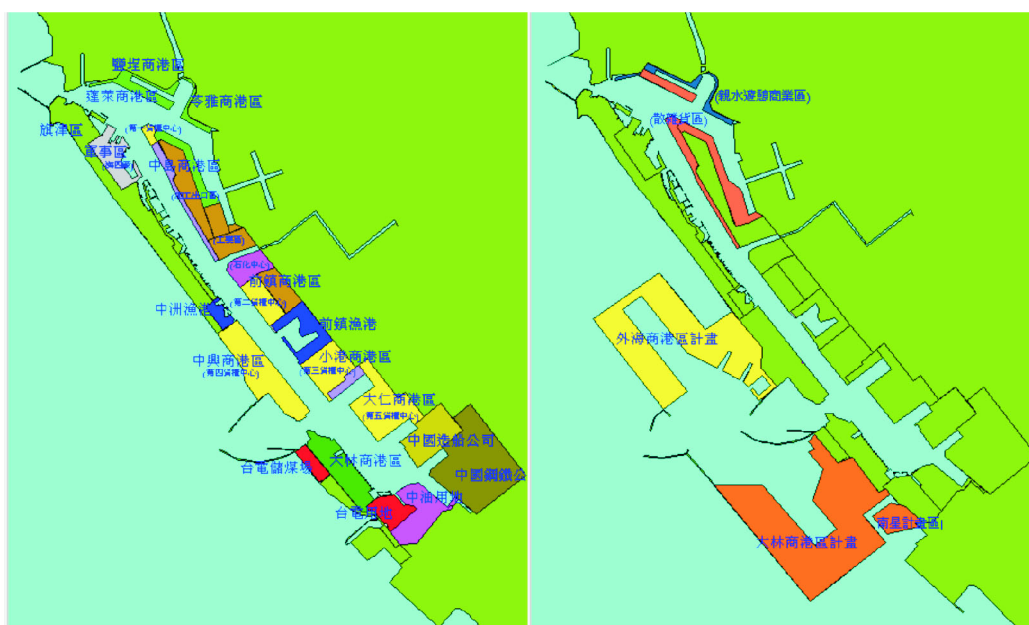


圖 3. 高雄港港埠使用現況及未來開發規劃圖

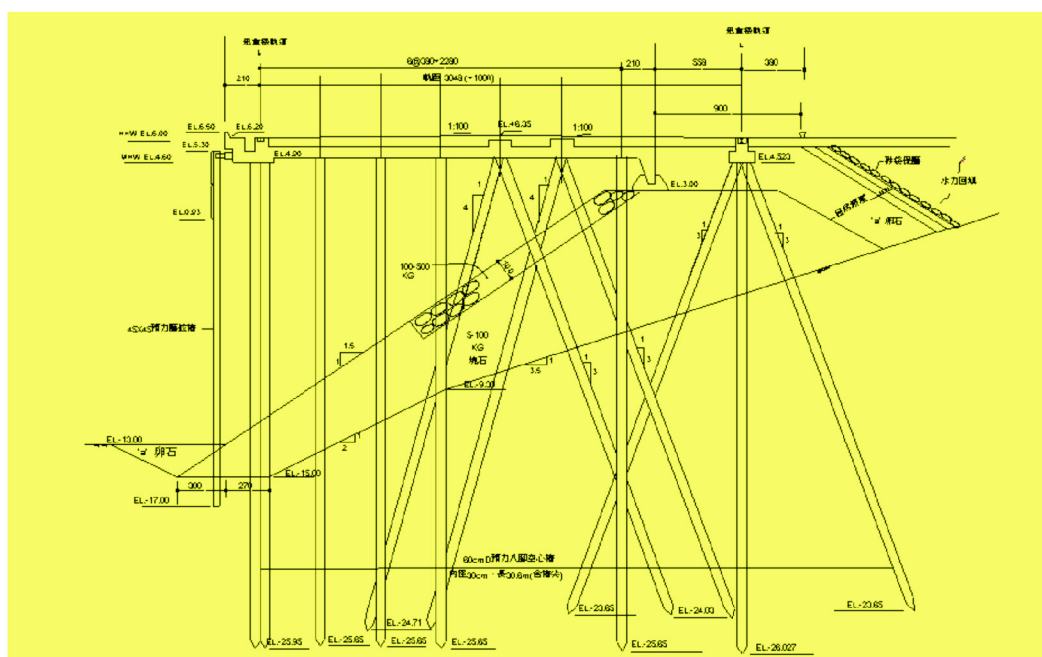


圖 4. 所查得之碼頭之設計斷面圖

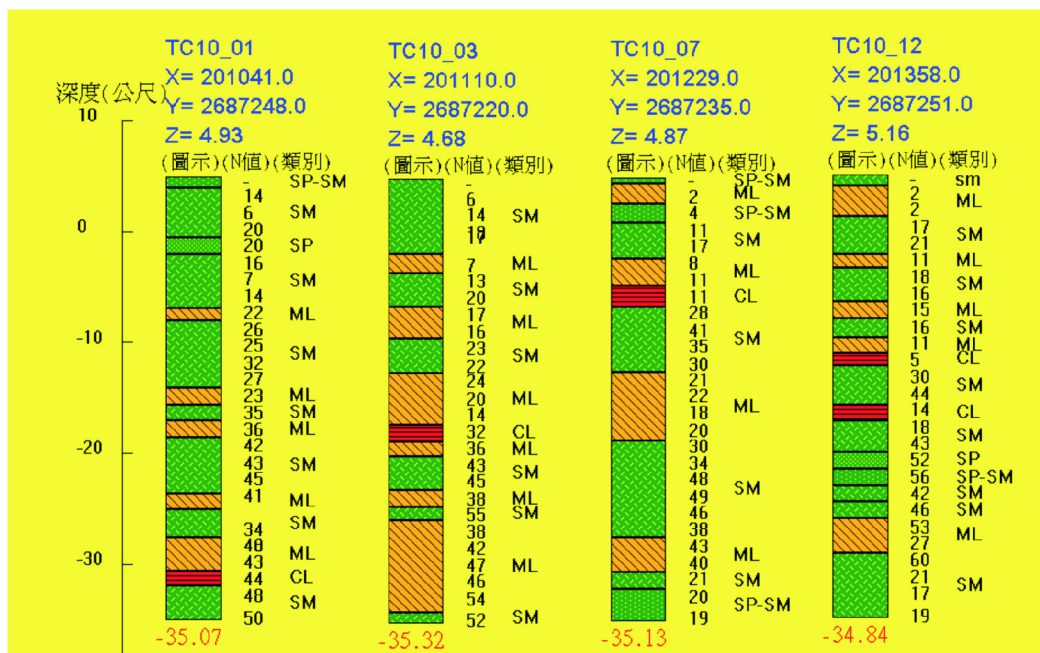


圖 5. 地質柱狀圖展繪

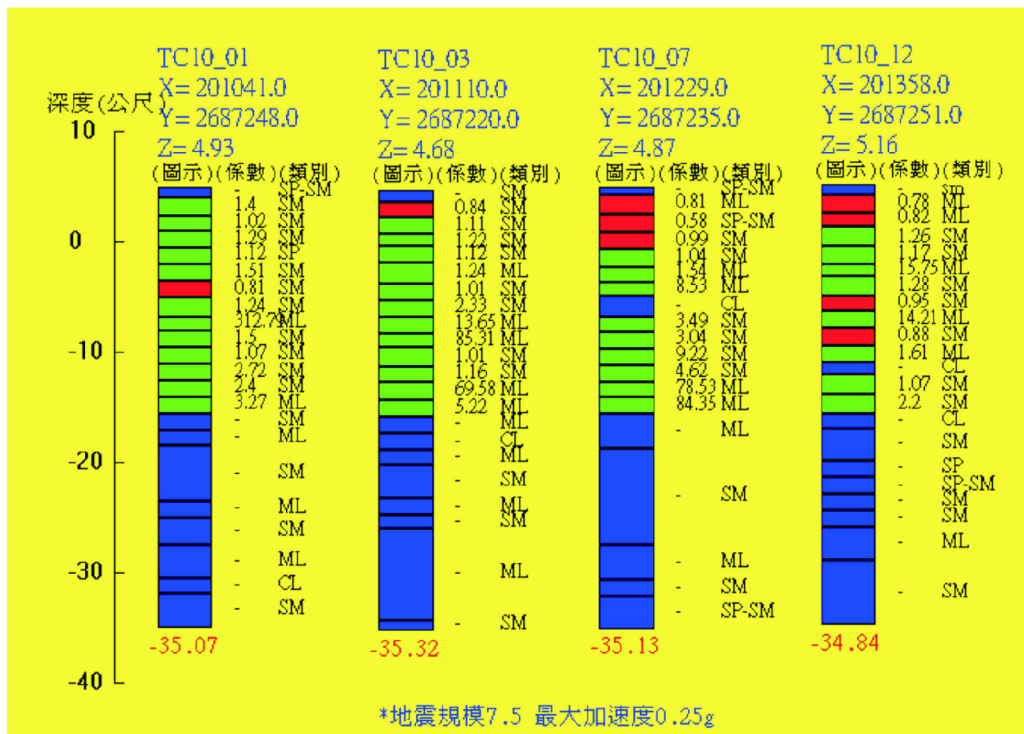


圖 6. 輸入地震參數後系統所繪製之鑽孔液化分析成果

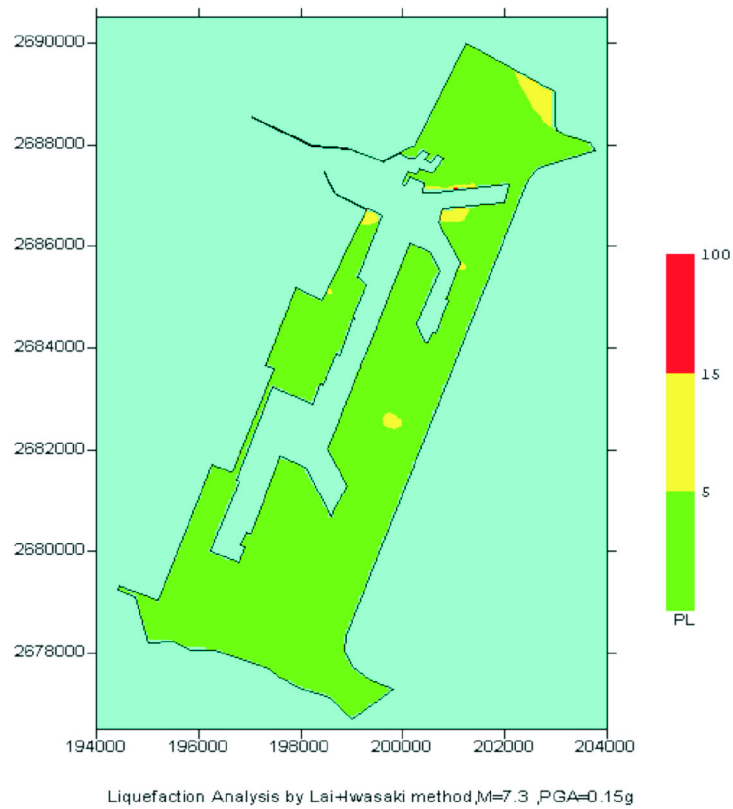


圖 7. 輸入地震參數後系統所繪製之區域性液化分析成果

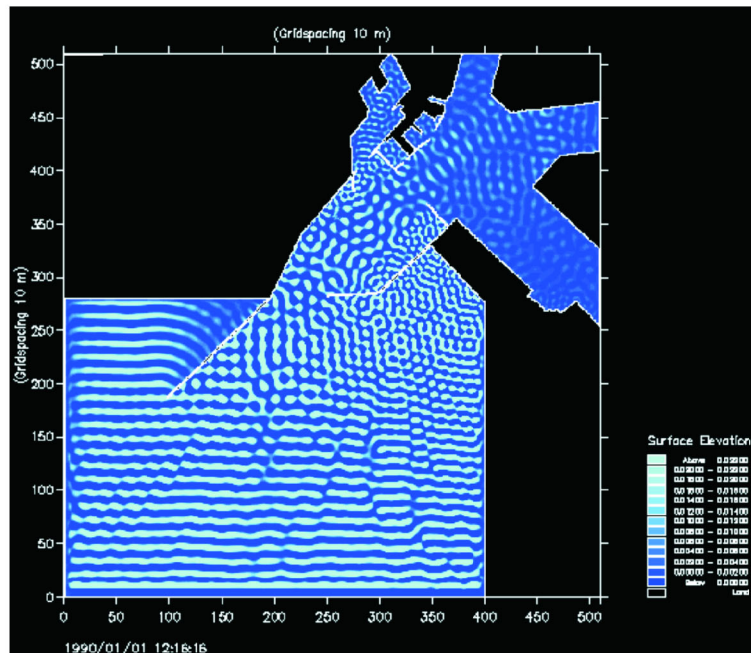
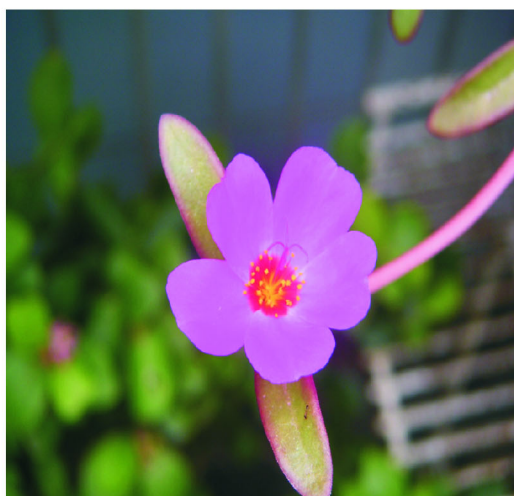
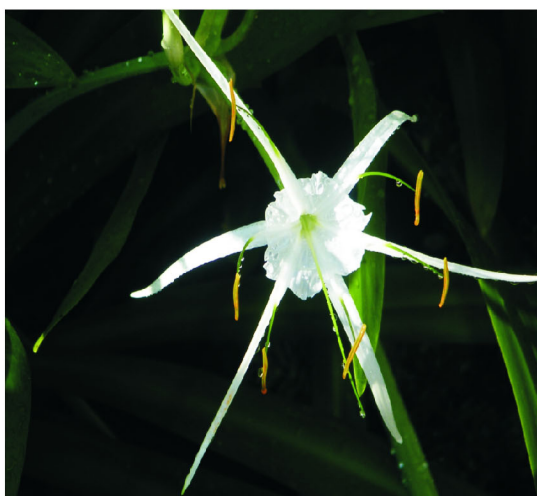


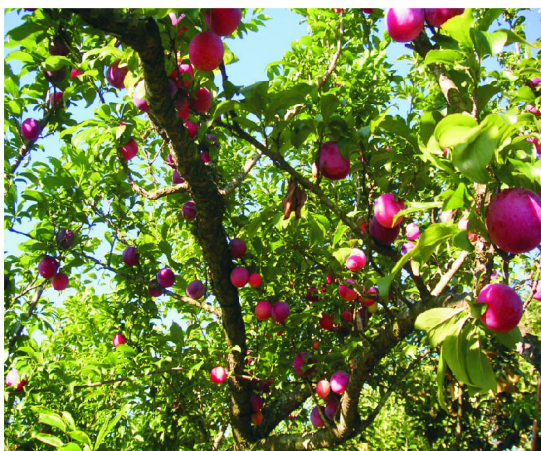
圖 8. 港口波浪模擬數值推算成果動畫影格之一

中休員工藝之窗



姹紫嫣紅・靜觀皆得

攝影—馬維倫



港研中心員工自強活動－觀霧之旅

港灣報導徵稿簡訊

1. 本刊為提供國內港灣工程界同仁交換工作經驗與心得之園地，歡迎工程、學術界之同仁提供港灣工程相關之工程動態、實務、工程新聞、技術新知、地工技術、工程材料、營運規劃及其他有關之工程簡介或推動中之計畫等的報告、論著或譯述。
2. 投稿者應保證所投稿件無侵害他人著作權情事，如有違反，願就侵害他人著作權情勢負損害賠償責任，並對中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）因此肇致之損害負賠償責任。
3. 來稿經本刊接受刊登後，作者應附具著作授權同意書，同意非專屬授權予本刊做下述利用：
 - (1)以紙本或是數位方式出版。
 - (2)進行數位化典藏、重製、透過網路公開傳輸、授權用戶下載、列印、瀏覽等資料庫銷售或提供服務之行爲。
 - (3)再授權國家圖書館或其他資料庫業者將本論文納入資料庫中提供服務。
 - (4)為符合各資料庫之系統需求，並得進行格式之變更。
4. 作者應保證稿件為其所自行創作，有權為前項授權，且授權著作未侵害任何第三人之智慧財產權。
5. 稿件每篇以八頁（含圖）（4000~5000字）以內為原則，稿酬從優；請附磁片或 E-mail，並請加註身分證字號及戶籍地址（含鄰、里）。
6. 本刊每年刊行三期，分別於二月、六月、十月出版。如蒙惠稿請於每期出版前三十日寄交本刊。
7. 聯絡電話：(04)2658-7139 馬維倫
傳真電話：(04)2656-4415
E-mail：elisa@mail.ihmt.gov.tw
8. 歡迎賜稿，來稿請寄：
台中縣 435 梧棲鎮中橫十路 2 號
交通部運輸研究所港灣技術研究中心「港灣報導編輯委員會」收

ISSN 1019-2603



GPN 2007700020
定價 100 元